

RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE TRIGO EN LA REGION PAMPEANA INOCULADOS CON *Azospirillum brasilense*

Martín Díaz-Zorita¹, Rafael M. Baliña², María V. Fernández-Canigia³, Alejandro Perticari⁴,

¹CONICET-FAUBA, Díaz-Zorita, Duarte & Asoc.y Nitragin Argentina S.A

²Nitragin Argentina S.A., ³Actividad Privada, ⁴IMyZA INTA Castelar
mdzorita@speedy.com.ar

La actividad biológica y microbiológica de los suelos tiene un papel preponderante en el logro de cultivos de alta producción. Los microorganismos en asociación con cultivos son importantes tanto tecnológicamente como para la evolución de las especies. Tecnológicamente, como insumos para mejoramiento de producción y el control ambiental y, desde el punto de vista de la evolución de las especies, a partir del mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas (Lynch, 2002; Osinski et al., 2003). El mejoramiento en la calidad de la microflora de suelos agrícolas a partir de la incorporación de organismos seleccionados por sus funciones en diversos procesos que contribuyen con la implantación, desarrollo y producción de cultivos es una alternativa que contribuiría al logro de mejores cultivos (Caballero-Mellado et al., 1992).

La rizosfera se caracteriza por presentar una alta concentración de nutrientes en comparación con el resto del suelo en respuesta a la presencia de compuestos liberados por las plantas (Rovira, 1973). En este ambiente se desarrollan microorganismos en cantidades muy superiores a las encontradas en el resto del suelo, muchos de los cuales presentan características de promoción del crecimiento vegetal que son deseables para el logro de cultivos de alta productividad. Los mecanismos que explicarían las respuestas en desarrollo y producción de los cultivos a la inoculación con rizobacterias pueden ser directos al favorecer a las plantas mejorando su nivel de nutrición (incluyendo la disponibilidad de agua), facilitar la disponibilidad de nutrientes o incrementar la superficie de absorción de las raíces. También, los mecanismos descritos en relación a la actividad de rizobacterias pueden ser indirectos a través de la interacción con otros microorganismos de manera tal de facilitar el normal desarrollo de las plantas (Dobbelaere et al., 2003). Algunos de estos microorganismos han sido eficientemente aislados y multiplicados, permitiendo así la formulación de inoculantes para su aplicación en escala de producción (Bashan, 1998).

Entre los microorganismos que son evaluados por su potencial contribución al desarrollo de las plantas se encuentra *Azospirillum brasilense*. Algunos antecedentes muestran efectos en la fijación libre del nitrógeno atmosférico, la producción y liberación de hormonas promotoras del

crecimiento radical (ej. auxinas, giberelinas, citoquininas), y de enzimas tales como las pectinolíticas, distorsionando la funcionalidad de células de las raíces y el aumento en la producción de exudados y promoviendo al crecimiento de otros organismos rizosféricos (Bayan y Levanony, 1990; Okon y Labandera-González, 1994b). En Argentina, a nivel experimental de comparación de cepas, existen antecedentes de mejoras en la producción en grano en la región semiárida con *Azospirillum brasilense* en varios cultivares de trigo (Rodríguez Cáceres et al., 1996), no obstante, en ensayos de producción se han observado resultados contradictorios, con ausencia de respuesta en Córdoba (Olmedo et al., 2002) y con respuestas medias de 325 kg ha⁻¹ en Balcarce, Buenos Aires (Cattáneo et al., 1996).

Nitragin Argentina SA en convenio con el INTA desarrolló un inoculante líquido con *Azospirillum brasilense* que fue intensamente evaluado en trigo y otros cultivos. Es objetivo de este artículo presentar los resultados logrados sobre 237 sitios experimentales con cultivos de trigo en la región pampeana entre las campañas 2002 y 2005.

Metodología

En cada uno de los 237 sitios experimentales, los tratamientos consistieron en la siembra de trigo inoculado sobre las semillas en el momento de la siembra y sin inocular. Se empleó el inoculante con *Azospirillum brasilense* (cepa Az39 del INTA Castelar), provisto por Nitragin Argentina S.A., a razón de hasta 1 litro cada 100 kg de semillas con un recuento de 1×10^8 ufc/ml al momento de la aplicación, proveyendo más de 2×10^6 bacterias por semilla. La aplicación del inoculante fue independiente y posterior o simultáneamente a otros tratamientos de semillas (i.e. curasemillas).

Entre otras evaluaciones, en algunos de los sitios se determinó la biomasa aérea y radical en pleno macollaje (septiembre) y la producción de granos y componentes del rendimiento (número de espigas por unidad de superficie, peso individual de granos y número de granos por espiga) en madurez fisiológica. Los cultivos fueron manejados (fechas y densidad de siembra, tratamientos de semillas, sistemas de labranza, protección, etc.) de acuerdo a condiciones de manejo de cultivos de alta producción en cada una de las regiones bajo evaluación. En la mayoría de los casos, los cultivos se sembraron durante los meses de junio, tanto bajo prácticas de siembra directa como con laboreo, con semillas tratadas previamente con curasemillas, con fertilización fosfatada y nitrogenada y aplicaciones de fungicidas para la prevención de enfermedades durante el desarrollo y formación del rendimiento.

Resultados y discusión

- **Producción inicial de biomasa aérea y de raíces**

En los cultivos tratados con *Azospirillum brasilense* la producción de materia seca aérea y de raíces fue generalmente mayor que en los controles sin la aplicación de este tratamiento (Fig.1). Este comportamiento es concordante con los efectos esperados por la presencia del microorganismo permitiendo mejoras relevantes en el crecimiento inicial del cultivo y en su capacidad de exploración del suelo y uso eficiente de recursos tales como agua y nutrientes.

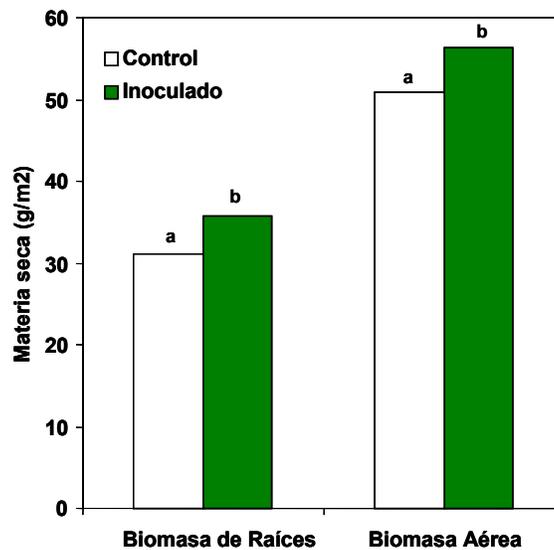


Fig. 1. Materia seca aérea y de raíces de trigo según tratamientos de inoculación con *Azospirillum brasilense* en 34 sitios experimentales de la región pampeana (Campaña 2002-03).

- **Componentes del rendimiento**

Las mejores condiciones de crecimiento inicial condujeron en promedio a una mayor producción de espigas por unidad de superficie y, fundamentalmente, a aumentos en el número de granos (Tabla 1). Los efectos de este tratamiento sobre el peso individual de los granos no fueron significativos. Estos resultados coinciden con las observaciones de diversos estudios en relación a los efectos de la inoculación con *Azospirillum sp.*, describiendo mejoras en las etapas de definición del número de granos en respuesta a un ambiente de crecimiento vegetativo favorable (Okon y Labandera-González, 1994a).

Tabla 1. Componentes medios del rendimiento y producción de grano en 217 cultivos de trigo según tratamientos de inoculación con *Azospirillum brasilense*. Campañas 2002 a 2004

	Control	Tratado
Espigas m⁻²	438	448
Granos espiga⁻¹	22,8	23,3
Peso de granos (mg grano⁻¹)	35,7	36,4
Número de granos m⁻²	9989	10445

- **Producción de grano**

Los rendimientos de trigo variaron entre 850 y 8050 kg/ha mostrando en promedio una respuesta positiva a la aplicación del inoculante líquido con *Azospirillum brasilense*. En promedio para las 4 campañas bajo estudio, el tratamiento inoculado con *Azospirillum brasilense* indujo aumentos de 229 kg ha⁻¹, equivalente a aproximadamente el 6.5% de mejora sobre el control sin inoculación. Los niveles de respuesta y la cantidad proporcional de sitios con mejoras en rendimientos en cultivos tratados con *Azospirillum sp.*, son coincidentes con información analizada a nivel mundial (Okon y Labandera-González, 1994a).

En la medida que los rendimientos medios de los sitios fueron mayores (ambientes con menor incidencia de factores limitantes de la producción del cultivo), la diferencia entre tratamientos de inoculación, en términos absolutos, también aumentó. Se observó que los cultivos inoculados presentaron una mayor respuesta ($P < 0,002$) al mejoramiento en las condiciones ambientales de producción que aquellos sin este tratamiento. Estos resultados coinciden con otros autores que encuentran respuestas en suelos donde las productividades normales son medias a altas, mientras que en condiciones adversas, como estrés salino severo, el *Azospirillum sp.* no puede ni siquiera adherirse a la raíz (Jofré et al., 1998).

En los sitios dónde se evaluó la interacción entre los tratamientos de inoculación con *Azospirillum brasilense* y prácticas de fertilización, nitrogenada o fosfatada, se observó que el efecto promotor del crecimiento vegetal fue independiente de la aplicación de los tratamientos de fertilización (Fig. 2). Estos resultados refuerzan los supuestos de actividad de promoción global del crecimiento vegetal inducido por las rizobacterias permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos del ambiente provistos por la incorporación de prácticas de nutrición de los cultivos (Bashan y Holguin, 1997).

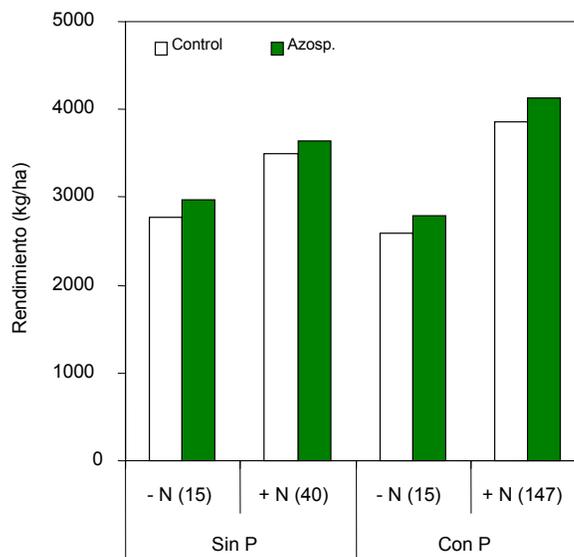


Fig. 2. Producción de grano de trigo según tratamientos de fertilización e inoculación con *Azospirillum brasilense*. Campañas 2002 a 2004. Entre paréntesis se presentan la cantidad de casos considerados.

Estos resultados muestran que el tratamiento de inoculación de semillas de trigo con *Azospirillum brasilense* es una alternativa factible para mejorar la eficiencia de aprovechamiento recursos que hacen al logro de cultivos de alta producción en ambientes representativos de la región pampeana y en escala de producción. La contribución de la inoculación se incrementó en la medida que los ambientes evaluados mostraron menores limitaciones a la producción del cultivo.

Referencias

- Bashan, Y. (1998). Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.*, 16: 729-770.
- Bashan, Y.; y Holguin, G. (1997). *Azospirillum* - plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.*, 43: 103-121.
- Bayan, Y.; y levanony, H. (1990). Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.*, 36: 591-608.
- Caballero-Mellado, J.; Carcano-Montiel, M. G.; y Mascarua-Esparza, M. A. (1992). Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis*, 13: 243-253.

- Cattáneo, S. H.; Creus, C. M.; Bariffi, H.; Sueldo, R. J.; y Barassi, C. A. (1996). Estudios a campo sobre la acción de *Azospirillum* en trigo sometido a estrés hídrico. II. Rendimiento y sus componentes. En: Actas XXI Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Mendoza. Argentina. 296-297 p.
- Dobbelaere, S.; Vanderleyden, J.; y Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 22: 107-149.
- Jofré, E.; Fischer, S.; Rivarola, V.; Balengo, H.; y Mori, G. (1998). Saline stress affects the attachment of *Azospirillum brasilense* Cd to maize and wheat roots. *Can. J. Microbiol.*, 44: 416-422.
- Lynch, J. M. (2002). Resilience of the rhizosphere to anthropogenic disturbance. *Biodegradation*, 13: 21-27.
- Okon, Y.; y Labandera-González, C. A. (1994a). Agronomic applications of *Azospirillum*. Improving Plant Productivity with Rhizosphere Bacteria. Proceedings of the Third International Workshop on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. CSIRO, Adelaide, South Australia. Adelaide, Australia
- Okon, Y.; y Labandera-González, C. A. (1994b). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.*, 26: 1591-1601.
- Olmedo, C.; Thuar, A.; Rivieri, E.; y Avanzini, G. (2002). Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en un cultivo de trigo a campo. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACs, Puerto Madryn, Chubut. Argentina. Puerto Madryn, Chubut. Argentina. p. en CD.
- Osinski, E.; Miier, U.; Büchs, W.; Weickel, J.; y Matzdorf, B. (2003). Application of biotic indicators for evaluation of sustainable land use - current procedures and future developments. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 98: 407-421.
- Rodríguez Cáceres, E. A.; González Anta, G.; López, J. R.; Di Ciocco, C. A.; y Pacheco Basurco, J. C.; Parada, J. L. (1996). Response of field-grown wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus polymyxa* in the semiarid region of Argentina. *Arid Soil Res. Rehab.*, 10: 13-20.
- Rovira, A. D. (1973). Zones of exudation along plant roots and spatial distribution of micro-organisms in the rhizosphere. *Pestic. Sci.*, 4: 361-366.