EFECTO DE LAS MICORRIZAS EN FERTILIZACIÓN DE FORMA COMPLEMENTARIA EN EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays*)

EFFECT OF MYCORRHIZES IN FERTILIZATION FORM MANAGEMENT COMPLEMENTARY CULTIVATION IN THE CORN *(Zea mays)*

Recibido: 8/11/2021 - Aceptado: 14/06/2023

David Macías Hernández

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador
Guayaquil - Ecuador

Magíster en Agroecología y Desarrollo Sustentable
Universidad Agraria del Ecuador

dmacias@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-9404-0908

Pablo Israel Vargas Guillén

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador
Guayaquil - Ecuador

Magíster en Agricultura y Ganadería Ecológicas
Universidad Internacional de Andalucía

pvargas@uagraria.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-6815-0425

Mercedes del Rocío Villota Chóez

Ingeniera Agrónomo
Universidad Agraria del Ecuador

Guayaquil - Ecuador

mvillota@gmail.com

Dionis Castro Cabeza

Máster Universitario en Evaluación de la Calidad y Procesos de Certificación en Educación Superior
Universidad Internacional de La Rioja

Guayaquil - Ecuador

diocasg@gmail.com

Cómo citar este artículo:

Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri (18)2, 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

CC BY NC ND

Resumen

El presente artículo expone los hallazgos de un proyecto de investigación realizado en el cantón Yaguachi provincia del Guayas sobre la disminución del uso de fertilizantes y aprovechamiento de los beneficios de los microorganismos además de su relación con la absorción de agua y nutrientes esenciales en las plantas y el aumento de su producción. El objetivo general es medir el efecto de los diferentes niveles de las micorrizas para el mejoramiento del manejo del cultivo de maíz (Zea mays), de la variedad híbrida Trueno NB7443, en el cual se empleó un diseño en bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 6 repeticiones dando como resultado 24 unidades experimentales dónde se aplican diferentes dosis. Se utilizó la prueba Tukey al 5% de probabilidad de error para determinar diferentes significancias en el comportamiento agronómico de la variedad. Se emplearon 4 tratamientos que fueron: T1 con la dosis 50g de micorrizas Quinta Aura y 50g de NITROK en mediciones de 15, 30, 45 días, que al cosechar sobresale del resto en variables como rendimiento. Entre los resultados obtenidos se logró apreciar mazorcas muchos más vigorosas y con mayor proporción de granos y una mejor relación beneficio costo de 1.23, y con rendimiento de 3.120 kg/ha. Adicionalmente, dentro de los siguientes tratamientos; T2(100gr de Micorrizas) con un rendimiento de 2,625ha, T3 (NITROK), se evidenció significancia en cuanto al rendimiento de 2,533kg/ha y T4(testigo) arrojando por lo tanto un rendimiento de 2,901kg/ha.

Palabras claves: Maíz, micorrizas, NITROK, Trueno NB 7443.

Abstract

This article presents the findings of a research project carried out in the Yaguachi canton, Guayas province, on the reduction of the use of fertilizers and the use of the benefits of microorganisms, as well as their relationship with the absorption of water and essential nutrients in plants and increasing its production. The general objective is to measure the effect of the different levels of mycorrhizae for the improvement of the management of the maize crop (Zea mays), of the hybrid variety Trueno NB7443, in which a completely randomized block design with 4 treatments was used. and 6 repetitions resulting in 24 experimental units where different doses are applied. The Tukey test was used at 5% probability of error to determine different significances in the agronomic behavior of the variety. Four treatments were used: T1 with the 50g dose of Quinta Aura mycorrhizae and 50g of NITROK in measurements of 15, 30, 45 days, which when harvested stands out from the rest in variables such as yield. Among the results obtained, it was possible to appreciate ears that were much more vigorous and with a higher proportion of grains and a better cost-benefit ratio of 1.23, and with a yield of 3,120 kg/ha. Additionally, within the following treatments; T2 (100gr of Mycorrhizae) with a yield of 2,625ha, T3 (NITROK), evidenced significance in terms of yield of 2,533kg/ha and T4 (control) thus yielding a yield of 2,901kg/ha.

Keywords: Corn, mycorrhizae, NITROK, Thunder NB 7443.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Introducción

El maíz (*Zea mays*) es un tipo de cereal de vital importancia por los diferentes usos que se le otorga, es además un alimento muy consumido en nuestro país. Por sus propiedades y valor nutricional sirve para la alimentación de las personas y consumo de animales como balanceado entre ellos pollos, cerdos, vacas, etc (Murillo, 2017).

El cultivo de maíz (*Zea mays*) desde hace muchos años atrás ha adquirido una alta relevancia dentro de la producción agrícola del Ecuador, su dispersión por las utilidades que posee tanto en el consumo directo o por producto derivado del mismo, ha hecho que las diferentes zonas del país y también en otros lugares del mundo acojan este cereal dentro de su dieta diaria (Chaqui, 2013).

En el Ecuador así como en la mayoría de países de la comunidad andina, el maíz se ha constituido en un producto de alta demanda, por lo que su producción y precio está supeditada a los mecanismos de oferta – demanda; sin embargo mayoritariamente su manejo dada su modelo extensivo de producción se caracteriza por el uso desmedido de agroquímicos, por lo que sus índices de contaminación a los recursos inmersos en la cadena productiva son elevados, encontrando trazas, inclusive con una persistencia de días, meses y hasta años

(Sandoval y Vargas, 2020)

La agricultura es más que una actividad económica diseñada para producir un cultivo o para obtener el más alto beneficio posible. Un agricultor ya no puede prestar atención solamente a los objetivos y metas de su unidad de producción y esperar que con esto pueda enfrentar los problemas de la sostenibilidad a largo plazo (Gliessman et al., 2006).

La agricultura en coyuntura con la ecología se enmarca en un proceso, de aprovechamiento de las funciones biológicas del ecosistema, de tal manera que se pueda optimizar los procesos que se dan en ella, facultándola para promover el abonamiento, manejo de plagas y enfermedades, de tal manera que se produzca una mínima intervención de los conocidos “IMPUTS” externos, cuya incorporación por lo general tienden a desequilibrar los agroecosistemas, repercutiendo no sólo en la estabilidad del ambiente, sino también en la rentabilidad de la producción agrícola (Vargas, Vargas y Moya, 2019)

La conservación de los ecosistemas agrícolas o agroecosistemas tienen mucha importancia para la seguridad alimentaria del planeta, por cuanto ellos contienen los elementos necesarios (suelo, agua y biodiversidad) que son consustanciales a la producción agropecuaria. Aunque la agricultura es una forma necesaria del uso de las tierras que se encuentra en oposición a los ecosistemas, debido a que las decisiones sobre las prácticas de manejo y uso del suelo influyen en los procesos ecológicos y en las interacciones suelo-agua-plantas, estas decisiones deben tener en cuenta que la calidad de vida de las personas y su bienestar dependen en última instancia del bienestar del ecosistema (Machado y Campos, 2008)

El uso de tecnologías limpias para el medio, conservación y producción agrícola es una tendencia actual en Ecuador, se está tomando conciencia de la necesidad de utilizar los microorganismos como biofertilizantes ya que estos pueden ser de gran beneficio junto al manejo adecuado de la tecnología. El funcionamiento de un agroecosistema depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo ya que no sólo los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes son realizados por microorganismos, sino que, además, los componentes del microbiota del suelo protagonizan diversas acciones que producen beneficios para las plantas con las que se asocian. Entre otras acciones, los microorganismos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta contra patógenos, incrementan la resistencia y/o tolerancia de la planta a la sequía, salinidad, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo (Uribe y Dzib, 2016, p.64).

Por otra parte, sobre las micorrizas, estas son asociaciones que se dan entre la mayoría de las plantas existentes y los hongos benéficos que incrementan el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizosfera. Son considerados los componentes más activos de los órganos

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbionte de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Corredor, 2008).

La simbiosis micorrízica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, el potasio, el calcio, el zinc, el magnesio y especialmente el fósforo; mejora el transporte y la absorción de agua en el vegetal, así como la resistencia de la planta huésped a la sequía (Noda, 2009).

Todo ello se traduce en un incremento de biomasa de la planta, tanto de la parte área como del sistema radical. En contraste, otros organismos entre ellos el hongo, al desarrollar sus propias defensas impiden el desarrollo de otros posibles competidores, con lo cual la planta hospedadora resulta resistente a organismos patógenos. La pérdida de la capacidad de colonización micorrízica por las plantas también puede resultar en una pérdida de los importantes beneficios que proporcionan estos hongos y reduce la capacidad de las poblaciones para colonizar otros cultivos en las secuencias (Parke y Kaeppler, 2000).

A nivel mundial, los fertilizantes sintéticos están vinculados con la mayor parte de la producción mundial de alimentos y son especialmente importantes en los países en desarrollo. En toda la cadena de valor, 80% del nitrógeno se desperdicia y se pierde en el medio ambiente, por lo que se recomienda un aprovechamiento más eficiente del estiércol animal y un mayor uso, en rotaciones, de cultivos fijadores de nitrógeno (como las leguminosas, que convierten el nitrógeno del aire en una forma biológicamente útil), serán cruciales para reemplazar el nitrógeno sintético como parte del proceso para reconstruir la fertilidad del suelo (Gardner, 2020).

En la actualidad, ya sea por motivos medioambientales o económicos, los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR), así como los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA), van ganando terreno al uso indiscriminado de productos químicos como fertilizantes (Berná et al., 2016). Los fertilizantes biológicos son productos que contienen microorganismos como sustancia activa que incluye, actualmente, diferentes grupos de hongos, bacterias y algas. Entre los más usados en agricultura destacan los hongos formadores de micorrizas arbusculares y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, denominadas PGPR por sus iniciales en inglés (Kloepper et al., 1980).

El desarrollo de productos de mayor calidad y los resultados favorables observados en ensayos de investigación posibilitaron que se incremente su uso, a la vez que despertaron interés sobre otros microorganismos como Azospirillum, Pseudomonas o Micorrizas. Estos microorganismos están orientados a favorecer la adquisición de nutrientes por parte de los cultivos, principalmente de gramíneas, a la vez de ejercer un efecto promotor del crecimiento que ayuda a superar situaciones de estrés o simplemente logra incrementar la tasa de crecimiento en alguna etapa importante para la definición de los rendimientos. En todos los casos cumplen con la condición de ser amigables con el ambiente, ya que son organismos que naturalmente se encuentran en la rizósfera de las plantas cultivadas, con la excepción de que en estos casos se incrementa su población, la cual vuelve al nivel de equilibrio inicial luego de la senescencia del cultivo (Ferraris y Couretot, 2007).

Los bajos índices de producción y productividad del cultivo de maíz se deben a las deficientes prácticas agrícolas y al desconocimiento de alternativas apropiadas de manejo que se puedan emplear, claramente es el resultado de no existir suficientes investigaciones que creen alternativas para ayudar a los agricultores en la solución de estos problemas, es por eso que los productores maiceros se decepcionan y dejan a un lado este cultivo observándose notoriamente la reducción de la superficie, pérdida genética y natural.

Con base en lo mencionado, el presente trabajo expone los resultados positivos de la aplicación de las micorrizas en el cultivo de maíz, al ser fertilizado con 3 niveles de fertilización, más la aplicación de micorrizas para suplir la necesidad de nutrientes que requiere la planta durante todo su ciclo del cultivo de esta gramínea.

1.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Materiales y métodos

Para llevar a cabo esta investigación de tipo experimental (recolección de datos experimentales que sirvieron para probar la hipótesis mediante el análisis estadístico de las variables), realizada en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas; orientada a identificar la reducción del uso de fertilizantes y el aprovechamiento de los beneficios de los microorganismos en las plantas, se usaron diseños en bloques completamente al azar y experimentales estadísticos. El objetivo general fue medir el efecto de los diferentes niveles de las micorrizas para el mejoramiento de la productividad y manejo del cultivo de maíz (*Zea mays*)

Factores (Dosis de Micorrizas y NPK)

- T1: NITROK+ Micorrizas
- T2: Micorrizas
- T3: NITROK
- T4: Testigo Absoluto

Tabla 1
Descripción de los tratamientos

No.	Dosis e Ingredientes	Frecuencia de aplicación (días)
1	50g NITROK + 50 g de micorrizas	30-45-60
2	100 g micorriza /planta	30-45-60
3	50 g NITROK / planta	30-45-60
4	Testigo Absoluto	0

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Variable independiente

Micorrizas – Fertilización

Variable dependiente

Rendimiento del cultivo de maíz:

Altura de planta (cm) 15, 30, 45 días: Se evaluaron diez plantas al azar por tratamiento a los 15, 30, 45 días después de la siembra, midiendo con un flexómetro desde el nivel del suelo hasta la última hoja emergida expresado en centímetros.Diámetro de la planta (cm) 15, 30, 45 días: Se midió el diámetro en 10 plantas al azar por cada tratamiento, midiendo el tallo a los 15, 30, 45 días, se expresó en centímetros utilizando una cinta métrica.

Número de mazorca: Se contó el número de mazorcas comerciales en 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento.

Longitud de mazorca: Se midió la longitud en 10 mazorcas al azar por cada tratamiento, tomando desde su base hasta la punta de esta, se expresó en centímetros utilizando una cinta métrica.

Líneas por mazorca: Se contó las líneas mazorcas de las diez plantas al azar por tratamiento.

Peso de 100 granos (g): Se escogieron 100 granos por tratamientos y se procedió a pesar con una balanza digital, expresando este valor en gramos.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Rendimiento de kg/ha: Se realizó en la cosecha tomando el peso de las mazorcas con una balanza digital y posteriormente haciendo un ajuste de humedad al 14%, con la siguiente fórmula: Pu= (Pa (100-Ha)) / ((100-Hd)), siendo:

Pu = Peso uniformado

Pa = Peso actual

Ha = Humedad actual

Hd = Humedad deseada

Análisis económico: Se evaluaron los tratamientos según los costos de producción. Posteriormente se realizó el respectivo análisis de beneficio/costo.

Diseño experimental El diseño estadístico utilizado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 6 repeticiones. Se evaluaron las variables a través de un análisis de varianza para determinar las diferencias entre los tratamientos, se empleó con Tukey 5% de probabilidad de error.

Tabla 2
Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

F de V.	Fórmula	Desarrollo	Grados de Libertad
Tratamiento	(t – 1)	(4 – 1)	3
Repeticiones	(r – 1)	(6 – 1)	5
Error Experimental	(t – 1) (r – 1)	(4 – 1) (6 – 1)	15
Total	Tr – 1	4 * 6 – 1	23

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Resultados y discusión

Altura de la planta. En la tabla 3 se muestran los promedios de altura de la planta a los 15, 30 y 45 días. Conforme con el análisis de varianza no se encontró significancia en las tres mediciones a los 15 días p valor 0,712> 0.05 por lo tanto no hay significancia y se acepta Ho (Hipótesis nula), a los 30 días p valor (probabilidad) 0,012 < 0.05 rechaza Ho y acepta H1(Hipótesis alternativa) y a los 45 días p valor 0,01<0.05 aceptó H1, por ende se encontró significancia.

En los días 15, 30 y 45 los promedios más altos fueron del tratamiento T1 (NITROK + micorrizas) con 14,18, 28,88 y 38,80 cm y los promedios más deficientes fueron T2 (Micorrizas) con 12,08 cm a los 15 días, T4 (Testigo) con 24,98 a los 30 días y el T2 (Micorrizas) con 34,08 cm a los 45 días respectivamente.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Tabla 3
Altura de la planta.

TRATAMIENTO	Altura de planta a los 15 días (cm)	Altura de planta a los 30 días (cm)	Altura de planta a los 45 días (cm)
	NS	NS	NS
T1 (NITROK+micorrizas)	14,18 a	28,88 a	38,80 a
T2 (Micorrizas)	12,05 a	25,87 ab	34,08 b
T3 (NITROK)	12,08 a	26,33 ab	34,60 b
T4 (Testigo)	12,20 a	24,98 b	34,65 b
PROMEDIO	12,59	26,51	35,53
E.E.	0,57	0,75	0,55
CV %	10,89	6,96	3,81

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Diámetro del tallo. En la tabla 4 se muestran los promedios de diámetro del tallo a los 15, 30 y 45 días. Conforme con el análisis de varianza no se encontró significancia en las tres mediciones. A los 15 días p valor es de 0,23.> 0,05 por lo tanto se acepta Ho, a los 30 días p valor es de 0,24>0,05 por lo tanto se acepta Ho y a los 45 días 0,0751>0.05 también aceptando Ho, por ende no hay significancia en las mediciones. En los días 15, 30 y 45 los promedios más altos fueron del tratamiento T1 (NITROK+micorrizas) con 1,72; 2,70 y 3,25 cm y los promedios más deficientes fueron T3 (NITROK) con 12,08 cm seguido del T4 (Testigo) con 1,60 cm a los 15 días, T3 (NITROK) con 2,57 a los 30 días y el T2 (Micorrizas) con 3,08 cm a los 45 días respectivamente.

Tabla 4
Diámetro del tallo

TRATAMIENTO	Diámetro del tallo a los 15 días (cm)	Diámetro del tallo a los 30 días (cm)	Diámetro del tallo a los 45 días (cm)
	NS	NS	NS
T1 (NITROK+micorrizas)	1,72 a	2,70 a	3,25 a
T2 (Micorrizas)	1,62 a	2,65 a	3,08 a
T3 (NITROK)	1,60 a	2,57 a	3,12 a
T4 (Testigo)	1,60 a	2,62 a	3,13 ab
PROMEDIO	1,63	2,63	3,14
E.E.	0,03	0,04	0,05
CV %	10,89	6,96	3,81

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Peso de 100 granos (g). En la tabla 5 se muestran los promedios del peso de 100 granos, se obtuvo un coeficiente de variación de 3,20. Se alcanzó el promedio mayor en el tratamiento T1 (NITROK+micorrizas) con un promedio de 37,52gr, mientras tanto en el T4 (Testigo) el promedio fue el más bajo con 34,90gr, el p valor 0.010<0.05 por lo tanto se rechaza Ho y se acepta H1. Conforme con el análisis de varianza no se encontró significancia estadística.

Tabla 5
Peso de 100 granos (g)

TRATAMIENTO	Peso (100 granos) g	
T1 (NITROK+micorrizas)	37,52	a
T2 (Micorrizas)	36,17	a
T3 (NITROK)	35,73	a
T4 (Testigo)	34,90	a
PROMEDIO	36,08	
E.E.	0,47	
CV%	3,20	

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Longitud de la mazorca (cm). En la tabla 6 se muestran los promedios de longitud de la mazorca. Se obtuvo un coeficiente de variación de 6,97. Se obtuvo el promedio mayor en el tratamiento T1 (NITROK+micorrizas) con un promedio de 16,02 cm, mientras tanto en el T3 (NITROK) el promedio fue el más bajo con 14,53 cm. Conforme con el análisis de varianza p valor fue de 0,1387>0,05 por lo tanto se acepta Ho y no se encontró significancia estadística.

Tabla 6
Longitud de la mazorca (cm)

TRATAMIENTO	Longitud de mazorca (cm)	
T1 (NITROK+micorrizas)	16,02	a
T2 (Micorrizas)	15,37	a
T3 (NITROK)	14,53	a
T4 (Testigo)	15,73	a
PROMEDIO	15,41	
E.E.	0,44	
CV%	6,97	

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Número de mazorcas por planta. En la tabla 7 se muestra los promedios de número de mazorcas por planta, se obtuvo un coeficiente de variación de 23,38. Se consiguió el promedio mayor en el tratamiento T1 (NITROK+micorrizas) con un promedio de 4,67, mientras tanto en el T2 (Micorrizas) el promedio fue el más bajo con 3,33. Conforme con el análisis de varianza no se encontró significancia estadística ya que p valor es de 0,1864 > 0.05.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Tabla 7
Número de mazorcas por planta

TRATAMIENTO	Número de mazorcas/ planta	
T1 (NITROK+micorrizas)	4,67	
T2 (Micorrizas)	3,33	a
T3 (NITROK)	4,00	a
T4 (Testigo)	4,33	a
PROMEDIO	4,08	a
E.E.	0,39	
CV%	23,38	

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Rendimiento Kilogramo por hectárea. En la tabla 10 se muestran los promedios de rendimiento por hectárea, se obtuvo un coeficiente de variación de 17,35. Se llegó a un promedio mayor en el tratamiento T1 (NITROK+micorrizas) con un promedio de 3,120 kg. Mientras tanto en el T3 (NITROK) el promedio fue el más bajo con 2,533kg. Conforme con el análisis de varianza no se encontró significancia estadística ya que p valor es de 0,1864>0,05.

Tabla 8
Rendimiento Kilogramo por hectárea

TRATAMIENTO	Diámetro de mazorca	
	NS	
T1 (NITROK+micorrizas)	3,120 a	
T2 (Micorrizas)	2,625 a	
T3 (NITROK)	2,533 a	
T4 (Testigo)	2,901 a	
E.E.	0,5	
CV%	17,35	

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Análisis económico mediante la relación beneficio/costo. En la tabla 9 de beneficio/costo se determinó que las diferentes dosificaciones de micorrizas ayudaron a completar el manejo del cultivo de maíz. Se estableció el análisis beneficio/costo con base en los cuatro tratamientos, el tratamiento con mayor eficacia fue el T1 (NITROK+micorrizas) que tuvo un rendimiento de 3120kg/ha.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Tabla 9
Relación beneficio /costo

Descripción	Unidad	Tratamientos			
INGRESOS POR VENTAS		T1	T2	T3	T4
Producción por tratamientos	kg	93,71	90,91	90,04	94,2
Producción -ajuste 14%	kg	13,12	12,73	12,61	13,19
Total Ajustado	kg	80,59	78,18	77,44	81,02
Precio Venta	USD$	0,33	0,33	0,33	0,33
TOTAL INGRESOS	**USD $**	**26,59**	**25,80**	**25,56**	**26,74**
EGRESOS					
Demarcación de parcelas	Jornal	1,15	1,15	1,15	1,15
Análisis de suelo	kg	4,66	4,66	4,66	4,66
Preparación de terreno					
Arada, nivelada y surcada	Hora/maq	3,75	3,75	3,75	3,75
Siembra					
Semillas (Híbrido trueno)	5 (kg)	5,62	5,62	5,62	5,62
Abonos foliares					
NITROK+Micorrizas	kg	4,00	0,00	0,00	0,00
NITROK	kg	0,00	3,33	0,00	0,00
Micorrizas	kg	0,00	0,00	0,66	0,00
Testigo		0,00	0,00	0,00	0,00
Control de malezas	Prod/Jornal	1,25	1,6	1,25	1,29
Cosecha	$ Jornal	1,15	1,5	1,15	1,5
TOTAL EGRESOS	**USD $**	**21,58**	**21,61**	**18,24**	**17,97**
MARGEN (INGRESOS-EGRESOS)	USD $	5,01	4,19	7,32	8,77
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO		**1,23**	**1,19**	**1,40**	**1,49**

Fuente: Autores de la investigación (2021)

Discusión

Se concuerda con Ferraris y Couretot (2015), quienes señalan como resultado que la inoculación con micorrizas incrementa significativamente el rendimiento del cultivo de maíz. Dicho incremento alcanzó, en promedio, al 9% en el caso de la inoculación, y un rango del 13% al 21% por el agregado de fertilizantes.

La tabulación estadística muestra que en el rendimiento por hectárea en kg, el tratamiento más eficaz fue el T1 que obtuvo 3.120kg/ha, y encontrando T4 como testigo un menor rendimiento con 2,901kg/ha.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Asimismo, se establece una relación directa entre el aumento de la biomasa y los valores de micorrización, detalladas en el presente documento, en contraste con lo que mencionan Faggioli, Freytes y Galarza (2015).

Se concuerda con Yánez (2006) que en un cultivo indica que el rendimiento promedio del cultivo de maíz "chulpi" a nivel experimental en diferentes provincias de la sierra es de 3 542 kg/ha o 78 qq/ha, para obtener estos resultados recomiendan fertilizar de acuerdo al análisis de suelo o según los requerimientos 100 kg de N, 60 kg de P2O5 y 30 kg de K2O, es decir 200 kg/ha de fertilizante 10- 30-10 inmediatamente antes de la siembra, más 174 kg/ha de urea, 45 días después de la siembra o 167 kg/ha de fertilizante 12-36-12 al momento de sembrar.

Se obtuvo significancia con una relación beneficio/costo de 1,2,3 para T1. Para los siguientes tratamientos: T2 (100kg micorrizas) de 1,19, T3 (NITROK) 1,40 y T4(testigo) 1,49. Por ende se considera factible en cuanto a productividad y rendimientos.

Conclusiones

- El tratamiento con mayor eficacia en el incremento de la productividad de maíz fue el T1 (NITROK+micorrizas) con una dosificación de 50gr y una frecuencia de aplicación de 30, 45 y 60 días. Alcanzando un rendimiento de 31,43kg por hectárea, pero sin diferencia significativa en el resto por lo que no se llegó a demostrar superioridad estadística.
- El efecto de las micorrizas en el manejo del cultivo de maíz de forma complementaria (*Zea mays*) en la ubicación de Yaguachi-Guayas, obtuvo mejores resultados estadísticos para T1 (50gr micorrizas/ NITROK), con su dosis de 5Ogr+50gr/planta encontrándose mayor longitud, diámetro y mayor cantidad de granos por mazorca, también sobresalió respecto al rendimiento 3,120 kg/h, para en relación con los otros tratamientos T2 (100kg micorrizas) logró 2,625kg/ha. T3 (NITROK) rendimiento de 2,533 kg/ha. T4(testigo) rendimiento de 2,901 kg/ha.
- En cuanto al estudio experimental del efecto de las micorrizas para T1 (50gr micorrizas/50gr NITROK) se evidenció notablemente mayor producción y ganancia en comparación con años anteriores del cultivo, con mazorcas más vigorosas y granos más grandes y encontrándose en T4 (testigo) un menor rendimientos 2,901kg/ha.
- Por último, en el análisis económico de los tratamientos relación beneficio/costo se pudo establecer que las diferentes dosificaciones de micorrizas ayudaron de manera efectiva a complementar el manejo del cultivo, donde se pudo evidenciar que es válido el rendimiento de 3120 kg/ha considerado los gastos de producción con un costo beneficio/costo de 1.23 para T1. Para los siguientes tratamientos: T2 (100kg micorrizas) de 1.19, T3 (NITROK) 1,40. T4(testigo) 1,49. Por ende se considera factible en cuanto a productividad y rendimientos.
- El uso de micorrizas con sus dosis 50gr más manejo de forma complementaria del cultivo de maíz (*Zea mays*), en el cantón Yaguachi provincia del Guayas para obtener mayor productividad.
- Cuando se emplean las micorrizas no se debe utilizar ninguna fertilización química a base de fósforo porque disminuye el efecto y las funciones de las micorrizas.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Referencias bibliográficas

Berná, L; Gutiérrez, A; Navarro, A. & Morte, A. (2016). Uso de hongos micorrícicos y bacterias beneficiosas del suelo como biofertilizantes en cultivos hortícolas. Informe técnico. Inter-empresas.

Chaqui, C. (2013). Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*Zea mays* l.) Tipo "mishca" a partir de medios hermanos y hermanos completos. Tumbaco, Pichincha. Quito: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1059/1/T-UCE-0004-11.pdf.

Corredor, G. (2008). Micorrizas arbusculares: Aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. http://www.turipana.org.co/Micorrizas.html. **Consulta: septiembre del 2008**

Faggioli, V; Freytes, G. & Galarza, C. (2015). Micorrización natural de maíz y su relación con la absorción de fósforo del suelo en diferentes sistemas de labranzas y fertilización. INTA. Córdova.

Gardner, S. (2020). Fertilizantes: desafíos y soluciones para proteger nuestro planeta. ONU. UNEP. Reportes Roma.

Gliessman, S; Guadarrama-Zugasti, C; Mendez, E; Trujillo, L; Bacon, C. & Cohen, R. (2016). "Agroecología: un enfoque sustentable de la agricultura ecológica". Lectura nº 2-1 del módulo de trabajo personal: programa interuniversitario oficial de posgrado. ¿Qué es la Agroecología?Ferraris, G., y Couretot, L. (2015). Inoculación con micorrizas en maíz. Pampeana GForce.

Ferraris, G., y Couretot, L. (2007). Evaluación de la inoculación con Micorrizas en Maíz bajo diferentes ambientes de Fertilidad. Revista Agrícola.

Kloepper, J.W.; Leong, J.; Teintze, M. & Schroth, M.N. (1980). Pseudomonas siderophores: a mechanism explaining disease-suppressive soils. Curr. Microbiol., 4:317–320.

Machado H., y Campos, M. (2008). Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. Matanzas. Artículo de investigación. Revista Pastos y Forrajes. ISSN 0864-0394

Murillo, S. (2017). "Efectos de la fertilización orgánica edáfica y foliar, en el cultivo de maíz (*Zea mays*)" en la zona de Babahoyo". Babahoyo – Los Ríos - Ecuador: UTB. Recuperado de http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3113/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000031.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parke, J. L. y Kaeppler, S. W. Effects of genetic differences among crop species and cultivars upon the *arbuscular mycorrhizal* symbiosis. En: Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Dordrecht : Kluwer, 2000

Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Artículo de investigación. Revista de Pastos y Forrajes. Matanzas. ISSN 0864-0394

Sandoval, I; Vargas, P. Comportamiento agronómico de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) cultivados a diferentes distancias de siembra. TURYDES: Revista sobre Turismo y Desarrollo local sostenible. Volumen 13. Número 29. Páginas 384-397.

Uribe, G., y Dzib, R., (2016). Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), Azospirillum brasilense y Brassinoesteroide en la producción de maíz en el suelo luvisol. Agric Téc, 32(1). Recuperado de la página web: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000100007

Vargas, P; Vargas, M; Moya, J. Efecto de los abonos orgánicos aplicados al suelo y follaje, sobre la fisiología del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*). Revista Caribeña de Ciencias Sociales. Número Abril.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219

Yánez, G.; Caicedo, M.; Heredia, C.; Zambrano, J. & Mora, E. (2006). Evaluación de cinco dosis de zeolita en cuatro variedades de maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito (Ecuador). Est. Exp. Santa Catalina. Programa de Maíz. Disponible en http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=PADIPR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006556.

Cómo citar este artículo:
Macías, D., Vargas, P., Villota, M., & Castro, D. (Julio - Diciembre de 2023). Efecto de las micorrizas en fertilización de forma complementaria en el cultivo de maíz (Zea mays). Sathiri 18(2), 145-157. https://doi.org/ 10.32645/13906925.1219