

EFFECTO DEL SUSTRATO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*) EN VIVERO

*Alberto Montero G.**
*Orlando Gonzalez V.***
*Fabio A. Blanco****

ABSTRACT

EFFECT OF THE SUBSTRATE ON THE GROWTH OF MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*) PLANTS IN THE NURSERY. The study was conducted, to determine the most suitable substrate in order to reduce the growing period of macadamia (*Macadamia integrifolia*), nut plants in the nursery, in Alajuela, Costa Rica.

A Randomized Complete Block Design with a 6x2 factorial arrangement was used, corresponding to six substrates and two macadamia cultivars.

The substrates used were: 1) soil, 2) soil + rice hulls (3:1), 3) soil macadamia shells (1 :1), 4) soil + chicken manure (3:1), 5) soil + chicken manure + macadamia shells (2:1:1) and 6) soil + chicken manure + rice hulls (3:1:1). The cultivars used were Keauhau (HAES 246) and Keau (HAES 660). The experimental unit consisted of six trees, taking the intermediate four as the useful plot.

The following parameters were recorded: 1) diameter and height of each plant every 60 days, 2) dry weight of aerial portion and roots and 3) substrate humidity.

When the diameter and height of the plants and the dry weight of aerial portion and roots were analyzed, the substrates "soil + manure + rice hulls" and "soil + rice hulls" significantly surpassed the control (soil) at 240 days.

During the dry season, the substrates "soil + macadamia shells" and "soil + manure + macadamia shells" retained the highest humidity percentages (79 and 75%, respectively), with no difference among them, and surpassing the control. The "soil + manure + rice hulls" substrate held more humidity than the control, but less than the other two substrates (51%).

*Ing. Agr. Investigador del Departamento de Agronomía. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.

**Ing. Agr. Investigador del Convenio Cooperativo ICAFE-UCR

***Profesor de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

The largest growth in diameter and height of the plants and dry weight of the aerial part was obtained with the substrates "soil + manure (3:1:1)", and "soil + manure + rice hulls (3:1:1), eventhough they showed no differences for the weight of roots, with the control. They showed humidity percentages between 42 and 51%. The other substrates showed lower root weights than the control.

INTRODUCCIÓN

El método más común de propagar la macadamia consiste en hacer germinar semillas, llevar las plantitas al vivero, donde se siembran en bolsas de polietileno llenas con algún sustrato, e injertarlas cuando alcancen el estado apropiado. Después se transplantan al lugar definitivo en el campo.

En Costa Rica, hay una demanda insatisfecha de arbolitos injertados de macadamia, por lo que sus precios son altas. Esta situación podría resolverse, en parte, si se reduce el tiempo de permanencia de los árboles en el vivero, lo cual puede lograrse al mejorar la calidad de la semilla, fertilización, manejo de las plantas y empleo de un sustrato adecuado.

De acuerdo con Hartman y Kester (1976), en un buen sustrato el volumen no debe variar mucha, ya sea que está seco o mojado; debe retener suficiente humedad para que no sea necesario regar con mucha frecuencia; tener porosidad suficiente para que se drene el exceso de agua y permita una aireación adecuada; de estar relativamente libre de semillas de malezas, nematodos y otros organismos patógenos y' debe tener un pH apropiado para la planta.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de seis sustratos en el desarrollo de plantas de macadamia en vivero y en la retención de humedad durante la época, seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, ubicada a los 10°01' de latitud norte y 84°16' de longitud oeste con una altitud de 840 msnm,

Se utilizó el diseño experimental completamente aleatorio con arreglo, factorial 6 x 2, correspondiente a los seis sustratos indicados en el Cuadro 1, y a los cultivares Keauhou (HAES 246) y Keau (HAES 660) de *Macadamia integrifolia* y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por seis arbolitos de los cuales, los cuatro del centro se tomaron como parcela útil.

El contenido de materia orgánica, la cantidad relativa de cada componente con base en la relación volumen/volumen y las principales características químicas de cada sustrato se presentan en el Cuadro 1. El suelo era rico en materia orgánica, fiabe, poroso y de textura franco arcillosa; la gallinaza se trató con carbonato de calcio y permaneció durante un periodo de cuatro meses a la intemperie para su descomposición; mientras que la cáscara de nuez de macadamia estuvo bajo esta condición durante cinco meses y con un molino de martillos adquirió una apariencia similar a la del aserrín; la granza estuvo dos meses a la intemperie.

CUADRO 1. Contenido de materia orgánica y características químicas de los sustratos evaluados para la propagación de macadamia en vivero. Alajuela, 1985.

Características	Sustrato					
	Suelo (testigo)	Suelo + granza de arroz	Suelo + cáscara de macadamia	Suelo + gallinaza + cáscara	Suelo + gallinaza de macadamia	Suelo + gallinaza + granza de arroz
Proporción	---	3:1	1:1	3:1	2:1:1	3:1:1
Materia orgánica meq/100 g	8,01	8,39	22,83	12,51	16,00	14,39
pH	6,0	5,2	6,3	7,0	7,5	7,2
Al	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10
Ca	11,00	10,00	7,00	12,00	10,50	7,50
Mg	3,60	3,80	2,80	5,30	6,50	4,50
K	0,83	2,31	3,50	1,95	4,15	2,31
mg l-1						
P	22,00	5,00	7,00	+100,00	+100,00	+100,00
Zn	2,80	2,80	3,00	4,20	6,20	6,00
Mn	5,00	18,00	10,00	36,00	37,00	72,00
Cu	19,00	25,00	8,00	13,00	6,00	8,00

* Los números entre paréntesis se refieren a la relación volumen/volumen de los constituyentes.

Se escogieron arbolitos de tres meses, de edad, sanos, con sus cotiledones aún adheridos y homogéneos en cuanto a altura. Se sembraron en bolsas de polietileno negro de 20 x 30 cm, previamente llenadas con los sustratos y se colocaron en el campo, sobre franjas de plástico negra de 35 cm de ancho para evitar que las raíces penetraran el suelo.

Se efectuaron las labores normales para el cultivo, incluyendo, riego por aspersión en la época seca. Además, para corregir una deficiencia de hierro, que se observó a los 120 días del transplante en los árboles sembrados en sustratos que tenían gallinaza se hicieron aplicaciones de metalosato de hierro (quelato) a todo el experimento a razón de 3,0 ml/l.

Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo y altura de planta que se midieron cada 60 días, la primera a cinco centímetros arriba de la cicatriz cotiledonal; peso seco de la parte aérea (hojas y tallos), y peso de la raíz, que se determinaron 240 días después de haber iniciado el experimento; para lo cual las plantas se secaron en una estufa a 70 °C durante 72 horas. El contenido de humedad de los sustratos se obtuvo en forma indirecta, dos veces por mes, durante 4 meses en la época seca (diciembre-abril) mediante el medidor termopar (Soil Test MC-300).

Se efectuó un análisis de covarianza, en el que la covariable fue el diámetro inicial de los árboles, y una prueba de "T" de Student.

RESULTADOS

Los promedios finales de diámetro, altura y peso seco de la parte aérea y radical se presentan, en el Cuadro 2. Los sustratos suelo + gallinaza + granza y suelo + granza superaron al testigo suelo en forma significativa ($P \leq 0,05$).

CUADRO 2. Diámetro de tallo y altura; peso seco de la parte aérea de plantas de macadamia a los 24 días de crecimiento en vivero, en diferentes sustratos, y humedad retenida por estos en época seca. Alajuela, 1985.

Características	SUSTRATO					
	Suelo (testigo)	Suelo + granza de arroz	Suelo + cáscara de macadamia	Suelo + gallinaza	Suelo + gal inaza + cáscara de macadamia	Suelo + gallinaza + granza de arroz
Proporción volumen/volumen	---	3:1	1:1	3:1	2:1:1	3:1:1
Diámetro de tallo (cm)	0,79b*	0,64c	0,62c	0,84a	0,75 b	0,86 a
Altura de planta (cm)	31,80 b	23,60 c	24,00 c	37,60 a	29,90 b	36,90 b
Peso seco (g l)						
Parte aérea	26,68 a	17,01 b	13,70 b	31,28 a	17,78 b	28,50 a
Raíz	6,41 a	4,24c	3,04c	5,86 ab	6,62 c	6,62a
Humedad	33,00 c	40,00 c	79,00	42,00 bc	75,00 a	51,00 b

1/ Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente según prueba de t al 5%.

Al comparar los sustratos con gallinaza con los que carecen de ella, se encontró que la adición de este componente dio como resultado incrementos significativo $P \leq 0,05$ de, 0,13 y 8,34 cm en el diámetro y altura respectivamente.

El peso seco de la parte aérea y de la raíz los incrementos provocados la gallinaza fueron significativos solo cuando esta se adicionó al suelo + granza; la diferencia fue de 11,49 g en la parte aérea y 2,38 g en la raíz.

El efecto de la granza estuvo relacionado con la presencia o ausencia de gallinaza. En ausencia de ella, se puede atribuir a la granza disminuciones significativas ($P \leq 0,05$), con un promedio de 0,15 cm en el diámetro, 8,20 cm en la altura, 9,67 g en el peso de la parte aérea y 2,17 g en el peso seco de la raíz. Cuando se agregó granza al suelo + gallinaza no se observó ningún efecto significativo en las variables medidas.

El efecto de la cáscara de nuez de macadamia fue también desventajoso. Su adición manifestó las siguientes disminuciones significativas ($P \leq 0,05$); 0,17 cm en el diámetro, 7,80 cm en la altura, 12,139 g en el peso seco de la parte aérea y 3,27 g en el peso seco de la raíz. Un efecto similar se observó al agregarle cáscara al suelo + gallinaza; en este caso los promedios de diámetro, altura y peso seco de la parte aérea descendieron en 0,09 cm, 7,70 cm y 13,50 g respectivamente; ha obstante, el peso seco de la raíz no fue afectado en forma significativa.

Al evaluar la humedad en los sustratos durante la época seca, se encontró que los sustratos suelo + cáscara de macadamia y suelo + gallinaza + cáscara de macadamia retuvieron el mayor porcentaje de humedad (79 y 75% respectivamente) sin diferir entre sí y superando al testigo. El sustrato suelo + gallinaza + granza también retuvo más humedad que el testigo pero en menor cantidad que los sustratos anteriores (51%).

El mayor crecimiento en diámetro de tallo y altura de la planta y peso seco de la parte aérea se obtuvo con el sustrato suelo + gallinaza (3:1) y suelo, + gallinaza + granza (3:1:1); no obstante no presentaron diferencias en el peso de la raíz respecto al testigo. Estos presentaron porcentajes de humedad entre 42 y 51 %. Los demás sustratos presentaron menor peso de raíces que el testigo.

La diferencia entre cultivares, lo mismo que la interacción de estos con los sustratos, no fue significativa ($P \leq 0,05$).

DISCUSION

El incremento en diámetro, altura y peso seco de la parte aérea y de la raíz de las plantas de macadamia, logrado con el uso de gallinaza, se debe a su efecto mejorador de la estructura y de la fertilidad del suelo. Este material suministró gran cantidad de materia orgánica y elementos mayores, en especial fósforo, según se concluye del Cuadro 1.

La clorosis causada por la deficiencia de hierro en la plantas sembradas en sustratos con gallinaza, se originó principalmente, por la excesiva concentración de fósforo y, por el alto contenido de carbonato de

calcio de la gallinaza, el cual neutralizó o alcalinizó levemente el sustrato. De esta manera se dieron condiciones favorables para la conversión del Fe^{++} a Fe^{+++} , oxidación seguida por la precipitación de $Fe(OH)_3$, de baja disponibilidad para la planta (Lora, 1980). Como producto de aplicaciones excesivas de fosfatos puede ocurrir, también la insolubilización del hierro dentro de la planta, acumulándose en forma de óxidos o fosfatos (Salisbury y Ross 1971, Fox y Warner 1971).

La recuperación de las plantas de la deficiencia de hierro empezó a notarse a los 60 días del inicio de las aplicaciones foliares de quelato de hierro. Igual resultado observaron Wallace y Nedri (1956) en la corrección de una clorosis de hierro, inducida por exceso de fósforo y de encalado, con la adición de quelato y sulfato ferrosa.

La granza de arroz y la cáscara de nuez de macadamia se emplearon con el fin de mejorar la estructura del sustrato y aumentar la capacidad de retención de agua. El resultado fue más bien perjudicial debido a que, en las proporciones usadas, tuvieron un efecto diluyente en el fósforo del suelo, haciendo descender su concentración hasta 5-7 ppm; además, causaron un desbalance de las relaciones entre cationes...De acuerdo con los puntos críticos informados por Bertsch (1986), el Ca, Mg y K y sus relaciones, estuvieron entre los niveles óptimas en el suelo, mientras que el fósforo estuvo por debajo del nivel crítico en los sustratos suelo + granza y suelo + cáscara de macadamia, lo mismo que las relaciones Mg/K, Ca/K y Ca + Mg/K en los cuatro sustratos con granza o cáscara. Al agregar gallinaza, alta en fósforo y en carbonato de calcio, a las mezclas suelo + granza y suelo + cáscara de macadamia, el déficit de fósforo se corrigió, pero el desbalance de cationes no, posiblemente porque el Ca, precipitó en forma de fosfato relativamente insolubles (Sánchez, 1976).

Con respecto al por ciento de humedad de los sustratos en la época seca, como era de esperar, hubo total correspondencia con el porcentaje de materia orgánica del sustrato. La materia orgánica contribuye a aumentar la capacidad de retención de agua y mejorar el drenaje.

Al contrario de los resultados obtenidos aquí, Trochoulis (1982), determinó un efecto favorable de la cáscara, lo cual podría atribuirse a que esta había pasado un periodo previa de descomposición de nueve meses mientras que la usada en el presente estudio, sufrió un proceso análogo de sólo cinco meses, que puede ser insuficiente. Al mezclar materia orgánica no descompuesta con el suelo, se aumenta la relación C/N del medio resultante ya que una parte del N del suelo es utilizada como fuente energética por las bacterias que actúan en el proceso de mineralización y como consecuencia de estos disminuye temporalmente el contenido de N disponible.

En conclusión, los sustratos suelo + gallinaza y suelo + gallinaza + granza de arroz proporcionaron plantas de mayor altura, diámetro y peso que el suelo usado de testigo. La deficiencia de hierro, el exceso de fósforo y el pH alto, pueden prevenirse empleando proporciones menores de gallinaza. Si aún así se presentara un desbalance catiónico, se puede agregar pequeñas cantidades de los elementos necesarios para hacer la corrección.

Por otro lado, es posible que el uso de cáscara de nuez de macadamia, y quizá de granza, con un grado más avanzado de descomposición, mejore las cualidades de los sustratos.

RESUMEN

El estudio se realizó en Alajuela-Costa Rica para disminuir el tiempo que permanecen los árboles en el vivero, mediante el uso de un sustrato adecuado.

Se estableció un experimento con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 6x2 correspondientes a seis sustratos y dos cultivares de *Macadamia integrifolia*. Los sustratos fueron: suelo, suelo + granza (3:1), suelo + cáscara de macadamia (1:1), suelo + gallinaza (3:1), suelo + gallinaza + cáscara (2:1:1) y suelo + gallinaza + granza (3:1:1). Los cultivares fueron Keauhau (HAES 246) y Keau (HAES 660). La unidad experimental estuvo constituida por seis arbolitos de los cuales los cuatro del centro se tomaron como parcela útil.

Para evaluar los tratamientos se tomaron mediciones de las siguientes variables: diámetro y altura del brote cada 60 días, peso seco de la parte aérea y de la raíz y humedad del sustrato.

Al analizar el diámetro de tallo y la altura de la planta y el peso seco de la parte aérea y radical, se encontró que a los 240 días los sustratos suelo + gallinaza + granza, y suelo + granza superaron al testigo (suelo) en forma significativa.

Al evaluar la humedad en los sustratos durante la época seca, se encontró que los sustratos suelo + cáscara de macadamia y suelo + gallinaza + cáscara de macadamia retuvieron el mayor porcentaje de humedad (79 y 75% respectivamente) sin diferir entre sí y superando al testigo. El sustrato suelo + gallinaza + granza también retuvo más humedad que el testigo, pero en menor cantidad que los sustratos anteriores (51%).

El mayor crecimiento en diámetro de tallo y altura de planta y peso seco de la parte aérea se obtuvo con el sustrato suelo + gallinaza (3:1) y suelo + gallinaza + granza (3:1:1); no obstante no presentaron diferencias en el peso de la raíz respecto al testigo. Estos presentaron porcentajes de humedad entre 42 y 51%. Los demás sustratos presentaron menor peso de raíces que el testigo.

LITERATURA CITADA

BERTSCH, H.F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa, Rica. San José, Costa Rica, Universidad, de Costa Rica. 81 p.

- FOX, R.L.; WARNER, R.M. 1971. Excess phosphate and micronutrient deficiency in macadamia.. Hawaii Farm Science 20 (4): 1-4.
- HARTMAN, H.T.; KESTER, D.E. 1976. Propagación de plantas. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 810 p.
- LORA, S. 1980. Disponibilidad en el suelo de micronutrientes esenciales para la planta. In: Instituto Colombiano Agropecuario. Ministerio de Agricultura. Compendio No. 38. pp. 145-207
- MITCHEL, R.L. 1964. Trace elements in soil. *In*: Chemistry of the soil. Ed, by Bear, F.G. New York, Reinhold pp. 320-368.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. 1978. Plant physiology Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, Ca. USA. 422 p.
- SANCHEZ, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York, Wiley. 61,8 p.
- TROCHOULIAS, T. 1982. Evaluation of the effects of different soil mixtures on macadamia nuts orchards, California Macadamia Society (USA). Yearbook 28: 73-77.
- WALLACE, A.; NEDRI, B. 1956. Chlorosis in macadamia. California Macadamia Society (USA). Yearbook 2: 23-25.
-