
HORTICULTURA

Efecto de residuos compostados de industria láctea utilizados como sustrato en plántulas de pimiento

Fiasconaro, M. L.^{a*}; Lovato, M. E.^a; Gervasio, S.^a; Antolín, M. C.^b; Martin, C.^a

^a INTEC-CONICET Colectora Ruta Nac. N°168 km. 0 (Paraje El Pozo), Santa Fe, Argentina

^b Universidad de Navarra, Grupo de Fisiología del Estrés en Plantas (Dpto. de Biología Ambiental), Unidad Asociada al CSIC (EEAD, Zaragoza, ICVV, Logroño), Facultad de Ciencias y Farmacia, Universidad de Navarra, c/ Irunlarrea 1, Pamplona 31008, España.

* Corresponding author: mariafiasconaro@gmail.com.

Recibido: 31/10/2016

Aceptado: 30/04/2017

RESUMEN

Fiasconaro, M. L.; Lovato, M. E.; Gervasio, S.; Antolín, M. C. y Martin, C. 2017. Efecto de residuos compostados de industria láctea utilizados como sustrato en plántulas de pimiento. Horticultura Argentina 36 (89): 50-61.

El objetivo del trabajo fue analizar el impacto de diferentes dosis de compost, obtenido a partir de los residuos de grasas de la industria láctea mezclado con un sustrato comercial a base de turba (CS) en el desarrollo de plántulas de pimiento. Además, se buscó determinar los efectos de estas mezclas sobre la germinación de las plántulas de pimiento. El compost de grasas (FC) se obtuvo mediante el compostaje aeróbico de las aguas residuales de dicha industria mezcladas con restos de poda (chips de madera y césped). A fin de comprobar la madurez del compost, y de esta forma poder ser aplicado como sustrato, se preparó un extracto acuoso del mismo y se

analizó su fitotoxicidad en la germinación de semillas y desarrollo radicular. El resultado obtenido indicó un 99,7% de germinación relativa de las semillas y 74,10% de índice de germinación. Diferentes medios de cultivo se prepararon mezclando 0, 10, 20 y 40% de FC con CS. Los resultados mostraron que la aplicación de FC en CS, respectivamente, produjeron el aumento de la materia seca (DM) de las plantas. Las plántulas germinadas y desarrolladas en FC 40 alcanzaron 250 mg planta⁻¹ de MS. La aplicación de FC en la germinación y el desarrollo de las plántulas mostró una notable mejoría en cuanto al desarrollo en general, DM de la planta, relación altura / diámetro en tallo, área foliar y la concentración de clorofilas totales.

Palabras claves adicionales:
compost, proceso aeróbico, fitotoxicidad, sustrato orgánico.

ABSTRACT

Fiasconaro, M. L.; Lovato, M. E.; Gervasio, S.; Antolín, M. C. & Martin, C. 2017. Conditioning of dairy industry waste for use as substrate on pepper seedlings. *Horticulture Argentina* 36 (89): 50-61.

The aim of this study was to analyze the impact of different doses of compost obtained from fats waste of dairy industry mixed with a commercial peat-based substrate (CS) in the development of pepper seedlings. The effect of these mixtures on germination was also determined. Fat compost (FC) was obtained by the aerobic composting of sewage mixed with industry prunings (wood chips and grass). In order to check the maturity of compost, and thus, that it can be applied as a substrate, an aqueous extract thereof was prepared and

phytotoxicity in seed germination and root development was analyzed. The result indicated 99.7% relative seed germination and 74.10% of germination rate. Different culture media were prepared by mixing 0, 10, 20 and 40% of FC with CS. The results showed that the application of FC on CS respectively produced increased dry matter (DM) of plants. Seedlings germinated and developed in FC 40 reached 250 mg plant⁻¹ DM. The application of FC at germination and seedling growth showed a marked improvement in terms of development in general, DM plant, height / diameter stem, leaf area and the concentration of total chlorophylls.

Additional keywords: compost, aerobic process, phytotoxicity, organic substrate.

1. Introducción

La provincia de Santa Fe produce cerca de la mitad de la leche de toda la Argentina. Es por ello que las industrias lácteas son un componente importante dentro de la economía regional. Este tipo de industrias son una de las más contaminantes, no sólo en términos del volumen de aguas residuales generadas, sino también en términos de sus características. Las técnicas más comunes para el tratamiento de estas aguas residuales incluyen filtros de grasa, separadores de agua y aceite para separar los sólidos flotantes, y clarificadores para eliminar los lodos; además del tratamiento biológico que puede aplicarse (proceso aeróbico y anaeróbico). La Flotación por Aire Disuelto (DAF) es una tecnología relativamente simple que utiliza finas burbujas de aire para hacer flotar partículas de sólidos adjuntos (en su mayoría grasas) hacia la superficie de una célula de flotación para su eliminación en una corriente de aguas residuales. La gestión de los biosólidos DAF es complicado debido a su alto contenido de agua que deteriora los vertederos y no es adecuado para su incineración. Este tipo de residuos tiene propiedades similares a la de los lodos procedentes de las trampas de grasa y se espera que sean adecuados para el tratamiento biológico como compostaje aeróbico utilizando varios co-sustratos como agente de carga (aumento de volumen) y fuentes de C-N (es decir, virutas de madera y hierba verde). La degradación aeróbica de sólidos (compostaje) es un proceso ampliamente reconocido y utilizado, que da alternativa de tratamiento a diferentes residuos, ya que permite alcanzar una reducción substancial de la materia seca del orden del 60% y genera un producto final estabilizado que, dependiendo de su calidad, puede ser utilizado como mejorador de suelos (Sundberg & Jonsson, 2005; Cayuela *et al.*, 2009). En la actualidad, está ampliamente aceptada la necesidad de encontrar nuevas alternativas de sustitución parcial o total de la turba en la formulación de sustratos de crecimiento de las plantas para la horticultura y la producción de planta en maceta (Paradelo *et al.*, 2012; Restrepo *et al.*, 2013). Además, es importante destacar que los materiales orgánicos son las fuentes más seguras

de nutrientes para las plantas, sin ningún efecto perjudicial para los cultivos y el suelo (Hasanuzzaman *et al.*, 2010). El compost actúa como una fuente de nutrientes de liberación lenta, disponible para las plantas (Raviv, 2005) y evita las pérdidas de nutrientes en el medio ambiente (Giuffré *et al.*, 2011). Hay diversas razones para considerar el compostaje como una opción para la futura gestión de los residuos orgánicos: se trata de una tecnología que se puede utilizar en cualquier escala; los productos obtenidos se pueden vender en el mercado; es más flexible que la digestión anaeróbica y la incineración en términos de tamaño, tiempo para la planificación, construcción y de costos en la inversión (Sundberg, 2005; Mehta *et al.*, 2014). El producto final, el compost, es rico en sustancias húmicas estables y se puede utilizar como una enmienda del suelo o fertilizante orgánico (Zhang *et al.*, 2013).

Al igual que otros cultivos de hortalizas, el pimiento (*Capsicum annuum* L.) puede ser cultivado sobre sustratos convencionales tales como perlita, lana de roca, arena y otros sistemas de cultivo sin suelo, que han sustituido el cultivo tradicional que se cultiva en suelos agrícolas en el invernadero (Zhai *et al.*, 2009; Díaz-Pérez & Camacho-Ferre, 2010). El incremento de los conocimientos sobre los impactos económicos y ambientales adversos de la utilización de sustratos convencionales ha estimulado el interés en el uso de residuos orgánicos y subproductos agrícolas como sustratos de cultivo sin suelo (del Amor & Gómez-López, 2009; Lin *et al.*, 2009). Asimismo, no se ha encontrado evidencia sobre la utilización del compost de grasas como enmienda orgánica. El presente trabajo se centra en estudiar el impacto producido por las diferentes dosis de compost de residuos obtenidos a partir de grasas de la industria láctea mezclada con sustrato a base de turba comercial para el desarrollo de plantas de pimiento. Además, esta investigación intentó determinar los efectos de estas mezclas sobre la germinación y el desarrollo de las plántulas de pimiento hasta al trasplante.

2. Materiales y Métodos

2.1. El compost: proceso y caracterización

El compost utilizado en este estudio se obtuvo a partir del procesamiento aeróbico de la grasa de las aguas residuales de la industria láctea, chips o virutas de madera y recortes de césped verde. Los residuos de grasas se obtuvieron como resultado de un proceso de flotación por aire disuelto de una industria láctea local. Los chips de madera se utilizaron como agente de carga y se recolectaron en el campus de CONICET- Santa Fe (Argentina). Las proporciones de mezcla fueron: grasa (53%), virutas de madera (35%), hierba verde (12%). El proceso de compostaje se llevó a cabo en escala piloto, con controles diarios de temperatura y humedad. Durante el período de aumento de la actividad microbiana la mezcla a compostar se homogeneizó manualmente cuando se registraba un descenso de la temperatura, con el objetivo de proporcionar aireación y para mejorar la homogeneidad de los materiales, lo que favorece el proceso de compostaje. La temperatura de la mezcla fue registrada cada 1 hora de manera automática utilizando registradores térmicos (Temperature datalogger – Hanna Instrument). El proceso de compostaje duró 8 meses, hasta la etapa de maduración. Se añadió agua desionizada manualmente a la mezcla de compostaje cuando fue necesario con el fin de mantener el contenido de humedad en el intervalo óptimo para el compostaje (40-60%) (Haug, 1993). Todo el proceso de compostaje se produjo a temperatura ambiente, entre 15°C y 25°C.

El pH y la conductividad eléctrica (EC) se midieron en una solución acuosa (1:10 w / v) (Laos *et al.*, 2002). El contenido de nitrógeno se determinó mediante el método de Kjeldahl. El potasio

(K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y sodio (Na) se extrajeron siguiendo el método EPA 200.2 y luego se analizó por espectrometría de absorción atómica (AAS). Las muestras de mezcla se analizaron por AAS por llama. La materia orgánica (OM) y el porcentaje de cenizas se determinaron por combustión seca a 550°C durante 4 h. El carbono orgánico total se determinó a partir OM utilizando un factor de correlación (Barrington *et al.*, 2002). La prueba de fitotoxicidad realizada en el Compost de Grasa(FC) y sustrato comercial a base de turba (CS) consistió en una prueba de germinación utilizando semillas de rabanito (*Raphanussativus* L.) en extractos acuosos de ambos sustratos (Bertran *et al.*, 2004). Se utilizó agua desionizada como control. Se calcularon los porcentajes correspondientes a la de germinación relativa de semilla (RSG), crecimiento relativo de la raíz (RRG%), y el índice de germinación (IG%) (Zucconi *et al.*, 1981; Kumar *et al.*, 2010). Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado.

2.2. Semillero: crecimiento y desarrollo.

En el campus de CONICET – Santa Fe, situado en la Colectora Ruta Nacional 168, km 0, Paraje El Pozo se probaron cuatro medios de cultivo para semillas de pimiento en un invernadero experimental. Dichos medios de cultivos fueron dispuestos en bandejas. A modo de control se utilizó sustrato comercial a base de turba (CS). Los diferentes sustratos (mezclas) se prepararon mezclando 0-10-20-40% de FC con CS (v:v %) (CS= 100% sustrato comercial; FC 10= 10% FC: 90% CS; FC 20=20% FC: 80% CS; FC 40= 40% FC: 60% CS). Para este experimento, se utilizaron bandejas de cultivo de 36 celdas con capacidad de 0,4 l por celda. Tres bandejas replicas se llenaron de cada sustrato (tratamiento), las mismas fueron ubicadas de forma aleatoria en bloques. Siendo que cada bloque constaba de una bandeja réplica de cada tratamiento analizado. Se sembró en cada celda una semilla de *Capsicum annuum* L. cv Paco, híbrido F1 (variedad dulce). Las bandejas se humedecieron periódicamente con agua del grifo, alcanzando la capacidad de campo de los sustratos donde se desarrollaron las plántulas de pimiento. Durante el período de crecimiento de 40 días en semillero, no se aplicó fertilizante por lo que las plántulas obtuvieron sus requerimientos nutricionales en su totalidad de los sustratos. Se cosecharon las plántulas de pimiento 45 días después de la siembra. La altura del total de plántulas por tratamiento fue tomada semanalmente desde su germinación hasta el momento de la cosecha. Las clorofilas foliares se calcularon siguiendo las ecuaciones de Lichtenthaler (1987). Las proteínas solubles totales (TSP) se analizaron por el método de Bradford (1976). Los azúcares solubles totales (TSS) se analizaron siguiendo el método de la Antrona descrito por Yemm & Willis (1954). Se determinaron la relación altura / diámetro (H / D), el área foliar por planta; área foliar específica; y la relación de área de la hoja (LAR). La materia seca (DM) se obtuvo secando muestras a 85°C hasta masa constante. El experimento se repitió dos veces bajo las mismas condiciones de cultivos y siguiendo la misma metodología. Los datos de ambas repeticiones fueron analizados en forma agrupada (total de nueve plantas por tratamiento).

3. Resultados

3.1. Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje

En la Figura 1 se puede observar la evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje de los residuos obtenidos de la industria láctea. En dicha figura se puede distinguir la forma característica del comportamiento de la temperatura en el proceso de compostaje. Inicialmente hay un aumento de temperatura relativamente rápido, seguido por un pico de temperatura

máxima luego del cual desciende gradualmente. Durante los primeros 10 días del proceso, la actividad microbiana fue mayor debido a la disponibilidad de residuo para degradar, lo que provocó el aumento de la temperatura. Posteriormente descendió hasta igualarse a la temperatura ambiente. Las caídas bruscas de temperaturas (señaladas con flechas) corresponden a los volteos manuales que fueron aplicados según el comportamiento de la mezcla.

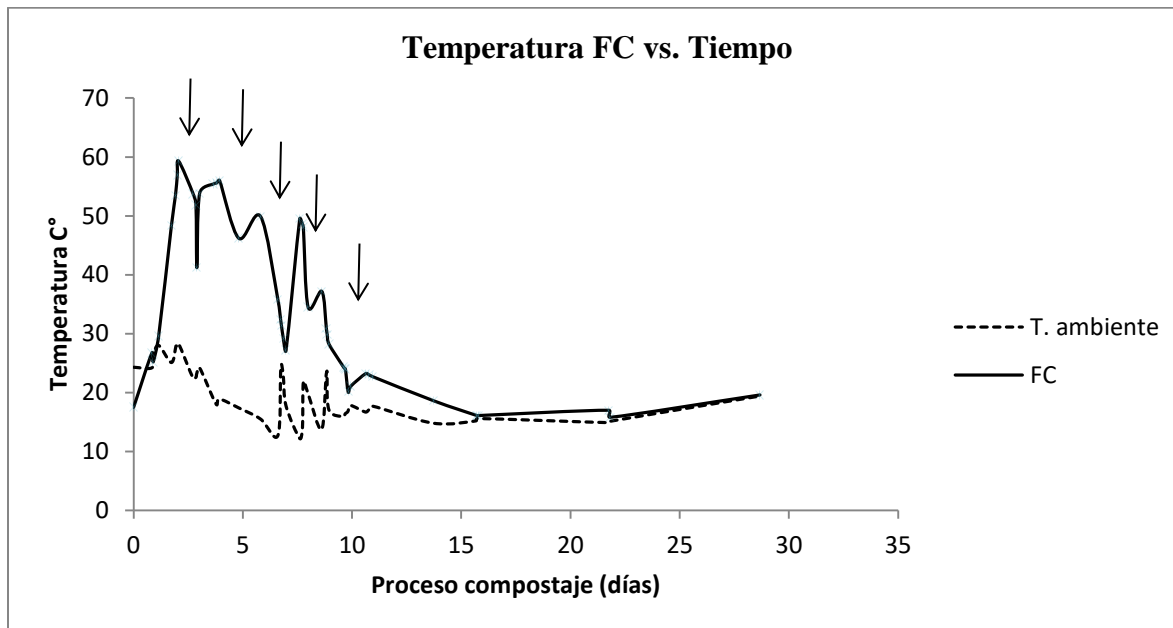


Figura 1. Evolución de la temperatura de la mezcla (FC) en función del tiempo (días).

3.2. Propiedades de compost y ensayo de germinación

Las principales propiedades del sustrato comercial (CS) utilizados se muestran a continuación en la Tabla 1. Las principales propiedades del compost (FC) se detallan a continuación: pH 7.68; CE: 3.72 mS cm⁻¹; N_{kjeldhal} 2.77 %; K: 135.68 g kg⁻¹; Mg: 5.97 g kg⁻¹; Na: 40.38 g kg⁻¹; Ca: 153.50 g kg⁻¹; C: 43.35 %; MO: 78.03 %; C/N: 15.65; Cenizas: 21.96 %. En CS se determinó pH: 6.25; CE: 0.61 mS cm⁻¹; N_{kjeldhal}: 0.92 %; K: 12.5 g kg⁻¹; Mg: 2.22 g kg⁻¹; Na: 4.01 g kg⁻¹; Ca: 96.49 g kg⁻¹; C: 25.41 %; MO: 45.73 %; C/N: 27.62; Cenizas: 54.27 %.

La adición de FC mejoró la fertilidad de los sustratos de cultivo debido a las mayores concentraciones de macronutrientes disponibles y la materia orgánica en relación con el incremento de las dosis de FC. También dio lugar a un aumento de las concentraciones de metales pesados (Cr, Ni y Zn) en los medios de cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Principales propiedades del sustrato comercial (CS) y de los diferentes medios de cultivo preparados con compost de grasa (FC) al final del período del experimento.

Propiedades	CS	FC 10	FC 20	FC 40
N _{kjeldhal} (%)	1.02 ± 0.03c	1.19 ± 0.02c	1.54 ± 0.04b	1.97 ± 0.07a
K (g kg ⁻¹)	12.27 ± 2.02bc	9.26 ± 0.32c	15.92 ± 0.07b	40.12 ± 1.02a
Mg (mg kg ⁻¹)	4.27 ± 0.15c	10.33 ± 0.25a	6.03 ± 0.19b	7.16 ± 0.76b
Na (g kg ⁻¹)	7.73 ± 0.73b	7.34 ± 0.07b	7.62 ± 0.12b	14.22 ± 0.23a
Ca (mg kg ⁻¹)	136.74 ± 17.66b	136.03 ± 7.48b	166.97 ± 4.74ab	195.86 ± 4.72a
C (%)	24.03 ± 1.44b	26.96 ± 3.48b	35.71 ± 0.76a	37.88 ± 0.04a
OM (%)	43.23 ± 2.57b	48.53 ± 6.26b	64.3 ± 1.38a	68.20 ± 0.06a
Cu (mg kg ⁻¹)	29.17 ± 0.87ab	31.09 ± 1.19a	33.27 ± 0.48a	25.85 ± 1.37b
Cr (mg kg ⁻¹)	35.27 ± 0.91b	43.93 ± 1.64ab	39.12 ± 4.25ab	50.97 ± 3.62a
Ni (mg kg ⁻¹)	34.01 ± 1.30b	47.89 ± 1.47a	45.43 ± 1.07a	51.27 ± 2.07a
Pb (mg kg ⁻¹)	0.83 ± 0.06a	0.91 ± 0.04a	0.88 ± 0.01a	0.99 ± 0.09a
Zn (mg kg ⁻¹)	1.66 ± 0.14d	43.33 ± 0.86c	54.71 ± 2.3b	83.58 ± 1.68a

OM: materia orgánica. Cada dato se encuentra seguidos por una letra diferente, indicando las diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. Los valores representan la media ± S. E. (n = 9 sustratos utilizados).

Los resultados de la prueba de germinación se presentan en la Tabla 2 y muestran que el 100% de germinación relativa de semillas se consiguió para el extracto de FC y el 99,17% para el extracto de CS. El valor de crecimiento de las raíces relativa e índice de germinación en el extracto de CS fue aproximadamente el doble que en el extracto de FC.

Tabla 2. Resultados de la prueba de germinación del compost de grasa (FC) y el sustrato comercial (CS) sobre semillas de rabanito.

Parámetros	Control	FC	CS
pH	5.85	7.68	6.25
Semillastotales	135	135	135
Semillasgerminadas	120	124	120
Longitud radicular media (cm)	7.29	4.28	12.08
RSG (%)	-	100.00	99.17
RRG (%)	-	73.35	165.67
GI (%)	-	74.10	165.04

RRG: germinación relativa de las semillas. RRG: crecimiento relativo de las raíces. GI: índice de germinación.

3.3. El desarrollo de las plántulas

En la Figura 2 se puede observar que aquellas plántulas que crecieron en los medios de cultivo con mayor dosis de compost FC presentaron una mayor longitud que aquellas que se desarrollaron en el sustrato comercial (CS). Asimismo, las alturas medias de los tratamientos FC 20 y FC 40 no presentaron diferencias significativas entre ellas en los días 14 y 22, pero las diferencias fueron significativas en sus alturas en los dos últimos días registrados siendo de mayor altura las plántulas crecidas en FC 20.

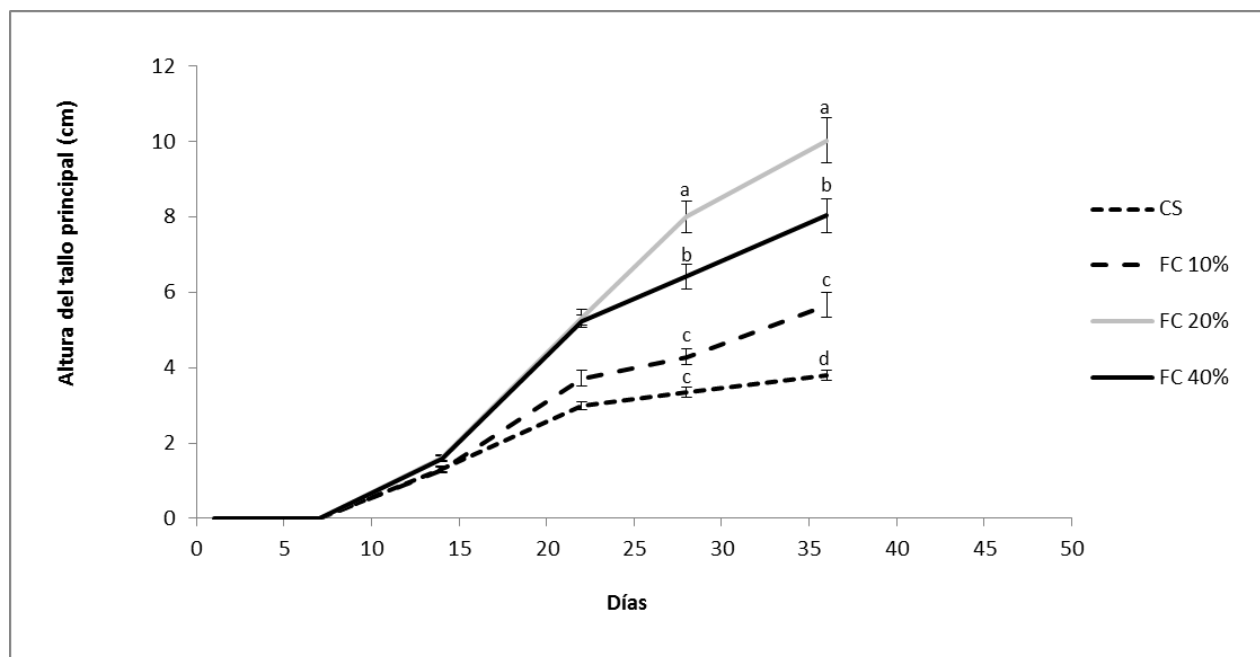


Figura 2. Altura media de tallos de plántulas de pimienta durante el crecimiento.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. Las barras representan la media \pm S. E. ($n = 9$ plántulas de pimienta).

Las características de crecimiento de las plántulas de pimienta se observan en la Tabla 3. Teniendo en cuenta los resultados, puede decirse que la adición de cantidades crecientes de FC al sustrato incrementó significativamente el área de la hoja, la materia seca de la planta (DM) y la relación altura / diámetro del tallo de las plántulas de pimienta; siendo interesante considerar la falta de diferencia entre CS y FC 10 en el caso de la relación altura / diámetro. Por el contrario, SLA y LAR de plántulas tendieron a disminuir en FC 20 y FC 40. Por otro lado, el contenido de clorofila de las hojas aumentó en plántulas de pimienta en relación con el aumento de las dosis de FC aplicado. Sin embargo, las concentraciones de azúcares solubles totales (TSS) en hojas disminuyó significativamente en todos los tratamientos modificados con FC (aumento de la proporción de compost en la mezcla final), y las proteínas solubles totales (TSP) se redujeron en las plántulas cultivadas en FC 40.

Tabla 3. Principales características de las plántulas de pimienta y hojas de plántulas de pimienta cultivadas en sustrato comercial (CS) y diferentes medios de cultivo preparados con compost de grasa (FC).

Características	CS	FC 10	FC 20	FC 40
DM Total (mg planta^{-1})	$35.92 \pm 3.47d$	$81.22 \pm 6.62c$	$162.78 \pm 5.72b$	$248.15 \pm 12.41a$
Altura/diámetro Tallo	$28.34 \pm 0.83b$	$33.89 \pm 3.01b$	$50.11 \pm 2.49a$	$55.09 \pm 2.39a$
Área foliar ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$)	$7.04 \pm 0.47d$	$30.20 \pm 3.29c$	$39.53 \pm 1.20b$	$48.01 \pm 1.85a$
SLA ($\text{cm}^2 \text{g MS hoja}^{-1}$)	$596.89 \pm 41.60a$	$543.06 \pm 41.20a$	$369.4 \pm 13.9b$	$424.7 \pm 25.65b$
LAR ($\text{cm}^2 \text{g MS total}^{-1}$)	$44.04 \pm 3.41c$	$79.19 \pm 4.12a$	$59.61 \pm 4.46b$	$55.26 \pm 4.69bc$
Clorofilas totales (mg m^{-2})	$166.37 \pm 4.15c$	$187.5 \pm 11.54c$	$260.73 \pm 25.7b$	$363.48 \pm 26.18a$
TSS Hojas (mg g MS^{-1})	$81.84 \pm 2.77a$	$54.26 \pm 2.52b$	$59.06 \pm 5.91b$	$50.55 \pm 2.96b$
TSP Hojas (mg g MS^{-1})	$28.04 \pm 2.34a$	$21.96 \pm 2.09a$	$23.02 \pm 16.12a$	$15.18 \pm 0.99b$

Cada dato se encuentra seguidos por una letra diferente, indicando las diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. Los valores representan la media \pm S. E. ($n = 9$ plántulas de pimiento).

4. Discusión

De acuerdo con estudios previos, la temperatura es uno de los principales factores de control en el proceso de compostaje (Banegas *et al.*, 2007). Las altas temperaturas son esenciales para la destrucción de organismos patógenos, y la descomposición de la materia orgánica es más rápida en el intervalo de temperaturas termófilas (Chen *et al.*, 2014). Coincidiendo con Morales *et al.* (2016), la evolución de la temperatura de la mezcla compostada fue similar a las que ellos reportan en su trabajo de investigación. Estos autores, informan que la fase termófila (por encima de 40°C) se alcanzó en los primeros cinco días en todas sus mezclas, lo que refleja la rápida iniciación del proceso, y se mantuvo durante aproximadamente dos semanas. En las condiciones de ensayo, la fase termófila fue alcanzada al segundo día de iniciado el proceso de degradación aeróbica y duró aproximadamente 10 días. Este comportamiento también se observó en los estudios de co-compostaje de lodos utilizando diferentes agentes de carga (Doublet *et al.*, 2011; Himanen & Hanninen, 2011). En general, después del último volteo, la temperatura comenzó a disminuir, acercándose a la temperatura ambiente, probablemente debido al agotamiento de los componentes fácilmente biodegradables (Varma & Kalamdhad, 2015).

El requisito principal para que el compost pueda ser utilizado de forma segura en el suelo es un alto grado de estabilidad o madurez, lo que implica una estabilidad de la materia orgánica contenida y la ausencia de compuestos fitotóxicos y patógenos de plantas o animales (Bertran *et al.*, 2004). Es fundamental que este requisito de madurez se cumpla, ya que los problemas que más frecuentemente son citados en la bibliografía respecto del uso del compost en el medio de cultivo incluyen el compost inestable o inmaduro, alta concentración de sales solubles y baja capacidad de retención de agua (Carmona *et al.*, 2012). La tasa de germinación y el índice de germinación (GI) se utilizan comúnmente para evaluar la fitotoxicidad del abono ya que es un problema asociado con compost inmaduros. Zucconi *et al.* (1981, 1985) informó que el compost con valores de GI superiores a 80% indicarían la ausencia de fitotóxicos y se considera que ha completado la madurez, en cambio valores de GI inferiores a 60% indicaría la estabilización incompleta de la materia orgánica y por lo tanto la presencia de sustancias tóxicas. En el presente estudio, el IG del sustrato abonado con FC fue ligeramente inferior a los valores reportados por Zucconi *et al.* (1981, 1985) como óptimo, pero la tasa de germinación fue similar a la del sustrato comercial. En general, la sustitución de la turba con cantidades moderadas de compost produce efectos beneficiosos sobre el crecimiento de las plantas. Además, los compost son capaces de mejorar el crecimiento de las especies de plantas hortícolas lo que puede esperarse debido al aporte de nutrientes (Grigatti *et al.*, 2007; Killi & Kavdir, 2013; Restrepo *et al.*, 2013). Los compost son posibles sustitutos de fertilizantes minerales para la agricultura sostenible. Ellos son comúnmente aplicados para compensar la pérdida de materia orgánica y el agotamiento de nutrientes. La adición de FC incrementó la biomasa en plántulas de pimiento, coincidiendo con los datos reportados por otros autores (Pérez-Murcia *et al.*, 2006; Díaz-Pérez & Camacho-Ferre, 2010); esta situación se ha atribuido a la gran entrada de los nutrientes proporcionados por el compost, especialmente N y K. En general, los resultados de este ensayo mostraron que la tasa creciente de compost en los medios de cultivo indujo un aumento en la materia seca de las plantas, el índice altura / diámetro del tallo y el área foliar en plántulas de pimiento. Herrera *et al.* (2008) reportaron que la relación altura / diámetro de las plántulas de tomate fue mayor en

aquellos que crecieron en un medio de cultivo de turba rubia, perlita y compost de residuos urbanos sólidos. Por el contrario, Bustamante *et al.* (2008) mostraron que el aumento de las tasas de compost produce una disminución en el crecimiento de las plantas, a pesar del aumento en la concentración de nutrientes de estos medios, probablemente debido al aumento de la CE. Lazcano *et al.* (2009) indicaron que la sustitución de la turba por el compost incrementó la biomasa aérea y la biomasa de las raíces de las plántulas de tomate, en comparación con los datos sustrato comercial. Resultados también indican un aumento de la biomasa con las dosis más altas (FC 40). El índice de SLA sirve para evaluar la resistencia al estrés de trasplante, que aumenta a medida que disminuye SLA. El índice de LAR también se utiliza para evaluar la resistencia de las plántulas en el trasplante (Herrera *et al.*, 2008). En esta investigación, las plántulas de pimiento se vieron afectadas según las diferentes dosis de FC y sustratos de cultivo. El SLA y LAR fueron más bajos en las plántulas de pimiento cultivadas con FC 40 y FC 20. Herrera *et al.* (2008) menciona que la adición de compost de residuos sólidos urbanos no produjo diferencias significativas en el área foliar específica (SLA) o en la relación de área foliar (LAR). Además, Díaz - Pérez & Camacho-Ferre (2010) informaron de un aumento de SLA por la presencia de compost en comparación con turba o sustrato habitual de vivero. En el presente estudio, la disminución de SLA y LAR coincidió con una mayor concentración de clorofilas totales en estos tratamientos.

5. Conclusiones

Este estudio muestra por un lado que los residuos de la industria láctea obtenidos a partir del proceso DAF pueden ser compostados satisfactoriamente obteniendo un producto final de alta calidad. Además, en este estudio se demuestra que la aplicación de compost de grasa en diferentes dosis para plántulas de pimiento provocó impactos positivos. El principal impacto fue la mejora del crecimiento de las plántulas en bandejas de cultivo debido a la disponibilidad de nutrientes en el compost. Específicamente, la aplicación de FC aumentó MS de la planta, la relación altura / diámetro en tallo, área foliar y la concentración de clorofilas totales. Todos estos parámetros mejoraron con dosis crecientes de FC. Estos hallazgos sugieren que es posible sustituir el sustrato comercial (a base de turba) con compost de grasa para la producción de plantas de pimiento en viveros comerciales. Además, las dosis aplicadas no causaron daño aparente o deficiencia nutricional en plántulas de pimiento. Se considera importante continuar con el estudio de los efectos este tipo de compost en aplicaciones sucesivas sobre plantas, así como también bajo condiciones de estrés hídrico. Por otro lado, esta investigación muestra la efectividad de la reutilización de un residuo a partir del proceso de compostaje para obtener un producto libre de fitotoxinas y que contribuye a mejorar un cultivo de interés agronómico en la zona.

6. Bibliografía

- Banegas, V.; Moreno, J. I.; Garcia, C.; León, G. & Hernandez, T. 2007. Composting anaerobic and aerobic sewage sludge using two proportions of sawdust. *Waste Management*. 24, 1317-1327.
- Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M. & Knigth, W. 2002. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresource Technology*. 83, 189-194.
- Bertran, E., Sort, X., Soliva, M. & Trillas I. 2004. Composting winery waste: sludges and grape stalks. *Bioresource Technology*. 95, 203-208.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72, 248-254.
- Bustamante, M.A., Paredes, C., Moral, R., Agulló, E., Pérez-Murcia, M.D. & Abad, M. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Resources, Conservation and Recycling*. 52, 792-799.
- Carmona, E., Moreno, M. T., Avilés, M. & Ordovás, J. 2012. Use of grape marc compost as substrate for vegetable seedlings. *Scientia Horticulturae*. 137, 69-74.
- Cayuela, M.L.; Mondini, C.; Insman, H.; Sinicco, T. & Franke-Whittlec, T. 2009. Plant and animal wastes composting: Effects of the N source on process performance. *Bioresource Technology*. 3097-3106.
- Chen, Y.; Yu, F.; Liang, S.; Wang, Z.; Liu, Z. & Xiong, Y. 2014. Utilization of solar energy in sewage sludge composting: fertilizer effect and application. *Waste Management*. 34, 2014-2021.
- Del Amor, F. M. & Gómez-López, M. D. 2009. Agronomical response and water use efficiency of sweet pepper plants grown in different greenhouse substrates. *HortScience*. 44, 810-814.
- Díaz-Pérez, M. & Camacho-Ferre, F. 2010. Effect of Composts in Substrates on the Growth of Tomato Transplants. *Hort Technology*. 20, 361-367.
- Doublet, J.; Francou, C.; Pointrenaud, M. & Houot, S. 2011. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter matter stability and N availability. *Bioresource Technology*. 102, 1298-1307.
- Díaz-Pérez, M. & Camacho-Ferre, F. 2010. Effect of Composts in Substrates on the Growth of Tomato Transplants. *Hort Technology*. 20, 361-367.
- Giuffré, L., Romaniuk, R., Ríos, R. P. & Zubillaga, M. M. 2011. Sustainable management in pecan cultivation in Argentina. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 23, 243-248.
- Grigatti, M., Giorgonni, M. E. & Ciavatta, C. 2007. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technology*. 98, 3526-3534.
- Haug, R.T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U., Rahmatullah, N. M., Akhter, N., Nahar, K. & Rahman, M. L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryzasativa* L.) as affected by application of different manures. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 22, 46-58.

- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J. L. & García, C. 2014. Towards a more sustainable fertilization: Combined use of compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 196, 178-184.
- Herrera, F., Castillo, J. E., Chica, A. F. & López-Bellido, L. 2008. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Bioresource Technology*. 99, 287-296.
- Himanen, M. & Hänninen, K. 2011. Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges – Effect of feedstock on the process and quality of compost. *Bioresource Technology*. 102, 2842-2852.
- Killi, D. & Kavdir, Y. 2013. Effects of olive solid waste and olive solid waste compost application on soil properties and growth of *Solanum lycopersicum*. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 82, 157-165.
- Kumar, M., Ou, Y. L. & Lin, J. G. 2010. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Management*. 30, 602-609.
- Lazcano, C., Arnold, J., Tato, A., Zaller, J. G. & Domínguez, J. 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 7, 944-951.
- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembranes, in: S.P. Colowick, N.O. Kaplan (Eds.), *Methods in Enzymology*, vol. 148, Academic Press, San Diego, pp. 350-382.
- Laos, F., Mazzarino, M. J., Walter, I., Roselli, L., Satti, P., Moyano, S., 2002. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. *Technol Bioresour*. 81, 179–186.
- Lin, W., Frey, D., Nigh, G. D. & Ying, C. C. 2009. Combined analysis to characterize yield pattern of greenhouse-grown red sweet peppers. *HortScience*. 44, 362-365.
- Mehta, C. M., Palni, U., Franke-Whittle, H. I. & Sharma, A. K. 2014. Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste Management*. 34, 607–622.
- Morales, A. B.; Bustamante, M. A.; Marhuenda-Egea, F. C.; Moral, R. & Ros, M. 2016. Agri-food sludge management using different co-composting strategies: study of the added value of the compost obtained. *Journal of Cleaner Production*. 121, 186-197.
- Paradelo, R., Moldes, A. B., González, D. & Barral, M.T. 2012. Plant test for determining the suitability of grape marc composts as components of plant growth media. *Waste Management. Res.* 30, 1059-1065.
- Pérez-Murcia, M. D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Espinosa, A. & Paredes, C. 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology*. 97, 123–130.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A minireview. *Hort Technology*. 15, 52-57.
- Restrepo, A.P., Medina, E., Pérez-Espinosa, A., Agulló, E., Bustamante, M. A., Mininni, C., Bernal, M. P. & Moral, R. 2013. Substitution of Peat in Horticultural Seedlings: Suitability of Digestate-Derived Compost from Cattle Manure and Maize Silage Codigestion. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 44, 668-677.

- Sundberg, C. 2005. Improving Compost Process Efficiency by Controlling Aeration, Temperature and PH. Doctoral Thesis No. 2005:103, Faculty of Natural Resources and Agriculture, Swedish University of Agricultural Sciences. Pp.10, 11, 16-17.
- Sundberg C. & Jonsson, H. 2005. Process inhibition due to organic acids in fed-batch composting of food waste – influence of starting culture. *Biodegradation*. 16, 205-213.
- Varma, V. S. & Kalamdhad, A. S. 2015. Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 12 (6), 2015-2024.
- Yemm, E. W. & Willis, A. J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*. 57, 508-514.
- Zhai, Z., Ehret, D.L., Forge, T., Helmer, T., Lin, W., Dorais, M. & Papadopoulos, A.P. 2009. Organic fertilizers for greenhouse tomatoes: productivity and substrate microbiology. *HortScience*. 44, 800-809.
- Zhang, L.; Sun, X.; Tian, Y. & Gong, X. 2013. Effects of brown sugar and calcium superphosphate on the secondary fermentation of green waste. *Bioresource Technology*. 131, 68-75.
- Zucconi, F.M., Pera, A., Forte, M. & De Bertoldi, M. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle* 22, 54-57.
- Zucconi, F., Monaco, A., Forte, M. & De Bertoldi, M. 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. In: Gasser, J.K.R. (Ed.), *Composting of Agricultural and other Wastes*. Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 73-86.