

# 균근성 식용버섯의 인공배기술\*1

조남석\*2† · 角田光利\*3 · 淺輪和孝\*3

## Artificial Cultivation of the Mycorrhizal Edible Mushrooms\*1

Nam-Seok Cho\*2 · M. Tsunoda\*3 · K. Asawa\*3

### 1. 서 론

송이버섯이 중심이 된 균근성 버섯에 관한 연구는 1900년대에 들어와서 시작되었다. 일본식민지 지배 하에서 균근성버섯 연구가 수행되었다기 보다는 전국 각지의 송이버섯 산지의 현황과악이 주였으며, 송이버섯의 증산을 위한 노력이 주로 경주된 시기였다. 그러나 해방과 6.25전쟁을 맞으면서 이러한 소극적인 활동마저도 침체를 맞게 되었으며, 그 생산량도 격감하게 되었다. 물론 당시에는 송이버섯, 능이버섯 이외에도 많은 종류의 야생버섯이 채취되어 식용으로 사용되었던 시기였으므로 어떠한 버섯도 인공으로 배양한다는 생각은 거의 없었던 것이 사실이다.

우리 나라에서는 1967년경부터 송이가 수출되기 시작하여 그해 6만\$를 벌어들이고, '68년도 7만 6,000\$, '69년도에는 41만\$를 각각 벌어들이게 됨에 따라서 송이 연구의 중요성이 급격히 대두되기 시

작하였다. 이 같은 사회적 여건을 주시한 임업연구원 임산화학과 김영련(金永練)은 "송이버섯 인공배양"이라는 글을 산림조합중앙회에서 발간하는 [산림]지 9월호 및 10월호에 각각 발표하여 송이연구의 중요성, 송이의 특성, 일본의 송이생산 및 연구동향 등에 대하여 상세히 설명하고 송이에 대한 연구를 임업분야에서 착수하여야 한다고 역설하였다. 다음 해부터 임업시험장 임산화학과에서 "송이버섯 인공증식 시험" 연구과제를 '70~'75년(6년간) 계획으로 착수하였고 '70년도 [산림]지에 "송이 버섯과 목재생산의 수익성 비교"를 발표하였다. 또 "송이버섯 발생림의 환경"을 발표하여 임업시험장 광릉시험림(53-54 임반) 천점산의 송이시험지 환경으로서 토양, 지온, 강우량, 송이발생량, 송이의 형태 등을 조사 보고한(김, 1973a; 김, 1973b) 바 있다. 농촌진흥청의 농업기술연구소 균이과(菌根科)에서도 김영배 등이 "한국에 있어서 송이 분포 현황과 발생지의 환경요인에 대한 조사"(1975)로서 우리나라의 송이발생지 및 발

\*1 접수 2002년 5월 13일, 채택 2002년 5월 15일

\*2 충북대학교 산림과학부, School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.

\*3 일본 산림종합연구소 버섯·미생물연구영역, Department of Applied Microbiology, FFPRI, Tsukuba PO box 19, Ibaraki, Japan.

† 주저자(corresponding author) : Nam-Seok Cho (e-mail: nscho@chungbuk.ac.kr)

생량의 분포도 등을 작성한바 있으나, 송이의 인공재배 연구가 너무 어렵다는 이유로 연구가 계속되지 못한 채 중단되었다. 1979년도 한·일 농림수산부장관 회의시 한·일 송이연구 교류협력의 중요성을 역설하고 송이에 대한 연구를 한·일 연구협력사업(韓·日 研究協力事業)으로 추진할 수 있도록 일본측에서 적극 지원해 줄 것을 강력히 요청하였고, 임업연구원 김영련, 이태수(李泰洙) 등이 한·일연구협력과제로 “송이균 감염묘(感染苗)에 의한 인공 증식 시험”을 5년간(80~84년) 실시하게 되었고, 1981년 9월 임업연구원에서는 오가와와 이토(伊藤 武)를 초청하여 춘천, 홍천, 인제, 양양, 강릉, 정선, 평창, 단양, 봉화, 영양, 영덕, 경주, 함양, 남원 등 10여개 단지의 송이산을 조사하여 “한국 송이발생 소나무림의 현황에 관한 조사”를 보고하였고, 또 송이 생산자, 송이 생산군 임협조합, 송이 수출자 등을 모아 송이생산기술 연찬회를 실시하였다. 또 당시 “한국의 송이 발생지 환경에 관한 실태조사, 송이균 감염묘의 육성 방법 개선, 컵 및 흙피복에 의한 송이의 품질향상 및 증수 등의 연구가 수행되었다. 송이에 관한 비교적 최근의 연구로는 임업연구원에서 농림부 특정연구과제로 수행한 “송이 발생 예찰에 의한 환경관리기술 개발”이 있다. 임업연구원 이 수행한 이 연구에서는 송이생산 제한인자의 파악과 극복, 송이 발생림의 임분 관리, 송이 배양 및 DNA 특성 등에 대하여 연구 보고(이 등, 1999) 하였다.

일본의 경우 우리나라와 마찬가지로 송이버섯의 생산량이 격감한 1960년대 활발한 연구가 수행되었으며, 이때의 연구성과로서는 각종 균근균의 생태적 및 생리적 성질(송이버섯 研究懇談會, 1964; 浜田, 1968)을 명확히 밝혔으며, 송이버섯 생산량의 감소 원인이 소나무림의 방치로 임내환경이 변화된 때문으로 판단하였다. 서일본의 공립임업시험장에서는 소나무림의 환경개선을 통하여 이러한 추정이 맞았음을 확인(伊藤, 藤田, 1986)하였으며, 송이산의 환경개선법을 현장에 보급하였다. 이러한 환경개선에 의한 버섯의 증산법 지도가 일단락된 이후 송이버섯에 한정되지 않고 모든 각종의 균근성 식용버섯에 관한 확실한 재배 및 증산시도가 이루어지게 되었다. 그런데 이들 균근성 버섯류는 거의 최근까지도 인공

재배가 어려웠으며, 이들은 기주식물과 균근을 형성하고, 기주식물로부터 생장을 위한 영양분을 공급받아 자실체를 형성하기 때문에 기주식물 없이는 버섯을 형성하지 못하는 원인이었다(伊藤, 1941). 이와 같이 인공재배가 어려웠던 균근성버섯류 가운데 땅지만가닥버섯(*Lyophyllum shimeji*)이 근년에 와서 기주식물없이 재배할 수 있는 인공재배법이 개발되어(Ohta, 1994b, Watanabe et al., 1994; 吉田, 藤本, 1994), 현재는 상업적 생산에 가까운 실용적 재배법이 본격적으로 이루어지고 있다. 그리고 이러한 땅지만가닥버섯의 성공을 계기로 하여 동일한 조건하에서 송이버섯(*Tricholoma matsutake*)의 인공재배법도 가능성을 가지게 되어 새로운 연구분야가 일고 있는 실정이다.

## 2. 군사 생장에 필요한 탄수화물 기질분해 효소류의 생산성

버섯류는 영양분을 충분히 비축한 군사체에 온도 및 빛 등의 물리적 자극이나 자실체형성을 유도하는 물질, 스트레스를 부여하는 화합물을 줌으로써 자실체를 형성하는 경우가 대부분이다. 담자균의 영양균사는 단당에서는 그대로의 모양을, 올리고당이나 다당류(cellulose 및 starch)에서는 효소를 이용 분해 후 이를 탄소원으로 하여 군사를 성장시키며, 마침내 자실체를 형성하게 된다. 영양생장기에 colony에 의하여 흡수된 탄수화물은 군사세포에 의해 증식 및 대사기능의 유지에 이용되며, 그 일부는 자실체발육에 필요로 하는 소재로서 군사중에 저장되어 이용되는 것으로 생각된다. 한편 질소화합물은 목재부후균이나 부생균에서는 목재나 볏짚, 퇴비, 부식질 등의 유기질소이며, 이들은 주로 아미노산혼합물이거나 단백질이다. 버섯생육과정의 양분의 동태에 관해서는 비교적 많은 연구가 이루어졌는데, 이들을 총괄하면 탄수화물로서는 cellulose, xylan, starch, glycogen, trehalose 및 그의 분해물, 당알코올 등이 포함되며, 질소화합물로서는 단백질, peptide 화합물 및 이들의 분해물인 아미노산, 질산태 및 암모니아태의 질소화합물 등이 버섯의 생장 기질로서 중요하다.

**Table 1.** Production of carbohydrate degrading enzymes for mycelial growth of ectomycorhizal mushrooms.

Carbon sources for mushrooms		Enzymes	Production of enzyme	
Polymers	Degraded products		Ectomycorhizal mushrooms	Saprophyte mushrooms
Cellulose	Glucose	Cellulase	±, -	++
Hemicellulose	Xylose, mannose	Hemicellulase	±, -	++
Lignin	Ferulate, sinapate	Laccase, peroxidases	-	+, ±, - <sup>a)</sup>
Starch	Cinnamate glucose	Amylase	+, ±, - <sup>b)</sup>	++

+ 분해, ++ 양호한 분해, ± 조금 분해함, - 전혀 분해안함

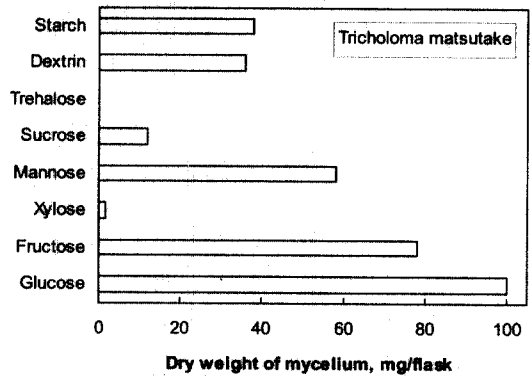
a) 백색부후균이나 갈색부후균이냐에 따라 달라진다.

b) 송이버섯균에 비하면 땅지만가닥버섯의 매우 강하고, 인공배지상에서 전혀 거의 균사생육이 되지 않는 송이버섯균의 경우는 amylase 활성도 거의 없다.

Table 1은 송이버섯과 땅지만가닥버섯과 같은 균근을 형성하는 버섯류와 표고버섯(*Lentinula edodes*), 팽이버섯(*Flammulina velutipes*)과 같은 목재부후성 혹은 양송이버섯(*Agaricus bisporus*)으로 대표되는 부생성 버섯류의 탄수화물기질의 분해효소 생산성을 오늘날까지 보고된 내용에 기초하여 비교한 결과를 나타낸 것이다.

### 3. 균사생장에 미치는 탄소원의 영향

Fig. 1은 송이버섯, Fig. 2는 땅지만가닥버섯의 영양균사 생육에 미치는 탄소원의 영향을 조사한 결과(川合·阿部, 1976; 山中·太田, 1998)를 정리한 것이다. 양 균주간에 생육속도에 큰 차이가 인정(송이버섯 40일 배양, 땅지만가닥버섯 20일 배양)되고 있으며, 어느 버섯의 경우에도 glucose 및 fructose는 잘 이용되고 있는데 대하여 xylose는 거의 이용되지 못하는 것으로 나타났다. 2당류에 있어서 송이버섯 균사에 있어서는 maltose에서의 균사생육이 매우 좋은 편이었고, sucrose에서의 생육은 나빴으며, 양 버섯간에 sucrose의 이용성이 큰 차이가 인정되었다. 이는 두 버섯간에 invertase의 생성에 큰 차이가 있음을 시사하는 것이다. 한편 땅지만가닥버섯의 경우 trehalose가 가장 좋은 이용율을 보였고, sucrose도 상당량 잘 이용되고 있었으며, maltose는 trehalose



**Fig. 1.** Effect of carbon sources on mycelial growth of Matsutake mushroom. 24 °C, 40 d culture, 20 ml/100 ml flask, C source 2%, N source 0.1% cazamino acid and 0.5% dried beer yeast(川合·阿部, 1976).

의 약 50% 정도의 균사생육을 나타냈다. 다당류인 전분에 있어서는 송이버섯의 경우에는 glucose의 약 1/2~1/3 정도의 균사생육을 보여주는데 그쳤다. 한편 전분기질에 소량의 glucose를 starter로서 첨가한 배지에서 배양하게 되면 glucose만 사용한 경우와 거의 유사한 균사생육을 나타냈다(吉田·藤本, 1994; Ohta, 1997). 그러나 땅지만가닥버섯의 경우는 glucose에서의 생육과 같은 정도로 매우 좋은 생육을 나타냈다.

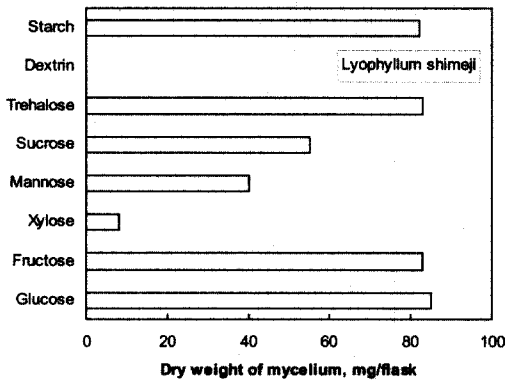


Fig. 2. Effect of carbon sources on mecelial growth of Honshimeji mushroom. 24 °C, 20 d culture, 20 ml/100 ml flask, C source 1%, N source 0.2% ammonium tartarate(山中.太田. 1998).

#### 4. 땅지만가닥버섯(*Lyophyllum shimeji*)의 인공재배 기술

균근균 버섯가운데서 땅지만가닥버섯 (*Lyophyllum shimeji*)은 식용담자균의 일종으로서 맥류를 주성분으로 하는 배지에서 배양하면 성숙된 자실체를 형성하고 수년이 경과되더라도 그 능력을 잃지 않음을 알게 되었다(Ohta, 1994b). 이 버섯의 영양균사 생육에 미치는 탄소원의 요구성에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 山中.太田(1998)에 의하면 glucose, trehalose, fructose 및 가용성 전분이 영양균사의 생육에 없어서는 안되는 요소임을 밝혔으며, maltose 및 sucrose도 상당히 생육에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 吉田 등(1994a, 1994b)에 의하면 탄소원으로서 sucrose를 사용하여 매우 양호한 균사생육을 얻었으며, 이러한 사실로부터 균체외로 invertase가 생성되는 것으로 추측하고 있으나 효소의 확인은 하지 못하고 있다. 균근균의 영양요구성에 관한 연구결과 1994년 인공재배에 의한 자실체의 형성이 성공하기에 이르렀으며(Ohta, 1994a), 입상의 보리류를 주성분으로 하는 배지에서 배양하면 기주식물이 없는 순수배양조건에서도 성숙된 자실체를 형성

하는 것으로 밝혀졌다(Ohta, 1994a,b). 자실체를 발생시킨 것은 Ohta(1994b)가 처음이었으며, Watanabe 등(1994), 吉田.藤本 등(1994)에 의하여 각각 거의 같은 시기에 보고되었다. 한편 Kawai (1997; 1998)는 원예분야에서 clone 묘를 얻는 방법으로서 알려진 취목법으로 집종용 묘목을 만들었으며, 이 묘목에 땅지만가닥버섯의 균사를 접종하는 방법으로 인공적으로 자실체발생에 성공하였다.

#### 4.1. 배지조성의 효과

대맥에 톱밥을 혼합한 배지에서 자실체의 형성율이 매우 높았으므로(Ohta, 1994b), 대맥에 3종류의 톱밥 및 그 대신으로 옥수수자루를 혼합한 결과, 느타리병을 이용한 재배에서 자실체발생량이 미퇴적 활엽수 톱밥에서 86.1 g, 2개월 퇴적 활엽수톱밥이 87.2 g, 4개월퇴적 삼나무톱밥에서 46.9 g, 옥수수자루에서 49.6 g으로, 삼나무 및 옥수수자루를 혼합한 처리가 자실체발생량이 적었다. 활엽수톱밥을 옥외에 퇴적한 것과 퇴적하지 않은 것에는 차이가 인정되지 않았다.

활엽수톱밥의 혼합비와 관련하여, 느타리병을 사용한 경우, 대맥에 대한 톱밥의 혼합비가 체적비로 0.5~2.0의 범위에서 2.0의 발생량이 70 g으로 가장 많았으며, 5.0의 비에서는 균사생장이 늦었고, 120 일간의 배양기간 중 균사가 병전체에 만연되지 않았고, 발이처리하더라도 자실체가 발생되지 않았다. 표고버섯병을 사용한 경우 체적비가 1.0에서 가장 우수한 결과를 얻었다.

NG2L(Niigata-ken origin) 및 SF-Ls6(Hyogo-ken origin)의 2계통의 땅지만가닥버섯을 사용하여 나메코버섯병을 사용하여 혼합비에 따른 버섯발생량을 조사한 결과 Table 2에 보는 바와 같이 활엽수 톱밥의 혼합비가 1.0~1.5의 경우가 가장 버섯발생량이 많았다.

#### 4.2. 첨가영양의 효과

활엽수톱밥의 혼합비 1.0의 배지에 각종 염류를 첨

**Table 2.** Effect of mixing ratio of hardwood woodmeal and barley on mushroom production<sup>a)</sup>

Mixing ratio <sup>b)</sup> (v/v)	Fruitbody production (g/bottle) <sup>c)</sup>	
	NG2L <sup>d)</sup>	SF-LS6 <sup>d)</sup>
1	96.9 ± 8.2	27.7 ± 7.6
15	100.6 ± 6.1	26.7 ± 9.6
2	71.9 ± 21.6	25.7 ± 6.3
3	81.1 ± 21.7	24.2 ± 7.5

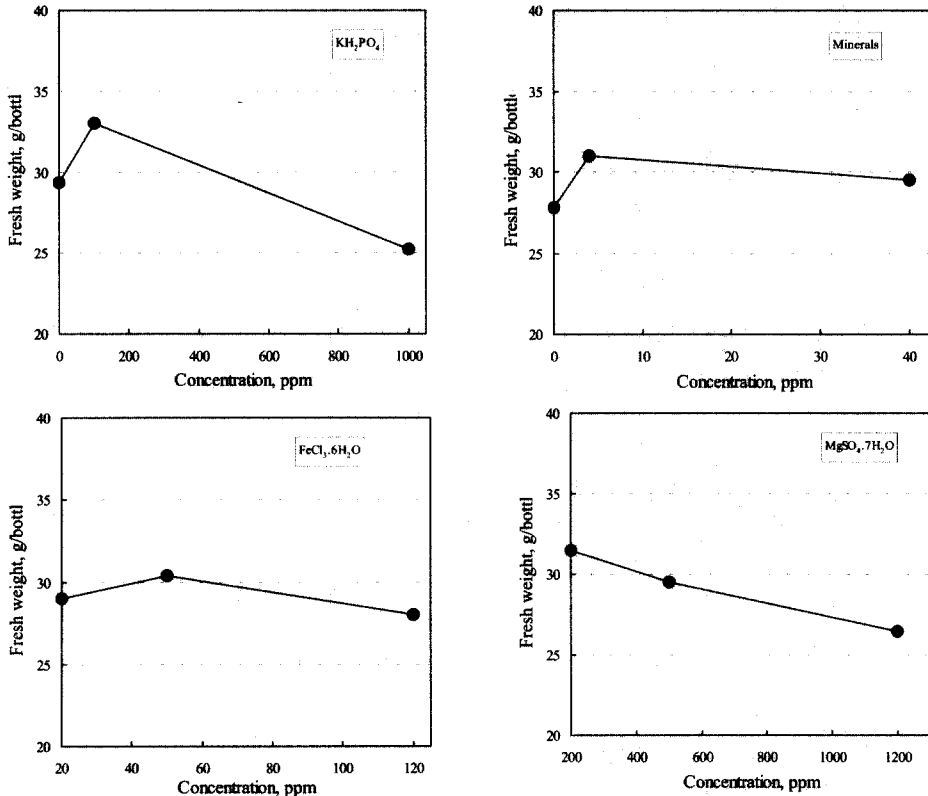
- a) 700 ml *Pholiota nameko* bottle
- b) Volumetric ratio to air-dried barley
- c) Average value ± standard deviation
- d) NG2L: Niigata-ken origin; SF-LS6: Hyogo-ken origin

가하여 자실체발생량을 조사한 결과 Fig. 3 및 4에서 보는 바와 같이 첨가에 의한 버섯발생량이 큰 것은  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 염화철(III), 미네랄 혼합물이었으며, ammo-

nium tartarate은 오히려 발생량을 감소시켰다. 다 소라도 효과가 있는 성분과 최적 농도로부터 결정된 첨가용액의 조성은 Table 3과 같다.

### 4.3. 재배용기와 배지량의 효과

재배용기는 폴리프로필렌제로서 팽이버섯용(555 ml), 나메코버섯용(800 ml), 표고버섯용(2,300 ml) 및 느타리버섯용(850 ml)의 4종을 사용하였으며, 대 맥에 1/10로 희석시킨 땅지만가닥버섯용 액체배지를 함유율이 70%가 되도록 가하고, 하루밤 방치하여 팽 운시킨 다음, 기건 톱밥과 혼합하여 일정량 (배지의 량은 배양병의 용적의 0.28~0.95에 해당하는 400~ 1,300 ml의 배지)을 배양병에 넣고, 선단의 직경이 10 mm, 원구의 직경이 15 mm의 목재 봉(배양병 하



**Fig. 3.** Effect of nutrients addition on positive mushroom production.

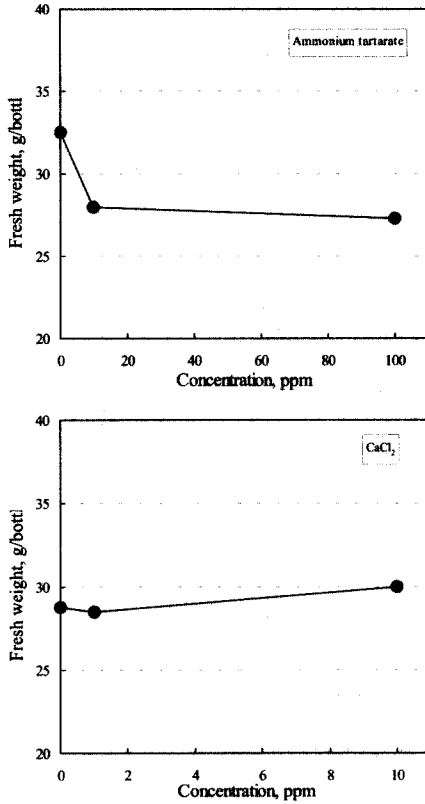


Fig. 4. Effect of nutrients addition on negative mushroom production.

나에 대하여 팽이버섯병에는 1개, 나메코 및 느타리 버섯병에는 3개, 표고버섯병에는 6개)를 세우고, 100°C 전후에서 45분 blow 하여 공기를 불어낸 후, 120°C에서 45분간 멸균한 다음, 접종하고, 22±1.5°C, 습도 60±15%, CO<sub>2</sub> 농도 800~1,200 ppm(v/v)

Table 3. Composition of nutritive elements

Reagents	Concentration (1 liter)
Citrate	0.5 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.1 g
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.2 g
CaCl <sub>2</sub>	10 mg
Acetylacetone	5 μL
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	50 gm
Mineral mixture	4 mg

의 배양실에서 배양하였다. 균사가 만연한 다음, pH 5.4로 조정된 peat를 배지위에 1 cm 두께로 덮고 다시 2주간 배양한 다음, 15±1°C, 10분마다 1분씩 초음파가습, CO<sub>2</sub> 농도 600~1,000 ppm의 발생실로 옮겨 자실체를 발생시켰다. 자실체의 균사의 하단부가 수평이 될때까지 성장했을 때 수확하여 생증량을 측정하였으며, 그 결과를 Table 4에 정리하였다.

#### 4.4. 피복재료와 피복시기의 효과

350, 500, 700 ml의 3종의 배지량에 대하여 4종의 피복재료를 이용한 재배실험 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 활엽수칩과 수태에서는 자실체발생이 많은 경우도 있었으나, 발생량의 변동이 컸다. 특히 배지량이 적었던 나메코병(용량의 0.44)에서 수태를 사용한 경우 배양종료시 피복재와 배지상부의 건조가 심했으며, 자실체가 전혀 발생되지 않았다. 안정된 발생량을 보인 처리는 피트와 가누마토로서 양자의 발생량에는 큰 차이가 없었다.

피트를 피복재료로 사용한 경우, 피복시기와 자실체발생량과의 관계를 보면 Table 6에서 보는 바와

Table 4. Effect of bottle volume and culture media on mushroom production

Name of bottle	Volume ml	Container capacity, No/bottle	Volume of culture media, ml	Fruitbody yield, g		
				per 1 bottle	per 1 liter media	per 1 container
<i>F. velutipes</i>	555	25	500	41.1 ± 9.5	823	1,028
<i>P. nameko</i>	800	16	400	61.1 ± 8.3	152.8	978
			700	59.8 ± 9.1	85.4	956
<i>P. ostreatus</i>	850	16	800	53.8 ± 18.7	673	861
<i>L. edodes</i>	2,300	5	650	65.2 ± 24.9	100.2	326
			1,300	105.6 ± 38.6	81.3	528

**Table 5.** Effect of covering materials on mushroom production

Covering materials	Fruitbody yield, g/bottle		
	350 ml <sup>a)</sup>	500 ml <sup>b)</sup>	700 ml <sup>a)</sup>
Peat	326 ± 9.4	410 ± 9.1	598 ± 7.9
Kanuma soil	39.0 ± 4.1	408 ± 9.9	56.9 ± 7.1
Hardwood chip	421 ± 30.7	685 ± 21.7	23.8 ± 16.1
Moss	0	16.9 ± 10.7	64.8 ± 36.9

a) *F. velutipes* bottle, b) *P. nameko* bottle

**Table 6.** Effect of covering time and mixing ratio on mushroom production<sup>a)</sup>

Covering time	Fruitbody yield, g/bottle	
	10 (v/v)	20 (v/v)
Inoculation	0	613 ± 6.6
31 d after inoculation	58.9 ± 15.3	80.0 ± 14.2
Fully mycelial spreading <sup>b)</sup>	86.1 ± 6.0	70.0 ± 19.4
Finishing culture <sup>b)</sup>	38.8 ± 11.3	40.9 ± 10.9

a) *P. ostreatus* bottle

b) Mixing ratio 10: 109 d; mixing ratio 20: 83 d; Finishing 14 d after full mycelial spreading

같이 톱밥혼합비가 1.0인 배지에서 균사만연시 피복한 경우가 발생량이 많았고, 혼합비 2.0인 배지에서는 접종후 1개월만에 피복한 처리가 발생량이 많았다. 건조되기 쉬운 배지에서는 피복이 빠를수록 좋을 것 같은 내용을 시사하는 결과이므로 이를 확인하기 위하여 통기성이 다른 뚜껑을 사용, 최적 피복시기를 조사하였다. Table 7에서 보는 바와 같이 가장 통기성이 높은 종이캡이 접종 후 1개월, 그 다음으로 통기성이 있는 4공 캡에서 2개월 후의 피복이 우수한 결과를 주었다. 구멍의 수가 많더라도 직경이 2.8 mm로 작은 가장 통기성이 나쁜 6공 캡의 경우는 균사의 생장이 느리고 자실체 발생량도 저조하였다.

## 5. 송이버섯(*Tricholoma matsutake*)의 인공재배 기술

### 5.1. 송이버섯 인공재배의 어려움

송이버섯은 그 훌륭한 미각으로부터 많은 사랑을 받는 고가의 식용버섯으로서 인공재배를 위한 많은 노력과 연구가 경주되어 왔다. 지금까지 실험실에서 인공재배로 자실체발생에 성공시킨 보고는 3건정도 있다 (Inaba et al., 1995). 그러나 어느 경우에도 재현성은 없었다. 송이버섯균은 표고버섯이나 팽이버섯과 비교할 경우, 균사의 생육속도가 매우 느리

**Table 7.** Effect of caps on mushroom production\*

Covering time	Fruitbody yield, g/bottle		
	Paper cap	4 hole cap	6 hole cap
Inoculation	38.1 ± 14.6	42.3 ± 13.6	9.4 ± 8.1
31 d after inoculation	51.1 ± 12.1	45.7 ± 9.3	0
62 d after inoculation	29.5 ± 7.0	50.6 ± 14.2	25.1 ± 19.1

\* *P. ostreatus* bottle, 76 d cultivation.

고, 영양기질의 분해능력도 현저히 낮다(Terashita et al., 1995). 나아가서 생성되는 기질분해효소의 종류 및 생육에 이용되는 저분자 탄수화물의 종류도 적을뿐 만 아니라 고분자기질은 거의 이용하지 못하는 것으로 보고되고 있다(川合, 阿部, 1976).

Fig. 1에서 보는 바와 같이 송이버섯균은 생육하는데 glucose와 기타 단당류만이 이용가능하다는 것이다. 송이버섯균이 자실체를 형성하기 위해서는 호흡과 세포구성 성분으로서 이용할 수 있는 충분한 양의 영양을 축적한 균사체가 필요하나 단당류를 기질로 하여 배양하는 경우, 침투압 등이 높아지는 문제등이 발생하는 등, 대량의 균사체를 형성하기가 매우 어렵다는 사실이다(Ohta, 1994). 전분에 출발기질로서 glucose를 소량 첨가하여 배양하면 어떤 종의 *Tricholoma* 균은 생육이 양호한 경우도 있다고 하며, Ohta(1997)에 의하면 땅지만가다버섯균의 경우 균의 계통에 따라 탄수화물의 이용능력이 상이하며, 송이버섯균은 아니지만, 대맥의 전분을 섞은 인공배지에서 기주식물없이 자실체를 얻는데 성공한바(Ohta, 1994) 있다. 그리고 송이버섯균이 직쇄상의 구조를 가지는 amylose를 첨가하였을 경우 잘 생육하는 사실로부터 이 균이  $\alpha$ -1,4-glucoside 결합을 절단하는 amylase를 생산하고 있음을 알 수 있다.

### 5.2. 송이버섯의 액체배양

송이버섯의 균사생육을 빨리하기 위하여 Table 8과 같은 송이버섯 개량 액체배지를 만들어 이배지에 송이버섯균(No. 114)을 접종, 80일간 정치배양을 한 다음 균사생육에 따른 배지의 pH 변화, 배지 중의

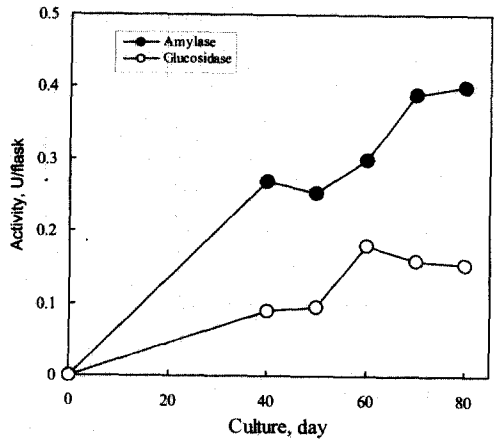


Fig. 5. Changes in amylase activity during culture.

glucose 및 starch의 소비를 조사하였다. 균사의 생육은 직선적으로 증가하였고, 배양 80일째 120 mg/flask였다. 한편 배지의 glucose 농도는 배양 40일경부터 현저히 감소하였으며, 배양 70일째에는 최초 첨가된 glucose의 53% 소비되었다. 이 배지의 전분 농도는 1.25 g/l로서 매우 낮으나, 배양 40일만에 이미 그 72%가 배지로부터 소비되어 버렸다.

### 5.3. 송이버섯 생육시의 amylase의 생성

버섯에 관련된 amylase에 관한 연구는 그리 흔하지 않다(川合, 1976). 寺下 등(2000)이 송이버섯균의 영양균사 생육에 따른 균체의 amylase의 생산성을 조사한 결과, Fig. 5에서 보는 바와 같이 amylase 활성이 배양 40일째 매우 상승하였으며, 이후 소폭

Table 8. Modified culture media for *T. matsutake*

액체배지		한천배지	
Potato ext.	77 g	Glucose	15 g
Glucose	22.7 g	PDA	15 g
Ebiose ext.	5 g	Ebiose powder	5 g
Sunpearl CP(균사활력제)	5 g	Sunpearl CP(균사활력제)	5 g
Thiamine-HCl	100 µg	Agar powder	7.5 g
Distil. H <sub>2</sub> O 1,000 ml	(pH 5.1)	Thiamine-HCl	100 µg
		Distil. H <sub>2</sub> O 1,000 ml	(pH 5.1)



으로 상승하여 배양 80일째까지 같은 경향으로 계속 되었다. 한편 glucoamylase 활성은 amylase 활성의 1/2 정도였으며, 전체적으로 액화형 amylase의 활성과 유사한 경향으로 나타났다. 이 glucoamylase 활성을 *Schizophyllum commune*으로부터 유래되는 균체의 효소와 비교하면 송이버섯균의 활성이 *Schizophyllum commune*의 1/3882였다.

## 6. 결론

땅지만가닥버섯의 경우 배지혼합에 적합한 톱밥은 삼나무보다는 활엽수재가 적당하였고, 대맥에 대한 혼합비도 1.0~1.5가 좋으나, 대맥의 가격을 고려하였을 때 1.5가 실용적이라 생각된다. 기건상태로 환산하면 대맥 : 톱밥의 중량비가 5 : 2 정도이다. 배지 조성시 Table 2의 염류첨가가 자실체발생에 도움을 주었다. 그리고 땅지만가닥버섯은 목재부후균보다 통기성요구가 크므로 재배병의 입구직경이 크고, 캡도 통기성이 좋은 것이 적당하다. 이러한 용량의 용기의 1/4~1/2 정도의 배지를 넣은 것이 배지용적당 자실체발생량이 가장 높았다.

피복재료로서는 피트 또는 가누마토를 사용하는 것이 안정된 자실체발생을 확보할 수 있었다. 피트사용시 피복적기는 접종 1개월 후부터 균사가 병 전체에 만연할 때까지로서 배지가 건조되기 쉬운 재배환경하에서는 빨리 행하는 것이 좋다. 야생의 균주를 재배하는 경우, 자실체의 발생량 및 형태의 변이가 크므로 계통선택이 필요하다고 생각된다. 최적조건하에서 재배된 4계통의 땅지만가닥버섯의 평균발생량은 1,000 ml당 190~200 g으로서 현재 병재배되고 있는 시판버섯인 팽이버섯 161 g, 부나시메지 (*Hypsizigus marmoratus*) 171 g, 느타리버섯 110 g을 상회하였다. 수확까지의 평균일수는 81일이었다.

송이버섯의 인공재배와 관련하여 송이버섯균은 균체의 효소로서 amylase를 생성시키고, 이 amylase가 amylose의 함량이 높은 대맥의 전분을 잘 분해시킴으로서 이것이  $\alpha$ -형(액화형) amylase인 것으로 생각된다. 그리고 송이버섯의 인공재배를 통한 자실체 생산을 위해서는 먼저 균사체를 대량으로 증식시켜

야 하는 것이 전제가 되는데, 이를 위해서는 생육기 질로서의 전분이 매우 중요하며, 강력한 amylase 분해력을 가지는 송이버섯균을 유전자공학의 기술에 의하여 육종하는 것을 포함한 금후의 연구가 기대되고 있다.

## 사 사

본 논문은 2001년도 한국과학기술부 - 일본 학술진흥회의 지원 및 농림기술관리센타의 연구비(2000 농림기술과제: 능이의 임지재배기술 및 기능성개발) 지원으로 이루어졌음.

## 참 고 문 헌

1. Inaba, K., Yoshida, t., Takano, Y., Mayuzumi, Y., Mitsunaga, T., and Koshijima, T., 1995. Environ. control in Biol. 33: 59~64(1995).
2. Kawai, M., 1997. Artificial ectomycorrhiza formation on roots of air-dried *Pinus densiflora* saplings by inoculation with *Lyophyllum shimeji*. Mycologia 89: 228~232.
3. Kawai, M., 1998. Cultivation of *Lyophyllum shimeji* with air-layered saplings. Nihonkinkakkaiho 39: 117~120.
4. Ohta, A., 1994a. Some cultural characteristics of mycelia of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*. Mycosci. 35: 83~87.
5. Ohta, A., 1994b. Production of fruitbodies of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, in pure culture. Mycosci. 35: 147~151.
6. Ohta, A., 1997. Ability of ectomycorrhizal fungi to utilize starch and related substrates. Mycosci. 38: 403~408.
7. Terashita, T., Kondo M., Yoshikawa, K. and Shishiya, J., 1995. Productivity of hydrolytic enzymes by mycorrhizal mushrooms. Mycosci. 36: 221~225.
8. Watanabe, K., Kawai, M. and Obatake, Y., 1994. Fruiting body formation of *Lyophyllum shimeji* in pure culture. Mokuzaigakkaishi 40: 879~882.
9. 마쯔타케연구懇談會, 1964. 마쯔타케-연구と増産. 마쯔

- タケ研究懇談會, 京都.
10. 吉田 博, 藤本水石, 1994. 本シメジ 菌床 栽培の試み. 日本菌學會報 35: 192~195.
  11. 吉田 博, 藤本水石, 林 純三, 1994a. 本シメジおよびシヤカシメジ菌絲体の榮養生長に ともなう 炭水化物および有機酸の變遷. 日本菌學會報 35: 3~10.
  12. 吉田 博, 藤本水石, 林 純三, 1994b. 本シメジの榮養生長における榮養要求性. 日本菌學會報 35: 173~180.
  13. 浜田 埜, 1968. マツタケの生理生態に關する研究. 昭和43年度 農林 水産業 試驗研究費 補助金에 의한 研究報告書.
  14. 寺下 隆夫, 北尾忠嗣, 永井 勝, 吉川 賢太郎, 坂井拓夫, 2000. ホンシメジの榮養菌絲体の 生育とアミラーゼ生産. 日本應用キノコ學會誌 8: 61~69.
  15. 山中勝次, 太田千繪, 1998. ホンシメジおよびシヤカシメジの菌絲体生長 における榮養要求性. 日本應用キノコ學會誌 6: 159~165.
  16. 伊藤 武, 藤田博美, 1986. 食用キノコ栽培のCost Down 技術に關する研究. 昭和60年度 京都府林試業務年報. 42~46.
  17. 伊藤一雄, 1941. シメジに關する研究. 日本林學會誌 23(3): 124~132.
  18. 川合正允, 阿部 重雄, 1976. マツタケの培養に關する研究. 日本菌學會報 17: 159~167.
  19. 김영련. 1973a. 송이버섯의 생산 및 채취. 산림 '73년 9월호.
  20. 김영련. 1973b. 송이 버섯의 생산과 가공. 산림 '73년 10월호.
  21. 李泰洙, 賈康鉉, 朴 賢, 朴元喆, 尹甲熙, 李址烈 編著. 1999. 송이의 증수 및 인공채배 연구. 임업연구원 연구 자료 제 154호(1999. 11).