

# - 菌根과 콘테이너에 衣한 優良苗 生産 -

全南大學校農科大學 副教授 吳 光 仁

오늘날 많은 科學者들이 制限된 林地內에서 木材生産을 增加시키기 爲하여 努力하고 있으며 그에 對한 研究結果로써 林木에 有益한 菌根을 利用하고자 하는 試圖가 나타나고 있다.

즉 菌根은 高等植物의 뿌리와 土壤 곰팡이菌 사이에서 共生을 이루고 있으며 林木의 작은 뿌리들은 그들을 둘러싸고 있는 菌絲에 依해서 養料를 提供받게 되는데 獨逸의 樹木病理學者 Frank(1885)에 依해서 相互共生的인 理論으로 發展하여 菌根(Mycorrhizae=Fungus-root) 이라는 이름을 붙였다. 그래서 土壤곰팡이와 뿌리 사이 共生의 概念은 廣範圍한 研究의 主題가 되어 왔으며 1960年代 初부터 最近에 이르기까지 農業및 林業에 應用을 大대적으로 實施하여 왔다.

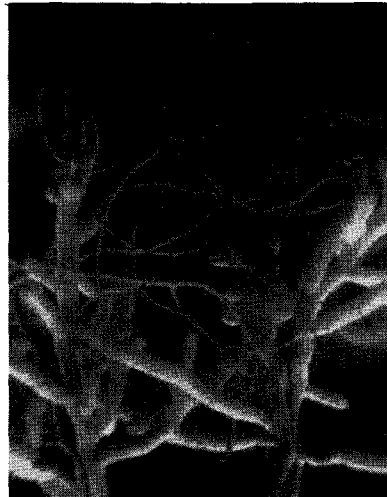
그래서 菌根菌의 同定, 分類, 培養, 形態, 生理, 生態, 養分吸收, 土壤病原菌과의 關係를 中心으로 研究가 進行되고 있으며, 特히 林木및 農作物의 人工培養에 依한 菌根菌接種을 하는데 있어서 쉽고 容易한 方法을 찾기 爲해 더욱 힘쓰고 있다. 또 優秀菌株選拔은 土壤病原菌에 對한 抵抗性이 增加하고 生長促進과 養料吸收를 크게 增加시키므로 큰 關心을 끌고 있다.

그렇지만 國內의 研究動向은 아직 初期段階에 있어 많은 林業人의 關心을 불러 일으킬 수 있도록 이 分野의 專門人이 積極的인 研究와 參與를 통해 우리의 資源을 極大化하는데 앞장서야 될 줄 믿는다. 筆者는 菌根을 잘 理解하지 못하는 分들에게 도움이 될 수 있도록 林木에 있어서 菌根의 形態, 菌根의 役割및 效果, 菌根接種方法을 소개하고자 한다.

## 1. 林木에 있어서 菌根의 形態

外生菌根: 全世界的으로 많은 重要한 林木類에서 自然的으로 發生하고 있는데, 重要한 樹種으로는 소나무, 전나무, 가문비나무, 낙엽송, 솔송나무, 버드나무, 포플러, 물푸레나무, 폐간, 참나무, 자작나무, 너도밤나무, 유칼리나무 등이 正常的으로 外生菌根을 形成하고 있다.

또 이들 樹木가운데 어떤 樹種은 外生菌根과 内生菌根을 土壤條件에 따라 形成할 수 있다. 外生菌根感染은 養料吸收根의 根圈에서 生活하고 있는 菌根菌의 孢子 또는 菌絲로부터 感染이 되고 있다. 寄株植物 뿌리의 菌套發達에 따른 菌絲는 根皮層細胞周圍에서 發達하며, Hartig Net를 形成한다. 이들 菌絲는 皮層細胞사이中



(사진1. 모래밭 버섯菌에 의해 形成된 상수리나무 外生菌根과 Rhizomorph, 1985. 7. 筆者撮影)

間膜을 完全히 차지하게 되는데 Hartig Net는 外生菌根의 主要한 특징이다. 또한 外生菌根의 形態는 棍棒型, “Y”字型, 珊瑚型, 根瘤型으로 나누어 진다.

菌根의 색깔은 뿌리에 共生하는 菌根菌의 菌絲色에 依해서 結定되며 갈색, 검정색, 흰색, 赤色, 黃色等이 있다. 그리고 植物體 寄株로 부터 菌絲와 Rhizomorph(사진 1)가 土壤內로 왕성히 뻗어나가 菌根菌 子實體의 基部가 된다.

林木에서 外生菌根을 形成하는 菌은 擔子菌으로서 山林地表面에 發生하는 버섯類가 이에 屬한다. 또 放線菌의 一部도 菌根을 形成한다. 이런 菌의 種數는 北美의 林地內에서 2,100種以上이 外生菌根을 形成하고 있다. 外生菌根菌의 子實體는 主로 風에 依해서 廣範圍하게 分散되는 數十億 胞子를 生産할 수 있다.

内生菌根: 内生菌根은 大部分 經濟的으로 重要한 農作物, 草地, 果樹類에서 全般的으로 共生關係로 나타나고 있는데 林木類로서는 단풍나무, 느릅나무, 물푸레나무, 푸라타나스, 호도나무 등이 있다. 内生菌根의 外部에는 根毛가 發達하고 뚜렷한 菌絲層이 나타나지 않으므로 非菌根과 菌根을 區別하는데 어려움이 있다. 또 内生菌根은 吸收根 뿌리 表面에 느슨한 菌絲網을 形成하고 外生菌根처럼 組織的인 菌絲網을 形成하지 않는다. 이와같은 胞子は 40~300 $\mu$ m의 크고 두꺼운 벽을 가지고 있으며, 뿌리 表面과 根圈에 흔히 形成한다. 内生菌根의 菌絲가 細胞壁을 침투하여, 根의 表皮細胞나 皮層細胞內에서 伸長한다. 그러나 外生菌根처럼 内生菌根의 感染이 뿌리의 뚜렷한 形態的 變化를 보이지 않는다. 또 分裂組織과 導管組織 内部까지 内生菌根菌의 浸透가 거의 일어나지 않는다. 그러므로 内生菌根은 肉眼識別이 어려우므로 마이크로폼으로 切斷하여 顯微鏡下에서 觀察이 이루어져야 한다.

林木에 内生菌根을 形成하는 菌은 大部分 外生菌根처럼 地面 위에서 큰 子實體를 形成하지 못하며, 바람에 依해서 胞子를 分散하지 못하지만, 뿌리 表面과 뿌리 內에 큰 胞子를 形成한

다. 이들 胞子들은 작은 養料吸收根이 生育하므로써 土壤 속을 뻗어 나가며, 土壤內 移動하는 물, 곤충, 소동물에 依해서 서서히 퍼져나간다. 그래서 土壤薰蒸劑에 依한 土壤消毒後 内生菌根菌의 再感染은 外生菌根菌보다 대단히 더디게 퍼져 나가므로 寄株植物에 큰 被害를 주게 된다. 그러므로 짧은 時間內에 正常的인 菌의 感染을 土壤內 寄株植物에 가져오게 하기 爲해서 人工接種이 絶對적으로 必要하다고 본다.

内外生菌根: 이러한 菌根의 形態는 内外生菌根 形態를 가지고 있으며, 위에서 서술한 2가지 種類의 中間型이다. 그래서 이 菌은 養料吸收根 表面에 菌套가 發達한 경우와 그렇지 않은 경우가 있다. 이들 菌의 種은 현재 알려져 있지 않고 있다.

## 2. 菌根의 役割 및 效果

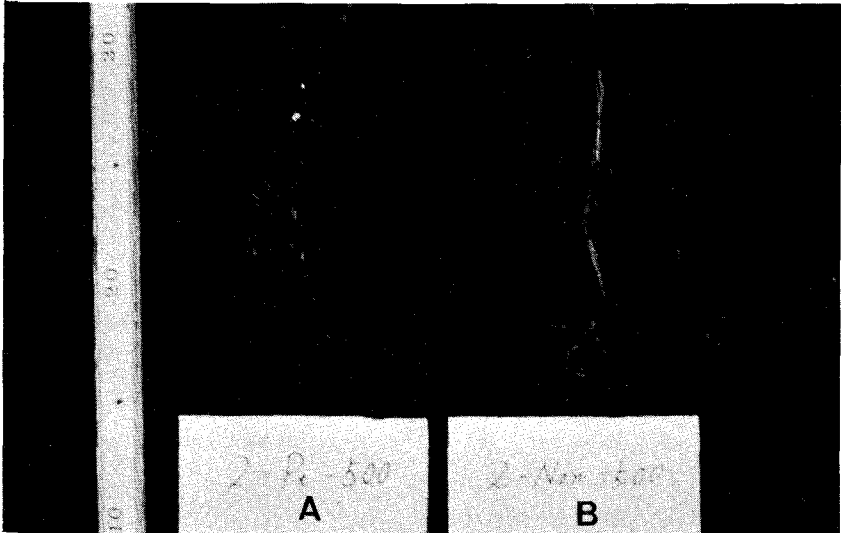
一般的으로 菌根은 林木에 대단히 有益하며 寄株植物 吸收根의 養料吸收 能力과 可溶性을 增加시킨다.

특히 肥沃度가 낮은 土壤에서 菌根을 形成한 植物이 形成하지 않은 植物보다 養分吸收가 더 좋다. 그리고 菌根을 가지고 있는 植物에서는 土壤中에 있는 여러가지 無機養料의 吸收가 促進되었는데 그 中에서 磷酸의 吸收가 현저하게 促進되었다. 그것은 土壤內 養分을 效率的으로 吸收할 수 있도록 數많은 菌絲가 土壤內 5m까지 뻗어 나가므로써 뿌리가 접촉하지 못하는 土壤體 部分을 菌絲가 더 많은 土壤容積을 占有하므로써 더 效率的으로 짧은 時間內에 吸收利用할 수 있다.

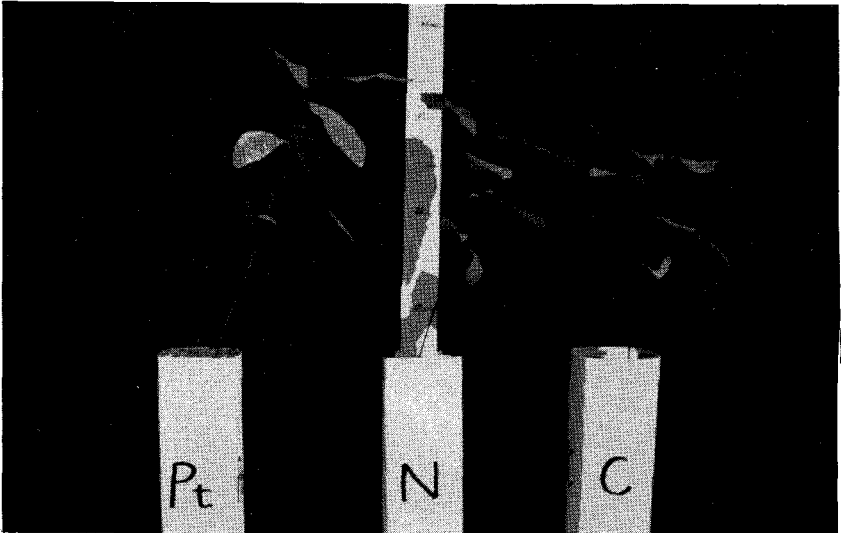
또 外生菌根은 内生菌根과 달리 吸收根周圍에 菌套가 發達되어 있으므로 土壤病原菌의 侵入으로부터 微細한 吸收根을 保護한다는 事實이 알려졌다. 이와같은 吸收根은 가장 작은 뿌리로서 大部分 養料와 물을 吸收한다. 또 菌根은 土壤內 線虫類의 侵入을 部分的으로 막을 수 있으며 土壤微生物에 依해서 만들어진 여러가지 植物에 害로운 生長阻害物質로 부터 植物을 保護할 수 있다.

또 林木은 菌根이 形成되지 않은 상태에서 生長이 어렵다는 報告가 있다. 이것은 과거에 나무가 자란적이 없는 草原地帶에 나무를 옮겼을 때 生長이 正常的으로 이루어 지지 않았다. 그러나 苗圃場이나 容器 苗木은 適切な 養料가 供給되고 土壤內 病이 防除된다면 菌根없이

도 만족스러운 生長을 할 수 있을 것이다. 그래서 菌根形成이 되지 않은 苗가 容器에 의한 集約栽培로서 土壤消毒과 施肥가 이루어진 苗床에서 오늘날 成功的으로 栽培가 이루어지고 있다. 그러나 우리가 가장 바람직한 菌根菌을 發見하여 成功的이고 經濟的인 培養 및 接種技



(사진2. 상수리나무묘의 根莖達에 미치는 모래밭 버섯菌(Pt)과 窒素施肥量에 따른 影響. A. Pt處理 + 2週間隔으로 500 $\mu$ g/ml 施用, B. Pt無處理 + 2週間隔으로 500 $\mu$ g/ml 施用, 1985. 7. 筆者撮影)



(사진3. 상수리나무묘의 生長에 미치는 모래밭버섯菌(Pt)處理, 自然土壤處理(N), Pt無處理(C)의 影響. 1985. 7. 筆者撮影)

術이 開發된다면 콘테이너에서 生育하는 期間에 有益하도록, 生育初期에 菌根菌을 利用하는 것이 바람직스럽다. 그러므로써 土壤內 뿌리病原菌의 生物學的인 防除를 이룰 수 있을 것이며 그것은 곧 肥料에 드는 費用을 충분히 節減할수 있을 것이다.

筆者는 우리나라에 自生하는 상수리나무 種子를 콘테이너에 播種하여 美國에서 導入한 外生菌根菌 모래발 버섯菌(Pisolithus tinctorius)를 接種하고 2주간격으로 N(질소)를 750 $\mu$ g/ml을 施用했을때 보다는 500 $\mu$ g/ml를 施用했을때 菌根形成率도 높았을 뿐만 아니라 전체적으로 苗高, 根元徑, 苗木容積, 총乾重등이 增加하여 모래발 버섯菌을 接種하지 않은 苗보다 더 낫은 優良苗를 生産할수 있었다. 그리하여 苗木의 T/R率은 施肥量이 많을수록 增加했으며, 모래발 버섯菌 處理 苗가 無處理 苗보다 적은 값을 보여 주어 健苗確保에 도움을 주었다.

또 상수리나무 苗木에 모래발버섯菌을 接種한것과 接種하지 않은것을 比較해 보면 표 1과 같다. 모래발버섯菌을 接種했을때 接種하지 않은 苗보다 葉면적은 22.8%, 줄기무게는 61.5%, 뿌리 길이는 71.9% 각각 더 增加하는 傾向을 보여 주었다.

表 1. 溫室內에서 모래발버섯菌(Pt), 無處理, 自然土壤處理後 콘테이너에서 160日間 生育한 상수리나무묘의 平均生長量比較

	모래발 버섯菌接種	無接種	自然土壤
苗高(cm)	31.84	22.64	26.37
根元莖(mm)	2.74	2.28	2.33
葉數	7.63	6.43	6.84
葉面積(cm <sup>2</sup> )	212.21	172.83	185.24
總側根長(cm)	479.3	268.1	278.8
一次側根重量(g)	1.15	0.45	0.81

(1984. 8. 筆者調査)

實質的으로 菌根의 最大의 必要性은 어린菌가 移植될 때이며 콘테이너 內에서 生育하는 동안 이 아니다. 林地에 菌根의 形成이 되지 않은 상

대에서 移植된 어린묘는 새로운 뿌리가 生育하므로써 正常的으로 菌根이 發達하게 된다. 그러므로 土壤水分과 溫度에 따라서 2~3個月을 要할것이다. 그 사이에 물과 養料의 吸收는 缺乏이 되고 菌根이 없는 뿌리는 寄株植物에 害로운 菌에 依해서 侵入이 될것이다. 그래서 菌根周邊에 많았다는 報告가 있다.

특히 採炭地, 또는 오랫동안 나무가 없는 無立木地, 그리고 지금까지 전혀 造林한 적이 없는 地域, 菌根菌이 없는 地域에 植栽된 非菌根形成苗木은 生育이 거의 이루어 지지 못한다고 했다. 外生菌根의 경우 그것은 菌根菌感染이 空氣에 依한 孢子感染이 일어날 때까지 상당기간 동안 菌根없이 지낼 것이다. 外生菌根菌은 林木의 生長과 發達을 지원하는데 소나무類에서는 自然條件下에서 生長하는데 꼭 必要하다. 그것은 豊富한 外生菌根을 가진 林木은 小數의 菌根을 가진 林木보다 훨씬 큰 生理的으로 活性的인 養料와 水分吸收를 爲한 뿌리와 根面積을 가지고 있다. 이전 吸收面積의 增加는 土壤內로 外生菌根의 菌絲가 廣範圍하게 뻗어 가고 大部分 外生菌根은 많은 가지 習性을 形成하기 때문이다. 이러한 菌絲의 機能이, 追加的인 養料와 물吸收 能力으로서 寄株에, 土壤으로부터 最大限 養料를 吸收할 수 있다.

外生菌根은 菌根吸收根 보다 오랫동안 더 빨리 菌絲網內에 질소, 인산, 가리, 칼슘을 吸收 및 蓄積할 수 있다. 그러나 内生菌根은 土壤消毒에 依해서 그 影響이 外生菌根 보다 훨씬 뚜렷하게 일어나고 있다. 그것은 모든 土壤內菌이 일단 죽기 때문에 다시 必要한 内生菌根이 浸透하여 뿌리에 到達하려면, 外生菌根보다 많은 時間이 必要하다. 특히 内生菌根菌은 土壤內 물에 依해서 孢子의 分散이 이루어지기 때문이다. 위와 같은 環境條件에서 苗木이 살아있다면 그것은 適節한 菌根뿌리 組織이 發達할때까지 甚하게 發育이 抑制된채 남아 있게 될것이다.

한편 완전히 被害를 받지 않은 健全한 根系를 가진, 특히 콘테이너묘인 菌根接種묘는 移植

後 곧바로 正常的인 뿌리의 機能을 나타나게 될 것이다. 콘테이너묘의 境遇 外生菌根菌의 菌絲가 뻗어나가 완전히 土壤粒자를 둘러 싸고 있기 때문에 쉽게 苗에서 부터 土壤粒자가 分離되지 않아 微細한 뿌리의 손상을 最大限으로 줄일 수 있다. 그러므로써 菌根 뿌리는 물과 養料吸收가 보다 容易할 것이며, 이들은 乾燥에 보다더 強하고, 病原菌에 의한 侵入을 이겨 낼 수 있을 것이다. 이와같은 結果는 보다 瘠薄한 地域에 있어서 活着率을 增加시켜 보다 빠른 造成이 될 것이다.

針葉樹와 함께 菌根은 形成하는 菌은 數없이 많이 있으며 多樣하다. 예를들면 美國의 美松에는 200種이 外生菌根을 形成한다는 報告가 있다. 이들中 特別히 寄株植物에 有益한 菌株가 있다. 즉 이들 優秀菌株는 보다많은 養料吸收를 支援할 뿐만 아니라 效果的으로 病原菌으로부터 뿌리가 保護를 받을 수 있을 것이다. 이들 이로운 菌株는 苗移植後 活着力과 生長을 支援하여 더욱 많은 微細한 根系의 形成을 刺戟하게 될 것이다. 그래서 소나무 根系의 典型的인 形態인 棍棒型, Y字型, 珊瑚型, 根瘤型 모양을 形成하여 뿌리의 吸收面積을 增加시킨다. 특히 土壤으로부터 水分 吸收能力은 根系의 크기와 種 사이에 變하는데 微細한 根系는 보다큰 土壤體를 浸透하므로 微細하지 않는 根系보다 훨씬 效果的인 水分蓄積이 可能하다. 菌根菌은 또다른 方法으로 分苗를 이롭게 할 것이다. 풍부한 菌絲와 Phizomorph를 形成한 菌根苗는 콘테이너에서 苗를 分離시켰을 때 다루기가 容易하고, 培養土와 뿌리를 함께 結合시킨 단단한 덩어리 모양을 갖게 된다. 그것은 菌絲體가 培養土를 단단히 엮어내어 흐트러지지 않도록 固有콘테이너 型을 잘 維持하여 준다. 그래서 어린묘의 뿌리가 可及的 損傷되지 않고 造林地에 植栽할 수 있다.

또 어떤 菌根菌은 苗圃場의 苗나 콘테이너묘의 生長을 特別히 促進할 수 있는 優秀菌根菌이 있을 수 있다. 最近 美國 Georgia州 Athens에 있는 菌根開發研究所 所長인 Dr. Marx로 부

터 "Super Strain"을 選拔했다는 書信連絡을 받았다. 現在 全南大學校 農科大學演習林 苗圃場에서 實驗에 使用한 菌株도 이곳으로 부터 導入한 모래밭비섯菌(Pisolithus tinctorius)이다.

特別히 選拔된 菌株를 콘테이너묘에 接種하더라도 感染된 그 菌이 植栽 이후에도 持續的으로 寄株와 함께 生活하는 菌이라고 생각할 수 없다. 오히려 接種된 苗의 活着과 生長을 一次的으로 計劃된 잠정적인 것으로 볼 수 있을 것이다. 典型的인 皆伐地에 移植했을 경우 새로운 뿌리가 移植된 林地의 土壤에서 苗가 자람으로써 점진적으로 根系를 支配하게 될 새로운 自生菌根菌에 依해서 感染이 이루어질 것이다. 또한 自生菌根菌이 缺如된 地位도 예외적으로 있을 수 있다. 그러나 이들 地域에 있어서 林木이 점차적으로 土壤環境에 適應하여 자람으로써 여러가지 菌根菌이 外部에서 날라와 感染이 될 것이다.

### 3. 菌根菌 接種

菌根이 寄株植物의 生育을 크게 促進하게 되므로 外生菌根菌이나 内生菌根菌接種이 必要하다는 것은 앞에서 叙述하였다. 그러나 苗圃場에서 生産된 苗와 콘테이너 苗의 實質的인 接種問題는 쉽고 簡潔한 接種方法의 缺如에 있다. 가장 간단하고 단순한 方法은 林地에서 採取한 土壤을 콘테이너 培養土와 서로 잘 섞으므로써 未知의 菌根菌 導入이 이루어지게 되나, 特別히 選拔된 優秀菌株의 純粹培養이 容易하지 않다. 우리가 幼苗生育時에 有益한 菌根을 發達시키기를 원한다면, 먼저 接種된 培養土를 준비하여 콘테이너에 채우고 種子를 뿌렸을 때 가장 바람직하게 이루어질 수 있다. 現在 接種效果가 가장 신속하게 나타나는 方法은 콘테이너에 培養土를 一部채우고 種子를 播種하기 前에 菌絲培養體의 接種量은 30cc/l 를 넣어 잘 섞는다. 그리고 나서 混合한 培養土를 콘테이너에 채운다. 콘테이너 培養土는 菌根菌의 成立를 방해하는 害로운 微生物을 없애도록 철저히 滅菌處理를 해야만 한다. 즉 메틸보로마이드나 사이크로 燻

蒸劑를 가지고 燻蒸하거나 80~100℃ 溫度에서 蒸氣滅菌을 할 수 있다. 特히 高溫에서의 蒸氣滅菌은 植物에 害로운 阻害物質을 形成하므로 피하는 것이 좋다.

種菌培養은 蛭石 (Vermiculite) 과 泥炭이끼 (Peat moss) 를 섞은것에 MN 溶液을 넣어 121℃ 에서 30分間 殺菌한후 接種하여 25℃에서 3~4 個月間 培養한다. 培養이 끝나면 培養体内에 남아있는 養料를 제거하기 爲하여 수도물 혹은 증류수로 溶脫시킨다. 接種菌과 콘테이너 混合物의 配合溶積比率은 1 : 9 이면 된다. 이때 施肥量은 될수록 줄여야만 하는데 그것은 苗의 健全한 生長을 爲해 菌株와 林木樹種사이 가장 適合한 適定養料 水準을 擇하여 施用하여야만 한다. 또 孢子에 의한 接種은 孢자를 물에 풀어 콘테이너에 직접 灌水할 수 있다. 즉 生育段階에 있는 苗에 接種이 可能하다. 또는 播種前에 孢子로 種子를 덮어싸서 播種하거나 캡슐 (Capsule) 로 만들어 接種하는 方法도 있다. 그러나 아주 制限된 方法만이 一般苗圃場에서 成功이 있었다.

接種方法外에 몇가지 重要한 問題가 孢子의 利用을 막고 있다. 즉 항상 자랄 수 있는 菌絲培養体와는 달리 孢子는 一年中 특정 時期에만 生産되는 가을만이 可能하다. 또 孢子의 發生量이 매년 다르고 버섯 收集이 어려운 問題이다.

孢子貯藏方法은 接種菌의 方法과 같이 4℃ 에 貯藏하면 되나 可能한 凍結乾燥가 理想的인 方法이다.

以上으로 菌根菌은 寄株植物과 共生關係를 이루며 林木의 活着과 生長에 많은 도움을 줄뿐만 아니라 소나무에 있어서는 菌根菌의 感染이 있어야만이 正常的인 生育이 可能하다. 養料吸收根系의 表面積이 增加하고 非可溶性 無機物을 可溶性으로 만들어 더욱 選持的인 이온 吸收와 蓄積을 할 수 있다.

또한 微細한 養料吸收菌根의 機能이 非菌根보다 더 오랫동안 根系의 生命力과 活力을 維持하고 있다. 그리고 外生菌根의 경우 土壤病原菌

의 侵入으로 부터 뿌리를 保護할 수 있는 吸收根의 物理的 防禦壁인 菌套를 가지고 있다.

外生菌根의 경우 美國 Chicago의 Abbott Laboratory에서 모래발버섯菌 (Pisolithus tinctorius) 을 人工培養으로 大量生産을 實施하고 있으며, Georgia州의 菌根開發研究所에서는 트랙터에 의한 土壤消毒과 모래발버섯菌 接種을 同時에 實施하고 있다. 그러므로 國內에서는 아직 初步段階에 있는 菌根研究에 農業, 林業, 園藝 등 各分野가 참여하여 이와같은 有益한 微生物인 菌根菌을 最大限으로 利用할 수 있도록 더욱 더 많은 研究가 이루어져야 할것으로 期待한다.