

Posibilidades de la biofumigación para el control de la podredumbre radical del arbolado en la dehesa

M^a Dolores Carbonero Muñoz
mariad.carbonero@juntadeandalucia.es
IFAPA Hinojosa del Duque

Pilar Fernández Rebollo
ETSIAM, UCO



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



Jornada “Decaimiento de las quercíneas”
Jerez de la Frontera, 26 de Octubre de 2017



Proyectos

Control de la podredumbre radical de la encina en las dehesas: biofumigación, fertilización y tolerancia natural e inducida
Consejería de Innovación, Junta de Andalucía (2011-2014).
Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

ETSIAM-UCO
IAS-CSIC
UPM
IFAPA



La Seca de la encina y el alcornoque en la dehesa. Seguimiento temporal de su impacto y alternativas de control: biofumigantes, enmiendas y búsqueda de resistencias.
INIA (2015-2018). RTA2014-00063-C04

CICYTEX
UEX
IFAPA
ETSIAM-UCO
TRAGSA

La biofumigación se plantea como una estrategia de control para fincas potencialmente cultivables y formando parte de un plan integrado de acción

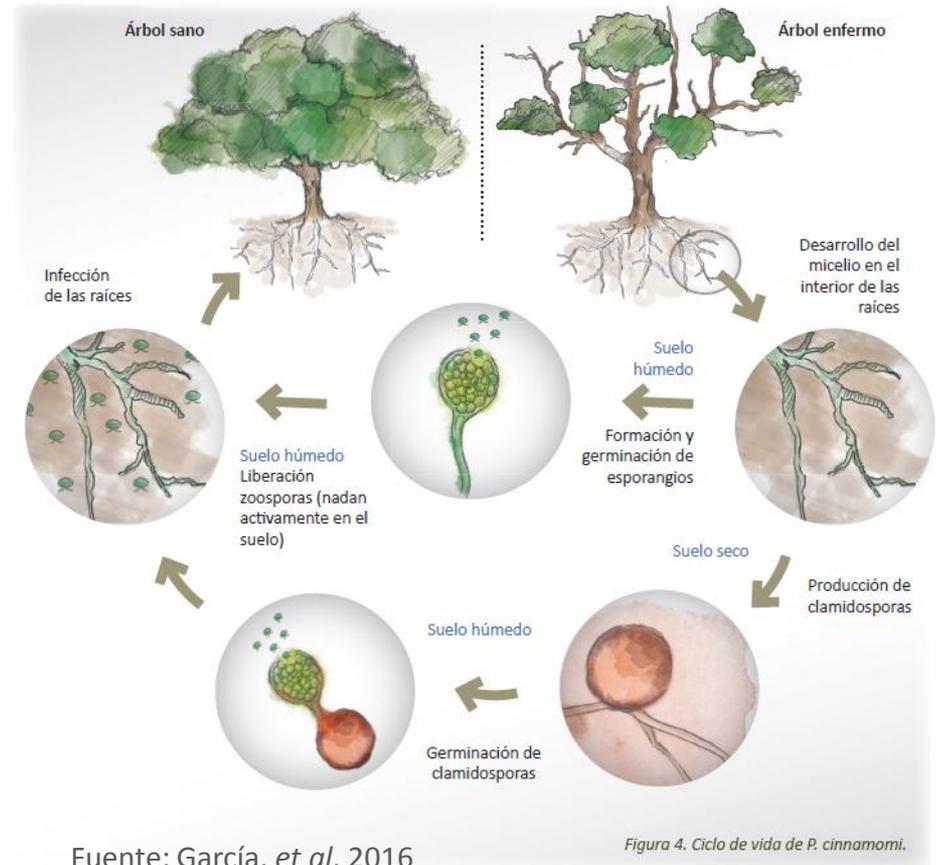
Ciclo del patógeno

La podredumbre radical de los *Quercus* es una enfermedad causada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi*.

Pueden aparecer otras pitiáceas involucradas pero la que está causando los daños más graves y extensos es *Phytophthora cinnamomi*.

El patógeno destruye el sistema radical del árbol.

Síntomas: similares a los de la sequía y deficiente nutrición mineral.



Fuente: García, *et al.* 2016



Condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad:

- Suelos húmedos
- Temperaturas suaves
- Suelos ácidos-neutros

Condiciones que favorecen la extensión del patógeno:

- Contacto raíz-raíz
- Agua de escorrentía
- Actividades humanas (vehículos, maquinaria,) (Abellanas y col. 2017)**
- Ganado y fauna silvestre

Control de la enfermedad:

Es un patógeno difícil de erradicar.

Muchas plantas huésped. La mayor parte de las conocidas son leñosas, aunque algunos trabajos sugieren que hay bastantes herbáceas (Crone *et al.* 2013).

Presenta variadas estructuras de resistencia para permanecer en el suelo durante mucho tiempo.



Control de la podredumbre radical

Evitar la dispersión de la enfermedad

Disminuir su presencia en el suelo

Mejorar el estado de los árboles afectados



Fertilizaciones cálcicas en el suelo
(germinación de esporangios y formación de zoosporas)

Aplicaciones del ácido fosforoso
(Activadores de resistencia en el árbol)

¿Biofumigación?

Biofumigación: control de patógenos de las plantas mediante las sustancias volátiles producidas por la degradación de la materia orgánica

Estrategia a desarrollar en fincas potencialmente cultivables y formando parte de un plan integrado de acción, nunca de manera aislada.



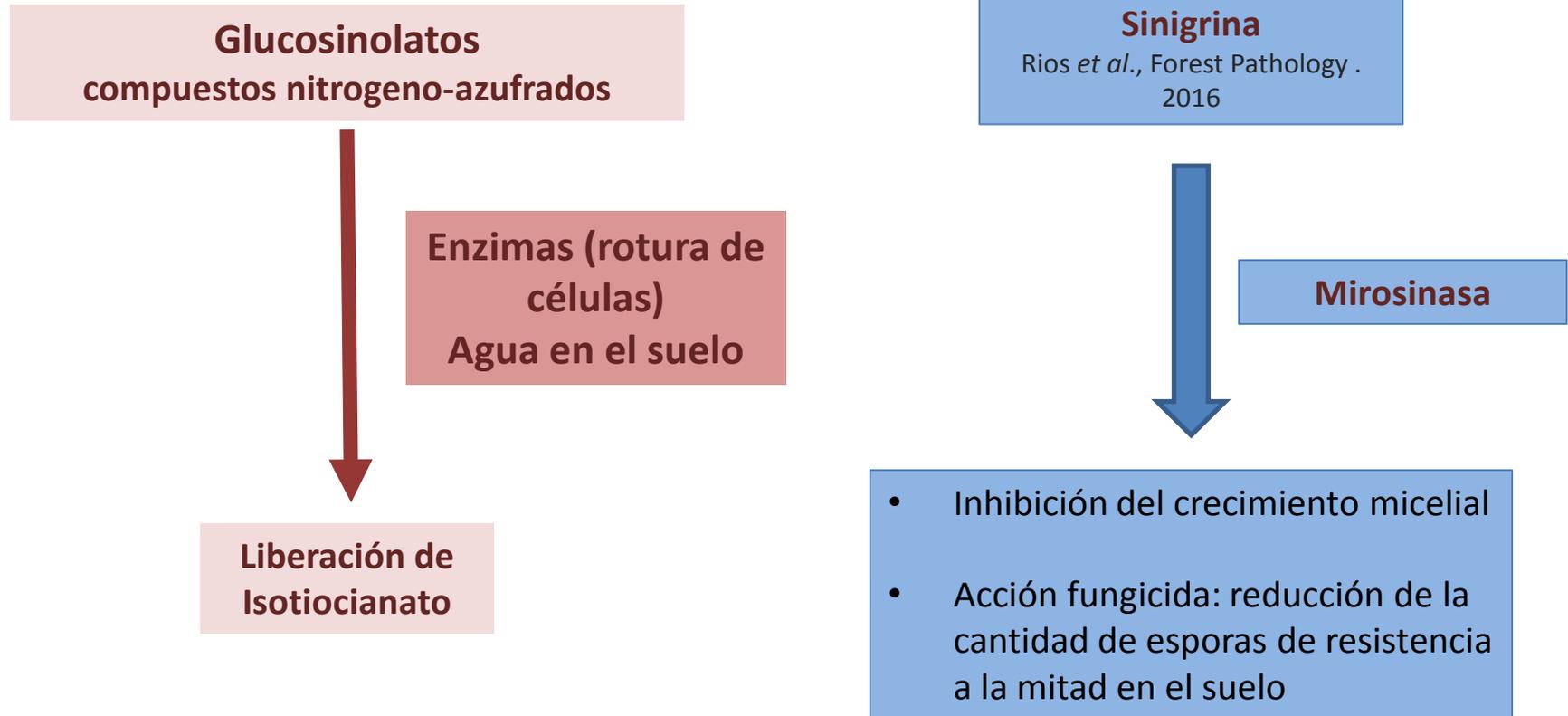
Tomado de <http://www.serve-ag.com.au/biofumigation/>

✓ Implica

- ✓ **Cultivo**
- ✓ **Corte y picado del cultivo**
- ✓ **Enterrado y sellado de la biomasa en condiciones de humedad**
- ✓ **Acción biocida de los gases biofumigantes.**

Biofumigación: ¿Qué sustancias volátiles son eficaces contra *P. cinnamomi*?

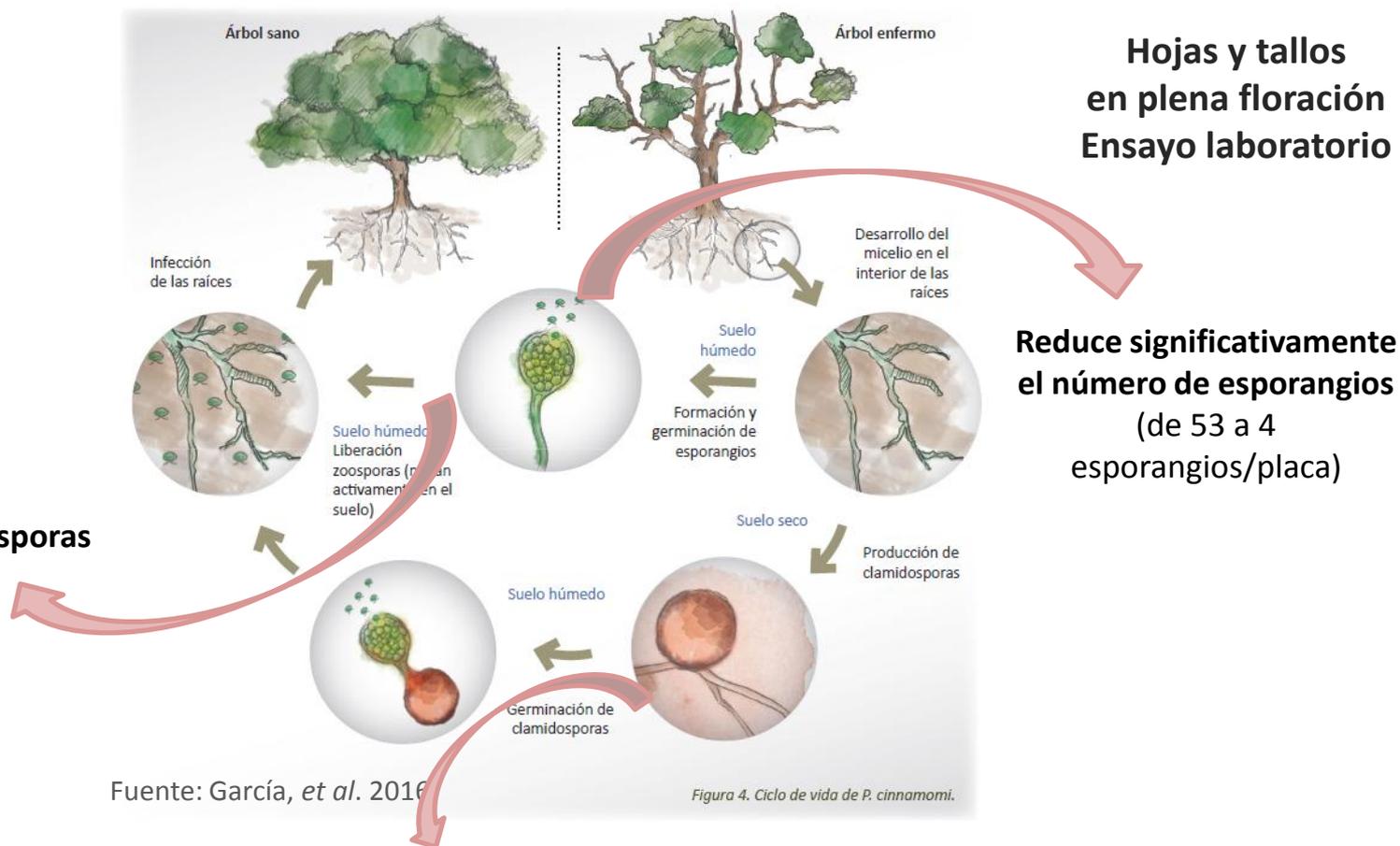
Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)



Rios et al., Forest Pathology, 2016

Biofumigación: ¿Cómo afecta la sinigrina al ciclo de vida de *P. cinnamomi*?

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)



Biofumigación: ¿Qué especies vegetales pueden producir estas sustancias?

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Especies de *Brassicaceae* con alto contenido en sinigrina

Brassica carinata

Brassica juncea

Sinapis alba

Sinapis arvensis

Sinapis flexuosa

Brassica nigra

Brassica rapa

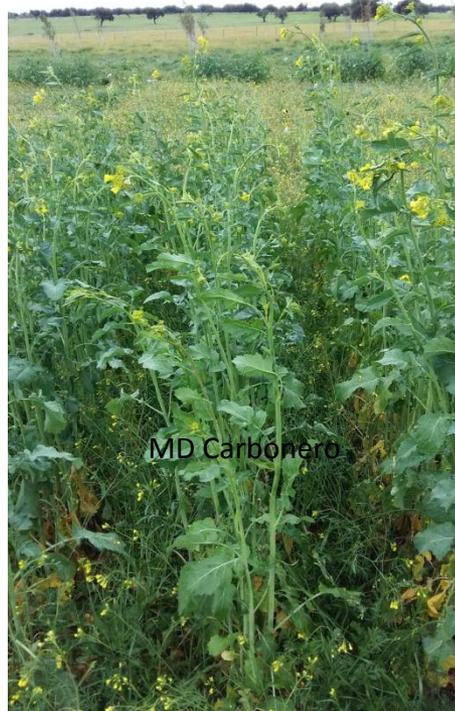
Lepidium sativum

Armoracia rusticana

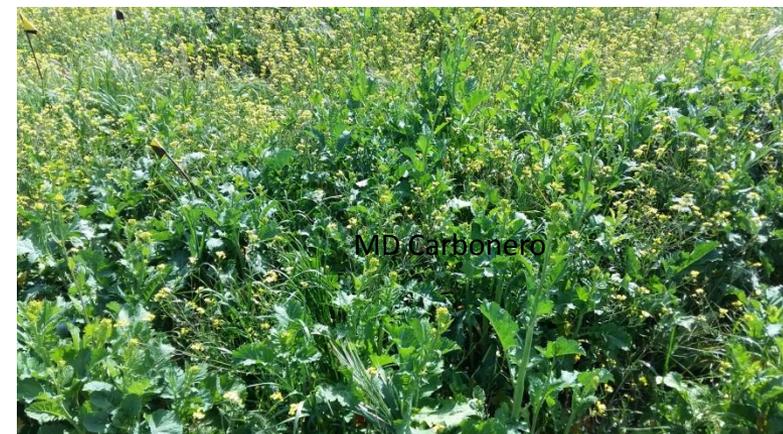
Eruca vesicaria

Eruca Sativa

Diplotaxis virgata



B. juncea (mostaza parda)



B. nigra (mostaza negra)



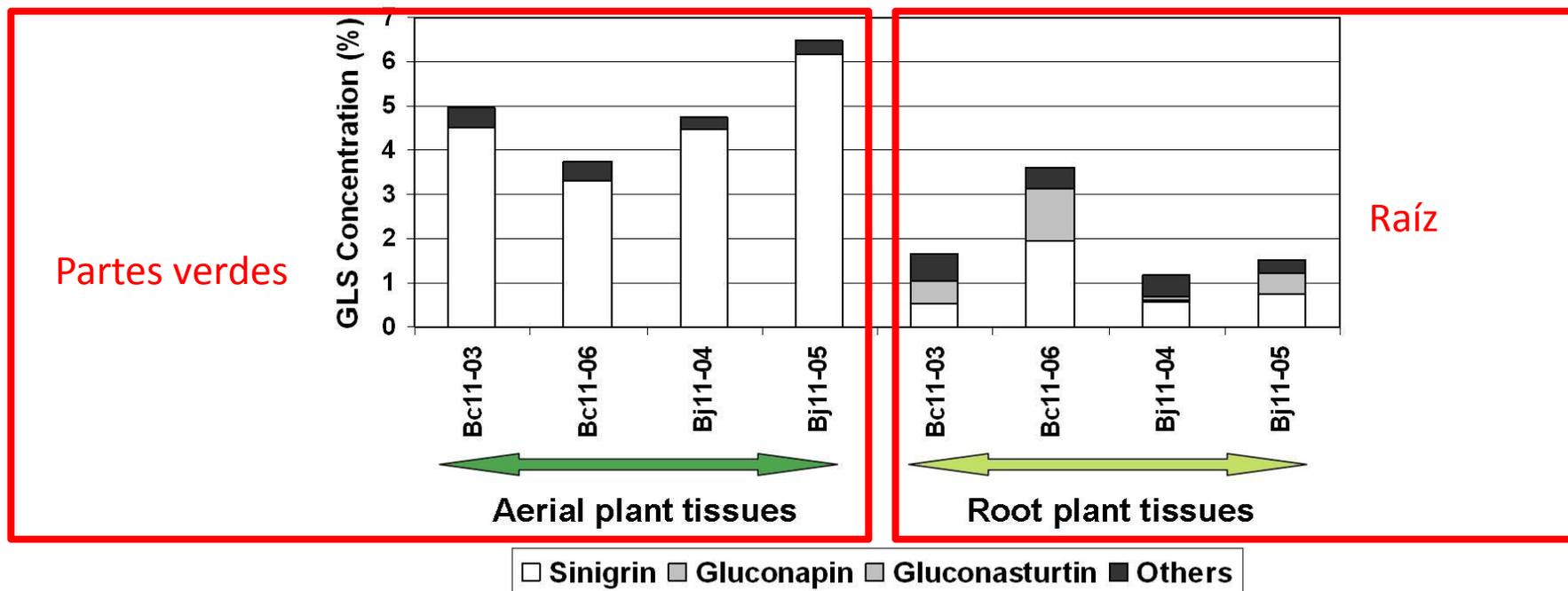
B. Carinata (mostaza etíope)

Biofumigación: ¿Qué partes de la planta la contienen?

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Variedades experimentales
 IAS-CSIC

Brassica carinata
Brassica juncea



Leal *et al.*, IOBC-Bulletin. 127, 2017

- La sinigrina se concentra en las **partes verdes** con un aporte total máximo en estado de **floración**.
- Existe una gran variabilidad para los contenidos entre especies y variedades (Ríos *et al.* 2014)

Biofumigación: ¿Pueden cultivarse en la dehesa algunas de las especies anteriores? ¿Qué producciones aportan?

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Variedades experimentales
IAS-CSIC

Brassica carinata
Brassica juncea

Table 1. Aerial and root biomass (kg DM/ha) of different *Brassica* species/genotypes in each location and year. In each row, different letters means significant differences between species/genotypes according to Mann-Whitney test ($p < 0.05$).

Year	Site		Bc11-03	Bc11-06	Bj11-04	Bj11-05
2013	IFAPA	Aerial biomass	220 ± 35 ab	5 ± 2 b	695 ± 226 a	208 ± 31 ab
		Root biomass	137 ± 6 ab	30 ± 3 b	451 ± 152 a	135 ± 19 ab
	IAS	Aerial biomass	17456 ± 2269	23827 ± 2807	25484 ± 3508	8107 ± 749
		Root biomass	5964 ± 498	6691 ± 488	9465 ± 451	6498 ± 174
2014	IFAPA	Aerial biomass	3623 ± 2429	667 ± 263	4960 ± 445	6916 ± 604
		Root biomass	1426 ± 943	296 ± 113	975 ± 168	1708 ± 396
	IAS	Aerial biomass	14885 ± 1927	11805 ± 2965	8235 ± 1655	12487 ± 2646
		Root biomass	5915 ± 736	3939 ± 907	3353 ± 391	4807 ± 814

Parte verde
Dehesa
Parte verde
Campaña

Leal *et al.*, IOBC-Bulletin. 127 2017

- Pueden cultivarse con producciones aceptables (mayor cosecha en campaña)
- Mejor adaptación de *B. juncea* que *B. carinata*

Biofumigación: ¿Pueden cultivarse en la dehesa algunas de las especies anteriores? ¿Qué producciones aportan?

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Variedades experimentales
IAS-CSIC

Brassica carinata
Brassica juncea

Table 1. Aerial and root biomass (kg DM/ha) of different *Brassica* species/genotypes in each location and year. In each row, different letters means significant differences between species/genotypes according to Mann-Whitney test ($p < 0.05$).

Year	Site		Bc11-03	Bc11-06	Bj11-04	Bj11-05
2013	IFAPA	Aerial biomass	220 ± 35 ab	5 ± 2 b	695 ± 226 a	208 ± 31 ab
		Root biomass	137 ± 6 ab	30 ± 3 b	451 ± 152 a	135 ± 19 ab
	IAS	Aerial biomass	17456 ± 2269	23827 ± 2807	25484 ± 3508	8107 ± 749
		Root biomass	5964 ± 498	6691 ± 488	9465 ± 451	6498 ± 174
2014	IFAPA	Aerial biomass	3623 ± 2429	667 ± 263	4960 ± 445	6916 ± 604
		Root biomass	1426 ± 943	296 ± 113	975 ± 168	1708 ± 396
	IAS	Aerial biomass	14885 ± 1927	11805 ± 2965	8235 ± 1655	12487 ± 2646
		Root biomass	5915 ± 736	3939 ± 907	3353 ± 391	4807 ± 814

Parte verde
Dehesa
Parte verde
Campaña

Leal *et al.*, IOBC-Bulletin. 127 2017

- Se requerirían en torno a **7000 kg/ha en rescó** para tener resultados significativos (Ríos *et al.* 2016)
- Se trata de un cultivo que además mejora los contenidos en MO, descompacta e incrementa el pH del suelo.
- La biomasa radical también podría ser interesante si estamos pensando en un cultivo sembrado como faja de contención o de prevención frente al patógeno.

Biofumigación: ¿Pueden cultivarse en la dehesa algunas de las especies anteriores? Consideraciones

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Fernández et al. 2014, Reunión anual SEEP

Variedades experimentales

IAS-CSIC

Brassica carinata
Brassica juncea

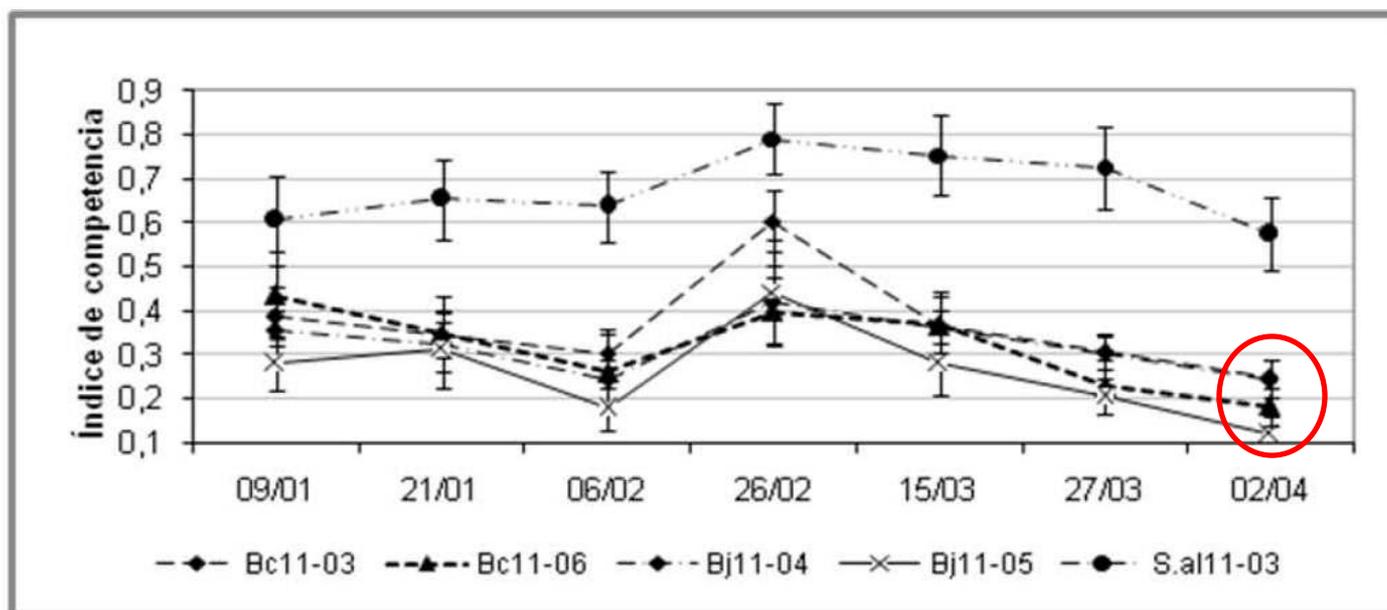


Figura 3. Valores medios y error estándar del índice de competencia en cada fecha de muestreo para las líneas de *Brassica carinata* (Bc11-03 y Bc11-06), *Brassica juncea* (Bj11-04 y Bj11-05) y *Sinapis alba* (S.al11-03). Se promedian las dos dosis de siembra.

En la dehesa existe una fuerte competencia con los pastos naturales por lo que es necesario favorecer una implantación temprana del cultivo.

Biofumigación: ¿Pueden cultivarse en la dehesa algunas de las especies anteriores? Consideraciones

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Variedades experimentales
IAS-CSIC

Brassica carinata
Brassica juncea



Fernández et al. 2014, Reunión anual SEEP

Fuerte competencia con **flora natural**. Se requieren variedades **precoces (encañado)** y preparar bien el suelo con **laboreo** o aplicar herbicida en **preemergencia**

Biofumigación: ¿Pueden cultivarse en la dehesa algunas de las especies anteriores? Consideraciones

Proyecto de Excelencia: BRASPHEN (P 2010-AGR-6501)

Fernández y col. 2014, 2015, 2016,
Reuniones anuales SEEP

Variedades experimentales
IAS-CSIC

Brassica carinata
Brassica juncea



Inicios Enero

Brassica carinata, Daños por heladas



Brassica juncea. Estado de roseta apto para resistir bajas temperaturas

Implantación **delicada** en dehesa. Se requieren:

- Siembras **tempranas** (resistir heladas)
- Fertilización adecuada (**nitrógeno y azufre**)
- Variedades precoces en encañado y floración para minimizar daños en primaveras secas

Biofumigación: ¿Cómo podemos aplicar la biofumigación en la dehesa?

Proyecto INIA RTA2014-00063-C04

Cultivo de Brassicas comerciales en dehesa para su enterrado en verde

¿Se adaptan las especies comerciales biofumigantes al clima y suelo de la dehesa?



Brassica juncea var SCALA



Brassica nigra var BRONS

- Ensayo en dos localidades: IFAPA Hinojosa del Duque y Finca Rabanales Univ. Córdoba
- 2016-17: *Brassica juncea* var SCALA, *Brassica nigra* var BRONS, *Brassica carinata* var ELEVEN, *Diplotaxis eruroides*
- 2017-2018: *Brassica juncea* var SCALA, *Brassica nigra* var BRONS y 4 variedades más de *B. juncea* con alto contenido en sinigrina

Biofumigación: ¿Cómo podemos aplicar la biofumigación en la dehesa?

Proyecto INIA RTA2014-00063-C04

Cultivo de **BraSsicas** comerciales en dehesa para su enterrado en verde

- ❑ ¿Qué producción de **biomasa** se puede obtener hasta inicio de floración?
- ❑ ¿Qué concentración de **sinigrina** presentan las partes verdes?
- ❑ ¿Se puede aumentar la concentración de sinigrina con la **fertilización**?



Línea



Voleo

- ✓ Ensayo en dos localidades: IFAPA Hinojosa del Duque y Finca Rabanales Univ. Córdoba
- ✓ Siembra en **líneas vs voleo**
- ✓ Fertilización (**Yeso/No yeso como fuente de azufre**). Adicionalmente el calcio contenido en el yeso disminuye la infectividad del patógeno (Serrano et al., 2013).

Biofumigación: ¿Cómo podría aplicarse la biofumigación en la dehesa?

~~Medida aislada~~

Parte de un programa de control integrado



Cultivo y enterrado en verde en parcelas afectadas

Implantación y mantenimiento de cubierta permanente de especies biofumigantes en fajas de contención

Aporte de material biofumigante producido en otras zonas

Harina de semilla desengrasada

Subproductos de la industria del aceite y biodiesel



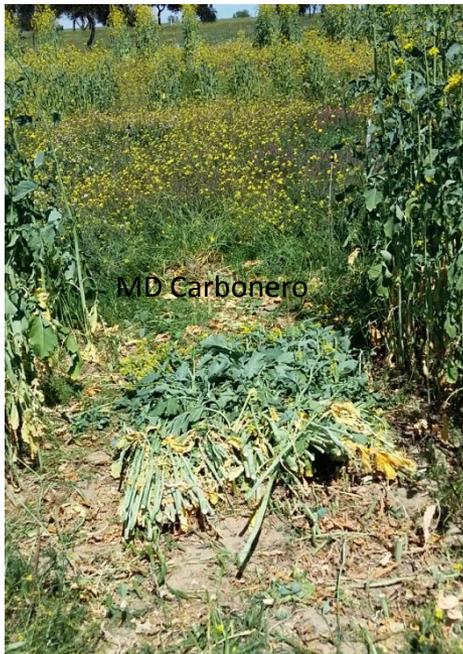
Henificados, deshidratados, pellets, ...

Biofumigación: ¿Cómo podemos aplicar la biofumigación en la dehesa?

Proyecto INIA RTA2014-00063-C04

Aporte de material biofumigante a la dehesa: producción de brassicas henificadas y deshidratadas (2016-17; 2017-18)

- ✓ ¿Qué cantidad de sinigrina se pierde en el proceso de henificación y deshidratación?
- ✓ ¿Cómo deberían almacenarse estos productos y qué pérdidas se producen con el tiempo?
- ✓ Efecto de enmiendas al suelo con brassicas henificadas y deshidratadas en la densidad/infectividad de inóculo de *P. cinnamomi* y la patogenicidad en planta



Henificado



Deshidratado



Gracias por su atención

BIBLIOGRAFÍA

Abellanas B, Fernández P, Hidalgo MT, Leal JR, Carbonero MD, González-Dugo MP. 2017. Análisis espacial de la evolución del decaimiento de *Quercus*: relación con las estructuras lineales del paisaje. Actas 7 Congreso Forestal Español. 7CFE01-498

Crone M, McComb JA, O'Brien PA, Hardy GE. 2013. Survival of *Phytophthora cinnamomi* as oospores, stromata, and thick-walled chlamydospores in roots of symptomatic and asymptomatic annual and herbaceous perennial plant species. *Fungal Biology* 117 (2): 112-123.

Fernández P, Carbonero MD, Leal JR, García A, Ríos P, Sánchez ME, Obregón S, de Haro A. 2016. Biomasa radical incorporada al suelo tras el cultivo de *Brassica carinata* Y *Brassica juncea* en la dehesa. Concentración y perfil de glucosinolatos. En: Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático, 195-200. Ed. Sociedad Española de Pastos y Forrajes. ISBN: 978-84-608-7722-6

Fernández P., Carbonero Md., Leal Jr., García Am., Ríos P., Sánchez Me., Obregón S. Y De Haro A. (2015). Producción, concentración y perfil de glucosinolatos de *Brassica carinata* y *Brassica juncea* cultivadas en la dehesa. En: Cifre J. et al. (Eds). Pastos y Forrajes en el siglo XXI, pp 193-200. Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Fernández-rebollo P., Carbonero Md., Leal Jr., García Am., Ríos P., Sánchez Me., Obregón S., De Haro A. Capacidad de competencia de líneas de *Brassica carinata*, *Brassica juncea* y *Sinapis alba* seleccionadas por su poder biofumigante en cultivos en dehesa. En: Busqué J. et al. (Eds). Pastos y PAC 2014-2020, pp 169-176. Potes, Cantabria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

García A, Fernández P, Ortiz F, Carbonero MD. 2016. Podredumbre radical, descripción y control aplicado a los ecosistemas de dehesa. Edita: IFAPA. Dep. Legal: CO-586-2016. 56 páginas.

Leal JR, Carbonero MD, García A, Hidalgo MT, Obregón S, De Haro A, Fernández-Rebollo P. The role of different genotypes of *Brassica carinata* and *Brassica juncea* as biofumigant crops in contrasting ecosystems. En: 8th IOBC-WPRS Working Group Integrated Protection in Oak Forests. Aceptada para poster y publicación en libro de abstract. Córdoba, Octubre 2016.

Ríos, P., Obregón, S., De Haro, A., Fernández P, Serrano MS, Sánchez, M.E. (2016). Effect of *Brassica* Biofumigant Amendments on different stages of the life cycle of *Phytophthora cinnamomi*. *Journal of Phytopathology*.

Ríos, P., Obregón, S., González M, De Haro, A. Y Sánchez, M.E. (2016). Screening brassicaceous plants as biofumigants for management of *Phytophthora cinnamomi* oak disease. *Forest Pathology*.

Serrano, M.S., Fernández-rebollo, P., De Vita, P. Y Sánchez, M.E. (2013). Calcium mineral nutrition increases the tolerance of *Quercus ilex* to *Phytophthora* root disease affecting oak rangeland ecosystems in Spain. *Agroforestry Systems*, 87, 173–179