

Evaluación en campo de plantas de ñame (*Dioscorea alata* L.) obtenidas de los microtubérculos formados en Sistema de Inmersión Temporal

Field evaluation of yam plants (*Dioscorea alata* L.) obtained from microtubers produced in a temporary immersion system

Manuel Cabrera Jova¹, Rafael Gómez Kosky², Aymé Rayas Cabrera¹,
Manuel DeFeria², Jorge López Torres², Víctor Medero Vega¹,
Milagros Basail Pérez¹, Germán Rodríguez Rodríguez¹, Arletys Santos Pino¹

Resumen

Los microtubérculos en algunas especies de plantas constituyen una importante alternativa como material vegetal de plantación. Se definió como objetivo de trabajo evaluar en campo la respuesta morfoagronómica de las plantas obtenidas de los microtubérculos de ñame formados en Sistema de Inmersión Temporal (SIT). Como variantes experimentales se plantaron tres categorías de microtubérculos, clasificados según su masa fresca (I. de 0,5 a 0,9 g; II. de 1,0 a 2,9 g; III. igual o mayor de 3,0 g), plantas *in vitro* previamente aclimatadas y corona de tubérculo. Se evaluó el efecto de la masa fresca de los microtubérculos sobre su brote, supervivencia y posterior desarrollo de las plantas derivadas de ellos en campo. Con los microtubérculos de ñame, con una masa fresca igual o superior a 3,0 g, se alcanzó el más alto porcentaje de brotación (91,30%) y supervivencia de las plantas (96,50%), así como las mejores respuestas en los caracteres cuantitativos que se evaluaron en campo. Estos resultados confirmaron la importancia de la masa fresca de los microtubérculos para ser empleados como material vegetal de plantación directo en campo.

Palabras clave: microtubérculos, plantas *in vitro*, campo.

Abreviaturas: SIT sistema de Inmersión Temporal, gMF gramos de masa fresca

Abstract

Microtubers in some plant species represent an important alternative crop-planting material. The present work involved field work for evaluating the morphoagronomic response of plants obtained from yam microtubers produced in a temporary immersion system (TIS). Three categories of microtuber were planted as experimental variants; they were classified by fresh mass (1 - 0.5 to 0.9 g, 2 - from 1.0 to 2.9 g and 3 - equal to

1 Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (Inivit), Villa Clara, Cuba. mcabrera@inivit.cu. Autor para correspondencia.

2 Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

or greater than 3.0 g), previously *in vitro*-acclimated plants and tuber crowns. The effect of microtuber fresh weight on their sprouting, survival and later development of the plants derived from them in the field were evaluated. The highest sprouting (91.30%) and plant survival percentages (96.50%) and the best response in quantitative traits evaluated in the field were obtained with yam microtubers having a fresh mass equal to or greater than 3.0 g. These results confirmed the importance of microtubers' fresh weight for using them as plant material in direct planting in the field.

Key words: Microtuber, *in vitro* plant, field evaluation.

Abbreviations used: TIS - temporary immersion system, gFW - grams of fresh weight.

Recibido: febrero 19 de 2010

Aprobado: junio 2 de 2010

Introducción

Dentro de las más de 600 especies del género *Dioscorea*, *Dioscorea alata* L. es una de las más cultivadas en el mundo. La producción mundial en el año 2008 se estimó en alrededor de 56,4 millones de toneladas (Faostat, 2009).

Desde que esta especie se comenzó a cultivar por el hombre se ha propagado por tubérculos enteros, secciones de tubérculos o bulbillos aéreos. El uso continuado de este tipo de material vegetal de plantación tiene el inconveniente de que al plantarse de un año para otro en campo, se puede infestar por microorganismos patógenos y perder calidad fisiológica y sanitaria (Amusa *et al.*, 2003; Ovono *et al.*, 2007).

En Cuba, su producción ha ayudado a la diversidad y estabilidad alimentaria. Tradicionalmente este cultivo ha constituido una fuente importante de ingresos y empleo en las regiones oriental y central del país (Rodríguez 2006). No obstante, su desarrollo extensivo ha estado limitado, entre otras causas, por la poca disponibilidad de material vegetal de plantación con calidad fisiológica y sanitaria (Rodríguez 2004). Esto se debe, fundamentalmente, a que los tubérculos, que constituyen la parte útil de la planta para la alimentación, también tienen que ser utilizados como material vegetal de plantación.

Diferentes métodos biotecnológicos también han sido empleados para la propagación

de ñame pero la producción de plantas *in vitro* y microtubérculos tiene aún limitaciones para su uso como material vegetal de plantación (Balogun *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2007).

Según Ovono *et al.* (2007) y Balogun (2009), en el cultivo del ñame la producción de microtubérculos tiene un gran potencial como alternativa para la propagación. Pueden ser utilizados en los programas de producción de material vegetal de plantación, mejoramiento genético y conservación de germoplasma, debido a que los microtubérculos se pueden producir sin tener en cuenta la época del año y, a diferencia de las plantas *in vitro*, pueden ser almacenados por un período más prolongado de tiempo, sin perder su potencial de brotación (Mbanaso *et al.*, 2007; Pathirana *et al.*, 2008; Ovono *et al.*, 2009).

La baja masa fresca de los microtubérculos ha constituido la problemática fundamental que ha limitado su uso como material vegetal de plantación directo en campo. Cabrera *et al.* (2009) desarrollaron un protocolo para la formación de microtubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.) en sistema de inmersión temporal (SIT). Los microtubérculos obtenidos en este tipo de sistema de cultivo presentaron una masa fresca superior a 2,40 gMF.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar en campo la respuesta morfoagronómica de las plantas obtenidas de los microtubérculos formados en Sistema de Inmersión Temporal.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (Inivit); ubicado en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba, durante el período comprendido entre septiembre del 2006 y diciembre del 2009.

Material vegetal

Se emplearon microtubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.) clon Pacala Duclos formados en sistemas de inmersión temporal según el protocolo descrito por Cabrera *et al.* (2009).

Influencia de la masa fresca de los microtubérculos sobre su brotación, y sobre la supervivencia y caracteres morfoagronómicos de las plantas derivadas de estos

El presente experimento tuvo como objetivo estudiar el efecto de la masa fresca de los microtubérculos que se produjeron en sistema de inmersión temporal (SIT) sobre su brotación, y sobre la supervivencia y el posterior desarrollo de las plantas derivadas de ellos en campo. Se plantaron las variantes experimentales siguientes:

- Microtubérculos con una masa fresca de 0,5-0,9 g.
- Microtubérculos con una masa fresca de 1,0-2,9 g.
- Microtubérculos con una masa fresca igual o mayor de 3,0 g.
- Plantas *in vitro* previamente aclimatizadas con una longitud del tallo de 30 cm y al menos cuatro hojas.
- Coronas de tubérculo, con una masa fresca de 50 g, propagación convencional (Control).

El diseño experimental que se empleó fue un bloque al azar, con cinco parcelas experimentales por tratamiento. Las parcelas ex-

perimentales estuvieron formadas por cuatro hileras de montículos, con diez montículos por cada hilera, para un total de 40 montículos por parcela y 200 montículos por tratamiento.

El experimento se plantó en un suelo pardosialítico cálcico carbonatado (Hernández *et al.*, 1999). La plantación en campo se realizó el 15 de abril del año 2006. La distancia de plantación fue de 1,00 x 1,00 m. El riego y las demás atenciones culturales, así como el control de plagas y enfermedades se realizaron según el Instructivo Técnico del cultivo del ñame (Minag, 2008).

A las cuatro semanas de cultivo en campo se cuantificó el número de microtubérculos que brotaron por parcelas y se determinó el porcentaje. A las seis semanas de cultivo se cuantificó la supervivencia de cada una de las plantas de los materiales de plantación por parcelas y se determinó el porcentaje.

Evaluación de caracteres cualitativos

La totalidad de la población se evaluó según los caracteres cualitativos morfológicos citados en la lista de descriptores para *Dioscorea alata* L. (Ipgri/IITA, 1997).

Evaluación de caracteres cuantitativos

Para la evaluación se seleccionaron 10 plantas de los montículos internos de cada parcela y se evaluaron las variables siguientes: número de tallos por planta, longitud de los tallos (m), número de tubérculos / planta y masa fresca de los tubérculos (kg) / planta.

A las 24 semanas de plantación se evaluaron los caracteres cualitativos y cuantitativos relacionados con el follaje, y a las 36 semanas de desarrollo del cultivo (en la cosecha) los relacionados con los tubérculos.

Los datos relativos al porcentaje de brotación de los microtubérculos, porcentaje de supervivencia de las plantas, número de tallos por planta, longitud de los tallos, número de tubér-

culos / planta y masa fresca de los tubérculos / planta se analizaron estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Rohlf, 2001).

Resultados y discusión

Influencia de la masa fresca de los microtubérculos sobre su brotación, y sobre la supervivencia y los caracteres morfoagronómicos de las plantas derivadas de estos

La masa fresca de los microtubérculos influyó en la brotación de estos en condiciones de campo. Cuando se plantaron directo a campo microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g se obtuvo el más alto porcentaje de brotación (91,30%), sin diferencias significativas con las coronas de tubérculos (96,50%), pero sí con diferencias significativas respecto a los microtubérculos con masa fresca de 1,0-2,9 g y con los microtubérculos con masa fresca entre 0,5-0,9 g, en los cuales se obtuvo el más bajo porcentaje de brotación (tabla 1).

Tabla 1. Influencia de la masa fresca de los microtubérculos de ñame clon Pacala Duclos formados en el SIT sobre el porcentaje de brotación a las cuatro semanas de plantados en campo

Tipo de material vegetal de plantación	Brotación (%)	
	Media	Rangos medios
Microtubérculos (0,5-0,9 gMF)	41,50	3,00 c
Microtubérculos (1,0-2,9 gMF)	77,50	8,00 b
Microtubérculos (\geq 3,0 gMF)	91,30	13,00 a
Coronas de tubérculos (Control)	96,50	14,12 a

Rangos medios con letras no comunes difieren según prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para $p < 0,05$ ($n=5$).

En la literatura científica revisada no fue posible encontrar trabajos publicados donde se hayan efectuado plantaciones directas de microtubérculos de ñame en condiciones de campo sin previa etapa de aclimatación. Debido, entre otras causas, a que la mayoría de los protocolos descritos hasta el presente para la formación de microtubérculos de ñame han producido pequeños microtubérculos con una masa fresca promedio inferior a 0,5 g (Balogun, 2009).

Pérez *et al.* (2001), en el cultivo de la papa, evaluaron la respuesta en campo de microtubérculos de la variedad Atlantic que se obtuvieron en los SIT. Este investigador plantó directo en campo microtubérculos con una masa fresca de 1,26 g y un diámetro promedio de 11,4 mm sin previa etapa de aclimatación. En la

investigación obtuvo porcentaje de brotación de 89,0% a los 15 días de plantados en campo. Los resultados del presente trabajo en cuanto a la evaluación de la brotación de los microtubérculos de ñame se corresponden con los obtenidos por este investigador en el cultivo de la papa.

Según Pruski *et al.* (2003), los microtubérculos de mayor tamaño y masa fresca de papa que se produjeron en los sistemas de cultivo automatizados resultaron los más deseados para la producción comercial, ellos pudieron ser plantados en campo sin previa etapa de aclimatación y conservados durante un período de seis meses, sin que se afectara la brotación.

Por otra parte, Naik y Karihaloo (2007) señalaron que el tamaño, la masa fresca y la edad fisiológica de los microtubérculos de papa

destinados para la plantación directa en campo determinan la ruptura del período de dormancia y brotación. El tamaño y la masa fresca de los microtubérculos están determinados en gran medida por el contenido de sustancias de reserva, dentro de las cuales se encuentra el almidón, el cual es movilizado en la brotación para el posterior crecimiento y desarrollo de los brotes (Vreugdenhil, 2004; Özkaynak y Samaci, 2005).

Al evaluar la supervivencia de las plantas de ñame a las seis semanas de cultivo en campo, se observó que esta variable también estuvo influenciada por la masa fresca de los microtubérculos, así como por el tipo de material vegetal de plantación que se empleó. Se obtuvieron

los mejores porcentajes de supervivencia con las plantas procedentes de los microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g (96,50%) sin diferencias significativas con las plantas procedentes de las coronas de tubérculos de la propagación convencional (98,0%). Las plantas de estos tipos de materiales de plantación presentaron diferencias significativas respecto a las de microtubérculos que tenían una masa fresca de 1,0-2,9 g, y a las de las plantas *in vitro* previamente aclimatizadas, las cuales no presentaron diferencias significativas entre ellas. El más bajo porcentaje de supervivencia se obtuvo con las plantas procedentes de los microtubérculos que tenían una masa fresca de 0,5-0,9 g (tabla 2).

Tabla 2. Efecto del tipo de material vegetal de plantación de ñame clon Pacala Duclos sobre el porcentaje de supervivencia de las plantas a las seis semanas de cultivo en campo

Tipo de material vegetal de plantación	Supervivencia (%) de las plantas	
	Media	Rangos medios
Microtubérculos (0,5-0,9 gMF)	61,00	3,00 c
Microtubérculos (1,0-2,9 gMF)	87,00	10,50 b
Microtubérculos ($\geq 3,0$ gMF)	96,50	19,50 a
Plantas propagadas <i>in vitro</i>	86,50	10,70 b
Corona de tubérculos (Control)	98,00	21,30 a

Rangos medios con letras no comunes difieren según prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para $p < 0,05$ ($n=5$).

Pérez (2001) obtuvo, en las plantas procedentes de los microtubérculos de papa que se formaron en el SIT, un porcentaje de supervivencia del 77,3% a los 35 días de cultivo en campo, mientras que con las plantas *in vitro* sólo logró un 57,5% de supervivencia en esa misma etapa, debido a las características morfofisiológicas de las plantas *in vitro*, las cuales son frágiles y débiles. Los resultados en cuanto a la supervivencia en campo de las plantas procedentes de los microtubérculos y las de las plantas *in vitro* de ñame que se evaluaron se corresponden con los obtenidos por este investigador.

El resultado en cuanto al más alto porcentaje de supervivencia de las plantas procedentes de los microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g, que se emplearon como material vegetal de plantación directo en campo pudo deberse a que la supervivencia y el posterior crecimiento de los brotes hasta que las plantas comienzan a realizar fotosíntesis dependen según, Ijoyah *et al.* (2006), de la acumulación de las sustancias de reservas del material vegetal de plantación.

Entre los microtubérculos de ñame clon Pacala Duclos que se formaron en SIT, con

los de una masa fresca igual o superior a 3,0 g, se alcanzó el más alto porcentaje de brotación (91,30%) y supervivencia de las plantas (96,50%) en campo.

Evaluación de caracteres cualitativos

Las plantas de ñame clon Pacala Duclos procedentes de los microtubérculos, independientemente de la masa fresca de estos, no presentaron diferencias en los caracteres morfológicos cualitativos que se evaluaron en campo, en comparación con las plantas procedentes de las plantas *in vitro* y las plantas provenientes de la propagación convencional que se emplearon como controles.

Hasta el presente no se han desarrollado estudios sobre la estabilidad de caracteres morfológicos de plantas de ñame a partir de los microtubérculos. Según Balogun (2009), evaluaciones de este tipo constituyen aspectos que deben ser investigados si se pretende desarrollar protocolos de formación de microtubérculos que pudieran ser utilizados para la conservación e intercambio de germoplasma, así como para establecer un programa de producción de material vegetal de plantación en este cultivo.

En el cultivo de la papa ha sido descrito que a través de la organogénesis directa, método de regeneración que usa la yemas existentes en las plantas para la formación de los brotes, se proporciona mayor estabilidad en los caracteres morfológicos en la producción de microtubérculos semillas (Sarkar, 2008). En el cultivo del ñame los microtubérculos se desarrollan del complejo nodal primario que se encuentra en las axilas de las hojas de los segmentos nodales (Balogun, 2006). Este tipo de origen puede haber propiciado que no existieran cambios en los caracteres morfológicos cualitativos de las plantas de ñame a partir de los microtubérculos.

Gopal *et al.* (2008) evaluaron en campo microtubérculos de 22 genotipos de papa en

comparación con tubérculos semillas. El trabajo se desarrolló durante dos años, en dos estaciones, primavera y otoño. Estos investigadores concluyeron que es posible establecer criterios de selección en las plantas a partir de los microtubérculos debido a la estabilidad en cuanto a hábito de crecimiento de los tallos, características morfológicas de las hojas, pigmentación de los tallos, vigor de la planta, así como para la forma y el color de los tubérculos en comparación con las plantas que se obtuvieron de los tubérculos semillas utilizados tradicionalmente para la propagación de este cultivo. Este mismo criterio pudiera emplearse en ñame.

Evaluación de caracteres cuantitativos

El tipo de material vegetal de plantación influyó en la respuesta de los caracteres cuantitativos de la plantas de ñame clon Pacala Duclos en campo. En relación con el número de tallos por planta se obtuvieron los mejores resultados en las plantas de los microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g (5,90), las plantas propagadas *in vitro* (5,70), las de las coronas de tubérculos procedentes de la propagación convencional (5,60), y las de los microtubérculos con una masa fresca entre 1,0-2,9 g (5,40), sin diferencias significativas entre ellas, pero sí con los microtubérculos con masa fresca entre 0,5-0,9 g.

En cuanto a la longitud de los tallos y a la masa fresca de los tubérculos por planta, los mejores resultados se obtuvieron en las plantas de los microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g (4,10 m y 3,66 kg/planta) y en las plantas de las coronas de tubérculos procedentes de la propagación convencional (3,90 m y 3,58 kg/planta) sin diferencias significativas entre ellas, pero sí con el resto de los materiales de plantación.

Respecto al número de tubérculos por planta se lograron los mejores resultados en las plantas de los microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g (3,80), en las plantas de los microtubérculos con una masa

fresca entre 1,0-2,9 g (3,40), en las plantas propagadas *in vitro* (3,20), y en las plantas de los microtubérculos con una masa fresca entre 0,5-0,9 g (3,20), sin diferencias significativas entre

ellos, pero sí con las plantas de las coronas de tubérculos procedentes de la propagación convencional (tabla 3).

Tabla 3. Comparación del tipo de material vegetal de plantación de ñame clon Pacala Duclos sobre la respuesta de las plantas en los caracteres cuantitativos del follaje a las 24 semanas de cultivo y de los tubérculos a las 36 semanas de cultivo en campo

Material vegetal de plantación	Número de tallos / planta		Longitud de los tallos (m)		Número de tubérculos / planta		Masa fresca de los tubérculos (kg) / planta	
	Media	Rangos medios	Media	Rangos medios	Media	Rangos medios	Media	Rangos medios
Microtubérculos (0,5-0,9 gMF)	3,60	10,50 b	2,67	10,50 c	3,20	54,50 a	1,48	10,50 d
Microtubérculos (1,0-2,9 gMF)	5,40	52,30 a	3,44	35,70 b	3,40	59,70 a	2,88	31,50 c
Microtubérculos ($\geq 3,0$ gMF)	5,90	69,40 a	4,10	85,70 a	3,80	74,90 a	3,66	80,50 a
Plantas propagadas <i>in vitro</i>	5,70	62,00 a	3,60	48,10 b	3,20	54,10 a	3,24	54,90 b
Corona de tubérculos (control)	5,60	58,30 a	3,90	72,50 a	1,40	11,30 b	3,58	75,30 a

Rangos medios con letras no comunes en una misma columna difieren según prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para $p < 0,05$ (n=50).

En las plantas de todos los materiales de plantación obtenidos *in vitro* se obtuvieron como promedio 2,3 veces más tubérculos que en las plantas procedentes de las coronas de tubérculos de la propagación convencional, esto puede estar relacionado con el efecto de rejuvenecimiento fisiológico y sanitario que produce el cultivo *in vitro*. Según Cardone *et al.* (2004), en estos tipos de materiales de plantación, el efecto que se produce cuando el tejido pierde la señal que poseía de la planta madre se puede manifestar en los mismos con un aumento en el vigor fisiológico de determinadas variables agronómicas. Los microtubérculos han sido considerados como un material vegetal de plantación ideal para iniciar programas de producción de “semillas” de alta calidad (Chen *et al.*, 2007). Los resultados del presente trabajo

para el cultivo del ñame así lo corroboraron, pues con ellos es posible obtener en campo un mayor índice de multiplicación. El mayor número de tubérculos que se obtuvieron en campo en las plantas de los microtubérculos posibilita insertarlos en un programa de producción de material vegetal de plantación de calidad y reducir el número de multiplicaciones que se le debe dar a los mismos en campo para satisfacer las necesidades de material vegetal de plantación certificado.

La respuesta que se obtuvo en las plantas de los microtubérculos de ñame con una masa fresca igual o superior a 3,0 g, se debió a que al presentar la mayor acumulación de sustancias de reservas, emergieron con mayor rapidez y uniformidad, y desarrollaron más rápido el follaje. El mayor desarrollo de follaje

le permite a las plantas interceptar más radiación solar, realizar más fotosíntesis y sintetizar mayor cantidad de carbohidratos lo que, unido a la absorción de las sustancias minerales por las raíces, repercute en el crecimiento (Bonilla, 2001). Esto corrobora el criterio de que microtubérculos con mayor masa fresca pueden ser utilizados para la plantación directa en campo y que la masa fresca influye en la respuesta de estos en campo.

El rápido desarrollo vegetativo de las plantas procedentes de estos microtubérculos pudo haber permitido que se produjeran tubérculos por planta con una masa fresca que no difirió de las que presentaron las plantas de las coronas de tubérculos de la propagación convencional.

Kawakami *et al.* (2005) estudiaron el desarrollo y la producción en campo de las plantas de papa provenientes de microtubérculos y de tubérculos semilla convencional durante cuatro años. Estos investigadores sembraron tubérculos “semillas convencional” de unos 50 g y microtubérculos con una masa fresca de 0,5 a 1,0 g y de 1,0 a 3,0 g del cultivar Norin. Ellos obtuvieron que a los 40 días después de la emergencia del follaje, el índice del área foliar fue el mismo, y al momento de la cosecha la masa fresca de los tubérculos de las plantas provenientes de microtubérculos fue un 82% de la masa de los tubérculos provenientes de plantas de tubérculos convencionales. Aunque obtuvieron un menor rendimiento con los microtubérculos, sugirieron que los mismos tienen un gran potencial para su uso como material vegetal de plantación en campo.

Los resultados del presente trabajo se comparan con los logrados por Jiménez (2005) pero en el cultivo de la papa. Este investigador evaluó la respuesta de las plantas de los microtubérculos de la variedad Atlantic en campo, en comparación con las de las plantas *in vitro*, y con las de los microtubérculos obtuvo un mayor número de minitubérculos, los cuales presentaron 2,10 y 1,35 veces mayor masa fresca y diámetro, respectivamente, que los minitubér-

culos formados de las plantas que se desarrollaron de las plantas *in vitro*. Sin embargo, en el presente trabajo para el cultivo del ñame no se detectaron diferencias entre las plantas de los microtubérculos y las plantas que se desarrollaron de las plantas *in vitro* en cuanto al número de tallos y tubérculos producidos por planta, pero sí en relación con la masa fresca de los tubérculos.

En las plantas de los microtubérculos de ñame clon Pacala Duclos no se detectaron diferencias en los caracteres morfológicos cualitativos que se evaluaron en campo, sin embargo, las plantas de los microtubérculos con una masa fresca igual o superior a 3,0 g, mostraron las mejores respuestas en los caracteres cuantitativos que se evaluaron.

Los microtubérculos con una masa fresca superior a 3,0 g resultaron el mejor material vegetal para la plantación directa en campo. Por otro lado, los microtubérculos con masa fresca entre 1,0-2,9 pueden ser también empleados para la plantación directa, pues mostraron valores de supervivencia de 87,0% que, aunque son inferiores a los obtenidos con los de más de 3,0 gMF, resultaron similares a los descritos como aceptables para otras especies como la papa (Pérez, 2001; Kawakami *et al.*, 2005; Jiménez, 2005; Özkaynak y Samaci, 2005; Naik y Karihaloo, 2007).

Conclusiones

Entre los materiales que se produjeron *in vitro*, con los microtubérculos de ñame con una masa fresca igual o superior a 3,0 g se alcanzó el más alto porcentaje de brotación (91,30%) y supervivencia de las plantas (96,50%), estas mostraron las mejores respuestas en los caracteres cuantitativos que se evaluaron en campo. Estos resultados confirmaron la importancia de la masa fresca de los microtubérculos para ser empleados como material vegetal de plantación directa en campo, y mostraron que aún es necesario continuar las investigaciones para incrementar la calidad de los microtubérculos,

en especial con una masa fresca igual o mayor a 3,0 g.

Referencias bibliográficas

- Amusa, N., Adegbite, A., Amuhammeda, S., Baiyewu, R. A. 2003. Yam diseases and its management in Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 2 (12): 497-502.
- Balogun, MO., Fawole, I., Ng, SYC., Ng, Q., Shiwachi, H., Kikuno, H. 2006. Interaction among cultural factors in microtuberization of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). *Tropical Science* 46 (1): 55-59.
- Balogun, MO. 2009. Microtubers in yam germplasm conservation and propagation: The status, the prospects and the constraints. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews* 4 (1): 1-10.
- Bonilla, I. 2001. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. En Azcon-Bieto, J., Talon, M. (eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal*. pp. 113-131. McGraw-Hill.
- Cabrera, M., Kosky, R., Rayas, A., DeFeria, M., López, J., Basail, M., Medero, V. 2009. Protocolo para la formación de microtubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.) en sistema de inmersión temporal. *Rev Colomb Biotechnol* XI (2): 19-30.
- Cardone, S., Olmos S., Echenique, V. 2004. Variación somaclonal. En Echenique, V., Rubinstein, C., Mroginski, L. (ed.). *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. pp. 81-95. Springer.
- Chen, FY., Wang, D., Gao, X., Wang, L. 2007. The effect of plant growth regulators and sucrose on the micropropagation of *Dioscorea nipponica* makino. *Plant Growth Regulation* 26 (1): 38-45.
- Faostat. 2009. Disponible en: <http://www.fao.org>. [Fecha de consulta: 7 de julio del 2009].
- Gopal, J., Iwama, K., Jitsuyama, Y. 2008. Effect of water stress mediated through agar on *in vitro* growth of potato. *In vitro Cell. Dev Biol Plant* 44 (3): 221-228.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosh, D., Rivero, L., Camacho, E. 1999. Nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba. La Habana: Instituto de Suelos. Agrinfor, Ministerio de la Agricultura. 64 p.
- Ijoyah, MO., Aba, J., Ugannyan, S. 2006. The effects of seedbed types on yam minisets yield: A case study of Ushongo local government area of Benue state of Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 5 (22): 2086-2091.
- IPGRI/IITA. 1997. Descriptores para el ñame (*Dioscorea* spp.). Ibadán, Nigeria: Instituto Internacional de Agricultura Tropical / Roma: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Jiménez E. 2005. Mass propagation of tropical crops in temporary immersion systems. En Hvoslef-Eide, A. K., Preil, W. (eds.). *Liquid Culture Systems or in vitro Plant Propagation*. pp. 197-211. Springer.
- Kawakami, J., Iwama, K., Yutaka, K., Jitsuyama, Y. 2005. Effects of planting date on the growth and yield of two potato cultivars grown from microtubers and conventional seed tubers. *Plant Production Science* 8 (1): 74-78.
- Mbanaso, E. N. A., Chukwu, L. I., Opara, M. U. A. 2007. *In vitro* basal and nodal microtuberization in yam shoot cultures (*Dioscorea rotundata* Poir, cv. Obiaoturugo) under nutritional stress conditions. *African Journal of Biotechnology* 6 (21): 2444-2446.
- Minag. 2008. Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame. Castellanos, P. (ed.). Ciudad de La Habana: Sedgri/Agrinfor. 18 p.
- Naik, P. S., Karihaloo, J. L. 2007. Micropropagation for Production of Quality Potato Seed in Asia-Pacific. New Delhi: Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology. 54 p.
- Ovono, P. O., Kevers, C., Dommès, J. 2007. Axillary proliferation and tuberization of *Dioscorea cayenensis-D. rotundata* complex. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 91: 107-114.
- Ovono, P. O., Kevers, C., Dommès, J. 2009. Effect of reducing concentration on *in vitro* formation and sprouting in yam (*Dioscorea cayenensis-D. rotundata* complex). *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 99: 55-59.
- Özkaynak, E., Samanci, B. 2005. Yield and yield components of greenhouse, field and seed bed grown potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets. *Akdeniz Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi* 18 (1): 125-129.
- Pathirana, R., Harris, J., Marian, J., McKenzie, M. 2008. A comparison of microtubers and field-grown tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.) for hexoses, sucrose and their ratios following postharvest cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 49 (1): 180-184.
- Pérez, N., De Feria, M., Jiménez, E., Capote, A., Chávez, M., Quiala, E. 2001. Empleo de Sistemas de Inmersión Temporal para la producción a gran escala de tubérculos *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. var. Atlantic y estudio de su comportamiento en el campo. *Biotecnología Vegetal* 1 (1): 11-17.

- Pruski, K., Astatkie, T., Duplessis, P., Stewart, L., Nowak, J., Struik, P.C. 2003. Manipulation of microtubers for direct field utilization in seed production. *Amer J of Potato Res* 80: 173-181.
- Rodríguez, S. 2004. Situación actual y perspectivas de los cultivos varios. Informe a la Asamblea Nacional del Poder Popular. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, 29 de junio del 2004.
- Rodríguez, S. 2006. Evaluación y recomendación de clones de boniato, yuca, ñame, plátanos y bananos resistentes o tolerantes a los factores adversos de la producción (FAP) y su manejo integrado. Informe final, Programa Nacional Científico. p. 67.
- Rohlf, F. J. 2001. NTSYS-PC. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Versión 3.2 Exeter, Setauket, Software, New York.
- Sarkar D. 2008. The signal transductions pathways controlling in plant tuberizations in potato: an emerging synthesis. *Plant Cell Reports* 27: 1-8.
- Vreugdenhil. 2004. Comparing potato tuberization and sprouting: Opposite Phenomena? *Amer J Potato Res* 81: 275-280.