

외대버섯속의 담자포자의 발생과 미세구조

조 덕 현

전주우석대학교, 생물학과

요 약

흰꼭지외대버섯의 담자기(basidium)의 꼭대기는 4개의 구획 또는 중앙이 함입되어 있다. 포자는 병자(sterigma)의 부풀음에 의하여 형성된다. 병자의 꼭대기는 부풀어서 젖꼭지(papilla)모양에서 성기(penisform)모양과 방망이(clavate)모양으로 되었다가 구형(globe)으로 된다. 이 구형포자의 6군데에서 방출축(hilum axes)을 중심으로 규칙적 또는 불규칙적 함입이 일어난다. 이 포자는 마침내 주사위모양(cuboid)이 된다.

비늘외대버섯의 담자기는 분화구모양의 의사담자기로부터 발생한다. 담자기의 꼭대기는 평평하거나 중앙이 함입되어 있다. 비록 4개의 병자가 발생하여도, 어떤 담자기에서는 오직 2개의 병자만이 대칭적으로 부풀어서 포자가 된다. 이것은 4개의 병자중 2개는 불임성(inferile)임을 의미한다. 병자의 꼭대기는 부풀어서 젖꼭지모양이 되었다가 성기모양으로 된다. 구형포자의 표면의 6군데에서 방출축(hilum axes)을 중심으로 함입이 된다. 그러면 이것은 주사위모양의 포자가 되고 방출점으로부터 떨어진다.

황보라외대버섯의 4개의 병자는 분화구모양의 담자기로부터 발생한다. 병자의 꼭대기는 부풀어서 조그만 구형이 되고 그것은 방망이모양으로 부풀다. 이 방망이모양은 타원형으로 부풀 다음 포자 표면의 6군데의 이상에서 임의로 방출축을 중심으로 함입이 일어난다. 타원형 포자의 표면에서 함입이 일어나면, 이 포자는 상이한 각(heterometrical)을 갖는 다각형(multi-angular)의 포자가 된다.

검색 단어: 담자포자, 흰꼭지외대버섯, 담자기, 병자, 방출축, 주사위모양, 의사담자기, 비늘외대버섯, 황보라외대버섯, 상이한 각의 다각형.

서 론

고등균류의 미세구조와 담자기 발생에 관한 연구는 많은 사람들에 의하여 연구되었다(Clemencon, 1969. Corner, 1948. Lerbs, 1971. Talbot, 1973. Thielk, 1976). 발생구조와 성숙한 담자포자의 연구가 전자현미경으로 연구되었다(Clemencon, 1970. Kühner,

1973. Mclanghlin, 1973, 1977. Nakai, 1975. Nakai and Ushiyama, 1974, 1978. Pegler and Young, 1971. Peneau-Bertrand, 1967. Wells, 1965). 무당버섯의 포자발생이 많은 균심류의 발생의 가설에서 연구되었고, 그것은 무당버섯속의 담자포자의 구조와 발생을 설명하려고 시도하였다(Burge, 1979). 이 연구들은 담자기내에서의 감수분열과 포자의 구조에 관한 것이었고 외대버섯속에 관한 것은 없었다. 외대버섯속의 포자는 다각형으로 isodiametrical, heterodiametrical, nodulose, cuboid, curciform 형태의 5개의 종류가 있다. 외대버섯의 포자 형성과정에 관한 가설이 제안되었다(Romagnessi, 1941, 1978). 본 연구는 외대버섯속의 포자의 발생과 구조를 전자현미경(SEM)으로 자세히 연구하였고 외대버섯의 포자발생의 가설에 대한 평가를 하였다.

재료와 방법

외대버섯속의 자실체는 국립공원 내장산에서 채집하여 햇빛과 그늘에서 건조시켰다. 자실체의 신선한 주름살의 일부를 2.5% paraformaldehyde-glutaldehyde(pH.7.2)에 고정시켰다. 이것을 pH.7.2 인산 완충액(phosphate buffer)으로 수세하고 2% 오스뮴산(O_8O_4)에 다시 고정하고 pH.7.2 인산완충액(phosphate buffer)으로 수세하였다. 이것들은 아세톤시리즈(acetone series)로 탈수시키고 자연상태에서 24시간 건조시켰다. 이 재료들은 금으로 150Å의 두께로 Ion Coater(Eiko IB-3)으로 coating 하고 주사현미경(ISI-5540)으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

흰꼭지외대버섯의 담자기의 꼭대기는 2가지 방법으로 발생하는데 하나는 4개의 구획으로 나누어진 것과 가운데가 함입된 것이다. 담자포자는 처음 병자의 부풀음에 의하여 형성된다(Webster, 1980).

담자기가 4개로 구획된 곳에서의 포자형성: 병자는 담자기의 중앙에서 발생하며 그것은 주름지고 거칠다. 방출점을 갖고 있는 범방출점(parahilum)이 분화되는데 이것은 무당버섯속의 포자발생초기에 방출점이 형성되는 것과 일치한다(Burge, 1979). 병자의 밑부분은 부풀어있다. 담자기의 크기는 $9.0 \times 9.0 \mu\text{m}$ 이고 가장자리이 폭은 $0.6-1.7 \mu\text{m}$ 이다. 병자는 $0.6 \times 0.8 \mu\text{m}$ 이고 각 구획의 크기는 $3.0-3.5 \times 4.0-4.4 \mu\text{m}$ 이고 산맥(range)의 폭은 $0.4-0.8 \mu\text{m}$ 이다. 병자의 뾰족한 꼭대기는 절꼭지 모양으로 부풀고 이것은 길이로 부풀어서 방망이 모양이 된다. 병자의 꼭대기가 방망이 모양이 되었을 때, 그 표면은 매끈하다. 이 방망이의 크기는 $3.0-3.3 \times 3.5-5.0 \mu\text{m}$ 이다. 방망이 모양의 이 포자는 부피로 자라서 아구형(subglobe)이 되었다가 구형(globe)으로 된다.

이 구형 포자의 크기는 $3.5 \times 4.5 \mu\text{m}$ 이다. 구형포자의 표면은 규칙적 또는 불규칙적으로 방출축을 중심으로 6군데에서 함입이 일어난다. 그 때 포자는 $5.3\text{--}5.7 \mu\text{m}$ 이다. 담자기는 접시모양이나 가장자리는 구불구불하다. 포자의 표면이 깊이 함입된 경우에, 함입이 안일어나고, 낮게 함입된 경우에는 계속적으로 함입이 일어난다. 포자의 4각면이 평평하게 보일지라도, 그 중앙은 함입되어 있다.

중앙이 함입된 담자기에서의 포자형성: 담자기의 꼭대기는 함입되고 담자기의 병자는 가장자리에서 발생하는데 4개의 병자는 간격이 고르지 못하다. 가장자리는 불규칙적이어서 변화가 많다. 그러므로 병자는 불규칙하게 보인다. 병자의 꼭대기는 성기모양으로 부풀고 범방출점이 형성된다. 이것은 무당버섯속의 것과 일치한다(Burge, 1979). 병자가 처음 발생할 때는 거칠다. 병자가 길이로 부풀어서 방망이 모양이 되고 그 표면은 매끈하다. 성기 모양의 병자의 크기는 $0.5\text{--}0.7 \times 0.7\text{--}0.8 \mu\text{m}$ 이고 방망이 모양의 크기는 $1.2\text{--}1.4 \times 1.5\text{--}2.2 \mu\text{m}$ 이다. 그들은 부피 성장하여 방망이 모양이 아구형으로 되고 크기는 $3.5\text{--}3.7 \times 5.2\text{--}5.3 \mu\text{m}$ 이고 이것들은 자라서 구형이 된다. 구형의 크기가 $5.7 \times 6.3 \mu\text{m}$ 일때, 포자의 표면은 점진적으로, 계속적으로 방출축을 중심으로 6군데에서 함입이 일어난다. 방출점의 폭은 $0.2\text{--}0.5 \mu\text{m}$ 이다. Romagnesi(1941, 1978)는 포자로 분화하는 2개의 원시적 형태가 있는데, 이것들은 서로 다른 기원을 갖고 있다고 제안하였다. 첫째, 병자 모양의 포자가 난형일 때 그것은 사각형면을 갖는 입방체가 된다. 두번째는 병자 모양의 포자가 방망이 모양일 때 그것은 삼각형면을 갖는 입방체가 된다고 하였다. 그러나 본 연구는 병자모양의 포자가 길이로 성장하여 방망이 모양이 되고 다음에 부피성장하여 구형이 된다. 구형포자의 표면은 방출축을 중심으로 6군데에서 함입이 일어난다. 이 포자의 크기는 $6.0\text{--}6.7 \times 6.7\text{--}9.7 \mu\text{m}$ 이고 포자의 가장자리의 폭은 $1.0 \mu\text{m}$ 이다. 표면의 함입이 끝나면 포자는 주사위 모양되고 방출된 곳은 truncate하다.

흰꼭지외대버섯의 포자형성의 2가지 방법을 요약하면 병자는 담자기의 꼭대기에서 발생하고 그 꼭대기는 절꼭지 모양으로 부풀다. 그 절꼭지 모양은 성기 모양에서 방망이 모양으로 변한다. 방망이 모양의 포자는 구형의 포자로 되고, 그 표면은 방출축을 중심으로 6군데에서 함입이 일어난다. 구형포자의 표면의 함입이 끝나면, 그것은 주사위 모양의 포자되고 방출점에서 떨어진다.

비늘외대버섯의 담자기는 분화구 모양의 의사담자기로부터 불규칙하게 발생한다. 꼭대기는 2종류가 있는데 하나는 평평한 것과 중앙이 매끈하거나 거친 것이 있다. 황보라외대버섯에서는 병자가 분화구 모양의 담자기로부터 직접 발생한다(Cho, 1992). 저자

는 이 분화구 모양의 담자기는 의사 담자기로 추측되며 그 기능은 분화구의 밑바닥에서 담자기가 발생할 때 보호하는 기능을 갖고 있는것 같다. 그 의사 담자기는 원-사각형의 모양이고 크기는 $4.3-5.7 \times 5.7-7.1 \mu\text{m}$ 이다. 의사담자기의 깊이는 변화가 많다.

담자기의 꼭대기가 평평한 곳에서의 포자의 형성: 병자는 담자기의 평평한 곳에서 발생하고 표면은 거칠다. 병자의 발생초기의 모양은 젓꼭지 모양이고 지름의 크기는 $0.7-0.8 \mu\text{m}$ 이고 담자기의 지름은 $4.0-4.8 \mu\text{m}$ 이다. 젓꼭지 모양의 병자는 길이 성장하여 아방망이형(subclub)이 되고 지름은 $1.4-1.8 \mu\text{m}$ 이고 담자기의 지름은 $6.0-8.0 \mu\text{m}$ 이다. 아방망이형은 부피 성장하여 방망이 모양이 되고 아방망이의 크기는 $1.3-1.5 \times 1.6-2.0 \mu\text{m}$,

그리고 방망이의 크기는 $1.8-1.9 \times 2.9-3.0 \mu\text{m}$ 이다. 역시 방출점이 형성된다. 병자의 밑부분은 부풀어있다. 담자기의 꼭대기는 불규칙적으로 부풀어서 산맥 모양을 형성한다. 방출점은 잘록하게된다. 방망이 모양의 포자는 부피 성장하여 아구형이 되고 크기는 $1.8-1.9 \times 2.0-2.3 \mu\text{m}$ 이다.

중양이 함입된 담자기에서의 포자형성: 담자기의 표면은 매끈한 것과 거친 것의 2종류가있다. 뾰족한 병자가 담자기의 꼭대기에서 발생한다.담자기의 꼭대기는 처음에 고르지 못하지만 차차 중양이 깊숙히 함입된다. 담자기의 옆면은 매끈한 것과 고르지 못한 것이 있다.뾰족한 병자의 크기는 $0.5-0.8 \times 0.8-1.0 \mu\text{m}$ 또는 지름이 $0.6-0.7 \mu\text{m}$ 이다.

뾰족한 병자는 젓꼭지 모양으로 부푸는데 크기는 $0.5-0.6 \times 1.0-1.2 \mu\text{m}$ 이다. 젓꼭지 모양은 성기 모양으로 부풀고 크기는 $0.4-0.7 \times 0.8-1.1 \mu\text{m}$ 이다. 담자기의 꼭대기는 서서히, 계속적으로 함입된다. 성기 모양은 아방망이(subclub)형이 되고 다음에 길이 성장을 행하여 방망이 모양이 된다. 아방망이의 크기는 $1.3 \times 1.5 \mu\text{m}$ 이고 방망이의 크기는 $2.0-2.5 \times 2.4-3.4 \mu\text{m}$ 이다.

4개의 병자가 발생하였을 때 4개의 포자가 형성된다. 그러나 본 연구는 4개의 병자가 형성되었음에도 2개만이 대칭적으로 포자를 형성한다. 이것은 다른 2개는 대칭적으로 불임성임을 의미한다. 이와 같은 이유가 담자기에서의 감수분열의 비정상적인 것인지 아니면 병자의 부푸는 힘의 결여인지는 알 수가 없다. 방망이 모양의 포자의 크기는 $2.0-2.5 \times 3.0-3.8 \mu\text{m}$ 이고, 불임성 병자의 지름은 $0.4 \mu\text{m}$ 이다. 담자기의 꼭대기는 더 부풀어서 산맥(range) 모양을 형성하고 그 옆은 불규칙적으로 함입한다. 담자기의 가장자리는 불규칙하고 폭은 $0.4 \mu\text{m}$ 이다. 방망이 모양의 포자는 부피생장을 통하

여 아구형(subglobe)으로 된다. 본 연구에서는 구형의 표면이 방출축을 중심으로 아사각형(subquadrate)으로부터 사각형(quadrate)으로 변한다. 이 사각형의 면이 서서히 그리고 불규칙적으로 합입한다. 사각형의 면의 표면의 합입이 끝났을 때 그것은 주사위 모양의 포자가 된다. 그리고 포자는 방출점으로부터 떨어진다.

이 비늘외대버섯의 포자형성과정을 요약하면 다음과 같다. 병자는 담자기로부터 발생하는데 그 담자기는 분화구 모양의 의사담자기로부터 발생한다. 어떤 담자기에서는 4개의 병자가 발생하였음에도 불구하고 오직 2개만이 대칭적으로 포자를 형성한다. 다른 2개는 불입성의 병자가 된다. 병자의 꼭대기는 젖꼭지 모양으로 부풀고 다음에 성기 모양으로 된다. 다시 그것은 방망이 모양으로부터 구형으로 부풀다. 마침내 구형의 표면의 6군데에서 합입이 일어나면 그것은 주사위 모양의 포자가 되고 방출점에서 떨어진다.

황보라외대버섯에서는 젖꼭지 모양의 4개의 병자가 분화구 모양의 담자기의 밑바닥으로부터 발생한다. 담자기의 가장자리와 밑바닥은 고르지 못하다. 젖꼭지 모양의 병자는 지름이 $0.8 \mu\text{m}$ 이고 담자기의 지름은 $4.2-5.5 \mu\text{m}$ 이다. 젖꼭지 모양은 조그만 구형으로 부풀고 방출점이 형성된다. 조그만 구형의 병자의 크기는 $0.9-1.1 \times 1.0-1.2 \mu\text{m}$ 이다. 담자기의 밑은 주름지고 그리고 병자의 밑은 부풀어 있다. 구형의 병자가 부풀면서 서로 부딪치면 구형의 포자는 합입된 것처럼 불규칙하게 찌그러진다. 방출점은 더욱 잘록하게 되는 것도 있다. 구형포자의 크기는 $1.3-2.0 \times 1.6-2.3 \mu\text{m}$ 이고 병자는 가늘게 되며 길이는 $0.7-0.9 \mu\text{m}$ 이다. 구형포자는 지름이 $1.1-1.3 \mu\text{m}$ 이고 이 구형은 길이생장하여 방망이 모양이 된다. 방망이 모양의 포자가 부푸는 동안 서로 부딪치면 포자의 표면은 심하게 찌그러지는 것도 있다. 방망이 모양의 포자의 크기는 $1.6-2.0 \times 2.5-2.8 \mu\text{m}$ 이다. 방망이 모양의 포자는 부피생장하여 타원형으로 된다. 병자의 꼭대기가 타원형(elliptical)으로 부풀었을 때 포자표면의 6군데 이상에서 무작위적으로 합입이 일어난다. 동일한 포자의 합입도 똑같지는 않고, 포자의 표면은 거칠다. 처음에 포표면의 합입이 날게 일어나지만 결국 그것은 깊숙히 합입된다. 합입이 끝났을 때 그 포자는 상이한 각(heterometrical)을 갖는 다각형의 포자가 된다. 크기는 $5.0-5.3 \times 7.3-8.7 \mu\text{m}$ 이다. 포자의 가장자리는 폭이 $0.7 \mu\text{m}$ 이다. 드물게 기름방울 갖고 있는 것도 있으며 크기는 지름이 $1.1-1.3 \mu\text{m}$ 이다.

Abstract

Apexes of basidia in *Rhodophyllus* (synonym of *Entoloma*) *muraii* var. *albus* are divided into four sections or depressed in the center. A spore is formed by inflation of the apex of the sterigma. The apex of the sterigma is swollen and changed from a papilla through a penisform and a club into a globeform. Six spots of globose spore are regularly or irregularly depressed with hilum axes. Finally the spores are cuboid.

Basidia of *Entoloma squamiferrum* are developed from hymenium layer of crater-shaped parabasidium. Apex of basidium is flat or depressed in the center. Although four sterigmata are developed, only two sterigmata are symmetrically swollen to two spores in certain basidia. It means that two sterigmata among four sterigmata are infertile. The apex of the sterigma is swollen into a papillaform, and then turned into a penisform. It is swollen from a clubform into a globeform. Six spots of the surfaces of globose spore are depressed with hilum axes. Finally the spore is cuboid, and then it is released from hilum.

Four sterigmata of papillaform of *E. violaceobrunneum* are developed from crater-shaped basidium. The apex of sterigma is swollen to a small globeform. And then it is swollen to a clubform. The clubform is again swollen to an ellipticalform, and then more than six spots of spore surfaces are randomly depressed with hilum axes. When the depression of surface of an elliptical spore is over, it is the multi-angular spore of the heterometrical-form

KEY WORDS: basidiospore, *Rhodophyllus muraii* var. *albus*, basidium, sterigma, hilum axes, cuboid, parabasidium, *Entoloma squamiferrum*, *E. violaceobrunneum*, heterometrical, multi-angular.

참 고 문 헌

- Burge, H.A., 1979. Basidiospore structure and development in the genus *Russula*. *Mycologia*, 71:977-995.
- Cho, D.H., 1992. *Entoloma* (Agaricales) in Korea. *Proc. Asian Mycol. Symp.* Seoul Korea 101-107.
- Clemençon, H., 1969. Reifung und endoplasmatisches Reitkulum der Agaricales-basidie. *Zeitschrift für Pilzkunde*, 35:295-304.
- Clemençon, H., 1970. Bau der Wände der Basidiosporen und ein Vorschlag zur Benennung ihren Schichten. *Zeitschrift für Pilzkunde*, 36:113-133.
- Corner, E.J.H., 1948. Studies in the basidium. I. The ampoule effect, with a note on nomenclature. *New Phytol.* 47:22-51.
- Kühner, R., 1973. Architecture de la paroi sporique des Hymenomycetes et de ses différenciations. *Persoonia*. 7:217-248.
- Lerbs, V., 1971. Licht- und elektronen-mikroskopische Untersuchungen an meiotischen Basidien von *Coprinus radiatus* (Bolt.) Fr. *Archiv. für Mikrobiologie*. 77:308-330.
- McLaughlin, D.J., 1973. Ultrastructure of sterigma growth and basidiospore formation in *Coprinus* and *Boletus*. *Canadian Journal of Botany*. 51:145-150.
- McLaughlin, D.J., 1977. Basidiospore initiation and early development in *Coprinus cinereus*. *Amer. J. Bot.* 64:1-16.
- Nakai, Y., 1975. Fine structure of shiitake, *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. IV. Experimental and internal features of hilum in relation to basidiospore discharge. *Reports of the Tottori Mycological Institute, Japan*. 12:41-45.
- Nakai, Y. and Ushiyama, R., 1974. Fine structure of shiitake, *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. II. Development of basidia and basidiospores. *Reports of the Tottori Mycological Institute, Japan*. 11:7-15.
- Nakai, Y. and Ushiyama, R., 1978. Fine structure of shiitake, *Lentinus edodes* VI. Cytoplasmic microtubules in relation to nuclear movement. *Canadian Journal of Botany*. 56:1206-1211.
- Pegler, D.N. and Young, T.W.K., 1971. Basidiospore morphology in the Agaricales. *Beihefte, Nova Hedwigia*. 35:1-210.

Perreau-Bertrand, J., 1967. Recherches sur la differentiation et la structure de la paroi sporal chez les homobasidiomycetes a spores orness. *Annales des Sciences Naturelles Botanique, Ser.12*, 8:639-746.

Romagnesi, H., 1941. *Les Rhodophylles* de Madagascar, Laboratoire de Cryptogamie du Museum National d'Histoire Naturelle. 65-67.

Romagnesi, H., 1978. Les Fondements de la taxinomie des *Rhodophylles* et leur classificarion, J.Cramer. 13-26.

Talbot, P.H.B., 1973. Towards uniformity in basidial terminology. *Transactions of the British Mycological Society*. 61:497-512.

Thielk, C., 1976. Intrannuclear Meiose bei *Agaricus bisporus* *Zeitschrift fur Pilzkunde*. 42:57-66.

Webster, J., 1980. Introduction to Fungi, Cambridge University Press. 399p.

Wells, K., 1965. Ultrastructural features of developing and mature basidia and basidiospores of *Schizophyllum commune*. *Mycologia*. 57:236-261.