Ejes temáticos: 1. Diseño y manejo de sistemas productivos agroecológicos

Efecto del Supermagro y Fosfoactiv en el cultivo de Trigo en el semiárido Bonaerense

Autores: Mediavilla M.C.; Tranier E.; Flores C.; Poo J.; Lauro M. ; Escorriza M.

Resumen

Las características geográficas de la región generan una variabilidad climática, que sumado a la degradación de los suelos y la simplificación productiva, condicionan a la producción extensiva en el sudoeste bonaerense. En el año 2024 se llevó adelante un ensayo entre el INTA Bordenave junto a un productor del grupo Raíces del Sudoeste ubicado en el partido de Adolfo Alsina, con el objetivo de evaluar en el cultivo de trigo el efecto del Fosfoactiv y el Supermagro. El diseño fue realizado en franjas y testigos apareados, con tres repeticiones, donde se inocularon ambos productos por separado y en el caso del Supermagro se realizó aplicación foliar al 10 % en dos momentos, se evaluó estado nutricional de los tejidos, simbiosis micorrícica, parámetros de rendimiento y de calidad. Se utilizó para el análisis comparativo el Test de LSD Fisher. Ambos tratamientos, fueron significativos en el rendimiento, entre un 26 a 27 % más que el testigo y en la asimilación de los nutrientes Zn, Fe y P.

Palabras clave: biofertilizante; inoculación; micorrización; asociación simbiótica; nutrientes.

Abstract

The region's geographic characteristics generate climatic variability, which, combined with soil degradation and production simplification, determines extensive production in southwestern Buenos Aires. In 2024, a trial was conducted by INTA Bordenave and a producer from the Raíces del Sudoeste group located in the Adolfo Alsina district. The objective was to evaluate the effect of Fosfoactiv and Supermagro on wheat crops. The design was carried out in strips and paired controls, with three replicates. Both products were inoculated separately. In the case of Supermagro, foliar application was carried out at 10% twice. Tissue nutritional status, mycorrhizal symbiosis, and yield and quality parameters were evaluated. The Fisher LSD test was used for comparative analysis. Both treatments were significant in yield, between 26 and 27% more than the control, and in the assimilation of the nutrients Zn, Fe and P.

Keywords: biofertilizer; inoculation; mycorrhization; symbiotic association; nutrients.

Introducción

Las características geográficas de la región son típicas de una zona de transición entre el clima templado húmedo y árido patagónico, lo que genera una variabilidad climática, con precipitaciones medias que oscilan en los 600 mm anuales. Los suelos son pobres, las limitaciones comunes son: bajo contenido de materia orgánica (MO), escasa capacidad de retención de humedad y riesgo de erosión eólica. Se observa la degradación física, química y biológica de los suelos por intensificación y simplificación de los sistemas productivos; pérdida de diversidad biológica, servicios ecosistémicos y otros bienes naturales por el creciente uso de insumos en la actividad agraria. La producción extensiva mixta en el sudoeste bonaerense está sujeta a las limitantes recién mencionadas. En los productores en transición agroecológica como el grupo Raíces del Sudoeste (Raíces), el uso de biopreparados como el Supermagro (SM) es una alternativa viable, mientras se avanza en el reordenamiento del sistema, el reciclado de los nutrientes y el incremento de la biodiversidad, entre otras estrategias (Mediavilla, 2023). “El objetivo del diseño agroecológico es integrar componentes de manera tal de aumentar la eficiencia bilógica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y autorregulatoria del agroecosistema” (Altieri, 2001). En cuanto a la sustitución de insumos, contamos con los antecedentes de la zona, el trabajo llevado adelante en el partido de Adolfo Alsina de SM en trigo (Lageyre, 2022). Y con respecto al efecto del SM con la asociación micorrícico arbuscular y la nutrición en un cultivo de trigo el trabajo de (De la Torre F., 2021). En el año 2021, llevamos adelante un trabajo con otro productor del grupo

Raíces donde se probó el SM en el cultivo de cebada en tres concentraciones del producto (Mediavilla, 2023). En el presente trabajo, en el año 2024, llevamos adelante un ensayo con otro integrante del grupo ubicado en el partido de Adolfo Alsina cuyo objetivo fue comparar el efecto de un bioinsumo Fosfoactiv (MIC) y el SM evaluando estado nutricional de los tejidos, simbiosis micorrícica, parámetros de rendimiento y de calidad en grano. El SM es un fertilizante vivo que resulta de la fermentación anaeróbica de la materia orgánica en agua, enriquecida con minerales: fosforo (P), nitrógeno (N), zinc (Zn), boro (Bb), magnesio (Mg), manganeso (Mn), Hierro (Fe), azufre (S), cobre (Cu), entre otros y donde los microorganismos lo transforman al cabo de un tiempo en sustancias que pueden asimilarse fácilmente por las plantas. Este producto se puede elaborar o adquirir, como el caso de este ensayo que lo aportó el Ministerio de Desarrollo Agrario de la Prov. De Bs As elaborado por la Biofabrica Escuela de la UNLP. El fosfoactiv: es un biofertilizante formulado a base micelio de hifas y esporos de micorrizas (Glomus Mosseae) cultivado en raíces estériles de plántulas. Esta cepa de micorrizas tiene actividad fosfatàsica actuando a pH5 y pH7. Entre los beneficios que confieren se destaca la mejora en la nutrición de fósforo del suelo. Las micorrizas crecen dentro de las raíces, pero gran parte de su estructura se encuentra por fuera de la raíz. A cambio del carbono (C) las micorrizas funcionan como verdaderos puentes que se extienden más allá de la zona de agotamiento de las raíces y alcanzan nutrientes inmóviles y agua. Es decir, las micorrizas constituyen un verdadero sistema de adquisición de nutrientes de la planta y, además, de acumulación de C en el suelo (Faggioli, 2003). Las MIC producen una sustancia carbonácea conocida como glomalina. Es una glicoproteina producto de la actividad biológica de las MIC. Es una sustancia que influye de manera importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Ogunseitan, 2006).

Metodología

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña de Trigo (Triticum aestivum L.) 2024/2025, en establecimiento ubicado en La Salada del Partido de Adolfo Alsina. Las labores previas a la siembra fueron 2 pasadas de rastras de discos. Se trata de un suelo Franco arcillo arenoso con leves limitaciones y de baja fertilidad, se realizó análisis del suelo y textura al inicio del ensayo en Laboratorio de suelos EEA INTA Bordenave, utilizando las técnicas de Bremner por Microdestilación para determinar N Disponible en macollaje; Bray y Kurtz Nº 1 para P Disponible; Walkley Black: MO; Dilución en agua (1: 2,5) para pH y Bouyoucos Textura. Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron de 323 mm. Se utilizó trigo variedad ACA 602 de ciclo intermedio. Se sembró a mediados de junio y se cosecho en diciembre del mismo año con una densidad de siembra de 100 kg/ ha y a una distancia entre líneas de 17,5 cm. *El diseño de la experiencia* fue realizado en franjas y testigos apareados de 7 m de ancho x 8 m de largo, con 3 repeticiones y 2 m de distancia entre las mismas, el SM se inoculo con la semilla al 0,5 % y se aplicó manera foliar, al 10% en la aparición macollo (5 hojas en tallo principal) y en pre-inflorescencia no emergida (primer nudo perceptible) con aplicador manual y lanza de 2 m de ancho, con un volumen final de 50 litros y no se aplicó ningún producto químico ni biológico. Y con el MIC las semillas de trigo se inocularon unas horas antes con 4cc por kg de semilla (400cc/ha). Los testigos sin inoculante ni aplicaciones foliares.

Se evaluó número de plántulas por metro lineal tomando 5 muestras por repetición (R), concentración de clorofila foliar (índice de verdor) en hoja bandera desplegada con dispositivo portátil SPAD-502, 3 muestras por R, materia seca en macollaje (3 muestras por R). *Para la toma de muestras de granos*, la cosecha se realizó a mano con segadora a mediados de diciembre, se tuvieron en cuenta el centro de las parcelas tratadas y testigos, tomando 10 muestras de cada tratamiento de 1 m lineal, se trillaron en la EEA Bordenave y luego de pesar las muestras el rendimiento en granos se expresó en kg ha-1 ajustando el peso a un 12% de humedad. Se enviaron al laboratorio de Calidad de cereales de la misma experimental para *estimar parámetros de calidad comercial*: porcentaje de proteína, Peso Hectolítrico y porcentaje de humedad. El contenido de proteínas y de humedad de los granos cosechados se determinó en un espectrofotómetro infrarrojo cercano (NIRS) marca Foss – Tecator. Esta

metodología se encuentra normalizada (Normas Analytica – EBC, 1998). En laboratorio de Bioquímica Clínica Veterinaria del INTA Balcarce, *se determinó la concentración de nutrientes* (Ca, P, Mg, Cu, Zn y Fe.), en tejidos de parte aérea (macollaje y pre-inflorescencia) y en granos de trigo. Las muestras se secaron en estufa de flujo continuo a 100 ºC. Posteriormente, para macrominerales fueron tratadas con una mezcla 2/2 (V/V) de HNO3:HClO4 (Pechin y col., 2011) y los micro minerales se trataron con una mezcla 2:2:2 de HNO3:HClO4: HCL. Para destruir materia orgánica. La determinación se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica, con un equipo PerkinElmer AA700 de la EEA INTA Balcarce. *Metodología de Simbiosis micorrícico arbuscular.* Se determinó la presencia de esporas de micorrizas y el porcentaje raíces micorrizadas en las porciones de las raíces. Se tomaron 6 grupos de 4-5 plantas de trigo a lo largo de cada parcela. En el laboratorio de suelos de la EEA Bordenave, Se seleccionaron las raíces, se las lavó con agua destilada exhaustivamente y se las secó a 70°C por 5 días (ver Fig.3). Para la realización del análisis las raíces, se enviaron las muestras al Laboratorio de Fitopatología EEA INTA Yuto. Las muestras fueron rehidratadas por un periodo de 48 horas con agua destilada. Cortadas en segmentos de aproximadamente 1 centímetro de longitud, las raíces fueron sometidas a decoloración con hidróxido de potasio (KOH) a ebullición, luego se realizó un aclarado con el uso de una solución de ácido clorhídrico (Hcl). Para la tinción de las estructuras fúngicas se utilizó como colorante azul de tripán. La evaluación de la micorrización se realizó mediante la observación de la presencia de esporas de micorrizas en microscopio óptico, mediante montaje de raíces en portaobjetos con aguja de disección, se evaluaron 100 trozos de 1 cm de largo de raíces de cada uno de los tratamientos. El porcentaje de colonización se estimó al considerar el número de segmentos colonizados entre el número de segmentos totales multiplicado por cien. *Para el análisis estadístico*, los promedios de cada tratamiento se compararon entre sí con el Test de LSD Fisher del programa INFOStat versión libre. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Resultados y discusiones

El diagnostico de suelo en pre-siembra indico que el contenido de MO en el suelo fue de 1,19; P disponible (ppm) 10,2 y Ph 6,5; N disponible en macollaje: 10,25 ppm y 27,5 kg/Ha.

Simbiosis micorrícico arbuscular en cultivo de trigo pre floración: En el cuadro 1 se observa el porcentaje de raíces con presencia de micorrizas en el tratamiento con MIC, no se logró observar la presencia de estructuras arbusculares en los testigos ni en el tratamiento con SM, pero en el laboratorio consideran que se debe a que se trabajó con raíces secas no a falta de ellas, ni a la aplicación de SM y su contenido de N, ya que otros trabajos también encontraron ausencias de diferencias significativas en el grado de micorrización y la presencia de arbusculos entre los tratamientos con y sin N, permitiendo afirmar que la aplicación de N no deprimió la micorrización nativa, (Covacevich *et al*., 2005). En tal sentido, será necesario analizar las muestras de raíces frescas y ver si hay relación con el efecto de la labranza.

Cuadro 1. Porcentaje de raíces con presencia de micorrizas

Cultivo	Lugar	Tratamiento	Porcentaje de raices micorrizadas
Trigo	Bordenave	Supermagro	0
Trigo	Bordenave	Micorrizas	20
Trigo	Bordenave	Testigo	0

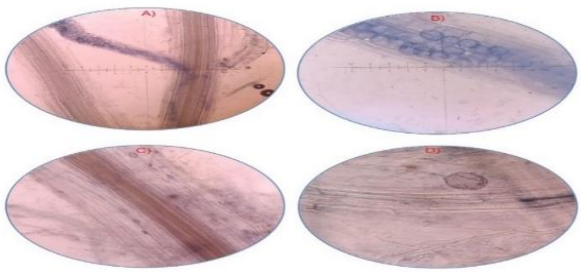

Figura 1. Presencia de micorriza en raíces

En la Figura 1 se observa que A y B (MIC) muestran raíces de trigo con la presencia de

micorrizas. Se observa la abundancia de esporas y micelio de micorrizas. C testigo y D SM: Se observa las raíces libres de micorrizas, ausencia de esporas y micelio.

En el conteo de la cantidad de plántulas antes del inicio del macollaje, se encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento con MIC. Este resultado a favor podría ser una acción directa del producto sobre la semilla. Este efecto es de particular importancia en estados tempranos del crecimiento de los cultivos y en condiciones de baja disponibilidad de P en el suelo (Miller, 2000). Se encontraron resultados similares, en el desarrollo y producción del cultivo de trigo (Baez Perez et all., 2012). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en materia seca por ha a comienzo del macollaje, al igual que con índice de verdor (concentración de clorofila) ver cuadro 2.

Cuadro 2. Índice de verdor en hoja bandera desplegada

Tratamiento	Muestra	IV	Promedio por tratamiento
TESTIGO	1	38,0	37,4 A
	2	39,0	
	3	35,3	
SUPER MAGRO	1	36,8	39,2 A
	2	42,0	
	3	38,7	
MICORRIZA	1	37,3	38,6 A
	2	40,7	
	3	37,7	

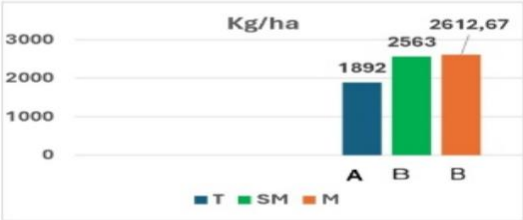

Figura 2. Rendimiento de trigo Kg/ha)

Rendimiento de grano Kg ha-1 de: en las parcelas tratadas con SM y MIC el rinde fue superior al testigo y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos SM y MIC, demostrado en (Fig. 2) con el Test LSD Fischer (en letras mayúsculas A y B). En promedio rindieron entre un 26 a 27 % más que el testigo.

Parámetros de calidad comercial de grano, en lo que se refiere a % de Proteína y Humedad, en todos los tratamientos no hubo diferencias significativas con el Test LSD Fischer, sin embargo, con el Peso Hectolítrico se encontraron diferencias significativas a favor de los tratamientos con SM y MIC. Como se verá en los resultados de estado nutricional de los tejidos, el mayor peso Hectolítrico del SM podría deberse al complejo de nutrientes (Fe, Zn) que se expresaría en llenado de grano compensando el rinde total e igualándolo al tratamiento con MIC (P) y por otro lado en este tratamiento la micorrización podría estar beneficiando el enraizamiento y mayor número de plántulas que se traducirían en el rendimiento total.

Estado nutricional de los tejidos: el contenido de nutrientes en el macollaje fue similar para todos los tratamientos (Fig. 3). Sin embargo, la inoculación de semillas con SM logró un aumento en el contenido de Zn y de Fe en las hojas del trigo. En el momento de corte de pre-inflorescencia (Fig.4), el contenido de los nutrientes Ca, Mg, Zn, Fe fue mayor en el tratamiento con SM (inoculación y aplicación foliar al macollaje), y en caso del P fue mayor en el tratamiento con MIC asumiendo que es un indicador de la micorrización encontrada beneficiando a la planta en la asimilación de nutrientes inmóviles (P) y agua.

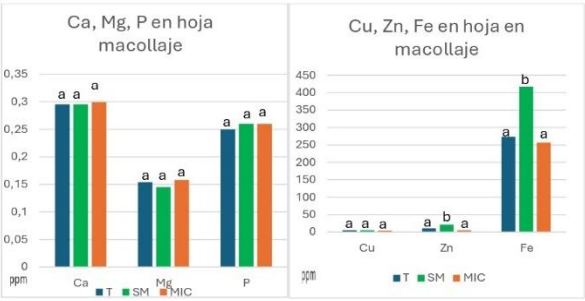

Figura 3. Micronutrientes en macollaje

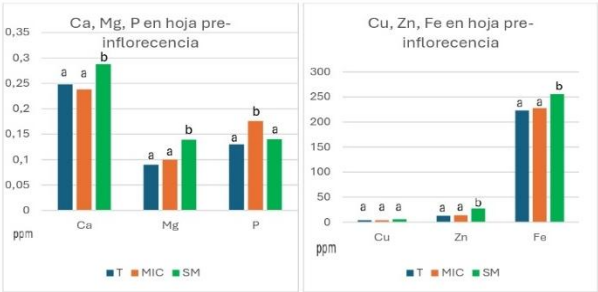

Figura 4. Micronutrientes en inicio de la floración.

En el análisis de los granos maduros (Fig.5), se encontraron diferencias significativas de los tratamientos respecto a testigo en Ca y Mg, siendo superior el Cb, Zn y Fe en el tratamiento de SM y el P para el tratamiento de MIC, aunque en el SM fue mayor que el testigo. El contenido de P mayor en el de MIC por ser parte de compuestos (fitatos) podrían disminuir la biodisponibilidad del Zn y Fe (De la Torre F, 2021).

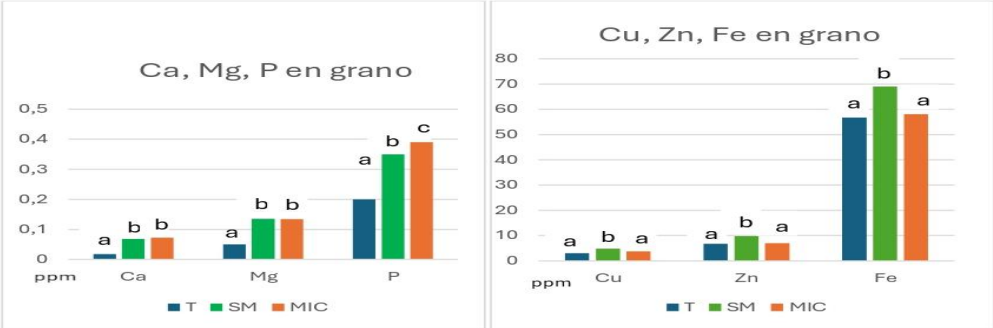

Figura 5. Contenido de micronutrientes en granos de trigo maduros

Conclusiones

El avance en la micorrización promovida por el producto fosfoactiv como la inoculación y las dos aplicaciones del Supermagro resultarían favorables en el rendimiento del trigo y en la asimilación de los distintos nutrientes, donde se observa una correlación positiva para el Zn y Fe en el tratamiento con SM y del P en el tratamiento con MIC. Resulta importante además de continuar con este tipo de ensayos, poder analizar costos a fines de ver la factibilidad del tratamiento a elegir. El uso de los biofertilizantes en inoculación y/o aplicación foliar como el SM al 10% en macollaje y antesis, además del beneficio demostrado, contribuyen a la reactivación de la actividad biológica del suelo y a mejorar la nutrición de las plantas haciéndolas más resistentes ante las adversidades.

Referencias bibliográficas

Altieri, M. (2001). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Cap.2

Baez Perez A. et all (2012) Efecto de las micorrizas en la producción de trigo bajo labranza de conservación en el Bajío. Folleto técnico Nº12 pag 38. ISBN 978-607-425-882-0.

Covacevich, F; Et all.. (2005). Formas de colocación de fósforo sobre el crecimiento y la micorrización espontánea del cultivo de trigo. Ciencia del Suelo 23(1): 39-45.

De la Torre F., et all. (2021) Efecto del Supermagro en la asociación micorrícico arbuscular y la nutrición en un cultivo de trigo en “La Tapera” II Congreso Argentino de Agroecología. ISBN 978-950-766-203-4

Faggioli, V. (2003). (EEA Marcos Juárez, INTA, 2023-01-30). Repsotorio INTAhttps://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/14014

Lageyre E.; Hollmann J. (2022) Informe técnico INTA- MDA Prov. Bs As. Agricultura orgánica: Experiencias en trigo, Campaña 2021/2022. 5 pg.

Mediavilla M.; et all. (2023) Efecto de la biofertilización con Supermagro en cultivo de cebada en el semiárido Bonaerense. III Congreso Argentino de Agroecologia. ISBN 978-987-8258-87-4

Miller, MH. (2000). Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: a review of Guelph studies. Can. J . Plant Sci 80: 47-52.

Ogunseitan O. (2006). Soil proteomics: extraction and analysis of proteins from soil. In: Nucleic acids and proteins in soil. Nannipieri, K, ans K. Smalla (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany, pp: 105-108.