

MICROORGANISMOS CON EFECTO PROMOTOR DE CRECIMIENTO (PGPM) EN CULTIVOS EXTENSIVOS. IMPACTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS, LA EFICIENCIA DE USO DE LOS NUTRIENTES Y OTROS CARACTERES DE INTERÉS AGRONÓMICO.

IV Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA)

Pergamino, Buenos Aires

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Resumen

Los tratamientos de semillas con inoculantes biológicos que poseen microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPM) tales como *Pseudomonas sp.*, *Azospirillum sp.*, *mycorrhizae* u otros presentan un creciente interés en investigación, extensión y la producción de diversos cultivos. El efecto favorable sobre plantas cultivadas son muy diferentes y pueden ser agrupados en: i) Promoción del crecimiento en sí mismo; ii) Efectos de biocontrol y mejora de la tolerancia a patógenos; iii) Fijación de nitrógeno no simbiótica, solubilización de nutrientes y mejora de la eficiencia de fertilizantes y iv) Otros efectos asociados. Con el incremento de los costos de producción, la mayor eficiencia en la obtención de nutrientes y otros recursos, la contribución biológica será más relevante.

En este resumen se propone una breve descripción sobre el efecto de los principales organismos considerados como PGPM en cultivo de gramíneas, y evaluar su interacción con las prácticas usadas bajo el criterio de agricultura sustentable en la región Pampeana. El término PGPM reemplaza a PGPR (Rizobacteria Promotoras del Crecimiento de las plantas), Kloepper et al., (1989), consideró más extensivo y exitoso esta denominación pues además de bacterias como *Azospirillum spp.*, *Pseudomonas fluorescens*, *Acetobacter*, *Azotobacter* and *Beijerinckia*, hay otros microorganismos con capacidad promotora y otros efectos favorables en los cultivos, por ejemplo el género de hongos *Penicillium* o *Trichoderma*

Palabras clave: PGPR, gramíneas, extensivos.

Análisis de casos

Azospirillum spp

El *Azospirillum* es por lejos el PGPM más estudiado en gramíneas, reportándose las primeras experiencias hace más de treinta años (Döbereiner et al. 1976). En la producción de inoculantes comerciales se han utilizado *A. brasilense* y *A. lipoferum*, siendo la primera la más común a nivel mundial y la preferida en Argentina (Puente y Peticari, 2006).

En INTA Pergamino, se realizaron entre 2003/04 y 2011/12 48 ensayos bajo condiciones habituales de producción, utilizando inoculantes de diferentes marcas comerciales. Como resultado, se obtuvieron diferencias significativas en 16 experimentos ($P < 0,10$). Cuando se analiza la interacción sitio x tratamiento, el efecto de tratamiento de inoculación es significativo ($P < 0,05$). La respuesta media alcanzó a 289 kg ha⁻¹, representando un 6,5 % de incremento. En la mayoría de estos experimentos, la respuesta fue similar bajo diferentes niveles tecnológicos, dosis de fertilizante o genotipo (Díaz Zorita y Fernández Caniggia, 2008, Ferraris et al., 2008, Ferraris, 2013).

Pseudomonas spp

Las *Pseudomonas* son otro amplio género bacteriano, en el cual se encuentran especies con potencialidad para ser considerados PGPM. Han sido utilizadas con fines agronómicos en nuestro país *P. fluorescens* y *P. chlororaphis*, en ese orden de importancia. Los efectos atribuidos a este grupo bacteriano pueden resumirse en una acción de biocontrol, la secreción de sustancias inductoras y la solubilización de nutrientes.

En un grupo de 20 experimentos realizados durante 11 campañas agrícolas en el centro-norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe, se cuantificó una respuesta media a la práctica de inoculación con *Pseudomonas* de 309 kg ha⁻¹. En estos ensayos, como promedio, la eficiencia de uso de N (EUN) pasó de 52 a 56 kg trigo/ kg N y la EUP de 200 a 215 kg trigo/ kg P, para tratamientos testigo e inoculado, respectivamente. De acuerdo con la información generada en estos experimentos, la respuesta a la inoculación con *Pseudomonas spp.* sería más probable en ambientes degradados, con bajo nivel de P y otros nutrientes, pero que comienzan a ser mejorados por buenas prácticas de cultivo y adecuada fertilización. Condiciones de estrés hídrico acentuarían estos efectos (Ferraris, 2013).

Micorrizas

Las micorrizas son hongos ampliamente distribuidos en el suelo, capaces de establecer asociaciones mutualistas con los vegetales. Desde hace tiempo se conoce su efecto favorable en especies perennes y forestales, pero últimamente se ha indagado su utilidad en cultivos anuales.

Se reconoce de las Micorrizas su capacidad para mejorar la estructura del suelo gracias al crecimiento del micelio y la secreción de glomalinas (Faggioli et al., 2008). Asimismo, actúan como una prolongación del sistema radicular (Peterson et al, 2004), facilitando la adquisición de agua y nutrientes de baja movilidad como potasio (K), zinc (Zn) y especialmente P. Por su menor diámetro, las micorrizas tienen mayor superficie de absorción que las raíces del vegetal. Si bien utilizan P bajo las mismas formas que las plantas, tienen mayor afinidad por el nutriente y una concentración crítica en solución más baja para lograr su absorción (García et al., 2006). La proliferación e importancia agronómica de las micorrizas es más relevante en suelos deficientes de P (Covasevich et al., 1995). La respuesta agronómica en rendimiento podría estar asociada a suelos con baja disponibilidad de P, pero no se ha visto afectada por la dosis de fertilizante agregado (Ferraris y Couretot, 2008).

Otros microorganismos

Dentro del grupo de los microorganismos considerados PGPM, es posible encontrar hongos del género *Penicillium* siendo *Penicillium bilai* la especie evaluada en cultivos extensivos de la región pampeana. La función principal de *Penicillium bilai* reside en la capacidad de solubilizar P del suelo, gracias a su capacidad de secretar ácidos orgánicos los cuales al modificar en forma localizada el pH del medio, serían capaces de romper los enlaces que ligan al ión fosfato con los coloides del suelo, principalmente Ca y Mg. Por lo tanto, aunque taxonómicamente se trata de organismos muy diferentes, la función agronómica y su posicionamiento serían similares al de los inoculantes formulados sobre la base de *Pseudomonas* o Micorrizas. Algunos ensayos preliminares realizados en Wheelwright, Pergamino, Rafaela y 9 de Julio han mostrado resultados alentadores sin

ahondar en la explicación de los efectos involucrados. En todos los casos, los mejores resultados se obtuvieron con bajas concentraciones de P en suelo, y niveles intermedios de fertilización con este nutriente.

Las especies del género *Trichoderma* son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos, debido a su ubicuidad, a su facilidad para ser aisladas y cultivadas, a su crecimiento rápido en un gran número de sustratos y a que no atacan a plantas superiores (Papavizas et al. 1982). Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son 1) Competición directa por el espacio o por los nutrientes (Belanger et al. 1995), 2) producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o no volátil (Sid Ahmed et al. 2003) y 3) parasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre los hongos fitopatógenos. Como la utilización de este microorganismo en cultivos extensivos se encuentre en una fase de desarrollo, se está evaluando en la actualidad la concentración óptima de células en los inoculantes, y las dosis y tiempos de inoculación más apropiados en especies tales como trigo o maíz (Ferraris, 2014).

Bibliografía citada

- Belanger R, Dufour N, Caron J & Benhamou N. 1995. Chronological events associated with the antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: Indirect evidence for sequential role of antibiotics and parasitism. *Biocontrol Science Technology*. 5: 41-54.
- Covasevic, F., H. Echeverría y Y. Andreoli. 1995. Micorriación vesículo-arbuscular espontánea en trigo en función de la disponibilidad de fósforo. *Ciencia del Suelo* 13:47-51.
- Díaz-Zorita, M., M.V. Fernández-Canigia. 2008. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity, *Eur. J. Soil Biol.* doi:10.1016/j.ejsobi.2008.07.001
- Döbereiner, J., I. Marriel and M. Nery. 1976. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Can J Microbiol* 22: 1464-1473.
- Faggioli, V., G. Freytes y C. Galarza. 2008. Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción de fósforo del suelo. Publicación Técnica INTA EEA Marcos Juárez. Disponible on line http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/Suelos/trigo_micorrizas08.pdf
- Ferraris, G. 2013. Microorganismos con efecto Promotor de Crecimiento (PGPM) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. 8 pp. En: Díaz-Zorita, Correa, Fernández Canigia y Lavado (eds). *Actas III Jornada del Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas. Aportes de la microbiología a la producción de los cultivos.* INBA-FAUBA. Buenos Aires, Junio de 2013.
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2008. Evaluación de la inoculación con Micorrizas bajo diferentes ambientes de fertilidad. pp 48-52. En: *Trigo. Resultados de Unidades Demostrativas. Proyecto Regional Agrícola.*
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2014. Eficiencia de preinoculación con *Trichoderma harzianum* en trigo según tiempos de preinoculación. Informe de Resultados. INTA EEA Pergamino, 7 pp.
- Ferraris, G., L. Couretot y M. Díaz Zorita. 2008. Respuesta de trigo a tratamientos con *Azospirillum* sp. según niveles tecnológicos. CD Room. VII Congreso Nacional de Trigo.V Simposio Invernal de Cereales de siembra Otoño –Invernal. I Encuentro del Mercosur.
- García, F.O.; L.I. Picone y A. Berardo. 2006. Fósforo. Pág. 99-121. En: H.E. Echeverría y F.O. García (eds.) *Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos.* Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina. 521p.
- Kloepper, J.W., R. Lifshitz and R.M. Zablotowicz. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.* 7:39-49.
- Peterson R.L., H.B. Massicotte y L.H. Melville . 2004. Arbuscular mycorrhizas. En: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology.* NRC-CNRC. Research Press.Otawa. Canada. Chap.3: 57-79.
- Puente, M. y A. Peticari. 2006. Inoculación de trigo con *Azospirillum*. *Trigo en Siembra Directa.* 97-99. *Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, AAPRESID.*
- Sid Ahmed A, Ezziyani M, Pérez Sánchez C & Candela ME. 2003. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annum*) plants. *European Journal of Plant Pathology* 109: 418-426