



ACTAS DE HORTICULTURA

Comunicaciones Técnicas
Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

77

FEBRERO
2017

XIV Jornadas del Grupo Horticultura
II Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud
III Jornadas de Fresón

**PRODUCCIÓN SOSTENIBLE
DE HORTALIZAS Y FRESÓN
PARA UNA ALIMENTACIÓN
SALUDABLE**

COMUNICACIONES

Coordinador
Juan Carlos Gázquez Garrido

Almería, 21-23 de febrero de 2017



PRODUCCIÓN SOSTENIBLE
DE HORTALIZAS Y FRESÓN PARA
UNA ALIMENTACIÓN SALUDABLE

 **cajamar**
CAJA RURAL

**XIV Jornadas del Grupo Horticultura
II Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud
III Jornadas de Fresón**

**Producción sostenible
de hortalizas y fresón
para una alimentación
saludable**

Almería
21-23 de febrero de 2017

Coordinador: Juan Carlos Gázquez Garrido

Comité Científico

Grupo horticultura

Elsa Martínez Ferri	IFAPA Centro de Churriana (Málaga)
Inmaculada Lahoz García	INTIA Navarra
Carlos Baixauli Soria	Centro de Experiencias Cajamar
Juan Carlos López Hernández	Estación Experimental Cajamar
María Dolores Fernández	Estación Experimental Cajamar
Juan José Magán Cañadas	Estación Experimental Cajamar
Juan Carlos Gázquez Garrido	Estación Experimental Cajamar
Fernando del Moral Torres	Universidad de Almería
Santiago Bonachela Castaño	Universidad de Almería
Joaquín Hernández Rodríguez	Universidad de Almería
Alicia González Céspedes	Estación Experimental Cajamar
Estefanía Rodríguez Navarro	IFAPA-Centro de La Mojonera (Almería)

Grupo fresón

Carmen Soria Navarro	IFAPA-Centro de Churriana (Málaga)
Juan Jesús Medina Mínguez	IFAPA-Centro de Huelva
Evangalina Medrano Cortés	IFAPA-Centro de La Mojonera (Almería)
María Teresa Ariza Fernández	IFAPA-Centro de Churriana (Málaga)

Grupo alimentación y salud

Miguel Ángel Domene	Estación Experimental Cajamar
Esperanza Torija Isasa	Universidad Complutense de Madrid
María de Cortes Sánchez Mata	Universidad Complutense de Madrid
Patricia Morales	Universidad Complutense de Madrid
Virginia Fernández	Universidad Complutense de Madrid
José Manuel Moreno Rojas	IFAPA-Centro Alameda del Obispo (Córdoba)

Comité organizador

Carmen Soria Navarro	IFAPA Centro de Churriana (Málaga)
Juan Jesús Medina Mínguez	IFAPA-Centro de Huelva
Esperanza Torija Isasa	Universidad Complutense de Madrid
Inmaculada Lahoz García	INTIA Navarra
Juan Carlos Gázquez Garrido	Grupo Cooperativo Cajamar
Carlos Baixauli Soria	Grupo Cooperativo Cajamar
Miguel Ángel Domene Ruiz	Grupo Cooperativo Cajamar
Antonio José Céspedes López	Grupo Cooperativo Cajamar
José Luis Racero Luque-Romero	Grupo Cooperativo Cajamar
David Erik Meca Abad	Grupo Cooperativo Cajamar
Corpus Pérez Martínez	Grupo Cooperativo Cajamar





**PRODUCCIÓN SOSTENIBLE
DE HORTALIZAS Y FRESÓN PARA
UNA ALIMENTACIÓN SALUDABLE**

Almería, 21-23 de febrero de 2017

**XIV Jornadas del Grupo Horticultura
II Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud
III Jornadas de Fresón**



Sociedad
Española
de Ciencias
Hortícolas



comer sano
VIVIR SANO

Cajamar
Líderes en Negocio
Agroalimentario

XIV Jornadas del Grupo Horticultura
II Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud
III Jornadas de Fresón.
Producción sostenible de hortalizas y fresón para una alimentación saludable

© 2017 del texto y las imágenes que se reproducen (excepto mención expresa): los autores

© 2017 de la edición: Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Edita: Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Coordina: Juan Carlos Gázquez Garrido

ISBN-13: 978-84-697-6628-6

Depósito Legal: CO-2294-2017

Diseño y maquetación: Beatriz Martínez Belmonte (Cajamar Caja Rural)

Imprime: Escobar Impresores

Fecha de publicación: noviembre de 2017

Impreso en España / *Printed in Spain*

La información y opiniones contenidas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores.

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del Copyright.

ÍNDICE

- Papel nutricional y saludable de productos hortícolas intensivos en la dieta..... 17
M. A. Domene, M. Segura, E. Martínez, J. C. Gázquez y A. Molina
- Determinación de compuestos antioxidantes en fresa potencialmente bioactivos para su uso en programas de mejora 25
L. C. Cervantes, E. Martínez-Ferri, C. Soria, J. J. Medina Mínguez, P. Reboredo-Rodríguez y M. T. Ariza
- Evaluación de los efectos del ácido silícico monómero sobre la conservación de frutas y hortalizas mediante imágenes de resonancia magnética (IRM) 33
M. Valentini y P. Joret
- Estudio del color en variedades de naranjas pigmentadas (*citrus sinensis* [L.] Osbeck) antocianinas y carotenoides 45
L. Cebadera-Miranda, L. Domínguez, P. Morales, V. Fernández-Ruiz, M. C. Sánchez-Mata, L. Barros, I. C. F. R. Ferreira, A. Del Pino y M. Cámara
- Influencia del tipo de portainjerto en calidad organoléptica y saludable en tomate «de sabor» valenciano 55
M. A. Domene, M. Segura, A. Giner, J. M. Aguilar, A. Núñez, C. Baixauli e I. Nájera
- Aproximación al conocimiento del valor nutritivo de las semillas de cáñamo (*Cannabis sativa* L.) 65
J. I. Alonso Esteban, M. C. Sánchez Mata y M. E. Torija Isasa
- Evaluación de la eficiencia de la tecnología Oxyion durante la etapa de transporte en el mantenimiento de la calidad poscosecha de fresa... 73
A. Arias, I. León, J. C. Gimeno y E. Santacruz
- Caracterización de los parámetros que influyen las propiedades funcionales y sensoriales de tomate cultivar ‘Lobello’ en diferentes condiciones agronómicas..... 91
A. B. Cabezas Serrano, C. Martínez Gaitán, T. Turiño Rodríguez y M. E. Porras

ÍNDICE

Antocianos. Compuestos bioactivos saludables de alto valor presentes en frutos de naranja tipo sangre (<i>Citrus sinensis</i> [L.] Osbeck)	99
<i>L. Díaz, J. Martínez-Nicolás, J. A. Del Río, A. Ortuño, A. Celdrán, I. Porras y A. Conesa</i>	
Flavonoides presentes en la naranja sanguina <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck cultivar ‘Sanguinelli’	111
<i>L. Díaz, J. Martínez-Nicolás, A. Conesa, I. Porras, A. Ortuño, A. Celdrán y J. A. Del Río</i>	
Influencia micorrízica en calidad organoléptica, nutricional y saludable de melón y uva	121
<i>M. A. Domene Ruiz, M. Segura Rodríguez, D. Meca Abad, A. Ayala Doñas, V. Pérez Toledano y E. Remesal González</i>	
Validación de la tecnología Oxyion en fresa y frambuesa	131
<i>A. Arias, I. León, J. C. Gimeno y E. Santacruz</i>	
Estudio de diferentes portainjertos en cultivo de sandía.....	143
<i>A. Giner, J. M. Aguilar, A. Núñez, C. Baixauli, I. Nájera, M. A. Domene y M. Segura</i>	
Uso de nuevos compost para el cultivo de lechugas ‘Baby Leaf’ en sistema de bandejas flotantes. Su efecto en el control de <i>Pythium irregulare</i>	153
<i>A. Giménez, J. A. Fernández, C. Egea-Gilabert, J. A. Pascual, A. B. Santísima-Trinidad y M. Ros</i>	
Interacción sinérgica de bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en un cultivo de haba.....	163
<i>V. Sánchez-Navarro, R. Zorzona, A. Faz y J. A. Fernández</i>	
Evolución del estado hídrico y salino de un suelo enarenado en un cultivo de tomate regado con alta densidad de goteros.....	171
<i>M. D. Fernández, S. Bonachela, I. Rodríguez, M. R. Granados, F. J. Cabrera y D. Meca</i>	
Gestión del riego en cultivos hortícolas de invernadero. Automatización con electrotensiómetros <i>vs.</i> programación basada en la evapotranspiración del cultivo	179
<i>F. Alonso, J. I. Contreras, G. Cánovas y R. Baeza</i>	

ÍNDICE

Manejo de un agua de calidad mediocre en recirculación.....	187
<i>J. J. Magán, M. D. Fernández, D. Meca y J. C. López</i>	
Mejora de la eficiencia del enriquecimiento carbónico en invernadero mediterráneo mediante su cese anticipado en el ciclo de cultivo de pimiento.....	197
<i>M. E. Porras, P. Lorenzo, E. Medrano, M. J. Sánchez-González y M. C. Sánchez Guerrero</i>	
Efecto de la aplicación de distintos retardadores de crecimiento en el cultivo de la chufa.....	203
<i>N. Pascual-Seva, A. Valldecabres, J. F. Torres, A. San Bautista, S. López-Galarza, J. V. Maroto y B. Pascual</i>	
Aportes de la biodesinfección a la mitigación de problemas originados por los restos de cosecha en los invernaderos arenados.....	215
<i>J. M. Torres</i>	
Efecto biodesinfectante de la materia orgánica en cultivos hortícolas de Almería.....	229
<i>J. M. Torres</i>	
Estudio agronómico de diferentes materiales de cubierta flotante en una plantación tardía de sandía.....	243
<i>J. C. López, C. Pérez, M. González, D. Meca, C. Baixauli, A. Núñez, J.M. Aguilar, A. Giner e I. Nájera</i>	
Estudio agronómico de diferentes materiales de acolchado en una plantación tardía de sandía sin pepitas.....	253
<i>C. Baixauli, A. Núñez, J. M. Aguilar, A. Giner, I. Nájera, J. C. López, M. González, C. Pérez, D. Meca y J. C. Gázquez</i>	
Acolchados biodegradables en cultivos hortícolas al aire libre en el sur de Navarra.....	263
<i>I. Lahoz, A. Santos y A. Malumbres</i>	
Caracterización de los recursos hídricos disponibles y de sus mezclas para el riego de cultivos hortícolas intensivos en el Campo de Dalías	273
<i>R. Baeza, F. Alonso, M. M. Parra y J. I. Contreras</i>	

ÍNDICE

Mejora del control biológico en cultivo de pepino con la introducción de ácaros presa.....	281
<i>E. Vila, I. Martínez, M. M. Morales y A. B. Arévalo</i>	
Selección de nuevas cepas microbianas de interés agronómico con carácter biopesticida y fitoestimulante.....	289
<i>C. Gómez-Serrano, E. Rojas-Crespo, A. González Céspedes, F. Suárez-Estrella, J. A. López-González, M. J. López y F. G. Acién Fernández</i>	
Evolución de las mallas para la protección de cultivos.....	297
<i>R. M. Oliva, S. López y A. J. Álvarez</i>	
Aplicación de soluciones del aderezo de aceitunas de mesa como fertilizante en plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i>) y pepino (<i>Cucumis sativum</i>).....	303
<i>B. de los Santos, A. Aguado, L. Aparicio, C. Romero y M. Brenes</i>	
Respuesta productiva del cultivo de la coliflor a tres dosis de riego....	311
<i>A. Abdelkhalik, N. Pascual-Seva, I. Nájera, A. Giner, C. Baixauli y B. Pascual</i>	
El uso de portainjertos en cultivares de pimiento en invernadero como atenuante al estrés salino	321
<i>A. Gálvez, F. M. del Amor, C. M. Rodríguez y J. López-Marín</i>	
Mallas de sombreado fotoselectivas para cultivo de pimiento en el sureste español	327
<i>J. López-Marín, A. Gálvez, C. M. Rodríguez, M. Pérez-Jiménez, M. C. Piñero y F. M. del Amor</i>	
Estudio del comportamiento agronómico cualitativo de sustratos basados en sustratos poscultivo de <i>A. bisporus</i> y <i>P. ostreatus</i>	335
<i>M. R. Picornell Buendía, J. A. de Juan Valero y A. Pardo Giménez</i>	
Estudio del comportamiento agronómico cuantitativo de sustratos basados en sustratos poscultivo de <i>A. bisporus</i> y <i>P. ostreatus</i>	343
<i>M. R. Picornell Buendía, J. A. de Juan Valero y A. Pardo Giménez</i>	
Caracterización del microclima de un invernadero mediterráneo con cubierta plástica antigoteo.....	351
<i>M. R. Granados, J. Hernández, A. R. López de Coca, S. Bonachela, J. C. López y J. J. Magán</i>	

ÍNDICE

- Modificación del clima en invernaderos pasivos con pantallas fijas y móvil..... 359
M. R. Granados, J. Hernández, S. Bonachela, J. C. López y J. J. Magán
- Caracterización agronómica, morfológica y química de variedades de alcachofa en la Región de Murcia..... 369
N. García-Martínez, P. Andreo-Martínez y L. Almela
- Selección varietal de alcachofas con destino al procesado industrial... 377
N. García-Martínez, P. Andreo-Martínez y L. Almela
- Evaluación de la polinización en sandía: uso de polinizadores desechables *vs.* polinizadores estándar 385
D. Meca, J. C. Gázquez, M. A. Domene, C. Pérez, J. C. López y M. D. Segura
- Prevención y control integrado del oídio con Armurox® en cultivos hortícolas y fresón 391
A. Botta, C. Marín, L. García-Gutiérrez, N. Sierras y A. Pérez-García
- Doble cubierta inflada: microclima y respuesta productiva de un cultivo de tomate..... 399
C. Pérez, J. C. López, D. Meca, F. Bonache y S. Bonachela
- Respuesta del cultivo de la patata a diferentes dosis de riego en la vega de Sevilla 407
P. Cermeño, E. J. Cabello, J. A. García, M. J. Romero, C. Jarén y L. Andreu
- Influencia del marco de plantación y de la profundidad del rizoma en el cultivo de espárrago en la vega de Sevilla 415
P. Cermeño, J. A. García, M. J. Romero, M. V. Sánchez y J. M. Valero
- Análisis de cultivares de fresa en Cantabria. Evaluación agronómica, física, química y sensorial 425
E. García-Méndez, M. R. Gutiérrez, T. García, R. Azugaray, B. Castrillo y E. Sebares
- Plasticidad de caracteres agronómicos, organolépticos y funcionales de variedades de fresa..... 433
M. T. Ariz, E. Martínez-Ferri, J. J. Medina, L. Miranda, P. Domínguez, J. A. Gómez-Mora, J. M. López Aranda, M. Ramos, R. Villalba, M. Carrera y C. Soria

ÍNDICE

Programa de mejora genética de fresa de Plantas de Navarra SA (PLANASA)	441
<i>M. A. Hidalgo, J. C. Gutiérrez y P. Domínguez-Morales</i>	
Efecto de la salinidad sobre la calidad de la fresa y su evolución en poscosecha. Fertirriego de un cultivo de fresa en la provincia de Huelva.....	449
<i>F. Molina</i>	
Empleo de bacterias rizosféricas como sustitutas de productos químicos de síntesis para un cultivo sostenible de la fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	459
<i>M. Camacho, L. Aparicio, C. Pérez-Carmona y B. de los Santos</i>	
Eficacia del ozono como desinfectante de suelo en el cultivo de la fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	467
<i>B. de los Santos, A. Aguado, L. Miranda, M. Camacho, M. F. Talavera y J. J. Medina</i>	
Efecto sobre la producción y calidad de fresa del estrés salino aplicado durante la fase generativa.....	473
<i>E. Medrano, M. A. Domingo, M. C. Sánchez-Guerrero, M. J. Sánchez-González, M. E. Porras y P. Lorenzo</i>	

Alimentación y salud

Papel nutricional y saludable de productos hortícolas intensivos en la dieta

M. A. Domene Ruiz^a, M. Segura Rodríguez^a, E. Martínez Fernández^a,
J. C. Gázquez Garrido^a y A. Molina Jiménez^b

^aEstación Experimental Cajamar y ^bBiosabor

Resumen

Las frutas y hortalizas son consideradas el pilar fundamental de una dieta saludable y han sido uno de los componentes básicos en la alimentación del hombre desde los albores de la humanidad. En la actualidad diversos factores han cementado más ese pilar: su gran diversidad, globalización de mercados que eliminan la estacionalidad, atributos organolépticos que los hacen ideales para introducir riqueza y colorido en una gastronomía cada vez más exigente y refinada, se pueden comer a lo largo de todo el día desde el desayuno, almuerzo, merienda, cena e incluso entre horas como tentempié, y la versatilidad en sus formas de preparación.

En este trabajo realizamos un análisis nutricional de proteínas, lípidos, carbohidratos totales, fibra y contenido mineral (K, P, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn), vitamina C y polifenoles totales de las frutas y hortalizas más comercializadas en la horticultura intensiva del sureste español: tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), pimiento (*Capsicum annuum*), berenjena (*Solanum melongena*), calabacín (*Cucurbita pepo*), pepino (*Cucumis sativus*), sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*). Se recolectaron 10 frutos por replica para realizar una muestra compuesta y se realizaron tres replicas por cada tipo de fruto y se emplearon los métodos analíticos de la AOAC: Contenido de humedad por desecación, proteínas por el método Kjeldahl, hidratos de carbono totales por espectrofotometría, fibra total y lípidos por gravimetría, elementos minerales (K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu,

Mn y Zn) por espectroscopia de absorción atómica y P por espectrofotometría, vitamina C (Método 984.26 de la AOAC) por titración con 2,6 dicloroindofenol y Polifenoles totales por espectrofotometría por método de Folin-Ciocalteu.

Como conclusión de este estudio vemos que todos tienen un denominador común y es su bajo contenido proteico (0,59-2,11), lipídico (0,1-0,42), carbohidratos totales menor en hortalizas (1,46-5,40) que en frutas (7,60-8,20), fibra (0,45-3) todos los rangos expresados en g/100 g materia fresca. Todos son una fuente mineral importante especialmente cobre (0,12-0,26), manganeso (0,08-0,57). Un segundo grupo con una menor contribución a la ingesta diaria recomendada serían: potasio (154,98-365,09), fósforo (22,80-71,84), hierro (10,25-15,74) y magnesio (10,25-31,63). Finalmente los que menos contribuirían serían cinc (0,21-0,69) y calcio (10,31-37,18). Todos los rangos expresados en mg/100 g materia fresca. La vitamina C (0,5-150 mg/100 g materia fresca) y los polifenoles (1,50-130 g materia fresca) demuestran que pimiento y tomate pueden ser una buena fuente alternativa de vitamina C además de tener los contenidos más altos en polifenoles totales junto con berenjena.

Palabras clave: *Nutrición, hortalizas, minerales, vitamina C, polifenoles totales.*

Introducción

Las hortalizas junto con frutas, son consideradas el pilar fundamental de una dieta saludable y han sido uno de los componentes básicos en la alimentación del hombre desde los albores de la humanidad. En la actualidad diversos factores han cementado más ese pilar: su gran diversidad, globalización de mercados que eliminan la estacionalidad, atributos organolépticos que los hacen ideales para introducir riqueza y colorido en una gastronomía cada vez más exigente y refinada, se pueden comer a lo largo de todo el día desde el desayuno, almuerzo, merienda, cena e incluso entre horas como tentempié, y la versatilidad en sus formas de preparación (Molina y Domene, 2015). Cuando acudimos en busca de información bibliográfica

de la caracterización nutricional y sustancias bioactivas de las hortalizas, no podemos pasar por alto la gran cantidad de cultivares existentes de cada una de ellas, la variabilidad de cada parámetro, debido a factores bióticos o abióticos, e incluso la caracterización de las mismas considerando el fruto de forma global o por porciones, por ejemplo con piel o sin piel, su color, es decir, si es rojo o verde, etc. Las hortalizas pueden diferir mucho en sus perfiles organolépticos y nutricionales, pero siempre tienen un denominador común, son alimentos: bajos en contenido de grasas y densidad de energía (kcal/kg), con alto contenido en agua, con fibra y son fuente muy importante en el suministro de minerales y vitaminas. Estas propiedades quizás sean las más diferenciadoras con respecto al resto de alimentos.

Algunas de esas propiedades pueden contribuir a producir sensación de saciedad y reducir la ingesta de alimentos con más densidad energética, y de esta manera regular el peso (Rolls *et al.*, 2004), e incidiendo positivamente en uno de los objetivos nutricionales de cara al futuro, que es reducir las cifras de sobrepeso existente en la población, fundamentalmente en los países desarrollados que afecta a todos los segmentos poblacionales y especialmente puede ocasionar problemas graves en el futuro a la población infantil y adolescente. La bondad saludable de las hortalizas se debe a que son bajas en grasas, no tienen colesterol y lo más importante, suelen ser ricas en fibra y bajas en sodio (recordemos la prioridad de la OMS en la reducción de su consumo), pero con altos contenidos minerales, vitamínicos y de sustancias bioactivas.

Material y métodos

El objetivo del presente trabajo es evaluar de forma cuantitativa el papel nutricional y saludable, de las hortalizas más comercializadas en la horticultura intensiva del sureste español: tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), pimiento (*Capsicum annuum*), berenjena (*Solanum melongena*), calabacín (*Cucurbita pepo*), pepino (*Cucumis sativus*). Se recolectaron 10 frutos por replica para realizar una muestra compuesta. A su vez para promediar un valor representativo o medio, conscientes de la variabilidad (Domene *et al.* (1) y (2), 2014) existente entre cultivares, hemos seleccionado tres tipos

de tomate analizados de forma individual pero promediados en conjunto (ciclo larga vida, *cherry* y *raf*), pimiento california e italiano (verde y rojo); de estos los valores son un promedio de todos, pepino holandés, berenjena y calabacín.

En este trabajo realizamos un análisis de proteínas por el método Kjeldahl (Chang, 2003), se digiere con *bloque digestor* de 12 plazas Marca P-Selecta la muestra de fruto previo secado, triturado y homogeneizado de la misma (Jata Electro Mod. ML469), todas las muestras por triplicado. Posteriormente se destila con destilador (Marca Buchi; modelo K-314), y se hace tritación. El resultado se expresa en gramos de proteína en 100 gramos de fruto fresco, lípidos según el método de Kochert, para lo cual las muestras se molieron, extrajeron, centrifugaron y filtraron. La cuantificación se hace gravimétricamente con balanza de precisión de sensibilidad 0,0001 g. Los hidratos de carbono totales (HC) se determinaron con el método espectrofotométrico de fenol-ácido sulfúrico (BeMiller, 2003). Se midió espectrofotométricamente con una curva patrón de glucosa de 0 a 100 mg/2mL a 490 nm en espectrofotómetro de doble haz ultravioleta-visible (Marca Unicam; modelo Helios Alpha), posteriormente se calculó la concentración como gramos de HC en 100 g de fruto fresco. Para analizar la vitamina C se utiliza el método volumétrico del 2,6-dicloroindofenol (método 984.26 de la AOAC; 2000), la variable se expresa como mg ácido ascórbico/100 g materia fresca. La fibra es determinada gravimétricamente, mediante su separación por hidrólisis de ácido sulfúrico e hidróxido sódico diluido e hirvientes (AOAC 962.09). Los polifenoles se midieron por el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu con curva patrón de ácido gálico de 0 a 1000 ppm, a 670 nm (espectrofotómetro de doble haz ultravioleta-visible. Marca Unicam; modelo Helios Alpha), la variable se expresa como mg ácido gálico/L. Los elementos minerales (K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn) se determinaron por espectroscopia de absorción atómica y P por espectrofotometría.

Todos los datos son sometidos a un tratamiento estadístico con Statgraphics plus 5.1. Los resultados se expresan con su media de tres variedades o más, y en el caso de una variedad el promedio de 3 frutos. Se hizo un análisis de varianza (ANOVA) y la diferencia entre medias con test de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados

En la Tabla 1, el contenido proteico más representativo corresponde al brócoli (2,50 g/100 g materia fresca) y calabacín (2,11 g/100 g materia fresca) teniendo el resto de hortalizas un contenido inferior a 1 g/100 g materia fresca. En cuanto a la fracción lipídica se confirma el bajo contenido de las hortalizas, siendo inferior a 0,35 g/100 g materia fresca. Respecto a la fibra, la berenjena es la hortaliza de las estudiadas que mayor contenido presenta (3,00 g/100 g materia fresca), seguido del brócoli (2,60). Las hortalizas que han dado valores más bajos en frutos frescos han sido pepino (0,51 g/100 g materia fresca) y tomate (0,71 g/100 g materia fresca), aunque recordemos que este valor es un promedio de los tres varietales estudiados. En cuanto a los hidratos de carbono totales, brócoli, berenjena presentan los valores más altos aunque también son buena fuente tomate, pimiento y calabacín. En Tabla 2 vemos el aporte de minerales de los diferentes frutos, destacando el aporte de potasio de todos ellos entre 154,98 mg/100 g materia fresca berenjena y 365,09 mg/100 g materia fresca en tomate. El calcio oscila entre 10,31 mg/100 g materia fresca en berenjena y 37,18 mg/100 g materia fresca en calabacín; hierro entre 0,24 mg/100 g materia fresca y 0,90 mg/100 g materia fresca; magnesio entre 10,25 mg/100 g materia fresca y 31,63 mg/100 g materia fresca; fósforo entre 17,41 mg/100 g materia fresca y 71,84 mg/100 g materia fresca. Bajos contenidos en sodio y el valor más alto correspondió a pepino 12,38 mg/100 g materia fresca. El cinc entre 0,21 mg/100 g materia fresca y 0,69 mg/100 g materia fresca. Cobre entre 0,08 mg/100 g materia fresca y 0,26 mg/100 g materia fresca y finalmente manganeso entre 0,08 mg/100 g materia fresca y 0,57 mg/100 g materia fresca.

Respecto a la vitamina C, el brócoli con 148 y el pimiento con 138 mg AA/100 g materia fresca son fuentes extraordinarias de dicha vitamina; y berenjena y pepino los que menos suministrarían. Respecto a los polifenoles totales, el brócoli con 126 es el que muestra mayor contenido, después pimiento y berenjena son fuente importante de polifenoles y los que menos contenido tienen son calabacín y pepino (Tabla 3).

Tabla 1. Valores nutricionales de proteínas, lípidos, fibra e hidratos de carbono totales de diferentes variedades y color como es el caso del tomate y del pimiento, y de una sola variedad como la berenjena, calabacín, pepino y brócoli. En valores promedio (g nutrientes/100 g materia fresca)

Nombre	g/100 g materia fresca			
	Proteínas	Lípidos	Fibra	HC totales
Tomate	0,92	0,26	0,70	2,75
Pimiento	0,93	0,19	1,91	2,96
Berenjena	0,87	0,14	3,00	5,40
Calabacín	2,11	0,30	1,10	3,00
Pepino	0,61	0,10	0,51	1,46
Brócoli	2,50	0,35	2,60	6,60

Tabla 2. Contenido mineral de diferentes variedades y color como es el caso del tomate y del pimiento, y de una sola variedad como la berenjena, calabacín, pepino y brócoli. En valores promedio (mg nutrientes/100 g materia fresca)

Nombre	mg/100 g materia fresca								
	Calcio	Hierro	Magnesio	Fósforo	Potasio	Sodio	Cinc	Cobre	Manganeso
Tomate	18,83	0,41	10,62	23,86	365,09	10,94	0,32	0,08	0,12
Pimiento	12,21	0,37	14,92	22,80	214,54	5,54	0,21	0,14	0,11
Berenjena	10,31	0,24	10,25	17,41	154,98	5,59	0,24	0,17	0,08
Calabacín	37,18	0,90	31,63	71,84	361,35	4,13	0,69	0,17	0,57
Pepino	30,74	0,44	13,23	50,52	248,80	12,38	0,34	0,26	0,32
Brócoli	35,90	0,58	15,74	44,79	627,95	10,04	0,34	0,12	0,23

Tabla 3. Contenido en vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g materia fresca) y polifenoles totales (mg de ácido gálico/100 g materia fresca) de diferentes variedades y color como es el caso del tomate y del pimiento, y de una sola variedad como la berenjena, calabacín, pepino y brócoli. En valores promedio

Nombre	mg ácido ascórbico/100 g materia fresca	mg ácido gálico/100 g materia fresca
	Vitamina C	Polifenoles totales
Tomate	21,33	40,77
Pimiento	138,00	98,50
Berenjena	0,50	87,40
Calabacín	20,00	1,50
Pepino	5,50	9,70
Brócoli	148,00	126,00

Conclusiones

Como conclusión de este estudio vemos que todas las hortalizas tienen un denominador común, y es su bajo contenido proteico (0,59-2,11) solo contribuyen en un 7,92 % a la dieta, con bajo contenido en grasas (0,1-0,42), contribuyendo solo al 4,96 % de la dieta, carbohidratos totales (1,46-5,40), es decir, son alimentos con baja densidad de energía aportando solo el 8,53 % de la dieta, contribuyen al aporte significativo de fibra (0,45-3) en la dieta con valores del 18,52 %, todos los rangos expresados en g/100 gmf. Son una fuente mineral muy importante especialmente cobre (52,22 %), manganeso (39,72 %). Un segundo grupo con una menor contribución a la ingesta diaria recomendada serían: potasio (17,15 %), fósforo (16,52 %), hierro (14 %) y magnesio (13,15 %). Finalmente los que menos contribuirían serían cinc (10,7 %), calcio (6,59 %) y resaltar que son alimentos hiposódicos solo aportando el 1,74 % de la dieta. La vitamina C (0,5-150 mg/100 gmf) y los polifenoles (1,50-130 gmf) demuestran que pimiento, brócoli y tomate pueden ser una buena fuente alternativa de vitamina C además de tener los contenidos más altos en polifenoles totales en este último caso, junto con la berenjena.

En definitiva las hortalizas son los abanderados de cualquier dieta saludable como lo han sido en la dieta mediterránea y deben estar en cualquier programa nutricional para reducción de obesidad y prevención de enfermedades especialmente las cardiovasculares.

Referencias bibliográficas

- AOAC INTERNATIONAL (2000): *Official Methods of Analysis*. Método 967.21. 17.º edición. Gaithersburg, MD., AOAC International.
- BEMILLER, J. N. (2003): «Carbohydrate analysis, cap. 10»; en Nielsen, S. S., ed.: *Food Analysis*. Nueva York, Kluwer Academic. 3.ª edición.
- CHANG, S. K. C. (2003): «Protein analysis, cap. 9»; en Nielsen, S. S., ed.: *Food Analysis*. Nueva York, Kluwer Academic. 3.ª edición.
- DOMENE, M. A.; GÁZQUEZ, J. C.; SEGURA, M. D. y MECA, D. E. (2014): «Evaluación de sustancias nutritivas y bioactivas en tres tipos de tomate: asurcado (raf), *cherry* y larga vida»; en *Actas Horticultura* (65). XIII jornadas grupo de horticultura; pp. 151-156.
- DOMENE, M. A.; GÁZQUEZ, J. C.; SEGURA, M. D. y MECA, D. E. (2014): «Evaluación de la calidad interna en especialidades de pimientos: sustancias nutritivas y bioactivas»; *Actas Horticultura* (65). XIII jornadas grupo de horticultura; pp. 157-162.
- MOLINA JIMÉNEZ, A. y DOMENE RUÍZ, M. A. (2015): «Nutrición y salud. Epílogo. Verduras, frutas, industria agroalimentaria y salud»; en Ordoñas, J. M., coord: *Mediterráneo Económico* (27). Cajamar, Caja Rural; pp. 365-384.
- ROLLS, B. J.; ELLO-MARTIN, J. A. y CARLTON TOHILL, B. (2004): *Nutrition Reviews* 62(1); pp. 1-17.

Determinación de compuestos antioxidantes en fresa potencialmente bioactivos para su uso en programas de mejora

L. C. Cervantes^a, E. Martínez-Ferri^a, C. Soria^a,
J. J. Medina Mínguez^b, P. Reboredo-Rodríguez^c y M. T. Ariza^a

^aIFAPA-Churriana, ^bIFAPA-Huelva y ^cUniversidad de Vigo

Resumen

Los programas de mejora de fresa (*Fragaria x ananassa*) tradicionalmente se han centrado en la búsqueda de variedades con características agronómicas que representen un mayor beneficio económico para el agricultor. Sin embargo, el consumidor demanda cada vez más frutos de alta calidad no solo nutricional sino funcional, por lo que los programas de mejora en la actualidad van encaminados hacia la búsqueda de variedades enriquecidas en compuestos antioxidantes. En la fresa, los antioxidantes provienen tanto del receptáculo como de los aquenios (verdaderos frutos), pero en dichos programas no se contemplan las posibles diferencias en la composición de antioxidantes entre ambas partes, y en qué medida contribuyen a la capacidad antioxidante total del fruto. En este trabajo se ha caracterizado tanto la composición de antioxidantes (fenólicos totales, flavonoides, antocianos, taninos y capacidad antioxidante) en ambas partes del fruto como la cantidad de estos tras un proceso de digestión *in vitro* para determinar cómo se liberan (bioaccesibilidad) y en qué medida se transforman y/o absorben (biodisponibilidad) cuando son ingeridos. Los resultados mostraron que los aquenios contenían una mayor cantidad de compuestos antioxidantes y capacidad antioxidante que el fruto completo, tanto en las muestras sin digerir como en aquellas sometidas a una diges-

tión *in vitro*. Por otro lado, se observó cómo el proceso de digestión *in vitro* da lugar a una liberación y absorción de antioxidantes especialmente alta en la fracción intestinal. No obstante, a nivel gástrico se aprecia una liberación considerable de estos compuestos, especialmente en el caso de los antocianos, los cuales muestran una absorción similar en ambas fracciones. Esto revela el potencial de los aquenios como producto para la salud humana por su gran aportación en compuestos antioxidantes biodisponibles, de ahí la necesidad de incorporar este aspecto en los programas de mejora futuros para la obtención de nuevas variedades de fresa con mayor cantidad de compuestos biosaludables.

Palabras clave: *fruto, aquenio, capacidad antioxidante, bioaccesibilidad.*

Introducción

La fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) es un fruto ampliamente consumido a nivel mundial y muy apreciado por su sabor y valor nutricional. Hasta la fecha, los programas de mejora desarrollados para la selección de nuevas variedades iban encaminados hacia la obtención de variedades con una marcada producción y precocidad. Hoy en día se está viviendo un cambio en la sociedad donde el consumidor demanda alimentos biosaludables y, por tanto, han de ser tenidos en cuenta por los mejoradores.

La fresa es una importante fuente de compuestos bioactivos (ácidos fenólicos, flavonoides, antocianos...). Algunos de estos compuestos destacan por actuar como antioxidantes, estando involucrados en beneficios para la salud humana. Botánicamente la fresa es un falso fruto compuesto por una parte carnosa (pulpa) en la superficie del cual se insertan los pequeños frutos reales, llamados aquenios, que contienen las semillas (Darrow, 1966). Se sabe que el contenido en compuestos fenólicos de la parte engrosada y de los aquenios es distinto, siendo muy superior la capacidad antioxidante de los segundos (Aaby *et al.*, 2007), por lo que los aquenios podrían considerarse una fuente de compuestos beneficiosos para nuestra salud. Aún así, se necesita más información sobre la aportación real de los aquenios a la capacidad antioxidante total del fruto.

Los beneficios del consumo de fresas no se deben únicamente a la presencia de compuestos biosaludables (en pulpa y/o aquenios), sino también a las transformaciones que estos sufren durante la digestión afectándose su liberación y posterior absorción en el tracto digestivo, condicionando así el efecto que producen en nuestro organismo.

Recientemente algunos programas de mejora de fresa están incorporando la selección en base a compuestos funcionales (Mezzetti *et al.*, 2016). Sin embargo, aún no se está prestando atención a la selección de variedades en base a su contenido de compuestos que realmente se incorporen al organismo y, por tanto, puedan ejercer un efecto positivo sobre la salud.

El objetivo de este estudio será conocer en qué medida el proceso de la digestión modifica la cuantificación de grupos concretos de compuestos fenólicos para determinar si dicho proceso debe ser tenido en cuenta de cara a la selección de variedades con capacidad biosaludable para programas de mejora.

Material y métodos

Procesamiento de las muestras

Se tomaron frutos maduros de fresa ‘Camarosa’ de un invernadero climatizado localizado en el Centro IFAPA de Churriana (Málaga). La mitad de estos frutos se trituraron con una batidora y de la otra parte se extrajeron manualmente los aquenios. Tanto el fruto batido como los aquenios se almacenaron a -20 °C hasta el momento de su utilización.

Extracción química de antioxidantes del material vegetal

Las muestras de batido o aquenios se pesaron (10 g de fruto batido o 2 g de aquenios) y se disolvieron en 100 ml de una mezcla de metanol: agua al 80 % acidificada con 0,1 % de HCl. La mezcla se incubó 2 h en oscuridad a temperatura ambiente. Los extractos se filtraron y almacenaron a -20 °C hasta su análisis.

Digestión in vitro

Este proceso se llevó a cabo siguiendo el protocolo desarrollado por Gil-Izquierdo *et al.* (2002), con algunas modificaciones. El método consistió en una incubación inicial del batido de fruto o de los aquenios con pepsina y HCl simulando las condiciones gástricas, seguida de una segunda incubación con sales biliares y pancreatina a modo de digestión intestinal. Durante la digestión gástrica se introdujo una membrana de diálisis con H₂O MQ y durante la intestinal, se introdujo otra membrana con NaHCO₃. Los antioxidantes cuantificados fuera de las membranas, de la zona gástrica e intestinal, fueron considerados como antioxidantes liberados y los cuantificados dentro de ellas, los absorbidos. Finalizadas las dos incubaciones, las fracciones se filtraron y almacenaron a -20 °C hasta su análisis.

Determinación de fenoles, flavonoides, antocianos, taninos y capacidad antioxidante

El contenido en fenoles, flavonoides y antocianos totales, así como la determinación de la capacidad antioxidante mediante dos métodos (FRAP y TEAC) se determinó utilizando los protocolos descritos en el trabajo de Ariza *et al.* (2016) con algunas modificaciones. Para el contenido en taninos se empleó la norma ISO (1988).

Los resultados se expresaron en mg de equivalentes de antioxidante referencia, para cada grupo, por 100 gramos de peso fresco, que para fenoles fue el ácido gálico (GAE), para flavonoides la catequina (CAE), para antocianos la pelargonidina (PE), para capacidad antioxidante el Trolox (TE) y para taninos el ácido tánico (TAE).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de la varianza y posterior análisis posthoc, usando el software STATISTIX 9.0 (Analytical Software, Florida, EEUU).

Resultados y discusión

El método de digestión *in vitro* aunque no es el método de liberación de antioxidantes más efectivo (Tabla 1a), es el más cercano a las condiciones fisiológicas, postulándose como el método de extracción más adecuado para conocer qué antioxidantes tienen el potencial de actuar en la mejora de la salud que se les atribuye, con el fin de ser seleccionados *a posteriori* como marcadores biosaludables de cara a futuros programas de mejora.

Al comparar entre los dos compartimentos estudiados (fruto completo y aquenios), se pone de manifiesto que los aquenios poseen mayores cantidades netas de compuestos antioxidantes (10 veces más fenoles y flavonoides; Tabla 1A) pudiendo considerarse como una fuente de antioxidantes interesante, desde el punto de vista económico, así como un nuevo producto no perecedero derivado de la fresa. Del mismo modo, de acuerdo con Aaby *et al.* (2007), además de la cantidad, el tipo de antioxidantes que se cuantifican en ambos compartimentos también difiere, tal y como se aprecia en el caso de los taninos (Tabla 1B).

Cuando se compara el perfil de antioxidantes resultante en las fracciones de la digestión (Tabla 1b), se observa una mayor liberación de estos a nivel intestinal para los dos compartimentos, resultando en una mayor absorción en general de estos compuestos en esta porción del aparato digestivo. Sin embargo, los antocianos muestran una liberación y absorción similar tanto en el estómago como en el intestino, aspecto a tener en cuenta de cara a su potencial biosaludable (Fang, 2014) en programas de mejora.

Tabla 1. Contenido en fenoles totales (mg GAE/100 g pf), flavonoides totales (mg CE/100 g pf), antocianos (mg PE/100 g pf), taninos (mg ácido tánico/100 g pf) y capacidad antioxidante (TEAC y FRAP; $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g pf}$) en fruto completo y aquenios de la variedad de fresa ‘Camarosa’ en: (A) muestras sin digerir (extracción química) y tras digestión y el ratio entre ambos tipos y (B) muestras de las cuatro fracciones obtenidas tras un proceso de digestión *in vitro* partiendo de fruto completo o aquenios, mostrándose entre paréntesis los porcentajes de absorción para la zona gástrica e intestinal

(A)	Extracción química (A)		Digestión <i>in vitro</i> (B)		Ratio digestión/extracción	
	Fruto completo	Aquenios	Fruto completo	Aquenios	Fruto completo	Aquenios
Fenoles totales	293,2 ± 32,23	2.186,98 ± 144,14*	569,01 ± 69,60	3.922,48 ± 354,42*	1,94	1,79
Flavonoides totales	63,32 ± 1,29	642,59 ± 23,25*	43,81 ± 3,15	635,63 ± 53,43*	0,69	0,99
Antonianos	43,23 ± 2,42	33,51 ± 4,90 ^{ns}	31,10 ± 4,68	173,67 ± 32,00*	0,72	5,18
Taninos	145,98 ± 20,68	3.113,76 ± 51,63*	88,75 ± 38,79	1.644,21 ± 210,56*	0,61	0,53
FRAP	1.196,64 ± 102,14	20.736,24 ± 430,38*	882,80 ± 130,05	23.994,89 ± 459,99*	0,74	1,16
TEAC	1.623,88 ± 42,73	32.411,62 ± 1.889,94*	2.158,02 ± 153,15	24.966,65 ± 4.555,10*	1,33	0,77

Los datos representan la media ± SE y * representa diferencias significativas ($p < 0,05$) tras el ANOVA seguido del test de Tukey.

Conclusiones

La cantidad y tipos de antioxidantes difieren entre los compartimentos de la fresa estudiados (aquenio y fruto completo), mostrándose el aquenio como fuente de antioxidantes. Así, los aquenios se proponen como diana en programas de mejora encaminados a la obtención de frutos más saludables.

Finalmente se propone el método de digestión *in vitro* como herramienta fiable para conocer los compuestos antioxidantes que pueden ser absorbidos y determinar el potencial bioactivo de las fresas.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por los proyectos PP.TRA.TRA201600.5, EI.AVA.AVA201601.10. La doctora Ariza está contratada por el IFAPA de la Junta de Andalucía (20 %) y por el Programa Operativo Fondo Social Europeo (FSE) de Andalucía 2007-2013 (80 %) bajo el programa «Andalucía se mueve con Europa». Lucía Cervantes está contratada por MINECO bajo el programa «ayudas para la promoción de empleo Joven e implantación del Sistema de Garantía Juvenil en I+D+I».

Referencias bibliográficas

- AABY, K.; WROLSTAD, R. E.; EKEBERG, D. y SKREDE, G. (2007): «Polyphenol Composition and Antioxidant Activity in Strawberry Purees; Impact of Achene Level and Storage»; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (55); pp. 5.156-5.166.
- ARIZA, M. T.; REBOLEDO-RODRÍGUEZ, P.; MAZZONI, L.; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y.; GIAMPIERI, F.; AFRIN, S.; GASPARRINI, M.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; BATTINO, M. y MEZZETTI, B. (2016): «Strawberry Achenes Are an Important Source of Bioactive Compounds for Human Health»; *International Journal of Molecular Sciences* 17(7); pp. 1.103.
- DARROW, G. M. (1966): «The Strawberry: History, Breeding, and Physiology»; en Mickey, G. H., coord: *The new england institute for medical research*. Nueva York, editorial Holt, Rinehart and Winston.

FANG, J. (2014): «Bioavailability of anthocyanins»; *Drug Metabolism Reviews* 46(4); pp. 508-520.

ISO (1988): *norma internacional para la determinación de taninos* n.º 9648.

GIL-IZQUIERDO, A.; ZAFRILLA, P. y TOMÁS-BARBERÁN, F. A. (2002): «An In Vitro Method To Simulate Phenolic Compound Release From The Food Matrix In The Gastrointestinal Tract»; *European Food Research and Technology* 214(2); pp. 155-159.

MEZZETTI, B.; BALDUCCI, F.; CAPOCASA, F.; ZHONG, C. F.; CAPPELLETTI, R.; DI VITTORI, L.; MAZZONI, L.; GIAMPIERI, F. y BATTINO, M. (2016): «Breeding Strawberry for Higher Phytochemicals Content and Claim It: Is It Possible?»; *International Journal of Fruit Science* 16(1).

Evaluación de los efectos del ácido silícico monómero sobre la conservación de frutas y hortalizas mediante imágenes de resonancia magnética (IRM)

M. Valentini^a y P. Joret^b

^aCRA Monterotondo y ^bAgro-Solutions B. V. Nuth

Resumen

Hasta fechas recientes, con la excepción del arroz, la caña de azúcar y algunos otros cultivos (Beckwith, 1963), se mostraba un escaso interés agronómico hacia el silicio por su gran abundancia en arcillas y arenas del suelo. Sin embargo, las formas químicas en las que se presenta mayoritariamente, óxido de silicio y silicatos, lo hacen muy poco o nada asimilable, siendo la forma biológicamente activa el monómero del ácido silícico Si(OH)_4 . Numerosos estudios realizados en las últimas décadas principalmente en Japón, Brasil, Rusia y los EEUU han demostrado que el papel del silicio en la mayor parte de los cultivos es asombrosamente extendido y variado (Epstein, 1999).

Las funciones del silicio en los vegetales incluyen las conocidas funciones de soporte y estructura de vasos conductores, pero también resulta clave en varias rutas metabólicas implicadas en la respuesta vegetal a estrés biótico y abiótico, la absorción activa de nutrientes por parte del sistema radicular, la tolerancia a determinados contaminantes en el suelo o la respuesta a condiciones de salinidad. Desde el punto de vista productivo se manifiesta particularmente en la prolongación de la conservación de frutas y hortalizas.

La observación de frutas y hortalizas mediante resonancia magnética (IRM) permite generar imágenes sin destruir el interior de las producciones. De esta forma, se evalúa la evolución poscosecha de frutas tratadas a lo largo del ciclo de cultivo con $\text{Si}(\text{OH})_4$ monomérico (Siliforce) y otras no tratadas, presentándose resultados y conclusiones.

Palabras clave: *ácido ortosilícico, poscosecha, Solanum lycopersicum, Fragaria vesca.*

Introducción

Para que el silicio pueda tener una actividad biológica, es necesario que pueda penetrar dentro de las células atravesando la membrana citoplásmica, pero esta última impide el paso de polímeros como el sílice SiO_2 , la forma más abundante de este elemento.

La forma en que es absorbido es el ácido silícico monomérico, $\text{Si}(\text{OH})_4$, cuya disponibilidad en las situaciones reales de cultivo puede verse afectada por las siguientes razones:

- Solubilidad del ácido silícico monómero en agua limitada (2,0 mM/litro a 25 °C).
- Cuando la concentración de $\text{Si}(\text{OH})_4$ los 2,0 mM/litro, la solución polimeriza bajo forma de gel coloidal haciéndose inasimilable.
- Ausencia o escasez de lombrices y/o vida microbiana en los suelos de cultivo. Son estos organismos los que participan en el ciclo del silicio haciendo disponible para las plantas una parte del que forma parte de los silicatos.

Siliforce es un producto comercial desarrollado en la Universidad de Amberes (Bélgica) capaz de mantener de forma estable soluciones líquidas con más de un 3 % de ácido silícico en su forma monomérica. De esta forma se puede emplear para aplicaciones periódicas en cultivos, tanto por vía

foliar como radicular. No presenta riesgo alguno de silicosis al presentarse la totalidad del silicio contenido en esta forma.

El silicio puede mejorar la conservación a través de dos mecanismos complementarios (Datnoff, 2001):

1. Una función *mecánica*, consecuencia del depósito de silicio en los tejidos vegetales. Se deposita en capas protectoras bajo la epidermis, haciendo la cubierta no más «dura» pero sí más homogénea. Esta no presenta microfisuras y evita entonces el establecimiento de las enfermedades criptogámicas, reduce la evapotranspiración y permite así a las frutas permanecer frescas más tiempo.
2. Una función *metabólica y fisiológica*. Desempeña un papel muy importante por su acción reguladora sobre la absorción y el transporte de algunos elementos esenciales como el calcio, el fósforo, el potasio, el magnesio y otros elementos minerales. El silicio es el único elemento que puede fijar el aluminio y evitar así que este esté liberado.

Es en las condiciones más difíciles de estrés, tanto biótico como abiótico, cuando el silicio expresa todo su potencial. Un ejemplo son las condiciones salinas, habiéndose demostrado que el aporte de Siliforce reduce transpiración y absorción de sodio (Romero Aranda, 2006).

Material y métodos

En los ensayos presentados realizados en Italia las situaciones de estrés han estado referidas a la conservación poscosecha de los frutos. Siliforce se ha aplicado en el ciclo de cultivo a la dosis proporcional de 250 cc/ha de 7 a 10 días, entre 4 y 6 veces en función de la duración del cultivo. Para cada cultivo se establecieron unas zonas tratadas y otras sin tratar con repeticiones. Los frutos de esas parcelas se recolectaron en el momento en que se apreciaron maduros.

La observación de las frutas se llevó a cabo con la colaboración del Centro di Ricerca per lo Studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo-CRA (Valentini, 2009).

El IRM es una técnica no invasiva y no destructiva que no altera las propiedades organolépticas ni la salubridad de los productos hortofrutícolas, con las aplicaciones siguientes:

- Determinación de la morfología interna.
- Examen de las variables estructurales debido a factores externos, sean de origen humana o natural (fertilizante, polución, etc.).
- Diagnósticos precoces de fisio y fitopatía.
- Examen de los cambios que se verifican durante la conservación.
- Evaluación de la calidad.

La instrumentación y metodología empleada, muy sucintamente descrita, es la siguiente:

- Se dispone la muestra que examinar en el centro de un cryo-imán
- Corrientes muy intensas pasan a través del supraconductor y generan campos magnéticos de fuerte intensidad.
- Con la resistencia nula en el supraconductor, la corriente sigue circulando sin variaciones de intensidad.
- El campo magnético generado por el supraconductor coloca los núcleos de hidrógeno (neutrón + protón) en un mismo «estado», denominado resonancia.
- Los núcleos emiten una señal. El análisis de esta señal, gracias a un ordenador, permite obtener imágenes del interior de la muestra estudiada.
- Las imágenes IRM presentan los objetos observados en tres planes de corte: axial, coronal y sagital.

- Las imágenes IRM pueden obtenerse con contrastes (escala de grises) diferentes, según el detalle que debe ponerse de relieve.
- La intensidad del pixel puede ser proporcional al contenido de agua o de la molécula observada: azúcares, grasas, etc. En este estudio se ha evaluado el contenido y también la movilidad del agua que revelan la prolongación del «frescor» de las frutas observadas. La señal es directamente proporcional al contenido y movilidad del agua en los tejidos vegetales, siendo más clara a mayor cantidad de agua. Una señal más oscura (menos intensa) corresponde a una movilidad reducida de agua. El tejido será pues «más fibroso» o presentará alteraciones.

Se observaron en el reactor de IRM muestras de las frutas y hortalizas siguientes:

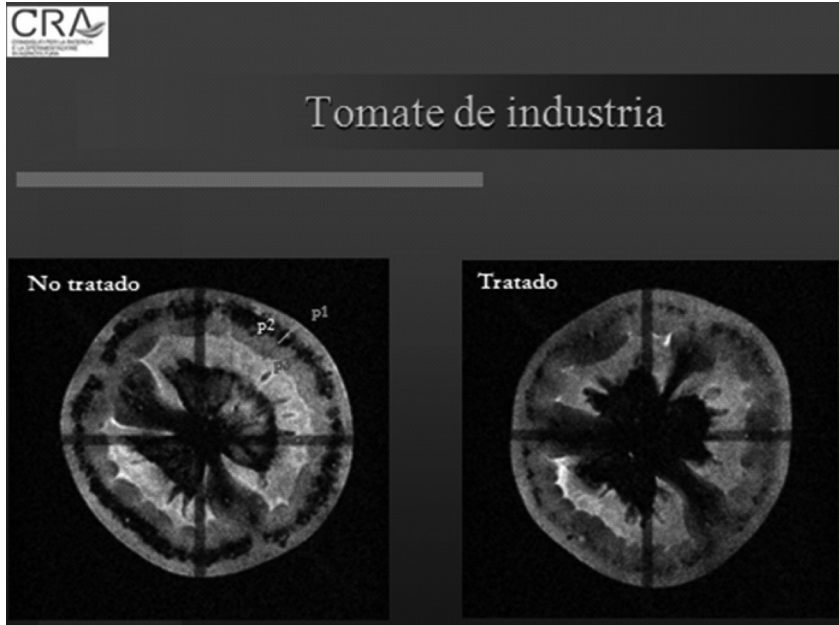
- Fresa (*Fragaria vesca*).
- Tomate de industria (*Lycopersicon esculentum*).
- Uva Pinot Gris (*Vitis vinífera*).
- Hinojo bulbo (*Foeniculum vulgare*).
- Kiwi (*Actinidia deliciosa*).

De cada uno de los frutos se tomaron varias réplicas para la investigación.

Resultados

Se apreciaron diferencias significativas entre las imágenes IRM de los productos recolectados tras los tratamientos con Siliforce y el testigo. Las diferencias resultaron más notorias en los casos de tomate y fresa, aplicándose una sistemática en la tabulación de los parámetros de las imágenes que es la que aquí se presenta junto a algunas de las imágenes obtenidas.

Figura 1. Secciones ortogonales en sentido axial en las cuales la intensidad de la señal es solamente proporcional a la cantidad de agua contenida en los tejidos



De estas imágenes se obtiene una primera idea de la morfología interna del tomate. Podemos distinguir desde el exterior al interior: pericarpio, endocarpio y cavidades locales. El pericarpio puede a su vez dividirse visualmente en tres zonas que denominamos p1, p2 y p3. Es en la banda p2 donde se aprecian diferencias significativas entre los tomates tratados y testigo, siendo más ancha en los tomates no tratados, correspondiendo a un «vaciamiento» de agua. Un análisis cuantitativo de los datos se presenta en las Tablas 1 y 2.

Tablas 1 y 2. Medidas del pericarpio en tomates tratados y testigo a partir de imágenes IRM obtenidas en función del contenido de agua

Tomate no tratado							
Muestra	Diámetro (mm)	Grosor p1 (mm)	Grosor p2 (mm)	Grosor p3 (mm)	Grosor del pericarpio (mm)	Grosor medio del pericarpio (mm)	Diámetro medio (mm)
1	49,20	1,09	1,22	2,79	5,10	6,60	48,70
		1,73	1,73	2,79	6,25		
	48,20	1,73	1,73	2,79	6,25		
		2,79	2,25	3,76	8,80		
2	53,50	2,25	1,73	4,16	8,14	7,62	52,95
		1,73	2,25	3,46	7,44		
	52,40	2,25	2,25	2,79	7,29		
		1,73	1,73	4,16	7,62		
3	47,70	1,64	1,64	2,79	6,07	7,55	48,35
		2,25	2,25	3,46	7,96		
	49,00	1,73	2,79	3,33	7,85		
		2,19	2,79	3,33	8,31		
4	53,70	2,25	2,79	3,87	8,91	8,17	53,65
		2,25	2,79	3,33	8,37		
	53,60	2,25	2,95	3,46	8,66		
		2,25	2,25	2,25	6,75		
5	51,20	2,25	3,33	2,19	7,77	8,54	51,00
		2,25	2,79	3,33	8,37		
	50,80	2,25	2,19	3,87	8,31		
		2,25	2,95	4,51	9,71		
6	51,80	2,19	2,73	3,28	8,20	8,17	51,50
		2,19	2,79	3,87	8,85		
	51,20	2,19	1,73	3,87	7,79		
		2,25	2,79	2,79	7,83		
7	54,50	1,73	1,64	2,95	6,32	7,53	54,05
		2,25	1,64	3,87	7,76		
	53,60	2,79	1,64	3,28	7,71		
		2,19	2,79	3,33	8,31		

Tablas 1 y 2 (cont.). Medidas del pericarpio en tomates tratados y testigo a partir de imágenes IRM obtenidas en función del contenido de agua

Tomate tratado							
Muestra	Diámetro (mm)	Grosor p1 (mm)	Grosor p2 (mm)	Grosor p3 (mm)	Grosor del pericarpio (mm)	Grosor medio del pericarpio (mm)	Diámetro medio (mm)
Promedio		2,10	2,29	3,35		7,74	51,46
Valores en función del pericarpio		0,27	0,29	0,43			
Valores en función del diámetro		0,04	0,04	0,07		0,15	
Tomate tratado							
Muestra	Diámetro (mm)	Grosor p1 (mm)	Grosor p2 (mm)	Grosor p3 (mm)	Grosor del pericarpio (mm)	Grosor medio del pericarpio (mm)	Diámetro medio (mm)
1	50,50	1,64	1,09	3,33	6,06	,60	48,70
		2,25	1,22	3,87	7,34		
	50,90	1,64	1,64	3,28	6,56		
		2,19	1,08	4,95	8,22		
2	50,40	1,73	1,73	2,95	6,41	7,62	52,95
		1,73	1,73	2,73	6,19		
	49,60	1,64	1,73	4,41	7,78		
		1,09	1,64	2,73	5,46		
3	53,20	2,25	1,73	4,95	8,93	7,55	48,35
		2,45	1,22	4,89	8,56		
	51,70	1,73	1,09	3,98	6,80		
		1,64	1,64	3,33	6,61		
4	51,50	2,19	1,64	4,38	8,21	8,17	53,65
		2,19	2,19	2,33	6,71		
	51,40	1,73	1,73	5,04	8,50		
		1,64	1,73	3,46	6,83		
5	52,50	2,19	1,09	3,87	7,15	8,54	51,00
		2,19	1,64	2,73	6,56		
	48,20	2,25	1,22	3,98	7,45		
		1,64	2,19	3,28	7,11		
6	47,60	2,19	1,73	2,19	6,11	8,17	51,50
		2,73	1,64	3,33	7,70		
	49,30	2,19	2,19	3,83	8,21		
		1,97	1,22	3,67	6,86		

Tablas 1 y 2 (cont.). Medidas del pericarpio en tomates tratados y testigo a partir de imágenes IRM obtenidas en función del contenido de agua

Tomate tratado							
Muestra	Diámetro (mm)	Grosor p1 (mm)	Grosor p2 (mm)	Grosor p3 (mm)	Grosor del pericarpio (mm)	Grosor medio del pericarpio (mm)	Diámetro medio (mm)
7	49,40	1,64	1,09	3,83	6,56	7,53	54,05
		1,64	2,25	3,83	7,72		
	48,90	2,79	1,64	3,33	7,76		
		1,64	1,64	2,25	5,53		
Promedio		1,96	1,58	3,60		7,14	50,36
Valores en función del pericarpio		0,27	0,22	0,50			
Valores en función del diámetro		0,04	0,03	0,07	0,14		

Aparecen en negrita los valores del ancho de la zona del pericarpio p2 para los que se aprecian diferencias significativas. Es mayor en el tomate no tratado, factor que se asocia con el blandeamiento de la cubierta.

Figura 2. Imágenes de secciones axiales de tomates tratados y testigo

Adicionalmente se estudió a partir de las imágenes MSME la movilidad del agua de forma diferenciada en las 3 zonas del pericarpio p1, p2 y p3. Esto se hace a partir de la medida del Tiempo de Relajación Transversal (T2), que son los tiempos medidos en milisegundos (ms) que la muestra magnetizada tarda en recuperar el 63 % de su estado de equilibrio con un alineamiento antiparalelo (T1 en el caso de alineamiento paralelo). En estas imágenes aparecen como zonas claras las zonas donde el agua se mueve fácilmente intra e intercelularmente y oscuras las zonas con movilidad reducida del agua. La Tabla 3 muestra los resultados, con tiempos menores en los tomates tratados para p1 y p2, lo que evidencia una menor movilidad del agua en estas zonas, valor relacionado con la turgencia del tejido.

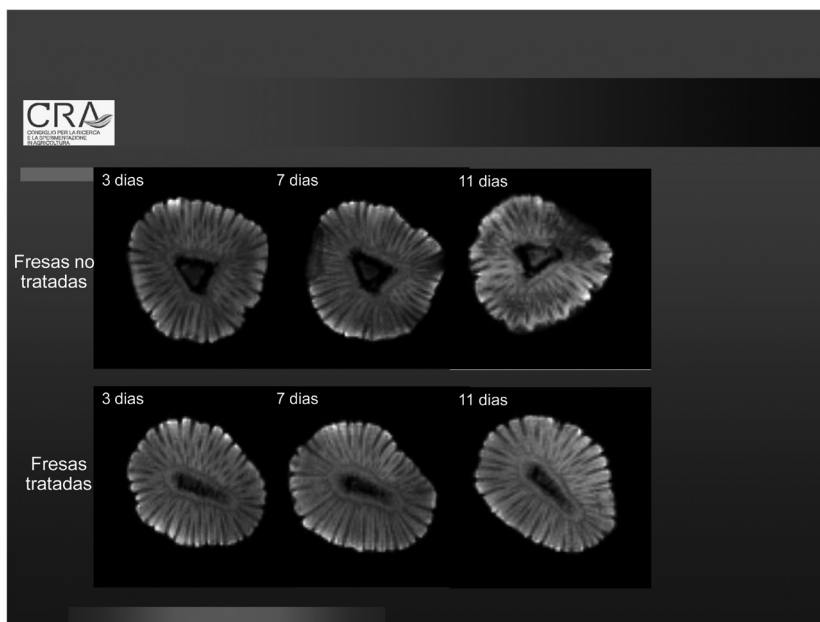
En la Tabla 4 se presentan datos cuantitativos de los tiempos de relajación transversal en fresa, evidenciando una menor movilidad del agua en los tejidos de las fresas tratadas respecto de las no tratadas.

Tabla 3. Valores medios de Tiempos de Relajación Transversal de muestras de tomates tratados o no con Siliforce

	p1				p2				p3			
	T _{2a} (ms)	T _{2a} (%)	T _{2b} (ms)	T _{2b} (%)	T _{2a} (ms)	T _{2a} (%)	T _{2b} (ms)	T _{2b} (%)	T _{2a} (ms)	T _{2a} (%)	T _{2b} (ms)	T _{2b} (%)
No tratada	31	15	205	91	21	55	113	49	23	61	152	42
Tratada	23	14	177	86	19	54	99	46	20	58	147	39

Observación de dos componentes: T2a, con tiempos de relajación más rápidos (baja movilidad del agua) y T2b, con relajación más lenta (fuerte movilidad del agua). Para ambos componentes los tiempos T2b de los tomates tratados son claramente menores en los tomates tratados para p1 y p2, reflejando una menor movilidad del agua. Para p3 las diferencias no son tan notables.

Figura 3. Posrecolección en fresa



En estas secciones axiales se observa en la morfología interna de la fresa 3 zonas con diferente contenido de agua: una cavidad central sin agua, por lo tanto oscura, un sistema radial que aparece en gris claro, rico en agua, y un sistema de transporte de los nutrientes visualizado en la línea de demarcación entre la cavidad central y el sistema radial, con un fuerte contenido de agua. Mientras que las fresas no tratadas muestran signos de deterioro claro de los tejidos tras 5-7 días de la recolección, con aparición de daños necróticos y hongos a partir de los 8 días, evidenciados en manchas oscuras en las imágenes IRM. El fenómeno se retrasa 4-5 días en las fresas que han sido tratadas.

Tabla 4. Tiempos de relajación transversal en fresa tras recolección obtenidos a partir de imágenes MSME

	3 días				7 días				11 días			
	T_{2a} (ms)	T_{2a} (%)	T_{2b} (ms)	T_{2b} (%)	T_{2a} (ms)	T_{2a} (%)	T_{2b} (ms)	T_{2b} (%)	T_{2a} (ms)	T_{2a} (%)	T_{2b} (ms)	T_{2b} (%)
No tratada	26	37	168	63	29	37	170	63	38	38	181	64
Tratada	28	41	158	59	29	41	159	59	37	36	171	62

Los valores T_{2b} en las fresas tratadas son inferiores a las de las fresas no tratadas y las diferencias se mantienen incluso después de 11 días.

Como conclusión, podemos afirmar que las imágenes IRM muestran la mejor conservación posrecolección de tomate y fresa procedentes de cultivos tratados con un programa de aplicación de ácido ortosilícico.

Referencias bibliográficas

- BECKWITH, R. S. y REEVE, R. (1963): «Studies on soluble silica in soils: the sorption of silicic acids by soils and minerals»; *Australian journal of soil research*.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. y KORNDÖRFER, G. H. (2001): «Silicon in agriculture»; *Elsevier*.
- EPSTEIN, M. (1999): «Silicon»; *Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50; pp. 641-664.
- ROMERO-ARANDA, M. (2004): «Effects of silicon on tomato plant water relations»; *Acta Physiologiae Plantarum*. Enero.
- ROMERO-ARANDA, M. (2006): «Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving water plant status»; *Journal of Plant Physiology*.
- VALENTINI, M. (2009): *Metodiche di Indagine tramite risonanza Magnetica per Immagini: Caratteristiche generali e risultati applicativi sui vegetali*. Bolonia, Silicon Symposium.

Estudio del color en variedades de naranjas pigmentadas (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) antocianinas y carotenoides

L. Cebadera-Miranda^a, L. Domínguez^a, P. Morales^a, V. Fernández-Ruiz^a, M. C. Sánchez-Mata^a, L. Barros^b, I. C. F. R. Ferreira^b, A. Del Pino^c y M. Cámara^a

^aUniversidad Complutense de Madrid,

^bInstituto Politécnico de Bragança y ^cAnecoop

Resumen

En los últimos años ha ido creciendo el interés en las naranjas pigmentadas, tanto por su contenido en compuestos bioactivos antioxidantes, como son las antocianinas y los carotenoides, como por su atractivo color naranja-rojizo de la piel y pulpa. En el presente trabajo se han estudiado tres variedades de naranjas pigmentadas (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck), Sanguinelli, Tarocco Rosso (T-Rosso) y Tarocco T-70 (T-70), en diferentes momentos de recolección (otoño-invierno 2015), procedentes de Valencia. En ellas, se ha medido el color de la pulpa y piel a partir de un sistema de adquisición de datos expresado en el espacio cromático CIELAB y la determinación de los parámetros L (luminosidad), a* y b*, así como el índice de saturación C y se ha determinado en la pulpa el contenido de antocianinas (HPLC-DAD-ESI/MS) y carotenoides (HPLC-UV). En cuanto a la medida del color de la pulpa, destacan las variedades Sanguinelli y T-70 por presentar los mayores valores del parámetro a* (rojo), y la variedad T-Rosso con los valores superiores en los parámetros intensidad de color amarillo, luminosidad e índice de saturación (b*, L* y C). Si bien T-70 y T-Rosso, son las variedades que mostraron los valores más elevados para todos los

parámetros analizados, no se han encontrado correlaciones entre la coloración externa de la fruta (piel) y la de la pulpa. Las variedades analizadas presentaron contenidos totales de antocianinas máximos de 11,01-76,12 mg/100 g sobre sustancia fresca (ssf) correspondientes a T-70, identificándose un total de 10 compuestos diferentes, principalmente cianidin 3-(6''-malonil) glucósido, cianidin 3-glucósido y cianidin 3-soforósido. El carotenoide identificado y cuantificado en todas las variedades fue el β -caroteno (0,59 mg/100 g, T-70). En general, el contenido de antocianinas analizadas en las variedades de naranjas pigmentadas estudiadas no mostró correlaciones con ningún parámetro de color, siendo el β -caroteno el compuesto bioactivo que más contribuyó al mismo.

Palabras clave: *Naranjas pigmentadas; calidad organoléptica; compuestos bioactivos; antocianinas; carotenoides.*

Introducción

Los cítricos representan uno de los cultivos más importantes de frutales del mundo y particularmente en España. Además, constituyen una fuente importante de sustancias fisiológicamente activas (compuestos bioactivos) (Gil-Izquierdo *et al.*, 2002) que cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función beneficiosa para la salud y contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, anemia, malformaciones congénitas y cataratas (Rojas-Argudo *et al.*, 2007; FAO, 1999). Distintos tipos de naranjas pigmentadas (Sanguinelli en España y Sanguinello en Italia), así como las distintas variedades del tipo «Tarocco» procedente de Italia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) constituyen las variedades de naranjas pigmentadas más comunes y ampliamente difundidas en el Mediterráneo. Estas variedades se consumen en todo el mundo, como productos frescos o procesados (Kelebek *et al.*, 2008), y su interés entre los consumidores se debe principalmente por sus propiedades organolépticas, entre las que se incluye el color y sabor, así como los beneficios para la salud derivados de su consumo (Kafkas *et al.*, 2009) debido a su contenido en carotenoides y antocianinas, compuestos

que poseen una importante capacidad antioxidante frente al daño ocasionado por los radicales libres (Martínez *et al.*, 1993).

Material y métodos

En el presente trabajo se han estudiado tres variedades de naranjas pigmentadas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): Sanguinelli (*Citrus sinensis* L. cultivar ‘Sanguinelli’), Tarocco Rosso y Tarocco T-70 (*Citrus sinensis* L. cultivar ‘Tarocco’), facilitadas por Anecoop Sociedad Cooperativa, cultivadas en la misma parcela con un sistema de fertirrigación homogéneo y recolectadas en momentos diferentes (temprano a tardío), en la campaña otoño-invierno de 2015.

En la piel de las frutas, así como en la pulpa homogeneizada se llevó a cabo la determinación del color mediante el método colorimétrico Hunter Lab utilizando un colorímetro Hunter Color Flex, basado en un sistema de adquisición de imágenes expresado en el espacio cromático CIELAB (Kostyla y Clydesdale, 1978) con la determinación de los parámetros L (luminosidad), a^* y b^* , así como el cálculo del índice saturación C. En el caso de la piel, se tomaron tres medidas correspondientes a tres partes del fruto diferenciadas (la parte más oscura, la más clara y la base del fruto).

Los compuestos bioactivos se analizaron en la pulpa homogeneizada sometida a liofilización. La caracterización del contenido de antocianinas se realizó por HPLC-DAD-ESI/MS (Bastos *et al.*, 2015) y los carotenoides por HPLC-UV (Olives Barba *et al.*, 2006).

Resultados y discusión

El color es el primer atributo de percepción para los consumidores y uno de los parámetros más importantes de calidad en productos alimentarios de origen vegetal, ya que va ligado a la maduración, tratamiento tecnológico, presencia de impurezas, etc.

Respecto a los parámetros del color de la pulpa de las frutas estudiadas, los valores más altos del parámetro a^* (mayor intensidad de color rojo) lo

presentaron las variedades Sanguinelli y T-70 (32,44 y 32,09; respectivamente) siendo claramente inferiores en la variedad T-Rosso (Gráfico 1). Esta misma variedad con menor coloración roja es la que muestra mayores valores del parámetro b^* (mayor intensidad de color amarillo-anaranjado), con respecto a T-70 y Sanguinelli, mostrando una correlación significativa y negativa entre dichos parámetros ($r = 0,78$; $p = < 0,001$). Los perfiles de L (luminosidad) e índice de saturación C muestran el mismo comportamiento con una fuerte correlación entre ambos ($r = 0,87$, $p = < 0,001$), siendo la variedad T-Rosso la que presentó valores superiores mientras que las otras dos mostraron niveles inferiores y similares entre ellas.

Por su parte en la piel, el parámetro a^* no mostró variaciones importantes entre variedades oscilando en un rango reducido (32,32 - 35,30) y con valores próximos a los encontrados en la pulpa. Sin embargo, el parámetro b^* junto con los perfiles de luminosidad e índice de saturación C presentaron los valores más altos y similares para las variedades T-70 y T-Rosso, mostrando en su piel un color más amarillo-anaranjado, con respecto a la variedad Sanguinelli (Gráfico 1). En este sentido, se observó que la piel sigue un comportamiento diferente a la pulpa, no habiéndose encontrado correlaciones significativas entre la coloración externa de las frutas (piel) y la de la pulpa, de manera que nos podemos encontrar con variedades con una coloración intensa amarilla-anaranjada en la piel (mayor parámetro b^*) y pulpa más rojiza (mayor parámetro a^*), tal y como ocurre en la variedad T-70.

El color de las naranjas pigmentadas puede abarcar desde el amarillo-anaranjado al rojizo más o menos intenso, debido principalmente a su contenido en antocianinas y carotenoides. Respecto al contenido en antocianinas, la variedad T-70, fue la que presentó mayor variabilidad en la concentración de antocianinas totales (11,01-76,12 mg/100 g ssf), debido principalmente a los compuestos cianidin 3- (6"-malonil) glucósido (compuesto mayoritario), cianidin-3-glucósido y cianidin-3-soforósido, mientras que el T-Rosso, fue la variedad que menor contenido de antocianinas presentó (7,23-11,58 mg/100 g ssf). Si bien se han identificado y cuantificado un total de 10 compuestos, solo se muestran las tres antocianinas mayoritarias y más relevantes (Tabla 1), por ser las que contribuyen

en mayor proporción al total de antocianinas, con una fuerte correlación positiva y cercana a 1,00. Este perfil de antocianinas se corresponde con el descrito por otros autores para variedades similares (Tarocco y Sanguinelli) procedentes de Italia (Barreca *et al.*, 2016) y California (Lee *et al.*, 2002), también se corresponde con otras variedades de naranjas pigmentadas procedentes de China (Liang *et al.*, 2011).

Gráfico 1. Valores promedio de los parámetros de color L*, a*, b* e Índice cromático C para la pulpa y piel de las variedades de naranjas pigmentadas

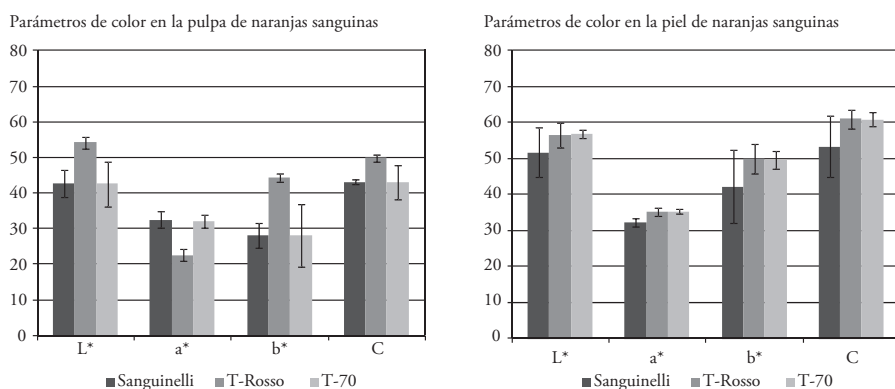


Tabla 1. Intervalos de las principales antocianinas caracterizadas en las naranjas pigmentadas estudiadas. En mg/100 g ssf

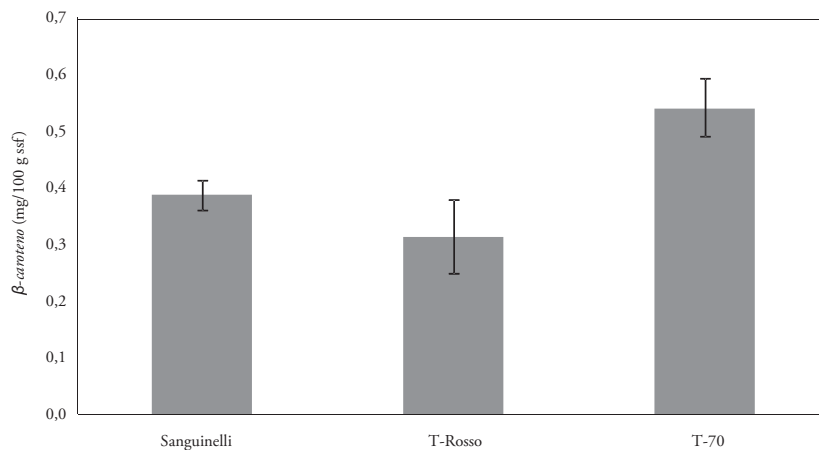
Compuesto	Sanguinelli	Tarocco Rosso	Tarocco T-70
Cianidin 3-soforósido	0,19-0,45	0,39-0,57	0,32-5,01
Cianidin 3-glucósido	2,90-8,18	2,39-3,85	3,82-23,89
Cianidin 3-(6''-malonil) glucósido	4,21-10,95	2,88-4,64	4,19-31,87
Total Antocianinas	9,70-25,26	6,95-11,58	11,01-76,12

Por otro lado, el análisis cromatográfico del contenido en carotenoides de la pulpa, mostró que el carotenoide mayoritario identificado y cuantificado en todas las muestras de naranjas pigmentadas estudiadas fue el

β -caroteno (Figura 2), precursor de *vitamina A*, destacando la variedad T-70 por su mayor contenido (0,54 mg/100 g ssf) con respecto a Sanguinelli y T-Rosso, las cuales presentaron valores muy similares entre ellas (0,39 y 0,31 mg/100 g ssf, respectivamente). El contenido de β -caroteno de la pulpa únicamente mostró correlación positiva con el parámetro de color, índice de saturación C ($r = 0,40$; $p = 0,041$), este a su vez está correlacionado de forma negativa con a^* (menos coloración rojiza), y como es lógico de forma positiva con L y b^* (más coloración amarillo-anaranjado), puesto que es el color característico de este compuesto, tal y como se observa en la variedad T-70.

Los valores de β -caroteno obtenidos en las muestras analizadas son ligeramente superiores a los descritos por algunos autores como Xu *et al.* (2006) en naranjas pigmentadas Cara Cara (mutante de Navel, *Citrus sinensis* L. Osbeck) y superiores a otros cítricos como Star Ruby (*Citrus paradisi*) (Alquézar *et al.*, 2009).

Gráfico 2. Contenido de β -caroteno en las naranjas pigmentadas estudiadas. En mg/100 g ssf



Conclusiones

Dada la particular coloración de estas frutas, la evaluación del color no es un buen método predictivo del contenido en compuestos bioactivos. El contenido total de antocianinas, así como los tres compuestos mayoritarios y relevantes presentes en las tres variedades estudiadas, no muestran correlaciones significativas con ningún parámetro de color, esto significa que el compuesto bioactivo β -caroteno es el que más contribuye al color de las mismas. Tampoco se han encontrado correlaciones entre la coloración externa de la fruta (piel) y la de la pulpa. En el presente estudio, la variedad Tarocco T-70, fue la que presentó mayor contenido de compuestos bioactivos: contenido total en antocianinas y β -caroteno, siendo esta misma variedad la que presentó una coloración más amarilla-anaranjada en su piel (b^*) y una pulpa más rojiza (a^*).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto OTRI UCM- ANE-COOP S. (Referencia 25/2015), el grupo de investigación ALIMNOVA-UCM (951505) y la Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) por el apoyo financiero a la CIMO (proyecto estratégico UID / AGR / 00690/2013) y a POCI-01-0145-FEDER-006984 (LA LSRE-LCM) financiado por el FEDER a través de POCI-COMPETE2020 y FCT. L. Barros agradece a la FCT por su beca (SFRH / BPD / 107855/2015).

Referencias bibliográficas

- ALQUÉZAR, B.; ZACARÍAS, L. y RODRIGO, M. J. (2009): «Molecular and functional characterization of a novel chromoplast-specific lycopene β -cyclase from citrus and its relation to lycopene accumulation»; *Journal of Experimental Botany* (60); pp.1783-1719.
- BARRECA, D.; GATTUSO, G.; LAGANÀ, G.; LEUZZI, U. y BELLOCCO, E. (2016): «C- and O-glycosyl flavonoids in Sanguinello and Tarocco blood orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice: Identification and influence on antioxidant properties and cetylcholinesterase activity»; *Food Chemistry* (196); pp. 619-627.
- BASTOS, C.; BARROS, L.; DUEÑAS, M.; CALHELHA, R. C.; QUEIROZ, M. J. R. P.; SANTOS-BUELGA, C. y FERREIRA, I. C. F. R. (2015): «Chemical characterization and bioactive properties of *Prunus avium* L.: The widely studied fruits and the unexplored stems»; *Food Chemistry* (173); pp. 1045-1053.
- ECONOMOS, C. y CLAY, W. D. (1999): *Nutritional and health benefits of citrus fruits*. FAO.
- GIL-IZQUIERDO A.; GIL, M. I. y FERRERES F. (2002): «Effect of Processing Techniques at Industrial Scale on Orange Juice Antioxidant and Beneficial Health Compounds»; *J. Agric. Food Chemistry* (50); pp. 5.107-5.114.
- KAFKAS, E.; ERCISLI, S.; KEMAL, K. N.; BAYDAR, K. y YILMAZ, H. (2009): «Chemical composition of blood orange varieties from Turkey: A comparative study»; *Pharmacognosy Magazine* (5); pp. 329-335.
- KELEBEK, H.; CANBAS, A. y Selli, S. (2008): «Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grown in Turkey»; *Food Chemistry* (70); pp. 1.710-1.716.
- KOSTYLA, A. S. y CLYDESDALE, T. M. (1978): «The psychophysical relationships between colour and flavour»; *CRC Critical Review. Food Science and Nutrition* (10); pp. 303-319.

- LEE, H. S. (2002): «Characterization of major anthocyanins and the color of red-fleshed budd blood orange (*Citrus sinensis*)»; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(5); pp. 1.243-1.246.
- LIANG, L.; SHAO-QIAN, C. y SI-YI, P. (2011): «Thermal Degradation Kinetics of Three Kinds of Representative Anthocyanins Obtained from Blood Orange»; *Agricultural Sciences in China* 10(4); pp. 642-649.
- MARTÍNEZ, A.; HAZA, I. y MORALES, P. (1993): «Frutas y verduras como agentes preventivos en la dieta. Actividad antimutagénica y anticancerígena»; *Alimentaria*.
- OLIVES BARBA, A. I.; CÁMARA HURTADO, M.; SÁNCHEZ MATA, M. C.; FERNÁNDEZ RUIZ, M. C. y LÓPEZ SÁENZ DE TEJADA, M. (2006): «Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and b-carotene in vegetables»; *Food Chemistry* (95); pp. 328-336.
- ROJAS-ARGUDO, C.; PALOU, L.; CANO, A.; DEL RÍO, M. A.; GONZÁLEZ-MAS, M. A. y BERMEJO, A. (2007): «Efecto de la aplicación de rayos x a dosis moderadas sobre los componentes bioactivos de mandarinas clemenules»; *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 8(2); pp. 74-81.
- XU, J.; TAO, N.; LIU, Q. y DENG, X. (2006): «Presence of diverse ratios of lycopene/b-carotene in five pink or red-fleshed citrus cultivars»; *Scientia Horticulturae* (108); pp. 181-184.

Influencia del tipo de portainjerto en calidad organoléptica y saludable en tomate «de sabor» valenciano

M. A. Domene^a, M. Segura^a, A. Giner^b, J. M. Aguilar^b, A. Núñez^b,
C. Baixauli^b e I. Nájera^b

^aEstación Experimental Cajamar y ^bCentro de Experiencias Cajamar

Resumen

El injerto es una alternativa ecológica al uso de fumigantes de suelo que puede ser utilizado para el control de plagas y enfermedades, así como para resolver el complejo conocido como cansancio del suelo. También puede ser empleado para reducir problemas debidos a agentes abióticos como salinidad, sequía, temperatura y encharcamiento. En tomate se está investigando con nuevos patrones que proporcionen resistencia a nematodos, *Verticillium*, *Fusarium oxysporum*, ToMV, «Phytophthora», etc y que además sean vigorosos. Pero por otro lado, uno de los aspectos que preocupa cada vez más al consumidor de tomate, es el relativo al sabor, textura y sus características nutricionales y saludables. Existen varietales, como algunas selecciones locales, entre las que hay que destacar el tomate valenciano con muy buenas características organolépticas y su caracterización detallada es de interés para proporcionarles un valor añadido.

En este trabajo se analiza la influencia de once portainjertos comerciales (*Beaufort*, *Multifort*, *Silex*, *Aligator*, *Monbasa*, *Emperador*, *Kaiser*, *King Kong*, *Amstrong*, *Arnold* y *Groundforce*) sobre algunas de las características organolépticas, nutricionales y saludables comparándolos frente a testigo sin injertar, en una selección de tomate (*Solanum lycopersicum* [L.]) valenciano 'Vicente Peris' en invernadero en el Centro de Experiencias Cajamar. Se estudiaron parámetros de calidad externa que incluían características morfométricas del fruto (peso, diámetros axial y ecuatorial, espesor de pa-

red), color mediante determinación de coordenadas cromáticas L, a y b (Cielab), dureza de fruto mediante penetrómetro fijo y parámetros de calidad interna responsables del sabor como contenido en sólidos solubles, acidez y pH. En cuanto a parámetros nutricionales se estudiaron los azúcares totales. Polifenoles totales y contenido en licopeno como saludables.

Como conclusiones generales se observa, que la calidad organoléptica en los tratamientos con portainjertos comerciales frente al testigo, disminuye el contenido en sólidos solubles y acidez. Nutricionalmente el contenido de azúcares totales disminuye en un valor promedio del 12 % en los injertados frente al testigo. En cuanto a propiedades saludables todos los portainjertos excepto Multifort (menor al testigo), tienen un mayor contenido en licopeno y en polifenoles totales. Por lo tanto, se concluye que se produce una disminución promedio de aproximadamente un 12 % con respecto al testigo sin injertar.

Palabras clave: *Injerto, tomate de sabor valenciano, organoléptico, nutricional y saludable.*

Introducción

El injerto es una alternativa ecológica al uso de fumigantes de suelo que puede ser utilizado para el control de plagas y enfermedades, así como para resolver el complejo conocido como cansancio del suelo. También puede ser empleado para reducir problemas debidos a agentes abióticos como salinidad, sequía, temperatura, encharcamiento (Miguel *et al.*, 2007). En tomate se está investigando con nuevos patrones que proporcionen resistencia a nematodos, *Verticillium*, *Fusarium oxysporum*, ToMV, *Phytophthora*, etc. y que además sean vigorosos. Ya se ha evaluado su comportamiento agronómico (Giner *et al.*, 2014) pero sería importante cuantificar propiedades como sabor, textura y sus propiedades funcionales y beneficiosas para la salud, ya que son los aspectos que preocupan cada vez más al consumidor de tomate. Existen tipos, como algunas selecciones locales, entre las que hay que destacar el tomate valenciano, con muy buenas características

organolépticas y su caracterización detallada es de interés para proporcionarles un valor añadido.

En este trabajo se analiza la influencia de 11 portainjertos comerciales (*Beaufort*, *Multiport*, *Silex*, *Aligator*, *Monbasa*, *Emperador*, *Kaiser*, *King Kong*, *Armstrong*, *Arnold* y *Groundforce*) sobre las características organolépticas, nutricionales y propiedades beneficiosas para la salud, comparándolos frente a testigo sin injertar, en una selección de tomate (*Solanum lycopersicum* [L.]) valenciano ‘Vicente Peris’ en invernadero en el Centro de Experiencias Cajamar. Se estudiaron parámetros de calidad externa que incluían características morfométricas del fruto (peso, diámetros axial y ecuatorial, espesor de pared), color mediante determinación de coordenadas cromáticas L, a y b (Cielab), dureza de fruto mediante penetrómetro fijo y parámetros de calidad interna responsables del sabor como contenido en sólidos solubles, acidez y pH (Domene *et al.*, 2014). En cuanto a parámetros nutricionales y saludables se estudiaron los azúcares totales, polifenoles totales y contenido en licopeno.

Material y métodos

Se estudió una selección de tomate valenciano ‘Vicente Peris’ y su comportamiento de calidad externa e interna de sus frutos y la posible influencia en algunos aspectos nutricionales como azúcares totales, polifenoles totales y contenido en licopeno, empleando diferentes portainjertos comerciales que se exponen en Tabla 1, indicando las resistencias, así como un testigo sin injertar. La siembra de la selección ‘Vicente Peris’ destinado a injerto tuvo lugar el 22 de enero de 2015, los distintos portainjertos se sembraron el 30 de enero y el tomate que se utilizó como testigo (sin injertar) el 27 de enero, para conseguir un desarrollo similar de la planta en el momento de la plantación. El injerto (de empalme) se realizó el 26 de febrero. La plantación tuvo lugar el 10 de marzo y un día antes se procedió a despuntar la planta, para forzar la brotación de 2 brotes axilares lo más homogéneos posibles, para hacer conducción a 2 tallos. La experiencia se desarrolló bajo una estructura de invernadero tipo parral con cubierta de malla de 6 x 6 hilos de polietileno transparente, se instaló

adicionalmente un semiforzado a base de acolchado con plástico negro y microtúnel, empleando como cubierta polipropileno no tejido de una densidad de 17 g/m². El marco de plantación fue de 2 m entre hileras y 0,33 m entre plantas, que se guiaron a 2 tallos, manteniendo una densidad de 3,03 tallos/m². Se realizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento.

Tabla 1. Cultivares de *Solanum lycopersicum* ensayados y resistencias

Portainjertos	Firma comercial	Resistencias
Beaufort	De Ruiter	ToMV:0-2, Fol:0,1, For, Va, Vd, Pl, Ma, Mi, Mj
Multifort	De Ruiter	ToMV:0-2, Fol:0-2, For, Va, Vd, Pl, Ma, Mi, Mj
Silex	Fitó	ToMV, Fol:0, 1, For, Vd, Pl, Ma, Mi, Mj
Aligator (PG 76)	Gautier	ToMV, Fol:2, For, Va, Vd, Pl, Ma, Mi, Mj
Monbasa	Ramiro Arnedo	ToMV, Fol:1,2, For, V, Ma, Mi, Mj, Rs
Emperador	Rijk Zwaan	ToMV, Fol:0,1, For, Pl, Va, Vd, Ma, Mi, Mj
Kaiser	Rijk Zwaan	ToMV, Fol:0,1, For, Pl, Va, Vd, Ma, Mi, Mj
King Kong	Rijk Zwaan	ToMV, Fol:0,1, For, Pl, Va, Vd, Ma, Mi, Mj
Armstrong	Syngenta	ToMV:0-2, Fol:1,2, For, Va, Vd, Ff:1-5, Pl, Ma, Mi, Mj
Arnold	Syngenta	ToMV:0-2, Fol:1,2, For, Va, Vd, Ff:1-5, Pl, Ma, Mi, Mj
Groundforce	Sakata	ToMV:0,1,2, Vd:0, Fol:0,1, Mi, For, Pl, Rs
Testigo sin injertar	-	-

* ToMV: *Tobacco Mosaic Virus* (Mosaico del Tomate); ToMV: 0-2: *Tobacco Mosaic Virus* (Mosaico del Tomate) razas 0, 1, 1.2, 2; ToMV: 0, 1, 2: *Tobacco Mosaic Virus* (Mosaico del Tomate) razas 0, 1, 2; Fol: 0, 1: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* razas 0, 1; Fol: 0-2: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* razas 0, 1, 1.2, 2; Fol: 1, 2: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* razas 1, 2; For: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; Ff: 1-5: *Fulvia fulva* razas 1, 2, 3, 4, 5; Va: *Verticillium albo-atrum*; Vd: *Verticillium dahliae*; Vd: *Verticillium dahliae* raza 0; V: *Verticillium*; Pl: *Pyrenochaeta lycopersici*; Ma: *Meloidogyne arenaria*; Mi: *Meloidogyne incognita*; Mj: *Meloidogyne javanica*; Rs: *Rhizoctonia solani*.

En calidad se determinaron, tres repeticiones por tratamiento y tres frutos por repetición, los siguientes parámetros: peso de fruto, diámetros axiales y transversales y espesor de pared con calibre. Color del fruto, mediante las coordenadas colorimétricas L*, a*, b* del sistema CIELab con un colorímetro Konica Minolta CR-400 Head, con el fin de diferenciar

el color de frutos del testigo con respecto a los injertados se estimó el ΔE que da la diferencia de sensación, al comparar dos colores de fruto, $\Delta E = \{(L_0 - L)^{1/2} + (a_0 - a)^{1/2} + (b_0 - b)^{1/2}\}^{1/2}$. Firmeza, medida en Newton con el penetrómetro Penefel DTF 14, con profundidad de inserción de 8 mm de la punta y una velocidad de inserción de 20 mm/minuto (dos medidas por fruto). Posteriormente los tres frutos por réplica, se licuaron y filtraron para obtener el zumo sobre el que se midió: el contenido en sólidos solubles (CSS) o °Brix según el método refractométrico con refractómetro digital modelo Atago Pal 1, el pH, con pH-metro modelo Crison-GLP.21 y la acidez valorable (método AOAC, 2000), expresada en porcentaje de ácido cítrico.

Para analizar el contenido nutricional y en compuestos bioactivos se realizaron las siguientes determinaciones: a) Hidratos de Carbono totales (HC), con el método espectrofotométrico de fenol-ácido sulfúrico (BeMiller, 2003), empleándose curva de glucosa como patrón (0 a 100 $\mu\text{g}/2 \text{ mL}$) expresándolo como g HC/100 g mf; b) Polifenoles, por el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (según Domene *et al.*, 2104), con curva patrón de Ácido Gálico (0 a 1.000 ppm) y expresándolo como mg Ácido Gálico/100 g mf; c) Licopeno se hizo una extracción hexano-acetona-etanol (20:25:25). Se determinó el licopeno en hexano espectrofotométricamente a 501 nm (Rao *et al.*, 1998), expresado como mg licopeno/100 g mf.

Todos los datos fueron sometidos a un tratamiento estadístico con el programa Statgraphics Plus 5.1, los resultados se expresan con su media \pm desviación estándar ($n = 3$), se hizo un análisis de varianza (ANOVA) y la diferencia entre medias con el test de Tukey ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Se realizaron un total de 19 recolecciones que se iniciaron el 9 de junio de 2015 y finalizaron el 27 de julio. Como se observa en la Tabla 2, respecto al peso del fruto, el menor valor correspondió al testigo sin injertar con un valor de 130,32 g/fruto y el resto de tratamientos correspondientes a los portainjertos dieron valores promedio significativamente

mayores, especialmente *Kaiser* y *Amstrong* que con valores respectivos, de 228,37 y 205,97 g/fruto, fueron los mayores. En longitud, el testigo sin injertar dio el valor promedio significativamente más bajo (60,87 mm), al igual que el portainjertos *Beaufort* (60,97). Los portainjertos que presentaron valores significativamente más altos fueron *Kaiser*, *Amnstrong*, *Groundforce*, *Aligator* (PG 76). El diámetro de fruto dio dos tratamientos significativamente menores con respecto al resto de tratamientos, *Testigo* (62,19 mm) y *Beaufort* (62,98 mm). El espesor de pared de fruto dio dos tratamientos significativamente menores, *Testigo* (4,57 mm) y *Beaufort* (4,86 mm) y del resto de tratamientos, el mayor valor promedio sin dsn, entre ellos fue para *Groundforce* (5,85 mm). En dureza, los tratamientos que menores valores significativos dieron, fueron *Kaiser* (13,36 N), *Emperador* (14,94 N) y *Amstrong* (13,84 N), mientras que los que mayores promedio tuvieron fueron, *Monbasa* (19,56 N), *Testigo* (18,13 N), *King Kong* (17,28 N) y *Arnold* (17,15 N). Respecto al color, se confirmó que el tratamiento *Testigo* presentaba los frutos más rojos ($a = 8,43$) y la diferencia de color ponía de manifiesto que *Beaufort* (1,79) era el más parecido y el resto tenían valores por encima de 4,06. Los parámetros de calidad organoléptica interna se muestran en Tabla 3, los tratamientos que presentaron jugosidad significativamente mayor fueron *Silex* (43,76 %) y *Testigo* (40,65 %). El tratamiento que presentó mayor contenido en materia seca fue *Testigo* (8,64 %), mientras que los demás dieron valores más bajos. En pH, *Arnold* y *Amstrong* dieron los valores significativamente más bajos. Respecto al contenido en sólidos solubles, el *Testigo* (6,43 °Brix) presentó los valores significativamente más altos, y los significativamente menores correspondieron a *Aligator* (PG 76) (5,03 °Brix), *Kaiser* (5,03 °Brix) y *Arnold* (5,03 °Brix). En acidez hubo un comportamiento parecido a °Brix, es decir, el valor significativamente más alto correspondió a *Testigo* (0,54 g AC/100 g).

En relación a los hidratos de carbono totales (Tabla 4), los valores significativamente más altos se observaron en el tratamiento *Testigo* (3,38 g/100 g mf), *Silex* (3,43 g/100 g mf) y *Monbasa* (3,12 g/100 g mf) mientras que los más bajos corresponden a *Multifort* (2,18 g/100 g mf)

y *Aligator* (2,19 g/100 g mf). El mayor contenido en polifenoles totales se observó en el tratamiento *Testigo* (53,32 mg AG/100 g mf) y *Silex* (52,74 mg AG/100 g mf), mientras que el menor correspondió al tratamiento *Beaufort* (37,54 mg AG/100 g mf). Respecto al contenido en licopeno el menor valor significativamente más bajo correspondió al tratamiento *Testigo* (1,77 mg licopeno/100 g mf) junto con el tratamiento *Beaufort* (1,76 mg licopeno/100 g mf), mientras que el resto de tratamientos dio valores significativamente mayores destacando *Armstrong* con (3,63 mg licopeno/100 g mf).

Tabla 2. Medidas morfométricas de fruto (peso, longitud, diámetro, espesor de pared) y dureza de fruto como parámetro externo en los distintos tratamientos cultivados

Portainjertos	Peso (g)	L (mm)	D (mm)	e (mm)	Dureza (N)
Beaufort	144,73 ± 15,46 ^{bc}	60,97 ± 5,53 ^c	62,98 ± 2,66 ^b	4,86 ± 0,35 ^b	16,61 ± 1,59 ^{ab}
Multifort	190,17 ± 77,88 ^b	66,71 ± 5,32 ^b	69,42 ± 10,06 ^a	5,48 ± 0,34 ^a	15,71 ± 1,24 ^{ab}
Silex	197,32 ± 59,57 ^{ab}	67,72 ± 5,58 ^b	71,99 ± 7,90 ^a	5,63 ± 0,61 ^a	15,95 ± 2,36 ^{ab}
Aligator (PG 76)	181,92 ± 41,00 ^b	69,84 ± 5,53 ^a	68,95 ± 5,59 ^a	5,45 ± 0,37 ^a	17,18 ± 1,90 ^a
Monbasa	154,17 ± 30,64 ^{bc}	65,46 ± 6,71 ^b	65,52 ± 4,73 ^a	5,18 ± 0,35 ^b	19,55 ± 2,87 ^a
Emperador	163,53 ± 42,50 ^{bc}	65,92 ± 4,38 ^b	68,47 ± 7,65 ^a	5,08 ± 0,28 ^b	14,94 ± 1,79 ^b
Kaiser	228,37 ± 74,94 ^a	68,17 ± 4,67 ^a	77,46 ± 11,31 ^a	5,49 ± 0,16 ^a	13,35 ± 1,31 ^b
King Kong	164,20 ± 49,43 ^{bc}	67,26 ± 4,06 ^b	64,83 ± 8,69 ^a	5,23 ± 0,07 ^a	17,28 ± 2,67 ^a
Armstrong	205,97 ± 81,65 ^a	69,57 ± 6,86 ^a	70,38 ± 10,93 ^a	5,22 ± 0,51 ^a	13,84 ± 1,73 ^b
Arnold	167,24 ± 5,88 ^{bc}	67,06 ± 6,78 ^b	66,60 ± 8,49 ^a	5,80 ± 0,51 ^a	17,15 ± 0,97 ^a
Groundforce	199,16 ± 43,06 ^{ab}	69,96 ± 4,66 ^a	69,47 ± 6,54 ^a	5,85 ± 0,41 ^a	16,14 ± 0,64 ^{ab}
Testigo sin injertar	130,32 ± 46,70 ^c	60,87 ± 7,82 ^c	63,19 ± 7,76 ^b	4,57 ± 0,26 ^b	18,13 ± 1,03 ^a

Valores promedio con ± desviación estándar. Letras distintas como superíndices en una misma columna indican diferencias significativas en orden decreciente $P \leq 0,05$, según test LSD.

Tabla 3. Parámetros organolépticos de calidad interna (% jugosidad, % materia seca, pH, °Brix y acidez) y dureza de fruto como parámetro externo

Portainjertos	Jugosidad (%)	Materia seca (%)	pH	°Brix	Acidez (%)
Beaufort	34,53 ± 0,77 ^c	7,26 ± 0,47 ^b	4,27 ± 0,04 ^a	5,60 ± 0,20 ^b	0,48 ± 0,01 ^b
Multifort	34,35 ± 3,19 ^c	6,29 ± 0,46 ^c	4,24 ± 0,02 ^a	5,10 ± 0,36 ^b	0,41 ± 0,03 ^b
Silex	43,76 ± 6,00 ^a	6,66 ± 0,57 ^c	4,24 ± 0,04 ^a	5,20 ± 0,20 ^b	0,45 ± 0,02 ^b
Aligator (PG 76)	35,72 ± 5,40 ^c	6,37 ± 0,14 ^c	4,30 ± 0,08 ^a	5,03 ± 0,06 ^c	0,42 ± 0,01 ^b
Monbasa	37,48 ± 3,39 ^c	6,73 ± 0,12 ^c	4,22 ± 0,02 ^a	5,10 ± 0,30 ^b	0,44 ± 0,03 ^b
Emperador	38,87 ± 5,46 ^b	6,53 ± 0,25 ^c	4,22 ± 0,03 ^a	5,40 ± 0,17 ^b	0,50 ± 0,01 ^b
Kaiser	36,47 ± 5,77 ^c	6,06 ± 0,34 ^c	4,25 ± 0,03 ^a	5,03 ± 0,31 ^c	0,45 ± 0,02 ^b
King Kong	35,79 ± 3,36 ^c	6,96 ± 0,66 ^c	4,25 ± 0,04 ^a	5,43 ± 0,29 ^b	0,43 ± 0,01 ^b
Armstrong	35,39 ± 2,91 ^c	6,44 ± 0,29 ^a	4,15 ± 0,04 ^b	5,77 ± 0,15 ^b	0,49 ± 0,02 ^b
Arnold	37,12 ± 1,03 ^b	6,34 ± 0,39 ^c	4,18 ± 0,05 ^b	5,03 ± 0,21 ^c	0,46 ± 0,02 ^b
Groundforce	34,85 ± 1,77 ^c	6,39 ± 0,32 ^c	4,23 ± 0,08 ^a	5,10 ± 0,36 ^b	0,44 ± 0,03 ^b
Testigo sin injertar	40,65 ± 2,50 ^a	8,64 ± 0,38 ^a	4,23 ± 0,02 ^a	6,43 ± 0,47 ^b	0,44 ± 0,03 ^b

Valores promedio con \pm desviación estándar, % acidez (g ácido cítrico/ 100 g fruto fresco). Letras distintas como superíndices en una misma columna indican diferencias significativas en orden decreciente $P \leq 0,05$, según test LSD.

Tabla 4. Parámetros nutricionales y compuestos bioactivos en los distintos tratamientos cultivados

Portainjertos	HCT (g/100 mf)	PFT (mg AG/100 g mf)	Licopeno (mg/100 g mf)
Beaufort	2,53 ± 0,16 ^b	37,54 ± 1,87 ^c	1,76
Multifort	2,18 ± 0,15 ^c	38,61 ± 4,00 ^c	1,42
Silex	3,43 ± 0,46 ^a	52,74 ± 9,90 ^a	2,05
Aligator (PG 76)	2,19 ± 0,07 ^c	41,03 ± 2,96 ^b	1,87
Monbasa	3,12 ± 0,07 ^a	43,44 ± 7,10 ^b	2,22
Emperador	2,69 ± 0,37 ^b	45,14 ± 6,70 ^b	3,23
Kaiser	2,69 ± 0,70 ^b	43,43 ± 2,03 ^b	3,35
King Kong	2,70 ± 0,31 ^b	42,94 ± 3,01 ^b	2,06
Armstrong	2,59 ± 0,09 ^b	38,60 ± 4,50 ^c	3,63
Arnold	2,85 ± 0,31 ^b	42,74 ± 9,20 ^b	2,63
Groundforce	2,57 ± 0,39 ^b	37,65 ± 8,40 ^c	2,63
Testigo sin injertar	3,38 ± 0,70 ^b	53,32 ± 2,80 ^a	1,77

Valores promedio con \pm desviación estándar. HCT (hidratos de carbono totales, g/100 g mf), PFT (polifenoles totales, mg ácido gálico/100 g mf) y contenido en licopeno (mg licopeno /100 g mf). Letras distintas como superíndices en una misma columna indican diferencias significativas en orden decreciente $P \leq 0,05$, según test LSD.

Conclusiones

Se puede concluir que los portainjertos, salvo excepciones de forma general, han presentado un peso promedio de fruto, longitud y diámetro mayores y en espesor de pared, en definitiva frutos más grandes y carnosos. En dureza aunque los mayores valores han correspondido al *Testigo* no han existido diferencias significativas con cuatro de los portainjertos (Tabla 1). Donde existen diferencias marcadas es en los parámetros responsables del sabor ya que *Testigo* presenta valores más altos de °Brix, acidez y materia

seca. En hidratos de carbono totales el *Téstigo* ha presentado los valores más altos (alrededor de un 12 % mayor en promedio al resto de tratamientos) al igual que en polifenoles totales (otro 12 %), mientras que el contenido en licopeno ha sido más alto en los tratamientos con portainjertos.

Referencias bibliográficas

- AOAC INTERNATIONAL (2000): Official Methods of Analysis. 17^a ed. AOAC International, Gaithersburg, M.D.
- BEMILLER, J. N. (2003): «Carbohydrate analysis, cap. 10»; en NIELSEN, S. S., ed.: *Food Analysis*. Nueva York, Kluwer Academic, 3.^a edición.
- DOMENE, M. A.; GÁZQUEZ, J. C.; SEGURA, M. D. y Meca, D. E. (2014): «Evaluación de sustancias nutritivas y bioactivas en tres tipos de tomate: asurcado (raf), *cherry* y larga vida»; *Actas Horticultura* (65). XIII jornadas grupo de horticultura; pp. 151-156.
- GINER, A.; AGUILAR, J. M.; BAIXAULI, C.; NÁJERA, I. y NUÑEZ, A. (2014): «Comportamiento agronómico de diferentes portainjertos en cultivo de tomate valenciano»; *Actas Horticultura*. SECH, XIII Jornadas del grupo de horticultura; pp. 183-186.
- MIGUEL, A.; DE LA TORRE, F.; BAIXAULI, C.; MAROTO, J. V.; JORDÁ, C.; LÓPEZ, M. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (2007): *Injerto de Hortalizas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- RAO, A. V. y AGARWALL, S. (1998): «Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer»; *Nutr. Cancer* (31); pp. 199-203.

Aproximación al conocimiento del valor nutritivo de las semillas de cáñamo (*Cannabis sativa* L.)

J. I. Alonso Esteban, M. C. Sánchez Mata y M. E. Torija Isasa

Universidad Complutense de Madrid

Resumen

El cáñamo (*Cannabis sativa* L.) es una planta procedente de Asia central, ampliamente conocida desde la antigüedad. A lo largo de la historia, la planta se ha empleado preferentemente para la obtención de fibras textiles, aunque se le han dado distintos usos en alimentación humana y animal. Las semillas de cáñamo (cañamones) se han utilizado tradicionalmente en diferentes zonas de España para la elaboración de dulces. Actualmente, su consumo ha aumentado y es relativamente común encontrar semillas de cáñamo comerciales. El objetivo de este trabajo es acercarnos al conocimiento del valor nutritivo de las semillas de cáñamo. Se han analizado semillas de dos cultivares, 'Bialobrzeskie' y 'Carmagnola', procedentes del Bajo Aragón, y semillas comerciales peladas. Se ha determinado su composición centesimal y algunos minerales. Para las determinaciones se han empleado métodos oficiales y recomendados. De los resultados obtenidos podemos destacar el bajo contenido de agua, inferior a 6 g/100 g, lo que implica un alto contenido del resto de componentes. Los nutrientes mayoritarios son la grasa y las proteínas. Las semillas peladas presentan menor contenido de fibra y mayor contenido de grasa que las semillas sin pelar, lo que repercute en un mayor valor calórico, próximo a 600 kcal/100 g, en comparación con las 400 kcal/100 g de las semillas sin pelar. Como la humedad es reducida, el contenido de macroelementos es elevado, similar

al de los frutos secos, destacando el potasio y el magnesio, mientras que el sodio es el minoritario.

Palabras clave: *Cannabis sativa* [L.], *cañamo*, *semillas*, *composición*, *nutrientes*.

Introducción

El cañamo, *Cannabis sativa* L., es una planta originaria de Asia Central que se ha empleado desde la antigüedad en diversos usos. Prueba de ello da Dioscórides, que en el siglo I hizo referencia a los usos textiles, medicinales y alimentarios de la planta (López Eire, 2006).

Desde el punto de vista taxonómico, el cañamo pertenece al género *Cannabis* y forma la familia *Cannabaceae* junto al género *Humulus*. La especie *Cannabis sativa* L. cuenta con cuatro variedades: *sativa*, variedad cultivada para obtener fibra y aceite; *spontanea*, variedad silvestre de *sativa*; *indica*, variedad cultivada para obtener narcóticos y *kafiristanica*, variedad asilvestrada de *indica* (Catalán, 2005).

El cañamo, junto con el lino y el algodón, ha sido uno de los cultivos industriales textiles más importantes y vivió su mejor época en el siglo XVIII, hasta que el algodón lo relegó a una posición marginal en el siglo XIX (Garrido, 2005) y las fibras sintéticas acabaron prácticamente con él en el siglo XX (Hansen, 2015).

En el catálogo común de variedades de especies agrícolas y hortícolas de la Comisión Europea constan, actualmente, 55 registros, de los cuales dos son españoles: Delta-llosa y Delta-405 (Plant variety database, 2016).

Las semillas de cañamo o cañamones se han empleado en alimentación, tanto crudos como tostados (Climent *et al.*, 2013), y en distintas elaboraciones, como son la torta de cañamones o los cañamones melados (Hoyos Sancho, 1948). Las tradiciones a las que estaban ligadas estas semillas han ido desapareciendo y, por tanto, su consumo también fue disminuyendo; sin embargo, actualmente, el consumo de semillas de cañamo ha aumentado y es común encontrar en el mercado semillas de cañamo peladas y distintos productos derivados.

También se emplean las semillas de cáñamo en alimentación animal, sobre todo en aves. Se han estudiado los cambios de composición, sobre todo en el perfil lipídico, de huevos de distintas aves cuya dieta incluía estas semillas (Goldberg *et al.*, 2012; Konka *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo es acercarnos al conocimiento del valor nutritivo de las semillas de cáñamo.

Material y métodos

Las muestras analizadas son semillas de cáñamo de dos cultivares, 'Bialobrzeskie' y 'Carmagnola', procedentes de cultivos del Bajo Aragón del año 2014. También se ha analizado una muestra de semillas peladas comerciales.

Los métodos empleados en la determinación de la composición centesimal son los siguientes: humedad por desecación en estufa a 103 ± 2 °C hasta peso constante, AOAC m984.25 (Horwitz, 2000); hidratos de carbono disponibles mediante hidrólisis con ácido perclórico y colorimetría con antrona (Osborne y Vogt, 1986); fibra neutro detergente (Van Soest y Wine, 1967); proteínas por el método Kjeldahl, AOAC m954.01 (Horwitz, 2000); grasa mediante el método Soxhlet, AOAC m920.39 (Horwitz, 2000); elementos minerales por mineralización a 550 °C, extracción en medio ácido y determinación por espectroscopía de absorción atómica (Torija, 1981).

Resultados y discusión

La composición de las semillas de cáñamo queda reflejada en la Tabla 1. Estas semillas tienen un bajo contenido de agua, inferior a 6 g/100 g, lo que implica que el resto de componentes se encuentren en mayor cantidad. En los dos cultivares de semillas enteras, la fibra es la fracción mayoritaria, en torno a los 30 g/100 g, seguida de proteínas y grasa. En cambio, las semillas peladas tienen un contenido de fibra muy inferior, por debajo de 5 g/100 g, y su fracción mayoritaria es la grasa, que representa práctica-

mente la mitad de la composición centesimal. Su contenido de proteínas también es elevado y superior al de las semillas enteras.

Tabla 1. Composición centesimal (g/100 g de sustancia fresca) y valor energético (kcal/100 g de sustancia fresca) de las semillas de cáñamo (media \pm desviación estándar)

	Bialobrzeskie	Carmagnola	Pelada comercial
Humedad	4,53 \pm 0,10	5,24 \pm 0,16	5,60 \pm 0,33
Proteínas	29,04 \pm 0,54	27,83 \pm 0,35	35,47 \pm 0,37
Grasa	22,63 \pm 0,13	22,69 \pm 0,08	49,63 \pm 0,37
Carbohidratos disponibles ^a	9,82 \pm 1,84	10,13 \pm 0,86	5,15 \pm 0,31
Fibra	32,48 \pm 0,75	39,28 \pm 3,19	4,76 \pm 0,28
Cenizas	4,56 \pm 0,08	5,46 \pm 0,02	5,79 \pm 0,03
Valor energético ^b	424,07 \pm 0,64	434,43 \pm 0,63	618,67 \pm 0,35

^a Expresado en g glucosa/100 g.

^b Calculado a partir de los siguientes equivalentes energéticos: proteínas 4 kcal/g, grasa 9 kcal/g, carbohidratos disponibles 4 kcal/g y fibra 2 kcal/g.

Dado que la grasa es el componente más energético de los alimentos y se encuentra en mayor cantidad en las semillas peladas, el valor calórico de estas será superior al de las semillas enteras, en torno a 200 kcal/100 g más.

Los minerales analizados en estas muestras son sodio, potasio, calcio y magnesio y los resultados se encuentran en la Tabla 2. El sodio es el mineral minoritario, con un contenido inferior a 10 mg/100 g en todas las muestras. El contenido de potasio es elevado y se encuentra entre 300 y 800 mg/100 g, siendo el mineral mayoritario en las semillas peladas y en las enteras del cultivar 'Carmagnola'. El calcio se encuentra en cantidad similar en las semillas enteras, en torno a 200 mg/100 g, mientras que en las semillas peladas se encuentra por debajo de 100 mg/100 g. El contenido de magnesio supera los 300 mg/100 g en las semillas enteras y en las peladas alcanza los 500 mg/100 g. Los valores de elementos minerales son eleva-

dos y similares a los de frutos secos (USDA, 2016). Aunque el potasio sea normalmente el elemento mayoritario en vegetales, en diferentes semillas oleaginosas el contenido de algunos minerales es superior al del potasio, como es el caso del sésamo, con valores de calcio superiores a los de potasio (USDA, 2016), y en nuestras semillas del cultivar ‘Bialobrzeskíe’, en las que el contenido de magnesio supera al de potasio.

Tabla 2. Contenido de macroelementos minerales (mg/100 g de sustancia fresca) de las semillas de cáñamo (media \pm desviación estándar)

	Bialobrzeskíe	Carmagnola	Pelada comercial
Sodio	2,96 \pm 0,24	4,16 \pm 0,11	9,08 \pm 4,66
Potasio	311,51 \pm 11,12	586,71 \pm 16,85	792,54 \pm 65,59
Calcio	205,05 \pm 4,06	211,90 \pm 14,64	88,49 \pm 10,56
Magnesio	381,80 \pm 7,95	373,15 \pm 8,06	518,78 \pm 11,63

Callaway (2004) estudia el cultivar ‘Finola’ y ‘Vonapartis’ *et al.* (2015) este y otros nueve cultivares. Al comparar sus estudios con nuestros datos observamos que nuestros cultivares tienen menos grasa y fibra y más proteínas que los analizados por dichos autores. Los datos de composición centesimal de las semillas peladas analizadas en este trabajo son muy similares a los publicados por USDA (2016), aunque en nuestro caso los datos de potasio y magnesio son inferiores.

Los Reglamentos 1924/2006 y 1169/2011 hacen referencia a declaraciones nutricionales que pueden incluirse en el etiquetado de los alimentos. A este respecto, dados nuestros resultados y en función de lo establecido, se puede considerar que las semillas de cáñamo, enteras y peladas, tienen «alto contenido de proteínas» y «alto contenido de magnesio». Las semillas enteras pueden, a su vez, considerarse un alimento con «alto contenido de fibra», «fuente de calcio», «fuente de potasio» y «sin sodio». Y las semillas peladas, según esta misma normativa, son «fuente de fibra» y tienen «alto contenido de potasio» y «muy bajo contenido de sodio».

Agradecimientos

Investigación financiada por el grupo de investigación UCM 951505 ALIMNOVA. Beca predoctoral de la Fundación Rafael Folch. Muestras proporcionadas por Cáñamo Bajo Aragón.

Referencias bibliográficas

- CATALÁN, P. (2005): «*Cannabis* L.»; en CASTROVIEJO, S., eds.: *Flora iberica* (3). Madrid, CSIC. Real Jardín Botánico, 2.ª edición. pp. 258-261.
- CALLAWAY, J. C. (2004): «Hempseed as a nutritional resource: An overview»; *Euphytica* (140); pp. 65-72.
- CLIMENT, D.; MARTÍN, C. y LAGUNA, E. (2013): «Etnobotánica infantil comestible. Aquellos alimentos silvestres de niños y adolescentes»; *Mètode* (80); pp. 17-25.
- EUROPEAN COMMISSION (2016): «Plant variety database»; *Vegetable species*. Disponible en http://ec.europa.eu/food/plant/plant_propagation_material/plant_variety_catalogues_databases/search/public/index.cfm. Enero.
- GARRIDO, S. (2005): «Cáñamo gentil. Una indagación sobre los condicionantes del cambio técnico de la agricultura»; *Historia Agraria* (36); pp. 287-310.
- GOLDBERG, E. M.; GAKHAR, N.; RYLAND, D.; ALIANI, M.; GIBSON, M. A. y HOUSE, J. D. (2012): «Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed hempseed and hempseed oil»; *Journal of Food Science* 77(4); pp. S153-S160.
- HANSEN, F. (2015): «La Economía del cáñamo en la España suroriental. El cultivo, manipulación y transformación del cáñamo en su significado para la estructura social de las vegas». Sant Vicent del Raspeig. Publicaciones de la Universidad de Alicante. Traducción, estudio y notas de Jesús Millán García-Varela.
- HORWITZ, W. (2000): *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg, AOAC International.

- HOYOS SANCHO, N. (1948): «Costumbres referentes al noviazgo y la boda en La Mancha»; *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares* (4); pp. 454-469.
- KONKA, Y.; YALCIN, H.; KARABACAK, M.; KALIBER, M. y DURMUSCELEBI, F. Z. (2014): *British Poultry Science* 55(6); pp. 785-794.
- LÓPEZ EIRE, A. (2006): *Dioscórides interactivo*. Universidad Salamanca. Disponible en <http://dioscorides.eusal.es/index.php>. Enero.
- OSBORNE, D. R. y VOGT, L. (1986): *Análisis de los nutrientes de los alimentos*. Zaragoza, Acribia SA.
- REGLAMENTO (CE) nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 404/9.
- REGLAMENTO (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor. *Diario Oficial de la Unión Europea* L 304/18.
- TORIJA ISASA, E. (1981): *Principios inmediatos y elementos minerales en hongos comestibles*. Universidad Complutense de Madrid, Tesis doctoral.
- USDA (2016): *National Nutrient Database for Standard Reference*. Disponible en <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/>. Enero.
- VAN SOEST, P. J. y WINE, R. H. (1967): «Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents»; *Journal of Association of Official Analytical Chemists* 50(1); pp. 5-55.
- VONAPARTIS, E.; AUBIN, M. P.; SEGUIN, P.; MUSTAFA, A. F. y CHARRON, J. B. (2015): «Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada»; *Journal of Food Composition and Analysis* (39); pp. 8-12.

Evaluación de la eficiencia de la tecnología Oxyion durante la etapa de transporte en el mantenimiento de la calidad poscosecha de fresa

A. Arias^a, I. León^a, J. C. Gimeno^b y E. Santacruz^b

^aADESVA y ^bOxyion

Resumen

ADESVA ha validado la tecnología Oxyion, que cuenta con un sistema de higienización del aire basado en especies reactivas del oxígeno desarrollada para controlar la contaminación microbiológica, con el fin de reducir el impacto de hongos y otros microorganismos e incrementar, por tanto, la vida útil de los alimentos. En el ensayo se transportaron fresas (*Fragaria vesca*) desde Huelva (España) hasta Breda (Holanda), evaluando los efectos en términos de calidad en los diferentes tratamientos. Se realizaron análisis para medir la firmeza, °Brix, peso, temperatura y aspecto visual. Además, se necesitó la instalación de dos equipos Oxyion en uno de los camiones de transporte. Las mediciones se realizaron tras su recogida, previo al transporte, así como tras el transporte (una vez llegada la fruta a la central de manipulación en destino) y a los 4, 6 y 7 días de vida útil, para observar su evolución. La tecnología Oxyion reduce la contaminación microbiana en el ambiente dentro del camión al 50 %, además de reducir de manera significativa el porcentaje de mohos, podredumbres y magulladuras en fruta sometida a dicha tecnología en un 16 %. La firmeza se mantuvo por encima de 250 g/N durante 7 días de vida útil en las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología tratada con Oxyion, así como el brillo de las fresas Oxyion fue mayor.

Palabras clave: *vida útil, firmeza, brillo, contaminación microbiana ambiental.*

Objetivos

El objetivo del proyecto consistió en evaluar la eficacia de la tecnología Oxyion, durante la etapa de transporte, en el mantenimiento de la calidad poscosecha de fresas cultivadas en la zona de Huelva.

Los objetivos específicos que se desarrollaron para llegar al objetivo principal fueron evaluar la pudrición natural, la presencia de magulladuras, la pérdida de peso, la firmeza, el contenido en sólidos solubles totales (SST), así como la apariencia y el sabor de la fruta en la operativa del transporte, antes y después de llegar a destino y durante la etapa de vida en expositor simulada.

Material y métodos

Para poder realizar el análisis comparativo, se utilizaron 2 vehículos completos: uno con la instalación de la tecnología Oxyion (OXYION) y el otro sin la tecnología Oxyion (CONTROL), con carga el mismo día y con el mismo destino. Ambos camiones efectuaron su salida el mismo día. Los equipos y materiales utilizados fueron: penetrómetro manual para medir la firmeza, refractómetro para medir °Brix, balanza para medir el peso, termógrafos para medir la temperatura a lo largo del ensayo y cámara de fotos.

Se definieron dos hipótesis de partida (hipótesis nula H_0 e hipótesis alterna H_1):

- H_0 : La tecnología Oxyion no afecta a la mejora de la vida útil en términos de calidad en fresa.
- H_1 : La tecnología Oxyion si afecta a la mejora de la vida útil en términos de calidad en fresa.

Previamente al análisis fue necesario etiquetar las cajas dentro de cada palé. Para ello, se dividió cada palé en tres zonas de muestreo (zona superior, medio, y baja) y se tomaron como unidad de muestreo cajas de 4,8 kg. Siendo por cada palé, tres cajas las analizadas, midiendo en cada toma de muestra tres tarrinas de 400 g/caja. Se dispusieron los palés en tres zonas de cada camión (fondo, parte central y cercano a la puerta).

Las tomas de muestras se realizaron:

1. *Antes de entrar en transporte* (justo después de la salida de la central de manipulación). Vida útil (día 0). La toma de muestra se realizó en el laboratorio de Adesva.
2. *A la salida del transporte en destino*. Vida útil (2 días). A la llegada se conservaron en una zona de mantenimiento a la temperatura de 10-12 °C.
3. *Después de 4 días* de simulación de vida en expositor a 10-12 °C (día 6).
4. *Después de 5 días* de simulación de vida en expositor a 10-12 °C (día 7).

La temperatura media de los camiones durante el transporte fue de 1 ± 1 °C y durante la simulación de vida en expositor, la temperatura media fue de 7 ± 1 °C.

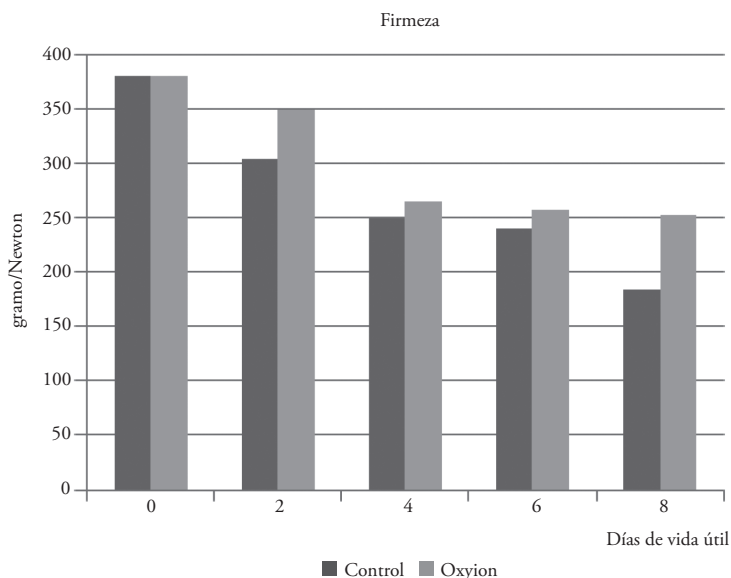
Previamente al cargamento de la fruta en los vehículos móviles, se procedió a un control microbiológico ambiental y superficial dentro de los vehículos, con placas Petri. Esta prueba se realizó con objeto de identificar la carga microbiana inicial y final de cada vehículo, y cuantificar si existían diferencias significativas en cuanto a contaminación, que pudieran enmascarar los resultados obtenidos de la tecnología Oxyion. El análisis microbiológico se realizó tanto a 0 días como a 2 días de vida útil (al finalizar el transporte).

En el caso de la fresa se utilizaron los siguientes parámetros de medición:

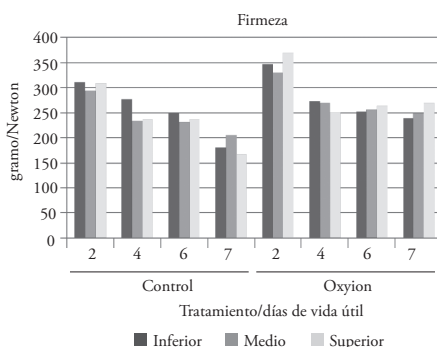
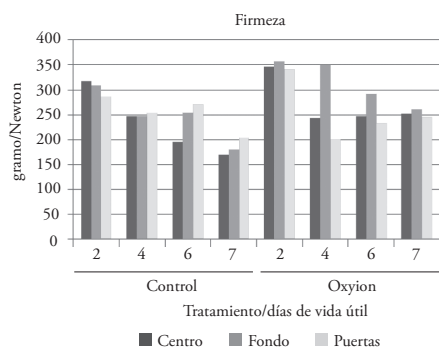
- *Medidas cuantitativas*: temperatura de la fruta (°C), peso (g), °Brix (°Bx) y firmeza (kg/cm²).
- *Medidas cualitativas defectos*: magulladura húmeda, magulladura seca, moho y podredumbre.
- *Defectos combinados (DC)*: para la determinación de los defectos combinados de cada tesis, se procedió a la evaluación visual de los siguientes parámetros:
 1. *Moho (M)*: número de piezas de fruta con presencia de moho.
 2. *Podredumbre (P)*: número de piezas de fruta con presencia de podredumbre.
 3. *Magulladura seca (dry bruise, DB)*: número de piezas de fruta con presencia de magulladura seca.
 4. *Magulladura húmeda (wet bruise, WB)*: número de piezas de fruta con presencia de magulladura húmeda.
- *Medidas cualitativas sensoriales*: sabor pasado, brillo/apariencia.
- *Vida útil*: la vida útil es la duración estimada que la fresa puede tener cumpliendo correctamente con las normas de seguridad y consumo.

Resultados

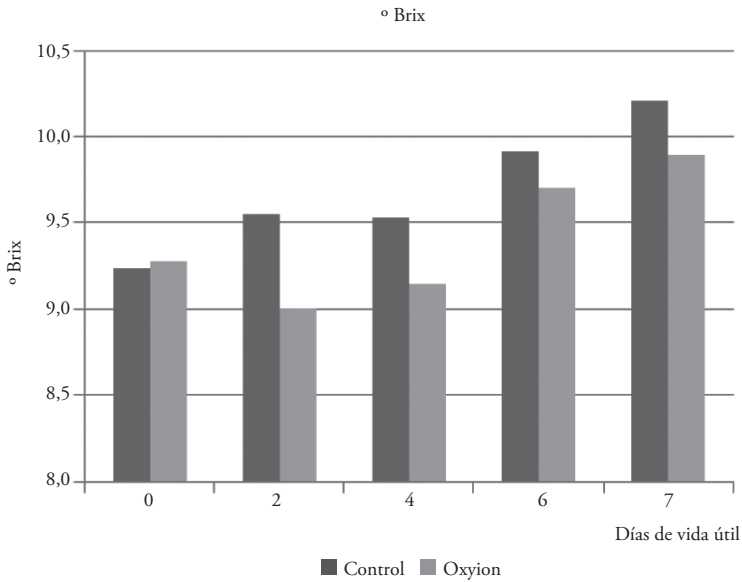
En la evaluación del parámetro Firmeza, se observó que existían diferencias significativas entre ambas tesis y entre días de vida útil. Se observó como a medida que aumentaba la vida útil de la fresa, se hacía más evidente la diferencia entre las fresas Control y las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion.



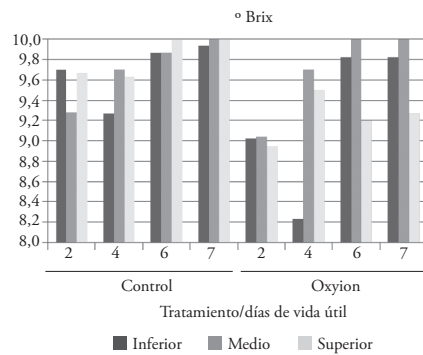
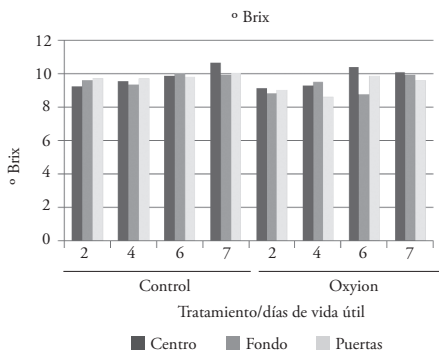
Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



El parámetro contenido en SST ($^{\circ}$ Brix), presentó diferencias significativas entre tratamientos y entre días de vida útil. Se observó como las fresas control, mostraban valores más elevados de $^{\circ}$ Brix que las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion, en todas las tomas de muestras realizadas.

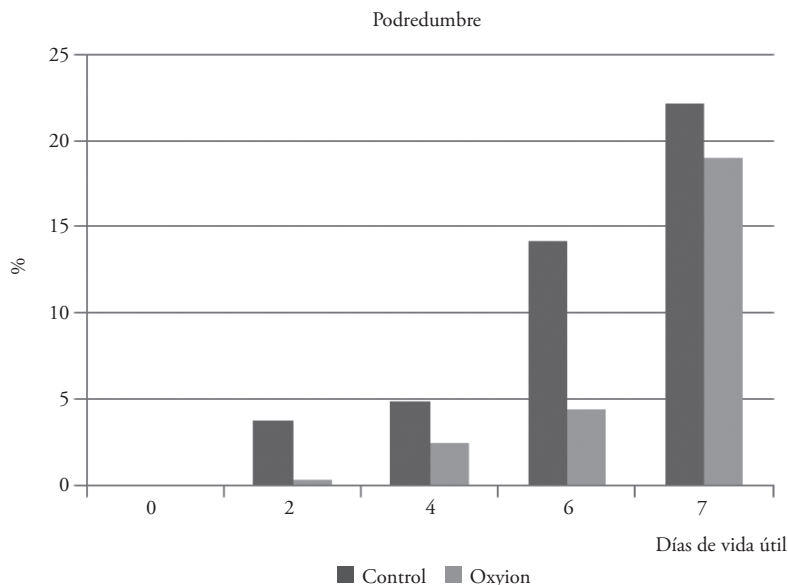


Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



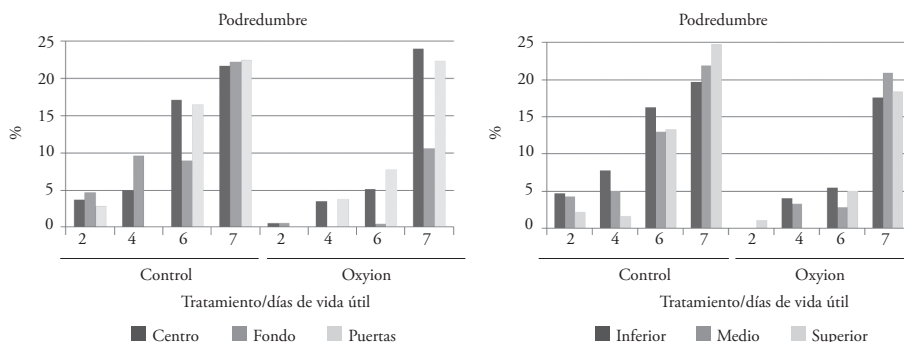
La podredumbre fue uno de los parámetros que mayores diferencias mostró en el ensayo en función del tratamiento y entre días de vida útil. Apareció en el segundo día de vida útil en ambas muestras, pero se observó una clara diferenciación entre las fresas expuestas a un ambiente con

la tecnología Oxyion y las fresas Control, siendo mayor la presencia de podredumbre en estas últimas.

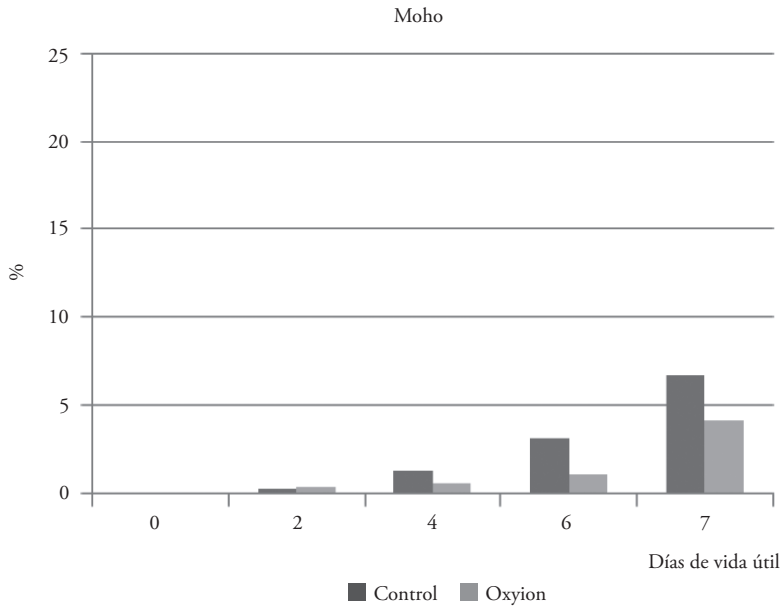


La disposición en el camión, tuvo su influencia en la podredumbre en las fresas Oxyion, siendo las fresas con menor podredumbre las situadas al fondo del camión.

Respecto a la posición en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.

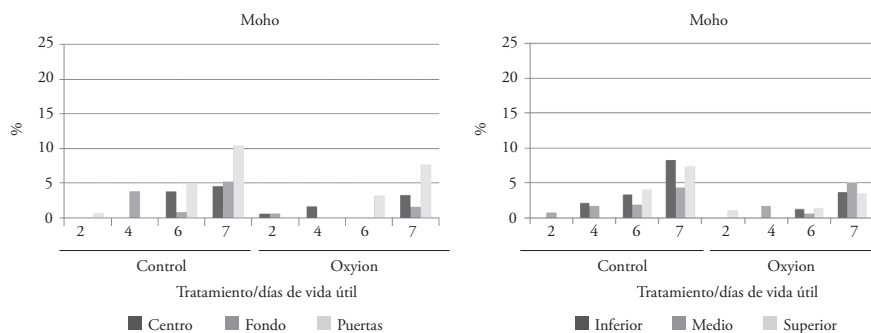


El moho fue también un parámetro que mostró diferencias significativas en el ensayo. Apareció en el segundo día de vida útil en ambas muestras, pero se observó una clara diferenciación entre las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion y las fresas Control, siendo mayor la presencia de podredumbre en estas últimas.

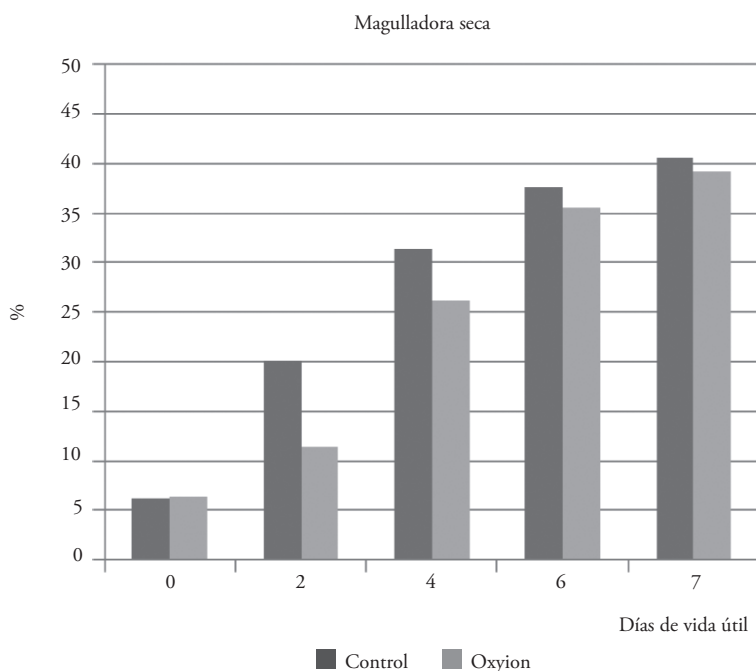


La disposición en el camión, tuvo su influencia en la presencia de moho en las fresas Oxyion, siendo las fresas significativamente con menor moho las situadas al fondo del camión.

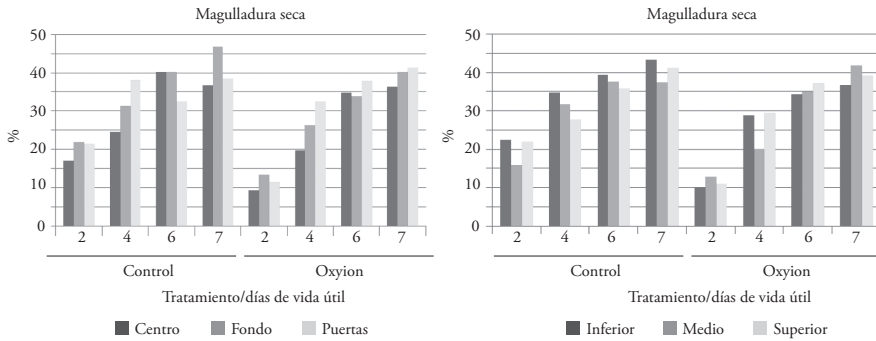
Respecto a la posición o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



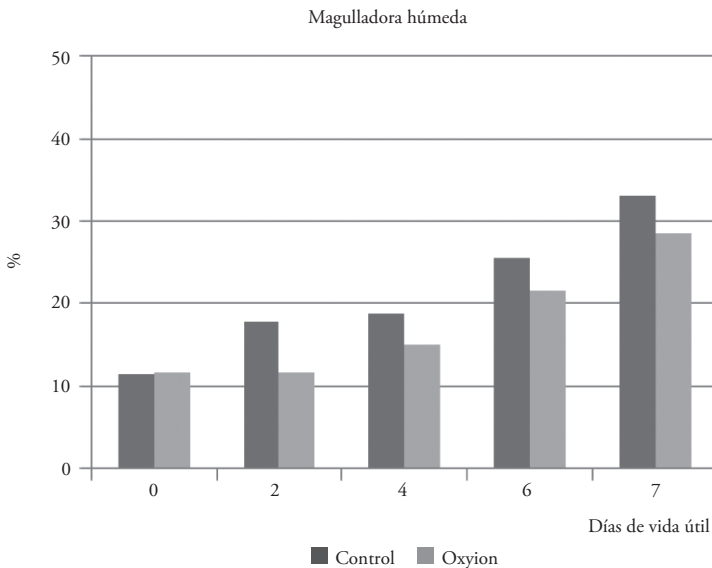
La magulladura seca presentó diferencias significativas entre ambas tesis. Se observó mayor presencia de magulladura seca en las fresas Control que en las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion.



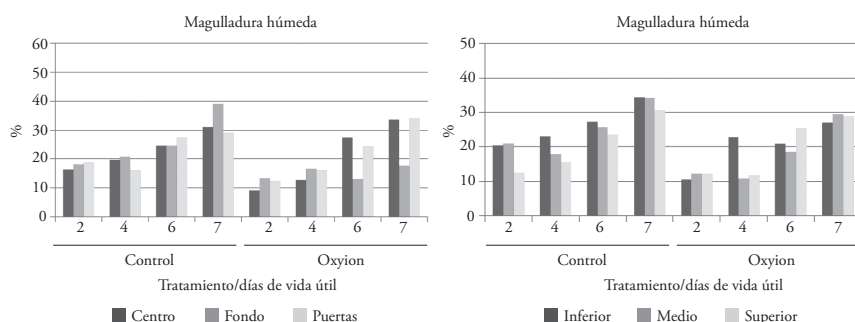
Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



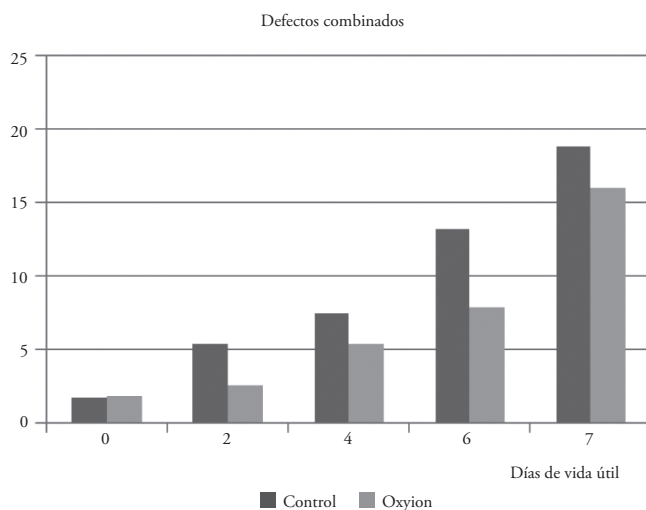
La magulladura húmeda también mostró diferencias significativas entre ambas tesis, observándose mayores valores de magulladura húmeda en las fresas Control. La magulladura húmeda se presentó desde el día de recogida, debido a las condiciones climatológicas y al avance de la campaña. Aun así, el ascenso de magulladura húmeda fue mayor en Control que en Oxyion.



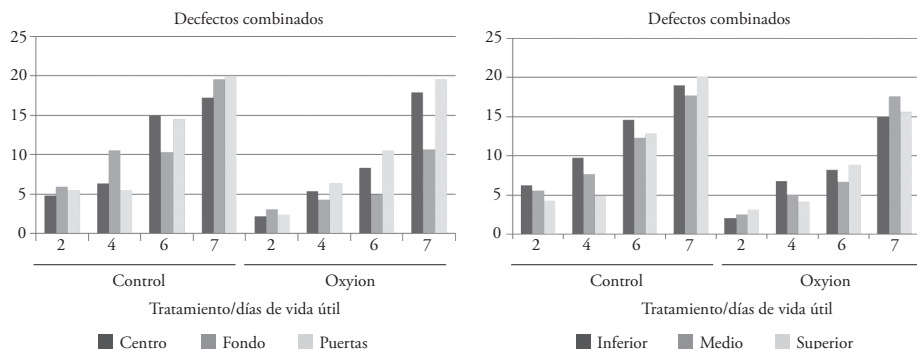
Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



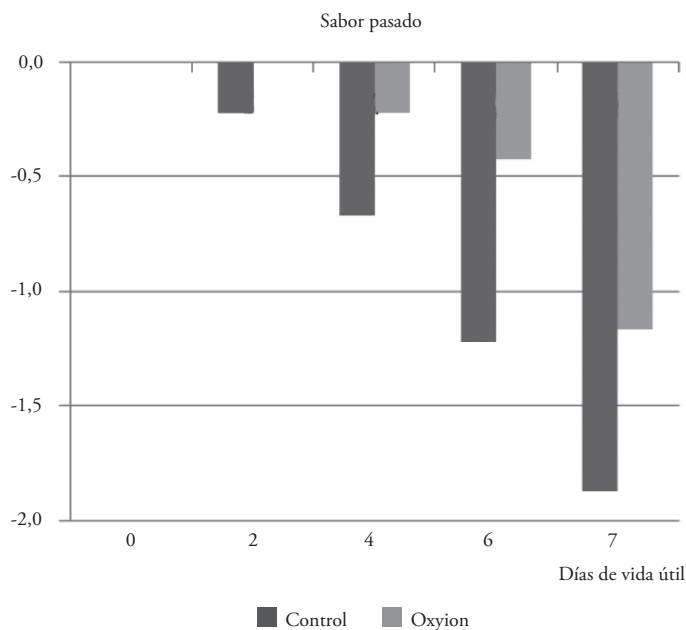
Los defectos combinados, como se ha especificado en la metodología, son el conjunto de defectos presentes en la fruta. Los defectos combinados mostraron diferencias significativas entre ambas tesis de estudio en el ensayo. La presencia de defectos combinados se observó desde el inicio del ensayo, evidenciándose el mayor incremento en Control que en Oxyion.



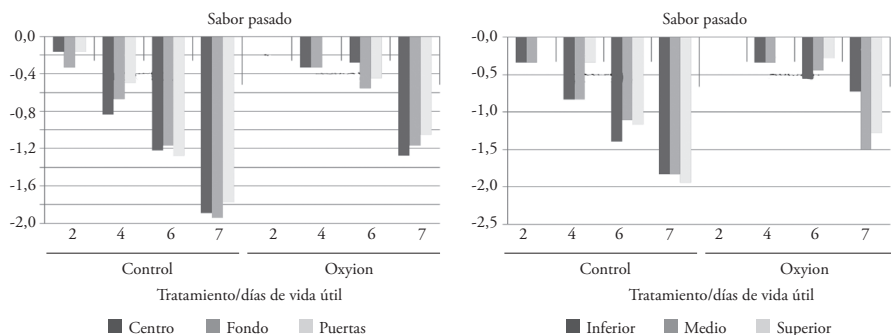
Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



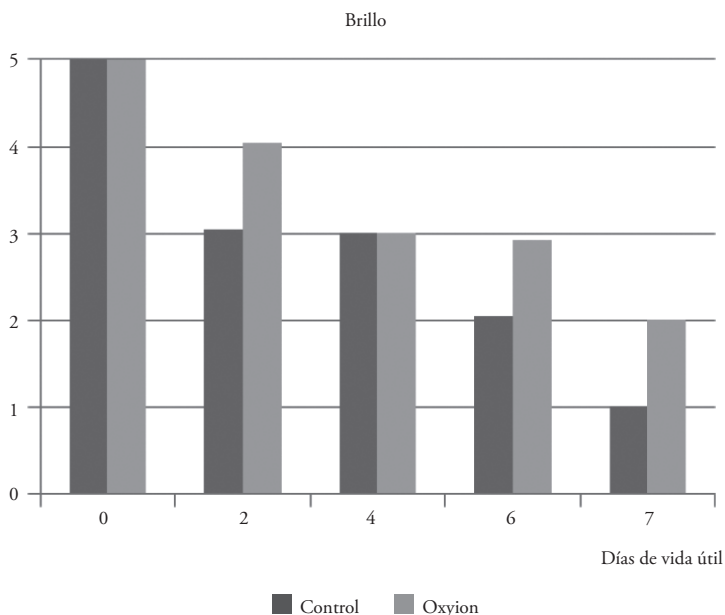
En el sabor a «fruta pasada» se contempló de forma significativa una mayor proporción en las fresas Control. Además, se observaron diferencias entre los diferentes días de vida útil.



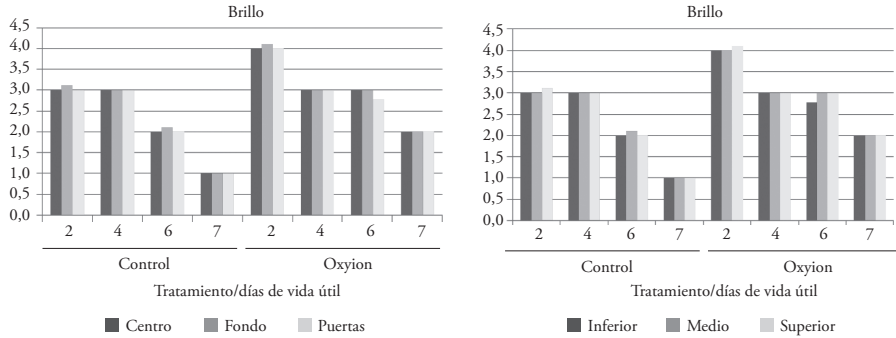
Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



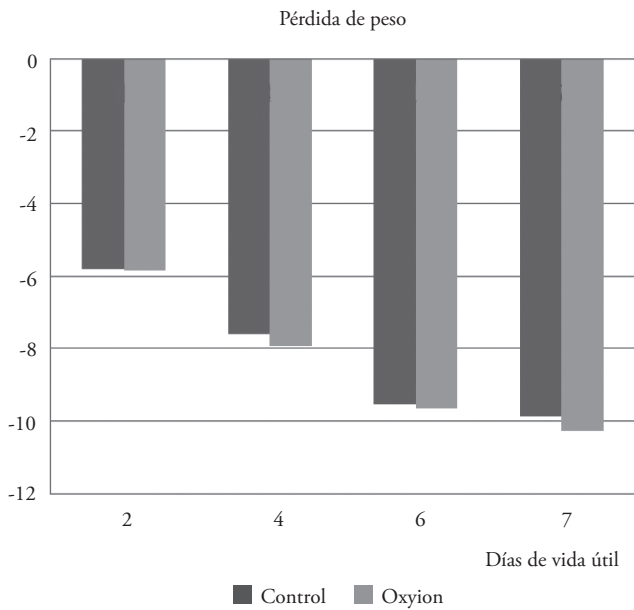
Las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología presentaron un aspecto significativamente más brillante durante más días de vida útil respecto a las fresas Control. Además, se observaron diferencias entre los diferentes días de vida útil. A medida que trascurren los días, las fresas Control fueron perdiendo brillo de manera acusada, mientras que las fresas Oxyion se mantuvieron brillantes durante más días.



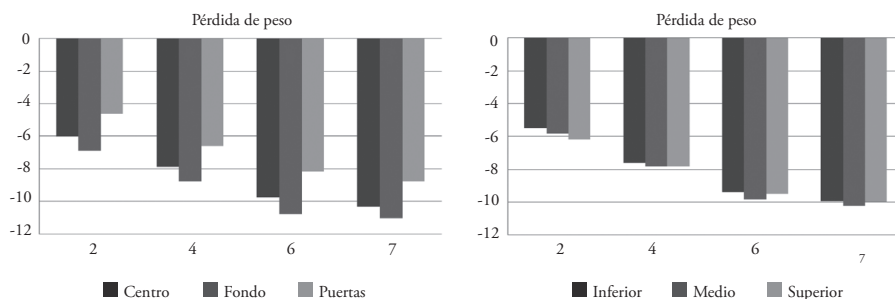
Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.



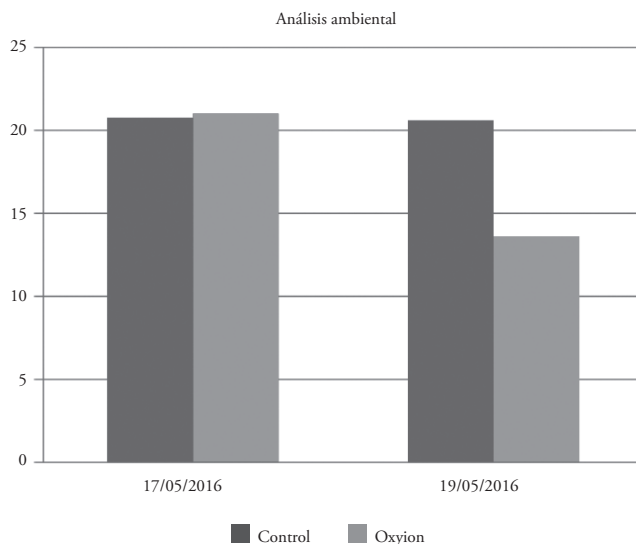
La pérdida de peso no ha presentado diferencias significativas entre ambas tesis.



Respecto a la posición en el camión o en el palé no se observaron diferencias significativas en este parámetro.

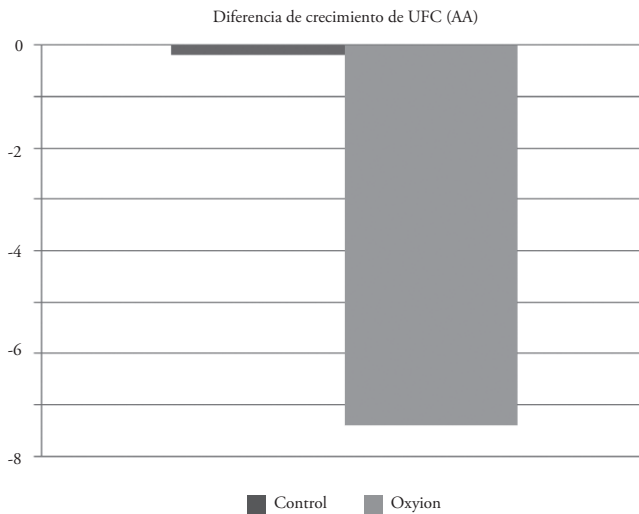


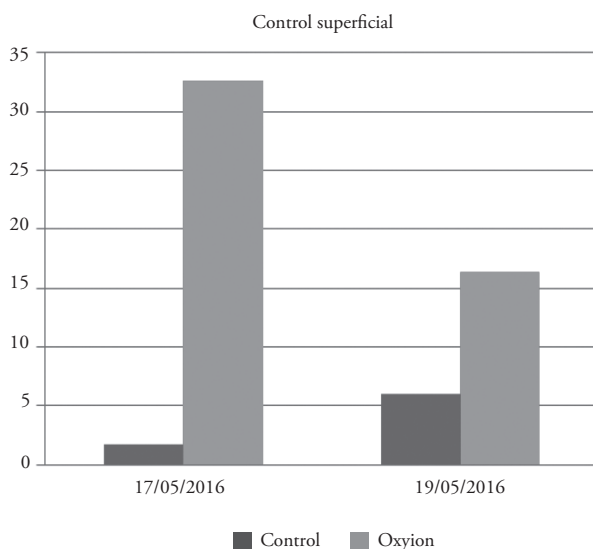
En el análisis ambiental, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el inicio del ensayo. Sin embargo, se observó cómo al inicio del ensayo, las UFC de ambos camiones eran similares mientras que, tras el transporte de la fruta, las UFC en el camión Oxyion se redujeron a la mitad.



Se observó un descenso de 7,4 UFC en el camión Oxyion tras el transporte, mientras que el Control se observó un leve descenso en 0,2 UFC.

La contaminación si evidenció diferencias significativas entre ambas tesis en el inicio del ensayo. Esto se debe a que las condiciones iniciales del camión respecto a la contaminación superficial no fueron las mismas. El camión con la tecnología Oxyion partió con el triple de contaminación superficial que el camión Control. Sin embargo, la contaminación del camión Oxyion durante el transporte, se redujo a la mitad, mientras que el camión Control aumentó ligeramente.





Conclusiones

La tecnología Oxyion redujo la contaminación microbiana en el ambiente dentro del camión a la mitad.

La tecnología Oxyion redujo de manera significativa el porcentaje de mohos, podredumbres y magulladuras en fruta sometida a dicha tecnología en casi un 16 %.

La firmeza se mantuvo por encima de 250 g/N durante 7 días de vida útil en las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion, mientras que en las fresas Control solo se mantuvo en estos valores hasta los 4 días de vida útil.

El brillo de las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion perduró por 2 días más que las fresas transportadas de manera convencional.

El sabor apto para el consumo, se mantuvo durante un día más en las fresas expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion.

La posición en el palé no influyó en los parámetros de calidad evaluados.

La ubicación en el camión fue influyente de forma significativa solo en el parámetro «% Moho» siendo la zona del camión más desfavorable la zona próxima a las puertas de este.

Caracterización de los parámetros que influyen en las propiedades funcionales y sensoriales de tomate cultivar ‘Lobello’ en diferentes condiciones agronómicas

A. B. Cabezas Serrano^a, C. Martínez Gaitán^a, T. Turiño Rodríguez^a
y M. E. Porras^b

^aCentro Tecnológico Tecnova y ^bCaparrós Nature

Resumen

El tomate se ha convertido en la hortaliza con mayor consumo nacional respecto al total de hortalizas consumidas (FEPEX, 2014). Su composición química varía mucho en función de la variedad, los factores agronómicos, geográficos y ambientales (Binoy *et al.*, 2004). Además del agua, el macronutriente mayoritario son los hidratos de carbono y, entre estos, los azúcares, que constituyen entre el 50 y el 70 % de los sólidos totales, y casi la totalidad de los sólidos solubles (Primo *et al.*, 1998). Además, son bajos en grasa, tienen un escaso valor energético, son ricos en vitamina A y C, β -caroteno, licopeno y potasio, y son una fuente importante de compuestos fenólicos (Vallverdú-Queralt *et al.*, 2011). La demanda creciente de alimentos con un alto contenido de constituyentes saludables hace que el aumento del valor nutricional y funcional de esta hortaliza se convierta en objeto de estudio (Ronen *et al.*, 2000). En la actualidad existen numerosas posibilidades para aumentar los compuestos nutraceuticos (principalmente licopeno, β -caroteno y vitamina C) sin afectar el sabor del tomate, mediante la influencia de factores ambientales y prácticas culturales, como el uso de diferentes sustratos. La mayor parte de las investigaciones sobre

sustratos como medio de crecimiento de cultivos hortícolas, han estado orientadas al estudio de la germinación de semillas o a la propagación vegetativa, por lo que la posibilidad de relacionar el contenido nutracéutico con el manejo agronómico resulta de elevado interés. El principal objetivo de este estudio ha sido la evaluación del efecto del tipo de cultivo (Sistema NGS, sustrato de fibra de coco y suelo enarenado) en agricultura protegida sobre el contenido de biocompuestos y características sensoriales en tomate cultivar 'Lobello' en diferentes momentos de cosecha. Los resultados obtenidos mostraron que el cultivo en sistema en fibra de coco permite obtener frutos de superior calidad sensorial (por su mayor dulzor e intensidad de pigmentación) y calidad nutricional (por su mayor contenido en licopeno) que el resto de sistemas evaluados.

Palabras clave: *manejo agronómico, propiedades nutracéuticas, Solanum lycopersicum.*

Introducción

El tomate es considerado una de las hortalizas con mayor consumo nacional respecto al total de hortalizas consumidas según la serie histórica del Panel de Consumo Alimentario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de 2014 (FEPEX, 2014). Se ha convertido en una de las principales fuentes de minerales y componentes nutracéuticos (principalmente carotenoides y vitamina C) llegando a jugar un importante papel en la salud humana, lo que ha derivado en el interés por el aumento del valor nutricional y funcional de esta hortaliza, convirtiéndose en objeto de estudio, ya que un mayor consumo de carotenoides y vitaminas en nuestra dieta puede llegar a ser más efectivo que el uso de suplementos alimenticios (Ronen *et al.*, 2000). Su elevado contenido en antioxidantes totales, influenciado principalmente por el contenido de licopeno y carotenoide con un potente poder antioxidante y principal responsable del color rojo del fruto (Tonucci *et al.*, 1995), lo convierte en un alimento saludable, que junto con la calidad sensorial durante su vida útil, va a determinar su aceptación por parte de los consumidores. En la actualidad, existen nume-

rosas posibilidades para aumentar dichos compuestos nutraceuticos (principalmente licopeno, β -caroteno y vitamina C) sin afectar negativamente al sabor de tomate, entre los que destacan la influencia de los factores ambientales y las prácticas culturales, entre ellas el uso de sustratos como medio de cultivo. El uso en los invernaderos de climas cálidos, cada vez más frecuente, de diferentes tipos de sustrato para mejorar las condiciones de cultivo hace necesario conocer la relación entre el manejo agronómico y el contenido de dichos compuestos, de elevado interés tanto para consumidores como para la comunidad científica, ya que las recomendaciones para cada uno de ellos son diferentes (Papadopoulos, 1994). El tomate cultivar 'Lobello' es considerado un producto de elevada calidad por una serie de parámetros, como el dulzor y el color rojo intenso entre otros, convirtiéndolo en un producto atractivo para el consumidor. En este sentido, el principal objetivo de nuestra investigación pasa por caracterizar el contenido de licopeno y su influencia en la capacidad antioxidante total así como en el contenido de fenoles totales de un cultivo de tomate 'Lobello' desarrollado bajo diferentes sistemas de cultivo: sistema NGS, en sustrato de fibra de coco y en suelo enarenado; evaluando el efecto de los mismos sobre el contenido de biocompuestos y diferentes características sensoriales en diferentes momentos del cultivo.

Material y métodos

Para el desarrollo de este experimento, se tomaron muestras de tomate 'Lobello' en tres invernaderos de similares características situados en las instalaciones de Caparros Nature SL durante el ciclo de otoño-invierno de 2015/16 y con diferentes sistemas de sustrato: sistema NGS (S1), sistema fibra de coco (S2) y enarenado (S3).

Las fechas de muestreo fueron el 28/01/2016, 18/02/2016 y 3/03/2016, recolectándose ramos en el mismo estado de desarrollo y de punto de madurez y analizándose frutos con la misma posición en el ramo en todos los muestreos y según los criterios establecidos por Caparros Nature SL para la comercialización de este producto dentro de su línea Premium.

Se ha caracterizado el dulzor por ser un parámetro que incide en gran medida en la calidad de tomate ‘Lobello’ para el consumidor. El dulzor, medido como contenido en sólidos solubles se determinó mediante un refractómetro digital. Con el fin de caracterizar el contenido de sustancias bioactivas, se llevaron a cabo medidas de concentración de licopeno en frutos de tomate por espectrofotometría según la metodología descrita por Martínez-Valverde *et al.* (2002), la concentración fenólica se determinó por espectrofotometría empleando el reactivo Folin-Ciocalteu siguiendo la metodología descrita por Singleton y Rossi. La actividad antioxidante fue determinada según metodología de Brand-Williams *et al.* (1995). Se ha llevado a cabo un diseño estadístico de un solo factor: tipo de sustrato, con tres niveles: *new growingsystem* (NGS), fibra de coco (FC) o enarenado (S). El análisis de los datos se ha realizado mediante el programa estadístico Statistix v. 9.0. Para la discriminación de medias se utilizó el método de mínima diferencia significativa (LSD) con nivel de confianza del 95 %.

Resultados y discusión

La evolución del contenido en sólidos solubles totales durante los diferentes momentos de corte (Gráfico 1) muestra como los frutos del sistema de Suelo registraron valores cercanos o superiores a los 10 °Brix durante el ciclo de cultivo objeto de estudio, siendo el dulzor de los frutos superior en 1 °Brix al contenido observado en los frutos cultivados en los sistemas de cultivo NGS y Fibra de coco. Estos sistemas, no presentaron en el período de estudio diferencias significativas entre ellos en términos de dulzor de los frutos. Del estudio realizado se observa que en general, el contenido de sólidos solubles totales incrementó conforme avanzó el ciclo del cultivo siendo esta circunstancia más evidente en los sistemas suelo enarenado y NGS.

El contenido de actividad antioxidante total, licopeno y fenoles totales en cada uno de los sistemas de cultivo y en cada época de cosecha estudiada (Tabla 1) permite conocer la evolución y la influencia que tiene el sistema en la formación de biocompuestos durante el ciclo de tomate *cherry* ‘Lobello’. En el caso del licopeno, se observa la influencia significativa de los sistemas de cultivo en la formación de este compuesto. Cabe destacar el

contenido de licopeno en el sustrato FC del primer corte que se mostró superior al contenido en NGS y S (+41,0 % y +29,7 % respectivamente). En el resto de cortes no se observan diferencias significativas entre sustratos. Los valores obtenidos están en línea con lo observado por Lenucci *et al.* (2006) en variedades convencionales de tomate *cherry* cultivadas en campo abierto. El contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante total en general mostraron un descenso al avanzar el ciclo de cultivo. El contenido en polifenoles fue estadísticamente superior en el corte más temprano mostrando valores medios de 28,8 mg ácido gálico/100 g de peso fresco mientras que los frutos del corte más tardío realizado el 3 de marzo de 2016 mostraron el menor contenido en polifenoles con valores medios de 21,8 mg ácido gálico/100 g de peso fresco. Los valores medios de actividad antioxidante variaron de 52 mg/100 g de peso fresco observados en el tomate ‘Lobello’ cultivado en Fibra de coco en el corte de enero hasta los 34,5 mg/100 g de peso fresco observados en el corte del 18 de febrero de 2016 en sistema de Suelo. Los valores de actividad antioxidante y fenoles totales están en línea con los observados en tomate cultivado en dos tipos de invernadero por Rosales *et al.* (2014) aunque el autor no hace referencia a la variedad o sistema de cultivo.

Gráfico 1. Contenido en sólidos solubles totales en tomate ‘Lobello’ bajo los diferentes sistemas de cultivo y épocas de cosecha (n = 30). En °Brix

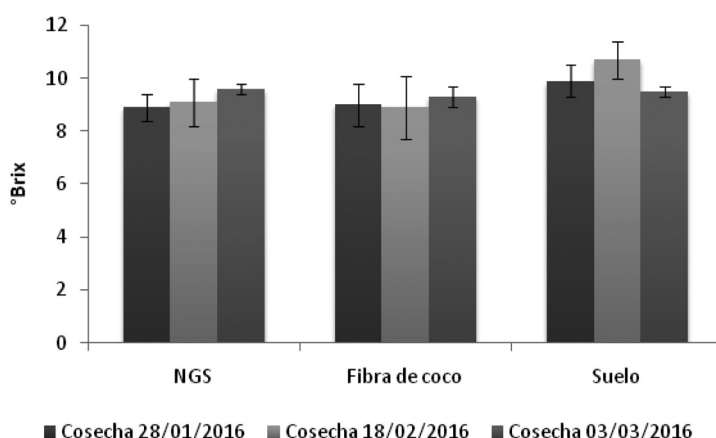


Tabla 1. Contenido en actividad antioxidante total, licopeno y fenoles para cada uno de los cortes analizados en los sustratos *new growing system* (NGS), fibra de coco y enarenado (Suelo)

	AOX ^a		Polifenoles totales ^b			Licopeno ^c		
NGS* (n = 30)	42,04	± 3,90	23,77	± 2,43	10,84	± 0,97		
28/01/2016	49,11	± 2,42	27,58	± 2,69	11,50	± 1,67		
18/02/2016	41,53	± 1,78	25,01	± 1,58	10,63	± 1,16		
03/03/2016	40,68	± 2,06	23,59	± 1,53	9,89	± 1,15		
Fibra de coco* (n = 30)	40,99	± 6,12	24,22	± 4,64	13,13	± 2,16		
28/01/2016	52,00	± 3,62	31,96	± 2,85	16,22	± 3,01		
18/02/2016	34,53	± 4,51	21,24	± 3,61	11,06	± 2,23		
03/03/2016	37,94	± 3,04	19,41	± 1,17	12,35	± 2,64		
Suelo* (n = 30)	41,45	± 4,04	23,87	± 1,98	12,06	± 0,59		
28/01/2016	46,24	± 5,88	26,94	± 4,32	12,51	± 1,14		
18/02/2016	44,29	± 3,93	25,49	± 3,11	11,67	± 1,67		
03/03/2016	40,19	± 2,06	22,43	± 1,92	11,50	± 2,75		
A: sistema de cultivo	NS		NS			***		
B: época de cosecha	***		***			***		
Interacción	***		***			***		

Diferencias significativas entre factores: * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$; NS: No significativas ^aValores medios del sistema de cultivo de los tres momentos de muestreo empleando diez ramos por cada tratamiento (n = 30). ^aActividad antioxidante total expresada en mg de ácido ascórbico por 100 gramos de peso fresco. ^bContenido en polifenoles totales expresado en miligramos ácido gálico por 100 gramos de peso fresco. ^cContenido en licopeno expresado en miligramos por 100 gramos de peso fresco.

Referencias bibliográficas

- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E. y BERSET, C. (1995): «Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity»; *Lebensm Wiss Technol.* (28); pp. 25-30.
- FEPEX (2014): *Evolución de las exportaciones e importaciones españolas de tomate en la Unión Europea (Período 2011 a 2013)*. Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores. Sector frutas y hortalizas. Disponible en <http://www.fepex.es/datos-del-sector/exportacion-importacion-esp%C3%B1ola-frutas-hortalizas>.
- LENUCCI, M. S.; CADINU, D.; TAURINO, M.; PIRO, G. y DALESSANDRO, G. (2006): «Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars»; *J. Agric. Food Chem.* (54); pp. 2.606-2.613.
- PAPADOPOULUS, A. P. (1994): «Growing greenhouse seedless cucumbers in soil and in soilless media»; *Agriculture and Agri-food Canada Publication* 1902/E/F.
- MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; PROVAN, G. y CHESSON, A. (2002): «Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*)»; *J. Sci. Food Agr.* (82); pp. 323-330.
- RONEN, G.; CARMEL-GOREN, L.; ZAMIR, D. y HIRCHBERG, J. (2000): «An alternative pathway to β -carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning of Beta and old-gold color mutations in tomato»; *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (97); pp. 11.102-11.107.
- ROSALES, M.; CERVILLA, L. M.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; RUBIO-WIHELM, M.; BLASCO, B.; RÍOS, J. J.; SORIANO, T.; CASTILLA, N.; ROMERO, L. y RUIZ, J. (2011): «The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses»; *J. Sci. Food. Agric.* (91); pp. 152-162.
- SINGLETON, V. L. y ROSSI, J. A. (1965): «Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents»; *Am. J. Enol. Vitic.* (16); pp. 144-158.

Antocianos

Compuestos bioactivos saludables de alto valor presentes en frutos de naranja tipo sangre (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck)

L. Díaz^a, J. Martínez-Nicolás^b, J. A. Del Río^a, A. Ortuño^a,
A. Celdrán^a, I. Porras^c y A. Conesa^b

^aUniversidad de Murcia, ^bUniversidad Miguel Hernández
^cInstituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario (IMIDA)

Resumen

El género *Citrus* se caracteriza por acumular compuestos flavónicos con demostrados efectos beneficiosos para la salud humana, los cuales han sido reconocidos en innumerables estudios. Dentro de las naranjas dulces [*Citrus sinensis* [L.] Osbeck], encontramos diferentes variedades llamadas naranjas rojas o sanguinas, cuyo nombre es debido a la acumulación en su corteza y pulpa de unos pigmentos rojizos y solubles en agua, llamados antocianos. Estos compuestos pertenecen a la familia de los flavonoides y están implicados en importantes funciones fisiológicas de la planta. Además dichos compuestos son considerados como bioactivos de alto valor para la salud humana, gracias a sus actividades antioxidante, anticancerígena o por estar implicados en el control del crecimiento y diferenciación celular, entre muchos otros. En este trabajo se han analizado los contenidos en antocianos en 11 variedades cultivadas en Europa, siendo el cultivar ‘Sanguinelli’ una de las que presentan mayores concentraciones de antocianinas, especialmente cianidina 3-glucósido, cianidina 3-(6'' malonilglucósido) y peonidina 3-(6'' malonilglucósido). Se acumulan mayoritariamente en la

pulpa y sus concentraciones dependen de la temperatura ambiental. Determinados fitorreguladores, como es el caso de la kinetina, incrementan la acumulación de estos metabolitos, tratamientos a tener en cuenta de cara al futuro, con el fin de incrementar las concentraciones de estos compuestos bioactivos en los frutos.

Palabras clave: *cianidina 3-glicósido, cianidina 3-(6'' malonilglucósido), peonidina 3-(6'' malonilglucósido), Sanguinelli, temperatura, fitorreguladores.*

Introducción

El género *Citrus* es uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial, cuya producción es superior a las 100 millones de toneladas por año (FAO). Este hecho se debe en parte a la gran cantidad de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana (Bernardi *et al.*, 2010) que presentan los frutos de este género.

Dentro del género *Citrus*, cabe destacar la naranja sanguina, cuyos frutos son muy ricos en metabolitos secundarios, entre los que cabe destacar los carotenoides, vitamina C o flavonoides. Dentro de este último grupo de compuestos encontramos distintas clases, como pueden ser las flavanonas y flavonas glicosiladas, polimetoxiflavonas o antocianinas entre otros. Probablemente son los metabolitos secundarios más importantes dentro de los cítricos, ya que tienen una gran importancia en la propia fisiología de la planta (Hedin *et al.*, 1983; Arcas *et al.*, 2000), además de un gran potencial farmacológico.

Las antocianinas son una clase de flavonoides, solubles en agua y con una pigmentación rojiza presentes en frutos y hojas de las naranjas sanguinas. Cabe destacar su enorme actividad como antioxidantes, reconocida en innumerables estudios, además son captadores de radicales libres, presentan actividad antilipoperoxidantes. Pueden actuar como sustancias moduladoras del proceso de carcinogénesis, así como antiinflamatorios y antiaterogénicos. (Barreca *et al.*, 2011; Barreca *et al.*, 2013; Chaudhary *et al.*, 2012, Del Rio *et al.*, 2014; Di Donna *et al.*, 2013; Nogata *et al.*, 2006).



En este trabajo se presenta un estudio sobre los contenidos en antocianos en las variedades más cultivadas en Europa, analizando las antocianinas mayoritarias presentes, así como algunos efectores que influyen en la acumulación de estos compuestos en los frutos, como son la temperatura y diversos fitoreguladores. El objetivo es establecer nuevos programas de cultivo que permitan comercializar frutos cítricos con mayores contenidos en estos compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana.

Material y métodos

Material vegetal

Para realizar este estudio se utilizaron inflorescencias y frutos de once cultivares de naranja dulce tipo sangre (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck): cultivar 'Tarocco Messina' (TM); cultivar 'Entrefina' (E); cultivar 'Murtera' (MU); cultivar 'Sangre Oval' (SO); cultivar 'Sanguinelli' (SA); cultivar 'Tarocco' (T); cultivar 'Maltaise demi Sanguine' (MD); cultivar 'Moro Catania' (M); cultivar 'Maltaise Blonde' (MB); cultivar 'Navel Sangre' (NS); cultivar 'Tarocco Rosso' (TR), procedentes de árboles crecidos en parcelas experimentales situadas en el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario (IMIDA) en Murcia. De cada árbol o unidad de muestro se cogieron al azar ocho frutos, dos por cada una de las orientaciones del árbol, recogidos en todas las alturas del árbol en una vuelta completa, en el exterior e interior del mismo, para unificar las zonas más soleadas y las menos.

Extracción y cuantificación de antocianos totales

Para la extracción de antocianos se exprimieron ocho frutos y se homogeneizó el zumo. Seguidamente se centrifugó durante 30 minutos a 1.500 rpm y se filtró a través de lana de vidrio. Una vez centrifugado y filtrado el zumo, se toma una alícuota de 500 µl de zumo y se mezcla con 9,5 ml de metanol con HCl (1 % v/v). Para proceder a su cuantificación, se midió la absorbancia del filtrado con un espectrofotómetro UNICAM UV500 a 530 nm, correspondiente a su máximo de absorción (Rapisar-

da *et al.*, 2000). Para cuantificar la cantidad de antocianinas presente en la muestra, se realizó una recta patrón con diferentes concentraciones de muestra conocida y comprobamos la respuesta obtenida. El patrón utilizado fue cianidina 3-glucósido. De esta manera se obtuvieron los correspondientes coeficientes de conversión para obtener la cantidad de antocianos presente en cada muestra.

Identificación de antocianos por HPLC

Las antocianinas mayoritarias se identificaron por cromatografía líquida de alta presión en fase reversa. Se utilizó un cromatógrafo Jasco, equipado con bomba cuaternaria, detector array de diodos y automuestreador. Como fase estacionaria se utilizó una columna analítica LiChro-CARTR C18 (Agilent, USA), con un tamaño medio de partícula de 5 μm (250 x 4 mm), termostatzada a 30 °C. Como fase móvil se empleó una solución A, formada por H₂O a pH 2 (acidificada con ácido fórmico) y la solución B, compuesta por acetonitrilo (ACN). Las distintas antocianinas se separaban mediante una elución en gradiente, con una composición inicial de 100 % de A durante 3 min, aumentando el gradiente hasta 70 % de A y 30 % de B durante los 30 minutos siguientes. A continuación se aumenta hasta el 90 % de B durante 5 minutos para volver a las condiciones iniciales. El flujo fue de 1 ml/min. Los cambios en absorbancia a 280 nm y a 520 nm fueron detectados por el detector array de diodos. Las concentraciones de los metabolitos fueron determinadas por el área dada el integrador usando el factor de respuesta de los distintos estándares. La identificación de los distintos compuestos se llevó a cabo mediante HPLC-MS/MS, mediante un espectrómetro de trampa iónica equipado con una interfase ESI acoplado al HPLC. El espectro de masas se adquirió tanto en modo positivo como negativo, escaneando un rango de masas entre 50 y 1.000. Los parámetros de ESI fueron: voltaje 3,5 kV, una temperatura de secado de 350 °C, nebulizador a 60 psi y el gas de secado a 9 L/min.



Efecto de fitorreguladores y temperatura sobre la acumulación de antocianos

Con el fin de estudiar cómo afectan distintos factores a la acumulación de antocianinas en frutos, se realizaron, por un lado, tratamientos a distintas temperaturas (4 y 25 °C), guardando 50 frutos en cámaras con control de temperatura. Durante 28 días, cada 7 días se tomaron muestras y se analizaron los contenidos en antocianos totales.

Por otro lado, también se estudió el efecto sobre la acumulación de antocianinas de determinados fitorreguladores, como es el caso de la kinetina, jasmonato de metilo y ácido abscísico, comparándolas con el respectivo control, al cual solamente se administró agua. Para administrar los distintos fitorreguladores, se realizó una disolución de cada uno de ellos a una concentración 1 mM, y se sumergieron 10 frutos en cada disolución, en una cámara de vacío. Tras 3 horas de infiltración, se procesaron las muestras, conforme al protocolo descrito en el correspondiente apartado de «Material y métodos» y se cuantificaron los antocianos totales presentes en el zumo.

Resultados y discusión

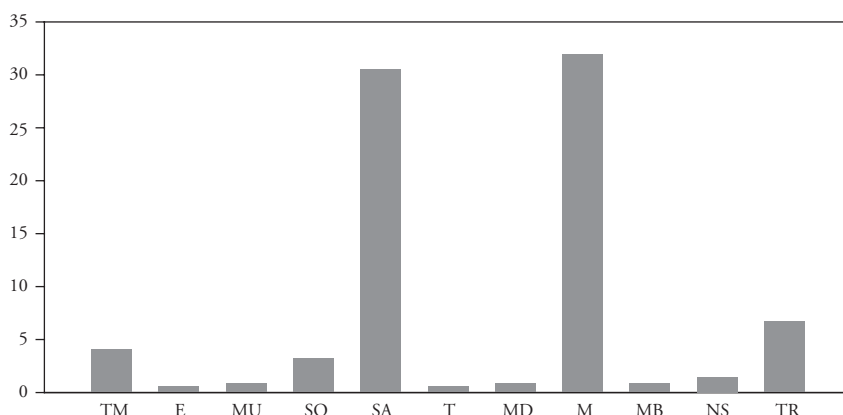
Contenido en antocianos de diferentes variedades

Se ha llevado a cabo el estudio del contenido total en antocianos en el zumo procedente de los principales cultivares de naranjas tipo sangre cultivados en Europa. En el Gráfico 1 se muestran los resultados obtenidos. De los 11 cultivares analizados, dos de ellos, destacan sobre los demás, estos son el cultivar ‘Moro Catania’ y el cultivar ‘Sanguinelli’, con unas concentraciones de antocianos totales de 31,6 y 30,4 ppm respectivamente, seguidos muy de lejos por el cultivar ‘Tarocco Rosso’, con 6,9 ppm (Fabroni *et al.*, 2016).

Cabe destacar al cultivar ‘Sanguinelli’, como el cultivar de naranja tipo sangre más cultivados en España, ya que estos resultados, avalan la potenciación del cultivo de este tipo de cítricos, como una importante

fuentes de estos compuestos que aportan tantos beneficios a la salud humana (Vinson *et al.*, 2002).

Gráfico 1. Contenidos en antocianos totales de los zumos procedentes de 11 cultivares de naranjas sanguina*. En ppm



* (*C. sinensis* [L.] Osbeck): cultivar 'Tarocco Messina' (TM); cultivar 'Entrefina' (E); cultivar 'Murtera' (MU); cultivar 'Sangre Oval' (SO); cultivar 'Sanguinelli' (SA); cultivar 'Tarocco' (T); cultivar 'Maltaise demi Sanguine' (MD); cultivar 'Moro Catania' (M); cultivar 'Maltaise Blonde' (MB); cultivar 'Navel Sangre' (NS); cultivar 'Tarocco Rosso' (TR).

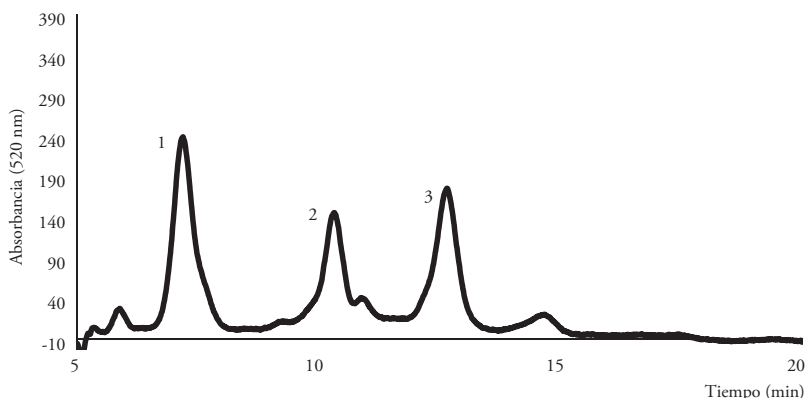
Principales antocianos y distribución en las distintas partes del fruto

A la vista de los resultados obtenidos en el apartado anterior, se han identificado mediante HPLC-MS/MS los principales antocianos presentes en el cultivar 'Sanguinelli', así como su abundancia en las distintas partes del fruto.

En el Gráfico 2 se muestra el cromatograma obtenido tras la separación en la columna de una muestra de zumo de cultivar 'Sanguinelli', utilizando el programa descrito en el apartado anterior, a una longitud de onda de 520 nm. Se muestran 3 picos principales, coincidentes con los estándares comerciales de cianidina 3-glicosido (t_R 7,2 min), cianidina 3-(6'' malonilglucosido) (t_R 10,4 minutos) y peonidina 3-(6'' malonilglu-

cosido) (t_R 12,8 min). La identificación fue avalada por las coincidencias en los patrones de ruptura al comprobar su espectro de masas obtenido por HPLC-MS/MS con los respectivos patrones.

Gráfico 2. Perfil cromatográfico obtenido tras analizar una muestra del zumo procedente de frutos de *Citrus sinensis* cultivar ‘Sanguinelli’



Al analizar las distintas partes de frutos (recolectados en febrero) (Tabla 1), observamos que la mayor acumulación de antocianos se produce en la pulpa, seguido de columnela, albedo y flavedo. Por lo que estos resultados confirman, que el zumo de estos frutos, es la mejor forma de consumir estos metabolitos, además de ser la fuente de la mayor parte del contenido de antocianos en fruto.

Tabla 1. Concentraciones de los antocianos mayoritarios distribuidos en las distintas zonas del fruto de *C. sinensis* cultivar ‘Sanguinelli’ recolectados en febrero

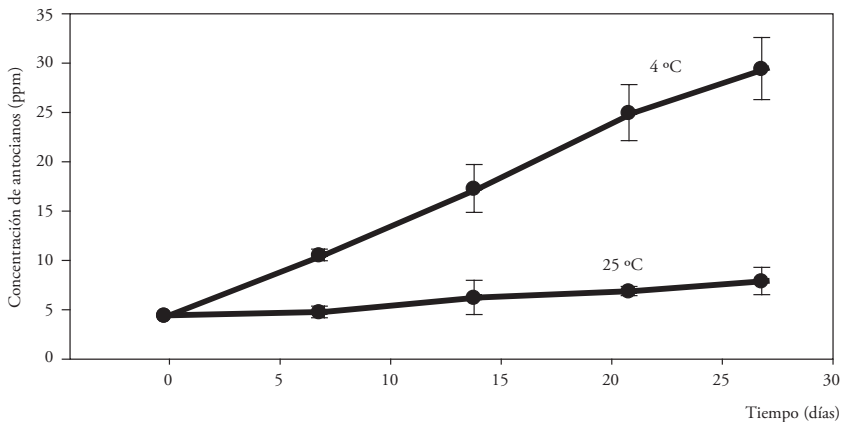
Parte del fruto	Cianidina 3-glucósido (ppm)	Cianidina 3-(6'' malonilglucosido) (ppm)	Peonidina 3-(6'' maloilglucosido) (ppm)
Pulpa	65,5 ± 5,3	36,1 ± 3,8	44,9 ± 4,7
Columnela	28,1 ± 2,9	16,8 ± 3,0	20,3 ± 3,7
Albedo	11,2 ± 2,1	6,1 ± 1,8	7,3 ± 1,3
Flavedo	3,2 ± 0,9	1,8 ± 0,3	3,6 ± 0,9

Efecto de la temperatura en la acumulación de antocianos

Se ha comprobado que la acumulación de antocianos se produce a partir de noviembre-diciembre (Díaz *et al.*, 2016), período en el que las temperaturas disminuyen, con este fin, se ha estudiado el efecto de dicho factor sobre la acumulación de antocianos en frutos del cultivar ‘Sanguinelli’, incubando los frutos a distintas temperaturas, y analizando la evolución en la acumulación en antocianos totales tras 28 días de incubación.

En el Gráfico 3, se muestran los resultados obtenidos en la estimulación de estos metabolitos a distintas temperaturas. Se muestra como la acumulación de antocianos se induce como respuesta al frío, mostrando valores de hasta casi 30 ppm en frutos conservados a 4 °C. Respecto a los 7 ppm que se detectaron en frutos conservados a 25 °C. Estos resultados coinciden con otros estudios realizados por otros investigadores sobre otros cultivares (Lo Piero *et al.*, 2005).

Gráfico 3. Efecto de la temperatura sobre la acumulación de antocianos (ppm) en frutos de *C. sinensis* cultivar ‘Sanguinelli’ recolectados en noviembre

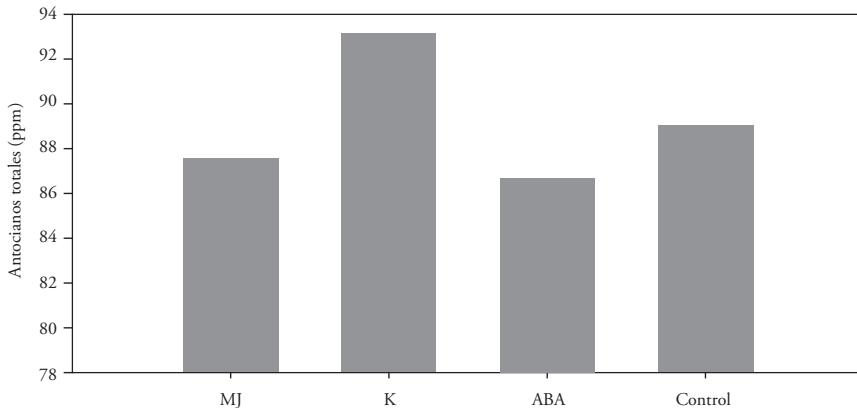


Efecto de fitorreguladores en el contenido de antocianos

Se ensayó también como influían distintos reguladores del desarrollo vegetal sobre la acumulación de estos metabolitos secundarios. De todos los compuestos ensayados el que ha mostrado unos resultados más favorables en la acumulación de antocianos en pulpa, en frutos recolectados en diciembre, ha sido la kinetina, fitohormona estrechamente relacionada con la división celular, aumentando cerca de un 5 % el contenido total de antocianos. Resultados similares se han observado en la acumulación de otros flavonoides (Margna *et al.*, 1983).

De estos resultados obtenidos podemos concluir que el cultivar ‘Sanguinelli’ es una de las naranjas con mayores contenidos en antocianinas. Su concentración se puede modificar controlando la temperatura ambiental y mediante tratamientos con determinados fitorreguladores como la kinetina. El consumo de frutos cítricos con altos contenidos en antocianinas, además de otros flavonoides que acumula este fruto, puede aportar numerosos beneficios para la salud del consumidor, al prevenir un gran número de enfermedades cardiovasculares y la aparición de determinados tipos de cáncer (Gráfico 4).

Gráfico 4. Efecto de diferentes fitorreguladores sobre la acumulación de antocianos totales (ppm) en frutos de *C. sinensis* cultivar ‘Sanguinelli’



* MJ: jasmonato de metilo; K: kinetina; ABA: ácido abscísico.

Referencias bibliográficas

- ARCAS, M. C.; BOTÍA, J. M.; ORTUÑO, A. M. y DEL RÍO, J. A. (2000): «UV irradiation alters the levels of flavonoids involved in the defence mechanism of *Citrus aurantium* fruits against *Penicillium digitatum*»; *Eur. J. Plant. Pathol.* (106); pp. 617-622.
- BARRECA, D.; BELLOCCO, E.; CARISTI, C.; LEUZZI, U. y GATTUSO, G. (2011): «Distribution of C and O-glycosyl flavonoids, (3-hydroxy-3-methylglutaryl) glycosyl flavanones and furocoumarins in *Citrus aurantium* L. juice»; *Food Chem.* (124); pp. 576-582.
- BARRECA, D.; BISIGNANO, C.; GINESTRA, G.; BISIGNANO, G.; BELLOCCO, E.; LEUZZI, U. y GATTUSO, G. (2013): «Polymethoxylated, C- and O-glycosyl flavonoids in tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) juice and their influence on antioxidant properties»; *Food Chem.* (141); pp. 1.481-1.488.
- BERNARDI, J.; LICCIARDELLO, C.; RUSSO, M. P.; CHIUSANO, M. L.; CARLETTI, G.; RECUPERO, G. R. y MAROCCO, A. (2010): «Use of a custom array to study differentially expressed genes during blood orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) ripening»; *J. Plant Physiol.* (167); pp. 301-310.
- CHAUDHARY, P.; JAYAPRAKASHA, G. K.; PORAT, R. y PATIL, B. S. (2012): «Degreening and postharvest storage influences 'Star Ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) bioactive compounds»; *Food Chem.* (135); pp. 1.667-1.675.
- DEL RÍO, J. A.; FUSTER, M. D.; GÓMEZ, P.; PORRAS, I.; GARCÍA-LIDÓN, A. y ORTUÑO, A. (2004): *Citrus limon*: a source of flavonoids of pharmaceutical interest; *Food Chem.* (84); pp. 457-461.
- DI DONNA, L.; TAVERNA, D.; MAZZOTTI, F.; BENABDELKAMEL, H.; ATTYA, M.; NAPOLI, A. y SINDONA, G. (2013): «Comprehensive assay of flavanones in citrus juices and beverages by UHPLC-ESI-MS/MS and derivatization chemistry»; *Food Chem.* (141); pp. 2.328-2.333.

- DÍAZ, L.; MARTÍNEZ-NICOLÁS, J.; DEL RÍO, J. A.; ORTUÑO, A. M.; PORRAS, I. y CONESA, A. (2016): «Study of the relationship between flavonoids content and changes in the enzymes implicated in their biosynthetic pathway during developmen of *Citrus sinensis* cv. Sanguinelli fruits». Brasil, International Citrus Congress; p. 108.
- FABRONI, S.; BALLISTRERI, G.; AMENTA, M. y RAPISARDA, P. (2016): «Anthocyanins in different Citrus species: an UHPLC-PDA-ESI/MSn-assisted qualitative and quantitative investigation»; *J. Sci. Food Agric.* (96); pp. 4.797-4.808.
- HEDIN, P. A.; JENKINS, J. N. y PARROTT, W. L. (1992): «Evaluation of flavonoids in *Gossypium arboreum* (L.) cottons as potential source of resistance to tobacco budworm»; *J. Chem. Ecol.* (18); pp. 105-114.
- LO PIERO, A. R.; PUGLISI, I.; RAPISARDA, P. y PETRONE, G. (2005): «Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low temperature storage»; *J. Agr. Food Chem.* (53); pp. 9.083-9.088.
- NOGATA, Y.; SAKAMOTO, K.; SHIRATSUCHI, H.; ISHII, T.; YANO, M. y OHTA, H. (2006): «Flavonoid Composition of Fruit Tissues of *Citrus* Species»; *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* (70); pp. 178-192.
- MARGNA, U. y VAINJÄRV, T. (1983): «Kinetin-mediated stimulate of accumulation of Buckwheat flavonoids in the dark»; *Z. Naturforsch* (38); pp. 711-718.
- VINSON, J. A.; LIANG, X. Q.; PROCH, J.; HONTZ, B. A.; DANCEL, J. y SANDONE, N. (2002): «Polyphenol antioxidants in citrus juices: In vitro and in vivo studies relevant to hearth disease»; *Flavonoids in Cell Function – Advances in Experimental Medicine and Biology* (505); pp. 113-122.

Flavonoides presentes en la naranja sanguina *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cultivar ‘Sanguinelli’

L. Díaz^a, J. Martínez-Nicolás^b, A. Conesa^b, I. Porras^c, A. Ortuño^a,
A. Celdrán^a y J. A. Del Río^a

^aUniversidad de Murcia, ^bUniversidad Miguel Hernández

^cInstituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario (IMIDA)

Resumen

En el presente trabajo se analizan los cambios en compuestos fenólicos (flavonoides) durante el desarrollo y en distintas partes del fruto maduro de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cultivar ‘Sanguinelli’, producidos en Murcia. El cultivar ‘Sanguinelli’, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck es la variedad de naranja sanguina más cultivada actualmente, originada en España por mutación espontánea de naranja Doble Fina, y se caracteriza también por acumular antocianos. La distribución en el fruto de estos compuestos revela que las flavanonas glicosiladas se encuentran en mayor concentración en el albedo, las flavonas polimetoxiladas se acumulan preferentemente en el flavedo, mientras que las antocianinas se acumulan mayoritariamente en la pulpa. Se muestra un balance del contenido promedio de los principales flavonoides en frutos en estado comercial y sus posibles efectos beneficiosos para la salud.

Palabras clave: *citrus, flavonoides, antocianinas, hesperidina.*

Introducción

Los alimentos funcionales, según la IFIC (Consejo Internacional de Información sobre Alimentos), son aquellos que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos, beneficiosos para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades. Actualmente, los consumidores tienen un gran interés por conocer la relación que existe entre la dieta y la salud y qué alimento contienen compuestos bioactivos. En este sentido, el género *Citrus* se caracteriza por acumular diversos compuestos fenólicos, especialmente flavonoides del tipo de las flavanonas, flavonas y en algunos frutos cítricos también se acumulan antocianinas. Las principales flavanonas presentes en los frutos cítricos son hesperidina, naringina, diosmina, isonaringina, neohesperidina, eriodictiol y poncirina, entre otros. En relación a las flavonas presentes en los cítricos, estas se pueden encontrar como formas glicosiladas y agliconas, presentando estas últimas una gran variedad de compuestos con su estructura frecuentemente multisustituida por grupos hidroxilo y/o metoxilos. Entre ellas, escutelareina (5,6,7,4'-tetrametoxiflavona), sinensetina (5,6,7,3',4'-pentametoxiflavona), tangeretina (5,6,7,8,4'-pentametoxiflavona), quercetogetina (3,5,6,7,3',4'-hexametoxiflavona), nobiletina (5,6,7,8,3',4'-hexametoxiflavona), 3,5,6,7,8,3',4'-heptametoxiflavona, y 7-hidroxi-3,5,6,3',4'-hexametoxiflavona (Del Río *et al.*, 2004; Manthey, 2006; Nogata *et al.*, 2006). Las principales antocianinas detectadas en los frutos incluyen a cianidina y sus derivados, peonidina, delphinidina y petunidina. Todos estos compuestos presentan un gran interés industrial debido a su potencial farmacológico, pudiendo destacar sus propiedades anticancerígenas gracias a su habilidad de absorber la luz UV, a sus efectos antimutagénicos y antiproliferativos de tumores (carcinoma), a sus actividades antiinflamatorias, antialérgicas y analgésicas (Egert y Rimbach, 2011; Manthey *et al.*, 2001; Martínez-Flores *et al.*, 2002).

En el presente trabajo analizamos los cambios en los principales compuestos fenólicos (flavonoides) durante el desarrollo y en distintas partes del fruto maduro de *C. sinensis* (L) Osbeck, cultivar 'Sanguinelli', producidos en la Región de Murcia, con el fin de determinar el período óptimo de

recolección basada en sus cualidades organolépticas y los niveles más altos en sus compuestos bioactivos.

Material y métodos

Material vegetal

El material vegetal empleado en este estudio ha consistido en naranjas del grupo de las sanguinas, concretamente naranja ‘Sanguinelli’ (*C. sinensis* [L.] Osbeck, cultivar ‘Sanguinelli’). El cultivar ‘Sanguinelli’ es la variedad de naranja sanguina más cultivada actualmente, originada en España por mutación espontánea de naranja Doble Fina (Soler, 1999). Para la realización del presente ensayo se emplearon 5 árboles adultos de unos 20 años de edad. Todos ellos están injertados sobre mandarina Cleopatra (*C. reshni* Hort. Ex Tanaka), a un marco de plantación de 5 x 4 metros. Todos los árboles del ensayo se encuentran localizados en la finca experimental del Instituto de Investigación Agrario y Alimentario (IMIDA), en La Alberca (Murcia). Se tomaron muestras mensuales de los cinco árboles, considerando cada árbol como unidad de muestreo, desde finales de junio (frutos inmaduros) hasta finales de marzo (plena madurez), para determinar los cambios en los compuestos fenólicos (flavonoides) durante el desarrollo del fruto. De cada árbol o unidad de muestro se cogieron al azar ocho frutos, dos por cada una de las orientaciones del árbol, recogidos en todas las alturas del árbol en una vuelta completa, en el exterior e interior del mismo, para unificar las zonas más soleadas y las menos.

Aislamiento, identificación y cuantificación de flavanonas y flavonas

Los frutos recolectados fueron secados en estufa de aire forzado a 50 °C hasta peso constante, posteriormente molidos y extractados con dimetilsulfóxido (DMSO). Para la determinación de la evolución de los flavonoides se realizó su extracción de los frutos completos desde el inicio de la fructificación hasta la maduración. Para el secado de las muestras y su posterior extracción se siguió el protocolo descrito por Castillo *et al.*, 1992.

La separación cromatográfica se llevó a cabo en fase reversa, utilizando una columna analítica C18 Spherisorb con relleno ODS (octadecilsilicio) con tamaño de partícula de 5 μm , con dimensiones de 250 x 4,6 mm, termostatizada a 35 °C. Como fase móvil se empleó la siguiente composición en gradiente (A) agua-metanol-acetonitrilo-ácido acético (15:2:2:1, por volumen) y (B) acetonitrilo. (A) se mantuvo al 100 % durante 5 minutos, tras los cuales la composición del disolvente cambió el gradiente lineal hasta 80 % de (A) en 25 minutos. Se mantuvo durante 5 minutos y cambió a 100 % de A en 5 minutos. Los cambios en absorbancia fueron registrados en el detector array de diodos UV/V a 280 nm para las flavanonas y 353 nm para las flavonas. Los flavonoides principales separados por la columna se recogieron con un colector de fracciones (Pharmacia FRAC 100, Sweden) acoplado a la salida de la columna de HPLC, confirmándose sus identidades mediante sus espectros ^1H NMR y ^{13}C NMR (200 MHz) (Bruker, Germany) en dimetilsulfóxido hexadeuterado.

Extracción y cuantificación de antocianinas

El zumo de cada muestra se centrifugó durante 30 minutos a 1.500 rpm y se filtró en lana de vidrio. Una vez centrifugado y filtrado se tomó una alícuota de 500 μl de zumo y se mezcló con 9,5 ml de Metanol con HCl (1 % v/v). El contenido total de antocianinas se determinó midiendo la absorbancia del filtrado con un espectrofotómetro UNICAM UV 500 a 530 nm (Rapisarda *et al.*, 2000) utilizando cianidin-3-glucósido como estándar.

Resultados y discusión

El perfil cromatográfico correspondiente a los extractos de frutos de ‘Sanguinelli’ muestra la presencia de varios compuestos fenólicos, destacando las flavanonas hesperidina, isonaringina y poncirina; la flavona glicosilada diosmina y diversas flavonas polimetoxiladas como tangeretina y sinensetina (Tabla 1). Hesperidina es la flavanona mayoritaria detectándose los máximos niveles en frutos inmaduros con valores en torno



a 13.394 mg/100 g peso seco a finales de julio, descendiendo dichos niveles en frutos maduros a 3.470 mg/100 g peso seco a finales de marzo (Gráfico 1). Descenso similar fue observado para el resto de flavonoides. La mayor síntesis de flavanonas y flavonas tiene lugar en las primeras etapas de crecimiento del fruto resultados que son concordantes con los obtenidos por otros autores para diferentes especies de cítricos (Castillo *et al.*, 1992; Del Río *et al.*, 1996; Manthey y Grohmann, 1996; Ortuño *et al.*, 1999). Los valores de flavonoides totales obtenidos en el mes de marzo con fruto maduro (3.712,6 mg/100) (Tabla 1) son muy superiores a los obtenidos en otros cítricos cuyo rango no supera los 50 mg/100 g en peso fresco (De Pascual-Teresa y Sánchez-Ballesta, 2008). Hesperidina es la flavanona mayoritaria en todos los momentos del desarrollo de frutos, con un valor medio durante el mismo de casi el 90 % de todos los flavonoides. La proporción de hesperidina alcanza el 98 % del total de flavonoides a finales de junio. El análisis de la distribución de flavanonas y flavonas en distintas partes del fruto revela que hesperidina es la flavanona mayoritaria detectada tanto en flavedo, albedo, columnela y pulpa (Tabla 2), representando el 95 % del total de flavonoides detectados. En zumo la flavanona mayoritaria fue isonaringina alcanzando el 69 % del total de flavonoides detectados. El albedo es la parte del fruto con mayor contenido de flavonoides, encontrándose en la corteza (albedo + flavedo) el 55 % del total de los flavonoides del fruto maduro. En otros estudios realizados en zumo de naranjas sanguinas, los niveles de estos flavonoides fueron similares a los descritos por nosotros (Kelebek *et al.*, 2008).

Tabla 1. Contenido en flavanonas y flavonas en diversas etapas del desarrollo de frutos de la naranja ‘Sanguinelli’

Fecha	Compuestos fenólicos (mg/100 g peso seco)					
	Hesperidina	Isonaringina	Poncirina	Diosmina	Tangeretina	Sinensetina
Agosto	13394,7 ± 1094,9	3796,5 ± 1273,8	155,4 ± 18,6	95,6 ± 32,6	66,5 ± 4,3	15,8 ± 1,0
Noviembre	3475,2 ± 521,6	151,3 ± 16,3	52,6 ± 4,1	40,4 ± 6,9	28,9 ± 3,2	5,8 ± 1,2
Marzo	3470,4 ± 44,29	119,4 ± 8,8	51,6 ± 5,3	26,2 ± 3,5	36,6 ± 4,2	8,3 ± 1,1

Gráfico 1. Evolución con el desarrollo del contenido en hesperidina e isonaringina en frutos de Sanguinelli

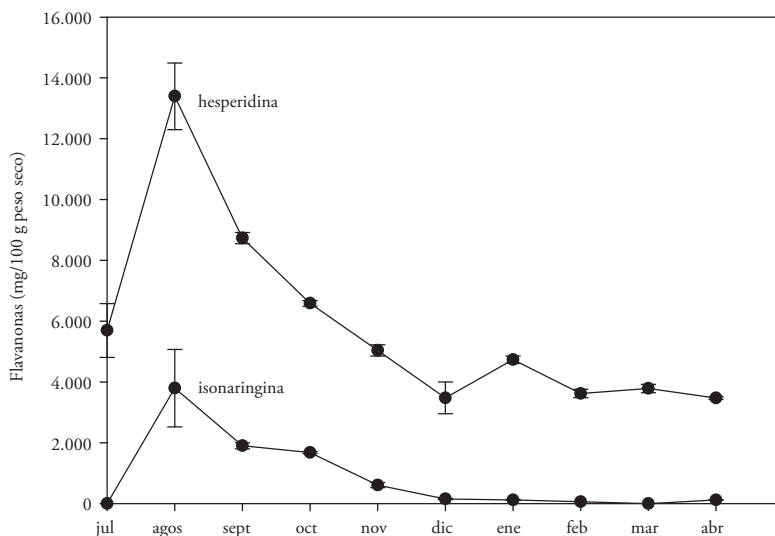
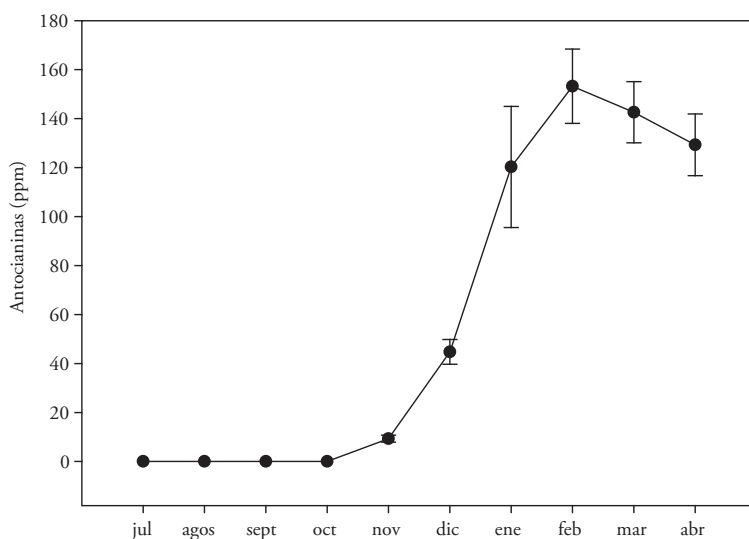


Tabla 2. Contenido en flavanonas y flavonas en diversas partes del fruto de la naranja Sanguinelli recolectados en marzo

Partes del fruto	Compuestos fenólicos (mg/100 g ps)					
	Isonaringina	Hesperidina	Diosmina	Poncirina	Sinensetina	Tangeretina
Flavedo		368,89 ± 20,4	1,56 ± 0,2		3,75 ± 0,6	15,53 ± 2,1
Albedo	23,96 ± 2,4	911,59 ± 50,6				
Columnela	1,84 ± 0,9	23,37 ± 3,5		0,54 ± 0,3		
Pulpa	27,67 ± 3,0	979,95 ± 70,6				
Zumo	47,51 ± 5,6	20,56 ± 1,1		0,57 ± 0,1		

Por otra parte, la síntesis de antocianos se inicia a mediados de noviembre, alcanzando su pico máximo a finales de febrero, descendiendo lentamente la concentración de antocianos hasta alcanzar valores de 129,31 ppm a principios de mayo (Gráfico 2). Los niveles máximos de antocianinas detectadas (153,33 ppm) son superiores a los obtenidos por otros autores para otras variedades de sanguinas. En este sentido, se han descrito valores comprendidos entre 80 y 102 ppm para la variedad Moro y de entre 42 y 37 ppm para la variedad ‘Tarocco’, obteniendo los máximos valores a principios de marzo reduciéndose posteriormente (Rapisarda *et al.*, 2000).

Gráfico 2. Evolución con el desarrollo del contenido en antocianinas totales en zumo fresco de Sanguinelli



El estudio sobre los contenidos en compuestos bioactivos de la naranja ‘Sanguinelli’ indica que esta fruta contiene una gran diversidad de compuestos beneficiosos para la salud y que su ingesta conlleva la asimilación de diferentes flavanonas y flavonas glicosilada, flavonas polimetoxiladas y antocianinas, biomoléculas que han demostrado su capacidad para reducir la incidencia de diversas enfermedades, sobre todo las cardiovasculares.

Referencias bibliográficas

- CASTILLO, J.; BENAVENTE-GARCÍA, O. y DEL RÍO, J. A. (1992): «Naringin and Neohesperidin levels during development of leaves, flowers and fruits of *Citrus aurantium*»; *Plant Physiology* (99); pp. 67-73.
- DE PASCUAL-TERESA, S. y SÁNCHEZ-BALLESTA, M. T. (2008): «Anthocyanins: from plant to health»; *Phytochemical Review* (7); pp. 281-299.
- DEL RÍO, J.A., BOTÍA, J.M., FUSTER, M.D., GARCÍA-LIDÓN, A., ORTUÑO, A. y PORRAS, I. (1996): «Flavonoides presentes en los cítricos. Aspectos de su importancia industrial»; *Fruticultura Profesional* (80); pp. 50-55.
- DEL RÍO, J. A.; FUSTER, M. D.; GÓMEZ, P.; PORRAS, I.; GARCÍA-LIDÓN, A. y ORTUÑO, A. (2004): «*Citrus limon*: a source of flavonoids of pharmaceutical interest»; *Food Chemistry* (84); pp. 457-461.
- EGERT, S. y RIMBACH, G. (2011): «Which Sources of Flavonoids: Complex Diets or Dietary Supplements»; *Adv. Nutr.* (2); pp.8-14.
- KELEBEK, H.; CANBAS, A. y SELLI, S. (2008): «Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) grown in Turkey»; *Food Chemistry* (107); pp. 1.710-1.716.
- MANTHEY, J. A. (2006): «Fourier Transform Infrared Spectroscopic Analysis of the Polymethoxylated Flavone Content of Orange Oil Residues»; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (54); pp. 3.215-3.218.
- MANTHEY, J. A. y GROHMANN, K. (1996): «Concentrations of Hesperidin and Other Orange Peel Flavonoids in Citrus Processing Byproducts»; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (44); pp. 811-814.
- MANTHEY, J. A.; GUTHRIE, N. y GROHMANN, K. (2001): «Antiproliferative activities of Citrus flavonoids against six human cancer cell lines»; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (50); pp. 5.837-5.843.
- MARTÍNEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J. M. y TUNÓN, M. (2002): «Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes»; *Nutri. Hosp.* (17); pp. 271-278.

- NOGATA, Y.; SAKAMOTO, K.; SHIRATSUCHI, H.; ISHII, T.; YANO, M. y OHTA, H. (2006): «Flavonoid Composition of Fruit Tissues of Citrus Species»; *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* (70); pp. 178-192.
- ORTUÑO, A. M.; ARCAS, M. C.; BENAVENTE-GARCÍA, O. y DEL RÍO, J. A. (1999): «Evolution of polymethoxy flavones during development of tangelo Nova fruits»; *Food Chemistry* (66); pp. 217-220.
- RAPISARDA, P.; FANELLA, F. y MACCARONE, E. (2000): «Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanins in Blood Orange Juices»; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (48); pp. 2.249-2.252.
- SOLER, J. (1999): *Reconocimiento de variedades de cítricos en campo*. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Influencia micorrícica en calidad organoléptica, nutricional y saludable de melón y uva

*M. A. Domene Ruiz^a, M. Segura Rodríguez^a, D. Meca Abad^a,
A. Ayala Doñas^a, V. Pérez Toledano^b y E. Remesal González^c*

^aEstación Experimental Cajamar, ^bAgroindustrial Kimitex
y ^cAgrocode Bioscience

Resumen

Las micorrizas consisten en la asociación simbiótica beneficiosa de un hongo y una planta a través de su sistema radicular. De esta manera la planta obtiene nutrientes y agua del suelo a través del micelio formado por el hongo y a cambio el hongo obtiene productos carbonados y energía que proviene de la fotosíntesis de la planta. Esta asociación estimula en la planta procesos fisiológicos naturales (fotosíntesis, transporte, síntesis y asimilación) cuyos efectos principales son la mejora del vigor del cultivo, mayor absorción de nutrientes, aumenta la tolerancia a estrés abiótico (salino y/o hídrico) y mejora producción y calidad organoléptica, nutricional y saludable del cultivo, pues también interviene en el metabolismo secundario aumentando actividades enzimáticas y síntesis de compuestos bioactivos que justifica su posible uso en los distintos manejos agronómicos para diferenciar cualitativa y nutricionalmente los productos hortofrutícolas obtenidos.

En este trabajo se presentan los datos obtenidos con melón piel de sapo (*Cucumis melo*) variedad SV6203 cultivado en invernadero de 7.000 m² en El Ejido (Almería), usando como sustrato el enarenado tradicional. Se estudió el efecto de las micorrizas aplicando un tratamiento usando Mycogel® (micorrizas estabilizadas en gel), aplicado a la semana del trasplante en una

dosis de 1 L/ha frente a un control que se manejó con la misma disolución de fertirrigación. Se estudiaron las características morfológicas del fruto y parámetros de calidad interna responsables del sabor como, contenido en sólidos solubles, acidez y cualidades poscosecha a través de la dureza de fruto. Así como la cuantificación del contenido mineral (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn) y proteico. El otro ensayo fue sobre uva Crimson (*Vitis vinifera*) en Totana (Murcia) donde se comparó el tratamiento micorrizado (aplicado en una sola dosis de 1 litro/ha a la semana de trasplante) frente a testigo. En este ensayo se estudiaron las características morfológicas y parámetros de calidad interna como el contenido de sólidos solubles y acidez. En cuanto a parámetros nutricionales se estudiaron los azúcares totales y polifenoles totales como saludables y se evaluó la influencia poscosecha en ambos tratamientos.

En melón se obtuvo un promedio de frutos significativamente mayor (incremento productivo de 18,38 %) que tenían mayor contenido en sólidos solubles, dureza de pulpa y misma acidez que los frutos control lo que se traduce en mejora organoléptica. En proteínas, fósforo, potasio, magnesio, cobre, manganeso y cinc no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero el hierro y calcio si fueron significativamente más altos en tratamiento con micorrizas.

En uva a nivel morfológico (peso racimo, peso o forma de baya) no existieron diferencias significativas pero el contenido en sólidos solubles fue significativamente muy superior al igual que los azúcares totales a nivel nutricional en tratamiento micorrizado. El contenido en polifenoles totales se triplicó con respecto al control.

Se pone de manifiesto que micorrizar en diferentes manejos agronómicos es una estrategia para diferenciar los frutos aunque en todos, no se produce el mismo efecto.

Palabras clave: *Cucumis melo*, *Vitis vinifera*, micorriza, nutricional, saludable.

Introducción

La mayoría de cultivos son potenciales hospedadores de hongos arbusculares micorrízicos (AMF), que forman simbiosis con el sistema radicular de la planta formando las denominadas micorrizas (Baum *et al.*, 2015). Esta asociación estimula en la planta procesos fisiológicos naturales (fotosíntesis, transporte, síntesis y asimilación) cuyos efectos principales son la mejora del vigor del cultivo, mayor absorción de nutrientes pues aumenta el sistema radicular activo de la planta (Saleh y Al-Raddad, 1987), aumenta la tolerancia a estrés abiótico (salino y/o hídrico) (Abdel Latef y Chaoping 2011, Watts-Williams *et al.* 2014) y mejora producción (Affokpon *et al.*, 2011) y calidad organoléptica, nutricional y saludable del cultivo (Baslam *et al.*, 2013, Ulrichs *et al.*, 2008), pues también interviene en el metabolismo secundario aumentando actividades enzimáticas y síntesis de compuestos bioactivos (Antunes *et al.*, 2012) que justifica su posible uso en los distintos manejos agronómicos para diferenciar cualitativa y nutricionalmente los productos hortofrutícolas obtenidos. Paralelamente se han descrito actividades de los AMF frente a los estreses bióticos, concretamente a enfermedades causadas por hongos como *Phytophthora* (Pozo *et al.*, 2002) o *Fusarium* (Raman *et al.*, 2001) y nematodos (Suresh y Bagyaraj, 1984), entre otros. Autores como Bochow y Abou-Shaar (1990) han estudiado la aplicación de los AMF junto a otros tratamientos protectores como fertilizantes y microorganismos con actividad antagonista (*Bacillus subtilis*), dándoles como resultado una disminución del índice de aparición de enfermedades así como una mayor producción del cultivo. El futuro de la aplicación de los AMF en la producción vegetal pasa por la optimización de las combinaciones cultivo x AMF, establecer las correctas propiedades del suelo y sustrato para esa interacción, así como el método de vehiculización del inóculo AMF a la rizosfera (Baum *et al.* 2015).

En este trabajo se presentan los datos obtenidos con melón piel de sapo (*Cucumis melo*) variedad SV6203 cultivado en invernadero de 7.000 m² en El Ejido (Almería), usando como sustrato el enarenado tradicional. Se estudió el efecto de las micorrizas aplicando un tratamiento usando Myco-gel® (micorrizas estabilizadas en gel), aplicado a la semana del trasplante

en una dosis de 1 litro/ha frente a un control que se maneja con la misma disolución de fertirrigación. El otro ensayo fue sobre uva Crimson (*Vitis vinifera*) en Totana (Murcia) donde se comparó el tratamiento micorrizado (aplicado en una sola dosis de 1 litro/ha a la semana de trasplante) frente a testigo.

Material y métodos

En una finca de El Ejido (Paraje Loma del Viento) de invernadero con enarenado tradicional se escogieron 13.800 m² divididos en cuatro sectores de riego. La finca se dividió en dos sectores Control de 6.795 m² y Tratamiento Mycogel® con 6.990 m². En cada uno de ellos y al azar se distribuyeron cuatro repeticiones (miniparcelas de 16 m²) por tratamiento. Se cultivó melón piel de sapo variedad SV 6203 de Seminis con un marco de plantación de 4 x 0,5 m. El trasplante se realizó el 7 de marzo de 2016, la fecha de floración el 20 de abril de 2016 y la recolección el 6 de junio de 2016. Como tesis se establecieron dos con cuatro repeticiones, Tratamiento Testigo y Tratamiento Micorrizado (aplicación de una sola dosis de 1 litro/ha que fue el 14 de marzo de 2016 vía riego por goteo, dos semanas sin abonado fosforado después de aplicación, el resto de abonado y manejo es igual que en control). En calidad se determinaron, tres repeticiones por tratamiento y tres frutos por repetición, con los siguientes parámetros: peso de fruto, diámetros axiales y transversales. La firmeza fue medida en Newton con el penetrómetro Penefel DTF 14, con profundidad de inserción de 16 mm de la punta y una velocidad de inserción de 20 mm/minuto (dos medidas por fruto). Posteriormente los tres frutos por réplica, se licuaron y filtraron para obtener el zumo sobre el que se midió: el contenido en sólidos solubles (CSS) o °Brix (se determinó también estrujando una porción como se hace en campo) según el método refractométrico con refractómetro digital modelo Atago Pal 1, el pH, con pH-metro modelo Crison-GLP.21 y la acidez valorable, expresada en porcentaje de ácido cítrico. Los elementos minerales (K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn) se determinaron por espectroscopia de absorción atómica y P por espectrofotometría y las proteínas por el método Kjeldahl (Chang, 2003). En una finca al aire libre

en Totana (Murcia), se eligió una finca de 12.000 m² que se dividió en dos sectores Control de 6.000 m² y Tratamiento Mycogel® con 6.000 m². En cada uno de ellos y al azar se distribuyeron 4 repeticiones (miniparcels de 16 m²) por tratamiento sobre un cultivo de uva de mesa Crisom con dos años de establecimiento. Como tesis se establecieron 2 con 4 repeticiones, tratamiento testigo y tratamiento micorrizado (aplicación de una sola dosis de 1 litro/ha que fue vía riego por goteo, dos semanas sin abonado fosforado después de aplicación, el resto de abonado y manejo es igual que en control). En calidad se establecieron, tres repeticiones por tratamiento y tres racimos por repetición, de los cuales se seleccionaron para las medidas de bayas cinco frutos de cada, con los siguientes parámetros: peso de racimo, peso y forma de baya. La firmeza, fue medida en Newton con el penetrómetro Penefel DTF 14, con profundidad de inserción de 8 mm de la punta y una velocidad de inserción de 20 mm/minuto (dos medidas por fruto). Posteriormente los 15 frutos por réplica se licuaron y filtraron para obtener el zumo sobre el que se midió: el contenido en sólidos solubles (CSS) o °Brix según el método refractométrico con refractómetro digital modelo Atago Pal 1, el pH, con pH-metro modelo Crison-GLP.21 y la acidez valorable, expresada en porcentaje de ácido cítrico. Los hidratos de carbono totales (HC) se determinaron con el método espectrofotométrico de fenol-ácido sulfúrico (BeMiller, 2003). Se midió espectrofotométricamente con una curva patrón de glucosa de 0 a 100 mg/2 mL a 490 nm en espectrofotómetro de doble haz ultravioleta-visible (marca Unicam; modelo Helios Alpha), posteriormente se calculó la concentración como gramos de HC en 100 g de fruto fresco. Los polifenoles se midieron por el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu con curva patrón de ácido gálico de 0 a 1.000 ppm, a 670 nm (espectrofotómetro de doble haz ultravioleta-visible. Marca Unicam; modelo Helios Alpha), la variable se expresa como mg ácido gálico/100 g mf (Domene *et al.*, 2014).

Todos los datos son sometidos a un tratamiento estadístico con Statgraphics plus 5.1. Los resultados se expresan con su media \pm 1 desviación estándar. Se hizo un análisis de varianza (ANOVA) y la diferencia entre medias con test de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados y discusión

Como vemos en Tabla 1 en el ensayo de melón, hubo diferencias significativas en el peso del fruto en tratamiento micorrizado frente a testigo, lo que supone un incremento de producción de un 18,38 %, valor comparable al que se encontró en la producción real que fue del 20 %. Sin embargo, no hubo diferencias entre el alto y perímetro de fruto, es decir, se produjeron frutos menos ahuecados y con mayor carnosidad. En Tabla 2 vemos que los °Brix tanto obtenidos directamente del fruto como del zumo son significativamente mayores, en este último caso, en 0,8 °Brix mayor, así como la dureza. Dando frutos con mayor dulzor y con mayor crocancia (gran diferenciación cualitativa). Los contenidos en materia seca en tratamiento micorrizado son significativamente mayores lo que pone de manifiesto una mayor carnosidad de pulpa y frutos menos ahuecados, como se constataba con los datos de peso mucho mayores frente a los morfométricos longitud y perímetro sin diferencias. En la acidez sin embargo no existen diferencias significativas. En la Tabla 3 vemos que en los parámetros nutricionales de estudio no hubo diferencias significativas en el contenido proteico de ambos tratamientos, ni en potasio, ni en magnesio, ni en cobre, ni en manganeso, ni en cinc. Pero si existieron diferencias significativas en fósforo, calcio y magnesio en tratamiento micorrizado que fueron significativamente mayores que en Testigo. El hierro llamó la atención porque existió una gran diferencia significativa triplicando casi su contenido.

En el ensayo de Uva Crimson vemos en Tabla 4 que no hubo diferencias significativas en la morfometría del racimo ni de las bayas en ambos tratamientos. En calidad organoléptica vemos en Tabla 5 que el contenido en °Brix fue significativamente superior en tratamiento micorrizado aunque en la dureza de baya no existieron diferencias significativas entre tratamientos. En el contenido de hidratos de carbono totales si existieron diferencias significativas de más de 1 g de HC por cada 100 g de fruto fresco. El contenido de polifenoles fue significativamente superior al tratamiento micorrizado duplicando su valor.

Tabla 1. Parámetros morfométricos del fruto

	Peso fruto (g)	Alto (cm)	Perímetro (cm)
Micorrizado	2.853,51 ± 140,40 ^a	30,67 ± 0,60 ^a	46,33 ± 6,79 ^a
Control	2.328,78 ± 325,06 ^b	29,83 ± 2,57 ^a	47,33 ± 2,31 ^a

* Expresados como valor promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos con ($P < 0,05$).

Tabla 2. Parámetros de calidad interna del fruto

	°Brix fruto convencional	°Brix zumo	Dureza (N)	Materia seca (%)	Acidez (%)
Micorrizado	13,20 ± 0,26 ^a	10,60 ± 0,11 ^a	8,02 ± 0,17 ^a	11,55 ± 0,15 ^a	0,10 ± 0,01 ^a
Control	13,07 ± 1,13 ^a	9,80 ± 0,14 ^b	7,85 ± 0,19 ^b	11,18 ± 0,24 ^b	0,10 ± 0,02 ^a

* Expresados como valor promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos con ($P < 0,05$).

Tabla 3. Parámetros nutricionales del fruto

	Proteínas (g/100 g mf)	Fósforo (P) (g/100 g mf)	Potasio (K) (g/100 g mf)	Calcio (Ca) (g/100 g mf)	Magnesio (Mg) (g/100 g mf)
Micorrizado	0,86 ± 0,04 ^a	16,77 ± 0,47 ^b	244,84 ± 25,0 ^a	20,12 ± 6,05 ^b	4,30 ± 0,13 ^a
Control	0,83 ± 0,03 ^a	18,48 ± 0,53 ^a	276,00 ± 24,0 ^a	36,96 ± 8,00 ^a	3,90 ± 0,17 ^a

	Hierro (Fe) (g/100 g mf)	Cobre (Cu) (g/100 g mf)	Manganeso (Mn) (g/100 g mf)	Cinc (Zn) (g/100 g mf)
Micorrizado	0,49 ± 0,12 ^b	0,011 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,03 ^a
Control	1,41 ± 0,34 ^a	0,012 ± 0,005 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,22 ± 0,02 ^a

* Expresados como valor promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos con ($P < 0,05$).

Tabla 4. Parámetros morfométricos del fruto

	Peso racimo (g)	Peso baya (g)	Longitud baya (cm)	Ancho baya (cm)
Micorrizado	960,2 ± 223,6 ^a	8,03 ± 1,55 ^a	2,98 ± 0,25 ^a	1,55 ± 0,42 ^a
Control	947,6 ± 202,2 ^a	7,27 ± 1,33 ^a	2,73 ± 0,24 ^a	1,48 ± 0,61 ^a

* *Expresados como valor promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos con (P < 0,05).*

Tabla 5. Parámetros organolépticos

	°Brix zumo	Dureza (N)	Acidez (%)	Azúcares totales (g HC/100 g mf)	Polifenoles totales (mg/100 g mf)
Micorrizado	19,6 ± 0,5 ^a	15,54 ± 0,42 ^a	0,64 ± 0,04 ^a	8,98 ± 0,25 ^a	335,58 ± 5,60 ^a
Control	17,3 ± 0,5 ^b	14,82 ± 0,61 ^a	0,58 ± 0,05 ^a	7,72 ± 0,30 ^b	153,58 ± 6,50 ^b

* *Expresados como valor promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos con (P < 0,05).*

Conclusiones

Vemos que la micorrización ha sido una buena estrategia para diferenciar la calidad organoléptica nutricional y saludable de las frutas. Lo que ocurre es que el efecto no es el mismo en todos los frutos; en melón aumentó el peso del fruto, el contenido en sólidos solubles (°Brix), la dureza, la materia seca, el fósforo, el calcio y el hierro, sin embargo en uva no hubo diferencias en parámetros morfométricos, aunque sí en los de calidad organoléptica produciéndose diferencias significativas en el contenido de azúcares totales y en el contenido de polifenoles en tratamiento micorrizado, duplicando al testigo.

Referencias bibliográficas

- Affokpon, A.; Coyne, D. L.; Lawouin, L.; Tossou, C.; Agbèdè, R. D. y Coosemans, J. (2011): «Effectiveness of native West African arbuscular mycorrhizal fungi in protecting vegetable crops against root-knot nematodes»; *Biol. Fertil. Soils* (47); pp. 207-217.
- AL-KARAKI, G. N. (2006): «Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water»; *Sci. Hortic.* (109); pp. 1-7.
- Antunes, P. M.; Franken, P.; Schwarz, D.; Rillig, M.; Cosme, M.; Scott, M. y HART, M. M. (2012): «Linking soil biodiversity to human health: do arbuscular mycorrhizal fungi contribute to food nutrition?»; en WALL, D.; BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; HERRICK, J. E.; JONES, H.; RITZ, K.; SIX, J.; STRONG, D. R. y VAN DER PUTIN, W. H., eds.: *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press, Oxford; pp. 153-172.
- BASLAM, M.; ESTEBAN, R.; GARCÍA-PLAZAOLA, J. I. y GOICOECHEA, N. (2013a): «Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of major carotenoids, chlorophylls and tocopherol in green and red leaf lettuces»; *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (97); pp. 3.119-3.128.
- BASLAM, M.; GARMENDIA, I. y GOICOECHEA, N. (2013b): «The arbuscular mycorrhizal symbiosis can overcome reductions in yield and nutritional quality in greenhouse-lettuces cultivated at inappropriate growing seasons»; *Sci. Hortic.* (164); pp. 145-154.
- BASLAM, M.; GARMENDIA, I. y GOICOECHEA, N. (2013c): «Enhanced accumulation of vitamins, nutraceuticals and minerals in lettuces associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF): a question of interest for both vegetables and humans»; *Agriculture* (3); pp. 188-209.
- BAUM, C.; EL-TOHAMY, W. y GRUDA, N. (2015): «Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review»; *Sci. Hortic.* (187); pp. 131-141.
- BEMILLER, J. N. (2003). «Carbohydrate analysis. cap. 10»; en NIELSEN, S. S., ed.: *Food Analysis*. Nueva York, Kluwer Academic. 3.ª edición.

- BOCHOW, H. y ABOU-SHAAR, M. (1990): «On the phytosanitary effect of VA-mycorrhiza in tomatoes to the corky-root disease»; *Zbl. Mikrobiol.* (145); pp. 171-176.
- DUTTA, S. C. y NEOG, B. (2016): «Accumulation of secondary metabolites in response to antioxidant activity of turmeric rhizomes co-inoculated with native arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria»; *Sci. Hortic.* (204); pp. 179-184.
- DOMENE, M. A.; GÁZQUEZ, J. C.; SEGURA, M. D. y MECA, D. E. (2014): «Evaluación de sustancias nutritivas y bioactivas en tres tipos de tomate: asurcado (Raf), *cherry* y larga vida»; *Actas Horticultura* (65). XIII jornadas grupo de horticultura; pp. 151-156.
- POZO, M. J.; CORDIER, C.; DUMAS-GAUDOT, E.; GIANINAZZI, S.; BAREA, J. M. y AZCÓN-AGUILAR, C. (2002): «Localized *vs.* systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants»; *J. Exp. Bot.* (53); pp. 525-534.
- RAMAN, N.; GNANAGURU, M. y SRINIVASAN, V. (2001): «Biological control of *Fusarium* wilt of tomato by VA mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*»; *Bulletin-OILB-SROP* (24); pp. 33-36.
- SALEH, H. y AL-RADDAD, A. (1987): «Response of okra to two vesicular arbuscular mycorrhizal fungal isolates»; *Dirasat, Agric. Sci.* (14); pp. 119-122.
- SURESH, C. K. y BAGYARAJ, D. J. (1984): «Interaction between a vesicular arbuscular mycorrhiza and a root knot nematode and its effect on growth and chemical composition of tomato»; *Nemat. Mediterr.* (12); pp. 31-39.
- ULRICH, C.; FISCHER, G.; BÜTTNER, C. y MEWIS, I. (2008): «Comparison of lycopene, β -carotene and phenolic contents of tomato using conventional and ecological horticultural practices, and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)»; *Agron. Colomb.* (26); pp. 40-46.
- WATTS-WILLIAMS, S. J.; TURNER, T. W.; PATTI, A. F. y CAVAGNARO, T. R. (2014): «Uptake of zinc and phosphorus by plants in affected by zinc fertilizer material and arbuscular mycorrhizas»; *Plant Soil* (376); pp. 165-175.

Validación de la tecnología Oxyion en fresa y frambuesa

A. Arias^a, I. León^a, J. C. Gimeno^b y E. Santacruz^b

^aADESVA y ^bOxyion

Resumen

La tecnología Oxyion ha sido validada por el centro de investigación ADESVA sobre fresas (*Fragaria vesca*) y frambuesas (*Rubus idaeus*) cultivadas en Huelva. Dicha tecnología cuenta con un sistema de higienización del aire basado en especies reactivas del oxígeno, desarrollado para controlar la contaminación microbiológica, con el fin de reducir el impacto de hongos y otros microorganismos e incrementar, por tanto, la vida útil de los alimentos. En el ensayo se ha simulado el proceso de acondicionamiento en central, transporte y comercialización (vida útil destino). Se realizaron análisis para medir la firmeza, los °Brix, el peso, la temperatura de la fruta y el aspecto visual de los frutos. Las medidas de los parámetros de calidad de la fruta se realizaron el día de inicio del ensayo, tras la simulación del túnel de frío y transporte (después de 4 días) y a los 2, 3 y 4 días de vida útil. Se concluye que la tecnología Oxyion mantiene la firmeza, el color y el brillo durante más días de vida útil. Los defectos combinados mejoran hasta un 50 % en función de las horas de exposición a Oxyion.

Palabras clave: *vida útil, firmeza, brillo, color.*

Objetivos

El objetivo del proyecto consistió en evaluar la eficacia de la tecnología Oxyion durante la vida útil de fresa (variedad fortuna) y frambuesa (variedad lyon) cultivadas en la zona de Huelva, simulando el proceso de acondicionamiento en central, transporte y comercialización (vida útil destino).

Los objetivos específicos que se desarrollaron para llegar al objetivo principal fueron evaluar la pudrición natural, el peso, la firmeza, la deshidratación, el contenido en sólidos solubles totales (SST), la apariencia interna y externa, así como el sabor y el olor de las *berries*, simulando las etapas, con y sin la tecnología Oxyion, de recepción del campo (preenfriamiento), del túnel de frío, del transporte y del punto de venta al público en comercio.

Material y métodos

El ensayo se ejecutó en la Planta Piloto del Centro Tecnológico ADESA-VA. Los equipos y materiales utilizados fueron: penetrómetro manual para medir la firmeza, refractómetro para medir °Brix, balanza para medir el peso, termómetro de pulpa para medir la temperatura de la fruta y cámara de fotos. Además, de un equipo Oxyion en una de las cámaras de frío.

Las tesis del ensayo se describen a continuación:

- *T1*. Control (sin Oxyion proceso completo). Simula tratamiento convencional.
- *T2*. Preenfriamiento con Oxyion + túnel de frío con Oxyion + cámara de mantenimiento sin Oxyion.
- *T3*. Preenfriamiento sin Oxyion + túnel de frío sin Oxyion + cámara de mantenimiento con Oxyion.
- *T4*. Preenfriamiento con Oxyion+ túnel de frío con Oxyion + cámara de mantenimiento con Oxyion.

El total de salidas a muestrear por tratamiento fue de 5 (0, 4, 6, 7 y 8 días).

En primer lugar se diferenciaron y etiquetaron las tesis que estuvieron expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion y los tratamientos que no lo estuvieron en el primer paso (preenfriamiento). Posteriormente, la fruta se preenfrió en cámara a 5 °C durante 6 horas (en dos cámaras diferentes dependiendo de la tesis). Una vez pasado el período de preenfriamiento, la fruta pasó a la simulación de túnel de frío, sometiéndola a un chorro de 0 °C, para que, alcanzada su temperatura óptima (2 °C), proceder a la simulación de la etapa de transporte a 3 °C durante 96 horas. Cuando la fruta llegó a su destino se almacenó a una temperatura de 10-12 °C.

En el caso de la fresa se utilizaron los siguientes parámetros de medición:

- Medidas cuantitativas: temperatura (°C), peso (g), °Brix (°Bx) y firmeza (kg/cm²).
- Medidas cualitativas defectos: magulladura húmeda, magulladura seca, moho, podredumbre y *collapsing*.
- Defectos combinados (DC): para la determinación de los defectos combinados de cada tesis, se procedió a la evaluación visual de los siguientes parámetros:
 1. Moho (M): número de piezas de fruta con presencia de moho.
 2. Podredumbre (P): número de piezas de fruta con presencia de podredumbre.
 3. *Collapsing* (C): se utilizaron 5 grados de *collapsing*, siendo 0 la ausencia de este en la tarrina y 5 toda la tarrina con *collapsing*.
 4. Magulladura seca (*dry bruise*, DB): número de piezas de fruta con presencia de magulladura seca.
 5. Magulladura húmeda (*wet bruise*, WB): número de piezas de fruta con presencia de magulladura húmeda.
- Medidas cualitativas sensoriales: sabor, apariencia, *off flavor*, fermentación. Para la medida de estos parámetros se dispusieron escalas en función de la intensidad de cada parámetro.

- Vida útil: la vida útil es la duración estimada que la fresa puede tener cumpliendo correctamente con las normas de seguridad y consumo.

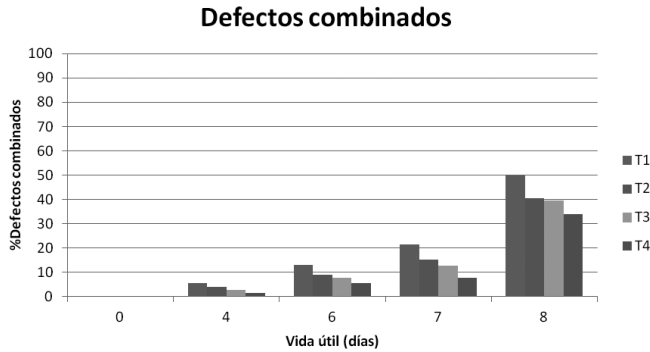
En el caso de la frambuesa se utilizaron los siguientes parámetros de medición:

- Medidas cuantitativas: temperatura fruta (°C), peso (g), °Brix (°Bx).
- Medidas cualitativas defectos: moho, podredumbre, *soft fruit*, *bleed*, sabor, adherencia, brillo, color, grado de madurez.
- Defectos combinados = $([\% \text{ moho} + \% \text{ podredumbre}] * 4) + (\% \text{ soft fruit} + \% \text{ bleed})$.
- Color defectuoso (L4): se miden el número de piezas de frambuesa que viran al color L4.
- Medidas cualitativas sensoriales: sabor, apariencia, *off flavor*.
- Vida útil: la vida útil es la duración estimada que la frambuesa puede tener cumpliendo correctamente con las normas de seguridad y consumo.

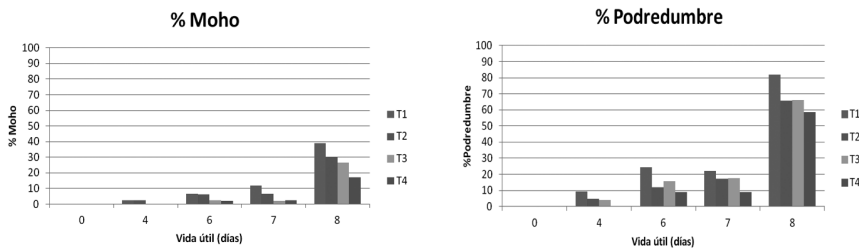
Resultados fresa

En el parámetro «defectos combinados (DC)» se observó como a medida que aumentaba la vida útil de la fruta, se hacía más evidente la diferencia entre la tesis control (T1) y las tesis expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion. T4 fue el tratamiento con un valor significativamente menor de defectos combinados.

A los 4 días de vida útil, se denotó la presencia de moho en las tesis T1 y T2, mientras que no apareció en las tesis T3 y T4 hasta el día 6. A 8 días de vida útil, el porcentaje de moho fue más del doble en la tesis T1 que en la tesis T4.

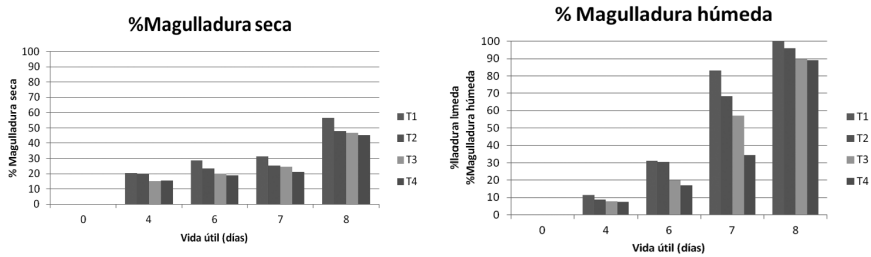


La podredumbre también mostró cambios a los 4 días de vida útil, puesto que se observó la presencia de podredumbre en las tesis T1, T2 y T3, mientras que no apareció en T4 hasta el día 6. A 8 días de vida útil, el porcentaje de podredumbre fue mayor en T1 que en el resto de las tesis con Oxyion.



La magulladura seca fue incrementando a medida que aumentaron los días de vida útil. La proporción de incremento fue similar en cada una de las tesis estudiadas.

La magulladura húmeda fue incrementando a medida que aumentaron los días de vida útil. Las tesis que mejor se comportaron frente a este valor fue T4 seguido de T3.

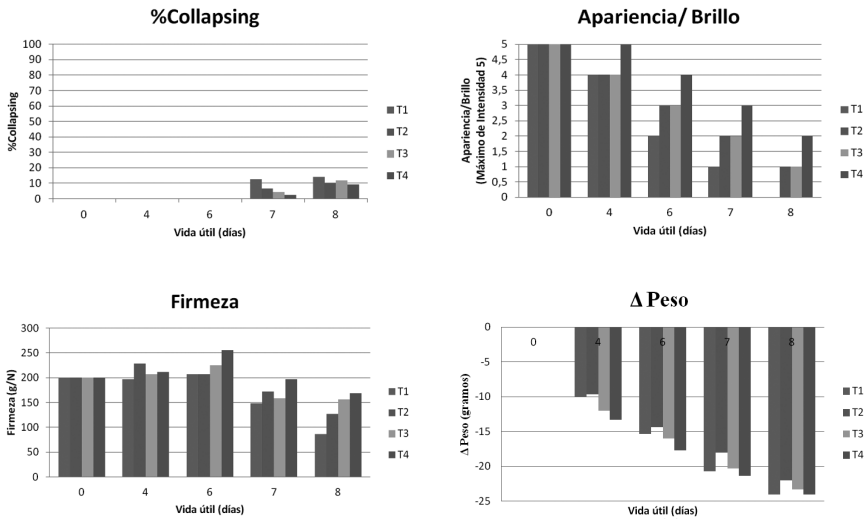


El *Collapsing* apareció a los 7 días de vida útil en todas las tesis, aunque siempre en mayor proporción en T1.

Se apreció un descenso de brillo a medida que descendieron las horas de exposición de la fresa a Oxyion.

Se observó como la fruta sometida a T3 y T4, se mantuvo con una firmeza óptima incluso a los 8 días de vida útil.

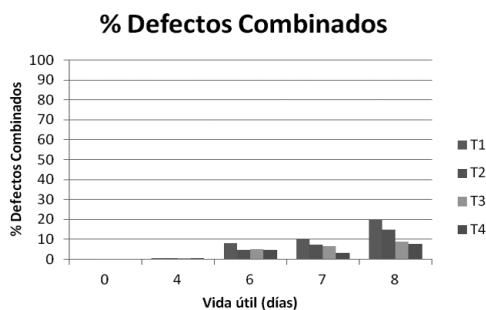
La pérdida de peso no fue un factor significativo en el ensayo realizado.



Resultados frambuesa

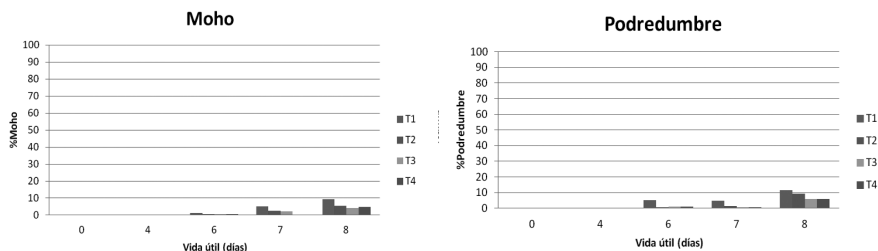
Se observó como a medida que aumentaba la vida útil de la fruta, se hacía más evidente la diferencia entre la tesis control (T1) y las tesis con Oxyion. T4 es la tesis con un valor significativamente menor de defectos combinados.

En el análisis anterior, al igual que ocurría en fresa, se observó que la vida útil era el factor limitante. Sin embargo, el porcentaje de mejora de las tesis expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion respecto al control, fue significativa, produciéndose una mejora considerable de la calidad de la fruta.



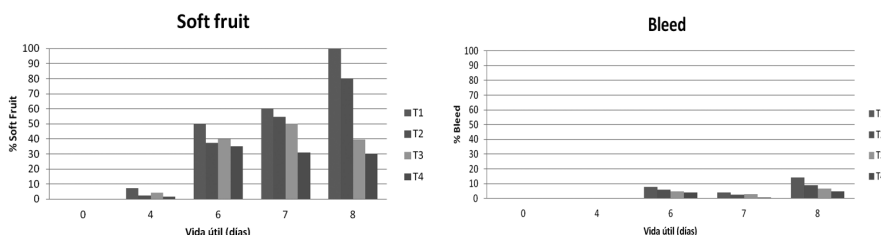
Se observó la presencia de moho en todas las tesis a los 6 días de vida útil. A 8 días de vida útil, el porcentaje de moho fue dos veces mayor en la tesis T1 que en la tesis T4.

La podredumbre proliferó a los 6 días de vida útil en todas las tesis. A 8 días de vida útil, el porcentaje de podredumbre fue mayor en T1 que en el resto de tesis expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion.



El porcentaje de fruta blanda fue incrementando a medida que aumentaron los días de vida útil. A los 8 días de vida útil, el porcentaje de fruta blanda en fruta control fue del 100 %, mientras que el T2, T3 y T4, los porcentajes fueron de 80,2 %, 39,5 % y 30,3 % respectivamente.

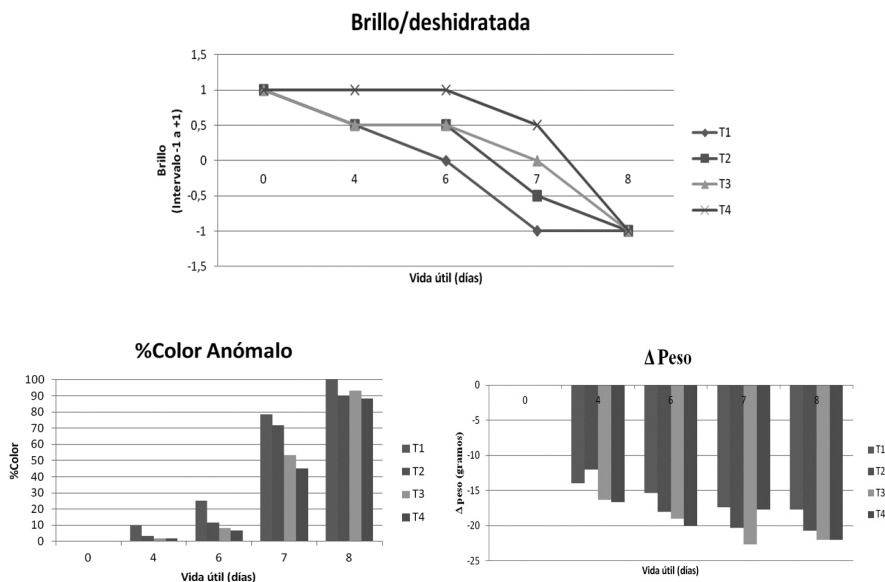
El sangrado apareció a los 6 días de vida útil en todas las tesis evaluadas. Las tesis que menor porcentaje de sangrado presentaron fueron T4 seguido de T3.



Se observó una caída brusca de brillo en T1 en el primer tramo del ensayo hasta los 7 días de vida útil, mientras que la caída de brillo en las tesis con Oxyion fueron menos acusadas.

Se observó un descenso de color L4 a medida que se sometió a las frambuesas a mayor número de etapas de Oxyion del proceso.

La pérdida de peso no fue un factor significativo en el ensayo realizado.



Conclusiones en fresa

En la fresa los parámetros en términos de calidad que indicaron mayor diferencia significativa (con un 95 % de confianza) entre las tesis estudiadas a lo largo de su vida útil, fueron el parámetro brillo y firmeza. Las fresas que estuvieron expuestas a un ambiente con la tecnología Oxyion mostraron una mejora con respecto al control (T1).

Otro parámetro que mostró distinción fueron los Defectos Combinados (DC), entre un 20 a un 50 % de mejora en función de la tesis, siendo la tesis T4 la que tuvo mejores resultados. Este porcentaje de mejora frente al testigo cambió en función del número de horas de exposición a la tecnología Oxyion.

Conclusiones en frambuesa

En el caso de la frambuesa, al igual que sucedió en fresa, se observó que la vida útil era el factor limitante para la proliferación de los DC. Sin embargo, el porcentaje de mejora en DC de las tesis con Oxyion (T2, T3 y T4) respecto al control (T1) fue apreciable. Esta mejora varió entre un 40 % a un 20 % en función de la tesis y, por tanto, de las horas de exposición a la tecnología Oxyion.

Otro de los parámetros clave en términos de calidad en la frambuesa fue el Color y Brillo. El testigo T1 con 4 días de vida útil mostró un 10 % de frambuesas que viraron a L4 (color defectuoso), mientras que el resto de tesis no tuvieron presencia.

Horticultura

Estudio de diferentes portainjertos en cultivo de sandía

A. Giner^a, J. M. Aguilar^a, A. Núñez^a, C. Baixauli^a, I. Nájera^a,
M. A. Domene^b y M. Segura^b

^aCentro de Experiencias Cajamar y ^bEstación Experimental Cajamar

Resumen

La utilización del injerto en sandía (*Citrullus lanatus*) se viene empleando para soslayar problemas debidos al hongo vascular *Fusarium oxysporum*, también puede resolver problemas sanitarios como ataque de nematodos, virus del cribado del melón (*Melon necrotic spot virus*) y otros que pueden reducirse con la correcta elección del portainjerto. El injerto de sandía sobre *Cucurbita*, ocasiona un retraso en la acumulación de azúcar en el fruto y aparición del color rojo, en comparación con las plantas no injertadas. El licopeno está reconocido como uno de los principales carotenoides, la pulpa de la sandía tiene una media de 4,10 mg/100 g de este fitonutriente.

En esta experiencia, utilizando el cultivar de sandía sin pepitas 'Romalinda' y como polinizador 'Azabache', se comparó el comportamiento agronómico, productivo y la calidad de los frutos de cinco portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*) frente a un testigo sin injertar. El estudio se desarrolló en el Centro de Experiencias Cajamar (Valencia).

El mayor rendimiento comercial se obtuvo con el portainjerto 'Bokto' y el menor con el testigo sin injertar, los portainjertos 'Hércules' y 'RS 841' dieron una producción comercial menor que la de 'Bokto', detectando también diferencias significativas a nivel estadístico (dsne). Aunque no se apreciaron dsne en el peso medio de los frutos sin pepitas, el menor valor se obtuvo para la planta sin injertar, en el que en la distribución de calibres dio un menor porcentaje para el calibre de frutos comprendido entre 6 y 7 kg. Se apreció un mayor vigor en las plantas injertadas sobre el portain-

jerto 'Bokto' y el menor vigor con el portainjerto 'RS 841' y el testigo sin injertar. También se detectó una mayor incidencia de oídio en las plantas sin injertar y en el portainjerto 'RS 841' y una menor susceptibilidad en el portainjerto 'Shintoza'. En las raíces de las plantas sin injertar no se observaron nódulos por la presencia de nematodos, el nivel de nodulación del portainjerto 'RS 841' fue muy bajo, no apreciando dsne entre estos dos, pero sí entre estos y el resto de portainjertos, que dieron un nivel de nodulación alto.

Se observaron diferencias de calidad en los frutos, detectando un mayor grosor de la corteza en los injertados sobre el portainjerto 'Bokto' y menor en 'RS 841' y 'Shintoza'. En las muestras analizadas en el Centro de Experiencias Cajamar se observó un mayor porcentaje de sólidos solubles en los frutos procedentes de la planta sin injertar, en cambio en la muestra analizada en la Estación Experimental Cajamar en la que la pulpa se licuó, no se apreciaron dsne en los °brix. Los frutos de las plantas sin injertar dieron una menor dureza de la pulpa, un mejor sabor y menor intensidad de color rojo que las plantas injertadas. El mayor contenido en licopeno se obtuvo con el portainjerto 'RS 841' con 4,02 mg/100 g de fruto fresco.

Palabras clave: *Citrullus lanatus*, injerto, rendimiento, licopeno.

Introducción

El injerto es una alternativa ecológica al uso de fumigantes de suelo para el control de plagas y enfermedades, así como para el complejo conocido como cansancio del suelo. También puede ser empleado contra agentes abióticos como salinidad, sequía, temperatura, encharcamiento. Generalmente utilizando cultivares que confieren un mayor vigor a la variedad cultivada se mejora la producción, modificando los ciclos y alargándolos. Su finalidad es la de cultivar una planta con el sistema radicular de otra, que es la que aporta las resistencias (Miguel *et al.*, 2004). La utilización del injerto en sandía previene la propagación e infestación de enfermedades producidas por hongos y nematodos (García Jiménez *et al.*, 2007), cuya fuente de inóculo permanece en el suelo y puede penetrar a través de las



raíces e invadir la planta. En el caso de la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Natsum y Nakai), el injerto se viene utilizando para soslayar problemas debidos al hongo vascular *Fusarium oxysporum* Schlecht. F. sp. *niveum* Snyder y Hansen aunque una correcta elección del portainjerto también puede reducir problemas sanitarios como los debidos al ataque de nematodos o del virus del cribado del melón (*Melon necrotic spot virus*) entre otros.

En suelo contaminado, la sandía injertada sobre cualquiera de una extensa gama de portainjertos resiste mejor la infección, es más productiva y proporciona frutos de más tamaño que la sandía sin injertar (Maroto *et al.*, 2002, Miguel *et al.*, 2004 y 2007). Sin embargo, el injerto de sandía sobre *Cucurbita*, puede ocasionar un retraso en la acumulación de azúcar en el fruto y aparición del color rojo, en comparación con las plantas no injertadas (López-Galarza *et al.*, 2004). Esto podría suponer una pérdida de calidad organoléptica y nutricional, y por tanto una menor aceptación del consumidor con el consecuente menor beneficio económico.

Además de por su sabor dulce, debido fundamentalmente a la sacarina en la pulpa y a la glucosa y fructosa en el mesocarpo, la sandía posee importancia nutritiva por su aporte de fitonutrientes como el licopeno y la citrulina. La carne de la sandía tiene una media de 4.100 mg/100 g de licopeno, que está reconocido como uno de los principales carotenoides al que se ha atribuido un poder de reducir el riesgo de padecer cáncer de próstata, páncreas y de estómago. Por su parte, la citrulina es un vasodilatador y vasoprotector (Donald *et al.*, 2007).

Material y métodos

La experiencia se desarrolló en el Centro de Experiencias Cajamar (Valencia). El plantel se realizó el 8 de marzo de 2016 en un semillero profesional en el que se sembraron el cultivar de sandía sin pepita ‘Romalinda’ y ‘Azabache’, como polinizador para ser injertadas posteriormente. Estos mismos cultivares se sembraron el 23 de marzo para ser utilizados como testigo (sin injertar), junto con cinco portainjertos de calabaza (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*) que se sometieron a estudio: ‘Bokto’, ‘Hercules’, ‘PSC 403’, ‘RS 841’ y ‘Shintoza’. El injerto, utilizando la técnica de apro-

ximación, tuvo lugar el 5 de abril cortándose posteriormente el hipocotilo de la variedad y dejando únicamente el paso de savia por el tallo del portainjerto. El trasplante tuvo lugar el 22 de abril de 2016. Se realizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones de 3 + 1 (3 plantas del cultivar ‘Romalinda’ y una planta del cultivar ‘Azabache’) plantas por parcela elemental.

Se empleó un sistema de semiforzado a base de acolchado con polietileno negro y cubierta flotante con polipropileno no tejido de densidad 17 g m⁻², que se retiró con la aparición de las primeras flores pistiladas el 30 de mayo. El marco de plantación empleado fue de 3 m entre hileras y 1 m entre plantas.

En el momento de la recolección se midió el rendimiento de producto comercial, peso medio de fruto, calibrado de todos los frutos del cultivar sin pepitas y el rendimiento obtenido con el polinizador. La producción de destrío se clasificó en frutos agrietados, otras causas y por presencia de exudados de goma. Se hizo una valoración del vigor de las plantas: el 10 de junio y el 7 de julio, por medio de índices de menor a mayor vigor (0 a 5) para cada una de las parcelas elementales. El 19 y el 25 de julio se hizo una valoración de la incidencia de oídio, por medio de índices puntuando de menor a mayor incidencia con una escala de 0 (no presencia) a 10 (máxima incidencia de oídio). Se realizó una única recolección el día 25 de julio de 2016. El 26 de julio, una vez ya finalizada la recolección, se arrancaron las plantas y se hizo una valoración de la presencia de nematodos en las raíces, por medio de su observación indicando nivel de presencia de agallas según el índice visual de Bridge y Page (1980), dando valores de 0 a 10.

La valoración de la calidad de los frutos se realizó a partir de una muestra de 3 frutos por parcela elemental del cultivar ‘Romalinda’. Para ello se volvió a determinar el peso medio de los frutos muestreados, su altura y diámetro, se calculó la relación altura/diámetro, con pié de rey se midió el grosor de la corteza del fruto y con un refractómetro el porcentaje de sólidos solubles (°brix). Se determinó la intensidad de color de la carne con un Hunter lab, por medio de los parámetros L, a y b. En el laboratorio de la Estación Experimental Cajamar (Almería) a partir del licuado de la pulpa de un fruto por parcela elemental se volvieron a medir los °Brix y se

determinó también la concentración de licopeno. Con un penetrómetro se midió la dureza de la pulpa, a partir de un corte ecuatorial del fruto, a 3 cm del centro. También se organizó un panel de cata de ocho personas, en la que se valoró el sabor y la textura de las sandías.

Resultados

El mejor rendimiento comercial total se obtuvo con las plantas injertadas sobre el portainjerto 'Bokto', sin observar dsne respecto a los portainjertos 'PSC 403' y 'Shintoza', pero sí entre el primero, el resto de portainjertos y el testigo sin injertar que fue el menos productivo (Tabla 1). No se apreciaron dsne para el peso medio de los frutos de las sandías, aunque el mayor tamaño se obtuvo con la línea 'PSC 403' con 6,4 kg por fruto y el menor con el testigo con 5,2 kg. Respecto al calibrado de los frutos, solo se observaron dsne para el calibre comprendido entre 6 y 7 kg obteniéndose el mayor porcentaje de frutos de este calibre en las plantas injertadas sobre la línea 'PSC 403' y el menor porcentaje en los frutos del testigo. Aunque no se apreciaron dsne para el porcentaje de frutos de calibre superior a 7 kg, con el portainjerto 'Bokto' se obtuvo cerca de un 50 % de frutos por encima de ese peso, mientras que con el testigo ese porcentaje fue de un 11 %. La producción de destrío fue baja en todos los casos, sin apreciar dsne (ver anexo, Tabla 1a).

En la valoración de vigor de las plantas, en las dos observaciones, se apreció un mayor vigor en las plantas injertadas sobre el portainjerto 'Bokto' y el menor con el portainjerto 'RS 841' y el testigo. También se detectó una mayor presencia de oídio en el testigo y en el portainjerto 'RS 841' y una menor susceptibilidad en el portainjerto 'Shintoza', posiblemente relacionado con el vigor de las plantas, mostrándose las menos vigorosas las más susceptibles al ataque de oídio. En el índice de presencia de nematodos, no se observaron nódulos en las raíces de la planta de sandía sin injertar, el nivel de nodulación del portainjerto 'RS 841' fue muy bajo, no apreciando dsne entre estos dos, pero sí entre estos y el resto de portainjertos, que dieron un nivel de nodulación alto (Tabla 1).

Tabla 1. Valoración de vigor, nivel de presencia de oídio e índice de nodulación de las raíces

Portainjerto	10/06/2016	07/07/2016	19/07/2016	25/07/2016	26/07/2016
	Vigor 1 (0-5)	Vigor 2 (0-5)	Oídio 1 (0-10)	Oídio 2 (0-10)	Índice nodulación (0-10)
Bokto	4,67 ^a	5,00 ^a	6,00 ^{bc}	7,00 ^c	5,25 ^a
Shintoza	4,33 ^{ab}	4,83 ^a	5,00 ^c	6,67 ^c	7,00 ^a
PSC 403	4,17 ^{ab}	4,67 ^a	5,67 ^{bc}	7,67 ^{bc}	5,17 ^a
Hércules	3,67 ^{bc}	4,67 ^a	5,67 ^{bc}	7,33 ^{bc}	5,75 ^a
RS 841	3,67 ^{bc}	3,50 ^b	7,00 ^{ab}	9,00 ^{ab}	1,58 ^b
Sin injertar	2,83 ^c	1,67 ^c	7,67 ^a	10,00 ^a	0,00 ^b
Signific. estadística (F-valor)	p ≤ 0,05	p ≤ 0,01	p ≤ 0,1	p ≤ 0,05	p ≤ 0,01

Las letras distintas en una misma columna (minúsculas y minúsculas cursivas) indican diferencias significativas $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,1$ según el test LSD.

En relación a la calidad de la fruta, los frutos escogidos para la muestra dieron un menor peso medio y menor diámetro en el testigo, detectando dsne. En el ratio altura/diámetro del fruto no se detectaron dsne. Se observaron dsne para el grosor de la corteza de los frutos, detectando un mayor grosor en los frutos procedentes del portainjerto cultivar 'Bokto', con dsne respecto los portainjerto 'Hércules', 'Shintoza' y 'RS 841', que fueron los que dieron frutos con menor grosor de corteza, que a su vez para pesos parecidos implican mayor carnosidad de fruto. El mayor valor de porcentaje de sólidos solubles (°Brix) en los análisis realizados en el Centro de Experiencias Cajamar se obtuvo en el testigo sin injertar, detectando dsne respecto cualquiera de los portainjertos estudiados. En cambio en los valores del licuado procesado en el laboratorio de la Estación Experimental Cajamar, no se apreciaron dsne. En cuanto a color, las coordenadas cromáticas mostraron una transparencia L sin diferencias significativas. Lo que si se aprecia en el color de la carne es que el testigo dio un color rojo menos intenso que los frutos injertados. En este caso según indica López-Galarza *et al.* (2004), el nivel de azúcares se alcanzó antes en el testigo sin injertar, pero en cambio en los resultados de esta experiencia se mejoró el color de fruto con los tratamientos procedentes de las plantas injertadas. La menor

dureza de la pulpa se obtuvo también en los frutos del testigo, detectando dsne respecto aquellos de las plantas injertadas. Los frutos mejor valorados en el panel de cata, por su sabor fueron los del testigo, aquellos procedentes de los portainjertos ‘RS 841’ y ‘PSC 403’ y el peor con el portainjerto ‘Shintoza’. En relación a la valoración de la textura de la pulpa, no se detectaron dsne aunque la peor valoración se obtuvo con los frutos de las plantas testigo, parámetro que está relacionado con el menor valor de dureza de la misma (ver anexo, Tabla 2a). Las concentraciones de licopeno variaron entre un valor significativamente diferente que es el del portainjerto ‘RS 841’ con 4,02 mg/100 g fresco y ‘PSC 403’ con 1,67 mg/100 g, mostrándose los frutos de las plantas injertadas sobre el portainjerto ‘RS 841’ con muy buenas cualidades de sabor y saludables (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido en licopeno y sólidos solubles, determinados en el laboratorio de la Estación Experimental Cajamar (Almería)

Portainjerto	Contenido en licopeno (mg/100 g de fruto fresco)	Contenido en sólidos solubles (%)
RS 841	4,02 ^a	12,40
Sin injertar	2,60 ^b	12,87
Bokto	2,59 ^b	12,90
Hércules	2,56 ^b	12,13
Shintoza	2,32 ^b	11,70
PSC 403	1,67 ^b	11,90
Significación estadística (F-valor)	p ≤ 0,1	ns

ns: no significativo. Las letras distintas en una misma columna (minúsculas y minúsculas cursivas) indican diferencias significativas $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,1$ según el test LSD.

* Para realizar las mediciones de calidad se ha tomado una muestra de tres frutos por parcela elemental.

Discusión

Las plantas injertadas sobre calabaza produjeron más que el testigo. Se observaron diferencias entre portainjertos destacando con la mayor pro-

ducción el portainjerto 'Bokto'. El injerto sobre calabaza también afectó al peso medio de los frutos, detectando un incremento respecto el testigo.

El menor vigor se observó en las plantas testigo y en las injertadas sobre 'RS 841', que se comportaron como más susceptibles al ataque de oídio. En cambio presentaron un menor nivel de nodulación por presencia de nematodos, especialmente en el caso de la sandía sin injertar.

En cuanto a la calidad de los frutos, los portainjertos 'Bokto' y 'PSC 403' indujeron un mayor grosor de la corteza. Los frutos del testigo dieron un mayor valor de °Brix, menor dureza de la carne, peor textura y menor intensidad de color rojo. Los frutos del portainjerto 'RS 841' dieron una mayor concentración de licopeno, mostrando muy buenas cualidades de sabor.

Referencias bibliográficas

- BRIDGE, J. y PAGE, S. L. J. (1980): «Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart»; *Tropical Pest Management* (26); pp. 296-298.
- DONALD, N.; XINGPING Z. y JULES, J. (2007): «Watermelons: New Choices, New Trends»; *Chronica Horticulturae* 7(4); pp. 26-29.
- LÓPEZ GALARZA, S.; SAN BAUTISTA, A.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y BAIXAULI, C. (2004): «Influence of Growing Media and Fruit Setting Procedure on Yield and Fruit Quality of Triploid Watermelon»; *Acta Horticulturae* (697). Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics; pp. 267-274.
- MAROTO, J. V.; MIGUEL, A.; POMARES, F. *et al.* (2002): *El cultivo de la sandía*. Madrid, Mundi-Prensa.
- MIGUEL, A.; MAROTO J. V.; SAN BAUTISTA, A.; BAIXAULI, C.; CEBOLLA, V.; PASCUAL, B.; LÓPEZ, S. y GUARDIOLA, J. L. (2004): «The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of Fusarium wilt»; *Scientia Horticulturae* 103(1); pp. 9-17.

MIGUEL, A.; DE LA TORRE, F.; BAIXAULI, C.; MAROTO, J. V.; JORDÁ, C.; LÓPEZ, M. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (2007): *Injerto de Hortalizas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Anexo

Tabla 1a. Datos productivos

Portainjerto	Sin semillas		Destrío			
	Rendimiento (kg m ⁻²)	Peso medio (kg)	Goma (kg m ⁻²)	Rajado (kg m ⁻²)	Destrío (kg m ⁻²)	Total (kg m ⁻²)
Bokto	8,51 ^a	6,14	0,18	0,21	0,00	0,40
PSC 403	8,44 ^a	6,46	0,21	0,00	0,08	0,29
Shintoza	8,39 ^{ab}	5,91	0,00	0,00	0,00	0,00
Hércules	7,07 ^{ab}	6,35	0,00	0,00	0,00	0,00
RS 841	6,30 ^{bc}	5,94	0,39	0,00	0,00	0,39
Sin injertar	4,90 ^c	5,24	0,00	0,00	0,22	0,22
Significación estadística (P-valor)	p ≤ 0,01	ns	ns	ns	ns	ns

Portainjerto	Porcentaje en peso de cada calibre						Rendimiento polinizador (kg m ⁻²)	Rendimiento comercial (kg m ⁻²)
	< 3 kg	3-4 kg	4-5 kg	5-6 kg	6-7 kg	> 7 kg		
Bokto	0,00	5,95	14,98	14,54	14,70 ^{bc}	49,82	1,98	10,49 ^a
PSC 403	1,79	2,62	3,97	17,46	33,54 ^a	40,61	1,28	9,72 ^{ab}
Shintoza	0,00	5,68	21,48	15,43	23,57 ^{ab}	33,85	1,11	9,50 ^{ab}
Hércules	0,00	3,52	7,32	21,09	30,15 ^a	37,91	0,92	7,99 ^{bc}
RS 841	0,00	3,27	11,35	28,42	28,29 ^a	28,67	1,67	7,97 ^{bc}
Sin injertar	1,19	10,09	22,81	37,42	10,84 ^c	17,65	1,23	6,13 ^c
Significación estadística (P-valor)	ns	ns	ns	ns	p ≤ 0,01	ns	ns	p ≤ 0,01

ns: no significativo. Las letras minúsculas distintas en una misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,05$ según el test LSD.

Tabla 2a. Parámetros de calidad de los frutos

Portainjerto	Intensidad del color de la pulpa												
	Peso medio (kg)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Relación altura/diámetro	Grosor de corteza (mm)	°Brix	L (0-100)	a (-100 +100)	b (-100 +100)	L* ^a b	Dureza a 3 cm del centro (kg cm ⁻²)	Sabor (0-5)	Textura (0-5)
Sin injertar	5,17 ^b	23,00	21,11 ^b	1,09	13,00 ^{abc}	12,73 ^a	39,64	28,35	9,99	11,358,80	0,82 ^b	3,43 ^a	2,57
Bokro	7,32 ^a	24,50	23,22 ^a	1,05	13,56 ^a	11,78 ^b	42,58	31,01	12,82	17,003,50	1,20 ^a	2,57 ^{abc}	2,71
RS 841	6,62 ^a	24,06	22,39 ^a	1,07	11,80 ^c	11,54 ^b	40,77	32,83	12,11	16,183,30	1,23 ^a	3,14 ^a	3,29
Shintoza	6,70 ^a	23,56	23,28 ^a	1,01	11,87 ^c	11,54 ^b	41,25	31,41	11,58	15,018,30	1,32 ^a	1,86 ^c	2,43
PSC 403	7,03 ^a	24,22	22,89 ^a	1,06	13,30 ^{ab}	11,51 ^b	42,32	31,56	12,32	16,771,90	1,12 ^a	3,00 ^{ab}	3,14
Hércules	7,11 ^a	24,33	23,06 ^a	1,06	12,05 ^{bc}	11,27 ^b	40,41	30,85	10,07	12,780,80	1,28 ^a	2,14 ^{bc}	2,86
Signific. estadística (F=valor)	p ≤ 0,05	ns	p ≤ 0,05	ns	p ≤ 0,05	p ≤ 0,1	ns	ns	ns	ns	p ≤ 0,05	p ≤ 0,01	ns

ns: no significativo. Las letras distintas en una misma columna (minúsculas y minúsculas cursivas) indican diferencias significativas $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,1$ según el test LSD.

* Para realizar las mediciones de calidad se ha tomado una muestra de tres frutos por parcela elemental.

Uso de nuevos compost para el cultivo de lechugas ‘Baby Leaf’ en sistema de bandejas flotantes Su efecto en el control de *Pythium irregulare*

A. Giménez^a, J. A. Fernández^a, C. Egea-Gilabert^a, J. A. Pascual^b,
A. B. Santísima-Trinidad^b y M. Ros^c

^aUniversidad Politécnica de Cartagena y ^bCEBAS-CSIC

Resumen

El empleo de turba como sustrato en un sistema hidropónico de bandejas flotantes lleva implícito el que las plantas se puedan ver afectadas por enfermedades que perturban el crecimiento y la calidad del cultivo. Entre ellas, destaca el *damping off* causada por hongos como *Pythium* spp. El uso de compost con actividad supresiva podría permitir un sistema de producción más sostenible al reemplazar el uso de las turbas, además de controlar este tipo de patógeno. El objetivo de este trabajo fue estudiar la capacidad supresiva de dos compost obtenidos a partir de residuos de la industria agroalimentaria (C11 y C14), frente a la turba (control), en el patosistema *Pythium irregulare*-lechuga. Se sembraron dos cultivares de lechuga ‘Baby Leaf’, lechuga roja ‘Antoria’ y verde ‘Gavia’. La recolección se efectuó 22 días tras la siembra, analizándose el crecimiento aéreo y radical de la planta. El uso de los compost mejoró el porcentaje de germinación en ambos cultivares, tanto en presencia como en ausencia de patógeno, lo cual puede atribuirse tanto a los materiales de partida, como al proceso de compostaje. En condiciones de presión de patógeno, ambos compost mejoraron el cre-

cimiento de las plantas de lechuga, obteniendo valores significativamente mayores en peso fresco aéreo y longitud de raíz. Al comparar ambos cultivares, se observó un mayor efecto del patógeno sobre el crecimiento del cultivar 'Gavia'. En conclusión, el uso de compost con efecto supresivo es una alternativa viable a la turba en este sistema de cultivo, ya que se mejora el crecimiento de las plantas y reduce el contenido de nitratos en hoja en presencia del patógeno.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, *supresividad*, *damping off*, *turba*.

Introducción

La producción de lechuga 'Baby Leaf' (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico de bandeja flotante puede verse afectada por enfermedades tales como el *damping off*, causada por hongos como *Pythium* spp., que reducen el crecimiento y la calidad de los cultivos. La incidencia de *Pythium* en el cultivo de lechuga se ve reforzada por un alto contenido de agua en el suelo, temperaturas cálidas (20-30 °C) y/o exceso de nitrógeno. El cultivo puede ser afectado antes y después de la germinación de la semilla, produciendo una hoja amarillenta, doblando el tallo y, finalmente, la muerte de la planta.

La turba es el sustrato de crecimiento de plantas utilizado principalmente en semilleros y viveros. El compost puede utilizarse como sustrato de cultivo, de acuerdo con las directrices establecidas por la legislación española (RD 865/2010), así como en sustitución parcial de la turba (Bustamante *et al.*, 2008; López-Mondejar *et al.*, 2010). Por otra parte, el uso de determinados compost tiene un valor añadido por su carácter supresor de la enfermedad (Hadar *et al.*, 2012, Blaya *et al.*, 2014), a diferencia de la turba que casi nunca es supresiva contra patógenos (Bonanomi *et al.*, 2010). Los materiales iniciales, la madurez, la composición y la actividad microbiana del compost son características importantes que pueden determinar la capacidad supresora del sustrato (Castaño *et al.*, 2011). El uso de compost puede evitar el establecimiento de estos patógenos, evitando el uso de productos químicos. Para las hortalizas de hoja pequeña ('Baby

Leaf'), además de controlar patógenos, el compost también podría mejorar el rendimiento y la calidad del producto final, influyendo de forma positiva en el contenido en compuestos polifenólicos en las plantas. En este sentido, el compost representa una alternativa cada vez más atractiva a la turba en la producción agrícola sostenible. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue investigar el efecto de dos compost agroindustriales en el patosistema *P. irregulare*-lechuga, para producir lechuga 'Baby Leaf' de una manera sostenible.

Material y métodos

El ensayo se realizó en la estación experimental agrícola Tomas Ferro de la UPCT (37° 41' N; 0° 57' O). En el experimento se utilizaron los cultivares de lechuga roja 'Antoria' y verde 'Gavia' de la casa Rijk Zwaan. La siembra se realizó manualmente el 5 de julio de 2016 en bandejas de polietileno expandido denominadas *styrofloat*.

Los compost agroindustriales utilizados fueron C11 y C14, tomando como control un sustrato comercial (Pindstrup). Los compost fueron producidos por el CEBAS-CSIC en pilotes al aire libre, con una fase biooxidante y una de maduración de 75 y 42 días, respectivamente. Una vez terminado el proceso de compostaje, se molieron y se pasaron a través de un tamiz de 1 cm. Las muestras se almacenaron a -20 °C y 4 °C para su posterior uso. La composición y propiedades de los compost se describen en la Tabla 1. La solución de micelio de *Pythium irregulare* se obtuvo a partir de un inóculo infectivo crecido en placa Petri de patata dextrosa agar a 28 °C durante 7 días, batiendo todo esto en 25 mL de agua destilada estéril. La cantidad a incorporar fue de 0,75 mL por cada 5 g de sustrato $2,1 \times 10^5$ UFC.g⁻¹ sustrato. Se consideraron dos condiciones, el sustrato no infectado (SP) e infectado (P) con el patógeno *Pythium irregulare*.

Una vez sembradas, las bandejas fueron introducidas en una cámara a temperatura constante de 20 °C y oscuridad durante 48 horas para facilitar la germinación. A continuación, las bandejas se pasaron a unas mesas de cultivo de dimensiones 1,35 x 1,25 x 0,2 m, con una altura de agua de 5 cm, ubicadas en el interior de un invernadero de policarbonato.

Tabla 1. Propiedades y composición de los compost usados

	Compost 11	Compost 14
Propiedades físico-químicas		
pH	8,75	8,85
CE (dS.m ⁻¹)	1,77	3,07
C/N	13,97	18,69
N (g.kg ⁻¹)	28,5	25,8
P (g.kg ⁻¹)	4,7	4,9
K (g.kg ⁻¹)	18	15,4
Fe (mg.kg ⁻¹)	1.805	798
Mn (mg.kg ⁻¹)	139	68
Cd (mg.kg ⁻¹)	< 0,1	< 0,1
Cu (mg.kg ⁻¹)	24	16
Cr (mg.kg ⁻¹)	25	14
Pb (mg.kg ⁻¹)	10	1
Ni (mg.kg ⁻¹)	10	3
Patógenos		
<i>Salmonella</i> en 25 g	A	A
<i>Listeria</i>	A	A
<i>Streptococcus faecalis</i> (Ufc x g)	3.000	1.200
<i>Escherichia coli</i> (Ufc x g)	< 10	< 10
Composición (%)		
Lodo pimiento	24	
Ajo	3	
Almendra	5	
Poda	29	12
Zanahoria	36	
Pimiento	3	
Tomate		71
Cebolla		17
Inóculo	<i>Aspergillus niger</i>	

Transcurrida una semana se realizó un aclareo de plántulas, dejando ocho plantas por fisura, con una densidad de plantación de 1.600 plantas.m⁻² y se añadió una solución nutritiva con un pH: 5,8 y una conductividad eléctrica (CE): 2,5 dS.m⁻¹, conteniendo las siguientes concentraciones iónicas expresadas en $\mu\text{mol.L}^{-1}$: NO_3^- , 4.800; NH_4^+ , 3.200; H_2PO_4^- , 2.000; K^+ , 6.000; Mg^{2+} , 1.500. A esta solución se le añadió una mezcla comercial de microelementos y un quelato de Fe, ambos a una concentración de 0,02 g.L⁻¹. La solución nutritiva fue oxigenada mediante bombas de aire y tubos perforados situados en la base de las mesas de flotación.

La duración del ciclo de cultivo fue de 22 días. En la recolección se analizó crecimiento aéreo (altura de planta, peso fresco y seco, área foliar (medido con LICOR- 3100 C), contenido en nitratos (mediante cromatografía iónica) y crecimiento radical (longitud, diámetro medio, área y volumen de raíces) medido con el programa Winzhizo LA 1600.

Para el diseño experimental se consideró como parcela elemental una mesa de flotación de 1,7 m², disponiendo de bloques al azar con tres repeticiones por cada una de las combinaciones de infección y sustrato empleadas. En cada mesa se dispusieron dos bandejas de 60 x 41 cm por cada uno de los cultivares. Los datos tomados se sometieron a un análisis de varianza multifactorial ANOVA, utilizando el test LSD (95 %) para la separación de las medias mediante el *software* Statgraphics Plus para Windows, versión 2.1.

Resultados y discusión

En el crecimiento vegetativo hubo interacción en ambos cultivares entre la infección y el tipo de sustrato en todos los parámetros estudiados, a excepción del peso fresco de 'Antoria' (Tabla 2). De los resultados de la interacción se destaca que para 'Gavia' los mayores valores de altura y área foliar se obtuvieron en C11 en condiciones de no infección (datos no presentados). La presencia de patógeno redujo el valor de peso fresco y seco en turba y C11, mientras que lo aumentó en C14.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento vegetativo de las plantas y contenido en nitratos de ‘Gavia’ y ‘Antoria’ cultivados en dos condiciones de infección

Cultivar	Parámetros	Infección (I)		Sustrato (S)			Significación		
		SP	P	T	11	14	I	S	I x S
Gavia	Altura (cm)	17,83 ^b	16,76 ^a	16,64 ^a	18,13 ^b	17,11 ^a	***	***	***
	Área foliar (cm ²)	47,41 ^b	44,70 ^a	45,62 ^b	50,50 ^c	42,05 ^a	**	***	***
	Peso Fresco (g)	1,53 ^b	1,36 ^a	1,38 ^a	1,56 ^b	1,39 ^a	**	*	***
	Peso seco (g)	0,045 ^b	0,036 ^a	0,043 ^b	0,05 ^c	0,028 ^a	***	***	***
	Nitratos (mg.kg ⁻¹)	1.770,74 ^b	278,23 ^a	1.185,46 ^b	1.430,84 ^c	457,15 ^a	***	***	***
Antoria	Altura (cm)	16,45 ^b	14,93 ^a	15,90 ^b	16,23 ^b	14,94 ^a	***	***	**
	Área foliar (cm ²)	43,10	44,60	43,74 ^b	51,31 ^c	36,49 ^a	ns	***	*
	Peso Fresco (g)	1,24	1,16	1,08 ^a	1,37 ^b	1,15 ^a	ns	***	ns
	Peso seco (g)	0,031	0,030	0,036 ^b	0,042 ^c	0,015 ^a	ns	***	**
	Nitratos (mg.kg ⁻¹)	498,06 ^b	133,60 ^a	485,43 ^c	387,05 ^b	75,00 ^a	***	***	***

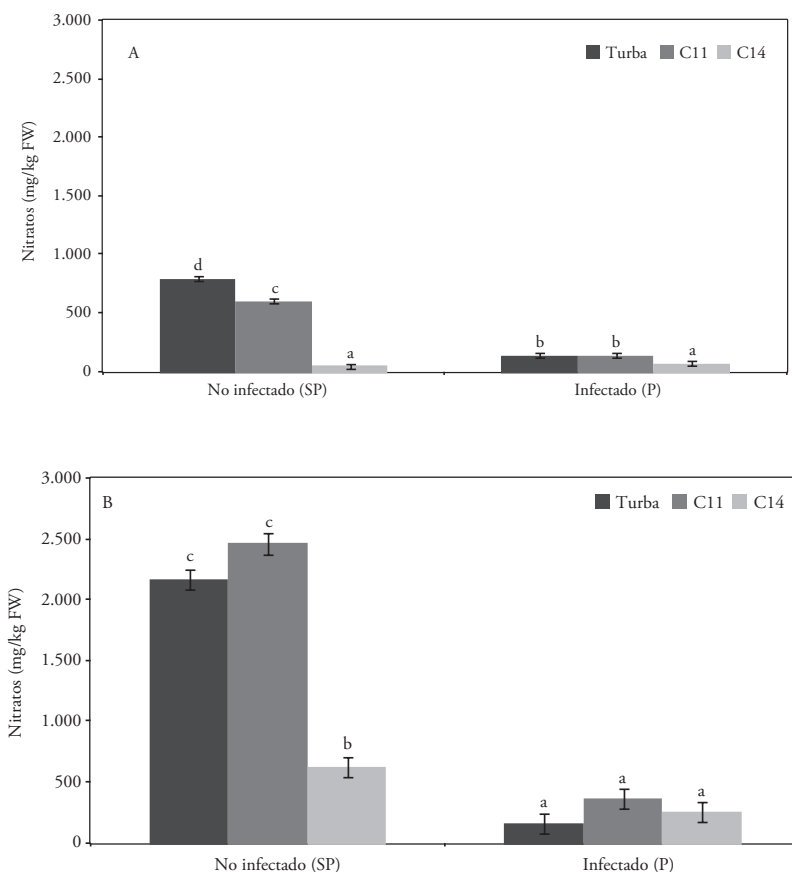
SP: no infectado y P: infectado. En tres tipos de sustratos diferentes (T: turba, 11: compost (11) y 14: compost 14.

ns: no significativo. significativo (*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$).

En el caso de las plantas de ‘Antoria’, el estudio de la interacción mostró que la presencia de patógeno en turba disminuyó los valores de altura, área foliar y peso fresco, mientras que el peso seco aumentó en C14 y disminuyó en C11 en dichas condiciones.

El nivel de nitratos se redujo significativamente en todos los sustratos inoculados por el patógeno, a excepción del C14 en ‘Antoria’, que destacó por sus bajos valores en ambas condiciones (Gráfico 1). Los niveles de nitratos en plantas infectadas con *Pythium* son más bajos debido, probablemente, a que parte del nitrógeno es requerido por la planta para la biosíntesis de proteínas relacionadas con la patogénesis así como de otros componentes de la defensa vegetal frente al ataque por Oomicetos (Schultz *et al.*, 2013).

Gráfico 1. Contenido de nitratos en ‘Antoria’ (A) y ‘Gavia’ (B) en diferentes condiciones de infección. En mg/kg FW



SP: no infectado y P: infectado. En tres tipos de sustratos diferentes (T: turba, 11: compost [11] y 14: compost [14]).

ns: no significativo. significativo (*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$) ($n=9$).

En el crecimiento de las raíces hubo interacción entre la infección y el tipo de sustrato para ‘Gavia’ en la longitud total y área, mientras que para ‘Antoria’ en el área, diámetro y volumen (Tabla 3). De los resultados de la interacción se destaca que la presencia de patógeno redujo el crecimiento de las raíces en turba para ‘Gavia’. Para ‘Antoria’, la presencia de patógeno

aumentó la longitud total, el área y volumen de raíces, mientras que el diámetro disminuyó en C14.

Tabla 3. Parámetros de crecimiento de las raíces de ‘Gavia’ y ‘Antoria’ cultivados en dos condiciones de infección

Cultivar	Parámetros	Infección (I)		Sustrato (S)			Significación		
		SP	P	T	11	14	I	S	I x S
Gavia	Longitud (cm)	85,18	82,70	79,08 ^a	79,07 ^a	93,68 ^b	ns	*	**
	Área (cm ²)	2,72	2,61	2,55	2,5	2,95	ns	ns	***
	Diámetro (mm)	0,32	0,32	0,32	0,33	0,32	ns	ns	ns
	Volumen (cm ³)	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	ns	ns	ns
Antoria	Longitud (cm)	79,09 ^a	92,94 ^b	69,43 ^a	90,92 ^a	97,71 ^b	***	***	ns
	Área (cm ²)	2,45 ^a	2,76 ^b	2,17 ^a	2,66 ^b	2,98 ^c	**	***	**
	Diámetro (mm)	0,31	0,29	0,31 ^b	0,29 ^a	0,30 ^{ab}	ns	*	*
	Volumen (cm ³)	0,6	0,6	0,5 ^a	0,6 ^a	0,7 ^b	ns	***	**

SP: no infectado y P: infectado. En tres tipos de sustratos diferentes (T: turba, 11: compost (11) y 14: compost 14.

ns: no significativo. significativo (*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$) ($n=9$).

En condiciones de presencia del patógeno ambos compost mejoraron el crecimiento aéreo y radical de la planta en los dos cultivares. El contenido de nitratos en hojas de ambos cultivares se vio reducido considerablemente en todos los sustratos infectados con el patógeno.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España, proyectos AGL-2014-52732-C2-1-R y AGL-2014-52732-C2-2-R.

Referencias bibliográficas

- BLAYA, J.; LLORET, E.; ROS, M. y PASCUAL, J. A. (2014): «Identification of predictor parameters to determine agro-industrial compost suppressiveness against *Fusarium oxysporum* and *Phytophthora capsici* diseases in muskmelon and pepper seedlings»; *J. Sci. Food Agric.* 95(7); pp. 1.482-90.
- BONANOMI, G.; ANTIGNANI, V.; CAPODILUPO, M. y SCALA, F. (2010): «Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soil-borne plant diseases»; *Soil Biol. Biochem.* (42); pp. 136-144.
- BUSTAMANTE, M. A.; PAREDES, C.; MORAL, R.; AGULLO, L.; PÉREZ-MURCIA, M. D. y ABAD, M. (2008): «Compost from distillery wastes on peat substitutes for transplant production»; *Resour. Conserv. Recycl.* (52); pp. 792-799.
- CASTAÑO, R.; BORRERO, C. y AVILÉS, M. (2011): «Organic matter fractions by SP-MAS ¹³C NMR and microbial communities involved in the suppression of *Fusarium* wilt in organic growth media»; *Biological Control* (58); pp. 286-293.
- HADAR, Y. y PAPADOPOULOU, K. K. (2012): «Suppressive composts: microbial ecology links between abiotic environments and healthy plants»; *Annu. Rev. Phytopathol.* (50); pp. 133-153.
- LÓPEZ-MONDÉJAR, R.; ANTON, A.; RAIDL, S. y PASCUAL, J. A. (2010): «Quantification of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* with real-time TaqMan PCR and its potential extrapolation to the hyphal biomass»; *Bioresour. Technol.* (101); pp. 2888-2891.
- SCHULTZ, J. C.; APPEL, H. M.; FERRIERI, A. P. y Arnold, T. M. (2013): «Flexible resource allocation during plant defense responses»; *Front. Plant Sci.* 4(324); pp. 1-11.

Interacción sinérgica de bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrícicos arbusculares en un cultivo de haba

V. Sánchez-Navarro, R. Zorzona, A. Faz y J. A. Fernández
ETSIA-Universidad Politécnica de Cartagena

Resumen

Leguminosas tales como el haba, forman una asociación simbiótica tripartita con bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) y hongos micorrícicos arbusculares (HMA), donde la bacteria participa en el proceso de fijación biológica mientras que el hongo incrementa la superficie de la raíz. El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de la inoculación individual y combinada de BFN (*Rhizobium leguminosarum*, *Burkholderia* sp. y *B. vietnamiensis*) y HMA en la fertilidad del suelo, producción y calidad de dos variedades de haba 'Muchamiel' y 'Palenca'. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 10 m². Las muestras de suelo y planta se tomaron en cada parcela en el momento de la floración e inicio de desarrollo de las vainas. El suelo cultivado con 'Palenca', presentó un contenido en nitrógeno total significativamente más alto que con 'Muchamiel', considerando la mayoría de tratamientos. La inoculación con *Burkholderia* sp. frente al control, resultó en valores más altos de NH₄⁺ en ambas variedades. No se observaron diferencias significativas por variedad o tratamiento en la producción del cultivo, ni se correlacionó con ninguno de los parámetros estudiados. La inoculación con *B. vietnamiensis* respecto a *Burkholderia* sp. supuso una mejora del contenido proteico en semillas de 'Palenca'. El contenido en proteínas de las semillas se relacionó negativamente con el peso de 100 semillas. El peso de los nódulos se relacionó positivamente con el contenido

en NH_4^+ del suelo y el peso de 100 semillas. En general, estos resultados nos confirman la importancia de las BFN en la mejora de la fertilidad del suelo y calidad del cultivo, con mejores resultados de fertilidad del suelo en la variedad 'Palenca' y con las bacterias del género *Burkholderia*.

Palabras clave: Rhizobium, Burkholderia, Vicia faba, *inoculación, rendimiento, calidad del cultivo, fertilidad del suelo.*

Introducción

La adopción de cultivos de leguminosas como el haba es de gran interés para la agricultura sostenible, ya que contribuyen en el balance de nitrógeno vía fijación biológica de nitrógeno. Esta fijación se manifiesta en mayores niveles de proteínas, que puede ser de interés para el desarrollo de alimentos y piensos altamente nutritivos (Jensen *et al.*, 2012), y permite reducir el aporte de nitrógeno por medio del uso de fertilizantes (Laranjo *et al.*, 2014). Las BFN se consideran microorganismos del suelo agrónicamente útiles (Zaidi *et al.*, 2015). El género *Rhizobium* es el más estudiado como simbiote de leguminosas con capacidad para fijar nitrógeno. Sin embargo, géneros tales como *Burkholderia* también contribuyen con altos niveles de fijación de nitrógeno (Glick, 2012). Dentro de este género, se incluyen tanto bacterias simbióticas como de vida libre.

Los HMA también representan una parte importante de los microorganismos de la rizosfera del suelo e influyen en el crecimiento de la planta, aumentando la superficie de la raíz que permite absorber con mayor eficiencia el agua y los nutrientes. Por otro lado, estos hongos protegen a la planta de estreses tales como la sequía, patógenos presentes en el suelo, salinidad o metales pesados (Nadeem *et al.*, 2014).

Investigaciones previas han registrado efectos beneficiosos de los HMA en leguminosas gracias a su interacción con BFN, como aumento en el peso de la planta, incremento de la producción o mejora en la absorción de nutrientes (Chalk *et al.*, 2006). Los beneficios pueden darse a través de mecanismos directos o indirectos. La estimulación directa implica

la producción de 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC)-deaminasa para reducir niveles altos de etileno, la producción de reguladores de crecimiento de plantas tales como citoquininas, giberelinas y auxinas a través de la fijación biológica, facilitando así la absorción de nutrientes del suelo, la solubilización de fosfatos o la regulación de niveles de fitohormonas (Glick, 2012). La estimulación indirecta está relacionada con la inhibición de patógenos a través de la síntesis de enzimas antibióticas y líticas, o mediante el aumento de la resistencia de la planta a organismos patógenos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inoculación individual y combinada de BFN y HMA en la eficiencia de diferentes variedades de haba en la fertilidad del suelo, calidad y producción del cultivo.

Material y métodos

El ensayo experimental se llevó a cabo en Cartagena, en la estación experimental Tomás Ferro de la UPCT. Dos variedades de haba ('Muchamiel' y 'Palenca') se sembraron bajo práctica de manejo convencional, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 10 m². Ambas variedades fueron inoculadas con BFN y HMA según 8 tratamientos: inoculación individual con *Rhizobium leguminosarum*, *Burkholderia* sp., *Burkholderia vietnamiensis* y HMA, inoculación combinada de cada una de las BFN con HMA y el control (sin inóculo). Se tomaron muestras de suelo y planta en cada parcela en el momento de la floración e inicio de desarrollo de las vainas. En el suelo se determinó el nitrógeno total (Nt), el contenido en NO₃⁻ y NH₄⁺ y la actividad enzimática (β -glucosidasa y β -glucosaminidasa). En diferentes partes de la planta (parte aérea, raíz y semillas) se determinó el contenido en carbono y nitrógeno. Además, se midió la producción, el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina, la longitud de las vainas, el peso de los nódulos y el peso de 100 semillas.

La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se transformaron cuando era necesario para asegurar una distribución normal. Los datos se analizaron mediante Análisis de la Varianza (ANOVA). La separación de las medias se realizó de acuerdo con la prue-

ba de verificación múltiple de Duncan. Las relaciones entre los parámetros se estudiaron utilizando las correlaciones de Pearson. Los análisis estadísticos se realizaron con el software IBM SPSS para Windows, versión 22.

Resultados y discusión

En la mayoría de tratamientos de inoculación, el contenido en nitrógeno total fue significativamente más alto ($p < 0,001$) en los cultivos establecidos con la variedad 'Palenca' (Tabla 1). La inoculación con *Burkholderia* sp. frente al control, resultó en valores más altos de amonio en ambas variedades. El contenido en carbono de las semillas fue significativamente mayor ($p < 0,01$) tras la inoculación individual con *Burkholderia* sp. respecto a *Rhizobium leguminosarum* en ambas variedades. Sin embargo, el contenido en carbono de la raíz fue significativamente mayor ($p < 0,001$) en 'Palenca' en todos los tratamientos (Tabla 1).

No se observaron diferencias significativas por variedad o tratamiento en la producción del cultivo (Tabla 2), ni se correlacionó este parámetro con ninguno de los otros estudiados. La inoculación con *B. vietnamiensis* respecto a *Burkholderia* sp. supuso una mejora del contenido proteico en semillas de 'Palenca'. El contenido en proteínas de las semillas, se relacionó negativamente con el peso de 100 semillas (datos no mostrados). El peso de los nódulos junto con la longitud de la vaina, fueron significativamente mayores en la variedad 'Muchamiel' con independencia del tratamiento de inoculación. El peso de los nódulos se relacionó positivamente con el contenido en NH_4^+ del suelo y el peso de 100 semillas (datos no mostrados).

Tabla 1. Parámetros de suelo y diferentes partes de la planta. Los valores son la media ± desviación estándar (n = 4)

Variedad (V)	Tratamiento (T) ^a	N (g kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)	Glucosaminidasa (μmol g ⁻¹ h ⁻¹)	Carbono en semillas (%)	Carbono en raíz (%)
'Muchamiel'	RL	0,86 ± 0,12 ^a	8,32 ± 2,52 ^{bcd}	0,15 ± 0,04 ^{bc}	51,58 ± 0,06 ^{bc}	26,77 ± 8,26 ^{ab}
	RL + HMA	0,88 ± 0,12 ^a	16,67 ± 23,24 ^{abc}	0,18 ± 0,07 ^{bc}	51,54 ± 0,19 ^{bc}	33,65 ± 7,92 ^b
	B	0,94 ± 0,12 ^a	88,39 ± 30,66 ^b	0,11 ± 0,01 ^{ab}	52,25 ± 0,12 ^{bc}	32,58 ± 5,14 ^b
	B + HMA	0,78 ± 0,07 ^a	82,26 ± 15,60 ^b	0,09 ± 0,05 ^a	52,20 ± 0,08 ^{bc}	28,72 ± 2,67 ^{ab}
	BV	0,86 ± 0,16 ^a	39,56 ± 16,96 ^{fb}	0,13 ± 0,04 ^{ab}	51,47 ± 0,11 ^{bcd}	22,55 ± 0,85 ^a
	BV + HMA	0,82 ± 0,09 ^a	50,02 ± 5,01 ^{eb}	0,15 ± 0,06 ^{abc}	51,66 ± 0,22 ^{abc}	34,03 ± 9,49 ^b
'Palencia'	HMA	0,78 ± 0,11 ^a	31,67 ± 10,44 ^{fb}	0,12 ± 0,04 ^{ab}	52,40 ± 0,06 ^d	23,48 ± 4,63 ^a
	Control	0,83 ± 0,07 ^a	22,49 ± 6,41 ^{efg}	0,12 ± 0,03 ^{ab}	51,69 ± 0,11 ^{cde}	22,18 ± 2,74 ^a
	RL	0,90 ± 0,21 ^a	17,58 ± 0,66 ^{def}	0,16 ± 0,02 ^{bc}	50,34 ± 0,25 ^a	46,16 ± 1,54 ^c
	RL + HMA	1,20 ± 0,03 ^b	11,94 ± 5,76 ^{bde}	0,21 ± 0,08 ^{bc}	51,00 ± 0,61 ^{bc}	44,42 ± 2,98 ^c
	B	1,19 ± 0,07 ^b	19,36 ± 4,48 ^{defg}	0,28 ± 0,11 ^c	51,54 ± 0,17 ^{bc}	45,93 ± 3,09 ^c
	B + HMA	1,15 ± 0,12 ^b	13,03 ± 1,98 ^{defg}	0,15 ± 0,05 ^{bc}	50,98 ± 0,53 ^{bc}	43,04 ± 2,94 ^c
V x T	BV	1,16 ± 0,10 ^b	7,67 ± 5,48 ^{bc}	0,16 ± 0,06 ^{bc}	50,61 ± 1,11 ^a	45,68 ± 4,98 ^c
	BV + HMA	1,28 ± 0,18 ^b	5,38 ± 1,75 ^b	0,18 ± 0,02 ^{bc}	51,73 ± 0,09 ^{bc}	46,68 ± 1,59 ^c
	HMA	1,17 ± 0,03 ^b	9,60 ± 2,61 ^{bcd}	0,13 ± 0,04 ^{ab}	50,72 ± 0,89 ^{ab}	46,39 ± 2,57 ^c
	Control	1,21 ± 0,07 ^b	3,35 ± 2,90 ^a	0,11 ± 0,01 ^{ab}	51,08 ± 0,25 ^{bc}	44,71 ± 1,37 ^c
F valor^b						
V		88,528 ^{***}	50,873 ^{***}	8,281 ^{**}	46,483 ^{***}	46,483 ^{***}
T		1,688 ns	6,113 ^{***}	1,885 ns	3,392 ^{**}	1,823 ns
V x T		1,830 ns	6,003 ^{***}	1,249 ns	2,291 ns	1,824 ns

^a Tratamiento: RL (*Rhizobium leguminosarum*), B (*Burkholderia sp.*) y BV (*Burkholderia vietnamiensis*).

^b ns: no significativo. **; significación p ≤ 0,01. ***; significación p ≤ 0,001.

Diferentes letras en una columna indican diferencias significativas p ≤ 0,05, según la prueba de verificación múltiple de Duncan.

Tabla 2. Parámetros de producción y calidad del cultivo. Los valores son la media ± desviación estándar (n = 4)

Variedad (V)	Tratamiento (T) ^a	Producción (kg ha ⁻¹)	Peso nódulos (g)	Peso 100 semillas (g)	Longitud vaina (cm)	Núm. vaina/planta	Núm. semilla/vaina	Proteínas semilla (%)	
'Muchamiel'	RL	32.542 ± 3.295	3,4 ± 0,5 ^{ef}	152,4 ± 14,0 ^{bcd}	37,0 ± 4,6 ^b	33 ± 2	7 ± 1	30,2 ± 0,4 ^{bc}	
	RL + HMA	30.133 ± 6.312	4,9 ± 2,4 ^f	178,3 ± 15,0 ^d	38,0 ± 0,0 ^b	28 ± 4	6 ± 1	26,5 ± 0,7 ^{ab}	
	B	33.333 ± 2.480	4 ± 1,5 ^{ef}	178,7 ± 17,6 ^d	36,3 ± 1,2 ^b	34 ± 2	6 ± 1	26 ± 0,9 ^a	
	B + HMA	28.583 ± 4.026	2,6 ± 1,2 ^{def}	165,0 ± 28,9 ^{bcd}	36,0 ± 3,0 ^b	31 ± 1	7 ± 1	27,7 ± 3,2 ^{abc}	
	BV	28.167 ± 7.381	3,8 ± 0,9 ^{ef}	179,9 ± 8,5 ^d	36,0 ± 2,0 ^b	30 ± 4	6 ± 1	28,7 ± 1,1 ^{abc}	
	BV + HMA	30.250 ± 4.073	3,5 ± 0,8 ^{ef}	158,8 ± 22,3 ^{bcd}	35,7 ± 0,6 ^b	32 ± 6	6 ± 1	27,9 ± 1,2 ^{abc}	
	HMA	27.100 ± 7.258	4,9 ± 2,1 ^f	176,6 ± 28,8 ^d	36,7 ± 1,5 ^b	29±10	6 ± 1	28,7 ± 0,5 ^{abc}	
	Control	27.017 ± 2.760	4,8 ± 0,6 ^f	137,0 ± 7,3 ^{abc}	35,7 ± 3,2 ^b	29 ± 6	6 ± 2	29,4 ± 0,6 ^{abc}	
	RL	28.867 ± 5.957	0,8 ± 0,5 ^{abc}	145,6 ± 13,4 ^{bcd}	27,7 ± 1,6 ^a	30 ± 4	6 ± 1	29,8 ± 0,5 ^{abc}	
	RL + HMA	28.700 ± 2.250	1,7 ± 0,4 ^{cde}	168,2 ± 26,4 ^{cd}	29,6 ± 2,1 ^a	30 ± 1	7 ± 2	26,8 ± 1 ^{ab}	
'Palanca'	B	28.633 ± 2.322	1,7 ± 0,7 ^{bde}	156,8 ± 26,6 ^{bcd}	28,9 ± 0,6 ^a	33 ± 2	7 ± 1	26 ± 1,2 ^{ab}	
	B + HMA	26.767 ± 1.643	1,7 ± 0,9 ^{bde}	114,5 ± 13,5 ^a	28,3 ± 2,1 ^a	29 ± 3	6 ± 1	28,6 ± 1,8 ^{abc}	
	BV	25.617 ± 5.248	1,1 ± 0,4 ^{bcd}	130,0 ± 7,3 ^{ab}	28,1 ± 1,6 ^a	28 ± 4	6 ± 1	31,1 ± 0,8 ^c	
	BV + HMA	31.867 ± 1.422	0,7 ± 0,2 ^{ab}	144,5 ± 13,2 ^{bcd}	28,7 ± 1,4 ^a	36 ± 2	6 ± 1	28,3 ± 0,5 ^{abc}	
	HMA	23.000 ± 4.399	0,5 ± 0,6 ^a	133,5 ± 7,4 ^{abc}	30,3 ± 2,7 ^a	22 ± 9	6 ± 2	29 ± 2,1 ^{abc}	
	Control	28.367 ± 3.807	0,9 ± 0,5 ^{abc}	167,6 ± 37,9 ^{bcd}	29,1 ± 1,2 ^a	31 ± 6	6 ± 1	27,5 ± 2,4 ^{abc}	
	F valor^b								
	V		2,221 ns	100,356 ^{***}	14,786 ^{***}	150,193 ^{***}	1,240 ns	3,769 ns	0,530 ns
	T		1,472 ns	1,750 ns	1,952 ns	0,560 ns	1,218 ns	0,780 ns	5,884 ^{***}
	V x T		0,427 ns	2,723 [*]	3,058 [*]	0,301 ns	2,898 ns	2,011 ns	1,074 ns

^a Tratamiento: RL (*Rhizobium leguminosarum*), B (*Burkholderia sp.*) y BV (*Burkholderia vietnamiensis*).

^b ns: no significativo. **, significación $p \leq 0,01$. ***, significación $p \leq 0,001$.

Diferentes letras en una columna indican diferencias significativas $p \leq 0,05$, según la prueba de verificación múltiple de Duncan.

La variedad tuvo una influencia significativa en parámetros como el nitrógeno total del suelo, peso de los nódulos y longitud de la vaina, lo que nos sugiere que la liberación de exudados de la raíz y activación de la rizosfera está controlada por la genética de la planta (Nguyen, 2003). Con respecto a las BFN, la inoculación con bacterias del género *Burkholderia* contribuyó en la activación de la actividad bioquímica del suelo, incrementando la disponibilidad de ciertos nutrientes para la planta.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Comisión Europea a través del Proyecto del Séptimo Programa Marco n.º 613781 «Enhancing of legumes growing in Europe through sustainable cropping for protein supply for food and feed» (EUROLEGUME).

Referencias bibliográficas

- CHALK, P. M.; DE F. SOUZA, R.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. y BODDEY, R. M. (2006): «The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance»; *Soil. Biol. Biochem.* (38); 2944-2951.
- GLICK, B. R. (2012): «Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications»; *Hindawi Publishing Corporation Scientific*; p. 15.
- JENSEN, E. S.; PEOPLES, M. B. y HAUGGAARD-NIELSEN, H. (2010): «Faba bean in cropping systems»; *Field. Crop. Res.* (115); pp. 203-216.
- LARANJO, M.; ALEXANDRE, A. y OLIVEIRA, S. (2014): «Legume growth-promoting rhizobia: An overview on the Mesorhizobium genus»; *Microbiol. Res.* (169); pp. 2-17.
- NADEEM, S. M.; AHMAD, M.; ZAHIR, Z. A.; JAVAID, A. y ASHRAL, M. (2014): «The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments»; *Biotechnol. Adv.* (32); pp. 429-448.
- NGUYEN, C. (2003): «Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls»; *Agronomie.* (23); pp. 375-393.

ZAIIDI, A.; AHMAD, E.; KHAN, M. S.; SAIF, S. y RIZVI, A. (2015): «Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: Current perspective»; *Sci. Hortic-England*. (193); pp. 231-239.

Evolución del estado hídrico y salino de un suelo enarenado en un cultivo de tomate regado con alta densidad de goteros

*M. D. Fernández^a, S. Bonachela^b, I. Rodríguez^b, M. R. Granados^b,
F. J. Cabrera^b y D. Meca^a*

^aEstación Experimental Cajamar y ^bUniversidad de Almería

Resumen

La agricultura en invernadero es la principal usuaria de agua en la provincia de Almería, agua de origen mayoritariamente subterráneo y que está sometida a un progresivo agotamiento y salinización. El uso de este agua puede dar lugar a concentraciones de sales solubles en el suelo que podrían afectar al crecimiento y al rendimiento de los cultivos. Por ello es muy importante optimizar el sistema y manejo del riego para evitar la acumulación de sales en el suelo. Este trabajo ha evaluado, en un ciclo de primavera-verano de tomate, la evolución del estado hídrico y salino de un suelo enarenado regado con dos densidades de goteros: alta densidad (goteros separados 0,25 m entre sí) y testigo (goteros separados 0,50 m). El objetivo fue estudiar cómo la densidad y distribución de goteros afecta a la distribución de sales en el suelo, y a la productividad y calidad de un cultivo de tomate. Los aportes de agua de riego, el potencial matricial del agua del suelo y el potencial hídrico del tallo fueron similares en el cultivo con densidad alta y normal de goteros. La distribución de la salinidad (la conductividad eléctrica de la solución del suelo; CE_{ss}) y de la concentración de sodio en el bulbo húmedo del cultivo regado con alta densidad de goteros fue más homogénea que en el testigo, donde se produjo una concentración significativamente mayor de la CE_{ss} en el suelo situado entre goteros con-

tiguos. Sin embargo, la densidad de goteros no afectó a la producción de materia seca, a su reparto entre los órganos vegetativos y reproductivos, ni a la productividad y a calidad de los frutos de tomate.

Palabras clave: *invernadero, solución de suelo, sonda de succión.*

Introducción

El suelo enarenado permite cultivar con aguas de mediana salinidad. La capa de arena-grava reduce la evaporación en superficie y el transporte de agua a su vez y, con ello, el ascenso y la acumulación de sales en superficie. Ello reduce los problemas asociados a la acumulación de sales en las capas superficiales, donde suelen crecer la mayoría de las raíces de los cultivos. A pesar del amplio uso de suelos enarenados, en los cultivos en invernaderos mediterráneos, normalmente, se produce una progresiva acumulación de sales y nutrientes, sobre todo, en el entorno del bulbo húmero del suelo (Bocos, 2015). Por ello, tiene interés evaluar cómo afecta la densidad y distribución de goteros o emisores a la dinámica del estado hídrico y salino en un suelo enarenado cultivado de tomate y regado con dos densidades de goteros.

Material y métodos

El ensayo se realizó con cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L., cultivar 'Valkiria') durante un ciclo de primavera-verano de 2016 en un invernadero (24 m × 18 m) de plástico y clima pasivo de la Estación Experimental Cajamar (El Ejido, Almería. 36° 47' N; 2° 43' W y 155 m de altitud). El suelo del invernadero era enarenado, con una capa superficial de 10 cm de arena gruesa, una capa de 10 cm de espesor de tierra de textura arcillosa mezclada con la arena de la capa superficial por las labores culturales, una capa de 30 cm de la capa de tierra aportada de textura arcillosa y, por último, el suelo original. El sistema de riego era localizado con goteros de 2,4 L h⁻¹ (UniRam, Netafim, Tel Aviv, Israel) y líneas por-

tagoteros separadas 1,5 m entre sí. El trasplante se realizó el 3 de febrero de 2016 con un marco de plantación de 1,5 m entre líneas y 0,5 m entre plantas (1,33 plantas m⁻²), aplicándose las prácticas culturales habituales en la zona. Se evaluó la distribución de agua y sales en un suelo enarenado de textura franco-arcillosa cultivado de tomate y regado con dos densidades de goteros: la habitual en la zona, goteros distribuidos cada 0,5 m en el ramal portagoteros (Testigo, 1,33 goteros m⁻²) y con alta densidad de goteros (ADG), con goteros distribuidos cada 0,25 m en el ramal portagoteros (2,66 goteros m⁻²). Cada tratamiento se repitió en cuatro parcelas elementales con un diseño completamente al azar. La dosis de riego aplicada a ambos tratamientos fue la misma y se calculó con el programa de riego PrHo (©Fundación Cajamar; Fernández *et al.*, 2008) con datos climáticos a tiempo real. Al final del ciclo los aportes de riego fueron de 312 y 309 L m⁻² en el tratamiento Testigo y ADG, respectivamente. El potencial matricial (Y_m) se midió a 0,30 m de profundidad desde la superficie del suelo debajo del gotero (G) en tres bulbos representativos de cada tratamiento con electrotensiómetros (ISRRSU-300 Irrrometer, CA, USA). Las sondas de succión (SSAT, Irrrometer, CA, USA) se instalaron a 0,30 m de profundidad en tres bulbos representativos de cada tratamiento en G, y entre dos goteros consecutivos (EG) de la línea portagoteros (a 0,25 m y 0,12 m del gotero en Testigo y ADG, respectivamente). En la solución del suelo se midió la CE con un conductímetro (modelo básico 30, Crison Instruments SA, Barcelona, España) y la concentración de sodio con LAQUA Twin (Horiba Instruments Inc., California, USA). El estado hídrico del cultivo se caracterizó mediante la medida del potencial hídrico del tallo (Ψ) con una cámara de presión (Soil Moisture Co., CA, EEUU). La productividad del cultivo se midió en ocho plantas por repetición de cada tratamiento. Al final del ciclo se determinó la producción de materia seca (MS) y su reparto en dos plantas por repetición de cada tratamiento.

Resultados y discusión

En general, el Ψ_m fue similar en los dos tratamientos, excepto en algunos períodos, cuando el cultivo regado con ADG presentó valores lige-

ramente más negativos que en el tratamiento Testigo (Gráfico 1), lo que pudo ser debido a que el volumen humedecido por el gotero fuese menor en cultivo con alta densidad de goteros. Al final del ciclo, se aplicaron riegos cada dos días y en los últimos días del ciclo se aplicaron riegos ligeramente deficitarios que originaron potenciales de hasta -61 y -67 kPa en Testigo y ADG, respectivamente. No se observaron diferencias en tratamientos en el estado hídrico del tallo (Ψ_p , datos no mostrados).

Los aportes de agua de riego salina ($1,6 \text{ dS m}^{-1}$), con una concentración relativamente alta de sodio y, sobre todo, de cloruro, produjeron un aumento progresivo e importante de la salinidad (CE_{ss}) del bulbo húmedo del suelo en ambos tratamientos (Gráfico 2a). Ello se debió, sobre todo, a la acumulación de sodio (Gráfico 2b) y cloruro, que tuvo que ocurrir en igual o mayor medida que la de sodio, por su mayor concentración en el agua de riego, como se ha observado en trabajos previos (Cabrera *et al.*, 2016). No se encontraron diferencias significativas en la salinidad (CE_{ss}) ni en la concentración de sodio entre tratamientos debajo de gotero (G), pero sí entre goteros contiguos (0,25EG y 0,12EG en Testigo y ADG, respectivamente), donde fue mayor en el testigo que en el cultivo regado con ADG (Tabla 1). Tampoco se encontraron diferencias, en la producción de materia seca aérea y su reparto, ni en ningún parámetro productivo (Tabla 2). La mayor densidad de goteros a lo largo de la línea portagoteros debió producir una distribución más homogénea de la solución nutritiva a lo largo de la misma, lo que puede explicar que no hubiera acumulación de sales entre goteros. Aumentar la densidad de goteros puede evitar o reducir la acumulación de sales debajo de la línea portagoteros y, con ello, aumentar el volumen de suelo donde las raíces se encuentran en una situación de confort. Sin embargo, como las diferencias en condiciones de salinidad entre tratamientos, aunque significativas, no fueron grandes en términos absolutos (Tabla 1) y, lo más probable es que el sistema radical del cultivo de tomate se haya adaptado a las distintas condiciones hídricas y nutritivas (Sonelvel y Voogt, 1990), por lo que las distintas condiciones de salinidad encontradas no repercutan en el crecimiento y productividad de cultivo.

Gráfico 1. Evolución estacional del potencial matricial (Ψ_m) del suelo en un cultivo de tomate regado con una densidad de goteros normal (testigo) y alta (ADG). En Ψ_m (KPa)

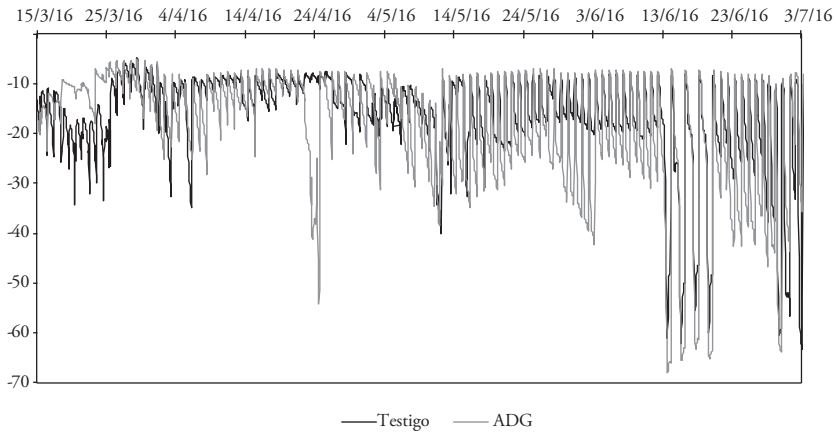


Gráfico 2. Evolución de la conductividad eléctrica (CE_{ss}) y concentración de sodio (Na⁺) de la solución del suelo debajo de gotero (G) y entre goteros colindantes (EG) en un cultivo de tomate regado con una densidad de goteros normal (testigo) y alta (ADG)

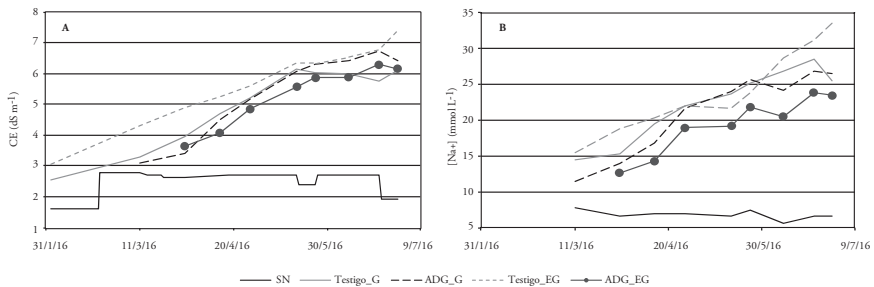


Tabla 1. Conductividad eléctrica media (CEss) y concentración de sodio (Na⁺) de la solución del suelo en un cultivo de tomate regado con densidad normal (testigo) y alta densidad de goteros (ADG) debajo del gotero (G), entre dos goteros consecutivos en la línea portagoteros (0,12EG y 0,25EG en ADG y testigo, respectivamente)

Variable	G		0,12EG y 0,25EG	
CEss (dS m ⁻¹)	5,3 ^a	5,3 ^a	5,3 ^b	5,9 ^a
Na ⁺ (mmol L ⁻¹)	21,1 ^a	22,2 ^a	19,4 ^b	23,8 ^a

* Valores en una columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tabla 2. Materia seca (MS), productividad acumulada total, comercial y número y peso de los frutos comerciales de un cultivo de tomate en un ciclo de primavera-verano (2016) regado con una densidad de goteros normal (testigo) y con alta densidad de goteros (ADG)

Tratamiento	Materia seca			Producción			
	Vegetativa (g m ⁻²)	Reproductiva (g m ⁻²)	Total (g m ⁻²)	Total (g m ⁻²)	Comercial (g m ⁻²)	Frutos m ⁻²	Peso medio fruto (g)
Testigo	724 ^a	888 ^a	1.612 ^a	12.926 ^a	11.164 ^a	83,4 ^a	133,9 ^a
ADG	678 ^a	894 ^a	1.573 ^a	13.504 ^a	11.881 ^a	87,1 ^a	136,4 ^a

* Valores en una columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Agradecimientos

El presente estudio forma parte del proyecto RTA2013-00045-03 cofinanciado por el Ministerio de Economía y Competitividad, a través de INIA y de los Fondos FEDER.

Referencias bibliográficas

- BOCOS, H. (2015): «Caracterización del estado nutritivo y salino de un suelo enarenado franco-arcilloso en un invernadero cultivado de tomate y regado por goteo». *Trabajo fin de Máster*. Universidad de Almería, España.
- CABRERA, F. J.; BONACHELA, S.; FERNÁNDEZ, M. D.; GRANADOS, M. R. y LÓPEZ, J. C. (2016): «Lysimetry methods for monitoring soil solution electrical conductivity and nutrient concentration in greenhouse tomato crops»; *Agric. Water Manage.* (178); pp. 171-179.
- FERNÁNDEZ, M. D.; CÉSPEDES, A. J. y GONZÁLEZ, A. M. (2008): «Programa de riego para cultivos hortícolas en invernadero»; *Documentos técnicos*. Almería, Fundación Cajamar.
- SONNEVELD, C. y VOOGT W. (1990): «Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment»; *Plant and Soil* (124); pp. 251-256.

Gestión del riego en cultivos hortícolas de invernadero Automatización con electrotensiómetros *vs.* programación basada en la evapotranspiración del cultivo

F. Alonso, J. I. Contreras, G. Cánovas y R. Baeza

IFAPA-La Mojonera

Resumen

En áreas que presentan escasez de recursos hídricos resulta imprescindible maximizar la eficiencia en el uso del agua y su productividad. En este trabajo se analiza la gestión del riego automatizado con electrotensiómetros empleando distintas consignas de potencial matricial del suelo y se compara con la programación del riego basada en la evapotranspiración histórica del cultivo (ET_c). El estudio se desarrolló en un invernadero del Centro IFAPA-La Mojonera (Almería) sobre dos cultivos: calabacín (*Cucurbita pepo* L. var. Casiopee) y pimiento (*Capsicum annuum* var. Mazo). En calabacín se establecieron tres tratamientos de riego, C-T1: consigna de potencial matricial de suelo de -10 kPa y dotación de $1,5 \text{ L m}^{-2}$, C-T2: -25 kPa y 2 L m^{-2} y C-T3: -40 kPa y 3 L m^{-2} . En pimiento se establecieron cuatro tratamientos de riego, P-T1, P-T2 y P-T3, con consignas de -10 kPa, -20 kPa y -30 kPa, respectivamente, y dotación de 2 L m^{-2} para todos. El P-T4 recibió lo calculado con la programación del riego basada en la evapotranspiración histórica de cultivo (ET_c). Cada tratamiento contaba con cuatro electrotensiómetros conectados a un programador de riego.

Se determinó el volumen de agua aplicado ($L m^{-2}$), volumen de drenaje ($L m^{-2}$) y producción comercial ($kg m^{-2}$), calculando la eficiencia de uso del agua (EUA) como el agua aplicada por unidad de producción obtenida. En calabacín, C-T2 y C-T3 fueron los que presentaron una mayor EUA. Teniendo en cuenta que la producción comercial de C-T2 fue significativamente superior a la de C-T3, en las condiciones de este ensayo, C-T2 ($-25 kPa$ y $2 L m^{-2}$) fue el que arrojó los mejores resultados. La similitud entre el riego calculado a partir de la ET_c estimada usando datos climáticos medios y el riego aplicado en el C-T3, que redujo la producción de calabacín significativamente, puso de manifiesto que el uso de datos medios meteorológicos históricos para programar el riego no hubiese sido adecuado. En pimiento, considerando criterios de EUA y productividad, la mejor consigna para riego automatizado fue la de P-T2 ($-20 kPa$ y $2 L m^{-2}$). En este último cultivo, el tratamiento programado con la ET_c histórica igualó en resultados a estos dos tratamientos.

Palabras clave: *riego localizado, sensores de humedad de suelo, calabacín, pimiento, eficiencia en el uso del agua.*

Introducción

El uso eficiente del agua se ha convertido en uno de los mayores desafíos de la agricultura del siglo XXI. En particular, en áreas que presentan escasez de recursos hídricos, resulta imprescindible maximizar esta eficiencia y aumentar la productividad del agua. La producción hortícola intensiva desarrollada en la zona litoral de la provincia de Almería, con una superficie invernada de 30.230 hectáreas (CAPDR, 2015), resulta ser eficiente en el uso de este recurso. A pesar de lo anterior, este sistema de producción clave para la economía andaluza ve amenazada su sostenibilidad. Su principal fuente hídrica, de origen subterráneo, presenta un deterioro, en términos de calidad y de cantidad, con una sobre-explotación generalizada y salinización de los acuíferos tanto en las zonas litorales como en las zonas interiores. Este escenario hace imprescindible incrementar la eficiencia en el uso del agua, ya que en algunos cultivos o períodos del ciclo

fenológico se realizan aportes excesivos de agua (Fernández *et al.*, 2007). Una aproximación racional para optimizar la gestión del riego es el uso de controladores automáticos del riego (Romero *et al.*, 2012). El objetivo de este trabajo fue estudiar qué consignas de potencial matricial del suelo permiten maximizar la eficiencia en el uso del agua y aumentar su productividad en los cultivos de calabacín y pimiento en invernadero con control automatizado del riego y comparar esta gestión con la programación del riego clásica basada en la evapotranspiración del cultivo (ET).

Material y métodos

Los ensayos se realizaron en un invernadero tipo Almería de ‘raspa y amagado’ en el Centro IFAPA-La Mojonera (Almería), construido sobre un suelo enarenado artificial, característico de los cultivos hortícolas intensivos del sureste peninsular. El material vegetal implantado en la primera campaña fue un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L. var. Casiopee). El trasplante se realizó el 13 de enero de 2015 a un marco de 1 planta m² y el ciclo finalizó el 1 de junio. A este cultivo le siguió otro de pimiento (*Capsicum annuum* var. Mazo). El trasplante se realizó el 9 de septiembre de 2015 a un marco de 2 plantas m² y el ciclo finalizó el 16 de mayo de 2016. El riego se aplicó mediante un sistema de riego localizado con emisores autocompensantes y antidrenantes de 3 L h⁻¹ y un marco de riego de 2 emisores m². El invernadero cuenta con 12 lisímetros de drenaje de 1 m² de superficie, instalados a 50 cm de profundidad.

En el ensayo de calabacín el diseño experimental establecido fue un diseño en bloques al azar con tres bloques y tres tratamientos. C-T1: consigna de potencial matricial de suelo de -10 kPa y dotación de 1,5 L m⁻², C-T2: -25 kPa y 2 L m⁻² y C-T3: -40 kPa y 3 L m⁻². En el ensayo de pimiento se estableció un diseño en bloques al azar con tres bloques y cuatro tratamientos, P-T1, P-T2 y P-T3 con consignas de -10 kPa, -20 kPa y -30 kPa, respectivamente y dotación de 2 L m⁻² en cada riego para los tres tratamientos y P-T4 recibió lo calculado con la programación del riego basada en la evapotranspiración de cultivo (ET). En ambos cultivos, la activación del riego en los tratamientos de consigna se realizó automática-

mente cuando el electrotensiómetro llegaba al valor umbral establecido en cada tratamiento. La ET_c se estimó usando el *software* de riegos PrHo v 2.0 ©2008 (Fundación Cajamar). Los datos medios de temperatura dentro de invernadero y radiación solar exterior empleados para el cálculo de la ET_c fueron obtenidos a partir de las series de datos históricos de la Estación Experimental Cajamar (15 años de datos) y la Estación de La Mojonera de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (10 años de datos), respectivamente. En cada tratamiento se colocaron cuatro electrotensiómetros (Irrrometer Co, inc. Riverside, CA, USA) instalados a 15 cm de profundidad por debajo de la capa de arena (zona radicular) y a 15 cm de la planta y del gotero. Todos los tensiómetros estaban acoplados a un transductor electrónico que transfería los datos a un equipo de control (Sistema Red Himarcán®). Cada tratamiento de riego, salvo el P-T4, era activado con un tensiómetro electrónico, el resto se empleaban para registrar medidas del potencial matricial del suelo. Se realizaron determinaciones del volumen de agua aplicada contabilizada por contadores volumétricos ($L m^{-2}$), volumen de drenaje ($L m^{-2}$) y producción comercial ($kg m^{-2}$), calculando la eficiencia de uso del agua (EUA) como el agua aplicada por unidad de producción obtenida.

Resultados y discusión

En calabacín, los volúmenes de agua aplicados en los tratamientos fueron muy diferentes entre sí. Los resultados muestran un consumo gradual en función del potencial matricial del suelo, de manera que cuanto menor nivel de humedad presentó el suelo menor fue el consumo de agua (Tabla 1). Este consumo estuvo asociado al mayor desarrollo vegetativo que mostraron los tratamientos con mayor nivel de humedad. Por tanto, el tratamiento C-T3 con una consigna de -40 kPa presentó el menor volumen de agua aplicado, $272 L m^{-2}$. Comparando este valor con la ET_c estimada usando datos climáticos medios, $264 L m^{-2}$, se observa que sí se hubiera programado un tratamiento aplicando la ET_c los aportes de agua habrían sido muy similares en ambos tratamientos (Gráfico 1a). Las curvas de evolución de los riegos aplicados a lo largo del ciclo de cultivo muestran

que esta similitud entre el riego aplicado con C-T3 y la ET_c estimada se produjo durante todo el desarrollo del cultivo (Gráfico 1a). La evolución de los volúmenes de agua aplicados en los tres tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo mostró curvas paralelas (Gráfico 1a). Durante el ciclo de cultivo no se produjo drenaje en ninguno de los tratamientos. Previamente al trasplante y al finalizar el cultivo se realizaron dos riegos de hidratación hasta superar el punto de saturación del suelo recogiendo un volumen significativo de drenaje en todos los lisímetros. La aplicación de los diferentes tratamientos de riego tuvo un claro efecto sobre la producción. El tratamiento que activó el riego a -40 kPa (C-T3) redujo significativamente la producción en un 23 % con respecto al que activó el riego a -10 kPa (C-T1) y en un 14 % con respecto al que activó el riego a -25 kPa (C-T2). Las diferencias entre los tratamientos C-T1 y C-T2 fueron del 10 % (Tabla 1). La mayor eficiencia en el uso del agua (EUA) se obtuvo con C-T2 y C-T3 (Tabla 1). Si bien, C-T2 en términos productivos fue significativamente superior a C-T3, por lo que, en las condiciones de este ensayo, se puede concluir que C-T2 (-25 kPa y dotación de 2 L m^{-2}) fue el que arrojó los mejores resultados. A la vista de estos resultados, la similitud entre el riego calculado a partir de la ET_c estimada usando datos climáticos medios y el riego aplicado en el C-T3, que redujo la producción de calabacín significativamente, puso de manifiesto que el uso de datos medios meteorológicos históricos para programar el riego no hubiese sido adecuado. Esto se debió a que la campaña de estudio presentó una radiación y temperaturas diarias superiores a la media en buena parte del ciclo de cultivo (datos no mostrados). Esta aproximación será válida siempre y cuando los valores de evapotranspiración estimados no se alejen de los reales tal y como afirman Bonachela *et al.* (2006).

En pimiento, el tratamiento que recibió la mayor cantidad de agua fue P-T1 (-10 kPa) con 508 L m^{-2} . Le siguieron los tratamientos P-T2 (-20 kPa) y P-T4 (ET_c) con un 24 % y un 27 % menos, respectivamente. Finalmente, el tratamiento P-T3 (-30 kPa) recibió la menor cantidad de agua, casi un 40 % menos que P-T1 (Tabla 1). En ninguno de los tratamientos se registró drenaje. La evolución de los volúmenes de agua aplicados a lo largo del ciclo de cultivo mostró curvas divergentes entre los tratamientos

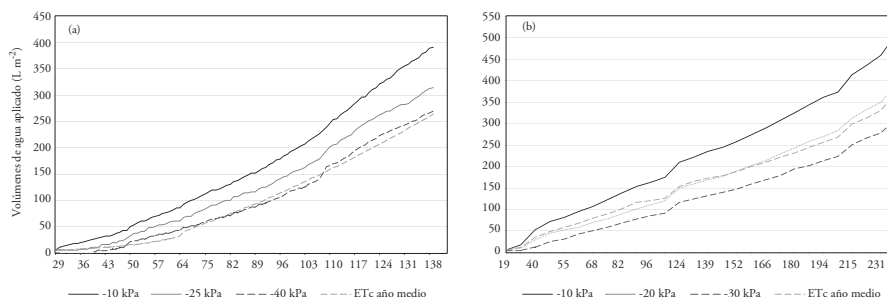
con control automatizado del riego. La curva del P-T4, tratamiento programado a partir de la ET_c estimada a partir de los datos climáticos medios, prácticamente se superpuso a la correspondiente al P-T2 (-20 kPa) (Gráfico 1b). La producción fue significativamente inferior en el tratamiento P-T3, no existiendo diferencias entre los demás tratamientos (Tabla 1). Los tratamientos con control automático del riego que presentaron una mayor EUA fueron P-T2 y P-T3. El tratamiento programado con la ET_c , igualó el valor de estos tratamientos (Tabla 1). A la luz de estos resultados, el tratamiento P-T2, con consigna de activación del riego -20 KPa presentó el mejor resultado para el cultivo de pimiento.

Tabla 1. Producción comercial, riego aplicado y eficiencia en el uso del agua (EUA) obtenidos para cada tratamiento en los cultivos de calabacín y pimiento

Cultivo	Tratamientos	Producción comercial (kg m ⁻²)	Riego aplicado (L m ⁻²)	EUA (kg m ⁻³)
Calabacín	C-T1	16,6 ^a	390	42,6 ^b
	C-T2	14,9 ^b	315	47,3 ^a
	C-T3	12,8 ^c	272	47,1 ^a
Pimiento	P-T1	9,8 ^a	508	19,3 ^b
	P-T2	9,3 ^a	387	24,0 ^a
	P-T3	7,8 ^b	312	25,0 ^a
	P-T4	8,8 ^{ab}	372	23,6 ^a

^a Letras diferentes en la misma columna y cultivo indican diferencias significativas con una $p \leq 0,05$.

Gráfico 1. Volúmenes de agua aplicados en cada tratamiento de riego a lo largo del ciclo de cultivo de calabacín (a) y pimiento (b). En L m⁻²



La gestión del riego automatizado con tensiómetros ha resultado ser una herramienta eficaz comparándola con la programación clásica del riego basada en la evapotranspiración del cultivo (ETc).

Referencias bibliográficas

- BONACHELA, S.; GONZÁLEZ, A. M. y FERNÁNDEZ, M. D. (2006): «Irrigation scheduling of plastic greenhouse vegetable crops based on historical weather data»; *Irrig. Sci.* 25(1); pp. 53-62.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL (CAPDR) (2015): «Boletín Final. Avance de la Valoración de Campaña 2014/15»; *Hortalizas protegidas*. Almería; pp. 36.
- FERNÁNDEZ, M. D.; GONZÁLEZ, A. M.; CARREÑO, J.; PÉREZ, C. y BONACHELA, S. (2007): «Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean Greenhouses»; *Agr. Water Manage.* (89); pp. 251-260.
- ROMERO, R.; MURIEL, J. L.; GARCÍA, I. y MUÑOZ DE LA PEÑA, D. (2012): «Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results»; *Agr. Water Manage.* (114); pp. 59-66.

Manejo de un agua de calidad mediocre en recirculación

J. J. Magán, M. D. Fernández, D. Meca y J. C. López

Estación Experimental Cajamar

Resumen

El uso de agua sin una excelente calidad en sistemas de cultivo sin suelo cerrados origina la acumulación de sales nocivas para el cultivo en la solución nutritiva recirculante, lo que obliga a descartar parcialmente dicha solución con el fin de evitar que se produzcan pérdidas productivas. Sin embargo, esto puede conllevar a la emisión al medioambiente de cantidades significativas de nutrientes, de forma que se plantea una estrategia de manejo alternativa consistente en el seguimiento diario de la concentración de los nutrientes más críticos (nitratos y potasio) en la solución recirculante haciendo uso de electrodos selectivos, realizándose el descarte únicamente cuando alguno de ellos alcanza una baja concentración (≈ 15 ppm). La viabilidad de dicha estrategia se estudió durante un ciclo largo de tomate cultivado en sistema hidropónico NGS utilizando un agua de riego con una conductividad eléctrica de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ y una concentración de sodio y cloruros de $5,9$ y $12,3 \text{ mM L}^{-1}$, respectivamente. Se comprobó que es posible obtener una producción satisfactoria con un mínimo descarte de agua ($15,6$ % del agua total gastada) y nutrientes ($4,4$, $7,8$ y $2,7$ % del gasto total de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente) y alcanzar valores de eficiencia de uso de los nutrientes superiores incluso a los obtenidos en estudios anteriores, en los que se recirculaba la solución nutritiva utilizando agua de excelente calidad.

Palabras clave: *cultivo sin suelo, Solanum lycopersicum, salinidad, sistema cerrado, tomate.*

Introducción

Uno de los principales factores limitantes para la implantación de los sistemas de cultivo sin suelo cerrados, en el sureste peninsular es la insuficiente calidad del agua de riego disponible, la cual tiende a provocar una acumulación excesiva de sales nocivas en la solución recirculante.

Se denomina concentración de absorción a la relación entre la cantidad absorbida por la planta de un nutriente y la correspondiente a agua (Sonneveld, 2000). Se ha comprobado que el aumento de la concentración de sodio y cloruros a nivel radical incentiva su absorción (Malorgio *et al.*, 2001; Magán *et al.*, 2005). Por tanto, la acumulación de sales en la solución recirculante tendrá lugar hasta un nivel en el cual la concentración de absorción del ion que resulta limitante sea igual a su concentración en el agua de riego, momento a partir del cual permanecerá estable (Savvas *et al.*, 2005). Sin embargo, para alcanzar este estado estacionario puede ser necesaria una acumulación excesiva de sales. Magán *et al.* (2005) determinaron que la concentración de absorción correspondiente al sodio para una concentración de dicho ion en raíz de 25 mM L^{-1} (que se puede considerar como un límite máximo aceptable en tomate) se sitúa en unos 2 mM L^{-1} en tomate larga vida. Dado que la mayoría de las aguas de riego disponibles en el sureste español (incluida el agua de mar desalada) tiene una concentración de sodio superior a dicho valor, va a ser necesario descartar parte de la solución recirculante con el fin de evitar que se produzcan pérdidas productivas. Sin embargo, dicho descarte puede implicar pérdidas de nutrientes significativas (Magán *et al.*, 2001).

Massa *et al.* (2010) evaluaron diferentes estrategias de manejo de la solución recirculante con el objetivo de minimizar las pérdidas haciendo uso de un agua de riego con una conductividad eléctrica (CE) de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ y una concentración de NaCl de $9,5 \text{ mM L}^{-1}$, consiguiendo resultados muy interesantes. La mayor eficiencia de uso del nitrógeno la obtuvieron completando el tanque de recirculación para ir reponiendo el agua absorbida

por el cultivo con una solución de CE variable que permitía mantener una CE de consigna en la solución recirculante de 3 dS m^{-1} ; dado que se producía una acumulación progresiva de NaCl, la CE y las concentraciones de macronutrientes de la solución de reposición tendían a disminuir progresivamente, lo que provocaba el consumo paulatino de nutrientes en la solución recirculante, hasta que el contenido de N-NO_3 bajaba de $1,0 \text{ mM L}^{-1}$, momento en el que se descartaba dicha solución. Sin embargo, los mejores resultados en términos de uso de agua y drenaje los obtuvieron compensando la absorción de agua con la adición de una solución nutritiva con concentraciones de macronutrientes aproximadamente iguales a las correspondientes concentraciones de absorción del cultivo, hasta alcanzar una CE en la solución recirculante de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ debido a la acumulación de NaCl, momento a partir del cual se pasaba a manejar como en la estrategia anterior.

El objetivo del presente estudio fue comprobar la viabilidad y evaluar una estrategia combinada de las dos propuestas por Massa *et al.* (2010), haciendo uso de ácido nítrico en vez de sulfúrico para el control del pH, dadas las dificultades de manejo que entraña este último.

Material y métodos

El ensayo se realizó en un invernadero multicapilla con cubierta de plástico tensado y control pasivo del clima en la Estación Experimental Cajamar (El Ejido, Almería, latitud $36^\circ 48' \text{ N}$; $2^\circ 43' \text{ O}$, altitud 151 m). Se cultivó tomate (*Solanum lycopersicum* L. cultivar 'Valkirias') injertado sobre 'Multifort', que fue trasplantado el 16 de septiembre de 2014 y se mantuvo hasta el 25 de mayo de 2015. La densidad de plantación establecida fue de $1,56 \text{ plantas/m}^2$, dejando 2 tallos por planta, aunque el 17 de noviembre se despuntó uno de cada tres tallos.

El cultivo se llevó a cabo en sistema hidropónico recirculante NGS (NGS, Almería, España), con canales dispuestos a una separación de 1,6 m y con una pendiente del 2 % para facilitar la evacuación del drenaje, el cual era recogido en un depósito colector, donde se llevaba a cabo la incorporación al sistema de agua y fertilizantes para reemplazar las absorciones

del cultivo. Para ello existía una boya que, al descender, permitía la entrada de agua exterior. Asimismo, en la tubería de impulsión al cultivo de la solución nutritiva existían unas sondas de conductividad eléctrica (CE) y pH, de forma que, cuando los valores medidos se situaban por debajo o por encima respectivamente de las consignas indicadas al controlador de riego, este accionaba las electroválvulas de los tanques de fertilización correspondientes (las de los tanques A/B en función de la CE y la del tanque de ácido nítrico en función del pH), lo que permitía que las soluciones madre cayesen por gravedad desde dichos tanques hasta el depósito colector y se mezclasen con la solución recirculante.

El agua de riego utilizada en el ensayo tenía una CE de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, destacando su contenido en cloruros ($12,3 \text{ mM L}^{-1}$) y sodio ($5,9 \text{ mM L}^{-1}$) (Tabla 1). Para el manejo de la solución recirculante, todos los días laborales se medía manualmente su concentración en nitratos y potasio mediante electrodos selectivos (LaquaTwin, Horiba, CA, EEUU). Cuando se partía de solución recirculante nueva, se establecía una consigna de CE de 3 dS m^{-1} , hasta que alguno de los dos iones anteriores alcanzaba una concentración en torno a 15 ppm, momento en el que se subía la CE de consigna a 4 dS m^{-1} . Al volver a descender el contenido en nutrientes, se renovaba la solución recirculante. No obstante, durante las primeras seis semanas de cultivo se permitió que la CE aumentara hasta 5 dS m^{-1} y en invierno hasta $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Si se preveía que la bajada de nutrientes se iba a producir durante el fin de semana, la actuación se llevaba a cabo el día anterior.

Tabla 1. Composición iónica del agua de riego utilizada en el ensayo. En mM L^{-1}

NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-	HCO_3^-	Cl	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0,2	0	0,4	3,0	12,3	0,1	2,2	2,9	5,9

Con el fin de hacer un seguimiento de la composición de la solución recirculante, cada vez que se tiraba o aumentaba la CE de consigna, así como los lunes aunque no se realizara ninguna actuación, se tomaba una muestra de dicha solución tanto antes como después de la actuación y se analizaba

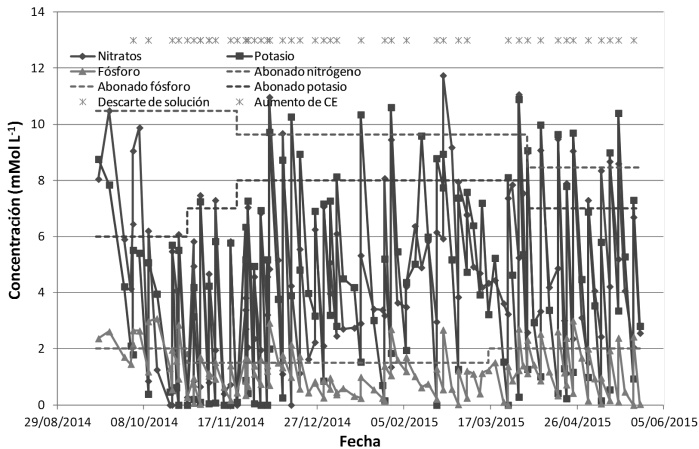
en laboratorio. El volumen de solución descartada se medía mediante contador. Asimismo, diariamente se medía el volumen de agua nueva aportada al sistema mediante la lectura de otro contador. Finalmente, se anotaba la cantidad de fertilizantes aportados a los tanques de solución madre.

La producción de fruto se controló en cada recolección en un total de 10 repeticiones de 3 plantas cada una.

Resultados y discusión

La evolución durante el ensayo de la CE de la solución recirculante se muestra en el Gráfico 1. Se observa que este parámetro sufrió frecuentes oscilaciones, generalmente entre 3 y 4 dS m⁻¹, como consecuencia del manejo efectuado. No obstante, esto no repercutió negativamente sobre la producción por la aparición de frutos rajados. La producción comercial acumulada al final del experimento fue de 22,7 kg m⁻², que puede considerarse adecuada para la zona.

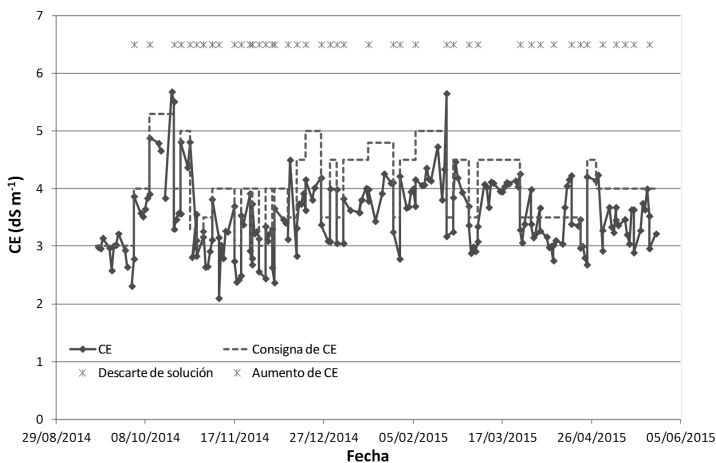
Gráfico 1. Evolución de la conductividad eléctrica de la solución recirculante durante el ensayo, así como de la consigna establecida en el controlador de riego



* Se indican los momentos en los que se descartó la solución recirculante, así como en los que se aumentó la consigna de conductividad.

La concentración de los nutrientes principales también osciló notablemente (Gráfico 2). No obstante, se observa que fue la de potasio la que determinó habitualmente el momento del descarte, a diferencia de las experiencias llevadas a cabo por Massa *et al.* (2010), en las que era el nitrato el nutriente limitante. Este diferente comportamiento se debió al hecho de que el ajuste del pH de la solución recirculante se realizaba mediante la adición de ácido nítrico en el presente ensayo, en vez de ácido sulfúrico como en el estudio citado, lo que suponía aportar una cantidad adicional de nitrógeno con respecto al potasio y que, por tanto, la concentración de este último descendiera más rápidamente que la del primero. Cabe destacar que no se observó un desarrollo anormal del cultivo a pesar de las bajas concentraciones de nutrientes periódicamente alcanzadas. Esto se explicaría por la capacidad de la planta para movilizar su reserva de nutrientes (del Amor y Marcellis, 2004; Richard-Molard *et al.*, 2008), la cual se repondría al renovar la solución recirculante y aumentar la concentración de nutrientes.

Gráfico 2. Evolución de la concentración de nitratos, fosfatos y potasio en la solución recirculante durante el ensayo, así como de la concentración fijada de cada uno de dichos nutrientes para el cálculo de las soluciones madre



* Se indican los momentos en los que se descartó la solución recirculante, así como en los que se aumentó la consigna de conductividad.

La cantidad total de agua gastada en el ciclo fue $6.053 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, de la cual $946 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ correspondieron al agua descartada del sistema cerrado. Por tanto, dicho descarte supuso tan solo el 15,6 % del total, valor que resulta notablemente inferior al 40 % que se manejaría en un sistema a solución perdida con la calidad de agua disponible. La eficiencia de uso del agua fue de $37,5 \text{ g L}^{-1}$, valor algo inferior al obtenido en ensayos de recirculación anteriores empleando agua de excelente calidad (al menos 40 g L^{-1}) en los que apenas fue necesario el descarte de solución recirculante (Magán *et al.*, 1999; Magán *et al.*, 2001), pero superior al alcanzado a solución perdida (en torno a 30 g L^{-1}) (López-Gálvez *et al.*, 1994; Magán *et al.*, 1999).

La cantidad total aportada mediante fertilizantes de los macronutrientes principales, así como la eficiencia que se obtuvo de los mismos, se muestra en la Tabla 2. Se observa que el porcentaje de nitrógeno descartado fue algo inferior al 5 %, valor comparable al obtenido en ensayos de recirculación previos manejando agua de excelente calidad (Magán *et al.*, 1999; Magán *et al.*, 2001). Las pérdidas de potasio resultaron incluso inferiores (2,7 % en el global del ciclo), lo cual resulta lógico ya que fue el nutriente limitante. De los tres macronutrientes principales el que sufrió un mayor descarte fue el fósforo (7,8 %), debido a que se ajustaba una concentración del mismo en las soluciones madre relativamente alta ($1,5\text{-}2 \text{ mM L}^{-1}$) en comparación con la de nitrógeno o potasio (Gráfico 2). El objetivo era evitar que el fósforo resultase el nutriente limitante ya que no se disponía de un electrodo selectivo para su control, aunque ello implicó aceptar una pérdida del mismo ligeramente mayor.

Tal como se observa en la Tabla 2, la eficiencia de uso obtenida para estos macronutrientes ha sido muy alta en comparación con estudios anteriores, resultando incluso mayor que cuando se utilizó agua de excelente calidad en recirculación. Esto se explicaría por la baja concentración de nutrientes periódicamente alcanzada en la solución recirculante, la cual limitaría su absorción, reduciéndose así el consumo de lujo pero sin llegar a afectar el desarrollo del cultivo.

A la vista de los resultados obtenidos puede decirse que la estrategia planteada de manejo de la solución nutritiva permite alcanzar un aprovechamiento excelente del agua y los nutrientes cuando se utilizan aguas de

calidad mediocre en recirculación, aunque exige la medida diaria de la concentración de dichos nutrientes. El desarrollo de tecnología que permita la realización automática de esta medida facilitará la implantación de la estrategia a nivel comercial.

Tabla 2. Cantidad total de cada uno de los macronutrientes principales (N, P₂O₅ y K₂O) aportados mediante fertilizantes durante el ensayo, relación entre dichas cantidades referidas a la correspondiente al nitrógeno, porcentaje que suponen los nutrientes eliminados con el descarte de la solución recirculante respecto a la cantidad total aportada de los mismos mediante fertilizantes, y eficiencia de uso de los nutrientes aportados mediante fertilizantes en relación a la producción obtenida

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Aporte total de nutrientes mediante fertilizantes (UF ha ⁻¹)	764	426	1.194
Relación entre macronutrientes aportados mediante fertilizantes	1,00	0,56	1,56
Descarte de nutrientes respecto al total aportado mediante fertilizantes (%)	4,40	7,80	2,70
Eficiencia de uso de los nutrientes aportados mediante fertilizantes (kg UF ⁻¹)	297	533	190
Eficiencia en Magán <i>et al.</i> (1999) con recirculación (kg UF ⁻¹)	276	400	154
Eficiencia en Magán <i>et al.</i> (1999) sin recirculación (kg UF ⁻¹)	156	278	98
Eficiencia en Magán <i>et al.</i> (2001) con recirculación y agua buena (kg UF ⁻¹)	304	404	174
Eficiencia en Magán <i>et al.</i> (2001) con recirculación y agua mediocre (kg UF ⁻¹)	248	373	152

* Se incluyen datos de eficiencia obtenidos en estudios previos para su comparación.

Referencias bibliográficas

- DEL AMOR, F. M. y MARCELIS, L. F. M. (2004): «Regulation of K uptake, water uptake, and growth of tomato during K starvation and recovery»; *Sci. Hortic.* (100); pp. 83-101.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, J.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. C.; SEGOVIA, C.; BRETONES, F.; GALLEGO, A.; CASTAÑÓN, G.; NAREDO, J. M. y DÍAZ-ÁLVAREZ, J. R. (1994): «Primeros resultados del programa de demostración dirigido a comparar el enarenado frente a otros sustratos en los invernaderos de Almería»; *Cuadernos de divulgación. Monografías sobre proyectos* (11). Almería, FIAPA.
- MAGÁN, J. J.; ROMERA, M. P.; CÁNOVAS, F. y FERNÁNDEZ, E. J. (1999): «Ahorro de agua y nutrientes mediante un sistema de cultivo sin suelo con reúso del drenaje en tomate larga vida». Murcia, XVII Congreso Nacional de Riegos, 11-13 de mayo; pp. 186-193.
- MAGÁN, J.J., MORENO, N., MECA, D. y CÁNOVAS, F. (2001): «Empleo de dos aguas de diferente conductividad eléctrica en un sistema de cultivo sin suelo con reúso del lixiviado»; *Actas de Horticultura* (29); pp. 563-570.
- MAGÁN, J. J.; CASAS, E.; GALLARDO, M.; LORENZO, P. y THOMPSON, R. B. (2005): «Uptake concentrations of a tomato crop in different salinity conditions»; *Acta Horticulturae* (697); pp. 365-369.
- MALORGIO, F.; INCROCCI, L.; CARMASSI, G.; PARDOSSI, A. y TOGNONI, F. (2001): «Accumulo di sali (NaCl) e consumo minerale in pomodoro coltivato in sistemi idroponici a ciclo chiuso»; *Italus Hortus* 8(6); 43-48.
- MASSA, D.; INCROCCI, L.; MAGGINI, R.; CARMASSI, G.; CAMPIOTTI, C. A. y PARDOSSI, A. (2010): «Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomato»; *Agricultural Water Management* (97); pp. 971-980.
- RICHARD-MOLARD, C.; KRAPP, A.; BRUN, F.; NEY, B.; DANIEL-VEDELE, F. y CHAILLOU, S. (2008): «Plant response to nitrate starvation is determined by N storage capacity matched by nitrate uptake capacity in two Arabidopsis genotypes»; *J. Exp. Bot.* (59); pp. 779-791.

- SAVVAS, D.; PAPPA, V. A.; GIZAS, G. y MAGLARAS, L. (2005): «Influence of NaCl concentration in the irrigation water on salt accumulation in the root zone and yield in a cucumber crop grown in a closed hydroponic system»; *Acta Horticulturae* (697); pp. 93-99.
- SONNEVELD, C. (2000): «Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture»; *PhD thesis*. Universidad de Wageningen; pp. 151.

Mejora de la eficiencia del enriquecimiento carbónico en invernadero mediterráneo mediante su cese anticipado en el ciclo de cultivo de pimiento

M. E. Porras, P. Lorenzo, E. Medrano, M. J. Sánchez-González y M. C. Sánchez Guerrero

IFAPA-La Mojonera

Resumen

En los invernaderos del litoral mediterráneo ha sido probada la efectividad del aporte de CO₂ al aire vinculado a la ventilación como método para mejorar notablemente la producción de diferentes cultivos hortícolas. No obstante, hay evidencias de que a largo plazo se produce aclimatación fotosintética del cultivo frente a dicha aplicación que representa una pérdida de la estimulación inicial. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta productiva frente al cese anticipado del enriquecimiento carbónico en base a la presencia del proceso de aclimatación. Se comparó un cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivar ‘Melchor’ desarrollado en dos invernaderos con aporte de CO₂ vinculado a la ventilación, en uno de los cuales se aplicó durante todo el ciclo mientras que en el otro se suprimió transcurridos 130 días. Los resultados mostraron que no hubo un efecto significativo sobre la producción si bien se redujo considerablemente el gasto de CO₂ de manera que mejoró su eficiencia.

Palabras clave: CO₂, aclimatación, producción.

Introducción

Diferentes estudios han permitido demostrar la eficacia del enriquecimiento carbónico vinculado a la ventilación del invernadero para mejorar la producción de cultivos hortícolas en condiciones de clima mediterráneo (Sánchez-Guerrero *et al.*, 2005; Alonso, 2011). No obstante, los resultados indican que a largo plazo se produce una reducción de la respuesta productiva que reduce la eficiencia de la aplicación. Esta limitación podría relacionarse con el proceso de aclimatación fotosintética inicial (Porras *et al.*, 2015). Dicho proceso supone una reducción de la capacidad fotosintética por unidad de área foliar y es habitual en plantas sometidas de manera continua durante días o semanas a una concentración elevada de CO₂ (Moore *et al.*, 1999). El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta productiva de un cultivo de pimiento cultivar ‘Melchor’ frente al cese anticipado del enriquecimiento carbónico en base de la presencia de aclimatación.

Material y métodos

El experimento se desarrolló en el Centro IFAPA-La Mojonera de Almería en dos invernaderos multitúnel de 720 m² cada uno, con orientación este-oeste y equipados con ventilación lateral y cenital, calefacción, sistema de sombreo móvil exterior y sistema de aporte de CO₂ puro al aire. La gestión de estos equipos se realizó mediante un controlador de clima (CDC, INTA SL). En el interior de los invernaderos se registraron de manera continua las condiciones ambientales: radiación (Piranómetro SP1110, Sky Instruments), temperatura y humedad (HMP45C, Vaisala) y CO₂ (GMD20, Vaisala).

Se llevó a cabo un cultivo de pimiento ‘Melchor’ durante un ciclo de otoño-invierno (5/08/2014 - 15/03/2015), con una densidad de 2,5 plantas m⁻² que se podaron para dejar 2 tallos con un único fruto por nudo, guiados verticalmente. El cultivo se desarrolló en contenedores de 20 L con perlita. La solución nutritiva se aportó a través de 1 emisor de 3 L h⁻¹ por contenedor, con control mediante un equipo de fertirrigación (CDN, INTA SL).

A partir de los 15 días desde el trasplante (ddt) comenzó el aporte de CO₂ puro en el aire de los dos invernaderos de estudio. La aplicación se realizó durante el período diurno para mantener una concentración en el aire del invernadero de 800 μmol mol⁻¹ cuando las ventanas permanecían cerradas y la concentración ambiental (380 μmol mol⁻¹) cuando la apertura de las mismas era superior al 30 % (Sánchez-Guerrero *et al.*, 2005). En uno de los invernaderos, el enriquecimiento carbónico del aire se realizó hasta el final del ciclo de cultivo mientras que en el otro se suprimió una vez transcurridos 130 días de aplicación, de acuerdo a la fase en la que resultados previos indicaban la presencia de aclimatación a alta concentración de CO₂ (Porras *et al.*, 2015).

La producción de fruto (peso fresco) se cuantificó semanalmente, clasificada en comercial y no comercial, en 6 repeticiones de cada tratamiento formadas por 12 plantas cada una. Los frutos se recolectaron en estado de madurez comercial en rojo, salvo en la última recolección que se cosecharon también los frutos verdes de tamaño comercial. Se llevó a cabo un diseño estadístico de un solo factor: Enriquecimiento de CO₂, con dos niveles: durante el ciclo completo (E_{CO2} - C) y parcial (E_{CO2} - P). El análisis de los datos se realizó mediante el programa estadístico Statistix 9.0. Para la discriminación de medias se utilizó el método de mínima diferencia significativa (LSD) con nivel de confianza del 95 %.

Se cuantificó el gasto diario de CO₂ realizado en ambos invernaderos, en base a los registros en el controlador de clima del tiempo de activación de la aplicación y del caudal de salida del gas.

Resultados y discusión

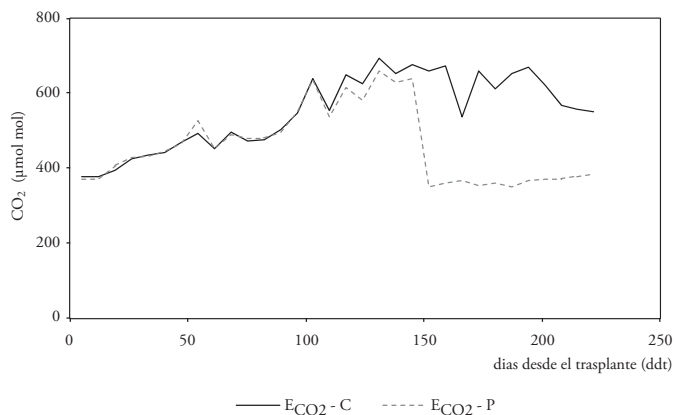
La radiación, temperatura y humedad fueron similares en los dos invernaderos de estudio (Tabla 1). Durante los primeros 145 días de cultivo se realizó el mismo aporte de CO₂ en ambos invernaderos (4,8 kg CO₂ m⁻²) manteniéndose en el aire una concentración diurna similar (Fig. 1), con medias del período de 516 y 508 μmol mol⁻¹ en E_{CO2} - C y E_{CO2} - P, respectivamente. Posteriormente, el cese del aporte en el tratamiento E_{CO2} - P

significó una reducción media del 38 % en la concentración media diurna respecto a la de $E_{CO_2} - C$ durante las 10 últimas semanas del experimento.

Tabla 1. Integral de radiación global incidente y media de la temperatura y del DPV registrados durante el experimento en los invernaderos con enriquecimiento de CO_2 durante todo el ciclo ($E_{CO_2} - C$) y parcial ($E_{CO_2} - P$)

	Radiación global ($MJ m^{-2}$)	Temperatura ($^{\circ}C$)	DPV (kPa)
$E_{CO_2} - C$	2.048	19,0	0,7
$E_{CO_2} - P$	2.056	19,2	0,7

Gráfico 1. Evolución de la media semanal de la concentración diurna de CO_2 registrada en el aire de los invernaderos con enriquecimiento carbónico en el ciclo completo ($E_{CO_2} - C$) y parcial ($E_{CO_2} - P$). En $\mu mol mol^{-1}$



La evolución de la producción total y comercial a lo largo del experimento fue similar en los dos invernaderos (Gráfico 2). El cese del enriquecimiento carbónico no afectó significativamente a la producción final (Tabla 2). Estos resultados ponen de manifiesto la pérdida a largo plazo en la capacidad de respuesta del cultivo al aumento de la concentración de CO_2 , posiblemente relacionada con el proceso de aclimatación fotosintética (Porras *et al.*, 2015).

Gráfico 2. Evolución de la producción total (a) y comercial (b), acumulada a lo largo del experimento en los cultivos con enriquecimiento durante todo el ciclo (E_{CO_2-C}) y parcial (E_{CO_2-P}). Las flechas indican el momento del cese del aporte de CO_2 en el invernadero E_{CO_2-P} . En $kg\ m^{-2}$

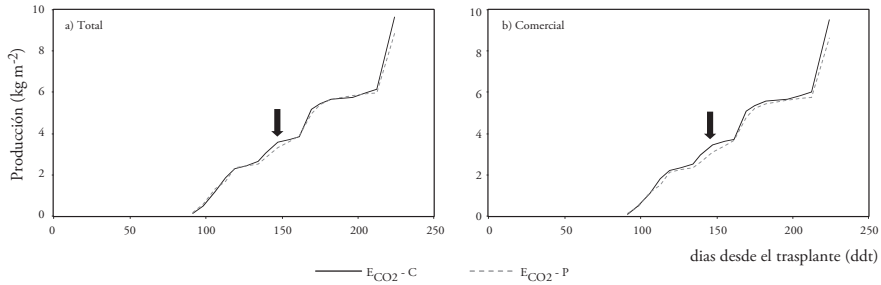


Tabla 2. Producción acumulada total y comercial al final del experimento. $kg\ m^{-2}$

	Producción total ($kg\ m^{-2}$)	Producción comercial ($kg\ m^{-2}$)	Gasto total CO_2 ($kg\ m^{-2}$)
E_{CO_2-C}	9,6	9,5	7,1
E_{CO_2-P}	8,9	8,6	4,8
	ns	ns	

* ns indica ausencia de diferencias significativas a $p \leq 0,05$.

El enriquecimiento carbónico parcial supuso una reducción del gasto total de CO_2 de $2,24\ kg\ m^{-2}$ (Tabla 2). La reducción del período de aplicación de CO_2 sin afectar negativamente a la producción del cultivo aumentó la eficiencia global de la técnica. La ratio entre la producción comercial obtenida y el gasto de CO_2 mejoró un 34 % en E_{CO_2-P} respecto a E_{CO_2-C} .

Los resultados obtenidos muestran la posibilidad de mejorar la estrategia de aplicación del enriquecimiento carbónico en condiciones mediterráneas. El cese anticipado del aporte de CO_2 , en base al conocimiento de la fase en la que se reduce su efectividad debido al fenómeno de aclimatación, permite una mejora sustancial de la eficiencia de dicha técnica.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por INIA (Proyectos: RTA2006-00050-00-00 y RTA2011-00026-C02-02), Fondos FEDER e IFAPA. Las empresas Carbuos Metálicos y Zeraim Ibérica SA han financiado respectivamente la aportación del CO₂ y las semillas de pimiento 'Melchor'.

Referencias bibliográficas

- ALONSO, F. J. (2011): «Efecto del enriquecimiento carbónico sobre la bioproductividad y la absorción hídrica y mineral del cultivo de pimiento»; *Tesis doctoral*. Universidad de Almería; pp. 179.
- MOORE, B. D.; CHENG, S. H.; SIMS, D. y SEEMANN, J. R. (1999): «The biochemical and molecular basis for photosynthetic acclimation to elevated atmospheric CO₂»; *Plant, Cell and Environment* (22); pp. 567-582.
- PORRAS, M. E.; MEDRANO, E.; LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M. J.; BAEZA, E. J. y SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C. (2015): «Sweet pepper acclimation to variable CO₂ supply in a Mediterranean greenhouse. Greensys 2015»; *International Symposium on New Technologies and Management for greenhouses*. Évora. (Acta Hort. en prensa).
- SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C.; LORENZO, P.; MEDRANO E.; BAILLE, A. y CASTILLA, N. (2005): «Effect of variable CO₂ enrichment on greenhouse production in Mild Winter climates»; *Agricultural and Forest Meteorology* (132); pp. 244-252.

Efecto de la aplicación de distintos retardadores de crecimiento en el cultivo de la chufa

N. Pascual-Seva, A. Valldecabres, J. F. Torres, A. San Bautista, S. López-Galarza, J. V. Maroto y B. Pascual

Universitat Politècnica de València

Resumen

Uno de los principales accidentes que afectan al cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) es el encamado precoz de las plantas. Dada la gran longitud de las hojas y la ausencia de verdaderos tallos, el encamado es debido al elevado crecimiento de las mismas, favorecido a su vez por una elevada fertilización nitrogenada, y también a factores climatológicos como la lluvia y el viento, repercutiendo negativamente en el rendimiento. Con el fin de reducir y/o retrasar el encamado de las plantas, y consecuentemente incrementar su rendimiento, se ha ensayado la aplicación de cinco retardadores de crecimiento, inhibidores de la síntesis de giberelinas: chlormequat, mepiquat, paclobutrazol, prohexadiona-cálcica y trinexpac-ethyl. En el momento del máximo desarrollo del sistema aéreo, las plantas tratadas con paclobutrazol presentaban menor altura (75 cm; $p \leq 0,01$) y un mayor número de rebrotes (622 rebrotes m^{-1} ; $p \leq 0,01$) que el tratamiento control (93,3 cm y 139 rebrotes m^{-1} , respectivamente). En el último muestreo realizado, antes del secado del sistema aéreo (6 octubre 2016), las plantas tratadas con paclobutrazol mostraban un mejor aspecto que las plantas control, presentando una mayor biomasa aérea (675 g m^{-1} ; aunque no de manera significativa) y radical (154 g m^{-1} ; $p \leq 0,01$) que las plantas control (453 y 50 g m^{-1} , respectivamente). Además, presentaban mayor número de brotes totales (2.202 brotes m^{-1} ; $p \leq 0,01$), ocasionado en gran medida por la mayor intensidad del rebrote (1.087 rebrotes m^{-1} ;

$p \leq 0,01$) que el resto de tratamientos (con valores medios de 760 brotes totales m^{-1} y 173 rebrotes m^{-1} , respectivamente). Hasta el último muestreo realizado no se ha observado ningún efecto ($p \leq 0,05$) de los tratamientos aplicados, ni en términos de rendimiento, ni de número, ni de peso unitario de los tubérculos.

Palabras clave: *Tubérculo, encamado, brote, rebrote.*

Introducción

La chufa (*Cyperus esculentus*, L. var. *sativus* Boeck.) es una planta cultivada tradicionalmente en la comarca de *L'Horta Nord* de Valencia, principalmente por el aprovechamiento de sus tubérculos en la obtención de horchata. En la actualidad se dedican a su cultivo en torno a 450 ha, con un rendimiento medio de 18 t ha^{-1} . Uno de los principales accidentes que afectan al cultivo es el encamado precoz de las plantas. El encamado es el accidente por el que el sistema aéreo de la planta pierde su posición vertical, quedando tumbado sobre el suelo. Este accidente frecuente en los cereales, cuando se presenta en la chufa varias capas de hojas cubren totalmente la superficie del suelo, de modo que a las hojas inferiores no les llega la radiación solar y con el elevado nivel de humedad registrado como consecuencia del riego y/o la lluvia, las hojas senescen y dejan de realizar la fotosíntesis. Es un proceso complejo, en el que influye fundamentalmente el crecimiento exacerbado de la planta, favorecido por una elevada fertilización nitrogenada, y también por factores climatológicos como la lluvia y el viento. Dada la gran longitud de sus hojas, que pueden alcanzar hasta 100 cm, y la ausencia de verdaderos tallos, es normal que en el cultivo de la chufa se produzca el encamado al final del ciclo de cultivo, tras iniciarse la senescencia de las hojas erguidas. El problema aparece cuando como consecuencia del encamado precoz, las hojas senescencia precozmente, se reduce el crecimiento de los tubérculos y disminuye el rendimiento.

Con el fin de reducir el encamado precoz de las plantas, y consecuentemente incrementar su rendimiento, se ha ensayado la aplicación de cin-



co retardadores de crecimiento, inhibidores de la síntesis de giberelinas (Rademacher, 2000): chlormequat (CCC), mepiquat (ME), paclobutrazol (PB), prohexadiona-cálcica (PC) y trinexpac-ethyl (TE).

Material y métodos

El experimento se ha realizado, durante la campaña 2016, en la parcela 110 del polígono 9 del término municipal de Alboraiá (Valencia; 39° 29' 33" N, 0° 20' 35" O). La preparación del suelo para la plantación y las labores de cultivo se realizaron siguiendo las prácticas habituales en la zona (Pascual y Pascual-Seva, en prensa). La plantación tuvo lugar el 12 de abril de 2016 y la aplicación de los retardadores se fraccionó en dos aportes, aplicando la mitad de la dosis el 21 de junio (una vez las plantas habían completado el ahijado y tenían una altura media de aproximadamente 60 cm) y la otra mitad el 4 de julio, con una altura de las plantas de aproximadamente 75 cm. Las dosis utilizadas (Tabla 1) se fijaron en función de las referencias bibliográficas [Johnson (1982), Olumekun (1996), Fagernes and Yelverton (2000), Bañón *et al.* (2002), Berova *et al.* (2002), Lin *et al.* (2006), Kiesslin *et al.* (2007), Srivastav *et al.* (2010), Flores *et al.* (2011)] y de las recomendaciones de las respectivas casas comerciales, utilizando 400 L de caldo ha⁻¹.

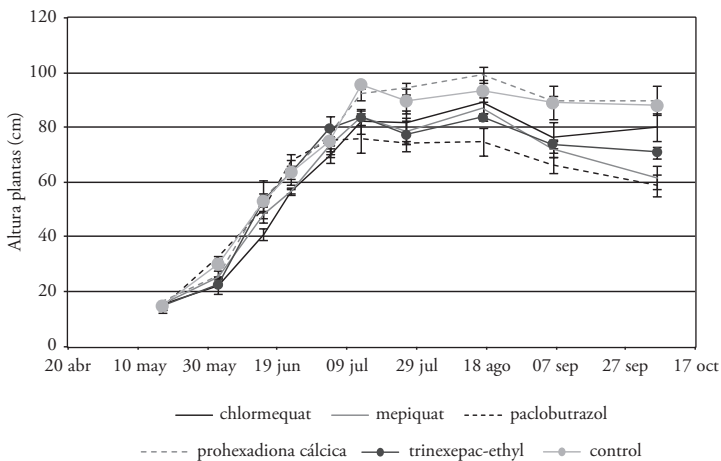
Tabla 1. Reguladores de crecimiento, dosis y concentraciones utilizadas

Producto	Producto comercial	Dosis (g ha ⁻¹)	Concentración (mg L ⁻¹)
Chlormequat	Procofel	600	864,0
Mepiquat	Pixx	57	82,1
Paclobutrazol	Paclot	1.100	1.584,0
Prohexadiona cálcica	Basf125 13W	35	50,0
Trinexpac-ethyl	Primo Maxx	242	348,5

Periódicamente (Gráfico 1) se muestreó 1 m de caballón de cada repetición para analizar la evolución de la formación de los distintos órganos de la planta [hojas, raíces + rizomas (a partir de ahora citado como raíces) y tubérculos]. Cada muestra se lavó, pesó, secó durante 24 h a 105 °C en estufa de aire forzado (Selecta, modelo 297), se determinó la materia seca correspondiente y el peso unitario de los tubérculos.

El diseño experimental fue en parcela dividida, siendo la parcela principal el producto aplicado, con tres repeticiones. La unidad de repetición consistió en cuatro caballones, de los cuales se analizaron los dos centrales, considerando los dos extremos como guarda para evitar el posible efecto de los bordes. Los resultados han sido analizados mediante el programa estadístico Statgraphics Centurion. Cuando un efecto resultó significativo ($p \leq 0,05$) se realizó la separación de medias mediante el test LSD ($p \leq 0,05$).

Gráfico 1. Evolución a lo largo del ciclo de cultivo de la altura de las plantas tratadas con los distintos retardadores. En cm



Resultados y discusión

La altura de la planta aumentó exponencialmente hasta principios del mes de julio (Gráfico 1), manteniéndose desde entonces en niveles constantes hasta principios de septiembre. El 8 de julio, cuatro días después de la segunda aplicación de los retardadores, se comenzó a ver diferencias en la coloración de las plantas y en el porte de las mismas, especialmente en las tratadas con TE, que poseían una tonalidad amarillenta y un menor porte, aunque la longitud de las hojas más grandes fuera similar. El 21 de julio las plantas control presentaban un grado elevado de encamado, las tratadas con CCC o con ME un grado medio, las tratadas con PC manifestaban el inicio de encamado, mientras que las tratadas con PB o con TE no presentaban ningún síntoma de encamado, pero sí una coloración amarillenta y el ápice foliar necrosado.

En el momento de máximo desarrollo foliar (17 de agosto; Tabla 2), las plantas tratadas con PB presentaron una menor altura (75 cm; $p \leq 0,01$) que las plantas control (93 cm). También mostraron un mayor número de brotes (1.155) y rebrotes (brotes de diámetro < 5 mm y longitud < 20 mm; 622, $p \leq 0,01$) por metro lineal (Gráfico 2) que las plantas control (139). En el análisis estadístico (Tabla 2) se constata que el número de brotes totales no difirió ($p \leq 0,05$) entre los distintos retardadores (valor medio 727 brotes m^{-1}). En cambio, en el último muestreo realizado (6 de octubre; Tabla 3), antes del secado del sistema aéreo, el número de brotes registrados en las plantas tratadas con PB (2.202 brotes m^{-1}) fue superior ($p \leq 0,01$) al obtenido en los otros tratamientos (valor medio 760 brotes m^{-1}). Este mayor número de brotes totales se debió principalmente al mayor número de rebrotes ($p \leq 0,01$) obtenidos en las plantas tratadas con PB (621 rebrotes m^{-1} el 17 de agosto; 1.087 rebrotes m^{-1} el 6 de octubre) frente al resto de tratamientos (valor medio 175 rebrotes m^{-1} el 17 de agosto; 173 rebrotes m^{-1} el 6 de octubre). En este último muestreo, las plantas tratadas con PB mostraban un mejor aspecto que las plantas control, presentando una mayor biomasa aérea (675 g m^{-1} ; aunque no de manera significativa) y radical (154 g m^{-1} ; $p \leq 0,01$) que las plantas control (453 y 50 g m^{-1} , respectivamente). No se apreciaron diferencias significa-

tivas ($p \leq 0,05$) entre las plantas tratadas con los otros productos, ni entre ellas, ni con las plantas control.

Tabla 2. Efecto del retardador de crecimiento aplicado en la longitud de las hojas, número de brotes y rebrotes, y en el peso de las hojas y raíces en el momento de máximo desarrollo foliar (17 agosto). Valores medios de tres repeticiones

Producto	Longitud (cm)	Núm. brotes m ⁻¹	Núm. rebrotes m ⁻¹	Hojas (g ms m ⁻¹)	Raíces (g ms m ⁻¹)
Chlormequat	89,00 ^{ab}	600,00	173,07 ^b	366,70	42,97
Mepiquat	87,00 ^b	682,90	164,06 ^b	504,40	60,61
Paclobutrazol	75,00 ^c	1.155,00	621,60 ^a	487,60	87,21
Prohexadiona cálcica	99,30 ^a	482,90	147,80 ^b	339,50	47,71
Trinexepac-ethyl	83,70 ^{bc}	760,40	250,50 ^b	516,50	66,29
Control	93,30 ^{ab}	681,10	138,70 ^b	500,3	76,00
Parámetro (g. l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados				
Producto (5)	68,15 ^{**}	51,31 ns	71,21 ^{**}	21,86 ns	23,46 ns
Residual (12)	31,85	48,69	28,79	78,140	76,54
Desv. estándar	6,36	250,25	132,71	164,96	33,85

* Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0,05$). g. l.: grados de libertad. **: nivel de significación $p \leq 0,01$; ns: no significativo.

Gráfico 2. Evolución a lo largo del ciclo de cultivo del número de brotes y rebrotes y del peso seco de las hojas y raíces de las plantas tratadas con los distintos retardadores

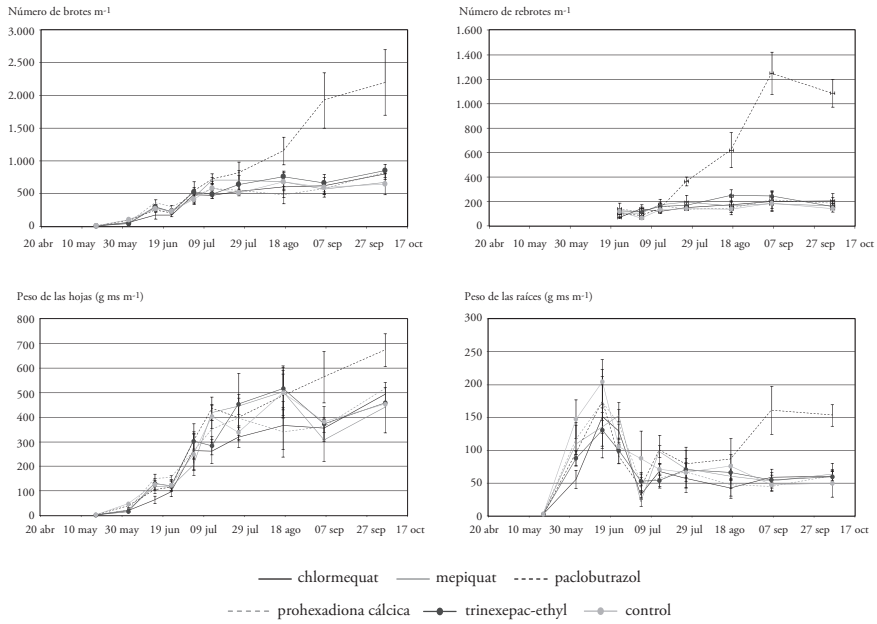


Tabla 3. Efecto del retardador de crecimiento aplicado en el número de brotes y rebrotes, y en el peso de las hojas y raíces en el último muestreo analizado (6 octubre). Valores medios de tres repeticiones

Producto	Núm. brotes m ⁻¹	Núm. rebrotes m ⁻¹	Hojas (g ms m ⁻¹)	Raíces (g ms m ⁻¹)
Chlormequat	800,00 ^b	207,20 ^b	493,50	60,58 ^b
Mepiquat	672,10 ^b	164,00 ^b	440,20	64,11 ^b
Paclobutrazol	2.201,80 ^a	1.086,50 ^a	674,70	153,82 ^a
Prohexadiona cálcica	830,60 ^b	185,60 ^b	516,87	61,51 ^b
Trinexepac-ethyl	852,40 ^b	162,10 ^b	458,77	59,75 ^b
Control	646,80 ^b	144,10 ^b	452,97	49,93 ^b
Parámetro (g. l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados			
Producto (5)	74,75 ^{**}	93,40 ^{**}	39,06 ns	76,29 ^{**}
Residual (12)	25,25	6,60	60,94	23,71
Desviación estándar	386,26	111,09	121,92	24,27

* Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0.05$). g.l.: grados de libertad. **: nivel de significación $p \leq 0.01$; ns: no significativo.

El efecto positivo sobre el sistema aéreo del PB coincide con el obtenido por Johnson (1982) en el cultivar 'Tifway' de pasto Bermuda (*Cynodon transvaalensis*), con dos tratamientos, distanciados 2, 3 o 4 semanas, al reducir el crecimiento vegetativo, sin que la planta sufriera daños importantes. En el mismo cultivar, Fagernes y Yelverton (2000) consiguieron una gestión consistente del crecimiento, evitando el incremento de crecimiento tras la inhibición inicial, y la mejora de la calidad visual del césped, con aplicaciones secuenciales de TE. En cuanto a la PC, su aplicación en manzano 'Golden Delicious' redujo el crecimiento de los brotes hasta casi el 50 % en relación al testigo, sin observarse ningún efecto de fitotoxicidad (Kiessling, 2007).

La tuberización se inició a mitad de junio (Gráfico 3), aumentando tanto el número como el peso fresco de los tubérculos hasta el final del período analizado. Aunque no se observan diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Tabla 4) entre los distintos tratamientos, la mayor producción de tubérculos se ha obtenido con la aplicación de PC, tanto en términos de

peso fresco (3.808 g m⁻²) como de número de tubérculos (7.508 tub m⁻²), aunque el peso unitario de los mismos (0,51 g tub⁻¹) solo superó al de los obtenidos con TE (0,49 g tub⁻¹). En el Gráfico 3 se presenta la evolución de los tubérculos comerciales (diámetro ≥ 7 mm); en el último muestreo analizado (6 de octubre) no se han obtenido diferencias significativas entre los distintos retardadores, aunque con CCC y PC se ha obtenido un mayor número y peso de tubérculos, pero de menor peso unitario, que en las plantas control. Tampoco se aprecian diferencias entre los tubérculos pequeños (diámetro < 7 mm; Gráfico 3), considerados como destrío, aunque todos los retardadores han conducido a un mayor número y peso de tubérculos que en las plantas control.

Gráfico 3. Evolución a lo largo del ciclo de cultivo del número y peso fresco de los tubérculos producidos por las plantas tratadas con los distintos retardadores

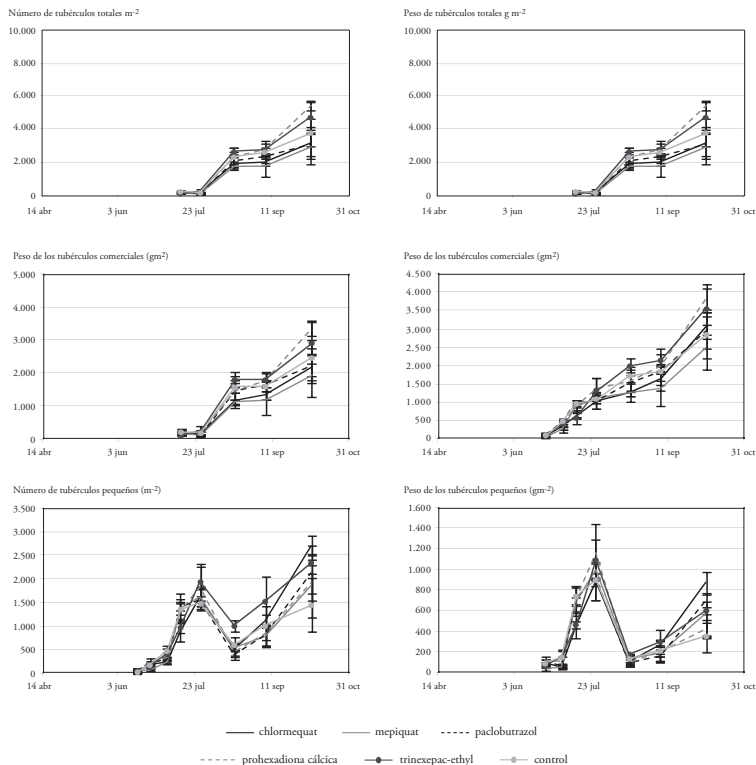


Tabla 4. Efecto del retardador de crecimiento aplicado en la producción de tubérculos. Número (No; No m⁻²), peso (P; g mf m⁻²) y peso unitario (PU, g), totales y comerciales, en el último muestreo analizado (6 octubre). Valores medios de tres repeticiones

Producto	Tubérculos totales			Tubérculos comerciales		
	No	P	PU	No	P	PU
Chlormequat	5.933,90	3.048,90	0,53	3.204,20	2.165,90	0,72
Mepiquat	4.822,80	2.503,50	0,53	2.915,90	1.911,30	0,66
Paclobutrazol	5.315,30	2.952,00	0,55	3.087,10	2.226,20	0,72
Prohexadiona cálcica	7.507,5	3.807,60	0,51	5.435,40	3.337,50	0,61
Trinexpac-ethyl	7.159,2	3.538,70	0,49	4.732,7	2.907,90	0,61
Control	5.306,3	2.835,30	0,54	3.795,80	2.459,80	0,65
Parámetro (g. l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados					
Producto (5)	33,30 ns	25,56 ns	13,73 ns	38,48 ns	30,05 ns	38,61 ns
Residual (12)	66,70	74,44	86,27	61,52	69,95	61,39
Desviación estándar	1.726,80	912,10	0,06	1.436,90	903,50	0,07

* g. l.: grados de libertad. ns: no significativo.

Los rendimientos medios obtenidos en este estudio superan notablemente a los obtenidos en estudios anteriores por Pascual y Maroto (1984) al aplicar CCC y daminozida; en cambio, los rendimientos relativos comparados con los respectivos controles sí que resultan similares. En efecto, Pascual y Maroto (1984) con aplicaciones de CCC (a dosis crecientes de 37 a 445 mL L⁻¹) consiguieron retrasar el encamado aproximadamente un mes en cultivo en contenedores, con rendimientos dispares, variando desde incrementos del 3,4 % en cultivo en contenedores hasta disminuciones del 15 % en cultivo en campo.

Flores *et al.* (2011) consiguieron reducir la altura ($p \leq 0,05$) de plantas de patata (planta también productora de tubérculos) con aplicaciones de PB a concentraciones de 100 a 250 mg L⁻¹ y también con CCC de 800 a 2.400 mg L⁻¹, lo que permitiría aumentar el número de plantas por unidad de superficie, pero obtuvieron reducciones del rendimiento en tubérculos por planta de hasta el 25 %, aunque estas diferencias no resultaron significativas.

Las lluvias ocurridas al final del otoño y principios de invierno han imposibilitado la recolección de los tubérculos antes de la fecha de presentación de este artículo, por lo que los rendimientos presentados no son los definitivos, aunque cabe esperar resultados muy positivos en los tratamientos con PC y con TE, debido a la mayor producción de tubérculos en el último muestreo analizado. También es previsible que los tubérculos no comerciales de las plantas tratadas con PB, que se han mantenido activas durante más tiempo, continúen creciendo y alcancen un tamaño comercial, con lo que también se obtenga un rendimiento elevado.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia.

Referencias bibliográficas

- BAÑÓN, S.; GONZÁLEZ, A.; CANO, E. A.; FRANCO, J. A. y FERNÁNDEZ, J. A. (2002): «Growth, development and colour response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment»; *Sci. Hort.* (94); pp. 371-377.
- BEROVA, M.; ZLATEV, Z. y STOEVA, N. (2002): «Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress»; *Bulg. J. Plant Physiol.* (28); pp. 75-84.
- FAGERNES, M. J. y YELVERTON, F. H. (2000): «Tissue production and quality of 'Tifway' bermudagrass as affected by seasonal application patterns of trinexapac-ethyl»; *Crop Sci.* (40); pp. 493-497.
- FLORES, R.; SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F.; RODRÍGUEZ PÉREZ, J. E.; MORA, R.; COLINAS M. T. y LOZOYA, H. (2011): «Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tubérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico»; *Rev. Chapingo Serie Hort.* (17); pp. 173-182.

- JOHNSON, B. J. (1982): «Response of 'Tifway' bermudagrass to rate and frequency of flurprimidol and paclobutrazol application»; *Hortsci.* (27); pp. 230-233.
- KIESSLIN, C. M.; MAGAÑA, J. E.; SEGOVIA, A.; OBANDO, A. J. y VILLARREAL, V. H. (2007): «Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica Borkh.*) Golden Delicious» México, Chihuahua, Ciudad Cuauhtémoc. Tecnoci. Chihuahua I; pp. 7-12.
- LIN, K. H. R.; TSOU, C. C.; HWANG, S. Y.; CHEN, L. F. O. y LO, H. F. (2006): «Paclobutrazol pre-treatment enhanced flooding tolerance of sweet potato»; *J. Plant Physiol.* (163); pp. 750-760.
- OLUMEKUN, V. O. (1996): «An analysis of the response of winter wheat (*Triticum aestivum*) components to cycocel (Chlormequat) application. *J. Agron.*»; *Crop Sci.* (176); pp. 145-150.
- PASCUAL, B. y PASCUAL-SEVA, N. (2017): «Cultivos hortícolas al aire libre. Chufa»; en MAROTO, J. V. y BAIXAULI, C., coord: *Serie Agricultura* (13). Almería, Cajamar, Caja Rural.
- PASCUAL, B. y MAROTO, J. V. (1984): «Estudios básicos sobre el control del encamado con retardadores del crecimiento en el cultivo de la chufa»; en PASCUAL, B. y MAROTO, J. V., eds.: *Estudios agronómicos realizados en el cultivo de la chufa* (*Cyperus esculentus L.*). Valencia, Diputación Provincial de Valencia; pp. 85-103.
- RADEMACHER, W. (2000): «Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways»; *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* (51); pp. 501-31.
- SRIVASTAV, M.; KISHOR, A.; DAHUJA, A. y SHARMA, R. R. (2010): «Effect of paclobutrazol and salinity on ion leakage, proline content and activities of antioxidant enzymes in mango (*Mangifera indica L.*)»; *Sci. Hort.* (125); pp. 785-788.

Aportes de la biodesinfección a la mitigación de problemas originados por los restos de cosecha en los invernaderos arenados

J. M. Torres
Grupo Caparrós

Resumen

La biodesinfección de suelos es el conjunto de técnicas que ayudan al productor a abordar la restitución de la sanidad del suelo de cultivo. Esta se apoya en las técnicas de manejo tradicionales de la materia orgánica y contribuye a la estructura de costes de las explotaciones. En una finca familiar de 2,2 ha situada en San Isidro (Níjar) se aborda el estudio de los costes de gestión de materia orgánica empleada en la biosolarización del suelo. La investigación consta de tres etapas: 1) la caracterización de los costes de las técnicas tradicionales de manejo de la materia orgánica y restos de cosecha; 2) los costes del tratamiento manual de los restos de cosecha de tomate y 3) la evaluación de las alternativas mecánicas para la gestión de restos de cosecha. Los costes son evaluados mediante el control horario de los tiempos necesarios para la realización de cada una de las labores. Los resultados obtenidos aportan nuevos datos de los costes. Aunque los costes de la gestión de restos de cosecha en la finca resultaran 6,7 veces más caros que la gestión externa, los trabajos realizados concluyen no existen razones que impiden la gestión por parte del agricultor, constituyendo un ahorro en el aporte de materia orgánica y aumentando su valor al emplearlos como material biodesinfectante. Además, el desarrollo ha permitido equiparar los costes a través de la mejora en la separación, trituración de los restos y

la reducción de volumen necesarias para su incorporación al arenado. Los resultados apoyan a abordar el diseño de maquinaria que haga a los arenados más sostenibles.

Palabras clave: *mano de obra, residuos, costes, sostenibilidad, tecnología.*

Introducción

Desde los años 70 el manejo del sistema enarenado ha considerado los restos vegetales como residuos. Los residuos vegetales deben ser eliminados de los enarenados para contribuir a la eliminación de plagas y enfermedades. Además, limitar el empleo de estiércoles para garantizar la eficacia de los desinfectantes químicos (Dueñas y Sanz, 1973; Serrano, 1976). López-Gálvez y Naredo (1996) señalaban en un trabajo multidisciplinar que aborda el estudio del sistema de producción enarenado y sus costes ambientales que frente a problemas por patologías del suelo arenado es la opción más rentable era el cultivo en sustrato o la desinfección química del suelo. La eliminación del Bromuro de Metilo ha permitido el desarrollo científico de biofumigación y biosolarización en España, contribuyendo a la puesta en valor de los restos de cosecha desde un punto de vista agronómico, social, económico y ecológico (Bello *et al.*, 2008).

El sistema hortícola almeriense presenta dos elementos tecnológicos propio, el arenado y el invernadero-parral, y la alta dependencia de insumos químicos. Calatrava (1998) plantea como retos para la horticultura almeriense la necesidad de incrementar la rentabilidad y la eficiencia productiva, así como la sustentabilidad (reduciendo los impactos ambientales y el ahorro de agua), siendo una de las tendencias la racionalización en el empleo de químicos y la lucha biológica. A su vez señala la dificultad de abordar el estudio socioeconómico debido a la heterogeneidad de las estructuras productivas.

La producción de suelos arenados es considerada por algunos sectores de la producción agrícola una modalidad de cultivo fuera del suelo (Calatrava, 1998), considerando la capa de arena el sustrato de crecimiento

del sistema radicular. La construcción del sistema de cultivo enarenado se realiza mediante la adición sobre el suelo de capas de materia orgánica y de arena (Serrano, 1974). El manejo de la materia orgánica plantea dificultades en el cumplimiento por la existencia de una zona vulnerable a la contaminación por nitratos o por restricciones de la norma de producción ecológica (Del Moral, 2010). La sustitución de la arena por un acolchado con los restos del cultivo anterior, cultivos sembrados para cubrir el suelo o el empleo de abonos verdes o «siderales» (Serrano, 1974) se descartan por los costes de las labores.

El arenado puede ser considerado como una técnica de manejo próxima al no laboreo, debido al reducido número de intervenciones superficiales (son sustituidas por una capa de arena) o profundas (al no laborearse el suelo). Los suelos de los invernaderos limitan el trabajo de tractor a 5 horas por hectárea como media (MAGRAMA, 2014). Serrano (1974) recoge los únicos costes desglosados asociados a la gestión del arenado (retranqueo): 10 labores de yunta y 60 jornales (480 horas) para una hectárea. Valera *et al.* (2014) tras realizar una encuesta entre los productores de las principales zonas productivas obtiene que el coste medio del retranqueo es de 30,9 euros m⁻³ para un volumen medio de 71,6 m³ ha⁻¹ y 12 jornales/ha, con un coste de 0,22 euros m⁻² o 2.212 euros ha⁻¹. No existen otras referencias específicas al coste en mano de obra de las labores de mantenimiento de la fertilidad del arenado. En cuanto a la gestión de restos de cosecha en los invernaderos tampoco ha sido estudiado en profundidad. Solo forma parte de los trabajos de estudios de costes asociados a los cultivos. Según Valenciano *et al.* (2003) el tiempo destinado a las labores de limpieza y mantenimiento del invernadero tipo de una hectárea asciende a 592 horas con una desviación de 356 horas.

El objetivo general de este trabajo es conocer la estructura de costes de las técnicas de manejo de materia orgánica en el enarenado y la reutilización *in situ* de los restos de cosecha como herramienta complementaria de toma de decisión para la biodesinfección de suelos.

Material y métodos

Los trabajos fueron realizados en una finca comercial de 2,2 hectáreas propiedad de D. José Torres Hernández y Dña. Carmen Nieto Nieto situada en el Paraje La Pared del T. M. de Níjar (Almería). El trabajo, los materiales y la maquinaria requerida para la obtención de los costes asociados a las técnicas de manejo de la materia orgánica en el enarenado fueron puestos a disposición del proyecto de Investigación Agraria Participativa (Torres *et al.*, 2007). Cada una de las operaciones manuales y mecanizadas son controladas registrando el nombre de la labor, los operarios, la maquinaria, la hora de inicio y la hora de finalización. En el caso de las labores donde se requiere maquinaria se registran los tiempos de enganche de los aperos. Al finalizar cada operación se calculan las horas empleadas y se calcula el total de las mismas. Los resultados se expresan en unidades económicas por unidad de superficie y por unidad de peso.

Determinar la estructura de costes de las técnicas empleadas para el manejo de la materia orgánica

La caracterización de los costes de las técnicas tradicionales de manejo de la materia orgánica se realiza durante el verano de 2005 en un invernadero de 3.200 m² donde se realizó un cultivo de tomate *cherry* en ciclo anual. Para la ejecución de las tareas se destinan 24 parcelas, cuatro por tratamiento, con una superficie total por tratamiento que varía entre 497,5 y 570 m². El arenado del invernadero presenta una capa de arena de 0,15 m. Los trabajos de aporte se realizan de modo perpendicular al eje mayor del invernadero.

Los tratamientos evaluados son:

- 1) Limpieza, trasporte y eliminación de restos en un gestor autorizado;
- 2) Carilla mecanizada: aplicación en una banda central con un apero con tolva acoplado al tractor de pelet de gallinaza (0,8 kg m⁻¹);

- 3) Carilla al centro: aplicación de estiércol en una banda central (10 kg m^{-1}), esparcida desde una pala acoplada al tractor a lo largo de la línea;
- 4) Carilla a la línea: aplicación de estiércol en dos bandas próximas a las líneas de trasplante ($5+5 \text{ kg m}^{-1}$), esparcida desde una pala acoplada al tractor a lo largo de la línea;
- 5) Retranqueo: aplicación en toda la superficie (20 kg m^{-1}), esparcida manualmente desde montones;
- 6) Restos de cultivo: incorporación con rotoavator de los restos de cultivo anual de tomate *cherry* (9 kg m^{-1}).

Las labores de limpieza de los restos de cosecha se inician con el arranque del cultivo. Con unos zancos y una hoz se cortan las rafias que se encuentran atadas a los cables horizontales del emparrillado, colocando las plantas formando montones. Las plantas parcialmente deshidratadas son colocadas en el camino central. Con unas pinzas acopladas al portapalet del tractor son llevadas a la zona de servicio de la finca. Se barre la hojarasca y los frutos caídos con unas escobas junto con las hierbas arvenses y se deposita junto a los restos vegetales. Una vez acabado un camión pasa a cargarlas para transportarlas al gestor autorizado.

La realización del aporte de la materia orgánica en el arenado es una modificación de las descritas por Serrano (1976). Con el suelo libre de restos vegetales y frutos se retiran los ramales portagoteros. Con un «apartaa-renas» acoplado al tractor se retira la capa de arena hasta descubrir el suelo, amontonando la arena formando caballones. La labor se repasa a mano empleando un legón arenoso hasta retirar la totalidad de la arena. Bajo los apoyos de la banda se retira totalmente a mano. El estiércol, transportado desde el exterior con la pala acoplada al tractor, se coloca en el fondo del surco, repartiéndolo de la forma más uniforme posible. La operación se finaliza con el cierre del surco con la arena de los caballones y el alisado del mismo. La anchura del surco está en función de la dosis de materia orgánica a emplear (retranqueo > carilla al centro > carilla a la línea). La operación de retranqueo se realiza en dos fases, calles pares e impares

alternativamente. Las aplicaciones carillas y la aplicación mecanizada se realizan en una única fase.

El aporte de los restos de cosecha se ven dificultados por las labores propias del arenado. Las parcelas que están ocupadas por los restos de cosecha no permiten el acceso de la maquinaria en condiciones seguras. Para evitar este problema se escogen parcelas colindantes a las que van a recibir el aporte de los restos. Tras arrancar la planta se suelta el nudo que la coge próxima al suelo y se separa la rafia, que queda cogida del emparillado. Se colocan las plantas sin rafia formando montones y por último se retiran los tutores plásticos. En las parcelas colindantes se retiran los ramales portagoteros y se aparta la arena con un «apartaarenas» acoplado al tractor de 1,80 m de ancho. Tras esta operación se retira la arena sobrante a mano con el objeto de que esta no se mezcle con el suelo. Se trasladan los restos de cultivo con ayuda de un carro. Sobre la franja de 1,80 m se distribuye uniformemente. Con un rotovator acoplado al tractor de 1,8 m se incorpora al suelo. Una vez mezclado uniformemente se vuelve a colocar la capa de arena. Esta operación se realiza en las líneas pares e impares alternativamente.

Establecer el coste de cada una de las tareas que intervienen en la gestión manual de los restos de cosecha en un suelo arenado

El estudio de los costes del tratamiento manual de los restos de cosecha parte de la necesidad de optimizar los procesos. En el año 2006 en una superficie de 936 m² en un invernadero con un arenado de 0,09 m de capa de arena. Tras el cultivo de tomate se obtienen 6,2 kg m⁻¹ de materia fresca. La labor se inicia separando los restos de cosecha de sus tutores y se colocan en la franja de suelo junto a la zona donde se van a aportar. Se retiran los ramales y manualmente con una legona se aparta la capa de arena. Los restos de cosecha se colocan sobre el suelo y se trocean manualmente con una pala de borde recto. Una vez reducido el volumen se entierra con la arena. Se retiran las rafias de plástico y se colocan los ramales.

Evaluar las alternativas agronómicas para la gestión de restos de cosecha por medios mecánicos

La evaluación de los costes de incorporación y trituración de los restos vegetales de sus tutores se realiza para un ciclo de tomate *cherry* anual con 10 kg m^{-1} de restos de cosecha. La labor se realiza en dos invernaderos de 3.780 m^2 con 30 m de líneas de cultivo y 126 m de largo y pasillo central. Los trabajos se realizan en sentido del eje mayor del invernadero (paralelos al pasillo).

1) *Trituración en la capa de arena con una trituradora de eje horizontal acoplada al tractor*

Una vez recogidos los ramales porta goteros se separan los restos vegetales de las rafias y se mantienen las plantas sin arrancar en la zona de cultivo. Con una trituradora de eje horizontal acoplada al tractor se incorporan a la capa de arena. La labor requiere dos pases para su correcta incorporación.

2) *Trituración en el pasillo una trituradora de eje horizontal acoplada al tractor*

Una vez recogidos los ramales porta goteros se separan los restos vegetales de las rafias formando pequeños montones. Las plantas frescas de una franja de 4 metros de ancho paralela al camino se colocan alineadas en el camino. La altura máxima debe ser inferior a la altura del tractor. Con la trituradora de eje horizontal equipada con cuchillas se trocean depositándose en el suelo formándose una capa. Sobre esta capa se vuelve a colocar otra capa de plantas y se repite la operación que termina una vez se eliminan las plantas arvenses.

Resultados y discusión

Caracterización de los costes de las técnicas tradicionales de manejo de la materia orgánica

Los resultados obtenidos permiten establecer, para la operación de retranqueo sin mezcla de la materia orgánica en suelo, que el empleo de maquinaria reduce el tiempo empleado en el laboreo de suelo y la necesidad de mano de obra. Al comparar el retranqueo empleando estiércol con la aplicación de restos de cosecha observamos que se ven multiplicadas por veinte las necesidades de mano de obra y más de cinco veces los requerimientos horarios en maquinaria (Tabla 1). Destacar a su vez que el incremento en el número de franjas donde se aplica la materia orgánica aumenta las necesidades de mano de obra y maquinaria. Los costes obtenidos al compararlos con los recogidos por Serrano (1974) han reducido hasta el 10 % de las necesidades de mano de obra y el 47 % de las necesidades de jornadas en el accionamiento de aperos. Al compararlos con Valera *et al* (2014) estos mejoran la efectividad en un 50 %, y por tanto, hacen reconsiderar las razones para el abandono de la técnica.

Tabla 1. Necesidades para la realización de las labores de manejo de materia orgánica en el arenado

Labor	Mano de obra (jornadas ha ⁻¹)	Maquinaria (jornadas ha ⁻¹)
Retranqueo	6	4,7
Carilla a la línea	41	5,4
Carilla al centro	26	6,9
Carilla mecanizada	9	1,3
Restos de cultivo	111	20,2

En arenado con 15 cm de capa de arena obtienen costes variables que oscilan entre 1,23 euros m⁻² para el retranqueo bajo la capa de arena y los 0,28 euros m⁻² para la aplicación de pelets mediante maquinaria adaptada (Tabla 2). El coste está relacionado proporcionalmente con la anchura de

la base del surco y la cantidad de materia orgánica empleada, siendo el retranqueo el tratamiento más económico. Pese a ser el retranqueo el tratamiento más costoso, este empleó la mano de obra de modo más eficiente. En cuanto al empleo de maquinaria, aunque la carilla mecanizada presenta el costo más ajustado, no se puede establecer una relación clara debido a la naturaleza de las labores (apartar arena, transportar estiércol, accionar apero con tolva o rotovator). Los datos superan a los aportados por Valera *et al.* (2014) 5,6 veces al comparar el coste por unidad de superficie, y siendo la materia orgánica empleada en este ensayo cuatro veces superior a la media. La intensificación del empleo de materia orgánica recalará en diseño de los invernaderos en lo referente a la anchura entre los apoyos estructurales y longitud de las líneas de cultivo, así como el modo en el que se realiza el aporte de materia orgánica y sus dosis.

Tabla 2. Costes de la gestión de materia orgánica en el enarenado

Labor	Materia orgánica		Mano de obra	Maquinaria	Total	
	(kg m ⁻²)	(euros m ⁻²)	(euros m ⁻²)	(euros m ⁻²)	(euros m ⁻²)	(euros kg ⁻¹)
Carilla mecanizada	0,8	0,24	0,03	0,01	0,28	0,35
Carilla al centro	10,0	0,43	0,09	0,19	0,71	0,07
Carilla a la línea	10,0	0,51	0,14	0,15	0,80	0,08
Retranqueo	20,0	1,08	0,02	0,13	1,23	0,06
Restos de cultivo	9,0		0,38	0,57	0,94	0,11

La gestión de restos de cosecha en el invernadero aumenta las necesidades de mano de obra (1.791 %) y maquinaria (479 %) al compararlas con el retranqueo pese a requerir similar intensidad en el manejo de la capa de arena. El coste total resultante es 0,94 euros m⁻², resultando 6,7 veces superior a la eliminación (Tabla 3). Los problemas técnicos identificados están relacionados con los requerimientos para movilizar los restos de cosecha, la resistencia al corte de los restos parcialmente deshidratados (que se enrollan en las cuchillas del rotovator) y las condiciones de laboreo del suelo (excesivamente duro).

Tabla 3. Costes de la gestión de residuos vegetales

Labor	Coste (euros m ⁻²)	Coste (euros kg ⁻¹)
Descolgado de plantas	0,041	0,005
Retirada del invernadero	0,012	0,001
Transporte a planta	0,012	0,001
Gestión en planta (30 m ³)	0,075	0,008
Total	0,140	0,016

Evaluación de los costes unitarios del tratamiento manual de los restos de cosecha

El efecto de la trituración manual permitió reducir el volumen hasta el 15 % y facilitar el enterrado de las mismas (Tabla 4). La gestión manual de los restos de cosecha redujo los costes desde 0,943 euros m⁻² hasta 0,195 euros m⁻², siendo esta opción 0,055 euros m⁻² más cara que la eliminación en los puntos autorizados (Tabla 3). Al compararla con la aplicación con rotovator (Tabla 2) esta se redujo 4,9 veces, no habiendo considerado el valor de la restitución de nutrientes (Contreras *et al.*, 2014), su valor como material biodesinfectante y la ausencia de contaminantes. Las alternativas agronómicas que planteen no separar los restos de cosecha de las rafias, como el empleo de rafia y elementos de entutorado biodegradable (Bernal *et al.*, 2008) y de tecnologías que los separen tendrían en esta cuantía (0,063 euros m⁻²) el margen para su provisión, encontrándose muy por debajo (entre el 30-50 %) de los precios de mercado. La mejora tecnológica del aporte de la materia orgánica en el suelo enarenado que tuviera un coste inferior a 0,13 euros m⁻² contribuiría a la integración del manejo de los restos de cosecha en los arenados.

Tabla 4. Costes de la gestión de restos de cosecha de tomate

Labor	Coste (euros m ²)	Coste (euros kg ⁻¹)
Separación de restos de los tutores plásticos	0,045	0,007
Apertura de la arena	0,051	0,008
Trituración	0,040	0,006
Enterrado	0,039	0,006
Manejo de ramales de riego	0,002	0,000
Gestión de rafias	0,018	0,003
Total	0,195	0,031

Evaluación de los costes de incorporación o trituración de los restos vegetales

1) Trituración en la capa de arena

La trituración de los restos sobre la superficie de la arena no requiere la movilización de los restos vegetales reduciéndose el coste de la labor hasta 0,176 euros m⁻² (Tabla 5). La trituración se incrementó (desde los 0,040 euros m⁻² (Tabla 4) hasta los 0,106 euros m⁻²) debido a la necesidad de transitar toda la superficie de la finca (solapando pases) y al desgaste de los elementos de corte (cuya reposición anticipada requiere un desembolso económico superior al de la labor). El coste de la separación de las rafias de sus tutores se incrementa levemente debido a las condiciones de trabajo y la cantidad de restos. El tránsito de maquinaria y la compactación superficial del suelo arenado debe ser tenido en cuenta.

Tabla 5. Costes de la operación de aporte de los restos de cosecha de tomate

Labor	Coste (euros m ²)	Coste (euros kg ⁻¹)
Separación de los restos y acondicionamiento	0,068	0,007
Trituración y aporte a la capa de arena	0,048	0,005
Reposición de los martillos por abrasión	0,060	0,006
Total	0,176	0,018

2) Trituración en el pasillo

Cuando los restos vegetales son separados y llevados al camino de servicio para su trituración en verde, evitando el tránsito de maquinaria, el coste se reduce hasta los 0,11 euros m⁻² (Tabla 6). Resaltar que el transporte hasta el camino central incrementa el valor en 0,03 euros m⁻² y el coste de la trituración (0,039 euros m⁻²) hasta valores similares a la trituración manual (0,040 euros m⁻²). Al compararlos con la gestión externa esta resulta ser 0,030 euros m⁻² más económica, permitiendo su aplicación manual en el 25 % de la superficie del invernadero sin compactar el terreno (Tabla 4), siendo esta alternativa viable desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental.

Tabla 6. Costes de la trituración mecanizada de restos de cosecha

Labor	Coste (euros m ²)	Coste (euros kg ⁻¹)
Separación de restos de los tutores plásticos y transporte	0,071	0,007
Trituración	0,033	0,003
Reposición de los elementos de corte por abrasión	0,006	0,001
Total	0,110	0,011

Conclusiones

El coste de las labores de mantenimiento del enarenado depende del valor de la materia orgánica aportada, la labor empleada y de la disponibilidad de maquinaria.

La viabilidad de la reutilización de los restos de cosecha dependerá de las labores empleadas para procesar, pudiendo reducirse con el empleo maquinaria y la incorporación de nuevos materiales biodegradables en el entutorado.

Se ha probado que la reutilización de los restos en el arenado es viable. Además, puede potenciar el desarrollo de maquinaria compacta y ligera que facilite las labores clave y contribuir a la reducción de costes.

Referencias bibliográficas

- BELLO, A. *et al.* (2008): «Biodesinfección del suelo e investigación participativa en cultivos hortícolas mediterráneos»; *II Conferencia Internacional sobre Eco-biología del suelo y el compost*. Tenerife; pp. 275-298; disponible en http://www.soilace.com/pdf/pon2008/d26/Cas/06_ABello.pdf.
- BERNAL, Ó. R.; DÍAZ PÉREZ, M.; TORESANO SÁNCHEZ, F. y CAMACHO FERRE, F. (2008): «Utilización de rafias biodegradables para el entutorado del cultivo de tomate en ciclo largo bajo invernadero»; *Terralia*.
- CALATRAVA REQUENA, J. (1998): «La investigación socioeconómica sobre el sistema hortícola almeriense: consideraciones, factores limitantes y tendencias»; *Actas Hortic.* (21); pp. 9-29.
- CONTRERAS, J. I.; BAEZA, R. y SEGURA, M. L. (2014): «Cuantificación de los nutrientes presentes en los restos hortícolas de invernadero para su uso como fertilizantes»; *XI Congreso SEAE. Agricultura Ecológica Familiar*, 1-4 de octubre. Álava, Vitoria-Gasteiz; pp. 479-487.
- DEL MORAL, F. (2010): «La gestión de la materia orgánica en los invernaderos ecológicos de Almería: tradición y reglamento»; *Ae* (0); pp. 18-20.

- DUEÑAS, R. y SANZ, M. (1973): «Desinfección de suelos»; *Hojas Divulgadoras* (4-7)73H. Madrid, Ministerio de Agricultura Servicio de Extensión Agraria.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y NAREDO, J. M. (1996): «Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos»; *Economía y naturaleza* (6). Madrid, Fundación Argentaria-Visor Distribuciones.
- MAGRAMA (2014): «estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias»; *ECREA. Resultados técnico-económicos de cultivos hortícolas 2013*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- SERRANO, Z. (1974): «Cultivos hortícolas enarenados»; *Manuales T*. Madrid, Publicaciones de Extensión Agraria.
- SERRANO, Z. (1976): «Los enarenados y su realización»; *Hojas Divulgadoras*. Madrid, Ministerio de Agricultura Servicio de Extensión Agraria.
- TORRES, J. M.; ROBERTSON, L.; CARA, M.; TELLO, J. y BELLO, A. (2007): *Nematodos fitoparásitos del género Meloidogyne Goeldi, 1892 y su manejo en cultivos enarenados de Almería*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- VALENCIANO, J.; MORENO, M. C. E. y MESA, J. C. P. (2003): «Costes de producción y utilización de la mano de obra en tomate: un estudio empírico para el cultivo bajo plástico en Almería»; en *Anales de Economía Aplicada*; p. 29.
- VALERA, D. L.; BELMONTE, L. J.; MOLINA, F. D. y LÓPEZ, A. (2014): «Los invernaderos de Almería. Análisis de su tecnología y rentabilidad»; *Serie Economía* (21). Almería, Cajamar Caja Rural.

Efecto biodesinfectante de la materia orgánica en cultivos hortícolas de Almería

J. M. Torres
Grupo Caparrós

Resumen

Se evalúa el efecto biodesinfectante del manejo de la materia orgánica realizada en suelos enarenados en los invernaderos de Almería. La solarización con el empleo de desinfectantes químicos es la técnica más usada. El enarenado es una técnica de no laboreo basada en la aplicación sobre el suelo de capas de materia orgánica y arena. En una finca comercial de 3.400 m² se aplica estiércol de oveja (en tres variantes), pelets de gallinaza, restos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicon* [L.]). La evaluación se realiza empleando el índice de nodulación (1-10). En el trascurso de 2 años se realiza una rotación tomate resistente-sandía injertada (*Citrullus lanatus*). Tras esta se laborea el suelo con un arado cincel y se aplica vinaza en los rodales donde se veía comprometida la producción, y cultivando una variedad de tomate susceptible. Todos los tratamientos en los que se realizó la biosolarización resultaron más eficaces que el testigo solarizado, que regulaba las lesiones pero no impedía que se extendiese la enfermedad. Los tratamientos en los que se localizaba la materia orgánica en bandas alejada de la zona de trasplante mostraban al final del cultivo niveles más bajos de daño. Los resultados permiten avanzar en los conceptos que pudieran abordar la contribución funcional del enarenado a la regulación de las poblaciones de nematodos.

Palabras clave: *Biosolarización, nematodos, enarenado, restos de cosecha, resistencia, rotación.*

Antecedentes

Los nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* constituyen uno de los grupos de patógenos de plantas con mayor importancia. Se estima que las pérdidas de producción ocasionadas ascienden al 12 % (Bello *et al.*, 1997). El empleo de desinfectantes químicos y/o solarización y de variedades resistentes no permiten la erradicación del problema (Ornat *et al.*, 1999). Entre las causas que limitan la eficacia de las técnicas de control se cita el desconocimiento de las razones que causan los daños (Tello *et al.*, 2006) y la metodología para la correcta aplicación de las técnicas (Cebolla, 2009; Dueñas y Sanz, 1973). En 40 años la superficie afectada en Almería y Granada se incrementó un 24,5 % (Talavera *et al.*, 1999). A estos factores se suma la prohibición progresiva de los fumigantes químicos que está incrementando la preocupación por parte de los productores europeos de las regiones cálidas (Djian-Caporalino, 2012). En la actualidad se estima que el 17,7 % de las parcelas estaban infestadas por *Meloidogyne* de las cuales un 18,8 % de su superficie presenta síntomas, estimándose la superficie total de cultivo afectada en un 2 % y un 30,8 % las pérdidas de producción (Flor Peregrín, 2013).

Las especies de nematodos del género *Meloidogyne* presentes en Almería son *M. arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*. Los nematodos formadores de nódulos destacan por su dependencia de la temperatura (termófilos; pudiendo completar tres generaciones por ciclo de cultivo (otoño y primavera)), la necesidad de disponibilidad de agua (acuáticos) y su baja movilidad (sedentarios). El manejo de los cultivos y la especialización de los productores (monocultivo) está permitiendo la selección de especies y biotipos virulentos en las distintas comarcas agrícolas (Flor, 2013).

La técnica de manejo de suelo enarenado (López-Gálvez y Naredo, 1996) se encuentra presente en el 80 % de las fincas dedicadas al cultivo de hortalizas en invernadero (Céspedes *et al.*, 2009). El enarenado tradicional se construye sobre el suelo original en el que se realiza una siembra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y enterrado de la paja obtenida. Si el suelo es arenoso o poco profundo se aplica una capa de suelo más arcilloso (0,1 a 0,3 m). Sobre el suelo arcilloso se coloca una capa de estiércol (0,02 cm

o entre 100-150 t/ha) y por último una capa de arena (0,08 a 0,1 m). El manejo tradicional fuerza a la planta a desarrollar el sistema radicular en la capa de arcilla (Serrano, 1973).

El manejo espacial del invernadero difiere de los cultivos al aire libre. El invernadero limita el tránsito de la maquinaria debido a la disposición de la estructura que lo soporta. Los cultivos se trasplantan sobre posiciones fijas y son definidas en la construcción del invernadero en forma de líneas de plantación y calles de tránsito. El laboreo se limita a la capa de arena y excepcionalmente llega a la capa arcillosa. El manejo de la materia orgánica en los enarenados se realiza con una periodicidad que varía entre los 2 y 4 años. La aplicación se realiza retirando la capa de arena, colocando la materia orgánica sobre el suelo arcilloso y volviendo a colocar la arena sobre la materia orgánica. Las dosis varían entre los 4,2 kg/m² de las aplicaciones en franjas y a 7 kg/m² para toda la superficie o «retranqueo». El sistema presenta características en su manejo que son comunes a las empleadas en las técnicas de biodesinfección de suelos (Bello, 1998). La evolución de la incidencia de los daños causados por especies termófilas en un escenario de cambio climático, en el que las temperaturas aumentan, pueden ocasionar graves desequilibrios en modelos agrícolas tradicionales y familiares.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto biodesinfectante de las técnicas de aplicación de materia orgánica basadas en la aplicación en franjas sobre el terreno de materia orgánica durante un período de dos años, determinando la evolución los síntomas de los daños provocados por nematodos un sistema de rotación típico.

Material y métodos

El trabajo de investigación se realiza en una finca de producción de carácter familiar situada en San Isidro de Níjar (Almería). La finca presenta la incidencia de nematodos tras 5 años de cultivo intensivo y emplear solarización de suelos. El suelo está construido conforme a la técnica del «enarenado». Sobre un Xerosol Cálculo se dispuso una capa de 15 cm de suelo con un 62 % de elementos gruesos (> 0,002 m) y textura franco arenosa (58,5 % de arena, 25,2 % de limo y 16,28 % de arcilla), sobre esta

una capa de estiércol de 0,04 m y una capa de 0,15 m de arena. El manejo agronómico del cultivo se realiza conforme a las necesidades de tratamiento que no recibe aporte de materia orgánica conforme a los criterios establecidos por el Reglamento de Producción Integrada de Andalucía y el control biológico de plagas.

Diseño del experimento

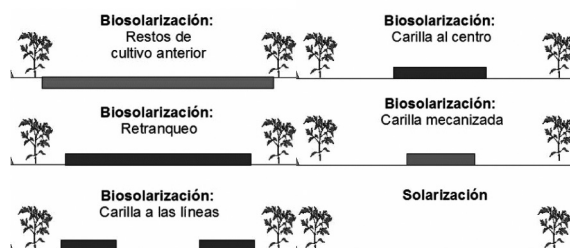
El invernadero comercial de 3.400 m² se divide en 24 unidades experimentales de 10 líneas de cultivo cada una. Las parcelas se establecen sin fijar bordes que limiten los efectos que pudieran alterar los resultados al considerarlos parte importante del sistema. Los aportes de materia orgánica se complementan con el empleo de especies resistentes y sus sistemas de manejo. Se evalúa la rotación usual de la zona de cultivo durante dos años. En el año 1 una rotación tomate-sandía. El cultivo de tomate se realizó colocando en cada parcela experimental una línea de tomate var. Calvi (Gautier Seeds®) por cada cuatro de tomate *Mi* var. Brenda (Gautier Seeds®). El cultivo duró 147 días. La rotación tomate-sandía se realiza con el cambio de las líneas de plantación para poder asociar los cultivos. La sandía se cultiva durante 106 días con un marco de plantación 4 x 1 m en las franjas no ocupadas por el tomate (calle). El material empleado es un injerto de la variedad triploide «Reina de corazones» (Syngenta®) sobre patrón «RS-841» (Syngenta®), tolerante a nematodos. En el año 2 se realiza un único cultivo de tomate sensible var. Salomee (Enza Zaden) durante 198 días con el objeto de evaluar la funcionalidad del enarenado en condiciones de laboreo.

1) *Biosolarización del suelo: aplicación de materia orgánica y solarización. Año 1*

Se aplican materias orgánicas de origen local: estiércol de oveja, subproductos agroindustriales como los pelets de gallinaza (Duetto®) y restos de cosecha de tomate (Figura 1). La aplicación se realiza retirando la capa de arena con el fin de colocar la materia orgánica en contacto con el suelo. La aplicación presenta dife-

rencias en cuanto al modo en el que se localiza en el suelo. Esta varía desde el reparto homogéneo (dosis de 20 kg/m²), una banda central alejada de las líneas de cultivo (10 kg/m²), dos bandas próximas a ambas líneas de cultivo (5 + 5 kg/m²). Los restos de cultivo son aplicados mediante una labor de rotovator (9 kg/m²) a la capa de suelo. Los pelets de gallinaza (0,8 kg) son aplicados con una abonadora adaptada para la aplicación de materia orgánica bajo la capa de arena, manteniendo un tratamiento sin materia orgánica (Figura 1).

Figura 1. Localización de la materia orgánica en los tratamientos y calles de cultivo

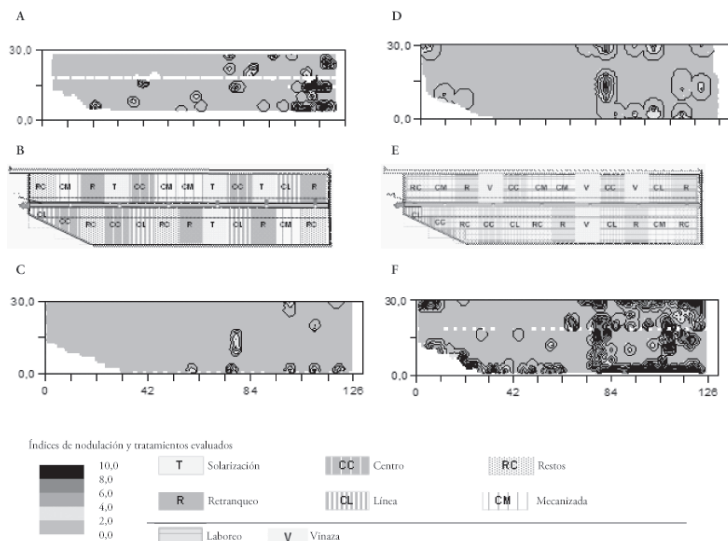


La superficie de cultivo se sella con un film plástico de 100 galgas sin separar las unidades experimentales, permitiendo la distribución de los gases procedentes de la descomposición de la materia orgánica independientemente del tratamiento (Figura 2B).

2) Laboreo y biofumigación Año 2

Debido a la pérdida de estructura de la capa de suelo aportado procede a actuar sobre las unidades experimentales del año anterior con un subsolador adaptado al enarenado en la dirección del eje principal del invernadero y perpendicular a las líneas de siembra. Una vez finalizada la labor se procede a la aplicación de vinaza de remolacha (1 L m⁻²) en las unidades que no recibieron aportes de materia orgánica el año anterior (Figura 2E).

Figura 2. Cartografía del índice de nodulación de la unidad de cultivo al inicio y finalización de cada una de las rotaciones y los tratamientos de las parcelas experimentales



A. Muestreo inicial de tomate susceptible, B. Tratamientos de biodesinfección de suelos evaluados, C. Muestreo del cultivo de tomate susceptible y Mi, D. Muestreo del cultivo de sandía injertada, E. Laboreo y biofumigación con vinaza de remolacha, F. Muestreo final del cultivo de tomate susceptible.

Evaluación de la enfermedad

Las plantas son evaluadas realizando una extracción en retícula en posiciones fijas y evaluadas con el índice de nodulación en campo (Bridge y Page, 1980) que permite su evaluación en condiciones de campo (Bello *et al.*, 2003). La repercusión de las prácticas de manejo agronómico sobre la incidencia de *Meloidogyne* en los cultivos se establece mediante dos índices. La tasa de enfermedad (TE) definida como el cociente entre el número de plantas enfermas en el cultivo muestreado y el cultivo anterior (P_{ef}/P_{ei}). La tasa de nodulación (TN) se determina como el cociente entre el índice de nodulación del cultivo muestreado y el cultivo anterior (I_{nf}/I_{ni}) de modo similar a la tasa de reproducción (Talavera *et al.*, 2009) como medi-

da directa de las poblaciones puesto que las nodulaciones se encuentran en relación con la población existente en su interior (Torres, 2014).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos son procesados gráficamente con la aplicación geoestadística GS+ Geostatistics for the Environmental Sciences (<http://www.gammadesign.com/>) y estadísticamente con Statgraphics Centurion XIV mediante técnicas de análisis de la varianza y análisis no paramétricos para identificar tratamientos con efectos similares.

Resultados

Año 1. Rotación tomate Mi-sandía

Los datos obtenidos al finalizar el cultivo de tomate tolerante (*Mi*) y susceptible muestran que solo la aplicación de materia orgánica en una banda central alejada de la línea de plantación permitió finalizar el cultivo sin síntomas de la enfermedad. El tratamiento donde se solarizó y no se aportó materia orgánica incrementó la extensión de los rodales y redujo la severidad del ataque al sistema radicular (Figura 2B). Todos los tratamientos biodesinfectados mejoraron la eficacia frente a la solarización independientemente del grado de infección. El menos eficaz fue la línea con el 30 % en la reducción de los síntomas y del 83 % en el número de plantas afectadas frente a la solarización con un 88 % y 206 % respectivamente (Tabla 1). La presencia de grandes cantidades de materia orgánica junto a la planta facilita el comportamiento del aporte orgánico como sustrato, pudiendo observar como participaba en el desarrollo del sistema radicular y el almacenamiento del agua durante la evaluación.

El cultivo de sandía en parcelas que recibieron el aporte de materia orgánica experimentó evoluciones en el desarrollo de la enfermedad que pudieran estar relacionada con el método empleado en la aplicación. El aporte de restos experimentó el crecimiento más importante de la evolución de la enfermedad, pasando de no presentar plantas afectadas al 5 %. Cuan-

do las bandas de materia orgánica coincidieron con la zona de plantación (centro, mecanizada, restos), el incremento de los mismos fue superior a la aplicación de estiércol en toda la superficie (retranqueo), que experimentó menores incrementos seguidos por las aplicaciones a las líneas (Tabla 2).

Tabla 1. Efecto de biosolarización en el desarrollo de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de tomate resistente y susceptible

Manejo	N (1)	Índice de nodulación		TN (%)	Plantas enfermas		TE (%)
		Inicial	Final		Inicial	Final	
Centro	125	0,35 ± 0,25 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0	3,5 ± 2,1	0,0 ± 0,0 ^a	0
Línea	126	0,10 ± 0,17 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	30	1,0 ± 1,7	0,8 ± 1,4 ^a	83
Mecanizada	130	0,67 ± 1,34 ^{bc}	0,04 ± 0,09 ^a	6	4,0 ± 7,0	0,6 ± 1,1 ^a	16
Restos	145	0,78 ± 1,52 ^c	0,08 ± 0,10 ^a	10	5,3 ± 7,6	1,3 ± 1,3 ^a	24
Retranqueo	140	0,35 ± 0,50 ^{ab}	0,09 ± 0,10 ^a	24	3,7 ± 4,9	2,3 ± 2,7 ^a	62
Sin aporte	130	0,33 ± 0,24 ^{abc}	0,29 ± 0,36 ^b	88	2,7 ± 3,3	5,6 ± 5,7 ^b	206
	796	0,43 ± 0,80	0,09 ± 0,17	21	3,4 ± 5,1	1,8 ± 3,3	53
Significación		P < 0,05	P < 0,05		NS	P < 0,01	

n: número de plantas evaluadas al finalizar la rotación. Media aritmética ± desviación estadística.

Tabla 2. Efecto de la biosolarización en el desarrollo de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de sandía injertada

Manejo	n	Índice de nodulación		TN (%)	Plantas enfermas		TE (%)
		Inicial	Final		Inicial	Final	
Centro	63	0	0,14 ± 0,2		0	3,8 ± 3,8	
Línea	51	0,06 ± 0,13	0,19 ± 0,22	296	2,1 ± 3,6	5,1 ± 5,9	246
Mecanizada	64	0,11 ± 0,22	0,23 ± 0,36	210	1,6 ± 2,7	8,3 ± 10,2	533
Restos	80	0	0,22 ± 0,26		0	4,9 ± 5,0	
Retranqueo	70	0,07 ± 0,14	0,18 ± 0,22	265	2,8 ± 4,8	4,9 ± 5,0	175
Sin aporte	78	0,22 ± 0,44	0,94 ± 0,77	432	4,2 ± 7,2	14,2 ± 10,5	342
	406	0,08 ± 0,20	0,32 ± 0,45	413	1,8 ± 4,3	6,9 ± 8,1	389
Significación		NS	NS		NS	NS	

n: número de plantas evaluadas al finalizar la rotación. * Media aritmética ± desviación estadística.

La modificación en el marco de plantación (y su distribución espacial) que aporta el cultivo de sandía puede contribuir a retrasar la aparición de síntomas. Las parcelas que no recibieron materia orgánica incrementaron en un 342 % el número de plantas de sandía afectadas y en un 432 % el grado de ataque al sistema radicular (Tabla 2) alcanzando un índice de nodulación promedio de 0,94 y un porcentaje de plantas afectadas del 14,2 %.

A comparar con el ahorro de materia orgánica, todos los tratamientos donde se usó limitaron el incremento de los rodales afectados por nematodos en valores próximos al 20 % y la infestación del sistema radicular a un máximo del 50 % dependiendo de la técnica y el material orgánico

Año 2. Tomate susceptible cultivado en ciclo largo

La biofumigación con vinaza en el tratamiento solarizado el año anterior limitó el incremento de los síntomas provocados por nematodos en las líneas ocupadas por los sistemas radiculares de las sandías (Tabla 3). El laboreo participó en la movilización de los nematodos hacia las líneas colindante (Figura 2F) aunque el efecto más importante estuvo causado por el borde donde el tractor no pudo acceder.

Al valorar el conjunto de intervenciones realizadas observamos como la solarización (sumada la intervención con vinaza) finaliza con un 30 % de la superficie afectada y con un índice de nodulación de 2,27. Esto supone un incremento del 670 % en la tasa de nodulación y del 1.122 % en la tasa de enfermedad (Tabla 4). Tanto la presencia de materia orgánica en la proximidad de la planta, como la ausencia de la misma, aumenta el potencial reproductivo del nematodo (TN) y su capacidad para moverse en el suelo (TE), aunque para el caso de la aplicación a la línea esta muestra diferencias significativas en la reproducción de los mismos. La franja de materia orgánica es más eficaz cuando esta se deposita alejada de la posición de trasplante (centro y mecanizada). Las labores que persiguen la modificación de grandes franjas del suelo (retranqueo o aplicación de restos) limitan la reproducción de las poblaciones de nematodos y su extensión en sistemas donde se produce rotación espacial de las zonas de trasplante.

Tabla 3. Efecto del laboreo en el desarrollo de *Meloidogyne* spp. en un tomate susceptible tras el cultivo de sandía injertada

Manejo	n	Índice de nodulación		TN (%)	Plantas enfermas		TE (%)
		Inicial	Final		Inicial	Final	
Centro	63	0,14 ± 0,20	0,74 ± 0,89	541	3,8 ± 3,8	13,8 ± 12,3	367
Línea	51	0,19 ± 0,22	2,17 ± 1,36	1.170	5,1 ± 5,9	35,2 ± 21,4	686
Mecanizada	64	0,23 ± 0,36	1,58 ± 2,50	691	8,3 ± 10,2	18,2 ± 23,0	219
Restos	80	0,22 ± 0,26	1,67 ± 1,03	762	4,9 ± 5,0	22,6 ± 11,2	465
Retranqueo	70	0,18 ± 0,22	1,71 ± 2,36	928	4,9 ± 5,0	23,3 ± 29,5	479
Vinaza	78	0,94 ± 0,77	2,22 ± 1,57	235	14,2 ± 10,5	28,5 ± 16,7	200
	406	0,32 ± 0,45	1,68 ± 1,61	531	6,9 ± 8,1	23,6 ± 21,2	344
Significación		NS	NS		NS	NS	

n: número de plantas evaluadas al finalizar la rotación. * Media aritmética ± desviación estadística.

Tabla 4. Efecto biodesinfectante de la materia orgánica en cultivos hortícolas de Almería en una rotación bianual tomate Mi- sandía-tomate

Manejo	n	Índice de nodulación		TN (%)	Plantas enfermas		TE (%)
		Inicial	Final		Inicial	Final	
Centro	127	0,35 ± 0,25 ^{abc}	1,03 ± 0,95 ^a	297	3,50 ± 2,10	16,4 ± 12,6 ^a	472
Línea	127	0,10 ± 0,17 ^a	1,67 ± 1,09 ^{ab}	1603	1,00 ± 1,70	27,4 ± 14,8 ^b	2.735
Mecanizada	130	0,67 ± 1,34 ^{bc}	1,22 ± 1,71 ^a	182	4,00 ± 7,00	15,6 ± 16,7 ^a	388
Restos	148	0,78 ± 1,52 ^c	1,70 ± 1,00 ^{ab}	219	5,30 ± 7,60	22,5 ± 8,9 ^{ab}	427
Retranqueo	140	0,35 ± 0,50 ^{ab}	1,73 ± 2,40 ^{ab}	495	3,70 ± 4,90	23,3 ± 30,0 ^{ab}	628
Vinaza	130	0,33 ± 0,24 ^{abc}	2,27 ± 1,62 ^b	691	2,70 ± 3,30	30,4 ± 17,8 ^b	1.112
	802	0,43 ± 0,80	1,60 ± 1,43	373	3,40 ± 5,10	22,6 ± 18,8	671
Significación		P < 0,05	P < 0,05		NS	P < 0,05	

n: número de plantas evaluadas al finalizar la rotación. * Media aritmética ± desviación estadística.

Discusión

El abandono del aporte de materia orgánica en los arenados de Almería contribuye al incremento de los daños provocados por nematodos. La evolución de la enfermedad desde un punto de vista práctico pudiera ver multiplicado por cuatro la superficie de los rodales y la infestación de los sistemas radiculares provocados por nematodos del género *Meloidogyne*. La biosolarización con estiércol, pelet de estiércol y restos de cosecha y la biofumigación con vinaza en las condiciones aplicadas contribuyen a la reducción de los síntomas provocados por nematodos. La utilización de técnicas de biodesinfección de suelos combinadas con el empleo de variedades resistentes potencian el control de nematodos. El empleo de la materia orgánica como sustrato en los arenados de Almería (aplicación a la línea) presenta comportamientos similares al enarenado cuando no dispone de materia orgánica. La aplicación de materia orgánica alejada de la línea de trasplante mejora los resultados en el control de nematodos.

Referencias bibliográficas

- BELLO, A. (1998): «Biofumigation and integrated pest management»; en BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; ARIAS, M. y RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds.: *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. International Workshop*. Arona, Tenerife. CE DG XI-CSIC, Valencia; pp. 99-126.
- BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; PARRA, J. P. y TELLO, J. (1997): «Alternativas al bromuro de metilo en agricultura». Sevilla, Junta de Andalucía.
- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A. y ALVAREZ, A. G. (2003): *Biofumigación en agricultura extensiva de regadío: producción integrada de hortícolas*. Mundi-Prensa Libros.
- BRIDGE, J. y PAGE, S. (1980): «Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart»; *Trop. Pest Manag.* (26); pp. 296-298.

- CEBOLLA, V. (2009): «Solarización»; *Hortic. Int.* (16); pp. 12-23.
- CÉSPEDES, A. J.; GARCÍA, M. C.; PÉREZ, J. J. y CUADRADO, I. M. (2009): «Caracterización de la explotación horticola protegida almeriense»; Almería, FIAPA-Cajamar.
- DJIAN-CAPORALINO, C. (2012): «Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), a growing problem in French vegetable crops»; *EPPO Bull.* (42); pp. 127-137.
- DUEÑAS, R. y SANZ, M. (1973): «Desinfección de Suelos»; *Hojas divulgadoras*. Madrid, Ministerio de Agricultura..
- FLOR PEREGRÍN, M. E. (2013): «Uso de agentes de control y protección biológica frente a nematodos del género *Meloidogyne* en cultivos protegidos bajo plástico». Universidad de Granada.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y NAREDO, J. M. (1996): «Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos». Argentina Visor.
- ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SANTORO, I. y SORRIBAS, F. J. (1999): «El nematodo *Meloidogyne* en los cultivos hortícolas de los invernaderos de Almería»; *Phytoma España La Rev. Prof. Sanid. Veg.*; pp. 27-34.
- SÁNCHEZ, M.; PÉREZ-PARRA, J. J.; MARÍN, M. G. y CÉSPEDES, A. J. (2001): «Estudio de la demanda de inputs auxiliares: producción y manipulación en el sistema productivo agrícola almeriense». Almería, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería.
- SERRANO, Z. (1973): «El enarenado en invernadero de plástico»; *Rev. Extensión Agrar.* XII; pp. 1-2.
- TALAVERA, M.; VALOR, H. y TOBAR-JIMÉNEZ, A. (1999): «Nematodos parásitos de los cultivos intensivos en las áreas de Carchuna (Granada) y Balanegra (Almería)»; *Cuaderno Fitopatol.* (60); pp. 4-7.
- TALAVERA, M.; VERDEJO-LUCAS, S.; ORNAT, C.; TORRES, J.; VELA, M. D.; MACIAS, F. J.; CORTADA, L.; ARIAS, D. J.; VALERO, J. y SORRIBAS, F. J. (2009): «Crop rotations with Mi gene resistant and susceptible tomato cultivars for management of root-knot nematodes in plastic houses»; *Crop Prot.* (28); pp. 662-667. doi:10.1016/j.cropro.2009.03.015.

- TELLO, J. C.; DE CARA, M.; PALMERO, D.; GARCÍA, A. y SANTOS, M. (2006): «La desinfección del suelo en cultivos protegidos»; en *Control de Patógenos Telúricos en Cultivos Hortícolas Intensivos*. Madrid, ediciones Agrotecnicas; pp. 11-61.
- TORRES, J. M. (2014): «Estudio del potencial del índice de nodulación para la evaluación los daños provocados por nematodos del género *Meloidogyne*». Almería, Universidad de Almería.

Estudio agronómico de diferentes materiales de cubierta flotante en una plantación tardía de sandía

J. C. López^a, C. Pérez^a, M. González^a, D. Meca^a, C. Baixauli^b, A. Núñez^b, J.M. Aguilar^b, A. Giner^b e I. Nájera^b

^aEstación Experimental Cajamar y ^bCentro de Experiencias Cajamar

Resumen

En las plantaciones tardías (mayo, junio y julio) de sandía (*Citrullus lanatus*) con altas temperaturas y elevada presencia de plagas, las cubiertas flotantes pueden ser una buena herramienta, como barrera física, frente a la llegada de insectos transmisores de virosis. En esta experiencia se evaluaron cinco materiales para cubierta flotante de polipropileno no tejido (normal, reflectante 1, reflectante 2, rojo, azul y un testigo sin cubierta) con diferentes transmisividades. Todos tuvieron un acolchado plástico de color gris. Se determinó el comportamiento sobre el clima, la producción, la presencia de plagas y virosis en una plantación tardía de sandía. Con la cubierta flotante utilizando el polipropileno normal, se produjo un nivel alto de marras de plantación debida a las elevadas temperaturas alcanzadas en el momento del trasplante, que indica que esas fechas habría que utilizar materiales que redujesen la temperatura o modificar la técnica de cubierta flotante, siendo aconsejable un microtúnel o un sistema intermedio entre cubierta y este último. La temperatura máxima absoluta alcanzadas fueron de 59,3 °C en la cubierta normal, en la cubierta roja de 57,8 °C, en reflectante 1 se alcanzó 56,4 °C, en el reflectante 2 de 56,4 °C, en el azul 53,2 °C y en el testigo sin cubierta 52,4 °C. Las temperaturas medias de las máximas oscilaron entre 44 °C (testigo sin cubierta) y 55,7 °C para el normal. El testigo sin cubierta flotante dio una mayor producción de destrío

por frutos con síntomas de virus y un peor estado final de la planta, que confirma la conveniencia de utilizar este sistema de semiforzado como fórmula para reducir la incidencia de virosis. Entre los materiales ensayados el reflectante 1 y 2, y el color rojo son los que han dado un mejor resultado productivo. Siendo la producción próxima a 5 kg m^{-2} para los tratamientos reflectante 1, reflectante 2, rojo y azul; frente a $3,8 \text{ kg m}^{-2}$ para el testigo sin cubierta y de $3,6 \text{ kg m}^{-2}$ con cubierta normal.

Palabras clave: *Citrullus lanatus*, *manta térmica*, *temperatura*, *transmisividad*, *plagas*.

Introducción

Los sistemas de semiforzado más utilizados en el cultivo de sandía al aire libre son el acolchado plástico, el pequeño túnel y la cubierta flotante, o la combinación del primero con cualquiera de los otros dos (López *et al.*, 2002; Maroto, 2008). La utilización de polietileno flexible opaco como acolchado: permite un buen control de malas hierbas, reduce el consumo de agua de riego y favorece el desarrollo del cultivo. En las plantaciones tardías (mayo, junio y julio) se suele prescindir de los sistemas de semiforzado a base de cubiertas flotantes o microtúneles como herramienta para reducir problemas debidos a bajas temperaturas, aunque pueden jugar un papel muy importante como barrera física frente a la llegada de insectos transmisores de virosis (Baixauli *et al.*, 2016). Otra de las ventajas de cultivar bajo malla es la de dificultar el acceso de los insectos, entre los que hay que destacar a los áfidos, y así disminuir el riesgo de transmisión de virus en los cultivos (Miguel y Serrano, 1995).

En esta experiencia se evalúa el comportamiento productivo y agronómico, y el efecto frente a la transmisión de virosis, con la utilización de polipropileno no tejido de diferentes calidades en la modalidad de cubierta flotante, en una plantación tardía de sandía sin semillas.

Material y métodos

La experiencia se desarrolló en el Centro de Experiencias Cajamar (Valencia, Paiporta). Se realizó una plantación de sandía triploide cultivar 'Style' y como polinizador el cultivar 'Premium' de la firma Nunhems-Bayer, ambos injertados sobre el portainjerto de calabaza cultivar 'RS 841'. Se compararon diferentes calidades de cubiertas a base de polipropileno: normal polipropileno de 17 g/cm², polipropileno reflectante 1, reflectante 2, polipropileno de color rojo, polipropileno de color azul y testigo sin cubierta flotante. En todos los casos el suelo estaba acolchado, con un polietileno opaco de color gris. El marco de plantación utilizado fue de 3 m entre hileras y 1 m entre plantas. El sistema de riego fue por goteo, utilizando un lateral con gotero incorporado espaciado 0,33 m y con caudal nominal de 2 L h⁻¹. La plantación tuvo lugar el 29 de junio de 2016. Se realizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones de 8 plantas cada repetición (seis del cultivar triploide y dos del polinizador) dispuesto en la misma hilera en un porcentaje del 25 %.

Los valores de la temperatura medida en contacto con el plástico de acolchado en la cara interna, pueden ser un indicador de problemas de excesos de temperatura especialmente en momentos de plantaciones tardías, como fue el caso del ensayo. Para el análisis de las temperaturas se seleccionaron las primeras semanas dado que eran los momentos más críticos al coincidir el cultivo recién trasplantado con las altas temperaturas. Después, dado que el cultivo al desarrollarse cubrió gran parte de la superficie del suelo, no se realizaron más análisis de las temperaturas. Además, las mantas térmicas se retiraron el 2 de agosto de 2016 para facilitar la polinización de las sandías.

Una semana después de la plantación se realizó un conteo de marras de plantación, en cada una de las cubiertas flotantes estudiadas.

Se midió la producción comercial, se determinó el peso medio de los frutos y la producción de destrío: separando los frutos no comerciales, que presentaban síntomas de virus u otras causas, y separando en todos los casos la producción del cultivar triploide y del polinizador. El 4 de agosto se hizo una valoración del vigor y homogeneidad de las plantas, y el 9 de

septiembre se hizo también una valoración del estado final de la planta, estableciendo un gradiente de 0 a 5 de menor a mayor nivel.

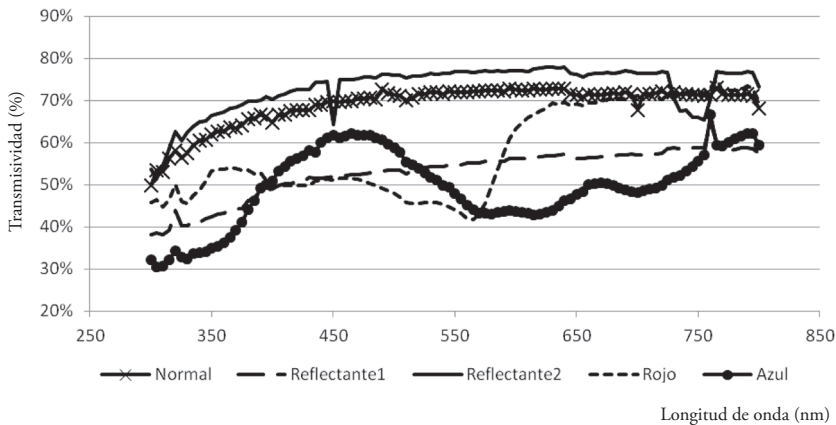
El 3 de agosto y el 5 de septiembre se contabilizaron el número de larvas y adultos de empoasca, trips, pulgón, nesidiocoris, orius, araña roja, y en la segunda fecha se hizo una valoración de incidencia de oídio.

Resultados y discusión

Medidas de transmisividad de los materiales

Mediante un espectrorradiómetro se realizaron medidas de los cinco materiales ensayados, en condiciones de cielo despejado, determinando su transmisividad respecto a la radiación solar. Los dos materiales que mayor transmisividad alcanzaron fueron el reflectante 2 y el polipropileno normal, con valores entre 10-20 % superiores respecto a los otros materiales según longitud de onda. El polipropileno de color azul enriqueció más la transmisividad alrededor de los 450 nm y el rojo a partir de los 600 nm (Gráfico 1).

Gráfico 1. Transmisividad (%) de los cinco materiales ensayos como cubierta flotante en Paiporta, para diferentes longitudes de onda (nm)



Medidas de temperatura

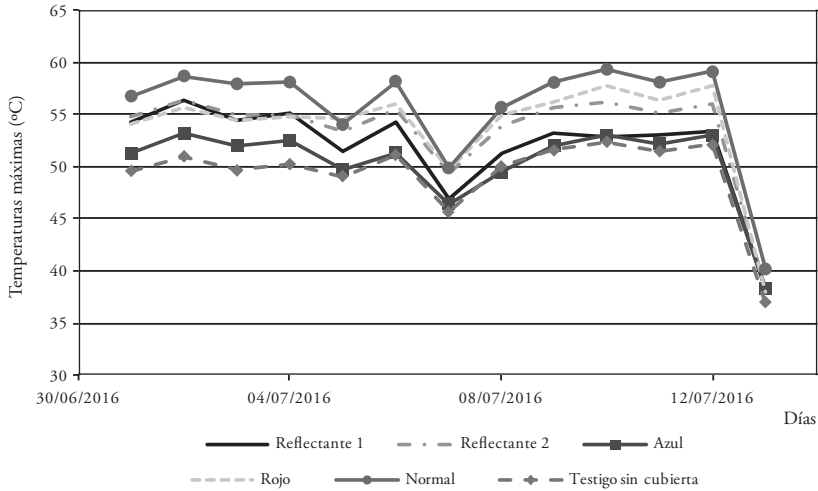
Para el período analizado, del 1 de julio de 2016 al 13 de julio de 2016, las temperaturas medias diarias fueron 38 °C en el normal; 37,7 °C reflectante 1; 36,8 °C en el reflectante 2; 36,3 °C en el rojo; 35,9 °C en el azul y 30,3 °C en el testigo sin cubierta. Las temperaturas aumentaron de las cubiertas flotantes respecto al testigo sin cubierta entre 7,8 °C (normal) y 5,7 °C (azul).

La temperatura máxima absoluta alcanzada fue de 59,3 °C en la cubierta normal, 7 °C más que en el testigo sin cubierta, lo que puede justificar el elevado número de marras del principio. En la cubierta roja se registró 57,8 °C de máxima absoluta, 5 °C más que en el testigo sin cubierta. En reflectante 1 se alcanzó 56,4 °C, en el reflectante 2, 53,2 °C en el azul y 52 °C en el testigo sin cubierta. Las temperaturas medias de las máximas oscilaron entre 44 °C (testigo sin cubierta) y 55,7 °C para el normal (Tabla 1 y Gráfico 2).

Tabla 1. Temperaturas registradas en el ensayo durante el período analizado (01/07/2016 - 13/07/2016). En °C

Materiales de cubierta	T ^a media diaria	T ^a media de las máximas	T ^a máxima absoluta
Normal	38,04	55,70	59,34
Reflectante 1	37,68	51,92	56,44
Reflectante 2	36,82	53,44	56,38
Rojo	36,32	53,89	57,78
Azul	35,95	50,34	53,17
Testigo sin cubierta	30,26	44,01	52,39

Gráfico 2. Evolución de las temperaturas máximas registradas durante el período analizado (01/07/2016 - 13/07/2016). En °C



Plagas y depredadores naturales

La presencia de plagas fue reducida, tanto al inicio como al final de ciclo de cultivo, a excepción de araña roja que al principio del cultivo en los tratamientos con cubierta y posiblemente debido a la presencia de este artrópodo en la fase de semillero, impidieron la llegada de auxiliares y por lo tanto el control biológico no funcionó, mientras que fuera de las cubiertas los auxiliares que actuaron por conservación, permitieron un buen control de araña roja (Tabla 2).

Tabla 2. Niveles de plagas y depredadores al día siguiente de retirar las cubiertas flotantes

Tesis	Empoasca		Trips		Araña roja	Crisopa			Nesi.	Oídio	Orius
	Adulto	Larva	Adulto	Larva		Puestas/larvas	Adultos	Pulgón			
Testigo sin cubierta	0,22 ^a	0	0,00	0	0,33 ^b	1,34 ^a	0	0,56	0,44 ^a	0	0,33
Normal	0,00 ^b	0	0,22	0	3,33 ^a	0,00 ^b	0	0,00	0,00 ^b	0	0,00
Reflectante 1	0,00 ^b	0	0,11	0	3,78 ^a	0,00 ^b	0	0,11	0,00 ^b	0	0,00
Reflectante 2	0,00 ^b	0	0,11	0	3,78 ^a	0,00 ^b	0	0,00	0,00 ^b	0	0,00
Rojo	0,00 ^b	0	0,00	0	3,78 ^a	0,00 ^b	0	0,00	0,00 ^b	0	0,00
Azul	0,00 ^b	0	0,00	0	4,11 ^a	0,00 ^b	0	0,00	0,00 ^b	0	0,00
	p < 0,05		n. s.		p < 0,01	p < 0,01		n. s.	p < 0,01		n. s.

* Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas.

Producción y comportamiento de las plantas

Se realizaron un total de dos recolecciones, el 2 y el 9 de septiembre. La mayor producción comercial total se obtuvo con la cubierta en la que se utilizó el reflectante 1 con 5,53 kg/m² (Tabla 3) y la menor producción con la cubierta a base de polipropileno normal y el testigo sin cubierta, aunque sin diferencias significativas a nivel estadístico ($p < 0,05$). Tampoco se apreciaron en el peso medio de los frutos, aunque siguió la misma pauta que el rendimiento. La mayor producción de destrío total se obtuvo con el testigo sin cubierta flotante, detectando diferencias significativas respecto al resto de tratamientos. Dicho destrío fue debido a la mayor incidencia de frutos con síntomas de virus (Tabla 4).

En relación al vigor de las plantas, el menor índice se observó en las aquellas que se desarrollaron bajo el polipropileno normal. Aunque no se detectaron diferencias significativas para el índice de homogeneidad de las plantas, la menor homogeneidad se detectó en el polipropileno normal y en el reflectante 1. Al finalizar el cultivo se observó en el testigo sin cubierta

el peor estado final del desarrollo de las plantas, aunque sin detectar diferencias estadísticas respecto a la cubierta de color azul y el reflectante 1.

Tabla 3. Datos productivos: producción comercial y peso medio

Materiales de cubierta	Producción comercial (kg/m ²)		Total comercial	Peso medio (kg)	
	Var. triploide	Polinizador		Var. triploide	Polinizador
Reflectante 1	4,76	0,78 ^{ab}	5,53	4,570	2,652
Reflectante 2	4,42	0,73 ^{abc}	5,15	4,122	2,623
Rojo	4,14	0,93 ^a	5,06	3,962	2,767
Azul	3,93	0,54 ^{bcd}	4,47	4,014	2,419
Testigo sin cubierta	3,48	0,33 ^d	3,80	3,880	2,600
Normal	3,17	0,42 ^{cd}	3,59	3,614	2,839
	n. s.	p ≤ 0,05	n. s.	n. s.	n. s.

* Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $p \leq 0,05$, según el test LSD.

Tabla 4. Datos productivos: producción de destrío por virus y otros

Materiales de cubierta	Destrío no virus (kg/m ²)		Destrío total (kg/m ²)	Destrío por virus (kg/m ²)		Virus total (kg/m ²)
	Var. triploide	Polinizador		Var. triploide	Polinizador	
Testigo sin cubierta	0,17	0,00	0,17	0,54 ^a	0,60 ^a	1,14 ^a
Reflectante 1	0,18	0,00	0,18	0,00 ^b	0,04 ^b	0,04 ^b
Normal	0,12	0,00	0,12	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b
Azul	0,11	0,00	0,11	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b
Reflectante 2	0,10	0,00	0,10	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b
Rojo	0,05	0,00	0,05	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b
	n. s.	-	n. s.	p ≤ 0,01	p ≤ 0,01	p ≤ 0,01

Marras de plantación

El mayor porcentaje de marras de plantación se obtuvo con el polipropileno normal, con más de un 45 % de marras, debido principalmente a las altas temperaturas que se dieron en esa fecha (Tabla 5). Las marras fueron repuestas, aunque no evitó una reducción de la producción final.

Tabla 5. Marras de plantación

Materiales de cubierta	Marras (%)
Normal	45,83 ^a
Reflectante 1	4,17 ^b
Reflectante 2	0,00 ^b
Rojo	0,00 ^b
Azul	8,33 ^b
Testigo sin cubierta	0,00 ^b
	$p \leq 0,01$

Conclusiones

Con la cubierta flotante utilizando el polipropileno normal, se produjo un nivel muy alto de marras de plantación debida a las altas temperaturas alcanzadas en el momento del trasplante, que indica que para esas fechas habría que utilizar materiales que redujesen la temperatura.

El tratamiento sin cubierta flotante ha dado una mayor producción de destrío por frutos con síntomas de virus y un peor estado final de la planta, lo que confirma la conveniencia de utilizar este sistema de semiforzado como fórmula para reducir la incidencia de virosis.

Entre los materiales ensayados el reflectante 1 y 2 y el color rojo son los que dieron un mejor resultado productivo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en colaboración con la empresa Criado y López quien ha financiado parcialmente el ensayo y ha aportado los materiales para cubierta flotante a ensayar.

Referencias bibliográficas

- BAIXAULI, C.; AGUILAR, J. M.; GINER, A.; NÚÑEZ, A. y NÁJERA, I. (2016): «Los sistemas de semiprotección como fórmula para reducir la incidencia de virus en cultivos como la sandía, el melón y calabaza»; *Agrícola Vergel* (393); pp. 169-172.
- MAROTO J. V.; MIGUEL, A. y POMARES, F. (2002): *El cultivo de la sandía*. Mundi-Prensa.
- MAROTO, J. V. (2008): *Elementos de horticultura general*. Madrid, Mundi-Prensa 3.º edición.
- MIGUEL, A. y SERRANO, E. (1995): *Cultivo de hortalizas bajo malla y cubierta flotante*. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

Estudio agronómico de diferentes materiales de acolchado en una plantación tardía de sandía sin pepitas

C. Baixauli^a, A. Núñez^a, J. M. Aguilar^a, A. Giner^a, I. Nájera^a, J. C. López^b, M. González^b, C. Pérez^b, D. Meca^b y J. C. Gázquez^b

^aCentro de Experiencias Cajamar y ^bEstación Experimental Cajamar

Resumen

Los sistemas de semiprotección empleados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) se basan principalmente en el empleo de acolchados con plásticos generalmente opacos, para reducir la incidencia de malas hierbas, mejora la estructura del suelo y un ahorro de agua de riego, al reducir la evaporación en el área de suelo mojada, especialmente en los sistemas de riego localizado. En general se conoce bien el comportamiento de los diferentes acolchados para plantaciones primaverales de sandía, pero apenas hay experiencia en plantaciones de verano, que son interesantes para conseguir recolecciones durante los meses de agosto y septiembre.

El estudio se desarrolló en el Centro de Experiencias Cajamar en Paiporta, para lo cual se utilizó el cultivar de sandía triploide 'Style' y como polinizador el cultivar 'Premium', ambas injertadas sobre el portainjerto 'RS 841'. Se evaluaron diferentes láminas de polietileno flexible como acolchado: negro opaco, de color gris, blanco en la cara superior (polietileno coextrusionado blanco y negro), transparente y un testigo sin acolchar, en el que se insertó algún gotero extra para compensar la mayor evaporación. La plantación tuvo lugar el 29 de junio de 2016. Se realizaron medidas de la temperatura del suelo bajo del acolchado, colocando las sondas a nivel superficial durante todo el cultivo. Se midieron parámetros productivos,

desarrollo de las plantas, presencia de plagas y auxiliares en cada uno de los acolchados.

Aunque no se detectaron diferencias estadísticas de producción entre acolchados, uno de los que mejor ha funcionado ha sido el de color gris. El menor vigor de las plantas y la menor homogeneidad se observó en el testigo sin acolchar. Se apreciaron diferencias de temperatura entre el plástico y el suelo, observando los valores más altos en el acolchado transparente 56,9 °C, seguido del negro 54,06 °C, el gris 52,39 °C y el testigo sin acolchar 49,43 °C, registrando el menor valor de temperatura con el acolchado de color blanco 43,4 °C. En el primer conteo de presencia de plagas no se detectaron diferencias significativas a nivel estadístico entre acolchados y en el segundo se observó un mayor nivel de adultos de empoasca y trips en el testigo sin acolchar, menor nivel de araña roja en el acolchado transparente y mayor cantidad de adultos de crisopa en el acolchado blanco.

Palabras clave: *Citrullus lanatus, semiprotección, temperatura, plagas.*

Introducción

Los sistemas de semiforzado más utilizados en el cultivo de sandía al aire libre son el acolchado plástico, el pequeño túnel y la cubierta flotante o la combinación del primero con cualquiera de los otros dos (López *et al.*, 2002; Maroto, 2008). La utilización de polietileno flexible opaco como acolchado, permite un buen control de malas hierbas, reduce el consumo de agua de riego y favorece el desarrollo del cultivo. El acolchado con polietileno negro proporciona mejores condiciones para la transmisión de calor que otros materiales biodegradables o suelo sin acolchar (Suso *et al.*, 2014).

En esta experiencia se evaluó el comportamiento productivo, agronómico, evolución de temperatura en suelo y el efecto frente a la presencia de plagas, de la utilización de diferentes acolchados en una plantación tardía de sandía sin pepitas.

Material y métodos

La experiencia se desarrolló en el Centro de Experiencias Cajamar en Paiporta (Valencia). Se realizó una plantación de sandía triploide cultivar 'Style' y como polinizador el cultivar 'Premium' de la firma Nunhems-Bayer, ambas injertadas sobre el portainjerto de calabaza cultivar 'RS 841'. Se compararon diferentes acolchados de polietileno: negro opaco, de color gris, blanco en la cara superior (polietileno coextrusionado blanco y negro), transparente y un testigo sin acolchar. El marco de plantación utilizado fue de 3 m entre hileras y 1 m entre plantas. El sistema de riego fue por goteo (lateral con gotero incorporado espaciado 0,33 m). En la parcela testigo sin acolchar, para compensar la mayor evaporación, se insertó en el lateral un gotero adicional en cada metro lineal. La plantación tuvo lugar el 29 de junio de 2016. Se realizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones de ocho plantas por repetición seis del cultivar triploide y dos del polinizador dispuesto en la misma hilera en un porcentaje del 25 %.

Se realizaron medidas de la temperatura del suelo, bajo del acolchado, colocando sondas a nivel superficial, iniciando las mediciones desde el momento de la plantación hasta el final del cultivo. Una semana después de la plantación se realizó un conteo de marras de plantación.

Se midió la producción comercial, se determinó el peso medio de los frutos, la producción de destrío: separando los frutos que presentaban síntomas de virus, o por otras causas, diferenciando en todos los casos la producción del cultivar 'triploide' y del polinizador. El 4 de agosto se hizo una valoración del vigor y homogeneidad de las plantas y el 9 de septiembre, se hizo también una valoración del estado final de la planta, estableciendo un gradiente de 0 a 5 de menor a mayor nivel.

El 3 de agosto y el 5 de septiembre, se contabilizaron el número de larvas y adultos de empoasca, trips, pulgón, nesidiocoris, orius, araña roja y en la segunda fecha nivel de afección de oídio.

Resultados

Comportamiento de la planta y producción

En el conteo de marras de plantación no se detectaron diferencias significativas a nivel estadístico (dsne), aunque el mayor porcentaje de marras se obtuvo con el acolchado blanco y en el testigo sin acolchar (Tabla 1).

Se realizó un total de tres recolecciones, la primera el 25 de agosto, seguidas del 2 y 9 de septiembre. La mayor producción total comercial se obtuvo con el acolchado gris, con 3,8 kg m⁻² y la menor en la parcela sin acolchar, aunque sin detectar dsne entre tratamientos. No hubo diferencias en el peso medio de los frutos. Tampoco se detectaron dsne en la producción de destrío total, ni por síntomas de virus (Tablas 2 y 3).

En relación a la medida de vigor, no se observaron diferencias en la observación realizada el 4 de agosto, aunque el menor índice correspondió al testigo sin acolchar. En relación a la homogeneidad, el menor índice se obtuvo con el testigo sin acolchar, sin dsne respecto al acolchado transparente, pero con dsne respecto el resto de acolchados. En la observación final del estado de la planta tampoco se detectaron dsne, observando en general un desarrollo vegetativo pobre en todos los tratamientos, como consecuencia posiblemente de la fecha tardía de cultivo (Tabla 4).

Tabla 1. Marras de plantación

Acolchado	Marras (%)
Blanco	5,56
Sin acolchar	5,56
Negro	0,00
Gris	0,00
Transparente	0,00
	ns

ns: no significativo.

Tabla 2. Producción comercial y peso medio de los frutos

Acolchado	Rendimiento comercial (kg m ⁻²)			Peso medio (kg)	
	Var. triploide	Polinizador	Total	Var. triploide	Polinizador
Gris	3,48	0,33	3,80	3,88	2,60
Negro	3,18	0,25	3,43	4,34	2,61
Blanco	3,11	0,34	3,45	4,17	2,76
Transparente	3,12	0,27	3,38	4,01	2,78
Sin acolchar	2,75	0,31	3,06	4,27	2,16
	ns	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo.

Tabla 3. Producción destrío

Acolchado	Destrío (kg m ⁻²)	Virus (kg m ⁻²)	Destrío total
Gris	0,17	1,14	1,31
Sin acolchar	0,27	1,00	1,27
Negro	0,20	1,02	1,22
Blanco	0,16	0,97	1,13
Transparente	0,24	0,84	1,08
	ns	ns	ns

ns: no significativo.

Tabla 4. Valoraciones comportamiento de las plantas

Acolchado	4 de agosto de 2016		9 de septiembre de 2016
	Vigor (0-5)	Homogeneidad (0-5)	Estado final de la planta (0-5)
Negro	4,00	4,50 ^a	1,00
Gris	4,17	4,33 ^a	1,00
Blanco	4,00	4,33 ^a	1,33
Transparente	4,00	3,83 ^{ab}	1,00
Sin acolchar	3,00	2,67 ^b	1,33
	ns	p ≤ 0,05	ns

ns: no significativo. Las letras distintas minúsculas en una misma columna indican diferencias significativas p ≤ 0,05 según el test LSD.

Medidas de temperatura

Los valores de temperatura, medida en contacto con el plástico de acolchado en la cara interna, pueden ser un indicador de problemas de excesos de temperatura especialmente en momentos de plantaciones tardías, como fue el caso del ensayo.

Para el análisis de las temperaturas se seleccionaron las primeras semanas dado que eran los momentos más críticos, al coincidir el cultivo recién trasplantado con altas temperaturas y bajo nivel de sombreado de las plantas. Después, dado que el cultivo al desarrollarse cubrió gran parte de la superficie del suelo no se realizaron más análisis de las temperaturas.

Para el período analizado, desde el 1 de julio de 2016 al 17 de julio de 2016, las temperaturas medias diarias fueron 29,82 °C en el acolchado blanco; 30,05 °C en el testigo sin acolchar; 33,72 °C en el acolchado gris; 34,35 °C en el acolchado negro y 35,28 °C en el acolchado transparente. Las diferencias térmicas entre los acolchados negro, gris y transparente respecto al testigo (sin acolchar) han oscilado entre 3,7 °C (gris) y 5,2 °C (transparente) (Tabla 5).

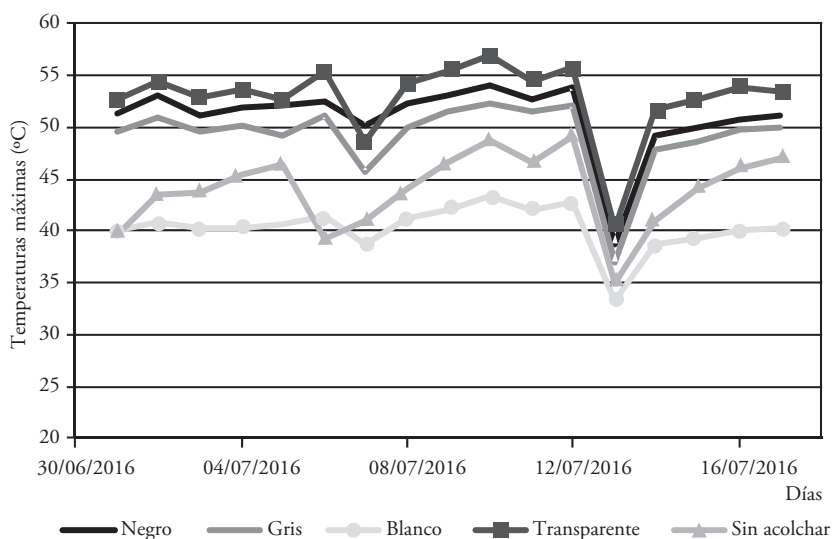
Tabla 5. Temperaturas registradas en el ensayo durante el período analizado

Acolchado	Temperatura media diaria (°C)	Temperatura media de las máximas (°C)	Temperatura máxima absoluta (°C)
Negro	34,35	51,05	54,06
Gris	33,72	49,24	52,39
Blanco	29,82	40,31	43,40
Transparente	35,28	52,89	56,90
Sin acolchar	30,05	44,19	49,43

La temperatura máxima absoluta alcanzada fue de 56,90 °C en el acolchado transparente, 7,47 °C más que en el testigo (sin acolchar). En el acolchado negro se registró una máxima de 54,06 °C, 4,67 °C más que en el testigo. En el acolchado gris se alcanzó 52,39 °C; en el acolchado blanco 43,40 °C y 49,43 °C en el testigo respectivamente. La temperatura media

de las máximas oscilaron entre 40,31 °C (blanco) y 52,89 °C para el polietileno transparente (Tabla 5).

Gráfico 1. Evolución de las temperaturas máximas registradas durante el período analizado. En °C



Evolución de plagas y enfermedades

En cuanto a la presencia de plagas y auxiliares (Tabla 6), en la primera observación se detectó una mayor cantidad de adultos de empoasca en el testigo sin acolchar y en el acolchado blanco. El menor nivel de adultos de trip se detectó en el acolchado transparente y en el blanco. La menor presencia de araña roja se observó en el testigo sin acolchar y en el plástico gris, no apreciando diferencias en la presencia de pulgón, nesidiocoris y orius (Tabla 6).

En la segunda observación, el mayor nivel de adultos de empoasca se observó otra vez en el testigo sin acolchar, no habiendo diferencias en la presencia de larvas. También en el testigo sin acolchar y en el acolchado blanco se detectó un mayor nivel de adultos de trip. La menor incidencia

de araña roja se detectó en el acolchado transparente. No se apreciaron diferencias en el nivel de presencia de oídio entre los distintos acolchados (Tabla 6).

Tabla 6. Número de individuos por planta de plaga y auxiliares e índice de afección de oídio

Fecha: 3/8/16											
Acolchado	Empoasca		Trips		Araña roja	Crisopa		Pulgón	Nesidiocoris	Orius	Oídio
	Adultos	Larvas	Adultos	Larvas		Puesta/larvas	Adultos				
Sin acolchar	0,22	0,00	0,11	0,00	0,00	0,22	0,11	0,56	0,33	0,00	0,00
Transparente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,11	0,00	0,11	0,11	0,00	0,00
Gris	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11	0,00	0,56	0,11	0,11	0,00
Negro	0,00	0,00	0,11	0,00	0,22	0,44	0,00	0,33	0,78	0,22	0,00
Blanco	0,22	0,00	0,00	0,00	0,22	1,34	0,00	0,56	0,44	0,33	0,00
	ns	-	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fecha: 5/9/16											
Acolchado	Empoasca		Trips		Araña roja	Crisopa		Pulgón	Nesidiocoris	Orius	Oídio
	Adultos	Larvas	Adultos	Larvas		Puesta/larvas	Adultos				
Sin acolchar	1,22 ^a	0,33	1,67 ^a	1,66	0,78 ^{ab}	2,44	0,66 ^b	0,00	0,56	1,56	1,45
Transparente	0,56 ^b	0,11	0,56 ^{bc}	2,22	0,33 ^b	2,22	0,67 ^b	0,00	0,22	1,56	1,68
Gris	0,56 ^b	0,22	0,33 ^c	0,89	0,89 ^a	1,67	0,89 ^b	0,11	0,45	2,00	1,22
Negro	0,44 ^b	0,22	0,55 ^{bc}	1,33	1,22 ^a	2,00	1,00 ^b	0,00	0,22	1,67	1,22
Blanco	0,22 ^b	0,56	1,22 ^{ab}	1,22	1,00 ^a	1,33	1,89 ^a	0,11	0,00	1,89	1,22
	p ≤ 0,01	ns	p ≤ 0,05	ns	p ≤ 0,05	ns	p ≤ 0,05	ns	ns	ns	ns

Conclusiones

Aunque no se han detectado diferencias productivas entre acolchados, uno de los que mejor ha funcionado ha sido el de color gris. El menor vigor de las plantas y la menor homogeneidad se observó en el testigo sin acolchar.

Se apreciaron diferencias de temperatura entre el plástico y el suelo, observando los valores más altos en el acolchado transparente, seguido del negro, el gris y el testigo sin acolchar, registrando el menor valor de temperatura con el acolchado de color blanco.

Se apreció una mayor presencia de adultos de empoasca y trips en el testigo sin acolchar.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en colaboración con la empresa Sotrafa, quien ha financiado parcialmente el ensayo y ha aportado los materiales de acolchado a ensayar.

Referencias bibliográficas

- Baixauli, C.; Aguilar, J. M.; Giner, A.; Núñez, A. y Nájera, I. (2016): «Los sistemas de semiprotección como fórmula para reducir la incidencia de virus en cultivos como la sandía, el melón y calabaza»; *Agrícola Vergel* (393); pp. 169-172.
- MAROTO, J. V.; MIGUEL, A. y POMARES, F. (2002): *El cultivo de la sandía*. Madrid, Mundi-Prensa.
- MAROTO, J. V. (2008): *Elementos de horticultura general*. Madrid, Mundi-Prensa.
- MIGUEL, A. y SERRANO, E. (1995): *Cultivo de hortalizas bajo malla y cubierta flotante*. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.
- SUSO M. L.; PARDO, A.; TOBAR, V. y HUETE, J. (2014): «Modificación de las condiciones microclimáticas por diferentes materiales de acolchado biodegradables»; *Actas de Horticultura* (65); pp. 209-214.

Acolchados biodegradables en cultivos hortícolas al aire libre en el sur de Navarra

I. Lahoz, A. Santos y A. Malumbres

Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)

Resumen

En este trabajo se pretende analizar el comportamiento de diferentes materiales para acolchado en comparación con el polietileno, determinando su influencia en el rendimiento de los cultivos al aire libre pimiento y tomate para procesado. Los ensayos se realizaron durante la campaña 2014 en la localidad navarra de Cadreita. Se han estudiado seis materiales biodegradables, cinco de ellos biopolímeros (Mater-Bi[®], Ecovio[®], Bioflex[®], Sphere-4[®] y Sphere-6[®]) y un papel (MimGreen[®]), y como testigo polietileno negro. En recolección se controló la producción total, comercial y el peso medio del fruto. Además, en tomate se controlaron como parámetros de calidad industrial el pH, el contenido en sólidos solubles (°Brix) y el color “a” y “b” en la escala Hunter. En producción comercial solo en el cultivo de pimiento se han encontrado diferencias significativas entre materiales biodegradables. En tomate, en calidad industrial las diferencias encontradas entre el polietileno y el resto de acolchados estudiados tampoco han llegado a ser significativas. En degradación se han observado diferencias en función del cultivo, ya que la degradación de la parte exterior de los acolchados biodegradables ha sido algo mayor en el cultivo de tomate, de porte rastrero, que en el pimiento, de porte erecto, mientras que en la parte enterrada la degradación ha sido muy similar en los dos cultivos. En base a los resultados de estos ensayos, se puede decir que existen materiales biodegradables que constituyen una alternativa viable a la utilización del

polietileno, al no presentar diferencias en cuanto a producción y calidad industrial con este acolchado utilizado habitualmente por los agricultores y con la ventaja de su degradación.

Palabras clave: *rendimiento, biopolímero, degradación.*

Introducción

El uso de polietileno (PE) negro como acolchado en cultivos hortícolas al aire libre está extendido en muchas zonas de España con los objetivos principales de ahorro de agua de riego y control de las malas hierbas.

El polietileno presenta como principal inconveniente la dificultad de gestión de su residuo. En cultivos de porte bajo, como el tomate de industria, con recolección mecánica con cosechadora, es imposible una retirada mecanizada de los restos de acolchado al finalizar el ciclo de cultivo. En el caso del cultivo del pimiento, en el que si es posible esta retirada al no producirse roturas durante la recolección, la adhesión de tierra dificulta o imposibilita su gestión en vertederos (López-Marín y González, 2012).

Una alternativa a los problemas medioambientales generados por el acolchado tradicional de PE es la utilización de materiales de acolchado biodegradables. La principal limitación de la expansión de estos materiales biodegradables es su elevado coste. Otra limitación ha sido la falta de adaptación de las propiedades mecánicas de los nuevos materiales a las técnicas de acolchado y de cultivo, aunque actualmente los plásticos biodegradables para acolchado existentes en el mercado presentan propiedades mecánicas inferiores a las del PE, pero suficientemente adecuadas para el acolchado mecanizado (Martín-Closas *et al.*, 2008). Otro posible problema derivado del uso del PE es que, en zonas o veranos muy cálidos, se calienta demasiado el entorno de las plantas, llegando a provocar daños en las mismas en los primeros días de desarrollo (Pardo *et al.*, 2005).

En este trabajo se analiza el comportamiento de diferentes materiales para acolchado en comparación con el PE negro, determinando su influencia en el rendimiento en los cultivos de pimiento y tomate al aire libre en

Navarra, así como su degradación tanto en la parte aérea del plástico como en la parte enterrada y por tanto, no expuesta a la radiación solar.

Material y métodos

Los ensayos se realizaron durante 2014 en la finca experimental de INTIA en Cadreita (Navarra). Se utilizaron los cultivares ‘Vulcan’ de Nunhems, de tomate para transformación industrial, y ‘Claudio’ de pimiento tipo Lamuyo.

Se dispusieron los siguientes tratamientos: un testigo (acolchado con plástico convencional de PE negro de 15 μm de espesor) y cinco materiales biodegradables, cuatro biopolímeros (Sphere-4[®] y Sphere-6[®] de Sphere Group Spain SA, Ecovio[®] de BASF, Bioflex[®] de FKUR y Mater-Bi[®] de Novamont, todos de 15 μm) y un papel (MimGreen[®] de MimCord S.A., 85 g/m²) en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Todos los materiales son de color negro y su colocación se realizó con máquina acolchadora cinco días antes del trasplante.

La plantación de ambos cultivos se efectuó el 27 de mayo, a una densidad de plantación de 35.714 plantas/ha en mesas separadas 1,6 m, con una línea de cultivo por mesa, una separación entre plantas de 0,35 m y 2 plantas por cepellón en tomate, y dos líneas de cultivo por mesa en pimiento con plantas separadas a 0,35 m.

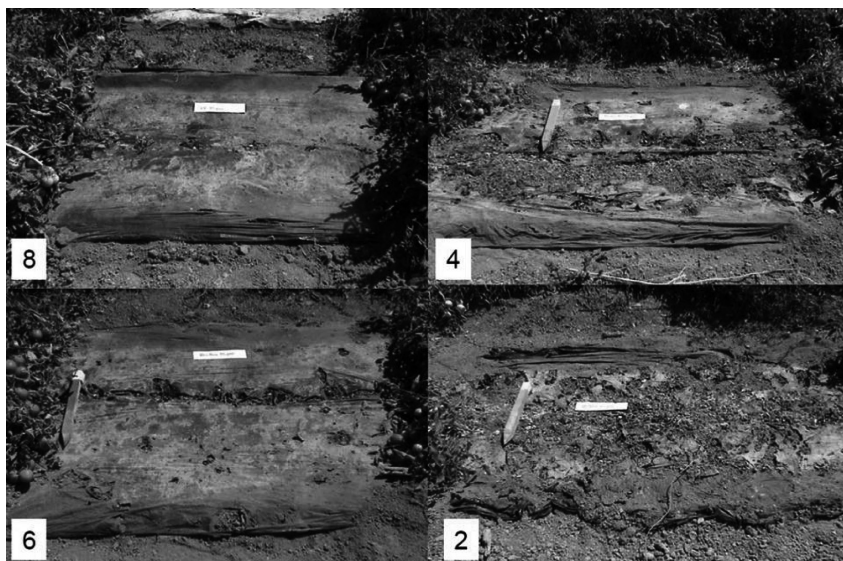
El riego fue por goteo y la programación del riego se hizo según el método dual propuesto en el documento FAO 56.

En tomate la recolección se realizó en el momento óptimo, con un porcentaje de fruto rojo comercial superior al 85 %, el 1 de octubre, a los 127 días después del trasplantes. En pimiento la recolección fue escalonada, en tres pases, 16 de septiembre, 3 y 29 de octubre. En ambos cultivos en recolección se controló la producción total, comercial y el peso medio del fruto comercial. Además, en tomate se determinaron los parámetros de calidad industrial pH, contenido en sólidos solubles expresados en °Brix a 20°C y la intensidad de color rojo del fruto medido como ratio a/b en la escala Hunter.

Durante el ciclo de cultivo se evaluó la degradación de los diferentes acolchados de forma visual según una escala de 1 a 9, correspondiendo el 1 a totalmente degradado y el 9 a material intacto. La escala utilizada para ello se basó en imágenes correspondientes a materiales en distinto estado de degradación (Figura 1). Los datos climáticos desde mayo a octubre se registraron en una estación meteorológica situada en la misma finca.

Como análisis estadístico se realizó un análisis de la varianza, y las diferencias significativas fueron analizadas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

Figura 1. Escala visual de degradación utilizada para los materiales de acolchado



Resultados y discusión

Los datos climáticos correspondientes al ciclo de cultivo se presentan en la Tabla 1, donde puede apreciarse que la máxima temperatura ambiente alcanzada no superó los 37 °C. Los meses de junio y julio fueron los que acumularon mayor radiación solar.

Tabla 1. Datos climáticos de la zona del ensayo durante el ciclo de cultivo

Mes	Temperatura media (°C)		Tª máxima	Humedad	Radiación*	Lluvia*
	Máxima	Media	absoluta (°C)	media (%)	solar (w/m ²)	(mm)
Mayo	20,03	14,38	21,37	67,76	2308,2	28,4
Junio	28,03	20,62	33,63	57,68	8786,3	32,6
Julio	27,64	20,90	36,73	63,27	8484,4	63,0
Agosto	28,42	20,80	35,32	66,46	7899,0	39,2
Septiembre	27,68	20,21	32,91	67,29	5976,7	26,9
Octubre	23,96	16,48	28,82	71,54	4056,3	39,9

* Datos desde el 22 de mayo al 31 de octubre. Suma de las precipitaciones registradas en cada mes y radiación solar acumulada.

No se han observado diferencias significativas en ninguno de los parámetros de producción analizados entre materiales de acolchados en el cultivo de tomate (Tabla 2), pero sí en pimiento (Tabla 3).

En los dos cultivos, el mayor rendimiento comercial se obtuvo con el papel MimGreen®, 134,57 t ha⁻¹ en tomate y 54,26 t ha⁻¹ en pimiento (Tablas 2 y 3). No obstante, solo en pimiento se encontraron diferencias significativas de producción entre materiales de acolchado, en concreto entre MimGreen® y Mater-Bi® (47,67 t ha⁻¹).

En pimiento todos los materiales de acolchado, excepto Mater-Bi®, con una producción comercial muy similar al PE, 47,67 t ha⁻¹ y 47,92 t ha⁻¹ respectivamente, obtuvieron producciones mayores que el testigo PE, aunque sin diferencias significativas entre ellos (Tabla 3 y Gráfico 1). En tomate fueron tres los materiales con producción superior al testigo, Mater-Bi® (+0,8 %), Bioflex (+1,67 %) y el papel MimGreen® (+8,23 %), aunque tampoco las diferencias de producción entre materiales han llegado a ser significativas (Tabla 2; Gráfico 1).

Respecto al peso medio del fruto, no se han encontrado diferencias significativas entre materiales de acolchado en el cultivo de tomate (Tabla 2) pero sí en pimiento, siendo el peso medio del fruto de pimiento en MimGreen® significativamente superior al del testigo PE, Mater-Bi® y Ecovio® (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados de producción en el cultivo de tomate para procesado

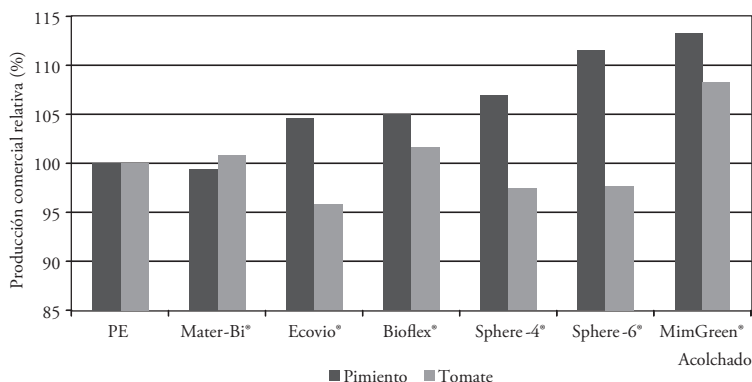
Acolchado	Producción comercial		Peso medio
	t ha ⁻¹	%	fruto (g)
PE	124,34 ± 2,98	85,64 ± 1,76	66,3 ± 1,96
Mater-Bi*	125,33 ± 1,62	85,05 ± 0,73	66,8 ± 0,93
Ecovio*	119,17 ± 2,84	87,37 ± 1,55	68,2 ± 4,78
Bioflex*	126,41 ± 4,56	86,23 ± 1,21	64,6 ± 2,29
Sphere-4*	121,17 ± 5,16	86,25 ± 0,43	71,2 ± 2,96
Sphere-6*	121,49 ± 5,54	87,07 ± 0,55	66,7 ± 3,48
MimGreen*	134,57 ± 9,11	89,48 ± 1,14	66,0 ± 2,78

Tabla 3. Resultados de producción en el cultivo de pimiento

Acolchado	Producción comercial (t ha ⁻¹)	Producción total (t ha ⁻¹)	Peso medio fruto (g)
PE	47,92 ^{ab} ± 3,69	54,78 ^{ab} ± 3,18	280,1 ^b ± 3,66
Mater-Bi*	47,67 ^b ± 1,52	52,53 ^b ± 1,82	281,6 ^b ± 3,74
Ecovio*	50,14 ^{ab} ± 0,79	55,23 ^{ab} ± 0,55	278,3 ^b ± 5,74
Bioflex*	50,35 ^{ab} ± 1,51	54,73 ^{ab} ± 0,96	284,5 ^{ab} ± 7,21
Sphere-4*	51,25 ^{ab} ± 1,06	55,75 ^{ab} ± 1,05	286,9 ^{ab} ± 9,00
Sphere-6*	53,47 ^{ab} ± 1,52	59,22 ^a ± 0,93	292,9 ^{ab} ± 0,93
MimGreen*	54,26 ^a ± 1,02	57,34 ^{ab} ± 1,04	296,6 ^a ± 4,54

* En cada columna distintas letras indican diferencias significativas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

Gráfico 1. Producción comercial relativa expresada en porcentaje tomando el tratamiento de PE como referencia. Índice 100



En el cultivo de tomate, dentro de las características de calidad industrial, el contenido en sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) es el índice que más influye sobre el rendimiento del procesado, ya que el objetivo del proceso de transformación es incrementar el nivel de sólidos solubles hasta los límites requeridos por la legislación. En este trabajo no se han observado diferencias significativas de $^{\circ}$ Brix entre acolchados (Tabla 4). En todos los materiales ensayados se ha superado el valor mínimo de 4,5 $^{\circ}$ Brix exigido por la industria agroalimentaria, excepto en MimGreen® (4,36 $^{\circ}$ Brix), que es el material de acolchado con mayor producción, y donde según Young *et al.* (1993) al aumentar el rendimiento en fruto, el contenido en sólidos solubles tiende a disminuir. En intensidad de color rojo medido como ratio a/b y pH, las diferencias entre materiales de acolchado tampoco han sido significativas (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros de calidad en tomate de industria

Acolchado	pH	Sólidos solubles °Brix (20 °C)	Color Hunter a/b
Polietileno (PE)	4,52 ± 0,10	4,78 ± 0,24	2,34 ± 0,03
Mater-Bi*	4,35 ± 0,04	4,60 ± 0,16	2,45 ± 0,05
Ecovio*	4,51 ± 0,01	4,67 ± 0,29	2,43 ± 0,05
Bio-flex*	4,52 ± 0,04	4,78 ± 0,27	2,50 ± 0,15
Sphere-4	4,45 ± 0,04	4,76 ± 0,21	2,52 ± 0,14
Sphere-6	4,52 ± 0,03	5,03 ± 0,12	2,40 ± 0,04
MimGreen*	4,39 ± 0,02	4,36 ± 0,21	2,39 ± 0,05

Se ha estudiado la evolución de la degradación de los diferentes materiales de acolchado durante el ciclo de cultivo y se presentan los datos de degradación a los 141 días después del trasplante (Gráfico 2 y Gráfico 3). En los dos cultivos la degradación de los materiales biodegradables ha sido muy importante respecto al testigo de PE, principalmente en el caso del papel MimGreen®, siendo superior en la parte enterrada que en la aérea. Además, se han observado diferencias en función del cultivo, ya que la degradación de la parte exterior de los acolchados biodegradables ha sido algo mayor en el cultivo de tomate, de porte rastrero, que en el pimiento, de porte erecto, mientras que en la parte enterrada la degradación ha sido muy similar en los dos cultivos.

En conclusión, se puede afirmar que existen materiales biodegradables que constituyen una alternativa viable a la utilización de polietileno desde el punto de vista de la producción, al no presentar diferencias en cuanto a rendimiento con este acolchado utilizado habitualmente por los agricultores, llegando incluso a superarlo en algunos casos, principalmente en el cultivo de pimiento, con la ventaja añadida de su degradación.

Gráfico 2. Degradación de la parte exterior de los diferentes materiales de acolchado en los cultivos de tomate y pimiento

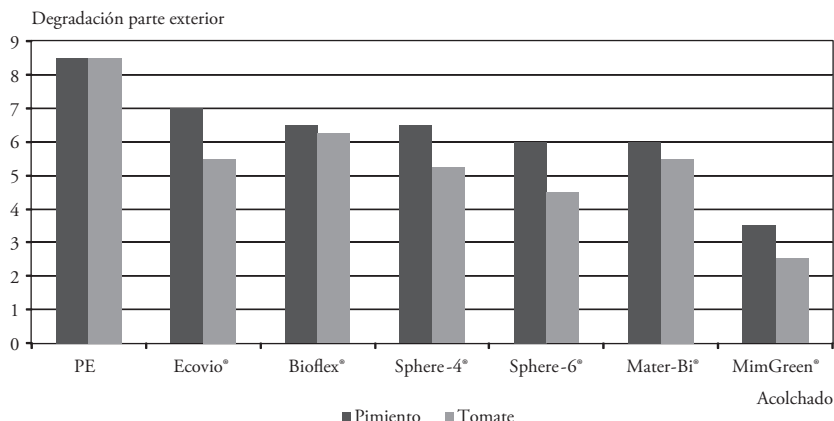
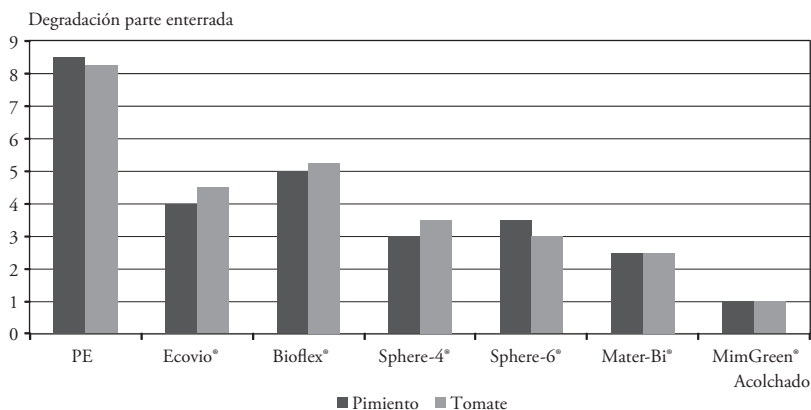


Gráfico 3. Degradación de la parte enterrada de los diferentes materiales de acolchado en los cultivos de tomate y pimiento



Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA-RTA2011-00104-C04 y cofinanciado con fondos FEDER.

Referencias bibliográficas

- LÓPEZ-MARÍN, J. y GONZÁLEZ, A. (2012): «Tendencias y trabajos de campo con acolchados degradables»; *Vida Rural* (344); pp. 28-32.
- MARTÍN-CLOSAS, L.; BACH, M. A. y PELACHO, A. M. (2008): «Biodegradable mulching in an organic tomato production system»; *Acta Horticulturae* (767); pp. 267-274.
- PARDO, G.; ANZALONE, A.; CIRUJEDA, A.; FERNÁNDEZ-CAVADA, S.; AIBAR, J. y ZARAGOZA, C. (2005): «Different weed control systems in tomato»; *Proceedings of the 13th European Weed Research Society Symposium*. Italia, Bary; pp. 19-23.
- YOUNG, T. E.; JUVIK, J. A. y SULLIVAN, J. G. (1993): «Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato»; *Journal of American Society of Horticultural Sciences* 118(2); pp. 286-292.

Caracterización de los recursos hídricos disponibles y de sus mezclas para el riego de cultivos hortícolas intensivos en el Campo de Dalías

R. Baeza, F. Alonso, M. M. Parra y J. I. Contreras

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)

Resumen

El agua utilizada para el riego en el Campo de Dalías (Almería) ha sido casi exclusivamente de origen subterráneo y de una calidad muy estable permitiendo realizar una gestión del fertirriego bastante simplificada gracias a los equipos automatizados. La situación actual se ha modificado como consecuencia de la degradación de los acuíferos sometidos a sobreexplotación y a la incorporación de nuevas fuentes de agua. Esto ha implicado un incremento de los costes del agua y una variabilidad temporal de la calidad, afectando a la rentabilidad de las explotaciones hortofrutícolas. Con el presente trabajo se ha realizado una recopilación de información actualizada de la calidad física y química de las diferentes fuentes de agua utilizadas o de uso previsto en la comarca. Esta información se ha utilizado para elaborar un documento de recomendación de mezclas de agua, que ha tenido en cuenta tanto la calidad como la disponibilidad de cada una de las fuentes. El estudio muestra una sobreexplotación del sistema acuífero de 65 hm³, de una extracción total de 146 hm³. Actualmente, con la puesta en marcha de la desaladora del Campo de Dalías, la sobreexplotación quedaría reducida a 25 hm³. Para suplir el resto de déficit se han de incorporar otras fuentes de agua: regeneradas procedentes de las estaciones depuradoras y aguas salobres disponibles en los acuíferos superiores. No obstante la cobertura del déficit no garantiza la sostenibilidad de los recursos subterráneos, por encontrarse los niveles piezométricos por debajo

del nivel del mar. Para ello se han de ampliar las fuentes alternativas, con un aumento de la producción de agua desalada, con un aprovechamiento de aguas pluviales y/o con un trasvase del cercano embalse de Rules. Se han simulado cuatro opciones de mezcla: dos hasta cobertura completa del déficit y dos planteando la recuperación de los acuíferos, reduciendo la extracción hasta 46 hm³. En ninguna de las opciones la calidad química del agua resultante debería plantear problemas por salinidad (CE máxima resultante 1,28 dSm⁻¹). El coste medio de las diferentes mezclas planteadas oscila entre 0,26 y 0,35 euros. En cuanto a la calidad biológica de las aguas superficiales analizadas, se han observado incrementos en el número de coliformes coincidiendo con episodios de lluvia, aspecto este que deberá ser tenido en cuenta a la hora de utilizarlas.

Palabras clave: *Calidad de agua, disponibilidad de agua, invernaderos, desalación, acuíferos.*

Introducción

La superficie invernada en Almería, que en la actualidad supera las 30.000 ha, ha convertido a la provincia en una referencia de la horticultura intensiva a nivel europeo. Este desarrollo agrícola ha ocasionado que, en algunas zonas, el sector consuma en torno al 90 % de los recursos hídricos disponibles, que en su mayor parte son subterráneos. La demanda de agua ha supuesto la sobreexplotación de los recursos y otros efectos perniciosos colaterales, como la salinización por intrusión marina, en los principales sistemas acuíferos costeros de la provincia. De estos sistemas, el de mayor importancia agronómica y económica es el denominado Sur de Sierra de Gádor-Campo de Dalías.

Este acuífero ha resultado afectado en la cantidad y calidad del agua. En la actualidad, los acuíferos superiores del sistema disponen de agua de calidad no adecuada para los usos más comunes, como consecuencia de procesos de salinidad natural, intrusión marina y retorno de regadíos y de usos urbanos. Los Acuíferos Inferiores, con agua de buena calidad en origen, soportan más del 80 % de los bombeos y, están sufriendo descensos

continuados de nivel y el deterioro progresivo de su calidad por procesos de intrusión marina y contaminación desde los Superiores.

En lo que a cantidad se refiere, el balance hídrico entre recursos y demandas presenta un importante déficit para los usos de abastecimiento y de riego. Para paliar este déficit se han puesto en marcha tres alternativas principales: trasvases de agua procedentes de otras cuencas, desalación, y reutilización de aguas residuales urbanas regeneradas.

En las primeras décadas de funcionamiento las características físicas y químicas del agua de riego se mantuvieron más o menos estables. El agua utilizada era exclusivamente de origen subterráneo y presentaba poca variabilidad puesto que se trataba de sondeos situados en el mismo sistema acuífero. Esta estabilidad cualitativa del agua ha permitido realizar una gestión del fertirriego bastante simplificada gracias a los equipos automatizados que se han ido implementando en la mayoría de las explotaciones (Baeza, 2015). Sin embargo, la situación actual se ha modificado. En aquellas comunidades con mayor número de sondeos se ha incrementado la variabilidad de la calidad química del agua al deteriorarse la de los sondeos afectados por la salinización y, si bien se intenta evitar, a lo largo de la campaña de cultivo se pueden producir grandes variaciones en la calidad del agua, al verse las comunidades de regantes obligadas a utilizar los sondeos de baja calidad en momentos de mayor demanda. Esto dificulta la gestión de la fertirrigación y puede afectar a la productividad de los cultivos. A esto hay que añadir la incorporación de las nuevas fuentes de agua, que complican aún más el control de las mezclas.

En este contexto se ha desarrollado el presente trabajo al objeto de:

- Caracterizar cuantitativa y cualitativamente las diferentes fuentes de agua disponibles en el Campo de Dalías, tanto las empleadas actualmente, como aquellas cuya incorporación esté prevista o demandada por el sector.
- A partir de la información recopilada, elaborar un documento de recomendación de mezclas de agua que tendrá en cuenta tanto la calidad como la disponibilidad de cada una de las fuentes para obtener las aguas objetivo.

Material y métodos

Se ha realizado una caracterización cuantitativa y cualitativa de cada uno de los recursos hídricos previsiblemente disponibles en el Campo de Dalías, para ello se ha llevado a cabo un estudio que se ha dividido en tres partes:

- Trabajo de campo: toma de muestras.
- Trabajo de laboratorio: análisis físico-químico y análisis microbiológico.
- Trabajo de gabinete: revisión de datos históricos, tratamiento de datos y simulación de mezclas.

Los recursos estudiados son los que se muestran en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1. Recursos hídricos estudiados

Recurso	Origen	Responsable gestión para riego
Sondeo 731 y 734	Subterráneo	Pequeñas comunidades de regantes
Sondeos 1, 12, 13 14, 16	Subterráneo	CR Sol Poniente
Sondeo 23, 24, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 42 y 43	Subterráneo	CR Sol y Arena
Balsa del Sapo	Afloramiento superficial	CR Sol y Arena
Embalse de Rules	Superficial	Utilización en estudio
Embalse de Benínar	Superficial	CCRR Junta Central de Usuarios
Desaladora Campo de Dalías	Desalación	CCRR Junta Central de Usuarios
EDAR Roquetas de Mar	Regeneración	CCRR Junta Central de Usuarios
EDAR El Ejido	Regeneración	CCRR Junta Central de Usuarios

Con respecto a los recursos subterráneos, para que la caracterización sea lo más representativa posible, el estudio se ha centrado en los sondeos actualmente empleados por las dos principales comunidades de regantes de la zona (ambas pertenecientes a la Junta Central de Usuarios del Acuífero del Poniente Almeriense), que son «Sol y Arena» y «Sol Poniente». Entre las dos, abastecen a alrededor de 11.000 ha, lo que supone una representación importante del total de superficie cultivada en el Campo de Dalías.

Figura 1. Localización de los recursos hídricos estudiados



Se ha realizado un seguimiento cualitativo de las diferentes fuentes de agua durante una campaña y se ha completado con análisis previos disponibles. El seguimiento ha consistido en un análisis físico-químico y un análisis microbiológico, este último solo para las de origen superficial. No existe una normativa específica que establezca las limitaciones en la carga microbiológica permitida en el agua para riego, pero se considera que esta debería cumplir, como mínimo, los requisitos fijados en el Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Se han realizado cuatro análisis de coliformes totales y fecales y se ha comprobado si cumplen con los límites del Real Decreto.

Para cuantificar los recursos se han revisado documentos de las Consejerías de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y otros documentos públicos relacionados con la desaladora, y EDAR de Roquetas de Mar y El Ejido. Una vez calculados los volúmenes máximos con los que se puede contar de cada recurso, y la calidad media de cada uno de ellos, se han elaborado tablas resumen que se han utilizado para la posterior simulación de mezclas. Para la simulación se han propuesto dos

alternativas de gestión y cuatro alternativas de mezcla: i) nivel equilibrio (alternativas a y b) –Se mantiene la situación actual (de inexistencia real de medidas correctoras), tomando como única medida la detención de la sobreexplotación de los acuíferos. Es decir, el volumen de los recursos netos se mantiene, pero se reducen las extracciones de los recursos subterráneos y se complementan con otros recursos externos en la cantidad estrictamente necesaria para detener la sobreexplotación. ii) nivel recuperación (alternativas c y d)– Se considera la protección de los acuíferos y la recuperación de los niveles originales, para ello se propone una mayor reducción de los volúmenes extraídos de los recursos subterráneos y su sustitución por otros recursos externos, para conseguir el mínimo progreso de la salinización en las zonas aún dulces, siguiendo los criterios recomendados por Domínguez (2013).

Resultados y discusión

Los análisis de las aguas subterráneas muestran niveles de salinidad crecientes. Teniendo en cuenta la evolución histórica y considerando un período de 10 años (horizonte 2025), las tendencias serían: alcanzar valores de CE superiores a los 3 dS m^{-1} y contenidos en Cl^- superiores a los 1.000 mg L^{-1} . Los volúmenes disponibles o potencialmente disponibles de cada una de las fuentes se muestran en la Tabla 2. Teniendo en cuenta estos volúmenes y la caracterización cualitativa se han definido las cuatro alternativas de mezcla (Tablas 3 y 4). En general, en todas las mezclas propuestas la calidad se adapta relativamente a los estándares recomendados por la FAO para el agua de riego (Ayers y Wescot, 1985). La CE en las cuatro alternativas está comprendida entre $1,00$ y $1,28 \text{ dS m}^{-1}$ y el contenido en Cl^- se encuentra en el rango entre los 230 y 300 mg L^{-1} , lo que supone unos niveles de calidad bastante buenos. El boro no presenta riesgo, al obtenerse concentraciones de $0,16$ - $0,25 \text{ mg L}^{-1}$. No obstante, el seguimiento cualitativo del agua subterránea ha mostrado una clara tendencia hacia el empeoramiento de la calidad, por lo que si no se lleva a cabo alguna de las medidas propuestas u otras acciones, se incrementaría la salinidad de las mezclas propuestas.

Con respecto a la limitación para la presencia de *E. coli* (<100 UFC), esta condición se cumple en todos los casos para los muestreos realizados en el Embalse de Benínar y en el de Rules, mientras que en el caso de la Balsa del Sapo se cumple en todos los muestreos excepto en el tercero, en el que se dispara el valor (428 UFC). En cuanto al recuento de Coliformes Totales, si se comparan los valores obtenidos para los diferentes muestreos, se observan marcadas variaciones entre los mismos. El régimen pluviométrico podría explicar por qué se producen estas variaciones.

Tabla 2. Volúmenes disponibles de cada uno de los recursos

Recurso	Volumen anual (hm ³)	Origen
Aguas subterráneas (Acuíferos Sur de Sierra de Gádor-Campo de Dalías)	81,1	Subterráneo
Agua desalada (Desaladora Campo de Dalías)	30 + 10	Desalación
Aguas regeneradas (EDAR de Roquetas de Mar y de El Ejido)	8,4	Regeneración
Balsa del Sapo	5,0	Superficial
Embalse de Benínar	11,3	Superficial
Embalse de Rules	71,5	Superficial

Tabla 3. Volúmenes anuales empleados en cada alternativa estudiada

Recurso	Volumen anual empleado en la alternativa (hm ³)			
	a	b	c	d
Aguas subterráneas	81,1	81,1	46,0	46,0
Agua desalada	30 + 10	30,0	30 + 10 + 30	30 + 10
Aguas regeneradas	8,4	8,4	8,4	8,4
Balsa del Sapo	5,0	5,0	5,0	5,0
Embalse de Benínar	11,3	11,3	11,3	11,3
Otro	0,2			
Embalse de Rules		10,2	5,3	35,3
Total	146 hm³	146 hm³	146 hm³	146 hm³

Tabla 4. Calidad media obtenida en cada una de las posibles alternativas de mezcla

Recurso	Calidad media obtenida para la alternativa de mezcla			
	a	b	c	d
CE a 25°C (dS m ⁻¹)	1,25	1,28	1,00	1,07
SAR	3,20	3,17	2,97	2,87
Sales totales disueltas (g L ⁻¹)	0,80	0,82	0,64	0,68
Carbonatos, CO ₃ ²⁻ (mg L ⁻¹)	1,00	2,00	1,00	4,00
Bicarbonatos, HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	167,00	174,00	116,00	139,00
Nitratos, NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	6,00	6,00	4,00	4,00
Sulfatos, SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	77,00	82,00	66,00	80,00
Cloruros, Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	298,00	299,00	234,00	238,00
Sodio, Na ⁺ (mg L ⁻¹)	138,00	139,00	114,00	114,00
Potasio, K ⁺ (mg L ⁻¹)	6,00	7,00	6,00	7,00
Calcio, Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	65,00	66,00	55,00	58,00
Magnesio, Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	47,00	48,00	34,00	38,00
Boro, B (mg L ⁻¹)	0,18	0,16	0,25	0,19

Referencias bibliográficas

- AYERS, R. S. y WESTCOT, D. W. (1985): «Water quality for agriculture»; *FAO Irrigation and Drainage Paper* (29). Italia, Roma; pp. 174.
- BAEZA, R. (2015): «Gestión a nivel de parcela de nuevos recursos hídricos»; en BAEZA, R.; LÓPEZ, J. G.; DOMÍNGUEZ, P.; DE MIGUEL, J. y CÁNOVAS, G.: *Jornada Técnica. Los recursos hídricos en el Campo de Dalías. Almería*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera; pp. 50. Formato digital (ebook)- (producción agraria).
- DOMÍNGUEZ, P. (IGME) (2013): «Avance en el conocimiento de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor-Campo de Dalías, mediante los trabajos de la fase inicial del Programa de investigaciones de apoyo a su protección – regeneración»; en *VI Seminario Técnico Agronómico Sostenibilidad de la agricultura intensiva en Almería*. Almería, Fundación Cajamar - Coexphal; pp. 1-47.

Mejora del control biológico en cultivo de pepino con la introducción de ácaros presa

E. Vila, I. Martínez, M. M. Morales y A. B. Arévalo

Agrobío

Resumen

El éxito del control biológico en hortícolas, basado en sueltas inundativas de enemigos naturales, mejora cuando los depredadores se establecen antes de la invasión de las plagas. Este es el principal hándicap en muchos cultivos sin polen o donde los niveles aceptados de plaga son muy bajos. Para mejorar el establecimiento de los ácaros depredadores Agrobío ha desarrollado una estrategia innovadora, después de 3 años de ensayos, basada en la suelta de ácaros presa encima de las plantas.

En esta presentación se muestran ensayos realizados en cinco invernaderos comerciales con cultivos de pepino trasplantados entre octubre y noviembre del 2016, donde se ha introducido el ácaro depredador *Transeius montdorensis* y se han evaluado tres tratamientos: alimentación con tres especies diferentes de ácaros astigmátidos. Los resultados muestran que las tres especies ensayadas permiten un desarrollo de elevadas poblaciones del depredador en los meses de diciembre y enero. Se discute el comportamiento de las diferentes presas y posibles optimizaciones de su sistema de introducción.

Palabras clave: astigmatidae, *mosca blanca*, phytoseiidae, *trips*.

Introducción

El éxito del control biológico en hortícolas, basado en sueltas inundativas de enemigos naturales, mejora cuando los depredadores se establecen antes de la invasión de las plagas. Este es el principal hándicap en muchos cultivos sin polen o donde los niveles aceptados de plaga son muy bajos (Vila y Cabello, 2014). Este es el caso, por ejemplo, del cultivo de pepino, donde el control biológico de trips y mosca blanca se ha basado en los últimos años en la introducción de ácaros depredadores, *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) o *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans). La mayor parte de los cultivos de pepino del sureste español se trasplantan en otoño, y una de las principales dificultades en este cultivo es mantener los ácaros depredadores introducidos, cuyas poblaciones se ven mermadas por las bajas temperaturas y los tratamientos fungicidas, lo que dificulta el control de las fuertes invasiones de trips que ocurren comúnmente a partir de enero (Salvador-Sola, 2015).

Para mejorar el establecimiento de los ácaros depredadores Agrobío ha desarrollado una estrategia, después de 3 años de ensayos, basada en la suelta de ácaros presa encima de las plantas. Se trata de ácaros astigmátidos, conocidos como plagas de alimentos almacenados, en especial de productos farináceos, y que pueden desarrollarse en grandes cantidades con costes moderados en cámaras climatizadas. La estrategia se basa en la introducción encima de las plantas de las mismas especies que se utilizan o se han utilizado como huéspedes alternativos, para la cría masiva de los ácaros depredadores.

La estrategia desarrollada para el cultivo de pepino ha mostrado la posibilidad de desarrollar poblaciones entre 2 y 3 veces mayores de los depredadores *A. swirskii* y *Transeius* (= *Typhlodromips*) *montdorensis* (Schicha) en cultivo de pepino durante los meses de otoño e invierno. En concreto, ensayos en colaboración con la Estación Experimental Cajamar han mostrado en un cultivo experimental de pepino, en dos años sucesivos, un mejor control de los trips en los tratamientos donde los ácaros depredadores se alimentaron con ácaros presa (datos no publicados). La estrategia evaluada en la campaña 2015/2016 consistió en la introducción de material suelto

conteniendo ácaros presa, con un total de 20 litros por hectárea, repartidos en todas las plantas del cultivo. Se realizaron un total de tres introducciones, espaciadas entre 2 y 4 semanas.

Los resultados exitosos obtenidos han permitido, en la presente campaña 2016/2017, iniciar la comercialización de esta estrategia. En especial, en la última campaña se están obteniendo resultados más exitosos con el depredador *T. montdorensis*, por su elevada capacidad de control de trips, y su mayor actividad con temperaturas bajas en comparación con *A. swirskii*.

El objetivo del presente trabajo ha sido, por un lado, confirmar los resultados de la estrategia de suelta del depredador *T. montdorensis* en combinación con introducciones complementarias de ácaros presa en cultivos comerciales de pepino y, por otro lado, evaluar posibles optimizaciones del sistema examinando el desarrollo de las poblaciones del depredador cuando se alimentan con tres especies diferentes de ácaros astigmátidos.

Material y métodos

Los ensayos se han realizado en cinco fincas comerciales de pepino situadas en la provincia de Almería. Las superficies de los invernaderos, el cultivar de pepino, la fecha de trasplante y las fechas de introducción de *T. montdorensis* se muestran en la tabla 1. En todos los ensayos se realizó una introducción de un sobre por planta de *T. montdorensis* conteniendo 250 individuos (producto comercial suministrado por Agrobío; MontControl) o bien una suelta con material suelto repartido por todas las plantas con la misma dosis de individuos por m². Se establecieron en todos los invernaderos dos bloques y en cada uno se establecieron tres tratamientos: alimentación con ácaros presa de tres especies diferentes, A, B y C. Todas las presas provenían de una cría en cámaras climatizadas producida en las instalaciones de Agrobío. Se envasaron todas ellas en botes de un litro, utilizando salvado como sustrato, con densidades similares de ácaros por litro. Se introdujeron los ácaros siempre a una dosis de 20 litros por hectárea, repartiendo una cucharada pequeña de material (aprox. 2 ml) encima de una hoja de cada planta, situada a una altura media. Se realizó la primera introducción de ácaros presa cuando se observó que *T. montdorensis*

ya había colonizado las hojas del entorno de los puntos de suelta, entre 2 y 8 días después de la suelta del depredador, y se realizaron una o dos introducciones más en intervalos de dos o tres semanas, en función de la abundancia de plagas.

Tabla 1. Invernaderos comerciales con cultivo de pepino donde se han realizado los ensayos.
Campaña 2016/2017

Invernadero	Superf. (m ²)	Cultivar de pepino	Fecha de trasplante	Fecha de suelta de <i>T. montdorensis</i>
1	3.200	091 (Monsanto)	13 de noviembre	14 de diciembre
2	16.000	091 (Monsanto)	25 de octubre	17 de noviembre
3	3.000	Litoral (Rijk Zwaan)	13 de octubre	09 de noviembre
4	10.000	Litoral (Rijk Zwaan)	17 de octubre	08 de diciembre
5	8.000	Azabache (Enza Zaden)	9 de noviembre	22 de diciembre

Para evaluar el desarrollo de las poblaciones de *T. montdorensis* se contabilizó semanalmente el número de formas móviles de ácaros depredadores (larvas, ninfas y adultos) a tres niveles, una hoja en una posición inferior, media y superior, de cada una de dos plantas por bloque, tratamiento e invernadero. Para poder examinar de manera más rápida las diferencias entre presas, durante el muestreo se contabilizó siempre la hoja donde se había realizado la introducción de ácaros presa. Se examinó si los ácaros presa estaban vivos, su distribución por las hojas de la planta, por ejemplo, el desplazamiento a hojas colindantes de los puntos de suelta, y si se encontraban puestas de fitoseidos entorno a las poblaciones de presas.

Se ha realizado por cada semana de muestreo un análisis de la varianza (Proc Mixed; SAS System v. 8) del número de ácaros fitoseidos por hoja, considerando un factor aleatorio, el invernadero de ensayo, y un factor fijo, la presa evaluada (A, B y C). Las medias se han separado con un test de Duncan.

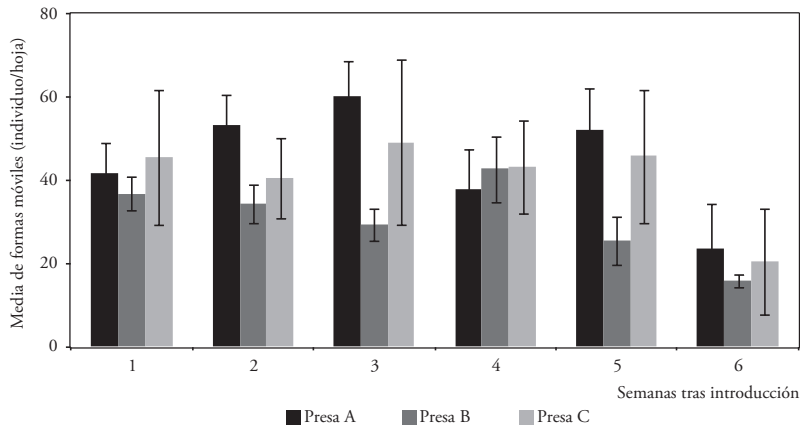
Resultados y discusión

En el Gráfico 1 se muestra el número medio de individuos de *T. montdorensis* por hoja contabilizados en las plantas de pepino de los cinco invernaderos comerciales durante la campaña 2016/2017. Se muestran los datos de las primeras seis semanas después de la primera introducción de ácaros presa en los tres tratamientos evaluados (tres especies de astigmátidos diferentes como alimento). En todos los casos los muestreos corresponden a los meses de diciembre y enero, cuando las poblaciones encontradas de fitoseidos depredadores son determinantes para garantizar un control efectivo de plagas como el trips. Los datos contabilizados confirman el desarrollo de elevadas poblaciones de *T. montdorensis* en el cultivo de pepino durante los meses de diciembre y enero cuando el depredador se alimenta con ácaros presa encima de las plantas. En las primeras cinco semanas se contabilizaron medias de entre 38 y 60 individuos por hoja en el tratamiento con presa A, entre 26 y 43 en el tratamiento B, y entre 40 y 49 en el C. Los valores contabilizados en ensayos anteriores mostraron una media entre diciembre y enero de $9,9 \pm 1,46$ individuos por hoja cuando *T. montdorensis* se alimentaba con ácaros presas encima de las plantas, superior a la media contabilizada en un tratamiento control, con sueltas del depredador sin alimentaciones adicionales, donde la media fue de $4,0 \pm 0,59$ (Arévalo, en prensa). Las medias contabilizadas en este trabajo son superiores debido a la inclusión en el muestreo de la hoja en la que se había realizado la introducción de presas, donde siempre se dan poblaciones superiores del depredador. En la última semana de muestreo, cuando ya no quedaban presas vivas en las hojas, las medias encontradas, entre 16 y 24 individuos por hoja, son más parecidas a las observadas en los ensayos anteriores, en los que no se había incluido en el muestreo las hojas donde se habían introducido las presas.

Con las tres especies de astigmátidos evaluadas se obtuvo un desarrollo muy satisfactorio de las poblaciones del depredador, mostrando que las tres especies son presas adecuadas para la alimentación de *T. montdorensis* y permiten un desarrollo de sus poblaciones encima de las plantas. En todos los casos se observaron puestas de *T. montdorensis* alrededor de las pobla-

ciones de las tres especies de ácaros presa, y poblaciones mayores de ninfas y adultos del depredador en las hojas donde se encontraban las presas.

Gráfico 1. Media (± E. E.) de formas móviles (larvas, ninfas y adultos) de fitoseidos depredadores por hoja contabilizados en cinco cultivos comerciales de pepino de la provincia de Almería en la campaña 2016/2017. En número individuos/hoja



En todos los invernaderos se introdujo el depredador «T. montdorensis» y se evaluaron tres tratamientos: alimentación del depredador con la introducción encima de las plantas de tres especies diferentes de ácaros «astigmátidos», A, B y C. Datos contabilizados durante las seis semanas siguientes a la primera introducción de ácaros presa como alimento alternativo.

En las semanas 1, 2, 3 y 5 se obtuvo un modelo significativo respecto a la abundancia de fitoseidos para el factor presa ($F = 5,1$; $p = 0,009$; $F = 20,3$, $p < 0,001$; $F = 17,7$; $p < 0,001$; $F = 4,8$; $p = 0,01$, respectivamente). En la semana 2 se dieron poblaciones significativamente mayores con la presa A que con la B y la C, y sin diferencias entre estas, y mayores poblaciones con la presa A que en la C, y con la presa C mayores que con la presa B, en las semanas 3 y 5. Observaciones de las puestas de huevos mostraron una mayor abundancia de estas alrededor de las presas A y C, mientras que eran menos abundantes en las hojas con la presa B.

Dos de las especies ensayadas, A y B, sobrevivieron durante tres o cuatro semanas después de su introducción, mientras que la especie C so-

brevivía solo dos semanas. La especie B mostraba la mayor dispersión por todas las hojas contiguas al punto de suelta, la especie A una distribución más limitada a dos o tres hojas, mientras que la especie C no se desplazaba a las hojas de alrededor, y se mantenía en el envés de la hoja donde se había introducido. Estos datos sugieren que una distribución más espaciada de las poblaciones de presas encima de varias hojas por planta podría incrementar el desarrollo de los depredadores. Un ensayo preliminar con la utilización de la misma dosis de suelta de la presa C pero distribuyendo el material en dos hojas de cada planta en vez de una sola hoja mostró el desarrollo de poblaciones mayores de *T. montdorensis*, sugiriendo que la presa C es un alimento muy adecuado pero que tiene una baja movilidad encima de las plantas, y su distribución en un mayor número de puntos de suelta podría mejorar todavía más el desarrollo de las poblaciones del depredador.

En cualquier caso, las poblaciones desarrolladas de *T. montdorensis* con los tres tratamientos evaluados han sido muy elevadas, y la falta de necesidad de realizar ningún plaguicida sugiere, de forma cualitativa, que ha habido un buen control de las plagas. Observaciones periódicas mostraron valores de trips muy bajos, de menos de dos trips por hoja, en todos los invernaderos muestreados en este trabajo. Arévalo (en prensa) observó en un invernadero experimental, en el que se realizaron infestaciones artificiales de trips, que las poblaciones medias de larvas de trips contabilizadas en los tratamientos de *T. montdorensis* alimentado con presas fueron también inferiores a dos larvas de trips por hoja, siendo significativamente menores que en el tratamiento control, donde se alcanzaron más de 5 larvas/hoja. Estos trabajos confirman que la estrategia de alimentación con ácaros presa favorece el desarrollo de elevadas poblaciones de *T. montdorensis*, que a su vez deben garantizar un control efectivo de plagas como el trips, también en los cultivos comerciales de pepino durante los meses de invierno.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto INNTERCONNECTA CONTROL INN financiado por el CDTI.

Referencias bibliográficas

- ARÉVALO, A. B. (en prensa): «Nuevas estrategias de control biológico de trips en cultivo de pepino en invernadero mediante ácaros depredadores: efectos de la alimentación y de la forma de liberación»; *Trabajo monográfico para la defensa del proyecto de Ingeniería Técnica Agrícola*. Almería, Universidad de Almería.
- NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R. y SABELIS, M. W. (2002): «Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food»; *Experimental and Applied Acarology* (27); pp. 57-68.
- SALVADOR SOLA, F. J. (2015): «Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero»; *Documentos técnicos* (8). Almería, Fundación Cajamar.
- VILA, E. y CABELLO, T. (2014): «Biosystems engineering applied to greenhouse pest control. p. 99-128»; en GUEVARA-GONZÁLEZ y TORRES-PACHECO, eds.: *Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI*. Suiza, Springer International Publishing.

Selección de nuevas cepas microbianas de interés agronómico con carácter biopesticida y fitoestimulante

C. Gómez-Serrano^a, E. Rojas-Crespo^b, A. González Céspedes^c,
F. Suárez-Estrella^a, J. A. López-González^a, M. J. López^a
y F. G. Ación Fernández^a

^aUniversidad de Almería, ^bBiorizon Biotech y ^cEstación Experimental Cajamar

Resumen

El objetivo de este trabajo es la búsqueda de nuevos microorganismos potencialmente útiles como agentes de control biológico de enfermedades vegetales y/o fitoestimulantes. Las cepas microbianas fueron aisladas de distintos suelos y sustratos agrícolas así como de compost. La preselección de las mismas se realizó mediante siembra en medios de cultivo ordinarios siguiendo el criterio de recuento mayoritario. La colección final estuvo compuesta finalmente por 15 cepas, además de otras tres cepas procedentes de la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT). Todas ellas fueron ensayadas con respecto a su capacidad para inhibir el crecimiento de agentes fitopatógenos de gran incidencia en el sureste peninsular, así como respecto a su capacidad *in vitro* para producir sideróforos, ácido salicílico, cianuro, enzimas de tipo quitinasas, solubilización de fosfatos y promoción de la germinación, como parte de los mecanismos implicados en procesos de control biológico. Algunas de las cepas de mayor interés fueron identificadas mediante métodos moleculares como miembros pertenecientes a los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*, siendo catalogadas como cepas potencialmente útiles en el control biológico de enfermedades vegetales, gracias

a su amplio espectro de actuación como agentes biopesticidas y fitoestimulantes *in vitro*.

Palabras clave: *bacterias antagonistas, control biológico, antagonismo, supresividad, compost.*

Introducción

Actualmente, el principal control de las enfermedades vegetales se ejerce gracias al uso de pesticidas químicos, los cuales son capaces de asegurar soluciones rápidas y eficaces. Sin embargo, el uso excesivo de estos puede derivar en la aparición de patógenos resistentes, y sin duda provocar graves efectos en el medio ambiente, así como en la salud de agricultores y consumidores. Por tanto, es imprescindible la implantación de alternativas al uso de agroquímicos, que sean compatibles con una agricultura de calidad, sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Marrone, 2008). Algunos suelos de naturaleza supresiva, así como multitud de compost elaborados con una gran diversidad de materias primas, se consideran una importante fuente de microorganismos, que están implicados en el control de agentes fitopatógenos. Algunos de los microorganismos antagonistas más comunes utilizados en el control biológico de enfermedades vegetales pertenecen a los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* (Ramarathnam *et al.*, 2011; Suárez-Estrella *et al.*, 2013), cuya presencia en suelos y sustratos es muy significativa. La eficacia de tales agentes microbianos en el control de enfermedades, está relacionada con numerosos mecanismos biológicos tales como la producción de antibióticos, sideróforos, enzimas de tipo hidrolasas o cianuro de hidrógeno (Özyilmaz and Benlioglu, 2013). El objetivo principal de este trabajo es la búsqueda de agentes microbianos procedentes de fuentes naturales (suelos y compost), que demostrasen potencial para ser aplicados como agentes de control biológico por (i) la capacidad para inhibir el crecimiento de agentes fitopatógenos de forma directa o indirecta, (ii) de inducir mecanismos de resistencia en planta, o (iii) de promover la germinación de semillas y la elongación radicular.



Material y métodos

Las cepas fueron aisladas a partir de 6 sustratos agrícolas, cuyo código y descripción se detallan en la Tabla 1. Para el análisis de la microbiota bacteriana presente en los sustratos seleccionados se prepararon diluciones seriadas de las muestras y se sembraron en placas de agar APHA (Panreac Applichem, ref. 413799.1210), que fueron incubadas a 30 °C durante 48 horas, tras lo cual se procedió al estudio cualitativo y cuantitativo de los distintos morfotipos coloniales. El criterio de selección fue el de recuento mayoritario, de modo que tras el estudio cuantitativo de todos los morfotipos coloniales observados, se seleccionó un máximo de tres cepas por cada sustrato. La colección de cepas de trabajo incluyó además tres cepas de colección (CC1, CC2 y CC3), previamente reportadas como de interés agronómico. Se seleccionó un grupo de agentes fitopatógenos representativos de los más agresivos del sureste peninsular, los cuales fueron: *Xanthomonas campestris* CECT 95, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* CECT 225, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* CECT 4394, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* CECT 790, *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* CECT 20474, *Rhizoctonia solani* CECT 2824 y *Phytophthora capsici* CECT 20433. Todas las cepas se mantuvieron en cultivo puro (APHA para bacterias, y Patata-Glucosa-Agar para hongos), y se criocongelaron. Las cepas seleccionadas se ensayaron para evaluar su capacidad biopesticida y fitoestimulante (Tabla 2) mediante protocolos cualitativos o semicuantitativos, a partir de cultivos puros bacterianos preparados a pequeña escala. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante Análisis de la Varianza (ANOVA) y test de rangos múltiples (Mínima Diferencia Significativa) a un nivel de confianza de $P < 0,05$, con la ayuda del programa Statgraphics Centurion XVI.

Tabla 1. Materiales utilizados para el aislamiento de cepas de interés agronómico

Código	Descripción	Procedencia
CRV	Compost de Residuo Vegetal	Grupo BIO-175 (UAL)
SFCpim	Sustrato de fibra de coco para pimiento	Invernadero privado
SFCtom	Sustrato de fibra de coco para tomate	Invernadero privado
SOL	Sustrato mezcla para olivar	Suelo finca privada
SUpim	Suelo franco arenoso para pimiento	Suelo finca privada
ENcal	Enarenado para calabacín	Invernadero privado

Tabla 2. Protocolos para la detección de actividades implicadas en control biológico

Metabolito/Actividad	Protocolo	Referencias
Sideróforos	Solución de Cromo-AzuroL S	(Neilands, 1987)
Ácido salicílico	CIH 2N + Cloruro Férrico 0,1 %	(Weber and Levine, 2017)
Quitinasas	Medio con quitina coloidal	(Garbeva <i>et al.</i> , 2004)
Cianuro	Solución de picrato alcalino	(Devi <i>et al.</i> , 2007)
Solubilización de fosfato	Medio con fosfato tricálcico	(Nautiyal, 1999)
Test de Antagonismo	Enfrentamiento dual <i>in vitro</i>	(Landa <i>et al.</i> , 1997)
Fitotoxicidad/Fitoestimulación	Germinación semillas berro	(Zucconi <i>et al.</i> , 1981)

Resultados y discusión

Se ensayaron un total de 18 cepas microbianas en relación con su efecto biopesticida frente a bacterias y hongos fitopatógenos. Los ensayos se llevaron a cabo mediante enfrentamiento dual *in vitro*, determinándose la capacidad de las cepas para inhibir el crecimiento del patógeno en cuestión. Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición del crecimiento, en comparación con el crecimiento del patógeno en ausencia de agente de control (Tabla 3). Teniendo en cuenta el espectro de inhibición frente a patógenos vegetales, algunas de las cepas de mayor interés fueron CRV-1-01 y SUpim-2-06, ya que mostraron antagonismo tanto frente a bacterias como frente a hongos fitopatógenos. Hay que destacar los resultados obtenidos en el caso de las cepas procedentes de la colección CECT, especialmente en el caso de CC1 y CC3 (Tabla 3).

Tabla 3. Caracterización de las cepas aisladas como agentes biopesticidas y fitoestimulantes de amplio espectro

Cepa	Inhibición del crecimiento (%) ¹							SID ²	SAL ³	CIAN ⁴	SOLP ⁵	QUIT ⁶	IG (%) ⁷
	XC	PCC	PST	CMM	FOM	RSOL	PCAP						
CRV-1-01	-	-	-	7,7 ^a	-	39,0 ^a	38,5 ^{ab}						116 ^{abc}
CRV-2-01	-	-	-	-	-	-	43,1 ^d						117 ^{abc}
CRV-3-04	-	-	-	-	-	-	-				+		104 ^{ab}
SFCpim-1-05	-	-	-	-	25,0 ^a	-	-						86 ^a
SFCpim-2-03	-	-	-	-	-	-	36,2 ^e						129 ^{abc}
SFCtom-1-03	-	-	-	-	-	-	37,7 ^{ab}						91 ^a
SFCtom-2-03	-	-	-	-	-	-	55,4 ^f			+			89 ^a
SOL-2-01	-	-	-	-	-	-	69,2 ^h	+					115 ^{ab}
SOL-3-01	-	-	-	-	-	-	-	+	+				111 ^{ab}
SOL-3-04	-	-	-	-	27,6 ^a	-	37,7 ^{ab}				+		69 ^a
SUpim-1-07	-	-	-	-	-	-	-				+		161 ^{bc}
SUpim-2-06	20,5 ^d	-	-	-	26,7 ^a	-	42,3 ^{cd}	+		+	+		83 ^a
SUpim-3-05	-	-	-	-	-	-	-	+	+				89 ^a
ENcal-3-01	5,1 ^a	-	-	7,1 ^a	-	-	-						94 ^{ab}
ENcal-3-03	41,0 ^c	-	-	21,8 ^d	-	-	-	+					110 ^{ab}
CC1	15,4 ^c	-	11,5 ^a	17,9 ^c	-	-	53,1 ^{fg}	+		+			70 ^a
CC2	-	-	-	-	27,6 ^a	-	40 ^{bc}			+			109 ^a
CC3	-	-	-	12,8 ^b	25,0 ^a	-	46,9 ^c	+	+	+	+		84 ^a

¹ Los resultados se expresan como porcentaje de inhibición del crecimiento del patógeno (XC: *X. campestris*; PCC: *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*; PST: *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*; CMM: *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*; FOM: *F. oxysporum* f.sp. *melonis*; RSOL: *R. solani*; PCAP: *P. capsici*).

² SID: Sideroforos.

³ SAL: Salicílico.

⁴ CIAN: Cianuro.

⁵ SOLP: solubilización de fosfato.

⁶ QUIT: Quitinasas.

⁷ IG (%): índice de germinación. Los grupos homogéneos significativamente diferentes se indican en letras minúsculas para cada grupo de ensayos frente a un mismo agente fitopatógeno (ANOVA, Test LSD a un nivel de confianza del 95 %).

-: negativo.

+: positivo

De forma paralela a los ensayos de antagonismo *in vitro*, se llevó a cabo el estudio de su capacidad para producir sustancias de interés agronómico tales como sideróforos, ácido salicílico, cianuro o enzimas de tipo quitinasas, así como para llevar a cabo otras actividades implicadas en el control de enfermedades vegetales, como es la capacidad para solubilizar fosfatos o la promoción de la germinación y elongación radicular. Algunas de las cepas de mayor interés demostraron ser productoras de una o más de las sustancias/actividades descritas (Tabla 3). Tal es el caso de la cepa SUPim-2-06, la cual resultó ser productora de sideróforos y cianuro, así como solubilizadora de fosfato. De igual modo, la cepa CC3 también demostró un importante potencial como agente de control biológico, ya que resultó ser productora de sideróforos, ácido salicílico y cianuro, así como también solubilizadora de fosfato (Tabla 3). Cabe destacar además, la capacidad de algunas cepas para promover la germinación y elongación radicular, efecto que pudo verse reflejado en el índice de germinación de la cepa SUPim-1-07.

El fenómeno de supresión de enfermedades vegetales puede ser el resultado de uno o más mecanismos de acción, incluyendo el antagonismo mediante enzimas líticas o antibióticos, la competición por el sustrato o el espacio, la producción de sideróforos o ácido cianhídrico, la inducción de la resistencia de la planta o la producción de fitohormonas (Babalola, 2010). En muchos casos, la reducción de los síntomas de la enfermedad puede deberse a la capacidad de algunas de estas bacterias de colonizar ampliamente la rizosfera de la planta, incluso el interior de las raíces, y ser capaces de dominar el nicho ecológico. En este sentido, algunas cepas microbianas identificadas como *Bacillus* y *Pseudomonas*, han surgido como importantes agentes de control de patógenos vegetales que afectan a una enorme diversidad de cultivos hortofrutícolas (Mercado-Blanco *et al.*, 2004). Este trabajo ha permitido la caracterización de un grupo de bacterias aisladas de distintos sustratos agrícolas, en relación con su capacidad para promover el crecimiento vegetal e inhibir el ataque de bacterias y hongos fitopatógenos mediante fenómenos de competencia, antibiosis y/o inducción de resistencia vegetal. Además, arroja información relevante sobre el posible modo de acción de tales agentes de control, teniendo en

cuenta las complejas interacciones que se dan *in vivo* entre cultivo hospedador, patógeno y agente antagonista.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el proyecto Retos-Colaboración (BACAGRO, RTC-2015-3897-2) que está liderado por la empresa Biorizon Biotech, SL, a través del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad.

Referencias bibliográficas

- BABALOLA, O. O. (2010): «Beneficial bacteria of agricultural importance»; *Biotechnol. Lett.* (32); pp. 1559-1570.
- DEVI, K. K.; SETH, N.; KOTHAMASI, S. y KOTHAMASI, D. (2007): «Hydrogen Cyanide-Producing Rhizobacteria Kill Subterranean Termite *Odontotermes obesus* (Rambur) by Cyanide Poisoning Under In Vitro Conditions»; *Curr. Microbiol.* (54); pp. 74-78.
- GARBEVA, P.; VAN VEEN, J. A. y VAN ELSAS, J. D. (2004): «Assessment of the diversity, and antagonism towards *Rhizoctonia solani* AG3, of *Pseudomonas* species in soil from different agricultural regimes»; *FEMS Microbiol. Ecol.* (47); pp. 51-64.
- LANDA, B. B.; HERVÁS, A.; BETTIOL, W. y JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M. (1997): «Antagonistic activity of Bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Ciceris*»; *Phytoparasitica* (25); pp. 305-318.
- MARRONE, P. G. (2008): «Barriers to adoption of biological control agents and biological pesticides»; *Integr. Pest Manag. Concepts, Tactics, Strateg. Case Stud.*; pp. 163-178.
- MERCADO-BLANCO, J.; RODRÍGUEZ-JURADO, D.; HERVÁS, A. y JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M. (2004): «Suppression of *Verticillium* wilt in olive planting stocks by root-associated fluorescent *Pseudomonas* spp.»; *Biol. Control* (30); pp. 474-486.

- NAUTIYAL, C. S. (1999): «An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms»; *FEMS Microbiol. Lett.* (170); pp. 265-270.
- NEILANDS, B. (1987): *Universal Chemical Assay for the Detection Determination of Siderophores*' (56); pp. 47-56.
- ÖZYILMAZ, Ü. y BENLIOGLU, K. (2013): «Enhanced biological control of phytophthora blight of pepper by biosurfactant-producing *Pseudomonas*»; *Plant Pathol. J.* (29); pp. 418-426.
- RAMARATHNAM, R.; FERNANDO, W. G. D. y DE KIEVIT, T. (2011): «The role of antibiosis and induced systemic resistance, mediated by strains of *Pseudomonas chlororaphis*, *Bacillus cereus* and *B. amyloliquefaciens*, in controlling blackleg disease of canola»; *BioControl* (56); pp. 225-235.
- SUÁREZ-ESTRELLA, F.; ARCOS-NIEVAS, M. A.; LÓPEZ, M. J.; VARGAS-GARCÍA, M. C. y MORENO, J. (2013): «Biological control of plant pathogens by microorganisms isolated from agro-industrial composts. *Biol.*»; *Control* (67); pp. 509-515.
- WEBER, J. D. y LEVINE, J. (2017): «Determination of Free Salicylic Acid in Aspirin and Aspirin Products»; *J. Pharm. Sci.* (55); pp. 78-80.
- ZUCCONI, F.; FORTE, M.; MONACO, A. y DE BERTOLDI, M. (1981): «Biological evaluation of compost maturity»; *Biocycle* (22); pp. 27-29.

Evolución de las mallas para la protección de cultivos

R. M. Oliva^a, S. López^b y A. J. Álvarez^a

^aUniversidad de Almería y ^bCriado y López SL

Resumen

El consumo de agrotexiles, en general, y de mallas antinsectos, en particular, se incrementa año tras año debido a los beneficios que se obtienen de las múltiples aplicaciones a las que se destinan. Desde que hace unas décadas las mallas antinsectos comenzaron a utilizarse como método físico de protección de cultivos, su diseño ha evolucionado dando lugar a la confección de tejidos cada vez más tupidos para combatir a plagas de insectos voladores de dimensiones muy reducidas como es el caso de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Este diseño ha perseguido evitar la excesiva reducción de la porosidad de las mallas y, para ello, progresivamente, se han utilizado hilos de menor grosor a medida que la separación de hilos ha disminuido en ambas direcciones, aunque lo ha hecho de forma más acusada en el caso de los hilos de urdimbre dando lugar a poros cada vez «más rectangulares» para basar la estrategia de defensa en el denominado «efecto cárcel». A pesar de estos intentos, la porosidad de las mallas más tupidas es pequeña y esto se traduce en textiles que ofrecen una gran resistencia al paso del aire y que, por tanto, pueden agravar los problemas de ventilación que se derivan de su uso.

Palabras clave: *protección de cultivos, agrotexiles, mallas antinsectos.*

Introducción

Una de las primeras medidas a tener en cuenta en cualquier plan de protección vegetal debería estar dirigida a prevenir el contacto entre insectos plaga y cultivos. Obviamente este objetivo no es siempre posible o fácil de conseguir. Sin embargo, el empleo de agrotexiles es cada vez más frecuente y, por tanto, su empleo como barreras físicas, bien como objetivo principal o alternativo, permite evitar que determinadas especies de insectos dañinos puedan acceder al cultivo. Está muy extendido el uso de textiles no tejidos de polipropileno para mejorar las condiciones microclimáticas en algunas fases del cultivo o proteger a las plantas de las heladas. De forma paralela, estos textiles pueden evitar o disminuir el acceso de insectos dañinos al cultivo. En estructuras de cultivo cerradas, las aberturas de ventilación se protegen con mallas antinsectos y un buen diseño del tejido podría disminuir en gran medida algunos problemas fitosanitarios del cultivo que crece en su interior.

El empleo de mallas antinsectos es relativamente reciente. En algunas localizaciones comenzaron a utilizarse como método de protección, en las ventanas de los invernaderos, con el objetivo de impedir la entrada de pájaros o disminuir los efectos del viento sobre las plantas cultivadas en las proximidades del perímetro. En esos orígenes, estos tejidos se confeccionaban con densidades de hilos muy bajas: 6×6 o 9×6 hilos cm^{-2} . Pronto se pensó en su potencial para impedir el acceso de insectos voladores al interior del invernadero y comenzaron a fabricarse tejidos más tupidos (16×10 hilos cm^{-2}). Los resultados fueron realmente prometedores y el número de hilos por unidad de longitud continuó incrementándose para restringir, aún más, el paso de insectos (20×10 hilos cm^{-2}). La restricción a este aumento de la densidad de hilos de las mallas está impuesta por la reducción del número de renovaciones del aire del invernadero, es decir, por problemas con la ventilación y, por tanto, con la dificultad de conseguir condiciones microclimáticas más favorables para el desarrollo vegetal. La única forma de superar este condicionante está en aumentar la superficie de ventilación para compensar así la reducción en la porosidad de los tejidos más tupidos. Reuniéndose estas condiciones, es posible instalar en las ven-

tanos de los invernaderos mallas antinsectos que superan los 25 hilos cm^{-1} en la dirección de urdimbre (27×14 o 31×13 hilos cm^{-2}).

El objetivo de este trabajo es evaluar las propiedades de un grupo de mallas antinsectos representativas del proceso de evolución de estos tejidos.

Material y métodos

Se han utilizado 6 mallas antinsectos representativas de la evolución que han experimentado estos textiles en el transcurso del tiempo. Las características geométricas de las mallas antinsectos se han medido con el software Euclides v1.4 siguiendo la metodología propuesta por Álvarez (2010). Los parámetros aerodinámicos se han obtenido en un túnel de viento siguiendo el protocolo propuesto por Álvarez (2010). La eficacia de las mallas antinsectos, es decir, el porcentaje de individuos que consigue excluir el textil, se ha medido en ensayos de laboratorio según el método descrito por Oliva y Álvarez (2013). La eficacia de las mallas antinsectos se refiere a los ensayos realizados con la especie *Bemisia tabaci*. La mosca blanca se ha criado en condiciones de laboratorio sobre macetas de berenjena (*Solanum melongena*).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los parámetros geométricos medidos para las seis mallas utilizadas en este trabajo. Como suele ser frecuente, se observan, en algunos casos, diferencias próximas a 1 hilo cm^{-1} entre la densidad de hilos medida y el dato comercial. Como puede apreciarse, para contrarrestar la pérdida de porosidad que se produce como consecuencia de aumentar el número de hilos introducidos por unidad de longitud es necesario utilizar fibras de menor grosor. Así se pueden ver tejidos con poca densidad de hilos confeccionados con fibras en torno a las 350 μm de grosor y, en las mallas más tupidas, el grosor de los hilos es inferior a las 200 μm . Otra de las estrategias encaminadas a compensar la pérdida de porosidad producida por la densificación de los tejidos consiste en disminuir la relación entre el

ancho y el largo de los poros L_{px}/L_{py} , es decir, gradualmente se han confeccionado tejidos con poros «más rectangulares» dando lugar a mallas cuya estrategia de defensa contra las plagas se basa en lo que podemos llamar «efecto cárcel».

Tabla 1. Parámetros geométricos de las mallas antiinsectos

Malla	Densidad real	Ancho de poro	Largo de poro	L_{px}/L_{py}	Grosor hilo urdimbre	Grosor hilo trama	Porosidad
(hilos cm^{-2})	(hilos cm^{-2})	L_{px} (μm)	L_{py} (μm)		D_{hy} (μm)	D_{hx} (μm)	ϕ (%)
6 × 6	5,6 × 5,7	1.407	1.441	0,98	354	360	64,0
9 × 6	9,4 × 6,6	748	1221	0,61	319	302	56,2
16 × 10	16,3 × 10,5	355	686	0,52	258	263	42,2
20 × 10	20,9 × 8,7	247	909	0,27	236	231	41,1
27 × 14	27,6 × 14,0	175	534	0,33	188	182	35,9
31 × 13	31,9 × 12,9	110	578	0,19	203	199	26,2

Teniendo en cuenta este panorama, el comportamiento aerodinámico de estos textiles es predecible si se considera que el factor más influyente desde este punto de vista es la porosidad. También es cierto que la fragmentación de la superficie porosa tiene cierta influencia, aunque en menor medida. En el Gráfico 1 se muestran los resultados de los ensayos llevados a cabo en túnel de viento. Efectivamente, las curvas aparecen ordenadas según la porosidad de los tejidos. Las mallas más porosas como la 6 × 6 o la 6 × 9 hilos cm^{-2} son las que menor resistencia ofrecen al flujo de aire. En el lado opuesto está la malla 31 × 13 hilos cm^{-2} cuya reducida porosidad se manifiesta en una gran resistencia al flujo de aire y, por tanto, su instalación en las ventanas de los invernaderos requiere de una mayor superficie de intercambio de aire para evitar problemas de ventilación.

Para encontrar un tejido que muestre cierta eficacia contra *B. tabaci* es necesario alcanzar una densidad de fibras de, al menos, 16 × 10 hilos cm^{-2} . Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 2, esta característica de las mallas está muy influenciada por la velocidad del aire de manera que cuando se llega a 1,5 m s^{-1} la eficacia de esta malla está en torno al 60 %

y si la velocidad del aire es de $3,0 \text{ m s}^{-1}$ más de la mitad de los individuos consiguen atravesar el textil. Eficacias superiores al 90 % se consiguen con la malla 20×10 hilos cm^{-2} . Sin embargo, al igual de lo que ocurría en el caso anterior, al aumentar la velocidad del aire, la eficacia disminuye significativamente y alrededor de un cuarto de la población consigue pasar a través de los poros del tejido. Las mallas más tupidas (27×14 y 31×13 hilos cm^{-2}) confieren una protección total contra la mosca blanca en las condiciones en las que se llevaron a cabo los ensayos realizados en laboratorio. Sin embargo, también hemos comprobado como en algunas experiencias efectuadas a temperaturas superiores a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y estableciendo en el dispositivo de ensayos una velocidad del flujo de aire de $3,0 \text{ m s}^{-1}$ algunos individuos consiguen atravesar las mallas, aunque, en cualquiera de los casos, las eficacias son muy altas con valores superiores al 99 %. Nuestras experiencias demuestran que la temperatura también es un factor relevante puesto que a mayor temperatura la actividad de los insectos es más intensa y eso facilita su paso a través de los poros de las mallas.

Gráfico 1. Resultado de los ensayos en túnel de viento

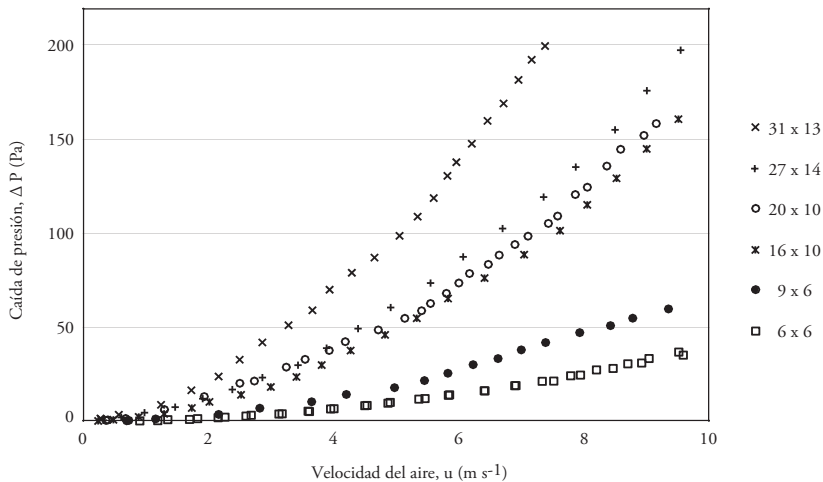


Tabla 2. Eficacia de las mallas antinsectos frente a *Bemisia tabaci* en los ensayos realizados a distintas velocidades de aire (0; 1,5 y 3,0 m s⁻¹)

Malla (hilos cm ⁻²)	Eficacia (%) – [T (°C)]		
	0 m s ⁻¹	1,5 m s ⁻¹	3,0 m s ⁻¹
6 × 6	18,3 – [23,4]		
9 × 6	20,7 – [22,9]		
16 × 10	71,6 – [21,1]	60,6 – [19,4]	44,7 – [19,1]
20 × 10	92,5 – [23,7]	75,8 – [22,9]	77,8 – [21,5]
27 × 14	100 – [22,7]	100 – [23,8]	100 – [21,9]
31 × 13	100 – [23,1]	100 – [23,2]	100 – [22,9]

Conclusiones

La evolución de las mallas antinsectos ha conducido a la confección de tejidos más tupidos con poros rectangulares en los que la diferencia de longitud entre el largo y el ancho es, cada vez, mayor. Hoy en día, se pueden encontrar mallas con densidades en urdimbre superiores a los 30 hilos cm⁻¹. Son estas mallas las que confieren una protección total contra la mosca blanca *B. tabaci*, al menos, en los ensayos realizados en condiciones de laboratorio, mostrándose los resultados independientes de la velocidad del aire. Sin embargo, mallas menos tupidas sufren una reducción importante de eficacia contra esta plaga al aumentar la velocidad del flujo de aire.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ, A. J. (2010): «Estudio de las características geométricas y del comportamiento aerodinámico de las mallas antinsectos utilizadas en los invernaderos como medida de protección vegetal»; *Tesis doctoral*. Universidad de Almería.
- OLIVA, R. M. y ÁLVAREZ, A. J. (2013): «Evaluación de la eficacia de las mallas antinsectos frente a *Bemisia tabaci* en condiciones de laboratorio»; *Vida Rural* (364); pp. 18-21.

Aplicación de soluciones del aderezo de aceitunas de mesa como fertilizante en plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) y pepino (*Cucumis sativum*)

B. de los Santos^a, A. Aguado^a, L. Aparicio^a, C. Romero^b y M. Brenes^b

^aIFAPA Las Torres-Tomejil y ^bInstituto de la Grasa (IG-CSIC)

Resumen

España es el principal productor de aceituna de mesa, siendo las aceitunas verdes estilo Español y las aceitunas negras estilo Californiano las principales preparaciones comerciales. Esta industria produce una serie de vertidos que generan un gran impacto económico y medioambiental. Las soluciones procedentes de la elaboración de aceitunas de mesa son ricas en azúcares, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos. Con anterioridad, hemos confirmado que aplicaciones por riego de estas soluciones incrementaban de forma significativa la altura, el número de frutos por planta, el calibre de los mismos, el peso acumulado, así como la precocidad en plantas de tomate. Estos resultados abren la posibilidad del uso de estas soluciones como favorecedoras del crecimiento de plantas de tomate. Posteriormente, se han llevado a cabo ensayos para determinar la fitotoxicidad y la influencia sobre el desarrollo vegetativo de plantas de pimiento y pepino, de aplicaciones por riego de aguas de lavado del proceso de elaboración de aceitunas verdes estilo Español de las variedades 'Hojiblanca' y 'Manzanilla' (AL), así como soluciones de conservación de aceitunas negras estilo Californiano (LC), comparados con plantas abonadas con KNO_3 (CONTROL). No se observaron efectos fitotóxicos. Por otra parte, mientras que los tratamientos con las AL y LC a dosis baja incrementaron el vigor de

las plantas de pimiento respecto al CONTROL, en el caso del pepino las plantas tratadas con LC fueron tan vigorosas como las abonadas. En cuanto a los parámetros relacionados con la producción, las plantas de pepino o pimiento tratadas con LC produjeron frutos más grandes y mayores rendimientos, mientras que el mayor número de frutos por planta se obtuvo en plantas tratadas con AL, sin diferencia significativa con el CONTROL.

Palabras clave: *promotores del crecimiento, residuos agroindustriales, aceituna de mesa.*

Introducción

España es el principal productor y exportador de aceitunas de mesa, correspondiendo a Andalucía alrededor del 80 %. Los actuales procesos de elaboración de aceitunas verdes estilo Español y negras oxidadas estilo Californiano generan un volumen elevado de aguas residuales de difícil y costosa depuración, cuyo destino, hoy en día, suele ser el almacenamiento en balsas de evaporación, lo cual no es medioambientalmente sostenible. Estas aguas provocan, no solo, una gran contaminación orgánica sino también sódico/mineral. Es por esto, que se ha trabajado durante años en la re-utilización de líquidos del aderezo tales como soluciones de hidróxido sódico y salmueras de fermentación de aceitunas verdes (Brenes *et al.*, 1990), eliminación del cloruro sódico en aceitunas negras (De Castro *et al.*, 2007) y fermentación de aguas de lavado de aceitunas verdes con vistas a la extracción de antioxidantes naturales (Brenes *et al.*, 2004). Con anterioridad, hemos confirmado que aplicaciones por riego de estas soluciones incrementaban de forma significativa la altura, el número de frutos por planta, el calibre de los mismos, el peso acumulado, así como la precocidad en plantas de tomate (De los Santos *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo es determinar si las aguas de lavado obtenidas del proceso de elaboración de aceitunas verdes estilo Español y los líquidos de conservación de las aceitunas negras estilo Californiano podrían utilizarse como fertilizantes en plantas de pimiento y pepino.

Material y métodos

En los ensayos realizados se emplearon plántulas de pimiento verde italiano y de pepino, las cuales fueron trasplantadas (25 de marzo de 2015) a macetas de 16 cm de diámetro (1 planta por maceta) conteniendo turba esterilizada (Klasmnn-Deilmann, Geeste, Alemania) con la siguiente composición química: materia seca 25 %, materia orgánica 20 %, salinidad $< 1 \text{ g L}^{-1}$, nitrógeno total $130\text{-}220 \text{ mg L}^{-1}$, fósforo total $160\text{-}260 \text{ mg L}^{-1}$, potasio total $170\text{-}290 \text{ mg L}^{-1}$, magnesio total $80\text{-}150 \text{ mg L}^{-1}$ y pH 5,5-6,5 unidades, con un volumen de turba de 2,5 L por maceta. En invernadero se dispusieron seis plantas por tratamiento, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones de dos plantas cada una. Se aplicaron los concentrados obtenidos a partir de aguas de lavado de aceitunas verdes estilo español (ALH14, procedente de aceituna de la variedad 'Hojiblanca' y ALM14, de 'Manzanilla') y líquidos de conservación sin sal de aceitunas destinadas a negras oxidadas (LC472). La aplicación de los concentrados se realizó en concentraciones del 20 % y 50 %, mediante riego hasta capacidad de campo, en tres ocasiones, la primera aplicación a los 15 días después del trasplante (8 de abril de 2015), la segunda el 22 de abril y la tercera el 5 de mayo. Las plantas control se trataron de la misma manera con abono (KNO_3). A lo largo del ensayo se realizaron riegos de forma convencional con agua. La determinación de la fitotoxicidad y su influencia sobre el desarrollo vegetativo de las plantas se evaluó semanalmente. Se estudiaron los siguientes parámetros: altura media de la planta (cm); número medio de frutos por planta; calibre medio de los frutos (cm) y peso total acumulado (g planta^{-1}), al final de cada ensayo. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (Statistix 8.0), realizándose la separación de las medias, según test de mínima diferencia significativa (MDS) a $P < 0,05$.

Resultados y discusión

No se observaron efectos fitotóxicos en plantas de pimiento o pepino, lo que corrobora los resultados obtenidos con anterioridad en plantas de tomate (De los Santos *et al.*, 2015), a diferencia de los resultados obteni-

dos al utilizar aguas residuales resultantes de la molienda de aceituna para aceite (Bonanomi *et al.*, 2006).

Resultados ensayo de invernadero. Pimiento

Para determinar el vigor de la planta se realizaron medidas de altura semanales hasta el 19 de mayo, y los resultados se expresan como el área bajo la curva de desarrollo (AUDC). En cuanto a la altura, las diferencias entre tratamientos se observaron a finales de abril, después de la segunda aplicación de los mismos, siendo las plantas tratadas con ALH14 20 %, las de mayor porte. Los valores de la AUDC de las plantas tratadas con cualquiera de los tratamientos experimentales fueron significativamente superiores a los de las tratadas con KNO_3 20 %, siendo los valores de las tratadas con ALH14 y LC472 20 % significativamente superiores a los de KNO_3 50 % (Tabla 1). A la finalización del ensayo (5 de agosto), la producción fue significativamente superior en plantas tratadas con cualquier solución al 50 % (44,77 g planta⁻¹), que al 20 % (14,55 g planta⁻¹). Los tratamientos que presentaron mejores rendimientos, expresado como número medio de frutos por planta y peso total acumulado, fueron ALH14 20 %, y KNO_3 50 %. Los frutos de las plantas tratadas con LC472 50 % y ALH14 50 % presentaron un calibre significativamente superior al control (Tabla 1).

Resultados ensayo de invernadero. Pepino

Para determinar el vigor de la planta se realizaron medidas de altura hasta el 14 de abril. Al analizar los valores de la AUDC, se observaron diferencias significativas entre tratamientos, presentando los valores más altos las plantas tratadas con KNO_3 (20 % y 50 %) y aquellas a las que se aplicaron ALM14 y LC472 al 20 %. Se realizaron seis recogidas de frutos con periodicidad semanal, la primera el 5 de mayo y la última el 9 de junio. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al analizar el número medio de frutos acumulado (Tabla 2). El resultado del análisis de varianza indicó que el único factor de variación es el líquido utilizado, no siendo significativa la interacción [líquido x dosis], por lo que, al expre-

sar los resultados como la media de las dos dosis, se observó que el número medio de frutos por planta en las plantas tratadas con el líquido ALM14 (4,3 frutos por planta) no difirió significativamente del de las tratadas con KNO_3 (4,9 frutos por planta). Al analizar el peso acumulado por planta, se observaron diferencias significativas entre tratamientos en dos de las fechas de recogida (12 y 19 de mayo), presentando en ambas fechas los mayores valores las plantas tratadas con el líquido LC472 20 %. Este tratamiento incrementa el rendimiento medio respecto a KNO_3 20 % en más de 100 g por planta y casi en 200 g por planta cuando el abono se aplica al 50 %. El tratamiento con ALH14 20 % obtiene resultados similares en la segunda fecha considerada (datos no mostrados). No se observaron diferencias significativas en los rendimientos acumulados al final del período de estudio (9 de junio) (Tabla 2). También se ha observado que los frutos de las plantas tratadas con LC472 20 % y ALH14 20 % tienden a presentar un calibre superior al control (Tabla 2).

Tabla 1. Efecto de la aplicación mediante riego de soluciones procedentes de la elaboración de aceitunas de mesa sobre diferentes parámetros implicados en el desarrollo vegetativo de la planta de pimiento

Tratamiento	AUDC ¹	Número medio de frutos por planta ²	Calibre medio de los frutos (cm)	Peso total acumulado (g planta ⁻¹) ²
ALH14 20 %	1.781,2 ^a	10,2 ^a	2,6 ^{bc}	164,6 ^a
ALH14 50 %	1.699,5 ^{ab}	5,3 ^{bc}	2,9 ^{ab}	80,4 ^{bcd}
ALM14 20 %	1.718,2 ^{ab}	7,7 ^{ab}	2,5 ^c	116,2 ^{abc}
ALM14 50 %	1.732,2 ^{ab}	7,7 ^{ab}	2,3 ^c	72,3 ^{cd}
LC472 20 %	1.755,4 ^a	3,8 ^c	2,5 ^c	53,2 ^d
LC472 50 %	1.705,9 ^b	6,7 ^{bc}	3,1 ^a	141,8 ^{ab}
KNO_3 20 %	1.578,5 ^c	5,7 ^{bc}	2,2 ^c	63,8 ^{cd}
KNO_3 50 %	1.654,3 ^{bc}	10,0 ^a	2,5 ^c	158,0 ^a

* Aplicación a dos dosis (20 % y 50 %).

* Distintas letras en una columna indican diferencia significativa, test MDS $P < 0,05$.

¹ Dato evaluado a 19 de mayo de 2015.

² Dato evaluado hasta el 5 de agosto de 2015.

Tabla 2. Efecto de la aplicación mediante riego de soluciones procedentes de la elaboración de aceitunas de mesa sobre diferentes parámetros implicados en el desarrollo vegetativo de la planta de pepino

Tratamiento	AUDC ¹	Número medio de frutos por planta ²	Calibre medio de los frutos (cm)	Peso total acumulado (g planta ⁻¹) ²
ALH14 20 %	396,7 ^b	3,8	4,2 ^a	728,5
ALH14 50 %	390,8 ^b	4,2	3,8 ^b	583,7
ALM14 20 %	430,8 ^{ab}	4,2	3,8 ^b	559,7
ALM14 50 %	413,3 ^b	4,5	3,9 ^{ab}	548,5
LC472 20 %	441,6 ^{ab}	3,8	4,2 ^a	729,8
LC472 50 %	410,1 ^b	3,8	4,0 ^{ab}	584,9
KNO ₃ 20 %	434,6 ^{ab}	4,8	3,7 ^b	588,2
KNO ₃ 50 %	469,3 ^a	5,0	3,8 ^b	665,7

* Aplicación a dos dosis (20 % y 50 %).

* Distintas letras en una columna indican diferencia significativa, test MDS $P < 0,05$.

¹ Dato evaluado a 14 de abril de 2015.

² Dato evaluado hasta el 9 de junio de 2015.

En el caso del pimiento, la aplicación de soluciones del aderezo de aceitunas ha permitido incrementar de forma significativa el vigor de la planta respecto al control, mientras que en pepino los resultados son muy similares entre las plantas tratadas y no. En ambos casos, el calibre de los frutos se incrementa significativamente cuando se aplican ALH14 y LC472 al 20 %, mejorando los resultados obtenidos previamente en tomate (De los Santos *et al.*, 2015). En pimiento, los rendimientos fueron similares al abono al 50 % cuando se aplican las AL al 20 % y el LC al 50 %. Estos resultados indican que es posible la utilización de estas aguas de lavado como fertilizantes en cultivos hortícolas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Innovación y Ciencia–Junta de Andalucía a través del Proyecto de Excelencia P12-AGR-1123.

Referencias bibliográficas

- BONANOMI, G.; GIORGI, V.; GIOVANNI, D. S.; NERI, D. y SCALA, F. (2006): «Olive mill residues affect saprophytic growth and disease incidence of foliar and soilborne plant fungal pathogens»; *Agric. Ecosyst. Environ.* (115); pp. 194-200.
- BRENES, M.; MONTAÑO, A. y GARRIDO, A. (1990): «Ultrafiltration of green table olive brines: influence of some parameters and effect on polyphenol composition»; *J. Food Sci.* (55); pp. 214-217.
- BRENES, M.; ROMERO, C. y DE CASTRO, A. (2004): «Combined fermentation and evaporation processes for treatment of wash waters from Spanish green olives»; *J. Chem. Technol. Biotechnol.* (79); pp. 253-259.
- DE CASTRO, A.; GARCÍA, P.; ROMERO, C.; BRENES, M. y GARRIDO, A. (2007): «Industrial implementation of black ripe olives storage under acidic conditions»; *J. Food Eng.* (80); pp. 1206-1212.
- DE LOS SANTOS, B.; CHAMORRO, M.; ROMERO, C.; EXPÓSITO, A.; BRENES, M. y ROMERO, F. (2015): «Uso potencial de soluciones del aderezo de aceitunas de mesa en agricultura: aplicación como promotor del crecimiento en plantas de tomate»; *Actas de Horticultura* (60); pp. 867-871.

Respuesta productiva del cultivo de la coliflor a tres dosis de riego

A. Abdelkhalik^a, N. Pascual-Seva^a, I. Nájera^b, A. Giner^b, C. Baixauli^b
y B. Pascual^a

^aCentro Valenciano de Estudios sobre el Riego y ^bCentro Experiencias Cajamar

Resumen

En la actualidad, en los países desarrollados la agricultura utiliza grandes cantidades de agua. Probablemente, las eficiencias en el uso del agua conseguidas podrían mejorarse en muchas ocasiones mediante un manejo adecuado del riego. Por este motivo se inició una línea de investigación para estudiar el manejo del riego en varios cultivos hortícolas, entre ellos la coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.). Dentro de esta línea, se ha estudiado el comportamiento productivo y la eficiencia en el uso del agua de riego en repuesta a tres manejos diferentes del riego, consistentes en aportar el 65, 90 y 115 % de las necesidades hídricas (ET_c D1, D2 y D3, respectivamente). La ET_c se determinó a partir de la evapotranspiración de referencia, calculada a partir de la evaporación medida en tanque evaporímetro clase A, con coeficiente único del cultivo, adaptando la duración de cada fase al ciclo de cultivo, en este caso un ciclo medio. Las láminas totales de riego aportadas fueron 139, 170 y 201 mm en las dosis D1, D2 y D3, respectivamente. Con la dosis más alta se obtuvo un mayor rendimiento total (4.84 kg m^{-2} ; $p \leq 0.05$) que con la menor dosis de riego (4.13 kg m^{-2}). El rendimiento comercial y el peso unitario de las pellas no se vio afectado ($p \leq 0.05$) por la dosis de riego. La menor dosis condujo a la mayor eficiencia en el uso del agua (sin significación estadística; 12.44 kg m^{-3}) y a la mayor eficiencia en el uso del agua de riego ($p \leq 0.01$; 27.41 kg m^{-3}), sin

diferencias estadísticas entre las otras dosis de riego (22,78 y 21,80 kg m⁻³ en D2 y D3 respectivamente).

Palabras clave: *Evapotranspiración de cultivo, tanque evaporímetro clase A, rendimiento, eficiencia en el uso del agua de riego.*

Introducción

La coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) es un cultivo hortícola importante, tanto a nivel mundial (1,38 x 10⁶ ha y 24,18 x 10⁶ t), como europeo (136.892 ha y 2,39 x 10⁶ t) y estatal (33.198 ha y 596.969 t; FAOSTAT, 2014).

En la actualidad, en los países desarrollados la agricultura utiliza grandes cantidades de agua, del orden del 70 % del consumo total de agua dulce; concretamente, en España el uso agrícola supone en torno al 68 % del uso total del agua (FAO, 2011), por lo que las necesidades hídricas de la agricultura son consideradas muy elevadas en relación a otros sectores, especialmente en los últimos tiempos en los que el agua se está convirtiendo en un problema importante. Además, debido a la escasez de agua, al incremento de los costes de producción, y al continuo crecimiento de la población, se necesita de mejoras en la eficiencia del uso del agua de riego (Bessembinder *et al.*, 2005). La mejora de esta eficiencia será de gran importancia para poder competir con la demanda de agua de otros sectores (Fereres, 2008).

Probablemente las eficiencias en el uso del agua conseguidas actualmente podrán mejorarse mediante un manejo adecuado del riego. Por este motivo se ha iniciado una línea de investigación para estudiar el manejo del riego en varios cultivos hortícolas, entre ellos la coliflor, en la que se enmarca este trabajo, cuyo objetivo es estudiar el comportamiento productivo de la coliflor y la eficiencia en el uso del agua de riego en repuesta a tres manejos diferentes del riego, consistentes en aportar el 65, 90 y 115 % de las necesidades hídricas.

Material y métodos

El ensayo se realizó en la campaña 2015-2016 en el Centro de Experiencias Cajamar, situado en Paiporta (Valencia; 39.4175 N, 0.4184 O). Consistió en aportar tres dosis de riego (D1, D2 y D3) correspondientes al aporte del 65, 90 y 115 % de las necesidades hídricas (ET_c). La ET_c se determinó a partir de la evapotranspiración de referencia (ET_o), calculada a partir de la evaporación medida en tanque evaporímetro clase A instalado en el propio Centro Experimental, con coeficiente del tanque evaporímetro igual a 0,815 (K_p ; Doorenbos y Pruitt, 1976) y coeficiente único del cultivo (K_c) igual a 0,7, 1,05 y 0,95, correspondientes respectivamente a la etapa inicial ($K_{c\text{ ini}}$), de mediados de temporada ($K_{c\text{ med}}$) y etapa final ($K_{c\text{ fin}}$) (Allen *et al.*, 2006), con adaptación de la duración de cada fase al ciclo de cultivo, (aproximadamente 120 días). Las plantas, del cultivar 'Naruto' (Clause), obtenidas en semillero realizado en invernadero, fueron trasplantadas el 1 de septiembre de 2015, al tresbolillo, con una distancia entre plantas de 0.66 m, dispuestas en doble fila de plantas por meseta, y mesetas distanciadas a 1 m, con una densidad de plantación de 3 plantas m^{-2} . La parcela elemental consistía en cuatro mesetas de 7,26 m de longitud, considerándose las dos de los extremos como guarda. Inmediatamente después de la plantación se dio un riego abundante (58 mm en D1, D2 y D3) para asegurar el arraigue de las plantas. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones.

El suelo era de textura franco - limosa, pH de 7,4, con un contenido en materia orgánica del 1,89 %, CE (ext. 1:5) igual a 0,39 $dS\ m^{-1}$, y contenidos de 43 $mg\ kg^{-1}$ de fósforo asimilable (Olsen) y 340 $mg\ kg^{-1}$ de potasio asimilable (extracto acetato amónico). El agua de riego, procedente de pozo, tenía una CE de 2,53 $dS\ m^{-1}$ y un contenido de $N-NO_3^-$ de 77 mg/kg . El agua se aportó mediante riego por goteo. La incorporación de nutrientes (100-50-100 $kg\ ha^{-1}\ N-P_2O_5-K_2O$) se realizó mediante fertirrigación (descontando del N total a aportar, el aportado por el agua de riego), siguiendo los criterios indicados por Pomares *et al.* (2007).

Periódicamente se midió, en campo, la altura y el diámetro de tres plantas de cada parcela unitaria. La duración de cada una de las etapas de

crecimiento de la planta (Allen *et al.*, 2006), inicial, desarrollo, de mediados de temporada y final, para la utilización del K_c fue 21, 35, 42, 28 días, respectivamente, con una duración total de 126 días. La recolección se realizó, en cinco pasadas, entre los días 18 de diciembre de 2015 y 4 de enero de 2016. El 21 de diciembre se midió la altura y el diámetro de tres plantas de cada parcela, la longitud y la anchura de la hoja más grande, el índice relativo de clorofila (SPAD) en tres puntos de tres hojas totalmente desarrolladas, y la biomasa aérea (hojas y tallos, y pellas) tras el secado en estufa de aire forzado (modelo Selecta 297) a 105° durante 24 h. Se determinó el rendimiento total, comercial y destrío, incluyendo en este último apartado las piezas de peso unitario inferior a 750 g, las deformadas, las que presentaban falta de compacidad o apertura prematura. No se detectó la presencia de vello o tallo hueco en ninguna pella para ser considerada como destrío.

A partir del rendimiento comercial y de la dosis de riego utilizada en cada tratamiento se determinó la eficiencia en el uso de agua de riego (EUAR, kg m^{-3}) y la eficiencia en el uso del agua (EUA, kg m^{-3}), considerando además del agua de riego, la precipitación efectiva. Los resultados han sido analizados mediante análisis de la varianza, utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies, 2013).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los valores de K_c utilizados para cada semana del ciclo de cultivo en función de las etapas de crecimiento (Allen *et al.*, 2006), junto a la ET_0 semanal y el valor correspondiente de la ET_c , así como las necesidades de riego y los valores de las dosis de riego aportadas en los tres tratamientos (D1, D2 y D3) considerando una eficiencia global de riego (percolación y uniformidad) igual a 0,95 (Pomares *et al.*, 2007). Las dosis totales de riego aportadas fueron 139, 170 y 201 mm en D1, D2 y D3, respectivamente.

Tabla 1. Evolución de los valores semanales de evaporación del tanque evaporímetro (E_{pan} , mm sem⁻¹), evapotranspiración de referencia (ET_o , mm sem⁻¹), coeficiente del cultivo (K_c , adimensional), evapotranspiración del cultivo (ET_c , mm sem⁻¹), precipitación efectiva (Pe , mm sem⁻¹), necesidades de riego [$Nr = (ET_c - Pe)$ eficiencia⁻¹, mm sem⁻¹] y dosis de riego aportadas (D1, D2, D3, mm sem⁻¹) en cada etapa de crecimiento (EC)

Semana	EC	E_{pan}	ET_o	K_c	ET_c	Pe	Nr	D1	D2	D3
1		39,0	31,8	0,70	22,3	31,5	0,0	58,0	58,0	58,0
2	ini	27,0	22,0	0,70	15,4	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0
3		50,0	40,8	0,70	28,5	0,0	30,0	19,5	27,0	34,5
4		41,0	33,4	0,75	25,1	15,0	10,6	6,9	9,5	12,2
5		19,5	15,9	0,80	12,7	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
6	des	23,5	19,2	0,85	16,3	4,9	12,0	7,8	10,8	13,8
7		23,0	18,8	0,90	16,9	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8		13,0	10,6	0,95	10,1	6,8	3,5	2,3	3,1	4,0
9		14,0	12,2	1,05	12,8	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0
10		23,0	18,8	1,05	19,7	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	med	11,0	9,0	1,05	9,4	0,0	9,9	6,4	8,9	11,4
12		19,0	15,5	1,05	16,3	0,0	17,1	11,1	15,4	19,7
13		16,0	13,0	1,05	13,7	0,0	14,4	9,4	13,0	16,6
14		7,0	5,7	1,05	6,0	0,0	6,3	4,1	5,7	7,3
15		4,4	3,6	0,95	3,4	0,0	3,6	2,3	3,2	4,1
16	fin	9,0	7,3	0,90	6,6	0,0	7,0	4,5	6,3	8,0
17		4,6	3,8	0,90	3,4	0,0	3,6	2,3	3,2	4,1
18		8,0	6,5	0,90	5,9	0,0	6,2	4,0	5,6	7,1
Total		352,0	287,7		244,3	166,9	124,1	138,7	169,7	200,8

Etapas de crecimiento del cultivo: inicial (ini), de desarrollo del cultivo (des), de mediados de temporada (med) y final (fin).

La dosis de riego no ha influido significativamente en ninguno de los parámetros de crecimiento (altura y diámetro de las plantas, longitud y anchura de la hoja más grande, índice SPAD) ($p \leq 0,05$; Tabla 2), ni en la biomasa aérea (total, hojas y tallo, y pellas; ni en fresco ni en seco) ($p \leq 0,05$; Tabla 3). El rendimiento total obtenido con D3 (4,84 kg m⁻²) ha resultado mayor ($p \leq 0,05$; Tabla 4) que el obtenido con D2 (4,13 kg m⁻²),

pero esta diferencia se debe, sobre todo, al destrío, que en D2 (0,26 kg m⁻²) fue inferior ($p \leq 0,05$) a los de D1 (0,47 kg m⁻²) y D3 (0,46 kg m⁻²), de manera que no han existido diferencias ($p \leq 0,05$) en cuanto al rendimiento comercial, ni tampoco al peso unitario de las pellas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pomares *et al.* (2007) en varios experimentos realizados en diferentes campañas con plantación otoñal utilizando cultivares de ciclo medio (Nautilus, Arfak, Balmoral y Lara) y de ciclo temprano (Barcelona) en los que aportaron 3 dosis de riego, obtenidas a partir del 75, 100 y 125 % de la ETc. Estos investigadores no encontraron diferencias significativas en el rendimiento obtenido en respuesta a los diferentes aportes hídricos. Las láminas de agua aportadas correspondientes al 75 % ETc en las distintas campañas oscilaron entre 122 y 257 mm, mientras que las de 100 % ETc oscilaron entre 212 y 446 mm.

Tabla 2. Efecto de la dosis de riego en el crecimiento de la planta, expresado en altura y diámetro de la planta, y longitud (L) y anchura (A) de la hoja más grande, y en el Índice relativo de clorofila (SPAD). Valores medios de 3 plantas

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Hoja más grande		SPAD (-)
			L (cm)	A (cm)	
D1	95,93	100,13	89,00	33,67	58,20
D2	92,73	96,60	88,00	30,67	57,27
D3	93,13	102,06	88,00	31,67	60,53
($p \leq 0,05$)	ns	ns	ns	ns	ns
LSD	2,95	6,03	2,82	12,63	4,57

ns: no significativo a nivel de significación $p \leq 0.05$.

Tabla 3. Efecto de la dosis de riego en el peso fresco y seco de las plantas (total y descompuesto en hojas y tallo) y contenido en materia seca de hojas y tallo, y pella. Valores medios de 3 plantas

Tratamiento	Peso fresco (g planta ⁻¹)			Peso seco (g planta ⁻¹)			Materia seca (%)	
	Total	Hojas y tallo	Pella	Total	Hojas y tallo	Pella	Hojas y tallo	Pella
D1	4.088,3	2.724,4	1.363,9	322,2	218,1	104,0	7,9	7,8 ^b
D2	4.150,8	2.747,0	1.403,9	345,7	224,0	121,7	8,1	8,7 ^a
D3	4.269,2	2.871,5	1.397,7	339,0	231,0	108,0	8,0	7,7 ^b
(p ≤ 0,05)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
LSD	668,3	527,7	364,5	55,7	50,2	24,5	0,5	0,5

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0,05$); ns: no significativo; **: nivel de significación $p \leq 0,01$.

Tabla 4. Efecto de la dosis de riego en los parámetros productivos: rendimiento total (R) y comercial, destrío, peso unitario de la pella

Tratamiento	R. total (kg m ⁻²)	R. comercial (%)	R. comercial (kg m ⁻²)	Destrío (kg m ⁻²)	Peso unitario (kg pella ⁻¹)
D1	4,27 ^{ab}	89,27	3,80	0,47 ^a	1,69
D2	4,13 ^b	93,45	3,87	0,26 ^b	1,72
D3	4,84 ^a	90,51	4,38	0,46 ^a	1,74
(p ≤ 0,05)	*	ns	ns	*	ns
LSD	0,58	3,58	0,55	0,17	0,06

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0,05$); *: nivel de significación $p \leq 0,05$; ns: no significativo.

En cambio, en el presente estudio las dosis del riego sí que han influido ($p \leq 0,01$) en los valores de EUAR (Tabla 5), con mayores valores del EUAR en D1 (27,4 kg m⁻³) que en D2 (22,8 kg m⁻³) y D3 (21,8 kg m⁻³), pero no en los de EUA, en contra de los resultados obtenidos por Pomares *et al.* (2007), que obtuvieron valores de EUA que disminuyeron desde 18,7 kg m⁻³ (75 % ETc) hasta 11,2 (125 % ETc).

Tabla 5. Efecto de las dosis de riego en la eficiencia en el uso del agua de riego (EUAR) y en la eficiencia en el uso del agua (EUA)

Tratamiento	EUAR (kg m ⁻³)	EUA (kg m ⁻³)
D1	27,41 ^a	12,44
D2	22,78 ^b	11,48
D3	21,80 ^b	11,91
p ≤ 0,05	**	ns
LSD	2,65	1,63

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0,05$); **: nivel de significación $p \leq 0,01$; ns: no significativo.

Evidentemente los aportes hídricos dependen de la precipitación efectiva, que a su vez depende de la climatología de la zona y de la época de cultivo. En este sentido, aunque en la Comunidad Valenciana las lluvias son relativamente frecuentes en la época otoñal-invernal, presentan una intensidad muy variable, por lo que las necesidades de riego también varían en las distintas campañas, afectando al EUAR y al EUA.

Erken y Oztokat (2010) en cultivo en contenedores del cultivar ‘Marathon’ de brócoli, en ciclo otoñal, en Turquía, tampoco obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las dimensiones de las cabezas obtenidas con aportes hídricos del 100 % de la ET_c respecto a las de las obtenidas con aportes del 80 % y del 60 % de la ET_c, durante todo el ciclo de cultivo. En cambio, sí que obtuvieron diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos con aportes del 100 % de la ET_c (668 g planta⁻¹) respecto a los rendimientos obtenidos con aportes del 80 % (473 g planta⁻¹) y del 60 % de la ET_c (395 g planta⁻¹). Los aportes hídricos correspondientes fueron 44, 35 y 26 L planta⁻¹.

Los resultados parecen indicar que las dosis más elevadas, sobretudo la correspondiente a D3 resultan excesivas, lo que podría deberse a una sobrevaloración de los coeficientes de cubeta y/o de cultivo, por lo resultaría interesante determinarlos en futuros estudios, así como sería de gran importancia estudiar la respuesta productiva de la planta al déficit hídrico en cada una de las distintas fases del cultivo.

Referencias bibliográficas

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. y SMITH, M. (2006): «Crop evapotranspiration– Guidelines for Computing Crop Water Requirements»; *Irrigation and Drainage Paper* (56). Italia, Roma, FAO.
- BESSEMBINDER, J. J. E.; LEFFELAAR, P. A.; DHINDMAL, A. S. y PONSIOEN, T. C. (2005): «Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity»; *Agricultural Water Management* (73); pp. 113-130.
- DOORENBOS, J. y PRUITT, W. O. (1976): «Las necesidades de agua de los cultivos»; *Estudios FAO Riego y drenaje* (24). Italia, Roma, FAO.
- ERKEN, O. y OZTOKAT, C. (2010): «Effects of water stress on yield and some quality parameters of Broccoli»; *issad 2010 science book*; pp. 231-237.
- FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN) (2011): «Aquastat. Sistema mundial de información sobre el agua y la agricultura»; *Hoja informativa nacional*. España, 14 de enero de 2017. Disponible en <http://hispagua.cedex.es/documentacion/documento/31930>.
- FAOSTAT (2014): *Food and Agriculture Data*. 15 de enero de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- FERERES, E. (2008): «The future of irrigation in horticulture»; *Chronica Horticulturae* (48); pp. 9-11.
- MAROTO, J. V. (2002): *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, Mundi-Prensa. 5.ª edición.
- POMARES, F.; BAIXAULI, C.; BARTUAL, R. y RIBÓ, M. (2007): «El riego y la fertirrigación de la coliflor y el brócoli»; en MAROTO, J. V.; POMARES, F. y BAIXAULI, C., eds.: *El cultivo de la coliflor y el brócoli*. Valencia, Mundi-Prensa y Fundación Ruralcaja; pp. 157-198.
- STATPOINT TECHNOLOGIES, I. (2013): *STATGRAPHICS Centurion XVI*. EEUU, Virginia, Warrenton.

El uso de portainjertos en cultivares de pimiento en invernadero como atenuante al estrés salino

A. Gálvez, F. M. del Amor, C. M. Rodríguez y J. López-Marín

IMIDA

Resumen

El estrés salino es, dentro de los clasificados como abióticos, uno de los de mayor incidencia en los cultivos de regiones áridas y semiáridas, siendo una de las principales irregularidades medioambientales que limita su crecimiento y reduce su productividad. De las especies vegetales que se cultivan en el área mediterránea, el pimiento ocupa un lugar primordial, considerándose sensible a los excesos de salinidad. El estrés salino altera su desarrollo al perturbar la evolución y la fisiología de sus órganos, perjudicando a su respuesta productiva, siendo estos daños diferentes según la fase de crecimiento en la que le afecte.

El uso de plantas injertadas en portainjertos tolerantes, es una de las estrategias que pueden amortiguar el impacto de la salinidad y es una práctica agronómica común en hortalizas como tomate y melón, para optimizar el control sanitario del cultivo. El objetivo de este trabajo fue estudiar el uso de distintos portainjertos en un cultivar comercial de pimiento como medida paliativa al estrés producido por exceso de sales.

El ensayo se llevó a cabo en invernadero, cultivando las plantas en contenedores de 10 L de capacidad, sobre una mezcla de sustrato hortícola, arena y vermiculita. La variedad comercial utilizada fue 'Gacela', que fue injertada sobre los patrones tolerantes, 'Atlante', 'Creonte' y 'Terrano'; y sus conductas fueron comparadas con las de la variedad injertada sobre sí

misma y sin injertar. Los efectos provocados fueron evaluados sobre: parámetros vegetativos, fotosíntesis, conductancia estomática, CO₂ intercelular, transpiración, fluorescencia de las clorofilas y en otros aspectos productivos.

Los resultados indicaron que el estrés salino afectó a los rendimientos de todas las combinaciones de patrones tolerantes, ocurriendo en menor grado con ‘Creonte’ y ‘Atlante’, con unos porcentajes del 44,5 y 43,7 %, respectivamente; y encontrando que esta disminución se elevaba al 54,1 y 60 % , en los casos del auto injerto de la variedad y de esta sin injertar.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, *salinidad*, *rendimiento*, *injerto*.

Introducción

El estrés salino es uno de los más importantes estreses abióticos en regiones áridas y semiáridas (Ashraf y Harris, 2004) y tiene el mayor impacto en la reducción de superficie de tierra cultivada, a menudo debido al empleo de técnicas de riego inadecuadas. Es también uno de los principales factores medioambientales que limita el crecimiento de las plantas y la productividad de los cultivos (Demir y Mavi, 2008; Tuna *et al.*, 2008).

El uso de plantas injertadas en portainjertos tolerantes, es otra de las múltiples estrategias que pueden amortiguar el impacto de la salinidad (Colla *et al.*, 2010) y es una práctica agronómica común en tomate y melón, para mejorar su conducta sanitaria. En plantas de pimiento, el estrés salino altera el crecimiento al afectar a una gama de atributos morfológicos, fisiológicos y de rendimiento. Los efectos negativos de la salinidad en la producción, se han descrito principalmente como resultado de un incremento de sal en las hojas, lo que puede conducir a toxicidad por la acumulación de sales y a una reducción total de la fotosíntesis, lo que modifica el balance de carbono requerido para mantener el crecimiento (Piñero *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el uso de distintos portainjertos en un cultivar comercial de pimiento como medida paliativa al estrés producido por sales.

Material y métodos

Se evaluó el efecto de una solución salina excesiva en plantas de la variedad ‘Gacela’ ‘F1’ (Syngenta Seeds, Holanda) injertadas sobre tres porta-injertos comerciales: ‘Atlante’ (Ramiro Arnedo, España), ‘Creonte’ (De Ruiter Seeds, Holanda), ‘Terrano’ (Syngenta Seeds, Holanda) y sobre sí mismas. Plantas de ‘Gacela’ sin injertar e injertadas sobre los mismos porta-injertos, se usaron como control. Las plántulas se trasplantaron individualmente el 22 de diciembre de 2015 a macetas de 10 litros que contenían una mezcla de 50 % arena, 30 % de sustrato hortícola y 20 % de vermiculita.

El tratamiento de salinidad se inició el 14 de marzo añadiendo NaCl (35 Mm) a la solución de riego para llegar a una CE de 5,5 mS cm⁻¹. La CE de la solución fertilizante en el tratamiento control fue de 1,8 mS cm⁻¹. El riego por goteo se suministró basado en estimaciones de la evapotranspiración del cultivo semanal (ETC). La solución salina se dejó drenar libremente en las macetas y el drenaje osciló entre el 10 % y el 20 %, dependiendo de la radiación solar. El ciclo de cultivo finalizó el 25 de julio de 2016.

Al final del estudio, 15 plantas de cada tratamiento se usaron para medir diferentes parámetros vegetativos como, altura de la planta, número de hojas y biomasa aérea.

Se analizó el intercambio de gases en hojas totalmente desarrolladas a los 142 DDT, de 9:00-11:00 am (GMT). La tasa fotosintética (A_{max} , $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) y transpiración (E , $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$) se midieron en condiciones constantes de saturación de luz (800 $\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$) y 400 ppm de CO_2 con un medidor de fotosíntesis portátil LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, EEUU). Las relaciones hídricas determinadas fueron el potencial hídrico (Ψ_h), el cual se determinó con una cámara de presión (cámara Scholander), y el potencial osmótico (Ψ_o), el cual se determinó con un osmómetro Vapro Pressure Osmometer 5520 (Wescor Inc., Logan, Utah, EEUU). La producción total fue controlada en seis recolecciones.

Plantas injertadas y sin injertar crecieron en una unidad modular de invernadero. El diseño experimental fue en bloques al azar. Cada tratamiento (material vegetal) fue de tres bloques, con 8 plantas cada uno. El

programa estadístico utilizado fue Statgraphics, calculando las diferencias significativas por ANOVA y los resultados fueron comparados con una probabilidad de $P \leq 0,05$ de acuerdo al test LSD.

Resultados y discusión

La longitud de la planta se ha visto afectada por la salinidad en plantas no injertadas en un 32,4 % (Tabla 1), sin embargo esta reducción en plantas injertadas es alrededor de un 17 %, lo que ocurre tanto en plantas injertadas sobre los distintos patrones como aquellas injertadas sobre sí mismas, Gacela/Gacela. El número de hojas también disminuye en las plantas con estrés salino, siendo de un 63,7 %, en las no injertadas, y menor en las injertadas. Sin embargo la biomasa aérea aumenta en las plantas con sales, posiblemente promovido por una mayor lignificación en las estructuras de la planta.

Con respecto a las relaciones hídricas e intercambio gaseoso (Tabla 1), se pudo observar que las plantas no injertadas presentan valores de potencial hídrico foliar (Ψ_h) más altos que las injertadas, y que los valores más bajos se daban en la variedad injertada, sobre 'Atlante' y 'Terrano', tanto en condiciones de estrés o no.

Se constató la disminución de la fotosíntesis bajo condiciones de estrés salino, siendo una de las alteraciones fisiológicas más observadas (Colla *et al.*, 2010), debida principalmente a una limitación estomática. La actividad fotosintética presentó valores más altos en plantas injertadas con 'Creonte', observándose en todas las plantas injertadas tasa fotosintética más altas que en las no injertadas, en las dos condiciones NS y S (Tabla 1).

Con respecto a la producción (Tabla 1), el rendimiento de las plantas en condiciones salinas se ve afectado, con menor producción, descendiendo en un 60 % en las plantas no injertadas; sin embargo en las plantas injertadas esta reducción fue menor, destacando las plantas realizadas sobre 'Creonte' y 'Atlante', en las que la producción disminuyó en un 44 % y

45 %, respectivamente. Esta menor reducción en la producción, podría estar relacionada con la capacidad de regulación del patrón en el transporte del Cl⁻ hacia los órganos sumidero de los frutos. Similares resultados se han constatado para plantas injertadas de tomate (Estañ *et al.*, 2005) y de pimiento (Calatayud *et al.*, 2011).

Tabla 1. Parámetros vegetativos, hídricos, fotosintéticos y productivos de las plantas de pimiento con cada combinación de injerto y control, en condiciones de estrés (S) y no estrés (NS)

Parámetros	TTO	G	G-G	G-C	G-A	G-T
Longitud (cm)	NS	84,33cB	74,33bB	68,00abB	67,33abB	66,00aB
	S	57,00aA	62,33bA	55,33aA	55,67aA	54,67aA
Biomasa aérea	NS	5,90b	5,67ab	5,08a	5,42ab	5,76ab
	S	6,13ab	6,06ab	5,31a	5,68ab	6,35b
Núm. hojas	NS	586,00cB	356,00aB	345,00aB	466,00bB	487,33bB
	S	212,67aA	321,00abA	252,67cA	258,50abA	296,33bcA
CRA (%)	NS	87,90aB	89,17aB	91,15bB	89,37abB	90,25bB
	S	87,57aA	88,05aA	90,85bA	88,55abA	89,66abA
Ψ_h (MPa)	NS	-0,94aA	-0,78aA	-0,64abA	-0,56bA	-0,52bA
	S	-1,00aA	-0,88bA	-0,69bA	-0,55±bA	-0,57bA
Ψ_o (MPa)	NS	-1,72aB	-1,67aB	-1,50aB	-1,59aB	-1,55aB
	S	-1,85aA	-1,99aA	-1,58bA	-1,98aA	-2,04aA
Ψ_p (MPa)	NS	0,78aA	0,89aA	0,86aA	1,03aA	1,03aA
	S	0,85aB	1,11bcB	0,90abB	1,43cB	1,47cB
A_N	NS	12,86aB	13,46aB	16,21aB	14,33aB	14,02aB
	S	8,88aA	9,60aA	12,43aA	10,30aA	10,12aA
E	NS	6,78abB	5,23aB	8,88bB	8,16bB	8,21bB
	S	4,07abA	4,22abA	5,69bA	4,75abA	3,94aA
WUE	NS	1,90a	2,28b	1,83a	1,76a	1,71a
	S	2,18a	2,60a	2,19a	2,17a	2,66a
WUEi	NS	53,57b	65,93c	45,64ab	53,24b	37,84a
	S	74,53ab	80,62b	71,61a	73,30a	93,49c
Producción (g planta ⁻¹)	NS	1101aB	1360bB	1342bB	1262bB	1291bB
	S	446aA	624bA	755bA	704bA	645bA

G: Gacela; G-A: Gacela-Atlante; G-C: Gacela-Creonte; G-T: Gacela-Terrano.

* Letras diferentes indican diferencias significativas, las minúsculas entre patrones y las mayúsculas entre tratamientos (Test LSD, $P < 0,05$).

Referencias bibliográficas

- ASHRAF, M. y HARRIS P. J. C. (2004): «Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants»; *Plant Science* (166); pp. 3-16.
- CALATAYUD, A.; MARSAL, J. I.; LÓPEZ-GALARZA, S.; SAN BAUTISTAS, A. y NEBAUER, S. G. (2011): «Efecto del injerto sobre la respuesta a la salinidad de pimiento»; *Actas de Horticultura* (58); pp. 139-143.
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; LEONARDI, C. y BIE, Z. (2010): «Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions»; *Sci. Hort.* (127); pp. 147-155.
- DEMIR, I. y MAVI, K. (2008): «Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. Brazilian Arch.»; *Biol. Technol.* (51); pp. 897-902.
- ESTAÑ, M. T.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M. M.; PEREZ-ALFOCEA, F.; FLOWERS, T. J. y BOLARIN, M. C. (2005): «Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot»; *J. Exp. Bot.* (56); pp. 703-712.
- PIÑERO, M. C.; HOUDUSSE, F.; GARCÍA-MINA, J. M.; GARNICA, M. y DEL AMOR, F. M. (2014): «Regulation of hormonal responses of sweet pepper as affected by salinity and elevated CO₂ concentration»; *Physiol. Plant.* (151); pp. 375-389.
- TUNA, A.L.; KAYA, C.; HIGGS, D.; MURILLO-AMADOR, B.; AYDEMIR, S. y GIRGIN, A. R. (2008): «Silicon improves salinity tolerance in wheat plants»; *Environ. Exp. Bot.* (62); pp. 10-16.

Mallas de sombreo fotoselectivas para cultivo de pimiento en el sureste español

*J. López-Marín, A. Gálvez, C. M. Rodríguez, M. Pérez-Jiménez,
M. C. Piñero y F. M. del Amor*

IMIDA

Resumen

El cultivo de pimiento en el Campo de Cartagena se realiza mayoritariamente en invernadero, pero en los últimos años está aumentando su cultivo al aire libre, en un ciclo extra-tardío. La plantación se realiza bajo estructuras ligeras de túneles visitables o no, cubiertas con mallas de sombreo, desde principios de abril a mayo, para iniciar la recolección a principios de julio y finalizar el cultivo a partir de mediados de agosto. Es una tecnología barata que no requiere de grandes inversiones; las altas temperaturas y la baja disponibilidad de agua, propias de esas fechas, hacen necesario buscar alternativas que mejoren la conducta y sostenibilidad del cultivo.

El uso de mallas de sombreo puede inducir una bajada de la temperatura, y en consecuencia una disminución de la incidencia de malformaciones producidas en frutos por el exceso de radiación en los meses de verano. El objetivo de este trabajo ha consistido en estudiar el comportamiento del cultivo de pimiento de ciclo extra-tardío bajo diversas mallas de sombreo fotoselectivas, colocadas en estructuras de invernadero sencillas. Estas mallas de sombreo modifican específicamente el espectro de luz transmitida en las regiones ultravioleta, visible y rojo lejano, intensificando su contenido relativo de dispersión de luz difusa y afecta sus componentes térmicos (región infrarroja), en función de los aditivos cromáticos de sus elementos constituyentes y el diseño del tejido. Las mallas empleadas han sido color Plata con sombreo del 30 %, Perla con sombreo 30 %, Roja con sombreo

30 %, Roja con sombreo 40 %, Negra con sombreo 30 %, utilizándose como referencia el cultivo sin sombreo. Se han realizado tres recolecciones, correspondientes al 9 de julio de 2015, al 22 de julio de 2015 y al 11 de agosto de 2015.

Los resultados muestran, que los pimientos cultivados bajo malla de sombreo Perla del 30 %, fueron recolectadas más precozmente, así como resultaron más productivos, seguidos por los cultivados bajo las mallas de color Plata de 30 % de sombreo. En los tratamientos de color rojo, de 30 y 40 % de sombreo, los resultados fueron similares, siendo menores que los de Perla y Plata.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, *producción*, *rendimiento*, *calidad*.

Introducción

Las altas temperaturas que se dan durante el verano, producen una reducción y dificultades en el cuajado de los frutos de pimiento (*Capsicum annuum*) y como consecuencia se presenta un descenso del rendimiento y de la calidad de las producciones. Las mallas de sombreo disponibles actualmente son fabricadas de diferentes materiales, presentando distintos porcentajes de transmisión, absorción y reflexión de la luz, aunque la mayoría de las mallas utilizadas con ese fin son negras y poco fotoselectivas (Hemming *et al.*, 2006).

Últimamente están apareciendo otras mallas coloreadas, cada una de las cuales modifica específicamente el espectro de luz transmitida en las regiones ultravioleta, visible y rojo lejano, intensificando su contenido relativo de dispersión de luz difusa, afectando sus efectos térmicos (región infrarroja), en función de los aditivos cromáticos de sus elementos constituyentes y del diseño del tejido (Oren-Shamir *et al.*, 2001; Shahak *et al.*, 2004). Estas nuevas mallas plásticas con propiedades ópticas especiales representan un nuevo enfoque para mejorar el aprovechamiento de la radiación solar en los cultivos agrícolas (Ganelevin, 2008).

El objetivo del estudio tuvo el propósito de evaluar agrónomicamente la influencia de la fotoselectividad de cinco de estos nuevos materiales, sobre la evolución vegetativa de las plantas, además de constatar su repercusión en la producción del cultivo.

Material y métodos

Los ensayos se han llevado a cabo en la finca experimental Torreblanca, del IMIDA, geográficamente situada a 37° 45' de longitud norte y 0° 59' de latitud oeste, en la comarca del Campo de Cartagena. El material vegetal utilizado ha sido la variedad 'Traviatta' (Rijk Zwaan), tipo California. La densidad de plantación fue de 25.000 plantas/ha con un marco de plantación 100 cm entre líneas y 40 cm entre plantas. El trasplante se realizó el 31 de marzo y finalizó el 6 de agosto.

Las mallas de sombreo fotoselectivas experimentadas fueron: Plata con sombreo del 30 %, Perla con sombreo 30 %, Roja con sombreo 30 %, Roja con sombreo 40 %, Negra con sombreo 30 % y como testigo, uno sin malla. Las mallas fueron colocadas en invernaderos tipo túnel, modelo Kioto de 5,50 m de ancho; 9,5 m de largo y 2,5 m de altura.

La radiación se midió a las 13:00 horas, registrándose con un data logger LI-1400 (LI-COR Inc., EEUU), el cual llevaba conectados dos sensores independientes para radiación PAR y global. Y las radiaciones ultravioleta A y B con sensores Delta OHM, modelo HD2102.2.

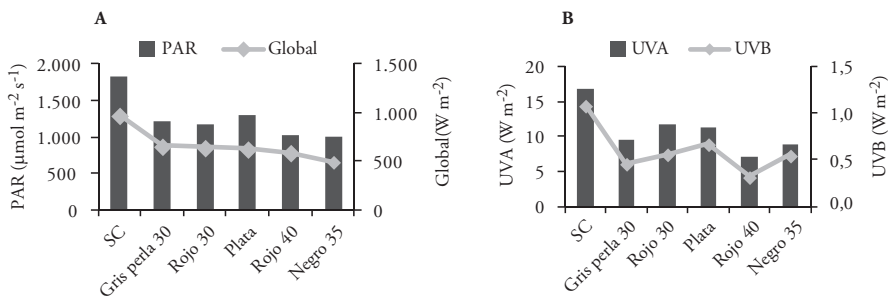
Fueron utilizadas 15 plantas para medir los diferentes parámetros. Altura de la planta, número de hojas, área foliar, y biomasa. El área foliar se midió usando un medidor de área foliar (LICOR-3100C; LI-COR Inc., EEUU). El peso seco se determinó por secado en estufa a 65 °C hasta peso constante. Se realizaron tres recolecciones, el 9 de julio, el 22 de julio y el 11 de agosto, las dos primeras en maduración en verde, y la última en rojo. Se controlaron los frutos de 15 plantas. La calidad de la producción comercial se evaluó de acuerdo a los criterios comerciales, descartándose los frutos con desordenes fisiológicos (soleados, *blossom-end-rot*, etc.) que no eran comerciales.

El diseño experimental fue en bloques al azar. Cada tratamiento (material vegetal) tenía tres bloques de cinco plantas cada uno. El programa estadístico utilizado fue Statgraphics calculando las diferencias significativas por ANOVA y los resultados fueron comparados con una probabilidad de $P \leq 0,05$ de acuerdo al test LSD.

Resultados y discusión

Las radiaciones, fotosintéticamente activa (PAR) y la global observadas bajo los diferentes materiales de cubierta fueron las esperadas en estas mallas fotoselectivas, por su porcentaje de permeabilidad al sombreado (Gráfico 1A). Las diferencias se pudieron observar en cuanto a las radiaciones ultravioleta, A y B, en donde los valores registrados reflejaron la fotoselectividad de los mismos a este tipo de radiación (Gráfico 1B).

Gráfico 1. (A) Radiación fotosintéticamente activa (PAR) y Global, (B). Radiación ultravioleta A (UVA) y B (UVB) en el interior de los túneles bajo los diferentes materiales de cubierta medidos al mediodía



Los parámetros vegetativos representados en la Tabla 1, controlados al final del cultivo, mostraron que en cuanto a la longitud no hubo diferencias significativas entre las de las plantas cultivadas bajo las distintas cubiertas y las de las plantas cultivadas al aire libre, excepto en los de coloración Negra, en donde el crecimiento fue mayor. Sin embargo en estudios realizados en pepino, si se observan diferencias de altura en las coloraciones Roja y Perla (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015).

Tabla 1. Parámetros vegetativos observados al final del cultivo

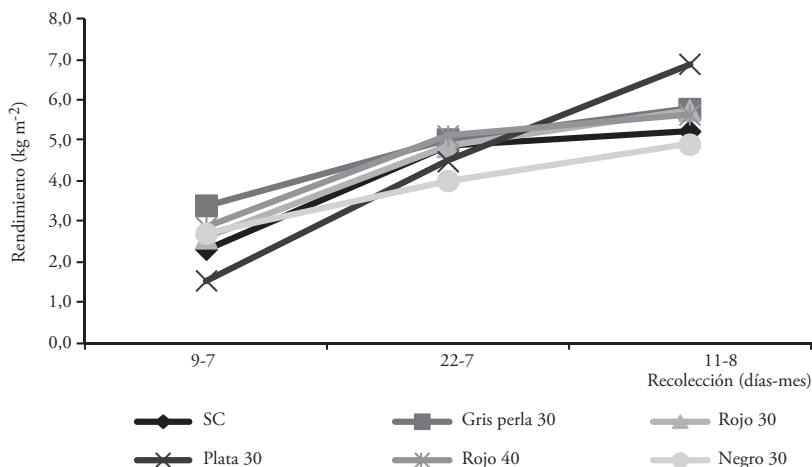
	Longitud (cm)	Número hojas/planta	Área foliar (cm ² planta ⁻¹)	IAF	Biomasa (g)
SC	95,5 ^a	458,00 ^d	12.297,0 ^c	13,90 ^{ab}	3,07 ^c
Gris perla 30	91,0 ^a	239,25 ^{ab}	10.995,4 ^b	13,64 ^{ab}	2,75 ^b
Rojo 30	94,5 ^a	302,25 ^b	8.452,3 ^a	13,36 ^a	2,11 ^a
Plata 30	92,3 ^a	258,25 ^{ab}	10.288,4 ^{ab}	14,59 ^b	2,57 ^{ab}
Rojo 40	96,5 ^a	210,25 ^a	9.269,1 ^{ab}	13,53 ^a	2,32 ^{ab}
Negro 30	111,3 ^b	381,25 ^c	12.626,7 ^c	14,63 ^b	3,16 ^c

En cuanto al número de hojas, al aire libre se obtiene hasta el doble en algunos de los tratamientos, esto puede ser debido al mecanismo de resistencia de las plantas al estrés oxidativo por exceso de radiación (López-Marín *et al.*, 2011). Se puede observar que en las mallas de coloración Roja con sombreo del 30 % se obtiene mayor número de hojas que en la de 40 %, sin embargo éstas son de menor tamaño, como se puede ver en el área foliar. Es decir que para malla de 40 % con menor porcentaje de radiación, hay menos hojas pero de mayor tamaño.

Con respecto a los frutos, y al tamaño y peso obtenidos bajo cada una de las cubiertas, destaca la cubierta Gris, Perla y la Plata, ofreciendo mayor peso de frutos en la primera recolección, no siguiendo la misma tendencia en longitud y anchura estas dos cubiertas, siendo la de coloración plateada la que destaca en longitud.

Y finalmente, en cuanto a las recolecciones y la evolución de los rendimientos obtenidos (Gráfico 2), se puede observar que la cubierta bajo las que se dan unas producciones más precoces es la gris perla, seguida de la Roja al 40 %. Sin embargo, siendo la Gris perla 30 % la menos precoz, es la que presentó los mejores rendimientos productivos. En cultivo de tomate, también se observaron las mayores producciones bajo malla plateada (Ayala-Tafoya *et al.*, 2011).

Gráfico 2. Evolución de los rendimientos obtenidos bajo distintas cubiertas empleadas



Conclusiones

La influencia de la fotoselectividad en la zona del Sureste español es importante ya que según el tipo de malla empleada mejora la calidad nutricional del fruto y el rendimiento del cultivo.

Agradecimientos

Proyecto de investigación FEDER 14-20-08 financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional 80 % - Región de Murcia.

Referencias bibliográficas

- AYALA-TAFOYA, F.; ZATARAIN-LÓPEZ, D. M.; VALENZUELA-LÓPEZ, M.; PARTIDA-RUVALCABA, L.; VELÁZQUEZ-ALCARAZ, T. J.; DÍAZ-VALDÉS, T. y OSUNA-SÁNCHEZ, J. A. (2011): «Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra»; *Terra Latinoamericana* (29); pp. 403-410.
- AYALA-TAFOYA, F.; YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G.; PARTIDA-RUVALCABA, L.; RUIZ-ESPINOSA, F. H.; CAMPOS-GARCÍA, H.; VÁSQUEZ-MARTÍNEZ, O.; VELÁZQUEZ-ALCARAZI y T. DÍAZ-VALDÉS, T. J. (2015): *Producción de pimiento en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo ITEA* 111(1); pp. 3-17.
- GANELEVIN, R. (2008): «World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®)»; *Acta Hortic.* (770); pp. 199-203.
- HEMMING, S.; VAN DER BRAAK, N.; DUECK, T.; ELINGS, A. y MARISSSEN, N. (2006): «Filtering natural light at the greenhouse covering - Better greenhouse climate and higher production by filtering out NIR?»; *Acta Hortic.* (711); pp. 411-416.
- LÓPEZ-MARIN, J.; GÁLVEZ, A. y GONZÁLEZ, A. (2011): «Effect of shade on quality of greenhouse peppers»; *Acta Horticulturae* (893); pp. 895-900.
- OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y. E. y SHAHAK, Y. (2001): «Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*»; *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* (76); pp. 353-361.
- SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E. y GANELEVIN, R. (2004): «ColorNets: crop protection and light quality manipulation in one technology»; *Acta Hortic.* (659); pp. 143-151.

Estudio del comportamiento agronómico cualitativo de sustratos basados en sustratos poscultivo de *A. bisporus* y *P. ostreatus*

M. R. Picornell Buendía^a, J. A. de Juan Valero^a y A. Pardo Giménez^b

^aUniversidad de Castilla-La Mancha

y ^bCentro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES)

Introducción

En este trabajo se estudia el comportamiento agronómico cualitativo de los sustratos basados en el sustrato poscultivo de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach (SAA) y en el sustrato poscultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (SAP). El objetivo del presente trabajo es la evaluación agronómica cualitativa de sustratos basados en SAP y combinaciones de SAP con SAA.

La viabilidad del empleo de materiales alternativos, de alta disponibilidad y bajo precio, podría ser una alternativa a la dependiente utilización de la paja de cereales, mejorar la productividad y disminuir los costes de producción. Además se podría dar un doble uso al sustrato degradado poscultivo generado y acumulado año tras año y que constituye un contaminante potencial además de un despilfarro energético.

Palabras clave: hongos comestibles; sustratos desgastados de hongos; residuos agrícolas; firmeza; parámetros cualitativos.

Material y métodos

La duración total del ciclo del experimento fue de 70 días, de los cuales 16 días correspondieron a la etapa de incubación. El desarrollo del ciclo de cultivo tuvo lugar en un túnel-invernadero experimental ubicado en el Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES, Quintanar del Rey, Cuenca) en condiciones controladas (temperaturas ambiente y del sustrato, humedad relativa y concentración de CO₂) dentro de los rangos recomendados para la variedad de micelio seleccionada y en cada etapa del mismo (CIES, 2007).

El único factor agronómico que se estudia en el experimento es el tipo de sustrato de base con 4 repeticiones en bloques. Con el diseño experimental correspondiente, se generaron siete tratamientos diferenciados, incluido el correspondiente al sustrato comercial de referencia. A todos los tratamientos se les añadió sulfato cálcico a razón de 50 g/kg de material de base. Al sustrato comercial no se le adicionó ni yeso ni CaCO₃ (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos ensayados (g/bolsa) en el experimento

Tratamiento	SAP	SAA	Yeso
T1	6.000	0	300
T2	5.400	600	300
T3	4.800	1.200	300
T4	4.200	1.800	300
T5	3.600	2.400	300
T6	3.000	3.000	300
T7	Sustrato comercial (6,5 kg/bolsa)		

T: tratamiento; SAP: sustrato poscultivo de «*Pleurotus ostreatus*» (Jacq.) P. Kumm.; SAA: sustrato poscultivo de «*Agaricus bisporus*» (Lange) Imbach.; T1: SAP 6.000 g; T2: SAP 5.400 g + SAA 600 g; T3: SAP 4.800 g + SAA 1.200 g; T4: SAP 4.200 g + SAA 1.800 g; T5: SAP 3.600 g + SAA 2.400 g; T6: SAP 3.000 g + SAA 3.000 g; T7: sustrato comercial.

Para el SAA, se recurrió a un tratamiento térmico en sala de cultivo (*cook out*) y, posteriormente, a un tratamiento de maduración, que consistió en un proceso de compostaje controlado en cámaras.

El sustrato poscultivo de *P. ostreatus* procedió de Champymar (Quintanar del Rey, Cuenca) y fue obtenido, inicialmente, a partir de paja de trigo (fresco, máximo una semana desde el vaciado de las salas). Posteriormente, se realizó un mezclado de los materiales y un ajuste del contenido de humedad. Una vez efectuadas estas fases en el proceso, se procedió a un tratamiento térmico de pasteurización (60- 65 °C, 8 h) y progresivo descenso en 15 h a temperatura de «siembra» (25 °C). Por último, se realizó la suplementación, «siembra» (dosis, 30 g/kg de micelio Fungisem K-15) y ensacado manual en la planta piloto del CIES.

Para los sustratos, se utilizaron sacos de polietileno transparente, de 29 cm de diámetro y una altura entre 25 y 35 cm, dependiente del tipo de sustrato, albergando pesos aproximados de 6,5 kg. A estos sacos, se les practicaron 4 orificios de 22 mm de diámetro distribuidos uniformemente en la superficie lateral de cada uno de ellos.

En el día de la máxima cosecha de la primera florada, se eligieron setas de tamaño y madurez uniformes para realizar la evaluación de la calidad. Sobre ellas, se determinó su contenido en materia seca, proteína bruta, cenizas y textura.

Para la descripción del color, se estudiaron los valores de L* (luminosidad), a* (componente rojo-verde) y b* (componente amarillo-azul).

Para evaluar las propiedades mecánicas de las setas cosechadas, en términos de firmeza, se determinó la fuerza de ruptura (F_R) de las mismas hasta el punto de ruptura. El último parámetro evaluado fue la energía de comprensión (E_C) sobre las setas cosechadas.

Resultados y discusión

De los seis tratamientos diferenciados que se han generado con las distintas mezclas, el T1 (6.000 g de SAP) se ha desechado en los análisis debido a un alto grado de contaminación por *Gliocladium* spp., hongo ver-

de, que puede asociarse al bajo valor del pH del sustrato, y que trajo como consecuencia la dificultad para el desarrollo del micelio, la detención del crecimiento y la ausencia de producción de *Pleurotus*.

En cuanto al contenido en proteína, los valores logrados en las setas de este experimento varían entre 15,48 % (T2) y 20,70 % (sustrato comercial, T7) (Tabla 2), valores inferiores a los ofrecidos por Rodríguez Barreal (1987) y Benavides y Herrera (2009). Los valores obtenidos en este experimento son inferiores a los contenidos en proteína resultantes de los ensayos con *P. ostreatus* (17,80 % y 23,30 %) y *P. sajor-caju* (Fr.) Singer por Wang *et al.* (2001), así como los obtenidos, utilizando como sustrato residuos de ají en el cultivo de *P. ostreatus*, por Forero *et al.* (2008) (entre 15,60 % y 28,60 %). Similares valores en el contenido en proteína a los de este experimento, pero en la especie *P. sajor-caju*, lograron Oyetayo y Akindahansi (2004), comparando el contenido en proteínas de setas cultivadas en sustrato de mazorcas ralladas (17,49 %) y sin tal suplemento (14,94 %); y, en otra especie de *Pleurotus* spp., como *P. eryngii* (DC.: Fr.) Quel., Manzi *et al.* (2004) obtuvieron contenidos en proteínas del 22,20 % y Hassan *et al.* (2010), también en la misma especie, obtuvieron, en sus setas, mayores contenidos en proteínas en diferentes sustratos: serrín (22,17 %), paja de soja (24,08 %), bagazo de caña de azúcar (21,33 %) y paja de arroz (22,75 %).

El contenido en cenizas obtenido en las setas de este experimento oscila entre 5,84 % (T2) y 7,46 % (T6), valores similares a los dados por Rodríguez (1987) y Benavides y Herrera (2009). El contenido en cenizas varía entre 6,70 % y 15,40 % en *P. ostreatus* (Wang *et al.*, 2001; Shashirekha *et al.*, 2002). Baena (2005), en sustratos de bagazo de manguey verde, en setas de *P. ostreatus*, consiguió unos valores de contenidos de cenizas desde 3,77 % a 8,73 %, y Siwulski *et al.* (2009), en *P. ostreatus*, con sustratos basados en serrín de aliso suplementados con hojas de dos especies distintas de *Ginkgo biloba* L., llegan a la conclusión de que la adición de hojas de *G. biloba* L. no afecta al contenido de cenizas: hojas verdes, entre 6,90 % (sin hojas y con un contenido del 10 % en hojas) y 7,00 % (con un contenido del 1 % en hojas) y hojas amarillas, entre 6,80 % (sin hojas) y 7,20 % (con un contenido del 10 % en hojas).

Tabla 2. ANOVA de los parámetros cualitativos del experimento

Sustrato	Proteína (g/100 g)	Contenido en cenizas (g/100 g)	Color			F _r (N)	E _c (mj)
			L*	a*	b*		
T2	15,48 ^b	5,84 ^c	72,89	1,46 ^b	11,72 ^{ab}	314,54 ^{ab}	1.308,87 ^b
T3	16,14 ^b	6,37 ^b	74,20	2,12 ^{ab}	9,66 ^b	310,50 ^{ab}	1.350,50 ^{abb}
T4	15,73 ^b	6,89 ^a	72,41	2,53 ^{ab}	11,99 ^{ab}	303,14 ^b	1.351,97 ^b
T5	17,22 ^{ab}	7,24 ^a	73,38	2,96 ^a	14,21 ^a	319,71 ^{ab}	1.429,01 ^{ab}
T6	18,79 ^{ab}	7,46 ^{ab}	74,22	2,67 ^{ab}	14,70 ^a	350,96 ^a	1.649,30 ^a
T7	20,70 ^a	6,67 ^{ab}	70,90	2,09 ^{ab}	11,94 ^{ab}	279,43 ^b	1.294,96 ^b
Media	17,34	6,74	73,00	2,31	12,37	313,05	1.397,43
Fisher F	6,41	7,15	0,99	2,85	4,30	5,57	5,40
S _L	0,001 ^{***}	0,001 ^{***}	0,45 ^{ns}	0,05 [*]	0,01 ^{**}	0,003 ^{**}	0,003 ^{**}

T: tratamiento; SAP: sustrato poscultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; SAA: sustrato poscultivo de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.; T1: SAP 6.000 g; T2: SAP 5.400 g + SAA 600 g; T3: SAP 4.800 g + SAA 1.200 g; T4: SAP 4.200 g + SAA 1.800 g; T5: SAP 3.600 g + SAA 2.400 g; T6: SAP 3.000 g + SAA 3.000 g; T7: sustrato comercial; L*: luminosidad; a*: componente rojo-verde; b*: componente amarillo-azul; F_r: fuerza de ruptura; E_c: energía de comprensión, S_L: nivel de significación F de Fisher.

ns: no hay diferencias significativas; P-value > 0,05; * P-valor < 0,05; ** P-valor < 0,01; *** P-valor < 0,001. Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí (p = 0,05; test de Tukey-HSD).

El sustrato comercial (T7) presenta en las setas la menor luminosidad (L*) (70,90) y los sustratos que presentan en sus setas la mayor luminosidad son los del T3 (74,20) y T6 (74,22). Los sustratos en los que se va reduciendo la cantidad de SAP y aumentando la de SAA, hasta que se igualan (T4 a T6), son los que tienen, en sus setas, el mayor valor en el componente rojo-verde (a*), oscilando estos valores entre 2,53 (T4) y 2,96 (T5) (Tabla 2). Los menores valores del componente rojo-verde (a*) en las setas, se encuentran en el sustrato comercial T7 (2,09) y en el sustrato del T2 (1,46). Del mismo modo, los sustratos en los que se va reduciendo la cantidad de

SAP y aumentando la de SAA, hasta que se igualan (T4 a T6) son los que tienen en sus setas, el mayor valor en el componente amarillo-azul (b^*), oscilando estos valores entre 11,99 (T4) y 14,70 (T6) (Tabla 2). Los menores valores del componente amarillo-azul (b^*) en las setas, se encuentran en los sustratos elaborados con mayor cantidad de SAP y menor de SAA (T2 y T3) con valores de 11,72 y 9,66.

De manera general, se ha podido comprobar como las setas producidas en los sustratos de este experimento, presentaron características similares a las logradas por Rodríguez y Jaramillo (2005) y Forero *et al.* (2008), en cuanto a color y textura.

Conclusiones

En lo que se refiere a los parámetros cualitativos de las setas cosechadas, se ha observado que, a medida que aumenta la participación de SAA en las mezclas elaboradas, se mejora los contenidos de materia seca, proteína y cenizas, así como la F_R y la E_C . Algo similar ocurre en lo que se refiere a los componentes del color de las setas rojo-verde (a^*) y amarillo-azul (b^*).

La mezcla de SAP (5.400 g) y SAA (600 g) y de SAP (4.800 g) y SAA (1.200 g), aunque proporcionan bajos contenidos de proteína en las setas, alcanzan altos valores de fuerza de ruptura y energía de compresión en las setas.

En consecuencia, estas formulaciones basadas en compost degradados por el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, podrían constituir un sustrato de bajo coste, selectivo y equilibrado en nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las setas ostra.

Referencias bibliográficas

BAENA, A. (2005): «Aprovechamiento del bagazo del maguey verde (*Agave salmiana*) de la agroindustria del mezcal en San Luís Potosí para la producción del Hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)». México, Instituto de Investigación Científica Tecnológica.

- BENAVIDES, J. S. y HERRERA, J. C. (2009): «Reconocimiento de las características del género *Pleurotus* spp. y sus aplicaciones». Colombia, Colegio Redentorista, Manizales.
- CIES (2007): «Relación de variedades comerciales de setas *Pleurotus* y otros hongos exóticos»; en DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE CUENCA, eds.: *El Champiñón en Castilla-La Mancha. Boletín informativo* (25). Cuenca, CIES, Quintanar del Rey.
- FORERO, C. L.; HOYOS, O. L. y BAZANTE, W. E. (2008): «Evaluación de residuos de ají (*Capsicum* spp.) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)»; *Facultad de Ciencias Agropecuarias* (6); pp. 42-53.
- HASSAN, F. R. H.; MEDANY, G. M. y ABOU HUSSEIN, S. D. (2010): «Cultivation on the king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) in Egypt»; *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* (4); pp. 99-105.
- MANZI, P.; MARCONI, S.; AGUZZI, A. y PIZZOFRERATO, L. (2004): «Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking»; *Food Chemistry* (84); pp. 201-206.
- OYETAYO, F. L. y AKINDAHUNSI, A. A. (2004): «Nutrient distribution in wild and cultivated edible mushroom, *P. sajo-caju*»; *Food, Agriculture and environment* (2); pp. 166-168.
- RODRÍGUEZ BARREAL, J. A. (1987): *El pleurotus ostreatus, hongo comestible: su cultivo sobre sustratos lignocelulósicos*. Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Fundación Conde del Valle de Salazar.
- RODRÍGUEZ VALENCIA, N. y JARAMILLO, C. (2005): *Cultivo de Hongos Comestibles del Género Pleurotus sobre Residuos Agrícolas de la Zona Cafetera*. Colombia, Caldas Cenicafé.
- SHASHIREKHA, M. N.; RAJARATHNAM, S. y BANO, Z. (2002): «Enhancement of bioconversion efficiency and chemistry of the mushroom, *P. sajo-caju* produced on spent rice straw substrate, supplemented with oil seed cakes»; *J. Agricultural Food Chemistry* (76); pp. 27-31.

- SIWULSKI, M.; CZERWINSKA-NOWAK, A. y KORSZUN, S. (2009): «Effect of addition of maidenhair tree leaves to substrate on yielding and chemical composition of *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. carpophores»; *Vegetable Crops Research Bulletin* (71); pp. 103-109.
- WANG, D.; SAKODA, A. y SUZUKI, M. (2001): «Biological efficiency and nutritional value of *P. ostreatus* cultivated on spent beer grain»; *Biore-source Technology* (78); pp. 293-300.



Estudio del comportamiento agronómico cuantitativo de sustratos basados en sustratos poscultivo de *A. bisporus* y *P. ostreatus*

M. R. Picornell Buendía^a, J. A. de Juan Valero^a y A. Pardo Giménez^b

^aUniversidad de Castilla-La Mancha

y ^bCentro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES)

Introducción

En este trabajo se estudia el comportamiento agronómico cuantitativo de los sustratos basados en el sustrato poscultivo de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach (SAA) y en el sustrato poscultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (SAP). El objetivo del presente trabajo es la evaluación agronómica cuantitativa de sustratos basados en SAP y combinaciones de SAP con SAA.

La viabilidad agronómica de la reintroducción del sustrato poscultivo de *P. ostreatus* en nuevos ciclos de producción, supondría una alternativa a considerar a nivel comercial para reemplazar parcialmente a la paja de trigo utilizada actualmente como material de base de manera prácticamente exclusiva, y más aún si se tiene en cuenta la problemática económica asociada al empleo de este subproducto cerealista, de elevado precio en el mercado, sobre todo, en años de sequía.

El material podría ser integrado por medio de nuevas formulaciones y metodologías con las ventajas añadidas de rebajar los costes de producción y disminuir el impacto ambiental que producen estos desechos, en gran parte no reutilizados con otros fines agrícolas.

Palabras clave: *hongos comestibles; sustratos desgastados de hongos; residuos agrícolas; eficiencia biológica; parámetros cuantitativos.*

Material y métodos

La duración total del ciclo del experimento fue de 70 días (16 días correspondieron a la etapa de incubación). El desarrollo del ciclo de cultivo tuvo lugar en un túnel-invernadero experimental ubicado en el Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES, Quintanar del Rey, Cuenca) en condiciones controladas (temperaturas ambiente y del sustrato, humedad relativa y concentración de CO₂) dentro de los rangos recomendados para la variedad de micelio seleccionada y en cada etapa del mismo (CIES, 2007).

El único factor agronómico que se estudia en el experimento es el tipo de sustrato de base con 4 repeticiones en bloques. Con el diseño experimental correspondiente, se generaron siete tratamientos diferenciados, incluido el correspondiente al sustrato comercial de referencia. A todos los tratamientos se les añadió sulfato cálcico a razón de 50 g/kg de material de base. Al sustrato comercial no se le adicionó ni yeso ni CaCO₃ (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos ensayados (g/bolsa) en el experimento

Tratamiento	SAP	SAA	Yeso
T1	6.000	0	300
T2	5.400	600	300
T3	4.800	1.200	300
T4	4.200	1.800	300
T5	3.600	2.400	300
T6	3.000	3.000	300
T7	Sustrato comercial (6,5 kg/bolsa)		

T: tratamiento; SAP: sustrato poscultivo de Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm.; SAA: sustrato poscultivo de Agaricus bisporus (Lange) Imbach.; T1: SAP 6.000 g; T2: SAP 5.400 g + SAA 600 g; T3: SAP 4.800 g + SAA 1.200 g; T4: SAP 4.200 g + SAA 1.800 g; T5: SAP 3.600 g + SAA 2.400 g; T6: SAP 3.000 g + SAA 3.000 g; T7: Sustrato comercial.

Para el SAA, se recurrió a un tratamiento térmico en sala de cultivo (*cook out*) y, posteriormente, a un tratamiento de maduración, que consistió en un proceso de compostaje controlado en cámaras.

El sustrato poscultivo de *P. ostreatus* procedió de Champymar (Quintanar del Rey, Cuenca) y fue obtenido, inicialmente, a partir de paja de trigo (fresco, máximo una semana desde el vaciado de las salas). Posteriormente, se realizó un mezclado de los materiales y un ajuste del contenido de humedad. Una vez efectuadas estas fases en el proceso, se procedió a un tratamiento térmico de pasteurización (60-65 °C, 8 h) y progresivo descenso en 15 h a temperatura de «siembra» (25 °C). Por último, se realizó la suplementación, «siembra» (dosis, 30 g/kg de micelio Fungisem K-15) y ensacado manual en la planta piloto del CIES.

Para poder determinar el comportamiento agronómico cuantitativo se estudió: *índice de germinación* (para conocer el nivel de invasión del sustrato por parte del micelio y las contaminaciones observadas), *recolección de las setas* (diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo), *número de «piñas» y setas cosechadas* (se determinó mediante recuento durante todo el ciclo de cultivo), *rendimiento* (se pesó, con precisión de 1 g, la cantidad de setas producidas diariamente por cada saco), *eficiencia biológica* (EB, a partir del rendimiento proporcionado por cada paquete, teniendo en cuenta la densidad de carga del sustrato en los sacos y su contenido en humedad), *peso unitario de las setas* (PU, a partir de los rendimientos obtenidos y del número de esporóforos cosechados), *precocidad* (el tiempo, en días, transcurridos desde la operación de «siembra» del sustrato hasta la cosecha de la primera florada) y *grado de fructificación* (cociente entre el número de piñas producidas y el número de orificios practicados a los sacos).

Resultados y discusión

Los sustratos del T2 formados por SAP 5.400 g + SAA 600 g y del T3 formados por SAP 4.800 g + SAA 1.200 g, proporcionaron rendimientos aceptables con eficiencias biológicas referidas a sustrato seco de 35,98 % y 39,68 %, respectivamente, inferiores a la del testigo (46,18 %) (Tabla 2). Diversos autores han conseguido, en estudios basados en

el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos, EB superiores a las obtenidas en este experimento. Hay resultados experimentales extremos de hasta EB = 125 % (Klibanski *et al.*, 1993; Gaitán-Hernández y Salmones, 1996) e incluso superiores, trabajando con *P. pulmonarius* (Fr.) Qué. sobre pulpa de café (Velázquez-Cedeño *et al.*, 2002), de hasta 138 %, y, sobre esta misma especie en mezclas de rastrojo de jícama y rastrojo de maíz (Bernabé-González *et al.*, 2004), de hasta 164 %. La EB está determinada, principalmente, por la especie de *Pleurotus* spp. y el tipo de sustrato utilizado, encontrándose que aumenta cuando los sustratos son enriquecidos con nutrientes de origen natural o sintético (Bonilla-Lavado *et al.*, 2006).

Tabla 2. ANOVA de los parámetros cuantitativos del experimento

Sustrato	Earliness (days)		Total bruto (g/bolsa)	Índice de fructificación Núm. piñas/agujero	Número setas/bolsa	PU	EB
	1.ª florada «siembra»	Total «siembra»					
T2	23,40 ^{cd}	35,93 ^b	573,75 ^{bc}	1,19	49,00 ^{ab}	8,95 ^b	35,98 ^{ab}
T3	21,35 ^d	33,13 ^b	637,50 ^{ab}	1,19	63,00 ^a	7,50 ^b	39,68 ^{ab}
T4	28,15 ^{bc}	33,85 ^b	472,50 ^{bc}	1,00	34,75 ^{bc}	10,79 ^b	27,23 ^{bc}
T5	30,23 ^b	35,18 ^b	341,75 ^{bc}	0,69	22,75 ^{bc}	11,89 ^{ab}	22,58 ^{bc}
T6	32,55 ^{ab}	39,15 ^{ab}	260,75 ^c	0,69	19,25 ^c	10,92 ^b	15,88 ^c
T7	36,73 ^a	43,80 ^a	938,75 ^a	1,00	41,50 ^{bc}	19,54 ^a	46,18 ^a
Media	28,73	36,84	537,50	0,96	38,37	11,60	31,25
Fisher F	16,24	6,01	9,61	2,56	7,00	4,91	8,19
SL	0,00 ^{***}	0,002 ^{**}	0,00 ^{***}	0,06 ns	0,001 ^{***}	0,005 ^{**}	0,00 ^{***}

T: tratamiento; SAP: sustrato poscultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; SAA: sustrato poscultivo de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.; T1: SAP 6.000 g; T2: SAP 5.400 g + SAA 600 g; T3: SAP 4.800 g + SAA 1.200 g; T4: SAP 4.200 g + SAA 1.800 g; T5: SAP 3.600 g + SAA 2.400 g; T6: SAP 3.000 g + SAA 3.000 g; T7: sustrato comercial; PU: peso unitario setas pie no cortado (g); EB: eficiencia biológica (kg/100 kg de sustrato seco); S_i: nivel de significación F de Fisher.

ns: no hay diferencias significativas; p > 0,05; **p-valor < 0,01; ***p-valor < 0,001. Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí (p = 0,05, test de Tukey-HSD).

En cuanto a los componentes del rendimiento, Pardo *et al.* (2005) obtienen un número total de setas/bolsa que varía entre 42 y 82, cuando se combina la paja y el kenaf y se hidrata con benomilo y pasteurización, oscilando el PU entre 20,50 y 32,70 g; mientras que el primer componente del rendimiento es inferior a los valores obtenidos en este experimento (19,25 a 63 setas), el PU es muy superior (7,50 a 11,89 g, sin incluir el ofrecido por el sustrato comercial que fue de 19,54 g) (Tabla 2). Al igual que ocurre en este experimento, la bibliografía consultada confirma que, a medida que aumenta el número de piñas/orificio y el número de setas/bolsa, disminuye el valor del segundo componente del rendimiento, es decir, el PU de la seta.

Según Patra y Pani (1995) y Sánchez *et al.* (2006), la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50 %. En este experimento se observa una reducción de la EB a medida que, la participación porcentual del SAA aumenta en la mezcla del sustrato elaborado, hasta llegar al 15,88 % (Tabla 2). En las diferencias observadas entre los tratamientos conformados por mezclas, el SAA podría haber empeorado algunas características físicas del sustrato tales como la aireación y el drenaje, ya que sus partículas son de mucho menor tamaño respecto de las del SAP, lo que, probablemente, empeoró la porosidad en el sustrato y aumentó la compactación que se presentó en los tratamientos con mayor participación del SAA, y de esta forma, no permitió al micelio del hongo una mejor fructificación; el intercambio de aire se dificultó especialmente al estar las bolsas cerradas, viéndose favorecidos los aumentos en las concentraciones de CO₂, presumiblemente, producidas por el hongo y disminución del O₂ dentro de los sustratos. Al final del ensayo, se observó que en los sustratos con menos participación del SAA, en el centro de estos, se encontraba colonizado por el micelio, mientras que en los sustratos que incluían mayor contenido de SAA, simplemente, el hongo colonizó unos centímetros de profundidad.

Conclusiones

A tenor de los resultados obtenidos, para las combinaciones ensayadas, las eficiencias biológicas logradas son inferiores a las obtenidas con el sustrato comercial de referencia, por lo que, en un principio, carecerían de interés la utilización de los sustratos degradados de los cultivos de *P. ostreatus* y *A. bisporus*; sin embargo, dado que son materiales de base de desecho, con nulo o escaso precio, sí que sería válido manejar combinaciones de ambos en las proporciones de los tratamientos ensayados T2 (5.400 g de SAP + 600 g de SAA) y T3 (4.800 g de SAP + 1.200 g de SAA), con los que se obtienen eficiencias biológicas del 35,98 y 39,68 %, respectivamente, frente a 46,18 % del sustrato comercial.

En consecuencia, estas formulaciones basadas en composts degradados, podrían constituir un sustrato de bajo coste, selectivo y equilibrado en nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las setas ostra.

Referencias bibliográficas

- BERNABÉ, T.; CAYETANO, M.; ADÁN, A. y TORRES, M. A. (2004): «Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México»; *Revista Mexicana de Micología* (18); pp. 77-80.
- BONILLA, H. A.; VÁSQUEZ, N. B. y RUBIANO, J. A. (2006): «Evaluación de residuos orgánicos (coco y aserrín) como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en Buenaventura»; *Revista Institucional. Universidad Tecnológica del Chocó* (24); pp. 54-59.
- CIES (2007): «Relación de variedades comerciales de setas *Pleurotus* y otros hongos exóticos»; en DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE CUENCA, eds.: *El Champiñón en Castilla-La Mancha. Boletín informativo* (25). Cuenca, Quintanar del Rey, CIES.
- GAITÁN, R. y SALMONES, D. (1996): «Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus* spp., con alto rendimiento»; *Revista Mexicana de Micología* (12); pp. 107-113.

- KLIBANSKY, M. M.; MANSUR, M.; GUTIÉRREZ, I. y GONZÁLEZ, L. (1993): «Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes»; *Acta Biotechnology* (13); pp. 71-78.
- PARDO, A.; PERONA, M. A. y PARDO, J. (2005): «Evaluación de nuevos materiales en la elaboración de sustratos específicos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer»; *Cuadernos de Fitopatología* (85); pp. 77-83.
- PATRA, A. K. y PANI, B. K. (1995): «Evaluation of banana leaf as a new alternate substrate to paddy straw for oyster mushroom cultivation»; *Journal of Phytological Research* (8); pp. 145-148.
- SÁNCHEZ, J. E.; OROZCO, G. M.; HERNÁNDEZ, D.; NIETO, M. G. y MÁRQUEZ, F. J. (2006): «Capacidad del género *Pleurotus* para la degradación del insecticida endosulfán. El Cromosoma»; *Boletín del Colegio de Biotecnólogos de Chiapas* (2); pp. 31-120.
- VELÁZQUEZ, M. A.; MATA, G. y SAVOIE, J. M. (2002): «Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes»; *W. J. Microbiology and Biotechnology* (18); pp. 201-207.

Caracterización del microclima de un invernadero mediterráneo con cubierta plástica antigoteo

*M. R. Granados^a, J. Hernández^a, A. R. López de Coca^a, S. Bonachela^a,
J. C. López^b y J. J. Magán^b*

^aUniversidad de Almería y ^bEstación Experimental Cajamar

Resumen

Uno de los mayores problemas en los invernaderos pasivos es el exceso de humedad ambiental que provoca la condensación de agua en la cubierta, lo que disminuye la radiación incidente sobre el cultivo, favorece la incidencia de enfermedades fúngicas, aumentando la necesidad de tratamientos químicos, y produce pérdidas productivas y de calidad. En los plásticos convencionales la condensación se presenta en forma de gotas que, dependiendo de la inclinación de la cubierta, pueden caer sobre el cultivo. Existen nuevos materiales plásticos con propiedades antigoteo en los que la condensación se da en forma laminar lo que puede facilitar su evacuación de la zona de cultivo y reducir la humedad ambiental.

En el presente estudio se analiza el efecto del uso de un material de cubierta con propiedades antigoteo sobre el microclima de un invernadero, comparándolo con un material de cubierta convencional. Se cuantifica la cantidad de agua de condensación que puede ser recogida y evacuada desde el interior del invernadero, y se caracterizan las modificaciones microclimáticas producidas bajo ambos materiales.

El plástico antigoteo tuvo mayor transmisividad a la radiación de onda corta, y por tanto modificó el balance energético en el interior del inver-

nadero respecto a un plástico normal, incrementando la temperatura del aire y del suelo. Aunque se produjo mayor evaporación de agua en el invernadero con cubierta antigoteo, la retirada de agua se produjo de modo más eficiente y los contenidos diurnos de agua en el aire fueron menores respecto al invernadero con cubierta convencional, lo cual permitiría reducir las necesidades de ventilación por exceso de humedad durante el día.

Palabras clave: *invernadero Pasivo, Dinámica Condensación, Humedad Ambiental.*

Introducción

Una de las desventajas más importantes que presentan los plásticos normalmente utilizados en los invernaderos es la forma en la que se produce la condensación. En una cubierta convencional se presenta normalmente en forma de gotas, debido a la tensión superficial del material, lo que reduce la transmisividad a la radiación del invernadero de forma apreciable (Briscoe y Galvin, 1991). El tamaño de las gotas tiene un efecto fundamental en la reducción de la radiación incidente (Pieters y Deltour, 1997). Sin embargo, cuando la condensación se da formando una fina capa de agua que cubre totalmente la cubierta plástica la transmisión de la radiación es mayor respecto a una cubierta en la que la condensación se presenta en forma de gotas (Jaffrin y Urban, 1990).

La inclinación de la cubierta es decisiva para la formación de las gotas y su deslizamiento sobre la cubierta o su caída sobre el cultivo. Es necesario que exista un ángulo mínimo de 15° para que se dé el deslizamiento. En filmes normales con ángulos menores a ese valor la gota no se desliza y crece hasta caer (Gbiorczyk *et al.*, 2004).

En los últimos años se han desarrollado plásticos antigoteo que permiten la condensación laminar y pueden facilitar la recogida del agua condensada evitando la caída sobre el cultivo. Además, pueden mejorar la entrada de radiación al invernadero respecto a un plástico convencional (Pollet y Pieters, 2002; Gbiorczyk *et al.*, 2004).

La alta humedad nocturna combinada con una alta densidad de plantación puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas en los cultivos. En los invernaderos mediterráneos de bajo coste, sin gestión activa del clima, los agricultores intentan reducir la humedad del aire en ciclos de invierno mediante la gestión de la ventilación natural. El uso de materiales plásticos antigoteo y de sistemas de recogida del agua de condensación, que permiten su evacuación del invernadero, pueden evitar el indeseable goteo sobre los cultivos y reducir la humedad del aire (Campen *et al.*, 2009).

Material y métodos

El experimento se realizó entre los meses de enero a marzo de 2013 en la Estación Experimental Cajamar situada en el término municipal de El Ejido a 151 metros de altitud sobre el nivel del mar y localizada a 36° 48' 40» de latitud N y 2° 43' 10» de longitud E.

El invernadero utilizado fue tipo túnel, orientado E-O, compuesto por siete arcos de tubo galvanizado con una anchura de 10 m, una longitud total de 24 m. y una altura máxima de 2,8 m. Se dividió en 2 compartimentos idénticos mediante una cortina plástica vertical. El compartimento situado al este fue cubierto con un material plástico tricapa normal y el compartimento oeste con un material plástico tricapa antigoteo (ambos de Sotrafa, SA). Los materiales tenían, según fabricante, una transmisividad en el infrarrojo de 23 y 22 % (normal y antigoteo, respectivamente) y un espesor de 200 µm. Sobre el suelo se colocó una lámina de poliestireno expandido (2,5 cm de espesor), y sobre ella una de polietileno de alta densidad (1 mm de espesor) de color negro.

Se instalaron en cada compartimento 5 canaletas de 7,7 m de longitud y una de 1,1 m, separadas 1,5 m entre sí y orientadas Norte-Sur. Las canaletas recubiertas en su interior con plástico negro de 50 µm se llenaron de agua lo que supuso una lámina libre para evaporación de 11,68 m² por compartimento. Para cuantificar la evaporación las canaletas de 1,1 m se colocaron sobre una balanza lisimétrica (MultiRange, Mettler Toledo, Madrid), equipada con un terminal de pesada ID1 Plus-A, y conectada a un ordenador programado para registrar una medida cada minuto.

En el lado sur del invernadero se instaló una tubería orientada este-oeste que recogía el agua procedente del lado sur del plástico comprendido entre dos arcos (el equivalente a la superficie desarrollada en paredes de 20 m² de suelo). El agua recogida se midió mediante dos pluviómetros (ARG100, Campbell Scientific, Delft, Holanda).

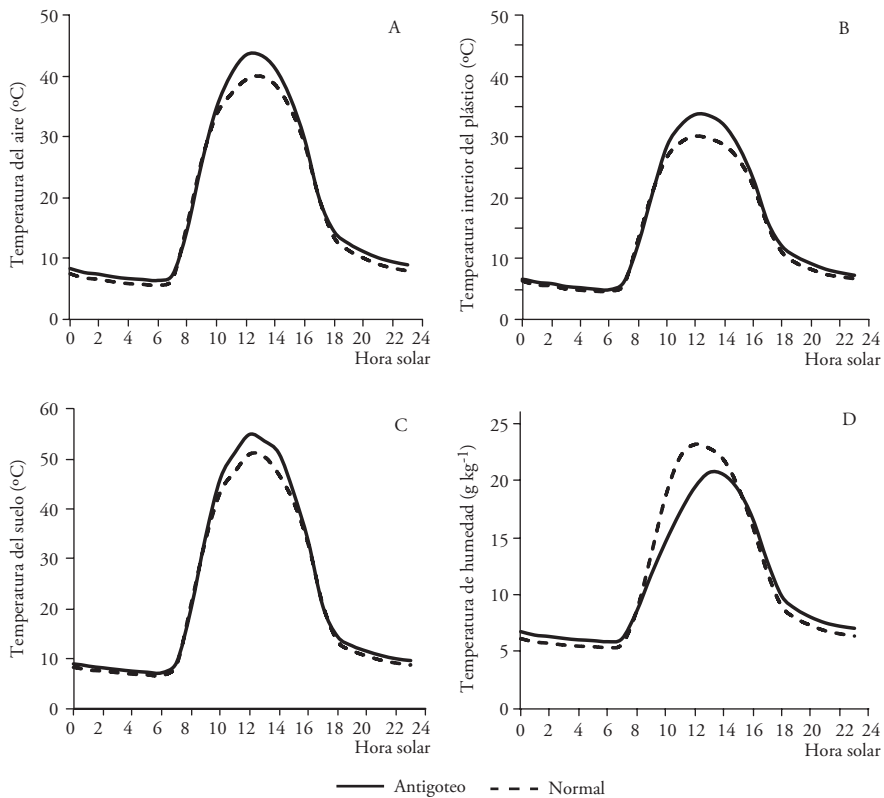
En ambos compartimentos se determinó la radiación neta (mediante radiómetros de cuatro componentes CNR1, Kipp and Zonen, Delft, Holanda), el flujo de calor al suelo (HFP01, Campbell, Scientific, Delft, Holanda), la temperatura y la humedad del aire (sonda HMP45C; Campbell Scientific, Leicestershire, UK) y la temperatura de las caras externas e internas del plástico de cubierta (termopares tipo T, cobre-constatan, RS Amidata, Madrid). Todas las medidas, registradas cada 2 segundos, se promediaron cada cinco minutos y se almacenaron en dos dataloggers (CR1000 y CR3000 de Campbell Scientific Ltd, Leicesterchire, UK).

Resultados y discusión

La razón de humedad diaria del aire del invernadero fue un 3 % (Gráfico 1D) mayor en el compartimento con plástico normal, a pesar de que la evaporación medida en el compartimento con material antigoteo fue ligeramente más alta (0,22 L m⁻²) que la del compartimento con plástico normal (0,17 L m⁻²), lo que indica que la retirada del vapor de agua del aire fue más efectiva en el invernadero con plástico antigoteo. El agua condensó en el plástico normal en forma de gotas (con un tamaño medio de 1,005 mm²), cubriendo el 17 % de toda la superficie del material de cerramiento. A últimas horas de la noche (7 horas) se midió el equivalente a 0,27 L de agua por cada metro cuadrado de suelo cubriendo la superficie interna del plástico normal frente a 0,007 L m⁻² en la superficie del plástico antigoteo. En el plástico normal las gotas se unían formando líneas de escurrimiento, lo que provocaba el goteo al suelo antes de que el agua pudiera llegar a la canaleta de recogida. Zabeltitz (2011) indicó que el goteo de un plástico normal es muy alto cuando la pendiente por donde transcurren las líneas de escurrimiento son superiores al 15 %, mientras que en un plástico antigoteo apenas se produce para pendientes entre 14 y

40°. En el plástico antigoteo el agua condensó en forma de lámina y fue recogida de forma más eficiente en la canaleta. En el invernadero con material antigoteo se recogió un promedio diario de 0,228 L m⁻² de agua de condensación frente a los 0,08 L m⁻² recogidos en el invernadero con plástico normal (Gráfico 2).

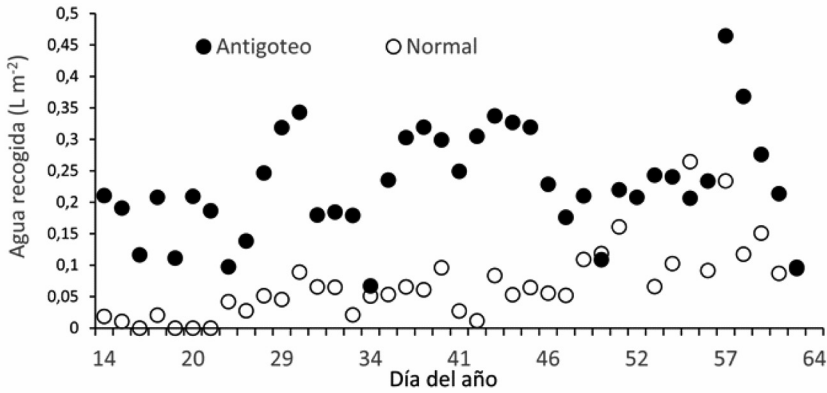
Gráfico 1. Evolución horaria media de las temperaturas del aire (A), cara interior del plástico (B), suelo (C) y razón de humedad (D)



Las gotas de agua provocaron la reflexión de la radiación de onda corta y la disminución de la transmisividad del plástico (Pieters *et al.*, 2003). La transmisividad media en el invernadero con material antigoteo fue de 0,80 frente a 0,65 en el plástico normal. Estos valores son si-

milares a los encontrados por Geoola *et al.* (1998) que midieron valores de transmisividad de 77,8 % en materiales antigoteo frente a valores de 65,3 % en materiales convencionales. La mayor transmisividad del plástico antigoteo hizo que la radiación neta diaria dentro de este invernadero fuese mayor ($4,01 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) que en el cubierto con plástico normal ($3,28 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), lo que puede explicar las diferencias encontradas en la tasa de evaporación.

Gráfico 2. Agua diaria retirada de cada invernadero. En litros/m² de suelo



La mayor transmisividad del plástico antigoteo afectó a las temperaturas del aire del invernadero. La temperatura media diaria fue $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ más alta bajo el plástico antigoteo que bajo el normal (Gráfico 1A). También la temperatura superficial del suelo (acolchado) fue mayor en el invernadero con material antigoteo (temperatura media diaria de $22,6 \text{ }^\circ\text{C}$) que en el invernadero con plástico normal ($21,3 \text{ }^\circ\text{C}$) (Gráfico 1C). Aunque la condensación ocurrió fundamentalmente durante la noche (entre las 17 y las 8 horas), cuando la temperatura de la cara interna del plástico fue igual o inferior a la temperatura de rocío, el agua de condensación permaneció en la superficie interna del plástico normal buena parte del día. Granados *et al.*

(2011) indicaron que la condensación puede permanecer incluso durante todo el día durante los períodos más fríos del año. Geoola *et al.* (1998) indicaron que los materiales antigoteo se secaban con mayor facilidad al formar una fina película. Esto puede explicar que el plástico antigoteo, más seco, alcanzase mayores temperaturas diurnas que el plástico normal (Gráfico 1B).

Los mayores valores de radiación neta y temperatura durante el período diurno en el invernadero con plástico antigoteo provocaron una mayor evaporación de agua, pero la retirada más eficiente de agua de condensación del invernadero con plástico antigoteo puede explicar los menores contenidos de agua en el aire observados durante el día (Gráfico 1D), lo que podría reducir las necesidades de ventilación para evitar excesos de humedad en períodos fríos.

Conclusiones

El plástico antigoteo presentó una mayor transmisividad y dejó pasar mayor cantidad de radiación de onda corta que el plástico normal (debido a la reflexión de radiación de onda corta que producen las gotas de agua), lo que modificó el balance energético dentro del invernadero e incrementó las temperaturas del aire y del suelo del invernadero con plástico antigoteo. El uso de este material, además, limitó la caída del agua de condensación al suelo, permitió su retirada del invernadero y redujo los contenidos diurnos de vapor de agua del aire, lo que puede reducir las necesidades de ventilación de los invernaderos en períodos fríos.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Proyecto de Investigación RTA 2012-00039-C02-02 del Subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental Orientada a los Recursos y Tecnologías Agrarias del INIA cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Referencias bibliográficas

- BRISCOE, B. J. y GALVIN, K. P. (1991): «The effect of surface fog on the transmittance of light»; *Solar Energy* 46(4); pp. 191-197.
- CAMPEN, J.; KEMPKES, F. y BOT, G. (2009): «Mechanically controlled moisture removal from greenhouses»; *Biosystems Engineering* 102(4); pp. 424-432.
- GBIORCZYK, K.; SONNEVELD, P. J.; BOT, G. P. A. y VON ELSNER, B. (2004): «The effect of roof inclination on the condensation behaviour of plastic films used as greenhouse covering materials»; *Acta Hort.* (633); pp. 127-136.
- GEOLA, F.; KASHTI, Y. y PEIPER, U. M. (1998): «A model greenhouse for testing the role of condensation, dust and dirt on the solar radiation transmissivity of greenhouse cladding materials»; *Journal of Agricultural Engineering Research* 71(4); pp. 339-346.
- GRANADOS, M. R.; ORTEGA, B.; BONACHELA, S.; HERNÁNDEZ, J.; LÓPEZ J. C.; PÉREZ-PARRA J. J. y MAGÁN J. J. (2011): «Measurement of the condensation flux in a Venlo-type glasshouse with a cucumber crop in a Mediterranean area»; *Acta Horticulturae (ISHS)* (893); pp. 531-538.
- JAFFRIN, A. y URBAN L. (1990): «Optimization of light transmission in modern greenhouses»; *Acta horticulturae* (281); pp. 25-33.
- PIETERS, J. G. y DELTOUR, J. M. (1997): «Performances of greenhouses with the presence of condensation on cladding materials»; *Journal of Agricultural Engineering Research* (68), pp. 125-137.
- PIETERS, J. G.; POLLET, I. V.; DELTOUR, J. y VERSCHOORE, R. (2003): «Angular dependence of forward scattering induced by condensate on greenhouse cladding materials»; *Agricultural and Forest Meteorology* 119(1-2); pp. 23-36.
- POLLET, I. V. y PIETERS, J. G. (2002): «PAR transmittances of dry and condensate covered glass and plastic greenhouse cladding»; *Agricultural and Forest Meteorology* (110); pp. 285-298.
- ZABELTITZ, C.V. (2011): «Integrated greenhouse systems for mild climates: Climate conditions, design, construction, maintenance, climate control». Berlin, Springer-Verlag; pp. 363.

Modificación del clima en invernaderos pasivos con pantallas fijas y móvil

*M. R. Granados^a, J. Hernández^a, S. Bonachela^a,
J. C. López^b y J. J. Magán^b*

^aUniversidad de Almería y ^bEstación Experimental Cajamar

Resumen

La mayoría de los invernaderos de Almería son estructuras de bajo coste con sistemas pasivos de climatización. En este tipo de invernaderos se observa con frecuencia condensación sobre la cubierta y el cultivo, debido a la excesiva humedad ambiental. La caída de agua de condensación sobre el cultivo se puede evitar utilizando dobles techos o pantallas. Los dobles techos fijos usados en los invernaderos del litoral de mediterráneo aumentan la temperatura del aire y del cultivo en períodos fríos, pero también reducen la ventilación natural, lo que eleva la humedad ambiental durante gran parte del día y la temperatura del aire en las horas centrales del día por encima de los valores considerados óptimos. Además, el doble techo fijo puede producir un mayor agotamiento del CO₂ del aire al reducir el volumen de aire en contacto con el cultivo. El uso de un doble techo móvil, extendido durante el período nocturno y primeras horas de la mañana, facilita la ventilación natural y evita la caída de agua de condensación al cultivo en el período de mayor riesgo. Este trabajo estudia el microclima del invernadero bajo un doble techo móvil interior, frente a un doble techo fijo con el objetivo de mejorar la gestión el microclima en la zona de cultivo. Durante el período nocturno, el uso del doble techo móvil aumentó la temperatura nocturna del aire del invernadero sobre la exterior de manera similar al del doble techo fijo, en 1,8 °C. La humedad relativa del aire durante el período nocturno se redujo, ligeramente, en el doble techo móvil

frente al fijo. La concentración de CO_2 en el invernadero con doble techo fijo se redujo en más de 38 ppm, incluso con ventanas abiertas.

Palabras clave: *pantalla, doble techo, temperatura, humedad relativa, concentración CO_2 .*

Introducción

En los invernaderos mediterráneos, sin sistemas de gestión activa del clima durante el período de invierno, la temperatura no es óptima para el desarrollo de los cultivos (Bartzanas *et al.*, 2005) por lo que para aumentar las temperaturas del aire en épocas frías es habitual la utilización de dobles techos fijos (Cemek *et al.*, 2006). Montero y Antón (1994) señalaron que estas dobles cubiertas pueden producir aumentos en la temperatura media nocturna del aire entre 2 y 3 °C. Sin embargo, este aumento de temperatura puede no traducirse en incrementos productivos al ser compensado por la reducción de radiación que intercepta el cultivo debido a la menor transmisión a través de las cubiertas, tal y como ocurre con el uso de las cubiertas térmicas (Grange y Hurd, 1983). Otro efecto negativo de las doble cubiertas fijas es que pueden reducir el volumen de aire en el interior del invernadero y limitar la ventilación, y por tanto conducir a situaciones de humedad excesiva que desencadenen problemas fúngicos (Salvador, 2015). Además, esta limitación de la ventilación puede reducir la concentración de CO_2 alrededor del cultivo en las horas centrales del día en los invernaderos mediterráneos (Lorenzo *et al.*, 1990).

El uso de un doble techo móvil, permite su gestión de apertura y cierre según condiciones climáticas, recogiendo durante las horas de luz y así aumentar la radiación disponible de los cultivos. Además favorecería la renovación del aire del invernadero mejorando el régimen higrométrico y la concentración de CO_2 con respecto al doble techo fijo. Durante la noche el doble techo móvil desplegado podría actuar de modo similar al doble techo fijo evitando la pérdida de radiación térmica y aumentando la temperatura del aire.



En este trabajo se estudió el uso de un doble techo móvil interior, frente a un doble techo fijo interior como sistemas pasivos para gestionar el microclima del invernadero en la zona de cultivo. Se determinó la dinámica diaria y el promedio, durante el período nocturno y diurno, de la temperatura y humedad relativa ambiental, temperatura de rocío, y concentración de CO₂ en el interior del invernadero con pantalla móvil extendida y recogida, y respecto a un invernadero con pantalla fija en distintos escenarios de ventilación cenital dirigidos a evitar pérdidas de calor del invernadero o exceso de humedad.

Material y métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Cajamar (36° 48' N, 2° 43' O; altitud 151 m). Se utilizaron dos invernaderos multitúnel iguales (22,5 m x 28 m) con orientación E-O. La estructura estaba formada por tres capillas en arco de 7,5 m de anchura cada una, con una altura de 3 m en banda y 4,5 m hasta cumbre. La cubierta era de plástico trícapa de 200 µm de espesor (TRC 5000 RD 3A, Sotrafa SA), con un 90 % de transmisión a la luz visible, 55 % de difusión y 90 % de termicidad. La ventilación se realizó de forma pasiva mediante ventanas super-cenit en el norte de cada capilla y ventanas laterales enrollables a lo largo de la banda norte y sur.

Se cultivó pepino holandés (*Cucumis sativus* L., cultivar 'Valle') en ciclo tardío en sacos de fibra de coco de textura media (Ficó Ispemar SCA) y 28 L de capacidad. El trasplante se realizó el 10 de noviembre de 2015 y el cultivo se mantuvo hasta febrero de 2016. Las líneas de cultivo estaban orientadas norte-sur. El marco de plantación fue 1,6 m entre líneas y 0,63 m entre plantas (1 planta m⁻²). En uno de los invernaderos se instaló un doble techo fijo y en el otro uno móvil que se extendía cuando la radiación exterior era menor a 50 W m⁻² y la temperatura exterior estaba por debajo de 18 °C. El doble techo fijo consistió en una pantalla fija de PE antivaho de 37,5 µm de espesor, 97 % de transmisión a la luz visible y 7 % de difusión (DC alta transparencia AF, Sotrafa SA). Este doble techo tenía una orientación E-O y una altura máxima y mínima de 3,2 y 2,8 m,

respectivamente. El doble techo móvil consistió en una pantalla porosa de poliéster (XLS 10 REVOLUX, Svensson) con una transmisión del 87 % la radiación directa, del 80 % a la difusa, del 23 % a la UV y del 36 % a la IR. Esta pantalla produce un ahorro de energía del 47 % (datos del fabricante). En ambos invernaderos se instaló un acolchado con plástico negro microperforado de 30 μm de espesor (Sotrafilm NG Micro, Sotrafa SA) sobre la superficie del suelo y los sacos de cultivo.

La influencia sobre el microclima nocturno se evaluó durante la noche 12-13 y 17-18 de enero para el escenario con pantalla móvil extendida frente a fija, y durante las noches 13-14 y 18-19 de enero para el escenario con pantalla móvil recogida frente a fija. La influencia de la ventilación sobre el microclima matinal se evaluó durante las mañanas del 22 y 23 de enero para el escenario con mayor ventilación y ventilación convencional respectivamente. Los porcentajes de apertura de ventanas cenitales fueron del 64 % y 27 %, mientras en ambos escenarios la ventilación lateral media fue del 23 y 25 % respectivamente.

Se midió la temperatura y humedad relativa del aire (sonda HMP 45C, Vaisala, Helsinki, Finlandia) justo por encima del dosel vegetal (a 2,60 m de altura, T_{cul}). También se midió la concentración de CO_2 del aire en la parte superior del cultivo, a 1,70 m de altura, con una sonda de flujo de aire (CARBOCAP®, GMP343Vaisala, Helsinki, Finlandia). Las medidas de temperatura y humedad se realizaron con un intervalo de 2 s, registrándose el promedio cada 5 min con sistemas de adquisición de datos (Campbell Scientific Ltd., Delft, Holanda). La concentración de CO_2 fue registrada cada 15 min con un sistema de adquisición de datos MI70 Link Interface (Vaisala, Helsinki, Finlandia).

Resultados y discusión

En los dos días consecutivos evaluados se determinó el efecto térmico nocturno en el aire del invernadero de la pantalla móvil porosa (PM) cuando estaba extendida (17-18 enero) frente a cuando estaba recogida (18-19 enero), y se comparó con la pantalla o doble techo fijo no porosa

(Gráfico 1). Durante toda la noche del 17-18 de enero, la temperatura del aire por encima del cultivo fue muy similar en el invernadero con pantalla móvil extendida y en el invernadero con pantalla fija, con valores claramente superiores a la temperatura del aire exterior. Los valores medios durante este período nocturno fueron 11,2 °C en el aire por encima del cultivo en ambos invernaderos y 9,4 °C en el aire exterior (Tabla 1). La pantalla térmica proporciona un microclima más homogéneo (Kittas *et al.*, 2003), pero su efecto sobre el microclima va a depender de las propiedades de la pantalla (Öztürk y Bascetincelik, 2003). Durante toda la noche del 18-19 enero, la temperatura del aire por encima del cultivo fue claramente mayor en el invernadero con pantalla fija frente a el invernadero con pantalla móvil recogida (Gráfico 1). Además, la temperatura del aire del invernadero con la pantalla móvil recogida fue, durante gran parte de este período nocturno, inferior a la temperatura del aire exterior (inversión térmica), lo que no ocurrió en el aire del invernadero con pantalla fija (Gráfico 1). Los valores medios durante este período nocturno fueron 9,8 °C en el aire en el invernadero con la pantalla móvil recogida, de 11,0 °C en el aire del invernadero con pantalla fija y 9,8 en el aire exterior (Tabla 1). Las pérdidas radiactivas de energía durante el período nocturno en este tipo de invernaderos suelen ser elevadas (Montero *et al.*, 2005; Baille *et al.*, 2006), siendo frecuente que en las noches invernales haya inversión térmica en el aire cercano al cultivo, como ocurrió cuando la pantalla móvil permaneció recogida y no cuando permaneció extendida (Gráfico 1a). Es decir, el uso de pantalla térmica móvil permitió mejorar el balance energético nocturno dentro del invernadero aumentando ligeramente la temperatura del aire por encima del cultivo, en forma similar a como lo hizo la pantalla fija. Sin embargo, ninguno de estos dos sistemas de calefacción permitió alcanzar la temperatura mínima del aire para el desarrollo óptimo del cultivo de pepino (15 °C, Castilla y Bretones, 1983). El uso integrado de sistemas pasivos, como acolchados plásticos, mangas llenas de agua, etc. adicionales al uso de pantallas de energía puede contribuir a la optimización de la temperatura nocturna e incrementar la producción y calidad de las hortalizas en períodos fríos (Baille *et al.*, 2006; Bonachela *et al.*, 2012).

Gráfico 1. Temperatura (a) y humedad relativa (b), en invernadero (zona de cultivo) y en exterior (EXT). Con pantalla móvil (PM; en negro) recogida (PMR) y extendida (PME), y en invernadero con pantalla fija (PF; en gris)

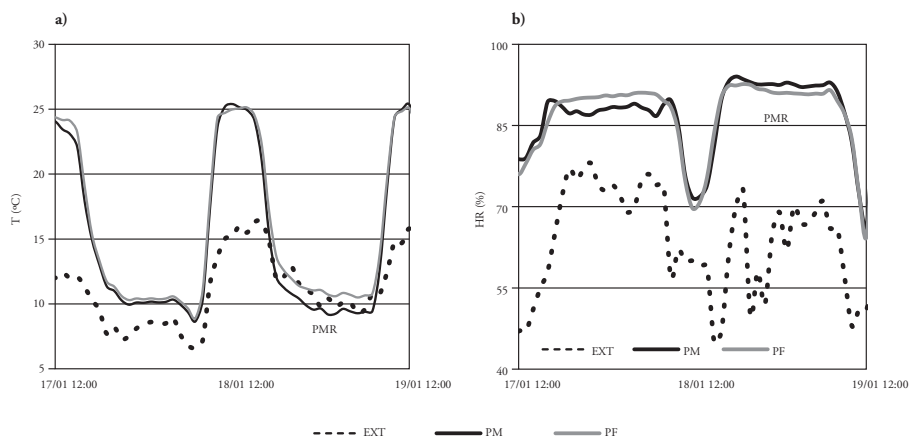


Tabla 1. Temperatura del aire (T) y temperatura de rocío (Tr) media nocturna en invernadero de la zona de cultivo (T_{cul}), con pantalla móvil recogida (PMR) y extendida (PME) respecto a invernadero con pantalla fija (PF)

	T_{ext}	T_{cul}		Tr_{cul}		HR_{cul}	
		PM	PF	PM	PF	PM	PF
PMR	9,8	9,8	11,0	8,8	9,9	93	92
PME	9,4	11,2	11,2	9,5	10,0	88	91

El uso de una pantalla térmica móvil permitió disminuir, de manera apreciable, la humedad relativa en la zona de cultivo durante el período nocturno (Gráfico 1b). La humedad relativa media nocturna fue similar a la encontrada en la zona de cultivo con pantalla fija cuando la pantalla móvil permaneció recogida y ligeramente inferior cuando permaneció extendida (Tabla 1).

La temperatura de rocío en la zona de cultivo fue ligeramente inferior en el invernadero con PM respecto a PF, de 0,5 y 1,1 °C menor a PF cuando permaneció extendida y recogida respectivamente.

El mayor incremento de temperatura en la zona de cultivo debido al efecto de la pantalla térmica, junto con el menor incremento de hume-

dad cuando la pantalla móvil permaneció extendida respecto a recogida, contribuyó a la disminución del riesgo de condensación en esta zona, al aumentar la temperatura de rocío cuando la pantalla móvil permaneció extendida frente a recogida. El período del año en la que este riesgo de condensación es máximo ocurre cuando se combinan mayores niveles de radiación solar con períodos matinales fríos (Perales *et al.*, 2003), y por ello se utilizan dobles techos o pantallas para evitar la caída de gotas de condensación sobre el cultivo (Salvador, 2015).

Tabla 2. Concentración de CO₂, temperatura media diurna y humedad relativa en la zona de cultivo en invernadero PMR respecto a PF con apertura cenital al 64 % y 27 %

	CO ₂ (ppm)		T _{cul} (°C)		HR _{cul} (%)		HA _{cul} (g kg ⁻¹)	
	PMR	PF	PMR	PF	PMR	PF	PMR	PF
AC 64 %	360	322	21,5	23,6	76	81	9,8	11,3
AC 27 %	348	329	23,3	24,1	77	80	10,8	11,6

La apertura de las ventanas durante las primeras horas de la mañana para reducir la humedad del aire es una práctica muy frecuente en los invernaderos pasivos (Montero, 2005), sobre todo cuando usan sistemas pasivos que reducen la ventilación natural, como las pantallas fijas. Mantener una apertura de las ventanas cenitales alta (64 %), durante el período diurno (a partir de las 8 am), originó una mayor concentración media de CO₂ en el aire del invernadero con pantalla móvil recogida (360 ppm, Tabla 2) que en el invernadero con pantalla fija (322 ppm), mientras que la temperatura y humedad del aire fueron claramente mayor en el invernadero con pantalla fija (23,6 °C y 81 %, Tabla 2) que en el invernadero con pantalla móvil recogida (21,5 °C y 76 %). Cuando se mantuvo una apertura reducida de ventanas cenitales durante el período diurno, más convencional (27 %), aunque las diferencias fueron menores para todas las variables, también produjo una mayor concentración media de CO₂ en el aire en el invernadero con pantalla móvil recogida que en el invernadero con pantalla fija, 348 ppm y 329 ppm, respectivamente. Mientras que la temperatura y humedad del aire también fueron mayores en el inverna-

dero con pantalla fija que en el invernadero con pantalla móvil recogida (24,1 °C y 80 % *versus* 23,3 °C y 77 %). La humedad absoluta del cultivo fue menor en el invernadero con pantalla móvil recogida respecto fija, y esta diferencia fue mayor en el escenario con mayor nivel de ventilación.

Conclusiones

El incremento de la temperatura nocturna del aire justo encima del cultivo fue similar en el invernadero con pantalla móvil extendida comparada con la pantalla fija, aunque no se alcanzó una temperatura óptima nocturna para el desarrollo y crecimiento del cultivo de pepino, por lo que sería necesario considerar la integración de otros sistemas pasivos adicionales. El uso de doble techo móvil aumentó la temperatura de rocío respecto al invernadero con pantalla móvil recogida. El uso de la pantalla fija redujo la concentración de CO₂ del aire respecto al invernadero con pantalla móvil recogida, bajo distintos grados de apertura de las ventanas cenitales. De igual modo la pantalla fija aumentó la temperatura y humedad del aire diurno respecto al invernadero con pantalla móvil recogida.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y los fondos FEDER mediante los proyectos AGL2007-64143/AGR y RTA2012-00039-C02-02.

Referencias bibliográficas

- BAILLE, A.; LÓPEZ, J. C.; BONACHELA, S.; GONZÁLEZ-REAL, M. M. y MONTERO J. I. (2006): «Night energy balance in low-cost plastic greenhouse»; *Agric. For. Meteorol.* (137); pp. 107-118.
- BARTZANAS, T.; TCHAMITCHIAN, M. y KITTAS, C. (2005): «Influence of the heating method on greenhouse microclimate and energy consumption»; *Biosyst. Eng.* 91(4); pp. 487-499.
- BONACHELA, S.; GRANADOS, M. R.; LÓPEZ, J. C.; HERNÁNDEZ, J.; MAGÁN, J. J.; BAEZA, E. J. y BAILLE, A. (2012): «How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse»; *Agric. For. Meteorol.* (152); pp. 65-72.
- CASTILLA, N. y BRETONES, F. (1983): «El pepino en invernadero»; *Horticultura* (9); pp. 17-24.
- CEMEK, B.; DEMIR, Y.; UZUN, S. y CEYHAN, V. (2006): «The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine»; *Energy* (31); pp. 1780-1788.
- GRANGE, R. I. y HURD, R. G. (1983): «Thermal screens. Environmental and plan studies»; *Scientia Horticulturae* (19); pp. 201-211.
- KITTAS, C.; KATSOULAS, N. y BAILLE, A. (2003): «Influence of an aluminized thermal screen on greenhouse microclimate and canopy energy balance»; *Transactions of the ASAE* 46(6); pp. 1653-1663.
- LORENZO, P.; MAROTO, C. y CASTILLA, N. (1990): «CO₂ in plastic greenhouse in Almeria (Spain)»; *Acta Horticulturae* (268); pp. 165-169.
- MONTERO, J. I. y ANTÓN, A. (1994): «Evolución tecnológica de los invernaderos españoles»; *Acta Horticulturae* (357); pp. 15-28.

- MONTERO, J. I.; MUÑOZ, P.; ANTÓN, A. e IGLESIAS, N. (2005): «Computational Fluid Dynamic Modelling of Night-time Energy Fluxes in Unheated Greenhouses»; en VAN STRATEN, G. *et al.*, eds.: *Acta Hort.* (691). ISHS.
- ÖZTÜRK, H. H. y BASCETINCELİK, A. (2003): «Effect of thermal screens on the microclimate and overall heat loss coefficient in plastic tunnel greenhouses»; *Turk J. Agric. For* (27); pp. 123-134.
- PERALES, A.; PERDIGONES, A.; GARCÍA, J. L.; MONTERO, J. I. y ANTÓN, A. (2003): «El control de la condensación en invernaderos»; *Revista Horticultura* (168); pp. 14-19.
- SALVADOR, F. J. (2015): «Sistemas pasivos de climatización en períodos fríos: dobles techos»; *Documentos técnicos* (9). Cajamar Caja Rural; pp. 40.

Caracterización agronómica, morfológica y química de variedades de alcachofa en la Región de Murcia

N. García-Martínez, P. Andreo-Martínez y L. Almela

Universidad de Murcia

Resumen

En los últimos años se ha incrementado en la Región de Murcia el cultivo de genotipos de alcachofa (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) alternativos al tradicional 'Blanca de Tudela'. Estos cultivares presentan características físicas, químicas y agronómicas diferenciadoras. El objetivo de este trabajo ha sido su caracterización atendiendo a parámetros como el rendimiento de cultivo, color y morfología de los capítulos, y contenido fenólico. Los seis genotipos estudiados han sido 'B. Tudela', 'Calicó', 'Romanesco', 'Salambó', 'Thema' y 'Violeta de Provenza'. Se ha podido observar diferencias entre cultivares y también en el contenido fenólico dependiendo del período de cosecha. La producción, tamaño, forma y color de los capítulos variaron significativamente en función del genotipo. El peso de los capítulos osciló entre los 150-250 g para los cultivares cuyos capítulos son de menor tamaño, a los 400-500 g en cultivares como 'Calicó' y 'Salambó'. La forma de los capítulos varió de cilíndrica/cónica a esférica/subesférica. Según el color, las variedades pudieron clasificarse en «blancas» ('B. Tudela' y 'Calicó') y «violetas» ('Thema', 'Romanesco', 'Salambó' y 'V. Provenza'). El contenido fenólico varió significativamente según el genotipo y período de cosecha, siendo más elevado en los cultivares 'Thema', 'Romanesco' y 'B. Tudela', especialmente cuando se recolectaron en los meses más cálidos.

Palabras clave: *Cynara cardunculus*, contenido fenólico, color, cultivares, producción, morfología.

Introducción

La alcachofa (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori) es una hortaliza muy apreciada por su sabor y elevados valores nutricional y farmacológico. Compuestos fenólicos tales como los ácidos cafeico y cumárico, derivados cafeilquínicos (cinarina y ácido clorogénico) y otros flavonoides minoritarios (Cabezas-Serrano *et al.*, 2009; Cefola *et al.*, 2012), son los responsables de gran parte de estas propiedades saludables.

España es el mayor exportador de alcachofa a nivel mundial (14.000 t en 2013) y uno de los principales productores (FAOSTAT, 2013). Sin embargo, en los últimos años se ha observado un descenso en el consumo, lo que ha afectado a la producción. Las causas están relacionadas con los cambios sociales y su tediosa preparación culinaria (García-Martínez *et al.*, 2016). También afecta la globalización de los mercados y la gran competencia de países productores emergentes.

Aproximadamente, el 40 % de la alcachofa que se produce en nuestro país se cultiva en la Región de Murcia, siendo el cultivar 'B. Tudela' el más extendido (MAGRAMA, 2015). Sin embargo, otros cultivares apreciados y demandados por mercados internacionales se están produciendo para responder a esta demanda.

Actualmente, existen más de 286 genotipos de alcachofa cultivados en el mundo, con características físicas, químicas y agronómicas diferentes. La forma de los capítulos, tamaño, color, producción, precocidad, o el contenido de compuestos fenólicos varía en función del cultivar (Bianco, 2005). En este trabajo se han caracterizado seis cultivares producidos en la Región de Murcia, atendiendo a los parámetros mencionados.

Material y métodos

Los cultivares estudiados han sido: 'B. Tudela', 'Calicó', 'Thema', 'V. Provenza', 'Salambó' y 'Romanesco'. El cultivo se realizó en una finca experimental en Torre Pacheco (Murcia), siguiendo las prácticas de cultivo habituales en esta zona. La densidad y el marco de plantación varió en función de los cultivares, desde 10.000 plantas/ha y marco de plantación de 1 x 1 m para 'B. Tudela', 'V. Provenza' y 'Thema', hasta 7.000 plantas/ha y marco de 1,5 x 1,5 m para 'Calicó', 'Romanesco' y 'Salambó'. El muestreo se realizó a lo largo del ciclo vegetativo completo (2014-2015), recolectando las alcachofas cuando alcanzaban el tamaño medio comercial.

El rendimiento de los cultivos se ha expresado como la cantidad total (kg) de capítulos producidos por planta a lo largo del ciclo vegetativo. Los resultados fueron la media de 45 plantas analizadas por cultivar.

Las cabezuelas se pesaron con 15-20 cm de pedúnculo y se clasificaron atendiendo al ratio longitud/diámetro como esférica/subesférica ($0,9 \geq \text{Ratio L/D} \leq 1,1$) o cilíndrica/cónica ($\text{Ratio L/D} \geq 1,2$) (Lombardo *et al.*, 2010).

El color de los capítulos fue evaluado mediante espectroscopía de reflectancia según el espacio de color CIELab, usando un espectrofotómetro de reflectancia.

El contenido fenólico fue evaluado en dos períodos (primavera y otoño-invierno) y determinado mediante el Índice de Polifenoles Totales (IPT) (Blouin, 1992) y el Índice de Folin-Ciocalteu (IFC) (Singleton y Rossi, 1965). Para ello, se preparó un extracto de material vegetal (3 g) con tampón fosfato 0,1 M pH=7,2. El triturado se filtró y centrifugó (30 minutos a 20.000 xg y 5 °C) y se llevó hasta 100 mL con el mismo tampón.

Se realizaron 10 muestreos por cultivar. Cada muestra individual (por triplicado) estuvo compuesta por siete capítulos. Los resultados fueron analizadas estadísticamente (SYSTAT 12) mediante análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias individuales entre cultivares se evaluaron mediante el test de Tukey, con nivel de significancia $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran las características morfológicas de los seis cultivares junto con sus rendimientos. El peso y la forma de los capítulos variaron significativamente en función del cultivar. ‘B. Tudela’ y ‘Thema’ fueron los de menor peso medio, mientras que ‘Calicó’ y ‘Salambó’ alcanzaron unos 500 g ‘Romanesco’, ‘Calicó’ y ‘Salambo’ presentan cabezuelas de forma esférica/sub-esférica ($0,9 \geq \text{Ratio L/D} \leq 1,1$); mientras que las de ‘B. Tudela’, ‘Thema’ y ‘V. Provenza’ son cilíndrico/cónica ($\text{Ratio L/D} > 1,2$). Todos los cultivares fueron muy productivos. ‘Calicó’, ‘Romanesco’ y ‘Thema’ superaron los 4 kg/planta; mientras que la producción de ‘B. Tudela’ y ‘V. Provenza’ fue significativamente menor, con unos 3 kg/planta. ‘Salambó’ mostró un comportamiento intermedio.

Tabla 1. Características morfológicas y agronómicas de los cultivares de alcachofa

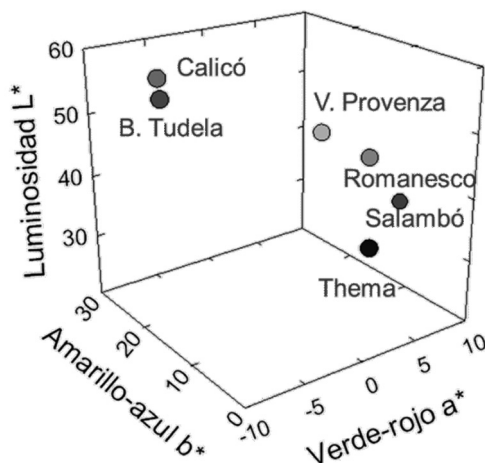
Cultivar	Peso fresco (g)	Ratio L/D	Producción (kg/planta)
Blanca deTudela	164 ± 16 ^a	1,38 ± 0,10 ^a	3,12 ± 0,21 ^a
Calicó	470 ± 45 ^b	0,85 ± 0,06 ^b	4,23 ± 0,46 ^b
Thema	203 ± 46 ^a	1,50 ± 0,05 ^a	4,80 ± 0,34 ^b
Violeta de Provenza	233 ± 42 ^a	2,04 ± 0,11 ^d	2,92 ± 0,26 ^a
Romanesco	237 ± 24 ^a	1,14 ± 0,05 ^c	4,57 ± 0,33 ^b
Salambó	400 ± 55 ^b	0,88 ± 0,06 ^b	3,84 ± 0,50 ^{ab}

* Superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas.

Según las características cromáticas (Gráfico 1), las variedades pudieron clasificarse en «blancas», luminosas y con tonos verdes (‘B. Tudela’ y ‘Calicó’) y «violetas», menos luminosas y con tonos morados (‘Thema’, ‘Romanesco’, ‘Salambó’ y ‘V. Provenza’).

Las características físicas tienen una influencia directa en la aceptabilidad del consumidor. Los cultivares de gran tamaño, como ‘Calicó’ y ‘Salambó’, son muy apreciados en los mercados internacionales como base para rellenos. En España se prefieren las variedades «blancas»; en Italia o Francia son muy apreciadas las «violetas».

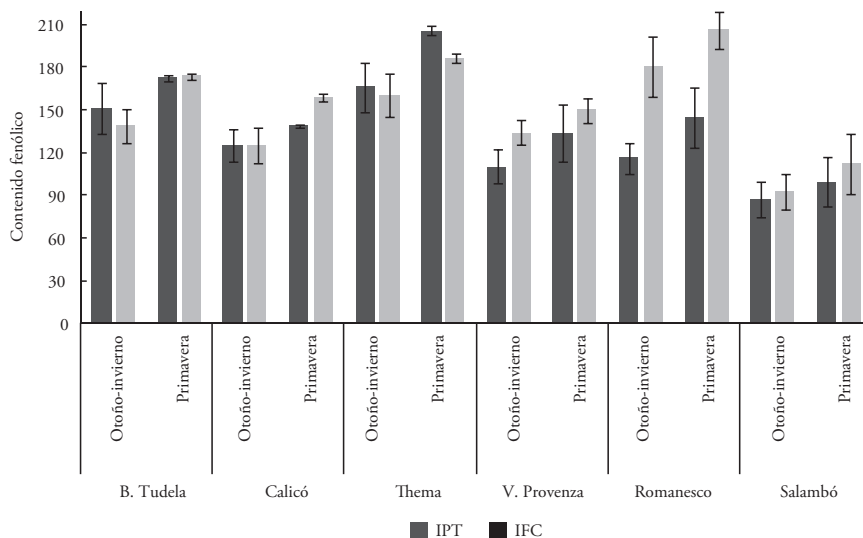
Gráfico 1. Parámetros CIELab de los capítulos de alcachofa en los cultivares estudiados



El Gráfico 2 muestra el contenido fenólico de los cultivares, expresado como IPT e IFC. Ambos índices variaron significativamente en función del genotipo ($p < 0,05$), lo que está de acuerdo con los datos de Cabezas-Serrano *et al.* (2009), Lombardo *et al.* (2010) y Cefola *et al.* (2012). El contenido fenólico fue más elevado en 'Thema', 'Romanesco' y 'B. Tudela', siendo por tanto cultivares recomendables para su comercialización en fresco por el carácter saludable de estos compuestos. 'Romanesco' presentó diferencias acusadas entre los índices IPT e IFC; este hecho podría deberse a la presencia de interferencias de carácter reductor, principalmente aminoácidos y proteínas, capaces de reaccionar con el reactivo Folin-Ciocalteu (Agbor *et al.*, 2014).

El contenido fenólico estuvo afectado por las condiciones climáticas ($p < 0,05$). Las alcachofas recolectadas en primavera tuvieron un contenido fenólico significativamente mayor a las cosechadas en otoño-invierno, con temperaturas más bajas. Esta tendencia también ha sido observada por otros autores en los cultivares 'Romanesco', 'V. Provenza' y 'Thema' (Lombardo *et al.*, 2010; Todaro *et al.*, 2010).

Gráfico 2. Contenido fenólico de los cultivares de alcachofa según el período de cosecha



A la vista de los resultados, puede concluirse que existe una gran variabilidad en las características químico-físicas de los cultivares. Así, en función de la productividad, morfología y color de las cabezuelas, o incluso según el contenido fenólico de los genotipos, se puede decidir el destino de los cultivares.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), dentro del Fondo Tecnológico FT-CYNAMUR.

Referencias bibliográficas

- Agbor, G. A.; Vinson, J. A. y Donnelly, P. E. (2014): «Folin-Ciocalteu reagent for polyphenolic assay»; *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet.* (3); pp. 147-156.
- BIANCO, V. V. (2005): «Present situation and future potential of artichoke in the Mediterran basin»; *Acta Horticulturae* (681); pp. 39-55.
- BLOUIN, J. (1992): *Técnicas d'analyses des moûtes et des vins*; Francia, Paris. Dujardin-Salleron.
- CABEZAS-SERRANO, A. B.; AMODIO, M. L.; CORNACCHIA, R.; RINALDI, R. y COLELLI, G. (2009): «Screening quality and browning susceptibility of five artichoke cultivars for fresh-cut processing»; *J. Sci. Food Agric.* (89); pp. 2588-2594.
- CEFOLA, M.; D'ANTUONO, I.; PACE, B.; CALABRESE, N.; CARITO, A.; LINSALATA, V. y CARDINALI, A. (2012): «Biochemical relationships and browning index for assessing the storage suitability of artichoke genotypes»; *Food Res. Int.* (48); pp. 397-403.
- FAOSTAT (2013): *FAO Statistical Database*. Consultado el 12 de enero de 2015. Disponible en <http://www.faostat.org/>.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, N.; ANDREO-MARTÍNEZ, P.; ALMELA, L.; GUARDIOLA, L. y GABALDÓN, J. A. (2016): «Microbiological and sensorial quality of fresh ready-to-eat artichoke hearts packaged under modified atmosphere»; *J. Food Prot.* doi:10.4315/0362-4028X.JFP-4316-4289.
- LOMBARDO, S.; PANDINO, G.; MAUROMICALE, G.; KNÖDLER, M.; CARLE, R. y SCHIEBER, A. (2010): «Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]»; *Food Chem.* (119); pp. 1175-1181.
- MAGRAMA (2015): *Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Consultado el 5 de junio de 2015. Disponible en http://www.mapama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2014-Avance/AE_2014_Avance.pdf.

SINGLETON, V. L. y ROSSI, J. A. (1965): «Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents»; *Am. J. Enol. Vitic.* (16); pp. 144-158.

Todaro, A.; Peluso, O.; Catalano, A. E.; Mauromicale, G. y Spagna, G. (2010): «Polyphenol oxidase activity from three Sicilian artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L.(Fiori)] cultivars: studies and technological application on minimally processed production»; *J. Agric. Food. Chem.* (58); pp. 1714-1718.

Selección varietal de alcachofas con destino al procesado industrial

N. García-Martínez, P. Andreo-Martínez y L. Almela

Universidad de Murcia

Resumen

El conocimiento de las características de los cultivares de alcachofa (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori) puede ser una herramienta útil para definir su aptitud para el procesado industrial. En este estudio se han evaluado seis cultivares de alcachofa con la finalidad de determinar su aptitud para el procesado en forma de corazones. Para ello, se determinaron parámetros físicos, fisiológicos y bioquímicos de notable influencia: color, humedad, tasa respiratoria, producción de etileno y pardeamiento potencial. Respecto a las variables físicas humedad y color, 'Blanca de Tudela' y 'Calicó' fueron los cultivares más aptos para la industrialización por su elevada humedad y mayor terneza, así como por la ausencia de tonos morados que puedan confundirse con una deficiente manipulación. Los cultivares de mayor estabilidad fisiológica y bioquímica fueron 'Salambó', 'Blanca de Tudela' y 'Violeta de Provenza', siendo también adecuados para el procesado industrial. 'Romanesco', 'Thema' y 'Calicó' tuvieron una elevada tasa respiratoria y mayor susceptibilidad de pardeamiento, mostrando, por ello, peor aptitud para la industrialización.

Palabras clave: *Cynara cardunculus*, *etileno*, *industrialización*, *pardeamiento*, *tasa respiratoria*.

Introducción

España es el tercer productor mundial de alcachofa (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori) tras Egipto e Italia (FAOSTAT, 2013). Aproximadamente, el 60 % de la producción de alcachofa cultivada en nuestro país se industrializa como corazones, en conserva o congelados, o para la producción de productos «listos para consumir» de gran demanda en los últimos años (MAGRAMA, 2015). Sin embargo, esta hortaliza presenta unas características fisiológicas y bioquímicas que afectan al procesado, como son la elevadas tasa respiratoria y la susceptibilidad al pardeamiento (Kader, 2002).

El pardeamiento enzimático es una reacción oxidativa de los compuestos fenólicos catalizada por enzimas endógenas de tipo polifenoloxidasa y peroxidasa que, en presencia de oxígeno, originan compuestos pardos (Cabezas-Serrano *et al.*, 2009; Cefola *et al.*, 2012). Otros procesos que afectan a la industrialización son el ratio respiratorio (RR) y la producción de etileno; ambos se pueden incrementar durante la manipulación de los capítulos, lo que conduce a una rápida pérdida de calidad organoléptica y menor tiempo de vida útil (Kader, 2002; Muratore *et al.*, 2015). También deben ser consideradas características físicas como la humedad y el color de los corazones, que están relacionados con la terneza y la aceptabilidad visual el consumidor.

Todas estas variables químico-físicas y bioquímicas están ligadas al genotipo, y su determinación puede ser útil para evaluar la aptitud para la industrialización. El objetivo de este trabajo ha sido la caracterización químico-física y bioquímica de los corazones de diferentes cultivares de alcachofa con el fin de evaluar su aptitud para este propósito.

Material y métodos

Se utilizaron los cultivares de alcachofa ‘B. Tudela’, ‘Calicó’, ‘Thema’, ‘V. Provenza’, ‘Salambó’ y ‘Romanesco’, producidos en una finca experimental en Torre Pacheco (Murcia). El muestreo se realizó a lo largo del ciclo vegetativo completo (2014-2015), recolectando las alcachofas cuan-

do alcanzaron el tamaño medio comercial: diámetro de 70 mm para 'B. Tudela', 'Thema' y 'V. Provenza'; 80 mm para 'Romanesco'; 120 mm para 'Calicó' y 'Salambó'. Las alcachofas se prepararon eliminando las brácteas externas y el pedúnculo dejando únicamente el corazón. Se analizó, por triplicado, siete corazones por muestreo y cultivar.

La humedad de los corazones fue determinada a 103 ± 1 °C por desecación hasta peso constante. El color numérico fue evaluado según el espacio de color CIELab, usando un espectrofotómetro de reflectancia. El RR y la producción de etileno fueron determinados a las temperaturas de $4 \pm 0,5$ °C y $20 \pm 0,5$ °C, usando un sistema cerrado de jarras de vidrio de 5 L con septum de muestreo. El análisis se realizó extrayendo 1 mL de la atmósfera interna con intervalos de 2 h durante 72 h. El RR y la producción de etileno fueron analizados mediante cromatografía gas-líquido con detector de conductividad térmica. RR se determinó usando una columna de doble empaquetamiento coaxial (tamiz molecular/polímero poroso) que discrimina entre CO_2 y $\text{O}_2 + \text{N}_2$, a la temperatura de 35 °C en horno, inyector y columna. La producción de etileno se determinó con una columna polimérica para la separación de hidrocarburos de 2 m por 1/8» y horno, inyector y columna a temperatura ambiente. En ambos casos se usó helio como gas portador. Se emplearon como estándares mezclas de gases (O_2 24 %, CO_2 2 % y N_2 74 %) y un patrón de etileno de 1000 ppm. Dada la similitud de las masas moleculares del etileno, monóxido de carbono y del nitrógeno, que también podrían estar presentes, se identificaron por CGL-MS, con ionización por impacto de electrones (EI) e inyección *split/splitless*. El RR se calculó según la producción de CO_2 de acuerdo a la ecuación descrita por Fonseca *et al.* (2002).

El pardeamiento potencial (PP) se estimó según el método modificado de Omuaru *et al.* (1990) basado en el descrito por Walter y Purcell (1980). Para ello se preparó un extracto de material vegetal (3 g) en tampón fosfato 0,1 M y pH=7,2. El triturado se filtró y centrifugó durante 30 minutos a 20.000 xg a 5 °C y se aforó a 100 mL. El grado de pardeamiento se obtuvo por diferencia de absorbancia (450 nm) tras dos horas de incubación, entre el extracto y un blanco preparado de igual manera pero adicionando

previamente 2 mL de una solución de β -mercaptoetanol (100 g/L) como inhibidor del pardeamiento.

Todos los parámetros fueron analizados estadísticamente (SYSTAT 12) mediante un análisis de varianza de un factor. Las diferencias individuales entre cultivares se evaluaron mediante el test de Tukey. El nivel de significancia fue $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

La producción de etileno en los corazones de todos los cultivares fue inferior a $0,1 \mu\text{Lkg}^{-1}\text{h}^{-1}$, límite de detección del método, por lo que se puede concluir que este parámetro no tiene una influencia considerable en el proceso de manipulación. Estos resultados son similares a los reportados por Suslow y Cantwell (1997). Por el contrario, el RR (Tabla 1) fue muy elevado y varió significativamente entre cultivares. ‘Romanesco’ fue el de mayor RR, seguido por ‘Thema’ y ‘Calicó’. ‘Salambó’ tuvo un comportamiento intermedio; y ‘B. Tudela’ y ‘V. Provenza’ presentaron los valores más bajos. La disminución de la temperatura redujo significativamente el RR en todos los casos ($p = 0,000$), lo que concuerda con los datos de Suslow y Cantwell (1997) y Kader (2002) sobre la influencia sobre la vida útil de la alcachofa.

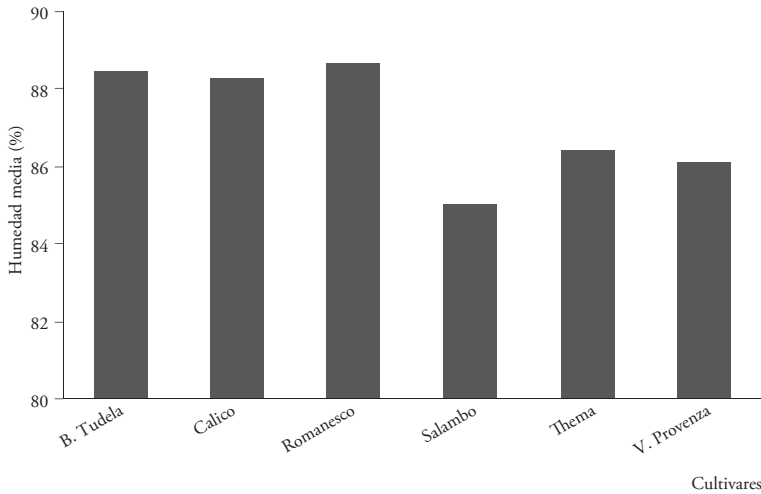
Tabla 1. Ratio respiratorio de los corazones alcachofa de los cultivares estudiados

Cultivares	RR a 4 °C ($\text{mLCO}_2 \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$)	RR a 20 °C ($\text{mLCO}_2 \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$)
B. Tudela	$28,60 \pm 3,44^a$	$93,67 \pm 4,56^a$
Calicó	$54,33 \pm 3,11^b$	$136,56 \pm 4,21^b$
Romanesco	$65,88 \pm 4,09^c$	$174,11 \pm 3,44^c$
Salambó	$41,76 \pm 4,45^d$	$123,44 \pm 3,23^d$
Thema	$59,97 \pm 2,14^c$	$157,99 \pm 4,32^c$
V. Provenza	$29,45 \pm 2,18^a$	$97,65 \pm 5,88^a$

* Superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas.

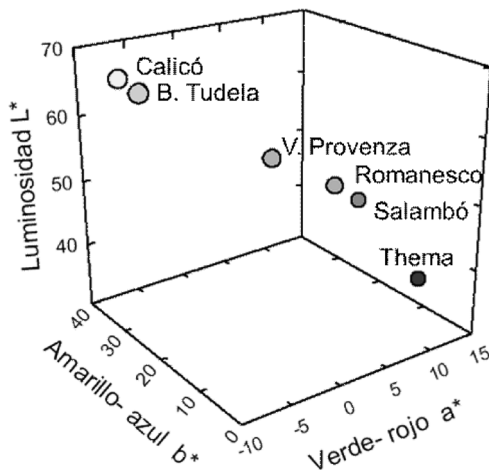
El valor medio de humedad (Gráfico 1) fue del 87 %, variando significativamente en función del cultivar ($p < 0,05$). ‘B. Tudela’, ‘Calicó’ y ‘Romanesco’ presentaron mayor humedad que ‘V. Provenza’, ‘Thema’ y ‘Salambo’. Para el procesamiento industrial, la humedad es un parámetro a considerar ya que está ligada a la terneza del vegetal.

Gráfico. 1. Humedad media de los corazones de alcachofa en función del cultivar. En porcentaje



En el Gráfico 2 se representa, en un espacio tridimensional, los parámetros CIELab en los corazones de los diferentes cultivares. Como puede observarse, el color varió de tonos amarillo-verdosos para ‘B. Tudela’ y ‘Calicó’ (alto valor de L^* y b^* y valores de a^* negativos), a tonos más oscuros, amarillos con manchas púrpuras para el resto de variedades (menor valor de L^* y b^* y valores positivos para a^*). En el procesamiento industrial se prefieren los corazones de alcachofa que no presenten manchas moradas, ya que pueden ser confundidas con defectos.

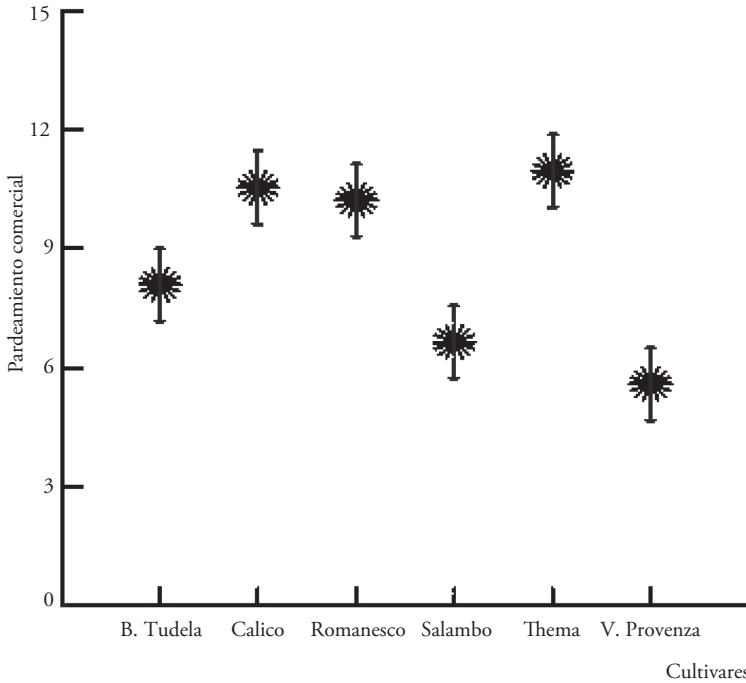
Gráfico 2. Parámetros CIELab de los corazones de alcachofa en los cultivares estudiados



Como se muestra en el Gráfico 3, la susceptibilidad de pardeamiento varió entre los cultivares ($p < 0,05$), siendo mayor para ‘Thema’, ‘Calicó’ y ‘Romanesco’. Los cultivares de alcachofa que presentan menor índice de pardeamiento tienen una mayor estabilidad bioquímica y son los más adecuados para el procesado industrial (Cefola *et al.*, 2012). En este sentido, ‘B. Tudela’, ‘Salambó’ y ‘V. Provenza’ son los más aptos.

En conclusión, la caracterización de los cultivares de alcachofa es una herramienta efectiva para determinar la aptitud para la industrialización. Las variables físicas humedad y color de los corazones son muy importantes ya que se prefieren corazones tiernos (elevada humedad) y sin manchas. Por otra parte, la mayor estabilidad fisiológica y bioquímica también afecta al procesado industrial. Así, se puede concluir que ‘Salambo’, ‘B.Tudela’ y ‘V. Provenza’ fueron los más adecuados desde este punto de vista.

Gráfico 3. Pardeamiento potencial de los corazones de alcachofa en función del cultivar



Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), dentro del Fondo Tecnológico FT-CYNAMUR.

Referencias bibliográficas

CABEZAS-SERRANO, A. B.; AMODIO, M. L.; CORNACCHIA, R.; RINALDI, R. y COLELLI, G. (2009): «Screening quality and browning susceptibility of five artichoke cultivars for fresh-cut processing»; *J. Sci. Food Agric.* (89); pp. 2588-2594.

- CEFOLA, M.; D'ANTUONO, I.; PACE, B.; CALABRESE, N.; CARITO, A.; LINSALATA, V. y CARDINALI, A. (2012): «Biochemical relationships and browning index for assessing the storage suitability of artichoke genotypes»; *Food Res. Int.* (48); pp. 397-403.
- FAOSTAT. (2013): *FAO Statistical Database*. Consultado el de 12 enero de 2015. Disponible en <http://www.faostat.org/>.
- FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. y BRECHT, J. K. (2002): «Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review»; *J. Food Eng.* (52); pp. 99-119.
- KADER, A. A. (2002): «Postharvest biology and technology: An overview»; en *Postharvest Technology of Horticultural Crops* vol. 3311. EEUU, Universidad de California, Agriculture and Natural Resources; pp. 39-48.
- MAGRAMA (2015): *Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Consultado el 5 de Junio de 2015. Disponible en http://www.mapama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2014-Avance/AE_2014_Avance.pdf.
- MURATORE, G.; RESTUCCIA, C.; LICCIARDELLO, F.; LOMBARDO, S.; PANDINO, G. y MAUROMICALE, G. (2015): «Effect of packaging film and antibrowning solution on quality maintenance of minimally processed globe artichoke heads»; *Innov. Food Sci. Emerg.* (31); pp. 97-104.
- OMUARU, V. O. T.; WELFORD, A.; IZONFUO, L. y BRAIDE, S. A. (1990): «Enzymic browning in ripening plantain pulp (*Musa paradisiaca*) as related to endogenous factors»; *J. Food Sci. Technol.* (27); pp. 239-241.
- SUSLOW, T. y CANTWELL, M. (1997): *Artichoke (Globe): Recommendations for maintaining postharvest quality*. Universidad de California, Davis. Consultado el 2 de noviembre de 2013. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/artichoke/>.
- WALTER, W. M. y PURCELL, A. E. (1980): «Effect of substrate levels and polyphenol oxidase activity on darkening in sweet potato cultivars»; *J. Agric. Food. Chem.* (28); pp. 941-944.

Evaluación de la polinización en sandía: uso de polinizadores desechables *vs.* polinizadores estándar

D. Meca, J. C. Gázquez, M. A. Domene, C. Pérez, J. C. López y M. D. Segura

Estación Experimental Cajamar

Resumen

Las sandías sin semilla («triploides») carecen de suficiente polen fértil para poder autofecundarse, recurriéndose a sandías con semillas o diploides que proporcionen el polen viable para la correcta fecundación. Normalmente, se dispone de una línea de plantas diploides por cada dos o tres líneas de triploides o bien, se intercala la sandía diploide en las líneas de las sandías triploides.

En los últimos años se están desarrollando plantas polinizadoras sin fruto o de fruto desechable que aseguren la polinización y la fecundación permitiendo plantar toda la superficie de cultivo de sandía triploide (sandía sin semilla).

El objetivo del ensayo es comparar dos estrategias de polinización en sandía comparando polinización estándar con sandías diploides *vs.* polinizadores de fruto desechable. El material vegetal fue sandía sin semilla cultivar 'Bengala'. Los polinizadores fueron 'Premium' (diploide) y 'Poli-fun' (polinizador desechable). Se trasplantó el 18 de marzo de 2015 y tras 96 días de cultivo, finalizó el 12 de junio de 2015.

Palabras clave: *Cucurbitáceas, Citrullus lanatus, floración, cuajado, producción.*

Introducción

España es el principal origen de la producción consumida en Europa: supone el 47 % de todo el comercio europeo de sandía. Dentro de España, Almería es la provincia con unas exportaciones más altas (suma el 43 % del total, 20 % de toda la sandía consumida en la Unión Europea). Otras áreas relevantes son: Murcia y Valencia, con un volumen, respectivamente, del 25 y el 20 % nacional.

El consumo de sandía ha experimentado en los últimos años un cambio que se ha traducido en un traslado de este hacia la sandía sin semillas, aspecto que ha influido de manera más que notable a nivel de producción en España, principal productor de Europa. Según Ampuero y Cárdenas (2014) el segmento de sandías sin semillas supuso más del 70 % de la oferta actual de la producción española en el año 2012.

Las sandías sin semilla («triploides») carecen de suficiente polen fértil para poder autofecundarse, recurriéndose a sandías con semillas o diploides que proporcionen el polen viable para la correcta fecundación. Normalmente, se dispone de una línea de plantas diploides por cada dos o tres líneas de triploides (25-33 % de polinizador) o bien, se intercala la sandía diploide en las líneas de las sandías triploides.

En los últimos años se están desarrollando plantas polinizadoras sin fruto o de fruto desechable que aseguren la polinización y la fecundación permitiendo plantar toda la superficie de cultivo de sandía triploide.

El objetivo del ensayo es comparar dos estrategias de polinización en sandía comparando polinización estándar con sandías con semilla *vs.* polinizadores de fruto desechable.

Material y métodos

El ensayo se desarrolló en dos invernaderos parral tipo ‘raspa y amagado’, con 900 m² de superficie, con cubierta simétrica y estructura de tubo galvanizado y alambre. Compuesto por cinco capillas orientadas de norte a sur, con una altura en cumbre de 4,20 m y 3 m en el amagado. Contaba con ventilación lateral (Norte-Sur) y cenital automatizadas y



cubiertas de malla antiinsectos 20*10 hiloscm². El riego fue por goteo, con goteros de 3 l h⁻¹.

El material vegetal fue sandía sin semilla cultivar ‘Bengala’ (Nunhems). Los polinizadores fueron cultivar diploide ‘Premium’ (Nunhems) y cultivar de fruto desechable ‘Polifun’ (Seminis).

Se trasplantó el 18 de marzo de 2015 y tras 96 días de cultivo, finalizó el 12 de junio de 2015. Se cultivó en fibra de coco a una densidad de plantación de 0,35 pl m⁻².

La distribución del material vegetal se resume a continuación:

- Tratamiento 1: polinizador desechable ‘Polifun’ y cultivar triploide ‘Bengala’ 100 % sandía triploide. La disposición del polinizador se incluye en la plantación sin que disminuya el número de plantas triploides (1:3).
- Tratamiento 2: cultivar diploide ‘Premium’ y cultivar triploide ‘Bengala’. Relación 1:3. La disposición del polinizador se realizó dentro de las líneas de cultivo con el 25 % de polinizador.

El sistema de cultivo empleado fue hidropónico con bolsas de fibra de coco.

La polinización se realizó mediante la introducción de una colmena de abejas (*Apis mellifera*) preparada por un apicultor profesional y adaptada a la dimensiones del invernadero, colocándose en el lado norte de la parcela y orientada hacia el sur.

Se determinó producción distinguiendo entre producción total, comercial y no comercial, así como por categoría (I y II), número de frutos y peso medio del fruto comercial, según la norma de calidad para sandía (artículo 10 del Decreto 402/2008 de 8 de julio de 2008). Se realizó también una determinación de calidad organoléptica de frutos en el primer corte realizado.

Se realizó un diseño experimental unifactorial, con 4 repeticiones por tratamiento y cada repetición estaba formada por 4 plantas. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos

se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., EEUU).

Resultados y discusión

No se observan diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de producción analizados (Tabla 1).

Tabla 1. Producción total (PT), comercial (PC), no comercial (Destrío), frutos comerciales y peso medio del fruto comercial para el cultivo de sandía en la campaña 2015

Tratamientos	Cultivar	Producción total (kg m ⁻²)	Producción comercial (kg m ⁻²)	Producción no comercial (kg m ⁻²)	Frutos comerciales (núm. m ⁻²)	Peso medio fruto comercial (g fr ⁻¹)
T1	Bengala	8,0 ^{ab}	7,9 ^{ab}	0,1 ^{ab}	1,6 ^b	5,0 ^a
T2	Bengala	9,0 ^a	8,6 ^a	0,4 ^a	1,6 ^b	5,3 ^a
	Premium (poliniz. diploide)	7,0 ^b	7,0 ^b	0 ^b	2,1 ^a	3,5 ^b

* Valores dentro de la misma columna seguido de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$) (LSD).

La producción total y comercial de sandía alcanzada al final del ciclo productivo fue ligeramente superior en el tratamiento T2 sin existir diferencias significativas entre tratamientos. La producción comercial de sandía triploide fue un 9 % mayor en el tratamiento estándar, alcanzando 8,6 kg m⁻² frente a los 7,9 kg m⁻² en la parcela con polinizador desechable (Tabla 1). Resultados similares a los obtenidos por Pérez (2014) donde se hizo una comparativa similar a la nuestra en invernadero utilizando polinizador desechable (SP-4, Syngenta) vs. polinizador diploide (11,8 % mayor con polinizador diploide). Romeu *et al.*, (2009) compararon la producción de dos sandías triploides polinizadas con polinizador desechable y sandía diploide al aire libre, obteniendo una producción comercial casi idéntica; mientras que Martínez (2012) obtuvo un rendimiento del 13 % a favor

de la polinización con polinizador desechable (SP-4 *vs.* Jenny) en sandía Fashion en invernadero.

El número de frutos fue similar entre tratamientos mientras que el peso medio de fruto comercial fue ligeramente mayor, sin existir diferencias significativas (en torno a 6 %) en T2. En los ensayos comentados anteriormente Romeu *et al.*, 2009 y Martínez (2011) se muestra la misma tendencia en peso medio de fruto siempre ligeramente superior a favor de los polinizadores diploides (4-6 % y 3 %, respectivamente).

Al extrapolar los datos de producción obtenidos y considerando la superficie real de cada polinizador, la producción comercial de sandía sin semilla fue superior en la parcela con polinizador desechable, con las ventajas que ello puede suponer, tendencia similar a la observada por Pérez (2014).

No se aprecian diferencias significativas en los diferentes parámetros de calidad analizados (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Determinación de parámetros de calidad de fruto °Brix, acidez (% ácido cítrico), pH, humedad (%), índice de color (IC) e índice de madurez (IM)

Tratamientos	°Brix	Acidez	pH	Humedad	IC	IM
T1	11,3 ^a	0,08 ^a	5,54 ^a	89,4 ^a	37,3 ^a	136,7 ^a
T2	11,5 ^a	0,1 ^a	5,64 ^a	91,3 ^a	39,2 ^a	117,5 ^a

* Valores dentro de la misma columna seguido de letras diferentes difieren significativamente ($P < 0,05$) (LSD).

Tabla 3. Determinación de parámetros de calidad de fruto cicatriz pistilar (mm), grosor de corteza (mm), firmeza de pulpa (mm), diámetro de fruto (cm), altura de fruto (cm) y coeficiente de forma (relación diámetro longitudinal/ecuatorial)

Tratamientos	C. pistilar	Grosor corteza	Firmeza	Diámetro	Altura	CF
T1	21,1 ^a	12,0 ^a	7,35 ^a	20,8 ^a	33,5 ^a	1,0 ^a
T2	18,1 ^a	11,6 ^a	7,21 ^a	21,4 ^a	34,4 ^a	1,0 ^a

* Valores dentro de la misma columna seguido de letras diferentes difieren significativamente ($P < 0,05$) (LSD).

Al hacer un balance económico comparando ingresos frente a costes podemos observar que prácticamente el beneficio neto fue el mismo en ambas estrategias de polinización.

Tabla 4. Beneficio neto para un cultivo de sandía con polinización estándar y con plantas de fruto desechable durante la campaña 2015/16

Tratamientos	Ingresos (€ m ⁻²)*	Costes (€ m ⁻²)**	Beneficio neto (€ m ⁻²)
T1	2,45	1,66	0,79
T2	2,37	1,60	0,77

* Teniendo en cuenta producción comercial y precio en origen.

** Costes de cultivo incluyendo mayor cantidad de planta en T1.

Referencias bibliográficas

- AMPUERO, C. y CÁRDENAS, J. (2014): «AGF: Modelo de negocio innovador en el sector agroalimentario»; en *Técnicas de cultivo y comercialización de la sandía*. Cajamar Caja Rural, Almería. pp. 301-319.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL (2015): *Ficha de producto Campaña 2014/15. Sector hortícolas protegidos*. Observatorio de Precios de la Junta de Andalucía.
- MARTÍNEZ, M. A. (2012): «Evaluación comparativa en cultivo de sandía triploide cultivar ‘Fashion’ de dos polinizadores, polinizador convencional cultivar ‘Jenny’ y desechable SP 4»; *Proyecto monográfico de Ingeniería Técnica Agrícola en hortofruticultura y Jardinería*. Universidad de Almería. Escuela Superior de Ingeniería.
- PÉREZ, C. (2014): «Ensayos de polinización en sandía bajo plástico»; en *Técnicas de cultivo y comercialización de la sandía*. Cajamar Caja Rural, Almería; pp. 181-198.
- ROMEU, M. (2009): «Ensayos sobre sandías: polinizadores en sandías triploides. Museros (Anecoop)»; *Memoria de actividades*.

Prevención y control integrado del oídio con Armurox[®] en cultivos hortícolas y fresón

A. Botta^a, C. Marín^a, L. García-Gutiérrez^b, N. Sierras^a
y A. Pérez-García

^aBioibérica SA

e ^bInstituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea 'La Mayora'

Resumen

Entre las enfermedades de origen fúngico que afectan a los cultivos hortícolas destaca por su importancia epidemiológica el oídio. Armurox[®] es un inductor de resistencia en base a un complejo de péptidos y Silicio soluble, desarrollado por el departamento de I+D de Bioibérica. El objetivo del presente trabajo consistió en desarrollar una serie de experiencias para evaluar sus efectos en parcelas comerciales en diferentes cultivos hortícolas, especialmente sensibles a la problemática del oídio. En este caso se presentan ensayos en pimiento, calabacín y fresa como cultivos representativos. El protocolo en todos los casos consistió en un programa de 4-6 aplicaciones foliares del inductor con intervalos de 1-2 semanas según el caso y a la dosis de 400mL/hL hasta punto de goteo. En las diferentes observaciones se evaluó tanto el porcentaje de incidencia como el porcentaje de severidad de la enfermedad, obteniendo unos resultados de eficacia similares al programa de fungicidas estándar del agricultor. Por otro lado, con el objetivo de elucidar el mecanismo de acción del producto, se realizó también un estudio en condiciones controladas empleando para ello el patosistema modelo melón-oídio de las cucurbitáceas, cuyo agente causal es *Podosphaera xanthii*. Tras las aplicaciones preventivas de Armurox[®] y posterior inoculación del patógeno se observó la activación de mecanismos de defensa tales como el reforzamiento de paredes celulares, la producción de especies reactivas de oxígeno, así como la sobreexpresión de genes de proteínas PR,

respuesta típica en la resistencia de tipo post-haustorial descrita en cucurbitáceas frente *P.xanthii*. Los resultados de los estudios muestran como este producto es una buena herramienta para su uso en agricultura integrada y ecológica, dado su efectividad en el control de la enfermedad en parcelas de cultivos comerciales y su mecanismo de acción dual, de reforzamiento físico de la planta e inducción de defensas bioquímicas.

Palabras clave: *inductor defensas, fitopatógenos, Podosphaera xanthii, protección sostenible.*

Introducción

El oídio es una enfermedad devastadora a nivel mundial causada por hongos biótrofos que crecen en la superficie de plantas huéspedes susceptibles, alimentándose de ellas (Panstruga, 2003). Aunque se han invertido grandes esfuerzos en programas de mejora genética, la aplicación de fungicidas continúa siendo la principal herramienta de lucha contra esta enfermedad en la mayoría de los cultivos. Dichas prácticas han conllevado la aparición de resistencias creando la necesidad de utilizar tratamientos alternativos, mucho menos agresivos, medioambientalmente sostenibles y sin problemáticas de residuos químicos (López-Ruiz *et al.*, 2010).

Una de las estrategias más interesantes para el control de enfermedades de plantas se basa en el uso de los denominados inductores de resistencia. Armurox® es un producto elicitador de la respuesta defensiva de la planta que ha sido testado frente enfermedades fúngicas diversas con buenos resultados (Cacique *et al.*, 2013; Amador *et al.*, 2013).

Los objetivos del presente trabajo son mostrar algunas de las experiencias en cultivos hortícolas y fresón, así como elucidar su mecanismo de acción en un patosistema modelo.

Material y métodos

Experiencias de eficacia en campo en hortalizas y fresón

Para la comprobación de la eficacia en campo del producto se realizaron varios ensayos en campo en distintos cultivos, de los cuales se presentan tres ensayos hechos en pimiento cultivar 'Lamuyo' (*Capsicum annuum* L.), calabacín (*Curcubita pepo* L.) y fresa cultivar 'Festival' (*Fragaria vesca* L.) en el sureste español. El programa consistía de 4-6 aplicaciones foliares del inductor con intervalos de 1-2 semanas según el caso y a la dosis de 400 ml hl⁻¹ hasta punto de goteo. En las diferentes evaluaciones se estudió tanto el porcentaje de incidencia como el porcentaje de severidad de la enfermedad del oídio. Todos los resultados se compararon frente a un testigo y a un programa fungicida estándar del agricultor, realizándose un análisis ANOVA utilizando el test de comparación de medias LSD con un nivel de confianza del 95 %.

Estudio del mecanismo de acción de Armurox®

El experimento para estudiar el mecanismo de acción inducido por Armurox® se llevó a cabo en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea 'La Mayora' en Málaga, empleando el patosistema modelo melón-oídio de las cucurbitáceas, cuyo agente causal es *Podosphaera xanthii*. El experimento se realizó en cámaras de cultivo en las condiciones de incubación habituales para *P. xanthii*, 25 °C y ciclo de iluminación de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. Se utilizaron tres grupos de plantas de melón (*Cucumis melo* L.), dos tratamientos con Armurox® (aplicación foliar *vs.* radicular) y un grupo de plantas sin tratar (control). La dosis de inóculo fúngico fue de 10⁴ conidios ml⁻¹. El tratamiento foliar del producto se realizó en tres aplicaciones a la concentración de 0,4 % (-2, +5 y +10 días después inoculación patógeno). El tratamiento radicular se realizó en dos aplicaciones a la concentración de 0,5 % (-2 y +7 días después inoculación). Se hizo un seguimiento del desarrollo de los síntomas de la enfermedad y se tomaron muestras tanto para el estudio del desarrollo del patógeno mediante microscopía electrónica de transmisión (SEM) como

para el análisis de marcadores de defensa: depósitos de pared (calosa y lignina) y producción de especies reactivas de oxígeno (peróxido de hidrógeno) mediante análisis histoquímicos, y expresión de genes de defensa (PR-1, peroxidasa, y quitinasa ácida) mediante qPCR.

Resultados y discusión

Referente a la verificación de la eficacia en campo del producto Armurox®, en los tres ensayos presentados se observó un buen control sobre la incidencia de la enfermedad del oídio en pimientos, calabacín y fresa parecido a la eficacia del programa fungicida estándar del agricultor y en situaciones de incidencia intermedia/elevada en el caso del control sin tratar (Gráficos 1, 2 y 3). Además, el programa de aplicaciones de Armurox® representó una reducción importante de las materias activas aplicadas manteniendo el control efectivo de la enfermedad.

Gráfico 1. Control de hojas de pimiento con presencia de oídio (% incidencia de la enfermedad) en la última evaluación del ensayo. Análisis estadístico de los datos (Test LSD, 95 %)

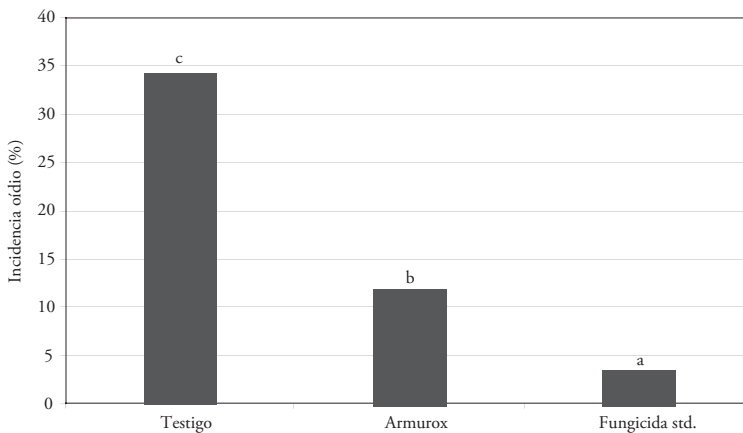


Gráfico 2. Evolución del porcentaje de incidencia de la enfermedad a lo largo de las cuatro evaluaciones del ensayo en calabacín

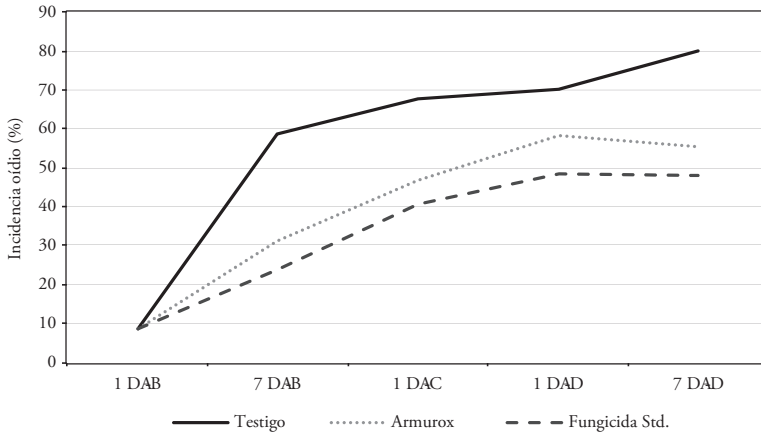
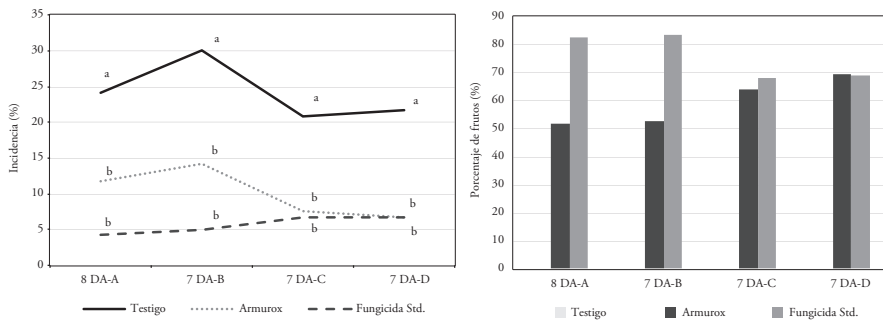


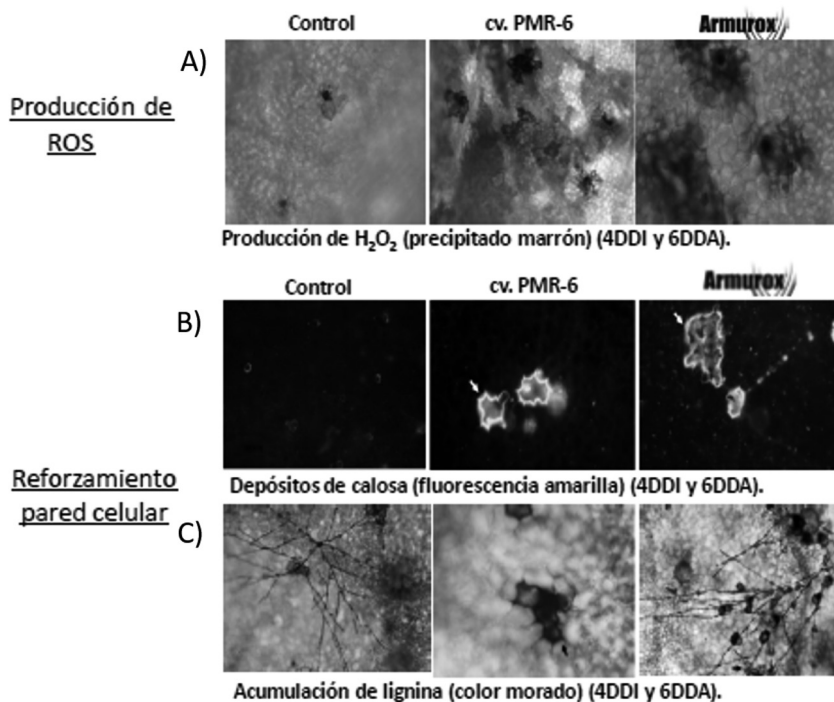
Gráfico 3. Incidencia (%). Porcentaje de frutos de fresa dañados por *Podospaera xanthii*. Eficacia Abbott



En cuanto a los resultados del estudio del mecanismos de acción, tanto el tratamiento foliar como radicular de Armurox® consiguieron reducir el porcentaje de severidad de la infección de *P. xanthii*. En los efectos sobre el mecanismo de defensa, en las plantas tratadas con Armurox® se desencadenó una reacción parecida al cultivar resistente a *P. xanthii* (cultivar

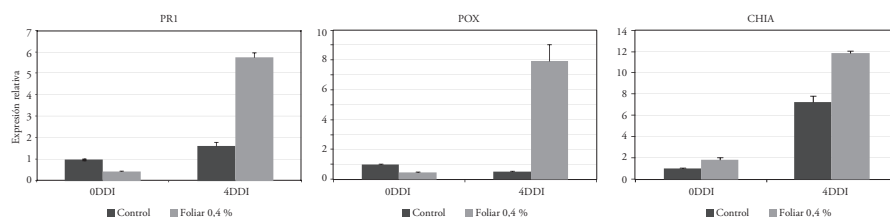
‘PMR-6’), en cuanto a producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y acumulación de calosa y lignina, que no se produjo en las plantas Control (Figura 1 A, B y C). Por otro lado, se detectó un incremento en la expresión de genes de defensa PR-1 (Pathogenesis-related protein 1), POX (Peroxidasa) y CHIA (Quitinasa ácida) en plantas tratadas con aplicación de Armurox® respecto el tratamiento Control a los 4 días de la inoculación con *P. xanthii* Gráfico 4).

Figura 1. Micrografías representativas del efecto de los distintos tratamientos (Control, cultivar ‘PMR-6’ y Armurox®) obtenidas 4 días después de la inoculación del patógeno. A) Producción de peróxido de hidrógeno (precipitado marrón). B) Depósitos de calosa (fluorescencia amarilla). C) Acumulación de lignina (color morado)



El procesado de las muestras se llevó a cabo tal y como se describe en Romero *et al.* (2008).

Gráfico 4. Expresión relativa de genes de defensa PR1, POX y CHIA en plantas de melón tratadas con Armurox® e infectadas con *P. xanthii*



Los datos se relativizaron frente muestras control no tratadas y no infectadas (tiempo 0). Los valores mostrados en la gráfica representan la media de 3 reacciones independientes y la desviación típica (barras).

En conclusión, tras la aplicación de Armurox® y la inoculación del patógeno se observó una drástica reducción de la severidad de la enfermedad que está directamente relacionada con un menor desarrollo del patógeno que en muchos casos quedaría detenido en el estadio de primer tubo germinativo y probablemente primer haustorio. Además, en las plantas tratadas, tras la inoculación del patógeno se observó la activación de mecanismos de defensa de las plantas como el reforzamiento de paredes celulares y un incremento en la expresión de genes de proteínas PR, de manera similar a lo observado en la resistencia de tipo post-haustorial ya descrita en cucurbitáceas en respuesta a *P. xanthii* (Romero, 2008). Por tanto, aunque no se pudo descartar una acción local del producto, Armurox® mostró una marcada actividad sistémica que permite controlar el desarrollo de un patógeno foliar mediante aplicaciones foliares y/o radiculares del producto.

Referencias bibliográficas

- AMADOR, O.; CERDÀ, J. M.; SANCHO, S. y HERNÁNDEZ, R. (2013): «Aumento del potencial productivo en caña de azúcar por aplicación de Armurox® como fuente de silicio biodisponible»; Costa Rica, San José, XIX Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA) 9-10 de septiembre; pp. 43-53.
- CACIQUE, I. S.; DOMICIANO, G. P.; MOREIRA, W. R.; RODRIGUES, F. A.; CRUZ, M. F. A.; SIERRAS, N. y BOTTA, A. (2013): «Effect of root and leaf applications of soluble silicon on blast development in rice 72(3)». *Bragantia*, Campinas; pp. 304-309.
- LÓPEZ-RUIZ, F.; PÉREZ-GARCÍA, A.; FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; ROMERO, D.; GARCÍA, E.; DE VICENTE, A.; BROWN, J. K. M. y TORÉS, J. A. (2010): «Sensitivities to DMI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain»; *Pest Management Science* (66); pp. 801-808.
- PANSTRUGA, R. (2003): «Establishing compatibility between plants and obligate biotrophic pathogens»; *Curr Opin Plant Biol.* (6); pp. 320-6.
- ROMERO, D.; RIVERA, M. E.; CAZORLA, F. M.; CODINA, J. C.; FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; TORÉS, J. A.; PÉREZ-GARCÍA, A. y DE VICENTE, A. (2008): «Comparative histochemical analyses of oxidative burst and cell wall reinforcement in compatible and incompatible melon-powdery mildew (*Podosphaera fusca*) interactions»; *Journal of Plant Physiology* (165); pp. 1895-1905.

Doble cubierta inflada: microclima y respuesta productiva de un cultivo de tomate

C. Pérez^a, J. C. López^a, D. Meca^a, F. Bonache^b y S. Bonachela^b

^aEstación Experimental Cajamar y ^bUniversidad de Almería

Resumen

Las condiciones microclimáticas durante el período invernal en los invernaderos del litoral mediterráneo hacen necesario el empleo de sistemas pasivos de calefacción como dobles techos, acolchados plásticos, pantallas térmicas, etc. El doble plástico inflado en invernadero es un sistema pasivo usado en zonas templadas que consiste en la creación de una cámara de aire entre dos láminas plásticas que forman el cerramiento del invernadero. En el ensayo se comparó un invernadero con doble plástico inflado y un invernadero con cubierta convencional, determinando las condiciones climáticas como temperatura del aire y radiación PAR, así como la respuesta productiva de un cultivo de tomate en ciclo largo. El invernadero con doble plástico inflado presentó una reducción media del 5 % en transmisividad respecto al convencional durante el ciclo de cultivo. Respecto a la temperatura, el doble plástico inflado aumentó en 1 °C la temperatura del aire en el período nocturno y redujo ligeramente la temperatura en el período diurno. La temperatura media diaria registrada durante el ciclo de cultivo fue similar entre los dos invernaderos. El rendimiento productivo alcanzado al final de ciclo de cultivo, fue significativamente mayor en el invernadero convencional que en el invernadero con doble plástico inflado, con 15,6 kg m⁻² y 14,4 kg m⁻² en producción total y comercial respectivamente.

Palabras clave: *invernadero, radiación, temperatura, Solanum lycopersicum.*

Introducción

Las condiciones microclimáticas durante el período invernal en los invernaderos del litoral mediterráneo hacen necesario el empleo de sistemas pasivos de calefacción como dobles techos, acolchados plásticos, pantallas térmicas, cortinas plásticas, mantas térmicas, tunelillos (Céspedes *et al.*, 2010; Salvador, 2015; Bonachela *et al.*, 2012). El doble plástico inflado en invernadero es un sistema pasivo usado en zonas templadas que consiste en la creación de una cámara de aire entre las dos láminas plásticas que forma el cerramiento del invernadero. Esta cámara reduce las pérdidas de energía y el coste energético de los sistemas de calefacción activos (Castilla, 2007). También mejora la resistencia del plástico frente al viento y evita el goteo de agua de condensación desde la cubierta al cultivo (Roberts y Mears, 1969), reduciendo la incidencia de enfermedades fúngicas.

El objetivo del ensayo fue comparar el microclima (temperatura del aire y radiación) y la respuesta productiva de un cultivo de tomate cultivado en un invernadero con doble plástico inflado y un invernadero con cubierta convencional.

Material y métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Cajamar, situada en el término municipal de El Ejido, (Almería) durante la campaña 2014/15. Se desarrolló en un invernadero tipo multitúnel con cubierta asimétrica, orientada Este-Oeste, con de 5,4 m de alto en cumbre y 3,4 m en canaleta. La superficie total del ensayo fue de 1.800 m², dividido en dos módulos independientes de 900 m². La ventilación fue natural mediante ventanas cenitales abatibles orientadas al sur en cada uno de los módulos, protegidas con malla antinsectos de 20 × 10 hilos cm⁻² y aunque poseía ventanas laterales, estas permanecieron cerradas durante todo el ensayo.

En el módulo con doble cubierta inflada, el plástico de la cara externa era un *film* KRITIKFIL UV 2996 (Plastika Kritis SA, Grecia) de 180 micras, incoloro, super resistente y no térmico, mientras que en la cara interna se utilizó un film KRITIFIK TUV3992 AD (Plastika Kritis

SA, Grecia), de 180 micras, antigoteo, térmico e incoloro, ambos con una transmisión a la luz visible del 90 % y con una duración de tres campañas. La cubierta plástica se mantuvo inflada introduciéndole aire entre los citados *films* plásticos con un ventilador centrífugo a media presión (modelo MB16/6T2, Casals, Girona, España) unido a un motor trifásico de inducción. Dicho ventilador funcionó con períodos fijos de bombeo y de pausa durante las 24 horas del día, a lo largo de todo el ensayo. El consumo energético se contabilizó con un contador eléctrico digital (modelo ECP 1155, MBS, Sulzbach-Laufen, Alemania).

El módulo con cubierta convencional estaba cubierto con un plástico tricapa térmico de tres campañas de duración (TRC TH, Sotrafa, España), con una transmisión total de la luz visible del 94 %, una difusión 26 % y una termicidad 86 %. El plástico tenía un espesor de 200 micras (800 galgas).

El material vegetal utilizado fue tomate (*Solanum lycopersicum*), cultivar 'Ventero' (*Seminis Vegetable Seeds*). El trasplante se realizó el día 2 de octubre de 2014 y el cultivo finalizó el 19 de mayo de 2015 (229 días después de trasplante, ddt), con una densidad de plantación de 0,8 plantas m⁻² y de 1,6 tallos m⁻². El sistema de cultivo empleado fue hidropónico con bolsas de fibra de coco, de 21 litros de volumen total, dispuestos sobre canalones de PVC para la recogida del drenaje. La polinización natural se realizó con abejorros (*Bombus terrestris*), introduciendo una colmena por módulo (900 m²) con la aparición de las primeras flores.

La gestión del clima se realizó mediante un controlador climático (Brinkman, Aliance, Holanda). Cada módulo de invernadero dispuso de un psicrómetro ventilado (Priva, Holanda) con sondas Pt-100 para la medida de la temperatura del aire (bulbo seco y bulbo húmedo) colocados sobre el cultivo. Para caracterizar las condiciones climáticas exteriores se utilizaron los datos de la estación meteorológica situada a pocos metros del invernadero de ensayo. Los parámetros se almacenaban en un equipo de control y gestión del clima (Campbell Scientific, Leicestershire, Gran Bretaña).

Se determinó el rendimiento productivo distinguiendo entre producción total, comercial y no comercial, número de ramos y peso medio del

ramo comercial, según la norma de calidad para tomate (artículo 10 del Decreto 402/2008 de 8 de julio de 2008).

Para determinar la transmisividad de las cubiertas, se realizaron medidas de radiación PAR con un ceptómetro modelo ACCUPAR LP-80 (Decagon devices, Pullman, USA). En días completamente despejados se realizaron tres medidas, a primera hora del día (8:00 hora solar), media mañana (10:00 hora solar) y medio día (12:00 hora solar).

La gestión de plagas y enfermedades se realizó según el Reglamento Específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos para el cultivo de tomate (Orden de 15 de diciembre de 2015, publicado en BOJA 248 de 24 de diciembre de 20015).

Los tratamientos establecidos durante el ensayo fueron:

- *Tratamiento 1*: doble cubierta de plástico inflado.
- *Tratamiento 2*: cubierta convencional.

Se realizó un diseño experimental unifactorial, con 6 repeticiones por tratamiento y cada repetición estaba formada por 10 plantas. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc, EEUU).

Resultados y discusión

Microclima

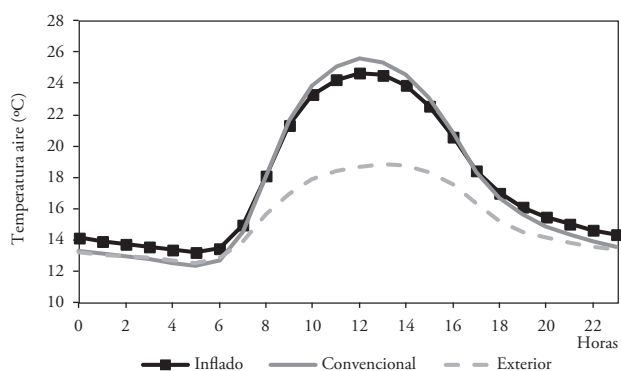
La temperatura media diaria registrada durante el ciclo de cultivo en el invernadero con doble plástico inflado fue similar a la registrada en el convencional, 17,5 y 17,3 °C, respectivamente (Tabla 1), con valores que oscilaron entre 11 °C y 30 °C. Estos resultados no coinciden con Cemek *et al.* (2006) que observaron un incremento de la temperatura media diaria del aire entre 2 y 3 °C en un invernadero con doble plástico inflado con respecto a un invernadero con cubierta plástica simple. El invernadero con doble plástico inflado presentó una mayor temperatura nocturna y

una menor diurna, aunque las diferencias fueron pequeñas. Las mayores diferencias se produjeron, lógicamente, en la temperatura máxima y mínima diaria. El invernadero con doble cubierta inflada tuvo 1 °C más de temperatura en la media de las mínimas y 0,8 °C menos en la media de las máximas (Tabla 1 y Gráfico 1).

Tabla 1. Valores medios de temperatura del aire durante el cultivo de tomate en un invernadero con cubierta inflada y convencional. En °C

Tratamientos	Media diaria	Media diurna	Media nocturna	Media de las máximas	Media de las mínimas
Inflado	17,5	21,1	14,3	26,3	12,4
Convencional	17,3	21,5	13,6	27,1	11,4
Exterior	15,1	17,1	13,3	19,6	10,6

Gráfico 1. Promedio horario de la temperatura del aire durante todo el ciclo de cultivo



El invernadero con doble plástico inflado presentó una reducción media del 5 % en transmisividad respecto al convencional durante el ciclo de cultivo. Las mayores diferencias se observaron a primera hora con una reducción del 7,7 % (Tabla 2). Esta reducción de transmisividad coincide con lo observado por Cemeck *et al.* (2006), aunque ellos midieron una pérdida de transmisividad del 20 %.

**Tabla 2. Transmisividad media de la cubierta durante el ciclo de cultivo.
En porcentaje**

Tratamientos	Primera hora (8:00 hora solar)	Media mañana (10:00 hora solar)	Mediodía (12:00 hora solar)	Media diaria
Inflado	48,6	59,3	60,4	56,1
Convencional	56,3	63,4	63,8	61,1

Producción

El rendimiento productivo alcanzado al final de ciclo de cultivo, fue significativamente mayor en el tratamiento convencional que en el inflado, con 15,6 kg m⁻² y 14,4 kg m⁻² en producción total y comercial, respectivamente (Tabla 3). La menor producción total (10 %) y comercial (11,8 %) del invernadero con cubierta inflada debió estar causada por una menor radiación solar incidente en este invernadero (5 % menor), ya que el resto de las condiciones climáticas y de manejo de cultivo fueron similares. Papadopoulos y Hao (1997) en un cultivo de tomate, encontraron una reducción de la producción del 8,5 % en un invernadero con plástico inflado, que atribuyeron a la reducción de radiación. Bonachela (comunicación personal) observó que al utilizar plásticos de alta transparencia, se obtenían producciones similares ya que no se reducía radiación.

Tabla 3. Rendimiento comercial de un cultivo de tomate en invernadero con cubierta inflada y convencional

Tratamientos	Producción total (kg m ⁻²)	Producción comercial (kg m ⁻²)	Producción no comercial (kg m ⁻²)	Peso medio Ramillete (g ramo ⁻¹)	Ramos (Ramos m ⁻²)
Inflado	14,0 ^b	12,7 ^b	1,3 ^a	551,7 ^a	22,3 ^a
Convencional	15,6 ^a	14,4 ^a	1,2 ^a	579,1 ^a	23,8 ^a

* Las letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas $P \leq 0,05$, según el test LSD.

Conclusiones

El uso de doble plástico inflado como cerramiento de un invernadero mejoró la temperatura del aire en el período nocturno, pero redujo la temperatura diurna y la transmisividad a la radiación solar, provocando reducciones en producción total y comercial en un cultivo de tomate.

Referencias bibliográficas

- BONACHELA, S.; GRANADOS, M. R.; LÓPEZ, J. C.; HERNÁNDEZ, J.; MAGÁN, J. J.; BAEZA, E. J. y BAILLE, A. (2012): «How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse»; *Agricultural and Forest Meteorology* (152); pp. 65-72.
- CASTILLA, N. (2007): *Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo*. España, Mundi-Prensa; pp. 462.
- CEMEK, B.; DEMIR, Y.; UZUN, S. y CEYHAN, V. (2006): «The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine»; *Energy* (31); pp. 1780-1788.
- CÉSPEDES, A. J.; GARCÍA, M. C.; PÉREZ, J. J. y CUADRADO, I. M. (2010): *Caracterización de la explotación hortícola protegida almeriense*. Cajamar Caja Rural y FIAPA; pp. 178.
- PAPADOPOULOS, A. P. y HAO, X. (1997): «Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity, and energy use»; *Scientia Horticulturae* (70); pp. 165-178.
- ROBERTS, W. J. y MEARS, D. R. (1969): *Double Covering a Film Greenhouse Using Air to Separate Film Layers*. *transactions of the ASAE*; pp. 32-38.
- SALVADOR, F. J. (2015): «Sistemas pasivos de climatización en períodos fríos. Dobles techos»; *Documentos técnicos* (9). Cajamar Cajarural; pp. 39.

Respuesta del cultivo de la patata a diferentes dosis de riego en la vega de Sevilla

*P. Cermeño^a, E. J. Cabello^a, J. A. García^a, M. J. Romero^a, C. Jarén^a
y L. Andreu^b*

^aIFAPA y ^bUniversidad de Sevilla

Resumen

El cultivo de la patata ha experimentado una disminución de su superficie del 58 % en Andalucía y 60 % en España en los últimos 20 años. Diferentes factores son los que provocaron este descenso: incremento coste de producción, disminución del precio de las patatas, necesidad de cambio de parcela de cultivo, escasez de agua para riego en ciertas zonas de producción en años concretos, etc. Como consecuencia, parte de la superficie que antes ocupaba este cultivo ha sido sustituida por otras especies: maíz, algodón, sandía, melón...

Para determinar las necesidades óptimas de riego en la vega de Sevilla se realizó un ensayo aplicando dosis inferiores y superiores a las indicadas por otros autores para este cultivo. Los tratamientos de riego fueron: 60 (R0), 80 (R1), 100 (R2), 120 (R3) y 140 % (R4) del valor de la evapotranspiración de cultivo (ETc). El ensayo se realizó en parcelas experimentales de textura franco-limosa ubicadas en el centro IFAPA 'Las Torres-Tomejil'. La siembra se efectuó el 5 de marzo, cultivar 'Spunta', y la recolección la primera semana de julio. Los parámetros determinados fueron: producción final, pérdidas, peso medio del tubérculo, materia seca, calibre, porcentaje de proteínas, porcentaje de nitrógeno en tubérculo.

El tratamiento que mayor producción obtuvo fue R2, alcanzando 100 t ha⁻¹ y un total de 541.667 tubérculos ha⁻¹. También se obtuvieron en

R2 la máxima producción de materia seca (3.040 kg ha^{-1}) y calibres entre 30-45 mm (52 t ha^{-1}) y los mayores de 45 mm (48 t ha^{-1}). Los tratamientos con mayores dosis de mayor riego R3 y R4 obtuvieron mermas en la producción por pudrición del tubérculo. El porcentaje de proteínas más elevado (2,23 %) se obtuvo para el R0, tratamiento de mayor déficit hídrico.

Palabras clave: *índices calidad, proteínas, riego.*

Introducción

La agricultura en España ha experimentado una importante evolución en las últimas décadas, pasando a ser de una agricultura de subsistencia a una agricultura de tipo productivista o intensiva, originando importante impacto social, económico y ambiental. Asimismo, en los últimos años, se trata de desarrollar una agricultura sostenible a partir del uso eficiente de los recursos para obtener el mínimo impacto ambiental y maximizar el beneficio económico. En comparación con otros sectores productivos, como el industrial y el de servicios, la agricultura es la mayor consumidora de agua, con un consumo medio alrededor del 70 % (Evelt y Tolk, 2009), que contribuye a generar el 40 % de la producción alimentaria mundial.

En España, la patata se considera un cultivo hortícola que dinamiza su tejido social, ambiental y económico. La evolución histórica nacional de este cultivo se ha visto marcada por un descenso en la superficie cultivada y en la producción en la última década, pero a su vez en un incremento en el rendimiento (MAGRAMA, 2014) debido a la mejora en el manejo agronómico del cultivo. La patata, al igual que otros muchos productos agrícolas que se comercializan, presenta una alta vulnerabilidad en los precios de venta del producto ante los constantes cambios del mercado. Ante los problemas que se tienen en el sector productor de patata (variabilidad climática y edáfica, la incidencia de plagas o enfermedades, uso del agua de riego, abonos y fitosanitarios) es necesario prestar atención al uso eficiente del agua que este pueda disponer. El aporte de agua en el cultivo de patata es un factor esencial para controlar el nivel de producción especialmente en regiones áridas y semiáridas. La escasez en la disponibilidad y coste de

agua de riego y los altos precios en fertilizantes están provocando que se le preste atención a la práctica de mejora del uso eficiente del agua y del nitrógeno (Badr *et al.*, 2012).

Material y métodos

La ubicación del ensayo se ha llevado a cabo en el Centro IFAPA ‘Las Torres-Tomejil’ en la localidad de Alcalá del Río (Sevilla), situado en la Vega del Guadalquivir, cuyas coordenadas son 37° 30’ 45” N y 05° 57’ 50” W con altitud de 11 msnm.

El cultivar elegido para este ensayo ha sido *Solanum tuberosum* L. ‘Spunta’, de ciclo semitemprano, dormancia media y un rendimiento alto, se encuentra bien adaptada y extendida en la región mediterránea (Mauromicale *et al.*, 2003). El marco de plantación fue de 0,80 x 0,20 m. Cada parcela elemental tenía una superficie de 16 m², alcanzándose un total de 1.378 m² de cultivo. La fecha de plantación fue el 5 de marzo y la recolección tuvo lugar el 3 de julio de 2014.

El ensayo se ha realizado mediante un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones por tratamiento. El agua aplicada mediante riego localizado se determinó utilizando los valores de Kc (Allen *et al.*, 1998), ET₀ y precipitación de la estación meteorológica del centro. Se establecieron cinco tratamientos de riego R0, R1, R2, R3 y R4 que se detallan en Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de riego respecto a la evapotranspiración del cultivo (ETc) menos la precipitación mensual acumulada

Tratamientos	% ETc	ETc ABRIL (mm)	ETc MAYO (mm)	ETc JUNIO (mm)	Agua total aplicada (mm)
R0	60	28,67	118,74	117,71	265,12
R1	80	38,23	158,32	156,94	353,49
R2	100	47,79	197,90	196,18	441,87
R3	120	57,35	237,48	235,42	530,25
R4	140	66,91	277,06	274,65	618,62

Los parámetros medidos fueron: producción (kg/ha) según el calibre (30-45 mm o mayor de 45 mm), pérdidas por pudrición (kg ha⁻¹), número de tubérculos ha⁻¹, peso medio del tubérculo (g), humedad del tubérculo (%), materia seca (kg ha⁻¹), nitrógeno (%) y proteínas (%).

Resultados y discusión

El consumo medio de agua para un cultivo de patata en sistema de riego localizado, sin considerar la pluviometría, oscila entre 2.500-4.000 m³ ha⁻¹ (Cajamar, 2012), valores que se ajustan al agua empleada en este ensayo (Tabla 1). La disponibilidad hídrica en el cultivo de la patata tiene gran influencia sobre el rendimiento final del mismo (Fabeiro *et al.*, 2001). Ello se aprecia en el número de tubérculos por metro cuadrado (Tabla 2). Se observó que el tratamiento R2 alcanzó de manera significativa la mayor producción con 54,16 tubérculos m⁻², se considera que este tratamiento cubre las necesidades del cultivo. No se apreciaron diferencias entre R0, R1 y R4. En R3 se obtuvo la menor producción (30,20 tubérculo m⁻²). El resultado fue ligeramente superior a lo obtenido por Costa (2013) donde obtuvieron un promedio de 34,9 y 41,6 tubérculos m⁻². En cuanto al peso medio de tubérculos, existió una marcada diferencia (Tabla 2) entre el peso medio de tubérculo en R1 (329,98 g) respecto a los otros tratamientos. No hubo diferencias significativas en el peso entre los tratamientos extremos (R0, R3 y R4) cuyo peso medio fue inferior, siendo más marcada esta disminución en los de mayor aporte hídrico (R3: 139,45 g y R4: 134,85 g). En Materia seca, Nitrógeno, Proteínas y Humedad (Tabla 2) no se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de riego. Respecto a la pérdida de tubérculos (Tabla 2) se aprecian diferencias significativas entre R2 y R4, observándose que el mayor número de tubérculos podridos se produjo en el tratamiento de mayor aporte hídrico (R4), alcanzando 19.840 kg ha⁻¹. En R2 se obtuvieron pérdidas menores con 8.202 kg de tubérculos podridos ha⁻¹. Se puede decir que la pudrición de los tubérculos no se debió a la humedad del mismo ya que observamos anteriormente que esta no era significativa.

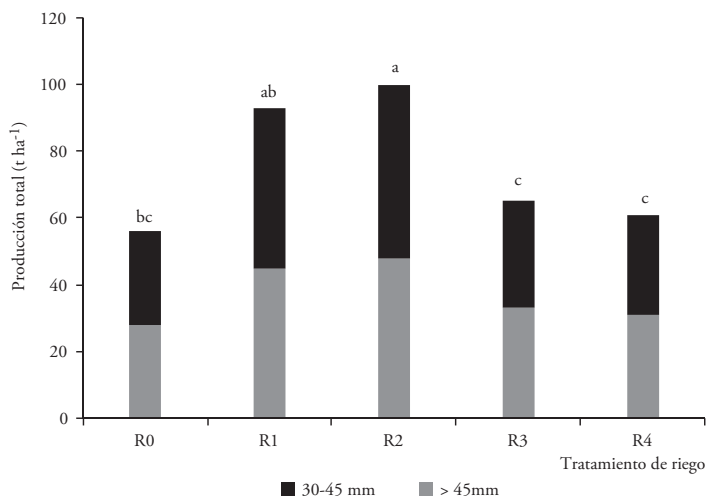
Tabla 2. Parámetros medidos en tubérculos: número tubérculos (Tub m⁻²), peso medio en gramos, materia seca (MS), nitrógeno (N), proteínas, pérdida por pudrición y humedad

Tratamientos	Tub m ⁻²	Pm (g)	MS (kg ha ⁻¹)	N (%)	Proteínas (%)	Pérdidas (kg ha ⁻¹)	Humedad (%)
R0	34,37 ^{ab}	214,95 ^b	1.525,61	0,35	2,18	15.989 ^{ab}	97,93
R1	35,41 ^{ab}	329,98 ^a	1.423,64	0,39	2,45	11.933 ^{bc}	98,47
R2	54,16 ^a	237,26 ^{ab}	1.405,25	0,38	2,39	8.202 ^c	98,56
R3	30,20 ^b	139,45 ^b	1.646,22	0,35	2,21	10533 ^{bc}	97,51
R4	46,87 ^{ab}	134,85 ^b	1.350,51	0,35	2,18	19.840 ^a	97,83
P valor	*	*	ns	ns	ns	*	ns

Análisis estadístico, ns: no significativo; *: $P < 0,05$.

En el estudio del rendimiento obtenido en función del agua aplicada (Gráfico 1) se observó como a medida que se aumentó el agua aplicada, aumentó el rendimiento hasta alcanzar un máximo para la dotación R2 = 100 % ET_c. El aumento del riego por encima de esta cantidad dio lugar a pérdidas con una consiguiente reducción de la producción, debido a que el exceso de agua incrementó los daños por pudrición. Análogamente los tratamientos inferiores a R2 obtuvieron pérdidas por no cubrir las necesidades hídricas completas del cultivo. También se observa la producción en función del calibre, que engloba los calibres de 30 a 45 mm y los mayores de 45 mm. Se observó una clara diferencia significativa de R2 en ambos calibres (49.465 y 48.451 kg ha⁻¹, respectivamente) en relación al resto de tratamientos. Se observó que la producción final obtenida contiene prácticamente la misma proporción de tubérculos de 30 a 45 mm que de 45 mm. La menor producción fue alcanzada por el tratamiento R3 (66.025 kg ha⁻¹) y R4 (62.127 kg ha⁻¹), donde el mayor aporte hídrico afectó de manera significativa a la producción. En todos los casos se obtuvo un rendimiento inferior al promedio obtenido en Andalucía en 2014, donde se alcanzó 29.276 kg ha⁻¹ (Informe, 2015).

Gráfico 1. Producción total de tubérculos en función del calibre para cada tratamiento de riego. En t ha⁻¹



Conclusiones

Se consideró que el tratamiento que obtuvo mayor producción (kg ha⁻¹ y número de tubérculos) fue el que cubrió al 100 % las necesidades hídricas del cultivo.

Los aportes hídricos que superan la ET_c recomendada por la FAO causaron elevadas pérdidas por pudrición. En los tratamientos con dosis inferiores se produjeron pérdidas por destrío por un deficiente desarrollo de los tubérculos no llegando al calibre comercial.

Los distintos tratamientos de riego no influyeron en la materia seca ni en el contenido de proteínas y nitrógeno.

Agradecimientos

Estos ensayos pertenecen al proyecto «Horticultura al aire libre» desarrollado por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, está cofinanciado al 80 % por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

Referencias bibliográficas

- BADR, M.; EL-TOHAMY, W. A. y ZAGHLOUL, A. M. (2012): «Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region»; *Agricultural Water Management* (110); pp. 9-15.
- COSTA, D. (2013): *Tesis Doctoral Crecimiento y desarrollo en patata (Solanum tuberosum L.) con diferentes tratamientos hídricos en sistema pivote*. Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria; pp. 141.
- FABEIRO, C.; MARTÍN DE SANTA OLALLA, F. y DE JUAN, J. A. (2001): «Yield and size of deficit irrigated potatoes»; *Agricultural Water Management* (48); pp. 255-266.
- INFORME PATATA EN ANDALUCÍA (2015): Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, Secretaría General de Agricultura y Alimentación, Servicio de estudios y estadísticas.
- MONTOYA, F.; DOMÍNGUEZ, A.; ORTEGA, J. F. y CÓRCOLES, J. I. (2013): *Calibración del modelo AquaCrop con un cultivo de patata (Solanum tuberosum L.) en condiciones semiáridas*. Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha, Centro Regional de Estudios del Agua (CREA).
- VAN CLEEMPUT, O. (2000): *Final Annual Co-ordination Meeting of Regional TC Project RAW/5/007 on Fertigation for Improved Water Use Efficiency and Crop Yield*. Noviembre 20-24. Vienna, IAEA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, <http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/lda/protegidas/nitratos.jsp>. Consulta: 11-02-2015.

Influencia del marco de plantación y de la profundidad del rizoma en el cultivo de espárrago en la vega de Sevilla

P. Cermeño, J. A. García, M. J. Romero, M. V. Sánchez y J. M. Valero
IFAPA 'Las Torres-Tomejil'

Resumen

Nuestro estudio pretende determinar la influencia de la densidad de plantación y de la profundidad del rizoma en las características morfológicas y estructurales de cultivos de *Asparagus officinalis* L. cultivar 'Darzilla' durante el primer año de cultivo en un suelo de tipo fluvisol en la vega del Guadalquivir, mediante un diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones en las que se establecen distintas densidades de plantación (25, 33, 40, 50 cm) y dos distancias entre líneas (1,20 y 1,40 m) y otro en la que se establecen distintas profundidades (10, 20, 30, 40 y 50 cm) y que se ha ajustado al diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Los parámetros objeto de estudio fueron la altura, el área foliar, el peso tanto en fresco como en seco de la parte aérea de las plantas como factores de rendimiento y producción, así como el número de tallos y el diámetro de los mismos como factores de calidad. Las tomas de muestras se realizaron de septiembre a diciembre del año 2016 en el centro IFAPA 'Las Torres-Tomejil' en Alcalá del Río (Sevilla). Los resultados obtenidos muestran que profundidades de plantación superiores a 40 cm no son recomendables, y que la superficie óptima de cultivo es una que permita que exista una densidad de 0,6 m² planta⁻¹.

Palabras clave: *Asparagus officinalis*, *rendimiento*, *calidad*, *morfología*, *estructura*.

Introducción

La producción de espárragos a nivel mundial es una actividad en auge dado el incremento de su consumo y la variedad de preparaciones. España es el segundo país productor de Europa y el quinto en el mundo, después de China (85 % aproximadamente), Perú, México y Alemania. Dentro de nuestro país, Andalucía es la responsable de más del 75 % de la producción. (Datos FAO, 2014)

Las plantaciones demasiado profundas hacen disminuir el número de turiones. La densidad de plantación o plantación influye en la cantidad y calidad de los turiones y, en general, se puede decir que una densidad alta de plantas produce turiones delgados, más parecidos a los espárragos naturales o trigueros, muy apetecidos en ciertos mercados. Por el contrario, plantaciones menos densas dan turiones gruesos, muy apetecidos en otros mercados, especialmente los de Inglaterra. (Japón, 1986)

Nuestro estudio pretende determinar la influencia de la densidad de plantación y de la profundidad del rizoma en las características morfológicas y estructurales de cultivos de espárrago durante el primer año de cultivo.

Material y métodos

Los ensayos experimentales se desarrollaron en el Centro IFAPA 'Las Torres-Tomejil' situado en Alcalá del Río (Sevilla). Las plantas de *Asparagus officinalis* L. cultivar 'Darzillá' proceden de rizomas plantados el 18 de marzo del año 2016. El diseño del ensayo de profundidad del rizoma se realizó en bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales en el ensayo de profundidad son de 60 m², con una distancia de 1,5 m entre líneas de cultivo y de 0,33 m entre plantas de la misma línea, y en el ensayo de densidad son de 33,6 m² con los marcos de plantación de 0,25; 0,33; 0,4 y 0,5 m entre plantas de la misma línea, y 1,20 m y 1,40 m entre líneas de cultivo (0,3; 0,35; 0,396; 0,462; 0,48; 0,56; 0,6 y 0,7 m² planta⁻¹ respectivamente). La superficie total del ensayo es de 1.857 m².

El suelo presenta textura franco-arcillosa con un contenido de materia orgánica bajo (< 1,40 %) y un nivel normal de conductividad

(0,412 mS cm⁻¹), se caracteriza por ser un suelo alcalino con un pH de 8,16. Se han realizado varios tratamientos contra la Roya (*Puccinia* spp.) con Azoxystrobin y Difeconazol. Unidades de fertilizantes aplicadas en cada riego: 200-75-175 (Serrano, 2003). Se utiliza un agua de riego de clasificación (C2-S1), con un contenido en nitratos normal (pH: 7,5 y CE 500 µS cm⁻¹). El consumo de agua en riego por goteo fue determinado en función de ETo variando de coeficiente de cultivo entre 0,25 y 1,00 desde junio a septiembre.

El *software* utilizado para el análisis estadístico de los datos obtenidos fue el programa Statistix 9.0.

Resultados y discusión

Se obtuvieron los siguientes datos tras la recogida de las plantas pertenecientes al estudio:

Altura

- 1. Estudio de profundidad.** En la Tabla 1 se observa que en la profundidad de 20 cm se dan los mayores resultados mientras que a 50 cm se encuentra el valor más bajo.

Tabla 1. Características morfológicas de las plantas pertenecientes al estudio de profundidad

Profundidad (cm)	Altura (m)	Diámetro del tallo (mm)	Altura de la primera ramificación (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Área foliar (cm)
10	1,5315	7,508	30,509	738,17	222,50	4.093,6
20	1,5780	8,429	31,143	637,33	184,29	3.534,4
30	1,5729	9,279	31,756	672,67	184,47	3.730,3
40	1,4945	10,623	27,613	675,00	214,05	3.743,3
50	1,1271	6,558	26,282	402,00	124,82	2.229,3
LSD (95 %)	0,1866	2,724	6,6013	372,62	107,27	2.066,4

- Estudio de densidad.** En la Tabla 2, el mayor valor se observa para una densidad de plantas igual a $0,3 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, el dato menor a $0,56 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$.

Tabla 2. Características morfológicas de las plantas pertenecientes al estudio de densidad

Densidad entre línea (m)	Densidad entre plantas (cm)	$\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$	Altura (m)	Diámetro del tallo (mm)	Altura de la 1.ª ramificación (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Área foliar (cm)
1,2	25	0,300	1,6200	7,7550	35,090	564,33	220,98	3.129,5
1,2	33	0,350	1,6033	7,6183	31,882	552,50	197,14	3.063,9
1,2	40	0,396	1,5733	7,8833	35,015	527,50	178,63	2.925,3
1,2	50	0,462	1,5350	9,1700	26,197	756,83	281,80	4.197,1
1,4	25	0,350	1,5684	9,0952	26,759	521,83	192,35	2.893,9
1,4	33	0,462	1,5190	7,4139	34,875	698,50	238,89	3.873,6
1,4	40	0,560	1,5127	8,2471	32,429	712,50	276,18	3.967,9
1,4	50	0,700	1,5483	8,4698	30,421	684,17	228,52	3.794,1
LSD (95 %)			0,2341	2,1313	4,7453	290,58	114,7	2.332,3

Diámetro del tallo

- Estudio de profundidad.** En la Tabla 1 se observa una progresión creciente conforme aumenta la profundidad desde 10 cm a 40 cm aunque a 50 cm se encuentra el valor más bajo, ya que disminuye el vigor de la planta.
- Estudio de densidad.** En la Tabla 2, el mayor dato se presenta en el grupo de plantas del ensayo de densidad a $0,6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, el menor valor a $0,462 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$.

Altura de la primera ramificación

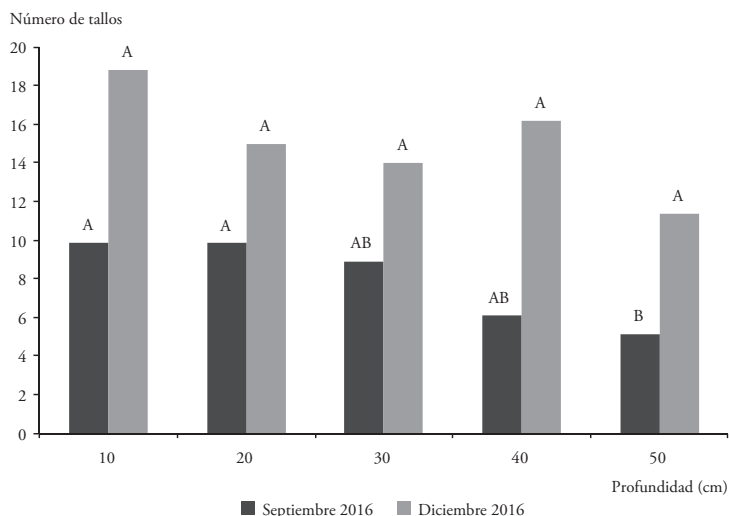
- 1. Estudio de profundidad.** En la Tabla 1 se aprecia un crecimiento de los valores desde 10 cm hasta llegar al máximo en 30 cm, y una disminución de los mismos hasta llegar al mínimo a los 50 cm de profundidad.
- 2. Estudio de densidad.** En la Tabla 2, el valor más alto se produce en $0,3 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, mientras que el menor está ubicado en una densidad de $0,6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$.

Número de tallos (Gráfico 1)

Estudio de profundidad. Se observa una tendencia decreciente conforme se aumenta la profundidad tanto para los datos obtenidos en septiembre como los que se recogieron en diciembre.

Estudio de densidad. Se observa cómo aumenta de forma inversamente proporcional a la densidad de plantación.

Gráfico 1. Evolución del número de tallos en E. profundidad y E. densidad



Peso total de la planta en fresco y en seco

1. **Estudio de profundidad.** En la Tabla 1, el menor valor se presenta a una profundidad de 50 cm, mientras que el mayor se alcanza a 10 cm.
2. **Estudio de densidad.** En la Tabla 2, el mayor valor se encuentra en $0,6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, mientras que el menor está en $0,35 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ para el peso en fresco, mientras que para el peso en seco sería de $0,48 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$.

Área foliar

1. **Estudio de profundidad.** En la Tabla 1, el menor valor se presenta a una profundidad de 50 cm, mientras que el de mayor se encuentra a 10 cm.
2. **Estudio de densidad.** En la Tabla 2, el mayor valor se encuentra en $0,6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, mientras que el menor se halla en $0,35 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$.

Se aprecia que la profundidad de plantación a 50 cm no es para nada recomendable en este tipo de suelo, ya que las plantas presentan valores muy inferiores a los correspondientes a otras plantaciones más superficiales, y también en el diámetro de los tallos se observa una disminución importante. Se recomiendan, por tanto, profundidades no superiores a 40 cm en la plantación de la garra. En cuanto a la densidad de plantación, podemos afirmar, que la plantación a una densidad de 50 cm y en líneas separadas a $1,20 \text{ m}$ ($0,6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$) es óptima para conseguir un alto número de turiones de buena calidad para su recogida, aunque es aconsejable en las recolecciones venideras hacer especial hincapié en la apertura de las yemas de los turiones, basándonos en el parámetro de la altura de la primera ramificación. Es el único parámetro en el que se aprecia interacción entre los dos factores estudiados.

Agradecimientos

Estos ensayos pertenecen al proyecto «Horticultura al aire libre» desarrollado por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, está cofinanciado al 80 % por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020.

Referencias bibliográficas

JAPÓN, J. (1986): «Cultivo del espárrago para verde»; *Hojas Divulgadoras* N. 17/86 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

SERRANO, Z. (2003): *Espárrago: Técnicas de producción*. Madrid.

Fresón

Análisis de cultivares de fresa en Cantabria. Evaluación agronómica, física, química y sensorial

*E. García-Méndez^a, M. R. Gutiérrez^a, T. García^a, R. Azugaray^a,
B. Castrillo^a y E. Sebares^b*

^aCentro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA)
y ^bLaborcan Control de Calidad SLL

Resumen

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en Cantabria puede ser una alternativa viable para diversificar la economía del medio rural y además aprovechar la sinergia que existe con el cultivo de otros pequeños frutos. Por este motivo, desde el año 2015 se viene desarrollando un proyecto regional cuyo principal objetivo es evaluar el comportamiento de diferentes cultivares de fresa en las condiciones agroclimáticas de nuestra región. El trabajo desarrollado en el presente año, ha sido estudiar el comportamiento morfológico, agronómico, físico-químico, de calidad y de postcosecha, de tres cultivares de fresa de día neutro: 'Amandine', 'Monterey' y 'Portolas', así como evaluar las principales plagas y enfermedades que pudiesen afectar al cultivo. Los ensayos se realizaron utilizando diferentes sistemas de cultivo: a) invernadero convencional de suelo; b) cultivo sin suelo, utilizando como sustrato fibra de coco; y c) cultivo sin suelo, utilizando una mezcla comercial formada por fibra de madera, turba rubia y corteza de pino compostada.

Los resultados mostraron que en todos los caracteres relacionados con la producción, existieron diferencias significativas, observándose los mejores comportamientos en los sistemas de cultivo sin suelo. En algunos

de los caracteres físico-químicos estimados, como °Brix y firmeza y en la calidad de los frutos poscosecha, como la resistencia al magullado, porcentaje de frutos podridos y frescura de cálices, las principales diferencias fueron varietales. El análisis sensorial llevado a cabo mediante la realización de pruebas de ordenación, también evidenció la existencia de diferencias significativas, siendo en general en los tres sistemas de cultivo, ‘Amandine’ el mejor valorado y el cultivar ‘Portolas’ el peor valorado.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa*, *producción*, *calidad*, *poscosecha*.

Introducción

En Cantabria, el cultivo de la fresa, *Fragaria x ananassa* Duch., es hoy en día minoritario y existe una falta de conocimientos técnicos en muchos aspectos, desde varietales hasta características y manejo del cultivo, sin embargo, puede ser una alternativa viable y complementaria al cultivo de otros pequeños frutos como el arándano. Por este motivo, desde el año 2015 se viene desarrollando un proyecto regional cuyo objetivo general es estudiar el comportamiento agronómico, de calidad y de poscosecha de tres cultivares de fresa de día neutro, así como evaluar las principales plagas y enfermedades que pudiesen afectar al cultivo bajo nuestras condiciones agroclimáticas. Los objetivos específicos del presente trabajo han sido los siguientes: 1) evaluar variables de carácter cuantitativo relacionadas con la producción y con la morfología de la planta; 2) estudiar la calidad aparente de los frutos, mediante la estimación de parámetros cualitativos; 3) valorar sus características organolépticas mediante el empleo de pruebas sensoriales; 4) estimar la calidad de los frutos postcosecha; y 5) evaluar las principales plagas y enfermedades con principal atención a *Drosophila suzukii*.

Material y métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en el año 2016 en las instalaciones del CIFA tanto en un invernadero convencional de suelo tipo multitúnel,

como en un invernadero tipo capilla con cultivo sin suelo utilizando dos sustratos diferentes (fibra de coco y una mezcla compuesta por turba rubia fibra de madera y corteza de pino compostada). El material vegetal evaluado fueron plantas frigo de tres cultivares de día neutro: 'Amandine', 'Monterey' y 'Portolas'. La plantación de los ensayos fue llevada a cabo la primera semana de abril y el monitoreo de *Drosophila suzukii* se realizó mediante la instalación de trampas de fabricación propia y trampas comerciales.

En el invernadero convencional de suelo, las plantas fueron dispuestas en doble fila al tresbolillo, en lomos acolchados con polietileno negro con un marco de plantación de 0,25 x 0,30 m. En los ensayos sin suelo, se utilizaron soportes metálicos con sistemas abiertos y las plantas fueron dispuestas a 0,20 m con 5 plantas por saco de cultivo. El diseño estadístico adoptado fue de bloques al azar con tres repeticiones y cada parcela elemental estuvo compuesta por un mínimo 50 plantas en el caso del invernadero de suelo y por 25 plantas en los ensayos sin suelo. Los caracteres estimados fueron los siguientes:

Caracteres relacionados con la producción y morfología de las plantas

a) Porcentaje de supervivencia; b) porte de la planta y densidad del follaje (UPOV, 2012); c) época de inicio de floración y maduración del fruto; d) producción acumulada (g/planta) separada por categorías comerciales, extra + 1ª, 2ª categoría y destrío; e) peso medio de los frutos de extra + 1ª categoría (g).

Caracteres relacionados con la calidad aparente de los frutos

Para estimar estos caracteres, se utilizaron seis frutos de cada parcela elemental y en diez momentos a lo largo del ciclo de cultivo; estos caracteres fueron: a) firmeza (g) mediante la utilización de un penetrómetro con percutor de 3 mm de diámetro; b) contenido en sólidos solubles, tomando para ello una muestra de 250 g; d) acidez titulable, por valoración con NaOH al 0,01 N y expresada en g de ácido cítrico en 100 g de muestra; c) relación azúcares/ácidos y d) Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g peso fresco) mediante la utilización de un reflectómetro de tiras reactivas (Ariza *et al.*, 2015).

Análisis sensorial

Para conocer la preferencia y observar si existían diferencias entre los cultivares, se realizaron pruebas sensoriales de ordenación. El grupo de cata se formó con un total 35 de catadores no entrenados, con un mínimo de 12 catadores por sesión. Las pruebas se realizaron a lo largo del ciclo de cultivo, 6 veces para los cultivares ensayados en invernadero convencional y 7 para los cultivares ensayados en cultivo sin suelo. En cada sesión se evaluaron los cultivares ordenándose según la preferencia.

Calidad de los frutos poscosecha

En diez momentos a lo largo del ciclo, cestillas de fruto de cada cultivar y sistema de cultivo se conservaron a 4 °C durante 3 días, almacenándose a continuación durante 2 días a temperatura ambiente. Los parámetros estimados fueron: a) resistencia al magullado en una escala subjetiva de 3-5-7 (siendo 3 baja resistencia y 7 alta resistencia); b) frescura de cálices, también en una escala de 3-5-7 (siendo 3, cáliz con frescura débil y 7, cáliz fresco y turgente); y c) porcentaje de frutos podridos.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos del rendimiento y los parámetros físico-químicos medidos instrumentalmente se realizó un análisis de varianza mediante el programa SPSS. En las pruebas de ordenación, la evaluación estadística se realizó en base a la suma de puntuaciones asignada a cada cultivar, los resultados se analizaron utilizando el Test de Friedman como prueba estadística no paramétrica.

Resultados y discusión

El porcentaje de supervivencia en el trasplante fue mayor en el cultivar 'Amandine' con valores superiores al 98 %. Al finalizar el cultivo, la menor tasa de supervivencia fue observada en el ensayo realizado en suelo. En relación al porte, 'Portolas' presentó porte erecto, 'Monterrey' semirrecto y

‘Amandine’ abierto y la densidad del follaje fue media para ‘Portolas’ y alta para ‘Monterrey’ y ‘Amandine’. La duración del ciclo de cultivo fue mayor en los ensayos realizados sin suelo, siendo el comportamiento de los cultivares en la floración y maduración del fruto más homogéneo en fibra de coco. En la última etapa de los ensayos, las producciones fueron mayores en el sustrato compuesto por turba. En cuanto a la aparición de plagas y enfermedades no se apreciaron problemas fitosanitarios relevantes y en el monitoreo de *D. Suzukii*, aunque se detectó un aumento de capturas en octubre, no causaron daños en los ensayos.

El análisis de varianza realizado para la producción comercial total y para las diferentes categorías comerciales, mostró que existieron diferencias significativas entre los diferentes sistemas de cultivo (Tabla 1). En general, en el ensayo realizado en suelo, se observaron los mayores porcentajes de destrío (datos no mostrados) y las producciones y pesos medios de los frutos fueron significativamente más bajos. Los valores más altos de producción comercial fueron observados en turba.

Tabla 1. Producción comercial y peso medio del fruto

Cultivar	Cat I (g/planta)	Cat II (g/planta)	Producción (g/planta)	Peso medio fruto (g)
Monterrey suelo	250,0 ^a	191,9 ^a	441,9 ^a	17,3 ^a
Portolas suelo	304,1 ^a	194,6 ^a	498,8 ^a	18,3 ^b
Amandine suelo	315,6 ^a	201,4 ^{ab}	517,0 ^a	17,7 ^a
Monterrey coco	498,2 ^b	271,1 ^{bc}	769,3 ^b	18,9 ^c
Portolas coco	569,8 ^{bc}	256,3 ^{ab}	826,2 ^{bc}	19,2 ^{cd}
Amandine coco	626,9 ^{cd}	338,3 ^{cd}	965,2 ^{cd}	18,9 ^c
Monterrey turba	691,1 ^{cd}	341,5 ^{cd}	1032,6 ^d	19,1 ^{cd}
Portolas turba	707,7 ^d	346,2 ^d	1053,8 ^d	19,5 ^d
Amandine turba	608,9 ^{bd}	369,1 ^d	978,0 ^{cd}	18,8 ^c

* Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes del 5 % según el test de Duncan.

En la Tabla 2 están representados los valores de los parámetros físico-químicos medidos instrumentalmente. En el contenido de azúcares, 'Portolas' presentó los valores más bajos, al igual que en el contenido en vitamina C, en 'Amandine' se observaron los frutos menos firmes y los menores valores de acidez. La relación azúcares/ácidos fue significativamente más alta en el cultivar 'Amandine' cultivado tanto en turba como en coco seguido por 'Monterey' y 'Amandine' cultivados en suelo.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos de cada cultivar y sistema de cultivo

Cultivar	°Brix (puré)	Acidez titulable (g a. cítrico/100 g muestra)	Brix/Acidez titulable	Vitamina C (mg a. ascórbico/100 g peso fresco)	Firmeza (g presión)
Monterey suelo	8,58 ^b	0,86 ^a	9,92 ^f	65,04 ^{bcd}	292,6 ^b
Portolas suelo	7,18 ^a	0,88 ^a	8,18 ^{bc}	54,34 ^a	309,3 ^b
Amandine suelo	8,23 ^b	0,85 ^a	9,68 ^f	64,06 ^{bcd}	227,1 ^a
Monterey coco	8,60 ^b	0,99 ^b	8,68 ^{cd}	67,10 ^{cd}	307,9 ^b
Portolas coco	7,22 ^a	0,99 ^b	7,33 ^a	55,81 ^{ab}	312,4 ^b
Amandine coco	8,58 ^b	0,83 ^a	10,31 ^{fg}	71,48 ^d	234,7 ^a
Monterey turba	8,70 ^b	0,97 ^b	9,02 ^{de}	68,09 ^{cd}	311,5 ^b
Portolas turba	7,20 ^a	0,97 ^b	7,47 ^{ab}	59,07 ^{abc}	306,1 ^b
Amandine turba	8,99 ^b	0,82 ^a	10,96 ^g	70,36 ^d	226,6 ^a

* Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes del 5 % según el test de Duncan.

El análisis sensorial permitió establecer diferencias significativas entre los cultivares (datos no mostrados). En los ensayos sin suelo, el cultivar mejor valorado fue 'Amandine' en turba, con una puntuación media de 2,53 y el peor valorado fue 'Portolas', tanto en coco como en turba, con unas puntuaciones de 4,10 y 4,09 respectivamente. En el ensayo en suelo, entre 'Monterey' y 'Amandine' no se apreciaron diferencias, mientras que de nuevo 'Portolas' fue el peor valorado con una puntuación media de 2,44.

Los resultados de la calidad de los frutos poscosecha (Tabla 3) mostraron que 'Amandine' presentó la menor resistencia la magullado, mayor

porcentaje de frutos podridos y mayor frescura de cálices, mientras que 'Monterey' presentó mayor resistencia al magullado pero menor frescura de cálices.

Tabla 3. Calidad de los frutos postcosecha de cada cultivar y sistema de cultivo

Cultivar	Resistencia al magullado ¹ (%)			Frescura de cáliz ² (%)			Frutos podridos (%)
	3	5	7	3	5	7	Media muestreos
Monterey suelo	48,33	30,83	20,83	22,50	30,83	46,67	1,00
Portolas suelo	57,26	24,79	17,95	14,53	26,50	58,97	0,00
Amandine suelo	68,94	22,73	8,33	6,82	24,24	68,94	2,36
Monterey coco	50,94	25,47	23,58	14,15	39,62	46,23	0,83
Portolas coco	51,69	28,81	19,49	6,90	21,55	73,28	1,00
Amandine coco	67,24	20,69	12,07	5,17	18,10	76,72	3,08
Monterey turba	56,73	22,12	19,23	20,19	29,81	48,08	1,58
Portolas turba	59,66	27,33	14,29	14,29	25,13	62,27	0,00
Amandine turba	82,41	12,04	4,63	4,63	27,78	66,67	2,11

1. (3) baja resistencia, (5) resistencia media, (7) alta resistencia.

2. (3) cáliz con frescura débil, (5) cáliz con frescura media, (7) cáliz fresco y turgente

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno Regional de Cantabria.

Referencias bibliográficas

ARIZA, M. T.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; DOMINGUEZ, P.; MEDINA, J. J.; MIRANDA, L. y SORIA, C. (2015): «Effects of harvest time on functional compounds and fruit antioxidant capacity in ten strawberry cultivars»; *J. Berry Res.* (5); pp. 71-80.

UPOV (2012): «Guidelines for the conduct of test for distinctness, uniformity and stability»; *Strawberry TG/22/10 Rev.* Ginebra.

Plasticidad de caracteres agronómicos, organolépticos y funcionales de variedades de fresa

M. T. Ariz, E. Martínez-Ferri, J. J. Medina, L. Miranda, P. Domínguez, J. A. Gómez-Mora, J. M. López Aranda, M. Ramos, R. Villalba, M. Carrera y C. Soria

IFAPA-Junta de Andalucía

Resumen

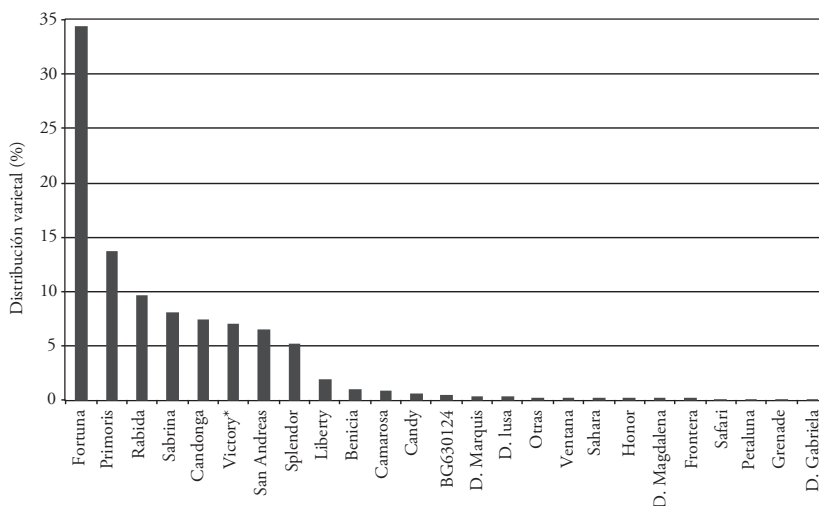
En referencia al cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), actualmente los agricultores cuentan con una importante oferta varietal, consecuencia de numerosos y activos programas de mejora, que les permite elegir de acuerdo a sus necesidades. Cinco de estas variedades: Candonga[®], 'Fortuna', 'Primoris', 'Sabrina' y 'Splendor' han sido evaluadas a lo largo de cuatro años al objeto de determinar la plasticidad/rusticidad de sus caracteres agronómicos y de calidad organoléptica y funcional. Los resultados obtenidos reflejan la existencia de gran variabilidad entre variedades tanto para los caracteres agronómicos como para los de calidad. Además de este efecto del genotipo, el ambiente también tiene un efecto importante. Así, la temperatura no afecta por igual a todas las variedades; hay variedades con mayor rusticidad, que mantienen mejor algunos de sus caracteres con cambios de temperatura.

Palabras clave: *calidad funcional, calidad organoléptica, humedad relativa, producción, temperatura.*

Introducción

El cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en España está localizado fundamentalmente en la provincia de Huelva. En la pasada campaña, según datos de Freshuelva, se produjeron unas 294.650 t con una facturación de ~395.150.000 euros. Dada la importancia económica y social de este cultivo, son numerosos los esfuerzos en investigación, innovación y transferencia que se están llevando a cabo para dar respuesta a las demandas de productores y consumidores. Uno de los aspectos que está recibiendo mayor atención es la mejora para obtener nuevas variedades con caracteres de interés. Actualmente son numerosos los programas de mejora que están desarrollando nuevas variedades adaptadas a las condiciones de cultivo predominantes en Huelva, tal y como se muestra en el Gráfico 1. Esto hace posible que los agricultores se encuentren con una importante oferta varietal que les permite elegir de acuerdo a sus necesidades.

Gráfico 1. Distribución varietal de fresa en Huelva durante la campaña 2015-16. En porcentaje



El grado de expresión de los caracteres agronómicos y de calidad depende del genotipo y de las condiciones de cultivo, incluyendo factores ambientales y técnicas de cultivo. El objetivo del presente trabajo es el estudio de distintos caracteres en cinco variedades de fresa en sistema de cultivo convencional con dos fechas de plantación, y ver el efecto de las condiciones ambientales sobre los mismos.

Material y métodos

A lo largo de cuatro campañas, 2012, 2013, 2014 y 2015, se han estudiado, en cinco variedades de fresa: Candonga® y ‘Sabrina’ (Planasa), ‘Fortuna’ (Universidad de Florida), ‘Primoris’ (Fresas Nuevos Materiales SA) y ‘Splendor’ (Plant Sciences/Berry Genetics Inc.), un total de 13 parámetros agronómicos y de calidad organoléptica y funcional. Estos son: vigor de la planta, producción extra-precoz, precoz y total, peso del fruto, firmeza, contenido en sólidos solubles, acidez, relación azúcares / ácidos, contenido en vitamina C, fenoles totales, antocianos, y capacidad antioxidante total (Miranda *et al.*, 2015; Giusti and Wrolstad 2001; Re *et al.* 1999; Tulipani *et al.* 2008).

Los ensayos se llevaron a cabo en la Finca Experimental del IFAPA ‘El Cebollar’ (Moguer, Huelva, 37° 17' N) en condiciones de cultivo convencional con suelo biosolarizado. Se siguió un diseño en parcelas divididas, de 50 plantas, con 3 repeticiones. Los datos se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA) y a la comparación de medias (MDS 95 %). En cada tabla se indican con la misma letra las variedades que no presentan diferencias significativas. También se realizaron análisis de correlación y regresión para identificar los posibles efectos ambientales (temperatura y humedad relativa) sobre los parámetros estudiados.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos evidencian un efecto significativo de la variedad y la campaña sobre todos los parámetros estudiados (Tablas 1, 2 y 3).

Tabla 1. Caracteres agronómicos: diferencias entre variedades y campañas

	Vigor (cm)	Producción (g/planta)			Peso (g/fruto)
		Extraprecoz	Precoz	Total	
Variedades					
<i>Candongga</i>	36,3 ^c	114 ^c	354 ^c	933 ^c	25,6 ^c
<i>Fortuna</i>	32,9 ^d	210 ^a	507 ^a	1.066 ^b	27,1 ^b
<i>Primoris</i>	38,2 ^b	204 ^c	490 ^{ab}	1.036 ^b	25,1 ^c
<i>Sabrina</i>	41,6 ^a	156 ^b	491 ^{ab}	1.194 ^a	28,0 ^a
<i>Splendor</i>	32,3 ^d	212 ^a	469 ^b	1.015 ^b	28,2 ^a
Campañas					
2012	34,2 ^c	232 ^a	507 ^a	1.071 ^{ab}	28,5 ^a
2013	37,6 ^a	154 ^b	393 ^b	1.033 ^{bc}	27,2 ^b
2014	37,5 ^a	163 ^b	417 ^b	1.103 ^a	25,1 ^d
2015	35,6 ^b	167 ^b	531 ^a	988 ^c	26,3 ^c

Tabla 2. Caracteres asociados a la calidad organoléptica: diferencias entre variedades y campañas

	Sólidos solubles (°Brix)	Firmeza (kg/cm ²)	Acidez (%)	Azúcares/ácidos
Variedades				
<i>Candongga</i>	7,9 ^a	5,56 ^c	0,77 ^a	10,3 ^{bc}
<i>Fortuna</i>	7,1 ^{bc}	5,23 ^d	0,66 ^c	11,5 ^{ab}
<i>Primoris</i>	7,9 ^a	5,76 ^b	0,7 ^d	12,5 ^a
<i>Sabrina</i>	7,3 ^b	6,0 ^a	0,74 ^b	10,0 ^{bc}
<i>Splendor</i>	7,0 ^c	4,40 ^e	0,72 ^c	9,7 ^c
Campañas				
2012	7,3 ^b	5,33 ^c	0,65 ^c	11,2 ^a
2013	7,6 ^a	5,19 ^d	0,69 ^b	11,8 ^a
2014	7,3 ^b	5,62 ^a	0,77 ^a	9,6 ^b
2015	7,6 ^a	5,43 ^b	0,76 ^a	10,6 ^{ab}

Tabla 3. Caracteres asociados a la calidad funcional: diferencias entre variedades y campañas

	Antocianos mg Pg3-glu/100 g PF	Fenoles mg GAE/100 g PF	Vitamina C mg/100 g de PE	Capacidad antioxidante μmol Trolox Eq/g PF
Variedades				
<i>Candongga</i>	16,34 ^c	177,79 ^a	58,04 ^a	37,97 ^a
<i>Fortuna</i>	20,45 ^a	147,55 ^d	49,71 ^c	30,84 ^d
<i>Primoris</i>	15,40 ^d	174,97 ^{ab}	55,64 ^b	36,58 ^{ab}
<i>Sabrina</i>	18,64 ^b	159,12 ^c	53,47 ^b	33,91 ^c
<i>Splendor</i>	19,63 ^a	171,70 ^b	53,93 ^b	35,57 ^b
Campañas				
2012	17,42 ^b	115,66 ^c	50,93 ^b	40,59 ^a
2013	18,08 ^{ab}	111,56 ^c	49,87 ^b	35,48 ^b
2014	18,24 ^a	233,55 ^a	46,09 ^c	36,84 ^b
2015	18,64 ^a	204,15 ^b	69,74 ^a	26,18 ^c

Además, se han observado interacciones entre variedades y campañas que reflejan el efecto de las condiciones ambientales (i. e. temperatura y humedad relativa) sobre los parámetros. Así, se ha observado una fuerte relación positiva entre temperatura mínima y producción en cultivares como Candonga® (R = 0,9018; p < 0,001), ‘Sabrina’ (R = 0,8745; p < 0,001), ‘Splendor’ (R = 0,8451; p < 0,001), y ‘Primoris’ (R = 0,7930; p < 0,01), pero no con ‘Fortuna’. Un efecto similar se observó con la temperatura máxima.

También se observó una relación significativa (p < 0,05), en este caso negativa, entre la producción y la humedad relativa para todas las variedades con excepción de ‘Primoris’ (Candongga® R = -0,6653; ‘Sabrina’ R = -0,6549; ‘Splendor’ R = -0,6838; ‘Fortuna’ R = -0,5839).

En cuanto al peso del fruto, en todas las variedades se detectaron correlaciones significativas negativas con la temperatura mínima (Candongga® R = -0,6971; ‘Sabrina’ R = -0,6350; ‘Splendor’ R = -0,7582; ‘Fortuna’ R = -0,6700; ‘Primoris’ R = -0,7471) y con la temperatura máxima (Candongga® R = -0,7445; ‘Sabrina’ R = -0,5863; ‘Splendor’ R = -0,6733; ‘Fortuna’ R = -0,5112; ‘Primoris’ R = -0,5788). Sin embargo, en ningún caso se detectó correlación con la humedad relativa registrada.

Para caracteres organolépticos, en ninguna variedad se observó correlación entre contenido en sólidos solubles y la temperatura (máxima o mínima) ni con la humedad relativa. En el caso de la acidez, 'Fortuna' fue la única variedad en la que se detectó una correlación positiva ($p < 0,05$, $R = 0,6209$) con la temperatura mínima. No se detectó correlación entre acidez y temperatura máxima, ni humedad relativa.

En relación con la firmeza del fruto, en todas las variedades se observó una clara relación negativa ($p < 0,001$) con la temperatura máxima ('Sabrina' $R = -0,7164$, Candonga® $R = -0,6841$, 'Fortuna' $R = -0,6617$, 'Primoris' $R = -0,7170$, y 'Splendor' $R = -0,6388$), si bien no se detectó ninguna relación con la temperatura mínima ni con la humedad relativa.

En cuanto a parámetros relacionados con la calidad funcional, para ninguna variedad hubo correlación entre fenoles totales o capacidad antioxidante con los parámetros medioambientales considerados (temperatura y humedad). Sin embargo, si se observaron correlaciones para el caso del contenido en antocianos. Así, se observó correlación significativa positiva entre el contenido en antocianos y la temperatura máxima en las variedades Candonga* ($p < 0,001$, $R = 0,6828$), 'Fortuna' ($p < 0,01$, $R = 0,7069$) y 'Primoris' ($p < 0,01$; $R = 0,7940$). También se observó correlación significativa positiva entre el contenido en antocianos y la temperatura mínima en 'Sabrina' ($p < 0,001$, $R = 0,8603$), Candonga® ($p < 0,05$, $R = 0,6701$), 'Fortuna' ($p < 0,05$, $R = 0,5818$) y 'Primoris' ($p < 0,05$, $R = 0,7181$).

La gran variabilidad existente para caracteres agronómicos o de calidad es de gran valor para los programas de mejora enfocados a la obtención de nuevas variedades con características específicas. El hecho de que exista un efecto del genotipo y del ambiente sobre estos caracteres hace que sea aconsejable la constante generación de información sobre la respuesta de los nuevos cultivares en las diferentes áreas de producción y bajo distintas técnicas de cultivo.

No todas las variedades se comportan igual ante cambios de ambiente. Así, según nuestros resultados, hay variedades más rústicas para algunos caracteres manteniéndolos invariables ante los cambios ambientales. Por ejemplo, hay cultivares como 'Fortuna' cuya producción no se ve signifi-

cativamente afectada por los cambios de temperatura, mientras que otras como Candonga[®] presentan mayor plasticidad.

Agradecimientos

Proyectos PPAVA.AVA201601.10, y TRA201600.5, con co-financiación de la Unión Europea (FEDER).

Referencias bibliográficas

- GIUSTI, M. M. y WROLSTAD, R. E. (2001): «Anthocyanins. Characterization and measurement with Uvvisible spectroscopy»; en WROSLTAD, R. E., ed.: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Nueva York, Willey.
- MIRANDA, L.; GÓMEZ-MORA, J. A.; MEDINA, J. J.; ARIZA, M. T.; DOMÍNGUEZ, P.; MARTÍNEZ-FERRI, E. y SORIA, C. (2015): «Estudio comparativo de diez variedades de fresa»; *Vida Rural* (405); pp. 34-38.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. y RICE-EVANS, C. (1999): «Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay»; *Free Radical Biology and Medicine* (26); pp. 1231-1237.
- TULIPANI, S.; MEZZETTI, B.; CAPOCASA, F.; BOMPADRE, S. y BATTINO M. (2008): «Antioxidants in strawberry: from the genotype to the fruit composition»; *Prog. Nutr.* (10); pp. 224-229.

Programa de mejora genética de fresa de plantas de Navarra SA (PLANASA)

M. A. Hidalgo, J. C. Gutiérrez y P. Domínguez-Morales

Plantas de Navarra SA

Resumen

El Programa de Mejora Genética de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) de Plantas de Navarra SA (PLANASA) se inició en 1984 con el objetivo principal de obtener variedades de fresa adaptadas al cultivo en Huelva, por esta razón el inicio del mismo fue en el Centro de I+D que se sitúa en Cartaya (Huelva). Desde entonces, durante estos más de 30 años, se han generado variedades de fresa de día corto y remontantes de gran éxito en las zonas de cultivo de clima templado, como son: 'Sabrosa', 'Sabrina', 'Sahara', 'Safari' y 'Cristal' además de variedades adaptadas a clima continental como son: 'Daroyal', 'Darselect', 'Deluxe', 'Donna', 'Amandine' o 'Dream', obtenidas en el Centro de I+D de Le Barp (Francia). En los últimos años las líneas de mejora se han diversificado, además de la tradicional línea de calidad organoléptica; la extraprecocidad, la resistencia a enfermedades generadas por hongos aéreos y de suelo, la calidad nutracéutica y la calidad postcosecha, se han incorporado en el Programa de Mejora de PLANASA como caracteres fundamentales en las futuras variedades de fresa. El objetivo principal a día de hoy es la obtención de variedades de fresa que se adapten a las principales zonas productoras de todo el mundo y a las diferentes técnicas de cultivo utilizadas en la actualidad (cultivo en suelo, cultivo hidropónico o fuera de suelo, uso de plantas en maceta, uso planta frigo...), con lo que existe un amplio abanico de ideotipos varietales, destinados a cada una de las necesidades.

Palabras clave: *variedades, ideotipos, día corto, remontante.*

Introducción

Plantas de Navarra SA (PLANASA) inició su actividad en 1973 como empresa viverista de espárrago y plantas de fresa. El Programa de Mejora Genética de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) de PLANASA se inicia en 1984 en la Finca 'La Mogalla' en Cartaya (Huelva), siendo el objetivo inicial la obtención de variedades adaptadas al clima templado de Huelva (Hidalgo *et al.*, 2009). Actualmente PLANASA continúa con su actividad viverista de fresa siendo uno de los mayores viveros del mundo. Cuenta con más de 2.000 has de cultivos en fincas localizadas en: España, Francia, Polonia, Chile, México y Estados Unidos. Además, ha ampliado su actividad en I+D, pues se están desarrollando programas de mejora genética de otras berries: frambuesa, mora y arándano, además de espárrago, ajo y frutal de hueso. En lo que a fresa se refiere, además de la finca experimental en Huelva, actualmente PLANASA realiza mejora genética de fresa en Francia y Estados Unidos. En la finca experimental situada en Le Barp, el objetivo principal es la obtención de variedades de fresa adaptadas a clima continental usadas para el cultivo en Centro Europa. Por otra parte, en Watsonville (California) PLANASA comenzó un programa de mejora genética de fresa en 2014, centrada en la obtención de variedades de fresa de día neutro (remontantes) destinadas al cultivo en California. Durante todo este tiempo y en todos los programas iniciados se está usando la metodología de mejora clásica, eligiendo parentales adaptados y realizando cruzamientos.

Material y métodos

Uno de los aspectos primordiales de cualquier programa de mejora es el definir de una forma clara los objetivos de dicha mejora, objetivos que por otra parte evolucionan a lo largo del tiempo, como lo hacen las tendencias del mercado. En el caso del programa desarrollado en Huelva los objetivos de la mejora, tanto en variedades de día corto como de día neutro, actualmente tratan de cubrir las necesidades y exigencias del sector, tanto desde el punto de vista del cultivo como del consumidor. Desde el punto de vista agronómico, la precocidad es fundamental, ya que el sector

productor está demandando variedades capaces de comenzar a producir desde principios de diciembre, y que además mantengan una producción lineal hasta final de campaña, que evite la sobre-oferta y los problemas comerciales que ello conlleva. Por otra parte, ante el continuo incremento de los costes de recolección, es fundamental que las nuevas variedades tengan una arquitectura de planta que facilite la cosecha de los frutos, que además deben mantener un buen calibre a lo largo de toda la campaña. Otra cualidad agronómica importante y que se ha incluido en la selección es la tolerancia a enfermedades causadas por hongos tanto de suelo, como pueden ser *Phytophthora* spp., *Macrophomina phaseolina* o *Fusarium* spp.; como aéreos como son *Phodospaera aphanis* y *Botrytis cinerea*, lo cual permitiría una reducción en el uso de fitosanitarios. En el lado opuesto, el sector consumidor, además de fresa con una óptima calidad organoléptica, es decir, alto contenido en sólidos solubles, buena firmeza, sabor y aroma, está demandando una buena calidad nutracéutica, es decir, la presencia de compuestos beneficiosos para la salud humana, en el caso de fresa: vitamina C y compuestos fenólicos que principalmente poseen una alta capacidad antioxidante y que dan a la fresa un cariz de alimento funcional. Por último, otro parámetro incluido de forma importante en el programa de selección es la capacidad de la fresa para viajar al destino de venta manteniendo sus cualidades comerciales, es decir, la calidad poscosecha.

El programa desarrollado en Le Barp, tiene como objetivo principal la mejora de la calidad organoléptica, nutracéutica y poscosecha de la fresa, además de mantener una buena productividad, realizándose mejora de variedades de día corto y remontantes adaptadas a clima continental. Por otra parte, el programa iniciado en 2014 en Watsonville (California) está centrado en la mejora de variedades de día neutro. En este caso, el objetivo principal es la obtención de variedades con una arquitectura y calibre medio de fruto, que las hagan fáciles de cosechar.

En el caso de Huelva se realizan unos 50 cruzamientos y cada año se evalúan unos 15.000 individuos o *seedlings*, cultivados bajo las condiciones de cultivo convencionales de Huelva, es decir, usando planta fresca a raíz desnuda, plantada durante el mes de octubre y procedente de vivero de altura, en lomo acolchado y cultivo protegido en invernadero, tipo ma-

crotúnel (López-Aranda, 2008). En el caso de Le Barp y Watsonville, se evalúan unos 10.000 individuos o *seedlings* cada campaña, procedentes de unos 30 cruzamientos, en condiciones de cultivo al aire libre. Esta primera fase de evaluación de *seedlings*, culmina tras cuatro años, con la selección de 2-3 selecciones avanzadas, en cada programa. El paso siguiente es la evaluación de las aptitudes agronómicas durante otros tres años, lo cual permite decidir el registro, o no, y el consecuente inicio de producción de planta comercial.

Resultados y discusión

Como resultado de la mejora genética desarrollada en fresa, PLANASA ha registrado importantes variedades adaptadas al cultivo en clima templado, utilizadas ampliamente en España y otros países de la Cuenca Mediterránea. Además de variedades adaptadas para al cultivo en el Norte de Europa, de gran éxito. Todas ellas se describen a continuación:

Variedades adaptadas a clima templado

'Sabrosa' (Candongga): es una variedad de día corto obtenida de un cruce realizado en 1996, donde *'Tudla'* y *'Cartuno'* estaban presentes de forma importante en su pedigree. Es una variedad con un vigor medio, porte erecto y compacto, de pedúnculos largos que le hace que sea de fácil recolección. Destaca por la alta calidad organoléptica de sus frutos, que poseen además una atractiva forma cónica y un color rojo brillante. Es cultivada en Huelva de forma importante desde hace doce años y apreciada por las empresas que tienen mercados de destino muy exigentes, en lo que a la calidad organoléptica se refiere.

'Sabrina': es una variedad de día corto obtenida por el cruzamiento entre las selecciones 90-020 y 97-19 y seleccionada en la finca experimental de PLANASA en Cartaya (Huelva). La planta es vigorosa, erecta y compacta, de hojas de color verde intenso en el haz y con buen sistema

radicular. Los frutos son muy atractivos, de forma cónica alargada y de color rojo brillante. Presenta una buena polinización y es muy poco propensa a deformaciones por frío o mala fecundación. El calibre del fruto es grande, con pesos medios entre los 23 y 25 g. Mantiene buenos calibres hasta el final de la cosecha. Es ligeramente más precoz que `Sabrosa`. Ha sido la variedad más cultivada en Huelva entre 2012 y 2015, y actualmente es muy utilizada en Marruecos por su buena adaptabilidad a producción para consumo en fresco y para industria.

`*Sahara*`: es una variedad de día corto obtenida por cruzamiento. Ha sido seleccionada en la finca experimental de PLANASA en Cartaya y está inscrita en el registro oficial de variedades comerciales de España. Destaca por ser muy precoz y de gran calidad de fruta, es muy productiva, con frutos de gran calibre y sin deformación. La pulpa es consistente y posee buena elasticidad. Posee un color rojo brillante intenso y homogéneo incluso en fruto precoz, además mantiene un alto contenido en sólidos solubles durante toda la campaña. Es usada actualmente en Marruecos, Egipto y Turquía.

`*Safari*`: variedad de día corto obtenida por cruzamiento en la finca experimental de PLANASA en Cartaya (Huelva). Destaca por su extraprecocidad y posee un vigor medio, pese a su extraprecocidad mantiene un contenido en sólidos solubles muy alto desde inicio de campaña. Se adapta muy bien al cultivo en maceta, por su porte abierto y erguido es muy fácil de recolectar. Se adapta bien a climas subtropicales y con pocas horas de frío. El fruto mantiene buen calibre durante toda la campaña y tiene una muy buena calidad poscosecha. Actualmente es usada en Marruecos y México.

`*Cristal*`: es una variedad de día neutro obtenida por el cruzamiento entre 91-61 y 90-45, dos selecciones avanzadas de PLANASA, en la finca experimental de Cartaya (Huelva). Variedad con muy buena calidad de fruta en otoño y que se adapta bien al cultivo en verano, utilizando planta frigo. El color del fruto es rojo brillante y muy homogéneo a lo largo de toda la campaña.

Variedades adaptadas a clima continental

'Daroyal': es una variedad obtenida por cruzamiento en la finca experimental de PLANASA en Le Barp. Es una de las variedades más precoces para su zona climática. Posee una buena productividad y un excelente sabor. Es una planta vigorosa y con resistencia a enfermedades vasculares. Posee unas necesidades de unas 800 horas frío, para controlar el vigor es aconsejable disminuir la densidad de plantación y limitar los aportes de nitrógeno. Especialmente indicada para regiones al norte del Loira (Francia) o en el valle del Rin (Alemania).

'Darselect': variedad obtenida por cruzamiento y seleccionada en Le Barp (Francia). Destaca por su buen sabor y bonito color anaranjado. La piel es resistente y la pulpa es firme. Es una variedad rústica y no sensible a enfermedades en cultivo bajo túnel. Permite una alta densidad de plantación. Es dos semanas más precoz que *'Elsanta'*. Se adapta muy bien al cultivo en cualquier zona de clima continental.

'Deluxe': obtenida en Le Barp (Francia) en 2012. Destaca por su forma acorazonada y color rojo anaranjado. Posee una piel firme que le da una buena calidad poscosecha. Es muy productiva y sin problemas de deformación de fruto. El sabor es muy bueno, con un buen equilibrio entre azúcares y ácidos. Es una variedad rústica con un buen vigor y que soporta bien las bajas temperaturas.

'Donna': es una variedad obtenida también en Le Barp (Francia). Es muy precoz y posee una elevada productividad. Sus frutos poseen una forma cónica muy atractiva. Es una variedad muy rústica y resistente a enfermedades. Tiene unas necesidades de horas frío de 900 horas.

'Amandine': variedad remontante obtenida en la finca experimental de Le Barp en 2012. Posee una piel muy resistente y una pulpa muy firme, que asegura la buena conservación y transporte. Sus frutos tienen una bonita forma y muy buen sabor. Es muy productiva y el calibre de fruto que mantiene a lo largo de toda la campaña la hace muy fácil de recolectar. Su tolerancia a oídio es superior a otras variedades como *'Charlotte'* y *'Mara des Bois'*.

'*Dream*': variedad obtenida por cruzamiento en 2012 en Le Barp. Es una variedad muy temprana, unos 10 días más precoz que 'Elsanta' o 'Clery'. Es muy productiva y de fácil recolección. Posee un porte erguido y abierto. Sus frutos son de un color rojo brillante y de muy buen sabor, con un calibre alto durante toda la campaña y sin deformaciones.

Toda la oferta varietal de PLANASA tiene como objetivo reportar la máxima satisfacción al consumidor y el mayor rendimiento comercial al productor, intentando que en el proceso productivo el impacto ambiental sea mínimo. Para cumplir con dicho objetivo los cruces que se programan cada año van encaminados a la mejora continua de la calidad organoléptica, nutracéutica y poscosecha, así como a la mejora de la productividad y la tolerancia a enfermedades.

Referecias bibliográficas

- Hidalgo, M. A.; Sánchez, D.; Huereu, R.; Moreau, J.; Monfort, A. y Arus, P. (2009): «The Inotalis Breeding Program (Planasa and Darbonne)-New trends and challenges in Strawberry plant breeding»; *Acta Horticulturae* (842); pp. 431-434.
- López-Aranda, J. M. (2008): «El cultivo de la fresa en Huelva»; *La Fresa de Huelva*. Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca; p. 103-172.

Efecto de la salinidad sobre la calidad de la fresa y su evolución en poscosecha. Fertirriego de un cultivo de fresa en la provincia de Huelva

F. Molina

Gat Fertíliquidos

Resumen

Este trabajo presenta los resultados de un ensayo de fertirrigación en un cultivo de fresa cultivada en una parcela comercial en la provincia de Huelva. El objetivo del ensayo fue intentar mejorar la calidad del fruto de fresa sin reducir la producción de la misma, mediante el manejo de la fertirrigación. Para ello se establecieron tres estrategias de abonado y se evaluaron las posibles diferencias de absorción de nutrientes entre tratamientos, su efecto sobre la calidad final del fruto y su evolución en poscosecha, bajo condiciones de diferente salinidad con volúmenes de fertirriego distintos. No se produjeron acumulaciones de sales en la zona radicular. Las diferencias aparecieron en favor del tratamiento con la CE de entrada intermedia, que presentó mayor absorción de nutrientes y mayores eficiencias y aprovechamiento en el uso de los fertilizantes. Los tratamientos de la CE menor e intermedia produjeron significativamente más que el tratamiento de CE mayor. El aumento de la salinidad aunque proporcionó un menor peso del fruto, produjo un aumento en los °Brix, en la firmeza del fruto y en la conservación de fruto.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa, absorción, nutrientes, sondas de succión.*

Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa*, Duch.) en gran parte de la provincia de Huelva se cultiva en suelos arenosos, y se riega con agua que no aporta nutrientes y con alta frecuencia, por lo que en cierto modo, se puede considerar un cultivo hidropónico en suelo (Cadahía, 1988). Por todo ello, la tendencia en la zona es abonar por el sistema de manejo proporcional, en el que la cantidad de fertilizantes va ligada a la cantidad de agua. En el cultivo de la fresa está muy extendido el control de los parámetros climáticos y de humedad del suelo para manejar el riego (Gavilán *et al.*, 2014). Se conocen la concentración y equilibrios de sales necesarios para la fertirrigación con volúmenes de agua de riego superiores a sus necesidades, pero no hay demasiada información cuando se aplican volúmenes de riego más ajustados a las necesidades del cultivo.

La fresa es un cultivo sensible a la salinidad, pudiendo originar una reducción en la producción de fruto. Sin embargo, la salinidad puede proporcionar una mayor calidad organoléptica y/o funcional del fruto. El objetivo de este trabajo fue generar conocimiento sobre los factores pre-cosecha propios del cultivo de fresa que optimicen su calidad poscosecha, para intentar mejorar la calidad del fruto de fresa sin perjudicar la producción de la misma, mediante el aumento de la salinidad con el manejo de la fertirrigación.

Material y métodos

Los trabajos se realizaron en una parcela comercial en la Comarca Condado de la provincia de Huelva, en un suelo arenoso, sobre un cultivo de fresa de la variedad 'Victory' durante la campaña 2015/16.

Se realizó un ensayo con un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de un túnel completo, por tanto, el ensayo se compuso de 12 túneles.

Las estrategias estuvieron basadas en el aumento de la salinidad en la solución nutritiva aportada a través del riego aplicado en el momento del cultivo en el que ya ha alcanzado el desarrollo vegetativo y comienza el

engorde de los primeros frutos. Hasta el 15 de febrero la solución nutritiva aportada en todas las líneas de cultivo fue la solución estándar que se aplica en el cultivo de fresa, en toda la finca (T1 CE 0,7 mS cm⁻¹). A partir de esta fecha esta estrategia se comparó con dos tratamientos de fertirrigación consistentes en el aumento de la salinidad (T2 CE 1,46 y T3 CE 2,38) aumentando los contenidos de K⁺, Ca⁺⁺ y Cl⁻.

Para evaluar el efecto de las tres soluciones nutritivas sobre la absorción de nutrientes por la planta se realizó un seguimiento analítico durante los meses de marzo, abril y mayo, en el que se compararon la solución fertilizante real (SFR) aportada al cultivo por el sistema de riego con la solución del suelo (SS). Para la recogida de SFR se instaló en cada tratamiento una cinta en paralelo para no afectar al cultivo y para la SS fueron extraídas con sondas de succión instaladas a 20 cm de profundidad.

Para evaluar el efecto de las tres soluciones nutritivas sobre la producción y calidad de fruto, se realizó la evaluación en poscosecha de la calidad de fresa cultivada con determinaciones en las recolecciones realizadas en los meses de marzo, abril y mayo. Los parámetros evaluados fueron: producción (g planta⁻¹), peso de fruta (g fruto⁻¹), volumen de fruta (cm³), firmeza (g cm⁻³), sólidos solubles (°Brix), y tiempo poscosecha (días poscosecha).

Los tres tratamientos, al igual que toda la finca, recibieron los mismos volúmenes de riego, los tradicionales de la zona, ligeramente por arriba de las necesidades de agua del cultivo.

Resultados y discusión

Estrategias de fertirrigación realmente aplicadas. Evolución de los fertilizantes aplicados en cada tratamiento (SFR).

Los valores de CE de las muestras analizadas durante la campaña de la SFR o entrada al cultivo, fue la indicada en las Tablas 1 y 2. Hasta el 15 de febrero la solución nutritiva aportada en todas las líneas de cultivo fue la solución estándar que se aplica en el cultivo de fresa, con una concentración cloruro sódico (NaCl) dadas por el agua de riego de la finca. Esta solución nutritiva a la que denominaremos T, se considerará la solución testigo.

A partir del 15 de febrero se establecieron tres estrategias de fertirrigación, consistentes en el establecimiento de tres soluciones nutritivas diferentes en las que se variaron los contenidos de potasio (K), calcio (Ca) y Cl (Cl).

Tabla 1. Comparación de la SFR de entrada al cultivo en cada tratamiento

SFR T1 Finca	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
Agua sola	6,4	0,24	0,4	0,0	0,1	1,2	0,3	1,0	0,2	0,2	0,2	0,0
Abono Finca	-0,8	0,53	3,93	0,66	0,04	0,0	-0,1	0,0	2,06	0,66	0,37	0,15
Total T1	5,6	0,77	4,33	0,66	0,14	1,2	0,2	1,0	2,26	0,86	0,57	0,15
SFR T2	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
Ab. Extra T2		0,69	2,75	0,00	0,0	2,24	0,00	0,0	2,50	1,12	0,18	0,00
Total T2	5,6	1,46	7,08	0,66	0,14	3,47	0,20	1,0	4,76	1,98	0,75	0,15
SFR T3	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
Ab. Extra T3		1,61	7,77	0,00	0,0	4,84	0,00	0,0	6,40	2,78	0,34	0,00
Total T3	5,6	2,38	12,1	0,66	0,14	6,07	0,20	1,0	8,66	3,64	0,91	0,15

SFR: Solución Fertilizante Real, T: Tratamientos, CE (mS cm⁻¹) y concentración de elementos minerales (mmol l⁻¹).

Tabla 2. Evolución de la SFR de entrada al cultivo en cada análisis y en cada tratamiento

SFR Marzo	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	5,9	0,77	4,33	0,66	0,12	1,19	0,20	1,00	2,21	0,89	0,55	0,15
T2	5,9	1,46	7,08	0,66	0,04	3,43	0,20	0,97	4,71	2,01	0,73	0,15
T3	5,6	2,38	12,10	0,66	0,04	6,03	0,20	1,03	8,61	3,67	0,89	0,15
SFR Abril	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	6,03	0,62	2,88	0,24	0,10	1,25	0,50	0,91	1,09	0,73	0,41	0,74
T2	5,86	1,27	5,26	0,31	0,10	4,05	0,50	1,00	3,27	1,61	0,90	0,82
T3	5,62	2,08	8,43	0,39	0,11	8,03	0,40	1,12	6,26	2,94	1,61	0,94
SFR Mayo	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	5,9	0,61	3,1	0,3	0,0	1,2	0,3	1,0	1,3	0,8	0,5	0,1
T2	5,9	1,11	4,9	0,3	0,1	2,8	0,3	1,1	3,0	1,5	0,6	0,2
T3	5,6	2,27	10,9	0,4	0,0	6,2	0,2	1,1	7,5	3,6	0,8	0,4

SFR: Solución Fertilizante Real, T: Tratamientos, CE (mS cm⁻¹) y concentración de elementos minerales (mmol l⁻¹).

*Evolución de los nutrientes en la solución de suelo (SS)
en cada tratamiento*

Los valores de las muestras analizadas durante la campaña en la solución de suelo, fue los indicados en la Tabla 3. En la solución del suelo los valores fueron superiores en el tratamiento T3, donde como era de esperar, era el tratamiento con mayor CE.

**Tabla 3. Análisis de la SS por fechas.
(Febrero antes de que se aplique el tratamiento de CE)**

SS Febrero	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	7,15	0,62	2,33	0,17	0,22	1,45	1,05	1,24	0,33	1,23	0,79	0,00
T2	6,90	0,59	2,37	0,15	0,16	1,38	1,00	1,13	0,47	1,17	0,68	0,00
T3	7,25	0,45	0,70	0,12	0,18	1,58	1,30	1,04	0,23	1,04	0,48	0,00
SS Marzo	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	6,04	0,83	4,16	0,38	0,12	1,33	0,40	0,93	1,67	0,95	0,58	0,58
T2	6,50	1,41	6,38	0,45	0,12	3,76	0,40	1,02	3,60	1,88	1,00	0,66
T3	6,57	1,79	7,50	0,42	0,12	6,32	0,60	1,09	5,22	2,50	1,30	0,77
SS Abril	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	7,32	0,72	1,94	0,29	0,38	2,27	1,20	1,52	0,37	1,48	0,77	0,00
T2	7,12	1,37	4,98	0,11	0,12	5,60	1,00	1,77	1,94	2,57	1,32	0,00
T3	6,58	2,85	11,68	0,16	0,14	12,75	0,70	2,46	5,33	5,67	2,88	0,00
SS Mayo	pH	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	7,2	1,27	2,7	0,2	0,2	5,6	0,8	2,3	1,4	2,1	1,0	0,0
T2	6,4	1,24	3,9	0,2	0,2	5,1	0,3	1,6	2,8	2,0	0,7	0,0
T3	6,5	5,68	26,6	0,1	0,2	22,0	0,3	4,2	14,2	12,5	3,3	0,0

SS: Solución del Suelo, T: Tratamientos, CE (mS cm⁻¹) y concentración de elementos minerales (mmol l⁻¹).

Comparación de las relaciones solución de nutrientes del Suelo/Entrada al cultivo en cada tratamiento (SS/SFR)

En cada tratamiento se compararon los valores de los análisis de la solución que quedaba en el suelo con la solución nutritiva que entraba al sistema suelo-planta (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la relación SS/SFR por fechas (Febrero antes de que se aplique el tratamiento de CE)

SS/SFR Febrero	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	0,81	0,54	0,26	1,83	1,22	5,25	1,24	0,15	1,38	1,44	0,00
T2	0,77	0,55	0,23	1,33	1,16	5,00	1,13	0,21	1,31	1,24	0,00
T3	0,58	0,16	0,18	1,50	1,33	6,50	1,04	0,10	1,17	0,87	0,00
SS/SFR Marzo	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	1,08	0,96	0,58	1,00	1,12	2,00	0,93	0,76	1,07	1,05	3,87
T2	0,97	0,90	0,68	3,00	1,10	2,00	1,05	0,76	0,94	1,37	4,40
T3	0,75	0,62	0,64	3,00	1,05	3,00	1,06	0,61	0,68	1,46	5,13
SS/SFR Abril	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	1,16	0,67	1,21	3,80	1,82	2,40	1,67	0,34	2,03	1,88	0,00
T2	1,08	0,95	0,35	1,20	1,38	2,00	1,77	0,59	1,60	1,47	0,00
T3	1,37	1,39	0,41	1,27	1,59	1,75	2,20	0,85	1,93	1,79	0,00
SS/SFR Mayo	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
T1	2,08	0,86	0,92	0,00	4,64	2,67	2,16	1,07	2,56	2,27	0,00
T2	1,12	0,79	0,58	1,70	1,84	1,00	1,50	0,92	1,35	1,23	0,00
T3	2,50	2,44	0,37	0,00	3,58	1,50	3,88	1,88	3,48	4,40	0,00

SS: Solución del Suelo, SFR: Solución Fertilizante Real, T: Tratamientos, CE (mS cm⁻¹) y concentración de elementos minerales (mmol l⁻¹).

El tratamiento T3, cuya CE era la mayor de los tratamiento aplicados, presentó mayor concentración de nutrientes y mayor valor de esta relación de CE, sin embargo, el tratamiento T2, que recibió CE intermedia, presen-

tó menor concentración de nutrientes en la solución del suelo (SS) respecto a la SFR.

Todos los tratamientos aplicados, dieron lugar a acumulación de nutrientes (no consumiendo magnesio, sulfato, cloro ni sodio, Tabla 5). En general los tratamientos T1 y T2 por igual presentaron mayor consumo de nutrientes, respecto al tratamiento T3 que presentó menor consumo y mayor acumulación de nutrientes.

Tabla 5. Consumo o acumulación de cada nutriente en cada momento respecto al total de sales (CE) (+ se consume y - se acumula) (Febrero antes de que se aplique el tratamiento de CE)

SS/SFR Febrero	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	0,27	0,55	-1,03	-0,41	-0,43	0,66	-0,58	-0,63
T2	0,22	0,54	-0,57	-0,39	-0,36	0,55	-0,55	-0,47
T3	0,42	0,40	-0,92	-0,74	-0,46	0,48	-0,58	-0,29
SS/SFR Marzo	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	0,12	0,50	0,08	-0,04	0,15	0,32	0,01	0,02
T2	0,06	0,28	-2,03	-0,13	-0,09	0,20	0,03	-0,40
T3	0,13	0,12	-2,25	-0,30	-0,31	0,15	0,07	-0,71
SS/SFR Abril	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	0,49	-0,05	-2,64	-0,65	-0,51	0,82	-0,87	-0,72
T2	0,13	0,72	-0,12	-0,30	-0,69	0,49	-0,52	-0,39
T3	-0,02	0,96	0,10	-0,22	-0,83	0,52	-0,56	-0,42
SS/SFR Mayo	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	1,22	1,16	0,00	-2,56	-0,08	1,01	-0,48	-0,18
T2	0,33	0,54	-0,58	-0,72	-0,38	0,20	-0,23	-0,12
T3	0,07	2,13	0,00	-1,08	-1,38	0,63	-0,98	-1,90

SS: Solución del Suelo, SFR: Solución Fertilizante Real, T: Tratamientos, CE (mS cm⁻¹) y concentración de elementos minerales (mmol l⁻¹).

Comparación de la acumulación de sales

Para el cálculo de la acumulación de sales en la zona de absorción radicular del cultivo se utilizó la siguiente fórmula: $((CE_{SS} - CE_{SFR})/CE_{SS}) \times 100$. Al principio la CE que tenía la solución de suelo (SS) fue menor a la de entrada (SFR) por eso estos valores presentaron valores negativos o muy pequeños (Tabla 6); solo al final (mayo), se produjo acumulación de sales, siendo el T2 el que menor porcentaje de drenaje presentó.

Tabla 6. Acumulación de sales en zona radicular del cultivo a lo largo del ciclo. Evolución del porcentaje de drenaje (Febrero antes de que se aplique el tratamiento de CE)

% D Febrero	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	-24,19	-85,84	-288,24	45,45	17,93	19,35	-569,70	27,64	30,38
T2	-30,51	-82,70	-340,00	25,00	13,77	11,50	-370,21	23,93	19,12
T3	-71,11	-518,57	-450,00	33,33	24,68	3,85	-860,87	14,42	-14,58
% D Marzo	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	7,23	-4,09	-73,68	0,00	10,53	-7,53	-32,34	6,32	5,17
T2	-3,55	-10,97	-46,67	66,67	8,78	4,90	-30,83	-6,91	27,00
T3	-32,96	-61,33	-57,14	66,67	4,59	5,50	-64,94	-46,80	31,54
% D Abril	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	13,89	-48,45	17,24	73,68	44,93	40,13	-194,59	50,68	46,75
T2	7,30	-5,62	-181,82	16,67	27,68	43,50	-68,56	37,35	31,82
T3	27,02	27,83	-143,75	21,43	37,02	54,47	-17,45	48,15	44,10
% D Mayo	CE	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
T1	51,97	-16,54	-8,70	100,00	78,46	55,56	-63,70	56,59	46,08
T2	10,48	-26,41	-72,22	41,18	45,54	38,22	-71,27	0,50	1,35
T3	60,04	58,96	-169,23	100,00	72,07	75,18	39,15	70,71	73,03

% D: porcentaje de drenaje, T: tratamientos, CE (mS cm⁻¹) y concentración de elementos minerales (mmol l⁻¹).

Determinaciones de calidad de fruto

Producción: en cuanto a la producción (frutos de 1.^a y 2.^a categoría), los tratamientos T1 y T2 tuvieron significativamente más producción que el T3, no mostrándose diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T2.

El tratamiento 1 dio lugar a frutos con mayor peso unitario que los tratamientos T2 y T3, sin embargo, estos últimos no mostraron diferencias entre ellos. En volumen por fruta, el tratamiento T1 presentó el mayor valor. Por tanto, la densidad por fruto fue mayor en el T2, seguido del T3. En cuanto a la cantidad de sólidos solubles, los mayores valores se recogieron en el T3 y el T2, siendo menor en el tratamiento T1. En firmeza de la fruta el mayor valor se dio en el T3. Finalmente, en cuanto a la conservación postcosecha de la fresa, presentaron mayor conservación los tratamientos T3 y T2.

Conclusiones y recomendaciones

El aumento de la salinidad provocó menor producción de fruta y menor peso del fruto. En los tres muestreos realizados a lo largo del ciclo de cultivo se observó un aumento en los grados °Brix, lo que supone un aumento del sabor del fruto, cuando se aumentó el contenido salino en el riego. Igualmente en condiciones salinas aumentó la firmeza del fruto. En cuanto al efecto sobre la conservación de fruto durante 10 días, se observó que el aumento de salinidad proporcionó también una mayor conservación.

En cuanto a la absorción de nutrientes presentó mayor absorción el tratamiento de salinidad intermedia.

Es recomendable repetir el estudio comenzando antes las aplicaciones de salinidad, a partir del inicio de fructificación, momento en el que el cultivo ya ha alcanzado un desarrollo vegetativo considerable y comienza el engorde de los primeros frutos, aproximadamente a los 60 días desde la plantación (en diciembre). Al mismo tiempo reducir el nitrógeno aplicado, ya que el nitrógeno favorece el desarrollo vegetativo frente al generativo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la empresa Gat Fertilíquidos y contado con la colaboración del equipo de Pedro Gavilan del IFAPA.

Referencias bibliográficas

- CADAHÍA, C. (1988): «Fertilización en riego por goteo de cultivos hortícolas». Madrid, Unión Explosivos Rio Tinto, ERT Fertilizantes.
- GAVILÁN, P.; LOZANO, D.; RUIZ, N. y MOLINA, F. (2014): «El riego de la fresa en el entorno de Doñana». Madrid, XXXII Congreso Nacional de Riegos. AERYD.

Empleo de bacterias rizosféricas como sustitutas de productos químicos de síntesis para un cultivo sostenible de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)

M. Camacho, L. Aparicio, C. Pérez-Carmona y B. de los Santos

IFAPA-Junta de Andalucía

Resumen

La tendencia actual de la política agraria de la Unión Europea al disminuir la cantidad de insumos, obligará al uso alternativo de otras soluciones, entre las que destacan el uso de microorganismos como inoculantes. En este trabajo hemos utilizado bacterias rizosféricas seleccionadas, por un lado, por sus características como promotoras del crecimiento vegetal (PGP), para aumentar la raíz de plantas de fresa, aumentando así su capacidad de captación de agua y nutrientes, y por otro lado por sus características como agentes de biocontrol (BC) frente al hongo patógeno *Macrophomina phaseolina*. Se han realizado ensayos de 4 meses de duración, en invernadero y en cámara de cultivo, respectivamente, utilizando plantas de los cultivares 'Candongra' y 'Camarosa', procedentes de viveros de altura. Las raíces de las plantas se embebieron durante 60 min en una suspensión bacteriana (10^8 células·mL⁻¹) antes de la siembra, que se realizó en macetas de 20 cm de diámetro, rellenas de turba. Durante el tiempo de duración de los ensayos, las bacterias se re-inocularon cada mes, a razón de 5 mL de suspensión bacteriana por planta. Los datos de los ensayos de promoción de crecimiento, muestran que, todos los tratamientos bacterianos incrementaron, de forma significativa, los parámetros vegetativos (peso seco de raíz y de parte aérea) de las plantas de fresa, así como los pro-

ductivos (número de frutos y peso fresco de los mismos). La mayoría de los tratamientos mostró igualmente, una floración más temprana. Respecto a los ensayos de BC, varios de los tratamientos mantuvieron vivas todas las repeticiones hasta los 3 ½ meses después de la inoculación con el hongo patógeno, mostrando uno de ellos una alta resistencia (80 % plantas vivas) hasta el final del ensayo.

Estos ensayos preliminares, muestran el potencial de estas bacterias como sustitutos de compuestos químicos de síntesis, en un cultivo sostenible de la fresa.

Palabras clave: *bacterias PGP*, *biocontrol*, *Macrophomina phaseolina*, *Fragaria*.

Introducción

Las denominadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) pueden influir en el crecimiento de planta de dos maneras distintas. Por una parte pueden influir de una manera directa, mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, producción de fitohormonas (citoquininas, giberelinas, auxinas), de sideroforos, solubilización de fósforo, control de los niveles de etileno...etc., y por otra, ejerciendo actividades de biocontrol (BC). Estas últimas pueden ser debidas a la producción, por parte de la bacteria, de antibióticos, enzimas capaces de degradar la pared celular o sideróforos (competencia por la disponibilidad de hierro), así como por desarrollar resistencia sistémica inducida en la planta (Gamalero y Glick, 2011).

Las enfermedades fúngicas ocasionan importantes pérdidas en Andalucía (España) en varios cultivos hortícolas. Entre ellos, cabe destacar, por su importancia económica, la fresa, cultivo en el que Andalucía se sitúa a la cabeza nacional, produciendo el 70 % de la producción total (MAGRAMA, 2015). Últimamente se han detectado nuevas enfermedades que han impactado severamente en este cultivo, como la podredumbre carbonosa, cuyo agente causal es *Macrophomina phaseolina* (Avilés *et al.*, 2008). El incremento de la prevalencia de esta enfermedad parece estar relacionado

con el abandono del uso del bromuro de metilo como desinfectante de suelos, ya que los productos alternativos usados en la actualidad, no son suficientemente eficaces para eliminar estos patógenos (López-Aranda *et al.*, 2009).

En este trabajo proponemos el uso de bacterias PGP para 1) aumentar el sistema radical de la planta y 2) ejercer actividades de BC contra la podredumbre carbonosa.

Material y métodos

En los ensayos de BC en primer lugar se probó la capacidad de los aislamientos bacterianos para inhibir, *in vitro*, el crecimiento del hongo patógeno *M. phaseolina*. Para ello, las cepas de hongos se mantuvieron en crecimiento activo en placas de Petri a 30 °C. Para realizar los ensayos, cada estirpe bacteriana a utilizar, se incubó previamente en placas de Petri conteniendo caldo nutritivo, a 28 °C. A las 48 h se tomaron de tres a cuatro colonias, se lavaron en agua destilada y se resuspendieron en una disolución 0,1M de MgSO₄·7H₂O para obtener 10⁹ u.c.f.·mL⁻¹. El ensayo se realizó en placas Petri de 9 cm de diámetro con 20 mL por placa de caldo nutritivo. Se distribuyeron cuatro gotas de 10 µL del inóculo bacteriano (agua destilada en las placas control) en direcciones perpendiculares y a una distancia de 1,75 cm del centro de la placa (3 repeticiones por bacteria). Cuando la bacteria hubo crecido (24-48h), se dispuso en el centro de la placa un disco de micelio del aislado del hongo patógeno tomado del borde de una colonia en crecimiento activo. A los 12 días se comparó el diámetro del micelio enfrentado a las diferentes estirpes bacterianas frente al del control y se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial mediante la siguiente fórmula (Royse y Ries, 1978):

$$\% \text{ de inhibición} = (\emptyset \text{ crecimiento control} - \emptyset \text{ crecimiento tratamiento}) \times 100 / \emptyset \text{ crecimiento control}$$

Los ensayos de plantas se realizaron en macetas de 20 cm de diámetro conteniendo turba estéril. Se dispusieron 5 plantas por tratamiento, en

un diseño de bloques al azar. En un primer ensayo, en invernadero, se utilizaron bacterias productoras de auxinas, previamente seleccionadas por nuestro grupo de investigación. Dichas bacterias crecieron en los medios de cultivos apropiados, suplementados con triptófano para optimizar la producción de auxinas. Una vez crecidas, se centrifugaron y resuspendieron en sales minerales. Las raíces de las plantas de fresa (cultivar ‘Candonga’) se embebieron durante 60 min en una suspensión bacteriana (10^8 células·mL⁻¹) antes de la siembra. Durante el tiempo de duración de los ensayos, las bacterias se re-inocularon cada mes, a razón de 5 mL de suspensión bacteriana por planta.

Con las bacterias seleccionadas *in vitro* por inhibir el crecimiento de *M. phaseolina* se realizó un segundo ensayo, bajo condiciones controladas, en cámara de cultivo. Se utilizó el cultivar de fresa ‘Camarosa’ y, se inocularon las bacterias de la misma manera que en el ensayo anterior, en el momento de la siembra. A los 15 días se re-inocularon, a razón de 5 mL de suspensión bacteriana por planta, y al día siguiente, se inoculó el hongo patógeno mediante riego con 50 mL de una suspensión de esclerocios (10^4 esclerocios·mL⁻¹). Transcurridos 4 meses se observó el índice de mortandad y la necrosis de la corona.

Resultados y discusión

De un total de 160 bacterias testadas en los ensayos de biocontrol realizados *in vitro*, el 12 % de ellas mostró una actividad antifúngica frente a *M. phaseolina* alta o muy alta presentando un porcentaje de inhibición contra el crecimiento del patógeno por encima del 75 %, llegando al 100 %, en el 7 % de los casos, impidiendo por completo el desarrollo micelial del hongo (Figura 1). Sin embargo, los datos del ensayo en cámara de cultivo con las 19 cepas seleccionadas, muestran que solo 6 de ellas ejercen un buen control *in vivo* (80 % plantas vivas 90 DPI), siendo una de ellas (Hvs 8) especialmente efectiva, al mantener este porcentaje hasta el final del ensayo (Tabla 1).

Figura 1. Ensayo de antagonismo con diferentes bacterias que muestran un porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del 100 %. A la izquierda se puede observar la placa control de *M. phaseolina*

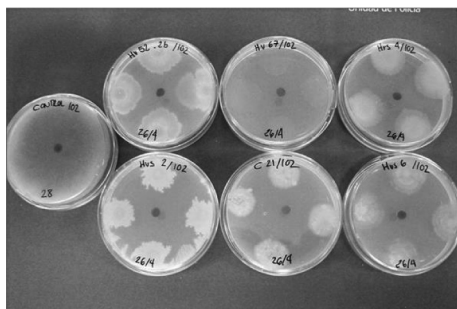


Tabla 1. Incidencia de plantas muertas (%) a lo largo del tiempo (DPI¹ = días posinoculación con *M. phaseolina*). En la columna, valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según test MDS $P < 0,05$

Tratamiento	34	43	48	61	68	77	84	91	114	126
Control		20	60	60	60	60	80	80	80	100 a
B1-2A				25	50	75	75	75	100	100 a
C-3		20	20	40	60	80	80	80	80	80 ab
C-5			20	40	40	40	40	40	60	80 ab
C-6								20	80	80 ab
C-8								20	40	100 a
C-11	20	20	20	20	20	20	20	20	60	100 a
C-21	20	20	20	40	40	40	40	40	40	80 ab
C-25					20	20	20	40	40	40 bc
M5								20	40	60 abc
Hv52-2a				40	40	60	60	60	60	100 a
Hvs-2				20	20	20	20	20	40	40 bc
Hrs-4	25	25	25	25	25	25	25	25	75	100 a
Hvs-6			20	20	60	60	60	60	80	80 ab
Hv-67			20	40	60	60	60	60	60	80 ab
Hvs-53						20	20	20	20	80 ab
Hv52-2b					20	20	40	40	40	60 abc
Hvs-8								20		20 c

Los datos de los ensayos de promoción de crecimiento, muestran que, todos los tratamientos bacterianos incrementaron, de forma significativa, los parámetros vegetativos (peso seco de raíz y de parte aérea) de las plantas de fresa, así como los productivos (número de frutos y peso fresco de los mismos) (Tabla 2). La mayoría de los tratamientos mostró igualmente, una floración más temprana (datos no mostrados).

Tabla 2. Parámetros vegetativos y productivos de las plantas de fresa en el ensayo de invernadero. Datos media de cinco repeticiones. En una columna, valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según test MDS P < 0,05

Tratamiento	Peso seco parte aérea (g)	Peso seco raíz (g)	N.º medio de frutos por planta	Peso fresco frutos (g)
c58	5,8 A	5,1 Bc	10,2 A	82,4 A
RTE9	6,7 A	7,7 A	7,0 Ab	58,50 AB
C59	5,5 A	6,1 Ab	8,2 Ab	66,4 AB
AG9	5,5 A	5,9 Ab	8,8 Ab	66,2 AB
Hv16	5,3 A	5,5 B	9,6 A	74,3 AB
Control	3,3 B	3,1 C	5,8 B	45,8 B

Estos ensayos preliminares, muestran el potencial de estas bacterias como sustitutos de compuestos químicos de síntesis, en un cultivo sostenible de la fresa.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (Junta de Andalucía) / Fondos FEDER, a través del Proyecto Sectorial PP.AVA.AVA201601.10

Referencias bibliográficas

- AVILÉS, M.; CASTILLO, S.; BASCON, J.; ZEA-BONILLA, T.; MARTÍN-SÁNCHEZ, P. M. y PÉREZ-JIMÉNEZ, R. M. (2008): «First report of *Macrophomina phaseolina* causing crown and root rot of strawberry in Spain»; *Plant Pathol.* (57); pp. 382.
- GAMALERO, E. y GLICK, B. R. (2011): «Mechanisms Used by Plant Growth-Promoting Bacteria»; en DINESH K. MAHESHWARI, ed.: *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Nutrient Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 17-46.
- LÓPEZ-ARANDA, J. M.; MIRADA, L.; MEDINA, J. J.; SORIA, C.; DE LOS SANTOS, B.; ROMERO, F.; PÉREZ-JIMÉNEZ, R. M.; TALAVERA, M.; FENNIMORE, S. A. y SANTOS, B. M. (2009): «Methyl Bromide Alternatives for High-Tunnel Strawberry Production in Southern Spain»; *Hort Technology* (19); pp. 187-192.
- MAGRAMA (2015): *Anuario de Estadística 2014*. Madrid; pp. 1051.
- ROYSE, D. J. y RAIS, S. M. (1978): «Influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*»; *Phytopathol.* (68); pp. 603-607.

Eficacia del ozono como desinfectante de suelo en el cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)

B. de los Santos, A. Aguado, L. Miranda, M. Camacho, M. F. Talavera y J. J. Medina

IFAPA-Junta de Andalucía

Resumen

El cultivo de la fresa es un motor económico y social esencial para la provincia de Huelva. Hoy en día, este sector debe afrontar importantes retos en distintos aspectos, entre ellos la utilización de fumigantes de suelo, afectada por las regulaciones normativas actuales, y la emergencia de nuevas enfermedades. En la actualidad se están comercializando en la zona fresera de Huelva diferentes equipos para la aplicación de ozono a través del agua de riego y se ha considerado de gran interés conocer su efecto sobre los patógenos de suelo que afectan a la fresa, en estas condiciones de cultivo. El ozono es un potente oxidante y tras su aplicación no existe ningún tipo de residuos. El objetivo de este trabajo es determinar la eficacia de la desinsectación del suelo mediante ozono y la repoblación de ese suelo desinfectado con un complejo bacteriano. Durante la campaña 2015-16, se ha estudiado la eficacia del ozono como desinfectante de suelo, a distintas dosis y formas de aplicación (aspersión, 14 L·m⁻² y goteo, 5 L·m⁻² o 15 L·m⁻²). Tras los tratamientos de ozono, se aplicó un complejo de rizobacterias promotoras del crecimiento, con la finalidad de regenerar la flora microbiana del suelo y evitar el crecimiento de organismos perjudiciales, especialmente nematodos fitopatógenos. Las infestaciones por nematodos se vieron reducidas por aplicaciones de ozono mediante aspersión + complejo bacteriano, incluso a 30 cm de profundidad, mientras que las poblaciones de hongos patógenos solo se redujeron en los primeros 15 cm del suelo

tratado. El tratamiento más eficaz en el control de enfermedades fue la aplicación de ozono por goteo a $15 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$, complementado con la aplicación del complejo bacteriano. Se detectó un incremento de las poblaciones bacterianas en suelo a profundidad de 15-30 cm tras el tratamiento de aspersión + complejo bacteriano.

Palabras clave: *Fusarium spp.*, *Macrophomina phaseolina*, *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus penetrans*, *PGPR*.

Introducción

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es un motor económico y social esencial para la provincia de Huelva. Hoy en día, este sector debe afrontar importantes retos en distintos aspectos, entre ellos la utilización de fumigantes de suelo, afectada por las regulaciones normativas actuales, y la emergencia de nuevas enfermedades (Chamorro *et al.*, 2015b). En la actualidad se están comercializando en la zona fresera de Huelva diferentes equipos para la aplicación de ozono a través del agua de riego y se ha considerado de gran interés conocer su efecto sobre los patógenos de suelo que afectan a la fresa, en estas condiciones de cultivo. El ozono es un potente oxidante y tras su aplicación no existe ningún tipo de residuos. El objetivo de este trabajo es determinar la eficacia de la desinfestación del suelo mediante ozono y en el control de enfermedades ocasionadas por hongos patógenos de suelo, así como determinar la repoblación de ese suelo desinfectado con un complejo bacteriano.

Material y métodos

Durante la campaña 2015-16, se llevó a cabo un ensayo de campo en la Finca Experimental El Cebollar (Moguer, Huelva), perteneciente al Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (CAPDR-Junta de Andalucía), que se estableció en una parcela en la que se ha cultivado fresa durante más de 10 años y que nunca ha sido desinfectada con productos



de síntesis química. Se realizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela elemental constaba de un lomo de cultivo de 2 m lineales, con un marco de plantación de 25 x 25 cm. Se aplicaron tres tratamientos: aplicación de ozono durante 30' en riego por goteo, en lomo ($5 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$); ozono durante 75' en riego por goteo, en lomo ($15 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$); ozono durante 2 h riego por aspersión ($14 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$), a toda superficie más un control no desinfectado. Tras los tratamientos con ozono, se aplicaron en las parcelas tratadas dos complejos bacterianos a dosis de $5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Bionema[®]) y $0,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Lebacter[®]), mediante riego por goteo durante 25 minutos, repitiendo la aplicación el 13 de noviembre; el 22 de febrero se aplicó Bionema[®] a dosis de $15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$. La plantación se realizó a finales de octubre, con plantas de fresa del cultivar 'Primoris'.

Para determinar la eficacia de los tratamientos en el control de las poblaciones de patógenos de suelo (hongos y nematodos) y su influencia en las poblaciones bacterianas, se tomaron muestras de suelo a 20 cm de profundidad, en la zona central y en el borde del lomo, en el caso de los tratamientos de riego por goteo y en el control; y a dos profundidades, 0-15 cm y 15-30 cm, en el caso del tratamiento de ozono por aspersión, en tres momentos: antes (21 de septiembre) y después de la aplicación de los tratamientos (tras la aplicación de ozono, el 23 de septiembre; y tras la primera aplicación de complejos bacterianos el 7 de octubre). La metodología seguida para aislamiento de suelo de *Macrophomina phaseolina* es una modificación de la utilizada por Papavizas y Clark (1974) (Chamorro *et al.*, 2015a). Para el aislamiento de especies de *Fusarium*, se utilizó la metodología descrita por Leslie y Summerell (2006). Los nematodos se recuperaron de las muestras de suelo mediante centrifugación en solución de sulfato de magnesio (Coolen, 1979; Talavera 2011). Las plantas muertas en cada subparcela se recogieron hasta mediados de mayo para su diagnóstico.

Resultados y discusión

En las muestras tomadas antes de la aplicación de los tratamientos se observó que las poblaciones de *Fusarium* spp., *M. phaseolina*, *Meloidogyne hapla* y *Pratylenchus penetrans* se distribuían de forma homogénea

en las parcelas elementales, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. Tras la aplicación de los tratamientos con ozono por goteo y complejos bacterianos, no se observaron diferencias significativas en las poblaciones de hongos, nematodos o bacterias debidas a la zona de muestreo, ni a la interacción [tratamiento x zona de muestreo], por lo que los resultados se presentan como la media de las zonas de toma de muestra. El hecho de que en los tratamientos de riego por goteo la zona de toma de muestra (zona central o lateral del lomo) no sea una fuente de variación nos indica una buena dispersión del producto. En el caso del tratamiento mediante aspersión, la profundidad a la que se tomaron las muestras (0-15 cm y 15-30 cm) sí fue significativa, pero solo afectó a las poblaciones de *Fusarium* spp. Solo en las parcelas que habían sido tratadas con ozono mediante aspersión, se apreció un incremento significativo de la población bacteriana, respecto al control, tras la aplicación de los complejos bacterianos (datos no mostrados).

Cuando analizamos la influencia de cada uno de los tratamientos en la población de *Fusarium* spp. en suelo, se observa una reducción significativa de la misma de entre 27 y 35 %, tras la aplicación de ozono, y de entre 57 y 64 % tras la aplicación del tratamiento microbiano, en las parcelas tratadas con ozono mediante goteo. En el caso de la aplicación de ozono por aspersión se observan variaciones respecto a la población inicial (Tabla 1), debido, fundamentalmente, al incremento significativo de la población a mayor profundidad de suelo (15-30 cm) (datos no mostrados).

Tabla 1. Población en suelo de *Macrophomina phaseolina* (esclerocios·g⁻¹ de suelo) y *Fusarium* spp. (UFC· g⁻¹ de suelo), antes (21/09) y después de la aplicación de los tratamientos de ozono (Posozono, 23/09) y compuestos bacterianos (Posbacterias, 7/10). Datos media de dos zonas de muestreo y tres repeticiones

Toma de muestra / tratamiento	<i>M. phaseolina</i> *			<i>Fusarium</i> spp.*		
	Ozono goteo 30'	Ozono goteo 75'	Ozono aspersión	Ozono goteo 30'	Ozono goteo 75'	Ozono aspersión
Pretratamiento	21,3 a	34,0 a	26,7 a	7.576 a	8.754 a	3.619 a
Posozono	27,3 a	30,0 a	18,3 ab	4.952 b	6.353 b	2.536 a
Posbacterias	23,0 a	14,7 b	17,7 b	3.213 b	3.104 b	4.589 a

* En una columna valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente, test MDS $P < 0,05$.

La aplicación de ozono por goteo 75 minutos más el tratamiento con complejos bacterianos redujo de forma significativa (56 %) la densidad de inóculo en suelo de *M. phaseolina* respecto a la población inicial. El tratamiento mediante aspersión reduce la población en el 31 %, siendo la variación significativa (34 %) tras la aplicación de bacterias (Tabla 1), valores similares a los alcanzados con tratamientos con DMDS + cloropirina (Chamorro *et al.*, 2015b). En el caso del tratamiento por aspersión se observa que la densidad de población de *M. phaseolina* tiende a disminuir en la zona más alta del suelo (0-15cm).

En el caso de las poblaciones de nematodos, solo se observó una reducción de las poblaciones de *M. hapla* y *P. penetrans* en el tratamiento con ozono en riego por aspersión, desde antes de la aplicación del tratamiento con complejos bacterianos (Tabla 2).

Tabla 2. Población en suelo de *Meloidogyne hapla* y *Pratylenchus penetrans* (nematodos·250 cc⁻¹ de suelo) antes (21/09) y después de la aplicación de los tratamientos de ozono (Posozono, 23/09) y compuestos bacterianos (posbacterias, 7/10). Datos media de dos zonas de muestreo y tres repeticiones

Toma de muestra / tratamiento	<i>Meloidogyne hapla</i> *			<i>Pratylenchus penetrans</i> *		
	Ozono goteo 30'	Ozono goteo 75'	Ozono aspersión	Ozono goteo 30'	Ozono goteo 75'	Ozono aspersión
Pretratamiento	19,2 a	19,8 a	13,7 a	7,33 a	5,0 a	3,7 a
Posozono	22,3 a	14,2 a	1,8 b	9,0 a	4,2 a	0,3 b
Posbacterias	12,3 a	8,8 a	0,3 b	6,0 a	2,3 a	0,7 b

* En una columna valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente, test MDS $P < 0,05$.

Las primeras plantas muertas se detectaron a principios de marzo. La mayoría de las mismas habían sido infectadas por *M. phaseolina*, agente causal de la podredumbre carbonosa. En las parcelas control la mortalidad alcanzó el 50 %, ocasionada en todos los casos por *M. phaseolina*. Los tratamientos con ozono por goteo redujeron significativamente la mortalidad y la incidencia de podredumbre carbonosa con respecto al control y, en el caso de 75', la incidencia no alcanzó el 10 % resultados similares a los obtenidos con tratamientos de biosolarización o DMDS + cloropirina (Chamorro *et al.*, 2015a, b).

Referencias bibliográficas

- CHAMORRO, M.; MIRANDA, L.; DOMÍNGUEZ, P.; MEDINA, J. J.; SORIA, C.; ROMERO, F.; LÓPEZ-ARANDA, J. M. y DE LOS SANTOS, B. (2015a): «Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry»; *Crop Protection* (67); pp. 279-286.
- CHAMORRO, M.; DOMÍNGUEZ, P.; MEDINA, J. J.; MIRANDA, L.; SORIA, C.; ROMERO, F.; LÓPEZ ARANDA, J. M.; DAUGOVISH, O.; MERTELY, J. y DE LOS SANTOS, B. (2015b): «Assessment of chemical and biosolarization treatments for the control of *Macrophomina phaseolina* in strawberries»; *Scientia Horticulturae* (192); pp. 361-368.
- COOLEN W. A. (1979): «Methods for extraction of *Meloidogyne* spp. and other nematodes from roots and soil»; en LAMBERTI F. y TAYLOR C. E., eds.: *Root-knot nematodes (Meloidogyne species) systematics, biology and control*. Londres y Nueva York, Academic Press; pp. 317-329.
- LESLIE, J. F. y SUMMERELL, B. A. (2006): «The Fusarium Laboratory Manual»; *Blackwell Publishing*; pp. 388.
- PAPAVIZAS, G. y KLAG, N. G. (1975): «Isolation and quantitative determination of *Macrophomina phaseolina* from soil»; *Phytopathology* (65); pp. 182-187.
- TALAVERA, M. (2011): «Detección, extracción y diagnóstico de nematodos fitoparásitos»; en Andrés-Yeves M. F. y Verdejo-Lucas S., eds.: *Enfermedades causadas por nematodos fitoparásitos en España*. Madrid, SEF-Phytoma; p. 41-59.

Efecto sobre la producción y calidad de fresa del estrés salino aplicado durante la fase generativa

*E. Medrano^a, M. A. Domingo^b, M. C. Sánchez-Guerrero^a,
M. J. Sánchez-González^a, M. E. Porras^a y P. Lorenzo^a*

^aIFAPA-Junta de Andalucía y ^bUniversidad de Almería

Resumen

En el presente estudio se ha trabajado con tres variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), dos de ellas de día corto, 'Primoris' y 'Festival', y una de día neutro, 'Albión', cada una de ellas con una fecha de plantación diferente. Se ha evaluado el efecto sobre la producción y calidad de fruto del incremento de la salinidad durante la fase generativa, aumentando la concentración de NaCl en la solución nutritiva, de 8 mmol L⁻¹ a 12 mmol L⁻¹ en uno de los tratamientos y a 19 mmol L⁻¹ en el otro, para corroborar los resultados obtenidos en estudios previos, donde el aumento de la salinidad a partir de la fase inicial de desarrollo de fruto mejoró las propiedades de los mismos.

El incremento de la salinidad no afectó a la producción de fruto. En las plantaciones muy tempranas no hubo un incremento de la producción precoz, ya que las condiciones climáticas fueron muy extremas. El incremento de la salinidad favoreció la calidad de fruto, incrementando el contenido en acidez valorable y firmeza. El contenido en sólidos solubles, cuantificado en °Brix, aumentó con el nivel de salinidad aplicado. En cuanto a los componentes nutricionales, la salinidad disminuyó el contenido en vitamina C, en cambio, el aumento o la disminución de fenoles totales con la salinidad estuvo condicionado por la variedad. En la evaluación sensorial, los catadores no detectaron las diferencias obtenidas en la analítica realizada, en cuanto a acidez y °Brix. En las variedades 'Festival'

y 'Albión', las diferencias encontradas fueron a favor del tratamiento más salino. En la variedad 'Primoris' las diferencias resultaron favorables para el tratamiento de menor salinidad.

Palabras clave: *sólidos solubles, firmeza, vitamina C.*

Introducción

La situación actual en cuanto a la liberalización del mercado obliga a la creación de sistemas de producción con una dotación tecnológica avanzada y una mayor flexibilidad productiva donde se tenga en cuenta la calidad y la presentación, las cualidades organolépticas y la orientación hacia unas prácticas culturales respetuosas con el medio ambiente.

La fresa es un cultivo sensible a la salinidad pudiendo originar una reducción en la producción de fruto. Giuffrida *et al.* (2001) obtuvieron una reducción del nº de frutos y su peso fresco al pasar de una conductividad eléctrica (CE) en la solución nutritiva de 2,6 a 4,6 dS m⁻¹; así mismo observaron una acumulación de Cl⁻ en hoja lo cual indica una fototoxicidad de ión específico. D'Anna *et al.* (2003), trabajando en una rango de CE de 1,5 a 4,5 dS m⁻¹, obtuvieron mayor nº de frutos y peso seco al pasar de 1,5 a 2,5 dS m⁻¹, así como un aumento de la firmeza del fruto con el aumento de la CE. En sistema recirculante, concentraciones de NaCl de hasta 8 mmol L⁻¹ no afectaron a la producción (Peralbo *et al.* 2005). Awang *et al.* (1993) obtuvieron una mayor calidad de fruto en fresa en condiciones salinas debido a un menor contenido en agua lo cual proporcionó un aumento en el ratio azúcar/ácido, con una aumento de los gramos de azúcares por 100 gr de peso fresco. Dichos autores proponen aumentar la salinidad en la fertirrigación una vez que la planta ha alcanzado un desarrollo vegetativo apropiado, dado el antagonismo existente en la planta de fresa entre el desarrollo vegetativo y el generativo. En este sentido, Medrano *et al.* (2015) observaron que la aplicación de estrés salino en la fase de desarrollo de fruto de fresa incrementaba su calidad en cuanto a sus características físico-químicas sin reducción de la producción.

En este trabajo se pretende verificar los resultados obtenidos por Medrano *et al.* (2015) para los niveles de salinidad medio y alto, tanto en la

variedad objeto del estudio previo ('Primoris') como en otras dos variedades 'Albión' y 'Festival'.

Material y métodos

Se ha trabajado con tres variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne): 'Primoris' y 'Festival' como variedades de día corto, y 'Albión' de día neutro. Las variedades de día corto se plantaron el 15 de octubre en el caso de 'Primoris' y el 11 de septiembre en el de 'Festival' La variedad de día neutro 'Albión' se plantó el 11 de septiembre. El final de los cultivos fue el 29 de mayo de 2015. Las plantas fueron cultivadas en un invernadero multitúnel (960 m²) en el Centro IFAPA La Mojonera (La Mojonera, Almería, 36° 45'N). Las plántulas fueron trasplantadas a una densidad de 10,5 plantas m⁻², en un sistema hidropónico con reutilización de la solución lixiviada (NGS[®]), consistente en canales horizontales con una ligera pendiente de 1,5 % que soportan una banda de plástico multicapa de polietileno de 22 m de longitud. En la capa superior se dispuso el sustrato consistente en una mezcla de perlita B12 y fibra de coco, al 80 % y 20 % en volumen, respectivamente y sobre dicho sustrato se dispuso una línea de riego con goteros interlínea colocados a 20 cm de distancia con un caudal de 1,5 L h⁻¹. La capa inferior conduce el drenaje hasta el final de la línea donde es recogido por gravedad en un tanque por cada uno de los sectores de riego.

Desde el inicio del cultivo hasta el 12 de enero (coincidiendo con la primera fase de entrada en producción) se aplicó una solución nutritiva estándar, con una CE de 2,5 dS m⁻¹ y un contenido en NaCl de 8 mmol L⁻¹. A partir de dicha fecha se establecieron dos soluciones nutritivas con diferente contenido salino: 12 mmol L⁻¹ (S1) y 19 mmol L⁻¹ (S2), de acuerdo a los niveles medio y alto evaluados en el estudio previo (Medrano *et al.*, 2015 (Tabla 1). La solución de lixiviado se recogía en su correspondiente tanque para su posterior reutilización. El contenido de nutrientes (mmol L⁻¹) de la solución nutritiva fue el mismo en ambos tratamientos salinos: 3,5 Ca⁺²; 6,0 K⁺; 5,5 NO₃⁻; 2,3 Mg⁺²; 2,1 P y 2,0 SO₄⁻². El pH se mantuvo entre 6 y 6,5.

Tabla 1. Conductividad eléctrica (CE; dS m^{-1}) y concentración de NaCl (mmol L^{-1}) de la solución nutritiva (SN) y de drenaje (D) utilizada en los tratamientos salinos así como la CE en la solución del sustrato (SS)

Tratamientos salinos	CE _{SN}	CE _D	CE _{SS}	NaCl _{SN}	NaCl _D
S1	2,7	3,6	3,1	12	20
S2	3,5	4,3	3,7	19	26

Los tratamientos salinos se dispusieron según un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones por cada tratamiento compuesta cada una de ellas por una línea de cultivo con 140 plantas de fresa. La calidad de fruto se evaluó en 10 frutos por repetición seleccionados previamente dentro de un rango similar de colorimetría con el fin de trabajar con frutos en el mismo estado de maduración. El peso seco de fruto se obtuvo mediante secado en estufa a 80 °C durante 24 horas. Se realizaron cuatro muestreos de calidad en las siguientes fechas: 5/02/15, 18/03/15, 23/04/15 y 20/05/15, los parámetros de calidad estudiados fueron: firmeza, contenido en sólidos solubles, acidez, contenido en Vitamina C y fenoles totales. Estos parámetros también se evaluaron en una cata el 12 de abril de 2015 en los frutos procedentes de los tratamientos establecidos con 85 catadores no expertos, coincidiendo con una jornada donde se expusieron un avance de los resultados presentados en este trabajo.

Resultados y discusión

De las tres variedades con las que se ha trabajado, se han obtenido diferencias significativas del contenido en materia seca en función del tratamiento salino aplicado en 'Albión' y 'Festival', y no en 'Primoris'. En los casos en los que se ha visto diferenciación, el tratamiento de más salinidad ha presentado un mayor porcentaje de materia seca. Por el contrario, el peso fresco del fruto no ha mostrado diferencias significativas en las variedades 'Albión' y 'Festival', pero si lo ha hecho en 'Primoris', donde se ha obtenido un mayor valor con el tratamiento menos salino. El nivel de

salinidad no afectó a la producción precoz, obtenida hasta el 30 de marzo, ni a la producción total de fruto (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto del nivel de salinidad sobre la producción de fruto de fresa

Variedad	Salinidad	Materia seca fruto (%)	Peso fresco fruto (g m ⁻²)	Producción precoz (kg m ⁻²)	Producción total (kg m ⁻²)
Primoris	S1	9,7	17,1 ^a	2,40	4,70
	S2	10,0	15,4 ^b	2,34	4,14
		ns	*	ns	ns
Festival	S1	8,5 ^b	16,8	3,00	5,72
	S2	9,1 ^a	16,3	2,74	5,07
		*	ns	ns	ns
Albión	S1	9,7 ^b	18,9	2,59	5,31
	S2	10,2 ^a	17,5	2,49	4,83
		*	ns	ns	ns

Letras diferentes en cada columna y para cada variedad indican diferencias significativas (* $p < 0,05$ y ns diferencias no significativas).

En la Tabla 3 se presentan las determinaciones de calidad realizadas el 20/05/15. El aumento de la salinidad favoreció la calidad del fruto (Tabla 3), incrementando en las tres variedades el contenido en sólidos solubles, cuantificado en °Brix. La salinidad también incrementó la acidez en las variedades ‘Primoris’ y ‘Albión’, así como la firmeza en la variedad ‘Albión’. En cuanto a los componentes nutricionales, la salinidad disminuyó el contenido en vitamina C en los frutos de ‘Primoris’ y ‘Albión’, y aumentó el contenido en fenoles en la variedad ‘Festival’. En la evaluación sensorial realizada, los catadores no detectaron las diferencias obtenidas en la analítica realizada en cuanto a acidez y °Brix. En las variedades ‘Festival’ y ‘Albión’, las diferencias encontradas fueron a favor del tratamiento más salino. En la variedad ‘Primoris’ las diferencias resultaron favorables para el tratamiento de menor salinidad.

Tabla 3. Efecto del nivel de salinidad sobre la calidad de fruto de fresa

Variedad	Salinidad	Sólidos Solubles °Brix	Acidez (%)	Firmeza N	Vitamina C mg/100 g PF	Fenoles gGAE/100 g PF
Primoris	S1	7,67 ^b	0,91 ^b	3,25	57,0 ^a	219
	S2	8,04 ^a	1,01 ^a	3,38	46,7 ^b	218
		*	*	ns	*	ns
Festival	S1	7,00 ^b	0,98	2,16	47,0	213 ^b
	S2	7,76 ^a	1,01	2,12	42,6	216 ^a
		*	ns	ns	ns	*
Albión	S1	7,79 ^b	1,06 ^b	2,69 ^b	42,0 ^a	210
	S2	8,69 ^a	1,19 ^a	3,33 ^a	30,8 ^b	210
		*	*	*	*	ns

Letras diferentes en cada columna y para cada variedad indican diferencias significativas (* $p < 0,05$ y ns diferencias no significativas).

Si bien la fresa es un cultivo sensible a la salinidad, los resultados obtenidos corroboran el estudio previo realizado por Medrano *et al.* (2015) y ponen de manifiesto que se puede aumentar la calidad del fruto de fresa sin afectar de forma negativa a la producción, cuando dicho estrés salino es aplicado únicamente en la fase de desarrollo y engorde de fruto.

Agradecimientos

Proyecto PP.AVA.AVA201601.8, cofinanciado por IFAPA y la Unión Europea (FEDER).

Referencias bibliográficas

AWANG, Y. B.; ATHERTON, J. G. y TAYLOR, A. J. (1993): «Salinity on strawberry plants in rockwool. II. Fruit quality»; *Journal of Horticultural Science* 68(5); pp. 791-795.

- D'ANNA, F.; INCALCATERRA, G.; MONCADA, A. y MICELI, A. (2003): «Effects of different electrical conductivity on strawberry grown in soilless culture»; *Acta Horticulturae* (609); pp. 355-360.
- GIUFFRIDA, F.; LEONARDI, C. y NOTO, G. (2001): «Response of soilless grown strawberry to different salinity levels in the nutrient solution»; *Acta Horticulturae* (559); pp. 675-680.
- MEDRANO, E.; LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M. J.; PORRAS, M. E.; TORRECILLAS, M.; PASCUAL, F.; BAEZ, E. J. y DEL RÍO, M. (2015): «Efecto de diferentes niveles de salinidad sobre la calidad de fruto de fresa»; *Documento científico-técnico*. IFAPA-SERVIFAPA, sección horticultura.
- OJEDA-REAL, L. A.; LOBIT, P.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; GRAGEDA-CABRERA, O.; FARIÁS-RODRÍGUEZ, R.; VALENCIA-CANTERO, E. y MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. (2009): «Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cultivar 'Aromas')»; *Journal of the Science of Food and Agriculture* (89); pp. 935-939.
- PERALBO, A.; FLORES, F. y LÓPEZ-MEDINA, J. (2005): «Recirculating nutrient solution in strawberry»; *Acta Horticulturae* (697); pp. 101-106.

