

Alternativas de fertilización en la producción de semillas de cebolla (*Allium cepa*, L.)

Fertilization alternatives in onion seed production (*Allium cepa*, L.)

Raquel Ruz Reyes¹ (raquel@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0000-0001-9382-1622>)

Santa Laura Leyva Rodríguez² (lauralr@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0000-0003-2890-6616>)

Franklyn Arana Labrada³ (franklynal@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0009-0004-9300-5907>)

Resumen

Con el objetivo de evaluar la influencia de la fertilización (mineral, orgánica y biológica) en la producción de semilla de cebolla cultivar “Caribe 71” en las condiciones de clima y suelos del municipio Majibacoa en Las Tunas, se desarrolló una investigación en condiciones de campo sobre un suelo pardo mullido carbonatado. Los experimentos se montaron con un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas. Los tratamientos utilizados fueron: testigo absoluto, NPK, estiércol vacuno, micorrizas y micorrizas+ estiércol vacuno. Para las mediciones biológicas se tomaron un total de 30 plantas por tratamiento, las que fueron identificadas inicialmente. Las variables estudiadas fueron: altura de la planta, número de tallos florales, de umbelas, flores y semillas por plantas, peso seco de 1000 semillas y rendimiento agrícola (kg ha⁻¹). Los resultados obtenidos mostraron una producción eficiente de semillas de cebolla “Caribe 71” con el empleo 10 t ha⁻¹ de estiércol vacuno + micorrizas. En este tratamiento se lograron los mejores resultados en los parámetros evaluados, sin diferencias con el tratamiento con NPK. Se demuestra que con esta combinación en las condiciones edafoclimáticas de Majibacoa para este cultivar se puede suplir la aplicación de fertilizantes químicos, lo cual incide de forma positiva en la conservación de los suelos, en la salud humana y contribuye a la economía del país a través de la sustitución de importaciones.

Palabras clave: sustitución de fertilizantes, agricultura sostenible, rendimiento de semillas, simbiosis radical, manejo integrado de nutrientes.

Abstract

With the aim of evaluating the influence of fertilization (mineral, organic, and biological) on the seed production of onion cultivar “Caribe 71” under the climate and soil conditions of the Majibacoa municipality in Las Tunas, research was conducted under field

¹ Doctor en Ciencias Agrícolas. Profesora Titular. Docente e investigadora. Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba.

² Doctor en Ciencias Agrícolas. Profesora Titular. Docente e investigadora. Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba.

³ Doctor en Ciencias Agrícolas. Profesor Auxiliar. Docente e investigador. Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba.

conditions on a calcareous brown rendzina soil. The experiments were set up using a randomized block design with five treatments and three replicates. The treatments used were: absolute control, NPK, cattle manure, mycorrhizae, and mycorrhizae + cattle manure. For the biological measurements, a total of 30 plants per treatment were taken, which were initially identified. The variables studied were: plant height, number of floral stems, umbels, flowers and seeds per plant, dry weight of 1000 seeds, and agricultural yield (kg ha⁻¹). The results obtained showed an efficient seed production of 'Caribe 71' onions with the use of 10 t ha⁻¹ of cattle manure + mycorrhizae. In this treatment, the best results were achieved in the evaluated parameters, with no differences compared to the treatment with NPK. It is demonstrated that with this combination, under the edaphoclimatic conditions of Majibacoa for this cultivar, the application of chemical fertilizers can be replaced, which positively affects soil conservation, human health, and contributes to the country's economy through the substitution of imports.

Key words: fertilizer substitution, sustainable agriculture, seed yield, root symbiosis, integrated nutrient management.

Introducción

La cebolla (*Allium cepa*, L.), una de las primeras plantas cultivadas de la familia Liliaceae, se utiliza como condimento y verdura en la cocina de todo el mundo. Además de diversos minerales, vitaminas y metabolitos secundarios como ácidos fenólicos, flavonoides, tiosulfatos, saponinas y fitoesteroides, contiene azufre y aminoácidos. Además de su uso principal como alimento, la cebolla ofrece otros beneficios para la salud (Bala *et al.*, 2023).

En Cuba se informa un área de 8 923,00 hectáreas con una producción de alrededor de 60 mil toneladas, a pesar de ser la segunda hortaliza su producción no satisface la demanda, pues depende de variedades y semillas que hay que importar, en las cuales se invierten cuantiosas sumas en divisas (López *et al.*, 2024).

La producción mundial de alimento se desarrolla con dos tendencias fundamentales. Por una parte, la aplicación intensiva de métodos, procedimientos y técnicas agrícolas, y por la otra, la aplicación novedosa de la Agroecología y Agricultura Sostenible, donde es fundamental las diversas maneras de desarrollar la producción agroalimentaria con el mínimo daño al entorno natural (Mockshell *et al.*, 2025).

Para lograr incrementos en la producción de semillas es imprescindible lograr un manejo eficiente de cultivos mejor adaptados a las condiciones de clima y suelos de cada zona. En Cuba se ha logrado adaptar el cultivar "Caribe 71" y a partir de condiciones mínimas de vernalización puede producir semillas de calidad, pero aún no satisface la demanda de los productores (Buides *et al.*, 2025).

Todo lo anterior hace necesaria la búsqueda de nuevas tecnologías para la obtención de rendimientos superiores, con la reducción del empleo de fertilizantes minerales que económica y ecológicamente resultan costosos, por lo que resulta interesante combinar la utilización de cantidades reducidas de fertilizantes minerales con abonos orgánicos y

biofertilizantes de origen microbiano, que por ser tecnologías limpias no contaminan el medio ambiente y pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales (Gupta *et al.*, 2025).

En este sentido, los hongos formadores de micorrizas arbusculares incrementan los rendimientos agrícolas, aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo, por lo que disminuyen los costos por conceptos de aplicación de estos insumos, protegen el sistema radicular de las plantas y contribuye en la actividad biológica del suelo (Tang *et al.*, 2025).

Los abonos orgánicos son de gran demanda en la producción de hortalizas. El estiércol vacuno es entre ellos una opción ecológica viable, aunque el contenido de nutrientes es bajo contiene macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, además de mejorar las propiedades físicas de los suelos (Singh y Sachan, 2026).

Ello motivó el desarrollo de una investigación, de la cual emana el presente artículo que tiene como objetivo evaluar la influencia de la fertilización (mineral, orgánica y biológica) en la producción de semilla de cebolla cultivar “Caribe 71” en las condiciones de clima y suelos del municipio Majibacoa en Las Tunas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la finca del productor Maximiliano Rodríguez Hernández sobre un suelo pardo mullido carbonatado en la CCS “José Rodríguez López” del municipio Majibacoa, en la provincia de Las Tunas, en la localidad de Río Ramírez de Las Parras, las coordenadas son 20053’02.7’’N 76043’54.5’’W.

Para el experimento se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas, utilizando parcelas de 11,2 m² (2,80 m x 4 m) con 4 surcos, tomando los dos centrales (5,6 m²) como área de cálculo. La distancia entre réplicas fue de 1 m. Para la evaluación se tomaron 10 plantas por parcelas de los surcos centrales, y se respetó el borde experimental, para un total de 30 plantas por tratamiento.

Tratamientos:

1. Testigo absoluto.
2. Estiércol vacuno.
3. Fertilización NPK.
4. Micorrizas.
5. Micorrizas y Estiércol vacuno.

La fitotecnia aplicada se realizó según lo establecido por el instructivo técnico del cultivo (Minagri, 2015). Las labores de preparación de suelo se realizaron por el método tradicional, para lo cual se empleó tracción animal con un arado criollo para surcar. El trasplante se realizó de forma manual. Para el estudio se utilizaron bulbos madre del cultivar cubano “Caribe-71”, los que se mantuvieron almacenados a temperatura

ambiente durante 110 días, en forma de ristras. Posteriormente fueron sometidos al proceso de vernalización en un refrigerador, a una temperatura entre 6 y 10 °C, durante 100 días.

La plantación se realizó a una distancia entre surcos de 0,50 y 0,14 m entre bulbos, a una profundidad de siembra que fluctuó entre los 10 y 12 cm. El diámetro de los bulbos-semilla osciló entre los 20,0 y 25,0 mm. Durante el ciclo del cultivo se aplicaron siete riegos, enmarcados en las etapas de trasplante, prefloración, floración y formación de la semilla, con un intervalo de riego de 7 días en dependencia del periodo de lluvia, el método de riego que se empleó fue por inundación controlada con un volumen total de 7000 m³ ha⁻¹.

En la fertilización mineral (NPK): se aplicó la fórmula completa 8-7,5-12, lo que garantizó 80 kg ha⁻¹ N, 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 120 kg ha⁻¹ de K₂O en el momento de la siembra. El estiércol vacuno, descompuesto y tamizado, se aplicó en el fondo del surco en el momento de la siembra a razón de 10 t ha⁻¹. En el tratamiento con micorrizas, se emplearon cepas de HMA Glomus del cepario del INCA, vía recubrimiento de los bulbos antes de la siembra (Minag, 2020). Las semillas se sometieron a un secado natural a la sombra. El beneficio de la semilla fue de forma tradicional. Una vez secas las semillas (próximo al 8 % de humedad), se procedió a determinar el peso de las semillas por umbela y el peso de 1000 semillas.

La altura de las plantas se midió desde la zona de unión de la base de las hojas (cuello) hasta el ápice de la rama más larga en 30 plantas tomadas al azar y marcadas previamente. Para el número de tallos florales, se procedió a contar la cantidad de hojas emitidas por planta. Las evaluaciones se realizaron a los 45 DDT. El número de flores por planta se determinó por conteo físico a muestras de inflorescencias tomadas aleatoriamente en 30 plantas.

El número de semillas por planta fue determinado por conteo físico a muestras de 30 plantas por tratamiento, tomadas aleatoriamente. El peso de semillas por planta (g), una vez limpias y secas, fue determinado por el pesaje del total de semillas por planta. El peso seco de 1000 semillas (g) fue determinado en balanza electrónica analítica marca Sartorius. Para las semillas producidas por unidad de superficie, se partió del total de umbelas presentes en la superficie plantada y del peso promedio del total de semillas por umbela, expresado este último en gramos. Para el rendimiento de semilla, el número de plantas por ha se multiplicó por el peso de las semillas por planta. Los resultados se expresaron en kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación doble y comparación de medias por la prueba de Tukey para el 5% de probabilidad de error, la información fue procesada con el software estadístico InfoStat versión 2017, Universidad Nacional de Córdoba. Se realizó la prueba de homogeneidad de varianza a través de la prueba de Bartlett y se comprobó si los datos se ajustaban a una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilks. En los casos que no se ajustaron a una distribución normal, se realizó la transformación a través del logaritmo

base 10 para las variables continuas y raíz cuadrada para las discretas.

Resultados y discusión

Influencia de los tratamientos en los parámetros morfo fisiológicos y rendimiento del cultivo

La Tabla 1 muestra el efecto de los tratamientos sobre las variables altura de las plantas y número de tallos florales por plantas, encontrándose diferencias significativas para la altura entre el testigo y los tratamientos fertilizados, pero entre los tratamientos fertilizados no hubo diferencias estadísticas a los 45 días de la siembra.

Tabla 1

Influencia de la fertilización en la altura y número de tallos florales

Tratamientos	Altura de las plantas (cm) a los 45 días de plantadas	Número de tallos florales por plantas
1. Testigo sin fertilizar	36,13 b	3,00 b
2. NPK	41,40 a	3,80 a
3. Estiércol vacuno	42,20 a	3,23 ab
4. Micorrizas	41,23 a	3,67 ab
5. Micorrizas + Estiércol V.	43,13 a	3,80 a
EE	1,00	0,05
CV%	13,39	14,60

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

El número de tallos florales fue significativamente superior en los tratamientos fertilizados con NPK y Estiércol vacuno + Micorrizas respecto al testigo, sin diferencias con los tratamientos fertilizados con Micorrizas y Estiércol vacuno cuando se empleó de forma simple. Estos últimos no difirieron del testigo sin fertilizar.

La fertilización orgánica incrementa la biomasa fresca de las plantas en más de 15 % respecto a la fertilización química. Además, la longitud, número de hojas y diámetro del falso tallo provoca beneficios superiores al 6 % (Cancino, 2020).

Estos resultados coinciden con lo expresado por Carrillo *et al.* (2022) quienes consideran que las interacciones que se llevan a cabo con la aplicación de cepas eficientes de HMA promueven el reciclaje, la disponibilidad y la captura de nutrientes y esto tiene repercusiones sobre el crecimiento, la salud de la planta y la calidad del suelo

En el número de umbelas por plantas (tabla 2) no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, esta osciló entre 2,13 y 2,37 umbelas por plantas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Molina (2020) en un cultivar de cebolla roja, quienes aplicaron biofertilizantes (Azotofos® y EcoMic®) y un fertilizante químico quien no observó diferencias estadísticas respecto a esta variable.

Tabla 2

Influencia de la fertilización en el cultivo de la cebolla

Tratamientos	Número de umbelas por planta	Número de flores por planta
1. Testigo sin fertilizar	2,13 a	314,67 b
2. NPK	2,27a	371,67 ab
3. Estiércol vacuno	2,20 a	350,53 ab
4. Micorrizas	2,33 a	354,27 ab
5. Micorrizas+ Estiércol v.	2,37 a	392,97 a
EE	0,04	0,53
CV%	13,39	15,56

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

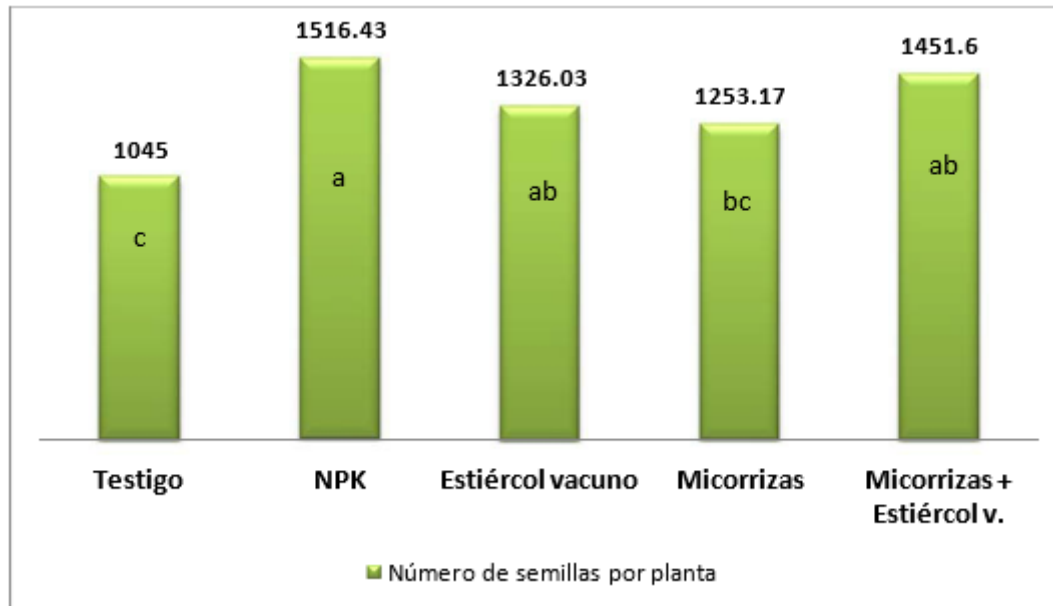
El número de flores por plantas fue significativamente superior en el tratamiento con Micorrizas y Estiércol vacuno respecto al testigo sin fertilizar, al cual correspondió el menor valor. El resto de los tratamientos ocuparon posiciones intermedias en la interacción, sin diferencias entre sí. No hubo diferencias de estos tratamientos con el testigo y el tratamiento con Micorrizas y Estiércol vacuno.

Resultados similares se obtuvieron en investigaciones realizadas por investigadores del INCA, los cuales presentan una amplia caracterización de las inflorescencias en el cultivar "Caribe 71", donde informan que el número de flores por umbela fluctúa entre las 130 y 209 flores, para un valor medio de 167, de las que entre el 63,2 y el 87,5 % constituyen flores con semillas, para un 74 % como promedio (De la Fé, 2014).

El menor número de semillas por planta correspondió al testigo que no difirió del tratamiento con micorrizas. En este parámetro el mayor valor lo alcanzó el tratamiento fertilizado con NPK, que no difirió de los tratamientos con estiércol vacuno de forma simple o combinada con Micorrizas. Estos últimos no difirieron del tratamiento con Micorrizas (figura 1).

Figura 1

Comportamiento del número de semillas por planta



Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
 Fuente: Elaboración a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

Los resultados en cuanto al número de semillas por planta, Bereded *et al.* (2026) destacan el incremento del número de semillas producidas por umbela (de 669 hasta 776), con la aplicación de vermicompost. Este resultado demuestra que la combinación de estiércol vacuno con la aplicación conjunta de micorrizas promueve un mejor desarrollo radical, y productividad del cultivo.

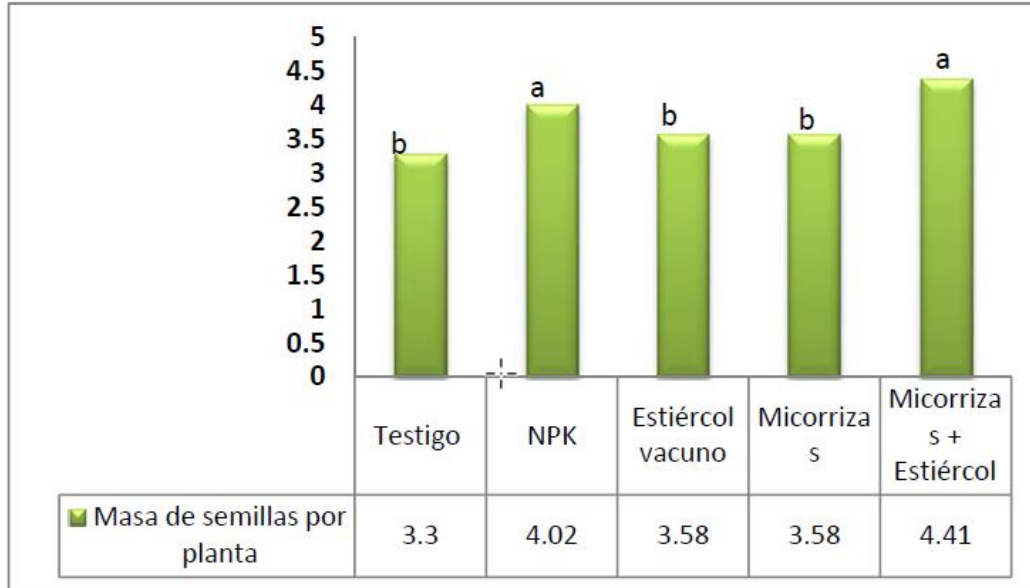
Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son microorganismos beneficiosos del suelo que proporcionan diversas funciones ecológicas para aumentar la fertilidad del suelo y mejorar el crecimiento de las plantas. La planta intercambia fotosintetatos por nutrientes, que el hongo obtiene del suelo, como nitrógeno y fósforo, además las plantas micorrizadas son más resistentes a la infección por patógenos, toleran mejor el estrés, y además promueven la conservación del suelo (Carrillo *et al.*, 2022).

El estiércol vacuno tuvo una influencia positiva en la producción de semilla, lo cual pudo estar relacionado con que el estiércol animal mejora simultáneamente el pH, la materia orgánica, el nitrógeno total, el fósforo disponible y el potasio intercambiable en diferentes tipos de suelos (Motsi *et al.*, 2025).

La masa de semillas por planta (Figura 2) fue superior de forma significativa en los tratamientos fertilizados con NPK y Micorrizas + Estiércol vacuno respecto al testigo y los tratamientos donde se aplicó Micorriza y Estiércol vacuno, no difieren entre sí.

Figura 2

Masa de las semillas por planta



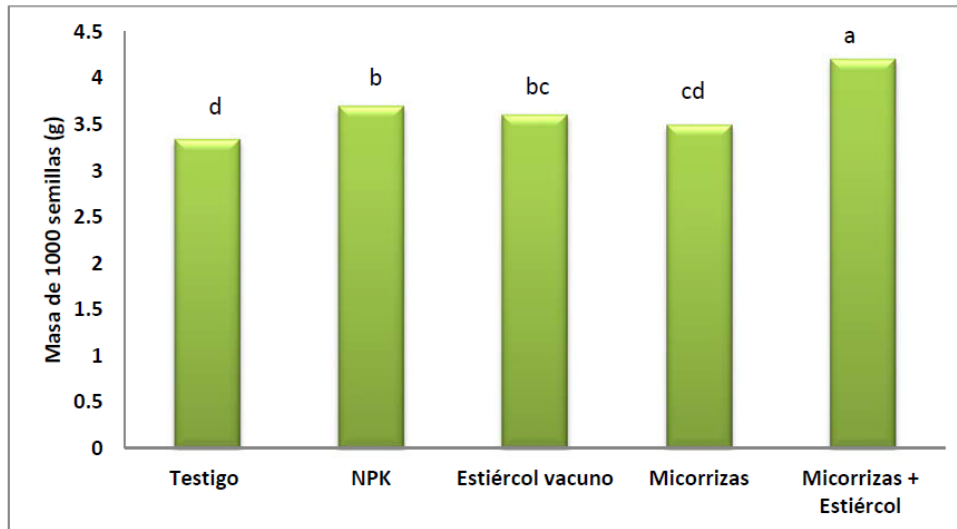
Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

Los valores superiores con el empleo de las micorrizas + estiércol vacuno puede estar relacionado con el efecto sinérgico: los HMA mejoran la absorción de nutrientes, mientras que la materia orgánica optimiza las condiciones del suelo y la actividad microbiana (Aslidayanti *et al.*, 2025).

El mayor valor en la masa de 1000 semillas correspondió al tratamiento donde se combinó Micorrizas + Estiércol vacuno, el cual difirió de forma significativa con el resto de los tratamientos, seguido de los tratamientos fertilizados con NPK y Estiércol vacuno, sin diferencias entre sí. El menor valor correspondió al testigo y al empleo de Micorrizas (figura 3).

Figura 3

Masa de 1000 semillas en los tratamientos estudiados



Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

Bereded *et al.* (2026), encontraron que el uso de fertilizantes orgánicos favorece el incremento de la masa de 1000 granos.

Se demuestra que estas alternativas de fertilización podrían sustituir parcial o totalmente los fertilizantes químicos en la fase de desarrollo vegetativo del cultivo, en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa. El mayor rendimiento de semillas por hectárea se obtuvo en el tratamiento con Estiércol vacuno + Micorrizas, seguido del tratamiento con NPK, los cuales superaron al testigo en un 33,63 y 21,71 %. Todos los tratamientos fertilizados superaron al Testigo (tabla 3).

Tabla 3

Influencia de la fertilización en los rendimientos de semilla

Tratamientos	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Incrementos	
		Kg ha ⁻¹	%
1. Testigo sin fertilizar	396,00	-	-
2. NPK	482,00	86,00	21,71
3. Estiércol vacuno	429,60	33,60	11,11
4. Micorrizas	429,60	33,60	11,11
5. Micorrizas+ Estiércol v.	529,20	133,20	33,63

Fuente: Elaboración a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

El incremento de los rendimientos de semilla de cebolla con el empleo de micorrizas + estiércol vacuno debe estar relacionado con la sinergia que se logra al combinar estos fertilizantes.

El efecto positivo de los HMA sobre las producciones agrícolas es ampliamente reconocido. Carrillo *et al.* (2022), plantean que las micorrizas mejoran la capacidad de absorción de agua y de nutrientes del suelo ya que sus hifas, al explorar el suelo, llegan a los lugares donde difícilmente pueden llegar las raíces de las plantas por sí solas. De ahí que combinar las micorrizas con estiércol vacuno favoreció la producción de semillas de cebolla “Caribe 71”.

Los resultados obtenidos demuestran que independientemente del tipo de fertilizante utilizado, la especie de *A. cepa* cultivar “Caribe-71” mostró altos rendimientos de semillas botánicas.

Desde el punto de vista económico la mayor ganancia (1 700 340.00 CUP) y el menor costo por peso (0,38) se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó estiércol vacuno + micorrizas, seguido del tratamiento con NPK, pero todos los tratamientos fertilizados obtuvieron ganancias.

Conclusiones

1. La fertilización, independientemente de su origen (mineral, orgánico o biofertilizante), incrementó significativamente la altura de las plantas y el número de tallos florales en el cultivar “Caribe-71”. El número de umbelas por planta se mantuvo estable evidenciando su escasa plasticidad fenotípica frente a la nutrición, mientras que el número de flores por planta fue significativamente superior bajo la combinación micorrizas + estiércol vacuno, lo que indica un efecto sinérgico positivo de esta integración sobre la diferenciación de estructuras reproductivas.
2. El mayor rendimiento de semilla (529,20 kg ha⁻¹) y el incremento relativo más alto (33,63 % superior al testigo) se obtuvieron con la combinación micorrizas + estiércol vacuno, seguido del tratamiento con NPK (482,00 kg ha⁻¹; +21,71 %). Este comportamiento se asoció a una mayor masa de semillas por planta y, de manera destacada, a una masa de 1000 semillas significativamente superior en el tratamiento integrado, lo que evidencia una mejora en el llenado y la calidad fisiológica de las semillas.
3. En las condiciones de suelo Pardo mullido carbonatado de Majibacoa, el tratamiento integrado de micorrizas + estiércol vacuno es la opción más eficaz desde el punto de vista agronómico, económico y ecológico para la producción de semillas del cultivar cubano “Caribe-71”. Lo cual incide de forma positiva en la conservación de los suelos, en la salud humana y contribuye a la economía del país a través de la sustitución de importaciones.

Referencias bibliográficas

- Aslidayanti, A., Adhan, M., Andinia, A., Septiani, T. & Sema, S. (2025). The synergistic effect of organic fertilizer from agricultural-animal husbandry waste and arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility and performance of upland rice (*Oryza sativa* L) in ultisol soil. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, 37(2), 181-198. <https://doi.org/10.24246/agric.2025.v37.i2.p181-198>.
- Bala, R., Rani, H., Kaur, R. & Kaur, S. (2023). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *allium cepa* L. *IP International Journal of Comprehensive and Advanced Pharmacology*, 8(4), 227–234. <https://doi.org/10.18231/j.ijcaap.2023.038>
- Bereded, M., Nigussie, M., Gebru, H., Engida, S., Azmeraw, B., Baye, E. & Fekadu, A. (2026). Integrated NPSB fertilizer and vermicompost improve soil fertility, onion seed yield, and quality in North Shewa, Oromia, Ethiopia. *The Journal of Agricultural Science*, 164, e26. <https://doi.org/10.1017/S0021859626100616>.
- Buides, J. A. F., Scull, T. S., Vidal, J. F. G., Moreno, O. L. P. & de la Fe, Y. M. G. (2025). La semilla como portadora del desarrollo agrícola de Cuba: estrategia de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas. *Agrotecnia de Cuba*, 49. <https://cu-id.com/2120/v49e18>.
- Cancino, A. (2020). *Efecto de tres dosis de biol como complemento a la fertilización nitrogenada en el desarrollo y producción del cultivo de cebolla*. [Tesis de grado. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú]. <https://repositorio.upao.edu.pe/item/e988f7ce-59d5-4593-a0ac-8217a49f84ac>
- Carrillo, S. S. M., Puente, R. J., Montes, R. S. y Cruz, O. R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, (129). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018771512022000100508&script=sci_arttext
- De la Fé, C. F. y Cárdenas, R. M. (2014). La producción de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.), una realidad en Santa Cruz del Norte, Mayabeque. *Cultivos Tropicales*, 35(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400001&script=sci_arttext
- Gupta, A., Singh, U. B., Sahu, P. K., Paul, S., Kumar, A., Malviya, D., Singh, S., Koley, C. & Saxena, A. K. (2025). Bio-organic fertilizers: A viable pathway for sustainable agriculture and reduced reliance on chemical inputs. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1495864. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1495864>.
- López, Y., Santana, Y., Paz, P. L., Castro, I. y Morejón, M. (2024). Efecto de la época de plantación en la producción de cebolla en Sandino, Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 14(2), 1-6. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586279094008/586279094008.pdf>

- Ministerio de la agricultura (Minag, 2015). *Cultivos y técnicas para su producción*. UEICA-H, PIAL, Las Tunas.
- Ministerio de la agricultura (Minag, 2020). *Manual práctico para uso de bioproductos y fertilizantes líquidos*. Departamento de suelos y fertilizantes del Ministerio de la Agricultura.
- Mockshell, J., Omulo, G., Hidalgo, F., Quintero, M., Ritter, T., Orjuela, G. & Place, F. (2025). Key narratives around agroecological transitions: A systematic literature review of the current debate. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 49(3), 1-26. <https://hdl.handle.net/10568/175597>.
- Molina, P. E. M. (2020). *Evaluación del efecto de tres tipos de compost en el desarrollo fenológico del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.) en el Cantón Mocache, Los Ríos* [Tesis de pregrado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6071>
- Motsi, H., Phiri, E. & Mothapo, P. N. (2025). Manure utilisation under smallholder farmers in Sub-Saharan Africa. A systematic review and meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 131(3), 613-634. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-025-10447-z>
- Singh, N. K. & Sachan, K. (2026). Optimizing soil-composted cow manure mixtures to enhance soil fertility and vegetable crop growth under sustainable farming systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 26(1), 102-118. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02234-6>.
- Tang, H., Guo, Y., Liu, S., Yao, X. & Chen, X. (2025). Arbuscular mycorrhizal networks—A climate-smart blueprint for agriculture. *Plant Communications*, 6(11), 101526. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2025.101526>.

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

Contribución de los autores: Todos los autores participaron en la concepción, ejecución, análisis y redacción del estudio.