



Informe de Trabajo Final

“El cultivo de Brócoli en invernadero: posibilidades de su uso como insumo para la biofumigación en invernaderos del Cinturón Hortícola Platense”

Alumno: Julio José Iglesia

Nº de legajo: 25700/9

Email: jjiglesi@hotmail.com

DNI: 30830785

TEL: 02317-15-450657

Director: Ing. Agr. (Ms.Sc.) Mariana del Pino

Codirector: Dr. (Ing. Agr.) Andrés Nico

Curso: Horticultura y Floricultura

INDICE

RESUMEN	2
EL CINTURON HORTÍCOLA DE BUENOS AIRES Y EL CINTURON HORTÍCOLA DE LA PLATA.....	3
EL BRÓCOLI. IMPORTANCIA EN LA ZONA HORTICOLA DE LA PLATA.....	5
DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PROBLEMATICA DE PATÓGENOS DE SUELO EN LA ZONA.....	7
LA BIOFUMIGACION	9
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSION.....	14
CONCLUSIONES	18
BIBLIOGRAFÍA.....	18

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de residuos de cosecha del cultivo de brócoli bajo invernadero como material de insumo para la biofumigación. Se instaló un ensayo en la Chacra Experimental Gorina, perteneciente al Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires, donde se implantaron dos cultivares de brócoli (Castle Dome F1® y Di Cicco) con dos densidades de plantación (3,33 pl.m2 y 5 pl.m2). El ensayo se llevó a cabo sin aplicación de agroquímicos ni fertilización y fue regado por goteo según necesidad. La cosecha de las pellas dio inicio a los ochenta días cuando alcanzaron tamaño comercial, y el 12 de octubre se realizó el corte de toda la biomasa residual, luego de haber realizado las pesadas de todas las pellas comerciales. Las plantas provenientes del ensayo y otras especies de brasicáceas como mostaza blanca (*Sinapsis alba*) y rúcula selvática (*Diplotaxis tenuifolia*), fueron analizadas para determinar su contenido en glucosinolatos mediante titulación de la

acidez liberada por digestión enzimática. El método resultó inapropiado para medir la concentración de los diferentes glucosinolatos.

Por otra parte, la biomasa de rastrojo aportado a través de producción *in situ* resultó insuficiente para obtener un adecuado control de patógenos, por lo cual debería complementarse con aportes *ex situ*.

EL CINTURON HORTÍCOLA DE BUENOS AIRES Y EL CINTURON HORTÍCOLA DE LA PLATA

Las primeras manifestaciones de la horticultura en la Argentina fueron las huertas, pequeños lotes de tierra contiguos a las casas ubicadas en la misma ciudad que servían para autoabastecerse de productos frescos, así como para eventualmente vender los excedentes. Con la profundización del capitalismo y el crecimiento del mercado interno a lo largo del siglo XX, comienza a desarrollarse una producción de hortalizas que superaba el mero autoconsumo, pensado en primera instancia como objetivo principal, o con el fin el de producir mercancías para abastecer a la urbe de verduras frescas (García y Le Gall, 2009). De esta manera surgen las quintas, explotaciones puramente empresariales, que con el tiempo requerirán de porciones de tierra más extensas y se relocalizan en las periferias de las grandes urbes, en su ejido, conformando los denominados Cinturones Verdes, como el que rodea a la Ciudad de Buenos Aires y su conglomerado, abasteciéndolo de verduras frescas (Le Gall y García, 2010).

El Cinturón Hortícola Bonaerense (CHB) comprende un anillo semicircular imaginario tomando como centro a la ciudad de Bs. As. Se inicia en Escobar y finaliza en La Plata, con un radio aproximado de 100 km y una superficie de más de 5.510 km². Está

conformado por los partidos de Berazategui, Campana, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Florencio Varela, La Matanza, La Plata, Marcos Paz, Moreno y Pilar. La superficie ocupada es de 7.191 ha con una producción de 130.973 t (CHFBA, 2005).

La ciudad de La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires, posee una zona hortícola inserta en su periurbano. Habiendo crecido en sus inicios para abastecer a su urbe, se convierte en poco más de un siglo no sólo en la región más importante de dicho cinturón verde bonaerense, sino que además en la de mayor relevancia de la provincia, y tal vez en la productora de hortalizas frescas más importante del país (García y Lemmi, 2011). Esta zona hortícola, hoy denominada Cinturón Hortícola Platense (CHP), ocupa una superficie de 3.709 ha y produce 76.699 t de hortalizas (CHFBA, 2005).

La horticultura en la zona, en las últimas décadas, ha modificado radicalmente los sistemas productivos a raíz de la incorporación de invernaderos para cultivo bajo cubierta, utilización de riego por goteo, semillas de alto rendimiento y uso de buenas prácticas agrícolas. El CHP posee más del 79% de la superficie bajo cubierta del Cinturón Hortícola Bonaerense, y un 62% de los invernáculos de toda la provincia de Buenos Aires (CHFBA 2005).

La cercanía al mercado constituido por el conglomerado urbano de Bs. As. que acoge al 30% de la población del país constituye el motor de su desarrollo, si bien cabe enfatizar, por otra parte, el gran dinamismo que ha caracterizado a sus productores y proveedores de insumos de esta región. Se cultivan prácticamente todas las hortalizas, pero se destacan las de hoja (lechuga, acelga, rúcula, cebolla de verdeo, apio, espinaca) y los cultivos de fruto como tomate, pimiento, berenjena, zapallito, chaucha, alcaucil, repollo, coliflor, brócoli entre otras (Castro, 2015).

Las Brasicáceas ocupan un lugar importante en la superficie de los cultivos que se realizan al aire libre. Entre ellas, se incluyen el brócoli, el coliflor, el repollo blanco y colorado, y especies menores, como el rabanito, el nabo y el repollito de bruselas (CHFBA, 2005)

Durante los últimos años, y a causa de la gran expansión de la superficie de invernaderos, los cultivos de brócoli y coliflor se han incluido en las rotaciones de los mismos, con resultados aún no suficientemente evaluados (Fernandez Lozano, 2012).

Por otra parte, la liberación de sustancias volátiles con efecto biocida a partir de los rastros de las crucíferas, ha despertado un marcado interés en la incorporación de estos cultivos como práctica de control para patógenos de suelo –particularmente, el falso nematodo nodulador, *Nacobbus aberrans*- en una práctica conocida habitualmente como biofumigación.

EL BRÓCOLI. IMPORTANCIA EN LA ZONA HORTICOLA DE LA PLATA

El Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) pertenece a la Familia de las Brasicáceas, (Crucíferas), conjuntamente con otras especies hortícolas como el coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*), los repollos (*B. oleracea* var. *capitata*), el repollito de bruselas (*B. oleracea* var. *gemmifera*), la rúcula (*Eruca sativa*), el rabanito (*Raphanus sativus*), los nabos (*Brassica rapa*), y otros menos conocidos en Argentina como el “kale” (*Brassica oleracea* var. *acephala*), el colinabo (*Brassica napus*) y las mostazas de hoja (*Brassica* spp. y *Sinapis* spp.). El centro de origen de esta familia está ubicado en el Mediterráneo y en Asia Central. Su expansión como cultivo en Europa se inicia a partir del siglo XVI. Todas las Brasicáceas presentan un sabor y aroma característico debido a la presencia de diferentes variantes de los productos del metabolismo secundario pertenecientes a la familia de los glucosinolatos (Maroto Borrego, 1992; Mc Gee, 2013). Se conoce con este nombre a una forma particular de glucósidos nitrógeno-

azufrados, en los cuales el aglucón, o grupo unido al grupo glucosídico que se libera tras la hidrólisis, está constituido por un grupo isotiocianato unido a radicales hidrocarbonados de diferente naturaleza.

El brócoli es considerado una hortaliza de alto valor nutricional, pero además es una buena fuente de vitamina A, C y K, ácido fólico, compuestos fenólicos y minerales (Jaramillo y Díaz, 2006).

Existen más de 100 glucosinolatos identificados, y en el brócoli están presentes aquellos que tienen al indol-carbinol y el sulforafane como aglucones (Zhang et al., 1992).

Esto convierte al brócoli en un “alimento funcional o nutraceutico”, definido como un alimento que en virtud de ciertos componentes bioactivos, provee a la salud beneficios más allá de los aportes básicos nutricionales (ILSI, 1999). Desde hace dos décadas se están estudiando las propiedades anticancerígenas de las crucíferas y en especial del brócoli, por el alto grado de aceptación de esta especie en las dietas de diferentes países (Navarro *et al.*, 2011). Si bien no existen estadísticas acerca de su consumo en Argentina, se estima que el mismo ha aumentado en las últimas décadas en gran medida, por la difusión de estas propiedades en los medios de comunicación. Datos del período 1990/95 del MCBA, indican un aumento del consumo del 265% en relación a la década anterior (Francescángeli *et al.*, 2003).

La misma presencia de los glucosinolatos que otorgarían las propiedades anticancerígenas a las crucíferas es la que explica la capacidad de sus residuos de controlar insectos y otros patógenos de suelo, a través la liberación de isotiocianatos volátiles a partir de la incorporación de estos materiales en el suelo. Una nutrida línea de investigación se ha desarrollado desde hace algunos años, en torno al aprovechamiento de estos cultivos mediante la utilización de los mismos, para control de patógenos de suelo (Zasada y Ferris, 2004).

El brócoli es una planta herbácea anual, de hábito de crecimiento erecto, con una altura entre 60 a 90 cm que produce en el ápice una masa de yemas florales hipertrofiadas y ramificadas, que junto con los pecíolos engrosados y muy desarrollados, forman el órgano de consumo llamado "pella". Ésta puede alcanzar un diámetro de 20 a 25 cm, dependiendo del cultivar. Además de esta "pella" apical en la cual remata el ápice, se pueden desarrollar en las axilas de las hojas, brotes hipertrofiados de yemas florales, de tamaño menor que el de la cabeza principal, dependiendo de la variedad. Las nuevas variedades e híbridos presentan una tendencia a que los brotes laterales tengan menor relevancia que la pella principal (Maroto Borrego, 1992; Jaramillo y Díaz, 2005; Dixon, 2007). Es un cultivo más tolerante al frío que al calor, sin embargo, en la actualidad se dispone de variedades de polinización abierta e híbridos para todas las épocas del año.

En Argentina, ha sido un cultivo típico de campo, cultivado al aire libre, como otras Brasicáceas como el repollo y el coliflor. En el CHLP es la Brasicácea de mayor importancia, tanto en superficie implantada como en volumen de producción. Debido a la expansión de la cantidad de invernaderos que experimenta el cinturón hortícola de La Plata, se ha comenzado a cultivar bajo cubierta. Técnicos de la EEA INTA San Pedro (Francescángeli *et al*, 2003), han realizado investigaciones sobre el tema con buenos resultados. Esto posibilitaría también el aprovechamiento de los residuos de cosecha con fines de biofumigación del suelo. Por otra parte, este cultivo presenta potencialidades de desarrollo económico relativamente importantes en nuestro país, debido a las alternativas de comercialización en el mercado fresco, congelados, y por sus incursiones en la exportación como producto congelado.

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA DE PATÓGENOS DE SUELO EN LA ZONA

Numerosas plagas y enfermedades han sido determinantes en la gestión de los cultivos hortícolas del CHLP a lo largo de su historia. En particular el tomate, principal artículo de la cartera de hortalizas ofrecida desde la región, presenta varias

adversidades fitosanitarias de primer orden que en determinados momentos se han manifestado con importantes incidencias e impacto económico especialmente en los cultivos protegidos (Polack y Mitidieri, 2005).

Entre las enfermedades del tomate con fuente de inóculo primario en el suelo se destacan, el cancro bacteriano producido por las bacterias *Clavibacter michiganensis* y la podredumbre del cuello y las raíces ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

Como patógenos de suelo de carácter específico o exclusivo y de alto impacto en otros cultivos de importancia económica en el CHLP se destacan, *Phytophthora capsici*, agente de la podredumbre radicular del pimiento, y *Sclerotinia minor*, causante de la podredumbre basal de la lechuga y, con menor incidencia, los patógenos de suelo de carácter inespecífico y amplio rango de hospedantes como *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum* y algunas especies del género *Pythium* (Carranza, 1979).

A falta de estudios sistemáticos que permitan establecer entre las diferentes plagas y enfermedades una jerarquía precisa de importancia económica, se reconoce que las enfermedades provocadas en el tomate por los nematodos formadores de agallas o nódulos, constituyen actualmente la principal adversidad fitosanitaria del cultivo en el CHLP. Por otro lado se esperaría que la situación se empeore a corto plazo si se tiene en consideración la perspectiva del inminente retiro del mercado del bromuro del metilo como agroquímico. Este panorama es aplicable, con determinadas restricciones, a la mayor parte de las hortalizas de fruto cultivadas en el CHLP en la temporada estival bajo cubierta.

Los suelos cultivados dentro del CHLP albergan una moderada diversidad de nematodos fitopatógenos. Algunas especies de cierta potencialidad fitopatogénica correspondientes al grupo trófico de los nematodos ectoparásitos han sido mencionadas en prospecciones publicadas (Silvestri *et al.*, 1985; Roan *et al.*, 1992) o suelen aparecer con relativa frecuencia entre las muestras remitidas por particulares a

laboratorios públicos y particulares (Cap, com. pers., 2014, Chaves, com. pers., 2014, Roan, com. pers., 2014). Es de importancia destacar que diversas especies de los géneros *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Mesocriconema*, *Paratylenchus* y otros, no alcanzan densidades poblacionales que generen preocupación o estimulen a la adopción de medidas de control.

Dentro de las especies de nematodos fitopatógenos presentes en los suelos hortícolas del CHLP se destacan por su interés aquellas incluidas en el grupo de las endoparásitas sedentarias que incluyen dos especies de nematodos noduladores del género *Meloidogyne* (*M. incognita* y *M. arenaria*) y el falso nematodo nodulador, *Nacobbus aberrans* (Chaves y Sisler, 1980; Silvestri *et al.*, 1985, Cap *et al.*, 1981, Cap *et al.*, 1983, Vovlas *et al.*, 2007). Lamentablemente no se cuenta con datos sistemáticos que permitan cuantificar la incidencia de estos nematodos en el CHLP. Se estima que al menos dos de cada tres establecimientos dedicados al cultivo protegido de hortalizas en el CHLP se encuentran infestados por alguna especie de nematodo nodulador.

LA BIOFUMIGACION

La búsqueda de alternativas sustentables al empleo de los fumigantes de suelo ha llevado a explorar el efecto que la incorporación de materia orgánica proveniente de subproductos agrícolas presenta sobre los propágulos de hongos de suelos, nematodos y malezas. Este tipo de materiales usados tradicionalmente para mejorar las características físicas y químicas del suelo e incrementar su fertilidad, posibilitan además su uso en la desinfestación de suelos, con eficacia probada frente a hongos (Hoitink y Fahy, 1986; Lazarovits *et al.*, 1997), nematodos (Rodríguez-Kábana *et al.*, 1987) y malezas (Roe *et al.*, 1993), como así también para el control de enfermedades en órganos aéreos mediante "caldos" o "extractos acuosos" de estas enmiendas (Weltzien, 1992). En este sentido, una gama muy diversa de productos orgánicos se

ha ensayado para el control de patógenos de suelo, con diferentes mecanismos de control. Algunas especies, fundamentalmente del género *Brassica*, se caracterizan por el marcado efecto biocida sobre patógenos de suelo de los metabolitos volátiles de su descomposición (Sarwar *et al.*, 1998). Se ha sugerido aplicar este principio mediante la generación *in situ* de biomasa residual de estas plantas, ya sea a través de su inclusión en rotaciones o con la siembra de abonos verdes o de cubiertas vegetales. Las diversas modalidades que aplican este principio han sido englobadas bajo la denominación común de "biofumigación" (Kierkegaard *et al.*, 1993). La incorporación del material vegetal se puede complementar con el sellado del suelo o el sustrato con una película plástica para confinar y concentrar los gases desprendidos por la descomposición (Koike *et al.*, 1997; Blok *et al.*, 2001). En este marco se resalta que la actividad fumigante que aporta la biofumigación es selectiva, favoreciendo a los antagonistas y disminuyendo el nivel de las poblaciones patógenas. Dentro del ámbito del CHLP se han obtenido resultados alentadores en el control de enfermedades provenientes de nematodos (*Nacobbus aberrans*) y hongos de suelo (*Sclerotium rolfsii*, *Fusarium solani*) con la incorporación de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y nabo forrajero (*Brassica napus*) en lotes experimentales (Mitidieri *et al.*, 2011).

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar si el cultivo de brócoli en invernadero es un precursor viable para la biofumigación, luego de la cosecha de la pella.
- ✓ Estimar la producción total de biomasa y el índice de cosecha resultante del cultivo de brócoli, a fin de evaluar si el volumen de rastrojo resultante es suficiente para garantizar el éxito de la práctica de biofumigación con material producido *in situ*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo de brócoli en invernadero con diferentes variedades y densidades de plantación
- ✓ Evaluar el contenido de glucosinolatos presentes en los diferentes cultivares, mediante el método de (Croft 1979) (adaptado)
- ✓ Estimar la posible efectividad del uso del rastrojo de brócoli en invernadero como insumo para la biofumigación

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue conducido en la Chacra Experimental Gorina, perteneciente al Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires. Las plantas fueron implantadas el 10/6/2015 en un invernadero de techo parabólico y módulo único de 6 m x 40 m. Los tratamientos evaluados fueron los cuatro que resultaron de la combinación factorial de dos cultivares (Castle Dome F1[®] Seminis Inc. US y Di Cicco) con dos densidades de plantación (3.33 pl.m² y 5 pl.m²). El ensayo se condujo efectuando riegos por goteo con una frecuencia variable entre tres y cinco turnos semanales de dos horas mediante cinta de goteo. No se efectuó ninguna fertilización ni aplicación de agroquímicos.

La cosecha de las pellas terminales comenzó a los ochenta días del transplante cuando las mismas alcanzaron tamaño comercial. Se efectuó una cosecha escalonada con una frecuencia de entre cinco a siete días que se prolongó durante tres semanas y en cada recolección se registró el peso individual de cada pella. Las pellas secundarias no se pesaron ya que se consideraron inadecuadas para la comercialización. El 12/10 se procedió a recortar toda la biomasa aérea remanente del cultivo. El rastrojo completo correspondiente a cada parcela fue posteriormente pesado. Se analizaron los glucosinolatos en el Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA) (FCAYF UNLP) mediante el método adaptado de (Croft 1979). A fin de obtener valores que permitieran comparar la concentración de

glucosinolatos en el brócoli con el de otras especies de Brassicáceas se decidió incorporar las mismas a la determinación. Además del brócoli las especies seleccionadas fueron: mostaza blanca (*Sinapsis alba*) y rúcula selvática (*Diplotaxis tenuifolia*), ambas reconocidas por su alta concentración de glucosinolatos (Bodnaryk, 1996; Kierkegaard, 1998; Charron & Sams, 2002; Njoroge & Riley, 2008; Brown & Morra, 2009; Naguib, 2012). Se evaluaron los glucosinolatos mediante un método modificado indirecto (Croft, 1979) en 44 muestras de las diferentes especies de Brassicáceas previamente mencionadas.

Para la preparación del extracto enzimático, se pesaron 25 g de semilla de mostaza blanca, como fuente de mirosinasa, se trituraron en molinillo eléctrico y se colocaron en la licuadora con 200 mL de agua destilada. Se molió esta mezcla por 1 minuto y se filtró con tela de gasa. Se recolectaron 150 mL del extracto y se incubaron por dos horas en estufa a 35° C. Al totalizar las dos horas de incubación, se neutralizó la acidez hasta pH 6 con hidróxido de sodio 0,1 N. Paralelamente se pesaron de forma individual 10 g de cada muestra de material vegetal y se colocó cada una en licuadora con 200 mL de agua destilada. El preparado se filtró del mismo modo descrito previamente y se colocó en un vaso de precipitado, el cual se llevó a ebullición durante 5 minutos agitando frecuentemente con agitador de vidrio para romper la espuma. Pasado el tiempo de ebullición, se enfrió en baño de agua fría. Al terminar se neutralizó la muestra hasta pH 6 con hidróxido de sodio 0,1 N o ácido clorhídrico 0,1 N según el pH que presentó.

El extracto vegetal así obtenido, se dividió en tres porciones de 50 mL a las cuales se le adicionaron 20 mL del extracto enzimático. La mezcla resultante se llevó a incubación durante dos horas a 35° C. Luego de pasado ese tiempo, se dejó enfriar y se tituló la acidez con una solución de hidróxido de sodio hasta el pH 6, utilizando shaker magnético para garantizar una permanente agitación.

Con los datos obtenidos se calculó los mg de tioglucósidos por gramo de muestra mediante la fórmula:

$$[\text{tiogluc}] = \frac{V \text{ NaOH} \cdot N \cdot 0.4 \cdot 100}{\text{Peso de la muestra en la alícuota}}$$

Donde [tiogluc] es la concentración de tioglucósidos expresada en mg/g de muestra, V NaOH es el volumen gastado de la solución de titulación y N la normalidad utilizada en la solución de titulación. El peso de la muestra en alícuota se calculó de la siguiente manera: $10\text{g} / 200 \times 50 = 2,5 \text{ g}$.

Se estimaron mediante cálculos comparativos, la viabilidad del uso de brócoli en invernadero con fines comerciales (venta de pella) y el aprovechamiento de su biomasa residual como insumo para la biofumigación. Los datos se analizaron con el paquete aplicativo Infostat (Versión 2004) recurriendo a ANOVA con comparación de medias mediante el contraste de la mínima diferencia significativa protegida por Fisher (LSD) ($P \leq 0,05$).

Tabla 1: Rendimientos medios en gramos de pella x metros cuadrados correspondientes a las cuatro combinaciones de cultivar x densidad

Cultivar	Densidad (pl.m ⁻²)	Rendimiento medio (g.m ⁻²)
Castle Dome	3,3	305,68 a*
Di Cicco	3,3	379,38 a
Castle Dome	5	505,85 ab
Di Cicco	5	629,75 b

*Las medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí

Fig. 1: Peso medio de Pella correspondiente a cada una de las cuatro combinaciones cultivar x densidad

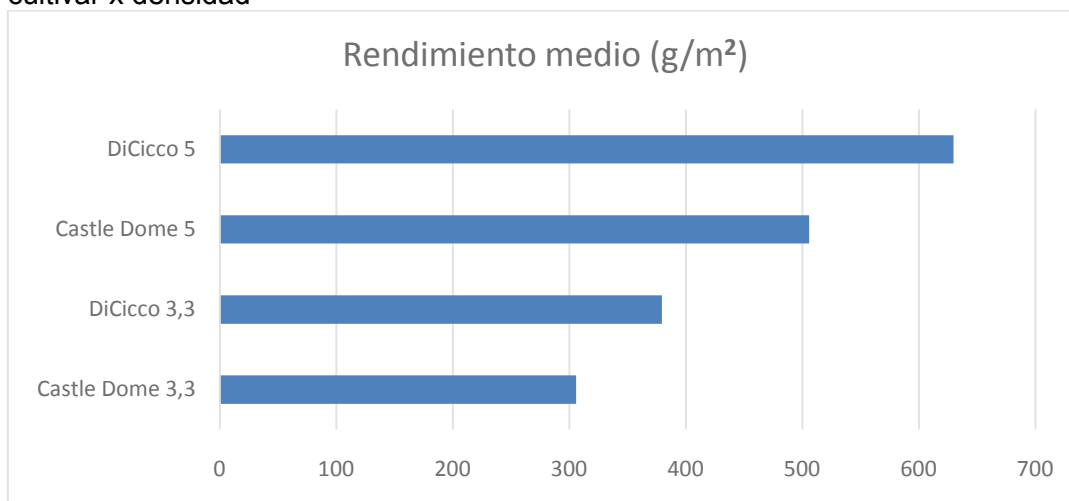
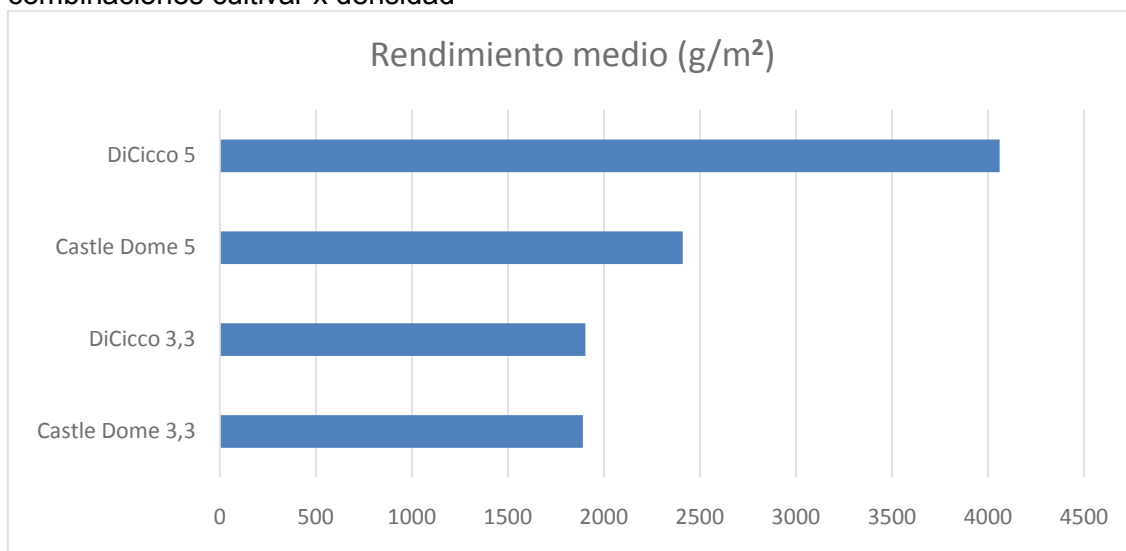


Tabla 2: Rendimientos medios en kilogramos de rastrojo x metros cuadrados correspondientes a las cuatro combinaciones de cultivar x densidad

Cultivar	Densidad (pl/m ²)	Rendimiento medio (g/m ²)
Castle Dome	3,3	1890.3 b*
Di Cicco	3,3	1904.2 b
Castle Dome	5	2410.4 b
Di Cicco	5	4060,4 a

*Las medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias significativas entre si

Fig. 2: Peso medio de rastrojo correspondiente a cada una de las cuatro combinaciones cultivar x densidad



RESULTADOS Y DISCUSION

Respecto a los ensayos a campo, la masa media de rastrojo de los diferentes tratamientos fue 2,5 kg.m⁻². (Fig. 2). Entre ellas se observaron diferencias significativas.

En relación a los rendimientos de pella, estos fueron muy bajos para el cultivo de brócoli y el tamaño de pella fue pequeño. La variedad Di Cicco a alta densidad mostró diferencias significativas de rendimiento, con media de 629,75 g.m², frente a la misma variedad y Castle Dome cultivadas a baja densidad (Tabla 1) no así frente a Castle Dome en densidad alta.

En la tabla 3 se observan los valores medios de concentración de glucosinolatos obtenidos de las muestras evaluadas.

Tabla 3: Valores medios y desvió estándar de mg de glucosinolatos por gramo de material verde en las especies evaluadas.

Especie	Valores Medios (mg de glucosinolatos/g de material verde)	D.E.
Brócoli	0,32 a*	0,47
Mostaza blanca	0,50 a	0,59
Rúcula selvática	0,36 a	0,51

*Las medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí

El método utilizado para la medición indirecta de los glucosinolatos presenta una sencilla realización en cualquier laboratorio, especialmente por el fácil acceso a los reactivos necesarios y al material de laboratorio propiamente dicho, tal como señala (Bongiorno 2011). La principal desventaja es la baja precisión, sobre todo comparado con la HPLC (Croft, 1978; Bongiorno, 2011, Hasperué, 2012).

Los valores de glucosinolatos totales calculados en brotes de diferentes especies de Brassicáceas evaluados mediante HPLC (Kierkegaard, 1998) fueron de 15,8 a 25,6 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ para *S.alba* (mostaza blanca) y 25,1 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ para *D. tenuifolia* lo que representa, considerando la humedad de la mostaza blanca en 85% y de la rúcula selvática 91%, 0,94 a 1,53 y 0,9 mg de glucosinolatos por gramo de material seco,

respectivamente. Otros ensayos señalan para mostaza blanca $19,9 \mu\text{mol.g}^{-1}$ (Brown & Morra, 2009) y $0,71 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de material verde (Bodnaryk, 1996). Además, (Luke Bell, 2015) señala que *D. tenuifolia* presenta una variabilidad de glucosinolatos entre cultivares de 4,4 a $10,4 \text{ mg.g}^{-1}$ de materia seca. De igual manera, los ensayos cromatográficos realizados por Charron & Sams, (2002) muestran que las diferentes variedades de brócoli presentan una amplia diferencia de valores situada entre 0,53 a $29,82 \mu\text{mol.g}^{-1}$ lo que representa, con una humedad de 89%, entre 0,02 y 1,31 mg de glucosinolatos por gramos de material verde. Otros autores citan en sus estudios de glucosinolatos para brócoli 0,61 mg por gramo de materia verde (Pérez, 2014), $1 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de material verde para hojas de cultivos orgánicos, $0,1 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de material verde para hojas de cultivos convencionales (Rossetto & Shiga, 2013) y 15,20 a $59,30 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de material seco (Naguib, 2012). Esto muestra que no existe una concentración única de glucosinolatos en las especies, sino que es una concentración altamente variable y dependiente de la variedad, el ambiente, la fisiología del material como ya fue mencionado.

El método aporta una aproximación al valor total de glucosinolatos, pero resulta insuficiente dado que muchos de los glucosinolatos presentes no resultan en productos volátiles activos en la biofumigación. Por otra parte las diversas especies de isotiocianatos que pueden desprenderse varían ampliamente en su capacidad de liberar metabolitos volátiles con acción biológica (Kierkegaard, 1998).

Al no existir diferencias significativas entre las especies evaluadas, podría concluirse que la elección de cada una de ellas para la biofumigación no es función de la concentración de glucosinolatos, sino que está relacionada con otros factores de manejo o disponibilidad. El brócoli se presenta como la alternativa más viable dado que se utilizaría un desecho de la producción comercial para el proceso de biofumigación. En cambio las especies de mostaza blanca y rúcula la parte

comercializable se utilizaría como insumo para la biofumigación siendo económicamente inviable.

Al analizar los rastrojos de brócoli en detalle, los ensayos bajo invernadero, muestran que existen diferencias significativas entre los cultivares evaluados, el cultivar Di Cicco plantado a la mayor de las densidades deja sobre el terreno un biomasa de rastrojo significativamente mayor que el resto de las densidades, lo que permitiría inferir que el cultivar Di Cicco con una densidad de 5 pl/m⁻² sería la más adecuada al dejar mayor volumen de rastrojo utilizable para la técnica de biofumigación.

La cantidad promedio de residuos de cosecha para los cultivares evaluados fue de aproximadamente 2,5 kg.m⁻². Si bien estos valores son compatibles con el recomendado por la bibliografía, corresponden a los del extremo inferior del rango, lo que sugiere suplementar con material de otros lotes, dado que al menos para las condiciones de este ensayo, la cantidad de rastrojo sería insuficiente.

Con el material aportado y la concentración de glucosinolatos calculada para el cultivo de brócoli, se establece que al realizar la incorporación, se aportaron:

$$2566,3 \text{ g de rastrojo/m}^2 \times 0,316 \text{ mg de glucosinato/g de MV} = 810,95 \text{ mg de glucosinolatos/m}^2$$

El volumen de glucosinolatos aportado equivale aproximadamente a 1 g/m² de suelo. Si se considera que los glucosinolatos tienen un peso molecular medio aproximado de 400 g.mol⁻¹ se estaría realizando un aporte de 2027 μmol.m², valores similares a los reportados por (Njoroge & Riley, 2008), aunque éstos junto con (Bensen & Smith, 2009) recomiendan valores de 8000 a 26000 μmol.m² para lograr resultados óptimos en los controles. Para obtener estos valores, se deberían agregar 10 kg.m⁻² extras de rastrojo de brócoli con dicha concentración de glucosinolatos.

CONCLUSIONES

- El método de medición de glucosinolatos en forma indirecta (Croft, 1979) es insuficiente para medir la concentración de los diferentes glucosinolatos.
- Las diferentes especies de Brassicáceas tienen distintas concentraciones de glucosinolatos, variables a su vez dentro de las mismas, influidas por el clima, estado fenológico y el órgano evaluado entre otros.
- La biomasa de rastrojo aportado por las especies evaluadas debería complementarse con otros restos vegetales para lograr óptimos resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Bensen, T. A., & Smith, R. F. (2009). Mustard and Other Cover Crop Effects Vary on Lettuce Drop Caused by *Sclerotinia minor* and on Weeds. *Plant Disease* Vol. 93 No. 10, 1019-1027.

Bongiorno M. (2011). Biofumigación, tecnología de procesos como alternativa al empleo de agrotóxicos para el manejo de fitonemátodos cecidógenos en agroecosistemas destinados a la producción de hortalizas. Trabajo Final De Carrera para optar al grado de ingeniero agrónomo UNLP 50 pp

Blok, W. J., Lamers, J. G., Termorshuizen, A. J., Bollen, G. J. (2001) Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* 90:253-259.

Bodnaryk, R. P. (1996). Will low glucosinolate cultivars of the mustards *Brassica juncea* and *Sinapis alba* be vulnerable to insect pests? *Canadian Journal Of Plant Science*, 77: 283-287

Brown, P., & Morra, J. (2009). Brassicaceae Tissues as Inhibitors of Nitrification in Soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 7706–7711.

Cap, G., Fatlhauser, P., Castellano, S., Grondona, M. (1981) Control de nematodos en un cultivo de tomate y su expresión en los rendimientos. pp. 55-56. En: *IV Jornadas Fitosanitarias Argentinas*, Córdoba, Argentina. 19-21 de Agosto.

Cap. G., Larroque, O. B., Bradanini, M. L., Grondona, M. (1983). Control químico del “falso nematode del nudo radicular” *Nacobbus aberrans* en un cultivo de tomate. p. 43. En: *V Jornadas Fitosanitarias Argentinas*, Rosario, Argentina. 7-9 de Setiembre.

Carranza J.M. (1979). Lista de las principales causas de enfermedades de los cultivos hortícolas en la República Argentina. *Serie Técnica N° 1. Ministerio de Economía. Subsecretaría de Asuntos Agrarios. Estación Experimental de Gorina. 48 pp.*

Castro, A. (2015) Guía de Horticultura Argentina y Mundial. Curso de Horticultura y Floricultura. FCAyF. Material editado por el Centro de Estudiantes de la Facultad de Cs. Agrarias y Forestales.

CENSO HORTIFLORÍCOLA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (CHFBA) (2005) Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía, Dirección Provincial de Estadística. Ministerio de Asuntos Agrarios, Dirección Provincial de Economía Rural. 115 pp..

Charron, C. S. & Sams, C. E. (2002). Impact of Glucosinolate Content in Broccoli (*Brassica oleracea* (*Italica* Group)) on Growth of *Pseudomonas marginalis*, a Causal Agent of Bacterial Soft Rot. *Plant Disease* Vol. 86 No. 6, 629-632.

Chaves, E. J. & Sisler, G. M. (1980). Presencia de *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen 1944 (*Nematoidea: Nacobbidae*) en cultivos hortícolas de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe asociados con otros nematodos. *IDIA* 385-386: 13-15.

Croft, A. G. (1979) The Determination of Total Glucosinolates in Rapeseed Meal by Titration of Enzyme-liberated Acid and the Identification of Individual Glucosinolates *J. Sci. Food Agric.*30:417-423.

Dixon, G. R.. (2007) *Vegetable Brassicas and related Crucifers*. CABI, 327 pp.

Francescángeli, N., Martí, H. & Stoppani M. (2003). Evaluación de cultivares y fechas de siembra: Producción de Brócoli en Invernadero”, *IDIA XXI* 4: 68-71

Fernandez Lozano J.(2012) La producción de hortalizas en Argentina.

<http://www.central->

servicios.com.ar/cmcbaziptecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf

García, M. & Le Gall, J. (2009). Reestructuraciones en la Horticultura del AMBA: tiempos de boliviano. En: *IV Congreso Argentino y Latinoamericano de Antropología Rural*. Mar del Plata. 25 al 27 de marzo.

García, M. & Lemmi. S. (2011). Política legislativa y trabajo en la horticultura del área metropolitana de Buenos Aires (Argentina). Orígenes y continuidades de la precarización laboral en la horticultura. *Secuencia*, 79: 91–112. Disponible en: <http://secuencia.mora.edu.mx/index.php/Secuencia/article/view/1261/1224>

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018603482011000100004&script=sci_a](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018603482011000100004&script=sci_arttext)
rttext Ultimo acceso: agosto de 2015.

Hasperué, H.J. (2012). Rol del metabolismo de hidratos de carbono en la senescencia postcosecha de brócoli. Tesis presentada para optar el grado de Doctor En Ciencias Exactas. 133 pp.

Hoitink, H. A. J. & Fahy, P. C. (1986). Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology* 24:93-114.

International Life Sciences Institute (ILSI) (1999). Safety assessment and potential health benefits of food components based on selected scientific criteria. ILSI North America Technical Committee on Food Components for Health Promotion. *Critical reviews in food science and nutrition*. 39: 203–316.

- Jaramillo, J.E. N. & Díaz C.A. D.** (2006). El cultivo de las crucíferas
- Kierkegaard, J. A., Gardner, P. A., Desmarchelier, J. M. y Angus, J. F.** (1993). Biofumigation: using *Brassica* species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. pp. 77-82. En: *9th Australian Research Assembly on Brassicas*. (Wratten, N. y Mailer, R. J., eds.). Agricultural Research Institute, Wagga Wagga, Australia.
- Kierkegaard, J.** (1998). Biofumigation potential of brassicas. *Plant and Soil* 201, 71-89.
- Koike, S. T., Xiao, C. L., Hubbard, J. C., Schulbach, K. F., Subbarao, K. V.** (1997). Effects of broccoli residue on the cauliflower-*Verticillium dahliae* host-pathosystem. pp. 317-321. En: *Advances in Verticillium research and disease management* (Tjamos, E. C., Rowe, R. C., Heale, J. B. y Fravel, D. R., eds.). APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Lazarovits, G., Conn, K., Tenuta, M.** (1997). Control of *Verticillium dahliae* with soil amendments; efficacy and mode of action. pp. 274-291. En: *Advances in Verticillium research and disease management* (Tjamos, E. C., Rowe, R. C., Heale, J. B. y Fravel, D. R., eds.). APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Le Gall, J. & M. García** (2010). Reestructuraciones de las periferias hortícolas de Buenos Aires y modelos espaciales ¿Un archipiélago verde? *Echo Géó* 5: 1-15. Disponible en: <http://echogeo.revues.org/index11539.html>. Ultimo acceso: agosto de 2015.
- Luke Bell, M. J.** (2015). Identification and quantification of glucosinolate and flavonol compounds in rocket salad (*Eruca sativa*, *Eruca vesicaria* and *Diplotaxis tenuifolia*) by LC-MS: Highlighting the potential for improving nutritional value of rocket crops. *Food Chemistry* 172: 852-861.
- Maroto Borrego, J. V.** (1992) *Horticultura Herbácea especial*. Mundiprensa, 568 pp.

- Mc Gee, H.** (2013) *La cocina y los alimentos*. 7º Edición, Editorial Debate. 941 pp.
- Mitidieri, M.S., Brambilla, V., Peralta, R., Barbieri, M., Gonzalez J., Del Pardo K., Piris, E., Piris, M., Celié R., Arpía E., Saliva V. y Chaves E.** (2011). Ocho años de biofumigación en el cultivo de tomate bajo cubierta: efectos sobre el suelo y la sanidad del cultivo. pp. 363 En: *II Congreso Argentino de Fitopatología. Libro de resúmenes*. Junio de 2011, Mar del Plata.
- Naguib, A. E.-M.** (2012). Enhancement of phenolics, flavonoids and glucosinolates of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) as antioxidants in response to organic and bioorganic fertilizers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 11:135-142.
- Navarro, S.L., Li, F., Lampe, J.W.** (2011.) Mechanism of action of isothiocyanates in cancer chemoprevention: an update. *Food & Function* 2: 579-587.
- Njoroge, S. M., & Riley, M. B.** (2008). Effect of Incorporation of *Brassica* spp. Residues on Population Densities of Soilborne Microorganisms and on Damping-off and Fusarium Wilt of Watermelon. *Plant Disease* Vol. 92: 287-294.
- Pérez, A. R.** (2014). Biosíntesis de los Glucosinolatos e importancia Nutricional humana y Funciones de protección a las Plantas. *Alimentos Hoy* 22: 64-80
- Polack, A. & Mitidieri, M.** (2005). *Producción de tomate diferenciado. Protocolo preliminar de manejo integrado de plagas y enfermedades*. EEA INTA San Pedro. 19 pp.
- Roan, J., Mareggiani, G., García, M.** (1992). Efecto de una enmienda orgánica y nematicida sobre la dinámica poblacional de *Paratylenchus* sp. (Nematoda, Paratylenchinae) en apio. *Revista de la Facultad de Agronomía* 13:227-231.
- Rodríguez-Kábana, R., Morgan-Jones, G. y Chet, I.** (1987). Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil* 100:237-247.

- Roe, N. E., Stofella, P. J., Bryan, H. H.** (1993). Municipal solid waste compost suppresses weeds in vegetable crops alleys. *HortScience*. 29:1171-1172.
- Rossetto, M. R., & Shiga, T. M.** (2013). Analysis of total glucosinolates and chromatographically purified benzylglucosinolate in organic and conventional vegetables. *LWT - Food Science and Technology* 50: 247-252.
- Sarwar, M., Kierkegaard, J. A., Wong, P. T. W., Desmarchelier, J. M.** (1998) Biofumigation potential of brassicas. III. In vitro toxicity of isothiocyanates to soilborne fungal pathogens. *Plant and Soil* 201:103-112.
- Silvestri, L., Sisler, G. M., Roan, J.** (1985). Identification of plant parasitic nematodes on horticultural crops in La Plata (Argentina). *International Nematology Network Newsletter* 22 : 407.
- Vovlas, N., Nico, A. I., De Luca, F., De Giorgi, C., Castillo, P.** (2007) Diagnosis and Molecular Variability of an Argentinean Population of *Nacobbus aberrans* with Some Observations on Histopathology in Tomato. *Journal of Nematology* 39:17-26.
- Weltzien, H. C.** (1992). Biological Control of Foliar Fungal Diseases with Compost Extracts. pp. 430-449. En: *Microbial Ecology of Leaves*. (Andrews, J. H. y Hirano, S. S., eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- Zasada, I. A. & Ferris H.** (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*. 36:1017–1024.
- Zhang Y., Talalay P., Cho C.-G., Posner G. H.** (1992). A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 89, 2399-2403.

FOTOS



Cultivo de brocoli



Grelo



Especies para analizar contenido de glucosinolatos en laboratorio (LIPA)



Rastrojo para su incorporación previo pesado



Incorporación de rastrojo con cubierta plástica



Preparación de las muestras para su análisis