

ISSN 1881-5502

研 究 報 告

第 2 7 号

2 0 2 0 . 3

秋田県林業研究研修センター

目 次

1. 秋田県由来の農業および食品系副産物を用いたキノコの栽培技術開発
ー有用成分の増強と低コスト化ー
..... 菅原 冬樹・阿部 実・鈴木 博美 1 ～ 30

秋田県由来の農業および食品系副産物を用いた

キノコの栽培技術開発

－有用成分の増強と低コスト化－

菅原冬樹・阿部実・鈴木博美

Development of cultivation technology for mushrooms using agricultural and food by-products from Akita Prefecture.

－ Enhancement of useful components and cost reduction －

Fuyuki Sugawara, Minoru Abe, Hiromi Suzuki

要 旨

うま味やアミノ酸関連の機能性成分などが多く含まれる高品質なキノコの低コスト生産体系を確立するため、秋田県由来の農業および食品系副産物による添加効果について検討した。添加材料として、酒米由来の赤糠、中糠、くず大豆、乾燥酒粕および小豆殻の5種を用いた。ヒラタケ、エノキタケ、ブナシメジ、ナメコ、マイタケおよびシイタケの栽培試験を行った結果、既存の栄養材を用いた場合と比較して子実体の発生量が増加し、コスト削減に有効であるという知見が得られた。また、青色光を含む白色LED光照射に、エルゴチオネインやオルニチン、 γ -アミノ酪酸（GABA）およびグルタミン酸等を増加させる作用があることを明らかにした。シイタケの子実体成長過程と保存環境下における有用成分含有量を調べた結果、6から7分開きの子実体に多く含有し、5～15℃の条件下で4日間保存しても、それらの減少は認められなかった。以上の結果から、赤糠等を添加材料としたキノコ栽培は、増収かつ低コスト化に結びつくものと考えられ、光環境の調整によって高品質なキノコ生産が可能となるとともに、うま味や機能性成分は収穫後も保持されることが明らかとなった。

I. はじめに

キノコの国内産出額は、1983年以降年2,000億円を越え、農林複合経営の主要品目として農山村地域経済を支える重要な地場産業として定着している。しかしながら、近年、大手企業の参入による価格の低迷、生産資材や燃料費の高騰などにより経営環境は厳しさを増し、より低コスト・高品質化による収益性の向上が強く求められている。そのため、他産地と差別化できるキノコの生産体制の構築と技術力の底上げに加え、独自の低コスト栽培技術の確立が喫緊の課題となっている。

キノコの菌床栽培では培地の基材および栄養材として、コーンコブミールやフスマ、ホミニフィードなどの農業系副産物とビールやウイスキー製造残渣などの食品系副産物が使われ、資源の循環利用に役立っている（宜寿次ら，1997；原田ら，1996，2000，2001；Israilides C・Philippousis A，2003；清水・近藤，1981，国友，1993；西井，2000；奥，2004；高島，2015）。しかし、その原材料の多くは国外で栽培されたもので、遺伝子組換えやポストハーベストなど食の安全面や価格の高騰といった問題を抱えている。このようなことから、一部の小売業者や外食産業では、国内産の原材料のみを用いて生産されたキノコのみを取り扱うなど、生産現場ではトレーサビリティおよび農業生産工程管理（GAP）に対応した取り組みが重要視されている。また、食品リサイクル法においては、各種副産物の再利用が求められているものの、その利用はあまり進んでいない状況にある（寺嶋，2009）。

キノコ栽培への副産物の利用に関する研究は、子実体収量の増加や栽培期間の短縮になど多くの報告があるが、実用化されているものは少ない。国内での研究は、おから（宜寿次ら，2004；水谷ら，2012；高島，1998），餡粕（宗田，2007；西井，2000；高島，2002，2003），ワカメ乾燥粉末（阿部ら，2003），ビール粕（西井，2000；関谷ら，1999），カカオ豆外皮（関谷ら，2005），コーヒー残渣（加瀬谷ら，2000，2002，2004；岡崎ら，2004；竹本ら，1998；富樫ら，1996），ゴマ種皮（Masuda Y et al，2009），焼酎粕（新田ら，2009；山内ら，2007，2010，2013），酒粕（Okumura T et al，1997），コーンスティープリカー（阿部ら，2002），コーンファイバー（荒井ら，2003；寺下ら，1997），みかん果皮（壺井ら，2001），茶殻（竹下・藤原，2017），カニ殻（高島，2004），りんご粕（平森ら，2015；中里，1990），ニンジン絞り粕（富樫ら，1999），規格外小麦（奥田ら，2017），ハトムギ殻（山下ら，1983），チーズホエイ（増野・高木，2011），クロレラ残渣（Hirano S et al，2009），かき殻（阿部ら，2004；葛島・川本，2016），あこや貝殻（上田・金子，2010），貝化石（横田ら，2013）など多岐にわたる。こうした試みは国外においても多く、中東やヨーロッパ諸国、インド、ネパールでは小麦や稲の桿、大豆茎、綿殻、オリーブミル等（Ahmed SA，2009；Altieri R et al，2009；AnanbehKM・Al-momany AM，2008；Dubey D et al，2019；Dundar A et al，2008；Kirbag S・Akyuz M，2008；Koutrotsios C et al，2019；Ozcelic E・Peksen A，2007；Pala SA et al，2012；Philippoussis A et al，2001；Singh MP・Singh VK，2011；Singh UP et al，2019；Sofi B et al，2014）を、アフリカ諸国やブラジルではバナナの葉やキャッサバ（Adebayo GJ et al，2009；Belew MA・Belew KY，2005；Peter OE et al，2019；Ukoima HN et al，2009）を、キューバやインドではバガス（Klibansky MM et al，1993；Pandey VK et al，2012）を用いたキノコ栽培が検討されている。これらの国々では、原料となる副産物が大量に存在し、年間を通して安定的に安価に供給可能であることが報告されている。このように副産物を用いたキノコ栽培は、材料の供給が一部地域に限定される条件を強みに変える必要がある。

一方、無機塩類、天然資源および各種抽出物を用いたキノコ栽培に関する研究例も多く、菌糸成長促進や子実体収量の増加、栽培期間の短縮等の効果が認められ、栽培現場で活用されている事例も多い。無機塩類ではカルシウム塩に関する報告が多く（原田ら，2003；水谷ら，2012；坂本，2001；関谷，1999；篠田ら，2001），天然資源では海洋深層水や鉱石（今西・市原，2001；西井，2007；高島，2010），抽出物では核酸関連物質（阿部ら，2003；西澤ら，2011；大賀ら，2003）など多岐にわたる。特に、カルシウムに関しては、子実体増収効果とともに子実体中のカルシウム濃度の増加など成分強

化に関する報告も多く、炭酸カルシウムや貝殻等のキノコ栽培への実用化も進んでいる。また、近年、ビタミンDやアミノ酸関連物質であるオルニチン、 γ -アミノ酪酸（GABA）およびエルゴチオネイン等の機能性成分に関する報告も多い（Dundar A, 2009；藤原, 2000；作野ら, 2016；鮫島ら, 2017；佐藤ら, 1985）。これらの有用成分は、培地に使用する基材や栄養材によって含有量が変化するという報告（寺嶋ら, 2005）があり、県産副産物を用いることでうま味や機能性成分が強化されれば、市場での差別化が可能となるため、販売の優位性を高めることができる。

そこで、本研究では、秋田県由来の農業および食品系副産物（以下、県産副産物という）に着目し、安価で通年入手可能な赤糠や中糠、乾燥酒粕、くず大豆および小豆殻を添加材料として、うま味や機能性成分などを強化させた高品質なキノコの低コスト生産体系の構築を目指し、その添加効果について検討したので報告する。

Ⅱ．材料と方法

1．栽培試験

1) ヒラタケ

供試品種は、山越72号（神子種菌有限会社）とした。培地基材として粒度4メッシュ（ ~ 4.75 mm）以下のスギおが粉、栄養材として県産副産物の赤糠、中糠、乾燥酒粕（秋田銘醸株式会社）およびくず大豆の4種を供試した。赤糠と中糠は、酒造米を精米する時に発生する米糠で、赤糠は玄米表層部を13%程度削った糠で、中糠は13%削った酒造米をさらに10%削った糠である。くず大豆は、2 mmより小さい粒度に粉碎したものと2 mm $\sim$ 7 mmの粒度に調整した2種類を用いた。対照区の栄養材は一般フスマ（昭和産業株式会社）、乾燥おから（森産業株式会社）、ネオビタスN（キノックス株式会社）とし、試験区No.1からNo.4までは県産副産物を栄養材とした4試験区を設定した（表1）。培地基材と栄養材を表1に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率62%に調製し、850 ml容ポリプロピレン製ビンに500 g充填した。118℃で90分間高圧滅菌を行い、冷却後、種菌を約20 ml接種した。

培養は、温度22 $\pm$ 1℃、相対湿度65%、暗黒条件下で30日間培養した。培養終了後、菌掻きと注水を行い、温度13 $\pm$ 1℃、相対湿度90%、白色LED（植物育成用蛍光灯型LED「プラントフレック」PF40-S18WT8-D、株式会社日本医科器械製作所、光量子束密度5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で育成した。菌傘が15 mm程度になった時点で子実体を採取し、生重量を測定して子実体収量とし、菌糸蔓延日数、栽培に要した日数および収量を調査した。1試験区当たりの供試数は、13本とした。

表1 ヒラタケ栽培試験における培地条件

試験区	栽培ビン1本当たりの添加量（g）						くず大豆	
	一般フスマ	乾燥おから	ネオビタスN	赤糠	中糠	乾燥酒粕	$\sim 2\text{mm}$	2mm $\sim$ 7mm
対照区	30	15	15	50				
No.1				60	10	20	20	
No.2				18	18	50	25	
No.3				60	10	20		20
No.4				18	18	50		25

2) エノキタケ

供試品種は、チクマッシュ T-022（株式会社千曲化成）とした。培地基材として粒度 4 メッシュ以下のスギおが粉、栄養材として県産副産物の米糠、赤糠、中糠、2 mm 以下に粉碎したくず大豆の計 4 種を供試した。対照区は、栄養材として栽培ビン 1 本当たり米糠を 110 g 添加し、試験区 No. 1 から No. 4 までは県産副産物を栄養材として 110 g 添加した 4 試験区を設定した（表 2）。培地基材と栄養材を表 2 に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率 62% に調製し、850 ml 容ポリプロピレン製ビンに 550 g 充填した。118 °C で 90 分間高圧滅菌を行い、冷却後、種菌を約 20 ml 接種した。

培養は、温度 16 ± 1 °C、相対湿度 65 %、暗黒条件下で 30 日間培養した。培養終了後、菌掻きと注水を行い、温度 13 ± 1 °C、相対湿度 95 % で芽出し処理を 10 日間行った。抑制は温度 5 ± 2 °C、相対湿度 90 % で 7 日間とし、その後、紙巻き処理を行い、温度 7 ± 1 °C、相対湿度 90 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で育成した。生育した子実体は巻紙よりも高く伸長した段階で収穫し、菌糸蔓延日数、栽培に要した日数および収量を調査した。1 試験区当たりの供試数は、3,000 本とした。

表 2 エノキタケ栽培試験における培地条件

試験区	栽培ビン1本当たりの添加量 (g)			
	米糠	赤糠	中糠	くず大豆
対照区	110			
No.1		110		
No.2	90		20	
No.3	50	60		
No.4		86	7	7

3) ブナシメジ

供試品種は、チクマッシュ H-120（株式会社千曲化成）とした。培地基材として粒度 4 メッシュ以下のスギおが粉、栄養材として県産副産物の赤糠、中糠、2 mm 以下に粉碎したくず大豆、乾燥酒粕の計 4 種および菌糸活性剤として粃殻くん炭とかき殻粉末（きのこライム、丸栄株式会社）を供試した。対照区は、コットンハル、米糠、一般フスマ、乾燥おからおよび豆皮を栄養材とし、試験区 No. 1 から No. 4 までは県産副産物を栄養材とした 11 試験区を設定した（表 3）。培地基材と栄養材を表 3 に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率 62 % に調製し、850 ml 容ポリプロピレン製ビンに 550 g 充填した。118 °C で 90 分間高圧滅菌を行い、冷却後、種菌を約 20 ml 接種した。

培養は、温度 22 ± 1 °C、相対湿度 65 %、暗黒条件下で 90 日間培養した。培養終了後、ビン口表面の培地中央部をまんじゅう型に残す方法で菌掻きを行い、その後注水して 1 時間経過後余分な水分を取り除いた。発生は、温度 15 ± 1 °C、相対湿度 95 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。1 ビン当たりの子実体総発生本数の 10 % 以上の菌傘が 25 mm 程度になった時点で子実体を採取し、生重量を測定して子実体収量とし、菌糸蔓延日数と栽培に要した日数および収量を調査した。1 試験区あたりの供試数は 15 本とした。

表3 プナシメジ栽培試験における培地条件

試験区	栽培ビン1本当たりの添加量 (g)								
	コットンハル	米糠	一般フスマ	乾燥おから	豆皮	赤糠	中糠	くず大豆	乾燥酒粕
対照区	22	50	28	9	9				
No.1						60	30	20	3
No.2						60	30	20	3
No.3						60	30	20	3
No.4						60	30	20	3
No.5						60	30	20	3
No.6						60	30	20	3
No.7						60	30	20	3
No.8						60	30	20	3
No.9						60	30	20	3
No.10						60	30	20	3
No.11						60	30	20	3

4) マイタケ

供試品種は、あきた白神の舞（秋田県）とした。培地基材として粒度4メッシュ以下の広葉樹おが粉、栄養材として乾燥おから、一般フスマ、県産副産物である赤糠、乾燥酒粕及び小豆殻の計5種および菌糸活性剤としてかき殻粉末と炭酸カルシウムを供試した。小豆殻は、小豆を粉砕して小豆粉を生成する過程で出てくる小豆の殻と実の一部からなる。対照区は、乾燥おから、一般フスマ、赤糠を栄養材とし、試験区 No. 1 から No. 15 までは対照区の栄養材組成に小豆殻と菌糸活性剤を 5～25g 添加した 15 試験区を設定した（表4）。培地基材と栄養材を表4に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率62%に調製し、供試培地をバイオポット BS（森産業株式会社）1袋当たり2.2Kg 充填し、118℃で90分間、高圧滅菌し、冷却後、種菌を約20ml 接種した。

培養は、温度 22 ± 1℃、相対湿度 65 %の暗黒条件下で40日以上行い、子実体原基がフィルター部まで隆起した時点で、温度 18 ± 1℃、相対湿度 95 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 μmol m⁻² s⁻¹）連続照明下の発生室に移動した。菌傘裏の管孔が成熟した時点で収穫し生重量を測定した。1試験区当たりの供試数は10袋とした。

表4 マイタケ栽培試験における培地条件

試験区	栽培袋1袋当たりの添加量 (g)						
	乾燥おから	一般フスマ	赤糠	小豆殻	乾燥酒粕	かき殻粉末	炭酸カルシウム
対照区	135	45	45				
No.1	135	45	45	5			
No.2	135	45	45	10			
No.3	135	45	45	25			
No.4	135	45	45			5	
No.5	135	45	45			10	
No.6	135	45	45			25	
No.7	135	45	45				5
No.8	135	45	45				10
No.9	135	45	45				25
No.10	135	45	45		5		
No.11	135	45	45		5	10	
No.12	135	45	45		5		10
No.13	135	45	45	10	5		
No.14	135	45	45	10	5	10	
No.15	135	45	45	10	5		10

5) ナメコ

供試品種は、KXN008号（キノックス株式会社）とした。培地基材として粒度4メッシュ以下の広葉樹おが粉、栄養材として県産副産物の赤糠、中糠、2mm以下に粉砕したくず大豆、乾燥酒粕、小豆殻の計5種および菌糸活性剤としてかき殻粉末を供試した。対照区は、一般フスマ、乾燥おからおよび

ネオビタス N を栄養材とし、試験区 No. 1 から No. 7 までは県産副産物にかき殻粉末を 5.5 g 添加した 7 試験区を設定した（表 5）。培地基材と栄養材を表 5 に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率 62 % に調製し、800 ml 容ポリプロピレン製ビンに 550g 充填した。118 °C で 90 分間高圧滅菌を行い、冷却後、種菌を約 20 ml 接種した。

培養は、温度 22 ± 1 °C、相対湿度 65 %、暗黒条件下で 70 日間培養した。培養終了後、菌掻き、注水処理を室温で 1 時間行い、余分な水分を取り除いた。発生は、温度 15 ± 1 °C、相対湿度 95 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。内被膜が切れる直前に子実体を収穫した。1 回目の子実体を収穫したビンは、引き続き同条件下で生育を行い 2 回目の子実体を収穫した。生重量を測定して子実体収量とし、菌糸蔓延日数と栽培に要した日数、菌傘径 5 mm 以上の子実体本数および収量を調査した。1 試験区あたりの供試数は、13 本とした。

表 5 ナメコ栽培試験における培地条件

試験区	栽培ビン1本当たりの添加量 (g)							
	一般フスマ	乾燥おから	ネオビタスN	赤糠	中糠	大豆	小豆殻	乾燥酒粕
対照区	35	5	15					
No.1				40	10	5		
No.2				50		5		
No.3		5		50				
No.4				50		5		2.75
No.5				50		5	25	
No.6				50		5	50	
No.7				50		5	100	

6) シイタケ

(1) 1.2Kg 培地での県産副産物添加効果

供試品種は、北研 607 号（株式会社北研）及び森 KV92 号、森 XR1 号（森産業株式会社）の 3 品種とした。広葉樹チップと粒度 4 メッシュ以下の広葉樹おが粉を容積比で 8 : 2 に混合した培地基材に、栄養材として米糠、一般フスマ、短期栽培用バイデル（株式会社北研）、赤糠、中糠、くず大豆および乾燥酒粕を供試した（表 6 - 1）。対照区は、米糠、一般フスマ、短期用バイデルの混合培地とし、培地基材と栄養材を表 6 - 1 に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率 62% に調製し、供試培地を 1.2 Kg 用円柱栽培袋（S-30MM、サカト産業）1 袋当たり 1.2Kg 充填し、118 °C で 90 分間、高圧滅菌し、冷却後、種菌を約 20 ml 接種した。

培養は、温度 22 ± 1 °C、相対湿度 65% の暗黒条件下で 90 日間行い、その後 30 日間、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。接種後 120 日目に袋を取り除き、温度 15 ± 1 °C、相対湿度 95 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下の発生室で子実体形成を促した。収穫は、菌傘の内被膜の切れる頃、出荷規格別（SS 3 cm 未満、S 3 cm 以上 4.5 cm 未満、M 4.5 cm 以上 6 cm 未満、L 6 cm 以上 8 cm 未満、LL 8 cm 以上）に採取直後の生重量、個数について調査した。収穫後、浸水による 3 回の発生操作を行った。1 試験区あたりの供試数は、20 袋とした。

表 6－1 シイタケ栽培試験における培地条件（1.2Kg 培地）

試験区	栽培袋1袋当たりの添加量（g）					
	米糠	一般フスマ	短期用バイデル	赤糠	中糠	くず大豆 乾燥酒粕
対照区	18	18	54			
No.1	90					
No.2		90				
No.3			90			
No.4				90		
No.5					90	
No.6				50	13	25 2

(2) 2.5Kg 培地での県産副産物添加効果

供試品種は、森 XR1 号（森産業株式会社）とした。広葉樹チップと粒度 4 メッシュ以下の広葉樹おが粉を容積比で 8 : 2 に混合した培地基材に、栄養材として米糠、一般フスマ、短期栽培用バイデルを用いた対照区と県産副産物の赤糠、中糠、くず大豆および乾燥酒粕を混合した試験区を設定した（表 6－2）。培地基材と栄養材を表 6－2 に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率 62% に調製し、供試培地をサンマッシュバッグ 40W47（三富産業株式会社）栽培袋に 1 袋当たり 2.5 Kg 充填し、118℃ で 90 分間、高压滅菌し、冷却後、種菌を約 20ml 接種した。

培養は、温度 22 ± 1℃、相対湿度 65 % の暗黒条件下で 60 日間行い、その後 30 日間、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。接種後 90 日目に袋を取り除き、温度 15 ± 1℃、相対湿度 95 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下の発生室で子実体形成を促した。収穫後、浸水による 3 回の発生操作を行った。収穫は、1-6)-(1) と同様に行い、採取直後の生重量、個数について調査した。1 試験区当たりの供試数は、20 袋とした。

表 6－2 シイタケ栽培試験における培地条件（2.5Kg 培地）

試験区	栽培袋1袋当たりの添加量（g）					
	米糠	一般フスマ	短期用バイデル	赤糠	中糠	くず大豆 乾燥酒粕
対照区	50	50	150			
No.1				140	35	70 5

(3) カルシウム剤の添加効果

供試品種は、森 XR1 号（森産業株式会社）とした。カルシウム剤として、水酸化カルシウム、塩化カルシウム、硫酸カルシウム、炭酸カルシウムおよびかき殻粉末の 5 種を供試した。広葉樹チップと粒度 4 メッシュ以下の広葉樹おが粉を容積比で 8 : 2 に混合した培地基材に、栄養材として県産副産物の赤糠、中糠、くず大豆および乾燥酒粕を混合した培地にカルシウム剤 5 種を培地重量の 0.2 % 添加した試験区と炭酸カルシウムおよびかき殻粉末を各々 1.8 % 加えた試験区を設定した（表 7）。培地基材と栄養材を表 7 に示した重量で混合し、水道水を加えて含水率 62 % に調製し、供試培地をサンマッシュバッグ 40W47 栽培袋に 1 袋当たり 2.5 Kg 充填し、118℃ で 90 分間、高压滅菌し、冷却後、種菌を約 20 ml 接種した。

培養は、温度 22 ± 1℃、相対湿度 65 % の暗黒条件下で 60 日間行い、その後 30 日間、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。接種後 90 日目に袋を取り除き、温度 15 ±

1℃、相対湿度 95 %、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下の発生室で子実体形成を促した。収穫後、浸水による 3 回の発生操作を行った。収穫は、1-6)-(1)と同様に行い、採取直後の生重量、個数について調査した。1 試験区当たりの供試数は、20 袋とした。

表 7 シイタケ栽培におけるカルシウム剤の影響

試験区	栽培袋1袋当たりの添加量 (g)					カルシウム剤				
	赤糠	中糠	くず大豆	乾燥酒粕		カルシウム剤				かき殻粉末
						Ca(OH) ₂	CaCl ₂	CaSO ₄	CaCO ₃	
対照区	140	35	70	5						
No.1	140	35	70	5	5					
No.2	140	35	70	5			5			
No.3	140	35	70	5				5		
No.4	140	35	70	5					5	
No.5	140	35	70	5						5
No.6	140	35	70	5					45	
No.7	140	35	70	5						45

2. 子実体成分の測定

1) 培地組成が子実体有用成分含有量へ与える影響

ブナシメジの供試品種は、チクマッシュ H-120 とした。供試培地は、表 3 の対照区と No.6 の培地組成とし、培地調製、培養および発生条件は、1-3)と同様とした。分析検体は、1 試験区当たり採取直後の菌傘径が 20mm 程度の子実体 3 個体とした。

シイタケの供試品種は、森 XR1 号とした。供試培地は、表 6-2 の培地組成とし、培地調製、培養および発生条件は、1-6)-(2)と同様とした。分析検体は、初回発生した子実体のうち菌傘径が 6 cm 以上 8 cm 未満の 7 分開きの子実体 3 個体とした。

子実体の菌傘内部組織を約 200 mg 採取し、1.5 ml 容エッペンチューブに入れ、4 倍量の MQ 水を加えて、10 分間煮沸した。その後、12,000 r.p.m. で 10 分間遠心分離を行い、上清を 0.2 μm メンブレンフィルターで濾過した。500 μl のサンプルを脂溶性成分除去カラム (Sep-Pak Plus C18 Cartridge) で濾過した後、等量の MQ 水を流し測定用サンプルとした。サンプルは分析に供するまで、-20℃以下で凍結保存した。エルゴチオネインの分析は、上記サンプル 10 μl を HPLC（株式会社日立ハイテクフィールドイジング製 L2000）で測定した。アミノ酸は、上記サンプル 100 μl に 0.02N HCl 900 μl を加えて分析用サンプルとし、自動アミノ酸分析装置 (Hitachi L8900) を用いて分析した。

2) シイタケ子実体組織別の有用成分含有量

シイタケの供試品種は、森 XR1 号とし、培地組成は、2.5 Kg 培地 1 袋当たり栄養材として赤糠 140 g、中糠 35 g、くず大豆 70 g、乾燥酒粕 5 g およびかき殻粉末 45g とした。培地調製、培養および発生条件は、1-6)-(2)と同様とした。初回発生した子実体のうち菌傘径が 6 cm 以上 8 cm 未満の 7 分開きの子実体について、4 つの組織（菌傘表皮、菌褶、菌柄、菌傘内部）に分け、それぞれから約 200 mg ずつ採取し、2-1)と同様に分析用サンプルを調製した後、アミノ酸とエルゴチオネインの定量分析を行った。

3) 子実体成分含有量に及ぼす光照射の影響

シイタケの供試品種は、森 XR1 号と森 KV92 号（森産業株式会社）の 2 品種とし、培地組成は 2-2) と同様とした。供試培地をサンマッシュバッグ 40W47 栽培袋に 1 袋当たり 2.5 Kg 充填し、118 °C で 90 分間、高圧滅菌し、冷却後、種菌を約 20 ml 接種した。森 XR1 号は、培養を室温 22 ± 1°C、相対湿度 65 % の暗黒条件下で 60 日間行い、その後 30 日間、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。森 KV92 号は、培養を室温 22 ± 1°C、相対湿度 65% の暗黒条件下で 90 日間行い、その後 30 日間、白色 LED（光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）連続照明下で行った。培養終了後、袋を取り除き、温度 15 ± 1 °C、相対湿度 95% の暗黒条件、白色 LED（植物育成用蛍光灯型 LED「プラントフレック」PF40-S18WT8-D、株式会社日本医科器械製作所、光量子束密度 5.54 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、420 nm ~ 760 nm）あるいは青色 LED（株式会社マブチ照明製作所、光量子束密度 17.41 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、ピーク波長 450 nm）連続照明下の 3 条件下の発生室で子実体形成を促した。分析検体は、初回発生した子実体のうち菌傘径が 6 cm 以上 8 cm 未満の 7 分開きの子実体を各試験区 3 個体とした。分析用サンプルは、子実体を 4 つの組織（菌傘表皮、菌褶、菌柄、菌傘内部）に分け、それぞれから約 200mg ずつ採取し、2-1) の方法に準じて調製した後、アミノ酸とエルゴチオネインの定量分析を行った。

4) 子実体の成長と有用成分含有量の変動

シイタケの供試品種は、森 XR1 号と森 KV92 号の 2 品種とした。培地組成は 2-2) とし、培地調製、培養および発生条件は 2-3) と同様とした。分析検体は、初回発生した子実体のうち発茸から菌傘が完全の開ききった状態の 7 段階の生育ステージ（Ⅰ：原基、Ⅱ：1 分、Ⅲ：4 分、Ⅳ：5 分、Ⅴ：6 分、Ⅵ：8 分、Ⅶ：10 分開き）に分けて採取した。分析用サンプルは、生育段階ごとに 3 個体とし、子実体の菌褶から約 200 mg 採取し、2-1) の方法に準じて調製した後、同じ分析条件でグルタミン酸、オルニチン、 γ -アミノ酪酸およびエルゴチオネインの定量分析を行った。

5) 収穫後の子実体成分含有量に及ぼす保存温度の影響

シイタケの供試品種は、森 XR1 号と森 KV92 号の 2 品種とした。培地調製、培養および発生条件は、2-2) と同様とした。初回発生した子実体のうち菌傘径が 6 cm 以上 8 cm 未満の 7 分開きの子実体を 100 g 用トレーに 2 個並べ、全体をラップで封入した。5 ~ 20 °C の温度範囲で 5 °C 間隔に設定した暗黒条件下の温度勾配恒温器にトレーを静置し、2 日おきに子実体の遊離アミノ酸、エルゴチオネイン、 γ -アミノ酪酸、オルニチンの含有量を経時的に測定した。分析用サンプルは、子実体の菌褶から約 200 mg 採取し、2-1) の方法に準じて調製した後、同じ分析条件でアミノ酸とエルゴチオネインの定量分析を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1. 栽培試験

県産副産物として、赤糠、中糠、くず大豆、乾燥酒粕および小豆殻の5種を栄養材として用いて、ヒラタケ、エノキタケ、ブナシメジ、ナメコ、マイタケおよびシイタケで栽培試験を行い、それぞれのキノコについて、県産副産物の添加効果を検討した。

1) ヒラタケ（大豆粒度の影響）

くず大豆粒度の違いが栽培に及ぼす影響と県産副産物の配合割合について検討した。図1にヒラタケ子実体の接種から収穫までに要した日数を示す。一般的な培地組成である対照区は、収穫まで42.38日を要したが、県産副産物を用いた培地では、No.1で41.17日、No.2で39.45日、No.3で40.08日、No.4で39.75日と栽培日数の短縮が認められた。特に、No.2とNo.4は、対照区と比較して有意に栽培に要する日数の短縮が認められた（ $p<0.05$ Dunnett test）。

図2に1ビン当たりの子実体発生量を示す。1ビン当たりの発生量は対照区の108.83gに対し、No.1で100.17g、No.3で104.33g、No.5で105.73gと収量性で劣るものの、No.2では113.75gとわずかながら増収が認められた。大豆粒度別では、2mmより小さいNo.2と2mm～7mmのNo.4を比較すると、添加材料の種類と量は同じであるにもかかわらず、2mm以下の細かい粒度のくず大豆を添加することで栽培期間の短縮と増収効果が認められた。

これらのことから、ヒラタケに適した県産副産物の添加量は、1ビン（500g）当たり、赤糠18g、中糠18g、乾燥酒粕50g、2mm以下に粉碎したくず大豆25gで、栽培期間の短縮と発生量の増加が明らかになった。

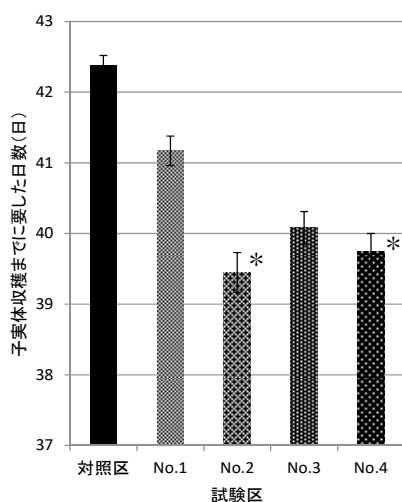


図1 子実体収穫までに要した日数（ヒラタケ）

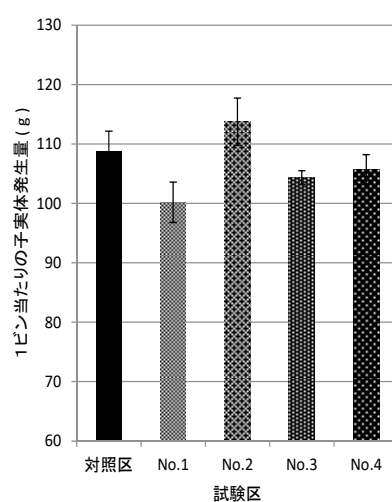


図2 1ビン当たりの子実体発生量（ヒラタケ）

エラーバーは、標準誤差を示す。 *は対照区(0%)と有意差あり（ $p<0.05$ Dunnett test）

2) エノキタケ

図3にエノキタケ子実体の接種から収穫までに要した日数を示す。一般的な栄養材組成である米糠100%の培地（対照区）では、収穫まで56日を要したが、県産副産物を用いた培地では、No.1で53日、No.2で54日と有意に栽培日数の短縮が認められた（ $p<0.05$ Dunnett test）。No.3は56日で対照区と同じで、No.4では58日と栽培日数が長期化する傾向が認められた。次に、1ビン当たりの子実体発生量を図4に示す。対照区の208.75 gに対して、No.3は216.19 gと最大値を示し、以下No.1の211.36 g、No.4の209.88 g、No.2の207.94 gの順で、対照区と同程度あるいはそれ以上の発生量を示した。栄養材を赤糠100%とした場合、発生量は同程度となるが、栽培に要する日数が3日短縮されることから、栽培サイクルの効率化が期待できる。また、栽培ビン1本（550 g）当たりに米糠50 g、赤糠60 gのNo.3の培地組成で栽培した場合、対照区と同程度の栽培日数で増収効果が認められた。培地に添加する栄養材を米糠から赤糠に全量あるいは一部置換することで、栽培期間の短縮と増収に効果があることが示唆された。赤糠は、米糠と比較して、デンプンが多量に含まれ、ミネラル、ビタミン類も含まれていることから子実体の発生に有利に作用したと考えられる。また、赤糠は米糠より安価であることから、コスト削減にも有用である。

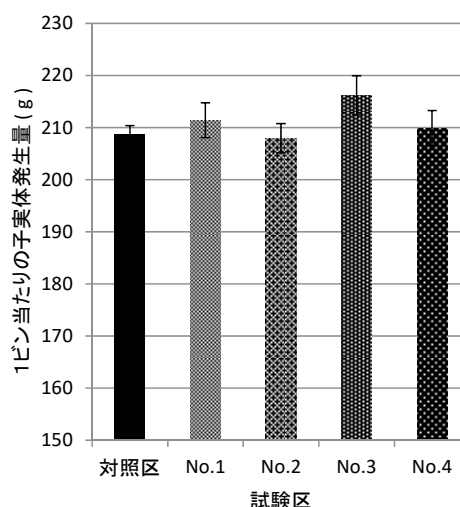
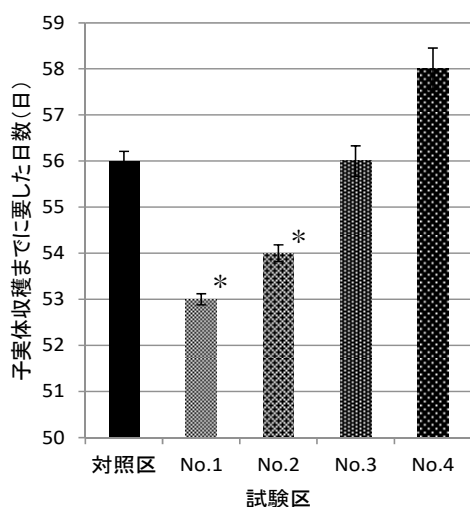


図3 子実体収穫までに要した日数（エノキタケ） 図4 1ビン当たりの子実体発生量（エノキタケ）

*は対照区(0%)と有意差あり（ $p<0.05$ Dunnett test）

3) ブナシメジ

表8に菌糸蔓延日数、接種から収穫までに要した日数および1ビン当たりの子実体発生量を示す。その結果、菌糸蔓延に要した日数は、対照区の41.48日に対して、粃殻くん炭とかき殻粉末無添加のNo.1で50.63日と長期化する傾向を示したが、粃殻くん炭やかき殻粉末添加により、蔓延に要する日数の短縮効果が認められた。栽培ビン1本当たりに粃殻くん炭を5g添加したNo.2で46.31日、さらに25g加えたNo.3で39.53日と粃殻くん炭無添加のNo.1と比較すると11日以上短縮された。また、かき殻粉末においても同様な効果が認められ、2.5 g添加したNo.4で43.27日、5g添加したNo.5で

39.81 日と No. 1 と比較すると約 10 日の短縮効果が認められた。粳殻くん炭とかき殻粉末の両方を添加した No. 6 から No. 11 も最長で 46.38 日と対照区と比較して、菌糸蔓延に要する日数が短縮された。No. 12 では粳殻くん炭 25 g , かき殻粉末 5 g を添加したが、粳殻くん炭 25 g 添加した No. 3 やかき殻粉末 5g 添加した No. 5 より遅かったことから、物理的要因というよりは炭酸カルシウムなどの無機塩類による生理的影響が大きいと考えられる。

収穫までに要した日数は、最も短かった No. 1 で 113.57 日、最も長かった No. 5 で 114.69 日と供試した全ての試験区で約 114 日を要する結果となり、収穫までに要する日数に違いは認められなかった。

子実体発生量は、対照区の 146.73 g に対して、No. 3 が 166.35 g と最大の発生量を示し、No. 6 の 166.00 g , No. 2 の 164.00 g と続き、一般的な培地組成の対照区と比較して、No. 4 を除いた試験区で増収が認められた。No. 3 の培地から発生した子実体は、菌傘色が濃黒褐色となるなど形質面で No. 6 に劣るため、ブナシメジに適した県産副産物の添加量は、No. 6 の培地組成である 1 ビン (550 g) 当たり、赤糠 60 g , 中糠 30 g , 乾燥酒粕 3 g , 2 mm 以下に粉碎したくず大豆 20 g , 粳殻くん炭 5 g , かき殻粉末 0.5 g で、対照区以上の発生量が得られることが明らかとなった。

表 8 ブナシメジ栽培試験結果

	菌糸蔓延に要した日数	接種から収穫までに要した日数	1ビン当たりの子実体発生量 (g)
対照区	41.48 ± 0.79	113.59 ± 0.24	146.73 ± 1.47
No.1	50.63 ± 0.76	113.57 ± 0.10	153.77 ± 3.85
No.2	46.31 ± 1.06	114.06 ± 0.06	164.00 ± 1.43
No.3	39.53 ± 1.11	114.47 ± 0.12	166.35 ± 1.33
No.4	43.27 ± 1.00	114.53 ± 0.13	143.73 ± 4.24
No.5	39.81 ± 0.75	114.69 ± 0.12	148.19 ± 1.26
No.6	46.13 ± 1.36	114.00 ± 0.00	166.00 ± 2.34
No.7	46.38 ± 1.65	114.00 ± 0.00	158.13 ± 3.47
No.8	42.69 ± 1.28	114.00 ± 0.00	154.44 ± 2.23
No.9	42.35 ± 1.28	114.35 ± 0.12	163.24 ± 1.39
No.10	41.88 ± 0.97	114.12 ± 0.08	159.71 ± 1.66
No.11	40.18 ± 1.13	114.06 ± 0.06	160.88 ± 2.01

4) マイタケ

表 9 に接種から収穫までに要した日数, 1 ビン当たりの子実体発生量および滅菌処理後の培地 pH を示す。供試培地 No. 1～No. 3 は小豆殻について、No. 4～No. 6 はかき殻粉末、No. 7～No. 9 は炭酸カルシウム、No. 10 は乾燥酒粕、No. 11～No. 15 は小豆殻、乾燥酒粕、かき殻粉末および炭酸カルシウムの組み合わせに関して検討した。

小豆殻に関して、栽培に要した日数は、対照区で 63.80 日、No. 1 で 62.80 日、No. 2 で 63.40 日、No. 3 で 64.60 日と添加量が増加するに従い、収穫までの日数が長期化する傾向を示した。しかし、発生量に関しては、対照区の 491.00 g に対して、No. 1 で 501.80 g , No. 2 で 510.20 g , No. 3 で 522.20 g と増加した。かき殻粉末に関しては、No. 4 で 62.00 日、No. 5 で 62.80 日と対照区と比較して短縮傾向を示した。また、No. 5 で 558.40 g と発生量が増加した。炭酸カルシウムに関しては、No. 9 で栽培に

要する日数は 63.60 日で対照区と同程度の日数で、発生量も 547.60 g とかき殻粉末同様、発生量が増加した。乾燥酒粕の単独効果について調査した No. 10 では、栽培に要する日数が 63.40 日で対照区と同程度で、発生量が 512.80 g と増加した。したがって、小豆殻、乾燥酒粕、かき殻粉末および炭酸カルシウムは、単独使用で増収効果が認められた。次に、これらの組み合わせによる No. 11～No. 15 において、栽培日数に関して No. 13 の 65.20 日以外は全て対照区と比較して短縮傾向を示し、No. 12 で 594.20 g , No. 14 で 595.20 g , No. 15 で 580.60 g と有意な増収効果が認められた ($p < 0.05$ Dunnett test)。かき殻粉末と炭酸カルシウム添加で pH 5.0 以上となり、メタルプロテアーゼなどタンパク質分解酵素活性が上昇したことで、栄養成分の分解・吸収が進行した結果、増収に結びついたと考えられる。特に、No. 14 は発生量 595.20 g で、対照区と比較して約 20 % の増収効果が認められた。以上の結果より、マイタケに適した県産副産物の添加量は、2.2 kg 培地 1 袋当たり、乾燥おから 135 g , 一般フスマ 45 g , 赤糠 45 g , 小豆殻 10 g , 乾燥酒粕 5 g , かき殻粉末 10 g で、対照区以上の発生量が得られることが明らかとなった。

表 9 マイタケ栽培試験結果

	接種から収穫までに要した日数	1菌床当たりの子実体発生量 (g)	滅菌処理後の培地 pH
対照区	63.80 ± 0.49	491.00 ± 10.71	4.03
No.1	62.80 ± 0.37	501.80 ± 24.09	4.36
No.2	63.40 ± 0.40	510.20 ± 9.35	4.37
No.3	64.60 ± 0.87	522.20 ± 10.66	4.43
No.4	62.00 ± 0.63	501.80 ± 23.84	5.09
No.5	62.80 ± 0.80	558.40 ± 24.19	5.67
No.6	64.60 ± 0.24	536.80 ± 10.00	5.56
No.7	64.00 ± 0.55	512.20 ± 31.08	5.44
No.8	62.60 ± 0.24	538.20 ± 25.62	5.60
No.9	63.60 ± 0.75	547.60 ± 11.09	6.11
No.10	63.40 ± 0.40	512.80 ± 23.59	4.54
No.11	62.00 ± 0.22	526.20 ± 13.89	5.49
No.12	62.20 ± 0.92	594.20 ± 23.33*	5.92
No.13	65.20 ± 0.73	557.20 ± 24.36	4.64
No.14	63.00 ± 0.46	595.20 ± 16.25*	5.64
No.15	63.20 ± 0.37	580.60 ± 11.42*	5.70

*は対照区と有意差あり ($p < 0.05$ Dunnett test)

5) ナメコ

表 10 に子実体発生本数と発生量および滅菌後の培地 pH を示す。1 回目と 2 回目の発生の合計について、子実体本数は、対照区で 137.08 本に対して、No. 6 で 204.25 本、No. 7 で 208.77 本と有意に増加した ($p < 0.05$ Dunnett test)。子実体発生量は対照区の 149.38 g に対して、赤糠とくず大豆を添加した No. 2 は 147.39 g とほぼ同じ発生量であったが、赤糠に乾燥おからを添加した No. 3 は 128.00 g と減少したことから、くず大豆は、乾燥おからより収量面で優れていることが示唆された。赤糠とくず大豆に乾燥酒粕あるいは小豆殻を加えた培地では、対照区に対して発生量が増加し、特に、小豆殻の添加は有効で、No. 5 で 187.15 g , No. 6 で 190.46 g と対照区と比較して有意な増加が認められた ($p < 0.05$ Dunnett test)。特に No. 6 では、対照区に対して本数で約 50 % , 収量で約 30% の増加

が認められた。以上の結果より、ナメコに適した県産副産物の添加量は、550 g 培地 1 ビン当たり、赤糠 50 g , くず大豆 5 g , 小豆殻 50 g , かき殻粉末 5.5 g で、一般的な培地組成である対照区以上の発生本数と発生量が得られることが明らかとなった。

表 10 ナメコ栽培試験の結果

	1回目の発生		2回目の発生		1回目と2回目の発生の合計		減菌後の培地pH
	子実体本数	子実体発生量	子実体本数	子実体発生量	子実体本数	子実体発生量	
対照区	100.08 ± 7.75	100.69 ± 4.90	37.00 ± 7.40	38.69 ± 7.25	147.08 ± 9.48	149.38 ± 8.19	6.32
No.1	125.54 ± 3.23	120.38 ± 3.89	47.69 ± 1.88	49.54 ± 1.70	173.23 ± 2.88	169.92 ± 2.89	5.97
No.2	100.46 ± 9.54	109.08 ± 5.04	39.54 ± 3.01	38.31 ± 2.29	140.00 ± 7.76	147.39 ± 4.36	5.86
No.3	90.62 ± 2.73	95.31 ± 2.37	24.38 ± 6.75	32.69 ± 4.14	115.00 ± 2.80	128.00 ± 3.59	6.06
No.4	117.15 ± 2.78	125.62 ± 4.68	38.23 ± 2.11	46.85 ± 2.70	155.38 ± 2.80	172.46 ± 3.02	6.13
No.5	135.54 ± 7.19	130.38 ± 3.53	49.62 ± 3.52	56.77 ± 3.58	185.15 ± 6.05	187.15 ± 4.19*	6.10
No.6	155.31 ± 2.97	144.15 ± 4.82	51.38 ± 5.24	46.31 ± 3.34	204.25 ± 4.75*	190.46 ± 2.98*	6.26
No.7	141.00 ± 3.42	117.54 ± 3.37	67.77 ± 3.76	53.00 ± 2.02	208.77 ± 2.75*	170.54 ± 2.04	6.17

*は対照区と有意差あり ($p < 0.05$ Dunnett test)

6) シイタケ

1.2 Kg の円筒形培地を用いて、米糠、一般フスマ、短期用バイデル、赤糠、中糠の単独添加による発生への影響について調査した。表 11 に北研 607 号の栽培試験結果を示す。対照区は、一般的な培地組成である米糠、一般フスマおよび短期用バイデルの混合栄養材を使用した。供試した全ての試験区から正常な子実体発生が確認された。米糠 (No. 1) と一般フスマ (No. 2) , 赤糠 (No. 4) および中糠 (No. 5) の単独施用は、発生個数がそれぞれ 14.60, 6.00, 10.40, 6.20 と対照区の 24.60 と比較して減少した。一方、短期用バイデルの単独施用は、発生個数が 34.80 と有意に増加した ($p < 0.05$ Dunnett test)。収量性に関しては、対照区 (343.80 g) と比較して、No. 3 (435.00 g) と No. 6 (379.00 g) で増収傾向を示した。子実体 1 個重に関して、一般フスマ (No. 2) で 33.83 g , 中糠 (No. 5) で 27.90 g と対照区の 13.98 g と比較して、大型の子実体形成を誘導する可能性が示唆された。No. 6 は対照区と比較して、収量性で優れ、大型の子実体が発生することが確認された。

表 12 に森 KV92 号の栽培試験結果を示す。供試した全ての試験区から正常な子実体発生が確認された。米糠 (No. 1) と一般フスマ (No. 2) , 短期用バイデル (No. 3) および赤糠 (No. 4) の単独施用は、北研 607 号と異なり、発生個数がそれぞれ 46.60, 24.00, 35.40, 37.20 と対照区の 23.80 と比較して増加した。一方、中糠 (No. 5) は、発生個数が 14.40 と減少したが、唯一対照区 (18.70 g) の子実体 1 個重と比較して大型の子実体 (21.97 g) が発生した。収量性に関しては、対照区 (445.00 g) と比較して、No. 6 (463.20 g) で増収を示した。子実体 1 個重に関しては、対照区の 18.70 g と比較して、基本培地では 9.41 g と小型化する傾向を示し、北研 607 号とは異なる反応を示した。

表 13 に森 XR1 号の栽培試験結果を示す。供試した全ての試験区から正常な子実体発生が確認された。米糠 (No. 1) と一般フスマ (No. 2) , 短期用バイデル (No. 3) の単独施用は、北研 607 号と異なり、森 KV92 号に近い反応を示した。発生個数がそれぞれ 54.20, 48.80, 55.60 と対照区の 46.60 と比較して増加した。一方、赤糠 (No. 4) は 46.40 と対照区と同程度であったが、中糠 (No. 5) は、発生個数が 23.40 と減少したが、子実体 1 個重で対照区 (10.53 g) とほぼ同程度の子実体 (12.68 g) が

発生した。収量性に関しては、対照区（490.60 g）と比較して、No. 6（466.00 g）で減収を示した。子実体1個重に関しては、対照区と比較して、基本培地では7.85 gと小型化する傾向を示し、北研607号とは異なる反応を示した。

表 11 北研 H607 号の栽培試験結果

試験区	1菌床当たり (1.2Kg)		
	発生個数	子実体発生量(g)	子実体1個重(g)
対照区	24.60 ± 4.61	343.80 ± 31.14	13.98 ± 1.77
No.1	14.60 ± 3.23	316.00 ± 44.64	21.64 ± 3.03
No.2	6.00 ± 0.95*	203.00 ± 48.25*	33.83 ± 5.19*
No.3	34.80 ± 12.16*	435.00 ± 33.97*	12.50 ± 5.02
No.4	10.40 ± 2.68	233.40 ± 7.16	22.44 ± 3.76
No.5	6.20 ± 1.46*	173.00 ± 33.92	27.90 ± 1.67*
No.6	14.40 ± 2.64	379.00 ± 38.06	26.32 ± 2.82*

*は対照区と有意差あり（p < 0.05 Dunnett test）

表 12 森 KV92 号の栽培試験結果

試験区	1菌床当たり (1.2Kg)		
	発生個数	子実体発生量(g)	子実体1個重(g)
対照区	23.80 ± 2.37	445.00 ± 21.52	18.70 ± 1.61
No.1	46.60 ± 3.33*	392.40 ± 14.93	8.42 ± 0.59*
No.2	24.00 ± 2.59	436.60 ± 16.36	18.19 ± 2.03
No.3	35.40 ± 3.44	267.20 ± 7.32	7.55 ± 0.25*
No.4	37.20 ± 4.93	381.20 ± 24.63	10.25 ± 1.35
No.5	14.40 ± 0.98	316.40 ± 11.42	21.97 ± 1.13
No.6	49.20 ± 8.90*	463.20 ± 14.60	9.41 ± 1.78*

*は対照区と有意差あり（p < 0.05 Dunnett test）

表 13 森 XR1 号の栽培試験結果

試験区	1菌床当たり (1.2Kg)		
	発生個数	子実体発生量(g)	子実体1個重(g)
対照区	46.60 ± 5.39	490.60 ± 36.88	10.53 ± 0.75
No.1	54.20 ± 1.59	380.00 ± 13.10	7.01 ± 0.41
No.2	48.80 ± 3.65	408.40 ± 11.19	8.37 ± 0.75
No.3	55.60 ± 3.43	515.40 ± 15.13	9.27 ± 0.41
No.4	46.40 ± 6.83	382.00 ± 26.32	8.23 ± 1.27
No.5	23.40 ± 2.73*	296.60 ± 11.43*	12.68 ± 1.51
No.6	59.40 ± 3.37	466.00 ± 5.59	7.85 ± 0.46

*は対照区と有意差あり（p < 0.05 Dunnett test）

1袋当たり2.5Kg培地として、県産副産物の添加効果を調査した。図5に1菌床当たりの発生個数を、図6に1菌床当たりの発生量を示す。図5より、No.1の発生個数は119.4個で対照区の発生個数81.0個と比較して、有意に増加した(p < 0.05 Dunnett test)。また、図6より発生量はNo.1で1045.7gとなり対照区の926.5gと比較して、菌床一代の子実体総発生量が1菌床当たり約100gの増収効果を確認した。県産副産物を栄養材として用いた1.2Kg培地では発生量で対照区に劣ったが、2.5Kg培地では対照区と比較して発生量が増加したことから、培地組成を検討する際は、培地の重量を考慮する必要がある。

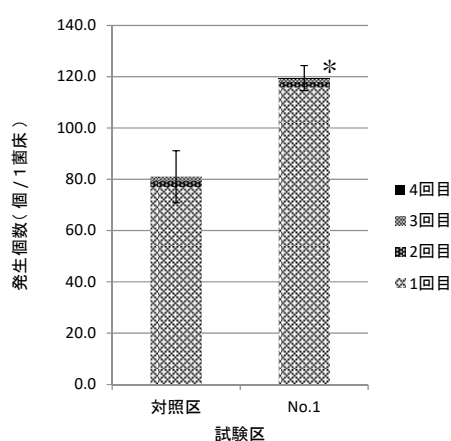


図5 子実体発生個数

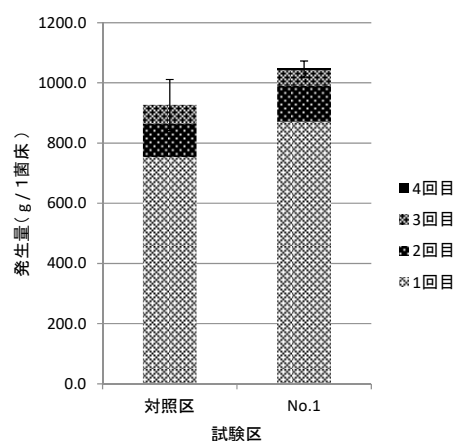


図6 子実体発生量

*は対照区と有意差あり (p < 0.05 Dunnett test)

次に、県産副産物を基本培地組成として、カルシウム剤の添加効果について検討した。表 14 にシイタケ栽培におけるカルシウム剤の添加試験結果について、1 袋当たりの子実体発生個数と発生量および子実体 1 個体の平均重量を示す。発生個数に関して、カルシウム剤無添加の対照区(119.44)に対して、1.8 % CaCO_3 添加区 No.6 (83.00) と 1.8 % かき殻粉末添加区 No.7(82.00)と有意に減少した (p < 0.05 Dunnett test)。また、発生量に関しては、対照区の 1045.67 g に対して、0.2 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 添加区 No.1 (1079.22 g) , 0.2 % CaSO_4 添加区 No.3 (1106.44 g) , 0.2 % CaCO_3 添加区 No.4 (1108.78 g) , 0.2 %かき殻粉末添加区 No.5 (1221.33 g) , 1.8 % CaCO_3 添加区 No.6 (1104.80 g) , 1.8 % かき殻粉末添加区 No.7 (1147.00 g)で若干の増収が認められた。さらに、子実体 1 個体の平均重量は、対照区の 8.75 g と比較して、1.8 % CaCO_3 添加区 No.6 (13.31 g) と 1.8 % かき殻粉末添加区 No.7(13.99 g)で有意に増加した(p < 0.05 Dunnett test)。シイタケ栽培に適した県産副産物の添加量は、2.5 Kg 菌床 1 袋当たり、赤糠 140 g , 中糠 35 g , くず大豆 70 g , 乾燥酒粕 5 g , かき殻粉末 45 g で、一般的な培地組成である対照区以上の発生量と子実体の大型化に寄与することが明らかとなった。

表 14 シイタケ栽培におけるカルシウム剤の添加効果

試験区	発生個数	子実体発生量	子実体1個重(g)
対照区	119.44 ± 4.90	1045.67 ± 26.84	8.75 ± 0.58
No.1	102.22 ± 3.95	1079.22 ± 31.01	10.56 ± 0.39
No.2	105.11 ± 3.56	1043.11 ± 26.25	9.92 ± 0.39
No.3	133.00 ± 6.34	1106.44 ± 49.85	8.32 ± 0.48
No.4	108.22 ± 5.17	1108.78 ± 35.92	10.25 ± 0.33
No.5	114.33 ± 3.88	1221.33 ± 60.71	10.68 ± 0.47
No.6	83.00 ± 4.90*	1104.80 ± 22.42	13.31 ± 0.75*
No.7	82.00 ± 6.84*	1147.00 ± 27.04	13.99 ± 1.26*

* は対照区と有意差あり ($p < 0.05$ Dunnett test)

カルシウム材料である炭酸カルシウム、かき殻粉末および貝化石がキノコに対して、増収効果とともに子実体中のカルシウム含有量の上昇をもたらすことが確認されており、生産性のみならず高付加価値化といった観点からカルシウム材料のきのこ栽培に対する有効性が示されている（田畑・篠原，1995；関谷，1999；原田ら，2003；阿部ら，2004；上田・金子，2010；横田ら，2013；篠田ら，2001；）。県産副産物を栄養材とした培地においても、培地重量の 1.8% 炭酸カルシウムとかき殻粉末の添加効果が確認された。

本試験では、県産副産物を栄養材として用いて、ヒラタケ、エノキタケ、ブナシメジ、ナメコ、マイタケおよびシイタケの栽培試験を行い、全てのキノコで栽培期間の短縮、増収効果および子実体の大型化など、その有用性が示唆された。また、県産副産物は市販栄養材と比較して安価であることから、コスト削減に有効な資材と考えられる。

2. 子実体成分の測定

1) 培地組成が子実体有用成分含有量へ与える影響

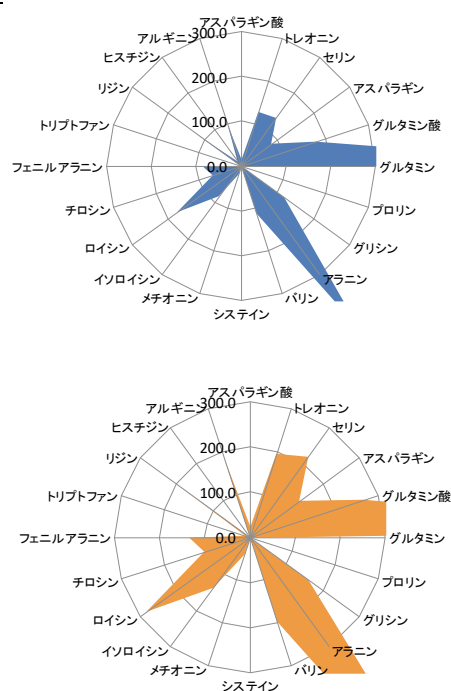
培地に添加する栄養材の組み合わせによる子実体成分含有量の変動について、ブナシメジとシイタケに関して、アミノ酸類とエルゴチオネインについて調査した。ブナシメジのアミノ酸組成を表 15 に示す。アミノ酸にはそれぞれ味があり、グリシン、アラニン、トレオニン、プロリン、セリンは甘味、フェニルアラニン、チロシン、アルギニン、イソロイシン、ロイシン、バリン、メチオニン、リジン、ヒスチジンは苦味、グルタミン酸とアスパラギン酸はうま味と酸味を呈する。グリシン、アラニン、セリンは、高濃度で甘味のほかにうま味も呈する。

うま味を呈するアミノ酸であるグルタミン酸（対照区： $246.15 \mu\text{M}$ ，県産副産物： $291.53 \mu\text{M}$ ），グリシン（ $43.20 \mu\text{M}$ ， $45.25 \mu\text{M}$ ），アラニン（ $230.57 \mu\text{M}$ ， $267.57 \mu\text{M}$ ），セリン（ $130.22 \mu\text{M}$ ， $139.49 \mu\text{M}$ ）や機能性成分として知られているオルニチン（ $43.43 \mu\text{M}$ ， $61.90 \mu\text{M}$ ）と γ -アミノ酪酸（ 0.00 ， $1.92 \mu\text{M}$ ）は、県産副産物を栄養材として用いた培地から発生した子実体に多く含まれる傾向にあった。一方、アスパラギン酸（ $361.29 \mu\text{M}$ ， $201.63 \mu\text{M}$ ）は、対照区から発生した子実体に多く含まれていた。

次に、シイタケのアミノ酸含有量について調査した結果を図 7 に示す。うま味を呈するアミノ酸であるグルタミン酸（対照区： $176.7 \mu\text{M}$ ，県産副産物： $265.1 \mu\text{M}$ ），アスパラギン酸（ $15.0 \mu\text{M}$ ， $22.5 \mu\text{M}$ ），グリシン（ $119.9 \mu\text{M}$ ， $159.9 \mu\text{M}$ ），アラニン（ $449.0 \mu\text{M}$ ， $785.7 \mu\text{M}$ ），セリン（ $132.2 \mu\text{M}$ ， $218.9 \mu\text{M}$ ）と γ -アミノ酪酸（ $5.80 \mu\text{M}$ ， $11.60 \mu\text{M}$ ）は県産副産物を栄養材として用いた培地から発生した子実体に多く含まれていたがオルニチン（ $43.10 \mu\text{M}$ ， $44.60 \mu\text{M}$ ）は、ほぼ同量含まれていた。

表 15 ブナシメジの培地別アミノ酸組成

	単位 (μM)	
	対照区	県産副産物
アスパラギン酸	361.29	201.63
トレオニン	69.15	75.05
セリン	130.22	139.49
アスパラギン	63.41	74.58
グルタミン酸	246.15	291.53
グルタミン	305.82	364.71
プロリン	39.27	40.29
グリシン	43.20	45.25
アラニン	230.21	267.57
シトルリン	0.00	0.00
α アミノ酪酸	4.58	3.02
バリン	76.17	71.74
メチオニン	21.36	19.36
シスタチオニン	8.70	42.51
イソロイシン	38.39	35.27
ロイシン	80.81	75.27
チロシン	16.61	14.32
フェニルアラニン	5.40	3.80
β アラニン	2.64	4.37
γ アミノ酪酸	0.00	1.92
エタノールアミン	36.51	37.76
アンモニア	36.26	58.69
ハイドロキシリジン	0.69	0.54
オルニチン	43.43	61.90
リジン	168.05	204.44
ヒスチジン	43.21	83.99
アルギニン	130.98	162.10

図 7 シイタケの培地別アミノ酸組成 (単位 μM)

上図：対照区 下図：県産副産物

図 8 にブナシメジの培地別に発生した子実体のエルゴチオネイン含有量を示す。県産副産物を栄養材として用いた培地から発生した子実体には、エルゴチオネインが 100 g 生重量当たり 4.43 mg 含まれていたが、対照区は 0.20 mg で培地組成が異なるだけで 20 倍以上の差が生じた ($p < 0.05$ Dunnett test)。シイタケの培地別に発生した子実体のエルゴチオネイン含有量を図 9 に示す。県産副産物を栄養材として用いた培地から発生した子実体には、エルゴチオネインが 100 g 生重量当たり 15.74 mg 含まれていたが、対照区は 4.18 mg で対照区と比較して県産副産物では有意に含有量が増加した ($p < 0.05$ Dunnett test)。

県産副産物を用いることでエルゴチオネインが増加した要因として、乾燥酒粕とくず大豆が作用していると考えられる。乾燥酒粕とくず大豆は、タンパク質の基となるアミノ酸を多く含む資材であり、より多くのアミノ酸類が菌糸に吸収された結果、アミノ酸関連物質であるエルゴチオネインがより多量に合成されたと想定される。エルゴチオネインの生合成には、分子骨格となるヒスチジン、そのアミノ基のトリメチル化に要する S-アデノシルメチオニン、そのイミダゾール環へのチオン基導入に要する γ -グルタミンシステイン (システインとグルタミン酸から生成) の供給が鍵となる。ブナシメジでは、ヒスチジンは対照区で $43.21 \mu\text{M}$ に対して県産副産物では $83.99 \mu\text{M}$ で約 2 倍、メチオニンは $21.36 \mu\text{M}$ に対して $19.36 \mu\text{M}$ とほぼ変わらないものの、グルタミン酸は $246.15 \mu\text{M}$ に対して $291.53 \mu\text{M}$ 、また、メチオニンからシステインに変換される際の代謝中間体であるシスタチオニンも $8.70 \mu\text{M}$ に対し

て $42.51\mu\text{M}$ と副産物区で増加していたことから、菌糸体内にアミノ酸が吸収されエルゴチオネインの生合成が促進されたと考えられる（表 15）。

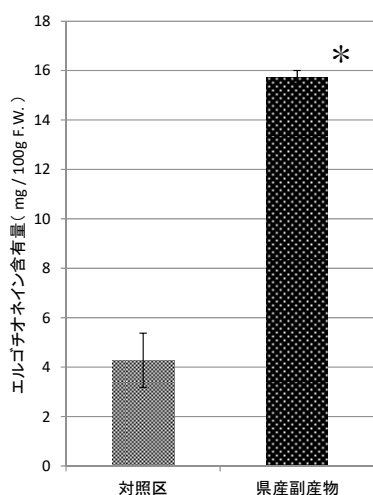


図8 プナシメジ培地別のエルゴチオネイン含有量

*は対照区と有意差あり（ $p < 0.05$ Dunnett test）

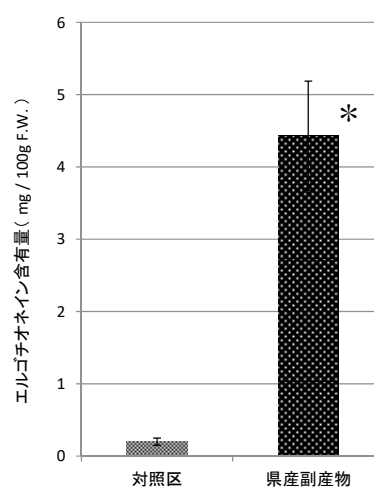


図9 シイタケ培地別のエルゴチオネイン含有量

*は対照区と有意差あり（ $p < 0.05$ Dunnett test）

2) シイタケ子実体部位別の有用成分含有量

表 16 に菌傘、菌傘内部組織、菌褶および菌柄の各部位別のアミノ酸含有量を示す。各部位別の総アミノ酸量は、菌傘 $949.89\mu\text{M}$ 、菌傘内部組織 $806.59\mu\text{M}$ 、菌褶 $1386.50\mu\text{M}$ 、菌柄 $1561.46\mu\text{M}$ で、菌柄に最も多く、次に菌褶、菌傘、菌傘内部組織の順となった。うま味を呈するアミノ酸であるグルタミン酸は、菌傘 $65.29\mu\text{M}$ 、菌傘内部組織 $70.98\mu\text{M}$ 、菌褶 $164.26\mu\text{M}$ 、菌柄 $142.75\mu\text{M}$ で、菌褶と菌柄に多く含まれていた。アスパラギン酸は、菌傘 $22.24\mu\text{M}$ 、菌傘内部組織 $18.93\mu\text{M}$ 、菌褶 $21.07\mu\text{M}$ 、菌柄 $41.94\mu\text{M}$ で菌柄に多く含まれていた。また、機能性成分である γ -アミノ酪酸は菌傘 $28.89\mu\text{M}$ 、菌傘内部組織 $20.84\mu\text{M}$ 、菌褶 $107.67\mu\text{M}$ 、菌柄 $85.86\mu\text{M}$ で菌褶に多く含まれ、全体的に菌褶と菌柄で高い数値を示した。一方、オルニチンは、菌傘 $288.34\mu\text{M}$ 、菌傘内部組織 $170.36\mu\text{M}$ 、菌褶 $23.81\mu\text{M}$ 、菌柄 $207.34\mu\text{M}$ で菌傘に最も多く含まれていた。次に、菌傘、菌傘内部組織、菌褶および菌柄の各部位別のエルゴチオネイン含有量を図 10 に示す。エルゴチオネインは菌傘 0.44mg 、菌傘内部組織 0.27mg 、菌褶 4.80mg 、菌柄 1.09mg で、エルゴチオネインの含有量が最も多かった部位は、菌褶で、菌柄、菌傘表皮、菌傘内部の順で含有量に有意な差が認められた（ $p < 0.05$ Dunnett test）。

抗酸化活性のあるエルゴチオネインが菌褶に多く含まれるのは、菌褶は孢子形成を司る器官で紫外線などの酸化ストレスから孢子を守る役割を担っていると考えられる。抗酸化機能を有する物質としてポリフェノールやカロテノイドが注目されているが、エルゴチオネインはキノコを含む一部の菌類に特異的な成分であり、水溶性で熱に安定であることが知られている。また、エルゴチオネインは、ポリフェノールやカロテノイドと異なり、キノコなどを摂取した際、キノコに含まれるエルゴチオネインは、分解されることなく各組織に輸送されトランスポーターOCTN1 により細胞膜を通過し、細胞内にも保存されることが知られている（Grundemann D et al, 2005）。近年、エルゴチオネインの抗

酸化機能以外に、幹細胞分化誘導促進や神経性疾患改善効果が示され注目されている（齋藤・吉村，2016）。従って、エルゴチオネインを強化した子実体生産を進めることは、差別化を図る上でも極めて有用である。

表 16 子実体部位別アミノ酸含有量

	単位(μM)			
	菌傘	菌傘内部組織	菌褶	菌柄
アスパラギン酸	23.24	18.93	21.07	41.94
トレオニン	44.21	48.38	86.39	65.10
セリン	44.11	51.32	91.34	57.33
アスパラギン	28.70	30.10	66.49	47.64
グルタミン酸	65.29	70.98	164.26	142.75
グルタミン	176.55	95.00	295.72	423.14
プロリン	5.13	18.50	53.20	6.93
グリシン	29.72	28.97	48.64	52.17
アラニン	0.00	0.00	0.00	0.00
シトルリン	0.00	0.00	0.00	0.00
αアミノ酪酸	2.63	0.00	0.00	0.00
バリン	21.03	34.00	58.28	31.10
メチオニン	0.00	0.00	0.00	0.65
シスタチオニン	0.77	0.00	9.68	3.86
イソロイシン	0.63	8.71	14.03	1.86
ロイシン	3.79	22.62	36.53	4.96
チロシン	0.00	1.20	7.30	0.00
フェニルアラニン	0.00	0.00	0.00	0.00
βアラニン	0.00	0.00	3.83	1.73
γアミノ酪酸	28.89	20.84	107.67	85.86
エタノールアミン	33.02	31.76	34.71	81.70
アンモニア	49.85	36.85	47.22	60.95
ハイドロキシリジン	0.00	0.61	0.30	0.20
オルニチン	288.34	170.36	23.81	207.34
リジン	45.02	56.49	89.40	73.81
ヒスチジン	11.11	9.14	23.24	19.37
アルギニン	47.88	51.83	103.41	151.06

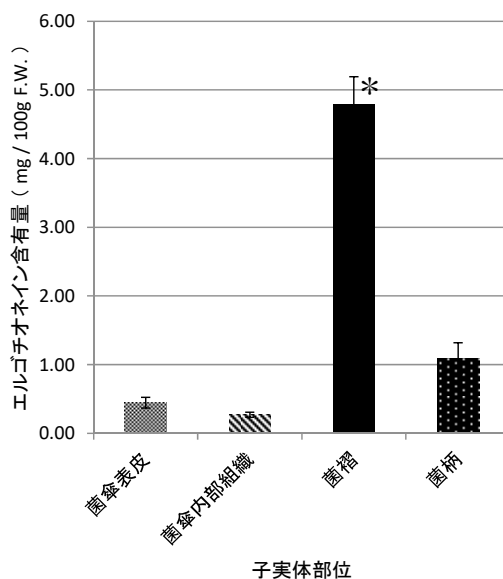


図 10 子実体各部位のエルゴチオネイン含有量

*は菌柄と有意差あり (p < 0.05 Dunnett test)

3) 子実体成分含有量に及ぼす光照射の影響

シイタケ生育時の光条件の違いが子実体成分含有量に及ぼす影響を調査するため、2種類の市販シイタケ品種を用いて、青色LED (450nm)、白色LED及び暗黒条件下で発生した子実体の菌傘、菌柄、菌褶および菌傘内部組織のアミノ酸、エルゴチオネイン、γ-アミノ酪酸及びオルニチン含有量を測定し比較した (表 17)。アスパラギン酸含有量は、菌柄に最も多く含まれ青色LEDで31.76μM、白色LEDで41.94μM、暗黒条件下で54.89μMと暗黒条件下で生育した子実体に最も多く含有し、白色LED、青色LEDの順となった。グルタミン酸は、菌褶と菌柄に多く含有し、菌褶では青色LEDで137.43μM、白色LEDで164.26μM、暗黒条件下で161.77μMと白色LEDで生育した子実体に最も多く、次いで暗黒、青色LEDの順となった。菌柄では青色LEDで91.93μM、白色LEDで142.75μM、暗黒条件下で143.04μMと暗黒で生育した子実体に最も多く、次いで白色LED、青色LEDの順となった。他のアミノ酸も部位間で比較すると、菌褶と菌柄に比較的多く含有し、白色LEDと暗黒条件下で成分含有量の増加が認められた。γ-アミノ酪酸は菌褶に多く含有し、暗黒で139.98μM、白色LEDで107.67μM、青色LEDで97.73μMの順となった。オルニチンは菌傘表皮と菌柄に多く含有し、菌褶が最も少なく、菌傘のオ

ルニチン含有量は白色 LED で 288.34 μ M, 青色 LED で 181.38 μ M, 暗黒で 160.80 μ M の順となった。菌柄では暗黒で 295.04 μ M, 白色 LED で 207.34 μ M, 青色 LED で 138.51 μ M の順となった。

次に、部位別のエルゴチオネイン含有量を図 11 に示す。エルゴチオネイン含有量が最も多い菌褶について、白色 LED と暗黒条件下で生シイタケ 100 g 当たり 4.80 mg 含有し、青色 LED では 3.93 mg と少なかった。菌傘表皮、菌傘内部組織および菌柄では、白色 LED に多く含まれ、次に暗黒、青色 LED の順となった。

各光条件下で生育した子実体の有用成分量を測定した結果、子実体部位間で含有量は異なり、成分ごとに含有量の多い部位も異なることが明らかとなった。特に、青色 LED 照射は、子実体中のアミノ酸の含有量が減少する傾向を示した。光子数が多く、エネルギー量が多い青色 LED の照射は、細胞内の活性酸素量を増加させるため、それを無害化するために抗酸化活性を示すエルゴチオネイン量が増加するのではないかと考えたが、暗黒条件や白色 LED と比較して低下した。

一方、形質面では、暗黒条件下で生育した子実体は菌傘色が明褐色で菌柄が長くなり、青色 LED では菌傘色が濃褐色で菌柄に着色も認められた。白色 LED では、菌傘色が茶褐色を呈し、菌傘と菌柄のバランスも良く、高品質な子実体が発生した。宮脇ら(2013)は、タモギタケとナメコを用いて特定の波長を示す光が子実体発生および形質に与える影響について調査し、青色光(450nm)と白色光(400nm~700nm)は子実体形成とメラニン色素形成に有効であることを示しており、今回の試験結果とも一致した。

また、ビタミン D2 に関する報告では、原田ら(2007)がチリ産食用担子菌 *Grifola garga* のビタミン D 含有量に及ぼす光照射の影響について調査し、蛍光灯の照射量あるいは紫外線 C の照射によってビタミン D2 含有量に差が生じることを明らかにしている。また、田中ら(2002)は、主波長 310nm の光を照射することでシイタケのビタミン D2 含有量が増えることを明らかにし、ビタミン D2 強化シイタケ製造装置を開発した。このように培地組成の改変だけでなく、生育環境の光質を変化させることで、うま味や機能性成分を強化することが可能である。青色 LED と比較して、暗黒と白色 LED で生育した子実体にうま味や機能性成分含有量が多いことから、アミノ酸や機能性成分もビタミン D2 同様に光環境の影響を受けることが示唆された。

表 17 光環境の違いによる子実体組織別のアミノ酸含有量

	菌傘			菌傘内部組織			菌褶			菌柄		
	青色LED	白色LED	暗黒	青色LED	白色LED	暗黒	青色LED	白色LED	暗黒	青色LED	白色LED	暗黒
アスパラギン酸	18.49	23.24	22.21	17.14	18.93	24.05	13.03	21.07	29.40	31.76	41.94	54.89
トレオニン	36.23	44.21	43.89	28.97	48.38	42.49	65.18	86.39	92.16	34.63	65.10	92.29
セリン	32.93	44.11	45.02	29.58	51.32	45.06	69.88	91.34	94.50	27.54	57.33	83.58
アスパラギン	24.84	28.70	34.00	15.31	30.10	31.92	51.25	66.49	80.20	20.07	47.64	84.58
グルタミン酸	47.57	65.29	69.50	40.44	70.98	63.50	137.43	164.26	161.77	91.93	142.75	143.04
グルタミン	195.21	176.55	184.98	72.66	95.00	146.73	262.73	295.72	275.58	235.39	423.14	730.43
プロリン	0.00	5.13	9.56	0.00	18.50	12.50	32.88	53.20	63.99	0.00	6.93	42.00
グリシン	25.10	29.72	28.94	16.61	28.97	25.66	36.48	48.64	54.10	28.26	52.17	113.45
アラニン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
シトルリン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
α アミノ酪酸	0.00	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
バリン	16.24	21.03	31.04	20.32	34.00	34.00	40.83	58.28	69.84	16.83	31.10	45.04
メチオニン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.65	0.00
シスタチオニン	1.25	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31	9.68	14.61	2.21	3.86	41.17
イソロイシン	0.00	0.63	4.79	5.26	8.71	9.44	11.59	14.03	17.27	0.00	1.86	1.78
ロイシン	3.43	3.79	11.59	15.93	22.62	23.55	31.00	36.53	42.47	2.19	4.96	11.55
チロシン	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	5.71	7.30	7.71	0.00	0.00	0.00
フェニルアラニン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
β アラニン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	3.83	2.83	0.82	1.73	5.19
γ アミノ酪酸	32.94	28.89	21.87	10.45	20.84	10.36	97.73	107.67	139.98	22.36	85.86	88.40
エタノールアミン	33.48	33.02	27.16	23.42	31.76	24.62	37.37	34.71	39.46	28.95	81.70	110.00
アンモニア	49.44	49.85	38.16	39.29	36.85	43.50	43.45	47.22	51.83	52.06	60.95	64.38
ハイドロキシリジン	0.00	0.00	0.25	0.00	0.61	1.22	0.10	0.30	0.47	0.00	0.20	3.98
オルニチン	181.36	288.34	160.80	116.24	170.36	132.23	21.31	23.81	28.44	138.51	207.34	295.04
リジン	37.95	45.02	57.53	32.99	56.49	56.14	71.51	89.40	99.07	43.33	73.81	190.68
ヒスチジン	5.23	11.11	14.88	1.12	9.14	6.06	16.41	23.24	26.94	7.42	19.37	44.83
アルギニン	39.40	47.88	52.33	32.75	51.83	47.70	91.15	103.41	125.50	67.09	151.06	251.62

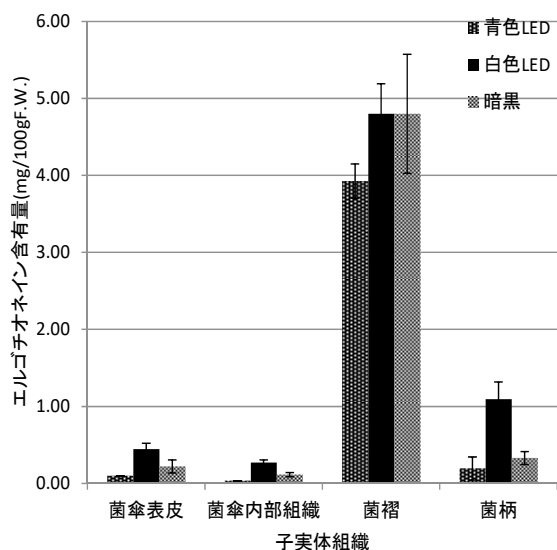


図 11 光環境の違いによる子実体部位別のエルゴチオネイン含有量

4) 子実体の成長と有用成分含有量

シイタケ 2 品種（森 KV92 号，森 XR1 号）の成長過程を発芽から菌傘が完全に開き切った状態の 7 段階に分けて採取し，グルタミン酸，オルニチン， γ -アミノ酪酸およびエルゴチオネイン含有量を測定した。

KV92 号と XR1 号の子実体 100g 生重量当たりのグルタミン酸，オルニチンおよび γ -アミノ酪酸含有量を図 12 と図 13 に示す。グルタミン酸は，子実体原基のステージ I に最も多く含有し，森 KV92 号は 129.83 mg ，森 XR1 号で 83.41 mg ，その後ステージ II から VI まで森 KV92 号は 71.846 ～ 59.79 mg ，

森 XR1 号で 70.04 ～ 58.25 mg と緩やかな減少傾向を示したが、菌傘が完全に開ききったステージⅦでは森 KV92 号は 41.48 mg，森 XR1 号で 36.78 mg まで急激に減少した。

γ-アミノ酪酸は、ステージⅠに最も多く含有し、森 KV92 号は 69.39 mg，森 XR1 号で 57.83 mg，その後ステージⅡからⅥまで森 KV92 号は 33.21 ～ 31.38 mg，森 XR1 号で 53.75 ～ 46.44 mg と緩やかな増減傾向を示したが、ステージⅦでは森 KV92 号は 10.20 mg，森 XR1 号で 14.72 mg まで急激に減少した。

一方、オルニチンは、ステージⅠに多く含有し、森 KV92 号は 107.39 mg，森 XR1 号で 60.74 mg，その後ステージⅤまで森 KV92 号は 66.91 ～ 84.18 mg，森 XR1 号で 78.12 ～ 52.42 mg とほぼ一定値を示したが、その後、森 KV92 号は増加に転じステージⅥで 150.67 mg，ステージⅦで 148.83 mg，森 XR1 号ではステージⅥで 146.84 mg と増加しステージⅦで 68.92 mg まで急激に減少した。

図 14 に KV92 号と XR1 号の子実体 100g 生重量当たりのエルゴチオネイン含有量を示す。森 KV92 号のエルゴチオネイン含有量は、ステージⅠに多く含有し 3.00 mg，ステージⅡで 0.49 mg まで急激に減少し、ステージⅢで 1.98 mg まで増加した。その後、ステージⅣ 0.38 mg まで減少した後、ステージⅥの 1.60 mg まで徐々に増加し、ステージⅦで 0.84 mg まで減少した。森 XR1 号では、ステージⅠの 1.90 mg からステージⅢ 0.45 mg まで徐々に減少し、その後ステージⅥ 1.93 mg まで増加し、ステージⅦ 1.18 mg まで減少した。

グルタミン酸とγ-アミノ酪酸の含有量の変動は、2 品種とも同じ増減パターンを示し、子実体原基に最も多く含有し、成長とともに減少する傾向が認められた。一方、オルニチンは、品種間で増減パターンの傾向は異なるものの、ステージⅥの子実体に多く含まれ、10 分開きになると減少することが明らかとなった。また、エルゴチオネインは、菌床から外部環境に出現した幼子実体に多く含有し、その後減少するが、ステージⅢからⅥにかけて再び増加し、再度減少に転じた。エルゴチオネインが子実体原基の時に含有量が高いのは、菌床内部から外界へ出芽する際の刺激がストレスとなり、高含量を示したと考えられる。また、菌傘の開傘が進むとともにエルゴチオネイン含有量が増加するのは、胞子の形成と散布にともない胞子を保護するために増加したと考えられる。従って、うま味成分であるグルタミン酸、機能性成分であるγ-アミノ酪酸、オルニチン、エルゴチオネインが比較的多く含まれ、商品価値が最も高いステージⅤからⅥの時期が収穫適期と考えられた。

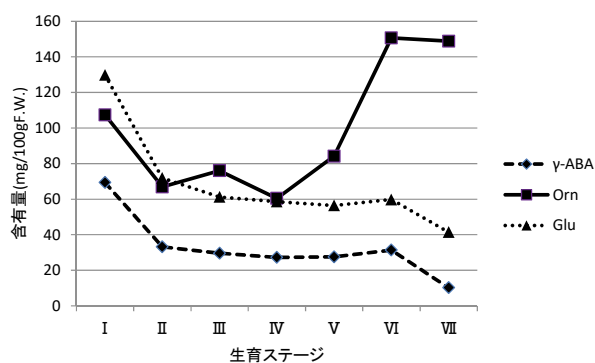


図 12 生育過程における各種アミノ酸類の変動（森 KV92 号）

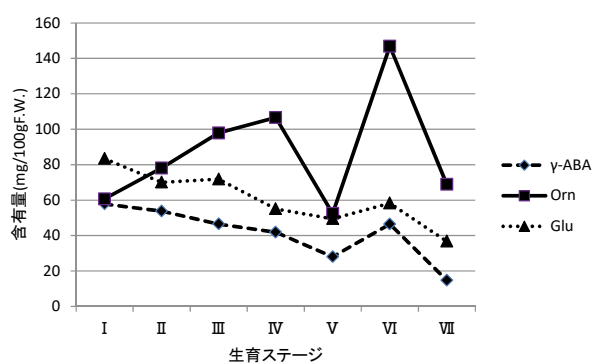


図 13 生育過程における各種アミノ酸類の変動（森 XR1 号）

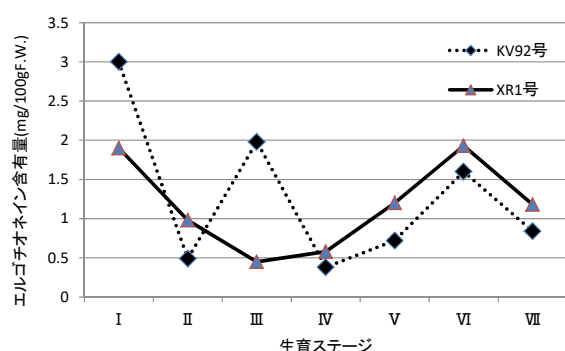


図 14 生育過程におけるエルゴチオネインの変動

5) 収穫後の子実体成分含有量に与える保存温度の影響

シイタケ収穫後の保存温度と保存期間の関係を明らかにするため、アミノ酸、エルゴチオネイン、 γ -アミノ酪酸及びオルニチン含有量を測定した（図 15，表 18）。表 18 より，グルタミン酸は，収穫直後の子実体 100 g 当たり 1120.42 mg 含有していたが，5℃で保存した場合，2 日目に 2058.00 mg，4 日目に 2793.93 mg，6 日目に 3243.30 mg と一定の割合で増加する傾向がみられた。グルタミン酸以外のアミノ酸も保存日数が長くなると増加する傾向が認められた。10℃保存では，6 日目に 2940.56 mg まで増加し 5℃と同様な傾向を示した。15℃以上では，4 日目に 15℃で 2313.55 mg，20℃で 2125.02 mg と 2000 mg 台前半で推移した。 γ -アミノ酪酸の含有量は，収穫直後の子実体 100 g 当たり 1084.56 mg 含有していたが，5℃で保存した場合，2 日目に 1001.03 mg，4 日目に 930.51 mg，6 日目に 1221.82 mg と 6 日目まで変動は認められなかった。また，10℃で 6 日目に 803.61 mg，15℃で 4 日目に 1022.00 mg と 10℃と 15℃の保存においても有意な増減は認められなかった。一方，20℃では 4 日目に 757.58 mg と減少した。これらの結果は，宗田ら(2005)の 7 日目までグルタミン酸と γ -アミノ酪酸含有量の増減傾向と一致した。オルニチンは，収穫直後の子実体 100g 当たりに 286.03 mg 含有していたが，5℃で保存した場合，2 日目に 319.06 mg，4 日目に 456.26 mg，6 日目に 851.83 mg と一定の割合で増加する傾向がみられた。

図 15 より，エルゴチオネインは，収穫直後の子実体 100 g 当たり 5.78 mg 含有していたが，5℃条件では 2 日目に 5.72 mg，4 日目に 6.49 mg，6 日目に 10.45 mg とやや増加する傾向が認められた。10℃では，調査期間中に 5.47 ～ 8.17 mg の範囲で推移し，大きな変動は認められなかった。一方，15℃以上では，5 日目以降にヒダの褐変が進むなど組織の劣化が認められたため，4 日目までの子実体を調査した結果，15℃で 5.87 ～ 6.52 mg と収穫直後同程度の濃度で推移し，20℃では 4 日目に 9.50 mg まで上昇した。今回の結果から，エルゴチオネイン含有量は，保存期間中の温度の影響を受けにくく，収穫直後と同程度の量で保持されることが明らかとなった。5～15℃で保存した場合，収穫後 4 日間は量的変動が少なく，特に 5℃で保存した場合は，6 日間有用成分が安定的に保持され，良好な形質も維持された。エルゴチオネインの結果は，作野ら(2016)の原木シイタケの結果と同様な変動傾向を示し，菌床シイタケにおいてもエルゴチオネインは収穫後も安定的に保持されることが明らかとなった。エルゴチオネインは，活性酸素に対して非常に高い除去能力を有するキノコを含む限ら

れた菌類特有の物質であり，このエルゴチオネインを含むキノコの栽培方法の確立は，消費拡大と加工需要の拡大を見込める（大島，2011）。10℃以下でシイタケを保存した場合，6日目までうま味や機能性成分含有量が収穫直後と変わらないか，あるいは増加し，一定の品質を維持することが明らかとなった。このように子実体中の有用成分は，消費者に届くまで保持されることから，うま味および機能性成分の強化は，販売に有利に作用すると考えられる。

表 18 保存温度別シイタケのアミノ酸組成

	収穫直後	5℃			10℃			15℃		単位 (μM)
		2日目	4日目	6日目	2日目	4日目	6日目	2日目	4日目	20℃ 4日目
アスパラギン酸	60.55	61.57	40.91	80.54	72.19	165.42	53.84	102.83	185.91	151.44
トレオニン	359.06	954.71	1449.84	1434.12	1257.36	1195.85	1172.76	1166.93	1148.99	989.27
セリン	442.33	663.23	1176.76	1410.73	1059.79	1122.00	1279.40	1269.36	1070.03	1250.64
アスパラギン	437.06	718.92	1124.28	1483.17	1002.40	1077.97	1082.00	967.37	1152.90	1016.56
グルタミン酸	1120.42	2058.00	2793.93	3243.30	2597.33	1814.21	2940.56	2051.66	2313.55	2125.02
グルタミン	1974.40	5515.43	8801.14	13139.13	8877.15	9365.47	7261.78	10294.07	14081.49	15859.62
プロリン	35.17	271.80	317.97	226.95	347.33	218.22	293.34	180.90	274.18	89.54
グリシン	199.60	277.82	480.42	634.71	406.06	424.95	424.15	569.26	652.35	944.87
アラニン	1574.10	2205.96	2832.68	2861.17	2331.18	1977.15	2614.37	1900.44	2203.77	1398.28
αアミノ酪酸	0.00	0.00	0.00	13.48	0.00	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00
バリン	198.08	399.46	609.90	679.23	487.04	336.39	672.21	493.36	461.30	391.63
メチオニン	0.00	0.00	24.66	45.54	6.95	0.00	78.16	17.13	4.00	17.95
シスタチオニン	0.00	292.24	439.65	528.76	373.41	459.68	417.13	357.76	344.84	366.29
イソロイシン	45.78	69.40	122.54	161.32	82.79	51.20	172.73	96.82	71.12	59.51
ロイシン	137.46	152.03	210.52	392.13	134.06	165.31	452.07	175.77	280.88	221.04
チロシン	0.00	72.29	103.61	94.88	109.26	67.69	91.52	94.39	58.50	31.34
フェニルアラニン	0.00	0.00	7.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
βアラニン	62.80	36.05	56.26	85.46	66.08	56.12	51.80	83.44	75.68	70.74
γアミノ酪酸	1084.56	1001.03	930.51	1221.82	1061.55	872.06	803.61	929.95	1022.00	757.58
エタノールアミン	697.18	387.73	433.91	558.54	488.56	425.85	398.74	387.76	403.51	647.49
アンモニア	129.94	195.83	284.51	425.79	284.75	279.32	258.94	331.96	423.60	468.77
ハイドロキシリジン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
オルニチン	286.03	319.06	458.26	851.83	474.73	690.27	656.94	1071.02	1074.93	589.92
リジン	315.40	945.53	1619.60	1214.15	1267.29	1062.38	1510.14	1129.22	1026.70	1002.00
ヒスチジン	49.69	254.17	406.47	311.59	324.31	267.87	359.29	243.86	266.33	290.97
アルギニン	503.43	693.41	1047.06	1189.22	889.31	889.98	1124.41	1243.82	1252.03	1707.46

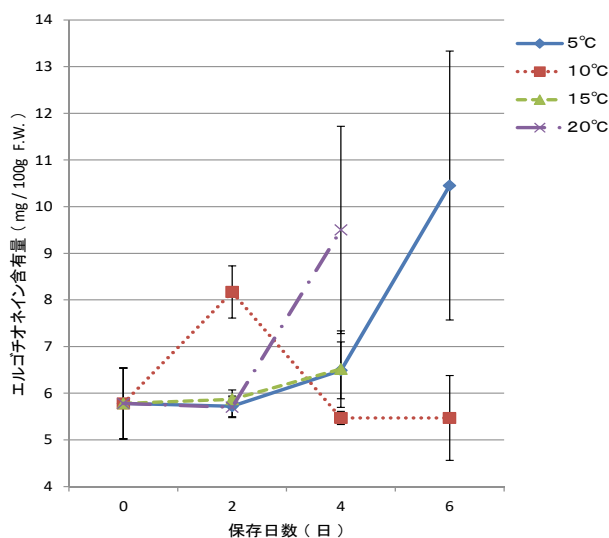


図 15 収穫後の保存温度と日数がエルゴチオネイン含有量に与える影響

IV おわりに

本研究では、秋田県由来の農業および食品系副産物5種を用いて、うま味やアミノ酸関連の機能性成分が多く含まれる高品質なキノコの低コスト栽培技術を開発した。

今後は、これらの技術導入により、経営の安定と雇用や新規参入が進み、地域経済の発展に寄与することを期待する。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、助言をいただいた甲南大学名誉教授 田中修氏、秋田県立大学生物資源科学部准教授 村口元氏と助教 伊藤俊彦氏に暑く御礼申し上げ、感謝の意を表します。また、かき殻粉末を提供いただいた丸栄株式会社 三宅宏行氏に厚くお礼申し上げます。最後に、試験に協力頂いた秋田県内のキノコ生産者の皆様にお礼申し上げます。

引用文献

- Adebayo G. J. et al (2009) Evaluation of yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on cotton waste and cassava peel. Afr. J. Biotechnol. 8(2):215-218
- Ahmed S. A. et al (2009) Biological efficiency and nutritional contents of *Pleurotus florida* (Mont.) singer cultivation on defferent agro-wastes. Nat. Sci. 7(1):44-48
- Altieri R. et al (2009) Performance of olive mill solid waste as a constituent of the substrate in commercial cultivation of *Agaricus bisporus*. Int. Biodeterio. Biodegra. 63:993-997
- Ananbeh K. M. and Al-momany A. M. (2008) Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on tomato tuff agro waste. Agri. Sci. 35(3):133-138
- 阿部正範ら (2003) きのこと菌床栽培におけるワカメ乾燥粉末の転化効果. 日本応用きのこ学会誌 11(3):113-118
- 阿部正範ら (2003) シイタケ菌床栽培における核酸関連物質の添加効果. 日本応用きのこ学会誌 11(3):107-112
- 阿部正範ら (2002) シイタケ菌床栽培におけるコーンステーパーリカーの添加効果. 日本応用きのこ学会誌 10(1):29-34
- 阿部正範ら (2004) 菌床シイタケ栽培におけるかき殻粉末の添加効果. 徳島県森林研報 3:11-14
- 荒井康恵ら (2003) 食用きのこ菌床栽培への廃棄物コーンファイバー (CNF) の利用. 日本応用きのこ学会誌 11(1):17-23
- Belew M. A. and Belew K. Y. (2005) Cultivation of mushroom (*Volvariella volvaceae*) on banana leaves. Afr. J. Biotechnol. 4(12):1401-1403
- Dubey D. et al (2019) Comparative study on effect of different substrates on yield performance

of oyster mushroom. Bio. Agri. Health Sci. 8(1):1-7

Dundar A. et al(2008) Yield performances and nutritional contents of three oyster mushroom species cultivation on wheat stalk. Afr. J. Biotechnol. 7(19):3497-3501

Dundar A. et al(2009) Effect of using different lignocellulosic waste for cultivation of *Pleurotus ostreatus*(Jacq.)P. Kumm. on mushroom yield, chemical composition and nutritional value. Afr. J. Biotechnol. 8(4)662-666

藤原しのぶら(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量の関係. 日本食品科学工業会誌 47(3):191-196

宜寿次盛生ら(1997) シイタケ菌床栽培における子実体生産に及ぼす培地添加物の影響. 北海道林産試験報 11(6):14-20

宜寿次盛生ら(2004) ナメコ栽培における乾燥オカラの利用. 北海道林産試験報 18(1):7-12

Grundemann D. et al(2005) Discovery of the ergothioneine transporter. PNAS 102:5256-5261

原田陽ら(1996) フスマを用いたタモギタケ瓶栽培. きのこの科学 3(2):13-17

原田陽ら(2000) タモギタケの子実体形成に及ぼす水分と米ぬか添加の影響. 北海道林産試験報 14(3):1-7

原田陽ら(2001) ブナシメジ早生品種の短期栽培における栄養材添加の効果. 日本応用きのこ学会誌 9(2):67-72

原田陽ら(2003) ブナシメジ早生品種の子実体成熟に及ぼす炭酸カルシウム材料添加の効果. 日菌報 44:3-8

原田栄津子ら(2007) チリ産食用担子菌 *Grifola garga* のビタミン D 含有量に及ぼす光照射の影響. 日本きのこ学会誌 15(3):137-143

平森親男ら(2015) 発酵リンゴ粕 (FAP) 調製への乳酸菌添加の効果および FAP 混合培地を用いたブナシメジの栽培. 日本きのこ学会誌 23(3):120-124

Hirano S. et al(2009) Development of edible mushroom culture medium using the micro-algae *Chlorella pyrenoidosa* extract residue. Mushroom Sci. Biotechnol. 17(1):31-36

今西隆男・市原孝志(2001) 海洋深層水を利用したきのこ栽培. 高知森技セ 36:109-115

Israilides C. and Philippoussis A.(2003) Bio-technologies of recycling agro-industrial wastes for the production of commercially important fungal polysaccharides and mushrooms. Biol. Gen. Eng. Rev. 20(1):247-260

加瀬谷泰介ら(2000) 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」. 東洋食品工業短大・東洋食品研報 23:29-37

加瀬谷泰介ら(2002) 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. 「コーヒーかす培地による食用きのこ栽培の試み」. 東洋食品工業短大・東洋食品研報 24:29-38

加瀬谷泰介ら(2004) 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. 「コーヒーかす培地によるエリンギ栽培期間短縮短期栽培に適する菌株の検索」. 東洋食品工業短大・東洋食品研報 25:25-28

- Kirbag S. and Akyuz M. (2008) Evaluation of agricultural wastes for the cultivation of *Pleurotus eryngii*(DC. ex Fr.) Quel. var. *ferulae* Lanzi. Afr. J. Biotechnol. 7(20):3660-3664
- 清水豊・近藤民雄(1981) 食用きのこ鋸屑栽培における米ぬか添加の効果. 木材学会誌 27(1):54-58
- Klibansky M. M. et al(1993) Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cone agrowastes. Acta. Biotechnol. 13:71-78
- Koutrotsios C. et al(2019) Valorization of olive by-products as substrates for the cultivation of *Ganoderma lucidum* and *Pleurotus ostreatus* mushrooms with enhanced functional and prebiotic properties. Catalysts 9:537-554
- 国友幸夫(1993) マイタケ菌床栽培におけるコーンブラン添加重量. 群馬県林試研報 2:1-7
- 葛島祥子・川本啓史郎(2016) シイタケ菌床における栄養体構成およびカキ殻粉末の施用効果. 長崎農林技セ研報 8:57-66
- Masuda Y. et al (2009) Mycelial growth rate, fruiting body yield, calcium content and calcium form of *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies cultivated on media enriched with sesame hulls. Mushroom Sci. Biotech. 17(3):117-120
- 増野和彦・高木茂(2011) 新規培地素材を使用したきのこ栽培条件の確立に関する研究. 長野県林総セ研報 25:95-100
- 宮脇辰也ら(2013) タモギタケとナメコの栽培における LED の効果. 東北森林科学会誌 18(2):43-46
- 水谷和人ら(2012) エリンギおよびシイタケ菌床栽培における乾燥オカラと消石灰の添加効果. 岐阜県森林研研報 41:13-16
- 宗田典大(2005) 保存温度の違いがシイタケの品質に及ぼす影響. 石川林試研報 37:43-46
- 宗田典大(2007) 餡かす製品を利用したナメコ菌床栽培試験. 石川林試研報 39:65-67
- 中里康和(1990) リンゴジュース滓のキノコ栽培への利用に関する研究 (I). 平成 21 年度青林試研報:12-21
- 新田剛ら(2009) ソバ焼酎粕を利用したシイタケの菌床栽培. 日本きのこ学会誌 17(1):26-30
- 西井孝文(2000) ハタケシメジ *Lyophyllum decastes* の人工栽培における培地添加物の効果. 三重林研研報 12:21-27
- 西井孝文(2007) 海洋深層水を利用したキノコ栽培. 三重林研研報 19:7-13
- 西澤元ら(2011) 高機能・高品質シイタケ栽培技術の開発. 徳島森林研 7: -
- 岡崎由朗ら(2004) 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. コーヒーかす培地によるエリンギ栽培周期の短縮. 東洋食品工業短大・東洋食品研報 25:19-23
- 奥竹史(2004) 未利用木質資源を用いたキノコの菌床栽培. 宇都宮大学演習林報告 40:1-67
- Okamura T. et al(1997) Effects of sake lees on the cultivation of the wild strain of *Pleurotus ostreatus*. Mushroom Sci. Biotechnol. 58:29:29-32
- 奥田康仁ら(2017) エリンギ栽培における国内産原材料への転換に向けた規格外小麦全粒粉の有用性. 日本きのこ学会誌 25(1)
- 大賀祥治ら(2003) 食用きのこの菌糸成長に及ぼす核酸関連物質の影響. 日本応用きのこ学会誌

11(3):119-122

Ozcelik E. and Peksen A. (2007) Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). Bioresource tec. 98:2652-2658

Pala S.A. et al (2012) Yield performance of *Pleurotus sajor-caju* on different agro-based wastes. Ann. Biol. Res. 3(4):1938-1941

Pandey V.K. et al (2012) Biodegradation of sugarcane bagasse by *Pleurotus citrinopileatus*. Cell. Mol. Biol. 58(1):8-14

Peter O.E. et al (2019) Utilization of some agro-wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Keffi Nigeria. Front. Environ. Microbiol. 5(2):60-69

Philippoussis A. et al (2001) Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushroom *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. J. Microbiol. Bio. 17:191-200

齋藤威・吉村義隆 (2016) エルゴチオネインの再発見. 玉川大学農研紀 1:17-41

坂本納美 (2001) 鶏卵殻乾燥粉末を利用したきのこ菌床栽培試験. 青森県林試報告:8-13

作野えみら (2016) シイタケ子実体の生育および保存条件の違いが機能性成分含有量に及ぼす影響. Rep. Tottori Mycol. Inst. 46:4-11

鮫島由香ら (2017) 鰹出汁を利用したエルゴチオネインの生産. 日本きのこ学会誌 25(3):100-103

佐藤恵理ら (1985) キノコ類の遊離アミノ酸組成について. 日本食品工業学会誌 32(7):509-521

関谷敦 (1999) 鉄塩, カルシウム塩含有培地からのヒラタケ子実体中への鉄, カルシウムの吸収. 日本食生活学会誌 10(2):27-29

関谷敦ら (1999) ビール粕を主成分とする培地におけるヒラタケ子実体の発生に及ぼすカリウムの添加効果. 日本応用きのこ学会誌 7(2):65-69

関谷敦ら (2005) カカオ豆外皮を培地基材として使用したヤマブシタケ栽培および子実体の成分. 日本食生活学会誌 16(2):128-131

篠田茂ら (2001) シイタケ菌床栽培における培地組成方法の改善 (Ⅲ). 新潟県森林研報 43:51-59

Singh M.P. and Singh V.K. (2011) Yield performance and nutritional analysis of *Pleurotus citrinopileatus* on different agrowastes and vegetable wastes. ICMBMP7:385-392

Singh U.P. et al (2019) Evaluation of agro-wastes for the production of oyster mushroom. Pharma. Phytochem. 8(3):231-234

Sofi B. et al (2014) Effect of different grains and alternate substrates on oyster mushroom production. Afr. J. Microbiol. Res. 8(14):1474-1479

田畑武夫・篠原寿子 (1995) ヒラタケおよびナメコによるカルシウム塩添加培地からのカルシウムの吸収. 日本食品科学工学会誌 42(9):70-74

高畠幸司 (2002) 餡殻を利用したヒラタケ菌床栽培. 日本応用きのこ学会誌 10(4):199-204

高畠幸司 (2004) カニ殻粉末を利用したシイタケ菌床栽培. 富山林技研報 17:10-13

高畠幸司 (2010) ナメコ, シイタケ菌床栽培の子実体形成に及ぼす海洋深層水添加の影響. 富山森研研

報 2:26-32

高嶋幸司ら(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餡殻の影響. 日本応用きのこ学会誌 11(2):71-78

高嶋幸司(1998) オカラを利用したヒラタケ菌床栽培. 日本応用きのこ学会誌 6(4):167-170

高嶋幸司(2015) 我が国におけるきのこ生産の動向と今後の展望. 木材学会誌 61(3):243-249

竹本稔ら(1998) コーヒー粕のキノコ栽培培地としての利用と廃培地の農業利用. 神奈川県農総研報 139:13-19

竹下温子・藤原智美(2017) 茶殻を用いたヒラタケの菌床開発の検討. 静岡大学教育学部研究報告 67:219-232

田中徳夫ら(2002) ビタミン D2 強化シイタケ製造装置の開発. 日本応用きのこ学会誌 10(4):213-220

寺下隆夫ら(1997) コーンファイバー添加培養基による食用きのこ類の子実体生産. 日菌報 38:243-248

寺嶋芳江(2009) 千葉県におけるきのこ培地材料用おが粉の流通および廃培地利用の現状. 千葉県農林総研研報 1:1-12

寺嶋芳江ら(2005) 培地材料として添加物の違いがシイタケ子実体の食味に及ぼす影響. 日本きのこ学会誌 13(4):195-203

富樫巖ら(1996) コーヒー残渣を用いたナラタケ属の栽培. きのこの科学 3(4):15-19

富樫巖ら(1999) ニンジン搾りかすを用いたツバナラタケの子実体生産. 日菌報 40:115-121

壺井輝子ら(2001) 温州みかん果皮, 米糠添加果皮および GPY 寒天培地で育成したエノキタケ子実体のタンパク構成アミノ酸組成の比較. 日本応用きのこ学会誌 9(2):79-83

上田景子・金子周平(2010) アコヤガイ貝殻を添加した培地によるヌメリスギタケ栽培試験. 九州森林研報 63:37-40

Ukoima H.N. et al(2009) Cultivation of mushroom(*Volvariella volvacea*) on various farm wastes in Obubura local government of cross river state, Nigeria. Pak. J. Nutr. 8(7):1059-1061

山内正仁ら(2007) 甘藷焼酎蒸留粕を利用した高付加価値きのこ(エリンギ)の実用化に関する研究. 環境工業研究論文集 44:481-490

山内正仁ら(2010) キノコ生産を核とした焼酎粕乾燥固形物も循環システムの構築. 廃棄物資源循環学会論文誌 21(4):155-164

山内正人ら(2013) 麦焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地に用いたヒラタケ子実体の成分特性と廃培地の再利用に関する研究. 土木学会論文 G(環境) 69(7):151-157

山下市二ら(1983) ヒラタケ栽培におけるハトムギ殻, 落花生殻, 芝草, 多孔質石の利用. 日本食品工業学会誌 30(12):693-697

横田信三ら(2013) 貝化石添加培地を用いたきのこの菌床栽培. 宇都宮大学演習林報告 49:15-20

研究報告（第27号）

令和2年3月発行

編 集 編集委員長 佐藤 龍司

編集委員 金子 智紀，長岐 昭彦，佐藤 博文，眞坂 京子

発 行 秋田県秋田市河辺戸島字井戸尻台47-2

秋田県林業研究研修センター

郵便番号 019-2611

T E L 018-882-4511

F A X 018-882-4443

U R L <http://www.pref.akita.lg.jp/rinken/>（美の国あきたネットから

e-mail forest-c@pref.akita.lg.jp アクセス）

BULLETIN
OF
THE AKITA FOREST RESEACH AND TRAINING CENTER
No.27 2020.3

1. Development of cultivation technology for mushrooms using agricultural and food by-products
from Akita Prefecture.

— Enhancement of useful components and cost reduction —

Fuyuki Sugawara, Minoru Abe, Hiromi Suzuki 1 ~ 30