

**Evaluación de los sustratos: fibra de coco,
compost: arena y compost: arena: suelo:
casulla de arroz para producción de
crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum
kitamura*) en macrotúnel**

José Carlos Herrera Gómez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de los sustratos: fibra de coco,
compost: arena y compost: arena: suelo:
casulla de arroz para producción de
crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum
kitamura*) en macrotúnel**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

José Carlos Herrera Gómez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

**Evaluación de los sustratos: fibra de coco,
compost: arena y compost: arena: suelo:
casulla de arroz para producción de
crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum
kitamura*) en macrotúnel**

Presentado por:

José Carlos Herrera Gómez

Aprobado:

Gloria Arévalo, M.Sc.
Asesora principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Carrera de Ingeniería Agronómica

Cintha Martínez, M.A.E.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Herrera Gómez, J. C. 2011. Evaluación de los sustratos: fibra de coco, compost: arena, compost: arena: suelo: casulla de arroz para producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) en macrotúnel. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 18 p.

El crisantemo es uno de los cultivos ornamentales más producidos alrededor del mundo por su belleza estética y gama de colores. Se comercializa como flor de corte y como macetero. La calidad de la flor depende del sustrato en que se desarrolla, propiedades climáticas, riego, fertilización, humedad y la luz que reciba durante el ciclo de producción. El objetivo fue evaluar la producción de crisantemo en tres sustratos como medio de cultivo: fibra de coco, compost: arena (1:1 v/v) y compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v). Se utilizó un BCA con cuatro repeticiones. El material vegetativo fue tomado de las plantas madres de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) variedad lizzeth y colocados durante tres semanas en enraizamiento, se trasplantó a maceteros (15 × 15 cm) con un esqueje por macetero. Se realizó poda de despunte en la segunda semana de trasplantado, para que la planta tuviera un mejor desarrollo floral, se fertilizó en conjunto con el riego en forma manual, aplicando con un día de por medio y una concentración de 20-20-20 (NPK) de 1000 g/200 L. Cada macetero recibió 400 cm³ de agua diariamente durante todo el ciclo. El ciclo del cultivo se dio por terminado cuando el 50% de los botones estaban abiertos y fue a las 16 semanas, desde el enraizamiento hasta la floración. El sustrato fibra de coco presentó mayor cantidad de nutrientes, pH 5.7, 77% de M.O y 44 dS/m de conductividad eléctrica y densidad aparente de 0.12, densidad real de 1.31 y 76% de espacio poroso. El sustrato compost: arena tuvo un pH 7.24, 15% de M.O y 15 dS/m de conductividad eléctrica, densidad aparente de 0.9, densidad real de 1.9 y 54% de espacio poroso. El compost: arena: suelo: casulla de arroz tuvo un pH de 4.98, 7.2% M.O. y 20 dS/m de conductividad eléctrica, densidad aparente de 0.38, densidad real de 1.4 y 73% espacio poroso. El crecimiento fue uniforme en los tres sustratos. El peso de la materia seca de la raíz fue mayor en el sustrato compost: arena con 28 g/planta y una humedad de 65%, menor que la de los otros sustratos. El número de botones florales fue igual en la fibra de coco y compost: arena, pero, hubo más flores abiertas en compost: arena. El mejor sustrato en producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) fue compost: arena.

Palabras clave: Botones florales, conductividad eléctrica, densidad aparente, espacio poroso, Lizzet.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4 CONCLUSIONES.....	15
5 RECOMENDACIONES.....	16
6 LITERATURA CITADA.....	17

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Densidad aparente, densidad real y porcentaje de espacio poroso de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.) Zamorano, Honduras.....	6
2. pH, materia orgánica y conductividad eléctrica de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	7
3. Caracterización química de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	8
4. Saturación de base de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	9
5. Análisis nutricional del tejido vegetal de flores, hojas y tallos en la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	10
6. Análisis nutricional del tejido de raíces en la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	11
7. Disponibilidad y absorción de las bases solubles en los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	11
8. Producción de biomasa en la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	12
9. Porcentaje de humedad en flores, hojas, tallo y raíces en la producción de crisantemo (<i>Dendrathera × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	12

10. Altura semanal (cm) hasta la época de floración en la producción de crisantemo (<i>Dendratherma × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	13
11. Número de botones y número de flores en la producción de crisantemo (<i>Dendratherma × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	14
12. Porcentaje de botones abiertos y por abrir en la producción de crisantemo (<i>Dendratherma × grandiflorum kitamura</i>) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.....	14

1. INTRODUCCIÓN

El crisantemo es una planta poco exigente en cuanto a suelo, aunque como ocurre con otras plantas, cuanto mejores son las condiciones del suelo, más grandes y de mejor calidad serán las flores. En general, las tierras de consistencia media, con un buen drenaje, ricas en humus y con un pH entre 6 y 7 son las más adecuadas para su cultivo (Arbos 1992).

El crisantemo es una planta muy exigente en macro y micronutrientes. Dentro de los macronutrientes, los más importantes son el nitrógeno y potasio; con el nitrógeno es muy difícil su absorción ya que los sistemas radicales no están expandidos por todo el suelo y la eficiencia de la recuperación de nitrógeno es baja, aumentando con el tiempo y durante los últimos 20 días solamente la inflorescencia crece rápidamente y los nutrientes se transportan desde las hojas (AbcAGRO 2001).

El crisantemo utilizado para el cultivo en maceta debe ser una planta aromática dura o semidura, con flores que muestren una amplia variedad de colores. Los cultivos de crisantemos en macetero deben presentar las siguientes características: planta bien formada, facilidad para el desarrollo de ramas, producir flores en tallos cortos y tener flores de color, tamaño y forma deseados. Los crisantemos florecen en respuesta a temperaturas mayores o iguales a 15°C, la temperatura de 15°C debe ser la media de las temperaturas diurnas y nocturna, las temperaturas diurnas no deben de sobrepasar los 25°C y las nocturnas no deben descender a menos de 10°C (Crater 1998).

El cultivo de crisantemo en macetero en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras (E.A.P.) inició en 1997 realizando estudios con relación a productividad, las plantas fueron afectadas por la insuficiencia de la intensidad lumínica al comienzo de la producción, crecimiento acelerado en las primeras cuatro semanas y floración desuniforme producto de las altas temperaturas en el interior del invernadero (Sánchez Segundo 1998). En la actualidad, los países centroamericanos han abierto brecha en la agricultura mundial; exportación de frutas, verduras y vegetales, pero la producción de flores para la exportación ha pasado desapercibida por los agricultores.

Los materiales utilizados en sustratos deben proporcionar un ambiente óptimo para la producción de plantas. Los ingredientes de sustratos pueden incluir mezclas de turba, arena, casulla de arroz, compost y otros materiales. En el sustrato crecen las raíces y es por ello que cobra relevancia el volumen del contenedor. En ese volumen, las propiedades físicas y dentro de ellas las relaciones agua aire del sustrato, cobran gran importancia. Se considera que un buen sustrato debe tener más del 85% de porosidad (Valenzuela y Gallardo 2002).

Otras ventajas al trabajar con sustratos son que el material es libre de patógenos (es esterilizado con vapor u otro método), y que se conoce la fertilización y riego que se agrega a la planta. Ellos pueden aumentar la productividad de la planta al asegurar un ambiente propicio para la producción. También pueden haber desventajas como la retención de sales e introducción de patógenos y compactación del mismo, provocando problemas en las raíces y reducción de la producción (Morales Cruz 2009).

En la producción bajo invernadero es necesario contar con equipo para asegurar la producción y mantener un ambiente controlado de acuerdo a las necesidades y características del cultivo. Esto incluye sistemas de riego, ventilación y sustrato (Valenzuela y Gallardo 2002).

Un sustrato cumple cuatro funciones: 1) proporcionar agua, 2) suministrar nutrientes, 3) permitir el intercambio de gases con las raíces, 4) proporcionar soporte a las plantas. Desafortunadamente lo anterior ha sido mal interpretado, al asumir que estas propiedades estarán presentes tan pronto se mezclen los componentes. La única función que está garantizada después de mezclar es el soporte de las plantas. Las otras tres son controladas por el productor. El análisis de los sustratos para medir su pH, conductividad eléctrica (CE) y nutrientes específicos, es una importante herramienta para monitorear el estado en que se encuentran los nutrientes vegetales y controlar el uso de fertilizantes. Para quienes mezclan su propio sustrato, un análisis presiembra proporciona información sobre la cantidad de enmiendas a añadir en esta etapa, con el fin de llegar al nivel adecuado de pH y sales solubles. Los análisis realizados después de la siembra permiten observar tendencias del pH y sales solubles. Los análisis realizados después de la siembra permiten al productor observar la disponibilidad de nutrientes a través del tiempo, y hacer los ajustes necesarios en la fertilización (Reed 1999).

En el área de Ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana, se cultivó crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*), variedad Lizzeth con flores de color amarillo; con tres sustratos: fibra de coco de tercer ciclo de uso, sus dos usos anteriores fueron en la producción de chile en la compañía IAGSA; el sustrato utilizado en los invernaderos de Zona 3 (producción de hortalizas), Zamorano, que es una mezcla de compost y arena (1:1); y el sustrato utilizado para la propagación de plantas en el área de Ornamentales, que es una mezcla de compost, arena, suelo y casulla de arroz (3:1:2:2). Se evaluó el rendimiento del cultivo en los tres sustratos hasta llegar a la etapa de floración.

Este proyecto tuvo como objetivos determinar el mejor sustrato para la producción de crisantemos bajo condiciones de macrotúnel e identificar en cuál de los sustratos es mejor aprovechada la concentración de nutrientes, la mejor porosidad, el pH, la conductividad eléctrica y otras propiedades físicas y químicas que comúnmente no se toma en cuenta en la producción de crisantemos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se desarrolló en el área de Ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana, Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El sitio está ubicado a 14° Norte y 87° Oeste, clima de 25° C promedio y una altura aproximada de 800 msnm, en el invernadero de vidrio tipo A para el enraizamiento y en el macrotúnel de la unidad el establecimiento de los tratamientos y el desarrollo del cultivo (Velásquez 2007).

Sustratos. Los sustratos utilizados para el estudio fueron:

- Sustrato 1: fibra de coco de tercer ciclo de Chile (esterilizado) proveído por la compañía IAGSA.
- Sustrato 2: mezcla de compost y arena (1:1) v/v utilizada en los invernaderos de Zona 3 en Zamorano (E.A.P.) y proveído por la unidad de Olericultura.
- Sustrato 3: mezcla de compost, arena, suelo y casulla de arroz (3:1:2:2) v/v utilizada para la propagación de plantas ornamentales en Zamorano (E.A.P.), proveído por la unidad de Ornamentales.

METODOLOGÍA

Caracterización de los sustratos. Los tres sustratos fueron analizados antes del trasplante de los esquejes de la siguiente manera:

Análisis físico: densidad aparente, densidad real, porosidad.

Análisis químico: pH, cantidad de materia orgánica, Fósforo disponible, Potasio disponible, Calcio y Magnesio. El pH fue determinado por medio del potenciómetro con electrodo de vidrio, usado en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, utilizando una proporción de 1:1 suelo: agua por peso (Arévalo y Gauggel 2010).

La materia orgánica fue determinada por el método de Walkley & Black. Para el análisis de la cantidad de Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio disponible, se utilizó la Solución Extractora Universal (Mehlich 3), por espectrofotometría y para determinación de Fósforo se hizo por colometría (Arévalo y Gauggel (2010)).

La conductividad eléctrica se midió en el extracto de saturación mediante el puente de Wheastone. Las sales solubles se determinaron en el mismo extracto, determinadas por espectrofotometría. La densidad aparente (Dap) fue determinada por peso de una unidad de suelo conocido y un volumen conocido (Vap) [1] (Arévalo y Gauggel 2010).

$$Dap = \text{Peso} / Vap \quad [1]$$

La densidad real (Dr) se calculó tomando en cuenta el peso de un volumen de sustrato [2]. A partir de la densidad aparente y la densidad real se determinó el porcentaje de porosidad en cada sustrato [3] (Arévalo y Gauggel 2010).

$$Dr = \text{Peso} / \text{Volumen real del sustrato} \quad [2].$$

$$\text{Porosidad} = [1 - (\text{Densidad aparente} / \text{Densidad real})] \times 100 \quad [3]$$

PRODUCCIÓN DEL CULTIVO

Plantación madre. Se utilizó la variedad Lizzeth de la plantación madre de la unidad de Ornamentales para obtener el material vegetativo. Estas plantas madres están en condiciones de días largos para inhibir la formación de botones florales, esto mediante la interrupción de las horas de oscuridad con iluminación artificial. Se cortaron 135 esquejes el día 27 de mayo del 2011.

Enraizamiento. Los esquejes fueron colocados en un banco de enraizamiento, en arena gruesa de río como medio en un invernadero de vidrio. Los esquejes fueron sembrados a una distancia de 2.5 cm entre esquejes y 5 cm entre hileras, estuvieron bajo riego por nebulización cada cinco minutos por 20 segundos, desde las ocho de la mañana hasta las cuatro de la tarde, durante tres semanas. Se colocaron alrededor de 135 esquejes.

Trasplante. Luego de tres semanas de enraizamiento se trasplantaron en maceteros de 15 × 15 cm, se llenaron 40 maceteros con cada sustratos. Cada macetero tenía un volumen de 2780 cm³. Estaban ubicados a 25 cm entre sí y se sembró un esqueje por macetero. El riego se realizó de manera manual, fue de 400 cm³ por macetero diariamente.

Poda. Se realizó el despuntado de las plantas a los 15 días de haber sido trasplantadas. El despunte de la planta permite el desarrollo de la floración tipo “spray”, de este modo la planta pierde su desarrollo apical y se ramificará obteniendo más flores.

Fertilización. La fertilización aplicada se basó en una dosis de 1000 g/200 L del fertilizante 20-20-20 (NPK) en cada macetero, suministrado a través de fertirriego, con un día de por medio. La fertilización inició la segunda semana después de haber sido trasplantadas las plantas y se terminó al inicio de la floración en la semana 11 del cultivo.

Cosecha. Cuando las plantas presentaron el 50% de los botones abiertos al terminar el ciclo del cultivo, se contó el número de flores y la producción de biomasa. El análisis del peso de las raíces, el peso de las hojas y el peso de los tallos se realizó en estado fresco y estado seco, así como, el análisis nutricional del tejido.

VARIABLES MEDIDAS

Altura de las plantas y mortalidad. Ambas variables fueron medidas semanalmente desde la semana dos del trasplante, hasta la última semana de floración. La altura fue tomada desde el inicio del tallo, hasta la punta del botón apical más alto.

Botones florales. El número de botones florales fue contado cuando los botones estaban a punto de abrirse, donde se percibía el color amarillento de los pétalos.

Flores abiertas. La cantidad de botones abiertos fue contado en los maceteros evaluados, a partir de la semana 12 a la semana 13.

Producción de biomasa. Se tomó el peso fresco de las flores, hojas, tallo y raíces de cada sustrato. Las muestras fueron secadas en horno a 80° C hasta que estuvieran secas y se tomó el peso. Para el análisis nutricional del tejido se tomó una muestra de flores, hojas y tallos molidas. Luego se midió la cantidad de nutrientes en los tejidos de la plantas, representando la cantidad de nutrientes que absorbió la planta.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro repeticiones y tres tratamientos, con dos plantas por unidad experimental en cada repetición. Las variables fueron medidas siempre en los mismos maceteros.

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los datos obtenidos se determinó por medio del “Statistical Analysis System” (SAS® 9.1) utilizando el modelo GLM, con separación de medias Tukey, y un nivel de significancia de $P = 0.05$.

Los análisis de las variables altura de planta, número de botones y número de flores se hicieron por análisis estadístico, en cambio, la producción de biomasa, análisis nutricional del tejido y la caracterización física y química de los sustratos se hizo por análisis descriptivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad Lizzeth de crisantemo tuvo un ciclo de 16 semanas, inició el 30 de mayo y concluyó el 20 de septiembre del 2011, dividido en tres etapas: tres semanas de enraizamiento, siete semanas de crecimiento y desarrollo del botón floral y las últimas tres semanas de floración, el ciclo terminó en la semana 13 de trasplantado los esquejes, con más del 50% de las botones abiertos. Las plantas fueron comercializadas en el vivero de Zamorano.

Características físicas de los sustratos. El sustrato más poroso fue la fibra de coco. La densidad aparente fue menor en la fibra de coco, debido a la poca concentración de partículas sólidas que poseía. Tiene mayor porcentaje de espacio poroso, nivel de aireación y capacidad de infiltración. La densidad aparente es el volumen ocupado por los poros y las partículas solidas en una porción de suelo, es la razón de que el sustrato fibra de coco tenga menor densidad aparente (0.12 t/m³) y porosidad de 91% (Cuadro 1).

Haciendo referencia a la densidad real en otros materiales, los suelos con mayor cantidad de minerales presentan una densidad real mayor a 2.3 t/m³ (Plaster 2005). Por esta razón el sustrato compost: arena que posee 50% de arena, tiene la densidad real más alta 1.9 t/m³, en menor proporción pero siempre con influencia, el sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz tiene 1.4 t/m³.

Cuadro 1. Densidad aparente, densidad real y porcentaje de espacio poroso de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	Densidades t/m ³		
	Aparente	Densidad Real	Espacio Poroso (%)
SFC [∞]	0.12	1.3	91
SC:A ^u	0.90	1.9	53
SC:A: S:C ^a	0.38	1.4	73

[∞]SFC: Sustrato fibra de coco. ^uSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). ^aSC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

Características químicas de los sustratos. El pH que el crisantemo necesita para su mejor desarrollo es entre moderadamente ácido y neutral 5.5-7.0 (Arbos Lavila 1999). La fibra de coco presentó un pH moderadamente ácido (5.70), el sustrato compost: arena es neutral (7.24) y el sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz es muy fuertemente ácido (4.98) (Cuadro 2).

Los niveles de materia orgánica fue 77% mayor en la fibra de coco, seguido por el sustrato compost: arena con 15%, demostrando la aportación que hace el 50% de compost en los niveles de materia orgánica y por último compost: arena: suelo: casulla de arroz con 7.2 %. Las sales solubles, medidas como conductividad eléctrica, se presentaron en mayor proporción en la fibra de coco con 44 dS/m, seguido por el sustrato Compost: arena: suelo: casulla de arroz con 20 dS/m y por último el compost arena con 15 dS/m.

La conductividad eléctrica tuvo un alto valor en la fibra de coco debido a que era proveniente de dos ciclos de chile dulce, la compañía IAGSA utiliza este sustrato para el anclaje de las raíces y los nutrientes son depositados con el riego, lo que lleva a una acumulación de sales y nutrientes en el sustrato.

Cuadro 2. pH, materia orgánica y conductividad eléctrica de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano.

Sustrato	pH	M.O [¥] (%)	N (%)	Conductividad eléctrica (dS/m)
SFC [°]	5.70	77.0	3.85	44
SC:A ^µ	7.24	15.0	0.75	15
SC:A:S:C [±]	4.98	7.2	0.36	20

[¥]M.O. Materia orgánica.

[°]S FC= Sustrato fibra de coco. ^µSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

La disponibilidad de los nutrientes fue superior en el sustrato fibra de coco en todos los análisis, debido a la cantidad de nutrientes que acumuló en sus usos anteriores (Cuadro 3). La diferencia de bases intercambiables solubles fue tres veces mayor en la fibra de coco que en el sustrato compost: arena y seis veces mayor que en compost: arena: suelo: casulla de arroz. Para los cationes solubles, la fibra de coco es 12 veces mayor que compost: arena y 25 veces mayor que compost: arena: suelo: casulla de arroz. Los nutrientes intercambiables en fibra de coco son cuatro veces mayor que en compost arena y seis veces mayor que en compost: arena: suelo: casulla de arroz. La capacidad de intercambio catiónico fue casi cuatro veces mayor en fibra de coco que en los demás sustratos.

Cuadro 3. Caracterización química de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	Extractable (ppm)	mg/kg								cmol/kg				
		Bases Intercambiables + Solubles (mg/kg)				Cationes solubles (mg/kg)				Intercambiables (cmol/kg)				
		P	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na
SFC ^o	1531	3900	16313	2850	1065	2735	6774	2323	887	8.9	76	21	4	110
SC:A ^u	242	1208	5063	1163	525	168	536	242	215	2.3	20	6	0.6	29
SC:A:S:C [±]	2546	675	4275	263	158	119	248	34	49	1.4	20	2	0.5	24

^oS FC= Sustrato fibra de coco. ^uSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

La saturación de base indica la disponibilidad en que se encuentran los cationes solubles en los sustratos, en general es muy alto, pero el Calcio (Ca) se encuentra en una disponibilidad alta en el sustrato de compost: arena: suelo: casulla de arroz y el magnesio (Mg) en baja disponibilidad, provocando un desbalance y una pérdida en la absorción de los sustratos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Saturación de base de los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	%					Ca/Mg	Ca + Mg /K	K/Mg
	SB TM	SK [€]	SCa ^ϕ	SMg ^ŷ	P.S.I. ^Ξ			
SFC [∞]	99 A ^J	8 A	69 M	19 M	3.6 N	3.6 N	10.9 N	0.4 N
SC:A ^μ	97 A	8 A	69 M	20 M	2.6 N	3.3 N	11.3 N	0.4 N
SC:A:S:C [±]	99 A	5 M ^I	83 A	83 B	2.0 N	10.0 A	15.7 A	0.7 A

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

TMSB= Saturación de bases. [€]SK= Saturación de Potasio. ^ϕSCa^ϕ= Saturación de Calcio. ^ŷSMg= Saturación de Magnesio. ^ΞP.S.I.= Porcentaje de Sodio intercambiable.

^JA=alta. ^IM=media. B=bajo. N=normal

Análisis nutricional del tejido. El análisis nutricional del tejido vegetal fue sobre los nutrientes de las flores, hojas y tallo, las cuales fueron comparadas con el rango de nutrientes para crisantemo de (Benton Jones, H. A. Mills, 1991) (Cuadro 5). El N fue bajo en todos los nutrientes, el nivel de P fue óptimo en compost: arena y en compost: arena: casulla de arroz y en nivel alto en fibra de coco, el K estaba óptimo en todos los sustratos, el Ca y Mg mostraron bajos niveles en todos los sustratos. El Fe resultó bajo en todos los sustratos, el Mn estaba alto en todos y el Zn estaba alto en fibra de coco y compost: arena y bajo en compost: arena: suelo: casulla de arroz (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis nutricional del tejido vegetal de flores, hojas y tallos en la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
SFC [∞]	3.6 B	0.7 A ^b	4.4 O	0.7 B	0.1 B	0.14	16	90 B	629 A	113 A	28
SC:A ^μ	2.9 B	0.5 O ^ō	3.5 O	0.9 B	0.1 B	0.19	16	177 B	285 A	115 A	27
SC:A:S:C [±]	3.5 B	0.5 O	3.8 O	0.8 B	0.1 B	0.19	15	144 B	552 A	79 O	26
Rango Foliar	3.9-5.4	0.3-0.6	2.5-6.1	1.0-3.1	0.3-0.9	nd [©]	nd [©]	279	22-247	13-98	nd [©]

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

[©] nd= No hay dato.

^bA=alto. ^ōO=optimo. B=bajo (Benton y Mills 1991).

En las raíces, los porcentajes de los macronutrientes, N y K fueron mayores en el sustrato compost: arena. El P y Ca fueron mayores en la fibra de coco y el Mg tuvo un mayor porcentaje en el sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz. El S fue superior en el compost: arena (Cuadro 6).

Para los micronutrientes, Cu fue mayor en compost: arena, el Fe tuvo un alto valor de ppm en compost: arena: suelo: casulla de arroz, en cambio, el Mn, Zn y B fueron mayores en fibra de coco. En el sustrato compost: arena la mitad de los macronutrientes (N, K y S) tuvieron porcentajes mayores que los demás sustratos.

Cuadro 6. Análisis nutricional del tejido de raíces en la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	%						ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
S FC [∞]	2.10	0.71	1	1.40	0.1	0.24	50	806	525	208	17h
S C:A ^μ	2.21	0.58	2	0.72	0.1	0.27	64	1035	280	157	14
S C:A:S:C [±]	1.41	0.28	1	0.54	0.1	0.01	51	2974	251	65	13

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

Componentes como el Magnesio en el sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz con baja disponibilidad fueron absorbidos de manera óptima, en las cantidades necesarias para la planta. Otros componentes como el Potasio estaba en alta disponibilidad en compost: arena y fue absorbido de manera óptima por la planta. El Fósforo se encontraba en diferentes niveles de disponibilidad y fue absorbida óptimamente por las plantas en los tres sustratos. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Disponibilidad y absorción de las bases solubles en los sustratos evaluados para la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Nutrientes	Sustrato			Planta		
	SFC [∞]	SC:A ^μ	SC:A:S:C ^α	SFC [∞]	SC:A ^μ	SC:A:S:C ^α
N	B ^ŷ	M	B	B	B	B
P	M ^ŷ	B	A	O	O	O
K	A ^ē	A	M	O	O	O
Ca	M	M	A	B	O	O
Mg	M	M	B	O	O	O

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

^ŷA alta. ^ŷM media. B bajo. ^ēO óptimo.

Producción de biomasa. El sustrato compost: arena presentó un mayor peso total en materia seca que los demás sustratos, por el peso de raíces que tenía la planta en este sustrato. En el sustrato fibra de coco fue mayor el peso fresco total por el peso que tenían las hojas y el tallo. El sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz el menor peso de todos los sustratos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Producción de biomasa en la producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	Peso Materia Fresca (g)					Peso Materia Seca (g)				
	Flores	Hojas	Tallo	Raíz	To ^β	Flores	Hojas	Tallo	Raíz	To ^β
SFC [∞]	45	51	51	45	191	6	6	9	7	27
SC:A ^μ	44	31	38	66	176	5	4	7	28	44
SC:A:S:C [±]	24	27	24	48	122	3	3	4	13	23

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz. (3:1:2:2 v/v)

^βTo: Total.

El porcentaje de humedad total fue menor en el sustrato compost: arena, debido a que uno de los componentes de este sustrato era arena en 50%, tenía una baja capacidad de retención de humedad. Con porcentaje relativamente bajo de materia orgánica (15%) y la alta densidad aparente indica que tenía pocos espacios porosos y aireación para que el agua se retuviera (Cuadro 9).

Cuadro 9. Porcentaje de humedad en flores, hojas, tallo y raíces en la producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	Humedad (%)				
	Flores	Hojas	Tallo	Raíz	Total
SFC [∞]	88	88	83	85	86
SC:A ^μ	87	86	81	65	75
SC:A:S:C [±]	89	87	82	73	81

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

VARIABLES AGRONÓMICAS

Altura. La altura acumulada hasta el final del ciclo no tuvo diferencias significativas en los sustratos. Todos los sustratos tuvieron una velocidad de crecimiento aproximado de 0.5 cm semanales. La altura no se vio influenciada por el tipo de sustrato que se utilizó (Cuadro 10).

Cuadro 10. Altura semanal (cm) hasta la época de floración en la producción de crisantemo (*Dendrathera* × *grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	Semana									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SFC ^o	8.2	9.1	10.2	11.6	13.4	14.6	15.9	16.2	17.6	18.2
SC:A ^h	8.0	8.8	10.2	11.5	12.9	13.7	14.9	15.3	16.4	17.3
SC:A:S:C [±]	7.8	8.9	9.2	11.1	12.7	13.2	14.8	15.3	16.2	17.1

^oSFC= Sustrato fibra de coco. ^hSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

Mortalidad. En el sustrato fibra de coco no se presentó ninguna planta muerta a lo largo del ciclo, en el sustrato compost: arena fue 2% del total de plantas en este sustrato y de las plantas que estaban en compost: arena: suelo: casulla de arroz fue 13%.

Número de botones y número de flores. Para el sustrato fibra de coco y el sustrato compost: arena no hubo diferencias significativas para el número de botones cerrados. Pero el sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz presentó diferencia a los demás sustratos, generando menor número de botones florales (Cuadro 11).

El número de flores indica que las dos veces que fue medida esta variable en la semana 11 tanto como en la semana 13, no hubo diferencia significativa entre los sustratos fibra de coco y compost: arena: suelo: casulla de arroz. El sustrato que presentó mayor número de flores fue compost: arena debido a que los resultados de humedad indicaron que compost: arena tuvo menor retención de humedad total, la planta sufrió de estrés por deshidratación, lo que la llevo a producir una mayor cantidad de botones florales por racimo.

Cuadro 11. Número de botones y número de flores en la producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	Número de botones	Número de flores abiertas	
		Semana 11	Semana 13
SFC [∞]	114 ^{a§}	48 ^b	72 ^b
SC:A ^μ	118 ^a	65 ^a	97 ^a
SC:A:S:C [±]	85 ^b	41 ^b	62 ^b

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

[§]Valores con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P 0.05) según prueba Tukey.

El mejor sustrato en base al número de botones abiertos fue el sustrato compost: arena que tuvo 82% de flores abiertas, en compost: arena: suelo: casulla de arroz fue 73% y la fibra de coco fue 63% (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de botones abiertos y por abrir en la producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) en los sustratos evaluados en la sección de Ornamentales, (E.A.P.), Zamorano, Honduras.

Sustrato	%	
	Botones abiertos	Botones por abrir
SFC [∞]	63	33
SC:A ^μ	82	18
SC:A:S:C [±]	73	27

[∞]SFC= Sustrato fibra de coco. ^μSC:A= Sustrato compost: arena (1:1 v/v). [±]SC:A:S:C= Sustrato compost: arena: suelo: casulla de arroz (3:1:2:2 v/v).

4. CONCLUSIONES

- El sustrato compost: arena fue el mejor para la producción de crisantemo (*Dendrathera × grandiflorum kitamura*) en macrotúnel ya que con este sustrato abrieron más rápido las flores.
- En compost: arena la planta emitió mayor cantidad de raíces.
- La planta absorbió y acumuló el N del sustrato, en cuanto a P y K solo absorbió lo que requirió.
- La fibra de coco no es un sustrato sustituto para la producción de crisantemo de los sustratos de Zamorano.

5. RECOMENDACIONES

- Implementar el uso del sustrato compost: arena para la producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en macrotúnel.
- Subir el pH del sustrato y comprobar el efecto en la producción de crisantemo en macrotúnel.
- Generar estrés hídrico para acelerar la apertura de flores.
- Limitar las aplicaciones de N a los requerimientos del cultivo.

6. LITERATURA CITADA

AbcAgro. 2001. Crisantemo. Cultivo de crisantemo (en línea). Consultado 25 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.abcagro.com/flores/flores/crisantemo3.asp#5.5.%20NUTRICIÓN>.

Arbos Lavila, A. 1992 El crisantemo. Cultivo, multiplicación y enfermedades. Ed. Madrid, España. 169 p.

Arévalo, G.; Gauggel C. 2009. Manual de Practicas, Curso de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. V ed. Zamorano, Honduras. 74 p.

Arévalo, G.; Gauggel, C. 2010. Manual de Laboratorio de Ciencia de Suelos y Aguas. III ed. Zamorano, Honduras. 75 p.

Benton Jones Jr, H. A. Mills 1991. Plant Analysis Handbook II Micro Macro. Publishing, INC. 422 p.

Crater, R. 1998. Crisantemos en maceta. *In* Introducción a la floricultura. Ed. por Roy A. Larson. México, D.F, A.G.T Editor S.A. 257 p.

Morales Cruz N. R. 2009. Comparación de seis sustratos comunes en la producción de pepino (*Cucumis sativa*) y acumulación de sales, bajo invernadero en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 24 p.

Plaster, E. 2005. La ciencia del suelo y suelos y su manejo. Ed Thompson. 427 p.

Reed, David. 1999. Agua, Sustratos y Nutrición. En los cultivos de flores bajo invernadero. Bogotá, Colombia. 309 p.

Sánchez Segundo, M. 1998 Evaluación de la producción de seis cultivares de crisantemo (*Dendrathera x grandiflorum kitamura*) en macetero, en El Zamorano. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 22 p.

Valenzuela, O.; Gallardo, C. 2002. Sustratos Hortícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ed. UNER Argentina. 5 p.

Velásquez Méndez, D. E. 2007. Estudio semidetallado de suelos de la parte plana de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación para optar al título de ingeniero agrónomo E.A.P. 78 p.