

Desarrollo del cultivo de *Agaricus bisporus* en Brasil: suplementación del compost y utilización de híbridos¹

Development of *Agaricus bisporus* cultivation in Brazil: compost supplementation and use of hybrid strains

Diego Cunha Zied^{2*}, Jose Emilio Pardo², Manuel Álvarez-Ortiz³ and Arturo Pardo-Giménez⁴

RESUMEN - La utilización de variedades híbridas de *Agaricus bisporus* de origen conocido no es una práctica habitual en los cultivos de Brasil. Por otro lado, tampoco se encuentra establecida la práctica de la suplementación, consistente en la adición al compost de sustancias nutritivas al final de la fase II del proceso de compostaje. El objetivo del presente trabajo es el estudio del efecto sobre la producción, en cultivos de champiñón en condiciones controladas, de la aplicación al compost de dos dosis de un suplemento comercial utilizando dos variedades híbridas de champiñón diferentes. Se han llevado a cabo para ello dos ciclos de cultivo. Los rendimientos se ven positivamente afectados como consecuencia de la suplementación, de manera significativa con la variedad del tipo híbrido blanco liso. Esta variedad proporciona mayor número de carpóforos y mayores rendimientos que la del tipo híbrido blanco grueso, aunque los champiñones presentaron menor tamaño. Los parámetros de producción cualitativos no han visto afectados como consecuencia de la suplementación. Esta práctica supone incrementos moderados de la temperatura del compost durante la fase de crecimiento vegetativo. Los resultados obtenidos confirman el interés de la suplementación del compost para aumentar la productividad.

Palabras claves: *Agaricus bisporus*. Micelios. Suplementos. Rendimiento. Calidad.

ABSTRACT - The use of hybrids strains of known origin in mushroom cultivation is not very common in Brazil. Likewise, the practice of supplementation of compost is not applied. Supplementation of compost in mushroom cultivation consists in the addition at the end of Phase II composting process. The aim of the research is the evaluation of two doses of a commercial supplement of nutritious substances in two different hybrid mushroom strains. Two crop cycles were conducted. Yields are positively affected as a result of supplementation, significantly with the smooth white hybrid strain. This strain provides more fruiting bodies and higher yields than the large off-white hybrid type, but showed smaller mushrooms. Qualitative production parameters are not affected as a result of supplementation. This practice leads to moderate increases in the temperature of the compost during the vegetative growth phase. The results confirm the interest of supplementing the compost in order to improve the productivity.

Key words: *Agaricus bisporus*. Spawn. Supplements. Yield. Quality.

DOI: 10.5935/1806-6690.20180014

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 26/11/2014; aprovado em 08/05/2017

¹Pesquisa financiada: Processo FAPESP 2015/15306-3

²Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Dracena, 17.900-000, Dracena-SP, Brasil, dczied@gmail.com, jose.pgonzalez@uclm.es

³Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes (ETSIAM), Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario, s/n, 02071 Albacete, Spain, manuel.alvarez@uclm.es

⁴Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES), C/ Peñicas, s/n. Apdo. 63. 16220 Quintanar del Rey, Cuenca, Spain, apardo.cies@dipucuenca.es

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del cultivo de champiñón en Brasil, buscando una producción regulada con beneficios estables para el cultivador, pasa por un salto tecnológico a un nivel superior (DIAS, 2010). En este sentido se plantea la necesidad de que la agricultura familiar se agrupe en asociaciones y cooperativas que operen en todas las fases de producción (CUNHA-ZIED; PARDO-GIMÉNEZ; SOUZA-DIAS, 2014). En el aspecto técnico resultan de interés, el desarrollo de híbridos para las condiciones locales específicas, y la aplicación de nuevas tecnologías de compostaje, incluyendo la suplementación de los sustratos.

Los híbridos son cultivados debido a su alta calidad y rendimiento, resultando adecuados tanto para el mercado fresco como para el procesado (SÁNCHEZ, 2004). Hace más de 30 años se introdujeron en cultivo comercial las dos primeras variedades híbridas blancas de *A. bisporus*, desarrolladas en la Mushroom Experimental Station de Horst, Holanda, mediante cruzamientos entre variedades blancas lisas y blancas escamosas (FRITSCHÉ; SONNEMBERG, 1988). Estas cepas, denominadas U1 y U3, son aún cultivadas en la actualidad, y son consideradas progenitores directos de todas las otras variedades blancas de *A. bisporus* cultivadas actualmente (KERRIGAN; WACH, 2014).

La disponibilidad para el cultivador de una mayor diversidad de cepas en cultivo comercial presenta una amplia variedad de beneficios potenciales. Las nuevas cepas pueden presentar nuevos patrones para un mejor aprovechamiento nutricional de los recursos, ligeras modificaciones en el ritmo de producción y el calendario de cultivo, diferentes requerimientos en el control de las condiciones ambientales adaptadas a diferentes épocas del año, mayor resistencia a enfermedades bacterianas, fúngicas y víricas, así como diferencias morfológicas y nutritivas (PEETERS, 2008). En cualquier caso las características de las variedades en cuanto a tamaño, forma y color están influidas en gran medida por las condiciones ambientales y el manejo del cultivo (TSCHIERPE, 1983).

Finalizado el proceso de compostaje, el contenido en nitrógeno y el valor de la relación C:N del sustrato puede ser modificado mediante la técnica conocida como suplementación, que puede ser llevada a cabo tanto en el momento de la inoculación del micelio, al final de la fase II, o inmediatamente antes de la aplicación de la capa de cobertura, finalizada la colonización del compost (ZIED; SAVOIE; PARDO-GIMÉNEZ, 2011).

Esta práctica es ampliamente reconocida y aceptada, aunque de escasa utilización en Brasil. La mejora de la calidad del compost en el aspecto nutritivo

resulta, por tanto, de gran importancia para aumentar el beneficio económico (ROYSE, 2010). La mayoría de suplementos modernos se basan en materiales de origen vegetal ricos en proteína, entre los que la harina de soja es el ingrediente más importante (ROYSE; SANCHES, 2008).

Cuando las características de las instalaciones y el sistema de cultivo lo permiten, los suplementos se añaden al compost germinado justamente antes de aplicar la capa de cobertura, evitando así temperaturas excesivas del compost durante la germinación y minimizando la incidencia de hongos competidores (COELLO-CASTILLO; SÁNCHEZ; ROYSE, 2009). Sin embargo, el sistema de cultivo en sacos, predominante en Brasil, requiere la suplementación en siembra debido principalmente a restricciones mecánicas.

El interés del presente trabajo, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la suplementación del compost a diferentes dosis sobre los parámetros de producción para dos híbridos pertenecientes a los grupos más utilizados en cultivo con ambiente controlado, se apoya en dos situaciones limitantes para la producción comercial de champiñón en Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización física, química y biológica de los composts y la mezcla de cobertura se realizaron las siguientes determinaciones: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido en N total, materia orgánica y cenizas, relación C:N, fibra bruta, grasa bruta, extractivos libres de nitrógeno, densidad real, densidad aparente, porosidad total y capacidad de retención de agua, nematodos, ácaros y hongos competidores. Se utilizó para ello la metodología descrita por Pardo-Giménez *et al.* (2012).

Se ha considerado para experimentación, como suplemento nutritivo del compost para cultivo de champiñón, un producto comercial de acción retardada a base de harina de soja, con un contenido en proteína del 48% (Promycel® 480, Amycel Europe, Vendôme, Francia). Se han llevado a cabo dos experimentos independientes, utilizando en ambos casos dosis de 6 y 8 g kg⁻¹ sobre peso fresco de compost, correspondientes a los extremos del rango recomendado por el fabricante para el suplemento utilizado.

Como materiales de base para el cultivo se utilizaron composts comerciales, basados en paja de cereales, correspondientes al grupo de los denominados "semisintéticos". Sus principales características se presentan en la Tabla 1.

En ambos experimentos se utilizó como capa de cobertura una mezcla 4:1 v/v de suelo mineral y turba negra, con las siguientes características: pH (1:6, v/v) 8,37, conductividad eléctrica (1:6, v/v) 459 $\mu\text{S cm}^{-1}$, densidad aparente 1,135 g cm^{-3} , densidad real 2,670 g cm^{-3} , porosidad total 575 mL L^{-1} , capacidad de retención de agua 0,37 kg kg^{-1} , y materia orgánica 45,2 g kg^{-1} . El espesor de cobertura empleado fue de 3 cm.

Las variedades comerciales de micelio utilizadas fueron Fungisem H-22 (híbrido blanco grueso “invierno”, tipo U1) en el Experimento 1 y Pla 10 (híbrido blanco liso “entretiempo”, tipo U3) en el Experimento 2. El primer híbrido comercial del tipo híbrido blanco grueso (“*Large Off-White Hybrid*”), denominado U1, fue desarrollado en Holanda a principios de los 80, mediante cruzamientos entre variedades blanco liso y blanco escamoso. Más próximos a los blanco escamosos, son cultivados debido a su gran calidad y elevados rendimientos, presentando alta vida útil, y resultando muy adecuados para el mercado fresco. El primer híbrido blanco liso (“*Smooth White Hybrid*”), denominado U3, fue también desarrollado en Holanda a principios de los 80, igualmente mediante cruzamientos entre variedades blanco liso y blanco escamoso, habiendo heredado el carácter blanco liso de la piel y las laminillas rosadas de las variedades blanco liso. Su tamaño es de mediano a grueso, presenta buenas cualidades de conservación post-cosecha y es utilizado habitualmente tanto para el mercado en fresco como para el procesado. La dosis de siembra fue de 10 g kg^{-1} sobre compost fresco en ambos Experimentos.

Se llevaron a cabo dos ciclos de cultivo, utilizando en ambos casos un diseño de bloques al azar con diez repeticiones. Se utilizaron sacos de formato comercial

(“compoblock”), con 0,24 m^2 de superficie, conteniendo 20 kg de compost cada uno. La densidad de carga resultante fue de 83,3 kg m^{-2} . Se utilizaron un total de 30 sacos en cada experimento, correspondientes a las diez repeticiones de las dos dosis utilizadas y el testigo no suplementado.

Los ciclos de cultivo se llevaron a cabo en salas de cultivo climatizada, según el calendario que se presenta en la Tabla 2 y en las condiciones recomendadas para los tipos de micelio utilizados (PARDO-GIMÉNEZ; JUAN; PARDO-GONZÁLEZ, 2004). Con objeto de establecer la influencia de la suplementación sobre la temperatura del sustrato, y en previsión de posibles sobrecalentamientos, se registró la misma diariamente para cada uno de los tratamientos.

La recolección de los champiñones se realizó diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo, correspondiente a los estados morfogénicos 2, 3 y 4 de los definidos por Hammond y Nichols (1976). Para el establecimiento del rendimiento por unidad de superficie se pesó la cantidad de champiñones no cortados producidos diariamente por cada unidad experimental, contando el número de champiñones obtenidos. Además, se separó la producción en dos grupos según su tamaño: gruesos (≥ 40 mm) y medianos (15-40 mm). La eficiencia biológica, expresada en kg dt^{-1} compost (materia seca), se estableció a partir del rendimiento por unidad de superficie, teniendo en cuenta la densidad de carga del compost y su contenido en humedad (ALTIERI *et al.*, 2009). El peso unitario de los champiñones, expresado en gramos, se determinó a partir del rendimiento obtenido y el número de champiñones cosechados.

Una segunda estimación del tamaño, expresado como diámetro del sombrero en mm, se determinó a

Tabla 1 - Características analíticas de los composts comerciales utilizados

pH (1:5, p/v)	Experimento 1	Experimento 2
	7,62	7,62
Humedad (g kg^{-1})	713	717
Nitrógeno total (g kg^{-1} , s.m.s.)	26,9	25,1
Cenizas (g kg^{-1} , s.m.s.)	237,7	237,4
Materia orgánica (g kg^{-1} , s.m.s.)	762,3	762,6
C/N	16,4	17,6
Fibra bruta (g kg^{-1} , s.m.s.)	368,0	383,1
Grasa bruta (g kg^{-1} , s.m.s.)	4,3	3,8
E.L.N. (g kg^{-1} , s.m.s.)	221,9	218,8
Nematodos	Ausencia	Ausencia
Ácaros	Ausencia	Ausencia
Hongos competidores	Ausencia	Ausencia

Tabla 2 - Conducción de las principales operaciones del ciclo de cultivo

Operación	Calendario de cultivo (días desde la siembra)	
	Exp. 1	Exp. 2
Siembra, aplicación de suplemento y llenado	0	0
Aplicación de la capa de cobertura	17	17
Tratamiento desinfectante (formalina, 18 mL m ⁻² , en 1100 mL agua)	17	17
Tratamiento insecticida (diflubenzuron 25%PM, 3,6 g m ⁻² , en 1100 mL agua)	19	19
Tratamiento fungicida (procloraz 46%PM, 0,62 g m ⁻² , en 700-1100 mL agua)	21	21
Rastrillado	24	24
Inducción de la fructificación	26	27
Comienzo de la cosecha	40	39
Vaciado de la cámara, limpieza y desinfección	65	63

partir del peso unitario de los champiñones, empleando la curva de regresión no lineal, previamente establecida. Se utilizó para el cálculo la ecuación (1), que proporcionó los mayores valores de R² como resultado de ajustar a los datos diversos modelos en el análisis de regresión.

$$d = 6,84525 + 7,1942 p^{1/2} \quad (1)$$

donde *d*: diámetro del sombrero (mm), y *p*: peso unitario de los champiñones (g).

La precocidad se expresó como el tiempo transcurrido entre la aplicación de la cobertura y la cosecha de la primera florada, ponderando la producción relativa diaria de la misma.

En el día de la máxima cosecha de cada una de las tres primeras floradas, se eligieron champiñones de tamaño y madurez uniformes para evaluación de calidad. Sobre ellos se determinó su color y contenido en materia seca. Para el establecimiento de los valores globales de los citados parámetros se tomó la media ponderada respecto al rendimiento relativo de cada una de las tres primeras floradas.

El color de la superficie de los champiñones se midió por reflexión utilizando un colorímetro Minolta CR-300, calibrado previamente con una placa de calibración CR-A43 (L* = 96.12, a* = -0.11, b* = +2.66), e iluminante D65. Se tomaron un total de veinte medidas en cada una de las tres primeras floradas para cada unidad experimental, realizándose cuatro medidas sobre los sombreros de cinco champiñones, de tamaño uniforme y libres de enfermedad: una en el centro del sombrero y tres a distancias entre 1 y 2 cm del mismo, dependiendo del tamaño de los carpóforos. Para la descripción del color se utilizan los valores de L* (luminosidad), b* (componente amarillo-azul) e ΔE*, parámetro que mide el grado de desviación en comparación con los valores de un esporóforo ideal

de valores L* = 97, a* = -2 y b* = 0 (PARDO-GIMÉNEZ; PARDO-GONZÁLEZ; ZIED, 2011). No se ha tenido en cuenta el componente rojo-verde (a*) ya que estos tonos prácticamente no participan en el color final del champiñón. ΔE* se obtiene a partir de la ecuación (2).

$$\Delta E^* = [\{L^* - 97\}^2 + \{a^* - (-2)\}^2 + \{b^*\}^2]^{1/2} \quad (2)$$

El método utilizado para determinar el contenido en materia seca de los carpóforos consistió en la medida de la pérdida de peso tras desecación a 105°C al menos 72 h, hasta pesada constante.

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Plus v. 4.1 (Statistical Graphics Corp., Princeton, NJ, USA). Se empleó la técnica de análisis de varianza para evaluar los datos. Para el establecimiento de diferencias significativas entre medias se utilizó el test de Tukey-HSD (p=0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el Experimento 1 se presentan en las Tablas 3 y 4. En este caso el micelio utilizado fue del tipo “híbrido blanco grueso invierno”, en general menos productivo que los “híbridos blanco liso entretiempo”, aunque con mejor aceptación en el mercado en fresco. Únicamente se han observado diferencias significativas para la precocidad, dándose un moderado adelanto de la cosecha de la primera florada como consecuencia de la suplementación, mayor con mayor dosis de suplemento.

El número de champiñones producidos por esta variedad ha sido relativamente bajo, con un promedio de 789 champiñones por m², aunque éstos presentaron altos valores del peso unitario y el diámetro, con alta

Tabla 3 - Resultados de los parámetros de producción cuantitativos en el experimento 1

	Número champiñones m ²	Peso Unitario (g)	Rendimiento (kg m ⁻²)				Eficiencia Biológica (kg dt ⁻¹ compost)	Precocidad (días desde la cobertura)	
			1ª florada	2ª florada	3ª florada	4ª florada			Total
Testigo	745	25,4	4,22	9,55	3,52	1,21	18,51	80,6	24,5 a
Promycel 0,6%	897	23,0	5,26	10,08	3,30	1,43	20,07	87,4	24,1 ab
Promycel 0,8%	725	28,5	5,12	9,61	3,94	1,66	20,33	88,5	23,9 b
Media	789	25,6	4,87	9,75	3,58	1,44	19,63	85,5	24,2

Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

Tabla 4 - Resultados de los parámetros de producción cualitativos en el experimento 1

	Categoría comercial (kg/m ²)		Diámetro del carpóforo (mm)	Color			Materia seca (g kg ⁻¹)
	Grueso (≥ 40 mm)	Mediano (< 40 mm)		L*	B*	Δe^*	
Testigo	14,59	3,91	43,0	93,39	8,56	9,47	86,1
Promycel 0,6%	15,39	4,68	41,2	93,67	9,15	9,88	85,0
Promycel 0,8%	17,57	2,75	45,2	93,93	8,80	9,46	83,4
Media	15,85	3,78	43,1	93,66	8,84	9,60	84,8

Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

proporción de champiñón grueso. La suplementación ha proporcionado incrementos, aunque no significativos, del 8,4 y el 9,8%, según la dosis, para el rendimiento por unidad de superficie y la eficiencia biológica. Estos valores se encuentran dentro del rango de incrementos de rendimiento esperados con este tipo de suplementos, que se sitúan entre el 5 y el 20% (BECHARA *et al.*, 2008; ZIED; SAVOIE; PARDO-GIMÉNEZ, 2011).

La distribución de la producción por floradas (Tabla 3) muestra como la segunda florada ha resultado la más productiva en todos los casos, con un promedio del 49,7% sobre el total. Otro aspecto considerado en este experimento ha sido la influencia de la suplementación sobre la temperatura del compost. Este es un aspecto muy a tener en cuenta, especialmente en cultivos con escaso nivel de climatización, donde un exceso de sobrecalentamiento del compost, particularmente en épocas calurosas, puede traer como consecuencia la destrucción de parte del micelio que está creciendo en él con la consiguiente pérdida de cosecha (NARAIAAN *et al.*, 2009).

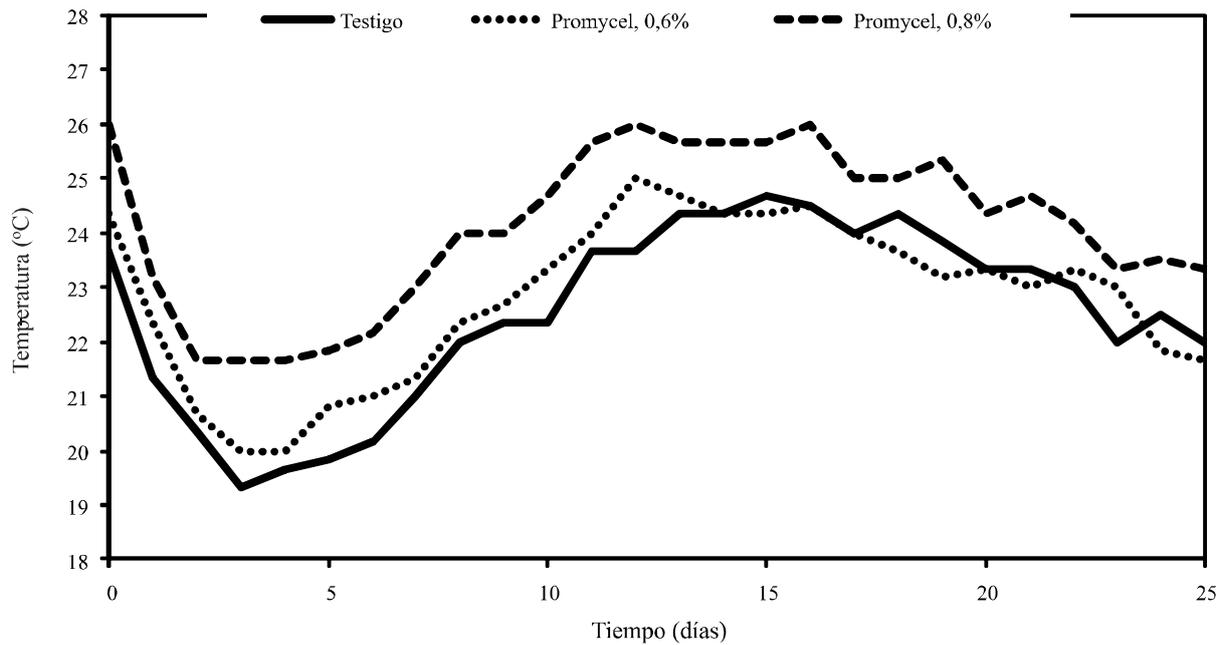
La disponibilidad de nutrientes fácilmente disponibles para el micelio hace que éste aumente su actividad y eleve la temperatura del medio de cultivo. Así, en la Figura 1 se observa la evolución de la temperatura media del compost con y sin suplementación. Los mayores aumentos de temperatura, entre 1 y 2 °C, se produjeron durante la fase de germinación como consecuencia de la aplicación del suplemento a la dosis más alta.

Los resultados obtenidos en el Experimento 2 se presentan en las Tablas 5 y 6. En este caso se trata de una variedad "híbrido blanco liso entretiempo". La tabla 6 muestra como se produce un aumento significativo del número de champiñones cosechados por unidad de superficie al aplicar la suplementación a ambas dosis. Los mayores valores del rendimiento y la eficiencia biológica fueron proporcionados por el compost suplementado a la dosis más alta (24,56 kg m⁻² y 108,5 kg dt⁻¹) significativamente superiores al compost no suplementado, quedando el suplementado a baja dosis en un punto intermedio.

Esta diferencia es achacable, principalmente, a la diferencia registrada para la producción de la primera florada. En este caso los incrementos del rendimiento total han resultado del 9,3 y el 16,0%, según la dosis. Al igual que sucedía en el experimento 1, la suplementación adelanta la cosecha, con mayor adelanto a mayor dosis.

En el aspecto económico, Randle y Smith (1986) establecieron que era necesario un incremento del rendimiento de 1,5 kg m⁻² para compensar el coste de la suplementación. Este aumento ha sido superado en ambos experimentos con las dos dosis utilizadas.

En cuanto a la distribución de la producción por floradas (Tabla 5) se han observado menores diferencias que en el experimento 1, con un promedio del 32,2% de la producción en la primera florada y un 34,3% en la segunda.

Figura 1 - Evolución de la temperatura del compost previa a la inducción de la fructificación en el experimento 1**Tabla 5** - Resultados de los parámetros de producción cuantitativos en el experimento 2

	Número champiñones m ²	Peso Unitario (g)	Rendimiento (kg m ⁻²)				Eficiencia Biológica (kg dt ⁻¹ compost)	Precocidad (días desde la cobertura)	
			1ª florada	2ª florada	3ª florada	4ª florada			
Testigo	1176 b	18,1	6,15 b	7,80	5,28	1,94	21,18 b	93,6 b	24,0 a
Promycel 0,6%	1383 ab	16,8	7,70 a	7,46	5,66	2,31	23,14 ab	102,2 ab	23,5 ab
Promycel 0,8%	1453 a	17,1	8,34 a	8,36	5,43	2,43	24,56 a	108,5 a	23,1 b
Media	1337	17,3	7,40	7,87	5,46	2,23	22,96	101,4	23,5

Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

Tabla 6 - Resultados de los parámetros de producción cualitativos en el experimento 2

	Categoría comercial (kg m ⁻²)		Diámetro del carpóforo (mm)	Color			Materia seca (g kg ⁻¹)
	Gruoso (≥ 40 mm)	Mediano (< 40 mm)		L*	B*	Δe^*	
Testigo	12,03	9,15	37,4	93,21	8,56	9,58	86,1
Promycel 0,6%	11,90	11,24	36,4	93,74	8,62	9,41	82,1
Promycel 0,8%	12,89	11,67	36,6	93,81	8,70	9,45	79,9
Media	12,27	10,69	36,8	93,59	8,63	9,48	82,7

Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey)

En general, la 4ª florada presenta habitualmente escasa producción, lo que unido a la incidencia de plagas y enfermedades hace que, en la práctica, muchos cultivadores opten por acortar el ciclo de cultivo limitando la cosecha a

tres floradas. Al igual que sucedía en el experimento 1 no se han observado diferencias significativas para ninguno de los parámetros de producción cualitativos considerados (Tabla 6).

Comparando los resultados con los observados en el experimento 1, vemos como en este caso se presenta un mayor grado de fructificación (mayor número de champiñones por unidad de superficie), aunque los carpóforos eran de menor tamaño (peso unitario y diámetro) pero con un rendimiento total superior. El destino comercial de la cosecha (fresco o industrialización) determinará la elección de la variedad por parte del cultivador.

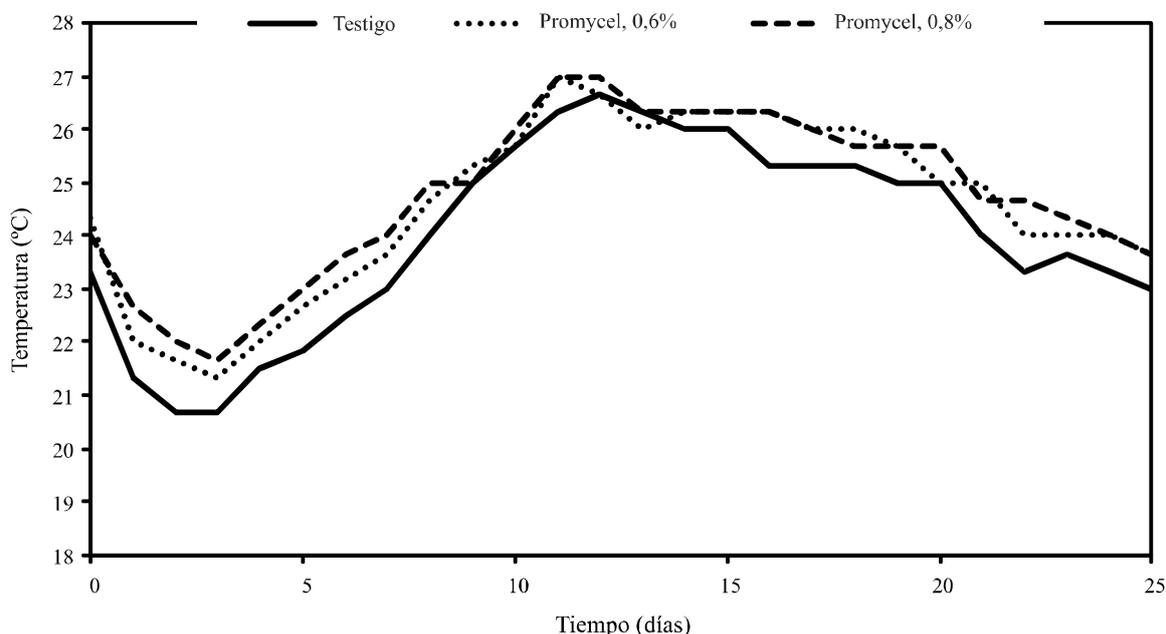
Para la temperatura del compost, también en este caso se produjeron aumentos de la misma como consecuencia de la aplicación del suplemento, aunque de manera menos acusada que en el experimento 1 (Figura 2). Este efecto sobre la temperatura del compost de la suplementación, aunque no muy acusado, hace que su aplicación presente mayores ventajas en épocas frías, ya puede ser aprovechado en cultivos climatizados para ahorrar la energía necesaria para elevar la temperatura del compost en la fase de germinación (contrariamente a lo que sucedería en épocas calurosas, donde aumentaría las exigencias de refrigeración).

En el presente trabajo, la aplicación del suplemento se ha efectuado en el momento de la siembra. Esta es la

única aplicación válida en la práctica para el sistema de cultivo en paquetes (comblock) utilizando compost de Fase II. No obstante, de acuerdo con Gerrits (1988), la adición de los suplementos a un compost bien colonizado, inmediatamente antes de aplicar la capa de cobertura, es la mejor manera de suplementar. Cuando se utiliza compost de Fase III, esta operación puede llevarse a cabo bien en el momento del empaquetado, o en el llenado a granel de las salas de cultivo. En cultivos mecanizados de tipo holandés la suplementación puede realizarse a máquina consiguiendo un reparto uniforme.

Comparando los rendimientos obtenidos en el presente trabajo (oscilando entre 18,51 y 24,56 kg m⁻²) con los presentados por Zied *et al.* (2014), quienes trabajaron con cepas comerciales brasileñas y obtuvieron rendimientos de 11,8 kg m⁻² utilizando la variedad ABI 07/06 y 11,46 kg m⁻² con la ABI 06/05, es posible verificar la importancia del desarrollo tecnológico en la práctica del cultivo para la producción de *A. bisporus*, destacando los incrementos de rendimiento obtenidos con la suplementación del compost y el empleo de híbridos de origen conocido y certificado.

Figura 2 - Evolución de la temperatura del compost previa a la inducción de la fructificación en el experimento 2



CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos confirman el interés de la suplementación del compost en el momento de la siembra con nutrientes de liberación retardada, principalmente utilizando variedades del tipo híbrido blanco liso;
2. La aplicación de la suplementación implica mejoras en el rendimiento global de la cosecha, aumentando por

tanto la rentabilidad de los cultivos, sin afectar a los parámetros de producción cualitativos;

3. Sin olvidar el resto de factores de producción, la disponibilidad de una gama de micelios de origen conocido y certificados ofrece a los productores una mayor garantía de éxito de la actividad, permitiendo elegir en función del destino comercial de la cosecha (fresco o industrialización).

AGRADECIMIENTOS

Al Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - 2015/15306-3), por el apoyo.

REFERENCIAS

- ALTIERI, R. *et al.* Performance of olive mill solid waste as a constituent of the substrate in commercial cultivation of *Agaricus bisporus*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, n. 8, p. 993-997, 2009.
- BECHARA, M. A. *et al.* Effect of delayed-release supplements in grain-based substrate on yield of the mushroom *Agaricus bisporus*. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 4, p. 1501-1505, 2008.
- COELLO-CASTILLO, M. M.; SÁNCHEZ, J. E.; ROYSE, D. J. Production of *Agaricus bisporus* on substrates pre-colonized by *Scytalidium thermophilum* and supplemented at casing with protein-rich supplements. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 19, p. 4488-4492, 2009.
- CUNHA-ZIED, D.; PARDO-GIMÉNEZ, A.; SOUZA-DIAS, E. Cultivo de champiñón en Brasil: estado actual y perspectivas. **Actualidades Biológicas**, v. 36, n. 1, p. 46-47, 2014.
- DIAS, E. S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 795-803, 2010.
- FRITSCHÉ, G.; SONNEMBERG, A. S. M. Mushroom strains. In: VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. **The cultivation of mushrooms**. Rustington, Sussex, UK: Darlington Mushroom Laboratories, 1988. cap. 5, p. 101-123.
- GERRITS, J. P. G. Nutrition and compost. In: VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. **The cultivation of mushrooms**. Rustington, Sussex, UK: Darlington Mushroom Laboratories, 1988. cap. 2, p. 29-72.
- HAMMOND, J. B. W.; NICHOLS, R. Carbohydrate metabolism in *Agaricus bisporus* (Lange) Sing.: changes in soluble carbohydrates during growth of mycelium and sporophore. **Journal of General Microbiology**, v. 93, p. 309-320, 1976.
- KERRIGAN, R. W.; WACH, M. P. **Hybrid mushroom strain J9277, its descendants, and related methods**. United States Patent No.: US 8663969 B2, 2014. 10 p.
- NARAIAN, R. *et al.* Influence of different nitrogen rich supplements during cultivation of *Pleurotus florida* on corn cob substrate. **The Environmentalist**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2009.
- PARDO-GIMÉNEZ, A. *et al.* Effect of supplementing compost with grapeseed meal on *Agaricus bisporus* production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1665-1671, 2012.
- PARDO-GIMÉNEZ, A.; JUAN, A. J.; PARDO-GONZÁLEZ, J. E. Assessment of different casing materials for use as peat alternatives in mushroom cultivation. Evaluation of quantitative and qualitative production parameters. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 267-272, 2004.
- PARDO-GIMÉNEZ, A.; PARDO-GONZÁLEZ, J. E.; ZIED, D. C. Evaluation of harvested mushrooms and viability of *Agaricus bisporus* growth using casing materials made from spent mushroom substrate. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 4, p. 787-792, 2011.
- PEETERS, J. The art of supplementing. **Mushroom Business**, v. 30, p. 24-25, 2008.
- RANDLE, P. E.; SMITH, J. F. Economic aspects of compost supplementation. **Mushroom Journal**, v. 165, p. 297-305, 1986.
- ROYSE, D. J. Effects of fragmentation, supplementation and the addition of phase II compost to 2nd break compost on mushroom *Agaricus bisporus* yield. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 188-192, 2010.
- ROYSE, D. J.; SANCHEZ, J. E. Supplementation of first break mushroom compost with hydrolyzed protein, commercial supplements and crystalline amino acids. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, n. 8, p. 1333-1339, 2008.
- SÁNCHEZ, C. Modern aspects of mushroom culture technology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 64, p. 756-762, 2004.
- TSCHIERPE, H. J. Environmental factors and mushroom strains. **Mushroom Journal**, v. 132, p. 417-429, 1983.
- ZIED, D. C. *et al.* Influence of productivity and processing method on physicochemical characteristics of white button mushrooms in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 14, p. 2850-2855, 2014.
- ZIED, D. C.; SAVOIE, J. M.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Soybean the main nitrogen source in cultivation substrates of edible and medicinal mushrooms. In: EL-SHEMY, H. A. **Soybean and Nutrition**. Rijeka: InTech Open Access Publisher, 2011. cap. 22, p. 433-452.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License