**Tratamientos biológicos en el cultivo de soja**

**DESARROLLO RURAL-UNIDAD TERRITORIAL AGRÍCOLA**

**INTA EEA PERGAMINO. CAMPÁÑA 2013/14**

***Ings. Agrs. Gustavo Ferraris y Lucrecia Couretot***

*Proyecto Regional Agrícola-CRBAN. UCT Agrícola - Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.*

*Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino*

*ferraris.gustavo@inta.gob.ar*

**Introducción**

El presente trabajo, se orienta a la evaluación de tratamientos biológicos sobre semilla y por vía foliar en soja. Se evalúan bacterias con capacidad promotora del crecimiento vegetal (PGPR) y el acompañamiento y protección por un extracto líquido de algas de *Macrocystis pyrifira*. La información científica sobre el empleo de algas en agricultura es escasa, pero se presume de sus efectos favorables por su composición físico-química y sus propiedades biológicas. En la literatura se describen efectos benéficos cuando se aplican extractos de algas sobre las plantas (Khan et al., 2009). Norrie and Keathley, (2006) y Jirasková and Poulicková, (2009) identificaron y cuantificaron la presencia compuestos hormonales en los formulados de algas. Según Rivera Botía (2012) la aplicación de polímeros podría incrementar la viabilidad de bacterias PGPR y su estabilidad metabólica. Briceño-Domínguez, et al (2010) sugieren que el extracto líquido de *M. pyrifera* podría favorecer el crecimiento de plantas cultivadas.

Los objetivos de esta experiencia fueron Evaluar el efecto de tratamientos 1. de semilla y 2. foliares sobre el crecimiento y la producción de soja. Hipotetizamos que los tratamientos utilizados son compatibles con inoculantes, y producen efectos aditivos o interacciones positivas con los mismos.

**Palabras clave: Soja, *Bradyrhizobium japonicum*, protección, promoción de crecimiento, compatibilidad**

**Materiales y Métodos**

Durante la campaña 2013/14 se realizaron dos experimentos destinado a evaluar el impacto de tratamientos de semilla de semilla sobre variables relacionadas con el crecimiento, la nutrición y la producción de Soja. Los ensayos se implantaron en las localidades de Pergamino y La Trinidad, sobre suelos de la Serie Pergamino y Rojas, Argudoles típicos de alta productividad. Los tratamientos fueron realizados en soja de primera y segunda, respectivamente. Características de los sitios se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** *Descripción de los sitios experimentales. Tratamientos de semilla y foliares en soja. Pergamino – La Trinidad, campaña 2013/14.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variables** | **Sitio 1** | **Sitio 2** |
| **Localidad** | Pergamino | La Trinidad |
| **Tipo de ensayo** | Trat de semilla | Trat foliares |
| **Cultivo** | Soja 1ra | Soja 2da |
| **Fecha de siembra** | 17-Dic | 14-Dic |
| **Antecesor** | Maíz | Trigo |
| **Fertilización** | 100 kg (50%SPT – 50%SPS) | No |
| **Variedad** | DM 4612 RR | DM 4670 RR |
| **Espaciamiento** | 0,525 m e/hileras | 0,42 m e/ hileras |

**Tabla 2:** *Tratamientos de semilla evaluados en el ensayo. Soja Pergamino, Campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **T** | **Tratamientos de semilla** | **Dosis** | **Estado de aplicación** |
| **T1** | Testigo |  | semilla |
| **T2** | Inmuno-alfa algae semilla (I-algae) | 5 ml/kg | semilla |
| **T3** | *A. brasilense + P. fluorescens* + *B. japonicum* (PGPR) | 6 ml/kg | semilla |
| **T4** | Inmuno-alfa algae semilla +PGPR | 5 ml/kg +6 ml/kg | semilla |

**Tabla 3:** *Tratamientos foliares evaluados en el ensayo. Soja La Trinidad, Campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **T** | **Tratamientos de semilla** | **Dosis** | **Estado de aplicación** |
| **T1** | Testigo |  |  |
| **T2** | Inmuno-alfa algae foliar (IA) | 2000 ml/ha | R1 |
| **T3** | *Bacillus subtillis* (BS) | 6000 ml/ha | R1 |
| **T4** | Inmuno-alfa algae foliar + *Bacillus subtillis* | 2000 ml/kg +6000 ml/kg | R1 |

**Tabla 4:** *Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de cuatro repeticiones.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Prof** | **pH** | **Materia Orgánica** | **N total** | **Fósforo disponible**  | **N-Nitratos****(0-20) cm** | **N-Nitratos suelo 0-60 cm** | **S-Sulfatos suelo 0-20 cm** |
|  | **agua 1:2,5** | **%** | **mg kg-1** | **ppm** | **kg ha-1** | **ppm** |
| **Sitio 1** | 5,3 | 3,28 | 0,164 | 20,9 | 20 | 80,0 | 10,4 |
| **Sitio 2** | 5,7 | 2,75 | 0,137 | 11,1 | 14,3 | 73,2 | 8,3 |
|  | **Calcio** | **Magnesio** | **Potasio** | **Zinc** | **Manganeso** | **Cobre** | **Hierro** | **Boro** |
|  | **ppm** | **ppm** | **ppm** | **ppm** | **ppm** | **ppm** | **ppm** | **ppm** |
| **Sitio 1** | 1427 | 180 | 665 | 0,82 | 58,0 | 1,61 | 96,8 | 0,45 |
| **Sitio 2** | 1016 | 204,2 | 735,1 | 0,7 | 17 | 0,9 | 77,8 | 0,65 |

De acuerdo con las características del ensayo, se realizaron diferentes mediciones a lo largo del ciclo de cultivo. La recolección se realizó con una cosechadora experimental automotriz. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, NG y PG. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

**Resultados y discusión**

**Condiciones ambientales durante la campaña**

En las Figuras 1 y 2 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. La campaña mostró oscilaciones fuertes, con estrés termohídrico en primer lugar y lluvias excesivas luego. De acuerdo al balance, el período inicial mostró temperaturas excesivas pero el suelo conservó reservas durante el período seco. Las situaciones de estrés fueron momentáneas, causadas principalmente por las altas temperaturas (Figuras 1 y 2).



**Figura 1:** *Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,4 m de profundidad. Pergamino, campaña 2013/14. Precipitaciones totales en el ciclo 828 mm. AU inicial (140 cm) 110 mm. Déficit acumulado 0 mm.*



**Figura 2:** *Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 2 m de profundidad. La Trinidad, campaña 2013/14. Precipitaciones totales 832 mm. AU inicial (140 cm) 100 mm. Déficit acumulado 5 mm.*

**Resultados de los experimentos**

1. **Tratamientos de semilla**

En la Tabla 5 se presenta la evaluación de nodulación, y en la Tabla 6, el rendimiento, sus componentes y otras variables asociadas.

**Tabla 5:** *Infectividad, Nódulos x planta en raíz principal (RP) localización, funcionalidad determinada por coloración y tamaño de los nódulos. Tratamientos biológicos de semilla en Soja. Pergamino, campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sitio** | **Trat.** | **Descripción** | **Infectividad V3** | **Nod en RP** | **% Nód en RP** | **Color nódulo** | **Tamaño** |
| **Sitio Pergamino** | **T1** | **Testigo** | 100 | 22,0 | 69 | Rojo | G |
| **T2** | **I alfa-algae semilla** | 100 | 29,0 | 69 | Rojo | GG |
| **T3** | **PGPR** | 100 | 25,5 | 67,5 | Rojo | G |
| **T4** | **I alfa-algae semilla + PGPR** | 100 | 25,0 | 65 | Rojo | GG |
| **R2 vs rendimiento** |  | **0,49** | **0,43** |  |  |

**V3: Estado de 3 hojas expandidas. Nódulos rojos indica funcionales**

**Md: nódulos medianos. G: nódulos grandes**

**Tabla 6:** *Densidad, Altura, Índice de Vigor, Cobertura,**Índice verde (Unidades Spad), rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Tratamientos de semilla en Soja. Pergamino, campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trat.** | **Fertilización** | **Altura (cm)** | **Vigor****R4** | **Cobertu****ra R4** | **Spad R4** | **Rendi****miento** **(kg ha-1)** | **NG** | **PG** | **Dif. sobre T1 (kg ha-1)** |
| **T0** | **Testigo** | 60 | 3,5 | 93 | 37,8 | 3038 | 1947 | 156 |  |
| **T1** | **I alfa-algae foliar** | 66 | 3,6 | 92,5 | 40,3 | 3342 | 2128 | 157 | 304 |
| **T2** | **PGPR** | 66 | 3,5 | 93 | 41,3 | 3279 | 2062 | 159 | 241 |
| **T3** | **I-algae foliar + PGPR** | 67,5 | 3,5 | 94 | 39,35 | 3417 | 2149 | 159 | 379 |
| **R2 vs rendimiento** | **0,97** | **0,09** | **0,13** | **0,37** |  | **0,98** | **0,55** |  |
| **Tratamiento (P=)** | **0,31** |  |  |  |
|  **CV (%)** | **8,5** |  |  |  |

**R4 (vaina de máximo tamaño) y R5,5 (granos a mitad de llenado)de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.**

**Índice de Vigor: Según escala 1: mínimo – 5: máximo. Evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.**

**B)Tratamientos foliares**

En la Tabla 7 se presentan los resultados de variables intermedias, el rendimiento y sus componentes.

**Tabla 7:** *Altura de planta (cm), Cobertura e intercepción, índice verde (Unidades Spad), número de vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Para cada variable, se destaca en negrita el mejor tratamiento. Tratamientos biológicos en Soja. La Trinidad, campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tr.** | **Tratamientos** | **Altura (cm)** | **Cober tura (%)** | **Spad R4** | **Vainas/****m2** | **Rendi****miento****(kg ha-1)** | **NG** | **PG** | **Dif. sobre T1****(kg ha-1)** |
| **T1** | **T** | 59 | 90 | 40,5 | 787,5 | 3342 | 2276 | 146,8 |  |
| **T2** | **IA** | 54 | 90 | 40,5 | 977,5 | 3533 | 2461 | 143,6 | **191** |
| **T3** | **Bs** | 56 | 92 | 41,9 | 1004 | 3442 | 2383 | 144,4 | **100** |
| **T4** | **IA + Bs** | 56 | 91 | 39,5 | 1031 | 3497 | 2505 | 139,6 | **155** |
| **R2 vs rendimiento** | **0,92** | **0,01** | **0,06** | **0,71** |  | **0,87** | **0,52** |  |
| **Tr. foliares (P=)** |  |  |  |  | **0,79** |  |  |  |
|  **CV (%)** |  |  |  |  | **8,2** |  |  |  |

**R4 (vaina de máximo tamaño).**

**Índice de Vigor: Según escala 1: mínimo – 5: máximo. Evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.**

 

 **3.a 3.b**

**Figura 3:** *Rendimiento de grano de soja como resultado de* *tratamientos con biológicos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR). A) Tratamientos de semilla. B) Tratamientos foliares. Las líneas de error indican la desviación standard de la media.*

**Discusión y conclusiones**

\* Las condiciones ambientales fueron muy cambiantes a lo largo de la campaña, con extremos hídricos que en general representan una condición desventajosa para el cultivo.

\* Los rendimientos alcanzaron un rango de 3038 a 3417 kg ha-1 en el experimento con tratamientos de semilla, y 3342 a 3450 kg ha-1 en el sitio 2, que estuvo expuesto a la demanda y extracción de los tratamientos foliares.

\* Los tratamientos de semilla con extractos de algas y PGPR mejoraron algunos parámetros de cultivo como la altura, intensidad de verde por Spad y NG (Tabla 6). Aumentaros asimismo el número de nódulos en raíz principal y su distribución (Tabla 5), ubicándose en mayor grado sobre la raíz principal.

\* Las diferencias obtenidas por los tratamientos de semilla no alcanzaron la significancia estadística, pero fueron agronómicamente importantes abarcando un rango de 241 a 379 kg ha-1 (Tabla 6 y Figura 3.a)

\* Los tratamientos foliares por su parte mejoraron el número de vainas y NG en mayor medida que otras variables. Estos parámetros demostraron elevada correlación con los rendimientos de grano (Tabla 7).

\* Las diferencias obtenidas a partir de tratamientos foliares fueron más sutiles que en el caso de aplicaciones sobre semilla, en un rango de 100 a 191 kg ha-1.

\* Los resultados obtenidos apoyan las hipótesis sobre tendencias positivas por la aplicación de tratamientos biológicos, a partir del estímulo de procesos relacionados con el crecimiento (altura, NG) y la tasa fotosintética (Spad, NG) en aplicaciones sobre semilla, mientras que los tratamientos foliares afectaron de manera directa los componentes de rendimiento (N° vainas, NG) sin mediar procesos intermedios que lo expliquen.

**Bibliografía Consultada**

Barker, D.W., Sawyer, J.E., 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. Agron. J. 97, 615–619.

Bharati, M.P., Whigham, D.K., Voss, R.D., 1986. Soybean response to tillage and nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. Agron. J. 78, 947–950.

Bodrero, M., Salvagiotti, F., Enrico, J.M., Mendez, J.M., Trentino, N., 2004. Does nitrogen fertilization increase grain yield in high yielding systems in the south area of Santa Fe Province, Argentina? In: Proceedings VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Brasileiro de Soja, Foz do Iguassu, PR, Brazil.

Bodrero, M.L., Martignone, R.A., Nakayama, F., Macor, L., 1985. Outlook on Nitrogen Fertilization in Soyabean Crops, vol. 6. Revista de la Facultad de Agronomıa, Universidad de Buenos Aires, pp. 39–44.

Botía, D.M. (2012). Formulación de un prototipo de biofertilizante con base en Rhizobium sp. Tesis doctoral Univ. Nac. de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7026/1/01192544.2012.pdf> .

Briceño-Domínguez, D.R., G. Hernández Carmona & J. Larrinaga-Mayoral. (2010). Uso de un extracto líquido del alga café Macrocystis pyrifera como bioestimulante agrícola. En: VII Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre Biotecnología Agropecuaria REDBIO México 2010 (Guadalajara, Jalisco, México). Pp. 67.

Campo. R. y M. Hungría. 2002. Importancia dos micronutrientes na fixaçao biológica do N2. Informações Agronõmicas Nº 98. pp 6-9.

Ferraris G.; G. González Anta y M. Díaz Zorita. 2006. “Aportes actuales y futuros de tratamientos biológicos sobre la nutrición nitrogenada y producción de soja en el Cono Sur”***.*** En: Actas 3er Congreso Soja del MERCOSUR. Conferencias plenarias, Foros y Workshops. Pp 85-89.

Ferraris, G. y G. González Anta. 2007. Contribución al nitrógeno orgánico y de la FBN a la nutrición nitrogenada de soja en Argentina. Proyecto Regional Agrícola. Pergamino/Gral.Villegas. p.80-96.

Jirascova D, and Poulickova A, (2009). High-Throughput screening technology for monitoring phytohormone production in microalgae. J. Phycol, 45:108-118.

Khan W, Rayirath U, Subramanian S, Jithesh M, Rayorath P, Hodges D, Critchley A, Craigie J, Norrie J, Prithiviraj B, (2009). Seawed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. J. Plant Growth Regul. 28:386-399.

Norrie J, Keathley J, (2006). Benefits of Ascophyllum nodosum marine-plant extract applications to “Thompson seedless” grape production. (Proceedings of the Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production, 2005). Acta Hortic 727:243-247.

****

**Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris**

**UCT Agrícola. Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino**

**ferraris.gustavo@inta.gob.ar**