

Efecto de la poda química de raíces sobre el desarrollo de plántulas de pimentón

Effects of chemical pruning on growth of pepper produced in multicell trays

J. Lugo¹, L. Armas¹, L. Gruber¹ y Z. Rodríguez²

¹Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia.

Resumen

Con la finalidad de corregir las deformaciones radicales en la producción de plántulas en bandejas, se evaluó el efecto de la poda química de raíces con hidróxido de cobre [Cu(OH)₂] sobre el desarrollo de plántulas de pimentón, los tratamientos fueron: 0, 12,5, 25 y 50% de producto en base a [Cu(OH)₂]. Los resultados revelaron que, 18 días posteriores a la siembra se obtuvo el mayor porcentaje de germinación, requiriéndose 12,13 días para alcanzar el máximo incremento de esta. La poda química disminuyó longitud y número de raíces siendo menores en plántulas tratadas con [Cu(OH)₂] al 50%. Las variables mostraron un comportamiento contradictorio con respecto al [Cu(OH)₂]. La aplicación del producto redujo la malformación y número de raíces visibles fuera del pión que ocurrieron como consecuencia de la producción de plántulas en bandejas.

Palabras clave: poda de raíces, *Capsicum annuum*, hidróxido de cobre.

Abstract

To evaluate chemical root pruning on the development of pepper seedlings in trays variety Capistrano, treatments were 0, 12.5, 25 and 50% of product of copper hydroxide [Cu(OH)₂]. Chemical pruning decreased root length and number being lower in seedlings treated with [Cu(OH)₂] to 50%. The variables showed contradictory behavior with respect to [Cu(OH)₂], the application of the product reduced the malformation and number of roots visible outside the pylon that occurred as a result of the production of seedlings in trays.

Key words: root pruning, *Capsicum annuum*, copper hydroxide.

Introducción

El sistema de producción en bandejas tiene una amplia aceptación porque facilita el manejo de las plántulas en semilleros y hay gran disponibilidad de tamaños de las bandejas y sus perforaciones; sin embargo, la producción de plántulas en este medio puede producir deformación, espiralamiento, enrollamiento, desviación, emergencia de la raíz por los orificios de drenaje, raíces suberizadas y bajo número de raíces fibrosas (Baraja *et al.*, 2004), daños que se traducen en un pobre desarrollo radical posterior al trasplante y que afectan el anclaje y capacidad de absorción de la planta, esto trae como consecuencia el debilitamiento de ésta e incrementos en la tasa de mortalidad (Lal y Kang, 2011).

Actualmente, los problemas en el sistema radical de las plántulas producidas en bandejas, tanto por la excesiva permanencia en el semillero, así como, por el empleo de contenedores con cavidades muy pequeños, pueden disminuirse aplicando algunas prácticas culturales en el semillero que garanticen el mejor desarrollo de las raíces, supervivencia y desarrollo en el sitio definitivo de siembra. Comúnmente se empleó la poda mecánica de raíces antes del trasplante, este sistema proporcionó plantas más resistentes al estrés ocasionado por esta práctica y facilitó el manejo; sin embargo, se ha venido demostrando la efectividad de la poda química de raíces empleando varios compuestos y sobre varias especies de hortalizas, ornamentales y forestales (Arboleda *et al.*, 2002; Barajas *et al.*, 2004; Cabal *et al.*, 2005; Lal y Kang, 2011).

Introduction

Tray production system is widely accepted because it facilitates seedling handling in seedbeds and with a big variety of trays; however, seedling production in this media might produce deformation, swirling, rolling, deviation, root emergency by the drainage holes, suberized and with low number of fiber roots (Baraja *et al.*, 2004), damages that are translated in a poor root development posterior to the transplant which affects the anchorage and absorption capacity of the plant, causing a weakness of the plant and increment in death rate (Lal and Kang, 2011).

Currently, the problems in the root system of seedlings produced in trays for both the excessive permanence in the seedbeds as well as the employment in containers with small holes might be reduced applying some cultural practices in the seedbed that would guarantee a better development in the roots, survival and development in the definite crop area. The mechanic pruning was commonly employed after the transplant, this system provided plants more resistant to the stress caused by this practice and facilitated the handling; however, the efficiency of the chemical pruning of roots is now proved, using different compounds in some vegetables species, ornamental and forestry species (Arboleda *et al.*, 2002; Barajas *et al.*, 2004; Cabal *et al.*, 2005; Lal and Kang, 2011)

Among the compound tested for carrying out the chemical pruning are the products with silver, cobalt and sodium, but recently, there is a

Entre los compuestos probados para realizar la poda química se han utilizado productos con base de plata, cobalto, y sodio, pero recientemente se ha observado una marcada tendencia hacia el uso de productos en base a cobre (Barajas *et al.*, 2004). La aplicación de una capa de cobre que cubra los alveolos 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 repicando al alcanzar la pared del contenedor, esto favorece la formación de un sistema radical más fibroso y ramificado que se distribuye por todo el contenedor (Cabal *et al.*, 2005).

Arboleda *et al.* (2004) demostraron que la poda química con hidróxido de cobre fue efectiva para controlar malformaciones en raíces de especies que permanecieron confinadas en recipientes. Por su parte, Cabal *et al.* (2005) demostraron que la poda química con CuCO_3 favoreció el desarrollo en altura, diámetro y biomasa aérea en *Pinus radiata* mientras que, en *P. pinaster* se observaron modificaciones, pero fue menos sensible al tratamiento con cobre.

Tomando como referencia lo anteriormente expuesto, este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la poda química con hidróxido de cobre sobre el desarrollo de las raíces de plántulas de pimentón producidas en bandejas plásticas multiceldas.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la unidad de propagación de plantas del Depar-

marked tendency towards using products with copper (Barajas *et al.*, 2004). The application of a copper layer that covers the tray alveolus inhibits the cellular division process in the root apex, thus, the root contact with that chemical barrier stops the growth, generating new lateral root, which will subsequently replicate until reaching the container wall, this favors the formation of a more fibrous and ramified root system that distributes throughout the container (Cabal *et al.*, 2005).

Arboleda *et al.* (2004) showed that the chemical pruning with copper hydroxide was effective for controlling root malformations in species that remained in the containers. On the other hand, Cabal *et al.* (2005) showed that the chemical pruning with CuCO_3 favored the development in height, diameter and aerial biomass in *Pinus radiata*, meanwhile, in *P. pinaster* modifications were observed, but were less sensitive to treatment with copper.

Because of the latter, the objective of this research was to evaluate the effects of the chemical pruning with copper hydroxide on the development of pepper seedlings produced in multicells plastic trays.

Materials and methods

The research was carried out at the plant propagation unit of the Phyto-technical Department, Agronomy Dean Office, University "Centroccidental Lisandro Alvarado, Tarabana, Palavecino county, Lara state, located at 500 masl approximately at $10^{\circ}05'$ and $69^{\circ}16'$,

tamento de Fitotecnia, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara, ubicado a una altitud de 500 msnm aproximadamente, con coordenadas geográficas de 10°05' y 69°16', con una precipitación promedio de 813 mm y régimen de distribución bimodal. La temperatura media anual fue de 25,5°C, la humedad relativa 73% y la evaporación de 2085 mm.año⁻¹ con 7,1 horas.día⁻¹ de insolación.

El material vegetal utilizado fueron semillas de pimentón (*Capsicum annuum* L.), var. Capistrano, variedad vigorosa, de follaje verde intenso y muy abundante, con frutos de cuatro lóbulos, color rojo intenso al madurar y pulpa gruesa. Su ciclo a producción comercial es de 70 a 75 días a cosecha.

A 10 bandejas plásticas de 200 de celdas cada una, previamente divididas en dos partes iguales, lavadas y desinfectadas con cloro al 2%, se le aplicó previo al llenado en cada mitad seleccionada aleatoriamente 0, 12,5, 25 y 50% p/v de Kocide® 2000, producto que contiene 538 g de hidróxido de cobre [Cu(OH)₂] por kg de producto comercial. Para obtener una aplicación y fijación uniforme de los diferentes tratamientos en la parte interna de las bandejas, el producto se mezcló con pintura de caucho blanca (látex + adherente) diluida al 50% con agua destilada y se asperjó con la ayuda de un compresor a pistola se pintaron las bandejas.

El llenado de las bandejas se realizó en forma manual hasta completa cobertura en cada celda que conformó el pilón de siembra, usando turba canadiense (Sogemix) como sustrato. Se

with an average precipitation of 813 mm and a bimodal distribution regime. The mean annual temperature was 25.5°C, relative humidity 73% and evaporation of 2085 mm.year⁻¹ with 7.1 hours.day⁻¹ of sun strike.

The vegetal material used were pepper seeds *Capsicum annuum* L.), var. Capistrano, vigorous variety, with intense green and abundant foliage, with four-lobule fruits, intense red when ripened and thick pulp. Its commercial production cycle is from 70 to 75 days.

0, 12.5, 25 and 50% p/v of Kocide® 2000 were applied to ten plastic trays of 200 cells each, previously divided into two equal parts, washed and disinfected with chloride at 2%; this product contains 538 g of copper hydroxide [Cu(OH)₂] by kg of commercial product. The product was mixed with white paint (latex + adherent) diluted to 50% with distilled water, in order to obtain a better application and uniform fixation of the different treatments in the internal part of the trays; and trays were painted using a compressor.

The filling of the trays was done manually until fully covering each cell which formed the sow pistol, using a Canadian peat (Sogemix) as a substrate. Two seeds were put per cell for a total of 400 seeds in the tray. The trays were put on a 10m length x 1m width and 1 m height iron structure, the superior part was covered with a net which worked as a support for the propagation trays and for guaranteeing a good drainage.

Irrigation was applied by aspersion, controlled automatically with a temporizer clock adjusted at

colocaron dos semillas por celda para un total de 400 semillas por bandeja. Las bandejas se colocaron sobre una estructura de hierro de 10 m de largo x 1 m de ancho y 1 m de alto, cubierta la parte superior con malla que sirvió como soporte para las bandejas de propagación y para garantizar buen drenaje en las mismas.

El riego se aplicó por aspersión, controlado en forma automática por un reloj temporizador ajustado a una frecuencia de cuatro riegos diarios de 5 min cada uno. Posterior a la emergencia de las semillas, se realizó un raleo dejando una planta por celda.

El programa de fertilización se inició a los 25 días con la aparición de las primeras hojas verdaderas de las plántulas, aplicando el producto hidrosoluble iniciador o de enraizamiento 13-40-13 + micro a una dosis de 1,0 g.L⁻¹ de agua en el sistema de riego durante 15 días, posteriormente se llevo la dosis a 2 g.L⁻¹ hasta los 40 días. El control de plagas y enfermedades se realizó según su incidencia mediante la colocación de trampas y la aplicación de productos.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos (50, 25, 12,5 y 0% m/v de Kocide® 2000 y cinco repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistix versión 8; las comparaciones de medias fueron realizadas con la prueba de Tukey al nivel ($P \leq 0,05$) para diferencias significativas y ($P \leq 0,01$) para altamente significativas. Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad.

Durante la fase de vivero se evaluaron parámetros de crecimiento

four daily irrigations of 5 min each. After the seed emergency, pruning was performed leaving one plant per cell.

The fertilization program started within 25 days with the apparition of the first true seedling leaves, applying the initiator hydrosoluble product 13-40-13 + micro at a dose of 1.0 g.L⁻¹ of water in the irrigation system for 15 days; subsequently, the dose increased to 2 g.L⁻¹ until reaching 40 days. The pest and diseases control was performed according to the incidence, putting traps and applying products.

A randomized split plot design was used with four treatments (50, 25, 12.5 and 0% m/v of Kocide® 2000 and five replications per treatment. The statistical analysis was carried out using the software Statistix version 8; the mean comparison was done using Tukey mean test at $P \leq 0.05$ for significant differences and $P \leq 0.01$ for highly significant differences. Normality and homogenous tests were performed.

The vegetative growth parameters were evaluated in three seedlings selected at random per replication and treatment during the greenhouse conditions at 7, 14, 21 and 29 days after germination, determining:

Germination percentage (GP): every two days observations were performed 10 days after the sow and until 18 days, when the total of germinated seeds were obtained and were measured; $GP = (N^\circ \text{ of germinated seeds}) / (N^\circ \text{ of sowed seeds}) \times 100$. The seeds were considered physiologically germinated when cotyledons went through the substrate surface outside the seminal wrapping as a consequence of the lengthening

vegetativo a tres plántulas seleccionadas al azar por repetición y por tratamiento a los 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la germinación, determinándose:

Porcentaje de germinación (PG): se realizaron observaciones interdiarias a partir de los 10 días posterior a la siembra y hasta los 18 días cuando se obtuvo el total de semillas germinadas y se calculó, $PG = (N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}) / (N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}) \times 100$. Las semillas se consideraron fisiológicamente germinadas cuando la superficie del sustrato fue atravesado por los cotiledones fuera de la envoltura seminal a consecuencia del alargamiento y erección del hipocótilo siguiendo la metodología descrita por Laskowski y Bautista (2002).

Tasa de germinación (TG): se determinó mediante la siguiente fórmula: $\text{Días promedio} = (N1 * T1 + N2 * T2 + \dots + Nn * Tn) / (\text{Número total de semillas germinadas})$. Donde:

$N1$ = número de semillas germinadas.

$N2, \dots, Nn$ = número de semillas que germinaron entre cada intervalo de tiempo.

$T1-T2, \dots, Tn$: Tiempo transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin de cada intervalo de tiempo.

Longitud de raíces: se midió con una cinta métrica flexible desde el cuello de la planta hasta el ápice de las raíces.

Número de Raíces: se contaron las raíces de cada una de las plántulas muestreadas.

Espiralamiento de raíces: se evaluó visualmente mediante la presencia o ausencia de raíces espiraladas.

and erection of the hypocotyls, following the methodology described by Laskowski and Bautista (2002).

Germination rate (GR): was determined using the following formula: $\text{average days} = (N1 * T1 + N2 * T2 + \dots + Nn * Tn) / (\text{Total number of germinated seeds})$. Where:

$N1$ = number of germinated seeds

$N2, \dots, Nn$ = number of seeds that germinated between each interval of time

$T1-T2, \dots, Tn$: time passed between the beginning of the test and the end of each interval of time

Roots longitude: was measured using a flexible metric tape from the neck of the plant until the roots apex

Number of roots: the roots of each of the sampled seedlings were counted.

Swirling of roots: was evaluated visually with the presence or absence of swirled roots

Results and discussion

Germination percentage

The dose of the product with copper hydroxide did not have any effect on the germination of pepper var. Capistrano. Table 1 shows the average germination percentage regarding the time, where was observed that germination started the sixth day after the sow in all the treatments, obtaining an average germination percentage of 99.8%, which indicated that seeds had a high germination power.

Germination rate

None significant differences were found among the treatments with

Resultados y discusión

Porcentaje de germinación

Las dosis del producto en base a hidróxido de cobre no tuvieron ningún efecto sobre la germinación del pimentón var. Capistrano. El cuadro 1 muestra los promedios del porcentaje de germinación con respecto al tiempo, donde se observó que la germinación se inició el sexto día posterior a la siembra en todos los tratamientos, obteniéndose un porcentaje promedio de germinación de 99,8%, lo que indicó que las semillas presentaron un alto poder germinativo.

Tasa de germinación

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de poda química con $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sobre la tasa de germinación. En promedio los tratamientos requirieron 12,13 días para alcanzar el máximo incremento de la germinación.

Longitud de la raíz principal

La longitud de la raíz principal disminuyó significativamente con el incremento en la concentración de hidróxido de cobre aplicado en las ban-

chemical pruning with $\text{Cu}(\text{OH})_2$ on the germination rate. Averagely, treatments required 12, 13 days to reach the highest germination increment.

Longitude of the main root

The longitude of the main root reduced significantly with the increment in the concentration of copper hydroxide in the germination trays (table 2). These results agreed to those observed by Arboleda *et al.* (2002) when indicating that the longitude of the main root was significantly affected in *Pachyra insignines* plants and an *Andira inermes* plant, by effects of copper hydroxide, in both species the average longitude was lower than in the treated plants.

This behavior might be explained as the response of plants towards the presence of copper hydroxide layer which covers the alveolus of multicell trays that caused inhibition in the cellular division process in the root apex, thus, these stopped their growing and elongation, inducing the formation of new lateral roots which later chimed until reaching the tray wall, forming a new more fibrous and ramified root

Cuadro 1. Valores promedio del porcentaje de germinación de semillas a los 10, 12, 14, 16 y 18 días posterior a la siembra en pimentón var. Capistrano tratado o no con producto en base a hidróxido de cobre.

Table 1. Average values of seeds germination percentage 10, 12, 14, 16 and 18 after the sow in pepper var. Capistrano treated and untreated with copper hydroxide product.

Variable	Días posterior a la siembra				
	10	12	14	16	18
PSG	36,50 ^d	69,90 ^c	86,90 ^b	99,65 ^a	99,80 ^a

dejas de germinación, (cuadro 2). Estos resultados coincidieron con los observados por Arboleda *et al.* (2002) al indicar que la longitud de la raíz principal fue afectada significativamente en plantas de pilón (*Pachyra insignes*) y castaño (*Andira inermis*) por efecto del hidróxido de cobre, en ambas especies la longitud promedio fue menor en las plantas tratadas.

Este comportamiento podría explicarse como la respuesta de las plantas a la presencia de la capa de hidróxido de cobre que recubre los alveolos de la bandeja multicelda, que provocó una inhibición en el proceso de división celular en el ápice de las raíces, por lo que estas cesaron su crecimiento y elongación, induciendo la formación de nuevas raíces laterales que sucesivamente se fueron repicando al alcanzar la pared de la bandeja, formando un sistema radical más fibroso y ramificado que se distribuyó mejor en el contenedor (Cabal *et al.*, 2005). Por otra parte, la aplicación de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ a las celdas en las bandejas, disminuyó el espiralamiento o malformación de raíces fuera del pilón.

Número de la raíces

Las plantas provenientes de bandejas tratadas con hidróxido de cobre desarrollaron menor número de raíces, observándose que a mayor concentración del producto se produjeron menos raíces (figura 2), posiblemente relacionado con algún tipo de sensibilidad de la variedad de pimentón al producto. Estos resultados contradijeron lo discutido por Cabal. (2005), quienes señalaron que muchos investigadores afirmaron que el uso de repicantes químicos aumentó el número de raíces laterales y mejoró la distribución

system that distributed better in the container (Cabal *et al.*, 2005). On the other hand, the application of $\text{Cu}(\text{OH})_2$ to cells in the trays, reduced the swirling or malformation of roots outside the pylon.

Number of roots

Plants coming from trays treated with copper hydroxide developed less number of roots, observing that at a higher concentration of the products lower production of roots (figure 2), possibly related to some type of sensitivity of the pepper variety to the product. These results are different to those presented by Cabal (2005), who mentioned that many researchers affirmed that using chemical products increased the number of lateral roots and improved the distribution and fiber of the root system, which caused that the plant was better prepared for the transplant; however, the results obtained in different plant species regarding the application of the chemical pruning in greenhouse conditions, were contradictory and depended on the specie used, doses of the product and handling of other factors related to the production (Barajas, 2004).

Another important aspect to mention is that the more roots in untreated plants were formed, more swirling was observed, which originated a malformed root system and in many cases developed outside the pylon, factors that reduced the survival probability in the posterior phase to the transplant.

Conclusions

Eighteen days after the emergency the highest germination

y fibrosidad del sistema radical, lo que hizo que la planta estuviera mejor preparada para el trasplante; sin embargo, los resultados obtenidos en varias especies de plantas con respecto a la aplicación de la poda química en fase de vivero, fueron contradictorios y dependieron de la especie utilizada, dosis del producto y del manejo de otros factores ligados a la producción (Barajas., 2004).

Otro aspecto importante de señalar es que mientras más raíces se formaron en las plantas sin tratar, más presentaron espiralamiento, lo cual originó un sistema radical malformado y que en algunos casos se desarrolló fuera del pilón, factores todos que redujeron la probabilidad de supervivencia en la etapa posterior al trasplante.

Conclusiones

A los 18 días después de la emergencia se obtuvo el mayor porcentaje de germinación. La poda química de raíces con hidróxido de cobre redujo la longitud, el número de raíces, el espiralamiento y la emergencia de raíces fuera de las celdas, lo que produjo plántulas con un sistema radical más compacto.

Literatura citada

Arboleda, M.E., D. Bautista y N. Mogollón. 2002. Efecto del hidróxido de cobre sobre el crecimiento de las especies

percentage was obtained, the chemical root pruning with copper hydroxide reduced the longitude, the number of roots, swirling, and roots emergency outside the cells, which produced seedlings with a more compact root system.

End of english version

arbóreas *Pachyra insignes* y *Andira inermis* en condiciones de vivero. Bioagro 14(2): 65-70.

Barajas Rodríguez J.E., A. Aldrede, J.J. Vargas H. y J. López Upton. 2004. La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggii*. Agrociencia 38:545-553.

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.

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.

Laskowski, L. y D. Bautista. 2002. Efecto de la escarificación y profundidad de siembra sobre la germinación y emergencia de *Malpighia emarginata* DC. Bioagro 14(2):77-83.