

材木の根に関する基礎的研究(第1報) : 処理を異にする幼令スギ林の根系調査

須崎, 民雄
九州大学農学部

実松, 敬行
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15856>

出版情報 : 演習林集報. 17, pp.9-37, 1962-12-05. Kyushu University Forests
バージョン :
権利関係 :

林木の根に関する基礎的研究 (第1報)

(処理を異にする幼令スギ林の根系調査)

須崎民雄・実松敬行

Tamio SUZAKI and Hiroyuki SANEMATSU:
A Fundamental Study on the Tree Root (I)
(The Root Survey on the young Sugi Trees (*Cryptomeria japonica* D. Don) applied some Treatments)

目 次

I. 緒言	III. 調査結果
II. 調査方法	IV. 考察

Résumé

I. 緒言 (Introduction)

人工林においては多くの保育が行なわれる。下刈、つる切り、除伐、枝打、間伐等は保育もしくは従来より撫育と呼びならわされてきた作用のいわば代表的なものであり、その他、病虫害、動物による害の防除、地方によっては雪おこし、あるいは年によって風おこしなどの作業が加わることもあるし、スギの品種によっては二又切りなどの保育も必要になってくる。そしてこれらの作業は林木の地上部を対象として行なわれるもので、地上部における競合物を排除することと木材造成の目的に合致するような形質に導くことを目的としていた。言葉をかえていえば、地上部を場としてそれを林木の成長に好ましい状態にかえていくことと、われわれにとって好ましい状態になるように林木に働きかけることが従来の保育の概念であった。

しかしながらより一層の短期育成を望むようになった最近では、保育は地上部にとどまらず、地下部に対してもとりあげられねばならず、実際、積極的に広くとりあげられている。それは林地処理という形であって実際には耕うん、灌水、施肥、被覆、除草、肥培木混植というような一連の方法がとられる。これらは全て林木の地下部に対する働きかけであってその目的は、地下の環境を林木の生育、むしろ根系の生育に適する状態にかえていくことにある。そして実際に多くの効果を挙げているが、その処理による効果の判定はつねに地上部の成長量をめやすとして行なわれ、処理と地下部の発達との関連はあまり調査されていない。地上部と地下部とは勿論密接に関連しているというよりも同一物であり、林地処理の究極の目的は地上部の成長にあることを考えれば、そのような判定は当を得ていることではあるが、それはあくまで間接的な判定である。林地に対して行なわれる処理は地上部と密接に結びつき、根はその二者間に介在する単なる媒介物に過ぎないなどということはないであろうし、林地処理はまず根に対して働きかけ、その次の段階として根が地上部に影響をおよぼすと考えることが妥当であろう。

本調査は灌水、耕うん、施肥という三つの処理が根系の形態に影響をどの程度まで与えるか、またその結果それが地上部の成長とどのように結びついているかを調査し、これま

で行なわれてきた林地処理のさらに有効な方法を見出すことの資料としたい。

一般に根の形態、分布、量は樹種と樹令によって大いに異なるが、林木における根の意義は地上部の支持と養水分の吸収にあり、しかも、呼吸のための酸素を必要とするところから、その目的を達しながら生存を続けるためには、存在する土壤に、その形態、分布がある程度まで適応させねばならない。逆にいえば、土壤がある程度まで根系を支配しており、そのなかでも、土壤の三相分布、すなわち孔隙量と含水量は最も重要な因子であり、次いで養分含量が主として根の量を規制すると考える。そういう意味で、灌水によっておこる水分の増加と気相の減少、耕うんによる孔隙量の増加、施肥による養分含量の増加は何らかの形で根系に作用していくと考え、調査の対象とした。

ただし以上の三処理はその直接的な効果の他に種々の間接的な作用、例えば、地温、競合雑草の植生変化、pH 値等々にまで影響を与えるであろうし、処理と地上部とが直接に結びつかないように処理と地下部とも恐らくは直接に結びつかず、微生物、菌根の介在が考えられるが、ここでは一と先ずその問題をおいて、これまでの処理と地上部との関係を、文字通りもう一段掘り下げて処理と地下部との関係にまで発展させると同時に、一般的な幼令スギ造林木の根系の形態の把握を目的としている。

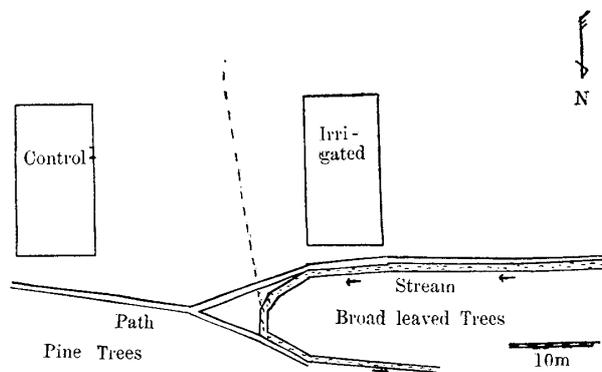
II. 調査方法 (Method)

(1) 灌水試験地 (At Irrigating-test Farm)

長崎県南高来郡国見町神代の一民有林に灌漑用水路が甚だしく迂回しながら貫通しており、この水路下部は漏水の影響を著しく受けて成長、植生等に大きな違いがみられるので、灌水の効果と考え、灌水試験地として調査を行なった。本林分は長崎県島原半島の西北部で雲仙岳の中腹に位置しこの中を貫通する水路は藩政時代既に設定されて老朽化しており、幅 2.5 m、水深 4 cm、流速 0.2 m/sec、流量 0.004 m³/sec/m と極めて緩慢な流れを呈する。

しかも甚だしく迂曲しており河底、兩岸とも土堤であって何ら補強されていないため林分下部は相当量の漏水がみられ、しかもそれは水路の手入のあまり行なわれない冬季に多い。この林分のうち、Fig. 1 に示すように水路に面する林分と、これと同斜面ではあるが、漏水の影響を全然受けない隣接林分とにプロットを設けた。両プロットとも広葉樹伐跡地に植栽されたスギ実生 3 年生林分である。

Fig. 1. Irrigating treatment plot.



このプロットにつき、1961年2月に樹高、根元直径を測定したのち、各プロットより樹高中央木各1本を掘りとりその根系を、さらに同年8月に灌水区よりさらに1本を掘りとり

てその根系と土壌とを、根系についてはその形態と深さ別重量、土壌については A, B 層の厚さ、含水量、孔隙量、pH を調査した。

(2) 耕うん試験地 (At Cultivating-test Farm)

一般に耕うんの場合は、その多くが除草を伴っており、この調査地もその例にもれない。本調査地は宮崎県東臼杵郡椎葉村大字大河内字大籾の九州大学農学部附属宮崎演習林 21 林班にあって、1957 年 3 月、14 年生母樹（アラカワ）より採穂、直挿されたスギ林で挿付前年、挿付年と 2 回木場作が行なわれた。すなわち火入れ、粗い耕うん及び除草の後、ヒエの耕作が行なわれ、次年に挿付とアズキの間作が行なわれており、同一斜面の隣接対照区とは著しく異なった手入を受けたことになる。対照区は雑木を刈払っただけで挿付けが行なわれ次年は下刈のみが行なわれた。

1961 年 8 月この林地にプロットを設け、樹高平均木に近いもの各 3 本づつをとり、地上部については、樹高、各部重量、地下部では半径 1 m の円内の根系を、地表より 10 cm 毎に土とともに掘りとり、細根のみをふるい出してその重量を測定するやり方で分布調査を行ない、対照区では 60 cm、木場作跡地では 80 cm まで及んだ。土壌は 100 cc 容採取円筒で各部位より採取し、容積重、真比重、孔隙量、含水量の測定に供した。

(3) 施肥試験地 (At Fertilizer-Applicating-test Farm)

本試験地は熊本県阿蘇郡波野村古戸の民有林内にあって海拔高約 850 m、火山灰の堆積した黒色土壌で緩やかな起伏の連なる原野に新しく造林を始めたところである。

施肥試験としては、① 1959 年 3 月植栽のアヤスギに対し、1960 年 3 月に Table 1 に示すような方法で、および、② 1960 年 3 月植栽のウラセバルスギにたいし 1961 年 3 月 Table 2 に示すような方法で行なった。

Table 1. Fertilizer Test For Ayasugi (a Sugi clone)

Fertilizer	Component	Method	Amount of Application per a tree	Component Amount of Application
1 (山) 号	N : P : K (%) 6 : 4 : 3	App. At one times App. At 2 times (March, May) App. At 3 times (Mar., May, July)	500 (g) 300+170 170+170+160	N : P : K (g) 30 : 20 : 15
くみあい化成 12 号	10 : 6 : 7	"	300 200+100 100+100+100	30 : 18 : 21
神島林地 1 号	10 : 6 : 6	"	300 200+100 100+100+100	30 : 18 : 18
神島林地 3 号	6 : 12 : 8	"	500 330+170 170+170+160	30 : 60 : 40
1 (森) 号	10 : 6 : 5	"	300 500+100 100+100+100	30 : 18 : 15
4 (森) 号	12 : 6 : 3	"	250 170+180	30 : 15 : 75

Fertilizer were applied into underground, but Application at 2 times plots both underground App. and surface App. (Applied on the surface)

Table 2. Fertilizer Test for Urusebaru (a Sugi clone)

Fertilizer		Component		Method	Amount of Application per a tree
Fast-Action Fertilizer	硫 安	N	21 (%)	App. at one times into underground App. at one times on the surface App. at 3 times on the surface	— 143(g) — 143 Mar. 49 May 47 July 47
	(山) 1 号	N P ₂ O ₅ K ₂ O	6 4 3	"	— 500 — 500 Mar. 170 May 165 July 165
	くみあい 化 成 12 号	N P ₂ O ₅ K ₂ O	10 6 7	"	— 300 — 300 Mar. 100 May 100 July 100
Slow-Action Fertilizer	尿素化成 F 14 号	N P ₂ O ₅ K ₂ O	13 9 12	"	— 231 — 231 Mar. 77 May 77 July 77
	スーパー 窒 素	N	40	App. into underground	75
Micronutrient Elements	みつかね 肥 料	MgO 7, MnO 10, SiO 20, Fe 3, K ₂ O 2, CaO 5, B, Mo, Zn		App. at one times into underground App. at one times on the surface App. at 3 times on the surface	— 71 — 71 Mar. 24 May 24 July 23
	タキ苦土 化 成	N 8, P ₂ O ₅ 6, K ₂ O 7, MgO 3		App. at one times into underground	375
	スーパー グリーン	K ₂ O 7, MgO 14, MnO		"	100
Control	Untreat.	—	—	—	—

このうち ① については、1960 年 12 月に地上部を測定し、そのうち神島林地 1 号施肥の 4 処理 3 回繰返し計 12 プロットと対照の無処理区 3 プロットの樹高、枝張りの平均に近いものをもって、その根系の形態と重量を調査した。② については、1961 年 10 月に地上高の測定を行ない、同時に硫安の埋肥区、くみあい化成 12 号表面 3 回分施肥区、尿素化成 F 14 号表面 3 回分施肥区、みつかね肥料表面 3 回分施肥区の 5 処理 3 回繰返し計 15 プロットより、樹高、枝張りで平均に近いもの各 1 本をとり、その根系の形態と重量および土壌孔隙量の測定を行なった。

III. 調査結果 (Results)

(1) 灌水試験地 (At Irrigating-test Farm)

地上部に対する灌水の効果を Table 3 に示す。根元直径では灌水区と対照区との間には有意の差がなかったが、樹高では 99% の確率で有意であって、灌水区が 20 cm 以上平均値ですぐれていた。

Table 3. Heghti and Diametre at the ground level.

	Plot Treat.	1	2	3	4	5	Mean	T-test on all Sample
		Height (cm)	Irrigated Control	162.1 160.1	180.0 137.3	165.7 134.6		
Diametre (mm)	Irrigated Control	33.4 41.3	30.5 27.9	33.7 33.0	28.9 28.7	26.7 30.2	30.64 32.22	$t_{48}=0.682$ $P=0.5-0.4$ No Significance.

灌水の土壌におよぼす影響としては、1961年8月のこの調査地の含水量、孔隙量は Table 4 に示すように灌水区は明らかに含水量が多くしかも B 層において著しかった。孔隙量に大差がないため、気相は灌水区 B 層で最も少いということになる。Table 5 で示されるように、層の深さに差はあるが土壌採取部位は 10~40 cm であるから、灌水区はその下層で著しく水分に富むといえる。この傾向は年間を通じて大きな変化はないようで、先の 2月の調査でもほぼ同様であった。

Table 4. Characteristics of Soil.

Treat.	Charact Layer	Volume Specific gravity	True Specific gravity	Porosity		Water content	
				%	comp- arison	%	comp- arison
Irrigated	A	78.2	2.70	71.0	96	37.3	126
	B	69.1	2.72	74.6	101	44.4	150
Cont.	A	68.8	2.65	74.0	100	29.7	100
	B	64.5	2.65	75.7	102	31.7	107

Table 5. Depth of Soil in Centimetre.

Layer	Ao	A	B
Irrigated	0-9.8	9.8-17.6	17.6-
Control	0-4.2	4.2-32.0	32.0-

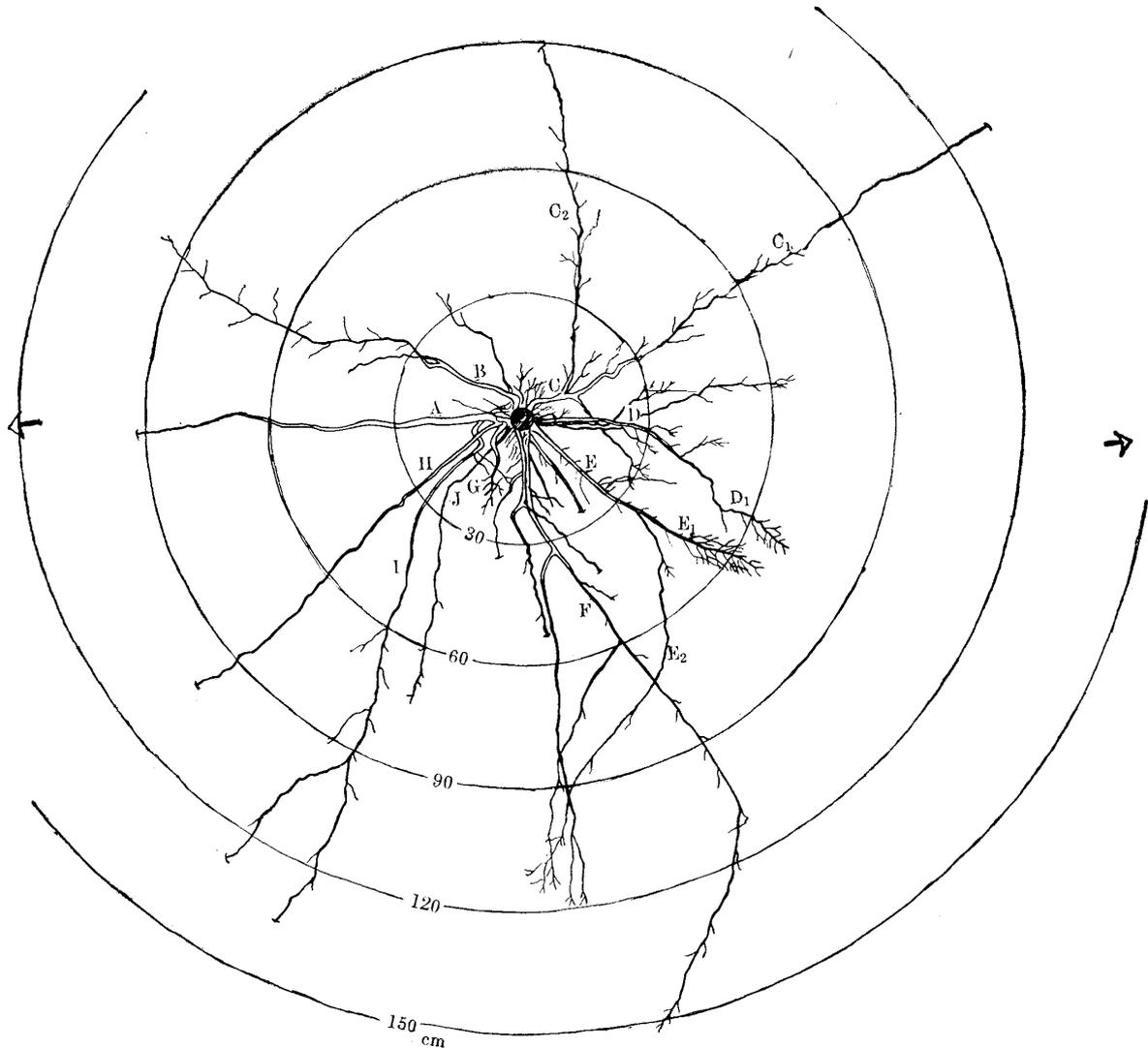
一方根系の分布を株を中心とした 30 cm ごとの同心円内に含まれる水平的な分布量を重量で示せば Table 6 のとおりであって、根の総重ではそれほど大きな差はないが、灌水区はその水平的な拡がりでは対照区と著しく異なっており、前者は 150 cm まで大きく拡がるが対照区では 90 cm 半径内にとどまるに過ぎない。

Table 6. Weight of Root.

No.	Treat.	Weight of Tree (Fresh)	Extent of Branch	Weight of Root (Fresh)	TR- Ratio	Horizontal Distribution of Root (Dried W.)					
						0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	Total W.
5-2	Irrigated	(g)	(cm)	(g)							
		1463	104×106	641	2.28	244.0	25.0	8.6	2.4	0.4	280.4
2-2	Control	1481	103×115	593	2.50	347.0	18.1	0.8	—	—	365.9

根系の形態は Fig. 2, 3, 4, 5 でわかるように灌水区では垂直な根が極めて少くそのほとんどが水平に走る根であるが、これに反して対照区は垂直根がよく発達しており、根系型の対照として調査した福岡県粕屋郡久山町新建の実生スギ 7年生のタイプとも比較的よ

Fig. 2. Horizontal distribution of irrigated tree root.



く相似していた。(Fig. 6)

すなわち1本当りの占有面積においては灌水区が大きく対照区が小さいということがいえる。

(2) 耕うん試験地 (At Cultivating-test Farm)

木場作跡地および対照区(非木場作地)の土壌調査の結果を容積重, 真比重, 孔隙量, 含水率(液相), 気相について示すと Table 7, 8, 9, 10, 11 の通りであった。

土壌の物理性は木場作跡と対照区とでは相当異なっており, 容積重では前者が対照区の約1/2と軽く, 孔隙量では木場作跡においてまさりしかも真比重に大差がなく, 木場作跡地では土壌が相当 Porous なことを示している。液相, 気相ではその深さによる変化の傾向は対照区と全く逆であって, 含水率は深さを増すにつれて値が大きくなり対照区では減少する。気相は液相と相対的なものであり, その反対に深さにつれて木場作跡では減少し, 対照区では増加した。

このような土壌の相違はスギの地上部, 地下部にも影響を与え, 地下部では Table 12,

Fig. 3. Vertical distribution of irrigated tree root.

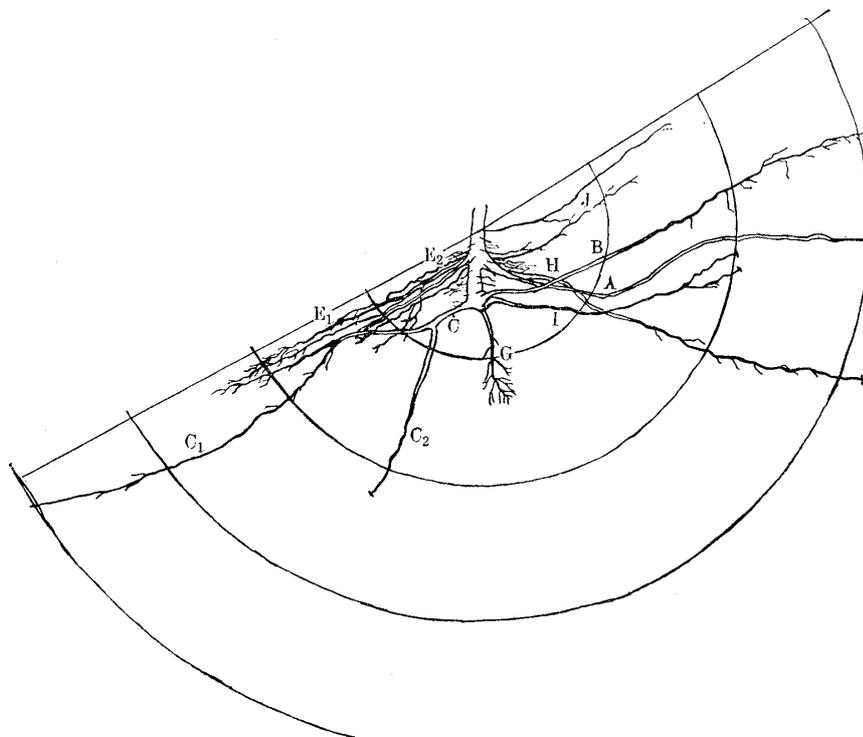


Fig. 4. Horizontal distribution of unirrigated tree root.

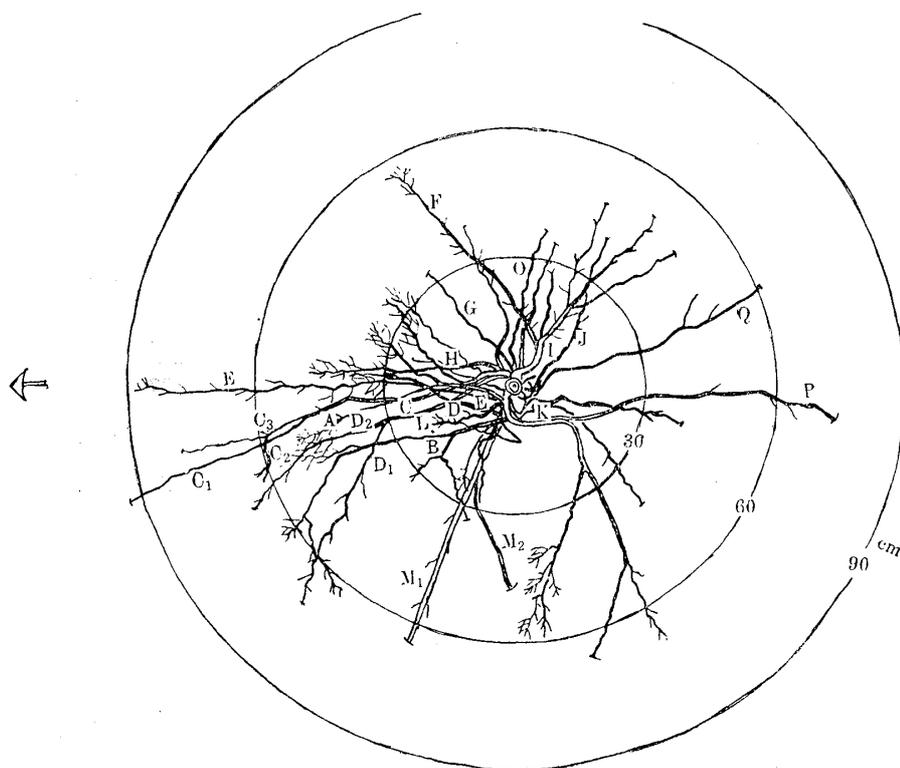


Fig. 5. Vertical distribution of unirrigated tree root.

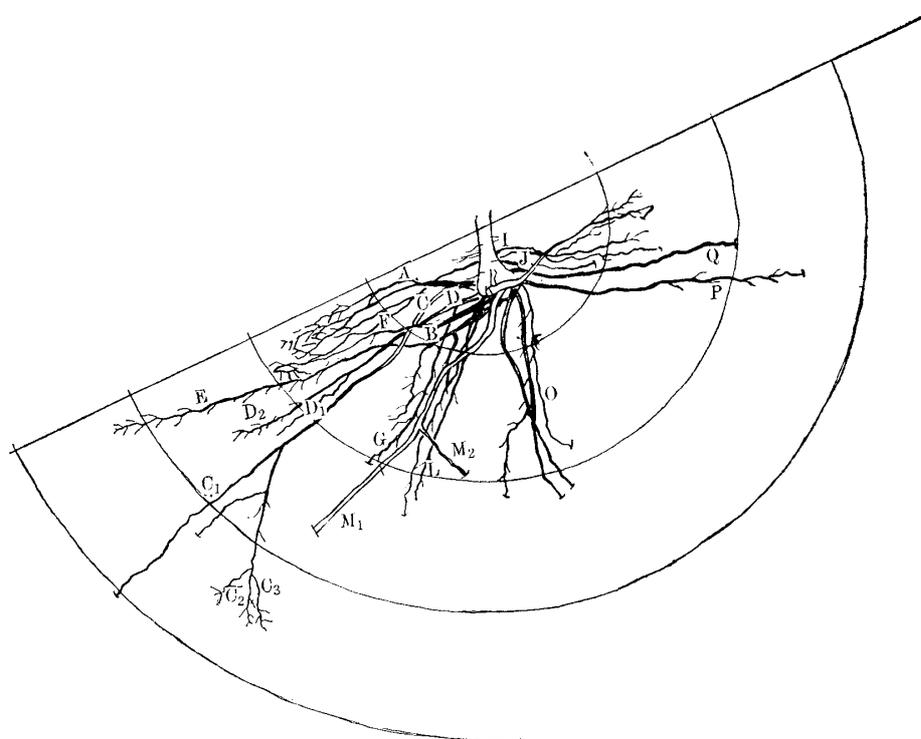


Table 7. Volume Specific gravity

Treat.	Control					Cultivated				
	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison
5	88.6	76.4	66.8	77.3	100	33.8	38.3	26.1	32.7	42
15	81.7	84.1	64.2	76.7	99	31.5	38.2	32.3	34.0	44
25	84.9	80.8	88.9	84.5	109	28.0	38.5	31.8	32.8	42
35	90.2	76.7	78.2	81.7	106	23.3	24.8	38.9	29.0	33
50						32.6	28.8	36.9	32.8	42

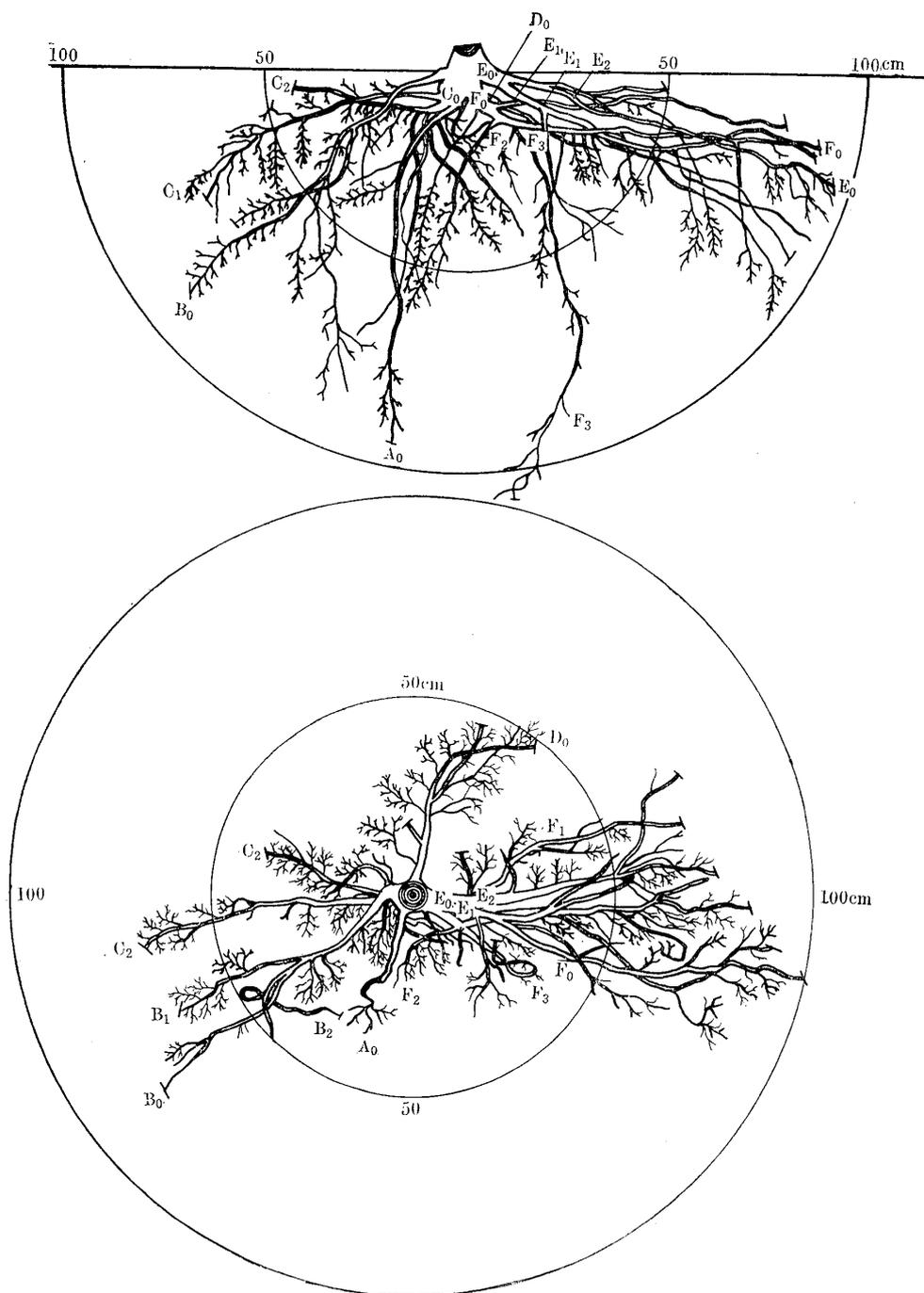
Table 8. True Specific gravity

Treat.	Control					Cultivated				
	No. 1	No. 3	No. 3	Mean	Comparison	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison
5	2.70	2.65	2.62	2.66	100	2.24	2.58	2.37	2.40	90
15	2.71	2.71	2.71	2.71	102	2.29	2.26	2.19	2.25	85
25	2.45	2.71	2.76	2.64	99	2.37	2.36	2.39	2.37	89
35	2.73	2.76	2.71	2.73	103	2.43	2.49	2.53	2.48	93
50						2.11	2.32	2.53	2.32	87

Table 9. Porosity

Treat.	Control					Cultivated				
	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison
5	67.2	71.2	74.8	71.1	100	84.9	85.2	89.0	86.4	122
15	69.9	69.0	76.3	71.7	101	86.2	83.1	85.3	84.9	119
25	65.4	70.2	67.8	67.8	95	88.2	83.7	86.7	86.2	121
35	67.0	72.2	71.2	70.1	99	90.4	90.0	84.6	88.3	124
50						86.6	87.6	85.4	86.5	122

Fig. 6. 7-year-old Sugi root.



13 に示すように樹高で 1.8 倍，重量ではそれ以上の差を示した。

根の細根重量は Table 13 に掲げたように，対照区の 4 倍量の値を示し，その分散分析の結果は処理間では 99 % 以上の高い有意性を示した。

一方根の分布は気相が木場作跡地で深さを増すに従って減少するにも拘わらず深くまで分布し，Table 14 および Fig. 7, 8, 9, 10 に示すように総量，重量とも非常によい結果を与えた。

形態的には先の灌水試験地と逆であって，対照区が灌水区と同じような水平的な分布で

Table 10. Water Content (%)

Treat.	Control					Cultivated				
	Depth (cm)	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison	No. 1	No. 2	No. 3	Mean
5	44.8	48.9	39.8	44.5	100	52.6	42.1	52.7	49.1	110
15	54.2	41.4	40.4	45.2	102	54.4	48.5	60.2	54.4	122
25	38.8	41.5	33.6	38.0	85	51.1	74.6	64.3	63.3	132
35	41.2	45.8	25.9	37.8	85	59.9	67.6	63.2	63.6	140
50						63.3	63.2	70.7	65.7	151

Table 11. Air Content (%)

Treat.	Control					Cultivated				
	Depth (cm)	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison	No. 1	No. 2	No. 3	Mean
5	12.4	22.3	35.0	23.2	100	32.3	43.1	36.3	37.2	160
15	14.7	27.6	35.9	26.1	112	31.8	34.6	25.1	30.5	131
25	26.6	28.7	34.2	29.8	128	37.1	29.1	22.4	29.9	119
35	25.8	26.4	45.3	32.5	140	30.5	22.4	21.4	24.8	112
50						23.3	24.4	14.7	20.8	83

Table 12. Height of Trees

Treatment	Number	Height (Mean)	Comparison
Cultivated	29	2.99 ^m	182
Control	32	1.64	100

Table 13. Treated and Untreated Trees

Part	Treat.	Control					Cultivated				
		No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison	No. 1	No. 2	No. 3	Mean	Comparison
Height		1.91	1.55	1.47	1.64	100	3.01	2.83	3.10	2.98	183
Foliage Weight (fresh) (gr.)		839	720	470	676	100	3345	2578	5020	3648	540
Weight of Branches (fresh) (gr.)		162	122	120	135	100	500	337	740	526	390
Weight of Trunk (gr.)		510	304	210	341	100	2705	2410	3265	2793	819
Weight of Tree (gr.)		1511	1146	800	1152	100	6550	5325	9025	6969	605
Weight of Root (gr.)		669	500	397	522	100	2265	2221	2969	2485	476
TR-Ratio		2.26	2.29	2.01	2.21	100	2.89	2.40	3.04	2.81	137
Weight of Fine Root (gr.)		450	242	265	319	100	1459	1050	1384	1298	406

あって、木場作跡では灌水試験地における対照区と同様、根が深く垂直的な分布も多かった。

(3) 施肥試験地 (At Fertilizer-Applicating-test Farm)

施肥試験地のうち、1960年4月に施肥され12月にその効果を測定されたアヤスギでは、その樹高成長についてみると「くみあい」化成12号、(森)4号が対照区100に対し、それぞれ149、141と平均値では高かったが、個々のばらつきが大きくその差は有意とはいえなかった。しかしながら肥料の種類では有意差はないが、方法ではまず地表面散布と鍬起し埋肥で、埋肥の方が樹高成長がすぐれ、粒状肥料の雨水による散逸があるのではないかと考えられた。

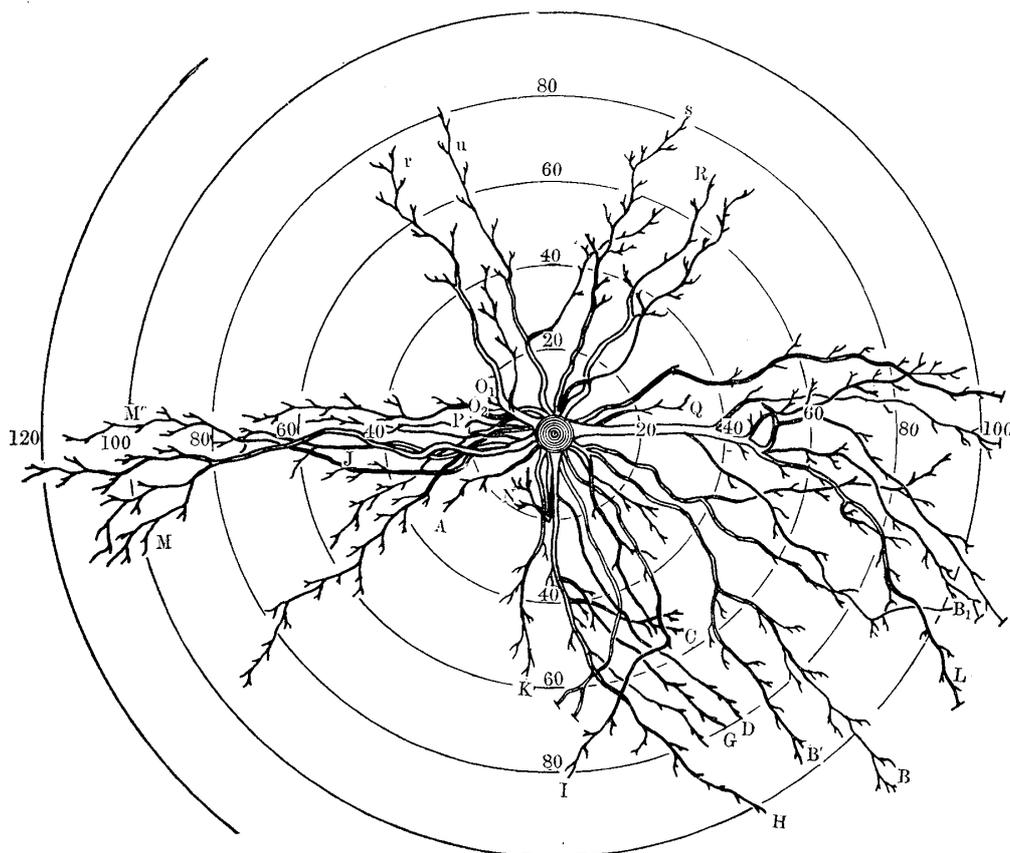
1回全量散布、2回分施、3回分施の効果は無処理と比較すると3回分施が特にすぐれ、その伸長量はTable 15のようであった。

このように施肥の効果は3回分施で顕著にみられたが、このような施肥が根系に及ぼす

Table 14. Vertical Distribution of Weight of Root. (Cultivating Treatment)

	Depth (cm)	No. 1	No. 2	No. 3	Mean				
Weight of Stump	0-10	377.3	497.0	295.1					
	10-20	141.1	298.2	257.9					
	20-30		115.7						
	Total W.	662.2	1041.0	1219.0	974.1				
Weight of Fine Roots	0-10	421.7 ^g	28.9 [%]	215.5 ^g	20.5 [%]	432.3 ^g	31.2 [%]	356.5 ^g	26.9 [%]
	10-20	371.4	25.5	208.5	19.9	440.0	31.8	340.0	25.8
	20-30	391.7	26.8	218.2	20.8	265.2	19.2	291.7	22.3
	30-40	172.0	11.8	190.1	18.1	114.8	8.3	159.0	12.7
	40-50	77.6	5.3	116.0	11.0	62.4	4.5	85.3	6.9
	50-60	24.5	1.7	84.0	8.0	48.7	3.5	52.4	4.4
	60-70			18.3	1.7	15.8	1.1	11.4	0.9
	70-80					5.2	0.4	1.7	0.1
	Total W.	1458.9	100	1050.1	100	1384.4	100	1297.8	100
Whole Root Weight		2264.9		2221.2		2969.4		2273.9	

Fig. 7. Horizontal distribution of cultivated tree root.



影響を調査したところ、Table 16 で示すように、地上部と同様、3回分施は根量も非常に多く、地下重は無処理の 2.6 倍であった。根の水平分布は Table 18, Fig. 11~25 で示されるように 3回分施が範囲は最も広く、対照区で最も少い。また形態については対照区と処理区との違いはなく、すなわち一定の傾向を有せずただその根数を異にする程度であった。

Fig. 8. Vertical distribution of cultivated tree root.

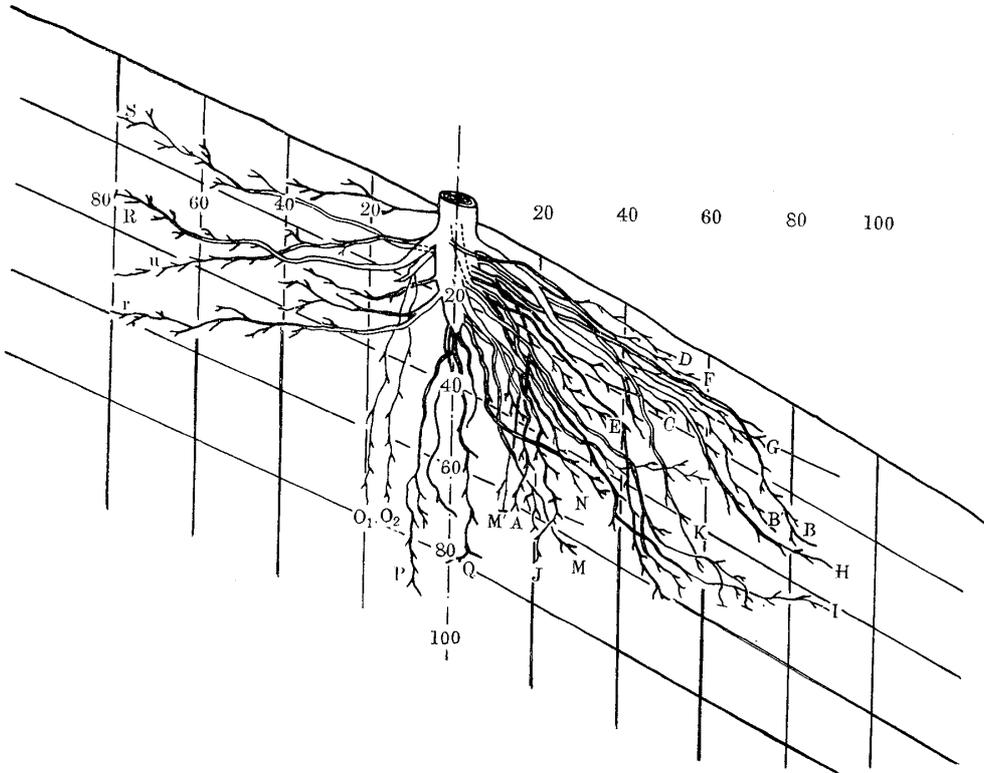


Fig. 9. Horizontal distribution of uncultivated tree root.

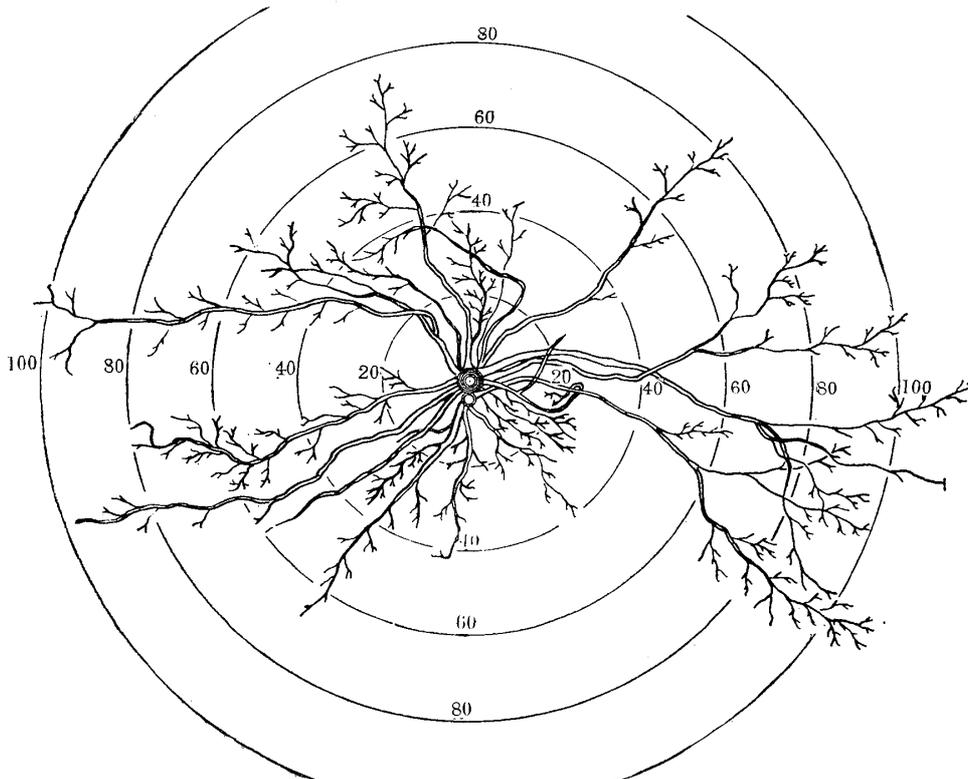


Fig. 10. Vertical distribution of uncultivated tree root.

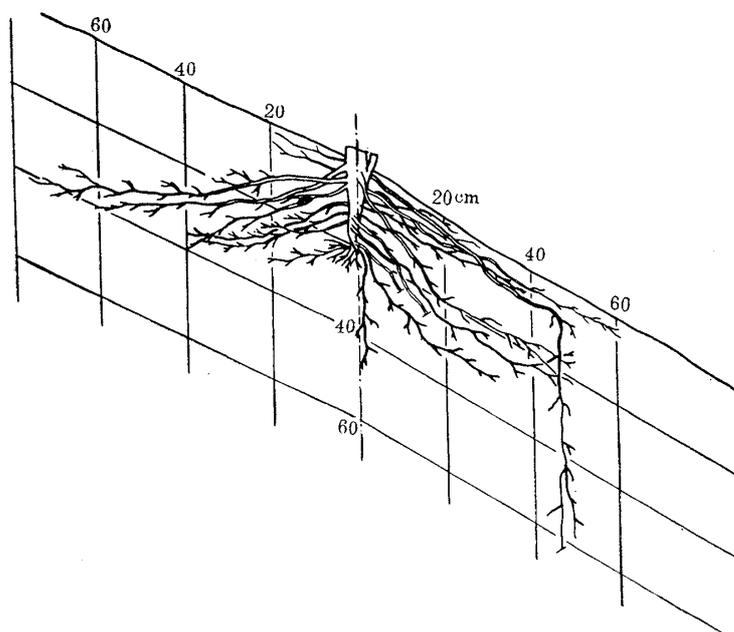


Table 15. Length of Development in Tree Height for a year

Application \ Block	1	2	3	Mean
App. at one times	17.9	14.2	10.2	14.1
App. at 2 times	19.4	18.7	14.0	17.4
App. at 3 times	24.2	17.3	13.5	18.3
Control	13.3	12.6	7.3	11.1

Table 16. Weight of Root

Separating Block	Upper : Weight of Whole Root		Below : Weight of Fine Roots		Control
	At One times	At 2 times	At 2 times (Surface App.)	At 3 times	
1	41.5 14.0	44.0 20.0	37.0 13.5	67.0 27.0	30.0 15.0
2	23.0 10.0	48.5 21.5	28.0 12.5	36.0 15.0	31.5 18.0
3	40.0 16.0	48.0 18.5	44.5 15.5	120.0 43.4	24.5 10.0
Mean	34.8 13.3	46.8 20.0	36.5 13.8	74.3 28.5	28.7 14.3

Table 17. T-R ratio.

Separating Block	At One times	At 2 times	At 2 times (Surface App.)	At 3 times	Control
1	2.24	2.32	1.93	2.93	2.43
2	2.22	2.98	2.39	1.53	2.41
3	2.53	3.15	1.21	2.64	1.41
Mean	2.33	2.85	1.84	2.37	2.08

Table 18. Extent of Roots

Separating App.	Part	Distribution	cm			
			0-10	10-20	20-30	30-40
At One times	Degree of Cover*		580 cm ²			
	Root Weight (dried) g	Fine Root Main Root	4.62 13.33	0.98	0.21	0.03
At 2 times	Degree of Cover		858c m ²			
	Root Weight g	Fine Root Main Root	7.36 19.97	1.34	0.17	
At 2 times (Surface App.)	Degree of Cover		456 cm ²			
	Root Weight g	Fine Root Main Root	5.67 15.49	0.40	0.08	
At 3 times	Degree of Cover		1178 cm ²			
	Root Weight g	Fine Root Main Root	9.61 25.99	1.64	0.43	0.08
Control	Degree of Cover		352 cm ²			
	Root Weight g	Fine Root Main Root	3.52 10.44	0.12	0.03	

(Mean of 3 trees)

* Extent of Branch

1961年3月に設定された試験地で先に Table 2 に示した施肥試験の結果を伸長量で示すと Table 19 のとおりで遅効性肥料がよく速効性肥料の3回分施がこれに次いだ。すなわち施肥効果は地上部で顕著であったが、地下部におよぼした影響を速効性の硫安1回埋肥区、くみあい化成12号地表面3回分施区、遅効性の尿素化成F14号地表面3回分施区、微量要素みつかね肥料の地表面3回分施区および無処理区の5処理3ブロック15本について調査したところ、その地下重は Table 20 のとおりであって大差はなく、有意差は検し得なかったが、ただ硫安区は地下部が他にまさっていた。ところがこれを TR 率についてみると Table 21 のとおりで硫安区が最も小さく根系の割に地上部がよく発達していないといえる。

根の垂直分布は Table 22 のとおりで処理と無処理とでは差がなく、むしろ「くみあい」化成では著しく劣っていた。

根の形態は前年の肥料試験の場合と同様、処理、無処理間に一定の傾向は見出し得なかった。形態を Fig. 26~32 に示す。この場合の土壤孔隙量は Table 23 のとおりで、処理、無処理間に差はなかった。

IV. 考 察 (Consideration)

根系の調査にとって致命的なことは地上部と異なり、われわれがそれを確めるためにはまず掘り出さねばならずそれには多大の労力と時間を要するということである。しかも林木においては草本と異なり、根系は叢状ではなく放射状に長い根を粗に伸長させるためその形態的な実態の把握はより一層の困難を伴う。そのためどうしても標本数が限られ変異の多い根系の調査は一層精度を落すことになる。われわれは宮崎県東臼杵郡椎葉村における木場作跡地の根系調査で3年生のスギの周囲に1m半径の円を設け、その円内について表層より10cm毎の深さに区切りその中に含まれるスギ根のみをふるいでふるい出して集

Fig. 11. Sugi root treated by fertilizer at one times.

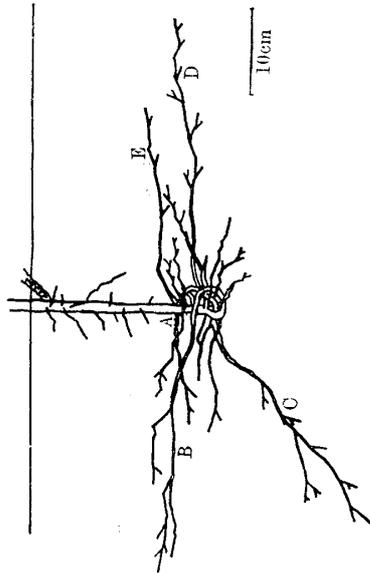


Fig. 12. Sugi root treated by fertilizer at one times.

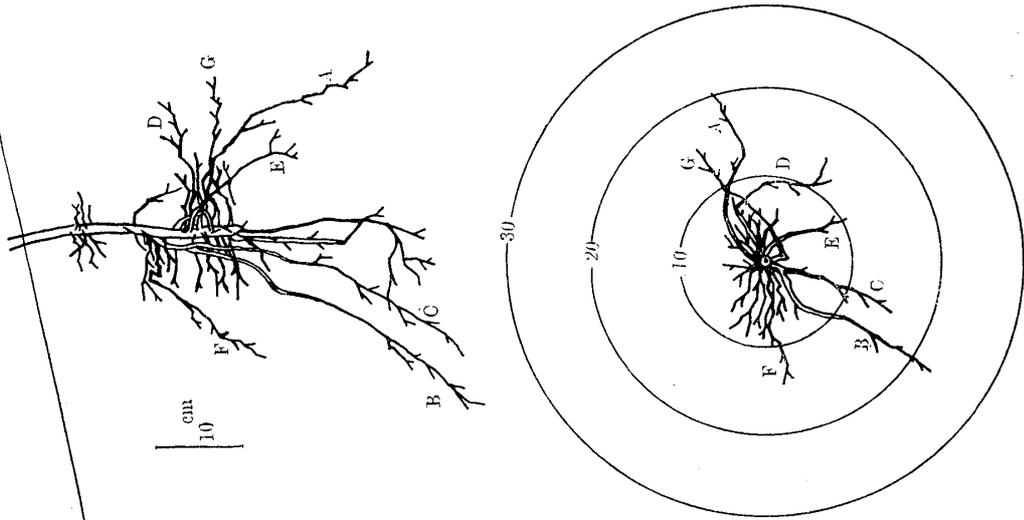


Fig. 13. Sugi root treated by fertilizer at one times.

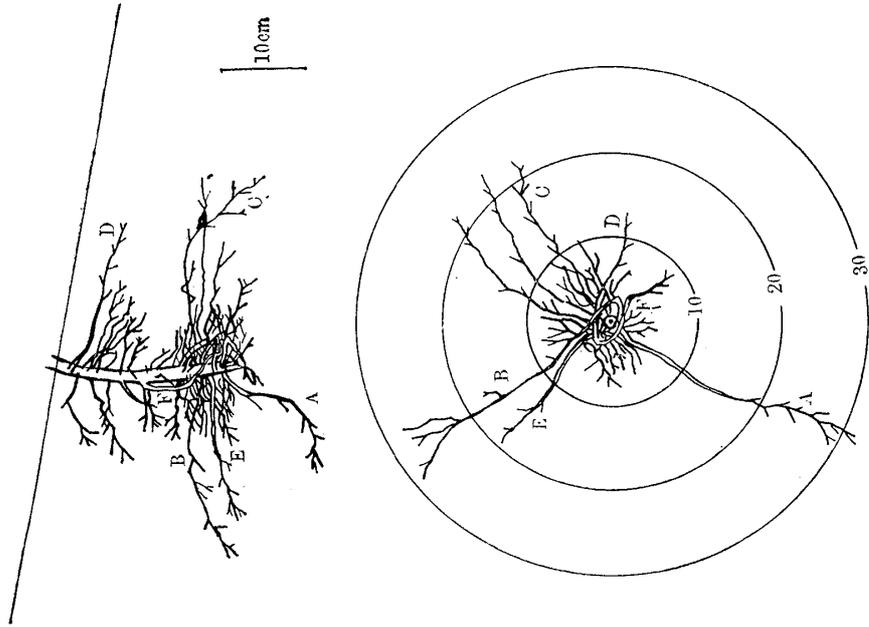


Fig. 15. Sugi root treated by fertilizer at 2 times.

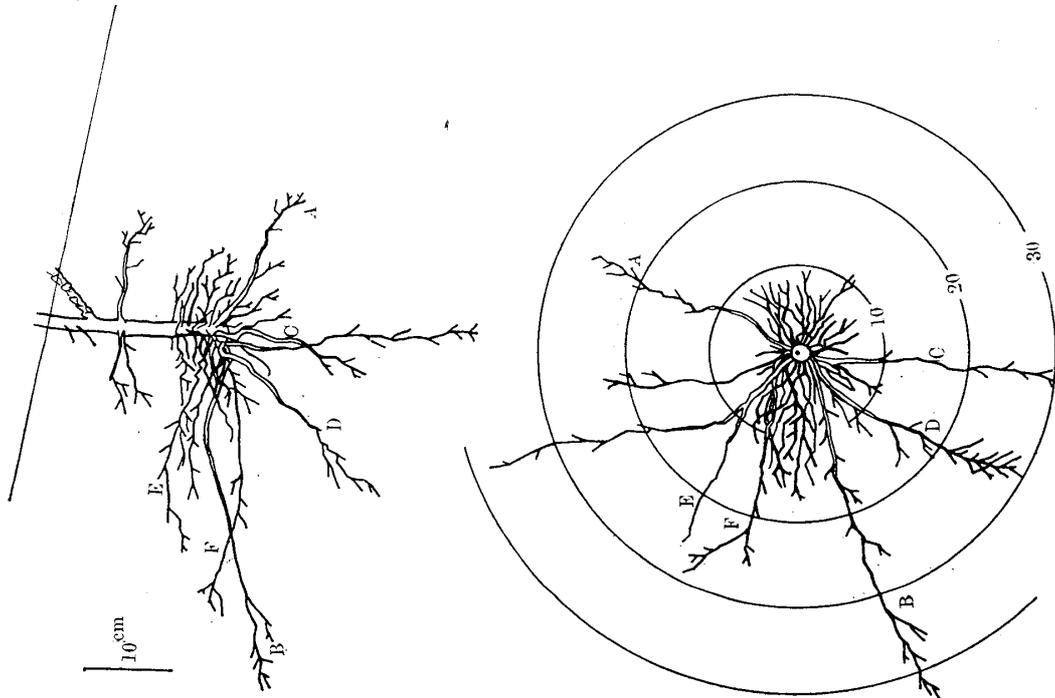


Fig. 14. Sugi root treated by fertilizer at 2 times.

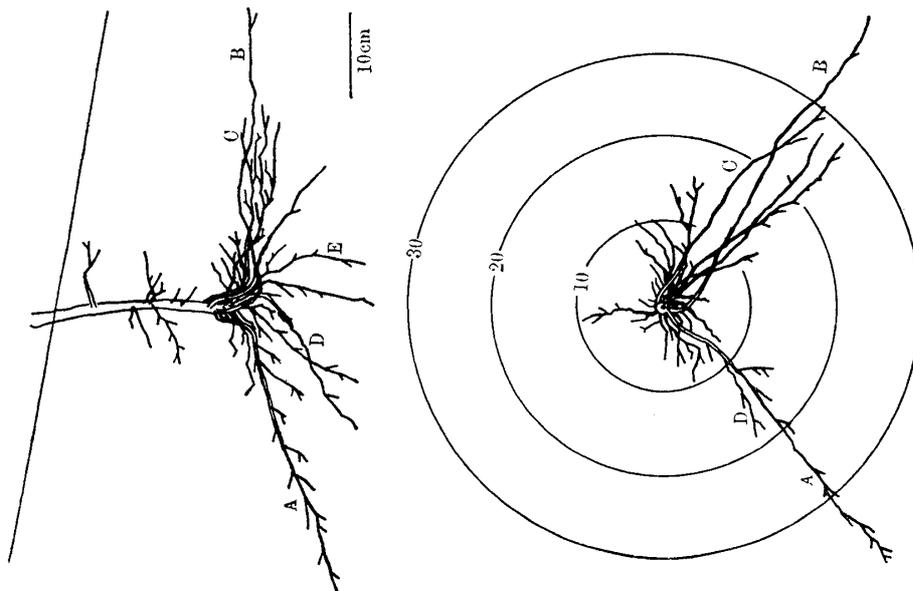


Fig. 17. Sugi root treated by fertilizer at 2 times on the surface.

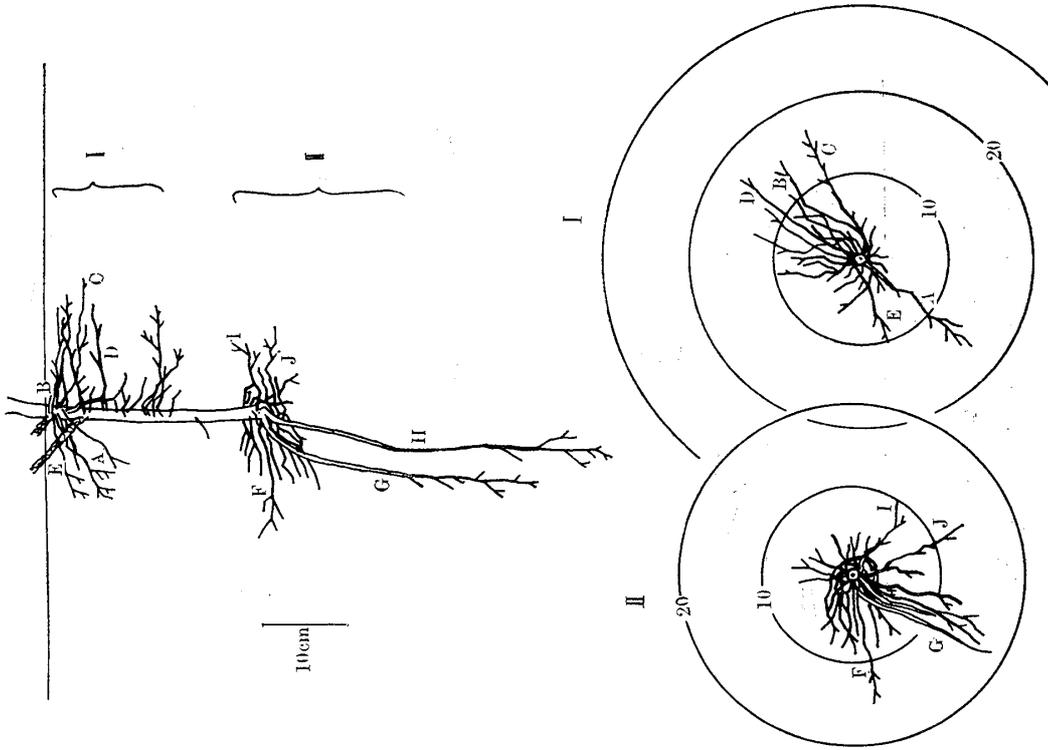


Fig. 16. Sugi root treated by fertilizer at 2 times.

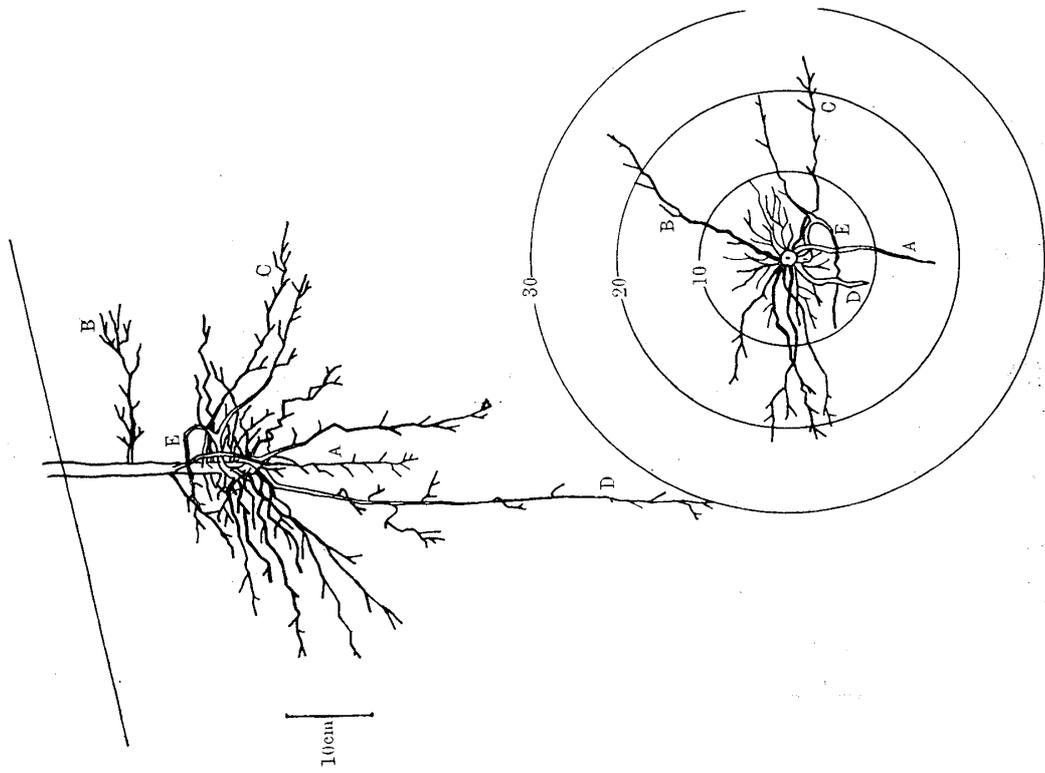


Fig. 18. Sugi root treated by fertilizer at 2 times on the surface.

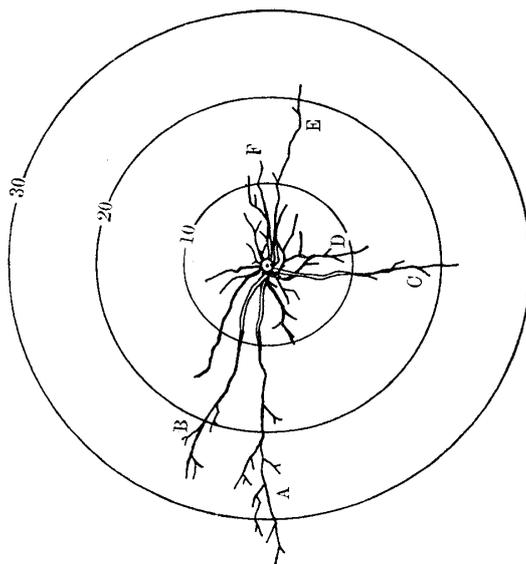
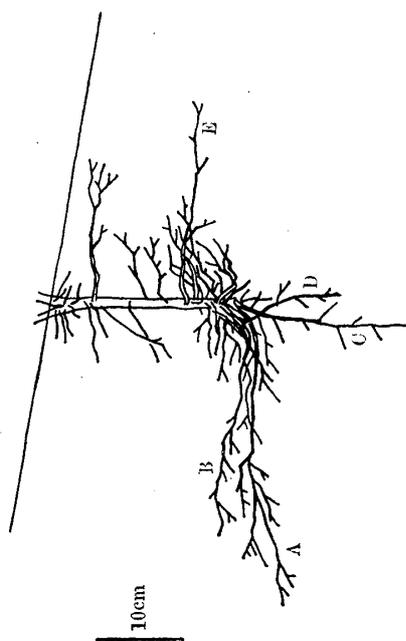


Fig. 19. Sugi root treated by fertilizer at 2 times on the surface.

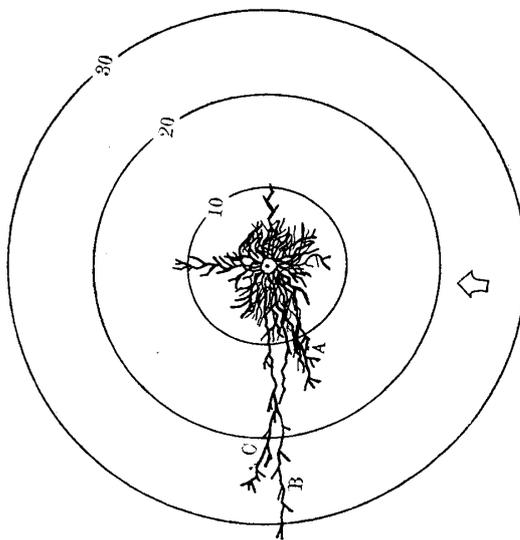
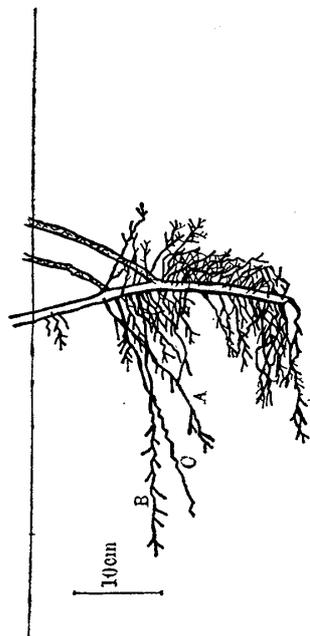


Fig. 21. Sugi root treated by fertilizer at 3 times.

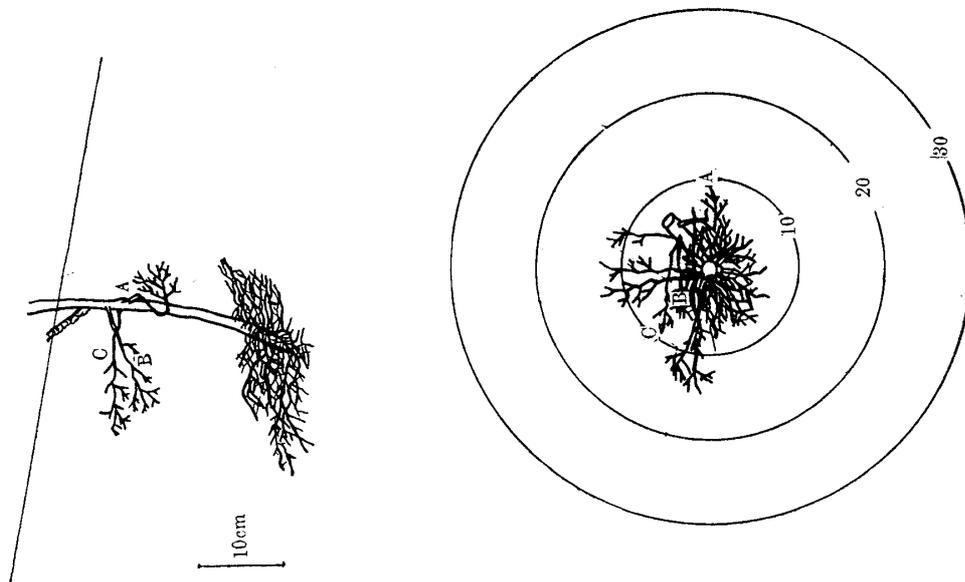


Fig. 20. Sugi root treated by fertilizer at 3 times.

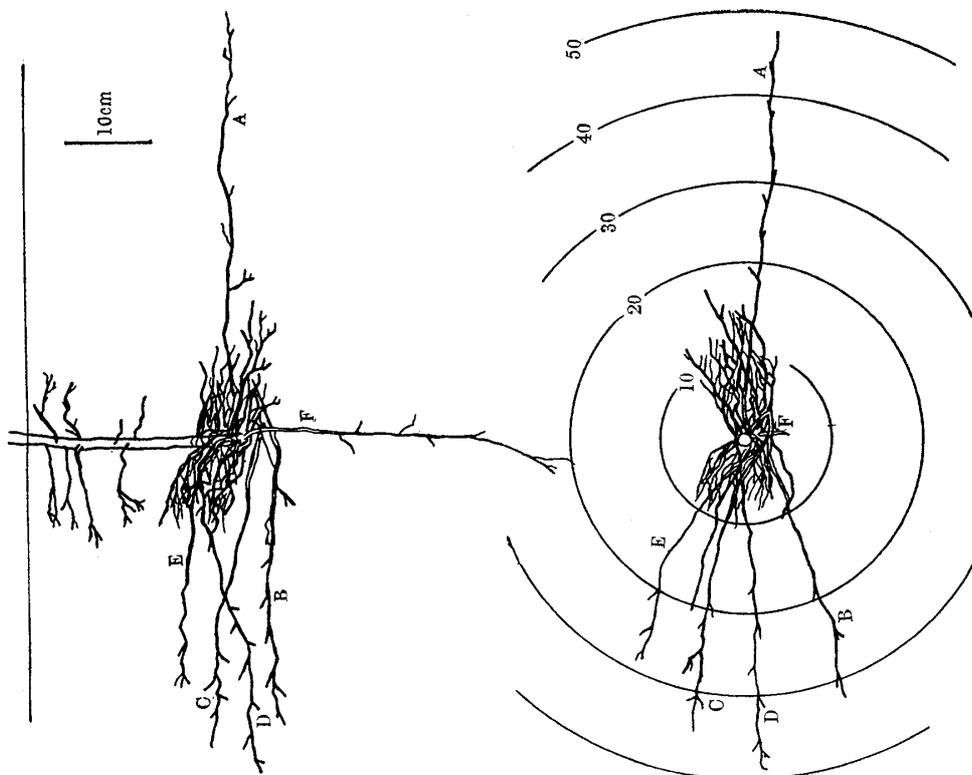


Fig. 23. Sugi root untreated by fertilizer.

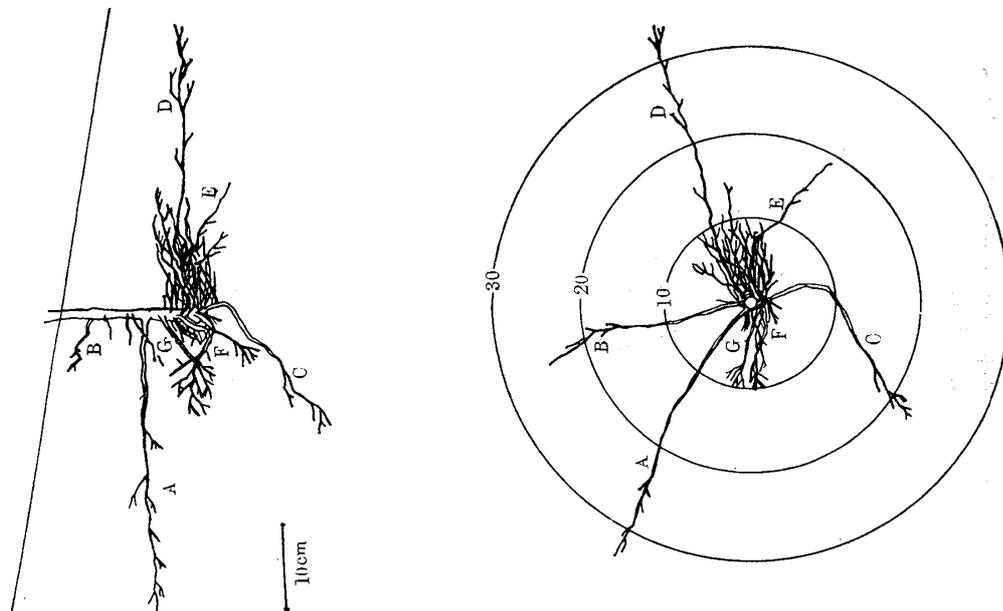


Fig. 22. Sugi root treated by fertilizer at 3 times.

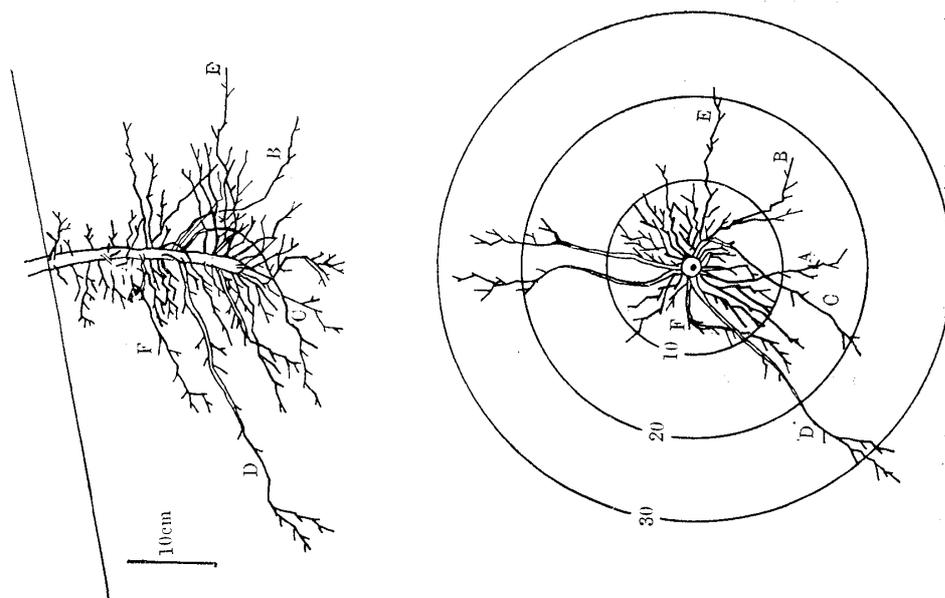


Fig. 24. Sugi root untreated by fertilizer.

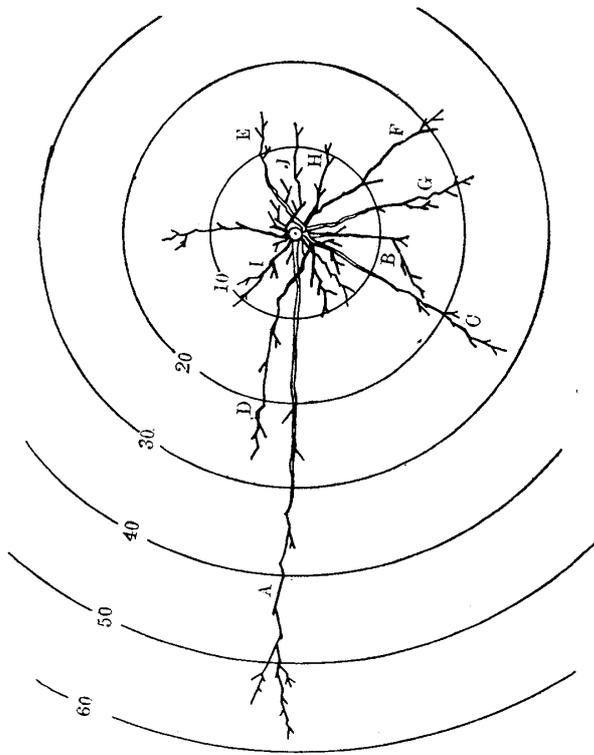
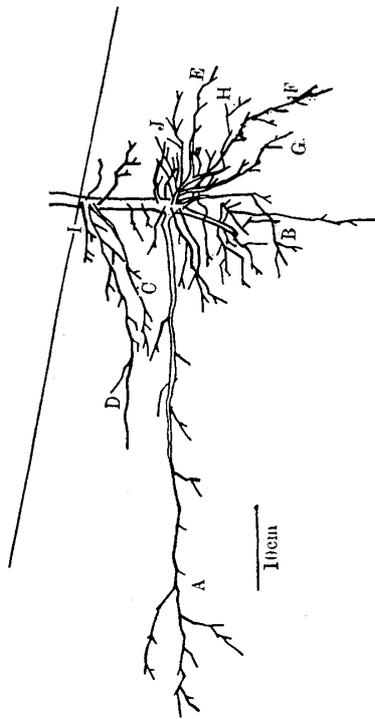
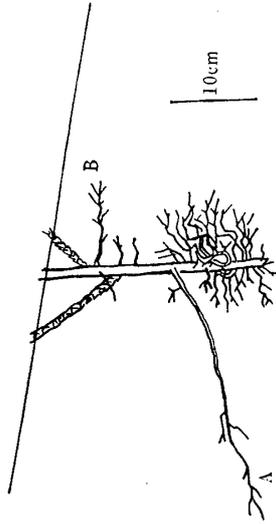


Fig. 25. Sugi root untreated by fertilizer.



reated

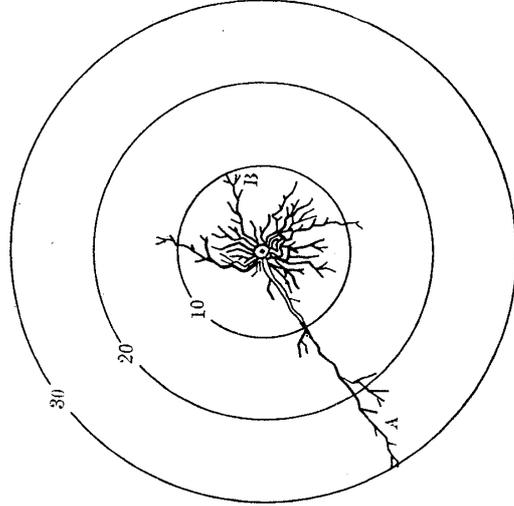


Table 19. Growth in Height (cm.) (for a year)

Sign	Sign		UG	S	3S
	Fertilizer	Method	App. at one times into underground	App. at one times on the surface	App. at 3 times on the surface
AS	硫 (Ammonium Sulfate)	安 N=21%	26.6	26.4	26.2
	(山)	1 号 (6:4:3)	27.5	28.7	28.4
FA	くみあい化成	12号 (10:6:7)	26.8	24.1	28.4
MU	尿素化成	F 14号 (Methylen Urea) (13:9:12)	26.8	31.4	27.5
	スーパー窒素	(Methylen Urea) (N=40)	21.5	—	—
ME	みつかね肥料	(Micronutrient Elements)	22.3	22.7	22.3
	タキ苦土化成	(8:6:7 and MgO 3)	26.2	—	—
	スーパーグリーン	(Micronutrient Elements)	20.6	—	—
Co	Control	(Untreated)	19.0	—	—

Table 20. Weight of Roots

Fertilizer & Method	Block			Mean	Comparison
	1	2	3		
Co	45.2	38.0	27.6	36.9	100
AS-UG	49.4	51.5	48.2	49.7	135
MU-3S	50.2	27.7	38.8	38.9	105
FA-3S	27.2	20.1	40.2	29.2	75
ME-3S	38.9	37.7	37.2	37.9	103

Table 21. T-R ratio

Fertilizer & Method	Block			Mean	Comparison
	1	2	3		
Co	1.88	2.76	1.59	2.08	100
AS-UG	1.82	1.32	2.41	1.85	89
MU-3S	2.09	3.79	2.84	2.91	142
FA-3S	2.28	1.79	2.37	2.15	103
ME-3S	3.01	3.05	3.18	3.08	140

Table 22. Vertical Distribution of Fine Root. (Fresh Weight)

Fertilizer & Method	Depth in cm.									Total Weight
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80		
Co	5.2	12.8	0.9	0.8	0.5	0.4	0.7	0.2	21.5	
AS-UG	6.6	6.8	3.0	1.0	0.2	0.2	0.2	0.1	18.1	
MU-3S	1.3	18.2	2.4	1.0	1.4	0.7	0.5	0.1	25.6	
FA-3S	1.5	10.0	1.7	0.5					13.7	
ME-3S	3.3	15.3	1.8	0.7	0.6				21.7	

(Mean of 3 trees)

Table 23. Porosity of soil in Fertilizer-use farm

Depth Block Plot	5 cm.					40 cm				
	1	2	3	Mean	Comp- arison	1	2	3	Mean	Comp- arison
Co	72.4	73.7	72.4	72.8	100	75.0	71.8	73.2	73.3	100
AS-UG	82.1	80.9	73.8	78.9	108	74.7	64.2	76.8	71.9	98
MU-3S	69.6	73.0	79.8	74.1	102	72.8	73.2	71.1	72.4	99
FA-3S	77.9	73.1	77.9	76.3	105	74.9	75.3	75.6	75.3	103
ME-3S	76.1	77.1	78.8	77.3	106	75.9	73.9	78.5	76.1	104

Fig. 26. Sugi root treated by Ammonium sulfate into underground. (AS-UG)

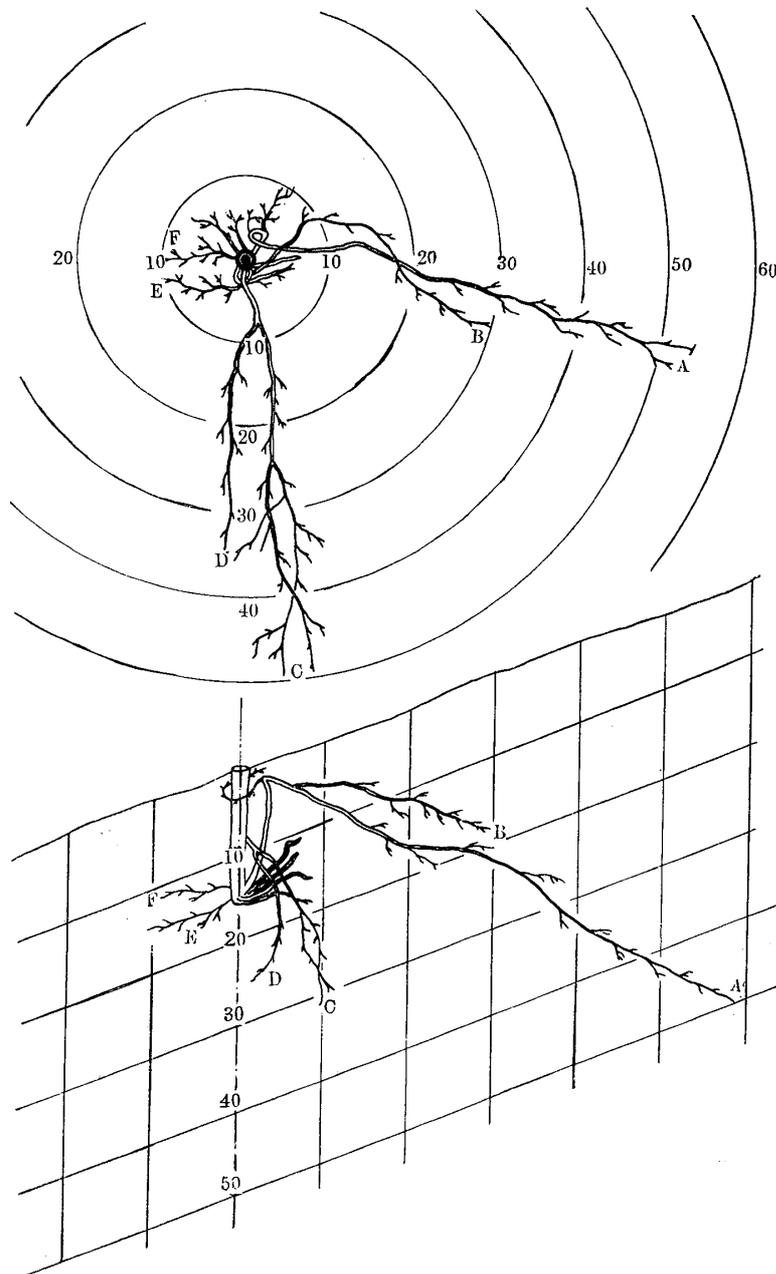
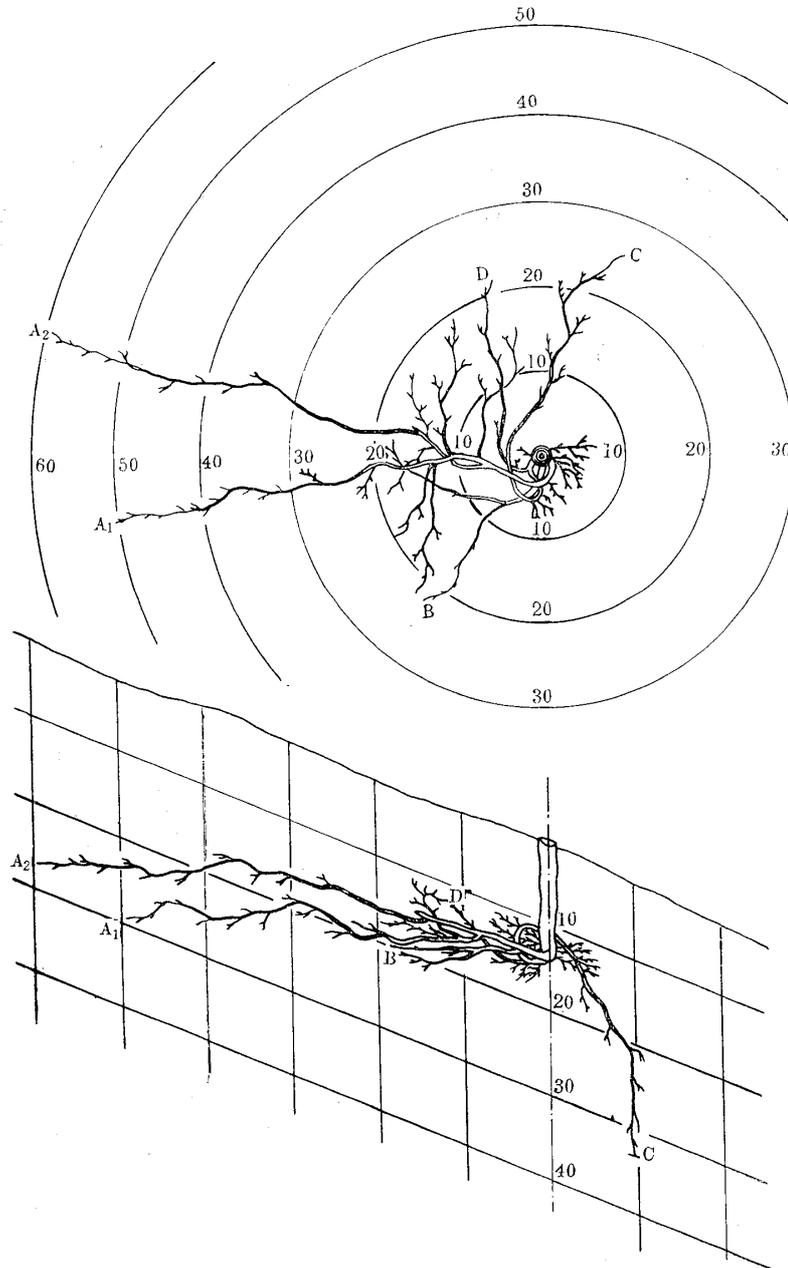


Fig. 27. Sugi root treated by fast-action fertilizer at 3 times. (FA-3S)



め重量を測定しながら漸次下方に掘り進み垂直分布を推定するという方法をとった。この方法は比較的正確に重量を求めうるが、ただスギ根を他の灌木、雑草根と分別しなければならず、また隣接木の根とまじり合う危険がある。しかもこのような幼令木でも5人で1日2個体程度しか測定し得ないほどの労力を要する。長崎県南高来郡国見町における灌水林地、熊本県阿蘇郡波野村における施肥林地ではまず根株の周囲の土をとり除き漸次あらわれる根の1本、1本をたどり根の位置を根株を中心とする水平的なグラフ、垂直的なグラフの上に点として落としそれらを結んで水平分布、垂直分布をグラフ上にえがくという方法をとった。この方法では根を1本づつたどる結果ついで他の根を切断しやすく、石礫、灌木の多い所では非常に困難である。地上の植生と対応させた地下の分布を追究する目的で

Fig. 28. Sugi root treated by slow-action fertilizer at 3 times. (MU-3S)

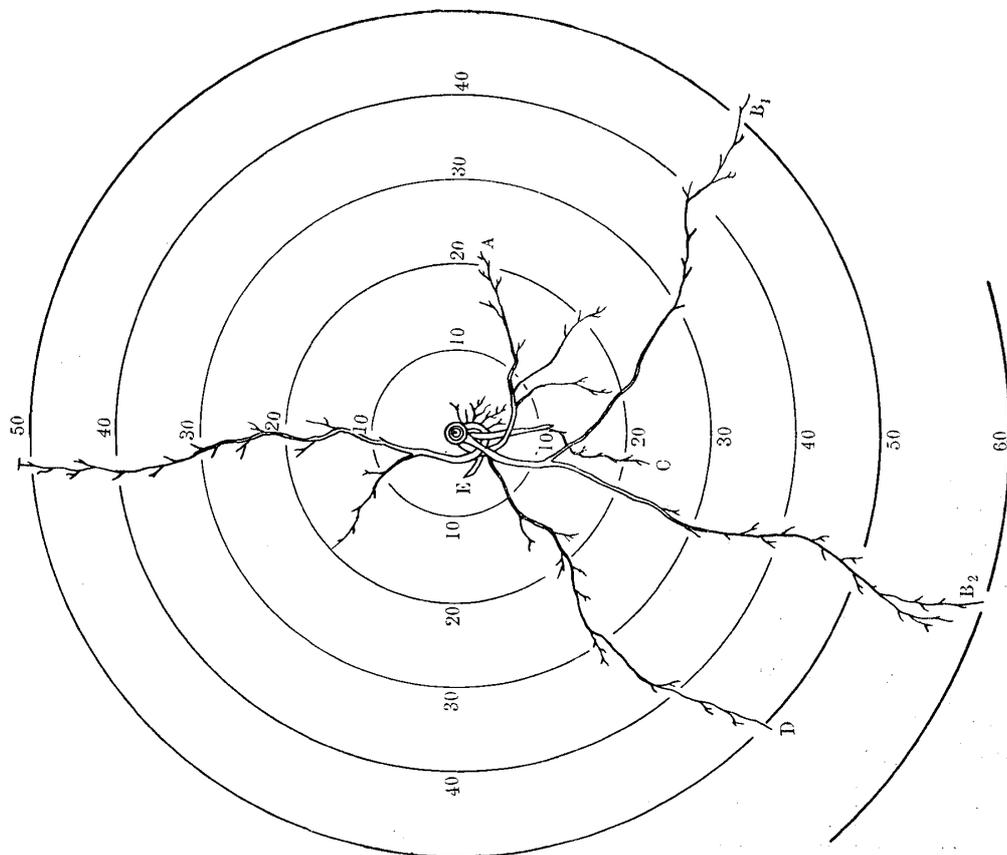


Fig. 29. Sugi root treated by slow-action fertilizer at 3 times. (MU-3S)

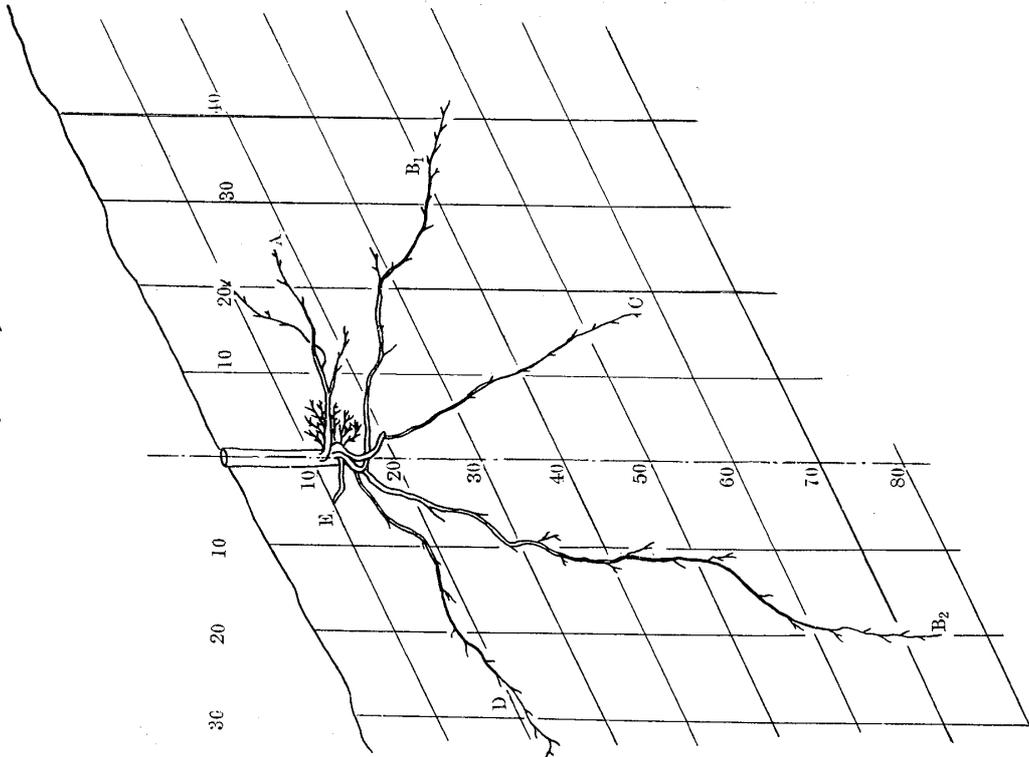
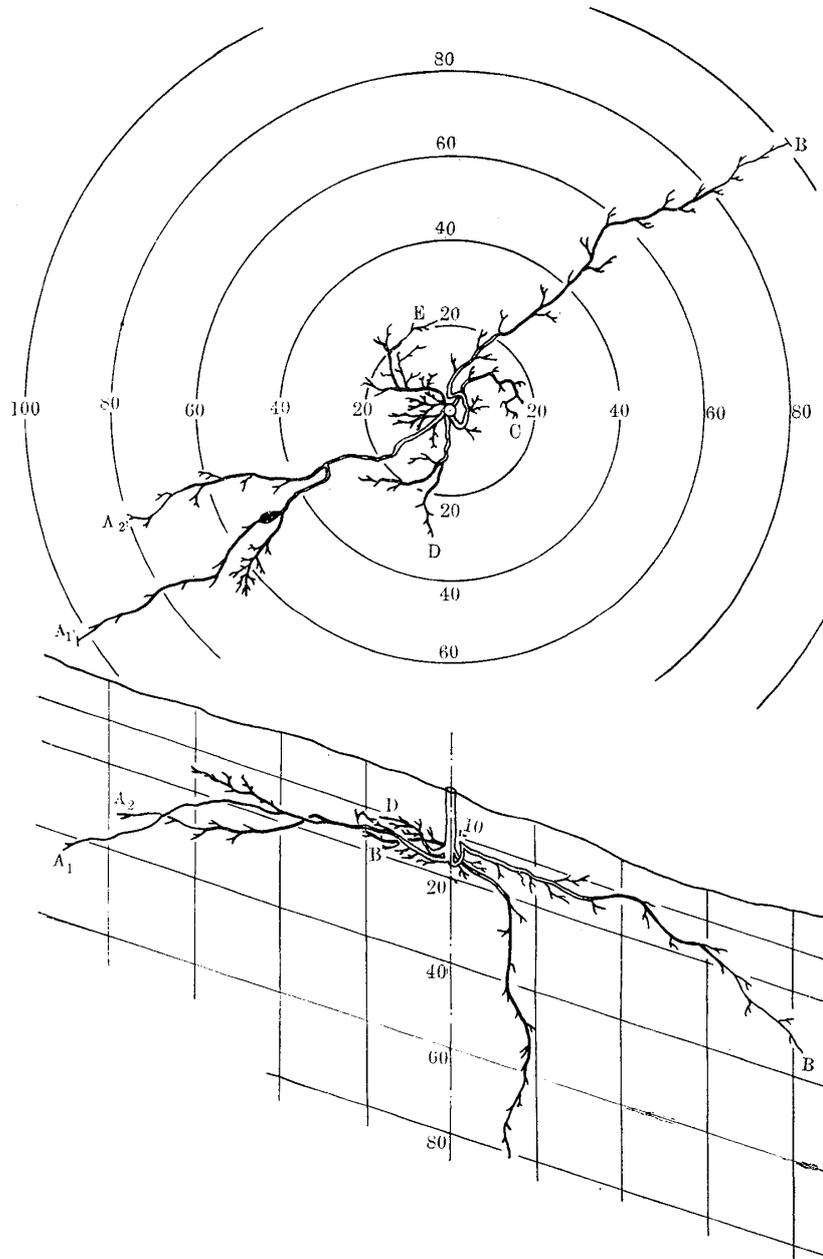


Fig. 30. Sugi root treated by micronutrient at 3 times. (ME-3S)



ならトレンチ設定による調査も充分効果があるが、この場合のようにある処理による根系の変化をみるためには分布と量をおさえる必要があり、結局、果樹の根系調査で木村がとったような篩い出し法が適切であろう。すなわち、幼令木の場合では、先の宮崎における調査の場合のように 1 m 半径円内で、深さ 10 cm に区切られた円盤をさらに半径 10~20 cm の同心円に区切って土をきりとり、断片的に根をふるい出して重量と太さを測定していく方法が有効と思われるが、植栽木の密な林地のしかも斜面では、労力の点で幼令木にしか応用出来ない。

今回の調査においても以上のような理由で標本数が少く処理の違いによる根系の変化という所期の調査目的を充分達することが出来なかった。しかしながら与えられただけの資料の範囲で推察するならば、まず灌水林地では容気量が根系に影響しているようで、灌水

Fig. 31. Sugi root untreated by fertilizer. (Co)

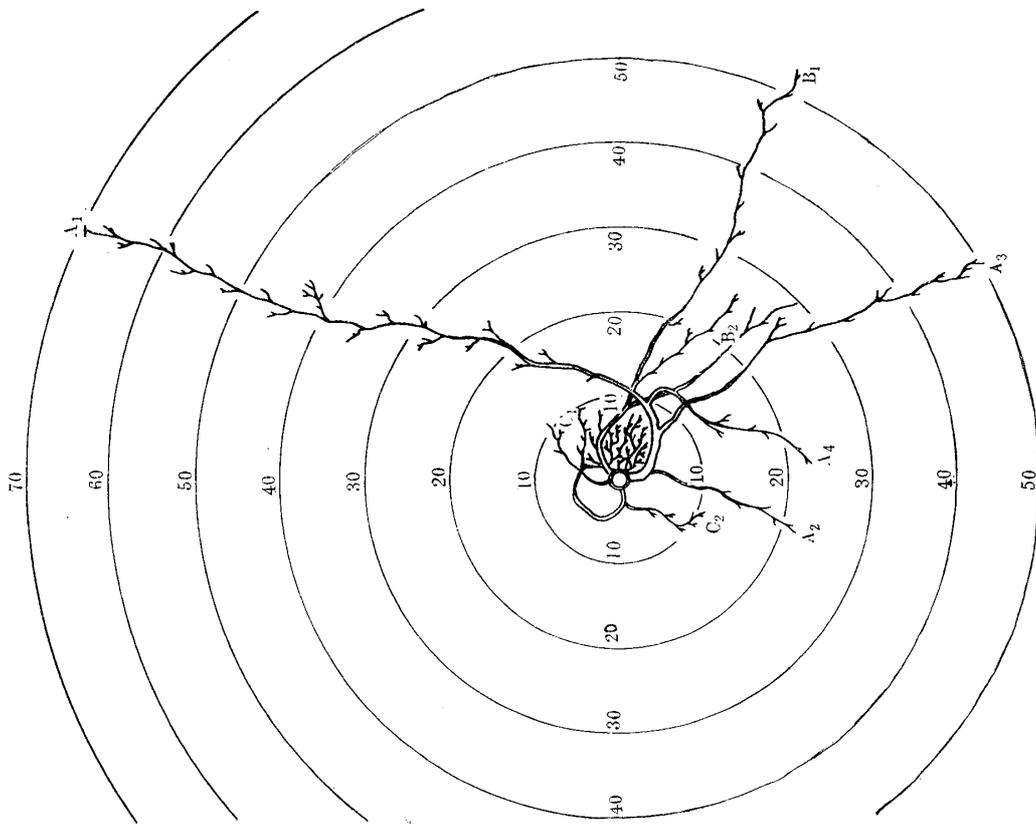
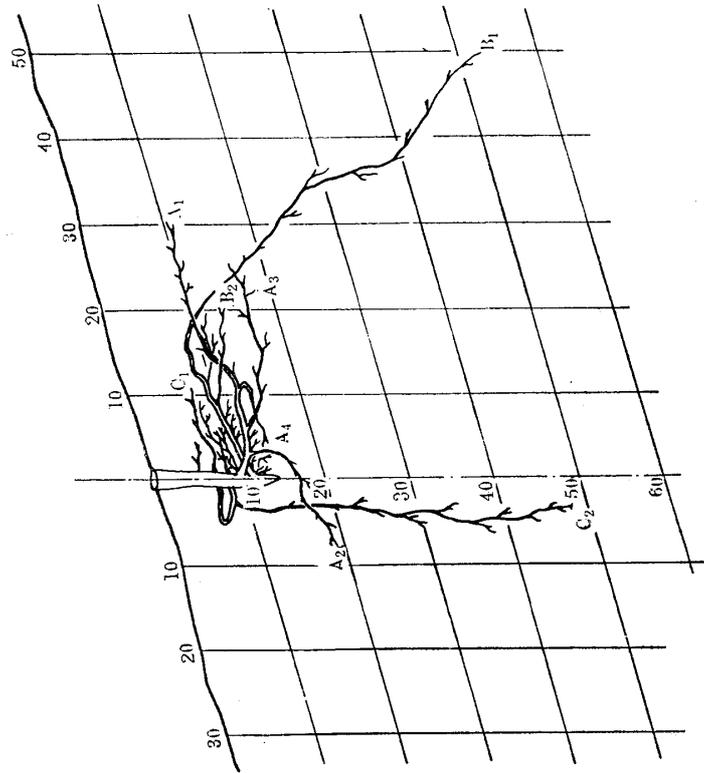


Fig. 32. Sugi root untreated by fertilizer (Co).



林地は A 層が溶脱されて浅くなりまた含水率が深くなるにつれて増加する結果気相分布が悪くなり、根は水平的な拡がりを示すのではないかと思われた。根系のタイプは樹種によってある程度まで決定され一般にスギは浅根性、マツは深根性といわれるが、幼時においてはタイプとしてのそのような傾向はそれ程明確ではなく、スギの根は発生する菌類との関係もあって、一定量以下の孔隙量のところでは生存しえず幼時に垂直に発達した根はある程度まで伸長をとめやがて枯死するか或は水平的に拡がっていくのではないかとも推察される。ところが耕うん試験地は孔隙量のたかい木場作跡地で根量も多くかつ深いが、気相は非耕うん地が深さを増すにつれて高くなり含水率は減少しており木場作地はその逆であって根系の発達と気相の変化が伴っていない。

先の灌水試験地では斜面の上方すなわち水路に向って根量の多いことを考えれば、土壤の三相分布のうち固相が少い場合である気相の分布の範囲では根は走水性を示すということも考えられるかも知れない。マツの場合、気相分布の比較的広い範囲で伸長し得るかまたは嫌氣的に伸長し得る吸収根を有するのではないかという事が考えられる。

しかしながら今回の調査では 100 cc 採取円筒による孔隙量の測定であって誤差も多いと推定され、結論は今後の調査と実験にまたねばならない。

施肥によっては根系のタイプに影響を与えることは出来ず、1年目の調査では施肥は根系の量に影響したが、2年目は施肥と根量との関係は顕著ではなく、地上部によく効果をおよぼしても地下部にはそれ程の差がみられず、地下部が地上部におよぼす影響は、地下部の量の多少が関係するのではなくむしろ根の機能自体に起因するのではないかと考えられた。

Résumé

In forestry it is very important to improve the stand or the soil for planting or promotion of growth of trees. For this purpose, many treatments have been practiced, such as irrigation into stands, pre- or post-planting cultivation, mulching, weed control and fertilization. And it is conceivable that these treatments affect the mechanical and chemical composition of soil and the volume, weight and type of roots.

In this study, surveys were made of the roots of young Sugi trees (*Cryptomeria japonica* D. Don, Japanese cedar) affected by the treatment of irrigation, cultivation and application of fertilizer in Nagasaki, Miyazaki and Kumamoto Districts.

The results of the surveys are summarized as follows.

(1) Irrigating-test Farm

The test plot was irrigated by infiltration from the upper stream all through the year (Fig. 1), and the treatment promoted the growth of trees in height and diameter at the ground level (Table 3). The horizontal distribution of roots of treated trees was wider than the control (Table 6). And it was clear that the vertical distribution was connected with the water content (Figs. 2, 3, 4 and 5). The soil conditions were as shown in Tables 4 and 5.

(2) Cultivating-test Farm

This farm had been plowed for cultivating crops for a year before trees were planted, and a crop was grown among the rows of trees after Sugi trees were planted. And this root survey was carried out after two years had elapsed. The soil conditions are shown on Tables 7-11. According to the tables, the cultivated plot had larger porosity and higher water content than the control plot, and the deeper the soil-layer in the cultivated plot, the lower the air content. The height and the weight of trees and tree-roots in the cultivated plot and the control plot were as shown in Tables 12 and 13. The tree-roots in the cultivated plot were wide, weighty and deep, although the air content was less in the deep layers. (Table 14 and Figs. 7-10) This fact may indicate that the plowing of forest land would cause high porosity of upper soil layers and promote the growth in length and volume of roots.

(3) Fertilizer-test Farm

In the fertilizer-test plot set up as shown in Tables 1 and 2, the application of fertilizer at three times during spring and summer seasons and the application of slow-action fertilizer (methylen urea) promoted the height growth extremely (Tables 15 and 19), while the effect was not clear in the root growth (Tables 20, 21 and 22) except the test in 1960 (Tables 16, 17 and 18). And it is suspected that the chemical treatment to the soil does not affect the volume or the distribution of roots, but it affects the activity.
