

EFEKTOS DE LOS ÁCIDOS ACETILSALICÍLICO E INDOLBUTÍRICO EN
EL ENRAIZAMIENTO *in vitro* Y RENDIMIENTO DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.).

EFFECT OF ACETYLSALICYLIC AND INDOLEBUTYRIC ACIDS ON *in vitro* ROOTING AND
YIELD OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

José Raymundo Enríquez del Valle^{1*}, Guillermo Carrillo Castañeda², Prometeo Sánchez García³, María de las Nieves Rodríguez Mendoza³ y Ma. Del Carmen Mendoza Castillo²

¹ Instituto Tecnológico Agropecuario No. 23. Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, C.P. 68000 Oaxaca. Tel. y Fax. (01) 9517-0788. ² Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Tel. (01) 5952-0200 ext. 1550. ³ Instituto de Recursos Naturales, Tel. (01) 5952-0200 ext. 1262, Fax. (01) 5952-0295. Colegio de Postgraduados. C.P. 56230 Montecillo, México.

* Autor responsable.

RESUMEN

A partir de segmentos de tejido foliar de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Daniela se obtuvieron *in vitro* brotes adventicios que fueron transferidos a los medios de cultivo: a) MSO, el medio básico que contenía las sales minerales de Murashige y Skoog, 1 mg L⁻¹ de tiamina, 100 mg L⁻¹ de mio-inositol, 0.5 mg L⁻¹ de piridoxina, 0.5 mg L⁻¹ de ácido nicotínico, 30 g L⁻¹ de sacarosa, 5 g L⁻¹ de agar, y sin reguladores del crecimiento; b) el MSAS, es el medio MSO con ácido acetilsalicílico; y c) MSIB, el medio MSO con ácido indolbutírico. El desarrollo de raíces se logró en 4.2, 5.5 y 3.1 días en promedio en los medios indicados, respectivamente, en los cuales los brotes formaron 9.3, 8.6 y 14.3 raíces adventicias en promedio. Las plantas provenientes de los medios MSO y MSAS fueron transferidas a macetas y mantenidas en invernadero para su aclimatación. Estas fueron regadas diariamente durante 35 días, con la solución nutritiva de Steiner ajustada a -0.036 MPa de potencial osmótico. El establecimiento de todas las plantas fue logrado con éxito. Al término de su aclimatación, las plantas fueron trasplantadas a macetas de 19 litros de capacidad, que contenían tezontle, donde fueron cultivadas durante 129 días en un sistema hidropónico abierto, hasta la producción de fruto, en donde se compararon con plantas originadas de semilla. Los rendimientos promedio obtenidos de fruto por planta fueron: 4.3, 3.8 y 3.4 kg, en las plantas originadas de semilla y de plantas derivadas *in vitro* en los medios MSAS y MSO, respectivamente. Las plantas originadas de semilla y las plantas derivadas *in vitro* en el medio MSAS, acumularon más biomasa total que las plantas derivadas *in vitro* en el medio MSO.

Palabras clave adicionales. *Lycopersicon esculentum* Mill., hidroponía, enraizado, cultivo de tejidos, rendimiento de fruto, materia seca.

SUMMARY

Adventitious shoots from *in vitro* leaf tissue of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Daniela were transferred to three culture media for rooting: a) the basic medium with Murashige and Skoog

salts, 1 mg L⁻¹ thiamine, 100 mg L⁻¹ myo-inositol, 0.5 mg L⁻¹ pyridoxine, 0.5 mg L⁻¹ nicotinic acid, 30 g L⁻¹ sucrose, 5 g L⁻¹ agar, without growth regulators (MSO); b) medium MSO with acetysalicylic acid (MSAS); and c) medium MSO with indolebutyric acid (MSIB). Shoots in media MSO, MSAS and MSIB developed roots in 4.2, 5.5 and 3.1 days respectively, and every shoot averaged 9.3, 8.6, and 14.3 adventitious roots. Plantlets from MSO and MSAS were transferred to pots and maintained in greenhouse for acclimation. After 35 days, plants were transferred to 19 liters pots and cultured during 129 days for fruit production in an open hydroponic system. The plants obtained from seed, plants derived from medium MSAS and from medium MSO yielded 4.3, 3.8 and 3.4 kg fruit per plant. Seed plants and plants derived from medium MSAS accumulated more total biomass than those from medium MSO.

Additional index words. *Lycopersicon esculentum* Mill., hydroponics, shoot rooting, tissue culture, fruit yield, dry matter.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es de las hortalizas de mayor importancia económica, ya que frecuentemente tiene alto precio en el mercado y la población lo consume en grandes cantidades en todas las épocas del año, por lo que se realizan investigaciones en diversos aspectos de su cultivo, para incrementar los rendimientos y calidad de la cosecha (Schwentesius y Gómez, 1997).

De las nuevas tecnologías, la micropropagación es comparativamente una de las técnicas utilizadas de manera rutinaria para la multiplicación de planta a escala comercial (Conger, 1981; Pierik, 1987) y para esto, es requisito garantizar la uniformidad del producto para su aplicación práctica (Swartz, 1991). Ha sido ampliamente demostrado el comportamiento similar de las plantas

obtenidas *in vitro* con las generadas a partir de semilla o métodos convencionales de propagación vegetativa (Earle y Langhans, 1974; Novák y Maskova, 1979; Buiatti *et al.*, 1985; Turner *et al.*, 1987; Deng *et al.*, 1988; Buitelaar, 1990; Dwivedi *et al.*, 1990; Gill *et al.*, 1995; Demirel y Seniz, 1997; Enríquez *et al.*, 1998; Enríquez *et al.*, 2000). Por tanto, la micropagación puede ser utilizada como un medio alterno efectivo y seguro en sistemas de producción de tomate (*L. esculentum* Mill.).

Las condiciones físicas y químicas a que son sometidos los cultivos *in vitro* durante la propagación de plantas pueden determinar la calidad y desempeño del cultivo en un sistema de producción. Los brotes de tomate forman raíces en medios de cultivo sin reguladores de crecimiento (Novák y Maskova, 1979; Meredith, 1979) pero son inducidas más rápido y uniformemente, al suplementar con auxinas el medio de cultivo (Young *et al.*, 1987; Enríquez *et al.*, 1998). Larqué y Rodríguez (1993) lograron promover el desarrollo de raíces de *Lepidium* con ácido acetilsalicílico (AAS). El ácido salicílico (AS), así como el AAS estimulan la organogénesis inducida por benciladenina (BA) en cultivo de tejidos de *Cucumis melo* (Shetty *et al.*, 1992) y también se ha demostrado que el AAS en combinación con bencilaminopurina (BAP) inhibe el crecimiento de brotes, pero tiene efecto sinérgico en la formación de microtubérculos en papa (*Solanum tuberosum*) (López-Delgado y Scott, 1997). Por lo anterior, en el presente trabajo se estableció como primer objetivo, obtener información acerca de la capacidad de inducción de raíces en brotes de tomate establecidos en medios con ácido indolbutírico (AIB) y con ácido acetilsalicílico (AAS).

El AAS en el medio induce en las plantas el estado de la resistencia sistémica adquirida (RSA) (Ryals *et al.*, 1996), y también con la aplicación foliar de salicilatos se promueve el crecimiento vegetativo así como del rendimiento agronómico en soya (*Glycine max* L.), algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Gutiérrez, 1997). Para conocer el efecto que el AAS tiene en plantas de tomate, se estableció como segundo objetivo evaluar en las plantas derivadas *in vitro* en el medio con AAS, su desarrollo en invernadero así como la producción de fruto en condiciones de hidroponia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron brotes de *L. esculentum* var. Daniela, de plántulas conservadas *in vitro* en el banco de germoplasma del Laboratorio de Genética Molecular de la Especialidad de Postgrado en Genética, del Colegio de Postgraduados.

Propagación *in vitro*. Para la regeneración de brotes adventicios de tomate fueron utilizados cultivos establecidos a partir del tejido foliar de dicho origen, en el medio de cultivo descrito por Enríquez *et al.* (1998). Cuando los brotes alcanzaron 3 cm aproximadamente de longitud, fueron separados del explante original, transferidos tres de éstos por frasco de 145 mL de capacidad, el cual contenía 20 mL del medio de cultivo MS0, que contiene las sales inorgánicas de Murashige y Skoog (1962), 1 mg L⁻¹ de tiamina, 0.5 mg L⁻¹ de piridoxina, 0.5 mg L⁻¹ de ácido nicotínico, 100 mg L⁻¹ de miositol, 30 g L⁻¹ de sacarosa, 0.5 % de agar, y sin reguladores de crecimiento; el medio MSIB, es el medio MS0 adicionado con 4.92 x 10⁻⁷ M de ácido indolbutírico, y el medio MSAS es el medio MS0 con 10⁻⁴ M de ácido acetilsalicílico (AAS). Los cultivos fueron incubados durante 12 días bajo radiación fotosintéticamente activa (RFA) de 3.3 a 4.0 W m⁻², con fotoperiodo de 16 horas y temperatura ambiental de 22 a 27 °C.

La unidad experimental fue un brote y se establecieron nueve unidades experimentales por tratamiento. El tamaño (mm) y número de hojas de las plántulas fueron determinados al inicio del experimento y cada seis días se contó el número de brotes que formaron raíz, número de nuevas raíces adventicias en cada brote, longitud de raíz (mm), crecimiento del brote (mm), y la formación de nuevas hojas. Con los datos de cada variable determinada en cada fecha, se realizó un análisis de varianza mediante un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

Aclimatación de plantas en invernadero. Las plantas provenientes de los medios MS0 y MSAS, se extrajeron de los frascos de cultivo, sus raíces fueron lavadas para eliminar restos de agar, antes de ser trasplantadas individualmente a macetas de 110 mL de volumen que contenían una mezcla 1:1 de suelo y perlita, para posteriormente colocarlas bajo una sombra parcial (50 %), en un invernadero de estructura metálica con cubierta de polietileno. Para mantener un ambiente de alta humedad relativa, sobre cada planta fue colocada una cubierta cerrada de polietileno transparente. Los riegos se aplicaron por aspersión foliar cada 3 horas, de 12:00 a 16:00 horas, y un riego diario al sustrato con 25 mL de la solución nutritiva de Steiner (1984) ajustada a pH de 5.6 a 6.0 y -0.036 MPa de potencial osmótico. La etapa de aclimatación tuvo una duración de 35 días.

Al iniciar y concluir el periodo de adaptación se cuantificó: altura de planta y número de hojas, y al final

del mismo, la longitud de raíces. Con los datos de cada variable y fecha se llevaron a cabo análisis mediante una prueba de *t* para comparación de dos muestras independientes.

En la fecha que las plantas derivadas *in vitro* se transfirieron a la etapa de aclimatación, semillas de la misma variedad se establecieron por germinación en macetas con sustrato similar, la misma instalación de invernadero y aplicación de soluciones nutritivas, que los usados en las plantas de cultivo de tejidos.

Cultivo para producción de fruto. Después del periodo de aclimatación, las plantas derivadas de semilla e *in vitro* de los medios MS0 y MSAS, fueron seleccionadas para establecerlas individualmente en macetas de 19 L de capacidad. Este cultivo fue sometido a un sistema hidropónico abierto de producción, utilizando tezontle como sustrato. La solución nutritiva utilizada fue la de Steiner ajustada a -0.072 MPa de potencial osmótico y pH entre 5.6 a 6.0. Durante esta etapa, los macronutrientos de la solución nutritiva se prepararon con fertilizante (Cuadro 1). Las plantas se sujetaron a tutores, y fueron podadas a un tallo, el cual se despuntó dos hojas arriba de la cuarta inflorescencia.

La unidad experimental fue una planta y se tuvieron ocho unidades experimentales por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: días del trasplante a antesis de la primera inflorescencia, días a la cosecha, producción de frutos (número y peso), así como peso medio de frutos, producción de frutos clasificados en categorías de tamaño (< 47 mm, 48-57 mm, 58-72 mm y > 72 mm), de acuerdo con la Secretaría de Comercio (1982). Los frutos se cosecharon cuando presentaron color rojo uniforme. Al finalizar el experimento se cosecharon cuatro plantas al azar de cada tratamiento, para determinar la acumulación de materia seca en tallo, hojas, raíz y frutos. Los datos se analizaron mediante un diseño experimental completamente al azar. La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey.

Con los datos de materia seca acumulada se obtuvieron: los índices de cosecha (IC= Rendimiento económico/ Rendimiento biológico), considerando el rendimiento biológico como la suma de la materia seca de la parte aérea y raíz de la planta (Beadle, 1988), así como los coeficientes de correlación de Pearson entre las diversas variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que las plantas de tomate originadas mediante cultivo de tejidos se adaptaron al ambiente de invernadero, y lograron desarrollo vegetativo y rendimientos similares a los de plantas originadas de semilla.

Durante el cultivo para producción de fruto se observaron algunas diferencias en rendimiento entre las plantas originadas de semillas, las plantas provenientes del medio MS0 y las provenientes del medio MSAS, que pueden expresar algún efecto a largo plazo de las condiciones de propagación, así como de las condiciones de aclimatación en invernadero, como se describe a continuación.

Cuadro 1. Fuentes de elementos mayores, composición química, origen y cantidad de fertilizantes utilizados para la preparación de la solución nutritiva de Steiner (-0.072 MPa de potencial osmótico).

Fuente	Composición (%)	Origen	Cantidad (mg L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂	N-15, Ca-19, Mg-1.5	IANSA	124.4
KNO ₃	N-13, K-44	IANSA	409.5
MgSO ₄ . 7H ₂ O	Mg-11, K-23	IANSA	111.88
Urea	N-45	IANSA	35.9
Cottofos	N-12, P ₂ O ₅	Rhone Poulenc Agro	18.6

Propagación *in vitro*. Durante el periodo de enraizado los brotes mostraron diferencias significativas en relación a la precocidad de aparición de raíces y grado de desarrollo. En todos los brotes establecidos en los medios de cultivo MS0, MSIB o MSAS, la aparición de raíces tomó en promedio 4.2, 3.1 y 5.5 días respectivamente (Cuadro 2). Novák y Maskova (1979) obtuvieron el enraizado *in vitro* de brotes adventicios de tomate variedad "Money maker" establecidos en un medio sin reguladores del crecimiento y esta respuesta de enraizado fue

*Cuadro 2. Características de los brotes de *L. esculentum* var. *Daniela*, observados después de 12 días de cultivo en los medios indicados.*

Medio de cultivo	No. de brotes establecidos	No. de brotes enraizados	Tiempo de enraizado (días)	No. de raíces formadas	Altura de tallo (mm)
MS0	9	9	4.2 a b	9.3 a	45.6 a
MSAS	9	9	5.5 a	8.6 a	38.3 a
MSIB	9	9	3.1 b	14.3 a	53.0 a

a, b = en cada columna, medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

interpretada como resultado de la presencia endógena en los tejidos del tallo, de altos niveles de auxinas. En el

EFECTO DE LOS ÁCIDOS ASA Y AIB EN TOMATE

presente trabajo, la presencia de AIB en el medio de cultivo redujo el tiempo de enraizado, mientras que la presencia de AAS provocó retardo en el enraizado y en desarrollo de la parte aérea de la planta.

Las tendencias que muestran los resultados, indican que entre más pronto los brotes desarrollan raíces, mayor es el desarrollo general de las plantas. Mientras que el AIB es ampliamente reconocido como inductor de este órgano de la planta, el AAS parece causar el efecto contrario.

Aclimatación de plantas derivadas *in vitro* en invernadero. Cuando las plantas generadas *in vitro* en los medios de cultivo MS0 y MSAS fueron transferidas a macetas y bajo las condiciones de aclimatación, tenían alturas promedio de 43.9 y 32.6 mm respectivamente, y significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$). Durante los siguientes 30 días en esta etapa, todas las plantas mostraron tasas de crecimiento similares, por lo que al final tenían 149.3 y 131.8 mm de altura, sin diferencias significativas (Figura 1).

Al iniciar la aclimatación, las plantas provenientes del medio MS0 tenían en promedio 4.6 hojas, cantidad significativamente ($\alpha = 0.05$) mayor a las 3.9 hojas de las plantas provenientes del medio de cultivo MSAS; sin embargo, al final de esta etapa las plantas provenientes de los medios MS0 y MSAS tenían 8.4 y 7.7 hojas en promedio respectivamente, y estadísticamente no fueron diferentes ($\alpha = 0.05$).

Después de 30 días de aclimatación, las plantas derivadas *in vitro* en los medios MS0 y MSAS acumularon en promedio 0.34 y 0.26 g de materia seca en el tallo, 0.75 y 0.69 g en las hojas, 0.35 y 0.30 g en raíz, respectivamente, que no fueron significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

Cultivo para producción de fruto. Menores rendimientos fueron observados en las plantas provenientes del medio MS0, en comparación con las plantas originadas de semilla y las plantas generadas *in vitro* en el medio MSAS. Los mayores rendimientos estuvieron asociados con mayor acumulación de materia seca en los órganos vegetativos.

La duración del periodo de crecimiento vegetativo en la planta de tomate tiene relación directa con el peso medio de frutos y el rendimiento, lo cual según Sánchez (1997), se debe a que con una mayor duración de este

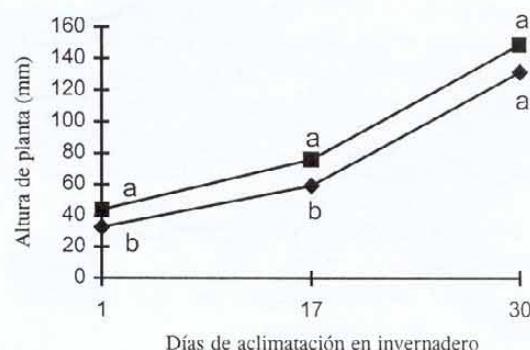


Figura 1. Crecimiento promedio de tallo de plantas de *L. esculentum* var. *Daniela*, al cabo de 30 días de aclimatación en invernadero. Las plantas provenían de medios de cultivo MS0 (■) y MSAS (◆). En cada fecha medias con la misma letra (a, b) no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de t ($\alpha = 0.05$).

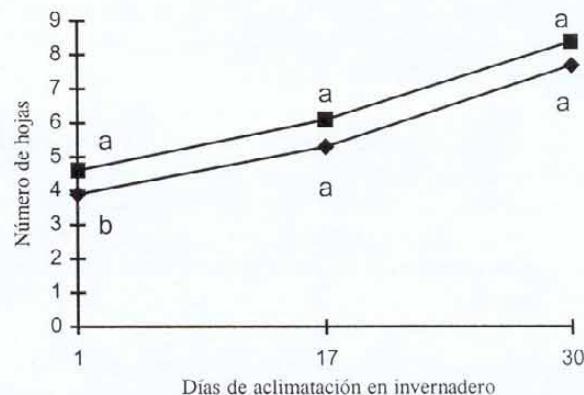


Figura 2. Desarrollo de nuevas hojas en plantas derivadas *in vitro* de *L. esculentum* var. *Daniela* durante 30 días de aclimatación en invernadero. Las plantas provenían de medios MS0 (■) y MSAS (◆). En cada fecha se indica con letras (a, b) si las diferencias son significativas ($\alpha = 0.05$).

periodo, la planta tiene más tiempo disponible para la acumulación de asimilados. Cuando los frutos inician su crecimiento, la tasa de crecimiento de las raíces se reduce drásticamente, cuatro semanas después de la primera antesis, y el crecimiento de las hojas disminuye notablemente cuando el crecimiento del fruto alcanza su máximo (Ho, 1984).

Después de que transcurrieron 35 días de aclimatación, las plantas originadas *in vitro* ya mostraban el inicio de desarrollo de botones florales, por lo que al ser establecidas en cultivo para producción, tuvieron un periodo de desarrollo vegetativo muy corto antes de iniciar la antesis de la primera inflorescencia. Las plantas obtenidas en medios MS0 o MSAS, requirieron de 10.1 y 15.3 días, respectivamente, a partir del trasplante para iniciar la antesis, que fue significativamente menos tiempo que los 23.6 días que requirieron las plantas originadas de semilla para iniciar la antesis.

Las plantas originadas de semilla, así como las plantas producidas en el medio MSAS, requirieron en promedio 84 y 69, días después del trasplante respectivamente para iniciar su cosecha de frutos cantidades que no tuvieron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$); no obstante, las primeras llegaron a la cosecha de frutos en significativamente más tiempo que los 60.2 días que requirieron las plantas derivadas *in vitro* en el medio MS0.

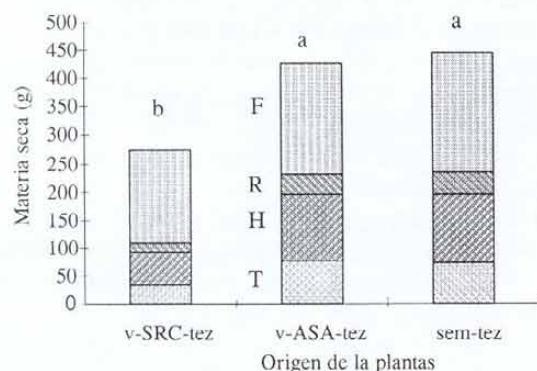


Figura 3. Materia seca acumulada en tallo (T), hoja (H), raíz (R) y fruto (F) de plantas originadas *in vitro* (v) en los medios MS0 (SRC) y MSAS (ASA) y de plantas originadas de semilla (sem), durante 129 días de cultivo para producción de fruto, en un sistema hidropónico abierto, con sustrato de tezontle (tez). Medias con la misma letra (a, b) no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$).

Acumulación de materia seca. Las plantas originadas de semilla acumularon en promedio 446.75 g de materia seca, que no mostraron diferencia significativa con los 427.6 g de materia seca acumulados por las plantas provenientes del medio MSAS. Las plantas provenientes del medio MS0 acumularon 274.0 g de materia seca, cantidad significativamente menor a la acumulada por las plantas en los otros tratamientos. La Figura 3 muestra resultados de la materia seca acumulada y su distribución en los diferentes órganos de la planta.

Rendimiento (g de fruto/planta) e índice de cosecha (IC). El análisis de varianza de la producción de fruto por planta mostró que el origen de las plantas tuvo efectos altamente significativos ($\alpha = 0.01$) en el rendimiento (Cuadro 3).

Las plantas originadas de semilla y las generadas *in vitro* en el medio MSAS, tuvieron rendimiento promedio de 4309.9 g y 3813.5 g, respectivamente, que no fueron significativamente diferentes entre sí, pero las primeras superaron estadísticamente al rendimiento de 3397.2 g obtenido en las plantas derivadas *in vitro* en el medio MS0 (Cuadro 4).

Con respecto al peso medio de los frutos (rendimiento/ número de frutos), el análisis de varianza (Cuadro 3) también mostró efectos significativos ($\alpha = 0.05$) con respecto al origen de las plantas. Las plantas originadas de semilla tuvieron frutos de peso medio de 143.25 g, 4 % más que los frutos producidos por las plantas derivadas *in vitro* en el medio MSAS (137.49 g); sin embargo, estas diferencias no resultaron significativas ($\alpha = 0.05$). Los frutos cosechados de las plantas provenientes del medio MS0 representaron únicamente el 86.6 % del peso medio obtenido por los frutos de las plantas originadas de semilla, resultado significativamente diferente.

Las plantas provenientes del medio MS0 y las originadas de semilla tuvieron índices de cosecha (IC) de 0.598 y 0.480, que no fueron significativamente diferentes, pero el IC de las primeras fue 28 % mayor y significativamente diferente al IC de las plantas provenientes del medio MSAS. Dado que el IC representa la proporción de la materia seca total que se canaliza al producto de interés agronómico, o bien, la eficiencia de la canalización de la biomasa hacia el rendimiento económico (Sánchez, 1997), los resultados indican que cuando las plantas de tomate acumularon más biomasa aumentaron también su rendimiento, pero disminuyó la proporción de la materia seca que se canalizó al rendimiento económico.

Correlaciones entre crecimiento y rendimiento en tomate. Los mayores rendimientos estuvieron asociados con una mayor acumulación de materia seca en los órganos vegetativos. El rendimiento de las plantas (peso fresco de frutos) tuvo alta correlación positiva y altamente significativa con el número de frutos ($r = 0.7137$, $\alpha = 0.01$), así como con el peso medio de los frutos ($r = 0.8506$, $\alpha = 0.01$). El coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento y el peso medio de los frutos,

EFECTO DE LOS ÁCIDOS ASA Y AIB EN TOMATE

Cuadro 3. Cuadros medios para el rendimiento de frutos y sus componentes, en plantas originadas de semilla e in vitro de *L. esculentum* var. Daniela, cultivadas en tezontle en un sistema hidropónico abierto.

Fuentes de variación	Grados de libertad	No. de frutos (CM)	Rendimiento total (g/planta) (CM)	Peso medio de frutos (g) (CM)
Tratamiento	2	23.1667 ns	1670317.251 **	772.4668 *
Error	21	13.6964	276923.129	216.3978
Total	23			

CM = cuadrado medio; ns = no significativo en valor de Fc ($\alpha = 0.05$).

* = significativo en valor de Fc ($\alpha = 0.05$); ** = significativo en valor de Fc ($\alpha = 0.01$).

Cuadro 4. Rendimiento de frutos en plantas de *L. esculentum* var. Daniela originadas de semilla e in vitro, cultivadas en tezontle en un sistema hidropónico.

Origen de la planta	No. de frutos	Rendimiento total (g/planta)	Peso medio de frutos (g)
in vitro MS0	27.12 a	3397.23 b	124.10 b
in vitro MSAS	27.87 a	3813.55 a b	137.49 a b
Semilla	30.37 a	4309.9 a	143.25 a
DMS ($\alpha = 0.05$)	4.67	664.20	18.56

DMS = diferencia mínima significativa. En cada columna, medias con la misma letra (a, b) no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

muestra que en un sistema de cultivo en donde el número de frutos fue controlado mediante podas y eliminación de inflorescencias, el desarrollo de frutos de mayor peso medio fue un componente del rendimiento importante para la obtención de aumentos en el rendimiento de las plantas.

La acumulación de materia seca en los frutos tuvo alta correlación positiva y significativa con la acumulación de materia seca en las hojas ($r=0.4912$, $\alpha=0.05$), así como con la acumulación de materia seca en el tallo ($r=0.4679$, $\alpha=0.05$), mientras que la correlación entre la acumulación de materia seca en los frutos con la acumulación en las raíces, fue baja y no significativa ($r=0.1752$, ns). De acuerdo con Emery y Munger (1970), en plantas de tomate el principal factor individual que contribuye al tamaño de los frutos es el número de hojas por inflorescencia, por lo que se puede considerar que en un sistema de propagación de tomate se debe asegurar que las plantas a ser transferidas a las siguientes etapas de cultivo, inicien su crecimiento y la acumulación de materia seca en sus órganos vegetativos, lo más rápido posible. Un rápido incremento del área foliar en etapas tempranas de desarrollo, cuando hay pocas relaciones de competencia, aumenta la fotosíntesis total y la acumulación de materia seca en la planta (Moorby y Besford, 1983; Rao *et al.*, 1992; Titok *et al.*, 1994). Posterior-

mente, el rendimiento de frutos está determinado por la producción fotosintética y por la capacidad de los frutos para movilizar nutrientes y asimilados de otros órganos de la planta (Starck, 1983; Ho, 1984).

Las plantas provenientes del medio de cultivo MSAS acumularon en promedio significativamente más materia seca total y tuvieron 13 % más rendimiento, aunque no estadísticamente significativo, que las plantas provenientes del medio MS0. Durante el cultivo *in vitro*, la presencia del AAS a la concentración de 10^{-4} M en el medio de cultivo tuvo el efecto de retrasar el enraizado y reducir la tasa de crecimiento de tallos y hojas. Sin embargo, cuando estas plantas fueron transferidas a macetas con sustrato y condiciones de invernadero, para su aclimatación durante 35 días, y posteriormente a cultivo durante 129 días para producción de frutos, acumularon más materia seca en sus órganos vegetativos y reproductivos, en comparación con las plantas provenientes del medio MS0. Esto puede significar que un tratamiento con AAS durante la propagación *in vitro* de tomate tiene el efecto de estimular en éstas el aumento en el rendimiento biológico y económico, durante los 164 días posteriores a la aplicación del tratamiento. Esta respuesta parece ser general puesto que en plantas de soya, algodón y tabaco, la aplicación foliar de salicilatos también tuvo el efecto de promover el crecimiento vegetativo y rendimiento agronómico (Gutiérrez, 1997), así como incrementar de 16 a 19 % el peso del grano en frijol (Rendón, 1983). La aplicación de una solución de 500 mg L⁻¹ de AAS a árboles de naranja en invernadero estimuló el incremento de brotación floral (Almaguer, 1994).

Las plantas derivadas *in vitro* en medio que tenía AAS y las plantas originadas de semilla, tuvieron rendimientos promedio que no fueron significativamente diferentes. Este resultado es de singular importancia ya que entonces es posible la aplicación de AAS a plantas de tomate *in vivo* para aumentar la potencialidad productiva del cultivo (Martínez *et al.*, 2000). Es posible lograr un mejor desarrollo y rendimiento de las plantas derivadas *in vitro*, al reducir su tiempo de permanencia en la etapa de aclimatación. Anteriormente se mencionó que las plantas derivadas *in vitro* estuvieron 35 días en la etapa de aclimatación y cuando fueron transferidas a la etapa de cultivo para producción de frutos, iniciaron la antesis de su primer inflorescencia 12 días antes que las plantas originadas de semilla. Lo anterior tiene relación con el trabajo de Nicklow y Minges (1962), quienes compararon los rendimientos de plantas originadas de semilla de tomate var. Fireball, establecidas en campo a diferentes edades. Las plantas provenientes de almácigo de cinco semanas de edad o más jóvenes lograron rendimientos

superiores, con frutos de mayor tamaño promedio, en comparación con los obtenidos en plantas de mayor edad. Los mismos autores, así como Weston y Zandstra (1989), mencionan que cuando las plantas tienen botones florales al tiempo de ser establecidas en campo, ocurre la restricción del crecimiento vegetativo, y cuando fueron trasplantadas al campo produjeron sus primeros frutos ligeramente antes pero con rendimientos menores, en comparación con aquellas plantas establecidas sin yemas florales. El tamaño del fruto estuvo inversamente relacionado con la edad de la planta al momento de su trasplante y conforme la edad aumentó, el tamaño de frutos disminuyó.

De acuerdo con Enríquez *et al.* (2000), cuando las plantas de tomate derivadas *in vitro* son regadas con soluciones nutritivas durante su aclimatación, es posible mejorar el vigor de éstas y el tiempo de aclimatación puede ser reducido de 35 a 25 días, lo que permitiría que las plantas sean transferidas de menor edad al medio de cultivo para la producción de fruto.

CONCLUSIONES

Durante la propagación *in vitro*, todos los brotes de tomate var. Daniela establecidos en medios de cultivo sin reguladores del crecimiento enraizaron en un promedio de cuatro días; por su parte, el AIB adelantó y el AAS retardó la formación del sistema radical de las plantas.

A pesar de cierto grado de inhibición detectado en etapas tempranas del desarrollo de las plantas generadas *in vitro* por la presencia del AAS en el medio, éstas lograron recuperarse en etapas posteriores mediante acumulación de materia seca, lo que permitió alcanzar rendimientos similares al de las plantas originadas a partir de semilla.

BIBLIOGRAFÍA

- Almaguer V., G. 1994. Producción forzada en naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Tesis de Doctor en Ciencias, Colegio de Postgrados. Montecillo, México. 139 p.
- Beadle, C. L. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproducción. J. Coombs, D. O. Hall, S. P. Long y J. M. O. Scurlock (eds.). Colegio de Postgrados. Chapingo, México. pp: 17-33.
- Buiatti, M., G. Marcheschi, F. Tognoni, M. Lipucci Di Paola, F. Collina G., and G. Martini. 1985. Genetic variability induced by tissue culture in the tomato (*Lycopersicon esculentum*). Z. Pflanzenzüchtg 94: 162-165.
- Buitelaar, K. 1990. Tomatoes: no higher yield by means of tissue culture. Groenten en Fruit 46: 26-27.
- Conger, B. V. 1981. Introduction. In: Cloning Agricultural Plants Via *in vitro* Techniques. B. V. Conger (ed.). C. R. C. Press Inc., Boca Raton, Florida. pp: 1-4.
- Demirel, F. and V. Seniz. 1997. A research on the utilization possibilities of embryo culture in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Acta Horticulturae 447: 237-238.
- Deng, L. P., Y. H. Guo, Y. K. Jia, and J. H. Sheng. 1988. Preliminary report on cultures of shoot tips of tomato and the yield of plants from culture. Hereditas- China 10: 9-10.
- Dwivedi, K., P. Srivastava, H. N. Verma, and H. C. Chatuverdi. 1990. Direct regeneration of shoots from leaf segments of tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultured *in vitro* and production of plants. Indian J. Exp. Biol. 28: 32-35.
- Earle E. D. and R. W. Langhans. 1974. Propagation of chrysanthemum *in vitro*: II Production, growth, and flowering of plantlets from tissue cultures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 (4): 352-358.
- Emery, G. C. and H. M. Munger. 1970. Effects of inherited differences in growth habit on fruit size and soluble solids in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 (4): 410-412.
- Enríquez V., J. R., G. Carrillo C. y J. Velázquez M. 1998. Producción de vitroplantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y determinación de la producción de fruto. Biotecnología Aplicada 15: 77-82.
- Enríquez V., J. R., G. Carrillo C., P. Sánchez G., M. N. Rodríguez M. y Ma. C. Méndez C. 2000. Fertilización para la óptima aclimatación y vigor de vitroplántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Rev. Fitot. Mex. 23 (1): 59-68.
- Gill, R., K. A. Malik, M. H. M. Sanago, and P. K. Saxena. 1995. Somatic embryogenesis and plant regeneration from seedlings cultures of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Plant Physiol. 147: 273-276.
- Gutiérrez C., M. A. 1997. Reguladores del crecimiento XIII: Estudios del ácido salicílico en soya, algodonero y tabaco. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 174 p.
- Ho, L. H. 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. Plant Growth Reg. 2: 277-285.
- Larqué S., A. y M. T. Rodríguez. 1993. Fisiología Vegetal Experimental. México, Editorial Trillas. 193 p.
- López-Delgado, H. and I. M. Scott. 1997. Induction of *in vitro* tuberization of potato microplants by acetylsalicylic acid. J. Plant Physiol. 151: 74-78.
- Martínez, C., J. C. Baccou, E. Bresson, Y. Baissac, J. F. Daniel, J. Aida, J. L. Montillet, J. P. Geiger, K. Assigbetsé, and M. Nicole. 2000. Salicylic acid mediated by the oxidative burst is a key molecule in local systemic responses of cotton challenge by an avirulent race of *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum*. Plant Physiol. 122: 757-766.
- Meredith, C. P. 1979. Shoot development in established callus cultures of cultivated tomato. Z. Pflanzenphysiol. Bd. 95: 405-411.
- Moorby, J. and R. T. Besford. 1983. Mineral Nutrition and Growth. In: Encyclopedia of Plant Physiology, vol. 15 B, Inorganic Plant Nutrition. A. Läuchli and R. L. Bielecki (eds.). Berlin, Springer-Verlag. pp: 481-527.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.
- Nicklow, C. W. and P. A. Minges. 1962. Plant growing factors influencing the field performance of the Fireball tomato variety. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 81: 443-450.
- Novák, F. and I. Maskova. 1979. Apical shoot tip culture of tomato. Scientia Horticulturae 10: 337-344.
- Pierik, R. L. 1987. *In Vitro* Culture of Higher Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 344 p.
- Rao, N. K. S., R. M. Bhatt, and N. Anand. 1992. Leaf area, growth and photosynthesis in relation to heterosis in tomato. Photosynthetica 26 (3): 449-453.
- Rendón S., L. A. 1983. Control hormonal de la absorción de órganos reproductivos en *Phaseolus vulgaris* L. cv. Cacahuate 72. Tesis

EFECTO DE LOS ÁCIDOS ASA Y AIB EN TOMATE

- de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 151 p.
- Ryals, J. A., J. H. Neuenschwander, M. G. Willits, A. Molina, H-T. Steiner, and M. D. Hunt. 1996. Systemic acquired resistance. *The Plant Cell* 8: 1809-1819.
- Sánchez C., F. 1997. Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 189 p.
- Secretaría de Comercio. 1982. Tomate (*Lycopersicum esculentum*). México. Dirección General de Normas Comerciales. Serie de Folletos Informativos Sobre Normas de Calidad, No. 1. p. 6
- Starck, Z. 1983. Photosynthesis and endogenous regulation of the source-sink regulation in tomato plants. *Photosynthetica* 17 (1): 1-11.
- Schwentesius, R. R. y M. A. Gómez. 1997. Competitividad de las hortalizas mexicanas en el mercado estadounidense. Revista Comercio Exterior: 962-974.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. ISOSC Proceedings. Sixth International Congress on Soilless Culture. Lunteren Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- Shetty, K., G. A. Shetty, Y. Nakazaky, K. Yoshioka, Y. Asano, and K. Oosawa. 1992. Stimulation of benzyladenine-induced *in vitro* shoot organogenesis in *Cucumis melo* L. by proline, salicylic acid and aspirin. *Plant Science* 84: 193-199.
- Swartz, H. J. 1991. Post culture behavior: genetic and epigenetic effects and problems. In: Micropropagation, Technology and Application. P. C. Debergh and R. H. Zimmerman (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp: 95-121.
- Titok, V. V., V. A. Lemesh, O. V. Rusinova, and V. L. Podlisskikh. 1994. Leaf area, chlorophyll content and biomass of tomato plants and their heterotic hybrids under *in vitro* culture. *Photosynthetica* 30 (2): 255-260.
- Turner, D. A., P. N. Cox, and E. Peel. 1987. Micropropagation of some wild species of the genus *Lycopersicon*. *Acta Horticulturae* 212: 667-670.
- Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience* 24: 88-90.
- Young, R., V. Kaul, and E. G. Williams. 1987. Clonal propagation *in vitro* from immature embryos and flower buds of *Lycopersicon peruvianum* and *L. esculentum*. *Plant Science* 52: 237-242.