

번데기동충하초(*Cordyceps militaris*)의 군사 생장

성재모* · 최영상 · 부산 쓰레스타 · 박영준

강원대학교 자원생물환경학부

Cultural Characteristics of Mycelial Growth by *Cordyceps militaris*

Jae-Mo Sung*, Young-Sang Choi, Bhushan Shrestha and Young-Joon Park

Department of Environmental Biology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received November 12, 2001)

ABSTRACT: Cultural characteristics of *Cordyceps militaris* preserved in EFCC, Kangwon National University were investigated for the mass production. The higher mycelial density of *C. militaris* was observed in Sabouraud's yeast and Yeast Malt agars, but the higher mycelial growth in Mushroom Minimal agar than other agars. The mycelium of *C. militaris* was observed to grow well at 25°C and pH 6.0 respectively. The dextrose was found the best suitable energy source among the carbohydrates used for its mycelial growth, while the fructose or lactose observed to be well for mycelial growth. Hemoglobin was observed to be the best among the protein sources used for mycelial growth, while tryptone found to be the best in the spore formation. Similarly, the mycelial growth was best in mineral salts of KH_2PO_4 or K_2HPO_4 and the optimum C/N ratio was 100:1.

KEYWORDS: Carbon source, Liquid spawn, Mycelial growth, Nitrogen source

동충하초속균의 분류학적 위치는 자낭균문(Ascomycota), 핵균강(Pyrenomycetes), 육좌균목(Hypocreales), 맥각균과(Clavicipitaceae), 동충하초속(*Cordyceps*)에 속하며 한국을 비롯한 중국, 일본 등 전 세계적으로는 800여종이 알려졌으나 300종이 기록되었다(Glare and Milner, 1991; Humber, 2000; Kobayasi, 1941, 1982; Mains, 1958; Samson, 1974; Seaver, 1911; Sung *et al.*, 1997; Zeng, 1998; 성, 1996). 동충하초속균의 생활사는 곤충의 유충, 번데기, 성충의 전 생육단계에 걸쳐 침입하여 기주의 표면에 분생포자를 형성하거나 곤충체 안에 내생균핵을 형성하여 월동하며 적합한 환경조건을 만나면 자실체를 형성하여 자낭포자를 분산한다(Brady, 1979; Kobayasi, 1982; Samson, 1995; Sung *et al.*, 1993; 성, 1996; 성 등, 1998). 이러한 동충하초의 대표종은 번데기동충하초(*Cordyceps militaris*)로 한국에 많이 자생하는 것으로 알려졌다. Holmskiold(1781)는 유충과 번데기를 기주로 한 번데기동충하초에 관하여 기술하였으며 번데기동충하초[*Cordyceps militaris* (L. ex Fr.) Link]는 *Cordyceps*속을 *Spharia*(Persoon, 1801)속에 위치시킨 바 있으나 Fries(1823)에 의해 *Cordyceps*속은 *Spharia*속의 한 절로 명명되었다. 그 후 Tulsane(1857)는 번데기동충하초의 불완전세대가 *Paecilomyces farinosus* 인을 발표한 바 있고 Sevear(1911)는 번데기동충하초를

*Cordyceps*속의 대표종(type species)으로 소개하였다.

번데기동충하초(*Cordyceps militaris*)는 주로 나비목(Lepidoptera)의 유충 또는 번데기를 기주로 하여 주황색의 곤봉형 자좌를 형성하는 곤충기생균(Entomopathogenic fungi)의 일종이며 자낭각은 반돌출형이며 원통형의 자낭안에 실모양의 자낭포자들이 존재한다.

동충하초속균의 유용성분의 이용측면에서 군사 배양물이나 자실체의 추출성분의 약리효과가 알려졌는데 Ying 등(1987)은 약용동충하초로는 *C. sinensis*, *C. hawkesii*, *C. martialis*, *C. militaris*, *C. ophioglossoides*, *C. sobolifera* 등을 기술하였다. 이 가운데 번데기동충하초가 생산하는 Cordycepin(3'-deoxyadenosin)은 항세균, 항암효과를 가지며 RNA의 합성을 저해하며 탈피호르몬인 ecdysone을 억제하여 용화를 저지함을 보고하였다(Cunningham *et al.* 1951; Iwashima, 1992; Hung *et al.*, 1996). Furuya 등(1983)은 *Cordyceps*속과 *Isaria*속의 배양균사체로부터 Ca^{2+} 길항작용과 근육수축 작용제의 기능을 갖는 N^6 -(2-Hydroxyethyl)adenosine와 Cordycepin, adenosine을 추출하였음을 보고하였다.

이러한 연구를 토대로 번데기동충하초의 효능으로는 항세균, 항진균, 항암제, 면역기능의 증강제, 마약중독의 해독제 등의 불로장생의 비약으로 알려져 있으며(Ying Jianzhe *et al.*, 1987), 최근 국내에서도 동충하초를 이용한 건강보조식품이 개발되어지고 있는 실정이다. 그러나 자연계에서 동충하초는 채집이 어렵고 지역이 한정되어

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

있으며 채집되는 양이 적기 때문에 채집된 동충하초를 이용한 제품의 개발과 유용 약리 성분의 분석, 의약품 소재로서의 개발은 현실적으로 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 국내에서 채집된 번데기동충하초균을 공시균주로 배양적인 특성을 알아내어 번데기동충하초의 안정적인 재배 및 대량생산을 위한 기초자료를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시균주

균주는 강원대학교 동충하초은행(EFCC, Entomopathogenic Fungal Culture Collection)에서 1989년부터 2000년까지 강원도일대에서 채집하여 분리 동정된 균주와 ATCC(American Type Culture Collection)등에서 분양 받은 3개 균주를 사용하였다. 보관중인 모균주를 PDA (potato dextrose agar; Difco) 평판배지에 접종한 후 24°C의 배양기에서 10일간 배양한 후 접종원으로 이용하였다.

배양적 특성조사

적정배지를 선발하기 위하여 PDA를 비롯한 9종의 배지를 이용하였으며 각각의 배지는 121°C에서 20분간 멸균한 후 87 mm Petri dish에 분주하여 조제하였으며 PDA배지에서 10일간 배양된 균사 선단 부분을 6 mm cork borer로 균총을 떼어내어 접종하였다. 접종된 배지는 24°C의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경과 균사배양 밀도를 측정하였다. 각각의 배지에서 포자형성조사는 C257 균주와 C754 균주의 균사 가장자리 6 mm 균총을 1,000배의 Triton X-100(SHINYO Pure Chemical, Japan), 1 ml이 들어있는 microtube에 희석한 후 hemacytometer를 이용하여 광학현미경(Axiolab, ZEISS, Germany)으로 각각 3반복 측정하였다(Table 2). 배양적 정 온도는 YMA를 멸균하여 87 mm Petri dish에 분주한 후 PDA 배지에서 10일간 배양된 C257, C404, C672, C754, C1015 균주의 균사 가장자리 6 mm 균총을 떼어내어 접종하였다. 접종된 번데기동충하초는 5°C부터 30°C까지 각각의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경을 측정하였다. 균사배양에 적합한 pH 범위를 조사하기 위하여 0.1 N HCl과 0.1 N NaOH로 pH 4.0부터 pH 9.0까지 조절된 YMA 배지를 87 mm Petri dish에 분주한 후 PDA 배지에서 10일간 배양된 균주의 균사 가장자리 6 mm 균총을 떼어내어 접종하였다. 접종된 Petri dish는 24°C의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경을 측정하였다.

생리적 특성조사

적합한 탄소원을 선발하기 위하여 합성배지인 Czapek-Dox(Difco) 배지를 기본배지로 dextrose, fructose, man-

nose, lactose, maltose, starch의 농도를 saccharose 30 g와 동일한 탄소량이 되도록 조절하여 각각의 배지를 조제하였다. PDA 배지에서 배양된 C257 균주와 C754 균주 균사가장자리의 6 mm 균총을 떼어내어 접종한 후 24°C의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경과 포자수를 측정하였다. 적합한 질소원을 선발하기 위하여 탄소원으로 Saccharose 30 g/l 이 고정된 Czapek-Dox agar 배지에 무기질소원으로는 potassium nitrate, ammonium nitrate, ammonium phosphate와 유기질소원으로는 hemoglobin, peptone, tryptone, yeast extract를 sodium nitrate 3.0 g과 동일한 함량이 되도록 조절하여 각각의 배지를 조제하였다. PDA 배지에서 10일간 배양된 C257 균주와 C754 균주의 균사가장자리 6 mm 균총을 떼어내어 접종한 후 24°C의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경과 포자수를 측정하였다. 적합한 무기염류를 선발하기 위하여 탄소원으로는 dextrose와 질소원으로는 hemoglobin을 20 : 1의 비율로 첨가한 후 K₂HPO₄를 포함한 7종의 무기염류를 0.02%로 조절하여 배지를 조제하였다. PDA 배지에서 10일간 배양된 C238, C257, C412, C754, C1390균주의 균사가장자리의 6 mm 균총을 떼어내어 접종한 후 24°C의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경을 측정하였다. 적합한 탄소원과 질소원의 함량비율을 시험하고자 Czapek-Dox(Difco) 배지를 기본배지로 하여 탄소원으로는 dextrose와 질소원으로는 hemoglobin의 농도를 20, 40, 60, 80, 100 : 1로 조절하여 배지를 조제하였다. PDA 배지에서 배양된 C238, C404, C412, C754, C1741 균주의 균사가장자리 6 mm 균총을 떼어내어 접종한 후 24°C의 incubator에서 10일간 배양한 후 균사의 직경을 측정하였다.

결 과

배양적 특성조사

번데기동충하초균의 적정배지는 PDA를 비롯한 9가지

Table 1. Mycelial growth and sporulation of *Cordyceps militaris* C754 on various agars

Media	CD ^a	MD ^b	Sp ^c
PDA	47.5	ST	66
MCM	49.6	ST	50
MMM	63.0	T	3
YMA	42.8	SC	100
MYA	45.0	C	4
SDAY	47.6	ST	43
HMA	40.0	SC	94
CDA	50.6	C	6
OMA	57.5	C	4

^aCD, Colony diameter (mm).

^bMD, Mycelial density, T; Thin, ST; Somewhat thin, SC; Somewhat compact, C; Compact.

^cSp, Sporulation ($\times 10^5$ /ml).

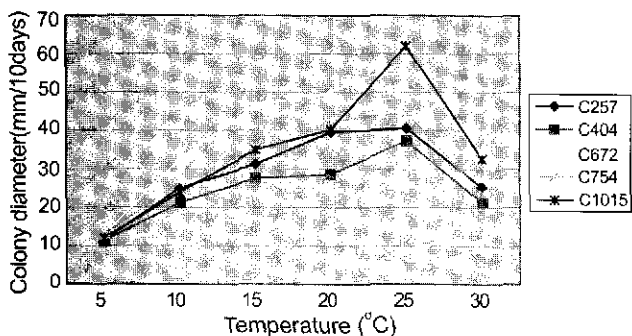


Fig. 1. Effect of temperature on mycelial growth of *Cordyceps militaris* in YMA.

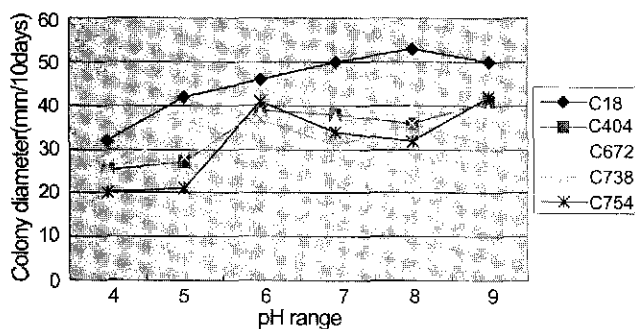


Fig. 2. Effect of pH ranges on mycelial growth of *Cordyceps militaris* in YMA.

의 배지가운데 포자형성이 높게 나타난 배지는 YMA 배지와 SDAY 배지, HMA 배지, PDA 배지로 순서로 나타났으며 MMM 배지에서 균사생장이 양호하였으며 CDA 배지에서 기중균사가 두껍게 형성되었다(Table 1). 균사배양에 적합한 온도는 25°C에서 균사생장이 양호하였다(Fig. 2). 적합한 pH 범위는 pH 6.0에서 pH 8.0까지의 배지에서 균사생장이 양호하였다(Fig. 2).

생리적 특성조사

균사생장에 적합한 탄소원은 fructose와 lactose가 들어간 배지에서 우수하였으며 dextrose에서 포자형성이

Table 2. Effect of carbon source on mycelial growth and sporulation of *Cordyceps militaris* C754 in CDA

Carbon source	CD ^a	MD ^b	Sp ^c
Dextrose	52.0	SC	79
Fructose	57.3	SC	18
Mannose	46.0	C	43
Lactose	53.6	T	93
Maltose	43.6	SC	78
Saccharose	49.0	SC	66
Starch	46.5	ST	54

^aCD, Colony diameter (mm).

^bMD, Mycelial density; T, Thin; ST, Somewhat thin; SC, Somewhat compact; C, Compact.

^cSp, Sporulation ($\times 10^5$ /ml).

Table 3. Effect of nitrogen source on mycelial growth and sporulation of *Cordyceps militaris* C754 in CDA

Nitrogen source	CD ^a	MD ^b	Sp ^c
NaNO ₃	44.6	T	1
KNO ₃	47.0	T	0
NH ₄ NO ₃	40.6	T	0
(NH ₄) ₂ HPO ₄	23.0	SC	73
Hemoglobin	45.3	ST	9
Peptone	35.0	SC	8
Tryptone	43.3	C	49
Yeast extract	42.0	SC	13

^aCD, Colony diameter.

^bMD, Mycelial density, T, Thin; ST, Somewhat thin; SC, Somewhat compact; C, Compact.

^cSp, Sporulation ($\times 10^5$ /ml).

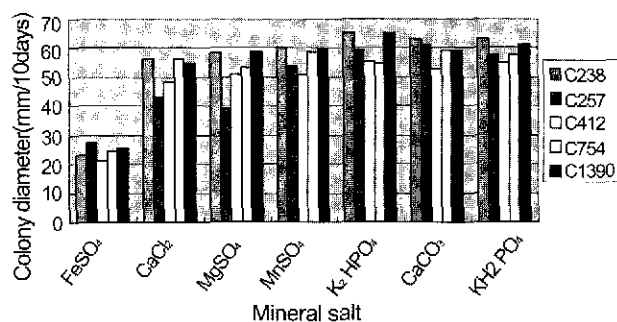


Fig. 3. Effect of mineral salt on mycelial growth of *Cordyceps militaris*.

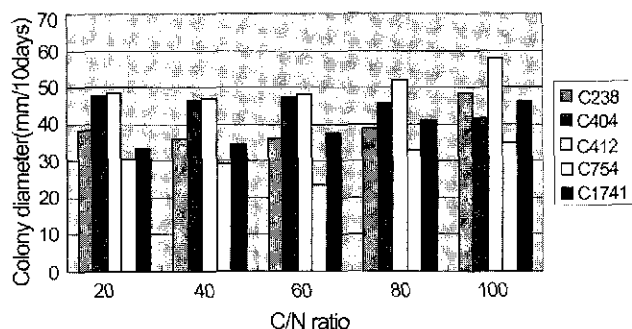


Fig. 4. Effect of C/N ratio on mycelial growth of *Cordyceps militaris*.

안정적인 것으로 조사되었다. 기중균사의 밀도는 lactose를 제외한 모든 탄소원에서 유사한 밀도를 나타내었다(Table 2). 적합한 질소원은 무기질소원보다는 유기질소원에서 균사생장과 포자형성이 양호한 것으로 조사되었으며 potassium nitrate와 hemoglobin에서 균사생장이 우수하였고 기중균사의 밀도와 포자형성은 tryptone에서 가장 높게 나타났다(Table 3). 무기염류인 K₂HPO₄와 KH₂PO₄, CaCO₃에서 균사생장이 양호하였다(Fig. 3). C404 균주를 제외한 모든 실험균주에서 100 : 1의 C/N 비에서 균사생장이 양호하였다(Fig. 4).

고 찰

번데기동충하초(*Cordyceps militaris*)는 동충하초의 대표종이면서 *Cordyceps*속군이 가지고 있는 특유의 생리활성물질인 Cordycepin이 가장 많이 함유한 종으로 이에 대한 관심이 집중되어 이에 대한 산업화를 위한 연구가 실시되고 있다. 그러나 번데기동충하초는 자연상태에서 채집하기가 어렵고 너무 작기 때문에 재료의 확보가 어려운 상태이다. 이를 위하여서는 인공으로 자실체를 형성하여 많은 재료를 확보하는 것이 중요하다. 자실체 인공 배양에 관한 연구는 1867년 de Bary에 의해 최초로 이루어 졌다. Petit(1895)는 인공배지를 이용하여 자실체의 형성에 관하여 보고하였으며 Sopp(1911)는 맥아 추출배지와 peptone과 urine, 콩의 추출액 등이 첨가된 배지를 사용하여 완전한 자좌를 얻는데 최초로 성공하였다. 그 후 Yakusiji와 Kumazawa(1932)와 Kobayasi(1941), Basith와 Madelin(1968), Wang(1989), Sung(1993, 1999), 李(1996), 金(1998), Choi 등(1999) 등에 의하여 연구하여 보고된 바 있으나 인공자실체의 대량 생산에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 연구는 번데기동충하초의 배양적 특성과 생리적 특성에 대한 기본적인 연구를 통하여 인공 자실체 형성하는데 목적이 있다.

번데기동충하초의 균사를 배양하는데 적절한 배지로는 YMA 배지와 SDAY 배지, HMA 배지, PDA 배지에서 포자형성이 높은 것으로 조사되었으며 균사생장이 양호한 배지는 MMM 배지이었고 CDA 배지에서는 기중균사의 발달이 양호한 것으로 본 실험을 통해 나타났다. 이에 대한 연구로 Basith와 Madelin(1968)는 3%의 malt extract agar에 균주를 보관하였으며 성(1993) 등은 HM 배지에서 균사생장이 가장 우수하였고 MCM 배지와 PDA 배지에서 균사생장이 우수한 것으로 보고하였다. 또한 李(1996)는 PDA 배지상에서 균사생장이 우수하였다고 보고하였다. 그러나 인공재배 기초실험 결과 액체배양 균사체를 접종원으로 이용하여 인공재배 할 경우 접종시간이 짧고 자실체형성이 우수하였으며 회수율면에서도 높게 조사되었다. 따라서 번데기동충하초의 대량 인공자실체 형성에는 균사생장과 포자형성이 우수한 배지를 이용하는 것이 유용하리라고 생각하며 YMA 배지나 SDAY 배지, HMA 배지를 이용하는 것이 적합하리라고 사료된다.

균사배양온도의 조사에서는 5°C부터 30°C까지의 범위를 실험한 결과 25°C에서 균사생장이 우수하였으며 성(1993), 李(1996), 金(1998), Choi 등(1999) 등의 온도 실험에서 24~25°C에서 우수한 균사생장을 발표한 바와 유사한 결과를 나타내었다.

번데기동충하초의 균사배양에 적합한 pH 범위는 pH 6.0~8.0에서 균사생장이 양호한 것으로 조사되었다. 李

(1996)의 보고에 의한 결과와는 다소 차이가 있었으나 pH 5.0의 범위를 제외한 실험군에서 균사생장이 대체로 양호한 것으로 보아 번데기동충하초의 균사생장에는 pH의 영향이 적은 것으로 예측되어진다.

번데기동충하초의 생리적 특성을 조사하기 위하여 탄소원과 질소원, 무기염류, C/N비를 조사한 결과, 탄소원으로는 dextrose와 starch에서 포자형성이 비교적 안정적이었으며 fructose와 lactose에서 균사생장이 빠른 것으로 조사되었다. 성 등(1993)은 mannose에서 균사생장이 양호한 것으로 보고하였으나 본 실험에서는 다소 저조한 생장을 나타내었다. 균사생장에 적합한 질소원 조사에서는 무기질소원보다는 유기질소원의 첨가할 때 포자형성과 균사밀도가 높은 것으로 조사되었으며 hemoglobin에서는 균사생장이 우수하였고 tryptone에서 포자형성이 우수하였다. 무기염류에서는 KH_2PO_4 와 K_2HPO_4 에서 균사생장이 우수하였으며 C/N비에서는 100:1의 비율에서 균사생장이 양호하였다. 그러므로 동충하초를 배양하려면 MMM배지와 온도 25v에서 잘 자라나 pH의 범위는 6~8로 넓은 편이며 탄소원과 질소원이 밝혀졌으므로 앞으로 번데기동충하초를 재배하는데 기초자료를 제공하리라 본다.

적 요

강원대학교 EFCC에서 보관중인 번데기동충하초의 배양적 특성과 인공재배의 조건을 조사하였다. 균사생육에 적합한 배지로는 SDAY 배지와 YMA 배지, SDAY 배지, HMD 배지, PDA 배지로 조사되었으며 균사생육이 빠른 배지로는 MMM 배지로 조사되었다. 균사생장에 적합한 온도로는 25°C와 pH는 6.0~8.0으로 조사되었다. 균사배양에 적합한 탄소원으로는 dextrose로 조사되었고 fructose와 lactose에서 균사생장이 빠른 편이었다. 균사생장이 우수한 질소원으로는 hemoglobin으로 나타났으며 tryptone에서 포자형성이 우수하였다. 무기염류에서는 KH_2PO_4 와 K_2HPO_4 에서 균사생장이 우수하였으며 C/N비에서는 100:1의 비율에서 균사생장이 양호하였다.

감사의 글

이 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기반기술 개발 사업에 의해 실시한 기술 개발 보고입니다. 산업자원부에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 金姬姬. 1998. 韓國産 번데기冬蟲夏草의 分子生物學的 分類. 江原大學校 碩士學位 論文.

- 성재모, 1996. 한국의 동충하초. 교학사. 62-90 pp.
- 李賢卿, 1996. 韓國産 冬蟲夏草의 分布와 分類 및 培養의 特性에 관한 研究. 江原大學校 碩士學位 論文.
- 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.
- Brady, B. L. K. 1979. *Cordyceps militaris*. In: *CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria* No. 605.
- Choi, I. Y., Choi, J. S., Lee, W. H., Yu, Y. J., Joung, G. T., Ju, I. O. and Choi, Y. K. 1999. The condition of production of artificial fruiting body of *Cordyceps militaris*. *Kor. J. Mycol.* **27**(4): 243-248.
- Cunningham, K. G., Hutchinson, S. A., Manson, W. and Spring, F. S. 1951. Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.)Link. Pt. 1. Isolation and characteristics. *J. Chem. Soc.* 2299-2300.
- Furuya, T., Hirotsani, M. and Matsuzawa, M. 1983. N^6 -(2-Hydroxyethyl)adenosine, a biologically active compound from cultured mycelia of *Cordyceps* and *Isaria* species. *Phytochemistry* **22**(11): 2509-2512.
- Glare, T. R. and Milner, R. J. 1991. Ecology of entomopathogenic fungi. In: *Handbook of Applied Mycology*. Vol. 2. Ed. D. K. Arora, L. Ajello, and K. G. Mukerji. Marcel Dekker, Inc.
- Humber, R. A. 2000. Fungal pathogens and parasites of insects. In: *Applied Microbial Systematics*. Ed. F. G. Priest and M. Goodfellow. Kluwer cademic Publishers.
- Hung, Y. F., Thomason, M. J., Rhys-williams, W., Lloyd, A. W. and Hanlon, G. W. 1996. Chiral inversion of 2-phenylpropionic acid by *Cordyceps militaris*. *J. Appl. Bacteriol.* **81**: 242-250.
- Iwashima, A., Kawasaki, Y., Nosaka, K. and Nishimura, H. 1992. Effect of thiamin on cordycepin sensitivity in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEBS Letters* **311**(1): 60-62.
- Kobayasi, Y. 1941. The genus *Cordyceps* and its allies. *Sei. Rept. Tokyo Buntika Daigaku, sect.* **B.5**: 53-260.
- _____. 1982. Keys to the taxa of the genera *Cordyceps* and *Torubiella*. *Trans. Mycol. Soc. Japan* **23**: 329-364.
- Mains, E. B. 1958. North American entomogenous species of *Cordyceps*. *Mycologia* **50**: 169-222.
- Petit, R. H. 1895. Studies in artificial cultures of entomogenous fungi. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull.* **97**: 417-465.
- Samson, R. A. 1974. *Paecilomyces* and some allied Hyphomycetes. *Studies in Mycology* **6**: 31-36.
- Samson, R. A. 1995. Constraints associated with taxonomy of biocontrol fungi. *Can. J. Bot.* **73**(S1): S83-S88.
- Seaver, F. J. 1911. The Hypocreales of North America-IV. *Mycologia* **3**: 207-230.
- Sopp, J. O. O. 1911. Untersuchungen uber inscktenvertilgende Pilze bei den letzten Kieferspinnerepidemien in Norwegen. *Skr. VidenskSelsk. Christiania*. Pp. 1-56.
- 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 cultures of entomopathogenic fungal species. *Kor. J. Mycol.* **27**(1): 15-19.
- _____, 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.
- _____, Lee, H. K., Choi, Y. S., Kim, Y. O., Kim, S. H. and Sung, G. H. 1997. Distribution and taxonomy of entomopathogenic fungal species from Korea. *Kor. J. Mycol.* **25**(4): 231-252.
- _____, Yoo, Y. J., Choi, Y. S., Kim, S. H., Kim, Y. O. and Sung, G. H. 1998. Classification of *Cordyceps* species based on protein banding pattern. *Kor. J. Mycol.* **26**(1): 1-7.
- Wang, Z. N. 1989. Cultural characteristics of imported *Cordyceps* fungi and their pathogenicity to some insects. *Rep. Taiwan sugar Res. Ins.* **126**: 13-25.
- Ying, J., Mao X., Ma, Q., Zong, Y. and Wcn, H. 1987. *Icons of medical fungi from China*. Science press, Beijing, China.
- Zeng, M. and Kinjo, N. 1998. Notes on the alpine *Cordyceps* of China and nearby nations. *Mycotaxon* **46**: 215-229.