

Parte III Hongos alrededor del mundo

Capítulo 11

Hongos para el Trópico

CULTIVO DE HONGOS SHIITAKE

Alice W. Chen

Hongos Especiales, E.E.U.U.

¿Por qué elegir hongos Shiitake?



Figura 1. Shiitake

Shiitake es, por mucho, el hongo comestible medicinal más popular e importante en muchos países (Chen, *et al.*, 2000; Chen, 2001; Humble, 2001; Royse, 2001; Stamets, 2000). El nombre shiitake se origina en Japón en China se lo conoce como xiangu y en Francia como lentin. Al usar su nombre científico, *Lentinula edodes*, usted puede estar seguro que está hablando sobre el mismo hongo con personas de otras partes del mundo. Este hongo chino antiguo, descubierto primero en China, es principalmente de clima templado, tiene una larga historia como delicadeza culinaria y como estimulador de inmunidad, y produce lentinan, que en Japón está reconocido como una droga anticancerosa. También se ha

descubierto una propiedad anti-VIH junto con otros beneficios para la salud.

Puede sorprender que el shiitake sólo se encuentre como especie nativa en países del Oriente Lejano como China, Japón y Corea, pero no en América del Norte ni en Europa. La reciente visualización de shiitake en tierra virgen en E.E.U.U. probablemente se deba a escapes del hongo de los lugares de cultivo, o de preparaciones culinarias. En China, donde se encontró el shiitake por primera vez, su nombre chino xiangu, significa hongo fragante (xian significa fragancia, gu significa hongo). Dos formas altamente apreciadas de xiangu son dongu, el shiitake de invierno (dong significa invierno), y huagu, el shiitake flor (hua significa flor). Ambas formas con sombreros carnosos y gruesos, se producen a temperaturas invernales. Huagu, el shiitake más buscado y el más caro, es una forma de dongu con un patrón de grietas similar a una flor en la superficie superior del sombrero (Wu, 2000).

Es muy natural que China fuera la primera en descubrir cómo cultivar shiitake hace casi mil años. El crédito se le dio a Wu, Sang Kwuang en la Provincia de Zhejiang como el observador ingenioso que dedujo cómo aumentar la fructificación de shiitake en leños encontrados en tierra virgen durante la Dinastía Sung en 1.100 D.C. (Miles y Chang, 1989). Durante aquellos lejanos días, las esporas de shiitake que flotaban en el aire se implantaban espontáneamente quizás sobre troncos de árboles caídos o ramas. La metodología científica evolucionó mucho más tarde, cuando el Dr. Shozaburo Minura en Japón desarrolló la técnica de inoculación de leños naturales con cultivo de micelio puro de shiitake, en 1914 (Stamets, 2000). A principios del siglo veinte, el Prof. Chang-Chich Hu, de la Universidad de Jing-Ling (ahora Universidad de Nanjing) en Nanjing, China, fue uno de los pioneros en promover el cultivo de shiitake en China, después que retornó de la Universidad de Tokio en Japón. Sólo aproximadamente

dos décadas atrás, en 1979, después de unos doce años de investigación, China tuvo éxito en el cultivo de shiitake en tronco sintético (bloques de sustrato en bolsas) a gran escala, una producción mucho más rápida comparada con el cultivo en leños naturales (Huang, 1997). Hoy, China se mantiene como uno de los mayores productores, consumidores y exportadores de shiitake. En el año 2000 del nuevo milenio, las importaciones de shiitake a Japón subieron a 42.057 toneladas, un 33%, con un valor de USD 93,65 millones. Casi todo el shiitake importado a Japón provino de China.

En E.E.U.U., el cultivo de shiitake empezó a desarrollarse entre 1986 y 1996, luego del levantamiento de una prohibición de importar cultivos vivos de *L. edodes* por el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) en 1972 (Royse, 2001). Ahora, el shiitake fresco, cultivado por productores americanos, es el principal hongo de especialidad en los supermercados de todo el país, mientras que el shiitake seco tiene una larga historia como un tesoro en las tiendas comestibles orientales, particularmente en barrios chinos y otras comunidades orientales.

El cultivo de Shiitake se practica ampliamente no sólo en el Sudeste de Asia (China, Taiwán, Japón, Corea, Singapur, las Filipinas, Sri Lanka y Tailandia), sino también en América del Norte (E.E.U.U. y Canadá), Europa (con Francia a la cabeza, Alemania, los Países Bajos, España, Italia, Inglaterra, Suiza, Bélgica, Finlandia y Suecia), Australia y Nueva Zelanda (Oei, 1996; Romanens, 2001). El cultivo de shiitake es, de hecho, una industria mundial.

El cultivo de shiitake en bolsas de leños sintéticos es ahora el método número uno usado en China (Wu, 2000). También es la manera más común de cultivar shiitake en los E.E.U.U. El costo de los materiales y del laboreo del cultivo tradicional en leño natural parece ser menos redituable para los cultivadores americanos. A continuación, nosotros nos enfocamos en el cultivo de shiitake en bolsa, basado en la metodología americana y china. Para estimular un éxito consistente, el autor proporciona una comprensión más profunda sobre las fases cruciales y básicas del cultivo de shiitake como una guía práctica para los cultivadores, incluyendo una crítica selección de las cepas, progresos en el crecimiento del micelio y madurez en la preparación de los hongos en formación, cómo controlar el ambiente en cada fase, cómo desencadenar la formación de hongos, y cómo crece el hongo. También se describen técnicas especiales para forzar el huagu (el shiitake flor), la forma más cara en los mercados mundiales.

Cultivo de Shiitake en Bolsa (Cultivo en Leño Sintético)

Selección de cepas

Es crucial saber la importancia que tiene la selección de cepas de shiitake. Las cepas de shiitake varían ampliamente, particularmente en la temperatura de fructificación y la maduración del micelio (temprano o tarde; tiempo de producción más corto o más largo). También con la cepa se relacionan la selectividad del sustrato, la velocidad de crecimiento (algunas cepas rápidas pueden producir fructificación prematura), la calidad del hongo shiitake (forma, tamaño, espesor, color, sabor y fragancia, etc.), rendimiento y adaptabilidad ecológica a temperaturas extremas, normalmente tolerancia al frío. Basado principalmente en el sistema chino, las cepas se clasifican en 4 categorías según la temperatura de fructificación (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de cepas de shiitake basada principalmente en el sistema chino

Temperatura baja	Temperatura media	Temperatura alta	Amplio rango de temperatura
10°C	10-18°C	20°C y mayor	5-35°C

En alerta a la intrusión de importaciones masivas, los japoneses desarrollaron varias cepas nuevas de shiitake dependientes de técnicas de cultivo, con cuerpos de fructificación grandes y gruesos conocidos como basidiocarpos (Watanabe, 2001). Tanto el comportamiento como la estabilidad de las cepas superiores son importantes. Los cultivadores experimentados son conscientes de los problemas potenciales de la atenuación o degeneración de las

cepas. Por ejemplo, los subcultivos repetidos y el almacenamiento prolongado del cultivo stock pueden resultar en cuerpos de fructificación más pequeños y en menor rendimiento (Huub Habets).

Selección del sustrato

Para el cultivo de shiitake muchos prefieren el aserrín envejecido de árbol de hoja ancha. El aserrín fresco, sin envejecer por fermentación, puede usarse para el shiitake sólo si es de especies de árboles de alta calidad. Roble, "chinkapin" (*Castanopsis*), carpe (*Carpinus sp.*), ocozol (*Liquidambar styraciflua*), álamo, aliso, palo hacha (*Olneya tesota*), haya, abedul y sauce son ejemplos de maderas duras de hojas anchas no aromáticas normalmente usadas en los EEUU. El aserrín proveniente de especies de árboles de calidad más baja debe envejecerse a través de la fermentación (Oei, 1996). Seleccione el recurso que esté localmente disponible y sea barato, por ejemplo, en Australia se usa el aserrín del eucalipto fermentado. Hay cultivadores que prefieren usar aserrín envejecido sin tener en cuenta las especies de árboles. Son importantes tanto los nutrientes del sustrato como las propiedades de la textura física para la aireación. Las partículas del aserrín no deben ser menores de 0.85mm.

Formulación del sustrato

Para las formulaciones normalmente usadas de aserrín de madera dura suplementadas, vea la Tabla 2. Muchos usan un sustrato simple con aserrín, salvado y 1% CaCO₃ (Oei, 1996). También se agrega frecuentemente 1% sacarosa. Además de las maderas duras, el uso de pino es un asunto de gran interés, dado que el pino es un recurso forestal fácilmente disponible. El sustrato suplementado de pino-madera dura (Tabla 2-Fórmula C) se usó como un sustituto parcial de ingredientes basales en el Instituto de Investigación Forestal de Nueva Zelandia para la producción de shiitake, con resultados satisfactorios. También pueden usarse como ingredientes basales alternativos, desechos agrícolas como la cáscara de semilla de algodón, los marlos de maíz, el bagazo y la paja.

Tabla 2. Formulación de sustratos basados en aserrín para el cultivo de shiitake

A. Basado en aserrín de árboles de hoja ancha (Wu, 2000)	
aserrín	100 kg
salvado de trigo o arroz	23,25kg
yeso	2,5kg
superfosfato de calcio	0,5kg
sacarosa	1-1,5kg
agua	100-140kg
B. Basado en aserrín de árboles de hoja ancha (Stamets, 2000)	
aserrín	100 lb (o 64 gal)
virutas de madera	50 lb (o 32 gal)
salvado de arroz o centeno	40 lb (o 8 gal)
yeso (sulfato de calcio)	5-7 lb (o 1 gal)
agua	60%
C. Instituto de Investigación Forestal de Nueva Zelandia	
aserrín de pino	6 partes (pino Monterey- <i>Pinus radiata</i>)
aserrín de madera dura	3 partes (haya o álamo)
grano	1 parte (cebada)
D. Sustrato basado en paja (Oei, 1996)	
paja de arroz	50kg
paja de trigo	20kg
aserrín	20kg

sacarosa	1,3kg
CaCO ₃	1,5kg
ácido cítrico	0,2kg
CaSO ₄	0,5kg

Esterilización del sustrato

La esterilización depende de la naturaleza de las bolsas (polipropileno o polietileno), del tamaño de la bolsa, de la naturaleza y la cantidad de sustrato por bolsa, y de la cantidad total. Para un sustrato de aserrín-salvado, esterilice de 2-3 hasta 4-5 horas a 121°C. Se aconseja a los cultivadores probar sus mezclas y ajustar en conformidad (Stamets, 2000).

Semilla (Spawn) e inoculación

Debe usarse una semilla fresca y vigorosa de edad apropiada. Seleccione la mejor cepa que se adecue a su interés. En general, en E.E.U.U. se usa la inoculación "continua" (semilla completamente mezclada con todo el sustrato) en bolsas más grandes, mientras que en China y Australia se usa la inoculación superior o localizada (la semilla queda en la superficie del sustrato o en el agujero de inoculación) en bolsas más pequeñas. La inoculación continua da una velocidad de crecimiento mucho más rápida. Las bolsas más grandes selladas al calor con filtros con microporos de respiración, llenadas parcialmente con los sustratos, permiten mezclar la semilla con el sustrato agitando mecánica o manualmente. Las bolsas más pequeñas, con cuellos de anillo y tapones, que están totalmente llenas y no dejan algo de espacio con aire en las bolsas no se prestan para la inoculación continua.

¿Cómo controlar los factores ambientales?

Stamets (2000) resumió los parámetros de crecimiento para el cultivo del shiitake en la Tabla 3.

Tabla 3. Cómo proveer el ambiente correcto para el crecimiento de shiitake

	Crecimiento del micelio	Inducción de primordios	Desarrollo de frutos
Temperatura	21-27°C (70-80°F) para todas las cepas	10-16°C* 6-21°C ** (50-60°F) (60-70°F) fluctuación de temperatura	16-18°C* 21-27°C** (50-70°F) (60-80°F)
Humedad	95-100% HR	95-100 % HR	60-80% HR
Incubación	ca. 1-2 meses dependiendo de la cepa	5-7 días	5-8 días
CO ₂	>10.000 ppm, tolerante	<1.000 ppm	<1.000 ppm
Ventilación (oxígeno)	0-1	4-7 /hora oxígeno	4-8 /hora oxígeno
Iluminación	50-100 lux	500-2.000 lux a 370-420 nm (verde-uv)	500-2.000 lux <500 lux (tallo largo)

* temperatura fría

** temperatura cálida

(Fuente: Stamets, 2000)

Recuerde siempre que, por ser especies principalmente de climas templados, los hongos shiitake se producen mejor a baja temperatura y poca fluctuación de temperatura y humedad, aunque ahora están disponibles cepas de altas temperaturas.

Cómo crecen los hongos shiitake en cultivo

La producción de shiitake involucra dos fases, una vegetativa de crecimiento y maduración del micelio y una reproductora de formación del cuerpo de fructificación. Es indispensable para los cultivadores seguir muy de cerca la colonización del micelio (corrida del spawn) con muchas fases de cambios fisiológicos intrincados y morfogénesis (cambio en rasgos físicos en crecimiento), enfocándose en la transición de la fase vegetativa a la fase reproductora. Los cultivadores deben estudiar las secciones relativas al cultivo para conocer los detalles y la secuencia de fotografías de shiitake.

Corrida del spawn (crecimiento del micelio y maduración)

La fase intrincada del crecimiento del micelio, fase vegetativa, consta de 5 fases. Todas las cepas de shiitake muestran un crecimiento de micelio óptimo a 25°C. La duración del crecimiento micelial es de 1-4 meses y depende de las cepas y de la metodología de cultivo. No se necesita luz durante el crecimiento micelial, sin embargo, un poco de luz en el ciclo día/noche hacia el final del crecimiento vegetativo conduce a la inducción de primordios. Pueden usarse diferentes enfoques, como un suministro de luz hacia la fase tardía del crecimiento micelial, exposición corta a la luz de 4-horas/ ciclo día-noche (Royse, 2001), o usar un nivel bajo de luz de 50-100 lux, a lo largo de la corrida del spawn (crecimiento micelial) (Stamets, 2000). El cambio dramático del crecimiento del micelio vegetativo a la producción de cuerpos de fructificación macroscópicos en la fase reproductiva requiere una cantidad enorme de reservas de energía. Una vigorosa colonización del micelio es de fundamental importancia. Debe notarse que las cepas varían ampliamente en la duración del tiempo para la maduración del micelio. Para una cepa, 60 días son suficientes para madurar, mientras que éste sería un tiempo insuficiente para otra cepa y podría producir hongos deformes (Miles y Chang, 1989).

Creimiento del micelio



Figura 2. Colonización del sustrato por el micelio del hongo

Inmediatamente luego del spawning (inoculación), empieza a crecer el micelio blanquecino del shiitake en el sustrato suplementado, hasta que la colonización se completa. Ésta es una fase de asimilación activa con una alta velocidad del metabolismo fúngico. Se activan las enzimas para romper los componentes complejos del sustrato (por ej. celulosa, hemicelulosa y lignina) en moléculas más simples que pueden ser absorbidas por el micelio como nutrientes para el crecimiento y la propagación bajo condiciones de crecimiento favorables.

En prácticas de cultivo especiales, los bloques colonizados de micelio son sometidos a temperaturas más altas hacia el final del crecimiento micelial. En Japón, los bloques colonizados se exponen a menudo a temperaturas de 25-27°C durante una semana antes de fructificar (Watanabe, 2001). En China, a veces se exponen los bloques colonizados de micelio a temperaturas en el límite superior de 27-30°C por un periodo de tiempo (Miles y Chang, 1989). La razón de estas metodologías está basada en la idea de que mientras dichas temperaturas sub-óptimas más altas no promueven el crecimiento del micelio, pueden facilitar la degradación del aserrín. No está claro si tales alegatos han sido apoyados por estudios independientes sobre la descomposición de la lignocelulosa del aserrín. También se aplica el rociado de agua sobre los bloques colonizados de micelio sin bolsas para promover la maduración del micelio y el "amarronamiento" (pigmentación) (Watanabe, 2001). Los cultivadores deben ser conscientes que estos efectos pueden variar y pueden depender de la cepa.

Es útil tener presente que algunas cepas de rápido crecimiento pueden producir frutos prematuros inesperados antes de la maduración del micelio, lo cual no es deseable. Se debe tratar de mover los bloques lo menos posible durante la colonización, dado que el movimiento o cualquier choque físico puede activar la fructificación prematura. El crecimiento rápido y la producción en tiempos más cortos pueden no ser las mejores opciones. Los hongos resultantes pueden no tener la textura carnosa deseada en los mercados asiáticos, pero podrían ser aceptables en nuevos mercados en otros lugares. Normalmente, el crecimiento lento a temperaturas de invierno produce el dongu de calidad alta, el shiitake de invierno o huagu, el shiitake flor, el shiitake más caro y más buscado, que se forma a temperaturas frías y secas con fluctuaciones diurnas.

Formación de la cubierta micelial

En la superficie exterior del bloque del sustrato colonizado, se desarrolla una capa espesa de micelio, inicialmente de color blanco, 2-4 semanas después del "spawning"(inoculación) - la fase más tardía del crecimiento micelial. A altas concentraciones de CO₂, podría formarse una cubierta micelial muy gruesa.

Formación de protuberancias (fase de la ampolla, o fase del popcorn o palomitas de maíz)

Agregados de micelio aparecen como ampollas o se forman protuberancias tipo "popcorn" de varios tamaños en la superficie de la cubierta micelial, en la mayoría de las cepas, normalmente cuando la colonización del micelio blanco cubre el sustrato por completo en la bolsa, o a veces antes. Los primordios se producen en las puntas de algunas de estas protuberancias. Sin embargo, la mayoría de las protuberancias aborta y nunca desarrolla cuerpos de fructificación. El tiempo de formación de las protuberancias varía con la cepa, el sustrato y la temperatura. Normalmente se forman 10 días más rápido a 25°C que a 15°C (Miles y Chang, 1989). La fluctuación de temperatura y las concentraciones altas de CO₂ estimulan la formación de protuberancias. Cuando las protuberancias se vuelven demasiado numerosas, los cultivadores deben bajar la concentración de CO₂ en la bolsa cortando hendiduras en la misma. En todo caso, se debe proporcionar alguna aireación durante este tiempo.

Amarronamiento y formación de la corteza (pigmentación y endurecimiento de la cubierta)

Hay dos enfoques diferentes, amarronamiento en el exterior de la bolsa contra amarronamiento dentro de la bolsa. Algunos cultivadores retiran completamente la bolsa cuando el amarronamiento cubre 1/3 a 1/2 de la cubierta micelial en la bolsa (Oei, 1996). Royse (2001) adopta el amarronamiento fuera de la bolsa. Las bolsas se retiran antes de la pigmentación. El tiempo de remoción de la bolsa es crucial. El rendimiento puede afectarse si la bolsa se retira demasiado temprano o demasiado tarde. Los cultivadores deben mantener 60-70% H.R. para evitar la contaminación después de quitar la bolsa. El aire refuerza el amarronamiento por oxidación. Cuando se expone al aire, el micelio se pone marrón rojizo en la superficie y eventualmente forma una superficie protectora castaña oscura, seca, y endurecida que funciona como la corteza de un árbol. El sustrato interno se pone suave y húmedo como consecuencia del metabolismo fúngico. El contenido de humedad interior puede ser tan alto como 80% (Oei, 1996), ideal para la formación del cuerpo de fructificación excepto para las cepas que no se vuelven marrones.

Inducción de la fructificación para desencadenar la formación de primordios

Los cultivadores deben quitar la bolsa hacia el final de la colonización del micelio antes o después del amarronamiento. Deben inducir la fructificación cuando la semilla alcanza la madurez fisiológica y después del amarronamiento y de la formación de la corteza. Normalmente se remoja en agua para inducir la fructificación después del amarronamiento y la formación de la corteza. En general, los siguientes factores promueven la fructificación (Tabla 4).

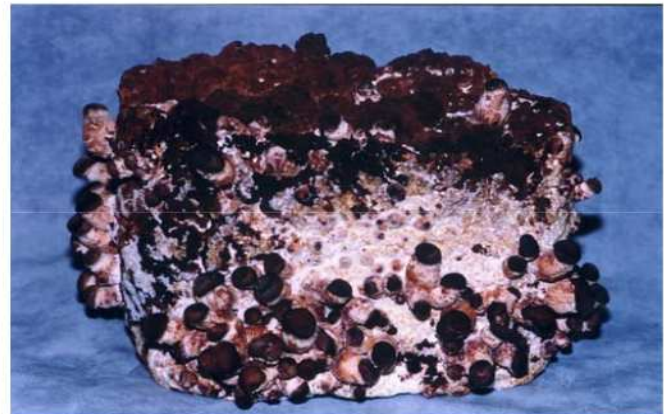
Tabla 4. Inducción de la fructificación: factores que promueven la iniciación de primordios en *Lentinula edodes*

Remojo en agua, el más común (Royse, 2001: 2-4 hs a 12°C; Stamets, 2000: 24-48 hs)	
Rociado con agua (Watanabe, 2001)	
Fluctuación de temperatura	
Humedad alta; fluctuación de humedad	
Remoción de CO ₂ , o aumento del suministro de oxígeno	
Choque físico (agitación, perturbación)	Apuñalar (con una aguja de metal larga) e Inyectar (con agua) Voltar los bloques al revés (cuando el micelio ha colonizado la mitad del bloque: Watanabe, 2001) Golpes (ej. los leños naturales) Estimulación eléctrica

(Fuente: Oei, 1996; Watanabe, 2001)

**Figura 3.** Bloques de substrato a los que se les ha removido la bolsa de plástico**Formación de basidiocarpos**

- Formación de primordios en la punta de la protuberancia (ampolla)
- Desarrollo de los primordios en botones de hongos jóvenes (castaño oscuro)
- Alargamiento del pie (tallo) a medida que el botón aumenta de tamaño
- Aumento del tamaño y espesor del hongo mientras el color se pone más claro
- Expansión (apertura) del sombrero del hongo desde la fase más joven cuando el margen del sombrero se enrolla hacia abajo

**Figura 4.** Basidiocarpos en los leños sintéticos

Cosecha, post-cosecha y oleadas subsecuentes

Los cultivadores deben bajar la humedad a 60% H.R. durante 6-12 horas antes de cosechar para promover una vida de anaquel más larga de los hongos a comercializar. Coseche cuando el borde del sombrero del hongo todavía está enrollado, o cuando el sombrero del hongo se extiende sólo parcialmente (60-70%). Ésta es la forma apreciada por los mercados asiáticos. Los cultivadores deben recoger a mano los hongos sosteniendo los tallos de los hongos y torciéndolos suavemente desde el bloque de sustrato. Si es necesario podan el extremo del tallo de los hongos cosechados, y cortan los residuos de los tallos que quedan en el sustrato. Los remanentes de los tallos residuales favorecen la contaminación microbiana. Después de cosechar los hongos, se baja la humedad a 30-50% H.R. a 21°C, para inducir una dormancia de 7-10 días (Stamets, 2000), entonces se remojan los bloques de sustrato por un período de tiempo: hasta 12 horas para obtener la segunda cosecha u oleada, y hasta 18 horas para la tercera (Royse, 2001). Las bolsas de mayor tamaño con más sustrato usadas por los cultivadores americanos producen hasta 5-6 oleadas. Los hongos cosechados se secan a 60°C.

En China y Japón, la calidad del shiitake está determinada por la forma (redondeada con el borde enrollado hacia abajo antes de que el sombrero se extienda totalmente y con el tallo central), la textura (la parte carnosa espesa y firme), el tamaño, el color, el sabor (aumentado por la cocción, especialmente del shiitake fresco) y la fragancia (aumentada por el secado), además de la frescura y estar libre de contaminación, pestes e impurezas.



Figura 5. Cuerpos fructíferos

Cultivo de shiitake en E.E.U.U.



Figura 6. Estilo americano

En contraste con los cultivadores del sudeste asiático, como China, los cultivadores de shiitake en América del Norte usan generalmente bolsas más grandes selladas al calor con ventanas microfiltros de respiración. Estas bolsas, cada una con 2-3kg, o más (5.5kg) de sustrato en peso húmedo, producen más oleadas de hongos en un tiempo de producción más corto, usando la inoculación continua. Estas bolsas en general requieren menos laboreo, consumen menos tiempo, y sufren menos contaminación. En cuanto a la metodología, normalmente se practican aquí la inoculación continua, el amarronamiento por fuera y dentro de las bolsas, y el remojo en agua para la inducción de la fructificación. Los hongos se producen bajo parámetros de crecimiento controlados en interiores. Los cultivadores más sofisticados usan la mecanización. Hay una tendencia entre los cultivadores norteamericanos de usar cepas de crecimiento más rápido, sobre todo los cultivadores nuevos para ganar confianza. Los mercados de hongos frescos gourmet

de especialidad en América del Norte son bastante nuevos e incluyen quizás algunos consumidores menos sofisticados.

Cultivo de Shiitake en Leño Natural



Figura 7. Shiitake en leño

Examinemos el cultivo tradicional en leño natural para ver cómo se cultivó el shiitake por casi mil años. En la actualidad se prefiere hacer el cultivo en leños en el interior en ambientes protegidos o controlados, en lugar de dejarlo completamente dependiendo de la naturaleza. Sin embargo, el cultivo en leño natural al aire libre todavía está en práctica, y puede ser el más apropiado como primer paso para cultivadores que tienen recursos limitados.

Selección de especies de árboles para obtener leños adecuados a cepas específicas

Los troncos de madera dura no aromática para el cultivo de shiitake son específicos de las cepas. Es indispensable seleccionar las especies de árboles correctas para concordar con la cepa de shiitake escogida. En los Estados Unidos las especies de árboles favoritas para usar en el cultivo de shiitake en leño natural son los robles (*Quercus*), Chinkapin (*Castanopsis*), carpe (*Carpinus*) y el roble tostado (*Lithocarpus*). También se pueden usar maderas blandas como álamo y abedul, aunque se mantienen menos tiempo en producción de shiitake. Los cultivadores deben averiguar qué tipo de árboles apropiados están disponibles localmente.

Tala de árboles y preparación de leños

La tala o corte de árboles debe hacerse durante la estación inactiva cuando el contenido de nutrientes del tronco es el más alto y la corteza está unida estrechamente a la madera. Se seleccionan árboles con corteza intacta. Los troncos de 7-15cm (2.5-7") de diámetro se cortan de 1m longitud. Leños más gruesos que 25cm (10") deben partirse a lo largo. Los cultivadores deben taladrar agujeros de inoculación separados 2.5cm, a lo largo cada 15cm, y empezar la fila adyacente a mitad de camino en la parte de arriba (poniendo agujeros en forma de diamante) dado que el micelio se desparrama más rápidamente a lo largo del grano de la madera que a través. Se puede aplicar agua de cal a las superficies expuestas en los extremos del leño para prevenir la contaminación con mohos.



Figura 8. Tala de árboles en la estación inactiva



Figura 9. Taladrado de agujeros de inoculación



Figura 10. Inoculación

Semilla e inoculación (Spawn y spawning)

Los cultivadores deben seleccionar y preparar (u obtener) semilla de la cepa que mejor se adecue al rango de temperatura y la duración para la madurez correctos (vea selección de cepas en cultivo en bolsa). En China se usa semilla de salvado de aserrín suplementado, mientras que en los Estados Unidos se prefiere la semilla en tapones de

madera. La semilla en grano no es apropiada porque podría ser comida por roedores e infectada por moscas. Los cultivadores deben usar semilla fresca para inocular el leño 15-30 días después de la tala, cuando la humedad del leño está reducida. Dado que *Lentinula edodes* es un saprófito, sólo puede crecer en madera muerta, y no en árboles recientemente talados que todavía contienen células vivas. Los agujeros de inoculación llenos de semilla deben sellarse con cera caliente o una mezcla de cera caliente y resina para prevenir la contaminación y la evaporación. En China, se han usado tapas hechas de corteza de árbol o espumas de plástico para sellar los agujeros de inoculación.

Disposición temporal para la colonización del micelio



Figura 11. Disposición temporal para la incubación (colonización del micelio)

Los leños inoculados deben apilarse unos cerca de los otros en un patio interior o al aire libre, sobre un suelo de piedras. La pila debe estar ligeramente cubierta para estimular el crecimiento micelial. Los cultivadores deben tener presente que la temperatura óptima de colonización es de 25-28°C y deben evitar la humedad o sequedad excesivas. Esta fase ocurre cuando la inoculación queda establecida y se empieza a colonizar y digerir el substrato leñoso, dado que *Lentinula edodes* es un hongo de la pudrición blanca. La mayor parte de la colonización micelial ocurre durante este periodo.

Disposición permanente para la colonización del micelio

Los leños se apilan en el interior (en invernáculos en el invierno) de varias formas, como verticalmente en cruz con el espacio de un leño de separación, para proporcionar ventilación para el crecimiento micelial. En China, durante la disposición, se dan vuelta los leños. Si están demasiado secos, deben rociarse con agua. El micelio de shiitake coloniza totalmente los leños en unos 6-18 meses. La velocidad de la colonización depende de factores tales como la cepa de shiitake, la especie de árbol, el tamaño del leño, el contenido de humedad del leño y la temperatura.



Figura 12. Disposición permanente para la colonización (incubación)

Condiciones para fructificar



Figura 13. Rociado con agua sobre los troncos para inducir la fructificación

Cuando los leños se colonizan totalmente, se agitan golpeándolos con un martillo o dejándolos caer sobre un extremo antes de moverlos al patio de cultivo para la fructificación. Los patios de cultivo con cubierta de tela de sombreado para evitar la luz solar directa, están generalmente más frescos y proporcionan más humedad ambiental, lo cual conduce a la fructificación. También pueden usarse como cubierta las ramas pequeñas de árboles y la paja. Para el invierno, pueden usarse invernáculos. En tales casos, se usa el remojo en agua como una práctica común para la fructificación. La temperatura del agua debe ser de 13-18°C. En el invierno, los leños se remojan durante 16-48 horas, mientras que en verano, durante 6-8 horas (Oei, 1996). Se previene la flotación de los leños, colocando un caño de acero encima de los mismos. Durante el

remojo, el CO₂ en el leño es reemplazado por el agua, dándole al leño suficiente humedad para el período de

fructificación (oleada). El CO₂ reemplazado aparece como burbujas. Cuando las burbujas ya no se ven más, es un indicio de que los leños se han remojado el tiempo suficiente. En China, los leños se agitan dentro de las 36 horas antes del remojo, mientras que en EEUU se aplica la vibración antes de remojar. Los tiempos de remojo no deberían ser de más de 48 horas. En el patio de cultivo, se apilan los leños de manera de permitir el intercambio gaseoso para la fructificación y para facilitar la cosecha.

Formación de primordios y cuerpos fructíferos

Los primordios normalmente surgen de abajo de la corteza dentro de la semana posterior al remojo. Los cultivadores deben mantener 80% H.R. para el desarrollo de la fructificación. Vea el control de factores ambientales y cómo crece el hongo (basidiocarpo).

Oleadas subsecuentes

Luego de la cosecha de los hongos, los leños deben pasar por una fase inactiva, luego un periodo de incubación de 3 meses para acumular los nutrientes y llenarse con agua en remojo, para obtener la próxima oleada. Esto puede repetirse 5 veces bajo condiciones óptimas. El segundo y tercer año son los principales periodos de producción, cuando se produce el 75% de los rendimientos totales.



Figura 14. Cuerpo fructífero joven

Producción de Huagu, el Shiitake Flor

Huagu, el shiitake flor, aparece espontáneamente en la naturaleza durante los meses fríos y secos del invierno, cuando se depositan las esporas de hongos al azar.

Huagu no es una característica de un genotipo particular, y no es un rasgo genéticamente heredado. Al contrario, huagu, el shiitake con un patrón morfológico de grietas único similar a una flor en la superficie superior del sombrero, se produce a través de la manipulación de los parámetros de crecimiento. El éxito en el cultivo de huagu para consumo doméstico y foráneo aporta a los cultivadores ingresos extras considerables. Existen sistemas modelo para la producción de huagu.



Figura 15. Huagu

El principio de la formación del huagu

Durante la formación de los basidiocarpos (cuerpos fructíferos) del shiitake, en condiciones de invierno, o cuando los botones jóvenes del hongo (no los primordios) alcanzan los 2-3cm de diámetro, el aire seco y la temperatura fría fuerzan la superficie del píleo (sombrero) a la inactividad (dormancia). Bajo tales condiciones ambientales adversas, con fluctuaciones diurnas drásticas de temperatura y humedad, se forma una superficie seca protectora en el sombrero del hongo joven. Sin embargo, el contexto interno continúa creciendo a un paso lento con agua disponible sólo del sustrato. Cuando las condiciones de crecimiento vuelven a ser favorables, la superficie crece a una velocidad retardada, mientras el contexto interno se desarrolla a un paso normal. Bajo estas condiciones, los botones de hongo shiitake crecen con la alternancia de dormancia y crecimiento, y una considerable velocidad diferencial de crecimiento entre la superficie y el contexto interno. Con el tiempo, el crecimiento rápido del contexto interno rompe la superficie del hongo, produciendo un patrón de grietas similar a una flor en la superficie del sombrero, por lo cual recibe el nombre, huagu.

Selección de cepas

Para la producción de huagu se seleccionan cepas de temperaturas bajas, alta calidad y adaptables ecológicamente con tolerancia al frío. También pueden usarse cepas cercanas al margen de temperaturas más bajas en el rango de temperaturas medias. Ejemplos de las cepas de huagu chinas deseables son: L-241-1, Jean-Yin #1, Yee-You #5, 7402, N-06. Deben estudiarse muy bien las características de las cepas antes del cultivo. Para la fructificación en exteriores, el tiempo de inoculación debe coordinarse con las características de la maduración para beneficiarse del estímulo del invierno. Por ejemplo, las cepas 7402 y N-06, de maduración tardía, deben inocularse temprano durante marzo y abril, mientras que la 9018 y la Le 204, cepas de maduración temprana a media, deben inocularse en mayo-junio, en Bi-Yang, China (Yu, 1998). Los cultivadores deben adecuarse a sus climas locales.

Tiempo de aplicación para el forzado del huagu

El forzado del huagu se inicia cuando los botones de hongos alcanzan 2-3cm de diámetro. Si el forzado del huagu se aplica demasiado temprano cuando los botones son menores que 1.5cm de diámetro, estos botones jóvenes frágiles pueden morir por sequedad o helada. Si la técnica se aplica demasiado tarde cuando el hongo ya ha alcanzado 3.5cm de diámetro o más, los hongos no responden fácilmente.



Figura 16. Huagu, el shiitake flor



Figura 17. Casas de cultivo en Biyang, China

Conclusión

El cultivo de shiitake en leño sintético o leño natural es una industria mundial. Las tendencias recientes sugieren que la producción futura de shiitake se hará probablemente en leños sintéticos que acortarán el tiempo de producción y proporcionarán shiitake fresco todo el año para la mayoría de los mercados.

En el cultivo de shiitake, deben usarse las cepas correctas para una determinada metodología. Debe prestarse suma atención a las intrincadas etapas de la fase vegetativa, la colonización del micelio, y la transición a la fase reproductora. No puede ser sobre-estimada la importancia de la corteza del árbol en los leños naturales y la corteza artificial (la cubierta amarronada y endurecida) en los leños sintéticos. Como los leños de shiitake envejecen a medida que se producen las oleadas, las cortezas en los leños se vuelven flojas, se despegan o se separan. La producción de hongos shiitake se detiene en áreas donde la corteza se desprende de la madera. Los productores deben estar muy conscientes de que el *L. edodes* es principalmente una especie templada. Se producen hongos shiitake de calidad a temperatura baja y con fluctuaciones de temperatura y fluctuaciones de humedad entre 70 y 90% H.R. (Stamets, 2000). La temperatura constante no conduce a la fructificación.

Con estas descripciones detalladas sobre las fases cruciales del cultivo de shiitake y las fotografías vívidas, se espera que los cultivadores de países con necesidades económicas urgentes se inspirarán para usar residuos agrícolas para cultivar este hongo que vale la pena y que puede ser un suplemento delicioso y nutritivo para la comida diaria, así como también proporcionar beneficios medicinales y posibles ingresos. El cultivo de shiitake, si

es exitoso, también puede llevar a la creación de empleo. Japón emplea más de 20.000 personas en la industria de shiitake.

REFERENCIAS SELECCIONADAS

- Chen, Alice W., Noel Arrol, and Paul Stamets. 2000. *Shiitake Cultivation Systems*.
- Griensven (ed.). *Science and Cultivation of Edible Fungi*. Rotterdam, The Netherlands: Balkema. Vol. II.
- Chen, Alice W. 2001. Cultivation of *Lentinula edodes* on synthetic logs. *Mushroom Growers' Newsletter* 10(4): 3-9.
- Humble, T. 2001. Shiitake in Euroland, *Mushroom News*, Feb. 2001, pp. 14-19.
- Huang, N.L. 1997. Shiitake In: Hsu G. T. (ed.). *Chinese Medicinal Mycology*. Beijing Medical College /Chinese United Medical College.
- Kozak, M.E., and J. Krawczyk. 1993. Growing shiitake mushrooms in a continental climate. *Field and Forest Products*. Peshtigo, WI.
- Miles, P.G., and S.T. Chang. 1989. *Edible Mushrooms and Their Cultivation*. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 189-223.
- Oei, P. 1996. *Mushroom Cultivation with Emphasis on Techniques for Developing Countries*. Leiden, the Netherlands: Tool Publications, pp. 126-137, 93-204.
- Przybylowicz, P., and J. Donoghue. 1990. *Shiitake Growers' Handbook*. Dubuque, IA : Kendall /Hunt Publishing Co.
- Romanens, P. 2001. Shiitake, the European reality and cultivation on wood-chips logs in Switzerland. 15th North American Mushroom Conference, Las Vegas, U.S.A.
- Royse, D. 2001. *Cultivation of Shiitake on Natural and Synthetic Logs*. University Park, Penn State, PA : College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. 12pp.
- Stamets, P. 2000. *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Berkeley, CA : Ten Speed Press.
- YU, C.B. 1998. *Bi Yang Hua Gu Model System*. Bi Yang Mycological Institute.
- Watanabe, Kazuo. 2001. Current cultivation techniques of shiitake on sawdust media in Japan. Nara Forest Research Institute, Nara, Japan. 15th North American Mushroom Conference, Las Vegas, U.S.A., Feb. 2001.
- Wu, J.L. (ed.). 2000. *Shiitake Production in China*. Beijing, China: Chinese Agricultural Press.