

## パーム油製造過程で発生する EFB の有効利用技術の開発

鹿児島高専 ○徳田裕二郎 森重朱理 山田真義 山内正仁 MJIIT 原啓文  
 都城高専 黒田恭平 鹿児島大学名誉教授 八木史郎 長岡技術科学大学 山口隆司

### 1. はじめに

マレーシアのパーム油生産量は年間1,898万トンで、世界生産量の33.5%を占める。一方、パーム油製造工場では、年間3,830万トンの莫大なバイオマスが定常的に発生する。特に EFB(Empty Fruit Bunch, EFB)は水分率が高く、不完全燃焼によるダイオキシン発生や煙害の原因になることから焼却処分が禁止され、1990年代後半以降 EFB のほぼ全量がプランテーション内に放置(野積み)されるようになった。この野積みは、EFB が格段に高いカリウムを含有する特性から栽培環境や土壌のミネラルバランスを悪化させ、単位面積あたりのパーム油生産性を低下させており、全農業産出額の約32%(約1.4兆円)を占める国家的輸出産業であるパーム油産業を揺るがす事態を引き起こしている。

EFB の適切な処理や有効利用に関するこれまでの研究としては、肥料・飼料原料として活用する研究、乾燥後に固形燃料に利用する研究、プラスチックやパルプ原料に利用する研究等が行われてきた<sup>1)</sup>。しかし、多量に発生する EFB の有効利用法は少なく、EFB の適切な処理及び利活用技術の開発は喫緊の課題となっている。

我々の研究室ではこれまでに焼酎粕、でん粉粕などの食品バイオマスや竹チップ、バガス等の草本系バイオマスを用いたきのこ栽培技術を開発し、一部事業化に成功している。きのこは子実体形成においてカリウムを多量に吸収する特徴を有する。また、きのこは栄養価の高いスーパーフードとして、ハラル様式の国を含め世界的に市場価値が高い。

本研究では、EFB を食用きのこ栽培における培地基材として利用することで、用途拡大を図ると共にパームプランテーション内の課題を解決することを目的に、温暖な気候に適したヒマラヤヒラタケの栽培試験を実施した。

### 2. 試験方法

#### 2.1 培地材料の成分特性評価

きのこ培地を調製するにあたり、各培地材料の水分率(常圧加熱水分法)、一般成分(粗蛋白質;ケルダール法(窒素・タンパク質換算係数6.25)、粗脂肪;ジエチルエーテル抽出法、粗繊維;ろ過法、粗灰分;直接灰化法、可溶性無窒素物;100-(水分+粗タンパク質+粗脂肪+粗灰分))、無機成分(P;バナドモリブデン酸吸光光度法、K, Ca, Mg;原子吸光光度法)を分析した。ゴムおが屑はマレーシアのきのこ栽培施設で使用されているものを用いた。また、EFB はジョホール州のプランテーションから排出されたものを粉砕器(Karui Co. Ltd., DraCom)で粉砕後、使用した。さらに米糠は市販品(鹿児島県霧島市)を用いた。なお、針葉樹おが屑については約6ヶ月間加水堆積したスギおが屑のものを用いた。

表-1 培地配合条件

試験区番号	試験区	培地組成(乾物重量%)					瓶詰め重量(g)	培地水分率*(%)	pH <sup>†</sup> (-)
		培地基材		栄養材					
		ゴムおが屑	EFB	針葉樹おが屑	米糠	貝化石			
1	ゴムおが屑100%区(BL1)	50					650	63.8	6.0
2	ゴムおが屑75%+EFB25%区	37.5	12.5				605	63.3	6.0
3	ゴムおが屑50%+EFB50%区	25	25				560	63.0	6.0
4	ゴムおが屑25%+EFB75%区	12.5	37.5		46	4	515	64.8	5.8
5	EFB100%区		50				470	62.1	5.9
6	針葉樹おが屑100%区(BL3)			50			600	65.0	6.0

\*培地調整後の水分率(%), pH.

#### 2.2 ヒマラヤヒラタケ栽培試験

表-1 に培地条件を示す。本試験では、培地基材にマレーシア国内の菌床栽培で広く利用されているゴムおが屑を使用した試験区を対照区とした。また、EFB のきのこ栽培への利用可能性を調査するために、ゴムおが屑の添加割合を25%ずつ EFB に置換した試験区を準備した。

さらに日本国内の菌床栽培で利用されている針葉樹おが屑を用いた試験区も調製し、バイオマス基材の違いによる栽培への影響を比較した。

栄養材には米糠を使用し、さらに培地の pH 調整材として貝化石(鹿児島県吉田町産;未凝結の貝砂状のアラゴナイト系石灰)を用いた。これらの材料を混合し、培地水分率を水道水で63~65%に調整後、ポリプロピレン製のビン容器(容量:850mL, 口径58mm, ウレタン無し)に470~650g 充填した。瓶詰め終了後、高圧滅菌釜を121℃にセットし、3時間、ビンの滅菌処理を行った。その後、ビンの温度を室温まで下げ、クリーンルームで供試菌(ヒマラヤヒラタケ, (株)キノックス)をビンあたり約10g 接種した。なお、各試験区の供試ビン数は5本とした。接種したビンは、温度22±1℃, 湿度65±5%に制御した室内で培養を行い、作業時のみ蛍光灯を点灯した。培養期間中は菌周りおよび菌糸密度を定量的に評価した。培養終了後、菌掻き・注水(3時間)後に温度18±1℃, 湿度90±5%に制御した発生室にビンを移し、子実体の形成を促した。なお、本試験では100ルクス(lux)程度の光を1日8時間照射することとした。収穫は、子実体の傘の最大径が50mm程度で行った。その後、菌掻きから収穫までの日数、総栽培日数、収量(生重量)、発生本数及び子実体の形態学的特性を調査した。また、培地詰め量が各試験区で異なるため、培地10gあたりの収量性について算出した。

表-2 培地材料の成分特性

培地材料	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	可溶無窒素物	P	K	Na	Ca	Mg
	(g/100g乾物)				(mg/100g乾物)					
ゴムおが屑	1.9	0.5	72.1	2.3	23.2	32	271	11	496	92
EFB	3.4	0.9	54.8	5.8	35.1	57	1,773	49	175	97
針葉樹おが屑	1.1	1.1	75.9	2.5	19.4	8.6	5.3	10	<b>265</b>	32
米糠	16.6	25.3	8.8	11.0	38.3	2,502	1,775	57	48	1,084

### 3. 試験結果と考察

#### 3.1 培地材料の成分特性評価

表-2 に各培地資材の成分特性を示す。EFB はゴムおが屑や針葉樹おが屑の木質バイオマスと比較して粗蛋白質、粗灰分、可溶無窒素物が多く、粗繊維が少ないことがわかった。このことから、他の木質バイオマスと比較して、菌糸

キーワード: EFB 食料生産 きのこ栽培 資源化  
 連絡先: 鹿児島県霧島市隼人町真孝1460-1・0995-42-9124

に分解され易い有機物を多く有することが推察される。また、無機成分ではきのこ子実体形成に必要なカリウムがゴムおが屑の6.5倍、針葉樹おが屑の330倍多く含まれている

ことがわかった。培地栄養材として用いる米糠は粗脂肪・可溶無窒素物・粗蛋白質の順に多かった。無機成分ではリンが最も多く含まれており、その他カリウム、マグネシウムも多く含まれていることがわかった。

3.2 ヒマラヤヒラタケ栽培試験

図-1にヒマラヤヒラタケの菌周状況を示す。全体的な傾向として、ゴムおが屑をEFBに置換することで培地の菌周りははやくなり、試験区3~5では培養20日目に菌糸が培地全体を覆った。一方、試験区1(ゴムおが屑100%区)、試験区2では菌糸の伸長が遅く、培養20日目で、試験区1で培地全体の60%程度、試験区2で80%程度を覆うに留まった。また、試験区1~5については、培養20日目に培地表面が隆起する兆候(原基形成)が見られたため、発生処理を施した。針葉樹おが屑を使用した試験区6については、培養25日目に菌周りが完了し、その後、他の試験区と同様、原基形成の兆候が見られたため、培養26日目に発生処理を施した。

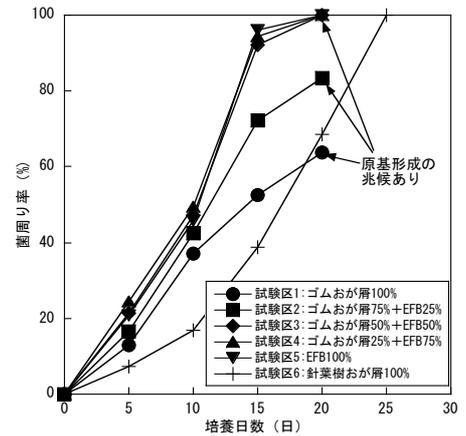


図-1 各試験区の菌周状況

針葉樹おが屑を用いたヒマラヤヒラタケ栽培の菌糸培養期間は培地組成により異なるが、25~30日程度とされている<sup>2)</sup>。本試験においても同様な結果であった。表-3に各培養日数における培地の菌糸密度の変化を示す。菌糸密度はゴムおが屑やEFBを用いた試験区で非常に高かった。これらのことから、試験区1~5において、菌糸培養期間が短縮された理由として、試験区1(ゴムおが屑100%区)では、培地の詰め量が多く、加えて菌糸密度も高かったため、培地内の通気性が悪く、このことが菌糸を刺激し、菌周りが完了前に原基形成が見られたと考えられる。ゴムおが屑をEFBに置換した試験区(2~5)では、EFBの成分特性や物性が影響したと考えられる。具体的には、パーム果房(FFB: fresh fruit bunch)を蒸煮し、果実と分離されたEFBは水分率が60~70%と高く<sup>1)</sup>、かつ微生物分解され易い有機物を多く含んでいるため、温暖な地域で野積みすると発酵が促進される。本試験で用いたEFBは1ヶ月間程度、屋内で好気発酵させたものを使用しているため、菌糸の伸長を促進させる核酸物質<sup>3)</sup>が多く含まれていたと推定される。また、EFBはゴムおが屑や針葉樹おが屑と比較して体積が嵩み、培地の通気性が改善されたこと、さらに試験区1と同様、菌糸密度が高かったことが原基形成の早期化に繋がったと考えられる。表-4にヒマラヤヒラタケの栽培試験結果を示す。発生処理後の日数は試験区間に差はなく、8~10日程度で収穫できた。また総栽培日数は試験区1~5で28~30日程度であり、試験区6と比較して4~6日間程度短くなった。培養日数の差が総栽培日数に大きく影響した。発生本数、収量については、統計処理を行ったが、試験区間に有意差は認められなかった。培地10gあたりの収量性は、試験区5で1.9gと最も高く、EFBの添加割合が多いほど高まることがわかった。以上のことから、EFBはきのこ栽培における培地基材として有効な資材であることがわかった。

表-3 各培養日数における菌糸密度の変化

試験区番号	試験区	培地の菌糸密度				
		培養日数				
		5	10	15	20	25
1	ゴムおが屑100%区(BL1)	II	III	IV	IV	-
2	ゴムおが屑75%+EFB25%区	III	IV	IV	IV	-
3	ゴムおが屑50%+EFB50%区	III	IV	IV	IV	-
4	ゴムおが屑25%+EFB75%区	III	IV	IV	IV	-
5	EFB100%区	III	IV	IV	IV	-
6	針葉樹おが屑100%区(BL3)	I	II	III	III	III

菌糸密度 I:低い II:普通 III:高い IV:非常に高い

マレーシア国内ではゴム樹木の老齢化により発生する廃木からおが屑を調製し、菌床栽培に活用されている。しかしながら、ゴムおが屑は繊維が柔らかいため、培地詰め量が多くなり易い。また培地環境の悪化により菌糸培養が不十分になり、栽培過程でコンタミが発生し易く、培地のロス率(廃棄率)が30%以上と非常に高い。本試験結果から、培地基材材料にEFBを混合することで、培地環境が改善され、培地のロス率も低下し、収量性も高まると考えられる。

表-4 ヒマラヤヒラタケの栽培試験結果

試験区番号	試験区	培養日数	発生処理後の日数	総栽培日数	発生本数*	収量(生)	培地10gあたりの収量性				
								(平均値±標準偏差)			
								(日)	(本/瓶)	(g/瓶)	(g)
1	ゴムおが屑100%区(BL1)	20	8.8±1.1	28.8±1.1	19.0±2.3	77.8±5.2	1.2				
2	ゴムおが屑75%+EFB25%区	20	9.2±0.8	29.2±0.8	14.4±3.0	84.5±5.7	1.4				
3	ゴムおが屑50%+EFB50%区	20	8.4±1.1	28.4±1.1	17.4±3.6	85.4±6.5	1.5				
4	ゴムおが屑25%+EFB75%区	20	9.8±3.6	29.8±3.6	12.0±4.9	83.9±5.5	1.6				
5	EFB100%区	20	8.0±1.4	28.0±1.4	18.8±2.8	89.9±5.8	1.9				
6	針葉樹おが屑100%区(BL2)	26	8.4±1.5	34.4±1.5	17.4±5.0	86.5±5.9	1.4				

\*10mm以上の子実体本数。 N=5.

発生本数、収量については、統計処理を行ったが、試験区間に有意差は認められなかった。培地10gあたりの収量性は、試験区5で1.9gと最も高く、EFBの添加割合が多いほど高まることがわかった。以上のことから、EFBはきのこ栽培における培地基材として有効な資材であることがわかった。

4. おわりに

本研究では、まずEFBの成分特性を調査した。その結果、EFBはゴムおが屑や針葉樹おが屑と比較して、粗蛋白質、粗灰分、可溶無窒素物が多く、粗繊維が少ないことがわかった。つぎにEFBを用いたヒマラヤヒラタケの栽培試験を実施した。EFBは体積が嵩み、通気性が良く、ゴムおが屑の50%以上をEFBに置換することで培地環境が改善され、菌糸を培地に蔓延させた後に子実体発生を促すことが可能であることがわかった。これにより、マレーシア国内の栽培農家で問題となっていたコンタミを抑制できると思われる。また、収量性も対照区と比較して同等であることから、EFBはヒマラヤヒラタケの培地基材として利用できることがわかった。今後は、子実体の成分分析や廃培地の有効利用法について検討していきたい。

参考文献:1)白井ら:マレーシアにおけるパーム油産業のゼロエミッション化にむけての取り組み, 環境バイオテクノロジー学会誌, 9(1), pp. 3-10, 2009. 2) 2010年度版きのこ年鑑別冊最新きのこ栽培技術: ヒマラヤヒラタケの空調栽培・ピン栽培法, (株)キノックス, <http://www.kinokkusu.co.jp/saibai/sa-abi-hima.html>, (2017年10月2日閲覧). 3)大賀ら: 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 Vol. 11 NO. 3, pp. 119-122, 2003.