

タケ資源の有効利用に関する研究

戸沢 一宏, 柴田 尚¹, 池永 直浩², 角田 真由美, 土橋 宏司, 神藤 学, 保倉 勝己³, 木村 英生⁴
(¹森林総合研究所, ²畜産試験場, ³酪農試験場, ⁴工業技術センター)

Studies on the effective utilization of bamboo resources

Kazuhiro Tozawa, Hisashi Shibata¹, Naohiro Ikenaga², Mayumi Tsunoda, Kii Suzuki, Kouji Dobashi, Manabu Jindou, Katsumi Hokura³ and Hideo Kimura⁴
(¹Yamanahi Forest and Forestry Product Research Institute, ²Yamanashi Prefectural Livestock Experiment Station, ³Yamanashi Prefectural Daily Experiment Station, ⁴Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center)

要約: タケを資源として活用するため、タケを粉末状或いはチップ状に加工し、きのこ栽培の菌床培地基材としての活用と畜産・酪農分野での飼料や敷料等としての新たな竹材の有効利用法を検討する。

Abstract: In order to utilize bamboo as resources, the method of using effectively the powdered or bamboo material new as practical use, feed in stock raising and the dairy field, bedding, etc. as a mushroom bed culture-medium base material of mushroom cultivation which processes it in the shape of a chip is examined for bamboo.

1. 緒言

竹材は、過去には家屋の壁材や竹細工などに用いられてきたが、これらの需要も減少し、さらに食材としての筍も従事者の高齢化などにより、山間部を中心に放棄される竹林が増加している。放棄された竹林は、造林地や畑などに浸食するだけではなく、稈の薄いマダケは雪折れ等のため、近隣の民家や道路等に被害を与えている。

そこで、タケの利用法について多方面から検討し、タケを資源として活用し、竹林の適切な管理に繋げることを目的としている。

2. 実験方法

2-1 哺乳豚寝床に乾燥竹粉敷設試験

哺乳豚の寝床に乾燥竹粉を敷設した場合に、その後の闘争行動に与える影響について調査を行った。条件は以下の通り。

①試験条件

各母豚から産まれた哺乳豚群毎に娩出時から離乳日である21日齢までの期間、寝床に乾燥竹粉を敷設し、22日齢以降に別腹2群を同居させた。

表1 寝床乾燥竹粉敷設試験

区分	試験回数	内容
対照区	2グループ	寝床に乾燥竹粉を敷設しなかった哺乳豚群2腹を子豚の家で同居させる
混合区	2グループ	寝床に乾燥竹粉を敷設しなかった哺乳豚群と敷設した哺乳豚群各一腹ずつを子豚の家で同居させる
敷設区	2グループ	寝床に乾燥竹粉を敷設した哺乳豚群2腹を子豚の家で同居させる

②試験期間：子豚の家での同居期間（21日間）

③調査内容：行動観察（同居1, 3, 7日目の朝から夜にかけて連続12時間ビデオカメラで豚房内を録画し、闘争行動の発現時間の計測）、発育調査（1日平均増体量）

④闘争行動：相手の顔や体を激しく噛む、体をぶつけ合う、乗駕するといった攻撃的行動と定義し観察を行った。

2-2 肥育豚の後期飼料にマダケサイレージ5%添加試験

肥育豚の肥育後期飼料に粉碎したマダケで作ったサイレージを5%添加した場合の影響について調査を行った。試験条件は以下の通り。

①試験条件

表2 マダケサイレージ5%添加肥育試験

区分	飼料内容
対照区	未添加
添加区	マダケサイレージ5%上乗せ添加

各区：5頭（同腹豚6頭と4頭を各区に均等分配）

品種：LW, 性別：去勢, ベース飼料：通常の肥育用配合飼料

②調査期間：体重概ね60kgから120kgまで

③調査内容：発育成績、枝肉成績、肉質成績、肝機能（脂質代謝）、血液性状（コレステロール値）、腸内環境（糞便中有機脂肪酸、腸内細菌叢）

2-3 竹チップの畜産資材としての活用方法の検討

タケ堆肥及び場内慣行戻し堆肥を使用した牛床敷料における大腸菌群の推移

①材 料：タケ堆肥及び場内慣行戻し堆肥（リサイクル堆肥）

タケ堆肥及びリサイクル堆肥を育成牛及び肉用繁殖牛舎の敷料として使用し、各敷料中における大腸菌群の推移を調査した。

②試験期間：14日間

③調査方法：各試験区の牛床から敷料を3カ所ずつ採材し、均一に混合した後10gを秤量し滅菌PBS90mlと混和。10⁻⁶まで段階希釈し各希釈100 μlをDHL寒天培地に塗抹し37℃ 18時間培養し生育した大腸菌群数をカウントした。

④調査項目：各試験区における敷料中大腸菌群の推移

2-4 竹チップの堆肥化特性の調査

竹チップを堆肥の水分調整材として用い、現場での堆肥化を想定して、実規模堆肥化試験（以下、実規模試験）を行った。試験条件は以下の通り

表3 実規模堆肥原料混合量及び混合割合

原料	水分含有率 (%)	モウソウチク区 ¹⁾		マダケ区 ²⁾	
		混合量 (m ³)	混合割合 (%)	混合量 (m ³)	混合割合 (%)
牛ふん	77.3	3.2	53.3	3.2	53.3
種堆肥	29.6	0.6	10.0	0.6	10.0
米ぬか	5.6	0.2	3.3	0.2	3.3
オガクズ	8.9	1.0	16.7	1.0	16.7
モウソウチク	17.6	1.0	16.7	-	-
マダケ	30.5	-	-	1.0	16.7
合計	-	6.0	100	6.0	100

注) 1)モウソウチクを混合した区、2): マダケを混合した区



図1 竹チップ

堆肥化方法は、堆肥舎に水分含有率70%になるよう調整した全材料を混合して高さ約150cmに堆積し、地上から30cm、70cm、120cmの3点で堆肥内部の発酵温度を計測した(図2)。堆肥化期間は、平成24年8月14日から11月12日までの90日間で、堆積後1ヶ月間は2～3日おきに切り返し、以降は週1回切り返しを行った。一週間毎にサンプリングを行い、水分含有率や容積重、肥料成分等を調査した。

また、竹チップ堆肥を施用したときの作物への影響を調査するため、ポット栽培試験を行った。実規模試験で作成したモウソウチク区とマダケ区の堆肥を1mmに粉碎し、堆肥標準区(10g)、堆肥2倍区(20g)、堆肥3倍区(30g)、堆肥4倍区(40g)の4処理区を設け、対照区

として化学肥料区を設けた。全処理区には、N-P-K各25mg相当を施肥した。供試作物としてコマツナをワグネルポット(1/5000a、表面積200cm²)に25粒播種した。栽培期間は21日間で、温室内の温度を15℃～25℃に保つようにした。



図2 堆肥の堆積と温度計設置(3点で測定)

2-5 竹チップを用いたきのこ菌床栽培

きのこ菌床栽培において、菌床基材の一部に竹チップを加え、菌床栽培の可能性について試験を行った。

用いた菌は、クロアワビタケ(大貫菌茸)、ヌメリスギタケ(大貫菌茸)、ヤナギマツタケ(大貫菌茸)、アラゲキクラゲ(加川椎茸)の4種4系統を用いた。

菌床の構成は表4のとおり。

表4 菌床構成比(体積比)

試験区	広葉樹 おが粉	タケ チップ	米ぬか
1	10	-	2
2	5	5	2

菌床水分率 60%

菌床重量 600g/瓶

培養条件 25℃

湿度条件 90%

調査項目：①子実体原基発生までの期間(Day)(培養期間)

②子実体原基から発生までの期間(Day)(発生期間)

③子実体重量(g)(収量)

2-6 菌糸伸長促進成分の検討

菌糸の伸長試験結果から、クロアワビタケ、ヌメリスギタケ、ヤナギマツタケは、菌糸の伸長を促す成分がタケに含まれていると考えられる。

そこで、タケの水抽出液(10g/L)をイオン交換樹脂XAD-2で樹脂に吸着する成分(XAD-2 EtOH)と、それ以外(XAD-2 Water)の成分に分離し、乾燥したものを、それぞれをPDA(ジャガイモ蔗糖寒天)培地に加えてシャーレに分注、コルクボーラーで同じ大きさの菌を接

種し、2週間後の菌糸の面積を測定した。

面積の測定には、シャーレをフラットベッドスキャナーでスキャンし、Adobe Photoshopで画像処理後、フリーソフトのImage-Jで解像度などから、菌糸の占めるピクセル数をカウントした。

試験条件は表4の通り。

表5 試験条件

	PDB (g/l)	Ager (g/l)	Dextrose (g/l)	XAD-2 EtOH (g/l)	XAD-2 Water (g/l)
試験1	24.0	15.0	—	0.1	—
試験2	24.0	15.0	—	—	0.1
対象区	24.0	15.0	0.1	—	—

培養温度 25℃

調査項目：菌糸伸長面積

3. 結果

3-1 哺乳豚寝床に乾燥竹粉敷設試験

観察時間12時間中の合計闘争時間の平均時間は、3日間ともに敷設区で一番短かった。また全区ともに同居時間が長くなるにつれて合計闘争時間が短くなった。敷設区の3日目について1グループで撮影機器の不具合により撮影が一時できなかつたため合計闘争時間を算出することができなかった。

1日当たりの増体量は3つの異なつた比較期間で算出したが、全てにおいて対照区が一番多かつた。(表6, 表7)

表6 観察時間12時間中の合計闘争時間の平均

	1日目	3日目	7日目
対照区	2:59:20	0:36:17	0:17:02
混合区	1:41:35	1:24:48	0:20:23
敷設区	1:22:33	NT	0:16:22

*単位は時間：分間：秒間

表7 1日当たりの平均増体量

	離乳日~同居後 7日目	離乳日~同居後 21日目	同居後7日目 ~21日目
対照区	255±112 a	463±73 a	583±114 a
混合区	199±69 b	408±77 b	535±102 b
敷設区	228±68	401±61 c	505±83 c

*平均±標準偏差, 単位はg/g

*各区の異符号間に有意差あり (小文字a,b,c : p<0.05)

3-2 肥育豚の後期飼料にマダケサイレージ5%添加試験

発育成績, 枝肉成績, 肉質成績, 血中コレステロール値, 糞便中の有機脂肪酸量について, 肉色L値(明度)で統計的に有意差が認められたが, そのほかについては有意差は認められなかつた。(表8, 9, 10, 11)

肝臓の脂質代謝機能はマダケサイレージ添加区で機能

が亢進する傾向が見られた。(表12)

腸内細菌叢の分布については, 対照区と添加区の間大きな差は認められなかつた。(図3)

表8 発育成績および枝肉成績

	生育日数 日	出荷体重 kg	増体量 (試験開始 ~終了) g/日	ロース断面 面積 (第4-5胸 椎間) cm ²	背脂肪厚 mm
対照区	159±10	116±3.3	987±118	18.32±2.06	17.6±3.2
添加区	163±10	120±3.5	967±116	18.96±4.57	18.2±2.1

表9 肉質成績

	水分 %	加圧保水力 %	ドリップ %	進展率 %	破断力価 g
対照区	73.6±0.4	78.2±5.0	4.0±2.5	31.2±3.5	583.1±27.1
添加区	73.6±0.7	75.1±1.7	5.7±3.2	30.1±2.3	568.2±78.3

	筋肉内脂肪 %	加熱損失 %	肉色 L値 (明度)	a値 (赤色度)	b値 (黄色度)
対照区	2.17±1.1	25.7±1.8	46.0±2.9	14.1±4.6	10.5±1.0
添加区	2.74±1.5	27.3±2.5	50.3±1.9	13.0±2.9	11.1±0.9

表10 血中コレステロール値

	総コレステロール	HDLコレステロール
対照区	93.4±9.44	41.2±3.92
添加区	94.0±12.4	38.6±4.72

*単位はmg/dl

表11 糞便中の有機脂肪酸量

	コハク酸	乳酸	ギ酸	酢酸	プロピオン酸
対照区	<0.05	0.30±0.14	<0.05	3.97±0.84	4±1.05
添加区	<0.05	0.55±0.48	<0.05	4.47±0.73	4±1.44

	iso-酪酸	n-酪酸	iso-吉草酸	n-吉草酸
対照区	0.26±0.09	2.2±0.86	0.45±0.16	0.60±0.21
添加区	0.28±0.13	2.9±1.02	0.46±0.25	0.68±0.31

*単位はmg/g

表12 肝臓の糖代謝・脂質代謝

	肝臓1g当たりの 代謝産物量	タンパク質1g当たりの 代謝産物量
対照区	3.75±1.72	0.30±0.23
添加区	5.07±1.24	0.52±0.18

*平均±標準偏差, 単位はnmol/min/g tissue (g protein)

*代謝産物はNADPH

*脂質代謝過程における脂肪酸代謝律速酵素3HADHによる代謝産物NADPHの量を計測。

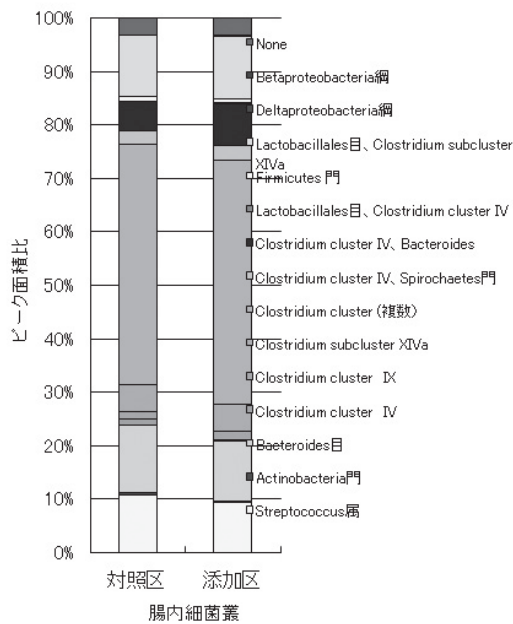


図3 腸内細菌叢

3-3 竹チップの畜産資材としての活用方法の検討

戻し堆肥区では観察期間を通じて大腸菌群数は 10^2 cfu/gのレベルで推移したのに対し、タケ堆肥区では設置後2日目に 10^3 cfu/gとなったがそれ以上増加せずに同レベルで推移した(図4). また試験期間中、飼養牛の健康状態に異常は認められなかったことから、タケチップは堆肥化することにより牛舎敷料として活用可能であると思われる.

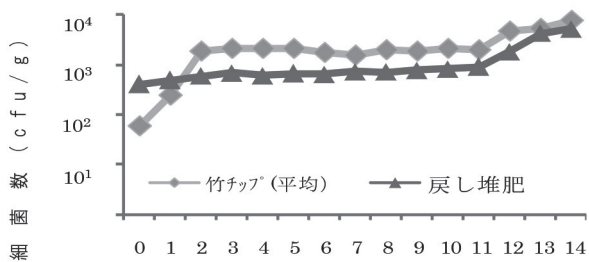


図4 各試験区における敷料中大腸菌群の推移

3-4 竹チップの堆肥化特性の調査

2種類の竹チップを用い、モウソウチク区とマダケ区として堆肥化を行った(図5, 図6).

いずれの堆肥も堆肥化開始後2週間で最高温度に達し、切り返し後も温度が70℃以上に上昇したことから、十分な発酵温度が得られた(図7).



図5 モウソウチク区 (堆肥化90日目)



図6 マダケ区 (堆肥化90日目)

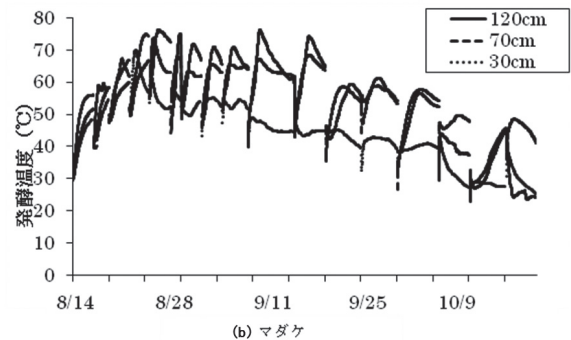
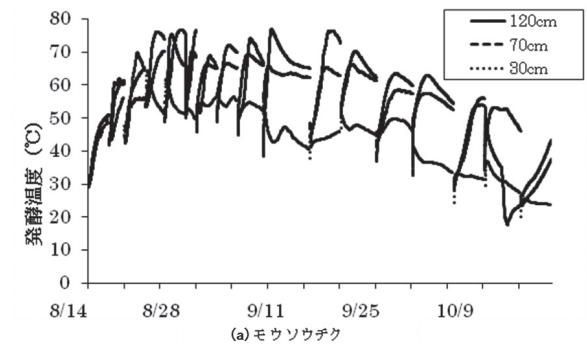


図7 実規模試験発酵温度の推移
(a. モウソウチク区, b. マダケ区)

堆肥化終了時には、水分含有率約36%、容積重約0.4 kg/Lになり、堆肥として扱いやすい状態になった(表13)。

表13 堆肥化時の水分含有率と容積重の変化

	水分含有率 (%)		容積重 (kg/L)	
	開始時 ¹⁾	終了時 ²⁾	開始時 ¹⁾	終了時 ²⁾
モウソウチク区	65.8	35.5	0.59	0.39
マダケ区	63.5	37.7	0.59	0.41

注) 1) : 堆肥化0日目、2) : 堆肥化90日目

成分について、全窒素は牛ふん、種堆肥、米ぬかが多いことから、堆肥の窒素分に影響していると考えられる(表14)。オガクズや竹チップ等の木質系資材は肥料成分が少ないが、竹チップはカリウムが多かった。しかし、1%未満と低いいため竹の種類によって堆肥の成分に与える影響はあまりないと推察された。

表14 原料の成分

原料	全窒素 (%)	全炭素 (%)	C/N比	乾物中(%)			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
牛ふん	1.7	36.4	21.4	0.69	2.78	2.21	1.08
種堆肥	1.5	32.9	21.9	1.03	2.31	2.38	0.93
米ぬか	2.7	50.0	18.5	3.28	0.65	0.07	1.69
オガクズ	0.2	50.5	252.5	0.00 ¹⁾	0.08	0.10	0.05
モウソウチク	0.3	49.7	165.7	0.14	0.65	0.06	0.07
マダケ	0.2	49.8	249.0	0.14	0.49	0.10	0.05

注) 1)極微量であったため、検出できなかった。

表15 堆肥の成分

	全窒素 (%)	全炭素 (%)	C/N比	乾物中(%)			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
モウソウチク区	1.9	34.3	18.1	1.67	2.96	2.41	1.23
マダケ区	1.8	35.0	19.4	1.60	3.01	2.34	1.23

注) 堆肥化90日目の値

また、木質系資材はC/N比が高く、これによって堆肥のC/N比も高くなることが多い¹⁾が、本試験では木質系資材約30%を混合して堆肥化を行い、C/N比がモウソウチク区18.1、マダケ区19.4だった(表15)。これは、堆肥化によって有機物が分解されて炭素分が減少し、窒素分が濃縮されたためと考えられる(図8、図9)。

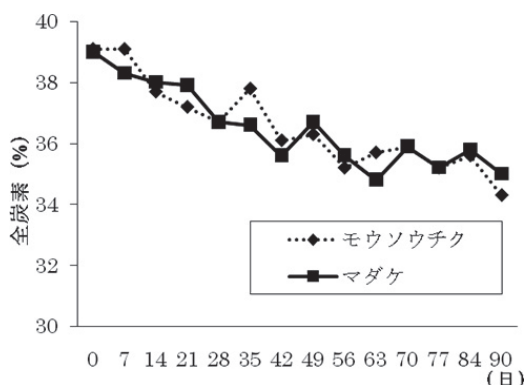


図8 堆肥化中の全炭素の推移

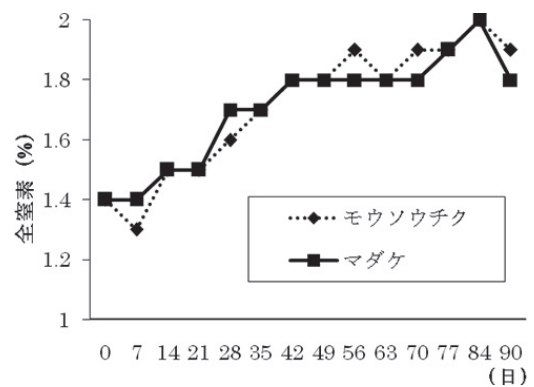


図9 堆肥化中の全窒素の推移

ポット栽培試験では、モウソウチク標準区で発芽率及び地上部生重量(生体重指数74)が対照区よりやや少なかったが、堆肥の施用量が多くなるにつれて生重量も多くなった(図10、表16)。生育に異常は見られなかったことから、作物栽培への利用も可能であると考えられる。



図10 ポット栽培試験

表16 発芽率及び生育特性

	発芽率 ¹⁾ (%)	最大葉長 (mm)	地上部生重量 (g/鉢)	生体重指数 ¹⁾
モウソウチク標準区	88	64.5	4.3	73
モウソウチク2倍区	130	72.0	6.9	117
モウソウチク3倍区	103	79.0	8.1	137
モウソウチク4倍区	100	74.0	9.3	158
マダケ標準区	121	69.0	7.0	119
マダケ2倍区	100	75.0	7.9	134
マダケ3倍区	121	77.0	9.2	156
マダケ4倍区	115	66.5	10.5	178
化学肥料区 (対照区)	100	77.0	5.9	100

注) 1) 対照区を100としたときの比率

3-5 竹チップを用いたきのこ菌床栽培

菌床栽培の培地基材にタケチップを添加して菌床栽培を行い、瓶または袋内に菌糸が蔓延するまでの期間(培養期間)と発生操作後の収穫までの期間(発生期間)、お

よび収量を測定した。クロアワビタケの栽培結果を表17に示す。

表17 クロアワビタケ栽培試験結果

	対照区	試験区
培養期間(day)	40.3 ± 5.21	33.2 ± 5.21*
発生期間(day)	7.5 ± 0.86	7.5 ± 0.78
収量(g)	84.2 ± 9.30	88.1 ± 8.54*

n=96

*有意差がある P<0.05。

クロアワビタケの菌床栽培では、タケチップを用いたほうが栽培期間が短くなり、年間でのローテーションに影響を与えることが確認された。

アラゲキクラゲの栽培結果を表18に示す。

表18 アラゲキクラゲ栽培試験結果

	対照区	試験区
培養期間(day)	48.0 ± 1.99	48.2 ± 4.45
発生期間(day)	12.6 ± 0.86	12.5 ± 1.68*
収量(g)	101.1 ± 8.39	107.5 ± 5.31*

n=96

*有意差がある P<0.05

培養期間、発生期間ともに大差がないが、収量に関しては、タケチップを用いたほうが良好な結果が得られた。

ヌメリスギタケ及びヤナギマツタケの栽培結果を表19,20に示す。

表19 ヌメリスギタケ栽培試験結果

	試験区1	試験区2
培養期間(day)	44.9 ± 2.63	44.1 ± 4.71
発生期間(day)	11.8 ± 1.11	11.7 ± 1.79
収量(g)	96.1 ± 9.15	102.8 ± 6.18*

n=96

*有意差がある P<0.05

表20 ヤナギマツタケ栽培試験結果

	試験区1	試験区2
培養期間(day)	44.9 ± 2.63	44.1 ± 4.71
発生期間(day)	11.6 ± 1.11	11.5 ± 1.81
収量(g)	94.8 ± 9.33	101.7 ± 6.42*

n=96

*有意差がある P<0.05

試験に供した菌では、栽培期間や発生期間では差が見られないものもあったが、収量に関してはタケチップを用いた方が良好な結果を得られた。

3-6 菌糸伸長促進成分の検討

タケ水抽出物をPDA(ジャガイモ寒天培地)に添加し、菌糸の伸長面積(cm²)を測定した結果を表21に示す。

表21 菌糸伸長測定結果

種名	Control	XAD-2 EtOH	XAD-2 Water
クロアワビタケ	54.86 ± 1.58	54.71 ± 1.40	57.71 ± 1.38
アラゲキクラゲ	50.12 ± 1.67	50.81 ± 1.57	52.00 ± 1.30
ヌメリスギタケ	44.39 ± 1.68	45.94 ± 1.57	44.66 ± 1.11
ヤナギマツタケ	52.91 ± 1.75	50.67 ± 0.99	54.14 ± 1.04

それぞれの種に対して、ControlとXAD-2 Water、XAD-2EtOHとXAD-2 Water間に優位差があり、XAD-2 Water区が伸長速度が大きい結果となった。

XAD-2 Water区には、糖類が主に含まれていると見られ、糖類の一部が影響を与えていると考えられる。

4. 考察

哺乳期に乾燥竹粉を寝床に敷設した哺乳豚群同士を同居させたグループでは闘争行動時間が対照区と比較して短かったことから、乾燥竹粉が闘争行動の抑制に何らかの形で関わっているのではないかと考えられたが、1日当りの増体量との相乗効果は認められなかった。このことから1日当りの増体量については、闘争行動による増体量の減少効果よりも個体差による増体量の増加効果のほうが要因として大きいのではないかと考えられた。

タケに含まれるリグニンなどの抗酸化物質の効果を検証するために肝臓の脂質代謝機能や血中コレステロール値について試験を実施したところ、血中コレステロール値に大きな影響は認められなかったが、脂質代謝機能はマダケサイレージ添加区で亢進する傾向がみられ、マダケサイレージが豚の肝機能に良い影響を与えていると考えられた。

腸内細菌叢については、対照区と添加区の間には大きな差は認められなかったが、これは試験を開始した100日齢の頃には腸内細菌叢がすでに定着しているためではないかと考えられた。

水分調整材として竹チップを混合した堆肥は、発酵と有機物分解がよく進み、90日間と短い期間であったが、堆肥として扱いやすい状態となった。

作物栽培について、タケ資材には生育抑制に関与すると推測される成分が含まれており、未熟堆肥を用土の50%を混合すると発芽抑制されるという報告がある²⁾。本試験では堆肥施用量が土壌の2%と少量であり、地上部生重量等でほとんどの試験区が対照区より増加する傾向が見られたことから、生育に影響はなく、利用可能だと考えられる。

タケチップを加えた菌床栽培試験においては、培養期間と収量で良好な結果を得ているが、これは、菌糸の伸長が良好な事が考えられた。

また、菌糸伸長促進効果についても検討したところ、XAD-2 Water区において、促進効果が見られ、HPLCに寄る単離を試みたが、糖類の影響で分離が困難であっ

た。今後、この部分の検討が必要であると考えられる。

5. 結 言

闘争行動抑制のための乾燥竹粉の利用法については、優位性があると思われるが、今回は各試験区2グループずつと例数が少ないため、今後は例数を増やし、試験精度を高めていく必要がある。

マダケサイレージが発育や肉質に影響せずに健康な豚の生産に有用であると示唆された。このことから、マダケサイレージを飼料に添加することによって健康的な肥育豚の生産だけでなく、種豚の健康維持にも有用ではないかと考えられた。

堆肥化時の水分調整材として、タケチップは利用できる事が判明し、タケチップを用いた堆肥の野菜への利用についても問題のない事が判明した。

きこの菌床栽培においても、クロアワビタケなどにはきこの類については、問題なく使用できる事が判明した。

しかし、本試験に用いたタケチップの価格は、現在利用している堆肥化資材や菌床培地基材と比較して、高額である事から、今後効率的かつ低価格のタケチップの供給が不可欠であると考えられる。

6. 参考文献等

- 1) 羽賀清典, 薬師堂健一, 原田靖生, 山口武則, 原正之, 内山知二, 磯部武志, 小柳 涉, 木嶋伸行, 木村 武, 安藤義昭, 上園一郎, 山本克巳, 郡司掛則昭: 家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル, 農林水産技術会議事務局 農業・生物系特定産業技術研究機構, p17-21, 2004
- 2) 磯部武志, 内山知二: タケ堆肥化物の理化学特性と栽培利用, 大阪府立農林技術センター, 36:1-4, 2000

