



Efecto de prácticas agroecológicas en la producción de maíz (*Zea mays* L.) en campañas de frío, provincia Granma

Effect of agroecological practices on the production of corn (*Zea mays* L.) in cold seasons in Granma province

 Elio Lescay Batista*,  Ariel Verdecia Verdecia,  Roxana Matos Yero

Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov" (IIAJD), carretera Bayamo a Manzanillo, km 16½, Gaveta postal 2140, CP 85100, Bayamo, Granma, Cuba.

RESUMEN: En Cuba el maíz se cultiva en todas las provincias, pero los rendimientos son bajos, por lo cual el país tiene que importar grandes cantidades de este producto. Por tal razón el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de algunas prácticas agroecológicas en la respuesta agronómica de este cultivo en campañas de frío. El experimento se desarrolló en la campaña 2021-2022 en un suelo Fluvisol mullido en la Cooperativa de Créditos y Servicios José Martí, en el municipio Bayamo, provincia Granma. Se evaluaron tres factores agroecológicos: genotipos, distancias entre plantas y aplicación de ácido piroleñoso, con dos niveles cada uno, para un total de ocho tratamientos. Se utilizaron parcelas de 18 m² en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Los datos se procesaron mediante análisis de componentes principales, análisis de varianza trifactorial y la comparación múltiple de medias se realizó por la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$. Los valores expresados por la semilla plus en el diámetro de la mazorca, masa de semilla por mazorca y masa de 100 semillas fueron superiores a los alcanzados por la variedad local; las distancias entre plantas evaluadas no influyeron en la respuesta de las variables masa de semillas por planta y el rendimiento en ninguno de los genotipos, pero los valores expresados por la semilla plus fueron superiores a los alcanzados por la variedad local en ambas distancias y las variables evaluadas no mostraron respuestas a la dosis de ácido piroleñoso aplicada.

Palabras clave: cultivo, rendimiento, alimentación, variedades.

ABSTRACT: In Cuba, corn is grown in all provinces, but yields are low, which is why the country has to import large quantities of this product. For this reason, the objective of this work was to evaluate the effect of some agroecological practices on the agronomic response of this crop in cold seasons. The experiment was developed in the 2021-2022 campaign in a mellow Fluvisol soil in the José Martí Credit and Services Cooperative, in Bayamo municipality, Granma province. Three agroecological factors were evaluated: genotypes, distances between plants and application of pyroligneous acid, with two levels each, for a total of eight treatments. Plots of 18 m² were used in a randomized block design with four replications. The data were processed using principal components analysis, three-factor analysis of variance and the multiple comparisons of means was performed using the Tukey test for $p \leq 0.05$. The values expressed by the Seed Plus in ear diameter, seed weight per ear and weight of 100 seeds were higher than those achieved by the Local Variety. The distances between plants evaluated did not influence the response of the variables seed mass per plant and yield in any of the genotypes, but the values expressed by the Plus seed were higher than those achieved by the Local Variety in both distances and the variables evaluated did not show responses to the dose of pyroligneous acid applied.

Key words: cultivation, yield, feeding, varieties.

*Autor para correspondencia: lescaybatistaelio@gmail.com

Recibido: 10/02/2023

Aceptado: 05/01/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Elio Lescay Batista. **Investigación-** Elio Lescay Batista, Ariel Verdecia Verdecia, Roxana Matos Yero. **Metodología-** Elio Lescay Batista. **Procesamiento de los datos y escritura del borrador inicial-** Elio Lescay Batista, Ariel Verdecia Verdecia, Roxana Matos Yero. **Escritura y edición final-** Elio Lescay Batista.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El maíz es un componente importante en la alimentación humana y animal. Se cultiva en las más diversas condiciones edáficas y ecológicas dada su alta plasticidad y producción y consumo a nivel mundial (1). Se cultiva en más de 70 países y cubre un área superior a los 120 millones de hectáreas (2). Es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, tanto como producto fresco como procesado, debido a sus propiedades nutricionales. Contiene muchos carbohidratos y por su extrema adaptabilidad se ha convertido en el alimento de más producción a nivel mundial (3).

En Cuba se cultiva en todas las provincias del territorio nacional, pero la producción de maíz seco es baja, con un promedio de 1,93 t ha⁻¹ (4). A pesar de los esfuerzos que realiza la agricultura para elevar los rendimientos en el cultivo, estos presentan una media nacional de 2,25 t ha⁻¹, distante de la media mundial, con valores alrededor de las 4,5 t ha⁻¹ (5).

Para garantizar la proteína animal requerida a partir de la producción de aves, cerdos y peces, fundamentalmente, el país demanda alrededor de 800 000 toneladas de maíz seco (13 % de humedad) y en el año 2020 solo se produjeron 257 208 t (6). Si se compara la demanda del país con la producción reportada por ONEI en el 2020, se puede observar que dicha demanda solo se cubrió en un 32%. Ello pone de manifiesto la necesidad de trabajar con celeridad por incrementar la producción nacional de tan vital renglón.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de algunas prácticas agroecológicas en las respuestas agronómicas en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña de frío 2021-2022 se desarrolló un experimento en suelo Fluvisol mullido (7), perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios José Martí, situada en el Consejo Popular de Barranca en el municipio Bayamo, provincia Granma. La preparación del suelo se ejecutó con bueyes por el método tradicional. La siembra se realizó el 27 de septiembre de 2021 en surcos separados a una distancia de 0,90 m.

Se utilizaron parcelas formadas por cuatro surcos de cinco metros de largo para un área total de 18 m², distribuidas en un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro réplicas.

Se emplearon los siguientes tratamientos:

T1: VL-DT, **T2:** VL-DT +AP, **T3:** VL-D20, **T4:** VL-D20+AP, **T5:** Plus-DT, **T6:** Plus-DT+AP, **T7:** Plus-D20 y **T8:** Plus-D20+AP,

donde:

VL: semilla de la variedad local (Tayuyo)

Plus: semilla obtenida de la polinización libre de cuatro variedades comerciales (Tusón, T-7928, Dorado y Maig).

DT: distancia tradicional de 0.25 m entre plantas por el método tradicional (dos semillas por nido).

D20: distancia de 0.20 m entre plantas

AP: ácido piroleñoso obtenido mediante la pirolisis de la madera de marabú, se caracterizó químicamente en el Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, mostrando la siguiente composición: p-cresol, 2-4 dimetil-fenol, 3-4 dimetil-fenol, cresol, 2-etil-4-metil-fenol, 4-etil-2-metoxi-fenol, 2-6-dimetoxi-fenol, 2-metoxi-4-propil-fenol y 1,2,3-dimetoxi-5-metil-benceno. Este se aplicó a una dosis de un litro por hectárea, cada 10 días a partir de la germinación hasta el cierre de las parcelas.

Antes de la siembra se realizó una fertilización de fondo con humus de lombriz a razón de 5 t ha⁻¹ (8).

Las atenciones culturales se desarrollaron según las Instrucciones Técnicas para el cultivo del maíz (9).

Después de la germinación se seleccionaron 10 plantas al azar en el área de cálculo de cada parcela, a las cuales se les evaluaron las variables siguientes: floración(días), fructificación (días), longitud del tallo (cm), diámetro del tallo (cm), número de mazorcas por planta, número de semillas por mazorca, longitud de la mazorca (cm), diámetro de la mazorca (cm), masa de semilla por planta (g), masa de 100 semillas (g), y el rendimiento de grano seco (t ha⁻¹), el que se determinó sobre la base del área de cálculo de cada parcela.

La longitud del tallo y de la mazorca se midieron con una cinta métrica; en la medición del diámetro del tallo y de la mazorca se utilizó un pie de rey, mientras que la masa de semillas por planta y de 100 semillas se obtuvo mediante una balanza analítica digital.

Los datos obtenidos se procesaron mediante el programa Statgraphics (10). Se aplicó un análisis de Componentes principales para determinar las variables de mayor contribución a la varianza fenotípica total. A las variables que más contribuyeron se les realizó un análisis de varianza trifactorial 2x2x2 (genotipos: dos niveles, distancia de siembra: dos niveles, aplicación de AP: dos niveles) y la comparación múltiple de las medias se realizó por la prueba de Tukey para p≤0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales (Tabla 1) demostró que las tres primeras componentes explicaron el 81,25 % de la varianza fenotípica total. La componente C1 tuvo una contribución de 39,5 % y estuvo caracterizada por las variables diámetro de la mazorca, masa de semillas por mazorca, masa de semillas por planta, masa de 100 semillas y rendimiento. La componente C2 contribuyó con un 24,87 % y la caracterizaron las variables número de semillas por mazorca y número de semillas por planta, mientras que la componente C3 mostró una contribución de 16,88 %, caracterizada por la variable días a la fructificación. En cada componente las variables de mayor contribución mostraron el mismo signo, lo cual indica que estuvieron relacionadas positivamente.

Las variables que están más correlacionadas con las primeras componentes son las más importantes para explicar la variabilidad total de la matriz básica de datos originales y las variables de poca contribución pueden ser eliminadas para simplificar el análisis (11).

Tabla 1. Resultados del Análisis de Componentes principales

Ejes principales	C1	C2	C3
Valores propios	5,32	3,13	1,93
Contribución a la variación total	39,50	24,87	16,88
% acumulado	39,50	64,37	81,25
Vectores propios			
Días a la floración	0.400976	0.071458	0.635076
Días a la fructificación	0.314078	-0.183290	0.731858
Altura de la planta	0.545397	-0.429888	-0.248543
Altura a la mazorca	0.675412	-0.515728	-0.248720
Diámetro del tallo	-0.097176	-0.277217	-0.403641
No. de mazorcas por planta	0.008265	-0.614415	-0.390063
Longitud de la mazorca	0.345299	-0.533684	0.494722
Diámetro de la mazorca	-0.801124	-0.207832	0.044208
No. de líneas por mazorca	-0.444457	-0.327754	-0.261563
No. semillas por mazorca	-0.023731	-0.785719	0.381240
Masa semillas por mazorca	-0.917415	-0.197957	0.261418
Número semilla por planta	0.002673	-0.927012	-0.059543
Masa semillas por planta	-0.854434	-0.447202	0.046195
Masa de 100 semillas	-0.936373	0.181434	0.071221
Rendimiento	-0.945630	-0.054948	0.119960

Las variables días a la floración, altura de la planta, altura a la mazorca, diámetro del tallo, número de mazorcas por planta, longitud de la mazorca y número de líneas por mazorca solo contribuyeron a la variación total en un 18,75 %, por ello se excluyen de este estudio por sus bajos aportes.

El análisis de varianza a las variables de mayor contribución (Tabla 2) mostró diferencias significativas en el diámetro de la mazorca, masa de semillas por mazorca, masa de semillas por planta, masa de 100 semillas y rendimiento. Las variables días a la floración, número de semillas por mazorca y número de semillas por planta no mostraron diferencias significativas en ninguna fuente de variación. Esto indica que en las respuestas de estas últimas variables no influyó el efecto de los tratamientos evaluados.

Los resultados muestran que no hubo respuestas a la aplicación del ácido pirroléonico en ninguna de las variables evaluadas, lo cual puede deberse a que la dosis utilizada no fue suficiente. Resultados similares se observaron en las distancias entre plantas, ya que solo mostró efectos

significativos en la interacción con los genotipos sobre la masa de semillas por planta y el rendimiento, lo cual tiene cierta coincidencia con otros autores (12) quienes indicaron que el maíz difirió en su respuesta a la densidad de población en función del genotipo y de las condiciones ambientales.

La comparación múltiple de medias (Tabla 3) mostró que la semilla plus superó significativamente a la variedad local en las variables diámetro de la mazorca, masa de semillas por mazorca y masa de 100 semillas. Se observó un incremento de 10.0, 33.6 y 33.8 %, respectivamente.

En variedades de maíz de color amarillo, de alta producción para la región Caribe de Colombia, se indican valores entre 30,3 - 39,0 g para la masa de 100 semillas (13). Por otra parte, en un estudio de las características y propiedades en 12 accesiones de maíz criollo cultivado en Aguas calientes, México, se registraron valores entre 28,5 y 46,3 g en la masa de 100 semillas (14). Se observa que el promedio alcanzado por la semilla plus está cerca del primer intervalo y dentro del rango señalado por los otros autores.

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza factorial en las variables de mayor contribución (%) a la variación fenotípica total en el cultivo de maíz

Fuentes de Variación	Cuadrados medios							
	DF	DM	PSM	PSP	NSM	NSP	P100s	R
Genotipos (G)	1.62 ns	1.3654 *	9010.9 *	9017.9 *	1162 ns	5607 ns	420.50 *	11.968 *
Distancias (D)	1.81 ns	0.1024 ns	22.1 ns	190.0 ns	343 ns	2521 ns	0.03 ns	0.019 ns
AP	0.78 ns	0.0001 ns	3.1 ns	138.0 ns	559 ns	5503 ns	0.02 ns	0.027 ns
G X D	0.21 ns	0.1001 ns	369.4 ns	908.8 *	5025 ns	12102 ns	0.36 ns	0.213 *
G X AP	0.50 ns	0.0004 ns	38.5 ns	327.4 ns	1142 ns	8056 ns	0.32 ns	0.057 ns
D X AP	0.60 ns	0.0034 ns	36.8 ns	703.2 ns	541 ns	12903 ns	0.01 ns	0.004 ns
G X D X AP	0.01 ns	0.0259 ns	66.9 ns	328.4ns	540 ns	5724 ns	0.66 ns	0.066 ns
Error	0.54	0.0384	97.2	179.5	1129	2572	1.30 ns	0.033

DF: Días a floración, DM: Diámetro de la mazorca, PSM: Masa semilla por mazorca, PSP: Masa semilla por planta, Número de semillas por mazorca, NSP: Número semillas por planta, P100s: Masa de 100 semillas, R: Rendimiento

Tabla 3. Resultados de la comparación múltiple de medias en las variables diámetro de la mazorca, masa de semillas por mazorca y masa de cien semillas en el cultivo del maíz

Genotipos	diámetro de la mazorca (cm)	masa de semillas por mazorca (g)	masa de cien semillas (g)
Variedad local	4,11 b	99,87 b	21,6 b
Semilla plus	4,52 a	133,43 a	28,9 a
Esx	0,03	1,74	0,20
Significación	p≥0,000	p≥0,000	p≥0,000

Medias con letras desiguales en la misma columna muestran diferencias significativas entre los genotipos según prueba de Tukey para p≤ 0,05

Por otra parte, en la evaluación de 12 introducciones de maíz de la Colección de Trabajo del Grupo de Investigación en Recursos Genéticos Neotropicales de la Universidad Nacional de Colombia, registraron 17,4 g como promedio en la masa de 100 granos (15). Tal variabilidad en este carácter puede deberse a que el mismo está relacionado con el tamaño del grano.

En el efecto combinado de genotipos y distancias entre plantas en las variables masa de semillas por planta y rendimiento no hubo diferencias significativas entre las distancias evaluadas (Tabla 4), pero los valores alcanzados por la semilla plus fueron superiores a los logrados por la variedad local en ambas variables. La relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja (16), ya que la mejor respuesta en rendimiento de grano varía de acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo.

En la masa de semillas por planta, la semilla plus superó a la variedad local en la distancia tradicional en un 20 % y en 0,20 m en un 40,8 %, mientras que el rendimiento de la semilla plus, en la distancia tradicional y a 0,20 m entre plantas fue superior a la variedad local en un 20,9 y 27,9 %, respectivamente. Esto equivale a un incremento de 1,06 t ha⁻¹ en la siembra tradicional y 1,38 t ha⁻¹ en la distancia de 0,20 m entre plantas. Estos resultados indican que el vigor híbrido alcanzado por la semilla plus, debido a la polinización libre de las variedades utilizadas, se traduce en un incremento significativo de la producción de granos.

El rendimiento promedio de la variedad local (Tayuyo) fue de 5 t ha⁻¹, ligeramente superior a 4,68 t ha⁻¹ obtenido en un estudio realizado con la variedad T-7928 en la provincia Mayabeque (3). Este rendimiento señalado por dichos autores es inferior a los expresados por la semilla plus en un 25 %.

Los rendimientos de la semilla plus fueron similares a los alcanzados en el año 2018 a nivel mundial y en Argentina, donde se registraron valores promedio de 5,89 y 6,0 t ha⁻¹, respectivamente (17).

Tabla 4. Respuesta de las variables masa de semillas por planta y rendimiento ante el efecto combinado de genotipos y distancias entre plantas de maíz

Genotipos	Distancias entre plantas			
	Masa de semillas por planta (g)		Rendimiento (t ha ⁻¹)	
	Tradicional	0,20 m	Tradicional	0,20 m
Variedad local	114,3 b	108,5 b	5,06 b	4,95 b
Semilla plus	137,2 a	152,8 a	6,12 a	6,33 a
Esx	2,37		0,03	
Significación	P≥ 0,03		P≥ 0,01	

Medias con letras desiguales en la misma columna muestra diferencias significativas entre los genotipos según prueba de Tukey para p≤ 0,05

CONCLUSIONES

- Los valores expresados por la semilla plus en el diámetro de la mazorca, masa de semillas por mazorca y masa de 100 semillas fueron superiores a los alcanzados por la variedad local.
- Las distancias entre plantas evaluadas no influyeron en la respuesta de las variables masa de semillas por planta y el rendimiento en ninguno de los genotipos, pero los valores expresados por la semilla plus fueron superiores a los alcanzados por la variedad local en ambas distancias.
- Las variables evaluadas no mostraron respuestas a la dosis aplicada de ácido pireloñoso.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO. WorldFoodSituation. [cited 2024 Nov 18]. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Available from: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
2. Torres-Rodríguez JA, Reyes-Pérez JJ, González-Gómez LG, Jiménez-Pizarro M, Boicet-Fabre T, Acosta EAE, et al. Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de Quitomax, Azofert y Ecomic. Biotecnia [Internet]. 2018 Jan 15 [cited 2024 Feb 14];20(1):3-7. Available from: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/522>
3. Pérez-Madruga Y, Rosales-Jenquis PR, Menéndez DC, Falcón-Rodríguez A, Pérez-Madruga Y, Rosales-Jenquis PR, et al. Aplicación combinada de quitosano y HMA en el rendimiento de maíz. Cultiv Trop [Internet]. 2019 Dec [cited 2024 Sep 11];40(4). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362019000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Téllez-Rodríguez P, Morán-Bertot I, Riverón-Hernández A, Espinoza-Delgado D, Hernández-Hernández D, Martínez-Ramírez A, et al. H-Ame15: Nuevo híbrido simple de maíz

- transgénico, resistente a la palomilla y tolerante a herbicidas. *Cultiv Trop* [Internet]. 2021 [cited 2024 Nov 18];42(4). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000500012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
5. Oficina Nacional de Estadística e Información. Anuario Estadístico de Cuba. Año 2018 [Internet]. 2021. Available from: <http://www.onei.gob.cu/node/13804>
 6. Oficina Nacional de Estadística e Información. Anuario Estadístico Granma. Año 2020 [Internet]. Available from: www.onei.gob.cu/sites/default/anoario_est_provincial_aet_granma_2020.pdf
 7. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultiv Trop* [Internet]. 2019 Mar 31 [cited 2024 Feb 12];40(1):a15-e15. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504>
 8. Galindo Jaguaco WR. Efecto de dos dosis de abonos orgánicos en el desarrollo y un componente del rendimiento del cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) merril) [Internet] [Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo]. [Granma]: Universidad de Granma; [cited 2024 Nov 18]. Available from: <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/729>
 9. Liriano Pérez J, Moinelo R. El cultivo del maíz (*Zea mays* L.). [Internet]. 2020. Available from: <https://www.umcc.cu>
 10. Inc ST. STATGRAPHICS | Data Analysis Solutions [Internet]. [cited 2024 Nov 18]. Available from: <https://www.statgraphics.com>
 11. Kassambara. Practical Guide to Principal Component Methods in R - Easy Guides - Wiki - STHDA [Internet]. 2017 [cited 2024 Nov 18]. Available from: <https://www.sthda.com/english/wiki/practical-guide-to-principal-component-methods-in-r?title=practical-guide-to-principal-component-methods-in-r>
 12. Sener O, Gozubenli H, Konuskan O, Kilinc M. The Effects of Intra-row Spacings on the Grain Yield and Some Agronomic Characteristics of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids. *Asian J Plant Sci* [Internet]. [cited 2024 Nov 18];3(4):429-32. Available from: <https://scialert.net/fulltext/?doi=ajps.2004.429.432>
 13. Mejía Kerguelén SL, Tapia Coronado JJ, Atencio Solano LM, Sánchez Rodríguez LA. Corpoica V-114 y Corpoica V-159: variedades de maíz de alta producción para la región Caribe de Colombia [Internet]. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA; 2020 [cited 2024 Nov 18]. Available from: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36672>
 14. González-Cortés N, Silos-Espino H, Estrada Cabral JC, Chávez-Muñoz JA, Tejero Jiménez L, González-Cortés N, et al. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Rev Mex Cienc Agríc* [Internet]. 2016 May [cited 2024 Nov 18];7(3):669-80. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342016000300669&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 15. Pardey-Rodríguez C, García-Dávila MA, Moreno-Cortés N. Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Cienc Tecnol Agropecu* [Internet]. 2016 May [cited 2024 Nov 18];17(2):167-90. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-87062016000200003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
 16. Blanco-Valdes Y, González-Viera D, Blanco-Valdes Y, González-Viera D. Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultiv Trop* [Internet]. 2021 Sep [cited 2024 Nov 18];42(3). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 17. FAO. Perspectivas Alimentarias, 2019 [Internet]. Available from: <https://www.fao.org/giews/reports/foodoutlook/es/>.