

飲料缶詰製造に伴って排出される産業廃棄物の有効利用 —レトルト処理コーヒーかす培地によるヒラタケの拡大栽培試験—

加瀬谷泰介, 岡崎 由朗, 宮川キミ枝, 山崎 昭子

Effective Utilization of Waste Discharged from Canned Drinks Manufacturing Line

— Large Scale Cultivation of the Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* on the Retorted Spent Coffee Grounds Medium —

Taisuke Kasetani, Yoshiro Okazaki,
Kimie Miyagawa and Akiko Yamasaki

The effective utilization of food industry waste has been examined, and the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) would be able to be cultivated on the culture medium which was mainly consist of spent coffee grounds (SCG) discharged from the factory of canned coffee drink manufacture. In this report, potential problem on commercial cultivation was examined by 1,000 culture-bag scale culture of the oyster mushroom. In the two times harvesting, 175.4 g of fruit bodies were obtained from one kg of the SCG medium, however, only the first yield didn't reach standard level on ordinary cultivation on the sawdust medium. The first yield was over two thirds in the total yield, because the second yield was decreased dramatically. It was almost same level, approximately 60 g, in spite of the amount of the first yield. It is necessary to raise the first yield for the achievement of higher yield. The strength of scraping of the medium's surface for the fruit body initiation did not affect the yield. The manual scraping operation was time-consuming and inefficient. The condition of the full-grown mycelia in the bag affected the yield, and the yield tended to decrease when the primodia were formed before scraping. After second harvesting, there was no effect to increase productivity by immersing the bags etc., thus it doesn't compensate its labor and cost.

Key words : waste, recycle, coffee, spent coffee grounds, oyster mushroom, mushroom, *Pleurotus ostreatus*, scraping of medium's surface.

缶, ボトル, 紙などの容器に詰められて家庭向けに生産・販売されたコーヒー飲料は, 1996年以降あまり増加していないものの, 1999年で推定4億2,080万箱(約282万kl)と膨大な量である。そのうち缶コーヒー飲料の占める割合は87.5%(78.0%)と非常に高い¹⁾。また原料であるコーヒー豆の輸入量は約365,236 tである²⁾。コーヒー豆は生豆・焙煎済みいずれの形態であっても, 乾物で輸入して飲料製造時に熱水などで抽出する。したがってコーヒー液を抽出した後のかすは一般に70~80%ないしそれ以上の水分を含み, 輸入量をはるかに超える重量となる。

これほど大量に排出されるコーヒーかす(SCG: Spent Coffee Grounds)の有効な利用法はほとんどない。最近, 一部の飲料製造メーカーで, 農産・畜産廃棄物とともに堆肥化して有機質肥

料とするなど、新たな行動が見られるものの、大半は産業廃棄物などとして焼却や埋め立て処分されている。また許可を受けた上で、排出所の近隣農家に肥料として配布する場合もある。いずれの処理方法でも、排出時に含まれている水分を多少とも取り除く前処理が必要である。

水分が多いために、腐敗しやすく、輸送しにくいこと、脱水・乾燥に多くのエネルギーを使うことなどが処理費用の増大を招いて、排出者の負担になっている。また埋め立てなどは環境への負荷が高く、立地なども制限されるため、最近ではできなくなっている。

コーヒー豆はアラビアコーヒーノキ (*Coffea arabica* L.) などの種子であり、焙煎・破碎・抽出などの工程を経て変化はしているが、植物残渣である。本来自然界で動植物由来の物質は多くの生物の連鎖の中で土壌などに無機物として還元されていくが、セルロースやリグニンなどの植物質の難分解性物質を最終的に分解しているのは膨大な種類の真菌類である。その中でも、腐生菌や木材腐朽菌などと称される一群のきのこ類が特に重要な役割を果たしている。これらのきのこ類は森林内で枯死木や倒木、落葉落枝を植物が再び利用できる無機物に分解し、生態系の維持に不可欠の役割を果たしている。

原木、おがくず、米ぬか、ふすま、トウモロコシの穂軸など、食用きのこの栽培に使われる資材の多くが植物残渣であるのは、きのこという生物の生態的な位置、機能を利用しているからである。したがって植物残渣である SCG を利用したきのこ栽培は可能であり、これまでもいくつかが報告がある^{3), 4)}。

廃棄物としてのコーヒーかすは高い水分含量が処理を困難にしているが、きのこ栽培用培地材料とした場合、その難点は利点に変わる。一般に木材腐朽性きのこの栽培に用いられるおがくず・米ぬか培地の最適水分含量は、菌種によっても多少変動するが、60~65%である⁵⁾。70%とも80%ともいわれる SCG に、20%以下の米ぬかやほとんど水分を含まない副材料を混合することで、適正な水分含量とすることができ、エネルギーや費用のかかる脱水・乾燥処理することなく、SCG を有効利用できるのである。また廃棄物から食料を生産できることの意義も見落としてはならない。

当研究室では、これまでに SCG 主体の培地を用いてヒラタケを中心に数種類の木材腐朽菌の試験栽培を行ってきた。その結果、実験室レベルでは安定的にきのこ（子実体）を発生させることに成功したが^{6), 7)}、それを商業規模に拡大するための調査を行ったので報告する。

実 験 方 法

1. 材 料

- 1) 使用菌株 ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer) は森産業株式会社（群馬県桐生市）の市販菌種39号菌を用いた。
- 2) 栽培容器 日昌産業株式会社（大阪府）のきのこ専用ポリプロピレン (PP) 袋 (NTキノパックTM、容量約1ℓ、140×120×430 mm (W.D.H)) を用いた。
- 3) 培地材料 コーヒーかす (SCG) は岡山県食品株式会社（岡山県笠岡市）より提供された。プラスチック袋に20kg前後を詰めて輸送したものを、屋根付きのコンクリート床に工事用シートを敷き、その上に深さ5cm程度に広げて数日間風乾したものをを用いた。

培地の副材料は、米ぬか、大豆かす、米粉であり、この他に pH 調整用に炭酸カルシウム、硫酸カルシウムを添加した。

2. 方 法

- 1) 培地調製・菌糸の培養 培地は上記材料を混合し、水分は65%に調整した。PP 袋に1kgず

つ軽く、あまり押し込まないように充填した。袋の口は三重に折り込んでクリップで留め、レトルト釜を用いて121℃・2時間の条件で滅菌した。滅菌後はレトルト釜内で放冷し、翌日にヒラタケ種菌を接種し、22℃に調整した部屋で菌糸を培養した。1日当たり約150個、6ロットで計1,013個を調製した (Table 1)。

Table 1 Recipe of SCG medium (Ratios in which SCG weight is 100).

Spent coffee grounds	100	Calcium sulfate	2.5
Defatted soy bean flakes	12.5	Chaff of rice	6.25
Rice bran	12.5	Water	150
Calcium carbonate	1.25		

2) 子実体発生操作：菌掻き ヒラタケ菌糸は約4週間で培地全体に蔓延するので、蔓延を確認した後に子実体発生を促す操作を行った。袋を開けて培地表面に蔓延している比較的古い菌糸（種菌など）と培地の表面の一部を掻き落とし（菌掻き）、さらに千枚通しで20個程度の孔を開けた。その後、培地全体を水に6時間浸漬した。この作業に関しては、計6名の作業員毎に収量を追跡調査した。浸漬後に水を切って、きのこ発生施設（栽培室, Fruiting room）に移し、室温18℃、湿度90%RHで培養を継続した。この際に第1～5ロットからは30個ずつを、別の発生施設（恒温室, Fruiting cabinet と呼称、設定条件は同一）に移して培養を継続した。

3) 培養と子実体誘導、収穫 菌掻き後、約1週間で子実体が十分に生長するので、収穫適期のものから順次収穫した。収穫適期は株となって発生する子実体の中で最大のものが2 cm以上になった時とした。子実体を壊さないように注意しながら、根元から捻じるように引き抜いた。この際に、次回発生を考慮して培地を極力傷つけないように注意し、子実体原基が残らないようにした。

一度収穫した培地はさらに培養を継続して、第5ロットまではほとんどの培地から3回収穫した。収穫の間隔は約1週間である。

4) 測定 収穫した子実体は袋毎に重量を測定した。

5) 二次発生操作 一部の培地は、第2回収穫後に、穿孔と浸漬処理を再び行い、無処理のものと比較した。

結果と考察

培養途中で雑菌汚染などのために廃棄したもの、操作ミスで収量データの信頼性が低下したものを除いて、全体で977ケースのデータを得た。また第3収穫は全数で行わず、特に第6ロットはほとんど第2収穫までで打ち切った。

1. 収穫回数と収穫量

第1と第2収穫の合計から、子実体と培地湿重量の比率（収率）は $17.5 \pm 3.01\%$ となった。第1収穫と第2収穫、さらに第3回収穫の間には大きな差があり、回を重ねるごとに収量が半分以下に激減している。第3回収収量についてはケース数が780と少ないことに注意が必要で、997ケース分に単純に換算すると24.88kgとなる。しかしながら、大きな減少幅であることは間違いない (Table 2)。

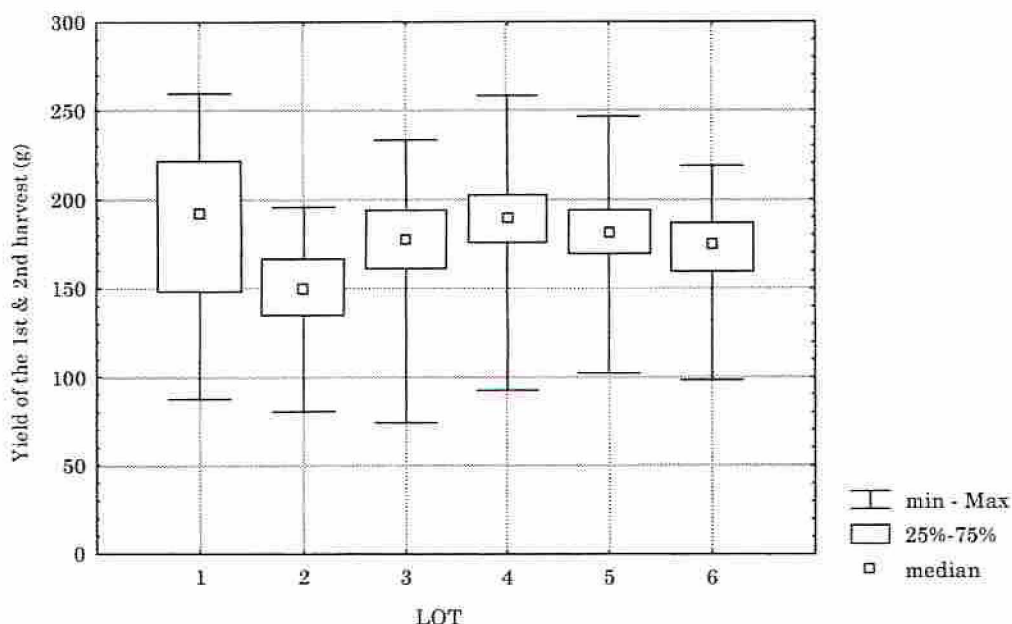
Table 2 Yields of *Pleurotus ostreatus* on SCG medium.

	Mean	Standard Error	Standard Deviation	Coefficient Variance
1st yield (997 Cases)	121.8 g	0.82 g	25.56 g	21.0%
2nd yield (997 Cases)	53.6 g	0.57 g	17.83 g	33.3%
3rd yield (780 Cases)	25.0 g	0.33 g	9.14 g	37.1%
Total yield of 1st and 2nd yield	175.4 g	0.96 g	30.07 g	17.1%

2 回収穫合計で17.1%というのは、かなり低いといわざるを得ない。標準的なおがくず・米ぬか培地を用いた瓶栽培で成功とされる収率は20%を超えているが⁵⁾、本報における第1収穫は $12.2 \pm 2.56\%$ で、標準値の約60%となる。また本報では実際の栽培・出荷において行われる足切り（石突きや付着している培地のかけらを取り除く操作）を行っていないため、実収量はさらに数%低くなる。原因としては通常使用されるおがくずとは粒径や物性が異なり、特にコーヒーカスが非常に細かいことがあげられる。また栽培袋内の培地上の空間（ヘッドスペース）に発生させる方法も改善の余地がある。

2. ロット別収量

第1ロット以外は25%-75%範囲が比較的小さく、その前後のデータ範囲が非常に大きい。第1ロットは全体にばらついており、25%-75%範囲も大きくなっている。これは土日曜日に収穫作業を中断したために、収穫の適期（株中の最大の菌傘が直径2 cm）を過ぎたものが他のロットよりも多く出てしまったことが原因で、ばらつきが大きくなっているものと考えられる。第2ロットが特に低収量である。第3ロット以降は大きく変わらないが、第4ロットがやや高い（Fig. 1）。

Fig. 1 Yields of *Pleurotus ostreatus* on SGC medium in each lot.

最小有意差 (LSD) 法で多重比較すると、第 1, 4, 5 ロット、第 3, 5, 6 ロット、第 2 ロットのみの 3 群に分けられた。第 5 ロットは共通しているが、第 1, 4, 5 ロットが第 3, 5, 6 ロットよりも有意に高収量であり、第 2 ロットだけが明らかに低く、孤立していた。

3. 発生環境

本来ツクリタケ (*Agaricus bisporus* var. *albidus* (J. Lange) Sing.) 栽培に使用していた栽培室は、恒温室の 6 倍程度の床面積を持つ。両者の収量を比較すると、栽培室では恒温室よりも平均値がわずかに劣り、ばらつきが大きいことがわかった (Fig. 2)。一般に空調は対象が大きいほど難しく、微気象レベルでの厳密な制御が難しくなるため、栽培室では非常に低い収量にとどまるものが恒温室よりも多く出るためと思われる。そのため栽培室では収量のばらつきが大きい。

4. 菌掻き作業者の熟練度

拡大栽培試験に当たって、初めて菌掻き作業を行う者とこれまでに行っていた者では、特に作業速度に大きな違いがあった。経験者は 40~50 秒前後で 1 個の培地を処理するのに対して、非経験者の場合は 2~3 分はかかった。

菌掻きの程度に関しては、担当者 B は意図的に培地表面を比較的強く掻き取り、孔も数多く深めにあけていたが、平均値の LSD 検定では他の担当者の平均値と全く有意差は見られなかった ($p < 0.01$, Fig. 3)。

結論として、大量生産が前提の商業生産では 40 秒でさえも時間がかかりすぎていること、本報における菌掻き手法ではかなり強めに菌掻きしてもしなくても、収量に大きな変化はないことから、工程自体をさらに検討する必要がある。現在、菌掻きをしないで子実体を発生させる方法を検討している。

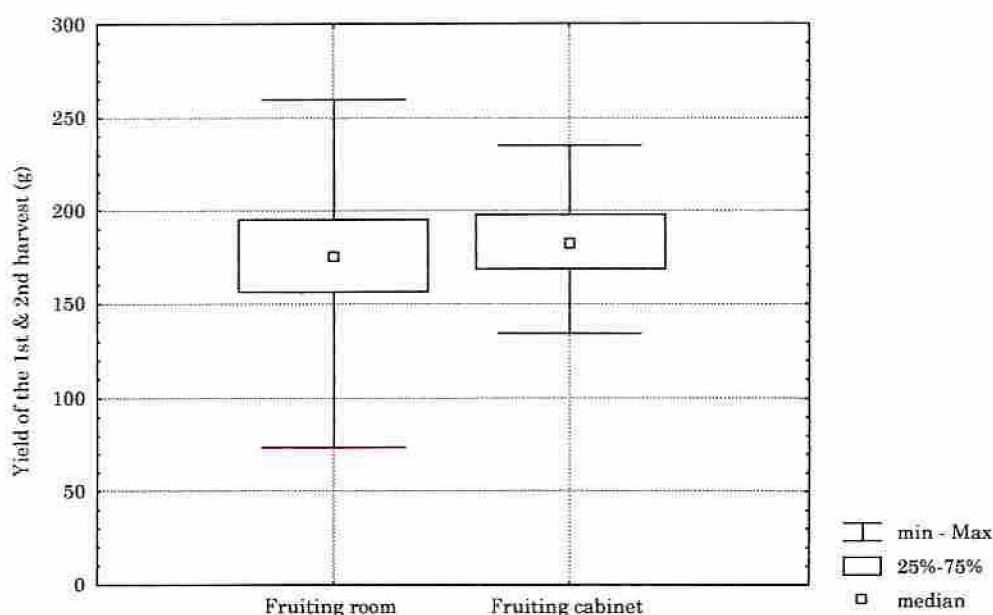


Fig. 2 Yields of *Pleurotus ostreatus* on SCG medium in each place.

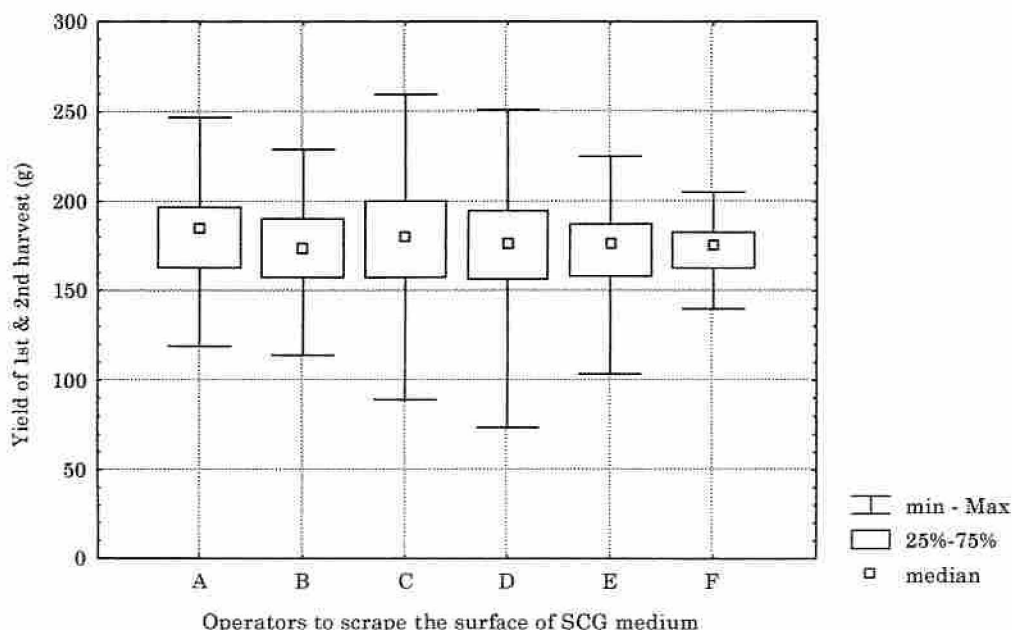


Fig. 3 Effect of operator to scrape the surface of SCG medium to yields of *Pleurotus ostreatus* on SCG medium.

5. 菌糸生育の収量への影響

ヒラタケは、菌糸の培地への蔓延と同時に、子実体を形成し始める。このため、意図して子実体発生操作をする前に、子実体原基が形成される場合がある。本実験においては、培地表面から袋上部のヘッドスペース部への気中菌糸の発達が目立ち、非常に密集して発達しマット状になるものが多かった。また多くの培地で菌糸が全体に蔓延する前に、培地表面や側面から子実体原基が形成された。特に培地側面において顕著に見られ、このような側面から発生する子実体は袋と培地の隙間から出るため、形態が歪んで商業的な基準に沿わなくなり、価格が下がる。

これらの培養中の菌糸の挙動について、第2ロット以降に菌掻きをする前に記録したが（977ケース中813ケース）、すべての袋でヘッドスペース部に気中菌糸がマット状に密集していた。完全に蔓延したもの、蔓延したがごく一部に菌糸が伸長していないもの、さらにそれぞれの中で菌掻き前に子実体原基を形成したものとしていないもの、合計4種類に分類して収量を比較した（Fig. 4）。

菌糸が完全には蔓延しなかったものは原基の有無に影響されず、収穫量に有意差は見られない。したがって菌糸が培地に完全に蔓延する直前までは原基が形成されているかどうかは、収量にあまり影響しないことがわかる。菌糸が完全に蔓延しているものは、原基が形成されているかどうかで収穫量に差異が見られ、原基が形成されていないもののほうが原基が形成されているものよりも高かった。このことから培地に菌糸が蔓延し切ると、菌掻きなど子実体発生操作の時期が、収穫量に極めて大きな影響を与えることがわかる。高い収穫量をあげるためには、菌糸の生長状況を注意深く観察して原基が形成される前に発生操作を行うのが望ましい。

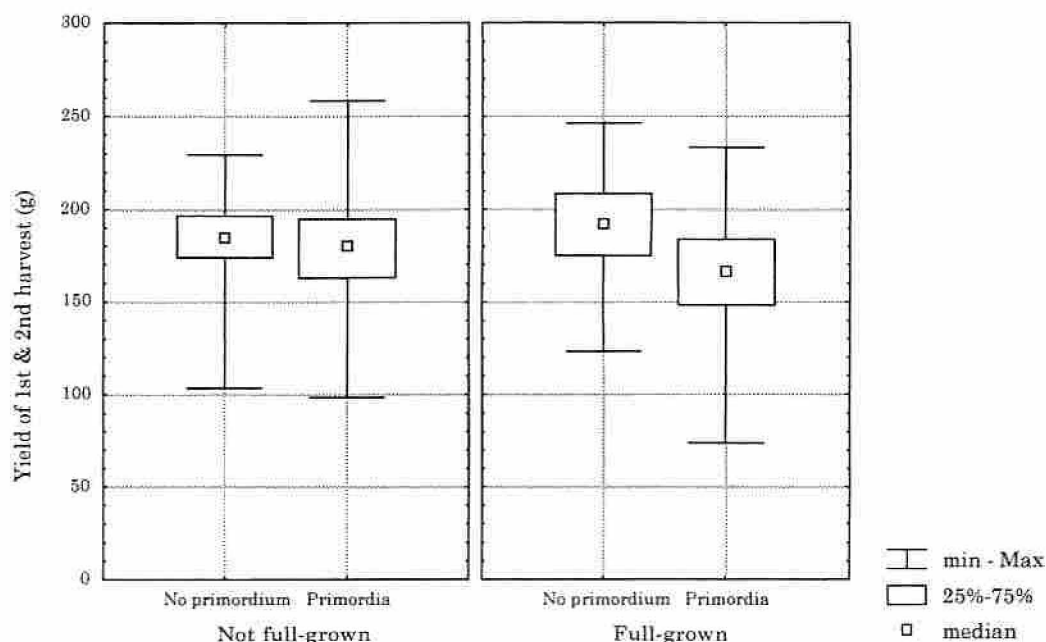


Fig. 4 Yields of *Pleurotus ostreatus* on SGC medium, categorized by mycelial growth and condition in the time of scraping the surface of the medium.

6. 第1収穫と第2収穫の関係

第1収穫量と第2収穫量の間には明確な相関関係は見出されなかった。第1収穫と第2収穫は同一の培地から発生した子実体の重量であり、子実体を形成するための材料（栄養、水分、エネルギー）を言えば共有していたはずである。培地内の初発栄養量や栽培の環境が一定していることから、子実体形成のための素材に大きな偏りはなかったはずである。

したがって、第1収穫での発生量が多い場合には第2収穫のための栄養などが少なくなり、第1収穫が少ない場合にはより多くの栄養を第2収穫時に使えるはずである。しかしながら、Fig. 5の回帰係数は負数にこそなっているものの、 -0.0510 とほぼ0に近い、また相関係数も -0.0732 と極めて低い値であって、両収穫量の間には関係がないと結論される。したがって、第1回目の収穫量に関わらず、第2回目の収穫量は約60gで一定しているということになる（Fig. 5）。

記載はしていないが、発生環境（栽培室・恒温室）およびロットは、いずれもこの関係に影響を及ぼしていなかった。

7. 二次発生操作

第3収穫前に抽出した培地26個（第1～5ロットより各5個、第6ロットより1個）に子実体発生操作をふたたび施し、その他の培地（754個）と発生量を比較した。シイタケ（*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler）では休止期間を置いて子実体発生操作を繰り返すことで5～6回の収穫を行うが、ヒラタケでは効果がなかった（Fig. 6）。再度子実体発生操作をした培地と無処理の培地には平均値に有意差がなく、結論として、第3収穫前に水分補給などの増収処理を施しても、その労力・費用に見合うだけの成果は得られないことが明らかである。

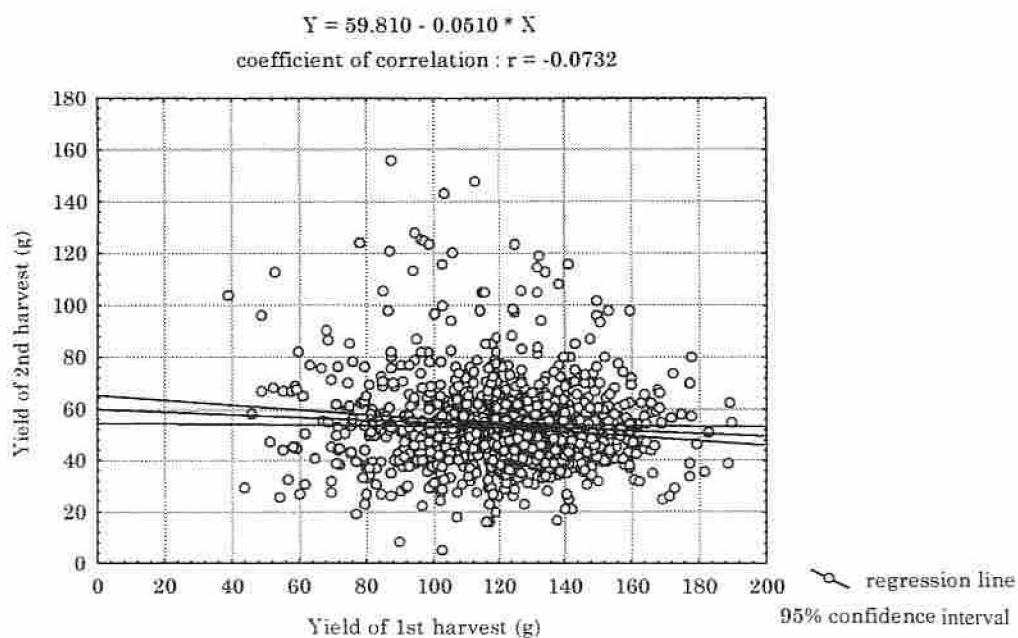


Fig. 5 The relation of the yields of 1st and 2nd harvests in *Pleurotus ostreatus* cultivation on SGC medium.

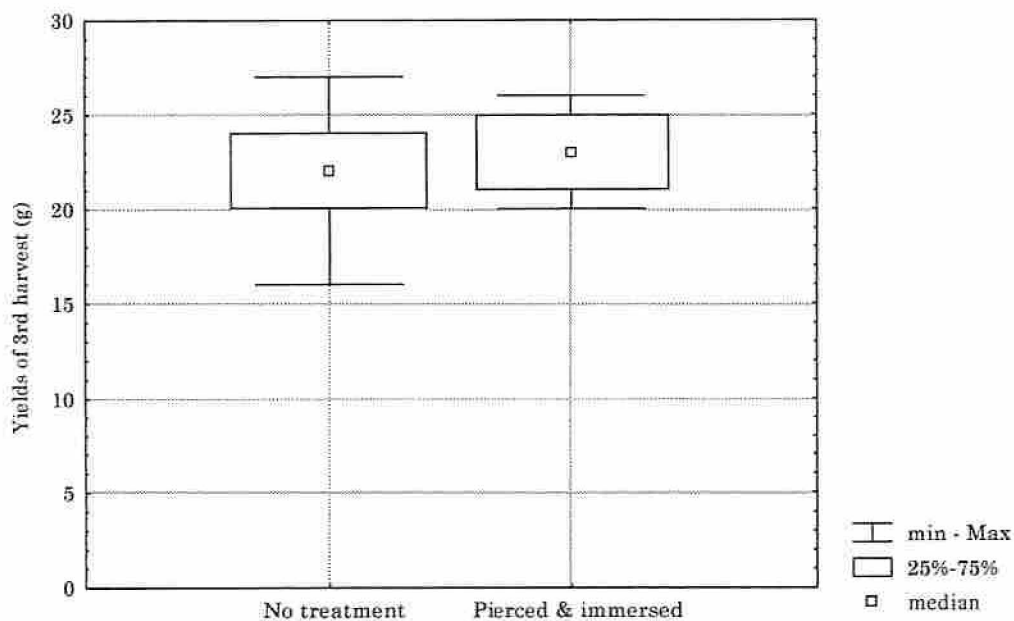


Fig. 6 The effect of piercing and immersing the culture bags after the 2nd harvest to yield of 3rd harvest of *Pleurotus ostreatus* on SCG medium.

要 約

1. 第1および第2収穫合計では175.4gの収穫を得たが、第1収穫が2/3以上を占め、収穫毎に収量は激減した。通常のおがくず・米ぬか培地での収量よりは劣る。
2. 栽培用2施設の間には収量に差が見られ、栽培環境は制御しているものの微気象レベルのむらが影響しているものと考えられる。
3. 作業者による菌掻き強度の違いは収量に影響を及ぼさなかった。
4. 菌掻き作業は経験の有無によって所要時間に大きな差があるが、実用栽培技術としては手作業による菌掻きは効率が悪すぎる。
5. 菌掻き時の菌糸の生育状態は、その後の収穫量に大きな影響を及ぼした。
6. 子実体原基ができてしまってから菌掻きをすると収穫が減少する傾向が見られた。
7. ヒラタケは第1収穫と第2収穫の間には明瞭な相関関係は見出されず、第1収穫の多寡にかかわらず第2収穫がほぼ一定の値になることがわかった。
8. 高収量の達成には、第1収穫を高める必要がある。
9. 第3収穫前では、浸水などによる子実体増収効果はなく、労力・費用に見合う効果は得られない。

謝 辞

快く梱包・発送の手間を取ってくださり、無償でコーヒーがすを譲渡していただいた岡山県食品株式会社殿に、ここに記して特に感謝いたします。

文 献

- 1) 日刊経済通信社調査出版部編：酒類食品産業の生産・販売シェア＝需給の動向と価格変動＝平成11年版，p.532，日刊経済通信社，東京，(1999)。
- 2) ビバリッジジャパン，23，No.2，p.119，ビバリッジジャパン社，(2000)。
- 3) Charlotte Thielke：Mushroom Science XII (Part II)，337-343，(1989)。
- 4) 富樫 巖，宜寿次盛生，原田 陽：きのこの科学，3，No.4，161-165，きのこ技術集談会（現 日本応用きのこ学会），(1996)。
- 5) 山中勝次，柿本陽一：カラー版きのこ生育診断ヒラタケ・エノキタケ篇，p.10，農村文化社，東京，(1991)。
- 6) 橋本一哉，岡崎由朗，加瀬谷泰介，宮川キミ枝，山崎昭子，日置タツエ：東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所研究報告書，22，29-38，(1998)。
- 7) 岡崎由朗，加瀬谷泰介，宮川キミ枝，山崎昭子：東洋食品工業短期大学・東洋食品研究所研究報告書，23，21-28，(2000)。