

## 한국자생 동충하초의 채집 및 자원보고

남성희\* · 정이연 · 홍인표 · 지상덕 · 황재삼 · Mau Tuan Nguyen<sup>1</sup> · 한명세<sup>1</sup>  
농업과학기술원 농업생물부, <sup>1</sup>경북대학교 농업생명과학대학

### Report on the Genus *Cordyceps* and Its Anamorphs Collected in Korea

Sung-Hee Nam\*, I-Yeon Jung, In-Pyo Hong, Sang-Duk Ji, Jae-Sam Hwang,  
Mau Tuan Nguyen<sup>1</sup> and Myung Sae Han<sup>1</sup>

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science Technology, RDA, Suwon 441-100, Korea  
<sup>1</sup>College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea.

#### ABSTRACT

Morphological characteristics of *Cordyceps* species and its allies collected in Korea were clarified. Through the survey conducted from June 1999 to October 2002 in 19 mountains in Korea, 667 samples of entomogenous fungi were collected. *Cordyceps* and its allies of 17 species of 5 genera were identified as *Cordyceps gracilioides*, *C. japonica*, *C. longissima*, *C. martialis*, *C. militaris*, *C. myrmecophila*, *C. nutans*, *C. pruinosa*, *C. sphecocephala*, *C. tricentri*, *Hirsutella nutans*, *Paecilomyces cicadae*, *P. farinosus*, *P. tenuipes*, *Paecilomyces* sp., *Shimizuomyces paradoxa*, *Tilachlidiopsis nigra*. The fungi with insect hosts have been collected mainly in the place of shade or mosses near brooks and streams that had high humidity. Overall the frequency of fungal infection in natural ecosystem was relatively low as few as 10 collections per each species. However, many species were found in terms of the few number of collection sites with seasonal limitations. Occurrence of the fungi in Jeju island remote from inland of the Korean peninsula were diverse in their species due to the varied weather of vertical distribution following the altitude. Three most common species were *C. nutans*, *P. tenuipes* and *C. militaris*, mainly found early in August when the relative humidity and temperature were high, of which *C. nutans* occupied the highest frequency consisting of 65% in total collections. Neither variation in ascumata arrangement in stromata nor development of secondary spores was recognizable, while the number, shape and colour of stromata varied with insect hosts and weather conditions.

**Key words :** Entomopathogenic Fungi, *Cordyceps*, *Paecilomyces*

#### 서 론

동충하초(冬蟲夏草)는 자낭균문(Ascomycota), 핵균강(Pyrenomycetes), 맥각균목(Clavicipitales), 맥각균과(Clavicipitaceae)에 속하는 *Cordyceps* 속이 대표적이며 그 외에도 이와 관련된 불완전균류가 있다(Alexopoulos, 1996). Cooke(1892)은 동충하초를 포함한 곤충병원성 진균을 4개 분류군 즉 *Cordyceps*와 *Isaria*속, Entomophthorales, Laboulbeniales, Cladosporium과 Penicillium으로 구분하였다. 그 중 *Cordyceps*와 그 불완전균 *Isaria* 속을 포함하는 그룹은 생리활성 물질을 함유하므로 기초 학문인 분류학적 연구가 오래 전부터 수행되어 왔다.

동충하초의 대표 종인 *C. sinensis*는 나비목 곤충에서

발생되며 형태적 특성에 따라 Chinese plant worm이라 명명되었고(Samson 등, 1988), 1723년 Linnaeus에 의해 *C. sinensis*의 도해가 처음 발표되었다(Kobayasi, 1940). Petch (1931, 1935, 1937, 1944)는 25년 간 *Cordyceps*와 *Isaria*속 등에 관해 180여종을 발표하고, 대표적 특성으로 곤봉형의 자낭각을 형성하며 가는 방추형으로 이차포자로 분절되지 않는 자낭포자를 가진 종을 *Ophiocordyceps* 속으로 설정하였다. Kobayasi(1940)는 *Cordyceps*의 자낭포자 형태, 분절 유무, 자낭각 배열 상에 따라 *Ophiocordyceps*, *Eucordyceps*, *Neocordyceps* 아속으로 나누고 이들 아속을 다시 9개 아분류군으로 더욱 세분하였다. Mains(1954)는 북미에서 수집된 균으로부터 *Cordyceps*속 41종과 미동정 9종을 보고하였으며, 최근에는 Kobayasi(1982)와 Shimizu

\*Corresponding author. E-mail: sunghee@rda.go.kr

(1994)에 의해 *Cordyceps* 속 및 관련군 300여 종 이상이 소개되었다.

국내에서는 1799년 Hong에 의해 약리버섯의 일종으로 자생하는 동충하초가 소개된 후 1932년 Murada에 의해 *C. sobolifera*로 동정되었다(Lee와 Lee, 1958). 그 후 한국의 고등균류로서 미기록종 *C. nutans*가 보고되고(Lee, 1959) 국내 수집종 *C. sobolifera*, *C. militaris*, *C. nutans*와 미기록종 *C. tricornis*, *C. sphecocephala* 총 5종이 추가로 보고되었다(Lim과 Kim, 1973). 90년대 이후에는 동충하초에 대한 관심도가 더욱 높아지고 이에 대한 연구가 큰 발전을 이루었다. *Cordyceps* 및 이들 불완전세대 균의 형태학적 특성에 따라 70여 종이 보고되었으며(Sung, 1996), 제주도에 자생하는 *C. crinalis*, *C. cochlidicola*, *C. prolifica*, *C. longissima*, 4종 미기록종을 포함한 11종이 밝혀졌다(Lee와 Oh, 1998). 현재까지 동충하초 분류는 자좌(stroma), 자낭각, 자낭, 자낭포자의 형태, 이차포자의 발달, 불완전세균의 미세구조 등 형태적 특성이 주요 기준이며 숙주 곤충의 종류도 참고로 하고 있다.

동충하초의 생활사에는 유성생식 기관을 가지는 완전세대와 무성생식 기관인 분생포자를 형성하는 불완전세대 균류가 있다. 전자는 *Cordyceps*, 후자는 *Akanthomyces*, *Beauveria*, *Cephalosporium*, *Gibellula*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Isaria*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*, *Tilachlidium*, *Tolypocladium*, *Verticillium* 속 등이 여기에 속한다(Kobayasi, 1982; Kobayasi와 Shimizu, 1983). 이러한 균은 개발 가치가 높은 유용자원이므로, 생활사 및 *Cordyceps* 속과의 유연관계를 밝히려는 연구가 시도되고 있다(Tanada와 Kaya, 1993; Evans와 Samson, 1982, 1984).

최근에는 사회적으로 천연물에 대한 관심이 고조되고 있으며, 특히 동충하초를 이용한 신물질 개발에 관한 기대가 매우 높다. 천연자원을 산업적으로 이용하기 위해서는 무엇보다도 우수자원을 발굴하고 정확한 동정을 통해 올바른 분류학적 위치를 정립하는 것이 우선 과제이다. 본 연구에서는 국내 자생하는 동충하초 자원을 수집하고 자원의 보존 및 이용을 위하여 형태학적 종 분류를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 균 수집

1999년에서 2002년까지 주로 6월에서 10월경 국내 산지를 중심으로 균을 채집하고, 조사지역, 발생환경, 채집일자 등을 기록한 후 밀폐용기에 개체별로 보관하여 표본의 건조와 손상을 방지하는 한편 오염 균에 의한 2차 감염으로 오염되는 것을 예방하기 위하여 관찰용 시료는

5~10°C에 보존하였다.

### 2. 균주 분리 및 시료제작

자좌 및 분생자병속은 먼저 2~3% Sodium hypochloride로 소독 후, water agar 배지의 페트리디쉬 뚜껑 내측에 멸균 테이프로 부착시킨 후 배지에 떨어진 포자를 1차 분리하였고, 감자한천배지(Potato dextrose agar; PDA)에 이식하여 24±1°C에서 14일간 정치 배양하여 2차 분리하였다. 표본의 두부 및 자낭각의 배열상은 실체현미경을 이용하여 확인하고, 자낭각 이하 미세구조는 Lactophenol로 염색 후 광학현미경 또는 주사전자현미경 하에서 관찰하였다. 주사전자현미경(LEO 440, 1420VP) 관찰은 시료를 0.5×0.5 cm 크기로 취하여 2.5% Glutaraldehyde(0.1 M Milonig's phosphate 완충액, pH 7.4)로 고정화 후 0.1 M Milonig's phosphate 완충액으로 3회 세척하고 1% osmium tetroxide로 2차 고정하였다. 그 다음 ethanol 시리즈(50, 75, 90, 95, 100%)로 탈수하고 amylacetate로 40분간 2회 치환하였고 critical point dryer로 건조 후 gold-palladium으로 coating하였다.

### 3. 균동정

완전세대 및 불완전세대 특성에 따라 숙주, 자좌, 두부, 자낭각, 자낭, 자낭포자, 이차포자, 균사, 분생포자 등 미세구조의 형태, 크기, 색상, 특히 형질 등을 조사하였다. *Cordyceps*는 Shimizu(1994), *Paecilomyces* 속은 Samson(1974)의 명명법에 의한 분류 기준에 준하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 동충하초의 발생 및 분포

표본은 국내 19개 지역의 산에서 계곡이나 저 습지 또는 낙엽이 쌓인 숲과 이끼 발생지 및 활엽수림 지대에서 주로 수집되었다. 특히 낙엽 층과 이끼 또는 계곡의 바위 틈 등에 묻히거나 자좌의 일부만 돌출되어 발견되는 경우가 많았다. 1999년부터 2002년까지 주로 6월에서 10월경에 채집된 균은 667점이며 *Cordyceps* 10종, *Hirsutella* 1종, *Paecilomyces* 4종, *Shimizuomyces* 1종, *Tilachliopsis* 1종으로, 총 5속 17종에 달하였으며(표 1), 중국도입 *C. sinensis* 1종이 있다.

야생 균주는 자좌(stroma)와 숙주를 포함하는 크기가 대부분 10 cm 이하로서 매우 작았다. *Cordyceps*는 종에 따라 다양한 색의 자좌가 형성되어 있었는데, 색상은 대부분 명료한 원색 계열이므로 육안 관찰이 용이하였다. 특히 *C. graciloides*는 다른 종에 비해 밝은 흰색을 띠며 크기 때문에 가장 발견하기가 쉬웠다. *C. martialis*, *C. militaris*,

**Table 1.** Geographical distribution of entomogenous fungi, the genus *Cordyceps* and its allies collected in Korea from 1999 to 2002

Species	Collecting localities*																			Total		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S			
<i>Cordyceps gracilioides</i>											3	1								1	4	
<i>Cordyceps japonica</i>																					2	2
<i>Cordyceps longissima</i>																					8	8
<i>Cordyceps martialis</i>															2							2
<i>Cordyceps militaris</i>	1		1	1	2	1			1		1			11	2	1				2	24	
<i>Cordyceps myrmecophila</i>		1													1							2
<i>Cordyceps nutans</i>	10	3	30	1	6	5		67	58		65	13	59	5	30	86						438
<i>Cordyceps pruinosa</i>															1	1						2
<i>Cordyceps sphecocephala</i>			4						2	4	3	6	4	1	4	2						30
<i>Cordyceps tricornis</i>																		1				1
<i>Hirsutella nutans</i>	1							1		4		1			4							11
<i>Pacilomyces cicadae</i>								1						5								6
<i>Paecilomyces farinosus</i>			1	2					6			3			3	3						18
<i>Paecilomyces tenuipes</i>	2	1		16	3	5	3	10	2	8	18	22	4	6	8	7		1				116
<i>Paecilomyces</i> sp.															1							1
<i>Shimizuomyces paradoxa</i>																					1	1
<i>Tilachlidiopsis nigra</i>																					1	1
Total	14	5	36	20	11	11	3	79	69	16	90	46	72	24	55	100	1	1	15		667	

A, Gangwon-do Odaesan; B, Gangwon-do Jumbongsan; C, Gangwon-do Seolaksan; D, Gangwon-do Woraksan; E, Gyeonggi-do Yumyungsan; F, Gyeonggi-do Youngmunsan; G, Gyeonggi-do Gwanggyosan; H, Chungcheongbuk-do Sokrisan; I, Chungcheongbuk-do Joryeongsan; J, Chungcheongnam-do Kyeryoungsan; K, Chungcheongnam-do Muryang-san; L, Chungcheongnam-do Chilgapsan; M, Jeollabuk-do Naejangsan; N, Jeollabuk-do Duckysan; O, Jeollanam-do Jirisan; P, Gyeongsangnam-do Kayasan; Q, Gyeongsangnam-do Iwealsan; R, Gyeongsangnam-do Chuwangsan; S, Jeju-do Hallasan

*C. nutans*, *C. pruinosa*는 나뭇잎이나 이끼 사이에서 발생하고 자좌의 일부분이 지상부에 돌출되어 있으므로 채집이 용이한 생태적 특성을 확인할 수 있었다. 반면 *C. japonica*, *C. longissima*는 자좌가 어두운 회색과 적갈색 계열이며, 발생지의 나뭇가지 및 토양 색과 유사해서 발견이 어려웠다. *C. myrmecophila*, *C. sphecocephala*, *C. tricornis*는 자좌를 구성하는 두부 및 병부의 대부분이 지면에 노출되지만 실모양으로 가늘고 색상이 얼어 발견이 쉽지 않았다.

종별 수집량은 대다수가 10여점 미만으로 소량이었는데 자좌와 곤충의 크기가 작고 표본의 발생수가 절대적으로 적기 때문에 판단된다. 따라서 지역에 따른 발생 경향은 예측할 수 없었다. 그러나 노린재 성충에서 발생하는 *C. nutans*는 19개 조사지역 중 가야산 속리산을 포함한 14개소에서 438점이 수집되어 전체의 65%를 차지하였다. 이것은 *C. nutans*가 다른 종에 비해 우점종이며, 노린재는 대부분 종이 산림성 곤충으로 숲속 습기가 유지되는 낙엽층, 부엽토 등에서 서식하기 때문에 상호간 환경조건이 유사하여 균 침입의 기회도 많은 것으로 추측되며, 노린재의 표피의 단단함은 중간 정도이므로 감염 후에도 조

직 및 표피가 토양에서 부패하지 않을 정도의 적정 보존력을 지녔기 때문에 생각된다. *P. tenuipes*는 칠갑산, 무량산 등에서 총 116점이 수집되어 전체의 17.2%를 차지하였다. 본 균은 분생자병숙이 성숙하면 말단부위에는 다량의 분생포자를 발생시키므로 주변의 토양이나 나뭇잎 주변에 분생포자가 산개하므로 육안 상 발견이 쉽고, 불완전균류의 특성상 생육범위가 넓기 때문에 대부분의 채집지에서 발생한 것으로 판단된다. 그 외 *C. longissima*는 한라산 활엽수림 지역의 반경 5미터 내에서 8점이 일시 발견되었는데, 균은 지하 10~15 cm 깊이에서 매미 유충이 월동 중 감염되었으며, 두부의 2~5 cm 만이 지상으로 돌출되어 있었다. 토양은 매우 단단하여 채취시 일부 균은 자좌가 손상되었다.

채집종 가운데 단일지역 발생균은 *C. martialis* 등 8종이며 그 중 4종(*C. japonica*, *C. longissima*, *S. paradoxa*, *T. nigra*)이 한라산에서 발견되었다. 한라산은 동충하초뿐 아니라 버섯자원이 매우 다양한 것으로 알려져 있는데(Lee와 Oh, 1998), 이것은 섬 지역 특성 상 습도가 높고, 온도가 높아 균이 자라는데 매우 적절한 환경이며, 육지와 격리되어 있음으로 종 보존에 유리한 것으로 생각되며

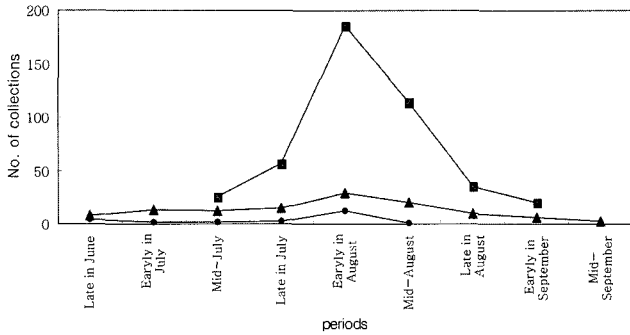


Fig. 1. Seasonal distribution of *Cordyceps militaris*, *C. nutans*, and *Paecilomyces tenuipes*. ●, *C. militaris*; ■, *C. nutans*; ▲, *P. tenuipes*.

추후 동충하초 자원의 다양성 연구에 주요 대상지로 생각된다.

채집군 중 다량 수집된 *C. militaris*, *C. nutans*, *P. tenuipes* 3종에 관하여 균의 시기별 수집량은 그림 1과 같다. *C. nutans*는 7월 중순부터 채집되어 점차 양이 증가하다가 8월 초순에는 186점으로 38.5%의 최대 발생량을 보였으며 그 후 발생량은 감소 추세를 보였다. 9월 중순 이후 *C. nutans*는 거의 발견되지 않으며, 불완전균인 *H. nutans*가 채집되었다. 이들은 동시에 나타나는 경우가 드문데 이것은 각 세대간 기간이 짧고 두 균간 생육환경이 다르기 때문이다. *C. militaris*는 6월 하순부터 발생하여 8월 중순까지 나타났으며, *C. nutans*와 동 시기인 8월 초순이 12점으로 많은 채집량을 보였으며, 9월 중순 이후 발견되는 표본은 자좌가 시들거나 두부가 일그러진 노화된 개체로 발견되었다. 한편 *P. tenuipes*는 6월 하순에서 발생량을 보여, 7월 중순에서 8월 중순까지 가장 많았으며, 9월 중순 늦은 시기까지 수집되어 다른 종에 비해 발생기간이 가장 길었다. 이는 완전세대 동충하초와 비교하여 성장환경에 비교적 영향을 적게 받은 것으로 보여진다.

## 2. 수집균의 속 분류 검색기

*Cordyceps* 등 7속에 대한 형태학적 분류는, 숙주 상에 자좌의 형태, 숙주가 곤충이거나 아닌 경우로 구분되며, 분생자병속의 형태, 분생포자의 발생형태와 분생자 형성 세포 유무 및 발달형태 등이 분류의 기준이 된다.

- 1a. 숙주 상에 자좌를 형성한다.....2
- 1b. 숙주 상에 무성세대의 분생자병속 혹은 분생포자를 형성한다 ..... 3
- 2a. 숙주가 곤충이거나 드물게는 균핵이다.....*Cordyceps*
- 2b. 숙주가 식물종자이다 ..... *Shimizuomyces*

- 3a. 분생자병속은 단단한 불임병부를 가지며 검은색이다 ..... 4
- 3b. 분생자병속이 위와 다른 형태이다 ..... 5
- 4a. phialides는 선단부의 자실층(hymenium-like)에 조밀하게 분포하며 곤봉형 혹은 실린더형이다 .....*Tilachlidiopsis*
- 4b. phialides는 단생 혹은 자실층에 조밀하게 분포하나 위의 형태가 아니다 ..... 5
- 5a. phialides는 기부가 팽창되고 목이 길며 송곳형이다 .....*Hirsutella*
- 5b. 자실층은 없고 phialides는 기부가 팽창되고 목이 길며 밀생하며 윤생형이다.....*Paecilomyces*

## 3. 종별 미세구조의 특성

- Cordyceps* Link, Handbuch 3: 347. 1833.
- = *Syphaeria* trib. *Cordyceps*, Fr. Syst. Myc. 2: 325. 1823.
- = *Cordylia* Fr. ex Ficus & Schubert, Fl. Dresden 2 en. 2: 331. 1823
- = *Torrubia* Lev. ex Tul. Ann. Sci. Nat. III 20: 43. 1853
- = *Akanthomyces* Lebert, Zeit. wiss. Zool. 9: 442. 1858.
- = *Polistophtora* Lebert, Zeit. wiss. Zool. 9: 452. 1861.
- = *Ophiocordyceps* Petch, Brit. Myc. Soc. Trans. 16: 73. 1931.

자좌는 곤충, 거미 등에서 발생되며 원통형, 곤봉형으로 단순하거나 때로는 분지한다. 흰색, 노란색, 주황색, 붉은색, 갈색, 황색, 회색, 초록색 혹은 검은색을 띠며, 때로는 두 가지 색이 복합되기도 한다. 병부를 가지며 균사가 종횡으로 엮어져 형성되어 상단에는 자낭각을 형성한다. 자낭각은 장구형, 계란형 혹은 원뿔형으로 자낭벽이 잘 발달했으며, 표면에만 있는 경우도 있으며 울타리 같은 조직에 부분 또는 완전히 쌓여 있다. 자낭은 실모양, 원통형, 방추형, 좁은 곤봉형이며 자낭벽은 얇고 정단의 자낭두부(cap)는 두텁다. 자낭포자는 실모양 혹은 좁은 방추형으로 투명하고 다격막을 가지며, 많은 종이 성숙시 단세포로 분절한다.

- 1a. 맥각균 균핵에 자생하고 자좌는 짙은 회색으로 곤봉형이며, 자낭각은 문헌형으로 450~540×210~294 μm이다.....*C. japonica*
- 1b. 곤충에 기생한다 ..... 2
- 2a. 나비목 곤충에 기생한다 ..... 4

- 2b. 나비목 곤충에 기생하지 않는다..... 3
- 3a. 자좌 조직은 단단한 육질이고 병부의 하단은 검은색, 상단은 주황색이며 노린재 성충에 기생하고 자낭각은 비스듬히 문힌형으로 650~830×180~250 μm이다..... *C. nutans*
- 3b. 자좌는 육질 혹은 섬유질이다..... 5
- 4a. 자좌는 주황색으로 1~3개 발생되고 곤봉형이며 자낭각은 반 문힌형이고, 자낭은 320~385×4.2~4.8 μm이다.....*C. militaris*
- 4b. 자좌는 주홍색으로 1개 발생되고 곤봉형이며 자낭각은 반 문힌형이고, 자낭은 256~270×5~6 μm이다.....*C. pruinosa*
- 5a. 자낭각은 비스듬히 문힌형이다..... 6
- 5b. 자낭각은 비스듬히 문힌형이 아니다..... 7
- 6a. 이차포자는 방추형이 아니다..... 7
- 6b. 이차 포자는 방추형으로 발달한다..... 8
- 7a. 자좌는 매우 가늘고 1개 발생되며 6×2 mm이고, 개미에 기생하며, 자낭각은 비스듬히 문힌형이고, 자낭은 450~650×4~5 μm이다..... *C. myrmecophila*
- 7b. 자좌는 매우 크다..... 9
- 8a. 자좌는 담황색으로 1~2개 발생되고 부속사가 없으며 면봉형이며, 벌 성충에 기생하며, 자낭각은 비스듬히 문힌형이고, 이차포자는 9.5~11.3×1.7~2.0 μm이다..... *C. sphecocephala*
- 8b. 자좌는 담황색으로 1개 발생되고, 거품벌레 성충에 기생하며 자낭각은 비스듬히 문힌형이며, 이차포자는 10~13.5×1.9~2.5 μm이다..... *C. tricentri*
- 9a. 자좌는 구형으로 흰색을 띠며 1개 발생되고, 자낭각은 문힌형이며, 자낭은 650~720×4.8~5.2 μm이다.....*C. gracilioides*
- 9b. 자좌는 불규칙형, 부정형이다..... 10
- 10a. 자좌는 곤봉형으로 1~2개 발생되고 적갈색을 띠며, 매미유충에 기생하고 자낭각은 문힌형이며, 자낭은 30~510×5~6 μm이다..... *C. longissima*
- 10b. 자좌는 곤봉형으로 1~3개가 형성되고, 딱정벌레 유충에 감염되며, 자낭각은 비스듬히 문힌형이며, 자낭은 280~495×3~3.5 μm이다.....*C. martialis*

- 1) *Cordyceps gracilioides* Kobayasi, The genus *Cordyceps* and its allies, p. 140. 1940.  
 = *Cordyceps menesteridis* Muell. et Berk., Gard. Chron. II (10) p. 791. 1878.  
 = *Cordyceps entomorrhiza* Link var. *monesteridis* (Muell. et Berk.) Cook, Veg. Wasps. p. 169. 1892.  
 = *Cordyceps entomorrhiza* Fr. sensu Moller, Phyco. u. Asco. p. 229. 1901.

자좌는 숙주 표면에서 1개가 형성되며 흰색을 띠고, 상부의 두부와 하부의 병부로 구성되어 경계가 매우 명확하다. 육안 관찰 시 표면이 매우 매끄럽다. 두부는 구형으로 직경 9~13 mm이고, 원통형의 병부는 27~29×3~5 mm 크기이다. 자낭각은 문힌형으로 배열되고 벽이 잘 발달되어 있으며, 크기는 660~720×200~205 μm이고, 자낭은 가는 원통형으로 650~720×4.8~5.2 μm이다. 자낭두부(cap)는 6.2~6.5×2.2~4.1 μm이고 자낭포자는 실모양이며 분절하여 이차포자로 발달한다. 이차포자는 원통형으로 9.5~15×1.5~2.2 μm이다. 분리균은 PDA 배지에서 24±1°C, 28일간 배양시 직경 30~35 mm로 생장이 느리며 colony는 앞, 뒷면이 흰색, 연노랑색을 나타냈다. 딱정벌레목(Coleoptera) 곤충의 유충 가슴복판 혹은 가슴등판에서 발생하였다. 충청남도 무량산(J10A, 1999. 7. 23), 충청남도 칠갑산(J10C, 2000. 8. 11), 제주도 한라산(J105, 2002. 6. 27)의 해발 550~600 미터 부근 활엽수림 지역의 낙엽층에서 발견되었다. 한국, 일본 등에 분포한다.

본 균은 *C. gracilis*와 형태가 유사하나, 유충이 각각 딱정벌레목과 나비목인 점, 두부가 담황색과 갈색인 점에서 구분된다(Kobayasi, 1940). 이의 불완전 세대는 *Isaria gracilioides* Kobayasi로 회귀종이며, 일본에서는 7~8월경에 발생된 보고가 있으나(Shimizu, 1994) 국내에서는 채집되지 않았다.

- 2) *Cordyceps japonica* Lloyd, Myc. Writ. VI p. 913. 1920.  
 = *Cordyceps capitata* Link var. *canadensis* Lloyd, Myc. Writ. V p. 609. 1916.  
 = *Cordyceps umemurai* Imai, Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc. XI p. 32. 1929.

자좌는 균핵 표면에서 형성되고 단생이거나 5~7개 다발로 발생하며 곤봉형으로 질은 회색을 띤다. 두부는 20~30×6~9 mm, 병부는 15~37×4~8 mm 크기이며, 두부와 병부의 경계가 명확하다. 자낭각은 문힌형으로 밀생하며 450~540×210~294 μm 크기이다. 자낭은 가는 원통형으로 200~285×8.0~11.0 μm이며, 자낭두부는 6.2~6.8×5.8~6.0

μm이다. 자낭포자는 분절하며 이차포자는 원통형으로 8.3~13.6×2.2~4.0 μm이다. 분리균은 PDA 배지 상에서 24 ±1°C, 14일 간 배양시 직경 32~35 mm로 성장하였으며 colony는 앞, 뒷면이 진한 회색, 짙은 황색을 나타내었다. 균은 구형의 균핵에서 발생하였으며 직경 13~25 mm로 검은색을 띠었다. 제주도 한라산(J107, J108, 2002. 8. 20)의 동일 장소에서 다수 개체가 발견되었다. 오스트리아, 일본, 한국 등에 분포한다.

땅속에서 발생하였으며, 채집시 미성숙 균의 자좌는 황색에서 점차 검은 회색으로 성숙되며, 자낭각은 240~325 ×110~170 μm로 작고 자낭포자가 형성되지 않았다. Shimizu(1994)의 표본은 대부분 소나무 숲에서 발견되었으며, 발생 초기는 담황녹색이며 성숙시 두부는 암록갈색, 병부는 담황녹색으로 본 표본과 색상 차이를 보였는데 이는 지역 간 발생 환경의 차이로 판단된다.

3) *Cordyceps longissima* Kobayasi, Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo, Bot. 6: 292. 1963.

자좌는 숙주에서 1~2개가 발생하며 곤봉형 혹은 불규칙형으로 표면이 다소 거칠어 보이며 적갈색을 띤다. 두부는 굴곡이 많으며 23~59×6~8 mm 크기이고, 병부는 원통형으로 37~151×2.5~4.0 mm이다. 자낭각은 문헌형으로 배열되고 553~600×215~270 μm이며, 자낭은 가는 원통형으로 330~510×5~6 μm이다. 자낭두부는 2.3×0.6 μm이며, 자낭포자는 실모양이며 분절된 이차포자는 원통형으로 11~13 ×1.4~1.8 μm이다. PDA 배지 상에서 24±1°C, 14일간 배양시 직경 28~32 mm로 성장하며 colony는 앞, 뒷면이 각각 흰색, 황색이었다. 매미목(Homoptera) 매미과(Cicadidae) 유지매미(*Graptopsaltria nigrofuscata* (Motschalsky)) 곤충의 유충 기생 등판에서 발생하였다. 제주도 한라산(J106, J106A, J106B, 2002. 6. 27)에서 수집되었으며 일본, 한국 등지에 분포한다.

숙주가 균에 감염되어 죽은 후 자좌가 형성할 때까지의 기간은 동충하초에 따라 다소 차이가 있는데, *Torrubiella* 속 및 *Podonectrioides* 속의 종은 감염 후 2~3개월 내에 자좌를 생성하고 동시에 자낭과 및 포자도 성숙한다. 본 균과 *C. yakushimensis*, *C. pseudolongissima* 등 세포막이 단단한 종은 땅속에서 생장시기가 길고 장기간 병부의 분지를 계속 반복한 후 자좌를 발생시키는데 평균 3~5년이 소요된다(Shimizu, 1994).

4) *Cordyceps martialis* Speg., Bol. Acad. Nac. Cordova 11(4): 535. 1889.  
= *Cordyceps huntii* Giard, Bul. Soc. Entom. France 64:

CLXXI. 1895.

= *Cordyceps submilitaris* Henn., Hedwigia 36: 222. 1897.  
= *Cordyceps klenei* Pat., Bul. Soc. Myc. France 24: 11. 1908.

자좌는 숙주 상에서 3개가 형성되며 불규칙한 곤봉형으로 갈색 혹은 적갈색을 띠며 크기는 18~22×4~8 mm이다. 표면이 매우 거칠며, 두부와 병부의 경계는 명확치 않다. 두부는 병부에 비해 팽창된 형태이며 병부는 다소 가늘다. 자낭각은 비스듬히 문헌형으로 배열되었으며 계란형 혹은 원뿔형태로 605~810×270~430 μm이다. 자낭은 폭이 좁은 원통형으로 280~495×3~3.5 μm이며 자낭두부(cap)가 있다. 자낭포자는 실모양으로 다격막으로 구성되며, 이차포자로 분절된다. 딱정벌레목(Coleoptera) 곤충의 유충에서 발생하였으며, 지리산(J6A, 2002. 8. 7)에서 낙엽에 쌓여 자좌의 두부만 일부 노출된 채로 발견되었다.

*C. martialis*와 *C. militaris*는 자좌의 형태와 색상이 매우 유사하여 오동정되기 쉬운 종으로 알려져 있으나(Mains, 1954), 본 균주에서는 두 종간 자좌의 색상이 상이하였으며 각각 딱정벌레목 유충과 나비목 곤충을 숙주로 하는 점, 두부에 배열된 자낭각이 비스듬히 문헌형과 반문헌형이라는 점에서 뚜렷한 차이점을 나타내었다.

5) *Cordyceps militaris* (L.) Fr., LINK, Handb. III p. 347. 1833.

= *Clavaria militaris* L., Sp. Pl. 2. p. 1182. 1753.  
= *Sphaeria militaris* Ehrh., Beitr. XXII pt. 3 p. 262. 1858.  
= *Kentrosporium militare* Wallroth, Beitr. Bot. fasc. II p. 166. 1844.  
= *Kentrosporium clavatum* Wallroth, Beitr. Bot. fasc. II p. 166. 1844.  
= *Torrubia militaris* TUL., Sel. Fung. Carp. III p. 6 pl. 1. 865.

자좌는 숙주 표면에서 1~3개가 발생되며 곤봉형으로 주황색을 띤다. 두부는 성숙시 자낭각이 돌출되어 표면이 다소 거칠어 보이며, 지상부를 향하여 일직으로 뻗거나 굽은 형태이었으며 크기는 9~23×6~8 mm이다. 병부는 27~30×6~7 mm로 두터우며 두부와 경계는 명확하거나 불명확하다. 자낭각은 반문헌형으로 배열되고 밀생하며, 크기는 465~510×260~310 μm이다. 자낭은 원통형으로 320~385×4.2~4.8 μm 크기이다. 자낭두부는 2.2~3.5×2~2.5 μm 이고, 자낭포자는 실모양의 다격막으로 구성되며 한 개 세포로 분절하며, 이차포자는 2.2~4.5×1.2~1.4 μm이다. PDA 배지 상에서 24±1°C, 14일간 배양시 직경 60~65 mm

로 성장하며, colony의 앞면은 흰색 혹은 연노랑색, 뒷면은 연노랑색을 띠었다. 나비목(Lepidoptera) 곤충의 번데기에서 발생하였다. 경기도 유명산(J1B, 1999. 6. 22), 강원도 오대산(J112, 2002. 8. 15) 등지의 낙엽 밑, 바위 틈, 이끼 위 등 습지에서 두부만 돌출된 상태로 발견되었다. 북미, 유럽, 일본, 실론섬, 중국, 한국 등 세계 전역에 분포한다.

*Cordyceps* 속 가운데 잘 알려진 종으로 적도권과 남방구에는 발생량이 적으며, 일본에서는 10년 전후를 주기로 집단적인 이상발생 현상을 나타내기도 하였다. 곤충의 번데기 혹은 유충에서 발생되며 고치를 뚫고 나와 형성되는 예도 있다. 1930년 6월 일본 채집 군주는 앞벌과 유충인 *Cimbex similis* Vollenhorem 종의 고치에서 발견됨으로써 *C. militaris*의 숙주 범위가 벌목(Hymenoptera)까지 포함하는 것을 알 수 있다. 또한 자좌는 최대 14개까지 발생한 예가 있으며, 병부는 백색의 불규칙한 원통형이 드물게 나타나는데, 그 형태와 크기는 자좌의 발생수와 숙주 등에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다(Mains, 1954). 불완전세대는 *Isaria farinosa*로 오랫동안 알려졌으나, Kobayasi(1940)에 의하여 *Cephalosporium* 속으로 확인되었다. *C. militaris*는 숙주가 감염된 후 자낭과를 형성하기까지 2~3 개월로 주기가 짧다(Shimizu, 1994).

- 6) *Cordyceps myrmecophila* Cesati, Bot. Zeit. IV p. 877. 1846.  
 = *Torrubia myrmecophila* (Cesati) Tul., Sel. Fung. Carp. III p. 18. 1865.  
 = *Cordyceps depokensis* Koord. ex Overeem, Trop. Natuur XIV p. 174. 1925.

자좌는 숙주로부터 1개가 발생되며 매우 가는 곤봉형으로 담황색을 띤다. 두부는 6×2 mm이며, 병부는 34×1 mm 이나 경계가 분명하지 않다. 자낭각은 비스듬히 묻힌형으로 배열된 계란형이며 500~950×180~270 μm이다. 자낭은 원통형으로 450~650×4~5 μm이며, 자낭포자는 실모양으로 다각막이며 이차포자로 분열한다. 벌목(Hymenoptera) 개미과(Formicidae)의 성충 가슴 복판에서 발생되었다. 강원도 점봉산(J32, 1999. 6. 24) 평지의 이끼사이에서 발견되었다. 뉴기니아, 대만, 말레이시아 보르네오섬, 북아메리카, 베트남, 브라질, 실론섬, 유럽, 일본, 중국, 한국 등지에 분포한다.

자좌의 형태는 계란형태 혹은 긴 계란형태로서 자좌의 형태가 바늘과 같이 가늘어 발견이 매우 어렵다. 일본에서는 1964년 이후 발견되지 않았다.

- 7) *Cordyceps nutans* Pat., Bull. soc. Myc. Fr. III p. 127

pl. XI, 1887.

= *Cordyceps nutans* Pat. var. *Acanthosomae* Hara, Nawa's Insect World XV p. 26, 1911.

자좌는 숙주에서 1~2개가 발생되며 면봉형이다. 두부는 주황색을 띠고 7~11×2 mm 크기이다. 병부는 하단은 검은색, 상단은 주황색이며 직선 혹은 약간 굽은 가는 형태로 단단하면서 광택을 띤다. 크기는 40~132×1~2 mm이며 두부와 경계는 매우 명확하다. 자낭각은 비스듬히 묻힌형으로 배열되고 끝이 좁고 굽은 형태이며 650~830×180~250 μm 크기이다. 자낭은 원통형이며 250~480×5.1~6.2 μm이다. 자낭두부(cap)는 6.5~6.9×5.0~5.2 μm이다. 자낭포자는 실모양이고 분열되며, 이차포자는 원통형으로 6.5~10×1.4~1.6 μm 크기이다. PDA 배지 상에서 24 ± 1°C, 14일간 배양시 직경 59~60 mm로 성장하며 colony의 앞, 뒷면은 담황색, 질은 갈색이었다. 노린재목(Hemiptera) 노린재과(Pentatomidae) 성충의 가슴 복판에서 발생하였으며, 강원도 오대산(J11A, 1999. 7. 23), 충청북도 속리산(J11E, 2002. 7. 11)의 계곡 주변 습지에서 낙엽에 묻힌 상태로 다수가 발견되었다. 뉴기니아, 대만, 중국, 일본, 한국 등지에서 분포한다.

일본에는 수백 개체에 이르는 규모로 이상 발생한 기록이 있으며, 두부는 타원형, 원통형 및 구형이 있다. 자좌색상은 선홍색, 등홍색, 담황색 등으로 균의 성숙도에 따라서 색은 다소 변하며, 노화되면 두부 색이 퇴색되고 시든다. 군주에 따라 두부를 형성하지 않고 홍색의 가는 바늘 형태로 퇴화되는 경우도 있고 발생 도중 자좌가 잘려 그대로 휴면하고 다음해 새로운 자좌를 발생하기도 한다(Shimizu, 1994).

- 8) *Cordyceps pruinosa* Petch, Trans. Brit. Myc. Soc. X p. 38. 1924.  
 = *Cordyceps mitrata* Pat., Bull. Soc. Myc. France XIV p. 196. 1898.

자좌는 숙주에서 1개가 형성되며 곤봉형으로 주홍색을 띤다. 두부는 7~9×3~4 mm 크기이며, 병부는 원통형으로 13~22×2~3 mm이다. 두부와 병부는 명확한 경계를 형성한다. 자낭각은 반묻힌형으로 배열되고 조밀하며 350~520×130~310 μm 크기이다. 자낭은 원통형으로 256~270×5~6 μm이며, 원통형의 이차포자는 3.2~5.1×0.8~1.3 μm 크기이다. PDA 배지 상에서 24 ± 1°C, 14일간 배양시 직경 35~42 mm로 성장하며, colony는 앞, 뒷면이 흰색, 연노랑색을 띠었다. 나비목(Lepidoptera) 곤충의 번데기에서 발생하였다. 조사균은 전라남도 지리산(J95, 2000. 7. 18), 경

상북도 가야산(J102, 2002. 8. 17)의 계곡을 낀 습지에서 발견되었다. 중국, 시베리아동부, 실론섬, 아프리카, 일본, 한국 등지에 분포한다.

일본의 수집균은 7~9월에 발생되어 국내 채집시기와 유사하며 나비목의 유충, 고치에서도 발견된다. 자좌는 작은 곤봉형이며 최대 4개까지 형성되며 홍색, 암홍색 혹은 담황색 등이 있다. 자낭각은 서양배 모양으로 대부분 반물린형이지만 물린형도 보고되고 있으며 기부가 백색인 경우도 있다(Shimizu, 1994).

9) *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. *Michelia* 1: 320. 1878.

≡ *Sphaeria sinensis* Berk. in Hooker, *Lond. Journ. Bot.* II p. 207 pl. VIII. 1843.

자좌는 숙주에서 대부분 1개, 드물게는 2개가 형성되며 곤봉형으로 표면이 매끈하다. 두부와 병부로 구성되어 경계가 뚜렷하다. 두부는 짙은 갈색이며 가운데가 부풀고 끝 부분은 뾰족하며 크기는 8~13×4~8 mm이다. 병부는 엷은 갈색으로 원통형이며 20~45×3~7 mm이다. 자낭각은 돌출된 상태로 배열되고 계란형으로 크기는 360~510×210~320 μm이다. 자낭은 원통형으로 370~390×11~13 μm이며 자낭포자는 실모양이다. 분절된 이차포자는 형태 및 크기가 규칙적인 원통형으로 6.0~7.0×1~1.5 μm이다. 나비목(Lepidoptera) 박쥐나방과(Hepialidae) 곤충의 유충 두부에서 발생되었다. 중국 사천성 감자지역(J21B, J33, 2001. 6. 12)의 해발 4800 m에서 채집되었으며 네팔, 러시아, 중국 등의 티베트 고원지역 지역에 분포한다.

동충하초의 가장 대표적인 균이며, 중국에서는 전통적으로 한방제로 이용해 왔다. 발생시기는 5~8월이며, 분포는 해발 3000~4500 m 이상의 고산지대 벼과와 버들여귀과 식물의 서식지에서 발생하며 채집이 매우 까다롭다(Gu와 An, 1987). 이들 불완전세대는 *Mortieralla hepiali*, *Cephalosporium sinensis*, *Paecilomyces hepiali*, *P. sinensis* 등 많은 학설이 있으며, 최근 *Hirsutella sinensis* 종이 가장 유력한 것으로 보고되나(Liu 등, 1989) 실내에서 완전세대가 형성된 사례가 없으므로 추후 더 연구되어야 할 과제이다. Shimizu(1994)는 *C. sinensis* 종이 이차포자로 분절하지 않는 것으로 보고하였으나, 본 시료에서는 분절된 이차포자가 관찰되었으며, Zang 등(1990)에 의해 관찰된 9~15×4~5 μm와 비교해 다소 작았다.

10) *Cordyceps sphecocephala* (Kl.) Sacc., *Michelia* I p. 321. 1879.

≡ *Sphaeria sphecocephala* Klotzsch ex Berk., *Lond. Journ. Bot.* II p. 206. 1843.

= *Polistophthora Antillarum* Lebert, *Siebold's Zeitschr. f. wiss. Zool.* IX p. 452. 1858.

= *Torrubia sphecocephala* (Kl.) Tul., *Sel. Fung. Carp.* III p. 18. 1865.

= *Cordyceps sphecophila* Berk. et Curt., *Journ. Linn. Soc.* X p. 376. 1869.

= *Cordyceps sphaecocephala* Masee, *Ann. Bot.* IX p. 13. 1895.

= *Torrubia sphaecophila* Schroet., *Krypt. Fl. Schles.* III 2 p. 277. 1905.

자좌는 숙주에서 1~2개가 발생하며 뿔봉형으로 담황색이다. 두부는 2~3×4~6 mm 크기이며, 병부는 매우 가늘고 긴 원통형으로 29~63×1~1.5 mm이다. 두부와 병부의 경계는 명확하다. 비스듬히 물린형으로 배열되고 760~1075×206~280 mm이다. 자낭각의 목부위(neck)는 폭이 좁고 약간 굽은 형이다. 자낭은 원통형으로 360~460×6.1~7.0 mm이며 자낭두부는 6.6~7.2×5.3~6.6 μm이다. 자낭포자는 실모양으로 다각막이며, 한 개 세포로 분절된 후 이차포자로 발달하여 방추형을 이루며 9.5~11.3×1.7~2.0 μm 크기이다. PDA 배지 상에 24±1°C, 30일간 배양시 직경 30~32 mm로 매우 느리게 성장하며, colony는 앞, 뒷면이 담황색, 짙은 갈색을 띠었으며 배지 상에서 2~5개의 분생 자병속이 형성되었다. 벌목(Hymenoptera) 곤충의 성충 가슴 복판에서 발생되었으며, 전라남도 지리산(J12A, 1999. 7. 20), 강원도 설악산(J201, 2002. 9. 12)의 활엽수림지, 이끼 사이, 낙엽 등에서 두부만 돌출된 채로 발견되었다. 대만, 브라질, 중국, 중남미(자마이카, 쿠바, 과들루프섬), 일본, 한국 등지에 분포한다.

일본에서는 주로 6월에서 9월경에 발생되고 자좌는 최대 14 개까지 형성된 기록이 있다. 노린재목(Hemiptera)에 감염되는 *C. tricentrus*와 *C. myrmecophila*는 *C. sphecocephala*와 형태적으로 매우 유사하다. 말벌류인 *Vespa auraria*에 발생된 자좌의 두부는 방추형이 아닌 원통형으로 발달하였다(Shimizu, 1994).

11) *Cordyceps tricentri* Yasuda, *Myc. Writ.* IV, Let. 60, p. 14. 1915.

= *Cordyceps aphrophorae* Yasuda, *Bot. Mag. Tokyo* 36 p. 51. 1922.

= *Cordyceps sphecocephala* Teng, *Sinensia* IV p. 288, 1924.

자좌는 숙주 상에서 1개가 형성되고 매우 가늘며 담황색을 띤다. 두부는 주걱형(spatulate)으로 3.2×2.7 mm 크



기이며, 병부는 43×2 mm로 두부와 경계가 명확하다. 자낭각은 비스듬히 물린형으로 배열되고 710~1100×188~290 μm이며, 자낭은 원통형이다. 이차포자는 방추형이며 10~13.5×1.9~2.5 μm이다. 매미목(Homoptera) 거품벌레과(Aphrophoridae)의 성충 두부에서 발생되었다. 경상북도 일월산(J199, 2002. 7. 11)의 계곡 부근에서 발견되었는데, 발생지는 습하며 이끼가 무성하고 서늘하였으며 이끼 사이에 두부만 돌출된 상태로 발견되었다. 대만, 중국, 일본, 한국 등지에 분포한다.

대부분 6~9월 발생량이 많으며 동충하초 중 매우 흔한 종으로 알려져 있으나, 다른 종에 비하여 숙주곤충 및 자좌가 작아 발견이 어렵다. 또한 두부의 형태는 타원형, 계란형 및 진주형 등으로 구분하거나, 비대한 영양형, 약간 왜소한 비영양형 및 발생기부터 왜소한 협선형 3가지 유형으로 구분하는데, 숙주의 크기와는 관련이 없는 것으로 보고되고 있다(Shimizu, 1994). 일본에서는 거품벌레 종인 *Aphrophora intermedia* Vhier와 *Aphrophora flavomaculata* Matsum에서 발견되었고, 중국에서는 말벌류(Hymenoptera Vespidae)에 감염된 표본에서도 발견(Zang과 Kinjo, 1998) 되는 것으로 보아 숙주의 범위가 완전히 구명되지 않은 것으로 생각된다.

*Hirsutella* Pat., Revue mycol., Toulouse 14: 67. 1892.

분생자병은 단성(單性, mononematous)이거나 속성(束性, synnematous)이며 분생자병속은 직립하며 원통형이거나 혹은 점차 가늘어진다. 또 짧고 거칠거나 길고 머리털과 같이 매끈하다. 때로는 분지한다. 분생자 시원세포는 윤생형으로 단생이거나 분생자병속을 따라 조밀하게 형성되는 자실층 유사조직에 phialides가 배열되며 기부는 대부분 부풀고 점차 가늘며 목 부위는 가늘다. 분생포자는 단세포 혹은 1개의 격막을 가지며 다양한 형태로 투명하다. 종종 오렌지 조각 같이 단편으로 발생하며, 점액으로 덮여 있기도 하다. 때로는 후막포자가 있고, 크고 평편하며 원반모양으로 두꺼운 벽을 가지며 여러 층은 균핵을 형성한다.

12) *Hirsutella nutans* Kobayasi, J. Jap. Bot. 24: 177. 1949.

불임의 병부는 숙주에서 1~2개가 발생되며 50~80×8~10 mm 크기이다. 두부는 흰색으로 곤충편 형태의 다수의 흰색 분생자병속을 형성하며 그 끝에는 다량의 분생포자가 발생한다. 병부는 검은색이며 상단에 형성된 분생포자는 타원형으로 2.5~3.5×1.3~1.6 μm이다. PDA 배지 상에서 24±1°C, 14일간 배양 시 직경 50~55 mm로 성장하며 colony는 앞, 뒷면이 흰색, 갈색을 띠었다. 노린재목(Hemiptera) 노린

재과(Pentatomidae) 성충의 가슴복판에서 발생되었다. 조사균은 충청남도 계룡산(J22A, 1999. 8. 1), 충청남도 칠갑산(J58, 2000. 8. 11), 전라남도 지리산(J68, 2001. 7), 충청북도 속리산(J101, 2002. 7. 11)의 습기가 많은 저지대에서 채집되었다. 일본, 한국 등지에 분포한다.

본 균은 *C. nutans*의 불완전세대로서 노화된 자좌에 중북 기생하는 것으로 알려져 있으며, 노린재만을 숙주로 하는 숙주 특이성이 강하다. 일본에서는 8~9월 발생되며 *C. nutans*의 채집지에 넓게 분포한다.

- Paecilomyces* Bainier, Bull. Soc. mycol. Fr. 23: 26. 1907.
- = *Spicaria* auct. [non Harting 1846].
- = *Isaria* Pers. ex Fr., 1832, pro parte.
- = *Alphitomyces* Reisssek-Sber. Akad. Wiss. Wien 21: 326. 1856.
- = *Corollium* sopp-Videnskapselskap. Skrifter Kristiania, I. Math.-Nat. Kl. 2: 98. 1912.
- = *Spicariopsis* Heim apud Heim & Bouriquet-Revue Path. veg. Ent. agric. Fr. 26: 25. 1939.
- = *Coremiopsis* Sizova & Suprun-Vest. mosk. gos. Univ. 2: 55. 1957.

분생자병은 직립하고 단성 혹은 속성으로, 여러 개의 윤생 가지로 발생한다. phialides는 조밀한 윤생의 호리병형으로 하부는 부풀 형태, 상부는 긴 목 부위로 구성된다. 산개한 분생포자는 연쇄상으로 발생되는데 단세포이거나 드물게 1개 격막을 가진 포자로 매끈하며 투명하다. 자주색 혹은 초록색으로 몇 종에서는 후막포자가 존재한다. colony는 약간 밝은 색상, 흰색, 노랑, 옅은 초록, 분홍, 빨강 혹은 자주색을 띠며, 균사는 투명하거나 약간 색상을 띠고 벽이 매끈하거나 거칠다. 배양 시 완전세대는 형성되지 않으나, 자연 상태에서는 몇몇 종이 *Torrubiella* 혹은 *Cordyceps* 속으로 알려져 있다.

- 1a. PDA 배지상 24±1°C, 14일 배양 시 colony는 흰색 혹은 노랑색을 띤다..... 2
- 1b. PDA 배지상 24±1°C, 14일 배양 시 colony는 위와 다른 색상이다..... 3
- 2a. 분생자병속은 한 개 또는 여러 개가 형성되고 담황색이며, 분생포자는 2.9~6.6×1.5~2.5 μm이다  
.....*P. tenuipes*
- 2b. 분생자병속은 여러 개가 형성되며 흰색 혹은 노랑색이며, 분생포자는 방추형으로 1.6~2.2×1.2~1.6 μm이다..... *P. farinosus*

2c. 분생자병속은 형성되며 위의 색상이 아니다..... 3

3a. 분생자병속은 10~60 mm로 신장되어 있고, 매미 유충에서 형성되며 분생포자는  $4.8\sim 7.5 \times 2.6\sim 3.5 \mu\text{m}$ 이다  
..... *P. cicadae*

3b. 분생자병속이 10 mm 미만 크기로 주홍색이며 앞벌레 성충에서 형성되며 분생포자는 타원형 혹은 종 모양으로  $2.5\sim 4.2 \times 1.5\sim 2.3 \mu\text{m}$ 이다  
..... *Paecilomyces sp.*

13) *Paecilomyces cicadae* (Miquel) Samson, Stud in Mycol. 6. 52. 1974.

= *Isaria cicadae* Miquel, Bull. Sci. phys. nat. neerl. 1838.

= *Cordyceps cicadae* (Miquel) Masee, Ann. Bot. 9: 38. 1895.

= *Isaria sinclairii* (Berk.) Lloyd, Myc. Writ. 7. 1179. 1923.

= *Sphaeria Basili* Taylor, New Zealand and its Inhabitants p. 424. 1844.

= *Sphaeria Sinclairii* Berk. in Hooker, Fl. New Zealand II p. 338. 1855.

= *Torrubia caespitosa* Tul., Sel. Fung. Carp. 3. 11. 1865.

숙주의 표면에서 2~3개의 분생자병속이 발생하며 20~60 × 3~5 mm이다. 선단에는 흰색 혹은 옅은 회색의 분생포자가 다량 발생한다. PDA 배지 상에서  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , 14일간 배양시 직경 35.6 mm로 성장하며, colony는 앞, 뒷면이 흰색이다. 20일 배양 시 직경 68~70 mm로 성장하며, colony는 앞, 뒷면이 각각 옅은 회색으로 나타났다. 배양된 균사의 직경은  $2.1\sim 4.5 \mu\text{m}$ 이며, 분생자병은  $1.9\sim 2.5 \mu\text{m}$ 이다. phialides는 분생자병으로부터 2~4개 단위로 형성되며  $4.1\sim 5.2 \times 2.7\sim 3.2 \mu\text{m}$ 이다. 목이 뾰족하며 뚜렷하고 장구형의 부풀 형태이다. 분생포자는 타원형 혹은 굽은형으로 체인형태로 발생하며  $4.8\sim 7.5 \times 2.6\sim 3.5 \mu\text{m}$ 이다. 매미목(Homoptera) 매미과(Cicadidae) 유충의 두부에서 발생하였으며, 전라북도 내장산(J16A, 1999. 9. 28)에서 수집되었으며, 토양 내에 숙주가 묻힌 상태로 발견되었다. 남아메리카, 뉴질랜드, 마다가스카르섬, 실론섬, 오스트레일리아, 일본, 중국, 한국 등지에 분포한다.

일본 동북지방에서 주기적으로 집단 발생하였는데 분생자병속이 1개 혹은 2~8개이고 분상의 분생포자가 발생하며 계란형, 타원형, 방추형 등이다. 일본에서는 여름철 *Meimuna opalifera*의 유충에서 발견되며 완전세대는 *C. sobolifera*로 알려져 있다(Shimizu, 1994).

14) *Paecilomyces farinosus* (Holm ex S.F. Gray) Brown

& Smith, Trans. Br. mycol. Soc. 40: 50. 1957.

= *Ramaria farinosa* Holm-Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrift. Ny. Saml. I: 279. 1781.

= *Clavaria farinosa* (Holm) Dickson-Plantar. Crypt. Brit. Fasc. 2: 25. 1790.

= *Corynoides farinosa* (Holm) ex S. F. Gray-Nat. Arrang. Brit. Pl., p. 654. 1821.

= *Isaria farinosa* (Holm ex S. F. Gray) Fr.-Syst. myco. 3: 271. 1832.

= *Spicaria farinosa* (Holm ex S. F. Gray) Vuill. - Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 27: 76. 1911.

= *Penicillium farinosum* (Holm ex S. F. Gray) biourge-la Cellule 33: 102. 1923.

= *Paecilomyces farinosus* (Holm ex S. F. Gray) Brown & Smith-Trans. Br. mycol. Soc. 40: 50. 1957.

숙주 표피 상에 1개에서 다수의 분생자병속이 형성되며 흰색 혹은 노란색이다. 분생자병속의 끝 부분은 곤봉형태이거나 분지한 후 흰색의 분생포자가 다량 발생한다. PDA 배지 상에서  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , 14일간 배양시 직경 39.8 mm, 21일간 배양시 58~63 mm로 성장하며 배지 앞면은 흰색, 뒷면은 노란색이다. 균사 직경은  $1.8\sim 2.2 \mu\text{m}$ 이고, 분생자병은 투명하며 직경  $1.0\sim 1.9 \mu\text{m}$ 이다. phialides는 윤생형으로 분생자병으로부터 2~4개 형성되는데, 하부는 부풀어 있고 상부로 갈수록 폭이 좁아지는 호리병형으로 크기는  $3.5\sim 5.9 \times 1.2\sim 1.5 \mu\text{m}$ 이다. 목(neck) 부위는 직경  $0.6\sim 0.8 \mu\text{m}$ 이며, 분생포자는 phialides로부터 연쇄상으로 발생하고 방추형으로  $1.6\sim 2.2 \times 1.2\sim 1.6 \mu\text{m}$  크기이다. 나비목(Lepidoptera) 곤충의 번데기에서 발생하였다. 경상북도 가야산(J301, 1999. 7. 16), 전라남도 지리산(J302, 1999. 7. 16), 강원도 설악산(J109, 2002. 9. 1) 등지의 낙엽 밑, 이끼 사이, 바위 틈, 특히 저지대의 깊지 않은 지표면에서 발견되었다. 뉴질랜드, 대만, 북미, 중국, 유럽, 일본, 한국 등지에 분포한다.

*P. farinosus*는 곤충의 전 시기에 걸쳐 발생하며, 파리목(Diptera), 매미목(Homoptera), 딱정벌레목(Coleoptera) 및 벌목(Hymenoptera)을 숙주로 하는 다범성균이다(Dunbar 등, 1972). 일본에서는 *P. tenuipes* 중만큼 흔하지는 않다. 많은 학자들에 의해 생물학적 방제제로 실험되기도 하였다. *Isaria farinosa*는 1781년 Holm에 의하여 최초로 기술되었으며, 1821년 Gray에 의해 증명으로 인정되었고 그 후 *P. farinosus*와 동종으로 확인되었다(Samson, 1974). *C. militaris*의 불완전세대로 보고되기도 하였으나(Petch, 1934; Kobayasi, 1940), Pacioni와 Frizzi(1977)에 의해 *C. memorabilis*로 확인되었다. *Paecilomyces* 중 분생포자의 직경이 다소 짧고, 배양시 colony는 노랑색으로 다른 종

과 뚜렷이 구분된다.

- 15) *Paecilomyces tenuipes* (Peck) Samson, Stud. Mycol. 6: 49. 1974.  
 = *Isaria suffruticosa* Cooke & Masee, Grevillea 19: 45. 1890.  
 = *Isaria dussii* Pat., Bull. Soc. mycol. Fr. 16: 187. 1900.  
 = *Isaria palmatifida* P. Henn., Hedwigia (Beiblatt) 41: 65. 1902.  
 = *Isaria ochracea* Boudies, Bull. Soc. mycol. Fr. 19: 197. 1903.  
 = *Spicaria ochracea* (Boudier) Vuill., Bull. trimest. Soc. mycol. Fr. 27: 76. 1911.  
 = *Penicillium ochraceum* (Boudier) Biourge, La Cellule 33: 104. 1923.  
 = *Gibellula eximia* Hhnel, Sber. k. Akad. Wiss. Wien 83: 37. 1907.  
 = *Isaria japonica* Yasuda, Bot. Mag. Tokyo 29: 117. 1915.  
 = *Isaria peckoltii* Lloyd, Mycol. Writings 6: 884. 1919.  
 = *Spicaria heliothis* Charles, Phytopathology 28: 97. 1938.  
 = *Paecilomyces heliothis* (Charles) Brown & Smith, Trans. Br. mycol. Soc. 40: 75. 1957.  
 = *Isaria yokohamensis* Y. Kobayasi, Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daig., Sect. B, 5: 237. 1941.

분생자병속은 숙주 표면에서부터 1~5개가 형성되고 담황색 또는 크림색을 띠며 강한 버섯향이 난다. 미성숙한 분생자병속은 끝 부분이 뾰족한 나뭇가지형이다. 성숙시에는 끝 부분이 분지하여 다량의 분생포자가 발생한다. 분생포자는 원통형 혹은 계란형의 약간 굽은 형태로  $3.4\sim 5.3 \times 1.5\sim 2 \mu\text{m}$  크기이다. phialides는 부풀고 팽창한 형태로 분생자병 상에 형성된다. PDA 배지 상에  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , 14일 배양 시 직경 32~40 mm로 성장하며 colony는 앞, 뒷면이 각각 옅은 담황색과 연노랑색을 띤다. 균사 직경은  $2.5\sim 3.1 \mu\text{m}$ 이다. 분생자병은 투명하며 부드러운 벽을 가지며 윤생형이다. 분생포자는 타원형의 단세포로  $2.9\sim 6.6 \times 1.5\sim 2.5 \mu\text{m}$ 이다. phialides는 분생자병 상에 3~4개 발생하며 하부가 구형으로 팽창되어 있고 상부로 갈수록 폭이 좁아지는 호리병형으로  $4.0\sim 6.6 \times 2.0\sim 2.2 \mu\text{m}$  크기이며 자연상태 균에 비하여 다소 크다. phialides의 목(neck) 부위는  $0.5\sim 1 \mu\text{m}$ 이다. 나비목(Lepidoptera) 곤충의 유충, 번데기, 성충의 전 단계에 걸쳐 발생한다. 경기도 광교산(J2A, 1999. 9. 12), 전라북도 덕유산(J2B, J2C, 2000. 8. 3)의 계곡 및 습지 등의 낙엽 혹은 이끼 사이에서 발생하

였다. 네팔, 대만, 중국, 일본, 한국 등지에 분포한다.

*Paecilomyces* 속은 윤생의 분생자병에 팽창한 phialidic 분생자 신생세포 및 사슬모양의 분생포자의 특징이 뚜렷이 관찰되는 대표적 불완전균이다. *P. tenuipes*는 1890년 Cooke과 Masee에 의하여 *Isaria suffruticosa*로 명명된 이후 1941년 Kobayasi에 이르러 *I. yokohamensis*로 명명되기까지 *Isaria* 속내에서 다양한 증명으로 불려져 왔다. 그러나 윤생의 가지와 phialides를 가지는 분생자병의 특징이 *Isaria* 속 중 일부 종에 뚜렷이 나타남에 따라 *Paecilomyces* 속으로 분류되었으며 *I. japonica*도 *Paecilomyces* 속으로 옮겨지면서 *P. tenuipes*로 명명되었다(Samson 등, 1988). 완전세대는 *C. takaomontana*로 일부 보고되며(Dana-uchi와 Fukatsu, 1999), 동일 개체에서 불완전균과 동시 발생하는 균주도 있다(Kobayasi, 1940). 국내에서는 학명이 *P. japonica*로 잘못 인용되었으므로 재동정되었다(Nam 등, 2002).

#### 16) *Paecilomyces* sp.

숙주에서 다수의 분생자병속이 발생되며 주홍색을 띠고 길이는 3~8 mm이다. 분생자병속 끝에는 흰색의 분생포자가 다수 형성된다. PDA 배지 상에서  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , 14일간 배양시 직경 45~47 mm로 빠른 성장을 보인다. 배지 앞면은 주홍색, 뒷면의 중심부는 담황색이며 바깥부분은 주홍색을 띤다. 배양 시 광에 의하여 분생자병속이 쉽게 형성된다. 영양균사는 부드러운 벽을 가지며 투명하고 직경  $1.8\sim 2.3 \mu\text{m}$ 이다. 분생자병은 직립하며 격막이 있고 직경  $1.5\sim 2.2 \mu\text{m}$ 이다. phialides는 3~5개가 조밀하게 형성되며  $3.5\sim 6.1 \times 1.5\sim 2.0 \mu\text{m}$ 의 짧은 원통형으로 하부가 팽창되어 있다. 목(neck) 부위가 뚜렷하며 직경  $0.5 \mu\text{m}$ 이다. 분생포자는 대부분 종모양(campanulate)이나 타원형도 있으며  $2.5\sim 4.2 \times 1.5\sim 2.3 \mu\text{m}$ 이다. 딱정벌레목(Coleoptera) 앞벌레붙이과(Lagriidae) 성충의 두부, 측판 등 넓은 부위에 걸쳐 형성되었으며, 전라남도 지리산(J67, 2001. 8. 7)에서 수집되었다.

채집 기간 중 1점만이 발견되었으며, *Paecilomyces* 종 가운데 phialides 크기가 작고 분생포자 형태가 매우 특이하다.

*Shimizuomyces* Kobayasi, Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo, Bot. 7: 1. 1981.

식물종자에서 발생하며 땅속 혹은 지표면에서 발견된다. 과실 표면은 백색의 균사막으로 전면 덮여 있고, 자좌는 곤봉형으로 1~4개가 발생된다. 병부는 원통형이며 두부는 상부에 형성되며 경계가 명확치 않다. 자낭각은 물린형으로 배열되고 서양배 형태로, 자낭은 갈고리 형태이다.

17) *Shimizuomyces paradoxa* Kobayasi, Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo, Bot. 7(1): 1. 1981.

자좌는 단생의 곤봉형으로 회색빛을 띠며 27×5 mm 크기이다. 두부는 원통형으로 8×4 mm이다. 병부는 19×3 mm이며, 자낭각은 문헌형으로 배열되고 서양배 모양으로 290~380×200~250 μm이다. 자낭은 갈고리 형태로, 가운데는 두터우며 양끝으로 갈수록 점점 가늘어져 끝이 뾰족하고 110~140×4.8~7.2 μm 크기이다. 2~6개의 자낭포자를 포함하며 61~75×1.4~2.4 μm이며 이차포자로 분절하지 않는다. 청가시덩굴(*Smilax sieboldii*) 열매에 기생하며, 표면은 백색의 균사막으로 덮여 있다. 제주도 한라산(J198, 2002. 8)에서 채집되었으며, 자좌의 색상이 선명하지 않아 발견이 어렵다. 일본, 한국 등지에 분포한다.

일본에서는 산 주변의 식물이 있는 곳에서 대량 발생 보고가 있으나 일반적으로 대단히 희귀한 균으로 분류된다. 낙엽이 있는 수목림, 습지에서 발생하며 두부는 원통형, 좁은 타원형 등이 발견되며 백황색 혹은 크림백색 등이 있다. 동충하초 중 예외적으로 숙주가 과실에서 발생하는 균으로 *Shimizuomyces* 속과 *Neocordyceps* 속이 있다 (Shimizu, 1994).

*Tilachliidiopsis* Keissl., Ann. Naturhist. Mus. Wien 37: 215. 1924.

분생자병속은 밀생하거나 규칙적으로 분지하며 선단 부위는 뚜렷하고 불임 병부(sterile stipe)는 조밀하다. 약간 색상이 있거나 검은색이다. 분생자병은 정단 부위에 모여 있고, 분생자 시원세포가 밀집한 자실층을 형성한다. 분생자 시원세포는 phialides와 같은 곤봉형이거나 실린더형이며 점성을 띠기도 한다. 분생포자를 형성하며 연쇄상이 아니고, 단세포로 매끈하며 투명하다.

18) *Tilachliidiopsis nigra* Yakusiji et Kumazawa, Bot. Mag. Tokyo XLIV p. 461. 1930.; Y. Kobayasi in Bot. Mag. Tokyo LI p. 102 pl. II. 1937.

≡ *Isaria nigra* Yakusiji et Kumazawa l.c. p. 42 et 73.

불임의 병부는 숙주로부터 1개가 형성되며 광택을 띤 검은색이며 구불구불한 형태로 110×1.5 mm이다. 병부의 끝 부분은 분지하며, 곤충핀 형태로 흰색의 불임 두부를 형성하는데 2~3 mm 크기이다. 분생포자가 끝 부분에 다량 존재하며 장타원형으로 8.3~10.2×2.2~2.8 μm이다. 딱정벌레목(Coleoptera) 딱정벌레과(Carabidae) 성충의 두부에서 발생되었으며, 제주도 한라산(J197, 2002. 8)의 북쪽 저지대에서 발견되었다. 일본, 한국 등지에서 분포한다.

일본에서는 6~10월 발생하며, 딱정벌레과의 유충, 번데기, 성충 등 모든 시기에 걸쳐 발생하였다. *C. entomorrhiza*의 자좌와 외형 및 조직이 유사하다(Mains, 1954; Samson, 1988).

#### 4. 종별 형태학적 특성 비교

수집 종의 특성을 비교해 볼 때, *Cordyceps* 속은 곤충을 숙주로 하며, 자좌는 평균 1~2개이고, 흰색, 주황색, 담홍색, 검정색 등 원색계열로 나타나며, 자낭각은 두부에 특정 형태로 배열되어 있으며, 자낭은 원통형, 자낭포자는 실모양이며 이차포자로 발달하였다. 그러나 *C. japonica*의 경우에는 자좌가 5~7개까지 발생되기도 하였으며, 자좌 색상은 미성숙한 상태의 채집균은 옅은 색상이며, 성숙한 균은 짙은 색상을 띠었으며, *C. japonica*, *C. pruinosa* 등 일부 종에서는 국내 수집종과 일본종(Shimizu, 1994)과 비교시 색상에 다소 차이를 보였다. 이것은 버섯류는 위도와 해발 고도가 다를 때 생장의 차이가 있고 평균 온도에 따라 조직색의 담도가 조절되기 때문인 것으로 보인다(Steyaert, 1972). 자낭각은 두부표면에 배열된 상태에 따라 돌출형, 문헌형, 비스듬히 문헌형으로 구분되는데 본 조사에서는 Shimizu(1994)의 결과와 대부분 일치하였고, 이차포자의 경우에도 종에 따라 전형적인 형태를 확인할 수 있었다. 한편 *C. myrmecophila*는 수집균과 Shimizu의 균은 벌목(Hymenoptera)과 딱정벌레목(Coleoptera)에서 각각 발생하였으며, 특히 자낭각, 자낭, 자낭포자 및 이차포자의 크기에서도 크기에 다소 차이가 있었다. 이러한 원인은 숙주 영양체의 크기와 발생지 환경이 다르므로, 생육에 차이를 보인 것으로 판단된다. *C. sinensis*의 발생환경은 고산지대이며 숙주특이성이 매우 강한 균이지만, 본 수집균에서 자좌 내의 미세구조는 수집된 다른 종과 특이할 만한 차이점은 없었다.

*Paecilomyces*는 분생자병속, 분생포자 등의 형태, 발생수 등이 종 분류기준이 되며 특히 윤생형으로 발달하는 phialides가 속의 특징이 있었다. 본 시험에 수집된 종은 호리병 형태의 phialides를 대부분 2~5개 형성하고, 타원형, 원통형 또는 방추형 분생포자를 발생하였다. 그 중 *P. tenuipes*는 Samson이 보고한 종과 비교했을 때 분생자병속은 담황색과 노랑색으로 균주에 따라 다소 차이가 있음을 확인하였다. 배양 균체는 야생 분생자병속과 유사한 색상을 띠었고, 배지는 종류에 따라 균사체의 형태와 색은 차이를 가짐으로 동정에 기준으로 활용 가능하다.

## 적 요

국내 자생 동충하초균의 발생환경과 그 발생빈도를 조

사하고 수집된 표본의 형태적 특성에 의해 동정하였다.

국내 산지 19개소에서 1999년부터 2002년까지 수집된 동충하초는 5속 17종이었으며(*Cordyceps gracilioides*, *C. japonica*, *C. longissima*, *C. martialis*, *C. militaris*, *C. myrmecophila*, *C. nutans*, *C. pruinosa*, *C. sphecocephala*, *C. tracentri*, *Hirsutella nutans*, *Paecilomyces cicadae*, *P. farinosus*, *P. tenuipes*, *Paecilomyces sp.*, *Shimizuomyces paradoxa*, *Tilachlidiopsis nigra*), 그 외 중국도입 *C. sinensis* 균 특성도 추가조사하였다. 국내수집 균주는 계곡 및 저습지, 이끼지역, 활엽수림 등에 주로 분포하였으며, 제한된 조사지역과 채집시기에 비하여 다양한 종이 발견되었으나, 종별 채집 수는 10여 점으로서 발생빈도는 대체로 낮았다. 제주도는 내륙과 격리된 남쪽에 위치하므로 비교적 온난하며 한라산은 기후의 수직분포가 커서 종의 분포가 다양하며 특이한 것으로 평가된다. 수집종은 온도가 높고 습기가 많은 8월 초순에 많이 채집되었으며, *C. nutans*, *C. militaris*, *P. tenuipes*의 발생빈도가 현저히 높았고 그 중에서 *C. nutans*는 667점 중 65%로서 우점종이었다. *Cordyceps*는 숙주개체 당 1~2개의 자좌를 형성하며, 자낭 각 배열과 이차포자 발달에는 종내 변이가 없으나, 자좌의 수, 형태, 색상 등은 발생환경 및 숙주에 따른 변이가 인정되었다.

## 인용문헌

- Alexopoulos, C. J., C. W. Mims and M. Blackwell (1996) Introductory mycology. Fourth edition. Jone Wiley and Sons, INC, pp. 307.
- Cooke, M. C. (1892) Vegetable wasps and plant worms. Society for Promoting Christian Knowledge. London. pp. 1~364.
- Dana-uchi A. and T. Fukatsu (1999) Light induced fruit body formation of an entomogenous fungus *Paecilomyces tenuipes*. Mycoscience, **40**: 349~351.
- Dunbar, D. M., R. M. Veseloh and G. S. Walton (1972) A fungus observed on egg clusters of the Gypsy Moth, *Porthetria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Ann. ent. Xoc. Am., **65**: 1419~1421.
- Evans, H. C. and R. A. Samson (1982) *Cordyceps* species and their anamorphs pathogenic on ants(Formicidae) in tropical forest ecosystems I. The Cephalotes(Myrmicinae) complex. Trans. Br. Mycol. Soc., **79**(3): 431~453.
- Evans, H. C. and R. A. Samson (1984) *Cordyceps* species and their anamorphs pathogenic on ants (Formicidae) in tropical forest ecosystems II. The Camponotus(Formicinae) complex. Trans. Brit. Mycol. Soc., **82**: 127~150.
- Kobayasi, Y. (1940) The genus *Cordyceps* and its allies. Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daikaku, Sect. B., **5**: 53~260.
- Kobayasi, Y. (1982) Keys to the taxa of the genera *Cordyceps* and *Torrubiella*. Trans. Mycol. Soc. Japan. **23**: 329~364.
- Kobayasi, Y. and D. Shimizu (1983) Iconography of vegetable wasps and plant worms. Hoikusha Publishing Company Ltd. Osaka. pp. 1~280.
- Lee, J. B. and D. C. Oh (1998) Higher fungi of cheju-do (I) - Unrecorded mushrooms. Kor. J. Mycol., **26**(4): 538~550. (In Korean).
- Lee, T. S. and Y. W. Lee (1958) A list of Korean fungi, Part II, Central Forest Experiment Station. Seoul. p. 33.
- Lee, Y. W. (1959) A list of the Korean fungi, Part III, Central Forest Experiment Station, Seoul. p. 9.
- Lim, J. H. and K. B. Kim (1973) Taxonomic investigations on Korean higher fungi(II). Two unrecorded species of the genus *Cordyceps* in Korea. Kor. J. Mycol., **1**: 13~16. (In Korean).
- Mains, E. B. (1954) North American entomogenous species of *Cordyceps*. Mycologia., **50**: 169~222.
- Nam, S. H., S. Lee and S. Y. Cho (2002) Nomenclatural studies on *Paecilomyces tenuipes* in Korea. Kor. J. Seric. Sci., **44**(1): 28~31. (In Korean).
- Petch, T. (1931) Notes on entomogenous fungi. Trans. Br. Mycol. Soc., **16**: 55~75.
- Petch, T. (1944) Notes on entomogenous fungi. Trans. Br. Mycol. Soc., **27**: 81~93.
- Pacioni, G. and G. Frizzi (1977) *Paecilomyces farinosus*, the conidial state of *Cordyceps memorabilis*. Can. J. Bot., **56**: 391~394.
- Samson, R. A. (1974) *Paecilomyces* and some allied Hyphomycetes, Centraalbureau voor schimmel Cultures Baarn. pp. 1~105.
- Samson, R. A., C. H. Evans and J. P. Satge (1988) Atlas of entomopathogenic fungi. Springer-Verlag. pp. 1~18.
- Shimizu, D. (1994). Color iconography of vegetable wasps and plant worms. Seibundo shinkosa. Japan. pp 1~381. (In Japanese).
- Steyaert, R. L. (1972) Species of *Ganoderma* and related genera mainly of the Boger and Liedon hebaria. Persoonia. **7**: 55~118.
- Sung, J. M. (1996) The insects-born fungus of Korea in color. Kyo Hank Pub. Co., Seoul. pp. 1~299. (In Korean).
- Tanada, Y. and H. K. Kaya (1993) Insect pathology, Academic press. pp. 2~364.
- Zang, M. and N. Kinjo (1998) Notes on the alpine *Cordyceps* of China and nearby nations. Mycotaxon. **44**: 215~229.
- Zang, M., D. R. Yang and C. D. Li (1990) A new taxon in the genus *Cordyceps* from China. Mycotaxon. **37**: 57~62.