

冷蔵刺激が菌床シイタケの子実体発生に及ぼす影響

鈴木拓馬¹⁾・山口 亮²⁾

¹⁾交通基盤部森林局森林整備課, ²⁾農林技術研究所森林・林業研究センター

Effects of Refrigeration on the Fruiting Body Development of Shiitake Mushroom (*Lentinula edodes*) in a Sawdust-based Cultivation

Takuma Suzuki¹⁾, Akira Yamaguchi²⁾

¹⁾ Forestry Maintenance Division, Forestry Bureau, Transportation Infrastructure, ²⁾ Forestry and Forest Products Research Institute/Shizuoka Pref. Res. Inst. of Agri. and Forest

Abstract

A study was carried out to evaluate a technique for stable fruiting body development in Shiitake mushroom that were cultivated using the method of sawdust based cultivation. After incubation, a low temperature (8°C) stimulus was given to a block of mycelia by refrigerating them for 24 and 48 h. This remarkably increased the stability and yield of the Shiitake fruiting body. Thus, this method was found to be an effective method for positively affecting stable fruiting body development in Shiitake mushroom.

キーワード：夏季, 菌床栽培, 空調, シイタケ, 冷蔵

I はじめに

わが国における生シイタケ (*Lentinula edodes*) の平成 24 年の生産量は 58,027t で生産額は 616 億円と報告されている⁵⁾。これは、原木栽培と菌床栽培の合計であるが、このうち菌床シイタケ生産量は 87.4%を占める。近年では、菌床シイタケは産業規模が大きくなり、生産と消費の両面から国民生活を支える林産物となっている。

菌床栽培の特徴の 1 つとして、空調施設を用いて温度管理を行うことで、周年栽培が可能なが挙げられる。これにより、一定量を安定して生産することが可能となっている。しかし、静岡県内では、1~2 万菌床の中規模生産者が 54%、1 万菌床未満の小規模生産者が 21%を占め⁶⁾、それら生産者の多くは、新規設備導入やそれに伴う運転の経費が生産コストの増加、更には経営悪化を招くリスクがあることから、空調設備の導入は進んでいない。加えて、近年は夏季の気温が高く、菌床栽培にとって高

温の時期が長い傾向があるため、生産者の温度管理に要するコスト負担は多くなることが予想される。そこで、本研究では、中・小規模生産者が夏季に空調設備等を導入・使用せず、少ない生産費用負担で、安定してシイタケを栽培する方法の開発を目的として検討を行った。

栽培用のシイタケでは、子実体を発生させる温度域が品種ごとに異なる。菌床栽培用品種のうち最も高温タイプの品種は、子実体発生温度が 30°C とされるが、子実体の品質、発生の安定性などの観点から生産現場への導入が進んでいない。生産現場での使用シェアが比較的高い品種の子実体発生温度は 13°C から 25°C とされている⁷⁾。そのため、生産現場においては、日最高気温が 30°C を超え、日最低温度が 20°C 以下にならない夏季に子実体の発生が安定しないことが重要な課題となっている。これまでに、菌床の培養期間における高温の温度変化が子実体発生に及ぼす影響の解明は行われたが、子実体発生量の安定や増加に繋がる成果は得られていない¹⁾。これらのことから、夏季には、子実体の発生時

に空調施設を使わなければ、シイタケ子実体を安定して発生させることができない現状である。

課題に対する別の視点での先行研究として、市販5品種の菌床を家庭用クーラーで20℃程度まで冷やして発生を試みた試験も行われているが⁴⁾、試験内で最も優れた発生結果となった栽培条件であっても発生量が少なく、安定していないため、課題の解決には至っていない。著者は、それに関連した手法として、パック詰めした出荷前のシイタケを保管する冷蔵庫を用いて、シイタケ菌床に低温処理し低温刺激を与えることで、子実体を発生させることを考案した。前報では、菌床を小型の冷蔵庫へ48時間入れた後、簡易な非空調の施設で子実体の発生を調べた結果、市販2品種では子実体が安定して発生することを明らかにした⁶⁾。

そこで本研究では、実際の生産現場で用いられている大型冷蔵庫による冷蔵と非空調の大型発生室(発生施設)の組み合わせによる子実体発生試験を行い、実用化への有効性を検討した。

II 材料及び方法

1. 供試した培地と種菌(菌床)

供試培地は、コナラおが粉培地(コナラおが粉:米ぬか:ふすま=8:1:1,乾重比)を用いた。培地の含水率を水道水により60%に調整した後、高密度ポリエチレン製袋(0.04×230×330mm)に1kgずつ詰め、120℃で45分間滅菌し、18時間放冷後、おが粉種菌を接種した。供試したおが粉種菌は、菌床シイタケ用の市販品種A(子実体発生温度域は13℃から22℃)、品種B(子実体発生温度域は13℃から23℃)⁷⁾の2品種を用いた。品種AとBで各120個の菌床を作成した。

2. 栽培条件

接種後の培地を22℃の恒温室内で培養した。その期間は、当該品種による一般的な栽培で採用される90,100,110日間の3条件とした。各培養後に8℃の冷蔵庫内で冷蔵する時間を0時間(無処理区)、24時間(24h処理区)、48時間(48h処理区)の3条件とした。その後、除袋し、子実体を菌床全面から発生させた。流通するシイタケの一般的な収穫期である、傘が6から8割程度開いた状態の子実体を、表1に示す期間において、1日1回採取した。連続して発生した全ての子実体を取り終えた時点で試験を終了した。各条件における菌床の数(供試数)は、無処理区を4個、24h処理区を8個、48h処理区を8個とした。

表1 子実体発生のスケジュール

発生場所	培養期間	袋除去日	採取開始日	採取終了日
センター内 施設	90	7月24日	7月29日	8月3日
	100	8月5日	8月11日	8月16日
	110	8月14日	8月19日	8月22日
生産者 施設	90	7月29日	8月5日	8月7日
	100	8月6日	8月13日	8月14日
	110	8月19日	8月25日	8月26日

冷蔵庫と発生環境を、研究施設と生産現場を想定する2条件を設けた。前者は、冷蔵を225Lの冷蔵庫(タバリエスペック株式会社製 Platinous Rainbow PR2G)で行い、発生を静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター内(静岡県浜松市浜北区根堅,標高70m:以下,「研究センター施設」)のアルミ製の骨組みにポリエチレン製シートを屋根とした簡易施設(2×3m)で行った(写真1)。後者は、冷蔵を1,240Lの冷蔵庫(冷蔵パネル:日軽パネルシステム株式会社製,冷蔵ユニット:株式会社日立空調 SE 製 RU-R20MF)で行い、発生を生産者施設(静岡県榛原郡川根本町上長尾,標高450m,7.2×30m)で行った(写真2)。子実体の発生期間中には、両施設内



写真1 センター内の発生施設



写真2 生産者の発生施設

ともに、毎日7時と16時から30分間の散水を行った。

3. 測定項目

1回目に発生した子実体の発生量（生重量）と、個重および個数をデジタル秤もしくは目視で計測した。また、それら計測値の試験区間における差異を評価するため、統計ソフト「4Steps エクセル統計」を用いて Scheffe の多重比較検定を行った。

発生施設の1時間ごとの気温（TandD 社製おんどとり TR-72Ui）を測定した。

III 結果

1. 発生率

各試験区で供試した菌床数（供試数）に子実体が発生した菌床数が占める割合を発生率とした。研究センター施設の発生率は、無処理区と比べて、24h 処理区と 48h 処理区で高くなった(表 2)。24h 処理区と 48h 処理区の発生率は 100%であった。それに対して、無処理区では、75%が多く、品種 A の 100 日間培養のみが 100%であった。

生産者施設の発生率も、無処理区よりも、24h 処理区と 48h 処理区で高くなった。24h 処理区と 48h 処理区は、品種 A においては全ての試験区で 100%となり、品種 B においては 75%から 100%となった。無処理区の発生率は、品種 A の 90 日間培養区の 100%を除いて、0%から 25%と低い値であった。

2. 子実体発生量

研究センター内施設における、1菌床当たりの子実体の発生量は、無処理で 11.1 から 46.4g、24h 処理区で 134.1 から 227.7g、48h 処理区で 185.5g から 252.9g であった(表 3)。検定の結果では、品種、培養日数に関係なく、無処理区よりも、24h 処理区と 48h 処理区でより多くなった。24h 処理区と 48h 処理区を比較すると、48h 処理区で発生量が多くなる傾向が見られ、90 日間培養の試験区においては、有意に多くなることが認められた。

生産者施設における、1菌床当たりの子実体の発生量は、無処理で 10.0 から 120.3g、24h 処理区で 57.2 から 188.4g、48h 処理区で 93.3g から 254.3g であった。無処理区よりも、24h 処理区と 48h 処理区で多くなる傾向が見られた。発生率が高く検定を行えた品種 A の 90 日間培養の試験区

表 2 各試験区における子実体発生率 (%) 括弧内数値は供試数を示す

培養日数 (日)	冷蔵時間 (時間)	センター内施設		生産者施設	
		品種 A	品種 B	品種 A	品種 B
90	0	75 (4)	75 (4)	100 (4)	25 (4)
	24	100 (8)	100 (8)	100 (8)	88 (8)
	48	100 (8)	100 (8)	100 (8)	100 (8)
100	0	100 (4)	75 (4)	0 (4)	0 (4)
	24	100 (8)	100 (8)	100 (8)	75 (8)
	48	100 (8)	100 (8)	100 (8)	100 (8)
110	0	75 (4)	75 (4)	25 (4)	0 (4)
	24	100 (8)	100 (8)	100 (8)	100 (8)
	48	100 (8)	100 (8)	100 (8)	100 (8)

表 3 各試験区における子実体発生量 (g/菌床 生重)

培養日数 (日)	冷蔵時間 (時間)	センター内施設		生産者施設	
		品種 A	品種 B	品種 A	品種 B
90	0	31.1±19.6 ^a	38.1±18.6 ^a	120.3±14.4 ^a	24.5
	24	162.9±51.9 ^b	153.2±45.5 ^b	186.3±96.7 ^{ab}	147.1±59.9
	48	252.9±25.4 ^c	223.1±60.5 ^c	254.3±44.2 ^b	172.1±46.1
100	0	27.0±19.5 ^a	11.1±4.0 ^a	-	-
	24	224.0±40.1 ^b	134.1±80.1 ^b	147.7±37.0	57.2±18.7
	48	242.3±45.4 ^b	185.5±40.7 ^b	123.3±17.4	93.3±35.2
110	0	46.4±22.7 ^a	28.9±3.7 ^a	10.0	-
	24	227.7±35.2 ^b	181.0±81.0 ^b	188.4±34.8	184.1±32.3
	48	232.9±43.6 ^b	228.6±27.5 ^b	229.0±30.6	175.4±42.3

同一培養日数において異なる符合の間に有意差あり (Scheffe の検定 p<0.05)

表 4 各試験区における子実体個数 (個/菌床)

培養日数 (日)	冷蔵時間 (時間)	センター内施設		生産者施設	
		品種 A	品種 B	品種 A	品種 B
90	0	2.0±1.7 ^a	2.0±1.0 ^a	7.3±1.0 ^a	1.0
	24	25.9±12.2 ^a	14.8±6.4 ^a	13.6±8.6 ^a	8.3±3.8
	48	62.4±17.4 ^b	28.4±11.7 ^b	47.1±16.4 ^b	16.1±6.0
100	0	4.0±2.9 ^a	2.0±1.0 ^a	-	-
	24	36.6±7.7 ^b	21.1±6.2 ^b	31.8±11.5	8.2±3.0
	48	45.5±7.0 ^b	28.6±7.9 ^b	23.0±5.5	8.9±4.1
110	0	4.3±2.9 ^a	2.3±0.6 ^a	1.0	-
	24	44.9±10.9 ^b	26.1±13.2 ^b	28.0±7.9	18.5±9.0
	48	62.3±5.9 ^c	41.1±6.6 ^c	39.3±10.3	17.3±8.6

同一培養日数において異なる符合の間に有意差あり (Scheffe の検定 p<0.05)

表5 各試験区における子実体個重 (g/個 生重)

培養日数 (日)	冷蔵時間 (時間)	センター内施設		生産者施設	
		品種 A	品種 B	品種 A	品種 B
90	0	18.1±9.1 ^a	19.6±3.3 ^a	16.8±3.0 ^a	24.5
	24	7.0±2.6 ^b	11.3±2.8 ^b	15.0±2.8 ^a	18.4±1.8
	48	4.3±1.1 ^b	8.5±2.1 ^b	6.0±2.1 ^b	11.2±1.8
100	0	6.8±1.9 ^{ns}	6.0±1.9 ^{ns}	-	-
	24	6.2±0.6	6.0±2.6	5.0±1.2	7.1±0.6
	48	5.3±0.6	6.8±2.1	5.5±0.9	11.1±2.8
110	0	13.5±6.4 ^a	12.6±1.6 ^a	10.0	-
	24	5.2±0.7 ^b	7.2±0.9 ^b	7.0±1.5	11.8±4.5
	48	3.7±0.5 ^b	5.6±0.8 ^c	6.0±0.9	11.6±3.5

同一培養日数において異なる符号の間には有意差あり (Scheffe の検定 $p < 0.05$)

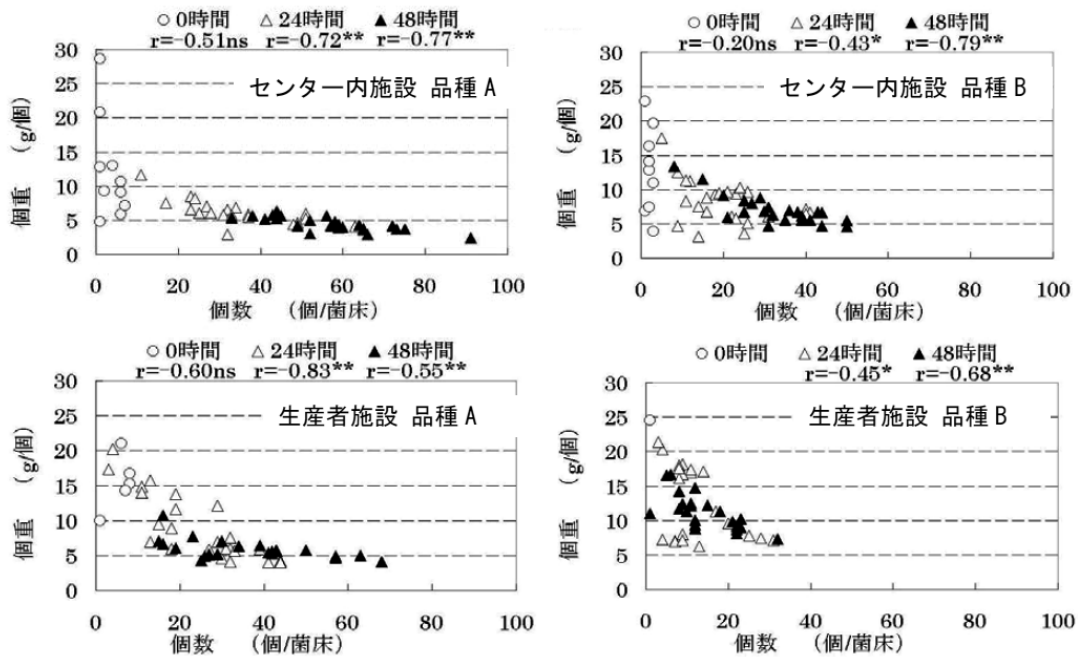


図1 子実体個数と個重の関係 (*は5%、**は1%水準で有意差あり)

においては、無処理区の発生量は、24h 処理区と有意差が認められなかったが、48h 処理区とは有意差が認められた。24h 処理区と 48h 処理区と比較では、同じ品種、培養期間において、24h 処理区の方が多い試験区(品種 A の 100 日間培養と品種 B の 110 日間)もあり、これは研究センター内施設での結果と異なった。

3. 子実体発生個数

研究センター内施設における個数は、品種、培養期間に関係なく、無処理区よりも、48h 処理区で多くなった。90 日間培養の試験区では、無処理区と 24h 処理区の間で有意差は認められなかった。24h 処理区と 48h 処理区を比較すると、48h 処理区で発生量が多くなる傾向が見られた(表 4)。

生産者施設における発生個数は、無処理区より、24h 処理区と 48h 処理区で多くなった。

4. 子実体個重

研究センター内施設における個重は、90 日間と 110 日間培養において、24h 処理区と 48h 処理区が無処理区より軽かった。24h 処理区と 48h 処理区を比較すると、24h 処理区の方が重い傾向が見られた。100 日間培養の試験区では、冷蔵時間の間で有意差は認められなかった(表 5)。

生産者施設における個重は、無処理区より、24h 処理区と 48h 処理区で軽い傾向があった。

子実体個数と個重について相関分析を行った結果を図 1 に示した。24h 処理区と 48h 処理区においては、個数と個重の間に負の相関関係が認められ、個数が多いと個重が軽くなる傾向が顕著に認められた。

5. 気温

試験期間におけるセンター内施設と生産者施設内の気温を表 6 に示す。発生試験期間中に、施設内の日最低気温は 22.4°C から 24.3°C であった。日最高温度は 29.1°C から 32.6°C であった。

培養日数 (日)	冷蔵時間 (時間)	センター内施設			生産者施設		
		平均	最高	最低	平均	最高	最低
90	0	25.5	29.1	22.7	24.6	29.2	22.5
	24	25.6	29.6	22.5	24.8	29.5	22.4
	48	25.7	29.9	22.5	24.7	29.1	22.5
100	0	27.1	31.0	24.1	欠	欠	欠
	24	27.5	31.8	24.2	26.0	32.1	22.9
	48	27.9	32.6	24.3	26.2	32.5	23.0
110	0	26.9	30.5	24.1	25.9	30.6	23.5
	24	26.5	29.7	23.8	25.7	29.8	23.5
	48	26.5	29.7	23.8	25.6	29.7	23.7

両施設に共通して、100日間培養による菌床からの発生期間で気温がやや高い傾向があった

IV 考察

90から110日間培養を行ったシイタケの菌床を24時間、または48時間冷蔵することによって、子実体の発生率が100%に近づき、子実体が発生しない菌床を減少させることが可能であると考えられた。これは、センター内と生産者施設でも共通の結果であった。発生率では、菌床の冷蔵による低温刺激が非空調による夏季の菌床シイタケ栽培に有効な手法であると判断された。

発生量、個数、個重は、培養日数や発生場所によって有意差の有無や、差の大小はあるが、同条件で培養、発生を行った場合に、無処理区に比べ、24h処理区と48h処理区で発生量と個数は、品種Bを100日間培養した場合を除いて、増加し、個重は減少した。その傾向は、24h処理区よりも48h処理区で顕著であった(写真3)。発生量においては、1菌床当たりの1回の標準の発生量とされる140~200g²⁾から有効性を評価すると、冷蔵処理区において標準を満たす試験区が83%あり、実用性を有する水準にあると評価した。

発生期間中の最低気温は、使用品種における子実体発生の刺激となる温度の上限(22, 23°C前後)まで下がるが、平均気温は刺激となる温度域を超えているため、発生施設内で受ける低温刺激は極めて少なく、子実体発生の刺激は主として冷蔵から受けたものであると考えられた。

子実体の発生率が高くなり、発生量や個数が多くなることは、生産面では利点となる。しかし、個重が著しく減少する場合には、出荷規格に満たないものが増加し、経営上不利になる可能性も考えられた。そのため、今後の試験では、著しい個重の減少を防止するために個数を抑制する技術の開発と規格ごとの発生量を計測し、経営面からも再評価する必要がある(図2)。

冷蔵時間の検討においては、48h処理区と同様に、24h処理区においても発生率は100%で(表1)、発生量は無

処理に比べ多いこと(表2)、個重がやや高い傾向にある(表4)ことから、24時間冷蔵も有効であると評価できる。しかし、48h処理区と比べた場合に、発生量が少なくなる場合があり、より安定的な効果を発揮するのに必要な冷蔵時間は48時間であると考えられた。

本試験によって、夏季に非空調の施設で菌床シイタケを発生させる場合に、菌床を24時間及び48時間冷蔵することで、冷蔵しない場合に比べて子実体発生が安定し、発生量が増加することが明らかになった。しかし、子実体個数が著しく増加し、個重が減少した。規格外となる小さなシイタケの生産は、一般的には商品価値が低くなるため、発生の安定性や発生量を維持しながら、個数を抑えるような発生方法がより有効であると考えられ、今後の技術課題となった。課題解決に向けた試験においては、発生の安定性に加えて、規格ごとの発生量を計測し、

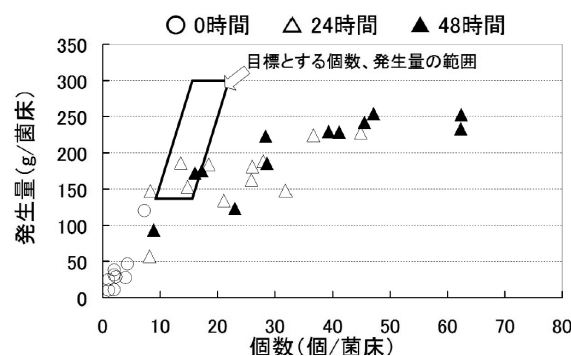


図2 子実体個数と発生量の関係(各試験区の平均値)

写真3 センター内施設での48h処理区の子実体発生



経営面における有効性を検討する必要があると思われる。

V 摘要

シイタケ菌床栽培における、夏季の非空調簡易施設で安定した子実体発生手法の確立を目的として、培養完了後の菌床2品種を8℃の冷蔵庫に入れた後、子実体の発生試験を行った。24時間と48時間の冷蔵による低温刺激は、夏季の子実体の発生率向上と発生量増加に有効な処理方法であると評価された。一方で、個数の増加に伴う個重の低下が新たな課題となった。

引用文献

- 1)阿部正範(1997)：シイタケ菌床栽培における培養温度が子実体の発生に及ぼす影響。徳島県林業総合研技セ
- 研報 34, 19～22.
- 2)北研食用菌類研究所(1993)：菌床栽培成功のポイント。大森清寿, 菌床シイタケのつくり方, 社団法人農山漁村文化協会, 58～59.
- 3)林野庁(2013)：平成24年の特用林産物の生産動向等について。
www.rinya.maff.go.jp/j/press/tokuyou/131031.html
- 4)坂田勉(1997)：菌床シイタケ夏季自然栽培試験。森林応用研究6, 203～204.
- 5)静岡県森林・林業統計要覧平成25年度版(2014)：静岡県交通基盤部森林局森林計画課, 124.
- 6)鈴木拓馬(2014)：冷蔵刺激が菌床シイタケ5品種の子実体発生に与える影響。中森研 62, 117～118.
- 7)全国食用きのこ種菌協会(2013)：きのこ種菌一覧/2013年版.