

13

Recibido: abril, 2024 Aceptado: mayo, 2024 Publicado: agosto, 2024

Respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia en condiciones de viveros con la aplicación del Pectimorf y Radix-P

Response of vegetative development of Stevia in nursery conditions with the application of Pectimorf and Radix-P

Enrique Casanovas Cosío^{1*}

Email: ecasanovas@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5884-3922>

Miguel Antonio Silveira Caminero²

E-mail: miguelantoniosilveriacaminero@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8957-4585>

¹ Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba.

² Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

*Autor para la correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Casanovas Cosío, E. y Silveira Caminero, M. A. (2024). Respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia en condiciones de viveros con la aplicación del Pectimorf y Radix-P. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 88-96. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

Resumen

Con el objetivo de conocer la respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia rebaudiana Bertoni en condiciones de viveros, en un organopónico de Cienfuegos, con la aplicación de oligogalacturonidos-Pectimorf y Radix-P se realizó un experimento en un diseño completamente aleatorizado para tres tratamientos con las dosis recomendadas por los fabricantes (I-Pectimorf, II-Radix-P y Testigo). Se muestreó cada 15 días desde los 30 hasta 75 días variables morfológicas de la parte aérea y de las raíces por muestreo destructivo. Los esquejes alcanzaron un 88,3% de supervivencia a nivel de experimento. La propagación asexual de la Stevia hasta los 75 días con la inclusión del Radix y el Pectimorf no influyen en el número de ramas, número de hojas y la altura, pero si son mayores los valores del área foliar y peso de las hojas con respecto al testigo. Los mayores valores del número y el área de las raicillas se encontraron con la inclusión del Radix, que para el peso de las raicillas fue superior contra el testigo; pero sin diferencias entre los dos tratamientos restantes.

Palabras clave:

Asexual, Foliar, Oligogalacturónidos, Propagación, Radical.

Abstract

To know the response of the vegetative development of *Stevia rebaudiana* Bertoni under nursery conditions, in an organoponic plant in Cienfuegos, with the application of oligogalacturonides - Pectimorf and Radix-P, an experiment was carried out in a completely randomized design for three treatments with the doses recommended by manufacturers (I-Pectimorf, II-Radix-P and Witness). Morphological variables of the aerial part and roots were sampled every 15 days from 30 to 75 days by destructive sampling. The cuttings reached 88.3% survival at the experiment level. The asexual propagation of Stevia up to 75 days with the inclusion of Radix and Pectimorf does not influence the number of branches, number of leaves, and height, but the values of the leaf area and weight of the leaves are greater concerning the witness. The highest values of the number and area of the rootlets were found with the inclusion of Radix, which for the weight of the rootlets was higher against the control; but without differences between the two remaining treatments.

Keywords:

Asexual, Foliar, Oligogalacturonides, Propagation, Radical.

Introducción

En la actualidad, el aumento considerable de la obesidad, la diabetes y los problemas de la presión arterial en la salud humana, han dado lugar a cambios en los patrones alimenticios de las personas con dichos padecimientos a escala global. Adoptar una vida más sana permite sustituir ciertos alimentos por otros más benéficos para la salud, se han realizado diversas investigaciones para la obtención de sustitutos del azúcar. Muchos de los pacientes con diabetes utilizan los edulcorantes en sus comidas diarias ya que estos endulzan sus alimentos, pero sin aportar grandes cantidades de calorías. En el mundo se han creado varios edulcorantes no calóricos, sobresaliendo el extracto que contiene glucósidos de steviol (esteviósidos) obtenido de las hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni (García-Hernández, et. al., 2022).

Esta planta se ha usado tradicionalmente como un endulzante natural en Sudamérica, y desde hace más de 20 años en Japón (Kumar et. al., 2010). Es originaria del noreste paraguayo, en los límites con Brasil, donde crece en estado silvestre, existen más de 300 variedades de *Stevia*, pero solo la *Stevia rebaudiana* Bertoni, contienen en sus hojas esteviósidos y rebaudiósidos, que se estima poseen un poder endulzante que varía de 100 a 300 veces mayor que la sacarosa. Esta capacidad endulzante ha conducido a considerarla como una buena alternativa para reemplazar edulcorantes que han sido cuestionados frecuentemente por su carácter artificial. Además, reduce los niveles de glucosa en la sangre hasta en un 35%, contiene cero calorías y posee alta demanda internacional por parte de Japón, China, Corea, Taiwán, Israel, Paraguay, Uruguay y Brasil (Espitia, et. al., 2006).

La reproducción de esta especie se realiza por tres vías, la sexual por siembra directa de las semillas y dos asexuales que son por medio de esquejes y por micropropagación. Está mencionado la propagación por esquejes como la más distribuida en el mundo a pequeña y mediana escala (Shock, 2015).

Aunque la reproducción más eficiente es la micropropagación o propagación in-vitro, pero a su vez es la de mayor insumo y no está a la mano de los productores, por lo que la reproducción por medio de esquejes se convierte en la mejor alternativa para su reproducción y también con el fin de conservar las características genéticas obtenidas de plantas adultas seleccionadas y fito-sanitariamente sanas.

Existen investigaciones en América Latina en las cuales se han empleado diferentes productos (hormonas y biopreparados) como promotores del crecimiento en la producción de *Stevia rebaudiana* por esquejes para

determinar su desarrollo vegetativo y factibilidad económica (Quesada, 2011, Ayaviri, 2010, Suarez, 2014).

Centros científicos de Cuba han desarrollado diversos biopreparados como promotores de enraizamientos con vistas a disminuir los costos de producción y obtener plantas más vigorosas. Uno de estos biopreparados que estimulan el crecimiento es el PECTIMORF®, el cual se ha empleado en cultivos tales como: el frijol *Phaseolus vulgaris* L. (Alvarez, 2015), la guayaba *Psidium guajaba* L. (Ramos, et al., 2013), la yuca *Manihot esculenta* Crantz (Suarez, 2008), y algunos cítricos como mandarina cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan), *Citrus macrophylla* Wester (Bao, 2013), entre otros, obteniendo excelentes resultados en cada una de sus funciones principales. Además, existe un biopreparado sólido denominado Radix-P registrado, con los mismos principios activos del Pectimorf, que están basados por una mezcla de oligosacáridos biológicamente activos, obtenidos a partir de la pectina cítrica, cuyo principio activo es una mezcla de α -1,4-oligogalacturónidos con grado de polimerización (GP) entre 9 y 16 (Cabrera, et. al., 2003).

Por lo que se planteó como objetivo evaluar la respuesta en las mismas condiciones del desarrollo vegetativo de *Stevia rebaudiana* Bertoni en condiciones de viveros con la aplicación del PectiMorf (formato líquido) y Radix-P (formato sólido) en esquejes seleccionados.

Materiales y métodos

Situación de la investigación

La investigación se realizó en el organopónico “5 de Septiembre” de la ciudad de Cienfuegos, donde existían 15 plantas de *Stevia* de la variedad criolla con 12 meses de edad.

Procedimiento experimental

De cada planta se tomaron cuatro esquejes apicales bien conformados de 8 cm de longitud. La siembra se realizó en bolsas de polietileno negro de 12,5 cm x 20 cm con suelo local, clasificado como Pardo sin carbonatos (Hernández, et al., 2019). El riego, por saturación, se realizó los primeros 21 días en dos secciones por la mañana y por la tarde y a partir del día 22 hasta el final del experimento solo una vez al día (por las tardes).

La distribución de las bolsas se realizó de forma aleatoria en el área de vivero (3m²), para así evitar posibles sesgos por la influencia de la sombra en partes específicas del área y el efecto de los cambios de la intensidad solar, en función de las horas del día.

El diagnóstico de suelo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Contenido de nutrientes del suelo.

Indicadores	Valor	Método empleado
pH	7,06	Método Potenciométrico (NC ISO 10390, 2009)
P2O5, mg 100 g-1	25,7	Método Colorimétrico de Oniani (NC- 52:1999)
K2O, mg 100 g-1	14,5	Método Colorimétrico de Oniani (NC- 52:1999)
Materia Orgánica, %	2,40	Método Walkley- Black colorimétrico (MINAG, 1999)
Nitrógeno, %	0,30	Método Colorimétrico Nessler (MINAG, 1999)

Fuente: Laboratorio de suelos de Camagüey

Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente aleatorizado unifactorial con tres tratamientos y 20 réplicas. Los tratamientos fueron los siguientes:

I- esqueje apical tratado con PectiMorf® (20 mg L⁻¹), concentración establecida por los fabricantes.

II- esqueje apical tratado con Radix-P, 100 g del producto diluidos en 200 g de agua filtrada (concentración 33,3 %), concentración establecida por los fabricantes.

III- Testigo, sin ningún biopreparado.

Análisis y variables evaluadas.

En cada tratamiento se realizó un muestro destructivo de tres plantas a los 30, 45, 60 y 75 días (intervalo de 15 días). La selección de las plantas se realizó en correspondencia con el promedio de la altura por tratamiento para el momento evaluado.

Las variables medidas en los cuatro momentos fueron:

- Supervivencia, (esquejes muertos/esquejes plantados) * 100, diagnosticados por días, %
- Número de hojas, unidades (u)
- Incremento relativo de las hojas, unidades (u)
- Número de ramas, unidades (u)
- Área foliar, mm², software Image versión 1.45 (National Institute of Health. NHI-2007)
- Peso aéreo foliar fresco, mg (pesa analítica graduada)
- Altura de las plantas, cm (cinta métrica)
- Número de raíces, unidades (u)
- Área de las raíces, mm², software Image versión 1.45 (National Institute of Health. NHI-2007)
- Peso fresco de las raíces, g (pesa analítica graduada)

Métodos estadísticos

Los datos se asentaron en el programa estadístico IBM. SPSS v20. Se realizó un análisis de varianza para P≤0,05, mediante la prueba de Kruskal Wallis (Siegel & Castellan,

1995). Se optó por este método porque no se cumplió el supuesto de normalidad en todos los tratamientos.

Resultados y Discusión

Los esquejes tuvieron buena supervivencia, ya que de los 60 solo no sobrevivieron siete (11,7 %) en la etapa inicial. Por cada tratamiento fue de la siguiente forma: I- 2 (10,0%) a los 10 días, II- 2 (10,0 %) entre 12 y 15 días y el III- 3 (15,0 %) entre 12 y 15 días.

Otras investigaciones acusan una supervivencia de la plantación asexual de la parte apical, en un medio de compuesto por arena y vermiculita (1:1 volumen), mayores de 90,0 % (Tamura, et. al., 1984).

Veintimilla (2013) plantea, que el prendimiento de Stevia en su estudio previo a la obtención de plántulas para la siembra y estudios agronómicos de esta especie exótica, fue más alto cuando se empleó esquejes, con un promedio de 94,4 %, seguido de la multiplicación mediante la técnica de acodos aéreos con 89,2 % y en el último lugar el de ramilla con un promedio de 68,9. El promedio general del ensayo fue de 84,2 % con un coeficiente de variación del 15,27 %.

Para el periodo de evaluación al que se sometió a la Stevia no se evidenció ninguna afectación de plagas o enfermedades, esto pudo estar dado a la aplicación previa de Trichoderma en el suelo que se utilizó y la aspersion foliar de oxiclورو de cobre (Cuproflow) en bajas concentraciones 5 cc L⁻¹ al comenzar la evaluación. Estas medidas preventivas se realizaron porque en investigación anterior realizada sobre el marco de siembra la Stevia a los 98 días murió por el ataque de *Fusarium* sp (Casanovas, et. al., 2015).

El número de hojas para los momentos evaluados no presentó diferencias entre tratamientos entre los cuatros momentos evaluados, con valores finales de 24,00; 25,33 y 22,67 hojas para los tratamientos I, II y III, respectivamente (Tabla 2). Estos resultados son inferiores a los presentados por Alonso (2015) con la aplicación de Pectimorf en Stevia, que ya a los 20 días mostraron un aumento de 10 hojas por tratamiento junto al testigo, que luego a los 40 días se mostraban con una media entre 30 y 40 hojas.

Tabla 2. Comparación del número de hojas por tratamientos.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(7,33) a 12,67	(7,67) a 16,67	(6,33) a 22,00	(5,00) a 24,00
II	(5,50) a 11,67	(5,00) a 15,00	(6,67) a 22,67	(8,00) a 25,33
III	(2,17) a 10,33	(2,33) a 13,33	(2,00) a 19,33	(2,17) a 22,67
P	0,61 NS	0,61 NS	0,61 NS	0,55 NS

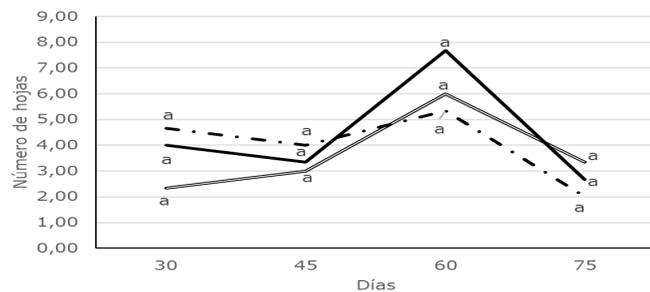
Valores en la misma columna con superíndices iguales no difieren para $P < 0,05$ (Kruskal Wallis)

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Jarma, et al. (2005) evidencian en su estudio fisiológico sobre Stevia que la mayor proporción de la biomasa de las hojas, con respecto a la del tallo, en los primeros 60 días indica que la planta se dedicó a fortalecer su aparato fotosintético en ese periodo. Para este estudio, se mostró esta tendencia en los tres tratamientos con el mayor incremento relativo de hojas a los 60 días, con valores de 5,32; 7,67 y 6,00 hojas para los tratamientos I, II y III, respectivamente (Fig. 1).

Fig. 1. Comparación del número de hojas, u



Valores en la misma quincena con superíndices iguales no difieren para $P < 0,05$ (Kruskal Wallis)

Leyenda: - - - PECTIMORF®; — Radix-P; — Testigo

Fuente: Elaboración propia

Para el número de ramas por plantas entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas hasta los 75 días de evaluación (Tabla 3). Se notó un incremento de las ramas para este periodo, ya que los esquejes se plantaron sin ramas y alcanzaron 10,67; 9,67 y 9,33 ramas para los tratamientos I, II y III, respectivamente. Alonso (2015) acusa en su estudio sobre Stevia que a los 20 días después de ser tratados los esquejes con biopreparados ya mostraban cinco ramas promedio cada tratamiento. Esta variable no coincide con los datos reflejados en la Tabla 3, donde posterior a los 45 días y antes de los 60 días es que se deben haber alcanzado estos valores.

Tabla 3. Comparación del número de ramas entre tratamientos.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(5,5) a 1,67	(5,67) a 3,67	(5,67) a 7,00	(6,33) a 10,67
II	(4,00) a 1,33	(4,67) a 3,33	(5,33) a 7,33	(4,67) a 9,67
III	(5,5) a 1,67	(4,67) a 3,33	(4,00) a 6,33	(4,00) a 9,33
P	0,670 NS	0,868 NS	0,710 NS	0,544 NS

Valores en la misma decena con superíndices iguales no difieren para $P < 0,05$ (Kruskal Wallis)

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Como señalan Rincón et. al. (2011) para estimar el área foliar en las investigaciones agrícolas existen equipos automáticos, pero costosos y de escasa disponibilidad, Por ello fue comparado el área foliar con el uso de cámara digital y el procesamiento con el software ImageJ contra un medidor de área foliar. Llegaron a la conclusión que los altos valores de correlación obtenidos entre los métodos permiten el uso con precisión del programa ImageJ.

Aunque se había señalado que no había diferencias entre el número de hojas entre tratamientos (Tabla 2) las diferencias encontradas para el área foliar (Tabla 4) se deben al tamaño de las hojas, que a los 75 días son mayores para el tratamiento II con respecto al testigo, aunque no difieren del tratamiento I.

Aunque, con la variedad Morita I, Aguirre-Medina, et. al., (2018) en 70 días obtuvieron 1728 cm² por área foliar al inocular con brasinoesteroides.

Tabla 4. Comparación del área foliar entre tratamientos, cm².

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(7,33)a 19,126	(6,67)a 26,335	(5,00)ab 28,802	(5,00)ab 30,117
II	(5,67)a 18,783	(6,33)a 25,246	(8,00) b 32,332	(8,00) b 38,218
III	(3,05)a 12,534	(2,00)a 14,924	(2,00) a 19,043	(2,00) a 25,692
P	0,59 NS	0,65 NS	0,03*	0,04*

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para P<0,05 (Kruskal Wallis).

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

El peso de las hojas (Tabla 5), como característica cualitativa del sistema foliar de una planta, presentó las mismas diferencias que el área foliar (Tabla 4). El mayor valor se encontró para el tratamiento II con 869,00 mg que fue

mayor (P<0,05) que el valor encontrado para el testigo (556,33 mg) a los 75 días y no diferente del valor del tratamiento del Pectimorf (686,67 mg).

Tabla 5. Comparación del peso foliar entre tratamientos, mg.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(4,33) a 321,33	(3,33)a 383,67	(5,00)ab 561,00	(5,00)ab 686,67
II	(7,33)a 376,00	(8,00)a 524,00	(8,00)b 769,33	(8,00)b 869,00
III	(3,33)a 294,00	(3,67)a 387,33	(2,00) a 446,00	(2,00)a 556,33
P	0,177 NS	0,066 NS	0,027 *	0,027 *

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para P<0,05 (Kruskal Wallis).

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

La altura no presentó diferencia para ningún tratamiento en el periodo comprendido del experimento. Los valores

fueron muy similares con 12,350; 12,983 y 12,140 cm para los tratamientos I, II y III, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación de la altura entre tratamientos, cm.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(4,17) a 9,061	(5,00) a 9,967	(6,00) a 10,892	(8,00)a 12,350
II	(4,17)a 9,233	(5,00)a 10,207	(6,00)a 11,475	(8,00)a 12,983
III	(4,17) a 9,006	(5,00) a 9,671	(6,00) a10,836	(8,00) a12,140
P	0,50 NS	0,061 NS	0,50 NS	0,061 NS

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para P<0,05 (Kruskal Wallis).

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de Veintimilla (2013) de la altura de la stevia propagada vegetativamente mediante ramillas con yemas foliares, esquejes y acodos presentó la mayor altura a los 30 días, después del prendimiento, en las obtenidas con acodo (19,5 cm), seguidas por esqueje (18,2 cm) y ramillas (12,5 cm), que son superiores a los encontrados en esta investigación. Esto se puede deber a la variedad de la stevia, que en este caso es la criolla con menor potencial de crecimiento.

Sin embargo, con la variedad Morita II en México, en una investigación sobre rizobacterias y fertilización química, otros autores (Palma-Ramos, et. al., 2022) encontraron alturas menores entre 26,66 y 39,20 cm a los 100 días, con una mejor contenido de nutrientes del suelo.

La importancia de la altura de la planta reside en que en el tallo surgen nuevas ramas, que son el sostén de la parte más importante de la stevia, donde se alojarán las hojas, con el contenido de los esteviósidos y reubiósidos que ofrecen su alto poder endulzante.

A los 75 días para las variables cuantitativas del sistema foliar no se presentaron diferencias entre los tratamientos. El área foliar y el peso de las hojas no presentaron diferencias entre los tratamientos con biopreparados, aunque el tratamiento con Radix fue mayor con relación al testigo.

Tabla 7. Comparación del número de raíces entre tratamientos.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(2,00)a 3,67	(3,00)a 7,33	(4,66)ab 11,67	(3,83)a 16,00
II	(6,83)a 6,33	(7,00)a 9,33	(7,67)b 14,33	(8,00)b 25,00
III	(6,17)a 6,00	(5,00)a 8,33	(2,67)a 10,67	(3,17)a 15,67
P	0,59 NS	0,65 NS	0,03*	0,04*

Valores en la columna con superíndices diferentes difieren para $P < 0,05$ (Kruskal Wallis).

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Para el día 75 el tratamiento con la aplicación de Radix-P mantuvo su ritmo en la aparición de nuevas raíces donde mantuvo su diferencia contra el testigo, también se presentó ya para este momento diferencias relevantes frente al PectiMorf. Este resultado según Ramos et al. (2013) es comprensible ya que al someter los esquejes de *Psidium guajaba* L. a dosis superiores a 20 mg L⁻¹ de Pectimorf, ocurrió la inhibición progresiva del número de raíces que formaron los esquejes, pues aquellos que recibieron las dosis de 30 y 40 mg L⁻¹, formaron sólo 23,25 y 51,16 % de la cantidad de raíces que formaron los esquejes sometidos al mejor tratamiento (20,0 mg L⁻¹ y 23,9 mg L⁻¹).

Estas respuestas divididas en dos tendencias una de ascenso y otra de descenso, se ha presentado en otras investigaciones donde se han estudiado dosis de PectiMorf, pero para cada especie vegetal esta respuesta cambia el punto máximo de expresión de los mejores resultados. Cid, et. al., (2006) encontraron que distintas combinaciones de ácido indolacético, giberelinas y PectiMorf

El número de raíces por tratamientos se comportó sin diferencias significativas a los 30 y 45 días para los tres tratamientos (Tabla 7), no siendo lo esperado por experimentos precedentes en Stevia con la aplicación de Pectimorf y otros biorreguladores, donde se encontró respuesta en un número significativo de raíces a los 20 días después de ser tratados con dichas sustancias según Alonso (2015).

A los 60 días el comportamiento de las raíces tuvo diferencias entre el tratamiento II y III donde el Radix expresó su potencial como enraizador. Para los tratamientos I y III no se encontraron diferencias significativas para esta fecha mostrando el testigo un poder intrínseco para esta actividad fisiológica, esto es posible debido a que en el esqueje también se encuentran órganos o centros productores de auxina, como son los ápices de las hojas, los tallos y las yemas axilares. La auxina sintetizada en estos centros puede transportarse como "auxina libre" la cual no tiene actividad fisiológica, sino que viaja por los tejidos conductores del esqueje y actúa en los lugares de mayor atención. En este momento se une a otros compuestos y se transforma en "auxina combinada", que es inmóvil y si tiene actividad fisiológica como la formación de callos, iniciación y elongación radical (Overvoorde, et. al., 2010).

generaron diferentes tendencias (aumento y disminución) en variables fisiológicas medidas en semillas artificiales de caña de azúcar. El punto máximo de inflexión ocurrió en la combinación de 2 mg L⁻¹ de AG3 y 10 mg L⁻¹ de PectiMorf, mientras que las demás combinaciones quedaron por debajo en dos sentidos.

Por otro lado, Benítez, et. al., (2008) demostraron que la aspersión foliar de soluciones con 2, 10 y 20 mg L⁻¹ de PectiMorf, a plantas de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendel) a los seis meses después de la emergencia, aquellas plantas a las que se aplicó la dosis de 10 mg L⁻¹ mostraron el mayor crecimiento en altura y área foliar.

Para la variable área radicular (Tabla 8) quedó demostrado que en el día 30 y 45 no hubo diferencias significativa entre tratamientos; en el muestreo hecho el día 60 si se observó diferencias significativas entre el tratamiento II con respecto al III, no se comportó de esta manera el PectiMorf y el testigo entre ellos ya que aun teniendo

diferencia visual, estadísticamente no se mostraron con diferencias; y por último en el día 75 solo el Radix-P se mantuvo con incremento significativo con respecto al

Pectimorf y al Testigo que se mostraron sin diferencias entre ellos coincidiendo esta medición con el número de raíces entre tratamientos (Tabla 10).

Tabla 8. Comparación el área radicular entre tratamientos, cm².

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(3,00) a 0,282	(4,67) a 0,375	(5,33) ab 0,553	(4,00) a 0,707
II	(6,00) a 0,352	(8,00) a 0,544	(7,67) b 0,600	(7,33) b 0,844
III	(6,00) a 0,332	(2,33) a 0,331	(2,00) a 0,435	(3,00) a 0,610
P	0,68 NS	0,58 NS	0,03*	0,04*

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para $P < 0,05$ (Kruskal Wallis).

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias entre el peso radicular fresco (Tabla 9) mostraron las mismas diferencias que para el área radicular (Tabla 8). Al final del experimento las raíces de las

plántulas de Stevia tratadas con Radix presentaron un peso de 38,867 mg superior al testigo en 20,933 mg.

Tabla 9. Comparación del peso radicular entre tratamientos, mg.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(4,17) a 14,000	(7,00) a 26,533	(5,00) ab 26,600	(5,00) ab 29,267
II	(8,00) a 20,267	(6,00) a 25,300	(8,00) b 34,667	(8,00) b 38,867
III	(2,83) a 12,667	(2,00) a 14,033	(2,00) a 17,133	(2,00) a 20,933
P	0,50 NS	0,061 NS	0,027 *	0,027 *

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para $P < 0,05$ (Kruskal Wallis).

Leyenda: () Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Veintimilla (2013) enuncia en su estudio sobre Stevia, que a los 30 días la biomasa radicular varió entre 16,35 a 19,65 gramos por planta, correspondiendo los valores extremos a las plantas propagadas mediante ramilla y esqueje; la diferencia entre tratamientos no superó estadísticamente de 5,50 a 5,57 gramos, por lo tanto, los tres tratamientos fueron similares.

Además, este autor encontró a los 45 días, que las plantas propagadas mediante acodo presentaron un peso medio de 39,5 gramos por planta, superando significativamente a los promedios de los tratamientos ramilla y esqueje, los cuales alcanzaron 24 y 27 gramos respectivamente. Finalmente, las diferencias se ampliaron a los 60 días, alcanzando el máximo peso en las plantas propagadas mediante acodo con 52,5 gramos, luego siguen los tratamientos ramilla con 29,5 y esqueje con 27,4.

De las variables del sistema radical existieron diferencias a favor del tratamiento con Radix en el número de raicillas y el área de las raíces con respecto a los otros dos tratamientos. El peso de las raicillas presentó el menor valor en el tratamiento testigo, que no difirió del tratamiento con Pectimorf, pero si fue menor que el tratamiento con Radix.

Estos resultados demuestran la importancia del PectiMorf como producto eficiente en el sistema de producción de posturas, porque la supervivencia tiene una alta relación con la formación oportuna de raíces y evitar la abscisión de las hojas de los esquejes, y un retraso en este proceso aumentan la posibilidad de la muerte del esqueje.

Para pequeños productores los usos de estos enraizadores son factibles, por mejor desempeño vegetativo de las plántulas de Stevia con respecto a las no inoculadas, no obstante, a que el Pectimorf por ser en forma acuosa puede ser más viable, la forma sólida del Radix ofrece ligeras ventajas.

Conclusiones

Los esquejes alcanzaron un 88,3% de supervivencia a nivel de experimento. La propagación asexual de la Stevia hasta los 75 días con la inclusión del Radix y el Pectimorf no influyen en el número de ramas, número de hojas y la altura, pero si son mayores los valores del área foliar y peso de las hojas con respecto al testigo. Los mayores valores del número y el área de las raicillas se encontraron con la inclusión del Radix, que para el peso de las

raicillas fue superior contra el testigo; pero sin diferencias entre los dos tratamientos restantes.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Medina, J.; Mina-Briones, F.; Cadena-Iñiguez, J. Soto-Hernández, R. (2018). Efectividad de biofertilizantes y brasinoesteroide en *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Agrociencia*, 52(4) 609-621. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000400609&lng=es&tlng=es.
- Alonso, E. (2015). Respuesta de *Stevia rebaudiana* bertoni a la aplicación del producto bioactivo PECTIMORF®, [Tesis de grado, Universidad Agraria San José de las Lajas, Facultad de Agronomía].
- Ayaviri, J. (2010). Efecto de la aplicación de diferentes enraizadores en el desarrollo de esquejes subterminales, intermedios y basales de *Estevia* (E.R.B) en Taipiplaya, Coranavi. La Paz. Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5156>
- Bao, L. (2013). Embriogénesis somática de citrus *Macrophylla wester* con el empleo de Pectimorf y análogos de brasinoesteroides. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 189-194. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752013000100021&lng=en&tlng=es.
- Benítez, B; Núñez, M; Yong, A. (2008). Crecimiento de plantas de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendl) con aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturónidos. *Cultivos Tropicales*. 29(3),81-85 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000300014&lng=es&tlng=es
- Cabrera, J.; Iglesias, R. y Hormaza, J. (2003). Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba, No. 155
- Casanovas, E., Linares, F., González, E., Muñoz, A. (2015). Efecto del marco de plantación en el crecimiento y desarrollo de la *Stevia rebaudiana* Bertoni. Taller Internacional de Ecosistemas Frágiles. Cienfuegos.
- Cid, M; González, L; Lezcano, Y; Nieves, N. (2006). Influencia del PECTIMORF® sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). *Cultivos Tropicales*, 27(1),31-34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215885005>
- Espitia, M.; Montoya, R.; Robles, J. Barbosa, C.; Vergara, A. (2006). Modelo estadístico para estimación del área foliar en *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Temas agrarios*, 11(2), 45-51. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5002447.pdf>
- García-Hernández, S.; Pino, J.; & Riera-González, G. (2022). Producción científica acerca de *Stevia rebaudiana* Bertoni: Una revisión bibliométrica. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3(1),82-91. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/363>
- Hernández, A., Pérez, J., Infante, D., & Castro, N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1). a15-e15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000100015&lng=es&tlng=es
- Jarma, A., Rengifo, T., Araméndiz, H. (2005). Aspectos fisiológicos de *estevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe Colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. *Agroonomía Colombiana*, 2(23),207-216. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000200003&lng=en&tlng=es
- Kumar, A., Singh, D., Dhyani, D. & Ahuja P. (2011). A review on the improvement of *stevia* [*Stevia rebaudiana* (Bertoni)] *Can. J. Plant Sci.* 91: 1-27, <https://doi.org/10.4141/CJPS10086>
- Norma Cubana. (1999). Calidad del Suelo. Determinación de los componentes orgánicos. NC. 1043. 2014.52.
- Norma Cubana. (1999). Calidad del Suelo. Determinación de las formas móviles del fósforo y el potasio. NC. 52.
- Norma Cubana. (2009). Calidad del suelo. Determinación del pH y la conductividad eléctrica en el extracto de saturación. NC. 32.
- Overvoorde, P., Fukaki, H., & Beekman, T. (2010). Auxin control of root development. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 2(6), a001537. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a001537>
- Palma-Ramos, J.; Gayosso-Rodríguez, S., Estrada-Bo-tello. (2022). Rizobacterias y fertilización química en crecimiento y producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae) en Tabasco, México. *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0071004. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081004>
- Quesada, F. (2011). Propagación por esquejes de *stevia* (S.R.B) entre tres sustratos y dos dosis de hormonas de enraizamiento bajo invernadero en el cantón de Santa Isabel. Universidad de Cuenca. Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3032>
- Ramos, L.; Arozarena, N.; Lescaille, J.; Cisneros, F.; Tamayo, Y.; Castañeda, E.; Lozano, S.; Rodríguez, G (2013). Dosis de Pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 1093-1105. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013001000002&lng=pt&tlng=es.

- Rincón, Natalia; Quintero, M.A.; Pérez, J.C. (2011) Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional. *Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín*, 65(1), 6399-6405. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340010.pdf>
- NHI- National Institute of Health. (2007) ImageJ.v1.45. USA. Maryland, USA.
- Veintimilla R. (2013) Comparación de tres métodos de propagación asexual para la obtención de plántulas de Stevia. [Tesis de pregrado: UTMACH, Unidad académica de Ciencias Agropecuarias]. 26-33
- Shock, C.C. (2015). Propagation of Stevia rebaudiana by rooted cuttings. Oregon State University. Sustainable Agriculture Techniques Ext/CrS 154. 3 p <https://agsci.oregonstate.edu/mes/article/propagation-stevia-rebaudiana-rooted-cuttings>
- Siegel, S., Castellan, N. (1995). Análisis de varianza unifactorial por rangos de Kruskal-Wallis. En: S. Siegel, N. Castellan, Estadística no paramétrica. Pp.234-240.
- Suarez, C. (2008). Efecto de una mezcla de oligagalacturonidos en la propagación in vitro de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), var CMC-40. *Cultivos tropicales*. 13 (1), 40-48. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0258-593662008000300007&lng=es&tln-g=es>
- Suarez, I. E. (2014). Micropropagación de Stevia rebaudiana Bertoni, un endulzante natural a través de explantes con meristemos pre existentes. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 29-33 <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.29420>.
- Tamura, Y., Nakamura, S., Fukui, H., Tabata, M. (1984). Comparison of Stevia plants grown from seeds, cuttings and stem-tip cultures for growth and sweet diterpene glucosides. *Plant Cell Rep.* (3)5,180-182. <https://doi.org/10.1007/BF00270194>