

톱밥 培地에 對한 營養添加가 팽이버섯의 生長 및 培地の 化學的 成分 變化에 미치는 影響

張 鶴 吉

農村振興廳 農業技術研究所

Influence of Nutritional Supplementation to the Substrate on Vegetative and Reproductive Growth of Winter Mushroom, *Flammulina velutipes* (Curt. ex Fr.) Sing. and Chemical Changes of the substrates Produced during Growth of the Fungus.

Hak Gil Chang

*Institute of Agricultural Sciences,
Office of Rural Development,
Suweon, Korea*

Abstract: The studies were carried out to examine the effects of supplementation of nutritional substances and physical conditions in substrate on the mycelial growth and yield of fresh sporophores of winter mushroom, *Flammulina velutipes* (Curt. ex Fr.) Sing. and to obtain further informations on the nutritional requirements of the fungus with reference to improvement of substrate through [analysis of chemical composition of the substrates during the cultivation period.

The results obtained are summarized as follows:

1. The best yield of fresh sporophores, 84.4 g per 280 g substrate in a bottle, was obtained from the mixture of poplar sawdust 10 and rice bran 3 by volume when *Flammulina velutipes* was cultivated on the poplar sawdust supplemented by rice bran, wheat bran, cattle manure and various combinations of these materials as nutrient sources. The substrates of poplar sawdust 10 plus rice bran 3 and 2 or wheat bran 3 with a higher yield of fresh sporophores showed a comparatively higher content of total nitrogen, total sugar, and potassium.

2. The mycelial growth of the fungus was compared on the substrates of poplar sawdust supplemented by the several nutrient sources and poplar sawdust alone. The fastest linear growth occurred on substrates of poplar sawdust alone and poplar sawdust plus cattle manure deficient in sugar and nitrogen sources, but mycelial density was more sparse on the substrates. Also, growth in a solution extracted from these substrates was very meager.

3. In the substrates which varied with bulk density and moisture content, optimum bulk density and moisture content for mycelial growth was 0.2g/cc and 72% on a dry weight basis, respectively, but the highest yield of fresh sporophores was obtained at the bulk density of 0.3g/cc and moisture content of 67%.

4. By increasing the ratio of rice bran in poplar sawdust, the loss of total weight and ash content at each stage was increased, and during the cultivation period of 75 days, loss of

total weight of the substrates at inoculation was 17.8 to 28.8% and ash content increased about 12%.

5. 11 to 14% of the cellulose and 3 to 4% of the lignin content per original substrate were decreased without a great difference depending on the mixing ratio of rice bran. The soluble glucose concentration in the substrates was increased during the same period.

6. In the process of vegetative and reproductive growth of the fungus upon the substrates, the total nitrogen was increased in quantity per dry weight of sample but was reduced in absolute quantity to a minute extent. There is no great changes in content of organic nitrogen including amino acid nitrogen, and hydrolysable ammonium nitrogen during the vegetative growth period, but occurrence of sporophores resulted in a decrease in the nitrogen content of these forms. On the one hand, by an increase of additive amounts of rice bran, nitrogen contents of these forms were higher and the reduction range during the reproductive growth period became wider.

7. Mycelial growth of the fungus was accelerated in various liquid media supplemented with organic nitrogen sources such as peptone and yeast extract in comparison with addition of inorganic nitrogen sources. Furthermore, mycelial growth was more vigorous in the media with higher content of organic nitrogen sources.

緒 言

우리 나라에서 버섯을 利用하게 된 歷史는 相當히 오랜 것으로 보여지며 金富軾의 三國史記(1145)에 依하면 新羅 聖德王 時代에 이미 金芝(木菌), 瑞芝(地上菌)을 利用한 史蹟을 찾아 볼 수 있고 李朝時代에도 丁若鏞(1790)의 山林經濟에 松茸, 磨菰(표고), 茯苓(*Poria cocos*)에 對한 記錄이 있는 것으로 보아 食用뿐만 아니라 藥用으로도 널리 利用되었음을 說할 수 있다. 그러나 食用버섯의 人工栽培는 1905年 日本人들에 依해 濟州道에서 표고(*Lentinus edodes*)가 栽培된 것이 始初라 볼 수 있으며(李, 1973), 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)이 在來式 方法인 原木栽培되어 오다가 最近에 朴等(1975)에 依해 벗짚을 利用하는 느타리버섯 栽培의 새로운 栽培法이 開發되어 느타리버섯 栽培의 企業化의 可能性을 보여주고 있고, 양송이(*Agaricus bisporus*)는 1963年 忠北 陰城, 全南 光山 等地에서 처음으로 栽培가 試圖된 以來 그 동안 發展을 거듭하여 農家所得增大 및 輸出作目으로 確固한 位置를 차지하고 있다(金, 1975).

이와같이 國內에서 지금까지 栽培되고 있는 食用버섯은 3種에 不過하며 日本의 境遇 5種의 버섯이 量産體製를 갖고 栽培되고 있음에 비추어 볼때 우리 나라에 있어서 食用버섯의 人工栽培와 關聯한 研究가 不振하였음을 알 수 있으며 特別히 螢이버섯(*Flammulina*

velutipes[(Curt. ex Fr.)Sing.]은 우리 나라 林野에서 自生하는 버섯으로서 食用되어 왔을 뿐만 아니라 海外 輸出 展望을 갖추고 있어 이에 對한 研究가 뒷받침된다면 普及, 栽培될 수 있는 可能性이 있다고 본다.

이 螢이버섯은 日本에서 1899年 감나무의 原木를 使用하여 自然氣象條件下에서 人工栽培가 始作된 以來 1926年 孢子接種方法이 開發되어 楢木栽培(岩出, 1961; 廣江, 1952; 北島, 1926)가 盛行되었으며 楢木 培地를 利用한 箱子栽培가 森本(1928)에 依하여 처음으로 試圖되면서 西門等(1942)은 培地에 營養物質의 添加가 必要하다는 事實을 報告하였고(浜田等, 1962), 近者에 와서 溫度, 濕度等을 人工의 調節한 室內에서 병을 利用하여 集約的으로 栽培하는 傾向을 보이고 있으며(中村等, 1971; 白鳥, 1975) 楢木 培地로서의 可能性이 初步的 段階에서 試驗되기도 하였다(Zadrazil等 1973).

우리 나라에서는 李(1936)에 依해 처음으로 楢木栽培方法에 對하여 言及된 以後 尹(1969, 1970)에 依해 落葉松, 소나무 등의 培地材料에 따른 子實體 形成에 關하여 試驗되었으나 人工栽培에 關한 全般的인 研究는 아직 未洽한 實情이다.

한편 培地の 分解, 利用 및 營養要求의 側面에서 보면 螢이버섯은 擔子菌類에 屬하는 白色腐朽菌(W hite rot fungi)의 一種으로서 主로 楢나무, 감나무, 느타리나무, 枹나무 등의 闊葉樹의 枯死木을 寄主로 自

體의 활성을 통해 同化作用이 없이 木材의 主成分인 cellulose 및 lignin 등을 酸化分解하여 糖類와 같은 可溶性 物質로 變化시켜 利用한다 (岩出, 1961; Ishikawa, 1968; Kobayashi, 1954; Koenigs, 1971; 松壽, 1939; McKenna 等, 1965). 木材를 腐朽시키는 擔子菌類 (Wood-rotting Basidiomycetes)는 一種의 섬유소 分解菌으로서 cellulose와 lignin을 分解한다는 事實은 잘 알려져 있으며 (Jenninson, 1959; Lee, 1975) 白色 腐朽菌에 屬하는 *Polyporus versicolor*은 木質部의 lignin을 97% 以上 崩壞시키며, 좋은 條件下에서는 全量 分解한다고 報告된 바 있다 (Cowling, 1961). Robbins(1937), Steinberg(1939), Block 等(1959)은 各 窒素源의 利用程度에 따라 菌類를 分類하였으며, 大部分의 擔子菌類는 無機態 窒素는 利用하지 못한다고 밝혔다. 또한 Stoller(1954)는 양송이 子實體 收量에 가장 크게 影響을 미치는 成分은 培地의 窒素라고 指摘했으며, Bretzloff等(1962)도 양송이에 있어서 培地의 窒素含量이 增加함으로써 子實體收量이 增加한다고 하였다. 이러한 點들로 보아 栽培期間이 짧은 톱밥栽培에 있어서 木材가 가지는 cellulose와 lignin 이 可溶性 有機物로의 充分한 分解利用이 어려운 것으로 보며 따라서 營養의 添加가 不可避하고 또한 培地가 含有하는 窒素의 量과 質도 子實體 收量 決定에 重要한 要因으로 作用할 것으로 본다.

그럼으로 병을 利用한 팽이버섯 톱밥栽培에 있어서 多收穫할 수 있는 培地의 各種 營養源의 添加效果 및 培地의 物理性 向上을 爲한 方法을 究明하여 培地의 調製方法을 確立하고, 栽培過程中 일어나는 炭素 및 窒素 利用에 依한 培地의 化學的 成分 變化를 調査하여 팽이버섯의 營養要求를 究明함으로써 培地材料의 改善를 爲한 基礎資料를 얻고자 一連의 試驗을 實施하였던 바 몇가지 結果를 얻었기에 報告하고자 하며 本 試驗 遂行에 있어 指導해주신 서울大學校 農科大學 鄭厚燮 博士님, 建國大學校 文理科大學 李培威 博士님께 感謝드립니다.

材料 및 方法

포플러 톱밥에 各種 材料를 添加하여 製造된 培地를 400ml 容量의 廣口병에 넣고 121°C에서 30分間 殺菌한 後 팽이버섯 [*Flammulina velutipes* (Curt. ex Fr.) Sing.] 톱밥 種菌을 培地의 上端部에 一定量 接種하였다. 種菌 接種後 25°C에서 25日間 培養하여 菌糸를 生長시킨 다음 8~10°C에서 發芽시켰으며 子實

體 收穫期間中 溫度는 8~13°C 室內溫度는 RH70~85%를 維持하였다.

本 試驗에 使用된 팽이버섯 菌株는 1974年 日本 菌類研究所로부터 導入하여 農業技術研究所에서 保存된 것이며, 포플러 톱밥은 水原 近郊의 大林産業製材所에서 蒐集하여 使用하였고(粒子: 1~2mm), 牛糞은 畜産試驗場에서 米糠과 밀기울은 精米所에서 購入하여 使用하였다. 供試된 포플러 톱밥과 添加材料의 化學成分은 表1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Chemical composition of raw materials

Material	Total nitrogen %	Total sugar %	P ₂ O ₅ ppm	K me/100g
Poplar sawdust	0.32	16.9	190	8.50
Rice bran	1.87	21.0	2,750	43.00
Wheat bran	2.40	25.5	3,000	34.49
Cattle manure	0.65	13.6	10,064	29.25

가. 培地의 營養添加 效果

1) 栽培試驗

포플러 톱밥 10에 營養源으로서 米糠, 밀기울, 牛糞을 容量比로 1, 2, 3, 比率로 混合하고 水分含量을 67%로 調節하여 營養源이 添加된 培地의 化學的 組成을 分析하고 이들이 팽이버섯 菌糸生長 및 子實體 收量에 미치는 影響을 調査하였다.

2) 室內試驗

各種 營養源이 添加된 톱밥 培地의 抽出液을 使用한 液體培地上에서 菌糸生長을 調査하였다. 液體培地는 添加材料가 混合된 培地 1kg에 蒸溜水 3 l를 加하여 121°C에서 30分間 抽出하여 調製되었으며, 이 抽出液을 250ml Erlenmeyer flask에 50ml씩 分注하고 121°C에서 20分間 高壓殺菌시킨 後 여기에 Potato Dextrose Yeast extracts Agar(PDYA) 培地上에서 10일간 生長시킨 供試菌의 周緣部에서 直徑 5mm의 菌體를 切取하여 接種하였다. 25°C에서 15日間 培養한 後 生長된 菌糸를 秤量된 濾紙에 옮겨서 60°C에서 24時間 oven dry 시킨 後 菌糸乾物重을 測定하였다. 培地의 化學的 組成分析에 있어서 全窒素는 Kjeldahl法에 依하여 糖含量은 somogy 變法(Kobayashi, 1954)을 使用하여 glucose로 換算하였고, 磷酸은 Lancaster法(1973), 加里는 Ammonium acetate로 沉출시켜 Atomic absorption spectrophotometer에 依하여 分析하였다(土壤 調査便覽, 1973; U.S. Agriculture, 1967).

나. 培地의 假比重과 水分含量

팽이 혹은 느타리버섯 톱밥재배에서 培地의 通氣性의 良否가 子實體 收量에 미치는 影響이 큼이 指摘된 바(岩出, 1961; Kent等, 1965; 白鳥, 1975)이고 이 培地의 物理性과 聯關있는 것으로 생각되고 特히 假比重과 水分含量의 差異가 培地의 物理性을 支配하는 要因으로 볼 수 있으며 이의 影響을 알고자 다음과 같이 試驗하였다.

포플러 톱밥과 米糠을 10 : 3(容量比)으로 混合한 培地를 使用하였고, 假比重 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 g/cc, 培地의 水分含量(乾土重量)은 62, 67, 72%로 各各 달리하여 栽培하면서 菌糸生長 및 子實體 發生量을 調査하였다. 假比重은 core method (Black等, 1965)에 依하여 測定하였다.

다. 培地의 化學的 成分變化

팽이버섯이 培地의 各種 成分을 分解, 利用하는 程度를 알기 爲하여 포플러 톱밥과 米糠을 容量比로 10 : 3, 10 : 2, 10 : 1, 10 : 0으로 混合한 培地의 成分變化를 栽培期間中 培地殺菌後, 菌糸生長末期, 收穫期, 廢床時의 時期別로 나누어 調査하였다.

1) Cellulose, lignin, 灰分 및 糖.

Cellulose는 Lossin (1971)의 重量法으로, lignin은 黃酸法 (Chem. Inst. Forest Products, 1964)에 依하였고, 灰分은 600°C에서 2時間 灰化시켜 定量하였으며 可溶性糖은 somogy 變法을 使用하여 glucose로 換算하였다.

2) 窒素

培地의 有機態 窒素 hydrolysate는 Bremer의 方法 (Brack等, 1965)에 依해 250ml Erlenmeyer flask에 試料 1.0g을 取하여 octyl alcohol과 6N-HCl을 加한後 12時間 煮沸시켜 濾過後 5N-NaOH로 pH6.5±0.1로 調整하여 分析하였다. 또한 有機態 혹은 無機態 窒素가 菌糸生長에 미치는 影響을 알기 爲해 窒素源의 種類가 다른 6個의 液體 培地를 選定하여, 製造된 培養液을 250ml의 Erlenmeyer flask 에 50ml씩 分注하여 前記한 液體 培養 實驗에서와 같은 方法으로 試驗하였으며 接種 10日後 菌糸 乾物重을 測定하였다.

供試된 培地의 蒸溜水 1,000ml當 組成은 다음과 같다.

Maltose peptone broth: Maltose 3.0g, Peptone 1.0g.

Peptone dextrose solution : Peptone 5.0g, Dextrose 10.0g, KH₂PO₄ 1.0g, MgSO₄·7H₂O 0.5g.

Peptone dextrose yeast extracts hyponex solution: Peptone 1.0g, Dextrose 15.0g, Yeast extracts, 1.5g, Hyponex 1.5g.

Czapek-Dox solution: Sucrose 30.0g, NaNO₃ 2.0g, K₂HPO₄ 1.0g, KCl 0.5g, MgSO₄·7H₂O 0.5g, FeSO₄ 0.01g.

Richard's solution: Sucrose 50.0g, KNO₃ 10.0g, MgSO₄·7H₂O 2.5g, KH₂PO₄ 5.0g, FeCl₂ 0.02g.

Waksman's solution: Dextrose 10.0g, Peptone 5.0g, KH₂PO₄ 1.0g, MgSO₄·7H₂O 0.5g.

實驗結果

가. 培地의 營養添加가 菌糸生長 및 子實體 收量에 미치는 影響.

포플러 톱밥에 米糠, 밀기울 및 牛糞等を 添加한 培地로 병栽培하였을 때 톱밥과 米糠을 10 : 3으로 혼합한 處理區에서 子實體 收量이 84.4g/병(培地 280g)으로서 가장 높았고, 牛糞添加, 톱밥 單用區 및 供試된 添加材料의 混用區에서 子實體 收量 및 品質이 極히 低調하였다(表 2).

Table 2. The effect of additives on yield of fresh sporophores of *Flammulina velutipes*

Substrate				Mushroom yield (g/bottle) ¹⁾
Mixing ratio by volume				
Poplar sawdust	Rice bran	Wheat bran	Cattle manure	
10				2.0
10	3			84.4
10		3		78.3
10			3	9.9
10	2			63.0
10		2		60.1
10			2	10.3
10	1			33.8
10		1		37.0
10			1	7.7
10	1	1		62.5
10		1	1	18.8
10	1	1	1	28.3
10	2		2	28.1
10	2	2		38.0
10		2	2	12.0

1) 280g-substrate in a bottle,

Chang : Influence of Nutritional Supplementation to the Substrate

Table 3. Analytical data of the substrate at inoculation

Substrate				Chemical component			
Mixing ratio by volume				Total nitrogen %	Total sugar %	P ₂ O ₅ ppm	K me/100g
Poplar sawdust	Rice bran	Wheat bran	Cattle manure				
10				0.32	16.9	190.0	8.5
10	3			0.82	18.8	1,107.1	22.8
10		3		1.18	20.7	628.6	21.7
10			3	0.54	16.0	2,935.4	16.6
10	2			0.78	18.7	880.3	19.5
10		2		0.90	19.9	1,108.2	19.9
10			2	0.42	16.3	2,208.5	14.7
10	1			0.49	17.0	591.1	15.2
10		1		0.67	18.4	765.0	15.1
10			1	0.34	17.0	1,313.9	12.3
10	1	1		0.83	19.0	1,020.3	19.2
10		1	1	0.72	18.1	2,875.5	17.0
10	1	1	1	0.85	18.5	1,758.6	20.6
10	2		2	0.76	17.7	2,366.1	22.5
10	2	2		1.14	20.1	1,460.4	24.5
10		2	2	0.48	18.9	1,759.4	13.3

Table 4. Mycelial growth of *Flammulina velutipes* in solution extracted from the substrates and on solid substrates

Substrate				Dry weight of mycelial mats ^{a)} (mg)	Length of mycelium ^{b)} (cm)	Relative density of mycelia ^{c)}
Mixing ratio by volume						
Poplar sawdust	Rice bran	Wheat bran	Cattle manure			
10				14.5	9.3	1
10	3			176.5	6.1	4
10		3		141.0	6.1	3
10			3	18.3	8.6	1
10	2			147.3	5.7	3
10		2		109.8	6.7	2
10			2	20.8	8.7	1
10	1			72.0	7.3	2
10		1		63.7	7.8	2
10			1	20.5	9.0	1

a) Dry weight of mycelia in liquid culture after 15 days.

b) Length of mycelium on the solid substrates after 25 days.

c) Relative density of mycelia on the solid substrate after 25 days.

1: Sparse. 2: Moderate. 3: Dense. 4: Highly dense.

子實體 收量이 높은 톱밥 10+米糠 3, 톱밥 10+밀기울 3, 톱밥 10+米糠 2의 3個 處理區에서는 比較的 培地의 全窒素, 糖 및 加里的 含量이 높았다(表 3).

한편 各種 營養源이 添加된 톱밥 培地의 抽出液 培地에서도 炭素 및 窒素 등이 不足한 톱밥 單用區나 牛糞 添加區에서 菌糸生長은 極히 低調하였으며 톱밥 培地上에서는 이들 處理區에서 菌糸生長 速度는 빨랐으나 菌糸密度는 顯著히 떨어졌다(表 4).

나. 培地의 假比重과 水分含量이 菌糸生長과 子實體 收量에 미치는 影響

병 栽培에서 팽이버섯의 菌糸生長과 子實體 發生에 알맞는 톱밥 培地의 水分含量 및 假比重을 살펴보면 그림 1에서와 같이 菌糸生長은 供試된 水準에서 水分含量 72%, 假比重은 0.2에서 良好하여 培地의 水分含量이 높고 假比重이 낮을수록 菌糸生長이 促進되었으나 子實體 收量은 假比重 0.3, 水分含量은 67%에서 가장 높았으며, 假比重 0.5 以上에서는 子實體가 發生되지 않았다(表 5).

Table 5. Effect of bulk density at different moisture levels on yield of fresh sporophores of *Flammulina velutipes*

Bulk density (g/cc)	Mushroom yield(g/bottle) ¹⁾		
	Moisture content(% , in dry weight)		
	62	67	72
0.2	26.4	29.3	26.9
0.3	69.3	72.1	65.6
0.4	65.1	67.0	57.5
0.5	— ²⁾	—	—
0.6	—	—	—

- 1) 280g substrates in a bottle.
- 2) No sporophore was formed.

다. 栽培過程中 培地의 化學的 成分 變化.

팽이버섯의 培地分解, 利用程度를 알고자 포플러 톱밥과 米糠을 10 : 3, 10 : 2, 10 : 1, 10 : 0으로 混合한 培地를 使用하여 병 栽培하면서 栽培期間中 일어나는 培地의 化學的 成分變化를 調査하였다.

1) 培地무게 減少와 灰分含量 變化.

培地의 무게 減少率과 灰分含量의 變化를 調査하였던 바 表 6에서와 같이 톱밥 單用區에서 무게 減少率이 가장 낮고 灰分含量이 적은 反面에 포플러 톱밥에 添加되는 米糠이 增量됨에 따라 무게 減少率이 커지며 灰分含量도 增加하는 傾向을 보였고, 種菌接種 75

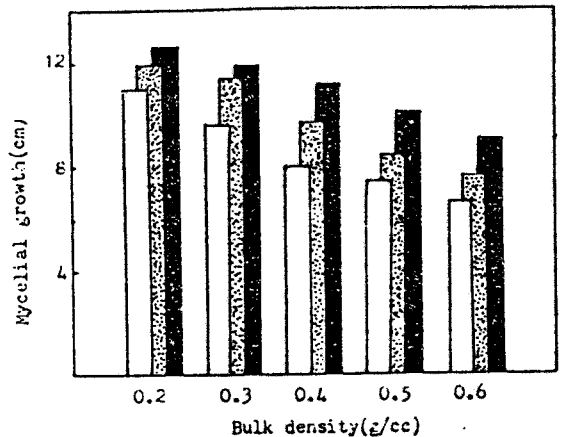


Fig. 1. The effect of moisture content and bulk density of the substrate on the mycelial growth of *Flammulina velutipes* for 20 days.

Moisture content : □ : 62% ▨ : 67% ■ : 72%

日後 무게 減少率은 17.8~28.8% 範圍였으며 灰分含量은 約 12%가 增加되었다. 特히 菌糸生長期間에 培地의 무게 減少가 가장 甚하게 나타났으며 灰分含量도 急激히 增加하였다.

2) Cellulose, lignin 및 glucose의 變化

全栽培期間中 最初 培地量에 對한 cellulose의 減少率은 約 11~14%로 米糠 添加量에 따른 處理間에 큰 差異가 없었으며(그림 2), lignin은 培地乾物에 對한 含量은 增加하였으나 絕對量은 減少되었고 그 減少率은 3~4%로서 處理間에 큰 差異가 없었다(그림 3). 한편 培地의 水溶性 糖類는 栽培期間이 經過함에 따라 增加하였다(그림 4).

3) 窒素成分의 變化

栽培期間中 全窒素는 試料에 對한 含量은 增加하며 絕對量은 減少하였으나 極히 微少한 含量變化를 보였으며 各形態別窒素의 變化를 보던 菌糸生長期間 및 子實體發生期間中에 有機態 窒素, 아미노態 窒素 및 acid hydrolysable NH₄-N는 급격히 減少하였으며, 米糠의 添加量이 增加할수록 이들 窒素成分의 含量이 높았고, 또한 子實體發生期間中 그 減少幅도 커지는 傾向을 보였다(그림 5, 6, 7.) (表 7).

窒素源을 달리하는 培地에서 窒素源으로서 peptone, yeast extracts 등의 有機態로 添加된 培地에서는 菌糸生長이 促進된 反面 無機態 窒素源이 添加된 Richard's solution과 Czapek-Dox Solution에서는 菌糸生長이 低調하였으며 有機態 窒素源 含量이 높은 培地에서 菌糸生長이 더욱 良好하였다(表 8).

Table 6. Changes in dry weight and ash content of the substrates at different stages during cultivation of *Flammulina velutipes*

Growing substrate	At inoculation (0 day)			At end of vegetative growth stage (25 days)			At end of 1st flush (50 days)			At emptying (75 days)		
	Weight		Ash	Weight		Ash	Weight		Ash	Weight		Ash
	g. per bottl	% of original matter	%	g. per bottle	% of original matter	%	g. per bottle	% of original matter	%	g. per bottle	% of original matter	%
Poplar sawdust (PS)	77.0	100	1.51	68.5	89.0	1.60	65.0	84.4	1.67	63.5	82.3	1.70
PS 10 plus rice bran 1	90.0	100	3.25	75.0	83.3	3.52	70.5	78.3	3.58	68.5	76.1	3.64
PS 10 plus rice bran 2	92.0	100	3.64	76.0	82.6	3.95	68.5	75.6	4.07	68.5	74.4	4.12
PS 10 plus rice bran 3	104.0	100	4.38	84.0	80.8	4.65	77.0	74.0	4.77	74.0	71.2	4.82

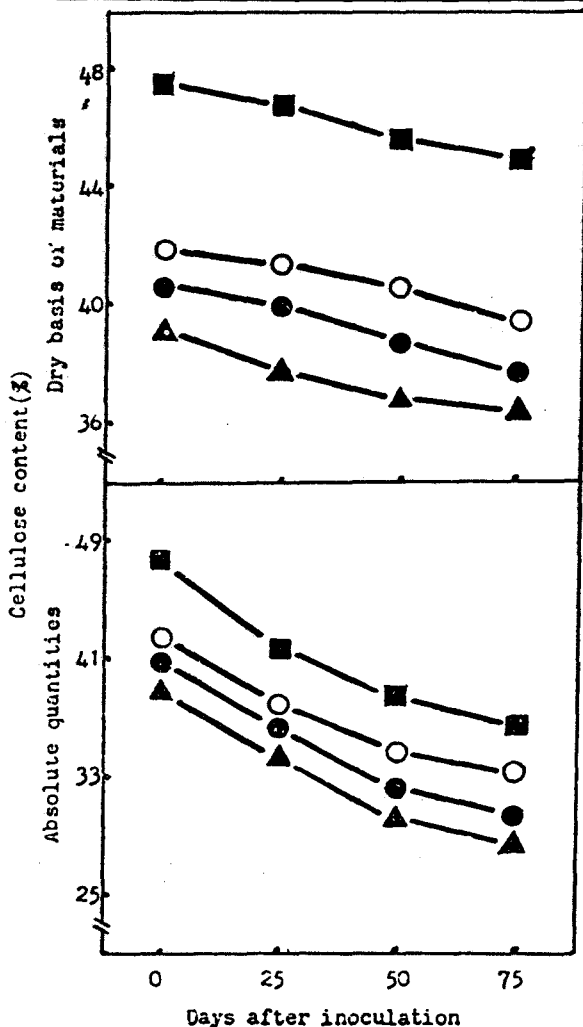


Fig. 2. Changes of cellulose in the substrates during the vegetative and reproductive growth of *Flammulina velutipes*. 0 days: At inoculation, 25 days: At end of vegetative growth stage, 50 days: At end of 1st flush, 75 days: At emptying. Mixing ratio by volume: ■ : poplar sawdust (PS). ○ : PS10+Rice bran (RB) 1 ● : PS 10+RB 2 ▲ : PS 10+RB 3

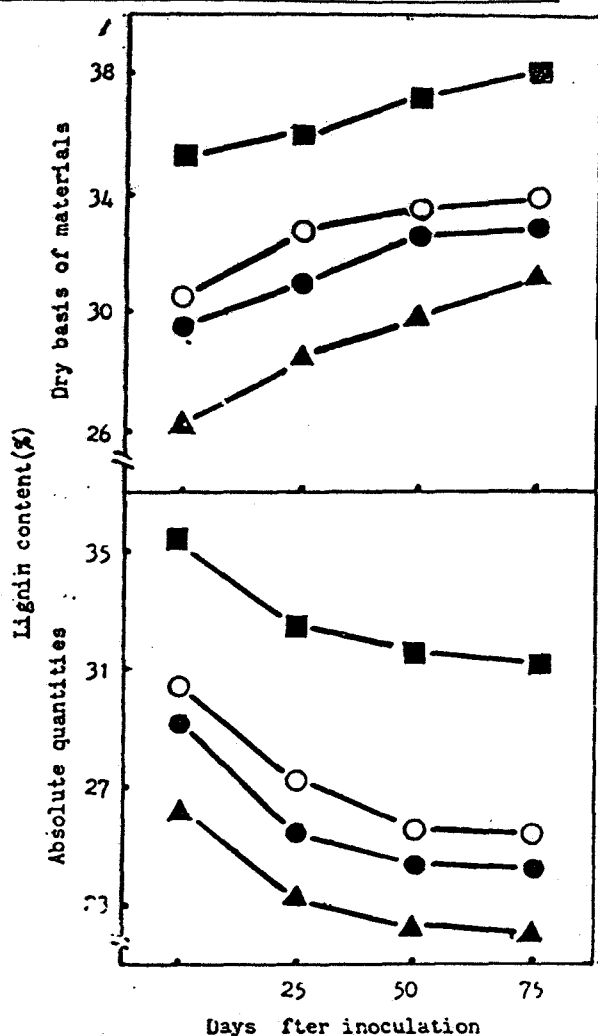


Fig. 3. Changes of lignin in the substrates during the vegetative and reproductive growth of *Flammulina velutipes*. 0 days: At inoculation, 25 days: At end of 1st flush, 75 days: At emptying. Mixing ratio by volume: ■ : Poplar sawdust (PS) ○ : PS 10+Rice bran (RB) ● : PS 10+RB 2 ▲ : PS 10+RB 3

Table 7. Changes of total nitrogen in the substrates during the vegetative and reproductive growth of *Flammulina velutipes*

Growing stage	Poplar sawdust Mixing ratio of rice bran per poplar sawdust 10 by volume							
	Poplar sawdust		1		2		3	
	% of sample	Absolute qty. (%)	% of sample	Absolute qty. (%)	% of sample	Absolute qty. (%)	% of sample	Absolute qty. (%)
At inoculation (0 day)	0.32	0.32	0.46	0.46	0.56	0.56	0.67	0.67
At end of vegetative growth (25 days)	0.33	0.29	0.49	0.41	0.58	0.48	0.71	0.57
At end of 1st flush (50 days)	0.33	0.28	0.50	0.38	0.58	0.46	0.72	0.53
At emptying (75 days)	0.34	0.27	0.51	0.38	0.60	0.45	0.72	0.51

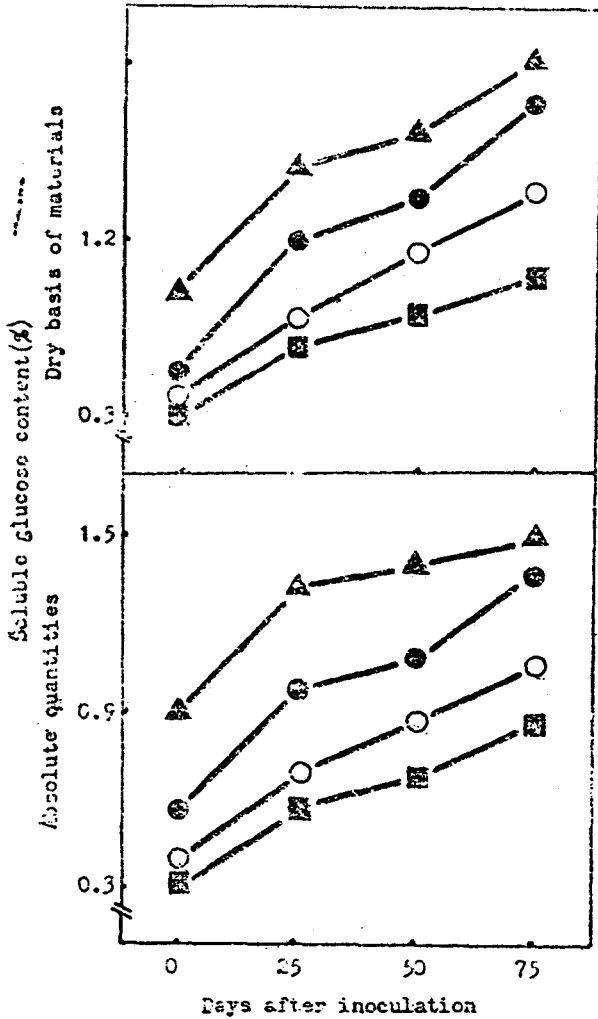


Fig. 4. Changes of soluble glucose in the substrates during the vegetative and reproductive growth of *Flammulina velutipes*. 0 day: At inoculation, 25 days: At end of vegetative growth stage, 50 days: At end of 1st flush, 75 days: At emptying. Mixing ratio by volume
 ■ : Poplar sawdust (PS)
 ○ : PS 10+Rice bran (RB) 1
 ● : PS 10+RB 2 ▲ : PS 10+RB 3

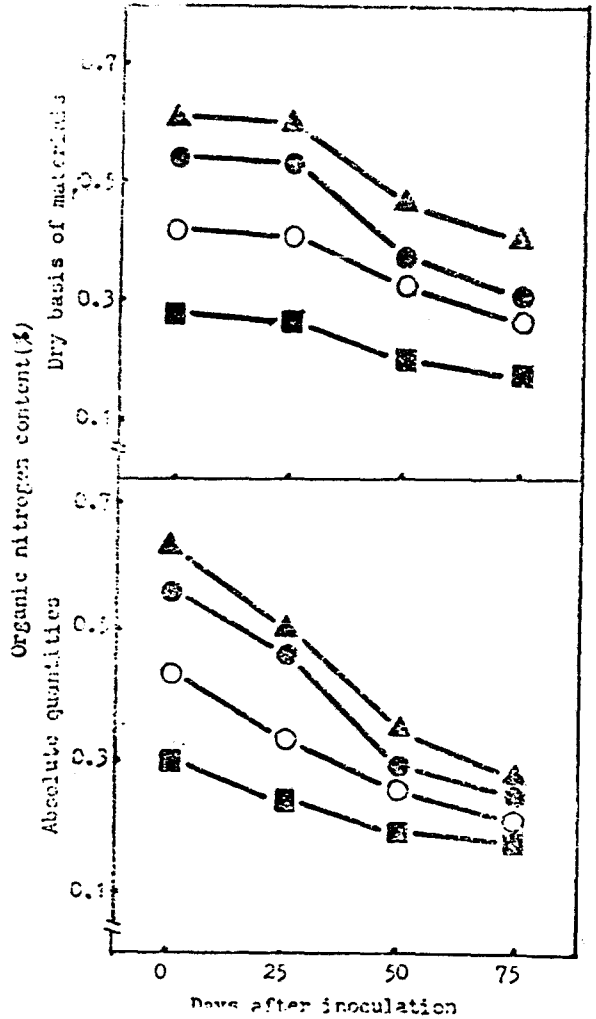


Fig. 5 Changes of organic nitrogen in the substrates during the vegetative growth of *Flammulina velutipes*. 0 day: At inoculation, 25 days: At end of vegetative growth stage, 50 days: At end of 1st flush, 75 days: At emptying. Mixing ratio by volume:
 ■ : Poplar sawdust (PS)
 ○ : PS 10+Rice bran (RB) 1
 ● : PS 10+RB 2 ▲ PS 10+RB 3

Table 8. Mycelial growth of *Flammulina velutipes* in various liquid media for 10 day at 25°C

Media	Dry weight of mycelial mats(mg)
Maltose peptone broth	12.9
Peptone dextrose solution	33.7
Peptone dextrose yeast extracts hyponex solution	44.0
Czapek-dox solution	4.2
Richard's solution	5.3
Waksman's solution	29.6

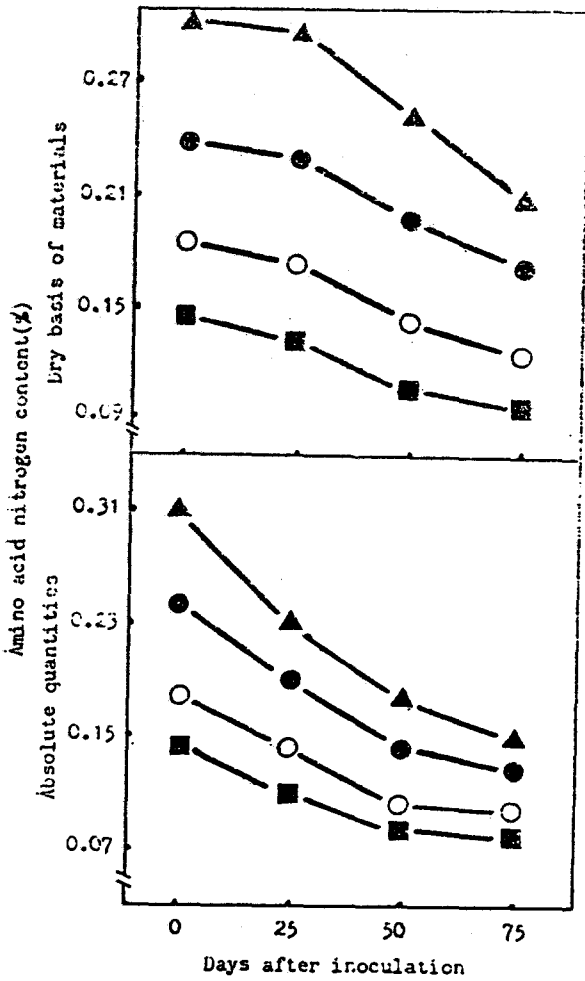


Fig. 6. Changes of amino acid nitrogen in the substrates during the vegetative and reproductive growth of *Flammulina velutipes*. 0 day: At inoculation, 25 days : At end of 1st flush, 75 days: At emptying.

Mixing ratio by volume:
 ■ : Poplar sawdust(PS)
 ○ : PS10+Rice bran(RB) 1
 ● : PS 10+RB 2 ▲ : PS 10+RB 3

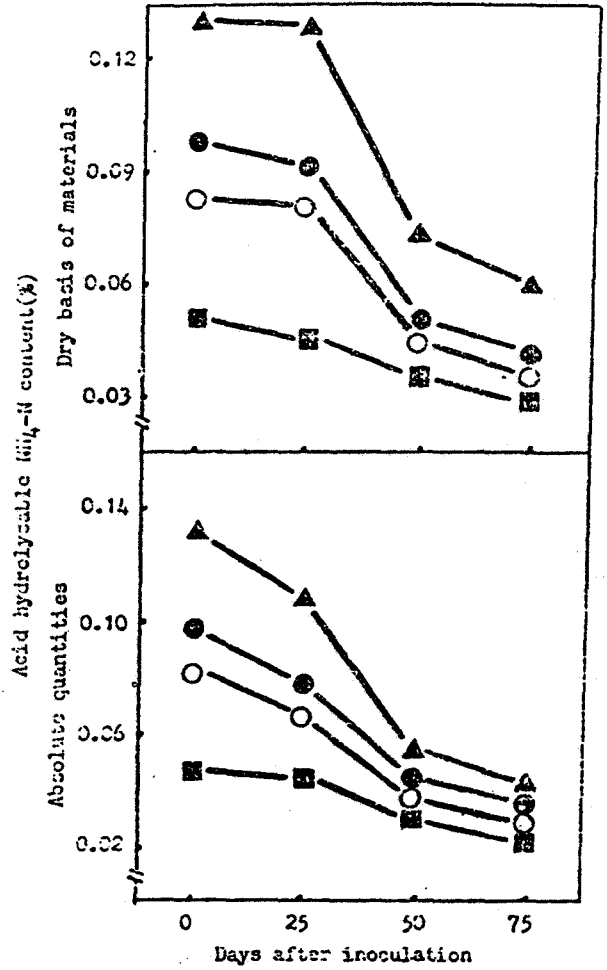


Fig. 7. Changes of acid hydrolysable ammonium in the substrates during the vegetative and reproductive growth of *flammulina velutipes*. 0 day: At inoculation, 25 days: At end of vegetative growth stage, 50 days: At end of 1st flush, 75 days: At emptying.

Mixing ratio by volume:
 ■ : Poplar sawdust(PS)
 ○ : PS 10+Rice bran(RB) 1
 ● : PS 10+RB 2 ▲ : PS 10+RB 3

考 察

가. 培地の 營養添加가 菌糸生長 및 子實體 收量에 미치는 影響.

팽이버섯은 통밥 栽培에서 窒素의 要求量이 크므로

培地에 一定量의 窒素源의 添加가 必要하며, 子實體 形成에는 加里의 要求量이 큰 反面, 磷酸은 微量 要求되므로 磷酸含量이 增加되면 子實體 收量이 減少된다고 알려져 있으며(岩出, 1961), 外村(1970)은 팽이버섯 培養時 米糠量이 적으면 子實體 發生量이 減少될 뿐만 아니라 버섯의 開裂이 빨라진다고 하였고, 脇田(1955)은 糖 및 窒素含量이 增加된 培地에서 菌糸生長이 促進된다고 報告하였다. 表2, 3, 4에서 調査된 바에 依하면 菌糸生長이 良好하고 子實體 收량이 높은 米糠 및 밀기울 添加區에서는 比較的 培地의 全窒素, 糖, 加里의 含量이 높은 反面에 磷酸含量이 낮은 傾向을 보였으며, 既往의 報告들과 一致되는 점이 많았다.

그럼으로 培養 培地에서 木材質의 「營養成分」으로서는 優良한 品質의 버섯을 多收獲할 수 없기 때문에 米糠과 같은 窒素 및 炭素의 給源이 되는 材料의 添加가 必要하게 된다.

本 試驗에서 牛糞添加 및 培養 單用區에서 菌糸生長과 子實體 收량이 低調한 原因은 培地의 全窒素, 糖 및 加里의 含量이 낮고, 特히 牛糞 添加區에서 磷酸含量이 過剩 增加된데에 있다고 解析된다. 따라서 팽이버섯 培養 培地에서 添加材料로서 米糠이 가장 適合한 것으로 보며 培養과 米糠을 10:3의 比率로 混合한 培地에서 多收獲할 수 있다고 생각된다.

나. 培地의 假比重과 水分含量이 菌糸生長 및 子實體 收量에 미치는 影響.

병 栽培에서는 培地內 通氣性이 不良하여 酸素가 不足되기 쉬우므로 培地의 充積量이나 鑛壓方法에 注意하여야 한다(白鳥, 1975). 느타리버섯 培養의 境遇 培地에 米糠量이 過度하게 添加됨으로써 菌糸生長이 緩慢해지는 現象은 培地의 營養狀態에서 온다가 보다는 粒子가 작은 米糠量의 增加로 培地의 孔隙이 減少되는 物理的인 影響에 起因하며(外村, 1970) 培養의 粒子가 1mm以下로 微細한 境遇에는 通氣不足으로 菌糸의 生長이 阻害된다(岩出, 1961)고 하였는데 이는 培地의 假比重 및 水分含量과 菌糸生長과의 關係를 說明하고 있다고 볼 수 있다.

本 試驗에서 菌糸生長은 培地의 水分含量이 높고 假比重이 낮을수록 促進되었으나 子實體 收량은 假比重 0.3, 水分含量 67%에서 높았던 것은 이같은 培地의 物理性과 關聯하여 생각할 수 있으며 假比重 0.5 以上에서 子實體가 發生되지 않은 것은 培地의 過度한 鑛壓에 依한 孔隙의 減少로 通氣不良 등의 物理性이 나빠져 菌糸生長이 不良한데에 起因하며, 假比重

0.2에서 子實體 發生量이 적은 것은 培地의 充積量이 적어 孔隙이 커짐으로써 培地가 乾燥되거나 營養源의 不足에 依해 일어난 現象으로 본다. 이와같은 觀點에서 培養 培地에서 培地의 假比重과 水分含量은 菌糸生長 및 子實體 發生에 影響을 주는 重要한 物理的 要因으로 作用한다고 생각된다.

다. 栽培過程中 培地의 化學的 成分 變化.

木材를 培地로 하는 버섯類는 木材의 主成分인 cellulose, hemicellulose 및 lignin 등의 細胞膜 構成物 質과 澱粉, 配糖體, 蛋白質, 無機物 등의 從屬物 質을 分解한 代謝產物을 利用함으로써 菌糸體가 膨大하여 生殖生長에의 移行으로 子實體가 發生한다(岩出, 1961). 矢內(1973)에 依하면 표고 (*Lentinus edodes*)의 참나무 木材 腐朽에 依한 무게 減少率은 6.3~43.1%로 品種 및 培養溫度에 따라 差異가 甚하고 대체로 種 菌接種 100日後 木材腐朽에 依한 減量은 平均 16%이며(Ishikawa等, 1967), 양승이는 馬糞堆肥에서 菌糸生長期間中 19%, 廢床時는 約 30%의 무게가 減少되고(Tschierpel & Sindén, 1962), 밀짚에 느타리버섯을 接種, 栽培하였을 때 70日間 灰分含量은 約 13% 增加한다고 하였다(Zadrzali & Pump, 1973). 表 5에서 볼 수 있는 바와 같이 米糠 添加量이 增加함에 따라 무게 減少率이 커졌고 灰分含量도 增加하였으며 特히 菌糸生長期間에 무게 減少가 가장 컸으며 灰分含量이 急激히 增加하였는데, 이와같은 무게 減少나 灰分含量의 變化는 培地에서 팽이버섯이 營養生長을 하는 동안 cellulose, lignin 및 窒素等 成分의 分解, 利用에 起因하며 營養生長期間中 이들 成分의 利用이 旺盛하게 일어나고 있다고 보아야 할 것이다. Schmitz와 Kaufert(1936)도 培地의 窒素含量이 높을 수록 腐朽度가 促進된다고 한 바 있다.

前項의 栽培試驗에서 及한 바와 같이 培養 單用區에서 子實體 收량이 가장 적었던 것은 培地의 무게 減少率과 關聯하여 생각할 수 있으며, 栽培期間이 짧은 培養 培地에서 木材가 含有하는 cellulose, lignin 및 窒素等 成分의 可溶化가 充分히 이루어 지지 않음을 알 수 있고, 따라서 炭素 및 窒素給源으로서의 米糠과 같은 材料가 必要하게 된다고 본다.

木材腐朽菌인 *Polyporus versicolor*은 楓香樹(Sweetgum)의 lignin을 97% 以上 分解하고(Cowling, 1961), *Poria taxicola*, *Sterum fructulatum*은 소나무와 楓香樹의 lignin 30~56%를 分解시키며(Kent & Kelman, 1965)느타리버섯은 밧짚에 接種하여 栽培되는 130일 동안 cellulose는 培地乾物量의 約 7%, lignin은

3% 分解되었다고(Park等 1975)보고 되었고 Zadrázi(1974)은 밀짚 培地에서 *Pleurotus florida*를 栽培하였을 때 廢床時 cellulose와 lignin은 全體量의 約 80%가 減少하였다고 하였다. 팽이버섯도 木材의 主成分인 cellulose 및 lignin等を 分解하여 糖類와 같은 水溶性 物質로 變化시켜 利用하는 白色腐朽菌이나(岩出, 1961; Ishikawa, 1956; Kim & Kim, 1975; Koenigs, 1971) 栽培期間이 짧은 병栽培에서는 榻榻의 cellulose나 lignin의 分解, 利用率이 매우 낮다(白鳥, 1975). Kent와 Kelman(1965)은 팽이버섯은 楓香樹의 白木質部에서 거의 lignin을 分解하지 못한다고 報告한 바 있으며, 양송이에 있어서 lignin보다 cellulose의 利用率이 높다고(Muller, 1965)하였다. 한편 Zadrázi(1976)은 밀짚 培地에서 팽이버섯의 菌糸生長에 依해서 培地의 水溶性 有機物含量이 增加되거나 子實體 發生은 水溶性有機物 含量을 減少시켰으며 培地에서 遊離된 glucose含量은 菌糸生長期間中 增加된다고 하였다. 양송이에 있어서도 菌糸生長期間中 可溶性 有機物含量이 顯著히 增加된다고 報告된 바 있다(Waksman & McGrath, 1931; Waksman & Nissen, 1931, 1932).

本 試驗에서 全栽培期間中 cellulose는 約 11~14%, lignin은 3~4%가 減少되었고 培地의 glucose含量은 0.5~0.8% 增加된 結果는 既往의 報告들에 依하여 뒷받침되며 모든 微生物은 分解가 容易한 物質의 利用率이 높고 水溶性 物質부터 優先的으로 利用한다고 밝힌 Jenninson(1958)과 Muller(1965) 등의 見解로서 들어 될 수 있다고 본다.

팽이버섯은 *Pholiota nameko*와 더불어 窒素要求量이 크고, 窒素源으로서는 有機態, 無機態의 암모니아염을 利用하지만 大部分 有機態 窒素를 分解, 利用하며 또한 擔子菌類는 氨基노산 合成能力이 弱하므로 培地에 氨基노산을 添加하면 菌糸生長이 促進된다(Block 等, 1959)고 하였고 氨基노산 中에서도 l-alanine, l-leucine, l-lysine 및 proline 등이 生長效果가 크다고(Wakita, 1955)하였다. 한편 炭素含量이 높을 때 窒素含量이 增加됨으로써 菌體重量이 增加하고 子實體 發生量도 많았다고 하였다(Wakita, 1955). Waksman과 Nissen(1931)은 양송이에 있어서 菌糸生長 및 子實體 形成에 가장 重要한 營養源은 蛋白質이라 報告하였다.

이러한 點에서 볼때 本 試驗에서 氨基노態 窒素를 包含한 有機態 窒素 및 acid hydrolysable NH_4-N 이 菌糸生長期間 및 子實體 發生期間中 顯著히 減少되었

으며 米糠 添加量이 增加할수록 그 減少幅이 커지는 傾向을 보였고 有機態窒素를 含有하는 培地에서 菌糸生長이 良好한 것은 팽이버섯이 生長하면서 培地의 有機態 窒素 分解, 利用이 進展됨에 따라 일어나는 結果로 推定된다. 아울러 米糠이 增量됨에 따라 有機態窒素의 減少幅이 더욱 커지는 現象은 榻榻에 窒素 給源의 添加가 必要함을 立證하는 것이라 생각된다.

한편 大部分의 擔子菌類는 ligno-protein complex의 窒素를 lignin이 酸化되지 않으면 利用되지 못하며(Waksman & Iyer, 1932; 矢內, 1963), 양송이는 強力한 酸化力이 있는 酸化酵素를 갖고 있기 때문에 lignoprotein complex의 不溶性 窒素를 利用할 수 있으며(Stoller, 1954; 矢內, 1973), 모든 白色腐朽菌에 依해 lignin은 酵素의 作用으로 分解되고, lignin의 分解過程은 一種의 酸化過程으로 褐色腐朽菌은 lignin을 分解시키지 못하는 물론 分解酵素도 生産되지 않는다는 見解에(Boruff & Buswell, 1934; Fukuzumi, 1960) 비추어 보아 本 試驗에서도 lignin의 分解에 따른 可溶性窒素의 生成을 생각할 수 있을 것이며, lignin이 含有하는 窒素에 관한 研究가 앞으로 이루어 져야 할 것이다.

結論的으로 팽이버섯의 榻榻 栽培用 培地材料에 있어서 榻榻 單用으로서의 菌糸生長 및 子實體 發生에 要求되는 營養을 充分히 供給할 수 없고 따라서 米糠과 같은 有機態 給源의 一定量 添加가 不可缺한 要素이며, 培地의 水分含量, 假比重等 物理的 要因도 菌糸生長 및 子實體 收量에 미치는 影響이 큼을 알 수 있게 이러한 觀點에서 培地材料의 開發 및 改善이 이루어 져야 할 것으로 본다.

摘 要

팽이버섯(*Flammulina velutipes*(Curt. ex Fr.) Sing.) 榻榻 栽培에 있어서 培地의 各種 營養給源의 添加效果 및 培地의 物理性 向上을 爲한 方法을 究明하는 한편 栽培過程中 일어나는 培地의 化學的 成分變化를 調査하여 팽이버섯의 營養要求에 對한 基礎資料를 얻고자 一連의 試驗을 遂行한 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 포플러 榻榻에 米糠, 밀기울 및 牛糞을 添加比를 달리하여 混合한 培地에서 팽이버섯을 병栽培한 結果, 포플러 榻榻10에 米糠 3을 혼합한 處理區에서 子實體 收量이 84.4g/병(培地280g)으로서 가장 높았고 比較的 收量이 높았던 포플러 榻榻 10에 米糠 3,2 및

밀거울 3을 혼합한 處理區에서 培地의 全窒素, 糖類와 加量의 含量이 높았다.

2. 톱밥 培地의 抽出液 培地에서의 菌糸生長은 炭素 및 窒素 等 營養要素가 不足한 톱밥 單用區나 牛糞添加區에서 極히 低調하였으며, 톱밥 培地에서는 이들 處理區에서 菌糸生長 速度는 빨랐으나 菌糸密度는 顯著히 떨어졌다.

3. 假比重 및 水分含量을 달리한 포플러 톱밥10+米糠 3 混合培地에서 菌糸生長은 水分含量 72%, 假比重 0.2에서 促進되었으나 子實體 收量은 假比重 0.3, 水分含量 67%에서 가장 높았다.

4. 포플러 톱밥에 添加되는 米糠量이 增加됨에 따라 培地의 무게 減少率은 커지며, 灰分含量도 增加하는 傾向을 보였고 種菌 接種 75日 後 무게 減少率은 17.8~28.8% 範圍였으며 灰分은 10.1~13.2%가 增加되었다.

5. 全栽培期間中 cellulose는 11~14%, lignin은 3~4%의 絕對量의 減少를 보여 포플러 톱밥에 添加되는 米糠量에 따른 큰 差異가 없었으며 可溶性 糖의 含量은 增加하는 傾向을 보였다.

6. 栽培期間中 全窒素는 試料에 對한 含量은 增加하며 絕對量은 減少하였으나 極히 微小한 含量變化를 보였으며 有機態 窒素, 아미노態 窒素 및 acid hydrolysable는 菌糸生長 및 子實體 發生期間中에 顯著히 減少되었다.

7. 窒素源을 달리하는 培地를 使用한 液體培養에서 peptone, yeast extracts 等의 有機態가 添加된 培地에서는 菌糸生長이 促進된 反面 無機態 窒素源이 添加된 Richard' solution과 Czapek-dox solution에서는 菌糸生長이 低調하였다. 또한 有機態 窒素源의 含量이 높은 培地에서 菌糸生長이 더욱 良好하였다.

References

Black, C.A., D.D. Evans, J.L. Whites, L.E. Ensinger, and F.E. Clark(1965): Methods of soil analysis(part I). 374-390.
 (1965): Methods of soil analysis (partII). 1238-1255.
 Block, S.S., G. Tsao,, and L. Han (1959): Experiments in the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom science* 4: 309-326.

Bretzloff, C.W., and M.S. Fluegel (1962): Chemical composition of mushroom compost during composting and cropping. *Mushroom science* 5: 46-60.
 Boruff, C.S., and A.M. Buswell (1934): The anaerobic fermentation of lignin. *J. Am. Chem.Soc.* 56: 886-888.
 Chemical Institutes of Forest Products. University of Tokyo (1964): Experiments in chemistry of forest products. Sangyo Tosho. 103-104.
 Cowling, E.B (1961): Comparative biochemistry of the decay of sweatgum sapwood by white-rot and brown-rot fungi. *USDA Tech. Bull.* 1258.
 Fukuzumi, T. (1960): Enzymatic degradation of lignin. I. Paper chromatographical separation of intermediate degradation products of lignin by the wood-rotting fungus, *Poria subacida*(Peck) Sacc. *Bull. Agr. Chem. Soc. Jap.* 24: 728-736.
 浜田 稔, 萩本 宏(1962): 茸栽培家 森本彦三郎氏の生涯とその研究について. *日本菌學會報.* 3:144-147
 廣江 勇(1952): 最新 茸類栽培法. 産業圖書株式會社
 Ishikawa, H. (1968): On the degradation of wood by wood-rot fungi. *Rep. Tottori Myc. Inst. Jap.* 6: 111-118.
 Ishikawa, H., A. Kawai, H. Watanabe, and T. Oki. (1967): Studies on the biochemical degradation of wood-components, with special reference on lignin by *Lentinus edodes* (Berk) Sing. *Rep. Tottori Myc. Inst. Jap.* 5: 35-44.
 岩出玄之助(1961): キノコ類の 培養法, 地球出版社
 Jenninson, M.W. (1959): Chemical and Vitamin composition of the mycelium of wood-rotting Basidiomycetes. *Mushroom science.* 4: 183-185.
 外村弘二(1970): ヒラタケのびん栽培のポイント, 日本きのこ, 5: 43-46.
 Kent, K.T. and A. Kelman. (1965): Lignin degradation as related to the phenoloxidases of selected wood-decaying Basidiomycetes. *Phytopath.* 55: 739-744.
 北島君三((1926):エノキタケ栽培試験. 日本林業試験所報. 19: 67-74.
 Kim, D.S.(1975): Studies on the physico-chemical characteristics of different casing materials aff-

- ecting mycelial growth and yield of cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*(Lange) Sing.Kor. *J. Mycol.* 3: 1-19.
- Kim, S.S, and K. J. Kim. (1975): Decomposition of fiber by the Basidiomycetes. *Kor. J. Mycol.* 3: 1-6.
- Kobayashi, T. and T. Tabuchi. (1954): A method employing a tribasic phosphate buffered reagent for estimating semimicro quantities of reducing sugars. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.* 28: 171-174.
- Koenigs, J.W. (1971): Production of extracellular hydrogen peroxide and peroxidase by wood-rotting fungi. *Phytopath.* 62: 100-110.
- Lee, B.H. (1975): Microbial treatment of sawdust for animal food(1) Changes of lignin and protein contents. *Kor. J. Mycol.* 3: 25-29.
- 李應來(1973): 버섯 栽培. 華學社.
- Lossin, R.D. (1971): The second of a series of reports in methodology is concerned with the determination of cellulose in compost. *Compost.* 21(1).
- 李元睦(1936): 椴茸栽培에 對하여. 朝鮮山林會報. 17(9).
- 松濤(1939): エノキタケの 寄生性に就て, 日本植物病理學會報. 5: 94-95
- McKenna, E.J, and R.E. Kallio. (1965): The biology of hydrocarbons. *Ann. Rev. Microbiol.* 19: 183-208.
- Muller, F.M. (1965): Some thoughts about composting. *Mushroom science.* 6: 213-224.
- _____. (1965): Changes in compost constituents during composting pasteurization and cropping. *Mushroom science.* 6: 225-243.
- 中村, 尾崎, 石井(1971): エノキタケ 栽培に 關する 農業技術研究所(1973): 土壤調査便覽, 第二卷 土壤分析篇.
- 二, 三の實驗. 日本菌草. 2: 17-25.
- Park, Y.H., S.J. Go, and D.S. Kim. (1975): Studies on the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Fr.) QuéL using rice straw as growing substrate. I. Experiments on the development of growing substrates. *The Research Reports of the O.R.D. Korea.* 17: 103-107.
- Robbins, W. (1937): The assimilation by plants of various forms of nitrogen. *Amer. Jour. Bot.* 24: 243-250.
- Schmitz, H. and F. Kauffert. (1936): The effect of certain nitrogenous compounds on the rate of decay of wood. *Amer. Jour. Bot.* 23: 635-638.
- 白鳥 保(1975): エノキタケの 生産と 販賣. 農業および園藝. 50: 223-227.
- Steinberg, G. (1939): Growth of fungi in synthetic nutrient solutions. *Bot. Rev.* 5: 327-350.
- Stoller, B.B. (1943): Preparation of synthetic composts for mushroom culture. *Plant physiol.* 18: 397-414.
- _____. (1954): Principles and practice of mushroom culture. *Econ. Bot.* 8: 48-95.
- Tschierpe, H.J. and J.W. Sinden. (1962): Studies on the composition of horse manure compost from beginning of phase II through mushroom cropping as related to CO₂ evolution. *Mushroom science.* 5: 61-80.
- U.S. Department of Agriculture Issued. (1967): Soil survey laboratory methods and procedure for collecting soil sample. 19-21.
- Wakita, S. (1955a): Biochemical studies of *Collybia velutipes*. Part2. Effect of sucrose/NaNO₃ ratio on the growth of mycelium and the fructification of fungus. *Agr. Chem. Soc. Jap.* 28: 577-580.
- _____. (1955b): Biochemical studies on the velvet-mushroom, *Collybia velutipes*. Part 3. Effect of amino acids and vitamins on the growth of the mycelium. *Agr. Chem. Soc. Jap.* 28: 707-711.
- Waksman, S.A, and K.R.N. Iyer. (1932): Synthesis of a humus-nucleus. *Soil Sci.* 34: 43-70.
- _____. J.M. McGrath. (1931): Preliminary study of chemical processes involved in the decomposition of manure by *Agaricus bisporus*. *Amer. Jour. Bot.* 18: 573-581.
- _____. and W. Nissen. (1931): Lignin as a nutrient for the cultivated mushroom, *Agaricus campestris*. *Science.* 74: 271-272.
- _____. and W. Nissen. (1932): On the nutrition of the cultivated mushroom, *Agaricus campestris*, and the chemical changes brought about by this organism in the manure compost.

- Amer. Jour. Bot.* 19: 514-537.
- 矢内勝彦 (1973): 品種の特性とその選定基準. 日本きのこ. 5: 26-31.
- Yun, J.K. (1969): Studies on the artificial culture of *Collybia velutipes* (Curt. ex Fr.) Quel. in the sawdust media. *Theses collection of Chung-Buk College*. 3: 161-171.
- _____. (1970): On the fruit bodies formation of *Collybia velutipes* (Curt. ex Fr.) Quel. in the various artificial sawdust media. *Theses collection of Chung-Buk College*. 4: 227-237.
- Zadrázil, F. (1974): The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *P. cornucopi-ae* and *P. eryngii*. IX th International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi. Tokyo, Jap.
- _____. (1976): Freisetzung wasserlöslicher Verbindungen während der Strohzerersetzung durch Basidiomyceten als Grundlage für eine biologische Strohaufwertung. *J. Agro. Crop Sci.* 142:4-52.
- _____. and G. Pump. (1973): Ein Beitrag zur Kulturetechnik von *Flammulina velutipes*. *Der Champignon*. 13, Nr. 141.