

EFFECTO DE UN BIORREGULADOR A BASE DE AUXINAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTINES DE TOMATE

Graciela Cuesta^{1,2*}; Eduardo Mondaca²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agraria San Juan. Calle 11 y Vidart, Villa Aberastain, Pocito, San Juan, ARGENTINA. C. P. 5429.

Correo-e: gcuesta@sanjuan.inta.gov.ar (*Autor para correspondencia)

²Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agronomía. Calle 11 y Vidart, Villa Aberastain, Pocito, San Juan, ARGENTINA. C. P. 5429.

RESUMEN

La producción de plántulas de tomate en bandejas alveoladas ha aumentado, ya que por llevar el sistema radicular protegido en un cepellón se reduce el estrés del trasplante. Un mayor desarrollo radicular favorece el establecimiento en campo. La producción de raíces puede ser promovida por la acción de auxinas por lo que en este trabajo se propuso evaluar el efecto de un biorregulador con base en auxinas sintéticas sobre el crecimiento de plantas de tomate en bandejas alveoladas. El ensayo se realizó en un vivero comercial, en San Juan, Argentina. Se utilizó el cultivar AC 55. La siembra se realizó en bandejas con celdas de 36 cm³. El biorregulador fue una formulación comercial que contiene 0.12 % de ácido indolbutírico y 0.004 % de forclorfenurón. Se probaron cuatro concentraciones del producto (1, 3, 5 y 7 ml·litro⁻¹) y se ensayó un testigo. Se tomaron muestras a los 26, 33, 40 y 47 días después de la siembra. Se midió peso seco de raíz (PSR) y parte aérea (PSA), longitud del tallo (LT), número de hojas mayores a 1 cm (NH) y longitud de la tercera hoja (LH). Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las mayores dosis aplicadas permitieron aumentar el peso seco de las raíces entre 36 y 39 % respecto al testigo. La regresión entre peso seco de raíz y dosis aplicada indica que podría haber respuesta a dosis mayores. No se observó efecto sobre el crecimiento en la parte aérea de la planta.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Solanum lycopersicon* L., regulador del crecimiento, peso de raíz.

EFFECT OF AN AUXIN-BASED BIOREGULATOR ON GROWTH OF TOMATO SEEDLINGS

ABSTRACT

Production of tomato seedlings in trays has increased in recent years because protecting the root system in a ball reduces transplant shock, resulting in a higher plant survival rate and thus avoiding the need to replant. Greater root development favors establishment in the field because it promotes water and nutrient uptake. Since root production can be promoted by auxin action, the aim of this study was to evaluate the effect of an auxin-based bioregulator on the growth of tomato seedlings in trays. The trial was conducted in a commercial nursery in San Juan, Argentina. The AC 55 tomato cultivar was used. Trays with 126 cells, 36 cm³ per cell, were used. The bioregulator was a commercial formulation containing 0.12 % indole butyric acid and 0.004 % forchlorfenuron. Four concentrations of the product (1, 3, 5 and 7 ml·liter⁻¹) and a control were tested in a completely randomized design with 5 treatments and 4 replicates. Samples were taken at 26, 33, 40 and 47 days after sowing. The variables measured were root dry weight (RDW), aerial dry weight (ADW), stem length (SL), number of leaves larger than 1 cm (NL) and third leaf length (LL). Higher doses increased RDW by 36-39 % compared to the control. The regression between root dry weight and applied dose indicates there could be a response to higher doses. No effect on growth in the aerial part of the plant was observed.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Solanum lycopersicon* L., bioregulator, root weight

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo y de mayor valor económico, y representa el 30 % de la producción hortícola mundial. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. Si bien en Argentina, en los últimos años, se ha observado un incremento en la producción llegando a las 360,000 t en 6,775 ha, todavía no se cubre la demanda interna del país (Anónimo, 2011).

La producción de plantas para trasplante en recipientes ha crecido en los últimos años debido a las grandes ventajas que representa este sistema respecto a los almácigos tradicionales. Tal ha sido el grado de especialización de esta actividad que en los últimos años se ha incrementado el número de empresas productoras de plantines con cepellón, para uso propio o para comercializarlos (Mondino *et al.*, 2007).

Las plantas producidas en recipientes son más precoces y más uniformes que las producidas en el campo. Su crecimiento puede controlarse fácilmente a través del manejo de la luz, los riegos y nutrientes (Cerny *et al.*, 2004) como también la temperatura y humedad (Muñoz, 2003). Sufren menos estrés al momento del trasplante, ya que llevan el sistema radical en un cepellón (McKee, 1981) y el mayor volumen de la raíz mejora el anclaje al momento del trasplante, lo que reduce la incidencia de vuelco por el efecto del viento. Los plantines con una mayor masa de pelos radiculares aumentan la capacidad de absorción de nutrientes y agua, y por consecuencia presentan un mejor desarrollo durante su ciclo de cultivo (Dufault, 1998).

En Argentina, en la temporada 2011-2012 se produjeron 88,483,328 plantas de tomate en bandeja para abastecer solamente a la producción de tomate de industria en la región de Cuyo (Anónimo, 2011). El tiempo de ocupación del invernadero para la producción de plantines varía de 45 días en verano a 60 días en invierno, y se considera que un plantín está listo para el trasplante cuando sus raíces llenan completamente la celda. Obtener un mejor desarrollo radicular en menor tiempo implicaría reducir el tiempo de ocupación del invernadero y por lo tanto, reducir el costo del plantín.

El conocimiento generado sobre las hormonas en las plantas es lo que ha orientado a la industria agroquímica a desarrollar formulaciones a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, para aplicarlos a las plantas y manipular sus eventos fisiológicos. De ahí surge el concepto de los biorreguladores hormonales también conocidos como reguladores de crecimiento o fitohormonas. Un biorregulador es un compuesto orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas cuando son aplicados en pequeñas concentraciones (Camargo *et al.*, 2009). Las formulaciones de los productos biorreguladores contienen uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está muy definida para cada evento o proceso fisiológico.

INTRODUCTION

The tomato (*Solanum lycopersicon* L.) is one of the most commonly grown and economically important vegetables in the world, accounting for 30 % of world horticultural production. Its demand continuously increases and thus its cultivation, production and trade. Although there has been an increase in production in Argentina in recent years, reaching 360,000 t in 6,775 ha, it still does not meet the country's domestic demand (Anónimo, 2011).

Plant production in containers for transplantation has grown in recent years due to the great advantages represented by this system compared to traditional seedbeds. Such has been the degree of specialization of this activity that the number of companies producing seedlings with root ball, either for their own use or to sell them, has increased in recent years (Mondino *et al.*, 2007).

Plants grown in containers are earlier and more uniform than those produced in the field. Their growth can be easily controlled through the management of light, irrigation and nutrients (Cerny *et al.*, 2004), as well as of temperature and humidity (Muñoz, 2003). They experience less stress at the time of transplantation, since their root system is protected in a ball (McKee, 1981) and the greater root volume improves anchoring at the time of transplanting, reducing the incidence of overturning due to the wind. Seedlings with a greater mass of root hairs increase their ability to absorb nutrients and water, and therefore have better development during their crop cycle (Dufault, 1998).

In Argentina, in the 2011-2012 growing season, 88,483,328 tomato plants were produced in trays to supply only the tomato-producing industry in the Cuyo region (Anónimo, 2011). The holding time for greenhouse seedling production ranges from 45 days in summer to 60 days in winter, and a seedling is considered ready to transplant when its roots completely fill the cell. Obtaining better root development in less time would reduce greenhouse holding time and thus seedling costs.

The knowledge generated about hormones in plants is what has guided the agrochemical industry to develop formulations based on natural or synthetic hormonal compounds, to apply them to plants and manipulate their physiological events. Hence the concept of hormonal bioregulators, also known as growth regulators or phytohormones, arises. A bioregulator is an organic compound that promotes, inhibits or modifies morphological and physiological processes of plants when applied at low concentrations (Camargo *et al.*, 2009). Formulations of bioregulator products contain one or two hormonal compounds whose physiological action is well defined for each physiological event or process.

Choudhury *et al.* (2013) proved that some growth regulators show a different response in biometric and production

Choudhury *et al.* (2013) probaron que algunos reguladores de crecimiento muestran diferente respuesta en parámetros biométricos y productivos de tomate. En muchas especies la formación de raíces adventicias en estaquillas es promovida por auxinas como el ácido indol-3-acético (AIA) y ácido indol-3-butírico (AIB) (Woodward y Bartel, 2005; Davies, 2004) por lo que se espera que el uso de un biorregulador que contenga estas hormonas acelerará el crecimiento de la raíz también en plantines de tomate.

Con base en este supuesto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de un biorregulador radicular a base de auxinas en el crecimiento de plantas de tomate sembradas en bandejas alveoladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero destinado a la producción comercial de plantines ubicado en las coordenadas 31° 41' 56.46" latitud sur, 68° 32' 55.76" longitud oeste, a 595 msnm, en Pocito, San Juan, Argentina. Se utilizó el cultivar de tomate AC 55 de fruto redondo y crecimiento indeterminado. El biorregulador utilizado fue una formulación comercial que contiene 0.12 % de ácido indolbutírico y 0.004 % de forchlorfenurón.

La siembra se hizo en bandejas de poliestireno expandido de 126 alveolos (35 cm³ por celda) con un sustrato compuesto por turba rubia y orujo en una proporción de 1:1. Se regó hasta saturación y con el riego se aplicó propamocarb (1 ml·litro⁻¹) como preventivo contra el ataque de hongos.

Las bandejas se colocaron en cámaras de germinación (25 °C con 80 % de humedad relativa) hasta obtener 80 % de emergencia y luego se llevaron al invernadero donde fueron mantenidas bajo condiciones de temperatura y humedad controladas. Se utilizó riego por aspersión aplicando un total de 46 litros por bandeja mientras duró el ensayo. Las dosis de cada nutrientes fue (mg·litro⁻¹): N, 280; P, 310; K, 240; Ca, 65, y Mg, 1, y se aplicaron con el riego.

La primera aplicación del biorregulador se realizó a los 10 días después de la siembra, cuando las plantas presentaban sus cotiledones expandidos. Posteriormente se realizaron tres aplicaciones con un intervalo de siete días entre cada una y se inyectaron 3 ml en el sustrato de cada celda.

Se realizaron cinco tratamientos que consistieron en cuatro diferentes concentraciones del producto (1, 3, 5 y 7 ml·litro⁻¹) y un testigo al que se aplicó solamente agua. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y la unidad experimental consistió en una bandeja completa. Para evaluar el efecto del producto a lo largo del tiempo se realizaron muestreos a los 26, 33, 40 y 47 días después de siembra (DDS). En cada muestreo se seleccionaron al azar 10 plantas.

parameters of tomato. In many species the formation of adventitious roots in cuttings is promoted by auxins such as indole-3-acetic acid (IAA) and indole-3-butyric acid (IBA) (Woodward and Bartel, 2005; Davies, 2004), so it is expected that the use of a bioregulator containing these hormones will also accelerate root growth in tomato seedlings.

Based on this assumption, the aim of this study was to evaluate the effect of different concentrations of an auxin-based root bioregulator on the growth of tomato plants sowed in trays.

MATERIALS AND METHODS

The trial was conducted in a greenhouse used for commercial seedling production, located at 31°41'56.46" south latitude and 68°32'55.76" west longitude, at 595 masl, in Pocito, San Juan, Argentina. The AC 55 tomato cultivar, characterized by round fruit and indeterminate growth, was used. The bioregulator used was a commercial formulation containing 0.12 % indole butyric acid and 0.004 % forchlorfenuron.

Seed was placed in 126-cell (35 cm³ per cell) expanded polystyrene trays with a substrate comprising white peat and pomace at a ratio of 1:1. It was watered to saturation and propamocarb was applied (1 ml·liter⁻¹) as a preventative measure against fungal attack.

The trays were placed and kept in germination chambers (25 °C with 80 % relative humidity) until obtaining 80 % emergence and then they were moved to the greenhouse where they were maintained under controlled temperature and humidity conditions. Using sprinkler irrigation, a total of 46 liters per tray was applied while the trial lasted. The dose of each nutrient was (mg·liter⁻¹): N, 280; P, 310; K, 240; Ca, 65 and Mg, 1, and it was applied with the irrigation.

The first bioregulator application was performed at 10 days after sowing, when the plants had their expanded cotyledons. Subsequently, three applications with a seven-day interval between each one were performed, and 3 ml were injected into the substrate of each cell.

Five treatments consisting of four different concentrations of the product (1, 3, 5 and 7 ml·liter⁻¹) and a control to which only water was applied were performed. A completely random design with four replicates was used, and the experimental unit consisted of a full tray. To evaluate the effect of the product over time, sampling was performed at 26, 33, 40 and 47 days after sowing (DAS). In each sampling 10 plants were selected randomly.

Root dry weight (RDW), aerial dry weight (ADW), stem length (SL), the number of leaves longer than 1 cm (NL) and the length of the third leaf (LL) were measured.

Data were analyzed using analysis of variance and Tukey's test ($P \leq 0.05$) was applied when significant effects were found. In

Se midió el peso seco de la raíz (PSR) y parte aérea (PSA) de las plantas, la longitud del tallo (LT), el número de hojas mayores a 1 cm (NH) y la longitud de la tercera hoja (LH).

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) cuando se encontraron efectos significativos. Con el fin de encontrar una ecuación que permita predecir el aumento en peso seco de la raíz en función de la dosis del producto, se ajustó una ecuación de regresión a esta variable. Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico Infostat/Profesional Versión 1.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del biorregulador en el crecimiento de la raíz

A los 26 y 33 DDS, se observó diferencia significativa en el peso de las raíces de plantas tratadas con la mayor dosis respecto al testigo (Cuadro 1). El testigo y el tratamiento donde se aplicó $1 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$ del producto presentaron los valores promedios más bajos de peso seco de raíz, mientras que el tratamiento de $7 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$ obtuvo 68 % (26 DDS) y el 50 % (33 DDS) de peso seco de raíz más que el testigo.

En la muestra tomada a los 40 DDS los plantines tratados con una concentración de $5 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$ superaron al testigo en un 36 %, y los tratados con $7 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$, en un 39 % en PSR. En el último muestreo (47 DDS) las diferencias entre el testigo y las mayores dosis no fueron significativas, y se redujeron a 14 % para la aplicación de $5 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$ y 20 % para el tratamiento de $7 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$.

El mayor enraizamiento en las plantas tratadas pudo ser promovido por el AIB, auxina sintética que resulta muy eficaz como estimulante del enraizamiento (Boutherin y Bron, 1994; Weaver, 1990). Géneve y Hauser (1982) mencionan que el AIB es más efectivo en la inducción rizogénica que la auxina natural (AIA) debido a su mayor estabilidad en las soluciones y tejidos vegetales (Ludwig-Müller, 2000). Entre los 40 y 47 DDS no se observó crecimiento en las raíces de las plantas tratadas con 3, 5 y $7 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$, pero sí en las plantas del testigo. La detención del crecimiento con las mayores dosis pudo ser consecuencia de una disminución en la concentración del producto por efecto de lavado por el riego sumado a un efecto inhibitorio provocado por el tamaño de la celda.

Las plantas tratadas manifestaron mayor peso seco de raíz que el testigo en todo el ensayo, pero mientras que en el testigo se mantuvo la misma pendiente hasta el final, en las plantas tratadas se redujo (5 y $7 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$) o se detuvo (1 y $3 \text{ ml} \cdot \text{litro}^{-1}$) a partir del tercer muestreo (Figura 1).

En el tercer muestreo las raíces de las plantas tratadas con la mayor dosis ocupaban todo el volumen del alveolo (Figura 2), lo que puede haber provocado una disminución o detención del crecimiento. Muchos autores mencionan que el crecimiento de la planta se ve afectado cuando el conte-

order to find an equation to predict the increase in root dry weight based on the product dose, a regression equation was fitted to this variable. For all analyzes, Infostat/Professional Version 1.1 statistical software was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Bioregulator effect on root growth

At 26 and 33 DAS, significant difference was observed in the root weight of plants treated with the highest dose compared to the control (Table 1). The control and the treatment where $1 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$ of the product was applied had the lowest average values of root dry weight, whereas the $7 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$ treatment obtained 68 % (26 DAS) and 50 % (33 DAS) more root dry weight than the control.

In the sample taken at 40 DAS, seedlings treated with a concentration of $5 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$ exceeded the control by 36 % in terms of RDW, and those treated with $7 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$ exceeded it by 39 %. In the last sampling (47 DAS), the differences between the control and the highest doses were not significant, and were reduced to 14 % for the $5 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$ treatment and 20 % for the $7 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$ one.

Greater rooting in the treated plants could be promoted by AIB, a synthetic auxin that is very effective as a rooting stimulant (Boutherin and Bron, 1994; Weaver, 1990). Géneve and Hauser (1982) state that AIB is more effective in root induction than natural auxin (IAA) due to its greater stability in solutions and plant tissues (Ludwig-Müller, 2000). Between 40 and 47 DAS, no growth was observed in the roots of the plants treated with 3, 5 and $7 \text{ ml} \cdot \text{liter}^{-1}$, but there was in the control plants. Growth arrest with the highest doses could be

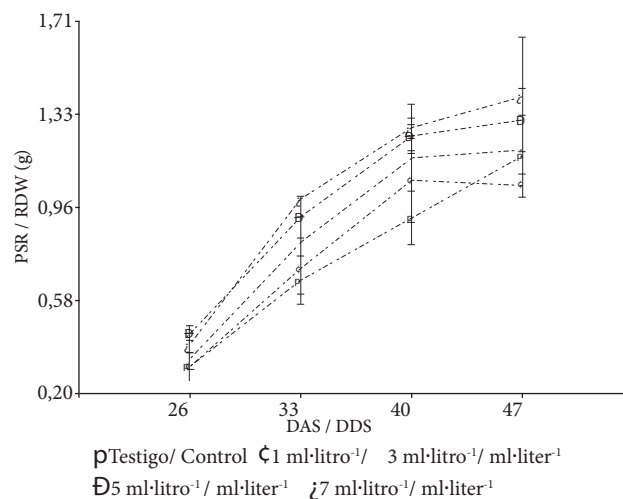


FIGURA 1. Evolución del peso seco de las raíces de tomate (PSR) en función de los días después de siembra (DDS) para las distintas dosis aplicadas.

FIGURE 1. Evolution of root dry weight (RDW) of tomato based on days after sowing (DAS) for different applied

nedor limita el desarrollo de la raíz (Peterson *et al.*, 1991; NeSmith y Duval, 1998). De acuerdo a esto, y según lo que se puede observar en la Figura 1, las raíces del testigo no habrían estado limitadas por el espacio y siguieron creciendo hasta alcanzar el mismo peso seco que las plantas tratadas.

Efecto del bioestimulante en el crecimiento de la parte aérea

No se encontraron diferencias significativas entre los efectos de tratamientos para peso seco aéreo en ninguno de los muestreos realizados (Cuadro 1). Tampoco hubo diferencia en altura de plantas, en número de hojas desarrolladas y en el largo de la primera hoja verdadera para ninguna de las fechas de muestreo (Cuadro 2).

El mayor crecimiento de la raíz consecuencia del efecto del biorregulador se manifestó entre los 33 y los 40 DDS por lo que se esperaría observar un mayor crecimiento del tallo y una mayor diferenciación de hojas, al menos a los 47 dds. Sin embargo, esto no sucedió. Es posible que esta hormona no tenga efecto sobre los meristemas caulinares o que al estar concentrada en las raíces éstas actuaron como destino fuerte, lo que redujo la translocación a las hojas. Cato *et al.* (2013) sugirieron que los cambios en la relación fuente destino provocados por aplicaciones exógenas de IBA son producidos por un aumento en la capacidad de transportar carbohidratos al sistema radicular. Boutherein y Bron (1994) señalaron que el ácido indol butírico (AIB) es un producto de síntesis que tiene una mala actividad auxínica en general, pero una excelente reacción rizógena y que se mueve poco en la planta, por lo que tiene una acción muy localizada.

A diferencia de lo citado por Herrera *et al.* (1994) quienes mencionan que el forclorfenurón es una citocinina que estimula la división y diferenciación celular, la expansión de la hoja y el cotiledón, y retarda la senescencia de la hoja, en este ensayo no se observó ninguno de los efectos men-



FIGURA 2. Plantas de tomate testigo (izquierda) y plantas tratadas con 7 ml-liter⁻¹ (derecha) del biorregulador a los 40 días de la siembra en bandejas con celdas de 36 cm³. Las plantas tratadas con el biorregulador muestran mayor desarrollo de las raíces y se observa mayor cantidad de pelos absorbentes.

FIGURE 2. Control tomato plants (left) and plants treated with 7 ml-liter⁻¹ (right) of the bioregulator at 40 days after sowing in trays with 36 cm³ cells. Plants treated with the bioregulator show greater root development and a greater number of absorbent root hairs.

due to a decrease in the concentration of the product caused by the washing effect of irrigation coupled with an inhibitory effect caused by the size of the cell.

The treated plants showed higher root dry weight than the control plants throughout the trial, but while in the control the same slope was maintained until the end, in the treated plants it was reduced (5 and 7 ml-liter⁻¹) or stopped (1 and 3 ml-liter⁻¹) from the third sampling (Figure 1).

In the third sampling the roots of the plants treated with the highest dose occupied the entire volume of the cell (Figure

CUADRO 1. Valores promedios de PSR y PSA (g) de plantas de tomate crecidas en bandejas alveoladas para distintas fechas de muestreo. TABLE 1. Average values of RDW and ADW (g) of tomato plants grown in trays for different sampling dates.

Tratamientos /Treatments	Fechas de muestreo / Sampling dates							
	26 DDS / DAS		33 DDS / DAS		40 DDS / DAS		47 DDS / DAS	
	PSA/ADW	PSR/ADW	PSA/ADW	PSR/ADW	PSA/ADW	PSR/ADW	PSA/ADW	PSR/ADW
Testigo / Control	0.71 a ^z	0.31 a	1.21 a	0.66 a	1.77 a	0.92 a	2.97 a	1.17 a
1 ml-litro ⁻¹ / ml-liter ⁻¹	0.77 a	0.31 a	1.12 a	0.71 a	1.82 a	1.07 ab	2.81 a	1.05 a
3 ml-litro ⁻¹ / ml-liter ⁻¹	0.64 a	0.34 ab	1.15 a	0.81 ab	1.93 a	1.16 ab	3.10 a	1.19 a
5 ml-litro ⁻¹ / ml-liter ⁻¹	0.78 a	0.41 b	1.20 a	0.92 ab	1.99 a	1.25 b	2.92 a	1.31 a
7 ml-litro ⁻¹ / ml-liter ⁻¹	0.63 a	0.45 b	1.16 a	0.99 b	1.84 a	1.28 b	3.04 a	1.4 a
P	0.55	0.003	0.90	0.01	0.88	0.02	0.86	0.11
CV	18.78	9.73	11.34	12.78	16.83	10.71	11.39	12.35
DMSH / HSD	0,35	0.09	0.35	0.27	0.84	0.32	0.9	0.4

^aMedias con letra diferente indican diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$). PSA: peso seco aéreo; PSR: peso seco de raíz; DDS: días después de siembra; p: p-valor; CV: coeficiente de variación; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

^aMeans with a different letter indicate significant difference (Tukey, $P \leq 0.05$). ADW: aerial dry weight; RDW: root dry weight; DAS: days after sowing; p: p-value; CV: coefficient of variation; HSD: honestly significant difference.

CUADRO 2. Valores promedios de AP, LH (cm) y NH para diferentes fechas de muestreo, en plantas de tomate crecidas en bandejas alveoladas.

TABLE 2. Average values of PH, LL (cm) and NL for different sampling dates in tomato plants grown in trays.

Tratamientos / Treatments	Fechas de muestreo / Sampling dates									
	26 DDS/ DAS		33 DDS/ DAS		40 DDS/ DAS		47 DDS/ DAS			
	AP/PH	NH/NL	AP/PH	NH/NL	AP/PH	NH/NL	LH/LL	AP/PH	NH/NL	LH/LL
Testigo / Control	3.57a ^z	2.1a	4.81a	3.2a	5.35a	4.07a	5.97a	6.5a	4.4a	7.17a
1 ml·litro ⁻¹ / ml·liter ⁻¹	3.73a	2.37a	4.64a	3.33a	5.52a	4.13a	6.1a	6.38a	4.37a	7.01a
3 ml·litro ⁻¹ / ml·liter ⁻¹	3.84a	2.23a	4.89a	3.33a	5.62a	4.13a	6.15a	6.75a	4.57a	7.2a
5 ml·litro ⁻¹ / ml·liter ⁻¹	3.83a	2.4a	4.78a	3.27a	5.36a	3.87a	5.77a	6.42a	4.37a	6.86a
7 ml·litro ⁻¹ / ml·liter ⁻¹	3.68a	2.13a	4.9a	3.4a	5.45a	4.03a	6.02a	6.61a	4.63a	7.39a
<i>P</i>	0.3	0.39	0.74	0.59	0.46	0.19	0.49	0.51	0.30	0.49
CV	4.47	9.75	5.35	4.69	3.69	3.44	4.32	7.44	12.02	5.07
DMSH /LSD	0.44	0.58	0.68	0.41	0.54	0.37	6.96	1.28	1.39	9.7

AP: altura de planta; NH: número de hojas; LH: largo de hoja; DDS= días después de siembra; p (p-valor); CV: coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa

^zMeans with a different letter indicate significant difference (Tukey, $P \leq 0.05$). PH: plant height; NL: number of leaves; LL: leaf length; DAS= days after sowing; p (p-value); CV: coefficient of variation; LSD: least significant difference

cionados, probablemente por la baja concentración de esta hormona en el producto. Por otra parte, el AIB tiene acción localizada y muy específica y en este caso su acción se manifestó sobre el crecimiento de las raíces (Boutherin y Bron, 1994). Sin embargo, durante el tiempo que duró el ensayo el mayor crecimiento a nivel radicular no se manifestó en mayor crecimiento de la parte aérea.

Los viveristas buscan lograr plantas con muy buen desarrollo radicular y con una parte aérea no demasiado grande. Luego del trasplante, esta planta tendrá menores riesgos de deshidratación por una menor tasa transpiratoria y menores posibilidades de vuelco por los vientos. Regular la altura de las plantas dentro de los invernaderos es difícil, especialmente en primavera y verano cuando deben poner media sombra para reducir las altas temperaturas. La utilización de este biorregulador aportaría como ventaja un mayor desarrollo radicular en menor tiempo, sin modificar la altura y estructura de las plantas.

Relación entre la dosis del biorregulador y el peso seco de raíz (PSR)

Los resultados mostraron que el peso seco de raíz fue afectado al aumentar la concentración del regulador siguiendo una relación cuadrática con un valor de $R^2 = 0.63$. En este ensayo no se alcanzó la dosis óptima del producto, aunque la disminución de la pendiente en la parte superior de la curva indicaría que el valor óptimo, para este tamaño de celda, está cerca de los 7 ml·litro⁻¹ (Figura 3).

En la Figura 2 se observa que a los 40 DDS las raíces de plantas tratadas con 7 ml·litro⁻¹ llenaban la celda y presentaban un desarrollo adecuado para el trasplante. La diferencia en el PSR entre la dosis de 5 y 7 ml·litro⁻¹ no fue significativa y en ambos casos fue mayor al PSR del testigo a los 47 DDS (Cuadro 1), lo cual indica que el biorregulador utilizado en

2), which may have caused a decrease or arrest in growth. Many authors mention that plant growth is affected when the container limits root development (Peterson *et al.*, 1991; NeSmith and Duval, 1998). Accordingly, and as can be seen in Figure 1, the roots of the control would not have been limited by space and they continued to grow until reaching the same dry weight as the treated plants.

Biostimulant effect on aerial growth

No significant differences were found among the treatments for aerial dry weight in any of the samplings performed (Table 1). There was also no difference in plant height, number of leaves developed and the length of the first true leaf for any of the sampling dates (Table 2).

The greater root growth resulting from the bioregulator effect occurred between 33 and 40 DAS, so it would be expected to see greater stem growth and leaf differentiation, at least at 47 DAS. However, this did not happen. It is possible that this hormone has no effect on the cauline meristems or that by being concentrated in the roots they acted as a strong destination, which reduced translocation to the leaves. Cato *et al.* (2013) suggested that changes in the source-destination relationship caused by exogenous IBA applications are produced by an increase in the capacity to transport carbohydrates to the root system. Boutherin and Bron (1994) pointed out that indolebutyric acid (IBA) is a product of synthesis that has poor auxin activity in general, but an excellent rhizogenic reaction and that it moves little in the plant, so it has highly localized action.

Unlike what was reported by Herrera *et al.* (1994), who state that forchlorfenuron is a cytokinin that stimulates cell division and differentiation, leaf and cotyledon expansion, and retards leaf senescence, in this trial none of the

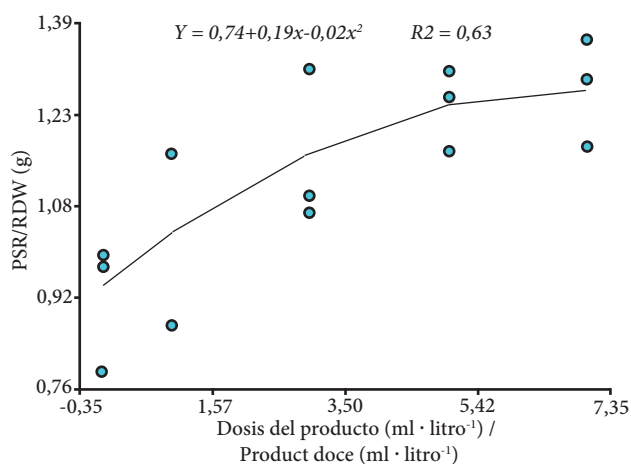


FIGURA 3. Regresión del peso seco de raíz en función de la dosis de biorregulador aplicada.

FIGURE 3. Regression of root dry weight based on the applied bioregulator dose.

esas dosis permitió reducir una semana el tiempo de ocupación del invernadero.

CONCLUSIONES

La aplicación del biorregulador a base de ácido indolbutírico y forclorfenurón en plantines de tomate permitió mejorar la cantidad y calidad de las raíces producidas respecto al testigo sin aplicación.

Los mejores resultados se obtuvieron con las dosis de 5 y 7 ml·litro⁻¹. Con estas dosis se logró adelantar en una semana el desarrollo radicular respecto al testigo cuando se utilizaron bandejas con celdas de 35 cm³.

El bioestimulante no produjo efecto sobre el crecimiento de tallo y hojas durante el desarrollo de los plantines.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Pedro Martín y al Vivero Fitotec, donde se realizó este ensayo.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 2011. Programa para el Aumento de la Competitividad de la Industria del Tomate. Informe progresos 2011-2012. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La Consulta, Mendoza, Argentina. 188 p. http://inta.gob.ar/documentos/asociacion-tomate-2000.-programa-de-competitividad-de-la-industria-de-tomate.-informe-de-progresos-2010-2011.-eea-la-consulta/at_multi_download/file/Asociaci%C3%B3n%20Tomate%202000.Informe%20Progresos%202010-2011.pdf.
- BOUTHERIN, D.; BRON, G. 1994. Multiplicación de plantas hortícolas. ACRIBIA. Zaragoza, España. 225 p.

above mentioned effects were observed, probably due to the low concentration of this hormone in the product. On the other hand, AIB has localized and very specific action and in this case its action was expressed in root growth (Bouterin and Bron, 1994). However, during the time of the trial the greater growth at root level was not reflected in increased aerial growth.

Nursery growers seek to achieve plants with very good root development and an aerial part that is not too large. After transplantation, this plant will have less risk of dehydration due to a lower transpiration rate and less chance of overturning by the wind. Regulating plant height in greenhouses is difficult, especially in spring and summer when they should be put in half shade to reduce the heat. Using this bioregulator would provide the advantage of greater root development in less time, without changing the height and structure of the plants.

Relationship between bioregulator dose and root dry weight (RDW)

The results showed that root dry weight was affected by increasing the concentration of the regulator following a quadratic relationship with a value of $R^2 = 0.63$. In this trial, the optimum product dose was not reached, although the decrease in the slope at the top of the curve would indicate that the optimum value for this cell size is about 7 ml·liter⁻¹ (Figure 3).

Figure 2 shows that at 40 DAS the roots of plants treated with 7 ml·liter⁻¹ filled the cell and had suitable development for transplantation. The difference in RDW between the 5 and 7 ml·liter⁻¹ doses was not significant and in both cases it was greater than the RDW of the control at 47 DAS (Table 1), indicating that the bioregulator used in these doses made it possible to reduce the greenhouse holding time by one week.

CONCLUSIONS

The application of the bioregulator based on indolebutyric acid and forchlorfenuron in tomato seedlings improved the quantity and quality of roots produced compared to the control without application.

The best results were obtained with the 5 and 7 ml·liter⁻¹ doses. At these doses and when trays with 35 cm³ cells were used, root development occurred one week earlier than in the control.

The biostimulant had no effect on stem and leaf growth during seedling development.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Eng. Pedro Martín and the Fitotec nursery, where this trial was conducted

- CAMARGO C., P. R.; MELINSKY S., C.; ANDRADE P., M.; MAZ-ZA R., J. L. ROSSI, G. 2009. Agroquímicos de Controle Hormonal, Fosfitos e Potencial de Aplicação dos Aminoácidos na Agricultura Tropical. Piracicaba. Serie Produtor Rural. Universidad de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Divisão de Biblioteca e Documentação. São Paulo, Brasil. 83p. <http://www2.esalq.usp.br/biblioteca/PUBLICACAO/Serie%20Produtor%20Rural%20Especial%20-%20Agroquimicos%20de%20Controle%20Hormonal/>
- CATO, S. C.; MACEDO, W. R.; PERES, L. E. P.; CASTRO, P. R. C. 2013. Sinergism among auxins, gibberellins and cytokinins in tomato cv. Micro-Tom. *Horticultura Brasileira* 31(4): 549-553. doi: 10.1590/S0102-05362013000400007
- CERNY, T. A.; RAJAPAKSE, N. C.; RIECK, J. R. 2004. Height control of vegetable seedlings by greenhouse light manipulation. *Journal of vegetable crop production* 10(1): 67-80. doi:10.1300/J068v10n01_08
- CHOUDHURY, S.; ISLAM, N.; SARKAR, M. D.; ALI, M. A. 2013. Growth and yield of summer tomato as influenced by plant growth regulators. *International Journal of Sustainable Agriculture* 5(1): 25-28. doi: 10.5829/idosi.ijsa.2013.05.01.317
- DAVIES, P. J. 2004. The plant hormones: their nature, occurrence and functions, pp. 1-15. In: *Plant Hormones, Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. DAVIES, P. J. (ed). Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- DUFAULT, R. J. 1998. Vegetable transplant nutrition. *HorTechnology* 8(4): 515-523. <http://horttech.ashspublications.org/content/8/4/515.full.pdf>
- GENEVE, R.; HAUSER, C. 1982. The effect of AIA, AIB, ANA y 2,4-D on root formation and ethylene evolution in *Vigna radiata* cuttings *Journal of the American Society for Horticultural Science* 19: 320-329.
- HERRERA, J.; ALIZAGA, R.; GUEVARA, E. 1994. Efecto del for-clorfenurón sobre la ramificación y floración de china (*Impatiens balsamina*). *Agronomia Costarricense* 18(2): 211-216. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v18n02_211.pdf
- LUDWIG-MÜLLER, L. 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Plant Growth Regulation* 32(2-3): 219-230. doi: 10.1023/A:1010746806891
- MCKEE, J. M. T. 1981. Physiological aspects of transplanting vegetables and other crops. II Methods used to improve transplant re-establishment. *Horticultural Abstracts* 51: 355-368.
- MONDINO, M. C.; FERRATO, J. A.; LONGO, A.; GRASSO, R.; ORTIZ M., M. 2007. Evaluación de la situación estructural, tecnológica y organizacional de los plantineros de la Región de Rosario. XXX Congreso Argentino de Horticultura. *Horticultura Argentina* 26(61): 340. <http://www.horticulturaar.com.ar/bajar.php?archivo=200806141659490.Res%FAmenes%20Arom%E1ticas.pdf&nombre=XXX%20Congreso%20Argentino%20de%20Horticultura>.
- MUÑOZ R., J. J. 2003. La producción de plántulas en invernadero, pp. 207-230. In: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. MUÑOZ R., J. J.; CASTELLANOS, J. Z. (eds.). INCAPA. Celaya, Guanajuato, México.
- NESMITH, D. S.; DUVAL, J. R. 1998. The effect of container size. *HorTechnology* 8(4): 495-498. <http://horttech.ashspublications.org/content/8/4/495.full.pdf>
- PETERSON, T. A.; REINSEL, M. D.; KRIZEK, D. T. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. *Journal of Experimental Botany* 42(10): 1241-1249. doi: 10.1093/jxb/42.10.1241
- WEAVER, R. J. 1996. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Octava reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 pp.
- WOODWARD A. W., BARTEL B. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals of Botany* 95(5): 707-735. doi: 10.1093/aob/mci083