

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

原田 陽 宜寿次 盛生 米山 彰造
伊藤 清*¹ 富樫 巖*² 中谷 誠*³

Effects of Moisture and Rice Bran Contents in the Cultivation Substrate on the Fruit body Formation of *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus*

Akira HARADA Seiki GISUSI Shozo YONEYAMA
Kiyoshi ITO Iwao TOGASHI Makoto NAKAYA

Effects of moisture and rice bran contents on fruit body production of *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* on sawdust, bagasse and beet pulp-based substrates were investigated. On the sawdust-based and bagasse-based substrates having low nitrogen contents, the days required for fruiting initiation and the yield of fruit bodies were largely affected by the rice bran contents in the substrates, while only a limited effect was observed on the moisture contents. On the other hand, the beet pulp-based substrates, having high nitrogen contents, gave higher yields of fruit bodies than those in the sawdust-based or bagasse-based media, but the days required for fruiting initiation were apparently affected by the moisture contents. These results suggested that the differences in basal components of the substrates may have a greater effect on the fruit body production than the differences in moisture contents in the cultivation of this mushroom. Fruit body production can be controlled by adjusting the optimal moisture and rice bran contents in the substrates.

key words : *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus*, fruit body formation, moisture content, rice bran, cultivation
タモギタケ, 子実体形成, 水分, 米ぬか, 栽培

おが粉, バガスおよびビートパルプを培地基材としてタモギタケの栽培を行い, 米ぬかの添加率および培地水分が子実体形成にどの様に影響を及ぼすかを調べた。窒素含量が少ないおが粉培地やバガス培地における子実体原基形成に要する日数および子実体の収量は, 培地水分よりも米ぬかの添加率に大きく影響された。一方, 窒素含量の多いビートパルプ培地は子実体収量が高く, 子実体原基形成に要する日数は, おが粉培地やバガス培地とは異なり, 培地水分の影響が大であった。これらの結果から, タモギタケの子実体形成は高い窒素含量を要求するが培地基材の影響が著しいこと, 米ぬかの添加率あるいは培地水分によって子実体原基形成を含めた子実体形成をコントロールできる可能性が示唆された。

1. はじめに

タモギタケは、北海道を中心とした地域で年間約300tが菌床栽培により生産されている¹⁾。タモギタケの栽培において同属のヒラタケ栽培と大きく異なる点として、菌掻き等の子実体発生操作を必要としないこと、さらに子実体原基が形成可能な温度範囲は17~28℃と広く²⁾、通常の培養温度と重複していることが挙げられる。このことが結果として実栽培レベルで、培養ビン内で菌糸が完全に蔓延する前に子実体原基の形成が高頻度で生じ、キャップで原基が押しつぶされるため子実体収量の不安定要素になっている。それゆえ、タモギタケの栽培において、種菌の接種後、子実体原基が形成されるまでの日数のコントロールが可能になるならば、実生産における意義は大きいものと考えられる。

ところで、液体培地あるいは合成培地を用いた栄養生理学的研究により、CN比や窒素源濃度が担子菌の子実体形成に影響を及ぼすことが明らかにされている³⁻⁶⁾。また、栽培レベルにおいては培地基材の種類、培地添加物の種類および添加率、水分等が、子実体形成に影響を及ぼすことが報告されている⁷⁻¹¹⁾。一方、原田ら⁷⁾や中谷ら⁸⁾は、タモギタケの栽培レベルの研究を通して、培地基材の種類、培地添加物の種類、用いる菌株により、子実体原基形成日数および子実体収量が影響を受けることを報告している。

そこで、本研究では実生産における生産性の向上、安定化を目的として、培地基材にカンバおが粉、砂糖製造の副産物であるバガスやビートパルプを用い、水分や栄養源としての米ぬかの添加率を変化させてタモギタケ栽培を行い、子実体収量および子実体原基形成日数を含めた子実体形成に及ぼす影響を検討した。

なお、本研究の一部は、日本応用きのこ学会誌7巻1号(1999年)に掲載されている。

2. 実験

2.1 培地材料の元素分析

供試したウダイカンバ(*Betula maximowicziana*)おが粉、バガス、ビートパルプおよび米ぬかの200~400メッシュ粉碎試料を恒量化した後、CHNコーダー(柳本製作所MT-3型)を用いて炭素および窒

素含量を測定し、各試験区のCN比を算出した。

2.2 供試菌株

供試菌株は、林産試験場でSMYP(可溶性デンプン2.0%、麦芽エキス1.0%、酵母エキス0.1%、ポリペプトン0.1%)寒天培地を用いて、継代培養法により保存を行っているタモギタケ(エルムマッシュ北菌2号)を用いた。

なお、栽培試験にはウダイカンバおが粉とフスマを絶乾重量比3:1で混合したものに水道水を加え水分60%の培地を調製し、高圧殺菌後に上記菌糸体を接種、培養したものを、おが粉種菌として供試した。

2.3 栽培培地の調製

栽培培地の組成は、ウダイカンバおが粉、バガスあるいはビートパルプに所定量の米ぬかおよび水道水を加えておが粉培地では12試験区(第1表)、バガス培地で9試験区(第2表)、またビートパルプ培地では9試験区(第3表)を設定した。

これらの培地を、ガス交換フィルター付きの透明培養袋(ポリプロピレン製)にそれぞれ500g^{じゅうてん}充填し(縦80×横120×高さ60~80mm)、接種孔(直径15×深さ60~80mm)を2か所設け、高圧殺菌(120℃、30分)を行った。なお、本研究では原基形成の確認がしやすく、形成した原基がつぶれることを防ぐため袋により栽培を行った。各試験区における供試培養袋数は5とした。

2.4 栽培方法

調製後、各培養袋に約20gの種菌を接種した後、子実体原基の形成が確認されるまで温度22±1℃、相対湿度70±5%、暗黒下の条件で培養を行うとともに、原基形成日数を求めた。

子実体原基の形成が認められた培養袋については逐次、菌床の上面および側面を露出させ、温度16±1℃、相対湿度85±5%、照度350lx(12時間/日)の環境下で子実体の生育を行った。なお、子実体の総発生数の50%以上の菌傘が25mm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た。

第1表 おが粉培地における炭素・窒素含量

Table 1. Carbon and nitrogen contents of sawdust-based substrates.

試験区 Test number	培地水分 Moisture contents of substrates %	米ぬか添加率 ^{a)} Rice bran contents of substrates %	おが粉添加率 ^{a)} Sawdust contents of substrates %	炭素 含量 ^{b)} C %	窒素 含量 ^{b)} N %	CN 比 ^{c)} C/N
-	0	0	100	42.34	0.19	222.8
-	0	100	0	42.36	2.46	17.2
1	55	5	40	19.04	0.21	92.9
2	55	10	35	19.05	0.32	59.5
3	55	15	30	19.05	0.44	43.8
4	60	5	35	16.93	0.20	86.8
5	60	10	30	16.93	0.31	54.6
6	60	15	25	16.94	0.43	39.8
7	65	5	30	14.81	0.19	80.1
8	65	10	25	14.82	0.30	49.4
9	65	15	20	14.82	0.42	35.7
10	70	5	25	12.70	0.18	72.5
11	70	10	20	12.70	0.29	43.8
12	70	15	15	12.71	0.41	31.4

注：a)：絶乾重量換算，b)：培地に対する割合（試験区1-12）。それぞれの培地材料は，絶乾サンプルに対する割合，c)：炭素含量 / 窒素含量

Note：a)：Dry material weight.；b)：Based on wet substrate (test number 1-12). Each component is based on dry material.；c)：C% / N%.

第2表 バガス培地における炭素・窒素含量

Table 2. Carbon and nitrogen contents of bagasse-based substrates.

試験区 Test number	培地水分 Moisture contents of substrates %	米ぬか添加率 ^{a)} Rice bran contents of substrates %	バガス添加率 ^{a)} Bagasse contents of substrates %	炭素 含量 ^{b)} C %	窒素 含量 ^{b)} N %	CN 比 ^{c)} C/N
-	0	0	100	44.45	0.52	85.5
-	0	100	0	44.36	2.46	17.2
13	65	5	30	16.97	0.19	89.3
14	65	10	25	16.62	0.30	55.4
15	65	15	20	16.26	0.42	39.2
16	70	5	25	14.50	0.18	80.6
17	70	10	20	14.14	0.29	48.8
18	70	15	15	13.79	0.41	33.6
19	75	5	20	12.02	0.17	70.7
20	75	10	15	11.67	0.28	41.7
21	75	15	10	11.31	0.40	28.3

注：a)：絶乾重量換算，b)：培地に対する割合（試験区13-21）。それぞれの培地材料は，絶乾サンプルに対する割合，c)：炭素含量 / 窒素含量

Note：a)：Dry material weight.；b)：Based on wet substrate (test number 13-21). Each component is based on dry material.；c)：C% / N%.

3. 結果

3.1 培地材料の元素分析

供試した培地材料の元素分析結果，炭素，窒素含量およびこれらの値から算出した各試験区におけるCN比について，おが粉培地の結果を第1表に，バガス培地の結果を第2表に，またビートパルプ培地の

結果を第3表にあわせて示した。各試験区培地材料を比較すると，バガスはおが粉の約3倍の窒素を含み，炭素含量は同程度であった。ビートパルプはおが粉の約8倍の窒素を含み，炭素は約半分の含量であった。また，米ぬかはおが粉とほぼ等しい炭素を含み，窒素は約12倍の含量であった。

供試した各試験区の炭素含量，窒素含量およびCN比を比較すると，おが粉培地では12.7～19.1% C，0.18～0.44% Nであり，これらを用いて算出したCN比は約30～90の範囲であった。また，バガス培地では11.3～17.0% C，0.17～0.42% Nであり，これらを用いて算出したCN比は約30～90の範囲であった。一方，ビートパルプ培地では6.9～11.1% C，0.45～0.70% Nであり，各試験区におけるCN比は約15～16でほぼ等しい値を示した。

3.2 おが粉培地を用いた栽培試験

カンバおが粉培地を用いたタモギタケ栽培試験の結果を第4表に，子実体の発生状態の一例を第1図に示した。各試験区における栽培結果を比較すると，水分が同一の培地における子実体原基の形成日数は，米ぬか添

加率の増加にともない短くなる傾向を示した。一方，米ぬかの添加率が同一の培地における原基形成日数は，各試験区水分においてほぼ等しい日数を示した。

種菌接種後子実体の収穫までの日数，すなわち総栽培日数を各試験区間で比較すると，原基形成日数と同様の傾向を示した。同様に，子実体収量に及ぼ

第3表 ビートパルプ培地における炭素・窒素含量

Table 3. Carbon and nitrogen contents of beetpulp-based substrates.

試験区 Test number	培地水分 Moisture contents of substrates %	米ぬか添加率 ^{a)} Rice bran contents of substrates %	ビートパルプ添加率 ^{a)} Beetpulp contents of substrates %	炭素 含量 ^{b)} C %	窒素 含量 ^{b)} N %	CN 比 ^{c)} C/N
	0	0	100	23.84	1.56	15.3
	0	100	0	42.36	2.46	17.2
22	65	5	30	9.26	0.61	15.3
23	65	10	25	10.19	0.65	15.7
24	65	15	20	11.12	0.70	16.0
25	70	5	25	8.07	0.53	15.4
26	70	10	20	9.00	0.57	15.8
27	70	15	15	9.93	0.62	16.1
28	75	5	20	6.88	0.45	15.5
29	75	10	15	7.81	0.49	15.9
30	75	15	10	8.74	0.54	16.3

注：a)：絶対重量換算，b)：培地に対する割合（試験区22-30）。それぞれの培地材料は，絶対サンプルに対する割合，c)：炭素含量 / 窒素含量

Note : a) : Dry material weight. ; b) : Based on wet substrate (test number 22-30). Each component is based on dry material. ; c) : C% / N%.

第4表 おが粉培地における栽培試験

Table 4. Cultivation tests on the sawdust-based substrate.

試験区 ^{a)} Test number	子実体原基形成日数 Days required for primordium formation	総栽培日数 Days to crop harvest	平均子実体収量 Yields of fruit bodies g/bag
1	15.0 ± 0.0 ^{b)}	22.0 ± 0.0	28.5 ± 6.5
2	13.0 ± 0.0	19.6 ± 0.6	66.3 ± 2.7
3	12.0 ± 0.0	18.0 ± 0.0	79.5 ± 3.6
4	14.2 ± 0.5	21.6 ± 0.6	52.6 ± 12.4
5	13.0 ± 0.0	19.8 ± 0.5	70.0 ± 7.2
6	12.4 ± 0.9	18.6 ± 0.6	75.1 ± 11.2
7	15.2 ± 0.8	21.8 ± 0.5	41.9 ± 19.2
8	12.2 ± 0.5	18.2 ± 0.5	85.1 ± 5.2
9	12.0 ± 0.0	18.8 ± 0.5	85.3 ± 4.7
10	14.2 ± 0.5	21.2 ± 0.5	52.7 ± 17.0
11	11.4 ± 0.6	18.0 ± 0.0	54.4 ± 13.8
12	11.4 ± 0.6	18.0 ± 0.0	85.9 ± 11.2

注：a)：第1表参照，b)：供試数5の平均値 ± 標準偏差

Note : a) : Reference to Table 1. ; b) : Mean ± s.d. (standard deviation) of 5 replicates.

す米ぬか添加率の影響について各試験区を比較すると、水分が同一の培地間では米ぬか添加率の増加にともない収量も増加する、すなわち培地の窒素含量に大きく依存する傾向を示した。特に、この傾向は水分の低い55%の場合に顕著に現れた。また、水分の収量に及ぼす影響は、米ぬか添加率が低い培地では水分の増加にともない収量も増加する傾向を示した。

次に、子実体原基形成日数について水分と米ぬか

添加率を変数とした重回帰分析を行った結果、相関係数は0.85で高い相関が認められた（第5表）。

3.3 バガスを用いた栽培試験

バガス培地を用いたタモギタケ栽培における子実体の発生状態の一例を第2図に、また栽培試験の結果を第6表に示した。各試験区における栽培結果を比較すると、水分が同一の培地における子実体原基の形成日数は、米ぬか添加率の増加にともない短くなる傾向を示した。一方、米ぬか添加率が同一の培地における原基形成日数は、水分が65%の場合に明らかに高水分の場合より長くなったが、70%と75%ではほぼ等しい日数を示した。

総栽培日数を各試験区間で比較すると、原基形成日数と同様の傾向を示した。同様に、子実体収量に及ぼす米ぬか添加率の影響について各試験区を比較すると、水分が同一の試験区間では米ぬか添加率が5%から10%と高くなるのにもない収量も増加した。米ぬか添加率15%の場合は、10%と同程度あるいは減少する結果となった。また、水分の収量に及ぼす影響は、米ぬかの添加率が低い5%の培地では水分の増加にともない収量も増加する傾向を示した。



第1図 おが粉培地におけるタモギタケ子実体
注：上：水分70%，米ぬか添加率5%，下：水分70%，米ぬか添加率10%

Fig. 1. Fruit bodies of *P. cornucopiae* on the sawdust-based substrates.

Note : upper : 70% moisture content and 5% rice bran content;
lower : 70% moisture content and 10% rice bran content.



第2図 バガス培地におけるタモギタケ子実体
注：上：水分70%，米ぬか添加率5%，下：水分70%，米ぬか添加率15%

Fig. 2. Fruit bodies of *P. cornucopiae* on the bagasse-based substrates.

Note : upper : 70% moisture content and 5% rice bran content;
lower : 70% moisture content and 15% rice bran content.

第5表 子実体原基形成日数の培地水分と米ぬか添加率に対する関係

Table 5. Relation of the days required for primordium formation against the moisture and the rice bran contents of the cultivation substrates.

培地 Substrate	子実体原基形成日数 に関する重回帰式 Regression expression about days required for primordium formation	r ^{b)}
おが粉 Sawdust	$y=0.06x_1-0.27x_2+19.53^a)$	0.85
バガス Bagasse	$y=0.35x_1-0.78x_2+48.89$	0.93
ビートパルプ Beet pulp	$y=0.43x_1-0.15x_2+43.62$	0.93

注：a) : x_1 : 培地水分(%), x_2 : 米ぬか添加率(%), b) : 相関係数
Note : a) : x_1 : moisture contents(%), x_2 : rice bran contents(%). ;
b) : Multiple correlation coefficient.

次に おが粉培地と同様に子実体原基形成日数に

ついて重回帰分析を行った結果,相関係数は0.93で高い相関が認められた(第5表)。

3.4 ビートパルプを用いた栽培試験

ビートパルプ培地を用いたタモギタケ栽培における子実体の発生状態の一例を第3図に,また栽培試験の結果を第7表に示した。各試験区における栽培結果を比較すると,水分が同一の培地における子実体原基の形成日数は,水分が65および70%の試験区においては,米ぬかの添加率が5%と10%の間で短くなる傾向を示したが,水分が75%の培地では,ほぼ等しい日数を示した。一方,米ぬかの添加率が同一の培地における原基形成日数は,おが粉培地の場合とは異なり,水分の増加にともない短くなる傾向を示し

た。また、各試験区における総栽培日数は、原基形成日数と同様の傾向を示した。同様に、子実体収量について各試験区を比較すると、米ぬか添加率および水分はおが粉培地ほど大きな影響を示さなかった。

次に、おが粉培地と同様に子実体原基形成日数について重回帰分析を行った結果、相関係数は0.93であり、高い相関が認められた(第5表)。

4. 考 察

キノコ栽培における培地の窒素源濃度および炭素源濃度は、栄養生長および生殖生長に大きく影響を及ぼし、両者の比であるCN比はそれぞれ種により異なるが、一般には20~40が最適とされている^{3,6)}。本研究で用いたおが粉培地やバガス培地のCN比は、それぞれ31.4~92.9, 28.3~89.3と広範囲に及び、米ぬかを15%添加した試験区では、CN比がそれぞれ31.4~43.8, 28.3~39.2とほぼ生殖生長に適した値であった。また、ビートパルプ培地の各試験区のCN比は15.3~16.3であり生殖生長に適したCN比より低い値であった。

しかし、CN比が最適範囲外である米ぬかを10%添加したおが粉培地とバガス培地、およびすべてのビートパルプ培地においても子実体原基形成が早くかつ高い子実体収量が得られた。特に、おが粉培地における原基形成日数および子実体収量は水分より米ぬか添加率、すなわち窒素含量に依存した。さらに、これらの培地における窒素含量は0.3~0.4%以上であることから、タモギタケは子実体原基形成を含めた生殖生長過程において栄養生理学的要因として、一定の窒素源濃度を要求するものと推察される。

次に、培地基材の影響について比較すると、中谷ら¹²⁾はヒラタケ等の栽培期間の短いキノコの生殖生長が培地基材の影響を受ける可能性を報告している。本研究において、窒素含量がほぼ等しいビートパルプ培地、バガス培地およびおが粉培地での、原基形成日数、子実体収量等に差が生じたことから、タモギタケの生殖生長に培地基材が影響を及ぼす可能性が示唆された。

一方、水分等の物理性については、シイタケの菌床栽培において、大賀ら¹⁰⁾は菌床の水ポテンシャル

第6表 バガス培地における栽培試験

Table 6. Cultivation tests on the bagasse-based substrate.

試験区 ^{a)} Test number	子実体原基形成日数 Days required for primordium formation	総栽培日数 Days to crop harvest	子実体収量 Yields of fruit bodies g/bag
13	23.2 ± 1.1 ^{b)}	31.2 ± 1.8	23.4 ± 8.2
14	17.2 ± 1.1	24.8 ± 0.8	94.0 ± 11.7
15	15.2 ± 0.8	22.0 ± 0.7	83.6 ± 11.8
16	20.6 ± 1.1	30.2 ± 3.3	27.2 ± 14.0
17	14.6 ± 0.9	21.4 ± 0.9	96.7 ± 3.5
18	11.4 ± 0.9	17.8 ± 0.5	81.7 ± 7.4
19	18.6 ± 0.6	26.4 ± 0.6	38.5 ± 19.9
20	14.0 ± 0.0	21.0 ± 0.7	76.0 ± 9.4
21	12.4 ± 0.6	19.2 ± 0.5	72.4 ± 4.4

注：a)：第2表参照，b)：供試数5の平均値±標準偏差

Note：a)：Reference to Table 2.; b)：Mean ± s.d. (standard deviation) of 5 replicates.



第3図 ビートパルプ培地におけるタモギタケ子実体
注：上：水分70%、米ぬか添加率5%、下：水分70%、米ぬか添加率15%

Fig. 3. Fruit bodies of *P. cornucopiae* on the beet pulp-based substrates.

Note：upper：70% moisture content and 5% rice bran content; lower：70% moisture content and 15% rice bran content.

の上昇が、同様に中谷¹¹⁾は培地の初発水分を高めることが子実体の1次発生を促進するとしている。また、瀧澤²⁾はタモギタケの栽培においては培地の通

第7表 ビートパルプ培地における栽培試験

Table 7. Cultivation tests on the beet pulp-based substrate.

試験区 ^{a)}	子実体原基形成日数	総栽培日数	平均子実体収量
Test number	Days required for primordium formation	Days to crop harvest	Yields of fruit bodies g/bag
22	15.8 ± 0.8 ^{b)}	22.8 ± 0.8	87.8 ± 12.6
23	14.0 ± 0.0	21.6 ± 0.6	100.5 ± 18.9
24	14.0 ± 1.2	21.4 ± 0.9	116.6 ± 12.6
25	13.0 ± 0.0	19.6 ± 0.6	115.8 ± 14.9
26	11.0 ± 0.0	17.4 ± 0.6	111.5 ± 27.8
27	11.2 ± 0.5	17.8 ± 0.5	96.6 ± 9.5
28	11.0 ± 0.0	17.0 ± 0.0	99.3 ± 8.1
29	10.0 ± 0.0	16.6 ± 0.6	119.5 ± 23.8
30	10.0 ± 0.0	16.6 ± 0.6	88.9 ± 16.3

注：a)：第3表参照，b)：供試数5の平均値 ± 標準偏差

Note : a) : Reference to Table 3. ; b) : Mean ± s.d. (standard deviation) of 5 replicates.

気性が悪い場合に培養途中で子実体が発生するとしている。本研究において窒素含量が高く、CN比がほぼ等しいビートパルプ培地における結果から、子実体原基形成日数は米ぬか添加率よりも水分の違いにより大きな影響を受けた。

まとめ

タモギタケの子実体原基形成を含めた生殖生長には、培地組成の違いが大きく影響を及ぼすことが示された。タモギタケ栽培において、窒素含量が低いおが粉培地やバガス培地の場合、米ぬか等の窒素含量が豊富な栄養材の添加により、一方、窒素源が培地基材中に十分に存在するビートパルプ培地では、窒素源の添加より水分の調整により生殖生長がコントロールできる可能性が示唆された。また、培地成分の違いで最適CN比が異なることから、分析的な単なるCN比より培地基材中の利用可能な窒素源等に着眼した研究の必要性が示唆された。今後、培地の保水性^{げき}、空隙率等の他の物理的因子とともに生殖生長に及ぼす影響の解明が必要である。

文 献

- 1) 農村文化社：“'99年版きのこガイドブック”，1998，p.187。

- 2) 瀧澤南海雄：“キノコの事典”，朝倉書店，1987，pp. 392-397.
- 3) 鈴木 彰：日菌報，**20**，253-265 (1979).
- 4) 安藤正武：日林誌，**54**，311-314 (1954).
- 5) 北本 豊，葛西善三郎：農化，**42**，260-266 (1968).
- 6) 北本 豊：菌蕈，**24**(9)，29-35 (1978).
- 7) 原田 陽，宜寿次盛生，富樫 巖：きのこの科学，**3**，61-65 (1996).
- 8) 中谷 誠，米山彰造，山村忠明：きのこの科学，**4**，9-13 (1997).
- 9) 金城一彦，屋我嗣良：木材学会誌，**41**，211-217 (1988).
- 10) 大賀祥治，加藤幸浩，中谷 誠：日本応用きのこ学会誌，**6**，65-69 (1998).
- 11) 中谷 誠：農耕と園芸，**48**(6)，214-216 (1998).
- 12) 中谷 誠 ほか4名：日本応用きのこ学会誌，**6**，95-99 (1998).

-きのこ部 生産技術科-

-*1:企画指導部 主任林業専門技術員-

-*2:企画指導部 普及課-

-*3:きのこ部 品種開発科-

(原稿受理：99.9.13)