

동충하초 자원의 효율적 이용에 관한 고찰

남성희* · 정이연 · 홍인표 · 지상덕 · 박해철 · 이진근¹ · 이명렬 · 장승중
농업과학기술원 농업생물부, ¹경상북도 농업기술원

Study on the Efficient Utilization of Entomopathogenic Fungi, *Cordyceps* Species

Sung-Hee Nam*, I-Yeon Jung, In-Pyo Hong, Sang-Duk Ji, Hae-Chul Park,
Jin-Keun Lee¹, Myung-Ryul Lee and Seung-Jong Chang

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science Technology, RDA, Suwon 441-100, Korea
¹GyeongsangBuk-do Agricultural Technology Administration, Daegu 702-708, Korea

ABSTRACT

For the purpose of accumulating the research outcomes on *Cordyceps* and retrieving them efficiently, this study was carried out to identify and standardize the key factors in cultivating *Paecilomyces tenuipes* and classifying characteristics of *Cordyceps*. The key factors in cultivating *Paecilomyces tenuipes* are divided into three major sections according to its stage: silkworm rearing period, cultivation period, and preservation period. Silkworm rearing and cultivation sections are divided into three sub-sections: temperature, humidity, and duration. There are other factors including rearing tools, equipment etc. The key factors in classifying characteristics of *Cordyceps* are divided into 14 items, 41 divisions on the basis of its general features and its taxonomic features. 14 items contain general article, host, perithecium, conidia, etc. 41 divisions are partitioned by its size and color. The classification system of Kobayasi (1940) or of Shimizu (1994) was adopted for the key factors of *Cordyceps* species and their anarmorphs.

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

서 론

고대 중국에서 유래된 동충하초는 우수한 활성물질이 구명되어 예로부터 불로장생의 비약으로 알려져 왔다. 더욱이 동충하초는 종에 따라 약리효능이 다양한 것으로 밝혀져 있는데, *Cordyceps sinensis*에 감염된 유충을 황달, 아편중독, 결핵, 암 등 질병의 치료에 이용하였으며(Gee, 1918), 가잠에서 발생한 *Beauveria bassiana* 균을 천식의 치료에 사용하였다(Tanada & Kaya, 1993). 일본에서는 *C. militaris*와 *C. ophioglossoides*에서 면역기능 증강, 항암 효과가 있는 생리활성물질을 확인한 바가 있다(Ohori et al., 1986; Kiho et al., 1996). 세계에 걸쳐 자생하는 동충하초는 수백여 종에 달하며, 이에 대한 잠재된 가치가 높게 평가되므로 그 관심이 현재까지 지속되고 있다.

한편, 국내에서는 자생 균이 매우 희귀하므로 최근까지 인식이 저조하였으나, 눈꽃동충하초(*Paecilomyces tenuipes*)

로부터 면역력 증강, 항암 등의 우수한 약리효능을 구명하고, 대량생산에 성공함으로써(Cho et al., 1999; Shin et al., 2001) 연구가 급진전되어, 현재에는 진균분류(Bae et al., 2002; Park et al., 2001) 및 미생물 제재 연구 분야에도 확대 적용되고 있다. 따라서 농업과학기술원에서는 국내에 자생하는 다양한 동충하초 자원을 수집하였고, 그 중 눈꽃동충하초균의 재배기술을 개발하여 농가의 새로운 작목으로 생산기술을 보급하였으나, 지금까지도 농가에서는 균 재배에 관한 기술정보 획득에 어려움을 겪고 있으며, 보유자원에 관한 정보 수혜는 일반인에게는 매우 어려운 실정이다. 따라서 보다 객관성 있고 쉽게 접근할 수 있는 균 특성 및 재배기술 정보가 절실히 요청되고 있다. 본 연구에서는 농가에서 *Paecilomyces tenuipes* 재배시 요구되는 필수정보에 관하여 주요 관리요소를 설정하고, 수집된 *Cordyceps* 속균의 분류학적 특성에 관하여 표준화를 위한 요소를 설정함으로써 현재까지 수행된 연구결과의

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

자료구축과 이용의 효율성을 제고코자 하였다.

재료 및 방법

1. *Paecilomyces tenuipes* 재배일정 주요항목 조사

동충하초 재배관리 항목 설정을 위해 누에동충하초의 재배시기에 따라, 누에사육, 버섯재배, 버섯재배 종료 후 관리 절차 등으로 구분하였다. 누에사육 및 동충하초 재배에 요구되는 잠실, 잠구 등에 관한 소독작업과 재배 과정에 필요한 소요장비 및 제품의 품질성상 등에 관한 세부항목을 추가 조사하였다. 각 요소별 분석 자료는 누에 표준사육법(농촌진흥청, 1990), 동충하초 표준재배법(농촌진흥청, 1988; 남 등, 1999)에 근거하였다.

2. 동충하초 균 특성 주요소

전년가지 농업과학기술원에서 수집된 동충하초균 17종을 대상으로 하였으며, 완전세대균 12종(*Cordyceps graciloides*, *C. japonica*, *C. longissima*, *C. martialis*, *C. militaris*, *C. myrmecophila*, *C. nutans*, *C. pruinosa*, *C. sinensis*, *C. sphecocephala*, *C. tricornis*, *Shimizuomyces paradoxa*)과 불완전균종 5종(*Paecilomyces cicadae*, *P. farinosus*, *P. tenuipes*, *P. amoeneroseus*, *Tilachlidiopsis nigra*)이다. *Cordyceps*속의 특징을 규정지을 수 있는 요소분석은, 일반적 균 특성과 분류학적 특성으로 구분하였으며, 일반적 특성은 채집지, 날짜, 채집자 등 기초 자료로 이용되는 요소들이며, 분류학적 특성은 기주와 자실체 또는 분생자병속에서 형성된 구조분석의 특성이다. *Cordyceps* 속 등 완전세대 종은 Kobayasi(1940)와 Shimizu(1994), 불완전균은 Samson(1988) 분류기준을 기초로 하였다.

결과 및 고찰

1. 재배관리 주요항목 설정 및 재배표 작성

동충하초 농가의 재배 실패를 방지하고 작업능률을 향상시키기 위해, 누에동충하초 재배기술 중 관리측면의 주요항목을 선별하였으며 그 결과를 표준 재배표로 작성하였다. 누에동충하초는 눈꽃동충하초 균에 감염된 기주번데기와 자실체의 결합체를 뜻하며, 재배과정은 시기별 3 단계로 구분하였으며, 첫째 누에사육, 둘째 버섯재배, 셋째 관리과정으로 하였고, 하부구조로 세부항목을 지정하였다(표 1). 누에사육은 유충경과 1령에서 5령 및 누에 상족까지의 기간이며, 버섯재배는 누에고치 절건시기부터 재배 착수하여 재배 종료시를 기준으로 한다. 세부항목은 환경요인을 중심으로 하였으며, 대표적으로 온도, 습도, 시기별 경과일수를 표기하였다. 특히 누에고치 절건은 동충

하초 재배시 매우 중요한 작업과정으로, 비고란을 두어 상족시점으로 부터 9-13일 경과 후 번데기가 경화된 상태를

Table 1. The key factors in cultivating *Paecilomyces tenuipes*

Section	Sub-Section	Contents
Silkworm rearing	Period, Mounting of silkworm, Cutting of cocoon	Temperature, Humidity, Duration of feeding period
	Cultivation of <i>P. tenuipes</i>	Temperature, Humidity, Culture period
Preservation	Disinfection	Formalin, Calcium hypochlorite, Sodium hypochloride
	Contaminated fungi	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>P. fumosoroseus</i> , <i>Tricothecium roseum</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Syspastospora parasitica</i>
	Harvest, Drying, Keeping	-
Other factors	Rearing tools, Equipment, Compounds of <i>Cordyceps</i>	-

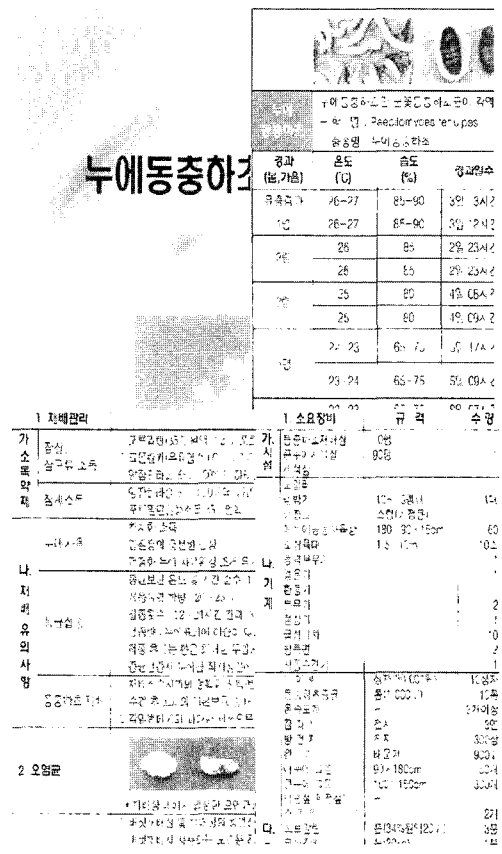


Fig. 1. The standard cultivation plates of *Paecilomyces tenuipes*.

Table 2. The key factors in classifying characteristics of *Cordyceps* and its allies

Items	Divisions
1 General articles	ID, Scientific name, Korean name Collecting site, Date, Collector
2 Fruiting body	Number, Shape, Color, Size
3 Stipe	Color, Size
4 Head	Shape, Color, Size
5 Host	Scientific name, Stage, Development part
6 Perithecium	Shape, Size,
7 Ascus	Shape, Size
8 Ascospore	Shape, Size
9 Secondary spore	Shape, Size
10 Synemata	Number, Color, Size
11 Conidiophore	Color, Shape, Size
12 Conidia	Color, Shape, Size
13 Culture strain	Culture, Culture media, Colony size
14 Picture	Photo of fruiting body, Photo of Microscopic, SEM
14	41

확인 후 절건하도록 명시하였다. 재배과정에 요구되는 온도 및 습도는 생산량을 측정하는 주 요인으로 작용하며, 그 처리조건은 경과일수에 영향을 미친다. 재배종료 후 자실체가 2-3 cm 신장한 동충하초는 수확한다.

관리과정은 소독, 오염균, 버섯 보관법을 기재하였으며, 소독은 누에사육시기에 수행하는 것은 약제별, 적정농도를 표기하였다. 또한 재배상 내에서 발생 우려되는 오염균의 사진을 수록하였으며, 재배종료 후 건조 및 보관법을 상세히 기재하였다. 그 외 기타항목으로 기계, 자재, 동충하초의 성상을 기술하였으며, 특히 누에동충하초의 기능성 효과 및 동충하초 제품별 성분비교 결과는 현재까지도 수요자들이 많은 관심을 가지고 있는 사안이다.

본 3항목 및 기타항목을 기초로 하여, 얻어진 결과는 재배농가 보급을 위해 재배표로 작성하였다(그림 1).

2. 동충하초 자원의 특성 표준화 기준설정

동충하초 중별 특성조사 요소로는 일반적 균 특성과 분류학적 균 특성으로 구분하였으며, 14 Item에는 일반사항,

Table 3. Input data of the species of *Cordyceps* based on taxonomic characteristics

Fungus	Host		Stroma				Perithecium		Secondary spore**	
	Insect	Stage	No.	Color	Shape	Head (mm)	Stipe (mm)	Arrange-ment*	Size (µm)	Size (µm)
<i>Cordyceps gracilioides</i>	Coleoptera	larva	1	white	capitate	9~13	27~29	EI	660~720 ×200~205	9.5~15 ×1.5~2.2
<i>Cordyceps japonica</i>	-	-	1 or 5~7	dark gray	clavate	20~30	15~37	EI	450~540 ×210~294	8.3~13.6 ×2.2~4.0
<i>Cordyceps longissima</i>	Homoptera Cicadidae	larva	1~2	reddish brown	irregular clavate	23~59	37~151	OI	555600 ×215~270	11~13 ×1.4~1.8
<i>Cordyceps martialis</i>	Coleoptera	larva	39.5	brown or reddish brown	irregular clavate	18~22	(stroma)	OI	605~810 ×270~430	-
<i>Cordyceps militaris</i>	Lepidoptera	pupa	1~3	orange	clavate	9~13	27~30	PI	465~510 ×260~310	2.2~4.5 ×1.2~1.4
<i>Cordyceps myrmecophila</i>	Hymenoptera Formicidae	adult	1	saffron yellow	clavate	6	34	OI	500~950 ×180~270	-
<i>Cordyceps nutans</i>	Hemiptera Pentatomidae	adult	1~2	orange	subcapita	7~11	40~132	OI	650~830 ×180~250	6.5~10 ×1.4~1.6
<i>Cordyceps pruinosa</i>	Lepidoptera	pupa	1	reddish orange	clavate	7~9	13~22	PI	350~520 ×130~310	3.2~5.1 ×0.8~1.3
<i>Cordyceps sinensis</i>	Lepidoptera Hepialidae	larva	1~2	dark brown	clavate,	8~13	20~45	QS	360~510 ×210~320	6.0~7.0 ×11.5
<i>Cordyceps sphecocephala</i>	Hymenoptera	larva	1~2	saffron yellow	subcapita	3	29~63	QI	760~1075 ×206~280	9.5~11.3 ×1.7~2.0
<i>Cordyceps tricenri</i>	Homoptera Aphrophoridae	adult	1	saffron yellow	spatulate	3.2	43	QI	710~1100 ×188290	10~13.5 ×1.9~2.5
<i>Shimizuomyces paradoxa</i>	Smilax sieboldii	fruit	1	gray	clavate	8	19	EI	290~380 ×200~250	-

* Perithecia entirely immersed in the fleshy stroma, partly immersed, obliquity immersed or quite superficial. EI, entirely immersed; PI, partly immersed; OI, obliquity immersed ; QS, quite superficial. **Ascospore often separate into 1 celled secondary spores.

Table 4. Input data of the anarmorphs of *Cordyceps* based on taxonomic characteristics

Fungus	Host		Synnemata		Mycelium diameter*		Phialide		Conidia	
	Insect	Stage	No.	Color	Diameter (mm)	Color	No.	Size (µm)	Shape	Size (µm)
<i>Paecilomyces cicadae</i>	Homoptera Cicadidae	larva	2~3	pale gray	35.9	pale gray	2~4	4.1~5.2 2.7~3.2	ellipsoidal or reniform	4.8~7.5 ×2.6~3.5
<i>Paecilomyces farinosus</i>	Lepidoptera	pupa	1~several	white or yellow	39.8	white	2~4	3.5~5.9 1.2~1.5	ellipsoidal or fusiform	1.6~2.2 ×1.21.6
<i>Paecilomyces tenuipes</i>	Lepidoptera	pupa	1~many	whitish yellow or cream	32~40	whitish yellow or cream	3~4	4.0~6.6 2.0~2.2	cylindrical	2.9~6.6 ×1.5~2.5
<i>Paecilomyces amoenerosus</i>	Coleoptera Lagriidae	adult	many	reddish orange	45~47	reddish orange	3~5	3.5~6.1 1.5~2.0	campanulate	2.5~4.2 ×1.5~2.3
<i>Tilachliodopsis nigra</i>	Coleoptera Carabidae	adult	1	black	-	-	-	-	cylindrical	8.3~10.2 ×2.2~2.8

자루, 두부, 기주, 자낭각, 자낭, 자낭포자, 이차포자, 자좌, 분생자병, 분생포자, 배지, 사진으로 주요 구조 별로 구분하였으며, 그 하부에 41 Division으로 나누어 일반사항에는 부여번호, 학명, 국명, 수집지, 수집일자, 수집자를 기록하고, 그 외 자실체 관련 구조물에 관한 설명은 크기, 색상, 갯수 등으로 특성 조항을 완성하였다. 동충하초의 분류학적 종 기술은 형태학적 특성이 기초가 된다. 그 중 기주 곤충과 자실체 특성이 핵심이며, 자실체는 유성생식 단계를 잇는 자낭포자를 내포하고 있다. 몇몇 종에서는 동충하초의 자실체가 매우 유사하여 오동정도 많은 실정이다. *C. sinensis*는 *C. gansuensis*, *C. crassispora*, *C. kangdingensis*, *C. nepalensis* 및 *C. multiaxialis*와 유사한 것으로 보고되고 있으며(Liu et al, 2001), *C. militaris*는 *C. martialis* 와 *C. pruinosa*, *C. sphecocephala*는 *C. tricornis*와 자실체 색상이 유사하여 종종 오동정된다(Shimizu, 1994). 따라서 동충하초가 갖는 다양한 색상에 관하여 정확한 동정자료를 얻기 위해서는 색상에 대한 최적화된 전달체계가 이루어져야 하므로, 표준 규격에 준하여(한국색채연구소, 1991) 육안으로 판단하는 오차를 최소화하였다. Division에서 미세구조의 크기 단위는 자좌, 자루, 분생자병속은 mm로 하였고, 자낭각, 자낭, 자낭포자, 이차포자, 분생자병 및 분생포자는 um 단위로 통일하여, 표준형태를 택하였다(Kirk et al, 2001). 본 연구에서는 균의 주요 특성조사 내용을 표준화함으로써 동충하초의 정확한 동정 및 추후 정보구축(<http://goodinsect.niast.go.kr>) 및 보급을 위한 기초자료로 제공된다(표 3, 표 4).

적 요

본 연구에서는 동충하초 연구정보 구축 및 정보이용을 위한 효율성을 제고를 목적으로 *Paecilomyces tenuipes* 재배관리 요소와 *Cordyceps* 종의 특성분석에서 요구되는 주요 요소를 설정, 표준화하고자 하였다.

결과 *Paecilomyces tenuipes* 재배관리에 요구되는 주요 요소는 재배일정에 따라 누에사육과정, 버섯재배과정, 관리과정의 3항목으로 구분하였다. 누에사육 및 버섯재배 과정은 3개 하부항목으로 세분하여 온도, 습도 경과일수를 조사하였다. 기타 항목으로는 사육도구, 소요장비 등이다. 동충하초 종별 특성조사 요소로는 일반적 균 특성과 분류학적 균 특성을 중심으로 14 Item, 41 Division으로 구분하였는데, 14 Item은 일반사항, 기주, 자낭각, 분생포자 등 구조물에 따라 구분하였으며, 14 Item에 관한 크기, 색상 등에 따라 41 Division으로 세분하였다.

참고문헌

Bae, J. S., N. S. Park, B. R. Jin, H. O. Lee, E. J. Park, Li Y. Tologr and S. M. Lee (2002) Determination of the ribosomal DNA internal transcribed spacers and 5.8S rDNA sequences of *Cordyceps* species. *Int. J. Indust Entomol.* **5**(1): 85~91.

Gee, N. G. (1918) Notes on *Cordyceps sinensis*. *Mycol. Notes.* **54**: 767~768.

Kiho, T., Y. Kaizu, N. Taketomo and A. Tusunoo (1996) Physiological activities of the extracts from cultured mycelia of *Cordyceps militaris* (Vuill.) Fr. *Bull. Gen. Educ. TokyoMed. Dent. Univ.* **26**: 7~14.

Kirk P. M., P. F. Cannon, J. C. David and J. A. Stalpers (2001) *Dictionary of the fungi*. CAB Publishing. p 480.

Kobayasi, Y. (1940) The genus *Cordyceps* and its allies. *Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daikaku, Sect. B.* **5**: 53~260.

Ohmori, T., K. Tamura, S. Tsuru and K. Nomoto (1981) Antitumoractivity of protein-bound polysaccharide from *Cordyceps ophioglossoides* in mice. *Jpn. J. Cancer Res. (Gann).* **77**: 1256~1263.

Park, J. E., G. Y. Kim Park, H. S., Nam, B. H., An, W. G., Cha, J. H., Lee, T. H. and J. D. Lee (2001) Phylogenetic analysis of caterpillar fungi by comparing ITS 1-5.8S-ITS 2 ribosomal DNA sequences. *Mycobiology.* **29**(3): 121~131.

Samson, R. A., C. H. Evans and J. Satge (1988) *Atlas of*

- Entomopathogenic fungi. Springer-Verlag, pp. 5.
- Shimizu, D. (1994) Color iconography of vegetable wasps and plant worms. Seibundo Shinkosha, p 1~372.
- Shin K. H., S. S. Lim, S. H. Lee, Y. S. Lee and S. Y. Cho (2001) Antioxidant and immunostimulating activities of the fruiting bodies of *Paecilomyces japonica*, a new type of *Cordyceps* sp. *Healthy Aging for Functional Longevity*. **928**: 261~273.
- Tanada, Y. and H. K. Kaya (1993) *Insect pathology*, Academic press. pp. 2~364.
- Liu Z. Y., Y. J. Liang, Q. L. Zang, A. Y. Liu, D. N. Pegler and W. C. Mark (2001) Molecular evidence for the anamorph-teleomorph connection in *Cordyceps sinensis*, *Mycol. Res.* **105**(7): 827~832.
- 남성희, 정이연, 지상덕, 조세연 (1999) 눈꽃동충하초의 형태 및 배양 조건. *Kor. J. Seric. Sci.* **41**(1): 36~41.
- 농촌진흥청 (1988) 표준영농교본, 버섯재배기술. pp. 211~218
- 농촌진흥청 (1990) 새 잡업기술과 경영. pp. 5~443
- 조세연, 신국현, 송성규, 성재모 (1999) 누에동충하초 생산 및 유용 물질 생산. *농촌진흥청*. pp. 1~234.
- 한국색채연구소 (1991) 우리말 색이름 사전. KBS 삼정인쇄. pp. 1~119.