

Evaluación de biofertilizantes líquidos en la producción de elote y grano en maíz

Gilberto Vázquez Gálvez[✉], Rebeca Flores Magallón y Luis Fernando Ceja Torres

Instituto Politécnico Nacional.

CIIDIR-Unidad Michoacán. Justo Sierra No 28. C.P. 59510. Jiquilpan, Michoacán.

✉ givazquez@ipn.mx

Citar

Resumen

Con el propósito de evaluar el efecto de fertilizantes químicos y un biofertilizante a base de guano de murciélago (Aboguano) y otro derivado de la fermentación anaeróbica de materia orgánica (Supermagro) sobre el rendimiento de elote y grano en el cultivo del maíz, se llevó a cabo una investigación en la localidad de La Sauceda, municipio de Zamora, Michoacán. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se encontró que ninguno de los biofertilizantes y su mezcla aplicados al suelo o al follaje, superó en rendimiento de elote y grano al fertilizante químico. En todos los tratamientos en los que se utilizó éste produjeron numérica y estadísticamente en promedio 5.7 veces más elote (20 374 contra 3 520 ton ha⁻¹) y 4.7 veces más grano (5 503 contra 1 150 ton ha⁻¹) en comparación de los tratamientos donde se emplearon vía foliar y al suelo los biofertilizantes Aboguano y Supermagro solos o combinados. Ello se asoció a una reducción significativa ($p \leq 0.5$), de la altura de planta, tamaño de elote y de mazorca y a deficiencias nutricionales, que por su diagnóstico visual, se atribuyen a la escasez o falta de nitrógeno.

Palabras clave: *Zea mays*, biofertilizantes, aboguano, supermagro, fertilizante químico.

Abstract

This study was conducted in order to evaluate and compare the effect of chemical fertilizers, a biofertilizer based on bat guano (*Aboguano*), and another derived from the anaerobic fermentation of organic matter (*Supermagro*), on cob and kernel yields in corn cultivation. The study site was La Sauceda, municipality of Zamora, Michoacán, and the experiment used a completely randomized block design with four replications. None of the biofertilizers or mixtures applied to the soil or foliage out-yielded corn production compared to the chemical fertilizer. All treatments in which the chemical fertilizer was used produced, both numerically and statistically, an average of 5.7 times more cobs (20,374 vs. 3,520 tons/ha⁻¹) and 4.7 times more kernels (5,503 vs. 1,150 tons/ha⁻¹) than the treatments in which the biofertilizers, *Aboguano* and *Supermagro* –alone or in combination– were applied to the foliage and soil. Moreover, the latter treatments were associated with significant reductions ($p \leq 0.5$) in plant height, the size of the ears, and nutritional qualities. Visual diagnosis suggests that these results are attributable to a lack of nitrogen.

Keywords: *Zea mays*, biofertilizers, Aboguano, Supermagro, chemical fertilizers.

Introducción

En los pasados 50 años la producción global de cereales se duplicó a causa de la utilización de fertilizantes químicos, agua, pesticidas y nuevas variedades. Sin embargo, se sabe que estos insumos agrícolas afectan de manera negativa la fertilidad del suelo a través de la pérdida de nutrientes y materia orgánica, erosión, salinidad, y contaminación del ambiente (Tilman *et al.* 2002, Gregory *et al.* 2002; Stoate *et al.* 2009).

Se conoce además, que la mayoría de los fertilizantes químicos que se usan en nuestro país son importados y debido a la disparidad entre el actual tipo de cambio del peso frente al dólar y al aumento sostenido del precio del petróleo, estos fertilizantes tienden a aumentar su costo y por ello, son cada vez menos accesibles para los productores.

Ante el deterioro de los recursos naturales que se aprovechan para la producción agrícola convencional, y por la razón del alto costo de los fertilizantes, es necesario identificar y valorar alternativas de nutrición vegetal que mejoren y conserven los recursos naturales, los ingresos y las condiciones de vida de los productores agrícolas, y utilizar de manera racional los fertilizantes químicos y promover el uso de fuentes orgánicas a fin de incrementar los rendimientos de los cultivos (Masclaux-Daubresse *et al.* 2008; Fageria *et al.* 2011).

Hoy día se están desarrollando nuevas alternativas de manejo dentro de la agricultura, entre ellas está la utilización de productos orgánicos llamados biofertilizantes líquidos que se aplican tanto al follaje como a la parte radicular de la planta. Ellos son productos que resultan de la fermentación anaeróbica de materia orgánica de origen animal y vegetal, y su mayor importancia como fertilizante radica, más que en las cantidades de nutrimentos, en la diversidad de su composición mineral. Sin embargo, existe mucha inconsistencia del efecto de estos materiales sobre la producción de cultivos (Marini & Marinho 2011; Junior *et al.* 2008). Al parecer, no satisfacen las necesidades nutricionales de la planta, sobre todo de nitrógeno (Rodrigues *et al.* 2009) porque no contienen las cantidades que las plan-

tas necesitan para su óptimo desarrollo. No obstante, es importante valorar la eficacia de estos productos, que pueden ser un complemento de los fertilizantes químicos para la producción de los cultivos agrícolas. Por esto, el propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de biofertilizantes foliares y radiculares y sus mezclas en el rendimiento de elote y grano en maíz.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la localidad de La Saucedita del municipio de Zamora, Michoacán a una elevación de alrededor de 1450 m, situada a 19°30' y 20°15' N y 101°55' y 102°50' O. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 1988) el suelo que se localiza en el área es un vertisol que se caracteriza por una gran proporción de arcillas (54%), una alta capacidad de intercambio catiónico (mayor de 40 meL⁻¹/100 g de suelo) y un contenido normal de materia orgánica (2.7%). La siembra se realizó de forma manual el 11 de junio del 2010, en suelo húmedo y cuando se estableció el temporal de lluvias. Se utilizó la variedad Asgrow A7573 para evaluar el efecto de los biofertilizantes en la producción de elote, y la variedad Pioneer 30 P16 para evaluar la producción de grano. Los tratamientos probados se derivaron de la combinación de dos biofertilizantes denominados Abogvano y Supermagro, los cuales se compararon con fertilizantes químicos (Cuadro 1). El abogvano registró un pH de 4.74 y conductividad eléctrica de 19.7 mS cm⁻¹, 0.14% de Nitrógeno (N), 0.18% de Fósforo (P), y 0.79% de Potasio (K), y 6.5 de Boro (B), 29 de Hierro (Fe) y 3.8 mgL⁻¹ de Cobre (Cu). El supermagro tuvo un pH de 3.54, conductividad eléc-

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Nº	Tratamiento
1	Abogvano
2	Supermagro
3	Abogvano + 50% fertilizante
4	Supermagro + 50% fertiizante
5	Abogvano + supermagro
6	100% Fertilizante
7	50% Fertilizante
8	Sin fertilizante

trica de 15.91 mS cm⁻¹, 0.27% de N, 0.42% de P y 0.59% de K, y 5.8 de B, 64.1 de Fe y 6.5 de Cu.

Se empleó diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo formada por 3 surcos de 6 metros de largo con separación de 80 cm entre sí, y se tomó como parcela útil al surco central, el cual contenía 30 plantas, de manera que la densidad de población fue de alrededor de 62 500 plantas por hectárea. Se utilizó el tratamiento de fertilización 180-60-00, y se hizo una aplicación a los 30 días después de la siembra (DDS) en la etapa juvenil en la que se suministró la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, la otra mitad del nitrógeno se aplicó a los 60 DDS en la etapa de embuche. El tratamiento con 50% de fertilizante nitrogenado también se aplicó fraccionado en las etapas indicadas. El Aboguano se asperjó en el follaje y al suelo a una dosis de 3 litros/100 l de agua, y se hicieron dos aplicaciones, a los 37 y 66 DDS en las etapas juvenil y de embuche. Se utilizó un aspersor de mochila con boquilla para la aplicación con una cobertura total al follaje, y sin ella para el suelo. El Supermagro también se proporcionó al follaje y al suelo a los 37 y 66 DDS en las etapas juvenil y de embuche a una dosis de 5 l/100 l de agua. En la mezcla Aboguano y Supermagro (1:1 volumen:volumen), se hicieron dos aplicaciones foliares y al suelo en las etapas en que se hizo para el aboguano y el supermagro. Tanto en el experimento de producción de elote como de grano, se registraron las siguientes variables: longitud de elote o mazorca, la cual co-

rrespondió a la longitud medida en cm de cinco mazorcas o elotes tomados al azar. El diámetro de elote o mazorca igual al diámetro basal de cinco elotes o mazorcas. Rendimiento de elote, el cual resultó del peso de elotes producidos por hectárea. Peso medio de elote, igual al rendimiento de elotes dividido entre el número de ellos. El rendimiento de grano correspondió al peso de grano al 14% de humedad registrado en cada unidad experimental. Los análisis estadísticos, como son los análisis de varianza y las pruebas de medias (Tukey), se realizaron en el programa Statistical Analysis System (SAS 1992).

Resultados y discusión

Rendimiento de elote y características agronómicas

El rendimiento de elote registrado a los 106 días después de la siembra indica que todos los tratamientos en los que se aplicó fertilizante químico produjeron numérica y estadísticamente más elote con un rendimiento promedio de 20 ton/ha (Cuadro 2). Todos estos tratamientos rindieron significativamente tres veces más elote en promedio que los tratamientos en los que no se aplicó fertilizante químico. El comportamiento de las demás características agronómicas fue similar al registrado en el rendimiento de elote, en donde se observó que los tratamientos que recibieron fertilización química registraron significativamente un mayor número, longitud y peso

Cuadro 2. Efecto de biofertilizantes líquidos y fertilizante químico en el rendimiento de elote y otras características agronómicas en maíz Asgrow A 7573.

Nº	Tratamiento	Peso de elote (kg/ha)	Número de elotes/ parcela	Longitud de elote (cm)	Peso promedio de elote (g)
1	Aboguano	5202 B*	19 BC	21 B	105.6 B
2	Supermagro	2843 B	19 BC	19 B	76.8 B
3	Aboguano + 50% fertilizante	20757 A	33 A	30 A	307.7 A
4	Supermagro + 50% fertilizante	19539 A	32 A	32 A	308.3 A
5	Aboguano + supermagro	2718 B	16 C	19 B	83.45 B
6	100% Fertilizante	19856 A	28 AB	32 A	324.9 A
7	50% Fertilizante	21346 A	28 AB	32 A	352.5 A
8	Sin fertilizante	3317 B	16 C	19 B	94.7 B
	CV	16	17.93	7	13.98
	DMS	7961	10.17	4	60.7

* Cifras seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

de elote en comparación con los tratamientos sin fertilización.

Rendimiento de grano y características agronómicas

El rendimiento de grano registrado a los 167 días después de la siembra, con un 14% de humedad, tuvo un comportamiento similar al rendimiento de elote, ya que como se observa en el Cuadro 3, el efecto de los tratamientos con fertilización química aumentó significativamente más de cuatro veces el rendimiento de grano en comparación con los tratamientos donde se aplicaron vía foliar y al suelo los biofertilizantes Aboguan y Supermagro solos o combinados.

El comportamiento de las demás características agronómicas fue similar al registrado en el rendimiento de elote, donde se observó que los tratamientos con fertilización química registraron significativamente una mayor longitud y diámetro de mazorca en comparación con los tratamientos sin fertilización.

De acuerdo a los resultados observados en este trabajo, los biofertilizantes líquidos Aboguan y Supermagro aplicados al follaje y a la raíz solos o mezclados, registraron rendimientos de elote y de grano muy por debajo de los obtenidos en los tratamientos donde se aplicó solo o combinado fertilizante químico, lo cual indica la poca eficacia que tuvieron en este trabajo los biofertilizantes sobre las variables de rendimiento y agronómicas. Una nula respuesta a la aplicación de supermagro en el cultivo de maracuyá fue re-

portada por Rodrigues *et al.* (2009), y por Marini & Marinho (2011) para el cultivo de mandarina, lo cual se atribuye a que estos biofertilizantes no aportan las cantidades nutricionales de la planta sobre todo de nitrógeno.

Las plantas de maíz tratadas con estos biofertilizantes presentaron durante todo el ciclo del cultivo una coloración amarilla, la cual se acentuó a partir de que las plantas empezaron a florecer. Esta fue más evidente en las hojas inferiores y se asocia a una deficiencia de nitrógeno (Havlin *et al.* 2005), elemento que al no estar presente en cantidades adecuadas en las proteínas relacionadas con la fotosíntesis afectó no solo la capacidad fotosintética de las plantas deficientes, sino también su remobilización a las partes demandantes, que durante el ciclo de crecimiento del cultivo de maíz primero son las hojas en formación y posteriormente el elote y el grano (Masclaux-Daubresse *et al.* 2008). Algunos autores como Gallais & Coque (2005), Gallais *et al.* (2006), Coque & Gallais (2007), Hirel *et al.* (2007) y Coque & Gallais (2008), destacan la importancia de un adecuado contenido de nitrógeno en el cultivo de maíz en la etapa de formación de grano pues la contribución del nitrógeno que se remueve de la hoja al grano varía de un 50 a 90% en función de la variedad. Por ello, indican Ciampitti & Vyn (2012) y Fageria *et al.* (2011) en el cultivo de maíz hay una relación directa del rendimiento de grano con la aplicación de nitrógeno. Nutrimiento al cual se le atribuye hasta un 60% de la variación en este rendimiento de grano (Stewart *et al.* 2005).

Cuadro 3. Efecto de biofertilizantes líquidos y fertilizante químico en el rendimiento de grano y otras características agronómicas en maíz Pioneer 30 P16.

Nº	Tratamiento	Rendimiento de grano kg/ha	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)
1	Aboguan	1226 B*	8.7 B	3.8 B
2	Supermagro	733 B	8.2 B	3.6 B
3	Aboguan + 50% fertilizante	5861 A	19.9 A	4.5 A
4	Supermagro + 50% fertilizante	6196 A	15.1 A	4.5 A
5	Aboguan + supermagro	1452 B	9.8 B	3.9 B
6	100% Fertilizante	4918 A	14.7 A	4.2 A
7	50% Fertilizante	5038 A	15.9 A	4.6 A
8	Sin fertilizante	1190 B	8.0 B	3.6 B
	CV	24.61	7.7	6.1
	DMS	1942	2.2	0.5

*Cifras seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

Cuadro 4. Correlación del rendimiento de elote/ha con algunos de sus componentes.

Variable	AM	APL	LE	DE	NE	PME
r	0.78090	0.89894	0.94690	0.90934	0.94486	0.97329
Probabilidad	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

AM=Altura de mazorca, APL=Altura de planta, LE=Longitud de elote, DE=Diámetro de elote, NE=Número de elote, PME= Peso medio de elote.

Cuadro 5. Correlación del rendimiento de grano /ha con algunos de sus componentes.

Variable	AM	APL	LM	DM	NC	PG
r	0.92209	0.92636	0.92394	0.92394	0.73607	0.50053
Probabilidad	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0035	0.0001

AM=Altura de mazorca, APL=Altura de planta, LM=Longitud de mazorca, DM=Diámetro de mazorca, NC=Número de carreras, PG=Peso de grano.

El rendimiento de elote y de grano tuvo una correlación positiva y significativa ($P \leq 0.05$) con algunos de sus componentes (Cuadros 4 y 5). Los tratamientos más productivos de elote y grano tuvieron una mayor altura de planta y de mazorca, así como un mayor tamaño de mazorca, en comparación de los tratamientos en los que se aplicó biofertilizante. En apariencia, los biofertilizantes no suministraron las cantidades adecuadas de nitrógeno. Autores como Robertson & Vitousek (2009) hicieron referencia a que el maíz requiere cerca de 260 kg/ha para producir 10 ton/ha de grano, cantidad que debe aumentarse, si se considera que la eficiencia de la fertilización nitrogenada en maíz es de tan sólo el 33% (Raun & Johnson 1999). Por ello, es posible que si se aumentara el número de aplicaciones de estos biofertilizantes, se aporte una cantidad mayor de elementos esenciales como el nitrógeno que mejore el crecimiento de las plantas y en consecuencia el rendimiento de elote y grano en el cultivo de maíz, aunque se infiere que el costo de producción también se elevaría.

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se desarrollaron los experimentos de este trabajo, se observó un mayor rendimiento significativo de elote y grano de maíz en los tratamientos en los que se aplicó fertilizante químico en comparación con los tratamientos en que se suministraron biofertilizantes líquidos al follaje y al suelo, solos o combinados, lo cual se asoció en estos últimos a deficiencias nutrimentales, principalmente de nitrógeno.

Aparentemente las cantidades de nutrimentos aportadas por los biofertilizantes, no fueron las adecuadas para un óptimo rendimiento de elote y de grano en el cultivo de maíz; empero, es posible que si se aumentara el número de aplicaciones de estos biofertilizantes haya una mayor aportación y disponibilidad de nutrimentos y se mejore la fertilidad del suelo que favorezca la producción sostenible de maíz y se promueva el uso de biofertilizantes.

Agradecimientos

A dos revisores por sus comentarios y sugerencias para mejora el documento y a Servando Carvajal por su apoyo en la corrección de estilo. ❖

Literatura citada

- CIAMPITTI, A.I. & J.T. VYN. 2012.** Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Research* **133**: 48–67.
- COQUE, M. & A. GALLAIS. 2007.** Genetic variation for nitrogen remobilization and postsilking nitrogen uptake in maize recombinant inbred lines: Heritabilities and correlations among traits. *Crop Science* **47**: 1787–1796.
- COQUE, M. & A. GALLAIS. 2008.** Genetic variation for N-remobilization and postsilking N-uptake in a set of maize recombinant inbred lines. 2. With line *per se* evaluation, comparison with testcross performance. *Maydica* **53**: 29–38.

- FAGERIA, N.K., V.C. BALIGAR & CH.A. JONES. 2011.** *Growth and mineral nutrition of field crops*. 3rd ed. CRC Press Boca Raton. Fla.
- GALLAIS, A., & M. COQUE. 2005.** Genetic variation and selection for nitrogen use efficiency in maize: a synthesis. *Maydica* 50: 531–547.
- GALLAIS, A., M. COQUE, I. QUILLÉRÉ, J.L. PRIOUL & B. HIREL. 2006.** Modelling postsilking nitrogen fluxes in maize (*Zea mays*) using ¹⁵N-labelling field experiments. *New Phytologist* 172: 696–707.
- GREGORY, P.J., J.S.I. INGRAM, R. ANDERSSON, R.A. BETTS, V. BROVKIN, T.N. CHASE, P.R. GRACE, A.J. GRAY, N. HAMILTON, T.B. HARDY, S.M. HOWDEN, A. JENKINS, M. MEYBECK, M. OLSSON, I. ORTIZ-MONASTERIO, C.A. PALM, T.W. PAYN, M. RUMMUKAINEN, R.E. SCHULZE, M. THIEM, C. VALENTIN & M.J. WILKINSON. 2002.** A Environmental consequences of alternative practices for intensifying crop production Agriculture. *Ecosystems and Environment* 88: 279–290.
- HAVLIN, L.J., J.D. BEATON, S.L. TISDALE & W.L. NELSON. 2005.** *Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management*. 7th ed. Pearson Prentice Hall. USA
- HIREL, B., J. LE GOUIS, B. NEY & A. GALLAIS. 2007.** The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany* 58: 2369–2387.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). 1988.** *Atlas nacional del medio físico*. México.
- JUNIOR, F.R., L. FERREIRA CAVALCANTE & E. DE SOUSA BURITI. 2008.** Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizantes e adubação mineral com NPK. *Revista Caatinga* 21(5): 134–145.
- MARINI, F.S. & C.S. MARINHO. 2011.** Adubação complementar para a mexeriqueira ‘Rio’ em sistema de cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(6): 562–568.
- MASCLAUX-DAUBRESSE, C., M. REISDORF-CREN & M. ORSEL. 2008.** Leaf nitrogen remobilization for plant development and grain filling. *Plant Biology* 10: 23–36.
- RAUN, W. & G.V. JOHNSON. 1999.** Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91: 357–363.
- ROBERTSON, G.P. & P. M. VITOUSEK. 2009.** Nitrogen in Agriculture: Balancing the Cost of an Essential Resource. *Annual Review of Environment and Resources* 34: 97–125.
- RODRIGUES, A.C., L.F. CAVALCANTE, A.P. DE OLIVEIRA, J.T. DE SOUSA & F.O. MESQUITA. 2009.** Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(2): 117–124.
- SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM). 1992.** Proprietary Software Release 6.04. Licenced to Colegio de Postgraduados, site 1339 6001. SAS Institute Inc. U.S.A.
- STEWART, W.M., D.W. DIBB, A.E. JOHNSTON & T.J. SMYTH. 2005.** The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal* 97: 1–6.
- STOATE, C., A. BALDI, P. BEJA, N.D. BOATMAN, I. HERZON, A. VAN DOORN, G.R. DE SNOO, L. RAKOSYI & C. RAMWELLE. 2009.** Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe. A review. *Journal of Environmental Management* 91: 22–46.
- TILMAN, D., K.G. CASSMAN, P.A. MATSON, R. NAYLOR & S. POLASKY. 2002.** Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671–677.