

韓國林學會誌 78(2) : 160-167. 1989.  
Jour. Korean For. Soc. 78(2) : 160~167. 1989.

## 外生菌根菌과 窒素施肥水準이 졸참나무 苗木生長에 미치는 影響<sup>1</sup>

吳光仁<sup>2</sup> · 朴文秀<sup>2</sup>

### The Effect of Ectomycorrhizae and Nitrogen Levels on the Growth of *Quercus serrata* Seedlings<sup>1</sup>

Kwang In Oh<sup>2</sup> and Moon Su Park<sup>2</sup>

#### 要 約

졸참나무 苗木을 對象으로 모래밭버섯菌의 接種有無와 窒素施肥 水準에 따른 菌根發達, 苗木生長 및 養分吸收에 미치는 影響을 究明하기 위하여 研究를 遂行한 結果는 다음과 같다. 1) 平均 菌根 形成率은 61.75%로 나타났으며 窒素水準에 따라서는 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 가장 좋은 反應을 보였다. 2) 뿌리發達에 있어서 菌根菌 接種區는 細根數, 一次側根數 그리고 全體뿌리길이가 각각 平均 34.3%, 30.7%, 17.2% 增加하였다. 3) 菌根菌 接種의 苗高, 葉面積, 總乾重, 그리고 부피生長에 有利하였으며 非接種區에 比해 각각 平均 26.9%, 52.3%, 31.7%, 85.7% 增加하였다. 그리고 大部分의 苗木生長은 窒素 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$  水準에서 가장 좋았다. 4) 菌根菌 接種苗木은 非接種苗木에 比해 N, P, K, Ca等의 無機養分吸收가 促進되었으며 菌根發達과 苗木生長에서와 같이 菌根菌 接種區의 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$  水準에서 가장 많은 養料吸收를 促進시켰다.

#### ABSTRACT

This study was carried out to examine the mycorrhizal development, growth, and nutrient uptake of *Quercus serrata* seedlings while they were grown for 120 days in a pot medium with and without *Pisolithus tinctorius*, and also with applications of nitrogen levels. The results were summarized as follows: 1) Inoculated seedlings showed ectomycorrhizal formation of 61.75%. 2) In the root development, the best nitrogen level was 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$  for inoculated seedlings, and the number of short roots, the number of primary lateral roots and total length of lateral roots were 34.3, 30.7, and 17.2% greater, respectively, than noninoculated seedlings. 3) Growth of shoot, leaf area, total dry weight, and volume of inoculated seedlings were increased 26.9, 52.3, 31.7, and 85.7% greater respectively, than noninoculated seedlings. 4) Inoculated seedlings were more enhanced in the uptake of N, P, K, and Ca than noninoculated seedlings, and the enhanced uptake was best shown at 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$  treatment.

Key words : *Quercus serrata*; *Pisolithus tinctorius*; nitrogen levels; ectomycorrhizae.

#### 緒 論

外生菌根의 人工接種에 따른 効果에 關한 研究

中 胞子接種實驗은 Castellano 等 (1985)<sup>2)</sup>와 李와具(1984)<sup>10)</sup>에 依해 이루어졌다. 그리고 近來에는 容器를 利用한 苗木의 生長과 菌根發達에 施肥의 效果<sup>4)</sup> 그리고 時期別 菌根의 形態的 變化가 研究되

<sup>1</sup> 接受 2月 27日 Received on Februry 27, 1989.

<sup>2</sup> 全南大學校 農科大學 林學科 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju, Korea.

고 있다.<sup>6,16,21)</sup>

苗木生長에 미치는 外生菌根의 影響에 관한 研究로는 Dixon 等(1981)<sup>4)</sup>의 black oak苗木을 容器와 苗圃地에서 菌根菌을 接種한 實驗이 있는데 接種區가 非接種區에 比해 苗高, 根元徑, 葉面積, 根乾重 그리고 總乾重 等에 있어서 有効한 結果를 보였다.

養分吸收에 對해서는 Mejstrik(1970)<sup>14)</sup>과 Bowen 等(1974)<sup>11)</sup>은 外生菌根에 接種된 植物이 K, Ca, Cu, Mg, Mo 그리고 Zn 等의 無器物을 非菌根植物이 吸收하는 것보다 훨씬 많은 量을 吸收한다고 하였다. Voigt(1971)<sup>24)</sup>는 窒素吸收에 關한 研究에서 菌根에 依한 窒素吸收 增大는 適合한 것이라고 하였고 Marx 等(1982)<sup>13)</sup>과 Menge 等(1977)<sup>15)</sup>은 菌根의 形成抑制는 窒素의 高濃度에서 敏感하다고 하였다. Taber와 Mcffe(1972)<sup>23)</sup>는 菌根이 接種되지 않은 苗木은 主로 질산태 질소를 吸收하지만 菌根이 接種되면 암모니아태 질소도 多量吸收하게 되어 比接種區보다 훨씬 많은 量의 窒素를 吸收한다고 하였다. 磷酸吸收에 對해서는 Lambert 等(1979)<sup>9)</sup>은 菌根이 形成되면 乾燥척박한 곳에서도 養分吸收力이 優秀하며, 特히 不用性 磷酸의 吸收를 용이하게 한다고 하였다. 그러므로 이처럼 有益한 菌根菌을 人工接種한 苗木은 非接種된 苗木보다 造林時에 活着率이 높을 뿐만 아니라 生長이 더 좋고<sup>9)</sup> 特히 不良한 條件下의 造林時에는 菌根菌의 接種이 必須의이다.<sup>12)</sup> 이러한 事實들로 미루어 土深이 얕고 傾斜가 急한 우리나라 土壤에 對한 菌根菌의 接種은 山林土壤의 개량효과를 가져오고 林木의 生育에도 큰 기여를 할 것으로 판단된다.<sup>20,21)</sup>

따라서 本 研究에서는 林木의 用材的 價値가 높을 뿐만 아니라 표고 및 영지벼섯栽培用 構木으로도 脚光을 받고 있는 졸참나무를 對象으로 *pisolithus tinctorius* super strain #250 菌株를 接種한 後 窒素施肥水準을 달리하여 菌根接種 및 窒素施肥에 따른 菌根形成率, 苗木의 生長 및 養料吸收 정도를 細明코자 本 實驗을 實施하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of soil used

Mechanical components				pH	Organic matter	Total nitrogen	P	Exchangeable cations			
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture		(%)	(%)	(ppm)	K	Ca	Mg	Na
67.8	24.1	8.1	SL	5.0	3.90	0.025	44.94	0.88	12.08	3.74	2.43

## 材料 및 方法

### 1. 供試土壤

本 實驗에 使用된 土壤은 砂壤土와 peat moss를 1:1로 섞은 混合土로서 理化學的 性質은 表1과 같으며 pot는 1l用 paper container이다.

### 2. 菌根接種

供試菌株는 美國菌根研究所(USDA, Forest Service, Athens, Georgia, USA)로부터 分讓 받은 모래밭 벼섯菌 super strain #250를 使用하였다. 基本培地는 Modified Melin Norkrans' (MMN) 培地<sup>11)</sup>를 使用하였고, 培養方法은 시험관에 MMN-agar 培地 5ml씩을 分注하여 15lbs에서 15分間 加壓滅菌後 斜面培地에 培養하였다. 培養된 菌株는 1l用 유리容器를 利用하여 20mesh체로 通過한 peat moss 33ml와 거친 Vermiculite 800ml (1:24, v/v)를 넣고 pH5.6의 MMN溶液을 400ml 넣어 滅菌한 後 接種하였다. 병培養은 接種後 菌絲가 완전히 뻗을 때까지 약 4개월間 培養하였고 培養된 菌株는 병으로 부터 꺼내어 白色 가재로 置後 脫監水로 씻어 polyethylene bag에 담아 냉장고에 3日간 보관하였다. pot內 混合土는 100°C에서 5~6時間 常任殺菌後 약 2/3를 꺼내어 pot當 30ml씩을 섞어 接種하였다.

### 3. 供試植物의 種子收集 및 播種

種子는 1986年 10月 7日 無等山에서 樹高 약 10m 胸高直徑 30cm되는 2本의 졸참나무로 부터 4l量을 收集하였다. 收集後 浸水시켰다가 選別하여 充實한 種子만을 10% sodium hypochloride 溶液에 30抄間 消毒한 後 polyethylene bag에 담아 4°C에서 약 5個月間 貯藏하였다가 1mm 程度 發根한 것을 1987年 4月 20日에 2cm 깊이로 播種하였다.

### 4. 實驗設計 및 施肥水準

**Table 2.** Nutrient solution applied to the growth medium of *Quercus serrata* seedlings.

Element	Source	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )
N	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	0, 100, 200, 300, 400, 500, 600
P	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	60
K	KCl	40
Ca	$\text{CaCl}_2$	40
Mg	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20
Fe	Ferric Citrate	10
Mo	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.001
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.006
Bo	$\text{H}_3\text{BO}_3$	0.09
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.1
Mn	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.7

實驗設計는 菌根菌 接種區와 非接種區의 2處理와 硝素를 7施肥水準으로하여 各處理 공히 3反復으로 設計하였다.

實驗에 使用된 施肥의 造成은 表2와 같으며 施肥는 種子發芽後 10日을 始作으로 2週마다 總5回實施하였다. 그리고 이 造成液은 各 pot當 60ml 씩을 관수기로 관수하였으며 對照區에 있어서는 탈염수만을 同量씩 주었다.

### 5. 成績調査

溫度와 濕度把握을 위해서는 乾濕球 溫度計와 最高, 最低溫度計를 利用하여 每日 10時와 14時에

調查하였고 光度는 Quantun meter(CAT No. 150)로 測定하였다. 緊은 뿌리와 菌根은 解剖顯微鏡으로 觀察하였으며 乾重量은 生重量의 測定된 個體들을 80°C에서 48시간 乾燥시킨 後 秤量하였다.

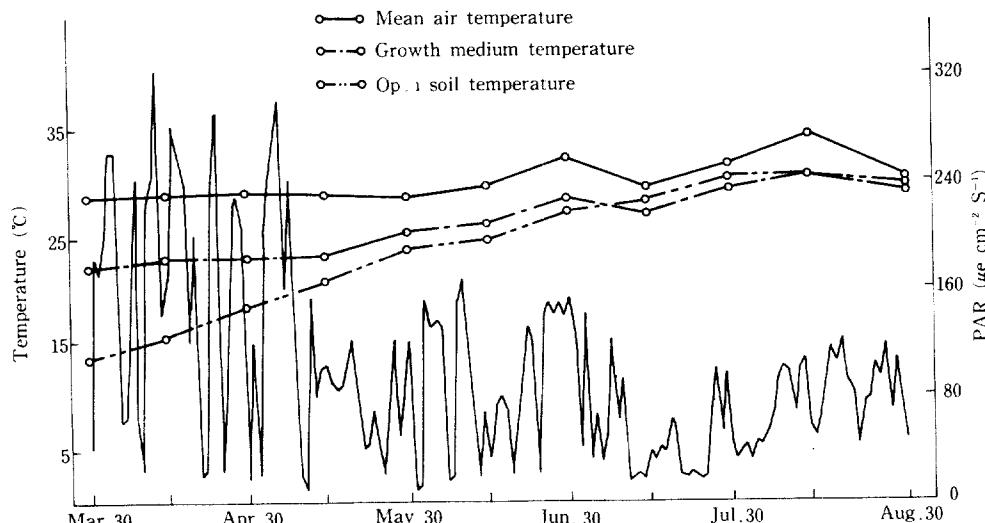
各 處理別 養分吸收의 差異把握을 위해서 土壤은 室內에서 風乾시켜 20mesh 체를 通過한 土壤을 分析用 試料로 使用하였으며 植物體는 80°C에서 48時間 乾燥시킨 後 desiccator에 넣어 室溫으로 維持시킨 後 粉碎하여 植物體의 分析用 試料로 使用하였다. pH는 硝子電極法, 有機物 함량은 Tyurin法, 全窒素는 Kjeldahl法, 인산은 Bray No.2法, 그리고 置換性 監基의 定量은 原子吸光光度法으로 分析하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 環境條件

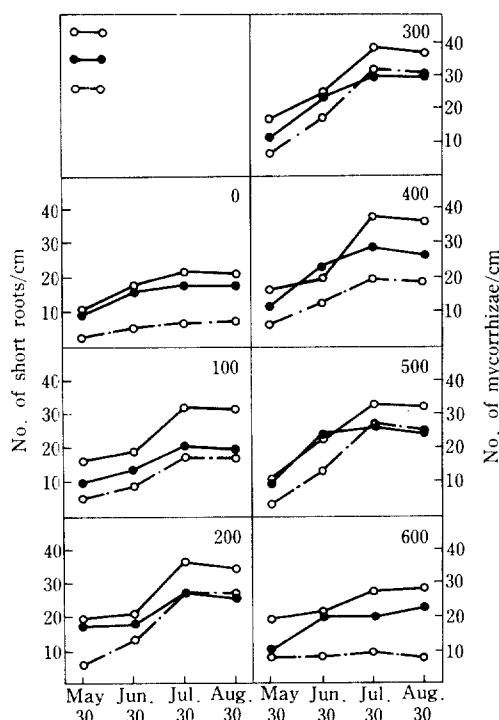
實驗期間中の 溫度와 PAR은 그림 1과 같다. 全體實驗期間中の 平均氣溫은 29°C였으며 相對濕度는 62.9%였다. 그리고 PAR은 초기에는 비교적 높았으나 4月末 以後에는 遮光網을 利用한 遮光效果가 크게 증가하였기 때문인 것으로 思料된다.

#### 2. 菌根發達



**Fig. 1.** Seasonal change in temperature and photosynthetically active radiation (PAR) during the experiment period

菌根發達은 個體苗木 뿌리의 菌根이 감염된 뿌리와 細根 總數의 배분율로 表示하였는데 菌根菌 接種區에서 平均菌根 形成率은 61.75%로 나타났다. 窒素水準에 따른 季節別 細根과 外生菌根의 發達은 그림 2와 같이 6月 下旬에서 7月 下旬에 뚜렷한 增加를 보이다가 8月에 들어서는 減少傾向을 보였는데 이러한 現狀은 吳(1987)의<sup>21)</sup> 報告와 類似한 結果였다. 窒素의 濃度別에 따라서는 菌根菌 接種區는 窒素의 施肥 水準이 增加함에 따라 細根과 外生菌根 數가 增加하였으나 300μg/ml 以上일 경우에는 減少하여 Danielson 等(1984)<sup>3)</sup>이 低濃度 水準보다 高濃度 水準에서 菌根形成과 細根數가 明白히 줄어들었다고 한 內容과 類似한 傾向을 보았다.<sup>5)</sup> 그리고 非接種區는 菌根菌 接種區보다 훨씬 적은 數의 細根數를 보이고 있으며 窒素水準에서는 300μg/ml 수준까지는 增加 傾向을 보였으나 그 以上의 高濃度 水準에서는 減少하였는데 高濃度水準에서 減少現狀이 나타난原因是 窒素의 過多로 因해 賽은 吸收根을 만들지 않기



**Fig. 2.** Seasonal variation in numbers of short roots and mycorrhizae of *Quercus serrata* seedlings grown in peat-sandy loam inoculated by *Pisolithus tinctorius* and at various levels of nitrogen

때문인 것으로 思料된다.

表 3은 줄참나무 苗木의 根發達 關係를 나타낸 것이다. 菌根菌 接種區가 非接種區에 비해 細根數, 1次側根數 그리고 全體 뿌리 길이에 有意性을 나타내었는데, 이러한 結果는 菌根菌 接種區가 他處理에 比해 菌根率과 1次側根數 等이 높게 나타났다는 Dixon 等<sup>4)</sup>의 研究와 類似하였다.

**Table 3.** Means of root variables of *Quercus serrata* seedlings between the treatments with Pt-inoculation and uninoculation

variables	Pt-inoculation	Uninoculation
No. of short roots	31.30 <sup>a*</sup>	23.31 <sup>b</sup>
No. of primary lateral roots	217.39 <sup>a</sup>	166.36 <sup>b</sup>
Total length of lateral roots(cm)	479.30 <sup>a</sup>	408.30 <sup>b</sup>
Percentage of mycorrhizal short roots	61.75 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>

\* The same letters are not significantly different between different treatments at the 0.05 level by Duncan's Multiple Range Test

### 3. 苗木生長

苗木生長은 表4와 같이 身長生長에 있어 菌根菌 接種 苗木이 非接種 苗木에 比해 26.9% 增加하였다. 根元徑, 葉數, 葉面積에 있어서도 菌根菌 處理에 따라 有意性이 나타났다. 菌根菌 接種區가 乾重量에 있어서는 非接種區에 比해 莖乾重은 29.3%, 葉乾重은 50%, 根乾重은 24.1% 더 增加하

**Table 4.** Means of growth characteristics of container-grown *Quercus serrata* seedlings 120 days after treatments with Pt-inoculation and uninoculation

Growth characteristics	Pt-inoculation	Uninoculation
Shoot length(cm)	16.00 <sup>a*</sup>	12.61 <sup>b</sup>
Root collar diameter(mm)	2.65 <sup>a</sup>	2.21 <sup>b</sup>
No. of leaves	7.86 <sup>a</sup>	5.85 <sup>b</sup>
Leaf area (cm <sup>2</sup> )	84.88 <sup>a</sup>	55.75 <sup>b</sup>
Stem dry weight(g)	0.172 <sup>a</sup>	0.133 <sup>b</sup>
leaf dry weight(g)	0.45 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>
Root dry weight(g)	1.03 <sup>a</sup>	0.83 <sup>a</sup>
Total dry weight(g)	1.66 <sup>a</sup>	1.26 <sup>b</sup>
Shoot/root ratio	0.58 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>
Seedling volume(cm <sup>3</sup> )	1.17 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b</sup>

\* The same letters are not significantly different between different treatment at the 0.05 level by Duncan's Multiple Range Test

여 總乾重에 있어서는 菌根接種區가 31.7% 더增加하였다. shoot/root率에 있어서는 菌根菌接種區와 非接種區 사이에는 有意性이 없으며, 부피生長에 있어서는 高度의 有意性이 나타났다. 이와같이 大部分의 生長이 菌根菌接種區에서 非接種區에 比해 좋은 生長反應을 보인 것은 苗高, 葉面積, 莖乾重, 그리고 總乾重에서 菌根菌接種區가 非接種區와 苗圃地 苗木에 比해 有意性이 있었다는 Dixon等<sup>4)</sup>(1981)과 Grossnickle과 Reid<sup>7)</sup>(1983)의 報告와 類似한 傾向을 보았다.

培養土에 따른 菌根接種 및 非接種苗에 있어서 窒素施肥水準에 따른 苗木의 生長關係를 보면 表5와 같다.

葉數는 菌根菌接種區와 非接種區가 대체로 高濃度의 窒素水準에서 많이 나타났으며 苗木에서는 菌根菌接種區는 窒素濃度가 增加함에 따라 漸次的으로 增加하나 300µg/ml以上의 水準에서는 多少 減少하며 非接種區는 窒素水準이 增加함에 따라 增加하다가 600µg/ml水準에서는 약간 減少하였다. 葉面積에 있어서는 菌根菌接種區는 菌根發達과 苗高生長이 比較的 좋은 300µg/ml과 400µg/ml水準에서 增加傾向을 나타내고 있으나 非接

種區는 葉數나 苗高에서와 같이 500µg/ml水準에서 좋은 反應을 보이고 있다.

菌根菌接種區의 300µg/ml(114.42cm<sup>2</sup>)의 葉面積은 對照區(36.24cm<sup>2</sup>)에 比해 3.2倍增加하였다. 그리고 非接種區의 500µg/ml(82.69cm<sup>2</sup>)은 對照區에 比해 2.3倍增加하였는데, 非接種區에서도 比較的 높게 나타난 것은 施肥區의 最終的인 1本當 葉面積은 無肥區에 比해 2~5倍增加하였다는 伊藤(1984)<sup>22)</sup>의 研究와 類似한 結果였다. 總乾重에 있어서도 菌根菌接種區의 300µg/ml水準에서 가장 좋은 結果를 보였으며, shoot/root率에 있어서는 두 處理區가 모두 窒素濃度가 增加할수록 漸次 增加하였으며 Grossnickle과 Reid(1983)<sup>7)</sup>과 Molina(1982)<sup>17)</sup>報告와 같이 菌根菌接種區가 非接種區에 比해 높게 나타났다. 부피生長에 있어서는 菌根菌接種區는 300µg/ml水準에서 그리고 非接種區는 500µg/ml水準에서 가장 높게 나타났는데 이들은 對照區에 比해 각각 4.6倍, 2.7倍 높게 나타났다.

이처럼 非接種區의 500µg/ml水準에서도 높게 나타난 것은 肥大生長의 生長期間이 生理的 狀態에 따라 다르기 때문으로 適量施肥區에서는 6月

Table 5. Growth of *Quercus serrata* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by nitrogen levels in peat-sandy loam medium

Inoculation, and N-concentration ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )	No. of leaves	Shoot length (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Root collar diameter (cm)	Total dry weight (g)	Shoot /Root ratio	Seedling volume <sup>2</sup> (cm <sup>3</sup> )
<b>Pt-inoculated</b>							
0	4.40 <sup>j1</sup>	11.27 <sup>h</sup>	50.96 <sup>j</sup>	0.216 <sup>g</sup>	1.24 <sup>hi</sup>	0.48 <sup>efg</sup>	0.53 <sup>i</sup>
100	5.30 <sup>i</sup>	14.76 <sup>f</sup>	65.99 <sup>n</sup>	0.231 <sup>ef</sup>	1.40 <sup>f</sup>	0.49 <sup>ef</sup>	0.78 <sup>fg</sup>
200	7.30 <sup>f</sup>	17.30 <sup>bc</sup>	88.47 <sup>d</sup>	0.281 <sup>b</sup>	1.74 <sup>bc</sup>	0.54 <sup>d</sup>	1.38 <sup>c</sup>
300	9.63 <sup>b</sup>	18.05 <sup>a</sup>	114.44 <sup>a</sup>	0.295 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	0.63 <sup>c</sup>	1.57 <sup>a</sup>
400	9.91 <sup>a</sup>	17.64 <sup>b</sup>	113.25 <sup>a</sup>	0.290 <sup>a</sup>	1.78 <sup>b</sup>	0.63 <sup>c</sup>	1.49 <sup>b</sup>
500	9.71 <sup>b</sup>	17.02 <sup>c</sup>	95.25 <sup>b</sup>	0.276 <sup>b</sup>	1.69 <sup>cd</sup>	0.68 <sup>b</sup>	1.30 <sup>c</sup>
600	9.12 <sup>c</sup>	16.18 <sup>d</sup>	90.18 <sup>c</sup>	0.265 <sup>c</sup>	1.65 <sup>de</sup>	0.72 <sup>a</sup>	1.14 <sup>d</sup>
<b>Uninoculated</b>							
0 <sup>3</sup>	3.62 <sup>i</sup>	9.31 <sup>j</sup>	35.24 <sup>m</sup>	0.188 <sup>i</sup>	1.02 <sup>k</sup>	0.43 <sup>h</sup>	0.34 <sup>i</sup>
100	4.20 <sup>j</sup>	10.18 <sup>i</sup>	37.02 <sup>i</sup>	0.197 <sup>h</sup>	1.13 <sup>j</sup>	0.41 <sup>h</sup>	0.43 <sup>j</sup>
200	4.44 <sup>j</sup>	11.58 <sup>h</sup>	42.15 <sup>k</sup>	0.215 <sup>g</sup>	1.20 <sup>i</sup>	0.47 <sup>fg</sup>	0.54 <sup>j</sup>
300	6.00 <sup>h</sup>	13.23 <sup>x</sup>	47.84 <sup>j</sup>	0.221 <sup>g</sup>	1.27 <sup>h</sup>	0.50 <sup>e</sup>	0.65 <sup>h</sup>
400	7.05 <sup>x</sup>	14.42 <sup>f</sup>	67.46 <sup>g</sup>	0.230 <sup>f</sup>	1.35 <sup>fg</sup>	0.54 <sup>d</sup>	0.76 <sup>k</sup>
500	8.11 <sup>d</sup>	15.01 <sup>e</sup>	82.69 <sup>e</sup>	0.246 <sup>d</sup>	1.52 <sup>e</sup>	0.63 <sup>c</sup>	0.91 <sup>e</sup>
600	7.53 <sup>e</sup>	14.59 <sup>f</sup>	77.85 <sup>f</sup>	0.238 <sup>e</sup>	1.34 <sup>g</sup>	0.66 <sup>bc</sup>	0.83 <sup>f</sup>

<sup>1</sup> All values within a given column and within a given inoculation follow by the same letter do not differ significantly at the 0.05 level by Duncan's Multiple Range Test.

<sup>2</sup> Square of diameter times x height (D<sup>2</sup>H)

<sup>3</sup> Control

下旬에서 8月 下旬까지 旺盛히 生長하는 反面, 無肥區에서는 7月 下旬에 生長이 鈍化되어 8月 下旬에 停止하게 됨으로 生長量에 큰 差異가 생기게 되어 施肥區가 無肥區보다 3~6倍 增加한다고 한 伊藤(1984)<sup>22)</sup>의 報告와 類似한 傾向이었다.

### 5. 養分吸收

#### 1) 土壤分析結果<sup>19)</sup>

植物體가 자랐던 土壤의 分析結果를 살펴보면 表6과 같이 pH는 두 處理間에 그리고 窒素水準에 따른 뚜렷한 差異가 없었다. 全窒素에 있어서는 菌根菌 接種區는 200μg/ml와 300μg/ml 水準에서 比較的 높게 나타났으나 非接種區는 뚜렷한 差異를 나타내지 않았다. 有機物은 菌根菌 接種區와 非接種區가 窒素濃度增加에 따라 漸次 減少現狀을 보였는데 이는 窒素濃度의 增加가 有機物 分解을 促進시켰기 때문이라 생각된다. 磷과 칼리는 300~400μg/ml와 400~500μg/ml에서 각각 減少하였으며 100~200μg/ml 水準에서는 增加하였는데, 이와 같은 結果는 200~300μg/ml 水準에서는 生長이 增加함에 따라 多量 要所인 Ca, Mg 等이 多量吸收되기 때문이라 생각된다.

#### 2) 組織 分析 結果

**Table 6.** Soil chemical properties of peat-sandy loam growing medium inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by nitrogen application.

Inoculation, and N-concentration (μg/ml)	pH	N	O.M.	P	K	Ca	Mg	Na	Mn
		%	ppm	me/100g					
<b>Pt-inoculated</b>									
0	4.6 <sup>ab</sup>	0.049 <sup>b</sup>	3.41 <sup>a</sup>	41.01 <sup>a</sup>	1.369 <sup>a</sup>	15.16 <sup>a</sup>	4.631 <sup>b</sup>	1.924 <sup>f</sup>	2.580 <sup>a</sup>
100	4.5 <sup>bc</sup>	0.049 <sup>b</sup>	3.05 <sup>b</sup>	33.68 <sup>bc</sup>	1.003 <sup>b</sup>	14.31 <sup>b</sup>	4.476 <sup>c</sup>	2.266 <sup>cd</sup>	1.706 <sup>b</sup>
200	4.6 <sup>ab</sup>	0.072 <sup>a</sup>	2.97 <sup>c</sup>	32.18 <sup>c</sup>	0.758 <sup>cd</sup>	12.09 <sup>e</sup>	5.156 <sup>a</sup>	2.358 <sup>b</sup>	1.588 <sup>bc</sup>
300	4.5 <sup>bc</sup>	0.069 <sup>a</sup>	2.63 <sup>d</sup>	25.66 <sup>e</sup>	0.756 <sup>cd</sup>	11.67 <sup>f</sup>	4.259 <sup>d</sup>	2.496 <sup>a</sup>	1.566 <sup>hc</sup>
400	4.6 <sup>ab</sup>	0.043 <sup>c</sup>	2.29 <sup>e</sup>	27.56 <sup>d</sup>	0.725 <sup>d</sup>	11.56 <sup>f</sup>	4.213 <sup>de</sup>	1.999 <sup>e</sup>	1.628 <sup>bc</sup>
500	4.4 <sup>c</sup>	0.034 <sup>d</sup>	2.04 <sup>f</sup>	34.49 <sup>b</sup>	0.713 <sup>d</sup>	13.21 <sup>c</sup>	3.984 <sup>f</sup>	2.280 <sup>c</sup>	1.475 <sup>c</sup>
600	4.7 <sup>a</sup>	0.028 <sup>e</sup>	2.14 <sup>f</sup>	45.49 <sup>a</sup>	0.803 <sup>c</sup>	12.87 <sup>d</sup>	4.123 <sup>e</sup>	2.100 <sup>de</sup>	1.702 <sup>b</sup>
<b>Uninoculated</b>									
0 <sup>2</sup>	5.2 <sup>a</sup>	0.042 <sup>a</sup>	3.34 <sup>a</sup>	35.93 <sup>a</sup>	1.677 <sup>a</sup>	12.84 <sup>b</sup>	4.432 <sup>b</sup>	1.800 <sup>d</sup>	1.872 <sup>c</sup>
100	5.0 <sup>ab</sup>	0.042 <sup>a</sup>	3.24 <sup>b</sup>	33.52 <sup>b</sup>	1.498 <sup>b</sup>	13.20 <sup>a</sup>	4.327 <sup>b</sup>	2.393 <sup>b</sup>	1.870 <sup>c</sup>
200	4.8 <sup>bc</sup>	0.039 <sup>b</sup>	3.04 <sup>c</sup>	31.27 <sup>c</sup>	1.041 <sup>d</sup>	12.87 <sup>b</sup>	4.430 <sup>b</sup>	2.356 <sup>b</sup>	1.905 <sup>c</sup>
300	5.1 <sup>a</sup>	0.041 <sup>ab</sup>	2.54 <sup>d</sup>	31.37 <sup>c</sup>	1.127 <sup>c</sup>	12.46 <sup>c</sup>	4.231 <sup>cd</sup>	1.198 <sup>c</sup>	2.212 <sup>h</sup>
400	4.8 <sup>bc</sup>	0.041 <sup>ab</sup>	2.05 <sup>e</sup>	29.46 <sup>d</sup>	0.957 <sup>e</sup>	12.82 <sup>b</sup>	4.486 <sup>b</sup>	2.821 <sup>a</sup>	2.213 <sup>b</sup>
500	4.6 <sup>c</sup>	0.042 <sup>a</sup>	1.95 <sup>f</sup>	25.26 <sup>e</sup>	0.902 <sup>f</sup>	11.30 <sup>d</sup>	5.150 <sup>a</sup>	2.781 <sup>a</sup>	2.710 <sup>a</sup>
600	4.7 <sup>c</sup>	0.025 <sup>c</sup>	1.53 <sup>g</sup>	19.96 <sup>f</sup>	0.721 <sup>g</sup>	12.64 <sup>bc</sup>	4.152 <sup>d</sup>	2.073 <sup>c</sup>	2.540 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Means with a common letter do not differ significantly between treatments at the 0.05 level by Duancan's Multiple Range Test

<sup>2</sup> Control

供試植物의 葉分析을 通하여 나타난 養分吸收는 表7과 같다. 全窒素는 菌根菌 接種區와 非接種區가 모두 窒素水準이 增加할수록 吸收量이 많았으며 磷은 菌根菌 接種區의 菌根發達이 좋은 300μg/ml 水準에서 그리고 非接種區는 比較的 高濃度인 300~600μg/ml 水準에서 높게 나타났는데 이들은 對照區에 比해 각각 2.5倍 1.8倍 높았다. Mg와 Na는 菌根菌 接種區에서는 300μg/ml 水準에서, 非接種區는 400μg/ml과 500μg/ml 水準에서吸收가 높게 나타났다. Mn은 菌根菌 接種區와 非接種區가 比較的 中間水準인 200~300μg/ml 水準에서 높게 나타났으며, Cu는 菌根菌 接種區에서는 窒素水準에 따라 뚜렷한 差異는 나타내지는 않았지만 非接種區보다는 훨씬 높게 나타났다.

以上의 分析結果와 같이 本 實驗에서는 處理 平均間에 菌根菌 接種區가 一部 Mg과 Mn에서는有意性이 나타나지 않았지만 N, P, K, Ca 그리고 Cu等에서 養分吸收가 높게 나타났으며, 또한 菌根形成이 잘된 水準일수록 比較的 높게 나타나 Mosse(1957)<sup>18)</sup>의 菌根菌을 가지고 있는 植物에서는 土壤內의 N, P, S, Cu, Zn等의吸收가 促進되었다는 研究와 Bowen 等(1974)<sup>19)</sup>과 Mejstrik(1970)<sup>14)</sup>의 外生菌根의 植物은 非菌根의 植物의

**Table 7.** Foliar nutrients in *Quercus serrata* seedlings inoculated with and without *Pisolithus tinctorius* and by nitrogen applications in peat-sandy loam medium

Inoculation, and N-concentration ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Cu
<b>Pt-inoculated</b>								
0	0.202 <sup>eb</sup>	0.312 <sup>e</sup>	1.633 <sup>a</sup>	1.910 <sup>d</sup>	0.527 <sup>d</sup>	0.466 <sup>c</sup>	42.2 <sup>d</sup>	11.2 <sup>a</sup>
100	0.230 <sup>d</sup>	0.344 <sup>f</sup>	1.620 <sup>a</sup>	2.086 <sup>bcd</sup>	0.560 <sup>c</sup>	0.430 <sup>de</sup>	47.2 <sup>c</sup>	9.0 <sup>c</sup>
200	0.247 <sup>c</sup>	0.618 <sup>b</sup>	1.417 <sup>b</sup>	2.111 <sup>bc</sup>	0.606 <sup>b</sup>	0.441 <sup>cd</sup>	56.2 <sup>b</sup>	6.9 <sup>d</sup>
300	0.250 <sup>bc</sup>	0.666 <sup>a</sup>	1.297 <sup>cd</sup>	2.518 <sup>a</sup>	0.633 <sup>a</sup>	0.544 <sup>a</sup>	58.0 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>
400	0.262 <sup>b</sup>	0.582 <sup>c</sup>	1.288 <sup>cd</sup>	2.018 <sup>cd</sup>	0.608 <sup>a</sup>	0.409 <sup>f</sup>	38.4 <sup>c</sup>	10.8 <sup>ab</sup>
500	0.288 <sup>a</sup>	0.495 <sup>d</sup>	1.250 <sup>d</sup>	2.588 <sup>ab</sup>	0.438 <sup>e</sup>	0.464 <sup>b</sup>	34.9 <sup>f</sup>	11.0 <sup>ab</sup>
600	0.281 <sup>a</sup>	0.427 <sup>e</sup>	1.370 <sup>bc</sup>	1.953 <sup>d</sup>	0.427 <sup>e</sup>	0.423 <sup>ef</sup>	47.6 <sup>c</sup>	9.4 <sup>c</sup>
<b>Uninoculated</b>								
0 <sup>2</sup>	0.165 <sup>f</sup>	0.267 <sup>e</sup>	1.605 <sup>a</sup>	1.980 <sup>a</sup>	0.461 <sup>f</sup>	0.491 <sup>ab</sup>	43.3 <sup>e</sup>	4.4 <sup>d</sup>
100	0.178 <sup>e</sup>	0.328 <sup>d</sup>	1.464 <sup>b</sup>	1.910 <sup>ab</sup>	0.484 <sup>e</sup>	0.401 <sup>e</sup>	50.2 <sup>c</sup>	5.0 <sup>c</sup>
200	0.206 <sup>d</sup>	0.340 <sup>c</sup>	1.304 <sup>c</sup>	1.785 <sup>c</sup>	0.610 <sup>c</sup>	0.415 <sup>cd</sup>	57.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>
300	0.216 <sup>d</sup>	0.474 <sup>a</sup>	1.351 <sup>c</sup>	1.577 <sup>d</sup>	0.673 <sup>b</sup>	0.411 <sup>cd</sup>	49.4 <sup>c</sup>	4.1 <sup>d</sup>
400	0.237 <sup>c</sup>	0.440 <sup>b</sup>	1.205 <sup>de</sup>	1.868 <sup>bc</sup>	0.811 <sup>a</sup>	0.452 <sup>bc</sup>	47.4 <sup>d</sup>	5.7 <sup>b</sup>
500	0.254 <sup>b</sup>	0.462 <sup>a</sup>	1.141 <sup>e</sup>	1.993 <sup>a</sup>	0.606 <sup>c</sup>	0.525 <sup>a</sup>	52.8 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b</sup>
600	0.271 <sup>a</sup>	0.474	1.267 <sup>cd</sup>	1.627 <sup>d</sup>	0.523 <sup>d</sup>	0.423 <sup>cd</sup>	42.1 <sup>ef</sup>	7.5 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Means with a common letter do not differ significantly between treatment at the 0.05 level by Duncan's Multiple Range Test.

<sup>2</sup> Control

吸收하는 것보다 K, Ca, Cu, Mg 그리고 Zn等의 많은 無機物을 土壤으로 부터 吸收한다는 報告와 類似한 경향을 보였다.

促進되었으며 菌根發達과 苗木生長에서와 같이 菌根菌接種區의 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 N, K를 制外한 養料의吸收가 促進되었다.

## 結論

줄참나무 實生苗를 對象으로 菌根接種有無에 따른 窒素施肥水準을 달리 하였을 때 苗의 生長 및 菌根形成率의 差異를 규명코자 本實驗을 실시하였으며 結果는 다음과 같다.

1. 平均菌根形成率은 61.75%로 나타났으며 窒素水準에 따라서는 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 水準에서 最大菌根形成率을 나타냈다.

2. 根發達에 있어서는 菌根菌接種區가 細根數, 1次側根數 그리고 總根長이 非接種區보다 각각 34.3%, 30.7%, 17.2%增加하였다.

3. 菌根菌接種이 苗高, 葉面積, 總乾重 그리고 부피生長을 促進시켰으며 非接種에 比해 각각 平均 26.9%, 52.3%, 31.7%, 85.7%增加하였다. 그리고 大部分의 苗木生長은 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 水準에서 가장 좋았다.

4. 菌根菌接種 苗木은 非接種 苗木에 比해 Mg를 制外한 N, P, K, Ca等의 無機養分吸收가

- ## 引用文獻
- Bowen, C.D., M.F. Skinner, and D.I. Beverage. 1974. Zinc uptake by mycorrhizal and uninfected roots of *Pinus radiata* and *Araucaria cunninghamii*. Soil, Biol. Biochem. 6: 141-144.
  - Castellano, M.A., J.M. Trappe, and R. Molina. 1985. Inoculation of container-grown Douglas-fir seedlings with basidiospores of *Rhizophagus vinicolor* and *R. colossus*: effects of fertility and spore application rate. Can. J. For. Res. 15: 10-13.
  - Danielson, R.M., C.M. Griffiths, and D. Parkinson. 1984. Effects of fertilization on the growth and mycorrhizal development of container-grown jack pine seedlings. Forest Sci. vol. 30, NO. 3., pp. 823-825.
  - Dixon, R.K., H.E. Garrett, G.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 shear-cut. Can. J. For. Res. 11 : 492-496.
5. Ekwebelam, S.A., and C.P.P. Reid. 1983. Effects of light, nitrogen fertilization, and mycorrhizal fungi on growth and photosynthesis of lodgepole pine seedlings. Can. J. For. Res. 13 : 1099-1106.
  6. Fortin, J.A., Y. Piche, and M. Lalonde. 1980. Technique for the observation of early morphological changes during ectomycorrhizae formation. Can. J. Bot. 58 : 361-365.
  7. Grossnickle, S.C., and C.P.P. Reid. 1983. Ectomycorrhiza formation and root development patterns of conifer seedling on a high-elevation mine site. Can. J. For. Res. 13 : 1145-1158.
  8. 김명희·이수육. 1985. 외생균군 및 토양조건이 리기다소나무 묘목생장에 미치는 영향. 한국임학회지. 70 : 45-54.
  9. Lambert, D.H., D.F. Baker, and H. Cole. 1979. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper and other elements. Soil Sci. Soc. Am. J. 43 : 976-980.
  10. 이경준·구창덕. 1984. 한국산과 미국산 모래밭버섯군의 리기다소나무 과종묘에 대한 포자접종 효과비교. 한국임학회지. 64 : 11-19.
  11. Marx, D.H. 1969. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. Phytopathology. 59 : 153-163.
  12. Marx, D.H. 1980. Ectomycorrhizal fungus inoculation : a tool for improving forestation practice. Pages 13-17 in P. Mikola, ed. Tropical Mycorrhiza Research. Oxford Univ. Press, London.
  13. Marx, D.H., J.L., Ruehle, D.S. Kenney, C. E. Cordel, J.W. Riffle, R.J. Molina, W.H. Rawuk, S. Narratil, R.W. Tinus, and O.C. Goodwin. 1982. Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and techniques for development of ectomycorrhizae on container-grown tree seedlings. Forest Sci. 28 : 373-400.
  14. Meijstrik, V.K. 1970. The uptake of  $^{32}P$  by different kinds of ectotrophic mycorrhiza of *Pinus*. New Phytol. 69 : 295-298.
  15. Menges, T.A., L.F. Grand, and L.W. Haines. 1977. The effect of fertilization on growth and mycorrhizae numbers in 11-year-old loblolly pine plantations. Forest Sci. 23 : 37-44.
  16. Mikola, P. 1973. Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. Page 383-411 in G.C. Marks, and T.T. Kozlowski eds. Ectomycorrhizae : Their Ecology and Physiology. Academic Press, New York. 444p.
  17. Molina, R. 1982. Use of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in forestry. I. Consistency between isolates in effective colonization of containerized conifer seedlings. Can. J. For. Res. 12 : 469-473.
  18. Mosse, B. 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. Nature(London). 179 : 922-924.
  19. 농촌진흥청 식물환경연구소. 1974. 토양의 화학분석법 (부 : 식물체 및 관개수 분석법)
  20. Oh, K.I. 1984. Growth and ectomycorrhizal development of container-grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*. Jour. Korean For. Soc. 67 : 10-16.
  21. Oh, K.I. 1987. On ectomycorrhizal development and physiological variation of container-grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*. Ph. D. Dissertation, Department of Forestry, Graduate School, Chonbuk National University.
  22. 伊藤忠夫. 1984. クヌギ營養生理の特性について. 森林と施肥. No.122.
  23. Taber, H.G., and W.W. McFee. 1972. Nitrogen influence on phosphorus uptake by *Pinus radiata* seedlings. Forest Sci. 18 : 126-132.
  24. Voigt, C.K. 1971. Mycorrhizae and nutrient mobilization. Pages 122-134 in Hacsaylo, ed. Mycorrhizae. U.S. Governer Printing Office.