

培養土, 菌根接種 및 窒素施肥 水準이 2年生 海松苗 生長과 菌根形成에 미치는 影響¹

吳光仁² · 朴華湜²

The Effects of Soil Mixtures, Nitrogen Levels and Ectomycorrhizal Inoculation on Formation of Mycorrhizae and Growth of Two-Year-Old Black Pine Seedlings¹

Kwang In Oh² and Whoa Shig Park²

要 約

本 實驗은 培養土, 모래밭버섯菌 接種 및 窒素施肥가 1年生 海松盆苗의 生長에 미치는 影響을 究明하
기 위하여 實施하였다.

1. Vermiculite 區에서는 砂質養土區에서 보다 細根 및 菌根數의 增加를 볼 수 있었고 苗高 및 總乾重이 增加하였다.
2. 모래밭버섯菌 接種區가 無接種區보다 2年生 海松苗에 있어서 第一次 側根數, 細根數 및 總乾重의 增加가 顯著하였다.
3. 2年生 海松盆苗 生長은 前年度 菌根菌 接種 및 施肥水準에 크게 影響을 받았다.

ABSTRACT

This study was carried out to observe the effects of two soil mixtures, various nitrogen levels, and inoculation with mycorrhizal fungi on the growth of 1-year-old *Pinus thunbergii* seedlings in pots.

The seedlings were treated with various combinations of above factors and grown one more year in pots.

1. Number of short roots, mycorrhizal short roots, height growth, and total dry weight were higher in vermiculite than in sandy loam.
2. 2-year-old *P. thunbergii* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius* mycorrhizal fungi showed significant increase in primary lateral roots, short roots, and total dry weight than those of uninoculated seedlings.
3. The growth of 2-year-old *P. thunbergii* seedlings was affected by infection with mycorrhizal fungi and nitrogen fertilization of previous year.

Key words : *Pisolithus tinctorius* ; *ectomycorrhizae* ; *Pinus thunbergii* ; *vermiculite* ; *sandy loam*.

緒 論

植物根圈에는 다양한 土壤微生物들이 棲息하면서 直間接으로 寄主植物의 生育과 깊은 關連^{8,10)}을 맺고 있을 뿐만 아니라 이들중 一部는 뿌리와 共

生關係^{7,20)}를 維持하면서 根發達을 促進하며^{18,19)} 土壤內 擴張된 菌絲를 利用, 根이 미치지 못하는 곳의 遊離된 이온을 보다 效率的으로 吸收하여 寄主植物에 傳達하고 根의 皮層에는 두터운 菌套 (fungal mantle)를 形成하여 土壤毒性, 병원균, 높은 地溫, 旱魃 그리고 낮은 pH 등으로 부터 根

¹ 接受 1990年 6月 5日 Received on June 5, 1990.

² 全南大學校 農科大學 College of Agri., Chonnam Nat'l Univ., Korea.

의 保護 및 吸收된 養料를 貯藏한다.

9114115202221231241

山林樹木中 常綠樹는 特히 根과 葉에 많은 養料貯藏能力을 갖고 있어 이들 器官의 充實度에 따라 翌年の 生長이 크게 影響을 받게 된다.¹¹⁾ 本實驗室에서도 優秀菌株(*Pisolithus tinctorius* super strain #250)로 接種된 1年生 盆苗의 根發達 및 地上部 生長이 促進되어 充實도가 增加하였으며 이들의 生體內 無機養料 蓄積濃度도 非接種區보다 높게 나타났다.¹⁵⁾¹⁶⁾ 또한 1年生 實生苗의 施肥後 翌年 2年生 苗의 發達は 前年度 投與된 施肥濃度와 깊은 關連을 맺고 있다는 Leyton (1948¹¹⁾의 報告 등으로 推論해 볼 때 培養土를 달리한 實生苗의 菌根菌 接種 및 窒素施肥 水準이 2年生 盆苗 生長과 菌根形成에 깊은 關連을 맺고 있으리라 思料된다.⁶⁾⁷⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁷⁾²¹⁾²⁵⁾

따라서 本 實驗에서는 前年度에 接種된 모래밭 버섯 菌根菌 및 窒素 施肥 水準이 2年生 海松 盆苗의 生長과 菌根 形成에 미치는 影響을 究明코자 한다.

材料 및 方法

本 研究은 光州 直割市 北區 龍鳳洞 300-1 全南 大學校 農大 附屬演習林의 硝子室 內에서 實施하였으며 材料는 美國菌根研究所 (USDA, Forest Service Athens, Georgia, USA)로부터 分讓받은 super strain #250 모래밭버섯 菌株로 前年度에 接種된 2年生 海松苗를 對象으로 1988년에 菌根發達이 낮고 sample로서 가치가 不適合한 不良苗와 畸形苗를 除去하고 無施肥 상태고 前年度 1年生 幼苗時와 同一한 條件에서 實驗하였다.¹⁶⁾

調査方法, 菌根調査

6月 末에 標本으로 選拔된 2年生 盆苗를 實驗室로 옮겨 수돗물로 조심스럽게 흙을 細根으로 부터 분리시킨 後 菌根이 完全히 露出되도록 깨끗히 씻고 第一次 側根 및 細根을 調査하였으며 菌根率은 Daughtidge *et al* (1986)³⁾ 方法으로 sample을 染色하고 해부현미경으로 관찰 後 算定하였다.

生長調査

菌根率 및 植物生長과의 關聯性을 究明코저 根

系調査와 並行하여 實生苗의 苗高 및 苗木의 各部位別 (葉, 莖, 根) 乾重量과 總乾重을 算定하였다. 統計 分析은 第2次 曲線式과 各 處理平均間의 比較檢定을 爲해 分散分析 後 Duncan의 多重檢定을 實施하고 (p=0.05), 總乾重에 대한 奇異率을 算定하였다.

結果 및 考察

培養土 및 菌根接種 有無에 따른 第一次 側根數, 細根數, 菌根數 共히 Table 1.에서 보는 바와 같이 Vermiculite가 砂質壤土보다 旺盛한 發達을 보이고 있는데 이와 같은 現象은 1年生 幼苗와 類似한 傾向을 보이고 있다.¹⁶⁾

菌根接種 有無에 따른 2年生 實生苗의 第一次 側根數에는 有意의인 差異가 認定되지 않으나 菌根處理苗가 無處理苗보다 細根數 및 菌根數가 增加하는 것으로 보여 모래밭버섯菌 接種이 翌年에도 根系發達에 크게 奇異하는 것으로 思料된다. 또한 2年째에는 Pt를 處理하지 않은 無處理에서도 自然的인 菌根菌 接種이 되어 vermiculite區가 砂質壤土區 보다 높게 나타났다.

Fig.1은 培養土 菌根處理 그리고 窒素施肥 水準에 따른 2年生 苗의 菌根形成率을 나타내는 것이다. Vermiculite 區가 砂質壤土區보다 菌根率이 8.5% 높았다. 特히 菌根 接種區는 第一次 側根數 細根數 및 菌根形成率이 더 높게 나타났다. 그리고 細根染色時 모래밭버섯菌의 독특한 色澤인 淡黃色이 아닌 약간 濃褐色을 띠는 菌套를 보였는데 이것은 根으로부터 培養土內로 方出하는 炭水化合物, 地方, 단백질, 그리고 기타 다른 有機化合物의 影響인 것으로 思料된다.

無接種區에서는 肉眼觀察時 주로 흰색 또는 붉은색 mycelium의 發達을 볼 수 있었는데 이들은 演習林內 苗圃地에 自生하는 알버섯속과 무당버섯속이 大氣를 통해 汚染된 것으로 思料되며 비교적 낮은 菌根形成率을 나타냈다.⁴⁾¹⁰⁾

前年度 窒素水準別 2年生 細根 및 菌根數는 前年度 窒素施肥 水準에 따른 植物體內 無機養料의 量과 깊은 相關을 갖는 것으로 보이며¹⁶⁾ 0 μ g/ml 부터 350 μ g/ml 까지는 細根 및 菌根의 漸進的인 增加를 볼 수 있었으나 450 μ g/ml 區에서는 細根 및 菌根 發達이 낮았다. 이는 前年度의 高濃度 窒

Table 1. The numbers and percents of short roots and ectomycorrhizal short roots per 1cm lateral roots of *pinus thunbergii* seedlings grown on vermiculite and sandy loam inoculated by *pisolithus tinctorius* in various nitrogen levels last year.

		No. of primary lateral roots	No. of short roots	No. of mycorrhizal short roots	Mycorrhizal percent	
Verm.	0	27.4 ^{kilmn}	12.9 ^{ghi}	8.3 ^m	64	
	Non Pt	50	32.2 ^{efghi}	12.7 ^{ghijkl}	9.6 ^{kl}	76
		150	33.7 ^{efghi}	10.3 ^{klmn}	7.9 ^{mn}	77
		250	31.4 ^{ghijk}	10.5 ^{klmn}	7.9 ^{mn}	75
		350	30.3 ^{ijklm}	10.6 ^{klmn}	7.7 ^{mn}	73
Verm.	450	22.6 ^{lmn}	9.7 ^{klmn}	5.2 ^{op}	52	
	Pt	0	39.7 ^a	18.4 ^{abcd}	16.3 ^{abcd}	89
		50	39.4 ^{ab}	18.7 ^{abc}	16.6 ^{abc}	88
		150	39.3 ^{abc}	19.2 ^{ab}	17.2 ^{ab}	90
		250	37.7 ^{abcd}	19.6 ^a	17.3 ^a	88
Sandy loam	350	35.2 ^{def}	18.3 ^{bcde}	15.7 ^{abcd}	87	
	450	30.9 ^{hijkl}	17.7 ^{bcdef}	15.4 ^{bcde}	86	
	Non Pt	0	34.3 ^{defg}	12.9 ^{ghij}	11.9 ^{hi}	92
		50	35.4 ^{de}	14.2 ^k	13.7 ^{fg}	96
		150	30.6 ^{ijklm}	13.3 ^{ghi}	12.9 ^{gh}	96
Sandy loam	250	30.6 ^{ijklm}	13.7 ^{gh}	11.3 ^{hij}	83	
	350	30.8 ^{hijk}	12.2 ^{hijklm}	10.7 ^{ijk}	87	
	450	28.8 ^{kilmn}	12.4 ^{hijklm}	9.1 ^{kl}	73	
	Non Pt	0	28.7 ^{kilmn}	11.9 ^{ijklm}	7.4 ^{mno}	62
		50	30.2 ^{ijklm}	12.1 ^{hijklm}	6.9 ^{no}	57
Sandy loam	150	29.2 ^{iklm}	11.2 ^{ijklm}	6.6 ^{no}	60	
	250	27.7 ^{kilmn}	10.3 ^{klmn}	5.7 ^{op}	55	
	350	33.9 ^{kilmn}	9.4 ^{klmn}	5.3 ^{op}	56	
	450	26.6 ^{kilmn}	9.7 ^{klmn}	5.2 ^{op}	54	

1. All values within a given column and within a given inoculation followed by the same letter do not differ significantly at the 0.05 level by Duncan's New Multiple Range Test.

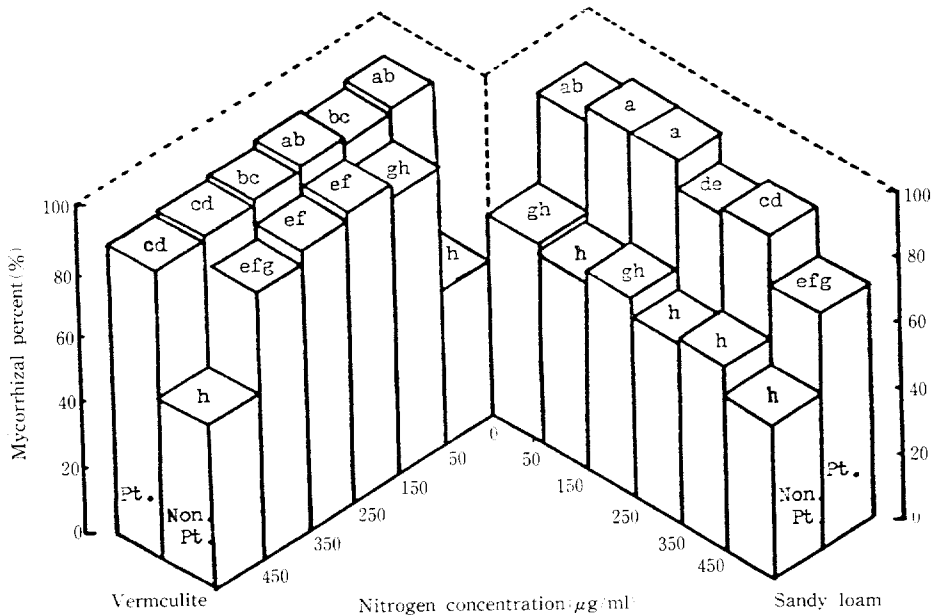


Fig. 1. The rates of ectomycorrhizal formation according to three treatments. Bars showing the same letter are not significantly different. (P=0.05).

素施肥 水準에 의한 接種源의 被害 때문인 것으로 보이며 Danielson *et al.* (1984)²⁾의 報告와 類似한 傾向을 보이고 있다.

또한 培養土, 菌根菌 處理 그리고 窒素施肥 水準間에는 有意의인 相互作用이 認定된다.¹⁾⁵⁾¹²⁾

苗高生長

培養土, 菌根處理 및 窒素施肥 水準에 따른 苗高生長 結果는 Table 2.와 같다.

培養土에 따른 2年生 實生苗의 平均 苗高生長은 25.44cm 였으며 vermiculite區가 26.64cm 砂質壤土區가 24.24cm로서 菌根形成率이 높은 vermiculite區가 苗高生長이 促進되었다. 菌根處理 有無에 따른 平均 苗高生長率은 菌根處理區가 28.93cm, 對照區는 21.95cm로 菌根處理區가 2年生 實生苗에서도 131.80%의 苗高生長 促進效果를 가져와 菌根菌으로 處理된 實生苗가 益年에도 非菌根苗에 비해 旺盛한 生育關係를 보였다. 前年度 施肥水準에 따른 2年生 盆苗 生育間에는 350 μ g/ml 施肥區가 29.0cm의 最大 苗高生長을 나타냈으

며 450 μ g/ml區가 28.03cm로, 250 μ g/ml區가 25.33cm, 150 μ g/ml區가 25.85cm, 50 μ g/ml區가 22.90cm 그리고 0 μ g/ml區가 20.85cm로 나타났

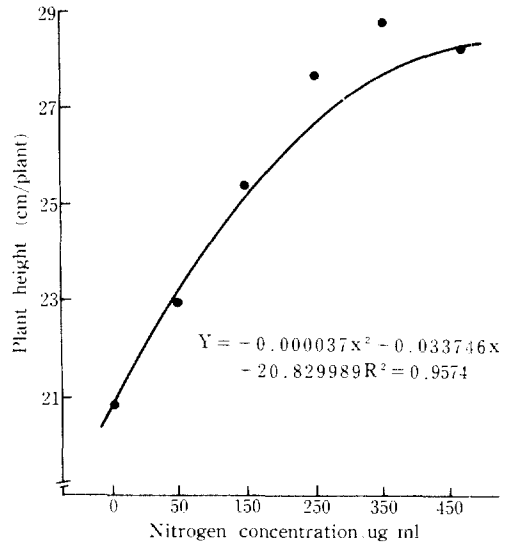


Fig. 2. Stem length of *Pinus thunbergii* seedlings fertilized last year.

Table 2. The effect of growth mediums, ectomycorrhizal inoculation and nitrogen fertility on plant height in two years seedlings.

Mediums - inoculation.		Verm.	Verm.	Sandy loam	Sandy loam
Con.	Rep.	-Pt	-Non Pt	-Pt	-Non Pt
0	1	24.2	17.4	21.5	14.1
	11	24.6	18.6	23.2	14.8
	111	24.7	19.5	21.9	15.8
	mean	24.5 ^{h1}	18.5 ^m	22.2 ^j	14.9 ^o
50	1	28.0	19.5	24.5	16.9
	11	28.7	21.6	25.2	18.6
	111	28.8	20.7	25.0	17.3
	mean	28.5 ^f	20.6 ^l	24.9 ^{gh1}	17.6 ⁿ
150	1	30.9	20.6	24.9	19.9
	11	31.8	22.5	26.2	21.9
	111	32.4	21.4	26.3	20.3
	mean	31.7 ^{cd}	21.5 ^{k1}	25.6 ^{gh}	20.6 ^l
250	1	32.4	24.2	27.9	24.7
	11	32.5	24.1	28.9	26.4
	111	32.9	24.6	29.9	25.1
	mean	32.6 ^{bc}	24.43 ^{ij}	28.9 ^f	25.4 ^{gh1}
350	1	34.9	24.5	29.7	24.9
	11	33.6	26.6	31.6	26.6
	111	33.9	25.7	30.7	25.3
	mean	34.1 ^a	25.6 ^{gh}	30.67 ^{dc}	25.6 ^{gh}
450	1	32.6	23.2	28.8	26.7
	11	33.5	25.1	30.7	26.4
	111	34.7	24.0	29.5	25.1
	mean	33.6 ^b	24.1 ^l	29.7 ^{ef}	26.1 ^g

다. 따라서 2年生 海松苗의 生長은 주로 前年度의 生育 및 施肥濃度에 크게 좌우되는 것으로 보인다.

이와 같이 前年度 施肥水準에 따른 苗高生長의 顯著한 差異는 前年度에 植物體가 吸收한 體內養料과 密接한 關聯을 맺는 것으로 보이며 350 μ g/ml 까지는 濃度에 따라 苗高生長이 增加하는 傾向을 보였다. (Fig.2)

總乾重

培養土, 菌根處理, 그리고 窒素施肥 後 이듬해 2年生 海松苗의 總乾重 結果는 Table 3과 같다.

培養土에 따른 總乾重의 有意의인 差異가 認定되었으며 vermiculite區가 砂質壤土區에 비해 根系 및 葉乾重의 增加가 높았다. 이는 vermiculite의 構造의 特性에 따른 通氣性 및 補肥, 補水能力이 優秀하기 때문인 것으로 思料된다. 또한 菌根接種有無에 따른 總乾重의 有意의인 差異가 認定되었으며 菌根接種區가 3.72g 無接種區가 3.02g으로 接種區에서 2年生 實生苗의 總乾重이 25.15% 增

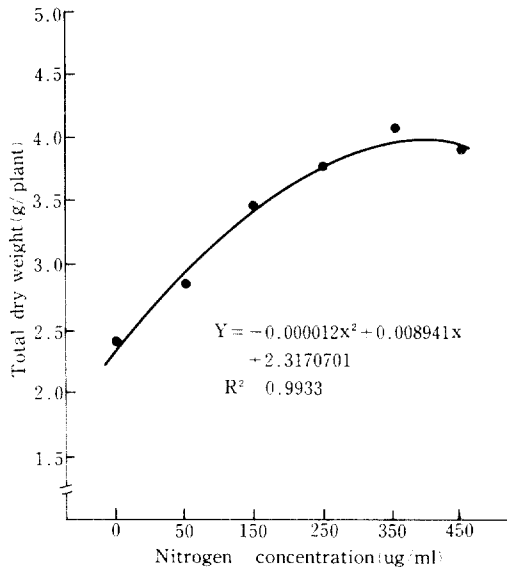


Fig. 3. Total dry weight of *Pinus thunbergii* seedlings fertilized last year.

加하였으며 1年生 苗와는 달리 莖과 根乾重이 크게 增加하였다. 總乾重에 대한 寄與率은 非接種苗

Table 3. The effect of growth mediums, ectomycorrhizal inoculation and nitrogen fertility on total dry weight in two years seedlings.

Mediums - inoculation.		Verm.	Verm.	Sandy loam	Sandy loam
Con.	Rep.	- Pt	- Non Pt	- Pt	- Non Pt
0	1	2.73	2.15	2.19	2.05
	11	2.95	2.32	2.46	2.22
	111	2.82	2.19	2.33	2.15
	mean	2.85 ^j	2.22 ^a	2.33 ^m	2.14 ^p
50	1	3.23	2.40	2.88	2.17
	11	3.40	2.57	2.98	2.34
	111	3.27	2.44	2.96	2.27
	mean	3.30 ⁿ	2.47 ⁱ	2.94 ⁱ	2.26 ^v
150	1	4.14	2.82	3.52	2.61
	11	4.31	2.99	4.09	2.78
	111	4.18	2.87	3.56	2.65
	mean	4.21 ^d	2.89 ^{ij}	3.72 ^f	2.68 ^h
250	1	4.46	3.39	3.78	3.17
	11	4.63	3.56	3.95	3.54
	111	4.50	3.49	3.84	3.41
	mean	4.53 ^b	3.48 ^k	3.86 ^f	3.37 ^{gh}
350	1	4.51	4.13	3.89	3.24
	11	4.68	4.30	4.07	3.41
	111	4.55	4.17	3.95	3.34
	mean	4.58 ^a	4.20 ^h	3.97 ^e	3.33 ^h
450	1	4.28	3.95	3.72	3.27
	11	4.44	4.12	3.89	3.44
	111	4.30	4.05	3.76	3.31
	mean	4.34 ^c	4.04 ^c	3.79 ^e	3.34 ^h

에서는 莖乾重이 87.78%, 菌根菌 接種區는 根乾重이 67.5%를 보였고, 處理別 總乾重에 대한 奇異率이 다르게 나타났다. 窒素水準에 따른 總乾重의 生長特性은 1年生 苗와 마찬가지로 窒素施肥 水準이 增加할수록 增加하는 傾向을 보였으며 Fig.3에서 보는 바와 같이 施肥水準別 450, 350, 250, 150, 50.0 μ g/ml區에서 各各 3.92, 4.12, 3.79, 2.54, 2.49, 2.34gr로서 350 μ g/ml區가 最大 生長量을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 0 μ g/ml區에서는 2.34gr로서 거의 生長이 抑制되는 것을 볼 수 있으며 特히 無接種區는 生長量이 低調하였다.

引用 文 獻

- Boyd, D.A., L.T.K. Yuen, and P. Needham. 1976. Nitrogen requirement of cereals. 1. Response curves. J. Agric. Sci. 87: 149-162.
- Danielson, R.H., C.L. Griffiths, and D.P. Parkison. 1984. Effect of fertilization on the growth and mycorrhizal development of container grown jack pine seedlings. Forest Sci. 30: 828-835.
- Daughtridge, A.T., S.R. Boese, S.G. Pallardy, and H.E. Garrrt. 1986. A rapid staining technique for assessment of ectomycorrhizal infection of oak rddts. Can. J. Botany. 64: 1101-1103.
- Fortin, J.A., and Laldone, H. 1979. Technique for the observation of early morphological changes during ectomycorrhizal formation. Can. J. Bot. 58: 361-365.
- Gordon, A.M., and K.V. Cleve. 1987. Nitrogen concentrations in biomass components of white spruce seedlings in interior Alaska. Forest Science, 33: 1075-1080.
- Hatchell, G.E., and D.H. Mark. 1977. Response of longleaf, sand, and loblolly pines to *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae and fertilizer on a sandhills site in south carolina. Forest Science, 33: 301-315.
- Harley, J.L., and R.A. Smith. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Forest Science. 32: 547-548.
- Ho, I. 1987. Comparison of eight *Pisolithus tinctorius* isolates for growth rate, enzyme activity and phytohormone production. Can. J. For. Res. 17: 31-35.
- 李景俊·具昌德·李錫求. 1981. 뿌리病原菌에 對抗하는 菌根의 防禦役割에 關한 考察. 林木有種研究所. 研究報告 17號
- 李景俊·오르손 밀러·金養燮. 1987. 光陵試驗林의 腐生性, 菌根性 및 寄生性 高等菌類의 分布와 多樣性에 關한 研究. 韓林誌. 76: 376-389.
- Leyton, L. 1948. Mineral nutrient relationships of forest tree. Forestry Abst. 9: 39-408.
- Mitchell, H.L. 1939. The growth and nutrient of white pine (*Pinus strobus* L.) seedlings in cultures with various nitrogen, phosphorus, potassium and calcium. Black Rock. For. Bull. 9: 135.
- Ocamp, J.A., and R. Azcon. 1984. Relationship between the concentration of sugar in the roots and VA mycorrhizal infection. Plant and Soil 86: 95-100.
- Oh, K.I., 1984. Growth and ectomycorrhizal development of container-grown *Quercus acutissima* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*. J. Korean For. Soc. 67: 10-16.
- Oh, K.I., 1987. On ectomycorrhizal development and physiological variation of container-grown *Quercus acutissima* inoculated with *Pisolithus tinctorius*. Dep. of Forestry, Graduate school, Chonbuk National University. Ph. D. : 124.
- 朴華湜. 1988. 培養土 및 窒素施肥 水準이 모래밭버섯균을 接種한 곰솔묘의 生長과 菌根形成에 미치는 影響. 全南大學校 碩士學位論文.
- Richards, B.N., and G.L. Willson. 1963. Nutrient supply and mycorrhizal development in caribbean pine. For. Sci. 9: 405-412.
- Ruehle, J.L., 1983. The relationship between lateral-root development and spread of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae after planting of container-grown loblolly pine seedlings. For. Sci. 29: 519-516.
- Ruehle, J.A. 1985. Lateral-root development and spread of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on bare root and container-grown loblolly pine seedling after planting. For. Sci. 31: 220-225.
- Ruehle, J.L., and D.H. Marx. 1979. Fiber,

- Food, Fuel, and Fungal symbionts. *Sci.* 206 : 419-422.
21. Ruehle, J.L., and C.G. Wells. 1984. Development of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on container-grown pine seedlings as affected by fertility. *For. Sci.* 30 : 1010-1016.
 22. Rygiewicz, P.T., C.S. Bledoe, and R.J. Zasoski. 1984. Effects of ectomycorrhizae and solution pH on nitrate uptake by coniferous seedlings. *Can. J. For. Res.* 14 : 893-899.
 23. Sidle, R.C., and Shaw, C.G. 1983. Evaluation of planting sites common to southeast Alaska clear cut. IV. nutrient levels in ectomycorrhizal sitka spruce seedlings. *Can. J. For. Res.* 17 : 340-345.
 24. Smith, R.A. 1982. Nutritional study of *Pisolithus tinctorius*. *Mycologia* 74 : 54-58.
 25. Warrington, S.L., and H.D. Black. 1982. Early stage of ectomycorrhizal formation between *Pisolithus tinctorius* hypae and *Pinus taeda* short roots. TAPPI Research and Development Division Conference 335-342.