
USO DE VERMICOMPOST Y COMPOST DE JACINTO DE AGUA

(*Eichhornia crassipes*) EN EL CRECIMIENTO DE COL MORADA

(*Brassica oleracea*)

Juan José Reyes-Pérez, Ricardo Augusto Luna-Murillo, Bernardo Murillo-Amador, Alejandra Nieto-Garibay, Luis Guillermo Hernández-Montiel, Edgar Omar Rueda-Puente y Pablo Preciado-Rangel

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de vermicompost y compost de jacinto de agua en el crecimiento de col morada. Los tratamientos fueron vermicompost, compost de jacinto de agua, una mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua y un testigo. La aplicación se realizó al momento de la siembra y a los 30 y 60 días posteriores, con una dosis de 5kg-m⁻². El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. A los 30, 60 y 90 días de la siembra se midió altura, número de hojas, largo y ancho de hojas, peso y diámetro de fruto. Los re-

sultados mostraron que las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua tuvieron valores superiores en la mayoría de las variables, seguido de la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua y de vermicompost; las plantas que no fueron fertilizadas (testigo) mostraron valores inferiores. El efecto positivo en el crecimiento de plantas de col fertilizadas con compost de jacinto de agua se relaciona con un aporte superior de micro elementos como Mn, Cu y B. Se sugiere utilizar vermicompost y compost de jacinto de agua en la producción de col morada, evitando el uso de fertilizantes químicos.

Introducción

La aplicación de abonos orgánicos cada día se vuelve una alternativa más viable para la producción hortícola, por su carácter amigable tanto para la salud humana como para el medio ambiente (Tüzel *et al.*, 2004). De las 2,600,000ha cultivadas Ecuador, 123,070 se dedican a la producción de hortalizas; de éstas, el 86% se ubica en la sierra, el 13% en la costa y el 1% en el oriente. Con relación a la superficie total de hortalizas en el país,

ocho provincias de la sierra cubren el 71% de lo cultivado y en este caso Tungurahua, Chimborazo, Azuay, Pichincha, Bolívar y Cotopaxi son los productores principales, con el 62,5% (Espinosa y Molina, 2015).

La aplicación excesiva de agroquímicos sintéticos para aumentar la producción de hortalizas representa actualmente un problema. Ante esta realidad se requiere considerar el desarrollo de estrategias alternativas más amigables tales como la rotación de

cultivos, la labranza del suelo, el uso de cultivares resistentes, el tratamiento térmico, el control biológico y la aplicación de enmiendas orgánicas, entre otras.

La materia orgánica constituye la principal reserva natural de los nutrientes potencialmente asimilables por las plantas. La conservación y el manejo de la misma es la vía más económica para optimizar la nutrición vegetal y desempeña, por lo tanto, una función importante en la fertilidad del suelo y del sustrato

(Rodríguez, 2004). El uso de abonos de origen orgánico, además de su aporte nutricional a los suelos, proporciona biomasa microbiana, nutrientes solubles y compuestos favorables para las especies vegetales, estimula el crecimiento vegetal y la calidad de las producciones agrícolas (Wang y Lin, 2002), preserva las propiedades del suelo (Salter, 2006) e incluso mejora la resistencia de las plantas a las plagas (Oka y Yermiyahu, 2002; Gómez-Rodríguez *et al.*, 2008).

PALABRAS CLAVE / Abonos Orgánicos / Características Morfométricas / Hortalizas / Humus /

Recibido: 14/06/2017. Modificado: 06/09/2017. Aceptado: 08/09/2017.

Juan José Reyes-Pérez. Ingeniero Agrónomo, Universidad de Granma, Cuba. Master en Agroecología y Agricultura Sostenible. Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México. Profesor, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador y Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Extensión La Maná, Ecuador.

Ricardo Augusto Luna-Murillo. Ingeniero Zootecnista y Master en Microbiología, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Profesor, UTC, Ecuador.

Bernardo Murillo-Amador. (Autor de correspondencia). Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, CIBNOR, México. Investigador, CIBNOR, México. Dirección: Av. Instituto Politécnico Nacional N° 195. Colonia Playa Palo de

Santa Rita Sur. La Paz, Baja California Sur, México. C.P. 23096. e-mail: bmurillo04@cibnor.mx

Alejandra Nieto-Garibay. Doctora en Biología, Universidad de Guadalajara, México. Investigadora, CIBNOR, México.

Luis Guillermo Hernández-Montiel. Doctor en Ciencias, CIBNOR, México. Investigador, CIBNOR, México.

Edgar Omar Rueda-Puente. Ingeniero Agrónomo Parasitólogo,

Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola y Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, CIBNOR, México. Profesor- Investigador, Universidad de Sonora, México.

Pablo Preciado-Rangel. Doctor en Ciencias en Edafología, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Profesor Investigador, Instituto Tecnológico de Torreón, México.

USE OF VERMICOMPOST AND COMPOST OF WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*) ON THE GROWTH OF PURPLE CABBAGE (*Brassica oleracea*)

Juan José Reyes-Pérez, Ricardo Augusto Luna-Murillo, Bernardo Murillo-Amador, Alejandra Nieto-Garibay, Luis Guillermo Hernández-Montiel, Edgar Omar Rueda-Puente and Pablo Preciado-Rangel

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the use of vermicompost and water hyacinth compost on the growth of purple cabbage. The treatments were vermicompost, water hyacinth compost, a 50:50 mixture of the former, and a control. The application of fertilizers was carried out during sowing and, at 30 and 60 days after sowing, with doses of 5kg·m⁻². The experiment was established under a randomized block design with five replications. Height, number of leaves, length and width of leaves, weight and diameter of fruit were measured at 30, 60

and 90 days after sowing. Results showed that plants fertilized with water hyacinth compost increased the values of the majority of variables, followed by the 50:50 mixture, while the plants without fertilization (control) showed the lowest values. The positive effect of growth on purple cabbage plants with water hyacinth compost could be related to its higher microelements content such as Mn, Cu and B. The use of vermicompost and water hyacinth compost is suggested for the production of purple cabbage, avoiding the use of inorganic fertilizers.

USO DE VERMICOMPOSTAGEM E COMPOSTAGEM DE JACINTO-DE-ÁGUA (*Eichhornia crassipes*) NO CRESCIMENTO DE COUVE-ROXA (*Brassica oleracea*)

Juan José Reyes-Pérez, Ricardo Augusto Luna-Murillo, Bernardo Murillo-Amador, Alejandra Nieto-Garibay, Luis Guillermo Hernández-Montiel, Edgar Omar Rueda-Puente e Pablo Preciado-Rangel

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de vermicompostagem e compostagem de jacinto-de-água no crescimento de couve-roxa. Os tratamentos foram vermicompostagem, compostagem de jacinto-de-água, uma mistura 50:50 de vermicompostagem e compostagem de jacinto-de-água e um testemunho. A aplicação foi realizada no momento da plantação e nos 30 e 60 dias posteriores, com uma dose de 5kg·m⁻². O experimento se estabeleceu em um desenho de blocos completos aleatórios com cinco repetições. Aos 30, 60 e 90 dias da plantação foi medida altura, número de folhas, comprimento e largura de folhas, peso e diâmetro de fruto. Os resultados mostraram que

as plantas fertilizadas com compostagem de jacinto-de-água apresentaram valores superiores na maioria das variáveis, seguido da mistura 50:50 de vermicompostagem e compostagem de jacinto-de-água e de vermicompostagem; as plantas que não foram fertilizadas (testemunho) mostraram valores inferiores. O efeito positivo no crescimento de plantas de couve fertilizadas com compostagem de jacinto-de-água se relaciona a uma maior contribuição de microelementos como Mn, Cu e B. Sugere-se utilizar vermicompostagem e compostagem de jacinto-de-água na produção de couve-roxa, evitando o uso de fertilizantes químicos.

El uso de compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) se destaca en la agricultura por su aporte de nutrientes (Mashavira *et al.*, 2015) y representa una alternativa económica al tratamiento de la biomasa de esta planta acuática invasora, cuyas poblaciones se requiere controlar periódicamente, pues de lo contrario cubre rápidamente los estanques y reservorios de agua, agotando el oxígeno y obstaculizando su circulación normal, así como impidiendo que llegue el sol a otras plantas acuáticas (Jafari, 2010).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del vermicompost y el compost de jacinto de agua, así como la combinación de ambos (50:50) en variables del crecimiento de la col morada.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

El estudio se realizó en el Centro Experimental 'La Playita' de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, provincia de Cotopaxi, Cantón La Maná, Ecuador. Las temperaturas máxima y mínima en el sitio son de 23 y 17°C, respectivamente, con humedad relativa de 86,83%, precipitación anual promedio de 3029,3mm y 735.7 horas luz/año.

Material vegetal

Como especie vegetal se utilizó col morada (*Brassica oleracea* var. Capitata) de la variedad comercial Red Jewel, que es un repollo híbrido del tipo

morado, con cabezas muy compactas de 1,5 a 2,5kg, de muy buena calidad, excelente adaptación a climas templados y fríos, ideales para la comercialización en supermercados y mercados mayoristas, buena uniformidad de cosecha y alta productividad. Además, posee un alto nivel de resistencia a *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*.

Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones y tres tratamientos de fertilizantes orgánicos (vermicompost, compost de jacinto de agua y la mezcla 50:50 de ambos) más un testigo o control (suelo sin aplicación de ningún tipo de fertilizante) para un total de 20 unidades experimentales.

Manejo del experimento

Previo al experimento, se tomaron muestras de suelo (antes de aplicar abonos orgánicos) y se realizó análisis físico-químico en el Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Agua, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador, utilizando las metodologías que se detallan más adelante. Asimismo, después de concluir el experimento se realizaron de nuevo, en el mismo laboratorio, los análisis físico-químicos (después de aplicar abonos orgánicos) para evaluar el efecto de la aplicación de los abonos orgánicos en la composición físico-química del suelo.

Las labores culturales realizadas con el fin de lograr un desarrollo y crecimiento ade-

cuado del cultivo fueron: identificación del terreno, preparación del suelo, delimitación de la parcela, siembra, control de malezas y riego. Previo a la siembra, se preparó el suelo mediante labranza y dos limpiezas para eliminar malezas. La siembra se realizó de manera directa, colocando las semillas a una distancia de 0,40m entre hileras y 0,30m entre plantas, en parcelas de 2m de largo por 1,2m de ancho. Al momento de la siembra, se realizó la primera aplicación de los tratamientos de abonos orgánicos, con una dosis de 5kg·m⁻², la segunda y tercera aplicación de abonos orgánicos se realizó a los 30 y 60 días posteriores a la siembra, utilizando la misma dosis. En las parcelas, el riego fue por goteo aplicado a intervalos de siete días, con el fin de mantener el suelo a capacidad de campo. El control de malezas se realizó para evitar la competencia con la especie en estudio, evitando con ello la presencia de hospederos de insectos plaga, bacterias y hongos. Esta actividad se realizó manualmente, utilizando azadón y machete.

Vermicompost y compost de jacinto de agua

El vermicompost utilizado no posee marca comercial y se adquirió en una empresa denominada Loo Villafuerte, ubicado en vía Quinde s/n y Margen Izquierdo, Santo Domingo, Ecuador. Este producto se obtiene mediante descomposición de estiércol bovino utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). El compost de jacinto de agua es un abono 100% orgánico y natural proveniente del jacinto de agua, el que por su alto contenido de materia orgánica y fitohormonas actúa como fertilizante natural, es producido en Ecuador y lo expende la empresa Dunger® S.A. La composición química de ambos productos fue determinada.

Análisis de los abonos orgánicos y suelo

Los análisis físico-químicos que se realizaron al suelo (antes

y después de aplicar abonos orgánicos) fueron: pH, que se midió con un potenciómetro (Orion Stara A3215; Thermo Scientific®, EEUU), contenido de materia orgánica (%) se determinó por el método de Walkley y Black utilizando un tamiz de acero inoxidable de 0,5mm (malla de 35). La textura (tamaño de partículas) se determinó con equipo autoanalizador laser Horiba® LA-300 (método Lewis, 1984). Para el suelo (antes y después de aplicar abonos orgánicos), así como para el vermicompost y el compost de jacinto y agua se hicieron las siguientes determinaciones. El fósforo extraíble se determinó del extracto acuoso con una relación de la solución del suelo de 1:5 y utilizando Multiskan Acent® (Labsystems N° 354, Finlandia). El potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso se determinaron mediante absorción atómica (Shimadzu® AA-660, Japón). El nitrógeno total se determinó por el método de Dumas (Leco®, Model FP-528, EEUU) utilizando una malla de acero inoxidable de 0,150mm (malla de 100). El azufre extraíble se determinó por el método turbidimétrico y las lecturas se realizaron en espectrofotómetro (UV-Vis Genesys 10 S, Thermo Scientific®). El boro se determinó mediante el método de colorimetría, realizando las lecturas en espectrofotómetro UV-Vis (Genesys 10 S) a 410nm.

Evaluación de variables morfológicas

Para la evaluación de las variables de crecimiento, a los 30 días posteriores a la siembra se tomaron aleatoriamente diez plantas por tratamiento y por repetición, para un total de 50 plantas por tratamiento, a las cuales se les midió altura de la planta (cm) y número de hojas. A los 60 días posteriores a la siembra, a las mismas plantas se les midió altura de la planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hoja (cm) y a los 90 días posteriores a la siembra, se cosecharon las

plantas seleccionadas y se les midió nuevamente altura de planta (cm), largo y ancho de hoja (cm), peso de fruto (g) y diámetro de fruto (cm).

Análisis estadístico

Se efectuaron análisis de varianza de clasificación simple o de una vía y cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para cada variable evaluada, se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey HSD ($p \leq 0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, 2011). Previo al análisis de varianza, se realizó transformación de la variable número de hojas, mediante la expresión $X = \sqrt{n}$, donde X es el valor transformado que se obtiene de la raíz cuadrada de n que corresponde al valor de número de hojas registrado en cada tratamiento y repetición.

Resultados y Discusión

Análisis físico-químico del suelo

Los resultados del análisis realizado al suelo previo a la aplicación de abonos orgánicos mostraron un suelo con textura franco-arenosa. Según su composición química (Tabla I) se le considera de fertilidad media a baja, con niveles bajos en macronutrientes importantes como N y P, así como en micronutrientes como Zn y B, que inciden en el desarrollo normal del cultivo. El análisis realizado después de la aplicación de los abonos orgánicos, es decir, al concluir el experimento, muestran que el pH se incrementó en 15,5% con tendencia hacia un valor neutro (pH= 6,7). Este valor de pH se ubica en el rango óptimo para col morada y permite que el suelo posea mayor aptitud para la siembra de la mayoría de los cultivos, especialmente aquellos que se afectan por las condiciones de pH (Infoagro, 2017). Los minerales N, P, K, Ca, Mg, Mn, S, Fe, Cu y B incrementaron sus valores en

diferentes proporciones con la aplicación de los abonos orgánicos y solo el Zn no mostró incremento. El contenido de materia orgánica se incrementó en 5% con la aplicación de los abonos orgánicos (Tabla I). Estos resultados coinciden con los reportados por Gunnarsson y Petersen (2007), quienes señalan que el compost de jacinto de agua funciona como estiércol de calidad para mejorar las condiciones del suelo y por ende los rendimientos de los cultivos.

Análisis químico de los abonos orgánicos

Los resultados del análisis químico del vermicompost y compost de jacinto de agua muestran (Tabla I) al vermicompost con concentraciones mayores en la mayoría de los elementos analizados con respecto al compost de jacinto de agua. Sin embargo, el contenido de Cu, Mn y B en el compost de jacinto de agua fue superior al del vermicompost. El contenido de N, P, K, Ca, S, Zn y Fe del vermicompost superó a los valores en estos minerales en el compost de jacinto de agua; sin embargo, el suelo con la aplicación tanto del vermicompost como del compost de jacinto de agua y la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua, incrementó los valores de todos los macro- y micronutrientes, excepto el Zn, que permaneció con el mismo valor. El suelo sin aplicación de los abonos orgánicos utilizados es insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de la col morada; sin embargo, con la aplicación de vermicompost y compost de jacinto de agua, la tendencia fue incrementar los valores de minerales importantes para el desarrollo normal de la col, incluyendo Ca y S (este último alcanzó un valor de 14 ppm). Otros estudios recomiendan utilizar la fertilización orgánica con vermicompost y compost (Sobrinó y Sobrinó, 1994), sobre todo en cultivos como la col morada, que es una especie muy exigente en macro y

TABLA I
COMPOSICIÓN DEL VERMICOMPOST, COMPOST DE JACINTO DE AGUA Y DEL SUELO,
ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

Parámetros	Unidad de medida	Suelo antes	Suelo después	Incremento (%)	Vermicompost	Compost de jacinto de agua
pH	-	5,8	6,7	15,5	-	-
Nitrógeno	ppm	7,0	18,0	157,1	1,9	1,2
Fosforo	ppm	8,0	9,0	12,5	0,50	0,06
Potasio	Meq/100ml	0,20	0,60	200,0	0,93	0,16
Calcio	Meq/100ml	7,0	8,0	14,2	1,63	1,18
Magnesio	Meq/100ml	1,0	1,1	10,0	0,73	0,22
Azufre	ppm	4,0	14,0	250,0	0,40	0,28
Zinc	ppm	1,7	1,7	0,0	94,00	10,00
Cobre	ppm	6,9	8,5	23,1	47,00	61,00
Hierro	ppm	104	108	3,8	1164,00	19,00
Manganeso	ppm	2,4	4,0	66,6	373,00	1193,00
Boro	ppm	0,24	0,35	45,8	22,00	545,00
Materia orgánica	%	4,0	4,2	5,0	-	-
Índice Ca/Mg	-	7,0	7,2	3,9	-	-
Índice Mg/K	-	5,0	1,8	-63,3	-	-
Índice Ca+Mg/K	-	40,0	15,1	-18,0	-	-
Arena	%	49	-	-	-	-
Limo	%	43	-	-	-	-
Arcilla	%	8	-	-	-	-

micronutrientes (Ciampitti y García, 2007), los cuales son aportados por los abonos orgánicos.

Altura de planta

La altura de plantas no mostró diferencias significativas a los 30 días; sin embargo, a los 60 y 90 días se observó que las plantas de col morada fertilizadas con el compost de jacinto de agua, mostraron altura mayor, seguido por la mezcla de 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua, mientras que las plantas con altura menor se presentaron en el testigo. A los 30, 60 y 90 días, el incremento de la altura fue mayor respecto al testigo en el compost de jacinto de agua, con 17,0; 22,9 y 31,5%; respectivamente (Tabla II). Estos

resultados coinciden con los de Lata y Veenapani (2011), quienes reportan que la aplicación de compost de jacinto de agua estimula el crecimiento de plántulas de mostaza que presentaron altura mayor respecto a las que no recibieron este abono. Por su parte, Márquez-Hernández *et al.* (2006) señalan que la altura de plantas de tomate tipo cherry se incrementó en 50% con la aplicación de vermicompost; además, indican que los sustratos mezclados con composta retienen en promedio un 14,21% más de humedad que la arena. En tomate cultivado en invernadero, también las plantas con vermicompost incrementaron la altura (Márquez-Hernández *et al.*, 2013). Por otro lado, Moreno-Reséndez *et al.* (2005) no encontraron diferencias en altura de plantas

de tomate cultivadas en invernadero, utilizando cuatro tipos de vermicompost generados por la acción de descomposición de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.).

Número de hojas

El número de hojas no mostró diferencias significativas entre tratamientos a los 30 y 60 días de evaluación; sin embargo, a los 30 días, se observó un incremento en el número de hojas en la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua superando al testigo en 14,3%, mientras que a los 60 días, el número de hojas fue ligeramente superior en las plantas fertilizadas con el compost de jacinto de agua, con un incremento de 10,8% respecto al testigo (Tabla II). Este

resultado evidencia que la fertilización orgánica acompañada de manejo agronómico adecuado y condiciones físico-químicas apropiadas del suelo, potencializa las características genéticas de la especie para incrementar el número de hojas, resultado que coincide con lo reportado por Maroto (1995); además, el incremento en el número de hojas aumenta la capacidad fotosintética de la planta, lo que trae consigo un incremento en el peso del fruto y en el rendimiento final (Chen, 1996). El incremento en el número de hojas en las plantas a las cuales se les aplicó el compost de jacinto de agua se relaciona con el elevado contenido de boro, mineral que se asocia con la síntesis del uracilo que sirve para la formación de RNA e interviene en actividades

TABLA II
EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE COL MORADA
(*Brassica oleracea* var. CAPITATA)

Tratamientos	30 días		60 días		90 días		Ancho hojas*	Peso fruto (g)	Diámetro fruto*		
	Altura*	Número hojas	Altura*	Número hojas	Largo hojas*	Altura*					
Vermicompost (V)	12,76 a	6,20 a	18,82 ab	12,26 a	17,22 bc	12,52 bc	19,46 bc	18,34 b	14,57 b	462,46 a	50,57 a
Jacinto de agua (JA)	13,24 a	6,66 a	21,88 a	13,06 a	21,30 a	15,76 a	24,50 a	23,22 a	18,61 a	365,69 ab	50,95 a
50%V + 50%JA	13,17 a	6,70 a	20,86 ab	12,40 a	20,02 ab	13,76 ab	21,80 bc	21,52 a	16,74 ab	361,07 ab	46,00 a
Testigo	11,31 a	5,86 a	17,80 b	11,78 a	16,08 c	11,00 c	18,62 c	18,35 b	13,92 b	292,39 b	47,48 a
Promedio	12,62	6,36	19,84	12,38	18,66	13,26	21,10	20,36	15,96	370,40	48,75
C.V. (%)	10,50	11,42	8,45	8,51	9,45	10,19	7,62	6,55	9,72	23,47	8,16
Error estándar	0,59	0,32	0,75	0,47	0,60	0,60	0,72	0,60	0,69	38,87	1,78

* cm. C.V.: coeficiente de variación. Testigo: suelo sin abono. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $p \leq 0,05$).

celulares como división, diferenciación, maduración, respiración y crecimiento (Karim *et al.*, 1996). El efecto positivo de la mezcla de 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua en el incremento del número de hojas de col se debe también a que se utilizaron dos tipos de materias primas básicas, una fibra y un compost orgánico, resultado que coincide con lo reportado por Méndez (2007). Se reporta que las mezclas de materiales mejora las características físicas (espacio poroso, tamaño de partículas), químicas (pH, conductividad eléctrica, concentración de nutrientes) y biológicas (microorganismos) del suelo, la cual en este estudio fue favorable para el desarrollo de las plantas de col morada, resultado que coincide con lo señalado por Quesada y Méndez (2005).

Largo de hojas

Esta variable mostró diferencias significativas entre tratamientos a los 60 y 90 días. Las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua mostraron hojas más largas, seguido de las plantas fertilizadas con la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua (Tabla II). En términos de incremento, las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua, a los 60 y 90 días, superaron a las plantas sin fertilización (testigo) en 32,4 y 27,1%, respectivamente; mientras que las plantas a las que se les aplicó la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua, superaron a las plantas sin fertilización (testigo) en 24,5 y 17,2%, a los 60 y 90 días, respectivamente. De acuerdo con Oviedo (2001), el desarrollo de las plantas requiere de ciertos nutrientes para un crecimiento y desarrollo mayor. En este sentido, la longitud de hojas en col se relacionó con el incremento en el contenido de micro elementos esenciales como el Cu, Mn y B que presentó el compost de jacinto de agua respecto al vermicompost (Tabla I), sobre todo este último elemento, el cual retenido en las células de

las plantas está confinado y fuertemente unido a compuestos péptidos de la pared celular (Hu y Brown, 1994), principalmente la pectina, que es un polisacárido no fibrilar, rico en ácido D-galacturónico, heterogéneamente ramificado y muy hidratado. El sorbitol en las plantas es el principal fotosintato que es translocado, el boro forma complejos con el sorbitol y su contenido se relaciona con la presencia de sorbitol en la planta (Brown y Hu, 1996).

Ancho de hojas

Esta variable mostró diferencias significativas entre tratamientos a los 60 y 90 días posteriores a la siembra. Las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua presentaron hojas más anchas, seguido de las plantas fertilizadas con la mezcla de 50% de vermicompost + 50% de compost de jacinto de agua, mientras que el testigo, presentó hojas menos anchas (Tabla II). En valores porcentuales, las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua, a los 60 y 90 días, superaron a las plantas sin fertilización (testigo) en 43,2 y 33,6%, respectivamente, mientras que las plantas a las que se les aplicó la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua, superaron a las plantas sin fertilización (testigo) en 25,0 y 20,2%, a los 60 y 90 días, respectivamente. Estos resultados evidencian que el humus, sustancia contenida en los abonos orgánicos, estimula el crecimiento de la planta, incrementando la altura, número de hojas, área foliar (largo y ancho de hoja) y el contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998). Resultados similares a los del presente estudio encontraron Reyes-Pérez *et al.* (2016) en col verde (*Brassica oleracea* L., var. *viridis*) cuyas plantas incrementaron la longitud de hojas al aplicar compost de jacinto de agua.

Peso de fruto

El peso de frutos mostró diferencias entre tratamientos,

observándose un incremento de esta variable en las plantas fertilizadas con vermicompost, seguido de las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua y la mezcla de 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua (Tabla II). El incremento del peso de frutos fue de 58,1% en las plantas fertilizadas con el vermicompost respecto a las no fertilizadas (testigo), mientras que el incremento del peso de frutos en las plantas fertilizadas con el compost de jacinto de agua respecto a las no fertilizadas fue de 25,0%, mientras que en aquellas fertilizadas con la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua el incremento de 23,4% respecto a las no fertilizadas. Esta respuesta se debe a que el contenido de nitrógeno en el vermicompost, es mayor respecto al contenido de nitrógeno del compost de jacinto de agua; además, K, Ca, Mg S y Fe también son superiores en el vermicompost respecto al compost de jacinto de agua (Tabla I). Estos resultados difieren de los reportados por Reyes-Pérez *et al.* (2016) en col verde, cuyo incremento en el peso de fruto en las plantas fertilizadas fue mayor con compost de jacinto de agua, seguido de la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua, vermicompost y el testigo. En un estudio con lechuga y col, la aplicación de compost de finca cafetera incrementó el peso de lechuga con respecto al testigo en un 420% y para repollo de 334%, mientras que la aplicación de compost de plazas de mercado, incrementó el peso con respecto al testigo, en 379,5% y 364% para lechuga y col, respectivamente (Muñoz *et al.*, 2015). Por su parte, Kleinhenz *et al.* (2006) señalan que el uso de composta aumenta el rendimiento en 1,3 a 4 veces respecto al testigo, en diversas hortalizas que se cultivan en Ohio, EEUU. De acuerdo con Ciampitti y García (2007) los requerimientos nutricionales de lechuga y col son diferentes en cuanto a K y N; las plantas de lechuga

exigen 15% más potasio que la col, mientras que la col exige 50% más nitrógeno que la lechuga por cada tonelada producida; además, el incremento del peso de fruto de col constituye un elemento fundamental en la obtención de rendimientos elevados porque además influye en la calidad y en la comercialización.

Diámetro de fruto

El diámetro de fruto no mostró diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, se observó que las plantas de col que se fertilizaron con compost de jacinto de agua, mostraron valores numéricos ligeramente superiores, seguido de las plantas fertilizadas con vermicompost, las plantas sin fertilización (testigo) y finalmente las plantas fertilizadas con la mezcla 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua (Tabla II). El incremento del diámetro del fruto fue de 7,3% en las plantas fertilizadas con el vermicompost, respecto a las no fertilizadas (testigo), mientras que el incremento del diámetro del fruto en las plantas fertilizadas con vermicompost respecto a las no fertilizadas (testigo) fue de 6,5%. La respuesta del incremento del diámetro de fruto en las plantas de col morada fertilizadas con compost de jacinto de agua se asocia, al igual que la mayoría de las variables, al aporte nutricional que suministra el compost de jacinto de agua en especial el contenido de micro elementos tales como Mn, B y Cu. En ese sentido, Lata y Veenapani (2011) demostraron que la aplicación de compost de jacinto de agua enriquece la composición química del suelo y además estimula significativamente el crecimiento de plantas de mostaza india. Adicionalmente, Mashavira *et al.* (2015) encontraron que a medida que aumenta la cantidad de compost de jacinto de agua, también aumenta el rendimiento agrícola y sus componentes en plantas de tomate. Asimismo, Reyes-Pérez *et al.* (2016)

reportan que el diámetro de fruto de col verde fue mayor en las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua, con un promedio de 55,5 cm.

Conclusiones

Las plantas de col mostraron valores superiores en la mayoría de las variables de crecimiento y producción evaluadas en el orden siguiente: compost de jacinto de agua >mezcla de 50:50 de vermicompost y compost de jacinto de agua >vermicompost >plantas sin fertilizar (testigo). La altura de plantas, el número, largo y ancho de hojas incrementaron respecto a las plantas sin fertilizar (testigo). El peso de fruto y el diámetro aumentaron respecto a las plantas no fertilizadas (testigo), pero esta última variable apenas aumentó discretamente en las plantas fertilizadas con compost de jacinto respecto a las plantas no fertilizadas (testigo). El efecto positivo en el crecimiento y producción de plantas de col morada fertilizadas con compost de jacinto de agua parece relacionarse con un aporte superior de micro elementos como Mn, Cu y B, respecto al vermicompost. Aunque el peso de frutos de las plantas fertilizadas con vermicompost fue superior estadísticamente al peso de los frutos de las plantas fertilizadas con compost de jacinto de agua y con la mezcla 50:50 de vermicompost y jacinto de agua, se sugiere que ambos abonos orgánicos se utilicen como alternativa para la producción de col morada, evitando el uso de fertilizantes químicos o sintéticos. La aplicación de abonos orgánicos incrementó el contenido de macro y micro nutrientes en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de Pedro Luna-García y Lidia Hiraes-Lucero, Centro

de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. El autor responsable agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el apoyo para realizar estancia sabática en el extranjero a través del programa "Apoyos para estancias sabáticas vinculadas a la consolidación de grupos de investigación y/o el fortalecimiento del posgrado nacional (2017-I)".

REFERENCIAS

Brown PH, Hu H (1993) Boron uptake in sunflower, squash and cultured tobacco cells studies with stable isotope and ICP-MS. En Barrow NJ (Ed.) *Plant Nutrition - From Genetic Engineering to Field Practice*. Developments in Plant and Soil Sciences 54. Kluwer. Dordrecht, Alemania. pp. 161-164.

Ciampitti I, García F (2007) *Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes Secundarios*. Boletín Técnico. International Plant Nutrition Institute. Buenos Aires, Argentina. 120 pp.

Chen Y (1996) Organic matter reactions involving micronutrients in soils and their effect on plants. En Piccolo A (Ed.) *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 507-530.

Espinosa K, Molina M (2015). Evaluación agronómica de hortalizas de hoja, col china (*Brassica campestris*) y perejil (*Petroselinum crispum*) con fertilizantes orgánicos. *UTCiencia*. 2: 29-34.

Gómez-Rodríguez A, Villa-Briones A, Vargas-Hernández M., Zavaleta-Mejía E, Ramírez-Alarcón S (2008) Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Chapingo Ser. Hort*. 14: 249-255.

Gunnarsson CC, Petersen CM (2006) Water hyacinth as a resource in agriculture and energy production: A literature review. *Waste Manag*. 27: 117-129.

Hu H, Brown PH (1994) Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectins. *Plant Physiol*. 105: 681-689.

Infoagro (2017) *Concepto de pH e Importancia en Fertilización*.

www.infoagro.com/ abonos/pH_suelo.htm. (Cons. 28/08/2017)

Jafari N (2010) Ecological and socio-economic utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart Solms). *J. Appl. Sci. Environ. Manag*. 14(2): 43-49.

Karim MR, Wright GC, Taylor KC (1996) *Effect of Foliar Boron Sprays on Yield and Fruit Quality of Citrus*. Citrus Research Project. College of Agriculture. University of Arizona. Tucson, AZ, EEUU. 105 pp.

Kleinhenz M, Wszelaki A, Walker S, Ozgen S, Francis D (2006) Vegetable crop yield and quality following differential soil management (compost versus no compost application) in transitional - and certified - organic system in Ohio. *HortScience* 41: 998.

Lata N, Veenapani D (2011) Response of water hyacinth manure on growth attributes and yield in *Brassica juncea*. *J. Centr. Eur. Agric*. 12: 336-343.

Lewis DW (1984) *Practical Sedimentology*. Hutchinson Ross. New York, EEUU. 227 pp.

Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Figueroa-Viramontes U, Avila-Díaz JA, Rodríguez-Dimas N, García-Hernández. JL (2013) Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *PYTON* 82: 55-61.

Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Chew-Madinaveitia YI, Moreno-Reséndez A, Rodríguez-Dimas N (2006) Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hort*. 12: 183-188.

Maroto JVB (1995) *Horticultura Herbácea Especial*. 4ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 611 pp.

Mashavira M, Chitata T, Mhindu RL, Muzemu S, Kapenzi A, Manjeru P (2015) The effect of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) compost on tomato (*Lycopersicon esculentum*) growth attributes, yield potential and heavy metal levels. *Am. J. Plant Sci*. 6: 545-553.

Méndez C (2007) Sustratos para la producción intensiva de hortalizas en Costa Rica. *Gest. Hort*. 2(10): 9-13.

Moreno-Reséndez A, Valdés-Perezgasa MT, Zarate-López T (2005) Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc*. 65: 27-34.

Muñoz J, Muñoz J, Montes C (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Biotechnol. Sect. Agropec. Agroind*. 13: 73-82.

Oka Y, Yermiyahu U (2002) Suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematology* 4: 891-898.

Oviedo E (2001) *Cultivo de Hortalizas en Ambiente Atemperado*. Lima, Perú. 23-25 pp.

Quesada G, Méndez C (2005) Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Agric. Trop*. 35: 1-13.

Reyes-Pérez JJ, Luna-Murillo RA, Reyes-Bermeo MR, Suárez-Fernández G, Ulloa-Méndez CI, Rivero-Herrada M, Cabrera-Bravo DA, Alvarado-Mendoza AF, González-Rodríguez JC (2016) Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo de la col (*Brassica oleracea* L). *Biotechnia* 28(3): 28-32.

Rodríguez A (2004) La agricultura urbana en Cuba. Impactos económicos, sociales y productivos. *Rev. Bimestre Cubana*. 95(20): 115-137.

Rodríguez M, Alcántar G, Aguilar S, Etchevers B, Santizo R (1998) Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoam*. 16: 135-141.

Salter C (2006) Compost and compost tea- boost soil vitality "The Cutting Edge" seeds of change. e-Newsletter. 57. July 2006. http://www.seedsofchange.com/ newsletter /issue_57/compost_tea.asp. (Cons. 14/08/2017).

Sobrino IE, Sobrino VE (1994) *Tratado de Horticultura Herbácea. III. Hortalizas de Hojas, de Raíz y de Hongos*. Aedos. Barcelona, España. 313 pp.

StatSoft (2011) *Statistica. System reference*. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 pp.

Tüzel Y, Öztekin GB, Ongun, AR., Gümüş M, Tüzel IH, Eltez RZ (2004) Organic tomato production in the greenhouse. *Acta Hort*. 659: 729-736.

Wang SY, Lin S (2002) Composts as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *J. Plant Nutr*. 25: 2243-2259.