

Cordyceps militaris 인공자실체 형성조건

최인영* · 최정식 · 이왕휴¹ · 유영진 · 정기태 · 주인옥 · 최영근

전라북도 농업기술원, ¹전북대학교 농생물학과

The Condition of Production of Artificial Fruiting Body of *Cordyceps militaris*

In-Young Choi*, Jung-Sik Choi, Wang-Hyu Lee¹, Young-Jin Yu,
Gi-Tae Joung, In-Ok Ju and Young-Keun Choi

Chonbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Iksan 570-140, Korea

¹Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

ABSTRACT: To compare the morphological and cultural characteristics of *Cordyceps militaris*, forming conditions of artificial fruiting body production were investigated in this experiment. The stroma shapes of artificial fruiting body were confirmed to club and/or stick. However, both shapes were same color as a orange. Perithecia of stroma was semi-egg shape and was ranged from 30~90×90~130 μm and it's asci was narrowly cylindric. Ascospore of perithecia was belong to filiform and multiseptate. The conidia of *C. militaris* was centurally grown and shaped with globose, long clavate type, floccose, centrally raised during anamorph stage. When it was cultured between glass and PP bottle, production of artificial fruiting body, pinheading ratio and total yield were higher in PP bottle. The optimum illumination was 1,000 lx for the those production. The culture medium of barley, wheat and hulled rice showed higher artificial fruiting body compared to that of silkworm. Pinheading and yield of it's isolates was decreased at more than three subsequent transculture.

KEYWORDS: *Cordyceps militaris*, Artificial fruiting body, Cultural media, Illumination

Cordyceps 속균은 곤충의 몸을 기주로 하여 자실체를 형성하는 곤충기생균(Entomopathogenic fungi)으로써 전세계적으로 약 200여종이(Harada *et al.*, 1995), 그중 우리나라에서는 약 50여종이 보고된 바 있다(성, 1996).

본래 중국에서는 박쥐나방(*Endoclyta excres* Butler)의 유충에 발생하는 *Cordyceps sinensis* Sacc.를 동충하초라고 지칭하며 불로장생의 비약으로 결핵치료, 마약중독 해독, 강정 등에 이용되어 왔다(Harada *et al.*, 1995; Sung *et al.*, 1999). 또한 근래에는 *C. militaris*의 안전성이 쥐실험에서 입증되었으며(Hartmann *et al.*, 1979), *C. militaris*에서 추출한 Cordycepin(3'-Deoxyadenosine)의 항세균 및 항암 효과가 임상실험에서 밝혀졌고, 곤충에 대해서는 RNA 합성저해 인자로 ectysone 작용을 한다고 보고되었다(Cunningham *et al.*, 1950). 최근에 Kinjo 등(1996)은 *C. militaris* 배양균사로부터 추출한 물질에서 생리활성과 *Cordyceps* sp., *C. cicadae*, *C. ophioglossoides*로부터 추출한 polysaccharides에서 항종양에 대한 치료효과가 있다고 보고했다.

한편, 동충하초의 자실체 이용과 해충방제를 위한 동충하초의 인공배양에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데(Youn *et al.*, 1998; Kamata *et al.*, 1997; Sato *et al.*, 1997), 그중 자실체 형성에 대해 Pen(1995)은 쌀이나, 옥수수 곡물 배지를 이용하여 *C. militaris*의 인공자실체 형성에 성공하

였으며, Sung 등(1999)도 현미와 누에 번데기를 혼합한 배지에서 자실체 형성이 양호하였다고 보고하였다. 또한 Harada 등(1995)은 나비목(Lepidoptera)의 애벌레로부터 분리한 *C. militaris*의 균주를 *Mamestra brassicae*의 번데기에 접종하여 자낭, 자낭포자 및 자낭각이 있는 자실체를 유도하였고, 자실체에 형성된 자낭포자는 해충방제용으로 사용이 가능하리라고 보고했다.

동충하초 자실체 형성 조건에 대하여 Basith and Madelin(1968)은 성숙한 자낭각 및 자낭포자가 형성된 자과의 형성을 유도하는 조건으로 22°C 이하의 온도와 15~90 ft candles 정도의 조명도, 그리고 탄소원 및 질소원이 함유된 배지를 제시하였다. 이와 같이 동충하초의 인공배양을 위한 다양한 시험들이 수행됨으로써 실용적인 기술이 체계화되고 있다. 따라서 본 실험에서는 동충하초의 효능과 안전성이 입증되어 소비가 확대되고 있는 *C. militaris*의 재배기술을 체계화하기 위하여 자실체 형성 조건에 관한 몇 가지 실험 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시균주

인공재배에 사용된 *C. militaris* 균주는 1998년 8월 전북 진안군 주천면 혼합림에서 채집한 것으로 기주인 인시류 체내에서 균을 분리하여 사용하였다.

*Corresponding author

C. militaris 균학적 특징 조사

채집한 *C. militaris*의 자실체를 인공배양된 자실체와 비교하여 자좌, 자낭각, 자낭, 자낭포자 등의 형태적 특징을 조사하였으며, 미세구조 관찰은 자실체의 자낭각 및 기주내 균사체를 분리하여 1% Congored 또는 Lactophenol로 염색한 후 광학현미경하에서 관찰하였다. *C. militaris* 기주로부터 분리한 불완전 세대의 형태적 특징관찰은 SEM(JSM-5410LV)을 이용하였으며, 배양적 특징은 PDA에 12일간 배양한 후 균사생육상, 색, 균총형태 등을 관찰하였다. *C. militaris*의 자실체 형성에 적합한 온도 및 pH 조건을 구명하기 위하여 *C. militaris* 균주를 PDA 배지에 접종한 후 5~35°C 범위에서 5°C 간격으로 배양하였으며, pH는 4.0~9.0 범위로 조절된 배지에 균주를 접종한 후 25°C에서 10일 동안 배양된 균총의 직경을 측정하였다.

*C. militaris*의 자실체 형성

배양용기 및 광조건에 따른 생육 *C. militaris*의 자실체 발이 및 생육에 적합한 배양용기 선발과 광조건이 자실체 생육 및 색도에 미치는 영향을 조사하였다. 배양용기 선발을 위해서 900 ml 유리배양병과 PP(polypropylene) 배양병에 누에 번데기 배지를 50 g씩 입병한 후 19±1°C, 1,000 lx로 조절된 생육실에서 90±5% 습도를 유지시켜 주며 자실체 생육상황을 조사하였다. 조명도에 따른 자실체 생육상황은 900 ml PP배양병을 사용하였으며, 누에 번데기를 입병하고 발이 직후 19±1°C 생육실에서 배양병 표면에 조사되는 빛의 양을 조도계(model: Topcon IM-20)로 측정하여 500, 1,000 lx 빛을 조사하였다. 빛은 자실체 생육에 적합한 형광등을 사용하였으며, 발이 후 35일째에 생육상황 및 자실체 색도를 Spectrophotometer(Model: Minolta CM-3500d)로 측정하였다.

자실체 형성에 적합한 배지선발 자실체 생산에 적합한 저가의 배지를 선발 하고자 배지종류에 따른 자실체 생육 상황을 조사하였다. 자실체 형성에 적합한 배지선발 시험에 사용된 곡물배지로는 밀, 쌀보리, 현미 등이며, 누에 번데기 배지와 자실체 생육을 비교하였고, 배양용기로는 PP병을 사용하였다. 인공재배 방법으로는 각각의 곡물배지 및 누에 번데기 배지를 PP병에 50 g씩 입병하고, 곡물배지 부피비의 1.2배에 해당하는 증류수를 첨가하여 수분함량을 조절하였으며, 생육조건은 19±1°C, 1,000 lx로 조절된 생육실에서 90±5% 습도를 유지하여 자실체를 유도하였다.

계대배양 횟수에 따른 생육 *C. militaris*의 자실체 형성에 사용한 종균의 계대배양 횟수에 따른 자실체 발이 및 생육의 차이를 보기 위하여 PDA배지에 종균을 계대배양 한 횟수별로 자실체 발이 및 생육상황을 조사하였다. 계대배양 횟수에 따른 생육상황을 조사하기 위해서 *C. militaris* 균주를 계대배양하여 25±1°C에서 생육하였으며, 균주접종 후 15일 간격으로 순차적으로 이식하였다. 또한 배양 후 생육한 균총을 이용하여 액체배양 종균을 제조한 다음 누에 번데기 배지에 접종하였다.

결과 및 고찰

*C. militaris*의 형태적, 배양적 특징

야생에서 채집한 *C. militaris*는 인시목의 번데기에서 20.3~43.5 mm 되는 자실체가 4개 군생하고 있었으며, 자실체는 곤봉형으로 진한 황색을 띠고 있었다. 곤봉형인 두부의 표면에 있는 자낭각은 달걀 모양으로 반나생하며, 크기는 43.0~151.0×110.0~161.0 μm이었다. 자낭은 원주상이고 크기는 435.0~660.0×3.5~6.5 μm이며, 자낭포자는 가늘고 긴 장방추형의 사상으로 격막을 가진 Eucordyceps형이었

Table 1. Comparison of morphological characteristics of fruiting body in *Cordyceps militaris*

Morphological characteristics	<i>C. militaris</i>	
	Natural	Artificial
Stroma		
Shape	clavate, club	club, stick
Color	intensive yellow	orange
Length (mm)	20.3~43.5×1.5~3.0	45.0~150.0×2.0~6.0
Perithecia		
Shape	semi-egg	semi-egg, club
Length (μm)	43.0~151.0×111.0~161.0	30.0~90.0×90.0~130.0
Number (no./cm ²)	1882.3	3529.4
Thick of wall (μm)	30.0	44.0
Asci		
Shape	narrowly cylindric	narrowly cylindric
Size (μm)	435.0~660.0×3.5~6.5	357.0~700.0×3.0~5.3
Ascospore		
Shape	filiform, multiseptate breaking into 1-celled fragments	filiform, multiseptate
Size (μm)	2.5~5.0×1.0~2.0	2.0~4.0×1.0~2.3

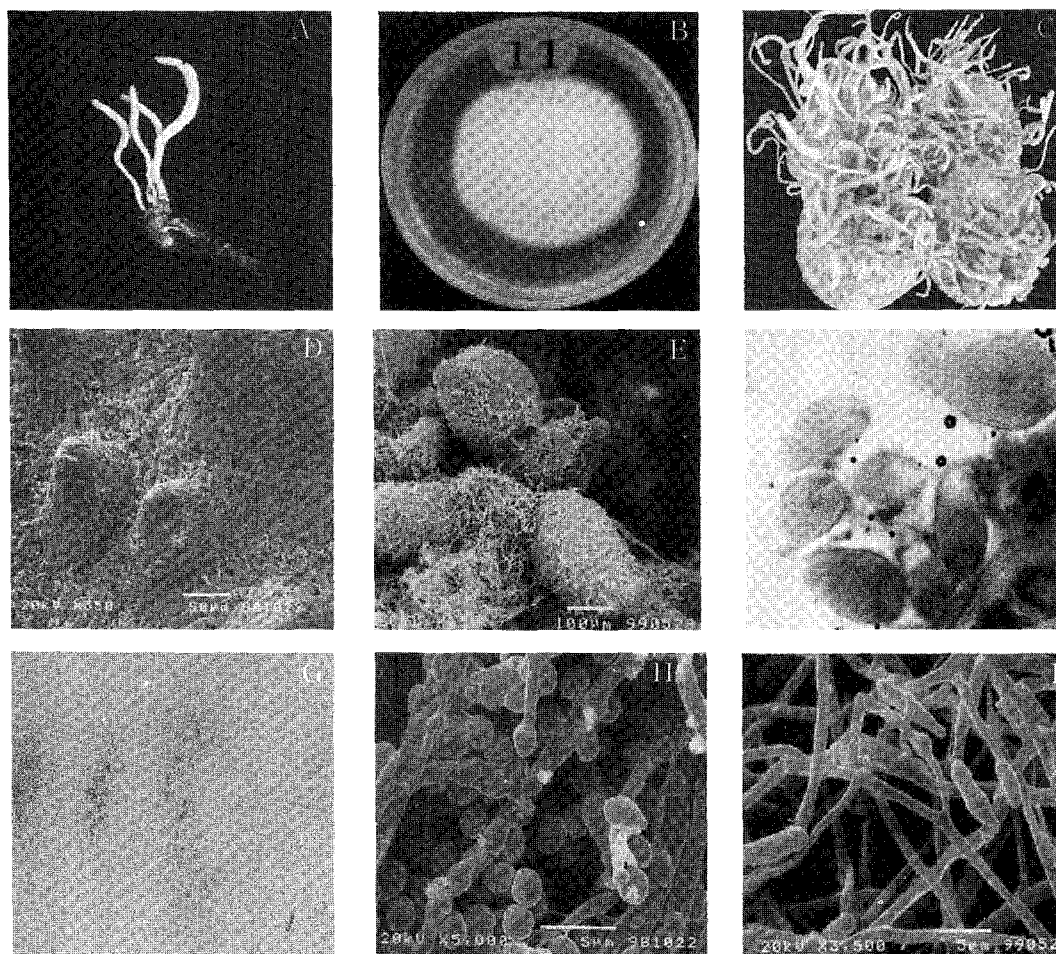


Fig. 1. A. Natural fruiting body of *C. militaris*. B. Colony of *C. militaris*. C. Artificial fruiting body of *C. militaris*. D-F. Perithecia and asci of *C. militaris* in fruiting body. G. Germination of ascospores (PDA, 25°C, 30 hrs, $\times 100$). H and I. Phialides and conidia of *C. militaris* on PDA medium.

다. 또한 *C. militaris*에서 균을 분리하여 인공배양한 자실체는 곤봉형이나 막대형이며, 야생에서 채집한 자실체보다 더욱 밝은 오렌지색을 띄었다. 자낭 및 자낭포자는 야생의 자실체에서 관찰된 모양과 같은 형태이었으나 자낭각 수는 야생 자실체에서 형성된 갯수보다 인공배양한 자실체에서 두배 이상 많이 형성되는 것으로 조사되었다(Table 1).

*C. militaris*의 불완전세대의 형태적 특징으로 분생포자는 구형 또는 중앙에 1개의 격막이 있는 땅콩모양이며, 크기는 $1.5\sim 3.1 \times 1.5\sim 8.8 \mu\text{m}$ 로 Acremonium-type(Zangqi, 1990)이었다(Fig. 1). PDA에서 배양시 일일 1.8 mm 균사신장을 보였으며, 배지 뒷면에 황색의 색깔을 띤 양모상으로 중앙부에는 융기되는 균사배양 형태를 나타냈다(Table 2). *C. militaris* 인공배양 조건으로 온도는 $10\sim 30^\circ\text{C}$ 범위에서 균사생육이 가능하였으며, 균사배양 최적 조건은 $25\sim 27^\circ\text{C}$, pH 6~8이었다. 이는 Sung 등(1993, 1995, 1997)과 Kobayasi (1940)가 *C. militaris*의 형태에 대하여 보고한 바와 같은 형태로 자실체는 곤봉형, 등황색으로 기주인 곤충의 번데기 머리부분에서 2~수분이 총생하며, 자낭각은 알맹이형이고, 자낭포자는 사상형으로 확실한 격막을 가진 Eucordyceps형

Table 2. Morphological and cultural characteristics about anamorph of *Cordyceps militaris*

Characteristics	Anamorph of <i>C. militaris</i> ^a
Morphological	
Conidia	
Shape	globose, lemon, long-clavate (one septate)
Color	white, clearness
Size (μm)	$1.5\sim 3.1 \times 1.5\sim 8.8$
Form	Acremonium-type
L: W ^b	1:1, 3:1
Phialides	
Shape	Verticillium like phialides
Size (μm)	$0.59\sim 1.47 \times 4.41\sim 18.82$
Cultural	
(PDA-12 days)	
Growth (mm)	22.0
Pigment	white~yellow
Morphological type	floccose, centrally raised

^aThe isolates were incubated at 25°C .

^bL; length, W; width.

Table 3. The effects of growing culture bottle on the fruiting body *Cordyceps militaris*

Culture bottle (900 ml)	Culture days (days)	Growing days (days)	Pinheading ratio (%)	Fruiting body		
				length (mm)	number (no.)	yield (g/btl.)
Glass bottle	11	40	45.3	45.0	36.4	14.8 b ^a
Polypropylene bottle	11	26	87.6	83.6	37.5	35.5 a

P-value ----- 0.0002

*Mycelial growth of *C. militaris* was at 25±1°C, fruiting body formation was at 19±1°C, light intensity was 1,000 lx.

*Medium for fruiting body formation was silkworm pupa.

^aValues followed by the same letter do not significantly differ at p=0.05 according to Duncan's multiple range test.

이었다.

배양적 특징에 관하여 Harada(1995)와 Sung 등(1999)은 자실체 형성에 적합한 온도는 20°C이었으며, 24°C에서는 자실체의 형성보다 균사생장을 유도한다고 보고한 내용과 비슷한 배양온도를 나타냈다. 또한, *C. militaris*의 생육 최적조건은 Harada 등(1995)과 Yamanaka 등(1998)이 보고한 내용과도 일치하는 결과를 얻었다.

자실체 형성에 적합한 배양용기 및 광조건

*C. militaris*의 자실체 유기 및 수량증대를 위한 배양용기로 사용한 900 ml 유리병과 PP 배양병은 균사생육에는 차이가 없었으나 생육일수 및 발이율에서는 큰 차이를 나타냈다. 자실체 생육일수는 유리병 보다 PP 배양병에서 14일 단축으로 총재배일수를 기준으로 37.8% 재배일수 단축 효과를 가져왔다. 또한 발이율에서도 42.3% 높은 자실체 발이율을 유기하였으며, 자실체 수량면에서도 20.7 g/병 증수하였다(Table 3). 이는 Choi 등(1999)이 분생포자 세대에 자실체를 형성하는 *Paecilomyces*의 인공자실체 유기와 같은 결과로 동충하초 인공배양을 위한 적정용기로는 유리배양병보다 PP 배양병이 적합한 것으로 생각된다. 수량 증수의 가장 큰 요인중의 하나는 발이율로 유리병 보다 PP 배양병에서 높은 발이율을 나타냈는데, 이는 조명도 및 광의 종류와 관련된 것으로 *C. militaris*의 자실체 유기를 위해서는 밝은 빛이 요구되지만, 유리배양병 처럼 빛이 균사체내로 직접 투과되어 발이를 유도하는 조건 보다는 PP 배양병에서와 같이 빛이 산란되어 불투과 되는 조건이 *C. militaris*의 자실체 발이 및 생육에 적합한 것으로 생각된다.

광조건 실험에서 PP 배양병에 누에 번데기를 입병하고 배양완성 직후 500, 1,000 lx 광을 조사하였을 때, 500 lx 보다 1,000 lx에서 자실체 길이 및 자실체 개수가 많아 10.7 g/병 증수하였다. 또한 조명도에 따른 색도는 500 lx 보다 1,000 lx에서 적색(red)을 띄었으나 황색(yellow)은 500, 1,000 lx에서 비슷한 수치를 나타냈다(Table 4). 따라서 동일한 PP 배양병 내에서 *C. militaris*의 자실체 발이 및 생육을 위한 적정조명도는 1,000 lx이었으며, 1,000 lx에서 자실체 색이 500 lx 보다 적색을 띤 것은 cordycepin 함량과도 관련된 것으로 자실체 색이 붉을수록 cordycepin 함량이 높은 것으로 생각되나 cordycepin 함량에 대해서는 더욱 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다. 자실체 형성에 미치는

Table 4. The effects of different growing light intensity on the fruiting body *Cordyceps militaris*

Light intensity (lx)	Fruiting body			Color ^a		
	length (mm)	number (no.)	yield (g/btl.)	L	a	b
500	52.3	20.3	12.5 b ^b	63.43	3.25	15.89
1,000	90.0	35.0	23.2 a	56.13	12.16	14.31

P-value ----- 0.0001

*Mycelial growth of *C. militaris* was at 25±1°C, fruiting body formation was at 19±1°C.

*Medium of fruiting body formation was silkworm pupa.

^aThe colour was investigated by spectrophotometer (Model: Minolta CM-3500d). L; lightness, a; redness, b; yellowness.

^bValues followed by the same letter do not significantly differ at p=0.05 according to Duncan's multiple range test.

조명도와 색도에 관하여 Basith and Madelin(1967)은 *C. militaris*의 자실체 발이를 위한 조명도는 3 foot-candles 이상, 성숙한 자낭각 형성을 위해서는 적어도 15-90 ft-c 사이가 요구된다고 보고하였으며, Pacioni and Frizzi(1977)는 *C. militaris*의 orange-yellow 색깔은 적당한 빛과 온도, 영양조건에서 carotene에 의해 유도된다고 보고하였다.

자실체 형성에 적합한 배지선발

인공 자실체 유기 및 생육에 적합한 배지를 선별하고자 누에 번데기와 쌀보리, 현미, 옥수수, 밀 등의 곡물을 배지로 사용하였을 때, 각 배지별 배양일수 차이는 배지 알갱이의 크기와 비례하여 배양일수가 달랐다. 즉 알갱이가 큰 누에번데기에서 가장 빨랐으며, 옥수수와 밀 그리고 현미, 쌀보리 순으로 배양일수에 차이를 나타냈다. 발이율에서는 각 처리별로 50~85.0% 수준이었으며, 자실체 수량면에서는 쌀보리, 밀 과 현미, 누에 번데기와 옥수수 순으로 수량 차이를 보였다(Table 5). 따라서 *C. militaris* 인공자실체 형성에 적합한 열가의 배지는 쌀보리, 밀과 현미 등의 곡물배지로 생각된다. 이는 *C. militaris*의 자실체 발이에 곡물배지 내의 탄소원 성분이 영향을 미친 원인과 곡물배지는 누에 번데기배지 보다 공극이 조밀하여 배지 내 수분을 생육후기 까지 유지함으로 자실체 수량이 증가한 것으로 생각된다. 이와 같이 곡물배지를 이용한 인공자실체 형성에 관하여 Pen(1995)은 쌀과 옥수수 등의 곡물 배지를 사용하여 인공자실체 형성을 유도하였으며, Sung 등(1999)도 현미, 알라미 등

Table 5. The effects of different culture medium on the fruiting body *Cordyceps militaris*

Medium	Culture days (days)	Growing days (days)	Pinheading ratio (%)	Fruiting body		
				length (mm)	number (no.)	yield (g/btl.)
Silkworm pupa	11	26	65.4	98.0	62.0	17.5 c ^a
Naked barley	15	28	85.0	92.1	70.8	40.6 a
Hulled rice	14	28	76.5	91.5	35.0	27.0 b
Corn	13	29	50.0	77.5	13.8	11.1 c
Wheat	13	30	60.0	89.5	71.8	33.0 b

P-value ----- 0.0001

*Mycelial growth of *C. militaris* was at 25±1°C, fruiting body formation was at 19±1°C, light intensity was 1,000 lx.

^aValues followed by the same letter do not significantly differ at p=0.05 according to Duncan's multiple range test.

에 번데기를 첨가한 배지에서 우수한 자실체가 형성되었다고 보고하였다. 또한, 곡물배지 등은 누에 번데기에 비해 곤충기생균의 자실체 대량 생산을 위한 적절한 방법으로 생각되나 누에 번데기와 곡물배지에서 형성된 자실체 사이의 생리활성물질의 기능에 대해서는 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

중균 계대배양 횟수에 따른 생육

C. militaris 원균을 PDA 배지에 계대배양 한 횟수별로 자실체 발이 및 생육상황을 조사하였다. 원균에서 1회 이식한 균주로 중균을 제조하였을 때 발이율은 93.2% 이었으나 3회 이상 계대배양 할 경우 14.1%로 매우 저조한 발이율을 보였으며, 수량면에서도 발이율 저하로 낮은 수량을 가져왔다 (Fig. 2). 분생포자 세대에 자실체를 형성하는 *Paecilomyces*의 경우 동충하초 인공배양을 위해 액체중균 제조에 사용된 균주는 계대배양 횟수별로 자실체 발이 및 생육에 차이가 없었으나 *C. militaris*는 계대배양 횟수에 따라 자실체 발이 및 생육저하를 가져왔다. 낮은 발이율에 대한 요인중의 하나는 계대배양에 따른 균사노화와 관련된 것으로 생각되기 때문에 효율적인 자실체 생산을 위해서는 *C. militaris*의 균주를 연속하여 계대배양 하여 중균을 제조하는 방법은 적절하지 못하다 생각되며, 중균제조에 사용되는 중균은 원균이나 자실체 및 인공자실체가 발이된 기주에서 균을 분리한 후 다음 접종원으로 사용해야 될 것으로 생각된다.

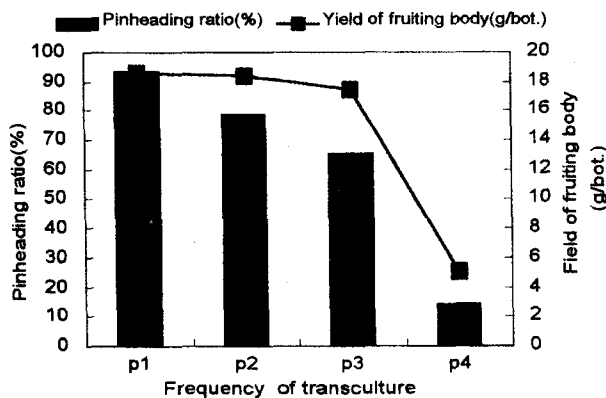


Fig. 2. The different of fruiting body formation about frequency of transculture of *Cordyceps militaris*.

적 요

야생에서 *Cordyceps militaris*를 채집하여 실험실에서 균을 분리하였으며, 형태적, 배양적 특징 및 인공자실체 형성 조건에 관하여 몇 가지 실험을 하였다. 인공자실체에 형성된 *C. militaris*의 자좌는 곤봉형 또는 막대 형태로 야생에서와 같이 오랜지색을 띄었다. 자좌에 형성된 자낭각은 달걀 모양으로 반나생 하며, 크기는 30~90×90~130 μm로 원주상의 자낭과 장방추형의 자낭포자를 가지고 있었다. *C. militaris*의 불완전 세대는 구형이나 땅콩모양의 분생포자를 형성하며, PDA 배지에서 양모상으로 중앙 융기한다. 인공자실체 형성조건에 관하여 배양용기로는 생육일수가 빠르고, 발이율과 수량이 높은 PP 배양병이 적당하였으며, 조명은 1,000 lx에서 자실체 생육이 우수한 결과를 얻었다. 자실체 형성에 적합한 염가의 배지는 누에 번데기 보다 쌀보리, 밀과 현미 등의 곡물배지이며, 자실체 형성을 위해 중균 제조에 사용되는 균주는 3회 이상 계대배양 할 경우 급격한 수량 감소의 요인으로 작용하였다.

참고문헌

성재모. 1996. 한국의 동충하초. 교학사. pp. 299.
 Basith, M. and Madelin, M. F. 1968. Studies on the production of perithecial stromata by *Cordyceps militaris* in artificial culture. *Can. J. Bot.* **46**: 473-480.
 Choi, I. Y., Choi, J. S. and Lee, W. H. 1999. The production of artificial fruiting body of *Paecilomyces japonica*. *Kor. J. Mycol.* **27**(2): 87-93.
 Cunningham, K. G., Manson, W., Spring, F. S. and Hutchinson, S. A. 1950. Cordycepin, a metabolic product form cultures of *Cordyceps militaris*(Linn.) Link. Part I. Isolation and characterization. *J. Chem. Soc.* p. 2299-2300.
 Facioni, G. and Frizzi, G. 1978. *Paecilomyces farinosus*, the conidial state of *Cordyceps memorabilis*. *Can. J. Bot.* **56**: 391-394.
 Harada, Y., Akiyama, N., Yamamoto, K. and Shirota, Y. 1995. Production of *Cordyceps militaris* fruit body on artificially inoculated pupae of *Mamestra brassicae* in the laboratory. *Trans. Mycol. Soc. Japan* **36**: 67-72.
 Hartmann, G. C., Wasti, S. S. and Hendrickson, D. L. 1979.

- Murine safety of two species of entomogenous fungi, *Cordyceps militaris* (Fries) Link and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown and Smith. *Appl. Ent. Zool.* **14**(2): 217-220.
- Hodge, K. T., Humber, R. A. and Wozniak, C. A. 1998. *Cordyceps variabilis* and the genus *Syngliocladium*. *Mycologia* **90**(5): 743-753.
- Kamata, N., Sato, H. and Shimazu, M. 1997. Seasonal changes in the infection of pupae of the beech caterpillar, *Quadricalcarifera punctatella* (Motsch.) (Lep., Notodontidae), by *Cordyceps militaris* Link (Clavicipitales:Clavicipitaceae) in the soil of the Japanese beech forest. *J. Appl. Ent.* **121**: 17-21.
- Kinjo, N., Kaizu, Y., Taketomo, N. and Tsunoo, A. 1996. Physiological activities of the extracts from cultured mycelial of *Cordyceps militaris* (Vuill.) Fr. *Bull. Gen. Educ. Tokyo Med. Dent. Univ.* **26**: 7-14.
- Kobayasi, Y. 1940. The genus *Cordyceps* and its allies. *Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daikaku, Sect. B.* **5**: 53-260.
- Pen, X. 1995. The cultivation of *Cordyceps militaris* fruitbody on artificial media and the determination of SOD activity. *Acta Edulis Fungi* **2**: 25-28 (In Chinese).
- Sato, H., Kanata, N. and Shimazu, M. 1997. Aerial infection of *Cordyceps militaris* Link (Clavicipitales:Clavicipitaceae) against larvae of *Quadricalcarifera punctatella* (Motschulsky) (Lepidoptera:Notodontidae). *Appl. Entomol. Zool.* **32**(1): 249-252.
- Sung, J. M., Kim, C. H., Yang, K. J., Lee, H. K. and Kim, Y. S. 1993. Studies on distribution and utilization of *Cordyceps militaris* and *C. nutans*. *Kor. J. Mycol.* **21**(2): 94-105.
- Sung, J. M., Lee, H. K. and Yoo, K. J. 1995. Classification of *Cordyceps* spp. by morphological characteristic and protein banding pattern. *Kor. J. Mycol.* **23**(1): 92-104.
- Sung, J. M., Lee, H. K., Choi, Y. S., Kim, Y. Y., Kim, S. H. and Sung, G. H. 1997. Distribution and taxonomy of entomopathogenic fungal species from Korea. *Kor. J. Mycol.* **25**(4): 239-252.
- Sung, J. M., Choi, Y. S., Lee, H. K., Kim, S. H., Kim, Y. O. and Sung, G. H. 1999. Production of fruiting body using culture of entomopathogenic fungal species. *Kor. J. Mycol.* **27**(1): 15-19.
- Yamanaka, K., Inatomi, S. and Hanaoka, M. 1998. Cultivation characteristics of *Isaria japonica*. *Mycoscience* **39**: 43-48.
- Youn, Y. N., Yeo, W. H. and Seo, M. J. 1998. Searching for insecticidal metabolites produced by insect pathogenic fungi. *Kor. J. Mycol.* **26**(1): 78-85.
- Zongqi, L. 1990. Anamorph of *Cordyceps militaris* and artificial culture of its fruitbody. *Southwest China J. Agric. Sci.* **3**(2): 1-6.