



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



MÁSTER INTERUNIVERSITARIO OFICIAL EN MEJORA GENÉTICA VEGETAL

Universidad Politécnica de Valencia

Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV)

Universidad Politécnica de Madrid

Universidad Politécnica de Cataluña

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE ESPECIES E HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS RELACIONADOS CON LA BERNEJENA (*Solanum melongena* L.) COMO PORTAINJERTOS DE BERNEJENA

Tesis para la obtención del título de Master presentada por:

Sandra María Álvarez Hoyo

Dr. Carmina Gisbert Domenech

Tutora y Directora de Tesis

Dr. Jaime Prohens Tomás

Co-Director de Tesis

Valencia, Marzo de 2010



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Conservación y Mejora
de la Agrodiversidad Valenciana

Dra. Carmina Gisbert Domenech y Dr. Jaime Prohens Tomás,
profesores del Máster Oficial Interuniversitario en Mejora Genética
Vegetal en calidad de directores de Trabajo Fin de Máster por la presente,

RECONOCEN:

Que el Trabajo Fin de Máster realizado por la alumna: Sandra María Álvarez Hoyo, con el título Evaluación del comportamiento agronómico de especies e híbridos interespecíficos relacionados con la bernejena (*Solanum melongena L.*) como portainjertos de berenjena, y dirigido por Carmina Gisbert Domenech y Jaime Prohens Tomás reúne las condiciones necesarias para completar la formación del alumno y por tanto

AUTORIZAN:

La presentación del citado Trabajo Final de Máster para su defensa ante el correspondiente Tribunal.

Y para que conste a los efectos oportunos así lo firma,

Dr. Carmina Gisbert Domenech
Máster Oficial Interuniversitario
en Mejora Genética Vegetal

Dr. Jaime Prohens Tomás
Máster Oficial Interuniversitario
en Mejora Genética Vegetal

Valencia, a 4 de Marzo de 2010

Agradecimientos

A **Mi Padre Dios**, por ser la chispa interna que da luz a mi vida y dejarme disfrutar de cada milagro cotidiano que se presenta cada día. A este pueblo Español por el regalo de la religión que nos han dejado tras la conquista, por la cual, hoy por hoy puedo reafirmar mi fé. Gracias Padre Bueno!!!.

A mi Familia: **Arturo Álvarez Ramos**, por enseñarme a ser el sembrador incansable que trabaja cada día de su vida por alcanzar sus anhelos y por mostrarme como levantarme cada vez que tropiezo para poder aprender de mis errores. Por dejarme seguir mi camino y llenarme de esta experiencia inolvidable, a pesar de tu desasosiego. Gracias Papi por ser EL SEMBRADOR de mi vida; **Ma. Teresa Hoyo Lugo**, por enseñarme a ser tenaz en cada etapa o proyecto que he decidido realizar y mostrarme como amar el estudio para ser alguien en la vida. Por darme tu apoyo en todos los aspectos y la confianza depositada en mí, para ser la persona que soy hoy. Por estar siempre del otro lado del ordenador y estar siempre a mi lado durante esta travesía. Gracias Nena por ponerle LA QUIMICA a mi vida; **Ma. Teresa Álvarez Hoyo**, por enseñarme por medio de la superación personal a tener una perspectiva diferente de la vida y que esta es 100% actitud. Gracias por cambiar mi vida y poder crecer junto a ti, por animarme a seguir adelante aunque el camino fuera difícil. Gracias Tere por ser LA ARQUITECTA de mi personalidad interior; **Corina Álvarez Hoyo**, por enseñarme la nobleza que existe en el interior de cada persona y mostrarme el camino para poder ser una persona confiable y desprendida de las cosas materiales y aconsejarme para poder ser una mejor persona cada día, por estar del otro lado del ordenador y apretarme las tuercas en esos días de tristeza y desesperación, por apoyarme en todo momento, sin ti no habría sido posible llegar al final de esta travesía. Gracias por ser la CONTADORA de mis buenas amistades y logros; **Emilio y Andrea** por ser el motor de la familia Álvarez Hoyo y llenar la casa de alegría, ternura e inocencia, los amo mis preciosos!!!

A mi tutora y directora de tesis **Carmina Gisbert**, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo, por la confianza depositada en mí y por dejar que lo mejor de este ser humano aflorara. Gracias!!!!

Al Co-director de tesis **Jaime Prohens**, por su colaboración y ayuda incondicional en este proyecto.

A **Nuri**, por toda su ayuda en la realización de este trabajo, por todos sus enseñanzas, por recordarme el ser más organizada y ordenada. Por hacer realidad algunos de mis sueños (Iker y SPA), y por ser mi amiga en todo momento. Gracias!!!

A mis mejores amigos (mis niños): **Juan Pablito**, por tu amistad incondicional, por darme la oportunidad de conocerte y por aceptarme tal y como soy, por todo su apoyo tanto dentro como fuera del máster, por enseñarme a viajar, por compartir la comida conmigo todos los días, por ser mi familia aquí en España y por todas esas horas invertidas en mi personas al escucharme; **Kike**, por todas esas horas de estudio que me has dedicado para poder sacar las materias y por abrirme las puertas de tu casa en Almería; **Carlitos** (mi niño futbolero, como dice el anuncio de cerveza sol en México, la pasión del fútbol nos une, jaja), por compartir tu cultura conmigo y dejarme compartir mi cultura, por la música, por la cena en el mexicano "El Coyote (inolvidable), por abrirme las puertas de tu hogar, por tu sencillez, por tu sonrisa que no necesita cosquillas (arrolladora) y por lo libre y genial que eres!!. Gracias mis niños los quiero!!!!

A todos y cada uno de **mis maestros del master**, por la transferencia de conocimientos a mi persona, aunque a veces no lo valoremos como alumnos. Y en especial aquellos que en lo particular han dejado una huella en mi corazón: **Paco Vázquez**, por sus clases tan divertidas, enseñanzas compartidas y por el interés mostrado en lo personal con sus alumnos; **Santi Vilanova**, por su sencillez, por la forma tan amena de dar sus clases y por facilitar el aprendizaje a sus alumnos; **Carmelo**, por sus clases tan interesantes, por la tranquilidad y serenidad al explicarme cuando no entendía y corregirme cuando fue necesario; **Belén**, por la oportunidad de tomar la materia de Genética y por valorar mi esfuerzo; **Miguel Leyva**, por la clase de Genética y por no hacer diferencia en ningún momento; **Adrián**, por la oportunidad brindada en Pilar de la Horadada (una experiencia inolvidable); **Ana Pérez**, por

la oportunidad que me dio cuando más lo necesite, aunque a veces uno no se da cuenta hasta pasado el tiempo y a **Fernando Nuez**, por darse el tiempo para explicarme cuantas veces fuera necesario, cuando no entendía, Gracias a todos!!!!

A mis compañeros de master (los monotitis), gracias!!! por su apoyo y sus palabras de aliento cuando lo necesite y siempre estar ahí extendiendo la mano para que no me quedara atrás.

A **Julio y Mariola**, por ayudarme y enseñarme algunos de los protocolos para este trabajo, por la información que me proporcionaron y por su amistad. Gracias!!!

A mis mejores amigas (mis pequeñas niñas): **Susy**, por recibirme en tu casa durante dos meses sin conocerme y ayudarme en todo momento durante el tiempo que estuve aquí en España; **Tere Salazar**, por abrirme las puertas de tu casa y dejarme compartir tu otro mundo aquí en España y por reafirmar mi amistad con tu hermano Alberto y la amistad incondicional que me has brindado; **Marta Ruíz**, por su amistad desinteresada, por esos apuntes tan organizados que me proporcionó para poder pasar las materias y el letrado tan tierno (Sandrilla, tu puedes, suerte!!!), y por ayudarme abrir nuevas puertas (doctorado). Gracias por todo niñas!!!

Al **programa vive y convive** por la oportunidad que me ha dado de conocer y tener a mi **Yayita Española Araceli** (gracias yayita por darme un hogar) y por todos los beneficios del programa.

A todas esas personas que han sido parte importante de esta experiencia: **Estela, Montse, Inma, Carles, Patri, Olga y Caro**.

A **Rubén e Eugenia**, por su ayuda en la recopilación de los datos de este trabajo, cuando lo necesite y por el día a día en el laboratorio. Gracias!!!

A mis profesores de la carrera de agrónomos (ICA-UG): **Dr. Anatoly** y **Dr. Eduardo Salazar**, por apostar por mí y proporcionarme la información necesaria para la realización de este Master. Gracias!!!

A la maestra **Tony Blancas** y al **Arq. Juvenal Fernández**, por su ayuda tanto moral como económica para estudiar el master aquí en España.

A la Fundación Mexicana para la Educación, la Tecnología y la Ciencia (**FUNED**), por concederme la beca a crédito para la realización del Master. Gracias!!

Porque soy el reflejo de cada una de las personas que me rodean y mi mejor tesoro es tu amistad. Gracias por ser parte de esta hermosa experiencia y sueño cumplido. Que Dios te bendiga!!!

Con todo mi cariño, Sand

Índice	
Resumen	1
Summary	2
1.1 Introducción	3
El cultivo de la berenjena	4
Importancia económica	5
Origen y diversificación	7
Taxonomía y especies relacionadas	9
Principales limitaciones que afectan al cultivo de la berenjena (Estrés biótico y abiótico)	11
1.2. El Injerto	14
Historia del injerto	14
La tecnología del injerto y sus aplicaciones	15
Métodos de injerto	16
Unión del injerto y factores que influyen	19
Incompatibilidad	20
Interacción Patrón-Variedad	22
2. Objetivos	25
3. Material y Métodos	27
3.1 Establecimiento de la metodología de injerto en nuestros materiales y estudio de la compatibilidad	28
Material vegetal	28
Germinación	29
In vitro	29
En sustrato	29
Injerto	30
Estudios de compatibilidad-incompatibilidad	32
3.2. Evaluación agronómica	33
Estimación de la concentración de nematodos en la parcela	33
Injerto, transplante y Condiciones de cultivo	33
Crecimiento y Desarrollo de las plantas injertadas	35
Características morfológicas	36
Extracción de plantas y análisis visual de la formación de agallas	36
Fructificación, rendimiento y calidad de los frutos	37
Evaluación de la calidad de los frutos	38
Calidad externa	38
Calidad interna	40
3.3. Tratamiento estadístico	42
4. Resultados y discusión	43
4.1. Establecimiento de la metodología de injerto en nuestros materiales y estudio de la compatibilidad portainjerto-copa	44
Germinación	44
Injerto (Prendimiento)	45
Compatibilidad-incompatibilidad	45
4.2. Evaluación agronómica	47
Crecimiento y desarrollo de las plantas injertas	48
Fructificación y rendimiento y calidad de los frutos	50
Fructificación	50
Rendimiento	52
Calidad de los frutos	53
Calidad externa	53
Calidad interna	55
5. Conclusión	57
6. Bibliografía	60

Resumen

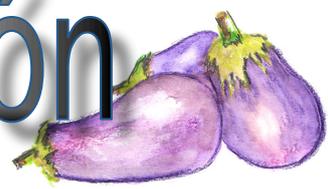
En el presente trabajo, se han evaluado como posibles portainjertos de berenjena, dos híbridos interespecíficos: *Solanum incanum* x *Solanum melongena* (MM-557 x ANS-26) y *Solanum aethiopicum* x *S. melongena* (G05E470273 x P413783), y la accesión BBS 168 de *Solanum macrocarpon*, como posibles portainjertos de berenjena. Para ello se utilizó como copa el cultivar de berenjena Black Beauty y como controles: plantas sin injertar; injertadas sobre sí mismas e injertadas sobre *Solanum torvum*. Este último se utiliza frecuentemente como portainjerto de berenjena. Para conseguir este objetivo se abordaron dos subobjetivos: 1) el establecimiento de la metodología del injerto en nuestros materiales y el estudio de la compatibilidad y 2) una evaluación agronómica.

Los porcentajes de prendimiento fueron altos en todas las combinaciones ensayadas y no se observaron problemas de compatibilidad. La caracterización agronómica se realizó en una parcela al aire libre infestada con nematodos observándose un buen comportamiento de las plantas injertadas en *S. torvum* (92% supervivencia) y en los dos híbridos interespecíficos (100% supervivencia) y porcentajes menores en el caso de las plantas de berenjena sin injertar, injertadas sobre sí mismas o las injertadas en *S. macrocarpon* que resultaron las más sensibles (62% de supervivencia). Las plantas injertadas en el híbrido *S. incanum* x *S. melongena* resultaron más vigorosas y se obtuvo un mayor rendimiento que en el resto de combinaciones. Estas plantas y las injertadas en el híbrido interespecífico *S. aethiopicum* x *S. melongena* mostraron precocidad. Las características de calidad externa e interna de los frutos no se modificaron apreciablemente como consecuencia del injerto en ninguno de los portainjertos utilizados, a excepción de la accesión BBS 168 de *S. macrocarpon*. Con los resultados obtenidos podemos considerar que esta accesión no es adecuada para utilizar como portainjerto de berenjena en estas condiciones de estudio pero sí lo son los dos híbridos interespecíficos ensayados, que presentan la ventaja adicional respecto a *S. torvum*, de mostrar una alta capacidad germinativa.

Summary

Two interspecific hybrids *S. incanum* x *S. melongena* (MM-557 x ANS-26) and *S. aethiopicum* x *S. melongena* (G05E470273 x P413783) and the accession BBS 168 of *Solanum macrocarpon* have been evaluated as eggplant rootstocks. Eggplant cultivar Black Beauty was used as scion. As controls ungrafted, selfgrafted and plants grafted onto *S. torvum*, a common eggplant rootstock have been added. In a first approach graft success and compatibility were tested. Then, an agronomical evaluation was performed in a natural root knot nematode infested soil. Graft success and compatibility were high in all combinations. Survival rates were higher in both interspecific hybrids (100%) than in the rest of treatments, with lower rates in plants grafted onto *S. macrocarpon* BBS 168 (62%). In particular, the *S. incanum* x *S. melongena* hybrid conferred the highest vigour to the scion, which resulted in the highest yield. Earliness was observed in these plants and also in those grafted onto *S. aethiopicum* x *S. melongena* hybrids. Few relevant effects were observed among treatments for apparent and nutritional fruit quality traits, except for fruits grafted onto *S. macrocarpon* rootstock. In conclusion grafting eggplant onto *S. macrocarpon* BBS 168 is not convenient in this grow conditions. However both interspecific hybrids showed similar or better agronomic behaviour than *S. torvum*. These hybrids had also the advantage to present have high germination ability contrarily to what occurred with *S. torvum*.

1. Introducción



INTRODUCCIÓN

1.1 EL CULTIVO DE LA BERENJENA

La berenjena pertenece a la familia de las Solanáceas (*Solanaceae*), la cual, está formada por cerca de 90 géneros que engloban unas 2300 especies (Sekara et al., 2007) de amplia distribución por todo el mundo. La berenjena es conocida en el mundo con diferentes nombres, en el caso de Francia e Inglaterra se la conoce como *aubergine*, en la India como *brinjal* y en Estados Unidos como *eggplant*. El nombre científico, de la berenjena es *Solanum melongena* L., el epíteto *melongena* significa “portador de manzana” (Gledhill, 1989) haciendo referencia a la morfología de algunos tipos. Es una planta pluriannual cultivada como anual, pero en climas favorables, puede rebrotar y mantener en cultivo por más de un año. Su sistema radicular es fuerte, con tallo de crecimiento indeterminado rígido y erecto. Las hojas son alternas, grandes, enteras, con márgenes ligeramente lobulados, recubiertas en el envés de vellosidades de color grisáceo que con frecuencia recubre todas las partes de la planta, también es frecuente la presencia de espinas en las nervaduras de la hoja (Fig.1).



Fig. 1. Detalle planta berenjena .

Las flores son de color blanco o violeta según la variedad, aparecen de forma solitaria, aunque en algunas variedades aparecen en grupos de 2-5 flores, formando cimbras. Es un autógama facultativa, dependiendo de las condiciones ambientales y la presencia de insectos y la tasa de alogamia puede ir desde 0 a 70% (en clima cálido y presencia de polinizadores). Se trata de una especie diploide, con un número cromosómico de $2n=24$ y un tamaño de genoma aproximado de 956 Mbp (Frary et al., 2007). El fruto es una baya

INTRODUCCIÓN

carnosa de forma variable (redonda, alargada, aperada) y colores muy diversos (blanco, morado, verde, violeta, negro, jaspeado), es decir, existen multitud de formas cultivadas que difieren tanto en características de la planta como del fruto. La berenjena se cultiva tanto al aire libre como en invernadero (Aciarri, 2002), este último es una práctica frecuente (Baixauli, 2001). El material utilizado en cultivo al aire libre básicamente son variedades no híbridas, mientras que en invernadero son híbridos F_1 , los cuales han sido desarrollados especialmente para estas condiciones. Sin embargo, durante los últimos años, existe la tendencia a utilizar también híbridos F_1 para el cultivo al aire libre, debido a su mayor uniformidad y rendimiento en comparación a las variedades no híbridas.

A lo largo de la historia la berenjena ha tenido diversos usos (alimento, medicina, ornamental entre otros usos). Hoy en día, su principal uso es como alimento. Su elevado contenido de agua equivale a un bajo contenido calórico. Sin embargo, el uso medicinal sigue siendo importante en algunos países como Nigeria o Guinea. La berenjena contiene cantidades apreciables de vitamina A, ácido ascórbico, niacina, riboflavina y tiamina, además de algunos minerales como calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio (Savvas y Lenz, 1996; Lorenz y Maynard, 1998). El aspecto más destacable en la composición de la berenjena es el alto contenido en compuestos fenólicos (Hanson et al., 2006). Dentro de las especies hortícolas, la berenjena es una de las más ricas en estos compuestos, lo cual le confiere un alto poder antioxidante (Cao et al., 1996; Stommel y Whitaker, 2003; Prohens et al., 2007).

Importancia económica

La berenjena se cultiva tanto en regiones tropicales como subtropicales en todo el mundo, especialmente en Asia, países del mediterráneo y algunos países de África. La producción mundial, en este cultivo se ha incrementado en los últimos años, con una producción de 20.6 mill de ton a 32.1 mill de ton desde 1997 a 2007 respectivamente (FAO, 2007; 2008). A nivel mundial los principales productores son: China (18,02 mill de ton) e India (8.45 mill de ton),

INTRODUCCIÓN

los cuales juntos obtiene más del 80% de la producción mundial, le siguen, aunque a mucha distancia Egipto (1,24 mill de ton), Turquía (0.813 mill de ton), Italia (0,321 mill de ton) y España (0,175 mill de ton). En América no es un cultivo de gran importancia aunque destacan las producciones de Estados Unidos (0,075 mill de ton) y México (0,056 mill de ton). El rendimiento promedio mundial de berenjena es de 27,75 ton/ha, aunque existen una gran variación entre países (Tabla 1).

Tabla. 1. Datos económicos de la producción y rendimientos de berenjena. Fuente: FAO, 2008.

País	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
China	18,276,154 (1)	17,38
India	8,450,200 (2)	16,47
Egipto	1,242,665 (3)	10,79
Turquía	813,686 (4)	26,24
Indonesia	389,534 (5)	8,51
Iraq	380,000 (6)	20,26
Japón	371,800 (7)	34,42
Italia	321,795 (8)	29,62
España	175,000 (11)	50,00
Grecia	85,300 (18)	29,41
Estados Unidos	75,000 (21)	34,09
México	56,329 (25)	44,07
Países Bajos	40,000 (30)	400,00
Marruecos	34,805 (32)	19,94
Francia	12,860 (39)	30,83

()= Posición del país en la producción a nivel mundial

Cabe destacar que en Holanda y Bélgica obtienen rendimientos muy superiores a otros países de hasta 400 y 333 ton/ha respectivamente, con un valor de 14 veces mayor al de la media mundial.

En los países del Norte de Europa la producción está principalmente destinada al consumo interno, al igual que en Turquía, mientras que en Italia (Sicilia) y España (Almería), se exportan en los últimos años, un gran porcentaje de la producción al Norte de Europa. Aunque debido al aumento en los costos de producción en estas zonas, se ha observado un desplazamiento del cultivo hacia Marruecos.

INTRODUCCIÓN

España es un centro de diversidad secundario para este cultivo (Prohens et., 2005b) existiendo una gran diversidad de tipos locales de berenjena entre los que se pueden destacar la berenjena listada de Gandía, original de la Comunidad Valenciana, y la berenjena de Almagro de Ciudad Real. También destacan otros tipos como: Larga morada. Larga negra, Redonda morada, Bombilla, Murciana, Mallorquina, Larga Barbentane, entre otras (Prohens y Nuez, 2001).

Origen y Diversificación

La berenjena (*S. melongena*) es una de las pocas especies de la familia de las Solanáceas que no es originaria de América, su origen cabe situarlo en África tropical donde aún se encuentran especies silvestres relacionadas y en Oriente Medio (Lester y Hasan, 1991). Estudios de variación a nivel morfológico y molecular indican que la berenjena fue probablemente domesticada en la región Indo-Birmana a partir de la especie silvestre *S. incanum*, la cual guarda muchas similitudes morfológicas con *S. melongena*. Karihaloo y Gottlieb en 1995, encontraron entre ambas especie una identidad genética ($I=0,963$). Estos mismos autores indican que valores tan altos generalmente se obtienen entre poblaciones de una forma domesticada y su ancestro silvestre, lo que apoya la hipótesis de *S. incanum* como progenitor de *S. melongena*. Los primeros registros del uso de la berenjena se encuentran en textos fechados 300 años antes de Cristo, en los cuales se menciona a la planta con diversas palabras, que sugieren su amplia popularidad como alimento y medicina ('shakareshta' que quiere decir excelente vegetal; 'rajakushmand' es melón real; 'niphala' es fruto azul; 'kantalu' y 'kantapatrika' se refiere al carácter espinoso y 'nidralu' a las propiedades narcóticas de algunas de las partes de la planta (Nadkarni, 1927). Además el diccionario 'Shabdakalpadrumah' cita 33 nombres distintos en sánscrito para la berenjena (Khan, 1979), estas variedades muestran la variabilidad de tipos y formas presentes en la India, y sugiere la presencia de formas cultivadas en esta región desde hace mucho tiempo. Mientras que China (Fig.2A) adoptó la berenjena muy tempranamente como cultivo, muestra de ello se puede encontrar en tratados botánicos y agrícolas como el Atlas de

INTRODUCCIÓN

Plantas del Sur de China, el Quimi Yiaoshu, un manual práctico de agricultura de los tiempos de las Dinastías Norte y Sur (420-581 dc), y en el Ts'í Min Yao Shu, un trabajo sobre agricultura del siglo V DC. (Hendrick, 1919). En Japón la referencia que se tiene del cultivo es desde el siglo VIII DC. Se cree que posiblemente la berenjena podría haber llegado a este país durante la Dinastía Sung (Allard, 1996). Sin embargo, se tiene constancia de la existencia de variedades locales en Japón la época Edo (1615-1867), de las cuales todavía se cultivan a pequeña escala (Fig. 2B).

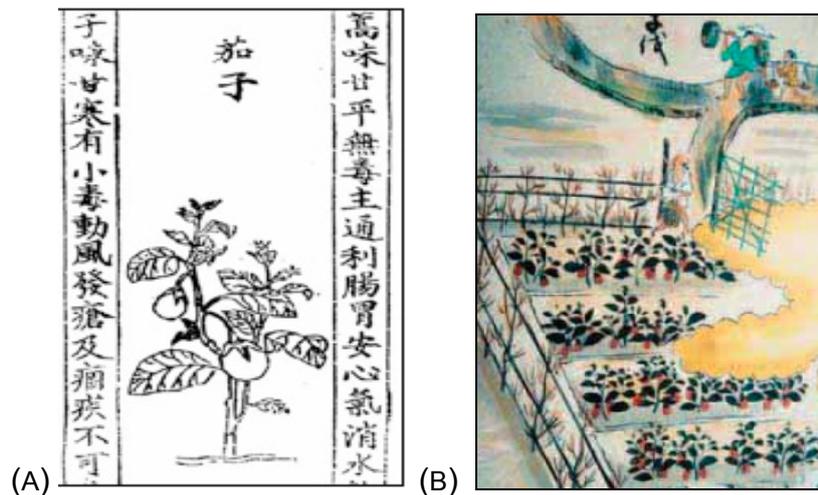


Fig. 2. (A) Berenjena china, con las frutas globulares y posiblemente blancas (1330). Fuente: Buell y Anderson, 2000. (B) Campo japonés de berenjena con gente que cosecha las frutas oscuras globosas (principio del siglo XVIII). Fuente: Doi, 1991.

Hacia el año 1200 ya se cultivaba en Egipto, desde donde fue introducida en la Edad Media a través de la Península Ibérica y Turquía, para posteriormente extenderse por el Mediterráneo, la llegada de la berenjena a la cuenca se produciría con la conquista musulmana de estas tierras (Daunay, 2008). En Italia, las primeras referencias son a finales del siglo XIV; en Francia, las primeras citas del cultivo fueron en el siglo XVII en la región de Provenza (Daunay, 1996a).

Los españoles la introdujeron en América. Según el cronista Bernabé Cobo (1964a y 1964b) era una hortaliza habitual en el reino de Perú. También cita que a pesar de lo bien que se da la berenjena en el reino “no se tiene de ella la estima que en España”.

INTRODUCCIÓN

Taxonomía y especies relacionadas

La berenjena pertenece a las angiospermas y se ubica dentro de los siguientes taxones (Nuez et al., 2002).

Clase: *Magnoliopsida*

Subgénero: *Leptostemonum*

Subclase: *Lamiidae*

Sección: *Melongena*

Superorden: *Solananae*

Serie: *Incaniformia*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Tribu: *Solaneae*

Especie: *Solanum melongena* L.

Género: *Solanum*

La taxonomía de la berenjena y sus especies relacionadas es muy compleja y confusa. La existencia de una sucesión continua de formas hace que los límites entre taxones muchas veces no sean claros. A este respecto, la berenjena está emparentada con un grupo de especies silvestres y formas asilvestradas de África y Asia, así como de dos especies cultivadas de África Occidental *S. aethiopicum* L. (Fig. 3) y *S. macrocarpon* L. (Fig. 4)



Fig. 3. Fruto de *S. aethiopicum* tipo Gilo (izquierda), Kumba (centro) y Shum (derecha).

INTRODUCCIÓN



Fig. 4.. Fruto de *S. macrocarpon*

Sakata y Lester (1997) construyeron un árbol UPGMA basado en patrones de digestión de ADN de cloroplastos que indica que la especie más estrechamente emparentada con *S. melongena* es *S. incanum* (Fig. 5). Así mismo, se han encontrado altos valores de identidad genética entre ambas especies (Karihaloo y Gottlieb, 1995; Singh et al., 2006). *Solanum incanum* es una especie que se distribuye por el este de África y Oriente Medio.

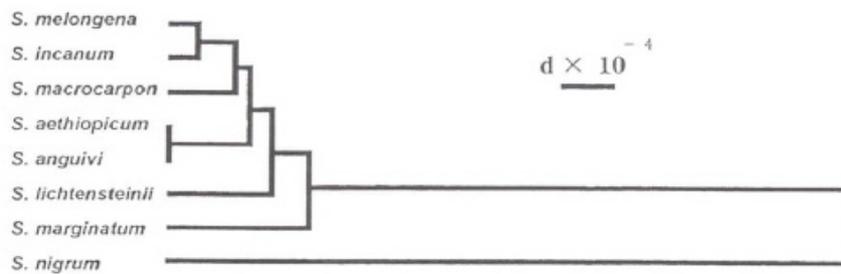


Fig. 5.. Árbol UPGMA de especies del género *Solanum*, basado en patrones de digestión de ADN de cloroplastos utilizando la distancia de mapa de Nei y Li. Fuente: Sakata y Lester, 1997.

S. melongena y *S. incanum* conforman el complejo berenjena y constituyen el germoplasma primario ya que pueden cruzarse con especies relacionadas. El cruce de ambas da como resultado híbridos fértiles. Este complejo se encuentra dividido en 8 grupos, en base a diferencias morfológicas y moleculares. Se identifican por una letra mayúscula, que corresponde a formas distintas (Lester y Hassan, 1991; Daunay, et al., 1997). La especie *S. incanum* incluye, en sentido amplio, a los grupos A, B, C, D. Mientras que todas las formas de *S. melongena* se encuentran recogidas dentro de los grupos E, F, G y H (Fig. 6).

INTRODUCCIÓN

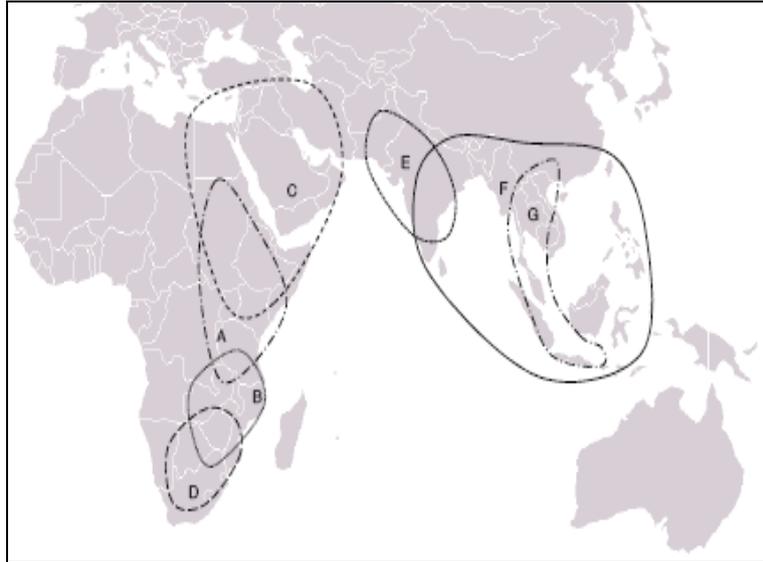


Fig. 6. Distribución de las formas del " complejo berenjena ". El grupo H corresponde a las variedades modernas de berenjena con distribución mundial. Fuente: Daunay et al., 1997.

Principales estreses de tipo biótico y abiótico que limitan el cultivo de la berenjena

A diferencia de otros cultivos hortícolas como el caso de tomate o pimiento la resistencia a enfermedades no es un aspecto clave en la oferta varietal de berenjena como puede observarse en los catálogos comerciales donde no se hace referencia a resistencia a enfermedades (Marín, 2007). No obstante, la berenjena se ve afectada por diferentes enfermedades como la verticilosis producida por *Verticillium dahliae* (Fig. 7) la cual produce un marchitamiento y reduce apreciablemente el rendimiento (Bletsos et al. 2003; Sunseri et al. 2003). La lucha contra la verticilosis es difícil debido a que la resistencia encontrada dentro del germoplasma de berenjena disponible hasta la fecha ha sido parcial (Robinson et al. 2001; Bletsos et al. 2003; Daunay et al. 2008). Un método de control efectivo contra el *Verticillium* es el injerto sobre patrones tolerantes como *Solanum torvum*, esto es una práctica comúnmente usada en países de Asia especialmente en Japón (Sakata et al. 1991; Yoshida et al. 2004).

INTRODUCCIÓN



Fig. 7. Verticilosis en berenjena. Fuente: Miguel et al., 2007

En los países de clima tropical la principal enfermedad que afecta al cultivo de la berenjena es la marchitez bacteriana producida por *Ralstonia solanacearum*, que llega a causar pérdidas de entre 50 a 100% de la producción (Collonnier et al. 2001b). Se han encontrado fuentes de resistencia (monogénicas) en varios materiales de berenjena (Chaudhary, 2000). Igualmente, se han identificado resistencias a esta enfermedad en especies relacionadas con la berenjena como *S. torvum* (Gousset et al. 2005), *S. aethiopicum* (Collonnier et al. 2001b) y *S. sisymbriifolium*. Otra enfermedad de importancia sobre todo en Japón, es la marchitez producida por el hongo *Fusarium oxysporum*. En Europa esta enfermedad también afecta a cultivos tanto en invernadero como al aire libre (Urrutia Herrada et al. 2004; Altinok, 2005). Se han encontrado variedades con varios niveles de resistencia, aunque ninguna de ellas con resistencia completa (Yamakawa y Mochizuki, 1979). Dentro de las especies relacionadas con la berenjena donde se ha encontrado resistencia a *F. oxysporum* en: *S. integrifolium*, *S. indicum*, *S. incanum*, *S. torvum*, *S. sisymbriifolium*, *S. aethiopicum* y *S. macrocarpon* (Daunay et al. 2008). En invernadero o bajo condiciones de alta humedad, otro problema fúngico, es la pudrición del fruto por *Botrytis*. Las variedades más sensibles son aquellas en que la corola de la flor no se desprende después del cuajado, lo cual, favorece la acumulación de humedad en la zona de unión con el fruto. En la mayoría de las variedades modernas se desprende pronto la corola después del cuajado (Prohens et al. 2005a).

INTRODUCCIÓN

Varios virus transmitidos por insectos (CMV, AMV, PVY, TSWV, EDMV) o por contacto (TMV, ToMV), pueden infectar a la berenjena, pero en la práctica, sus efectos no son tan dañinos como en otras Solanáceas como el tomate o pimiento (Daunay et al., 2008). Aunque la mayoría de variedades pueden resultar infectadas por el virus del mosaico del tomate (ToMV), esta especie muestra un comportamiento tolerante, no observándose daños económicos importantes (Prohens et al. 2005a).

Entre las plagas que afectan a el cultivo de la berenjena está la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la araña roja (*Tetranychus urticae*), el pulgón (*Aphis* sp), el escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*), el minador (*Lyriomiza trifolii*) y los nematodos, principalmente *Meloidogyne* sp. (Fig. 8A). Varias especies silvestres relacionadas con la berenjena poseen resistencia a insectos, ácaros o nematodos (Robinson et al. 2001), pero éstas aún no han sido evaluadas apropiadamente debido a las dificultades técnicas que esto conlleva (Daunay et al. 2008). Los nematodos pueden provocar la muerte de las plantas. Los nódulos que se forman en las raíces impiden una buena absorción de los nutrientes (Fig. 8B). Las plantas afectadas pueden mostrar distintos síntomas como: enanismos, clorosis, necrosis y otros síntomas fisiológicos (muerte del ápice de crecimiento).

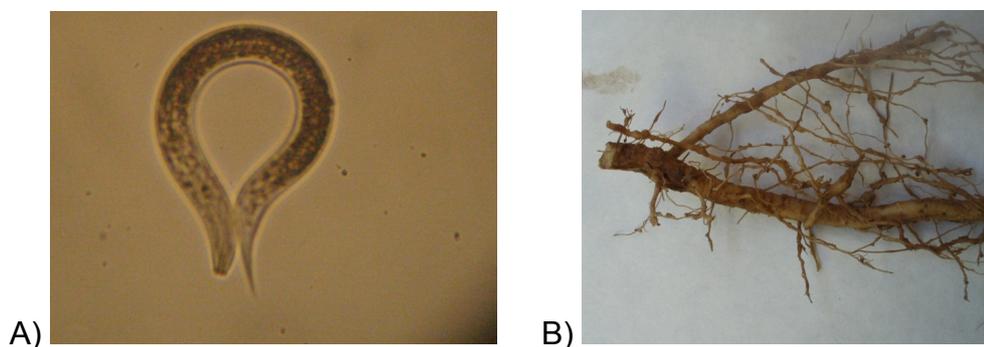


Fig. 8. A) Nematodo (*Meloidogyne* sp). B) Nódulos formados en las raíces causados por nematodos.

De los problemas comentados con anterioridad, los más dañinos están asociados con patógenos del suelo como verticilosis (*Verticillium dahliae*), marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), marchitez por el hongo (*Fusarium oxysporum*) y nematodos (*Meloidogyne* sp).

INTRODUCCIÓN

1.2. EL INJERTO

El injerto es un método que consiste en unir dos partes de plantas distintas de manera que la parte superior (copa) o injerto esta alimentado por la raíz de la parte inferior (patrón o portainjerto).

Historia del injerto

El injerto en plantas leñosas ya era conocido por los chinos 1000 años AC. Aristóteles en su obra (384-322 a J.C) habla de los injertos con bastante detalle. Durante la época del Imperio Romano, el injerto fue muy popular y en los escritos de este tiempos se describen los métodos de injerto con gran precisión (Hartmann et al., 1991). A partir del Renacimiento hubo un interés renovado por la práctica de injerto y en el siglo XVI, en Inglaterra, era muy conocido. En el siglo XVII, en Corea, aparece una breve descripción del injerto en cucurbitáceas (Edelstein, 2004), aunque después de esta época ya no se tuvo ninguna referencia hasta el siglo XX. En el siglo XVIII, Duhamel estudió la unión de injertos leñosos y en el XIX, Vochting, continuó sus trabajos (Hartmann et al., 1991). La técnica del injerto herbáceo en sandía, para prevenir las fungosis, comenzó en Japón, en la década 1920-30, utilizando *Cucurbita moscata* como portainjerto (Sakata et al., 2007). Actualmente en Japón y Corea el injerto es una técnica de empleo habitual para la producción de hortalizas como pepino, melón y sandía (Tabla 2) en invernaderos, con cerca de 100% de la superficie cultivada (Lee et al, 1994; 2003). Respecto al cultivo de berenjena el porcentaje de planta injertada en Japón es también considerable con un 43% en cultivo al aire libre y un 94% en invernadero.

Tabla. 2. Superficie de cultivo de diferentes hortalizas en Japón y Corea. Porcentaje en que se ha empleado planta injertada año 2000. Fuente: Lee et al., 2003

Cultivo	JAPÓN				COREA			
	Aire libre + Túneles		Invernadero		Aire libre + Túneles		Invernadero	
	total (ha)	Injertado (%)	total (ha)	Injertado (%)	total (ha)	Injertado (%)	total (ha)	Injertado (%)
Pepino	10,160	55	5,440	96	1,728	42	5,964	95
Berenjena	11,815	43	1,785	94	650	0	413	2
Melón	6,142	0	8,258	42	1,047	83	9,365	95
Pimiento	2,684	-	1,468	-	75,574	0	5,085	5
Tomate	6,459	8	7,141	48	258	0	4,752	5
Sandía	14,017	92	3,683	98	13,200	90	21,299	98

INTRODUCCIÓN

Desde 1947 está documentado el injerto de pepino sobre *Cucurbita ficifolia* en Holanda. Sin embargo, el injerto de cucurbitáceas no ha sido una práctica común en Europa hasta tiempos más recientes. Los primeros ensayos en el cultivo de sandía en España comenzaron en la década 1970-80, popularizándose a finales de los 80. Posteriormente, se ha extendido esta técnica a otras hortalizas como el tomate. El injerto constituye actualmente en España una parte muy importante de la industria de producción hortícola, la cual proporciona numerosos empleos a mano de obra especializada (Miguel, 2007). España es el país europeo en el que mayor aplicación se está haciendo de esta técnica, seguido de Italia y Holanda y en menor medida, de Francia, Portugal y Turquía (Hoyos, 2007).

Existen otros países donde va ganado cuota, aunque muy lentamente, como Marruecos (Leonardi et al. 2004) y América: Chile y Estados Unidos, (Bruton, 2005).

La técnica del injerto y sus aplicaciones

La técnica del injerto se desarrolló con la finalidad de cultivar especies sensibles a ciertos patógenos sobre suelos infectados utilizando el sistema radicular de patrones tolerantes o resistentes, y la parte aérea de la variedad a cultivar (Lee, 1994; Oda et al., 1995). La variedad sensible se injerta sobre una planta resistente a la enfermedad que se desea prevenir, perteneciente a otra variedad, otra especie u otro género de la misma familia (Louvet, 1974). En estas circunstancias, el portainjerto resistente permanece sano y asegura, a partir del suelo, una alimentación normal de la planta, a la que aísla del parásito. Sin embargo, esta técnica puede aplicarse con otras finalidades como son la obtención de un mayor vigor o la resistencia a estreses de tipo abiótico, como estrés hídrico, salino, frío, etc. (Liao-ChungTa y Lin-ChinHo, 1996; Liu-HuiYing et al. 2003; Rivero et al. 2003; Santa-Cruz et al. 2001).

INTRODUCCIÓN

Esta es una técnica poco contaminante, admisible para Producción Integrada o Cultivo Ecológico. El aumento en la demanda de este tipo de producción junto con la prohibición del Bromuro de Metilo debido a su efecto destructivo sobre la capa de ozono y que se utilizaba para desinfectar el suelo, ha provocado un aumento en el interés de la tecnología del injerto en otras hortalizas. Esto supone aumentar la disponibilidad de patrones que sean adecuados para su uso en un mayor número de cultivos.

Métodos de injerto

Los principales métodos de injerto son: (1) Aproximación; (2) Púa; (3) Empalme y (4) Tubo. Existen otros métodos de injerto que generalmente son modificaciones de los anteriores (púa de brote, doble adosado o empalme y perforación lateral).

1) Aproximación (tongue approach grafting, Fig. 9): El portainjerto es desbrotado dejando sólo los cotiledones y se realiza un corte diagonal descendente por debajo del nudo cotiledonar. Las lengüetas formadas se encajan y se injertan con una pinza. Luego se planta en un contenedor y es llevado a una cámara de soldadura. Terminada la aclimatación (8 a 10 días después), se corta el portainjerto por encima de la unión y la variedad por debajo, quedando la planta definitiva. Su principal ventaja es la menor sensibilidad a las condiciones ambientales durante la fase de soldadura, respecto a otros métodos y no requiere diámetros iguales.



Fig. 9. Injerto de Aproximación (tongue approach grafting). Fuente: Rojas et al., 2002.

INTRODUCCIÓN

2) Púa o cuña (cleft grafting, Fig. 10): Se corta el portainjerto en forma transversal sobre los cotiledones, y luego se le hace una hendidura longitudinal entre uno y dos centímetros. La variedad se corta en bisel y se encaja sobre la hendidura y se asegura la unión. Las principales ventajas respecto al injerto de aproximación consisten en que no necesitan manipulación adicional (corte del tallo de la variedad) después del injerto y que la unión, en el momento de la plantación, es más robusta que con el de aproximación. El mayor inconveniente es que se necesita climatización adecuada en el invernadero, temperaturas óptimas y sobre todo, una bajada en la humedad relativa, antes de que se haya establecido una buena comunicación entre los vasos del portainjerto y la variedad (copa).

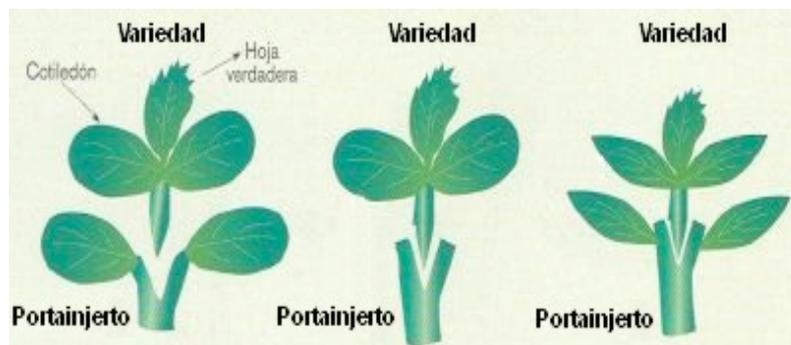


Fig. 10. Injerto de Púa o cuña (cleft grafting). Fuente: Rojas et al., 2002.

3) Empalme (slant cut grafting, Fig. 11): En este caso el portainjerto se conserva en su contenedor original y se le hace un corte oblicuo, eliminando un cotiledón. A la variedad se le realiza un corte similar dejando el brote con 1 o 2 cotiledones, y sin las raíces. Se juntan el portainjerto y la variedad con una pinza. Este método es exigente en condiciones micro-climáticas para el proceso de prendimiento. No requiere de diámetros iguales.

INTRODUCCIÓN

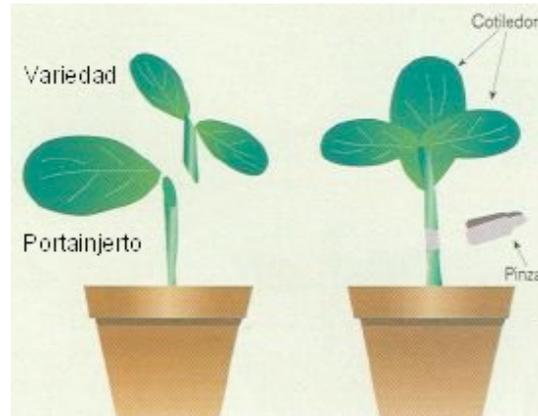


Fig. 11. Injerto de Empalme (slant cut grafting). Fuente: Rojas et al., 2002.

4) Injerto de tubo (tube grafting, Fig. 12): El portainjerto y la variedad se cortan en diagonal y se unen utilizando un tubo de goma. El portainjerto se corta sobre o bajo los cotiledones. El método es rápido, pero requiere coincidencia en los diámetros de ambos tallos.



Fig. 12. Injerto de tubo (tube grafting). Fuente: Rojas et al., 2002.

De los distintos métodos de injerto que existen (Lee 1994; Oda et al. 1995; de Miguel, 2007) los que se utilizan principalmente en solanáceas son el de púa y el de tubo.

INTRODUCCIÓN

Unión del injerto y factores que influyen

El injerto completo está formado por dos partes que se comportan como una unidad, no sólo para el flujo de agua, sino para el envío de señales químicas y coordinación entre la raíz y la parte aérea (Turquois et al. 1996). El injerto compatible comprende tres procesos: cohesión del patrón y la variedad; proliferación del callo en la zona de unión y la diferenciación vascular entre ambas partes.

La cohesión es el resultado de la deposición y subsiguiente polimerización del material de las membranas celulares, debida a la herida del injerto (Moore, 1984). El cemento secretado en las uniones, a la vez que proporciona soporte mecánico, establece una vía continua para el flujo de agua a través del injerto (Turquois et al. 1996) que permite la recuperación de la marchitez de la variedad 18 horas después de la operación. Esta primera fase, cohesión, no requiere un reconocimiento entre las partes, puesto que el vegetal puede unirse también a un objeto inerte.

La proliferación del callo es una respuesta común a las heridas, que se produce incluso en injertos incompatibles. No requieren, por tanto, un reconocimiento entre partes. Comienza con el corte de los haces vasculares, mientras que en la cavidad medular se forma una capa aislante (Wang You Qu et al. 1996). En los injertos herbáceos las diferentes heridas pueden participar en la formación de callo.

La diferenciación vascular es el paso final y es propio de los injertos compatibles, esto se produce entre los vasos del patrón y los de la variedad, probablemente en respuesta a las auxinas liberadas de los vasos lesionados, (Poessel et al. 1996). Entre los 3 a 5 días, los elementos vasculares se diferencian directamente, de las células del callo. En injertos de la misma especie, a los 5 días se forman las uniones entre elementos vasculares del xilema y floema de las plantas. En especies de la misma familia, a los 7 días. El cambium lesionado comienza a formar elementos de xilema y floema secundarios, en combinaciones de la misma especie, de los 7 a 10 días del

INTRODUCCIÓN

injerto (Wang You Qu et al, 1996). El aumento gradual de la unión es evidente desde el día 5 a 6, correspondiente a la aparición de los puentes entre los xilemas de ambas partes (Turquois et al. 1996).

La respuesta de las células del callo situadas en la periferia de la unión, depende de la humedad relativa. Con una alta humedad relativa (HR), el callo permanece intacto y capaz de soldar, mientras que en ambientes más secos, las células externas forman una capa suberizada que previene la desecación de las células interiores (Moore, 1984). Con temperatura menor de 20°C la producción de callo es lenta y a menos de 15°C, nula. El óptimo de temperatura para la producción de callo es de 24 a 27°C.

El transporte de asimilados en los injertos compatibles empieza a los 5 a 7 días del injerto. En los incompatibles no comienza hasta los 10 días y es siempre mucho menor. La aparición de asimilados en el patrón se inicia cuando se han formado los primeros vasos conductores de savia entre las dos plantas. El aumento de vasos conductores se corresponde con un incremento en el transporte de asimilados a través del floema (Rachow-Brand Kollmann, 1992).

En condiciones normales, no es necesario utilizar fitorreguladores, la unión se efectúa sin, mayores problemas. En experimentos con injerto de plantas "in vitro" se han utilizado hormonas exógenas (ácido indolacético IIA y Zeatina) para facilitar la unión entre dos plantas. El tiempo de formación de haces vasculares y de tráqueas dependen de la clase y concentraciones de hormona utilizada (Lu-ShanFa, et al. 1999). También en el injerto de pepino sobre pepino realizado "in vitro" se han obtenido buenos resultados con ácido indolbutírico, en el medio cultivo en la variedad y de 6-BA benziladenina, en los de la variedad y del patrón (Lu-ShanFa et al. 1996).

Incompatibilidad

La diferencia entre injerto compatible e incompatible no está bien definida. Depende de la especie, es decir, puede darse desde especies que tienen una relación estrecha y se une con facilidad, hasta otras no

INTRODUCCIÓN

relacionadas entre sí, incapaces de unirse. La mayoría de las combinaciones de injerto quedan entre esos extremos, ya que unas se unen inicialmente, con éxito aparente, pero gradualmente, con el tiempo muestran deficiencias en la unión o en su hábito de crecimiento (Hartmann et al. 1991).

No hay ninguna regla para predecir el resultado de un injerto aunque, en términos generales, cuanta más afinidad botánica haya entre las plantas, más probabilidades de éxito en el injerto.

La incompatibilidad se manifiesta en: (1) Alto porcentaje de fallos en el injerto. (2) Aparición de miriñaque, un abultamiento de la zona inmediatamente superior al injerto. (3) Enrollamiento y amarillamiento de las hojas. (4) Muerte prematura de las plantas. (4) Diferencias marcadas en la tasa de crecimiento entre el portainjerto y la copa. (5) Ruptura por la unión del injerto (Miguel, 2005; 2007).

Hace bastante tiempo que se ha admitido que la compatibilidad del injerto está determinada por un sistema de reconocimiento. La disolución de las membranas celulares y subsiguiente contacto de jugos celulares de las dos partes, hace que las proteínas liberadas se combinen para formar un “complejo con actividad catalítica” que inicia un desarrollo de procesos que culminan en un injerto perfecto (Yeoman, 1976). En cualquier caso, los factores implicados en el reconocimiento de la compatibilidad son constituyentes normales de los tejidos internodales de las plantas que se han de injertar; son componentes de las paredes celulares y se desprenden como resultado del contacto entre patrón y variedad. Estos factores no pueden ser transferidos a través de un injerto intermedio, lo cual permite el injerto compatible entre dos especies poco afines, si hay otra con buena compatibilidad con esas dos.

Existe otra forma de explicar la compatibilidad sin un sistema de reconocimiento celular, como se ha comentado con anterioridad, la herida del injerto provoca la proliferación del callo. La incompatibilidad no se debe a que no se hayan formado sustancias que promuevan la formación de la unión, sino que estas sustancias están inhibidas por la presencia de toxinas. Estas

INTRODUCCIÓN

toxinas hacen a las células del callo, incapaces de responder a los morfógenos (sustancias solubles que controlan la diferenciación embrionaria de células y tejidos) que promueven un injerto perfecto y, por lo tanto, no produce una diferenciación vascular sino el agotamiento, desecación y muerte de la variedad (Moore, 1984).

Los injertos de plantas genéticamente próximas por lo general suelen ser compatibles puesto que hay similitud bioquímica entre ambas (Tabla. 3) y, por lo tanto, las sustancias elaboradas por una de ellas no son tóxicas para la otra (Miguel, 2007).

Tabla. 3. Afinidad entre géneros y especies de Solanáceas. Portainjertos. Fuente: Miguel., 2007

Variedad	Tomate	Pimiento	Berenjena	Nicotiana	Datura xanthi	Solanum torvum	S. integrifolium	S. stramoniflorum	S. sessiflorum
Tomate	++++	+	++++	+++	+++	++	+++	+++	+
Berenjena	++++	+	++++	++	+++	++++	++++	++	+
Pimiento	+	++++	+	+	+	+	+	+	+

Afinidad: muy buena (++++); buena (+++); media (++); mala (+).

Interacción Patrón-Variedad

Las interacciones patrón-copa pueden ser de distinta índole. En el punto anterior se ha comentado la incompatibilidad que presentan algunas combinaciones y las consecuencias. En otros casos, la planta puede desarrollarse de manera aparentemente normal pero sufrir modificaciones en la morfología, en la producción o en la composición o forma de los frutos. Algunos de los factores que pueden provocar estas modificaciones son: la capacidad de absorción y necesidad de nutrientes que pueden diferir en el patrón y la copa, y los balances hormonales.

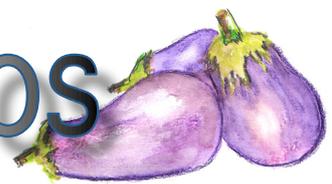
Son varios los trabajos en los que se ha podido observar un cambio en el tiempo de la floración y fructificación de la planta, al comparar las plantas injertadas con los controles sin injertar. Así por ejemplo, se ha observado

INTRODUCCIÓN

precocidad en plantas injertadas de melón (Cohen et al. 2002; Fita et al. 2004), tomate (Rivero et al. 2004) y pimiento (Gisbert et al. 2010). Pero donde se observan realmente las interacciones patrón-variedad son en aquellos casos en los que en un mismo experimento se obtienen diferencias al comparar los mismos pies con distintas variedades (Gisbert et al. 2010). La posible modificación del crecimiento, floración y fructificación de la planta injertada se ha relacionado con tres factores (Hartmann et al. 1991): (1) absorción y utilización de nutrientes (2) traslocación de nutrientes y agua, (3) alteraciones en factores de crecimiento endógenos.

Para un mismo patrón también pueden encontrarse diferencias en cuanto a la producción, número o tamaño de los frutos dependiendo de la variedad injertada. Así por ejemplo, Morra y Bilotto (2006) no obtuvieron diferencias en el peso de los frutos al injertar los híbridos de pimiento Filon y Gelsor en el portainjerto Tesor, pero si las obtuvieron en el número de frutos m^{-2} y en el rendimiento. En cuanto a las características de calidad externa e interna de los frutos también pueden variar y es muy importante determinar si ha existido modificación en este sentido. Así por ejemplo, al injertar tabaco sobre tomate se reduce el contenido en nicotina de las hojas al 1%, lo cual podría constituir una excelente alternativa para disminuir sus perniciosos efectos (Ruíz et al. 2005). Sin embargo, el injerto de tomate sobre tabaco provoca un aumento en la nicotina de los frutos de tomate (Yasinok et al. 2009).

2. Objetivos



OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue la evaluación de dos híbridos interespecíficos experimentales *S. incanum* x *S. melongena* (MM-557 x ANS-26) y *S. aethiopicum* x *S. melongena* (G05E470273 x P413783), y la accesión BBS 168 de *S. macrocarpon*, como posibles portainjertos de berenjena. Para ello se utilizó como copa el cultivar de berenjena Black Beauty y como controles plantas sin injertar; injertadas sobre sí mismas e injertadas sobre *S. torvum*, que se utiliza como portainjerto de berenjena. Para conseguir este objetivo se abordaron los siguientes subobjetivos:

1. Establecimiento de la metodología del injerto en nuestros materiales y estudio de la compatibilidad.
2. Evaluación agronómica.

3. Material y Métodos



MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. ESTABLECIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DE INJERTO EN NUESTROS MATERIALES Y ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD.

Material vegetal

Para la realización de este trabajo se han utilizado semillas de *S. melongena* de la variedad Black Beauty (B and T World Seeds, Aigües Vives, France), 2 especies relacionadas con *S. melongena*: *S. macrocarpon* (BBS-168) y *Solanum torvum* (B and T World Seeds, Aigües Vives, France) y dos híbridos interespecíficos experimentales obtenidos en el laboratorio del Dr. Prohens: *S. incanum* x *S. melongena* (MM-557 x ANS-26) y *S. aethiopicum* x *S. melongena* (G05E470273xP413783). La nomenclatura que utilizaremos en este estudio será la siguiente:

- S. melongena* cv. Black Beauty (BB).
- S. macrocarpon* (BBS-168).
- S. torvum* (ST).
- S. incanum* x *S. melongena* (M5x26).
- S. aethiopicum* x *S. melongena* (G05x41).

Las características de los frutos de las plantas utilizadas como copa en este ensayo se muestran en la tabla 4.

Tabla. 4 . Características del fruto de *S. melongena* cultivar BB.

Longitud pedicelo (cm)	5,00	Color secundario	Violeta grisáceo
Longitud fruto (cm)	12,16	Distribución	Uniforme (1)
Anchura fruto (cm)	9,82	Color de la carne	Verde (3)
Relación longitud-anchura	Ligeramente más largo que ancho (5)	Coloración antociánica del cáliz	Medio (5)
Curvatura	Derecho (1)	Intensidad bajo el cáliz	Muy fuerte (9)
Sección transversal	Con muchas costillas (7)	Brillo de la epidermis	Brillante (7)
Forma fruto	¼ del camino (3)	Superficie de la epidermis	Lisa (3)
Forma ápice	Deprimido (7)	Frutos/inflorescencia	1,00
Longitud cáliz	Corta, aprox. 20% (3)	Frutos/planta	15,66
Espinas cáliz	Intermedia, aprox. 10 (5)	Tamaño cicatriz estilar	Grande (5)
Firmeza en la parte ancha	Intermedia (5)	Clorofila en la piel	Presente (2)
Color madurez comercial	Negro (9)	Color madurez fisiológica	Negro (9)
Intensidad	Oscuro a Muy oscuro (8)	Peso (g)	469,09

MATERIAL Y MÉTODOS

Germinación***In vitro***

Las semillas se desinfectaron por inmersión en una solución de lejía al 20%, durante 15 minutos, seguida de 3 lavados con agua destilada durante 10 minutos. Posteriormente, se colocaron en placas Petri (Fig. 13A) con medio base MS (Murashige y Skoog, 1962, 4,4 g/l de sales MS; 15 g/l sacarosa, 6 g/L plant agar), en una cámara de crecimiento ($T^a = 25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de 60-70%). La capacidad de germinación (Fig. 13B) *in vitro* ya se había evaluado previamente en estos materiales, excepto en *S. torvum*.

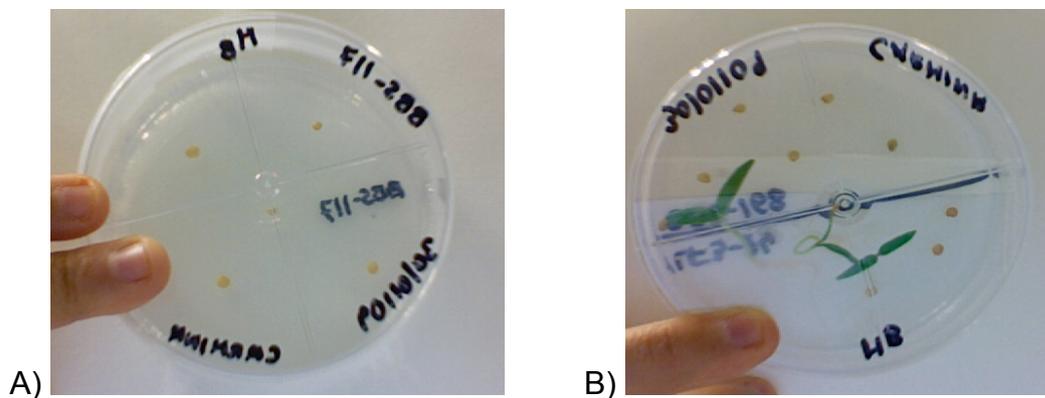


Fig. 13. (A) Siembra de semillas de berenjena en MS vitaminas, (B) Germinación semilla berenjena en placa.

Las semillas utilizadas para el portainjerto se sembraron 15 días antes de las de la copa (BB) en las mismas condiciones anteriormente descritas.

En sustrato

En el caso particular de *S. torvum*, también se sembraron en sustrato puesto que se desconocía si germinaban *in vitro*. Se utilizaron bandejas de 6 x 12 alvéolos de 15 cm² y se utilizó sustrato fertilizado, con pH corregido (entre 5,5 a 5,6), lo cual hace innecesario el aporte de elementos fertilizantes llamados de "fondo". El nivel de fertilización utilizado es entre 0,8 a 1,2 Kg/m³ de PGMix 15:10:20 (N:P:K).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las semillas germinadas (15 días aproximadamente desde la fecha de la siembra) se transplantaron a alveolos con turba Hortimix (pH 5,5-6,8; Conductividad eléctrica de 250-500 μ S/cm; Materia orgánica 94-98% s.m.s; porosidad total 94-96% v/v) y se mantuvieron en un invernadero (Fig. 14 A y B) con condiciones ambientales de entre 15 a 30°C de temperatura y 80% de humedad. Posteriormente, se trasplantaron a alveolos de mayor tamaño (7 a 10 cm) hasta que presentaron el estadio adecuado para llevar a cabo el injerto (de 3 a 4 hojas verdaderas la copa y de 5-6 el portainjerto). Diez días antes del injerto, se disminuyó la temperatura en unos 2-3 °C y se redujeron los riegos.

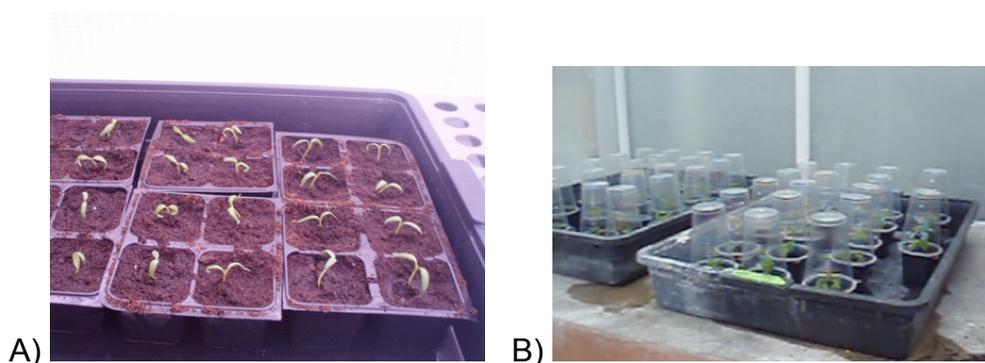


Fig. 14. A) Transplanta de la planta de placa a alveolo. B) Aclimatación de las plantas a invernadero.

Injerto

Se acondicionó el túnel de injerto (altura de 70 cm) ajustando la temperatura a 25°C por el día y 20°C por la noche aproximadamente y a una humedad relativa entre el 60 a 70%.

Cuando las plantas a injertar presentaron entre 3-4 hojas desarrolladas y las del portainjerto entre 5-6 hojas, estadio en el que el diámetro de las plantas a utilizar como copa era ligeramente menor que el de las del portainjerto se realizó el injerto de púa (descrito por Ginoux, 1979; Lee, 1994). Para ello se decapitaron las plantas del portainjerto (Fig.15 A), y se realizó una incisión en el centro del tallo y hacia abajo de 1 a 1,5 cm (Fig.15B), que se humedeció con unas gotas de agua. Las plantas de la

MATERIAL Y MÉTODOS

variedad BB se cortaron por debajo de la 2^a a 3^a hoja, realizando un bisel en el extremo inferior. Se introdujo la púa cuidadosamente en la hendidura del portainjerto (Fig. 15C) y se fijó con cinta especial para injertar (Buddy-Tape marca Aglis).

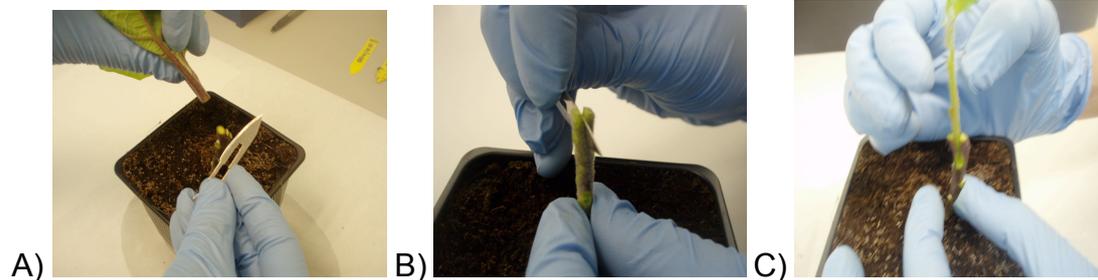


Fig.15. A) decapitación del portainjerto. B) incisión. C) Colocación de la copa.

La temperatura del túnel se mantuvo entre 20-25°C por el día y 14 a 15°C por la noche y la humedad relativa entre el 85 a 90% durante los primeros días en un lugar sombreado para evitar la insolación directa, pero con luz suficiente. Estas condiciones permiten una rápida soldadura del injerto. Se mantuvieron en el túnel de injerto durante 4 a 7 días y después en el mismo invernadero, pero fuera del túnel para conseguir su aclimatación (Fig. 16).



Fig. 16. Aclimatación del injerto fuera del túnel.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con estas condiciones se llevaron a cabo los dos experimentos de injerto, el primero para ensayar las condiciones y compatibilidad y el segundo para obtener las plantas injertadas y llevar a cabo la evaluación agronómica.

Estudio de compatibilidad-Incompatibilidad

Las plantas de BB se injertaron tal como se ha descrito en el punto anterior utilizando como portainjertos BB, BBS168, ST, M5X26 y G05X41 con un total de 20 plantas por combinación. La nomenclatura utilizada se muestra en la tabla 5. Tras el injerto se trasplantaron a macetas de mayor capacidad y se cultivaron durante 40 días todas las plantas salvo las injertadas en BBS168. En este periodo se comprobó que no existía formación de miriñaque, apertura de la zona de unión, clorosis o muerte prematura de la planta. Diez plantas de BB injertadas en BBS168 (BBS168/BB) y plantas sin injertar de BB y BBS168, se transplantaron a macetas de 30 litros con fibra de coco y se regaron con solución nutritiva. Estas plantas se mantuvieron en el invernadero (T° media de 25°C) hasta la floración. En este estadio se midió la altura y la anchura del tallo (10 y 20 cm), el número de lóbulos de las hojas, su longitud y anchura.

Tabla.5. Nomenclatura de las diferentes combinaciones de planta injerta evaluadas en este experimento.

COMBINACIONES
<i>S. melongena</i> var Black Beauty (BB)
<i>S. macrocarpon</i> (BBS168)
<i>S. macrocarpon</i> / <i>S. macrocarpon</i> (BBS168/BBS168)
<i>S. macrocarpon</i> /Black Beauty (BBS168/BB)

3.2. EVALUACIÓN AGRONÓMICA

Estimación de la concentración de nematodos en la parcela

Se estimó la concentración de nematodos en una colecta al azar de 10 muestras de suelo distribuidas por la parcela donde se iba a realizar la evaluación agronómica. Los nematodos se extrajeron utilizando una modificación del método conocido como Bandeja de Baerman según el cual las muestras de suelo se colocan durante dos días en un recipiente y otro inferior se coloca agua, los nematodos pasan por difusión al recipiente inferior y se colectan utilizando tamices. El recuento de los nematodos se realizó utilizando una cámara diapositiva McMaste (cuadrícula del nematodo Counting Slide marca Chalex Corporation) y un microscopio óptico. Tras la extracción y conteo de los nematodos se dejó secar el suelo y se calculó el número de nematodos por kg/suelo.

Injerto, trasplante y condiciones de cultivo

Se injertaron 30 plantas por combinación (Tabla 6) tal como se ha descrito anteriormente.

Tabla.6. Nomenclatura de las diferentes combinaciones de planta injerta evaluadas en este experimento.

COMBINACIONES	NOMENCLATURA
<i>S. melongena</i> var Black Beauty(BB)	BB
<i>S. melongena</i> var Black Beauty/Black Beauty (BB/BB)	BBBB
<i>S. torvum</i> /Black Beauty (ST/BB)	ST
<i>S. macrocarpon</i> /Black Beauty (BBS168/BB)	BBS168
<i>S. incanum</i> x <i>S. melongena</i> /Black Beauty (M5x26/BB)	M5x26
<i>S. aethiopicum</i> x <i>S. melongena</i> /Black Beauty (G05x41/BB)	G05X41

MATERIAL Y MÉTODOS

A los 15 días del injerto 25 plantas de cada combinación se transplantaron a una parcela al aire libre situada en el Campus de Vera de Universidad Politécnica Valencia (29 de de Junio del 2009) y previamente acondicionada para efectuar riego por goteo y evitar el crecimiento de las malas hierbas y facilitar la retención de la humedad por parte del suelo (surcos cubiertos con plástico negro). La disposición en la parcela se realizó intercalando cada una de las combinaciones al azar por toda la parcela con un total de 5 filas con 30 plantas por fila. A éstas se añadió una hilera de plantas al principio y otra final (bordes) que no se han tenido en cuenta en el análisis. El marco de plantación utilizado fue de 1,2 metros entre filas y 1 metro entre plantas (Fig. 17).



Fig. 17. Plantas de BB injertadas en cultivo en una parcela del Campus de Vera a la semana del transplante.

El Riego se realizó por goteo. La frecuencia de riego se puede estimar entre 2 o 3 días a la semana según la humedad del suelo y el estado fenológico de la planta, aproximadamente entre 50 o 60 minutos y con un caudal de 4 l/h, esta frecuencia de riego se estimó en función del cultivo y de la temperatura ambiental.

MATERIAL Y MÉTODOS

La fertilización consistió en 36 t/ha de estiércol y 250 kg/ha de abono comercial 15:15:15 (N: P₂O₅: K₂O). Además, mediante el sistema de riego, se aplicaron 180 kg/ha de nitrato amónico (NH₄NO₃), 120 Kg/ha de nitrato de potásico (KNO₃), 90 kg/ha de fosfato amónico (NH₄H₂PO₄).

El sistema de entutorado que se adoptó fue clavar una caña en el suelo junto a cada planta, y rodear la planta y la caña con una cuerda. Este entutorado se realizó cuando los frutos empezaron a crecer, debido a que el peso de frutos podía romper las plantas.

Durante el período de cultivo se realizaron los siguientes tratamientos para combatir plagas (Tabla 7):

Tabla.7. Tratamientos realizados durante el ciclo de cultivo.

FECHA DE APLICACIÓN	PLAGA	PRODUCTO COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO
jul-09	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	MAGISTER	Fenazaquín 10%
	<i>Tetranychus urticae</i>		
	<i>Tetranychus urticae</i>	ABAC	Abamectina 1,8%
	<i>Tetranychus urticae</i>	NORVAN	Fenbutaestan 2%
ago-09	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	TALSTAR	Bifentrin 10%
	<i>Tetranychus urticae</i>		
	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	MAGISTER	Fenazaquín 10%
	<i>Tetranychus urticae</i>		
sep-09	<i>Tetranychus urticae</i>	ABAC	Abamectina 1,8%
	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>		
	<i>Tetranychus urticae</i>	TALSTAR	Bifentrin 10%
	<i>Tetranychus urticae</i>		

Crecimiento y desarrollo de las plantas injertadas

Durante todo el ciclo se observó tanto el crecimiento y desarrollo de las plantas injertadas (BBBB, ST, BBS168, M5x26 y G05x41) y en el control no injertado (BB). Se fue anotando el número de plantas muertas a lo largo del cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La altura de la planta se midió al final del cultivo con una cinta métrica, tomando la medida desde la unión del injeto hasta la parte superior más grande. El diámetro o calibre del tallo, se midió con un vernier.

Características morfológicas

Se observó la morfología de las hojas y de las flores y el número de flores por ramillete en las plantas injertadas (BBBB, ST, BBS168, M5x26 y G05x41) y las no injertadas (BB).

Extracción de plantas y análisis visual de la formación de agallas

Al final del cultivo se extrajeron al azar plantas injertadas de cada uno de los tratamientos (Fig.18) para verificar en las raíces la presencia de nódulaciones o agallas provocadas por los nematodos.



Fig.18. Extracción de los diferentes tratamiento de plantas injertadas al azar para comprobar la existencia de nematodos en la raíces al final del experimento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fructificación, rendimiento y calidad de los frutos

La precocidad se evaluó mediante el conteo del número de plantas con frutos con calidad comercial (Fig.19) y el número de frutos por planta. La primera recolecta de frutos se llevó a cabo el día 18 de Agosto. A partir de esta fecha se recolectaron los frutos dos veces por semana, hasta concluida la cosecha el día 27 de octubre.



Fig. 19. Frutos cosechados de los diferentes variedades injertadas.

En cada cosecha los frutos se llevaron al laboratorio donde se pesaron (Fig.20) anotado la procedencia de la planta injertada (ejem: M5x26 pl.7). El rendimiento se calculó en kg/planta, teniendo en cuenta los dos meses de cosecha.

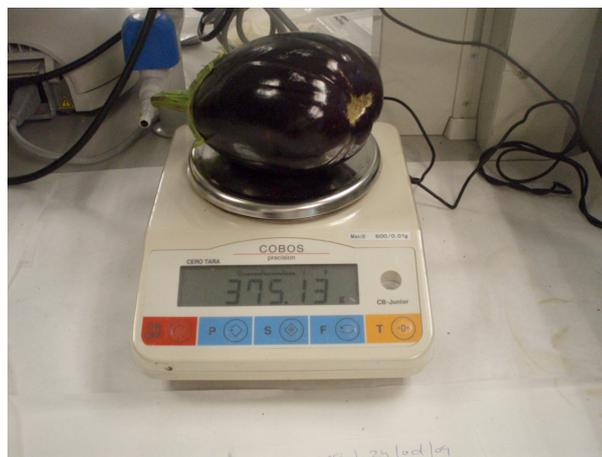


Fig. 20. Peso de una berenjena de la variedad injertada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Evaluación de la calidad de los frutos***Calidad externa***

En una muestra de 30 frutos por tratamiento se anotaron y cuantificaron las características de calidad tanto externa e interna. En la calidad externa se midieron la forma del fruto (relación longitud anchura), curvatura del fruto, longitud del cáliz y espinas del cáliz siguiendo las recomendaciones de la lista de descriptores para la caracterización y evaluación de la berenjena del IPGRI (Internacional Plant Genetic Resources Institute) y los descriptores provisionales elaborados por EGGNET (Red Europea de Recursos Genéticos de Berenjena). Los caracteres del fruto, utilizados han sido elegidos por su interés a nivel comercial y agronómico.

Las características evaluadas y la escala utilizada según los descriptores fueron los siguientes:

- ***Longitud y anchura*** : Se midieron haciendo un corte longitudinal al fruto y midiendo con una regla (cm).



Fig. 22. Longitud y anchura del fruto. Fuente: Nuez et al, 2002.

MATERIAL Y MÉTODOS

- **Curvatura del fruto** (Fig. 22):

1. Derecho
3. Ligeramente encorvado (corresponde al número 2 de la Fig. 22).
5. Encorbado (corresponde al número 3 de la Fig. 22).
7. Serpentina (corresponde al número 4 de la Fig. 22).
8. En forma de hoz (corresponde al número 5 de la Fig. 22).
9. En forma de U (corresponde al número 6 de la Fig. 22).

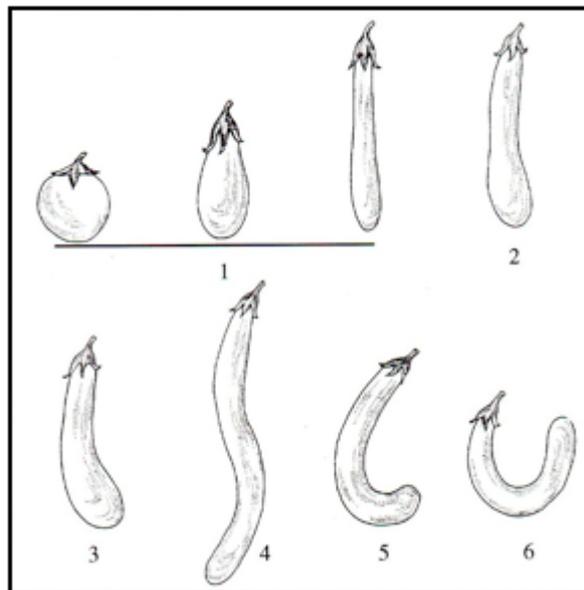


Fig. 22. Curvatura del fruto. Fuente: Nuez et al, 2002.

- **Sección transversal**

1. Circular sin costillas
3. Elíptica sin costillas
5. Con pocas costillas (aproximadamente 4)
7. Con muchas costillas (aproximadamente 8)
8. Muy irregular

MATERIAL Y MÉTODOS

- ***Longitud del cáliz cubriendo al fruto***

1. Muy corta, menos 10%
3. Corta, aproximadamente 20%
5. Intermedia, aproximadamente 50%
7. Larga aproximadamente 70%
9. Muy larga, más de 75%

- ***Espinas del cáliz del fruto***

0. Ausentes
1. Muy pocas, menos de 3
3. Pocas, aproximadamente 5
5. Intermedia, aproximadamente 10
7. Bastante, aproximadamente 20
9. Muchas, más de 30

Calidad interna

Para la calidad interna los parámetros medidos fueron: índice de semillas, sólidos solubles y contenidos en polifenoles totales.

- ***Índice de semilla*** (Fig.23):

0. Ninguna
1. Muy pocas, (cuando las semillas cubrían el 10% del fruto)

MATERIAL Y MÉTODOS

2. Pocas, (cuando las semillas cubrian el 20% del fruto)
3. Intermedia, (cuando las semillas cubrian el 30% del fruto)
4. Bastante, (cuando las semillas cubrian el 40% del fruto)
5. Muchas, (cuando las semillas cubrian más 50% del fruto)

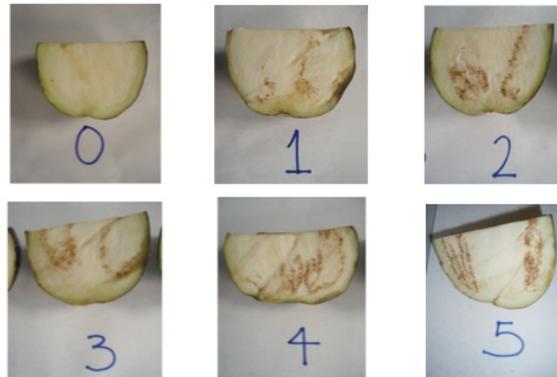


Fig.23. Índice de semilla en el fruto.

- **Sólidos solubles**

Para su medida se utilizó un refractómetro (marca Atago Gobla Top) previamente calibrado con una gota de agua destilada. Se extrajo un poco de zumo de cada fruto y se colocó en el refractómetro anotando la medida obtenida, secando bien tras la medida para evitar dejar restos entre muestra y muestra.

- **Fenoles**

Se prepararon siguientes las soluciones:

(1) Solución extrayente: 700 ml de acetona, 295 de agua destilada y 5 g de ácido acético glacial.

(2) Reactivo Folin-Ciocalteu: se disolvió el reactivo Folin-Ciocalteu con agua a razón de 1:9.

(3) Se preparó una solución de carbonato sódico (60 g/l).

MATERIAL Y MÉTODOS

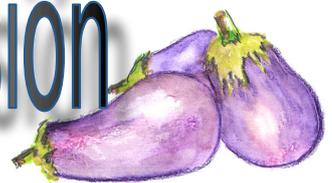
Cada berenjena se licuó utilizando una licuadora. Se depositaron 5 ml de zumo (aproximadamente 5 g) en 10 ml de solución extrayente utilizando un tubo falcon. Se dejó reposar durante 24 horas y se toman 1.25 ml del sobrenadante que se deposita en un tubo Eppendorf, donde se congeló para su posterior análisis.

Cada alícuota se descongeló y se centrifugó durante 5 minutos a 10000 rpm tomando 65 microlitros del sobrenadante a los que se añadió 0.50 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido. Se dejó reposando durante 5 minutos y se añadió 0.50 ml de solución de carbonato sódico. Después de 90 minutos, se midió la absorbancia a 725 y a 760 nm mediante un espectrofotómetro (Perkin Elmer, modelo Lambda 25). Todas las medidas se repitieron transcurridos 60 minutos desde la primera medida. Se obtuvo una recta de calibrado para la absorbancia a 725 y a 750 nm con distintas concentraciones de ácido clorogénico (0-1000 ppm) donde se interpolaron los datos y se obtuvo la media de las medidas a ambas longitudes de onda.

3.3. Tratamiento estadístico

Se ha utilizado para analizar los datos un Análisis de la varianza (ANOVA). Aquellos datos expresados como porcentajes se han transformado previamente al análisis utilizando la transformación logarítmica. Para el número de frutos se ha utilizado la raíz cuadrada para la transformar los datos previamente a su análisis. En aquellos casos en el que el ANOVA ha resultado significativo se ha procedido a comparar las medias utilizando el test de Duncan. El programa estadístico utilizado ha sido Statgraphics 5.0.

4. Resultados y Discusión



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Establecimiento de la metodología de injerto en nuestros materiales y estudio de la compatibilidad portainjerto-copa.

En este ensayo se pretendía evaluar: 1) la capacidad de germinación de las semillas con el fin de obtener plántulas uniformes, 2) si las condiciones utilizadas en el laboratorio para el injerto del pimiento eran adecuadas para el injerto de berenjena con los portainjertos que se pretendía ensayar para utilizar éstas o ensayar otras condiciones y, 3) determinar si se producían problemas de incompatibilidad a nivel primario, es decir, aquellos que pueden detectarse en primeras semanas tras la realización del injerto.

Germinación

Puesto que plantas que se utilizan para realizar el injerto deben presentar una uniformidad en cuanto al crecimiento, se determinó en primer lugar la capacidad de germinación de las semillas que suelen sembrarse con una diferencia de entre 10 a 15 días, aquellas que van a utilizarse como portainjerto y las que van a utilizarse como copa. En nuestro estudio la germinación de las semillas se efectuó in vitro, previa esterilización de las mismas de manera que antes de realizar la siembra de las semillas de la copa, podíamos conocer el porcentaje de plántulas de las que se disponía. En el caso de *Solanum torvum* y puesto que se han descrito problemas de germinación en esta especie (Ibrahim et al. 2001; Gousset et al. 2005) también se sembraron en sustrato. Los porcentajes de germinación obtenidos han sido, del 95% para BB y M5x26; 90% en el caso de G05x41 y 58% para BBS168. Las semillas de ST no germinaron in vitro y la germinación en sustrato fue poco uniforme, seleccionándose aquellas en similar estadio de desarrollo para efectuar el injerto. En estos ensayos hemos podido comprobar la dificultad que presenta *S. torvum*, especie utilizada para el injerto de berenjena (Bletsos et al. 2003), la mediana capacidad de germinación de la accesión BBS 168 de *S. macrocarpon* y la alta eficiencia de germinación de los dos híbridos interespecíficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN***Injerto (Prendimiento)***

El injerto de tipo púa que es, junto al de tubo, el más utilizado en solanáceas (Oda, 1998; Blestos et al. 2003) ha resultado muy adecuado, con prendimientos iguales o superiores al 90% en todas las combinaciones efectuadas. Las condiciones utilizadas en pimiento y que se describen en material y métodos, como el estadio de las plantas y las condiciones de humedad y temperatura, han sido adecuadas también, para el injerto de berenjena. En concreto, se obtuvo un 100% de prendimiento al utilizar los dos híbridos experimentales G05x41 y M5x26 como portainjertos y porcentajes algo menores (93,3 y 90%) al utilizar ST y BBS 168, respectivamente.

Compatibilidad-incompatibilidad

Se observó el crecimiento de las plantas injertadas (G05x41/BB, M5x26/BB, BBS168/BB, ST/BB) y las no injertadas (BB) durante 40 días, observándose un crecimiento similar y no observándose problemas asociados con la incompatibilidad como puede ser: la formación del miriñaque, la apertura de la zona de unión, clorosis o la muerte prematura de las plantas. El hecho de no aparecer este tipo de problemas, indica que la unión de las partes se ha efectuado con éxito y que no existen, a priori problemas severos de incompatibilidad. No obstante, pueden aparecer problemas de incompatibilidad secundaria, en posteriores estadios de crecimiento.

Las plantas injertadas sobre BBS 168 (BBS168/BB) y los controles correspondientes (BBS 168 y BB), se trasplantaron a un invernadero y se cultivaron en cultivo hidropónico hasta la floración con el fin de observar posibles problemas en estadios posteriores. Se seleccionó esta combinación por presentar esta accesión características morfológicas muy distintas con la berenjena como puede apreciarse en la figura 24 (hojas más tiernas y con más lóbulos y frutos más achadados y de color verde), haber obtenido una eficiencia de prendimiento menor que el resto de los materiales y por

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

distanciarse a nivel molecular del resto de especies del grupo melongena (Daunay, et al. 1997; Blestos et al. 2003).

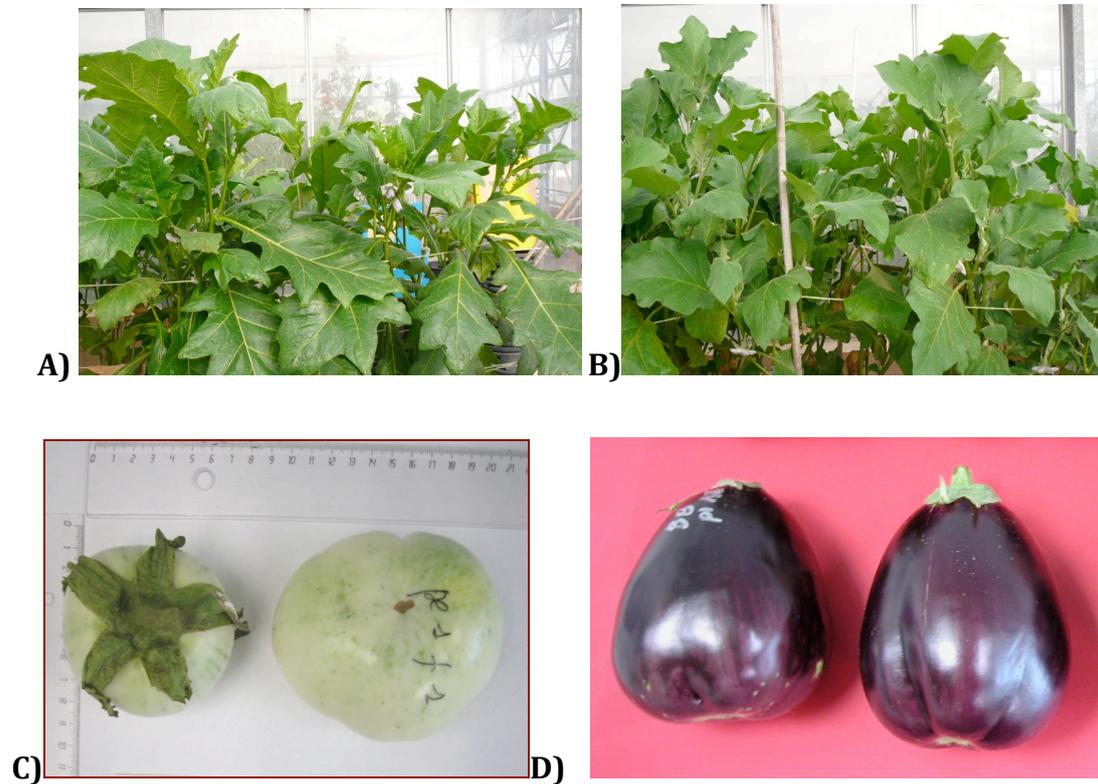


Fig. 24. Porte y hojas de *S. macrocarpon* BBS168 (A) y Aspecto de plantas BBS168-BB (B) a los 40 días de cultivo. Frutos de *S. macrocarpon* (C) y del cultivar BB de *S. melongena* (D).

En la tabla. 8 se muestran los parámetros o variables estudiadas con el fin de observar posibles modificaciones en las plantas injertadas (BBS168/BB) respecto a la planta sin injertar (BB). También en la figura 25, se muestran la morfología de las hojas de las plantas BB injertadas (BBS168/BB) y sin injertar y de aquellas utilizadas como portainjerto (BBS 168).

Tabla.8. Caracterización de las plantas del cultivar Black Beauty de berenjena injertadas (BBS168-BB) y no injertadas (BB).

TRATAMIENTO	ALTURA PLANTA (cm)	ANCHURA DEL TALLO (10 cm)	ANCHURA DEL TALLO (20 cm)	LOBULOS HOJA	LONGITUD DE LA HOJA (cm)	ANCHURA DE LA HOJA (cm)
BLACK BEAUTY (BB)	138,56±1,98	3,72±0,08	3,40±0,08	6,89±0,26	33,22±1,28	22,00±1,00
BBS-168/BLACK BEAUTY (BBS168/BB)	138,15±2,86	3,76±0,08	3,26 ±0,06	6,62±0,24	31,00±0,90	21,69±0,62

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

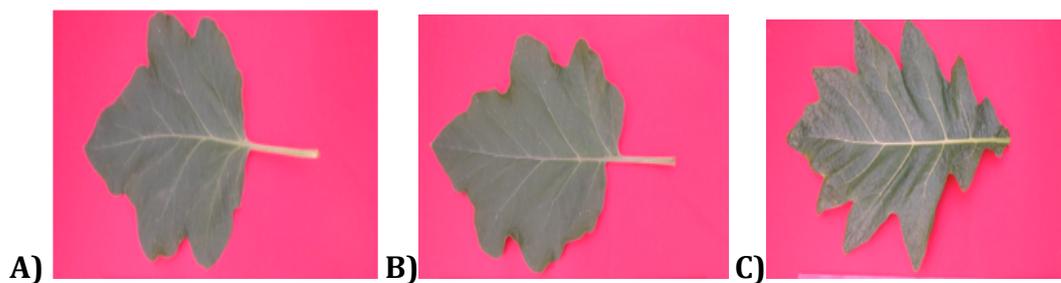


Figura. 25. Morfología de hojas A) planta sin injertar BB (control), B) plantas injertadas BBS168/BB y C) BBS168.

Las plantas de BB injertadas en BBS168 no mostraron diferencias apreciables respecto a las no injertadas en cuanto a la altura y anchura del tallo y tampoco en cuanto al número de lóbulos, longitud y anchura de las hojas (Tabla. 8; Fig.25). Así pues, el injerto en BBS168 no ha provocado modificaciones apreciables en los parámetros estudiados.

4.2. Evaluación agronómica

En un segundo experimento, plantas del cultivar Black Beauty de *S. melongena* (BB) injertadas en los híbridos interespecíficos M5x26 (*S. incanum* x *S. melongena*) y G05x41 (*S. aethiopicum* x *S. melongena*) y en plantas de la accesión de BBS-168 de *S. macrocarpon*, se cultivaron en una parcela al aire libre infestada de manera natural con nematodos y se comparó su comportamiento con plantas injertadas en *S. torvum*, plantas de BB no injertadas e injertadas sobre si mismas (BB-BB). Se ha utilizado *S. torvum* para comparar en este ensayo pues se utiliza como portainjerto de berenjena comúnmente (Oda, 1995; Blestos et al. 2003). El control BB-BB se ha incluido pues nos puede indicar efectos que se producen como consecuencia del injerto y no del portainjerto que se utiliza.

Previamente a esta evaluación se estimó la concentración de nematodos en el suelo siguiendo la metodología que se describe en material y métodos. En promedio, el número de nematodos principalmente de *M. incognita*, fue de 5017 nematodos por kg/suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento y desarrollo de las plantas injertadas

El trasplante de las plantas a suelo se efectuó con un 100% de éxito. En la figura 26 puede observarse el aspecto de las plantas a los 15 días del trasplante.



Fig.26. Cultivo de planta injertada en parcela al aire libre a los 15 días.

El crecimiento de las plantas injertadas en los distintos portainjetos fue uniforme salvo en aquellas plantas que murieron de manera precoz, probablemente a causa de los daños provocados por los nematodos del suelo. El porcentaje de plantas muertas a los 50 días de cultivo y al final del experimento (2 meses tras el inicio de la cosecha) se muestra en la Fig. 27 A y B.

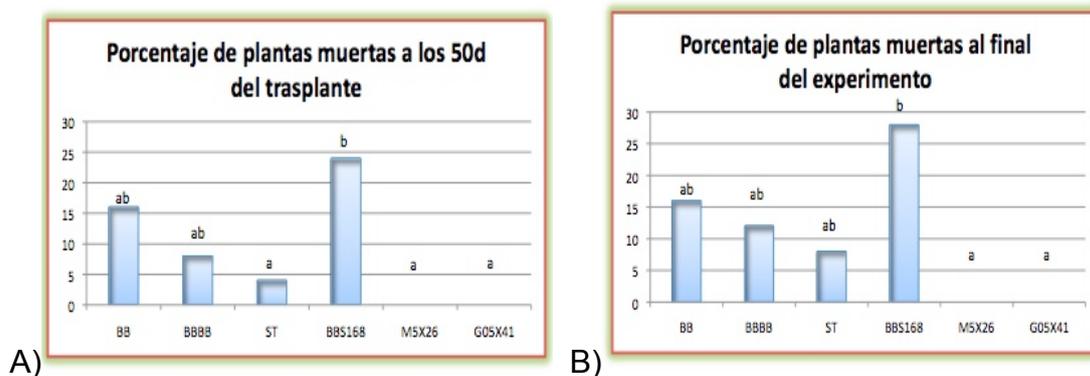


Fig. 27. Porcentaje de plantas muertas: (A) a los 50 días del trasplante y (B) al final del experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor número de fallos corresponde a planta injertada utilizando como pie la accesión BBS 168, seguida de plantas de BB sin injertar e injertadas sobre sí mismas (BBBB), y las injertadas en *S. torvum* (ST) con porcentajes de plantas muertas al final del experimento de 28%, 16%, 12% y 8%, respectivamente. Cabe destacar que no ha muerto en este ensayo ninguna planta injertada en los híbridos experimentales M5x26 y G05x41. Estos datos indican la tolerancia a *M. incognita* de los híbridos experimentales utilizados. La accesión BBS168 (*S. macrocarpon*), sin embargo, ha resultado bastante sensible en estas condiciones experimentales. Ya se observaron algunas plantas muertas a los 30 días de cultivo (5%) aumentando este porcentaje al 24% a los 50d y al 28% al final del cultivo. Otras accesiones de *S. macrocarpon* que se utilizan comúnmente en África para consumir sus hojas, también se han descrito como muy susceptible a nematodos (Afouda et al. 2008) es por todo ello que pensamos que la muerte de estas plantas se debe al daño provocado por los nematodos. Otra posibilidad podría ser la aparición de problemas de incompatibilidad que pueden reflejarse en planta adulta aunque, al no haberse observado en cultivo hidropónico pensamos que la susceptibilidad a nematodos ha sido la causa más probable. Al finalizar el experimento se observaron las raíces de las plantas observándose nódulos en todos los casos, si bien, en número de nódulos fue muy escaso en el caso de *S. torvum* lo que estaría de acuerdo con la tolerancia a nematodos descrita en esta especie por otros autores (Hébert, 1985; Cappelli et al. 1995).

No se ha observado diferencias en la morfología o color de las flores de BB en ninguna de plantas injertadas y tampoco en el número de flores por ramillete. La morfología de las hojas de la copa tampoco se ha visto modificada en ninguna de las combinaciones ensayadas.

Al final del cultivo se midió la altura y el diámetro del tallo no observándose diferencias significativas para el grosor del tallo, que en promedio fue de 23 cm. Respecto a la altura, las plantas injertadas sobre

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

M5x26 mostraron una altura superior al resto y la menor altura la presentaron las plantas injertadas sobre BBS168 como se muestra en la figura 28.

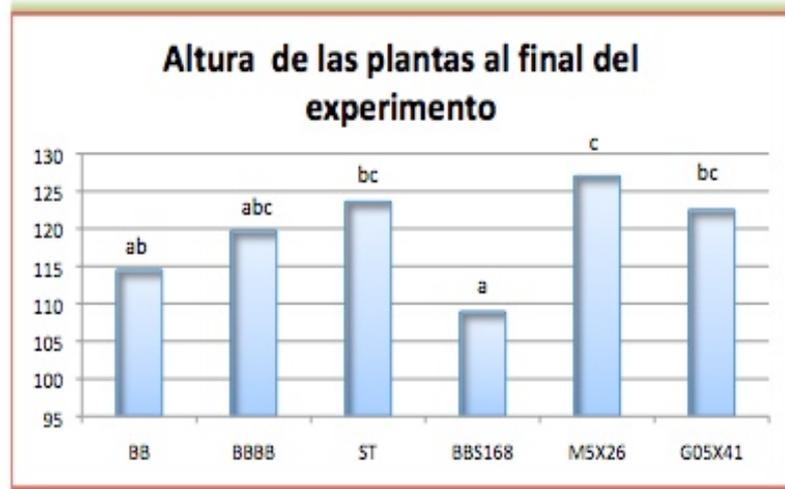


Fig. 28. Altura de las plantas al final del experimento.

En general, las plantas injertadas en ST, M5x26 y G05x41 son más vigorosas que el resto, aunque únicamente se obtienen diferencias significativas en aquellas injertadas en el híbrido M5x26 respecto a las no injertadas. La mayor altura de este híbrido interespecífico es indicativa del vigor del mismo, que ya se había observado en experimentos anteriores y que se ha manifestado también en condiciones suelo infestado.

Fructificación y rendimiento y calidad de los frutos

Fructificación

Los primeros frutos con calidad comercial pudieron colectarse a los 50 días de cultivo (Fig. 29).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Fig. 29. Cultivo de planta injertada en parcela al aire libre a los 50 días después del trasplante.

El número de plantas con frutos y el número de frutos por planta en las dos primeras cosechas se muestran en la figura. 30 (A y B).

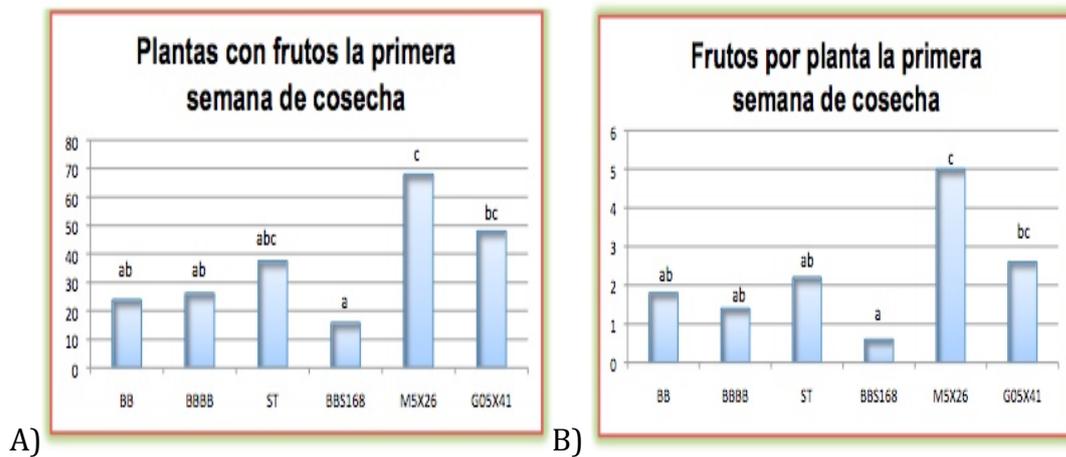


Fig. 30. Plantas con fruto (A) y Frutos por planta (B) del trasplante.

Las plantas injertadas en los híbridos interespecíficos experimentales M5x26 y G05x41 presentan un mayor porcentaje de plantas con frutos 68% y 48%, respectivamente. En esta fecha el porcentaje de frutos cosechados en plantas no injertadas o injertadas sobre sí misma es de 24 y 26% respectivamente. En cuanto al número de frutos por planta, de nuevo el mayor número de frutos se obtienen en las plantas injertadas sobre M5x26 y

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

G05x41, con un número significativamente mayor en plantas injertadas en M5x26 respecto al resto de los tratamientos (Fig. 30B). Estos resultados indican la precocidad que se ha producido al injertar en este patrón que también es el que ha mostrado el mayor vigor. La precocidad de plantas injertadas se ha observado en otros cultivos como en tomate (Rivero, et al. 2004), melón (Fita et al. 2004) y pimiento (Gisbert et al. 2010), y esta relacionado con una mayor capacidad de absorción de los nutrientes, translocación de nutrientes, agua y/o alteraciones en factores de crecimiento endógenos (Hartmann et al. 1991).

Rendimiento

La primera recolecta de frutos en la parcela experimental se llevó a cabo el 18 de Agosto de 2009 y se extendió en dos meses desde la misma. El número medio de frutos por planta, el peso medio de los frutos y el rendimiento se muestran en la Tabla 9.

Tabla. 9. Rendimientos de los diferentes tratamientos (portainjetos), sobre *S. melongena* (copa) en campo.

Tratamientos	Frutos por planta	Peso medio (g)	Rendimiento por planta (kg)
BB	11.6 b	434 a	5.4 b
BBBB	12.7 bc	440 a	5.7 bc
ST	14.4 bc	445 a	6.4 bc
BBS168	7.6 a	415 a	3.4 a
M5XP4	15.8 c	437 a	6.9 c
G05X41	15.0 bc	427 a	6.4 bc

El peso de los frutos fue similar en todos los tratamientos. En cuanto al número medio de frutos por planta y el rendimiento, fue inferior en las plantas injertadas en BBS168, probablemente por la sensibilidad a nematodos que se ha comentado previamente. El mayor número de frutos por planta y mayor rendimiento se obtuvo en planta injertada en el portainjerto M5x26, con diferencias significativas respecto a las plantas no injertadas. De nuevo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

podemos observar un mejor comportamiento en este portainjerto, considerado como el más vigoroso de los utilizados. El resto de tratamientos mostró un rendimiento similar.

Calidad de los frutos**Calidad externa**

Con el fin de determinar si los portainjertos utilizados para el injerto habían modificado las características del fruto se anotaron y/o cuantificaron características relacionadas con la calidad externa (Tabla 10) e interna (Tabla 11) en una muestra de 30 frutos de cada uno de los tratamientos. Es conocida la influencia del patrón sobre las características de la planta injertada, pudiendo modificar características aparentes o de calidad interna (Davis et al. 2008)

El cultivar de *S. melongena* var Black Beauty (BB) utilizado como copa en este ensayo es un cultivar de tipo globoso (Fig. 31) que muestra cierta variabilidad en cuanto a la forma de los frutos (Fig. 31) y cuyas características se muestran en la tabla 5 en material y métodos.



Fig. 31. Detalle de frutos a 17 de Agosto de 2007 en plantas de BB

En la figura 32 se muestran frutos de BB de las plantas injertadas en los distintos portainjertos y como puede observarse la forma de los frutos es

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

variable, pero esta variabilidad se observa también en frutos de plantas de BB sin injertar (Fig. 31).



Fig. 32. Detalle de frutos a 17 de Agosto de 2007 en plantas de BB

En la tabla 10, se muestran los parámetros evaluados para las características de calidad externa del fruto (longitud, anchura, índice de curvatura, índice de sección transversal y longitud y espinas en el cáliz).

Tabla. 10. Características de calidad externa del fruto.

Tratamientos	Longitud fruto (cm)	Anchura fruto (cm)	Índice curvatura fruto	Índice sección transversal	Índice longitud cáliz	Índice de espinas cáliz
BB	13,16 b	10,60 a	1,33 a	5,00 ab	1,60 a	1,77 ab
BB/BB	12,82 ab	10,53 a	1,13 a	5,20 ab	1,60 a	1,63 a
ST/BB	13,45 b	9,91 a	1,13 a	4,73 ab	1,57 a	1,67 ab
G05 x41/BB	12,47ab	10,09 a	1,20 a	4,93 ab	1,27 a	1,50 a
M5X26/BB	13,14 b	9,73 a	1,20 a	4,53 a	1,27 a	1,43 a
BBS168/BB	11,47 a	10,62 a	1,06 a	5,40 b	2,26 b	3,06 b

En general, no se aprecian diferencias significativas en cuando a la longitud, anchura, curvatura, sección transversal y características del cáliz en los frutos de plantas injertadas respecto a las de los controles (BB y BBBB) salvo en el caso de los frutos de plantas injertadas en la accesión BBS 168 de *S. macrocarpon* que presentó frutos más cortos, con un mayor desarrollo del cáliz y con más espinas (Tabla 10). Como se ha comentado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

anteriormente, de los portainjertos utilizados aquel que presenta características más distantes respecto al resto es *S. macrocarpon* BBS 168 que presenta: frutos pequeños, achatados y de color verde (Fig. 24C). Las diferencias obtenidas en la modificación de los frutos podrían deberse a estas diferencias del portainjerto con respecto a la copa pero también a la mayor susceptibilidad mostrada por esta entrada que dificultaría su crecimiento y el desarrollo de los frutos.

Calidad interna

En cuanto a las características de calidad interna, la cantidad de semillas y el contenido en sólidos solubles no se ha visto modificada en los frutos de las plantas injertadas respecto al control (Tabla 11). En el caso de los fenoles, se ha observado mayor variabilidad, con mayor contenido en los frutos de plantas injertadas en BBS 168.

Tabla.11. Características de calidad internos de los frutos.

Tratamientos	Índice semillas	Sólidos solubles (°Brix)	Fenoles (mg 100g-1)
BB	1,63 a	4,03 a	41.9 a
BB/BB	1,40 a	4,16 a	44.7 ab
ST/BB	1,27 a	4,12 a	41.1 a
BBS168/BB	1,40 a	4,18 a	55.0 b
M5X26/BB	1,30 a	4,14 a	48.1 ab
G05x41/BB	1,23 a	4,11 a	45.6 ab

Aunque el índice de semillas es menor en plantas injertadas que en los controles no se ha obtenido diferencias significativas. En la figura 33 podemos apreciar la cantidad de semillas al cortar longitudinalmente el fruto de berenjena correspondiente al híbrido interespecífico entre *S. aethiopicum* x *S. melongena* (G05x41).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Fig. 33 . Cantidad de semilla al cortar un fruto en forma longitudinal.

El contenido en sólidos solubles no es una característica de gran interés en berenjena como en otros frutos como tomate y melón, pero se ha medido con el fin de poder determinar posibles variaciones ya que si se han observado cambios en el contenido de sólidos solubles en frutos de plantas injertadas. Así por ejemplo, en plantas de sandía se ha obtenido una reducción (Alexopoulos et al. 2007), y un aumento (Davis & Perkins-Veazie, 2008) en el contenido en sólidos solubles como consecuencia del injerto.

En cuanto al contenido en fenoles, de nuevo en los frutos de BB injertados en la accesión BBS168 es donde se ha producido una diferencia significativa (Tabla 11) respecto a los frutos de plantas sin injertar, con una mayor concentración en los primeros. Como se ha comentado anteriormente, este efecto puede ser debido a una interacción portainjerto-copa pero también a las condiciones de cultivo. En este caso esta última explicación es la más probable al haberse descrito un aumento de fenoles en frutos como consecuencia del estrés (Dixon y Pavía, 1995) que en este caso estaría producido por los nematodos del suelo.

Con los datos obtenidos podemos concluir que, salvo en el caso de la accesión de *S. melongena* BBS 168, no se han producido cambios significativos en los parámetros de calidad externa e interna como consecuencia de injertar las plantas de BB en los distintos materiales utilizados como portainjertos.

5. Conclusiones



CONCLUSIONES

1. La capacidad germinativa de los dos híbridos interespecíficos M5x26 (*S. incanum* x *S. melongena*) y G05x41 (*S. aethiopicum* x *S. melongena*) ha sido claramente superior a la obtenida en *S. torvum*, especie que se utiliza normalmente para el injerto de berenjena y que presenta una germinación errática (escasa y/o poco uniforme).
2. El prendimiento de las plantas de berenjena en los distintos portainjertos estudiados ha sido alto con un 90% en el portainjerto BBS 168, un 93% en ST y un 100% en los dos híbridos evaluados (M5x26 y G05x41).
3. No se han observado problemas de compatibilidad a nivel primario en ninguna de las combinaciones estudiadas. Tampoco en las plantas injertadas en BBS 168 que son morfológicamente muy diferentes a la berenjena BB.
4. La evaluación agrónoma en una parcela infectada con nematodos, principalmente de la especie *Meloidogyne incognita*, ha mostrado un buen comportamiento de las plantas injertadas en ST y en los dos híbridos interespecíficos (M5x26 y G06x41) con porcentajes de supervivencia del 92% y del 100% respectivamente. Las plantas injertadas en la accesión BBS 168 de *S. macrocarpon*, han mostrado una gran susceptibilidad con un 28% de plantas muertas al final del cultivo.
5. El híbrido M5x26 ha resultado el más vigoroso, y también se ha obtenido un mayor rendimiento en las plantas injertadas sobre este patrón. Respecto al resto de tratamientos, las plantas injertadas en BBS168 han sido las menos productivas y no se ha obtenido diferencias significativas en el resto de combinaciones.
6. Se ha observado precocidad en las plantas injertadas en los dos híbridos interespecíficos (M5x26 y G06x41).
7. Las características de calidad externa e interna de los frutos de las plantas injertadas no se han visto modificadas con respecto a las de los frutos de las plantas sin injertar salvo en el caso de las plantas injertadas en BBS 168. Estas plantas presentaron frutos más cortos, con un mayor

CONCLUSIONES

desarrollo del cáliz, con más espinas y con un mayor contenido en fenoles. Estas dos últimas características pueden ser consecuencia del injerto o consecuencia del estrés a las que han sido sometidas.

Podemos concluir que de los materiales estudiados, la accesión BBS 168 de *S. macrocarpon* no es adecuada como portainjerto de berenjena en estas condiciones de cultivo. En cambio, las plantas injertadas en los dos híbridos interespecíficos (M5x26 y G05x41) han mostrado un comportamiento equivalente o superior a aquellas no injertadas o injertadas en *S. torvum*, material que se utiliza comúnmente en el injerto de berenjena. Por lo tanto, ambos híbridos pueden ser adecuados para el injerto de berenjena. Además, presentan la ventaja adicional, respecto a *S. torvum*, de mostrar una alta capacidad germinativa.

Bibliografia



- Acciarri, N. Restaino, F., Vitelli, G., D., Zottini, M., Pandolfini, T., Spena, A., Rotino, G.I. 2002. Genetically modified eggplants: improved fruit productivity under both greenhouse and open field cultivation. *BMC Biotechnology*, 2:4.
- Afouda, L. Bairney, H. Fanou, H. 2008. Evaluation of *Amaranthus* sp and *Vernonia amygdalina*, and soil amendments with poultry manure for the management of root-knot nematodes on eggplant *Phytoparasitica*. 36: 368-376.
- Alexopoulos AA, Kondylis A and Passam HC. 2007. Fruit yield and quality of watermelon in relation to grafting. *J Food Agriculture Environ*, 5, 178-179 (2007).
- Allard, J. 1996. L'aubergine au Japon. *PHM Revue Horticole* 374:55-56.
- Altinok, H.H. 2005. First report of *Fusarium* wilt of eggplant caused by *Fusarium oxysporum* f.s.p *melongenae* in Turkey. *Plant Pathology*, 54:577.
- Baixaulli, C. 2001. Berenjena, pp. 104-108. En: Nuez, f., Yacer, G. (eds). *La horticultura española*. Ediciones de Horticultura, Reus, España.
- Bletsos, F., Thanassouloupoulos, C., Roupakias, D. 2003. Effect of grafting on growth, yield and *Verticillium* wilt of eggplant. *Hort. Science*, 38:183-186.
- Bruton, B. 2005. Grafting Watermelon Onto Squash or Gourd Rootstock.
- Cao, G., Sofic, E., Prior, R.L., 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44:3426-3431.
- Cappellii, C. Stravato, VM. Rotino, GL. Buonauri, R. 1995. Sources of resistance among *Solanum* spp. to an Italian isolate of *Fusarium oxysporum* f sp. *Melongenae*. In: Andrásfalvi A, Moór A, Zatykó (eds) *EUCARPIA, 9th Meet Genet Breed Capsicum Eggplant*. SINCOP, Budapest, pp 221-224

- Chaudhary, D.R. 2000. Inheritance of resistance to bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith) in eggplant. *Haryana Journal of Horticultural Science*, 29:89-90.
- Cobo, B. 1964a. (obra original de 1639). Obras de P. Bernabé Cobo. Vol. 1. La Fundacion de Lima. (eds) Atlas, Madrid, 439pp.
- Cobo, B. 1964b. (obra original de 1653). Obras de P. Bernabé Cobo. Vol. 2. Historia del Nuevo Mundo. (eds) Atlas, Madrid, 515pp.
- Cohen R, Horev C, Burger Y, Shriber S, Hershenhorn J, Katanand J, Edelstein M. 2002. Horticultural and pathological aspects of *Fusarium* wilt management using grafted melons. *Hort Sci*. 37: 1069-1073.
- Collonier C, Fock I, Kashyap V, Rotino gL, Daunay MC, Lian Y, Mariska IK, Rajam MV, Servaes A, Ducreux G, Sihacharkr D. 2001b. Applications of biotechnology in eggplant. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 65: 91-107.
- Daunay, M.C. 1996a. L'aubergine à travers les ages et les usages. *PHM Revue Horticole*, 374:35-36.
- Daunay, M.C., Lester, R.N., Ano, G. 1997. Les aubergines, pp. 83-107. En: Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S., Nicolas, D. (eds.). *L'amélioration des plantes tropicales* Cirad et Orstom, Montpellier, Francia.
- Daunay M.C. 2008. Eggplant. In *Handbook of Plant Breeding: Vegetables II*, pp. 163-220. Eds. J. Prohens and F. Nuez. New York, USA: Springer.
- Davis, AR, Perkins-Veazie P, Hassell R, Levi A, King SR, Zhang XP. 2008. Grafting effects on vegetable quality *Hortscience* 43: 1670-167.
- Dixon RA and Paiva NL, Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7: 1085-1097 (1995).

- Edelstein, M.; Burger, Y.; Horev, C.; Porat, A.; and Cohen, R. 2004. "Assessing the effect of genetic and anatomic variation of *Cucurbita* rootstocks on vigour, survival and yield of grafted melons". *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79: 370-374.
- Eggnet. 2008. <http://bgard.science.ru.nl/eggnet/eggnet01.html>.
- FAO. 2007. Base de datos estadísticos. <http://faostat.fao.org>
- FAO. 2008. Base de datos estadísticos. <http://faostat.fao.org>
- Fita A, Picó B, Roig C and Nuez F. 2004. "Performance of *Cucumis melo* spp. *agrestis* as a rootstock for melon. *J Hort Sci Biotech* 82:184-190.
- Frary, A., Doganlar, S., Daunay, M.C. 2007. Eggplant. pp. 287-313. En: Kole, C. (ed.). *Genome mapping and molecular breeding in plants, volume V: vegetables II*. Springer, Heidelberg, Germany.
- Ginoux, G., Dauple, P. 1979. "Greffage de la tomate. Essai de densité de plantation". INRA.SEI. Centre de Recherches Agronomiques. d'Avignon, nov.
- Gisbert, C., Sánchez-Torres, P., Raigón, M.D. and Nuez, F. 2010. *Phytophthora capsici* resistance evaluation in pepper hybrids: Agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants. *Journal of Food Agriculture and Environment* 8: 116-21.
- Gledhill, D. 1989. *The names of plants*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 202pp.
- Gousset, C., Collonnier, C., Mulya, K., Mariska, I., Rotino, G.L., Besse, P., Servaes, A., Sihachakr, D. 2005. *Solanum torvum*, as a useful source of resistance against bacterial and fungal diseases for improvement of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Plant Science*, 168:319-327.

- Hanson, P. M., Yang, R. Y., Tsou, S.C.S., Ledesma, D., Engle, L., Lee, T.C. 2006. Diversity in eggplant (*Solanum melongena*) for superoxide scavenging activity, total phenolics and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:594-600.
- Hartmann, H.T. y Kester, D. E. 1991. "Propagación de plantas" Eds. Continental, Méjico.
- Hébert, Y. 1985. Comparative resistance of nine species of the genes *Solanum* to bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*) and the nematode *Meloidogyne incognita*. Implications for the breeding of aubergine (*S. melongena*) in the humid tropical zone. *Agronomie* 5: 27.
- Hedrick, U.P. 1919. Sturtevant's notes on Edible Plants, 27th Ann. Rep. New York Agr. Expt. Sta. Vol.2 part II. J.B. Lyon Co., Albany, New York.
- Hoyos, P. 2007. "Situación del injerto en hortalicultura en España: especies, zonas de producción de planta, portainjertos". *Horticultura*, 199:12-25.
- Ibrahim, M., Munira, M.K., Kabir, M.S., Islam, AKMS, Miah MMU. 2001. Seed germination and graft compatibility of wild *Solanum* as rootstock of tomato. *Online J Biol Sci* 1:701-703.
- Khan, R. 1979. *Solanum melongena* and its ancestral form. pp. 629-636. En: Hawkes, J.G., Lester, R.N., Skelding, A.D., (eds.). *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. The Linnean Society of London, London.
- Karihaloo, J.L., Gottlieb, L.D. 1995. Allozyme variation in the eggplant, *Solanum melongena* L. (*Solanaceae*). *Theoretical and Applied Genetics*, 90:578-583.
- Lee J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I: current status, grafting methods and benefits. *Hort Sci* 29: 235-239.
- Lee. J. M. 2003. "Advances in vegetable Grafting". *Crónica Hort.*, 43: 13-19.
- Leonardi, C., D. Romano. 2004. Recent Issues on Vegetable Grafting. Proc. XXVI IHC. *Acta Hort.* 631: 163-174. ISHS 2004.

- Lester, R.N., Hasan, S.M.Z. 1991. Origin and domestication of the brinjal eggplant, *Solanum melongena*, from *S. incanum*, in Africa and Asia. pp. 369-387. En: Hawkes, J.G., Lester, R.N., Nee, M., Estrada-R, N. (eds.). *Solanaceae III. Taxonomy, chemistry, evolution*. The Linnean Society of London, London.
- Liao-Chungta y Lin-Chinho. 1996. "Photosynthetic responses of grafted bitter melon seedlings to flood stress". *Environmental-and-Botany*, 36: 167-172.
- Liu-HuiYing, Zhu-ZhuJun, Lu-GuoHua, Qian-QiongQiu. 2003. "Chilling tolerance and physiological parameters as influenced by grafting in watermelon seedlings". *Agricultural Sciences in China*, 2: 1164-1169 Abs.
- Lorenz, O.A., Maynard, D.N. 1998. *Handbook for vegetable growers*. John Wiley & Sons, New York, 456 pp.
- Louvet, J., 1974. "L'utilisation du greffage en culture maraichere". PHM. 152.
- Lu-ShanFa y Song-Yanru. 1996. "Application of electrical wave transmission in basic theoretical research of grafting". *Acta-Botanica-Sinica*, 38:362-366 Abs.
- Lu-ShanFa y Song-Yanru. 1999. "Hormonal regulation of vascular tissue differentiation in graft unions". *Acta-botanica-Tunnanica*, 21:483-490 Abs.
- Marín, J. 2007. *Portagrano: vademecum de variedades hortícolas*. José Marín Rodríguez, El Ejido, Spain.
- Miguel, A. 2005. "Injerto de hortalizas. Curso Internacional. Intagri. Jalisco. México.
- Miguel, A. 2007. *Injerto de hortalizas*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y alimentación.
- Moore, R. 1984. "A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants". *Amer. J. Bot.*, 71(5).
- Nadkarni, K.M. 1927. *Indian Materia Medica*. Bombay.

- Nuez, F., Prohens, J., Valcárcel, J. V., Fernández de Córdoba, P. 2002. Colección de semillas de berenjena del Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Oda, M. 1995. New grafting method for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japan Agric. Res. Quarterly* 29: 187-194.
- Oda, M. 2008. Use of grafted seedlings for vegetable production in Japan. *Proceedings of the International Symposium on Cultivation and Utilization of Asian, Sub-Tropical, and Underutilized Horticultural Crops* 770, 15-20.
- Parkinson, M., Jeffree, C.E. y Yeoema, M.N. 1987. Incompatibility in cultured explant-graft between members of the solanaceae. *New Phytologist*, 107 (3).
- Poessel., J.L., Ermel., F.F. y Faurovert, M. 1996. "Le point sur les bases physiologiques de la greffe vegetale". *PHM*, 368.
- Prohens, J., Muñoz Falcón, J.E., Rodríguez Burruezo, A., Nuez, F. 2005a. Últimos avances en la mejora genética de la berenjena. *Vida Rural*, 217:52-56.
- Prohens, J., Blanca, J., Nuez, F. 2005b. Morphological and molecular variation in a collection of eggplant from a secondary center of diversity: implications for conservation and breeding. *Proceedings of the Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130:54-63.
- Prohens, J., Nuez, F. 2001. Variedades tradicionales de berenjena en España. *Vida Rural*, 130:46-50.

- Prohens, J., Rodríguez Burruezo, A., Raigón, M.D., Nuez, F., 2007. Total phenolic concentration and browning susceptibility in a collection of different varietal types and hybrids of eggplant: implications for higher nutritional quality and reduced browning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132:638-646.
- Rachow-Brandt, G. y Kollmann, R. 1992. "Studies on graft union. V. Unloading of assimilates in homo and heterograft". *Jour Plant Phys.*, 139:584-589.
- Rivero, R. M., Ruíz, J. M., Romero, L. 2003. "Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress". *Jour Sci. of Food and Agric*, 83:1315-1319.
- Rivero, R. M., Ruíz, J. M., Romero, L. 2004. "Iron metabolism in tomato and watermelon plants: influence of grafting". *Journal of plant Nutrition*, 27: 2221-2234.
- Robinson, R.W., Shail, J.W., Yanxin, Gao. 2001. Interspecific hybridization of eggplant for *Verticillium* wilt resistance and other useful traits. pp. 279-291. En: van den berg, R.G., Barendse, G.W.M., van der Weerden, G.M., Mariani, C. (eds.). *Solanaceae V. Advances in Taxonomy and Utilization*. Pub. Nijmegen University Press.
- Rojas, L., Riveros, F., 2002. Métodos de injertación de Hortalizas. *Revista Terra Adentro*,
- Ruíz, J.M.; Blaco, B.; Rivero, R.M.; M.C; Romero, L. 2005. "Nicotine-free and salt-tolerant tobacco plants obtained by grafting to salinity-resistant rootstocks of tomato". *Physiologia-Plantarum*, 124:465-475.
- Sakata, Y., Lester, R.N. 1997. Chloroplast DNA diversity in brinjal eggplant (*Solanum melongena* L.) and related species. *Euphytica*, 97:295-301.
- Sakata, Y., Nishio, T., Matthews, P.J. 1991. Chloroplast DNA analysis of eggplant (*Solanum melongena*) and related species for their taxonomic affinity. *Euphytica*, 55:21- 26.

- Sakata, Y.; Oharata, T. y Sugiyama, M. 2007. "The History and Present State of the Grafting of Cucurbitaceous Vegetables in Japan". *Acta Hort.*, 731: 159-170.
- Santa Cruz, A., Martínez, M.M., Bolarin, M. C., Cuartero, J., Fernández, J. A. 2001. "Response of plant yield and leaf ion contents to salinity in grafted tomato plants". *Acta Hort.*, 559: 413-417.
- Savvas, D., Lenz, F. 1996. Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. *Angewandte Botanik*, 70:124-127.
- Sekara, A., Cebula, S., Kunicki, E. 2007. Cultivated eggplant-Origin, breeding objectives and genetic resources, a review. *Folia Horticulturae*, 19: 97-114.
- Singh, A.K., Singh, M., Singh, A.K., Singh, R., Kumar, S., Kalloo, G. 2006. Genetic diversity within the genus *Solanum* (Solanaceae) as revealed by RAPD markers. *Current Science*, 90:711-716.
- Stommel, J.R., Whitaker, B.D. 2003. Phenolic acid content and composition of eggplant fruit in a germplasm core subset. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128: 704-710.
- Sunseri, F., Sciancalepore, A., Martelli, G., Acciari, N., Rotino, G.L., Valentino, D., Tamietti, G. 2003. Development of RAPD-AFLP map of eggplant and improvement of tolerance to *Verticillium* wilt. *Acta Horticulturae*, 625:107-115.
- Turquouis, N. y Malone, M. 1996. "Non destructive assessment of developing hydraulic connections in the graft union of tomato". *Jour. Exp. Bot.*, 47: 701-707.
- Urrutia Herrada, M.T., Gomez Garcia, V.M., Tello Marquina, J. 2004. La fusariosis vascular de la berenjena en Almería. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 30: 85-92.

- Wang, YouQun; Kollmann, R y Wang, YQ. 1996. "Vascular differentiation in the graft union of in vitro graft with different compatibility. Structural and functional aspects". *Jour Plant Phys.*, 147: 521-533.
- Yamakawa, K., Mochizuki, H. 1979. Nature and inheritance of Fusarium wilt resistance in eggplant cultivars and related Solanum species. *Bulletin of Vegetable and Ornamental Crops Research Station*, 6: 19-27.
- Yasinok A E, Sahin FI, Eyidogan F, Kuru M, and Heberal M. 2009. "Grafting tomato plant on tobacco plant and its effects on tomato plant yield and nicotine content.". *J Sci Food Agric*, 89: 1122-1128.
- Yeoman, M. M y Brown, R. 1976. "Implications of the formation of graft union for organization in the intact plant". *Ann. Bot.*, 40.
- Yoshida, T., Matsunaga, H., Saito, T., Yamada, T., Saito, A. 2004. Verticillium wilt resistance and cytoplasmic male sterility in progenies of eggplant rootstock variety 'Taibyō VF'. *Proceedings of the 12th Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant*:97.