

全南地方에서 分離된 外生菌根菌의 接種에 의한 상수리나무苗木의 生長反應과 菌根의 分類學的 研究¹

吳光仁² · 鄭南澈² · 朴華滉³

Studies on Growth Response and Ectomycorrhizal Identification of *Quercus acutissima* Seedling Inoculated with Ectomycorrhizal Fungi Isolated in Chonnam Province¹

Kwang In Oh², Nam Chul Jung² and Whoa Sig Park³

要 約

상수리나무 苗木의 菌根은 頂端型(apical type), 線型(linear type), 棍棒型(clavate type), 擴散型(diffuse type), 피라미드형(pyramidal type), 珊瑚型(coralloid type), 塊根型(nodular type)으로 識別되었다. 菌根形成 初期에는 모든 菌根의 表面이 매끈(velvety)하였고, 9월 30일의 *Pisolithus tinctorius*(Pt) 菌들은 旺盛한 Felt質의 담황색 菌套를 形成하였고, 그의 菌根菌에 의해서 形成된 菌根은 모두 Felt質의 白色 菌套가 發達하였다. 菌根形成 初期에는 菌根이 煉乳色이나 煉乳빛 褐色으로 부풀어 오른 形態를 하고 있었고 얇은 菌套를 형성하였다. 그러나 橫斷面과 縱斷面을 觀察하였을 때 Hartig net가 形成된 外皮細胞(epidermal cell)와 한층의 皮層細胞(cortical cell)가 放射狀 配列을 하고 있었다. 두꺼운 菌套를 가지고 있는 9월 30일의 菌根 橫斷面의 放射狀配列 外皮, 皮層細胞層의 幅은 初期狀態와 큰 차이가 없었다. *Pisolithus tinctorius* KJ-1 균주와 *Pisolithus tinctorius* #250 균주는 같은 種인데도 珊瑚型 菌根이 Pt #250 接種苗에서는 많았으나 Pt KJ-1 接種苗에서는 形成되지 않았고, 線型 菌根의 平均길이는 Pt KJ-1와 Pt #250이 各各 2.21mm와 1.32mm로서 Pt KJ-1의 菌根이 1.5배 가량 길었다. Pt KJ-1, Pt #250, *Lycoperdon pedicellatum*, *Scleroderma verrucosum*에 의해서 接種된 苗木의 總乾重은 *Suillus granulatus*와 *Laccaria laccata*에 의해서 接種된 것보다 높았다.

ABSTRACT

Quercus acutissima ectomycorrhizae were classified as apical type, linear type, clavate type, diffuse type, pyramidal type, coralloid type, and nodular type. The surface texture of the fungal mantle at the initial stage of mycorrhizal formation was velvety. The surface texture of *Pisolithus tinctorius*(Pt) mycorrhizae at 30 September was well-developed felty mantle, yellowish white. Except Pt all mycorrhizae formed by ectomycorrhizal fungi used to experiment were white with felty mantle. Mycorrhizae at the initial stage of mycorrhizae formation were creamy or creamy brown and swelled with thin mantle. Transverse and longitudinal sections showed radially-elongated cortical cell layers and epidermal cell with Hartig net. The transversal

¹ 接受 1993年 7月 10日 Received on July 10, 1993.

² Department of Forestry, Chonnam National University, Yongbongdong 300, Kwangju 500-757, KOREA.

³ Chonnam Province Forestry Research Institute, Sanjeri Sanpomyeon, Najugun Chonnam 523-830, KOREA.

* 이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

wideth of radially-elongated cortical and epidermal cells in the mycorrhizae with thick mantle on 30 September did not different with the mycorrhizae with thin mantle on the initial stage. *Pt* #250 formed coralloid mycorrhizae but *Pt* KJ-1 did not although they are same species. On the mean length of linear type ectomycorrhizae of *Pt* KJ-1(2.21mm) was 1.5 times longer than that of *Pt* #250(1.32mm). The total dry weight of seedlings inoculated with *Pt* KJ-1, *Pt* #250, *Lycoperdon pedicellatum*, *Scleroderma verrucosum* were significantly heavier than those of *suillus granulatus*, *Laccaria laccata*.

緒 論

각기 다른 生理, 生態의 條件을 要求하는 菌根菌들에 의해서 形成된 菌根의 外部形態의, 解剖學的 特徵을^{1,6,9)} 바탕으로 菌根의 形態에도 差異가 있음이 밝혀졌고^{10,11)} 이와같이 나타나는 差異에 의해서 菌根을 識別, 分類코자 하였다.^{2,3,10,11)}

菌根의 外部形態나 菌根型의 差異는 菌根菌마다의 다른 生理作用과 菌根活動에 影響을 주는 環境要因들에 의해서 그 特異 形態나 構造가 나타난다.^{2,3,10)} 이렇게 나타난 特異 形態나 構造가 菌根을 識別할 수 있는 要素가 되므로 菌根菌에 따라 菌根의 識別이 可能할 수 있다.

本 研究는 菌根菌에 의해서 形成된 상수리나무 菌根을 그 特徵에 의해서 識別이 可能케 하기 위해 菌根型과 外部形態의 特徵에 의해서 分類하였으며, 菌根菌에 의해 接種된 苗木의 生長촉진효과를 밝히고자 한다. 또한 菌根菌의 感染段階에서부터 生숙단계까지 외부형태적 변화와 해부학

적 변화를 통해 菌根의 生長과정을 밝히고자 한다.

材料 및 方法

實驗에 使用되었던 外生菌根菌의 採集地와 採集年度, 採集地 林相은 Table 1과 같다. 國內產 外生菌根菌 *Pisolithus tinctorius* KJ-1과 比較하기 위하여 美國產 *Pisolithus tinctorius* #250을 같이 使用하였다. 菌根菌의 純粹分離를 위해 子實體의 組織을 MMN Agar 배지상에서 25±1℃로 培養하였다.

實驗에 使用된 土壤은 山林土壤 C層 土壤과 Peat moss를 1:1(v/v)로 混合한 것으로 100℃ 0.8Kg/cm²의 壓力으로 5時間 동안 3回 滅菌되었다. 土壤의 理化學的 性質은 Table 2와 같다.

상수리나무 種子는 하루동안 흐르는 물에 담가 두었다가 10% Sodium hypochlorite 溶液에 30초간 表面殺菌後 4℃ 冷藏室에 保管하였다가 20℃ 恒溫器에서 發芽處理를 하였고, 播種 當日에 幼

Table 1. Ectomycorrhizal fungi used for the experiment, their collection sites and collection yeras.

Ectomycorrhizal Fungi	Collection year	Collection location	Collection forest stand
<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	1985	Kwangju city	<i>Pinus rigida</i>
<i>Lycoperdon pedicellatum</i>	1987	Muangun, Chonnam	<i>Pinus thunbergii</i>
<i>Scleroderma verrucosum</i>	1988	Kwangju city	<i>Quercus acutissima</i>
<i>Laccaria laccata</i>	1989	Muangun, Chonnam	<i>Pinus thunbergii</i>
<i>Rhizopogon rubescens</i>	1987	Muangun, Chonnam	<i>Pinus thunbergii</i>
<i>Kobayasia nipponica</i>	1989	Kwangu city	<i>Pinus rigida</i>
<i>Suillus bovinus</i>	1987	Goksunggun, Chonnam	<i>Pinus densiflora</i>
<i>Suillus granulatus</i>	1990	Guryegun, Chonnam	<i>Pinus densiflora</i>

Table 2. Physico-chemical properties of soil used for the experiment.

Particle contents			Soil texture	pH	Organic Matter (%)	Total Nitrogen (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation			
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)						K	Ca	Mg	Na
66.7	25.2	8.2	sandy loam	4.1	3.91	0.026	43.65	1.05	10.24	3.56	2.51

根이 막 나오는 것과 1cm 이하인 것만을 골라 0.4% Sodium hypochlorite 溶液에 3분간 表面殺菌後 Plastic pot(750ml)에 2cm 깊이로 1992년 4월 5일 播種하여 온실내에서 재배하였다. 1/유리 용기에서 vermiculite와 peat moss 혼합체에서 배양시킨 균사체 접종원 30ml씩을 pot 상부에 파종 3일전에 접종하였다. 養分은 施肥하지 않고 1차 증류수로 灌水하였고 3번복 임의배치법으로 실험구를 배치하였다.

各 菌根은 時期別 菌根別로 외부형태를 해부현미경(×20~40)으로 관찰한 다음 FAA에 고정, 段階別 Alcohol에서 脫水, Paraplast(Monoject Scientific Co., U.S.A)을 組織內로 매몰한 후 Rotary Microtome(Shandon, England)에 의해서 橫斷面과 縱斷面의 切片을 만들어 각 菌根의 해부학적 변화를 광학현미경(×400~600)하에서 관찰하였다.

結果 및 考察

1. 菌根

1) 상수리나무 外生菌根型的 分類

使用되었던 外生菌根菌으로 接種되어 形成된 상수리나무 菌根의 全體의인 模樣은 Fig. 1에 표시한 바와 같이 線型, 棍棒型, 塊根型, 頂端型, 擴散型, 피라미드型, 珊瑚型들로 分類되었으며, *Fagus silvatica*의 菌根型⁵⁾과 一致하는 菌根型들이었다.

이들 菌根型的 識別基準에 대한 說明은 다음과 같다. 線型: 側根의 基低部부터 頂端까지 菌套가 形成되어 있는 것, 棍棒型: 側根의 中間부터 頂端까지 菌套가 形成되어 마치 棍棒 模樣을 하고 있는 것, 塊根型: 側根이나 側根과 側根사이를 菌絲들이 둘러싸, 덩어리 模樣의 菌套를 形成하는 것, 頂端型: 側根의 頂端에 接種되어 있는 狀態로 길이가 두께의 2배 內外가 되는 것, 擴散型: 側根들이 分枝되어 있는 側根系의 全體에 菌根이 形成되어 있으며, 가끔씩 頂端型, 線型, 棍棒型的 菌根도 함께 있고, 계속해서 菌根形成이 擴散되어 가고 있는 形態, 피라미드型: 全體 側根系가 菌根으로 形成되어 있으며, 頂端部쪽의 菌根의 길이는 짧고 基低部 쪽으로 갈수록 菌根의 길이는 길어져 全體의인 模樣이 피라미드 形態를 하고 있는 것, 珊瑚型: 全體 側根系가 菌套

를 形成하고 있으며, 全體의인 模樣이 不定形的 이면서 主側根에 形成된 菌根이 1次 分枝하여 擴散型 菌根이 되고 1次 分枝에서 다시 分枝되어 2次 分枝된 側根까지 菌根이 形成되어 全體의인

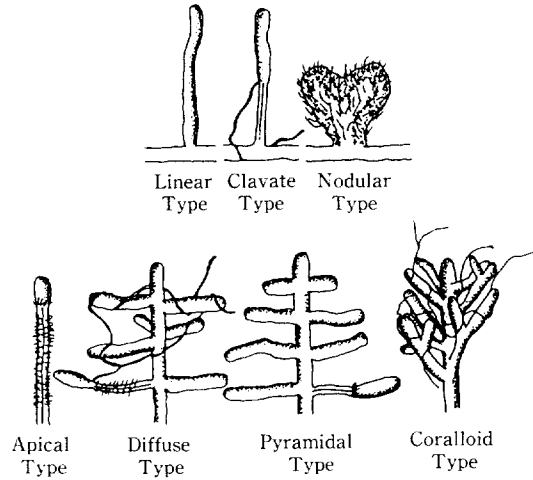


Fig. 1. Ectomycorrhizal types of *Quercus acutissima*.

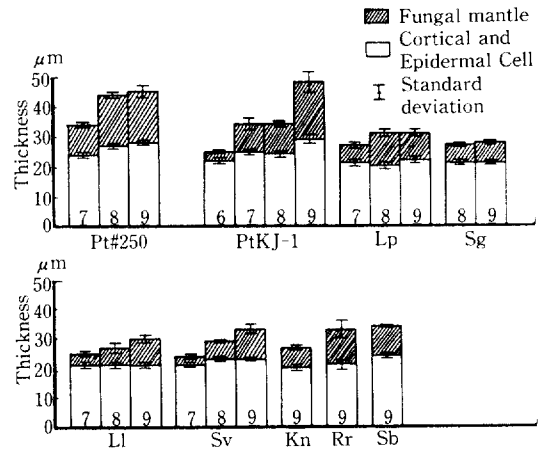
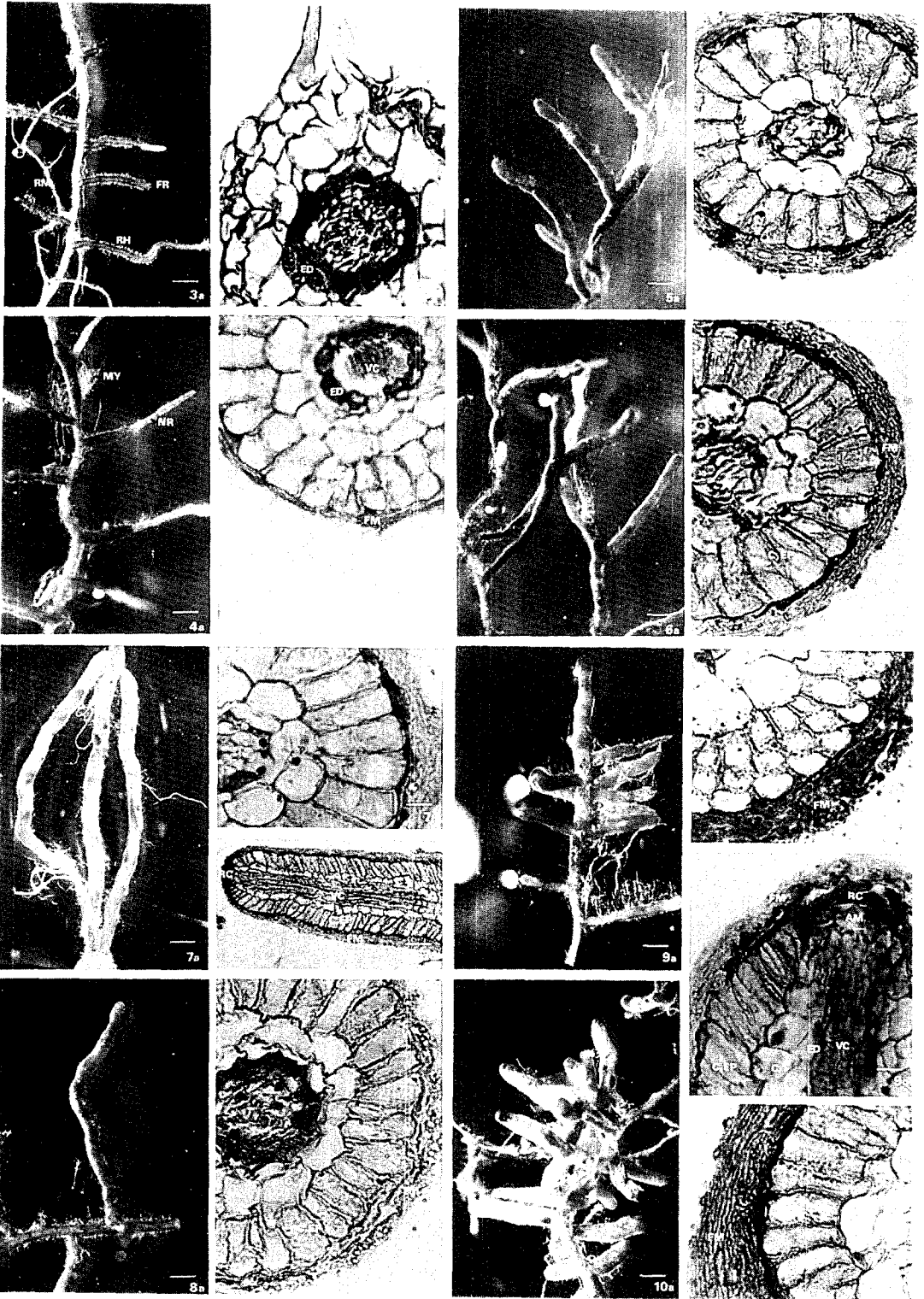
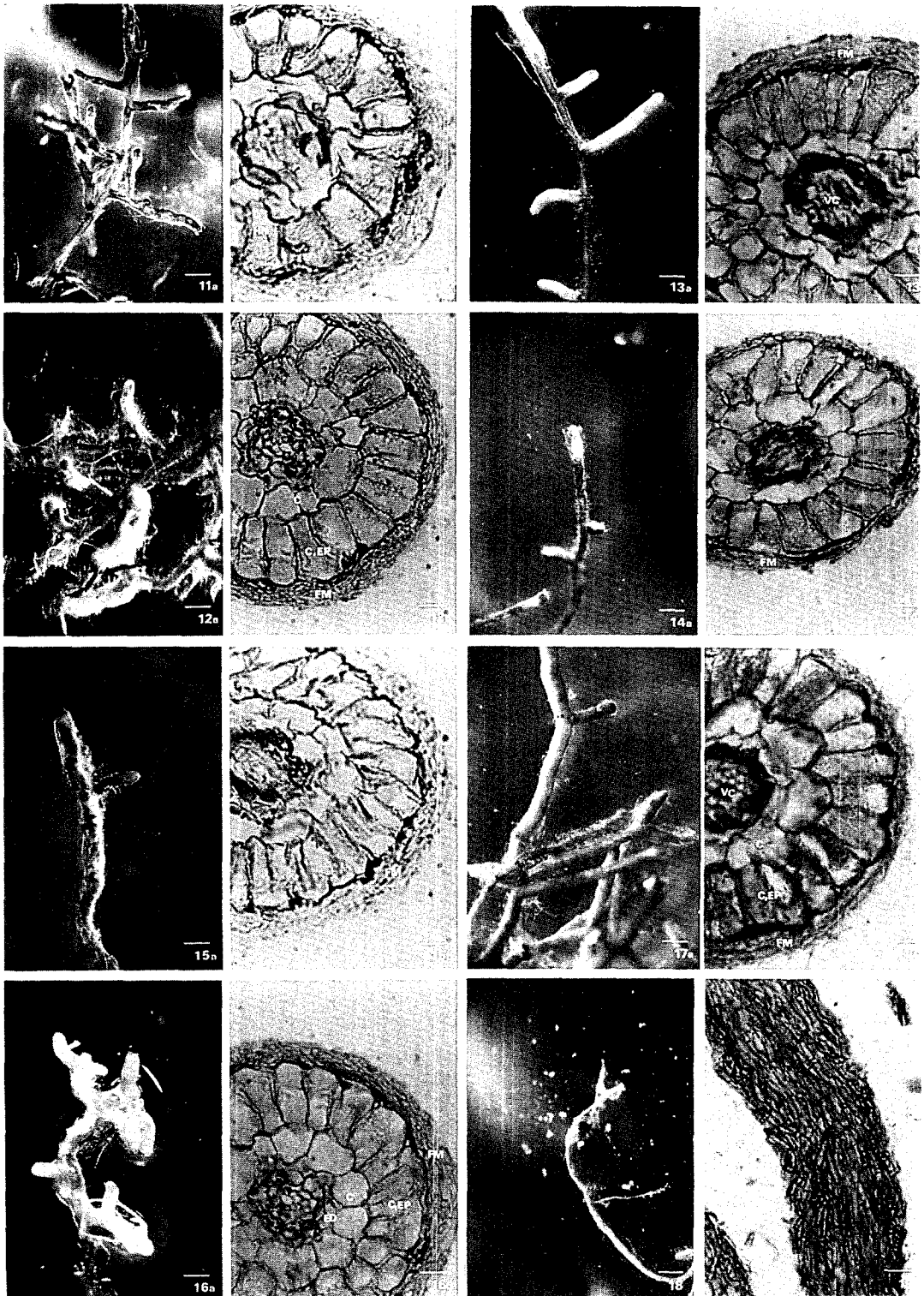


Fig. 2. Thickness of fungal mantle and cortical and epidermal cell of *Quercus acutissima* seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi.

1. 6:30 June, 7:30 July, 8:30 August, 9:30 September.

2. Pt#250: *Pisolithus tinctorius* #250, PtKJ-1: *Pisolithus tinctorius* KJ-1, Lp: *Lycoperdon pedicellatum*, Sg: *Suillus granulatus*, Ll: *Laccaria laccata*, Sv: *Scleroderma verrucosum*, Kn: *Kobayasia nipponica*, Rr: *Rhizopogon rubescens*, Sb: *Suillus bovinus*.





Abbreviated Terms : Root cap(RC), Rhizomorph(RM), Apical meristem(AM), Vascular cylinder(VC), Cortical cell(C), Epidermal cell(EP), Endodermal cell(ED), Fungal mantle(FM), Feeder root(FR), Hartig net(HN), Mycelium(MY), Newly growing root(NR), Root hair(RH), Fig. * a (scale bar=0.4mm), Fig. * b, c (scale bar=13 μ m).

- Fig. 3a, 3b. Non mycorrhizal root tips of *Quercus acutissima* seedling.
- Fig. 4a, 4b. *Pisolithus tinctorius* KJ-1-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 June.
- Fig. 5a, 5b. *Pisolithus tinctorius* KJ-1-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 July.
- Fig. 6a, 6b. *Pisolithus tinctorius* KJ-1-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 August.
- Fig. 7a, 7b, 7c. *Pisolithus tinctorius* KJ-1-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 8a, 8b. *Pisolithus tinctorius* #250-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 June.
- Fig. 9a, 9b, 9c. *Pisolithus tinctorius* #250-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 August.
- Fig. 10a, 10b. *Pisolithus tinctorius* #250-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 11a, 11b. *Lycoperdon pedicellatum*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 12a, 12b. *Scleroderma verrucosum*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 13a, 13b. *Laccaria laccata*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 14a, 14b. *Suillus granulatus*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 15a, 15b. *Kobayasia nipponica*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 16a, 16b. *Rhizopogon rubescens*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 17a, 17b. *Suillus bovinus*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae on 30 September.
- Fig. 18. Sclerotium of *Pisolithus tinctorius* #250 (scale bar=0.4mm)
- Fig. 19. Rhizomorph of *Suillus granulatus*-*Quercus acutissima* ectomycorrhizae (scale bar=13 μ m).

模樣이珊瑚와 같은 것.

2) 菌根의 外部形態學的, 解剖學的 特徵과 個體發生

Pisolithus tinctorius KJ-1+ *Quercus acutissima* 菌根

外部形態의 特徵: Table 3과 Fig. 4a에서와 같이 6月 30日의 菌根은 外部에 뚜렷한 菌套를 보이지 않고 있으며 表面은 뿌리털이 없고 매끈하다. 菌根의 表面 색깔도 非菌根 뿌리와 確實한 區別이 가지 않지만 약간은 옅은 褐色으로 관찰되었고, 노란색인 rhizomorph는 아주 미미하게 發生하였다. 7月 30日에는 Fig. 5a에서와 같이 菌套가 뚜렷하게 菌根의 表面에 形成되어 있으며, 6月 30日의 菌根에 비하여 훨씬 부풀어 올라있고 表面은 대부분 매끈하고, 어떤 菌根들은 旺盛한 活力을 보여 매끈한 表面위에 白色의 層을 形成하여 Felt質 옷감을 聯想케 한다. 菌套表面의 색깔도 대부분이 黃褐色이나 Felt質의 表面은 黃白色이었다. Table 3에서와 같이 노란색인 rhizomorph는 중간정도(++)로 發生하였고, 菌套 表面에 附着되어 있는 菌絲도 중간정도(++)로 發達하였다. 8月 30日에는 Table 3과 Fig. 6a에서 보는 바와 같이 두꺼운 菌套를 形成하여 表面은 大部分이 황백색인 Felt質이고, 表面이 매끈한 均근은 황갈색이었다. Rhizomorph의 색깔은 노란색으로 중간정도(++)로 發達되어 있고, 菌套表面

附着菌絲도 중간정도(++)로 발달되어 있다.

菌根型 및 菌根形成率: 菌根型은 6月 30日에는 Table 4에서와 같이 根部의 上, 中, 下部에서 線型, 棍棒型들만이 나타났다. 菌根 形成 초기인 이 時期에 이들 菌根型이 主種을 이루고 있는 것으로 보아서 菌根形成 初期 狀態에서는 이들 菌根型이 發生하는 것으로 생각된다. 菌根形成率은 上部(Top(T) 약7cm), 中部(Middle(M) 약7cm), 下部(Bottom(B) 약7cm)에서 各各 49%, 24%, 15%이었다. 7月 30日에는 上部에서 線型和 棍棒型이 大部分이지만 頂端型이나 擴散型和 피라미드型도 낮은 比率로 發生하였고, 中部에서는 頂端型, 線型, 棍棒型, 擴散型이 下部에서는 線型和 棍棒型만이 發見되었다. 菌根形成率은 上, 中, 下部에서 各各 62%, 33%, 14%로 6月 30日과 비슷한 傾向이었다. 8月 30日에는 上, 中, 下部에서 線型, 棍棒型, 擴散型이 發達하였고, 上部에서 擴散型이 20%로 비교적 높은 比率를 차지하고 있어 菌根菌의 活力이 旺盛하고 菌根이 成熟 되어짐에 따라 多分枝性 菌根型이 發達하는 것으로 생각된다. 菌根 形成率도 上, 中, 下部에서 68%, 61%, 53%로서 비교적 上部에서 下部까지 비슷한 形成率을 보여주었다. 9月 30日에는 上部와 中部에서 線型和 棍棒型, 多分枝型인 擴散型和 피라미드型이 發生하였고 下部에서는 多分枝型들이 發見되지 않았다. 菌根 形成率

은上,中,下部에서 71%, 65%, 57%로서菌根接種을上部의土壤에接種하였어도下部의土壤까지 비교적고르게菌根形成이 이루어졌다.發生하였던菌根型들의 넓이, 길이,各直徑,各길이,分枝數들은 Table 5와 같다.

解剖學的特徵: Fig. 3b는菌根菌이接種되지 않은뿌리로관다발(vc)을 둘러싸고 있는한개層의內皮細胞(ED)와 두개層의皮層細胞(C), 그리고 한개層의表皮細胞(EP)로構成되어 있다. Fig. 2에서 보는바와 같이 6月 30日에는菌套의 두께가 3.01-3.25(3.08) μm 이고,放射狀의

皮層細胞層의 폭이 18.48-24.04(21.56) μm 이었다.初期에는菌根表面에菌套가 아주얇게形成하고있어菌根表面이表皮組織의색깔에 의해서非菌根性뿌리와差異가나지 않는 것으로 생각되며,부풀어오른것같은菌根은새로운뿌리가發生하자마자菌絲가浸透하여表皮組織과皮層細胞를放射狀으로길어지는過程에서 나타나는現象이라고생각된다.^{6,9)} Fig. 2에서 보는바와 같이 7月 30日에는菌套의 두께가 7.7-10.78(10) μm 이고,放射狀으로配列된皮層細胞層의 폭은 23.1-24.64(24.13) μm 로서 6月 30에 비해

Table 3. Seasonal changes of the morphological characteristics of the ectomycorrhizae inoculated with ectomycorrhizal fungi.

30 June

Ectomycorrhizal Fungi	Rhizomorph Degree ¹⁾	Rhizomorph Color ²⁾	Attached Mycelia ¹⁾	Sheath Color ²⁾	Sheath Texture
<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	-	Y	-	B	Velvety
<i>Pisolithus tinctorius</i> #250	+	Y	++	YB, YW	Velvety (Felt)
<i>Laccaria laccata</i>	-	W	-	CB	Velvety

30 July

<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	++	Y	++	YB, YW	Velvety (Felt)
<i>Pisolithus tinctorius</i> #250	+++	Y	++	YB, YW	Felt (Velvety)
<i>Lycoperdon pedicellatum</i>	++	W	++	C(CB)	Velvety
<i>Scleroderma verrucosum</i>	+	W	-	C(CB)	Velvety
<i>Suillus granulatus</i>	+	W	-	C(CB)	Velvety (Felt)
<i>Laccaria laccata</i>	+	W	++	C(CB)	Velvety (Felt)

30 August

<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	++	Y	++	YB, YW	Felt (Velvety)
<i>Pisolithus tinctorius</i> #250	+++	Y	+	YB, YW	Felt (Velvety)
<i>Lycoperdon pedicellatum</i>	++	W	-	CB(C)	Velvety
<i>Scleroderma verrucosum</i>	-	W	++	CB	Velvety
<i>Kobayasia nipponca</i>	-	W	+	C(CB)	Velvety
<i>Rhizopogon rubescence</i>	+	W	++	CB	Velvety
<i>Suillus bovinus</i>	-	W	-	C(CB)	Velvety
<i>Suillus granulatus</i>	-	W	++	CB	Velvety (Felt)
<i>Laccaria laccata</i>	+++	W	++	CB	Velvety

30 September

<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	+++	Y	+	YB, YW	Felt (Velvety)
<i>Pisolithus tinctorius</i> #250	+++	Y	+	YB, YW	Felt (Velvety)
<i>Lycoperdon pedicellatum</i>	++	W	++	CB, W	Velvety (Felt)
<i>Scleroderma verrucosum</i>	+++	W	+++	CB, W	Velvety (Felt)
<i>Kobayasia nipponca</i>	+	W	++	B, W	Velvety (Felt)
<i>Rhizopogon rubescens</i>	+++	W	+	B, W	Velvety (Felt)
<i>Suillus bovinus</i>	-	W	+	B, W	Velvety (Felt)
<i>Suillus granulatus</i>	+	W	+	CB, W	Velvety (Felt)
<i>Laccaria laccata</i>	+++	W	++	CB, W	Velvety (Felt)

¹⁾ - : very rare, + : rare, ++ : medium, +++ : much, ++++ : very much.

²⁾ Y : Yellow, W : White, B : Brown, C : Cream, CB : Creamy Brown, YB : Yellowish Brown, YW : Yellowish White

Table 4. Seasonal changes of proportion(%) of *Quercus acutissima* ectomycorrhizal types

Fungal species	Time	Root Part	Apical Type(%)	Linear Type(%)	Clavate Type(%)	Diffuse Type(%)	Pyramidal Type(%)	Coralloid Type(%)	Mycorrhizal Formation rate(%)
<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	630 ¹⁾	T ²⁾		85	14				49
		M		56	43				24
		B		55	44				15
	730	T	1.8	34	58	3.7	0.63		62
		M	2.5	38	56	2.5			33
		B		58	41				14
	830	T		54	25	20			68
		M		65	25	9			61
		B		64	29	6			53
	930	T		76	12	9	1.2		71
		M		52	40	4	2.4		65
		B		75	24				57
<i>Pisolithus tinctorius</i> #250	630	T	1.5	67	31				46
		M	2.2	29	68				21
		B		47	52				12
	720	T		38	30	31			65
		M		61	23	14			39
		B		86	13				20
	830	T		39	34	3.2	1.6	31	72
		M		55	27	2.3	2.4	11	69
		B		44	52	0.14	0.32	2.3	31
	930	T		27	37	0.13	0.42	35	86
		M		26	41	0.11	0.26	32	83
		B		47	42	0.12	0.14	10	52
<i>Laccaria laccata</i>	630	T	10	71	15				37
		M	3.4	77	18		2.4		26
		B		91	8.5				14
	730	T		50	42	5.9	1.7		53
		M		54	45				26
		B		31	68				14
	830	T		41	16	41			56
		M		57	42				27
		B		51	48				14
	930	T	7.1	50	40	2.8			59
		M		21	78				27
		B		16	83				15
<i>Suillus granulatus</i>	730	T	2.1	72	24	1.5			31
		M		51	48				17
		B							
	830	T	3.0	80	10	6.3			36
		M		59	35	5.3			28
		B		68	31				27
930	T		63	16	20			42	
	M		86	13				40	
	B		21	75				34	
<i>Lycoperdon pedicellatum</i>	730	T	2.8	60	34	1.2	0.9		10
		M		40	59				0.6
		B							
	830	T		61	38				32
		M		73	26				27
		B		61	38				7
930	T		58	41				49	
	M		41	58				41	
	B		24	75				15	
<i>Scleroderma</i>	730	T	0.94	60	38	0.26			29

Fungal species	Time	Root Part	Apical Type(%)	Linear Type(%)	Clavate Type(%)	Diffuse Type(%)	Pyramidal Type(%)	Coralloid Type(%)	Mycorrhizal Formation rate(%)
<i>verrucosum</i>	830	M		39	60				15
		B		51	48				3
	930	T		35	64				30
		M		25	74				19
		B		20	79				10
		T	7.1	50	40	2.8			46
		M		21	78				41
		B		16	83				32
<i>Kobayasia nipponica</i>	830	T		28	71				7
		M		36	63				1
	930	B							
		T		38	60				32
		M		25	74				21
		B		23	76				20
<i>Rhizopogon rubescense</i>	830	T	1.2	52	44	1.8	0.16		21
		M		42	57				14
		B		26	73				4
	930	T		72	21	1.9	3.8	0.48	25
		M		64	30	3.1	2.6		14
		B		27	72				9
<i>Suillus bovinus</i>	830	T	3.6	69	27				10
		M		42	57				6
		B							
	930	T	1.2	71	22	1.3	3.1		25
		M		66	33				25
		B		69	30				19

¹⁾ 630 : 30 June, 730 : 30 July, 830 : 30 August, 930 : 30 September.

²⁾ T (top, about 7cm), M (middle, about 7cm), and B (bottom, about 7cm) parts of entire root

菌套 두께가 약 3배 가량 두꺼워졌지만, 皮層細胞層의 폭은 큰 差異를 보이지 않았다. 8월 30일의 菌套두께는 9.24-12.32(10.39) μm 이고 放射狀의 皮層細胞層은 19.24-24.57(23.1) μm 이었고, 9월 30일의 菌套 두께는 10.7-23.1(18.45) μm 이고, 放射狀의 皮層細胞層은 20.02-23.1(21.56) μm 였다.

Pisolithus tinctorius #250 + *Quercus acutissima* 菌根

外部形態의 特徵 ; Table 3에서와 같이 6월 30일의 菌套表面은 매끈하였지만, 간혹 Felt質 菌根도 있었으며, 菌套表面 색깔은 大部分 黃褐色이었으나 發達된 Felt質의 菌根은 黃白色이었다. 노란색의 Rhizomorph는 드물었다. 菌套表面 附着菌絲는 중간정도(++) 발생하였다. 7월 30일에는 大部分이 Felt質의 黃白色 菌根이었고, 매끈한 菌根은 黃褐色을 띠고 있었다. 노란색의 Rhizomorph는 왕성(+++)하게 發生하였으며, 菌套에 附着된 菌絲는 중간정도(++) 발달하였

다. 8월 30일에는 大部分 Felt質의 菌套 特性에 黃白色이 大部分이었고, 노란색 Rhizomorph는 왕성하게(+++) 發生하였고, 菌套 附着菌絲는 貧弱(+)하게 發生하였다. 9월 30일에는 大部分이 Felt質의 黃白色 菌套에 貧弱(+)한 菌套 附着菌絲를 가지고 있어 菌根이 發達함에 따라 菌套 附着菌絲가 菌套로 發展된 것으로 생각되며 同期의 Pt KJ-1와도 類似한 傾向이었다. Rhizomorph도 同期의 Pt KJ-1보다 매우 旺盛하게 發達하였고 노란색이었다.

菌根型 및 菌根形成率 : Table 4와 같이 6월 30일에는 根部의 上部에서 46%의 菌根形成率中 頂端型이 1.5%, 線型이 67%, 棍棒型이 31%였고, 中部에 21%와 下部의 12% 형성률은 菌根菌을 上部에 接種한 結果로서 上部에서 부터 漸次 下部쪽으로 菌根이 形成되어져 간 것이다. 7월 30일에는 上部와 中部에서의 菌根은 線型, 棍棒型, 擴散型이었고, 下部에는 線型和 棍棒型이었다. 菌根形成率은 上, 中, 下部 各各 65%, 39%,

Table 5. Width, Length, Diameter, and No. of Branches of mycorrhizae types. (Unit : mm)

Mycorrhizal Fungi		<i>Psolothus</i>	<i>Psolothus</i>	<i>Lycoperdon</i>	<i>Sclerotium</i>	<i>Kobayasia</i>	<i>Rhizogogon</i>	<i>Saillus</i>	<i>Saillus</i>	<i>Laccaria</i>
Mycorrhizae Types		<i>incolorus</i> KJ-1	<i>incolorus</i> #250	<i>pedicellatum</i>	<i>verrucosum</i>	<i>nipponica</i>	<i>rubescens</i>	<i>granulatus</i>	<i>bovinus</i>	<i>laccata</i>
Diffuse	Width		1.5-5.5(2.8)		0.63-3.5(1.54)					
	Length		3.5-6.0(4.64)		1-5.5(2.46)					
	Each diameter		0.2-0.25(0.25)		0.15-0.3(0.22)					
Pyramidal	Each Length		0.5-3.5(1.78)		0.5-2.25(0.88)					
	No. of branches		2-4(3)		2-8(4)					
Type	Width	2-3(2.5)*								
	Length	2.75-4.25(3.5)					1.25-4(2.57)		0.38-3(1.17)	
	Each Diameter	0.2-0.25(0.23)					2-6(4.07)		0.5-6(2.37)	
Coralloid	Each length	0.75-1.5(1.15)					0.1-0.18(0.15)		0.08-0.25(0.17)	
	No. of branches	7-12(9)					0.63-3.5(1.34)		0.25-2.75(0.79)	
Type	Width	1-4(2.0)					3-10(6)		3-10(4)	
	Length	2-4.5(2.75)					2.25-2.75(2.5)			
	Each diameter	0.2-0.25(0.23)					3.5-4.5(4)			
Apical	Each Length	0.25-2.5(1.05)					0.25(0.25)			
	No. of Branches	3-34(10)					0.45-1.00(0.97)			
Type	Length						3-13(10)			
	Diameter								0.2-0.25(0.23)	
	Length								0.1(0.1)	
Linear	Length	1-1.5(1.32)		0.6-3(1.44)		0.25-4.5(1.13)				
	Diameter	0.2-0.25(0.24)		0.1-0.25(0.23)		0.15-0.25(0.18)			0.3-3.25(1.94)	
Clavate	Length	1-4(2.3)		0.5-4.3(1.87)		0.5-3(1.14)			0.08-0.25(0.14)	
	Diameter	0.15-0.25(0.2)		0.1-0.2(0.15)		0.1-0.23(0.14)			0.4-3.25(1.15)	
Nodular	Length								0.08-0.25(0.16)	
	Diameter									0.1-0.15(0.14)

() * : mean

20%로 上部에서 높았다. 8月 30日에는 上, 中, 下部에서 모두 線型, 棍棒型, 擴散型, 피라미드型, 珊瑚型이 나타났으며, 특히, 上部에서 珊瑚型이 31%로 線型(39%)이나 棍棒型(34%)과 비슷한 比率로 나타났다. 9月 30日에도 비슷한 樣相으로, 菌根形成率이 上, 中, 下部에서 86%, 83%, 52%로 이었고 上, 中, 下部에서 모두 비슷한 比率로 旺盛한 菌根形成이 이루어졌다.

菌根別 넓이, 길이, 直徑, 分枝數는 Table 5와 같으며 線型, 棍棒型의 菌根 길이는 Pt #250보다 Pt KJ-1이 보다 1.5배 길었으며, 그의 各 菌根型의 길이도 같은 樣相을 보여주고 있어 Pt #250(美國產)과 Pt KJ-1(國內產)의 差異를 認識하는데 指標가 되고 있다.

解剖學的 特徵: Fig. 2에서와 같이 7月 30日의 菌套 두께는 $9.24-10.7(9.73)\mu\text{m}$ 이고 放射狀 配列의 皮層細胞層의 폭은 $23.1-26.18(24.64)\mu\text{m}$, 9月 30日의 菌套 두께는 $12.32-21.56(18.08)\mu\text{m}$ 이었고, 放射狀 皮層細胞의 폭은 $26.18-30.8(27.72)\mu\text{m}$ 이었다. 菌套의 두께가 8月 30日 것과 類似하고 Pt KJ-1 9月 30日의 것과 비슷한 점으로 보아, 이 程度의 두께로 菌套形成이 이루어진 것이 完全 成熟狀態의 菌根일 것이라고 생각된다.

Lycoperdon pedicellatum + *Quercus acutissima* 菌根

外部形態의 特徵: 7月 30日에는 Table 3과 같이 表面은 매끈하며 새로운 뿌리가 發生하면서 형성된 균근은 煉乳色이며, 外皮層이 木質化된 것은 煉乳빛 褐色이었다. Rhizomorph는 中間정도(++) 發生하였으며 白色이었고, 菌套 附着菌絲도 中間정도(++) 발달하였다. 8月 30日에는 菌套表面이 매끈하였고 색깔은 煉乳빛 褐色이나 煉乳色이었고, Rhizomorph는 中間정도(++) 發生하였으며 白色이었고, 菌套 附着菌絲는 거의 없었다. 9月 30日에는 Fig. 11a와 같이 아직도 매끈하였지만 Felt質의 菌套로 發達해 가고 있었다. Rhizomorph는 中間정도(++) 發生하였고 白色이었다. 菌套 附着菌絲도 中間정도(++) 發生하였다.

菌根型과 菌根形成率: Table 4에서와 같이 7月 30日에는 菌根形成率이 低調하여 上部에서 10%, 中部에서 0.6%, 下部에서는 發生하지 않았고, 菌根型에 있어서도 大部分이 頂端型, 線型和 棍棒型이었으며, 極少數의 擴散型和 피라미드型도

있었다. 8月 30日에는 線型和 棍棒型만이 있었고 上, 中, 下部의 菌根 形成率은 各各 32%, 27%, 7.4%였고 9月 30日에도 마찬가지로 現象으로 棍棒型和 線型만이 發見되었고, 上, 中, 下部의 菌根 形成率은 各各 49%, 41%, 15% 이었다. 棍棒型和 線型菌根의 길이와 直徑은 Table 4와 같다.

解剖學的 特徵: Fig. 2와 같이 7月 30日의 菌套 두께는 $3.67-7.7(5.54)\mu\text{m}$ 이고, 放射狀 配列의 皮層細胞層의 폭은 $20.02-21.56(20.79)\mu\text{m}$ 이었고, 8月 30日의 菌套두께는 $2.7-6.16(5.94)\mu\text{m}$ 이고, 放射狀 配列의 皮層細胞層의 폭은 $18.4-21.56(19.48)\mu\text{m}$ 였다. 9月 30日의 菌套의 두께는 $7.08-10.78(9.03)\mu\text{m}$ 이고, 放射狀 配列의 皮層細胞層의 폭은 $18.4-21.56(19.48)\mu\text{m}$ 였다. Pt 菌들에 비해 皮層細胞層이 좁았다.

Scleroderma verrucosum + *Quercus acutissima* 菌根

外部形態의 特徵: Table 3에서와 같이 7月 30日은 菌套表面이 매끈하였으며 煉乳色이나 煉乳빛 褐色이었다. 貧弱(-)하게 發生한 Rhizomorph는 白色이었고, 菌套表面 菌絲도 貧弱(+)하게 發達하였다. 8月 30日에 菌套表面은 매끈하였고, 煉乳빛 褐色에 菌絲가 中間정도(++) 發生하였고, 貧弱(+)하게 發生한 Rhizomorph는 白色이었다. 9月 30日에는 大部分 菌套表面이 매끈하였지만, Felt質 菌根도 旺盛하게 發達하였다. 매끈한 菌套는 煉乳빛 褐色이었고 Felt質의 菌根은 純白色이었다. 菌套表面의 菌絲는 Fig. 12a에서와 같이 Felt質의 菌根인 경우 표면의 菌사가 발달되었다. Rhizomorph도 旺盛(+++)하였으며 白色이었다.

菌根型 및 菌根形成率: Table 4에서와 같이 7月 30日의 뿌리 上部에서의 균근형태는 頂端型, 線型, 棍棒型, 擴散型이, 中部와 下部에서는 線型和 棍棒型만 있었다. 上, 中, 下部의 菌根形成率은 各各 29%, 15%, 3.4%였다. 8月 30日에는 上, 中, 下部에서 線型和 棍棒型 균근만 나타났고, 9月 30日에는 上部에 線型和 棍棒型, 擴散型이 나타났다. 이들 菌根型에 대한 菌根의 길이, 直徑 등은 Table 5와 같으며, 菌根形成率의 變化는 Table 4와 같았다.

解剖學的 特徵: 7月 30日에는 Fig. 2과 같이 菌套의 두께는 $4-5.54(4.92)\mu\text{m}$ 이고, 放射狀 配列의 皮層細胞層의 폭은 $17.24-19.62(18.43)\mu\text{m}$ 였

다. 8月 30日에는 菌套의 두께가 5.5-6.16(5.95) μm 이고, 放射狀 配列의 皮層細胞層의 폭은 21.56-23.1(22.6) μm 였다. 9月 30日의 菌套의 두께는 7.7-12.32 μm 였고, 放射狀 皮層細胞層의 폭은 21.56-23.1(22.59) μm 였다.

Laccaria laccata + Quercus acutissima 菌根

外部形態의 特徵: 6月 30日에는 Table 3에서와 같이 菌套表面은 매끈하고, 煉乳빛 褐色을 하고 있으며, Rhizomorph의 發達이 低調하며, 菌套表面의 菌絲도 發達되지 않았다. 7月 30日에는 大部分의 菌根이 매끈하였지만 Felt質의 菌根도 發生하였다. 菌套의 색깔은 煉乳色이거나 煉乳빛 褐色이었으며, Rhizomorph는 貧弱(+)하게 發達한 白色이었으며 菌套에 중간정도(++) 菌絲가 發生하였다. 8月 30日에는 大部分 매끈하였으며, Felt質의 菌根도 發生하였다. 菌套表面은 煉乳빛 褐色이었고 菌絲가 中間정도(++) 發生하였으며 白色의 Rhizomorph가 旺盛(+++)하게 發達하였다. 9月 30日에는 Fig. 13a와 같이 Felt質의 菌根을 形成한 것이 많았지만 大部分 매끈한 菌套表面이 煉乳빛 褐色이었고 菌絲가 中間정도(++) 發生하였으며 白色의 發達된 Rhizomorph가 發生하였다.

菌根型 및 菌根形成率: Table 4과 같이 6月 30日에는 頂端型, 線型, 棍棒型, 피라미드型이 上部에 發生하였고, 中部, 下部는 線型이나 棍棒型 菌根이었다. 7月 30日에는 線型和 棍棒型 그리고 1次 分枝性 菌根인 擴散型和 피라미드型이 上部에 發生하였고 中, 下部에서는 發見되지 않았다. 8月 30日과 9月 30日에도 마찬가지로 樣相을 보여 주었으며, 菌根形成率의 變化는 Table 4과 같고 이들 菌根型에 대한 길이, 直徑 등은 Table 5와 같다.

解剖學的 特徵: 7月 30日은 Fig. 2에서와 같이 菌套의 두께는 4.21-5.2(4.7) μm 이고 放射狀 皮層細胞層의 폭은 16.3-21.31(20.02) μm 였다. 8月 30日에는 菌套의 두께가 3.08-9.24(6.06) μm 이고 放射狀 皮層細胞層의 폭은 17.86-21.56(20.33) μm 였다. 9月 30日에는 菌套의 두께가 9.01-9.56(9.24) μm 였고, 放射狀 皮層細胞의 폭은 18.84-23.1(20.65) μm 였다.

Suillus granulatus + Quercus acutissima 菌根

外部形態의 特徵: 7月 30日에는 Table 3과 같이 大部分의 菌套가 매끈하였지만 Felt質의 菌套

도 소수 있었고, 菌套는 菌絲가 貧弱(+)하게 發生하였으며 煉乳色이거나 煉乳빛 褐色이었다. 白色의 Rhizomorph가 貧弱(+)하게 發生하였다. 8月 30日에는 Table 3에서 처럼 菌套表面은 매끈한 것과 Felt質의 것이 함께 있었고, 煉乳빛 褐色을 띄고 있었다. 白色의 Rhizomorph가 低調(+)하게 發達하였다. 9月 30日에는 Fig. 14a처럼 成熟한 白色의 Felt質의 菌套의 菌根들이 많았으며, 그러나 아직도 大部分은 煉乳빛 褐色으로 매끈하였으며, Rhizomorph도 低調(+)하게 發達하였다.

菌根型 및 菌根形成率: Table 4에서와 같이 7月 30日의 뿌리 上部에서 頂端型, 線型, 棍棒型, 擴散型, 中部에서는 線型和 棍棒型이 下部에서는 菌根이 形成되지 않았다. 8月 30日에도 마찬가지로 樣相으로 나타났고 下部의 菌根形成率은 27%였다. 9月 30日에는 上部에서 擴散型이 全體 42%의 菌根들 中 20%로 發見되었으며 大部分이 線型和 棍棒型이었다. 菌根形成率의 變化 樣相은 Table 4와 같으며, 이들 菌根型들에 대한 길이, 直徑 등은 Table 5와 같다.

解剖學的 特徵: Fig. 2를 보면 8月 30日에는 菌套의 두께가 5.5-6.75(6.16) μm 이고, 放射狀 皮層細胞의 폭은 20.02-21.56(20.79) μm 였다.

Kobayasia nipponica + Quercus acutissima 菌根

外部形態의 特徵: Table 3과 같이 8月 30日에는 菌套가 매끈하였고, 菌絲가 貧弱(+)하게 發生하였으며, 煉乳色이나 煉乳빛 褐色의 菌套였다. 白色의 Rhizomorph는 아주 低調(-)하게 發生하였다. 9月 30日에는 Fig. 15a처럼 大部分이 매끈한 菌套를 가지고 있었지만 成熟段階에서는 白色 Felt質 이었고 菌絲가 빈약(+)하게 發生하였으며 白色의 Rhizomorph도 貧弱(+)하게 發生하였다.

菌根型 및 菌根形成率: Table 4에서와 같이 8月 30日에는 線型和 棍棒型이 上部와 中部에서 發生하였고, 9月 30日에는 上, 中, 下部에서 線型和 棍棒型만 發見되었다. 菌根形成率의 變化는 Table. 4과 같으며 이들 菌根型에 대한 길이와 直徑은 Table 5와 같다.

解剖學的 特徵: Fig. 2에서와 같이 9月 30日의 菌套 두께는 5.95-6.23(6.16) μm 였고 放射狀 皮層細胞層의 폭은 18.54-21.56(20.04) μm 였다.

Rhizopogon rubescens + Quercus acutissima 菌根

Table 6. Growth of *Quercus acutissima* seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi.

Ectomycorrhizal Fungi	Date	No. of Leaves	Leaf Area (cm ²)	Shoot Length (cm)	Root Collar Diameter (cm)	T/R Ratio	Total Dry Weight (g)		Root Dry Weight		Leaf Dry Weight		Stem Dry Weight (g)
							Weight (g)	Weight (g)	Lateral Root	Tap Root	Weight (g)	Weight (g)	
<i>Pisolithus tinctorius</i> KJ-1	630*	10**	199 ^h	32 ^a	0.27 ^g	1.57 ^d	2.21 ^{c-h}	0.13 ^{c-f}	0.74 ^{b-f}	0.84 ^{d-h}	0.51 ^{c-l}	0.64 ^{abcd}	
	730	10 ^a	198 ^h	37 ^{ab}	0.33 ^{e-e}	0.80 ^{c-h}	3.56 ^{e-e}	0.17 ^{a-f}	1.81 ^{ab}	0.94 ^{b-g}	0.67 ^{e-l}	0.67 ^{e-l}	
	830	11 ^{ab}	223 ^{gh}	38.3 ^a	0.34 ^{g-g}	0.84 ^{abcd}	3.45 ^{ghl}	0.18 ^{e-l}	1.70 ^{ghl}	0.90 ^{h-l}	1.11 ^b	1.11 ^b	
	930	12 ^{ab}	372 ^{ab}	40 ^b	0.37 ^{ab}	0.73 ^{bc}	6.43 ^b	0.47 ^{ab}	3.24 ^{abcd}	1.60 ^h	1.60 ^h	1.53 ^{b-g}	1.53 ^{b-g}
	630	10 ^a	197 ^{gh}	32 ^{ab}	0.27 ^{c-g}	1.52 ^e	2.19 ^{c-g}	0.13 ^c	1.74 ^{a-d}	0.94 ^{b-f}	0.67 ^{abc}	0.67 ^{abc}	
<i>Pisolithus tinctorius</i> #250	730	10 ^{ab}	198 ^{ghl}	37.7 ^a	0.33 ^{e-e}	0.82 ^{cde}	3.57 ^{abcd}	0.21 ^a	1.74 ^{a-d}	0.94 ^{b-f}	0.74 ^c	0.74 ^c	
	830	12 ^a	240 ^{ef}	38.2 ^{ab}	0.35 ^{a-c}	0.91 ^a	4.68 ^e	0.24 ^{c-g}	2.20 ^{a-e}	1.50 ^a	1.50 ^a	1.22 ^a	
	930	13 ^a	381 ^a	41.2 ^a	0.38 ^{ab}	0.78 ^{ab}	6.97 ^a	0.49 ^a	3.47 ^{ab}	1.82 ^a	1.82 ^a	1.22 ^a	
	630	9 ^{ab}	210 ^d	30 ^{b-d}	0.31 ^{abc}	1.45 ^{fg}	2.33 ^{e-e}	0.11 ^{c-l}	0.84 ^{bc}	0.84 ^{d-g}	0.54 ^{bc}	0.54 ^{bc}	
	730	9 ^{abc}	244 ^{cd}	32 ^{a-g}	0.33 ^{a-e}	1.02 ^{ab}	3.17 ^{gh}	0.15 ^{a-g}	1.42 ^{d-g}	1.05 ^{bc}	0.55 ^{a-l}	0.55 ^{a-l}	
<i>Lycoperdon pedicellatum</i>	830	9 ^d	288 ^{abc}	34 ^{c-g}	0.35 ^{d-d}	0.73 ^{gh}	5.16 ^a	0.25 ^{b-f}	2.73 ^a	1.34 ^{bc}	0.84 ^b	0.84 ^b	
	930	9 ^d	327 ^c	35 ^{a-g}	0.35 ^{b-g}	0.59 ^{d-l}	5.94 ^{cd}	0.27 ^{f-l}	3.43 ^{abc}	1.37 ^{c-e}	0.84 ^c	0.84 ^c	
	630	10 ^a	196 ^{f-l}	31 ^{abc}	0.32 ^a	1.61 ^c	2.35 ^{bcd}	0.20 ^{bc}	1.23 ^{e-l}	0.90 ^{b-l}	0.62 ^{g-l}	0.62 ^{g-l}	
	730	10 ^{ab}	195 ^{g-l}	32.33 ^{b-d}	0.34 ^a	1.07 ^a	2.95 ^{g-l}	0.20 ^{abc}	1.23 ^{e-l}	0.90 ^{b-l}	0.62 ^{g-l}	0.62 ^{g-l}	
	830	11 ^{abc}	215 ^{g-l}	36.7 ^{a-d}	0.36 ^a	0.84 ^{bc}	3.74 ^{e-l}	0.31 ^a	1.74 ^{f-l}	0.98 ^{gh}	0.72 ^b	0.72 ^b	
<i>Suillus granulatus</i>	930	11 ^{bc}	279 ^{e-l}	36 ^{b-l}	0.36 ^{b-f}	0.58 ^{e-l}	4.79 ^{f-l}	0.33 ^{def}	2.74 ^{ef}	0.99 ^{h-l}	0.74 ^c	0.74 ^c	
	630	8 ^b	198 ^{fg}	30.4 ^{b-h}	0.33 ^{e-e}	0.91 ^{a-d}	2.96 ^a	0.19 ^{a-e}	1.72 ^{a-e}	1.05 ^a	0.66 ^a	0.66 ^a	
	730	9 ^{ab}	222 ^f	30.4 ^{b-h}	0.33 ^{e-e}	0.91 ^{a-d}	3.64 ^{ab}	0.20 ^{bc}	1.72 ^{a-e}	1.06 ^{a-d}	0.67 ^{ab}	0.67 ^{ab}	
	830	9 ^d	223 ^{efg}	30.5 ^{b-l}	0.35 ^{a-e}	0.89 ^{ab}	3.79 ^{efgh}	0.26 ^{abc}	1.74 ^{gh}	1.12 ^{de}	0.68 ^{b-h}	0.68 ^{b-h}	
	930	11 ^{bc}	246 ^a	30 ^a	0.29 ^{a-f}	1.66 ^b	2.35 ^{bc}	0.10 ^{e-l}	0.79 ^{abc}	0.99 ^{abc}	0.48 ^j	0.48 ^j	
<i>Laccaria laccata</i>	830	10 ^a	207 ^d	32 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.84 ^a	5.38 ^e	0.37 ^d	2.56 ^{e-l}	1.46 ^c	0.99 ^c	0.99 ^c	
	930	11 ^{bc}	292 ^{ab}	38.3 ^{abc}	0.39 ^a	1.66 ^b	2.35 ^{bc}	0.10 ^{e-l}	0.79 ^{abc}	0.99 ^{abc}	0.48 ^j	0.48 ^j	
	730	10 ^{ab}	290 ^a	32 ^{a-g}	0.32 ^{a-f}	0.82 ^{c-g}	3.72 ^a	0.20 ^a	1.85 ^a	1.99 ^a	0.57 ^{ghl}	0.57 ^{ghl}	
	830	11 ^{bc}	292 ^{ab}	35 ^{a-f}	0.36 ^{ab}	0.81 ^{cde}	5.12 ^{ab}	0.28 ^{ab}	2.55 ^{hh}	1.38 ^b	0.91 ^a	0.91 ^a	
	930	11 ^{bc}	292 ^{ab}	36 ^d	0.39 ^a	0.60 ^{b-h}	6.30 ^{bc}	0.31 ^a	3.62 ^a	1.41 ^{cd}	0.96 ^{cd}	0.96 ^{cd}	
<i>Scleroderma verrucosum</i>	630	10 ^a	201 ^c	30 ^{a-e}	0.31 ^{abc}	1.49 ^{ef}	2.32 ^{b-f}	0.19 ^{ab}	0.74 ^{b-c}	0.85 ^{ef}	0.54 ^{bcd}	0.54 ^{bcd}	
	730	10 ^{abc}	202 ^c	32 ^{a-d}	0.34 ^{ab}	0.69 ^{e-l}	3.07 ^{ghl}	0.21 ^{ab}	1.33 ^{gh}	0.91 ^{b-h}	0.63 ^{de}	0.63 ^{de}	
	830	11 ^{abc}	216 ^{ghl}	36 ^{a-e}	0.36 ^{ab}	0.76 ^{cf}	3.82 ^{efg}	0.32 ^{ab}	1.85 ^{efg}	0.98 ^g	0.66 ^{g-l}	0.66 ^{g-l}	
	920	11 ^{bc}	284 ^{d-h}	36 ^{a-e}	0.36 ^{b-f}	0.64 ^{c-g}	4.87 ^{efg}	0.34 ^{de}	2.63 ^{efg}	1.09 ^{f-l}	0.81 ^{efg}	0.81 ^{efg}	
	630	10 ^a	244 ^{abc}	30 ^{a-l}	0.30 ^{a-d}	2.11 ^a	2.24 ^{c-g}	0.12 ^{c-h}	0.60 ^{d-h}	1.01 ^{bb}	0.51 ^{e-l}	0.51 ^{e-l}	
<i>Rhizopogon rubescens</i>	730	10 ^{ab}	291 ^{ab}	30 ^{a-l}	0.31 ^{a-f}	0.82 ^{c-f}	3.58 ^{bc}	0.20 ^{a-d}	1.78 ^{abc}	1.03 ^{a-e}	0.58 ^{gh}	0.58 ^{gh}	
	830	10 ^{abcd}	292 ^a	30 ^l	0.36 ^{abc}	0.68 ^b	4.58 ^{cd}	0.25 ^{b-e}	2.48 ^{abc}	1.12 ^{cd}	0.72 ^{c-f}	0.72 ^{c-f}	
	930	10 ^{cd}	296 ^{de}	33 ^{gh}	0.37 ^{a-d}	0.65 ^{c-f}	4.93 ^{efg}	0.27 ^{ef}	2.78 ^e	1.15 ^{cd}	0.78 ^{efg}	0.78 ^{efg}	
	630	9 ^{ab}	244 ^{ab}	30 ^{a-d}	0.32 ^{ab}	1.39 ^{hi}	2.45 ^b	0.14 ^{cd}	0.89 ^b	0.89 ^{de}	0.53 ^{b-e}	0.53 ^{b-e}	
	730	9 ^{abc}	244 ^c	35.33 ^{abc}	0.33 ^{abc}	0.95 ^{bc}	3.25 ^{c-g}	0.14 ^{a-h}	1.52 ^{a-f}	0.90 ^e	0.68 ^a	0.68 ^a	
<i>Suillus bovinus</i>	830	9 ^d	266 ^d	36.67 ^{abc}	0.33 ^{ef}	0.74 ^{efg}	4.02 ^{ef}	0.22 ^{c-h}	2.09 ^{a-f}	1.23 ^{ef}	0.69 ^{d-g}	0.69 ^{d-g}	
	930	9 ^d	285 ^{d-g}	36 ^{a-f}	0.37 ^{a-e}	0.66 ^{cde}	4.96 ^{ef}	0.40 ^{abc}	2.57 ^{e-h}	1.15 ^f	0.83 ^{ef}	0.83 ^{ef}	
	630	9 ^{ab}	190 ^{f-l}	30 ^{a-d}	0.30 ^{a-e}	1.42 ^{gh}	2.06 ^{g-l}	0.15 ^{a-h}	0.61 ^{d-h}	0.80 ^{a-l}	0.52 ^{b-g}	0.52 ^{b-g}	
	730	9 ^{ab}	240 ^{c-e}	31 ^{c-l}	0.33 ^{a-e}	0.76 ^{d-l}	3.33 ^{b-f}	0.15 ^{a-h}	1.75 ^f	0.85 ^{e-l}	0.58 ^a	0.58 ^a	
	830	9 ^d	241 ^e	32 ^{gh}	0.34 ^{a-f}	0.68 ^{e-l}	4.09 ^e	0.22 ^c	2.22 ^{a-d}	0.92 ^{ghl}	0.73 ^{cd}	0.73 ^{cd}	
Control	930	9 ^d	252 ^j	32 ^{ghl}	0.34 ^{c-h}	0.69 ^{bcd}	4.56 ^{f-l}	0.27 ^{ghl}	2.43 ^{b-l}	1.09 ^{gh}	0.77 ^{ghl}	0.77 ^{ghl}	

* 630 : 30 June, 730 : 30 July, 830 : 30 August, 930 : 30 September.

** Of same dates within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P = 0.05 according to Duncan's New Multiple Range Test.

外部形態의 特徵: Table 3에서와 같이 8月 30日의 菌套는 매끈하였고 중간정도(+++)의 菌絲가 있는 煉乳빛 褐色이었고 白色의 Rhizomorph가 빈약(+)하게 發生하였다. 9月 30日에는 大部分의 菌根이 菌套가 매끈하였지만 Felt質의 菌根도 發生하였으며 Felt質은 白色이고 다른 것은 褐色을 띠고 있었다. 菌套에는 菌絲가 貧弱(+)하게 發生하였고 白色의 Rhizomorph가 왕성(+++)하게 發達되어 있었다.

菌根型 및 菌根形成率: Table 4와 같이 8月 30日에는 上部에서 頂端型, 線型, 棍棒型, 擴散型, 피라미드型이 發生하였고 中, 下部에서는 線型和 棍棒型만 나타났다. 9月 30日에는 上部에서 線型, 棍棒型, 擴散型, 피라미드型, 珊瑚型이 中部에서는 線型, 棍棒型, 擴散型, 피라미드型이 下部에서는 線型和 棍棒型이 發生하였다. 菌根形成率의 變化는 Table 4와 같고, 이들 菌根型에 대한 菌根의 길이, 直徑, 分枝數 등은 Table 5와 같다. 이 菌根은 낮은 菌根形成率과 未發達된 菌근의 형태가 대부분이었고 발달된 菌근의 形成이 不確實한 것으로 미루어 寄主수목인 참나무류와의 親和力 缺如가 認定된다. 이것은 침엽수에 Rhizopogon spp.의 接種은 胞子接種이 효과적이지만 營養菌絲體로 接種은 효과적이지 못하다는 것²⁾ 때문인지 寄主특이성³⁾ 때문인지는 앞으로의 연구가 필요하다.

解剖學의 特徵: Fig. 2에서와 같이 菌套의 두께는 4.62-16.94(11.17) μm 이고, 放射狀 皮層細胞층의 폭은 18.48-24.64(21.17) μm 이었다.

Suillus bovinus + Quercus acutissima 菌根

外部形態의 特徵: Table 3에서와 같이 8月 30日의 菌套表面은 매끈하고 煉乳色이나 煉乳빛 褐色을 띠었고 菌絲가 아주 貧弱(-)하게 發生하였으며 白色의 Rhizomorph도 低調(-)하였다. 9月 30日에는 大部分이 매끈하였지만 成熟한 것은 Felt質의 菌根도 있었으며, Felt質은 白色이었고 매끈한 菌根은 煉乳빛 褐色이었다. 菌套에는 貧弱(+)하게 菌絲가 發生하였고 白色의 Rhizomorph가 아주 貧弱(-)하게 發生하였다.

菌根型 및 菌根形成率: Table 4와 같이 8月 30日에는 頂端型, 線型, 棍棒型이 上部에서 線型和 棍棒型은 中部에서 發見되었고 下部에서는 發見되지 않았다. 菌根形成率도 各各 10%, 6.8%로 低調하였다. 9月 30日에는 上部에서 頂端型, 線

型, 棍棒型만 發見되었다. 菌根形成率의 變化는 Table 4와 같고, 이들 菌根型에 대한 길이, 直徑 등은 Table 5와 같다. 이 菌근군이 소나무류에서만 자실체가 발생하는 寄主특이성이 있어 낮은 菌根形成率과 未發達된 菌근과 발달된 菌근의 形成이 不確實한 것으로 미루어 寄主수목인 참나무류와의 親和力 缺如가 認定된다. 본 實驗에서의 微弱하게 菌根이 형성된 것은 특정 寄主에서만 자실체가 발생할지라도 다른 寄主에 菌근형성을 排除해서는 안된다는 것³⁾ 때문인 것으로 생각된다.

解剖學의 特徵: Fig. 2와 같이 9月 30日의 菌套의 두께는 7.54-10.23(9.24) μm 였고 皮層細胞의 폭은 23.1-24.64(23.87) μm 이었다.

3) 菌根 識別 檢索表

1. Rhizomorph가 黃色이다 2
1. Rhizomorph가 白色이다 3
2. 珊瑚型 菌根이 많으며, Sclerotium이 發見된다. *Pisolithus tinctorius* #250
2. 珊瑚型 菌根이 없으며, 길이가 1.5-2.5mm인 線型菌根이 大部分이다. *Pisolithus tinctorius* KJ-1
3. 塊根型 菌根이 發達한다. *Scleroderma verrucosum*
3. 塊根型 菌根이 없다. 4
4. 白色 Felt質 菌套가 旺盛하게 發達한다. 5
4. 白色 Felt質이 가끔씩 發見되며 大部分 煉乳 빛 褐色의 매끈한 菌套를 가지고 있다. 6
5. 菌根이 구부러지는 것이 많다. *Laccaria laccata*
5. 菌根이 구부러지지 않는다. *Suillus granulatus*
6. 白色 Rhizomorph가 發達되어 있다. 7
6. 白色 Rhizomorph의 發達이 貧弱하다. 8
7. 線型和 棍棒型 菌根이 大部分이다. *Lycoperdon pedicellatum*
7. 線型和 棍棒型, 擴散型, 피라미드型, 珊瑚型 菌根이 있다. *Rhizopogon rubescens*
8. 매끈한 菌套에 菌絲가 發達되어 있다. *Kobayasia nipponica*
8. 매끈한 菌套에 菌絲가 發達되어 있지 않다. *Suillus bovinus*

2. 苗木의 生長

葉數 : Table 6에서와 같이 6月 30日과 7月 30日에는 對照區나 모든 菌根菌 處理區에서 有意性이 없었지만 8月 30日부터 差異를 보여 Pt, *Lycoperdon pedicellatum*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma verrucosum* 處理區들이 높았다. 9月 30日에도 비슷한 傾向이었다. 菌根形成率이 낮은 初期에는 生長의 差異가 나타나지 않았지만 時間이 지날수록 菌根形成率이 비교적 높았던 菌種들의 處理區에서 生長促進效果가 나타났다.

葉面積과 苗高 : 葉面積은 菌根菌間에 모든 時期에 있어서 生長差가 없었지만, Pt菌 處理區는 初期에는 다른 菌根 處理區와 비슷했으나 9月 30日에 있어서 生長 差異를 나타내고 있다. 苗高는 6月 30日과 7月 30日에는 對照區와 菌根菌 處理區間에 有意性이 없었지만, 8月 30日과 9月 30日에는 對照區에 比하여 菌根菌 處理區가 컸으며 菌根形成率이 높았던 菌根菌 處理區들(Pt菌들)에서 生長促進效果가 나타났다.

根元徑과 T/R率 : 根元徑은 모든 處理區들 間에 모든 時期別로도 有意의인 生長 差異가 없었으며, 菌根形成率이 初期狀態부터 높았던 Pt菌 處理區들과 *Laccaria laccata*, *Lycoperdon pedicellatum* 處理區들은 時間이 지남에 따라 T/R率이 높게 나타나, 이들 菌根菌으로 接種된 苗木들은 다른 菌根菌이나 對照區에 比하여 지상부 生長이 촉진되었다고 結論을 내릴 수 있다.

總乾重 : 菌根形成 初期에는 菌根間에 有意의인 差異를 보이지 않다가 菌根 形成이 이루어졌던 8月 30日부터 差異를 나타내 9月 30日에는 Pt菌 處理區들과 *Lycoperdon pedicellatum*, *Scleroderma verrucosum* 處理區가 높게 나타났으며, 菌根形成率이 높았던 *Suillus granulatus*, *Laccaria laccata* 處理區는 總乾重의 促進을 보여주지 못했다.

參 考 文 獻

1. Agerer, R. 1987. Studies on ectomycorrhizae. X. Mycorrhizae formed by *Cortinarius obtusus* and *C. vennetus* on spruce. *Mycologia* 79(4), 524-539.
2. Castellano, M.A., J.M Trappe, and R. Molina. 1985. Inoculation of container-grown Douglas-fir with basidiospores of *Rhizopogon vinicolor* and *R. colossus*: effects of fertility and spore application rate. *Can. J. For. Res.* 15: 10-13.
3. 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.
4. Chu-Chou, M. and L.J. Grace. 1983. Characterization and identification of Douglas fir in New Zealand. *Eu. J. For. Path.* 13, 151-160.
5. Harley, J.L., 1969. The biology of Mycorrhiza. Leonard hill. London. 31-62.
6. Massicotte, H.B., R.L. Peterson., and A. E. Ashford . 1987. Ontogeny of *Eucalyptus pilularis*-*Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae. I. Light microscopy and scanning electron microscopy. *Can. J. Bot.* 65: 1927-1939.
7. Molina, R., J.M. Trappe. 1982. Patterns of ectomycorrhizal host specificity and potential among pacific northwest conifers and fungi.
8. Molina, R. 1980. Ectomycorrhizal inoculation of containerized wetern conifer seedlings. *USDA For. Serv. Res. Note PNW-357.*
9. Moore, A.E.P., H.B. Massicotte., and R. L. Peterson. 1987. Ectomycorrhiza formation between *Eucalyptus pilularis* Sm. and *Hydnangium carneum* Wallr. in *Dietr. New Phytol.* 112, 193-204.
10. Zak, B., 1971. Characterization and classification of mycorrhizae of Douglas-fir. II. *Pseudotsuga menziesii* + *Rhizopogon vinicolor*. *Can. J. Bot.* 49: 1079-1084.
11. Zak, B., and M.J. Larsen. 1978. Characterization and classification of mycorrhizae of Douglas-fir. III. *Pseudotsuga menziesii* + *Byssoporia (Poria) terrestris* vars. *ilaacinorosea*, *parkii*, and *sublutea*. *Can. J. Bot.* 56: 1416-1424.