THE KOREAN JOURNAL OF MYCOLOGY
Vol. 27, No 1, p15-19 February 1999
Printed in S. KOREA
Copyright © 1999 by The Korean Society of Mycology

분리된 동충하초 균주를 이용한 자실체 생산

성재모 · 최영상 · 이현경 · 김상희 · 김용욱 · 성기호
강원대학교 자원생물환경학부 균학실험실

Production of Fruiting Body Using Cultures of Entomopathogenic Fungal Species

Jae-Mo Sung and Young-Sang Choi, Hyun-Kyung Lee, Sang-Hee Kim, Yong-Ook Kim and Gi-Ho Sung

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

ABSTRACT: One hundred and six *Cordyceps* cultures including five cultures of *Paecilomyces tenuipes* were used for production of artificial fruiting body. In the test of artificial fruiting body formation, no fruiting bodies were induced on media containing PDA and ground silkworm pupae with liquid nitrogen. The best fruiting body formation was showed on media which mixed at the ratio of 1 unsticky rice to 3.5 water. But fruiting bodies formed on media mixed at the ratio 1 unpolished rice to 2.5 water. Optimal temperature in inducing artificial fruiting body was at 20°C. Twenty seven isolates were selected as good cultures for production of artificial fruiting body. Maturation of fruiting bodies incubated on rice grain media was completed for about 50 to 65 days.

KEYWORDS: *Cordyceps*, Fruiting body, *Paecilomyces tenuipes*, Rice grain media

서 론

곤충을 침입하여 이를 기주로 충체 위에 자실체를 형성하는 동충하초중 일부 종들은 고대로부터 중국에서 불로장생의 비약으로 결핵, 천식, 황달의 치료 및 아편중독의 해독제, 병후의 보양 및 강장제, 면역 기능 강화제로서 이용되어 온 고가의 한방약재이다(Humber, 1990; Jianzhe *et al.*, 1989; Kobayasi, 1940; Shimizu, 1994). 전통적으로 약용으로 이용되고 있는 대표적인 동충하초로는 박쥐나방의 유충을 기주로 자실체를 형성하는 중국산 동충하초인 *Cordyceps sinensis*이며 이밖에도 *C. militaris, C. martialis, C. ophioglossoides, C. sobolifera, C. hawkesii, Beauveria bassiana* 등 약 7종의 동충하초가 현재 약용으로 이용되고 있다(Jianzhe *et al.*, 1989). 그러나 자연 상태에서 자실체의 채집은 상당히 어려워 공급이 한정되고 있으며 최근 생태계 파괴 및 공해로 인한 이상 기후현상 등으로 자실체의 자연 채취가 점차 어려워짐에 따라 자실체의 안정적 인공 생산 기술이 요구되고 있다. 1932년 Yakusiji와 Kumazawa 등은 *C. militaris, C. takaomontana, C. pruinosa* 등을 쌀을 이용한 곡물배지에 접종함으로서 배양기상에서 인공적으로 자실체를 형성시키는데 성공하였다. Kobayasi(1940)는 *C. militaris*를 접종함으로서 동충하초 자실체의 인공 생산과 관련하여 곡물배지의 안정성을 입증하였다. Basith and Madelin(1968)은 곡물을 이용하여 번데기동충하초의 자실체를 생산하였는데 이에 관여하는 인자로는 영양원과 환경요인이라는 것을 보고하였다. 성숙한 자실체를 형성하는 환경조건으로서 22°C 이하의 온도와 밝은 광조건이 필요함을 입증하여 번데기동충하초의 자실체형성을 하는데 기초적인 자료를 제시하였다.

근래에는 자실체의 성분분석 등을 통하여 자실체의 유용 대사산물들이 밝혀지고 있는데 Cunningham *et al.* (1950)에 의하여 *C. militaris*에서 분리된 cordycepin(3'-deoxyadenosin)이 m-RNA의 합성 저해작용 및 상당한 정도의 항암, 항세균, 항진균효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 유용 생리활성 물질로 밝혀진 cordycepin은 곤충에 있어서는 독성물질로 작용하는 것으로 알려지고 있으며 최근에는 분자생물학적 기술을 이용 표적이 되는 곤충의 RNA합성을 저지시키는 측면에서도 연구가 진행되고 있다(1988). 이밖에도 불완전균류에 속하는 대표적인 동충하초균인 *Metarhizium, Beauveria*속에 있어서도 곤충 독성 물질들이 밝혀지고 있다.

따라서 본 연구에서는 향후 의약용으로서 경제적 가치가 인정되는 곤충기생균의 자실체의 대량생산을 위한 기초자료를 제공하기 위해 실험을 실시한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

공시균주

*Corresponding author

분리된 균주중 자실체 형성 우수 균주선발을 위해 이용한 균주로는 *C. militaris* 74개, *C. scarabaeicola* 3개, *C. pruinosa* 2개, *C. kyushuensis* 5개, *C. sphecocephala* 14개, *C. bifusispora* 1개, *C. pentatomi* 1개, *Paecilomyces tenuipes* 5개, *C. tricentri* 1개 등 총 106개 균주를 공시균주로 이용하였다.

온도시험

자실체 형성에 적합한 온도를 구명하고자 *C. militaris* 4균주와 *C. scarabaeicola* 1균주를 250 m*l* 삼각 플라스크내에 PDA배지 50 m*l*과 누에번데기를 첨가하여 조제한 배지상에 접종하여 20±1°C와 24±1°C 항온기에서 각각 배양하며 자실체의 형성을 관찰하였다.

PDA 배지와 누에번데기 분말을 혼합한 배지시험

말린 누에번데기 5g을 액체질소를 이용하여 마쇄한 후 250 m*l* 삼각플라스크에 넣고 그 위에 PDA배지를 50 m*l*씩 분주하여 잘 섞은 후 121°C, 1.2psi에서 20분간 살균한 배지위에 *C. militaris* 5균주(C275-4, C249, C250, C225-1, C 234), *C. kyushuensis* 1균주(C129), *C. pruinosa* 1균주(C 231), *C. scarabaeicola* 1균주(C251)를 각각 3반복 접종하여 20±1°C 항온기의 백열광(1000Lux)조건하에서 배양하였다.

수분함량을 달리한 곡물배지 및 번데기를 첨가한 배지시험

곡물배지로는 비교적 자실체 형성이 우수한 알락미, 현미를 선택하고 합성배지로는 우수한 균사생장율을 보여준 PDA배지를 이용하여 자실체 형성을 유도 하였다. 조제된 배지로 기지의 곡물배지는 각각 250 m*l* 삼각 플라스크에 곡물 20g당 증류수 30, 50, 70 m*l*을 첨가하여 overnight시킨 후 사용하였고 누에 번데기를 첨가한 배지는 알락미, 현미 각각 20g에 50 m*l*의 증류수를 첨가한 것과 PDA배지 50 m*l*을 분주하여 살균한 배지위에 하룻밤동안 물에 담구워 수분을 가하여 살균한 누에 번데기 각각 9개씩을 첨가한 것을 공시배지로 이용하였다. 공시균주로는 번데기 동충하초 (*Cordyceps militaris* C-273) 균주를 이용하였는데 이를 petri-dish상에서 전배양하여 직경 5 mm cork borer로 절취한 균총 각 8절편을 접종하여 20±1°C 항온기에서 배양하였다.

자실체 형성 우수균주 선발

우수 자실체 형성 균주들을 선발할 목적으로 사용한 공시배지로는 250 m*l* 삼각 플라스크에 PDA배지를 50 m*l*씩 분주하여 121°C, 15psi에서 20분간 살균한 위에 말린 누에번데기를 물에 담그워 overnight시켜 수분을 취하게 한 후 살균한 번데기 8개를 넣어 조제하였다. 여기에 petri-dish상에서 전배양한 균주의 균총을 직경 5 mm cork bore로 절취하여 8절편씩 접종하여 20±1°C 항온기에서 약 40일간 배양하면서 자좌(stroma)발생 개시일, 자낭각(perithecium)형성 개시일, 자좌의 갯수, 자좌의 길이, 수확한 자실체의 건중량 등을 측정하여 우수균주를 선발하였다.

곡물배지를 이용한 방법으로는 현미 20g에 증류수 50 m*l*을 취하여 overnight시킨 후 121°C, 15psi에서 20분간 살균한 배지위에 말린 누에 번데기를 하룻밤동안 물에 담그어 수분을 가하여 살균한 것을 각각 8개씩 넣고 petri-dish상에서 전배양한 균주의 균총을 직경 5 mm cork borer로 절취하여 8절편씩 접종하였다. 각각의 균주별 3반복 실험을 실시하였으며 20±1°C 항온기의 백열광(약 1000Lux) 조건하에서 약 70일간 배양하여 인공 자실체의 형성을 유도하였다. 배양된 자실체는 자실체의 갯수, 자실체의 평균길이, 자실체의 건중량, 자낭각의 형성유무 등을 조사하여 우수균주 선발의 자료로서 이용하였다.

결 과

인공자실체 형성 시험

온도시험 자실체 형성에 적합한 온도를 구명하고자 20°C와 24°C의 항온기내에서 자실체의 인공생산을 유도한 결과 균사의 초기 활착은 24°C에서 우수하였으나 일단 자좌가 형성되기 시작하면 20°C에서의 자좌 형성속도가 빨라지며 자낭각을 생산하는 성숙한 자실체를 형성한다. 24°C에서는 자실체의 생산보다는 기중균사의 생장이 왕성하여 자실체의 생장이 저해받으며 형성된 자실체 또한 자낭각을 생산하지 않는 불완전한 형태의 것이었다.

PDA 배지와 누에번데기분말을 혼합한 배지시험 누에번데기 분말을 PDA배지와 혼합하여 조제한 배지위에 *C. militaris, C. kyushuensis, C. scarabaeicola, C. pruinosa* 균주를 접종하여 인공 자실체형성을 유도한 결과 자실체형성은 유도할 수 없었으며 균사의 미약한 생장만을 볼 수 있었다.

수분함량을 달리한 곡물배지 및 번데기를 첨가한 배지시험 자실체형성에 적합하게 보여지는 곡물로 현미, 알락미 등을 선택하여 수분함량을 달리하고 이에 번데기를 첨가하여 만든배지와 우수배지선발 시험에서 우수한 균사생장을 보여준 PDA배지에 누에번데기를 첨가하여 만든 배지로 자실체형성을 유도한 결과 균사의 활착은 PDA배지상에서 가장 빨랐으며 다음은 배양기내 수분함량이 많은 순이었다. 이러한 초기 균사활착속도와는 달리 알락미에서는 곡물:수분함량이 1:3.5의 비율로 한 배양기에서 가장 왕성한 자실체 생산을 보여 주었으며 현미의 경우는 곡물:수분함량이 1:2.5로 조성된 배양기와 번데기를 첨가한 배양기에서 우수한 자실체 형성을 보여주었다. 대체로 곡물로만 조제된 배양기에서 형성된 자실체는 두께가 가는 실과 같은 형태의 자실체를 다수 형성하는 반면에 번데기를 첨가한 배양기에서의 자실체는 충체위에서 형성된 자실체가 자연상태에서와 유사한 두텁고 건실한 형태의 것이었다. PDA배지에 번데기만을 첨가한 배양기는 자좌의 생산이 번데기 충체위에만 제한되어 곡물배지에서 보다는 다소 적은 자실체

Table 1. Degree of stroma production on different rice grain media incubated at different water content and rice grain medium added silk worm pupae

Media	Water content (ml)			
	30	50	70	50 (addition of pupae)
Unpolished rice(20g)	++	++	++	+++
Long polised rice(20g)	+	+	+++	++
PDA	-	-	-	++

+++: High fruiting degree
++: Moderate fruiting degree
+: Low fruiting degree

Table 2. Test for artificial fruiting body formation of entomopathogens

	Entomopathogens tested
Isolates formed fruiting body	*C. militaris, C. kyushuensis*
	C. sphecocephala, C. pruinosa
	C. scarabaeicola, Paecilomyces tenuipes
Isolates not formed fruiting body	*C. bifusispora, C. pentatomi*
	C. tricentri

Table 3. Selected isolates incubated on media containing PDA media and silkworm pupae at 20°C

Cultures	Age at stromata initiation days	Age at perithecium production days	Number of stromata	Length of stromata (cm)	Yield of stromata mg dry wt. after 50 days
C129	18				0.09
C225-1	13	25	33	2.8	0.469
C228	13	23	36	6.2	0.862
C234	18				0.085
C115-1	18		12	1.5	1.898
C197	15	35	11	3.5	0.447
C210	15	34	8	5	0.437
C218	15	34	3	4	0.259
C249	9	23	81	5.8	0.790
C250	15	34	7	4.4	0.184
C257	15	30	7	3.5	0.308
C269	13	37	6	1.3	0.314
C273	13	23	16	4.5	0.556
C275-4	9				0.216
C281	21		2	1.5	0.045

생산을 보여주었다(Table 1).

자실체형성 우수균주 선발 공시균주들을 이용한 자실체 형성 시험 결과 번데기동충하초(*C. militaris*)를 포함한 6종은 배양실내에서 인공적으로 자실체를 생산하는데 성공하였으나 *C. bifusispora*를 포함한 3종은 자실체의 형성을 유도할 수 없었다(Table 2). 공시균주들을 PDA와 누에번데기를 넣은 배지상에 접종하여 20°C 항온기에서 자실체형성을 유도한 결과 *C. militaris* 14균주와 *C. kyushuensis* 1균주를 자실체 형성 우수균주로서 선발할 수 있었다(Table 3). 균사가 배지 전반에 걸쳐 활착되기까지는 약 일주일이 소요되며 일단 배지전반에 활착된 균사는 담황색을 띠다가 점차 짙은 주황색을 띠게된다. 자좌발생 개시일이 가장 빠른것은 C249 균주와 C275-4 균주로 접종 후 9일째부터 자좌의 발생이 시작 되었다. 자좌의 발생 후 자낭각을 형성하기까지는 접종 후 23일에서 35일 사이이며 보통 나생형의 자낭각을 형성한다. 자좌의 생장은 성숙한 자낭각을 형성하므로써 종료되는데 35일간 배양하여 자좌의 갯수 및 자좌의 크기를 측정한 결과 C225-1, C228, C197, C249, C273 다섯균주에서 자실체 형성이 가장 왕성하였다.

현미와 번데기를 첨가하여 조제한 배양기내에서 자실체 형성을 유도한 결과 자실체 형성 우수균주로서 최종 *C. militaris* 25균주, *C. scarabaeicola* 2균주 등 27개 균주를 선발할 수 있었다. 현미와 누에번데기를 넣어 만든 배양기내에서의 자실체형성은 약 50일내지 65일 사이에 완전한 형태의 자실체형성을 볼 수 있었는데 균사가 배지전반에 활착되기 까지는 10-15일이 소요되며 일단 활착된 균사는 초기에 우유빛을 띠다가 점차 균사전반에 걸쳐 황색빛을 띠기 시작한다. 이 후 누에번데기 표면이나 배지표면에 국부적으로 짙은 주황색을 띠는 부분이 발달하며 이곳이 다수의 돌기모양으로 돌출되면 자좌의 발생이 시작된다. 자좌의 발달은 초기에 길이 신장을 하며 자좌의 상단부가 곤봉형태로 두터워지면서 이 부분에서 자낭각을 형성하게 된다. 형성된 자낭각이 성숙하면 자실체의 생장은 멈추며 점차 퇴화하기 시작한다. 자실체의 두부(fertile part)에 형성된 자낭각은 자연상태에서 발견되는 것이 반매생형인데 비하여 나생형의 형태를 하고 있으며 다소 위축되어 있으나 자낭과 자낭포자의 형태는 자연상태에서 발견되는 것과 동일한 것으로 관찰되었다. 자실체형성이 우수한 균주들에 있어서의 이러한 일반적인 특징들과는 반대로 배지표면에 균사의 생장이 지나치게 왕성한 균주들에 있어서는 자실체의 발달이 저해되는 것으로 밝혀졌다(Table 4).

고 찰

대표적으로 *C. sinensis*를 포함한 7종의 동충하초는 전통적으로 고가의 한방약재로 이용되어져 왔으며 *C. militaris*로부터 분리된 quinic acid의 이성체인 cordycepin은 항세균, 항진균효과 및 항암효과가 있는 것이 입증되었으며, 곤충에는 독성을 나타내는 것으로 밝혀져있다(Cunningham, 1950; Shi, 1989). 현재까지 이들 자실체의 공급은 전량 자연 채취에 의존하고 있어 공급이 한정되어 있고 가격이 비싼 편이다. 따라서 장기적으로 자실체의 안정적 공급과 자실체 유래 생리활성 물질의 체계적인 구명을 위한 기본 시료의 공급 차원에서도 인공 자실체의 안정적 생산이 요구된다. Kobayasi, Kumazawa, Petch, Madelin *et al.*(1968,

Table 4. Selected isolates incubated on media containing 20g unpolished rice and silkworm pupae at 20°C

Isolates #	Fruiting degree of isolates	Existence of perithecium	Number of stromata	Average length of stromata (mm)	Dry weight of stromata (g)
C234	+++	-	22	52	12.24
C239	+++	+	10	24	11.45
C245	+++	+	13	41	13.4
C246	+++	+	23	54	14.94
C257	+++	-	21	48	13.15
C273	+++	+	47	64	15.17
C275-2	+++	-	10	20	12.93
C281	+++	+	31	47	12.5
C418	+++	+	19	49	16.82
C420	+++	+	47	63	11.55
C 18	++	+	24	45	8.28
C247	++	-	1	15	8.27
C250	++	-	13	26	9.79
C251-1	++	+	3	54	4.94
C274	++	-	13	21	10.51
C412	++	+	22	42	8.11
C415	++	+	25	40	8.11
C171	+	+	4	33	7.22
C237	+	+	9	23	7.85
C252	+	+	17	32	9.6
C259	+	+	9	48	7.78
C298	+	+	14	30	7.34
C406	+	+	22	42	7.66
C411	+	+	11	41	7.8

+++: High fruiting degree
++: Moderate fruiting degree
+: Low fruiting degree

1940)에 의하여 이미 인공적으로 자실체 형성이 유도된 바 있으며 본 연구에서는 곡물 배지로서 현미와 누에 번데기를 이용한 배양기상에서 자실체의 형성을 유도하여 성공하였다. *Cordyceps*속의 인공자실체 형성을 유도하기 위한 배지로서 전통적으로 이용되어온 배지로는 쌀을 이용한 곡물 배지로 쌀배지의 이용은 배양기내 쌀과 쌀사이에 존재하는 공간이 균사의 활착을 용이하게 하고 배지내 수분과 통기를 상당기간 유지시켜 줌으로서 자실체의 형성을 용이하게 하는 것으로 추측된다. 본 연구를 통해서 인공적으로 자실체를 유도하는데 성공한 종으로는 *C. militaris, C. kyushuensis, C. scarabaeicola, C. pruinosa, C. sphececephala* 등의 5종으로 *C. pruinosa*를 제외한 4종은 자낭각을 형성하는 자연상태에서 발견되는 성숙한 자실체와 형태적으로 유사한 자실체를 생산하는데 성공하였으나 *C. pruinosa*의 자실체는 자낭각을 생산하지 않는 신장된 돌기형태의 자좌를 다수 생산할 뿐이었다. 전통적인 쌀배지를 이용한 시험에서 곡물 배지원으로서 현미, 일반미, 알락미 등을 각각 수분 배합을 달리하여 이용한 결과 배지내 수분함유율은 균사의 활착에는 영향을 주지만 배지내 수분이 너무 많은 경우는 배지내 간극이 줄어들어 통기를 적절하게 유지시켜주지 못하므로 기중균사의 생장이 촉진되고 자실체의 생산은 저해되는 것으로 나타났다. 자실체 생산용 곡물 배지에 누에 번데기를 첨가한 배양기는 누에 번데기에 균사의 활착이 빠르고 이로부터 형성된 자실체가 자연상태에서 발견되는 것과 유사한 비교적 건실한 성숙한 자실체를 형성하여 쌀만을 단독으로 이용한 배양기보다는 우수한 것으로 나타났다. 자실체 형성 공시균주의 배양시험에서 균사 colony의 색상 변화와 자실체 형성과의 관련성은 자좌의 발생에는 균사 colony의 색변화가 뒤따르는 것이 일반적이며 초기 우유빛을 띄던 균사 표면은 점차 진한 주황색 빛을 띄게된다. 배지 뒷면 균사 colony의 색상에 따른 분류에서 자실체 형성 우수균주들은 대략 균사 colony의 색상이 주황색계통을 띄는 쪽에 분포하는 것으로 보아 자실체 형성 우수균주의 선발에 균사의 색상 변화도 중요한 자료가 될 수 있으리라 생각된다. 배양기내에서 형성된 자실체의 자낭각이 자연 상태에서 발견되는 것과는 다른 나생형의 자낭각을 형성하는 것으로 미루어 이는 배양기내 환경이 자연상태에서와는 다른 충분한 환기 등이 이루지지 않기 때문이 아닌가 추측된다. 자실체형성과 관련한 배양실내 온도는 자실체 생산의 전 생육기간을 통하여 20°C를 유지시켜 주었는데 24°C 이상의 온도에서는 자실체의 생산보다는 균사의 생육이 왕성하여 자실체의 발달이 저해되는 것으로 밝혀졌다. 따라서, 동충하초의 자실체 형성에는 다른 일반 버섯류의 생육 온도보다는 저온이 자실체의 생산에 적합한 것으로 밝혀졌다. 동충하초 모균주의 보관에는 4°C의 저온 incubator를 이용하는데 다른 *Cordyceps*속 균주의 균사자람이 동심원상의 기중균사를 형성하는데 반하여 딱딱하게 각질화된 균핵의 형태로 배지상에서 생장을 하며, 배지속으로 생장을 하는 벌을 기주로 자실체를 형성하는 *C. sphecocephala*의 경우는 오히려 4°C 저온 incubator내에서 자실체의 형성이 유도되는 것으로 보아 다른 *Cordyceps* 속의 동충하초와는 다소 다르며 자연상태에서도 겨울동안 균핵의 형태로 또는 토양 속에서 지하 자실체의 형태로 생장하는것이 아닌가 추정된다.

적 요

배양실내에서 인공적으로 자실체의 형성을 유도한 결과 PDA와 번데기분말을 혼합한 배지상에서는 자실체의 형성을 유도할 수 없었다. 쌀을 이용한 곡물 배지에 수분함량을 달리하고 번데기를 첨가하여 시험을 실시한 결과 알락미에서는 곡물:수분함량이 1:3.5의 비율로 한 배양기에서 가장 왕성한 자실체 생산을 보여 주었으며 현미의 경우는 곡물:수분함량이 1:2.5로 조성된 배양기와 번데기를 첨가한 배양기에서 우수한 자실체 형성을 보여주었다. 자실체 형성 적정 온도로는 20°C가 적합한 것으로 밝혀졌다. 현미와 번데기를 첨가하여 조제한 배양기내에서 자실체형성을 유도한 결과 자실체 형성 우수균주로서 최종 *C. militaris* 25균

주, *C. scarabaeicola* 2균주 등 27개 균주를 선발할 수 있었다. 현미와 누에번데기를 넣어 만든 배양기내에서의 자실체 형성은 약 50일내지 65일 사이에 완전한 형태의 자실체형성을 볼 수 있었다.

참고문헌

Arora, D. K., Ajello, L. and Mukerji, K. G. Handbook of applied mycology. Marcel Dekker, Inc. **2**: 547-663.

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.

Carilli, A. and Pacioni, G. 1977. Growth and sporulation of *Cordyceps militaris* (Lin. ex Fr.) Link in submerged culture. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **68**(2): 237-243.

Cunningham, K. G., W. Manson, F. S. Spring and S. A. Hutchinson. 1950. Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) Link. *Nature* **166**: 949.

Cunningham, K. G., Manson, W., Spring, F. S. and Hutchinson, S. A. 1950. Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) Link. Part I Isolation and characterization. *J. Chem. Soc.* p. 2299-2300.

Humber, R. A. 1990. Fungal pathogens of insects, spiders, and mites; isolation, preservation, and identification. USDA Agricultural Research Service.

Jianzhe, Y., Xiaoloan, M., Qiming, M., Yichen, Z. and Huaan, W. 1989. Icons of Medicinal Fungi from China. Science Press. China. p. 575.

Kenderick, B., Samuels, G. J., Webster, J. and Luttrell, E. S. 1979. The Sexual-Asexual Synthesis in The whole fungus. National Museum of Natural Sciences, National Museum of Canada and the Kananaskis Foundation. **2**: 635-651.

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

Kobayasi, Y. and Shimizu, D. 1983. Iconography of vegetable wasps and plant worms. Hoikusha Publishing Company Ltd. Osaka, p. 280.

Pettit, R. H. 1895. Studies in artificial culture of entomopathogenic fungi. *Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bull.* **97**: 417-465.

Samson, R. A., Evans, H. C. and Latge, J. P. 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer. Heidelberg. p. 189.

Shi, M., Lin, L., Lien, C. and Tzean, S. 1989. Natural products in *Cordyceps. Proc. Natl. Sci. Counc. Roc. (A).* **13**(6): 382-387.

Shimizu, D. 1994. Color iconography of vegetable wasps and plant worms. Seibundo Shinkosha. Japan. pp. 381