**tratamientos con undaria pinnatifida en maíz de siembra temprana**

**INTA EEA Pergamino**

**campaña 2016/17**

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

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

*ferraris.gustavo@inta.gob.ar*

INTRODUCCIÓN

La fertilización está integrada por aplicaciones de base con fósforo (P), nitrógeno (N) y azufre (S), y la posibilidad de complementar sus efectos mediante el agregado de micronutrientes y factores de crecimiento por vía semilla o foliar. Entre los factores de crecimiento se pueden enumerar enzimas, vitaminas, hormonas y otros compuestos capaces de promover el crecimiento vegetal.

El alga ***Undaria pinnatifida***, considerada invasora, es originaria de Japón, sur de China y Corea y ha ampliado su área de distribución a varias regiones costeras del mundo. Se ha dado cuenta de la imposibilidad de erradicación de la misma y la posibilidad de un aprovechamiento económico de la misma, i.e. en la industria alimenticia o como base para el desarrollo de insumos de interés agrícola.

El objetivo de este trabajo es: 1. Evaluar la respuesta del cultivo de Maíz a la aplicación de ***Undaria pinnatifida*** como tratamientos de semilla o por vía foliar. Hipotetizamos que los tratamientos evaluados incrementan el crecimiento, vigor y captura de recursos especialmente en etapas tempranas.

**Palabras clave: maíz, nutrición sobre semilla, nutrición foliar, insumos alternativos.**

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Se implantó un experimento en la localidad de Wheelwright, Santa Fe, sobre un suelo Serie Hughes, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I; IP=100. El ensayo se sembró el día 31 de octubre y fue espaciado a 0,525 m entre hileras, a una densidad de 80000 pl/ha. El cultivar sembrado fue DK 7310 VT3P. El cultivo fue fertilizado con 100 kg ha-1 de MAP, 100 kg ha-1 de Sulfato de Calcio y 250 kg ha-1 de Urea Granulada repartido en dos aplicaciones, la primera a la siembra con 100 kg ha-1 junto a la imposición de los tratamientos, y la segunda en postemergencia con el resto de la dosis. El diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos, los cuales se detallan en la Tabla 1. Por su parte, los datos de suelo del sitio se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1:** *Tratamientos fisiológicos y nutricionales aplicados en el experimento. Campaña 2016/17.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **T** | **Tratamientos de semilla** | **Dosis** | **Estado de aplicación** |
| **T1** | **CONTROL** |  |  |
| **T2** | **Undaria pinnatifida** | 3 ml/kg | semilla |
| **T4** | **Undaria pinnatifida** | 2000 ml/ha | V6 |
| **T5** | **Undaria pinnatifida**  **Undaria pinnatifida** | 3 ml/kg  2000 ml/ha | semilla  V6 |

**Tabla 2:** *Análisis de suelo efectuado al momento de la siembra*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Prof** | **Materia Orgánica** | **N total** | **Fósforo disponible** | **N-Nitratos**  **(0-20) cm** | **N-Nitratos suelo 0-40 cm** |
|  | **%** | **mg kg-1** | | **ppm** | **kg ha-1** |
| **0-20 cm** | 2,93 | 0,146 | 10,2 | 19,9 | 75,7 |
|  | **bajo** | **Bajo** | **bajo** | **alto** | **alto** |
| **Prof** | **S-Sulfatos suelo** | **Zinc** | **Boro** | **pH** | **Agua en suelo** |
|  | **mg kg-1** | **mg kg-1** | **mg kg-1** | **agua 1:2,5** | **150 cm - siembra** |
| **0-20 cm** | 7,4 | 0,99 | 0,45 | 5,6 | 170 mm |
|  | **bajo** | **Medio** | **bajo** | **Lig ácido** | **normal** |

Las aplicaciones foliares 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 4 kg permiten asperjar 100 l ha-1. Los detalles de la aplicación se presentan en el anexo.

En el estado V4 se determinó la materia seca acumulada y en V8 el NDVI por Green seeker. En la floración se midió el número de hojas fotosintéticamente activas, el vigor, cobertura, altura de plantas e índice verde por Spad. A cosecha de determinaron los componentes del rendimiento, número de espigas m-2 (NE), granos espiga-1 (GE), número granos m-2 (NG) y peso (PGx1000) de los granos. 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**

**Descripción climática de la campaña**

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. Se consideró la etapa entre el 10 de diciembre y el 15 de febrero, la cual abarca el período crítico de floración y llenado de granos en todos los materiales. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con los anteriores. La campaña presentó dos etapas bien diferenciadas. Una primera parte, hasta la precipitación acontecida el día 18 de diciembre, se caracterizó por un ambiente predominantemente seco, que acompañó la primera parte del período crítico hasta alcanzar la floración. La subsiguiente comienza el 25 de diciembre, con lluvias de una magnitud sin precedentes para la región, derivando probablemente en condiciones de lixiviación de nutrientes móviles como N y azufre (S). No obstante, la posición elevada del sitio evitó la formación de anegamientos temporarios, y los rendimientos alcanzaron un nivel muy destacado

Las condiciones de luminosidad fueron medias, con varios días de escasa radiación. El cociente fototermal (Q) (11 dic-10 ene) fue de **1,58**, inferior al de los años El Niño precedentes (2015/16: **1,72**; 2014/15: **1,70**) pero sin embargo muy superior al del año cálido 2013/14, de **1,35** (Figura 2). Por su parte, las temperaturas medias fueron elevadas hasta mediados de diciembre (superiores a los dos años anteriores) y disminuyeron al comenzar el período húmedo desde fines de Diciembre en más (Figura 3).

**Figura 1:** *Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. Wheelwright, Santa Fe, campaña 2016/17. Agua disponible inicial en el suelo (140 cm) 150 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 1095 mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0 mm.*

**Figura 2:** *Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (ºC) diaria para el período 10 de diciembre - 14 de febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración, e inicios de llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2016/17. Nótese las frecuentes y pronunciadas caídas de radiación durante la presente campaña.*

**Figura 3:** *Temperaturas máximas diarias durante las campañas 2014/15, 2015/16 y 2016/17. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2016/17. Nótese las elevadas temperaturas en la primera parte del período crítico, en comparación con el final.*

**B) Resultados del experimento:**

En la Tabla 3 se presentan los parámetros morfológicos y fisiológicos de cultivo así como los componentes del rendimiento, mientras que en la Figura 4 se presentan los rendimientos y su significancia estadística.

**Tabla 3:** *Parámetros morfológicos y componentes de rendimiento: materia seca en V4, altura de plantas y de inserción de espigas, intercepción de radiación en floración, intensidad de verde determinado mediante Spad y NDVI por Green seeker, vigor, rendimiento y sus componentes numéricos: espigas m-2 (NE), granos espiga-1 (GE), número granos m-2 (NG) y peso (PGx1000) de los granos. Tratamientos sobre semilla y canopia en Maíz. INTA Pergamino, campaña 2016/17.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tr** | **Descripción** | **MSeca V5**  **(g m-2)** | **Altura planta(cm)** | **Altura Insersión (cm)** | **Cobertura R1 (%)** | **Spad R1** | **Green seeker V8** | **Vigor**  **(1-5)** |
| **T1** | **Control** | 1365 | 295 | 120 | 94,0 | 56,4 | 0,72 | 3,9 |
| **T2** | **Undaria (s)** | 1390 | 302 | 122 | 99,0 | 57,4 | 0,78 | 3,9 |
| **T3** | **Undaria (fol)** | 1305 | 300 | 110 | 93,2 | 56,5 | 0,76 | 4,2 |
| **T4** | **Undaria (s) + Undaria (fol)** | 1670 | 300 | 120 | 95,5 | 58,2 | 0,78 | 4,3 |
| **R2 vs rendimiento** | | **0,65** | **0,65** | **0,05** | **0,00** | **0,64** | **0,68** | **0,69** |
| **Tr** | **Descripción** | **NE** | **GE** | | **NG** | **PGx1000** | **Rendimiento**  **(kg ha-1)** | **Dif T1**  **(kg ha-1)** |
| **T1** | **Control** | **7,6** | 423,6 | | 3227,7 | 311 | **10038,1** |  |
| **T2** | **Undaria (s)** | **9,1** | 362,4 | | 3313,7 | 315 | **10438,1** | 400,0 |
| **T3** | **Undaria (fol)** | **8,4** | 399,8 | | 3350,6 | 316 | **10587,8** | 549,7 |
| **T4** | **Undaria (s) + Undaria (fol)** | **7,6** | 465,0 | | 3542,7 | 307 | **10876,2** | 838,1 |
| **R2 vs rendimiento** | | **0,01** | **0,17** | | **0,93** | **0,35** |  |  |
| **Sign. Est (P=)** | |  |  | |  |  | **0,19** |  |
| **CV (%)** | |  |  | |  |  | **4,5** |  |

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

**Figura 4:** *Producción media de maíz según tratamientos con Undaria pinnatifida biológicos sobre semilla y área foliar. Wheelwright, maíz de siembra temprana, año 2016/17. Las barras de error indican la desviación standard de la media. Para un mayor detalle de los tratamientos ver Tabla 1.*

**DISCUSION Y CONCLUSIONES**

Los rendimientos alcanzaron una media de 10485,1 kg ha-1, con un rango de 10038,1 a 10876,2 muy favorecidos por las abundantes precipitaciones de la campaña y el buen ambiente general del sitio, que no sufrió problemas de anegamiento, ni siquiera temporarios.

El suelo del sitio presenta una fertilidad media a baja, sin embargo fue corregido por medio de una adecuada fertilización. Los valores de materia orgánica, fósforo y nitrógeno son característicos de la región.

Las diferencias obtenidas no alcanzaron la significancia estadística. Es probable que fueran necesarias más repeticiones o tratamientos, de modo de obtener mayor número de grados de libertad en el error experimental, para que estas diferencias alcanzaran tal significancia.

El rango de respuestas obtenidas varió entre 400 y 838,1 kg ha-1, lo cual es satisfactorio considerando que se trata de una tecnología complementaria. Se destaca especialmente el tratamiento integrado, combinando aplicaciones sobre semilla y foliares (T4). Es evidente que el sistema se optimiza cuando se integran simultáneamente diferentes metodologías de aplicación.

Las variables que explicaron en mayor medida los rendimientos fueron **NG, Vigor, NDVI por Green Seeker, Mseca temprana, altura de planta y contenido de N estimado por Spad.** A partir de la correlación entre rendimiento y el resto de las variables cuantificadas, el efecto de los tratamientos pasaría en mayor medida por el crecimiento, antes que la absorción de N. Se destaca por su magnitud la mejora en la implantación con incremento en la biomasa inicial y hacia el período crítico.

Se concluye que es posible sumar tecnologías limpias e innovadoras que mejoren simultáneamente diferentes procesos de la planta con impacto en los rendimientos finales. Esta experiencia constituye una primera aproximación y deberá explorarse su consistencia en el tiempo, de igual manera que su complementariedad con otras prácticas habituales de manejo.

**ANEXO: Descripción de las condiciones climáticas bajo las cuales se realizaron las aplicaciones.**

**Tabla 5**: *Estado del cultivo al momento de la aplicación.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Momento de aplicación** | **Fecha de aplicación** | **Estado del cultivo** | **Altura (cm)** | **Cobertura (%)** |
| **V6** | 10- dic | V6 | 65 | 70 |

**Tabla 6**: *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 |
| **V6** | Seco | Normal -Seco | 23,2 | 49 | 15,7 W | 1 | 0 |

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

*dda: después de aplicación.*

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

Araujo, D. K. (2016). Extratos de Ascophyllum nodosum no tratamento de sementes de milho e soja: avaliações fisiológicas e moleculares (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Belanger R, Dufuor 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.

de Castro, A. C. C., de Almeida, T. F., Souza, G. M., Magalhães, J. F., de Melo, R. R., & de Oliveira, P. S. N. (2017, March). Influência da aplicação de filtrado de algas em parâmetros fenométricos e na produtividade da soja. In Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)(ISSN 2447-8687) (Vol. 3).

Díaz-Zorita, M., M.V. Fernádez-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](http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/Suelos/trigo_%20micorrizas08.pdf)

Faria, T. C. (2017). Desempenho de bioestimulantes e sua viabilidade econômica na cultura da soja.

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. 2016. Manejo de la fertilidad del suelo en cultivos extensivos: impacto de los biofertilizantes. Panorama actual de su uso en la Provincia de Buenos Aires. V Jornadas Bonaerenses de Microbiología de Suelos para una Agricultura Sustentable (JOBMAS). La Plata, 30 de Junio de 2016.

Ferraris, G. 2016. Tecnologías destinadas a incrementar la eficiencia de uso de los recursos en trigo: el rol de los promotores de crecimiento vegetal y micronutrientes. 4pp. En: Manual Técnico del Cultivo de Trigo. Edición 2016. AACREA (en prensa).

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 Biotecnol. 7:39-49.

Liner, B. (2017). Algas: Del agotamiento a la recuperación de recursos. *Temas*, *7*, 06.

Miñón Martínez, J. (2017). Desarrollo y análisis técnico-económico de la gestión de nutrientes residuales en la producción de biomasa de algas para fines agrícolas y ganaderos.

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. Perticari. 2006. Inoculación de trigo con Azospirillum. Trigo en Siembra Directa. 97-99. Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, AAPRESID.

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)

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

Sousa, R. R. (2017). Estudo dos fluxos de N2O e CH4 em solo de agricultura orgânica, com aplicação de extrato de alga como bioestimulante vegetal.