

EFECTO DE LA EDAD AL TRASPLANTE Y DE LA CONCENTRACION DE AZUCAR *in vitro* SOBRE LA ADAPTACION Y EL CRECIMIENTO DE VITROPLANTAS DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) VARS. ATLANTIC Y 1625 FRITO LAY EN INVERNADERO

Rafael Orozco

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional
Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica

Cristina López, Víctor González y Alfredo Carballo

Centro de Genética, Colegio de Postgraduados
Montecillos, México

RESUMEN

La aclimatización y posterior crecimiento y desarrollo *in vivo* de plantas propagadas *in vitro* constituye una de las etapas culminantes del proceso de micropropagación de una especie. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de determinar el efecto de diferentes edades al trasplante (15, 20 y 25 días de cultivo) y el precondicionamiento *in vitro* con tres niveles de azúcar comercial (15, 30 y 45 g L⁻¹) sobre el crecimiento y desarrollo en invernadero de vitroplantas de papa (*Solanum tuberosum L.*) vars. Atlantic y 1625 Frito Lay. En el primer caso se usó el medio de cultivo MS (1962) suministrado por laboratorios Gibco, a razón de 17 g L⁻¹ y suplementado con vitaminas y aminoácidos del mismo medio. En el segundo caso se usó el medio Hyponex a razón de 2.25 g L⁻¹ suplementado con las vitaminas y aminoácidos del medio MS. Los resultados indican que es posible trasplantar a suelo plantas de ambas variedades en cualesquiera de las tres edades, sin afectar el rendimiento de minitubérculos. Sin embargo, la tasa de fotosíntesis aparente (TFA) se vio favorecida al incrementarse la edad. Respecto a la influencia del precondicionamiento *in vitro* con diferentes concentraciones de azúcar, las plantas de la variedad Atlantic

ganaron altura, peso seco de raíz y peso fresco y seco de minitubérculos con 15 g L⁻¹ de azúcar, mientras que en plantas de la variedad 1625, este efecto se dio en la concentración de 30 g L⁻¹; el número de minitubérculos no fue favorecido con las concentraciones de azúcar empleadas en el medio Hyponex, pero sí en el medio MS (1962). En este último caso, la TFA sufrió una ganancia gradual al aumentar la concentración de azúcar.

ABSTRACT

The initial adaptation and posterior *in vivo* growth and development of plants propagated *in vitro* is one of the most important steps in the micropropagation process of a plant species. Thus, in this work the main aim was to determine the effect of different ages at transplantation (15, 20 and 25 days), and the effect of pre-conditioning *in vitro* with three levels of commercial sugar (15, 30 and 45 g L⁻¹), on the development and growth of potato microplants. In the first case, the MS (1962) culture media (Gibco Laboratories) was used, at a concentration of 17 g L⁻¹ and supplemented with vitamins and aminoacids of the same media. In the second case, the Hyponex media was employed using 2.25 g L⁻¹ and supplemented with vitamins

and aminoacids of the MS culture media. Results indicated that it is possible to transplant potato plantlets of both varieties at any of the three ages, without affecting tuber yield, although apparent photosynthesis rate was improved by age. Regarding the influence of different levels of sugar, results indicated that plantlets of cv. Atlantic gained more root dry weight and more fresh and dry weight of minitubers with 15 g L⁻¹ of sugar, whereas plants of cv. 1625 responded better to 30 g L⁻¹. The number of minitubers was not changing by the sugar concentration, but the MS (1962) culture media was better than Hyponex in this case, the apparent photosynthesis rate showed a slight but consistent gain with increasing concentrations of sugar.

INTRODUCCION

Tradicionalmente la siembra de semilla de papa se realiza con tubérculos enteros o secciones de ellos, cosechados en campo, lo que favorece la transmisión de enfermedades de un ciclo de cultivo a otro, si no se cuenta con un programa adecuado de certificación de semilla (BRYAN 1988).

De acuerdo con BAJAJ (1987) la producción de semilla básica de papa mediante la micropropagación como metodología de multiplicación acelerada, permite la propagación clonal masiva de material libre de enfermedades, principalmente virus. Al respecto, LIZARRAGA *et al.* (1991) señalan que al trasplantar plantas de *in vitro* a *in vivo* como parte del proceso de micropropagación, se debe considerar la capacidad de supervivencia de las vitroplantas, la cual depende del vigor de éstas, que se expresa por su capacidad para pasar de una condición heterotrófica a una fotoautotrófica en el menor tiempo posible, lo que representa una disminución de los costos de producción por planta (KOSAI 1991). Numerosos factores pueden influir en la capacidad de las plantas para asumir una condición autotrófica (vía fotosíntesis), entre los que destacan el tamaño o la edad a la que las plantas son llevadas a invernadero, así como el precondicionamiento *in vitro* con niveles adecuados de carbono en el medio.

SIPOS *et al.* (1988) observaron que la permanencia de plantas de papa *in vitro* por períodos

mayores a los recomendados, puede ocasionar que éstas se alarguen causando pérdida de vigor. Simultáneamente GODWIN y BROWN (1980) encontraron que el trasplante tardío a suelo disminuyó la capacidad de establecimiento. En cuanto al manejo apropiado de carbohidratos en el medio de cultivo en la última etapa de micropropagación, se menciona que disminuir los niveles de sacarosa en el medio de cultivo en la última etapa en algunas ocasiones y dependiendo de la especie, puede favorecer el paso a una condición autotrófica (KOSAI 1991).

Con base en lo anterior, esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto que causa la edad o el tamaño de la planta y el precondicionamiento *in vitro* con diferentes niveles de azúcar comercial, en el crecimiento y desarrollo de plántulas.

MATERIALES Y METODOS

En esta investigación se utilizaron vitroplantas de papa (*Solanum tuberosum* L.), de las variedades Atlantic y 1625 Frito Lay, proporcionadas por la Compañía Mexicana Sabritas, S.A. de C.V.

Se realizaron dos experimentos en invernadero. En uno se estudió el efecto de la edad al trasplante (15, 20 y 25 días *in vitro*), sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de papa *in vivo*, y en el otro, el efecto de los niveles de azúcar. Para el primer caso previamente se sembraron nudos en forma escalonada (provenientes de plantas nucleares generadas por medio de meristemos apicales) cultivados en el medio de MS (1962), cuyas sales inorgánicas son elaboradas comercialmente por laboratorios Gibco (Grand Island, New York 14072 USA). Este medio se denominó MS básico (MSb) y se usó como testigo a razón de 17 g L⁻¹ y suplementándolo con piridoxina HCl (0,1 mg L⁻¹), ácido nicotínico (0,1 mg L⁻¹), glicina (0,4 mg L⁻¹) y arginina (0,4 mg L⁻¹). La tiamina HCl (0,4 mg L⁻¹), el inositol (100 mg L⁻¹) y la sacarosa (30 g L⁻¹) vienen integrados en las sales inorgánicas como un solo complejo.

Una vez homogeneizados los componentes mencionados en este y el siguiente experimento se procedió a ajustar el pH del medio a 5,7 ± 0,1 con NaOH 0,1 N, y posteriormente se adicionó Phytigel

como agente gelificante a razón de 2 g L^{-1} . Del medio preparado se procedió a depositar 45 ml en cajas magenta (Magenta Corp. 1800 N^o Milwaukee Ave; Chicago IL 4160041). La esterilización del medio se hizo en una autoclave vertical a 121°C , durante 20 minutos a una presión de 103.4 Kpa. Este mismo procedimiento se siguió en ambos experimentos.

Las condiciones ambientales de crecimiento *in vitro* consistieron de un fotoperíodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad, utilizando una radiación fotosintéticamente activa de $56 \text{ mE m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y una temperatura en el cuarto de crecimiento de 25 a 27°C . Cuando las plantas alcanzaron los 15, 20 y 25 días, respectivamente en el primer experimento, se procedió a trasplantarlas a invernadero, considerando cada tamaño como un tratamiento, con 4 repeticiones, cada repetición con 20 plantas.

En el segundo experimento se sembraron nudos de plantas de las variedades Atlantic y 1625 Frito Lay en el medio Hyponex (Hyponex Company Inc. Ohio USA), a razón de $2,25 \text{ g L}^{-1}$, que es un fertilizante pulverizado constituido por NH_4NO_3 (6,5%), P_2O_5 (4,5%) KNO_3 (19%), suplementado con las mismas vitaminas y aminoácidos usados en el medio MSb. Los tratamientos consistieron en tres concentraciones de azúcar comercial refinada: 15, 30 y 45 g L^{-1} , y como testigo se empleó MSb, el cual posee sacarosa (calidad de reactivo) a razón de 30 g L^{-1} . Cuando las plantas alcanzaron los 15 días, habiendo coordinado las fechas de siembra con el experimento de edad al trasplante, se procedió a trasplantar las vitroplantas al invernadero, correspondiendo cada nivel de azúcar a un tratamiento, con 4 repeticiones, cada repetición con 20 plantas.

El sustrato utilizado consistió en una mezcla de materia orgánica y arena 1:1, desinfectada con bromuro de metilo y fertilizada con la fórmula 60-90-40 (N P y K). La temperatura del invernadero se mantuvo en un rango de 25 a 27°C durante el día y de 10 a 12°C durante la noche. La humedad ambiental al inicio fue de 80% y gradualmente se redujo a 50%, para mantenerla a 40% hasta concluir el ciclo del cultivo. El fotoperíodo fue de 14 horas de luz y 10 de oscuridad.

La radiación fotosintéticamente activa en

días soleados fue cercana a $208 \text{ } \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. El proceso de aclimatación de las plantas de papa crecidas y desarrolladas *in vitro* se inició retirando la tapa de cajas magenta que contenían las plántulas, 24 horas antes de ser trasplantadas a bolsas de polietileno, en las que se colocaron dos plantas cubiertas con bolsas de plástico transparente para evitar la deshidratación. Diez días después del trasplante se efectuó un raleo, dejando una planta por bolsa.

El sustrato, previamente al trasplante, se humedeció hasta saturación, para asegurarse que las plantas contaran con suficiente humedad. Después de eliminar la bolsa plástica que cubría las plantas, el riego se siguió aplicando dos veces por semana. Asimismo, se realizaron aplicaciones periódicas (cada 15 días) de fungicidas e insecticidas, con el objetivo de mantener la sanidad del material en el invernadero.

En ambos experimentos se efectuaron 5 muestreos, el primero un día después del trasplante y los siguientes cada 21 días. Las características medidas fueron: altura de planta, longitud de raíz principal, número de fitómeros maduros, área foliar, peso seco de follaje, tallo y raíces, número de minitubérculos, peso fresco y seco en caso de existir éstos, y capacidad fotosintética aparente (tasa de intercambio de CO_2) de cada planta, medida esta última con sistema portátil de fotosíntesis (LI-6200; Licor, Inc.). El área foliar, se determinó utilizando un integrador de área foliar electrónico modelo LI-3100 (Licor, Inc.) y las muestras para peso seco se mantuvieron en una estufa a 75°C por un período de 72 horas.

Veinte días antes de la cosecha de minitubérculos se suspendió el riego y 7 días antes de la misma se eliminó la parte aérea de las plantas. La cosecha se realizó a los 85 días después del trasplante y se cuantificó la producción total de minitubérculos por planta.

Los tratamientos estudiados en ambos experimentos se distribuyeron en un diseño estadístico totalmente al azar. En los dos casos, el efecto de la edad al trasplante y el efecto de niveles de azúcar, se analizaron utilizando un arreglo factorial de los tratamientos de 2×3 , 2 genotipos, 3 edades o 3

niveles de azúcar. La comparación de las medias de los tratamientos se realizó con la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad de error. La fuente de variación para este experimento fue variedad, edad o nivel de azúcar.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de la edad de la plántula al aumentar el número de días de 15 a 25, incrementó significativamente ($P < 0,05$) la altura de la planta, el área foliar y el número de fitómeros maduros de las dos variedades de papa, sin afectar el resto de las variables vegetativas, ni a las de los minitubérculos. Es decir, ese aumento con la edad en crecimiento vegetativo no repercutió en el rendimiento de los minitubérculos (cuadros 1 y 2). Este efecto sobre la altura y el área foliar podría atribuirse al aumento en el número de fitómeros, ya que cada uno contiene hojas y entrenudos.

Lo anterior significa que se pueden trasplantar plántulas de papa con sólo 15 días, lo cual representa un ahorro de medio de cultivo y luz en el laboratorio, y una disminución del costo por planta producida. Además, implica que si se quiere dejar plantas creciendo *in vitro* hasta los 25 días, ello no causaría disminución en el rendimiento de minitubérculos en ambas variedades. En cambio GODWIN y BROWN (1980) encontraron que vitroplantas de papa trasplantadas a suelo a las 8 semanas dieron un mayor rendimiento que plantas trasplantadas a 6 semanas, aunque en el primer caso la supervivencia fue menor.

En relación con la tasa de fotosíntesis aparente (TFA) registrada en hojas de papa en ambas variedades, se encontró que el trasplante tardío (20 y 25 días) mejoró significativamente la TFA de las hojas, en comparación con el trasplante temprano (15 días) (cuadro 3). Esta diferencia quizás se deba

Cuadro 1

Efecto de la edad al trasplante sobre siete características vegetativas de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) vars. Atlantic y 1625 Frito Lay cultivadas en invernadero

Tratamiento	AP (cm)	LR (cm)	AF (cm ²)	NF	PSF (g)	PST (g)	PSR (g)
15 días	18,54c	16,12a	231,34ab	9,41c	0,60a	0,14a	0,12a
20 días	20,82b	16,22a	220,24b	10,65b	0,55a	0,16a	0,14a
25 días	24,03a	15,88a	273,55a	12,09a	0,65a	0,18a	0,12a

Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) en la misma columna no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). AP= Altura de planta; LR= Longitud de raíz; AF= Área foliar; NF= Número de fitómeros maduros; PSF= Peso seco de follaje; PST= Peso seco de tallo y PSR= Peso seco raíz.

Cuadro 2

Efecto de la edad al trasplante sobre tres características de rendimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) vars. Atlantic y 1625 Frito Lay crecidas en invernadero

Tratamiento	NM	PFM (g)	PSM (g)
15 días	4,96a	21,02a	7,26a
20 días	4,75a	20,21a	7,28a
25 días	4,45a	20,78a	7,69a

Medias seguidas por la misma letra en la misma columna no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). NM= Número de microtubérculos; PFM= Peso fresco de minitubérculos y PSM= Peso seco de minitubérculos.

Cuadro 3

Efecto de la edad al trasplante sobre la tasa de fotosíntesis aparente en hojas de papa (*Solanum tuberosum* L.) vars. Atlantic y 1625 Frito Lay cultivadas en invernadero

Tratamiento	TFA ($\mu\text{moles CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
15 días	2,65b
20 días	3,78a
25 días	3,71a

Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) en la misma columna no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

a que las plantas de menor edad tuvieron un aparato fotosintético menos desarrollado que las de mayor edad (20 y 25 días). LEES *et al.* (1991) observaron una menor actividad de la enzima Ribulosa 1-5 bifosfato, encargada de la fijación de CO_2 , de los 7 a los 35 días posteriores al trasplante a suelo de plantas de Climates, con respecto a otras desarrolladas en invernadero. PREECE y SUTTER (1991) consideran que las bajas tasas de fotosíntesis en plantas procedentes del cultivo *in vitro*, se debe a la baja actividad de la Rubisco, causada a su vez, por un alto contenido de sacarosa en las hojas, producto del crecimiento en condiciones heterotróficas persistentes *in vitro*.

En relación con el efecto de niveles de azúcar sobre el desarrollo de plantas de papa, en el cuadro 4 se muestra que en ambas variedades el efecto de aumentar de 15 a 45 g L^{-1} la concentración de azúcar comercial principalmente se notó en el peso seco del follaje, donde indujo mejoras significativas en la acumulación de biomasa en las hojas de plantas en condiciones de invernadero. Resultados similares fueron obtenidos por WAINWRIGHT y MARSH (1986), quienes encontraron que el peso seco del follaje de plantas de berro trasplantadas se vio favorecido significativamente con una concentración de 40 g L^{-1} de sacarosa en el medio MS (1962), en comparación con la concentración de 30 g L^{-1} . Estos autores consideran que el incremento en los niveles de sacarosa en el medio previo al trasplante a suelo, provocó el aumento de la concentración de carbohidratos en la hoja y esto, a su vez, incrementó la cantidad de energía disponible para el crecimiento y desarrollo de nuevas estructuras, mejorando así la condición autotrófica de la planta. Un efecto similar fue observado por GROUT y MILLAN (1985) en fresa, en donde las hojas procedentes de *in vitro* funcionaron como reservas transitorias en el proceso de aclimatación al invernadero.

El medio MSb con 30 g L^{-1} de sacarosa superó el Hyponex en todas sus concentraciones, en cuanto a número de minitubérculos, sin embargo, esto no se reflejó como ganancia en el peso seco

Cuadro 4

Efecto de la concentración de azúcar sobre seis características de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) vars. Atlantic y 1625 Frito Lay cultivadas en invernadero

Tratamiento	LR (cm)	AF (cm^2)	NF	PSH (g)	PST (g)	NM
T ₁	16,13a	213,34a	9,41a	0,60ab	0,14a	4,95a
T ₂	15,63a	251,69a	9,18a	0,49b	0,13a	4,16b
T ₃	14,94a	252,06a	8,78a	0,62ab	0,20a	4,16b
T ₄	14,40a	271,65a	9,31a	0,73a	0,19a	4,33b

Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) en la misma columna no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

T₁= MSb; T₂= Hyponex + 15 g de azúcar comercial; T₃= Hyponex + 30 g de azúcar comercial; T₄= Hyponex + 45 g de azúcar comercial.

LR= Longitud de raíz; AF= Area foliar; NF= Número de fitómeros; PSH= Peso seco de hojas; PST= Peso seco de tallo y NM= Número de minitubérculos.

Cuadro 5
Interacción entre variedad y concentración de azúcar comercial sobre cuatro características de plantas de papa (*Solanum tuberosum*) cultivadas en invernadero

Variedad	Tratamiento	AP (cm)	PSR (g)	PFM (g)	PSM (g)
Atlantic	T ₁	16,81c	0,083ab	20,13b	6,47bc
	T ₂	19,28de	0,18a	25,35a	7,16abc
	T ₃	18,91de	0,05b	21,01b	7,12abc
	T ₄	18,84de	0,06ab	21,35b	7,39abc
1625 Frito Lay	T ₁	20,27cd	0,16ab	21,92b	8,05ab
	T ₂	24,15ab	0,06ab	16,85c	5,31c
	T ₃	26,85a	0,11ab	25,82a	9,65a
	T ₄	23,18bc	0,10ab	19,28c	5,02c

Medias seguidas por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). T₁= MSb; T₂= Hyponex + 15 g de azúcar comercial; T₃= Hyponex + 30 g de azúcar comercial; T₄ = Hyponex + 45 g de azúcar comercial.

AP= Altura de planta; PSR= Peso seco de raíz; PFM= Peso fresco de minitubérculos y PSM= Peso seco de minitubérculo.

de éstos, seguramente debido a que la diferencia en número fue compensada por la del tamaño (cuadros 4 y 5).

Estos resultados sugieren que para mejorar el número de minitubérculos por planta es recomendable utilizar el medio MSb. La interacción de variedad por concentración de azúcar detectada, en la altura de la planta y el peso fresco y seco de minitubérculos, se observó en mayor grado en la variedad 1625, mientras que el peso seco de raíz fue superior en Atlantic (cuadro 5). Un efecto similar en la altura de planta de *Potentilla* fueron observados por WAINWRIGHT y SCRACE (1989) al incrementar la concentración de sacarosa en 0, 10, 20 y 40 g L⁻¹ en el medio MS (1962), efecto que no se notó en plantas de *Ficus*. Esto corrobora la existencia de diferencias genéticas en cuanto a la sensibilidad a los niveles de carbohidratos *in vitro*.

En relación con el peso seco de la raíz principal, cabe destacar que la variedad Atlantic resultó favorecida por la disminución de la concentración de azúcar en el medio Hyponex, en tanto que la 1625 Frito Lay pudo acumular más biomasa en su raíz conforme la concentración de azúcar aumentó en la etapa de crecimiento *in vitro* (cuadro 5). A este respecto, STREET y MCGREGOR cita-

dos por GEORGE y SHERRINGTON (1984) también encontraron que la utilización de una baja concentración de sacarosa (15 g L⁻¹) *in vitro* favoreció el incremento en peso fresco de las raíces de una variedad de tomate, lo que fue atribuido a una mayor capacidad de las plantas para asumir una condición autotrófica.

En general, el mayor peso fresco y seco de minitubérculos estuvieron relacionados con el mayor peso de raíz y de altura de planta, en las dos variedades de papa estudiadas, sugiriendo que la acumulación de biomasa en los tubérculos está estrechamente asociada con el vigor de la planta. De acuerdo con la interacción variedad por concentración de azúcar, en Atlantic la mejor concentración fue la de 15 g L⁻¹, mientras que en 1625 Frito Lay fue la de 30 g L⁻¹, ambas en el medio Hyponex en cuanto al vigor de la planta y acumulación de biomasa (cuadro 5). En cambio en el número de microtubérculos por planta resultó significativamente mejor el medio MSb con 30 g L⁻¹ de sacarosa en las dos variedades.

De hecho, la diferencia de peso seco de los minitubérculos en la variedad Atlantic no fue significativa entre las concentraciones de azúcar en el medio Hyponex, ni entre el medio MSb e Hyponex

como ocurrió en la variedad 1625. Esto evidencia de nuevo la interacción existente entre el genotipo de papa y la composición del medio, la cual sugiere diferencias genéticas en la eficiencia para la conversión de azúcar a almidón. Respecto a la TFA, entre variedades no hubo diferencias, pero sí entre concentración de azúcar.

Contrario a lo esperado, el aumento en la concentración de azúcar en el medio Hyponex *in vitro*, presentó una ganancia en la tasa de fotosíntesis aparente (cuadro 6), además de que este medio resultó significativamente mejor que el MSb en esta variable. En cambio, MONSERRAT *et al.* 1991, observaron que en rosa al incrementar de 10 a 50 g L⁻¹ las concentraciones de sacarosa en el medio Hasegawa la TFA se redujo, debido a que aumentaron la concentración de sacarosa y la de almidón en las hojas. LANFORD y WAINWRIGHT (1987), por su parte, encontraron que al incrementar los niveles de sacarosa en el medio MS (1962), a razón de 10, 20 y 40 g L⁻¹, la TFA de la rosa disminuyó.

Cuadro 6
Efecto de la concentración de azúcar
sobre plantas de dos variedades de papa
(*Solanum tuberosum* L.) vars. Atlantic y 1625
Frito Lay cultivadas en invernadero

Tratamiento	TFA ($\mu\text{ moles m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)
T ₁	2,65b
T ₂	3,70ab
T ₃	3,84a
T ₄	3,81a

Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) en la misma columna no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

T₁= MSb; T₂= Hyponex + 15 g de azúcar comercial; T₃= Hyponex + 30 g de azúcar comercial; T₄= Hyponex + 45 g de azúcar comercial.

Tal contraste en los resultados podría deberse a una interacción posible entre el genotipo, el medio de cultivo y la concentración de azúcar, considerando que son numerosos los factores que influyen en la adquisición de una condición autotrófica, KOSAI (1991). Al respecto, es posible que una mayor disposición de sacarosa y almidón en los cloroplastos de plantas procedentes de *in vitro* promueva el crecimiento de las plántulas, lo que reduciría los niveles y aceleraría la TFA y la transición a una condición autotrófica.

CONCLUSIONES

No existen diferencias significativas en el rendimiento de minitubérculos al trasplantar plantas de 15, 20 y 25 días previamente crecidas en el medio MSb. Lo anterior nos indica que trasplantar plántulas con sólo 15 días representa un ahorro de tiempo de permanencia en el laboratorio, lo que también permite un ahorro de medio de cultivo y luz, por lo tanto un menor costo económico. Además, si se requiere dejar las plantas creciendo *in vitro* hasta por 25 días, ello no causaría alteraciones significativas en el rendimiento de minitubérculos.

La utilización del medio Hyponex suplementado con 15 g L⁻¹ y 30 g L⁻¹ de azúcar comercial en la variedad Atlantic y 1625 Frito Lay, respectivamente, constituye un medio alternativo al MSb para el crecimiento *in vivo* de plantas de papa. Lo anterior representa un ahorro en los costos de producción por planta de ambas variedades, ya que el medio Hyponex al ser un fertilizante pulverizado de fórmula conocida, es fácil de conseguir y preparar a un menor costo que los medios convencionales de propagación. A la vez, se plantea la posibilidad de explorar el uso de abonos foliares ricos en macro y micronutrientes en el crecimiento de plantas de papa, los cuales también son fáciles de obtener en el mercado a menor costo.

En lo que respecta a la TFA, se incrementó con la edad de 20 y 25 días y las concentraciones de azúcar comercial (15, 30 y 45 g L⁻¹). Sin embargo, esto no favoreció el rendimiento.

REFERENCIAS

- Bajaj, Y.P.S. 1987. Biotechnology and 21 st Century Potato. In: Biotechnology Agriculture and Forestry 3. Ed. by Y.P.S. Bajaj. Germany. Springer-Verlang Berlin Heidelberg. Vol.: 3: 3-19.
- Bryan, J.E. 1988. Effects of agar brand and concentration on the tissue medium. *Physiol. Plant.* 59: 270-276.
- Drew, A.P., K.L. Kavanagh y C.A. Haynard. 1992. Acclimatizing micropropagated black cherry by comparison with half-sib seedlings. *Physiol Plantarum* 86: 459-464.
- Donnelly, D.J. y W.E. Vidaver. 1984. Leaf anatomy of red raspberry transferred from *in vitro* culture to soil. *J. Amer Soc. Hort. Sci.* 109: 172-176.
- George, E.F. y P.D. Sherrington. 1984. Plant propagation by tissue culture. Exegetics Ltd., Basingstoke. 709 p.
- Godwin, P.B. y G. Brown. 1980. Field performance of potato shoot-tips proliferated en culture. *Potato Res.* 23: 449-452.
- Grout, B.W. y L. Aston. 1987. Modified leaf anatomy of Cauliflower plantlets regenerated from meristem culture. *Ann. Bot.* 42: 993-995.
- Grout, B.W. y S. Millan. 1985. Photosynthetic development of micropropagated strawberry plantlets following transplanting. *Ann. Bot.* 55: 129-131.
- Kosai, T. 1991. Micropropagation under photoautotrophic conditions. In: *Micropropagation Technology and Application*. Ed. by P.C. Debergh and R.H. Zimmerman. Kluwer Publishers, Netherland, 448-469.
- Lanford, P.J. y H. Wainwright. 1987. Effects of sucrose concentration on the photosynthetic ability of rose shoot *in vitro*. *Ann. Bot.* 60: 633-640.
- Lees, R.P., E.H. Evans y J.R. Nicholas. 1991. Photosynthesis in Clematis "The President", during growth *in vitro* and subsequent *in vivo* acclimatization. *J. Exp. Bot.* 42: (238): 605-610.
- Lizarraga, R.A., U.P. Jayasinghe y J. Doos. 1991. Cultivo de tejidos para la eliminación de patógenos. Guía de Investigación CIP3. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 21 p.
- Monserrat, C., R. Lenmeur y P. Debergh. 1991. Effects of sucrose on starch and rate photosynthesis in rosa cultured *in vitro*. *Plant Cell. Tissue and Organ Culture* 25: 21-26.
- Preece, J.E. y E.G. Sutter. 1991. Acclimatization of micropropagated plants to the greenhouse and field. In: *Micropropagation Technology and Application*. Ed. by P.C. Debergh and R.H. Zimmerman. Kluwer Academic Publishers, Netherland.
- Sipos, J., J. Nowak y G. Hicks. 1988. Effects of daminozide on survival growth and yield of micropropagated potatoes. *Am. Potato cultivars. Am. Potato J.* 65: 353-364.
- Wainwright, H. y J. Marsh. 1986. The micropropagation of watercress (*Rorippamasturtium aquaticum* L.) *J. Hortic. Sci.* 61: 251-256.
- Wainwright, H. y J. Scrace. 1989. Influence of *in vitro* preconditioning with carbohydrates during the rooting of microcuttings on *in vivo* establishment. *Scientific Horticulture* 38: 251-267.