



INOCULACIÓN DE MAÍZ CON HONGOS MICORRIZAS SEMBRADO SOBRE ESPECIES DE ABONOS VERDES DE VERANO

INOCULATION OF MAIZE WITH MYCORRHIZAL FUNGI GROWN ON SUMMER GREEN MANURE CROPS

Guillermo Laguardia Maidana^{1*} , Wilfrido Daniel Lugo Pereira¹  y Derlys Fernando López Ávalos¹ 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: laguardia_77@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la inoculación del maíz (*Zea mays*) con hongos micorrizas sembrado sobre cobertura de abonos verdes de verano. El experimento fue desarrollado en la localidad de Santa Rosa ubicada a unos 10 km de la ciudad de Concepción, durante diciembre de 2018 a julio de 2019. El diseño empleado fue en Bloques Completo al Azar en un arreglo factorial de (2 x 5). El factor A, consistió en la inoculación de maíz (con y sin hongo micorriza); el factor B, 4 especies de Abonos Verde (Sin abono verde, Mucuna, Kumanda yvyra'í, crotalaria y poroto), con 3 repeticiones. Se evaluaron la altura de la planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca, peso de mil granos y rendimiento. Los valores logrados fueron sometidos a ANAVA, mediante el Test F y las medias de los tratamientos, comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5%. Los resultados indican que para todas las determinaciones realizadas se observan diferencias estadísticamente significativas, e interacción entre factores, resultando la mejor combinación; la inoculación, con los residuos de la mucuna. Se concluye que, la inoculación y los abonos verdes utilizados en el experimento, influyeron significativamente sobre las determinaciones realizadas.

Palabras clave: *Zea mays*, abonos verdes, cobertura, inoculación.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the inoculation of maize (*Zea mays*) with mycorrhizal fungi grown on summer green manure cover crops. The experiment was conducted in the locality of Santa Rosa, located approximately 10 km from the city of Concepción, from December 2018 to July 2019. A randomized complete block design (RCBD) with a 2 × 5 factorial arrangement was used. Factor A consisted of maize inoculation (with and without mycorrhizal fungi); Factor B included five green manure treatments (no green manure, Mucuna, Kumanda yvyra'í, Crotalaria, and common bean), with three replications. The parameters evaluated were plant height, ear length, ear diameter, number of kernel rows per ear, 1000-kernel weight, and grain yield. The data obtained were subjected to ANOVA using the F-test, and treatment means were compared using Tukey's test at the 5% significance level. The results showed statistically significant differences and interaction effects for all measured variables, with the best combination being maize inoculated with mycorrhizal fungi and Mucuna residues. It was concluded that both inoculation and the green manure species used in the experiment significantly influenced the evaluated agronomic traits.

Keywords: *Zea mays*, green manures, cover crops, inoculation.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más versátiles y ampliamente distribuidos en el mundo. Se produce tanto en pequeñas parcelas como en grandes extensiones y su uso abarca desde la alimentación humana hasta la nutrición de animales, incluyendo aves y ganado de carne y leche (García-Lara y Serna-Saldivar, 2019). En Paraguay, este cultivo ocupa una parte importante del territorio, empleándose diversos cultivares y épocas de siembra. Sin embargo, el rendimiento en las pequeñas fincas aún es bajo, especialmente si se considera el alto potencial de los materiales genéticos disponibles en el mercado (Molina, 2006; Edreira et al., 2018).

Uno de los principales desafíos que enfrenta la agricultura actual es el uso excesivo de fertilizantes químicos, particularmente en las grandes explotaciones agrícolas. Entre las alternativas para mitigar este problema se destacan el uso de productos biológicos y la implementación de abonos verdes (Ayalew et al., 2022). Entre los productos biológicos, las micorrizas desempeñan un papel fundamental. Estos hongos mejoran el crecimiento de las plantas al aumentar la superficie de absorción del sistema radical, al facilitar la captación y acumulación de nutrientes, especialmente fósforo, y al solubilizar minerales que suelen ser insolubles. Además, prolongan la funcionalidad de las raíces alimentadoras, favoreciendo el desarrollo general del cultivo (Wahab et al., 2024).

Por otro lado, el uso de abonos verdes es una práctica tradicional que consiste en el cultivo e incorporación de plantas para preservar y restaurar los niveles de materia orgánica y nutrientes en el suelo (Ma et al., 2021). Su objetivo principal es proteger el suelo, conservar su productividad y mejorar el uso eficiente de los recursos como maquinaria e insumos. Aunque esta técnica fue desplazada en la agricultura intensiva debido a la disponibilidad de fertilizantes minerales, actualmente recobra relevancia dentro de la tendencia global hacia una producción agrícola más sostenible y saludable, con un mínimo de insumos químicos y sin impacto negativo en el ambiente (Mateus y Wutke, 2011).

El valor de los abonos verdes como fuente de nitrógeno es ampliamente reconocido por los agricultores. Este beneficio se basa, principalmente, en la capacidad de las leguminosas, en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, de fijar nitrógeno atmosférico. Además, los abonos verdes contribuyen a la movilización de otros

nutrientes y a la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Esto reduce los requerimientos de fertilizantes químicos, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Dos Santos et al., 2009).

El objetivo general propuesto en la investigación consiste estudiar la inoculación de maíz con hongos micorriza sembrado sobre especies de abonos verdes de verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado es de carácter experimental cualitativo. El experimento se llevó a cabo en la localidad de Santa Rosa ubicada a 12 Km de la ciudad de Concepción limitada en las coordenadas geográficas latitud S 23°21'24'' y longitud de O 57°21'17'', durante en el mes diciembre de 2018 a julio de 2019.

El tipo climático de la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 26°C con máximas que pueden llegar hasta los 45°C en verano y mínima de hasta 6°C en invierno, con leves incidencias de heladas. La precipitación media anual es de 1.400 mm, según datos proveídos por la Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC, 2018).

El diseño utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (DBCA) con un arreglo factorial de (2x5) con 3 repeticiones, totalizando 30 unidades experimentales, cada unidad experimental tuvo una dimensión de 3x3 m concretando (9 m²), constituidas primeramente con una especie de abonos verdes en cada tratamiento a excepción del testigo. En la tabla 1 se describe los tratamientos.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento.

Trat.	Descripción	
	Inoculación de maíz	Cobertura de abono verde de verano
T1	Sin hongo micorriza	Sin Abono Verde
T2		Kumanda yvyra'í
T3		Poroto
T4		Mucuna
T5		Crotalaria
T6	Con hongo micorriza	Sin Abono Verde
T7		Kumanda yvyra'í
T8		Poroto
T9		Mucuna
T10		Crotalaria

Posteriormente se sembró 4 hileras de maíz, espaciadas a 0,20 m entre hileras y 5 plantas por metro lineal.

La elección de terreno a utilizar se realizó buscando las mejores características como la topografía, la pendiente, entre otras; una vez seleccionado el espacio se realizó un doble arado tratando de que el suelo quede lo más mullido posible y que las malezas existentes sean eliminadas. Luego de las primeras acciones se procedió a la delimitación, consistente en marcar el área a ser utilizada por el experimento, para ellos se utilizaron hilos, estacas de 50 cm de largo y cinta métrica; la dimensión de área total fue de 11 m de ancho y 19 m de largo (209 m²) para ambas sub-parcelas totalizando 30 UE de 3x3 m (9 m²) dejando 1 m para el caminero entre cada UE.

Una vez terminada la delimitación se sembraron las diferentes especies de abonos verdes, para la mucuna se depositó 1 semilla por hoyo a una distancia de 1 m entre hileras y 50 cm entre plantas; de 2 a 3 cm de profundidad; kumanda yvyra'í 2 semillas por hoyo a una distancia de 50 cm entre hileras y 25 cm entre plantas; de 2 cm de profundidad; poroto 2 a 3 semilla por hoyo a una distancia de 25 cm entre hileras y 25 cm entre plantas de 2 cm de profundidad; crotalaria se sembró a chorrillo a una distancia de 1 m entre surcos a 1 cm de profundidad.

A los 10 días de la siembra se procedió a realizar una única carpida como cuidado cultural evitando el crecimiento de las malezas. No se utilizaron productos fitosanitarios durante el desarrollo de los abonos verdes. El corte de dichos abonos verdes se realizó cuando las mismas alcanzaron un 10 % de floración, aproximadamente en 3 meses) exceptuando al Kumanda yvyra'í que aun sin alcanzar su momento de floración ya contaba con características favorables para su corte. Luego de 30 días posterior al corte se realizó la siembra del maíz con la ayuda de una matraca dejando dos semillas por cada hoyo, las misma fue inoculada horas antes ya que el inoculante es un producto biológico, la dosis utilizada fue de 5 ml del producto por cada kg de semilla.

El material utilizado fue un transgénico D-K 390^R. La profundidad de siembra fue de 3 cm y una densidad de 0,75 m entre hileras y 5 plantas por metro lineal. Se aplicó producto fitosanitario, se utilizó 60 ml ha⁻¹ de Spinosad 48% para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Se realizaron las siguientes determinaciones:

Altura de la planta (m): Las mediciones de

altura se realizó al final del ciclo del cultivo, con la ayuda de una cinta métrica desde el suelo hasta el punto de inserción de la inflorescencia con 5 plantas elegidas al azar.

Longitud y diámetro de mazorca (cm): Para longitud se midió desde la base hasta el ápice de la mazorca utilizando una regla centimetrada, mientras que para el diámetro se tomó de la parte central utilizando un calibrador de vernier. Peso de mil granos (g): se extrajo de cada tratamiento 1000 granos que fueron ajustadas al 14% de humedad y pesadas en la balanza digital.

Rendimiento (kg ha⁻¹): se cosechó por separado cada tratamiento con sus repeticiones y su posterior secado bajo sol hasta alcanzar 14% de humedad. Para el pesaje se utilizó balanza digital.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA) en el caso de la observación el efecto significativo de tratamientos, las medias fueron comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de planta

En la tabla 3 se observa que con el uso del inoculante hubo diferencias estadísticas obteniendo una media de 1,96 m de altura y, sin la aplicación una altura de 1,89 m.

Tabla 2. Comparación de medias de la altura de la planta de maíz en función de la inoculación de maíz y cobertura de abonos verdes.

Factor	Descripción	Altura de la planta (m)
Inoculación de maíz	Con micorriza	1,96 a
	Sin micorriza	1,89 b
Cobertura de abonos verdes	Mucuna	1,95 a
	Poroto	1,93 b
	Crotalaria	1,93 b
	Kumanda yvyra'í	1,92 c
	Sin Abono verde	1,89 d
Fc A **:		1160,64
Fc B **:		122,39
Fc AxB ^{NS} :		4,56
MG:		1,93
CV (%):		0,27
DMS (5%):		0,0093

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el Test Tukey al 5%; Fc: Factor. **: Diferencia altamente significativa. NS: Diferencia no significativa. MG: Media general. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

En relación a los abonos verdes, mostraron efectos significativos entre los tratamientos, donde la mucuna obtuvo mejor resultado con una media de 1,95 m de altura en comparación al testigo que fue de 1,89 m.

Entre el poroto y crotalaria presentaron respuestas similares con una media de altura para cada abono verde fue de 1,93 m. El proceso de fijación biológica de nitrógeno es utilizado en la naturaleza por diferentes géneros bacterianos. Las plantas se benefician de este proceso cuando las bacterias mueren y liberan el nitrógeno al suelo o cuando las bacterias viven en estrecha asociación con las plantas (Zotarelli et al., 2012). Esta asociación simbiótica se presenta en leguminosas con microorganismos denominados rizobios, que viven en los nódulos de las plantas fijando el nitrógeno en forma de amonio, el cual es absorbido por las plantas. Esto guarda relación con los resultados obtenidos donde se demostró que el abono verde influyó significativamente en la altura de la planta donde el residuo de la mucuna.

Longitud, diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca

El análisis de varianza realizado sobre la longitud de mazorca obtuvo diferencias significativas en el factor de inoculación donde el uso del mismo arrojó el mejor resultado con 17,3 cm de longitud (Tabla 3). Con respecto al factor de abonos verdes, también se produjo diferencia significativa, arrojando mayor

resultado sembrado encima de kumanda yvyra'í con una media de 14,8 cm. Según Sanclemente (2013), la incorporación de abonos verdes al suelo es una tecnología agroambiental sostenible que permite mejorar el desempeño agronómico de las plantas incrementa la disponibilidad de nutrientes, la eficiencia de la fertilización aplicada y la actividad microbiana del suelo, con esto se corrobora los resultados obtenidos donde el uso de abono verde tuvo mejor resultado que el testigo. A su vez, La incorporación de abonos verdes al suelo, también contribuye a mejorar la eficiencia en el uso del agua (Martín y Rivera, 2015). El incremento en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos por la aplicación de abonos verdes ha sido relacionado con una mayor disponibilidad de nutrientes aportados por el abono verde en descomposición (Ugarte et al., 2012).

Con los resultados obtenidos para diámetro de la mazorca (Tabla 3), se observa que con el uso del inoculante hubo diferencias significativas donde el mejor resultado fue de la media de 5,87 cm de diámetro y sin el uso de la misma fue de 5,77 cm. En relación al factor B, la Mucuna obtuvo mejor resultado con un diámetro medio de 6,4 cm mientras que al no utilizar abonos verdes se consiguió un diámetro de 5,2 cm. Entre el poroto y crotalaria no se obtuvieron diferencias estadísticas donde el diámetro de la mazorca fue de 5,8 cm de diámetro.

Tabla 3. Comparación de medias de longitud de mazorca, diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca en función de la inoculación de maíz y cobertura de abonos verdes.

Factor	Descripción	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras por mazorca
		(**)	(**)	(**)
Inoculación de maíz	Con micorriza	17,33 a	5,87 a	16,50 a
	Sin micorriza	16,53 b	5,77 b	15,20 b
		(**)	(**)	(**)
Cobertura de abonos verdes	Mucuna	18,50 a	6,41 a	18,00 a
	Poroto	17,66 a	5,88 b	16,66 b
	Crotalaria	17,66 a	5,86 b	16,66 b
	Kumanda yvyra'í	16,00 b	5,70 c	14,83 c
	Sin Abono verde	14,83 c	5,26 d	13,16 d
Fc A:		13,36**	39,41**	39,56**
Fc B:		36,79**	373,56**	63,15**
Fc Ax B:		1,21 ^{NS}	32,41 ^{NS}	4,20 ^{NS}
MG:		16,93	5,82	15,86
CV(%):		3,5	0,89	3,60

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el Test Tukey al 5%; Fc: Factor. **: Diferencia altamente significativa. NS: Diferencia no significativa. MG: Media general. CV: Coeficiente de variación.

Por otra parte, en el número de hileras por mazorca muestra con la inoculación hubo diferencias significativas, logrando una media de 16,5 hileras de semillas por mazorca y sin el uso arrojó una media de 15,20 hileras. En relación a los abonos verdes, la mucuna obtuvo mejor resultado con una media de 18 hileras de semilla por mazorca en comparación al testigo que fue de 13,16 hileras, entre el poroto y crotalaria no se consiguieron diferencias estadísticas donde la altura media para cada A.V fue de 16 hileras de semilla por mazorca.

Peso de 1000 granos

El análisis de varianza respecto al peso de 1000 granos se puede observar en la tabla 4, y en ella se verifica que, la Mucuna obtuvo el mejor resultado con una media de 236,16 gramos y sin el uso del Abono verde se obtuvo 187,3 gramos. En relación al factor A, el uso del inoculante hubo diferencias estadísticas obteniendo una media de 219,5 gramos, en comparación con el sin uso arrojó una media de 202,8 gramos. Bashan y De-Bashan (2010), indica que el uso del inoculante permite abordar dos problemas importantes de la producción orgánica: las deficiencias de micronutrientes en suelos desgastados y el ataque de plagas y enfermedades de los cultivos, alimenta a la planta de forma orgánica con los elementos necesarios para su crecimiento vigoroso. Esto explica los resultados obtenidos en este trabajo donde con el uso del inoculante se logró mejores resultados.

Tabla 4. Comparación de medias de peso de 1000 granos en función de la inoculación de maíz y cobertura de abonos verdes.

Factor	Descripción	Peso de 1000 granos (g)
Inoculación de maíz	Con micorriza	219,53 a
	Sin micorriza	202,86 b
Cobertura de abonos verdes	Mucuna	236,16 a
	Crotalaria	221,83 b
	Poroto	211,16 c
	Kumanda yvyra'í	199,50 d
	Sin Abono Verde	187,33 e
Fc A:		1194,27**
Fc B:		1240,72**
Fc AxB:		29,52 ^{NS}
MG:		211,20
CV (%):		0,62

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el Test Tukey al 5%; Fc: Factor. **: Diferencia altamente significativa. NS: Diferencia no significativa. MG: Media general. CV: Coeficiente de variación.

Rendimiento

Los datos de rendimiento presentados en la tabla 4, se verificó que, con el uso de inoculante hubo diferencias estadísticas logrando una media de 3732 kg ha⁻¹ en comparación sin el uso de inoculante, alcanzó una media de 2457 kg ha⁻¹. En relación a los abonos verdes, la mucuna obtuvo mejor resultado con una media de 3743 kg ha⁻¹ en comparación al testigo que fue de 2400 kg ha⁻¹.

Tabla 4. Comparación de medias de rendimiento en función de la inoculación de maíz y cobertura de abonos verdes.

Factor	Descripción	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Inoculación de maíz	Con micorriza	3732,00 a
	Sin micorriza	2457,33 b
Cobertura de abonos verdes	Mucuna	3743,33 a
	Crotalaria	3406,66 b
	Poroto	3035,00 b
	Kumanda yvyra'í	2888,33 c
	Sin Abono Verde	2400,00 d
Fc A:		7513,52**
Fc B:		968,16**
Fc AxB:		107,11 ^{NS}
MG:		3094
CV (%):		1,3

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el Test Tukey al 5%; Fc: Factor. **: Diferencia altamente significativa. NS: Diferencia no significativa. MG: Media general. CV: Coeficiente de variación.

Con respecto a estos resultados, los abonos verdes influyen en características físicas del suelo así: mejora la retención de humedad y facilita la penetración de capas con raíces profundas (Salahin et al., 2013). En cuanto a características químicas: aumenta la materia orgánica, el retorno de nitrógeno a través de la fijación biológica de N₂, disminuye el lavado de nutrientes, puede incrementar el pH, la acumulación del C orgánico y la mineralización del N y P orgánico, pudiendo complementar o sustituir fertilizantes de síntesis industrial (Wang et al., 2024). Así también, están destinados a ser fuente de materia orgánica fácilmente degradable por la actividad de los organismos del suelo para mineralizar estos materiales orgánicos y colocarlos a disponibilidad de las plantas que se siembran después de los abonos verdes (Xu et al., 2013).

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este experimento se concluye que el uso de abono

verde influye significativamente de forma favorable sobre la altura de planta, longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras de semilla, peso de mil granos y rendimiento del cultivo. El uso de inoculante en la semilla de maíz influyó de forma positiva en dichas determinaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayalew, H., Chamberlin, J., & Newman, C. (2022). Site-specific agronomic information and technology adoption: A field experiment from Ethiopia. *Journal of Development Economics*, 156, 102788. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102788>
- Bashan, Y., De Bashan, L. E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth a critical assessment. *Advances in agronomy*, 108, 77-136. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)
- Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC). (2018). Datos meteorológicos (en línea). <http://www.meteorologia.gov.py/>
- Dos Santos, M. R. A., Ferreira, M., Carvalho, J. O. M., Marcolan, A. L., Barroso, G. R. P., Lima, R. A., Silva, A. G. (2009). Efeito da adubação verde sobre o crescimento de *Kalanchoe pinnata* (LAM.) PERS. *Saber Científico, Porto Velho*, 2(2), 45-55. <https://revista.saolucas.edu.br/index.php/resc/article/viewFile/76/pdf403>
- Edreira, J. I. R., Guilpart, N., Sadras, V., Cassman, K. G., van Ittersum, M. K., Schils, R. L., & Grassini, P. (2018). Water productivity of rainfed maize and wheat: A local to global perspective. *Agricultural and forest meteorology*, 259, 364-373. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.05.019>
- García-Lara, S., y Serna-Saldivar, SO (2019). Historia y cultura del maíz. *Maíz*, 1-18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00001-2>
- Ma, D., Yin, L., Ju, W., Li, X., Liu, X., Deng, X., & Wang, S. (2021). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*, 266, 108146. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108146>
- Martín, G. M., Rivera, R. (2015). Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz. *Cultivos tropicales*, 36, 34-50. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S02589362015000500004&lng=es&tlng=en
- Mateus, G. P., & Wutke, E. B. (2011). Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. *Pesquisa & Tecnologia*, 8(103).
- Molinas, J. (2006). El rol de la Agricultura en Paraguay: desafíos actuales y perspectivas futuras. *Instituto de Desarrollo, FAO, Asunción*. <https://desarrollo.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/El-rol-agricultura-Paraguay.pdf>
- Salahin, N., Alam, M. K., Islam, M. M., Naher, L., & Majid, N. M. (2013). Effects of green manure crops and tillage practice on maize and rice yields and soil properties. *Australian Journal of Crop Science*, 7(12), 1901-1911. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.669075287954321>
- Sanclemente, R. O. E. 2013. *Efecto de Mucuna pruriens asociada a una gramínea, sobre la actividad simbiótica rizosférica y la movilización de N y P, en un sistema de cultivo: maíz (Zea mays L.) y soya (Glycine max L.)* (Tesis Ph.D. Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21770>
- Ugarte, O. M., Martínez, R. C., Quesada, M. S., Montoya, A. N., Vega, G. D. (2012). La *Sesbania rostrata* como fuente alternativa de nutrientes en el cultivo del arroz. *Spanish Journal of Soil Science: SJSS*, 2(3), 57-62. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4115447.pdf>
- Wahab, A., Batool, F., Muhammad, M., Zaman, W., Mikhlef, R. M., Qaddoori, S. M., & Saqib, S. (2024). Unveiling the complex molecular dynamics of arbuscular mycorrhizae: a comprehensive exploration and future perspectives in harnessing phosphate-solubilizing microorganisms for sustainable progress. *Environmental and Experimental Botany*, 219, 105633. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105633>

23.105633

- Wang, H., Zhong, L., Liu, J., Liu, X., Xue, W., Liu, X., & Sun, Z. (2024). Systematic analysis of the effects of different green manure crop rotations on soil nutrient dynamics and bacterial community structure in the Taihu Lake Region, Jiangsu. *Agriculture*, 14(7), 1017. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071017>
- Xu, X., Thornton, P. E., & Post, W. M. (2013). A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 22(6), 737-749. <https://doi.org/10.1111/geb.12029>
- Zotarelli, L., Zatorre, N. P., Boddey, R. M., Urquiaga, S., Jantalia, C. P., Franchini, J. C., & Alves, B. J. (2012). Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*, 132, 185-195. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.013>