

유충노랑곰보동충하초(*Cordyceps staphylindaecola*)의 불완전세대와 자실체 형성

성재모* · 홍성준 · R. A. Humber¹ · J. W. Spatafora²

강원대학교 생물환경학부, ¹USDA-ARS Collection of Entomopathogenic Fungal Cultures (ARSEF)
USDA-ARS Plant Protection Research Unit US Plant, Soil & Nutrition Laboratory, Tower Road, Ithaca, NY 14853 and
²Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

Asexual Stage and Fruit Formation of *Cordyceps staphylindaecola*

Jae-Mo Sung*, Sung-Jun Hong R. A. Humber¹ and J. W. Spatafora²

Department of Environmental Biology, Kangwon National University, Korea
¹USDA-ARS Collection of Entomopathogenic Fungal Cultures (ARSEF) USDA-ARS Plant Protection Research
Unit, US Plant, Soil & Nutrition Laboratory Tower Road, Ithaca, NY 14853 USA and
²Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

(Received February 12, 2003)

ABSTRACT: One hundred fifty one specimens of *Beauveria* spp. from 19 different locations were collected from September 1 to August 31, 2002. Most of the isolates were identified as *Beauveria bassiana*. *Cordyceps staphylindaecola* collected from Mt. Obong in Chunchon City covered the host with mycelia which were produced 1 to 4 stromata along with asexual spores. The size of bright yellow ununiform stromata were about 45 mm and the head about 17 mm × 4 mm. Perithecia completely immersed were 530–550 × 290–300 μm in size and mainly scattered on the head. Ascospore produced in asci in the size of 400–450 × 4–5 μm developed thread-like secondary spores, which were directly separated into secondary conidial spores. Conidia produced at apical portion of synnemata were 2.6–3.4 × 1.2–1.9 μm in size. High density of mycelium was observed at 25°C ranged from pH 6.5 to 8.5 after 11 days of inoculation. It took 15 to 18 days after inoculation to fully grow on the medium mixed brown rice with pupa. Mycelium developed stromata on the medium 30 days after completion of mycelial growth, where perithecia were produced in 40 days.

KEYWORDS: *Beauveria bassiana*, *Cordyceps staphylindaecola*, Perithecia, Synnemata

백강균(*Beauveria bassiana*(Balsamo) Vuillemin)은 불완전균문(Deuteromycota), 불완전균사균강(Hyphomycetes), 총생불완전균목(Moniliales), 선균과(Moniliaceae)에 속하는 균으로 주로 곤충에 기생하며 토양에 널리 분포되어 있다(Humber, 2000). 이 종은 모든 곤충에 병을 일으키는 곤충기생균으로 다양한 곤충과 기주의 형태에 따라 침입에 영향을 주는 것으로 보고되었다. 해충의 생물학적 방제를 위하여 사용되는 백강균(*Beauveria bassiana*)은 생물학적 방제수단으로 널리 사용된 유일한 종이며 앞으로 사용될 수 있는 잠재력을 가진 균이다(Feng et al., 1994; Ferron, 1981; McCoy, 1990). Feng 등(1994)은 미생물 살충제로 백강균의 대량생산과 적용농도와 적용하는 예시를 들어 이미 10년 동안 많은 발전과 진전을 보았다고 간결하게 기술하기도 하였다.

곤충을 기생하는 균의 완전세대는 대부분 자낭균문, 자낭각균강, 육좌균목(Hypocreales), 맥각균과(Clavicipitaceae)에 속하는 동충하초속(*Cordyceps*)으로 보고되었다(Humber,

2000). 백강균(*B. bassiana*)의 완전세대가 맥각균과(Clavicipitaceae)에 속한다고 일찍이 보고되었음에도(Schaerffenberg, 1955) 확실하게 증명하지는 못하였다. *Beauveria* 속균의 종에 대한 유성세대는 Shimazu 등(1988, 1994)에 의하여 입증되어 *Cordyceps brongniartii* Shimazu, Mitsuhashi & Hashimoto로 기술한 것이다.

그러므로 불완전세대인 백강균(*Beauveria bassiana*)이 속하는 완전세대가 *Cordyceps*속으로 알려졌지만 이에 대한 생활사를 밝히지 못하여 오래 동안 완전세대 없는 분류군으로 기록되고 있다. 곤충에 기생하는 균이 연구자를 놀라게 한 것은 한국의 여러 장소에서 감염된 유충에서 완전세대와 불완전세대가 Sung(1996)에 의하여 발견된 것이었다. 또한 중국 안후이의 남부지방에서 감염된 Lepidoptera의 Cossidae에서 2000년 9월에 Li 등(2001)에 의하여 발견되어 중국에서 완전세대로 *Cordyceps bassiana* (Li et al., 2001)이라는 새로운 종으로 기술되었다.

이들 균들의 많은 종의 유성세대의 출현이 비교적 드문데 대표적인 것이 유성세대가 *Cordyceps*속일 때 그러하다. *Beauveria*속균을 배양하여 유성세대인 *Cordyceps* 세

*Corresponding author <E-mail: jmsung@kangwon.ac.kr>

대를 형성시키는 것은 매우 어려운 것으로 알려졌다. 그러나 완전세대와 불완전세대의 관계를 밝힌 것은 유성포자를 이용하여 무성포자를 얻은 생활사는 *Beauveria brongniartii*에서 이루어진 것으로 *Cordyceps brongniartii*로 관계에서 볼 수 있다(Shimazu *et al.*, 1988). 분자생물학적인 접근은 근래에 *Cordyceps bassiana*라고 기술한 *B. bassiana*-like 불완전세대를 가지고 중국에서 관계를 확인하였다는 보고가 있으나 아직은 발표되지 않았다(B. Huang and Z. Li, personal communication).

한국에서 채집한 *Cordyceps*에 속하는 종에서 불완전세대가 형태학적인 면에서 *Beauveria bassiana*로 동정되어 완전세대와 불완전세대 사이에 생활사를 확인하여 보고하는 것이다. 따라서 채집된 균을 가지고 형태학적 또는 인공적으로 *B. bassiana*의 완전세대인 자실체를 형성하여 한국에서 채집한 균에 대한 생활사를 밝히고 산업화하는데 기초자료로 이용될 수 있도록 하기 위하여 이 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

채집된 백강균의 표본과 분리·동정

본 균은 동충하초(*Cordyceps*)속균에 의하여 감염된 유충으로부터 채집하였으며 성(1996)의 방법에 의하여 분리하였다. *Cordyceps*균의 배양은 페트리디쉬 뚜껑에 테이프로 신선한 자실체를 고정시켜, 살균된 water agar가 들어있는 페트리디쉬 밑 부분에 놓고 위 뚜껑을 덮은 후

자낭포자가 떨어지어 발아한 자낭포자를 현미경하에서 분리하였다. 모든 접종된 배지는 25°C에서 배양하였으며 슬라이드 배양은 슬라이드 배지에서 자란 균사체를 놓고 coverslip을 덮어 습기가 있는 방에 놓고 형성되는 분생자경 구조를 현미경 아래에서 관찰하였다. 공시균주는 동충하초은행 Entomopathogenic Fungal Cultures Collection, Kangwon National University, Chunchon, Korea(EFCC)에서 액체질소에 보관된 균주를 본 연구에 사용하였다.

완전세대와 불완전세대 균주의 형태적 특징

자낭각, 자낭, 자낭포자의 크기를 현미경을 이용하여 측정하였다. 다세포 실모양의 자낭포자가 격막에 의하여 분열되어 생기는 각각의 세포인 제2차 자낭포자는 water agar plates상에서 측정하였다(Sung, 1996). 커다란 구조의 측정은 ocular micrometer를 사용하는 대신 현미경의 vernier calibration 사용하여 측정된 후 실제 길이로 바꾸어서 표시하였다.

배양시험

유충노랑곰보동충하초는 C783 공시균주로 사용하였다. 균사생육에 적합한 배지를 선발하기 위하여 액체배지와 고체배지를(Table 1) 121°C, 12 psi에서 20분간 고압살균 후 고체배지는 petri-dish에 분주하였다. PDA 배지에서 배양된 균사선단 부분을 6 mm cork borer로 절취한 다음 petri-dish의 중앙에 접종하여 24±1°C의 항온기에서 5일과 11일간 배양하면서 균사의 성장정도 및 균사배양밀도

Table 1. Composition of culture media (pH 6.0)

Nutritional reagents	medium (g/l)								
	PDA*	MCM	MMM	ES	MMN	MPD	HMA	CDA	OMA
Potato	200								
Dextrose	20	20	20		10	10	20		
Sucrose			20	20				30	
Malt extract					3				
Yeast extract		2					3		
Peptone		2				5			
MgSO ₄ ·7H ₂ O		0.5	0.5		0.15	0.5		0.5	
KH ₂ PO ₄		0.46	0.46		0.5	1			
K ₂ HPO ₄		1	1					1	
KCl								0.5	
NaNO ₃								3	
FeSO ₄ ·7H ₂ O								0.01	
CaCl ₂			0.05		0.05				
NaCl			0.0025		0.025				
FeCl ₃ (1%)			1.2 ml		1.2 ml				
FeCl ₃ (1%)			1.2 ml		1.2 ml				
Ebiose				5			5		
Hyponex							3		
Oatmeal									75
Agar	20	20	20	20	20	20	20	20	20

*PDA, potato dextrose agar; MCM, mushroom complete medium; MMM, mushroom minimal agar; ES, ebiose sucrose agar; MPD, Martin's original medium; HMA, Hamada agar; CDA, Czapek-Dox agar; OMA, oatmeal agar.

를 측정하였다. 액체배지는 100 ml씩 250 ml-erlenmeyer flask에 분주하여 silicon plug를 채운 후 121°C 1.2 psi에서 20분간 고압 살균하여 배지를 조제하였다. 조제한 배지에 PDA 배지에서 배양된 접종원의 선단부분을 직경 6 mm cork borer로 절취하여 균사절편을 3개씩 접종을 하여 24±1°C에서 배양하여 건조 균체량을 측정하였다. HM 배지를 온도에 따라 5, 10, 15, 20, 25, 30°C 범위로 조절된 항온기에서 11일간 배양하였다. 적합한 산도범위 (pH)는 0.1 N HCl과 0.1 N NaOH로 pH 4.0에서 pH 11.0 까지 조절하여 11일간 배양하여 균사의 생장정도 및 균사 배양밀도를 측정하였다.

자실체 형성

유충노랑곰보동충하초(*C. staphylinidaecola*) C-783을 배양하기 위하여 현미(70 g)와 누에번데기(30 g)를 1000 ml plastic bottles에 넣어 살균하여 배지로 이용하였다. 현미와 누에번데기 배지에 접종하여 배양실에서 1000 lux의 형광등을 계속적으로 비추어 배양하였다. 7~10일 후 자좌의 원기가 자라기 시작하여 높이가 0.5~1.0 cm 로 자라게 한 후 20°C, 80~90%, 형광등 1000 lux로 설치된 다른 배양실로 옮기고 자좌가 나오면 살균수를 가지고 규칙적으로 뿌려주었다. 자좌가 자라는 동안은 자실체의 오염 여부를 관찰하였고 접종 50~60일 후 자실체가 10~12 cm 자라면 형태와 크기를 측정하였다.

결 과

형태적 특징

백강균(*Beauveria*)은 19개 지역으로부터 2000년 9월 1

Table 2. No. of specimens of *Beauveria bassiana* collected from different places

Collected place	No. of collected specimens
Hanra Mt.	23
Chongdeung Mt	20
Seolag Mt	19
Yongmoon Mt	16
Chiag Mt	13
Yeonyup Mt	10
Odae Mt	9
Nephal	9
Woelchul Mt.	6
Taegi Mt	6
Wakayama Japan	6
Yoonhwa Mt	5
Duryun Mt	2
Taebaeg Mt	2
Sobaeg Mt	1
Sogri Mt	1
Bongwha	1
Moag Mt	1
Samag Mt	1

Table 3. No. of specimens of *Beauveria bassiana* collected at different months

Collection date	No. of specimens	Collection date	No. of specimens	Collection date	No. of specimens
2000. 9.	31	2001. 4.	2	2002. 7.	5
2000. 10.	3	2001. 6.	22	2002. 8.	24
2000. 11.	2	2001. 7.	37		
		2001. 8.	20		
		2001. 9.	3		
		2001. 10.	2		

일부터 2002년 8월 31일까지 총 151개 표본이 채집되었고 분리된 균주는 25개 이었다. 채집지역은 한라산에서 23, 청등산 20, 설악산 19, 용문산 16, 치악산 13, 강원대학교 연습림 10개체를 비롯하여 19개 지역에서 채집되었으며 외국에서는 네팔 9개와 일본 6개가 채집되었다(Table 2). 시기별로는 7월, 8월과 9월에 집중적으로 채집되었다. 분리된 균주는 대부분 백강균(*Beauveria bassiana*)에 속하는 것으로 나타났다(Table 3). 채집된 종중에서 삼악산에서 채집한 표본은 *Cordyceps*와 *Beauveria*가 같이 존재하는 종으로 나타났다.

채집된 동충하초의 특성

춘천시 삼악산에서 채집한 유충노랑곰보동충하초의 특성은 기주가 균사에 의하여 쌓여있으며 자좌는 기주로부터 하나 내지 4개가 나오며 분생포자도 같이 형성된다. 밝은 노란색의 자좌는 45 mm이고 머리는 17 mm×4 mm이고 자루 28 mm이지만 그 경계는 뚜렷하지 않았다. 자낭각은 머리에 조밀하게 분포되어 있고 문헌형이고 크기는 530~550×290~300 μm이었다. 자낭은 400~450×4~5 μm이었다. 자낭포자는 실 모양이고 2차 포자로 분열한 후 바로 4.5~5×1 μm의 크기의 2차 포자를 형성하였다. 이것은 Kobayasi와 Shimizu(1984)에서 보고한 종과 일치하였다. 또한 한국에서 채집한 종은 불완전 세대인 *Beauveria* 세대와 완전세대인 *Cordyceps* 세대가 같이 형성되었다. *Cordyceps staphylinidaecola*의 불완전 세대는 *Beauveria* sp.로 분생자경은 rachis로 자라며 정단으로부터 분생포자가 형성되었다. 분생포자세포는 정단으로 자라고 작은 목으로 포자가 나왔다. 분생포자는 원형이었다. 현미와 번데기로 인공배양하면 분생자경속이 형성되고 그 위에 분생

Table 4. Comparison of morphological characteristics of *Cordyceps staphylinidaecola* collected from Samak Mt, Chuncheon

Characteristics	Present study	Kobayasi and Shimizu
Perithecia	530~550 × 290~300 μm immersed	550~630 × 350 μm immersed
Ascus	400~450 × 4~5 μm	
Ascospore	400~450 × 1~1.5 μm	
part spore	4.5~5 × 1 μm	4.5~5 × 1 μm

포자가 형성되는데 크기는 $2.6\sim 3.4 \times 1.2\sim 1.9 \mu\text{m}$ 이었다. *B. bassiana*는 이미 Hoog(1972)가 서술한 것과 비슷한 것으로 생각된다.

균주의 생장 조건과 자실체 형성

생장조건. 고체배지에서 5일간의 초기 생장에 사용된 배지는 HM, MCM, MM 배지들이 우수하였고, 11일 간의 배양에서는 HM, PDA, MM, MCM가 우수하였다. 균사생육에 가장 적합한 배지는 HM이었다(Fig. 1). 액체배지로는 HM, MCM 배지에서 우수한 건조 균체량을 나타냈다. 액체배양의 접종원으로는 HM 배지가 적합하였다(Fig. 2). 생육온도는 25°C 에서 11일간 배양하였을 때 가장 우수한 생장과 밀도를 나타냈으며 pH 5.0 이하, 그리고 pH 9.0 이상에서는 균사의 길이 생장은 다른 것들과 별 차이가 없으나, 균사밀도에서는 현저한 차이가 나타났다. pH 5.0~pH 9.0 사이에서는 평이한 생장을 보였고, 특히 pH 6.5~pH 8.5까지 배지에서 균사생장이 양호하였다(Fig. 3).

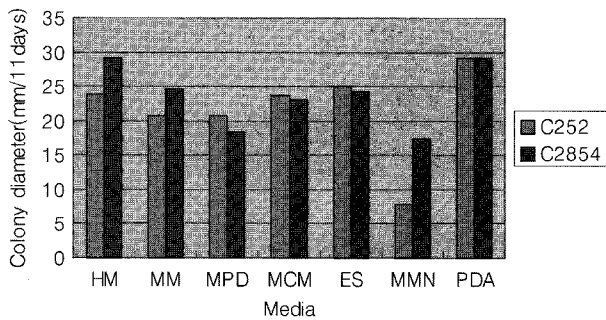


Fig. 1. Mycelial growth of *Beauveria bassiana* on different agar media.

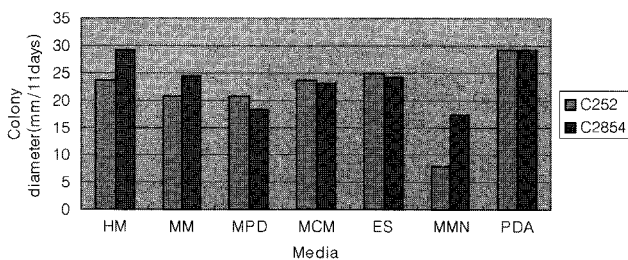


Fig. 2. Dry wt. of mycelial growth of *Beauveria bassiana* in different liquid media.

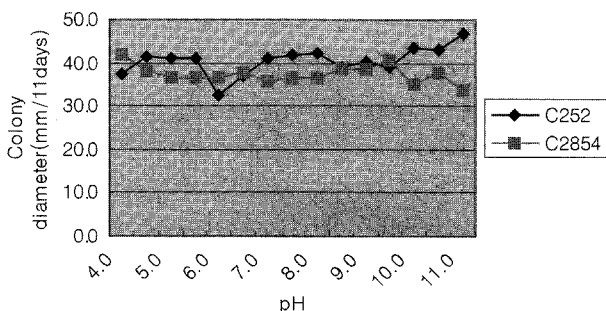


Fig. 3. Effect of pH on mycelial growth of *Beauveria bassiana*.

자실체 형성

유충노랑곰보동충하초(*Cordyceps staphylindaecola*)의 균주를 현미와 누에번데기가 함유한 배지에 접종하면 일주일 이 지나면 균사가 배지의 표면을 덮고 배지의 표면의 색깔은 처음에는 밝은 회색이나 점점 어두운 노란색으로 변한다. 회색에서 연한 노란색으로 시기는 약 15일이나 18일이 되면 균사집합체가 현미나 누에번데기에서 형성되기 시작하는데 이것이 분생자병속이 되었다. 분생자병속은 30일 후에는 현미와 번데기 위에 두드러지게 튀어나오게 되었는데 형태는 곤봉 모양의 자실체가 되지만 머리부분에서 자낭각을 형성하는 자좌는 매우 보기가 어려웠다. 접종에서 자좌가 형성 될 때까지 전체적인 과정은 50일에서 60일 걸렸다. 배양에서 형성된 자실체와 자연에서 채집한 자실체는 형태적으로 비슷하나 인공적으로 머리부분에서 자낭각이 형성하게 하는 것은 매우 어려운 것으로 나타났다(Fig. 4).

고찰

백강균속(*Beauveria*)은 역사적으로 누에에 많은 피해를 주는 병원균(Beauverie, 1914)으로 주로 *B. bassiana*이며 모든 곤충기생균 중에서 가장 널리 분포되었다. 일반적으로 온대지방과 열대지방에서 딱정벌레목(Coleoptera), 인시목(Lepidoptera), 쌍시류(Diptera)와 다른 곤충 위에 하얀 먼지와 같은 포자로 덮여 있는 것을 발견 할 수 있는데 이것이 백강균으로 알려지었다(Hoog, 1972; MacLeod, 1954; Li, 1988). 이 속균은 곤충병원균으로 잘 알려지어 유용한 곤충에는 해를 주지만 해충을 방제하는 효과가 있는 것 외에 약효의 가치가 인정되어 동아시아에서 널리 사용되고 있다. 한국에서도 허준(1966)에 의하여 지어진 동의보감은 전통적인 한국의 약초를 기록한 책으로 백강균이 뇌졸중과 암을 치료하는데 사용된다고 보고하였다. Ying *et al.*(1987)은 백강균이 중국에서 어린아이의 경기, 간질, 당뇨병, 목에 일어나는 병과 다른 병징을 치료하는데 사용한다고 보고하였다.

백강균속은 풍뎅이, 딱정벌레 혹은 그들의 유충을 공격한 3종을 포함하여 여러 종류의 곤충의 종류에 병을 일으킨다(Glare, 1972). 백강균속(*Beauveria*)에 속하는 종중에서 *B. bassiana*, *B. brongniartii*(= *B. tenella*), *B. alba*, *B. vermiconia*, *B. felina*, *B. velata*와 *B. amorpha*와 같은 7종이 곤충에 기생하는 것으로 알려지어 있다(Carmichael *et al.*, 1980; Hoog, 1972; Hoog and Rao, 1975; Samson and Evans, 1982; Shimazu *et al.*, 1984). 지금까지, 불완전세대와 완전세대의 생활사가 밝혀진 종은 *Beauveria brongniartii*로 이 속에 속하는 유일한 종이다. Shimazu *et al.*(1988)은 *Cordyceps scarabaeicola* Kobayasi and Shimizu (1978)와 *Cordyceps brongniartii* 들다 불완전세대가 *B. brongniartii*라는 것을 발견하여 보고하였다. 한국에서도

풍뎅이에서 형성되는 *C. scarabaeicola*(Sung, 1996) 역시 *B. brongniartii*로 불완전세대로 동정하여 발표하였다. 두 개가 다른 *Cordyceps* 종은 명목상으로 동일한 불완전세대를 갖는 것은 *B. brongniartii*가 형태적인 특징으로 분류되었으므로 동충하초속군에 대한 생활사를 밝히는 것은 다양성을 가진 자낭균문이 이해하는데 중요하므로 앞으로 가능한 한 불완전세대와 완전세대를 밝히는데 노력하여야 한다.

Kobayasi and Shimizu(1982)에 의하면 *C. staphylinidaecola*는 지상부위에 자낭각세대를 가졌으나 한국의 채집물은 자낭각세대와 분생포자세대를 둘 다 지상부 위에서 보여 주었다. 기주 위에 형성된 *C. staphylinidaecola*의 자좌의 형성의 기술과 사진은 한국의 균과 거의 비슷하고 한국과 일본과는 서로 멀지 않으므로 거의 같은 균이라고 할 수 있다. Kobayasi and Shimizu(1982)는 분생포자를 보고하지 않았기 때문에 이 보고서에서는 *Cordyceps staphylinidaecola*를 비교하여 본 결과 Kobayasi and Shimizu(1982)가 서술한 *Cordyceps staphylinidaecola* 보다 저자들이 동정한 한국의 *C. staphylinidaecola*가 자낭각과 자낭이 크기가 작은 것이 특징이나 이것은 환경에 따라 차이가 있을 수도 있다.

*Cordyceps*의 불완전세대는 *Akanthomyces*, *Cephalosporium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces*, *Paraisaria*, *Pseudogibellula*, *Sporothrix*, *Stilbella*, and *Verticillium*

(Kobayasi and Shimizu, 1982; Samson *et al.*, 1988; Humber, 2000)과 같은 많은 불완전균문이 있다. 그러나 *Beauveria*의 완전세대를 *Cordyceps*라고 Arx(1986)와 Shimazu 등(1988)이 보고하였을 뿐 아직까지는 보고되지 않았다. 한국에서 채집한 종의 불완전세대는 *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin으로 형태는 구형과 반구형의 분생포자를 가졌으며 크기는 $3.5 \mu\text{m}$ 으로 보고되었다(MacLeod, 1954; Hoog, 1972). *Beauveria bassiana*은 세계적으로 널리 분포하는 종이며 또한 곤충병원균으로 분생포자를 많이 형성하는 균과 같은 포자를 EFCC 783의 자낭포자로부터 분리된 균으로부터 분생포자가 형성되었고 또한 쉽게 표본의 표면에 나타내었다(Fig. 1). 분생포자세대 역시 배지에서 균사 위에 분생자경속(Fig. 4)에서도 형성이 되었는데 인공 배양하여 얻은 자낭각이 *C. staphylinidaecola*로 *B. bassiana*의 완전세대라고 것을 확인하였다.

유충노랑곰보동충하초(*Cordyceps staphylinidaecola*)에 의한 자낭각세대를 형성하는 요인이 밝혀지면 지금까지 *B. bassiana*와 *B. brongniartii*도 유성세대가 외관상으로 발견하기는 매우 어려운 것은 교배형의 유전자의 결손 때문에 그들의 완전세대를 생산하는 능력을 상실할지도 모른다고 알려졌으나(Sharon *et al.*, 1996; Turgeon, 1998; Yun *et al.*, 1999) 이에 대한 의문점도 밝혀 질 수 있으리라 본다. 백강균(*Beauveria*)에 대한 지리적 분포가 넓어 clonal 방법으로 주로 생식하는 것으로 Heterokaryosis

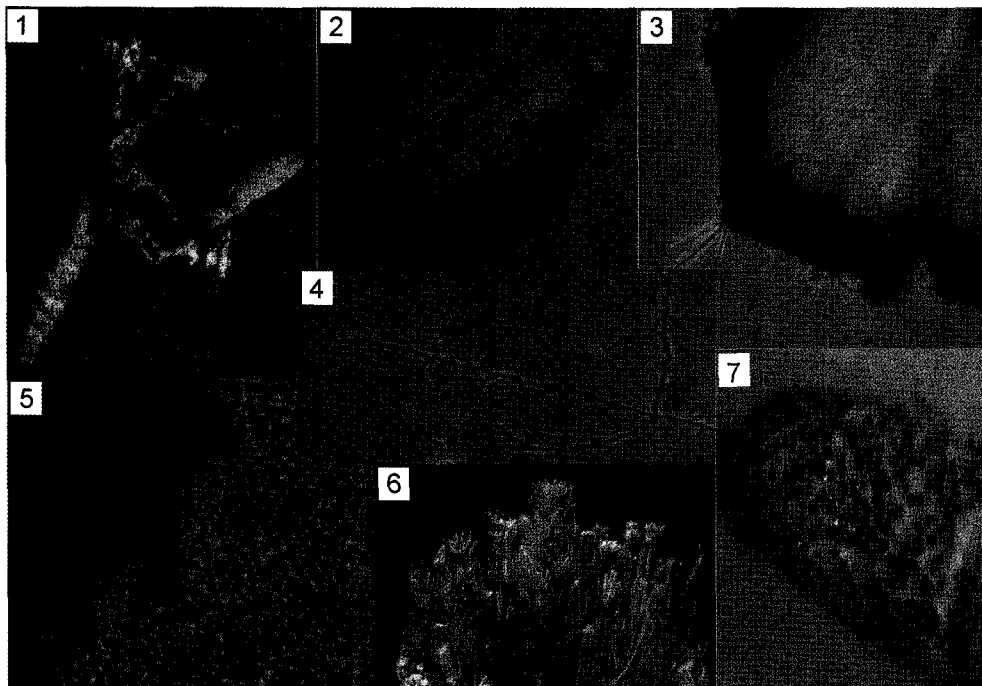


Fig. 4. *Cordyceps staphylinidaecola* (EFCC 783). 1. Habit of *Cordyceps staphylinidaecola* on infected insects. 2. Surface of field-collected stroma showing slightly darker, slightly erumpent ostioles of the perithecia. 3. Ascus of oozed from perithecium. 4. Germination of ascospores on water agar. 5. Conidiogenous cells and conidia of the *Beauveria* state produced specimen. 6. Production of stroma on brown rice medium produced in artificial culture after inoculation by the *Beauveria* state. 7. Perithecia of *C. staphylinidaecola*.

나 위유성생식 재결합에 의존하는지 않는지가 거의 알려지지 않았다. Kawamoto와 Aizawa(1989)는 *Beauveria bassiana*와 *B. brongniartii*의 능력이 균사융합을 할 수 있다고 하였으며 Couteaudier와 Viaud(1997)는 *B. bassiana* 안에 연속적으로 영양 성장하는 균이 존재하는 것이라고 하였고 백강균에서 일어나는 parasexuality는 Paccola-Meirelles와 Azevedo(1991) 그리고 Bella와 Paccola-Meirelles(1998)에 의하여 확인되었다.

중국에서 *C. bassiana*를 기술하기 전에, *Beauveria bassiana*에 대한 완전세대를 밝히려고 Booth(1961)와 Schaerffenberg(1955)가 시도하였으며 Schaerffenberg(1955)는 *B. bassiana*에 대한 자낭균문의 완전세대를 확실히 밝히지 못하였다. 불완전균사균강에 속하는 곤충기생균의 대부분은 자낭각균강에 속하는 육좌균목의 맥각균과 *Cordyceps*이다(Humber, 2000). 이것은 *B. brongniartii*의 완전세대를 일본에서 풍뎡이 유충에서 나타난 동충하초를 *C. brongniartii*(Shimazu et al., 1988)로 보고한 후 완전세대를 *Cordyceps*로 증명하는데 공헌하였다.

*B. bassiana*에 대한 neotype이 이태리에서 감염된 누에의 표본으로부터 분리되어 Balsamo(1835)에 의하여 감염된 *Bombyx mori* 유충이 본 균의 근원이라는 것을 추측할 수 있다. *B. bassiana*의 이름으로 *B. bassiana* 종이 complex로 분류되었으므로 분류학적으로 확실한 적용이 결정될 때까지는 이 복잡성을 해결하는 것이 불가능하였다. *B. bassiana*의 형이 이태리인 재료로 선택되었다면 동아시아에서 *B. bassiana*의 채집표본이 *C. staphylinidaecola*와 같은 완전세대가 *B. bassiana*로 동일하게 입증하는데 이에 대한 연구가 더 필요하다고 본다.

적 요

*Beauveria*속균은 2000년 9월 1일부터 2002년 8월 31일까지 총 151개 표본이 채집되었고 분리된 균주는 25개다. 분리된 균주는 대부분 *Beauveria bassiana*에 속하는 것으로 나타내었다. 춘천시 삼악산에서 채집한 유충노랑곰보 동충하초의 특성은 기주를 균사에 의하여 쌓여있으며 자좌는 기주로부터 하나 내지 4개가 나오며 분생포자도 같이 형성되었다. 밝은 노란색의 자좌는 45 mm이고 머리는 17 mm×4 mm이고 자루 28 mm이지만 경계는 뚜렷하지 않았다. 자낭각은 머리에 조밀하게 분포되어 있고 물린형이고 크기는 530~550×290~300 μm이었고 자낭은 400~450×4~5 μm이었다. 자낭포자는 실 모양이고 2차 포자로 분열한 후 바로 둥근 2차 포자를 형성하였다. *Cordyceps staphylinidaecola*의 불완전 세대는 형태적인 특징인 분생자경은 rachis로 분생포자세포는 정단으로 성장하였으며 작은 목에서부터 원형의 분생포자를 형성하였다. 크기는 2.6~3.4×1.2~1.9 μm로 *Beauveria bassiana*로 동정하였다. 균사생육에 가장 적합한 배지는 HM이었고 기본 액

체배지로는 HM, MCM 배지에서 우수한 건조 균체량을 나타내었다. 11일간 배양하여 25°C에서 가장 우수한 성장과 밀도를 나타냈으며 pH 6.5~pH 8.5 까지 배지에서 균사생장이 양호하였다. 현미와 번데기 배지에서 균사가 배지의 표면을 채우는데 일주일이 걸리며 15일이나 18일이 되면 밝은 균사집합체에서 분생자병속이 형성되기 시작하였고 40일 후에는 분생자병속에 분생포자가 형성되기도 하나 간혹 자낭각이 형성되는 자좌도 있었다. 배양에서 형성된 자실체와 자연에서 채집한 자실체는 형태적으로 비슷하나 인공적으로 머리부분에서 자낭각이 형성하게 하는 것은 매우 어려운 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 1999~2001년에 한국과학재단 국제공동연구(과제번호 0100053-1-1(2000331)) 연구비 지원에 의해 수행된 연구 결과로 한국과학재단에 감사를 드립니다.

참고문헌

- Arx, J. A. von. 1986. *Tolypocladium*, a synonym of *Beauveria*. *Mycotaxon* **25**: 153-158.
- Balsamo, C. G. 1835. Osservazione sopra una nuova specie di Mucedinea del genere *Botrytis*, etc. *Bibl Ital.* pp. 79-125.
- Beauverie, M. J. 1914. Les muscardines, le genre *Beauveria* Vuillemin. *Rev Gen Bot.* **26**: 81-157.
- Bello, V. A. and Paccola-Meirelles, L. D. 1998. Localization of auxotrophic and benomyl resistance markers through the parasexual cycle in the *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. entomopathogen. *J. Invertebr. Pathol.* **72**: 119-125.
- Booth, C. 1961. Studies of Pyrenomycetes. VI. *Thielavia*, with notes on some allied genera. *Mycol. Papers* (Commonw Mycol Inst, Kew) **83**: 1-15.
- Carmichael, J. W., Kendrick, W. B., Connors, I. L. and Sigler, L. 1980. Genera of Hyphomycetes. pp. 386. Edmonton, Alberta: The University of Alberta Press.
- Couteaudier, Y. and Viaud, M. 1997. New insights into population of *Beauveria bassiana* with regard to vegetative compatibility groups and telomeric restriction fragment length polymorphisms. *FEMS Microbiol. Ecol.* **22**: 175-182.
- Feng, M. G., Poprawski, T. J. and Khachatourians, G. G. 1994. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol. Sci. Technol.* **4**: 3-34.
- Ferron, P. 1981. Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. pp. 465-498. In: Burges, H. D. ed. *Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*. London, UK: Academic Press.
- Glare, T. R. 1992. Fungal pathogens of scarabs. In: T. A. Jackson TA, Glare TR. eds. *Use of pathogens in scarab pest management*. pp. 63-77. Andover, UK: Intercept.
- Hoog, G. S. de. 1972. The genera *Beauveria*, *Isaria*, *Tritirachium*, and *Acrodontium*, gen. nov. *Stud. Mycol.* (Baarn) **1**: 1-41.
- _____. 1978. Notes on some fungicolous Hyphomycetes and their relatives. *Persoonia* (Leiden) **10**: 33-81.
- _____. and Rao, V. 1975. Some new Hyphomycetes. *Persoonia*

- (Leiden) **8**: 207-212.
- Humber, R. A. 2000. Fungal pathogens and parasites of insects. pp. 203-230. In: Priest, F. G. and Goodfellow, M. eds. Applied microbial systematics. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Hur, J. 1966. Dongeuibogam. pp. 787. Seoul: Namsandang.
- Kawamoto, H. and Aizawa, K. 1989. Morphology of hyphal anastomosis in entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Appl. Entomol. Zool.* **24**: 490-491.
- Kobayasi, Y. 1941. The genus *Cordyceps* and its allies. *Sci Rept Tokyo Bunrika Daigaku Sect. B* **5**: 53-260.
- _____. 1982. Keys to the taxa of the genera *Cordyceps* and *Torribiella*. *Trans. Mycol. Soc. Jpn.* **23**: 329-364.
- _____ and Shimizu, D. 1976. The genus *Cordyceps* and its allies from New Guinea. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. B* **2**: 133-151.
- _____ and _____. 1978. *Cordyceps* species from Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. B* **4**: 43-63.
- _____ and _____. 1982. *Cordyceps* species from Japan 4. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. B* **8**: 79-91.
- _____ and _____. 1983. Iconography of vegetable wasps and worms. pp. 280. Osaka, Japan: Hoikusha Publishing Company Limited.
- Koval, E. Z. 1984. Klavitsipitalnie gribi SSSR. Kiev, pp. 287. USSR: Naukova Dumka.
- Li, Z. Z. 1988. A list of insect hosts of *Beauveria bassiana*. pp. 241-255. In: Li, Y. W., Li, Z. Z., Liang, J. W., Wu, Z. K. and Zi, Q. F. eds. Study and application of entomogenous fungi in China. Beijing: PR China: Academic Periodical Press.
- _____, Li, C. R., Huang, B. and Fan, M. Z. 2001. Discovery and demonstration of the teleomorph of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., an important entomogenous fungus. *Chinese Sci. Bull.* (in press).
- MacLeod, D. M. 1954. Investigations on the genera *Beauveria* Vuill. and *Tritirachium* Limber. *Can. J. Bot.* **32**: 818-890.
- McCoy, C. W. 1990. Entomogenous fungi as microbial pesticides. pp. 139-159. In: Baker, R. R. and Dunn, P. E. eds. New directions in biological control. New York, New York: A. R. Liss.
- Paccola-Meirelles, L. D. and Azevedo, J. L. 1991. Parasexuality in *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* **57**: 172-176.
- Roberts, D. W. and Humber, R. A. 1981. Conidial fungi and man: entomogenous fungi. pp. 201-236. In: Cole, G. A. and Kendrick, W. B. eds. Biology of conidial fungi. Vol. 2. New York, New York: Academic Press.
- Samson, R. A. and Evans, H. C. 1982. Two new *Beauveria* spp. from South America. *J. Invertebr. Pathol.* **39**: 93-97.
- _____, Evans, H. C. and Latge, J. P. 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. pp. 187. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Schaerffenberg, B. 1955. Die Hauptfruchtform (Ascus-Form) von *Beauveria bassiana* (Vuill.) Link und *B. densa* (Vuill.) Link. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.* **62**: 544-549.
- Sharon, A., Yamaguchi, K., Christiansen, S., Horwitz, B. A., Yoder, O. C. and Turgeon, B. G. 1996. An asexual fungus has the potential for sexual development. *Mol. Gen. Genet.* **251**: 60-68.
- Shimazu, T., Kushida, T. and Katakiri, T. 1984. *Beauveria amorphosa* Samson et Evans isolated from *Anomala* spp. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **28**: 30-32.
- Shimazu, M., Mitsuhashi, W. and Hashimoto, H. 1988. *Cordyceps brongniartii* sp nov. the teleomorph of *Beauveria brongniartii*. *Trans. Mycol. Soc. Jpn.* **29**: 323-330.
- Shimizu, D. 1994. Color iconography of vegetable wasps and animal worms. Tokyo, Japan: Seibundo Shinkosha. 381 p.
- Shimizu, S. and Aizawa, K. 1988. Serological classification of *Beauveria bassiana*. *Mycopathologia* **111**: 85-90.
- Sung, J. M. 1996. The insects-born fungi of Korea in color. Seoul, Korea: Kyohak Publishing Company, Limited.
- Turgeon, B. G. 1998. Application of mating type gene technology to problems in fungal biology. *Ann. Rev. Phytopathol.* **36**: 115-137.
- Ying, J., Mao, X., Ma, Q., Zong, Y. and Wen, H. 1987. Icons of medicinal fungi from China. pp. 575. Beijing, China: Science Press.
- Yun, S. H., Berbee, M. L., Yoder, O. C. and Turgeon, B. G. 1999. Evolution of the fungal self-fertile reproductive life style from self-sterile ancestors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **96**: 5592-5597.