
HORTICULTURA

Soil disinfection in strawberry production in the southwest of Buenos Aires province

Desinfección del suelo en el cultivo de frutilla en el sudoeste bonaerense

Muscolino, C.^{1*}; Mairosser, A.²; Zazzetta, M.²; López, F. M.¹; Caracotche, V.²; Comezaña, M.¹ & Rodríguez R. A.¹

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur - UNS. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. San Andrés 800, C.P. 8000.

² Estación Experimental Agropecuaria – EEA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA Hilario Ascasubi. Buenos Aires, Argentina.

*Autora de correspondencia: camilamuscolino@gmail.com

Recibido: 09/11/2023

Aceptado: 22/12/2023

ABSTRACT

Muscolino, C.; Mairosser A.; Zazzetta M.; López F.M.; Caracotche V.; Comezaña, M. & Rodríguez R.A. (2024). Soil disinfection in strawberry production in the southwest of Buenos Aires province. *Horticultura Argentina* 43 (110): 30-46. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/upr1fj1vh>

The Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) has proven to be agroclimatically suitable for strawberry production (*Fragaria x ananassa* Duch.). However, pathogenic soil fungi that affect this crop have been detected in the region, causing reductions in fruit production and plant death. The objective of this work was to evaluate alternative methods to methyl bromide (MB) for soil disinfection in strawberry cultivation and to determine their effects on fruit production and plant survival in the VBRC. Three chemical methods were evaluated: the mixture 1,3-dichloropropene+chloropicrin (1,3-D:Pic), metam sodium, and the mixture 1,3-D:Pic

with subsequent applications of *Trichoderma harzianum* to the soil. The trial included the cultivars San Andreas and Sweet Ann and lasted two years. The fruit was classified as commercial and non-commercial, the number of dead plants was recorded according to treatments, and weekly monitoring of pests and diseases was carried out. In all treatments with chemical disinfection, in the second year, plant survival was higher than in soil without disinfection; however, no differences in plant productivity (g.plant⁻¹) were observed between treatments in either year. Inoculation with *T. harzianum* did not demonstrate beneficial effects on survival and plant productivity. The chemical methods evaluated, which could replace MB, would be appropriate to achieve greater plant survival and, consequently, better yields (kg.ha⁻¹) in the second year of a biennial strawberry crop in the VBRC.

Keywords: methyl bromide alternatives, *Trichoderma harzianum*, soil fungi; metam sodium; 1,3 dichloropropene-chloropicrin.

RESUMEN

Muscolino, C.; Mairosser A.; Zazzetta M.; López F.M.; Caracotche V.; Comezaña, M. & Rodríguez R.A. (2024). Desinfección del suelo en el cultivo de frutilla en el sudoeste bonaerense. *Horticultura Argentina* 43 (110): 30-46.
<http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/upr1fj1vh>

El Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) ha demostrado ser agroclimáticamente apto para la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.). Sin embargo, hongos patógenos del suelo que afectan a este cultivo fueron detectados en la región, provocando reducciones en la producción de fruta y muerte de plantas. El objetivo de este trabajo fue evaluar métodos alternativos al bromuro de metilo (BM) para la desinfección del suelo en el cultivo de frutilla y determinar su efecto sobre la producción de fruta y sobrevivencia de plantas en el VBRC. Se evaluaron tres métodos químicos: la mezcla 1,3-dicloropropeno+cloropicrina (1,3-D:Pic), metam sodio y la mezcla 1,3-D:Pic con la posterior aplicación al suelo de

Trichoderma harzianum. El ensayo contó con los cultivares San Andreas y Sweet Ann y tuvo una duración de dos años. Se clasificó la fruta en comercial y no comercial, se registró el número de plantas muertas según tratamientos y se realizó un monitoreo semanal de plagas y enfermedades. En todos los tratamientos con desinfección química la sobrevivencia de plantas en el segundo año fue superior al suelo sin desinfección, sin embargo, no se observaron diferencias en la productividad de la planta (g.planta⁻¹) entre tratamientos en ninguno de los dos años. La inoculación con *T. harzianum* no demostró efectos benéficos sobre la sobrevivencia y la producción de fruta (g.planta⁻¹). Los métodos químicos evaluados, que podrían reemplazar al BM, serían apropiados para lograr una mayor sobrevivencia de plantas en el segundo año y, consecuentemente, en el rendimiento (kg.ha⁻¹) de un cultivo de frutilla bienal en el VBRC.

Palabras claves: Alternativas al bromuro de metilo, *Trichoderma harzianum*, hongos del suelo; metam sodio; 1,3 dicloropropeno- cloropicrina.

1. Introducción

Todas las regiones productoras de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) de importancia a nivel mundial utilizan sistemas de plantación anual. Sin embargo, en regiones con inviernos fríos, el cultivo de frutilla puede extenderse a dos o tres años, lo cual, en comparación a cultivos anuales permite reducir los costos de preparación del suelo e implantación durante el segundo año (Orde y Sideman, 2021). Esto presenta la dificultad de que los cultivares más utilizados en la actualidad permiten obtener muy buenos rendimientos, pero demuestran una elevada susceptibilidad a patógenos del suelo, los cuales se acumulan en el mismo debido al cultivo continuo (Qingjie *et al.*, 2022), y se genera una dependencia de la desinfección.

Las alternativas químicas al bromuro de metilo (BM) para la desinfección del suelo son consideradas métodos de reemplazo directo o sustitución. La ventaja que presentan es que no son destructores de la capa de ozono y se diferencian del BM por presentar un mayor período de acción en el suelo y poseer residualidad. Existen numerosos ensayos de evaluación de alternativas químicas al BM en suelo vinculados al cultivo de frutilla, tanto en sistemas de producción de fruta, como en viveros, que han demostrado la viabilidad del uso de esos productos (Duniway, 2002; Ajwa *et al.*, 2003; Maas, 2004; De Cal *et al.*, 2005). El Valle

Bonaerense del Río Colorado (VBRC), ubicado en el extremo sur de la provincia de Buenos Aires, República Argentina, ha demostrado ser agroclimáticamente apto para la producción de frutilla. No obstante, se han identificado en la región patógenos causantes de podredumbre de raíz y corona en frutilla. Esto constituye la primera problemática para este cultivo, especialmente en el caso de algunos cultivares y en suelo sin tratamiento de desinfección previo (Mairosser *et al.*, 2016). Es necesario estudiar métodos alternativos al BM para la desinfección del suelo que sean adecuados a esta región, dado que la efectividad de los tratamientos alternativos varía en función del tipo de suelo y las condiciones meteorológicas.

Los principios activos cloropirina (Pic), 1,3-dicloropropeno (1,3-D) y generadores de metil isotiocianatos (MITC), como metam sodio (MS) o dazomet, han demostrado eficacia, disponibilidad y un amplio espectro de acción. Estos productos pueden ser utilizados individualmente, aunque generalmente son aplicados al suelo de manera combinada o secuencial. Son comunes las mezclas de 1,3-D + Pic (1,3-D:Pic) o la mezcla antes mencionada seguida de la aplicación de MS (Duniway, 2002; Ajwa *et al.*, 2003).

La desinfección del suelo con productos de síntesis química puede lograr una significativa reducción de patógenos, sin provocar una esterilización total del mismo, pero sí importantes cambios en las comunidades microbianas que lo habitan (Pu *et al.*, 2022). Numerosas especies, incluyendo bacterias y hongos, fueron probadas como potenciales agentes de control biológico en frutilla (Ajwa *et al.*, 2003; Khalil y Svensson, 2017), iniciativas que son consideradas básicas para lograr una agricultura más productiva y ambientalmente sostenible (Amerio *et al.*, 2020). Cepas seleccionadas han sido estudiadas para utilizarse como aditivos al suelo, e incluso están siendo evaluadas para ser usadas en combinación con distintos métodos de desinfección del mismo. Esto permitiría incrementar la eficacia y rango de control de organismos patógenos (Ajwa *et al.*, 2003). En el caso del cultivo de frutilla, se aislaron de plantas y suelos potenciales microorganismos controladores biológicos. *Trichoderma harzianum*, hongo antagonista que comúnmente habita en la rizosfera de las plantas de frutilla, demostró ser efectivo en la reducción de la incidencia de la marchitez por *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*, así como en el control de *Botrytis cinérea* (Maas, 2004).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de diferentes tratamientos de desinfección del suelo (con presencia de hongos patógenos) a través de su impacto en la producción de fruta y sobrevivencia de plantas de frutilla en un cultivo de dos años de duración (bienal) en el VBRC.

2. Materiales y métodos

La experiencia se realizó durante los ciclos productivos 2015-2016 y 2016-2017. El área de estudio fue el Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC), que comprende parte de los partidos de Villarino y Patagones, sobre las márgenes izquierda y derecha, respectivamente, del Río Colorado. Se trata de una zona de clima semiárido templado, con mayor precipitación en los meses de primavera-verano. Las estaciones térmicas son bien marcadas: veranos e inviernos rigurosos y primaveras y otoños intermedios. Se trata en general de una zona ventosa, con un fuerte predominio de los vientos provenientes del cuadrante noroeste.

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del INTA Hilario Ascasubi (-39.392; -62.629). Se realizó dentro de una parcela de 800 m², delimitada por un cerco de malla monofilamento a modo de cortina rompe viento y barrera al ingreso de animales (Figura 1). Esta parcela provenía del cultivo reiterado de frutilla desde el año 2012, sitio en el cual se observó mortandad de plantas debido a enfermedades producidas por los hongos de suelo *Verticillium* sp. y *Macrophomina* sp..



Figure 1: Image from the test in December 2015. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Figura 1: Imagen del ensayo en diciembre de 2015. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Se trabajó sobre suelo de clase textural Franco arenoso. Previo al inicio del ensayo se realizó un análisis del suelo (Tabla 1).

Table 1: Soil properties of the experimental plot. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Tabla 1: Propiedades del suelo de la parcela de experimentación. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Referencias	CE ⁽¹⁾ (dS.m ⁻¹)	pH ⁽²⁾	Ca+Mg ⁽³⁾ (mEq.L ⁻¹)	Na ⁽⁴⁾	RAS ⁽⁵⁾	PSI ⁽⁶⁾	MO ⁽⁷⁾ (%)	P ⁽⁸⁾ (ppm)	Nt ⁽⁹⁾ (mg.g ⁻¹)
0-5 cm	1,05	7,6	6,91	3,09	1,7	1,2			
5-20 cm	0,76	7,5	4,94	2,67	1,7	1,2	2	75,8	1,25

(1) Conductividad eléctrica, conductimetría. (2) Contenido de iones hidrógeno (acidez/alcalinidad), potenciometría. (3) Catión Calcio y Magnesio, complejometría. (4) Catión Sodio, fotometría de llama. (5) Relación adsorción de sodio, calculado a partir de los cationes. (6) Porcentaje de Sodio Intercambiable, calculado a partir del valor de RAS. (7) Materia orgánica, Walkley-Black: < 0,7 deficiente, 0,7 a 1,5 normal, 1,5 a 2,5 medianamente provisto, > 2,5 bien provisto. (8) Fósforo, Bray Kurtz I: < 15 deficiente, 15 a 20 medianamente provisto, > 20 bien provisto. (9) Nitrógeno total, Kjeldahl: < 0,5 muy bajo; 0,5 a 0,8 bajo; 0,8 a 1,0 ligeramente bajo; 1,0 a 1,5 normal; 1,5 a 1,8 ligeramente alto; > 1,8 muy alto.

Las temperaturas y precipitaciones medias históricas y en los años de estudio se presentan en las Tablas 2 y 3, estos datos fueron registrados por la estación meteorológica automática ubicada en la EEA INTA H. Ascasubi.

Teniendo en cuenta que los plantines “frigo” y los cultivares de día neutro son los apropiados para el cultivo de frutilla en la zona del VBRC (Mairosser *et al.*, 2018), el material vegetal con el que se trabajó consistió en plantines “frigo” de dos cultivares de día neutro, San Andreas (Sa) y Sweet Ann (Sw), provenientes de viveros situados en las provincias de Neuquén y Mendoza, respectivamente. Previo al trasplante, se realizó un acondicionamiento de los mismos: se podaron las raíces que excedían los 10 cm de longitud y se los sumergió durante 10 minutos en una solución compuesta por 15 cm³ de fertilizante Inicium (40% MO, 5,5% N

total, 5,5% orgánico, 5,5% P₂O₅), 20 cm³ de *Azospirillum* sp. y 40 g de fungicida Armetil (Mancozeb 64% + Metalaxil 8%) en 12 L de agua.

Table 2: Average monthly temperatures, maximum temperatures, historical averages, average minimum temperatures in the years of study for the test site (°C). Trial months are in bold. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Tabla 2: Temperaturas medias mensuales, máximas medias, medias históricas, mínimas medias en los años de estudio para el sitio de ensayo (°C). En negrita los meses de ensayo. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2015	21,1	21,1	18,3	16,3	13,3	9,1	8,5	10,8	10,4	11,9	18,7	20,6
2016	23,5	21,9	18,8	13	9,5	7,9	7,6	11,1	11	14,4	18,7	22,8
2017	22,8	23,8	18,8	s/d	s/d	s/d	8,9	10,3	12,4	14,6	16,7	20,6
Máxima media	29,8	28,9	25,8	21,3	17,4	13,9	13,7	16,0	18,6	21,9	25,3	28,3
Media histórica	22,4	21,2	18,7	15	11,2	8,1	7,5	9,3	11,7	14,7	18	20,8
Mínima media	14,4	13,7	11,8	8,1	5,2	2,5	1,6	2,5	4,6	7,5	10,4	13,0

Table 3: Average monthly and historical average rainfall in the study years for the test site (mm). Trial months are in bold. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Tabla 3: Precipitaciones medias mensuales y medias históricas en los años de estudio para el sitio de ensayo (mm). En negrita los meses de ensayo. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2015	68,5	113,0	19,8	72,9	7,0	0,5	45,0	33,8	15,2	58,4	64,0	116,5
2016	132,5	74,3	29,5	25,7	66,5	15,3	11,3	22,5	9,9	55,0	37,0	15,0
2017	8,7	110,7	101,0	70,0	53,6	19,5	18,5	34,0	42,3	32,0	71,5	4,5
Históricas	50,6	56,9	61,5	45,4	28,8	21,9	23,1	25,8	37,0	44,9	43,4	50,5

En enero de 2015 se rastreó el suelo y se conformaron los camellones trapezoidales. Cada camellón contó con una cinta de riego por goteo en su parte central y fue cubierto con polietileno de 50 µm de espesor, negro en su cara interior y blanco en la exterior. Los camellones se distanciaron a 40 cm entre sí y sus medidas fueron: 80 cm de ancho en la base, 60 cm de ancho en la parte superior, 35 cm de altura y 30 m de largo. En febrero se realizó la desinfección química del suelo inyectando los productos químicos al sistema de riego por goteo. Se evaluaron 4 tratamientos (Tabla 4).

Para DCP+T se utilizó la cepa Th2RI99, material en estudio proveniente del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA) del INTA. La aplicación de *T. harzianum* se realizó de forma fraccionada en dos oportunidades, 231 y 294 días posteriores al trasplante. La inoculación se realizó de forma manual, aplicando 50 mL de una solución de 10⁷ UFC.mL⁻¹ por planta, procurando que el líquido se incorporara en el área cercana a la corona de la misma.

Table 4: Nomenclature and description of the treatments evaluated in the trial. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Tabla 4: Nomenclatura y descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

	Tratamiento
T	Testigo sin desinfección del suelo
MS	Metam sodio (51%) (100 cm ³ .m ⁻²)
DCP+T	1,3 dicloropropeno (60,8%)-cloropicrina (33,3%) (40 cm ³ .m ⁻²) + 10 ⁷ UFC.mL ⁻¹ <i>Trichoderma harzianum</i> por planta
DCP	1,3 dicloropropeno (60,8%)-cloropicrina (33,3%) (40 cm ³ .m ⁻²)

Los productos químicos se dejaron actuar durante 14 días, para luego realizar la perforación del polietileno en los sitios correspondientes a las futuras plantas y permitir la ventilación del suelo. El 4 de marzo de 2015 se realizó el trasplante en tresbolillo a 30 cm entre plantas. Se procuró que la superficie del suelo coincidiera con el punto medio de las coronas y que las raíces de las plantas alcanzaran una posición final totalmente vertical.

El riego y la fertilización se realizaron a través de un sistema localizado por goteo. El cultivo se regó con agua proveniente del río Colorado, cuya conductividad eléctrica no superó los 1,3 dS.m⁻¹ durante el período de ensayo. Al calcular los requerimientos de agua para el riego, se tuvo en cuenta un 20% de requerimientos de lixiviación, definido en función de la conductividad eléctrica del suelo y del agua de riego. La fertilización se realizó en base al análisis de suelo y a la extracción del cultivo, dividiéndose en dos etapas, comienzo de formación de plantines y comienzo de producción de fruta, con ajustes según un análisis foliar y haciendo énfasis en el aporte de Calcio y Potasio durante la segunda etapa.

Durante las dos temporadas productivas, a fines de invierno-principios de primavera, se realizó la poda de flores. Durante la etapa de cosecha, se realizó la poda de estolones de forma periódica y en julio de 2016, una vez que las plantas alcanzaron el estado de reposo invernal, se realizó una poda de invierno, con la posterior aplicación de un fungicida cúprico. Se realizó un registro de la mortandad de plantas (M) y todos los individuos muertos fueron retirados del ensayo. La vegetación espontánea fue retirada de forma manual y en situaciones específicas donde se observó la presencia de hojas afectadas por hongos, se realizaron aplicaciones de fungicidas.

La recolección de fruta (Figura 2) del primer año (A1) comenzó el 11 de noviembre de 2015 y finalizó el 29 de abril de 2016. Durante ese período se realizaron 9 cosechas en noviembre, 13 en diciembre, 11 en enero, 13 en febrero, 13 en marzo y 13 en abril. En cuanto al segundo año (A2), la cosecha comenzó el 24 de octubre de 2016 y finalizó el 31 de marzo de 2017. Durante A2 se realizaron 4 cosechas en octubre, 13 en noviembre, 10 en diciembre, 9 en enero, 7 en febrero y 9 en marzo. La metodología aplicada para la evaluación de la fruta recolectada fue la misma durante los dos años de ensayo.



Figure 2: Manual strawberry harvest. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2016.

Figura 2: Cosecha manual de frutilla. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2016.

En el laboratorio se pesó y clasificó la fruta cosechada en: producción comercial (Pc) (frutos con peso superior a 10 g) y producción no comercial (Nc) (Adlercreutz, 2005; Torrico *et al.*, 2018). Dentro de Nc se incluyó a la fruta chica (Ch) (frutos con peso inferior a 10 g) y al descarte (D). Los motivos de D fueron: frutos deformes, frutos con *Botrytis* sp., frutos con *Colletotrichum* sp., frutos con daños provocados por pájaros e insectos y “otros”, categoría donde se incluyó cualquier otro motivo de descarte.

Se realizó un monitoreo semanal de las plantas del ensayo, a partir del cual se observó e identificó la presencia de insectos y de plantas con síntomas de enfermedades durante los dos años de experimento. Por otro lado, durante los dos años de ensayo se extrajeron plantas con síntomas de enfermedades fúngicas para la determinación del agente causal en laboratorio.

Se utilizó un diseño en bloques divididos con 4 réplicas por tratamiento. Cada réplica estuvo compuesta por 20 plantas de frutilla sujetas a evaluación y 10 plantas de bordura en cada extremo. La comparación de los distintos parámetros (tratamiento de suelo, variedad y año de cultivo) se efectuó mediante el Análisis de la Varianza (ANAVA), evaluando las interacciones. Las variables que no cumplieran con los supuestos para el análisis de la varianza se transformaron con Logaritmo, tal es el caso de la variable M. Para la comparación de medias se utilizó el test de Diferencias Mínimas Significativas de Fisher. El software utilizado para el análisis de los datos fue InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

3. Resultados y discusión

3.1. Estado sanitario del cultivo:

A partir de diciembre de 2015, plantas correspondientes a todos los tratamientos comenzaron a manifestar marchitamiento y desecación marginal e internerval en las hojas más antiguas, situación que se intensificó en enero y febrero, los meses de mayor temperatura media del ciclo productivo (Tabla 2). Posteriormente, las plantas afectadas sufrieron un colapso total seguido de muerte, síntomas típicos del ataque de hongos vasculares que afectan al cultivo de frutilla (Maas, 2004). Se analizaron en laboratorio 18 plantas afectadas para la identificación del agente causal. En las muestras de raíz y corona se identificó a la especie *Verticillium dahliae*, citado como un problema muy común a nivel mundial para este cultivo y encontrado anteriormente

en la parcela (Mairosser, 2013), afectando plantas de frutilla de un ensayo previo. Adicionalmente, en estos tejidos se aislaron *Macrophomina* sp., mencionada por De los Santos *et al.* (2017) como un hongo emergente debido a la utilización de alternativas químicas al BM, *Rhizoctonia* sp, *Phomopsis* sp. y *Fusarium* sp., géneros que fueron reportados previamente en otras zonas de nuestro país afectando al cultivo de frutilla (Kirschbaum *et al.*, 2017b). Por último, en fruto se identificaron los hongos *Colletotrichum* sp. y *Botrytis* sp. y en hoja *Gnomonia comari* y *Phomopsis* sp.

Por otro lado, ante la presencia de plantas con enanismo, síntoma característico del ataque de virus en frutilla, se enviaron 5 plantas afectadas al Instituto de Patología Vegetal (IPAVE) del INTA para ser analizadas mediante RT-PCR con primers específicos para Strawberry mild yellow edge virus (SMYEV), Strawberry crinkle virus, Strawberry mottle virus y Strawberry polerovirus 1 (SPV1). La extracción se realizó al final del segundo ciclo productivo (marzo de 2017), en concordancia con lo sugerido por Torrico *et al.* (2018). Las muestras pertenecieron al cultivar Sw y fueron extraídas de camellones correspondientes a distintos tratamientos. Se identificó a SMYEV en tres plantas y una infección mixta de SMYEV y SPV1 en un cuarto individuo. Según Luciani *et al.* (2016), la presencia de una planta con síntomas que resultó negativa a los cuatro virus testeados indicaría la presencia de otras especies de virus en las plantas de frutilla, factor no considerado en este estudio. Los dos virus detectados son transmitidos por áfidos y fueron identificados en frutilla previamente en Argentina por Dughetti *et al.* (2017) y Conci *et al.* (2017).

Hubo presencia de colonias de pulgón del género *Aphis* en la parcela de ensayo y, además se identificó a *Achyra bifidalis*, *Otiorynchus rugosostriatus* (“burrito de la frutilla”), *Dichelops* spp. y *Nezara* spp. (“chinchas”) y *Dichroplus* spp. (“tucuras”). Exceptuando aplicaciones localizadas de insecticida comercial ante el ataque de pulgones sobre el cultivo, no se realizaron controles sobre las demás especies debido a que no representaron una verdadera amenaza para el cultivo.

3.2. Mortandad de plantas:

El porcentaje de mortandad total de plantas registrado en este ensayo fue del 5,8% y 26,6% para A1 y A2, respectivamente. En cuanto a la muerte de plantas según tratamientos, no hubo diferencias entre los tratamientos que contaron con desinfección del suelo para este parámetro, sin embargo, el tratamiento T fue significativamente superior en cuanto al porcentaje de plantas muertas al final del segundo año de ensayo ($p < 0,05$). En los cultivares, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de plantas muertas para ninguno de los años de ensayo (A1: $p = 0,09$; A2: $p = 0,111$) (Tabla 5), a diferencia de lo reportado por Mairosser (2013), quien registró previamente en el VBRC mayor mortandad del cultivar Sw durante los dos años de ensayo.

3.3. Producción comercial:

Debido a que se observaron las interacciones año*cultivar y año*tratamiento para Pc, los análisis estadísticos se realizaron para cada año por separado. La Pc en A1 mostró promedios superiores respecto a A2, para todos los tratamientos y cultivares (Figura 5). Esto difiere de lo observado por Adlercreutz (2005), quien en un ensayo realizado con cultivares de frutilla de día neutro en la zona de Mar del Plata (Buenos Aires) reportó productividades superiores en plantas de dos años de edad ($1072 \text{ g.planta}^{-1}$), respecto a las de un año (697 y $826 \text{ g.planta}^{-1}$). Teniendo en cuenta lo demostrado por Torrico *et al.* (2017), la caída productiva observada en este trabajo podría deberse a la presencia de virosis en plantas asintomáticas. En lo que respecta a la producción en A1 en particular, para la situación de este ensayo, las productividades promedio del primer año superaron a las obtenidas por Mairosser (2013) en el VBRC

trabajando con plantas de día neutro, de un año de edad, con trasplante de primavera y sin previa desinfección del suelo (573,0 y 376,9 g.planta⁻¹ para Sa y Sw, respectivamente).

Table 5: Percentage of plant mortality for the first and second year of the trial, according to treatments and cultivars. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Tabla 5: Porcentaje de mortandad de plantas para el primer y segundo año de ensayo, según tratamientos y cultivares. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Tratamientos/Cultivares	Mortandad de plantas (%)	
	Año 2016	Año 2017
T	6,2	36,6 a
MS	1	10,8 b
DCP+T	4,3	16,9 b
DCP	5	17,4 b
San Andreas	1,6	10,1
Sweet Ann	6,9	32,9

T: Testigo, MS: metam sodio, DCP+T: dicloropropeno + cloropicrina + *T. harzianum*, DCP: dicloropropeno + cloropicrina. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y cultivares para cada año ($p < 0,05$).

Por otro lado, trabajando con plantas trasplantadas en otoño, Mairosser (2013) obtuvo productividades de 1286 g.planta⁻¹ para Sw y 1100 g.planta⁻¹ para Sa. En ese caso, se pondría en evidencia el efecto favorable que presentaría el trasplante temprano en otoño sobre la producción de frutilla en el VBRC.

El ANAVA correspondiente a A1 no detectó diferencias significativas entre tratamientos respecto a la Pc ($p=0,621$), por lo tanto, no se observó un efecto de la desinfección del suelo sobre este parámetro. Por otro lado, Duniway (2002) sí observó una respuesta positiva y creciente a las alternativas químicas al BM en frutilla, en este caso sobre el rendimiento de fruta por hectárea, sin tener en cuenta la mortandad de plantas. De Cal *et al.* (2005) también observó un efecto positivo de la desinfección del suelo con productos químicos, obteniendo mejores resultados con DCP respecto a MS sobre la reducción del inóculo de *Verticillium sp.* presente en el suelo. De la misma manera, a partir de resultados de seis años consecutivos de experimentos realizados en la zona de Mar del Plata, Adlercreutz y Szczesny (2008) reportaron rendimientos de frutilla similares a los obtenidos con BM trabajando con DCP y MS a dosis altas (150 cm³.m⁻² y 200 cm³.m⁻² de la formulación 32,7%, equivalente a 100 y 130 cm³.m⁻² de la formulación 51%).

Esta investigación se realizó en condiciones naturales, es decir, no se inoculó el suelo artificialmente con organismos patógenos, a la vez que no se partió de una historia de monocultivo de frutilla, pudiéndose estimar una heterogénea y baja carga de inóculo inicial en el suelo. En este contexto, y considerando que la mayoría de los brotes de *Verticillium sp.* están relacionados a la historia de cultivo previa (Maas, 2004) y que el efecto sobre la fruta comercial es más difícil de detectar cuando la presión de la enfermedad es reducida, una baja carga de inóculo inicial de hongos fitopatógenos y una desconocida distribución del mismo en el suelo podrían estar relacionadas a la ausencia del efecto de los tratamientos de desinfección durante A1, tanto para la Pc como para la mortandad de plantas.

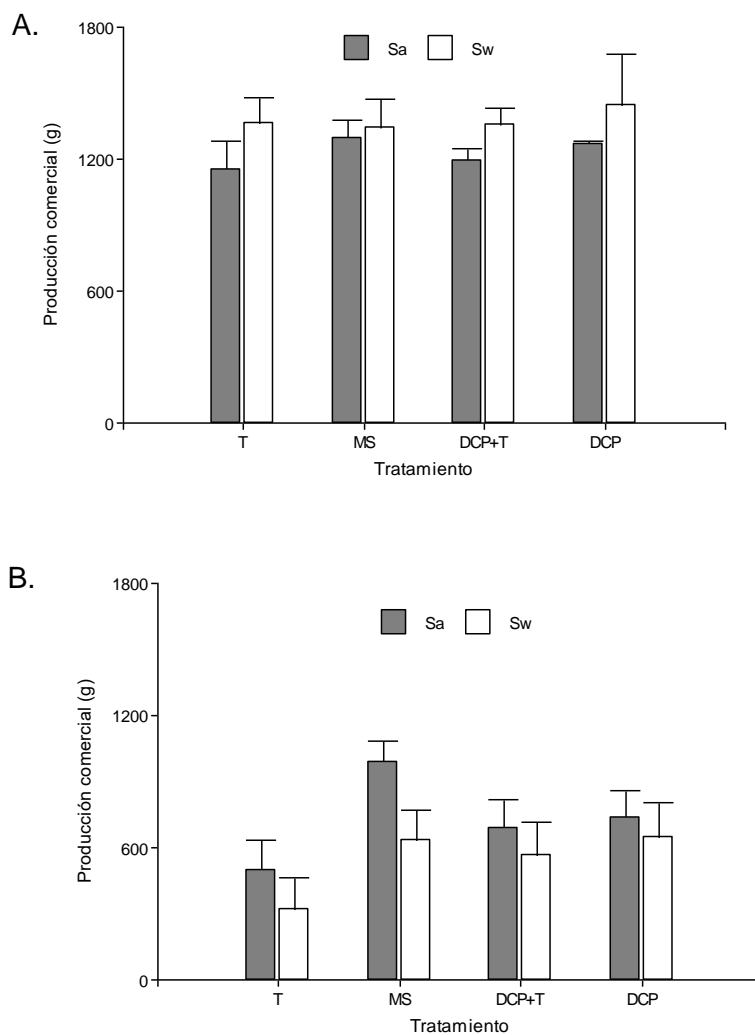


Figure 5. Commercial production (g.plant⁻¹) in the first (A) and second year of the trial (B), according to treatments and cultivar. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017.

T: Control, MS: metam sodio, DCP+T: dichloropropeno + cloropicrina + *T. harzianum*, DCP: dicloropropeno + cloropicrina, Sa: cultivar San Andreas, Sw: cultivar Sweet Ann. The bars indicate the standard error for each treatment (Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017).

Figura 5. Producción comercial (g.planta⁻¹) en el primer (A) y segundo año de ensayo (B), según tratamientos y cultivar. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017.

T: Testigo, MS: metam sodio, DCP+T: dicloropropeno + cloropicrina + *T. harzianum*, DCP: dicloropropeno + cloropicrina, Sa: cultivar San Andreas, Sw: cultivar Sweet Ann. Las barras indican el error estándar para cada tratamiento.

En coincidencia con lo mencionado anteriormente, el ANAVA tampoco detectó diferencias significativas entre tratamientos para la Pc en A2 ($p=0,174$). Durante el segundo año de producción T obtuvo un rendimiento promedio del 50% respecto a MS, el tratamiento que mejor se comportó (Tabla 6). Teniendo en cuenta la mortandad de plantas significativamente superior para T respecto a los tratamientos que contaron con desinfección del suelo en A2, la falta de significancia estadística en A2 para Pc podría deberse a la elevada variabilidad de los datos obtenidos durante el segundo año de ensayo, probablemente relacionada a la distribución

en sectores de los hongos patógenos del suelo estudiados en este trabajo. Esto podría resolverse mediante el aumento de réplicas en el diseño de futuros ensayos.

Table 6. Effect of soil disinfection treatments on average commercial production (Pc) of strawberries during the first and second year of the trial. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos de desinfección del suelo en la producción comercial (Pc) promedio de frutilla, durante el primer y segundo año de ensayo. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Tratamiento/Cultivar	Pc (g.planta ⁻¹)	
	Año 2016	Año 2017
T	1256,1	408,7
MS	1318,7	810,9
DCP+T	1277,3	628,4
DCP	1358,2	692,3
San Andreas	1228,4	728,0
Sweet Ann	1376,7	542,1

T: Testigo, MS: metam sodio, DCP+T: dicloropropeno + cloropicrina + *T. harzianum*, DCP: dicloropropeno + cloropicrina.

En lo que respecta a la inoculación del suelo con *Trichoderma harzianum*, en el presente ensayo no se observaron diferencias en la Pc de fruta como resultado de su aplicación. Esta falta de efecto podría deberse a que la incorporación del hongo se realizó a los 8 y 10 meses posteriores a la desinfección química del suelo debido al momento de disponibilidad del material biológico, y para entonces, un número significativo de especies de bacterias y hongos podrían haber colonizado nuevamente el suelo y las raíces de las plantas (Duniway, 2002). En adición a esto, las plantas de frutilla presentaban un tamaño y número de coronas importante, lo que afectaría la correcta llegada del hongo y colonización de las raíces. Existen trabajos que reportan la aplicación de *Trichoderma* sp. mediante la inmersión de plantines (Khalil y Svensson, 2017) o su aplicación a través del riego por goteo de manera fraccionada y en un momento más cercano al trasplante. Estos métodos alternativos de aplicación podrían ser considerados en futuras investigaciones.

En cuanto a los cultivares, no hubo diferencias significativas para la Pc acumulada entre Sa y Sw en ninguno de los dos años de ensayo (A1: p=0,39; A2: p=0,4). En este trabajo, la productividad promedio de los dos cultivares se encontraron por encima de 1 kg.planta⁻¹ al final del primer año de cultivo. Esto difiere de lo reportado por Guan (2016), quien obtuvo un rendimiento promedio de 1,075 kg.planta⁻¹ para Sa y 0,734 kg.planta⁻¹ para Sw al final del primer año. Por otro lado, en lo que respecta a la distribución de la producción durante los ciclos productivos, Sw superó significativamente a Sa en los dos primeros meses de cosecha de A1 (noviembre y diciembre) y Sa fue superior en el primer mes de cosecha del segundo año (octubre) (p<0,05). En la Figura 6 se observa que la producción durante A1 tuvo una tendencia más estable en el tiempo respecto a A2. Por otro lado, durante el segundo año de producción se aprecia una mayor variabilidad de la Pc en el tiempo, sobre todo para el cultivar Sw.

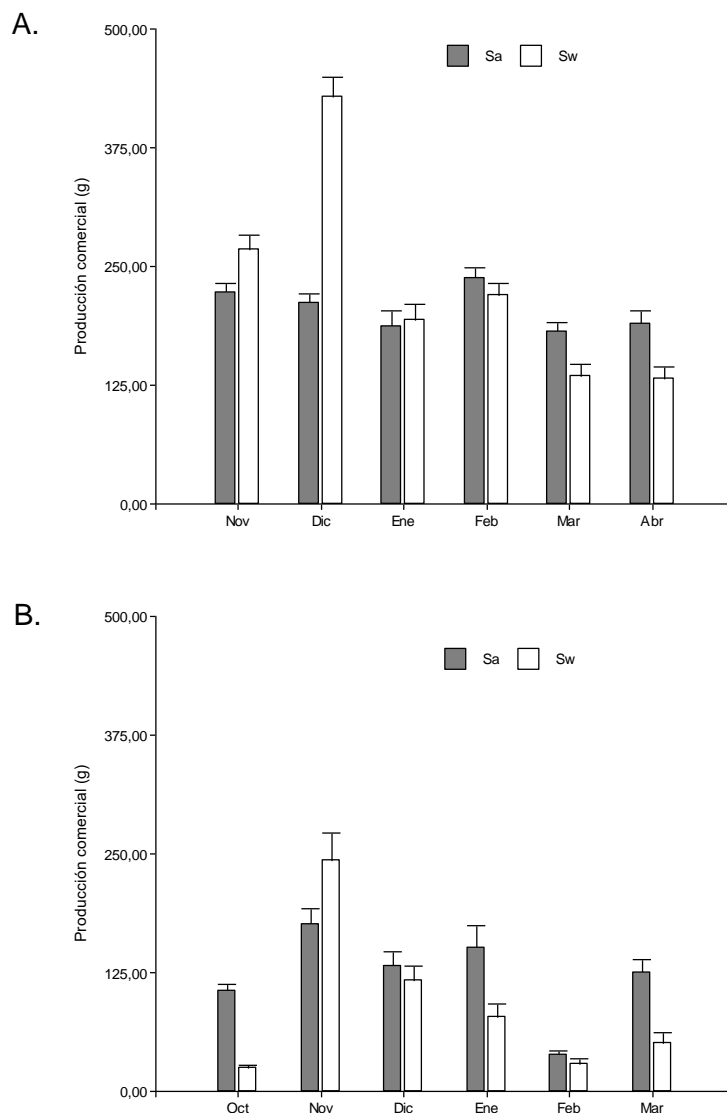


Figure 6: Monthly distribution of commercial production (g.plant⁻¹) for each cultivar (Sa: cultivar San Andreas, Sw: cultivar Sweet Ann) during the first (A) and second year of the trial (B). The bars indicate the standard error for each cultivar. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017.

Figura 6: Distribución mensual de la producción comercial (g.planta⁻¹) para cada cultivar (Sa: cultivar San Andreas, Sw: cultivar Sweet Ann) durante el primer (A) y segundo año de ensayo (B). Las barras indican el error estándar para cada cultivar. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017.

Tal como lo observado por Adlercreutz (2005), la cosecha de A2 fue más anticipada que A1 y alcanzó su punto máximo de rendimiento para ambos cultivares en noviembre. Orde y Sideman (2021) también reportaron precocidad en la producción durante el segundo año de cultivo, especialmente en plantas dispuestas bajo microtúneles. Por otro lado, la cosecha de A1 comenzó y finalizó un mes más tarde que A2 (Figura 6). En coincidencia con lo argumentado por este autor, la precocidad de A2 podría deberse al mayor desarrollo radical y vegetativo, mayor número de coronas y mayor acumulación de reservas en las raíces que habitualmente presentan las plantas de dos años al inicio del ciclo productivo. Esto sería equiparable a la

ventaja que generalmente posee realizar una plantación temprana en verano (febrero-marzo), respecto a una plantación de otoño (abril-mayo) (Chaitanya *et al.*, 2017; Kirschbaum *et al.*, 2017). La mayor mortandad de plantas y la menor Pc promedio de A2 respecto a A1 obtenidas en este ensayo podrían deberse al bajo contenido de MO que presentan los suelos del VBRC, a una mayor proliferación de organismos patógenos en el suelo durante el segundo año de producción, el cual no contó con ningún tipo de desinfección, y a la gran susceptibilidad a enfermedades y dependencia de la desinfección del suelo que presentan los cultivares de frutilla utilizados en la actualidad a nivel mundial (Duniway, 2002; Maas, 2004). En adición a esto, durante los meses de noviembre, diciembre y enero del segundo año las temperaturas fueron levemente superiores a la media histórica y las precipitaciones se encontraron muy por debajo de la media (Tablas 2 y 3), condiciones climáticas que podrían haber sido causa de estrés en las plantas y afectado negativamente a la producción comercial de fruta.

3.4. Producción de fruta chica y de descarte:

Se registró fruta no comercial (Nc), es decir, fruta chica (Ch) y de descarte (D), durante todos los meses de cosecha del ensayo. En cuanto a la producción de Ch, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos y cultivares para ninguno de los dos años. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre tratamientos para D, tanto en A1 como en A2. El descarte de fruta fue significativamente menor para el tratamiento T en los dos años de ensayo. Por otro lado, el principal motivo de fruta Nc en este ensayo fue la fruta Ch. Esta categoría de fruta, a pesar de no ser apta para comercializarse en el mercado en fresco debido a su tamaño reducido, podría ser una opción interesante para su procesamiento y agregado de valor.

Table 7: Production of small fruit and discards for each cultivar and treatment in the first and second year of the trial. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Tabla 7: Producción de fruta chica y de descarte para cada cultivar y tratamiento en el primer y segundo año de ensayo. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

Tratamiento/Cultivar	Producción de frutos no comerciales (g.planta ⁻¹)			
	Chicos		Descarte	
	Año 2016	Año 2017	Año 2016	Año 2017
T	267,7	225,1	158,9 b	79,7 b
MS	255,0	359,2	262,1 a	184,0 a
CDP+T	254,8	312,5	237,7 a	156,3 a
CDP	267,0	370,5	251,3 a	160,0 a
San Andreas	300,3	407,6	167,8	144,9
Sweet Ann	222,0	226,1	287,2	145,0

T: Testigo, MS: metam sodio, DCP+T: dicloropropeno + cloropicrina + *T. harzianum*, DCP: dicloropropeno + cloropicrina. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y cultivares para cada año ($p < 0,05$).

El principal motivo de descarte durante los dos años de ensayo fue por fruta deforme (Figura 7). Las principales causas de deformidad en frutos de esta especie están relacionadas con fallas en la polinización (Adlercreutz, 2005), y esto puede deberse a la ocurrencia de bajas temperaturas, a deficiencias de Boro en las plantas o a la ausencia de polinizadores en el cultivo. Teniendo en cuenta que en el presente ensayo se realizó un análisis foliar y la cantidad de Boro

se encontró dentro de los parámetros recomendados para la especie (90,8 mg.kg⁻¹) (Mc Leod y Aguila, 2019), disponer de colmenas en el área de cultivo, así como promover la presencia de polinizadores silvestres, podría favorecer el proceso de polinización y contribuir en la reducción del número de frutos deformes en próximos ensayos.

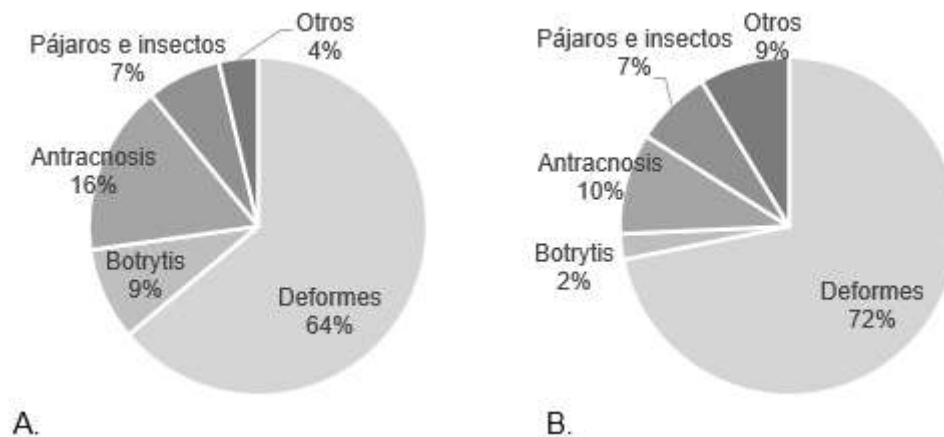


Figure 7: Reasons for discarding fruit in the first and second year of the trial (A and B, respectively). Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017.

Figura 7: Motivos de descarte de fruta en el primer y segundo año de ensayo (A y B, respectivamente). Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina, 2016 y 2017.

El segundo motivo de descarte fue enfermedades provocadas por *Botrytis* sp. y *Colletotrichum* sp., que afectan la calidad de fruta y su vida poscosecha. Estas fueron reportadas por Maas (2004) como las enfermedades de fruta más importantes para el cultivo de frutilla a nivel mundial y como las responsables del uso de grandes cantidades de fungicidas para su control. Ante esto, debe tenerse en cuenta que durante los primeros cuatro meses de A1 y los últimos dos de A2 las precipitaciones fueron muy superiores a la media histórica (Table 3: Average monthly and historical average rainfall in the study years for the test site (mm). Trial months are in bold. Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina. 2015.

Tabla 3). La elevada humedad relativa y las temperaturas medias levemente por encima de la media histórica para el período antes mencionado (Tabla 2) podrían haber influido positivamente en el desarrollo de estas enfermedades fúngicas, explicando sobre todo la mayor proporción de descarte por Antracnosis, dado que esta enfermedad genera podredumbre de frutos con temperaturas cálidas.

4. Conclusiones

En el área de estudio, la desinfección del suelo con los productos de síntesis química evaluados tendría un efecto positivo en el control de hongos de suelo que afectan al cultivo de frutilla y permitiría una mayor sobrevivencia de las plantas durante el segundo año de un cultivo bienal. Por otro lado, teniendo en cuenta la ausencia de efecto de los tratamientos y la gran variabilidad en el rendimiento observada durante el segundo año para la producción comercial de fruta, habría otros factores afectando la producción que no fueron determinados en este estudio. La inoculación con *Trichoderma harzianum* no tuvo efectos en el rendimiento ni en la

supervivencia de las plantas, lo cual posiblemente estuvo asociado al método y momento de aplicación.

Para las condiciones de este ensayo, la producción comercial de frutilla con cultivares de día neutro en el VBRC presentó mayor estabilidad en el tiempo durante el primer año de producción y, por otro lado, mayor precocidad en la cosecha durante el segundo año. No obstante, durante el segundo año la producción total y sobrevivencia de plantas se vieron notablemente afectadas. En cuanto a los cultivares, San Andreas y Sweet Ann no manifestaron diferencias en su respuesta en el rendimiento y sanidad ante los tratamientos de desinfección del suelo evaluados.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses.

6. Bibliografía

- Adlercreutz, E. (2005). *Cultivos anuales y bianuales de frutilla en el sudeste de la provincia de Buenos Aires: modificaciones en los parámetros de crecimiento*. [Tesis de Maestría en Cultivos Intensivos]. Universidad Nacional del Litoral. Argentina. 64 pp. Disponible en: [oai:bibliotecavirtual.unl.edu.ar/handle:11185/851](https://oai.bibliotecavirtual.unl.edu.ar/handle/11185/851)
- Adlercreutz, E. y Szczesny, A. (2008). Tratamientos de suelo alternativos al bromuro de metilo en el cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) realizadas por el Proyecto Tierra Sana en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. *Horticultura Argentina* 29(70): Sep.-Dic. 2010 (resumen).
- Ajwa, H.A., Klose, S., Nelson, S., Minuto, A., Gullino, M., Lamberti, F. y Lopez-Aranda, J.M. (2003). Alternatives to methyl bromide in strawberry production in the United States of America and the mediterranean region. *Phytopathologia Mediterranea* (42), 220-244.
- Amerio, N.S., Castrillo, M.L., Bich, G.A., Zapata, P.D. y Villalba, L.L. *Trichoderma* en la Argentina: Estado del arte. (2020). *Ecología Austral* (30); pp. 113-124.
- <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.945>
- Chaitanya, P., Joydeb, G. y Mokter, H. (2017). Effects of planting dates and variety on growth and yield of strawberry. *International journal of Horticulture, Agriculture and Food science* (1). 1-12. DOI:10.22161/ijhaf.1.4.1
- Conci, V.C., Luciani, C.E., Merino, M.C., Celli, M.G., Perotto, M.C., Torrico, A.K. y Kirschbaum, D.S. (2017). Advances in characterization and epidemiology of strawberry viruses and phytoplasmas in Argentina. *Acta Horticulturae* (1156). 801–810. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.118
- De Cal, A., Martínez-Treceño, A., Salto, T., López-Aranda, J.M. y Melgarejo, P. (2005). Effect of chemical fumigation on soil fungal communities in Spanish strawberry nurseries. *Applied Soil Ecology* 28 (1). 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.06.005>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dughetti, A.C., Kirschbaum, D.S. y Conci, V.C. (2017). Especies de virus y

- pulgonos encontrados en cultivos de frutilla en Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA* (43). 36-50.
- Duniway, J.M. (2002). Status of Chemical Alternatives to methyl bromide for pre-plant fumigation of soil. *Phytopathology* 92 (12). 1337–1343. DOI: 10.1094/PHYTO.2002.92.12.1337
- Guan, W. (2016). Evaluation of strawberry varieties for high tunnel production. Issue 617. Purdue University. Disponible en: <https://vegcropshotline.org/article/evaluation-of-strawberry-varieties-for-high-tunnel-production/>
- Khalil, S. y Svensson, B. (2017). Biological control of root pathogens in strawberry cultivation in tunnel. *Acta Horticulturae* (1156). 811–816. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.119
- Kirschbaum, D., Adlercreutz, E. y Gariglio, N. (2017). Growth and production patterns of strawberries grown in the atlantic coast of Argentina. *Acta Horticulturae* (1156). 941-946. DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1156.139
- Kirschbaum, D., Vicente, C.E., Cano-Torres, M.A., Gambardella, M., Veizaga-Pinto, F.K. y Antunes, L.E.C. (2017b). Strawberry in South America: from the Caribbean to Patagonia. *Acta Horticulturae* (1156). 947-956. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.140
- Luciani, C., Celli, M.G., Perotto, M.C., Adlercreutz, E., Kirschbaum, D., Meneguzzi, N., Soto, P., Pozzi, E. y Conci, V.C. (2016). Combinación de cuatro virus en plantas de frutilla en Argentina. *Horticultura Argentina* 35 (88): Sep.-Dic. 2016 (resumen).
- Maas, J.L. (2004). Strawberry disease management. En *Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II*. Ed. Springer. 441-483.
- Mairosser, A. (2013). Ensayo de variedades de frutilla en el Valle Bonaerense del Río Colorado. Campaña 2012-2013. EEA INTA Hilario Ascasubi. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/frutilla-en-el-valle-bonaerense-del-rio-colorado>
- Mairosser, A., Muscolino, C., Varela, P., Zazzetta, M., Bellacomo, C., Caracotche, V., Orden, L., García, F., Kiehr, M., Rodríguez, R. y Adlercreutz, E. (2016). Rendimiento comercial de dos variedades de frutilla en suelos con diferentes tratamientos en el Valle Bonaerense del Río Colorado. *Horticultura Argentina* 35 (88): Sep.-Dic. 2016 (resumen).
- Mairosser, A., Zazzetta, M. y Varela, P. (2018). Manual sobre manejo del cultivo de frutilla en el Valle Bonaerense del Río Colorado. *Boletín de divulgación* (28). Ediciones INTA. 53 pp. Disponible en: oai:localhost:20.500.12123/12027
- McLeod, C. y Aguila, K. (2019). Principales síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo de frutillas. Reporte técnico informativo N°92. INIA. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4974>
- Orde, K.M. y Sideman, R. (2021). Winter survival and second-year spring yields of day-neutral strawberry are influenced by cultivar and the presence of low tunnels. *HortTechnology*, 31(1), 77-88. DOI:10.21273/HORTTECH04734-20
- Pu, R.; Wang, P.; Guo, L.; Li, M.; Cui, X.; Wang, C.; Liu, Y. y Yang, Y. (2022). The Remediation Effects of Microbial Organic Fertilizer on Soil Microorganisms after Chloropicrin Fumigation. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 231, 113188. DOI:10.1016/j.ecoenv.2022.113188
- Qingjie, L., Daqi, Z., Zhaoxin, S., Lirui, R., Xi, J., Wensheng, F., Dongdong, Y., Yuan, L., Qiuxia, W. y Aocheng, C. (2022). Organic fertilizer activates soil beneficial microorganisms to promote strawberry growth and soil health after

fumigation. *Environmental Pollution* 15:295:118653.

Torrico, A., Salazar, S., Kirschbaum, D. y Conci, V. (2018). Yield losses of asymptomatic strawberry plants infected with strawberry mild yellow

edge virus. *European Journal of Plant Pathology* (150). 983-990.
DOI:10.1007/s10658-017-1337-z

Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.