

コーヒー残渣を用いたきのこの菌床栽培およびその廃菌床の堆肥としての有用性

山下敦子<sup>1</sup>・種坂英次<sup>2</sup>・築山拓司<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都府立桂高等学校

<sup>2</sup> 近畿大学農学部農業生産科学科

Cultivation of edible mushrooms with spent coffee grounds and utilization of its spent mushroom substrate as compost

Atsuko YAMASHITA<sup>1</sup>, Eiji TANESAKA<sup>2</sup>, and Takuji TSUKIYAMA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyoto Prefectural KATSURA High School, 27 Kawashimamatsunokimotocho, Kyoto 615-8102, Japan

<sup>2</sup>Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Kindai University, 3327-204 Nakamachi, Nara 631-8505, Japan

### Synopsis

Spent coffee ground is the industrial residue yielded during the brewing process of coffee. Spent mushroom substrate is the agricultural residue obtained after harvesting mushrooms from the substrates. In the view of environmental protection, waste management of these agro-industrial residues is major issue both domestically and globally. Our final goal is to develop a resource-recycling agriculture using spent mushroom substrate obtained after harvesting mushrooms cultivated on substrates including spent coffee ground. In this study, we confirmed that oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and enoki mushroom (*Flammulina veltipes*) could be cultivated on a coffee-substrate, which is a mixture of spent coffee ground and rice bran. Furthermore, it was found that spent mushroom substrate derived from coffee-substrates was available for the cultivation of maize. These results would be helpful for developing the resource-recycling agriculture not only in Japan but also other countries.

Keywords: mushroom cultivation, spent coffee grounds, spent mushroom substrate, compost

## 1. 緒言

コーヒーは世界中で最も人気のある飲料の一つである。コーヒーの原料であるコーヒー豆は、世界全体で毎年 900 万トン以上生産されており、石油に次いで 2 番目に大きな貿易財である (Murthy and Naidu 2012)。このように、コーヒー市場が大きいことから、コーヒーの製造過程でコーヒー抽出残渣 (コーヒーかす) や銀皮などの残渣が年間 600 万トン以上生じている (Mussatto et al. 2011)。これらの残渣は、カフェインやタンニンなどが多く残っているため、環境中へそのまま排出されると環境汚染を引き起こす。したがって、コーヒー抽出残渣や銀皮は、通常、産業廃棄物として焼却処理される。一方で、コーヒー抽出残渣は、脂肪酸、アミノ酸、ポリフェノール、ミネラルおよび多糖類などの有機物を多量に含んでおり、これらの有機物の抽出基材に用いられてきた (Ballesteros et al. 2014)。また、コーヒー抽出残渣は、工業用ボイラーのバイオ燃料の原料 (Silva et al. 1998) や食用作物の堆肥 (Bomfim et al. 2022)、きのこの培地基材 (Leifa et al. 2000, 2001) としても用いられている。

きのこの栽培方法は、培地の違いから原木栽培と菌床栽培に大別される。原木栽培は、伐採した後に乾燥させた丸太 (原木) を培地としてきのこを栽培する方法である。原木栽培は、天然に近い食味のきのこが得られるが、種菌の接種からきのこの収穫までの期間が長く (1~3 年程度)、収穫時期はそれぞれのきのこの自然条件下での発生時期に依存する。菌床栽培は、オガ粉などの培地基材と米ぬかなどの栄養材を混ぜた人工の培地 (菌床) できのこを栽培する方法である。種菌を接種した菌床は一般的に温度や湿度を調整した室内に持ち込まれ、菌糸の蔓延から子実体 (きのこ) の発生・収穫まで全ての工程が管理された環境下で行われる。菌床栽培は、原木栽培と比較して、種菌の接種からきのこの収穫までの期間は短い (5~20 週程度) ため、年間 4~8 回の栽培が可能である。しかし、多くの場合、一度収穫した後の菌床は再使用できず、使用済みの廃培地 (廃菌床) として焼却処分もしくは埋め立て処分される。一般的な廃菌床はオガ粉を培地基材としているため、焼却すると二酸化炭素などの温室効果ガスが発生する。また、埋め立て処分には、山林の伐採や海の埋め立てなど環境への負荷が懸念される。これらのことから、近年、廃菌床の一部は農作物の堆肥や昆虫の餌 (昆虫マット) として再利用されている (Mohd Hanafi et al. 2018, Umor et al. 2021)。

われわれの最終目標は、コーヒー抽出残渣で食用きのこ類を栽培・収穫した後、その廃菌床を用いて作物を栽培する資源循環型農法を確立することである。コーヒー抽出残渣の菌床利用と廃菌床の堆肥化についてはすでに報告されているものの、これらを組み合わせた事例はわれわれが知る限り未だにない。本研究では、コーヒー抽出残渣を培地基材とした培地 (コーヒー菌床) でヒラタケおよびエノキタケが栽培できることを確認するとともに、それらを収穫した後の廃菌床 (コーヒー廃菌床) がトウモロコシの子実収量に与える効果を調査した。

## 2. 材料および方法

### 2.1. 供試菌株

近畿大学農学部農業生産科学科育種学研究室が保有するヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) の野生菌株 PLO1501 と PLO2001、およびエノキタケ (*Flammulina veltipes*) の野生菌株 FvUA と FvHB を供試した。

### 2.2. きこの菌床栽培

小川珈琲株式会社より分譲されたコーヒー抽出残渣を菌床培地に供試した。コーヒー抽出残渣を 4 重にしたガーゼでくるみ、水道水が透明になるまで洗浄した。洗浄したコーヒー抽出残渣およびスギのオガ粉 (オリエンツジェネライズ株式会社) に、乾燥重量比で 30% の米ぬか (奈良市内に設置されている精米機から回収) を加えた後、含水率を 65% 程度に調整したものをそれぞれコーヒー菌床培地およびオガ菌床培地とした。洗浄したコーヒー抽出残渣の乾燥重量は含水率を 60% として計算した。それぞれの菌床培地を 850 ml のポリプロピレン製の栽培ビン (以下、PP ビン) に 600 g ずつ充填し、接種孔を 1 本開けて成型した。121 °C で 2 時間高圧滅菌した後、1 晩放冷した。あらかじめオガ菌床培地で培養した菌株を種菌として接種孔に適量を接種した後、室温を 20 °C に設定したクリーンルームで菌糸がまん延するまで培養した。菌糸がまん延した後、近畿大学農学部のきのこ棟内の作業室で発芽処理として種菌部および培地表面を削り取り、水道水を加えて 30 分間静置した。発芽処理後、温度 18 °C、湿度 95%、二酸化炭素濃度 500 ppm の条件に設定したきのこ棟内の栽培室において、子実体原基が形成されるまで PP ビンのビン口を下向きにして管理した。子実体原基が形成された後、PP ビンのビン口を上向きにして子実体を発生させた。子実体原基が形成された約 14 日後に子実体を収穫し、重量を測定した。

### 2.3. コーヒー廃菌床の化学成分分析

子実体を収穫した後のコーヒー菌床培地を PP ビンから掻き出し、約 30 日間、ビニールハウス内で乾燥させた (以下、コーヒー廃菌床)。コーヒー廃菌床およびコーヒー抽出残渣の pH、電気伝導度 (EC)、全窒素 (%)、全リン酸 (%)、全加里 (%)、および C/N 比の解析は日本土壌協会に依頼した。

### 2.4. トウモロコシの栽培と収量調査

近畿大学農学部実験圃場において、2021 年および 2022 年にトウモロコシの栽培試験を行った。2021 年および 2022 年は、それぞれトウモロコシ品種 ‘キャンベラ’ および ‘ゴールドラッシュ’ を供試した。市販の園芸培養土を入れた育苗ポットに種子を播種し、ハウス内で第 3 葉期まで育苗した。近畿大学農学部実験圃場の畑に 9 m × 80 cm の畝を 1 区画として、元肥の施肥条件を変えた以下の 4 つの実験区を設けた。①化成肥料 (イーグルチャンス (N:P:K=10:10:10)、三井物産アグロビジネス) を 0.68 kg 施用した区画 (以下、

コーヒー残渣を用いたきのこの菌床栽培およびその廃菌床の堆肥としての有用性

山下・種坂・築山

化成肥料区)、②バーク堆肥を 6.8 kg 施用した区画 (以下、堆肥区)、③コーヒー廃菌床を 3.2 kg 施用した区画 (以下、廃菌床区)、および④コーヒー抽出残渣を 3.2 kg 施用した区画 (以下、残渣区)。いずれの実験区も元肥のみを施用し、栽培期間中に追肥は行わなかった。化成肥料とバーク堆肥の量は一般的な施肥量であり、コーヒー廃菌床およびコーヒー抽出残渣はバーク堆肥の乾燥重量と同じになるように施用した。また、栽培期間を通じて何も施用しない区画を無施肥区とした。育苗した幼苗を 1 畝 2 条 (30 個体/条)、畝幅 80 cm、畝間 60 cm、株間 30 cm、条間 40 cm の条件で移植した。子実を収穫するまで害虫の発生状況を見ながら、適宜、殺虫剤 (スミチオン乳剤、住友化学) を散布した。また、栽培期間中に摘果は行わず、収穫時に第一果のみを収穫した。2021 年および 2022 年、各処理区からそれぞれ 8 個体および 14 個体を無作為で抽出し、1 個体当たりの子実 (第一果) の重量を測定した。

## 2.5. 統計解析

ヒラタケおよびエノキタケの 1 ビン当たりの平均収量は、それぞれ t 検定および Tukey-Kramer 法によって比較検定を行った。トウモロコシの処理区ごとの平均収量は Tukey 法によって比較検定を行った。

### 3. 結果

#### 3.1. コーヒー残渣を用いたヒラタケの菌床栽培

ヒラタケの野生菌株 PLO1501 と PLO2001 をコーヒー菌床で栽培したところ (図 1A、B)、いずれの菌株も発芽率 (子実体が発生した PP ビンの割合) が 50%程度であった (図 1C)。子実体が発生したコーヒー菌床 1 ビン当たりの平均収量は PLO1501 および PLO2001 においてそれぞれ 63.8 および 36.9 g であった (図 1D)。コーヒー菌床 1 ビン当たりの平均収量には PLO1501 と PLO2001 の間で有意差 ( $p < 0.01$ ) があったことから、ヒラタケにはコーヒー菌床における収量に関して菌株間で遺伝的差異があることが明らかになった。

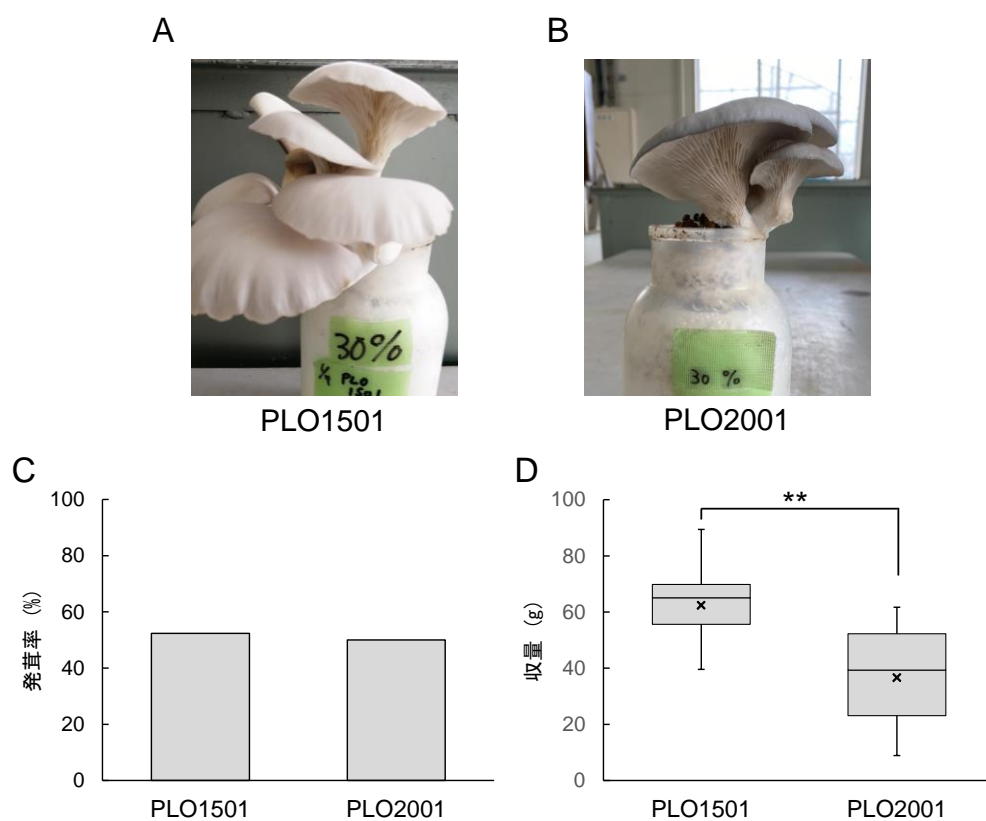


図 1. コーヒー菌床におけるヒラタケの栽培

A : コーヒー菌床で発芽した PLO1501、B : コーヒー菌床で発芽した PLO2001、  
 C : 発芽率 (子実体が発生した PP ビンの割合) および D : 1 ビン当たりの平均収量。  
 ×は平均値を示す。 \*\* $p < 0.01$

コーヒー残渣を用いたきのこの菌床栽培およびその廃菌床の堆肥としての有用性

山下・種坂・築山

### 3.2. コーヒー残渣を用いたエノキタケの菌床栽培

エノキタケの野生株 FvUA と FvHB をコーヒー菌床で栽培したところ (図 2A、B)、いずれの菌株も発芽率は 90% 以上であった (データ未提示)。コーヒー廃菌床 1 ビン当たりの平均収量は FvUA および FvHB においてそれぞれ 59.9 および 95.9 g であった (図 2C)。コーヒー廃菌床 1 ビン当たりの平均収量には FvUA と FvHB の間で有意差 ( $p < 0.01$ ) があつたことから、ヒラタケと同様に、エノキタケにもコーヒー菌床における収量に関して菌株間で遺伝的差異があることが明らかになった。FvHB のコーヒー菌床 1 ビン当たりの平均収量は、FvUA のそれと比較して約 1.5 倍であつたものの、オガ菌床 1 ビン当たりの平均収量よりも有意に低かつた ( $p < 0.01$ )。一方、FvUA の 1 ビン当たりの平均収量は、コーヒー菌床とオガ菌床の間で有意な差はなかつた。

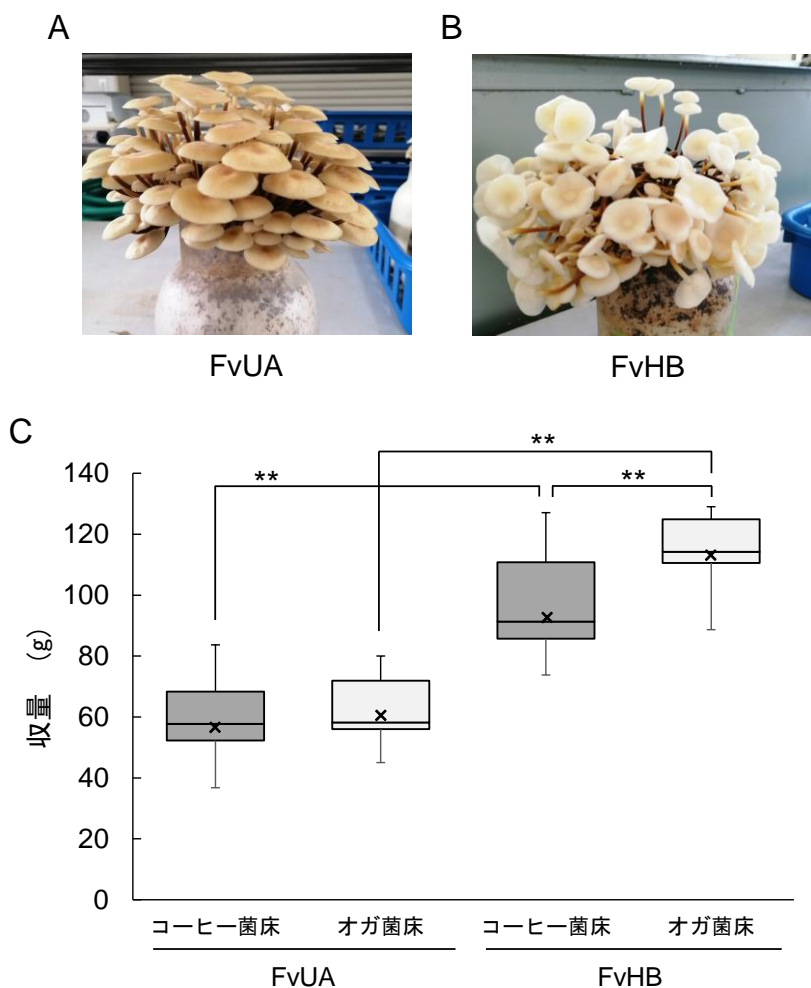


図 2. コーヒー菌床におけるエノキタケの栽培

A: コーヒー菌床で発芽した FvUA、B: コーヒー菌床で発芽した FvHB、C: コーヒー菌床およびオガ菌床 1 ビン当たりの平均収量。×は平均値を示す。\*\* $p < 0.01$

### 3.3. コーヒー廃菌床の化学成分

コーヒー廃菌床およびコーヒー抽出残渣の肥料特性の分析結果を表 1 に示す。コーヒー廃菌床およびコーヒー抽出残渣の pH はそれぞれ 4.6 および 5.3 であり、いずれも酸性であった。コーヒー廃菌床は、コーヒー抽出残渣と比較して、EC、全窒素、および全リン酸の値が高かった。一方、コーヒー廃菌床の C/N 比は、コーヒー抽出残渣のそれよりも低かった。

表 1 コーヒー廃菌床およびコーヒー抽出残渣の肥料特性

	pH	EC	全窒素 (%)	全リン酸 (%)	全加里 (%)	全炭素 (%)	C/N 比
コーヒー廃菌床	4.6	1.7	2.92	1.49	0.49	51.0	17.5
コーヒー抽出残渣	5.3	0.3	2.17	0.11	0.11	55.8	25.8

### 3.4. コーヒー廃菌床の施用がトウモロコシの子実収量におよぼす効果

2021 年および 2022 年に近畿大学農学部実験圃場で行ったトウモロコシの栽培試験の結果を図 3 に示す。2021 年では、廃菌床区での 1 個体当たりの子実収量は、化成肥料区でのそれと同程度であり、無施肥区および堆肥区でのそれよりも有意に高かった ( $p<0.05$ )。また、2021 年の残渣区での子実収量は、化成肥料区および廃菌床区でのそれと同程度であった。2022 年では、廃菌床区の子実収量は、化成肥料区のそれと同程度であり、無施肥区、堆肥区および残渣区でのそれよりも有意に高かった ( $p<0.05$ )。

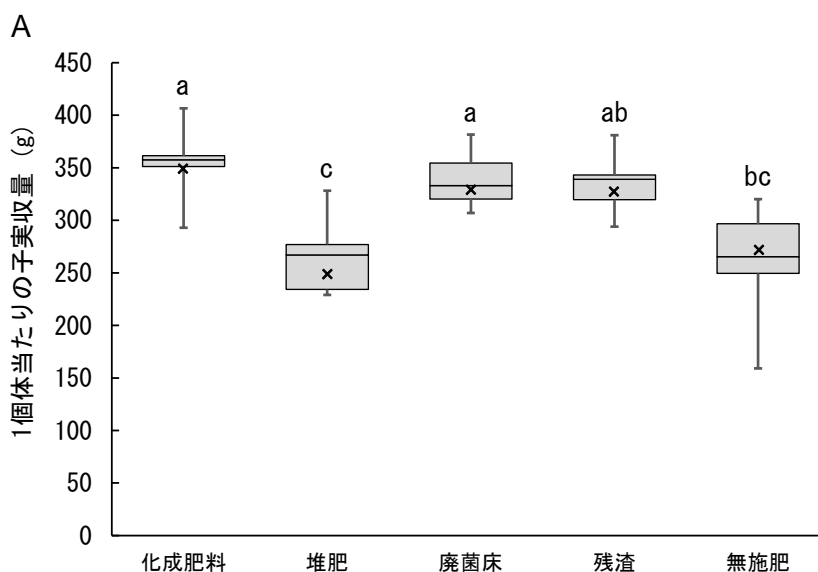


図 3. 各処理区におけるトウモロコシの 1 個体当たりの子実収量

A : 2021 年度および B : 2022 年度の 1 個体当たりの子実収量。次頁に続く。

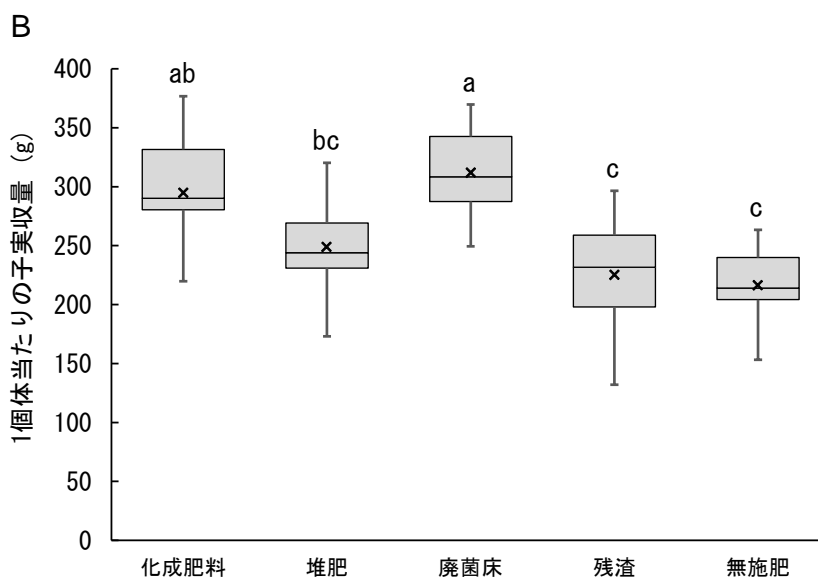


図 3. 各処理区におけるトウモロコシの 1 個体当たりの子実収量

A : 2021 年度および B : 2022 年度の 1 個体当たりの子実収量。

×は平均値を示す。a、b、c は異符号間で有意差があることを示す ( $p<0.05$ )。

#### 4. 考察

コーヒーの製造過程で大量に生じるコーヒー抽出残渣は環境中に放出されると環境汚染を引き起こすことから、その処理は、日本のみならず、コーヒーを消費する多くの国において重要な課題である。近年、コーヒー抽出残渣は未利用のバイオマス資源として、その一部がバイオディーゼルの原料、農作物の堆肥、およびきのこの培地基材に利用されている (Stylianou et al. 2018)。われわれは、コーヒー抽出残渣できのこを栽培した後、その廃菌床を堆肥として主要作物であるトウモロコシを栽培することで、国内だけでなく海外でも実装可能な資源循環型農法を確立できるのではないかと考えた。ヒラタケを含むヒラタケ属 (*Pleurotus*) は、マッシュルームを含むハラタケ属 (*Agaricus*) に次いで世界で 2 番目に生産されているきのこであること (Royse et al. 2014)、およびコーヒー抽出残渣を培地基材に用いたヒラタケの栽培に関する研究事例 (Leifa et al. 2000, Ropciuc et al. 2016) があることから、われわれは、まず、通常の菌床の培地基材であるオガ粉をコーヒー抽出残渣に置き換えたコーヒー菌床でヒラタケが栽培できるかを検証した。その結果、供試したヒラタケの野生菌株 PLO1501 および PLO2001 のいずれからも子実体を得ることができたが、いずれの菌株も発芽率が 50% 程度であった。ヒラタケはコーヒー抽出残渣のみの培地では発芽しないことが知られている (Alsanad et al. 2020)。ヒラタケがコーヒー抽出残渣のみの培地で発芽しない理由については明らかになっていないが、カフェインが菌糸成長を阻害



すること (Carrasco-Cabrera et al. 2019) から、コーヒー抽出残渣に含まれる多量のカフェインが原因ではないかと考えられている (Alsanad et al. 2020)。本研究におけるコーヒー菌床の調製方法ではカフェインが十分に取り除けていなかったために、発芽率が低かったのではないかと考えられる。また、これまでのコーヒー抽出残渣におけるヒラタケの栽培に関する研究では、栽培袋の中でコーヒー菌床にあらかじめ菌糸を蔓延させたオガ菌床を体積比で 5-10% 程度混合し、菌床ブロックを成形している (Leifa et al. 2000, Alsanad et al. 2020)。本研究では、PP ビンに充填したコーヒー菌床の接種孔にあらかじめ菌糸を蔓延させたオガ菌床を加えているのみであるため、コーヒー菌床での栽培期間中に発芽に十分な菌糸体が得られなかったのではないかと考えられる。今後、コーヒー菌床でヒラタケが安定して収穫できる条件を検討する必要がある。

これまでの研究から、エノキタケはコーヒー抽出残渣のみで栽培できることが示されている (Leifa et al. 2001)。本研究においても、供試したエノキタケの野生菌株 FvUA および FvHB のいずれもコーヒー菌床で 90% 以上の発芽率を示した。FvHB の子実体収量は、コーヒー菌床とオガ菌床のいずれにおいても、FvUA のそれよりも有意に高いことが明らかになった。一方、FvUA は、コーヒー菌床での子実体収量がオガ菌床で栽培した際の平均収量と変わらないことが明らかになった。これらのことは、エノキタケにはコーヒー菌床に含まれるカフェインなどの生育阻害物質の影響を受けにくい菌株が存在しており、菌株間の交配によってコーヒー菌床での栽培に適した菌株育成できることを示唆している。今後、コーヒー菌床で収量が高かった FvHB と、オガ菌床とコーヒー菌床で収量が変わらなかった FvUA を交配することで、コーヒー菌床での栽培に適した多収の菌株が作出できるのではないかと期待される。

これまでに、コーヒー抽出残渣を堆肥や土壌改良剤などの農業資材に用いるための研究が数多く行われている (Bomfim et al. 2023)。コーヒー抽出残渣の窒素成分は難溶性分画に含まれており、微生物や植物に利用されにくい形態である (竹本・藤原 1997)。また、コーヒー抽出残渣を畑に施用すると、その直後は作物の生育が顕著に阻害される (Yamane et al. 2014)。これらのことから、コーヒー抽出残渣を作物の肥料として利用するためには、一般的にコーヒー抽出残渣に落ち葉やもみ殻、家畜ふん尿などを加えた後、水分含量を調節し、微生物の働きによって数カ月間かけて堆肥化させる。本研究の結果、2021 年度および 2022 年度のいずれにおいても、廃菌床区での 1 個体当たりの子実収量は、堆肥区でのそれよりも有意に高く、化成肥料区でのそれと有意差がなかった。また、2021 年度と 2022 年度で異なる品種を供試したものの、いずれの品種においても廃菌床区での 1 個体当たりの子実収量は、堆肥区でのそれよりも有意に高く、化成肥料区でのそれと有意差がなかった。エノキタケをコーヒー抽出残渣で栽培した後、コーヒー抽出残渣に含まれるタンニンが 28% 減少したと報告されている (Leifa et al. 2001)。このことから、本研究のコーヒー廃菌床でもタンニンが減少したことで、トウモロコシへの生育阻害作用が軽減されたのではないかと考えられる。また、コーヒー廃菌床は、コーヒー抽出残渣と比較して、全窒

コーヒー残渣を用いたきのこの菌床栽培およびその廃菌床の堆肥としての有用性

山下・種坂・築山

素および全リン酸の値が上昇していた。一方で、コーヒー抽出残渣では 25.8 であった C/N 比が、コーヒー廃菌床では 17.5 に低下していた。一般的に、C/N 比が 10~20 の場合、堆肥土壌改良効果と肥料効果の両方が期待できることから、完熟した堆肥の C/N 比は 15~20 が望ましいとされている。これらのことから、本研究のコーヒー廃菌床は、トウモロコシの栽培に有効な堆肥であると結論付けた。今後は、コーヒー廃菌床が、他の作物の栽培でも同様に堆肥として有効であるかを調査したいと考えている。

コーヒー抽出残渣もおがくず培地の廃菌床も、通常、産業廃棄物として焼却処分される。本研究で、コーヒー抽出残渣で安定的にエノキタケが栽培でき、その後の廃菌床が肥料として有効であることを示せたことは、新たな資源循環型農業技術の開発の端緒となるであろう。

## 5. 摘要

コーヒー抽出残渣や廃菌床などの農業・製造業残渣の処理は、国内外を問わず、大きな課題である。われわれは、コーヒー抽出残渣できのこを栽培した後、その廃菌床を堆肥として主要作物であるトウモロコシを栽培することで、国内だけでなく海外でも実装可能な資源循環型農法を確立できるのではないかと考えた。本研究では、コーヒー抽出残渣と米ぬかを混合したコーヒー菌床でヒラタケおよびエノキタケを栽培できることが確認できた。また、トウモロコシの栽培において、コーヒー廃菌床は有用な肥料であることが明らかになった。これらの成果は、新たな資源循環型農業技術の開発の端緒となると期待される。

## 6. 謝辞

本研究は、近畿大学農学部と京都府立桂高等学校農業科の高大連携研究として実施しました。本研究に携わった近畿大学農学部育種学研究室の大学院生・学生および桂高等学校の生徒の皆さんに心より感謝いたします。また、コーヒー抽出残渣を提供していただいた小川珈琲株式会社に深くお礼申し上げます。なお、本研究の一部は、令和3年度（2021年度）一般社団法人ヤンマー資源循環支援機構の研究助成を受けて実施しました。

## 7. 引用文献

Alsanad, M.A., Y.N. Sassine, Z.E. Sebaaly, S.A. Fayssal (2020) Spent coffee grounds influence on *Pleurotus ostreatus* production, composition, fatty acid profile, and lignocellulose biodegradation capacity. *CyTA J Food* 19: 11-20.

Ballesteros, L.F., J.A. Teixeira, S.I. Mussatto (2014) Chemical, functional, and structural properties

- of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food Bioprocess Technol* 7: 3493-3503.
- Bomfim, A.S.C., D.M. Oliveira, E. Walling, A. Babin, G. Hersant, C. Vaneckhaute, M.J. Dumont, D. Rodrigue (2022) Spent coffee grounds characterization and reuse in composting and soil amendment. *Waste* 1: 2-20.
- Carrasco-Cabrera, C.P., T.L. Bell, M.A. Kertesz (2019) Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent coffee grounds. *Appl Microbiol Biotechnol* 103: 5831-5841.
- Leifa, F., A. Pandey, R. Mohan, C.R. Soccol (2000) Use of various coffee industry residues for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in solid state fermentation. *Acta Biotechnol* 20: 41-52.
- Leifa, F., A. Pandey, C.R. Soccol (2001) Production of *Flammulina veltipes* on coffee husk and coffee spent-ground. *Braz Arch Biol Technol* 44: 205-212.
- Mohd Hanafi, F.H., S. Rezania, S. Mat Taib, M. Yamauchi, M. Sakamoto, H. Hara, J. Park, S.S. Ebrahimi (2018) Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. *J Mater Cycles Waste Manage* 20: 1383-1396.
- Mussatto, S.I., E.M.S. Machado, S. Martins, J.A. Teixeira (2011) Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioprocess Technol* 4: 661-672.
- Murthy, P.S. and M.M. Naidu (2012) Sustainable management of coffee industry by-products and value addition-A review. *Resour Conserv Recycl* 66: 45e58.
- Ropciuc, S., A. Leahu, M. Oroian, C. Damian (2016) Researches on *Pleurotus ostreatus* mushroom's quality cultivated on coffee grounds. *Animal Sci Biotechnol* 49: 73-79.
- Royse, D.J. (2014) A global perspective on the high five *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* and *Flammulina*. *Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMPS)*: 19-22.
- Silva, M.A., S.A. Nebra, M.J. Machado Silva, C.G. Sanchez (1998) The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry. *Biomass and Bioenergy* 14: 457-467.
- Stylianou, M., A. Agapiou, M. Omirou, I. Vyrides, I.M. Ioannides, G. Maratheftis, D. Fasoula (2018) Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource. *Environ Sci Pollut Res* 25: 35776-35790.
- 竹本 稔・藤原俊六郎 (1997) コーヒー粕の作物阻害因子に関する研究. 神奈川県農業総合研究所研究報告 138: 31-40.
- Umor, N.A., S. Ismail, S. Abdullah, M.H.R. Huzaifah, N.M. Huzir, N.A.N. Mahmood, A.Y. Zahrim (2021) Zero waste management of spent mushroom compst. *J Mater Cycles Waste Manage* 23: 1726-1736.
- Yamane, K., M. Kono, T. Fukunaga, K. Iwai, R. Sekine, Y. Watanabe, M. Iijima (2014) Field evaluation of coffee grounds application for crop growth enhancement, weed control, and soil improvement. *Plant Prod Sci* 17: 93-102.