



Figura 1. En la actualidad existen tres tipos de espárragos cultivables: morados, blancos y verdes. (Pat Kight).

Especies de *Fusarium* relacionadas con el síndrome del decaimiento del espárrago en Andalucía

**Eduardo de la Lastra¹,
José Ignacio Marín-
Guirao²,
Francisco Javier
López-Moreno³,
Miguel de Cara²,
Teresa Soriano³ y
Nieves Capote^{1*}**

¹ IFAPA Centro Las Torres, Alcalá del Río, Sevilla;

² IFAPA Centro La Mojonera, Almería;

³ IFAPA Centro Camino del Purchil, Granada

*marian.capote@
juntadeandalucia.es

El decaimiento del espárrago es un síndrome que provoca prematuramente el agotamiento productivo de las fincas dedicadas a este cultivo e impide su replantación. En este estudio se han identificado las principales especies de *Fusarium* relacionadas con este síndrome en fincas de producción de espárrago de la provincia de Granada. *Fusarium oxysporum* fue la especie más abundante en el suelo y en las raíces de plantas afectadas. Esta especie, junto con *F. proliferatum* y *F. redolens*, fueron patógenas para espárrago, siendo *F. proliferatum* la especie más agresiva.

Palabras clave: *Asparagus officinalis*, *Fusarium proliferatum*, *F. oxysporum*, *F. redolens*, patogenicidad, decaimiento.

El cultivo del espárrago

El espárrago comestible cultivado actualmente es un vegetal vivaz, perenne, de la familia de las liliáceas *Asparagus officinalis* var. *Atilis* L. (Serrano Cermeño, 2003). La planta de espárrago está formada por tallos aéreos ramificados y una parte subterránea constituida por un tallo denominado rizoma, raíces y yemas, que en conjunto se denomina comúnmente 'garra'. La parte de la planta que se comercializa como alimento son los brotes jóvenes, llamados 'turiones', que, si se dejan madurar, forman los tallos de la planta. Comercialmente se distinguen tres tipos de espárragos cultivables en función de su color: blanco, morado y verde (Figura 1). Los turiones de color blanco se consiguen enterrando los nuevos brotes para evitar que la luz del sol incida en ellos y sinteticen clorofila; los verdes y morados han estado expuestos al sol, por lo que adquieren el color verde y, en el caso de los morados, acumulan también antocianinas, lo cual les da su característica tonalidad.

El espárrago es un alimento de alto valor nutricional y con propiedades altamente funcionales gracias a su alto contenido en antioxidantes naturales y otros componentes bioactivos (Rodríguez y col., 2005). Entre ellos, destacan ácidos fenólicos, flavonoides y ácido ascórbico (Lee y col., 2014).

El espárrago es un cultivo perenne que necesita pocos requerimientos. La fecha idónea para establecer el cultivo es a principios de primavera y se realiza principalmente de dos formas: mediante siembra de semillas o mediante división vegetativa de las garras. Durante el verano, la planta tiene un período de acumulación de reservas, llamado desarrollo vegetativo. Cuando llega el invierno sufre una parada de su actividad y, al final del invierno, principio de primavera, produce los turiones. Una plantación es capaz de producir turiones de forma rentable durante diez a quince años, tras 1-3 años de establecimiento del cultivo. El cultivo del espárrago ha ido en aumento y cobrando importancia económica en España en los últimos años (Figura 2). Con 13.755 ha de superficie dedicada a su cultivo y 68.400 t de produc-

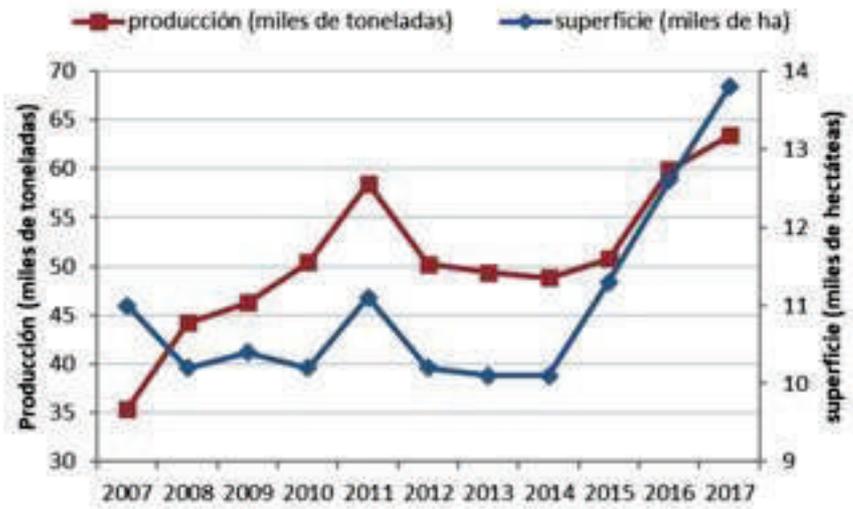


Figura 2. Evolución de la superficie y producción de espárrago en los últimos años en España (Datos tomados del Anuario de Estadística, 2018).

ción en 2018, es el quinto productor mundial y el segundo europeo, tras Alemania (FAOSTAT, 2018). Entre las regiones de España con mayor producción de este cultivo se encuentran Andalucía, con el 70% de la producción nacional (43.768 t), Castilla-La Mancha (6.961 t), Navarra (6.000 t) y Extremadura (5.028 t) (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2018). La provincia de Granada reúne alrededor del 70% de la superficie de cultivo de espárrago en Andalucía, con un papel destacado en los municipios de Huétor-Tájar, Ílora, Moraleda de Zafayona, Salar, Villanueva de Mesía y Loja que conforman la Indicación Geográfica Protegida (IGP) Espárrago de Huétor-Tájar.

El importante aumento del cultivo del espárrago, sobre todo en Andalucía, se debe principalmente a las posibilidades de exportación, ya que la recolección de los turiones, a principios de marzo, se adelanta hasta dos meses respecto a otros países europeos como Alemania o Francia, gracias a temperaturas invernales menos severas. Además, la producción de turiones por unidad de superficie es de 1,5 a 2 veces mayor en Andalucía que en otras zonas de producción tradicionales europeas. Esto se debe a que la planta dispone de más tiempo para su desarrollo vegetativo, necesario para que acumule reservas. En Andalucía, el periodo

vegetativo se prolonga desde mayo hasta noviembre, mientras que en el resto de zonas productoras suele ser de junio a septiembre (Serrano, 1995).

El espárrago es un cultivo altamente social, capaz de generar un número considerable de empleos (recolección, embalaje y expedición del producto en fresco y en conserva), suficientes para mantener un medio rural y un futuro estable a la población. En nuestra región, además, sus labores se complementan muy bien con las de otro cultivo mayoritario, el olivar, ocupando al personal agrario a lo largo del año.

La problemática del cultivo del espárrago

En las principales zonas de cultivo de espárrago se presentan cuatro problemas: el primero es la concentración de la producción de garras en viveros del centro de España que suministran la misma variedad (Grande F1) dioica, con abundantes pies femeninos, mucho menos productivos que los masculinos, y sin una trazabilidad que asegure su garantía sanitaria. El segundo problema es el control de las malas hierbas, puesto que cada vez existen menos materias activas autorizadas. En tercer lugar, la concentración de la producción en unos pocos meses que, debido a las condiciones climáticas adversas de la primavera algunos años, produce

transferencia tecnológica

| hortícolas |

una caída de precios inasumible por los productores. Por último, el cuarto problema y el de mayor repercusión a largo plazo es el denominado síndrome del decaimiento del espárrago. Este síndrome provoca prematuramente el agotamiento productivo de las fincas dedicadas a este cultivo e impide su replantación. Fincas que podrían producir de forma rentable durante más de diez años, deben ser levantadas antes de tiempo porque dejan de ser rentables, con lo que se deben buscar nuevas localizaciones donde seguir desarrollando el cultivo. Además, debido al incremento que ha experimentado este cultivo en los últimos años, es menor la disponibilidad de tierras nuevas sin precedente de cultivo de espárrago, y los productores se arriesgan a plantar en parcelas con historial de problemas fitosanitarios. Como consecuencia, los síntomas de decaimiento prematuro aparecen tras 4-6 años de la plantación, o incluso antes.

Son varios los factores que se han asociado a este síndrome. Entre los factores abióticos, se ha relacionado con la acumulación en el suelo de compuestos alelopáticos producidos por las propias plantas de espárrago, que pueden afectar negativamente al desarrollo de posteriores plantaciones (Blok y Bollen, 1993; Schofield, 1991). Otras posibles causas del síndrome son los problemas derivados de la acumulación de residuos de herbicidas, el agotamiento de nutrientes o la alteración en la estructura del suelo (Schofield, 1991). Por otro lado, entre los factores bióticos, el síndrome se ha asociado estrechamente a la podredumbre de rizomas y raíces (PRR), enfermedad producida por varias especies patógenas del hongo *Fusarium* (Elmer 2001; 2015). Los síntomas de esta enfermedad consisten en reducción del tamaño de la planta, clorosis, marchitez de los frondes, podredumbres de turiones, rizomas y raíces, coloración vascular en la base del tallo y rizomas, y lesiones de color castaño en la superficie de tallos y raíces, pudiendo incluso provocar la muerte de la planta (Corpas-Hervias y col., 2006) (Figura 3). Estos síntomas pueden verse incrementados cuando el cultivo está sometido a factores de estrés como la plantación superficial de las garras, la sequía o suelos encharcados o con pH ácido.

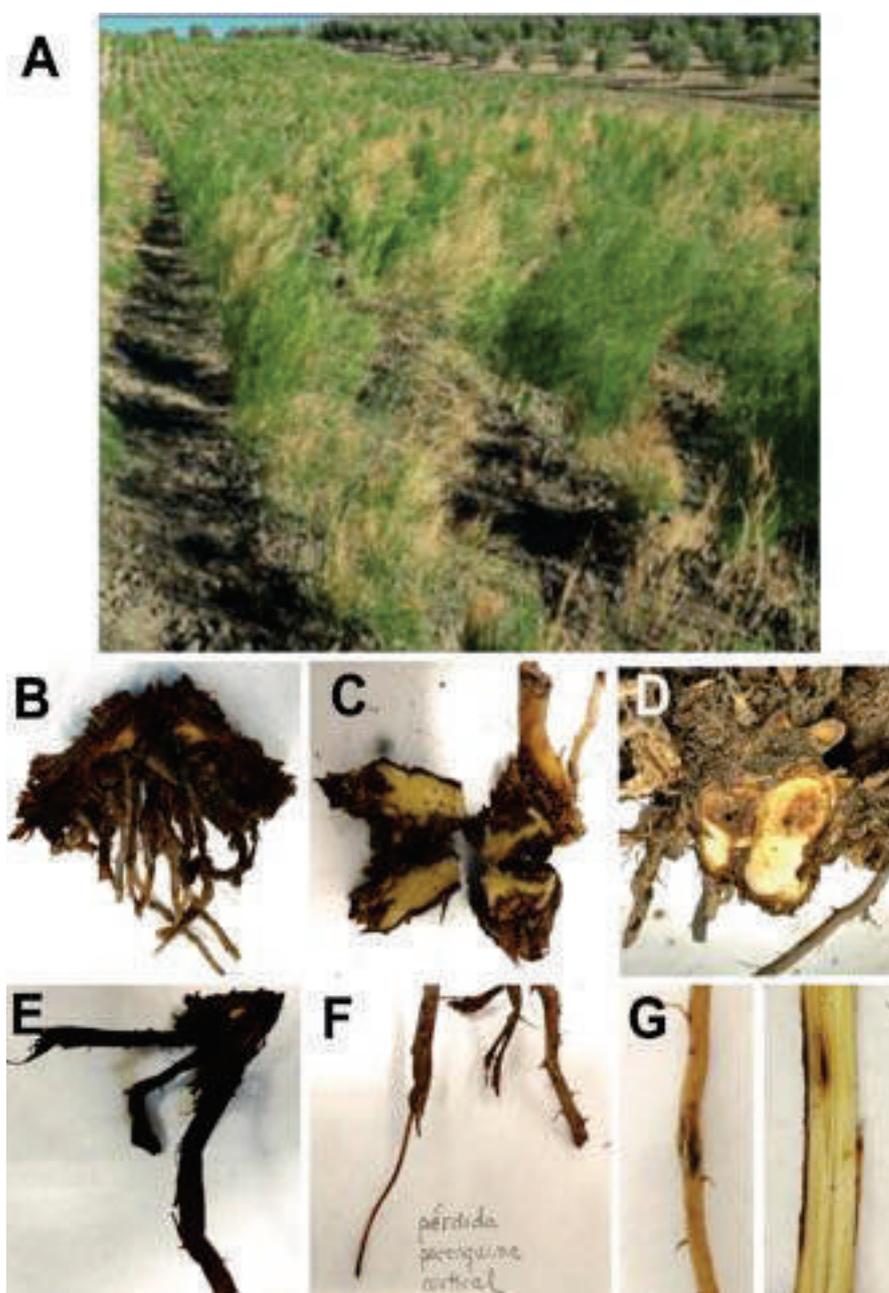


Figura 3. Sintomatología en plantas de espárrago relacionada con la Podredumbre de rizomas y raíces (PRR) ocasionada por *Fusarium*. A) Imagen de una finca afectada; B) Garra con necrosis y escasez de raíces; C) Necrosis en corona; D) Necrosis en la base de los turiones; E) Ahucamiento de raíces; F) Pérdida de parénquima cortical de la raíz; G) detalle de necrosis externa e interna de raíz.

Las garras de plantación constituyen la principal vía de transmisión de la enfermedad, y juegan un importante papel en el desarrollo y la expansión de la misma (Corpas-Hervias y col., 2006; Elmer, 2001). En contraste, en las semillas la infección queda restringida a la superficie y, por tanto, puede ser fácilmente eliminada mediante desinfección de las mismas (Inglis, 1980). Sin embargo, la utilización de plantas de semillero, procedentes de semilla, retrasa la acumulación de reservas en la garra con el consiguiente retraso de dos o tres años en la

entrada en plena producción. Esto hace que la forma de reproducción generalizada sea la plantación de garras con los problemas derivados.

Especies de *Fusarium* involucradas en el decaimiento del espárrago

Según los estudios realizados hasta ahora, las especies de *Fusarium* descritas como involucradas en la PRR son *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* (Foa), *F. proliferatum*, *F. redolens*, *F. solani* (Figura 4) (Baayen

y col., 2000; Corpas-Hervias y col., 2006; Damicone y Manning, 1985; Elmer, 2001; LaMondia y Elmer, 1989; Schreuder, 1995) y, recientemente, *F. erashadii* (Papizadeh y col., 2018). Estas especies sobreviven en el suelo mediante estructuras de resistencia, llamadas clamidosporas, o en forma de micelio en restos de cultivo infectados (Blok y Bollen, 1996). Su distribución varía entre zonas geográficas y campos de cultivo, según las condiciones ambientales.

Para evitar el uso de agentes químicos en el control de estos hongos, se han realizado diversas aproximaciones. Una de ellas es la rotación de cultivos. Se debe conocer la gama de huéspedes que pueden verse afectados por el patógeno. *Foa* afecta al espárrago y al ajo, aunque puede colonizar las raíces de otros cultivos, como varias leguminosas y cereales, cebolla, girasol, patata, remolacha y zanahoria (Blok y Bollen, 1997; Molinero-Ruiz y col., 2011). Además, *F. proliferatum* y *F. solani*, patógenos de espárrago, lo son también de ajo y de cebolla (Molinero-Ruiz y col., 2011). Por tanto, es recomendable evitar rotaciones con estos cultivos. Otra estrategia de control es el uso de variedades de espárrago resistentes a estos patógenos. Sin embargo, los cultivares comerciales de espárrago tienen escasa resistencia. Además, la obtención de cultivares tolerantes o resistentes es una tarea ardua y prolongada y, a todo ello, se suma la dificultad de su obtención debido a la alta diversidad genética y patogénica de los hongos del género *Fusarium* (Blok y Bollen, 1997; Lassaga y col., 1998). Una alternativa con resultados positivos es la biosolarización del suelo mediante enmiendas orgánicas (especialmente pellet de gallinaza), capaces de disminuir los niveles de *Fusarium* en el suelo y la severidad de la enfermedad (Borrego-Benjumea y col., 2014).

Caracterización de *Fusarium* en el cultivo del espárrago en la provincia de Granada

El objetivo de este estudio fue estudiar la etiología del decaimiento del espárrago, centrándonos en las especies de *Fusarium* presentes en

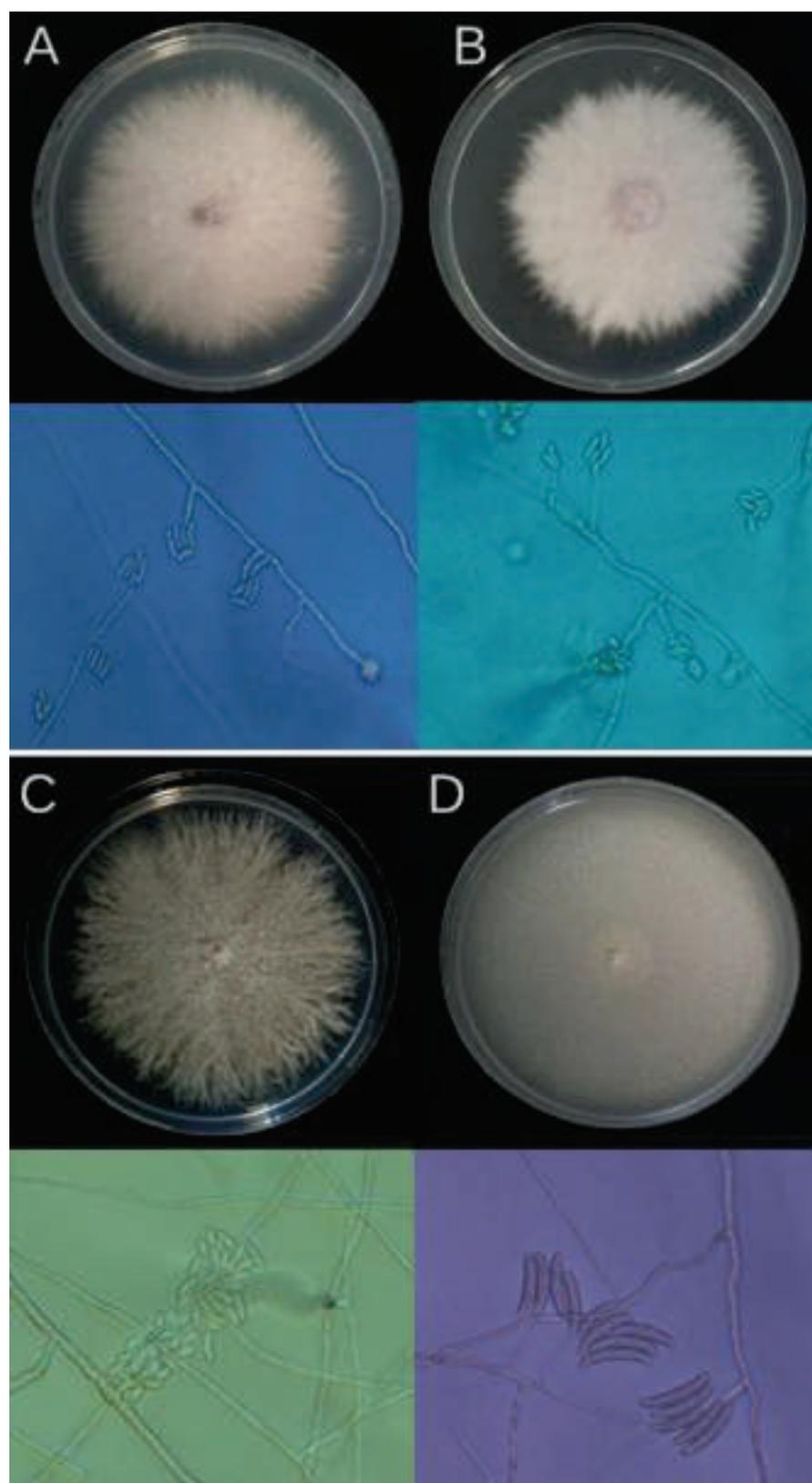


Figura 4. Cultivo en PDA y estructuras a microscopio de aislados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* (A); *F. proliferatum* (B); *F. redolens* (C) y *F. solani* (D) procedentes de garras de espárrago.

fincas productoras de la provincia de Granada. Se realizó una prospección tomando muestras de suelo de diecinueve fincas, en quince de las cuales se tomaron también muestras

de plantas sintomáticas. Las fincas fueron clasificadas atendiendo al historial de decaimiento: i) fincas no afectadas, ii) fincas con menos de cinco años de cultivo y presencia de

transferencia tecnológica

| hortícolas |

decaimiento, y iii) fincas con más de cinco años de cultivo y presencia de decaimiento.

En cuanto a los análisis de material vegetal, de cada finca se tomaron 5-6 muestras de plantas sintomáticas. En primer lugar, se comparó la sintomatología de las garras procedentes de los tres tipos de finca. Las garras procedentes de fincas con decaimiento con más de cinco años de cultivo presentaron mayor severidad de síntomas, con mayor porcentaje de necrosis de raíz, y raíces absorbentes más cortas y escasas. Se llevaron a cabo aislamientos a partir de zonas afectadas de las garras en medio de cultivo patata-dextrosa-agar (PDA) y posterior obtención de aislados monospóricos. Las especies de *Fusarium* se identificaron mediante observación de estructuras morfológicas a microscopio y mediante la secuenciación de dos regiones del genoma del hongo. Se obtuvieron 295 aislados de *Fusarium* procedentes de rizomas y raíces de plantas de espárrago. Las especies más abundantes en las garras de espárrago fueron *F. oxysporum* (58,2%), *F. proliferatum* (17,7%), *F. solani* (7,8%), *F. redolens* (7,1%) y *F. equiseti* (4,6%) (Figura 5). Estas especies se aislaron principalmente de las raíces de reserva y absorbentes en similar proporción.

Respecto a la distribución de las especies de *Fusarium* según el estado fitosanitario de la finca muestreada, se observó que las fincas con decaimiento y más de cinco años de cultivo tenían mayor porcentaje de *F. oxysporum* y *F. proliferatum* que las fincas más jóvenes con decaimiento o las fincas sanas, al contrario que *F. redolens*, que apareció en un menor porcentaje en las fincas con decaimiento y más de cinco años de cultivo. La distribución del resto de las especies fue más homogénea (Figura 6A).

En relación a los suelos, se tomaron diez puntos de muestreo por finca, seleccionados por estar en rodales con plantas afectadas. Las muestras se tomaron entre 5 y 30 cm de profundidad y fueron analizadas mediante la técnica de Warcup, empleando medio semiselectivo de Komada, siguiendo el protocolo descrito por Tello y col. (1991). Los aislados

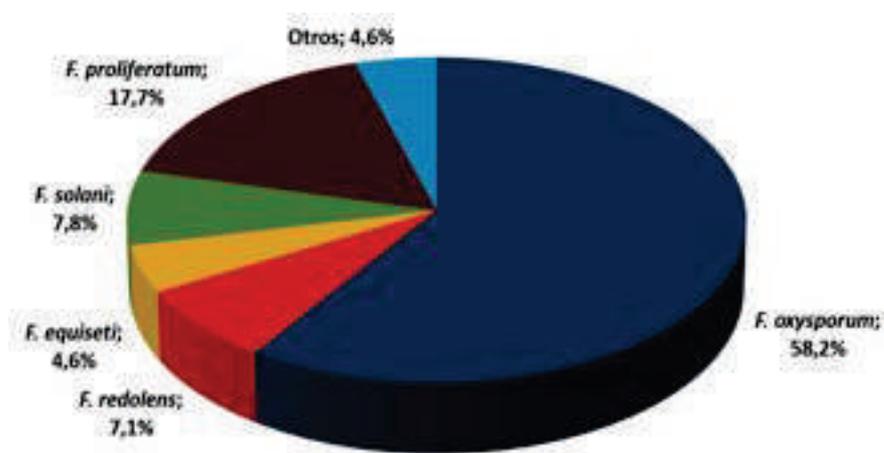


Figura 5. Porcentaje de especies de *Fusarium* detectadas en las garras de espárrago procedentes de las 15 fincas muestreadas en la provincia de Granada.

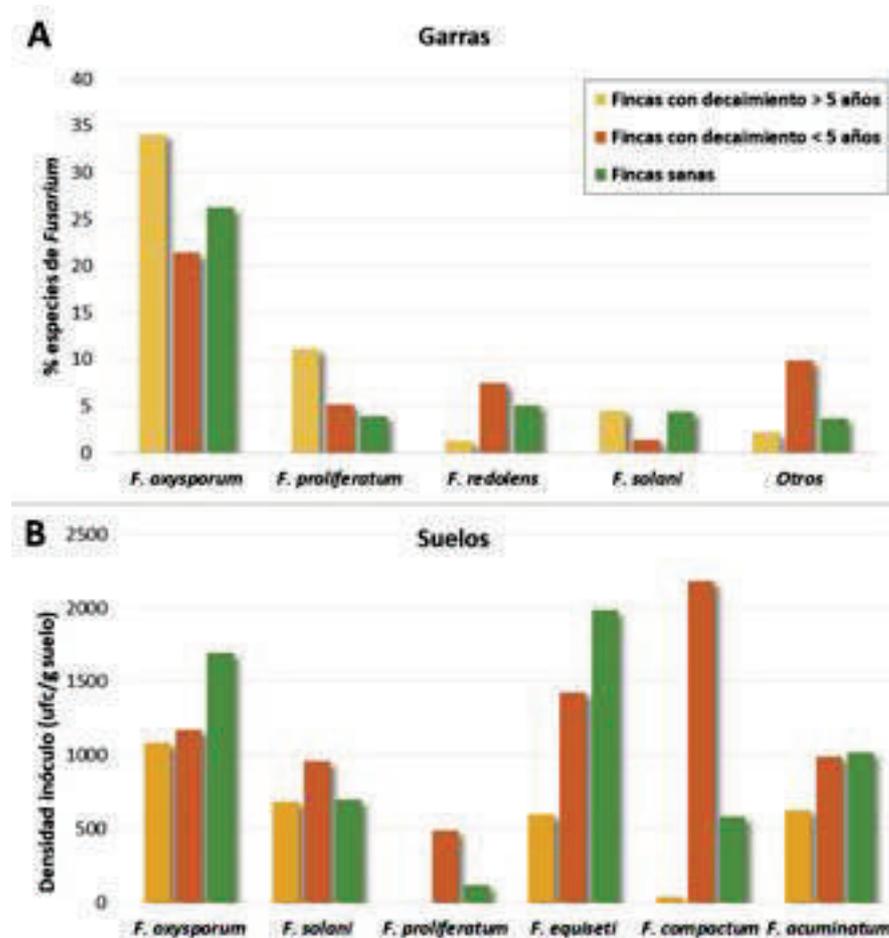


Figura 6. Porcentaje de detección de distintas especies de *Fusarium* en garras de espárrago (A) y densidad de inóculo en suelo (B) según el historial de síndrome de decaimiento de la finca.

de suelo se identificaron mediante taxonomía morfológica (Nelson y col., 1983; Gerlach y Nirenberg, 1982). En todos los suelos se detec-

taron *F. oxysporum* y *F. solani* con densidades de inóculo que oscilaron entre 162 y 3.287 ufc/g de suelo, y 81 y 3.094 ufc/g de suelo, respecti-

transferencia tecnológica

| hortícolas |

vamente. *F. equiseti* y *F. acuminatum* se detectaron en el 68% de las fincas, aunque no coincidieron siempre en las mismas, con poblaciones que oscilaron entre 1.496 y 3.796 ufc/g de suelo, y 150 y 2.771 ufc/g de suelo, respectivamente. *F. compactum* sólo se detectó en el 37% de las fincas, con poblaciones muy variables, entre 340 y 4.720 ufc/g de suelo. Por último, la especie menos prevalente fue *F. proliferatum* (24-2.442 ufc/g de suelo), que solo se detectó en tres fincas, cada una con un historial distinto de enfermedad.

A pesar de la relativa alta presencia de *Fusarium* en los suelos analizados, y de que estuvieran presentes tres especies patógenas para espárrago, no se ha podido relacionar la presencia de especies de *Fusarium* patógenas con el grado de afectación de las fincas, ya que los hongos han estado presentes en las tres tipologías de finca muestreadas (Figura 6B).

Finalmente, se llevaron a cabo pruebas de patogenicidad con aislados seleccionados de cada una de las especies más abundantes, inoculando plántulas de espárrago germinadas a partir de semillas de la variedad 'Grande F1'. Los ensayos se realizaron por duplicado, en condiciones controladas de fotoperiodo y temperatura. Respecto de los aislados de planta, el 90% de los aislados analizados de *F. proliferatum* y *F. redolens* y el 80% de los aislados de *F. oxysporum* mostraron patogenicidad. La especie más agresiva y que ocasionó los síntomas más severos y un mayor porcentaje de plantas muertas fue *F. proliferatum*, seguida de *F. oxysporum* y *F. redolens*. Estos aislados provocaron en las plantas afectadas los típicos síntomas asociados a PRR: pérdida de raíces secundarias, y podredumbre de rizomas y raíces principales, lo cual se refleja en la parte aérea como clorosis de las frondes, marchitez e incluso muerte de la planta (Figura 7). Los aislados de *F. solani* y *F. equiseti* evaluados no mostraron patogenicidad para la variedad de espárrago 'Grande F1'. Respecto a los aislados de suelo, el 92,9% de los aislados estudiados de *F. proliferatum* resultaron patógenos. También lo fueron el 64,4% de los aislados de *F. oxysporum*, confirmando la presencia de la forma pató-

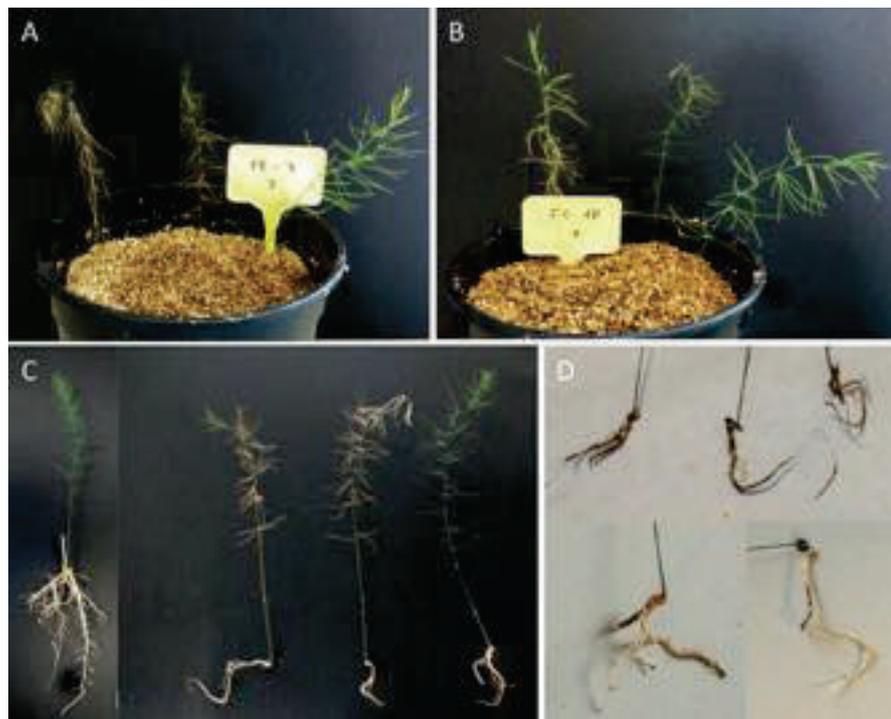


Figura 7. Síntomas ocasionados por *F. redolens* en plantas de espárrago 'Grande F1' inoculadas artificialmente con el hongo, donde se aprecia A) marchitez de la planta; B) clorosis de las frondes; C) escasez de producción de raíces respecto a la planta no inoculada (izqda.); D) necrosis de raíces.

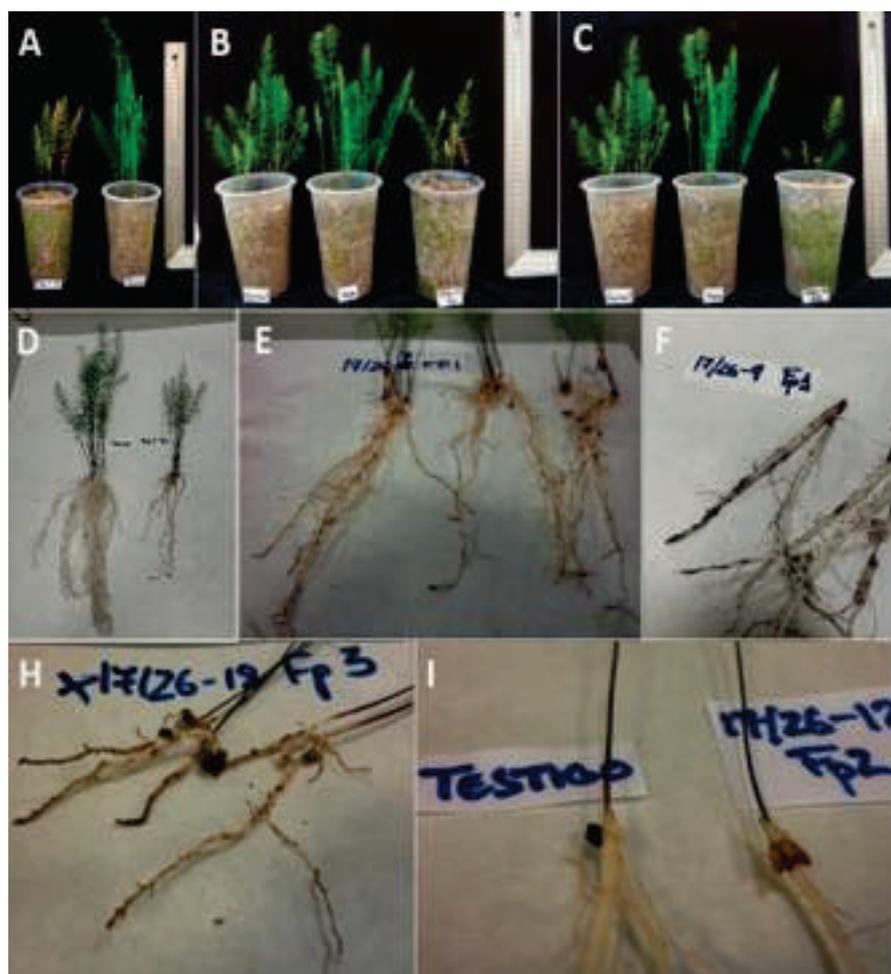


Figura 8. Síntomas ocasionados por *Fusarium proliferatum* en plantas de espárrago 'Grande F1' inoculadas artificialmente con el hongo. A) B) y C) Síntomas en parte aérea, respecto a controles no inoculados; D) Síntomas en parte aérea y raíces, respecto al control no inoculado (izqda.); E) F) y H) Detalle necrosis en raíces primarias y secundarias; I) Detalle necrosis en raíces de reserva.

gena de espárrago en aislados obtenidos de suelo, sin contacto directo con raíces o rizomas. En las Figuras 8 y 9 se pueden apreciar los síntomas ocasionados por aislados de suelo de ambas especies. Ninguno de los aislados de suelo estudiados de *F. solani*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, y *F. compactum* fueron patógenos para espárrago.

Conclusiones

Los trabajos más profusos y recientes sobre la problemática del decaimiento del espárrago en España debida a *Fusarium* tuvieron lugar hace más de quince años. Dado el creciente interés por este cultivo y la reaparición del síndrome, parecía preceptivo describir la presencia de las distintas especies asociadas a este problema en la zona de cultivo más importante de la comunidad autónoma andaluza. En este trabajo se ha estudiado la distribución actual y patogenicidad de distintas especies de *Fusarium* detectadas en fincas de producción de espárrago según la afectación de la finca y la edad de la plantación. Las especies de *Fusarium* más abundantes en las garras de espárrago fueron *F. oxysporum* y, en menor medida, *F. proliferatum*. Ambas especies fueron más abundantes en las garras procedentes de fincas con decaimiento y más de cinco años de antigüedad que en fincas más jóvenes o fincas sanas. Se demostró la patogenicidad de *F. proliferatum* (la especie más agresiva), *F. oxysporum* y *F. redolens* para la variedad de espárrago 'Grande F1'.

A pesar de que el decaimiento del espárrago es considerado un síndrome en el que intervienen distintos factores, tanto abióticos como bióticos, el papel del género *Fusarium* parece tener un rol fundamental. Como ha sido puesto de manifiesto, la presencia de aislados patógenos de *F. oxysporum* y *F. proliferatum* en los suelos confirma la elevada persistencia y posible acumulación de estas especies en ellos, independientemente del historial de enfermedad de la finca y de la edad del cultivo. Este hecho, unido a la dificultad de encontrar un método efectivo para su eliminación, motiva que un mayor conocimiento de la etiología de

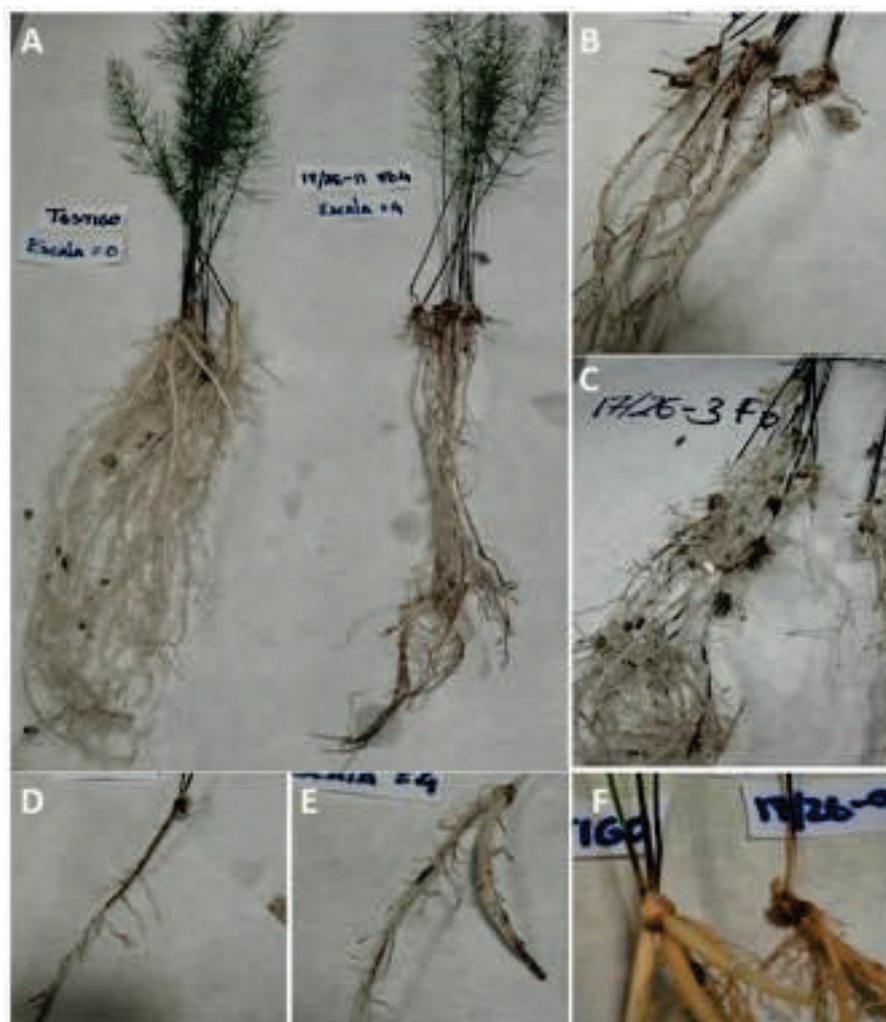


Figura 9. Síntomas ocasionados por *Fusarium oxysporum* en plantas de espárrago inoculadas artificialmente con el hongo. A) Síntomas en parte aérea y raíces, respecto al control no inoculado (izqda.); B) Necrosis alterna en raíces primarias, secundarias y de reserva, y yemas secas; C) Detalle necrosis en raíz primaria; D) Detalle necrosis en raíz primaria; E) Detalle necrosis apical en raíz de reserva; F) Detalle yemas secas respecto al control no inoculado (izqda.).

la enfermedad se antoje indispensable. Este trabajo actualiza y aumenta nuestro conocimiento sobre el síndrome del decaimiento del espárrago, lo que ayudará al desarrollo e implementación de futuras estrategias de control.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el "Programa Operativo de Crecimiento Inteligente" INIA y FEDER 2014-2020 en el marco del proyecto RTA2015-00008-C02-01.

Abstract

Asparagus decline is a syndrome that causes a premature decrease in the crop yield and replanting problems. In this study we have identified the main species of *Fusarium*

related to this syndrome in asparagus production fields in the province of Granada. *Fusarium oxysporum* was the most abundant species in the soil and in the roots of affected plants. This species, together with *F. proliferatum* and *F. redolens*, were pathogenic to asparagus, and *F. proliferatum* was the most aggressive species.

Bibliografía



- Baayen, R. P., van den Boogert, P. H. J. F., Bonants, P. J. M., Poll, J. T. K., Blok, W. J. and Waalwijk, C. 2000. *Fusarium redolens* f. sp. *asparagi*, causal agent of asparagus root rot, crown rot and spear rot. Eur. J. Plant Pathol. 106: 907-912.
- Blok, W. J. and Bollen, G. J. 1993. The role of autotoxins from root residues of the previous crop in the replant disease of asparagus. Netherlands J. Plant Pathol. 99: 29-40.
- Blok, W. J. and Bollen, G. J. 1996. Inoculum sources of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* in asparagus production. Ann. Appl. Biol. 128: 219-231.
- Blok, W.J. and Bollen, G.J. 1997. Host specificity and vegetative compatibility of Dutch isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*. Can. J. Bot. 75: 383-393.
- Borrego-Benjumea, A., Basallote-Ureba, M. J., Melero-Vara, J. M., and Abbasi, P. A. 2014. Characterization of *Fusarium* isolates from asparagus fields in Southwestern Ontario and influence of soil organic amendments on *Fusarium* crown and root rot. Phytopathology 104: 403-415.
- Corpas-Hervias, C., Melero-Vara, J. M., Molinero-Ruiz, M. L., Zurera-Muñoz, C. and Basallote-Ureba, M. J. 2006. Characterization of isolates of *Fusarium* spp. obtained from asparagus in Spain. Plant Dis. 90: 1441-1451.
- Damicone, J. P. and Manning, W. J. 1985. Frequency and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from first-year asparagus grown from transplants. Plant Dis. 69: 413-416.
- Elmer, W. H. 2001. *Fusarium* diseases of asparagus. pp 248-262 in: *Fusarium*. Paul E. Nelson Memorial Symposium. B. A. Sumnerell, J. F. Leslie, D. Backhouse, W. L. Bryden, L. W. Burgess (eds.). American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN.
- Elmer, W. H. 2015. Management of *Fusarium* crown and root rot of asparagus. Crop Prot. 73: 2-6.
- Gerlach, W. and Nirenberg, H. 1982. The genus *Fusarium*. A pictorial atlas. Mitt. Biol. Bundesanst Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, 209: 1-406.
- Inglis, D.A. 1980. Contamination of asparagus seed by *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* and *Fusarium moniliforme*. Plant Dis. 64: 74-76.
- FAOSTAT. 2017. http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries_by_commodity_exports
- LaMondia, J. A. and Elmer, W. H. 1989. Pathogenicity and vegetative compatibility among isolates of *Fusarium oxysporum* and *F. moniliforme* colonizing asparagus tissues. Can. J. Bot. 67: 2420-2424.
- Lassaga, S. L., Camadro, A. L. and Babinec, F. J. 1998. Assessing genetic variability for *Fusarium* resistance in three asparagus populations with an *in vitro* assay. Euphytica 103: 131-136.
- Lee, J.W., Lee, J.H., Yu, I.H., Gorinstein, S., Bae, J.H. and Ku, Y.G. 2014. Bioactive compounds, antioxidant and binding activities and spear yield of *Asparagus officinalis* L. Plant Foods Human Nutr. 9: 175-181.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2017. Anuario de Estadística Avance 2018. 365-366 pp.
- Molinero-Ruiz, L., Rubio-Pérez, E., González-Domínguez, E. and Basallote-Ureba, M. J. 2011. Alternative hosts for *Fusarium* spp. causing crown and root rot of asparagus in Spain. J. Phytopathol. 59: 114-116.
- Nelson, E., Toussoun, T.A. and Marasas, W.F.O. 1983. *Fusarium* Species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press. 193 pp.
- Papizadeh, M., van Diepeningen, A. D., Zamanizadeh, H. R., Saba, F. and Ramezani, H. 2018. *Fusarium ershadii* sp. nov., a pathogen on *Asparagus officinalis* and *Musa acuminata*. Eur. J. Plant Pathol. 151: 689-701.
- Rodríguez, R., Jaramillo, S., Rodríguez, G., Espejo, J. A., Guillén, R., Fernández-Bolaños, J., Herredia, A. and Jiménez, A. 2005. Antioxidant activity of ethanolic extracts from several asparagus cultivars. J. Agric. Food Chem. 53: 5212-5217.
- Schofield, P. E. 1991. Asparagus decline and replant problem in New Zealand. New Zeal. J. Crop Hort. 19(3): 213-220.
- Schreuder, W., Lamprecht, S. C., Marasas W. F. O, and Calitz, F. J. 1995. Pathogenicity of three *Fusarium* species associated with asparagus decline in South Africa. Plant Dis. 79: 177-181.
- Serrano, Z. 1995. Cultivo del espárrago verde forzado en macrotúnel e invernadero. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca n.º 34/95.
- Serrano Cermeño. 2003. El espárrago: técnicas de producción. Impresos Izquierdo S.L. Madrid. 280 pp.
- Tello J.C., Vares F. and Lacasa A. 1991. Análisis de muestras. Pp.39-72. En: Manual de Laboratorio. Diagnóstico de Hongos, Bacterias y Nematodos Fitopatógenos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.