

稲藁コンポストによるマッシュルーム栽培

高橋善次郎 岡 信子 岩本 喜伴

Studies on Rice Straw Compost and Mushroom Growing

Zenjiro Takahashi, Nobuko Oka and Yoshitomo Iwamoto

We have previously reported (1) mushroom growing using rice straw.

In this study, synthetic composts were obtained by the adoption of our own method now used in our country. In this article, we describe the preparations of composts and their chemical composition, yields of mushrooms and their chemical properties.

- I. Experiments with rice straw composts
 - a. The technique of growing

Chemical composition of rice straw

The results of analyses are presented below (Table 4).

Together with the data on rice straw, comparative figures are given on the chemical composition of composts.

Composting

Composting was carried out by the 21 days aerobic method. Both fresh and stored straw were used. Chopping the straw to a length of 15cm each a piece was favorable for the mixing of straw and fertilizers. The straw and fertilizers were mixed by the sprinkling method in the operation of stacking. An equal amount of water was added to straw. For the 1st turn the same quantity of water was added. The writer has obtained the favorable yields of mushrooms from compost made of the following materials. (Table 1) The experiments that used second formula (Table 2) are continued.

Table 1 Amounts of Chemicals added during Composting

Operation	kg/ton	Dry rice straw
At stacking	10kg	Calcium cyanamide
	5kg	Urea
Second turning	13kg	Ammonium sulfate
	13kg	Lime stone
Third turning	20kg	Super phosphate
	5kg	Potassium chloride

Table 2 Amounts of Chemicals added during Composting

Operation	kg/ton	Dry rice straw
At stacking	50kg	Wheat bran
	8kg	Calcium cyanamide
	4kg	Urea
	2kg	FTE
First turning	13kg	Ammonium sulfate
	13kg	Lime stone
Second turning	20kg	Super phosphate
	5kg	Potassium chloride

Bedding and Spawning

Bedding and spawning were tried out according to the following two kinds of procedure:

(1) The compost was placed on the shelf bed. The spawn was inserted into the compost soon after the bed temperature fell to 26°C.

(2) The compost (550g) was packed in each culture bottle of 0.8 liter. The bottles were plugged by cotton wadding and autoclaved for 80 minutes at 120°C. After cooling, inoculation was made into central channel in each bottle. After inoculation, the bottles were run during 60 days in a growing room with automatic control of temperature (22-23°C). When the substrate was fully impregnated with mycelium threads, the substrate was removed from bottles into the bed.

Casing:

In the first experiment (1) after 16 days from the spawning date casing was done according to the generally practiced method. Casing soil used was a mixture of sandy loam and calcium hydroxide.

For the second experiment (2) casing was done immediately after bedding.

b. Cropping yields

In the first experiment the total yields (135kg) per 375kg of rice straw during the total picking days are shown in Fig. 1.

Fig. 2 shows the cropping yields (125kg) from 375kg of rice straw in the second experiment.

II. Changes in the chemical composition of rice straw compost

Changes in the chemical composition of rice straw compost in relation to the mycelium growing are given in Table 4.

III. Chemical composition of fruit bodies

Chemical composition of fruit bodies harvested from various beds is shown on (Tables 7, 8, 9)

最近マッシュルーム菌糸の液体培養に関する研究が活発化してきた。糖、窒素、無機塩類等の吸収について Bohus の報告²⁾、その他がある。しかし水に不溶性の固い構成物中で糖、ヘミセルローズ、セルローズ、リグニン、蛋白質の他不溶性の微量成分を分解し同化する作用機作については未だ解明されていない。

この研究はマッシュルーム栽培上の基礎知識を深めるために行なったものである。

1. 稲藁コンポストによる栽培

Table 1 の材料により製造のコンポストにて2種類の栽培床を造り両者の収穫の状況、収穫量を調べた。

栽培室

1. コンクリートブロック建 5.5m×9m×3.5m

石綿屋根、天井付

30cm強制排気ファン2個付

2. ビニールハウス 5m×6m×2.8m

自然換気

合成培地 (Table 1)

材料	稲 藁 (品種不明)	375kg
	石灰窒素	3.75
	尿 素	1.88
	硫 安	4.88
	過磷酸石灰	7.00
	塩化加里	1.88

堆積日数 21日

切 返 3回

マッシュルームの品種 *Pasalliota bispora* Takahashi

栽培床の種類

前記の材料で調製したコンポストより2種の異った菌床を作成した。

1. 通常の栽培法

コンクリートブロック栽培室に風乾稲藁 375kg より製造の熟成コンポストを 10 m² に造床した。

コンポスト 水分60%, 灰分44%, 床造1962年11月12日, 接種11月19日, 覆土12月5日

2. 特殊な処理法

1の製法と同一方法で得たコンポストを内容量 800cc の綿栓付ガラスビン 1,300 本にそれぞれ 550g 詰め中心部に底に達する径 1cm の孔をあける。高压釜で 120°C 80 分殺菌し、放冷後、無菌室内にて接種し培養室に移し 22~23°C に 60 日余静置培養した。菌糸が蔓延したものの内容物を容器より取り出し菌糸塊を砕き空気に接触させた後ビニールハウス内に設けた床に余り強く圧することなく 10m² に造床し、その後の発熱を避け直ちに覆土した。

収 穫

(1) の方法による収穫 Fig. 1 を参照

接 種	1962年11月19日
覆 土	" 12月5日
初 収 穫 日	1963年1月23日
収 穫 終 了 日	" 6月20日
全 収 穫 量 (菌柄部を除く)	135kg/10m ²

栽培が冬季に行なわれ、室温が低い日が続いたので収穫も長期間にわたった。

(2) の方法による収穫 Fig. 2 を参照

覆 土	1963年3月14日
初 収 穫 日	" 4月23日

Fig. 1. Cropping Yields (Cut Mushrooms) Experiment 1.

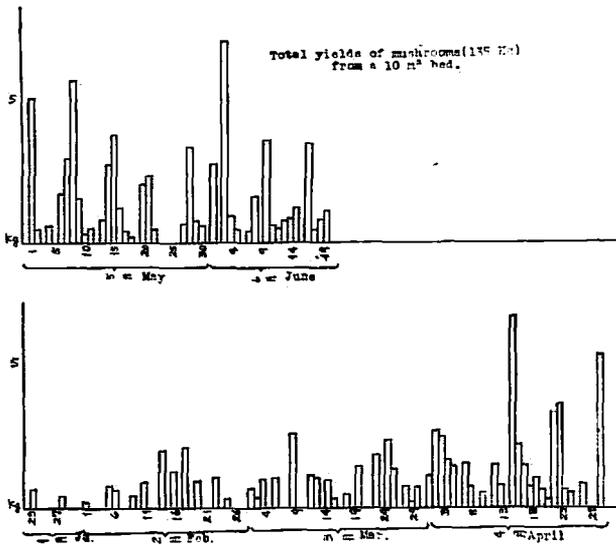
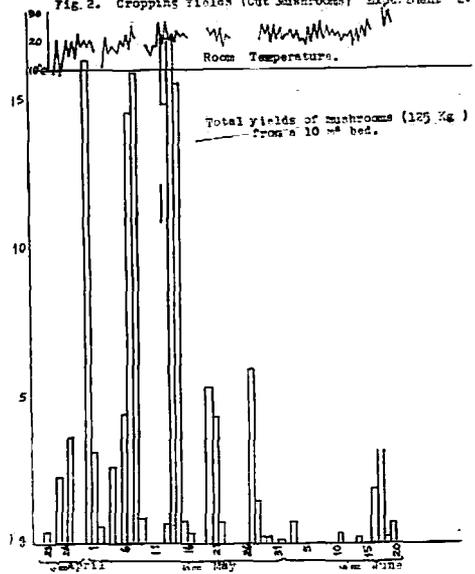


Fig. 2. Cropping Yields (Cut Mushrooms) Experiment 2.



収穫終了日 1963年 6月20日

全収穫量 (菌柄部を除く) 125kg/10m²

覆土から初収穫までに39日の比較的長期間を要したが自記温度計が示した如く適温より低かったためと思われる。低温のビニールハウスの栽培としては止むを得なかった。5月に入るや栽培室温度が上昇したのでその後は短期間に大部分を収穫した。

両方法とも原料稲藁に対するマッシュルーム収穫率は比較的高い。

2. マッシュルームコンポスの成分変化

マッシュルームコンポスの原料とする稲藁は本邦には多種多様ある。これが購入の際には混合している場合も多い。コンポスト製造には厳密にいてそれぞれ単一な原料藁の成分を確め、肥料配合を工夫するのが理想的である。

この実験では、当研究所近郊の農家から入手の稲藁の分析を行なった。さらにこれらを原料としたコンポスト、マッシュルーム菌糸の繁殖した結果、さらにはマッシュルーム子実体収穫後のコンポスの成分等を検した。

実験材料

稲藁 農家別に入手の6品、品種名は購入時の農家で名称に従う。外見は良好。

FTE Table 2 の材料に使用のFTEの組成は次の通り (Table 3)

Table 3

	Ag	Al	As	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Si	Sn	Sr	Ti	zn
FTE	-	+	Tr	-	Tr	+	+	+	+	+	+	+	Tr	+	Tr	Tr	+	+

コンポスト コンポストは次の両方法で調製した。

1. Table 1 の材料組合せによるもの

2. Table 2 によるもの

菌糸成育試料 コンポスト (550g) をガラスビン (0.8l) に詰め120°C 80分殺菌冷却後無菌的に接種, 22~23°C に静置培養したもの。

収穫後のコンポスト 収穫表 Fig. 1, Fig. 2 の他1種の収穫終了の菌床のコンポスト

実験方法

水分 赤外線水分測定法による。

還元糖 試料を15倍量の2% HCl を用いて沸騰している湯浴上に3時間加熱し糖液を調製し, 除蛋白の後, ベルトラン法により測定した。

Table 4 Chemical Composition of Rice Straw Composts

No.	Stage of Substrate		Moisture Content	Dry Matter	Crude Ash	Total Sugar	Total N	Crude Fiber
158	Rice straw	(Norin)	15.50%	84.50%	16.41%	20.14%	0.62%	36.12%
165	"	" (Senbonasahi)	11.65	88.35	13.59	23.80	0.57	32.51
166	"	" (Kinnanmai)	10.90	89.10	17.85	20.18	0.73	35.39
171	"	" (unknown)	11.50	88.50	20.98	24.29	0.66	34.69
176	"	" (Ginwase)	12.40	87.60	18.02	26.68	0.79	34.15
185	"	" (Senbon)	10.50	89.50	16.61	25.84	0.69	35.04
: 172	At filling	(Kinnanmai) 1	66.90	33.10	29.88	9.89	1.71	27.10
: 173	"	" (Senbonasahi)	58.00	42.00	28.68	11.67	1.87	27.17
: 177	"	" (Kinnanmai) 2	52.20	47.80	30.20	12.10	1.93	27.40
: 183	"	" (Senbon)	57.60	42.40	27.33	14.74	1.94	31.70
: 182	"	" (Ginwase)	60.70	39.30	27.34	13.78	1.93	28.25
: 154	At spawning	(Straw unknown)	58.60	41.40	35.89	12.68	1.97	20.34
: 167	"	" (")	54.00	46.00	35.53	12.23	2.05	22.19
: 174	"	" (Kinnanmai) 1	61.00	39.00	36.70	9.74	1.97	18.32
: 175	"	" (Senbonasahi)	56.60	43.40	35.21	11.29	1.98	17.73
: 181	"	" (Kinnanmai) 2	52.05	47.95	36.02	12.34	2.10	18.83
: 186	"	" (Ginwase)	52.00	48.00	31.40	9.72	2.25	20.57
: 187	"	" (Senbon)	46.50	53.50	30.35	12.15	2.01	21.86
• : 168	At full growth		61.80	38.20	43.05	12.83	1.95	18.19
• : 144	140 days after full growth		66.45	33.55	43.10	10.40	2.57	16.83
• : 178	200 days after full growth 1.		60.00	40.00	44.53	7.00	2.81	12.69
• : 179	" " " 2.		67.15	32.85	51.36	6.54	2.84	6.89
• × 140	End of cropping (Fig. 2)		64.20	35.80	48.70	10.52	2.21	8.83
• × 150	" " " (" 1)		59.50	40.50	59.63	9.63	1.96	5.95
• × 152	" " "		59.75	40.25	50.99	10.43	2.40	6.13

Note :

• Composts made using Table 1. formula.

: " " " " Table 2. "

• Composts sterilized for 80 minutes at 120°C.

× Total yields (cut mushroom) No. 140 : 125kg/10m²
 No. 150 : 135kg/10m²
 No. 152 : 104kg/10m²

窒素 ケルダール法による。

粗繊維 試料約3~5gを0.255N硫酸200ccを用いて30分煮沸後濾過洗滌し、不溶解物をさらに0.313N カセイソーダ200ccを用いて30分煮沸し濾過洗滌後の残留物中の有機物量で表わした。

Table 5 Chemical Composition of Carbohydrates (Rice Straw Compost)

No.	Stage of Substrate	Total Reducing Sugar %	Treatment			
			Hot Water		Cold Water (pH 2.0)	
			Direct Reducing Sugar %	Hydrolysis %	Direct Reducing Sugar %	Hydrolysis %
154	At spawning	12.68			Tr	1.69
144	140 days full growth	10.40	Tr	2.38	0.32	1.49
140	End cropping	10.52	0.7 Cold Water 1.68	1.30 2.79	0.37	0.98
150	" "	9.63			0	0
152	" "	10.43			0	0.81
180	Rice straw (Ginwase)	27.97	3.64	4.42		

Note: (1) hydrolyzed with 2% HCl solution
(2) extracted by hot water or cold water
(3) extracted by cold water (pH 2.0)

結果

分析の結果は Table 4, Table 5 で表わした。稲葉は堆積すると構成成分として保有していた有機物の糖と粗繊維を著量に失い、灰分を増加していた。窒素含量は肥料として添加されたので増加していた。熟成コンポスト中に生成する糖は水に不溶解の多糖類が主体で水溶性の単糖類は Table 5 の結果から痕跡に過ぎなかった。原料稲葉中には水溶性糖が相当含まれていたが、これは堆積が進むと変化して消え去っている。

コンポストはマッシュルーム菌糸が内部に侵入すると糖と粗繊維を除々に消費し減少している。しかし子実体の発生しないコンポスト中では菌糸が外見上は完全に蔓延した後においても粗繊維の減少は僅かである。その後は極めて徐々に減少し続ける。

No. 178, 179 の菌糸繁殖後 200 日貯蔵の菌糸は発芽力があつた。

収穫の終わったコンポストの粗繊維含量は著るしく少ないのが目立っている。

コンポストの灰分中の成分、コンポスト灰分中の金属元素につき、スペクトル分析によって検出した結果は、Table 6 の通りであつた。マッシュルーム収穫後にも不足成分は見当らなかつた。

Table 6 Metallic Composition of Ash

Stage of Compost.	Ag	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Si	Ti	Zn
Original compost sterilized	Tr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	Tr	Tr
Full-grown	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	Tr	Tr
After cropping (1)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	Tr	Tr
" (2)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	Tr	Tr
" (3)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	Tr	Tr

Table 7 Chemical Composition of Mushrooms on Growing-house bed

No.	Picking	Size and part	Moisure	Dry Matter	Crude Ash	Carbo- hydrates	Crude Protein
70 71	May 9 " "	Normal pileus " stipe	91.07% 88.01	8.93% 11.99	8.87% 5.90	14.40% 24.48	
93 94	" 28 " "	Flat pileus " stipe	93.27 88.35	6.73 11.65	11.32 7.89	12.98 18.07	
95 96	" " " "	Open pileus " stipe	92.57 88.36	7.53 11.64	9.53 6.08	11.42 14.13	
97 98	" " " "	Large pileus " stipe	92.81 91.94	7.91 8.06	11.07 8.64	9.03 19.81	
115 116	June 7 " "	Medium pileus " stipe	91.18 91.00	8.81 9.00	8.41 9.12	14.17 21.30	49.46 47.27
117 118	" 8 " "	Normal pileus " stipe	91.67 90.04	8.33 9.96	8.77 7.03	15.06 27.42	46.90 43.12
122 123	" 10 " "	Open pileus " stipe	92.44 90.01	7.56 9.99	9.50 6.92	15.76 18.44	41.39 35.34
125 126	" " " "	Flat pileus Large pileus	92.42 92.40	7.58 7.60	10.14 8.59	18.42 19.38	42.00 42.98

veil intact { medium.....15~20mm
normal20~35
large35~45

veil broken { flat60~80mm
open.....45~60

Table 8 Chemical Composition of mushrooms on vinyl house bed.

No.	Picking	Size and Part of Mushrooms	Moisture	Dry Matter	Crude Ash	Carbo- hydrates	Crude Protein
62 66	May 4 " 6	Normal fruit " "	88.20% 87.62	11.80% 12.38	%	19.92% 20.80	
75 79	" 10 " 13	Pinhead Normal fruit	85.84 89.59	14.16 10.41	7.95 8.43	20.45 18.43	
80 88	" 14 " 22	" " " "	90.75 88.96	9.25 11.04	7.45 7.94	15.05 14.72	
90 92	" 23 " 27	Pinhead Normal fruit	87.25 89.52	12.75 10.48	7.72 8.60	19.55 14.76	
101 102	" 29 " "	" pileus " stipe	89.20 86.54	10.80 13.46	8.86 7.09	15.24 17.48	
107 108	June 3 " "	" pileus " stipe	90.43 86.35	9.57 13.65	8.32 7.15	9.38 20.63	
109 110	" 5 " "	Open pileus " stipe	87.43 84.34	12.57 15.66	6.42 6.09	19.87 29.57	50.27 43.04
111 112	" " " "	Normal pileus " stipe	87.29 84.98	12.71 16.02	7.39	12.20 24.92	54.97 42.11
113 114	" " " "	" Pileus " stipe	89.09 85.21	10.91 14.89	8.79 6.34	14.42 28.42	55.57 47.66
127 128	" 18 " "	" pileus " stipe	89.82 86.19	10.18 13.81	9.12 5.80	14.49 17.23	55.18 43.96

3. 子実体の成分

マッシュルームは生産地が変わると風味も異なっているのに気がつく。品種、培地組成、覆土の種類、覆土の含水量、培養室の湿度、採取後の時間経過等に関連しているようである。これらに影響されてマッシュルームの成分にも変動が起っていると考えられたので種々の状況下のベッドから採取した子実体で分析した。

実験材料

供試品には当所の栽培室に設けた栽培床(1)(2)およびその他のベッドより採取の子実体を用いた。子実体は形態の大小により5~200個宛とした。また他に2種の市販品を試験に供した。

栽培床(1)はFig. 1の成績を示したもの、(2)はFig. 2に相当する。Table 7, Table 8はそれぞれ同一菌床に発生し発生月日の異なる子実体の分析値である。Table 7の子実体は栽培床(1)に発生のもの、Table 8は(2)に相当する。

その他の試験菌床に発生の子実体はTable 9に表わした。

子実体は採取後直ちに附着の土砂と石付部を除去し水洗することなく、細断して全形の試料とし

Table 9 Chemical Composition of Fruit Bodies on miscellaneous Beds

No.	Picking	Bed, Size, Part	Moisture	Dry Matter	Crude Ash	Carbo hydrates	Crude Protein
61	May 2	No. 303 N. fruit	90.88%	9.12%	%	13.71%	
64	" 6	" " " "	92.85	7.15		13.29	
65	" "	" 317 " "	88.23	11.77		11.05	
68	" 8	" 321 " "	89.23	10.77	8.66	7.01	
69	" "	" 317 pinhead	88.27	11.73	9.62	18.56	
73	" 10	" 321 N. fruit	89.39	10.61	9.00	4.95	
77	" 11	" 317 " "	90.50	9.50	8.35	11.05	
78	" 13	" 319 " "	91.09	8.91	8.67	12.36	
81	" 14	" 304 " "	92.80	7.20	10.12	6.42	
82	" 18	" 317 " "	90.33	9.67	9.07	10.57	
83	" "	" 317 " pileus	91.69	8.31	8.98	10.84	
84	" "	" " " stipe	88.41	11.59	7.87	11.70	
85	" 21	" 303 " fruit	91.90	8.10	10.04	9.88	
86	" "	" " " "	91.18	8.82	10.12	7.39	
76	" 10	Brown " "	89.43	10.57	9.00	9.20	
89	" 23	" " "	91.11	8.89	9.61	9.27	
103	" 31	" flat pileus	88.44	11.56	8.16	19.18	
104	" "	" " stipe	84.89	15.11	6.41	21.19	
105	" "	" N. pileus	91.20	8.80	9.54	8.52	
106	" "	" " stipe	90.90	9.10	8.68	10.71	
119	June 8	" Open pileus	90.78	9.22	9.37	10.16	59.29
120	" "	" " stipe	85.90	14.10	5.80	19.17	43.46
160	July 25	Commercial Mushroom White	90.18	9.82	10.19	17.08	38.30
161	" "	" " Brown	80.01	9.99	10.43	21.25	53.06

Note : Size N.=Normal fruit

また菌傘と菌柄とをそれぞれ分析の場合には菌傘と菌柄はその接合点にて分けてそれぞれを細断して必要量を分取した。

分析方法

水分 赤外線水分測定法

還元糖 子実体の試料を8倍量の2%塩酸液を用いて煮沸している湯浴上に3時間加熱後、除蛋白しベルトラン法で測定した。

蛋白質 ケルダール法

結果

マッシュルーム子実体の組成分は Table 7, Table 8, Table 9 に示したように含有量が多種多様であった。

水分はビニールハウスのように乾燥しやすい場所のベッドに発生した子実体には少なかった。

子実体の主成分は蛋白質である。同一子実体では頭部が柄部より蛋白質が多いが糖分は柄部に多い。収穫の初期の子実体は糖分は少ない。子実体の糖の含量は pinhead-button-normalsize と成長するに従い減少する。子実体には還元性の単糖は含まれていない。子実体の灰分は頭部に多く柄部に少ない。スペクトル分析によって各部の灰分中の成分をビニール舎に発生したものについて検したところ次の如くである。

Table 10 Composition of Ash

	Ag	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Si	Ti	Zn
Pileus	+	+	++	++	+	###	##	Tr	Tr	##	+	+	-	Tr
Stipe	+	+	##	++	+	##	##	Tr	Tr	##	+	+	-	Tr

柄部のCaは頭部に比して多くKは少ない。柄部の成分は菌糸の成分に近い。

結果の考察

マッシュルーム栽培に Table 1 の稲藁コンポストを使用して良好な収量が得られる。

殺菌コンポストを使用する試験を並行したが、殺菌コンポストは開放状態では雑カビに侵かされやすく菌糸の培養は不可能であった。よって培養ビン中で無菌的に菌糸を培養し、繁殖後収穫室に移し、ベッドを造った場合の収量は大体満足すべきものであった。この方法の子実体には菌柄部が少ない傾向がみられたが、通常法に比して変異が起っているとは認め難かった。

稲藁コンポストの成分中粗繊維は菌糸の繁殖するにつれ減少し、子実体の収穫後には極めて少量を残すに過ぎなかった。固体の構造のコンポストではマッシュルーム菌糸は主としてその中の糖を養分として表面に広く成長する。繁殖旺盛な時代の菌糸は比較的低分子の栄養を吸収して広範囲に根を下すが、菌糸が老成すると菌糸束となり培地の条件の変化するに乗じて子実体の形成のための物質に必要な酵素の生成を行ない、菌糸の先端からこれを分泌する。繊維の消化作用はこの時期に著しい。菌糸は微細な状態で極力広く繁殖していることが好ましい。老化した菌糸は養分の導管に変わる。栽培の後期に子実体の発生が少なくなる原因の一つは繊維の消耗によるものと解せられる。

栽培では接種時におけるコンポスト中の炭水化物の均衡状態が収穫量を左右するようである。
子実体の成分は変動しやすいのが目立っている。分析値を表示する際には少なくとも品種名、生
産地等を附記すべきである。

本研究は篠木豊秋、前奥義雄両氏の協力を得て行なった。厚く謝意を表す。

文 献

- (1) 高橋善次郎 東洋缶詰専修学校 研究報告書 第1号, 81 (1950)
- (2) G. Bohus : Mushroom Science IV, 86 (1959)