**Tratamientos biológicos sobre semilla**

**y de aplicación foliar en sorgo**

**INTA EEA PERGAMINO**

**Campaña 2013/14**

**Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris**

*INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino*

*ferraris.gustavo@inta.gob.ar*

INTRODUCCIÓN

El Sorgo es una especie de notable tolerancia a la salinidad y sodicidad. El mismo se cultiva en suelos de variada aptitud por lo que es frecuente que aparezcan carencias nutricionales severas. En suelos alcalino sódicos el pH del suelo y la elevada saturación del complejo de cambio con Na dispersan las arcillas, impermeabilizan el suelo, y vuelven insolubles y poco disponibles para las plantas una serie de nutrientes catiónicos, entre los que se cuentan cationes como hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn). Una alternativa para su corrección es mejorar la nutrición de la planta sin pasar por el suelo, y allí surge el interés por mejorar su eficiencia de recuperación a través de tratamientos de semilla y por vía foliar.

Los objetivos de este trabajo son 1. Estudiar los efectos sobre el crecimiento, la productividad y otros parámetros de cultivo de un grupo de tratamientos biológicos aplicados sobre semilla de sorgo, en comparación con un testigos no inoculado y 2. Evaluar la eficacia de aplicaciones foliares sobre la sanidad y el rendimiento del cultivo. Hipotetizamos que 1. Los tratamientos de semilla con algas o microorganismos incrementan los rendimientos de sorgo 2. De manera menos convencional y por mecanismos diferentes, podrían lograrse efectos favorables por aplicaciones foliares.

**Palabras clave: *Sorgo, algas, sodicidad, eficiencia, rendimiento, fertilización sobre semilla, foliar.***

**MATERIALES Y MÉTODOS**

En 2013 se implantaron dos experimentos de campo en un ambiente típico para el cultivo de sorgo. El cultivo se implantó en la localidad de Acevedo, partido de Pergamino, sobre un suelo Serie Santa Lucía 1, clase de Uso VIIws, de textura fina con restricciones por sodicidad y riesgo de encharcamiento. Estas tecnologías se testearon en siembra temprana, la que aconteció el día 10 de Noviembre. El experimento de Pergamino fue espaciado a 0,42 m entre hileras. El cultivar, Advanta VHD 422, a una densidad de 300000 pl/ha.

El diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con 50 kg ha-1 de Superfosfato triple de Calcio y 110 l ha-1 de SolMix (28-0-0-5,2).

**Tabla 1:** *Tratamientos de semilla evaluados en el ensayo. Sorgo, Campaña 2013/14.*

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

**Tabla 2:** *Tratamientos foliares evaluados en el ensayo. Sorgo, 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/ha +  6000 ml/ha | **R1** |

Previo a la siembra se realizaron análisis de suelo de los sitios experimentales, los cuales se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3:** *Análisis del suelo del sitio experimental al momento de la siembra.*



Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma cuenta con un botalón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que a una presión de 2 kg permiten asperjar 100 l ha-1. Las condiciones de cultivo y ambiente durante las aplicaciones se detallan en las Tablas 4 y 5.

**Tabla 4**: *Estado del cultivo al momento de la aplicación.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Momento de aplicación** | **Fecha de aplicación** | **Estado del cultivo** | **Altura (cm)** | **Cobertura (%)** |
| **V8** | 23-Dic | V8 | 69 | 75 |

**Tabla 5**: *Condiciones ambientales durante la aplicación.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Momento de aplicación** | Humedad  de suelo  (0-2 cm) | Humedad de suelo  (3-18 cm) | Temperatura aire (°C) | Humedad relativa (%) | Velocidad. viento  (km h-1) | Nubosidad | Ppciones 24 hs dda |
| **V8** | S | S | 28,5 | 65 | 9,8 E | 1 | 0 |

*Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto*

*dda: después de aplicación.*

En floración se midió el número de hojas fotosintéticamente activas, la altura final de plantas, el vigor e índice verde por Spad. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

**RESULTADOS**

1. **Condiciones ambientales en el sitio experimental**

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) para Pergamino. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con las anteriores campañas. Las precipitaciones fueron escasas (Figura 1) y acompañadas de temperaturas extremadamente altas durante el mes de diciembre (Figuras 2 y 3). Las lluvias regresaron hacia enero, y fueron históricamente elevadas en febrero, aunque el cultivo había superado su etapa de sensibilidad a estos eventos extremos, especialmente en el caso de sitios que como el presente ocupaban posiciones altas en el relieve. Las condiciones de luminosidad fueron escasas, originando un cociente fototermal (Q) medio de 1,35, en comparación con 1,9 de la campaña anterior (Figura 2).



**Figura 1:** *Precipitaciones y evapotranspiración decádica acumulada (mm) en el sitio experimental. Pergamino, Bs As. Campaña 2013/14. Agua disponible inicial en el suelo (140 cm) 140 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 865 mm.*



**Figura 2:** *Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (ºC) diaria para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2013/14.*



**Figura 3:** T*emperatura máxima diaria durante el período crítico para la campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14. Observe el incremento de temperaturas hacia enero de 2012 (línea roja), y el sostenimiento de altas temperaturas durante diciembre de 2013 (línea verde).*

**B) Resultados de los experimentos**

En la Tabla 6 se presentan los parámetros morfológicos y fisiológicos de cultivo así como los componentes del rendimiento y el análisis estadístico Por su parte, en la Figura 4 se muestran los rendimientos y su error en las barras verticales.

**Tabla 6:** *Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: Indice de vigor, altura de planta, intercepción, intensidad de verde determinado mediante lecturas Spad y componentes numéricos del rendimiento.* ***Tratamientos de semilla en Sorgo****. Pergamino, campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trat** | **Descripción** | **Vigor R2** | **Altura planta (cm)** | **Cobertura Intercepción (%)** | **Spad** | **Rend (kg/ha)** | **NG** | **PG (g x 1000)** |
| **T1** | **Testigo** | 3,4 | 242 | 95 | 43,1 | 6318 | 21201 | 29,8 |
| **T2** | **I-algae S 5 ml/kg** | 3,5 | 250 | 96 | 44,2 | 6512 | 22150 | 29,4 |
| **T3** | **PGPR 6 ml/kg** | 3,5 | 255 | 97 | 43,7 | 6674 | 22247 | 30,0 |
| **T4** | **I-algae S + PGPR** | 3,5 | 255 | 96 | 44,8 | 6741 | 22248 | 30,3 |
| **Correlación (r2 vs rendimiento)** | | **0,74** | **0,96** | **0,59** | **0,61** | **1,00** | **0,81** | **0,38** |
| **Tratamiento (P=)** | |  |  |  |  | **<0,10** |  |  |
| **CV (%)** | |  |  |  |  | **5,0** |  |  |

***Indice de Vigor:*** *1 mínimo 5-máximo*

***R2 Corresponde a los estados de cuajado de grano.***

**Tabla 7:** *Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: Indice de vigor, altura de planta, intercepción, intensidad de verde determinado mediante lecturas Spad y componentes numéricos del rendimiento.* ***Tratamientos de semilla en Sorgo****. Pergamino, campaña 2013/14.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tr** | **Descripción** | **Vigor R2** | **Altura planta (cm)** | **Cobertura Intercepción (%)** | **Spad** | **Rend (kg/ha)** | **NG** | **PG (g x 1000)** |
| **T1** | Testigo | 3,3 | 245 | 93 | 40,3 | 5842 | 19409 | 30,1 |
| **T2** | Inmuno-alfa algae foliar (IA) | 3,5 | 252 | 94 | 42,4 | 5967 | 19564 | 30,5 |
| **T3** | *Bacillus subtillis* (BS) | 3,6 | 253 | 94 | 41,5 | 6002 | 19809 | 30,3 |
| **T4** | Inmuno-alfa algae foliar +  *Bacillus subtillis* | 3,5 | 250 | 96 | 43,2 | 6374 | 21036 | 30,3 |
| **Correlación (r2 vs rendimiento)** | | **0,18** | **0,09** | **0,99** | **0,73** | **1,00** | **0,98** | **0,05** |
| **Tratamiento (P=)** | |  |  |  |  | **<0,10** |  |  |
| **CV (%)** | |  |  |  |  | **2,8** |  |  |

***Indice de Vigor:*** *1 mínimo 5-máximo*

***R2 Corresponde a los estados de cuajado de grano.***



**4.a 4.b**

**Figura 4:** *Rendimiento de Sorgo según tratamientos de biológicos a)sobre semilla y b) foliares en sorgo. Acevedo, campaña 2013/14. Las barras de error indican la desviación standard de la media.* *Para una completa descripción de los tratamientos ver* ***Tabla 1.***

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

\*El ciclo agrícola 2013/14 se caracterizó por presentar condiciones ambientales cambiantes, con un fuerte estrés termohídrico durante diciembre, que fue mejorando hacia mediados de enero hasta alcanzar fuertes excesos desde inicios de febrero. La rusticidad del sorgo permitió tolerar estos episodios sin estrés severo.

\* Los rendimientos alcanzaron un rango entre 6318 y 6741 kg ha-1 en los tratamientos sobre semilla, siendo levemente inferiores en los foliares, donde la brecha alcanzó un nivel de 5842 a 6374 kg ha-1.

\* A pesar del pH alto y la acumulación de Sodio (Na) especialmente en el horizonte subsuperficial (Tabla 2), el cultivo no expresó síntomas marcados de clorosis por deficiencia inducida de cationes, aunque si menor altura y crecimiento en los sectores de suelo donde la concentración de sodio aumentaba.

\* Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos de semilla (P<0,10) (Tabla 6 y Figura 4.a). Los tratamientos con PGPR o PGPR + bioalgae superaron significativamente al testigo (Figura 4.a). Las variables que en mayor medida explicaron los rendimientos fueron Altura de plantas, NG, Vigor, Spad y Cobertura.

\* Asimismo, se determinaron diferencias significativas entre tratamientos foliares (P<0,10) (Tabla 7 y Figura 4.b). En este experimento, la combinación de mayor producción fue IA + Bs, la cual superó al testigo sin tratar (Figura 4.b). Estas diferencias se originaron a partir de cambios en Cobertura e intercepción, NG y Spad. A partir de los niveles de pH y acumulación de Na (PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable) se deduce que, aun con limitaciones evidentes a la disponibilidad de Fe y otros cationes, esta carencia habría sido menor en comparación a la determinada en un ensayo similar conducido en soja en La Trinidad.

\* La respuesta obtenida fue expectante, alcanzó un máximo de 423 kg ha-1 en los tratamientos de semilla y 532 kg ha-1 en los foliares. Es evidente que el sorgo es un cultivo más rústico y menos exigente en un balance nutricional que el maíz o la soja. No obstante, la acción defensiva, de promoción de crecimiento y solubilización de nutrientes del extracto de algas y los microorganismos aportados se muestran como una alternativa promisoria para lograr incrementos moderados pero consistentes. Dada la escasa información existente en este cultivo, este comportamiento deberá ser estudiado en mayor profundidad.

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

Fancelli, AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11-27.En: M Vázquez(ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina.207pp.

Ferraris, G., L. Couretot y J. Urrutia. 2010. Tecnonologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de zinc en combinación con fuentes nitrogeno-azufradas. V Jornada de Maíz. AIANBA-INTA EEA Pergamino. 11p.

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.

Gupta, UC; Jame, YW; Campbel, CA; Leyshon, AJ & W Nicholaichuck. 1985. Boron toxicity and deficiency: a review. Can. J. Soil Sci. 65: 381-409.

Lavado, R. 2006. La región Pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: Materia Orgánica “Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos” (ed. R Álvarez). Editorial. Facultad de Agronomía, Universidad de

Moralejo M. del P. y S. G. Acebal. 2010. Determinacion del contenido de Cu y Zn en suelos del sudoeste bonaerense. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas en CD, 4pp.

Raza, M,, Mermut, A, R,, Schoenau, J, J, and Malhi, S, S, 2002, Boron fractionation in some Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 82: 173–179,

Ritchie, S. and J. Hanway. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. [www.iastate.edu](http://www.iastate.edu)

Rivero, E, Cruzate, GA & R Turati. 2008. Azufre, boro y zinc: mapas de disponibilidad y reposición en suelos de la Región Pampeana. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis. Actas en CD, 5pp.

Scheid López, A. 2006. Micronutrientes: La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. Pp 29-78.En: M Vázquez(ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.

Sainz Rozas, H., M. Eyherabide, H.E. Echeverría, P. Barbieri, H. Angelini, G.E. Larrea, G.N. Ferraris y M. Barraco. 2013.

¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos?. En: Actas del Simposio Fertilidad 2013. Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable. IPNI Cono Sur. pp 62-72.

Sid Ahmed A, Ezziyyani 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 annuum) plants. European Journal of Plant Pathology 109: 418-426

****

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

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

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