

# Sintomatología y control de la necrosis foliar de la chufa (*Cyperus esculentus* L.)

Symptoms and control of leaf necrosis of tigernut (*Cyperus esculentus* L.)

Nelson José MONTAÑO MATA <sup>1</sup>✉ y José JIMÉNEZ GARCÍA <sup>2</sup>

Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente.  
Avenida Universidad *Campus* Los Guaritos, Maturín, 6291, estado Monagas, Venezuela y <sup>2</sup>Instituto  
Agroforestal Mediterráneo (IAM), Universidad Politécnica de Valencia, Edificio 3H. Camino de Vera, s/n 46022  
Valencia, España E-mail: nelsonmontao6@gmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 24/03/2011      Fin de arbitraje: 08/02/2012      Revisión recibida: 20/02/2012      Aceptado: 29/02/2012

## RESUMEN

La necrosis foliar es una nueva enfermedad que se viene observando en los últimos años en el cultivo de chufa en la comarca de L'Horta Nord de Valencia, que en la actualidad afecta a la práctica totalidad de las parcelas cultivadas. Ante la incidencia cada vez mayor de esta enfermedad en los campos de chufa se planteó la caracterización de su síndrome y su control. Esta afección se manifiesta a los quince-veinte días de la emergencia de las plantas por un secado de la mitad superior de las hojas, que siete a diez días más tarde empiezan a mostrar la presencia de puntitos negros. Paralelamente se aprecia una coloración rojizo-anaranjada en los tubérculos plantados que evoluciona a podredumbre. Preparaciones microscópicas de los puntitos negros de las hojas y aislamientos en medio de cultivo de los tubérculos afectados y de zonas de vasos de la planta producen un ascomiceto actualmente en fase de identificación. El control se planteó mediante una doble vía: tratamientos al tubérculo por termoterapia y carbendazima y desinfestación del suelo mediante dicloropropeno + cloropicrina. Estos tratamientos no fueron efectivos para controlar la enfermedad.

**Palabras clave:** Termoterapia, control químico, desinfestación de suelos

## ABSTRACT

Leaf necrosis is a new disease that has been observed in recent years in the cultivation of chufa in the region of L'Horta Nord of Valencia, currently affecting almost all the cultivated plots. Given the increasing incidence of this disease in chufa fields, characterization of its syndrome and its control was planned. The disease appears at fifteen to twenty days after plant emergence by drying of the upper half of the leaves, seven to ten days later they begin to show the presence of black dots. In parallel, reddish-orange discoloration is seen in the tubers planted that evolves rot. Microscopic preparations of black dots on the leaves and in culture isolates of tubers affected and of vessels areas of the plant produced an ascomycete, currently under the identification stage. Disease control was proposed by two ways: tuber treatments by thermotherapy and carbendazim and soil disinfestation with dichloropropene + chloropicrin. These treatments were not effective in controlling the disease.

**Key words:** Thermotherapy, chemical control, soil disinfestation

## INTRODUCCIÓN

La chufa es el tubérculo del rizoma de la planta del mismo nombre. Se conoce como alimento humano desde hace más de tres mil años. En la famosa tumba de Tutankamon se encontraron cascarillas de chufa entre los lujosos manjares que los egipcios pusieron a disposición de su faraón para que no pasara hambre en su viaje al otro mundo (Recio y Palau, 2003). Su origen se sitúa en África y Europa meridional, siendo su hábitat más frecuente las zonas tropicales y subtropicales. Es una planta conocida en todo el mundo como una de las principales malas hierbas (Pascual *et al.*, 1997). Sin embargo,

Castroviejo (2008) señala que el origen fitogeográfico de *Cyperus esculentus* L. es incierto; algunos autores lo suponen mediterráneo (Vavilov, 1951; Nuez y Carelles, 1984) y otros norteamericano (Keeley *et al.*, 1970; Stoller *et al.*, 1979). La chufa es la variedad subespecífica cultivada *Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck (Negbi, 1992). Pertenece, según la última revisión de la taxonomía de las angiospermas (APG, 2009), al orden *Poales*, familia *Cyperaceae*, subfamilia *Scirpoideae*, tribu *scirpeae*, subtribu *Cyperinae*, genero *Cyperus*. La especie es *C. esculentus* (L.), y la variedad población cultivada en la zona valenciana pertenece a la variedad botánica *sativus* (Boeck.).

La chufa, se cultiva a pequeña escala en países como Argelia, Irán, Irak, Egipto, Senegal, Costa de Marfil, Nigeria, Níger, Burkina faso, Ghana, Mali, Camerún, Togo, EEUU, Rusia, Turquía, China, Francia y países bajos (Pascual *et al.*, 1997; Okladnikov, 1977; Horak y Holt, 1986; Pascual y Maroto, 1984; Castell, 1996; Pascual *et al.*, 2000; Cudney, 2003; Pascual-Seva *et al.*, 2009). Los países de África Occidental exportan anualmente unas 2000-3000 toneladas de chufa a España, aunque al no disponer de partida arancelaria específica no existen datos oficiales. También se ha ensayado su cultivo en Canadá, Cuba, Argentina, Brasil, Japón, Corea del Sur, Hungría, Polonia, Suecia, Sudáfrica e Israel (Mulligan y Junkins, 1976; Negbi, 1992; Pascual *et al.*, 2000; Pascual-Seva *et al.*, 2009; Turesson *et al.*, 2010).

En algunos países los tubérculos de chufa se utilizan como pienso para el ganado, la pesca y se ha citado como un potencial alimento para algunas aves. En lo referente al consumo humano se presenta el tubérculo bajo diferentes formas: en fresco, tostados, malteados o exprimidos formando parte de bebidas refrescantes. Con la chufa se fabrica la horchata (bebida refrescante obtenida mediante la mezcla de extracto de chufas trituradas con agua y azúcar) de alto poder nutritivo, que goza de una enorme tradición en la Comunidad Valenciana, desde donde se ha extendido al resto de la geografía española (Melián, 2002). La chufa también se utiliza en la fabricación de emulsiones medicinales indicadas en tratamientos de disfunciones digestivas. Se ha obtenido aceite de sus tubérculos y grasas, utilizadas en la fabricación de jabones (Castell, 1996., Ulmerie y Enebeli, 1996., Pascual *et al.*, 1997).

Prácticamente la totalidad de la superficie dedicada al cultivo de la chufa en España (aproximadamente 600 ha) está situada en la provincia de Valencia, más concretamente en la comarca L'Horta Nord. El Real Decreto 1554/1990 de 30 de noviembre, incluye la chufa y la horchata en el Régimen de Denominaciones de Origen. El cultivo se está expandiendo a otras provincias españolas debido a la creciente popularidad de la horchata de chufas en países del norte de Europa, Francia, Alemania, Reino Unido y Argentina (Pascual *et al.*, 2000), que incrementa la demanda de materia prima en la industria local transformadora.

La chufa es cultivada en la comarca de L'Horta Nord (Valencia, España) para la producción de horchata. En los últimos cinco años, la superficie

plantada ha oscilado entre unas 400 y 500 ha con una producción media de tubérculos de 18 a 24 t\*ha<sup>-1</sup>. Es un cultivo de gran rusticidad que hasta hace pocos años apenas había presentado problemas de enfermedades. En 1997 se detectó la presencia de *Rosellinia necatrix* Prill produciendo una podredumbre negra en los tubérculos afectados (García-Jiménez *et al.*, 1997; 1998b).

En los últimos años se viene observando una nueva enfermedad en el cultivo de chufa, que en la actualidad afecta a la práctica totalidad de las parcelas cultivadas. Ante la incidencia cada vez mayor de esta afección se planteó como objetivos del presente trabajo el estudio de caracterización del síndrome.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización del síndrome

Durante los años 2003-2005 se prospectaron diversas parcelas con síntomas de la enfermedad. Para ello, se realizaron visitas secuenciales en las cuales se recolectaban plantas completas, observando su sintomatología en campo y, en laboratorio, bajo lupa binocular. Paralelamente, se realizaron aislamientos en medio PDAS (patata dextrosa agar + 500 ppm de estreptomycin) de las diversas zonas de la planta (tubérculos, estolones, tallos y hojas).

### Control de la enfermedad

#### Ubicación del ensayo

El ensayo se desarrolló en el año 2005 en una parcela situada en la localidad de Poble Nou (Valencia, España) donde no se había plantado chufa en los últimos dos años.

#### Material vegetal

Se utilizaron dos partidas de tubérculos de chufa (pa y pb) suministradas por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia.

#### Tratamiento al suelo

Previo a la siembra se cubrieron dos franjas del terreno (50 x 5 m) con una lámina de polietileno transparente y el suelo se desinfectó con Agrocelhone NE EC (Dicloropropeno 80,3% + Cloropicrina 44,0%) a la dosis de 655 kg/ha aplicado en el agua de riego (suelo scd). También se dejaron dos franjas del

suelo con las mismas dimensiones sin cubrir y sin desinfectar (suelo ssd). Una semana antes de la siembra se removió el terreno para permitir la salida de los gases tóxicos y así evitar posibles daños al cultivo.

### Tratamiento a los tubérculos

Una muestra de 1,5 kg de tubérculos de cada partida fueron sometidos a los siguientes tratamientos: testigo sin tratar (co), tratamiento de termoterapia (t), termoterapia+carbendazima (tca) y sin termoterapia + carbendazima (ca). Los tubérculos co y t se pusieron en remojo en agua de grifo y los tubérculos ca y tca en remojo en carbendazima a la dosis de 800 cc de Quimuzin Flow (Carbendazima 50% (SC))/100 L de agua durante 24 h. Al siguiente día se realizó la termoterapia a los lotes de tubérculos correspondientes. Para la termoterapia, para lo cual, se utilizó un baño termostático con agitador, en el cual se controló la temperatura manteniéndola constante a 54° C durante 30 minutos, tras lo cual se introdujo la partida de tubérculos en agua fría durante unos 10 minutos.

### Disposición del ensayo

La plantación se realizó de forma manual el 1 junio de 2005 en un diseño estadístico de bloques al azar en parcelas subsubdividas (Gómez y Gómez, 1984) con cuatro repeticiones por tratamiento, lo que daba un total de 64 unidades experimentales, constituida cada una de ellas por cinco caballones de 3 m de largo, separados 0,60 m entre sí. La separación entre tubérculos dentro de cada caballón fue de 0,10 m. El área de cada unidad experimental fue de 9,00 m<sup>2</sup> y la separación entre ellas fue de 0,50 m. La condición del suelo (Parcela principal), partidas de tubérculos (subparcela) y los tratamientos a los tubérculos (subsubparcela).

### Parámetros evaluados

Porcentaje de plantas emergidas: se realizó a las dos semanas de la emergencia de las plantas.

Porcentaje de plantas con necrosis foliar: se llevó a cabo a los treinta días después de la siembra (dds).

Antes de la recolección se procedió al quemado de la parte aérea de las plantas y en el momento de la recolección (8 meses dds) se cosecharon los tubérculos del camellón caballón

central de cada unidad experimental. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

Rendimiento: se tomó un metro lineal en el caballón central. Una vez lavados los tubérculos se procedió a pesar la producción total.

Porcentaje de tubérculos sin síntomas de la enfermedad: Se realizó a partir de 100 tubérculos tomados al azar.

### Análisis estadístico

Todos los parámetros fueron estudiados mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y con la prueba diferencia mínima significativa (dms) (Castillo, 2003; Steel y Torrie, 1989) de comparación de medias ( $P < 0,05$ ). Previamente al análisis, a los datos en porcentajes se le aplicó la transformación  $\arcsen(\sqrt{x})$ , siendo x el porcentaje de plantas emergidas, porcentaje de plantas con síntomas, o porcentaje de tubérculos sin síntomas de la enfermedad. Para el análisis de los rendimientos se realizó la conversión a toneladas por hectárea ( $t \cdot ha^{-1}$ ). Todos los datos fueron analizados usando el procedimiento Proc GLM del Statistical Analysis System (SAS, Institute, Cary, NC, versión 9.0) y Castillo (2004).

Para evaluar el efecto de los tratamientos a los tubérculos y al suelo sobre cada uno de los parámetros, se hizo análisis de varianza y cuando hubo diferencias significativas para el factor simple se utilizó la prueba de comparación de dms ( $\alpha=0,05$ ) y pruebas de contrastes para la interacción, mediante el programa estadístico SAS v. 9.0.

Los factores principales se analizaron con la prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa (dms), mientras que las interacciones que resultaron significativas por medio de contraste ortogonales usando el paquete estadístico SAS (2004). En este trabajo solo se analizaron los factores principales y las interacciones de primer orden.

## RESULTADOS

### Caracterización del síndrome

A los 15-20 días de la emergencia aparecieron, distribuidas al azar por la parcela (Figura 1A), plantas que presentaron un secado de la mitad superior de las hojas (Figura 1B) sobre el cual, unos 7-10 días más

tarde empezó a observarse la presencia de unos puntitos negros dispersos (Figura 1C). También la necrosis puede observarse en las inflorescencias, donde se puede apreciar los puntos negros, sobre todo en las brácteas, y manchas color marrón en el

pedúnculo de la umbela y raquis de las espigas (Figura 1D). Al arrancar las plantas con esta sintomatología aérea se observó una coloración externa rojizo-anaranjada. Y en los tubérculos sembrados en los tubérculos plantados (Figura 1E)

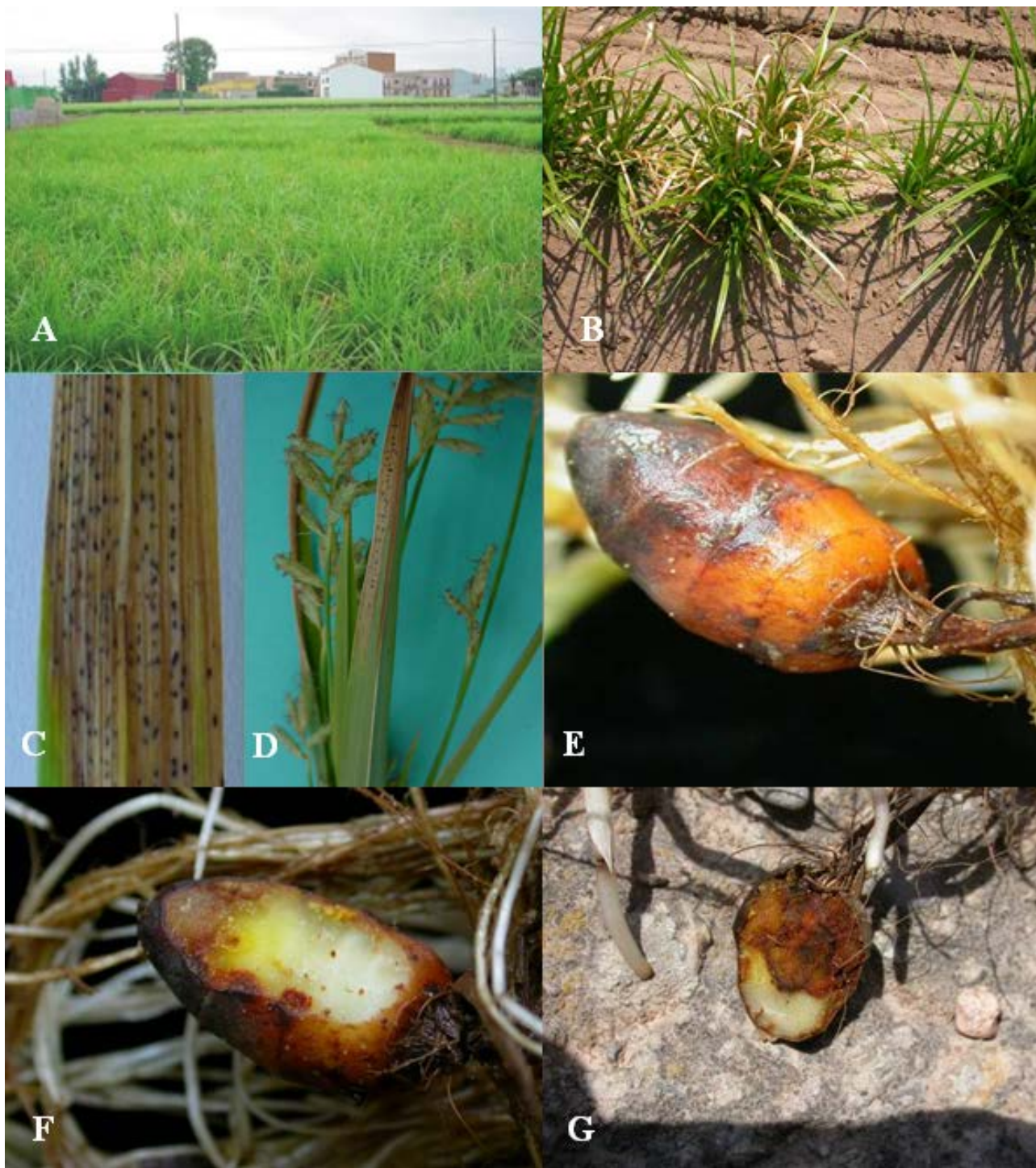


Figura 1. A. Aspecto de un campo de chufa (*Cyperus esculentus* L.) con plantas afectadas por necrosis foliar. B. Síntomas iniciales de la necrosis foliar. C. Puntos negros sobre las necrosis foliares en chufa. D. Inflorescencia afectada: bráctea con puntos negros. E. Coloración externa rojizo-anaranjada en tubérculo de siembra correspondiente a una planta de chufa. F. Extensión de la podredumbre hacia el interior del tubérculo de chufa. G. Podredumbre en el tubérculo de chufa en Poble Nou, Valencia, España.



que también se extiende a su interior (Figura 1F) y que posteriormente evoluciona a podredumbre (Figura 1G).

La Figura 2A muestra la parte externa de tubérculos con apariencia sana. Mientras que en las Figuras 2B y 2C se pueden observar tubérculos con brotes. En la Figura 2D, se muestra el corte transversal de un tubérculo, y donde se observa la parte interna de tubérculos con apariencia sana.

Preparaciones microscópicas de los puntos negros que aparecieron en las zonas foliares necrosadas demostraron que se trataba de cuerpos

fructíferos (Figura 3A) que, en su madurez, producen ascas de forma recta y de un tamaño medio de  $97,7 \times 10,0 \mu\text{m}$  (Figura 3B), con ocho ascosporas hialinas, de forma elipsoidal que en su madurez pueden presentar 1-3 tabiques y de tamaño  $8-10 \times 1,8-2,3 \mu\text{m}$  (Figuras 3C y 3D).

Aislamientos de estos cuerpos fructíferos, de los tubérculos afectados y de zonas de los vasos conductores de la planta produjo el mismo hongo (Figura 4A), que en los medios de cultivo tradicionales no llega a esporular, aunque sí sobre trozos de hojas de chufa esterilizadas al autoclave, reproduciendo los cuerpos fructíferos encontrados en

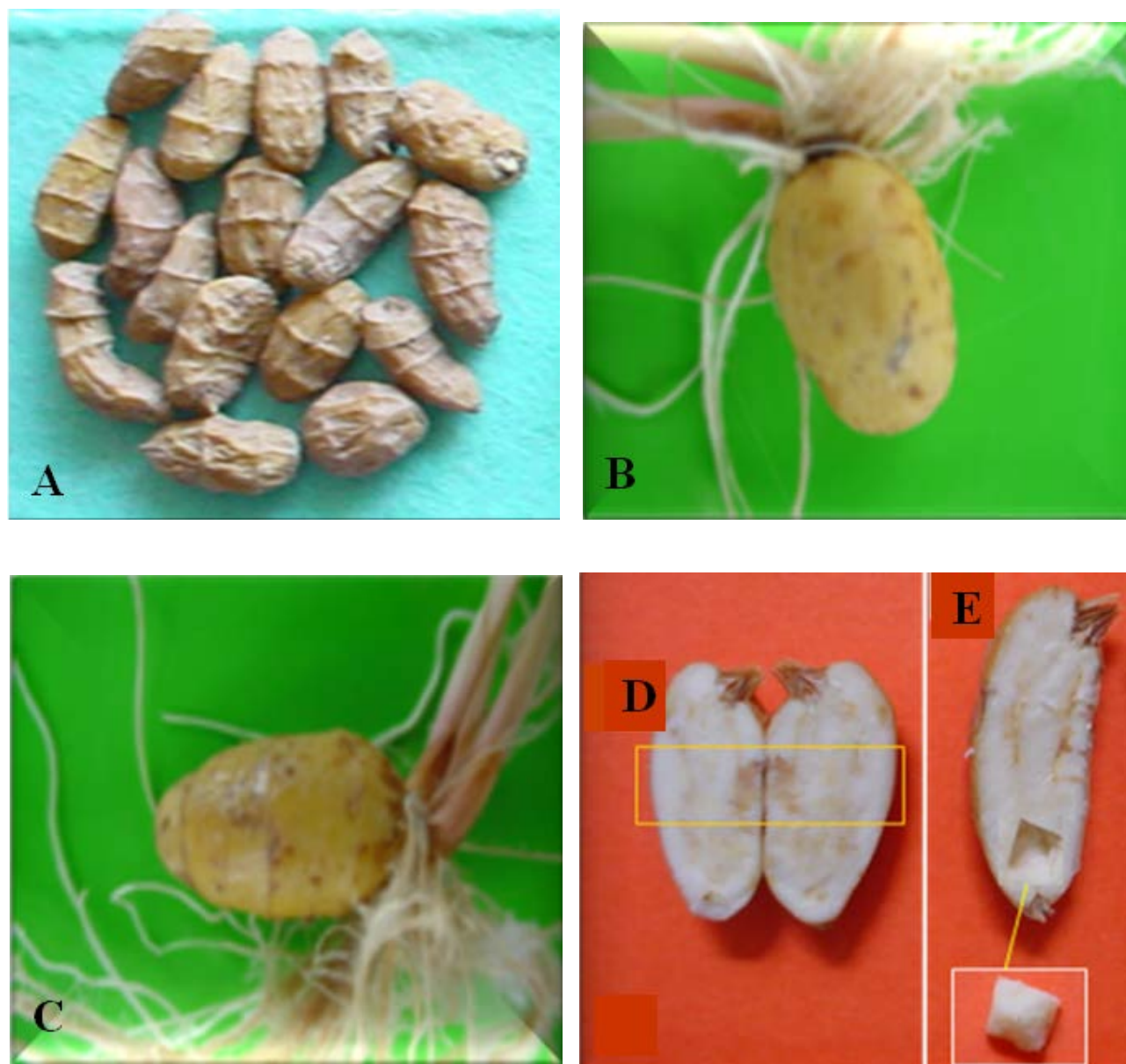


Figura 2. A. tubérculos de chufa (*Cyperus esculentus* L.) con apariencia sana. B, C. tubérculos con brotes con apariencia sana. D. corte transversal muestra parte interna de un tubérculo hidratado. E. parte interna con apariencia sana en Poble Nou, Valencia, España.

el campo (Figura 4B). Se trata de un hongo ascomiceto actualmente en fase de identificación.

### Porcentaje de plantas emergidas

Los resultados del análisis de varianza se muestran en el Cuadro 1. Se aprecian diferencias significativas en la condición del suelo, partidas de tubérculos y tratamientos al tubérculo, no detectándose diferencias significativas en las interacciones. En la Figura 5 se pueden observar las diferencias estadísticas mediante de la prueba dms ( $p < 0.05$ ) de comparación de medias. En el suelo

desinfestado (scd) se aprecia un porcentaje plantas emergidas de 85,6%, mayor que el obtenido en el suelo sin desinfección (ssd) que fue del 79,9%. Se aprecia también diferencia significativa en el porcentaje de emergencia de ambas partidas: en la partida (pa) el porcentaje de plantas emergidas fue significativamente mayor (96,1%) que la partida (pb) que fue de 69,4% (Figura 6). Los resultados para el tratamiento de tubérculos se muestran en la Figura 7, donde se observa una emergencia en el control (co) significativamente inferior al resto de los tratamientos, que no mostraron diferencias significativas entre sí.

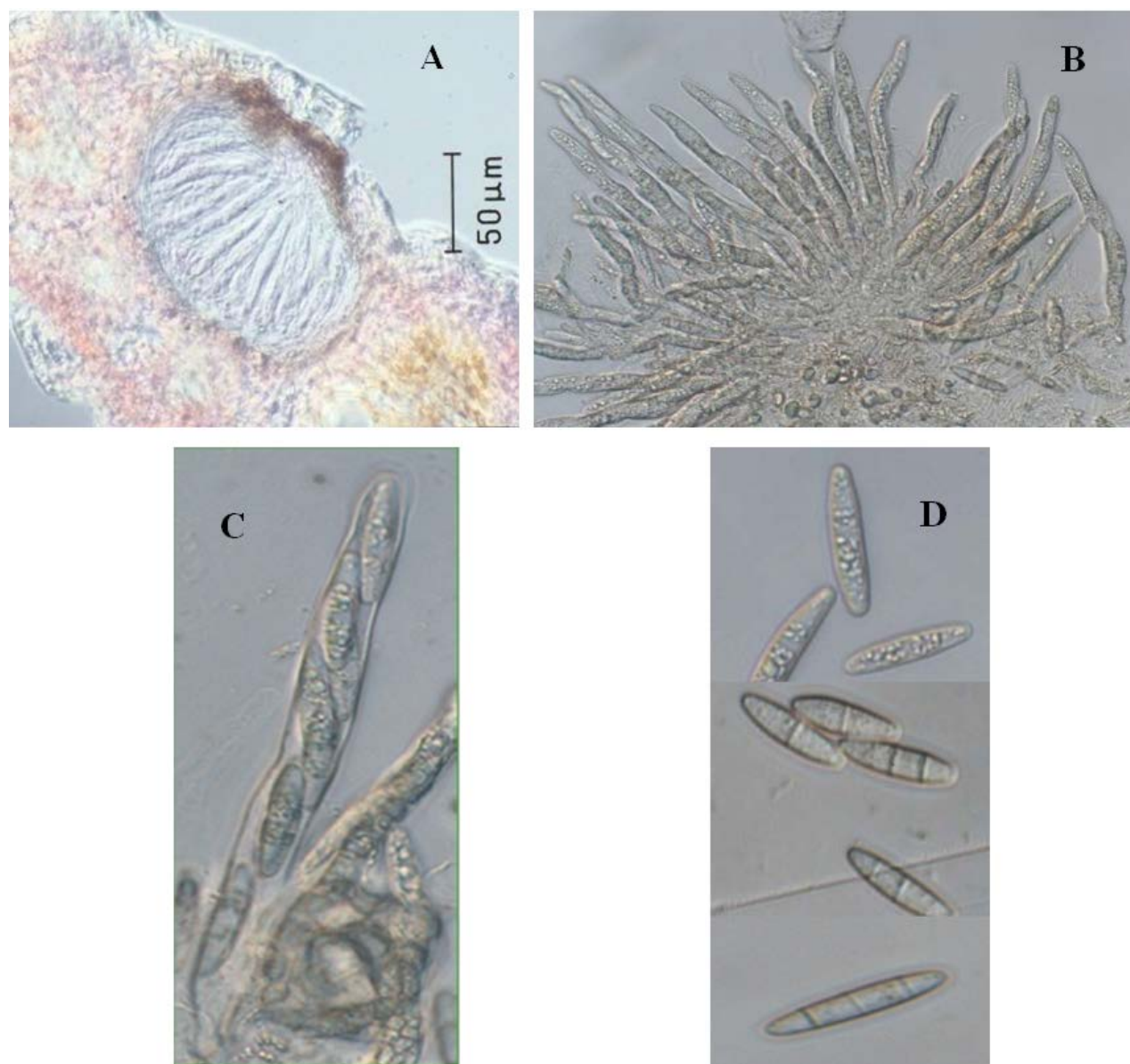


Figura 3. A. Cuerpos fructíferos del hongo en chufa (*Cyperus esculentus* L.). B. Ascas del hongo en chufa. C. Asca con ocho ascosporas en chufa. D. Ascosporas con tabiques del hongo en chufa en Poble Nou, Valencia, España.

### Porcentaje de plantas con necrosis foliar

Los resultados del análisis de varianza se muestran en el Cuadro 2, donde se observa diferencias significativas sólo en la condición del suelo. En la Figura 8 aparecen representados los valores para ambas condiciones del suelo: en el suelo sin desinfección (ssd) se aprecia un porcentaje de plantas con síntomas del 17,8%, menor que el obtenido en el suelo desinfectado (scd) (25,5%).

### Porcentaje de tubérculos sin síntomas

El análisis de varianza para este parámetro se muestra en el Cuadro 3, donde sólo se observó diferencias estadísticas significativas para la condición de suelo: la prueba de dms ( $p < 0,05$ ) de comparación de medias indica que el suelo desinfectado (scd) se obtuvo un 74,1% de tubérculos sin síntomas de la enfermedad, mayor que el 57,5% obtenido en el suelo no desinfectado (ssd) (Figura 9).

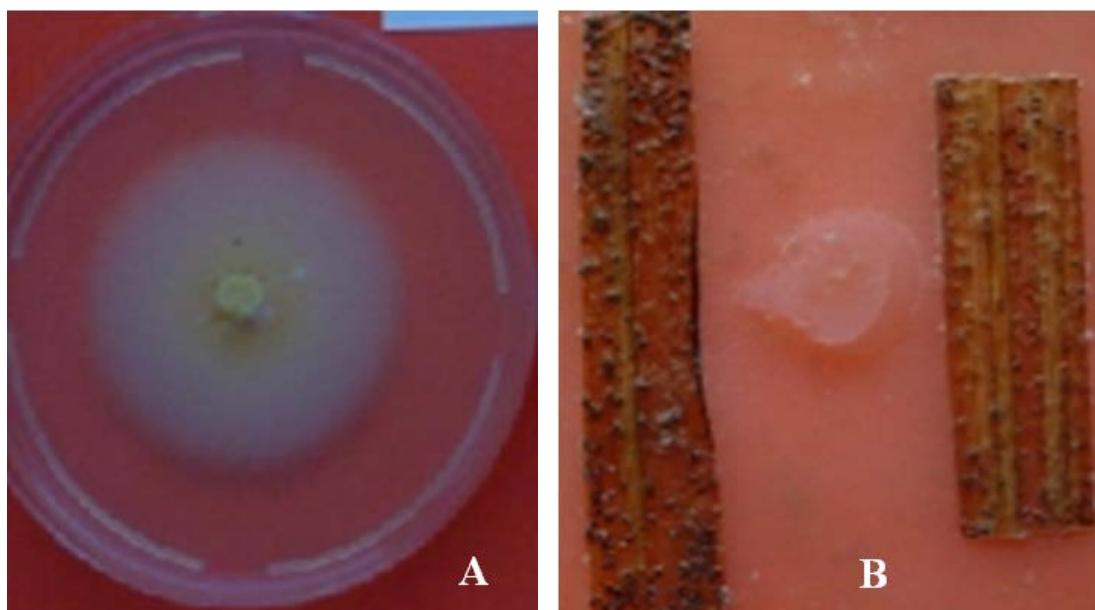


Figura 4. A. Aspecto del hongo en medio PDA en chufa (*Cyperus esculentus* L.). B. Esporulación en medio CMA sobre trozos de hojas de chufa esterilizadas en Poble Nou, Valencia, España.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el porcentaje de plantas emergidas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) en Poble Nou, Valencia, España.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F      | Pr > F    |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|--------|-----------|
| Bloques             | 3                  | 18,994            | 6,334          |        |           |
| cds                 | 1                  | 576,84            | 576,840        | 12,35  | 0,0391*   |
| Error (a)           | 3                  | 149,168           | 467,220        |        |           |
| pdt                 | 1                  | 10813,400         | 10813,4        | 179,58 | < 0,0001* |
| cds*pdt             | 1                  | 23,888            | 23,888         | 0,40   | 0,5520n.s |
| Error (b)           | 6                  | 361,286           | 60,214         |        |           |
| tat                 | 3                  | 412,140           | 137,380        | 3,60   | 0,0226*   |
| cds*tat             | 3                  | 129,590           | 43,195         | 1,13   | 0,3492n.s |
| pdt*tat             | 3                  | 134,800           | 44,934         | 1,18   | 0,3319n.s |
| cds * pdt*tat       | 3                  | 166,000           | 55,340         | 1,45   | 0,2445n.s |
| Error (c)           | 36                 | 1374,000          | 38,167         |        |           |
| Total               | 63                 | 14151,120         |                |        |           |

F: valor del F calculado., Pr > F: probabilidad mayor que F. ( $Pr > F$ )  $\leq 0,05$ , \* = significativo., ( $Pr > F$ )  $> 0,05$ , n.s = no significativo. cds = condición del suelo; pdt = partidas de tubérculos; tat = tratamientos a los tubérculos: t = termoterapia, co = control, tca = termoterapia+carbendazima, ca = carbendazima.



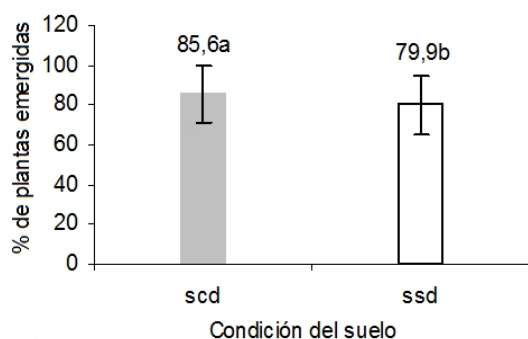


Figura 5. Efecto de la condición del suelo sobre el porcentaje de plantas emergidas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) en Poble Nou, Valencia, España.  $MDS_{0,5} = 3,1\%$ . scd: Suelo cubierto y desinfectado y ssd: Suelo sin cubrir y sin desinfectar.

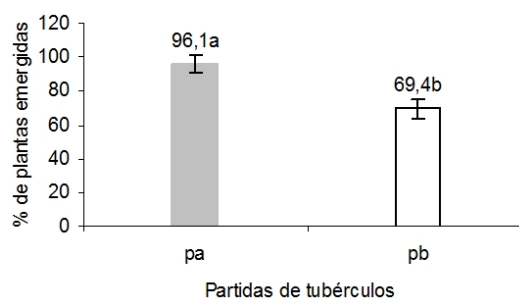


Figura 6. Efecto de las partidas de tubérculos sobre el porcentaje de plantas emergidas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) en Poble Nou, Valencia, España.  $MDS_{0,5} = 3,1\%$ . pa y pb: suministradas por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia

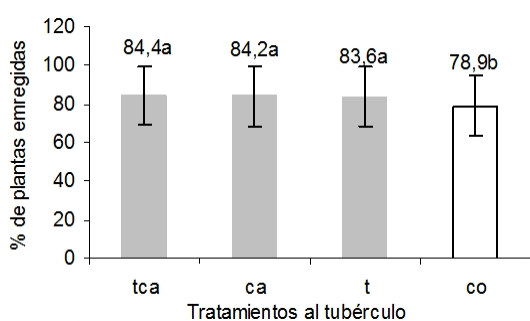


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de plantas emergidas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) en Poble Nou, Valencia, España.  $MDS_{0,5} = 4,4\%$ . co: Testigo sin tratar, t: Termoterapia, tca: Termoterapia + carbendazima y ca: Sin termoterapia + carbendazima.

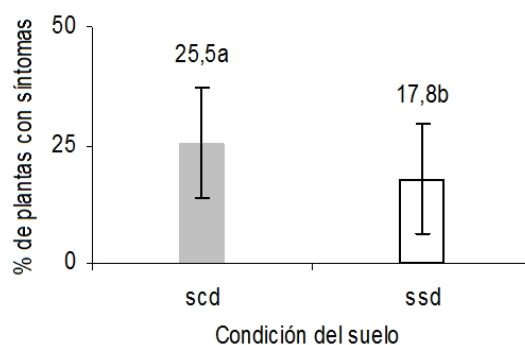


Figura 8. Efecto de la condición del suelo sobre el porcentaje de plantas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) con síntomas en Poble Nou, Valencia, España.  $MDS_{0,5} = 4,4\%$ . scd: Suelo cubierto y desinfectado y ssd: Suelo sin cubrir y sin desinfectar.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el porcentaje de plantas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) con necrosis foliar en Poble Nou, Valencia, España.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F     | Pr > F   |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|----------|
| Bloques             | 3                  | 258,32            | 86,11          |       |          |
| cds                 | 1                  | 553,43            | 553,43         | 27,77 | 0,0133*  |
| Error (a)           | 3                  | 59,79             | 19,93          |       |          |
| pdt                 | 1                  | 252,01            | 252,01         | 3,26  | 0,1209ns |
| cds*pdt             | 1                  | 100,250           | 100,250        | 1,66  | 0,2449ns |
| Error (b)           | 6                  | 463,48            | 77,25          |       |          |
| tat                 | 3                  | 572,22            | 190,74         | 2,47  | 0,0779ns |
| cds*tat             | 3                  | 52,04             | 17,35          | 0,22  | 0,8789ns |
| pdt *tat            | 3                  | 325,09            | 108,36         | 1,40  | 0,2583ns |
| cds* pdt*tat        | 3                  | 235,66            | 78,55          | 1,02  | 0,3971ns |
| Error (c)           | 36                 | 2784,44           | 77,35          |       |          |
| Total               | 63                 | 5700,72           |                |       |          |

F: valor del F calculado., Pr > F: probabilidad mayor que F.  $(Pr > F) \leq 0,05$ , \* = significativo.,  $(Pr > F) > 0,05$ , n.s = no significativo. cds = condición del suelo; pdt = partidas de tubérculos; tat = tratamientos a los tubérculos: t = termoterapia, co = control, tca = termoterapia+carbendazima, ca = carbendazima.



### Rendimiento

Los resultados del análisis de varianza en el rendimiento de tubérculos indican diferencias estadísticas significativas en el tratamiento de los tubérculos y en la interacción condición de suelo\*tratamiento de los tubérculos, no observándose para la condición del suelo, partidas de tubérculos, ni en las interacciones condición del suelo\*partidas de tubérculos, partidas de tubérculos\*tratamientos a los tubérculos, y condición del suelo\*partidas de tubérculos\*tratamientos a los tubérculos (Cuadro 4).

### Interacción entre condición del suelo y tratamiento a los tubérculos

En el contraste 1 se observa que el suelo desinfestado (scd), y el suelo sin desinfestar (ssd) tuvieron estadísticamente el mismo rendimiento. (Cuadro 5). En los contrastes 2 y 3, donde se comparan tubérculos con termoterapia+carbendazima en suelo desinfestado (tca scd) versus tubérculos con termoterapia en suelo sin desinfestar (t ssd) y tubérculos con carbendazima en suelo desinfestado (ca scd), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, a favor de tca scd, donde tca scd versus t ssd mostraron diferencias altamente significativas (P<0,01) entre sí, tca scd produjo rendimientos más altos que t ssd (16.818 kg ha<sup>-1</sup> vs 14.499 kg ha<sup>-1</sup>). Para el contraste 4 donde se observó diferencia significativa (P<0,05) entre los

rendimientos para la condición del suelo, a favor de t scd, en cambio t ssd produjo rendimientos más bajos (16.360 kg ha<sup>-1</sup> vs 14.499 kg ha<sup>-1</sup>). En los resultados de los contrastes 5 y 6 se observa como tca ssd y ca ssd fueron superiores a t ssd, donde t ssd y tca ssd mostraron diferencias altamente significativas (P<0,01) a favor de tca ssd (16.716 kg ha<sup>-1</sup> vs 14.499 kg ha<sup>-1</sup>). Para el contraste 7 se detectaron diferencias significativas (P<0,05) entre ca scd y tca ssd, a favor de tca ssd que obtuvo los rendimientos más altos (16.716 kg ha<sup>-1</sup> vs 15.148 kg ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 5).

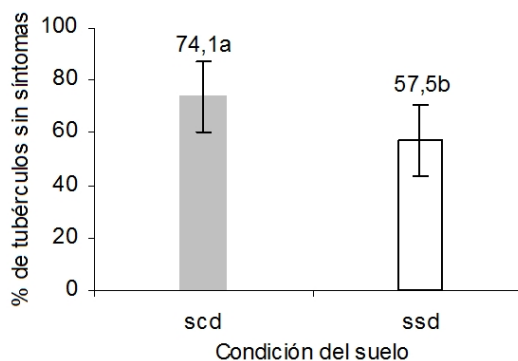


Figura 9. Efecto de la condición del suelo sobre el porcentaje de plantas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) sin síntomas en Poble Nou, Valencia, España. MDS<sub>0.5</sub> = 4,7%. Scd: Suelo cubierto y desinfestado y ssd: Suelo sin cubrir y sin desinfestar.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de tubérculos de plantas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) sin síntomas en Poble Nou, Valencia, España.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F     | Pr > F   |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|----------|
| Bloques             | 3                  | 1526,28           | 508,76         |       |          |
| cds                 | 1                  | 1666,78           | 1666,78        | 78,66 | 0,0030** |
| Error (a)           | 3                  | 63,57             | 21,19          |       |          |
| pdt                 | 1                  | 116,18            | 116,18         | 1,53  | 0,2626ns |
| cds*pdt             | 1                  | 153,73            | 153,73         | 2,02  | 0,2049ns |
| Error (b)           | 6                  | 456,17            | 76,03          |       |          |
| tat                 | 3                  | 340,25            | 113,42         | 1,31  | 0,2859ns |
| cds*tat             | 3                  | 147,79            | 49,26          | 0,57  | 0,6388ns |
| pdt*tat             | 3                  | 135,38            | 45,13          | 0,52  | 0,6702ns |
| cds* pdt*tat        | 3                  | 107,98            | 35,99          | 0,42  | 0,7426ns |
| Error (c)           | 36                 | 3115,18           | 86,53          |       |          |
| Total               | 63                 | 7829,28           |                |       |          |

F: valor del F calculado., Pr > F: probabilidad mayor que F. (Pr>F) ≤ 0,05: significativo., (Pr>F) > 0,05: no significativo. cds = condición del suelo; pdt = partidas de tubérculos; tat = tratamientos a los tubérculos: t = termoterapia, co = control, tca = termoterapia+carbendazima, ca = carbendazima.

### DISCUSIÓN

La “necrosis foliar” de la chufa en Valencia, una enfermedad no descrita anteriormente en esta planta, se presenta con una serie de características que hacen de ella un caso singular dentro de las enfermedades de plantas. En primer lugar, el modelo de su aparición en campo (plantas afectadas distribuidas al azar por la parcela y rodeadas de plantas sanas). En efecto, una observación cuidadosa de las plantas afectadas muestra una decoloración superficial rojizo-anaranjada del tubérculo de siembra que posteriormente evoluciona a podredumbre.

Lo que resulta llamativo de la enfermedad es que, aparentemente, este hongo, partiendo del tubérculo afectado, avanza por los vasos conductores, sin que se observe su necrosis, hasta las hojas, donde produce en primer lugar una necrosis de la mitad apical. Junto a los daños más evidentes en hojas, también las inflorescencias muestran signos de la enfermedad. Esto se observa con frecuencia en campo cuando se presenta floración prematura, generalmente en los bordes de las parcelas o en las zonas más compactas por el paso de la maquinaria agrícola. En estas plantas, en las brácteas de la inflorescencia se aprecia un secado de su mitad superior, y la posterior

Cuadro 4. Análisis de varianza para el rendimiento de tubérculos (kg ha<sup>-1</sup>) de plantas de chufa (*Cyperus esculentus* L.) en Poble Nou, Valencia, España.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | Pr > F   |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|----------|
| Bloques             | 3                  | 3,93              | 1,31           |          |
| cds                 | 1                  | 0,75              | 0,75           | 0,1806ns |
| Error (a)           | 3                  | 0,742             | 0,247          |          |
| pdt                 | 1                  | 11,09             | 11,09          | 0,0753ns |
| cds*pdt             | 1                  | 7,12              | 7,12           | 0,1361ns |
| Error (b)           | 6                  | 14,42             | 2,40           |          |
| tat                 | 3                  | 15,91             | 5,30           | 0,0477*  |
| cds *tat            | 3                  | 18,34             | 6,11           | 0,0293*  |
| pdt *tat            | 3                  | 3,78              | 1,26           | 0,5628ns |
| cds * pdt * tat     | 3                  | 9,09              | 3,03           | 0,1920ns |
| Error (c)           | 36                 | 65,59             | 1,82           |          |
| Total               | 63                 | 150,76            |                |          |

F: valor del F calculado., Pr > F: probabilidad mayor que F. (Pr>F) ≤ 0,05: significativo., (Pr>F) > 0,05: no significativo. cds = condición del suelo; pdt = partidas de tubérculos; tat = tratamientos a los tubérculos: t = termoterapia, co = control, tca = termoterapia+carbendazima, ca = carbendazima.

Cuadro 5. Contrastes ortogonales en la interacción condición de suelo\*tratamientos a los tubérculos sobre el rendimiento de tubérculos (kg ha<sup>-1</sup>) en el cultivo chufa (*Cyperus esculentus* L.) en Poble Nou, Valencia, España.

| Comparación de tratamientos | Medias |         | DET                    |                        | Pr>F  |           |
|-----------------------------|--------|---------|------------------------|------------------------|-------|-----------|
|                             | GL     | CM      | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) |       |           |
| 1.scd vs ssd                | 1      | 0,0903  | 16,065                 | 15,849                 | 216   | 0,7665 ns |
| 2.tca scd vs t ssd          | 1      | 10,0128 | 16,818                 | 14,499                 | 2319  | 0,0046 ** |
| 3.tca scd vs ca scd         | 1      | 5,6113  | 16,818                 | 15,148                 | 1670  | 0,0274 *  |
| 4. t scd vs t ssd           | 1      | 6,0378  | 16,360                 | 14,499                 | 1861  | 0,0227 *  |
| 5.t ssd vs tca ssd          | 1      | 13,1328 | 14,499                 | 16,716                 | -2217 | 0,0016 ** |
| 6.t ssd vs ca ssd           | 1      | 5,1200  | 14,499                 | 16,288                 | -1789 | 0,0342 *  |
| 7.ca scd vs tca ssd         | 1      | 8,0000  | 15,148                 | 16,716                 | -1568 | 0,0100 *  |

GL = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; DET = diferencias entre los tratamientos; \* = Diferencia significativa al 0,05; \*\* = Diferencia significativa al 0,01.ns = No significativa. t scd = tubérculos con termoterapia, en suelo desinfectado; t ssd = tubérculos con termoterapia, en suelo sin desinfectar; co scd = control, en suelo desinfectado; co ssd = control, en suelo desinfectar; tca scd = tubérculos con termoterapia+carbendazima, en suelo desinfectado; tca ssd = tubérculos con termoterapia+carbendazima, en suelo sin desinfectar; ca scd = tubérculos con carbendazima, en suelo desinfectado; ca ssd = tubérculos con carbendazima, en suelo sin desinfectar; scd = suelo desinfectado; ssd =suelo desinfectar; co = control; t = termoterapia; tca = termoterapia+carbendazima; ca = carbendazima.

aparición de los puntos negros. Estos síntomas también se pueden expresar en el pedúnculo de la inflorescencia y el raquis de las espigas en forma de una mancha marrón (Fig. 1D). Se hacen necesarios estudios más exhaustivos, actualmente en curso, para la identificación del agente causal.

En lo referente al control, del presente estudio se deducen dos informaciones importantes. La primera, la detección de la presencia de la “necrosis foliar” en las dos partidas de tubérculos evaluadas. La segunda, que los tubérculos tratados con termoterapia, carbendazima, termoterapia+carbendazima o la desinfestación del suelo fueron insuficientes para controlar la enfermedad. Estos resultados muestran que el comportamiento del hongo causante de la “necrosis foliar” es diferente al de *Rosellinia necatrix*, causante de la “podredumbre negra” de la chufa: García-Jiménez *et al.* (1997; 1998a) controlaron este hongo mediante termoterapia, mientras que aquí esta técnica no parecer ser efectiva. Aunque se han obtenido resultados parciales significativos en algunos de los análisis realizados, lo cierto es que ninguno de los tratamientos consiguió reducir la incidencia de la enfermedad de forma que se pudiese utilizar agrónomicamente. Se requieren, por tanto, nuevos estudios que aborden el control de esta enfermedad que, como se ha dicho está afectando de forma cada vez más creciente a la chufa en Valencia.

Los resultados de los contrastes demuestran que en general scd y el tratamiento tca superan los rendimientos de los demás tratamientos evaluados. También, demostró que solo el suelo desinfestado, no es suficiente para incrementar los rendimientos, debe estar combinado con el tratamiento de los tubérculos con t ca (Cuadro 5). Los rendimientos obtenidos en esta investigación superan a los obtenidos por Pascual *et al.* (1997) obtuvieron señalan rendimiento de 6.052 kg\*ha<sup>-1</sup> (año 1983) y 11.623 kg\*ha<sup>-1</sup> (año 1984) en un estudio sobre fecha de plantación de chufa, ambas en el mes junio, coinciden con la misma fecha de plantación de este estudio, además los rendimientos obtenidos están dentro el rango señalado por Maroto (2012), que menciona los rendimientos en tubérculos lavados (muy hidratados), oscilan entre 12.000 y 24.000 kg\*ha<sup>-1</sup>.

#### LITERATURA CITADA

Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III, Bot. J. Linn. Soc. 161: 105-121.

Castell Zeising, V. 1996. Determinación y tipificación agronómica de clones de chufa (*Cyperus esculentus* L.) cultivada en L’Horta Nord de Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. Pascual España, Tesis Doctoral.

Castillo, M. L. 2003. Introducción a la estadística experimental. 2 ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. México. 277 p.

Castillo, M. L. 2004. Introducción al SAS para Windows. 2 ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. México.

Castroviejo, S. 2008. *Cyperus* L., In: S. Castroviejo (Coord. Gen.), S. Castroviejo, M. Luceño, A. Galán, F.J. Cabezas & P. Jiménez Mejías (eds.) Flora Ibérica 18: 8-27.

Cudney, D. 2003. History and biology of yellow and purple nutsedge. University of California Cooperative Extension.

García Jiménez, J.; J. Busto, J. Armengol, G. Martínez Ferrer, R. Sales y M. García Morató. 1997. La podredumbre negra o “alquitranat”: un grave problema de la chufa en Valencia. *Agrícola Vergel* 183: 144-148.

García Jiménez, J.; A. Vicent, J. Busto, M. J. Moya, R. Sales y J. Armengol. 1998a. Uso de la termoterapia para el control de la podredumbre negra de la chufa (*Cyperus esculentus* L.) causada por *Rosellinia necatrix* Prill. Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio. Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Valencia, España, septiembre 1998. p. 157-166.

García Jiménez, J.; J. Busto, A. Vicent, R. Sales and J. Armengol. 1998b. A tuber rot of *Cyperus esculentus* caused by *Rosellinia necatrix*. *Plant Disease* 82: 1281.

Gomez, K. A. and A. A Gomez. 1984 Statistical procedures for agricultural research, 2<sup>nd</sup> Ed. An Internacional Rice Research Institute .Wiley Inter-Science Publication, John Wiley and Sons. New York. United States of America. 680 p.

Horak, M. J. and J. S. Holt. 1986. Isozyme variability and breeding systems in populations of yellow

- nutsedge (*Cyperus esculentus*). Weed Sci. 34: 538-543.
- Keeley, P. E.; R. J. Thullen and J. H. Miller. 1970. Biological control studies on yellow nutsedge with *Bactra verturana* Zeller. Weed Sci. 18: 393-395.
- Maroto, J. V. 2012. La Chufa. Introducción, historia y cultivo. Disponible en: <http://www.chufadevalencia.org/bd/archivos/archivo55.pdf>. Consultado: 16-05-2012.
- Melián N., A.. 2002. El cultivo de la chufa en la Comunidad Valenciana: Importancia económica. Agrícola Vergel. 246: 368-374.
- Mulligan, G. A. and B. E. Junkins. 1976. The biology of Canadian weeds. 17. *Cyperus esculentus* L. Can. J. Plant Sci. 56: 339-350.
- Negbi, M. 1992. A sweetmeat plant, a perfume plant and their weedy relatives: A chapter in the history of *Cyperus esculentus* L. and *C. rotundus* L. Economic Botany 46 (1): 64-71.
- Nuez, F. y M. T. Canelles. 1984. Variación en poblaciones de chufa (*Cyperus esculentus* L.) de Alboraya (Valencia). V Jornadas de Selección y Mejora de Plantas Hortícolas. Logroño, España. p. 386-397.
- Okladnikov, Y. N. 1977. The introduction of chufa into the human diet as a source of polyunsaturated fatty acids. Vopr. Pitan 3: 45-48.
- Pascual Seva, N.; B. Pascual, A. San Bautista, S. Lopez Galarza y J. V. Maroto. 2009. Growth and nutrient absorption in chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) in soilless culture. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 84 (4) 393-398.
- Pascual, B.; J. V. Maroto, S. Lopez Galarza, A. San Bautista y J. Alagarda. 2000. Chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.): An unconventional crop. Studies related to applications and cultivation. Economic Botany 54 (4): 439-448.
- Pascual, B. y J. V. Maroto. 1984. Estudio agronómico realizado en el cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus* L.) Diputación Provincia de Valencia. Patronato de Cap. Agro. Valencia. España.
- Pascual, B.; J. V. Maroto, S. López Galarza y V. Castell. 1997. El cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.). Estudios realizados. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie Divulgació Técnica. 95 p.
- Recio, A. C. y M. J. L. Palau. 2003. La horchata. Historia y arte de la chufa valenciana. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació. 154 p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004. SAS Institute Inc. SAS/STAT 9.1. User' guide. Cary, NC, United States of America. 5136 p.
- Steel, G. D. y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Trad. de la 2<sup>da</sup> Edición de Principles and Procedures of Statistics por J. Martínez. Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. 622 p.
- Stoller, E. W.; L. M. Wax and F. W. Slife. 1979. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.) competition and control in corn (*Zea mays*). Weed Sci. 27: 32-37.
- Turesson, H.; S. Martilla, K. E. Gustavsson, P. Hofvander, M. E. Olsson, L. Bulow, S. Stymne and A. S. Carlsson. 2010. Characterization of oil and starch accumulation in tubers of *Cyperus esculentus* L. var. *sativus* (Cyperaceae): A novel model system to study oil reserves in nonseed tissues. American Journal of Botany 97 (11): 1884-1893.
- Ulmerie, S. C. and J. N. Enebeli. 1996. Malt caramel from tubers of *Cyperus esculentus*. Bioresource Technology 57 (2): 215-216.
- Vavilov, N. I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. The Ronald Press Co. New York, United States of America.