

## 漢拏山の 細胞性 粘菌 (III)

— 極囊 陽性 種의 記錄 —

洪 廷 守 · 張 楠 基

(서울대학교 師範大學 生物教育科)

## Cellular Slime Molds of Halla Mountain, III

— Description of Polar Granule Positive Species —

Hong, Jeong-Soo and Nam-Kee Chang

(Department of Biology Education, Seoul National University, Seoul)

### ABSTRACT

A key to the species which have been isolated from the Korean forest soils was provided, and three unrecorded species found in the forest soils of Mt. Halla were described and illustrated. Twenty dictyostelid cellular slime molds had been found in Korean forest soils. Among these, nine species were PG positive, and eleven species were PG negative. Three species described in this study were all PG positive. These were *Dictyostelium aureo-stipes* Cavender, Raper et Norberg var. *aureo-stipes* (new strain HL-5), *Dictyostelium monochasoides* Hagiwara, *Polysphondylium tenuissimum* Hagiwara. Morphological features and growth habits of these species were examined and compared, and their distribution patterns were illustrated.

### 서 론

대부분의 디티오형 세포성 점균은 온대와 열대지방의 삼림토양과 부엽토, 그리고 여러 생물의 배설물에서 분리되어 왔다. 이러한 초기 연구를 통하여 종의 다양성이 가장 큰 지역은 열대와 아열대 삼림으로 알려졌으며, 적도 지역의 참나무림과 같은 약간 습기가 있는 삼림에 이들이 풍부히 서식하고 있다고 보고되었다. 그러나 그후 이 생물은 알래스카와 툰드라(Cavender, 1977)에 이르기 까지 전 세계에 걸쳐 분포하고 있음이 알려 졌다(Stephenson *et al.*, 1991; Landolt and Stephenson, 1990; Cavender and Kawabe, 1989; Cavender, 1983; Traub *et al.*, 1981a, b; Kanda, 1981).

1869년 Brefeld가 *Dictyostelium mucoroides*를 처음 기록한 이래 최근까지 약 60여 종의 세포성 점균이 전세계에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 알려지고 있으며, 식생, 토양 조건, 기후 및 온도 등 환경 요인에 따라 그 분포양상이

다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 세포성 점균의 분류학적 연구는 최근까지 생태적 연구 및 발생 유전학적 연구와 함께 발전해 왔다. Bonner(1967)는 "The Cellular Slime Molds" 2판에서 발표된 세포성 점균을 총망라해서 기록하였고, Olive(1975)는 "The Mycetozoans"에서 진성 점균(the plasmodial slime molds)을 포함하여 보다 광범위한 분류학적 체계를 세웠다. 1984년 Raper는 세포성 점균에 관한 연구의 역사적 배경과 발표된 종들의 상세한 기록을 남겼으며, Hagiwara(1989)는 그가 발표한 많은 신종과 함께 일본산 세포성 점균을 체계적으로 비교 설명하고 있다.

디티오형 세포성 점균은 규칙적인 운생지의 유무에 따라 구슬광이속(*Dictyostelium*)과 둘러난가지광이속(*Polysphondylium*)으로 구분되어 왔다. 이러한 형태학적 기준에 기초한 종래의 분류학적 틀은 보다 최근의 생리적 실험에서 그 유의성이 일부 인정되었으나, 최소한 구슬광이속에는 생리적인 차이를 나타내는 두 집단이 존재한다고 보고되었다(Traub and Hohl, 1976). 세포성 점균의 포자는 일반적으로 캡슐형 혹은 타원형이나 어떤 종에서는 구형 혹은 방추형

본 논문은 한국과학재단의 연구비 지원금으로 수행되었음.

(紡錘型)이다.

이러한 포자의 외형적 특징외에 많은 세포성 점균은 특정 형태의 포자 과립을 갖고 있다. 그들은 대부분 포자의 양극에 위치해 있으나, 어떤 종에서는 중앙이나 아극에 분포하는 것도 있다. 이러한 양극의 과립을 “極囊(polar granule)”라 하며, 보통 “PG”라 부른다(Traub and Hohl, 1976). 이러한 極囊의 존재와 그 분류학적 중요성을 최초로 발표한 Traub와 Hohl에 의하면 極囊 陽性 種은 *D. discoideum*의 아크라신으로 알려진 cyclic AMP에 대하여 화학적 반응을 보이지 않는다. 반면에 極囊 陰性 種은 cyclic AMP에 정적으로 반응하는 경향이 있다.

대부분의 세포성 점균에서 포자의 極囊 유무는 광학 현미경하에서 쉽게 관찰된다. 따라서 세포성 점균에 관한 최근의 분류학적 연구들은 우선적으로 포자의 極囊을 강조하고 있다(Raper, 1984; Hagiwara, 1989). 그 외에 보다 강조된 분류학적 기준은 기부 및 정단의 형태이다. 기부와 정단의 모양은 종에 따라 종종 특이적이기 때문이다.

우리나라 삼림 토양의 세포성 점균은 Hong and Chang (1990, 1991, 1992a, b), Hong *et al.*(1992a, b)에 의해 현재까지 총 21종이 확인되었으며, 아직 확인되지 않은 2종은 현재 발생과정에 관한 자세한 관찰이 진행중이다. Hong *et al.*(1992a, b)은 한라산의 고도 및 식생에 따른 세포성 점균의 분포조사에서 2개의 신종과 10종의 국내 미기록종, 그리고 2개의 미확인 종 등 조사된 지역에서 가장 많은 새로운 세포성 점균을 발견하였다. 확인된 10종 중에서 3종이 PG positive이고, 보다 많은 7종이 PG negative이다.

본 연구에서는 지금까지 한국의 삼림토양에서 분리된 세포성 점균의 종 검색표를 만들었으며, 한라산에서 처음 발견된 국내 미기록종 중에서 PG positive 종을 분류학적으로 기록하여 체계적으로 비교함으로써 한국산 세포성 점균에 관한 보다 자세한 정보를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

연구된 모든 세포성 점균은 Cavender and Raper(1965)의 토양 희석방법에 따라 한라산의 삼림토양으로부터 분리되었다. 토양으로부터 종의 분리는 건초배지(hay infusion agar)가 사용되었다. 분리된 세포성 점균은 먹이로서 *Escherichia coli*와 함께 이원배양되었다. 현미경하에서 멸균된 끝이 가는 핀셋으로 건초배지에 있는 전형적인 자실체의 포자낭을 떼내어 먹이가 있는 새로운 배지로 옮겼다. 추가 관찰을 위한 종의 순수배양은 약한 영양매지인 0.1% lactose-peptone(0.1 L-P)이 사용되었으며, 0.1 L-P는 세포성 점균의 성장과 자실체 형성을 비교하기 위한 표준으로서 인정되고 있다(Raper, 1984). 0.1 L-P는 lactose 1.0 g, pep-

tone 1.0 g, agar 20 g, 그리고 증류수 1 l로 조성되었으며, 이들은 모두  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2.05 g/l와  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.33 g/l에 의해 pH 6.0으로 맞추어 졌다. 과도한 습기를 제거하기 위해 0.1 L-P를 상온에서 2-3일 균화 후에 사용하였다. 세포성 점균의 순차적인 발생과정을 관찰하기 위하여 항상 박테리아 현탁액으로 만들어진 십자무늬의 중심에 포자를 접종하였다. 집합형태를 연구하기 위해서는 고농도 *E. coli* 현탁액을 2방울 떨어뜨린 후 포자와 함께 멸균된 유리막대로 배지 표면에 넓은 밴드모양으로 고르게 바른 다음, 22°C 항온기에서 배양시켰다.

세포성 점균이 먹이로 사용된 *E. coli*는 rotary shaker에서 하룻밤동안 배양되었다. *E. coli* 배양용 액체배지는 glucose 5 g, peptone 5 g, yeast extract 0.5 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2.25 g,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  1.5 g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.5 g, 그리고 증류수 1 l로 조성되었다. 배양된 박테리아는 3000 rpm에서 5분간 원심분리하여, 상층액을 버리고 멸균수 1 ml을 첨가하여 4°C 냉장고에 보관하여 고농도 *E. coli* 현탁액을 준비하였다. 항온기에서 정상적으로 배양되었을 때 대부분의 세포성 점균은 접종후 40-46 시간이면 거어 혹은 코로나 모양의 집합체와 위원형체 덩어리가 형성되며, 이때부터 분화와 형태형성이 시작된다. 관찰은 2일째부터 시작하여 점액아메바의 집합체 모양 및 크기, 집합줄기의 유무 및 형태, 성장습성, 포자 및 자실체의 모양, 가지형성, 크기, 색깔 등을 기록하여 이들 특징에 따라 종을 동정하였으며 현미경 사진을 촬영하였다.

포자의 크기와 형태는 종에 따라 다양하다. 각 종간의 포자형태를 비교하기 위하여 그 폭과 길이를 측정하였으며, 길이(length)/폭(breadth)으로 L/B 계수(Traub and Hohl, 1981b)를 계산하였다. 포자의 크기에 있어 비교적 균일하거나 종에 따라 다양하여 포자의 크기를 설명할 때 항상 그 범위로서 제시되었으며, 가장 흔하게 출현하는 범위를 평균으로 계산하였다. 그러나 포자의 변이율(the coefficients of variation; CVs)은 자실체나 자루의 CVs보다도 매우 낮은 것으로 알려져 있다(Benson and Mahoney, 1977; Hagiwara, 1989). 본 연구에서는 포자의 변이율을 최소화하기 위하여 자실체가 완전히 성숙한지 2-3일이 지난 후 전형적으로 균일하게 나타나는 자실체의 포자를 측정하였다.

점액아메바의 집합형태와 자실체의 성장습성 또한 종에 따라 다양하여 집합행동이 나타나는 접종 후 40 시간 이후에 발달 과정을 주기적으로 관찰하여 위원형체의 크기가 측정되고, 집합체의 모양과 집합줄기의 유무 및 형태가 기록되었다. 또한 가지의 형성 방법과 형태가 관찰되었다. 세포성 점균의 가지는 자루와 구조적으로 독립적이며, 형태적으로 자실체와 유사하다. 가지가 불규칙한것과 규칙적인 것이 있으며, 규칙적인 것은 단축화서 모양과 윤생형이 있다. 자루는 Raper(1984)와 Hagiwara(1989)의 방법에

따라 그 길이와 함께 기부(bases)와 정단(tips)의 모양이 기록되고 측정되었다. 또한 基部에서 頂端으로 갈수록 가늘어지는 정도(tapering)가 관찰되었다.

### 결 과

#### 한국산 딕티오행 세포성 점균의 종 검색표

Hong and Chang(1990, 1991)은 한국의 일부 낙엽수림과 해안 삼림의 토양으로 부터 8종의 딕티오행 세포성 점균과 1종의 아크라시아형 세포성 점균을 분리하여, 그 분포특성과 함께 총 9종을 기록한 바 있다. 딕티오행 세포성 점균은 대부분 딕티오행과(*Dictyosteliaceae*)의 2속, 즉 구슬팡이속(*Dictyostelium*)과 돌려난가지팡이속(*Polysphondylium*)에 포함된다. 한국에서 발견된 유일한 아크라시아형 세포성 점균은 *Guttulinopsis vulgaris*이다(Hong and Chang, 1990)이다.

본 연구에서는 한국산 딕티오행 세포성 점균들을 보다 체계적으로 분류하고 종간의 유연관계를 쉽게 알아볼 수 있도록 하기 위하여 Raper(1984)와 Hagiwara(1989)의 기록을 수정하여 검색표를 만들었다. Hong and Chang(1990)의 연구에서 제시한 세포성 점균의 검색표에 포자의 PG 특성을 추가하였다.

Hagiwara는 정단과 기부의 모양을 강조하였으나 그의 검색표는 지나치게 단순화 되어있어 실제분류에 어려움이 있다. 또한 그는 *D. mucoroides*와 *D. sphaerocephalum*을 같은 종으로 보았으나 본 연구에서는 Raper(1984)와 같이 별개의 종으로 구분하였다. 왜냐하면 이들 종간의 분명한 차이가 발견되고 있기 때문이다. 발생과정과 형태에 관한 많은 반복적인 관찰을 통해 포자의 크기, 자실체의 모양, 가지형태 및 위원형체 모양에서 분명히 구분됨으로서 이들 두 종은 별개의 종이 확인되었다. 또한 Hagiwara는 포자의 PG가 불확실한 구슬팡이속의 세포성 점균, 즉 *D. minutum*과 *D. capitatum*을 PG 양성과 PG 음성 모두에 포함시켰으나, 본 연구에서는 PG가 보다 불확실한 *D. capitatum*을 PG 음성으로, 그리고 cAMP에 대하여 화학적 반응을 보이지 않는 것으로 확인된 *D. polycephalum*과 *D. minutum*, 그리고 돌려난가지팡이속의 모든 종을 PG 양성에 포함시켰다.

본 검색표는 한국산 딕티오행 세포성 점균만을 대상으로 하였으며, 하나의 아크라시아형 세포성 점균 *Guttulinopsis vulgaris*(Hong and Chang, 1990)은 제외하였다. 또한 여기에는 신종 *Dictyostelium flavidum* Hong et Chang과 *Dictyostelium floridum* Hong et Chang, 그리고 기존의 발표된 종과는 다소의 차이가 있어 현재 조사가 진행중인 2개의 미확인 종 *Dictyostelium* spp.(HL-3, CJ-9)도 포함되어 있다. 한국산 딕티오행 세포성 점균의 종 검색표는 다음과 같다.

**구슬팡이屬(*Dictyostelium*):** 자루에 가지가 없거나 불규칙하다

I. 포자가 구형(球形)이며, 자실체가 작다(-2 mm).

.....*D. lacteum* van Tieghem(좁털구슬팡이)

II. 포자가 타원형 혹은 卵型이다.

A. 포자에 極囊(PG)이 뚜렷하지 않다.

1. 포자낭이 흰색에서 크림색이며, 자루가 무색이고 가지가 거의 없다; 위원형체가 자루없는 이동을 하지 않는다.

a. 자실체가 2 mm 이하이며, 單生하고; 자루가 비교적 굵으며, 頂端이 複合型(compound)이고, 頭狀(capitate)이다; 포자는 5.8-7.7×3.4-4.2 μm이다.

.....*D. crassicaule* Hagiwara(좁고사리팡이)

b. 자실체가 3.5 mm 이하이며, 집합줄기가 뚜렷치 않고 덩어리 모양이다.

i. 자실체가 흔히 群生하며, 자루가 가늘고 한층의 세포로 구성되어 있고, 基部는 흔히 방망이 모양이며, 頂端은 單一(simple)하고, 頭狀이다; 포자는 3.9-5.7×2.3-3.1 μm이다.

.....*D. capitatum* Hagiwara(털구슬팡이)

ii. 자실체가 항상 單生하며, 자루가 비교적 굵고, 基部는 잘 발달된 원추형이며 항시 점액질이 붙어나오고, 頂端으로 갈수록 심하게 가늘어지며, 頂端은 흔히 단일하나 형태는 불규칙하다.

.....*Dictyostelium* sp.(HL-3)

c. 자실체가 대부분 2-5 mm이다.

i. 자루가 가늘며 한층의 세포로 구성되어 있으며, 頂端은 單一하고 항상 頭狀(capitate)이며, 基部는 원뿔형 혹은 球型이다.

.....*D. brefeldianum* Hagiwara (가는구슬팡이)

ii. 자루가 비교적 굵으며, 한쪽에서 빛을 주면 종종 1 cm에 이르기기도 하며, 기부는 흔히 방망이 형이다.

.....*D. mucoroides* Brefeld(구슬팡이)

e. 자실체가 대체로 굵고, 매우 크며(-10 mm 혹은 그 이상), 전형적으로 單生한다; 정단이 매우 가늘고, 종종 포자낭이 없다.

.....*D. giganteum* Singh(긴구슬팡이)

2. 포자낭이 흰색에서 크림색이며, 자루가 무색이고, 흔히 혹은 종종 가지가 있다.

a. 자실체 크기가 2 mm 이하이며, 종종 가지가 있고, 집합체에 뚜렷한 줄기가 있고 자루에

비해 포자낭이 크며, 基部는 잘 발달된 원뿔형이고, 포자는 6.1-8.3×3.8-4.8 μm로 매우 크다.

.....*D. macrocephalum* Hagiwara(큰머리팡이)

b. 자실체가 대부분 2-4 mm이고, 자루가 굵다.

i. 전형적으로 單生하며 흔히 배지면에 포복하고, 포자낭 밑부분에 각정이같은 잔여물이 붙어있다; 집합줄기가 굵고 15-20°C에서 흔히 위원형체의 자루없는 이동이 일어난다.

.....*D. sphaerocephalum* (Oud.)

Sacc. et March(왕구슬팡이)

ii. 전형적으로 群生하며 포자낭 밑부분에 잔여물이 없고, 집합줄기가 보이지 않는다.

.....*Dictyostelium* sp.(CJ-9)

3. 포자낭이 밝은 레몬색에서 황색을 띠며, 자루가 연황색 혹은 황색이고, 흔히 불규칙한 가지가 있으며, 종종 1 cm 혹은 그 이상에 이르기도 한다.

a. 자루가 굵고 구불구불하며, 포자가 굵은 타원형 혹은 캡슐형이며(5.8-7.8×3.0-5.0 μm), 基部는 전형적으로 방망이형 혹은 구형이며, 정단으로 갈수록 심하게 가늘어지지 않는다.

.....*D. aureum* var. *aureum* Cavender,

Worley & Raper(민노랑장대팡이)

b. 자루가 굵고 튼튼하며 곧게서고, 포자가 가늘고 긴 타원형 혹은 방추형이며(4.8-9.6×1.9-3.8 μm), 基部는 전형적으로 원반형 혹은 원뿔형이며, 정단으로 갈수록 심하게 가늘어진다.

.....*D. flavidum* Hong et Chang

(노랑장대팡이)

4. 포자낭이 자주색이며, 자실체가 대부분 3-6 mm이고, 자루는 무색 혹은 약한 자주색을 띤다.

.....*D. purpureum* Olive(자주구슬팡이)

B. 포자에 極囊(PG)이 뚜렷하다.

1. 포자낭이 투명하거나 우유색 혹은 크림색이며, 자루가 투명하거나 희미한 황색이고, 基部가 球型, 방망이형 혹은 다소 원뿔형이다.

a. 자실체가 항상 1 mm 이하이고, 여러개의 자루가 결합된 다발모양의 群體를 형성한다; 포자는 卵型이며(6.1-6.8×3.5-4.0 μm), 이동체는 가늘고 매우 길다.

.....*D. polycephalum* Raper

(포도송이구슬팡이)

b. 자실체가 2 mm 이하이며, 基部를 제외하곤 거의 한 층의 세포로 구성되어 있고, 자실체에 흔히 가지가 있다.

i. 흔히 단생하며, 집합 줄기가 없고, 포자는 卵型에서 타원형이며(평균 4.8-5.9×2.8-3.6), PG가 뚜렷치 않다.

.....*D. minutum* Raper

(좁구슬팡이)

ii. 흔히 군생하며, 종종 집합줄기가 뚜렷하고, 포자는 타원형 혹은 구부러진 모양이며(평균 5.2-6.1×3.1-3.7), 극낭이 뚜렷하고, 가지가 전형적으로 단축해서 모양이다.

.....*D. monochasiooides* Hagiwara

(좁꽃구슬팡이)

c. 자실체가 3.5 mm 이하로 중간크기이며, 항상 群生 혹은 넓게 모여난다. 포자는 다소 가는 중간크기(평균 5.6×2.2-3.0 μm)이며, 때때로 불규칙한 가지가 있다.

i. 자루가 가늘고, 한층의 세포로 구성되어 있으며 정단으로 갈수록 심하게 가늘어지지 않으며, 불규칙한 가지가 흔하지 않다; 집합체가 납작한 덩어리 모양이다.

.....*D. fasciculatum* Traub, Hohl

& Cavender(흰꽃구슬팡이)

ii. 자루가 비교적 굵으며, 정단으로 갈수록 심하게 가늘어지고, 기부부근에 전형적인 가지가 있다; 집합체가 넓은 집합줄기를 갖는 꽃 모양이며, 기부가 종종 붉은 색의 점액질이 단단히 묻혀 있다.

.....*Dictyostelium floridum*

Hong et Chang(HL-2)(꽃구슬팡이)

2. 포자낭이 투명하거나 우유색 혹은 크림색이며, 자루가 황색이고, 基部는 방망이 모양이다; 자실체가 單生 혹은 넓게 모여나며, 가지가 불규칙하고, 종종 10개 이상이 모여나기도 하며, 때론 가지가 없는 것도 있다.

.....*D. aureo-stipes* var. *aureo-stipes*

Cavender, Raper et Norberg(노랑산호팡이)

들러난가지팡이屬(*Polysphondylium*): 자루에 가지가 규칙적으로 輪生한다.

I. 포자낭이 자주색이며 PG가 있으며 포자가 가늘고 길며, 頂端이 방망이 형(clavate)이다.

.....*P. violaceum* Brefeld(자주들러난가지팡이)

II. 포자낭이 흰색이며 PG가 불확실하고, 포자가 두터우며, 정단이 針狀(acuminate)이다; 자루의 끝부분이

늘어나지 않는다.

- 1. 자실체가 가늘고 길며, 포자가 작고(평균 5.5-5.8×3.0-3.3), 가지 수가 많고 짧다(169 ± 33 μm).  
.....*P. tenuissimum* Hagiwara(진돌려난가지팡이)
- 2. 자실체가 비교적 작고 굵으며, 포자가 중간크기이고(평균 6.4-7.4×3.7-4.2), 가지 수가 적고 길다(238 ± 62 μm)  
.....*P. pallidum* Olive(흰돌려난가지팡이).

한국산 미기록 極囊 陽性(PG positive) 種의 기록

한라산의 고도 및 식생에 따른 세포성 점균의 출현과 분포를 조사하는 중에 우리나라에서 기록되지 않은 3종의 PG positive 종이 분리되었다. 이들은 0.1 L-P에서 발생과 경과 형태가 자세히 관찰되었으며, 그 특징이 기록되었다. 우리나라에서 처음발견된 4종의 종기록과 설명, 그리고 서식습성은 다음과 같다.

*Dictyostelium aureo-stipes* Cavender, Raper et Norberg var. *aureo-stipes*(Strain HL-5) (新稱: 노랑산호팡이). 자실체는 전형적으로 균생하나 종종 단생하며, 불규칙한 가지가 밀생하는 경향이 있으며(Fig. 4, 5), 종종 10개 이상의 밀집된 가지를 형성하기도 한다(Fig. 6). 그러나 가지가 드문 드문 불규칙하게 형성되거나 때로는 없는 것도 있다(Fig. 7). 주광성을 나타내지 않고, 때때로 포복한다. 성숙한 포자낭이 배지면에 넘어서 붕괴되었을 때 그자리에서 점액아메바가 재집합하여 여러개의 자실체가 다시 형성되는 경향이 있다(Fig. 8). 자루는 분명한 황색이며 구불어지고, 길이는 대부분 1.0-5.5 mm이며, 기부에서 정단으로 갈수록 점점 가늘어진다.

기부는 전형적으로 구형이나 때때로 방망이 형이며, 직경은 가장 굵은 부분이 7.5-47.5 μm이다. 정단은 방망이 형이고, 직경은 2.5-15.0 μm이다. 포자낭은 흰색이고 구형이며, 직경은 20-300 μm이다. 포자는 극낭이 뚜렷하고, 투명하며, 캡슐모양에서 타원형이고(Fig. 1), 대부분 5.6-6.5×2.7-3.4 μm 이며, L/B 계수는 1.8-2.1이다. 집합체는 흔히 집합줄기가 없는 덩어리 모양이며(Fig. 2), 이 것이 나중에 여러개로 갈라져 각각 sorogen을 형성함으로써 군체를 이루며(Fig. 3), 큰 집합체는 여러개로 갈라져 각각 자실체를 형성한다. 직경은 1.5-6.8 mm이다. 암실에서 배양되었을 때 자루의 황금색이 더욱 뚜렷하며, 직사광선을 만나면 색깔을 잃어버리는 경향이 있다. 20-23°C에서 약한 영양배지인 건초배지 혹은 0.1 L-P에서 잘 자란다.

*D. aureo-stipes* var. *aureo-stipes*는 뚜렷한 황색자루, 흰색 포자낭, 그리고 불규칙한 가지 형성 및 극낭이 있는 포자에 의해 특징된다. 이 종은 그 색깔과 자실체 형태로 인하여 육안으로도 쉽게 확인 된다. *D. aureo-stipes*는 1979년 Cavender et al.에 의해서 처음 기록되었으며, 2개의 변종, var.

*aureo-stipes*와 var. *helvetium*이 알려져 있다. 한라산에서 분리된 종은 군체 형성, 크기 및 최적온도에서 var. *aureo-stipes*에 더 적합하다. 이 종의 집합체가 전형적으로 집합 줄기가 뚜렷치 않은 덩어리 모양이라는 점은 Raper(1984)의 기록에 나타나 있으나 Hagiwara(1989)의 기록과는 다르다. 즉 일본산 strain은 방사형의 집합줄기가 뚜렷하다.

한라산에서 분리된 종의 집합행동은 포자와 *E. coli*를 함께 섞어 밴드형으로 접종했을 때나 cross streak 증양에 접종했을 때도 균일하게 나타난다. 또한 *D. mucoroides* var. *stoloniferum*과 같이 포자낭이 배지면에 붕괴된 직후 여러 개의 작은 자실체가 다시 형성된다는 점은 이 종의 초기 기록에 조차도 밝혀있지 않다. 따라서 한라산에서 분리된 이 종은 새로운 strain HL-5로 이름지어 졌다. 이 종은 냉온대 효능범을 제외한 대부분의 한라산 삼림에서 발견되었다.

*Dictyostelium monochasioides* Hagiwara (新稱: 좁쌀구슬팡이). 자실체는 전형적으로 균생하나(Fig. 13) 때때로 단생하고(Fig. 14), 기부 부근에서 종종 단축화서 모양(monochasium-like)의 가지를 형성한다(Fig. 15). 그러나 종종 가지가 없거나 드문드문 불규칙한 경우도 있다. 주광성을 나타내지 않으며, 배지면에 자루가 포복하지 않는다. 자루는 무색이고 연약하며, 구불어지고, 길이는 0.31-3.0 (-4.45) μm이다. 기부에서 정단으로 갈수록 점점 가늘어지며 기부를 제외하곤 한층의 세포로 구성되어 있다.

기부는 항시 방망이 모양이나 종종 원뿔형을 나타내고 때로는 불규칙하다. 기부 직경은 4.0-16.5(-22.5) μm이다. 정단은 방망이 형에서 둔각형이며, 단일하고, 직경은 1.0-5.0 μm이다. 포자낭은 흰색이고 구형이며 직경은 10-150 μm이다. 포자는 극낭이 뚜렷하며 투명하고, 타원형이며, 대부분 4.6-6.7×2.8-4.0 μm이고, L/B 계수는 1.4-2.0이다(Fig. 5).

집합체는 집합줄기가 없는 작은 덩어리 모양을 나타내거나(Fig. 10), 흔히 여러개의 합류형 집합줄기가 하나의 중심 주변에서 원호를 형성하는 습성이 있다(Fig. 11). 자실체는 순차적으로 형성되는 경향이 있다. 집합체 중심에서 이미 자실체가 형성될 때 주변의 점액아메바는 계속집합하며(Fig. 11), 같은 집합체에서도 여러개의 sorogen이 솟아 오를 때에도 종종 동시에 형성되지 않고 순차적으로 형성된다(Fig. 12).

*D. monochasioides*는 특이한 단축화서 모양의 가지에 의해 특징지어진다. 그러나 이 종은 특징적인 가지를 제외하고는 외관상 *Dictyostelium tenue*(Cavender et al., 1979)의 기록과 매우 일치한다. 이 종의 Type strain TNS 364는 Hagiwara(1971)에 의해 파푸아, 뉴기니아 등 열대 삼림에서 처음 발견되었으나 1974년 일본 오키나와의 상록수림에서 TNS M-50004가 분리되었다. 그 이후 이 종은 네팔에서도

발견되었다(Hagiwara, 1989). 우리나라에서는 한라산 300 m 이하의 난온대 상록활엽수림에서만 유일하게 발견되었다. 그러나 미국, 유럽 및 아프리카에서는 보고된 바 없어 아마도 이 종은 아시아에 주로 분포하는 것으로 보인다.

*Polysphondylium tenuissimum* Hagiwara (新稱: 긴돌려난가지팡이). 자실체는 흔히 균생하나 종종 단생하며, 3-14개의 절이 있고 한 곳에 3-10개의 가지가 규칙적으로 운생한다(Fig. 21, 22). 주광성은 보이지 않으며, 종종 배지면을 포복한다(Fig. 20). 자루는 무색이고 연약하며 구불어지며, 길이는 흔히 3.0-15.6 mm이다. 기부는 항시 방망이형에서 구형이나, 가끔 원뿔형이며, 가장 굵은 부분의 직경은 10.0-40.0  $\mu\text{m}$ 이다(Fig. 23). 정단은 침형이고 단일하며 직경이 2.0-5.5  $\mu\text{m}$ 이며, 종종 고리가 있다. 자루의 마지막 분절은 길이가 (135-) 310-706  $\mu\text{m}$ 이다. 절간의 길이는 160-675  $\mu\text{m}$ 이다. 가지길이는 108-246  $\mu\text{m}$ 이고, 가지의 기부는 방망이형이며 직경이 5.0-15.0  $\mu\text{m}$ 이며, 정단은 침형이며, 단일하고 종종 고리가 있으며, 직경은 1.5-5.0  $\mu\text{m}$ 이다. 포자낭은 흰색이고 구형이며, 주자루 포자낭의 직경은 35-110  $\mu\text{m}$ 이고, 가지의 포자낭 직경은 20-70  $\mu\text{m}$ 이다. 포자는 극낭이 있으며, 투명하고, 캡슐형에서 타원형이며 대부분 5.0-6.5 $\times$ 3.0-4.5  $\mu\text{m}$ 이고, L/B 계수는 1.7-1.9이다(Fig. 16). 집합체는 방사형이고 집합줄기는 가늘며 직경이 0.2-9.0 mm이다(Figs. 17 and 18).

*P. tenuissimum*은 자루가 가늘며, 가지가 짧고 많으며, 가지의 포자낭이 작다는 점에 의해 특징되어 진다. *P. tenuissimum*은 *P. pallidum* complex에 포함된다. 이 종의 자실체는 외관상으로 매우 가늘고 가지가 많으며, 작은 포자낭에 의해 특징된다. 포자는 *P. pallidum*보다 작으나 모양은 비슷하다. 집합형태는 *P. pallidum*과 구별되지 않는다. *P. tenuissimum*의 최대 절의 수는 35에 이른다. 이 종은 22-24°C, 0.1 L-P/2에서 *E. coli*와 함께 배양되었을 때 잘 자라며, 15-20개의 짧은 절이 쉽게 관찰될 수 있다. 이 종은 동물의 배설물이 있는 한라산의 목초지에서만 유일하게 발견되었다.

## 고 찰

덕티오형 세포성 점균은 규칙적인 운생지의 유무에 따라 구슬팡이속(*Dicyostelium*)과 돌려난가지팡이 속(*Polysphondylium*)으로 분류되어 왔다. 그러나 포자의 PG 유무가 생리학적 차이를 나타낸다는 보고(Traub and Hohl, 1976)가 나온 이후 최근 덕티오과의 세포성 점균을 포자의 PG 유무에 따라 크게 두 집단으로 분류하고 있다. 그러나 이러한 구분은 종래의 분류학적 틀에 의해 제공되고 있는 오직 형태학적 기준에 기초한 것과 전부 일치하는 것은 아니다. 사실 규칙적인 운생지가 없음에도 불구하고 분명히

돌려난 구슬팡이 속(*Polysphondylium*)과 관련이 있는 '*D. mucoroides* complex'가 있다.

이들은 전형적인 운생지가 없으나 많은 생리적 특성에서 *P. pallidum*과 같은 행동을 보여준다. 즉 이들은 집합행동에서 cyclic AMP에 반응하지 않고, 집합체에서 분비된 그들 자신의 다른 acrasin에 의해 유인된다. 또한 처음에는 점액아메바가 개별적으로 모이다가 나중에 집합줄기를 형성하여 초기에는 집합줄기가 관찰되지 않는다. 그러나 구슬팡이 관련 종들은 집합시 cyclic AMP에 반응하고, 집합 초기부터 점액아메바 줄기가 관찰되는 특성이 있다(Traub and Hohl, 1976). 위의 돌려난가지팡이 관련 종들은 포자에 PG가 있으며, 구슬팡이 관련 종들은 포자에 PG가 관찰되지 않는다. 따라서 포자의 PG 유무는 분류학적으로 매우 중요하게 다루어져 왔다(Raper, 1984; Hagiwara, 1989).

대부분의 세포성 점균에서 포자의 PG 유무는 광학 현미경하에서 쉽게 관찰된다. 그들은 항시 포자의 양극에 위치해 있으나, 어떤 종에서는 중앙이나 아극에 분포하는 것도 있다. 또한 *D. minutum*과 *D. capitatum*은 광학현미경상으로 PG가 불확실하여 흔히 양쪽에서 동시에 취급되고 있다. *D. minutum*은 생리적 실험에서(Traub and Hohl, 1976) PG positive의 특성을 갖고 있으나, *D. capitatum*의 경우 Hagiwara의 기록에 이러한 생리적 특성이 없어 잠정적으로 PG 陰性 種으로 분류하였다.

본 연구에서 처음 기록된 PG 陽性 種은 하나의 미확인 종을 포함하여 3종이며, 이들은 각각 뚜렷한 형태적 특징을 갖고 있다. *D. aureo-stipes* var. *aureo-stipes*는 뚜렷한 황색자루, 흰색 포자낭, 그리고 불규칙한 가지 형성 및 극낭이 있는 포자에 의해 특징된다. 이 종은 그 색깔과 자실체 형태로 인하여 육안으로도 쉽게 확인 된다. 그러나 이 종의 집합체가 전형적으로 덩어리 모양이라는 점은 Raper(1984)의 기록과 일치하여 *D. aureo-stipes*로 분류하고자 하였으나 최적온도가 맞지 않아 Hagiwara(1989)와 같이 그 변종으로 동정하였다. 그러나 포자낭이 배지면에 붕괴된 직후 여러 개의 작은 자실체가 다시 형성된다는 점은 이 종의 초기 기록에 조차도 밝혀지지 않다. 따라서 한라산에서 분리된 이 종은 새로운 strain HL-5로 이름지어 졌다.

*D. monochasoides*는 특이한 단축화서 모양의 가지에 의해 특징지어진다. 그러나 이 종은 외관상 *Dictyostelium tenue* Cavender, Raper, and Norberg(1979)의 기록과 매우 일치하여 동정하는데 상당한 어려움이 있었다. 이 두종은 형태적 특징과 성장습성에 있어서 다른 종과는 분명히 구별되는 뚜렷한 공통의 특징을 갖고 있다. 이 두 종은 너무 비슷하여 단축화서 모양의 가지외에는 두 종을 구별할 만한 특징을 찾기 힘들다. 그러나 *D. monochasoides*가 단축화서 모양의 가지를 갖는다 해도 항시 일정한 것은 아니다. 때로는 불규칙하고 혹은 가지가 없는 것도 있다. 한라산에서

분리된 종을 *D. monochasioides*로 동정한 것은 특징적인 가지외에 성장의 최적온도와 서식지가 이 종과 더욱 가깝기 때문이다. *D. tenue*는 최적온도가 25°C이며, 열대삼림의 대표종으로 알려져 있다.

*P. tenuissimum*은 자루가 가늘며, 가지가 짧고 많으며, 가지의 포자낭이 작다는 점에 의해 특징되어 진다. 이 종의 규칙적인 운생지는 둘러난 가지팡이 속의 특징이다. 이 속의 대표종은 그 색깔에 따라 분류된 *P. pallidum*과 *P. violaceum*이다. 이 두종을 제외하고는 모두 Hagiwara에 의해 발표된 종이다. 그러나 Raper(1984)가 지적하였듯이 이들 종은 그 이전에도 분리되었으나, 외관상 큰 차이가 없어 모두 앞의 두종중 하나로 동정되어 왔다.

## 적 요

한국의 삼림토양에서 분리된 세포성 점균을 보다 쉽게 분류하기 위한 종 검색표가 제공되었으며, 한라산에서 처음 발견된 3종의 미기록 極囊 陽性 細胞性 粘菌이 기록되었다. 지금까지 한국의 삼림토양에서 분리되어 최종 확인된 세포성 점균은 총 21종이며, 아크라시아형 세포성 점균 *Guttulinopsis vulgaris*를 제외한 20종이 모두 덩티오형 세포성 점균이다. 확인된 덩티오형 세포성 점균은 모두 한국명이 부여되었다. 덩티오형 세포성 점균 중에서 9종이 PG 陽性이고, 11종이 PG 陰性이다. 아직 확인되지 않은 2종은 발생과정에 관한 보다 자세한 관찰이 진행중에 있다. 본 연구에서 처음 기록된 PG 陽性 종은 모두 한라산의 표층 부엽토에서 분리되었으며, 이들은 각각 뚜렷한 형태적 그리고 발생학적 특징을 갖고 있다. 3종의 미기록 極囊 陽性 種은 *Dictyostelium aureo-stipes* Cavender, Raper et Norberg var. *aureo-stipes*(Strain HL-5)(노랑가지팡이), *Dictyostelium monochasioides* Hagiwara(좁꽃구슬팡이), *Polysphondylium tenuissimum* Hagiwara(긴돌러난가지팡이)이다.

## 참 고 문 헌

- Benson, M.R. and D.P. Mahoney. 1977. The distribution of Dictyostelid cellular slime molds in southern California with taxonomic notes on selected species. *Am. J. Bot.* **64**: 496-503.
- Bonner, J.T. 1967. The cellular slime molds. Princeton Univ., Princeton. 205 pp.
- Brefeld, O. 1869. *Dictyostelium mucoroides*. Ein neuer Organismus aus der Verwandtschaft der Myxomyceten Abhand. Senckenberg. *Naturforsch Ges.* **7**: 85-107.
- Cavender, J.C. 1977. Cellular slime molds in tundra and forest soils of Alaska including a new species, *Dictyostelium septentrionalis*. *Can. J. Bot.* **56**: 1326-1332.
- Cavender, J.C. 1983. Cellular slime molds of the Rocky mountains. *Mycologia* **75**: 897-903.
- Cavender, J.C. and K. Kawabe. 1989. Cellular slime molds of Japan. I. Distribution and Biogeographical considerations. *Mycologia* **81**: 683-691.
- Cavender, J.C. and K.B. Raper. 1965. The Acrasieae in nature. I. Isolation. *Am. J. Bot.* **52**: 294-296.
- Cavender, J.C., K.B. Raper and A.M. Norberg. 1979. *Dictyostelium aureo-stipes* and *Dictyostelium tenue*: new species of the Dictyosteliaceae. *Am. J. Bot.* **66**: 207-217.
- Hagiwara, H. 1971. The Acrasiales in Japan. I. *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo*, **14**: 351-366.
- Hagiwara, H. 1989. The taxonomic study of Japanese Dictyostelid cellular slime molds. Natl. Sci. Mus., Tokyo. 131 pp.
- Hong, J.S., H.R. Kwon and N.K. Chang. 1992a. Cellular slime molds of Halla mountain. I. Occurrence and distribution. *Korean J. Ecol.* **15**: 181-189.
- Hong, J.S., H.R. Kwon and N.K. Chang. 1992b. Cellular slime molds of Halla mountain. II. Occurrence and distribution. *Korean J. Ecol.* **15**: 191-200.
- Hong, J.S. and N.K. Chang. 1990. The occurrence and distribution of cellular slime molds in major deciduous forests of Korea. *Korean J. Bot.* **33**: 159-168.
- Hong, J.S. and N.K. Chang. 1991. Occurrence and distribution of cellular slime molds in relation to the coastal plant communities of islands near Inch'on. *Korean J. Ecol.* **14**: 457-467.
- Hong, J.S. and N.K. Chang. 1992a. A new species of cellular slime molds from Korea, *Dictyostelium flavidum* sp. nov. *Korean J. Bot.* **35**: (in press).
- Hong, J.S. and N.K. Chang. 1992b. Cellular slime molds of Halla mountain. IV. Description of PG negative species. *Korean J. Bot.* **35**: (in press).
- Kanda, F. 1981. Composition and density of Dictyostelid cellular slime molds in the Kushiro Moor, Hokkaido. *Jap. J. Ecol.* **31**: 329-333.
- Landolt, J.C. and S.L. Stephenson. 1990. Cellular slime molds in forest soils of West Virginia. *Mycologia* **82**: 114-119.
- Olive, L.S. 1975. The mycetozoa: A revised classification. *Bot. Rev.* 59-89.
- Raper, K.B. 1984. The Dictyoselids. Princeton Univ., Princeton. 453 pp.
- Stephenson, S.L., J.C. Landolt, and G.A. Laursen. 1991. Cellular slime molds in soils of Alaskan tundra, USA. *Arctic and alpine research.* **23**: 104-107.
- Traub, F. and H.R. Hohl. 1976. A new concept for the taxonomy of the family Dictyosteliaceae. *Am. J. Bot.* **63**: 664-772.
- Traub, F., H.R. Hohl and J.C. Cavender. 1981a. Cellular slime molds of Switzerland. I. Description of new spe-

cies. *Am. J. Bot.* **68**: 162-172.

soils. *Am. J. Bot.* **68**: 173-182.

Traub, F., H.R. Hohl and J.C. Cavender. 1981b. Cellular  
slime molds of Switzerland. II. Distribution in forest

(1992. 5. 20 接受)

## Explanation of Figures

**Figs. 1-8.** *Dictyostelium aureo-stipes* var. *aureo-stipes*. Fig. 1. Spores,  $\times 1000$ . Fig. 2. Mound-like aggregations,  $\times 40$ . Fig. 3. Early sorogens arising from completed aggregation,  $\times 40$ . Fig. 4. A sorocarp with branches in process of formation (arrow),  $\times 40$ . Fig. 5. Process of multiple branch formation,  $\times 100$ . Fig. 6. Irregular and crowded branches,  $\times 40$ . Fig. 7. sparsely and irregularly branched sorophore,  $\times 40$ . Fig. 8. Margin of a colony showing "stoloniferous habit",  $\times 40$ . Mature sori fell to the agar surface and secondary sorocarps arose following spore germination and aggregation of emerged myxamoebae.

**Figs. 9-15.** *Dictyostelium monochasioides*. Fig. 9. Spores,  $\times 1000$ . Fig. 10. Small mound-like aggregation,  $\times 40$ . Fig. 11. Networks of interlacing myxamoebal streams,  $\times 40$ . A cluster of sorogens have already developed from the center of richly and closely anastomosing streams. Fig. 12. A single cluster developing over a period of time,  $\times 40$ . Fig. 13. Habit of the species showing clustered sorocarps,  $\times 40$ . Fig. 14. A solitary sorocarp,  $\times 40$ . Fig. 15. Branching habit that characterizes the species,  $\times 100$ .

**Figs. 16-23.** *Polysphondylium tenuissimum*. Fig. 16. Spores,  $\times 1000$ . Fig. 17. Cell aggregation with radial streams,  $\times 40$ . Fig. 18. Clustered sorogens,  $\times 40$ . Fig. 19. Developing sorogens,  $\times 40$ . Fig. 20. Sorogens with progressive steps in a whorl formation,  $\times 40$ . Fig. 21. Completed whorl branches,  $\times 20$ . Fig. 22. A single, long and thin sorocarp,  $\times 7$ . Fig. 23. Base,  $\times 100$ .





