

INFLUENCIA DE NUEVAS TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN DE SUELOS SOBRE LA PRECOCIDAD Y PRODUCTIVIDAD DEL FRESÓN ECOLÓGICO

Carmona,I*, Martínez,B., Hurtado,M.D*, Gelo,R., Bisbal,L., López,N*, Aguirre,I.*

*Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Sevilla. Ctra. Utrera km.1 41013 Sevilla. e-mail: agricol@us.es

RESUMEN

Una pérdida del equilibrio del suelo puede presentar peligrosidad para el cultivo por la presencia de hongos patógenos, nemátodos parásitos, ácaros,...En agricultura ecológica se hace necesaria una rotación de cultivos para controlar la presión de los patógenos, que puede verse complementado con los tratamientos de biofumigación y solarización. Con este trabajo se pretende estudiar la influencia de nuevas técnicas de desinfección de suelos, como son la biofumigación y la solarización, en la precocidad y productividad en el cultivo ecológico de fresón. El ensayo se desarrolló durante las campañas 2003/04 y 2004/05 en una explotación comercial ecológica certificada de Almonte (Huelva). Para ello se diseñó un experimento en bloques al azar, con tres repeticiones en el que se dispusieron tres tratamientos: control (C), biofumigación (BF) y biofumigación+solarización (BF+S). Durante la campaña 2003-04 los resultados mostraron diferencias significativas en la producción de fresón de primera categoría comercial entre los tratamientos biofumigados y el tratamiento control, alcanzándose valores máximos de producción de 623,5 g planta⁻¹ en el tratamiento biofumigación. La precocidad durante la primera campaña mostró diferencias significativas entre el tratamiento biofumigación+solarización y el tratamiento control. En la campaña 2004/05 la influencia de las heladas sobre el cultivo del fresón pudo ser la causa que provocó la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de ello se siguieron obteniendo las mayores producciones con los tratamientos biofumigados.

Palabras claves: biofumigación, fresón, productividad, precocidad.

INTRODUCCIÓN.

La biofumigación y solarización están consideradas como una alternativa no química de desinfección de suelos aplicable en agricultura ecológica. Se basa en los mismos principios que las técnicas convencionales de fumigación, salvo que los gases obtenidos son el resultado de una biodescomposición. Fue definida por Bello (1998) como "el uso de sustancias volátiles, obtenidas a partir de la biodescomposición de enmiendas orgánicas y residuos, para el control de patógenos de los vegetales". Uno de sus principales efectos radica en estimular la actividad microbiana del suelo actuando, además, como mejorador del mismo. Al añadir materia orgánica se produce una proliferación de microorganismos inicial que depende de los materiales aportados. Esta proliferación genera un aumento de los nematodos depredadores, nematodos omnívoros, hongos, protozoos, algas y otros organismos del suelo (Bello, *et al.*, 2003). La acción de estos sobre la materia orgánica durante la descomposición produce una gran cantidad de productos químicos (amonio, nitratos, sulfhídrico y un gran número de sustancias volátiles y ácidos orgánicos) que pueden actuar en el control de patógenos del suelo.

La solarización es una técnica utilizada para la desinfección de suelos por la elevación de la temperatura del suelo, mediante la energía solar, a valores letales para los

patógenos. Por sí sola no es una técnica eficaz en el control de patógenos del suelo, sobretodo para los nematodos, pero puede combinarse con otras técnicas no químicas como la biofumigación (Bello *et al.*, 2003).

La eficacia de la biofumigación sola o combinada con solarización para el control de patógenos de las plantas e incluso de plantas adventicias ha sido estudiada por numerosos autores. Se ha utilizado esta práctica en cultivos de pimiento, con buenos resultados en el control de nematodos y arvenses (López *et al.*, 2002; Bello *et al.*, 2002a; Bello *et al.*, 2002b). Para este mismo cultivo en ensayos de agricultura ecológica, se mostró como una forma eficaz de desinfección de suelos, realizando un aceptable control de patógenos fúngicos y obteniéndose similares producciones a las obtenidas con desinfectantes químicos como el bromuro de metilo (Guerrero *et al.*, 2002 a, b). Un estudio en las localidades de Almonte y Gibraleón (Huelva) sobre el control de arvenses con tratamientos de biofumigación sola y combinada con solarización, obtuvieron buenos resultados en la supresión de semillas de *Portulaca oleracea*, *Echinochloa cruz-galli* y *Cynodon dactylon* con gallinaza, mientras que el uso de estiércol no mostró acción herbicida eficaz (López-Martínez *et al.*, 2004). También se han encontrado unos aceptables niveles del control de Malva y Melilotus que escapan habitualmente a la acción de desinfectantes químicos como el bromuro de metilo (Bello *et al.*, 2000).

El objetivo planteado para este trabajo es estudiar la influencia de la biofumigación sola y combinada con solarización en la productividad y precocidad del cultivo de fresón bajo las técnicas de agricultura ecológica.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El experimento se realizó en una explotación comercial ecológica certificada situada en la localidad de Almonte (Huelva) durante las campañas 2003/04 y 2004/05. La explotación tiene unas 8 has de la que 6 están dedicadas a la producción de fresón ecológico y el resto a otros cultivos (calabacín, mora y melón). La variedad cultivada fue Camarosa.

Se diseñó un ensayo para ambas campañas en bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones de cada uno. Para ello se utilizaron tres macrotúneles dónde se distribuyeron los tres tratamientos: Biofumigación (BF), Biofumigación + Solarización (BF+S) y un tratamiento control (C). Las características de cada uno de los tratamientos fueron:

- Control (C): manejo habitual de la finca.
- Biofumigación (BF): aporte de gallinaza fresca a razón de 3 kg m⁻².
- Bio+solarización (BF+S): la misma aplicación de gallinaza (3 kg m⁻²) que en el tratamiento biofumigación y además se colocaron plásticos transparentes de 200 galgas durante 50 días en los meses de julio y agosto.

La recolección se realizó desde finales del mes de enero hasta finales de mayo, coincidiendo con las recolecciones realizadas en la finca. La producción se pesó diferenciando las distintas categorías comerciales: primera, segunda y fresa no comercial. Para el estudio de la influencia de los tratamientos en la precocidad del cultivo se realizó una separación en producción precoz y producción no precoz de los datos de las recolecciones (Campaña 2004/04: 29 recolecciones y Campaña 2004/05: 30 recolecciones). Se consideró producción precoz aquella obtenida desde el inicio del

muestreo hasta el 15 de marzo (fecha a partir de la cual el precio percibido por el agricultor desciende entre un 35-40 %) y producción no precoz aquella obtenida desde el 16 de marzo al final de la cosecha. Para la obtención de este dato sólo se tuvo en cuenta la producción de 1ª categoría comercial porque es la de mayor peso económico en la finca.

Los resultados se presentan como los valores medios de los replicados (repeticiones de cada tratamiento) correspondiente a cada caso. Para facilitar la interpretación, en lugar de la desviación estándar de la media, a cada valor medio se le hará seguir de una letra que indicará si es estadísticamente diferente de otro al nivel escogido ($p < 0,05$). El análisis estadístico de los resultados se efectuó mediante análisis factorial de la varianza considerando como variables independientes, las variables "tratamiento", "túnel" y "fecha". La comparación de los valores medios para establecer las claves de significación se realizó mediante el Test de Tukey, considerando un nivel de significación de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan corresponden a la producción de fresón de primera categoría comercial, ya que esta categoría es la que reporta el mayor beneficio económico a los agricultores.

Cuadro 1. Datos medios de producción media acumulada (g planta^{-1}) en las dos campañas muestreadas y en los tres tratamientos estudiados. Comparación de medias.

Tratamiento	Campaña 2003/04	Campaña 2004/05	Producción media
C	486,3 ^a	483,3 ^a	484,8 ^a
BF	623,5 ^b	568,9 ^a	596,2 ^b
BF+S	612,3 ^b	590,4 ^a	601,4 ^b

* Las medias seguidas de igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes según el Test de Tukey ($p < 0,05$)

Según los datos ofrecidos en el Cuadro 1, en la Campaña 2003/04 se observaron diferencias significativas entre el tratamiento control y las parcelas sometidas a biofumigación (BF y BF+S), obteniéndose las mejores producciones para los tratamientos de biofumigación. La solarización no mejoró los resultados de la biofumigación. En la campaña siguiente (2004/05) no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados manteniéndose las producciones entre $483,30 \text{ g planta}^{-1}$ para el tratamiento control y $590,35 \text{ g planta}^{-1}$ para el tratamiento biofumigación+solarización.

La producción media acumulada durante las dos campañas estudiadas osciló entre los $484,8 \text{ g planta}^{-1}$ en el tratamiento control y los $601,4 \text{ g planta}^{-1}$ en el tratamiento bio+solarización, volviéndose a encontrar diferencias significativas entre el tratamiento control y los tratamientos biofumigados. Comparando resultados de producción de fresón de primera categoría en agricultura ecológica y convencional en ensayos realizados en Huelva con la variedad Camarosa en similares condiciones agroambientales bajo técnicas de agricultura convencional, encontramos resultados de

573,6 g planta⁻¹ (López-Aranda *et al.* 1994) y de 680 g planta⁻¹ (Bartual *et al.* 2000). Esta producción es muy similar a la obtenida en los tratamientos biofumigados de nuestro ensayo, demostrando que con una buena técnica de fertilización y una variedad adecuada, las producciones ecológicas podrían equipararse a las producciones medias de los cultivos convencionales.

El mejor comportamiento de los tratamientos biofumigados, reflejados en una mayor producción, puede deberse a la capacidad fertilizante de la gallinaza y así lo demuestra un estudio sobre los efectos de fertilización en patatas con compost, gallinaza y combinaciones de ambas en el que se concluía que la aplicación de compost, en cualquiera de sus cantidades, no contribuyó a mejorar la producción respecto al control, mientras que los tratamientos que recibieron gallinaza en cantidades iguales o mayores a 1 kg m⁻² dieron lugar a rendimientos significativamente superiores a los que recibieron compost. Es de destacar que el tratamiento al que sólo se aportó gallinaza y en mayor cantidad que a los demás, dio lugar a una producción significativamente superior que el control (González *et al.* 1998).

Con respecto al parámetro de precocidad en el cultivo, podría decirse que es un factor muy buscado por el agricultor porque supone un aumento de producción en el momento en el que la fresa se paga a un mayor precio.

Cuadro 2. Datos medios de precocidad (producción precoz en g planta⁻¹) en las dos campañas muestreadas y en los tres tratamientos estudiados. Comparación de medias.

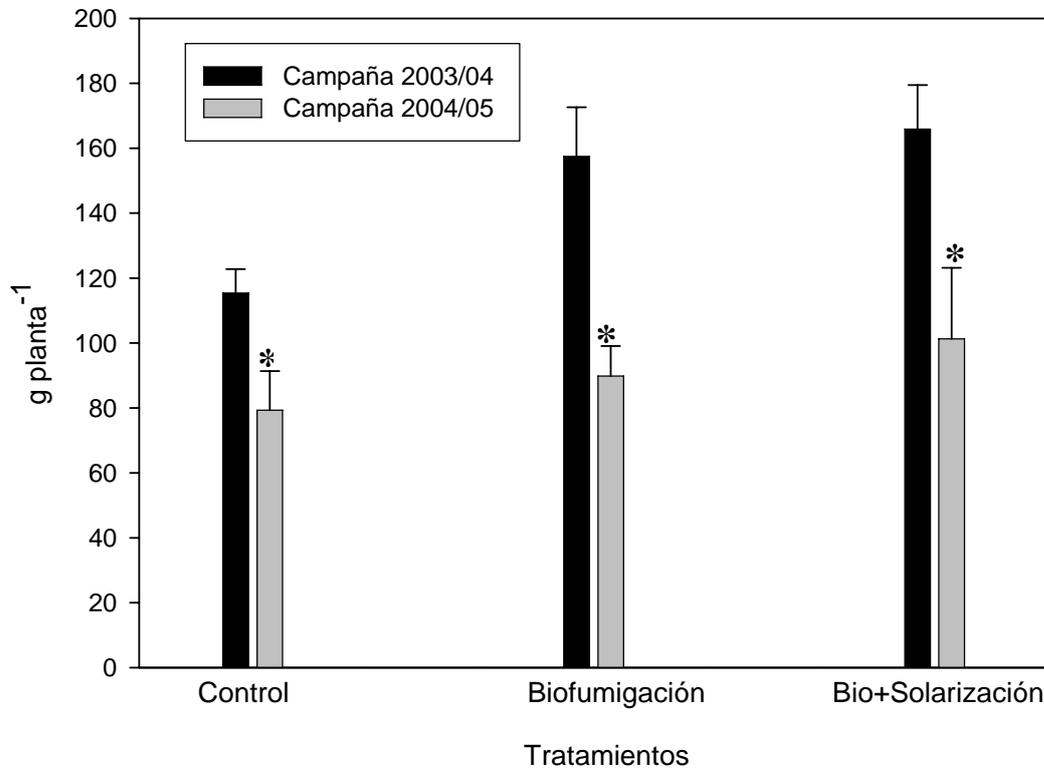
Tratamiento	Producción precoz Campaña 2003/04	Producción precoz Campaña 2004/05	Producción precoz media
C	115,42 ^b	79,29 ^a	97,36 ^b
BF	157,44 ^{ab}	89,81 ^a	123,63 ^{ab}
BF+S	165,88 ^a	101,31 ^a	133,60 ^a

- Las medias seguidas de igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes según el Test de Tukey (p<0,05)

En la campaña 2004/05 no se encontraron diferencias significativas para la variable tratamiento, mientras que en la primera campaña (2003/04) y en la producción precoz media de ambas campañas se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control y el tratamiento bio+solarización indicando con ello que para la variable producción precoz la solarización es un parámetro que podría afectar a los gramos de fresa recolectados (Cuadro 2) Este hecho no fue apreciado para la variable producción (Cuadro 1) donde independientemente de la solarización los gramos totales de fresa por planta (g planta⁻¹) fueron similares en los tratamientos biofumigados y a su vez significativamente mayores al tratamiento control.

Al igual que en productividad para la precocidad es muy importante la elección de una buena variedad de fresón. Medina, J. (2004), realizó un estudio de diferentes variedades de fresón en cuatro localidades de la provincia de Huelva en el que concluyó que la variedad Camarosa fue la menos precoz de todas la variedades estudiadas, por este motivo, se recomienda seguir investigando en estos tratamientos

que, además de desinfectar los suelos, aumentan la producción precoz independientemente de la variedad utilizada.



El asterisco indica las diferencias significativas para cada uno de los tratamientos ($p < 0,05$ según el Test de Tukey) comparando ambas campañas.

Figura 1. Producción precoz (datos medios con sus correspondientes desviaciones estándar) de los distintos tratamientos para cada campaña (2003/04 y 2004/05).

Según se observa en la figura 1 la producción precoz en los tres tratamientos estudiados de la campaña 2004/05 fue menor que la obtenida en la campaña 2003/04 encontrándose diferencias significativas entre la producción total precoz de ambas campañas. Para cada uno de los tratamientos la climatología podría ser una posible razón que explica esta menor producción precoz durante la segunda campaña. Esta observación coincide con los datos ofrecidos por la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación donde se registraron abundantes daños y retrasos en la producción como consecuencia de las heladas registradas en el primer trimestre del 2005. Así según las distintas zonas afectadas de la provincia de Huelva se estimaron daños de 10-40 % en el cultivo. Las temperaturas observadas durante ese ciclo de cultivo (Figura 2) fueron menores que las registradas en la campaña anterior. A partir de mediados de marzo las temperaturas comienzan a subir registrándose valores superiores a los de la campaña 2003/04.

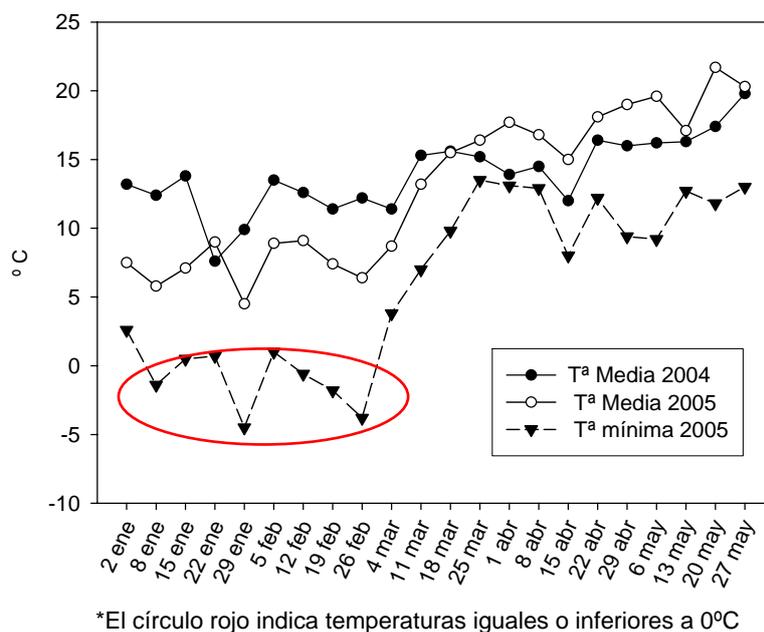


Figura 2. Temperaturas medias de los años 2004 -2005 y temperaturas mínimas del 2005 registradas en el término municipal de Almonte (Huelva).

Este ciclo de bajas temperaturas podría haber provocado en primer lugar, una parada del desarrollo y una menor producción de las plantas. Este hecho podría explicar que la producción precoz de la campaña 2004/05 fuera menor que la de la campaña anterior (Figura 2). Este descenso de la producción precoz de la campaña 2004/05 ocasionó pérdidas económicas al sector, ya que en los meses en los que descendieron las temperaturas, la fresa onubense obtiene buenos precios en el mercado. Además, las elevadas temperaturas del mes de marzo y la alternancia de días fríos y calurosos contribuyeron a mermar la calidad de los frutos, los cuales se cosecharon deformados y sin haber alcanzado un buen estado de maduración.

Las temperaturas del mes de abril se estabilizaron alcanzando valores superiores con respecto a la campaña 2004 lo que provocó una mayor fructificación de las plantas y una buena calidad de los frutos. Esto justifica que a pesar de encontrar diferencias significativas en la producción precoz de ambas campañas estas diferencias no se reflejaron en la producción media acumulada de cada tratamiento.

CONCLUSIONES

Analizando conjuntamente los datos de las dos campañas estudiadas se observó que de los tres tratamientos estudiados la productividad media de fresón de primera categoría mejoró significativamente en los tratamientos biofumigados. El tratamiento que combinó biofumigación con solarización mejoró la producción precoz respecto al tratamiento control.

Los resultados de este trabajo se han visto fuertemente condicionados por las intensas y continuas heladas que sufrió el cultivo durante la campaña 2004/05. Sería necesario realizar ensayos continuos en condiciones más favorables de cultivo para ratificar los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bartual, R., J.I. Marsal, J.M. López-Aranda 2000. Programa Nacional de obtención de nuevas variedades de fresón (y II) *Vida Rural* nº 105, 1 de abril del 2005.
- Bello A. 1998. Biofumigation and integrated pest management. In: A. Bello, J. A. González, M. Arias, R. Rodríguez-Kábana (Eds). *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. Phytoma-España, DG XI EU, Valencia, Spain.
- Bello A., J. A. López-Pérez, L'Díaz-Viruliche. 2000. Biofumigación y solarización como alternativa al bromuro de metilo. In: J. Z. Castellanos, F. Guerra (Eds). *Memoria del Simposio Internacional de la Fresa*, Zamora 2000, INCAPA, México.
- Bello, A., J.A. López-Pérez, A. García Álvarez, S.C. Arcos, C. Ros, M. M. Guerrero, P.Guirao, A. Lacasa 2002a. Biofumigación con solarización para el control de nematodos en cultivo de pimiento. En: *II Jornadas sobre alternativas al bromuro de metilo en pimiento de invernadero*. J. Serie: Jornadas y congresos nº 16, Región de Murcia. Ed: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.
- Bello, A., J.A. López-Pérez, A. García-Álvarez 2002b. Biofumigation as an alternative to methyl bromide. En: T. A. Batchelor, J. M. Bolívar (Edits). *Proceedings of the International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. The Remaining Challenges*. Seville, Spain, 5-8 March. European Commission, Brussels, Belgium, 206-210.
- Bello, A., J.A. López-Pérez, A. García Álvarez 2003. Biofumigación y control de los patógenos de las plantas. En: *Biofumigación en Agricultura Extensiva de regadío*. Ed: Mundi Prensa.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Junta de Andalucía. Estaciones Agroclimáticas. <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/estacionesAgroclimaticas/estaciones.jsp>
- González, C.J., C.E. Álvarez, F. Pomares, M. Benítez 1998. Efectos de fertilización en papas con compost, gallinaza y combinaciones de ambos. *Actas III Congreso SEAE. Una alternativa para el Mundo del tercer Milenio*, Valencia, 1998.
- Guerrero, M. M., A. Lacasa, C. Ros, A. Bello, M.C.Martínez, J.Torres, P. Fernández 2002a. Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción: fechas de desinfección y enmiendas. En: *II Jornadas sobre alternativas al bromuro de metilo en pimiento de invernadero*. J. Serie: Jornadas y congresos nº 16, Región de Murcia. Ed: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.

- Guerrero, M. M., A. Lacasa, C. Ros, M.A. Martínez, J.A. López, P. Guirao, A. Bello, J. Torres, M.C. Martínez, A. González 2002 b. La reiteración de la biofumigación con solarización en la desinfección de suelos de invernaderos de pimiento. En: *II Jornadas sobre alternativas al bromuro de metilo en pimiento de invernadero*. J. Serie: Jornadas y congresos nº 16, Región de Murcia. Ed: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.
- López, A., A. Lacasa, P, Guirao, F. Hernández 2002. Non-chemical alternatives to methyl bromide in greenhouse grown sweet pepper in Spain. In: T. A. Batchelor, J. M. Bolívar (Edits). *Proceedings of the International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. The Remaining Challenges*. Seville, Spain, 5-8 March. European Commission, Brussels, Belgium, 266-267.
- López-Aranda, J.M., J.J. Medina, F. Domínguez-Romero, R. López Montero, J. Sánchez, J. Salas 1994. Ensayos de nuevas variedades de fresa adaptadas a las condiciones agroambientales de Huelva. *Informe de Freshuelva*.
- López-Martínez, N.; S. Castillo, I. M^a Cuaresma, I. Carmona, J.E. González-Zamora, C. Avilla, J. López-Medina, I. Aguirre 2004. Efecto de la biofumigación sobre flora arvense del cultivo del fresón. En: *Actas VI Congreso SEAE. II Congreso Iberoamericano de Agroecología. I Encuentro de estudiantes de Agroecología y Agricultura Ecológica. Agroecología: Referente para la transición de los sistemas agrarios. SEAE*.
- Medina, J.J., 2004. Comportamiento agronómico de las principales variedades de fresón cultivadas en la provincia de Huelva. *XXI Jornadas Agrícolas y Comerciales de El Monte* 67-78.