



Estación Experimental Agropecuaria
Marcos Juárez

Fertilizantes biológicos en maíz Ensayo de inoculación con cepas de *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*

Faggioli, Valeria S.¹, Cazorla, Cristian R.¹, Vigna, Andrés² y Berti, María F.³

¹ INTA EEA Marcos Juárez – Área Suelos y Producción Vegetal ² Estudiante de agronomía de la Universidad Nacional de Villa María ³ Cátedra de Microbiología – Facultad de Agronomía – UBA. E-mail: faggioli@mjuarez.inta.gov.ar

Introducción

La producción mundial de granos responde a la demanda del mercado internacional. Desde el año 1992 al 2003 la población mundial creció desde 5.500 millones a 6.300 millones de habitantes respectivamente, con el consecuente incremento en la demanda de alimentos. Por otro lado, el agotamiento de las reservas de petróleo promueve la utilización de fuentes de energía alternativas tales como los biocombustibles elaborados a partir de ciertos granos. Satisfacer el crecimiento de la demanda de alimentos y energía obliga a incrementar los volúmenes de producción grano año a año. Una mayor producción agrícola se alcanza a través de dos vías: expansión de la superficie cultivable y/o aumento de la producción de granos por unidad de superficie. La ampliación de la frontera agrícola no puede extenderse más allá de los límites actuales. En tanto que los elevados niveles de productividad de los cultivos dependen de la utilización de agroquímicos (biocidas y fertilizantes).

En Argentina, el incremento de la producción agrícola está estrechamente relacionado con las mayores tasas de fertilización. Desde el año 1993 al 2003 el consumo anual de fertilizantes pasó de 550.000 a 3.500.000 tn. En la actualidad el consumo de fertilizantes fosforados alcanza las 750.000 tn provenientes en su totalidad de la importación. En cuanto al nitrógeno, la producción nacional de fertilizantes nitrogenados cubre gran parte de las necesidades de los cultivos. Se estima que el consumo anual de nitrógeno es de 1 millón de tn (Melgar, 2006). La gran demanda de energía que requiere la fabricación de urea hace que su valor económico sea muy afectado por las fluctuaciones internacionales del precio del petróleo. La tendencia creciente del precio de los fertilizantes y las consecuencias ambientales que trae aparejada la utilización de estos productos obliga a incrementar la eficiencia en el uso de estos recursos.

Las raíces de los cultivos pueden mejorar la eficiencia de absorción de los nutrientes del suelo y los fertilizantes aumentando el volumen de suelo explorado y/o la tasa de absorción por unidad de raíz. El incremento del volumen de suelo explorado por las raíces es estimulado por ciertos microorganismos del suelo, conocidos como bacterias promotoras del crecimiento (PGPR -siglas en inglés de Plant Growth Promoting Rhizobacteria-). Los mecanismos de acción de las PGPR se basan en la estimulación del crecimiento de las raíces a través de la exudación de ciertos compuestos químicos (fitohormonas).

La mayor exploración radical permite acceder a sitios del suelo enriquecidos con nutrientes poco móviles como el fósforo. Una de las PGPR más estudiadas pertenece al género *Azospirillum*. El mayor desarrollo radical inducido por la inoculación con *Azospirillum* conduce a una mayor absorción de agua y nutrientes del suelo que se refleja en el mayor crecimiento del tallo y follaje. El contenido de fósforo, nitrógeno, potasio y diversos micronutrientes es mayor en las plantas inoculadas con *Azospirillum* que en las no inoculadas Okon y Labandera-González (1994) llevaron a cabo una amplia revisión de las experiencias obtenidas en 20 años de inoculación con *Azospirillum*. Observaron efectos positivos sobre el rendimiento en el 60-70% de los experimentos y que la inoculación permite disminuir las dosis de fertilizantes (NPK) en un 30-45% sin afectar

significativamente los rendimientos. Según estos autores las mayores respuestas se observan en suelos arenosos. En 1970 se descubrió que esta bacteria puede también fijar el nitrógeno del aire sin asociarse simbióticamente a las plantas como sucede en las leguminosas con las bacterias del género *Rhizobium* (Dobbelaere et al., 2003).

La concentración de nutrientes en la solución del suelo es tan baja que aquellas especies capaces de absorber más nutrientes por unidad de raíz serán más eficientes. Esta ventaja cobra mayor importancia en nutrientes poco móviles y de baja solubilidad, como el fósforo. En la actualidad se está evaluando la efectividad de la inoculación de semillas con bacterias que poseen reconocida capacidad de solubilizar compuestos fosforados. *Pseudomonas fluorescens* exuda ciertos ácidos orgánicos que promueven incrementos en las concentraciones de fósforo en las inmediaciones de las raíces.

El objetivo de este trabajo fue evaluar agronómicamente el efecto de la inoculación con cepas de *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens* sobre el crecimiento, absorción de fósforo y rendimiento de maíz.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo a través de un convenio con la Facultad de Agronomía UBA en el marco del Proyecto Regional de Gestión Ambiental. Los resultados forman parte de la tesis de grado de un estudiante de agronomía de la Universidad Nacional de Villa María. Es importante resaltar que estas cepas de bacterias aun se encuentran en fase experimental y no han sido difundidas comercialmente.

Siembra: Se sembró el híbrido DK 684 RR2, con una densidad de siembra de 5 semillas m⁻¹, a 70 cm y 5 cm de profundidad. Se fertilizó al momento de la siembra con 85 kg/ha de SPS y en V6 con 200 kg/ha de urea.

Tratamientos: La inoculación de las semillas se realizó en el momento previo a la siembra manteniendo todas precauciones inherentes a la preservación de la calidad del inoculante (Tabla 1). El diseño del experimento se realizó en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y cada unidad experimental (parcela) estuvo representada por una superficie de 600 m²

Tabla 1: Descripción de tratamientos a la semilla de maíz

Tratamiento	Dosis ml /kg semilla
Testigo	0
<i>Pseudomonas</i>	4
<i>Pseudomonas</i> + <i>Azospirillum</i>	4 + 4

Evaluaciones: en el estadio fenológico V4 se recolectaron plantas completas de un metro lineal de surco de cada parcela y se determinó peso seco y el contenido de fósforo en tejidos vegetales. En madurez se cosecharon las espigas para la estimación de componentes de rendimiento con maquinaria experimental. Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y test de comparación de medias.

Resultados y discusión

De acuerdo con el objetivo planteado se evaluó agronómicamente el efecto de la inoculación con cepas de bacterias no tradicionales en el cultivo de maíz. Si bien hubo tendencias notorias en las variables en estudio ninguna de éstas fue estadísticamente diferente (LSD $p > 0,05$). Se observó que en estadíos muy iniciales del cultivo (V4) la inoculación con cepas de *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense* promovió un incremento en la proporción de raíces con respecto a la biomasa aérea (Tabla 2). Para ambos tratamientos de inoculación la proporción de raíces fue aproximadamente un 20% superior al testigo. Cuando el inoculante contenía *Azospirillum* esta diferencia alcanzó el 25%. Este hecho es muy importante para el buen establecimiento del cultivo, debido a que con un sistema radical abundante hay menor probabilidad de sufrir deficiencias hídricas y un mejor anclaje. Adicionalmente, la mayor densidad de raíces les permite a las plántulas acceder a un mayor volumen de suelo y llegar a aquellos nutrientes de baja movilidad, como por ejemplo el fósforo.

Tabla 2: Materia seca (MS) en órganos aéreos y radicales de plantas de maíz en V4.

Tratamiento	MS Aérea Kg/ha	MS Raíces Kg/ha	MS Total Kg/ha	Raíz : Tallo
Testigo	275,24	77,38	352,62	0,28
<i>Pseudomonas</i>	255,71	83,57	339,29	0,33
<i>Pseudomonas + Azospirillum</i>	252,38	88,81	341,19	0,35

En la Tabla 3 se observa que el contenido de fósforo de las plantas de maíz en V4 era mayor en las plantas inoculadas que en el testigo. La mayor concentración de fósforo de las plantas inoculadas puede ser debido a la mayor exploración de suelo inducido por *Azospirillum* y a la solubilización de fósforo del suelo que promueve *Pseudomonas*. El rendimiento del maíz fue un 4% superior al testigo en el tratamiento con *Pseudomonas* y un 7% mayor al testigo cuando el inoculante contenía cepas de ambas especies de bacterias (Tabla 4). Estos resultados coinciden con los observados por Okon y Labandera-González (1994) quienes hallaron incrementos significativos en el rendimiento de los cultivos en el orden del 5 al 30%.

Tabla 3: Contenido de fósforo (P) en órganos aéreos y radicales de plantas de maíz en V4.

Tratamiento	Concentración de P mg/kg	P aéreo Kg/ha	P raíces Kg/ha	P total (1) Kg/ha
Testigo	4,58	1,158	0,354	1,511
<i>Pseudomonas</i>	4,98	1,271	0,415	1,687
<i>Pseudomonas + Azospirillum</i>	4,66	1,282	0,416	1,698

(1) P total es la suma del contenido de fósforo en hojas y raíces (P aéreo + P raíz)

Tabla 4: Rendimiento de maíz inoculado con cepas de *Pseudomonas* y *Azospirillum*.

Tratamiento	Rendimiento Kg / ha	Diferencias con testigo
Testigo	8691,1	0
<i>Pseudomonas</i>	9055,9	364,8
<i>Pseudomonas + Azospirillum</i>	9286,3	595,2

Consideraciones finales

La incorporación de biofertilizantes a los planteos agrícolas actuales es una práctica que se expande lentamente en los cultivos extensivos. Los efectos benéficos de las comunidades de microorganismos que habitan el suelo agrícola son materia de estudio desde hace muchos años. La utilización de bacterias promotoras del crecimiento de raíces no ha sido tan difundida como la de las leguminosas pero no por ello tiene menor importancia. Estos resultados corresponden a la primera experiencia a campo de las cepas estudiadas. Por lo tanto constituyen el primer paso para el estudio de esta tecnología y sientan las bases para seguir adelante con nuestra investigación.

Referencias bibliográficas

- Dobbelaere S., Vanderleyden J y Okon Y. 2003. Plant Growth-Promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Crit. Rev. Pl. Sci. 22(2): 107-149
- Melgar R. 2006. El mercado de fertilizantes en la Argentina y su relación con el sector agropecuario. Pág. 489 – 502. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. H. E. Echeverria y F. O. García (eds.). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Okon Y. y Labandera-González CA. 1994. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem. 26: 1591-1601