

韓國産과 美國産 모래발버섯 菌根菌의 리기테다 소나무 播種묘에 대한 孢子接種効果 比較¹

李 景 俊² · 具 昌 德³

Spore Inoculum Effectiveness of Korean and American Strains of Ectomycorrhizal Fungus *Pisolithus* *tinctorius* under Nursery Conditions¹

Kyung Joon Lee² · Chang Duck Koo³

要 約

韓國産과 美國産 모래발버섯菌根菌(*Pisolithus tinctorius*: Pt)의 孢子接種效果를 比較하기 위하여 리기테다 소나무 播種床에 接種을 하였다. methyl bromide로 薰蒸된 苗圃場에 1 m²당 1g의 Pt 孢子를 接種하고 播種하여 當年 가을에 苗高生長을 調査하였는데 美國 Pt로 接種된 苗木은 韓國 Pt로 接種된 것보다 苗高에서 15% 더 컸으며, 薰蒸만 하고 接種處理되지 않은 苗木은 중간정도의 生長을 보였다. 따라서 韓國 Pt의 孢子接種效果는 별로 없는 것으로 추측된다. 그 다음해 실시한 별도의 實驗에서, 土壤薰蒸 후 美國 Pt 혹은 韓國 Pt로 接種한 苗木은 薰蒸없이 自生菌根菌으로 感染된 苗木보다 當年에 苗高에서 각각 66%와 60% 더 컸다. 이것은 Pt 接種效果和 土壤薰蒸效果가 함께 나타난 것으로 생각된다. 본 實驗은 菌根菌 孢자를 接種原으로 사용할 수 있는 가능성을 보여주는 것이며, 美國 Pt와 같이 어떤 地域에 적용한 Pt菌의 選拔이 중요하다는 것과 韓國에서도 우수한 菌根菌을 選拔할 필요가 있다는 것을 나타내고 있다.

ABSTRACT

Pinus rigida x *P. taeda* seedlings in a nursery was inoculated with basidiospores of *Pisolithus tinctorius* (Pt) either collected from Suweon, Korea or introduced from U.S.A. to compare the effectiveness of the spores from two different origins as mycorrhizal inocula. Nursery beds were fumigated with methyl bromide and 1g of spores was used to inoculate 1 m² of soil surface just before seed sowing. Seedlings inoculated with American Pt (#250 strain from Georgia, U.S.A.) were 15% taller than Korean Pt at the end of the first growing season. The seedlings from fumigation treatment only (no inoculation involved) was slightly taller (statistically insignificant) than those with Korean Pt, but slightly smaller than those with American Pt. In a subsequent year experiment, the seedlings inoculated with American and Korean Pt after soil fumigation were 66% and 60% taller, respectively, than seedlings infected by natural fungi without soil fumigation, suggesting the dual effects of Pt and fumigation on the seedling growth. Therefore potential of Pt spores for an effective inoculum exists and selection of Pt strains which have adapted to specific local environments is needed to develop better sources

¹ 接受 6月 20日 Received June 20, 1984

² 林木育種研究所 Institute of Forest Genetics, Suweon, Korea

³ 林業試驗場 Forest Research Institute, Seoul, Korea

* This study was supported by International Foundation for Science in Stockholm, Sweden.

of mycorrhizal inocula.

Key words: Pisolithus tinctorius; basidiospores; mycorrhizal inocula; soil fumigation.

緒 論

菌根은 植物뿌리가 養分을 效率적으로 吸收하도록 도와주고, 뿌리 病原菌, 土壤毒性物質, 높은 土壤溫度, 乾燥, 낮은 pH, 높은 鹽度 등으로부터 뿌리를 保護하며, 옥신같은 植物生長촉진물을 生産하여 植物이 불리한 환경에서도 정상적으로 生長할 수 있도록 도와준다(Kormanik 등, 1977; Marx, 1972, 1982; Zak, 1964; Slankis, 1973)

菌根을 형성하는 菌 중에서 특히 모래발버섯(*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch)은 전세계적으로 분포하며(Marx, 1977) 주로 환경이 좋지 않은 침식지, 건조지, 노천탄광지, 사질토양 등에서 여러 樹種과 菌根을 형성한다.(Grand, 1976; Malloch와 Kuja, 1979; Marx와 Artman, 1979) 그러나 같은 菌種이라도 品種에 따라 寄主植物에 기여하는 정도에 차이가 많다. 養苗時에 모래발버섯菌을 接種하는 방법은 여러 가지로 알려져 있다(Marx 등, 1976; Marx 1981b; Marx 등, 1982). 이 중에서 孢子接種方法은 菌系接種方法 때보다 그 효과가 적기는 하지만 간단한 기술과 시설로 쉽게 실시할 수 있으며, 孢자를 長期間 보관할 수 있기 때문에 유리한 점이 많다. 그래서 Mims(1979)와 Warrington 등(1977)은 孢자의 形態, Taber와 Taber(1982)는 孢자의 生理, Lampky와 Lampky(1973)와 Malloch와 Kuja(1979)는 모래발버섯의 分布, Marx(1976)는 孢子接種量, Marx 등(1979)은 孢子接種材料과 孢子接種原의 장단점, Ruehle(1980)은 孢子接種時期 등에 관해서 究명한 바 있다. 모래발버섯孢자의 接種效果는 寄主植物이나, 接種時期, 接種量 接種材料에 따라 차이가 많은데 전혀 효과가 없는 경우도 있었고(Marx와 Bryan, 1975; Marx 등, 1976; Alvarez와 Trappe, 1983), 菌系培養體 接種原(vegetative inoculum) 보다는 못하지만 60~80%의 苗木生長促進이 얻어지는 경우도 있었다(Marx, 1976; Marx 등, 1978)

이 實驗의 目的은 첫째 모래발버섯 子實體와 孢자의 特性을 調査하고, 둘째 美國產과 韓國產 모래발버섯菌의 寄主植物生長 促進效果를 比較하는 것이다.

材料 및 方法

孢子採取와 貯藏

1981년과 1982년 가을에 水原 林木育種研究所의 리기티다 소나무 植保산 조림지의 농선부분 砂質土壤에서 모래발버섯(이하 韓國 Pt)을 採取하여 그 形態的 特性을 조사하였다. 조사된 것 중에서 成熟한 것을 500 μ m 체에 비벼서 약 300g의 孢자를 모았다. '81년도에 採取한 孢子는 82년에 接種原으로 사용하였고, '82년에 採取한 것은 '83년도에 사용하였다. 美國서 들여온 모래발버섯菌系(#250)를 배양하여 '81년과 '82년 봄에 리기티다 소나무, 리기티다 소나무, 소나무 播種床에 接種하였다가 가을에 발생한 모래발버섯(이하 美國 Pt)으로부터 앞에서와 같은 요령으로 약 70g의 포자를 모았다. 이들 포자는 4 $^{\circ}$ C의 냉장고에서 비닐봉지에 넣어 보관하였다.

土壤薰蒸 孢子接種 播種

1982년도 接種實驗: '82년 실험에서는 동남방역 회사에서 土壤薰蒸을 대신해 주었다. 苗圃場 전체를薰蒸用 텐트로 덮은 후 1 μ 당 50g의 100% methylbromide를 주입한 후 48시간 밀폐한 채로 두었으며 약 70시간 동안 개스를 휘산시킨 후 접종 및 파종하였다. 접종때에는 1g의 포자를 1 ℓ 의 vermiculite에 잘 섞은 후 1 μ 에 삼으로 20cm 길이로 섞어 넣었다. 각 試驗區는 1m \times 1m로 설치하고 간격도 1m로 하였다. 處理는 美國 Pt 孢子接種, 韓國 Pt 孢子接種 그리고 無接種의 3가지로써 亂塊法 4반복으로 하였으며 無接種區에는 vermiculite 1 ℓ 만 넣었다. 播種은 4월 말경에 하였고 그의 苗圃作業은 일반과정에 따랐고 1 μ 당 리기티다 소나무 種子 400알을 播種하여 發芽한 후 솥아내서 140本을 남겼다. 當년 10월 초에 각 處理區當 60本의 苗木에 대하여 苗高를 측정하였다.

1983년도 接種實驗: '83년 實驗에서는 영일화학제품의 Cyron(methylbromide, chloropicrin 각 50%)을 약제주입기를 이용하여 토양 15cm 깊이에 30cm 간격으로 3cc씩 주입하여 1 μ 당 50cc를 넣은 후 비닐을 덮어서 밀봉하였다. 7일 후 비닐을

벗기고 흙을 뒤집어 엷은 다음 3주일 동안 개스를 휘산시켰다. 짐중때에는 물에 축인 vermiculite 1ℓ에 약 17g의 포자를 섞은 후 1㎡에 토양 20cm 깊이로 섞어 넣었다. 處理는 土壤薰蒸을 하지 않고 vermiculite 1ℓ만 넣은 自生 苗根菌에 의한 接種, 薰蒸한 후 韓國 Pt 孢子接種 그리고 美國 Pt 孢子接種의 3가지로 하고 亂塊法 4 반복으로 하였다. 試驗區 크기, 苗圃管理, 結果調査는 '82년과 동일하게 하였다.

結果 및 考察

모래발버섯의 그孢子的 特性

모래발버섯의 子實體는 黃金色의 菌糸뿌리를 가지고 있고, 어릴 적에는 우유빛 바탕에 짙은 갈색의 작은 斑點이 많은 卵形내지 棍棒形이며, 크기가 18cm x 18cm에 달하는 것도 있다. 成熟해서는 子實體의 上部겉질이 말라 떨어지면서 짙은 갈색의 포자가 드러난다. 이때의 모양은 진흙덩이와 비슷하다. 어릴 적에는 gleba가 阿膠質이고, 만지면 새까만 잉크 같은 것이 나온다. 子實體를 잘라보면 노란색의

1~3mm 크기의 peridiols가 알처럼 박혀있고 이 부분이 成熟되면 孢子로 된다.

MMN 한천培地에서 버섯의 組織을 分離하여 培養했을 때 美國産 菌糸의 색깔은, 黃土色으로 生長이 매우 왕성하여 2週 동안에 9cm 直徑의 Petri-dish를 다 덮지만 韓國産은 개나리색 ~ 노란색으로 生長이 매우 不良하여 5週 동안에 colony를 3cm 直徑밖에 형성하지 못하였고 培養된 菌糸를 새로운 培地로 옮겼을 때는 生長이 더욱 不良하였다.

孢子的 形態는 球型으로서 표면에는 창모양의 돌기가 많이 나와 있다. 孢子크기는 韓國産이 $\frac{8.8}{6.0 \sim 12.0}$ μm였고, 美國産 菌糸를 接種하여 생긴 子實體에서 採取한 孢子는 $\frac{8.0}{6.0 \sim 9.5}$ μm였다. 이들의 크기는 Grand(1976)가 조사한 $\frac{10.2}{7.9 \sim 14.5}$ μm 보다 다소 작기는 하나 차이는 없는 것 같다. 孢子的 무게는 양쪽 모두 1cm³當 0.33g 가량이었다.

孢子接種實驗

1982년도 實驗結果를 表 1에 나타내었다. 美國 Pt 孢子로 接種된 苗木은 苗高가 24.0cm로서 韓國 Pt 接種苗木보다 15% 더 많이 자랐다. 韓國 Pt 孢子的

Table 1. Height growth of *Pinus rigida* x *P. taeda* seedlings inoculated with either American or Korean basidiospores of *Pisolithus tinctorius* (Pt) conducted in 1982. The whole nursery bed was fumigated with methyl bromide and 1g of spores was added to each microplot (1 x 1m) just before seed sowing. Seedling height (cm) was measured at the end of the first growing season and each number is an average of 60 observations in a microplot

Treatment	Block				Average
	I	II	III	IV	
American Pt	25.6	24.8	24.4	21.3	24.0 ^a
Korean Pt	19.4	21.7	21.6	20.5	20.8 ^b
Fumigation only	23.9	22.6	22.7	21.0	22.6 ^{ab}
Average	23.0	23.0	22.9	20.9	22.5

* : The "a" is statistically different from "b" at 5% level.

接種效果는 土壤薰蒸만 실시한 경우보다도 약간 저조하여, 共生菌으로서의 가치를 再檢討해야 할 것 같다. 반면에 美國 Pt는 韓國것보다 우수하여 選拔種이라는 것을 立證할 수 있었다. 이 實驗에서 當年 가을에 平均苗高가 22.5cm였는데, 水原地域에서 肥料나 堆肥를 전혀 사용하지 않고 養苗한 것을 감안한다면 이 生長은 비교적 우수한 편이라고 생각된다. 이것은 아마도 土壤薰蒸이 가져오는 일반조건利點에서 기인된 것 같다. 즉 苗圃土壤속에는 뿌리의 生長을 저해하는 여러 가지 微生物, 線虫이 서식

하고 있다(Dropkin, 1980). 본 研究所의 圃場에서도 線虫이 土壤 100cm³當 10마리 내외로 관찰되었다. 薰蒸된 土壤에서는 線虫이 전혀 관찰되지 않았으며, 이로써 土壤薰蒸이 성공적으로 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 表 1에서 韓國 Pt의 接種效果가 土壤薰蒸處理보다 나쁜 이유는 앞으로 연구를 통하여 밝혀야 하겠다.

1983년도 實驗結果를 表 2에 나타내었다. 美國 Pt는 韓國 Pt보다 우수하였으나 통계적으로 有意性은 인정되지 않았다. Pt 接種苗木은, 土壤薰蒸을 하

Table 2. Height growth of *Pinus rigida* x *P. taeda* seedlings either inoculated with American or Korean basidiospores of *Pisolithus tinctorius* (Pt) or infected by natural fungi conducted in 1983. One part of nursery bed in a block for Pt treatment was fumigated with Cyron^R (methyl bromide and chloropicrin, 50 % each) and 17 g of spores was added to each microplot (1 x 1m) just before seed sowing. The other part of nursery bed for natural fungal infection was not fumigated. Seedling height (cm) was measured at the end of the first growing season and each number is an average of 60 observations in a microplot

Treatment	Block				Average
	I	II	III	IV	
American Pt	26.5	26.0	26.0	24.1	25.7 ^a
Korean Pt	24.8	24.7	25.2	23.1	24.5 ^a
Natural fungi	16.4	17.8	15.8	11.1	15.3 ^b
Average	22.6	22.8	22.3	19.4	21.8

* : The "a" is statistically different from "b" at 5 % level.

지 않은 상태에서 自生菌根菌으로 感染된 苗木(苗高 : 15.3 cm)보다 60~66 % 더 컸으며, Pt의 우수 성을 보여주고 있다. 自生菌根苗木은 리기테다 소나무의 일반 規格묘(苗高 : 18 cm) 보다 작지만 肥料를 전혀 주지 않고 養苗한 것을 고려해야 할 것이다. Pt 接種묘는 平均苗高가 25.7 cm로서, 肥料없이 規格묘 이상의 양호한 生長을 하였다. 특히 細根의 發達이 왕성하여 造林時에 活着率이 높으리라고 생각된다. 表 2에 나타난 Pt 菌根菌의 接種效果는 土壤薰蒸의 效果도 동시에 겸한 것이라는 것을 表 1과 比較할 때 추측할 수 있다. 그러나 이것은 Marx 등 (1978)의 결과와는 완전히 반대되는 것이다. 이들의 實驗에서는 非薰蒸區의 苗木生長이 薰蒸+接種區의 것보다 우수하게 나타났다. 하지만 이들의 非薰蒸土壤에서는 植物寄生性 線虫은 없었고 *Pythium*屬의 病原體도 토양 1g 당 1個 이하로 檢出되어 土壤病虫害의 염려가 적었으므로 원래 있었던 植物生長에 이로운 微生物의 역할이 컸던 것으로 생각된다. 본 實驗에서 구명되지 않은 것은 적절한 孢子接種量이다. 두 實驗 모두에서 菌根이 성공적으로 形成된 것으로 보아서 1982년에 사용한 1 m²당 1g의 孢子接種量이면 충분하다고 생각한다. 그러나 적절한 最少接種量은 밝혀져야 할 것이다. 이번 實驗결과를 모래발버섯의 孢子도 菌根形成을 위한 중요한 接種原이 될 수 있는 동시에, 같은 菌種이라도 品種 간에 차이가 있으므로 選拔의 必要성과 또 選拔의 가치가 있다는 Trappe (1977)와 Marx (1981a)의 이론과 實驗을 뒷받침하기도 한다. 그러므로 孢子生産量이 많은 菌根菌에 있어서는 孢子로서 大面積接種이 가능하다는 것과, 특히 寄主植物

의 生長에 도움을 주는 品種選拔이 중요하고, 土壤病原菌, 害虫, 雜草 防除을 위해서는 적절한 土壤薰蒸도 效果있다는 것을 생각하게 되었다.

引用 文 獻

1. Alvarez, I. F. and J. M. Trappe. 1983. Effects of application rate and cold soaking pretreatment of *Pisolithus* spores on effectiveness as nursery inoculum on western conifers. *Can. J. For. Res.* B:533-537.
2. Dropkin, V. H. 1980. Introduction to Plant Nematology. John Wiley. 293pp.
3. Grand, L. F. 1976. Distribution, plant associates and variation in basidiocarps of *Pisolithus tinctorius* in the United States. *Mycologia* 68: 672-678.
4. Kormanik, P. P., W. C. Bryan, and R. C. Schultz. 1977. The role of mycorrhizae in plant growth and development. Pages 1-10 in H. Marx Vines (ed.). *Physiology of Root-Microorganisms Association*. Proc. of a Symp. of the South. Sect. Am. Soc. Plant Physiol. Atlanta.
5. Lampky, S. A. and J. R. Lampky. 1973. *Pisolithus* in central Florida. *Mycologia* 65:1210-1212.
6. Malloch, D. and A. L. Kuja. 1979. Occurrence of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius* in Ontario. *Can. J. Bot.* 57:1848-1849.

7. Marx, D. H. 1972. Ectomycorrhizae as biological deterrents to pathogenic root infections. *Ann. Rev. Phytopathol.* 10:429-454.
8. Marx, D. H. 1976. Synthesis of ectomycorrhizae on loblolly pine seedlings with basidiospores of *Pisolithus tinctorius*. *Forest Sci.* 22: 13-20.
9. Marx, D. H. 1977. Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. *Can. J. Microbiol.* 23:217-223.
10. Marx, D. H. 1981a. 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.
11. Marx, D. H. 1981b. Ectomycorrhizal fungus inoculations: a tool for improving forestation practices. Pages 13-71 in P. Mikola (ed.). *Tropical Mycorrhiza Research*. Oxford Univ. Press. 270pp.
12. Marx, D. H. 1982. Mycorrhizae in interactions with other microorganisms. B. Ectomycorrhizae. Pages 225-228 in N. C. Schenck (ed.) *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. The Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul, Minnesota. 244pp.
13. Marx, D. H., and J. D. Artman. 1979. *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae improve survival and growth of pine seedlings on acid coal spoil in Kentucky and Virginia. *Reclamation Review* 2:23-31.
14. Marx, D. H., and W. C. Bryan. 1975. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedling in fumigated soil infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. *Forest Sci.* 21: 245-254.
15. Marx, D. H., W. C. Bryan and C. E. Cordell. 1976. Growth and ectomycorrhizal development of pine seedlings in nursery soils infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. *For. Sci.* 22:91-100.
16. Marx, D. H., J. G. Mexal and W. G. Morris. 1979. Inoculation of nursery seedbeds with *Pisolithus tinctorius* mixed with hydromulch increases ectomycorrhizae and growth of loblolly pines. *South. J. Appl. For.* 3(4):175-178.
17. Marx, D. H., W. G. Morris, and J. G. Mexal. 1978. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated and nonfumigated soil infested with different fungal symbionts. *Forest Sci.* 24:193-203.
18. Marx, D. H., J. L. Ruehle, D. S. Kenney, C. E. Cordell, J. W. Riffle, R. J. Molina, W. H. Pawuk, S. Navratil, 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.
19. Mims, C. W. 1980. Ultrastructure of basidiospores of the mycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. *Can. J. Bot.* 58:1525-1533.
20. Ruehle, J. L. 1980. Inoculation of containerized loblolly pine seedlings with basidiospores of *Pisolithus tinctorius*. USDA For. Serv. Res. Note SE-291, 4p. Southeast. For. Exp. Stn., Asheville, NC.
21. Slankis, V. 1973. Hormonal relationships in mycorrhizal development. Pages 232-298 in G. C. Marks and T. T. Kozlowski (eds.). *Ectomycorrhizae: their ecology and physiology*. Academic Press, NY. 444pp.
22. Taber, W. A. and R. A. Taber. 1982. Nutrition and respiration of basidiospores and mycelium of *Pisolithus tinctorius*. *Phytopathology* 72: 316-322.
23. Trappe, J. M. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytopathol.* 15:203-222.
24. Warrington, S. L., L. B. Coons and H. D. Black. 1977. Electron microscope study of basidiospores and vegetative hyphae of *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker and Couch. 2nd Int. Mycol. Congr. Abstr. Vol. M-Z. 715pp.
25. Zak, B. 1964. Role of mycorrhizae in root disease. *Ann. Rev. Phytopathol.* 2:377-392.