
HORTICULTURA

Influence of biofertilization on asparagus seedlings production

Influencia de la biofertilización en la producción de plantines de espárrago

Castagnino, A. M.¹; Díaz, K. E.¹; Rosini, M. B.¹ (*Ex aequo*); García Franco, A.¹; Bastián, E.¹; Alberti, R.² y Marín Castro, M. A.³

¹ Centro Regional de Estudio de Cadenas Agroalimentarias – CRESCA, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires – UNCPBA, Buenos Aires, Argentina.

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires – UNCPBA, Buenos Aires, Argentina.

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – BUAP, Puebla, México.

Recibido: 14/07/2022

Aceptado: 26/09/2022

ABSTRACT

Castagnino, A. M.; Díaz, K. E.; Rosini, M. B.; García Franco, A.; Bastián, E.; Alberti, R. y Marín Castro, M. A. (2022). Influence of biofertilization on asparagus seedlings production. *Horticultura Argentina* 41 (106): 28 – 44.
<http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/rkhv1irio>

Asparagus is a perennial vegetable, with an extensive productive stage and a progressive yield according to the age of the plantations; being the initial nursery stage determinant for the success of the crop and dependent on the starting system, management and quality of the seedlings. The objective of the study was to determine the effect of biofertilization (BF) on the growth of green asparagus seedlings (PEV) improving quality and implantation. An organic production trial was conducted (28/12/2021), in Tandil (Buenos Aires), using UC-157 genotype F2 and in pots.

There were four treatments, a control without fertilization (T1), a fertilization treatment with arbuscular endomycorrhizae (T2-BRE), a fertilization treatment composed of micronutrients and plant hormones (T3-BFMH) and a combined fertilization treatment (T4-BRE+ BFMH). A heated greenhouse was used at the Faculty of Agronomy (UNCPBA) and a randomized block design with 3 replications, with weekly monitoring until the final size. Height (H) and number of stems (NT) were evaluated from 3/21/2022 to 5/31/2022. In the laboratory, fresh and dry weights of roots and stems (PFR-PFT-PSR-PST) were determined. Data were analyzed by ANOVA and LSD test ($P \geq 0.05$). The PFT and PFR in T4 were superior, finding no statistically significant differences in the biomass of stems and in PFR, surpassing T1, with T2 standing out with respect to T3 and T4. In summary, PEV BF increases biomass,



mainly root biomass, constituting a valuable technique to achieve better plantations.

Keywords: *Asparagus officinalis*, nursery, plantations, biomass, quality, mycorrhizae.

RESUMEN

Castagnino, A. M.; Díaz, K. E.; Rosini, M. B.; García Franco, A.; Bastián, E.; Alberti, R. y Marín Castro, M. A. (2022). Influencia de la biofertilización en la producción de plantines de espárrago. *Horticultura Argentina* 41 (106): 28 – 44. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/rkhv1irio>

El espárrago es una hortaliza perenne, con una etapa productiva extensa y un rendimiento progresivo acorde a la edad de las plantaciones; siendo la etapa viverística inicial determinante para el éxito del cultivo y dependiente del sistema de inicio, del manejo y de la calidad de los plantines. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la biofertilización (BF) sobre el crecimiento de los plantines de espárrago verde (PEV) mejorando la calidad y la implantación. Se realizó un ensayo de producción orgánica (28/12/2021), en Tandil (Buenos Aires), utilizando el genotipo F2 de UC-157 y en macetas. Los tratamientos fueron cuatro, un testigo sin fertilizar (T1), un tratamiento de fertilización con endomicorrizas arbusculares (T2-BRE), un tratamiento de fertilización

compuesto por micronutrientes y hormonas vegetales (T3-BFMH) y un tratamiento combinado de fertilización (T4-BRE+ BFMH). Se utilizó un invernadero calefaccionado en la Facultad de Agronomía (UNCPBA) y un diseño en bloques aleatorizados con 3 repeticiones, con monitoreos semanales hasta el tamaño definitivo. Se evaluaron altura (H) y número de tallos (NT) entre el 21/3/2022 al 31/5/2022. En laboratorio, se determinaron los pesos fresco y seco de raíces y tallos (PFR- PFT-PSR-PST). Los datos se analizaron mediante ANOVA y test LSD ($P \geq 0,05$). El PFT y PFR, en T4 resultó superior, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en la biomasa de tallos y si en PFR, superando a T1, destacándose el T2 con respecto a T3 y T4. En síntesis, la BF de PEV, incrementa la biomasa, fundamentalmente radical, constituyendo una técnica valiosa para lograr mejores plantaciones.

Palabras claves: *Asparagus officinalis*, viverismo, plantaciones, biomasa, calidad. Micorrizas.

1. Introducción

El espárrago es una hortaliza perenne, con una etapa productiva de varias décadas y un rendimiento progresivo acorde a la edad de las plantaciones, siendo la etapa viverística inicial, fundamental para el éxito del cultivo. La misma depende de diferentes factores como sistema de inicio, manejo durante dicha etapa, calidad de los plantines utilizados, adaptación a las condiciones agroclimáticas del sitio de producción, genotipo y manejo recibido, entre otros; ya que los ecosistemas son un ensamble de especies en constante interacción con el ambiente que les rodea (Grasso *et al.*, 2019).

En cuanto al manejo del cultivo, inclusive en la etapa de vivero, tradicionalmente se han

utilizado fertilizantes químicos inorgánicos y abonos orgánicos (compost, entre otros) o enmiendas biológicas, los que presentan nutrientes en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas (Grasso *et al* 2019). En la actualidad, están cobrando relevancia los biofertilizantes, los cuales están reconocidos como una posible solución para mejorar la fertilidad del suelo y la producción de los cultivos, en la agricultura sostenible y en la seguridad alimentaria. Dichos biofertilizantes son productos que contienen microorganismos vivos, capaces de colonizar la rizosfera y estimular el desarrollo de las plantas, aumentando la oferta o disponibilidad de nutrientes para la planta huésped, pudiendo aplicarlos al suelo, a semillas, plantines o la superficie de la planta (Sharma *et al.*, 2022). Generalmente están formulados en un formato fácil de usar (Malusa *et al.*, 2012). Suelen contar con una base líquida constituida por microbios latentes (bacterias, hongos, algas, actinomicetos), solos o en combinación, que colaboran en la fijación de N₂ atmosférico, o actúan como solubilizantes de diferentes nutrientes del suelo, tendientes a mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Dineshkumar *et al.*, 2018). Pueden representar un valioso componente, en el marco de una estrategia integral de gestión de nutrientes, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de potasio y fósforo, rizobacterias promotoras del crecimiento, hongos endo y ectomicorrícicos, cianobacterias y otros organismos microscópicos beneficiosos. Además, contribuyen a mejorar el comportamiento de los cultivos ante estrés por factores abióticos y bióticos (Sharma, 2022).

En el caso de los hongos endomicorrícicos, infectan las plantas tratadas (gramíneas, leguminosas, especies arbóreas, hortalizas, etc.), en forma no específica, desarrollándose en el interior de las células radiculares formando vesículas, arbusculos e hifas intracelulares, separadas del citoplasma celular por membranas autolimitantes. Establecen una simbiosis con dichas plantas, alimentándose de los carbohidratos de la misma y ofreciéndoles fósforo asimilable, agua, Zn y otros micronutrientes del suelo. Las raíces incrementan la permeabilidad a los solutos y el agua porque las hifas que la envuelven aumentan la superficie radicular varias veces y los sistemas enzimáticos del hongo facilitan la solubilidad y transporte de solutos, especialmente del fósforo y zinc. Estos hongos son saprofitos para las plantas colonizadas y aumentan la sanidad de las mismas, por competencia con hongos patógenos. También favorecen la nodulación de *Rhizobium* e infecciones por *Azospirillum*, ya que estos gérmenes utilizan otros receptores radiculares para infectar las plantas y las micorrizas, y aumentan el fósforo disponible que es fundamental para la nodulación de los *Rhizobium* y la infección de los *Azospirillum*.

En suelos de la zona centro de la provincia de Buenos Aires, en los casos en que son deficientes en Nitrógeno (N), el empleo de biofertilizantes podría contribuir a incrementar los rendimientos. Su forma de incorporación puede ser de dos maneras: fertilizantes o inoculación de los cultivos con bacterias fijadoras de N del aire, que se desarrollan en el suelo alrededor de las raíces; caracterizado por presentar una alta concentración de nutrientes, en comparación con el resto del suelo, como respuesta a la presencia de compuestos liberados por las raíces de las plantas (Rovira, 1973).

En el caso particular de las micorrizas (las cuales están ampliamente presente en el Reino Vegetal ya que se estima que entre el 90 y el 95% de las familias de las plantas terrestres contienen micorrizas en forma habitual), los tipos son las ectomicorrizas y las endomicorrizas (Heredia-Abarca, 2020). Estos hongos micorrícicos están relacionados en forma indirecta con los servicios ecosistémicos de soporte y regulación, por la estrecha relación que tienen en la producción primaria de los ecosistemas, favoreciendo el crecimiento y salud de las plantas, y la conservación de la

biodiversidad genética (Heredia-Abarca, 2020). Para ser aplicados como biofertilizantes en la agricultura, los hongos micorrícicos arbusculares, al ser simbiontes obligados, requieren una planta huésped y un soporte como sustratos (Paredes-Jácome *et al.*, 2022). Los mismos, además de tener un sitio para su desarrollo, obtienen de las plantas hidratos de carbono, vitaminas y agua; proporcionándoles a cambio, minerales y otros beneficios, como pueden ser la protección contra organismos parásitos del suelo y resistencia a sequía (Andrade-Torres, 2010), lo cual puede ser interesante en cultivos perennes como es el caso de espárragos. Diversos autores han reportado efectos beneficiosos del empleo de biofertilizantes en cultivos agrícolas. en lechuga (*Lactuca sativa*) incrementando el área foliar, volumen radical y el peso de la biomasa (Tapia *et al.*, 2010); en arroz (*Oryza sativa*), aumentando la biomasa aérea y radical, eficiencia fotosintética y contenido de prolina (Ruiz *et al.*, 2012); en yuca (*Manihot esculenta*), la altura, número de raíces y rendimiento (Riera *et al.*, 2016); en pimiento (*Capsicum annuum* L.), la biomasa total (López *et al.*, 2015) y en cultivo de espárrago, incrementando la biomasa aérea y radical (Xu *et al.*, 2014) y un efecto favorable en el número de turiones logrados, peso fresco comercial total y una mayor proporción de turiones de los calibres más elevados (Castagnino *et al.*, 2022a y b). Además, con la biofertilización combinada de espárrago, tanto a la raíz como foliar, se lograron resultados favorables en plantaciones adultas de dicho cultivo (Castagnino *et al.*, 2021a) y una disminución del descarte, el cual es significativo en dicha hortaliza, cercano al 50% (Castagnino *et al.*, 2021b y 2021c). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la biofertilización sobre, desarrollo radicular y foliar de plantines de espárrago verde.

2. Materiales y Métodos

El ensayo realizado constó de dos etapas, siembra en macetas de 7 cm de diámetro y 10 cm profundidad y biofertilización en el período estival, en Tandil, provincia de Buenos Aires, al aire libre; y posterior traslado a invernadero calefaccionado, en la Facultad de Agronomía de Azul, hasta adquirir el tamaño definitivo, sin restricción radical.

2.1. Etapa 1: Inicio.

La siembra se realizó el 28/12/2021, en macetas plásticas de 0,5 l, utilizando el híbrido: UC-157, F2, de origen americano (Figura 1).



Figure 1: Substrate preparation for asparagus planting. Tandil, Argentina, 2021.

Figura 1: Preparación de sustrato para la siembra de espárrago. Tandil, Argentina, 2021.

Las macetas / bolsas fueron llenadas en su parte inferior con tierra y el tercio superior con turba. Las mismas fueron depositadas sobre plástico negro (Figura 2), evitando la podada raíces que podría producirse, de penetrar en la tierra.



Figure 2: Asparagus seedlings a month after planting. Tandil, Argentina, 2021.

Figura 2: Plantines de espárrago al mes de la siembra. Tandil, Argentina, 2021.

Los mismos se regaron por aspersión, procurando humedecer los cepellones de manera uniforme (Figura 3).



Figure 3: View of asparagus seedlings a month after planting (A: Lateral detail of seedling and B: Bottom view). Tandil, Argentina, 2021.

Figura 3: Vista de plantines de espárrago al mes de la siembra (A: Detalle lateral de plantín y B: Vista de parte inferior). Tandil, Argentina, 2021.

Los plantines permanecieron en canteros al aire libre durante los primeros dos meses desde la siembra (Figura 4).

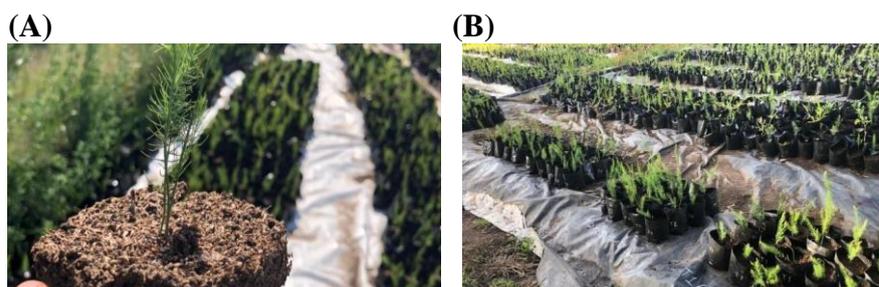


Figure 4: View of asparagus seedlings 2 (two) months after planting in bags. (A: Detail of seedling growing and B: General view of the seedlings). Tandil, Argentina, 2022.

Figura 4: Vista de plantines de espárragos a los 2 (dos) meses de la siembra en bolsas. (A: Detalle de plantín creciendo y B: Vista general de los plantines). Tandil, Argentina, 2022.

Los factores confrontados fueron: respuesta a biofertilización (BF) con fertilizantes biológicos a base de endomicorrizas arbusculares (BRE), aplicado a las raíces; y foliar, compuesto por micronutrientes y hormonas vegetales (BFMH).

Los tratamientos fueron cuatro: T1) Testigo sin fertilizar, T2) Tratados (sumergidos) con BRE; T3) Tratados con BFMH y T4) combinación de BRE y BFMH. Se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con 3 repeticiones, siendo 10 plantas por tratamiento, siendo el tamaño total de la muestra 120.

Los productos utilizados fueron: para la biofertilización al sistema radicular, “Fosfoactiv” (BRE- F) y para la biofertilización foliar: “Arco Plus” (BFMH-A), producidos por el Laboratorio Mycophos Argentina de la empresa Distagro S.R.L.

Las dosis utilizadas fueron 100 cm³ de cada uno de los tres componentes, cada 10 l de agua en el caso de Fosfoactiv, mientras que en Arco, 1 l cada 200 l de agua.

En el caso del producto utilizado para BRE, se trata de un biofertilizante completo fabricado a base de micelio de hifas y esporos de micorrizas (*Glomus mosseae*) cultivadas en raíces estériles de plántulas. Dichas micorrizas infectan las raíces tratadas desarrollándose en el interior de las células corticales. Establecen una simbiosis con la planta, en la cual, a cambio de fotosintatos producidos por ésta, generan un sistema de hifas que rodean la raíz, extendiéndose la misma varios metros, aumentando el volumen explorado en la rizósfera, propiciando la llegada de las raíces a lugares de difícil penetración y haciendo más eficiente el traslado de agua y nutrientes. Esta cepa de micorrizas tiene actividad fosfatásica (ácida y alcalina) actuando a pH 5 y a pH 7, generando la disponibilidad y aprovechamiento para las plantas, del fósforo no disponible. Su composición es a base de endomicorrizas arbusculares (como la mencionada *Glomus mosseae*); hongos formadores de micorrizas arbusculares; cepas de *Rhizobium*, *Azospirillum*, y demás bacterias promotoras de crecimiento vegetal, hormonas vegetales y promotores de crecimiento obtenidas en forma natural por fermentación bacteriana e hidrólisis enzimática de extractos vegetales (Auxinas, Citoquininas, Giberelinas, Brassinoesteroides, ácidos málico, succínico, fólico, hidroxocobalamina y prirodixina). Además, contienen macro y micronutrientes (Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Cu, Bo, Co, Mb, en forma de quelatos) (Distagro, 2022a). Se aplicó a los plantines para favorecer el sistema radicular y la parte aérea de los plantines. En el primer caso, para un mejor aprovechamiento del fósforo (P) total, para mejorar el aporte de nitrógeno (N), e incrementar del desarrollo radicular, la actividad de rizósfera y la

exploración del suelo; y mejorar la absorción y traslado de agua y nutrientes, del sistema radicular. Y, en el caso de la parte aérea para contribuir a aumentar la absorción y movilización de macro y micronutrientes en las hojas. En cuanto a la forma de utilización, como dicho producto viene formulado en tres componentes, éstos fueron mezclados en un recipiente limpio y diluidos en agua para posteriormente sumergir el cepellón de los plantines generados, en la primera etapa, y proceder a su repicado a envases de mayores dimensiones. Se trata de un producto biológico y ecológico, donde todos sus componentes son obtenidos por procesos biológicos naturales que carece de toxicidad para el ser humano y el medioambiente en general.

En el caso de BFMH-AP, se trata de una solución de macro y micronutrientes en forma de quelatos (EDTA) que contribuye a incrementar la solubilidad y optimizar la absorción por estomas. Está compuesto por hormonas vegetales (citoquinas, auxinas, giberelinas y brasinoesteroides), obtenidas de fuentes naturales, por hidrólisis enzimáticas de extractos y por fermentación natural de bacterias, hongos específicos y extractos etéreos de semillas; y factores de crecimiento (Hidroxocobalamina y Piridoxina; Ácido málico, succínico y fólico), tensioactivos y absorbente no iónico, y por 14 macro y micronutrientes. En cuanto a la proporción % de éstos últimos fue: Nitrógeno (N), 4,6%; Fósforo (P), 1,2%; Potasio (K), 6,8%; Cobalto (Co), 0,01%; Cloro (Cl), 0,3%; Azufre (S), 1,5%; Calcio (Ca), 0,01%, Hierro (Fe), 0,01%; Cobre (Cu); 0,02%; Manganeso (MN),

0,01%; Magnesio (Mg), 0,04%; Boro (Bo), 0,3%; Molibdeno (Mb), 0,1% y Zinc (Zn), 0,03% (Distagro, 2022b). Dicho producto se puede utilizar en combinación con fertilizantes fosforados y nitrogenados tradicionales. El mismo, contribuye a corregir déficit de nutrientes durante el desarrollo del cultivo y a mejorar el transporte dentro de las plantas, aumentar la fotosíntesis y el transporte de fotosintatos, aumentar el desarrollo radicular y foliar; contribuir a mejorar la tolerancia a estrés y a enfermedades foliares. En cuanto al modo de uso utilizado en BFMH-AP, se realizó aplicación foliar, mediante mochila, a razón de 1 l. ha^{-1} , con los plantines en activo crecimiento. Al igual que el BRE- F, se trata de un producto que carece de toxicidad, para el ser humano y el medioambiente en general.

En la Figura 5, se observa los momentos de aplicación de ambos biofertilizantes: a la izquierda BRE-F por inmersión de los plantines, y a la derecha BFMH-A, mediante aplicación foliar con mochila.

2.2. Etapas II. Crecimiento en invernadero:

Muestras aleatorias de 13 plantines obtenidos de cada tratamiento, fueron trasladadas al invernadero de la Facultad de Agronomía, en el Campus Universitario de Azul, el 6 de marzo 2022, con una temperatura promedio $17 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, para continuar con el seguimiento. Se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con 3 repeticiones (Figuras 6 y 7).



Figure 5: Detail of the preparation pool for the radical biofertilizer solution (BFMH), and for the application in two-month-old asparagus seedlings. Tandil, Argentina, 2021.

Figura 5: Detalle de la pileta de preparación de la solución de biofertilizante radical (BFMH), y de la aplicación en plantines de espárrago de dos meses. Tandil, Argentina, 2021



Figure 6: Seedlings treated with the four treatments carried out, at the end of Stage 1, the second month after planting asparagus seedlings. Tandil, Argentina. 2022.

Figura 6: Plantines tratados con los cuatro tratamientos realizados, al finalizar la Etapa 1, al segundo mes desde la siembra a plantines de espárrago. Tandil, Argentina, 2022.

Para una mejor protección de los plantines en el invernadero climatizado, se cubrieron con manta antiheladas de polipropileno pentacapa (Figura 8), a fin de evitar fluctuaciones bruscas de temperatura, daño de plagas y lograr una mayor uniformidad en la humedad del sustrato, durante la Etapa 2.



Figure 7: Biofertilized seedlings, located on countertops in a heated greenhouse, during Stage 2. Azul, Argentina, 2022.

Figura 7: Plantines biofertilizados, ubicados en mesadas en invernadero climatizado, durante Etapa 2. Azul, Argentina, 2022.

Se acondicionaron en mesadas y se midió con una frecuencia semanal las siguientes variables: altura (H) y número de tallos (NT), en el periodo comprendido entre el 21/3 y el 31/5/2022.



Figure 8: Biofertilized seedlings in a heated greenhouse covered with an anti-frost blanket, on countertops in a heated greenhouse, during Stage 2.: Azul, Argentina, 2022.

Figura 8: Plantines biofertilizados en invernadero climatizado cubiertos con manta antiheladas, en mesadas en invernadero climatizado, durante Etapa 2. Azul, Argentina, 2022.

Los plantines fueron regados por aspersión, con una frecuencia de día por medio, hasta el momento de la etapa de análisis en laboratorio. Los mismos tenían una altura de 17 cm al inicio de la Etapa 2, y finalizaron la misma con 66 cm.

Posteriormente fueron trasladados al laboratorio para su acondicionamiento, el cual consistió en el lavado de raíces, previamente sumergidas en agua, para facilitar el desprendimiento de sustrato de las mismas. Dicho lavado se realizó con agua a baja presión a fin de evitar poda de raíces, hasta quedar totalmente libres de tierra (Figura 9).

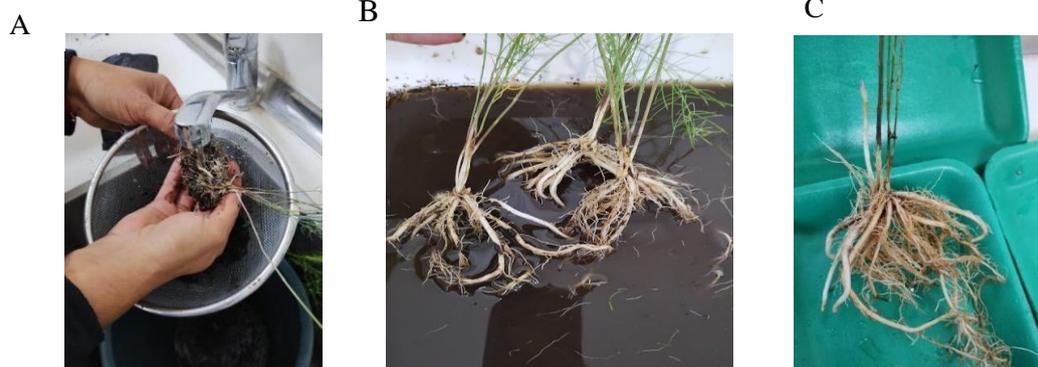


Figure 9: Root washing of asparagus seedlings: A: First wash. B: Second wash by immersion in water. C: Drained. Azul, Argentina, 2022.

Figura 9: Lavado de raíces de plantines de espárrago: A: Primer lavado. B. Segundo lavado por inmersión en agua. C: Escurrido. Azul, Argentina, 2022.

Una vez lavados los plantines, se observó y cuantificó la cantidad de raíces presentes, en cada tratamiento (Figura 10).

Dichas muestras, fueron llevadas a estufa de secado, a 60 °C, por 72 hs, hasta alcanzar peso constante, para posteriormente cuantificar el peso seco (PS), y calcular el % de biomasa en tallo y raíz, según la siguiente fórmula: %Biomasa= $PF \times 100 / PS$.



Figure 10: Comparison of seedlings from the four treatments, with their roots washed, ready for fresh weight determination. Azul, Argentina, 2022.

Figura 10: Comparación de plantines de los cuatro tratamientos, con sus raíces lavadas, listos para la determinación de peso fresco. Azul, Argentina, 2022.

Posteriormente, se cuantificó el peso fresco (PF) (g) de raíces y tallos, de una muestra de siete plantines, para cada uno de los tratamientos (Figura 11).



Figure 11: Determination of fresh weight (FP). A (To the left). Aerial part. B (right). Root. Azul, Argentina, 2022.

Figura 11: Determinación de peso fresco (PF). A (izquierda). De parte aérea. B (derecha). De raíz. Azul, Argentina, 2022.

2.3. **Análisis estadístico:** Para las variables en estudio, se realizó un análisis de la varianza ANOVA-LSD test ($P \geq 0,05$).

3. Resultados y discusión

El peso fresco obtenido de tallos y raíces en plantines de espárrago tratados con BRE-F y BFMH-A resultaron superiores al testigo en todos los tratamientos realizados. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la biomasa de tallos para los distintos tratamientos realizados (Figuras 12 y 13).

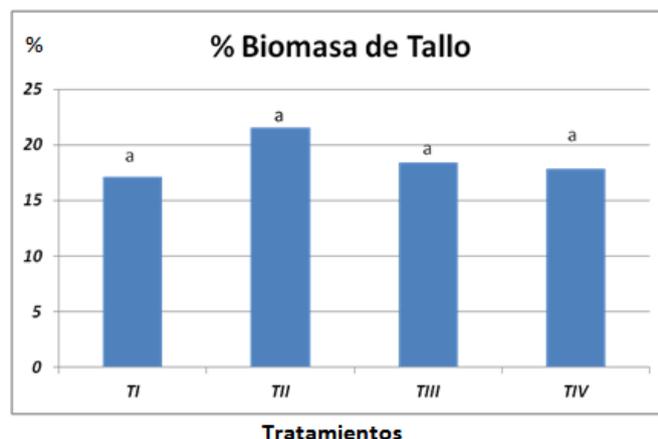


Figure 12: Biomass (%) of stems of green asparagus seedlings for T1: Control, T2: BRE, T3: BFMH, T4: Combination of BRE and BFMH. Different letters indicate significant differences according to the LSD test ($p > 0.05$). Azul, Argentina, 2022.

Figura 12: Biomasa (%) de tallos de plantines de espárragos verdes para T1: Testigo, T2: BRE, T3: BFMH, T4: Combinación de BRE y BFMH. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de LSD ($p > 0,05$). Azul, Argentina, 2022.



Figure 13: Comparison of aerial part and root of the control with respect to one of the treatments. Azul, Argentina, 2022

Figura 13: Comparación de parte aérea y de raíz del testigo respecto de uno de los tratamientos. Azul, Argentina, 2022.

Por el contrario, respecto de la biomasa de raíz (%), los tres tratamientos superaron al testigo, destacándose en orden de importancia BFMH (a), seguido de BRE y la combinación de ambos (ab). Figura 14.

Los resultados de incremento de biomasa de raíces coinciden con los obtenidos por Xu *et al.* (2014).

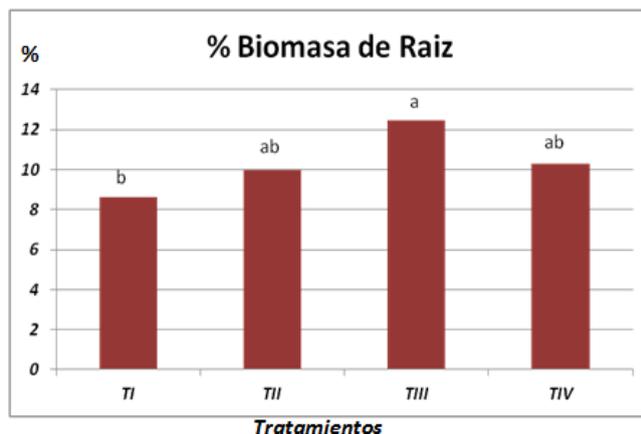


Figure 14: Root biomass (%) of green asparagus seedlings for Witness, T2: BRE, T3: BFMH, T4: Combination of BRE and BFMH. Different letters indicate significant differences according to the LSD test ($p > 0.05$). Azul, Argentina, 2022

Figura 14: Biomasa (%) de raíz de plantines de espárragos verdes para Testigo, T2: BRE, T3: BFMH, T4: Combinación de BRE y BFMH. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de LSD ($p > 0,05$). Azul, Argentina, 2022.

Los plantines tratados con BFMH superaron a los restantes tratamientos en cantidad de tallos.planta⁻¹, tanto al inicio como al finalizar la Etapa 2, demostrando la superioridad de dicho tratamiento (Figura 15).



Figure 15: Comparison of asparagus seedlings. Azul, Argentina, 2022.

Figura 15: Comparación de plantines de espárragos. Azul, Argentina, 2022.

Los plantines tratados con biofertilizante foliar (BFMH) presentaron un mayor número de tallos al finalizar la Etapa 2, tal como ocurriera al inicio de la misma (Figura 16).

Similares resultados fueron reportados por Gálvez Alvéz & Zapata Ortiz (2017), quienes indicaron que con el tratamiento con biofertilizantes obtuvieron un incremento significativo en el desarrollo biomasa radicular, y reportaron también incrementos en el desarrollo vegetativo de espárrago. Al mejorar el nivel nutricional de las plantas, se ve reflejado en mayor biomasa (Barrer, 2009).

Otros estudios científicos han indicado que los extractos de algas marinas (EAM) aplicados en el suelo promueven la diversidad y acción de microorganismos beneficiosos en la rizosfera, y favorecen un medio adecuado, para el crecimiento y la arquitectura de las raíces. Sin embargo, el conocimiento sobre la interacción de dichos

extractos de algas, con la microbiota del suelo y la biología de la rizosfera es reducido (Renaut *et al.*, 2019). La mayoría de las investigaciones se enfocan en los cambios bioquímicos y morfofisiológicos de las plantas y, respecto de su influencia sobre las propiedades biológicas del suelo agrícola, son escasamente discutidas. Este vacío de información puede atribuirse a que la aplicación foliar es el modo más frecuente de utilizar los bioestimulantes basados en algas marinas (Sharma *et al.*, 2014; Battacharyya *et al.*, 2015). Los EAM representan bioproductos alternativos que mejoran el estado nutricional de los cultivos, pues promueven la absorción y asimilación de agua y sales minerales en condiciones subóptimas (Sharma *et al.*, 2014; Nabti *et al.*, 2017; El Boukhari *et al.*, 2020). Estos efectos se alcanzan cuando se usan los extractos directamente en el suelo, mediante aspersión foliar o una combinación de ambos modos de aplicación. En este último caso se propicia una fertilización más eficiente, ecológica y orientada a producir cosechas con mayor calidad, rendimiento y mejor costo-beneficio.

La aspersión foliar beneficia la absorción de nutrientes presentes en los extractos de algas a través de los estomas y poros hidrofílicos de la cutícula; mientras que la aplicación en el suelo facilita la retención de la humedad, provee un entorno favorable para el desarrollo radical y estimula actividades microbianas asociadas con la mineralización y movilización de nutrientes (Kuwada *et al.*, 2006; Khan *et al.*, 2009; Battacharyya *et al.* 2015).

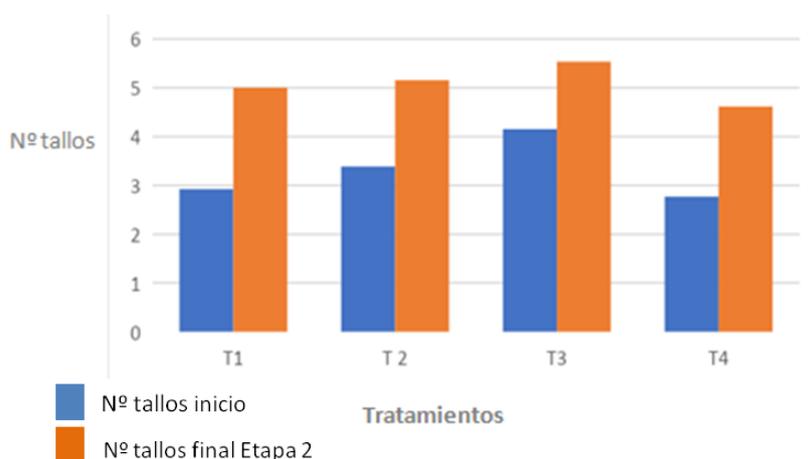


Figure 16: Difference in the number of stems of asparagus seedlings at the beginning and at the end of stage 2, in the greenhouse: in blue, end of Stage 1 and in red, end of Stage 2.

Figura 16: Diferencia en número de tallos de plantines de espárrago al inicio y al final de la etapa 2, en invernadero: en azul, final de Etapa 1 y en rojo, final de Etapa 2.

Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de LSD ($p > 0.05$). Azul, Argentina, 2022.
 Different letters indicate significant differences according to the LSD test ($p > 0.05$). Azul, Argentina, 2022.

Los biofertilizantes son cada vez más esenciales como medios para lograr cosechas de alta calidad, y al mismo tiempo reducir la contaminación (Sharma *et al.*, 2022). Nikolaos Xekarotakis, (2021), sostiene que con aplicaciones de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, se puede contribuir a mejorar las características nutricionales cualitativas de *A. officinalis*, que es uno de los aspectos más importantes

de la agricultura vegetal moderna.

La variable altura no mostró diferencias significativas entre el testigo y T4. Si se pudo observar que T4 y T1, superaron a T2 t T3.

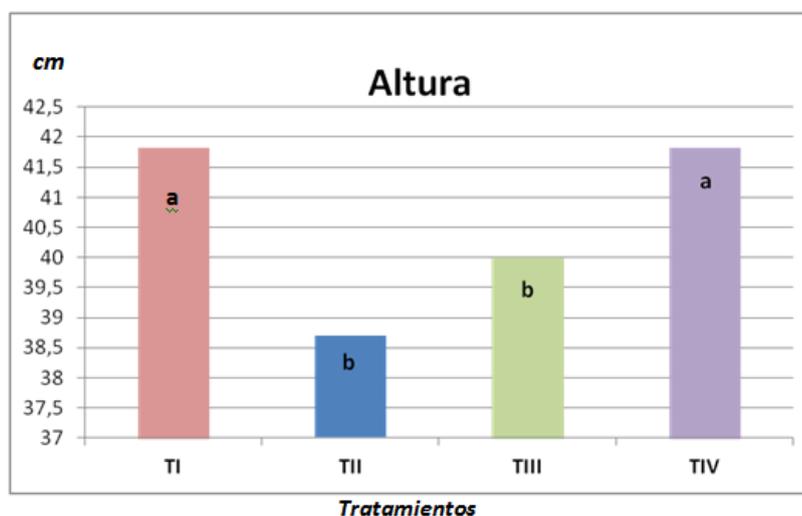


Figure 17: Height (cm) of green asparagus seedlings, in a greenhouse for TI (Control), T2: BRE, T3: BFMH, T4: Combination of BRE and BFMH. Different letters indicate significant differences according to the LSD test ($p > 0.05$). Azul, Argentina, 2022.

Figura 17: Altura (cm) de plantines de espárragos verdes, en invernadero para TI (Testigo), T2: BRE, T3: BFMH, T4: Combinación de BRE y BFMH. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de LSD ($p > 0,05$). Azul, Argentina, 2022.

4. Conclusiones

La biofertilización de plantines de espárrago en la etapa de viverismo, permite lograr mayor número de raíces por cepellón, por lo que puede ser considerada una técnica valiosa para el logro de plantines de mejor calidad, propiciar mejores plantaciones y el logro de cultivos sustentables. Dicha técnica es importante, en particular, para producciones orgánicas, como es el caso de las plantaciones que se llevan a cabo en los cultivos periurbanos de las ciudades, en los cuales está restringido el empleo de productos fitosanitarios.

En los dos casos estudiados resultó más conveniente la aplicación de biofertilizante foliar en la etapa de viverismo, siendo conveniente continuar con evaluaciones a fin de evaluar la respuesta en las plantaciones definitivas realizadas, respecto al rendimiento cuali- cuantitativo.

5. Agradecimientos

El equipo institucional de autores agradece al técnico Héctor Hernández y al Sr. Luis Etcheverry de la empresa Distagro SRL.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses.

7. Bibliografía

- Andrade-Torres A. (2010). Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Revista Ciencia - Académica Mexicana de Ciencias* 8:84-90 ISSN: 1405-6550.
- Barrer, S. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 124–132.
- Castagnino, A. M.; Díaz, K. E.; Rosini, M. B.; Benson, S.; Bastien, E.; García Franco, A. & Rogers, W. J. (2022a). A13. Productivity of a trial of thirteen asparagus genotypes in their eighth year within the IV International Asparagus Cultivar Trial (ISHS). IAS 2022, Córdoba, España. Disponible en: Libro de abstractos IAS 2022 file1655304227 (1).
- Castagnino, A. M.; Díaz, K. E.; Rosini, M. B.; Bastien, E. & Rogers, W. J. (2022b). G14. Performance of all-male green asparagus cultivars in Argentine in their adult stage. IAS 2022, Córdoba, España. Disponible en: Libro de abstractos IAS 2022 file1655304227 (1)
- Castagnino, A. M.; Díaz, K. E.; Rosini, M. B.; Bastien, E.; García Franco, A.; Hernández, H. (*Ex-aequo*). (2021). Efecto de la fertilización biológica en una plantación adulta de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L.), en la región centro de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/publicacion/104/>
- Castagnino, A.M.; Díaz, K.E.; Rosini, M.B. (*Ex aequo*); Bastien, E.; García Franco, A.; Hernández, H. (2021a) Productividad de una plantación de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L.), de 30 años, en el centro de la provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/publicacion/104/>
- Castagnino, A.M.; Díaz, K.E.; Rosini, M.B.; Bastien, E.; García Franco, A.; Hernández, H. (*Ex-aequo*). (2021b). Efecto de la fertilización biológica en una plantación adulta de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L.), en la región centro de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/publicacion/104/>
- Castagnino, A. M.; Díaz, K. E.; Rosini, M. B.; Rogers, W. J. (2021c). Productividad de genotipos masculinos italianos de espárrago verde versus un testigo de origen americano, en su 15° año. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/publicacion/104/>
- Dineshkumar, R., Kumaravel, R., Gopalsamy, J., Sikder, M. N. A., Sampathkumar, P. (2018). Microalgae as Bio-fertilizers for Rice Growth and Seed Yield Productivity. *Waste Biomass Valor* 9, 793–800. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9873-5>.
- Distagro – Micophos Argentina. (2022a). Fosfoactive, activa el potencial de tu campo. Biofertilizante formulado a base de endomycorrhiza. 2 pp. www.mycophos.com.
- Distagro – Micophos Argentina.

- (2022b). Fertilizante Arco, aplicación foliar. Energía y energía para tus cultivos. 2 pp. www.mycophos.com.
- Gálvez Alvéz, Y. F.; Zapata Ortiz, A. D. S. (2017) Propagación y selección de consorcios de hongos micorrízicos arbusculares aislados de la rizósfera de *Asparagus officinalis* L. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2116/B-C-TES-TMP-985.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grasso, R.; Pechin, C.; Muguero, A.; Tineo, F. (2019). Evaluación de enmiendas biológicas en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo invernadero en General Pico, La Pampa” IV Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias 2019. Centro regional de educación tecnológica General Pico -La Pampa.
- Heredia-Abarca G. (2020). La importancia de los hongos (Fungi) en los servicios ecosistémicos. *Bioagrociencias* 13(2): 98-108.
- López, B., Alarcón, A., Quintero, R. y Lara, A. (2015). Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de producción de Chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (6), 1203-1214.
- Malusa, E., Sas-Paszt, L., & Ciesielska, J. (2012). Technologies for beneficial microorganisms inoculated as biofertilizers. *The Scientific World Journal*, 2012. Article ID 491206. <https://doi.org/10.1100/2012/491206>
- Nikolaos Xekarfotakis 1, Theocharis Chatzistathis 2, Magkdi Mola 1, Triantafyllia Demirtzoglou 3 and Nikolaos Monokrousos (2021) The Effects of Different Fertilization Practices in Combination with the Use of PGPR on the Sugar and Amino Acid Content of *Asparagus officinalis* Horticulturae 2021, 7, 507. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110507>
- Paredes-Jácome, J.; Hernández-Montiel, L. G.; Robledo-Torres, V.; Fuentes González, A. Chiquito-Contreras, R.; Mendoza-Villarreal, R. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungus and organics substrates effect on bean plant morphology and minerals. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-10. e1012. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1012> (2022)
- Riera, M., Rodríguez, Y. y Castañeda, D. (2016). Micorriza y métodos de plantación en el cultivo de yuca. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 20 (1), 19-26.
- Rovira, A. D. (1973). Zones of exudation along plant roots and spatial distribution of microorganisms in the rhizosphere. *Pestic. Sci.* 4: 361-366.
- Ruiz, M., Muñoz, Y., Vázquez, B., Cuéllar, N., Polón, R. y Ruiz, J. (2012). La simbiosis micorrízica arbuscular en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) sometidas a estrés hídrico: Parte I. Mejora la respuesta fisiológica. *Cultivos Tropicales*, 33(4), 47-52.
- Sharma, B., Yadav, L., Pandey, M., Shrestha, J. (2022). Application of Biofertilizers in crop production: A review. *Peruvian Journal of Agronomy*, 6(1), 13-31. <https://doi.org/10.21704/pja.v6i1.1864>.
- Tapia, J., Ferrera, R., Varela, L., Rodríguez, J., Soria, J., Tiscareño, M., Loreda, C., Alcalá, J. y Villar, C. (2010). Efectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista Mexicana*

de Micología, 31, 69-74.
Xu, P., Liang, L., Dong, X., Xu, J.,
Jiang, P. & Shen, R. (2014).
Response of soil phosphorus
required for maximum growth of
Asparagus officinalis L. to
inoculation of arbuscular

mycorrhizal fungi. *Pedosphere*, 24
(6), 776-782.

Horticultura Argentina es licenciado bajo
Licencia Creative Commons Atribución-
No Comercial 2.5 Argentina.