

エリンギの高品質化栽培技術の開発

2013年度～2015年度

中西敦史*・道端亜貴美・伊丹哉恵**

要 旨

当センターが品種登録したエリンギ「とっとき2号」と他系統の交配により病害耐性を有した高品質な交配菌株が作出されているが、最適な栽培条件については一部しか検討されていない。そこで、最適な培地条件や発生管理方法等を検証した。全系統の収穫重量及び子実体密度は培地含水率が高くなると増加したが、系統によっては、65%前後の収穫重量が最も多かったことや、70%では菌糸蔓延が遅れたことから、培地最適含水率は65%より若干高い値が適していると考えられる。菌糸伸長量は培養温度が上がるに従い増加するが、一定の温度以上、または一定の温度範囲で、伸長量に差が見られなくなり、これらの結果を基に、各系統の最適な培養温度を明らかにした。さらに、子実体発生までの期間は、発生温度を高めることで短縮できることを明らかにした。

I はじめに

当センターでは、保有するエリンギ系統を交配し、立ち枯れに強い高品質な系統を開発した。しかしながら、これらの系統についての培地基材に用いる添加物の配合割合や培地基材の含水率、子実体発生管理方法等の最適な栽培条件が明らかになっておらず、実用化する上で課題となっている。そこで、様々な条件でこれらの系統を栽培し、発生した子実体について調べることでそれぞれの系統に適した栽培条件を検討した。

II 方法

1. 栽培及び測定方法

とっとき2号（以下E2）を対照品種とし、E2と他系統との交配により作出・選抜した病害耐性菌株5株（門屋 2012; 23136, 2454, 28107, 2831, 2865）の計6系統について、含水率、フスマの配合割合及び発生温度を変えて栽培試験を行った（表-1）。以下に標準の栽培試験方法を示す。

1) 培地はスギオガ粉とし、栄養体としてフスマとホミニーフードをそれぞれ体積比でスギオガ粉10に対し3.0及び0.5で配合し、含水率を65%

前後に調整する。2) 調整した培地を850ccのポリプロピレン製グロービンに490gずつ詰めて常法により殺菌し、菌株を接種する。3) 接種した培地を23℃～25℃で培養する。4) 菌糸蔓延後に菌かきを行い、15℃、湿度90%の発生室で子実体を発生させる。

含水率、フスマの配合割合及び発生温度の子実体発生への影響を検証するため、標準の栽培方法を改変し、含水率は59.6～70.0%の条件で、フスマの配合割合は体積比でスギオガ粉10に対して2.5、3.0、3.5、4.0の4条件で、発生温度については12、15及び18℃の3条件で発生試験を実施した。

子実体が収穫に適した形に成長した後、子実体を収穫し、1ビン当たりの合計子実体収穫重量（以下、収穫重量）、かさの直径が3cm以上の子実体の本数（以下、収穫本数）を測定した。収穫後培地を菌かきし、2番発生についても調査した。さらに、収穫した子実体のうち、個重が10g以上の各子実体について、図-1の5項目を測定した。また、以下の方法により各子実体の体積を推定した。E2の子実体15本について、上記5項目を測定すると共に子実体を水に沈下させることで、体積を測定した。

Atsushi NAKANISHI, Akimi MICHIBATA, Kanae ITAMI: Study for cultivation techniques heightening quality of *Pleurotus eryngii*

* 2015年9月退職

** 新城設楽農林水産事務所

検証と同様に共分散分析及び一般化線形モデルによる回帰分析を実施した。また、系統及びフスマ配合割合を説明変数、各子実体の重量、体積及び密度を応答変数として、共分散分析を実施した。

3. 子実体発生管理方法の検索

(1) 菌糸の最適伸長温度の検索

10mmのコルクボーラーで打ち抜いた各系統のエリンギ菌糸片をポテトデキストロース平板培地に、接種し、21、23、25、27、29℃の5条件で培養した。接種後8日目に菌糸伸長量を測定し、系統及び培養温度が菌糸伸長量に与える影響を二元配置分散分析で検定した。

(2) 発生温度の検索

試験1、2、5及び6のデータ(含水率63.4~66.8%)を基に(表-1)以下のとおり発生温度の影響を検証した。系統及び発生温度を説明変数、各ビンの収穫重量、収穫本数及び菌かきから子実体の発生までの日数を応答変数とした。収穫重量の解析については共分散分析を実施し、また、収穫本数及び発生までの日数の解析については誤差をポアソン分布及び連結関数を対数関数とした一般化線形モデルによる回帰分析により、それぞれの説明変数及び交互作用を検証した。また、系統及び発生温度を説明変数、各子実体の重量、体積及び密度を応答変数とし、共分散分析を実施した。

III 結果

1. 測定結果概要

本研究では654ビン、1,771本の子実体を調べた。これらのビン毎の収穫1回目の収穫重量、収穫本数及び菌かきから発生までの日数はそれぞれ 119.9 ± 90.0 (以下、標準偏差) g、 2.4 ± 4.0 本、 27.6 ± 28.5 日で、2回目はそれぞれ 41.0 ± 78.6 g、 1.2 ± 3.0 本及び 25.5 ± 36.5 日だった。収穫1回目の各子実体の重量、体積及び密度はそれぞれ 29.2 ± 19.6 g、 42.0 ± 32.3 cm³、 $0.$

7 ± 0.2 g/cm³であった。各ビンにおける2回目の収穫重量は1回目の3分の1程度と少なかったことから、2回目以降の収穫は生産事業としては非効率であると考え、以降の解析では1回目の収穫データを用いて解析した。

2. 培地条件の検索

(1) 添加物の配合割合と最適含水率の検索

ア ビン毎の結果

含水率、フスマ配合割合及び発生温度の影響の解析結果は表-2のとおり。

表-2 結果概要

系統	応答変数	説明変数 ¹		
		含水率	フスマ 添加割合	発生温度
E2	収穫重量	+	ns	ns
	収穫本数	ns	ns	ns
	発生までの日数			-
	子実体重量	ns	ns	ns
	子実体体積	ns	ns	ns
	子実体密度	+	ns	-
23136	収穫重量	+	ns	+
	収穫本数	ns	ns	ns
	発生までの日数			-
	子実体重量	+	ns	ns
	子実体体積	+	ns	ns
	子実体密度	+	ns	-
2454	収穫重量	+	ns	ns
	収穫本数	ns	ns	-
	発生までの日数			-
	子実体重量	ns	ns	ns
	子実体体積	ns	ns	ns
	子実体密度	+	-	-
28107	収穫重量	+	ns	ns
	収穫本数	ns	ns	ns
	発生までの日数			-
	子実体重量	ns	ns	ns
	子実体体積	ns	ns	ns
	子実体密度	+	ns	-
2831	収穫重量	+	ns	ns
	収穫本数	ns	ns	ns
	発生までの日数			-
	子実体重量	ns	ns	ns
	子実体体積	ns	ns	ns
	子実体密度	+	ns	-
2865	収穫重量	+	ns	ns
	収穫本数	ns	ns	ns
	発生までの日数			-
	子実体重量	ns	ns	ns
	子実体体積	ns	ns	ns
	子実体密度	+	ns	-

¹+: 正の効果、-: 負の効果、ns: 有意差無し

含水率の効果に関する解析結果を以下に示す。収穫重量に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 10.048, P < 0.001$) 及び含水率 ($F = 21.120, P < 0.001$) の有意な影響が検出されたが、それらの交互作用は有意ではなかったため、交互作用を抜いたモデルを用いて、各系統及び含水率の影響を推定した。いずれの交配系統もE2に比べ収穫重量が低かったが ($t = -6.017 \sim -2.048, P < 0.05$)、含水率効果を示す傾きは有意に正の値をとり ($b = 2.058, t = 4.582, P < 0.001$)、全系統で、含水率が増えるにしたがい、収穫重量が増加することが示された (図-2)。収穫重量に対する二元配置分散分析の結果、収穫重量は系統 ($F = 12.068, P < 0.001$)、含水率 ($F = 40.245, P < 0.001$) 及びそれらの交互作用 ($F = 1.999, P < 0.05$) が有意に影響していた。各系統の含水率間の収穫重量の差についてBonferroni後、Tukey HSDの方法で多重比較した結果、E2、28107及び2865では、それぞれW2及びW3の収穫重量がW1に比べ有意に大きかったが ($P < 0.05$)、W2とW3では有意な差は無かった。23136では、含水率間に差は見られなかった。2454及び2831では収穫重量はW2が、W1及びW3に比べ有意に大きかった ($P < 0.05$)。収穫本数に対する一

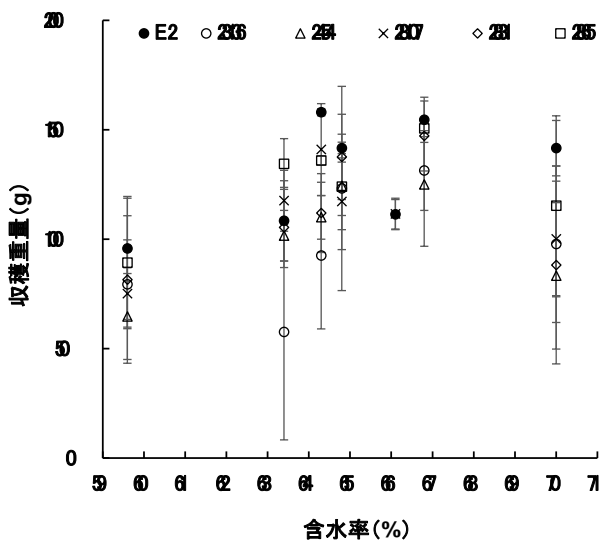


図-2 含水率と収穫重量の関係

般化線形モデルを用いた回帰分析の結果、含水率の効果及び系統と含水率の交互作用は有意ではなく、また、2316がE2に比べ有意に収穫本数が少なかった ($z = -2.490, P < 0.05$)。

フスマの配合割合の効果に関する解析結果を以下に示す。収穫重量に対する共分散分析の結果、いずれの系統においてもフスマ配合割合の有意な影響は無く、また、2865の収穫重量はE2に比べ有意に小さかった ($t = -2.136, P < 0.05$)。収穫本数に対する一般化線形モデルを用いた回帰分析の結果、系統及びフスマ配合割合の影響は有意ではなかった。

イ 各子実体の形質

子実体体積の近似式として以下の式を導出した。

$$V = 0.43377 \pi B^2 C / 4 + 1.03513 \pi D E^2 / 4 - 3.30705$$
 近似式の推定精度は高かった ($F = 153.5, R^2 = 0.9624, P < 0.001$)。

含水率の効果についての解析結果を以下に示す。各子実体重量に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 4.639, P < 0.001$)、含水率 ($F = 9.713, P < 0.01$) 及びそれらの交互作用 ($F = 4.408, P < 0.001$) の有意な影響が検出された。そのため、交互作用を含んだモデルを用いて、各系統及び系統毎の含水率の影響を推定した結果、23136のみがE2に比べ子実体重量が低く ($t = -3.061, P < 0.01$)、かつ、含水率効果を示す傾きは有意に正の値をとり ($b = 2.396, t = 4.025, P < 0.01$) 含水率が増えるにしたがい、子実体重量が増加することが示された。子実体体積に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 8.245, P < 0.001$) 及び系統と含水率の交互作用 ($F = 4.672, P < 0.001$) の有意な影響が検出されたが、含水率単独の影響は有意ではなかったため、系統及び系統と含水率の交互作用を持つモデルを用いて、系統及び各系統における含水率の影響を推定した。その結果、23136のみE2に比べ子実体体積が小さく ($t = -2.788, P < 0.01$)、

かつ、含水率の効果を示す傾きは有意に正の値をとり ($b = 4.166$, $t = 5.739$ $P < 0.001$) 含水率が増えるにしたがい、子実体体積が増加することが示された。子実体密度に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 25.502$, $P < 0.001$) 及び含水率の ($F = 30.340$, $P < 0.001$) の有意な影響が検出されたが、それらの交互作用は有意ではなかったため、それらの交互作用を抜いたモデルを用いて、系統及び含水率の影響を推定した。その結果、含水率の効果を示す傾きは有意に正の値をとり ($b = 0.006$, $t = 5.488$ $P < 0.001$)、全系統で含水率が増えるにしたがい、密度が増加することが示された。また、23136はE2に比べ有意に密度が低く ($t = -4.732$, $P < 0.001$)、28107はE2に比べ有意に密度が高いことが明らかになった ($t = 6.521$, $P < 0.001$)。

フスマ配合割合の効果に関する解析結果を以下に示す。子実体重量に対する共分散分析の結果、系統のみ有意な影響が検出され ($F = 4.591$, $P < 0.001$)、フスマ配合割合及びフスマ配合割合と系統の交互作用は有意ではなかった。子実体体積に対する共分散分析の結果、系統のみ有意な影響が検出されたが ($F = 9.332$, $P < 0.001$)、フスマ配合割合及び系統とフスマ配合割合の交互作用の影響は有意ではなく、23136のみ子実体体積はE2に比べ小さかった ($t = -2.155$, $P < 0.05$)。子実体密度に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 15.143$, $P < 0.001$)、フスマ配合割合 ($F = 10.727$, $P < 0.005$) 及びそれらの交互作用 ($F = 2.379$, $P < 0.05$) の有意な影響が検出されたが、系統毎で見ると、2454でのみフスマ配合割合の効果を示す傾きは有意に負の値をとり ($b = -0.106$, $t = -2.319$, $P < 0.05$) フスマ配合割合が高いほど子実体密度が低くなる傾向が示された。

3. 子実体発生管理方法の検索

(1) 菌糸の最適伸長温度の検索

各系統の8日目の菌糸伸長量を図-3に示す。二元配置分散分析の結果、菌糸伸長量は系統 ($F = 4.486$, $P < 0.001$)、培養温度 ($F = 113.306$, $P < 0.001$) 及びそれらの交互作用 ($F = 5.214$, $P < 0.001$) が有意に影響していた。各系統の培養温度間の菌糸伸長量の差についてBonferroni修正後、Tukey HSDの方法で多重比較した結果、E2では23~29°Cの伸長量が21°Cに比べ有意に大きかった ($P < 0.001$)。23136では、中間の23~27°Cの伸長量が最低の21°C及び最高の29°Cに比べ有意に大きかった ($P < 0.01$)。2454では27~29°Cの伸長量が21~25°Cに比べ有意に大きかった ($P < 0.001$)。28107では23~29°Cの伸長量が21°Cに比べ有意に大きかった ($P < 0.01$)。2831では23~29°Cの伸長量が21°Cに比べ大きかった ($P < 0.001$)。2865では25~29°Cの伸長量が21~23°Cに比べ大きかった ($P < 0.05$)。23136以外の5系統では高温ほど菌糸伸長量が大きくなる傾向が示されたが、一定の温度以上で伸長量に差が見られなくなり、また、23136では中間温度で菌糸伸長量が大きく、23°C~27°Cで伸長量に差は見られず、29°Cになると菌糸伸長量は減少する傾向が示された。

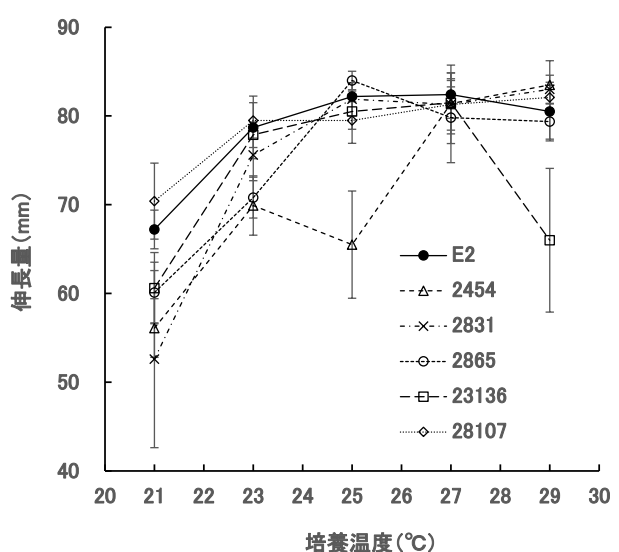


図-3 培養温度と菌糸伸長量

(2) 発生温度の検索

ア ビン毎の結果

発生温度の効果に関する解析結果を以下に示す。収穫重量に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 11.887, P < 0.001$)、発生温度 ($F = 6.529, P < 0.05$) 及びそれらの交互作用 ($F = 2.342, P < 0.05$) の有意な影響が検出された。そのため、交互作用を含んだモデルを用いて、各系統及び発生温度の影響を推定した。23136のみE2に比べ収穫重量が有意に小さく ($t = -2.589, P < 0.05$)、かつ、発生温度の効果を示す傾きは有意に正の値をとるため ($b = 7.354, t = 2.247, P < 0.05$)、発生温度が上がるにしたがい、収穫重量が増加することが示された。収穫本数に対する一般化線形モデルを用いた回帰分析の結果、系統と発生温度の交互作用は有意だったため (逸脱度 = -11.428, $P < 0.05$)、交互作用を含んだモデルを用い、各系統及び発生温度の影響を推定した。その結果、2454のみE2に比べ収穫本数が有意に多く ($Z = 2.136, P < 0.05$)、かつ、発生温度の効果を示す傾きは有意に負の値をとり ($b = -0.192, t = -2.657, P < 0.05$)、発生温度が上がるにしたがい収穫本数が減少する傾向が示された。発生までの日数に対する一般化線形モデルを用いた回帰分析の結果、系統と発生温度の交互作用は有意だったため (逸脱度 = -26.0, $P < 0.001$)、交互作用を含んだモデルを用い、各系統及び発生温度の影響を推定した。その結果、23136がE2に比べ発生日数が有意に長く ($z = 5.052, P < 0.001$)。また、全系統で発生温度の影響を示す傾きが有意に負の値をとり ($b = -0.127 \sim -0.037, t = -7.518 \sim -2.118, P < 0.05$)、発生温度が上がるにしたがい発生日数が減少することが示された (図-4)。

イ 子実体の形質

発生温度の効果に関する解析結果を以下に示す。子実体重量に対する共分散分析の結果、系統のみ

有意な影響が検出され ($F = 4.063, P < 0.005$)、発生温度及び発生温度と系統の交互作用は有意ではなかった。また、23136のみE2に比べ、子実体重量は有意に大きかった ($t = 2.830, P < 0.005$)。子実体体積に対する共分散分析の結果、系統のみ有意な影響が検出され ($F = 7.262, P < 0.001$)、発生温度及び系統と発生温度の交互作用の影響は有意ではなかった。23136のみE2に比べ、子実体体積が有意に大きかった ($t = 2.847, P < 0.005$)。子実体密度に対する共分散分析の結果、系統 ($F = 26.977, P < 0.001$) 及び発生温度 ($F = 12.775, P < 0.001$) の有意な影響が検出されたが、それらの交互作用は有意ではなかったため、交互作用を抜いたモデルを用いて、系統及び発生温度の影響を推定した。その結果、23136と2454はE2に比べ有意に密度が低く (それぞれ $t = -2.694, P < 0.01$ 及び $t = -3.372, P < 0.001$)、28107と2865はE2に比べ有意に密度が高いことが明らかになった (それぞれ $t = 7.581, P < 0.001$ 及び $t = 3.756, P < 0.001$)。また、発生温度の効果を示す傾きは有意に負の値をとり ($b = -0.008, t = -3.561, P < 0.001$)、全系統において発生温度が上がるにした

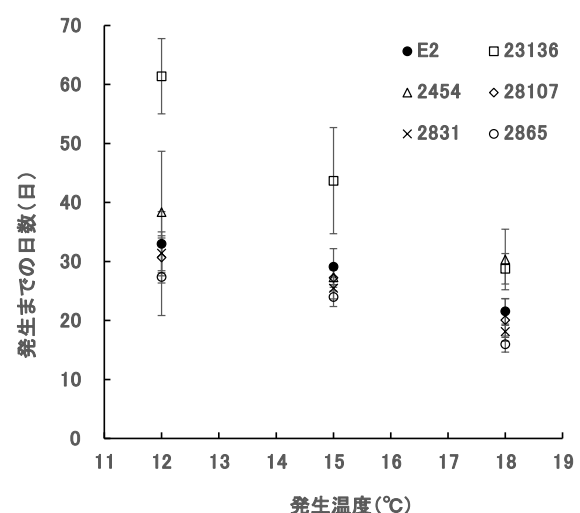


図-4 発生温度と発生までの日数

がい、密度が減少することが示された。

IV 考察

本研究で使用したE2およびその交配系統における各ビンの平均収穫総重量は1番発生が119.9g、2番発生が41.0gで、合計160.9gとなる。澤（2005）では、E2の1ビン当りの発生量を132gとしていることから、本研究の収穫重量は比較的大きいと言える。しかし、各ビンにおける2回目の収穫重量は1回目の3分の1程度と少なかった。このことから2番発生の収穫は生産者の立場としては非効率的であり、1番発生収穫後、菌床を廃棄し、新たに生産することが効率的と考えられる。

本研究で検証した培地条件の中で、含水率の影響が全系統で検出された。全系統において含水率が高くなると、収穫重量が増加する傾向があったが、2454と2831では含水率65%前後（63.4～66.8%）で収穫重量が有意に高く、E2、28107及び2865では、含水率63.4～66.8%と70%の間で収穫重量に有意な差が無かった。さらに、試験7（含水率59.6%及び70.0%）では含水率59.6%の培地81本の内51本（63.0%）で、含水率70.0%の培地95本の内68本（71.6%）で、培養期間が通常約40日からさらに20日遅れた。澤（2003）は含水率が60%をきると菌糸が薄周りになり、70%以上では底に水がたまり、菌が回らなくなると述べている。これらのことから、含水率は65%より若干高めを目標にするべきと考えられる。また、含水率が高くなると、全系統で子実体密度が増加することが示されたが、培地の含水率を高めることで、子実体の水分含有量が上がり、その結果、収穫重量が増えると考えられる。密度及び子実体の水分含有量は、食品としての特性に影響すると考えられ、培地含水率の操作により、食品特性を管理できると考えられる。

本研究で検証した子実体発生管理方法では、培

養温度及び発生温度の影響が全系統で検出された。

培養温度は全系統の菌糸伸長量に影響していた。23136以外の5系統では高温ほど菌糸伸長量が大きくなる傾向が示されたが、一定温度以上では菌糸伸長量に有意な差は見られなかった。23136では中間温度23～27℃で菌糸伸長量が大きかったが23～27℃では菌糸伸長量に差は見られなかった。培養に際しては、培養温度が上がるにつれて害菌の増殖も起き易くなるため（高尾ら2002）、菌糸伸長量が大きくかつ最低の温度が適していると考えられる。本研究の結果からE2、23136、28107、2831の4系統は23℃、2865は25℃及び2454は27℃が最適と考えられる。

発生温度は全系統の子実体発生までの日数と各子実体密度に影響していた。発生温度を上げると、発生までの日数が短縮され、一方で、発生温度が上がるにつれ、子実体の密度が減少することが示されたが、発生温度の上昇に伴う収穫重量の減少は検出されなかった。これらのことから、発生温度を上げることで、菌かきから発生までの日数を短縮し、エリンギの生産サイクルを早めることができると考えられる。本研究における検証範囲では18℃が最適と考えられるが、さらに高温における発生を検証する必要がある。

引用文献

- 門屋（2012）立ち枯れに強いエリンギ新品種の開発．愛知森林セ報49：42-48
- 澤章三（2005）愛知のキノコ栽培．134pp，愛知県
- 高尾宏毅・石田朗・澤章三（2003）エリンギの立ち枯れの解明と防除法の確立．愛知森林セ報40：31-35