

Reutilización del sustrato cascarilla de arroz *in natura* tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) en sistema de recirculación de lixiviado

Reuse of a raw rice husk substrate after tomato cultivation for the production of pickling cucumber hybrids (*Cucumis sativus* L.) in a leachate recirculation system



CRISTIANE NEUTZLING^{1, 3}
ROBERTA MARINS NOGUEIRA PEIL^{1, 2}
CHAIANE BORGES SIGNORINI¹
PAULO ROBERTO GROLLI¹
LAIS PERIN¹

Plantas de pepino en experimentación.

Foto: C. Neutzling

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y rendimiento de tres cultivares híbridos de pepino de conserva, Feisty, Kybria y Tony, cultivados en el sistema de canales con recirculación del lixiviado y empleando el sustrato cascarilla de arroz *in natura* nuevo y reutilizado después del cultivo de tomate (CAR). El ensayo se instaló en un invernadero ubicado al sur de Brasil, entre el octubre del 2016 y el enero del 2017. Donde se evaluó las siguientes variables: masa seca de hojas, tallo y frutos, número de hojas, índice de área foliar y rendimiento. No se encontraron interacciones significativas entre el cultivar y el sustrato. La CAR no afectó el crecimiento ni tampoco el rendimiento de las plantas, sin embargo, ocasionó el incremento del peso medio de los frutos de pepino y la disminución en el número de frutos cosechados. 'Kybria', seguida de 'Tony', presentaron mayor crecimiento de frutos y rendimiento en relación a 'Feisty', en el cual se observó mayor crecimiento vegetativo en detrimento del crecimiento de los frutos. Los rendimientos obtenidos fueron altos con valores de 4,85; 7,18 y 8,33 kg m⁻², respectivamente para los híbridos Feisty, Tony y Kybria. Así, se puede considerar que la cascarilla de arroz, nueva y reutilizada, son excelentes para la producción del pepino de conserva en sistema de recirculación de solución nutritiva.

Palabras clave adicionales: cultivo sin suelo; sistema cerrado; ensayo de cultivares; rendimiento.

¹ Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Pelotas (Brasil). ORCID Neutzling, C.: 0000-0001-5801-5852; ORCID Peil, R.M.N.: 0000-0002-4855-3638; ORCID Signorini, C.B.: 0000-0003-4847-8516; Grolli, P.R.: 0000-0002-5695-9072; ORCID Perin, L.: 0000-0003-4886-9664

² Bolsista CNPq

³ Autor para correspondencia. cristianeneutzling@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth and yield of three pickling cucumber hybrid cultivars: Feisty, Kybria and Tony, using a fresh rice husk substrate and a rice husk substrate reused after tomato cultivation in a leachate recirculation system (CAR). This trial was installed in a greenhouse located in southern Brazil between October, 2016 and January, 2017. The following variables were evaluated: dry mass of leaves, stems and fruits, number of leaves, leaf area index and yield. No significant interactions were found between the cultivars and the substrates. The reused substrate did not affect the growth nor the yield of the plants; however, the CAR caused an increase in the average weight of the cucumber fruits and a decrease in the number of harvested fruits. 'Kybria', followed by 'Tony', presented a higher fruit growth and yield than 'Feisty', in which a greater vegetative growth was observed to the detriment of the fruit growth. The yields were high with values of 8.33, 7.18 and 4.85 kg m⁻², respectively, for the hybrids: Feisty, Kybria and Tony. In conclusion, rice husks, new and reused, are excellent for the production of canned cucumbers in a nutrient recirculation system.

Additional key words: soilless cultivation; closed system; cultivar trial; yield.

Fecha de recepción: 30-01-2018 Aprobado para publicación: 30-11-2018

INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas en invernadero, siendo su fruto de suma importancia en el mercado brasileño, con una producción de 208.294 t (IBGE, 2017). El mayor problema actual de los cultivos en suelo es la pérdida de producción por problemas fitosanitarios (Rosa, 2015), ocasionados, sobretodo, por hongos como *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Verticillium*. Por esta razón, surge como opción, el sistema de cultivo en sustrato (Andriolo *et al.*, 2009).

Actualmente, se destaca el sistema de canales para la deposición del sustrato (Perin, 2018). Los canales deben contar con una pendiente determinada para el drenado de la solución nutritiva. Este sistema elimina la necesidad de macetas (Perin, 2018).

De manera general, en Brasil los agricultores utilizan el sistema "abierto" de cultivo en sustrato (Marques y Peil, 2016), donde la solución nutritiva lixiviada es vertida directamente al suelo, generando salinización y contaminación de la capa freática (Marques y Peil, 2016). Una alternativa a este problema es el sistema "cerrado", donde se reutiliza el drenado de los canales; esto reduce los impactos ambientales y proporciona el ahorro de agua y fertilizantes (Marques y Peil, 2016). No obstante, se recomienda utilizar sustrato de baja actividad química para evitar salinización (Carini, 2016).

En la región sur del Brasil, se destaca la disponibilidad de la cascarilla de arroz (CA) "carbonizada", obtenida a partir de un proceso de combustión controlada. Sin embargo, el proceso de carbonización es muy dispendioso y requiere licenciamiento ambiental (Carini, 2016). La CA *in natura*, asimismo, puede ser empleada en sistemas cerrados para distintos cultivos, tales como: calabacín (Strassburger *et al.*, 2011), melón (Duarte *et al.*, 2008) y tomate (Peil *et al.*, 2014; Carini, 2016; Rosa *et al.*, 2016) y presentando buena productividad.

Los agricultores que utilizan la CA carbonizada saben que su descomposición es lenta (Melo *et al.*, 2006) y que se puede reutilizar. No obstante, la CA *in natura* no es un material inocuo y, consecuentemente, la actividad microbiana puede alterar su composición y más aun con la solución nutritiva incorporada. Eso puede llevar a la descomposición del material. Sin embargo, según Rosa *et al.* (2016), es posible reutilizar, sin perjuicios en la producción y calidad de los frutos procedente del cultivo del mini tomate *grape*. El sustrato parcialmente descompuesto aumenta la retención del agua (Fernandes *et al.*, 2006).

El pepino, al ser un cultivo de ciclo rápido, puede ser una alternativa para suceder al tomate, por ser de diferente familia botánica, disminuyendo la probabilidad de transmisión de enfermedades.

Cabe señalar que la escasez de información acerca de la adaptación de cultivares de pepino en las diferentes regiones del país. Asimismo, las respuestas al sistema propuesto están sujetas a las características genéticas de los cultivares empleados, una vez que estos pueden presentar diferencias en cuanto al crecimiento y la producción de frutos.

Por lo expuesto anteriormente, el trabajo se basa en la hipótesis de que la CA *in natura* reutilizada no presenta alteraciones significativas en sus propiedades físicas y químicas, por ende, no altera el crecimiento, la producción y la calidad de los frutos de pepino en el sistema propuesto. Sin embargo, las respuestas al sistema de cultivo pueden variar de acuerdo con el material genético.

De esta manera, el objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento y el rendimiento de tres híbridos de pepino de conserva cultivados en sustrato de CA *in natura* de primer uso y reutilizado de un cultivo anterior de tomate, en sistema de canales con recirculación del lixiviado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental y Didáctico del Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía Eliseu Maciel/Campus de la Universidad Federal de Pelotas, ubicada en el municipio Capão do Leão-RS, Brasil, en el período comprendido entre octubre de 2016 y enero de 2017. Las coordenadas geográficas aproximadas son 31°52' S y 52°21' W, con una altitud de 13 msnm.

El ensayo se realizó en un invernadero con cubierta de polietileno (150 μm de espesor), techo en arco y superficie de 210 m² (10×21 m). El suelo estaba cubierto con plástico bicapa (blanco/negro).

Las condiciones climáticas del invernadero se han manejado solamente por ventilación natural. La temperatura y la humedad relativa del aire fueron medidas mediante termohigrómetro digital IncoTerm (Cotronic Technology, China). El promedio de las temperaturas máximas y mínimas del aire fueron, respectivamente, 34,0 y 16,3°C; las máximas y mínimas de la humedad relativa fueron de 83,1 y 47,1%, respectivamente. Datos de la insolación global incidente al exterior se han obtenido a través de la "Estación Agrometeorológica de Pelotas", ubicada a 1.000 m del invernadero y registró un promedio diario de 19,1 MJ m⁻² d⁻¹.

La solución nutritiva utilizada se ha basado en la recomendación de Casas (1999) para el cultivo de pepino. La conductividad eléctrica (CE) de 1,8 dS m⁻¹. La concentración de macronutrientes (mmol L⁻¹) fue: 11,9 de NO₃⁻, 1,3 de H₂PO₄⁻, 1,9 de SO₄⁻², 0,7 de NH₄⁺, 7,3 de K⁺, 3,5 de Ca⁺² y 1,0 de Mg⁺²; y de microelementos (en mg L⁻¹): 1,5 de Fe; 0,5 de Mn; 0,26 de Zn; 0,25 de B; 0,03 de Cu y 0,05 de Mo. Se utilizó agua de lluvia para su preparación. El pH osciló en un rango de 5,5 a 6,5.

Se emplearon los híbridos de pepino de conserva: Feisty (Tecnoseed®, Uberlândia, MG); Kybria (TopSeed Premium®, Jaíba, MG) y Tony (Feltrin Sementes®, Farroupilha, RS). Los tres se describen como plantas ginoicas con frutos partenocárpicos. La siembra se realizó en bandejas de poliestireno de 72 celdas con sustrato comercial Carolina Soil® (Santa Cruz do Sul-RS, Brasil) el 27/09/2016. Las bandejas fueron dispuestas en sistema *floating*. La solución nutritiva usada en esta fase es la misma formulación antes descrita, con una CE de 0,9 dS m⁻¹ y suministrada a partir de los 27 d después de la siembra.

El sistema de cultivo estaba formado por 12 canales de madera (0,30 m de ancho y 7,50 m de largo), dispuestos en seis líneas dobles, con distancia de 0,50 m y un espaciado de 1,20 m. Los canales fueron dispuestos con una pendiente del 3%, favoreciendo el drenado hacia el estanque colector. Se usaron dos estanques de vibra de vidrio (uno para cada sustrato) con capacidad de 500 L, enterrados en la extremidad correspondiente a la menor cota de los canales.

Se recubrió la parte interna de los canales con polietileno flexible. Luego, se llenaron seis canales con sustrato CA *in natura* (CAN), formando una cama de 7,50 m de largo, 0,25 m de ancho y 0,10 m de alto. Y los otros seis canales se dispusieron con sustrato de CA reutilizado (CAR) de un cultivo anterior de tomate *grape* en ciclo de 274 d sin mezclar. Se usó un sistema de riego por goteos con distancia de 0,10 m, y flujo promedio de 1,60 L h⁻¹.

El transplante ocurrió el 26/10/2016, cuando las plantas presentaban dos hojas verdaderas. La distancia entre plantas 0,40 m y densidad 2,9 plantas/m². En cada canal se plantó 6 plantas de cada cultivar, sumando 18 plantas. En total, el ensayo contenía 216 plantas, 72 de cada cultivar.

El riego implementado fue solamente con agua de grifo en los dos primeros días, posteriormente se empleó una solución nutritiva con CE de 0,9 dS m⁻¹. Se

incrementó la CE hasta 1,4 y 1,8 dS m⁻¹ a los 7 y 15 d, respectivamente, y se mantuvo hasta el final del experimento. El sistema de riego estuvo controlado por un temporizador, el cual cada hora durante 15 min, entre las 7:00 am y las 7:00 pm, con ayuda de una bomba, suministraba la solución nutritiva. En la noche, dos riegos se realizaban: a las 9:00 p.m. y a las 12:00 a.m. No obstante, la configuración del temporizador fue modificada según las condiciones climáticas.

El tutorado se realizó mediante hilos plásticos dispuestos verticalmente y con Hidroclip® (Agroestufa, Birigui, SP). La conducción fue de un solo tallo, quitándose flores y tallos laterales hasta la axila de la quinta hoja. Se permitió el crecimiento de tallos laterales a partir de la axila de la sexta hoja, los cuales fueron despuntados tras el surgimiento de la cuarta hoja. Las plantas se despuntaron hasta los 2,0 m de altura. La recolección empezó a los 21 días después del transplante (ddt; 16/11/2016) y se finalizó a los 73 ddt. Los frutos fueron recolectados diariamente cuando presentaban entre 4-10 cm de largo.

Para evaluar el crecimiento, al término del ensayo se han separado las plantas en tres fracciones: hojas, tallo y frutos, que se pesaban en fresco y se secaban en una estufa tipo armario modelo MA035 (Marconi, Piracicaba-SP, Brasil) con ventilación y temperatura de 65°C hasta que llegaron a un peso constante (MS). Asimismo, se contaba el número de hojas, frutos y medición del área foliar con el equipo LI-3100C (LICOR®, Lincoln, NE, USA). Todos los frutos recolectados durante el ciclo productivo y las hojas procedentes del deshojado se incorporaran individualmente a la fracción correspondiente de cada planta control. A partir de los datos obtenidos, se calcularon la producción y la distribución de MS, el índice de área foliar (IAF = m² hojas/m² suelo), el área foliar específica (AFE = cm² hojas/MS hojas), el peso medio de los frutos (PM) y el rendimiento.

Las siguientes características físicas y químicas de los sustratos fueron determinadas al inicio (0 ddt) y al final del ensayo (73 ddt): densidad en seco (Ds), porosidad total (PT), espacio de aireación (EA), capacidad máxima de retención del agua (CMR), pH y CE. Los análisis se han realizado en el Laboratorio de Análisis de Sustratos para Plantas, Departamento de Diagnóstico e Investigación Agropecuaria de la Secretaría de Estado de Agricultura, Pecuaria e Irrigación-RS.

Se empleó un diseño experimental factorial 2×3 (dos sustratos × tres cultivares) en bloques al azar con parcelas divididas con seis repeticiones. El factor

sustrato se ha asignado a la parcela (un canal) y el factor cultivar a la subparcela (seis plantas). Para las variables de crecimiento y producción se utilizaron tres plantas por repetición (18 plantas/tratamiento) y cinco plantas por repetición (30 plantas/tratamiento), respectivamente. Se descartaron las plantas ubicadas en los extremos de las líneas. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción sustrato × cultivar no presentó efectos significativos sobre todas las variables evaluadas, permitiendo estudiar por separado el efecto principal de los dos factores.

El análisis químico-físico de los sustratos (Tab. 1) indicó que al final del ensayo, la Ds de la CAN disminuyó considerablemente desde 214 a 86 g L⁻¹. Sin embargo, la PT y el EA no presentaron cambios significativos. La CE se mantuvo igual, mientras que el pH disminuyó ligeramente.

Por otro lado, el análisis de la CAR indicó un ligero incremento de Ds y PT (Tab. 1) y la reducción del EA de 0,58 a 0,30 m³ m⁻³. La CMR aumentó de 0,14 a 0,53 m³ m⁻³. Se verificó un incremento de la CE, desde 0,07 dS m⁻¹ en el inicio y alcanzando 0,41 dS m⁻¹ al término del ensayo. El pH se mantuvo el mismo.

Los resultados indicaron una mayor degradación de la CAR al final del cultivo en relación a la CAN. Esto se puede confirmar por los valores más altos de PT, por la reducción del EA y por el incremento de la CMR (Tab. 1). La mayor degradación de la CAR resultó en partículas menores lo que conllevó a una mayor Ds del sustrato. La degradación de las partículas y disminución de su tamaño aumenta la PT, especialmente la microporosidad, y por consiguiente reduce el EA. Esto se debe a la presencia de más sólidos (partículas de sustrato + raíces), rellenando el espacio de aireación. La presencia de raíces remanentes del cultivo de tomate ocasionó posiblemente el espaciado de las partículas de la cascarilla. Sin embargo, las raíces ya estaban en avanzado proceso de descomposición, resultando en el aumento de la cantidad de material sólido de mayor peso específico. Eso conllevó a un considerable incremento de la CMR. El EA está relacionado a la CMR de tal manera que una disminución del EA resulta directamente en un aumento de la CMR. Zorzeto (2014) reportó que fracciones grandes

de partículas en el sustrato favorecen la aireación del sistema radical, pero por otra parte, dificultan la retención del agua, ante la ausencia de microporos.

El aumento de la CE de la CAR (Tab. 1) puede atribuirse a la secuencia de dos cultivos bajo fertirriego, lo que propicia mayores cantidades de nutrientes en sustratos usados por largos períodos (Cardoso, 2009). En paralelo a eso, el suministro constante de nutrientes durante un largo período promueve la descomposición y disminución del tamaño de las partículas del material, conllevando al aumento de la CMR del sustrato (Fernandes, 2005).

Los menores valores de pH (Tab. 1) de la CAR indican una mayor lixiviación del sustrato en virtud del tiempo de utilización, lo que incrementa la absorción de iones hidrógeno al material.

De esa manera, se puede creer que los sustratos de CA reutilizados poseen mayor capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrientes en comparación al material de primer uso.

Los sustratos no influyeron sobre las variables de crecimiento (Tab. 2). El cultivo en CAR favoreció el aumento del peso de los frutos y redujo el número de

Tabla 1. Densidad seca (Ds), porosidad total (PT), espacio de aeración (EA), capacidad máxima de retención del agua (CMR), pH y conductividad eléctrica (CE) de los sustratos cascarilla de arroz *in natura* nueva y reutilizada*, al inicio (0 días después del trasplante; ddt) y al final (73 ddt) del cultivo de pepino conserva en sistema de canales con recirculación de la solución nutritiva.

	Cascarilla de arroz <i>in natura</i> nueva (CAN)		Cascarilla de arroz <i>in natura</i> reutilizada (CAR)*	
	0 ddt	73 ddt	0 ddt	73 ddt
Ds (g L ⁻¹)	214	86	90	101
PT (m ³ m ⁻³)	0,64	0,72	0,72	0,83
EA (m ³ m ⁻³)	0,32	0,29	0,58	0,30
CMR (m ³ m ⁻³)	0,32	0,43	0,14	0,53
pH	6,15	5,91	5,29	5,23
CE (dS m ⁻¹)	0,08	0,08	0,07	0,41

* Cascarilla de arroz reutilizada tras el cultivo del tomate *grape*, en ciclo de 274 d.

Tabla 2. Efecto de la reutilización del sustrato cascarilla de arroz *in natura* (CAR), en relación con la cascarilla nueva (CAN) y del cultivar, sobre la producción y distribución de la masa seca (MS), número de hojas, índice de superficie foliar (IAF) y superficie foliar específica (AFE), para pepino conserva en sistema de canales con recirculación de la solución nutritiva.

Efecto	Producción de MS (g/planta)		Distribución de MS (%)		Número de hojas	IAF	AFE (cm ² g ⁻¹)
	Vegetativa ³	Frutos	Vegetativa	Frutos			
Sustrato							
CAN ¹	153,8 a	104,7 a	59,4 a	40,6 a	154 a	5,1 a	230,7 a
CAR ²	151,5 a	115,1 a	58,5 a	41,5 a	147 a	5,2 a	236,7 a
Cultivar							
Kybria	125,1 b	137,3 a	47,3 c	52,7 a	111 c	4,9 a	253,3 a
Tony	168,3 a	116,4 b	59,1 b	40,9 b	181 a	5,5 a	233,1 ab
Feisty	164,5 a	75,9 c	68,4 a	31,6 c	159 b	5,1 a	214,8 b
CV (%)	10,98	14,37	6,66	9,39	12,71	13,2	11,86

¹ Cascarilla de arroz *in natura* de primer uso.

² Cascarilla de arroz reutilizada tras el cultivo del tomate *grape*, en ciclo de 274 d.

³ Vegetativa = tallo + hojas; IAF = índice de área foliar; AFE = área foliar específica.

Promedios con letras distintas en la columna, indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

frutos (Tab. 3). No hubo diferencia entre los sustratos en cuanto al rendimiento.

El mayor peso de los frutos (Tab. 3), obtenido con el uso de la CAR (14,60 g), posiblemente, está relacionado a la mayor CMR (Tab. 1), lo que garantizó un mayor aporte de agua a los frutos. En cambio, el número de frutos se ha visto reducido en este sustrato (7,8 frutos menos que las plantas de CAN). Cabe señalar que frutos mayores demandan más asimilados, lo que lleva a un incremento de la competencia y por ende un inferior índice de cuajado que reduce el número de frutos producidos, como observó Peil (2000) para el pepino largo. El peso que se requiere en el procesamiento es variable y lo define la industria. Así, no se puede afirmar que las diferencias observadas entre los sustratos son relevantes para el estándar del mercado.

Independientemente del sustrato, los rendimientos obtenidos pueden considerarse altos, con un promedio experimental de 6,71 kg m⁻² y 169,5 frutos producidos por planta.

A pesar de las diferencias observadas entre las propiedades de los sustratos (Tab. 1), las variables del crecimiento (Tab. 2) y rendimiento (Tab. 3) fueron afectados entre los dos sustratos. La menor cantidad de frutos recolectados en la CAR se compensó por el mayor peso (Tab. 3), resultando así, matemáticamente, una similitud entre los rendimientos de los sustratos. La ausencia de diferencias se atribuye a la resistencia a la descomposición de la CAN. Tras pasar por dos ciclos de cultivo, comprendiendo un período de cerca de 300 d, los cambios en sus propiedades fueron poco relevantes desde el punto de vista de las

necesidades del cultivo. Añadido a eso, las características propias del sistema de cultivo, con suministro frecuente de solución nutritiva, favorecieron la homogeneidad de respuestas de las plantas. Coincidiendo con nuestros resultados, Rosa *et al.* (2016) obtuvieron elevados rendimientos al reutilizar la CA para el cultivo del tomate *grape* en sistema recirculante, sin diferencias significativas entre la cascarilla nueva y la reutilizada.

Los análisis estadísticos del efecto principal del cultivar indicaron diferencias significativas en el grupo de variables de crecimiento, salvo el IAF (Tab. 2), y en las variables productivas, salvo el peso medio de frutos (Tab. 3).

El cv. Kybria presentó la mayor producción de masa seca (MS) de frutos y la menor producción de MS vegetativa, lo que favoreció la distribución de MS hacia los frutos comparado con 'Tony' y 'Feisty' (Tab. 2). Los otros dos cultivares no presentaron diferencia en cuanto a la producción de MS vegetativa. Sin embargo, la producción de MS de frutos de 'Feisty' fue considerablemente inferior, ocasionando una baja distribución de MS hacia estos órganos. Los frutos representaron el 52,7% de la MS acumulada de 'Kybria', lo que demuestra que estos fueron los principales sumideros de asimilados. En cambio, los órganos vegetativos respondieron por la mayor parte de la MS producida por las plantas de 'Tony' y 'Feisty', en detrimento de los frutos, que representaron el 40,9 y 31,6% de la MS, respectivamente.

Aunque el número de hojas fue significativamente inferior en 'Kybria' (111 hojas), y superior en 'Tony'

Tabla 3. Efecto de la reutilización del sustrato cascarilla de arroz (CAR), en relación con la cascarilla nueva (CAN) y del cultivar, sobre los componentes del rendimiento de pepino conserva, en sistema de canales con recirculación de la solución nutritiva.

Factor	Número de frutos por planta	Peso medio frutos (g)	Rendimiento (kg m ⁻²)
Sustrato			
CAN ¹	178,2 a	12,8 b	6,62 a
CAR ²	160,4 b	14,6 a	6,79 a
Cultivar			
Kybria	212,4 a	13,2 a	8,13 a
Tony	172,8 b	14,3 a	7,17 b
Feisty	122,7 c	13,6 a	4,84 c

¹ Cascarilla de arroz *in natura* de primer uso.

² Cascarilla de arroz reutilizada tras el cultivo del tomate *grape*, en ciclo de 274 d.

Promedios con letras distintas en la columna indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

(181 hojas) y 'Feisty' (159 hojas), no se observaron diferencias significativas en lo que se refiere al IAF, cuyo promedio fue 5,2 (Tab. 2). Eso sugiere que las plantas de 'Kybria' tenían hojas mayores. La mayor AFE de 'Kybria' ($253,3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) indica una mayor capacidad de expandir las hojas con relación a la acumulación de MS en comparación a 'Feisty'. Por otra parte, la AFE de 'Tony' fue similar a la presentada por los otros dos cultivares.

Con relación a los componentes del rendimiento (Tab. 3), considerando que el peso de los frutos no difirió entre los cultivares (promedio de 13,7 g), se atribuye la diferencia al número de frutos. 'Kybria' sigue destacándose pues produjo 212,4 frutos/planta, superando a 'Tony' y 'Feisty', que produjeron, respectivamente, 172,8 y 122,7 frutos/planta. Consecuentemente, 'Kybria' presentó el mayor rendimiento ($8,13 \text{ kg m}^{-2}$), frente a 'Tony' ($7,17 \text{ kg m}^{-2}$) y 'Feisty' ($4,84 \text{ kg m}^{-2}$).

Los rendimientos reportados en cultivo de campo varían entre $2,65 \text{ kg m}^{-2}$, para los cultivares Colônia y Score, $2,97 \text{ kg m}^{-2}$ para Indaial (Resende, 1999), hasta $4,54 \text{ kg m}^{-2}$ para 'Harmonie' (Cerne *et al.*, 2000). Cabe señalar que las cifras citadas son inferiores o similares al rendimiento obtenido por el cultivar de peor desempeño en este trabajo.

Luego, se puede afirmar que las características genéticas se muestran determinantes para la producción del pepino de conserva, una vez que definen los distintos patrones de crecimiento de la planta. La eficiencia de conversión de la radiación en biomasa depende de su interceptación y, por consiguiente, de la superficie foliar (Peil, 2000). Teniendo en cuenta que los tres cultivares presentaron IAF similares (Tab. 2), probablemente, la interceptación de la radiación también lo fue, aunque teniendo 'Kybria' menor cantidad de hojas y menor producción de MS vegetativa (Tab. 2). Por otra parte, este cultivar fue el que presentó mayor número (Tab. 3) y MS de frutos (Tab. 2), lo que le proporcionó mayor rendimiento (Tab. 3). De esta manera, se puede pensar, que sus plantas fueron más eficientes en distribuir la MS hacia los frutos (Tab. 2). En definitiva, 'Kybria' presentó un patrón más adecuado de distribución de MS entre los órganos aéreos de la planta.

El mayor número de frutos producidos por 'Kybria' (Tab. 3) aumentó la potencialidad de sumidero de estos órganos, ocasionando mayor distribución proporcional de MS hacia los frutos y, consecuentemente, mayor rendimiento. Eso confirma que la distribución

de MS mantiene una fuerte relación con la carga de frutos de la planta, como lo indica Peil (2000).

Schvambach *et al.* (2002) estudiaron la producción y distribución de MS hacia los frutos del cv. Marinda en función de la densidad de plantación, y obtuvieron un valor promedio de 49,5%, similar al obtenido para 'Kybria' (51,7%). Espínola *et al.* (2001) obtuvieron promedios entre el 40 y 59% para el cv. Crispina.

Las bajas respuestas de 'Feisty' pueden atribuirse a la presencia de una gran cantidad de flores masculinas. Eso llevó a un inferior número de frutos producidos (Tab. 3). Como resultado, las plantas presentaron un reducido crecimiento de los frutos, en beneficio de los órganos vegetativos (Tab. 2), lo que resultó en menor rendimiento (Tab. 3). Se puede afirmar que los órganos vegetativos de 'Feisty' fueron los mayores sumideros de los fotoasimilados, ya que estos representaron el 68,4% de la MS de la planta. Esta cifra se contrapone al observado, en general, para las cucurbitáceas, en las cuales los frutos son los mayores sumideros de fotoasimilados (Peil, 2000; Queiroga *et al.*, 2008).

Cabe señalar que este es uno de los primeros reportes sobre el tema. Así, no se han encontrado datos e informaciones relacionados para comparación. Estudios apuntan que el agua disponible disminuye rápidamente, cuando se usa la CAN. Como resultado, hay la necesidad de riegos frecuentes (Andriolo *et al.*, 1999), lo que acarrea pérdidas y, por consiguiente, costos. Sin embargo, al adoptarse el sistema recirculante, se pudo resolver el problema, porque la alta frecuencia del riego no conllevará a pérdidas de agua y fertilizantes al medio. Además, el sistema permite el ajuste de la frecuencia según la demanda del cultivo, el sustrato y la época del año. Así, ante los resultados obtenidos, se puede considerar que CAN o CAR son excelentes sustratos para la producción del pepino de conserva en sistemas con recirculación de la solución nutritiva.

CONCLUSIONES

La reutilización del sustrato cascarilla de arroz *in natura*, tras el cultivo de tomate y recirculación de nutrientes, no afecta el crecimiento y tampoco el rendimiento de las plantas de pepino de conserva.

El cultivar Kybria, seguido de Tony, presentan mayor crecimiento de frutos y rendimiento. Por otra parte,

'Feisty' presenta elevado crecimiento vegetativo y menor rendimiento de frutos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la "Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)" por el aporte financiero (proceso 1684852) y a la "Universidade Federal de Pelotas (UFPel)" por el apoyo institucional.

Conflicto de intereses: el manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaran no tener algún conflicto de interés que coloquen en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriolo, J.L., T.S. Duarte, L. Ludke y E.C. Skrebsky. 1999. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. *Hortic. Bras.* 17(3), 215-219. Doi: 10.1590/S0102-05361999000300008
- Andriolo, J.L., D.I. Jänisch, O.J. Schmitt, M.A.B. Vaz, F.L. Cardoso y L. Erpen. 2009. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciênc. Rural* 39(3), 684-690. Doi: 10.1590/S0103-84782009005000008
- Cardoso, A.F. 2009. Desempenho de híbridos de melão rendilhado cultivados em substrato da fibra da casca de coco reutilizada. Tesis de maestría. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.
- Carini, F. 2016. Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do tomateiro sob uma perspectiva de baixo impacto ambiental. Tesis de maestría. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.
- Casas C., A. 1999. Formulación de la solución nutritiva. Parámetros de ajuste. pp. 257-266. En: Fernández, M.F. y I.M. Cuadrado G. (eds). *Cultivos sin suelo II: curso superior de especialización*. 2ª ed. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca; Fundación para la Investigación Agraria en la provincia de Almería-Caja Rural de Almería, Almería, España.
- Cerne, M., M. Škof y K. Ugrinovic. 2000. Pickling cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars grown in two different ecological conditions. *Acta Hort.* 533, 549-555. Doi: 10.17660/ActaHortic.2000.533.69
- Duarte, T.S., R.M.N. Peil y E.M. Montezano. 2008. Crecimiento de frutos de meloeiro sob diferentes relações fonte: dreno. *Hortic. Bras.* 26(3), 342-371. Doi: 10.1590/S0102-05362008000300010
- Espínola, H.N.R., J.L. Andriolo y H.R. Bartz. 2001. Acúmulo e repartição da matéria seca da planta de pepino tipo conserva sob três doses de nutrientes minerais. *Ciênc. Rural* 31(3), 387-392. Doi: 10.1590/S0103-84782001000300004
- Fernandes, C. 2005. Produtividade e qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em substrato à base de areia. Tesis de doctorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.
- Fernandes, C., J.E. Corá y L.T. Braz. 2006. Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. *Hortic. Bras.* 24(1), 94-98. Doi: 10.1590/S0102-05362006000100019
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística. 2017. Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da horticultura - resultados preliminares 2017. En: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6619#resultado>; consulta: noviembre de 2018.
- Marques, G.N. y R.M.N. Peil. 2016. Sistemas de cultivo aberto e fechado. pp. 45-58. En: Rampazzo, E.F., H.K. Shimizu, G.N. Marques, R.M.N. Peil, M.H. Fermino, P.R. Furlani, H.R. Vidal, M.A.C. Zawadneak y E.M. Dolci. *Cultivo de morangueiro em substrato*. SENAR, Curitiba, Brasil.
- Melo, G.W.B., A.R. Bortolozzo y L. Vargas. 2006. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. En: *Embrapa Uva e Vinho 15*, En: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/Morango-SemiHidroponico/substratos.htm>; consulta: noviembre de 2016.
- Peil, R.M.N. 2000. Radiación solar interceptada y crecimiento del pepino en NFT. Tesis de doctorado. Programa de Post-Grado en Agriculturas intensivas y cultivos protegidos, Universidad de Almería, Almería, España.
- Peil, R.M.N., A.A.R. Albuquerque Neto y C.V. Rombaldi. 2014. Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. *Hortic. Bras.* 32(2), 234-240. Doi: 10.1590/S0102-05362014000200021
- Perin, L., R.M.N. Peil, D. Höhn, D.S.B. Rosa, A.R. Wieth y P.R. Grolli. 2018. Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. *Acta Sci. Agron.* 40, e34992. Doi: 10.4025/actasciagron.v40i1.34992
- Queiroga, R.C.F., M. Puiatti, P.C.R. Fontes y P.R. Cecon. 2008. Produtividade e qualidade do melão cantaloupe, cultivado em ambiente protegido, variando o número e a posição dos frutos na planta. *Bragantia* 67(4), 911-920. Doi: 10.1590/S0006-87052008000400013
- Resende, G.M. 1999. Produção de pepino para conserva na região Norte de Minas Gerais. *Horticul. Bras.* 17(1), 57-60. Doi: 10.1590/S0102-05361999000100016
- Rosa, D.S.B. 2015. Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema

- fechado. Tesis de maestría. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.
- Rosa, D.S.B., R.M.N. Peil, L. Perin, D. Hohn, A.R. Weith y P.R. Grolli. 2016. Reutilização de substrato de casca de arroz e número de hastes para o tomateiro grape em sistema com recirculação da solução nutritiva. pp. 73-76. En: Anais de resumos, XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simposio Brasileiro de Hidroponia. Florianópolis, Brasil.
- Schwambach, J.L., J.L. Andriolo y A.B. Heldwein. 2002. Produção e distribuição da massa seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. *Ciênc. Rural* 32(1), 35-41. Doi: 10.1590/S0103-84782002000100007
- Strassburger, A.S., R.M.N. Peil, L.A. Fonseca y T.Z. Aumonde. 2011. Crescimento e produtividade da abobrinha italiana: efeito da concentração iônica da solução nutritiva. *Semina: Ciênc. Agrár.* 32(2), 553-564. Doi: 10.5433/1679-0359.2011v32n2p553
- Zorzeto, T.Q., S.C. Dechen, M.F. Abreu y F. Fernandes Júnior. 2014. Caracterização física de substratos para plantas. *Bragantia* 73(3), 300-311. Doi: 10.1590/1678-4499.0086