

NOTA TÉCNICA

RESPUESTA DE LAS PLANTAS DE BERENJENA A LA PODA QUÍMICA DE RAÍCES

Zulime F. Rodríguez¹, Mariol Gutiérrez², José G. Lugo², Lisette Gruber² y Lisbeth Díaz²

RESUMEN

Para reducir el crecimiento excesivo y las malformaciones de raíces durante la producción de plántulas en bandejas, se caracterizó el crecimiento vegetativo de plantas de berenjena (*Solanum melongena* L.) variedad Long purple en función de la poda química de raíces empleando hidróxido de cobre [Cu(OH)₂] al 50 % con respecto a plantas sin tratar, en Cabudare, Lara, Venezuela. Las plántulas se establecieron en bandejas de germinación bajo condiciones de casas de cultivo y las evaluaciones se realizaron al momento del trasplante y a los 23 y 49 días posteriores al mismo. El experimento se condujo como un ensayo completamente al azar con dos tratamientos (0 y 50 % de hidróxido de cobre) y 25 repeticiones bajo un diseño de bloques divididos utilizando una planta por parcela. El volumen de raíces, biomasa fresca y número de hojas fueron significativamente superiores en las plantas tratadas con hidróxido de cobre 49 días después del trasplante (ddt), mientras que a los 23 y 49 ddt la longitud de raíces de plantas tratadas fue superior con respecto a las no tratadas. Con la aplicación de hidróxido de cobre se observó una disminución en las malformaciones radicales, generándose un sistema de raíces más fibroso, denso y compacto.

Palabras clave adicionales: Germinación, repicantes químicos, *Solanum melongena*

ABSTRACT

Eggplant plant response to chemical pruning of roots

To reduce the excessive growth and malformations of roots during lifting of seedlings in trays, the vegetative growth of eggplants (*Solanum melongena* L.) 'Long purple' treated with chemical root pruning was characterized using 50 % copper hydroxide [Cu (OH)₂] compared to untreated plants in Cabudare, Lara State, Venezuela. The seedlings were established in germination trays under greenhouse conditions and plants were evaluated the day of transplant and 23 and 49 days thereafter. The experiment was conducted as a split block design with two treatments (0 and 50% of [Cu (OH)₂]), and 25 repetition using one plant per plot. The volume of roots, fresh biomass and number of leaves were significantly higher in plants treated with copper hydroxide 49 days after transplantation. Both 23 and 49 days after transplant, root length of treated plants was higher as compared to untreated ones. By applying copper hydroxide a decrease of radical malformations was observed, and a more fibrous, dense and compact root system was generated.

Additional key words: Chemical chiming, germination, *Solanum melongena*

INTRODUCCIÓN

A diferencia del sistema de producción de plántulas en semilleros a raíz desnuda convencionalmente empleado en la producción de berenjena, el sistema en bandejas o contenedores ofrece ventajas como ahorro de semillas y área de vivero, mejor planificación de la siembra, uniformidad en la emergencia y crecimiento, mejor desarrollo de plántulas, control de malezas,

ahorro en sustrato, fácil remoción, higiene, pero sobre todo, favorece el desarrollo de un sistema radicular saludable, con ramificaciones y un crecimiento vertical, que sigue la configuración de la celda, factores que facilitan el trasplante y mejoran la adaptación al sitio definitivo (Jaramillo et al., 2007).

Sin embargo, factores como sustrato, tamaño y diseño inapropiado de la bandeja, así como, el tiempo de permanencia en ella afectan el

Recibido: Febrero 15, 2015

Aceptado: Agosto 27, 2015

¹ Dpto. de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo. e-mail: zuliro@fa.luz.edu.ve

² Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto, Venezuela

crecimiento y desarrollo de las plántulas, causando malformaciones radiculares, que ocasionan raíces enrolladas, desviadas o espiraladas, raíces suberizadas y bajo número de raíces fibrosas (Gilman y Wiese, 2012), daños que se traducen en un pobre desarrollo radical posterior al trasplante y que afectan el anclaje y capacidad de absorción de la raíz. Todo lo anterior trae como consecuencia el debilitamiento de la planta e incrementos en la tasa de mortalidad (Lal y Kang, 2011).

Entre las prácticas comúnmente utilizadas para aumentar la calidad de las plántulas en semillero y garantizar supervivencia en el sitio definitivo se utiliza la poda mecánica de raíces antes del trasplante, a la vez que existe la poda natural que, por exposición al aire, se produce en las raíces que logran salir por el orificio de drenaje en las bandejas de propagación; sin embargo, la atención actualmente se concentra hacia el uso de la poda química de raíces por impregnación del contenedor con repicantes químicos, es decir, productos que inducen la poda química de raíces al inhibir su crecimiento y promover la ramificación. Entre ellos se observa una marcada tendencia hacia el uso de productos en base a cobre por su documentada eficiencia para controlar malformaciones en raíces de especies que permanecen confinadas en recipientes, o aquellas cuyo levantamiento se realiza en contenedores o bandejas de germinación (Ortega et al., 2006).

La aplicación de una capa de cobre que recubre los alvéolos de la bandeja produce inhibición del proceso de división celular en el ápice de la raíz, por lo que, al contacto de las raíces con esa barrera química cesa su crecimiento, generándose nuevas raíces laterales que sucesivamente se van ramificando al alcanzar la pared del contenedor (Rossi et al., 2008), esto favorece la formación de un sistema radical más fibroso y ramificado que se distribuye por todo el contenedor. Arboleda et al. (2002) hallaron que la poda química fue altamente efectiva para controlar malformaciones radicales en especies que permanecen confinadas en recipientes.

Basado en los antecedentes de efectividad de la poda química para mejorar calidad y supervivencia de la plantas, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la poda química de

raíces empleando hidróxido de cobre en el crecimiento vegetativo de la berenjena (*Solanum melongena* L.) producida en bandejas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La producción de plántulas en bandejas se realizó en las casas de cultivo para semilleros hortícolas ubicados en la localidad del Manzano, estado Lara, Venezuela, a 545 msnm y coordenadas geográficas de 10° 02' N y 69° 18' W. Posteriormente se trasplantaron al campo experimental en la instalaciones del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", ubicado en Tarabana, municipio Palavecino del estado Lara, Venezuela, con precipitación promedio anual de 812 mm y temperatura media anual de 25 ° C.

Se probaron dos tratamientos: plantas tratadas con hidróxido de cobre $\text{Cu}(\text{OH})_2$ al 50 % y plantas sin tratar (testigos), sobre el crecimiento de berenjena (*Solanum melongena* L.) variedad Long Purple. Éstas son plantas caracterizadas por ser rústicas, muy vigorosas, de porte bajo, con entrenudos cortos, frutos globosos de color morado muy oscuro de entre 400 y 500 g y brillantes, y de elevada productividad.

Previo al llenado, se identificaron los tratamientos en cada bandeja de anime, lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 5 %. Para obtener una aplicación y fijación uniforme de los tratamientos se aplicó con un aspersor manual de 20 L una solución con un agente adherente (Surfatron a razón de $1,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) más hidróxido de cobre preparado y diluido a una concentración de 50 % p/v del producto Champion que contiene 77 % de hidróxido cúprico. Transcurridas 24 horas se llenaron manualmente las bandejas con turba canadiense como sustrato y se sembraron dos semillas por celda y se trasladaron hasta la casa de cultivo con el manejo usual para la producción de plántulas en vivero.

A los 30 días posteriores a la emergencia de las plántulas de berenjena, éstas fueron trasplantadas al campo, cuyas características según el análisis realizado en el área del ensayo, se observó que los suelos son de textura franco-arcilloso-arenoso con mediana fertilidad natural (Cuadro 1). El cultivo en sitio definitivo se realizó sobre camellones de 25 m de largo, ubicando en un camellón las plántulas

testigos, es decir, sin hidróxido de cobre, y en otro camellón las plántulas con tratamiento con hidróxido de cobre, separados 1 m, con una

distancia entre plantas de 0,30 m. En cada camellón se sembraron 83 plantas para un total de 75 plantas efectivas y cuatro de bordura en cada extremo.

Cuadro 1. Características texturales y de fertilidad del suelo hasta los 30 cm de profundidad del campo experimental del Decanato de Agronomía en Tarabana, municipio Palavecino del estado Lara, Venezuela.

Arena	Limo	Arcilla	MO	P	K	Ca	Mg	pH	CE
	%		mg·g ⁻¹			mg·kg ⁻¹		1:2	dS·m ⁻¹
48	28	24	20,2	15	145	4825	153	7,8	1,6

Fuente: Laboratorio de Suelos. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado"

Se empleó un sistema de riego por goteo con aplicaciones diarias de 30 minutos en horas de la mañana. La fertilización se realizó aplicando un fertilizante fórmula completa (12-12-24) a razón de 30 g por planta más fertipollo (50 g por planta). El control fitosanitario se realizó según la incidencia de plagas y enfermedades, empleando técnicas y procedimientos usualmente aplicados por los productores en la zona (controles químicos y prácticas culturales). El control de malezas se realizó en forma manual.

El experimento se condujo con un diseño en bloques divididos o en franjas con dos tratamientos y 25 repeticiones, usando una planta como unidad experimental.

Durante el trasplante, y a los 23 y 49 días posterior a éste se evaluaron las siguientes variables:

Espiralamiento de raíces. Esta característica se evaluó visualmente como presencia o ausencia de raíces espiraladas.

Longitud de raíces. Posterior al lavado de las raíces para la completa eliminación de sustrato, se midió con una regla graduada la longitud de las raíces visiblemente más gruesas, desde el cuello de la planta hasta el ápice de la raíz, y se obtuvo la sumatoria de ellas.

En el día 49 postrasplante se evaluaron las siguientes variables:

Volumen de raíces. Durante el trasplante se tomaron de las bandejas las plantas con su pilón y para extraer las raíces de las plantas en los periodos posterior al trasplante se procuró extraer la mayor proporción de raíces, para lo cual, previo humedecimiento del terreno y tomando como referencia el cuello de la planta se extrajeron pilones de aproximadamente 15 cm de diámetro y 20 cm de profundidad. En todos los periodos una vez muestreada la planta, las raíces se lavaron con

abundante agua para eliminar el suelo adherido y se discriminó por órgano. Posteriormente se tomaron las raíces de cada una de las plantas muestreadas previamente separadas del tallo, se colocaron en cilindros graduados y vasos precipitados de diferentes volúmenes, de acuerdo al desarrollo de las raíces. El volumen total de las raíces se determinó por la diferencia del volumen de agua desplazado y volumen ocupado por las raíces.

Biomasa fresca de la parte aérea. Inmediatamente posterior a la cosecha de la planta se pesó la parte aérea en una balanza digital con apreciación al 0,1 mg.

Número de hojas. Se contó el número de hojas funcionales por planta y por edad de la planta muestreada.

Para la evaluación del efecto de hidróxido de cobre y edad de la planta, los datos experimentales fueron sometidos a análisis de la varianza utilizando el programa Statistix 8. Se constató el cumplimiento de los supuestos del análisis mediante prueba normalidad de Wilk-Shapiro (W) y prueba homogeneidad de varianza de Bartlett. Se usó la transformación Log₁₀ (Y+0,5) para la variable longitud de la raíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Espiralamiento de raíces. Con la aplicación de hidróxido de cobre al 50 % al momento del trasplante se observó una disminución en las malformaciones radicales especialmente el espiralamiento de raíces (Cuadro 2), lo cual es común encontrar como consecuencia de la producción de plántulas en bandejas, coincidiendo con lo señalado por varios autores en diferentes especies (Cabal et al., 2005, Fernández et al., 2007; Lugo et al., 2014). Con base a los resultados

obtenidos, la aplicación de cobre para realizar poda química previene el espiralamiento, mejora la morfología de las raíces obteniéndose una raíz principal y raíces laterales con buen desarrollo, orientadas verticalmente y con aumento de la fibrosidad.

Lugo et al. (2014) señalan que las plantas sin tratar, en bandejas de germinación, tienden a formar sistemas radicales malformados con espiralamiento y crecimiento fuera del pilón, factores que influyen negativamente en la adaptación de las plantas a su sitio definitivo.

Cuadro 2. Efecto de la poda química con hidróxido de cobre sobre el espiralamiento de raíces de las plantas de berenjena en diferentes momentos de su crecimiento (n = 25)

Tratamiento	Días después del trasplante (ddt)					
	0		23		49	
	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
Sin Hidróxido de cobre	22	3	19	6	18	7
Con Hidróxido de cobre	7	18	2	23	4	21

Longitud de raíces. En las plantas tratadas la longitud total de raíces fue significativamente superior transcurridos 23 y 49 días posteriores al trasplante (Cuadro 3) con respecto al testigo, atribuido a la mayor proliferación de raíces laterales. Estos resultados coinciden con los encontrados por Svenson y Jhonston (1995), quienes, observaron una significativamente mayor longitud de raíces en cuatro especies hortícolas un mes posterior al trasplante, lo que podría traducirse en mejor desarrollo de la planta, ya que la absorción de agua y de nutrientes generalmente se encuentra en relación directa más con la longitud de las raíces que con su peso.

obtuvieron mayor volumen de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggi* posterior al trasplante al aplicar una poda química en las mismas.

La poda química, al estimular la formación de un sistema radical más fibroso y denso, también estimula el crecimiento de abundantes raíces secundarias pequeñas que crecen a partir de una raíz principal, lo que favorece el anclaje y supervivencia de las plantas. Esto permite generar un adecuado establecimiento y desarrollo en el sitio definitivo, aspecto que sería muy ventajoso sobre todo para plantas que son trasplantadas en lugares con limitaciones de agua y nutrientes (Fernández et al., 2007).

Cuadro 3. Efecto de la poda química con hidróxido de cobre sobre la longitud de raíces (cm) de las plantas de berenjena en diferentes momentos de su crecimiento (n=25)

Tratamiento	Días después del trasplante (ddt)		
	0	23	49
Sin Hidróxido de cobre	6,42 a	13,50 b	22,85 b
Con Hidróxido de cobre	6,47 a	15,86 a	33,91 a

Medias con distintas letras difieren significativamente ($p \leq 0,001$), según la prueba de los rangos múltiples de Tukey

Cuadro 4. Efecto de la poda química con hidróxido de cobre sobre el volumen de raíces, biomasa fresca y número de hojas de plantas de berenjena a los 49 días después del trasplante (n=25)

Tratamiento	Volumen de raíces (cm ³)	Biomasa fresca (g por planta)	
		Nº de hojas por planta	
Sin Hidróxido de cobre	735,0 b	165,92 b	30,8 b
Con Hidróxido de cobre	780,5 a	190,75 a	44,8 a

Medias con distintas letras difieren significativamente ($p \leq 0,05$), según la prueba de los rangos múltiples de Tukey

Volumen de raíces. Trascurridos 49 días después de trasplante el volumen de raíces de las plantas tratadas se incrementó significativamente (Cuadro 4) observándose 5,83 % más volumen con respecto al tratamiento testigo, coincidiendo con lo observado por Barajas et al. (2004), quienes

Biomasa fresca de la parte aérea. La mayor biomasa fresca de la parte aérea con 190,75 g se observó 49 ddt (Cuadro 4) en plantas tratadas,

estos resultados coinciden con los observados por Aldrete et al. (2005) y podrían ser un indicativo de condiciones favorables de las plantas para adaptarse a su sitio definitivo.

Este aumento en la cantidad de biomasa fresca pudiera estar en relación directa con una mayor longitud y fibrosidad de raíces, ya que la planta ante la presencia de raíces más largas tendrían mayor capacidad de exploración y mejor anclaje que podrían incrementar y/o hacer más eficiente su capacidad de absorción de agua y nutrientes, y/o facilitar la producción de asimilados que determinan mayor desarrollo de la parte aérea de la planta.

Número de hojas. A los 49 ddt después de trasplante el número de hojas de las plantas tratadas se incrementó en 14 hojas, que representan 31,25 % con respecto a las plantas sin tratar (Cuadro 4). Este podría ser un aspecto importante a considerar para medir la calidad de las plantas provenientes de semillero, ya que un mayor número de hojas, dentro de ciertos límites, determina mayor superficie fotosintéticamente activa, aspecto que podría estar en relación directa con un mayor desarrollo de la planta en su sitio definitivo.

CONCLUSIONES

Con la aplicación de Hidróxido de Cobre al 50% se observó una disminución en las malformaciones radicales que se producen como consecuencia de la producción de plántulas en bandejas, generándose un sistema de raíces más fibroso, denso y compacto, que favorece el trasplante y establecimiento de las plántulas en el sitio definitivo.

La variable longitud de raíces se incrementó significativamente en función de su edad y de la aplicación de hidróxido de cobre.

La aplicación del hidróxido de cobre promovió incrementos en las variables volumen de raíces, biomasa fresca parte aérea y número de hojas a los 49 ddt.

LITERATURA CITADA

1. Aldrete, A., J. Mezal y J. López-Upton. 2005. Variación entre procedencias y respuesta a la poda química en plántulas de *Pinus greggii*. Agrociencia 39: 563-574.
2. Arboleda M.E., D. Bautista y N. Mogollón. 2002. Efecto del hidróxido de cobre sobre el crecimiento de las especies arbóreas *Pachyra insignes* y *Andira inermis* en condiciones de vivero. Bioagro 14(2): 65-70.
3. Barajas, R., J.E., A. Aldrede, J.J. Vargas H. y J. López U. 2004. La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggii*. Agrociencia 38: 545-553.
4. Cabal, A., A. Kidelman, U. Ortega, M. Duñabeitia y J. Majada. 2005. Influencia de la poda química en la biomasa y desarrollo radical de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. Don. Invest. Agrar. Sit. Recur. For. 14(1): 52-63.
5. Fernández, M., J.R. Tejero, I. Pérez, F. Soria, F. Ruíz y G. López. 2007. Effect of Cooper coating nursery containers on plant growth and root morphology of *Eucalyptus globulus* Labill. Cuttings and seedlings. Silva Lusitana 15(2): 215-227.
6. Gilman, E.F. y C. Wiese. 2012. Root Pruning at Planting and Planting Depth in the Nursery Impact Root System Morphology and Anchorage. Arboriculture & Urban Forestry 38(5): 229-236.
7. Jaramillo, J., V. Rodríguez, M. Guzmán, M. Zapata y T. Rengifo. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Editado por FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva". Primera edición. Medellín, Colombia. 314p.
8. Lal S., S y W. Kang. 2011. Environment friendly salt coating for root pruning of sweet pepper seedlings. The Journal of Agriculture and Environment 12:75-80.
9. Lugo, J., L. Armar, L. Gruber y Z. Rodríguez. 2014. Efecto de la poda química de raíces sobre el desarrollo de plántulas de pimentón. Rev. Fac. Agron. (LUZ). Supl. 1: 65-74.
10. Ortega L., U., A. Kidelman, A. Cabal, E. Álvarez y J. Majada. 2006. Control de calidad de planta forestal. Boletín informativo del SERIDA (3): 23-28.

11. Rossi, V.L., C.V. Talamini do A. y F.D. Fleig. 2008. Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química de raízes. *Ciência Florestal* 18(4): 435-442.
12. Svenson S.E. y D.L. Johnston. 1995. rooting cuttings in cupric hydroxidetrated pots affects root length and number of flowers after transplanting. *HortScience* 30(2): 247-248.