

Pisolithus tinctorius, *Rhizopogon* spp. 및 *Suillus pictus* 菌의
접종에 의한 리기테다소나무 묘목에 형성된 외생균근의 형태¹
李昌憲² · 高大植²

**Morphology of Ectomycorrhizae of *Pinus rigida* × *P. taeda*
Seedlings Inoculated with *Pisolithus tinctorius*,
Rhizopogon spp. and *Suillus pictus*¹**
Chang-Heon Lee² and Dae-Shik Koh²

ABSTRACT

The objectives of this study were to isolate ectomycorrhizal fungi associated with roots of *Pinus rigida* × *P. taeda* trees planted in Chonbuk and Daejeon locations and to identify them, and to observe the morphology of mycorrhizae formed by the isolated fungi.

Pinus rigida × *P. taeda* seedlings formed ectomycorrhizae with *Rhizopogon rubescens*, *Rhizopogon* sp. and *Suillus pictus* isolated from the roots of mature *Pinus rigida* × *P. taeda* trees. *Pinus rigida* × *P. taeda* seedlings formed ectomycorrhizae with *Pisolithus tinctorius* too.

The root surface of inoculated seedlings was covered with mycelia, and Hartig net were well developed in those roots.

The size of vacuole was small, and the protoplasm was plenty in ectomycorrhizal cell, compared to nonmycorrhizal cell. But the size of nuclei are not changed even in ectomycorrhizal cell.

Key words : *Pinus rigida* × *P. taeda*, *Pisolithus tinctorius*, *Rhizopogon rubescens*, *Rhizopogon* sp., *Suillus pictus*.

緒 言

耐寒성이 강한 리기다소나무를 교배母樹로 하고, 테다소나무를 花粉樹로 하여 人工交雜한 리기테다소나무는 交雜種으로서 리기다소나무와 테다소나무의 우수성을 發現하여 耐寒성과 材質이 優秀하며 생장이 旺盛하여 우리나라 南部地方에 人工造林 할 수 있는 有望造林 樹種으로 期待되고 있다. 그런데 리기테다소나무를 育種한 것이 日淺하여 이 나무만이 갖는 生理的 特性和 보다

확실한 環境의 要求條件 및 生長 促進에 대한 多 方面의 自然的 要因을 究明할 필요가 있다.

리기테다소나무의 生長에 直接, 間接的으로 영 향을 미치는 自然的 要因 中에서 菌根菌도 한 요 인으로 작용하는 것으로 알려졌는데^{34,39}, 菌根菌 은 土壤으로부터 磷酸 吸收를 增大시키며^{6,15,21}, 根部 病原菌의 阻止^{23,25,26,27,28}, 窒素固定²², 호르 몬 分泌^{10,27,32} 그리고 耐乾性의 增大⁷ 等의 效果 가 있다고 하는 報告가 있다. 一般的으로 菌根菌 은 針葉樹類의 根部 皮層細胞에 菌根을 形成하는 型이 많으며, 全 世界에 걸쳐 水中에서 砂漠에

¹ 接受 1993年 5月 14日 Received on May 14, 1993.

² 전북대학교 농과대학 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju, Korea

이르기까지 廣範圍하게 分布하고 있다. 植物生長反應의 測定과 推定^{6,8,9,35}, 菌根菌의 分類^{3,4,5}, 大量增殖과 野地接種²⁴, 生理的 作用^{14,31,33,36} 그리고 解剖學的 研究² 외에도 植物生長의 反應機作^{8,9,35,37}, 菌의 生長 範圍^{13,15,16,17,29,30}, 이온 吸收와 移動의 機作^{19,20,32} 및 菌의 種類에 따른 植物生理機作에 미치는 影響^{1,24} 등의 基礎研究가 數없이 이루어졌고, 現在도 進行되고 있다. 그런데 韓國에서 開發한 有望한 交雜種인 리기테다소나무에는 어떠한 菌根菌이 自生하고 있는지의 與否에 대해서는 리기테다소나무林에서 버섯을 채취하여 菌種의 同定은 했으나⁴⁰, 채취된 菌種을 직접 苗木에 接種하여 菌根의 形成與否와 이들 菌根菌의 共生에 따른 形態的 變異의 差異, 菌根菌이 生長에 미치는 效果 및 菌根菌의 共生으로 인한 苗木內 및 土壤中 含有元素의 變化 등에 對한 基礎 研究報告는 없고 다만 外國 導入菌株인 *Pisolithus tinctorius* (Pt 菌^{34,35,39})과 소나무林에서 採取 分離한 *Suillus luteus*菌³⁴)을 리기테다소나무 苗木에 接種하여 生長에 미치는 影響을 究明한 報告가 있을 뿐이다.

本 研究에서는 리기테다소나무林에 自生하는 菌根菌과 導入種인 Pt菌을 리기테다소나무묘에 接種하여 形成된 桐根의 解剖學的 形態를 알아보고자 하였다.

材料 및 方法

1. 재료

1) 菌株 :

本 實驗에서 菌株는 미국 菌根研究所에서 導入한 *Pisolithus tinctorius*와 리기테다소나무林에서 채취하여 同定한 *Rhizopogon rubescens* (이하 Ra 菌), *Rhizopogon* sp. (이하 Rb 菌), *Suillus pictus* (이하 Sp 菌)이 利用되었다.

2) 菌絲 培養用 培地 :

MMN 培地 (Modified Melin-Norkrans' Medium)-버섯의 組織 培養 및 菌絲 純粹培養에 利用하였다 (Table 1).

접종원=11用 유리容器에 vermiculite : peat를 4 : 1(v/v)로 섞은 800ml의 배양토를 넣고 agar를 뺀 400ml의 MMN 培養液을 흡습시켜 滅菌시킨 것을 接種원으로하여 種子接種用 菌絲培養에 利用하였다.

Table 1. Modified Melin-Norkrans' Medium used in pure culture of Mycorrhizal Fungi.

CaCl ₂	0.05g/l	Thiamine HCl	100mg/l
NaCl	0.025g/l	Malt Extract	3g/l
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0.5g/l	Sucrose	10g/l
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.15g/l	Agar	15g/l
FeCl ₃ (1%)	1.2ml/l		

3) 培養土 :

리기테다소나무묘에 菌根菌을 接種하여 實驗에 이용할 토양은 vermiculite : peat를 4 : 1 (v/v)로 配合한 것을 培養土로 利用하였다. 培養土는 乾燥機(東洋科學 D.Y.S)에서 150℃로 24시간 滅菌하였다.

4) 試驗苗木 :

1989年 全羅北道 林業試驗場 採種試驗林에서 28年生 *Pinus rigida* × *P. taeda* 種子를 採取하여 培養土壤에서 120日間 키운 *Pinus rigida* × *P. taeda* 苗木을 使用하였다.

2. 方法

1) 菌株 蒐集

Pt 菌 : 美國 菌根研究所 (Institute for Mycorrhizal Research and Development in Athens, Georgia, U.S.A)에서 分讓하여 利用하였다.

Ra 菌, Rb 菌 및 Sp 菌은 成熟林인 25年生 以上 (全北 完州郡 所陽面 新村里, 大田直轄市 유성구 덕명동 山 16-1)과 幼齡林인 10年生 以下 (全北 任實郡 성수면 봉강리 山 54)의 리기테다소나무林에서 버섯을 採取하여 MMN培地에서 純粹分離培養하여 얻었으며, 純粹培養된 菌株는 MMN培地에서 1個月 間隔으로 繼代培養 하였다.

2) 接種用 菌絲培養

純粹培養된 菌株 (Pt 菌, Ra 菌, Rb 菌, Sp 菌)를 無菌箱에서 土壤培地에 各各 옮긴 후 25±1℃의 組織培養器內에서 4-6個月間 培養하였다.

3) 種子播種 및 菌根菌 接種

20 × 20 × 30cm의 pot에 20cm 깊이로 滅菌된 培養土를 넣은 다음 그위에 5cm깊이의 Pt 菌, Ra 菌, Rb 菌, Sp 菌을 培養한 接種원을 各各 넣고, 5%의 sodium hypochlorite 溶液에서 5分間, 80%의 에칠알콜에서 30초간 표면殺菌한 리기테다소나무種子를 播種하였다. 이를 生長箱

(Biotronette Mark III)에서 晝間에는 照度 5,000-6,000lux, 溫度 26±2°C에서 16時間, 夜間에는 溫度 18±2°C에서 8時間씩 처리한 상태에서 리기테다소나무묘를 生長시켰다.

4) 菌根形態 調査

a) 解剖顯微鏡 觀察

120日間 生長箱에서 生長한 리기테다소나무묘의 對照區와 菌根이 形成된 뿌리를 取하여 外部形態를 解剖顯微鏡下(20X)에서 調査하였다.

b) SEM(Scanning Electron Microscopy) 및 TEM(Transmission Electron Microscopy)觀察

生長箱에서 生長한 苗의 뿌리와 林地에서 採取한 뿌리를 1-2mm²의 小片으로 절단하여, 0.1M의 cacodylate buffer(pH 7.2)로 3%의 glutaraldehyde溶液을 만들어 4°C에서 2時間 前固定 하고 0.1M의 cacodylate buffer(pH 7.2)로 2%의 osmium tetroxide溶液을 만들어 2時間 後固定한 後 ethanol系 alcohol(50-100%)에서 脫水の 과정을 거쳐, SEM觀察은 iso amyl acetate로 置換하여 critical point dry(1250 Psi, 40°C)에서 30分間 乾燥시킨 後 試料를 stub에 置床한 뒤 gold coating(20mA, 1Min. 두께 1-2Å)하여 電子顯微鏡(JEOL JSM-T330A)으로 觀察 하였다.

TEM觀察은 epon 樹脂에 包埋하여 Ultra-Microtom(LKB 2088)으로 thin section하여 uranyl acetate 및 lead citrate로 이중 염색한 후 電子顯微鏡(Carl Zeiss-EM 10C)으로 觀察하였다.

結果 및 考察

리기테다소나무 林地에서 버섯을 채취하여 이를 同定한 *Rhizopogon rubescens*(Ra菌), *Rhizopogon* sp.(Rb菌), *Suillus pictus*(Sp菌) 및 도입종인 *Pisolithus tinctorius*(Pt菌)을 리기테다소나무묘에 接種 실험한 결과 外形의 特性이 다른 菌根이 形成되었다(Fig. 1, 2, 3, 4).

本 研究에 利用된 菌根菌들에 있어 菌絲의 形態의 特性은, MMN 培地上에서 生長하고 있는 Pt菌은 주황색을 띠고 있으며, Ra菌과 Rb菌은 흰색이 主를 이루고 있고, Sp菌은 회갈색의 기미가 있는 흰색을 띠고 있었다. 또한 MMN培地上에서의 菌絲의 生長은 Pt菌과 Ra菌이 MMN

培地上에서 接種 後 20일 동안 직경이 6-7cm가량 자라 生長이 가장 旺盛하였으며, Rb菌은 MMN培地上에서 接種 後 20일동안 직경이 4-5cm가량 자랐고, Sp菌은 MMN培地上에서 接種 後 20일동안 불과 직경이 1-2cm가량 자라 生長이 가장 貧弱하였다. 以上の Pt菌, Ra菌, Rb菌, Sp菌 등을 리기테다소나무묘에 接種한 結果 Fig. 1, 2, 3, 4와 같은 외부형태를 나타낸 菌根을 形成하였다.

菌根은 菌根菌의 菌絲가 뿌리에 接觸하여 菌絲가 뿌리의 表皮細胞의 間隙을 뚫고 內皮쪽으로 침투함으로써 菌根을 형성하는데, 菌根菌이 리기테다 소나무묘의 뿌리에 感染됨으로써 뿌리의 끝부분이 對照區에 비해 약간 부풀던 듯하며, 外觀狀 對照區에서는 뿌리털이 分明히 나타나는(Fig. 5)^{11,12)} 反面 菌根 形成區는 菌絲가 不規則한 形態로 뿌리의 表面을 감싸고 있으며, 뿌리털이 거의 나타나지 않는다(Fig.1, 2, 3, 4, 6). 이는 吳³⁶⁾가 상수리나무에 Pt菌을 接種하여 연구한 것과 같은 結果를 나타냈다.

특히 Ra菌과 Rb菌은 Ra菌을 採取한 지역의 自生菌根(Fig. 16)과 같이 뿌리에 덩어리 모양의 菌根을 形成하고 있는것을 볼수 있었다(Fig. 2, 3).

SEM 觀察에 依하면 林地에서 採取한 菌根과 같이 菌根菌 接種區(Fig. 6, 7, 9, 10)에서도 菌絲가 뿌리表面을 감싸고 있고, 菌根形成區는 對照區에 비해 Hartig net와 菌套가 아주 발달한 것을 볼 수 있는데, Fig.9, 10과 같이 菌根菌의 種類에 따라 形成되는 菌套의 크기와 형태에는 差異가 있었다.

細胞의 形態에서 볼때, 對照區(Fig. 8, 11)는 비교적 細胞膜 사이가 얇은 상태이나 菌根形成區는 細胞膜 사이의 間隙이 두껍게 나타났는데, 이는 細胞膜 사이에 菌絲가 침투하여 Hartig net가 발달했기 때문으로 판단된다.

TEM 관찰에 의하면 菌根이 形成된 細胞는(Fig. 13)는 細胞膜 사이에 Hartig net가 발달하여 非菌根細胞(Fig. 14, 15)의 細胞膜 間隙보다 두꺼워져 있었다. 또한 菌根이 形成됨으로써 對照區에 비해 細胞質의 量이 많고 細胞質 內에 수많은 果粒들이 存在하였고(Fig. 12, 13), 對照區(Fig. 14, 15)의 액포는 큰 반면 菌根形成區의 액포는 작았다. 그러나 核의 크기에는 뚜렷한 차이



Fig. 1. Mycorrhizae of *Pinus rigida* × *P. taeda* infected with *Pisolithus tinctorius* (20X).



Fig. 2. Mycorrhizae of *Pinus rigida* × *P. taeda* infected with *Rhizopogon rubescens* (20X)



Fig. 3. Mycorrhizae of *Pinus rigida* × *P. taeda* infected with *Rhizopogon* sp. (20X)

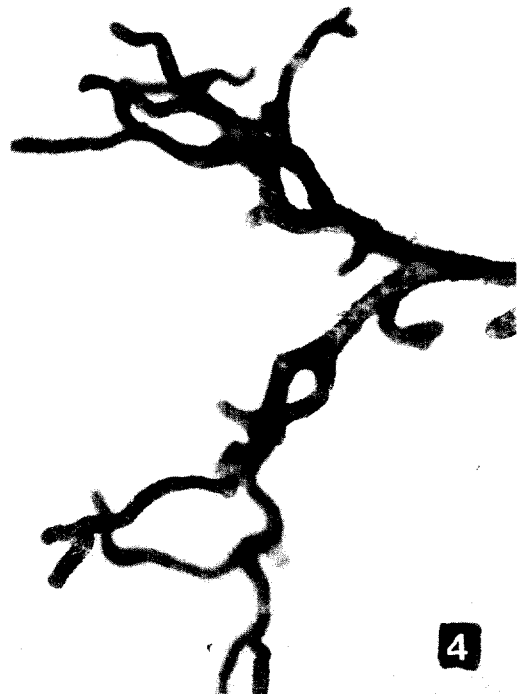


Fig. 4. Mycorrhizae of *Pinus rigida* × *P. taeda* infected with *Suillus pictus* (20X)

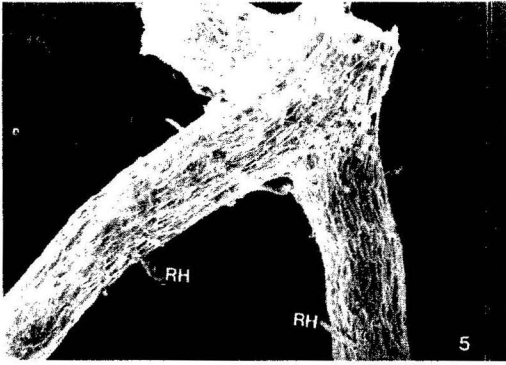


Fig. 5. Nonmycorrhizal root of *Pinus rigida* × *P. taeda* observed under a SEM. Root hair (RH) appeared on surface of short root (75 X)

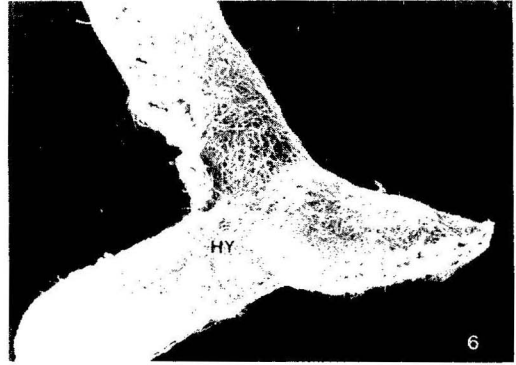


Fig. 6. Mycorrhizae of *Pinus rigida* × *P. taeda* infected with *Pisolithus tinctorius* observed under a SEM. Hyphae (HY) wrapped the surface of short root (75X)

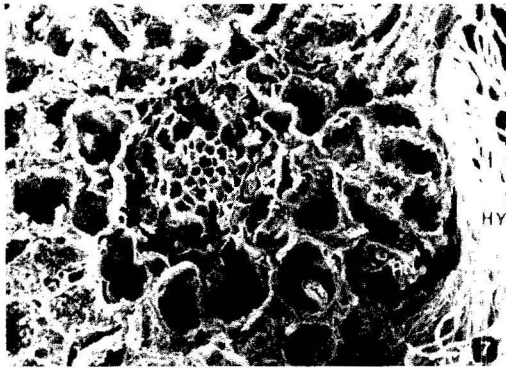


Fig. 7. Cross section of root infected with *Pisolithus tinctorius* observed under a SEM. Hartig net (HN) developed between the cortical cell wall (350X)

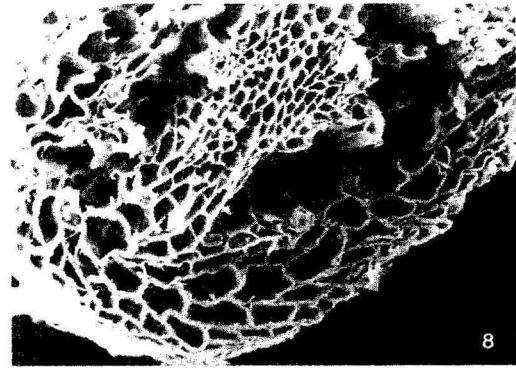


Fig. 8. Cross section of nonmycorrhizal root observed under a SEM. (350X)

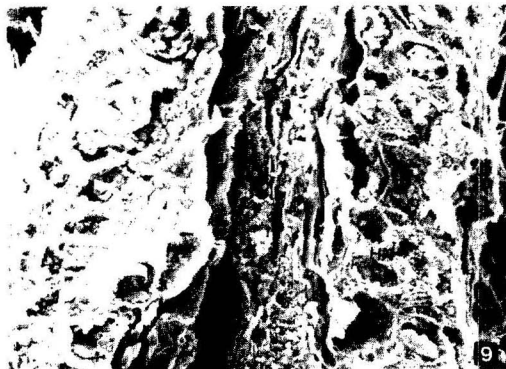


Fig. 9. Longitudinal section of root infected with *Rhizopogon rubescens* observed under a SEM. (350X)

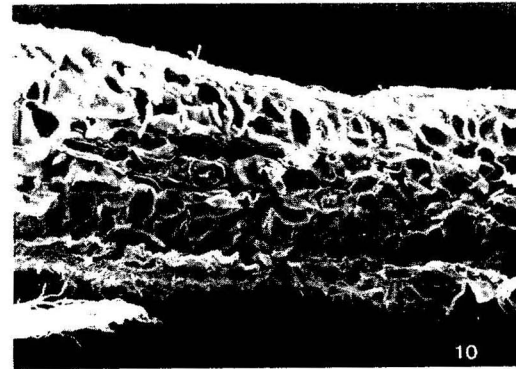


Fig. 10. Longitudinal section of root infected with *Suillus pictus* observed under a SEM. (200 X)



Fig. 11. Longitudinal section of nonmycorrhizal root observed under a SEM. (200X)

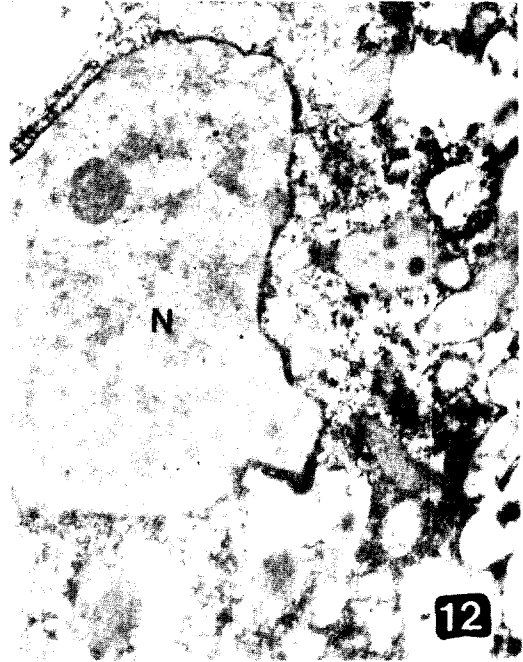


Fig. 12. Cell of root infected with *Rhizopogon rubescens* observed under a TEM (10,000X). N indicates the nucleus of host cell.

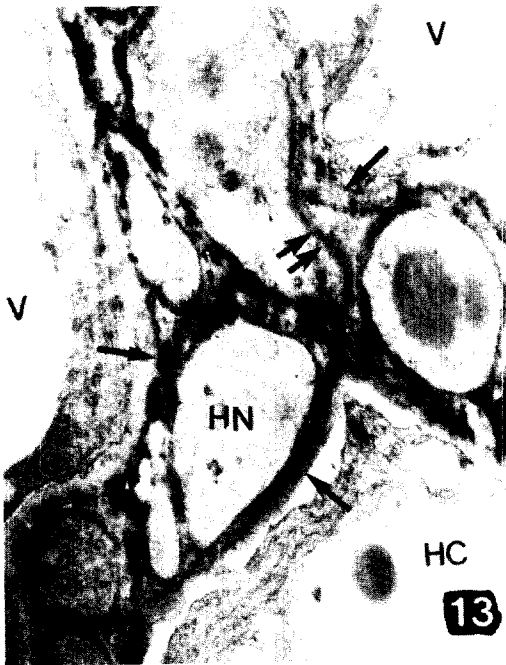


Fig. 13. Cell of root infected with *Rhizopogon rubescens* observed under a TEM (25,000X). Hartig net(HN) developed between the host cell(HC) wall. Arrow indicates the host cell wall. Double arrow indicates the hypha penetration into the middle lamella.

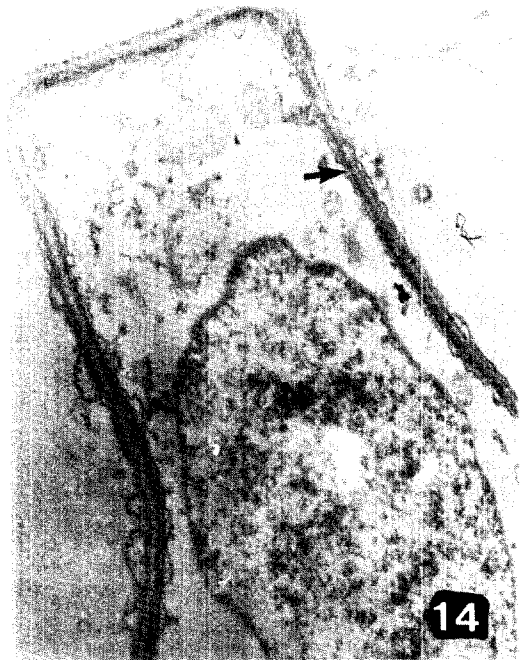


Fig. 14. Cell of nonmycorrhizal root observed under a TEM (12,000X). N indicates the nucleus of host cell. Arrow indicates the host cell wall.



Fig. 15. Cell of nonmycorrhizal root observed under a TEM(12,000X). Vacuole(V) developed within the nonmycorrhizal cell. Arrow indicates the host cell wall.



Fig. 16. Root of *Pinus rigida* x *P. taeda* collected in *Pinus rigida* x *P. taeda* forest where *Rhizopogon rubescens* was collected.

* Abbreviation of key words : HY : Hyphae, HN : Hartig net, M : Mantle, RH : Root hair, N : Nucleus, C : Cell, V : Vacuole, HC : Host Cell.

가 없었는데, Foster and Marks⁽²⁾가 *Pinus radiata*의 균근균 실험에서는 균근이 형성됨으로써 핵이 커진다는 것과는 차이를 나타내고 있었다.

摘 要

本 研究는 우리나라에 人工植栽된 몇몇 地域의 리기테다소나무림에 自生하는 몇가지 菌根菌을 分離 同定하고, 導入 菌根菌인 Pt菌과 분리된 自生 菌根菌인 Ra菌, Rb菌, Sp菌 等の 接種에 의해 리기테다소나무묘에 形成된 菌根의 解剖學的인 形態를 調査하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 分離 同定된 *Rhizopogon rubescens*, *Rhizopogon* sp., *Suillus pictus*菌과 導入種인 *Pisolithus tinctorius*菌 等を 리기테다소나무묘의 根部에 人工接種한 結果 菌根을 形

成하였다.

2. 菌根이 形成된 뿌리는 菌絲가 뿌리 表面을 감싸고 있으며 Hartig net와 菌套가 發達하였다. 또한 Hartig net의 發達로 因하여 細胞間隙이 두꺼워졌다.
3. 菌根의 세포에서는 非菌根의 細胞에서보다 액포의 크기는 작았고, 細胞質의 量은 많았다. 그러나 핵의 크기에는 큰 差異가 없었다.

參 考 文 獻

1. Beckjord P.R., J.H. Melhuish Jr., M.S. McIntosh and E. Hacskaylo. 1983. Effects of nitrogen fertilization on growth and ectomycorrhizal formation of *Quercus alba*, *Q. rubra*, *Q. Falcata* and *Q. falcata* var. *pagodifolia*. Can. J. Bot. 61(10) : 2507-2514
2. Carling D.E. and M.F. Brown. 1982. Anatomy

- and physiology of vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal roots. *Phytopathology* 72 : 1108-1114
3. Chu-Chou M. and L. J. Grace. 1983. Characterization and identification of mycorrhizas of Douglas-fir in New Zealand. *Sonderdruck aus European J. Forest Pathology Bd. 13, Heft 3.* S. 251-260
 4. Chu-Chou M. and L. J. Grace. 1983. Characterization and identification of mycorrhizas of Radiata pine in New Zealand. *Aust. For. Res.* 13 : 121-132
 5. Chu-Chou M. and L. J. Grace. 1984. Cultural characteristics of *Rhizopogon* spp. associated with *Pinus radiata* seedlings. *New Zealand J. Botany* 22 : 35-41
 6. Dixon R.K. 1988. Seed source and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiont affects growth of *Juglans nigra* seedlings. *New Forests.* 2(3) : 203-211 [En, 21 ref.]
 7. Dixon, R.K., G.M. Wright, G.T. Behrns, R. O. Teskey and T.M. Hinckley. 1980. Water deficits and root growth of ectomycorrhizal white oak seedlings. *Can. J. For. Res.* 10 : 545-548
 8. Dixon, R.K., G.M. Wright, H.E. Garrett, G. S. Cox, P.S. Johnson and I.L. Sander. 1981. Container and nursery-grown black oak seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius* : growth and ectomycorrhizal development during seedling production period. *Can. J. For. Res.* 11 : 487-491
 9. Dixon, R.K., G.M. Wright, H.E. Garrett, G. S. Cox, P.S. Johnson and I.L. Sander. 1981. Container and nursery-grown black oak seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius* : growth and ectomycorrhizal development following outplanting on an Ozark clear-cut. *Can. J. For. Res.* 11 : 492-496
 10. Duchesne L.C., R.L. Peterson and B.E. Ellis. 1988. Pine root exudate stimulates the synthesis of antifungal compounds by the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. *New Phytol.* 108(4) : 471-476
 11. Ekwebelam S.A. and C.P.P. Reid. 1983. Effect of light, nitrogen fertilization and mycorrhizal fungi on growth and photosynthesis of lodgepole pine seedlings. *Can. J. For. Res.* 13 : 1099-1106
 12. Foster, R.C. and Marks, G.C. 1966. The fine structure of the mycorrhizas of *Pinus radiata* D. Don. *Aust. J. Biol. Sci.* 19 : 1027.
 13. Foster, R.C. and Marks, G.C. 1967. Observations on the mycorrhizas of forest trees. II. The rhizosphere of *Pinus radiata* D. Don. *Aust. J. Biol. Sci.* 20 : 915.
 14. Furlan V., J.A. Fortin and C. Plenchette. 1983. Effects of different vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Fraxinus americana*. *Can. J. For. Res.* 13 : 589-593
 15. Harvey A.E., M.F. Jurgensen and M.J. Larsen. 1980. Clearcut harvesting and ectomycorrhizae : survival of activity on residual roots and influence on a bordering forest stand in western Montana. *Can. J. For. Res.* 10 : 300-303
 16. Harvey, A.E., M.J. Larsen and M.F. Jurgensen. 1979. Comparative distribution of ectomycorrhizae in soils of three Western Montana forest habitat types. *For. Sci.* 25 : 350-358
 17. Harvey, A.E., M.J. Larsen and M.F. Jurgensen. 1980. Partial cut harvesting and ectomycorrhizae : early effects in Douglas-fir/Larch forests of Western Montana. *Can. J. For. Res.* 10 : 436-440
 18. Iwan, H. and B. Zak. 1979. Acid phosphatase activity of six ectomycorrhizal fungi. *Can. J. Bot.* 57 : 1203-1205
 19. Jones M.D. and Hutchinson T.C. 1988. Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum*. II. Uptake of nickel, calcium, magnesium, phosphorus and iron. *New Phytol.* 108(4) : 461-470
 20. Jones M.D. and Hutchinson T.C. 1988. Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum*. I. Effects on growth, photosynthesis, respiration and transpiration. *New Phytol.* 108(4) : 451-459
 21. Kleinschmidt G.D. and J.W. Gerdemann. 1972. Stunting of Citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. *Phytopathology* 62 : 1447-1453

22. Kucey, R.M.N. and E.A. Paul. 1982. Carbon flow, photosynthesis and N₂ fixation in mycorrhizal and nodulated Faba Beans (*Vicia faba* L.). Soil Bio. Biochem. 14 : 407-412
23. Marx D.H. 1973. Growth of ectomycorrhizal and nonmycorrhizal shortleaf pine seedlings in soil with *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology 63 : 18-23
24. Marx D.H., W.G. Morris and J.G. Mexal. 1978. Growth and ectomycorrhizal development of Loblolly pine seedlings in fumigated and nonfumigated nursery soil infested with different fungal symbionts. Forest Sci. 24 : 193-203
25. Marx D.H. 1981. Variability in ectomycorrhizal development and growth among isolates of *Pisolithus tinctorius* as affected by source, age and reisolation. Can. J. For. Res. 11 : 168-174
26. Marx D.H. 1969. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. II. Production, identification and biological activity of antibiotics produced by *Leucopaxillus cerealis* Var. *piceina*. Phytopathology 59 : 411-417
27. Marx, D.H. and C.B. Davey. 1969. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. III. Resistance of aseptically formed mycorrhizae to infection by *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology 59 : 549-558
28. Marx, D.H. and C.B. Davey. 1969. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. IV. Resistance of naturally occurring mycorrhizae to infections by *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology 59 : 559-565
29. Marx, D.H. and W.C. Bryan. 1971. Influence of ectomycorrhizae on survival and growth of aseptic seedlings of Loblolly pine at high temperature. For. Sci. 17 : 37-41
30. Parke J.L., R.G. Linderman and J.M. Trappe. 1983. Effect of root zone temperature on ectomycorrhizae and vesicular-arbuscular mycorrhizae formation in disturbed and undisturbed forest soils of southeast Oregon. Can. J. For. Res. 13 : 657-665
31. Ross J.P. and J.A. Harper. 1970. Effect of endogone mycorrhiza on Soybean yields. Phytopathology 60 : 1552-1556
32. Schultz R.C., P.P. Kormanik, W.C. Bryan and G.H. Brister. 1979. Vesicular-arbuscular mycorrhiza influence growth but not mineral concentrations in seedlings of eight Sweetgum families. Can. J. For. Res. 9 : 218-223
33. Shaw C.G. III., R. Molina and J. Walden. 1982. Development of ectomycorrhizae following inoculation of containerized Sitka and White spruce seedlings. Can. J. For. Res. 12 : 191-195
34. 高敏圭·李景俊. 1988. 人工酸性雨が 모래밭 버섯과 비단그물 버섯 菌根菌으로接種한 리기테다 소나무 苗木의 生長에 미치는 效果. 韓國林學會誌. 77(4) : 453-459.
35. 具昌德·李景俊·任慶彬. 1982. 菌根菌의 人工接種에 의한 소나무類의 生長促進. 韓國林學會誌. 65 : 22-29.
36. 金明姬·李壽煜. 1985. 外生菌根 및 土壤條件이 리기다소나무 苗木 生長에 미치는 影響. 韓國林學會誌. 70 : 45-54.
37. 吳光仁. 1984. Pt菌의 人工接種에 의한 상수리나무 盆苗의 生長과 外生菌根 發達. 韓國林學會誌. 67 : 10-16.
38. 吳光仁. 1987. *Pisolithus tinctorius*菌을 接種한 상수리나무 苗木의 菌根發達과 生理的 변화에 關하여. 박사학위논문. 전북대학교 대학원. 124p.
39. 李景俊. 1984. 리기테다 소나무의 菌根 接種 反應과 土壤肥沃도에 따른 모래밭 버섯의 效果 및 그 生態學的 意味. 韓國林學會誌. 64 : 11-19.
40. 李景俊·具昌德·金養燮. 1982. 리기다-리기테다 소나무林分內에 共生하는 外生菌根菌의 同定. 韓國菌學會誌. 10(1) : 21-25.