

論文

ブナシメジ栽培における高温短期培養の可能性*¹江口雅音*^{2, 3}・上田景子*^{2, 4}・梅田剛利*²・嶋谷頼毅*⁵・大曲恵美*⁵・森 康浩*²

江口雅音・上田景子・梅田剛利・嶋谷頼毅・大曲恵美・森 康浩：ブナシメジ栽培における高温短期培養の可能性 九州森林研究 77：129 - 134, 2024 本研究では、ブナシメジ生産における空調コスト削減と生産性向上を目指し、通常より高い温度にて期間を短縮して培養を行う「高温短期培養」の可能性をさぐった。30℃で菌糸伸長可能な親株由来の6家系275菌株の交配株を用いて、培養温度を20℃、25℃、30℃の3水準、培養日数を56日、70日の2水準設けた栽培試験を行った。その結果、30℃での培養は、培養日数に関わらず収量の減少や菌掻きから収穫までの生育所要日数の長期化、菌傘のイボ状突起物の発生率の増加が認められ、ブナシメジ栽培には不適と判断された。一方、25℃、56日の高温短期培養は、慣行の20℃、70日と比べて、生育所要日数は1~4日長くなり、イボ発生率が高まる場合もあるが、14日間短い培養日数でほぼ同等の収量が得られ、生産性が向上することが示唆された。これらの結果には家系によって違いがみられたことから、育種を進めることで慣行より高温かつ短い日数での培養は十分に実行可能と考えられた。

キーワード：培養、ブナシメジ、傘イボ、高温耐性

I. はじめに

日本の年平均気温は変動を繰り返しながら上昇しており、日最高気温30℃以上の真夏日と日最高気温35℃以上の猛暑日の年間日数は、増加傾向にある(気象庁, 2018)。このような外気温の上昇から、温度調整が常に必要な菌床栽培において空調コストは増加し問題となっている(柏野ほか, 2016)。我が国で二番目に生産量が多いきのこ類であるブナシメジ (*Hypsizygus marmoreus*) (農林水産省, 2023) は、一般に20~23℃で培養されている(角田, 2001; 稲富ほか, 2002; 小島, 2005, 2007)。培養温度は、他の菌床きのこ大きく異なるわけではないが、培養期間はエノキタケ (*Flammulina velutipes*) が24~38日(山本, 2001; 日本きのこセンター, 2011; 小山, 2014)、エリンギ (*Pleurotus eryngii*) が30~40日(小島, 2014)であるのに対し、ブナシメジは65~100日間(鈴木, 2014; 特産情報編集部, 2015)と長い。シイタケ (*Lentinula edodes*) (Ohga and Donoghue, 1998; 高島, 2017) や、マイタケ (*Grifola frondosa*) およびナメコ (*Pholiota microspora*) (高島, 2017) は、菌糸蔓延後に熟成期間を設ける必要があるとされている。ブナシメジは子実体を形成するために培地成分を十分に分解する必要があることから(寺下ほか, 1995)、シイタケなどと同様に熟成期間が必要なため培養期間が長くなっている。したがって、培養温度を高くし、培養期間をより短くできればブナシメジの生産コストを削減でき、生産性を向上できると考えられる。ブナシメジにおける高温短期培養の可能性について、白鳥ほか(1989)は20℃で85日間の培養を行うより、積算温度が同じ25℃で68日間の方が増収すると報告している。これは一般的な20~23℃よ

り高い温度で培養すれば、副次的に培養期間を短縮できることを示唆しているが、1菌株のみの結果であり、複数菌株を用いた検証は行われていない。

そこで本研究では、シイタケ(石井ほか, 2015)やエノキタケ(小山ほか, 2017)の高温耐性育種がブナシメジでも今後進むことを想定し、30℃で培養しても一定の菌糸伸長が認められたブナシメジ菌株から交配株275菌株を作出し、観察する菌株数を増やした上で培養温度と培養期間が栽培特性に与える影響を評価した。この結果をもとにブナシメジの高温短期培養の可能性を検討した。

II. 材料と方法

1. 供試菌株の選抜と交配株の確立

本研究では、今後ブナシメジでも高温耐性品種の作出が進むことを想定し、まったく高温耐性を持たない菌株も含めた結論ではなく、ある程度の高温耐性を備えた菌株に絞って、高温短縮培養の可能性を検証することとした。そこで、高温でも菌糸伸長が可能な菌株の交配家系を作出するため、われわれが保有する377株の30℃での菌糸伸長量を調べ、親株を選抜した。オートクレーブで121℃、20分間滅菌したPDA培地(塩谷エムエス株式会社製)を直径9cmのデスポシャーレに20mLずつ分注し平板培地を作成した。同培地中央に、直径5mmのコルクボウラーで打ち抜き、予め培養しておいた菌叢片を接種した。これを30℃でインキュベートし、7日後にコロニー半径(中心から菌糸周縁部まで長径2方向と短径2方向の計4方向)を測定し、平均値を算出した。1株あたりシャーレ2枚を供し、平均コロニー半径が

*¹ Eguchi, A., Ueda, K., Umeda, T., Shimatani, Y., Omagari, E. and Mori, Y.: Feasibility of shortened spawn-run at higher temperature in Bunashimeji mushroom (*Hypsizygus marmoreus*) cultivation.

*² 福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター Fukuoka Agr. & For. Res. Ctr. Ins. of Agr. & For. Res., Kurume Fukuoka 839-0827, Japan

*³ 福岡県庁 Fukuoka Pref. Gov., Fukuoka 812-8577, Japan

*⁴ 福岡県福岡農林事務所 Fukuoka Ofc. of Agr. & For., Fukuoka 810-0042, Japan

*⁵ 株式会社大木きのこ種菌研究所 Oki Mush. Mycol. Lab. Co. Ltd., Oki Fukuoka 830-0417, Japan

10 mm 以上であった 233 株のうち任意の 7 株 (Hm 99, Hm 134, Hm 244, Hm 261, Hm 335, Hm 353, Hm 379) を、後述する栽培試験に各条件とも 4 ピンずつ供した。

次にこれら 7 株から担子胞子由来の一核菌糸を各 20 株分離した。Hm 335 を共通の親株とし、その一核菌糸に対して、他 6 株の一核菌糸を総当たりで交配に供し、合計で 1973 系統を得た。このうち子実体形成能力の認められた 6 家系 275 菌株について、後述する栽培試験に各条件とも 2 ピンずつ供した。以下、片親である Hm 99, Hm 134, Hm 244, Hm 261, Hm 353, Hm 379 に対応する家系名をそれぞれ A, B, C, D, E, F とした。各家系の供試菌株数はそれぞれ 20, 16, 75, 16, 72, 76 菌株であった (図-1)。

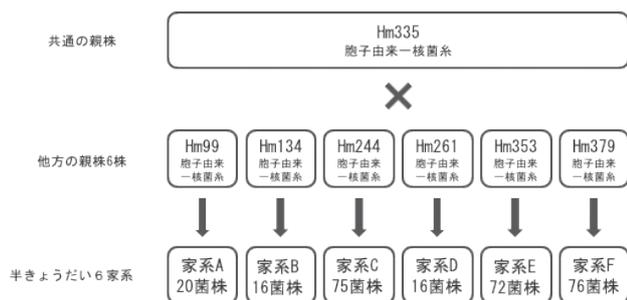


図-1. 供試菌株の作出フロー

2. 栽培試験

培地組成は、絶乾重量比で培地基材 (コーンコブミール: ビートパルプ = 4:1) と栄養材 (米ぬか: フスマ: 乾燥オカラ = 16:5:4) を 6:4 で混合し、これらに市販の菌糸活性化剤 5% と炭酸カルシウム 3% を添加した。培地は湿量基準含水率が 65% になるように水道水を加えた。この培地をポリプロピレン製栽培ビン (850 mL 容, ビン口内径 65 mm) に 550 g ずつ詰め、直径 13 mm, 深さ約 160 mm の接種孔を 3 つ設けた。蓋にはウレタンフィル

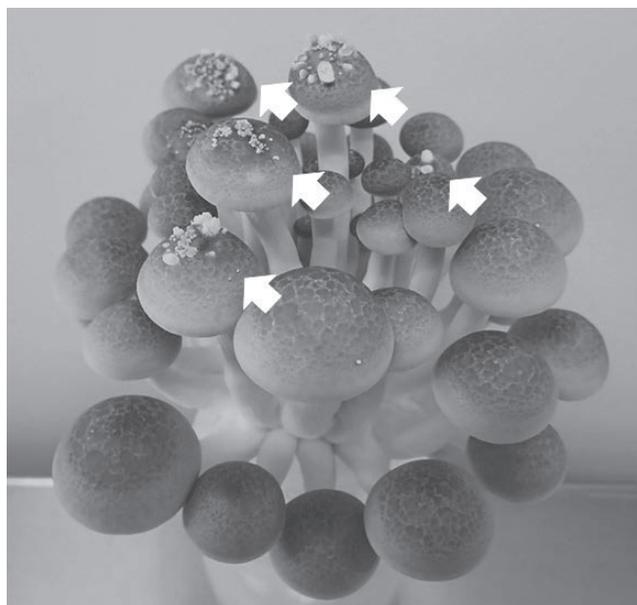


図-2 プナシメジの菌傘に発生したイボ状突起物
白矢印がイボ状突起物を表す。

ター付 6 穴キャップを用いた。培地を詰めたピンは 121℃ で 60 分間高圧殺菌を行い、放冷した。接種源は前培養したおが粉種菌とし、床面に約 15 g 接種した。

栽培試験は、培養温度が 20℃ (慣行), 25℃, 30℃ の 3 水準, 培養日数が 56 日と 70 日 (慣行) の 2 水準の 6 条件下 (培養温度 3 水準 × 培養日数 2 水準) で行い、いずれの条件も暗所で培養した。培養終了後は、菌掻き機を用いてまんじゅう掻きと注水による発生操作を行った。発生環境は温度 15 ± 1℃, 湿度 90% 以上, 芽出し時の照度 50~100 Lux, 生育時の照度 500~1000 Lux (蛍光灯照射下, 24 h 連続照射) とした。

測定項目は、子実体収量, 生育所要日数および商品性を損ねる菌傘のイボ状突起物 (野上ほか, 2023) (図-2, 以下イボ) の発生率とした。子実体収量は、菌傘が 7 分開きの時に収穫した生重量 (石突きを含む) とした。生育所要日数は、菌掻き日から子実体収穫日までの日数とした。イボ発生率は、菌傘にイボがみられたピンの本数割合とした。

3. 統計解析

6 家系 275 菌株の栽培特性について、条件ごとに 2 ピンずつ供試し平均値 (子実体収量・生育所要日数) または本数割合 (イボ発生率) を求めて 1 菌株のデータとした。さらに家系ごとに供試菌株数に応じて平均値を求めた。培養温度と培養期間が与える影響を評価するため、各測定項目の家系ごとの平均値について、培養温度および培養日数を要因とした二元配置分散分析を行った。分散分析の結果、いずれの測定項目とも交互作用は認められなかったことから、各要因において有意差がみられた場合は水準間の平均値の差を検定した。3 水準の培養温度においては Tukey の多重比較検定を、2 水準の培養日数においては *t* 検定を用いた。統計処理は Excel 統計用アドインソフト Statcel 4 (柳井, 2015) を用いた。

表-1. 親株の菌糸伸長量および培養条件別の栽培形質

項目	培養温度	培養日数	Hm 335 共通親	Hm 99 家系A親	Hm 134 家系B親	Hm 244 家系C親	Hm 261 家系D親	Hm 353 家系E親	Hm 379 家系F親
菌糸伸長量 (mm)	30℃	7日	13	15	16	15	20	18	14
		56日	184	166	50	181	109	203	177
	20℃	70日	188	178	67	181	101	182	200
		56日	191	180	35	190	157	232	182
	25℃	70日	180	184	50	195	130	195	191
		56日	152	135	38	66	158	—	164
30℃	70日	136	138	74	109	145	—	164	
	20℃	56日	22	24	20	20	19	26	21
70日		20	24	19	20	20	24	22	
	25℃	56日	23	22	21	19	20	26	23
70日		23	23	20	20	20	24	23	
	30℃	56日	25	26	20	22	19	—	26
70日		26	26	22	32	22	—	26	
	20℃	56日	75	0	0	0	0	0	0
70日		50	0	0	0	0	0	0	
	25℃	56日	75	0	0	0	0	0	0
70日		75	0	0	0	0	0	0	
	30℃	56日	50	0	0	0	0	—	0
70日		75	0	0	0	0	—	0	

供試数は、菌糸伸長量測定試験ではシャーレ 2 枚、栽培試験では各条件とも 2 ピンずつとし、数値はその平均値を示す。「—」は子実体が形成しなかったことを示す。

Ⅲ. 結果と考察

1. 親株の菌糸成長および栽培形質

表-1に、親株の30℃における菌糸伸長量および20～30℃までの培養条件別の栽培形質を示す。Hm 99は、25℃で収量が最大となり30℃でも減収率が小さかった。Hm 134は、いずれの条件でも7株中で最も収量が少なかったが温度による収量変化は小さかった。Hm 244は、25℃に収量のピークを持ち30℃で極端に減収した。Hm 261は、高温ほど収量が多かった。Hm 353は、25℃に収量のピークを持ち30℃では子実体を形成しなかった。Hm 379は、多収性で温度による収量変化は小さかった。共通の親株であるHm 335は、多収性で温度による収量変化は小さかったが、親株の中では唯一ボの発生が観察された。

以上のように、高温培養での菌糸成長および温度に対する栽培形質は親株ごとに異なったことから、交配株ではその変動がさらに広がるものと考えられる。くわえて交配株の供試菌株数は合計275菌株に達したことから、交配株を対象とした以下の解析では、培養温度と培養期間が栽培特性に及ぼす影響について、一定の遺伝的バリエーションをもったサンプルで評価できると考えられた。

2. 交配株の栽培特性

1) 子実体収量

培養条件別の各家系の子実体収量および分散分析結果について、表-2に示す。家系別に培養温度と培養日数を要因とした二元配置分散分析を行った結果、培養温度では家系A, C, EおよびFが1%, 家系Dでは5%水準で主効果が有意であり、培養日数では家系Aが1%水準で主効果が有意であった。培養温度と培養日数の交互作用については、いずれの家系においても有意ではなかった。

培養温度による主効果が有意であった家系の子実体収量について、異なる培養日数条件のデータも含めて多重比較検定を行ったところ、家系Aでは25℃が20℃および30℃より、家系C, EおよびFでは20℃および25℃が30℃より、家系Dでは25℃が30℃より有意に多かった。家系A以外では、培養温度20℃と25℃の子実体収量に有意差が見られた家系はないこと、家系Aではむしろ25℃の方が有意に多かったことから、25℃までの培養温度であれば子実体収量への影響は小さいと考えられた。一方、家系B以外の家系はすべて30℃での収量が有意に低く、特に家系Cでは30℃が73gと20℃の170gに比べて57%, Eでは30℃が111gと20℃の197gに比べて44%も減少した。これは、30℃培養で子実体を形成しなかった交配株が両家系に多く観察されたことが原因と考えられた。ブナシメジは30℃培養での菌糸伸長速度が著しく低下するとされており(金子, 1995; 松山ほか, 1997), 一般的に20～23℃で培養されている(角田, 2001; 稲富ほか, 2002; 小島, 2005, 2007)。本研究でも20℃および25℃では菌掻き時にほとんどのビンで菌糸が全体に蔓延していたのに対し、30℃では蔓延していないビンがしばしば観察された。高温ストレスにより、シイタケでは菌糸細胞表面のダメージ(Wang *et al.*, 2018)が、ブナシメジでは細胞死(Xu *et al.*, 2021)が観察されている。本研究では直接このような現象を観察できたわけではないが、家系C, EおよびFは、30℃の高温培養下では菌糸細胞が損傷を受けたことにより十分に菌糸伸長できず、減収につながった可能性が考えられた。一方、家系AおよびDは20℃と30℃の収量に有意差はなく、家系Bは全培養温度において有意差はなかった。このことから、これらの家系では30℃で培養しても子実体収量への影響は小さいことが示唆され、親株の傾向(表-1)とも類似した。

次に、培養日数による主効果が全家系で唯一有意であった家系

表-2. 培養温度と培養日数の2要因が子実体収量に及ぼす影響および二元配置分散分析結果

		単位: g/ビン					
培養温度	培養日数	家系 A 20 菌株	家系 B 16 菌株	家系 C 75 菌株	家系 D 16 菌株	家系 E 72 菌株	家系 F 76 菌株
20℃	56 日	217 (179~240)	192 (144~245)	170 (93~214)	171 (128~201)	194 (131~259)	205 (129~249)
	70 日	227 (166~260)	202 (152~235)	171 (112~222)	175 (128~227)	200 (151~236)	210 (59~261)
25℃	56 日	223 (198~245)	190 (129~223)	169 (0~234)	176 (116~209)	201 (144~276)	208 (99~278)
	70 日	243 (221~268)	197 (159~219)	168 (0~228)	181 (116~231)	209 (152~258)	217 (67~260)
30℃	56 日	213 (185~245)	204 (159~246)	73 (0~216)	162 (15~205)	111 (0~234)	179 (0~230)
	70 日	212 (95~243)	190 (108~220)	73 (0~213)	154 (15~219)	111 (0~234)	178 (0~244)
分散分析	培養温度 (X)	**	n.s.	**	*	**	**
	培養日数 (Y)	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (X × Y)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
平均値の 差の検定	20℃	221 b	197	170 a	173 ab	197 a	207 a
	25℃	233 a	194	168 a	179 a	205 a	212 a
	30℃	212 b	197	73 b	158 b	111 b	179 b
	56 日	218 b	195	137	170	169	197
	70 日	227 a	196	137	170	173	202

各菌株とも供試した2ビンの平均値を条件ごとに求め、さらに家系ごとの平均値で表した。なお、子実体が形成されなかったビンの値は0gとした。()内は最小値～最大値を示す。*, **は、二元配置分散分析の結果、それぞれ5%, 1%水準で主効果が有意であること、n.s.は有意でないことを示す。また、異なるアルファベット間には、同一家系内の培養温度もしくは培養日数の水準間の平均値の比較の結果、5%水準で有意であることを示す(培養温度の場合はTukeyの多重比較検定、培養日数の場合はt検定)。

Aの子実体収量について、異なる培養温度条件のデータも含めて*t*検定を行ったところ、70日が56日より有意に多かった。しかし、70日の227 gに対し、56日は218 gと減少率は4%に過ぎず、他の5家系では培養日数間に有意差は認められなかった。バナシメジの菌回りは一般に30~40日程度で完了、高収量の生産のためには、熟成に50~60日程度必要であるとされている(角田, 2001)。品種や培地や栽培条件によって必要な培養期間は異なるが(角田, 2001)、本研究では福岡県内の生産現場で実際に採用されている70日(特産情報編集部, 2015)を慣行条件とした。しかし、慣行よりさらに14日間短い56日でも収量の減少は総じて小さく、短期培養に適した交配株が多いことが明らかになった。

2) 生育所要日数

培養条件別の各家系の生育所要日数および分散分析結果について、表-3に示す。生育所要日数について培養温度と培養日数を要因とした二元配置分散分析を行った結果、培養温度、培養日数ともに全家系において1%水準で主効果が有意であった。交互作用については、いずれの家系においても有意ではなかった。

各家系の生育所要日数について、異なる培養日数条件のデータも含めて多重比較検定を行ったところ、家系AおよびDでは30℃が20℃および25℃より、家系B、C、EおよびFでは30℃が25℃より、25℃が20℃より有意に長かった。培養温度による生育所要日数への影響は全家系でみられ、家系B、C、D、EおよびFでは培養温度に比例して長くなった。特に30℃については最大で20℃より3日、25℃より2日長くなっており、全家系で有意に生育所要日数が長かった。白鳥ほか(1989)は菌糸蔓延前を20~25℃、蔓延後の熟成期を30℃で培養した時、熟成期を20℃および25℃とした時と比べ、菌回りは良好であっても生育所要日数が長くなることを報告している。本研究では培養期間中

は終始一定の温度で栽培試験を行っており、30℃では菌糸が蔓延していないピンが観察されていた点は白鳥ほか(1989)とは異なるが、子実体形成に遅れが生じた点は一致した。

次に、培養日数による主効果が有意であった家系の生育所要日数について、異なる培養温度条件のデータも含めて*t*検定を行ったところ、全家系で56日が70日より有意に長かった。培養日数による生育所要日数への影響は全家系でみられ、いずれも56日が70日より1~2日有意に長かった。エノキタケでは培養日数が短いと生育所要日数が長くなる品種があり、一定以上の菌糸成長量が子実体の発生や成長に必要であるとされているが(武田, 2021)バナシメジでも同様の傾向がみられた。特にバナシメジは菌糸蔓延後に熟成期間が必要であるため(寺下ほか, 1995; 角田, 2001)、熟成期間が十分に確保できなかった56日が70日に比べ、より長い生育日数を要したと考えられた。

3) イボ発生率

培養条件別の各家系のイボ発生率および分散分析結果について、表-4に示す。培養温度と培養日数を要因とした二元配置分散分析を行った結果、培養温度では家系A、BおよびCが1%、家系DおよびFが5%水準で主効果が有意であり、培養日数ではBを除く5つの家系が5%水準で主効果が有意であった。交互作用については、いずれの家系においても有意ではなかった。

培養温度による主効果が有意であった家系のイボ発生率について、異なる培養日数条件のデータも含めて多重比較検定を行ったところ、家系A、DおよびFでは30℃が25℃より、家系BおよびCでは30℃が20℃および25℃より有意に高かった。

次に、培養日数による主効果が有意であった家系のイボ発生率について、異なる培養温度条件のデータも含めて*t*検定を行ったところ、家系Bを除く5つの家系で56日が70日より有意に高かつ

表-3. 培養温度と培養日数の2要因が生育所要日数に及ぼす影響および二元配置分散分析結果

		単位: 日					
培養温度	培養日数	家系 A 19~20 菌株	家系 B 14~16 菌株	家系 C 29~75 菌株	家系 D 14~16 菌株	家系 E 45~72 菌株	家系 F 68~76 菌株
20℃	56日	21 (19~25)	19 (17~21)	21 (17~29)	20 (15~23)	26 (20~40)	23 (18~32)
	70日	21 (18~23)	18 (17~19)	19 (17~26)	18 (16~22)	24 (19~30)	22 (17~30)
25℃	56日	22 (20~25)	21 (18~24)	23 (17~34)	21 (18~22)	26 (22~34)	25 (20~32)
	70日	21 (19~22)	19 (17~21)	21 (17~32)	20 (16~22)	25 (20~34)	24 (19~29)
30℃	56日	23 (21~25)	22 (20~24)	24 (19~29)	22 (19~24)	29 (24~49)	27 (22~34)
	70日	22 (20~23)	21 (19~22)	22 (17~26)	21 (20~24)	28 (24~43)	26 (21~32)
分散分析	培養温度 (X)	**	**	**	**	**	**
	培養日数 (Y)	**	**	**	**	**	**
	交互作用 (X × Y)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
平均値の 差の検定	20℃	21 b	19 c	20 c	19 b	25 c	23 c
	25℃	21 b	20 b	22 b	20 b	26 b	24 b
	30℃	22 a	21 a	23 a	21 a	28 a	26 a
	56日	22 a	21 a	22 a	21 a	27 a	25 a
	70日	21 b	19 b	21 b	20 b	25 b	24 b

各菌株とも供試した2ピンの平均値を条件ごとに求め、さらに家系ごとの平均値で表した。なお、2ピンのうち1ピンでも子実体を形成しなかった場合、その条件はデータから除外した。()内は最小値~最大値を示す。*, **は、二元配置分散分析の結果、それぞれ5%、1%水準で主効果が有意であることを示す。n.s.は有意でないことを示す。また、異なるアルファベット間には、同一家系内の培養温度もしくは培養日数の水準間の平均値の比較の結果、5%水準で有意であることを示す(培養温度の場合はTukeyの多重比較検定、培養日数の場合は*t*検定)。

表-4. 培養温度と培養日数の2要因がイボ発生率に及ぼす影響および二元配置分散分析結果

		単位：%					
培養温度	培養日数	家系 A 19~20 菌株	家系 B 15~16 菌株	家系 C 29~75 菌株	家系 D 14~16 菌株	家系 E 45~72 菌株	家系 F 68~76 菌株
20℃	56 日	43 (0~100)	3 (0~50)	25 (0~100)	30 (0~100)	41 (0~100)	45 (0~100)
	70 日	33 (0~100)	13 (0~50)	22 (0~100)	10 (0~50)	27 (0~100)	29 (0~100)
25℃	56 日	28 (0~100)	3 (0~50)	38 (0~100)	16 (0~100)	41 (0~100)	37 (0~100)
	70 日	25 (0~100)	6 (0~100)	26 (0~100)	13 (0~100)	35 (0~100)	33 (0~100)
30℃	56 日	73 (0~100)	28 (0~100)	53 (0~100)	50 (0~100)	50 (0~100)	49 (0~100)
	70 日	34 (0~100)	20 (0~100)	41 (0~100)	29 (0~100)	43 (0~100)	45 (0~100)
分散分析	培養温度 (X)	**	**	**	*	n.s.	*
	培養日数 (Y)	*	n.s.	*	*	*	*
	交互作用 (X × Y)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
平均値の 差の検定	20℃	38 ab	8 a	23 a	20 ab	34	37 ab
	25℃	26 a	5 a	32 a	14 a	38	35 a
	30℃	54 b	24 b	47 b	39 b	47	47 b
	56 日	48 a	11	35 a	31 a	43 a	44 a
	70 日	31 b	13	27 b	17 b	34 b	35 b

各菌株とも供試した2ピンのうちイボが発生したピンの本数割合をそれぞれ条件ごとに求め、さらに家系ごとの平均値で表した。なお、2ピンのうち1ピンでも子実体を形成しなかった場合、その条件はデータから除外した。() 内は最小値~最大値を示す。*, ** は、二元配置分散分析の結果、それぞれ5%、1%水準で主効果が有意であること、n.s. は有意でないことを示す。また、異なるアルファベット間には、同一家系内の培養温度もしくは培養日数の水準間の平均値の比較の結果、5%水準で有意であることを示す(培養温度の場合はTukeyの多重比較検定、培養日数の場合はt検定)。

た。

本研究で用いた親株のうち、家系 A~F の6つの親株はいずれも、栽培試験を行った際にイボの発生は見られなかったが、共通親である Hm 335 はどの培養条件下でもイボの発生が観察された(表-1)。交配株の試験ではいずれの家系でもイボの発生がみられたことから、Hm 335 の遺伝的な特性である可能性が考えられた。一方、野上ほか(2023)は培養日数が短いほど、また菌掻き後の照射開始のタイミングが早いほど、イボ発生率が高いことを報告している。本研究でも56日培養が70日培養に比べ有意に発生率が高く、培養日数が短いほど発生しやすい点は野上ほか(2023)と一致した。さらに、本研究では30℃の高温培養で発生率は有意に高かったことなどを考えれば、30℃での高温短期培養はイボを誘発する可能性もあり、注意が必要である。イボの発生はブナシメジの商品性に関わることから、本研究や野上ほか(2023)で観察された症状とハタケシメジ(*Lyophyllum decastes*) (松本ほか, 2009) やヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*) (古川・野淵, 1996) で報告された類似の症状が同じ要因、すなわち高温および短期培養によって引き起こされているかどうかも含め、発生メカニズムの解明が今後の課題である。

IV. おわりに

本研究は、ブナシメジ生産における空調コスト削減と生産性の向上につながる高温短期培養に着目した。その可能性を検討するため、栽培に重要な子実体収量、生育所要日数およびイボ発生率について、培養温度および培養日数がどのように影響を及ぼすか、6家系275菌株の交配株を供試して検証した。その結果、培養温度を30℃に上げると、収量の低下、生育所要日数の長期化、イボ発生率の増加といった栽培上のリスクが高まることから、ブナ

シメジを30℃で培養することは困難と考えられた。一方、25℃の培養条件であれば、20℃の慣行条件と比べて生育所要日数が1~2日長くなったが、同等の収量が得られ、イボの発生率も高まることはなかった。特に25℃で56日の高温短期培養を行った場合、慣行の20℃、70日に比べて生育所要日数は1~4日長くなるものの、14日短い培養日数でほぼ同等の収量を得られるため、回転率を大幅に高められる可能性が示された。

さらに、本研究では異なる片親をもつ6つの半きょうだい家系を用いたが、たとえば家系 A は培養温度が収量や生育所要日数に与える影響が小さいこと、家系 B は培養温度による収量への影響が小さいことやイボの発生率がいずれの培養条件下でも低いなどの家系特性が観察された。このことから、高温短期培養の適性には遺伝的要因が少なからず関与すると考えられ、より適正な菌株の選択も高温短期培養の実現には欠かせない。

以上のように、本研究から、培養温度が25℃、培養日数が56日の高温短期培養を実行できる可能性が示された。生育所要日数の長期化やイボ発生率の増加には留意する必要があるが、そのようなリスクが発生しにくい家系も認められている。したがって品種育成を進めることで、空調コストの削減や生産サイクル短縮による生産性の向上といった高温短期培養のメリットをより確実に享受できるであろう。

引用文献

- 古川久彦・野淵 輝(1996)栽培きのこ 害菌・害虫ハンドブック, 社団法人 全国林業改良普及協会, 東京, 166-167
 稲富 聡ほか(2002)日本応用きのこ学会誌 10: 135-140
 石井秀之ほか(2015)九州森林研究 68: 99-103
 金子周平(1995)きのこの科学 2: 51-56

- 柏野泰章ほか (2016) 美味技術学会誌 15 : 5-11
- 気象庁 (2018) URL : <https://www.jma.go.jp/jma/press/1802/16b/report2018.html> (2023年3月17日利用)
- 小山智行 (2014) 最新きのご栽培技術, プランツワールド, 東京, 165-172
- 小山智行ほか (2017) 長野県野菜花き試験場報告 16 : 31-37
- 松本哲夫ほか (2009) 群馬県林試研報 14 : 45-52
- 松山正彦ほか (1997) 植物工場学会誌 9 : 1-11
- 日本きのごセンター (2011) 図解よくわかるきのご栽培, 家の光協会, 東京, 102-105
- 野上大樹ほか (2023) 九州森林研究 76 : 49-53
- 農林水産省 (2023) URL : https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00501004&tstat=000001021191&cycle=7&tclass1=000001021192&tclass2=000001169266&cycle_facet=tclass1&tclass3val=0 (2023年6月21日利用)
- 小島 靖 (2005) 奈良県森技セ研報 34 : 7-12
- 小島 靖 (2007) 奈良県森技セ研報 36 : 53-59
- 小島 靖 (2014) 最新きのご栽培技術, プランツワールド, 東京, 199-204
- Ohga S and Donoghue JD (1998) Mushroom Sci Biotechnol 6 : 115-123
- 白鳥 保ほか (1989) 長野県野菜花き試験場報告 5 : 85-94
- 鈴木 大 (2014) 最新きのご栽培技術, プランツワールド, 東京, 193-198
- 高島幸司 (2017) 南方資源利用技術研究会誌 32 : 5-12
- 武田綾子 (2021) 新潟県森林研究所研報 61 : 51-59
- 寺下隆夫ほか (1995) きのごの科学 2 : 15-20
- 特産情報編集部 (2015) 特産情報 2015年4月号 : 34-36
- 角田茂幸 (2001) キノコ栽培全科, 農山漁村文化協会, 東京, 120-127
- Wang G-Z *et al.* (2018) Cell Physiol Biochem 50 : 1617-1637
- Xu L *et al.* (2021) Front Microbiol 11 : 1-17
- 柳井久江 (2015) 4 Steps エクセル統計, 第4版, 309 pp, 有限会社オーエムエス出版, 東京
- 山本秀樹 (2001) キノコ栽培全科, 農山漁村文化協会, 東京, 85-96
- (2023年7月12日受付; 2023年10月31日受理)