

FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA EN EL CULTIVO DE MAÍZ DE SECANO EN EL VALLE DE TUCUTUNEMO, ESTADO ARAGUA

Francisco Hernandez¹, Jairo Ferrer², Bestalia Flores³

1 Universidad Central de Venezuela, 2 Universidad Rómulo Gallegos, 3 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

fdhb10@gmail.com; ferrerjairo9@gmail.com; bestalia.flores@gmail.com

Resumen

En suelos de la cooperativa Tucutunemo 3, ubicados en la Parroquia Valles de Tucutunemo, Municipio Zamora del Estado Aragua, se evaluó el efecto de diferentes dosis de biofertilizante: fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo, sobre el contenido de nutrientes en plantas y rendimiento de maíz CENIAP-DMR. Se aplicaron 3 tratamientos: 0L/ha; 1L/ha; 2L/ha, comparados con una parcela fertilizada con 12- 24-12. El contenido de nutrientes se valoró a través de un análisis de tejido (Jones, 1967), los resultados se analizaron usando la tabla de concentración de nutrientes de cultivos tropicales (Howeler, 1983). La estimación de rendimiento se realizó a través de la metodología sugerida por Falcón, 1990 (citada por Jiménez, 2001). Los resultados no arrojaron diferencias significativas para la concentración de nutrientes en plantas, longitud de la mazorca y número de granos por hilera, mientras el rendimiento mostró diferencias significativas, siendo el tratamiento 2L/ha, el cual indujo mayor rendimiento.

Palabras clave. Biofertilizantes; nutrientes en plantas; rendimiento, microorganismos.

Introducción

Alrededor del 70% de los suelos venezolanos presentan como primera o segunda limitación la baja fertilidad natural, lo que ha conllevado a la utilización de grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos para suplir la demanda de nutrientes exigidos por los diversos cultivos (López et al., 1987). La aplicación de fertilizantes de origen industrial, le brindan al productor del campo una solución temporal del déficit de nutrimentos a través del aporte de minerales y nutrimentos. Sin embargo en su mayoría se han usado de forma desmedida, generando ciertas alteraciones en los ecosistemas como el deterioro y degradación de los suelos, contaminación del agua por lixiviación, contaminación del aire debido al empleo de energía fósil en su elaboración, entre otros. En vista de los problemas ocasionados por los fertilizantes de origen industrial, se han orientado investigaciones en el desarrollo de nuevas biotecnologías. En ese sentido, se ha generado como resultado, un interés creciente sobre el uso de los microorganismos benéficos del suelo, capaces de suministrar cantidades considerables de nutrimentos requeridos por las plantas y de regenerar los suelos. Mejía, (1995) señala que la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agrosistemas, por lo que los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos.

Los biofertilizantes son definidos como “productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo” (Martínez, 2004), aunque en poblaciones bajas, las cuales al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante la actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento (Martínez et al., 2006). El uso de estos productos ha mejorado la comprensión de la relación planta-microorganismo en su contribución a minimizar los riesgos de degradación de los

suelos y a maximizar el regreso de energía a los sistemas de producción. El objetivo de la investigación consistió en evaluar el efecto de diferentes dosis de biofertilizantes en el contenido de nutrientes en plantas y el rendimiento del maíz (*Zea mays*) en el Valle del río Tucutunemo, Estado Aragua.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los terrenos pertenecientes a la Cooperativa “Valles de Tucutunemo III”, en el sector “El Cortijo” en el Municipio Zamora, estado Aragua. Se seleccionó un área de 216 m² distribuida en 9 unidades experimentales (U.E) de 24 m², con un diseño completamente aleatorizado. Se utilizó la variedad de maíz amarillo Ceniap-DMR. Los tratamientos con biofertilizantes consistieron en bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre (*Azotobacter* spp), y solubilizadoras de fósforo de vida libre, a razón de 1 y 2 L/ha, respectivamente y un tratamiento testigo (sin fertilización). Al momento de la aparición de barba o inicio de la formación de cabello, se hizo un muestreo de suelo en forma de zigzag y la cosecha de una hoja opuesta a la mazorca (Jones, 1967) en cada UE para la determinación de fertilidad del suelo y nutrientes en plantas (Howeler, 1983). A los 80 días, se realizó la cosecha para estimar el rendimiento del cultivo; tomando 2 hilos al azar, cosechando las mazorcas existentes en 1 m de longitud de cada hilo, se midió la distancia entre hileras. Luego se procedió a contar el número de hileras por mazorca, número de granos por hilera. A partir de todos esos datos se realizaron los cálculos de estimación de rendimiento a través de la metodología propuesta por Falcón, 1990 (citada por Jiménez, 2001). Aplicando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{A \times B \times C}{D} \times 2,4$$

En donde P = producción kg/ha; A = N° mazorcas por metro lineal; B = número de hileras de granos en la mazorca; C = número de granos por hilera de granos en la mazorca y D = distancia entre hileras de planta.

Los datos obtenidos del experimento, fueron sometidos a análisis de varianza, prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, usando el paquete estadístico Infostat 1.1.

Resultados y Discusión

Fertilidad de suelo

Los resultados de fertilidad de suelo, obtenidos previo al ensayo presentan textura franco arcillo limoso a franco arcilloso, con una alta fertilidad química (cuadro 1). Los valores de fósforo, potasio, calcio, magnesio y materia orgánica son altos. El pH del suelo es moderadamente alcalino, mientras que la conductividad eléctrica del suelo es baja.

La fertilidad del suelo, continúa siendo alta al momento de la floración – fructificación del maíz, sin observarse diferencias significativas entre los tratamientos con biofertilizantes (cuadro 1). La aplicación de los microorganismos no tuvo efecto aparente sobre la disponibilidad de fósforo, potasio, calcio. Al comparar estos resultados con el análisis inicial, se observa que los parámetros evaluados disminuyeron con respecto a los iniciales, determinándose que el fósforo disponible se redujo aproximadamente en un 35 % para todos los tratamientos, dichos resultados no concuerdan con los reportados por Orhan et al., (2006), quienes encontraron un

incremento en la disponibilidad de nutrimentos en suelo con la aplicación de fijadoras de N y solubilizadoras de P. Esa reducción mantiene el nivel de disponibilidad dentro de la misma categoría, es decir, alta por lo que no tendría implicaciones en la respuesta de la planta

La poca respuesta a la aplicación de los biofertilizantes al maíz pudo deberse a la alta fertilidad del suelo (cuadro 1), ya que bajo estas condiciones los microorganismos no expresan su máximo potencial de fijación de nitrógeno o solubilización de fósforo. Otro de los factores que pudo afectar el efecto de los biofertilizantes fue la alta precipitación caída durante el ensayo (507,4 mm) con eventos de lluvia de hasta 20 mm por hora, entre la etapa de emergencia e inicio de fructificación, las cuales superaron la conductividad hidráulica del suelo (menor de 1 cm/h) y la necesidad de agua requerida por el cultivo, la cual es de 5 mm/día.

Cuadro 1. Análisis de suelo con fines de fertilidad.

Parámetros	Tratamientos			
	Previo ensayo	0 L/ha	1 L/ha	2 L/ha
Profundidad (cm)		0 – 20		
Arena (%)	18	26	25	25
Limo (%)	46	45	44	45
Arcilla (%)	37	29	31	29
Fósforo (mg/kg)	72	49 a	49,33a	48a
Potasio (mg/kg)	235	148,33	141,33	127,67
Calcio (mg/kg)	860	754	993	773
Magnesio (mg/kg)	200	200a	200a	200a
Materia Orgánica (%)	4,82	3,52a	3,69a	3,43a
pH(1:2,5)	7,7	8,2a	8,2a	8,1a
C. E (dS/m) :1:2,5	0,18	0,10a	0,11a	0,12a

CE: Conductividad Eléctrica Letras distintas difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Nutrientes en planta

Los resultados de planta arrojaron que los niveles de concentración de P, K, Ca y Mg están dentro de los parámetros normales, mientras que la concentración de N es deficiente para todos los tratamientos (cuadro 2), esto de acuerdo con los estándares de concentración de nutrientes de cultivos tropicales (Howeler, 1983).

Con respecto a la concentración de N y P no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento de 0 L/ha mostró una mayor concentración de N en planta con respecto a los demás. En cuanto al fósforo es apreciable que su concentración fue muy similar para todos los tratamientos (cuadro 2). En el caso del N, los resultados pudieron estar influenciados por el exceso de humedad en el suelo, el cual afecta tanto el desarrollo de las bacterias fijadoras de N, así como la descomposición y mineralización de la materia orgánica, las cuales representan las fuentes de aporte de N en el suelo disponible para la planta.

Cuadro 2. Nutrientes en Plantas

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	%				
0 L/ha	2,09a	0,36a	1,94	0,48	0,25
1 L/ha	1,63a	0,37a	2,04	0,45	0,23
2 L/ha	1,91a	0,35a	1,94	0,45	0,25

N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio
 Letras distintas difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Variables de Producción

La longitud de mazorca estuvo por debajo de los valores de referencia de la variedad CENIAP – DMR, con 16,18, 16,43 y 17,07 cm para los tratamientos 0, 1 y 2 L/ha respectivamente. El análisis de varianza no determinó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para las diferentes dosis de biofertilizantes. Sin embargo, el tratamiento con 2 L/ha de biofertilizante fue el que tuvo la mayor longitud de mazorca en comparación con 1 y 0 L/ha (figura 1).

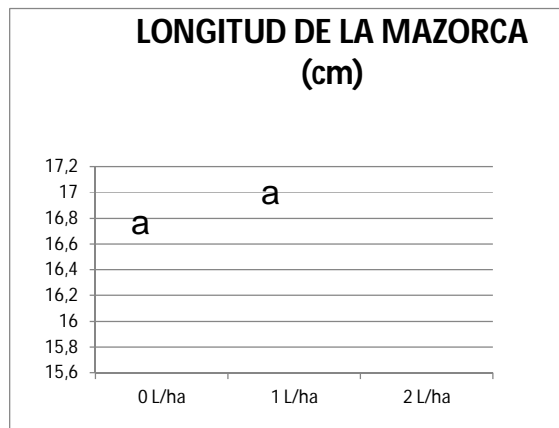


Figura 1. Longitud de Mazorcas.

Letras distintas difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Resultados similares se obtuvieron para el número de granos por hilera en la mazorca, donde el análisis no determinó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los diferentes tratamientos utilizados. Se observa que el tratamiento de 1 L/ha presenta el menor número de granos por hilera (24 granos) con respecto a 0 y 2 L/ha, aun cuando la longitud de mazorca fue mayor en relación a 0 L/ha (figura 2). Este resultado puede deberse a un mayor efecto de aguachinamiento de las parcelas con fertilización biológica de 1 L/ha, debido al desnivel del terreno durante la preparación, aunado a la baja macroporosidad (15 %) y baja permeabilidad (1 cm/h) lo que incidió en el llenado de granos.

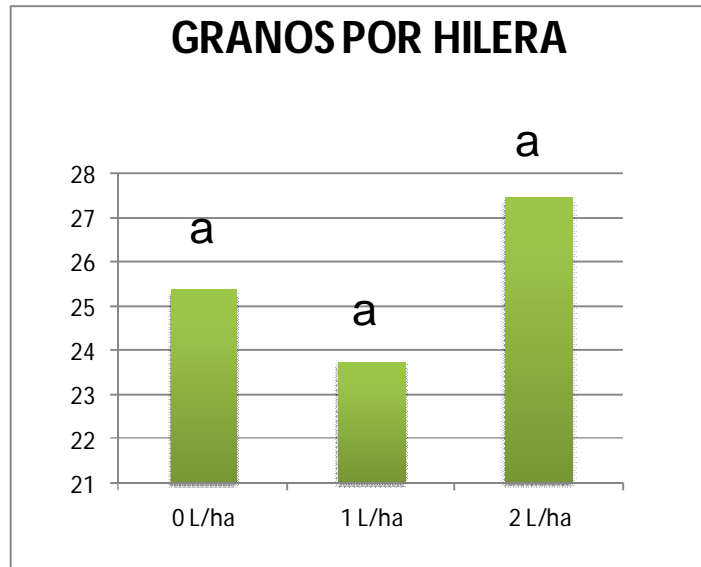


Figura 2. Número de granos por hilo de mazorca.
Letras distintas difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

En cuanto a los rendimientos del maíz muestran valores de 5.469,43 Kg/ha, 3.961,20 Kg/ha, 5.983,77 Kg/ha y 4.877,60 Kg/ha para los tratamiento 0 L/ha, 1L/ha, 2L/ha y fertilizada, apreciándose diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización biológica (Figura 3). Destacándose un mayor rendimiento con la aplicación de 2 L/ha de biofertilizante, la cual representa la dosis de biofertilizante recomendada en el país.

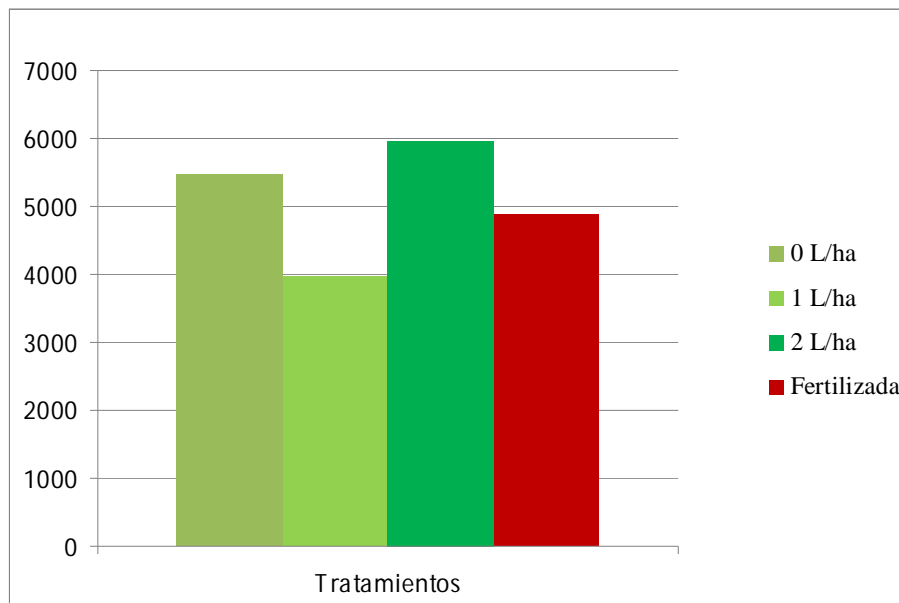


Figura 3. Rendimiento (kg/ha) del maíz.
Letras distintas difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Conclusiones

La concentración de nutrientes encontrados en planta mostró deficiencia de nitrógeno, esto pudo deberse al exceso de agua retenida en el suelo para todos los tratamientos, sin embargo los niveles de P, K, Ca y Mg fueron normales. La respuesta inducida en rendimiento (kg/ha) por la dosis de biofertilizantes de 2 L/ha, fue 8,6%, 33,5% y 18,5% superior en comparación con los tratamientos 0 L/ha, 1 L/ha y una muestra de fertilizada con 12-24-12 respectivamente. La alta precipitación en el Valle de Tucutunemo durante el ensayo, pudo haber influido en la eficiencia de las bacterias fijadoras de nitrógeno y de los microorganismos solubilizadores de fósforo, dado a que estos son organismos aeróbicos, de allí que en muchas variables no se hayan manifestado diferencias significativas.

Referencias Bibliográficas

- HOWELER, R H. (1983). Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 28p
- JIMÉNEZ R. D., V.C GIL, S.F TABARES Y V.P OLALDE. (2001). Bacterias promotoras del crecimiento de plantas: agro-biotecnología. Avance y Perspectiva. 20:395-400.
- JONES, J. B., JR. (1967). Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. En soil testing and plant analysis: Part II, Plant analysis. SSSA Spec. Pub. N° 2. Soil Sci. SocAmerica, Madison, Wisconsin. 49-58.
- LÓPEZ DE R. I.; M. SILVA DE Y J. COMERMA. (1987). Suelos Ácidos – Avance en la construcción del sistema experto para hacer recomendaciones en estos suelos, 9 p. En: Simposio manejo de suelos ácidos en los trópicos. IX Congreso Venezolano y X CLCS. Maracaibo, estado Zulia – Venezuela, del 14 al 21 de Junio de 1987.
- MARTÍNEZ VIERA, R. (2004). Desarrollo y manejo de los biofertilizantes con énfasis en el trópico. INIA-CENIAP. Taller sobre Recursos agroecológicos, del 30 de Nov. al 3 de Dic. de 2004.
- MARTÍNEZ V., R., M. LÓPEZ, F.M. BROSSARD, G. TEJEDA, A. PEREIRA, C. PARRA, S. RODRÍGUEZ, A. ALBA. (2006). Procedimiento para el estudio y fabricación de Biofertilizantes Bacterianos. Maracay, Ven., Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 88p. (Serie B. No 11).
- MEJÍA, G. (1995). Agricultura para la vida: movimientos alternativos frente a la agricultura química. Cali, Colombia: Feriva, 252.
- ORHAN, E., A. ESITKEN, S ERCISLI, M. TURAN, y F. SAHIN. (2006). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae, Volume 111, Issue 1, 4 December 2006, Pages 38-43