

砂防施工地에 있어서 리기다소나무의 樹根의 分布에 미치는 土壤堅密度의 影響*1

曹 熙 料*2

Effects of Soil Hardness on the Root Distribution of *Pinus rigida* Mill. Planted in Association with Sodding Works on the Denuded Land*1

Hi Doo Cho*2

要 約

砂防施工地에 널리造林되는 리기다소나무의 根系分布와 土壤의 堅密度의 關係를 究明하고자 標本地를 選定 代表木의 傾斜下側에 環狀의 土壤斷面을 만들어 各土層別로 土壤硬度를 山中式 Soil hardness tester로 測定하고 樹根(中細根)의 分布를 調査하여 分析한바 다음과 같이 要約할 수 있었다. 1) 土壤의 堅密度는 土深이 깊어짐에 따라 漸次 增加하여 平均 指標硬度는 I層에서 14.6mm, II層에서 16.2mm, III層은 17.2mm, IV層에서는 18.3mm, V層에서는 19.8mm였다. 2) 樹根(中細根)은 表層에 이를수록 많이 分布하여 土層이 깊어짐에 따라 그 數가 減少하여 I層의 樹根의 數를 1(31%)로 할때 II層은 0.84(26%), III層은 0.6(18%), IV層은 0.4(12%), V層도 0.4(13%)이다. 3) 土壤의 堅密度와 樹根의 分布는 陰의 相關關係에 있어 堅密度가 높아지면 이에따라 樹根의 數는 減少한다. 各 土層別 土壤의 堅密度와 樹根分布의 相關係數는 I層은 -0.3675 , II層은 -0.5299 , III層은 -0.5573 , IV層은 -0.6922 , V層은 -0.7325 , 全体平均은 -0.9469 로서 모두 有意的이었다. 4) 리기다소나무의 樹根(中細根)의 成長에 最適當한 土壤의 堅密度는 指標硬度 12.0~14.9mm로서 이 階級에 屬하는 指標硬度는 33%이고 樹根의 分布는 41.8%이다. 또 指標硬度 20.9mm까지는 82%이나 樹根 93.2%가 分布하고 있어 指標硬度 20.9mm以下까지가 리기다소나무의 樹根의 生長에 適合하다고 思料된다.

ABSTRACT

Soil hardness represents such physical properties as porosity, amount of water, bulk density and soil texture. It is very important to know the mechanical properties of soil as well as the chemical in order to research the fundamental phenomena in the growth and the distribution of tree roots. The writer intended to grip soil hardness by soil layer and also to grasp the root distribution and the correlation between soil hardness and the root distribution of *Pinus rigida* Mill. planted on the denuded hillside with sodding works by soil layer on soil profile. The site investigated is situated at Peongchang-ri 13, Kocksung county, Chon-nam Province. The area is consisted of 3.63 ha having on elevation of 167.5-207.5 m. Soil texture is sandy loam and parant rock is granite. Average slope of the area is 17° - 30° . Soil moisture condition is dry. Main exposure of the area is NW or SW. The total number of plots investigated was 24 plots. It divided into two groups by direction each 12 plots in NW and SW and divided into three groups by the position of mountain plots in foot of mountain, in hillside, and in summit of mountain, respectively. Each sampling tree was selected as specimen by purposive sampling and soil profile was made at the downward distance of 50cm from the sampling tree at each plot. Soil hardness, soil layer surveying, root distribution of the

* 1. 接受 3月15日. Received March 15, 1982.

* 2. 全南大學校 農科大學, College of Agriculture Chonnam National University, Kwangju, Korea.

tree and vegetation were measured and investigated at the each plot. The soil hardness measured by the Yamanaka Soil Hardness Tester in mm unit. The results are as follows: 1) Soil hardness increases gradually in conformity with the increment of soil depth. The average soil indicator hardness by soil layer are as follows: 14.6mm in I - soil layer (0-10cm in depth from soil surface), 16.2mm in II - soil layer (10-20cm), 17.2 in III - soil layer (20-30cm), 18.3mm in IV - soil layer (30-40cm), 19.8mm in V - soil layer (40-50cm). 2) The tree roots (less than 20mm in diameter) distribute more in the surface layer than in the subsoil layer and decrease gradually according to the increment of soil depth. The ratio of the root distribution can be illustrated by comparing with each of five soil layers from surface to subsoil layer as follows: I - soil layer; 31%, II - soil layer; 26%, III - soil layer; 18%, IV - soil layer; 12%, V - soil layer; 13%. 3) Soil hardness and tree root distribution (less than 20mm in diameter) of *Pinus rigida* Mill. correlate negatively each other; the more soil hardness increases, the most root distribution decreases. The correlation coefficients between soil hardness and distribution of tree roots by soil layer are as follows: I - soil layer; -0.3675 (at the 10% significance level), II - soil layer; -0.5299 (at the 1% significance level), III - soil layer; -0.5573 (at the 2% significance level), IV - soil layer; -0.6922 (at the 5% significance level), V - soil layer; -0.7325 (at the 2% significance level). 4) the most suitable range of soil hardness for the growth of *Pinus rigida* Mill. is the range of 12-14.9mm in soil indicator hardness. In this range of soil indicator hardness, the root distribution of this tree amounts to 41.8% in spite of 33% in soil hardness and under the 20.9mm of soil indicator hardness, the distribution amounts to 93.2% in spite of 82% in soil hardness. Judging from above facts, the roots of *Pinus rigida* can easily grow within the soil condition of 20.9mm in soil indicator hardness. 5) The soil layers are classified by their depths from the surface soil.

Key words: *Pinus rigida*; root distribution; soil hardness.

結 論

樹根의 分布는 北쪽보다 南쪽으로, 傾斜上側 보다 傾斜下側으로, 瘠薄한 部位보다 肥沃한 部位에 더 많이 分布하고 있음은 널리 알려져 있는 事實이다. 樹根은 이와같이 生育條件이 알맞는 部位에서 좋은 生育을 하고 成長하면서 二酸化炭素를 放出하여 土壤을 溶解하는 化學的 作用도 있으나, 一般的으로 力學的 힘에 依하여 土壤粒子에 抵抗하면서 成長함으로 土壤의 緊密度는 樹根의 成長과 分布에 重大한 意義가 있다고 생각한다.

소나무類의 稚苗는 삼나무와 편백 나무에 比하여 生長初期에 있어서 主根의 生長이 旺盛하여 主根이 速히 心土에 達하기 때문에 乾燥한 土壤에서도 쉽게 枯死하지 않는데, 特히 리기다소나무는 乾燥하고 瘠惡한 荒地에서도 活着이 比較的 좋고 初期成長이 良好하므로 砂防造林用 樹種으로 널리 利用되고 있어 砂防施工地에서 오리나무類, 야까시나무와 같이 混植되어 主林木을 이루고 있음을 흔히 볼 수 있다.

土壤의 物理的 性質중에서 樹根의 生長에 크게 影響을 미치는 因子는 水分量과 孔隙量으로 適潤地에서는 生長이 좋지만 過濕地나 乾燥地에서는 生長이 나쁘며, 孔隙量은 生長이나 吸收의 에너지를 供給하

는 呼吸代謝에 不可欠한 것인 酸素量과 關係가 있을 뿐만 아니라 樹根의 生長에 機械的인 影響을 미치는 土壤의 緊密度가 絶對的인 函數關係에 있어 土壤의 硬度는 곧 土壤의 水分含量과 孔隙量을 나타낼 수 있을 뿐만 아니라 粒徑組成, 容積重 등을 綜合的으로 나타내므로¹³⁾ 土壤斷面에 있어서 各土層의 硬軟을 硬度로서 表示하는 것은 土壤의 物理的 性質을 間接的으로 把握하는 가장 輕便한 方法이다. 本 研究에서는 土壤의 緊密度가 樹根의 分布에 어떻게 影響을 미치는가를 分析하기 爲하여 砂防施工地에 造林된 리기다소나무林을 對象으로 調査에 着手하여 分析報告하는 바이다.

研究史

土壤의 緊密度를 測定하여 土壤의 物理的 性質을 綜合的으로 나타낼 수 있는 것이므로¹³⁾ 土壤의 緊密度와 植物의 根系 특히 樹木의 根系의 分布에 對한 研究는 앞으로 많은 研究가 期待된다. 따라서 樹根의 成長 發達은 土壤의 緊密度에 따라 支配되는 것으로 알려져 있으며¹¹⁾ 北村⁶⁾는 一般的으로 踏圧이 適當하면(1日, 1~5回) 根의 길이, 分岐管數, 節數, 成葉數, 根數등이 增加하나 過度하면 減少한다고 했고 本多³⁾ 등은 日本産 에는 1日, 20~千數개의

踏圧에서는 土壤의 固結은 表面 10cm 程度이며 根에 對한 影響은 적지만 根數에 있어서 減少하는 傾向을 나타낸다고 하였다. 또 近藤¹⁴은 芝生地의 限界收容力은 單純踏圧回數를 16回, 土壤硬度로 表示하면 山中式 土壤硬度計의 指標硬度 27mm이고, 適正收容力은 踏圧回數로는 7回, 指標硬度로서는 23mm일때라 하였다.

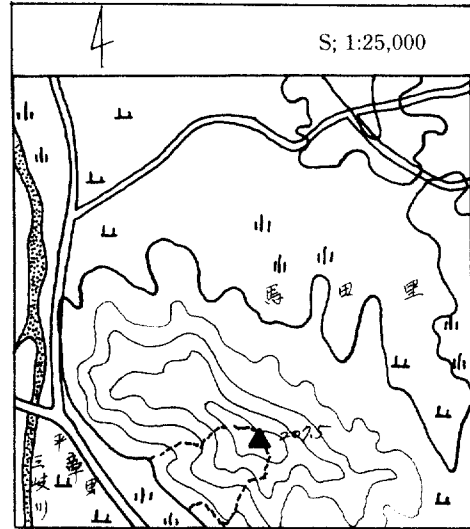
北村⁷ 등은 은행나무, 동백나무의 根部의 生長은 高硬度區(指標硬度: 30~31mm)에서는 나쁘고 低硬度區(指標硬度: 23~25mm)에서는 生長이 좋았고, 또 高硬度區에서는 生長이 나쁘지만 豫想外로 根이 伸長하고 地下部 發達度(地下部/全體)도 컸으며 低硬度區는 根의 狀態는 좋지만 地下部 發達度는 적었다고 發表하였다.

金⁵ 등은 어린이 大公園을 對象으로 林地와 林間休憩所에 生育하고 있는 리기다소나무의 成長差를 究明함에 있어 踏圧이 없는 林地에서의 直徑成長이 6.5% 높다고 하였으며 寺田¹²은 東京灣埋立地에 造成된 勝島綠道公園 등 6個所에서의 樹木根系의 伸長成長이나 分岐性도 土壤의 堅密度가 크면 阻害를 받는다고, 즉 樹木의 根系의 生長은 土壤의 堅密度에 支配된다고 하였다. 嶋²은 砂防施工地에 後植된 리기다소나무에서 土壤堅密도와 樹根의 分布에 對한 研究에서 細根의 分布는 土壤의 指標硬도와 強한 陰의 相關關係에 있으며 指標硬도의 增加에 따른 細根數가 減少하는 傾向은 下層보다 上層이 더 크다고 하였고 리기다소나무의 樹根의 生育에 最適當한 指標硬도는 18.50mm 以下라고 報告하였다.

材料 및 方法

I. 調查地의 概況

本 調查地는 全南 谷城郡 兼面 平章里 山13番地(面積: 3.63ha)에 所在하고 있으며 光州에서 約 30km 떨어진 곳으로서 標高 167.5m~207.5m에 位置한(Fig. 1) 花崗岩을 母岩으로 하는 砂壤土의 瘠薄한 林地이다. 1966年 山地砂防事業을 實施하여 리기다소나무 2,370本, 아까시나무 1,810本, 오리나무 1,270本을 植栽하여 現在 리기다소나무 單純林을 이루고 있다. 調查地의 SW方位는 下降斜面, NW方位는 複合斜面으로 나타났으며, 土深은 平均 中程度, 傾斜度는 17°~30°, 濕度는 一般의 乾燥, 方位는 NW方位와 SW方位의 2個方位, 土壤堆積樣式은 殘積土 또는 崩積土(Table 1)로써 多少의 腐植을 含有하고 있으나 一定한 森林土壤으로 分類하기에는 未



----- Boundary of the site investigated

Fig. 1. The site investigated

洽한 林地이다. 즉 荒地土壤인 受蝕土에서 乾性褐色 森林土壤으로 移行되어가는 林地이다.

主林木인 리기다소나무의 優占度는 被度⁴ 3~4이다. 리기다소나무의 生育狀況은 매우 不良하며(Table 1) 가지치기 등 撫育施業이 不良하여 力枝가 除去된 狀態의 林木이 大端히 많았다. 混植肥料木인 오리나무와 아까시나무는 大部分 採伐되어 버렸고 根株에서 發生한 萌芽가 垂高木 狀態로 남아있어 混植地라기 보다 리기다소나무 單純林이다.

총 24個 標本地 中 9個所에 오리나무가 出現하였는데 優占度가 2인 곳인 2個所, 1인 1個所, 기타 7個所는 4의 優占度였다. 아까시나무는 5個所에 出現하였는데 優占度 1인 3個所, 2가 2個所임을 보아 오리나무와 아까시나무의 生育狀況을 把握할 수 있다.

II. 調查 및 測定方法

調查地 全域에 걸쳐 有意抽出法에 依하여 24個의 標本地를 選定하였는데 SW方位에서 12個所 NW方位에서 12個所를 各 各 山麓, 山腹, 山峯의 位置로 나누어 10×10m의 quadrat를 設定, 植生調査를 하였고 이 quadrat에서 代表木으로 생각되는 標本木을 選拔, 이 標本木의 生長因子(樹高, 樹冠占有面積, 胸高直徑, 幹材積)를 測定하고(Table 1) 樹根分布 調査와 土壤의 堅密度를 測定하였다.

土壤의 堅密度 測定과 樹根分布 調査는 根系의 發

Table 1. The outline of investigated plots and sample trees

Plot No.	Plots investigated							Sample trees			
	Position	Slope form	Soil depth	Gradient gra.	Exposure	Soil humidity	Deposit form	Height (m)	Crown projection area (m ²)	D.B.H (cm)	Stem volume (m ³)
1	foot	concave	medium	20	S 30° W	dry	slide-deposit	5.27	5.94	11.1	0.023
2	hillside	"	thin	20	S 30° W	"	sedentary	5.08	5.10	11.4	0.027
3	summit	"	"	26	S 30° W	"	"	5.20	4.52	10.1	0.019
4	foot	"	deep	17	S 42° W	"	slide-deposit	5.64	3.05	11.3	0.025
5	hillside	"	medium	17	S 42° W	"	sedentary	5.16	17.34	11.2	0.023
6	summit	"	thin	28	S 42° W	"	"	3.73	2.54	8.5	0.010
7	foot	"	deep	17	S 49° W	optimum	slide-deposit	4.97	5.72	8.5	0.013
8	hillside	"	"	17	S 49° W	"	"	4.85	8.55	8.0	0.011
9	summit	"	medium	29	S 49° W	dry	"	4.79	5.10	8.6	0.013
10	foot	"	deep	17	S 51° W	"	sedentary	5.64	5.72	10.0	0.020
11	hillside	"	medium	23	S 51° W	"	"	6.15	11.93	9.5	0.020
12	summit	"	thin	29	S 51° W	"	"	4.04	4.15	6.5	0.006
13	foot	concave-convex	medium	22	N 21° W	optimum	"	7.14	9.07	9.3	0.022
14	hillside	"	deep	26	N 21° W	dry	"	5.81	8.04	8.5	0.015
15	summit	"	medium	32	N 21° W	"	"	3.24	7.07	8.2	0.008
16	foot	"	"	23	N 23° W	optimum	slide-deposit	6.60	4.15	8.0	0.015
17	hillside	"	thin	17	N 23° W	"	sedentary	6.80	5.31	12.0	0.035
18	summit	"	"	26	N 23° W	dry	"	4.04	3.46	7.5	0.008
19	foot	"	medium	41	N 5° W	optimum	slide deposit	8.60	15.9	12.5	0.005
20	hillside	"	deep	12	N 5° W	"	"	5.85	7.54	12.0	0.003
21	summit	"	medium	26	N 5° W	dry	sedentary	7.63	5.31	10.5	0.030
22	foot	"	"	23	N 26° W	optimum	slide-deposit	6.32	9.62	10.5	0.025
23	hillside	"	"	20	N 26° W	dry	"	6.26	9.07	10.0	0.022
24	summit	"	"	34	N 26° W	"	sedentary	6.92	6.15	10.3	0.026

Table 2. Investigated factors of soil profile

Plot No.	Depth of soil layer				Transition of		Hardness & number of tree roots																Total roots
	Ao	B	B	C	Soil	Humus	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
							H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	
1	2.5 0.5	22.5 20-25	25.5 18-35		gradual	involved	17	11.7	18.1	12.3	18.0	6.3	19	3.3	19.1	2.7							36.3
2	1.5 1-2	20.5 14-27	20 8-32		"	"	15.5	10.7	20.9	9.3	22.2	4.3	23.0	1.0									25.3
3	3.5 2.5	7 5-9	6 3-9		"	"	14.1	11.7															11.7
4	6 2-10	119 118-120			"	"	15.8	8.0	16.3	9.3	18.2	8.7	19.9	6.3	19.2	4.3	17.7	4.0	17.9	6.3	18.2	6.0	(1) 52.9
5	5 2-8	48 44-52	18 14-22		"	"	17.5	12.3	20.2	11.0	22.1	6.0	24.7	1.0	25.8	1.0							31.3
6	7 4-10	7 4-10	6 6-6		"	"	9.7	15.7	13.6	13.7													29.4
7	7 4-10	53 46-60	17 6-28		"	"	10.5	9.7	13.9	11.0	13.0	10.0	13.0	5.7	14.0	8.0	12.8	7.3	14.1	5.0			56.7
8	5 2-8	50 46-54	18 10-26		"	"	(1) 1.7	(1) 9.7	(1) 21.1	(1) 8.3	(1) 20.7	(1) 5.0	(1) 21.8	(1) 3.0	(1) 21.7	(1) 5.3	(1) 20.1	(1) 3.7	(1) 20.8	(1) 3.7	(1) 3.7	(1) 3.7	(2) 38.7
9	10.5 5-16	11.5 4-19	17 1-33		"	"	12.9	15.7	18.6	5.0	18.5	4.3	19.3	4.0	22.0	4.0							33.0
10	5 2-8	38.5 29-48	25 20-30		"	"	(1) 19.8	(1) 10.0	(1) 21.4	(1) 5.0	(1) 20.6	(1) 6.0	(1) 18.0	(1) 5.7	(1) 18.0	(1) 5.7	(1) 19.7	(1) 7.5	(1) 7.5	(1) 7.5	(1) 7.5	(1) 7.5	(1) 34.2
11	10 8-12	31 28-34	8 4-12		"	"	18.8	11.3	23.6	4.0	22.9	6.3	23.8	2.7									24.3
12	9.5 4-15	10.5 5-16	4 2-6		"	"	(1) 15.8	(1) 9.0	(1) 13.7	(1) 11.0													(1) 20.0
13	2 0-4	31 26-36	7 4-10	8.5 7-10	"	rich	14.2	9.0	14.0	11.3	15.6	4.7	17.5	4.0									29.0
14	4.5 4-5	5.3 5-5.5	21 16-26		"	involved	14.3	11.0	13.6	8.3	14.8	7.3	16.8	8.3	17.6	5.0							39.9
15	1 0-2	39 38-40	3 2-4		"	"					(3) 13.9	(3) 15.7	(3) 14.2	(3) 11.0	(3) 15.1	(3) 9.0	(3) 15.8	(3) 6.7	(3) 6.7	(3) 6.7	(3) 6.7	(3) 6.7	(3) 42.4
16	2.5 2-3	33.5 30-37	13 8-18		"	"	14.2	16.0	15.2	15.3	15.3	10.7	16.1	6.7									48.7
17	19 18-20	3 2-4	17 16-18	9 8-10	"	"	14.8	16.0	15.0	13.7													29.7
18	6 4-8	16 14-18	12 10-14		"	"	10.2	12.7	12.5	13.7	13.3	8.0											34.4
19	11 10-12	18 14-22	15 8-22	15 10-20	"	"	11.3	13.3	14.2	7.3	14.7	8.0	15.1	5.0									33.6
20	3 2-4	35 32-38	22 20-24		"	"	14.5	6.7	15.2	10.0	16.9	5.0	16.7	4.0									25.7
21	10 4-16	39 32-45	13 10-16		"	"	(1) 12.6	(1) 15.7	(1) 13.8	(1) 8.3	(1) 15.9	(1) 9.3	(1) 16.9	(1) 7.0	(1) 18.8	(1) 8.0	(1) 8.0	(1) 8.0	(1) 8.0	(1) 8.0	(1) 8.0	(1) 8.0	(1) 48.3
22	4 2-6	46.5 45-48	24.2 18.5-20		"	"	16.3	4.7	14.9	7.3	16.8	5.7	19.0	3.3	20.3	2.0							23.0
23	6 2-8	23 20-26	23 22-24		"	"	13.4	8.7	13.0	9.3	13.0	6.7	13.5	4.5									29.2
24	3 2-4	19 18-20	11 10-12		"	"	13.3	11.3	16.2	8.7	16.5	7.0											27.0
Range	2-19	1-10	7-119	3-25.5	"	"	9.7- 19.8	12.5- 23.6	13.0- 22.9	13.0- 24.7	13.0- 24.7	13.0- 24.7	13.0- 24.7	14.0- 25.8	14.0- 25.8	12.8- 20.1	14.1- 20.8	14.1- 20.8	14.1- 20.8	14.1- 20.8	14.1- 20.8	14.1- 20.8	14.1- 20.8
Average	10.7	6.9	24.0	14.8	"	"	14.6	11.5	16.2	9.7	17.2	6.9	18.3	4.6	19.8	4.8	16.9	5.2	17.6	5.0	5.0	5.0	5.0

Note: H : Soil hardness

R : Roots except large roots (more than 2cm)

() : Number of large roots

達이 傾斜 上側보다 傾斜 下側이 더 많이 發達하므로 標本木에서 50cm 떨어진 傾斜 下側을 環狀으로 Trench를 파서 土壤斷面을 만들었다(Photo 1). 土壤斷面은 土壤斷面의 表面이 될 수 있는 限 平滑하게 하여야 하고 斷面을 만들때 土粒의 結合力을 破壞하는 것을 避하여야만 堅密度 測定에 正確을 期할 수 있으므로 細心한 注意를 하여 土壤斷面을 만들었다. 土壤斷面上에 나타난 層位를 各各 두께를 測定하고(Table 2) 堆積狀態, 腐植의 含有狀態, 水濕狀態, 土性 등을 調査하고 90×100cm의 網을 10×10cm 間隔의 小quadrat로 区分하여(photo 1) 土壤斷面に 垂直인 깊이別로 0~10cm 깊이, 10~20cm 깊이, ……; 90~100cm 깊이에서 土壤斷面上에서 各土層別로 9個의 小quadrat中 3個에서(2, 5, 8 번째) 各各 山中式 Soil hardness tester로 堅密度를 3回 測定하여 指標硬度로 表示하여 平均하고, 各土層別로 測定한 3個의 小quadrat의 指標硬度를 平均하여 各土層에서의 堅密度로 하였다.



Photo 1. Soil profile.

樹根分布 調査도 土壤의 堅密度 調査에서와 같이 깊이別로 土層을 区分, 各土層의 小quadrat를 3個를 選定 各各 小quadrat에 나타난 樹根의 數를 調査하여 이를 平均하여 各土層의 樹根의 數로 하였다. 樹根은 直徑에 따라 普通 細根(2mm 미만), 中根(2mm~20mm), 太根(20mm以上)으로 나누는데* 本研究에서는 20mm以上の 太根과 20mm以下の 中細根으로 나누어 調査 集計하였다. 以下 樹根이라 함은 太根을 除外한 中細根만을 指稱한다.

結果 및 考察

本調査地는 砂防施工後 15年이 지나 施工의 흔적

이 없었다. 主林木인 리기다소나무의 鬱閉度가 낮고 下層植生이 不良하여 地表가 裸出되어 있는 곳이 大部分으로 表土가 不安定하여 土砂流出의 危險이 많은 林地로서 山麓은 土壤의 堆積樣式이 崩積으로서 土深이 中程度여서 土深이 中~淺인 山腹이나 山峯에 比하여 土深이 깊어 根系의 發達이 相當한 깊이에 이르고 있으나 이에 比하여 山腹이나 山峯의 部位에서는 根系의 發達이 깊어 이르지 못하여 地表에 露出되어 匍匐하고 있는 例도 볼 수 있었다.

土壤濕度는 SW方位는 標本地 7과 8을 除外하고는 모두 乾燥하고 NW方位에서도 標本地 13, 16, 17, 19, 20, 22는 適潤하나 以外は 모두 乾燥하여 全體의 土壤濕度는 乾이라 볼 수 있다(Table 1).

下層植生이 不良하고 土壤濕度가 適合치 못하여有 機質의 分解가 쉽지않고 地表裸出로 流水에 依한 地表의 移動이 쉽게 이루어지므로 腐植의 形式에 惡害를 주어 A₀層이 나타난 土壤斷面은 SW方位에는 全無하고 NW方位에만 3個所가 나타났다. A₀層이 나타난 標本地는 土壤濕度가 適潤한 13, 17, 19였다. (Table 1, Table 2) A層은 全區에 나타났으나 그 層位는 얽어 標本地 13을 除外하고는 1.0cm~10cm로 平均 6.9cm의 두께이다. 標本地 13을 除外하고는 腐植의 含量도 豊富치 못하여 B層과의 區別이 甚히 어려웠다(Table 2). 즉 層位의 堆積狀態가 漸變狀態에서 層位의 境界가 明瞭하게 나타나지 않았다(Table 2). B層은 相當히 層位가 두꺼워서 標本地 4에서는 무려 119cm까지 나타났으나 但 1個所 뿐이었고 53cm가 2個所 50cm, 48cm, 46.5cm가 各各 1個所, 39cm가 2個所 등 30cm以上이 12個所로 全體의 50%에 該當하고 平均 두께는 24cm이다 (Table 2). C層은 平均 두께가 14.8cm로 B層에 比하여 層位가 얽다. 標本地 4는 土深이 深으로 A, B層이 125.9cm이므로 C層의 두께를 調査하지 않았다. 25.5cm, 25.0cm, 24.2cm가 各各 1個所씩이고 外는 6cm~22cm의 範圍에 있다. B層과 C層의 境界도 A層과 B層의 境界와 같이 境界가 明瞭하지 않아 層位의 堆積狀態가 漸變狀態이었다(Table 2).

土壤斷面調査에서 土層 VI層(50~60cm)과 VII層(60~70cm)에 樹根이 나타난 標本地는 4, 7, 8로 各各 3個所이며 VII層(70~80cm)에는 標本地 4가 土深이 깊어 但 1個所만 나타나 本研究에서는 土層 VI, VII, VIII層의 統計量이 極少하므로 分析對象에서 除外하였다.

I. 土深과 土壤의 堅密度

標本地의 平均土深은 45.7cm로 中 程度인데 最大

土深은 標本地 4 에 나타나 A, B層이 125.9cm이고 最小土深은 標本地 3 으로 16.5cm이다 (Table 2). 土深은 山麓이 가장 깊고 山腹, 山峯의 順으로서 山上側에서 山下側으로 表土의 移動이 있음을 確認할 수 있다.

指標硬度는 土層 I에서 低硬度가 9.7mm로 가장 낮고 順序대로 II層, III層, IV層, V層順으로 높아졌으며 高硬度 亦是 I層에서는 19.8mm로서 低硬도와 같이 土層이 깊어짐에 따라 값이 커져 갔으나 II層과 III層의 값의 크기가 바뀌었다. 그러다 全体的으로 볼때 土深이 깊어짐에 따라 큰값을 주는 傾向을 認定할 수 있었다 (Fig. 2).

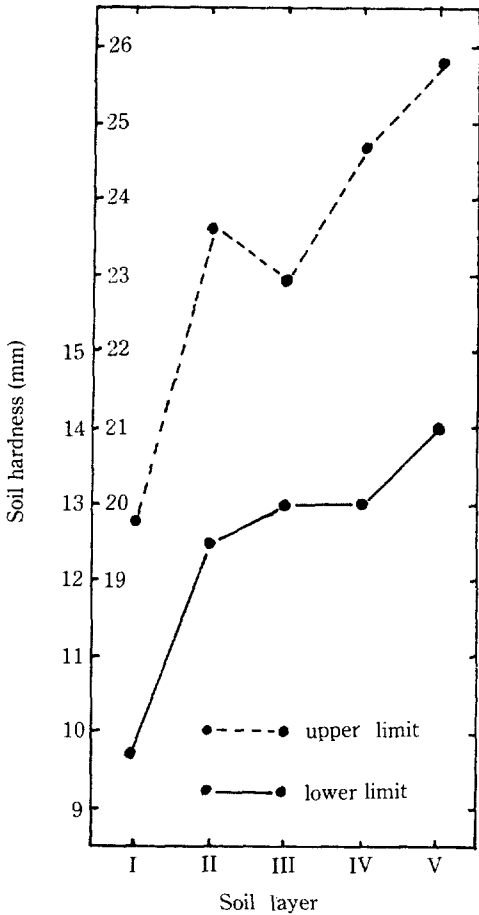


Fig. 2 Soil hardness range by soil layer

平均硬度는 土層 I에서 指標硬度 14.6mm, II에서 16.2mm, III에서는 17.2mm, IV에서는 18.3mm, V에서는 19.8mm로서 土層이 깊어짐에 따라서 指標硬度가 커져 갔다 (Table 2, Fig. 2, Fig. 3).

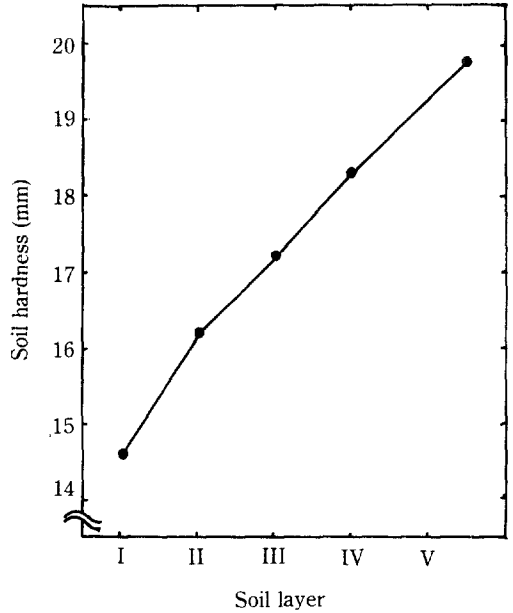


Fig. 3 The mean of soil hardness by soil layer

그러므로 土壤의 堅密度는 土深이 깊어짐에 따라서 높아짐을 알 수 있다.

II. 土層別 土壤의 堅密度와 樹根의 分布

1. 土層別 樹根의 分布

樹根은 生長에 있어서 方向性이 있는데 根의 運動現象은 主로 外部로부터 刺激을 細胞가 받아서 原形質에 어떤 變化가 일어나 그 結果 屈地性, 屈化性, 屈濕性, 屈氣性 등의 性質을 認定할 수 있다. 리기다소나무는 소나무, 곰솔과 같이 根系統이 赤松型으로 稚苗때는 主根의 生長이 旺盛하여 速히 心土에 達하며 主根의 先端에 가까운 곳에서 漸次로 枝根이 分枝하고 이 枝根은 다시 一次側根, 二次側根으로 漸次 分枝가 發達하여 根系을 形成하게 되는데 成木으로 되어 樹齡이 增加함에 따라서 根의 伸長成長은 抑制되고 主根의 主体가 不明瞭하게 되는 경우가 많다. 그 原因은, 첫째 土層이 깊어짐에 따라 土壤의 堅密度가 높고 通氣가 不良하므로 樹根의 生長에 適合치 못하고 側根 등 枝根의 發達이 旺盛하여 生理적으로 主根生長이 抑制되기 때문으로 思料된다. 新田¹에 依하면 指標硬度 27mm以上에서는 樹根의 生長이 困難하다고 報告하였는데 本調査地의 硬度範圍가 9.7~25.8mm (Table 2) 이므로 樹根이 生長하는데 困難을 느끼지 않을 程度이다.

리기다소나무는 垂直的 分布는 深根型이어서 土深

이 깊은곳에 根系의 發達이 旺盛하나 水平的 分布로는 分散型, 分岐는 疎放型이어서 土深이 깊지 않는 中程度의 土深에서도 根系의 發達은 活潑하다. 즉 土深이 深인 標本地 4, 7, 8, 10, 14, 20에서 樹根의 根系는 各各 52.9, 56.7, 38.7, 34.2, 39.9, 25.7 개로서 다른 標本地보다 많으나 土深이 中인 標本地 15, 16, 21에서도 各各 42.4, 48.7, 48.3개로서 相當히 많은 根이 分布하고 있음을 보아 알수있다.

(Table 1, Table 2)

土層別로 樹根의 分布를 보면 上層에서 下層에 이룸에 따라 樹根數가 減小한다. 즉 I層에서는 平均 根數 11.5인데 II層은 9.7, III層은 6.9, IV層은 4.6, V層은 4.8개로서 下層에 이룰수록 樹根의 數는 減小했다. 이는 前述한 바와같이 下層에 이룰수록 土

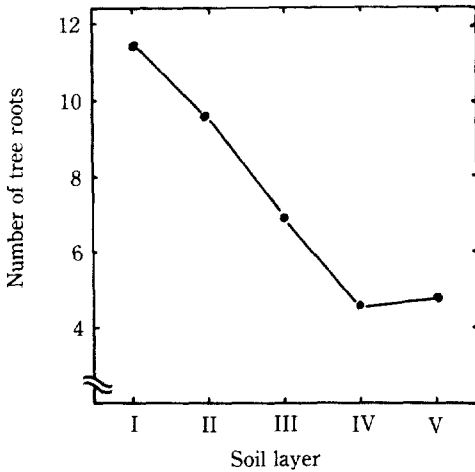


Fig. 4 The distribution of the mean of tree roots by soil layer

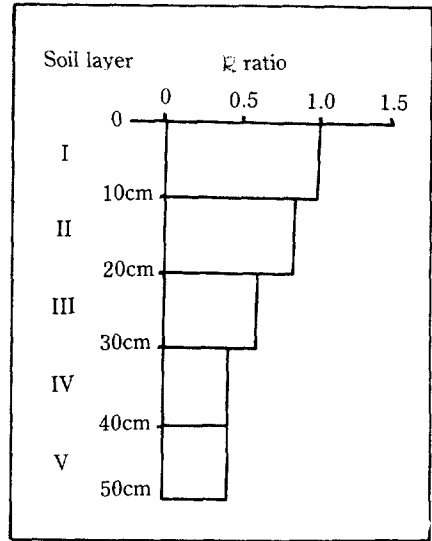


Fig. 5 The ratio of the distribution of tree roots by soil layer

壤의 堅密度가 높아지고 通氣가 不良한데 原因이 있으리라 생각된다(Fig. 4).

樹根數의 土層別 分布比는 I層을 1로 했을때 II層은 0.84, III層은 0.6, IV層은 0.4, V層도 0.4 이다(Fig. 5). 이를 百分率로 보면 I層에 31%, II層에 26%, III層에 18%, IV層에 12%, V層에 13%가 分布하고 있어 土層 I, II層에 즉 土深 20cm部位까지 57%가 分布하고 있다. 따라서 樹根의 分布는 土深이 깊어짐에 따라 減小하는 傾向을 認定할 수 있다.

Table 3. Correlations between soil hardness and number of tree roots

Soil Layer	Correlation coefficients	T-test	Confidence limit
I (0 - 10cm)	-0.3675	t = 1.853 t _{22, 0.1} = 1.717	-0.020 - -0.6640
II (10 - 20cm)	-0.5299	t = 2.863 t _{21, 0.01} = 2.831	-0.1489 - -0.7739
III (20 - 30cm)	-0.5573	t = 2.848 t _{18, 0.02} = 2.552	-0.1489 - -0.8041
IV (30 - 40cm)	-0.6922	t = 3.836 t _{16, 0.01} = 2.921	-0.3276 - -0.8764
V (40 - 50cm)	-0.7325	t = 2.633 t _{6, 0.05} = 2.447	-0.0500 - -0.9478
Average	-0.9469	t = 5.148 t _{3, 0.02} = 4.541	-0.3885 - -0.9967

2. 土壤의 堅密度와 樹根分布의 相關分析

土層別로 中細根의 相關關係를 分析한 結果 I層

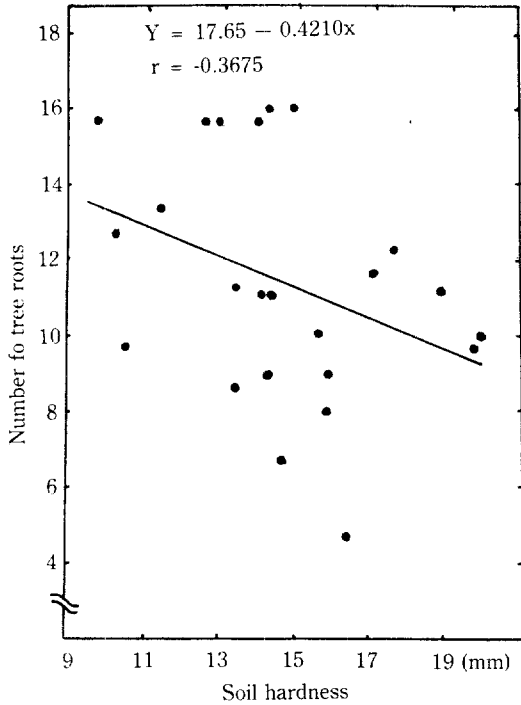


Fig. 6 Correlation between soil hardness and number of tree roots (soil depth; 0-10cm)

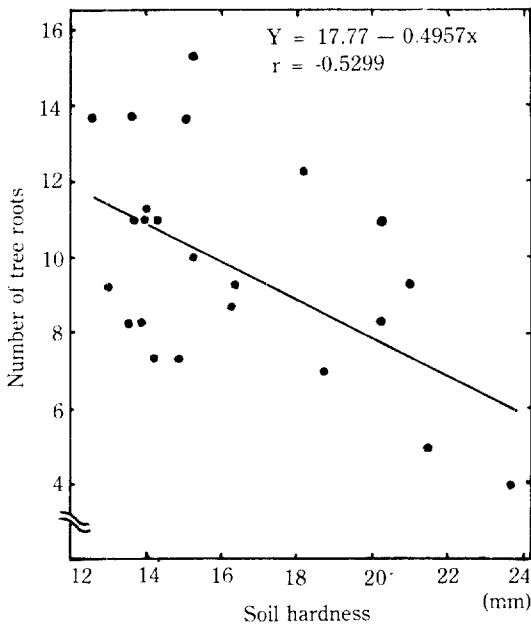


Fig. 7. Correlation between soil hardness and number of tree roots. (soil depth; 10-20cm)

에 있어서 相關係數 -0.3675, II層은 -0.5299, III層은 -0.5573, IV層은 -0.6922, V層은 -0.7325로 모두 陰의 相關關係에 있으며 有意性 檢定結果 모두 有意的이었다. 相關係數의 95% 信賴限界의 信賴區間의 幅은 大端히 넓었다(Table 3, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10).

Table 3에서 土層이 깊어짐에 따라 相關係數가 큰 것은 土壤의 堅密度가 樹根의 分布에 미치는 影響이 土層이 깊어짐에 따라 漸次 增加함을 알 수 있다. 全土層의 平均値의 相關係數는 -0.9469로 強한 陰의 相關關係에 있으며 有意的이고 相關係數의 95% 信賴限界의 信賴區間의 幅이 大端히 좁았다(Table 3, Fig. 11).

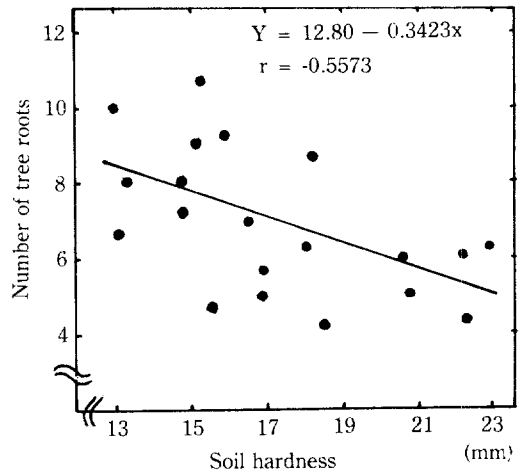


Fig. 8. Correlation between soil hardness and number of tree roots (soil depth; 20-30cm)

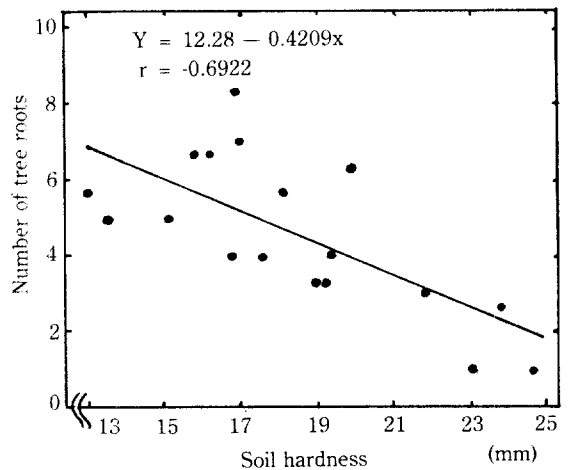


Fig. 9. Correlation between soil hardness and number of tree roots. (soil depth; 30-40cm)

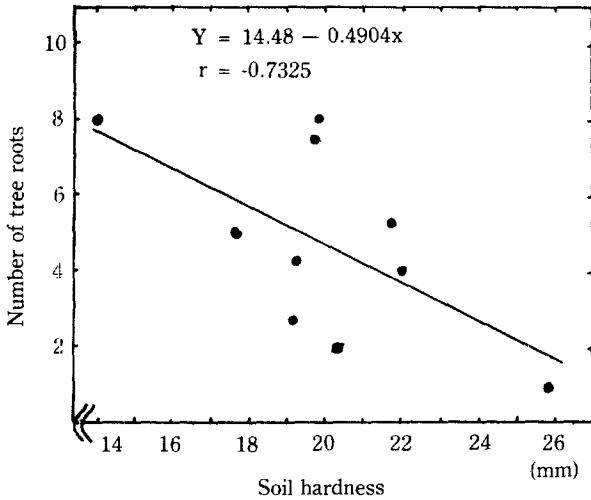


Fig. 10. Correlation between soil hardness and number of tree roots (soil depth; 40-50cm)

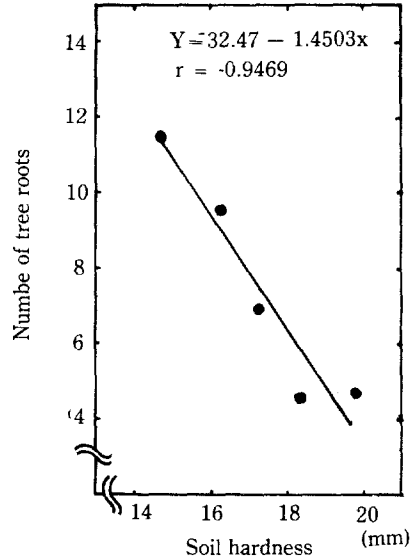


Fig. 11. Correlation between the mean of soil hardness and the mean of tree roots.

Table 4. Regression coefficients and regression equations

Coefficient of regression	Confidence limit (95%)	Regression equation
-0.4210	-0.4210 ± 0.4702	y = 17.65 - 0.4210x
-0.4957	-0.4957 ± 0.3600	y = 17.77 - 0.4957x
-0.3423	-0.3423 ± 0.2525	y = 12.80 - 0.3423x
-0.4209	-0.4209 ± 0.2326	y = 12.28 - 0.4209x
-0.4904	-0.4904 ± 0.4551	y = 14.48 - 0.4904x
-1.4503	-1.4503 ± 0.9052	y = 32.47 - 1.4503x

土層別 中細根의 回歸係數는 相關係數와 같이 負의 값으로 Ⅲ層에서 값이 적어졌다. 다시 값이 커져 一定한 性質을 認定할 수 없다. 回歸係數의 95% 信賴限界의 信賴區間도 幅이 大端히 크다. 또 全土層을 平均한 回歸係數의 95%의 信賴限界의 信賴區間도 幅이 컸다(Table 4).

Ⅲ. 土壤의 堅密度와 樹根의 度數分布

1. 土壤 堅密度의 度數分布

土壤의 堅密度는 指標硬度 9.7mm에서 25.8mm까지의 範圍에 屬하나(Table 2) 24.0mm를 넘는것은 2個 뿐으로 指標硬度가 높지 않아 樹根의 生長이 容易한 範圍^{1,11)}에 屬한다. 指標硬度가 12.0~14.9 mm에 屬하는것이 33%로 제일 많고 15.0~17.9mm가 27%, 18.0~20.9mm가 23% 순으로 많았다. 따라서

20.9mm 以下의 指標硬度에 屬하는 것이 土壤斷面의 小quadrat 95個中 82個로 86%에 該當한다(Table 5) 따라서 本調査區의 土壤의 地表硬度는 樹根의 生育에 알맞는 堅密度이다.

2. 樹根의 土壤 堅密度에 따른 度數分布

土壤의 堅密度와 같이 指標硬度가 12.0~14.9mm에 屬하는 小quadrat에서 樹根의 數가 41.8%로써 제일 많고 15.0~17.9mm에는 27.5%, 18.0~20.9mm에는 19%가 分布하여 指標硬度가 20.9mm以下에 分布하고 있는 樹根은 93.2%가 되어 硬度度數分布 86%에 比해 7.2%나 더 많다(Table 6).

따라서 樹根의 生育에 가장 活潑한 土壤의 指標硬度는 12.0~14.9mm이고 20.9mm 以下에서 生育條件이 좋다고 말할수 있다.

Table 5. Frequency of soil hardness

Hardness class (mm)	Frequency	Relative frequency (%)	Cumulative frequency	Cumulative relative frequency (%)
9.0 - 11.9	3	3	3	9.7
12.0 - 14.9	31	33	34	36.0
15.0 - 17.9	26	27	60	63.0
18.0 - 20.9	22	23	82	86.0
21.0 - 23.9	11	12	93	98.0
24.0 - 26.9	2	2	95	100.0
	95	100		

Table 6. Frequency of tree roots due to soil hardness

Hardness class (mm)	Frequency	Relative frequency (%)	Cumulative frequency	Cumulative relative frequency (%)
9.0 - 11.9	38.1	4.9	38.1	4.9
12.0 - 14.9	321.2	41.8	359.3	46.7
15.0 - 17.9	211.5	27.5	570.8	74.3
18.0 - 20.9	146.0	19.0	716.8	93.2
21.0 - 23.9	49.9	6.5	766.7	99.7
24.0 - 26.9	2.0	0.3	768.7	100.0
	768.7	100.0		

結 論

花崗岩을 母岩으로 하고 砂壤土인 本調査地에서 리기다소나무의 根系의 分布와 土壤堅密度에 對하여 調査分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 土壤의 堅密度는 土深이 깊어짐에 따라 높아진다.
2. 리기다소나무의 中細根은 表層土에서 下層土에 이룰수록 數가 적어지며 0~20cm 深의 表層土에 57%가 分布하고 있다.
3. 리기다소나무의 中細根의 數는 土壤의 堅密度가 높아짐에 따라 적어진다.
4. 리기다소나무의 中細根의 生長에 適合한 土壤의 堅密度는 20.9mm以下이다.

引用 文獻

1. 新田伸三ら, 1976. 土木工事ののり面保護 I, 鹿島出版會.
2. 曹熙科, 1981. 土壤의 硬度가 樹根의 分布에 미치는 影響, 全南大學校 農漁村開發研究, 16(1): 17-25.
3. 本多伸, 山野忠定, 1959. 日本芝の生育に及ぼす 踏圧の影響, 造園雜誌, 22(4): 16-20.

4. 河田弘, 小島俊郎, 1969. 環境測定法IV, 共立出版株式會社, 75 pp.
5. 金榮南, 洪性珪, 趙台煥, 1977. 土壤堅密度가 樹木生長에 미치는 影響, 韓林誌, 36: 47-55.
6. 北村文雄, 1965. 日本芝園芸品種栽培の基礎的研究(I), 造園雜誌, 28(3, 4): 12-17.
7. 北村文雄, 野田坂伸也, 1975. 造園樹木の生長におよぼす土壤硬度の影響, 造園雜誌, 38(4): 32-37.
8. Kittredge, J. 1948. Forest Influences. McGRAW-Hill Book Co., Inc., 185 pp.
9. 菊住昇, 1979. 樹木根系圖說, 誠文堂新光社.
10. 夏目正外, 1958. 實用林業便覽, 朝倉書店, 57.
11. 土壤安定材料委員會, 1979. 斜面安定工法, 鹿島出版會.
12. 寺田正男, 1980. 土壤の堅密度と樹木の根系生長, 日林誌, 62(4): 153-155.
13. 土壤物理性測定委員會, 1972. 土壤物理性測定法 養賢堂, 308.
14. 近藤三雄, 小沢知雄, 1977. 芝生地の収容力に關する基礎的研究, 造園雜誌, 4(3): 11-23.