

苗圃場에서 菌根菌으로 人工接種한 5個
소나무類의 接種 10年後 造林地에서의 生長效果¹
李景俊²

**A Ten-Year Result of Artificial Inoculation
of Pines with Ectomycorrhizal Fungi, *Pisolithus
tinctorius* and *Thelephora terrestris*¹**

Kyung Joon Lee²

要 約

本 研究는 苗圃場에서 菌根菌으로 人工接種한 소나무類의 樹高生長 促進效果가 造林地에서 계속하여 持續되는지를 究明하기 위한 것이다. Methyl bromide로 土壤薰蒸한 다음, 모래발버섯(*Pisolithus tinctorius*)과 사마귀버섯(*Thelephora terrestris*) 菌根菌으로 人工接種하여 養苗한 적송, 리기테다, 리기테다, 해송, 잣나무 幼苗를 造林地에 移植하여, 接種後 10年 동안의 菌根菌의 接種效果의 變化를 分析하였다.

造林直前까지 圃地에서 生長한 소나무類 幼苗를 對象으로 樹高生長量을 調査한 結果, 모래발버섯 菌根菌을 接種한 處理區가 對照區에 比하여 적송의 경우에는 75%, 해송은 46%, 리기테다소나무는 77%, 잣나무는 28%, 리기테다소나무는 26% 정도 더 樹高生長量이 높게 나타났으나, 사마귀버섯 菌根菌을 人工接種한 處理區는 리기테다에서만 對照區와 比較했을 때 有意의인 樹高生長 促進效果가 認定되었다.

接種 10年後 잣나무와 리기테다소나무의 경우에는 모래발버섯 菌根菌의 接種으로 樹高가 각각 9%와 18%의 生長促進을 나타냈으나, 造林當時에 比하여 減少한 셈이다. 리기테다소나무는 造林 3年後 부터 점차 다른 處理區의 樹高生長量이 增加하여 4年째부터는 處理間에 有意의인 差異가 나타나지 않았다. 적송과 해송은 솔잎혹파리 被害로 인하여 結果를 分析할 수 없었다.

모래발버섯 菌根菌의 接種은 養苗時에 細根발달이 優秀한 健全苗生産에 效果가 인정되나, 菌根의 接種效果를 造林地에서 繼續하여 維持하기 위하여는 容器에 養苗하여, 뿌리가 損傷되지 않는 狀態로 造林하여야 할 것이며, 造林地에서도 繼續適應할 수 있는 새로운 菌根의 開發이 必要하다고 結論짓는다.

ABSTRACT

Pinus koraiensis (Pk), *P. rigida* (Pr) and *P. rigida* × *P. taeda* (Pr.t) seedlings in a bare-rooted nursery were artificially inoculated with *Pisolithus tinctorius* (Pt) and *Thelephora terrestris* (Tt) to test long term effects of ectomycorrhizal inoculation on host growth.

¹ 接受 1992年 3月 30日. Received on May 30, 1992

² 서울大學校 農業生命科學大學 山林資源學科 Department of Forest Resources, Seoul National University, Suwon, Korea 441-744

Mycelial inocula of Pt and Tt were mass-cultured in vermiculite-peatmoss mixture and introduced into fumigated nursery soil before seed sowing. Bare-rooted, inoculated seedlings at one to four years of age were outplanted to the field with P₂O₅ content of 25 ppm in soil.

At the time of outplanting, Pk seedlings(4 years old), Pr seedlings(2 years old), and Pr.t seedlings(1 year old) all infected by Pt were significantly taller by 28%, 26%, and 77%, respectively, than controlled seedlings infected by natural population of mycorrhizal fungi in the non-fumigated plot. Ten years after inoculation or six to nine years after outplanting, Pk seedlings inoculated with Pt were significantly taller by 9%, Pr.t seedlings significantly taller by 18%, and Pr slightly taller by 2%(not significant) than controlled seedlings, suggesting that the stimulatory effect of Pt on host growth gradually declined or became minimal after outplanting. Tt failed to stimulate host growth either in the nursery or in the field, and the survival rate of outplanted seedlings was not different among fungal treatments.

Considerable loss of the infected root system during lifting the seedlings for outplanting would be the primary cause of the reduced effect of Pt in the field. Pt infected more than 90% of the fine roots in the fumigated nursery during the first growing season, but Pt assumed to fail to compete successfully with natural population of ectomycorrhizal fungi in the field. It is necessary to select other mycorrhizal fungi which adapt well in both nursery and field.

Key words : *Pisolithus tinctorius*, *Thelephora terrestris*, ectomycorrhiza, inoculation

緒 論

대부분의 林木은 菌根菌과 共生함으로써 여러 가지 惠澤을 얻고 있다(Allen, 1991). 즉 土壤棲 息病原菌에 대한 抵抗性增大(Dehne, 1982), 한 발에 대한 耐性增大(Dixon 等, 1980) 등 惠澤을 얻지만 가장 두드러진 效果는 營養分吸收 增大에 의한 生長促進效果이다(Menge, 1982). 菌根菌에 의한 林木의 生長促進 效果는 주로 瘠薄한 土壤에서 잘 나타나며, 肥沃한 土壤에서는 그 效果가 적은데(Allen, 1991), 그 이유는 肥沃한 土壤에서는 營養分 獲得이 林木의 生長에 制限的 要因이 되지 않기 때문에, 菌根菌에 接種된 것과 接種되지 않은 것 間에 生長差異가 없게 된다. 특히, 菌根菌은 磷의 吸收에 큰 寄與를 하는 것으로 알려져 있으나(李 等, 1983), 肥沃한 土壤에서는 磷酸缺乏이 일어나지 않기 때문에 接種 與否에 關係없이 生長에 差異가 없고 오히려 肥沃도가 낮은 土壤에서 菌根發達이 旺盛하게 이루어져 (Molina, 1979; Shaw와 Molina, 1980) 寄主植物의 生長을 促進시킨다.

소나무類는 外生菌根菌과 必須的으로 共生하는데(李와 具, 1984), 關聯되는 菌에는 *Pisolithus* 屬, *Suillus* 屬, *Scleroderma* 屬, *Rhizopogon* 屬,

Thelephora 屬 等 여러 種類가 있으나(Lee 等, 1987), 美國에서 優秀 菌根菌으로 選拔된 菌 中에는 모래밭버섯(*Pisolithus tinctorius*)과 사마귀 버섯(*Thelephora terrestris*)이 있다. 특히, 이 두 가지 菌根菌은 荒廢地나 開墾地와 같은 瘠惡한 土壤에서 그 效果가 두드러지게 나타나는 菌根菌으로 알려져 있다(Berry와 Marx, 1977). 그러나 菌根菌은 寄主植物이나 環境에 따라 다른 反應을 나타내고(Massicotte 等, 1990), 同一한 寄主植物에 대해서도 菌根菌의 種類에 따라 反應이 다를 뿐만아니라 같은 菌種이라도 品種間에 差異가 있으므로(Trappe, 1977; Marx, 1981), 特定 立地에 植栽할 苗木을 養苗할 경우에는 그 環境과 寄主에 잘 適應된 優秀 菌根菌을 選拔하여 接種하여야 한다. 따라서 溫室이나 苗圃에서의 菌根菌에 의한 生長促進 效果(Marx, 1980)가 造林地에서도 持續되는지에 關한 研究가 菌根菌의 林業의 應用에 매우 重要한 寄與를 할 것으로 생각된다.

本 研究는 苗圃場에서 菌根菌으로 人工接種한 소나무類의 苗木에서 관찰된 樹高生長 促進效果(Lee와 Koo, 1983)가 造林地에서 繼續하여 持續되는지를 究明하기 위한 것이며, 接種한 후 10년 까지 成績을 調査하였다.

材料 및 方法

1. 公試樹種

本 試驗에 使用된 樹種은 적송(*Pinus densiflora*), 해송(*Pinus thunbergii*), 리기테다소나무 × (*Pinus rigida*), 리기테다소나무(*Pinus rigida* × *P. taeda*), 잣나무 (*Pinus koraiensis*)와 같이 外生菌根을 形成하는 5個 樹種이다.

2. 菌根菌의 培養

本 試驗에 使用된 菌根菌은 1980년에 美國 Georgia 州, Athens에 있는 USDA Forest Service 傘下의 菌根研究所(Institute for Mycorrhizal Research and Development)에서 導入한 모래발버섯(*Pisolithus tinctorius* #250)와 사마귀버섯(*Thelephora terrestris* #223)이다. 이들 菌株은 MMN 한천배지 (Modified Melin-Norkrans agar medium) (Marx, 1969)에서 28°C 條件으로 약 2주간 培養하여 준비하였고, 菌根菌 接種原은 1ℓ 링겔병에 버미큘라이트 770cc와 피트모스 30 cc를 채우고 MMN 액체배지 400mℓ를 添加한 후, 미리 培養한 菌株을 치상하여 25°C에서 약 4 개월간 培養하여 準備하였다.

3. 土壤熏蒸

1981년 3월 林木育種研究所 苗圃에 판자를 이용하여 가로 90cm, 세로 90cm, 깊이 25cm 크기의 正方形 細區(Microplots)를 전후 1.1m 間隔으로 설치하고(Marx와 Bryan, 1975), 全 試驗地를 Air-tight canvas tent로 密閉한 다음, Methyl bromide (50g/m²)로 66시간 동안 熏蒸하였다. 對照區의 경우에는 表土를 30cm 깊이로 들어낸 後 熏蒸이 끝난 다음에 다시 復土하였다.

4. 菌根菌 接種 및 播種

熏蒸 5日 後에 各 接種區(熏蒸+모래발버섯菌 接種區와 熏蒸+사마귀버섯 接種區)는 公히 1ℓ의 接種原과 5ℓ의 熏蒸된 소나무 樹皮(1cm 체에 通過된 것)를 넣은 後 土壤과 골고루 混合하였고, 熏蒸區와 對照區의 경우에는 같은 양의 接種原을 高壓殺菌한 다음에 添加하였다. 잣나무를 除外한 樹種들의 種子는 5日間 물에 담근 後 1981年 4月에 林木育種研究所 苗圃에 播種하였고, 잣나무는

약 2個月間 증직한 後 播種하였다.

1981년에 播種한 리기테다소나무 1-0苗木은 掘取하여 82년 봄에 七寶山에 造林하고, 같은 細區에 리기테다소나무 種子를 再播種하였다.

5. 養苗 및 造林

모든 處理區에는 밀짚으로 멀칭을 하고 새망을 設置하였으나, 肥料나 殺菌劑 등은 전혀 使用하지 않고 1년 이상 養苗하였다. 翌年 1982年度에는 七寶山에 리기테다소나무를 造林하였고, 적송, 해송, 리기테다소나무, 리기테다소나무는 1983年度에, 잣나무는 1985年度에 경기도 화성군 봉담면 왕림리에 位置하고 있는 林木育種研究所 試驗地에 造林하였다. 왕림 造林地에는 樹種別로 處理當 80本씩 320本(5樹種合計 1600本)을 植栽하였고, 七寶山에는 處理當 192本씩 총 763本の 리기테다소나무를 植栽하였다.

造林時 植栽間隔은 七寶山の 리기테다는 0.8 m×0.8m이고, 왕림의 모든 樹種은 1.5m×1m로 하였으며 樹種간 間隔은 2m로 하였다.

6. 生長調査 및 分析

모든 樹種에 대하여 造林前에 나타난 菌根菌의 接種效果가 造林후에도 持續되는가를 分析하기 위하여, 每年 樹高를 測定記錄하였고, 造林時와 試驗이 完了된 時期에 土壤을 採取하여 土壤의 pH, 有機物含量, 燐酸含量, 칼륨含量 및 土性 等を 分析하여 土壤條件을 알아보았다. 處理效果를 알아보기 위해, 各 年度別 樹高生長量을 Duncan의 多重檢定을 통하여 比較分析하였으며, 各 樹種別 處理間의 生長推移를 分析하여 菌根菌의 生長促進 效果가 언제까지 持續되는 지를 알아보았다.

結果 및 考察

1. 圃地試驗

菌根菌의 人工接種에 따른 소나무類의 樹高生長 促進效果가 언제까지 持續되고, 시간이 지난에 따라 어떻게 變化하는 지를 究明하기 위하여, 먼저 養苗段階에 있는 苗木의 樹高를 測定하여 菌根菌의 效果를 알아보았다.

Table 1은 모래발버섯 菌根菌과 사마귀버섯

Table 1. Height growth at the time of outplanting of five Pine species grown in a nursery bed inoculated in the spring, 1981 with *Pisolithus tinctorius* (Pt) and *Thelephora terrestris* (Tt)

| Species | Year of Measurement | Treatment ¹ | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------|--------|--------|-------|
| | | Pt | Tt | Fu | Co |
| <i>P. densiflora</i> | 1982 | 16.5a* | 9.84c | 13.0b | 9.4c |
| <i>P. thunbergii</i> | 1982 | 18.8a | 13.6ab | 15.6ab | 12.8b |
| <i>P. rigida</i> | 1982 | 32.5a | 26.0a | 26.2a | 25.7a |
| <i>P. rigida x taeda</i> | 1982 ² | 15.3a | 11.1ab | 12.3ab | 8.6b |
| | 1981 | 16.2a | 11.9b | 12.6b | 11.8b |
| <i>P. koraiensis</i> | 1984 | 37.4a | 31.4b | 28.4b | 29.1b |

Pt : *Pisolithus tinctorius*

Tt : *Thelephora terrestris*

Fu : Fumigation

Co : Control

¹ : All the nursery beds except control were fumigated

² : The bed was sown again after lifting the one-year-old seedlings.

* Means with the same letter in the same species are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

菌根菌으로 人工接種한 후, 造林하기 前年度까지 苗圃에서 生長한 각 樹種의 樹高生長량을 나타낸 것인데, 리기테다소나무의 경우에는 1981年度 生長량은 봄에 播種한 것을 모두 掘取하여 1982년 봄에 七寶山에 造林하기 前의 1年生 資料이며, 1982年度의 樹高生長량은 前年度에 播種한 苗木을 모두 掘取하고, 1982年度 3월에 다시 播種하여 1983年度 造林前까지 生長한 1年生 樹高를 나타내고 있다. 잣나무는 1985年度에 造林하였기 때문에 1984年度까지 4年間 生長한 樹高를 나타내었고, 나머지 樹種은 모두 1983年度 봄까지 2年間 2-0苗木 生長한 樹高를 나타내고 있다.

모든 樹種에서 모래발버섯 菌根菌을 人工接種한 處理의 樹高生長량이 가장 높았으며, 5% 有意水準에서 Duncan의 多重檢定을 實施한 結果도 리기테다소나무를 除外한 모든 樹種에서 모래발버섯 菌根菌의 處理效果가 認定되었다. 對照區에 비하여 모래발버섯 菌根菌을 接種한 處理區의 樹高生長량은, 적송의 경우에는 75%, 해송은 46%, 리기테다소나무는 77%, 잣나무는 28% 정도 더 樹高生長량이 높게 나타났다. 리기테다소나무의 경우에는 비록 有意성은 認定되지 않았지만, 다른 處理에 비하여 모래발버섯 菌根菌을 接種한 處理의 樹高生長량이 높았으며, 播種後 初期의 樹高生長速度가 리기테다소나무를 除外한 다른 소나무類에 비하여 거의 2배 정도 빠른 것으로 나타났다.

사마귀버섯 菌根菌을 接種한 處理는 모든 樹種

이 對照區와 큰 差異를 나타내지 않았다. 이처럼 모래발버섯 菌根菌을 接種한 경우에는 樹高生長 促進 效果가 있었으나, 사마귀버섯 菌根菌을 接種한 경우에는 樹高生長 促進效果가 나타나지 않은 것은, 菌根菌의 寄生特異성이 사마귀버섯 菌根菌 보다는 모래발버섯 菌根菌이 소나무類와 더 效果의으로 共生關係를 이루기 때문이거나, 모래발버섯 菌根菌이 肥沃도가 낮은 土壤에 生態의로 더 잘 適應하기 때문에 (Marx, 1980), 사마귀버섯 菌根菌 보다 土壤으로 부터 營養分을 더 效果의으로 吸收하여 (Marx and Artman, 1978) 나타난 現象으로 推定된다. 既存에 報告된 本試驗의 1次年度 結果에서도 사마귀버섯 菌根菌의 接種效果가 나타나지 않았었다 (Lee 등, 1982).

2. 造林試驗

Table 2는 모래발버섯 菌根菌과 사마귀버섯 菌根菌으로 人工接種하여 養苗한 적송과 해송의 苗木을 望嶺造林地에 移植하여, 1985년까지 測定한 樹高 生長량의 平均값을 5% 有意水準에서 Duncan의 多重檢定으로 分析한 結果이다.

해송의 경우에는 1983年度에는 모래발버섯 菌根菌을 人工接種한 處理區가 다른 處理區보다 樹高生長량이 높게 나타났으나, 1984年度에는 熏蒸區와는 有意的인 差異가 없는 것으로 나타났고, 1985年度에는 모든 處理間에 有意的인 差異가 인정되지 않았다. 적송의 경우에도 이와 類似한 傾向을 나타내고 있으며, 樹高生長 速度가 해송과

Table 2. Effects of *Pisolithus tinctorius* (Pt) and *Thelephora terrestris* (Tt) inoculation on the height growth of *P. thunbergii* and *P. densiflora* at the end of first, second, and third growing season after out-planting at Wanglim plantation.

| Species | Treatments | 1983 | 1984 | 1985 |
|-------------------------|------------|--------|--------|--------|
| <i>Pinus thunbergii</i> | Pt | 28.6a* | 44.9a | 62.2a |
| | Tt | 23.6bc | 39.3b | 57.0a |
| | Fu | 25.5b | 40.8ab | 61.7a |
| | Co | 22.8c | 38.0b | 60.0a |
| <i>Pinus densiflora</i> | Pt | 25.8a | 48.6a | 66.9a |
| | Tt | 16.9c | 38.3c | 59.9b |
| | Fu | 23.6b | 49.6a | 66.9a |
| | Co | 18.4c | 43.3b | 63.3ab |

Pt : *Pisolithus tinctorius* Tt : *Thelephora terrestris*
 Fu : Fumigation Co : Control

* Means with a same letter in a column within a species are not significantly different at 5% level by Duncan's new multiple range test.

비슷한 것으로 나타났다. 적송과 해송은 솔잎혹파리의被害로 인하여 生長이 不規則해졌기 때문에, 1986년 以後로 成績調査가 어려워져서 더 이상 資料를 收集할 수 없었다.

그림 1은 잣나무의 接種 10年後의 結果를 나타내고 있다. 비록 약간의 變異는 있지만 1990年度까지 모래밭버섯 菌根菌으로 人工接種한 處理區의 樹高生長量이 對照區보다 9% 높게 나타났고, 그림 2의 리기다소나무는 1987年度까지는 모래밭버섯 菌根菌의 接種區가 樹高生長量이 높았으나 1985년에는 處理間에 有意인 差異가 없었다. 그림 3의 왕림造林地의 리기테다의 경우에는 1986年度 以後에는 對照區에 比하여 接種 處理區의 樹高生長量이 18% 더 높게 나타났다. 그림 4

의 七寶山造林地의 경우에는 1985年度 以後에 모래밭버섯 接種區는 對照區와 比較하여 差異가 없었다. 모래밭버섯菌으로 接種된 苗木은 다른 處理보다 樹高가 컸기 때문에, 주위의 農民들에 의하여 選擇적으로 먼저 伐採되어 損傷을 받아서 더 이상 資料를 얻을 수 없었다. 리기테다소나무의 경우에 同一 樹種을 왕림造林地와 七寶山造林地에 植栽하였지만 각 處理에 따른 樹高生長反應이 약간 相異하게 나타났다. 즉, 造林當時에는 왕림造林地와 七寶山造林地의 리기테다소나무 苗木間에 큰 差異가 없었지만 (Table 1), 造林 1年後의 樹高는 왕림造林地의 것이 七寶山造林地의 苗木보다 더 큰 것으로 나타났다.

잣나무와 리기다소나무의 경우에는 初期의 菌

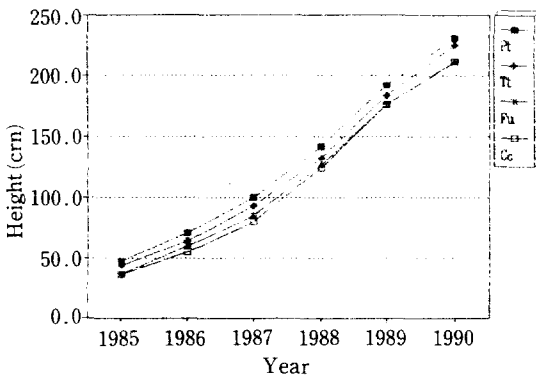


Fig. 1. Height growth of *Pinus koraiensis* inoculated with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris*

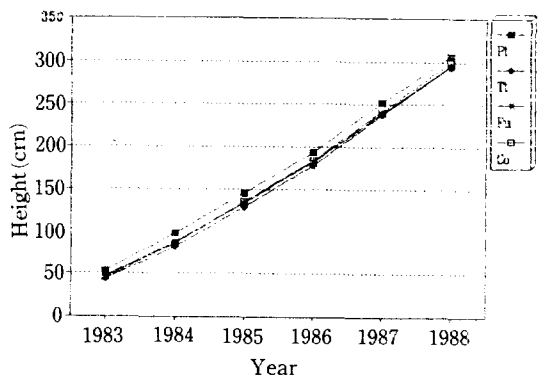


Fig. 2. Height growth of *Pinus rigida* inoculated with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris*

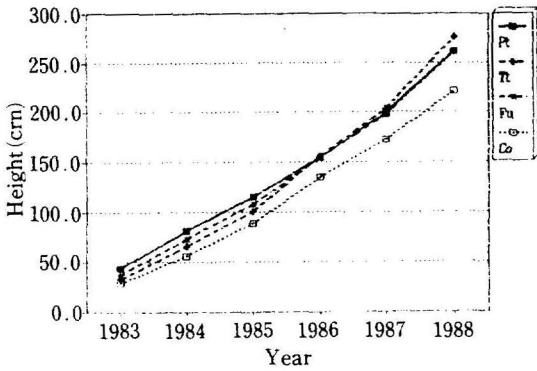


Fig. 3. Height growth of *Pinus rigida* × *P. taeda* inoculated with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* grown at Wanglim plantation.

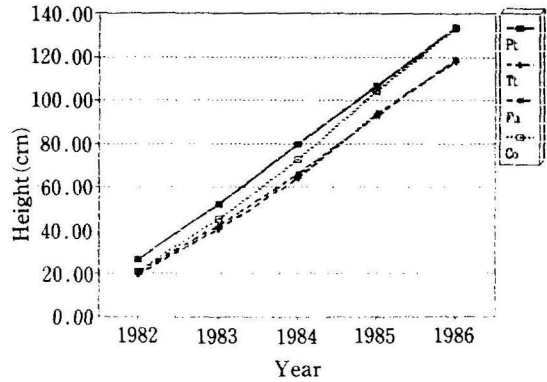


Fig. 4. Height growth of *Pinus rigida* × *P. taeda* inoculated with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* grown at Chilbo plantation. This data is incomplete due to selective damage on tall Pt trees by human activity.

根苗 接種에 의한 樹高生長量 促進效果가 1990 年度까지 持續적으로 나타나고 있다. 왕림造林地의 리기테다의 경우에도 造林 후 3年째인 1985年度까지는 모래밭버섯 菌根菌을 接種한 處理區의 樹高 生長量이 다른 處理區보다 높았으나, 그 以後에는 사마귀버섯 菌根菌 接種區와 熏蒸區의 生長量이 急激히 增加하여 모래밭버섯 菌根菌 接種區와 같아진 것으로 나타났다.

이와같이 菌根菌의 接種效果가 相對적으로 낮아지는 첫번째 이유는 造林 後 時間이 經過함에 따라서 造林地에 自然的으로 存在하는 菌根菌의 感染에 의하여 菌根菌의 遷移가 일어나서, 모래밭버섯菌의 勢力이 약해진 때문인 것으로 생각된다.

모래밭버섯菌의 效果가 造林地에서 繼續되지 않는 두번째 이유는 苗木의 掘取時의 細根 損失이라고 생각된다. 本 實驗에서는 裸根苗를 使用하였으며, 山地造林을 위하여 뿌리를 掘取하였는데, 이때 많은 細根이 끊어져 없어졌다. 接種 1년후 接種種된 苗木의 平均 菌根感染率은 90% 가 가까이 되었으나(具 等, 1982), 掘取時 細根의 損失로 인하여 많은 菌根뿌리가 없어졌다. 一般

的으로 菌根의 效果가 나타나기 위하여는 菌根의 感染率이 70% 以上 維持되어야 한다(Marx, 1980; Marx 等, 1989).

菌根菌의 接種效果가 비록 有意性은 認定되었지만 다른 處理區에 비하여 큰 效果를 내지 못한 세번째 이유는 本 造林地의 土壤이 瘠薄하지 않기 때문으로 보인다. 모래밭버섯 菌根菌은 특히 磷酸의 含量이 높은 土壤에서는 寄主植物의 뿌리 내의 磷酸濃度도 높아지기 때문에 菌根形成이 잘 안되어(Menge 등, 1978), 接種效果가 뚜렷이 나타나지 않으며, 粘土成分이 많은 土壤은 通氣性이 떨어지기 때문에 好氣性인 모래밭버섯 菌根菌의 發達에 有利하지 않다(李 等, 1983). 실제로 왕림造林地의 土壤分析 結果에 따르면, pH 5.3, 有機物含量이 1.95%, 有效磷酸含量은 25.3ppm 이었고, 土性은 모래땅이 아닌 壤土에 속하였기 때문에, 모래밭버섯 菌根菌의 接種效果가 樹高生長量을 큰 폭으로 促進하지 못한 것으로 생각된다(Table 3).

本 試驗에서 나타난 菌根菌의 接種에 따른 소나무類의 樹高生長促進效果는 樹種間에 약간의

Table 3. Physical and chemical properties of plantation soil at the time of planting in 1983 and in 1990.

| Year | Soil texture | pH | organic matter (%) | P ₂ O ₅ (ppm) | total N (%) |
|------|--------------|------|--------------------|-------------------------------------|-------------|
| 1983 | loam | 5.30 | 1.95 | 25.3 | - |
| 1990 | loam | 4.76 | 3.93 | 32 | 0.08 |

差異는 있지만 造林후에도 持續되는 것으로 보이나, 이는 初期의 生長促進效果가 繼續 累積되어 남아있기 때문인 것으로 判斷된다. 즉, 養苗時의 菌根菌 接種效果가 造林以後에도 每年 나타나는 것이 아니라, 養苗 當時의 促進된 樹高가 繼續 그 程度를 維持하며 生長하기 때문에 造林 後에도 모래밭버섯 菌根菌을 接種한 處理區의 樹高가 큰 것으로 判斷되었다.

結 論

本 實驗은 다음과 같은 두가지 問題點 혹은 새로운 研究課題를 導出시켰다고 할 수 있다. 첫째 菌根菌의 人工接種은 苗圃場에서 苗木의 生長을 크게 促進시킬 수 있으나, 裸根묘에서는 掘取時 뿌리 損傷으로 인하여 그 效果를 그대로 造林地에서 發現시킬 수 없다. 따라서 容器묘에 菌根菌을 接種하여, 細根을 그대로 損傷되지 않게 造林地에 옮기는 것이 바람직하다. 둘째 모래밭버섯菌은 本 實驗地와 같이 比較的 肥沃도가 높은 土壤에서는 效果가 적다고 推定된다. 특히 造林地에 存在하는 다른 天然 菌根菌과의 競爭에서 밀려날 경우, 菌根菌의 遷移에 의하여 모래밭버섯을 대신하여 效率이 적은 菌으로 대체될 可能性이 크다. 따라서 造林地의 土壤特性에 맞는 菌根菌의 開發이 必要하다고 본다(Trappe, 1977). 셋째 모래밭버섯菌은 본래 生態적으로 瘠薄하고 乾燥한 土壤에서 자라는 菌根菌이므로, 앞으로 이 實驗은 이러한 造林地를 對象으로 하여, 砂防地 혹은 炭鑛 廢石地에서 實施되어야 할 것이다.

謝 辭

本 實驗을 시작할 수 있도록 研究費를 支援해 준 스웨덴의 國際科學財團(International Foundation for Science, Stockholm, Sweden)과 林木育種研究所 勤務時 모든 便宜를 提供해 준 關係 여러분들께 감사드리며, 특히 첫째 接種實驗을 도와준 林業研究院의 具昌德博士에게 감사드립니다.

引 用 文 獻

- Allen, M.F. 1991. The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge. 184p.
- Berry, C.R. and D.H. Marx. 1977. Growth of loblolly pine seedlings in strip-mined Kaolin spoil as influenced by sewage sludge. J. Environ. Qual. 6 : 379-381.
- Castellano, M.A., J.M. Trappe, and R. Molina. 1985. Inoculation of container-grown Douglas-fir seedlings with basidiospores of *Rhizopogon vinicolor* and *R. colossus* : effects of fertility and spore application rate. Can. J. For. Res. 15 : 10-13.
- Dehne, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular fungi. Phytopathol. 72 : 1115-1119.
- Dixon, R.K., G.M. Wright, G.J. Behrens, R. O. Teskey, and J.M. Hinckey. 1980. Water deficiency and root growth of ectomycorrhizal white oak seedlings. Can. J. For. Res. 10 : 545-548.
- Koo, C.D., K.J. Lee, and K.B. Yim. 1982. Growth stimulation of pines by artificial inoculation with mycorrhizal fungus, *Pisolithus tinctorius*. Jour. Korean For. Soc. 55 : 22-29.
- Lee, K.J. and C.D. Koo. 1983. Inoculation of pines in a nursery with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* in Korea. Plant Soil 71 : 325-329.
- Lee, K.J., O.K. Miller, Jr., and Y.S. Kim. 1987. Distribution and diversity of saprophytic, mycorrhizal, and parasitic higher fungi in Kwangnung Experimental Forests. J. Korean For. Soc. 76 : 376-389.
- 李景俊, 具昌德. 1984. 韓國產과 美國產 모래밭버섯 菌根菌의 리기테다소나무 接種묘에 대한 孢子接種效果 比較. 韓國林學會誌. 65 : 43-47.
- 李景俊, 李敦九, 李元圭, 具昌德. 1983. 菌根菌의 農林業에의 應用. 韓國林學會誌. 總說, 59 : 1-22.
- Marx, D.H. 1969. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. Phytopathol. 59 : 153-163.
- Marx, D.H. 1980. Ectomycorrhizal fungus inoc

- ulations : a tool for improving forestation practices. In "Tropical Mycorrhiza Research" (ed. P. Mikola) Clarendon Press, Oxford, 13-71.
13. 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.
 14. Marx, D.H. and J.D. Artman. 1978. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in nursery soil infested with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* in Virginia. USDA For. Serv. Res. Note SE-256.
 15. Marx, D.H. and Bryan. 1975. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated soil infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. For. Sci. 21 : 245-25.
 16. Marx, D.H., C.E. Cordell, S.B. Maul, J.L. Ruehle. 1989. Ectomycorrhizal development on pine by *Pisolithus tinctorius* in bare-root and vegetative inoculum formulations. New Forests 3 : 45-56
 17. Massicotte, H.B., R.L. Peterson, C.A. Ackerley, and L.H. Melville. 1990. Structure and ontogeny of *Betula alleghaniensis*-*Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae. Can. J. Bot. 68 : 579-593
 18. Menge, J.A. 1982. Effect of soil fumigants and fungicides on vesicular-arbuscular fungi. Phytopathol. 72 : 1125-1131.
 19. Menge, J.A., D. Steirle, D.J. Bagyaraj, E.L. V. Johnson, and R.T. Leonard. 1978. Phosphorus concentration in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection. New Phytol. 80 : 575-578.
 20. Molina, R.J. 1979. Ectomycorrhizal inoculation of containerized Douglas-fir and lodgepole pine seedlings with six isolates of *Pisolithus tinctorius*. For. Sci. 25 : 585-590.
 21. Shaw, C.G., III, and R. Molina. 1980. Formation of ectomycorrhizae following inoculation of containerized Sitka spruce seedlings. U.S. Dept. Agric. For. Serv. Res. Note PNW-351.
 22. Trappe, J.M. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. Ann. Rev. Phytopathol. 15 : 203-222.