

論文 シイタケ菌床栽培におけるモウソウチクの栽培原料としての評価

富川 康之・福田 政信・園山 雅幸・大渡 康夫

島根県中山間地域研究センター研究報告第14号別刷

平成30年11月

論文

シイタケ菌床栽培における モウソウチクの栽培原料としての評価

富川 康之・福田 政信*・園山 雅幸**・大渡 康夫***

Evaluation of *Phyllostachys heterocycla* as Material Substrate in Sawdust Cultivation of *Lentinula edodes*

TOMIKAWA Yasuyuki, FUKUDA Masanobu*, SONOYAMA Masayuki** and OOWATARI Yasuo***

要 旨

2014~2016年に伐採したモウソウチクを使用して、竹チップがシイタケ菌床栽培の原料として使用可能であるかを検討した。菌糸生長速度は竹チップのみを使用するよりも広葉樹おが粉と混合した方が若干大きかった。モウソウチクの伐採時期を比較すると、8月伐採よりも12月と1月伐採の菌糸生長速度が大きかった。竹チップのみを使用した菌床ではいずれの伐採時期とも子実体形成を認めなかった。竹チップと広葉樹おが粉を混合した菌床の子実体収量は8月伐採よりも12月と1月伐採の方が多かった。産地実証では、通常使用される広葉樹おが粉・チップの50%を竹チップに換えた場合、子実体数は138%、子実体重量は121%へ増加し、子実体1個当たりの重量は86%へ減少した。また、竹チップ使用では培養日数が短いほど子実体重量が大きい傾向にあった。竹チップ使用で収穫した子実体は遊離アミノ酸14種類の含有量が増加し、うち10種類は明らかに増加したと評価された。味覚分析では甘味が顕著に増加し、子実体中の遊離アミノ酸含有量との関係を解明する必要があると考えられた。

キーワード：モウソウチク，シイタケ栽培，子実体収量，遊離アミノ酸，味覚分析

I はじめに

放置竹林が拡大し、農地や造林地へ侵入することで生産性を低下させ、さらには生活圏への侵入が深刻な問題となっている。この原因はタケノコや竹材の生産規模が縮小し、現在では竹林管理が殆ど実施されなくなったためとされている(柴田, 2010)。近年では竹林拡大を防止するための対策が全国的に検討されており、これまでに取り組まれた研究は竹の生態、現存量把握、竹林の施業方法および竹材の搬出コスト(中村, 2010)、竹の枯殺試験と竹を原料にしたきのこ栽培試験(池田・原口, 2007)、家畜飼料、敷料、堆肥およびきのこ栽培原料としての適性把握(戸澤ら, 2013)など多岐領域に及んでいる。

本県ではモウソウチク(*Phyllostachys heterocycla*),

(以下「竹」と略記)の枯殺試験(山中, 2011)や、竹材の搬出システムと燃料などへ利用する技術が検討されてきた(西・帯刀, 2016)。著者らは竹の有効利用を目的として、シイタケ(*Lentinula edodes*)菌床栽培の原料として竹チップを使用し、菌糸生長、子実体収量および子実体成分などを調査した。本報告では、これらの結果から竹の使用条件と適性について述べる。

II 材料と方法

1. 培養試験

2014年8月と12月、2015年1月に島根県雲南市掛合町で4~5年生の竹を伐採し、粉碎機(カルイ社製, KDC-1300B)でチップ化した後、目開き3.5mmの篩いで大

*株式会社 F・B・L, **公益財団法人島根県環境保健公社, ***島根県産業技術センター浜田技術センター

きな破砕片を取り除いた。培地基材として伐採時期別に①竹チップのみ、②竹チップ：広葉樹おが粉=1：1（容積比）を調製し、対照は広葉樹おが粉とした。これらに栄養材としてフスマ、圧ぺん大麦（皮付き）、添加材として消石灰を混合し（後述する飯石森林組合における所定の混合割合）、含水率を62%に調整した。各培地を試験管に詰め（密度0.65 g/cm³）、高圧蒸気滅菌（120℃、1時間）して、翌日にシイタケ菌（かつらぎ産業 KA-1001号）を培地上部へ接種した。22℃のクリーンルームで暗培養し、接種の7日後、9日後、11日後、14日後、17日後、21日後の6回、菌糸伸長量をノギスで測定した。なお、試験区毎の試験管数は5本とし、これを2回繰り返した。

2. 栽培試験

1) 予備試験

上述した2015年1月伐採の竹チップを使用して、上述と同じ方法で①竹チップのみ、②竹チップ：広葉樹おが粉=1：1（容積比）を基材とした培地を調製した。これをポリプロピレン製の培養袋に詰め（2.6 kg、密度0.65 g/cm³）、上述と同条件で滅菌、種菌接種（かつらぎ産業 KA-1001号）および培養した。120日間培養した後に培養袋を取り除き、16℃、8時間照明のクリーンルームで管理した。なお、培地基材毎に2菌床を供試した。子実体は内被膜の一部が破れた時点で収穫し、初回発生のみ子実体の生重量を測定した。

2) 産地実証

2015年10月、島根県雲南市掛合町で4～5年生の竹を伐採し、上述のとおり竹チップを作製した。飯石森林組合のシイタケ菌床栽培施設（飯石郡飯南町）で、同組合が通常の培地基材としている広葉樹おが粉：広葉樹チップ=1：1（容積比）を対照として、その50%（容積率）を竹チップに換えた培地基材を調製した。栄養材と添加材、菌床の形状（角型、2.6 kg）、種菌（かつらぎ産業 KA-1001号）、培養～発生の環境は同組合の通常栽培に準じた。培養日数は116日から1日ずつ延長し、123日までの8通りとした。なお、培地基材毎に80菌床を作製して、培養日数毎に10菌床を供試した。子実体は同組合の出荷基準（内被膜が破れない時点）で収穫し、初回発生のみ子実体の生重量を測定した。

3. 子実体分析

1) 遊離アミノ酸分析

2015年2月に伐採した竹を使用して上述と同様に菌床栽培施設でシイタケを栽培し、初回発生の子実体300gを検体とした。常法（奥崎・鈴木、2000）に従い、細断・均質化した子実体10gに99.5%エタノール30gを加えてホモジナイザーで攪拌し（15,000ppm、1分×2回）、濾過残渣を75%エタノールで洗浄した後、減圧乾燥（50℃以下）して乾固させた。これを緩衝液（pH2.2）で溶解し、濾紙とマイクロフィルター（0.45 μm）で濾過した。分析には島津製作所製のアミノ酸測定キットを用いて、濾液中のアミノ酸を高速液体クロマトグラフ（SHIMADZU：Prominence UFLC）で定量した。なお、対照は広葉樹おが粉による通常栽培の子実体とし、同時に培地基材の竹チップと広葉樹おが粉も分析した。

2) 味覚分析

2015年1月と2016年11月に伐採した竹を使用して上述と同様に菌床栽培施設でシイタケを栽培し、伐採時期毎に初回発生の子実体各150gを検体とした。細断・均質化した子実体50gにイオン交換水200gを加えてブレンダーで1分間攪拌した後、遠心分離（4,000ppm、15℃、20分）して得られた上清みを味覚認識装置（Intelligent sensor technologies SA402B）で分析した。センサーは食品用6種類（旨味AAE、塩味CT0、酸味CA0、苦味C00、渋味AE1、甘味GL1）を用いて、旨味、塩味、酸味、苦味、雑味、渋味刺激、甘味（各先味）と、旨味こく、苦味、渋味（各後味）の計9項目を評価した（Insent, 2018）。なお、対照は広葉樹おが粉による通常栽培の子実体とした。

III 試験結果

1. 培養試験

菌糸伸長量の測定結果から、1日当たりの菌糸生長速度を算出して図1に示した。培地毎に比較すると、広葉樹おが粉の菌糸生長速度が最も大きかった。また、竹チップのみよりも竹チップと広葉樹おが粉を混合した培地の菌糸生長速度が若干大きかった。伐採時期別にみると、8月伐採に比べて12月伐採と1月伐採の菌糸生長速度が大きかった。1月に伐採して広葉樹おが粉と混合した場合は4.59 mm/日で、広葉樹おが粉の4.68 mm/日との差は

0.1 mm/日未満と試験区のうちで最小であった。

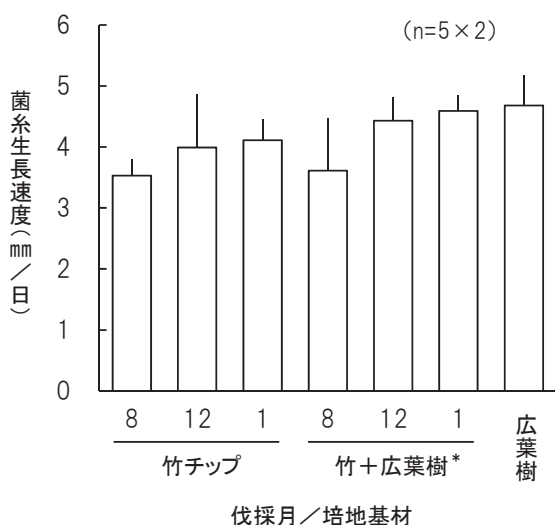


図1 伐採時期と培地別のシイタケ菌糸生長

Note. エラーバーは標準偏差

* : 竹チップ:広葉樹おが粉=1:1(容積比)

2. 栽培試験

1) 予備試験

子実体収量を表1に示した。培地基材が竹チップのみの場合は子実体形成がなく、竹チップに広葉樹おが粉を混合した菌床からのみ収穫した。8月伐採に比べて12月伐採と1月伐採は菌床1個当たりの子実体数が多く、子実体重量も大きかった。菌床1個当たりの重量は1月伐採の319.9g/菌床が最も大きく、子実体1個当たりの重量は12月伐採の58.0gが最大であった。

表1 子実体収量 (予備試験) n=2

培地基材	伐採	個数	重量	個重
		個/菌床	g/菌床	g
竹チップ	8月	0	—	—
	12月	0	—	—
	1月	0	—	—
竹チップ+ 広葉樹 ¹⁾	8月	2.0	108.3	54.2
	12月	5.5	257.8	58.0
	1月	5.5	319.9	46.9

¹⁾ 竹チップ:広葉樹おが粉=1:1(容積比)

2) 産地実証

子実体収量を表2に示した。竹チップを使用した栽培は通常栽培に比べて菌床1個当たりの子実体数が138%、子実体重量が121%へ増加したが、子実体1個当たりの重量は86%へ減少した。培養日数別の菌床1個当たり子実体重量を図2に示した。通常栽培では培養日数が最も長い123日区の504g/菌床が最大で、培養日数が長くなるにしたがって増加する傾向にあったが、竹チップを使用した場合は培養日数が最も短い116日区の401g/菌床が最大となり、培養日数が長くなるにしたがって減少する傾向にあった。

表2 子実体収量 (産地実証) n=80

栽培方法	個数	重量	個重
	個/菌床	g/菌床	g
竹使用 ¹⁾	13.1	262.4	20.2
通常 ²⁾	9.5	216.4	23.6
相対値 ³⁾	138	121	86

¹⁾ 竹チップの容積割合 50%

²⁾ 広葉樹おが粉:広葉樹チップ=1:1(容積比)

³⁾ 通常に対する竹使用の割合 (%)

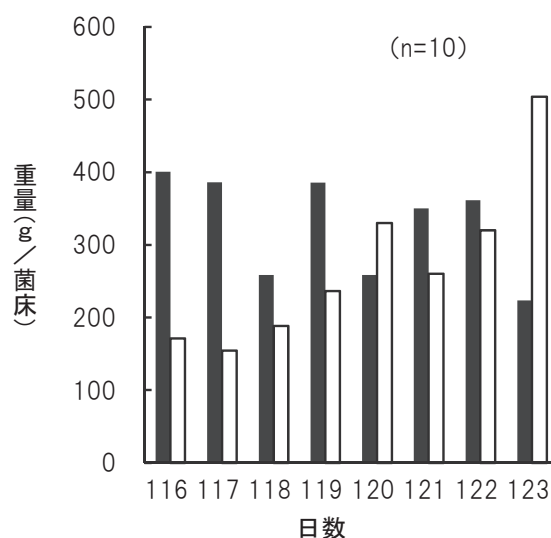


図2 培養日数別の菌床当たり子実体重量

■ : 竹使用(竹チップの容積割合50%), □ : 通常

3. 子実体分析

1) 遊離アミノ酸分析

竹チップ使用と通常栽培の子実体、また竹チップと広葉樹おが粉について、検体 100 g (湿重量当たり) の遊離アミノ酸含有量を表 3 に示した。子実体については竹使用、通常ともに分析値が 25 mg/100 g (定量下限値 1 mg/100 g の 25 倍) 以上の場合には相対差 (式; 竹使用の値/通常値×100-100) で評価し、25 mg/100 g 未満の場合は絶対差 (式; 竹使用の値-通常値) で評価した。相対差は±20%以上、絶対差は±5 mg/100 g (定量下限値の 5 倍) 以上の場合に明らかな差があると判定した (消費者庁, 2015)。

子実体中の遊離アミノ酸は分析した 18 種類のうち 14 種類が竹チップを使用した栽培で増加し、うち 10 種類は通常栽培に比べて明らかな差があると判定した。トリプトファンは絶対差による評価で明らかな差があると判定したが、さらに相対差においては 400%以上と最も高率であり、これに次いでグルタミン酸とフェニルアラニンが相対差 100%以上であった。一方、アスパラギン酸とメチオニンは竹チップを使用した栽培で減少し、メチオニンは明らかな差があると判定した。広葉樹おが粉中の遊離アミノ酸はいずれも 1 mg/100 g (定量下限値) 未満であったが、竹チップでは 11 種類が広葉樹おが粉よりも高含有であった。

表 3 子実体と培地基材のアミノ酸含有量 (mg/100 g, 湿重量当たり)

遊離アミノ酸	子実体				培地基材	
	竹使用 ¹⁾	通常 ²⁾	相対差 ³⁾	絶対差	竹チップ	広葉樹
アスパラギン酸	7	8	12.5	-1	3	—
アラニン	64	50	28.0*	14	2	—
アルギニン	89	53	67.9*	36	7	—
イソロイシン	28	24	16.7	4	—	—
グリシン	29	25	16.0	4	—	—
グルタミン酸	84	42	100.0*	42	1	—
シスチン	3	3	0.0	0	—	—
スレオニン	42	36	16.7	6	7	—
セリン	35	29	20.7*	6	4	—
チロシン	16	16	0.0	0	—	—
トリプトファン	37	7	428.6	30*	4	—
バリン	33	28	17.9	5	1	—
ヒスチジン	28	15	86.7	13*	—	—
フェニルアラニン	57	28	103.6*	29	1	—
プロリン	36	26	38.5*	10	1	—
メチオニン	11	19	-42.1	-8*	—	—
リジン	54	53	1.9	1	—	—
ロイシン	51	39	30.8*	12	1	—

¹⁾ 竹チップの容積割合 50%, ²⁾ 広葉樹おが粉: 広葉樹チップ=1:1 (容積比)

³⁾ 竹使用の値/通常値×100-100 (%)

—: 1 mg/100 g (定量下限値) 未満

注: 子実体は竹使用と通常値がともに 25 mg/100 g 以上の場合には相対差, 竹使用と通常
のいずれかが 25 mg/100 g 未満は絶対差で評価した

*: 相対差は±20%以上, 絶対差は±5 mg/100 g 以上を明らかな差とした

2) 味覚分析

味覚項目毎に通常栽培した子実体の分析値に対する竹チップを使用した場合を相対的に評価した。分析した味覚9項目のうち塩味、酸味、苦味および渋味はいずれの検体においても比較できる程度の値が得られなかったため、図3に示すとおり5項目を比較した。2015年伐採、2016年伐採ともに竹チップを使用した栽培は甘味が顕著に増加した。また、竹チップ使用では旨味が若干増加し、旨味こく、苦味雑味および渋味刺激が若干減少する傾向を認めた。

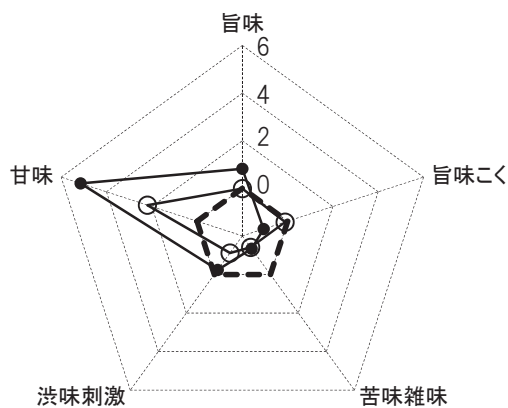


図3 味覚の相対評価

- : 2015年伐採の竹使用(容積率50%)
- : 2016年伐採の竹使用(容積率50%)
- 太点線 : 通常(広葉樹おが粉+広葉樹チップ)

Note. 目盛り値は通常栽培の分析値に対する竹使用栽培の分析値の差

IV 考察

本試験結果から、竹チップはシイタケ菌床栽培の原料として使用することが可能と考えられ、その使用条件、適性および課題について以下に述べる。

竹チップを使用した培地の菌糸生長速度は対照とした広葉樹おが粉よりも小さく、また培地基材が竹チップのみの場合は子実体形成を認めなかった。藤田ら(1994)はモウソウチクとタブノキ(*Machilus thunbergii*)から作製した培地でシイタケの菌糸生長を比較して、モウソウチク培地で菌糸生長が抑制されたのは道管の壁孔や柔細胞などの組織構造が異なるためと述べている。これらことから、竹チップを単独使用するのではなく、広葉

樹おが粉との混合が必須と考える。また、本試験では竹の伐採時期が菌糸生長に影響し、伐採時期によっては広葉樹おが粉と混合することで広葉樹おが粉と同等の菌糸生長を認めた。このことから、年間を通して伐採適期を確かめる詳細な調査が必要と考える。

竹チップと広葉樹おが粉との混合割合について、牧野・佐原(2015)はマダケ(*Phyllostachys bambusoides*)を使用したシイタケ栽培試験を行い、竹チップが50%以下の条件で栽培が可能と述べている。また、藤田ら(1994)はモウソウチク培地でシイタケ菌を培養する場合、栄養材(米ぬか)を添加する効果はタブノキ培地に比べて小さいことを明らかにし、これは菌糸生長に必要な養分がモウソウチクに含まれているためと推察している。本試験では竹チップと広葉樹おが粉の混合割合を1:1として、その1通りしか供試しなかったが、今後の試験で適当な混合割合を明らかにする必要がある。併せて栄養材の添加割合も検討すべきである。

産地実証では竹チップを使用した栽培で子実体数と子実体重量が増加したが、子実体1個当たりの重量は減少した。シイタケ子実体が小型化する結果は牧野・佐原(2015)も報告しており、子実体の個重を増加させるための栽培条件を検討する必要がある。また、牧野・佐原(2015)はマダケとモウソウチクを使用したシイタケ栽培において、品種によって収量が異なると報告していることから、県内の各産地で使用されている品種について竹チップ使用の適性を確認すべきである。

本試験では竹チップを使用した場合に培養日数が短いほど子実体重量が大きくなる傾向にあった。池田・原口(2007)は1年生のモウソウチクを使用した場合にヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*)の培養日数が短縮した例を報告しているが、本試験のように短期培養ほど収量が増加した報告は見当たらない。これは栽培上有利な傾向であり、この理由の解明と最適な培養日数の特定は今後の課題である。

遊離アミノ酸は味覚に関わる成分の一つとされ、このうちグルタミン酸は代表的な旨味成分とされている(宮澤, 2016)。本試験では竹チップを使用した場合に14種類の遊離アミノ酸が子実体中で増加し、そのうちグルタミン酸を含む10種類は明らかに増加したと判定された。なお、本報告では分析値の間に明らかな差があるかを判

定するため、食品表示法における基準（消費者庁、2015）を簡易手法として用いたが、今後は分析サンプル数を増やして、集団間の差を統計的に検定することが必要であろう。

竹チップを使用した場合に子実体中で大半の遊離アミノ酸が増加したのは、竹自体の遊離アミノ酸含有量が広葉樹よりも多かったためと容易に推察できる。これを裏付ける報告として、藤原ら（2000）はシイタケ菌床栽培において栄養材3種類の添加率を段階的に変えた試験を行い、培地と子実体に含まれる窒素量には正の相関があることを明らかにした（ $r=0.836$, $p<0.001$ ）。さらに、子実体中の窒素は80%が総アミノ酸と遊離アミノ酸であったと述べている。また、培地の窒素量が増加するにしたがって子実体中のグルタミン酸とアルギニンが増加すること、シスチンとメチオニンの子実体含有量は比較的少ないことなど、本試験結果と一致した内容が報告されている。

味覚については遊離アミノ酸以外にも遊離糖、糖アルコール、核酸などが関係しており、きのこ類においてはトレハロース（遊離糖）やグアニル酸（核酸）が代表的な成分とされている（宮澤、2016）。味覚はこれら複数の成分が相互に作用しているとされ、これを総合的に評価するには官能試験が有効と考えられるが、本試験では機器分析によって傾向をみた。その結果、竹チップを使用した栽培では子実体の甘味が顕著に増加し、これは遊離アミノ酸のうち甘味に関与するとされるアラニン、グリシン、スレオニン、セリン、プロリン（宮澤、2016）の含有量増加が要因の一つと推察される。この結果は食材としての付加価値を高めることになり得るので、今後は遊離アミノ酸と味覚との関係を明らかにし、その上で官能試験による評価で味覚を確認する必要がある（秋富ら、2011）。

本試験ではシイタケ子実体の初回発生のみを対象にしたが、今後は最終発生までを調査し、総収量や子実体成分を確認する必要がある。シイタケ以外のきのこについても竹チップを使用した栽培の適否が調べられており（戸澤ら、2013；牧野・佐原、2015）、ヒラタケについては栽培日数短縮と収量増加（池田・原口、2007）、ナメコ（*Pholiota microspora*）では初回発生の子実体個重増加（高島、2012）など、いくつかの栽培特性が報告されて

いる。今後はこれらの報告を参考にして、竹を原料にしたきのこ類各種の栽培技術を検討したい。

V 謝辞

菌床栽培施設での栽培実証試験にご協力頂き、シイタケ菌床栽培の管理内容についてご助言頂いた飯石森林組合に厚く感謝の意を表す。

引用文献

- 秋富博紀・田原祐助・小林義和・池崎秀和・都甲潔（2011）広域選択性を有する味覚センサを用いたアミノ酸の味に関する研究．平成23年度電気関係学会九州支部連合大会（第64回連合大会）講演論文集（07-1P-02）：204.
- 池田和弘・原口雅人（2007）グリホサートアンモニウム塩を用いたモウソウチクの効率的除去方法と若竹チップのヒラタケ培地への適用．埼玉農総研研報7：114-119.
- インテリジェントセンサーテクノロジー（Insent）．味覚認識装置（味覚センサーとは）．http://www.insent.co.jp/products/taste_sensing_system_index.html（2018.1ダウンロード）
- 藤原しのぶ・春日敦子・菅原龍幸・橋本浩一・清水豊・中沢武・青柳康夫（2000）シイタケの菌床栽培における培地窒素量と子実体の窒素含有成分との関係．日食工誌47（3）：191-196.
- 藤田晋輔・伊東洋子・野添達人・北川謙治（1994）シイタケ菌床培地としてのモウソウチクの利用の可能性について．木材保存20（5）：250-256.
- 牧野純・佐原隆太（2015）竹チップを用いたキノコ栽培の検討．きのこ研だより38．一般財団法人日本きのこ研究所：43-48.
- 宮澤紀子（2016）きのこの食の魅力と成分3．特産情報3月号（37巻8号）．株式会社プランツワールド：40-41.
- 中村松三編（2010）広がるタケの生態特性とその有効利用への道．森林科学58．日本森林学会：2-23.
- 西政敏・帯刀一美（2016）島根県における荒廃竹林の現状と対策．第127回日本森林学会大会学術講演集（S9-2）：85.
- 奥崎政美・鈴木忠直（2000）アミノ酸の定量（菅原龍幸・

- 前川昭男監修. 新食品分析ハンドブック). 建帛社 : 41-42.
- 柴田昌三 (2003) モウソウチクと日本人. 日緑工誌 28(3) : 406-411.
- 消費者庁 (2015) 食品表示法に基づく栄養成分表示のためのガイドライン第1版. 許容差の範囲について : 23. http://www.caa.go.jp/foods/pdf/150331_GL-nutrition.pdf (2018.1 ダウンロード)
- 高島幸司 (2012) 竹材を利用したナメコ菌床栽培. 富山森研報 4 : 25-30.
- 戸澤一宏・片山努・保倉勝己・鈴木希伊・土橋宏司・神藤学・木村英生 (2013) タケ資源の有効利用に関する研究. 山梨県総合理工学研究機構研究報告 8 : 85-87.
- 山中啓介 (2011) 除草剤を使用したモウソウチクの枯殺試験. 島根中山間セ研報 7 : 111-114.

Evaluation of *Phyllostachys heterocycla* as Material Substrate in Sawdust Cultivation of *Lentinula edodes*

TOMIKAWA Yasuyuki, FUKUDA Masanobu*, SONOYAMA Masayuki** and OOWATARI Yasuo***

ABSTRACT

Using moso bamboo harvested from 2014 to 2016, it was investigated that the possibility of bamboo chips could be used as materials for substrate in sawdust cultivation of Shiitake mushroom. The rate of mycelial growth when the using bamboo chips mixed with hardwood sawdust was slightly larger than using the only bamboo chips. Comparing the time of bamboo harvesting, using chips harvested in December and in January was greater the rate of mycelial growth than using chips harvested in August. Fruiting body formation was not observed in the sawdust medium using only bamboo chips at the all either harvesting time. The fruiting body yield in the medium mixed with bamboo chip harvested in December and in January and hardwood sawdust was greater than the bamboo chip in August. In sawdust cultivation at the production site, the number of fruiting bodies increased to 138% and the fruiting bodies weight increased to 121% when the 50% volume of the hardwood sawdust and chip used in ordinary cultivation was exchanged to the bamboo chips. On the other hand, the weight per fruiting body decreased to 86%. Also, the use of the bamboo chips tended to increase the fruiting bodies weight as the mycelial culture period was shorter. The content of free amino acids of 14 components contained in fruiting bodies in cultivation using the bamboo chip increased, and particular 10 components were evaluated obviously increase. In addition, the sweetness increased remarkably by the taste analysis, and it was considered necessarily to clarify the relationship between the sweetness and the content of free amino acids in fruiting bodies.

Key words: moso bamboo, cultivation of shiitake mushroom, fruiting body yield, free amino acid, taste analysis