

Evaluación del Fertilizante Orgánico Líquido de Lombriz San Rafael en el Cultivo de Rosa cv. Classy

Evaluation of the Worm Organic Liquid Fertilizer San Rafael on cv. Classy Rose Crop

Fernando Ramírez Castañeda¹; John Jairo Gómez Piedras² y Víctor Julio Flórez Roncancio³

Resumen. La aplicación de fertilizantes es una de las principales actividades técnicas que se realizan en el cultivo de rosas, práctica que puede llegar a causar un impacto ambiental importante. El uso de fertilizantes orgánicos en este cultivo ha sido mínimo. Fertilizantes orgánicos como los vermicompuestos aportan elementos, algunos en formas más disponibles, como también mejoran las características físicas de los suelos. El objetivo fue evaluar la adición del fertilizante orgánico líquido de lombriz San Rafael a la fertilización comercial completa y la reducción de un 25% de su composición por cama, midiendo su efecto semanalmente sobre la productividad y la calidad de los tallos florales, el descabece de flor y en análisis foliares en plantas de rosa cv. Classy. Los resultados indican que para los análisis foliares y los diferentes grados de calidad (longitud de tallo y de botón floral) no existió evidencia de diferencias estadísticas entre tratamientos. Se encontró diferencia significativa en productividad, siendo mayor el promedio de las plantas tratadas con la fórmula de fertilización completa más el fertilizante orgánico. Para el descabece de la flor se encontró que el tratamiento donde se aplicó la fórmula de fertilización reducida más el fertilizante orgánico, fue significativamente menor en comparación con los otros dos tratamientos.

Palabras clave: Vermicompost, productividad, calidad, fisiopatía.

Abstract. Fertilizer application is one of the main technical activities made in rose crop, but it may cause an important environmental impact. The use of organic fertilizers has been low in this crop. An organic fertilizer as vermicompost contributes with some elements in better available forms, and improves some soil physical characteristics. The purpose was to evaluate the addition of worm liquid organic fertilizer San Rafael to complete commercial fertilization and to decrease 25% of its composition per bed, measuring weekly its effect on yield, degrees of quality flowering stems, breakdown flowers buds, and foliar analysis in rose plants cv. Classy. Results indicate that for foliar analysis and different quality degrees (stem and flower sizes) no significant differences were registered between treatments. It was found significant differences in yield, being greater the average of plants treated with the complete fertilization formula plus the organic fertilizer. For the flower bud breakdown the treatment that applied the reduced fertilizer formulates plus the organic fertilizer was statistically lower than other two treatments.

Key words: Vermicompost, yield, quality, physiopathy.

Entre las prácticas agronómicas de la floricultura, la aplicación de fertilizantes es una de las principales actividades técnicas en un cultivo de flores. Además de ocupar un renglón importante en la estructura de costos, puede causar impactos ambientales como físicos, microbiológicos y químicos, que pueden ser benéficos o adversos para el ambiente y para el desarrollo del cultivo (Castellanos, 2000).

La producción de rosa de corte en invernadero es uno de los sistemas agrícolas más intensivos. La fertilización nitrogenada de este cultivo puede alcanzar aplicaciones anuales por encima de los 7.000 kg ha⁻¹. Estas cantidades excesivas han sido

asociadas con pérdidas de nitrógeno por lixiviación de hasta 3.000 kg ha⁻¹. Además de este efecto medioambiental, la sobre fertilización con nitrógeno podría causar problemas indirectos de salinidad y posibles desequilibrios nutricionales del cultivo, resultando en reducciones de productividad y calidad de la flor cortada (Cabrera, 2005).

La participación de los materiales orgánicos en la fase sólida del suelo es variable, con un rango de 1 a 10% (Burbano, 1994), constituido principalmente por los residuos de las plantas. También hay que incluir el aporte de los restos de las bacterias y los hongos, pues se estima que una proporción elevada de las

¹ Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Agronomía. Carrera 30 No. 45-03, Bogotá, Colombia. <framirezca@unal.edu.co>.

² Profesor. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - UDCA - Facultad de Agronomía. Calle 222 No. 55-37, Bogotá, Colombia. <johnjgomezp@gmail.com>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Agronomía. Carrera 30 No. 45-03, Bogotá - Colombia. <vjflorezr@unal.edu.co>

Recibido: Mayo 11 de 2011; aceptado: Octubre 19 de 2011.

sustancias nitrogenadas del humus, puedan proceder del protoplasma celular de estos microorganismos (Salisbury y Ross, 2003).

La parte orgánica del suelo representa en sí un sistema complejo de diversas sustancias, cuyo dinamismo se debe a la vida microbiana y a la variedad de compuestos derivados de las transformaciones que realizan dichos organismos. Unos se consideran materiales no humificados y otros constituyen el humus: los primeros representan en los suelos minerales del 10 al 30% de la materia orgánica y los últimos, conforman entre el 70 y el 90% de la reserva total de la materia orgánica. La cual es fuente de nutrientes inorgánicos para las plantas, sustrato para los microorganismos y material para el intercambio iónico; también es factor en la agregación del suelo, en el desarrollo de las raíces y en la conservación del suelo y del agua (Burbano, 1994).

Los residuos de cosecha, basuras orgánicas, estiércoles sólidos y líquidos, abonos verdes y deyecciones de lombrices, son materiales orgánicos que se descomponen fácilmente cuando se aplican al suelo formando humus y produciendo elementos nutritivos para las plantas especialmente nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso y boro (Muñoz, 1994).

Para Cegarra (1994), factores como la composición de las materias primas, aireación, temperatura, humedad, relación C:N y el pH determinan la duración del ciclo y la calidad del compost. Burés (1997) divide el proceso en fases inicial o mesofílica, termofílica, de estabilización y de maduración. El tiempo de compostaje también depende de los objetivos a conseguir (reducción de fitotoxicidad, de la patogenicidad o producción de fertilizantes, entre otros). Los criterios de calidad del compost son verificables con parámetros como el contenido de materia orgánica soluble, CIC y CE.

El vermicompostaje se diferencia del compostaje convencional porque el material orgánico (compostado o no) es procesado por el sistema digestivo de las lombrices, las cuales producen excreciones conocidas como deyecciones (Chaoui *et al.*, 2003); entre tanto, pocas de las lombrices existentes pueden ser explotadas o producidas en cautiverio (Ferruzzi, 1987). De las especies domesticadas, *Eisenia fetida* es la que ha brindado los mejores resultados en el mejoramiento del suelo, resistencia al estrés, alta capacidad de transformación de residuos biodegradables y, quizás,

como ninguna otra, puede trabajar en densidades hasta de 50.000 individuos por m² (Romero, 2003). Cuando el alimento absorbido por la lombriz llega al estómago, unas glándulas especiales segregan carbonato de calcio, cuya finalidad es neutralizar los ácidos presentes en la comida ingerida (Ferruzzi, 1987). Son capaces de transformar en corto tiempo y a bajo costo, grandes cantidades de residuos biodegradables en fertilizantes orgánicos, conocidos como lombricompost o vermicompost (Romero, 2003).

Las lombrices fragmentan los desperdicios orgánicos, estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización, convirtiéndolos rápidamente en sustancias similares al humus, con una estructura más fina que la del compost, pero teniendo una mayor y más diversa actividad microbiana (Kale, 1998; Atiyeh *et al.*, 2002a). Una de las principales características de los vermicompostos es que durante el procesamiento muchos de los nutrientes son cambiados a formas más disponibles para la toma por parte de las plantas, tales como el nitrógeno en forma nítrica o amoniacal, fósforo intercambiable, potasio soluble, calcio y magnesio. También le han sido atribuidos mejoras en las propiedades y estructura del suelo, mayor disponibilidad de nutrimentos minerales y el incremento de poblaciones microbianas y sustancias metabólicamente activas, como reguladores de crecimiento vegetal (Edwards, 1998; Magdoff y Weil, 2004).

La aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos como las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos, y huminas), que mantienen la actividad microbiana y al incorporarlas mejoran la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables, con lo que mejora la permeabilidad. Aumenta la fuerza de cohesión en suelos arenosos y la disminuye en arcillosos, mejora la capacidad de retención de agua, estimula el desarrollo de plantas, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por la escorrentía y eleva la capacidad tampón de los suelos. Su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos de carencias y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo. Además eleva la CIC de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos; por otra parte, los complejos fosfo-húmicos mantienen el

fósforo en estado asimilable por la planta. El humus a su vez favorece el desarrollo normal de cadenas tróficas en el suelo (Felix *et al.*, 2008).

Los efectos benéficos del vermicompuesto sobre el crecimiento vegetal, se obtienen cuando son usados como aditivos del suelo o como componentes de medios hortícolas sin suelo. Mejoran consistentemente la germinación de las semillas, aumentando el crecimiento de la planta, su desarrollo y la productividad más de lo que sería posible con la conversión de nutrimentos minerales en formas más disponibles para la planta (Arancon *et al.*, 2005; Atiyeh *et al.*, 2002b; Edwards, 1998). Las mayores respuestas de crecimiento vegetal y rendimientos han ocurrido, cuando los vermicompuestos constituyen una pequeña proporción del volumen total del medio de cultivo (10 al 40%) (Atiyeh *et al.*, 2002a; Magdoff y Weil, 2004).

Al evaluar cuatro tratamientos de abonos orgánicos en maíz, López *et al.* (2001) hallaron que el mejor rendimiento de grano (6,05 t ha⁻¹) fue obtenido con fertilización inorgánica (120 - 40 - 00 de NPK) y el abono orgánico de compost mostró resultados similares (5,66 t ha⁻¹): demostrando que los abonos orgánicos, principalmente el compost a dosis de 20 a 30 t ha⁻¹, son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Además los resultados indicaron cambios en las características químicas del suelo (materia orgánica, N y P) antes y después de la siembra. Por otro lado, Sánchez *et al.* (2005) estudiaron la influencia de los abonos orgánicos (compost vegetal y humus de lombriz producidos) y biofertilizantes comerciales, en los índices de calidad de dos especies medicinales. Los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos que contenían humus de lombriz. Para el caso de la caléndula (*Calendula officinalis* L.) los rendimientos de masa vegetal fueron superiores y mejoró el porcentaje de los principios activos; en tanto que en la manzanilla (*Matricaria recutita* L.), aunque mejoró el rendimiento de masa vegetal no se encontraron cambios en las sustancias solubles en agua, el rendimiento y la calidad del aceite esencial.

En espinaca (*Spinacia oleracea* L.), Rothman *et al.* (2006) investigaron el efecto de la aplicación de lombricompuesto soluble comercial, comparando la aplicación foliar y la fertirrigación; evaluando rendimiento en masa fresca y seca, altura, diámetro y número de hojas por planta. No encontraron

diferencias significativas para las variables evaluadas entre los métodos de aplicación y la interacción dosis por método de aplicación; mientras que se obtuvo un rendimiento significativamente mayor con la dosis más alta (10 L ha⁻¹), mostrando correlación positiva entre la fertilización con extracto líquido de lombricompuesto y el incremento del rendimiento.

Debido a la poca información disponible sobre los efectos de la fertilización orgánica en cultivos de flores de corte, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición del fertilizante orgánico líquido San Rafael (FOLRS) al programa de fertilización química, sobre características de calidad y producción en un cultivo de rosa cv. Classy.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una finca productora de flores de corte para exportación, ubicada en la sabana de Bogotá, municipio El Rosal, Cundinamarca, Colombia, situada a 2.590 msnm, con temperatura promedio anual de 12 °C (mínima de 6 °C y máxima de 18,7 °C) y precipitación promedio anual de 873 mm. Se utilizaron plantas de rosa cv. Classy en producción comercial en tres invernaderos tipo flexon de estructura metálica, en donde las prácticas de cultivo y las condiciones de manejo fitosanitario y nutricional fueron similares. En los dos primeros invernaderos las plantas estaban injertadas sobre el patrón *Manetti* y la edad promedio del cultivo era de 434 semanas al final del ensayo; para el tercer invernadero, las plantas estaban injertadas sobre el patrón *Natal briar* y su edad promedio era de 304 semanas al finalizar la investigación. La parte experimental comprendió 24 semanas correspondientes a dos ciclos productivos del cultivar en estudio.

El fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR) se fabricó usando estiércoles de bovinos y equinos de clima cálido, biológicamente ricos en bacterias y técnicamente recolectados; los cuales se mezclaron con bagazo de caña, sometándose a un proceso de compostaje controlado, durante ocho meses, vigilando temperatura, pH, humedad y la relación C:N. Posteriormente, este compost se suministró a las lombrices (*Eisenia fetida*), que lo ingirieron y transformaron en una fase que duró otros ocho meses. A continuación el vermicompuesto fue extraído de las camas y llevado a los patios de secado, donde se efectuó una cuidadosa limpieza del producto y

se redujo su humedad hasta un 40%, para luego ser tamizado. El FOLSR se obtiene por medio de procesos biofísicos, en el que se logra la dispersión de las sustancias activas del vermicompuesto sólido. Luego de realizarse la extracción de las

sustancias húmicas y los nutrientes de la matriz sólida, el extracto de humus es concentrado y estabilizado para su empaque y comercialización. La composición del FOLSR se presenta en la Tabla 1 (Humus de Lombriz San Rafael S.A., 2002).

Tabla 1. Ficha técnica del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR), en presentación líquida concentrado soluble, registro ICA 2688.

Nutrientes	Elemento	mg L ⁻¹	g L ⁻¹	%
Mayores	N - total	60.000	60	6
	N - orgánico	46.000	46	4,6
	N - NH ₄	3.000	3	0,3
	N - NO ₃	11.000	11	1,1
	Fósforo (P ₂ O ₅)	35.000	35	3,5
	Potasio (K ₂ O)	100.000	100	10,0
	Azufre (S)	2.300	2,3	0,23
	Calcio (CaO)	100	0,10	0,01
Menores	Magnesio (MgO)	75	0,07	0,0075
	Hierro (Fe)	40	0,04	0,0040
	Manganeso (Mn)	80	0,08	0,0080
	Cobre (Cu)	175	0,175	0,0175
	Zinc (Zn)	1.000	1	0,10
	Boro (B)	600	0,6	0,06
pH	9,5			
CE	17,4 dS m ⁻¹			

Tratamientos. Se evaluaron tres tratamientos, en los que se comparó el efecto de la fertilización convencional de la finca con la adición del FOLSR a la misma. El tratamiento testigo (Ffinca, Tabla 3) se aplicó de forma alterna tres veces por semana con dos fórmulas de fertilización, como se muestra en la

Tabla 2: fórmula 1 (mezcla de fuentes fertilizantes, sin K ni Fe) y fórmula 2 (refuerzos con una mezcla de fuentes simples, sin K, Mn, Zn y Mo). En promedio para los tres invernaderos y al momento de iniciar la investigación, el pH del suelo estaba entre 5,5 y 6,0.

Tabla 2. Aporte de la fertilización utilizada en el testigo (Ffinca), a través de fórmulas complementarias, durante la evaluación del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR).

Fórmula	N	P	Ca	Mg	S	Mn	Cu	Fe	Zn	B	Mo
(mg L ⁻¹)											
1*	150	50	60	60	5	3	2	0	0,1	0,2	0,05
2**	175	60	106	60	22	0	50	4	0	2	0

* Para garantizar este aporte se aplicó la fórmula en cantidad de 5 L m⁻³ de agua, los días lunes, miércoles y viernes.

** Aplicada los días martes, jueves y sábado

Teniendo en cuenta la naturaleza orgánica del producto evaluado (composición según registro ICA 2688), la fertilización química utilizada en la finca y la duración del ciclo de los tallos florales para este cultivar, la investigación se fraccionó en dos etapas iguales y sucesivas: la primera de transición del programa de fertilización propio de la finca a un programa de fertilización con presencia del fertilizante orgánico. En la segunda etapa se evaluaron los resultados de la fertilización con el producto objeto del estudio.

Las aplicaciones del FOLSR para los otros dos tratamientos, Ffinca1 y Ffinca2 (Tabla 3), se hicieron

una vez por semana, a una dosis de 30 mL/cama, independiente del volumen de agua de riego calculado; utilizando una bomba de inyección portátil eléctrica ($Q = 28,4 \text{ L min}^{-1}$ a 19 psi) y un accesorio de PVC; que contó con dos entradas y diez salidas para las cinco camas simultáneamente (dos líneas de goteo por cama). La mezcla del FOLSR con los fertilizantes químicos se realizó en campo el mismo día de la aplicación, en canecas de 200 L; teniendo en cuenta la lámina de riego calculada para ese día. Los tratamientos considerados para los dos ciclos productivos durante la investigación se relacionan en la Tabla 3.

Tabla 3. Tratamientos de fertilización aplicados en dos ciclos sucesivos de 12 semanas cada uno, en el cultivo de rosa cv. Classy.

Tratamiento	Dosis respectivas de fertilizante
Testigo: Fórmula finca - Ffinca	Fertilización convencional de la finca a dosis y frecuencia propias
1: Fórmula finca 1 - Ffinca1	Fertilización de la finca más 30 mL/cama/semana de FOLSR vía fertirriego
2: Fórmula finca 2 - Ffinca2	75% fertilización de la finca más 30 mL/cama/semana de FOLSR vía fertirriego

Para el tratamiento Ffinca2 se disminuyó el número de días de aplicación de la fertilización, equivalente a una reducción del 25% en la fertilización; es decir, que para diez días de fertilización, en 2,5 días se aplicó agua pura.

Las plantas en evaluación fueron intervenidas únicamente en la modificación de la composición de la

fertilización. El consumo promedio semanal fue 600 L/cama/semana e igual para todos los tratamientos.

Variables evaluadas. Durante los dos ciclos de producción se evaluaron productividad, calidad y concentración de nutrientes conforme a los análisis de tejido vegetal, teniendo en cuenta las variables y criterios que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Variables medidas y criterios observados durante la evaluación en el desarrollo de dos ciclos productivos en el cultivo de rosa cv. Classy, cuando se aplicó la fórmula de fertilización utilizada en el testigo (Ffinca), en comparación con su mezcla con el fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR).

Variables	Criterios
Productividad	Número de tallos florales por planta: Se estimó en campo, registrando el número de tallos florales producidos por cama.
Grados de Calidad*	La medición de la longitud de tallo y el tamaño del botón floral se realizó tres veces por semana, en hasta 14 tallos florales por cama.
Descabece de flor	Esta medición se realizó manualmente al momento de la clasificación, mediante tres movimientos oscilatorios sujetando el tallo por su tercio inferior. Se evaluaron hasta diez tallos florales por tratamiento por repetición, tres veces por semana.
Análisis foliar	Se realizó por triplicado tomando muestras de hojas verdaderas del tercio medio de tallos productivos en la etapa fenológica denominada "rayando color": al iniciar el ensayo, a las 12 y a las 24 semanas.

*Para esta variable se midieron todos los rangos de longitud de tallos establecidos por la poscosecha de la finca (0,4 a 0,8 m). Para el tamaño de botón floral se diseñó una escala de rangos en centímetros (< 5; 5 - 5,5; 5,5 - 6; > 6), midiendo todos los botones florales.

Diseño experimental. Se usó un arreglo en bloques completamente al azar, con tres repeticiones (una por invernadero). Fueron tres tratamientos por tres invernaderos para un total de nueve unidades experimentales: cada unidad constó de cinco camas por tratamiento para un total de 45 camas para toda la investigación. Se hicieron las pruebas de verificación de supuestos para análisis paramétricos, transformando mediante raíz cuadrada las respuestas para los grupos de longitud de tallo de 0,7 y 0,8 m y para la variable descabece de flor. Luego de esto se procedió a realizar un análisis de varianza, usando el procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Para las variables que mostraron evidencia de diferencias significativas, se efectuó una prueba LSD protegida de Fisher para determinar cuál tratamiento presentaba los mayores promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Productividad y descabece de tallos florales.

Se presentó una diferencia marcada de los valores de productividad obtenidos entre los dos ciclos productivos evaluados, debida principalmente a que el primer ciclo se evaluó durante el pico de producción denominado "madres", mientras que el segundo ciclo se evaluó durante un valle de producción, comúnmente denominado "producción de mantenimiento".

Para las variables productividad y descabece de tallos florales en el primer ciclo de producción no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en el segundo ciclo evaluado la productividad en el tratamiento Ffinca1 fue significativamente mayor en comparación con los demás tratamientos (Figura 1A); mientras

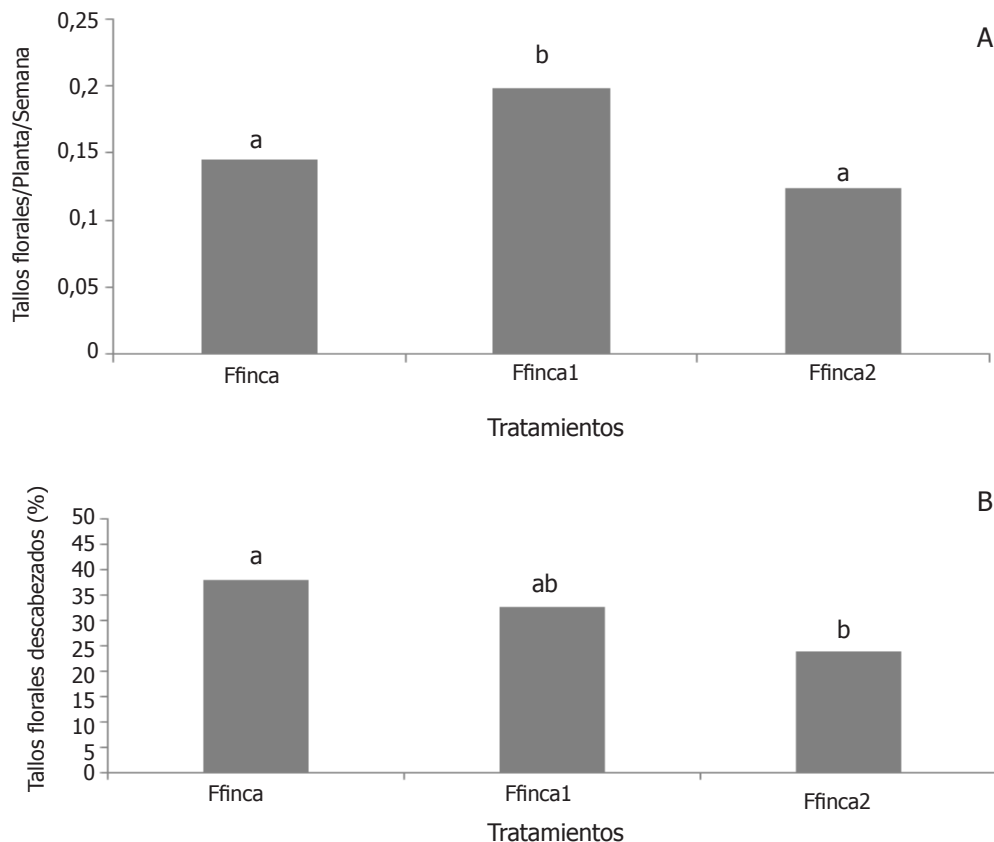


Figura 1. Producción semanal de tallos florales por planta (A) y tallos florales descabezados (B) en el segundo ciclo del cultivo de rosa cv. Classy, durante la evaluación del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR). Ffinca (testigo) = Fertilización de la finca; Ffinca1 = Fertilización de la finca más 30 mL/cama/semana de FOLSR; Ffinca2 = 75% Fertilización de la finca más 30 mL/cama/semana de FOLSR.

* Promedios seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas por la prueba LSD protegida de Fisher, con una confianza del 95%.

que Ffinca2, fue el tratamiento que presentó significativamente el menor porcentaje de tallos descabezados (Figura 1B).

Grados de calidad

Longitud de botón floral y longitud de tallo.

Considerando los rangos preestablecidos de longitud del botón floral, no se encontró evidencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos en los dos ciclos evaluados; aunque los promedios del tratamiento Ffinca2, en los dos ciclos y en los rangos de 5,5 a 6,0 y mayores a 6,0 cm de longitud, fueron más altos en comparación con los demás tratamientos.

Para la variable longitud de tallo, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los rangos medidos en los dos ciclos productivos. Se determinó que para el segundo ciclo de producción los grupos de calidad 70s y 80s, contenían más del 90% de los tallos cosechados. Para las longitudes de tallos con 40, 50, 60, 70 y 80 cm no se encontró

evidencia de diferencias significativas en ninguno de los ciclos.

Se observó una tendencia de aumento de un ciclo a otro en el porcentaje de longitud de tallos florales de 70 cm en los tratamientos Ffinca (testigo) y Ffinca1; mientras que, en el tratamiento Ffinca2 la tendencia fue opuesta. De otro lado, los porcentajes de tallos florales de 80 cm de longitud aumentaron marcadamente para el segundo ciclo de evaluación en comparación con los obtenidos en el ciclo inicial, con menores porcentajes en el tratamiento Ffinca (testigo) en los dos ciclos de evaluación. El tratamiento Ffinca2 presentó los mayores promedios en los dos ciclos para esta variable.

Variable análisis foliares. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas para cada uno de los elementos evaluados (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B y Na) tanto en la comparación del análisis bromatológico de las primeras 12 semanas versus el inicial como en la comparación del análisis de la última semana (semana 24) versus el inicial.

Tabla 5. Valores del análisis foliar para cada elemento en dos ciclos productivos en el cultivo de rosa cv. Classy cuando se aplicó la fórmula de fertilización del testigo (Ffinca), comparada con su mezcla con el fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR).

Semana**	Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na
		%							mg L ⁻¹				
0	Todos*	3,67	0,37	2,4	1,38	0,33	0,41	190	384	7	82	53	225
12	Ffinca	4,23	0,37	1,88	1,4	0,32	0,38	160	233	7	49	50	157
12	Ffinca1	4,12	0,37	1,97	1,19	0,32	0,35	135	148	7	34	49	103
12	Ffinca2	4,19	0,38	1,89	1,19	0,29	0,33	132	130	8	31	49	103
24	Ffinca	3,8	0,3	2,26	1,35	0,31	0,3	109	124	11	34	47	215
24	Ffinca1	3,71	0,27	2,29	1,3	0,33	0,32	120	122	15	35	45	200
24	Ffinca2	3,55	0,27	2,35	1,43	0,33	0,29	100	143	13	41	49	250

Ffinca = Fertilización de la finca (testigo); Ffinca1 = Fertilización de la finca más 30 mL/cama/semana de FOLSR; Ffinca2 = 75% Fertilización de la finca más 30 mL/cama/semana de FOLSR.

* Muestreo al inicio de la investigación, considerado el mismo para todos los tratamientos.

** Semana 12 = muestreo al terminar el primer ciclo; Semana 24 = muestreo al término del segundo ciclo.

La sustitución de un porcentaje de la fertilización química en el cultivo de rosas cv. Classy con el vermicompuesto FOLRS mantuvo las características de la calidad de la flor cortada (longitud de tallo y botón floral), asimilación de nutrientes (análisis foliares) y redujo el descabece de flor. La participación de porcentajes de tallos florales de 70 cm disminuyó para el segundo ciclo en el tratamiento Ffinca2, pero, complementariamente el aumento en el porcentaje

de los tallos de 80 cm para el mismo ciclo tendió a ser mayor con este tratamiento.

Los resultados de descabece de tallos florales indican que algún(os) elemento(s) incluido(s) en la fertilización del testigo (Ffinca), influye en el descabece de flores, dado que al utilizar la fórmula de fertilización al 100% más el FOLRS comparado con la fertilización del testigo (Ffinca) no presenta

diferencias estadísticamente significativas. Pero, al reducir la fórmula de fertilización al 75% más el FOLRS (Ffinca2) se reduce significativamente el descabece de flores en el segundo ciclo de aplicación, con respecto al tratamiento del testigo (Ffinca).

Es posible que esta disminución en la incidencia del descabece sea debida a las cantidades importantes de nitrógeno nítrico, potasio, calcio y algunos microelementos como zinc y boro, presentes en cantidades importantes en el FOLSR (Tabla 1). En particular, los iones calcio y boro están implicados en la estructura y función de la membrana y la pared celular.

La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural, se debe principalmente a la capacidad que tiene el elemento para formar complejos estables pero reversibles con los pectatos de la lamela media, las cuales están conformadas de cadenas de residuos de ácido poligalacturónico con inserciones de ramnosa, grupos fosfatos y carboxilatos de las proteínas de dichas estructuras, manteniendo de esta manera la permeabilidad selectiva, la integridad y la compartimentalización celular (Roux y Slocum, 1982; Rahman y Punja, 2007). La deficiencia de calcio puede prevenir la apertura normal de las rosas, por lo que soluciones a base de calcio son aplicadas para disminuir el ablandamiento de tallos cortados de algunos cultivares (Cross, 2000).

El boro también es un elemento esencial para la estructura de la pared celular, debido a la formación de complejos con pectina a través de uniones ester con grupos hidroxilos de carbohidratos o glucoproteínas. Según Blevins y Lukaszewski (1998), en condiciones de deficiencia de boro, se interrumpe la síntesis de la pared celular. Las uniones que el borato forma con los componentes de la pared celular son relativamente débiles y por consiguiente apropiadas para permitir el rompimiento y la reconstrucción durante la elongación celular y, adicionalmente, provee cargas negativas para las interacciones iónicas necesarias para el crecimiento celular. Una de tales interacciones se produce con elementos como el calcio (Marschner, 1995).

La adición de vermicompuesto FOLRS a la fórmula completa de fertilización de la finca (Ffinca1) aumentó significativamente la productividad para el segundo ciclo de producción y registró los mismos porcentajes de calidad de flores y asimilación de nutrientes, comparado con los obtenidos en el tratamiento testigo (Ffinca).

Las cantidades de los elementos contenidos en el vermicompuesto sustituyeron satisfactoriamente la reducción de la fórmula de fertilización del testigo (Ffinca) o bien, mejoraron la captación de estos por parte de la planta, teniendo en cuenta que el tratamiento Ffinca2 no presentó evidencias de diferencias estadísticas significativas comparado con el análisis foliar del tratamiento testigo (Ffinca).

Para Atiyeh *et al.* (2002a), las respuestas positivas e incrementos en productividad de los cultivos a bajas cantidades de vermicompuestos adicionados a medios de cultivo estándar (compuesto por vermiculita, turba canadiense, corteza de fresno, arena y un nutriente fertilizante iniciador), dependen de la cantidad que sea adicionada. Las mejores respuestas de las plantas se obtuvieron al aplicar relativamente bajas concentraciones (10 al 40% en volumen). Señalan que en el cultivo de Tagetes, la mejor respuesta en crecimiento y productividad se presentan al sustituir el 40% del volumen del medio de cultivo. En comparación con la aplicación de fertilizantes inorgánicos, en pepino (*Capsicum annuum*) Arancon *et al.* (2005) encontraron los mayores rendimientos de frutos comerciables al aplicar 10 t ha⁻¹ de vermicompuesto proveniente de desechos de papel y 20 t ha⁻¹ de compost. La masa seca de brotes fue mayor cuando se aplicó 10 t ha⁻¹ de vermicompost de estiércol de ganado.

Canellas *et al.* (2002) afirman que los mecanismos que estimulan los incrementos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos al aplicar el vermicompuesto no están totalmente claros. Sin embargo, identificaron un grupo de auxinas intercambiables en los ácidos húmicos, extraídos de vermicompuestos de estiércol de ganado, los cuales incrementaron la elongación y la emergencia lateral de raíces en maíz. Atiyeh *et al.* (2002b) adicionaron ácidos húmicos de vermicompuesto de estiércol de cerdo en dosis de 0, 50, 125, 250, 500, 1.000 y 4.000 mg kg⁻¹ de humatos con base en la masa seca del medio de cultivo a la siembra de plántulas de pepino. Se incrementó significativamente la altura de planta, el área foliar y la masa seca de brotes y raíces. El rendimiento de las plantas fue mayor en los tratamientos con 50 y 500 mg de ácidos húmicos, pero decreció cuando la dosis excedía los 500 a 1.000 mg.

En petunias (*Petunia sp.*) Arancon *et al.* (2008) evaluaron el efecto de diferentes vermicomposts en un medio de cultivo comercial (Metro Mix 360) en invernadero, sustituyendo el medio en diferentes concentraciones: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80,

90 o 100% de vermicompost producido de estiércol de ganado, desechos de comida y desechos de papel. Encontraron que la germinación se incrementó significativamente cuando se sustituyó con todos los tipos de vermicompost. La masa seca de brotes aumentó significativamente al sustituir del 10 al 60% del medio de cultivo con vermicompost de estiércol de ganado; y del 10 al 100% con vermicompost de desechos de comida y desechos de papel. Además, el número de flores creció cuando se sustituyó de 20 al 40% con vermicompost de estiércol de ganado y de desechos de comida y de 40% de vermicompost de desechos de papel.

Arancon *et al.* (2006) compararon la aplicación en mezcla y por separado de ácidos húmicos extraídos de vermicompuestos, ácidos húmicos producidos comercialmente y AIA adicionados al medio de cultivo estándar Metro Mix 360 en diferentes especies vegetales. Para las variables número de flores y frutos en plantas de pepino tratadas con ácidos húmicos extraídos del vermicompuesto se constató un incremento significativo, en comparación con el testigo (sustrato); sin embargo, no se observó diferencia significativa cuando se comparó con el tratamiento con AIA. De lo que se infiere que los ácidos húmicos tendrían un efecto similar al de los reguladores de crecimiento de tipo auxina. Los incrementos en ambas variables en función del tratamiento con ácidos húmicos producidos comercialmente fueron bajos, pero, se incrementaron cuando este tratamiento se mezcló con AIA; de esta forma los ácidos húmicos derivados de vermicompuestos tendrían mejor desempeño que otros ácidos húmicos y estimularían el crecimiento de las plantas por una vía similar al del AIA.

Los mecanismos comúnmente sugeridos para explicar el efecto estimulante de bajas concentraciones de sustancias húmicas sobre las plantas, suponen una acción directa de hormonas junto con una acción indirecta producto del metabolismo de microorganismos del suelo, interviniendo en la dinámica de toma de nutrientes. Otro de los mecanismos sugeridos para considerar la estimulación del crecimiento de las plantas por los ácidos húmicos son la mejora en la absorción de iones metálicos e incremento en la permeabilidad celular (Atiyeh *et al.*, 2002a, Atiyeh *et al.*, 2002b; Canellas *et al.*, 2002; Arancon *et al.*, 2002b; Arancon *et al.*, 2004; Arancon *et al.*, 2005; Arancon *et al.*, 2006).

Arancon *et al.* (2008), Arancon *et al.* (2002a), Atiyeh *et al.* (2002b) y Chaoui *et al.* (2003) sugieren que los

incrementos en el rendimiento y crecimiento de las plantas pueden ser ocasionados por la producción de reguladores del crecimiento vegetal por parte de los microorganismos presentes en el vermicompuesto o por el efecto de los humatos, independientemente de la disponibilidad de nutrientes; con un efecto adicional de mejora en la estructura física del medio de cultivo. La introducción del fertilizante orgánico en la solución del fertirriego no causó incompatibilidad con las fuentes de fertilizantes utilizadas, ni problemas de fitotoxicidad a las plantas intervenidas; las variaciones en pH, CE, NO₃ fueron mínimas y sus fluctuaciones esporádicas, como en el tratamiento testigo, por lo que no representa un riesgo en el control de los niveles óptimos de los mismos.

CONCLUSIONES

La productividad por planta en el segundo ciclo de cultivo de rosa cv. Classy aumenta al adicionar 30 mL del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR) a la fórmula de fertilización completa de la finca.

Reducir en 25% la fórmula de fertilización y adicionarle fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR), redujo significativamente el porcentaje de descabece de flor en el segundo ciclo de evaluación en el cultivo de rosa cv. Classy.

Las respuestas obtenidas para las variables grados de calidad y análisis foliares no presentan evidencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos incluyendo el tratamiento donde se redujo la fórmula de fertilización en un 25%, demostrando la complementación de las cantidades de los elementos reducidos por parte del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR).

BIBLIOGRAFÍA

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger, S. Lee and C. Welch. 2002a. Effects of vermicomposts on growth marketable fruits of field-growth tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia* 47: 731-35.

Arancon, N.Q., S. Lee, C.A. Edwards and R. Atiyeh. 2002b. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. *Pedobiologia* 47: 741-44.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J.D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts

on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger and C. Lucht. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiología* 49: 297-306.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, S. Lee and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42: S65-S69.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, A. Babenko, J. Cannon, P. Galvis and J.D. Metzger. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology* 39: 91-99.

Atiyeh, R.M., N.Q. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2002a. The influence of earthworms-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology* 81: 103-08.

Atiyeh, R.M., S. Lee, C.A. Edwards, N.Q. Arancon and J.D. Metzger. 2002b. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.

Blevins, D. and K. Lukaszewski. 1998. Boron in plant structure and function. *Annual Review of Plant Physiology* 49: 481-500.

Burbano, H. 1994. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. pp. 187-217. En: Silva, M.F. (ed.). *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Editorial Guadalupe Ltda., Bogotá. 524 p.

Burés, S. 1997. Preparación de sustratos. pp. 265-275. En: Burés, S. (ed.). *Sustratos*. Ediciones Agrotecnias S.L., Madrid. 342 p.

Cabrera, R. 2005. El nitrógeno afecta la productividad y calidad en rosas de invernadero así como el medio ambiente. *Asocolflores* 66: 34-41.

Canellas, P.L., F. López, A.L. Okorokova and A. Rocha. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost

enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize root. *Plant Physiology* 130(4): 1951-1957.

Castellanos, J. 2000. Mitigación del impacto ambiental de la fertilización en el cultivo de flores. *Asocolflores* 58:29-35.

Cegarra, J. 1994. Compostaje de desechos orgánicos y criterio de calidad del compost. pp. 23-29. En: *Memorias. VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. "El Componente Bioorgánico del Suelo"*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bucaramanga. 198 p.

Chaoui, H., L. Zibilske and T. Ohno. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry* 35(2): 295-302.

Cross, M. 2000. Quality and postharvest performance of cut roses grown in root media containing coal bottom ash. Tesis Ph.D. College of Agriculture and Forestry. West Virginia University, USA. 128 p.

Edwards, C.A. 1998. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. pp. 327-354. In: *Earthworm ecology. Soil and Water Conservation Society*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 389 p.

Felix, H., R. Sañudo, G. Rojo, R. Martínez y V. Olalde P. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4(1): 57-67.

Ferruzzi, C. 1987. *Manual de lombricultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 136 p.

Humus de Lombriz San Rafael Ltda. 2002. Resumen general de producción del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael. 13 p. (comunicación personal).

Kale, R.D. 1998. Earthworms: Nature's gift for utilization of organic wastes. pp. 355-375. En: Edwards, C.A. (ed.). *Earthworm ecology. Soil and Water Conservation Society*. CRC Press. Boca Raton, Florida. 389 p.

López, J., A. Díaz, E. Martínez y R. Valdez. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas de suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19(4): 293-299.

Magdoff, F. and R. Weil. 2004. Interactions among organic matter, earthworms and microorganisms in

- promoting plant growth. pp. 327-363. In: Magdoff, F. and R. Weil (eds.). Soil organic matter in sustainable agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida. 398 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrient of higher plants. Second edition. Academic Press, London. 446 p.
- Muñoz, R. 1994. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. pp. 293-304. En: Fertilidad de suelos diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Editorial Guadalupe Ltda., Bogotá. 524 p.
- Rahman, M. and Z. Punja. 2007. Calcium and plant disease. pp. 79-93. In: Datnoff, L.E., W.H. Elmer and D.M. Huber (eds). Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society. APS Press, St. Paul. Minnesota. 278 p.
- Romero, M. 2003. La lombriz de tierra una alternativa para enriquecer la fase orgánica del suelo. pp. 69-72. En: Memorias. II Taller de Hortalizas, Productividad Mercadeo. CORPOICA, Bogotá. 115 p.
- Rothman, M.S.A., G.P. Dondo, B.B. Tonelli y M.J. Montiel. 2006. Evaluación del uso de extracto de lombricomposteo en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) a campo. Revista Científica Agropecuaria 10(2): 101-107.
- Roux, S.J. and R.D. Slocum. 1982. Role of calcium in mediating cellular functions important for growth and development in higher plants. pp. 408-453. In: Cheung, W.Y. (ed.). Calcium and cell function III. Academic Press, New York. Vol. 3.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2003. Fisiología de las plantas 1. Células: agua, soluciones y superficies. Paraninfo, S.A., Madrid. 305 p.
- Sánchez G., H. Rodríguez, C. Carballo y M. Milanés. 2005. Influencia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 10(1): 1-7.