

Fertilización nitrogenada en plantines de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados en sustratos con diferentes proporciones de materiales compostados: efecto sobre los parámetros de calidad del plantín

Nitrogen fertilization in sweet pepper seedlings (*Capsicum annuum* L.) grown in substrate with different proportions of composted materials: effect on the seedlings quality parameters

Javier De Grazia ¹
Pablo Adrián Tittonell ²
Ángel Chiesa ³

Originales: Recepción: 21/10/2009 - Aceptación: 20/11/2010

RESUMEN

La etapa inicial en el crecimiento de los plantines constituye el momento más crítico en su producción. Los materiales compostados pueden resultar beneficiosos por el aporte de nutrientes y la mejora en la condición física del medio de crecimiento. Para evaluar el efecto de sustratos preparados con y sin materiales compostados [Testigo (60% turba de *Sphagnum*+40% perlita); Mezcla I (45% turba de *Sphagnum*+30% perlita+25% material compostado); Mezcla II (30% turba de *Sphagnum*+20% perlita+50% material compostado) y un sustrato Comercial (turba de *Sphagnum*+40% compost+perlita+vermiculita)], sobre la nutrición inicial de plantines de pimiento (*Capsicum annuum* L.), se realizó un ensayo fertilizando con 0, 150 y 300 mg N L⁻¹. Se determinaron altura, diámetro del tallo y pesos frescos y secos de hoja, tallo y raíz. Se calculó relación vástago/raíz y hoja/tallo en fresco y seco, y porcentual de materia seca. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Los materiales compostados mejoraron la calidad de los plantines, los cuales no fueron afectados cuando

ABSTRACT

The initial stage of seedling growth represents a critical period in the production of quality transplants for horticultural crops. The use of low-cost recycling materials such as compost may help improve nutrient availability and the physical conditions in the root zone. To evaluate the effect of substrates prepared with and without composted material [witness (60% peat of *Sphagnum*+40% perlite); mix I (45% peat of *Sphagnum*+30% perlite+25% composted material); mix II (30% peat of *Sphagnum*+20% perlite+50% composted material) and a commercial substrate (*Sphagnum* peat +40 %compost+perlite+vermiculite)] on initial nutrition of seedlings of pepper (*Capsicum annuum* L.), a trial was carried out fertilizing with 0, 150 and 300 mg N L⁻¹. The transplant quality parameters height, stem basal diameter and fresh and dry weight of leaves, stems and roots, and their dry matter content were determined. The presence of compost in the substrate improved transplant quality, which was not further improved by application of

- 1 Cát. de Edafología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta Provincial N° 4 km 2. (1836) Llavallol, Buenos Aires, Argentina. degrazia@agrarias.unlz.edu.ar
- 2 Avenue Agropolis - TA B-102/02, 34398 Montpellier Cedex 5, France. pablo.tittonell@cirad.fr
- 3 Cát. de Horticultura y Floricultura. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. chiesa@agrarias.unlz.edu.ar

se aplicó N a los sustratos con compost, y sólo se observaron leves mejoras en el crecimiento de los plantines al fertilizar los sustratos carentes de compost, debido a su escasa retención hídrica y elevada lixiviación de N.

mineral N. N fertilization of transplants growing on the substrates without compost improved their quality only slightly, due to the poor water and N retention of such substrates.

Palabras clave

Capsicum annuum L. • compost • medio de crecimiento • nitrógeno

Keywords

Capsicum annuum L. • compost • growing medium • nitrogen

INTRODUCCIÓN

La técnica de producción de pimientos más difundida en Argentina consiste en la obtención de plantines -por adquisición o propia producción- cultivados sobre diversos sustratos en contenedores de diferentes tipos y materiales, y su posterior transplante a campo o bien bajo invernáculo. La producción forzada de plantines y su comercialización es, por otra parte, el procedimiento estándar en los países europeos y el más difundido en los Estados Unidos durante los últimos años (17).

La etapa inicial en el crecimiento de los plantines constituye el momento más crítico en su producción, razón por la cual la misma debe ser superada en forma rápida. La velocidad con que emergen las plántulas, su uniformidad y su tasa de crecimiento inicial son determinantes para la obtención de plantines de calidad y en tiempos razonables (9).

Los sustratos utilizados en la producción de plantines son muy diversos, variando en su complejidad desde turba de *Sphagnum* pura, o en mezclas de proporciones volumétricas variables con perlita, arenas, micas, materiales compostados o suelo extraído de capas u horizontes superficiales. Estas mezclas son preparadas por los propios productores o por firmas comerciales. Normalmente se presentan estériles y con sus atributos fisicoquímicos como pH, conductividad electrolítica, densidad aparente, humedad, relación C/N y capacidad de intercambio iónico, ajustados y especificados (26).

Los plantines presentan una elevada demanda de nutrientes minerales, en parte como resultado de su alta tasa de crecimiento en relación con las plantas adultas (28). Además de representar una fuente de nutrientes, los sustratos a utilizar en la producción de plantines deben poseer buena retención y disponibilidad de agua, promover un eficiente intercambio de gases y dar soporte a la planta (16). Los plantines obtenidos en contenedores pueden ser sometidos a distintos tipos de estrés (agua, fertilidad, luz, temperatura y resistencia mecánica al crecimiento radicular), los cuales pueden causar daños morfológicos y/o fisiológicos durante el desarrollo inicial de los tejidos radiculares y aéreos.

La elongación, orientación y el patrón de ramificación de la raíz se ven afectados por las propiedades físicas y químicas del suelo, o del medio de crecimiento en los

sistemas de cultivo sin suelo (11). Cualquier estrés originado en la zona radicular se expresa en la parte aérea, afectando la partición de materia seca entre raíces y vástagos, y por lo tanto la productividad de la planta (4). Brower (3) describió el equilibrio funcional entre raíces y vástagos como un crecimiento interrelacionado, en el cual los cambios en la tasa de crecimiento de la parte aérea son expresados en la raíz y viceversa.

Por otra parte, un sistema radicular más corto y menos proliferado es capaz de explorar menor volumen de suelo para la obtención de agua y nutrientes. Una menor longitud de raíces por unidad de volumen de suelo y/o una menor densidad radicular requieren que las tasas de absorción de agua y nutrientes se mantengan más elevadas de lo normal a fin de satisfacer las demandas de los plantines en crecimiento (2).

Los materiales que componen el medio de cultivo pueden ser de origen orgánico, mineral o mezclas de ambos. Por otra parte, el uso de materiales de carácter orgánico, tales como el compost, puede resultar beneficioso no sólo por el aporte de nutrientes y mejoras de la condición física de los medios de crecimiento, sino también desde la perspectiva de su eliminación del medio como contaminante e incorporación al mismo como recurso (12). Experiencias realizadas con materiales de origen orgánico, tales como hojarasca de monte, cama de pollo y humus de lombriz, en mezclas con y sin suelo, mostraron resultados satisfactorios como sustratos de crecimiento para hortalizas (1, 20, 21, 22). Sin embargo, estos materiales muy enriquecidos en nutrientes pueden ser perjudiciales debido a su alto contenido de sales solubles (5, 6, 13).

La amplia relación C:N de los materiales compostados puede afectar la disponibilidad de N mineral en las etapas iniciales de crecimiento de los plantines. La incorporación de nutrientes a las mezclas de sustratos, cuando éstos son preparados en el propio establecimiento, puede mejorar su comportamiento e incluso evitar o disminuir la necesidad de agregar compost o tierra. Con el objeto de evaluar el efecto sobre la nutrición inicial de plantines de pimiento de sustratos preparados con y sin materiales compostados, se realizó un ensayo fertilizando con dosis crecientes de nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en invernaderos destinados a la producción de plantines de un establecimiento comercial en la zona de Las Colonias, partido de Florencio Varela, ubicado en el cinturón hortícola de Buenos Aires, entre agosto y octubre de 2004. Se utilizó un invernadero tipo capilla de 30 m² (plantinera), con una altura de cumbrera de 2,9 m, estructura de madera y cobertura de polietileno LDT de 150 µ en techo y laterales, con ventilación lateral. La calefacción se realizó mediante radiadores de resistencia eléctrica.

El híbrido de pimiento utilizado fue Saxo F1 (Clause Semences International Inc.). Las semillas fueron pregerminadas en cámara a 25°C, y sembradas el 13 de agosto de 2004 con 1,5 - 2 mm de radícula emergida, en bandejas de 66 celdas con 57 cm³ c/u.

Las bandejas sembradas fueron ubicadas en mesadas a 1,10 m de altura y se regó por microaspersión. El plan fitosanitario comenzó con el lavado de las bandejas con hipoclorito de sodio al 2 cl L⁻¹ previo a su llenado con sustrato estéril, aplicaciones preventivas semanales de sulfato neutro de oxiquinoleína (0,3 g L⁻¹) y quincenales de captan (2,5 g L⁻¹).

Tratamientos

Los sustratos utilizados fueron: Testigo (To) (60% v/v de turba de *Sphagnum* y 40% de perlita); Mezcla I (MI) (45% v/v de turba de *Sphagnum*, 30% de perlita y 25% de material vegetal compostado); Mezcla II (MII) (30% v/v de turba de *Sphagnum*, 20% de perlita y 50% de material vegetal compostado) y un sustrato Comercial (Co) (GROWMIX S1, Terrafertil S.A.) compuesto por turba de *Sphagnum*, compost orgánico (40% v/v), perlita y vermiculita, cuyas características figuran en la tabla 1.

Cada una de las mezclas utilizadas fue sometida a los tratamientos de fertilización, que consistieron en aplicaciones semanales de: 150 mg L⁻¹ de nitrógeno (F1), 300 mg L⁻¹ de nitrógeno (F2) y un testigo sin fertilizar (F0), junto al agua de riego durante cuatro semanas consecutivas, en riegos de 2 L c/u. A cada tipo de sustrato empleado se le midió su conductividad eléctrica en extracto de saturación (25°C; 1:2,5 v/v) (tabla 2).

Tabla 1. Características del sustrato comercial empleado (GROWMIX S1, Terrafertil S.A.).

Table 1. Characteristics of the commercial substrate (GROWMIX S1, Terrafertil S.A.).

Propiedades físico-químicas		Contenido de nutrientes	
C.I.C. (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	64	Materia Orgánica (%)	34
pH (1:2,5 v/v)	6,25	N-NO ₃ ²⁻ (mg kg ⁻¹)	88
pH (1:1 v/v)	6,5	P (mg kg ⁻¹)	17,2
Relación C/N	20	K ⁺ (mg kg ⁻¹)	397
C.E. (dS m ⁻¹) 1:2,5 v/v	2,4	Ca ²⁺ (mg kg ⁻¹)	124
C.E. (dS m ⁻¹) 1:1v/v	1	Mg ²⁺ (mg kg ⁻¹)	48

Datos provistos por el fabricante.

Tabla 2. Conductividad eléctrica de las mezclas utilizadas.

Table 2. Electrical conductivity in the growing media.

Tipo de sustrato	Denominación	Composición de la mezcla	Compost (%)	C.E. Extracto (dS m ⁻¹)
Testigo	To	Turba + Perlita	0	0,3
Mezcla I	MI	Turba + Perlita + Compost	25	1,8
Mezcla II	MII	Turba + Perlita + Compost	50	2,7
Comercial	Co	Turba + Perlita + Compost + Vermiculita	40	2,4

Mediciones y determinaciones

El muestreo para la evaluación de los parámetros de calidad de los plantines se realizó al inicio de los tratamientos de fertilización, 27 días desde la siembra (dds) y cuando en la mayoría de los tratamientos se alcanzó el tamaño de transplante, 7 - 8 hojas verdaderas, correspondiendo a los 57 dds, y consistió en cinco plantas completas

por repetición. Se determinó el peso fresco de hoja (PFH), de tallo (PFTal), de raíz (PFR), área foliar (AF), altura (HTal) y diámetro basal del tallo (DBTal). Las muestras fueron secadas a 65°C durante 72 horas en estufa con circulación forzada de aire y se determinaron los pesos secos de hoja (PSH), tallo (PSTal) y raíz (PSR).

Análisis del crecimiento

Se emplearon los procedimientos y cálculos propuestos por Hunt (14, 15) para el procesamiento de los datos obtenidos. Se determinó la relación vástago/raíz (V/R) y hoja/tallo (H/Tal) en fresco y en seco, y el contenido porcentual de materia seca total (MS%).

Tratamiento estadístico

El diseño experimental empleado consistió en un arreglo completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, considerando cada bandeja de 91 celdas como una unidad experimental. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza con pruebas de Tukey para las comparaciones entre medias de tratamientos y se utilizó regresión simple para establecer relaciones lineales entre variables de experimentación y de respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento del patrón de partición de biomasa entre vástago y raíz tiene efecto sobre la supervivencia postransplante, dado que es necesario que ambos destinos tengan un crecimiento equilibrado para permitir que el sistema radicular abastezca de agua y nutrientes la parte aérea, y el aparato fotosintético produzca buena cantidad de fotoasimilados pero sin generar una excesiva transpiración (23, 25).

En este ensayo, en la etapa inicial del crecimiento del plantín, la menor relación V/R en fresco fue obtenida con la mezcla testigo ($p < 0,01$) (tabla 3a, pág. 180). Este efecto parece más asociado a aspectos físicos del medio de crecimiento radicular, tales como tipo de porosidad y densidad aparente, vinculado a la resistencia que el mismo ofrece para su desarrollo (24). El sustrato comercial produjo una relación intermedia diferenciándose significativamente de la mezcla I ($p < 0,10$) y de la mezcla II ($p < 0,05$) (tabla 3a, pág. 180).

En este mismo sentido, el patrón de partición de biomasa entre hoja y tallo (H/Tal) determina el tamaño relativo del aparato fotosintético. Los mayores valores para esta relación en fresco fueron obtenidos con la mezcla I y el testigo, diferenciándose en forma significativa del sustrato comercial y de la mezcla II ($p < 0,01$) (tabla 3a, pág. 180).

La MII produjo el valor más bajo y se diferenció estadísticamente del Co ($p < 0,10$). Este comportamiento fue similar al observado en trabajos previos (7), en los cuales la mayor proporción de materiales compostados presentes en la mezcla y su consecuente elevada disponibilidad de nutrientes determinaron un exacerbado crecimiento del tallo, dando como resultado plantines ahilados y muy susceptibles a las condiciones de estrés al momento del transplante.

Por otra parte, del análisis de las variables citadas en base al peso seco, surge que las mezclas I y II produjeron relaciones V/R más altas que To y Co ($p < 0,01$), pero no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los plantines cultivados en la mezcla testigo y el sustrato comercial, determinado por la diferente capacidad de retención hídrica de la raíz de los plantines producidos en el sustrato Co (46,0%), comparado con el resto de los sustratos (69,2%, 65,5% y 65,3% para To, MI y MII respectivamente). En cambio, la relación H/Tal en seco mostró un comportamiento similar al observado en fresco (tabla 3a).

Como puede observarse en la tabla 3a, a los 27 días desde la siembra hubo diferencias estadísticamente significativas para los distintos tipos de sustrato, en todos los parámetros de calidad del plantín analizados.

Los plantines cultivados en el sustrato testigo mostraron los menores valores de HTal y DBTal, presentando diferencias significativas ($p < 0,01$) respecto de los restantes sustratos. Estos plantines alcanzaron 66,5% de la HTal y 90,3% del DBTal del promedio de todos los tratamientos, mostrando claramente el efecto beneficioso de la adición de materiales compostados a las mezclas utilizadas como sustrato para los parámetros de calidad. El sustrato comercial no se diferenció estadísticamente de la mezcla II para altura ni de la mezcla I para diámetro de tallo (tabla 3a).

Tabla 3a. Parámetros de calidad de los plantines de pimiento al inicio de los tratamientos de fertilización (27 días desde la siembra).

Table 3a. Pepper seedlings quality parameters at the beginning of the fertilization treatments (27 days after sowing).

	Relación V/R		Relación H/Tal		Altura	DBTal	
	en fresco	en seco	en fresco	en seco	(cm)	(mm)	
Tipo de sustrato							
Testigo	5,82	1,64	1,50	2,28	2,07	1,08	
Mezcla I	19,62	3,40	1,50	1,99	3,90	1,28	
Mezcla II	20,75	3,46	1,13	1,40	3,23	1,18	
Comercial	14,35	1,61	1,26	1,59	3,23	1,25	
Comparación entre tipos de sustrato							
Valor de comparación	p<0,10	5,231	0,458	0,118	0,349	0,490	0,055
	p<0,05	5,938	0,520	0,133	0,396	0,556	0,062
	p<0,01	7,399	0,647	0,166	0,493	0,692	0,077

Comparación de medias según Tukey. V/R: vástago/raíz; H/Tal: hoja/tallo y DBTal: diámetro basal del tallo.

A los 57 días desde la siembra de los plantines no se observaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización nitrogenada para los parámetros de calidad de los plantines evaluados (tabla 3b, pág. 181). La relación vástago/raíz en fresco sólo se diferenció significativamente ($p < 0,05$) entre los plantines cultivados en la mezcla testigo y el sustrato comercial. La mezcla testigo produjo la menor relación V/R en fresco, alcanzando 51,3% del valor promedio de los tratamientos. Sin embargo, produjo la mayor relación H/Tal en fresco, diferenciándose significativamente del resto de los sustratos ($p < 0,01$).

Tabla 3b. Parámetros de calidad de los plantines de pimiento al momento del transplante (57 días desde la siembra).

Table 3b. Pepper seedlings quality parameters at the time of transplanting (57 days after sowing).

	Relación V/R		Relación H/Tal		Altura	DBTal	
	en fresco	en seco	en fresco	en seco	(cm)	(mm)	
Fertilización nitrogenada (mg L⁻¹)							
0	18,46	6,22	2,66	4,72	7,04	1,32	
150	16,02	7,60	2,40	2,80	7,90	1,28	
300	12,57	6,14	2,70	3,30	7,68	1,30	
Comparación entre niveles de fertilización							
Testigo	8,04	4,86	3,61	6,24	5,57	1,20	
Mezcla I	16,41	7,56	2,37	2,75	8,02	1,44	
Mezcla II	15,31	7,74	2,35	2,98	8,22	1,27	
Comercial	22,97	6,47	2,01	2,45	8,36	1,28	
Comparación entre tipos de sustrato							
Valor de comparación	p<0,10	12,437	ns	0,782	ns	1,153	0,173
	p<0,05	14,517	ns	0,888	ns	1,309	0,197
	p<0,01	ns	ns	1,105	ns	1,659	ns
Interacción fertilización x sustrato							
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

Comparación de medias según Tukey. Interacción fertilización x sustrato: (*) significativa, (ns) no significativa. V/R: vástago/raíz; H/Tal: hoja/tallo y DBTal: diámetro basal del tallo.

Estos resultados muestran que a pesar de generar en términos absolutos, menor peso fresco de hojas (tabla 4b, pág. 182), éstas tienen una importante participación relativa en la partición de biomasa de los plantines cultivados en este tipo de sustrato. Este patrón no se mantiene al analizarlo en base al peso seco donde no se observan diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las dos variables (tabla 3b).

La relación entre el nivel de compost presente en el medio de cultivo y el efecto del agregado de nitrógeno sobre la relación H/Tal en fresco de los plantines resultó en una función cuadrática negativa (figura, pág. 182). Las curvas muestran que la relación H/Tal alcanza un valor máximo en algún punto intermedio entre los contenidos de compost presentes en la mezcla I y el sustrato comercial, para luego comenzar a disminuir. Este comportamiento es igual para los dos niveles de fertilización nitrogenada evaluados en este ensayo. La distancia vertical entre las curvas generadas por ambas dosis de fertilización demuestran que el efecto del nitrógeno sobre la relación H/Tal en base al peso fresco es mayor para los plantines cultivados en la mezcla testigo y disminuye con el incremento en la proporción de compost presente en el sustrato.

Entre las mezclas utilizadas como sustrato se observaron diferencias estadísticamente significativas para la altura del plantín y el diámetro basal del tallo (tabla 3b). Los plantines cultivados sobre la mezcla testigo alcanzaron 73,8% de la altura promedio, resultando significativamente más bajos ($p<0,01$) que los cultivados en el resto de las mezclas, que no se diferenciaron estadísticamente entre sí. La mezcla I produjo plantines más fuertes, con mayor DBTal que la mezcla testigo ($p<0,05$) y los sustratos restantes alcanzaron valores intermedios sin diferenciarse significativamente.

Tabla 4b. Componentes del peso en fresco y en seco y contenido porcentual de materia seca total de los plantines de pimiento al momento del transplante (57 días desde la siembra).

Table 4b. Fresh and dry weight and total dry matter content of pepper seedlings at time of transplanting (57 days after the sowing date).

		Peso fresco			Peso seco			Materia
		hojas (mg)	tallo (mg)	raíz (mg)	hojas (mg)	tallo (mg)	raíz (mg)	seca total (%)
Fertilización nitrogenada (mg L⁻¹)								
0		135,1	59,8	17,7	7,8	2,7	2,0	8,7
150		179,8	77,0	18,6	9,4	3,5	2,1	7,4
300		168,1	66,9	22,4	8,9	2,9	2,5	7,1
Comparación entre niveles de fertilización								
Valor de comparación	p<0,10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	p<0,05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	p<0,01	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tipo de sustrato								
Testigo		115,4	33,0	23,0	6,6	1,5	1,8	6,6
Mezcla I		183,6	81,0	19,2	9,7	3,7	2,0	7,3
Mezcla II		180,5	77,4	20,4	9,3	3,1	2,3	7,1
Comercial		164,7	80,3	15,7	9,1	3,7	2,7	9,9
Comparación entre tipos de sustrato								
Valor de comparación	p<0,10	66,0	26,9	ns	ns	1,2	ns	2,68
	p<0,05	ns	30,5	ns	ns	1,3	ns	3,04
	p<0,01	ns	38,0	ns	ns	1,6	ns	ns
Interacción fertilización x sustrato								
Significancia		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

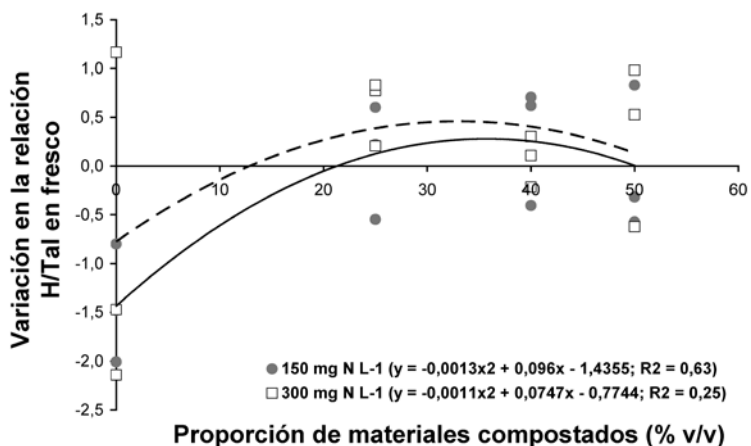


Figura. Relación entre el contenido de compost de los sustratos empleados y el efecto provocado por la fertilización nitrogenada sobre la relación H/Tal en fresco de los plantines a los 57 días desde la siembra.

Figure. Relationship between the compost content in the growth substrate and the effect of the nitrogen fertilization on the rate Leaf/Stem in fresh weight of seedlings at 57 days after the sowing.

A los 27 días desde la siembra, los plantines cultivados en la mezcla testigo presentaron menor PFH, PFTal y PSTal respecto del resto de los tratamientos ($p < 0,01$) (tabla 4a). Para PFH, la mezcla I y el sustrato comercial no se diferenciaron estadísticamente entre sí, pero superaron a la mezcla II ($p < 0,01$ y $p < 0,05$ respectivamente). El PFR fue menor para MI ($p < 0,10$) y MII ($p < 0,01$) respecto del To, y ($p < 0,05$) y ($p < 0,01$) respecto del Co.

Tabla 4a. Componentes del peso en fresco y en seco y contenido porcentual de materia seca total de los plantines de pimiento al momento del inicio de los tratamientos de fertilización (27 días desde la siembra).

Table 4a. Fresh and dry weight and total dry matter content of pepper seedling at the beginning of the fertilization treatments (27 after sowing).

		Peso fresco por plantín			Peso seco por plantín			Materia
		hojas (mg)	tallo (mg)	raíz (mg)	hojas (mg)	tallo (mg)	raíz (mg)	seca total (%)
Tipo de sustrato								
Testigo		27,2	18,2	7,8	2,7	1,2	2,4	15,8
Mezcla I		65,2	43,7	5,9	4,4	2,2	2,0	15,5
Mezcla II		47,6	42,4	4,4	3,0	2,2	1,5	15,4
Comercial		58,3	46,4	8,2	3,8	2,4	4,4	22,0
Comparación entre tipos de sustrato								
Valor de comparación	$p < 0,10$	9,1	7,0	1,8	0,4	0,3	1,1	2,12
	$p < 0,05$	10,3	7,9	2,0	0,5	0,3	1,2	2,41
	$p < 0,01$	12,8	9,9	2,5	0,6	0,4	1,5	3,00

Comparación de medias según Tukey.

La MI produjo plantines con mayor PSH ($p < 0,01$) que el resto de los sustratos. A su vez, el Co fue mayor ($p < 0,01$) que el To y la MII, que no se diferenciaron estadísticamente entre sí (tabla 4a). Los plantines cultivados sobre el sustrato comercial presentaron mayor PSR y MS% ($p < 0,01$) respecto del resto de los tratamientos, que no se diferenciaron significativamente entre sí. Este comportamiento estaría condicionado por el porcentual de materia seca de la raíz que fue 148,1 % mayor que el observado para el promedio de los tratamientos. La retención hídrica diferencial de las raíces, verificada en los plantines de los diferentes tipos de sustratos puede atribuirse a las variaciones en la energía con que es retenida el agua por el medio de crecimiento, afectando su disponibilidad. El potencial agua del medio influye sobre el crecimiento radicular y sobre el gradiente de succión entre el medio y la raíz. Cuando el mismo resulta inferior a $-0,8$ MPa se restringe significativamente la elongación de las raíces pero continúa la acumulación de biomasa (16).

Al momento del transplante de los plantines, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de fertilización nitrogenada, para ninguno de los componentes del peso en fresco y en seco ni para el porcentual de materia seca total (tabla 4b, pág.182). En cambio, sí se hallaron diferencias entre los tipos de mezclas utilizadas como sustrato para algunos parámetros analizados.

El peso de hoja en fresco sólo se diferenció en forma significativa ($p < 0,10$) entre los plantines cultivados en la mezcla I y la mezcla testigo.

Al igual que lo reportado en trabajos anteriores (10), la mezcla II no se diferenció significativamente del sustrato comercial, en esta variable. Por otra parte, los plantines de la mezcla testigo presentaron menor peso fresco de tallo ($p < 0,01$) que el resto de los tratamientos, que no se diferenciaron entre sí. No se observaron diferencias significativas para el peso fresco de raíz. Los componentes del peso en seco mostraron un comportamiento similar al observado en base al peso en fresco (tabla 4b, pág.182), a excepción del PSH que no alcanzaron diferencias significativas.

Menores valores de MS% estarían reflejando mayor turgencia o una condición hídrica más favorable de los plantines y, de acuerdo con trabajos previos (8), mayor MS% es indicativo de condiciones de crecimiento menos favorables. Los plantines cultivados en el sustrato comercial presentaron mayor valor del porcentual de materia seca total que el testigo ($p < 0,05$) y que la mezcla II ($p < 0,10$), probablemente debido a un incremento en la succión osmótica y conductividad eléctrica, provocado por la mayor concentración de materiales compostados y solutos disueltos en el medio de crecimiento. El MS% de los plantines cultivados en To, MI y MII no se diferenciaron significativamente entre sí (tabla 4b, pág.182).

Ha sido ampliamente documentado que los materiales compostados son capaces de asegurar el aporte de nutrientes y mejorar las condiciones físicas del medio de crecimiento de los plantines, con el consiguiente incremento en la retención y disponibilidad hídrica (18, 19, 27). Resulta dificultoso distinguir el efecto de un mejor aprovechamiento del agua de una mayor disponibilidad de nutrientes, debido a que ambos factores se encuentran íntimamente relacionados.

Sin embargo, en este ensayo, la adición de nitrógeno a los plantines cultivados en la mezcla testigo no permitió que éstos alcanzaran el crecimiento obtenido por aquellos plantines cultivados en las mezclas con materiales compostados para los parámetros de calidad analizados, demostrando que el principal efecto benéfico del compost es disminuir la lixiviación de nutrientes desde la matriz del sustrato, debido a la mayor retención hídrica y al aumento de la capacidad de intercambio de iones (9).

CONCLUSIONES

La presencia de materiales compostados en los sustratos permite mejorar los parámetros de calidad de los plantines de pimiento. Tales parámetros no son afectados cuando se aplica N a los sustratos conteniendo materiales compostados, y sólo presentan leves mejoras en el crecimiento de los plantines al fertilizar los sustratos carentes de compost, debido a su escasa capacidad de retención hídrica y la consiguiente lixiviación de N.

REFERENCIAS

1. Atiyeh, R. M.; Edwards, C. A.; Subler, S.; Metzger, J. D. 2000. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization* 8: 215-223.
2. Bennie, A. T. 1991. Growth and mechanical impedance. In: Waisel, Y.; Eshel, A.; Kafkafi, U. (Eds.). *Plants roots: The hidden half*. Marcel Dekker, New York, USA. p. 393-416.
3. Brower, R. 1963. Some aspects of the equilibrium between overground and underground plant parts. *Jaarb. I. B. S. Wageningen, The Netherlands*.
4. _____; De Wit, C. T. 1969. A simulation model for plant growth with special attention to root growth and its consequences. In: Whittington, W. J. (Ed.). *Root growth*. Butterworths, London, UK. p. 224-244.
5. Chang, C.; Rinker, D. L. 1994. Use of spent mushroom substrate for growing containerized woody ornamentals: an overview. *Compost Science and Utilization* 2(3): 45-53.
6. _____; Cline, R. A.; Rinker, D. L. 1994. Bark and peat amended spent mushroom compost for containerized culture of shrubs. *HortScience* 29(7): 781-784.
7. De Grazia, J.; Tiftonell, P. A.; Chiesa, A. 2001. Calidad y precocidad del plantín de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función de la proporción de materiales compostados presentes en el medio de cultivo. *Actas de la II Reunión de Producción Vegetal del NOA*. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. Suplemento CD-Rom.
8. _____; Tiftonell, P. A.; Chiesa, A. 2002. Pepper (*Capsicum annuum* L.) transplant growth as affected by growing medium compression and cell size. *Agronomie* 22: 503-509.
9. _____; Tiftonell, P. A.; Chiesa, A. 2004. Growth and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) transplants as affected by substrate properties and irrigation frequency. *Advances in Horticultural Sciences* 18(4): 181-187.
10. _____; Tiftonell, P. A.; Chiesa, A. 2004. Eficiencia en el uso de agua en la producción de plantines de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados en sustratos adicionados con polímeros superabsorbentes. *Horticultura Argentina* 23(55): 22-28.
11. Feldman, L. J. 1984. Regulation of root development. *Annual Review of Plant Physiology* 35: 223-242.
12. Gómez, I.; Navarro Pedreño, J.; Mataix, J. 1992. Residuos orgánicos: Incidencia de su aplicación sobre la composición mineral del fruto de tomate. *Suelo-Planta* 2(4): 475-483.
13. _____; Navarro Pedreño, J.; Moral, R.; Iborra, M. R.; Palacios, G.; Mataix, J. 1996. Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient content and yield of sweet pepper plants. *Journal of Plant Nutrition* 19(2): 353-359.
14. Hunt, R. 1978. *Plant growth analysis*. Edward Arnold, London, UK. 67 p.
15. _____ 1982. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold, London, UK. 248 p.
16. Leskovar, D. I.; Stofella, P. J. 1995. Vegetable seedling root systems: Morphology, development, and importance. *HortScience* 30(6): 1153-1159.
17. Nicola, S.; Cantliffe, D. J. 1996. Increasing cell size and reducing medium compression enhance Lettuce transplant quality and field production. *HortScience* 31: 184-189.
18. Premuzic, Z.; Nicolosi, R. 1995. Determinación de materia seca y macronutrientes en plántulas de tomate de cultivos orgánicos. *Actas del XVIII Congreso Argentino de Horticultura*. Termas de Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina. p. 123.
19. Princich, F. R.; Gallardo, C. S.; Valenzuela, O. R. 1996. El uso de gallinaza como medio de crecimiento para plantines de pimiento. *Actas del VIII Congreso Latinoamericano de Horticultura y VI Congreso Nacional de Horticultura*. Montevideo, Uruguay. p. 57.
20. _____; Gallardo, C. S.; Valenzuela, O. R. 1997. Empleo de lombricompost como sustrato de crecimiento para plantines de pimiento (Híbrido Elisa). *Actas del XX Congreso Argentino de Horticultura*. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Resumen 23.

21. Rothman, S.; Tonelli, B.; Valenzuela, O. R.; Lallana, M. del C. 2000. Cultivo de plantines de tomate con sustratos basados en humus de lombriz. *Horticultura Argentina*, 19(46): 45.
22. Subler, S.; Edwards, C.; Metzger, J. 1998. BIOCYLE. Department of Horticulture and Crop Science at the Ohio State University, Columbus, Ohio, USA. 1: 63-66.
23. Thomas, T. H. 1993. Effects of roots restriction and growth regulator treatments on the growth of carrot (*Daucus carota* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation* 13: 95-101.
24. Tittonell, P. A.; De Grazia, J.; Chiesa, A. 1999. Calidad del plantín de pimiento (*Capsicum annum* L.) en función del volumen disponible para la exploración radicular y la porosidad del sustrato. *Actas del XXII Congreso Argentino de Horticultura*. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. p. 31.
25. _____; De Grazia, J.; Chiesa, A. 2002. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Horticultura Brasileira* 20(4): 641-645.
26. _____; De Grazia, J.; Chiesa, A. 2003. Emergencia y tasa de crecimiento inicial en plantines de pimiento (*Capsicum annum* L.) cultivados en sustratos adicionados con polímeros superabsorbentes. *Revista Ceres* 50(291): 659-668.
27. Valenzuela, O. R.; Gallardo, C. S. 1997. Uso de lombricomposto como medio de crecimiento para plantines de tomate (cv. Platense). *Revista Científica Agropecuaria* 1: 15-21.
28. Wien, H. C. 1997. Transplanting. In: Wien, H. C. (Ed.). *The Physiology of Vegetable Crops*. CAB INTERNATIONAL, Oxon, UK.