



Sexto
Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



Artículo: COMEII-21033

Hermosillo, Son., del 9 al 11 de junio de 2021

SUSTRATOS DE SUELO, BIOCARBÓN DE BAMBÚ Y ZEOLITA PARA EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*)

Rocio Elizabeth Velázquez Cabañas¹; Pablo Zaldivar Martínez^{1*}; Juan Manuel Barrios Díaz¹ Raúl Berdeja Arbeu¹; Guillermo Jesuita Pérez Marroquin¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. Universidad S/N. San Juan Acateno Teziutlán Puebla. México.
C.P. 73800

pablo.zaldivar@correo.buap.mx - 2311554918 (*Autor de correspondencia)

Resumen

La utilización del carbón de bambú y de zeolita en la agricultura, son una alternativa para disminuir la aplicación de fertilizantes químicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de plantas de lechuga 'Paris Isla' con sustratos de carbón de bambú y zeolitas. El diseño experimental que se empleó fue completamente al azar, con siete tratamientos y doce repeticiones. La mayor biomasa de raíz fue de 82.92 g en el tratamiento, 80% de suelo más 10% zeolita más 10% carbón de bambú. La mayor biomasa de hoja fue de 174.80 con el tratamiento 95% suelo más 2.5% zeolita más 2.5% carbón de bambú. El contenido relativo de agua osciló de 86.11% a 114.48% y no presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$). El mayor contenido de nitrógeno total fue de 4.64% con el tratamiento 80% suelo más 20% carbón de bambú. La mayor retención de humedad fue en el tratamiento 80% de suelo más 20% de carbón de bambú y menor en el tratamiento 95% de suelo más 2.5% zeolita más 2.5% de carbón de bambú, todos los sustratos presentaron arriba del 60% del contenido de humedad. Por los resultados obtenidos se concluye que el crecimiento de la lechuga se afectó por la combinación de los sustratos.

Palabras claves: Biomasa, área foliar, contenido relativo de agua.



Introducción

En México se cultivan 21 149 ha de lechuga, los principales estados productores por superficie son Guanajuato con 7 043 ha, Zacatecas con 3 431 ha y Puebla con 3 259 ha. El principal productor de lechuga en el estado de Puebla es Tecamachalco, con 352 ha (SIAP, 2017). Para el cultivo de hortalizas en invernadero se requiere de la elección de un buen sustrato, el cual debe tener las siguientes propiedades, Gayosso et al. (2016) mencionan que las características físicas que deben tener los sustratos son: densidad aparente, granulometría, porosidad y retención de humedad, características químicas como: contenido de nutrimentos, capacidad de intercambio catiónico, pH, conductividad eléctrica y relación carbono nitrógeno, así mismo mencionan que los principales sustratos que se utilizan en México es la tierra de monte, turba, productos de madera, compostas, fibra de coco, lodos, estiércol, paja, arena, entre otros. En la actualidad se están buscando nuevos sustratos que puedan contribuir en el rendimiento de los cultivos, algunas alternativas son el biocarbón de bambú y las zeolitas. La materia prima para elaborar biocarbón se basa en la utilización de residuos orgánicos, por lo que puede ser muy diversa y asequible (Concilio et al., 2018). Jordan et al. (2013) mencionan que las zeolitas tienen la función de estabilizar la carga del material de los suelos, y los principales usos son ablandamiento de aguas industriales y domésticas, eliminación de metales pesados, fertilización, almacenamiento de desechos radioactivos, entre otros. En la actualidad existen distintos sustratos los cuales tienen diferentes características, lo que puede ocasionar cuando no se ocupa el material adecuado que las plantas no tengan un buen crecimiento. Por lo antes mencionado se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el desarrollo de lechuga en diferentes sustratos.

Materiales y Métodos

Área experimental. El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, localizada en la junta auxiliar de San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, con altura de 1,600 msnm, dentro de la coordenadas geográficas: 19° 52' 33" de latitud Norte 97° 21' 38" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, el clima corresponde a templado húmedo con lluvias en verano y con una temperatura promedio máxima que oscila de 24 °C a 30 °C y con una precipitación anual que varía de 1500 a 3600 mm.

Material vegetativo. Se utilizaron plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad "Paris isla" con una altura de 8 cm al trasplante.

Materiales de sustrato. El suelo que se empleó fue tierra de arcilla. Se sustrajo a los 20 cm de profundidad de la superficie con una pala recta y posteriormente se cernió con un tamiz de 5 mm, con la finalidad de eliminar materiales rocosos, raíces, material vegetativo entre otros, dejando así sólo el suelo en presentación de talco/polvo. El biocarbón que se utilizó fue elaborado a partir de una pirólisis en el campo experimental de Ocota de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Con un molino de maíz se trituraron las



cañas carbonizadas de bambú. De esa manera se obtuvo el biocarbón de bambú con partículas de 0.5 a 1.0 cm. La zeolita se utilizó en presentación granulado de 3 mm.

Establecimiento del cultivo. El experimento se estableció en un invernadero tipo macro túnel con dimensiones de 20 m de largo por 14 m de ancho. Las plantas se compraron en charolas germinadoras, con altura de 8 cm. Posteriormente se sembraron en bolsas de polietileno negras con medidas de 25 x 25 cm, con diferentes mezclas de sustratos. Durante el control fitosanitario se hizo énfasis en el monitoreo del cultivo, para realizar la identificación completa del problema y así aplicar las estrategias correctivas o preventivas.

Diseño experimental. El diseño experimental fue completamente al azar con 7 tratamientos y 12 repeticiones. Los tratamientos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Diseño de tratamientos en lechuga con diferentes sustratos

Tratamiento	Descripción
T1	100% suelo (testigo)
T2	95% de suelo más 2.5% de zeolita más 2.5% de carbón de bambú.
T3	90% de suelo más 5% de zeolita más 5% carbón de bambú.
T4	80% de suelo más 10% de zeolita más 10% carbón de bambú.
T5	95% de suelo más 5% de carbón de bambú.
T6	90% de suelo más 10% de carbón de bambú.
T7	80% de suelo más 20% de carbón de bambú.

Variables evaluadas. Se realizaron tres muestreos; A los 30 días después del trasplante se evaluó biomasa y el peso fresco del cultivo en raíz y hojas. A los 40 días después del trasplante se evaluó el área foliar y contenido relativo de agua. A los 50 días después del trasplante se evaluó el contenido de nitrógeno total.

Biomasa. Las variables que se evaluaron fueron peso fresco de raíz y hoja, peso seco de raíz y hoja, y biomasa de raíz y hoja. A continuación, se describe el procedimiento. Se tomaron 4 lechugas por tratamiento para realizar la determinación de biomasa, llevándolas al laboratorio donde se pesaron las hojas y la raíz por separado, realizando un corte con un cúter entre la raíz y las hojas, posteriormente se tomó el peso fresco de cada parte en una balanza analítica, se registró el dato y en bolsas de papel debidamente etiquetadas se introdujeron a una estufa de secado a 43 °C por 48 horas, transcurrido el tiempo se volvió a pesar cada muestra y se registró nuevamente el dato. La biomasa es el resultado del peso seco en gramos.

Contenido relativo de agua en las hojas. Se tomaron 4 lechugas por tratamiento para realizar la determinación del contenido relativo de agua, llevándolas al laboratorio donde se seleccionaron las hojas de la parte intermedia de la lechuga y con un molde circular de 2.5 centímetros de diámetro, se realizó un corte en las hojas para tomar el peso de cada área en fresco, posteriormente se colocaron en cajas Petri con agua desionizada



para hidratarlas por una hora y nuevamente se tomó lectura del peso hidratado, llevado a cabo todo ello se colocaran en bolsas de papel etiquetadas y se colocaron dentro de la estufa de secado a 43 °C por 48 horas, transcurrido ese tiempo se obtuvo el tercer dato del peso seco de cada área de muestra.

El contenido relativo de agua en las 28 muestras analizadas se calculó por medio de la siguiente fórmula programada en la hoja de cálculo de Microsoft Excel:

$$CRA = \frac{(PS)*(PT)}{(PF)} * (100) \quad (1)$$

Donde:

CRA = Contenido relativo de agua

PS = Peso seco

PT = Peso turgente

PF = Peso fresco

Determinación de la humedad de los sustratos por el método gravimétrico

Se inició colectando la muestra de suelo húmedo en recipientes de aluminio secos y previamente pesados en una balanza digital con aproximación de 0.1 g; de esta manera se obtiene el peso del suelo húmedo que registramos en la bitácora. A continuación, las muestras húmedas se colocan en una estufa equipada con circulación forzada de aire y a una temperatura ± 105 °C durante 24 horas o hasta obtener el peso constante de las mismas, cumplido lo anterior se registró el peso del suelo seco; finalmente se procede a estimar el contenido gravimétrico de humedad, expresándolo en porcentaje mediante la siguiente relación:

$$\%W = \frac{(Shumedo(g) - Sseco(g))}{Sseco(g)} * (100) \quad (2)$$

Donde:

%W= Contenido de humedad gravimétrico (%)

Shumedo= Peso de la muestra del suelo húmedo sin incluir el peso del recipiente (g)

Sseco= Peso de la muestra del suelo seco sin incluir el peso del recipiente (g)

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los datos fue completamente al azar y se realizó un análisis de varianza y pruebas de media por el método de Tukey ($P \leq 0.05$)



Resultados y Discusión

Biomasa

Peso fresco de raíz. El peso fresco de raíz se modificó por el sustrato en el cual creció la lechuga orejona 'Paris Isla', el mayor valor se presentó con el tratamiento 4 (80 % de suelo más 10 % de zeolita más 10% de carbón de bambú) con 93.32 g y menor en el testigo con 8.42 g con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2).

Peso seco de raíz. El peso seco de raíz osciló de 1.05 g a 10.4 g, el mayor peso fue con el tratamiento 80 % de suelo más el 10 % de zeolita más el 10 % de carbón de bambú (Cuadro 2).

Biomasa de raíz. La biomasa de raíz (BR) mayor fue de 82.92 g en el tratamiento 80 % suelo más 10 % de zeolita más 10 % de carbón de bambú y menor en el testigo con 7.37 g sin diferencia estadística ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio de peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), biomasa de raíz (BR), contenido relativo de agua (CRA) y nitrógeno total en plantas de lechuga orejona 'Paris Isla' creciendo en diferentes sustratos.

Tratamiento	PFR (g)	PSR (g)	BR (g)
1	8.42 e	1.05 c	7.37 e
2	55.80 bc	5.00 c b	50.80 bc
3	70.57 ab	7.02 ab	63.55 b
4	93.32 a	10.40 a	82.92 a
5	31.37 d	2.37 bc	29.00 d
6	41.27 cd	2.97 bc	38.30 cd
7	32.80 d	4.77 bc	28.02 d
CV	20.81	43.64	19.60
DMSH	22.79	4.81	19.30

Tratamiento 1, 100 % suelo (testigo); 2, 95 % de suelo más 2.5 % de zeolita más 2.5 % de carbón de bambú; 3, 90 % de suelo más 5 % de zeolita más 5 % carbón de bambú; 4, 80 % de suelo más 10 % de zeolita más 10 % carbón de bambú; 5, 95 % de suelo más 5 % de carbón de bambú; 6, 90 % de suelo más 10 % de carbón de bambú; 7, 80 % de suelo más 20 % de carbón de bambú.

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DSMH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

Posiblemente el valor más alto de biomasa de raíz fue ocasionado por la combinación del tratamiento 4 (80 % de suelo más 10 % de zeolita más 10 % carbón de bambú). Cabrera (1999) indica que la función de un sustrato es contener la mayor cantidad de agua y aire, aunado a las características físico-químicas del biocarbón de bambú (Concilco et al., 2018; Jordan et al. 2013) quienes señalan que las zeolitas estabilizan la carga del 31 material de los suelos. Paredes et al. (2013) citan que las zeolitas retienen y liberaran fertilizantes, aumentan la capacidad de intercambio catiónico y retienen humedad.



Díaz et al. (2009) encontraron que haciendo aplicaciones de fertilizaciones químicas más zeolitas modifican el rendimiento en frijol.

Área foliar. El área foliar se modificó por el tratamiento utilizado, el mayor valor fue de 3,047.5 cm² en 80% de suelo más 20% de carbón de bambú y menor en el testigo con 128.7 cm² con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso fresco de hoja (PFH), peso seco de hoja (PSH), biomasa de hoja (BH) y Área foliar (AF) en plantas de lechuga orejona 'Paris Isla' creciendo en diferentes sustratos.

Tratamiento	PFH (g)	PSH (g)	BH (g)	AF (cm ²)
1	6.75 c	0.80 d	5.95 e	128.70 d
2	178.15 a	3.35 bcd	174.80 a	975.90 c
3	173.80 a	5.92 ab	167.88 a	1687.90 b
4	172.25 ab	6.97 a	165.28 ab	1925.70 b
5	100.40 c	2.60 cd	97.80 c	2717.80 a
6	131.70 bc	4.35 abc	127.35 bc	2740.40 a
7	59.08 d	2.42 cd	56.65 d	3047.50 a
CV	15.02	33.80	15.40	15.09
DMSH	40.56	2.93	40.26	655.00

Tratamiento 1, 100 % suelo (testigo); 2, 95 % de suelo más 2.5 % de zeolita más 2.5 % de carbón de bambú; 3, 90 % de suelo más 5 % de zeolita más 5 % carbón de bambú; 4, 80 % de suelo más 10 % de zeolita más 10 % carbón de bambú; 5, 95 % de suelo más 5 % de 33 carbón de bambú; 6, 90 % de suelo más 10 % de carbón de bambú; 7, 80 % de suelo más 20 % de carbón de bambú. Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DSMH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

El área foliar mayor fue en el tratamiento 7 (80 % suelo, más 20 % carbón de bambú) esto ocasionado posiblemente por la asimilación de nutrientes. Flores et al. (2010) evaluando soluciones nutritivas en lechuga señalan que el área foliar se modifica por el tratamiento empleado.

Nitrógeno total. El nitrógeno total mayor se logró en el tratamiento 80 % de suelo más 20 % de carbón de bambú con 4.64 %, pero sólo superó estadísticamente al tratamiento 80 % de suelo más 10 % zeolita 34 más 10 % carbón de bambú y al tratamiento 95 % de suelo más 5 % de carbón de con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 4).



Cuadro 4. Contenido relativo de agua (CRA) y nitrógeno total (NT) en plantas de lechuga orejona 'Paris Isla' creciendo en diferentes sustratos

Tratamiento	CRA (%)	NT (%)
1	86.11 a	3.30 ab
2	91.12 a	3.29 ab
3	92.01 a	3.15 ab
4	92.37 a	2.59 b
5	90.64 a	3.10 b
6	92.36 a	3.16 ab
7	114.48 a	4.64 a
CV	18.35	20.16
DMSH	39.73	1.53

Tratamiento 1, 100 % suelo (testigo); 2, 95 % de suelo más 2.5 % de zeolita más 2.5 % de carbón de bambú; 3, 90 % de suelo más 5 % de zeolita más 5 % carbón de bambú; 4, 80 % de suelo más 10 % de zeolita más 10 % carbón de bambú; 5, 95 % de suelo más 5 % de carbón de bambú; 6, 90 % de suelo más 10 % de carbón de bambú; 7, 80 % de suelo más 20 % de carbón de bambú.

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DSMH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

El tratamiento 7 (80 % de suelo más 20 % de carbón de bambú) presentó el mayor porcentaje de nitrógeno total, esto posiblemente ocasionado por las características del sustrato.

Conclusiones

La biomasa de raíz y de hoja dependió de la mezcla de sustratos utilizados. El contenido relativo de agua no se modificó por el sustrato utilizado. El contenido de nitrógeno total fue de 2.59% a 4.64%. El área foliar dependió del sustrato utilizado.



Referencias Bibliográficas

- Cabrera R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo. Serie Horticultura 5: 5-12.
- Concilco A. E.; A. Moreno R.; M. Garcia C.; H. M. Quiroga G. Y O. Angel G. 2018. Influencia del biocarbon aplicado al suelo sobre atributos de rendimiento y calidad de avena forrajera. Terra Latinoamericana 36:221-228.
- Díaz G. T. C.; F. D. Sánchez M.; L. T. Llerena R. y G. H. Vásquez M. 2009. Empleo de zeolitas naturales en la fertilización y producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Quevedo. Ciencias y Tecnología 3: 1-6.
- Flores A. M.; R. A. Miranda F.; A. Galavis S.; M. T. Hernandez M. y G. Ramos E. 2010. Estudio sobre el requerimiento interno de 46 nitrógeno en lechuga (*Lactuca sativa*). Sociedades rurales, producción y medio ambiente 10 (19): 84-100.
- Gayosso R. S.; L. Borges G.; E. Villanueva C.; M.A. Estrada B. y R. Garruña H. 2016. Sustratos para producción de flores. Agrociencia 50: 617-631.
- Jordan H. R.; R. Betancourt R.; E. Cabrera G. y D. Cabrera G. 2013. Mejorador de suelo a partir de una zeolita natural: Una propuesta sustentable para la agricultura. Revista Electrónica Nova Scientia 6 (1): 01-11.
- SIAP 2017. En [Producción Agrícola | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#).
- Paredes M. R.; A. Maria R.; E. S. Osuna C.; P. Alamilla G. y A. Mandujano B. 2013. Zeolita natural alternativa ecológica y económica para la agricultura en temporal en México. Folleto técnico INIFAP.