

## 干潟地 植物과 관련된 Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi의 分類와 分布에 관한 研究

高 聖 德·李 炯 換\*

忠北大學校 師範大學 生物教育科·\*建國大學校 理科學 生物學科

## Studies of Species and Distribution of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Relation to Salt-Marsh Plants

Sung-duk Koh and Hyung-Hoan Lee\*

Department of Biology Education, Chungbuk National University, Chongju 310 and

\*Department of Biology, Konkuk University, Seoul 133, Korea

**Abstract:** Six species of *Glomus* and one species of *Acaulospora* of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhizal fungi associated with four salt-marsh plants (*Calamagrostis epigeios*, *Lotus corniculatus*, *Artemisia scoparia* and *Imperata cylindrica*) were isolated from salt-marsh soil. The six species of *Glomus* were identified as *G. albidum* (1st type), *G. pulvinatum* (2nd type), *G. constrictum* (3rd type), *G. sp.* (4th type), *G. caledonicum* (5th type), and *G. sp.* (6th type). The one species of *Acaulospora* was identified as *A. scrobiculata* (7th type). Three mycorrhizal fungi, *G. albidum* (1st type), *G. pulvinatum* (2nd type) and *G. sp.* (4th type) among the 7VA fungi were the most abundant types. The most common type of VA fungi occurred in rhizosphere soil from each plant was *G. sp.* (4th type) for *Calamagrostis epigeios* and *Artemisia scoparia* equally and *G. pulvinatum* for *Lotus corniculatus* and *Imperata cylindrica* equally.

**Keywords:** Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, Salt-marsh plants, *Calamagrostis epigeios*, *Lotus corniculatus*, *Artemisia scoparia*, *Imperata cylindrica*, *Glomus albidum*, *G. pulvinatum*, *G. constrictum*, *G. caledonicum*, *Acaulospora scrobiculata*.

1885年 독일의 Frank가 植物과 土壤곰팡이가 共生體系를 維持하고 있는 狀態를 菌根이라고 最初로 命名하였고, 그 후 1923年 Peyronel이 Vesicular-Arbuscular (VA) 菌은 Endogonales目에 속한다는 사실을 指摘하였다. 그러나 1950년까지는 VA 菌에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았는데 그 이유는 土壤과 植物의 뿌리속 VA 菌의 胞子나 感染狀態를 觀察하기 어려웠기 때문이라고 生覺된다.

Gerdemann과 Nicolson (1963)에 의해 Endogonaceae 科의 胞子を 採取하는 方法인 wet sieving and decanting 法이 開發되었으며, Phillips과 Hayman (1970)에 의한 VA 菌根의 染色方法이 改善된 이후부터 全世界的으로 VA 菌染에 관한 연구는 큰 進展을 보게된 것이다. 또한 Gerdemann과 Trappe (1974)에 의해 VA 菌의 分類

體系가 整立됨으로써 VA 菌의 同定 및 分類에 관한 연구에 더욱 拍車를 가하게 되었다.

VA 菌根의 연구는 처음서 부터 生理·形態的인 연구에 集中되어 왔는데, 生理的인 연구는 Gerdemann (1968), Marx等(1971), Schenck等(1974), Powel (1981), Plenchette(1981)등 많은 研究報告가 있었으며 形態的인 연구로는 Holley와 Petterson(1979), Sward (1981), Old等(1974), Mosse(1977), Cooper와 Losel (1978), Ocampo等(1980), Trapp(1982)등 많은 研究結果가 報告되어있다. 그러나 VA 菌根에 대한 生態的인 연구는 생리 및 형태적인 연구에 비해 상당히 不進하였으나 극히 最近 Khan(1974)은 鹽生植物, Read (1981)은 高山植物, Rose(1981)은 砂漠植物, Daft와 Nicolson(1974) 및 Khan(1978) 등은 炭鑛廢石地植物,

Koske와 Halvorson(1981)은 sand dune의 植物 등 野生草本植物의 VA菌根의 發生에 관한 生態的인 研究結果를 報告하였는데, Khan(1974)은 鹽生植物의 VA菌根에 관한 研究에서 土壤水分含量은 土壤中 VA菌孢子數에 影響을 미치며 鹽生植物의 뿌리에 VA菌感染은 host plant의 鹽도에 對한 耐性을 增大시킨다고 報告하였다.

Schenck(1980)은 VA菌의 感染과 孢子發芽에는 host plant species, 土壤肥沃度, 土性, pH等 여러要因들이 複合的으로 作用한다고 報告하였으며, Nemeč등(1981)은 植物의 根系土壤 중 *Glomus*型的 孢子數는 Na含量과 正의 相關關係를 가진다고 指摘하였고, Daft와 Nicolson(1974)은 Scotland의 炭鑛廢石地에서 生育하고 있는 草本植物들의 VA菌感染率은 20~90%수준이었다고 發表하였다.

이와같이 VA菌에 관한 研究는 全世界의으로 活潑하게 進行되고 있으나 우리나라에서는 李等(1983)에 의해서 韓國木本植物의 外生 및 内生菌根에 관한 分類學的인 分布調査가 發表된 것을 除外하고는 VA菌根에 관한 연구가 全無한 實情이다.

瘠薄한 土壤에서 農作物이나 其他植物의 生産性を 增大시키는데 VA菌의 效率的인 應用을 위하여 우리나라 土着의 VA菌의 種類 및 host plant와의 關係등을 淸明하는 研究가 先行되어야 할 것이다. 이러한 見志에서 본 연구조사는 局所的인 하되지만 우리나라의 中部 西海岸의 干潟地에 分布하는 VA菌의 種類를 把握하고 host plant에 따른 VA菌의 依存性を 연구한 것을 보고 한다.

## 材料 및 方法

### 調査地의 概況

본 조사지는 京畿道 仁川市 北區 白石洞에 위치하며 넓이 60ha 정도의 干拓地이다(37°31'N, 126°37'E).

이곳의 높은 곳(高位干潟地)은 海水의 影響을 거의 받지 않고 있어 빗물이나 淡水 또는 植物에 依한 土壤의 脫鹽이 이루어지고 있는 곳이다. 그러나 본조사지의 中央에 위치한 水路를 通하여 大潮時에 一部分의 海水가 流入되어 낮은 곳(低位干潟地)은 아직도 끊임없이 海水의 影響을 받고있는 地域이다.

본 조사지는 바다쪽에서 內陸方向으로 地面이 높아지고 鹽分의 濃도가 漸次 낮아짐에 따라 鹽生植物群落에서 中性植物群으로 바뀌는 漸移帶가 形成되는 것이 特徵이다. 이 漸移帶에서는 鹽生植物과 中性植物의 混

在하는데 이들 植物群落은 대체로 patch form을 維持하거나 帶狀構造를 나타내면서 서로 境界를 이루고 있다.

### 試料採取 및 菌의 同定

본 조사지에서 生育하고 있는 植物중 산조풀, *Calamagrostis epigeios*, 벌노랑이, *Lotus corniculatus*, 비쭉, *Artemisia scoparia* 및 띠 *Imperata cylindrica* 등의 根系土壤중에는 다른 식물들에 비해 많은 endogonaceous spore가 存在하였기 때문에 이 4種 植物과 關聯되어 分布하는 VA菌의 種類, 孢子數 및 感染形態등을 調査하였다.

#### 1) 植物體의 뿌리 및 土壤採取

본 조사지 植生의 漸移帶에서 이 4種 植物이 純群落을 이루는 곳 또는 可及의 다른 種의 植物과 뿌리가 隔離되어 있는 곳을 擇하여 20×20cm의 方形區를 設置한 후 植物體의 뿌리와 根系土壤을 採取하였다.

한 種의 植物에 대해서 각각 다른 5個地所에서 植物體의 뿌리와 根系土壤을 採取하였는데, 植物體의 뿌리를 採集할 경우 細根이 떨어져나가지 않도록 留意하였으며 또한 根系土壤을 採取할 경우 表層 2~3cm 정도 的 土壤을 除去한 후 Auger(AKMEL MODEL φ 2 cm)를 使用하여 15cm깊이까지의 土壤을 100g 정도 採取하였다.

이곳 干潟地植物의 VA菌感染의 季節的 變化를 調査한 結果(1983年度 文敎部 學術研究 助成費에 의한 研究報告書), 산조풀, 벌노랑이, 비쭉 및 띠 등의 경우 根系土壤중 endogonaceous spore의 數는 5월에 大體로 적게 나타났기 때문에 이 4種 植物의 뿌리와 根系土壤의 採取는 1984年 5월에 實施하였다.

#### 2) VA菌孢子的 分離 및 同定

採取한 土壤을 陰乾시킨 후 植物體의 뿌리가 섞이지 않도록 0.5mm 체(篩)로 친 다음 一定量(10g)의 土壤을 取하여 wet-sieving and decanting法(Gerdemann과 Nicolson, 1963)에 依해 孢자를 分離시킨 다음 飽和食鹽水로 孢자를 浮遊시켜 顯微鏡(×50 또는 ×100)으로 孢子數를 調査하였다.

한편 VA菌孢자의 同定은 Gerdemann과 Trappe(1974), Becker와 Hall(1976), Ames와 Linderman(1976), Trappe(1977), Rothwell과 Trappe(1979), Walker와 Rhodes(1981) 및 Trappe(1982) 등을 參考하였다.

### VA菌의 感染 形態 調査

植物體의 뿌리를 土壤粒子가 붙어있지 않도록 깨끗이 씻은 다음 FAA溶液(13ml포루말린+5ml빙초산+

200ml 50%에 탄을) 속에 넣어 고정시킨다.

FAA溶液속의 뿌리를 깨끗이 씻은 다음 細根을 1cm 길이로 切片을 만들어 petri dish안에 펼쳐 놓는다.

VA菌의 感染狀態를 把握하기 위한 뿌리의 染色은 phillips과 Hayman(1970)의 方法을 따랐다.

結果 및 考察

Host Plant에 따른 VA군의 종류

본 조사지인 干潟地土壤중에서 발견되는 모든 types의 VA菌胞子들이 산조풀, 벌노랑이, 비쭉 및 띠 등 4種의 干潟地植物들의 根系에 存在하였고 또한 이들 4種植物이 이곳의 다른 植物들에 比하여 根系에 VA菌胞子の 密度가 가장 높았기 때문에 이들 4種의 干潟地植物에 따른 VA菌의 종류, 胞子數 및 host plant에 따른 分布狀態를 調査한 결과 干潟地土壤중에서 6種의 *Glomus*型(*Glomus*屬) 胞子和 1種의 *Acaulospora*型(*Acaulospora*屬) 胞子を 分離하였는데, *Glomus*型的 2種은 同定이 不可能했기 때문에 학명을 記載하지 않고 *Glomus* sp. (4th type)과 *Glomus* sp. (6th type) 등으로 表示했다.

한편 본인이 同定한 5種의 VA菌胞子是 *Glomus*屬의 *G. albidum* Walker & Rhodes, *G. pulvinatum* (Henn.) Trappe & Gerd., *G. constrictum* Trappe, *G. caledonicum* (Nicol. & Gerd.) Trappe & Gerd. 등의 4種과 *Acaulospora*屬의 *A. scrobiculata* Trappe의 1種이었다. 4種의 干潟地植物의 根系土壤중에 存在하는 VA菌의 胞子の 종류와 數를 Table I.에 要約하였다.

Table I.에서 보는 바와같이 이들 4種 식물들의 根系土壤중 산조풀은 *G. albidum* (1st type), *G. pulvinatum*(2nd type), *G. constrictum* (3rd type), *Glomus* sp.(4th type), *G. caledonicum*(5th type), *Glomus* sp. (6th type) 및 *A. laevis* (7th type) 등의 7種이 모두 분

布하였으며 비쭉은 *G. albidum*(1st type), *G. pulvinatum* (2nd type), *Glomus* sp.(4th type), *Glomus caledonicum* (5th type), *Glomus* sp. (6th type), 및 *A. laevis* (7th type) 등의 6種, 벌노랑이는 *G. albidum* (1st type), *G. pulvinatum* (2nd type), *Glomus* sp. (4th type), *Glomus caledonicum*(5th type) 등의 4種 및 띠는 *G. albidum*(1st type), *G. pulvinatum* (2nd type) 및 *Glomus* sp.(4th type) 등의 3種의 VA菌胞子が 存在하였다. 이들 4種의 植物중 산조풀은 가장 높은 fungal diversity를 나타내었다.

또한 이들 4種植物의 根系土壤중에 共히 存在하는 VA菌은 *G. albidum*, *G. pulvinatum* 및 *Glomus* sp. (4th type) 등이었는데 산조풀과 비쭉에서는 共히 *Glomus* sp. (4th type), *G. albidum*, *G. pulvinatum* 등의 順으로 많았고, 벌노랑이와 띠는 *G. pulvinatum*, *Glomus* sp. (4th type) 및 *G. albidum* 등의 順으로 많았다.

그리고, 土壤 10g 중에 VA菌胞子중 산조풀은 *Glomus* sp. (4th type) 56個, 벌노랑이는 *G. pulvinatum* 76個, 비쭉은 *Glomus* sp.(4th type) 29個 및 띠는 *G. pulvinatum* 17個 등으로 가장 많았다.

이상의 研究結果에서 VA菌의 種類 및 分布는 host plant와 密接한 關係를 가지고 分布하고 있다는 사실을 알 수 있는데 이러한 VA菌의 host plant 依存性은 뿌리에서 分泌되는 여러가지 有機物의 영향때문이 아닌가 생각된다.

VA菌의 同定은 全世界的으로도 最近(主로 1975年 이후)에 이루어졌으며 아직도 속속 새로운 VA菌種이 發見되고 있어 그 分類와 同定에는 많은 문제점이 있는 것으로 안다.

한편 이곳 干潟地에서 分離된 VA菌의 胞子들의 현 미경사진과 설명을 Fig. 1 A, B, C, D, E, F, 및 G 등에 나타내었다.

Table I. Species and number of VA fungal spores in relation to rhizospheres of four plants colonized at the salt-marsh of Baegseog, Incheon.

Fungal spore type Plant species	Spores of <i>Glomus</i> type					Spore of <i>Acaulospora</i> type	
	<i>G. albidum</i> (1st type)	<i>G. pulvinatum</i> (2nd type)	<i>G. constrictum</i> (3rd type)	<i>Glomus</i> sp. (4th type)	<i>Glomus</i> sp. (5th type)	<i>Glomus caledonicum</i> (6th type)	<i>A. scrobiculata</i> (7th type)
<i>Calamagrostis epigeios</i>	32.8±7.33*	28.8±4.80	2.6±0.65	55.6±5.25	5.3±1.01	2.2±0.73	0.8±0.37
<i>Lotus corniculatus</i>	2.2±0.66	75.6±5.23	0	35.4±4.10	0.8±0.40	0	0
<i>Artemisia scoparia</i>	12.4±2.01	5.6±1.03	0	28.6±3.41	1.4±0.75	4.6±1.17	1.2±0.49
<i>Imperata cylindrica</i>	3.4±0.93	17.0±1.52	0	8.0±1.48	0	0	0

\* Mean of 5 soil samples (spores/10g soil) ±SE.

干瀉地植物의 VA菌의 感染形態

이곳 干瀉地植物의 뿌리속 VA菌의 感染形態는 大體로 類似하였다. 菌絲는 侵入點를 통해 뿌리속으로 侵透하는데 皮層部에 침투한 菌絲는 많은 가지를 뻗으며 中心柱를 따라 橫으로 달리거나 아니면 從으로(表皮細胞에서 中心柱를 향한 방향) 뻗어 나간다.

또한 皮層細胞內로 侵透한 VA菌의 菌絲는 直線狀이거나 또는 코일처럼 감겨진 形態(coiled hyphae, peloton), 아니면 짧은 많은 分枝를 내어 arbuscule을 形成한다. 때로는 皮層細胞속에서 한 가닥의 菌絲와 많은 둥글둥글한 알갱이들이 뽕뽕하게 들어차져 있는 構造物(Fig. 2의 No. 5)을 볼 수 있는데, 이러한 皮層細胞는 상당히 膨大되어 있었다. 이러한 構造物은 산조플, 비썬, 벌노랑이 및 띠 등에서 共同 觀察할 수 있었다.

한편, 皮層部에 存在하는 小囊은 菌絲의 先端에서 主생기고 대부분 中心柱 가까이 集中分布하며 그 형태는 卵形·長橢圓形 및 불규칙한 형태 등으로 區分되는데, 비썬은 난형과 장타원형이 共同 存在하며 비썬을 제외한 산조플, 벌노랑이 및 띠 등에서는 대체로 난형이었다.

이러한 감염형태를 나타내는 VA菌의 菌絲 直徑은 10.4 $\mu$ m, 5.2 $\mu$ m, 및 1.3 $\mu$ m의 3種類가 主로 存在한다.

한편, 본 조사종 산조플과 띠는 隔膜이 있는 菌사와 隔膜이 없는 菌사가 동시에 감염되어 있었다.

본 연구를 수행하면서 觀察할 수 있었던 이곳 干瀉地植物(조사대상식물인 비썬과 띠 이외에 사데플, *Sonchus brachyotus* 및 갯길경, *Limonium tetragonum* 포함)들의 特徵의인 VA菌의 感染形態에 관한 현미경 사진과 설명을 Fig. 2의 No. 1~No. 6에 收錄하였다.

摘 要

Soil sieving을 통하여 4種의 干瀉地植物들(산조플, 벌노랑이, 비썬 및 띠 등)과 관련되어 있는 *Glomus*屬의 6種과 *Acaulospora*屬의 1種 등 7種의 vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi를 分離하였다.

*Glomus*屬의 6種은 *G. albidum* Walker & Rhodes, *G. pulvinatum* (Henn.) Trappe & Gerd., *G. constrictum* Trappe, *G. sp.* (4th type), *G. caledonicum* (Nicol. & Gerd.) Trappe & Gerd. (5th type) 및 *G. sp.* (6th type) 등이었으며, *Acaulospora*의 1種은 *A. scrobiculata* 이었다. 7種의 VA菌 가운데 *G. mosseae* (1st type), *G. pulvinatum* (2nd type) 및 *G. sp.* (4th type)의 3種의 *Glomus* spp.가 가장 흔한 type들이었다. 산조플

과 비썬의 根系土壤중에는 共同 *G. sp.* (4th type)가, 벌노랑이와 띠의 根系土壤중에는 共同 *G. pulvinatum* (2nd type)이 가장 豊富하게 存在한다는 事實을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 土壤중 VA菌種의 多樣성은 숙주 식물에 달려있음을 確認할 수 있었다.

文 獻

Ames, R.N., and Linderman, R.G. (1976): *Acaulospora trappei* sp. Nov. *Mycotaxon*. 3: 565-569.  
 Becker, W.N., and Hall, I.R. (1976): *Gigaspora margarita*, a new species in the Endogonaceae. *Mycotaxon* 6: 155-160.  
 Cooper, K.M., and Losel, D.M. (1978): Lipid physiology of vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. Composition of lipids in roots of anion, clover and ryegrass infected with *Endogone mosseae*. *New Phytol.* 80: 143-151.  
 Daft, M.J., and Nicolson, T.H. (1974): Arbuscular mycorrhizas in plants colonizing coal wastes in Scotland. *New Phytol.* 73: 1129-1138.  
 Frank, A.B. (1885): Über die auf Wurzel symbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unter erdische Pilze. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 3: 128-145.  
 Gerdemann, J.W., and Nicolson, T.H. (1963): Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.  
 Gerdemann, J.W. (1968): Vesicular-arbuscular mycorrhizae and plant growth. *Annu. Rev. Phytopathol.* 6: 397-418.  
 Gerdemann, J.W., and Trappe, J.M. (1974): The endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir*, (New York Botanical Garden) 5:1-76.  
 Holley, J.D., and Petterson, R.L. (1979): Development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in bean roots. *Can. J. Bot.* 57: 1960-1978.  
 Khan, A.G. (1974): The occurrence of mycorrhizas in halophytes, hydrophytes and xerophytes, and of Endogone spores in adjacent soils. *J.G. Microbiol.* 81:7-14.  
 Koske, R.E., and Halvorson, W.L. (1981): Ecological studies of vesicular arbuscular mycorrhizae in a

Koh and Lee: Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Salt-Marsh Plants

- barrier sand dune. *Can. J. Bot.* 59: 1413-1423.
- Marx, D.H., Bryan, W.C., and Campbell, W.A. (1971): Effect of endomycorrhizae formed by *Endogone mosseae* on growth of citrus. *Mycologia*, 63: 1222-1225.
- Moss, B. (1977): Plant growth responses to Vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* 78:277-288.
- Nemec, S., Menger, J.A., Platt, R.G., and Johnson, E.L.V. (1981): Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. *Mycologia* 73:112-127.
- Ocampo, J.A., Martin, J., and Hayman, D.S. (1980): Influence on plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal infections. I. Host and nonhost plants grown together. *New Phytol.* 84:27-35.
- Old, K.M., Nicolson, T.H., and Redhead, J.F. (1974): A new species of mycorrhizal *Endogone* from Nigeria with a distinctive spore wall. *New Phytol.* 72: 817-823.
- Peyronel, B. (1923). Fructificatio de l'endophyte a arbuscules et a vesicules des mycorrhizes endotrophes. *Bull. Soc. Mycol. France* 39:1-8.
- Phillips, J.M., and Hayman, D.S. (1970): Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Plenchette, C. (1981): Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions with VA mycorrhiza inoculation. *Can. J. Bot.* 59:2003-2008.
- Powell, C.L. (1981): Effect of inoculum rate on mycorrhizal growth response in pot-grown onion and clover. *Plant and Soil.* 62:231-239.
- Read, D.J. (1981): Observations on the mycorrhizal status of some alpine plant communities. *New phytol.* 88:341-352.
- Rose, S.L. (1981): Vesicular-arbuscular endomycorrhizal associations of some desert plants of some of Baja California. *Can. J. Bot.* 58:1056-1060.
- Rothwell, F.M., and Trappe, J.M. (1979): *Acaulospora bireticulata* sp. Nov. *Mycotaxon.* 8:471-475.
- Schenck, N.C. (1980): Incidence of mycorrhizal fungi on six field crops in monoculture of a newly cleared woodland site. *Mycologia*, 72: 445-446.
- Sward, R.J. (1981): The structure of the spores of *Gigaspora margarita*. I. The dormant spore. *New Phytol.* 87: 761-768.
- Trappe, J.M. (1977): Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora*, and *Acaulospora scrobiculata*. *Mycotaxon.* 4:359-366.
- Trappe, J.M. (1982): Synoptic keys to the Genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. *Phytopathol.* 72:1102-1107.
- Walker, C., and Rhodes, L.H. (1981): *Glomus albidus*: a new species in the Endogonaceae. *Mycotaxon.* 7: 509-514.
- 李景俊, 具昌德(1983): 韓國의 木本植物의 外生 및 内生 菌根에 관한 分類學的 分布調查, 韓國林學會誌, 59:37-45.

<Received October 31, 1984>

EXPLANATION OF FIGURES

**Fig. 1.** Photomicrographs of various types of the VA fungal spores isolated from soil of the salt-marsh at Baegseog, Incheon.

- A. *Glomus albidum* (1st type), chlamyospore has a funnel shaped base which merges into the subtending hypha and spore walls continuous with hyphal walls consisting of an outer wall and an inner subequal finely laminated. At maturity, the outer wall crumbling and expanding ( $\times 800$ ).
- B. *Glomus pulvinatum* (2nd type), chlamyospore has a spore wall with finely laminated ( $\times 800$ ).
- C. *Glomus constrictum* (3rd type), chlamyospore shows a typical constriction of the attached hypha near the spore base ( $\times 800$ ).
- D. *Glomus* sp. (4th type), chlamyospore has a thick, striated spore wall ( $\times 800$ ).
- E. *Glomus caledonicum* (5th type), chlamyospore shows a pyriform and the constriction of hypha at attachment to spore ( $\times 800$ ).
- F. *Glomus* sp. (6th type), chlamyospore shows a ovate form with projecting base and the interwoven hyphal envelop ( $\times 800$ ).
- G. *Acaulospora scrobiculata* (7th type), spore shows a reniform with yellow colour and spore wall shows the multiple layers over one or more thin, grayish green layers. Note a collapsing vesicle attached to subtending hypha ( $\times 800$ ).

**Fig. 2.** Photomicrographs of the squashed mycorrhizal roots showing phases of the endophyte.

- No. 1 Ellipsoidal vesicle (EV) and hyphae (H) in root of *Artemisia scoparia* ( $\times 800$ ).
- No. 2 Oval vesicle (OV) and coiled hyphae (CH) in root of *Sonchus brachyotus* ( $\times 200$ ).
- No. 3 Arbuscle (A) inside root cortical cells of *Limonium tetragonum* ( $\times 800$ ).
- No. 4 Globose spores (SP) occurred in the root of *Artemisia scoparia* ( $\times 200$ ).
- No. 5 Intracellular globular structures (GS) and intracellular hyphae (TH) within root cortical cells of *Imperata cylindrica* ( $\times 800$ ).
- No. 6 Reticulate hyphae (RH) and septated, coiled hyphae (Peloton, P) in cortical cells of root of *Imperata cylindrica* ( $\times 800$ ).





