

シイタケ子実体の生長にともなう元素含量の変動

誌名	財団法人日本きのこセンター菌蕈研究所研究報告 = Reports of the Tottori Mycological Institute
ISSN	03888266
著者	松本, 晃幸 時本, 景亮
巻/号	25号
掲載ページ	p. 62-67
発行年月	1987年12月

シイタケ子実体の生長にともなう 元素含量の変動*

松本 晃 幸・時本 景 亮

Teruyuki MATSUMOTO and Keisuke TOKIMOTO: Quantitative changes of bioelements during fruitbody development in *Lentinus edodes**

Abstract

Fruitbodies of *Lentinus edodes* were produced in sawdust medium and quantitative changes of elements in the fruitbodies and in the medium were determined. The contents of elements in dried mature fruitbodies were as follows: N 14.3 mg/g, P 13.9 mg/g, K 27.3 mg/g, Mg 3.8 mg/g, Ca 0.6 mg/g, Na 0.5 mg/g, Mn 60.9 μ g/g, Zn 83.0 μ g/g, Fe 46.5 μ g/g, Cu 9.1 μ g/g in stipes, and N 37.5 mg/g, P 10.7 mg/g, K 33.9 mg/g, Mg 1.9 mg/g, Ca 0.2 mg/g, Na 0.2 mg/g, Mn 37.2 μ g/g, Zn 128.0 μ g/g, Fe 88.3 μ g/g, Cu 15.4 μ g/g in pilei. The contents of P, Mg, Ca, Mn and Fe of fruitbodies showed a decrease of about 40 to 65% in one day from the 3rd to the 4th day after the induction of fruitbody development. The contents of N, K, Zn, Fe and Cu in stipes and P, Mg, Ca, Na and Mn in pilei decreased gradually with the development of fruitbodies.

The total amounts of elements transferred from the medium to fruitbodies were high in N, K and Cu, 62.0-95.2% of the initial amounts contained in the medium.

Key Words: element contents; fruitbody development; sawdust culture; *Lentinus edodes*.

緒 言

担子菌類の栄養生理に関する研究は、これまで主として、炭水化物(Wessels, 1965; Kitamoto and Gruen, 1976; 北本ら, 1978; 吉田ら, 1987)や窒素化合物(北本ら, 1980)などの有機化合物を中心に行われてきた。

無機成分については、食品栄養学的見地からの検討(科学技術庁資源調査会, 1982; 数野・三浦, 1985)、子実体形成に対する促進効果(Leatham and Stahmann, 1984)などいくつかの報告がみられる。また、子実体形成と培地の無機成分含量との関係については、エノキタケ(脇田, 1961)およびシイタケ(時本ら, 1982)で報告がある。しかし、これらの報告では成熟子実体の元素含量が測定され、子実体の発育過程における元素の動態については検討されていない。

本報では、シイタケの子実体形成における無機成分の役割に関する予備的知見を得るため、木粉培地を用いて、シイタケ子実体の発育にともなう培地および子実体の元素含量を経時的に調査した。

* 菌蕈研究所研究業績, 第224号. (財)日本きのこセンター・菌蕈研究所, 〒689-11 鳥取市古郡家211. Contribution No. 224 from the Tottori Mycological Institute, Kokoge, Tottori, 689-11 Japan.

材料および方法

供試菌株

本研究にはシイタケ [*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.] TMI-879 株を用いた。

培養方法

別報 (Matsumoto and Kitamoto, 1987) で詳述したように、木粉・米糠培地を 100 ml 容三角フラスコに約 30 g 分注し、120°C で 15 分間加圧滅菌した。この培地に PDA 培地であらかじめ培養した栄養菌糸体の小片を接種し、光照射下(約 50 lux), 24°C で 40 日間培養した。つづいて、子実体発生を誘起するため、18°C の水で 24 時間の冠水処理を行い、その後、光照射下(約 200 lux), 18°C で子実体を発生させた。

分析試料の調製と分析方法

木粉・米糠培地は 100°C で 3 日間加熱乾燥した。また、上記の方法で発生した子実体は、経時的に採取して柄と傘に分割したのち凍結乾燥した。これら乾燥試料を磁製容器を用いた振動型粉碎機で粉碎し、得られた粉末を分析試料とした。通常、粉碎試料 0.2-0.5 g (培地の金属元素分析には約 1 g) を一回当たりの分析に供した。なお、凍結乾燥試料の乾燥重量は粉碎試料の一部を 100°C で恒量となるまで乾燥して求めた。

窒素 (N) およびリン (P) の含量は、水野・南 (1980) の方法に準じて、粉碎試料を硫酸 (試料 0.1 g 当たり 0.5 ml) および 35% 過酸化水素 (試料 0.1 g 当たり 0.5 ml) で加熱分解し、それぞれ蒸留・ネスラー法 (菅原・副島, 1977) およびバナドモリブデン酸法 (作物分析委員会, 1980) により測定した。カリウム (K),

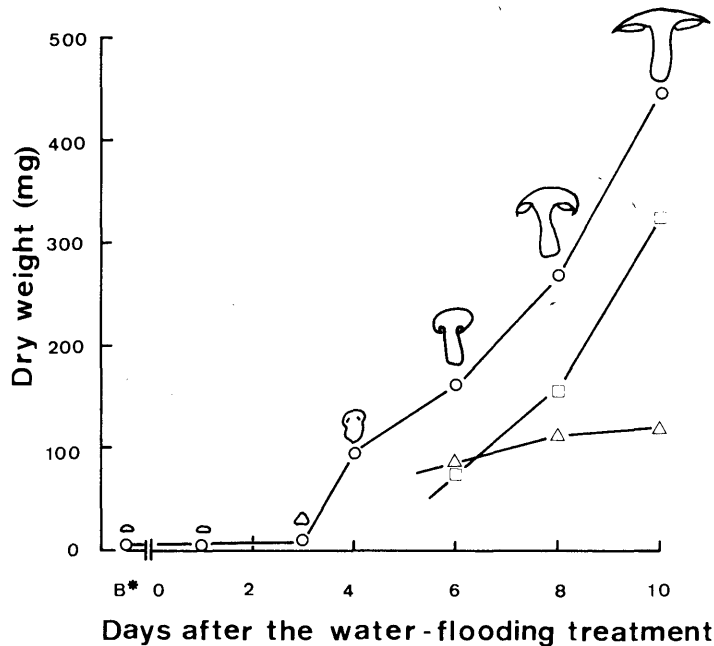


Fig. 1. Changes in dry weight of the stipe and pileus during fruitbody development of *Lentinus edodes*.

* Harvested before the treatment. ○: fruitbody, △: stipe, □: pileus.

マグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ナトリウム (Na)、マンガン (Mn)、亜鉛 (Zn)、鉄 (Fe) および銅 (Cu) の含量測定は、試料 (培地) を電気炉で灰化 (550°C, 6時間) し、1 N-HCl に加熱溶解して一定容 (試料 1 g 当たり 50 ml) にしたものを、および、試料 (子実体) を 1N-HCl (試料 0.1 g 当たり 10 ml) に 25°C で 3 日間懸濁させた後のろ過液について行った。なお、子実体の Fe はこの方法では完全に抽出できないため、過塩素酸分解した。K および Na は炎光度法により、他の元素は原子吸光法によって測定した。Ca の測定に際しては他のイオンとの干渉を防ぐため、分析試料に塩化ストロンチウム (試料 1 ml 当たり 1 mg) を添加した。

結 果

シイタケ、TMI-879 株を光照射下、24°C で 40 日間培養すると、培養物表面の菌糸体が褐変した。この褐変菌糸体の下部には、原木栽培においてはほだ木樹皮下に形成される子実体原基 (小松・時本, 1982) と同様な未分化の菌糸塊が形成されていた (以下、原基と記す)。冠水処理を行うと、2-3 日後に肉眼的にはまだ柄と傘の判別のつかない (顕微鏡下にて、gill cavity の分化が認められる) 幼子実体が、培養物表面の褐変した菌糸体膜を破って発生し始めた。冠水処理後、5-6 日目にかけて柄が急速に伸長し、6-8 日目にかけて傘が展開し、8-10 日目には成熟子実体となって、担子胞子が飛散した。子実体の乾燥重量 (図-1) は、冠水処理後 3-4 日目より成熟時まで増大し続け、冠水処理後 10 日目の子実体重量は同 4 日目の約 4.7 倍にあたる 446 mg であった。また、柄の重量は冠水処理後 6 日目以降漸増するにとどまったが、傘の重量は成熟時まで増加を続けた。成熟子実体の傘の重量は柄の約 2.7 倍で、子実体全体の約 73% を占めた。

本研究に用いた木粉・米糠培地のフラスコ当たり元素含有量を表-1 に示す。N, P および K の含量が多かったが、Mg の含量も比較的多く、P および K の約半分であった。

子実体各部位の元素含量を経時的に測定した結果、表-2 に示すように、冠水処理前の原基には、N および K が最も多く含まれ、それぞれ乾燥重量 1 g 当たり、31.6 および 27.1 mg であった。P, Mg, Ca および Na はそれぞれ 18.5, 4.6, 1.1 および 0.4 mg 含有されていた。微量元素のうち、Mn, Fe および Zn はそれぞれ 108.4, 181.0 および 120.9 μg 含有され、Cu は 13.3 μg で、測定した元素の中で最も低い含量であった。冠水処理後 1 日目の子実体原基および 3 日目の幼子実体の元素含量 (乾燥重量 1 g 当たり) は、処理前の原基の含量と大差なかった。しかし、肥大生長期に入る 4 日目では、P, Mg, Ca, Fe および Mn の含量が低下し、それぞれ 3 日目の含量の 42-68% であった。

Table 1. Amounts of elements in the sawdust medium*

Element	Amount per flask
N	94.3 mg
P	66.9 mg
K	63.1 mg
Mg	34.4 mg
Ca	7.3 mg
Na	1.1 mg
Mn	739.7 μg
Zn	419.8 μg
Fe	504.8 μg
Cu	30.2 μg

* Dry weight of sawdust medium per flask was 8 g.

Table 2. Element contents of fruitbodies of *Lentinus edodes* at various developmental stages

Days after the water-flooding	mg/g dry weight						μg/g dry weight			
	N	P	K	Mg	Ca	Na	Mn	Zn	Fe	Cu
	primordium									
B*	31.6	18.5	27.1	4.6	1.1	0.4	108.4	120.9	181.0	13.3
1	38.0	19.1	27.7	4.4	1.4	0.4	106.7	123.4	194.5	11.6
	young fruitbody									
3	32.8	20.0	28.5	4.4	1.2	0.4	98.8	159.4	169.6	12.3
4	38.2	13.6	33.2	2.8	0.5	0.4	48.2	130.1	102.0	12.3
	stipe									
6	22.2	13.9	32.0	3.4	0.6	0.4	63.5	101.4	82.5	14.5
8	22.1	13.2	28.7	3.5	0.6	0.4	58.6	102.1	65.1	8.5
10	14.3	13.9	27.3	3.8	0.6	0.5	60.9	83.0	46.5	9.1
	pileus									
6	37.3	11.9	33.2	2.0	0.3	0.3	40.3	129.3	73.5	16.4
8	35.0	12.2	31.4	2.5	0.3	0.3	52.4	127.7	98.8	14.2
10	37.5	10.7	33.9	1.9	0.2	0.2	37.2	128.0	88.3	15.4

* Before the water-flooding treatment.

傘が展開する冠水処理後6日目以降より10日目にかけての子実体の元素含量の変動は、傘と柄で異なっていた。傘のN, K, Zn, FeおよびCu含量は柄よりも高く、それぞれ、N: 35.0-37.5 mg, K: 31.4-33.9 mg, Zn: 127.7-129.3 μg, Fe: 73.5-98.8 μgおよびCu: 14.2-16.4 μgであり、とくに傘のN含量は柄の1.7-2.6倍であった。また、この期間の傘での含量はFeを除いて、冠水処理後4日目の幼子実体と同程度(N, KおよびZn)か若干高い値(Cu)で推移し、大きな変動は認められなかった。一方、柄では10日目の成熟子実体の含量が6および8日目の含量に比較して低い傾向にあり、とくに、N, FeおよびCuの含量は子実体が成熟するにつれて低下し、10日目の含量は6日目の60%前後であった。P, Mg, Ca, NaおよびMnは前記の元素とは異なり、柄での含量が傘での含量より高く、とくに、柄のCa含量は傘の約2倍であった。また、

Table 3. Consumption of elements in the sawdust medium by the production of fruitbodies of *Lentinus edodes*

Element	Rate of consumption (%)
N	62.0
P	32.4
K	95.2
Mg	13.0
Ca	8.2
Na	45.4
Mn	11.0
Zn	51.6
Fe	28.5
Cu	84.7

これらの元素の柄での含量は、冠水処理後4日目の幼子実体と同程度（PおよびNa）か若干高い値（Mg、CaおよびMn）で推移し、それぞれ乾燥重量1g当たり、P: 13.2-13.9 mg, Mg: 0.4-0.5 mg, Ca: 0.6 mg, Na: 0.4-0.5 mg および Mn: 58.6-63.5 μ gであった。一方、これら元素の6-10日目の傘での含量は平均して柄の64%程度であり、N、K、Zn、Fe および Cu の場合とは逆に、成熟子実体時に傘での含量低下が認められた。

考 察

木粉培養で得られたシイタケ、TMI-879株の子実体の元素含量は、科学技術庁資源調査会（1982）および時本ら（1982）の報告と比較すると、Nはほぼ同程度であるが、他の元素は1.7-4.3倍の高い値を示した。これは、本研究に用いた木粉・米糠培地の元素含量のほとんどが、シイタケ栽培に用いられるコナラ原木の含量（時本ら、1982）より高い（1.7-76倍）ことに起因していると考えられる。

時本ら（1982）は、コナラ原木を用いたシイタケ栽培において、ほど木齢が増すとセルロースやリグニンのような炭素源は十分に残存しているにもかかわらず、子実体発生量が低下する原因として、NやKの減少が大きく影響している可能性を示唆した。本研究で用いた木粉培養では、フラスコ当たり、成熟子実体が平均4.2個発生した。成熟子実体（10日目）の含量から各元素の培地からの消費率を計算すると、表-3に示したように、N、K および Cu がそれぞれ62.0、95.2 および84.7%と極めて高く、Zn および Na も45 および52%で比較的高い値であった。これらのことから、木粉培養でも、一部の無機成分の不足により子実体発生量が制限される可能性がある。

肥大生長が活発化する冠水処理後4日目の子実体のP、Mg、Ca、Mn および Fe の含量は3日目の子実体の約40-65%であった。しかし、6日目以降は各元素とも大きな変化はなく、肥大生長期の元素間のバランスは子実体全体でみると、ほぼ一定に保たれていた。しかしながら、傘と柄とでは発育過程における元素含量の変動パターンは異なった。このことは、子実体形成における各元素の生理的な役割が異なることの反映であると思われる。

謝 辞：本実験を行うに当たり、理解と有益な助言を賜った菌茸研究所所長、平塚直秀博士および同研究所部長、有田郁夫博士にたいして感謝の意を表す。また、金属元素の定量でお世話になった鳥取県農業試験場の田中彰研究員、および実験に協力していただいた菌茸研究所の加藤洋子氏に御礼申し上げる。

摘 要

1. シイタケを木粉・米糠培地で培養し、子実体発育にともなう培地および子実体の元素含量の変動を調査した。

2. 成熟子実体の柄および傘の元素含量は乾燥重量1g当たりで以下に示す値であった。柄：N 14.3 mg, P 13.9 mg, K 27.3 mg, Mg 3.8 mg, Ca 0.6 mg, Na 0.5 mg, Mn 60.9 μ g, Zn 83.0 μ g, Fe 46.5 μ g, Cu 9.1 μ g. 傘：N 37.5 mg, P 10.7 mg, K 33.9 mg, Mg 1.9 mg, Ca 0.2 mg, Na 0.2 mg, Mn 37.2 μ g, Zn 128.0 μ g, Fe 88.3 μ g, Cu 15.4 μ g.

3. 子実体の肥大生長が活発化する発生処理後4日目の子実体のP、Mg、Ca、Mn および Fe の含量は、3日目の子実体の約40-65%に低下した。傘の展開生長が始まると、柄のN、K、Zn、Fe および Cu 含量、また、傘のP、Mg、Ca、Na および Mn の含量は、漸減する傾向にあった。

4. 1個のフラスコに発生した子実体の乾燥重量（平均1.9g）から子実体の形成によって培地から消費されたN、K および Cu の量を計算すると、それぞれ培地中の量の62.0、95.2 および84.7%に達した。

引用文献

- 科学技術庁資源調査会(編). 1982. “四訂日本食品標準成分表”, pp. 256-261. 大蔵省印刷局, 東京.
- 数野千恵子・三浦 洋. 1985. ヒラタケの成分. 日食工誌. **32**: 338-343.
- Kitamoto, Y. and Gruen, H. 1976. Distribution of cellular carbohydrates during development of the mycelium and fruitbodies of *Flammulina velutipes*. *Plant Physiol.* **58**: 485-491.
- 北本 豊・寺下隆夫・松末末広・小畑勝義・細井 登・河野又四・市川吉夫. 1978. アミスギタケの炭水化物代謝: 子実体形成における栄養菌糸と子実体の炭水化物の代謝変動. 日菌報. **19**: 273-281.
- 北本 豊・松本晃幸・細井 登・寺下隆夫・河野又四・市川吉夫. 1980. アミスギタケの窒素代謝: 子実体形成における栄養菌糸と子実体の窒素化合物の代謝変動. 日菌報. **21**: 237-244.
- 小松光男・時本景亮. 1982. ほだ木上におけるシイタケの子実体原基形成におよぼす温度および水分の影響. 菌蕈研報. **20**: 104-112.
- Leatham, G.F. and Stahmann, M.A. 1984. Stimulatory effect of nickel or tin on fruiting of *Lentinus edodes*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **83**: 513-517.
- Matsumoto, T. and Kitamoto, Y. 1987. Induction of fruit-body formation by the water-flooding treatment in sawdust cultures of *Lentinus edodes*. *Trans. Mycol. Soc. Japan* **28**: 437-443.
- 水野直治・南 松雄. 1980. 硫酸-過酸化水素による農作物中 N, K, Mg, Ca, Fe, Mn 定量のための迅速前処理法. 土肥誌. **51**: 418-420.
- 作物分析委員会(編). 1980. “栄養診断のための栽培植物分析測定法”, pp. 69-72. 養賢堂, 東京.
- 菅原 潔・副島正美. 1977. “生物化学実験法『蛋白質の定量』”, pp. 34-48. 学会出版センター, 東京.
- 時本景亮・広居忠量・西田篤實・玉井 篤・福田正樹. 1982. シイタケの栽培過程におけるほだ木成分と子実体発生量の変化. 菌蕈研報. **20**: 117-122.
- 脇田正二. 1961. えのきたけの生化学的研究(第6報)菌糸体無機成分の経時的消長. 農化. **35**: 579-583.
- Wessels, J.G.H. 1965. Morphogenesis and biochemical process in *Schizophyllum commune* Fr. *Wentia* **13**: 1-113.
- 吉田 博・菅原龍幸・林 淳三. 1987. シイタケ菌糸体ならびに子実体の発育過程における炭水化物および有機酸の変化. 日食工誌. **34**: 274-281.