

Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo

Effect of germination promoters and substrates in the development of papayo seedlings

M. Andrade-Rodríguez¹, J.J. Ayala-Hernández², I. Alia-Tejacal¹, H. Rodríguez-Mendoza¹, C.M. Acosta-Durán y V. López-Martínez¹.

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001. 62209. Chamilpa, Cuernavaca. Morelos.

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Chapingo, Estado de México.

Resumen

La desecación de semillas de papayo induce latencia que durante la siembra ocasiona germinación lenta y porcentajes de emergencia bajos. La latencia de las semillas y el uso de sustratos inadecuados son factores que conducen a que la producción de plántulas en vivero no sea la óptima. Para contribuir a la solución de dicha problemática, se evaluó en dos experimentos el efecto de promotores de germinación [nitrato de potasio (KNO_3) y ácido giberélico (AG_3)], y el efecto de once sustratos sobre la emergencia y crecimiento de plántulas de papayo. Se usaron semillas de papayo 'Maradol' que fueron tratadas por 30 min en agua destilada, 0,5 y 1,0 M de KNO_3 , 0,5 y 1,0 mM de AG_3 y después sembradas en charolas con suelo tipo andosol y se pusieron a germinar. Por otro lado, se sembraron semillas en once medios de cultivo preparados con turba, vermicomposta, tierra de hoja, fibra de coco, aserrín, y agrolita, en varias proporciones. Se usó un diseño experimental bloques completos al azar con tres y cuatro repeticiones respectivamente. A los 45 días después de la siembra de ambos experimentos, se evaluó porcentaje de emergencia, altura de plántula, número de hojas, longitud de raíz y masa seca por plántula. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias. Las semillas tratadas con 1,0 mM de AG_3 produjeron mayor emergencia y crecimiento de plántulas. Los sustratos en los cuales se usó vermicomposta produjeron mejor crecimiento de plántulas. El mejor sustrato fue vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5).

Palabras clave: ácido giberélico, germinación de semillas, nitrato de potasio, medios de cultivo para germinación.

Recibido el 27-1-2008 • Aceptado el 2-9-2008

Autor de correspondencia e-mail: andradem65@hotmail.com

Abstract

Seed desiccation in papaya induces dormancy, this stage of the seeds cause slow germination and a low emergency percentage. The dormancy of the seeds in addition to the use of inadequate substrates cause that seedling production in the nursery is not optimum. Searching for a solution, in the present work, the effect of germination promoters [potassium nitrate (KNO_3), and gibberellic acid (GA_3)] and the effect of eleven substrates was evaluated in papaya seedling emergency and growth. Papaya seeds cv. 'Maradol' were treated for 30 min in distilled water, 0.5 and 1.0 M of KNO_3 , 0.5 and 1.0 mM of GA_3 . Then they were sown in an andosol type soil to germinate. On the other hand, seeds were sown in eleven different medium prepared with peat, vermicompost, organic soil, coconut fiber, sawdust and agrolita in several proportions. An experimental design complete block at random with three and four repetitions respectively was used. After 45 days variables evaluated in both experiments were: seedling emergence, seedling height, leaf number, root length, and dry mass content per seedling. Data were analyzed with the statistical program SAS by using analysis of variance and the mean comparison test. Seeds treated with 1.0 mM of GA_3 produced higher emergency and seedling growth. The substrates containing vermicompost generated the best seedling growth. The best substrate was that of vermicompost/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5 v/v).

Key words: gibberellic acid, seed germination, potassium nitrate, culture media for germination.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es uno de los frutos tropicales más apreciados para consumo en fresco, y para la industrialización; en México se cultivan variedades como la 'Hawaiiana', 'Maradol', y los tipos mexicanos 'Cera' y 'Mamey' (Mandujano 1998); de éstas la más demandada y cultivada es la 'Maradol'. La superficie cultivada con papaya en México ha sido variable, incrementándose año tras año, de tal modo que en 2005 se cultivaron 22053 ha, con rendimiento promedio de 48,6 t.ha⁻¹, y precio medio de \$ 3041 por tonelada; el consumo *per capita* de este fruto es de 3 kg. Los principales estados productores de papaya

Introduction

Papayo (*Carica papaya* L.) is one of tropical fruits more appreciated for fresh consumption and for industrialization; in Mexico varieties are cultivated like 'Hawaiiana', 'Maradol', and mexicain 'Cera' and 'Mamey' (Mandujano 1998); from these the more demanded and cultivated is the 'Maradol'. Surface cultivate with papayo in Mexico have been variable, by increasing year after year, in 2005, 22053 ha were cultivated, with average yield of 48.6 t ha⁻¹, and medium price of \$ 3041 by ton; *per capita* consumption of this fruit is of 3 kg. Principal producer states of 'Maradol' papayo are

'Maradol' son Veracruz, Chiapas, Tabasco, Guerrero, Colima, Puebla y Yucatán (Sistema Agropecuario de Consulta 2006).

Las distintas variedades de papaya se propagan comercialmente por semilla, un método de fácil manejo y bajo costo, sin tomar en cuenta la heterogeneidad generada por la polinización cruzada. Las semillas adquiridas comercialmente u obtenidas de frutos seleccionados se siembran en diferentes tipos de contenedores como latas vacías, cajas semillero, bolsas de plástico (Hernández 1995), o en charolas de germinación. Salvador *et al.* (2005) señalan que se colocan dos a tres semillas por contenedor y éste se cubre con una capa de gramínea seca y picada para mantener el suelo húmedo por más tiempo y la emergencia de las plántulas ocurre entre 20 y 40 días después de la siembra, con 60 a 80% de emergencia.

Para la siembra, lo ideal es utilizar semillas recién cosechadas porque están frescas y presentan mayor germinación, ya que su calidad se deteriora rápidamente en almacenamiento (Nagao y Furatani 1986; Singh y Singh 1981). Sin embargo, no siempre se dispone de semilla con esta característica, por lo que se utilizan semillas secas que tienen algunos meses de almacenamiento, lo que trae como consecuencia menor porcentaje de emergencia.

Las semillas de papaya han sido clasificadas como intermedias por tolerancia a la desecación entre las ortodoxas y las recalcitrantes, mostrando signos de estrés por desecación con contenidos de humedad menores a 8% (Ellis *et al.*, 1991); la desecación in-

Veracruz, Chiapas, Tabasco, Guerrero, Colima, Puebla and Yucatán (Sistema Agropecuario de Consulta 2006).

Different varieties of papaya are commercially propagated through seed an easy management and low cost, without taking into account the heterogeneity caused by crossed pollinization. Seeds commercially acquired or obtained from fruits selected are sowed in different types of containers like empty cans, seedbed boxes, plastic bags (Hernández 1995), or in germination tray. Salvador *et al.* (2005) pointed out that they are place two or three seeds by container and this is covered with a layer of dry and cut gramineae for maintaining humid soil during more time and plantlets emergence occurs between 20 and 40 days after sowing, with 60 to 80% of emergence.

For the sowing, the ideal is to use just harvested seeds because they are fresh and shows higher germination, since quality is quickly damaged in storage (Nagao and Furatani 1986; Singh and Singh 1981). Nevertheless, seed with this characteristic is not always available, so, dry seeds with several storage months are used, which gives as a consequence lower emergency percentage.

Papaya seeds have been classified like intermediate by desiccation tolerance between orthodox and recalcitrant, by showing stress signals by desiccation with moisture contents lower to 8% (Ellis *et al.*, 1991); desiccation induces metabolic quiescence or dormancy (Magill *et al.*, 1994; Wood *et al.*, 2000), During sowing, this is the cause of the

duce quiescencia metabólica o dormancia (Magill *et al.*, 1994; Wood *et al.*, 2000), lo que ocasiona que durante la siembra la germinación sea lenta y se obtengan porcentajes de emergencia bajos. Para incrementar el porcentaje de germinación y emergencia así como su homogeneidad, se han sugerido algunos métodos como remojo en ácido giberélico a razón de 200 mg.L⁻¹ (Navarrete 1996) ó 600 mg.L⁻¹ (Furatani y Nagoa 1987; Nagoa y Furatani 1986), agua (Lima *et al.*, 1985; Salvador-Figueroa *et al.*, 2005), y 1,0 M de nitrato de potasio.

La aplicación de los tratamientos anteriores tiene el propósito de eliminar (Lima *et al.*, 1985) o contrarrestar el efecto de las sustancias lipoprotéicas que retardan o inhiben la germinación.

Para el establecimiento de las plantaciones de papayo es conveniente utilizar plántulas de la mejor calidad posible, lo cual se puede lograr mediante el uso de buena semilla, sustrato adecuado, buen manejo de riego, fertilización y control fitosanitario. Los sustratos a usar en cada región productora de papaya depende de la disponibilidad de éstos; no obstante, se debe tener presente que se requiere producir plántulas de calidad para el buen inicio de la plantación. Bunt (1988) señala que la calidad de las plántulas depende del tipo de sustrato donde se desarrollan, en particular de sus características físico-químicas ya que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente ligados a las condiciones de aireación, contenido de agua, además de tener influencia directa sobre la disponibilidad de los nutrientes.

germination be slow and low emergency percentages be obtained. For increasing germination and emergence percentage like its homogeneity, some methods like soak in gibberellic acid at a reason of 200 mg L⁻¹ (Navarrete 1996) ó 600 mg L⁻¹ (Furatani and Nagoa 1987; Nagoa and Furatani 1986), water (Lima *et al.*, 1985; Salvador-Figueroa *et al.*, 2005), and 1.1 M of potassium nitrate have been suggested.

Application of previous treatments has the purpose of eliminating (Lima *et al.*, 1985) or counteracting the effect of lipoproteic substances that delays or inhibits germination.

For the establishment of papaya plantations it is convenient to use plantlets of the best available quality which can be achieved through the usage of a good seed, adequate substrate, good irrigation management, fertilization and health control. Substrates to be used in each papaya producer region depend on its availability; however, it has to be taken into account that it is necessary to produce quality plantlets for the good plantation beginning. Bunt (1988) detach that plantlets quality depend on type of substrate in where they growth, particularly of its physical and chemical characteristics because development and functioning of roots are directly related to the aerated conditions, water content, besides of having direct influence on the nutrients availability.

Commercial substrates commonly used are peat, agrolita and coconut fibers mixed in different

Los sustratos comerciales comúnmente utilizados son turba, agrolita y fibra de coco, mezclados en diferentes proporciones entre ellos o con tierra de hoja, tierra de monte y suelo común. En cada región se dispone de otros sustratos alternativos como composta, desechos orgánicos del ganado, residuos de cosechas y arena de río. Lo más conveniente es buscar sustratos alternativos que permitan hacer uso de los recursos disponibles en la región.

Con el propósito de contribuir a la conservación ecológica mediante el reciclaje de los materiales orgánicos agrícolas, industriales y urbanos, se realizan investigaciones para saber si pueden ser usados como sustitutos de los medios de cultivo de las plantas (Ballester-Olmos 1993; González-Chávez *et al.*, 2000) señalan que el conocimiento del sustrato es necesario para optimizar la producción de plantas en vivero, además de disminuir y evitar el agotamiento de los recursos no renovables como el suelo, el cual ha sido el principal sustrato en muchas prácticas viveristas de México.

Borges-Gómez *et al.* (2003) estudiaron el efecto de 15 mezclas de sustrato en la producción de plántulas de papayo y observaron que las mezclas de sustrato que contenían excreta porcina originaron el mejor desarrollo de plántulas mientras que cuando usaron suelo y bagazo se obtuvieron plántulas de menor altura.

En México, es necesario buscar las condiciones que permitan producir plántulas de papayo de calidad, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tratamiento

proporciones among them or with leaf sand, mount sand and common soil. In each region other alternative substrates like compost, cattle organic wastes, harvest residues and river sand. The more convenient is to looking for alternative substrates that permit to make use of available resources in region.

With the purpose of contributing to the ecological conservation through the recycle of agricultural, organic materials, industrials and urban, researches are carried out for knowing if can be used like substitutes for cultivation medium of plants (Ballester-Olmos 1993; González-Chávez *et al.*, 2000) point out that knowing about substrate is necessary to optimize plants production in greenhouse, besides of diminishing and to evaluate the no renewable resources use up like soil which have been the principal substrate in many of greenhouse practices of Mexico.

Borges-Gómez *et al.* (2003) studied the effect of 15 substrate mixtures in the proportion of papayo plantlets and they observed that substrate mixtures having pig excrete originated the best plantlets development whereas soil and residues were used plantlets of lower height were obtained.

In Mexico, it is necessary to looking for the conditions that permit to produce papayo plantlets of quality; so, the objective of this research was to evaluate the effect of seeds treatment with potassium nitrate and gibberellic acid, and substrate type, in the emergence and growth of papayo plantlets.

de las semillas con nitrato de potasio y ácido giberélico, y del tipo de sustrato en la emergencia y el crecimiento de plántulas de papayo.

Materiales y métodos

Se utilizaron semillas extraídas manualmente de frutos maduros provenientes de flores femeninas de una plantación comercial de la variedad 'Maradol', las cuales se lavaron para eliminar restos de pulpa. Las semillas se frotaron con la mano suavemente para romper la testa mucilaginosa, se mantuvieron en agua por una noche y al día siguiente se eliminaron las membranas de la exotesta mediante decantación. Las semillas se extendieron en papel formando una sola capa y se secaron durante tres días en condiciones de sombra a temperatura ambiente (25°C), posteriormente se colocaron en bolsas de plástico y se almacenaron en refrigeración a 5±2°C durante un mes. Al momento de almacenarlas, se determinó el contenido de humedad en las semillas, para lo cual se tomaron tres muestras de 1 g cada una, se tomó la masa inicial y se colocaron en bolsitas de papel para secarlas en estufa a 72°C, hasta peso constante. El contenido de humedad en la semilla se determinó mediante la fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{Masa inicial de la semilla} - \text{masa de la semilla seca}) \times 100}{\text{Masa inicial de las semillas}}$$

Además, se tomaron al azar tres muestras de 100 semillas cada una y se evaluó la presencia o ausencia de embrión.

Materials and methods

Seeds extracted in a manual way of mature fruits coming from female flowers were used of a commercial plantation of 'Maradol' variety which was washed for eliminating pulp wastes. Seeds were softly rubbed with hands for breaking mucilaginous testa; they were kept in water during a night and to the next day, the membranes of exotesta were eliminated through decantation. Seeds were extended in paper by forming an only layer and they were dried during 3 days in shadow conditions at environmental temperature (25°C), after, they were put into plastic bags and stored in refrigeration to 5±2°C during a month. At the moment of store the moisture content of seeds was determined for which three samples of 1 g each were taken, initial weight was measured and they were placed on little paper bags for drying them in a heater to 72°C, until getting constant weight. Moisture content on seed was determined through formula:

$$\% \text{ of moisture} = \frac{(\text{Initial weight of seeds} - \text{weight of dry seeds}) \times 100}{\text{Initial weight of seeds}}$$

Also, three random samples of each 100 seeds were taken and embryo presence or absence was evaluated.

Application of growth promoters

For evaluating the effect of growth promoters on the plantlets emergence, aqueous solutions of potassium nitrate (KNO₃) were

Aplicación de promotores del crecimiento

Para evaluar el efecto de los promotores del crecimiento sobre la emergencia de las plántulas, se prepararon soluciones acuosas de nitrato de potasio (KNO_3) y ácido giberélico (AG_3). Los tratamientos fueron agua destilada (testigo), 0,5 M de KNO_3 , 1,0 M de KNO_3 , 0,5 mM de AG_3 , y 1,0 mM de AG_3 . Las semillas fueron sumergidas por 30 min en cada uno de los tratamientos.

El sustrato usado para la siembra de las semillas de este experimento fue suelo tipo andosol de textura migajón arenoso, con el cual se llenaron charolas de poliestireno de 200 cavidades (30 mL por cavidad).

Transcurrido los 30 min de remojo según cada tratamiento, las semillas se sembraron en las charolas, a una profundidad de 1 cm. Una vez terminada la siembra se aplicó riego a saturación y las charolas fueron colocadas en invernadero, donde se registraron temperaturas máximas de 35°C y mínimas de 16°C. Se aplicaron dos riegos por semana durante el tiempo de experimentación.

El experimento fue conducido en bloques completos al azar. Para evaluar cada tratamiento, se establecieron tres repeticiones de 100 semillas cada una. Las variables evaluadas fueron: Emergencia diaria y total, se evaluó el número de plántulas que emergieron cada día. Al final del experimento (45 días después de la siembra) se seleccionaron 10 plántulas tomadas al azar de cada repetición y se evaluó: Altura de plántulas (cm), se midió la longitud desde el cuello hasta el primordio foliar, número de ho-

prepared and gibberellic acid (AG_3). Treatments were distilled water (control), 0.5 M of KNO_3 , 1.0 M of KNO_3 , 0.5 mM of AG_3 , and 1.0 mM of AG_3 . Seeds were submerged during 30 min for each treatments.

Substrate used for sowing of seeds in this experiment was soil type andosol of texture sandy crust, by using it to fill polystyrene tray of 200 cavities (30 mL by cavity).

After 30 soaked minutes passed according each treatment, seeds were sowed in trays, at a depth of 1 cm. Once sowing finished over watering was applied and trays were placed on greenhouse, in where maximum temperatures of 35°C and minimum of 16°C were recorded. Two irrigations per week were applied during experimentation time.

Experiment was carried out in complete at random blocks. To evaluate each treatment, three replications of 100 seeds each. The evaluated variables were: Daily and total emergence, the number of plantlets that emerged each day was evaluated. At the end of experiment (45 days after sowing) and 10 at random plantlets were selected from each replication and it was evaluated: Plantlets height (cm), length was measured from neck until foliar primordium; leaves number, number of expanded leaves was counted; dry mass, plantlets were placed in paper bags, a plantlet per bag, and they were placed on a heater to 72°C during 72 hours, after its mass was evaluated by using an analytical balance. Data obtained from four evaluated variables with the statistical program SAS (17), through analysis of variance and

jas, se contó el número de hojas expandidas; masa seca, las plántulas fueron colocadas en bolsas de papel, una plántula por bolsa, y se colocaron en la estufa a 72°C durante 72 horas y después se evaluó su masa en balanza analítica. Los datos obtenidos de las cuatro variables fueron analizados con el programa estadístico SAS (1987), mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0,05$).

Sustratos

Se usó turba (T), vermicomposta (Vc), tierra de hoja (Th), fibra de coco (Fc), aserrín (A) y agrolita® (sustrato comercial) (Ag) y se prepararon los tratamientos siguientes: turba (testigo), vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5), tierra de hoja/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5), fibra de coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5), vermicomposta/agrolita (7:3), tierra de hoja/agrolita (7:3), fibra de coco/agrolita (7:3), vermicomposta/aserrín (7:3), tierra de hoja/aserrín (7:3), fibra de coco/aserrín (7:3) y vermicomposta. Se determinó retención de humedad, porosidad total, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio de los once sustratos.

Los sustratos se colocaron en charolas de plástico de 200 cavidades y se depositó una semilla por cavidad a 1,0 cm de profundidad, se aplicó riego a saturación al terminar la siembra y posteriormente se regó tres veces por semana o cuando las plántulas lo requirieron. Se realizaron aplicaciones de 1 g.L⁻¹ de fertilizante foliar Gro-green® (20-30-10 de N-P-K) cada semana y 2 g.L⁻¹ de Previcur® (Propamocarb clorhidrato).

the mean comparison test of Tukey ($P \leq 0.05$).

Substrates

Peat (T), vermicompost (Vc), leaf sand (Th), coconut fiber (Fc), sawdust (A) and agrolita® (commercial substrate) (Ag) were used and the following treatments were prepared: peat (control), vermicompost/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5), leaf sand/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5), coconut fiber/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5), vermicompost/agrolita (7:3), leaf sand/agrolita (7:3), coconut fiber/agrolita (7:3), vermicompost/sawdust (7:3), leaf sand/sawdust (7:3), coconut fiber/sawdust (7:3) and vermicompost. Moisture retaining, total porosity, electrical conductivity, capacity of carbonic exchange, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium were determined on the eleven substrates.

Substrates were placed in plastics trays of 200 cavities and one seed per cavity was placed to 1.0 cm depth, saturated irrigation was applied when finishing sowing and after that, three times week irrigation or when plantlets required was applied. Applications of 1 g.L⁻¹ of foliar fertilizer Gro-green® (20-30-10 de N-P-K) was applied each week and g.L⁻¹ of Previcur® (Propamocarb chlorhydrate).

Eleven treatments in an experimental of blocks complete random desing and four replications of 50 seeds each. Evaluation was made 45 days after sowing, emergency percentage was determined and 10 plantlets per treatment by replicate were at random taken: Plantlet height, root length, measured from

Se estudiaron once tratamientos en un diseño experimental bloques completos al azar y cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. La evaluación se realizó 45 días después de la siembra, se determinó porcentaje de emergencia y se tomaron al azar 10 plántulas por tratamiento por repetición y se determinó: Altura de la plántula; longitud de raíz, medida desde el cuello del tallo hasta el ápice de la raíz más larga; número de hojas y masa seca. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS (1987), mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Se observó que el 100% de las semillas muestreadas presentaron embrión, lo que dio la posibilidad de que todas las semillas generaran una plántula. Por otro lado, el contenido de humedad con que se almacenaron las semillas fue de 4,8%, no obstante se obtuvo 80 a 100% de emergencia de plántulas, lo que indica que las semillas de papayo pueden tolerar deshidratación a porcentajes de humedad cercanos a 5, lo que coincide con lo reportado por Magill *et al.* (1994), y contradice que las semillas de papayo han sido clasificadas como intermedias por tolerancia a la desecación y que muestran signos de estrés por desecación a contenidos de humedad menores a 8% (Ellis *et al.*, 1991).

Efecto de los promotores del crecimiento

El inicio de la emergencia de las plántulas se observó con la aparición del gancho del hipocótilo que ocurrió

stem neck until the longer root apex; leaves number and dry mass. Data were analyzed with the statistical program SAS (1987), through analysis of variance and the means comparison test of Tukey ($P \leq 0.05$).

Results and discussion

It was observed that 100% of sampled seeds showed embryo that gave possibility of every seeds generates one plantlet. On the other hand, moisture content was of 4.8%, when seeds were stored however, 80 to 100% of plantlets emergence was obtained, which shows that papayo plantlets can tolerate dehydration to moisture percentages close to 5, that agree with those reported by Magill *et al.* (1994), and contradict that papayo seeds have been classified as intermediate by tolerance to desiccation and shows stress signals by desiccation to moisture contents inferior to 8% (Ellis *et al.*, 1991).

Effect of growth promoters

The beginning of plantlets emergence was obtained with the appearance of hypocotyl hook that occurred from 14 days after sowing, later emerged cotyledon leaves. From day 14, plantlets emerged each day in a high number by obtaining the higher emergency at 23 days after sowing (figure 1). Results shows that the emergency of most of plantlets occurred in a period of 9 days that indicates the capacity of seeds to promote the embryo growth.

Emergency percentage of plantlets was significant affected ($P \leq 0.05$) by AG_3 and KNO_3 treatments applied to seeds at the sowing

a partir de los 14 días después de la siembra, posteriormente emergieron las hojas cotiledonares. A partir de los 14 días las plántulas fueron emergiendo en mayor número día a día obteniendo la mayor emergencia a los 23 días después de la siembra (figura 1). Los resultados permiten señalar que la emergencia de la mayoría de las plántulas ocurrió en un periodo de 9 días, lo que indica la capacidad de las semillas para promover el crecimiento de los embriones.

El porcentaje de emergencia de plántulas fue afectado significativamente ($P \leq 0,05$) por los tratamientos de AG_3 y KNO_3 aplicados a las semillas al momento de la siembra ya que con la aplicación de ambos productos se tuvo mayor emergencia de plántulas en comparación

moment, because with the application of both products a higher plantlets emergence was obtained in comparison to untreated seeds (figure 1, table 1), when applying 1.0 mM of AG_3 the higher percentage of plantlets emergence, which it was 20% higher than control (table 1). This suggest that seed desecación caused metabolic quiescence (11) in 20% of seeds, and application of 1.0 mM of gibberellic acid inhibit this state of seeds by eliminating the effect of lipoproteic substances that delays or inhibits germination (Lima *et al.*, 1985).

Results of this research agree with those reported by Nagao and Furatani (1986); Furatani and Nagao (1987) who observed that application of 600 mg.L⁻¹ of AG_3 and 1.0 M of

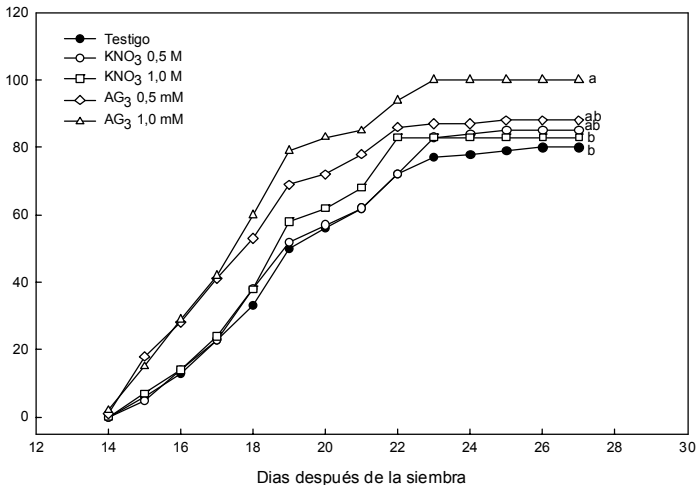


Figura 1. Emergencia de plántulas de papayo variedad 'Maradol' en cinco tratamientos de promotores de la germinación.

Figure 1. Emergence of papayo plantlets 'Maradol' variety in five treatments of germination promoters.

Cuadro 1. Porcentaje de emergencia y características de plántulas producidas por semillas de papayo tratadas con nitrato de potasio (KNO_3) y ácido giberélico (AG_3).

Table 1. Emergency percentage and characteristics of produced plantlets by papayo plantlets treated with potassium nitrate (KNO_3) and gibberellic (AG_3).

Tratamiento	Emergencia (%)	Altura (cm)	Hojas (Núm)	Masa seca (mg plántula ⁻¹)
Testigo	80,0 b	4,2 c	2,03 b	21,5 a
KNO_3 0,5 M	82,6 b	4,4 bc	2,06 ab	23,2 a
KNO_3 1,0 M	87,3 ab	4,4 bc	2,06 ab	23,3 a
AG_3 0,5 mM	88,0 ab	4,6 ab	2,13 ab	24,2 a
AG_3 1,0 mM	100,0 a	4,8 a	2,26 a	24,5 a
DMS	13,78	0,31	0,22	3,8
CV (%)	5,5	8,8	14,7	23,2

DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación. Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

con las semillas no tratadas (figura 1, cuadro 1), al aplicar 1,0 mM de AG_3 se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia de plántulas, que fue 20% más alto que el testigo (cuadro 1). Lo anterior sugiere que la desecación de la semilla causó quiescencia metabólica (Magill *et al.*, 1994) en 20% de las semillas, y la aplicación de 1,0 mM del ácido giberélico inhibió dicho estado de las semillas eliminando el efecto de las sustancias lipoproteicas que retardan o inhiben la germinación (Lima *et al.*, 1985).

Los resultados de esta investigación coinciden con lo señalado por Nagao y Furatani (1986); Furatani y Nagao (1987) quienes observaron que la aplicación de 600 mg.L⁻¹ de AG_3 y 1,0 M de KNO_3 mejoraron el porcentaje de emergencia; sin embargo, señalan que obtuvieron mayor porcen-

KNO_3 improved the emergence percentage; however, they detach that the high emergence percentage (87%) was obtained with the applying of 1.0 M of KNO_3 , whereas in this research the higher emergence percentage was obtained with the application of 1.0 mM of gibberellic acid.

Seeds treated with AG_3 originated plantlets of high height in comparison with those in where KNO_3 and distilled water ($P \leq 0.01$) was used; plantlets were 4 and 6 mm higher (table 1). Plantlets growing were normal in the five treatments; contrary to those reported by Nagao and Furatani (1986) who observed that application of gibberellic acid caused an excessive extend of plantlets stems.

Leaves quantity per plantlet was higher when seeds treated when seeds were treated with KNO_3 and

taje de emergencia (87%) con la aplicación de 1,0 M de KNO_3 , mientras que en esta investigación el mayor porcentaje de emergencia se obtuvo con la aplicación de 1,0 mM de ácido giberélico.

Las semillas tratadas con AG_3 originaron plántulas de mayor altura en comparación con aquellas donde se usó KNO_3 y agua destilada ($P \leq 0,01$), las plántulas fueron 4 y 6 mm más altas (cuadro 1). El crecimiento de las plántulas fue normal en los cinco tratamientos, a diferencia de lo reportado por Nagao y Furatani (1986) quienes observaron que la aplicación de ácido giberélico causó alargamiento excesivo de los tallos de las plántulas.

La cantidad de hojas por plántula fue mayor cuando las semillas fueron tratadas con KNO_3 y AG_3 que cuando se usó sólo agua destilada, lo anterior se debe a que los tratamientos aplicados promovieron el crecimiento de las plántulas.

El peso de la masa seca por plántula mostró que no hubo efecto significativo del tratamiento aplicado a las semillas por lo que no hubo diferencias estadísticas; no obstante, biológicamente la masa seca de las plántulas obtenidas de semillas tratadas con KNO_3 y AG_3 fue de mayor peso que cuando se aplicó sólo agua destilada (cuadro 1).

Sustratos

El tipo de sustrato no tuvo efecto en la emergencia de las plántulas; no obstante, la mayor emergencia (84,5%) se obtuvo en el sustrato preparado con fibra de coco/aserrín en proporción 7:3 (cuadro 2). Sin embargo, en las variables de crecimiento de las plántulas el efecto de los sustratos

AG_3 than distilled water was only used, because treatments applied promoted plantlets growth.

Dry mass weight per plantlet showed that there were not significant effect of treatment applied to seeds so, there were no statistical differences; nevertheless, biologically the dry mass of plantlets obtained from seeds treated with KNO_3 and AG_3 showed a high weight in comparison to the application of distilled water (table 1).

Substrates

Type of substrate had not effect on the plantlets emergence; however, the higher emergence (84.5%) was obtained in the substrate prepared with coconut fiber/sawdust in a 7:3 proportion (table 2). Nevertheless, in the variables of plantlets growth the effect of substrates was highly significant ($P \leq 0.01$), like height was greater when substrate was prepared by using vermicompost/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5) followed by plantlets that were growth on the substrate leaf sand/agrolita (7:3). Plantlets growth in these two substrates was greater than those cultivated on peat which is commercially used for the production of papaya plantlets. In contrast, plantlets of lower size were obtained when they were cultivated in coconut fiber/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5) and coconut fiber/sawdust (7:3) (table 2) in where plantlets showed general chlorosis (figure 2) caused by phenols released by coconut fiber.

Plantlets cultivated with leaves sand/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5) had longer roots; even though plantlets cultivated on peat had root growth similar to those of substrate

Cuadro 2. Porcentaje de emergencia y características de plántulas de papayo desarrolladas en once sustratos.**Table 2. Percentage of emergence and characteristics of papayo plantlets developed in eleven substrates.**

Sustrato ^z	Emergencia (%)	Altura (cm)	Longitud de raíz (cm)	Hojas (Núm)
Turba (Testigo)	74,5	5,6 ^{cd}	5,8 ^{ab}	7,2 ^{ab}
Vc/As/Ag (5:2,5:2,5)	71,0	7,1 ^a	4,7 ^{def}	7,3 ^a
Th/As/Ag (5:2,5:2,5)	75,5	6,4 ^b	6,0 ^a	5,9 ^d
Fc/AsAg (5:2,5:2,5)	76,5	4,9 ^e	4,9 ^{bcd}	4,7 ^f
Vc/Ag (7:3)	74,0	5,9 ^{bc}	4,1 ^{ef}	7,0 ^{abc}
Th/Ag (7:3)	81,0	7,0 ^a	5,7 ^{abc}	7,0 ^{abc}
Fc/Ag (7:3)	80,0	5,8 ^{bc}	4,6 ^{def}	5,3 ^e
Vc/As (7:3)	77,5	6,0 ^{bc}	4,2 ^{ef}	6,5 ^c
Th/As (7:3)	78,0	5,7 ^{bc}	4,5 ^{def}	5,4 ^{de}
Fc/As (7:3)	84,5	5,0 ^{de}	5,3 ^{abcd}	4,5 ^f
Vermicomposta	74,0	5,7 ^{bc}	3,8 ^f	6,6 ^{bc}
DMS	14,26	0,69	1,0	0,55
CV (%)	7,5	16,02	28,34	12,47

Vc: vermicomposta, As: aserrín, Ag: agrolita, Th: tierra de hoja, Fc: fibra de coco, z: Números entre paréntesis indican la proporción de sustratos (v/v), DMS: diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación. Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

fue altamente significativo ($P \leq 0,01$), así la altura fue mayor cuando el sustrato se preparó con vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5) seguido por las plántulas que crecieron en el sustrato tierra de hoja/agrolita (7:3). El crecimiento de las plántulas en estos dos sustratos fue mayor al de aquellas cultivadas en turba, la cual se utiliza comercialmente para la producción de plántulas de papayo. En contraste, las plántulas de menor tamaño se obtuvieron cuando fueron cultivadas en fibra de coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5) y fibra de coco/aserrín (7:3) (cuadro 2) en donde las plántulas presentaron clorosis ge-

previously reported. In contrast, plantlets had little roots when they growth on vermicompost, vermicompost/agrolita (7:3) and vermicompost/sawdust (7:3) (table 2).

Number of leaves developed in plantlets also was affected by the type of substrate, the quantity of leaves was greater when vermicompost/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5) was used, peat, vermicompost/agrolita (7:3) and leaf sand/agrolita (7:3); in contrast, when coconut fiber/sawdust (7:3) and coconut fiber/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5) were used, plantlets produced the little number of leaves (table 2).

neral (figura 2) a causa de los fenoles liberados por la fibra de coco.

Las plántulas cultivadas con tierra de hoja/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5) tuvieron raíces más largas; aunque las plántulas cultivadas en turba tuvieron crecimiento de raíz similar a las del sustrato señalado anteriormente. En contraste, las plántulas tuvieron raíces pequeñas cuando crecieron en vermicomposta, vermicomposta/agrolita (7:3) y vermicomposta/aserrín (7:3) (cuadro 2).

El número de hojas desarrolladas en las plántulas también fue afectado por el tipo de sustrato, la cantidad de hojas fue mayor cuando se usó vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5), turba, vermicomposta/agrolita (7:3) y tierra de hoja/agrolita (7:3); en contraste, cuando se usó fibra de coco/aserrín (7:3) y fibra de

Plantlets that produced more mass were growth in substrates of vermicompost/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5), vermicompost/agrolita (7:3), vermicompost, and peat; in contrast, plantlets developed in coconut fiber/sawdust/agrolita (5:2,5:2,5), leaves sand/sawdust (7:3) and in coconut fiber/agrolita (7:3) (figure 3), had lower dry mass content.

The best growth of plantlets in the substrates with vermicompost was due to this component gave a higher contribution of nitrogen and phosphorus for the plantlets growth (table 3); in a similar way Borges-Gómez *et al.* (2003) when studying the effect of 15 substrates in production of papaya plantlets observed that when using substrates having 25 to 100% of pig excreta, the higher plantlets and the total biomass were

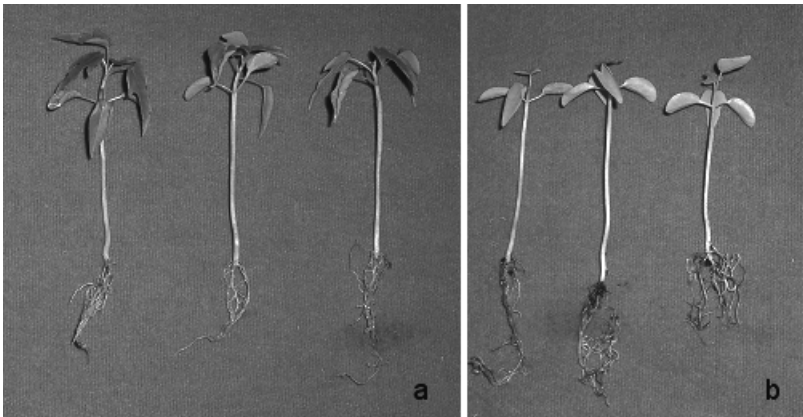


Figura 2. Plántulas de papayo desarrolladas en: a: Vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5); b: fibra de coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5).

Figure 2. Papayo plantlets developed in: a: Vermicompost/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5); b: fibra de coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5).

coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5) las plántulas produjeron el menor número de hojas (cuadro 2).

Las plántulas que produjeron más masa seca fueron las que crecieron en los sustratos de vermicomposta/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5), vermicomposta/agrolita (7:3), vermicomposta, y turba; en contraste, las plántulas desarrolladas en fibra de coco/aserrín/agrolita (5:2,5:2,5), tierra de hoja/aserrín (7:3) y en fibra de coco/agrolita (7:3) (figura 3), tuvieron menor contenido de masa seca.

El mejor crecimiento de las plántulas en los sustratos con vermicomposta fue porque este componente hizo mayor aporte de nitrógeno y fósforo para el crecimiento de las plántulas (cuadro 3); de manera similar Borges-Gómez *et al.* (2003) al estudiar el efecto de 15 sustratos en la producción de plántulas de papayo observaron que al usar los sustratos que contenían 25 a 100% de excreta de cerdo se tuvieron plántulas más altas y la biomasa total fue mayor. Resultados similares fueron obtenidos por Velasco *et al.* (2001) quienes estudiaron el efecto de la incorporación de vermicomposta y observaron que tuvo efecto positivo en la tasa de fotosíntesis, acumulación de materia seca y rendimiento de tomate de cáscara.

Sin embargo, los resultados de esta investigación contradicen lo observado por Meerow (1994) quien señala que la fibra de coco tiene características físicas, químicas y biológicas adecuadas para ser usado como medio de cultivo. De igual forma, contradicen lo reportado por García *et al.* (2001) quienes estudiaron cascarilla

obtainada. Similar results were obtained by Velasco *et al.* (2001) who studied the effect of vermicompost addition and they observed that it had a positive effect on photosynthesis rate, dry matter accumulation and yield of peel tomato.

Nevertheless, results of this research contradict those observed by Meerow (1994) who detach that coconut fiber have physical, chemical and biological characteristics appropriated for being used like cultivated medium. In the same way, contradict those reported by García *et al.* (2001) who studied rice husk, coconut fiber, pine three cortex, peat, and garden compost combined with inorganic materials and they found that there was high productivity and quality of plants of *Epipremnum aureum* and *Spathiphyllum wallisii* when using coconut fiber, peat and peat with agrolita.

The improvement on plantlets growth when adding vermicompost to the growth substrate, suggest that it can be used like biofertilizer which can be reduced with the use of chemical fertilizers (20); also it is consider that soil is improved because it contributes with organic matter and modifies physical and chemical properties (10).

Results obtained, likewise previous researches shows that the necessity of using in the substrates some component that gives nutriments for plants growth, besides of the adequate support.

Conclusions

Seed treatment with 1.0 mM of AG_3 produced high emergency

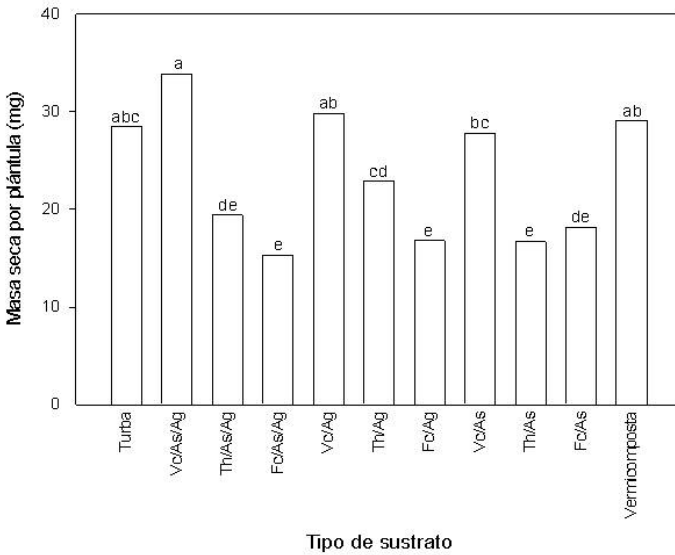


Figura 3. Peso de masa seca de plántulas desarrolladas en once sustratos. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). DMS=5,9; Vc: vermicomposta, As: aserrín, Ag: agrolita, Th: tierra de hoja, Fc: fibra de coco.

Figure 3. Peso de masa seca de plántulas desarrolladas en once sustratos. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). DMS=5,9; Vc: vermicomposta, As: aserrín, Ag: agrolita, Th: tierra de hoja, Fc: fibra de coco.

de arroz, fibra de coco, corteza de pino, turba, y composta de jardinería combinados con materiales inorgánicos y encontraron que se tuvo mayor productividad y calidad de plantas de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* al usar fibra de coco, turba y turba con agrolita.

La mejora en el crecimiento de las plántulas al adicionar vermicomposta al sustrato de crecimiento, sugiere que puede ser usada como biofertilizante con lo cual se puede reducir el uso de fertilizantes químicos (Velasco *et al.*, 2001); ade-

percentage of plantlets and a best growth. Growth of papayo plantlets was superior in substrates having vermicompost and the best substrate was vermicompost/sawdust/agrolita in a 5:2,5:2,5 proportion.

Acknowledgements

Authors want to express their gratitude to SEP-PROMEP (103.5/05/1901). PROMEP by the support through the Project of Consolidación del Cuerpo Académico Producción Agrícola UAEMOR-CA-74.

Cuadro 3. Características físicas y químicas de los sustratos usados para la producción de plántulas de papayo.

Table 3. Physical and chemical characteristics of substrates used for the papayo plantlets production.

Sustrato	R. H. (%)	P. T. (%)	pH	C. E (dSm ⁻¹)	C. I. C. (Cmol kg ⁻¹)	M. O. (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)
Turba (Testigo)	88,1	59	3,6	2,38	11,9	10,15	0,18	12,0	4 000
Vc/As/Ag (5:2,5:2,5) ^z	52,3	70	7,2	2,10	21,5	4,67	0,26	14,0	6 480
Th/As/Ag (5:2,5:2,5)	62,0	73	6,2	0,79	3,44	6,10	0,18	5,0	1 480
Fc/As/Ag (5:2,5:2,5)	81,0	74	6,3	1,7	18,9	8,28	0,09	12,8	4 710
Vc/Ag (7:3)	28,3	79	6,9	5,8	10,23	4,23	0,26	13,0	3 680
Th/Ag (7:3)	61,6	71	5,7	0,78	9,8	4,98	0,9	11,5	1 360
Fc/Ag (7:3)	71,3	45	5,8	1,30	24,76	8,22	0,08	8,2	4 420
Vc/As (7:3)	39,2	81	7,1	4,0	10,49	0,99	0,24	12,4	4 030
Th/As (7:3)	55,6	74	5,8	0,66	10,06	3,73	0,15	10,2	1 490
Fc/As (7:3)	66,9	76	5,9	1,50	21,67	10,28	0,09	9,7	6 220
Vermicomposta	49,6	82	6,9	4,70	15,56	4,23	0,55	13,3	3 950

R.H.: Retención de humedad; P.T.: Porosidad total; C. E. Conductividad eléctrica; C.I.C.: Capacidad de intercambio catiónico; M.O. Materia orgánica; N: Nitrógeno; P: Fósforo; K: Potasio; Vc: vermicomposta, As: aserrín, Ag: agrolita, Th: tierra de hoja, Fc: fibra de coco, z. Números entre paréntesis indican la proporción de sustratos (v/v).

más se considera que mejora el suelo ya que aporta materia orgánica y modifica las propiedades físicas y químicas (López-Moctezuma *et al.*, 2005).

Los resultados obtenidos, así como las investigaciones previas indican la necesidad de usar en los sustratos algún componente que aporte nutrimentos para el crecimiento de las plantas, además del soporte adecuado.

Conclusiones

El tratamiento de las semillas con 1,0 mM de AG₃ produjo mayor porcentaje de emergencia de plántulas y mejor crecimiento. El crecimiento de las plántulas de papayo fue mejor en los sustratos que contenían vermicomposta y el mejor sustrato fue vermicomposta/aserrín/agrolita en proporción 5:2,5:2,5.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del proyecto SEP-PROMEP (103.5/05/1901). PROMEP por el apoyo a través del proyecto de consolidación del Cuerpo Académico Producción Agrícola UAEMOR-CA-74.

Literatura citada

Ballester-Olmos, J.F. 1993. Sustratos para el cultivo de plantas ornamentales. Ministerio de Agricultura Pesca y alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. I.G. Saljen. Madrid. 44 p.

Borges-Gómez, I., M. Soria-Fregosa y N. Ruz-Febles. 2003. Contenido de macronutrimentos en sustratos de bagazo de henequén y excreta porcina y su efecto en el desarrollo

de plántulas de papaya. Revista Chapingo serie Horticultura 9: 291-304.

Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman. London. 309 p.

Ellis, R.H., T.D. Hong, y E.H. Roberts. 1991. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. Seed Science Research 1: 69-72.

Furatani, S.C. y M. A. Nagao. 1987. Influence of temperature, KNO₃, AG₃ and seed drying on emergence of papaya seedlings. Scientia Horticulturae 32: 67-72.

García, C.O., G.G. Alcántar, R.I. Cabrera, F. Gavi R. y V. Volke H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallissi* cultivadas en maceta. Terra latinoamericana 19:249-258.

González-Chávez, M.C., R. Ferrera-Cerrato, A. Villegas-Monter y J.L. Oropeza. 2000. Selección de sustratos de crecimiento en microplántulas de cítricos inoculadas con *Glomus* sp. Zac-19. Terra latinoamericana 18:369-377.

Hernández, G.J. 1995. Producción de plantas de papaya en el vivero del Centro de desarrollo Frutícola de Tomatlán, Jalisco. Gobierno del estado de Jalisco. Reunión Técnica sobre el Cultivo del papayo Maradol en la Costa. Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección de Fomento Agropecuario y Frutícola. Dirección de Fruticultura. 31 de agosto a 2 de septiembre. Guadalajara, Jalisco. pp: 21-25.

Lima, D.S., D. I. Lima, G. R. Velenzuela y P. Macias. 1985. Estudio de la viabilidad de la semilla de *Carica papaya* L. (variedad Maradol Roja). Centro Agrícola 12: 119-130.

López-Moctezuma, H., R. Ferrera-Cerrato, J. Farias-Larios, S. Aguillar-Espinosa, Ma. del R. F. Bello, J.G. López-Aguirre. 2005. Micorriza arbuscular, bacillus y sustrato enriquecido con

vermicomposta en el desarrollo de plantas de papayo. *Terra latinoamericana* 23:523-531.

Magill, W., N. Deighton, H.W. Pritchard, E.E. Benson y B.A. Goodman. 1994. Physiological and biochemical studies of seed storage parameters in *Carica papaya*. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 102B: 439-442.

Mandujano, B.R.A. 1998. El papayo y su producción en México. In: XI Curso Internacional de Actualización; Fruticultura Avanzada; Cultivo, Manejo y Exportación. Ixtapan de la Sal, México: Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX, S.C. pp: 86-106.

Meerow, A.W. 1994. Growth of two subtropical ornamentals using coir (coconut mesocarp pith) as a peat substitute. *HortScience* 29: 1484-1486.

Nagao, M.A., S.C. Furatani. 1986. Improving germination of papaya seed by density separation, potassium nitrate, and gibberellic acid. *HortScience* 21: 1439-1440.

Navarrete, R.J.A. 1996. Producción del papayo (*Carica papaya* L.) variedad Maradol en Yucatán. Instituto Tecnológico Agropecuario No.2. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. Dirección General

de Educación Tecnológica Agropecuaria. Merida, Yucatán. México. 18 p.

Salvador-Figueroa, M., M. de L. Adriano-Anaya, C. Becerra-Ortiz. 2005. Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya var. Maradol. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11:27-30.

SAS Institute Inc. 1987. SAS user's guide. Statistics. SAS Inst., Inc., Cary, N.C. USA. 956 p.

Singh, R. M., J.D. Singh. 1981. Effect of methods and duration of storage on seed germination and seedling vigour in papaya (*Carica papaya* L.). *Seed Research* 9: 67-72.

Sistema Agropecuario de Consulta. 2006. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>

Velasco, V.J., R. Ferrera-Cerrato, J.J. Almaraz S. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra latinoamericana* 19: 241-248

Wood, C. B., H. W. Pritchard, D. Amritphale. 2000. Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. *Seed Science Research* 10: 135-145.