

ササクレヒトヨタケ菌床栽培に適した培地基材および栄養材の配合割合

井上 伸（三重県林業研）

ササクレヒトヨタケ菌床栽培方法の確立を目的とし、培地基材の種類ならびに培地基材と栄養材の配合割合が、子実体発生量や発生本数等に与える影響について調査した。培地基材の検討では、木質系堆肥を主に用いた菌床と、バーク堆肥のみを用いた菌床を作製し、また、基材と栄養材の配合割合の検討では、基材と栄養材を容積比 5:1 と 4:1 の割合で配合した菌床を作製し、栽培試験に供した。結果、培地基材にバーク堆肥を使用することで木質系堆肥を用いた場合より、子実体の生重量や一次発生時の個重が有意に増加した。配合割合 5:1 と 4:1 の子実体発生量が同等であったため、生産コストの面から 5:1 が適当であると考えられた。

キーワード：堆肥，培地組成，子実体発生量

I はじめに

近年、きのこの生産資材は世界情勢の影響を受け、高騰してきている。菌床栽培にしばしば用いられる特選フスマの三重県林業研究所での購入単価（税抜き）は、令和2年8月では1,100円/20kgであったのに対し、令和4年11月では1,326円/20kgと2割以上値上がりしている。一方、三重県内のきのこ類に関する市場流通単価は大きく変わっておらず、例えば、三重県地方卸売市場での生シイタケ (*Lentinula edodes*) の単価は、令和3年11月が990円/kgであったのに対し、令和4年11月は1,009円/kgであった(7)。また、ボイラーなどに使用する燃油や空調設備などに使用する電気代などのコストも生産資材と同様に上昇していることから、採算性の悪化が懸念される。これらのことから、県内のきのこ生産者からは、既存のきのこ類との差別化や経営状況の改善を図ることが可能な新しいきのこ品種の栽培技術の開発が望まれている。

ササクレヒトヨタケ (*Coprinus comatus*, 写真-1) は、ハラタケ科ササクレヒトヨタケ属のきのこで、世界的に広く分布し、日本では春～秋、庭園、畑地など



写真-1. 菌床栽培におけるササクレヒトヨタケ

肥えた土地に発生する(4)。日本国内での生産はほとんどないが、中国や台湾などでは人工栽培されており（中国：11，台湾：10）、ヨーロッパではコブリーヌと呼ばれる高級食材である(3)。抗酸化成分であるエルゴチオネインが著しく多い(3)との報告があり、機能的食品素材としての活用も期待できる。

ササクレヒトヨタケの人工栽培方法には、培地基材（以下、基材）として、広葉樹バーク堆肥を用いた栽培方法(1)やバガスを主原料とした堆肥を用いた栽培方法(3)などの報告があるが、これらの資材は三重県内の農業用資材を取り扱う量販店や農業協同組合で販売されていないことから、三重県内の生産現場にそのまま適用するのは困難である。三重県内に広くササクレヒトヨタケ菌床栽培を普及するためには、一般的にきのこ栽培に使用される資材や安定的に入手可能な資材を用いた栽培手法を確立する必要がある。

そこで本研究では、既存のきのこ類との差別化が容易で、機能的食品素材としての活用も期待できる新しいきのことしてササクレヒトヨタケを選定し、三重県内で安定的に入手が可能である基材と、三重県内のきのこ生産に一般的に使用される栄養材を用いた菌床栽培方法の確立を目的とし、菌床栽培に適した基材の種類と基材と栄養材の配合割合が、子実体発生量や子実体発生本数等に与える影響について調査した。

II 方法

1. 培地基材の検討

基材には、木質系堆肥（中日本農産株式会社製，VS堆肥），カラマツおが粉，バーク堆肥（自然応用科学株式会社製）を用いた。事前検討において、木質系堆肥は粒度が細かく、培地中の通気性が悪くなり、子実体発生量が低下する傾向が確認された（データ示さず）ため、木質系堆肥とカラマツおが粉を容積比で 4:1 の

INOUE Shin

Substrate material and substrate -to-nutrient ratio suitable for the fungal bag cultivation of *Coprinus comatus*

inoues03@pref.mie.lg.jp

割合で用いた（以下、木質系堆肥区）。なお、バーク堆肥については単独で用いた（以下、バーク堆肥区）。栄養材には米ぬかを用い、基材と栄養材の配合比は 5:1（容積比）とし、これらの培地材料を混合した後、含水率が 63%になるよう水道水を加え、菌床袋 1 袋あたり 2.5 kg の培地を詰め、118 °C で 80 分滅菌した。一晚放冷後、当研究所で継代保存しているササクレヒトヨタケ野生株 1 菌株を用いて作製した種菌を接種した。供試体の作製は 3 回に分けて行い、各試験区の供試体数を各回 10 個作製することとしたが、2 回目の木質系堆肥区のみ、培地原料を確保できず、必要量に満たなかったため、6 個での試験となった（表-1）。培養条件および栽培条件は、表-2 のとおりとした。なお、1 回目および 2 回目に作製した菌床の培養日数を 60 日としたのに対し、3 回目に作製した菌床の培養日数を 55 日としたが、他の試験において培養日数の検討を行ったところ、培養日数 55 日と 60 日では、子実体発生量に有意な差がなかった（データ示さず）ことから、影響はないと判断した。発生処理は、培養完了後、菌床袋の上部を培地の上 3 cm 程度のところで切り離し、培地上面を薄く掻き取った後、木質系堆肥を約 80 g 覆土した。一次発生終了後、発生処理時に覆土した層を取り除き、再度、木質系堆肥を約 80 g 覆土し、二次発生に備えた。試験期間は、二次発生終了までとした。

子実体の採取は、1 日 1 回子実体の傘が膨らむ前の幼菌段階で行い、選別として、商品として扱うことのできない小さい子実体（約 2 g/本以下）を取り除いた。選別後、供試体ごとに子実体発生量（生重量）および発生本数を調査した。

2. 基材と栄養材の配合割合の検討

培地材料は、基材にバーク堆肥、栄養材に米ぬかを使用した。これまでに筆者は基材と栄養材の配合割合

表-1. ササクレヒトヨタケ子実体発生に適した培地基材を検討するための培地組成

試験区	供試体数 (個)	基材 (容積 : L)			栄養材 (容積 : L)
		木質系 堆肥	バーク 堆肥	カラマツ おが粉	米ヌカ
木質系堆肥区	26	4		1	1
バーク堆肥区	30		5		1

表-2. ササクレヒトヨタケ子実体発生に適した培地基材を検討するための培養・栽培条件

培養条件	温度	22 °C
	湿度	70 %
	日数	60 日
(1、2回目)	日数	55 日
(3回目)	日数	55 日
栽培条件	温度	18 °C
	湿度	90 %

を検討するため、基材 : 栄養材 (容積比) = 5:1 (以下、5:1 区)、10:1 (以下、10:1 区) の 2 処理区の栽培試験を行ったところ、5:1 区の方が 10:1 区より子実体発生量が多い (5) ことや、基材 : 栄養材 (容積比) = 5:1 (5:1 区)、6:1 (以下、6:1 区) の 2 処理区の栽培試験を行ったところ、5:1 区の方が 6:1 区より子実体発生量が多い結果となり、基材に対する栄養材の割合が増えるほど、子実体発生量が増加する傾向にあることを報告した (6)。本試験では、最適な栄養材の添加割合を明らかにすることを目的とし、基材 : 栄養材 (容積比) = 5:1 (5:1 区)、4:1 (以下、4:1 区) の 2 処理区を設定した。培地含水率は約 58% に調整し、供試体の作製、発生処理方法および発生期間については、先の試験と同様に行った。本試験における各試験区の供試体数は 6 個とした (表-3)。培養条件および栽培条件は、表-4 のとおりとした。子実体の採取および選別は、先の試験と同様に行った。

3. データ解析

解析項目は、一次発生と二次発生、一次発生と二次発生を足し合わせた合計の子実体発生量および子実体発生本数、また、一次発生と二次発生における各ステージの子実体発生量を子実体発生本数で割り求めた個重とした。解析には統計ソフト R (9) を用い、培地基材の検討では、正規性、等分散性を仮定しない Brunner-Munzel 検定 (brunnersmunzel パッケージの brunnersmunzel.test 関数)、基材と栄養材の配合割合の検討では、サンプルサイズが小さいことから並べ替えありの Brunner-Munzel 検定 (brunnersmunzel パッケージの brunnersmunzel.permutation.test 関数) による 2 群間の比較を行った。

表-3. ササクレヒトヨタケ子実体発生に適した基材と栄養材の配合割合を検討するための培地組成

試験区	供試体数 (個)	基材 (容積 : L)	栄養材 (容積 : L)
		バーク堆肥	米ヌカ
5:1 区	6	5	1
4:1 区	6	4	1

表-4. ササクレヒトヨタケ子実体発生に適した基材と栄養材の配合割合を検討するための培養・栽培条件

培養条件	温度	22 °C
	湿度	70 %
	日数	61 日
栽培条件	温度	18 °C
	湿度	90 %

III 結果

1. 培地基材の検討

栽培試験の結果を図-1に示す。子実体発生量は、一次発生、二次発生および合計において、いずれも有意な差が認められ、バーク堆肥区の方が木質系堆肥区より多かった ($p < 0.001$, 図-1a, b, c)。子実体発生本数は、一次発生では、木質系堆肥区が有意に多かったが ($p < 0.01$, 図-1d), 二次発生ではバーク堆肥区の方が多かった ($p < 0.05$, 図-1e)。合計の子実体発生本数では、木質系堆肥区の方が有意に多かった ($p < 0.05$, 図-1f)。個重は、一次発生では、バーク堆肥区の方が有意に多かった ($p < 0.05$, 図-1g) が、二次発生では処理区間に有意な差は認められなかった (図-1h)。

2. 基材と栄養材の配合割合の検討

栽培試験の結果を表-5に示す。子実体発生量なら

びに子実体発生本数は、一次発生、二次発生および合計発生において、いずれも処理区間に有意な差は認められなかった(並べ替え Brunner-Munzel 検定, $p > 0.05$)。また、個重においても、一次発生および二次発生で有意な差は認められなかった(並べ替え Brunner-Munzel 検定, $p > 0.05$)。

IV 考察

1. 培地基材の検討

ササクレヒトヨタケ菌床栽培における培地基材にバーク堆肥を使用することで、木質系堆肥を用いた場合に比べて、良好な結果が得られた。すなわち、一次発生、二次発生までの子実体発生量が増加する(図-1a, b, c)とともに、一次発生における個重が増加した(図-1g)。子実体発生量の増加は、収益の増加、個重の増加は、収穫やパック詰めなど出荷作業の負担軽減につながる。

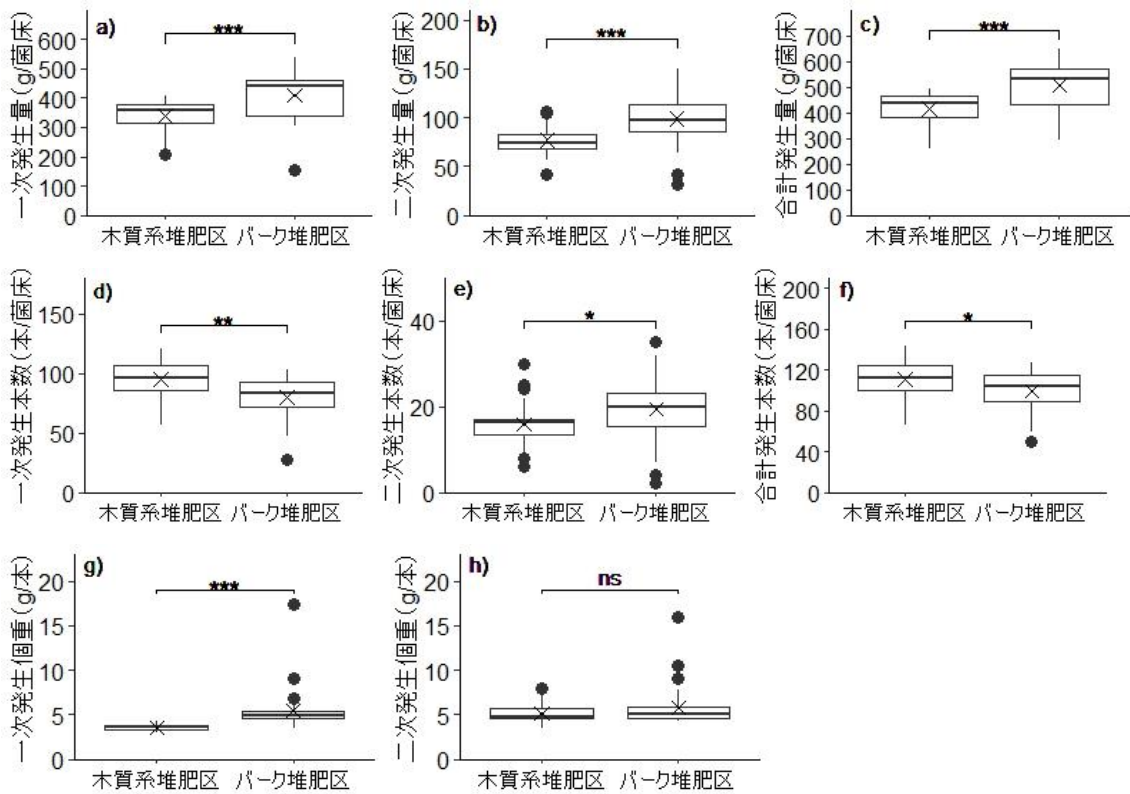


図-1. 栽培試験結果 (培地基材の検討)

箱中の横線は中央値、箱中のばつ印は平均値、箱の上端は第3四分位点、箱の下端は第1四分位点、上のバーの端は第3四分位点+ (第3四分位点-第1四分位点) × 1.5 までの範囲における最大値、下のバーの端は第1四分位点- (第3四分位点-第1四分位点) × 1.5 までの範囲における最小値、黒点は範囲外の値を表す。Brunner-Munzel 検定, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$, ns : 有意差なし。

表-5. 栽培試験結果 (基材と栄養材の配合割合の検討)

試験区	平均発生量 (g/菌床) ±SD			平均発生本数 (本/菌床) ±SD			平均個重 (g/本) ±SD	
	一次発生	二次発生	合計	一次発生	二次発生	合計	一次発生	二次発生
5:1区	361.7 ± 32.9	115.0 ± 7.8	476.7 ± 38.7	97.0 ± 6.1	23.3 ± 5.4	120.3 ± 5.9	3.7 ± 0.1	4.9 ± 0.6
4:1区	333.7 ± 31.4	136.0 ± 59.9	469.7 ± 59.2	95.2 ± 12.0	26.2 ± 14.7	121.3 ± 18.7	3.5 ± 0.2	9.3 ± 10.2

今回の試験では、基材に用いる堆肥の違いにより、上記のような子実体発生量や個重に有意な差が認められた。この理由として、培地中の空隙が関係していると考えられた。各試験区の菌床は等しく 2.5 kg 詰めとしたが、木質系堆肥区よりバーク堆肥区の方が菌床に高さがあり、体積が大きかった（データ示さず）。Ohga

(8) は、異なる粒度のブナ木粉を用いてシイタケ菌糸伸長に及ぼす影響を検討した結果、木粉粒度が細くなるにつれて、菌糸伸長量は増加するが、培地内部の酸素供給量が減少するため菌体量が減少することを報告している。バーク堆肥を用いた菌床では、木質系堆肥を用いた菌床より体積が大きく、培地中に空隙が多く存在することにより、菌体量が増加し、子実体発生量等に好影響を与えたと示唆される。

多田ら (13) は、ササクレヒトヨタケと同様に堆肥で栽培されるヒメマツタケ (*Agaricus blazei*) を用いて堆肥の発酵工程における微生物フローラの変遷および C/N 比と子実体収量の関係を調査した。ヒメマツタケの子実体収量が最大になる時期と堆肥の C/N 比が安定する時期が一致し、その収量が最大となる時点で増加する細菌が存在することを報告している。ササクレヒトヨタケにおいても堆肥の微生物フローラや C/N 比が子実体発生量等に影響を与えられられることから、今後は上記のような堆肥の微生物叢や理化学性がササクレヒトヨタケの子実体発生量等に与える影響についても研究を進めていく必要がある。

2. 基材と栄養材の配合割合の検討

ササクレヒトヨタケ菌床栽培における基材と栄養材の最適な配合割合を調査した結果、基材と栄養材の配合割合 5:1 と 4:1 では、子実体発生量、子実体発生本数および個重に有意な差が認められなかった。シイタケの菌床栽培では、窒素過剰による栄養過多では、子実体収量、子実体形成率の低下、子実体発生開始時期の遅延が生じる (12) ことや、栄養材の使用割合が高くなると発生管理に移行してからの雑菌率が高くなり、栽培上重大な弊害をもたらす (2) ことが報告されている。そのため、過剰な栄養材の添加はササクレヒトヨタケ菌床栽培においても悪影響が生じると考えられる。基材と栄養材の配合割合 6:1 と 5:1 では、5:1 の方が 6:1 より有意に子実体発生量が多かった (6) が、今回実施した配合割合 5:1 と 4:1 では、子実体発生量等に有意な差が認められなかった。したがって、子実体発生面、生産コストの面から、ササクレヒトヨタケ菌床栽培における基材と栄養材の配合割合には 5:1 が適していると考えられる。

V おわりに

今回の試験結果から、ササクレヒトヨタケ菌床栽培に使用する基材には、木質系堆肥よりバーク堆肥が適

していることが示唆された。さらに、基材と栄養材の配合割合は、5:1 程度が望ましいことが示された。基材にバーク堆肥、栄養材に米ぬか、基材と栄養材の配合割合を 5:1 とした場合、二次発生までの合計子実体発生量として、1 菌床あたり 500 g 程度の収量が期待できることが分かった。

謝辞

本研究の実施にあたり、三重県林業研究所の豊田良子氏にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- (1) 青野 茂 (2001) ササクレヒトヨタケ (キノコ栽培全科). 大森清寿・小出博志編, 農山漁村文化協会). 195-197
- (2) 鮎沢澄夫・山内隆弘 (2014) 北研方式による菌床栽培の最新技術 (改訂版最新きのこ栽培技術. 特産情報. プランツワールド) 147-157
- (3) 原田栄津子・森園智浩 (2017) 第 16 章ササクレヒトヨタケ (きのこの生理機能と応用開発の展望. 江口文陽監修, S&T 出版). 303-311
- (4) 今関六也・大谷吉雄・本郷次雄編 (2011) 増補改訂新版日本のきのこ. 山と溪谷社
- (5) 井上 伸 (2021) 高品質化を目指したきのこ栽培技術の開発. 令和 2 年度三重県林業研業報. 15
- (6) 井上 伸 (2022). ササクレヒトヨタケ菌床栽培における栄養材の配合割合が子実体発生量に与える影響. 三重県林業研報 12 : 1-7
- (7) 三重県地方卸売市場: 市場月報 11 月品目別取扱高 (青果). https://shijyo-management.com/t_pdf/202211_t4.pdf (2022.12.15 参照)
- (8) Ohga, S (1990) Growth rate of mycelium of shiitake, *Lentinula edodes*, in relation to water potential of medium, J Fac Agr, Kyushu Univ. 34(4):413-420
- (9) R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- (10) 呂 昀陞・石 信徳・陳 宗明 (2022) 台湾におけるきのこ産業の現状と課題. (2022 年度版きのこ年鑑, きのこ年鑑編集部). 48-60
- (11) 曹 斌 (2022) 中国におけるきのこ産業の現状と今後の展開方向. (2022 年度版きのこ年鑑, きのこ年鑑編集部). 18-32
- (12) 高島幸司・作野友康 (2004). カニ殻粉末を利用したシイタケ菌床栽培. 富山県林技セ研報 17 : 10-13
- (13) 多田有人・菅原なつ美・川出光生・齋藤明広・安藤昭一 (2008) ヒメマツタケ (*Agaricus blazei* Murill) 栽培用堆肥の熟成に伴って出現する細菌の探索. 日菌報 49 : 105-113