

竹材オガ粉による野生型エノキタケの栽培

高島 幸司

Cultivation of wild type *Flammulina velutipes* (Curt.:Fr.) Sing. used by sawdust of bamboo, *Phyllostachys pubescens* Mazel

Koji TAKABATAKE

竹材の用途開発の一環として竹材オガ粉により野生型エノキタケFv-1を栽培し、竹材オガ粉の培地基材としての利用性を検討した。その結果、培地基材の竹材オガコの構成割合が高くなるに伴い子実体収量は低下する傾向を示したが、竹材オガコの25~75%代替培地では標準培地（スギオガ粉）と有意差がなかった。また、子実体の水溶性成分に関して、ペントース、ヘキソース、N-アセチルグルコサミン、ウロン酸、タンパク質、ポリフェノールの含有量を測定したところ、竹材オガコ100%代替培地で発生した野生型エノキタケでは、ポリフェノールや水溶性タンパク質の含有量は標準培地に比べ有意に増加した。以上のことから、竹材オガ粉の代替培地で野生型エノキタケFv-1を栽培することは可能であり、さらに傘や柄の色が濃く滑りの多い子実体になることが明らかになった。

1. はじめに

エノキタケの生産量は、1975年には約4万tであったが、ビン栽培の普及と共に著しく生産量が伸び、1985年には7万t、1992年には10万tに到達し、その後も堅調に生産量が伸び、2000年には約11万t (109,500t)、2011年には約14万t (140,951t) になった (林野庁経営課 2012)。しかし、生産単価は1985年の610円/kgをピークに著しく減少し続け、2000年には350円/Kg、2007年には290円/kg、2010年には233円/kgにまで低下した。エノキタケ生産の大規模化、寡占化が進むことにより、大量生産・低価格化に拍車がかかっていることから、新たな需要開拓が切望されている。そこで、一般市場に流通しているエノキタケと異なる自然界で発生しているエノキタケに近い野生型のエノキタケの生産を目指して、当研究所の保有菌株で収量性並びに将来的に廃菌床でエタノール生産することを視野に入れてスクリーニングし、野生型エノキタケFv-1を選抜し、菌床栽培における栽培特性を明らかにした (高島 2012a)。

一方、放置竹林の拡大や荒廃が各地で問題になっている。特にモウソウチクは成長が旺盛で、拡大速度は地域に限らず概ね一年間に1~3mであろうと推定されている (鳥居 1998)。モウソウチクが周辺の森林や耕作放棄地に侵入することにより植生が単純化して生物多様性を低下

させること (鈴木 2010)、隣接する人工林の針葉樹を枯死させること (鈴木ら 2006) や竹林では土砂災害の危険性が高くなること (日浦ら 2004) が指摘されている。このような荒廃竹林に対して拡大防止と適正な管理が必要であり、除伐・間伐による竹林整備が進められている。円滑に竹林整備を推進するためには、搬出された竹材の有用開発が求められている。

そこで、本研究では竹材の用途開発の一環として竹材オガ粉により野生型エノキタケFv-1を栽培し、竹材オガ粉の培地基材としての利用性を検討した。さらに野生型エノキタケは汁物で食することが好評であり、滑りを有することが特徴であることから、培地基材としての竹材オガ粉が子実体水溶成分の組成に及ぼす影響を検討した。

2. 材料および方法

2. 1 エノキタケ菌床栽培

2. 1. 1 供試菌

供試菌は、エノキタケ市販種菌T-010 (株) 千曲化成) 並びに当研究所保存菌株である野生型エノキタケFv-1を用いた。

2. 1. 2 供試培地

標準培地にスギオガ粉・米ぬか培地 (スギオガコ:米ぬか=3:2 (W/W)、MC63%) を用

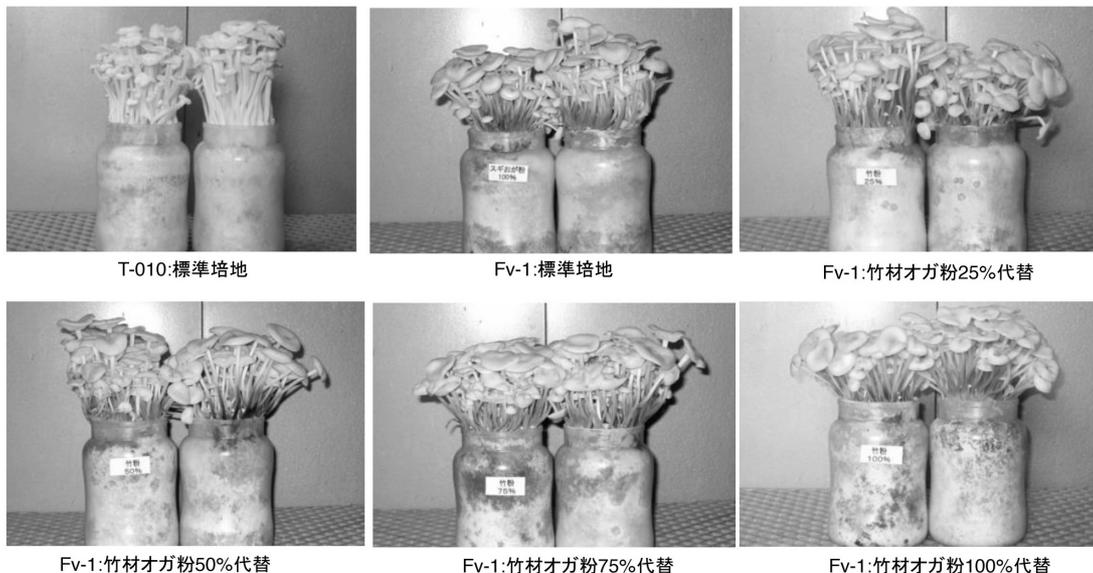


写真-1 竹材オガ粉でのエノキタケ子実体の発生状況

いた。標準培地のスギオガ粉を竹材オガ粉で25, 50, 75, 100% (重量比) 代替して、竹材オガ粉代替培地として供試した。

2. 1. 3 栽培条件と調査項目

800mlポリプロピレン製ビンに供試培地を500g詰めた後、高压滅菌(118℃, 45分間)した。培養ビン1本当たり供試オガ種菌を約10g接種し、20±2℃で50日間、暗所で培養し、菌掻き、注水処理(室温にて3時間)を経て、12±2℃, 相対湿度90%, 照度300luxで子実体形成を促した。収穫は、子実体の傘が開ききった時点で行った。子実体収量, 子実体発生個数, 栽培日数を調査し、子実体収量, 子実体発生個数よりビン毎に子実体個体重を算出した。各試験区の供試ビン数は16本とした。統計処理プログラムJMP-Jを用いてTukey-Kramer法により試験区間で多重比較した。

2. 2 エノキタケ子実体の水溶性成分の定量

2. 2. 1 供試試料

収穫したエノキタケ子実体を直ちに凍結乾燥し、その後、粉碎機で粉末にし、30メッシュ以下に粒径調整して試料とした。試料は分析に供するまで5℃にて保存した。

2. 2. 2 サンプル調整

所定量の供試試料に30倍量の蒸留水を加え、100℃で10分間抽出し、その後、遠心処理

(12000rpm・5分間)して上清をサンプルとした。

2. 2. 3 測定項目と測定方法

子実体の滑りや色素に関連するペントース, ヘキソース, N-アセチルグルコサミン, ウロン酸, タンパク質, ポリフェノールを測定した。ペントースはオルシ-塩化第二鉄-塩酸法(福井 1990), ヘキソースはアンスロン-硫酸法(福井 1990), N-アセチルグルコサミンはReising変法(福井 1990), ウロン酸はメター-ヒドロキシビフェニル法(York W., et al., 1986), タンパク質はプロテインアッセイキット(Bio-Rad製), ポリフェノールはFolin-Denis法(Folin W., Denis W. 1915)によって測定した。各試験区におけるサンプル数は5検体とし、2.1.3 栽培条件と調査項目と同様に統計処理した。

3. 結果

3. 1 エノキタケ菌床栽培

市販系統T-010並びに野生型Fv-1の子実体発生状況を写真-1に示す。T-010は白色系エノキタケであるため発生した子実体は白をベースとしたクリーム色を帯びた色となった。Fv-1は野生型エノキタケであるため傘, 柄共に褐色を帯びた色となり、特に柄では濃色になった。竹材オガ粉培地でのFv-1の発生状況に関して、竹材代替培地では供試したいずれの代替培地におい

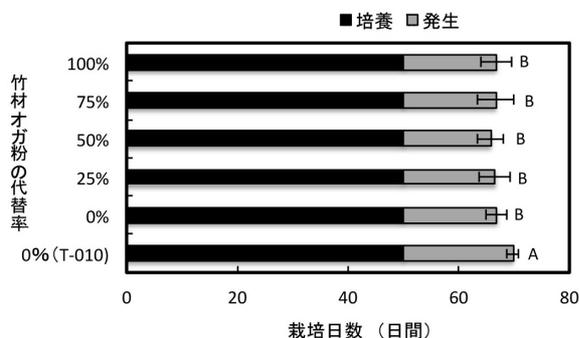


図-1 エノキタケ菌床栽培における竹材オガ粉代替率が栽培日数に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), P<0.05, 図中横棒は標準偏差を示す。

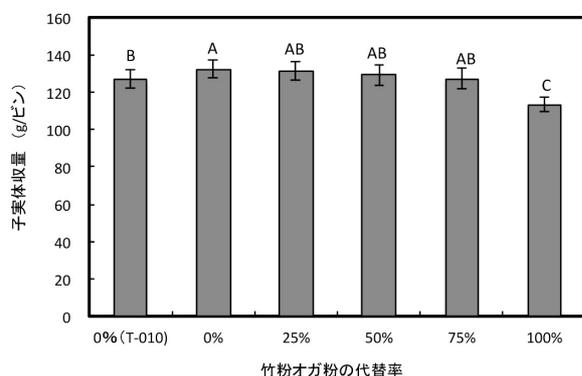


図-2 エノキタケ菌床栽培における竹材オガ粉代替率が子実体収量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), P<0.05, 図中縦棒は標準偏差を示す。

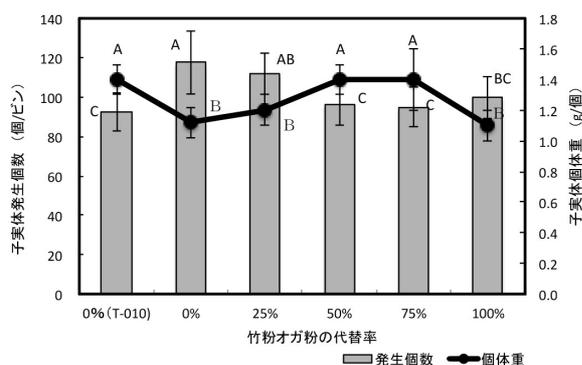


図-3 エノキタケ菌床栽培における竹材オガ粉代替率が子実体収量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), P<0.05, 図中縦棒は標準偏差を示す。

でも標準培地と同様に正常な子実体を形成した。

栽培日数の結果を図-1に示す。Fv-1では、標準培地並びに竹材オガ粉のいずれの代替試験区においても66~67日間となり試験区間で有意差

はなかったが、T-010では標準培地で70日間となり、Fv-1に対して3~4日間、長くなった。

子実体収量の結果を図-2に示す。標準培地においてT-010では127g/ビン、Fv-1は132g/ビンとなり、Fv-1がT-010よりやや収量が多くなった。Fv-1について竹材オガ粉培地では、収量の平均値は代替率が高くなるに伴い減少する傾向を示したが、25~75%代替区では標準培地と有意差がなく同等の収量を示した。しかし、100%代替区では113g/ビンと標準培地に比べて約1.5割減収した。

子実体発生個数、子実体個体重の結果を図-3に示す。標準培地におけるT-010とFv-1では、T-010の方が発生個数が少なく、個体重が重くなった。Fv-1では、竹材オガ粉で代替することにより発生個数が減少する傾向を示し、特に代替率50%以上では約2割減少した。個体重では発生個数の少なかった50、75%代替区で個体重が重くなり、大きな子実体を発生した。

3. 2 エノキタケ子実体の水溶性成分含有量

エノキタケ子実体の水溶性成分についてペントース含有量を図-4に示す。標準培地においてT-010で7.63g/100g乾重、Fv-1で8.62g/100g乾重となり、Fv-1がT-010より約1割含有量が多くなった。Fv-1では、スギオガ粉を竹材オガ粉で代替することにより含有量が多くなる傾向を示し、25%、100%代替区では標準培地に対して2~3割増加した。

ヘキソース含有量の結果を図-5に示す。標準培地においてT-010で8.94g/100g乾重、Fv-1で9.86g/100g乾重となり、Fv-1がT-010より約1割含有量が多くなった。Fv-1における竹材代替区

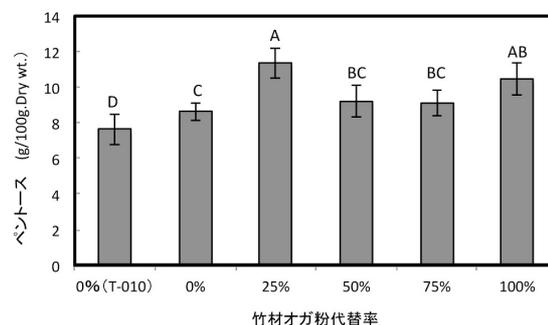


図-4 竹材オガ粉代替率がエノキタケ子実体の水溶性ペントース含有量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), P<0.05, 図中縦棒は標準偏差を示す。

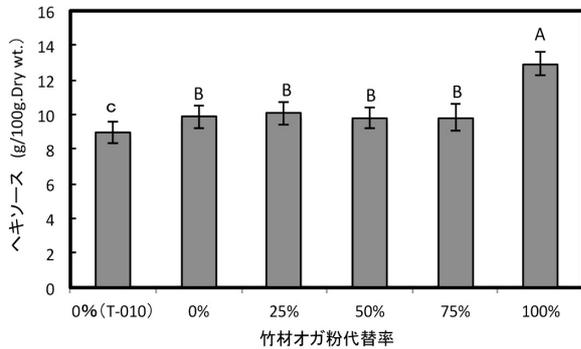


図-5 竹材オガ粉代替率がエノキタケ子実体の水溶性ヘキソース含有量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), $P < 0.05$, 図中縦棒は標準偏差を示す。

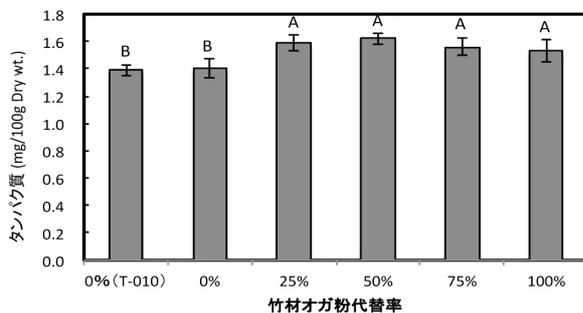


図-6 竹材オガ粉代替率がエノキタケ子実体の水溶性タンパク質含有量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), $P < 0.05$, 図中縦棒は標準偏差を示す。

では25~75%代替区では標準培地と同程度の含有量を示したが、100%代替区では12.92g/100g乾重となり、標準培地に比べて約3割増加した。

タンパク質含有量の結果を図-6に示す。標準培地におけるT-010とFv-1は、1.4mg/100g乾重と同量の含有量を示した。竹材オガ粉代替区では、25~100%代替区では、約1.6 mg/100g乾重となり標準培地に比べて約1割増加した。

N-アセチルグルコサミン含有量の結果を図-7に示す。標準培地におけるT-010とFv-1は、1.53g/100g乾重と同量の含有量を示した。竹材オガ粉代替区では、N-アセチルグルコサミン含有量が多くなる傾向を示し、特に25%、100%代替区では標準培地に対して4~5割増加した。

ウロン酸含有量の結果を図-8に示す。標準培地において、T-010で3.28g/100g乾重、Fv-1で3.69g/100g乾重となり、Fv-1がT-010より約1割含有量が多くなった。Fv-1では、竹材オガ粉代替区における25~75%代替区では標準培地と有意差がなく、100%代替区では4.24g/100g乾重

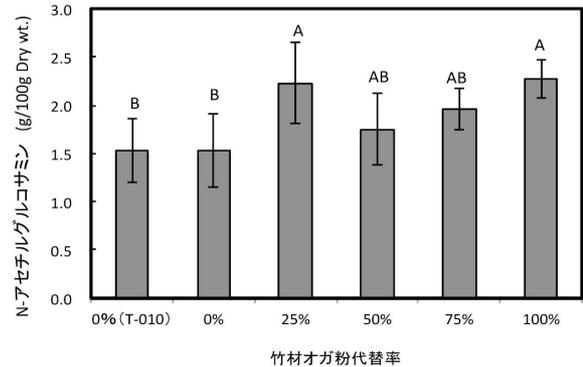


図-7 竹材オガ粉代替率がエノキタケ子実体のN-アセチルグルコサミン含有量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), $P < 0.05$, 図中縦棒は標準偏差を示す。

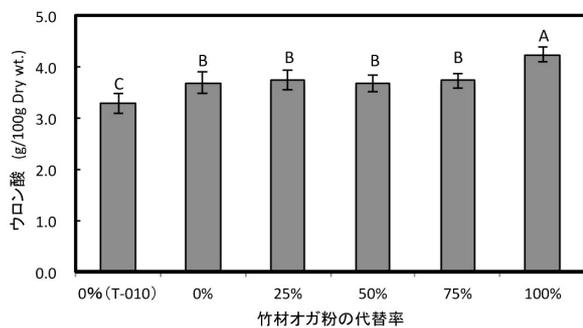


図-8 竹材オガ粉代替率がエノキタケ子実体のウロン酸含有量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), $P < 0.05$, 図中縦棒は標準偏差を示す。

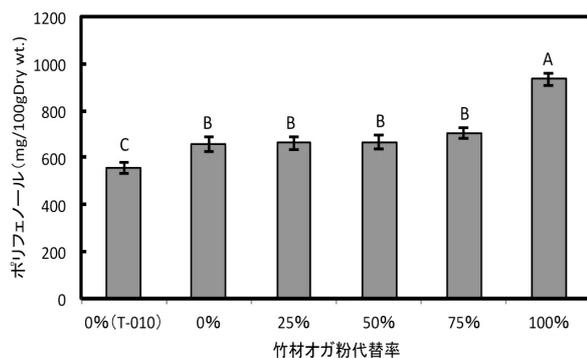


図-9 竹材オガ粉代替率がエノキタケ子実体のポリフェノール含有量に及ぼす影響

異なる文字間で有意差有り (Tukey-KramerのHSD), $P < 0.05$, 図中縦棒は標準偏差を示す。

となり、標準培地に対して約1.5割増加した。

ポリフェノール含有量の結果を図-9に示す。標準培地においてT-010で554.3mg/100g乾重、Fv-1で656.2mg/100g乾重となり、Fv-1はT-010に比べて約2割多くなった。Fv-1では、竹材オ

ガ粉代替区の25~75%代替区では標準培地と有意差がなく、100%代替区では934.7mg/100g乾重となり、標準培地に対して約4割増加した。

4 考察

竹材オガ粉の野生型エノキタケFv-1の培地基材としての利用性を標準培地の培地基材であるスギオガ粉を竹材オガ粉で代替して検討したところ、竹材オガ粉の代替率が高くなるに伴い子実体収量は減少し、100%代替区である培地基材を竹材オガ粉のみの試験区では標準培地に対して1.5割減少した。したがってエノキタケ栽培には、竹材オガ粉のみの利用は生産性を重視した集約栽培には適さないと考えられる。しかし、代替率25~75%での子実体収量は標準培地と有意差がないことから、竹材を積極的に利用する観点からは、スギオガ粉等の木質オガ粉との混合による竹材オガ粉の利用の可能性が示唆された。

竹材オガ粉の利用性に関してナメコでは代替率が75%以上で標準培地に対して有意に減少した(高島 2012b)。ヒラタケでは代替率25%で増収効果を示し、50~100%では標準培地と有意差がなかった(高島 2011)。本研究のエノキタケの場合を含めると、竹材オガ粉に対する適性はきのこの種に応じて異なることが明らかになった。また、エノキタケはナメコに近い傾向と考えられる。

標準培地にけるFv-1とT-010を比較するとFv-1の方で子実体収量が多くなった。このことは、培養工程の終了後、直ちに培養基を菌掻き、注水処理をして発生室(12℃、RH90%以上)に移動する本研究の方法がFv-1に適していたため、通常のエノキタケの栽培工程である培養後の芽出し(14~15℃、RH95%)、ならし(7~8℃、RH90%)、抑制(3~4℃、RH90%)、紙巻き、生育(5~6℃、RH75~80%)(山本 2001)を栽培条件とした場合には異なる結果になる可能性があり、系統間の比較は栽培条件毎に比較する必要があると考えられる。本研究の結果から、芽出し~生育までを省いて発生処理する栽培方法は、市販系統より野生系統の方が適していることが示唆された。

野生型エノキタケFv-1では市販エノキタケに比べて滑りが多いように感じた。ナメコの滑り成分は糖を多量に含む糖タンパク質(粘液糖タ

ンパク質)の混合物である(白坂 2013)ことから、エノキタケの滑り成分も同様であると考えられる。そこでエノキタケ子実体の水溶性成分を構成する糖類、タンパク質、ポリフェノールの含有量を測定したところ、Fv-1はT-010に比べてペントース、ヘキソース、ウロン酸の含有量が多くなった。これら成分が多いことが、Fv-1において滑りが多いことと関連しているものと推察される。また、Fv-1はT-010に比べてポリフェノール含有量が多くなり、Fv-1の子実体はT-010に比べて傘、柄の色が濃色であることと符合した。

エノキタケ菌床栽培において培地基材の変化が子実体の呈味成分の含有量に影響すること(高島ら2003)から、培地基材がスギオガ粉から竹材オガ粉に変化することにより子実体成分に影響することが予想される。竹材オガ粉代替培地で発生した野生型エノキタケFv-1子実体の水溶性成分に関して、代替率25~75%区ではペントース、ヘキソース、N-アセチルグルコサミン、ウロン酸、ポリフェノールの含有量は標準培地と同程度の含有量を示したが、タンパク質含有量は標準培地に比べて多くなった。また代替率100%区では、本研究で測定した全ての項目の含有量が標準培地に比べて多く含まれた。これらのことは、野生型エノキタケFv-1の水溶性タンパク質の含有量は竹材オガ粉の影響を受けやすく、ペントース、ヘキソース、N-アセチルグルコサミン、ウロン酸、ポリフェノールの含有量もタンパク質ほどではないにしろ影響を受けることが示唆された。モウソウチクには木材同様にセルロース、ヘミセルロース、リグニンが含まれているが、木材と異なり遊離アミノ酸であるチロシンやフェノール酸がエステル化したフェルラ酸、p-クマル酸が含まれ、細胞壁にはデンプンとアラビノキシランから成る多糖類が存在していること(Fujii 1995)から、これら成分が野生型エノキタケFv-1の水溶性成分の増加に影響した可能性が考えられる。

竹材オガ粉で野生型エノキタケFv-1を栽培することにより、代替率75%までであれば著しく減収することなく栽培が可能であり、竹材オガ粉のみ(代替率100%)の栽培では収量がやや減少するものの野生型エノキタケの特徴である傘、柄の色が濃くなり、滑りの多い子実体の収穫が期待される。

謝辞

本研究は、公益財団法人 ホクト生物化学振興財団 平成24年度研究奨励金助成を受けて実施した。

引用文献

Folin O., Denis W., (1915) A colorimetric method for the determination of phenols and phenol derivatives, J.Biol.Chem., 22, 305-308.

Fujii Y. (1995) Chemical Analyses of Mosochiku (*Phllostachys pubescens* Maezel) during Elogation Growth, Ph.D. thesis, Kyoto Univ., 114pp.

福井作蔵 (1990) 生物化学実験法 1 還元糖の定量法 第2版, 学会出版センター, 266pp.

日浦啓全・有川 崇・バハドゥール ドウラドゥルガ (2004) 都市周辺山麓部の放置竹林の拡大にともなう土砂災害危険性, 日本地すべり学会誌 41 : 323-334.

林野庁経営課特 (2012) 特用林産物需給動態調査, 平成23年主要特用林産物基礎資料.

白坂憲章 (2013) その他の食品成分, 菌類の事典 (編集 日本菌学会), 朝倉書店, 460-461.

鈴木素之・長谷川秀人・六信久美子・山本哲朗 (2006) 山口県における竹林の拡大とその生態, 土木学会論文集G62 : 445-451.

鈴木重雄 (2010) 竹林は植物の多様性が低いのか?, 森林科学 58 : 11-14.

高島幸司・鍋島裕佳子・加藤肇一 (2003) エノキタケ菌床栽培における子実体収量, 子実体成分に及ぼす菌床の影響, 日本応用きのこ学会誌, 11, 71-78.

高島幸司 (2011) 竹材オガ粉によるヒラタケ菌床栽培, 日本きのこ学会第15回大会講演要旨集, 信州大学, p.52.

高島幸司・金子周平・吉田 誠・金子 哲 (2012a), 連結バイオプロセス (CBP) に適した野生エノキタケのスクリーニングとその系統の栽培特性, 富山森林研研報, 4, 15-24.

高島幸司 (2012b) 竹材を利用したナメコ菌栽培, 富山森林研研報, 4, 25-30.

鳥居厚志 (1998) 空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定, 日本生態学会誌 48 : 37-47.

山本秀樹 (2001), エノキタケ, キノコ栽培全科, 大森清寿・小出博志編, 農文協, 85-96.

York w., et al. (1986) Isolation and characterization of plant cell walls and cell wall components, Methods in Enzymology, 118, 3-40.

Summary

Utility of bamboo materials for cultivation of wild-type *Flammulina velutipes* was examined as the sawdust-based substrate in order to develop new uses of them. Therefore, though the yield of fruit-body showed the tendency which decreases as the composition rate of the bamboo saw-dust of medium-substance became high, there was no significant difference between the yield of the medium for which bamboo saw-dust was substituted 75% from 25%, and the yield of a standard medium (Sugi saw-dust medium). And the content of pentose, hexythose, N-acetylglucosamine, uronic acid, protein, polyphenol were quantified about the soluble constituent of *F.velutipes* fruit-body related to slime. Each content of the soluble constituent measured of the fruit-body cultured in the medium for which the bamboo sawdust was substituted 100% increased significantly compared with the fruit-body of a standard medium. From the above, it was cleared that the cultivation of wild type *F.velutipes* Fv-1 on the medium substituted woody sawdust with bamboo sawdust was possible and the color of pileus and stem of fruit-body cultivated on the bamboo sawdust medium turned more dark and slimy.