

Potential of *Pinus* sp. needles for use as substrate conditioners in the production of 'Trifoliata' rootstock in greenhouses

Potencial de acículas de *Pinus* sp. para su uso como acondicionadoras de sustrato en la producción del portainjerto 'Trifoliata' en invernadero

Henrique Ceccagno; Paulo Vitor Dutra-de Souza*; Gilmar Schafer; Eduarda Demari-Avrella; Claudimar Sidnei-Fior; Sergio Francisco Schwarz

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, Av. Bento Gonçalves núm. 7712, Bairro Agronomia, Porto Alegre – RS, C. P. 91540-000, BRASIL.

*Corresponding author: pvdsouza@ufrgs.br, tel. +55 51 3308-6583.

Abstract

Seasonality and lack of organic substrates suitable for the production of citrus rootstocks are the main problems in seedling production, coupled with the fact that these materials have alkaline pH. The objective of this study was to evaluate the effect of substrates composed of *Pinus* sp. needles and a commercial alkaline substrate at different concentrations on the growth and development of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf rootstock. The development of 'Trifoliata' was assessed in different mixtures (v:v) of a commercial substrate (Vida®) based on eucalyptus bark and *Pinus* sp. needles (0, 25, 50, 75 and 100 %) with two particle sizes (3.5 and 8.0 mm). A randomized block experimental design with 10 treatments of seven plants each and four replications was used. During rootstock development, we monitored: the pH, electrical conductivity and stability of the substrates; the dry mass of the aerial part, roots and stem; and vegetative growth and development. Increasing the proportion of needles in the mixture with alkaline substrate reduced the pH, electrical conductivity and density. Treatments with 3.5 mm needles showed greater stability than those with 8 mm ones. The use of 25 % needles provided better results compared to 0 % (alkaline substrate only); however, the need for a specific fertilization and irrigation system for each treatment was detected, as each new substrate has its own physical and chemical characteristics.

Keywords:

Poncirus trifoliata, protected environment, seedling production, physical and chemical properties.

Resumen

La estacionalidad y carencia de sustratos orgánicos adecuados para la producción de portainjertos cítricos son de los principales problemas en la producción de plántulas, aunado al hecho de que estos materiales poseen pH alcalino. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de sustratos compuestos de acícula de *Pinus* sp. y un sustrato comercial alcalino a diferentes concentraciones sobre el crecimiento y desarrollo del portainjerto *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. Se evaluó el desarrollo de 'Trifoliata' en distintas mezclas (v:v) de un sustrato comercial (Vida®) a base de corteza de eucalipto y acículas de *Pinus* sp. (0, 25, 50, 75 y 100 %) con dos granulometrías (3.5 y 8.0 mm). El diseño experimental fue en bloques al azar con 10 tratamientos de siete plantas cada uno y cuatro repeticiones. Durante el desarrollo de los portainjertos se monitoreó el pH, la conductividad eléctrica y la estabilidad de los sustratos, la masa seca de la parte aérea, raíces y tallo, además del crecimiento y desarrollo vegetativo. El aumento de la proporción de acículas en la mezcla con sustrato alcalino redujo el pH, la conductividad eléctrica y la densidad. Los tratamientos con acícula de 3.5 mm mostraron mayor estabilidad que los de 8 mm. El uso de 25 % de acícula proporcionó mejores resultados en comparación con el de 0 % (solo sustrato alcalino); no obstante, se detectó la necesidad de un sistema de fertilización y riego específico para cada tratamiento, ya que cada sustrato nuevo posee características físicas y químicas propias.

Palabras clave:

Poncirus trifoliata, ambiente protegido, producción de plántulas, propiedades físicas y químicas.



Introduction

The agricultural sector has a great impact on the Brazilian economy. In fruit growing, the citrus industry is considered one of the most important sectors; however, it has innumerable problems in the production chain, especially in the production of seedlings, since this requires adequate quality, health guarantees and root growth (Schafer, Bastianel, & Cunha-Dornelles, 2001).

Greenhouse seedling production requires technological improvements that help control environmental factors (solar radiation, temperature, humidity, etc.), in addition to suitable pots, substrates, inputs and management. Of these latter requirements, the physical, chemical and biological properties of the substrates are fundamental, as they are directly related to the development of the seedlings in the orchard (Fleig-Saidelles, Winckler-Caldeira, Nagel-Schirmer, & Vigan-Sperandio, 2009; Winckler-Caldeira, Nunes-da Rosa, Bergamo-Fenilli, & Pamplona-Harbs, 2008). The cultivation of plants in protected environments demands large quantities of quality substrates, which ensure production both in the seedbed and in the nursery (Spier, Silva-da Silva, Schafer, & Dutra-de Souza, 2009). Substrates may be of synthetic, mineral or organic origin; most are of organic origin, made from materials such as coconut fiber (Malvestiti, 2004), carbonized rice husks (Guerrini & Trigueiro, 2004) and *Pinus* bark, among others.

In southern Brazil, there are companies that produce substrates; however, they do not always meet producers' needs, so their chemical and physical characteristics need to be adapted to meet market demands (Fermino & Kämpf, 2012). According to Schafer, Dutra-de Souza, and Sidnei-Fior (2015), most of the substrates analyzed from southern Brazil have alkaline pH, an undesirable characteristic due to the fact that it affects the availability of some micronutrients. Additionally, high electrical conductivity values can cause productive losses due to salinization resulting from the use of non-stabilized products derived from animal excretion.

Although there are some suitable substrates for plant production, there is a constant search for low-cost materials that are available year-round. The seasonality observed in the supply of organic substrates is directly related to the harvesting and product consumption periods, which present demand for substrate and residues, respectively.

The cultivation of *Pinus* sp. generates a large amount of leaf litter, which inhibits the development of other species in the forest due to the allelopathic effect of the green needles and mulch formation (Schumann, Little, & Eccles, 1995). The accumulation of needles also causes

Introducción

El sector agrícola tiene gran impacto en la economía brasileña. En fruticultura, la industria cítrica se considera uno de los sectores más importantes; sin embargo, presenta innumerables problemas en la cadena productiva, en especial en la producción de plántulas, ya que en esta se requiere calidad, garantía sanitaria y crecimiento radicular adecuado (Schafer, Bastianel, & Cunha-Dornelles, 2001).

La producción de plántulas en invernadero requiere de mejoras tecnológicas que ayuden a controlar los factores ambientales (radiación solar, temperatura, humedad, etc.), además de macetas, sustratos, insumos y manejo adecuados. De estos últimos requerimientos, las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos son fundamentales, ya que están directamente relacionadas con el desarrollo de las plántulas en el huerto (Fleig-Saidelles, Winckler-Caldeira, Nagel-Schirmer, & Vigan-Sperandio, 2009; Winckler-Caldeira, Nunes-da Rosa, Bergamo-Fenilli, & Pamplona-Harbs, 2008). El cultivo de plantas en ambientes protegidos demanda gran cantidad de sustratos de calidad, que aseguren la producción tanto en el semillero como en el vivero (Spier, Silva-da Silva, Schafer, & Dutra-de Souza, 2009). Los sustratos pueden ser de origen sintético, mineral u orgánico; en su mayoría, son de origen orgánico, elaborados a partir de materiales como fibra de coco (Malvestiti, 2004), cáscara de arroz carbonizada (Guerrini & Trigueiro, 2004), corteza de *Pinus*, entre otros.

En el sur de Brasil existen empresas productoras de sustratos; sin embargo, no siempre cumplen con las necesidades de los productores, por lo que existe la necesidad de adecuar las características químicas y físicas a fin de atender las exigencias del mercado (Fermino & Kämpf, 2012). De acuerdo con Schafer, Dutra-de Souza, y Sidnei-Fior (2015), la mayoría de los sustratos analizados del sur de Brasil presentan pH alcalino, característica indeseada debido a que afecta la disponibilidad de los algunos micronutrientes. Adicionalmente, valores de conductividad eléctrica elevados pueden causar pérdidas productivas por salinización, esto debido al empleo de productos no estabilizados y derivados de la excreción animal.

Aunque hay algunos sustratos adecuados para la producción de plantas, existe una búsqueda constante de materiales de bajo costo y que estén disponibles todo el año. La estacionalidad observada en la oferta de sustratos orgánicos está directamente relacionada con los períodos de cosecha y consumo de productos, los cuales presentan demanda de sustrato y residuos, respectivamente.

El cultivo de *Pinus* sp. genera gran cantidad de hojarasca, la cual inhibe el desarrollo de otras especies en el bosque

the proliferation of pests, since they serve as protection, facilitates the spread of fires (Bolzon-Muñiz et al., 2014) due to the high calorific power ($11.96 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) of this material (Thörnqvist, 1985) and acidifies the surface of the leaf litter (Schumacher, 2002), the last of which can be used in substrate conditioning.

Therefore, and due to the need to produce quality citrus rootstocks in greenhouses, the objective of this work was to evaluate the effect of substrates composed of *Pinus* sp. needles and a commercial alkaline substrate, at different concentrations, on the growth and development of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. rootstock.

Materials and methods

The study was conducted at the *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* (EEA/UFRGS) in Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. The rootstock (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) was transplanted in a greenhouse, when it averaged 5.4 cm, into polyethylene bags (useful volume of 5 L) with different concentrations of *Pinus* needle substrate (0, 25, 50, 75 and 100 %) that had one year of *in situ* composting, and a commercial substrate based on eucalyptus bark developed by a company located in the city of Eldorado do Sul.

The needles were collected from the leaf litter of a forest located in the Agricultural Experimental Station of the same university. After harvesting, they were dried at $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ground in a mill and separated by particle size (3.5 and 8.0 mm). On the other hand, the commercial substrate had a pH of 8.1 ± 0.5 , electrical conductivity (EC) of $0.95 \pm 0.3 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, water retention capacity (WRC) of 45 % and dry density (DD) of $450 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

The plants were kept in polyethylene bags on aluminum tables and watered by a drip irrigation system operated by an electronic timer that supplied $3 \text{ mm}\cdot\text{plant}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$. This volume was adapted considering evaporation loss and plant absorption, replenishing from 100 to 125 %; this made it possible to leach salts, thereby reducing the risk of substratum salinization in summer. In addition, $50 \text{ mL}\cdot\text{plant}^{-1}$ of a nutrient solution containing ammonium sulfate ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) and Multi NPK Crystalline (13-2-44) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) were supplied manually on a biweekly basis starting 90 days after transplanting.

The pH and EC were monitored every 15 days using the non-destructive Pour Thru method (Cavins et al., 2000). Vegetative development was evaluated from the height (from the neck to the apex) and the diameter of the neck of the plants. At the end of the study, the number of leaves per plant (NLP) was counted and the leaf area per plant (LAP) was determined with a LI-Cor® leaf area meter (model LI-3100). The average per leaf was obtained by dividing the LAP by the NLP. In addition, the dry mass of leaves, stem and roots per plant was

debido al efecto alelopático de las acículas verdes y a la formación de mantillo (Schumann, Little, & Eccles, 1995). La acumulación de acículas también ocasiona la proliferación de plagas, ya que les sirven como protección, facilita la propagación de incendios (Bolzon-Muñiz et al., 2014) por el alto poder calorífico ($11.96 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) de este material (Thörnqvist, 1985) y acidifica la superficie de la hojarasca (Schumacher, 2002); esto último puede aprovecharse en el acondicionamiento de sustratos.

Por lo anterior, y debido a la necesidad de producir portainjertos cítricos de calidad en invernadero, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de sustratos compuestos de acícula de *Pinus* sp. y un sustrato comercial alcalino, a diferentes concentraciones, sobre el crecimiento y desarrollo del portainjerto *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* (EEA/UFRGS), en Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. El portainjerto (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) se trasplantó en un invernadero, cuando medía en promedio 5.4 cm, en bolsas de polietileno (volumen útil de 5 L) con diferentes concentraciones de sustrato de acícula de *Pinus* (0, 25, 50, 75 y 100 %) que tenía un año de compostaje *in situ*, y un sustrato comercial a base de corteza de eucalipto desarrollado por una empresa ubicada en la ciudad de Eldorado do Sul.

Las acículas se recolectaron de la hojarasca de un bosque ubicado en la Estación Experimental Agronómica de la misma universidad. Después de su recolección, se secaron a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se trituraron en un molino y se separaron por granulometría (3.5 y 8.0 mm). Por su parte, el sustrato comercial tenía un pH de 8.1 ± 0.5 , conductividad eléctrica (CE) de $0.95 \pm 0.3 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, capacidad de retención de agua (CRA) de 45 % y densidad seca (DS) de $450 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Las plantas se mantuvieron en bolsas de polietileno sobre mesas de aluminio y con riego por goteo; donde el sistema se accionaba por un *timer* electrónico que suministraba $3 \text{ mm}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$. Dicho volumen se adaptó considerando la pérdida por evaporación y la absorción de la planta, reponiendo de 100 a 125 %; con ello se logró lixiviar sales, con lo que se redujo la posible salinización del sustrato en verano. Adicionalmente, se suministraron $50 \text{ mL}\cdot\text{planta}^{-1}$ de una solución nutritiva de sulfato de amonio ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y Multi NPK Crystalline (13-2-44) ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), de manera manual y quincenal empezando a los 90 días después del trasplante.

Se monitoreó el pH y la CE cada 15 días mediante el método no destructivo *Pour Thru* (Cavins et al., 2000). El desarrollo vegetativo se evaluó a partir de la altura (del cuello al ápice) y del diámetro del cuello de las

determined after drying them to constant weight in an oven at 65 °C. Root ball stability was evaluated by means of a scale from 1 to 5, where 1 is the absence of a root ball, 3 the formation of half a root ball and 5 a perfect root ball.

A randomized block experimental design under a factorial scheme with ten treatments and four replications was used. Each experimental unit consisted of seven plants. The employed treatments were 0, 25, 50, 75 and 100 % *Pinus* needles, under two particle sizes (3.5 and 8.0 mm), in a mixture (v:v) with a commercial substrate of eucalyptus bark.

The data were subjected to an analysis of variance in Costat 6.4 software, and a polynomial regression using SigmaPlot 11.0 ($P \leq 0.05$). The fresh mass data of the aerial part and leaf area were transformed to $1/x$ and $\log(x/10)$, respectively.

Results and discussion

The particle size of the *Pinus* sp. needles did not influence the pH of the substrate; however, the needles maintained their acid pH during the development of the rootstocks, in addition to providing acidity to the substrates formulated with the greatest proportion of this material (Figure 1). This relationship was maintained during the development of the crop, but decreased at the end of the study; this was due to the chemical characteristics of the *Pinus* needles, which have acidity values between 4.2 and 6.2 depending on the decomposition of the material.

According to Cavins et al. (2000), the pH variation in the culture medium in all treatments could be due to several factors, such as the initial components and alterations in the substrates, including liming, fertilizer, irrigation water quality and cultivated species, among others. Additionally, variation was observed in irrigation water pH (from 5.43 to 7.4), which could influence the pH increase in the treatment with 100 % needles. Another factor that could have contributed to the change in this parameter is the fertilization with ammonium sulfate, due to its acid reaction (Mello et al., 1980), thereby contributing to the acidification of the medium.

The *Pinus* needles have low EC, which is considered an excellent characteristic for their use as substrate, since in this way the source of nutrients for the crop comes from the medium (Kämpf, 2004) and can be provided based on crop needs. In this context, it was observed that on day 26 the treatments containing the highest proportion of needles had the lowest EC values, compared to the 0 % treatment (Figure 2).

The EC results obtained in this study may be related to fertilization, which started 100 days after

plantas. Al término del estudio, se contó el número de hojas por planta (NHP) y se determinó el área foliar por planta (AFP) con un medidor LI-Cor® (modelo LI-3100). El promedio por hoja se obtuvo dividiendo el AFP entre el NHP. Adicionalmente, se determinó la masa seca de hojas, tallo y raíces por planta, después del secado hasta peso constante en estufa a 65 °C. La evaluación de la estabilidad del cepellón se realizó por medio de una escala del 1 al 5, donde 1 es ausencia de cepellón, 3 formación de medio cepellón y 5 cepellón perfecto.

El diseño experimental fue en bloques al azar bajo un esquema factorial con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por siete plantas. Los tratamientos empelados fueron 0, 25, 50, 75 y 100 % de acículas de *Pinus*, bajo dos granulometrías (3.5 y 8.0 mm), en mezcla (v:v) con un sustrato comercial de corteza de eucalipto.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza en el software Costat 6.4, y una regresión polinomial mediante SigmaPlot 11.0 ($P \leq 0.05$). Los datos de masa fresca de la parte aérea y el área foliar fueron transformados a $1/x$ y $\log(x/10)$, respectivamente.

Resultados y discusión

La granulometría de la acícula de *Pinus* sp. no influyó en el pH del sustrato; no obstante, las acículas mantuvieron su pH ácido durante el desarrollo de los portainjertos, además de proporcionar acidez a los sustratos formulados con la mayor proporción de este material (Figura 1). Dicha relación se mantuvo durante el desarrollo del cultivo, pero disminuyó al final del estudio; esto debido a las características químicas de la acícula de *Pinus*, que presenta acidez entre 4.2 y 6.2 dependiendo de la decomposición del material.

De acuerdo con Cavins et al. (2000), la variación del pH del medio de cultivo en todos los tratamientos pudo deberse a varios factores, como los componentes iniciales y las alteraciones en los sustratos, incluyendo el encalado, el abono, la calidad del agua de riego, las especies cultivadas, entre otros. Adicionalmente, se observó variación en el pH del agua de riego (de 5.43 a 7.4), la cual pudo influir en el aumento del pH del tratamiento con 100 % de acícula. Otro factor que pudo haber contribuido en el cambio de este parámetro es el abonado con sulfato de amonio, debido a su reacción ácida (Mello et al., 1980), contribuyendo en la acidificación del medio.

La acícula de *Pinus* presenta baja CE, lo que se considera una excelente característica para su uso como sustrato, ya que de esta manera la fuente de nutrientes para el cultivo proviene del medio (Kämpf, 2004) y puede ser aportada según las necesidades del cultivo. En este contexto, se observó que el día 26 los tratamientos que

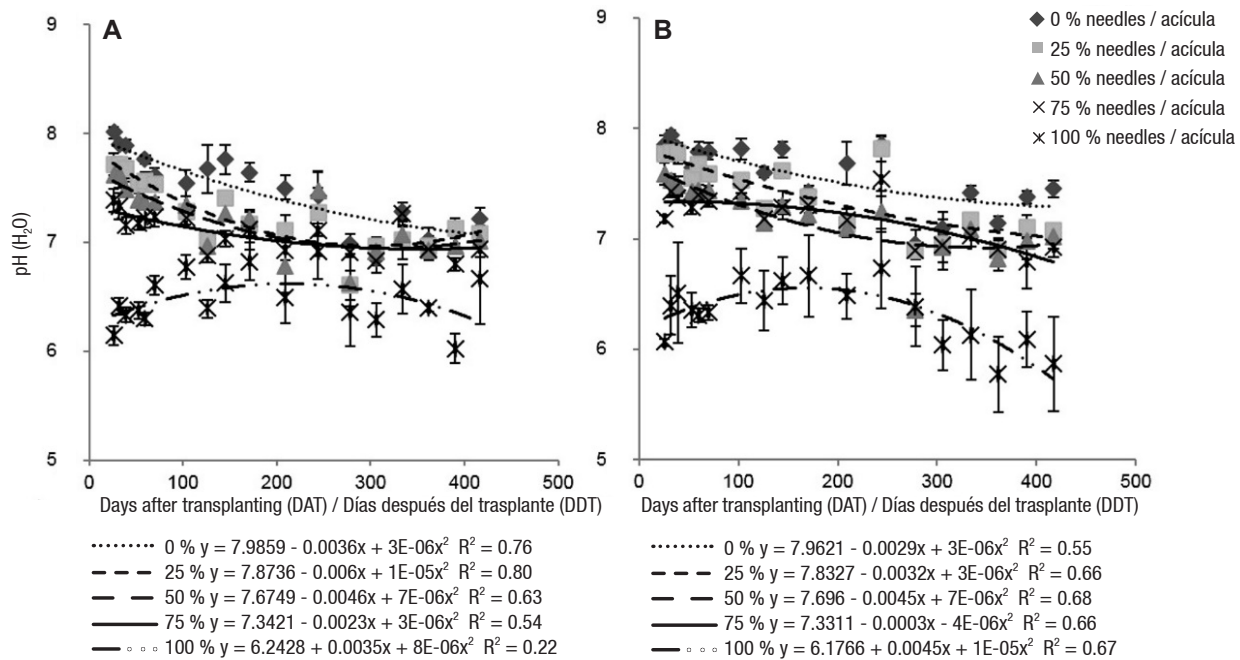


Figure 1. Variation in pH after cultivation of *Poncirus trifoliata* rootstock in substrates with a mixture of different proportions of *Pinus sp.* needles and commercial substrate based on eucalyptus bark. Porto Alegre, 2015. Particle size: A = 3.5 mm and B = 8.0 mm.

Figura 1. Variación del pH después del cultivo del portainjerto *Poncirus trifoliata* en sustratos con mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus sp.* y sustrato comercial a base de corteza de eucalypto. Porto Alegre, 2015. Granulometría: A = 3.5 mm y B = 8.0 mm.

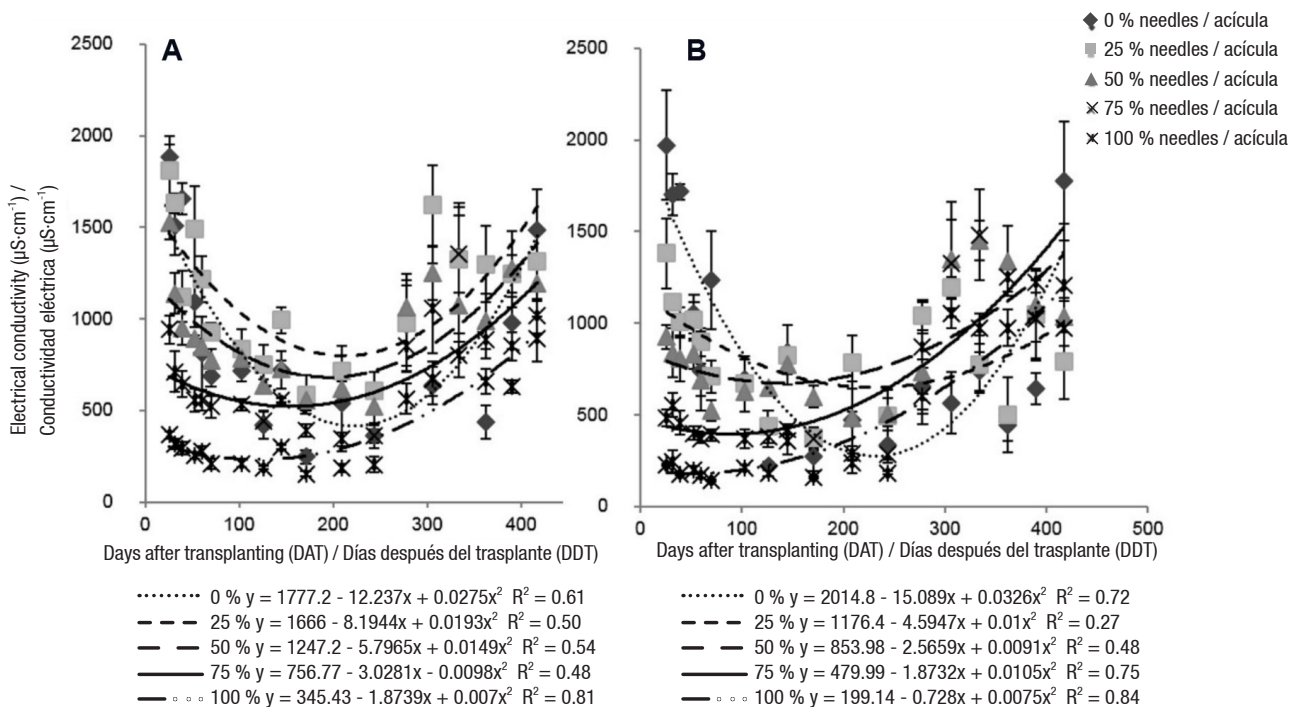


Figure 2. Variation in electrical conductivity after cultivation of *Poncirus trifoliata* rootstock in substrates with a mixture of different proportions of *Pinus sp.* needles and commercial substrate based on eucalyptus bark. Porto Alegre, 2015. Particle size: A = 3.5 mm and B = 8.0 mm.

Figura 2. Variación de la conductividad eléctrica después del cultivo del portainjerto *Poncirus trifoliata* en sustratos con mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus sp.* y sustrato comercial a base de corteza de eucalypto. Porto Alegre, 2015. Granulometría: A = 3.5 mm y B = 8.0 mm.

transplanting; this fertilization was intentionally delayed to evaluate the fertility of the substrates. It was detected that the higher the initial EC of the treatments, the greater the losses. Thus, fertilization should be carried out using smaller and more frequent doses, thus reducing excessive losses due to leaching. Bueno-Scivittaro, Pedroso-de Oliveira, and Radmann (2004) found that slow-release fertilizers accelerate the development of 'Trifoliata' rootstock if $6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ is applied on a commercial substrate consisting basically of eucalyptus bark.

Regarding the dry density of the substrates, the *Pinus* needles had a lower density than the commercial substrate. Therefore, the treatments with a higher needle percentage were less dense (Figure 3). Additionally, all the mixtures maintained their density during cultivation, which indicates a stability in the particles, a desired characteristic in substrates.

As for the evaluation of the physical characteristics of the mixtures during culture, there was a small variation in the percentage of solids, air space, available water, accumulated water and remnant water in the treatments with 3.5 mm needles (Figure 4A). In this way, the stability of the material was verified. On the contrary, the treatments formulated from 8.0 mm needles presented instability, since they showed greater variation in the aforementioned physical characteristics (Figure 4B). This behavior is due to several factors: the arrangement of particles, the decomposition of non-

contenían mayor proporción de acícula presentaron los valores de CE más bajos, comparados con el tratamiento de 0 % (Figura 2).

Los resultados de CE obtenidos en el presente estudio pueden estar relacionados con el abonado, el cual empezó a los 100 días después del trasplante; dicho abonado se retrasó intencionalmente para evaluar la fertilidad de los sustratos. Se detectó que a mayor CE inicial de los tratamientos, mayores son las pérdidas. De esta manera, el suministro de abono se debe realizar bajo dosis más pequeñas y más frecuentes, reduciendo con ello las pérdidas excesivas por lixiviación. Bueno-Scivittaro, Pedroso-de Oliveira, y Radmann (2004) comprobaron que fertilizantes de liberación lenta aceleran el desarrollo del portainjerto 'Trifoliata' si se aplican $6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ en un sustrato comercial constituido básicamente con corteza de eucalipto.

Con respecto a la densidad seca de los sustratos, la acícula de *Pinus* presentó una densidad inferior a la del sustrato comercial. Por ello, los tratamientos con mayor porcentaje de acícula fueron menos densos (Figura 3). Adicionalmente, todas las mezclas mantuvieron su densidad durante el cultivo, lo que indica una estabilidad en las partículas, característica deseada en sustratos.

En cuanto a la evaluación de las características físicas de las mezclas durante el cultivo, hubo una pequeña variación en el porcentaje de sólidos, espacio de aire,

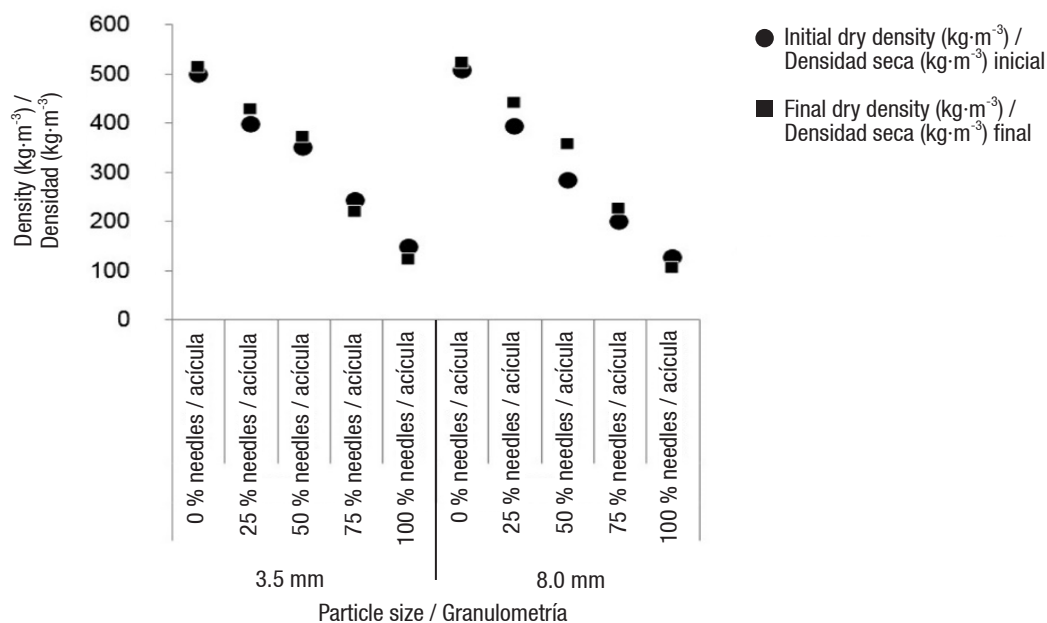


Figure 3. Variation in initial (day 0) and final (417 days after transplanting) dry density of substrates with a mixture of different proportions of *Pinus* sp. needles and commercial substrate based on eucalyptus bark in the cultivation of *Poncirus trifoliata* seedlings. Porto Alegre, 2015.

Figura 3. Variación de la densidad seca inicial (día 0) y final (417 días después del trasplante) de sustratos con mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus* sp. y sustrato comercial a base de corteza de eucalipto en el cultivo de plántulas de *Poncirus trifoliata*. Porto Alegre, 2015.

stabilized materials, the compaction of the substrate, the release of root exudates and the establishment of microorganisms in the organic material.

Although the substrates physically changed throughout the culture, this did not affect the development of the citrus rootstock. Height was similar among treatments

agua disponible, agua acumulada y agua remanente en los tratamientos con acícula de 3.5 mm (Figura 4A). De esta forma, se verificó la estabilidad del material. Por el contrario, los tratamientos formulados a partir de acículas de 8.0 mm presentaron inestabilidad, pues mostraron mayor variación en las características físicas antes mencionadas (Figura 4B). Ese comportamiento

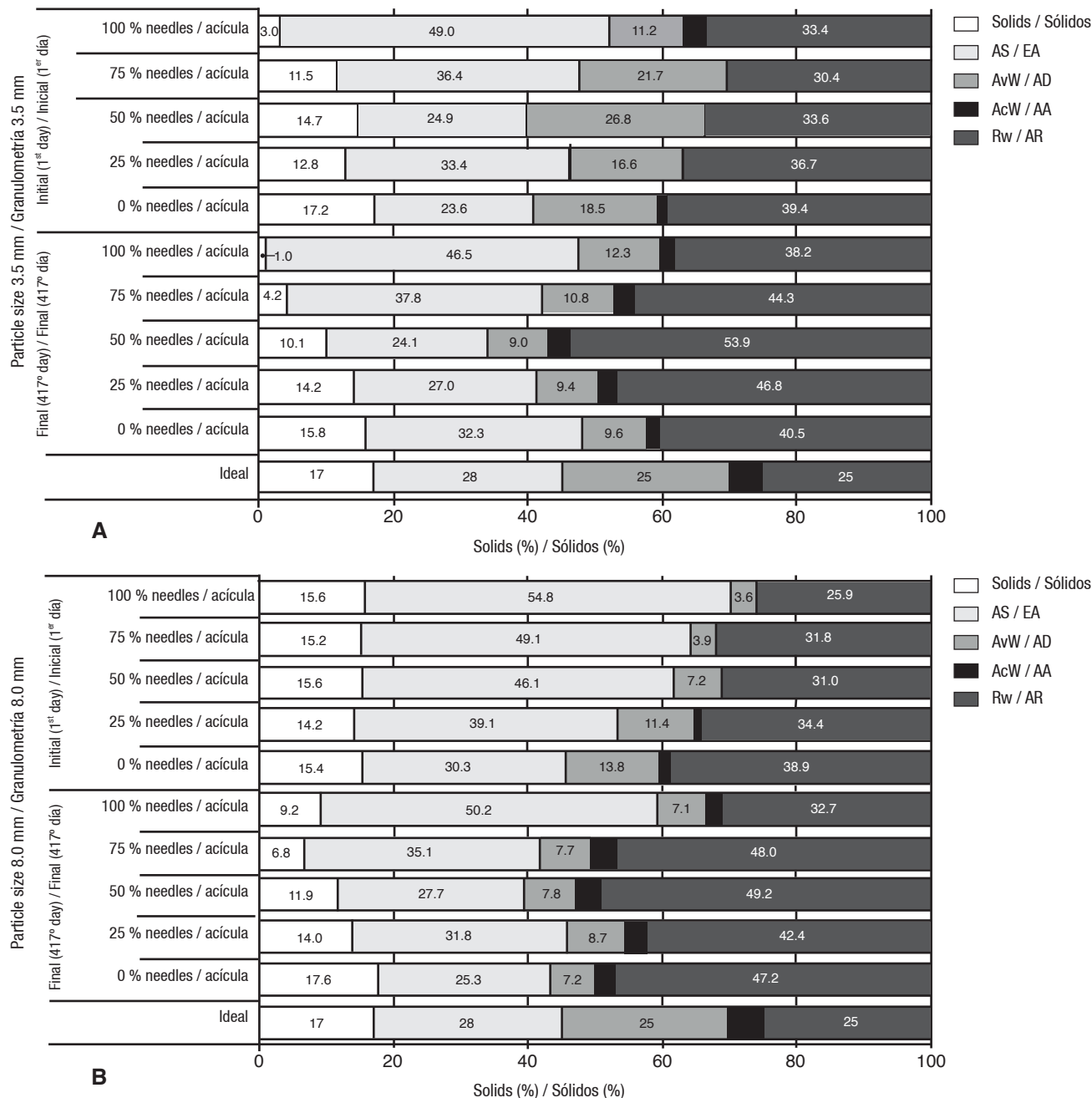


Figure 4. Percentage of solids, air space (AS), available water (AvA), accumulated water (AcW) and remnant water (RW) in mixed substrates of different proportions of *Pinus* sp. needles and commercial substrate based on eucalyptus bark, in the cultivation of *Poncirus trifoliata* seedlings. Porto Alegre, 2015. Particle size: A = 3.5 mm and B = 8.0 mm.

Figura 4. Porcentaje de sólidos, espacio de aire (EA), agua disponible (AD), agua acumulada (AA) y agua remanente (AR) en sustratos de mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus* sp. y sustrato comercial a base de corteza de eucalipto, en el cultivo de plántulas de *Poncirus trifoliata*. Porto Alegre, 2015. Granulometría: A = 3.5 mm y B = 8.0 mm.

with the same needle ratio (v:v), regardless of particle size (3.5 or 8.0 mm; Figure 5). This can be explained by the similarity of the EC among these treatments. According to Bueno-Scivittaro et al. (2004), fertilization greatly influences the development of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.

During crop development, higher height occurred in those *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. plants cultivated on commercial substrate based on eucalyptus bark alone or with 25 % needles, regardless of particle size (Figure 5); this could be due to the higher EC of the substrates with a lower needle percentage (Figure 3). Thus, if the same fertility conditions of the substrates are maintained throughout the entire production process, treatments with a higher percentage of *Pinus* needles would probably not be inappropriate.

The diameter of the neck of the plants showed a behavior similar to that which occurred with height. From the regression analysis, a reduction in the diameter of the 'Trifoliata' rootstock was detected as the percentage of needles in the mixture increased, regardless of the size used (Figure 6). In this same parameter, the treatment containing only commercial substrate was superior to those with needles in their different concentrations, as a consequence of their higher initial fertility. Decarlos-

se explica por varias razones: el arreglo de partículas, la descomposición de los materiales no estabilizados, la compactación del sustrato, la liberación de exudados radiculares y el establecimiento de microorganismos en el material orgánico.

Aunque los sustratos cambiaron físicamente a lo largo del cultivo, esto no afectó el desarrollo del portainjerto cítrico. La altura fue semejante entre los tratamientos que tenían la misma proporción (v:v) de acícula, independientemente de la granulometría (3.5 o 8.0 mm; Figura 5). Eso se puede explicar por la similitud de la CE entre estos tratamientos. De acuerdo con Bueno-Scivittaro et al. (2004), el abonado influye en gran medida en el desarrollo de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.

Durante el desarrollo del cultivo, se detectó mayor altura en aquellas plantas de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. cultivadas en sustrato comercial a base de corteza de eucalipto solo o con 25 % de acícula, independientemente del tamaño de partícula (Figura 5); esto pudo deberse a la mayor CE de los sustratos con menor porcentaje de acículas (Figura 3). De esta manera, si se mantienen las mismas condiciones de fertilidad de los sustratos durante todo el proceso productivo, posiblemente los tratamientos con mayor porcentaje de acícula de *Pinus* no tendrían inconveniente.

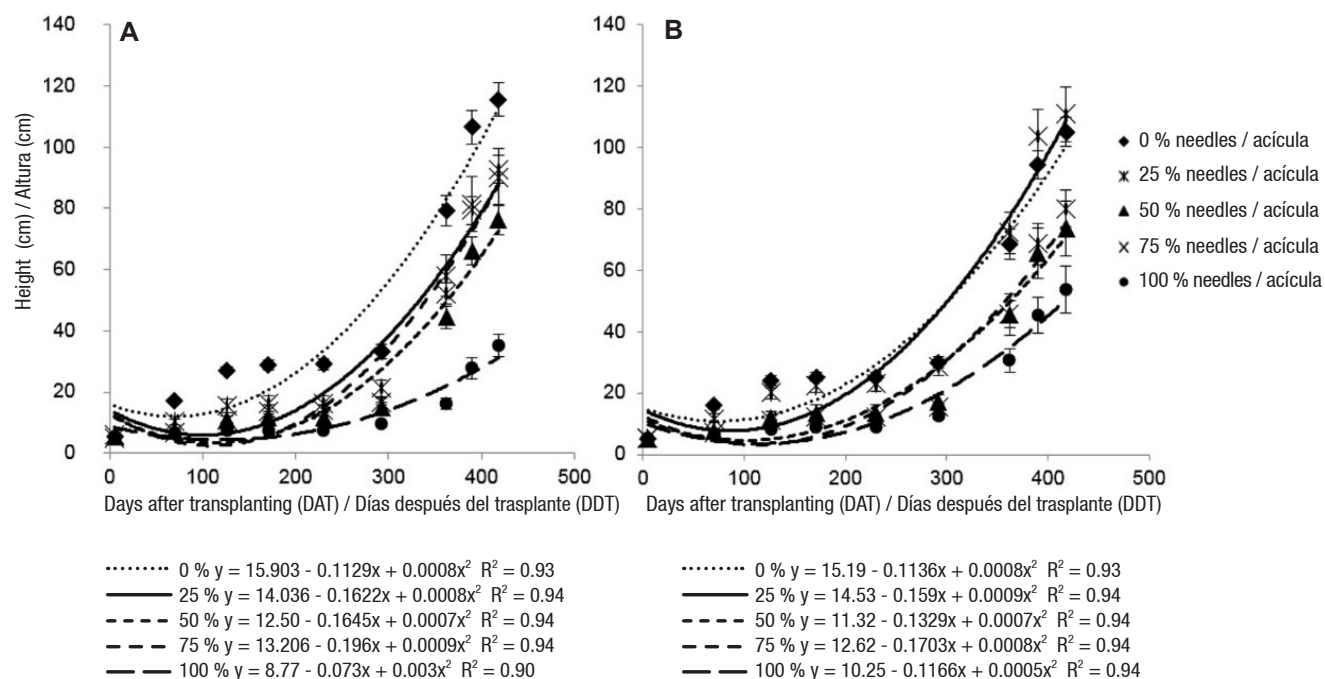


Figure 5. Height of *Poncirus trifoliata* seedlings grown on mixed substrates of different proportions of *Pinus* sp. needles and commercial substrate based on eucalyptus bark. Porto Alegre, 2015. Particle size: A = 3.5 mm and B = 8.0 mm.

Figura 5. Altura de plántulas de *Poncirus trifoliata* cultivadas en sustratos de mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus* sp. y sustrato comercial a base de corteza de eucalipto. Porto Alegre, 2015. Granulometría: A = 3.5 mm y B = 8.0 mm.

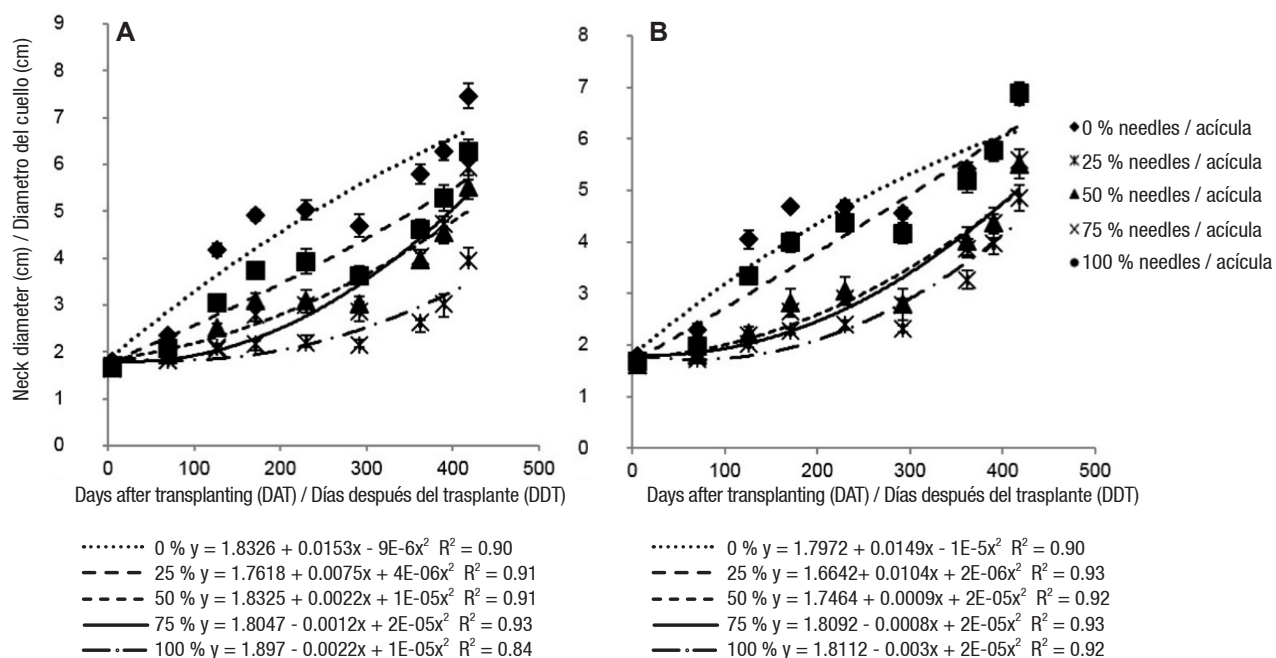


Figure 6. Neck diameter of *Poncirus trifoliata* seedlings grown on mixed substrates of different proportions of *Pinus* needles and commercial substrate based on eucalyptus bark. Porto Alegre, 2015. Particle size: A = 3.5 mm and B = 8.0 mm.

Figura 6. Diámetro del cuello de plántulas de *Poncirus trifoliata* cultivadas en sustratos de mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus* sp. y sustrato comercial a base de corteza de eucalipto. Porto Alegre, 2015. Granulometría: A = 3.5 mm y B = 8.0 mm.

Neto, Siqueira-de Lopes, Pereira-Gomes, and Alvarez (2002), with increasing doses of nitrogen fertilizer, reported greater height and diameter in different rootstocks grown in pots. However, nitrogen doses higher than 3,000 mg·dm⁻³ caused a negative effect on plant growth.

Diameter is an important parameter in nurseries, since its accelerated growth means earlier grafting and, therefore, the production of seedlings in less time (Souza & Schafer, 2006). In Rio Grande do Sul, the time needed for rootstocks to be ready for use can be up to one year, varying according to the climate and cultivation system (Mendes-de Oliveira, da Silva-Rodrigues, Loyola-Dantas, Soares-Filho, & Girardi, 2014). In this sense, other propagation processes such as staking usually accelerate the process (Mourão-Filho, Girardi, & Zarate-do Couto, 2009).

Regarding the dry weight of the rootstock, the stems showed higher values, followed by the roots and leaves (Figure 7). Schafer, Dutra-de Souza, Koller, and Schwarz (2006) found greater accumulation of dry weight in roots than in the aerial part, which differs from the values found in this work. Due to the difference in results, it was proven that the growth of the plant is directly related to the fertility of the culture medium. Treatments with higher fertility at the beginning of the experiment accelerated the growth of the plants,

El diámetro del cuello de las plantas presentó un comportamiento semejante al que ocurrió con la altura. A partir del análisis de regresión, se detectó una reducción en el diámetro del portainjerto 'Trifoliata' a medida que aumentó el porcentaje de acícula en la mezcla, independientemente del tamaño empleado (Figura 6). En este mismo parámetro, el tratamiento que contenía únicamente sustrato comercial fue superior a los que tenían acícula en sus diferentes concentraciones, esto como consecuencia de su mayor fertilidad inicial. Decarlos-Neto, Siqueira-de Lopes, Pereira-Gomes, y Alvarez (2002), con dosis crecientes de abono nitrogenado, reportaron mayor altura y diámetro en diferentes portainjertos cultivados en macetas. Sin embargo, dosis de nitrógeno superiores a 3,000 mg·dm⁻³ causaron un efecto negativo en el crecimiento de las plantas.

El diámetro es un parámetro importante en viveros, pues su crecimiento rápido significa una injerta anticipada y, por lo tanto, la producción de plántulas en menor tiempo (Souza & Schafer, 2006). En Rio Grande do Sul, el tiempo necesario para que los portainjertos estén listos para usarse puede ser de hasta un año, variando según el clima y el sistema de cultivo (Mendes-de Oliveira, da Silva-Rodrigues, Loyola-Dantas, Soares-Filho, & Girardi, 2014). En este sentido, otros procesos de propagación como el estaquillado suelen acelerar el proceso (Mourão-Filho, Girardi, & Zarate-do Couto, 2009).

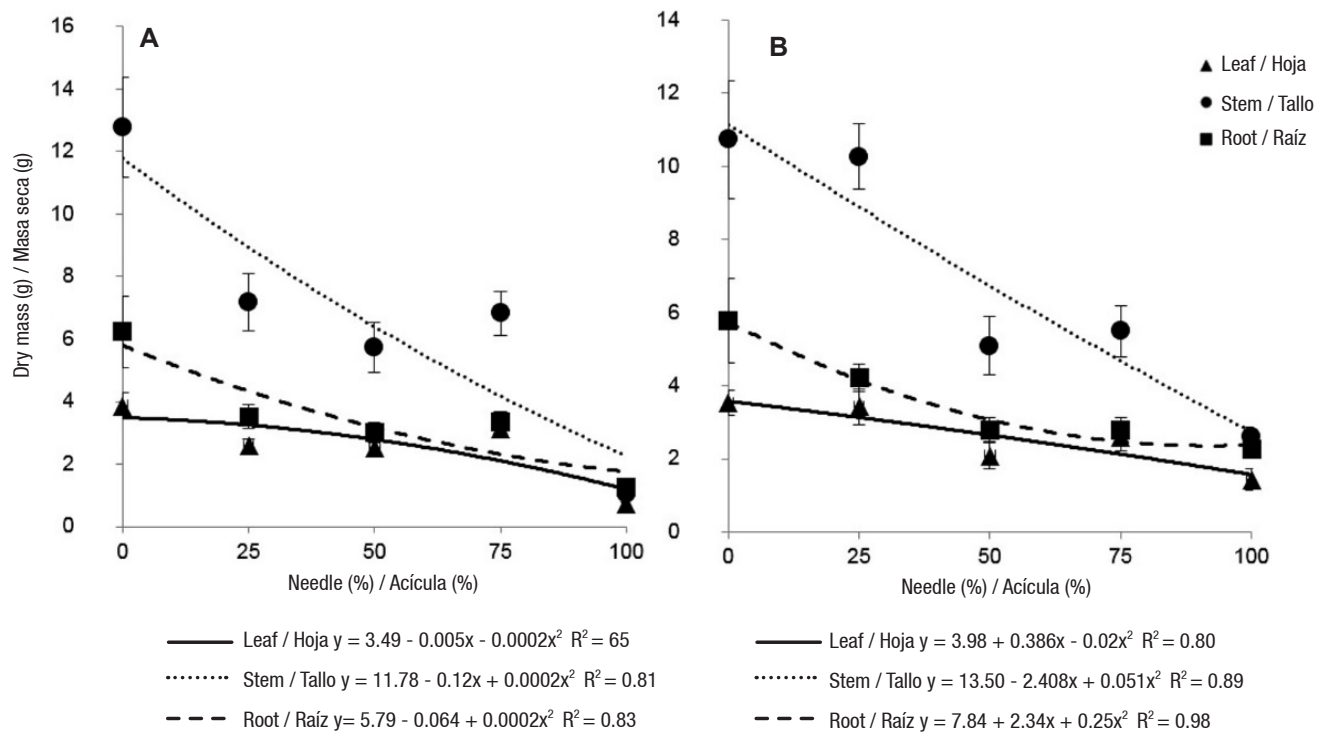


Figure 7. Dry weight of *Poncirus trifoliata* seedlings grown on mixed substrates of different proportions of *Pinus* sp. needles and commercial substrate based on eucalyptus bark. Porto Alegre, 2015. Particle size: A = 3.5 mm and B = 8.0 mm.

Figura 7. Peso seco de plántulas de *Poncirus trifoliata* cultivadas en sustratos de mezcla de diferentes proporciones de acícula de *Pinus* sp. y sustrato comercial a base de corteza de eucalipto. Porto Alegre, 2015. Granulometría: A = 3.5 mm y B = 8.0 mm.

causing the accumulation of dry matter both in the root and in the aerial part.

The average values obtained for number of leaves per plant, leaf size and leaf area corroborate the lower development of plants cultivated in substrates with low EC.

The consistency of the root ball was lower in the treatment with 100 % *Pinus* needles; the rest of the treatments had values superior to four, regardless of particle size. The deficient formation of the root ball in the substrate caused less development of the plants and, consequently, less growth and root dry weight; in addition, the greater aeration space decreases the cohesion between the solid particles.

Based on the results obtained in this study, the potential for the use of *Pinus* sp. needles as alkaline substrate conditioners was determined. The chemical, physical and biological characteristics of this material make it a favorable input in the development of new culture media. Thus, there is support for the idea of using needles in mixtures with alkaline substrates, as they promote the development of 'Trifoliata' rootstock when used in proportions of up to 25 %.

En cuanto al peso seco del portainjerto, los tallos presentaron valores superiores, seguidos de las raíces y las hojas (Figura 7). Schafer, Dutra-de Souza, Koller, y Schwarz (2006) encontraron mayor acumulación de peso seco en raíces que en la parte aérea, lo cual difiere de los valores encontrados en este trabajo. Debido a la diferencia de resultados, se comprobó que el crecimiento de la planta está relacionado directamente con la fertilidad del medio de cultivo. Los tratamientos con mayor fertilidad al inicio del experimento aceleraron el crecimiento de las plantas, ocasionando la acumulación de materia seca tanto en la raíz como en la parte aérea.

Los valores obtenidos del número promedio de hojas por planta, tamaño promedio de hojas y promedio de área foliar corroboran el desarrollo menor de las plantas cultivadas en los sustratos con CE baja.

La consistencia del cepellón fue inferior en el tratamiento con 100 % de acícula de *Pinus*, el resto de los tratamientos presentaron valores superiores a cuatro, independientemente de la granulometría. La formación deficiente del cepellón en el sustrato ocasionó menor desarrollo de las plantas y, por consiguiente, menor crecimiento y peso seco de raíces;

In treatments with a higher percentage of needles, the results were not satisfactory, since the handling given to them favored the commercial substrate; therefore, it is necessary to balance the fertility of the substrates in order to minimize the effect of the EC, as this is one of the determining characteristics in the development of citrus rootstocks.

Conclusions

The use of 25 % *Pinus* needles in a mixture with commercial alkaline substrate based on eucalyptus bark promotes the development of 'Trifoliata' rootstock.

Acknowledgments

The authors thank the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* and the *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul* for the economic support granted.

End of English version

References / Referencias

- Bolzon-Muñiz, G. I., Lengowski, E. C., Nisgoski, S., Esteved-de Magalhães, W. L., Tanobe-de-Oliveira, V., & Hansel, F. (2014). Characterization of *Pinus* spp needles and evaluation of their potential use for energy. *Cerne*, 20(2), 245-250. doi: 10.1590/01047760.201420021358
- Bueno-Scivittaro, W., Pedroso-de Oliveira, R., & Radmann, E. B. (2004). Rates of slow-release fertilizer on 'Trifoliata' rootstock production. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26, 520-523. doi: 10.1590/S0100-29452004000300035
- Cavins, T. J., Whipker, B. E., Fonteno, W. C., Harden, B., McCall, I., & Gibson, J. L. (2000). Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. North Carolina, USA: Horticultural Science. Retrieved from <https://content.ces.ncsu.edu/monitoring-and-managing-ph-and-ec-using-the-pourthru-extraction-method>
- Decarlos-Neto, A., Siqueira-de Lopes, D., Pereira-Gomes, P. R., & Alvarez, V. H. (2002). Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1), 199-203. doi: 10.1590/S0100-29452002000100043
- Fermino, M. H., & Kämpf, A. N. (2012). Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. *Horticultura Brasileira*, 30(1), 75-79. doi: 10.1590/S0102-05362012000100013
- Fleig-Saidelles, F. L., Winckler-Caldeira, M. V., Nagel-Schirmer, W., & Vigan-Sperandio, H. (2009). Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. *Semina*, 30(1), 1173-1186. doi: 10.5433/1679-0359.2009v30n4Sup1p1173

además, el mayor espacio de aireación disminuye la cohesión entre las partículas sólidas.

Con base en los resultados obtenidos en ese estudio, se determinó el potencial de uso de acículas de *Pinus* sp. como acondicionadoras de sustratos alcalinos. Las características químicas, físicas y biológicas de ese material lo convierten en un insumo favorable en el desarrollo de nuevos medios de cultivo. De esa manera, se destaca la posibilidad de emplear acículas en mezclas con sustratos alcalinos, ya que promueve el desarrollo del portainjerto 'Trifoliata' cuando se utiliza en proporciones de hasta 25 %.

En los tratamientos con mayor porcentaje de acículas, los resultados no fueron satisfactorios, ya que el manejo que se les dio favoreció al sustrato comercial; por lo que es necesario equilibrar la fertilidad de los sustratos para minimizar el efecto de la CE, pues esa es una de las características determinantes en el desarrollo de portainjertos cítricos.

Conclusiones

El uso de 25 % de acícula de *Pinus* en mezcla con sustrato comercial alcalino a base de corteza de eucalipto promueve el desarrollo del portainjerto 'Trifoliata'.

Agradecimientos

Al *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, a la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* y a la *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul* por el apoyo económico.

Fin de la versión en español

- Guerrini, I. A., & Trigueiro, R. M. (2004). Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(6), 1069-1076. doi: 10.1590/S0100-06832004000600016
- Kämpf, A. N. (2004). Evolução e perspectivas do uso de substratos no Brasil. In: Barbosa, J. G., Martinez, H. E. P., Pedrosa, M. W., & Sediyaama, M. A. N. (Eds.), *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato* (pp. 3-10). Viçosa: UFV.
- Malvestiti, A. L. (2004). Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: Barbosa, J. G. (Ed.), *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato* (pp. 226-235). Viçosa: UFV.
- Mello, F. A. F., Possídio, E. L., Pereira, J. R., Araújo, J. P., Abramof, L., & Costa, O. A. (1980). Effects of urea and ammonium sulphate on the pH and nitrification in a dark red latosol. *Anais da Escola Superior de Agricultura*

- Luiz de Queiroz, 37(1), 1-10. doi: 10.1590/S0071-12761980000100001
- Mendes-de Oliveira, E. R., da Silva-Rodrigues, M. J., Loyola-Dantas, A. C. V., Soares-Filho, W., & Girardi, E. A. (2014). Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento e o crescimento de quinze porta-enxertos de citros propagados por estaquia. *Citrus Research & Technology*, 35(1), 35-43. doi: 10.5935/2236-3122.20140004
- Mourão-Filho, F. A., Girardi, E. A., & Zarate-do Couto, H. T. (2009). 'Swingle' citrumelo propagation by cuttings for citrus nursery tree production or inarching. *Scientia Horticulturae*, 120(2), 207-212. doi: 10.1016/j.scienta.2008.11.001
- Schafer, G., Bastianel, M., & Cunha-Dornelles, A. L. (2001). Porta-enxertos utilizados na citricultura. *Ciência Rural*, 31(4), 723-733. doi: 10.1590/S0103-84782001000400028
- Schafer, G., Dutra-de Souza, P. V., Koller, O. C., & Schwarz, S. F. (2006). Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. *Ciência Rural*, 36(6), 1723-1729. doi: 10.1590/S0103-84782006000600009
- Schafer, G., Dutra-de Souza, P. V., & Sidnei-Fior, C. (2015). Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados no sul do Brasil. *Ornamental Horticulture*, 21(3), 299-306. doi: 10.14295/oh.v21i3.735
- Schumacher, M. V. (2002). Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. plantadas no estado do Rio Grande do Sul-Brasil. In: Sanqueta, C. R., Watzlawick, L. F., Balbinot, R., Ziliotto, M. A. B., & Gomes, F. S. (Eds.), *As florestas e o carbono* (pp. 141-152). Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Schumann, A. W., Little, K. M., & Eccles, N. S. (1995). Suppression of seed germination and early seedling growth by plantation harvest residues. *South African Journal of plant and Soil*, 12(4), 170-172. doi: 10.1080/02571862.1995.10634359
- Souza, P. V. S., & Schafer, G. (2006). Produção de mudas de laranjeiras. In: Koller, O. C. (Ed.), *Citricultura: Laranja: tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização* (pp. 55-87). Porto Alegre: Cinco Continentes.
- Spier, M., Silva-da Silva, D., Schafer, G., & Dutra-de Souza, P. V. (2009). Cultivo de flor-de-mel em substrato de bagaço de cana-de-açúcar. *Scientia Agraria*, 10(3), 251-255. doi: 10.5380/rsa.v10i3.14510
- Thörnqvist, T. (1985). Drying and storage of forest residues for energy production. *Biomass*, 7(2), 125-134. doi: 10.1016/0144-4565(85)90038-1
- Winckler-Caldeira, M. V., Nunes-da Rosa, G., Bergamo-Fenilli, T. A., & Pamplona-Harbs, R. M. (2008). Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, 9(1), 27-33. doi: 10.5380/rsa.v9i1.9898