



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Estrategias de selección de portainjertos para variedades de melón

Apellidos, nombre	Picó Sirvent, María Belén (mpicosi@btc.upv.es) Gisbert Doménech, Carmina (cgisbert@btc.upv.es)
Departamento	Departamento de Biotecnología
Centro	ETSIAMN, Universitat Politècnica de València



1. Resumen de las ideas clave

La familia de las Cucurbitáceas incluye algunos de los cultivos más importantes en todo el mundo (el melón, el pepino, la sandía y las calabazas y calabacines). Se cultivan en regiones templadas y subtropicales con veranos cálidos y largos. Están adaptadas tanto a cultivos intensivos, llevados a cabo en países desarrollados, como a cultivos extensivos y cultivos de subsistencia, siendo alimentos básicos de la dieta en numerosos países en desarrollo. Concretamente el melón, ve seriamente afectada su producción por la ocurrencia de distintos tipos de estrés. Tradicionalmente, han sido las enfermedades de etiología viral las que han limitado la producción y calidad en este cultivo. Más recientemente, debido a la sobreexplotación de los suelos por la realización de cultivos continuados, la prohibición del bromuro de metilo como desinfectante de suelos, el incremento generalizado de las temperaturas y la preocupante disminución de los recursos hídricos, los problemas de estrés de suelo se han convertido en los principales factores limitantes de la producción de esta fruta. El injerto de variedades de melón sobre portainjertos (rootstocks) de distintas especies de cucurbitáceas se está revelando como una estrategia rápida y eficiente para minimizar el efecto de los distintos tipos de estrés de suelo. A continuación se describen los principales criterios que deben emplearse para la selección de portainjertos adecuados en melón. La explicación planteada facilitará el aprendizaje de esta estrategia de mejora al alumno de Ciencias de la vida (Agronomía, Forestales, Medio ambiente, Biología, Biotecnología...), tanto a nivel teórico como práctico.

2. Objetivos

Una vez que el alumno haya estudiado con detenimiento este documento y los recursos de apoyo asociados, será capaz de:

1. Describir y explicar los principales factores limitantes del cultivo del melón.
2. Describir y explicar los fundamentos básicos de la técnica del injerto en el género *Cucumis*.
3. Dar ejemplos y aplicaciones de esta técnica para superar las limitaciones generadas por los distintos tipos de estrés.
4. Aplicar los criterios adecuados para la selección del mejor material con distintos objetivos de mejora.

3. Introducción

La familia Cucurbitaceae comprende 115 géneros y casi 1000 especies (Schaefer et al., 2009). Es de origen Asiático, aunque el 40% de las especies son endémicas del continente americano, siendo el resto africanas (28%), asiáticas (26%), australianas (2%) y europeas (1%). Los principales centros de diversidad de las Cucurbitáceas son Madagascar, el sur de Asia, el oeste de África y América Central (Schaefer et al., 2009). Los géneros *Cucumis*, *Citrullus* y *Cucurbita* incluyen las especies de mayor importancia económica. El género *Cucumis* incluye dos especies cultivadas de interés, el melón (*C. melo*) y el pepino (*C. sativus*). Este género se ha considerado tradicionalmente de origen



africano. Sin embargo, los estudios más recientes, utilizando colecciones más amplias de germoplasma y más representativas de la actual distribución de la especie, indican un origen asiático para el género (Schaefer et al., 2009).

El melón ($2n = 24$), se considera la especie más variable del género. Tradicionalmente se subdivide en dos subespecies, *melo* y *agrestis* (Pitrat 2008). Los estudios más recientes indican que pudo haberse originado en Asia y desde allí haberse difundido por Asia y por África, y posteriormente por todo el mundo (Sebastian et al., 2010). El género *Cucumis* incluye varias decenas de especies silvestres (fundamentalmente africanas y asiáticas) que no cruzan sexualmente con el melón. Sin embargo, existen dos especies endémicas del sur de Asia, *C. trigonus* y *C. callosus*, que probablemente representen los ancestros silvestres de la especie. Además, podemos encontrar melones silvestres en distintas regiones del este y oeste de África y de Asia Central. Con respecto a los melones cultivados, los centros de diversificación primaria y secundaria se extienden desde el Extremo Oriente hasta la cuenca Mediterránea. Los tipos cultivados se clasifican en un gran número de variedades botánicas, todas sexualmente compatibles, y que difieren en su respuesta a distintos tipos de estrés biótico o abiótico.

El melón se cultiva a nivel mundial, fundamentalmente en zonas templadas y subtropicales, pero que abarcan muchas áreas de ambientes y características diversas. El cultivo continuado en muchas de ellas y los continuos cambios en la climatología que estamos experimentando, están llevando al agotamiento de los recursos de suelo, incrementándose las situaciones de estrés abiótico. Además de la repetición de cultivos, la limitación del uso de fumigantes de amplio espectro ha incrementado los problemas fúngicos y debidos a nematodos, siendo frecuentes las situaciones de estrés biótico en el cultivo del melón (King et al 2010). La técnica del injerto se está implantando, en general en la familia de las cucurbitáceas y concretamente en el cultivo del melón, para superar las limitaciones asociadas a los cultivos intensivos, como agotamiento de nutrientes, limitaciones hídricas, situaciones de temperaturas extremas y salinidad, y enfermedades causadas por patógenos que están en los suelos. Con el injerto se consigue el cultivo de variedades sensibles al utilizar pies (patrones) resistentes a enfermedades o, adaptados a distintas condiciones de estrés.

C. melo puede cultivarse injertado sobre distintas especies de cucurbitáceas (fundamentalmente pertenecientes a los géneros *Cucurbita* y *Cucumis*). La selección del patrón se basa fundamentalmente en la compatibilidad injerto-patrón y en las características de vigor y en su resistencia a estrés biótico y abiótico del suelo. Sin embargo, conforme se difunde esta técnica surgen nuevos condicionantes que son necesarios para la selección de los nuevos patrones. Sobre todo se buscan patrones que no provoquen alteraciones en el desarrollo y la calidad del fruto de la variedad injertada (King et al., 2010). El conocimiento sobre el origen y diversificación de la especie, su distribución y ecología, así como las relaciones genéticas con la especie que se quiere injertar, es esencial para seleccionar los mejores portainjertos.



4. Desarrollo

El cultivo del melón se ve cada vez más limitado por los problemas relacionados con el agotamiento de los recursos del suelo, nutrientes y agua, y por los problemas fitosanitarios, debido a la repetición de cultivos y a la limitación del empleo de fumigantes de amplio espectro, por su peligrosidad e impacto medioambiental. El injerto supone una estrategia de manejo del cultivo que permite superar estas limitaciones y que puede utilizarse en distintos sistemas de cultivo incluyendo la agricultura ecológica.

A continuación, se describen cuáles son los principales aspectos a tener en cuenta durante la selección de patrones para melón. Se describe con detalle cada paso de la metodología y se plantean una o varias cuestiones relevantes al final de cada uno para validar lo aprendido. Al final se presenta un esquema resumen que permite confirmar el aprendizaje de la globalidad del proceso. El contenido que se va a presentar permitirá que el alumno utilice la información proporcionada para el desarrollo de una estrategia de selección de patrones adecuados en esta especie.

Recomendamos que tras el estudio de este artículo se consulte el libro de resúmenes generado por el grupo participante en la COST ACTION FA1204: 'Vegetable grafting to improve yield and fruit quality under biotic and abiotic stress': 2nd annual conference: Innovation in vegetable grafting for sustainability; Gisbert et al. 2014; Munera et al. 2014).

Así mismo, para reforzar lo aprendido y lograr una visión general de las técnicas de injerto y de los principales criterios de selección de patrones se recomienda leer la revisión de 2010 de King y colaboradores (King, SR., Davis, AR, Zhang, X and Crosby, K. 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. Scientia Hort. 127:106-111).

PASO 1. Aprovechamiento de la variabilidad extragenérica

Aunque pueda resultar extraño, los portainjertos que se desarrollaron por primera vez para melón, y se siguen empleando mayoritariamente en la actualidad, no pertenecían al género *Cucumis*, sino a otros géneros de la familia Cucurbitaceae.

Fundamentalmente, se trata de especies del género *Cucurbita*, siendo las más empleadas *C. maxima*, *C. moschata* y *C. ficifolia*. De forma menos frecuente se han empleado *C. argyrosperma* y *C. pepo* (Figura 1). Suelen utilizarse patrones híbridos, tanto intra como interespecíficos, entre estas especies. La combinación híbrida *C. maxima* x *C. moschata* ha sido una de las más populares, aunando el vigor de ambas especies y su tolerancia a estreses bióticos o abióticos del suelo. El formato híbrido proporciona además una patente física a las empresas que lo comercializan.

Puesto que ambas especies presentan distinta precocidad de floración y un grado de compatibilidad sexual parcial, entre los criterios más habituales de selección de parentales, se encuentran la coordinación de la floración y la selección de parentales altamente compatibles, que permitan minimizar el coste de la obtención de la semilla híbrida (Colla et al., 2010). Estos híbridos proporcionan un elevado nivel de resistencia no específica, pero eficiente



contra numerosos patógenos del suelo (*Fusarium*, *Verticillium*, *Monosporascus*, *Didymella*, etc...) que suponen una grave limitación en los cultivos de melón de todo el mundo. También desarrollan sistemas radiculares más vigorosos que los del melón y que responden mejor a la falta de agua y nutrientes y al cultivo en suelos salinos o bajo estrés de altas o bajas temperaturas. Concretamente *C. ficifolia* se ha empleado por su resistencia a bajas temperaturas y a la salinidad del suelo. Además de por las características anteriores, los patrones de *Cucurbita* son preferidos porque muestran una germinación uniforme y una emergencia de la plántula vigorosa, incluso en condiciones de bajas temperaturas. Los hipocotilos son largos y anchos, lo que facilita la realización del injerto.

Sin embargo, el exceso de vigor puede ser contraproducente. Las variedades de melón tienen hipocotilos más finos que los híbridos de calabaza, y esta diferencia resulta en diámetros desiguales en la zona del injerto y puede ocasionar un elevado ratio de mortalidad de las plantas injertadas (Figura 2). El exceso de vigor del portainjerto frente a la variedad injertada, puede también ocasionar un retraso en la floración y cuajado de los frutos, y un alargamiento del ciclo de maduración, lo que resulta desfavorable para la precocidad de la producción del melón.

Entre otras limitaciones, los patrones de *Cucurbita* presentan sólo cierto nivel de tolerancia a nematodos. No son adecuados en condiciones de elevada infestación y su uso continuado resulta en el incremento de la densidad de estos patógenos en el suelo. Además, son susceptibles a oidio, y aunque este es un problema de la parte aérea pueden incrementar la susceptibilidad de la variedad injertada (Figura 2). Por último, se han descrito efectos negativos sobre la calidad del melón, como deformaciones o pérdida de azúcar, parámetros de gran importancia a nivel comercial (Rouphael et al., 2010).

Otras especies como *Lagenaria siceraria*, *Benincasa hispida* y *Sicana odorifera* se han empleado minoritariamente como patrones de esta especie, presentando características similares a los patrones de *Cucurbita*.

Figura 1. Especies del género *Cucurbita* que se emplean como patrones de melón. Arriba: de izquierda a derecha *C. maxima*, *C. moschata* y *C. ficifolia*) Abajo: de izquierda a derecha *C. pepo* y *C. argyrosperma*.





Figura 2. Principales desventajas de los patrones de *Cucurbita*. De izquierda a derecha y de arriba abajo: exceso de vigor de las plántulas, susceptibilidad al oidio, deformaciones observadas en los frutos de melón injertados frente a los frutos de las plantas no injertadas.



¿Por qué se emplean híbridos de Cucurbita como portainjerto de melón?

¿Qué principales ventajas e inconvenientes tiene el empleo de estos portainjertos? ¿Cómo podrían superarse estas limitaciones?

PASO 2. Aprovechamiento de la variabilidad intragenérica en el género *Cucumis*

Dos de las principales limitaciones del empleo de portainjertos del género *Cucurbita* son el exceso de vigor, con respecto a la variedad injertada, y el impacto negativo sobre la calidad del fruto. La utilización de patrones más cercanos genéticamente podría minimizar algunos de estos efectos. Por ejemplo, el empleo de patrones del género *Cucumis*.

Como se ha comentado en la introducción hay numerosas especies dentro de este género. Algunas de estas especies se han descrito como altamente resistentes a nematodos y *Fusarium*, y también a enfermedades de parte aérea como el oidio o el mildiu. Una de las especies más prometedoras como portainjertos es *Cucumis metuliferus*, resistente a nematodos, a *Fusarium*, a oidio, y a algunas virosis de importancia en melón, como ToLCNDV. Esta especie se ha probado como portainjerto de melón y no presenta problemas importantes de compatibilidad, ni tiene exceso de vigor ni altera la floración, y no se detectan alteraciones negativas de la calidad del fruto, a pesar de las diferencias en morfología y otras características de los frutos de ambas especies. Presenta como inconvenientes dificultades de manejo por el tamaño



de la semilla, la germinación desigual y el reducido tamaño de la plántula (Figura 3). Este último inconveniente puede ser superado realizando la siembra del patrón un tiempo antes de la siembra de la variedad, para llegar a un mismo tamaño de hipocotilo en el momento del injerto.

Figura 3. Empleo de *Cucumis metuliferus* como portainjerto del melón. De izquierda a derecha: Frutos de *C. metuliferus*, plantas adultas de melón injertadas sobre *C. metuliferus* frutos de melón cantalupo cuajados sobre plantas injertadas sobre *C. metuliferus*.



Además de *C. metuliferus* hay otras especies silvestres de *Cucumis* que presentan potencial para ser utilizadas como portainjertos de melón, muchas de ellas con resistencia descrita a nematodos y a *Fusarium*. Por ejemplo, *C. ficifolius*, *C. anguria*, *C. africanus* and *C. myriocarpus*. En todos los casos el reducido vigor de las plántulas podría ser un inconveniente para su uso. Una forma de incrementar el vigor es el desarrollo de híbridos intra o interespecíficos. La segunda opción es algo más difícil debido a la existencia de fuertes barreras de cruzabilidad, tanto de estas especies con *C. melo* como entre las mismas.

¿Qué ventajas presenta el empleo de *C. metuliferus* como patrón de melón frente a los materiales derivados del género *Cucurbita*?

El empleo de las especies silvestres del género *Cucumis* presenta un grave limitación ¿Cuál es, y que estrategias emplearías para superarla?

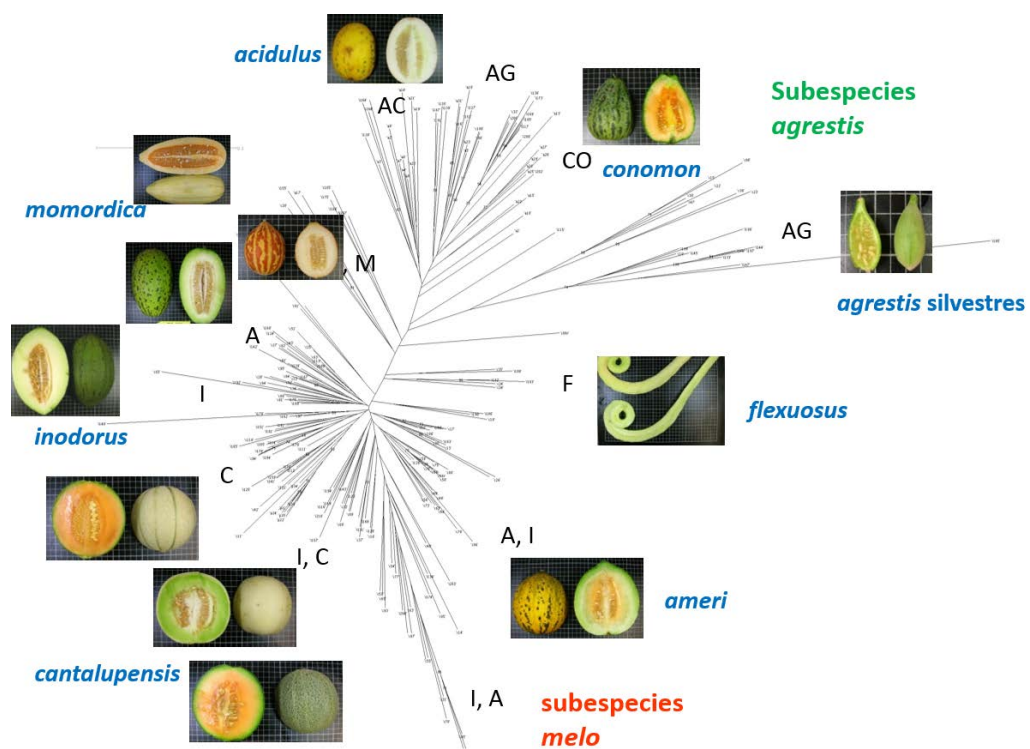
PASO 3. Aprovechamiento de la variación intraespecífica

El empleo de patrones pertenecientes a la misma especie que la variedad injertada parece la mejor forma para evitar problemas de incompatibilidad, diferencias de vigor e impacto negativo en la calidad.

Aunque la especie *C. melo* es altamente variable (Figura 4), esta variación intra específica no se ha empleado frecuentemente como fuente de portainjertos. Un obstáculo importante para su uso ha sido la falta de germoplasma con resistencia eficiente a los distintos tipos de estrés que se combaten mediante el injerto. Cribados recientes de material han proporcionado entradas pertenecientes a algunas variedades botánicas, como *flexuosus*, *momordica*, *conomon* y *agrestis* silvestres, con algunos niveles adecuados de tolerancia a determinados estreses, y, por lo tanto, adecuados para ser empleados como patrones en melón, reduciendo al máximo el impacto sobre la calidad del

mismo. El empleo podría ser como variedades independientes o formando híbridos intervarietales. De momento el empleo de este germoplasma está en fase experimental (Conduro et al. 2012; Verzera et al. 2014). Un inconveniente de emplear patrones de la misma especie puede ser la dificultad de eliminar, durante el cultivo, los rebrotes del patrón y confundirlos con los de la variedad injertada, debido a la similar morfología.

Figura 4. Variabilidad intra específica en *Cucumis melo*. En azul se muestran las variedades botánicas pertenecientes a las dos subespecies en las que se divide la especie (subespecie *agrestis* y subespecie *melo*). Las variedades de interés como portainjerto pertenecen mayoritariamente a la subespecie *agrestis*, donde se han descrito la mayoría de resistencia a estrés biótico y abiótico.



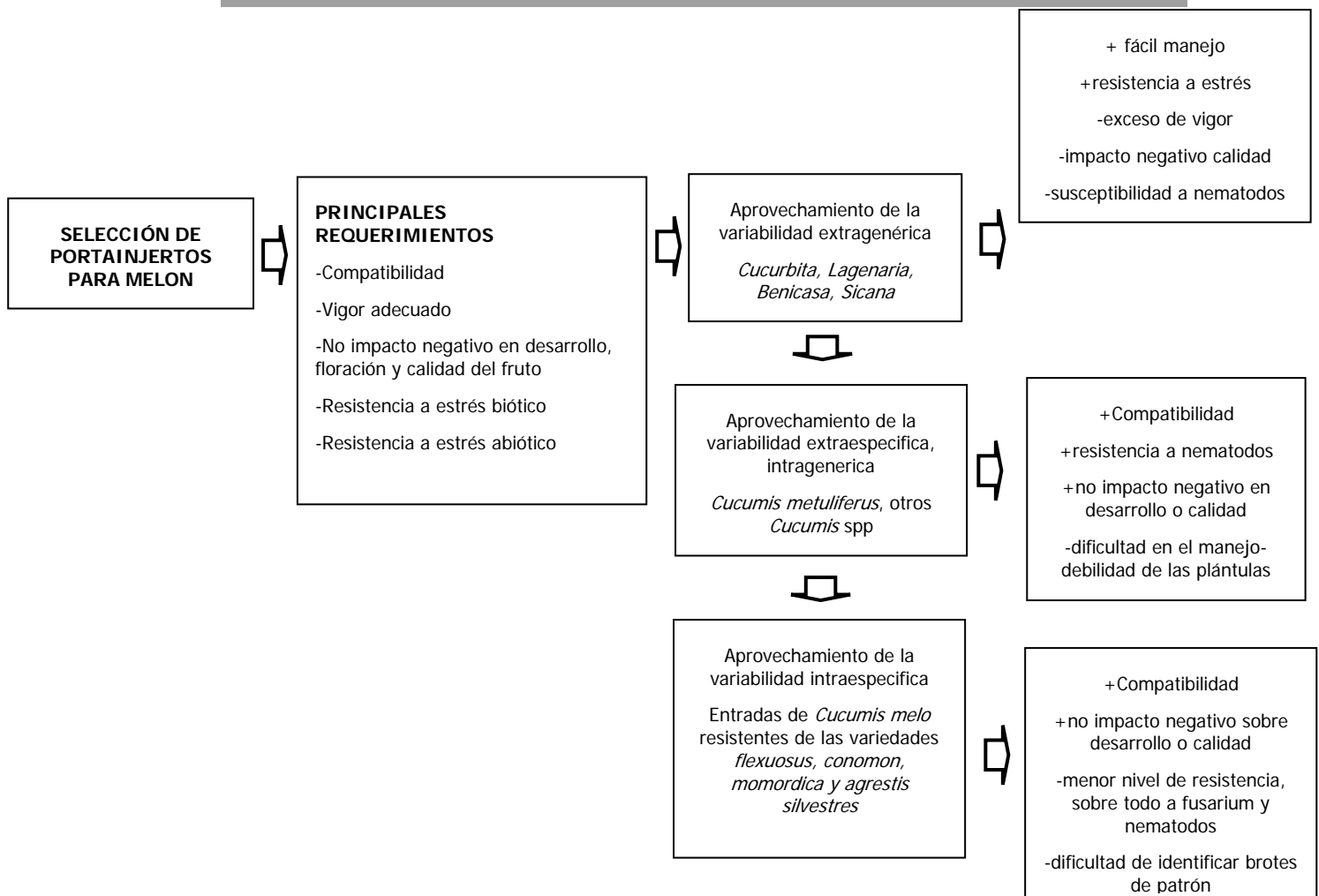
Hasta el momento no se han empleado como patrones los posibles ancestros silvestres del melón *C. trigonus* y *C. callosus*, pero dado que son sexualmente compatibles con la especie, es probable que presenten buenos niveles de compatibilidad injerto-patrón. Podrían emplearse tanto directamente, como cruzados con alguna entrada de *C. melo* cultivada para incrementar su vigor.



¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes principales de emplear la variación intraespecífica del melón para el desarrollo de portainjertos para esta?

5. Cierre

REPASA LA ESTRATEGIA DE SELECCIÓN DE PORTAINJERTOS EN MELÓN CON EL ESQUEMA SIGUENTE





6. Bibliografía

Colla, G, Roupshael, Y, Leonardi, C, Bie, Z., 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Sci. Hortic.* 127 (2), 147–155

Condurso, C. Verzera, A. Dima, G. et al. 2012. Effects of different rootstocks on aroma volatile compounds and carotenoid content of melon fruits. *Scientia Horticulturae* 148: 9-16

Gisbert C, Sorribas FJ, Martínez E, Gammoudi N, Bernat G, Picó B. 2014. Grafting melons onto potential *Cucumis* spp. Rootstocks. 2nd Annual Conference COST ACTION FA 1204-12-14. 'Innovation in Vegetable grafting for sustainability', 20-22 October 2014, Carcavelos Portugal. P 57.

Gisbert C, López C, Picó B. 2014. Virus infection in cucurbita plants grafted onto viral resistant rootstocks. 2nd Annual Conference COST ACTION FA 1204-12-14 'Innovation in Vegetable grafting for sustainability', 20-22 October 2014, Carcavelos Portugal. p45

King, SR., Davis, AR, Zhang, X and Crosby, K. 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. *Scientia Hort.* 127:106-111.

Munera M, Giné A, Pocurull M, Picó B, Gisbert C, Sorribas FJ. 2014. Response of potential cucurbit rootstocks against *melo* spp. 2nd Annual Conference COST ACTION FA 1204-12-14 'Innovation in Vegetable grafting for sustainability', 20-22 October 2014, Carcavelos Portugal. P47

Roupshael, Y, Schwarz, D, Krumbeinb, A, Colla, G. 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae* 127:172–179

Sebastian P, Schaefer H, Telford IR, Renner SS. 2010. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 107 (32):14269-73.

Schaefer, H; Heibl, C; Renner SS. 2009. Gourds afloat: a dated phylogeny reveals an Asian origin of the gourd family (Cucurbitaceae) and numerous oversea dispersal events. *Proc. R. Soc. B.* 276:843–851

Verzera A, Dima G, Tripodi G, Condurso C, Crinò P, Romano D. 2014. Aroma and sensory quality of honeydew melon fruits (*Cucumis melo* L. subsp. *Melo* var. *inodorus* H. Jacq.) in relation to different rootstocks. *Scientia Horticulturae* 169: 118-124