

우리나라의 山林土壤에 分布하는 孢子囊果를 형성하는 아버스쿨菌根菌, *Glomus*屬

具昌德 · 金泰勳 · 李昌根 · 李元圭 · 姜昌浩 · 李炳天 · 李承奎

林業研究院

서울特別市 東大門區 清涼里洞 207. 우 130-012

Sporocarp-forming Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *Glomus* spp. in Forest Soils of Korea

Chang-Duck Koo, Tae-Hun Kim, Chang-Keun Yi, Won-Kyu Lee

Chang-Ho Kang, Byung-Chun Lee, Seung-Kyu Lee

Forestry Research Institute

207 Cheongryangri-dong Dongdaemun-gu, Seoul, Korea. 130-012

ABSTRACT: *Glomus* species forming sporocarps were collected at limestone areas in Danyang, on coal mine overburdens in Munkyeong, on plantations of *Celtis sinensis* in the Jindo island and *Cryptomeria japonica* in the Namhae island, on the Ilchulbong crater base and at a shrubby land near the Chunjiyeon fall. One of the characteristics of *Glomus claviforme* is the thick wall (25-33 μm) of its cylindrical chlamydospores at the apex. *G. heterosporum* chlamydospores are loosely connected with each other through brown thick-walled hyphae. *G. liquidambaris* has paraphysis between chlamydospores. *G. rubiforme* is blackberry alike. *G. sinuosum* has a peridium composed of golden yellow thick-walled (2-3 μm) sinuous hyphae. *G. taiwanense* has red brown sporocarps with yellow spores of which wall is thickest at the apex.

KEYWORDS: Arbuscular mycorrhizae, Forest Soils, *Glomus*, *Sclerocystis*.

陸上植物에서 養分과 水分을 흡수하는 뿌리 (feeder roots) 중에서 皮層細胞내에 베지클(vesicles, 작은 풍선모양)과 아버스쿨 (arbuscules, 작은나무모양)이 형성된 것을 VA내생菌根이라고 하며, 이런 菌根을 형성하는 菌을 Vesicular arbuscular 內生菌根菌이라고 한다(Harley and Smith, 1983). 그러나 이들 菌 중에서 *Gigaspora*屬과 *Scutellospora*屬은 뿌리내에 베지클을 형성하지 않으므로 Morton과 Benny (1990)는 VA내생菌根菌보다는 아버스쿨菌根菌이라는 용어를 사용하였다.

Morton과 Benny의 分類(1990)에 따르면 아버스쿨菌根菌은 Glomales目に 속하고 이 目은 베지클의 형성 여부, 菌絲에서 孢子的 발생 위치 그리고 補助細胞(auxiliary cells)의 유무에 따라 2개의 亞目 Gigasporineae와 Glomineae로 나누었다. Gigaspori-

neae 亞目에는 1개의 科 Gigasporaceae가 있고 이 科는 孢子的 發芽樣相, 孢子壁의 구성 그리고 補助細胞의 형태에 따라 2개의 屬 *Gigaspora*와 *Scutellospora*로 나누었다. Glomineae 亞目は 生殖菌絲(fertile hyphae)에서 厚膜孢子가 발생하는 위치에 따라 2개의 科 Acaulosporaceae와 Glomaceae로 나누었다. Acaulosporaceae 科는 孢子發生囊(sporiferous saccules)으로부터 발생하는 孢子的 위치에 따라 2개의 屬 *Acaulospora*와 *Entrophospora*로, Glomaceae 科는 孢子囊果에서 孢子배열상태에 따라 2개의 屬 *Glomus*와 *Sclerocystis*로 나누어진다. 이들의 분류검색표에 따르면 *Sclerocystis*屬은 다음과 같은 특성을 갖는 것이다. *Sclerocystis*屬의 菌은 식물 뿌리내에 베지클과 아버스쿨을 형성하고 土壤 속에는 단단한 孢子囊果(sporocarps)를 형성한다. 孢子囊果내에서

기부는 胞子를 발생시키지 않는 菌絲로 되어있고, 중심부에는 壁이 얇은 菌絲로 뭉쳐진 菌絲叢(hyphal plexus)이 있으며 이것을 중심으로 하여 厚膜胞子が 방사방향으로 1개의 층으로 배열하여 있다. 胞子囊果를 반으로 갈라보면 기부에는 胞子が 발달하지 않았으므로 胞子は 반구형으로 배열되어있는 것을 볼 수 있다.

*Sclerocystis*屬을 *Glomus*屬과 구별하는 차이는 단지 胞子囊果내에서 胞子が 서로 옆으로 가지런히 정렬해 있다는 것 뿐이고(Gerdemann and Trappe, 1974), 뿌리속에 형성된 베지클과 아버스클의 모양이나 胞子囊果에서 분리된 胞子の 모양은 구별이 안되므로 *Sclerocystis*屬을 *Glomus*에 포함시키는 것이 제의되었다(Walker, 1987). 위 두 屬은 系統發生學的으로 매우 가까운 단일 種族群(monophyletic group)으로 판명되기도 하였으므로 (Morton, 1990) Almeida와 Schenck(1990)는 *Sclerocystis*屬에 있던 種(중심부에 있는 菌絲叢을 중심으로 하여 胞子が 방사상으로 가지런히 정렬된 胞子囊果를 형성하는 菌種) 중에서 중앙부의 菌絲叢을 중심으로 하여 胞子が 반구형으로 배열되어있는 *S. coremiodes*만을 그대로 두고 나머지는 모두 *Glomus*屬에 포함시켰다. 이 논문에서는 Almeida와 Schenck(1990)의 새로운 분류에 따라서 同定하였다.

우리나라에서는 현재까지 *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Scutellospora*의 4개 屬에서 36개 種이 알려졌지만(가강현, 1991), *Sclerocystis*屬이나 胞子囊果를 형성하는 *Glomus*屬 菌의 존재는 남부해안 지역의 비닐하우스내 채소재배 土壤에서 1개 種 *S. pachycaulis*가 밝혀졌을 뿐(손 등, 1991; 손보균과 김광식, 1992) 대부분의 種에 대한 기록은 아직 없는 상태이다. 그간의 아버스클菌根菌 胞子の 채집지는 干瀉地(고, 이, 1984), 東西海岸 일부지역(엄과 이, 1989), 고마리 군락(엄과 이, 1990), 차풀군락(가 등, 1990a), 솔새 및 역새군락(가 등, 1990b)등으로 비교적 특수하고 한정된 지역이었다. 본 논문에서는 濟州도를 포함한 전국의 山林土壤을 대상으로 다양한 植物種 및 土壤 環境下에서 아버스클菌根菌 胞子を 채집, 同定한 種 중에서 최근까지는 *Sclerocystis*屬으로 分類되었던 胞子囊果를 형성하는 *Glomus*屬에 대하여 보고하고자 한다.

材料 및 方法

胞子採集: 전국의 山林을 3개의 山林 氣候帶 즉 溫帶中部, 溫帶南部, 暖帶로 구분하고 각 溫度帶에서 3개 지역씩 선정하였다. 각 지역에서는 土壤肥沃도를 肥沃과 척박, 土壤水分상태를 適濕과 弱乾으로 구분하여 총 9개 지역 36개 지점에서 土壤 깊이 10 cm까지 약 500g의 土壤 및 뿌리를 채집하였다. 채집은 1990년 5월부터 1991년 3월에 걸쳐서 하였으며, 채집된 것은 비닐봉투에 넣어서 실험실로 가져온 후 氣乾하여 실내온도에 보관하였다. 胞子是 wet sieving & decanting법(Gerdemann and Nicolson, 1963)으로 채집하였으며 채집된 胞子是 실온에서 50%글리세린에 보관하면서 식별에 사용하였다. 土壤의 pH, N, P는 林業研究院 土壤分析室에 의뢰하여 분석하였다.

胞子囊果 觀察 및 菌 同定: 胞子囊果는 기건土壤 100g 당 2-30개 채집되었으며 식별에 사용된 胞子是 1-10개였다. 외부 형태 및 색깔은 30-60배율의 해부현미경하에서, 내부형태는 胞子囊果를 약 40 μm 두께로 절편을 만들고 락토글리세린에 마운트하여 100-600배 현미경으로 관찰하였다. 채집된 胞子표본은 락토헤놀용액에 넣어서 林業研究院 土壤微生物實驗室에 보관하고 있다. 菌의 식별은 Trappe (1982)의 synoptic keys, Schenck와 Perez (1987), 그리고 Berch (1988)를 참고하였고, 種명은 Almeida와 Schenck(1990)의 새로운 분류체계에 따랐다.

結 果

胞子囊果 형성 菌種의 채집지와 지역환경: 胞子囊果는 주로 土壤 pH가 일반 산림土壤보다 높은 6-8되는 石灰岩이나 火山災가 土壤母材인 곳에서 채집되었으나, *Glomus liquidambaris* 胞子是 pH가 4.9인 석탄광폐석지 주변에서 채집되었다 (Table 1). 이 菌들의 분포는 土壤내 질소나 인산함량 그리고 土壤水分상태와는 관계가 없었으나, 石灰炭鑛 폐석지, 石灰岩地帶에서의 땅콩경작지와 주기적인 침수지, 그리고 火山噴火口 바닥같은 특이한 환경에서도 확인되었다.



Figs. 1A-1C. *Glomus claviforme*: 1A. A sporocarp, 1B. Crosssection of the sporocarp showing radially, side by side, and tightly packed single layer of chlamydospores(S) around a central hyphal plexus (HP) of interwoven hyphae; 1C. A chlamydospore with thick wall (TW) at the apex, Fig. 2. Loose cluster of *G. heterosporum* spores(S) connected with thick hyphae (TH), Fig. 3. *G. liquidambaris* sporocarp with paraphysis (PP) between chlamydospores. Fig. 4. *G. rubiforme* chlamydospores(S). Figs. 5A-5B. *G. sinuosum*; 5A. Crosssection of sporocarp with golden yellow peridium(P) enclosing chlamydospores(S) from central hyphal plexus (HP); 5B. Thick walled sinuose hyphae(SH) on the peridium. Fig. 6. *G. taiwanense* yellow triangular chlamydospores(S) thick-walled at the apex and arranged side by side around central hyphal plexus(HP) Bar=50 μ m.

Table 1. Environmental properties of the sites where sporocarp-forming *Glomus* species were collected.

Site	Parent material	Dominant plant speices	Soil moisture	pH	N (%)	P2O5 (ppm)
Gun Myon						
Danyang Maepo	lime stone	<i>Arachis hypogaea</i>	slightly dry	8.0	0.2	15
“	“	<i>Pharagmites communis</i>	often water-logged	8.1	0.2	61
“	“	<i>Thuja orientalis</i>	slightly dry	7.9	0.4	11
Munkyoung Masung	coal mine overburden	<i>Lespedeza bicolor</i>	slightly dry	4.9	0.1	10
Namhae Samdong	granite	<i>Cryptomeria japonica</i>	slightly dry	—	—	—
Jindo Jindo	granite	<i>Celtis sinensis</i>	moderate	5.8	1.4	176
Seoguipo	basalt	<i>Rosa multiflora</i>	moderate	6.1	0.8	55
Namjeju Sungsan	valcanic ash	<i>Miscanthus sp.</i>	slightly dry	6.4	0.7	23

— : no data were collected.

菌種에 관한 敘述 :

1) *Glomus clavisorum* (Trappe) Almeida & Schenck (Fig. 1).

Sclerocystis clavispura Trappe, Mycotaxon 6: 359. 1977, *Sclerocystis microcarpus* Iqbal & Bushra, Trans. Mycol. Soc. Japan 21: 57. 1980.

胞子囊果는 구형 내지 구형에 가까움, 짙은 갈색에서 검정색, 350-700×400-900 μm, 표면에는 잔잔한 돌기가 있는 것으로 보임. 胞子囊果 내부형태는 중심부의 菌絲叢(hyphal plexus)을 중심으로 하여 胞子が 넓은 쪽을 바깥으로 하여 1개의 층으로 방사상 배열, 胞子囊果를 둘러싸는 외피(peridium)나 부착菌絲는 없음. 중심부의 菌絲叢은 갈색, 원형, 직경 150-300 μm, 내부 菌絲의 굵기 6-8 μm, 菌絲壁 두께 1-1.5 μm. 厚膜胞子는 현미경하에서 짙은 갈색, 길쭉한 넓은 곤봉 내지 야구방망이 모양, 넓은 쪽 폭 30-50 μm, 좁은 쪽 폭 18-25 μm, 길이 130-160 μm. 胞子壁은 1개 그룹, 갈색에서 검정색, 壁두께는 머리부분 25-33 μm, 기부(菌絲叢 연결부위) 18-25 μm, 측면 1.5-2.0 μm. 胞子내용물은 무색투명한 기름방울.

채집지 : 단양군 매포면 매포리 도담 측백자생지, 남해군 삼동면 물건리 삼나무 편백 조림지, 남제주군 성산면 성산리 일출봉 분화구 바닥 역새초지. 土壤 100g 당 1-6개 胞子囊果 채집.

표본 : FRI Koo 1099.

다른 菌과의 비교 : 胞子囊果와 厚膜胞子の 크기가 작은 것은 *Sclerocystis microcarpus*로 분류되었으나(Iqbal and Bushra, 1980), Almeida와 Sche-

nck는 변이폭이 *G. clavisorum*에 포함되는 것으로 同定하였다. 胞子는 곤봉모양이고 머리부분의 壁이 두터운 것이 이 種의 특징이다.

2) *Glomus heterosporum* Smith & Schenck (Fig. 2)

Smith and Schneck. Mycologia 77: 566. 1985.

胞子囊果는 엉성한 포도 송이 모양, 갈색, 260-270×270-400 μm 크기, 표면은 둥근 알갱이가 모여있는 것으로 보임. 胞子囊果를 반으로 자르기는 쉽지않고 오히려 핀셋으로 나누기가 쉬움. 胞子囊果 위를 커버글라스로 눌러서 현미경에 놓고 보면 각 胞子는 굵은 菌絲로 연결되어 있을 뿐 다른 種의 胞子囊果에서 보이는 菌絲가 뭉쳐진 복잡한 菌絲叢(hyphal plexus)은 없음. 胞子囊果를 둘러싸는 외피(peridium)나 부착菌絲는 없음. 厚膜胞子는 현미경하에서 노랑갈색, 난형 내지 타원형, 크기는 40-45×55-70 μm. 각 胞子는 두께가 13 μm되는, 막이 두터운 갈색 菌絲와 엉성하게 연결, 胞子の 기부에는 격막이 있음. 胞子壁은 1개 그룹으로 두께는 전체적으로 2.5 μm, 여러개의 층으로 되어있고 맨 바깥壁은 1 μm 두께로 투명, 쉽게 벗겨짐. 胞子の 기부에 연결된 菌絲의 굵기 13 μm, 菌絲壁 두께 5-6 μm. 胞子和 연결된 구멍의 직경 2.0-2.5 μm, 중심부의 菌絲뭉치 쪽으로 내려가면 菌絲壁은 얇아지고 菌絲내의 공간이 넓어짐. 胞子내용물은 무색투명한 기름방울.

채집지 : 남제주군 성산면 성산리 일출봉 분화구 북쪽 경사 역새초지. 土壤 100g 당 3-6개 胞子囊果 채집.

표본 : FRI Koo 1100.

다른 菌과의 비교: 양성한 孢子囊果는 *G. rubiforme*와 비슷하지만 孢子囊果 중앙부에는 균사층이 없이, 벽이 두터운 굵은 菌絲가 있고 여기에서 孢子가 발달하여 양성한 孢子囊果를 형성한 것이 특징이다.

3). *Glomus liquidambaris* (Wu & Chen) Almeida & Schenck (Fig. 3).

Sclerocystis liquidambaris Wu & Chen, Trans. Mycol. Soc. Rep. China 2: 73. 1987.

孢子囊果는 구형 내지 구형에 가까운, 갈색에서 짙은 갈색, 350-410 μm 크기, 표면에는 잔잔한 돌기가 있는 것으로 보임. 孢子囊果 내부형태는 중심부의 菌絲叢(hyphal plexus)을 중심으로 하여 난형의 부채모양 厚膜孢子가 1개의 층으로 방사상 배열, 孢子和 孢子사이에는 길다란 주걱모양의 구조(paraphysis)가 치밀하게 발달. paraphysis는 크기 7-12 \times 85-95 μm , 壁두께 0.5-0.8 μm . 孢子囊果를 둘러싸는 외피(peridium)나 부착菌絲는 없음. 중심부 菌絲叢은 갈색, 원형, 직경 220-240 μm , 내부 菌絲 굵기 6-10 μm , 菌絲壁 두께 1.5-2.0 μm . 厚膜孢子는 현미경하에서 갈색, 난형의 부채모양, 크기 52-55 \times 70-80 μm . 孢子壁는 1개 그룹, 엷은 갈색에서 갈색, 壁두께는 머리부분 3-4 μm , 측면 및 기부는 1.5-2.0 μm . 孢子내용물은 무색투명한 기름방울.

채집지: 문경군 마성면 외어리 봉명 석탄탄광 폐석지. 싸리, 붉나무 우점. 土壤 100g 당 1-2개 孢子囊果 채집.

표본: FRI Koo 1077.

다른 菌과의 비교: 외피이 없거나 있어도 뚜렷하지 않으며 孢子 사이사이에 paraphysis가 발달한 것이 다른 種과 뚜렷이 구별된다.

4). *Glomus rubiforme* (Gerdemann & Trappe) Almeida & Schenck, (Fig. 4).

Sclerocystis rubiformis Gerdemann & Trappe. Mycol. Mem. 5. 1974.

孢子囊果는 구형 내지 부정형, 적색에서 흑갈색, 250-310 μm 크기, 표면은 작은 구슬이 모여있는 검정색의 딸기모양. 孢子囊果 내부형태는 중심부의 菌絲叢(hyphal plexus)을 중심으로 하여 난형의 厚膜孢子가 1개의 층으로 방사상 배열. 孢子囊果를 둘러싸는 외피(peridium)는 없으나 있는 경우는 얇은 것이 쉽게 벗겨짐. 중심부의 菌絲叢은 갈색, 원형,

직경 60-80 μm . 厚膜孢子는 현미경하에서 짙은 갈색, 구형에 가까운 난형으로 부채모양, 크기는 80-100 \times 90-110 μm . 孢子壁는 1개 그룹, 갈색, 壁두께는 머리부분 2.5 μm , 측면 및 기부는 1.0-1.5 μm 로 머리부분이 두터움. 孢子的 기부에서 중심부 菌絲에 연결되는 菌絲의 굵기는 8-10 μm , 菌絲壁 두께 2.5 μm , 연결되는 구멍의 크기 3-5 μm . 孢子내용물은 무색투명한 기름방울.

채집지: 서귀포시 천치연 폭포 입구 북향 경사. 쫄레, 까마귀조 우점. 土壤 100g 당 2-33개 孢子囊果 채집.

표본: FRI Koo 1106.

다른 菌과의 비교: 전체적인 孢子囊果의 형태가 불규칙하고 약간 양성하다. 孢子囊果의 중심부에 壁이 두터운 菌絲뭉치가 있는 *G. heterosporum*과는 달리 중심부에 가는 菌絲로 뭉쳐진 菌絲叢(hyphal plexus)이 존재한다.

5) *Glomus sinuosum* (Gerdemann & Bakshi) Almeida & Schenck, (Fig. 5).

Sclerocystis sinuosa Gerdemann & Bakshi. Trans. Brit. Mycol. Soc. 66: 340. 1976.

孢子囊果는 구형내지 구형에 가까운, 갈색에서 짙은 갈색, 340-420 μm 크기, 표면은 엷은 菌絲층으로 덮여있어서 돌기가 뚜렷하지 않으나 산딸기내지 울퉁불퉁한 감자모양. 孢子囊果 내부형태는 중심부의 菌絲叢(hyphal plexus)을 중심으로 하여 넓고 둥근 타원형의 厚膜孢子가 1개의 층으로 방사상 배열. 孢子囊果를 둘러싸는 외피(peridium)는 황금색, 두께 10-15 μm . 외피를 이루는 菌絲는 화려한 황금색의 구불구불한 무늬를 이루고, 굵기는 3-5 μm , 菌絲壁 두께는 2-3 μm 으로 매우 두텁음. 菌絲叢은 황금색, 원형, 직경 60-80 μm , 내부 菌絲 굵기 3-5 μm , 菌絲壁 두께 0.5-1.0 μm . 厚膜孢子는 현미경하에서 황금색, 넓은 타원형으로 탁구라켓모양, 크기는 75-85 \times 80-100 μm . 孢子壁는 1개 그룹, 황금색, 壁두께는 전체적으로 거의 일정하게 2.0 μm . 孢子的 기부에서 菌絲叢으로 이어지는 부분의 菌絲 굵기 5.0 μm 내외. 孢子내용물은 무색투명한 기름방울.

채집지: 진도군 진도읍 서천리 쌍계사 입구 팽나무식재지. 서귀포시 천치연 폭포입구 북향 경사. 쫄레, 까마귀조 우점. 土壤 100g 당 1-3개 孢子囊果 채집.

표본 : FRI Koo 1080.

다른 菌과의 비교 : 황금색의 구부구불한, 벽이 두터운 菌絲가 외피를 구성한 것이 결정적인 同定 因子이다.

6). *Glomus taiwanense* (Wu & Chen) Almeida & Schenck(Fig. 6).

Sclerocystis taiwanensis Wu & Chen, Trans. Mycol. Soc. Rep. China 2: 73-83. 1987.

胞子囊果는 구형 내지 구형에 가까움, 연한 갈색에서 적갈색, 200-220 μm 크기, 표면에는 매우 잔잔한 돌기가 있는 것으로 보임. 胞子囊果 내부형태는 중심부의 菌絲叢(hyphal plexus)을 중심으로 하여 머리부분의 壁이 매우 두터운 황금색의 삼각형 내지 곤봉형 胞子が 폭이 넓은 쪽을 바깥으로 하여 1개의 층으로 방사상 배열. 胞子囊果를 둘러싸는 외피(peridium)나 부착菌絲는 없음. 菌絲叢은 황금색, 원형, 직경 80-95 μm. 厚膜胞子는 현미경하에서 황금색, 길쭉한 삼각형 내지 곤봉형, 25-32×60-70 μm 크기. 胞子壁은 1개 그룹, 전체적으로 황금색. 壁두께는 胞子머리 부분에서 바깥쪽으로 둥글거나 둥근 삼각형으로 두터워져서 15-20 μm, 측면과 기부에서는 2.0-2.5 μm. 胞子내용물은 무색투명한 기름방울.

채집지 : 남제주군 성산면 성산리 일출봉 분화구 내 북향경사 역새초지, 남해군 삼동면 물건리 삼나무 편백 조림지, 서귀포시 천지연 폭포 입구 절레, 가마귀조 우점 관목림. 土壤 100g 당 1-2개 胞子囊果 채집.

표본 : FRI Koo 1116.

다른 菌과의 비교 : *G. claviformis*의 胞子囊果가 갈색 내지 짙은 갈색인 것에 비하여 *G. taiwanense*의 胞子囊果는 적갈색을 띠고, 胞子도 전자는 갈색이지만 이것은 노랑-황금색이며 크기도 전자보다 작다. 또한 胞子の 맨 바깥壁이 매우 얇은 무색 투명한 것으로 되어있는 것이 특징이지만 이번 시료에서는 확인되지 않았다.

胞子囊果(sporocarps)를 형성하는 *Glomus*屬의 種 검색표 :

- 1. 胞子囊果는 외피(peridium)로 싸여있다. 2
- 1. 胞子囊果는 외피로 싸여있지않다. 3
- 2. 외피는 壁이 두터운 菌絲가 구불구불하게 얽혀진 것이며, 胞子囊果 내의 胞子들은 중앙부의 菌絲叢(hyphal plexus)을 중심으로

방사형으로 1개의 층으로 배열하여 구형을 이룬다 (Fig. 5). *G. sinuosum*

- 2. 외피는 두터운 菌絲로 조밀하게 짜여져 있으며, 胞子囊果 내의 胞子 들은 胞子를 발생하지않는 菌絲로 이루어진 기부로부터 발달하여 반구 형을 이룬다. ... *S. coremioides*
- 3. 胞子囊果 내의 각 胞子 사이사이에는 주걱모양의 구조(paraphysis)가 발달하여있다 (Fig. 2)..... *G. liquidambaris*
- 3. 胞子囊果 내의 胞子사이에 주걱모양의 구조는 없다. 4
- 4. 胞子囊果 내의 중앙부 菌絲叢이 치밀하게 발달하지는 않았거나, 胞子 들이 서로 측면으로 가지런히 배열하여 있지않고 엉성하다. 5
- 4. 胞子囊果의 중앙부 菌絲叢은 직경 60-300 μm으로 잘 발달하여 있으며 이 조직을 중심으로 厚膜胞子が 방사방향으로 1개층으로 나란히 배열 하여 있다. 胞子는 넓적한 야구방망이 내지 곤봉모양이며, 胞子壁은 끝부분(17-25 μm)이 측면壁(1.5-5 μm)보다 훨씬 두텁다. 6
- 5. 胞子囊果 내의 厚膜胞子는 중앙부의 굵은 菌絲뿔과 엉성하게 연결되어 있을 뿐 방사상 배열을 하지않으며, 胞子壁에 망상무늬는 없다 (Fig. 3). *G. heterosporum*
- 5. 胞子囊果내 胞子는 얇고 가는 菌絲로 뭉쳐진 菌絲叢과 연결되어있다. (Fig. 4)..... *G. rubiforme*
- 6. 胞子囊果 크기는 300-800 μm, 짙은갈색 내지 검정색, 胞子는 갈색이다. (Fig. 1)..... *G. claviformis*
- 6. 胞子囊果 크기는 200-300 μm, 적갈색, 胞子는 노랑색이다 (Fig. 6). *G. taiwanense*

考 察

*Sclerocystis*로 분류되었던 種의 胞子囊果는 여러 환경에서 채집되고 있지만 (Almeida and Schenck, 1990) 관찰자의 눈에 잘 띄이지않는 경우가 있다. 그 이유로는 색깔이 적갈색, 짙은 갈색, 검정색으로 짙고 크기가 800 μm 까지 이르며, 딱딱하고 산딸기

모양으로 특이한 것도 있고, 孢子囊果에 부착된 菌絲가 없어서 침강속도가 빠르므로 놓치기가 쉽다. 그러므로 시간이 걸리고 지루한 일이라는 하지만 wet sieving and decanting 법으로 체에 걸러진 土壤, 뿌리 및 孢子的 혼합체를 크기별로 자세히 살펴볼 필요가 있다.

菌絲가 뭉쳐진 菌絲叢을 중심으로 하여 孢子가 방사형으로 1개의 층으로 배열되어 있는 이 *Sclerocystis*屬의 菌들은 일단은 다른 種과 쉽게 구별되지만 VA菌根을 형성한다든지 菌絲 끝에서 孢子가 발생하는 형태를 볼 때는 *Glomus*屬과 연관이 깊으므로 위 두屬을 별개의 것으로 유지하는 것이 잠정적이었다 (Walker, 1987). 한편으로는 이 屬의 菌이 孢子囊果 형태적인 면에서 *Glomus*로부터 진화가 더 진행된 것으로 취급되기도 하였고(Gerdemann and Trappe, 1974), 위 두屬을 확연히 구분지을 수 있는 형태적인 차이가 인식되기도 하였다(Smith and Schenck, 1985). 그 차이를 보면, *Glomus*屬 種의 孢子囊果 중심부 菌絲조직은 굵은 菌絲로 형성하게 엉켜있으므로, 가는 菌絲로 치밀하게 뭉쳐져있는 *Sclerocystis*屬의 孢子囊果의 중심부와는 구별된다. 이에 따라 *Glomus* 孢子囊果에서 孢子배열은 구형이 아니고 양성하며, 두가지 형태의 孢子가 형성되고, 같은 孢子囊果 내에서도 孢子가 동시에 생기지 않는다는 것이다. 이러한 차이로써 孢子囊果를 형성하기는 하지만 *G. ambisporum*과 *G. heterosporum*은 형태가 매우 비슷한 *S. rubiformis*와는 달리 *Glomus*屬으로 분류되었던 것이다. 최근에 Almeida와 Schenck(1990)는 당시까지 분류에 사용되었던 표본들을 재검토하여 기존 *Sclerocystis*屬 중에서 孢子囊果내에서 孢자를 발생시키지 않는 菌絲로 이루어진 기부가 있어서 孢子들이 반구형의 상태로 배열되어 있는 (말하자면 孢子발생형태와 과정, 그리고 孢子囊果의 구성이 다른) *S. coremioides*만을 남기고 모두를 *Glomus*屬으로 옮겼다. 이미 69種이라는 적지 않은 種을 포함하고 있는 *Glomus*屬(Perez and Schenck, 1990)에 형태가 뚜렷이 구별되는 種을 포함시키는 것은 분류에 크게 유용하지 못한 점은 있으나 이 논문에서는 이들의 分類에 따랐다.

孢子囊果를 형성하는 種의 채집지를 보면 세계 도처에서 많은 초본이나 목본식물이 이들 菌과 공

생관계를 맺고 있음을 알 수 있고, 옥수수, 벌노랑이, 사탕수수, 토마토, 호밀 등에 接種하였을 때 VA菌根을 형성함이 확인되었다 (Almeida and Schenck, 1990). 그러나 이 菌들이 기주식물의 생장에 어떤 영향을 주는지에 대해서는 알려진 바가 거의 없다. 이번 연구에서 *G. liquidambaris*를 제외하고는 모든 種들이 pH 6.0에 가깝거나 그 이상인 土壤에서 채집된 것과 관련하여서 자연환경에서의 이들 菌의 생태와 기주식물과의 공생관계가 구명될 필요가 있을 것이다.

摘 要

韓國의 山林土壤에 分布하는 아버스쿨菌根菌 中에서 菌絲叢 (hyphal plexus) 를 중심으로하여 孢子가 1개의 층으로 방사상 배열을 한 孢子囊果를 형성하는 *Glomus*屬의 6개 種(최근까지 *Sclerocystis*屬으로 分類)이 단양 石灰岩 地域, 문경 炭鑛 폐석지, 진도의 팽나무 식재지, 南海의 삼나무 造林地, 성산 일출봉 噴火口바다, 서귀포 천지연 폭포 주변 짙레등 灌木林에서 採集되었다. *Glomus clavosporum*의 孢子는 곤봉형으로 머리부분의 壁이 25-33 μm으로 매우 두터우며, *G. heterosporum*의 후막 孢子는 孢子囊果 중앙부의 벽이 두터운 굵은 菌사와 연결되어 있다. *G. liquidambaris*는 孢子사이사이에 주걱모양의 구조(paraphysis)가 있으며, *G. rubiforme*는 검정색의 산딸기 모양이다. *G. sinuosum*은 벽이 두터운 (2-3 μm) 황금색의 菌絲가 구불구불하게 뭉쳐서 외 피(peridium)를 구성한다. *G. taiwanense*의 孢子囊果는 적갈색이고 孢子는 노랑색으로 머리부분의 壁이 두텁다.

謝 辭

이 研究는 과학기술처 特定課題 '山林資源 造成 및 開發을 위한 微生物 利用에 관한 研究'의 일환으로 수행되었습니다. 위 研究의 設計內容을 檢討 補完하여주신 林業研究院의 金思日, 韓甲俊 두 部長님께 감사드립니다. 그리고 시간이 많이 걸리고 지루한 孢子採集을 성실히 하여준 조남주양에게 깊은 감사의 마음을 전합니다.

參考文獻

- Almeida, R. T. and Schenck, N. C. 1990. A revision of the genus *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). *Mycologia* **82**: 703-714.
- Berch, S. M. 1988. Compilation of the Endogonaceae. Mycologue Pub. Waterloo, Canada p.229.
- Gerdemann, J. W. and Nicolson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* **46**: 235-244.
- Gerdemann, J. W. and Bakshi, B. K. 1976. Endogonaceae of India: two new species. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* **66**: 340-343.
- Gerdemann, J. W. and Trappe, J. M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Mem.* **5**: 1-76.
- Harley, J. L. and Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. London p. 483.
- Iqbal, S. H. and Bushra, Perveen. 1980. Some species of *Sclerocystis* (Endogonaceae) from Pakistan. *Trans. Mycol. Soc. Japan* **21**: 57-63.
- Morton, J. B. 1990. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. *Mycologia* **82**: 192-207.
- Morton, J. B. and Benny, G. L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* **37**: 471-491.
- Perez, Y. and Schenck, N. C. 1990. A unique code for each species of VA mycorrhizal fungi. *Mycologia* **82**: 256-260.
- Schenck, N. C. and Perez, Y. 1987. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 1st Ed. INVAM, Univ. of Florida, Gainesville, Florida. p. 245.
- Smith, G. W. and Schenck, N. C. 1985. Two new dimorphic species in the Endogonaceae: *Glomus ambisporum* and *Glomus heterosporum*. *Mycologia* **77**: 566-574.
- Trappe, J. M. 1977. Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora*, and *Acaulospora scrobiculata*. *Mycotaxon* **6**: 359-366.
- Trappe, J. M. 1982. Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. *Phytopathology* **72**: 1102-1108.
- Walker, C. 1987. Current concepts in the taxonomy of the Endogonaceae. pp.300-302. In Mycorrhizae in the next decade. Practical applications and research priorities. Eds., Sylvia, D. M., Hung, L. L., and Graham, J. H. 7th North Amer. Conf. Mycorrhizae. IFAS. Gainesville, Florida.
- Wu, C-G. and Chen, Z. 1987. The Endogonaceae of Taiwan. II. Two new species of *Sclerocystis* from Taiwan. *Trans. Mycol. Soc. Rep. China* **2**: 73-83.
- 가강현. 1991. 植物과 VA-mycorrhizae간의 寄株特異性. 한국교원대학교 석사학위논문. p.70.
- 가강현, 류창년, 이상선. 1990a. 차풀 群落에서 發見된 몇가지 内生菌根의 同定. 韓國植物病理學會誌 **6**: 1-7.
- 가강현, 이상선, 이민웅. 1990b. 植物群落에서 VA内生菌根 發見. 韓國菌學會誌 **18**: 191-197.
- 高聖德, 李炯煥. 1984. 干瀉地 植物과 관련된 vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi의 分類와 分布에 관한 研究. 韓國菌學會誌 **12**: 175-181.
- 孫寶均, 許祥萬, 金廣植. 1991. 施設園藝 作物에서 土着VA菌根菌에 관한 研究. I. 感染樣相과 密度. 韓土肥誌. **24**: 225-233.
- 孫寶均, 金廣植. 1992. 施設園藝 作物에서 土着VA菌根菌에 관한 研究. II. VA菌根菌의 同定. 韓土肥誌. **24**: 293-301.
- 엄안흠, 이상선. 1989. 山林 및 海岸地域에서 發見된 内生菌根. 韓國菌學會誌 **17**: 14-20.
- 엄안흠, 이상선. 1990. 고마리 군락의 土壤에서 發見된 内生菌根. 韓國菌學會誌. **18**: 26-41.
- 林業研究院. 1991. 山林資源 造成 및 開發을 위한 微生物 利用에 관한 研究 (I). 과학기술처 特種연구과제 개발사업 보고서. pp. 27-83.

Accepted for Publication on February 1, 1992