

EFFECTO DEL PECTIMORF® COMO BIORREGULADOR DEL CRECIMIENTO EN LA MICROPROPAGACIÓN DEL CULTIVAR 'INIVIT MX-2008' (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott)

Arletys Santos Pino*, Yoel Beovides García, Marta Mollineda Trujillo, Jorge López Torres, Milagros Basail Pérez, Yenisey Gutiérrez Sánchez, Aymé Rayas Cabrera, Víctor Medero Vega, Dayana Rodríguez González, Daniel Rodríguez Pérez, Maricel Bauta Toledo.

Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.

*Autora para correspondencia: organog.biotec@inivit.cu

RESUMEN

La malanga es un cultivo de alta demanda en Cuba y que en los últimos años ha visto afectados sus rendimientos, principalmente debido a un manejo incorrecto de la semilla y con ello a la diseminación de agentes patógenos cuyo efecto se conoce como 'podridones secas'. Dentro de las tácticas de manejo de este síndrome, se encuentra iniciar un programa de utilización de semilla sana a través del uso de plantas producidas *in vitro*, única vía de plantar un material libre de la enfermedad. Varios reguladores de origen natural se han desarrollado en los últimos años con una aplicación importante en la biotecnología vegetal. Entre ellos, los brasinoesteroides y las oligosacarinas, poseen un enorme potencial. La obtención y purificación de oligogalacturonidos bioactivos, como el Pectimorf®, una mezcla de oligosacarinas bioactivas, ha permitido la sustitución parcial o total de algunos reguladores comerciales en la micropropagación de varias especies. Se evaluó el efecto de este producto bioactivo cubano en las diferentes fases de la propagación *in vitro* (establecimiento, multiplicación y enraizamiento) del cultivar de malanga *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott 'INIVIT-MX-2008'. El Pectimorf® tuvo un efecto positivo en la sustitución de los reguladores del crecimiento durante las tres fases de la micropropagación de este cultivar de malanga. Es factible sustituir totalmente los reguladores del crecimiento tradicionales utilizados en la micropropagación de la malanga 'INIVIT-MX-2008' por el bioproducto Pectimorf® de producción nacional a concentraciones entre 5,0 mg.l⁻¹ y 10,0 mg.l⁻¹.

Palabras clave: establecimiento, oligogalacturonidos, propagación *in vitro*.

EFFECT OF PECTIMORF® AS A GROWTH REGULATOR ON THE MICROPROPAGATION OF THE 'INIVIT MX-2008' CULTIVAR (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott)

ABSTRACT

Cocoyam is a highly demanded crop in Cuba. In recent years its yields have been affected, mainly due to incorrect handling of the seed, this situation brings about the dissemination of the pathogens whose effect is known as 'dry rot'. Management practices of this syndrome include to initiate a program of healthy seed utilization through the use of *in vitro* plants, this is the only way to plant a disease-free material. Several regulators of natural origin have been developed in recent years with an important application in plant biotechnology. Among them, the brassinosteroids and the

oligosaccharides, have an enormous potential. The production and purification of bioactive oligogalacturonides, such as Pectimorf®, a mixture of bioactive oligosaccharins, has allowed the partial or total substitution of some commercial regulators in the micropropagation of several species. An evaluation was carried out on the effects of this bioactive Cuban product on the different phases of *in vitro* propagation (establishment, multiplication and rooting) of the cocoyam cultivar *Xanthosoma* spp 'INIVIT MX-2008'. Pectimorf® had a positive effect on the substitution of growth regulators during the three phases of micropropagation of this cocoyam cultivar. It is feasible to completely replace growth regulators traditionally used in the micropropagation of cocoyam 'INIVIT-MX-2008', by the national product Pectimorf® in concentrations between 5,0 mg.l⁻¹ and 10,0 mg.l⁻¹.

Keywords: establishment, oligogalacturonides, *in vitro* propagation.

INTRODUCCIÓN

La malanga es un cultivo de alta demanda en Cuba y que en los últimos años ha visto afectados sus rendimientos, principalmente debido a un manejo incorrecto de la semilla y con ello a la diseminación de agentes patógenos cuyo efecto se conoce como 'pudriciones secas' (Dávila *et al.*, 2010). Dentro de las tácticas de manejo de este síndrome, se encuentra iniciar un programa de utilización de semilla sana a través del uso de plantas producidas *in vitro*, única vía de plantar un material libre de la enfermedad (Folgueras, 2012).

La biotecnología se convierte así en una vía imprescindible para incrementar la producción de este cultivo. El Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT, Cuba), con amplia experiencia en el uso de técnicas de cultivo *in vitro*, es el encargado de suministrar los explantes con que inician las biofábricas la multiplicación *in vitro* masiva de cultivares de malanga.

Aunque se conocen varias metodologías para la multiplicación *in vitro* de los dos géneros comerciales (*Xanthosoma* spp. y *Colocasia esculenta* L.) (Téllez, 2008), la inestabilidad de algunos reactivos y la respuesta particular *in vitro* de cada cultivar, hacen necesaria la búsqueda de nuevas alternativas eficientes. Los reguladores del crecimiento son elementos clave en el proceso y están entre los de mayor precio, a pesar de que se usan en cantidades muy pequeñas. Por ello, resulta ventajosa la optimización de su uso o la sustitución por biorreguladores más eficientes o de menor costo. Diversos países han visto la necesidad de investigar la forma de sustituir los reguladores sintéticos del crecimiento con productos naturales que puedan ejercer la misma actividad (Pérez *et al.*, 1998).

Varios reguladores de origen natural se han desarrollado en los últimos años con una aplicación importante en la biotecnología vegetal. Entre ellos, los brasinoesteroides y las oligosacarinas poseen un enorme potencial. La obtención y purificación de oligogalacturónidos bioactivos, como el Pectimorf®, una mezcla de oligosacarinas bioactivas (Cabrera, 2002), ha permitido la sustitución parcial o total de algunos reguladores comerciales en la micropropagación de varias especies (Terrero, 2010) con muy buenos resultados; sin embargo, varios aspectos deben ser optimizados para cada especie, cultivar y fase de la propagación (Ramos *et al.*, 2013).

El Pectimorf® tiene diferentes efectos biológicos en plantas y varias aplicaciones agrícolas. Entre ellas, se ha demostrado que estimula la elongación de las raíces y ha sido empleado para promover diferentes procesos en plantas, tanto *in vitro* como ex

vitro (González-Pérez *et al.*, 2012; Suárez *et al.*, 2013; Falcón *et al.*, 2015; Borges *et al.*, 2015).

Los reguladores del crecimiento tienen un precio superior al de este producto natural (Pectimorf®), y eso lo hace útil en los procesos de multiplicación *in vitro* en los que, por su efecto auxínico o citoquinínico, puede sustituir parcial o totalmente los reguladores del crecimiento tradicionales (Cabrera, 2002). Por esa razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del Pectimorf® en las diferentes fases de la micropropagación del cultivar de malanga 'INIVIT-MX-2008' (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el cultivar de malanga 'INIVIT MX-2008', (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) cultivar promisorio del grupo 'Blanco' en proceso de introducción y generalización en Cuba. El procedimiento de desinfección incluyó la inmersión de los ápices en hipoclorito de sodio al 3% durante 25 minutos y en todos los casos se utilizaron ápices de las yemas axilares con tamaños entre 0,3 y 0,4 cm. Se empleó la metodología descrita por García *et al.* (1999).

Efecto del Pectimorf® como regulador del crecimiento en la etapa de establecimiento

Este experimento tiene la finalidad de evaluar el desarrollo de los explantes en esta fase y el efecto del biorregulador sobre los mismos.

El establecimiento se realizó en el medio de cultivo constituido por el 80% de las sales y vitaminas "MS" (1962); 30 g.l⁻¹ de sacarosa; 0,1 g.l⁻¹ de mioinositol, el pH fue ajustado a 5,7 con NaOH 0,5 N y/o HCL 0,5 N antes de la esterilización en autoclave. Y se conformaron los siguientes tratamientos.

- A. Sales y vitaminas MS + 0,1 mg.l⁻¹ de 6-BAP (Control)*
- B. Sales y vitaminas MS + 1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- C. Sales y vitaminas MS + 5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- D. Sales y vitaminas MS + 10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- E. Sales y vitaminas MS + 15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®

Las evaluaciones a los 30 días consistieron en conocer sobre la supervivencia y calidad del explante. Se evaluó: altura del brote (cm), número de hojas por explante, porcentaje de contaminación (%) y coeficiente de multiplicación (CM).

Efecto del Pectimorf® como regulador del crecimiento en la etapa de multiplicación

El objetivo de este experimento fue valorar el efecto del Pectimorf® sobre el coeficiente de multiplicación y el desarrollo general del explante.

La multiplicación se realizó en el medio de cultivo constituido por las Sales y vitaminas "MS" (1962) suplementado con 30 g.l⁻¹ de sacarosa; 0,1 g.l⁻¹ de mioinositol. Y se conformaron los siguientes tratamientos.

- A. Sales y vitaminas MS + 3 mg.l⁻¹ de 6-BAP+ 1 mg.l⁻¹ de AIA (Control)*
- B. Sales y vitaminas MS + 1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- C. Sales y vitaminas MS + 5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- D. Sales y vitaminas MS + 10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- E. Sales y vitaminas MS + 15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®

Al cabo de los 21 días se evaluó el coeficiente de multiplicación (CM) por cada tratamiento. Se evaluó: altura de los brotes (cm), número de hojas, cantidad de raíces y porcentaje de contaminación (%). Estarán listas para la siguiente fase aquellas plántulas que superen los 4 a 5 cm de altura y con un mínimo de 3 a 5 hojas.

Efecto del Pectimorf® como regulador del crecimiento en la etapa de enraizamiento

El tercer experimento se realizó con el propósito de lograr plantas con una alta calidad para pasar a la fase de aclimatización y conocer el efecto del biorregulador. Se consideran plántulas óptimas para la siguiente etapa, aquellas ya enraizadas con una altura de 20 a 30 mm y, además, debe tener de dos a tres hojas (NRAG 205:11).

Para esta fase se utilizó el medio de cultivo de enraizamiento para la malanga constituido por el 50% de las Sales y vitaminas "MS" (1962) suplementado con 15 g.l⁻¹ de sacarosa; solidificado con 6,5 g.l⁻¹ de Agar E (BIOCEN) según García *et al.* (1999) y se conformaron los siguientes tratamientos:

- A. Sales y vitaminas MS + 1 mg.l⁻¹ de AIB (Control)*
- B. Sales y vitaminas MS + 1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- C. Sales y vitaminas MS + 5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- D. Sales y vitaminas MS + 10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®
- E. Sales y vitaminas MS + 15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®

Las evaluaciones realizadas a los 30 días consistieron en: altura de la plántula (cm), número de hojas por plántula, cantidad de raíces y porcentaje de contaminación (%).

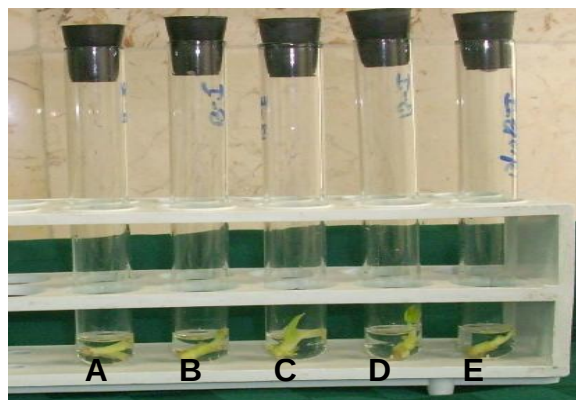
Procesamiento estadístico de los datos

Los datos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación simple (completamente al azar) para la variable altura del brote y la comparación múltiple de medias se realizó según Tukey HSD con el paquete estadístico SPSS ver. 15.0. Al resto de las variables se le aplicó un análisis de varianza por rangos Kruskal-Wallis con posterior aplicación del test de Mann-Whitney para la comparación de medias de rango. En todos los casos se consideró un nivel de significación de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del Pectimorf® en la fase de establecimiento

A los 30 días de cultivo, los explantes que se encontraban en el medio de cultivo de establecimiento propuesto, presentaban una coloración verde típica del cultivar de malanga en estudio y existía en ellos la emisión de al menos un par de hojas en estado juvenil (Fig. 1).



A- Control (sólo con hormonas comerciales), **B-**1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **C-**5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **D-**10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **E-**15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®.

Figura 1. Aspecto de los ápices de malanga 'INIVIT-MX-2008' (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), a los 30 días de implantación en los medios ensayados.

Explantos con estas características morfológicas denotan una buena respuesta bajo las condiciones *in vitro* ensayadas y permiten prepararlos para ser colocados en medio de cultivo de multiplicación al cumplir los 30 días de cultivo.

Aun cuando la respuesta de los explantes fue positiva y superior al control en todos los tratamientos donde se usó el Pectimorf® en establecimiento, se observaron diferencias visuales y estadísticas contrastantes para las variables estudiadas (Tabla 1).

Tabla 1. Respuesta del cultivar 'INIVIT MX-2008' a diferentes dosis de Pectimorf® en sustitución de las hormonas comerciales durante la etapa de establecimiento.

Tratamientos	Variables				
	Altura (cm)	No. De hojas		Coef. de multiplicación	
		Media	Media de rango	Media	Media de rango
A	2,56 b	2,00	28,10 b	1,60	26,30 b
B	2,60 b	2,40	31,30 ab	1,80	32,90 ab
C	3,62 a	2,80	40,50 ab	2,20	45,80 a
D	3,82 a	3,20	50,80 a	2,20	45,80 a
E	3,92 a	3,00	45,60 a	2,00	39,20 ab
ES ±	0,12*				
CV (%)	14,53				
KW =			18,99*		14,54*

Medias con letras iguales no difieren para p * Significación para alfa = 0,05

A- Control (sólo con hormonas comerciales), **B-**1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **C-**5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **D-**10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **E-**15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®.

Los tratamientos donde se sustituyó la hormona comercial (6-BAP, 0,1 mg.l⁻¹) mostraron valores superiores en el coeficiente de multiplicación, mayor altura del brote y un verde más intenso de las hojas respecto al control; se observó un mayor vigor de los explantes en los tratamientos C y D (5 y 10 mg.l⁻¹ de Pectimorf®). Variables como la altura del brote muestran el efecto estimulante del biorregulador ensayado sobre los ápices desde dosis de 5,0 mg.l⁻¹, respecto a la media más baja del tratamiento A (control) (Fig. 2).

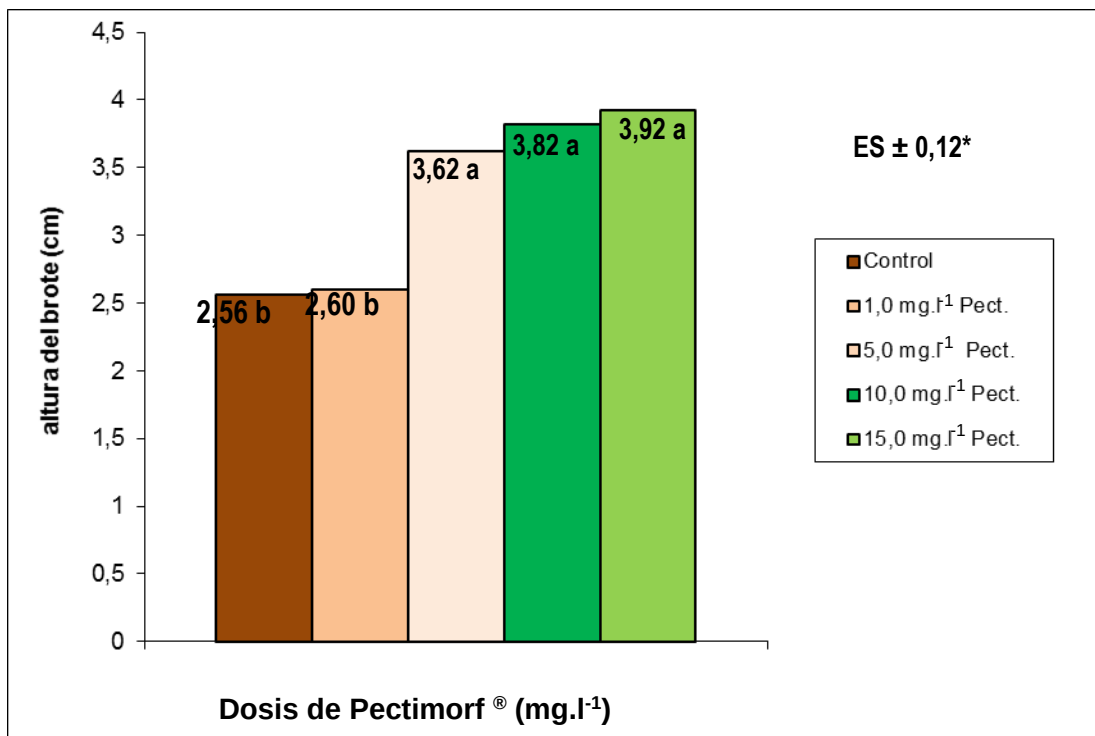


Figura 2. Altura del brote (cm) en el cultivar 'INIVIT MX-2008' a diferentes dosis de Pectimorf® en sustitución de los reguladores del crecimiento durante la fase de establecimiento.

Usualmente en los meristemos y ápices la citoquinina endógena es baja debido a que el principal sitio de síntesis son las raíces, por lo que la adición exógena de citoquininas en los medios de establecimiento es generalizada. Hu y Wang (1983) reportan que en el 85% de los medios de establecimiento se utilizan citoquininas, las más empleadas han sido la 6 bencilaminopurina (6-BAP) (68%), la kinetina (23%) y el 2-IP y la zeatina (9 %) (Roca y Mroginski, 1991).

De forma general en todos los trabajos relacionados con esta fase, la utilización de la citoquinina 6-BAP en bajas concentraciones y la combinación auxina-citoquinina (6-BAP y AIA o Kin (kinetina) y AIA) permite los mejores resultados (García *et al.*, 1999; Dottin, 2000; Hossain, 2012). Es conocido el efecto como auxina o citoquinina del Pectimorf® según el balance hormonal del medio de cultivo (INCA, 2009), al que se responsabiliza del buen desarrollo integral de los explantes en esta etapa inicial.

Resultados similares fueron obtenidos por Suárez y Hernández (2015), en el establecimiento *in vitro* de la yuca, cultivar señorita, donde las mejores dosis de Pectimorf® para su establecimiento fueron de 5 y 10 mg.l⁻¹.

Efecto del Pectimorf® en la fase de multiplicación

Los tratamientos ensayados en la multiplicación donde se sustituyó totalmente los reguladores del crecimiento (6-BAP y AIA) por dosis variables de Pectimorf®, permitieron un buen desarrollo de los explantes y la obtención de buenos coeficientes de multiplicación, altura del brote y número de hojas que superan significativamente al control (Tablas 2).

Tabla 2. Respuesta del cultivar 'INIVIT MX-2008' a diferentes dosis de Pectimorf® en sustitución de los reguladores del crecimiento durante la fase de multiplicación.

Tratamientos	Variables				
	Altura (cm)	No. de hojas		Coef. multiplicación	
		Media	Media de rango	Media	Media de rango
A	4,20 c	3,30	18,90 c	3,53	18,50 b
B	4,72 c	3,60	23,90 bc	3,60	18,90 b
C	5,20 b	4,60	49,40 a	5,40	52,30 a
D	5,30 ab	4,80	54,20 a	5,80	58,86 a
E	5,68 a	4,40	43,60 ab	4,80	41,43 a
ES ±	0,10*				
CV (%)	7,84				
KW =			35,48*		14,54**

Medias con letras iguales no difieren; * Significación para alfa = 0,05

A- Control (sólo reguladores del crecimiento), **B-**1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **C-**5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **D-**10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **E-**15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®.

Al analizar la altura de los brotes, pudo comprobarse que los tratamientos C, D y E fueron significativamente superiores al resto de las variantes, sin embargo, por la relativa importancia de esta variable en la multiplicación, se identifican como los mejores C y D que muestran coeficientes de multiplicación mayores que E. Respecto a los coeficientes de multiplicación para las variantes donde se utilizó el Pectimorf® a concentraciones mayores a 5,0 mg.l⁻¹, son superiores a los hallados por Rodríguez *et al.* (2004) cuando ensayaron varios medios de cultivo para la micropropagación de plátano (*Musa spp.*) y malanga (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) cultivar 'Viequera', los que estaban en un rango de 2,45 a 4,05.

La variante D (10,0 mg.L⁻¹), fue la mejor con un coeficiente de multiplicación de 5,80, sin diferencias estadísticas con C (5,40) y E (4,80). Al analizar el número de hojas emitidas, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero resultó que la variante D (10 mg.l⁻¹) presentó una media mayor de 4,8 hojas aunque no difirió significativamente de los tratamientos C y E. Resultado que coincide con los de Suárez y Hernández (2015) que en investigaciones con el cultivo *in vitro* de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), también notaron consecuencias positivas con el uso del Pectimorf® en la multiplicación; estos autores con idénticas combinaciones de la mezcla de oligogalacturónidos lograron superar los resultados del regulador comercial (control) en cuanto a número de hojas y de brotes, lo que atribuyen, y se reafirma en este trabajo, a que las dosis empleadas fueron capaces de provocar el balance hormonal endógeno necesario para estimular el proceso de división celular que contribuye al desarrollo de brotes y hojas.

Un efecto similar en esas variables y con similar concentración del oligopectato identificaron Lara *et al.* (2004) en lirio (*Easter lily*), Moya *et al.* (2006) en piña (*Ananas comosus* (L.) Cerril), y Fundora *et al.* (2013) en embriones somáticos de *Citrus macrophylla* Wester, entre otros cultivos.

A su vez, estos resultados difieren de los obtenidos por Suárez y Hernández (2008) en yuca y con los de Hernández *et al.* (2009) quienes no lograron estimular significativamente el desarrollo de brotes y hojas cuando emplearon este biorregulador solo, en la multiplicación de *Spathiphyllum*. Es más conocido el efecto sinérgico de él en sustituciones parciales de kinetina en *Anthurium cubense* (Montes *et al.*, 2000) o del 6-BAP en *Spathiphyllum* (Hernández *et al.*, 2009). Otros biorreguladores como la Brasinolida también son capaces de expresar esa función sinérgica con la hormona AIA y de comportarse indistintamente, como auxina o citoquinina en el cultivo *in vitro* vegetal (Lozada, 2010).

Efecto del Pectimorf® en la fase de enraizamiento

Si bien en malanga esta fase no ha sido necesaria en ocasiones por la nobleza del cultivo, que permite obtener raíces en el medio de ahijamiento o multiplicación (Igarza, 2004), la metodología propuesta por García *et al.* (1999) recomienda utilizar un medio con 1,0 mg.l⁻¹ de AIB en esta fase. La adición del Pectimorf® en todos los tratamientos, estimuló el desarrollo radical en las plantas producidas *in vitro*, y demostró una vez más su acción análoga a las auxinas en plantas. Las medias más altas se observan en las variantes C (5,0 mg.l⁻¹) y D (10,0 mg.l⁻¹), y también con E (15,0 mg.l⁻¹), significativas respecto a A (Control) y B (1,0 mg.l⁻¹) (Tabla 3).

Tabla 3. Respuesta del cultivar 'INIVIT MX-2008' a diferentes dosis de Pectimorf® en sustitución de las hormonas comerciales durante la etapa de enraizamiento.

Tratamientos	Variables			
	Altura	No. de hojas	No. de raíces	
			Media	Media de rango
A	5,28 b	4,60	3,86	21,20 c
B	5,40 b	4,73	4,20	28,60 bc
C	6,88 a	5,20	5,20	50,30 ab
D	6,83 a	5,26	5,40	53,00 a
E	7,28 a	5,00	4,60	36,90 abc
ES ±	0,13*			
CV (%)	7,57			
KW =		5,19ns		26,77*

Medias con letras iguales no difieren * Significación para alfa = 0,05

A- Testigo (sólo hormonas comerciales), **B-** 1,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **C-** 5,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **D-** 10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®, **E-** 15,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®.

El aumento del número de raíces, observado en los medios C y D (5,0 y 10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf®), es de gran importancia, lo cual pudiese repercutir en una respuesta positiva en la aclimatización de las plántulas formadas en dichos medios. Se observó la formación de más de cinco raíces bien desarrolladas, las que contribuirán al logro de indicadores de supervivencia satisfactorios en la fase IV (Fig. 2).



Figura 2. Desarrollo de las raíces en plantas producidas *in vitro* de malanga 'INIVIT MX-2008' obtenidas en cada uno de los tratamientos estudiados con el uso del Pectimorf®.

Paneque *et al.* (2004) se refieren a que el Pectimorf® a razón de 10,0 mg.l⁻¹ favoreció la emisión de raíces en boniato (*I. batatas* (L.) Lam) aunque no precisan su cuantía. En tanto que Espinosa *et al.* (2005; citado por Lozada, 2010) con el uso del biorregulador Brasinolida y AIA lograron una media de 2,56 raíces por plántula en *Solanum betaceum* (tomate de árbol), un 50% inferior a la observada en este estudio con malanga *Xanthosoma* spp. De la misma forma Posada *et al.*, (2016) lograron el mayor número de plantas con raíces en papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Maradol Roja empleando 9 mg.l⁻¹ de Pectimorf® combinado con 2 mg.l⁻¹ de AIB.

En diferentes cultivos como el banano 'FHIA-18' (*Musa* sp. AAAB) (González *et al.*, 2006) y en yuca (Suárez y Hernández, 2008), se observó también estimulación en la producción de raíces en estos cultivos cuando se aplicó el Pectimorf® a 10,0 mg.l⁻¹. Resultó evidente que dosis de 10,0 mg.l⁻¹ de Pectimorf® resultan suficientes para sustituir completamente los reguladores del crecimiento que se usan actualmente en las diferentes fases de la micropropagación de la malanga *Xanthosoma* spp., lo cual se encuentra dentro del rango en que se recomienda el uso de esta mezcla de oligosacarinas que es entre 5 y 20 mg.l⁻¹ (INCA, 2009; Falcón *et al.*, 2015).

Así se demuestran, una vez más, el efecto estimulante y las potencialidades del Pectimorf® como promotor de procesos morfogénéticos en especies vegetales; en este caso, mostró su acción sobre la altura, el número de hojas y raíces y el coeficiente de multiplicación, aspectos medulares hacia el logro de la eficiencia del cultivo *in vitro* de malanga *Xanthosoma* spp. Esta realidad lo valida como una alternativa promisoría en la biotecnología vegetal cubana en la sustitución parcial o total de los reguladores del crecimiento que tradicionalmente se emplean para esos fines.

CONCLUSIONES

Es factible sustituir totalmente los reguladores del crecimiento utilizados tradicionalmente en la micropropagación de la malanga 'INIVIT MX-2008' (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), por el bioproducto Pectimorf® de producción nacional a concentraciones entre 5,0 mg.l⁻¹ y 10,0 mg.l⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

- BORGES M, REYES DM, ZAYAS JM Y DESTRADE R. 2015. Efecto de Pectimorf® en el enraizamiento *in vitro* de plantas de 'FHIA-18' (Musa AAAB). *Biotecnología Vegetal*, 15(4): 227–232
- CABRERA JC. 2002. Desarrollo de activadores de las plantas de amplio espectro de acción. Informe Final de Proyecto. INCA. La Habana. 22 p
- DÁVILA A, HERRERA L, ESPINOSA E Y FOLGUERAZ M. 2010. Hongos asociados a las pudriciones secas en malanga (Género colocasia) en varias localidades de Cuba. *Centro agrícola*, 37(39):17-21
- DOTTIN M. 2000. Propagación *in vitro* de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott). Tesis presentada para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de las villas. Santa Clara, Cuba.
- FALCÓN AB, COSTALES D, GONZÁLEZ-PEÑA D Y NÁPOLES MC. 2015. Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36:111-129.
- FOLGUERAS, M (2012) Enfermedades fungosas y bacterianas en la malanga. En: Taller Regional FAO 'El rol de la mujer en el proceso de innovación rural', FAO, 19 y 20 de mayo de 2012, Bayamo, Granma.
- FUNDORA LOURDES, HERNÁNDEZ REINA, DIOSDADO ESTHER, ROMÁN MARÍA I, GONZÁLEZ CLARA, ROJA A Y RODRÍGUEZ A. 2013. Embriogénesis somática de *Citrus macrophylla* Wester con el empleo del Pectimorf® y análogos de brasinoesteroides. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1):189-194.
- GARCÍA MAGALY, MEDEROS V, RODRÍGUEZ S, LÓPEZ J, VENTURA J, CABRERA M, HERNÁNDEZ R, GONZÁLES JE, BERMÚDEZ D, GÁLVEZ D, GUTIÉRREZ V Y GÁLVEZ JR. 1999. Generalización de la metodología para la micropropagación de la malanga (*Xanthosoma* spp) en Cuba. En: 5to Coloquio Internacional de Biotecnología Vegetal, Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central 'Marta Abreu' de Las Villas, pp 167-169.
- GONZÁLEZ JU, VALERIO R, VARGAS TE Y GARCÍA E. 2006. Aspectos morfoanatómicos de callos originados durante el proceso de embriogénesis somática en banano Williams subgrupo Cavendish (*Musa* sp. grupo AAA). *Agronomía Tropical*, 56(4):697-703.
- GONZÁLEZ-PÉREZ L, VÁZQUEZ-GLARÍA A, PERROTTA L, ACOSTA A, SCRIVEN SA, HERBERT R, CABRERA JC, FRANCIS D, ROGERS HJ. 2012. Oligosaccharins and Pectimorf® stimulate root elongation and shorten the cell cycle in higher plants. *Plant Growth Regul*, 68 (2): 211.
- HERNÁNDEZ MARIA MARGARITA, SUÁREZ L Y VALCÁRCEL M. 2009. Empleo del Pectimorf en la micropropagación de *Spathiphyllum* sp. *Cultivos Tropicales*, 30(3):56-58, ISSN 0258-5936.
- HOSSAIN M. 2012. *In Vitro* Organogenesis of *Colocasia esculenta* cv. *Antiquorum* L. *American Journal of Plant Sciences* 3(6):709-713. doi: [10.4236/ajps.2012.36085](https://doi.org/10.4236/ajps.2012.36085).
- HU CY, WANG PJ. 1983. Meristem, shoot tip and bud cultures. In: EVANS DA, SHARP WR, AMMIRATO PV, YAMADA Y. *Handbook of plant cell culture: techniques for propagation and breeding*. New York: Macmillan. p. 117-227.
- IGARZA J. 2004. Diagnóstico y saneamiento al virus DMV en malanga (*Xanthosoma* spp y *Colocasia esculenta* L) mediante Electroterapia. Tesis presentada en opción al grado de Master en Biotecnología Vegetal. Ciego de Ávila, Cuba.

- INCA. 2009. Pectimorf® bioestimulante natural con actividad hormonal para usar en la micropropagación y enraizamiento vegetal. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Tríptico comercial informativo, s/p.
- LARA RM, ÁLVAREZ M, FLORIDO M, PLANA D Y CABRERA JC. 2004. Influencia del oligo- Pectimorf® sobre la morfogénesis *in vitro* del *Easter Lily*. En: III Taller de Productos Bioactivos. CD Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9-12: La Habana).
- LOZADA PA. 2010. Evaluación del efecto de auxinas, citoquininas y brasioesteroides sobre las fases de establecimiento y multiplicación del cultivo *in vitro* de tomate de árbol (*Solanum batavea*). Facultad de Ingeniería en Biotecnología. ESPE. Sede Sangolquí. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2617>, [Consultada: 6 de marzo de 2017].
- MONTES S, ALDAZ JP, CEVALLOS M, CABRERA JC Y LÓPEZ M. 2000. Uso del bioregulador Pectimorf en la propagación acelerada del *Anthurium cubense*. *Cultivos Tropicales*, 21(3): 29-31
- MOYA M, ISIDRÓN M, RODRÍGUEZ D Y VALERA E. 2006. Efecto del Pectimorf® y el Biobras-16 en la micropropagación de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill). En: Taller de Productos Bioactivos. Taller Internacional de Oligosacarinas. CD Congreso Científico del INCA (4:2006: La Habana).
- MURASHIGE T Y SKOOG F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15 (3): 473-497.
- NRAG205:11. 2011. Biotecnología. Propagación *in vitro* de la malanga (*Colocasia esculenta* y *Xanthosoma* spp.). Especificaciones. 8 p.
- PANEQUE OS, FALCÓN A, HERNÁNDEZ MM, IGLESIAS R, SILVA JJ, LÓPEZ M, RODRÍGUEZ JE, ARIAS L, CABRERA JC Y OLIVA E. 2004. Evaluación del efecto del Pectimorf en el establecimiento *in vitro* de yemas axilares de boniato cultivar CEMSA 78-354. *Biotecnología vegetal*, 4(2):115-119.
- PÉREZ J, JIMÉNEZ E Y AGRAMONTE D. 1998. Aumento de la eficiencia en la micropropagación. En: Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. PÉREZ, J. (Ed). Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central de las Villas. Santa Clara, Cuba, pp.179-190.
- POSADA L, PADRÓN Y, GONZÁLEZ J, RODRÍGUEZ R, BARBÓN R, NORMAN O, RODRÍGUEZ RC Y GÓMEZ-KOSKY R. 2016. Efecto del Pectimorf® en el enraizamiento y la aclimatización *in vitro* de brotes de Papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Maradol Roja. *Cultivos Tropicales*. 37(3):50-59
- RAMOS L, AROZARENA NJ, LESCAILLE J, GARCÍA F, TAMAYO Y, CASTAÑEDA E, LOZANO S Y RODRÍGUEZ-ORTIZ G. 2013. Dosis de Pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:1093-1105.
- ROCA M.W Y MROGINSKI L.A. 1991. Cultivo de Tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia. p. 542 -575.
- RODRÍGUEZ AJ, RODRÍGUEZ A, QUINTERO S, TORRES MA Y FUNDORA Z. 2004. Influencia de los medios de cultivo en la micropropagación de plátano (*Musa* spp.) y malanga (*Xanthosoma saggitifolium* Schott.). *Cultivos Tropicales*, 25(1):23-26.

- SUÁREZ L Y HERNÁNDEZ MARIA MARGARITA. 2008. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la propagación *in vitro* de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), var. CMC-40. *Cultivos Tropicales*, 29(3):47-52.
- SUÁREZ L, SAVATIN DV, SALVI G, DE LORENZO G, CERVONE F Y FERRARI S. 2013. The non-traditional growth regulator Pectimorf is an elicitor of defense responses and protects *Arabidopsis* against *Botrytis cinerea*. *Journal of Plant Pathology*, 95 (1): 177-180.
- SUÁREZ L Y HERNÁNDEZ MARIA MARGARITA. 2015. Efecto del Pectimorf® en el cultivo de ápices de plantas *in vitro* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), cultivares 'CMC-40' y 'señorita'. *Cultivos Tropicales*, 36(4):55-62.
- TÉLLEZ E. 2008. Propagación *in vitro* de la malanga (*Xanthosoma violaceum* Schott). Tesis presentada en opción al Grado Académico de Maestro en Ciencias en Biotecnología Vegetal, Universidad de Ciego de Avila, Centro de Bioplasmas, Ciego de Ávila, 67p.