

## 영지버섯 백색 변이주의 형태적 특성 및 최적 배양조건

조수목 · 서건식 · 유승헌 · 유익동<sup>1\*</sup> · 신관철  
충남대학교 농과대학 농생물학과, <sup>1</sup>한국과학기술연구원 유전공학연구소

### Morphological Characterization and Culture Conditions of A White Mutant of *Ganoderma lucidum*

Soo-Muk Cho, Geon-Sik Seo, Seung-Hun Yu,  
Ick-Dong Yoo<sup>1\*</sup> and Gwan-Chull Shin

Dept. of Agriculture Biology, College of Agriculture,  
Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

<sup>1</sup>Genetic Engineering Research Institute, KIST, Taejon 305-606, Korea

**Abstract** — A morphologically different form of *Ganoderma lucidum* was isolated from a cultivator's farm, and its optimum growth conditions were determined. A major difference in their morphology was color of fruit bodies. Fruit bodies of the mutant were white whereas those of normal *Ganoderma lucidum* were red. Spores of the mutant were globose and mycelia were thin. Mycelial growth of this white mutant was favorable on potato sucrose agar medium, and optimum pH of the medium was 5.5. The mutant preferred carboxyl methyl cellulose and calcium nitrate [ $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ] as a carbon and nitrogen sources, respectively. Nicotinic acid was a favorable vitamin source for growth of the mutant. No significant differences were observed in utilization of inorganic salts.

영지버섯(*Ganoderma lucidum*(Fr.) Karst)은 우리나라를 비롯한 온대지역에 널리 분포하고 있는 목재 부후성 담자균류의 일종으로 주로 참나무, 밤나무, 복숭아 나무 등의 활엽수 고사목에 자생하고 있으며 (1) 이들 식물체에서 유래된 유기 탄소화합물이나 질소 화합물을 주 영양원으로 이용하여 성장한다(2). 또 영지버섯은 분류학적으로는 민주름버섯목(Aphylloporales) 불노초과(Ganodermaceae) 불노초속(*Ganoderma*)에 속하여(3-5) 옛부터 진귀한 한약재로 사용되어온 약용균류이다. 이 버섯은 중국 고 문헌인 본초강목 등(6)에 한약재로 기록되어져 있어, 근래에는 많은 연구자들에 의하여 암, 고혈압, 당뇨, 간질환, 신경질환, 알러지 등의 각종 질병에 높은 치료 및 예방효과가 있음이 확인되고 있다(2, 7-10).

영지버섯의 형태적 특징으로는 일반적으로 자실체

가 코르크질로 목질화되어 있고 표면에 광택이 있다. 또 야생 영지버섯의 갓 형태는 콩팥형, 반원형으로 형성되어 있으나 인공재배시에는 균주와 재배환경 조건에 따라 갓을 형성하지 못하고 줄기 형태로만 분지하여 대(stipe)만 형성하는 것도 있다. 중국 고서인 이시진의 본초강목과 신농본초과 등(6)에서는 영지를 색깔에 따라 자지, 적지, 흑지, 백지, 황지, 청지 등으로 분류하고 있는데, 그들의 약효를 보면 자지의 경우 귀가 먹은 이룡의 병을 고치고, 적지는 피를 맑게 해주며, 흑지는 하복부가 팽팽해지는 름병에, 황지는 복부의 병이나 오한 등에 의하여 생긴 병에, 청지는 눈을 맑게 해주고 백지의 경우 심한 기침이 나는 해역의 병과 하복부에서 기가 가슴이나 후두부 부근으로 쳐 올라오는 병을 고칠수 있다고 하였다. 그러나, 자지는 현재 한국 중국 일본 등지에서 많이 재배 이용되고 있고, 황지 흑지도 자생지에서 발견되고 있으나, 백지 청지 등은 자생지에서도 발견된 기록은 찾아보기 어렵다.

**Key words:** *Ganoderma lucidum*, white mutant, Culture Conditions, Morphological Characterization  
\*Corresponding author

필자들은 최근 적지와는 형태적으로 뚜렷한 차이를 나타내는 영지버섯 백색변이주를 발견하여 미생물학적, 형태학적 특성 및 균사체를 분리하여 각종 배양 조건을 규명하였기에 보고한다.

**재료 및 방법**

**공시균주**

1991년 8월 충북 옥천군 담양리의 영지버섯 원목 재배 단지에서 정상 자실체와 색상 및 형태가 현저하게 다른 백색변이주(G4142)를 발견, 채집하여 실험실내에서 조직분리 방법으로 순수분리하여 모균주인 G4086 균주와 함께 본 실험에 사용하였다.

**영지버섯 백색변이주의 형태적 특성**

공시균주 간의 형태적 특성을 조사하기 위하여 자실체로부터 담자기, 담자포자 및 균사체의 형태를 조사하고, 순수분리하여 얻은 균사를 potato sucrose agar(PSA) 배지에 배양하며 Carl Zeiss Jenalumar 광학현미경(×400)으로 균사체의 형태 등을 관찰 조사하였다.

**영지버섯 백색변이주의 생육최적배지 선발**

Mushroom complete medium(MCM) 등 11종의 배지를 공시하여 29±1°C 에서 6일간 배양한 후 배지 뒷면의 colony의 직경을 측정하여 substrate mycelium의 생육정도로 하였으며, aerial mycelium은 배지위로 뻗어나온 균총의 직경을 측정 비교하여 생육 최적배지를 선발하였다. 공시된 배지의 조성은 Table 1과 같다.

**최적 pH 조사**

pH가 공시균의 균사생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Potato-dextrose(PD) 배지에 1 N-NaOH 와 1 N-HCl을 가하여 pH 4.5~7.5까지 조절한 후 균사생장을 조사하였다.

**탄소원의 영향**

기본배지(K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.46 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, Peptone 10 g, D.W. 1L)에 탄소원으로서 Glucose 대신에 11종의 탄소원을 20 g/l씩 첨가하고 배지의 pH는 모두 5.5로 조절하였다. 100 ml 삼각플라스크에 20 ml씩 각 탄소원이 첨가된 배지를 분주한 후 공시균을 접종하고 29±1°C 배양기에서 10일간 배양한 후 Whatman No. 1 여지에 여과하여 건조시킨 후 균체량을 조사하였다.

**질소원의 영향**

탄소원 실험에 사용한 기본배지에 탄소원은 glucose를 20 g/l 첨가하고, 질소원은 peptone 대신 9종의 무기태질소, 3종의 유기태질소 그리고 4종의 아미노산을 각각 0.4 g/l을 첨가하고 유기태질소 중 peptone은 10 g/l을 첨가하여 29±1°C 에서 10일간 배양한 후 탄소량 조사와 동일한 방법으로 균체량을 조사하여 균사생육이 양호한 질소원을 선발하였다.

**비타민 및 무기염류의 영향**

기본배지에 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 등 7종의 무기염류를 각 농도별로 조절하여 배지에 조합하여 첨가한 다음 생육 정도를 조사하였다. 즉 비타민류의 경우 riboflavin은 6.25 ppm으로, inositol 등의 7종은 1 ppm으로 각각

**Table 1. Composition of media used in this experiment**

Media	Composition (per liter)
Potato sucrose agar(PSA)	potato 200 g, sucrose 20 g, agar 20 g
Potato dextrose agar(PDA)	potato 200 g, dextrose 20 g, agar 20 g
Malt extract agar(MEA)	malt extract 20 g, dextrose 20 g, peptone 1 g, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 0.5 g, agar 20 g
Quercus extract agar(QEA)	quercus sawdust 100 g, dextrose 20 g, agar 20 g
Poplar extract agar(PEA)	poplar sawdust 100 g, dextrose 20 g, agar 20 g
Rice bran extract agar(RBEA)	rice bran 30 g, agar 20 g
Wheat bran extract agar(WBEA)	wheat bran 30 g, agar 20 g
Mushroom complete medium(MCM)	dextrose 20 g, peptone 2 g, yeast extract 2 g, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 0.5 g, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.46 g, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 1 g, agar 20 g
Czapedox agar(CDA)	dextrose 20 g, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 0.5 g, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 1 g, agar 20 g
Spawn complex agar(SCA)	quercus sawdust 60 g, poplar sawdust 60 g, rice bran 20 g, agar 20 g
Oat meal agar(OMA)	oat meal 30 g, agar 20 g

기본배지에 첨가하여 filter sterilization 후 배지에 첨가하였으며 29±1°C 에서 12일간 배양한 후 균체생장을 조사하였다.

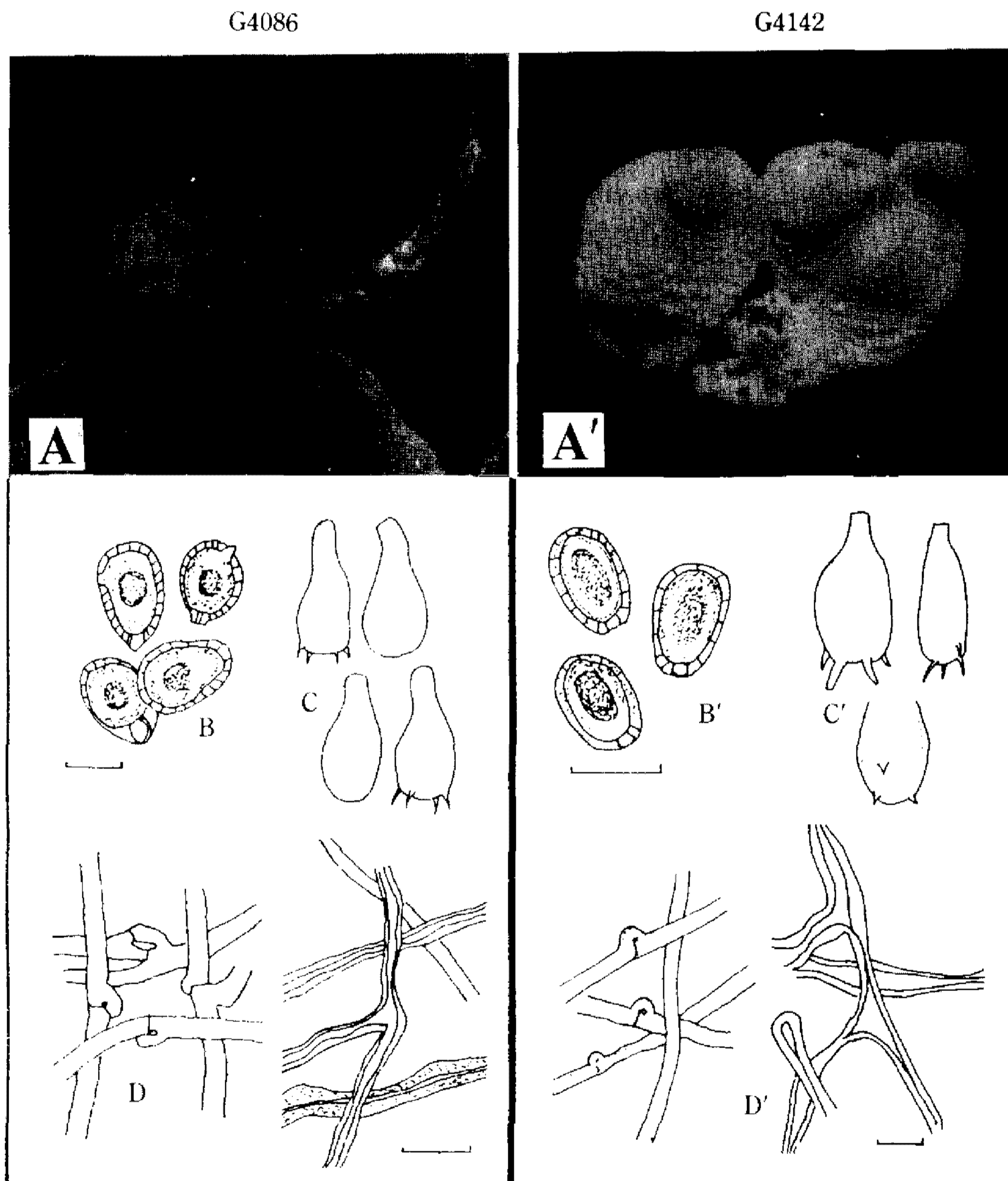
**결과 및 고찰**

**영지버섯 백색변이주 자실체의 형태적 특성**

정상자실체를 형성하는 G4086과 백색변이주인 G4142의 형태적 특징을 비교 조사한 결과 G4086은 전형적인 영지의 형태로 적갈색이고 코르크질이며 편각형 자실체를 형성하였으나 G4142는 백색으로 대를 형성하지 않고 윤택이 없는 코르크질로 솜을 뭉쳐놓은 듯한 모습으로 형성되었다(Fig. 1). 포자는

G4086의 경우 영지버섯의 전형적인 포자형태인 난형인데 반해, G4142의 경우는 타원형에 가까운 형태를 갖고 있으며 선단부위의 평환한 부위가 관찰되지 않았으며 색에 있어서 백색을 띄고 있어 정상주의 황백색과는 차이가 있었다. 또한, 포자의 크기는 G4086의 경우 12.8~7.7×7.7~5.6 μm이었고 G4142는 12.3~9.7×8.2~6.4 μm로 두 균주간에 약간의 차이를 보였다. 담자기와 균사체의 형태는 서로 유사하였으며 균사의 두께는 G4086의 경우 3.07~2.05 μm, G4142의 경우 3.07~1.28 μm로 변이주인 G4142 균사가 가늘었다.

**영지버섯 백색변이주 균사체의 형태적 특성**



**Fig. 1. Fruiting feature of standard isolate (G4086) and white mutant (G4142) and microscopic structure (bars=10 μm).**

A, A': Fruit body, B, B': Basidiospores C, C': Basidia, D, D': Generative and skeletal hyphae

순수분리하여 얻은 균사체를 potato sucrose agar (PSA) 배지에서 6일간 배양한 다음 배지상에서 colony의 형태와 광학현미경 400 배율하에서 균사체의 형태를 관찰한 결과, G4142 균주는 G4086 균주에 비해 성장속도가 느리고 colony의 형태가 불규칙하였으며 균사의 생육이 밀집되어 성장하였다. 인공배지상에서의 균사체는 자실체에서 분리한 균사체와는 형태적으로 차이가 없었고 정상주와 변이주간의 균사의 두께는 각각 2.1~3.8  $\mu\text{m}$ , 1.5~2.6  $\mu\text{m}$ 로 정상주에 비하여 변이주의 균사가 가늘었다(Fig. 2).

자실체의 형태만을 비교하면 G4142 균주의 자실

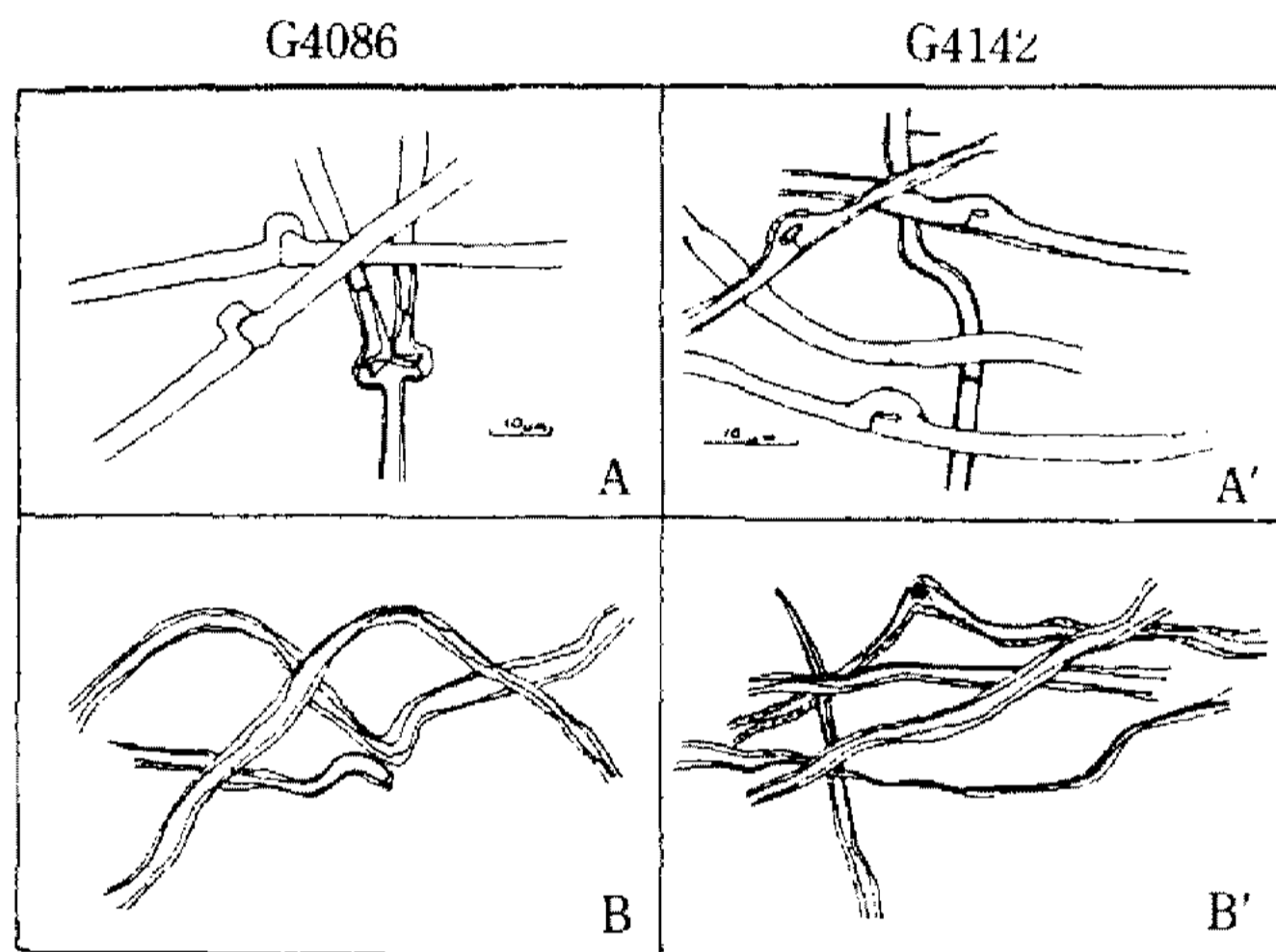


Fig. 2. Microscopic structures of mycelium on the artificial medium, potato sucrose agar.

A, A': Generative hyphae, B, B': Skeletal hyphae

체는 전형적인 영지의 자실체와는 전혀 다른 형태로 형성되었으나 전체적인 포자의 형태, 담자의 형태와 크기를 볼 때 G4142 균주는 영지버섯 원목 재배시에 자연 발생한 영지의 돌연변이로 인정되며 이러한 형질변화가 유전성인가, 일시적 변이인가는 추후 인공재배에 의한 형태 관찰로 확인할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 돌연변이의 유발 원인도 확실하지 않으나 인공재배와 유전인자의 분석, 재배과정의 경시적 고찰을 통하여 추후 구명할 수 있을 것이다.

영지버섯 백색변이주의 생육 최적배지 선발

MCM 등 11종의 배지를 공시하여 29±1°C 에서 6일간 배양하면서 균사생장 및 기균사의 형태를 조사한 결과 Table 2와 같다.

G4086과 G4142의 최적배지를 선발하기 위하여 실험한 결과 두 균주 모두 OMA와 SCA배지에서 기저균사(substrate mycelium)와 기균사(aerial mycelium) 모두 다른 배지에 비하여 생장이 빠르게 나타났으나 기균사의 형성은 빈약하였고 PSA 배지에서의 생장은 OMA와 SCA보다 생장은 늦지만 기균사의 밀도가 풍부하였다. G4086 균주는 CDA를 제외하고 기균사와 기저균사의 차가 0~3 mm로 비교적 적었으나 G4142 균주는 0~6 mm로 G4086 균주보다 심한 차이를 나타냈고 모균주인 G4086 균주가 변이체인 G4142 균주보다 균사생장이 빨랐다. 대체적으로 기균사와 기저균사의 생육정도는 탄소원이 풍부한

Table 2. Mycelial growth of *Ganoderma lucidum* on various culture media

Media	G4086			G4142		
	Substrate Mycelium	Aerial Mycelium	Morphology of A.M. <sup>2)</sup>	Substrate Mycelium	Aerial Mycelium	Morphology of A.M.
PSA	79.0 <sup>1)</sup>	78.0	CF	54.0	52.0	CF
PDA	20.0	17.1	CF	17.1	12.3	CF
MEA	34.0	33.0	CF	12.0	7.7	CF
CDA	17.1	1.7	LT	7.0	5.7	LT
MCA	22.7	21.1	CF	19.1	16.1	CF
RBEA	59.1	59.1	F	43.1	42.0	F
WBEA	64.1	63.7	F	56.0	55.7	F
OMA	67.0	66.7	F	61.3	61.0	T
QEA	66.7	64.7	F	54.0	50.0	F
PEA	64.7	62.1	T	42.0	40.7	LT
SCA	67.1	67.0	F	62.1	61.7	F

<sup>1)</sup>Diameter of colony (mm)

<sup>2)</sup>Morphology of aerial mycelium: CF: Compact fluffy, F: Fluffy, T: Tuft, LT: Loose tuft

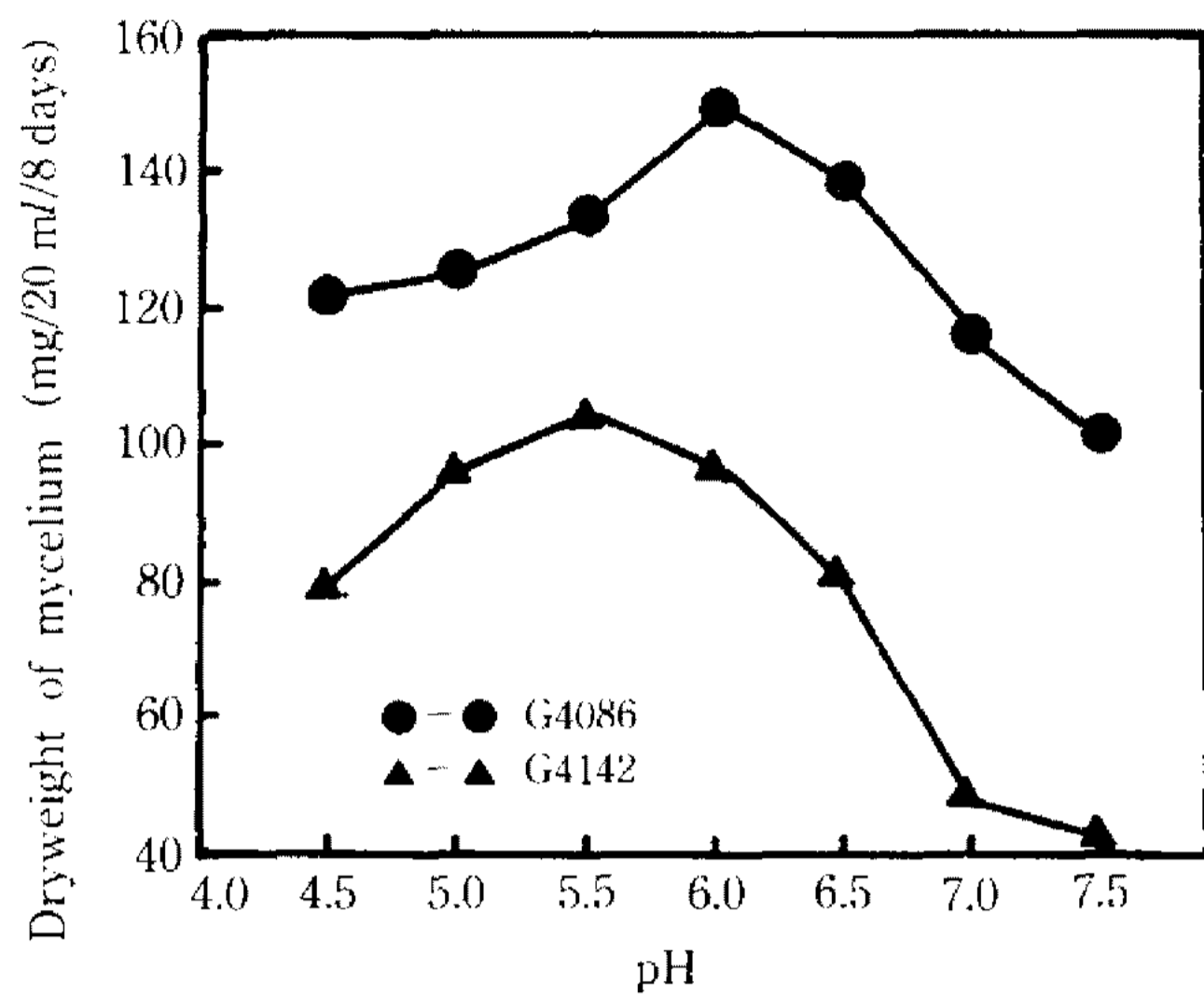


Fig. 3. Effect of pH on the mycelial growth of *Ganoderma lucidum*.

RBEA 등 곡물추출배지에서 두 균주간에 차가 적었고 화학합성 배지와 QEA, PEA 등의 톱밥추출액 배지에서 차가 심하였다.

위의 결과를 볼 때 기저균사 및 기균사의 생장이 모두 양호한 potato sucrose agar를 최적배지로 선별할 수 있었으며, 백색변이주의 경우 영지버섯의 종균재료로 추출한 SCA에서 균사생장이 양호하게 나타나 현재 재배되는 적지와 재배양식이 같을 것으로 생각된다.

#### 배양최적 pH

pH가 공시균의 균사생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 potato-dextrose 배지에 1 N-NaOH와 1 N-HCl을 가하여 pH 4.5~7.5까지 조절한 후 G4086과 G4142의 균사생장을 조사하였다. 그 결과, Fig. 3과 같이 두 균주 모두 pH 4.5~6.5까지 양호한 균사생장을 보였으며, G4086의 경우 pH 6.0에서 가장 양호한 균사생장을 하였고, G4142의 경우는 pH 5.5에서 가장 양호하였다. 신 등(11)은 영지균은 균주에 따라 최적 pH가 약간의 차이가 있는 것으로 보고하고 있는데, 이 결과가 균주에 따른 차이인지 아니면 돌연변이에 의한 호산성화 가능성에 대해서는 추후 검토하고자 한다.

#### 탄소원의 영향

각종 탄소원이 백색 영지변이주의 균사생장에 미치는 영향을 조사하여 Table 3에 나타냈다. 그 결과 백색변이주인 G4142와 모균주인 G4086은 각종 당류

Table 3. Effect of carbon sources on the mycelial growth of *Ganoderma lucidum*

Carbon sources <sup>1)</sup>	G4086	G4142
Monosaccharide		
Dextrose	41.4 <sup>2)</sup>	42.5
Galactose	42.3	35.9
Mannose	45.0	35.2
Xylose	54.5	41.6
Disaccharide		
Lactose	43.7	35.4
Maltose	49.9	34.6
Sucrose	46.7	39.3
Polysaccharide		
CMCellulose	41.5	45.6
Starch	41.2	35.6
Alcohols		
D-sorbitol	45.6	46.0
Mannitol	42.5	38.6
Control <sup>3)</sup>	22.8	10.5

<sup>1)</sup> Carbon sources are 2% contents with basal medium.

<sup>2)</sup> Dryweight of mycelium (mg/20 ml/10 days)

<sup>3)</sup> Basal medium, control: K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.46 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, Peptone 10 g, H<sub>2</sub>O 1,000 ml, pH 6.0

에서 광범위한 적응성을 보이며 대체적으로 비슷한 균체량을 얻을 수 있었다. G4086의 경우 단당류인 xylose를 가장 효과적으로 이용하고 G4142는 다당류인 carboxyl methyl cellulose와 D-sorbitol을 가장 효과적으로 이용하였다. 이러한 결과로부터 식물체내에서 유래된 유기 탄소화합물인 xylose와 cellulose를 효과적으로 이용하는 것으로 보아 목재부후균인 적지와 변이주의 경우 모두 목재 성분을 효과적으로 이용함을 알 수 있었다.

#### 질소원의 영향

균사체 배양시 탄소원과 함께 중요한 영양원으로서 질소원을 필요로 하며 인공재배시 배지 재료로 자실체 발생 및 균사생육이 양호하도록 질소원을 첨가한다. 이에 각종 질소원이 균사생장에 미치는 영향을 조사한 결과 Table 4와 같은 결과를 얻었다.

G4086과 G4142 두 균주 모두 유기태 및 무기태 질소와 아미노산류를 광범위하게 이용하였으며, 특히 G4086은 무기태 질소중 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>와 Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 그리고 아미노산류 중 L-aspartic acid를 효과적으로 이용하였다. G4142는 Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>를 가장 효과적으로 이용하였다. 본 실험 결과는 다른 식용버섯류에서 보고된 결과(12)와 마찬가지로 유기태 질소의 이용도가 높았



**Table 4. Effect of various nitrogen sources on the mycelial growth of *Ganoderma lucidum***

Nitrogen sources <sup>1)</sup>	G4086	G4142
Mineral salts		
NH <sub>4</sub> Cl	54.2 <sup>2)</sup>	41.4
Ammonium tartrate	49.0	35.8
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	73.0	35.8
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	45.1	34.4
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	43.7	32.9
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>	28.6	31.9
NaNO <sub>3</sub>	44.3	48.3
Ca(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	69.5	61.8
KNO <sub>3</sub>	41.3	57.8
Organic N. C.		
Casamino acid	64.2	40.2
Urea	42.2	46.2
Peptone	68.0	100.9
Amino acids		
L-Aspartic acid	90.7	48.9
L-Glutamic acid	52.2	38.0
L-Tyrosine	48.5	38.2
L-Arginine	49.3	42.4
Control	42.5	44.4

<sup>1)</sup>Nitrogen sources are 0.04% contents with basal medium but peptone. Peptone is 1% contains with basal medium as nitrogen source.

<sup>2)</sup>Dryweight of mycelium (mg/20 ml/10 days)  
Basal medium, control; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.46 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, Sucrose 20 g, H<sub>2</sub>O 1,000 ml, pH 6.0.

지만 다른 버섯류에서 균사생장이 양호하지 않은 것으로 보고된 무기태질소에 대하여 광범위한 적응성을 보여 질소원의 이용에 다른 양상을 보였다.

**비타민류의 영향**

균사생육에 요구되는 비타민류를 조사하여 균사체 대량 배양시와 인공재배용 배지 제조시 효과적인 영양원을 공급하기 위하여 비타민류가 균사생장에 미치는 영향을 조사한 결과 Table 5와 같다.

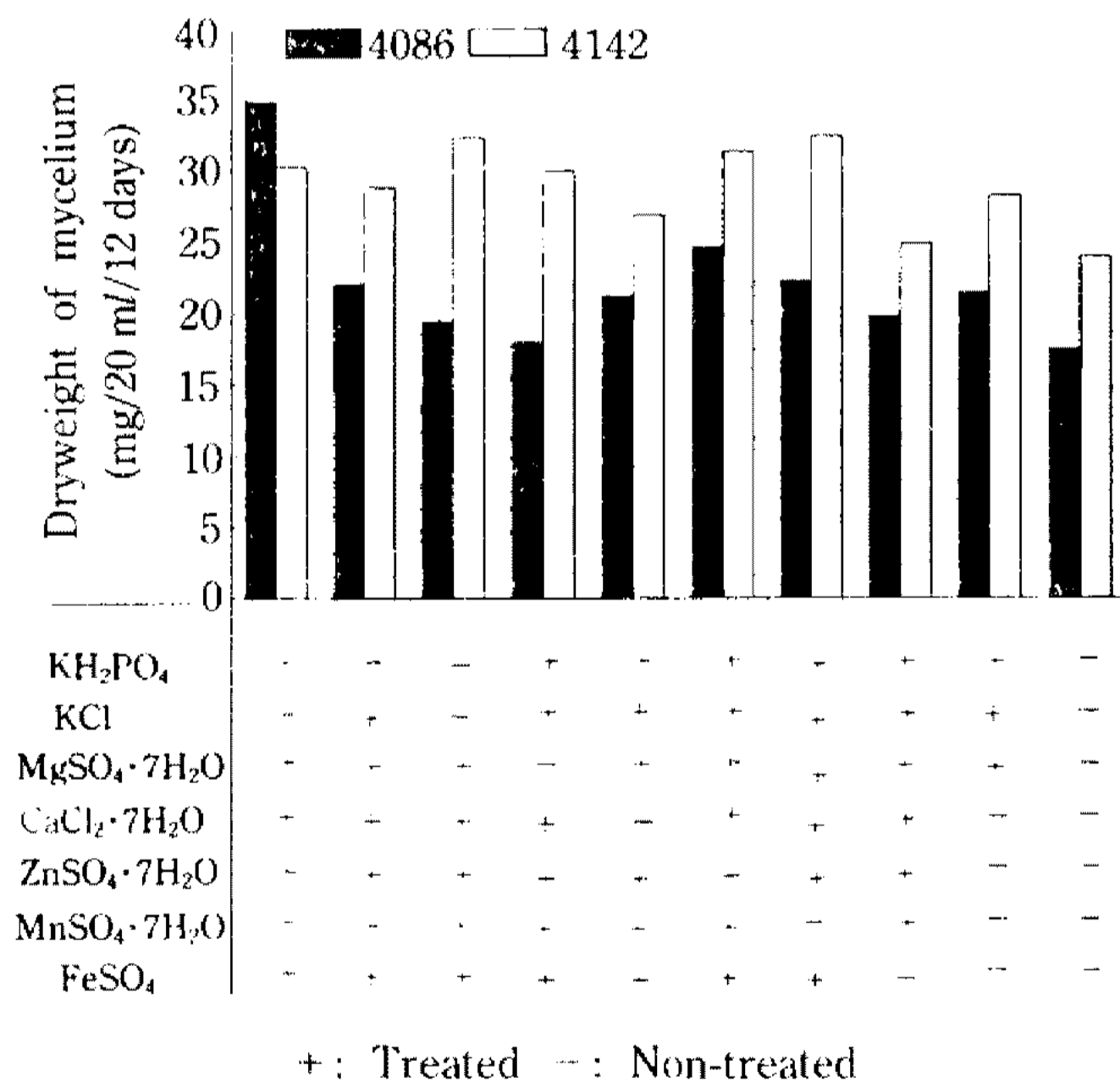
각종 비타민류를 질소원과 탄소원 실험에 사용된 기본배지에 각 농도별로 첨가하여 균사생장을 조사한 결과 두 균주 모두 대체적으로 유사한 균체량을 보였는데, G4086의 경우 pantothenic acid를, G4142의 경우 nicotinic acid를 가장 효과적으로 이용하였다. Garraway 등(13)에 의하면 곰팡이의 영양물로서 비

**Table 5. Effect of vitamins on the mycelial growth of *Ganoderma lucidum***

Vitamins	Vitamins conc.(ppm)	G4086	G4142
Inositol	1	30.7 <sup>1)</sup>	23.9
Thiamine	1	22.6	36.5
Biotine	1	32.1	28.2
Nicotinic acid	1	23.6	42.1
Folic acid	1	33.8	35.7
α-Aminobenzonic acid	1	29.5	27.1
Pantothenic acid	1	38.3	32.8
Pyridoxin	1	26.3	36.4
Riboflavin	6.25	22.6	24.8
Control		29.5	27.1

<sup>1)</sup>Dryweight of mycelium(mg/20 ml/12 days)

<sup>2)</sup>Basal medium, control: K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.46 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, H<sub>2</sub>O 1 l, pH 6.0



**Fig. 4. Effect of inorganic salts on the mycelial growth of *Ganoderma lucidum*.**

타민은 균류의 같은 종내 또는 계통이 다를 경우 비타민류의 이용이 다양하게 나타나는데, 본 실험의 결과도 균주에 따른 비타민류의 요구가 약간의 차이 점이 있다고 생각되며 대체적으로 공시한 비타민류를 효과적으로 이용하였다.

**무기염류의 영향**

무기염류에 따른 균사 성장정도는 Fig. 4에서와 같이 7종의 무기염류를 조합하여 처리한 결과, G4086의

경우 7종의 무기염류를 모두 첨가한 처리구에서 생장이 가장 양호하였고 G4142의 경우 각 처리구에 따른 생장의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다.

최근 담자균류의 액체배양은 식용버섯의 균체생산 뿐만아니라 효소, 항생물질, 항암물질의 생산에 관한 연구가 매우 흥미로운 관점이 되어있고, 특히 균사체의 대량생산은 단백질자원(14)으로서 뿐만아니라 담자균류의 2차 대사산물을 값싸게 대량 생산할 수 있으며 기타 향미료, 스프, 가축사료 및 종균으로써의 이용가능성 등이 많이 제시되고 있다(15, 16). 따라서 탄소원, 질소원, 무기염류 및 비타민류의 영양원 이용성 실험은 액체배양에 의한 균사체의 배양조건을 밝히는 것으로 G4086 및 G4142 균주들 모두 각종 영양원들이 첨가된 액체 배지에서 생장이 양호하여 이들 영양원들을 혼합 조합하여 첨가한 배지를 이용하면 효과적이고 손쉽게 대량의 균사체를 얻을 수 있을 것이다.

## 요 약

우리나라에서 재배되고 있는 영지버섯(적지)과 형태적으로 다른 백색변이주의 자실체를 수집하여 형태적인 특성을 조사하고 자실체로부터 순수분리한 균사체의 형태 및 최적배양조건을 조사하였다. 그 결과 영지버섯 백색변이주의 자실체 형태는 백색으로 대가 없고 포자는 타원형 이었으며 균사는 정상주에 비하여 가늘었다. 영지버섯 백색변이주의 최적 생육 배지는 potato sucrose agar 배지이었으며 균사생육 최적 pH는 5.5이었다. 영양원으로 탄소원은 D-sorbitol과 carboxyl methyl cellulose를, 질소원으로는 무기태 질소인  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 를, 비타민류는 nicotinic acid를 가장 잘 이용하였으며, 무기염류간에는 큰 차이가 없었다.

## 참고문헌

1. 신관철, 박용환, 서건식, 차동렬. 1986. 한국산 자생 *Ganoderma lucidum*의 형태적 특성. *Res. Rep. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ.* **13**: 44-51.

2. Kang, C. Y., M. J. Shim, E. C. Choi, Y. N. Lee, and B. K. Kim. 1981. Studies on antineoplastic components of Korean basidiomycetes. mycelial culture and antineoplastic components of *Ganoderma lucidum*. *Korean Biochem.* **14**: 101-112.
3. 伊藤誠哉. 1955. 日本菌類志-第2巻 擔子菌類-. 養賢堂. pp. 1-450.
4. 이태수. 1990. 한국 기록종 버섯 총목록. 한국균학회지 **18**: 233-259.
5. 임용규. 1984. 한국산 불노초 자생지에 관한 연구. *Kor. J. Ecology.* **7**: 177-183.
6. 久保道德. 1986. 靈芝-김병각, 조필형 역-. 명옥출판사 p. 9-28.
7. 有地滋, 谿忠人, 久保道德, 松田秀秋, 吉村成年, 桐ヶ谷紀昂. 1979. 靈芝(*Ganoderma lucidum*, 子實體)의 研究(第1報). 만년버섯 열수추출 액기스의 혈압강화작용. 기초와 임상 **13**: 4239-4244.
8. 김병각. 1990. 영지의 약효성분. 제 2회 영지 국제 심포지움, 한국균학회 소식. Vol. 2, No. 2, pp. 16-20.
9. 木村善行, 臭田석道, 有地滋, 高橋猛. 1983. 영지의 당대사에 미치는 영향. 기초와 임상 **17**: 2127-2130.
10. 木村善行, 臭田석道, 有地滋, 高橋猛. 1983. 영지의 과산화지질 형성 억제 작용에 관하여. 기초와 임상 **18**: 2071-2074.
11. 신관철, 서건식, 박종성. 1988. *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst의 배양적 특성에 관한 연구. *Res. Rep. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ.* **15**: 27-35.
12. 김한경, 박정식, 김양섭, 차동렬, 박용환. 1988. 버들송이의 균사생장 조건에 관한 연구. 농시논문집 **30**: 141-150.
13. Garraway, M.C. and R.C. Evans. 1984. Fungal nutrition and physiology. 6. Vitamins and growth factors. Wiley interscience. 171.
14. Lichfield, J.H. 1968. The production of fungi. In "Single cell protein" R.I. Mateles and S.R. Tannebaum(Ed.) p309. MIT press. Cambridge. Massachusetts and London.
15. Gray, W.D. 1966. Fungal protein for food and feeds. 1. Introduction. *Economic Botany.* **20**: 89-93.
16. Lichfield, J.H. 1967. Submerged production of mushroom mycelium. p. 107-144. In H.J. Pepler (ed.), *Microbial technology*. Reinhold Publishing Corp., Amsterdam and London.

(Received October 9, 1993)