

植栽密度, 形式のスギの成長におよぼす影響について (II) : 巣植造林について

汰木, 達郎
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15865>

出版情報 : 演習林集報. 18, pp.57-76, 1963-02-20. Kyushu University Forests
バージョン :
権利関係 :



植栽密度, 形式のスギの成長におよぼす 影響について (Ⅱ)

—— 巢植造林について ——

汰 木 達 郎

Tatsuro YURUKI :
Influence of Planting Densities and Types on the
Growth of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON)
—— On the Planting in Clumps ——

目 次

I はじめに	IV 結 果
II 調査地の概要	V 考 察
III 調査時期および調査方法	VI 摘 要
参 考 文 献	
R é s u m é	

I はじめに

Odum は植物の生態, 分布の型式について, 1. 機会的 (random) 2. 均等 (uniform) 3. 塊状 (clumped) の3つに大別することができ, 1の機会的 (random) は自然界では比較稀で, ほとんどは, 塊状あるいは均等の型式であるという¹⁾。

この考え方にもとづいて, 森林の構成をみた場合, 天然林は別として, 人工林に関してはきわめて均等な分布型式とすることができる。

今日多くの人々は, この均等な分布型式を有する人工林について, 1本1本に人為により平等な面積と空間を与えることを条件とした植栽密度およびこれにともなう単木あるいは林分の生態, 生長の問題を論じている。そして, その多くは森林の成立当初から限られた樹種で1本がそれぞれ1単位として出発している。

Odum の分布型式によれば, 植物の自然状態においては, 若い時代は主として親植物を中心とした集団 (塊状) としてスタートし成長するにつれて, 集団を構成する個体の相互作用により競合が起り次第に均等な分布型式を有する個体群に移向するという。

すなわち, 植物の幼時または若い時代は塊状型式にスタートするのが一般的であるといえる。しかし塊状といってもそれには程度がいろいろとあることはもちろんである。若い芽生えの時代には, 典型的な塊状を示すであろう。集団化することは直接環境に接触する表面積を量のわりに小さくし, また, 生活場所の微気候を自己に有利にかえ, したがって, 環境に対する抵抗性をますことになると考えられるが, 成長が進むにしたがい, 光や水, 栄養物に対する相互の競争が盛んとなり, 集団内の結びつきによる外的条件に対する有利性を減少させる方向をたどるようになる。その結果として現象的には自己間引, それによる集団内の個体数減少が起る。

すなわち, 植物が外部の障害に堪えてその種を生存させるためには個々の個体が孤立するよりも集団化した方がより有利であるが, 成長が進めば個体相互の競争という内部矛盾

も増大してくるであろう。しかし集団化した方が生存のために有利である限りは集団は持続されるであろう。このように、集団は集団としての利益と、集団内の個体相互の競争による有害効果という相反する2つの働きを持って成長するものといえる。

筆者は人工林における1本単位の植栽方式によるきわめて均等な分布型式の場合と全体としては均等分布型式ではあるが、数本を1単位とした塊状的均等植栽方式(巢植)の場合のクランプ(巢), およびクランプを構成する樹木の生態および成長を知るために, 単植造林と塊状植林(巢植)との比較試験を行なった。ここではその幼令林の結果と最近宮崎県でその存在が明らかになった壮令の巢植造林地の調査結果とを報告する。

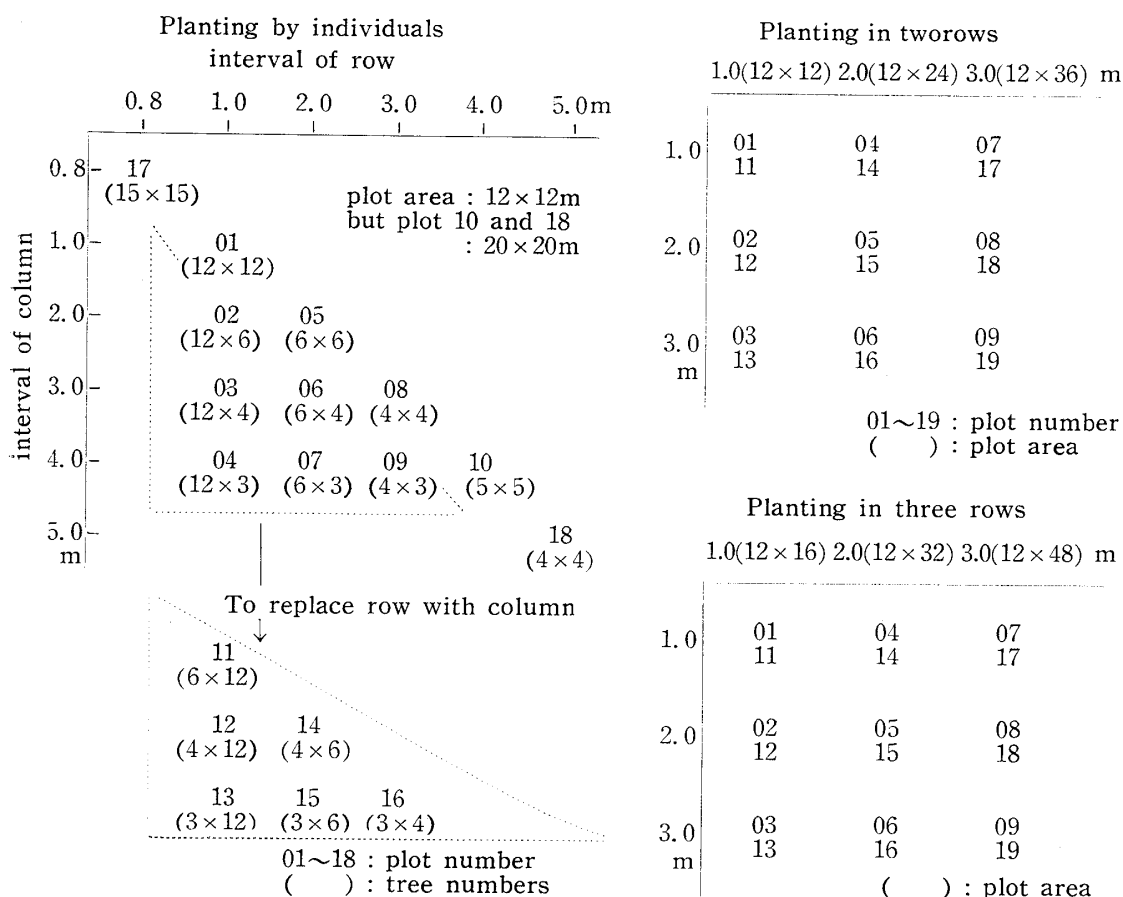
本研究を行なうにあたり終始懇篤な御指導をいただいた九州大学佐藤敬二教授, およびとりまとめのさい有益な御示唆をいただいた, 奈良学芸大学平田善文助教授に深謝の意を表する。

II 調査地の概要

1. 植栽試験地

試験地は1958年3月, 熊本県阿蘇郡波野村民有の原野にアヤスギを用いて, Table 1のような試験地を設定した。各試験区は3回繰り返した。当初の3年間の樹高成長については前報で一部報告した。

Table 1. Experimental plot



Planting in clumps (A)				Planting in clumps (B)				
clump spacing				trees per plot				
2.0(6×6) 3.0(4×4) 4.0(3×3) m				36	72	144	216	
trees per clump								
2	01	05	09	01 (4×4)	—	08 (9×8)	11 (11×10)	
3	02	06	10	02 (4×3) 14 (3×4)	05 (5×5)	09 (7×7)	12 (9×8)	
4	03	07	11	03 (3×3)	06 (4×4)	—	13 (8×7)	
6	04	08	12	04 (3×2) 15 (2×3)	07 (4×3) 16 (3×4)	10 (5×5)	—	

() : clump numbers
01~12 : plot number
plot area 12×12m

01~16 : plot number
() : clump numbers
plot area 12×12m

2. 巣植造林調査地

宮崎県東臼杵郡西郷村の住友林業株式会社社有林にある1933年植栽と推定されるスギ林である。この林分は面積 492.6m² で巣の数 は 10 個である。また、対照区としてはこれに隣接する同時植栽の林 455.2m² を用いた。両区とも同一の緩慢な傾斜面に存在している。

III 調査時期および調査方法

1. 植栽試験地は1962年9月に、樹高、根元直径を測定し、標準木については幹枝葉重および根系の調査を行なった。
2. 巣植造林地は1962年7月に胸高直径、樹高、樹冠のひろがり等について測定した。
この場合樹高はワイゼ測高器を用い巣植区については毎木測定した。対照区は18本測定しこれより樹高曲線を描き推定した。

IV 結 果

1. 植栽試験地

まず植栽試験地の成長について述べることにする。

生存率について

植栽形式のちがいによって生存率にかなりのちがいがみられた。概して巣植の方が高い値を示している。Table 2 参照

Table 2. Survival rate

Density per 12×12m		16	32-36	64-75	96-108	144-150	216-225	Mean
Planting by individuals		85.4%		86.6	85.8	88.9	89.5	87.2
Planting in clumps	2		96.1	92.4		89.3	93.7	92.9
	3		97.2	90.1	92.2	93.0	89.4	92.4
	4		89.6	92.2		94.5	92.0	92.1
	6		92.4	95.9	95.9	94.0	94.0	94.2

2, 3, 4, 6 : tree numbers per clump

渠植の場合は、クランプ(渠)当りの本数と生存率との間には、はっきりとした差はみられず、また、単位面積当り本数との間にも差はみられなかった。一方単植区は高密度の方がやや高い値を示している。しかし、渠植と比較するとかなり低い生存率を示している。このような結果より考えて、はじめに述べたように塊状型の方が自己保存のためには有利な立場にあるのではないかと考えられる。この試験地は冬季の寒さが厳しく、しばしば植栽木は寒さの害を受けているが、生存率の結果よりみて渠植、密植はかなりの抵抗性をもっていると考えられる。渠植と単植との間には比較すべき適当なプロットがないが、単植区で隣接する疎植区と密植区の生存率その他をみたのが Table 3 である。もっとも、こ

Table 3

Density	Survival rate	Height	Diameter at the ground level
225	81.78 %	99.68 cm	15.06 mm
96	61.46	79.83	12.55

こは低地で気流の流路に当たっているため密植区でも生存率はかなり低い、それ以上に疎植区の生存率は低下している。また、樹高、根元直径も密植区の方が良い値を示している。林木の樹冠は空気の流れをかえたり、風の力をやわらげたりする効果をもつといわれるが、この場合も冷たい空気の流れが地表近くに接近して地表を冷却する作用を樹冠量の多い密植区の方がよりやわらげた結果ではないかと考えられる。このようなことは、渠植の場合についても充分いえることと思われる。

樹高、根元直径および形状比について

樹高、根元直径および形状比の結果をまとめたのが、Table 4, 5, 6 である。

Table 4. Height

Density per 12×12m	16	32~36	64~75	96~108	144~150	216~225	Mean
Planting by individuals	122.06 cm		137.82	132.54	122.24	135.96	130.12
Planting in clumps	2	129.27	119.31		146.20	116.27	127.76
	3	125.30	139.34	117.96	131.79	138.11	130.50
	4	123.79	155.58		149.17	115.62	136.04
	6	128.11	129.57	144.57	135.70	132.21	134.03

2, 3, 4, 6 : tree numbers per clump

Table 5. Diameter at the ground level

Density per 12×12m	16	32~36	64~75	96~108	144~150	216~225	Mean
Planting by individuals	19.89 mm		21.90	21.02	19.87	22.78	21.09
Planting in clumps	2	19.52	18.38		21.96	16.60	19.12
	3	19.20	20.13	16.92	20.59	19.72	19.31
	4	16.08	22.09		20.42	16.83	18.86
	6	15.78	20.53	18.53	17.12	17.46	17.88

Table 6. Form quotient

Density per 12×12m		16	32~36	64~75	96~108	144~150	216~225	Mean
Planting by individuals		61.6		62.6	63.0	61.8	59.5	61.7
Planting in clumps	2		66.9	65.6		66.9	70.0	67.4
	3		65.5	70.2	70.3	64.0	70.0	68.0
	4		72.3	70.8		73.1	68.7	71.2
	6		81.2	77.7	79.5	79.3	75.8	78.7

Table 4 からみて、樹高成長と植栽形式のちがいの間にはあまり関係がないようである。また、植栽密度のちがいもあらわれていない。しかし Table 5 よりわかるように根元直径は概して単植の方が小さく、そのなかでもクランプ当り本数の多い方が小さい。しかし単位面積当り本数との間には単植、単植とも有意な関係はみられなかった。

一種の形状をあらわす指数として樹高 $\text{cm}/\text{根元直径cm}=\text{形状比}^{2)}$ を求めた。形状比は幹の細長度を示すものと考えることができるが、Table 6 より形状比は単植の方が大きい値を示している。また、単植の間でもクランプ当りの本数の多い方がこの比も高くなっている。しかしいずれの場合も植栽密度とはほとんど関係がないようである。すなわち、単植の場合は個体間同志で影響しあうということは高密度の場合でもほとんど生じていないこと、(最高密度の 225 本区で現在ようやく樹冠がお互いにふれあう程度になっている) また、単植区では各株間同志が互いに影響しあう段階にはまだないが、単内では各個体は樹冠を接触させている。単植の形状比が単植に比し高い値を示し、しかもクランプ当り本数の多い方がより高い値を示しているのは、クランプ当り本数と関係があることを示している。佐藤ら³⁾ はアカマツの立木密度と幹の形の関係をしらべているが、それによると立木密度がちがうと幹の形もいちぢるしく変ることを示している。すなわち、立木密度の低い方が、ウラボケで、高い方が、完満になっている。一般に樹冠がうっ閉した状態で、疎密の程度が幹形にあらわれてくるものと考えられるから、この植栽試験地の場合、単植はまだ孤立木の成長を示しているものといえる。

一方、単植の場合はクランプ内では各個体の樹冠は接触し互いに干渉しあっている状態であるから、全体としては樹冠はうっ閉してはいるが、単そのものには一つの密度効果が現れているものと解してよいだろう。このことは次の樹冠、根系の発達をみることによって一層明らかになると考えられる。

樹冠・根系の発達について

代表的な成長をしているものを標準木に選び、樹冠の配置と幹枝葉の重量、根系の配置とその重量を測定した。単植では、6 本植と 3 本植を 1 クランプずつ、計 9 本、単植では 1 本を試料にとった。根系の発達をみる点からは、単植の試料 1 本というのは数が少ないきらいがあるが、同試験地の隣接地での須崎¹²⁾ の調査からみても、この場合の調査木は単植の特徴を示しているものとみなしてもさしつかえないようである。

Fig 1 より単植と比較して、単植は樹冠の配置をみると枝葉の内部への発達とはぼしく、外側への発達は普通と変らないといえる。クランプ全体としてみると内部に空間が存在している。これは次の根系の発達ときわめて良く似ている。Table 7 は幹枝葉の分配を示し

Fig 1 Profile and Projection of Crowns

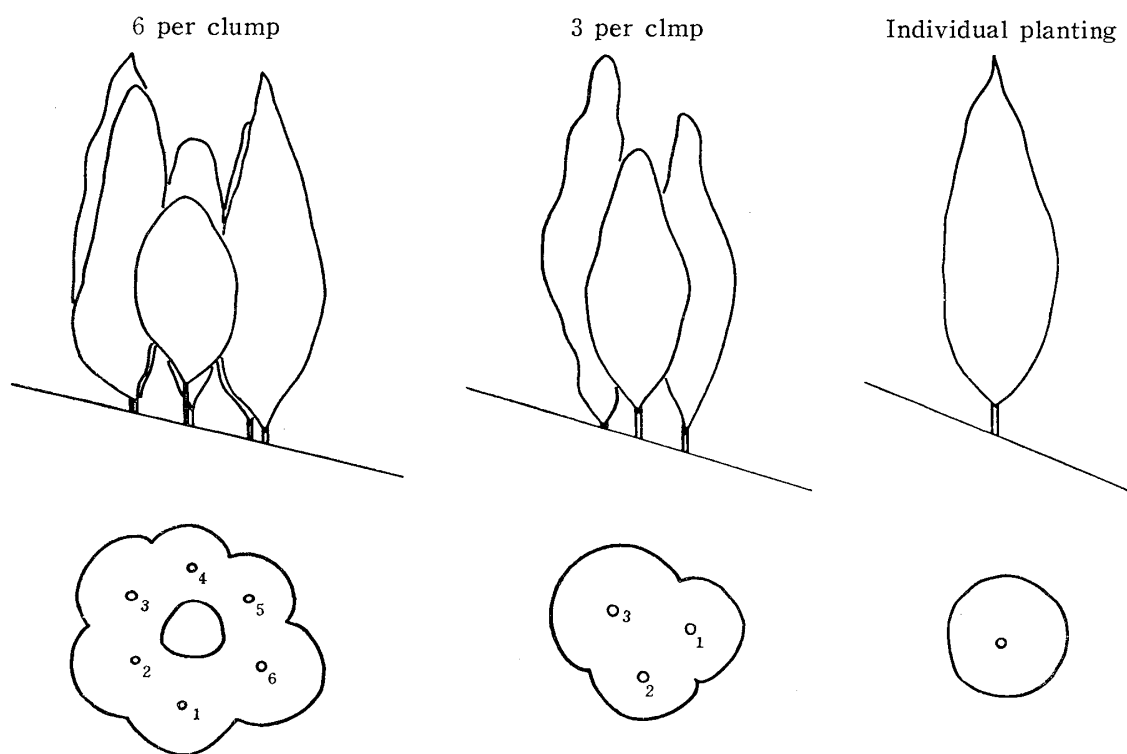


Table 7 Fresh weight of total top

Number of Trees per clump	No	Total	Stem	Branch	Leaf
Planting by individuals	1	1668.0	27.7	14.1	58.2
3	1	554.0	33.1	20.0	47.0
	2	454.0	30.4	18.3	51.3
	3	1098.0	32.0	15.9	52.0
	Mean		31.8	18.1	50.1
6	1	262.2 ^g	26.5 [%]	21.4 [%]	52.1 [%]
	2	375.3	35.6	18.8	45.6
	3	643.6	31.1	19.1	49.9
	4	304.0	28.5	16.0	55.6
	5	454.7	32.9	16.6	50.5
	6	924.0	27.8	17.2	55.1
	Mean		30.4	18.2	51.6

ているものだが、全体として渠植の方が単植に比し葉の割合が低く、幹枝の割合が高くなっている。一般に普通の単植の場合、密度が高くなれば幹の割合が高くなり、枝葉の割合が低くなるといわれている^{4),5)}。渠植の場合、枝の割合もかなり高くなっていることは、きわめて興味のあるところである。

一般に林木の葉量は、胸高直径、枝下直径、あるいは根元直径と対数で直線的な関係に

あるといわれる。そこで植栽試験地の隣接林分で試料木と同一品種のアヤスギの幼令木（5～6年生）について葉量—根元直径の関係をしらべてみると

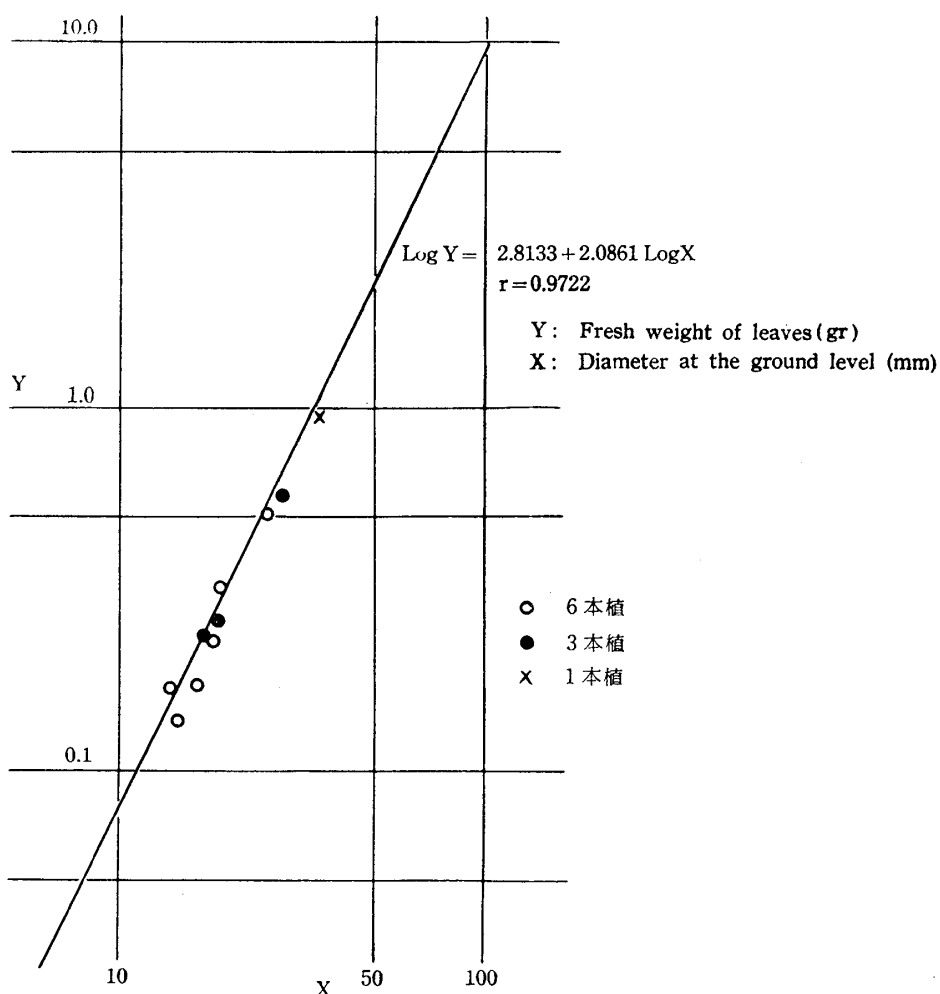
$$\log Y = -3.1867 + 2.0861 X$$

$$r = 0.9722$$

Y : 葉量 kg. X : 根元直径 mm.

なる回帰式がつくられた。この回帰直線図上に Table 7 の数値をプロットしてみたのが Fig 2 である。

Fig 2 Relationship between Fresh leaves weight and Diameter at the ground level.



この図からもよく判るように、これらの値は求めた回帰式にきわめてよく適合している。このことから植栽形式がちがっても葉量—根元直径の関係には変りはないと考えてもよいようである。すなわち、単植の場合、樹冠の形はイビツなものになっても根元直径との相対的な関係は単植の場合と同じであるといえる。

単植の場合、葉量と同時にクランプを形成する樹冠の表面が問題となる。単植の場合は、樹冠の全表面が、雑草木や風等の環境条件の影響をうけることになるが、一方、単植の場合は、全表面のうち外側の樹冠表面だけが直接その影響をうけるものといえる。そこで、

調査木のようなまだ枝葉の枯れ上がりのほとんどみられない幼令林の場合は、樹冠は上・下逆向きの二つの円錐体よりなっていると想定し、各個体の表面積を算定してみた。その結果は Table 8 のようになった。渠植の場合、クランプの外側を構成する樹冠表面積は Fig 1 の樹冠配置図や、各個体の樹冠は接触しあっていることから判断して、全表面積の半分以下と考えてもよいようである。そこで3本植、6本植の区別はせず、一応渠植の場合、全樹冠表面積の1/2がクランプの外側面を構成するものとみなした。

次に単位葉重あたりの表面積を算出し、この値を単位量の葉が環境と接触する度合を示すものと考えた。渠植の場合も個体ごとにこの値を算出してみた。この場合、3本植は1本植とほとんど差はみられないが、6本植の場合はバラツキが大きく、平均値も大きい。6本植の場合 No.6を除いてはみな内側の樹冠の形がきわめてイビツなため過大推定した傾向があることを考えれば、単植、渠植とも大きなちがいはないといえる。そのため渠植の場合、樹冠外側面を全表面積の1/2とすれば、S/Lの値も単木の場合の1/2程度に減少することになる。

したがって、一定量の葉が環境の影響、特に雑草木の庇圧を受ける度合は単植に比し、渠植の方がより少ない。すなわち、環境に対する抵抗性がより強いといえるのではなからうか。

Table 8 Surface area of crown.

			S	L	S/L	S'/L
Planting by individuals			31685.82	970.6	32.65	
Planting in clumps	3	1	9063.39	260.0	34.86	17.43
		2	8309.53	233.0	35.66	17.83
		3	16627.83	571.0	29.12	14.56
		Total	34000.75	1064.0	99.64	49.82
		Mean	11333.58	354.7	33.21	16.61
	6	1	5726.51	136.8	41.86	20.93
		2	9606.38	171.1	56.15	28.07
		3	12937.11	320.8	40.33	20.17
		4	5548.38	169.0	32.83	16.42
		5	8491.56	229.4	37.02	18.51
		6	13249.76	508.5	26.06	13.03
		Total	55559.70	1535.6	234.25	117.13
		Mean	9259.78	255.9	39.04	19.52

S : Surface area of crown cm² S' : S/2
L : Fresh leaf weight g

次に根系の発達と植栽様式との関係であるが、一般に植栽密度が高まると根は地表面近くに多く分布するようになるといわれている⁶⁾。

Table 9 は深さ別の重量分布を表わしたものであるが、単植に比較して、渠植の方が地表面近くに多く分布し、しかも6本植の方がよりその傾向は著しいということがはっきりしている。

Table 9. Vertical distribution of fresh weight of root

Number of Trees per clump	Depth No	Stump	Fine Roots					Total
		cm 0~20	cm 0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	
Planting by individuals	1	143.2	208.3(80.6)	31.6(12.2)	9.6(3.7)	6.3(2.4)	2.8(1.1)	258.6
3	1	48.9	90.2(88.1)	11.6(11.3)	0.6(0.6)			151.3
	2	41.2	61.5(88.3)	6.2 (8.9)	1.5(2.2)	0.4(0.6)		110.8
	3	113.9	131.8(79.3)	21.2(12.8)	9.6(5.8)	2.4(1.4)	1.2(0.7)	280.1
	Total	204.0	283.5(83.8)	39.0(11.5)	11.7(3.5)	2.8(0.7)	1.2(0.4)	542.2
6	1	17.5 ^g	37.0(95.6) ^g	1.7 (4.4)				56.2
	2	34.7	53.3(86.4)	6.9(11.2)	1.2(1.9)	0.3(0.5)		96.4
	3	53.8	104.2(90.5)	6.5 (5.6)	3.2(2.8)	1.3(1.1)		169.0
	4	23.3	32.5(94.0)	1.5 (4.3)	0.6(1.7)			57.9
	5	41.7	44.3(78.2)	9.4(16.6)	2.7(4.8)	0.3(0.5)		98.4
	6	73.0	120.0(83.3)	16.3(11.3)	5.4(3.8)	1.4(1.0)	0.9(0.6)	217.0
	Total	244.0	391.3(86.8)	42.3 (9.4)	13.1(2.9)	3.3(0.7)	0.9(0.2)	694.9

() : percentage

傾斜面のスギの根の普通の分布形態は、垂直根、斜面に平行な上、下の根、横方向の根、およびこれらの中間型に大別される。

Fig 3 よりよく判るように、巣植の場合、各個体をみると、各方向の根を皆持っているものは少なく、多くは一部の方向にだけよく発達している。しかし、クランプ全体を1個体とみなせば、完全な分布をしているものと考えられる。

図からもよくわかると思うが、巣植の場合、根は枝葉と同じく内部へ伸びるものはきわめて少なく、はじめ内部へ伸びた根でも途中で方向を転じて外側へ伸びているのがあることはきわめて特徴的であるといえる。このことは、巣植の根の変則的な発達ときわめて密接な関係があるといえる。

このような根系の発達形態よりみて、その伸長過程において、巣植では個体間である種のせりあいが起っていると解釈される。

樹高・根元直径分布について

個体の樹高根元直径の分布型式が、植栽形式のちがいにより変るものか、どうかを知ることは撫育上からみてもきわめて興味のある点である。Fig 4 は、樹高、根元直径の度数分布を表わしているが、樹高の度数分布は、正規分布の型があまりくずれていず、また、巣植と単植との差も明確でなく、個体間のせりあいは樹高分布には現れていないことが認められる。

根元直径の度数分布については左寄りに分布する傾向を示しているが、せりあいがなくても左寄りの分布を示すことがよくあるということからも、⁷⁾これとても一概にせりあいの結果だとはいえない。このことは、また、単植と巣植のちがいがみられず、また、巣植の場合クランプあたりの本数のちがいも現れていないことからはっきりといえるようである。巣植の樹冠、根系の発達にはせりあいの影響がみられたが、このせりあいも、幼令林では樹高や根元直径の度数分布の型をかえるほどの働きはもっていないと考えられる。

以上のような結果から判断して、せりあいの影響が樹高や根元直径の分布に現れてくるには今後さらに年数を要するものと考えられる。

2. 巣植造林地

この造林地が、どのような目的でつくられたかについては当時の記録が残っていないためははっきりしない。

なお、この造林地の調査結果については、佐藤が別に発表しているが、ここでも同じデータについて考察を進めることにした。

Table 10-1.

	No	D.B.H. cm	H m	V m ³
I	1	35.0	18.55	0.8082
	2	23.9	17.00	.3625
	3	31.5	17.50	.6455
	4	29.0	18.55	.5763
	5	38.2	17.60	.9537
II	6	27.1	18.00	.4894
	7	38.5	20.30	1.0954
	8	33.4	20.30	.8244
	9	35.0	19.50	.8743
III	10	34.4	16.00	.7132
	11	23.3	13.00	.2753
IV	12	19.1	14.30	.2001
	13	22.6	15.00	.2916
	14	33.8	15.80	.6808
V	15	46.2	20.50	1.5905
	16	37.3	20.50	1.0367
	17	10.7	10.00	.0471
	18	45.5	20.50	1.5427
	19	29.0	19.40	.5974
	20	32.1	19.40	.7320
VI	21	44.3	21.10	1.4996
	22	30.3	20.60	.6870
	23	45.9	21.10	1.6099
	24	47.8	20.60	1.7097
VII	25	28.3	16.00	.4827
	26	25.1	15.00	.3597
	27	33.4	16.00	.6724
	28	31.8	16.50	.6256
VIII	29	24.0	16.00	.3472
	30	31.2	13.00	.4935
	31	31.2	16.00	.5866
IX	32	17.4	12.80	.1515
	34	14.0	11.60	.0906
	35	14.5	11.30	.0951
	36	13.2	10.80	.0761
X	37	32.5	17.20	.6771
	38	22.0	13.00	.2454
	39	37.9	19.00	1.0030
Total				25.7498
Mean		30.27	16.82	0.6776

Table 10-2.

No	D.B.H. cm	H m	V m ³
1	40.1	18.9	1.1097
2	17.2	12.1	.1415
3	26.4	16.1	.4221
4	21.3	14.1	.2459
5	16.6	11.7	.1282
6	30.9	17.2	.6120
7	34.4	18.0	.7886
8	19.4	13.2	.1931
9	42.3	19.2	1.2598
10	25.2	15.7	.3764
11	36.3	18.2	.8861
12	22.9	14.8	.2960
13	27.4	16.4	.4618
14	24.8	15.6	.3627
15	22.0	14.4	.2669
16	25.5	15.8	.3875
17	27.1	16.3	.4495
18	22.3	14.6	.2774
19	20.7	13.8	.2281
20	29.0	17.0	.5337
21	20.4	13.7	.2203
22	34.1	18.0	.7750
23	40.1	18.8	1.1119
24	23.9	15.3	.3312
25	14.3	10.3	.0860
26	20.0	13.5	.2050
27	34.0	17.9	.7663
28	31.8	17.4	.6543
29	35.3	18.1	.8342
30	30.5	17.1	.5932
31	20.0	13.5	.2092
32	28.6	16.7	.5112
33	15.0	10.7	.0975
34	17.2	12.1	.1415
35	17.8	12.4	.1545
36	24.8	15.7	0.3646
37	16.5	11.6	.1258
38	21.0	14.0	.2377
39	13.0	9.5	.0668
40	29.0	16.8	.5282
41	28.3	16.6	.4978
42	20.0	13.5	.2092
43	17.5	12.3	.1484
44	24.2	15.4	.3417
45	33.4	17.8	.7361
46	23.2	15.0	.3073
47	30.9	17.2	.6120
Total			20.2981
Mean	25.46	15.19	0.4319

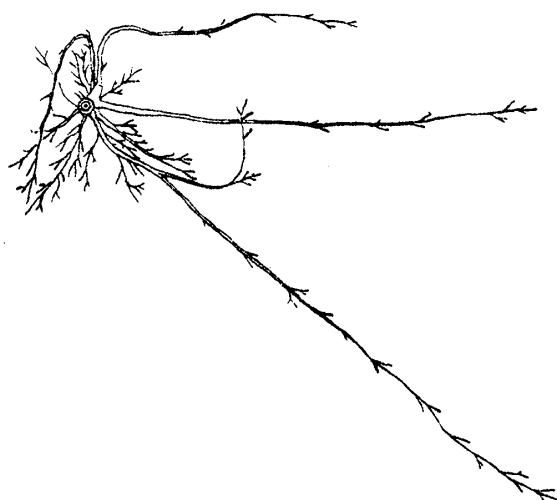
Fig. 3. Vertical and horizontal distribution of tree root

(1) 6 trees per clump

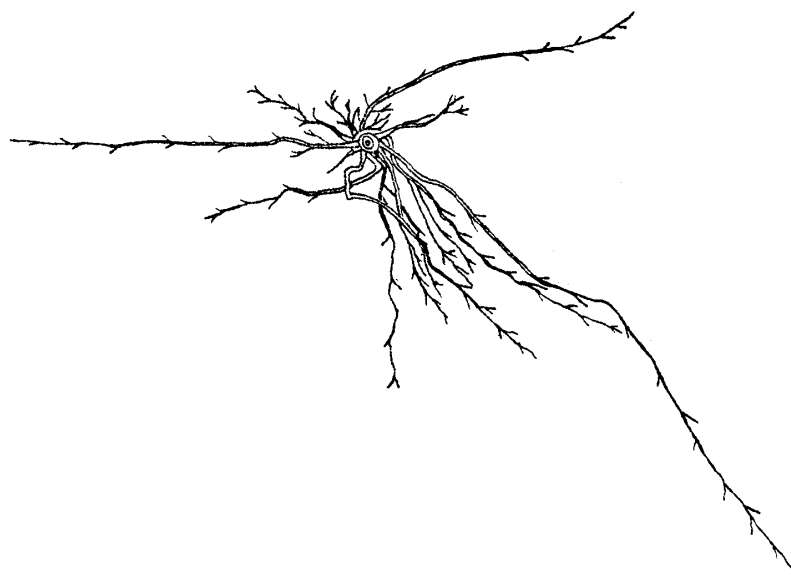
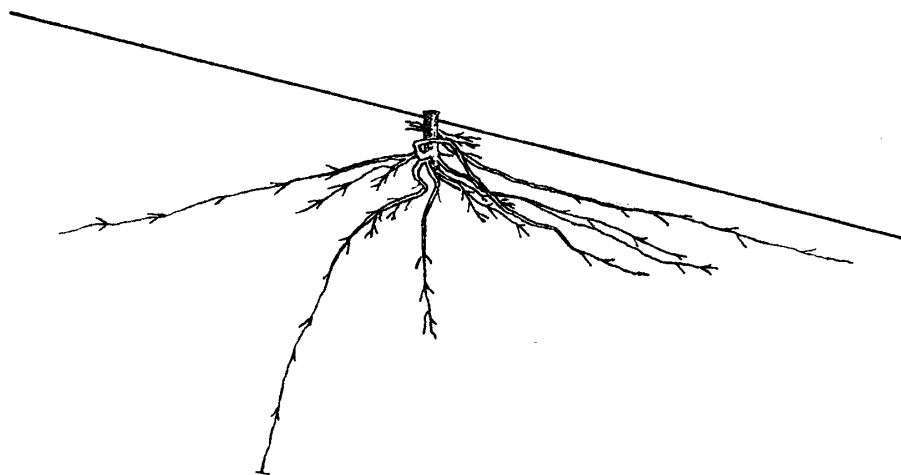
6—No. 1



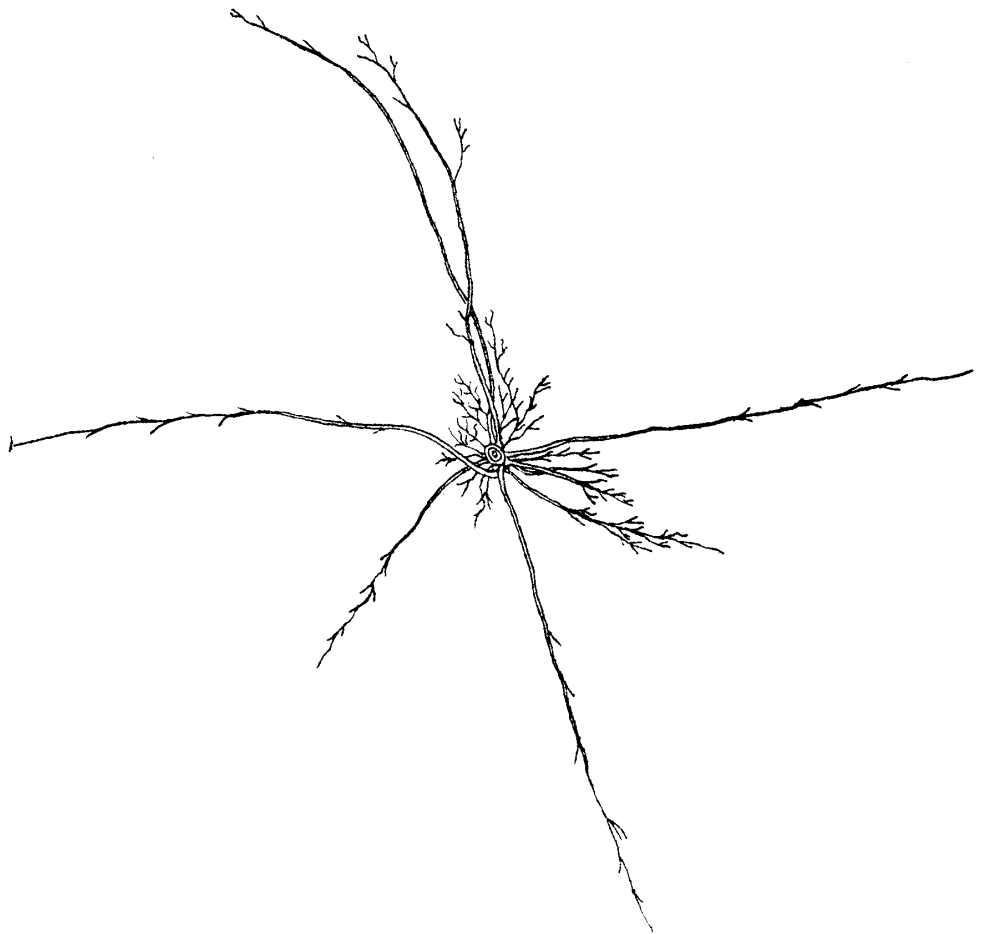
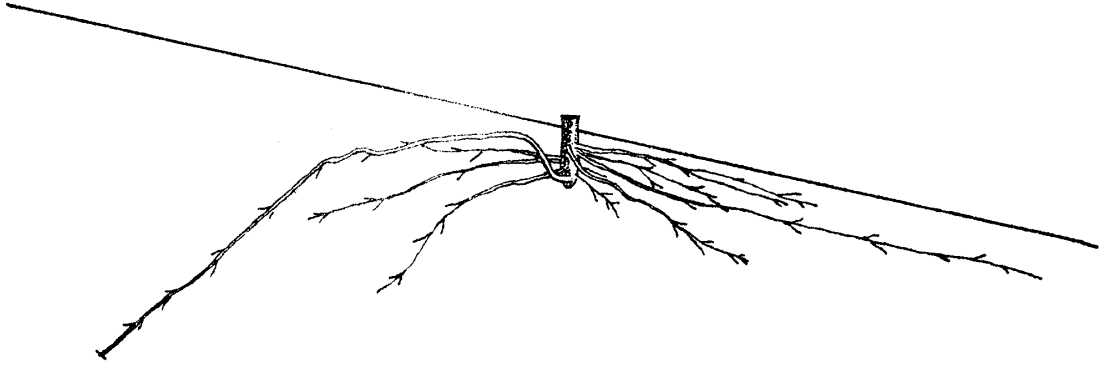
Scale 1 : 20
0 50 cm



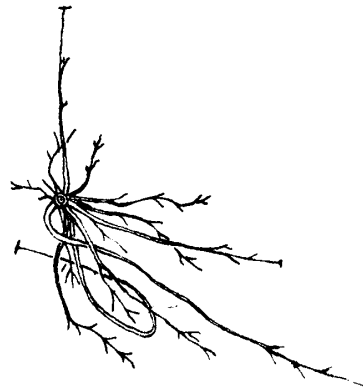
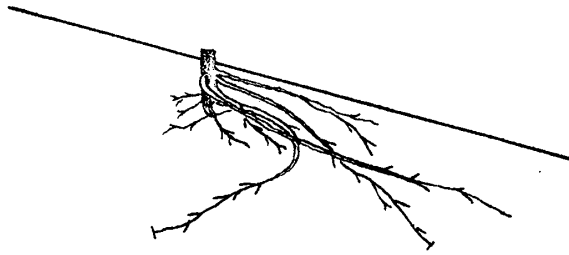
6—No. 2



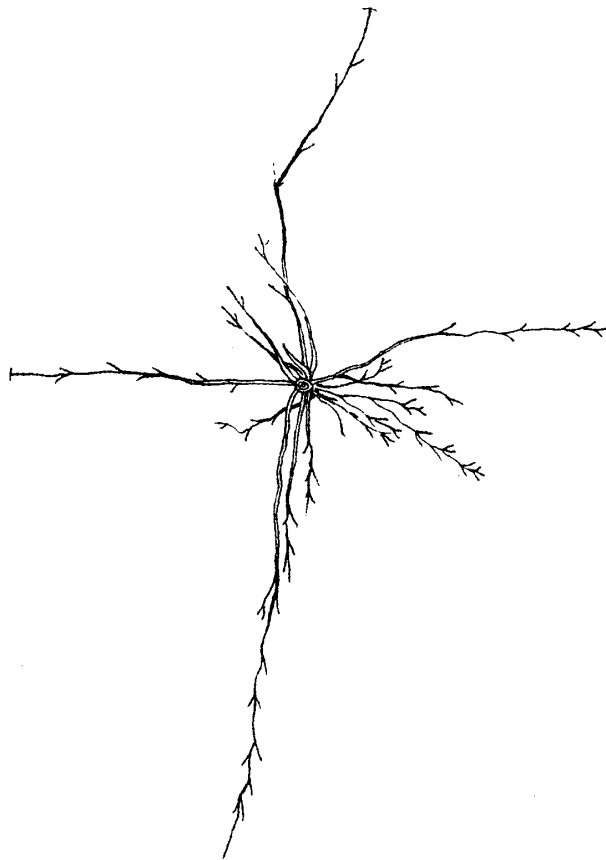
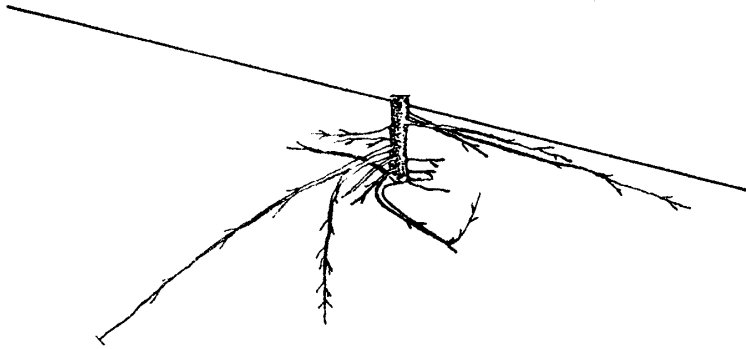
6—No. 3



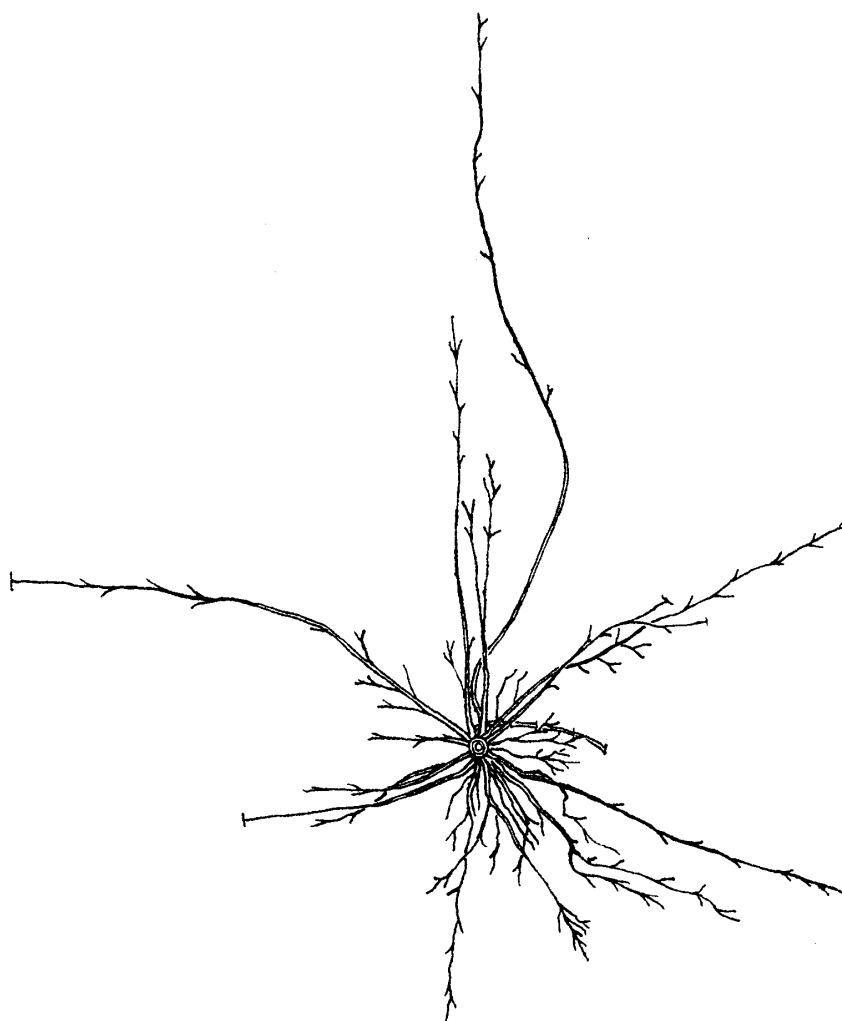
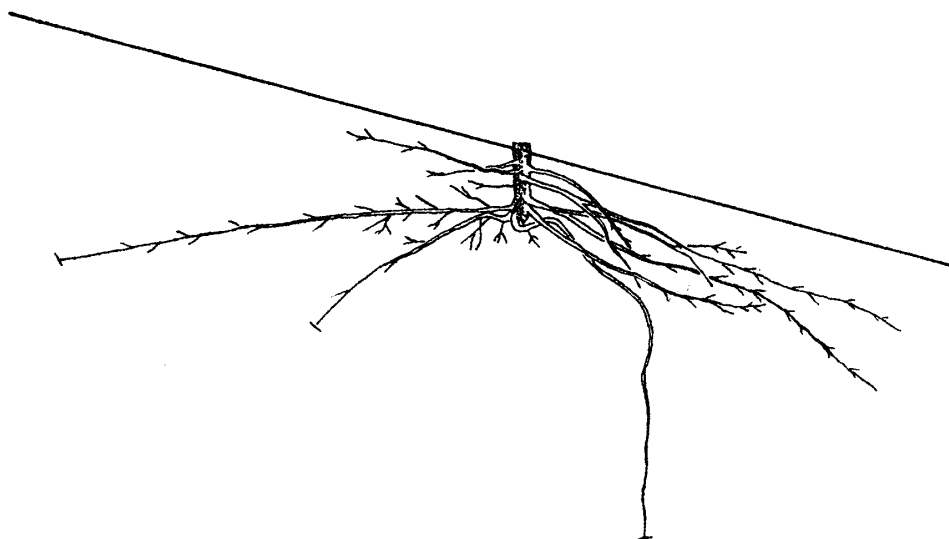
6—No. 4



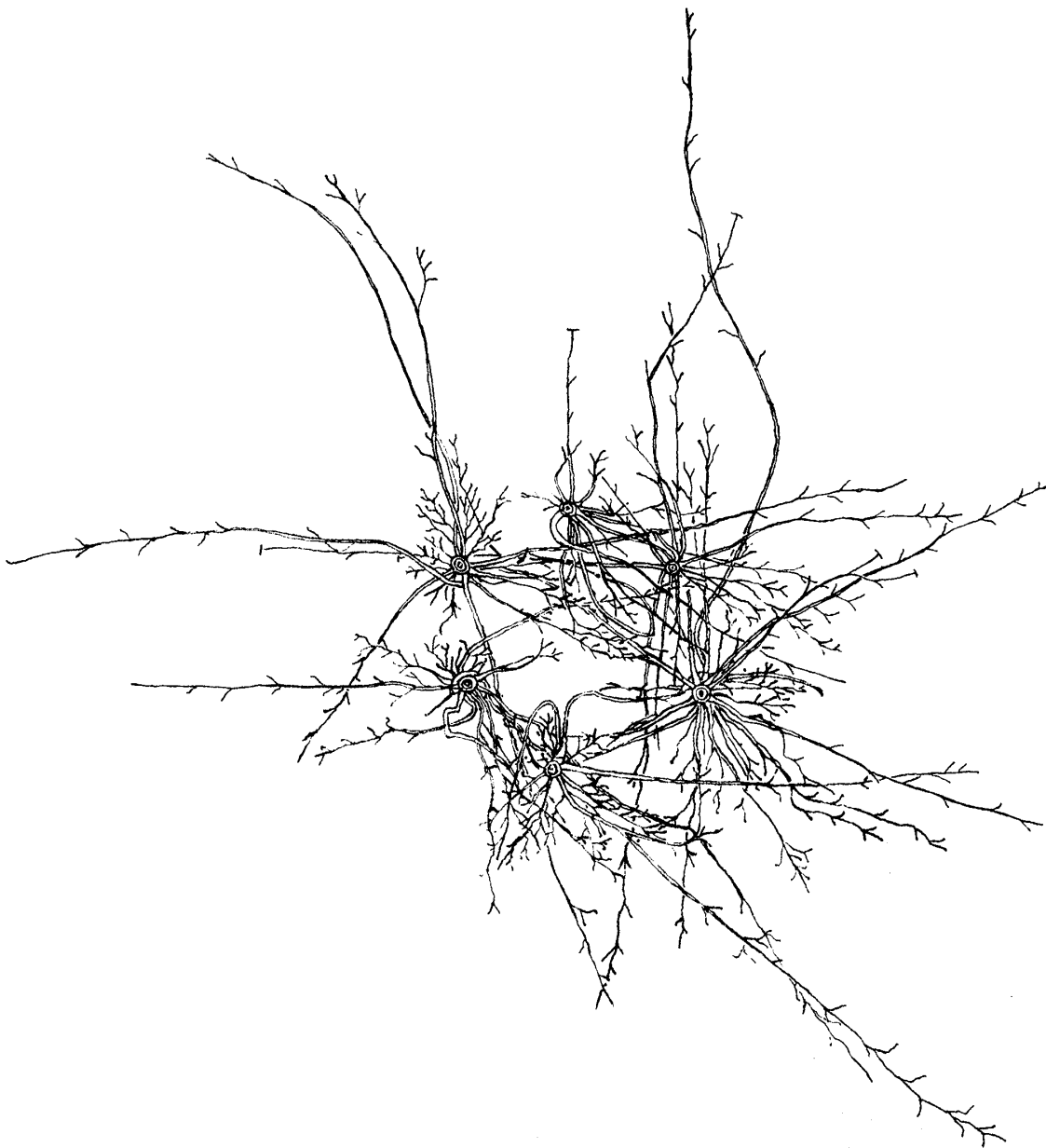
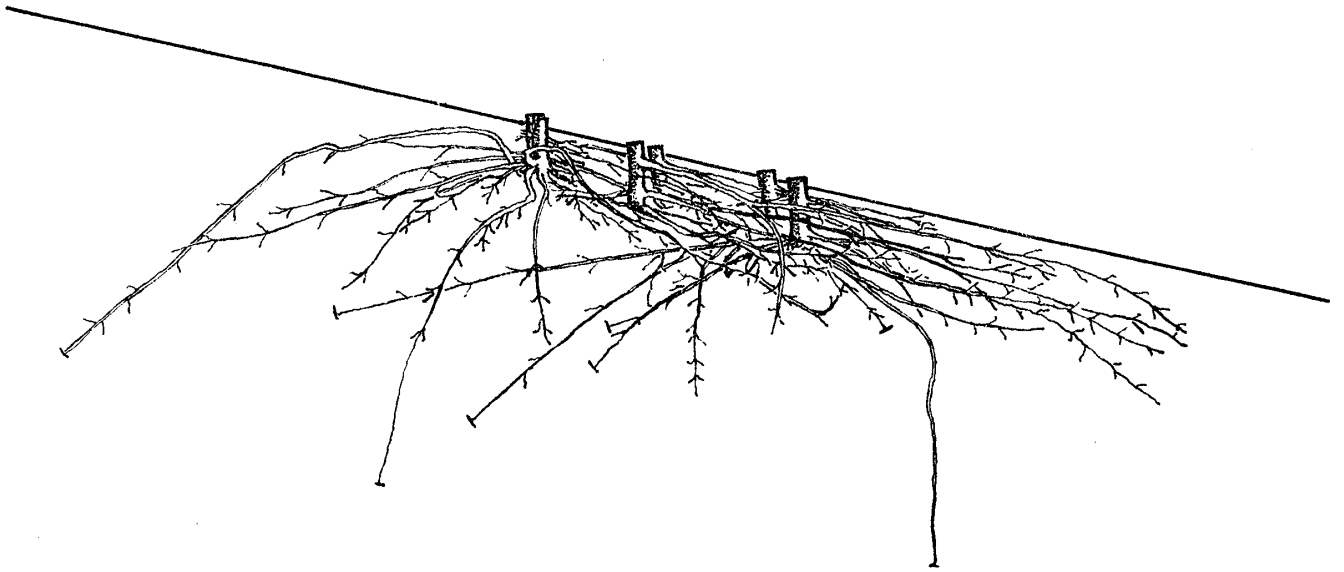
6—No. 5



6—No. 6

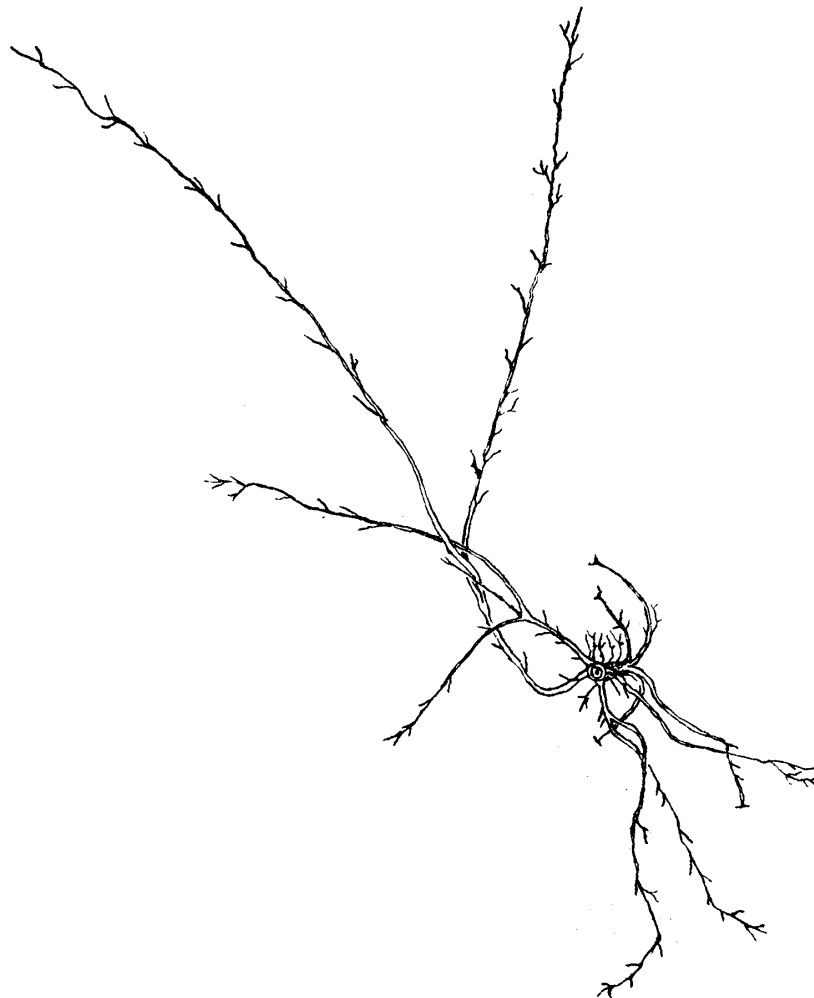
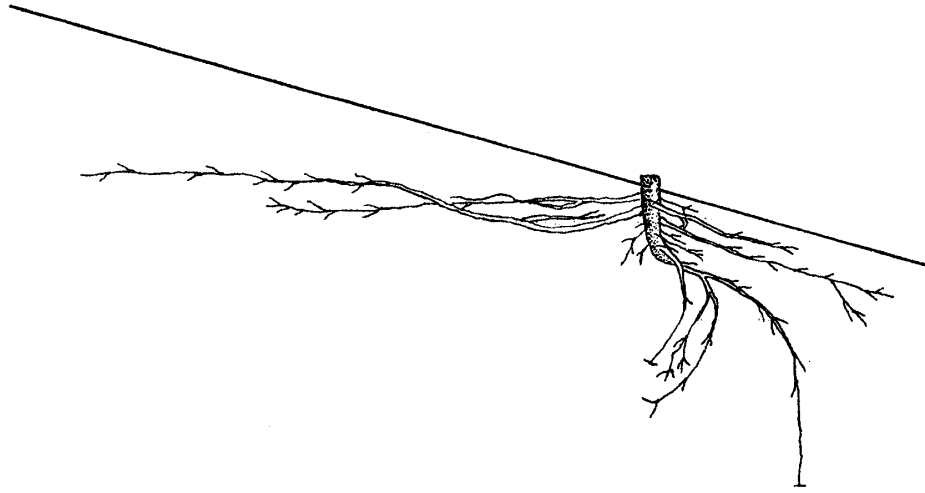


6—Compound

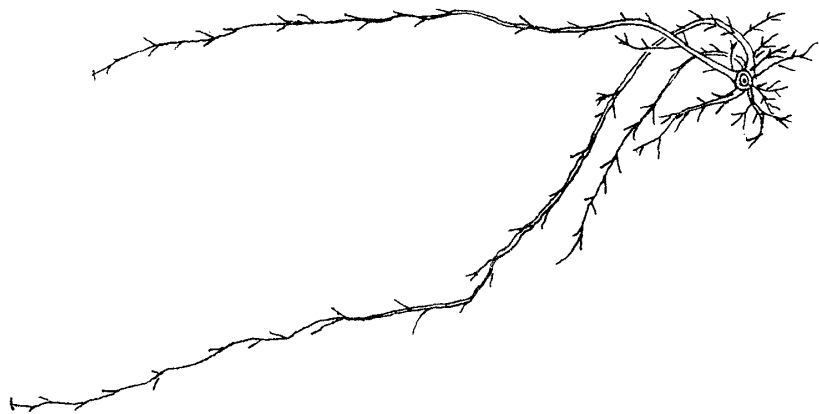
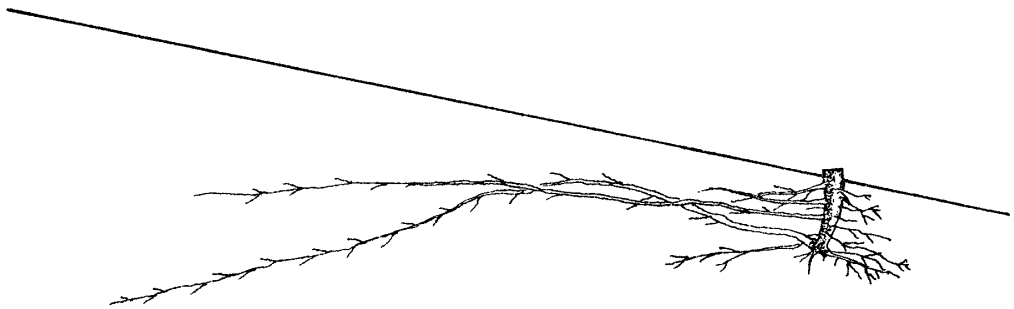


(II) 3 trees per clump

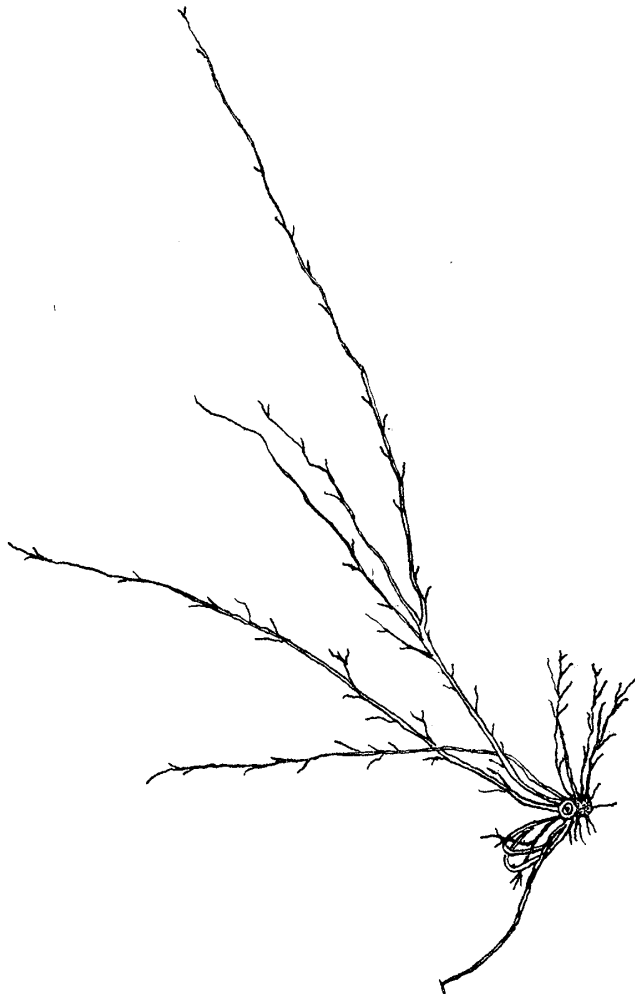
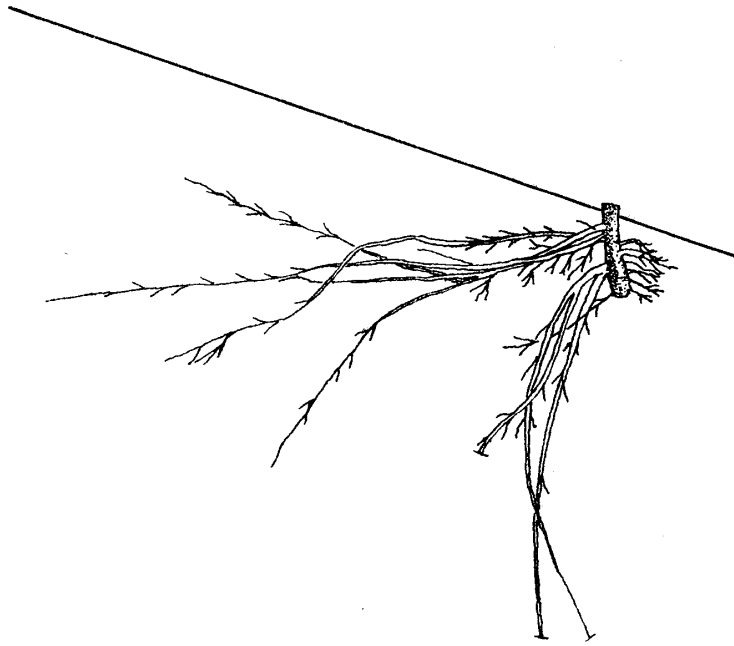
3—No. 1



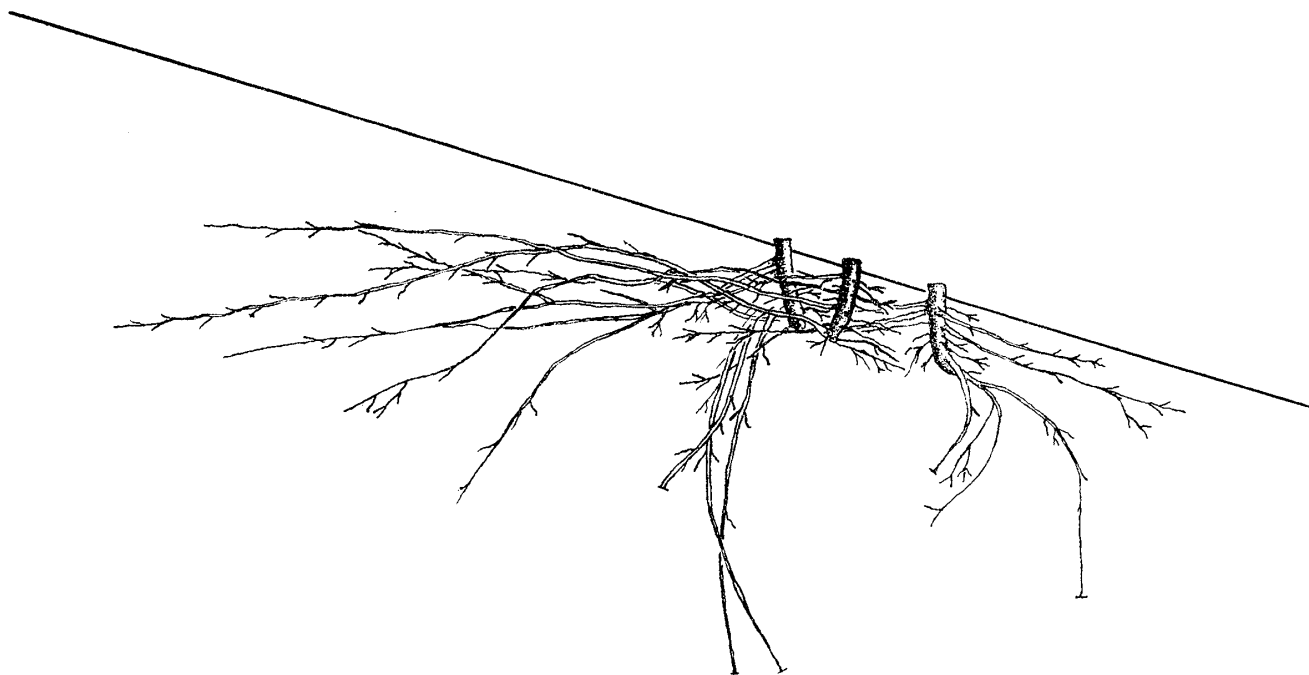
3—No. 2



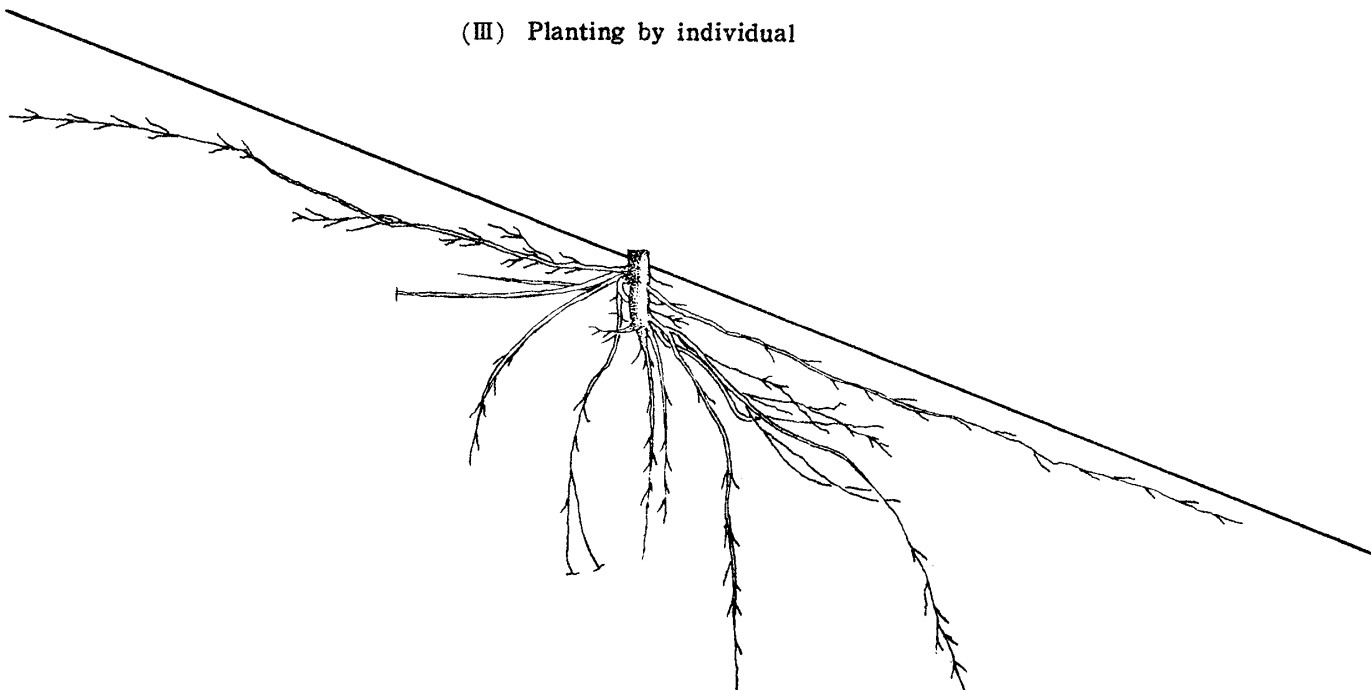
3—No. 3



3—Compound



(III) Planting by individual



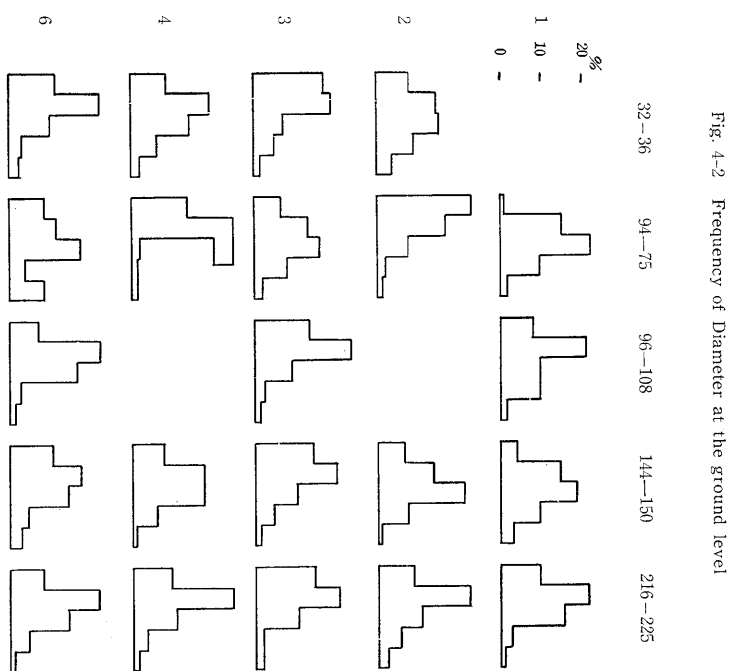
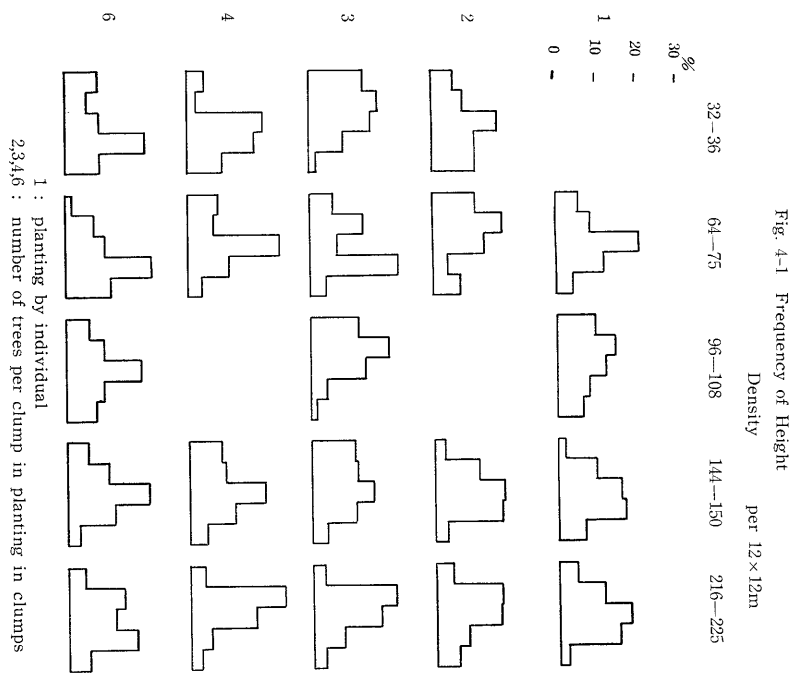


Table 10 は、単植区と隣接の対照区の成長結果をとりまとめたものである。材積は胸高係数を用いて算出した。Table 11 は単植区と対照区の成長を比較したものである。

Table 11.

	Area	Number of Trees	D.B.H mean	H mean	V mean	V total	Number of Trees per ha	V per ha
Planting in clumps	m ² 492.6	38	cm 30.27	m 16.82	m ³ 0.6776	m ³ 25.7498	771	m ³ 522.7324
Planting by individuals	455.2	47	25.46	15.19	0.4319	20.2981	1033	446.1263

この表から伺えることは、胸高直径、樹高、材積いずれも単植の方が対照の単植よりもよい成長を示している。すなわち、対照区を1として比較した場合、単植の方は平均単木材積で1.57倍、単位面積当たり材積で1.17倍の成長を示している。

樹幹および樹冠の配置について

Fig 5 は単植区と隣接の対照区の樹幹および樹冠の配置をみたものであるが、単植区の場合、現在のクランプを構成する樹幹相互の配置からみて多角形に植栽したものと想定される。

クランプ間隔がかなり大きいために、林地はウツ閉の段階に至ってはず、樹冠占有面積はきわめて小さい。一方対照区は単植区に比較すればウツ閉はかなり進んでいるが、枯損木のためと考えられるが一部に疎開している部分がみられる。

Fig. 5. Projection of crowns

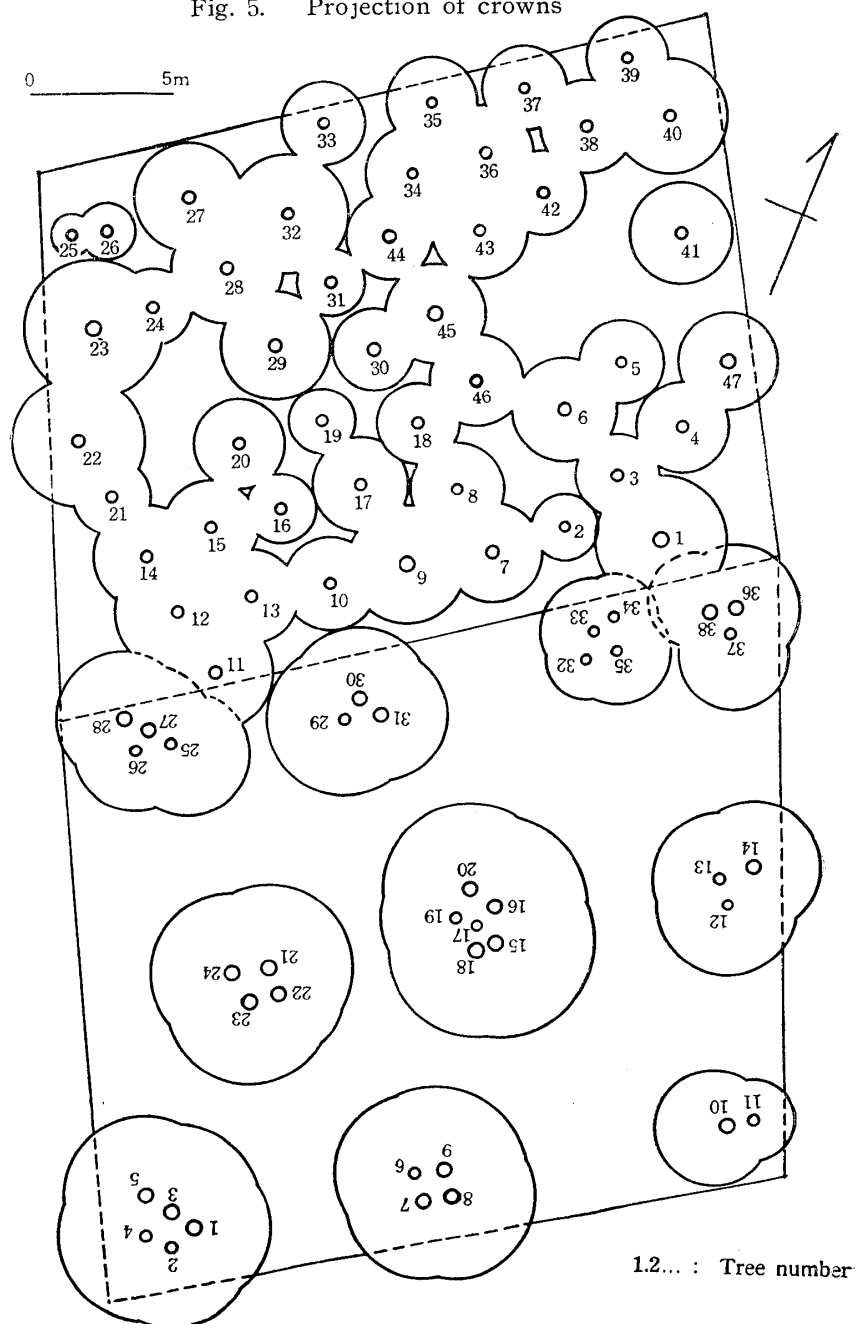


Table 12. Area of crown projection

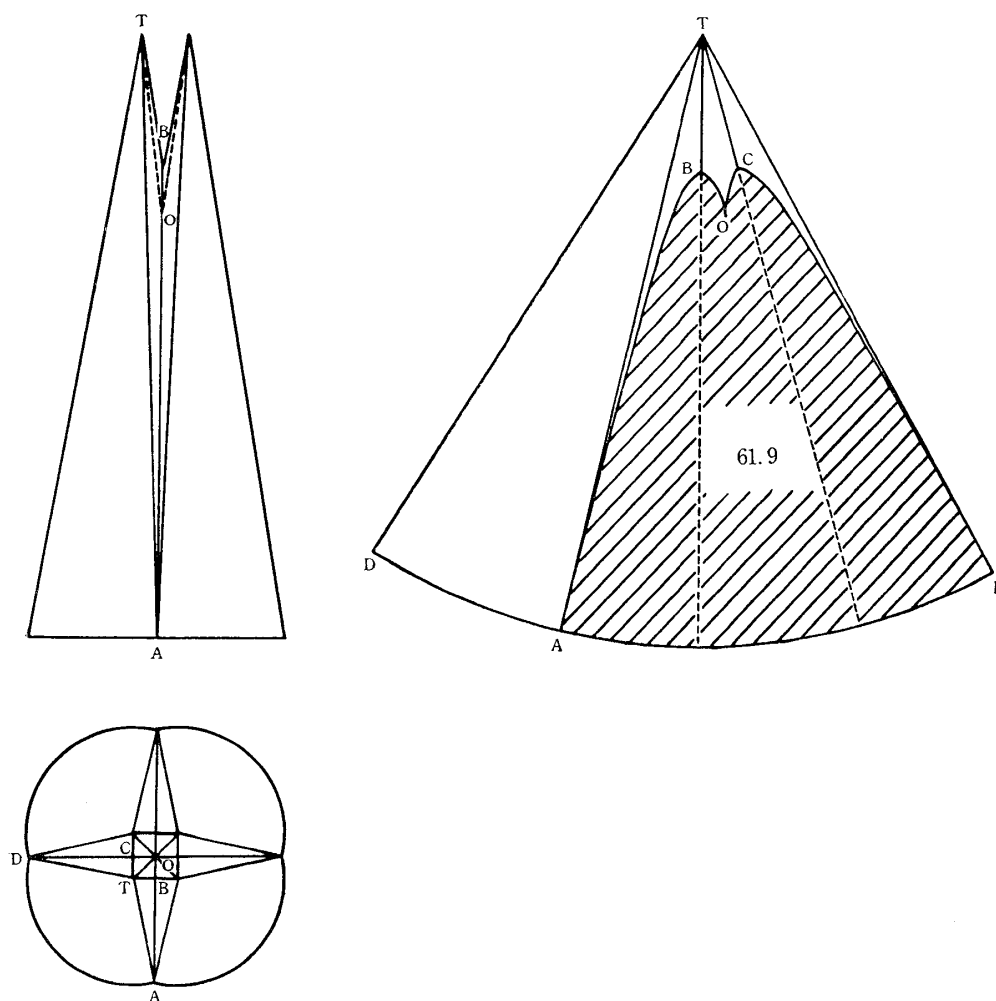
Surveyed plot	Area of plot (I)	Area of crown projection (II)	$I/II \times 100$	Area of crown projection per tree
Planting in clumps	492.6 ^{m²}	255.6 ^{m²}	51.89 %	6.73 ^{m²}
Planting by individuals	455.2	344.8	75.75	7.34

Table 12 は樹冠投影面積をまとめたものだが、集植区は林地の半分程度しか樹冠でカバーされていないことがわかる。また、単木あたりの占有面積は集植の方が8%程度小さい。

樹冠表面積について

前項では樹冠による林地の被覆の程度を明らかにしたが、林木の成長を考えた場合には、光合成と密接な関係がある受光面としての樹冠表面積が問題となるであろう。樹冠表面積の算定で、まず問題になるのは樹冠の形であるが、ここでも、先の幼令林の場合と同様に円錐体とみなして推定した。単植の場合は、力枝以上の樹冠を陽樹冠とし一応完全な円錐体と考えた。一方、集植の場合はクランプの内側に向かう枝条の発達はきわめてとぼしく

Fig. 6. Estimate of crown surface in Clump



かなり上部まで枯れ上がり片樹冠をしているため、個々の木についてそれを求めることはきわめて複雑である。

そこでモデル計算により樹冠の不完全部分を推定しようと試みた。すなわち、一つのクランプが平均木(樹高 16.82m, 枝下高 2.84m クローネ半径 2.4m)が平均間隔 1.06m で正方形に 4 本植栽されていると考え、次にお互いの樹冠の交わる部分の面積を円錐体の展開図より求めた。註 円錐体の表面積よりこの値を差引いた残りが、真の陽樹冠表面積ということになる。このようにして求めた結果、円錐体表面積の 38.1% が陽樹冠表面積となった。

Fig 6 参照, Table 13 は以上の結果をまとめたものである。

Table 13. Surface area of crowns.

Surveyed plot	Total area	Area per ha	Area per tree
Planting in clamps	1612.87	32741.94(1.09)	42.44(1.45)
Planting by individuals	1373.14	30165.64(1.00)	29.22(1.00)

(): ratio

この表面積, すなわち, 受光面積が単植で大きく, 単位面積あたりでは 1.09 倍, 単木では 1.45 倍も単植より大であることは, 単植の成長が単植に比較してかなりすぐれていることとときわめて密接な関係をもっているのではないかと考えられる。すなわち, 材積成長で単植は単植に比較して単位面積あたりで 1.17 倍, 平均単木で 1.57 倍の成長を示していることと対比してきわめて興味のある点である。

樹高・直径成長および形状比について

Fig 7 は樹高一胸高直径曲線であるが, 単植と単植との間には曲線にほとんど差はみられず, やや単植の方が樹高の伸びが良いという程度である。平均値および信頼区間は次のとおりである。

	樹 高 m	胸高直径 cm
単 植 区	16.82 ± 1.02	30.27 ± 2.42
対 照 区 (単 植 区)	15.19 ± 0.70	25.46 ± 2.09

ただし $t^{0.005} = 1.96$

Fig 8 は成長錐による地上 0.3m の位置の肥大成長を示したものである。No 17 と No 18 は単植のクランプ No 5 に属するもので, No 17 は周囲を他の 5 本で囲まれ庇圧された状態にある。No 17 は No 18 に比較して, 最初より肥大成長の速度は低く庇圧されていたことがわかる。単植の No 18 と単植の No 13 と比較した場合, 単植の No 18 の方が成長の速度はあまりおちないことがわかる。No 17 の成長が現在とまっているわけではなく僅かずつではあるが長成していることは, この単植造林地では個体相互の庇圧による枯損はまだ生じていないことを示している。

形状比はここでは 樹高cm/胸高直径cm を用いた。平均値についてそれを求めると単植 = 55.6 対照 = 59.7 となり対照の単植の方が良い。一般に樹高曲線は, その勾配は胸高直径がますます緩となり, ある程度以上になると直径の増加のわりには増さなくなっ

註. 単植の場合は樹冠の最下部まで陽樹冠とみなした。

Fig. 7. Relation between Height and Diameter at the breast height

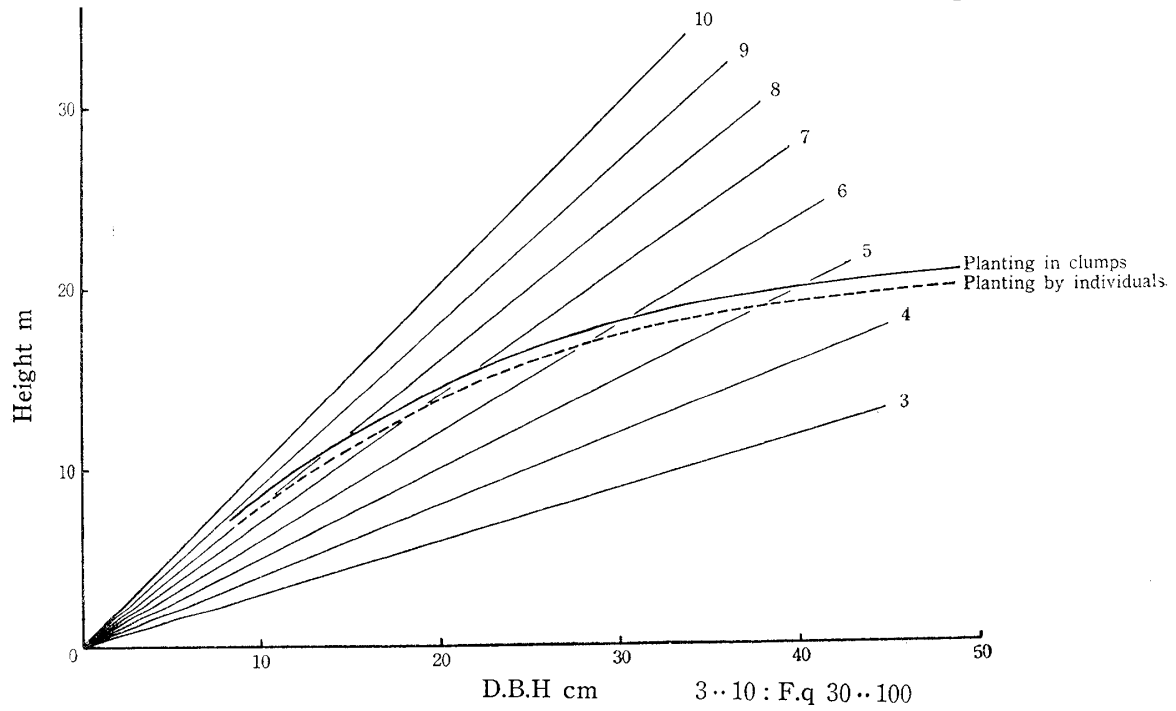
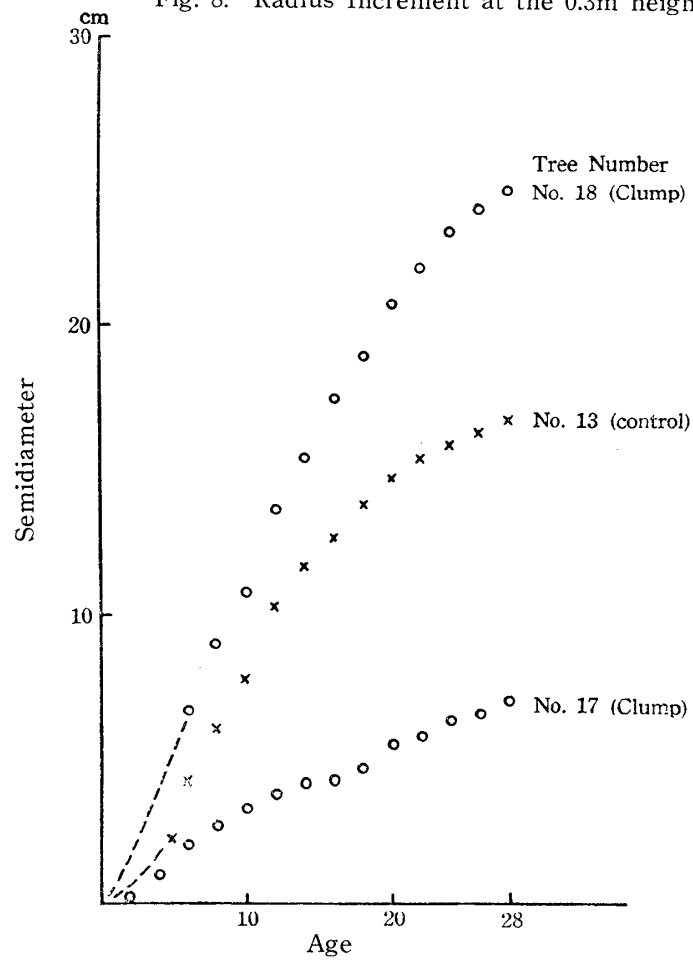
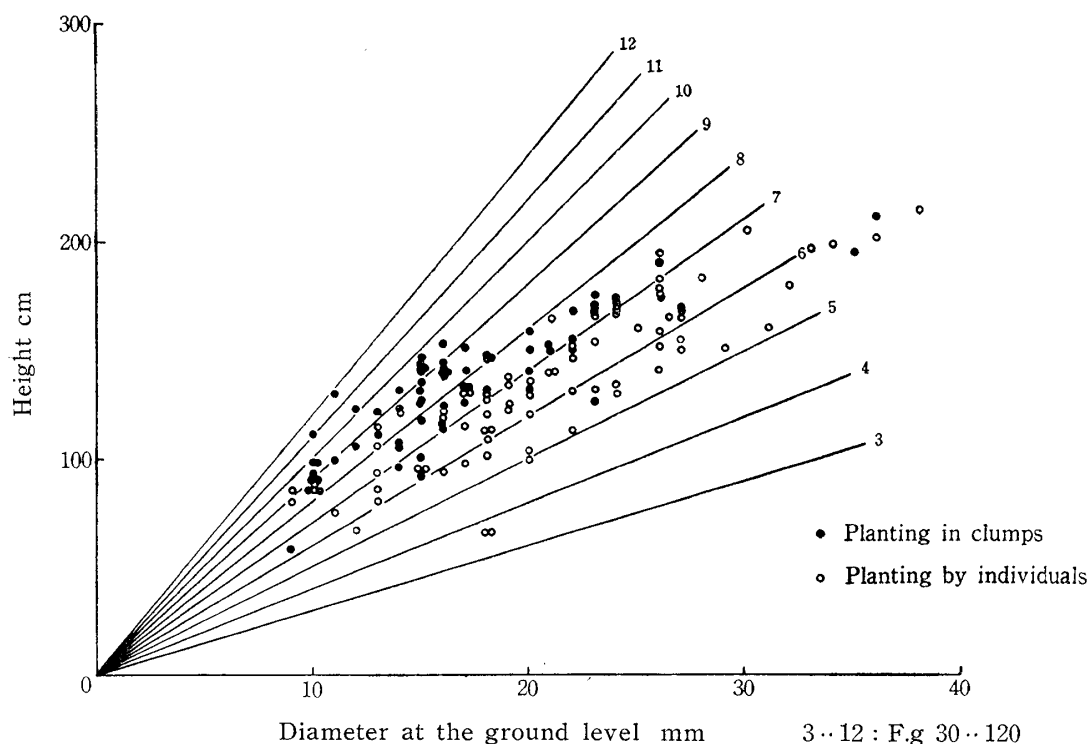


Fig. 8. Radius Increment at the 0.3m height



てしまう。したがって、胸高直径がませば、形状比は低下することになる。2つの林分の樹高曲線にほとんど差がないものとすれば、胸高直径の小さい林分の方が形状比は大きくなるという結果になる。Fig 8 における直線は、形状比 40, 50, …90 を示す線であるが、これらの直線と樹高曲線との関係からも、胸高直径の小さい方が形状比が良いことが判る。植栽試験地の場合、渠植は単植と比較して樹高にはほとんど差はなかったが、根元直径は小さかった。したがって、結果として、形状比は渠植の方が大きくなった。地位が同一ならば、林令が同じ林分の平均樹高は立木密度に関係なくほぼ等しいといわれている。渠植造林地と対照の単植造林地とはほとんど地位は同一と考えてよいから、普通ならば、両者の平均樹高もほぼ等しいものと考えられる。しかし、実際には渠植の方が平均樹高で 1.63 m、平均胸高直径でも 4.81 cm と単植にまさっている。どうしてこのような差が生じたのであろうか、まず考えられることは、幼令時における雑草木との相対的な関係である。植栽試験地の成長について考察したように、渠植の方が外的条件（雑草木等）に対する抵抗性が強く、撫育の悪い条件下でも単植に比較すれば良い成長をすることができるだろうということである。このことは、本造林地の過去の撫育はきわめて不充分であったということからみても充分に予想できるところである。また、クランプ内における植栽間隔との関係もあって、個体間のせりあいが少なく、したがって肥大成長もかなりよかったのではないかといえる。この肥大成長がせりあいの影響をあまり受けていないということは、樹高一胸高直径の関係が単植ときわめて似ていることから推測できる。この渠植造林地の樹高直径の関係と比較して、植栽試験地の樹高一胸高直径の関係は Fig 9 のようになった。

Fig. 9. Relation between Height and Diameter at the Ground Level



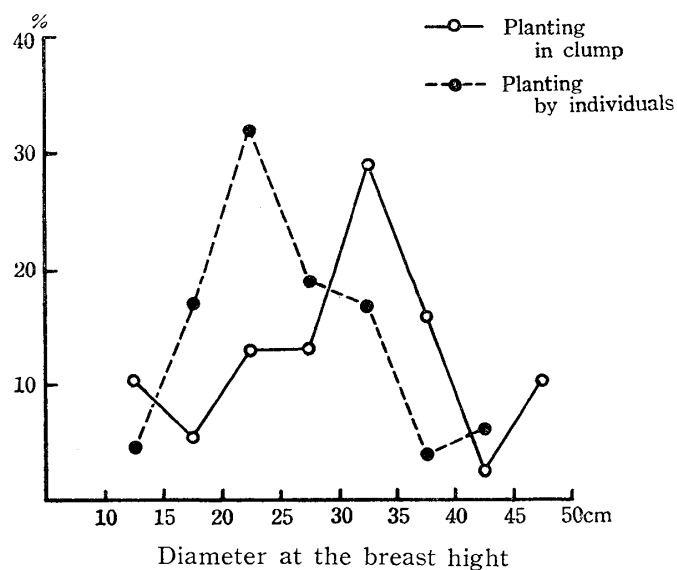
この図からも判るように、幼令林の場合、渠植と単植とではその関係にややちがいがあ
り、形状比からも予想されるように、渠植の方が上方に位置している。両区とも樹高はほ

ば等しく、単植 134.78cm, 単植 133.85cm, 根元直径は巢植 15.97mm, 単植 20.72mm で単植の方が劣っている。巢植の場合は前に述べたごとく一種の密度効果があり, それが肥大成長に現われているのだと考えられる。

胸高直径の度数分布について

Fig 10 から判断されるように, 巢植, 単植ともその胸高直径の度数分布にはほぼ正規分布であるといつてよい。このことは, 単植はともかくとして, 巢植の場合にも胸高直径の度数分布をかえるほどのせりあいはまだ個体間に生じていないことを示している。

Fig. 10. Frequency of Diameter at the breast height



V 考 察

幼令林の場合, 若い植栽木の成長は周囲の雑草木の成長におよばないのが普通であって, 容易に雑草木により庇圧されてしまう。例えばススキ草原内部では光は10%程度に低下してしまう⁸⁾。この程度の光では, 林木は光不足をきたし, 成長は阻害されるようである。また, 雑草の根系は, 林木のそれに比しきわめてよく発達しているから, 水, 養分について競争には有利であると考えられる。この植栽試験地の場合は, 最初の3年間は年2回の下刈を行ない, 雑草(主としてススキ)の上長成長を抑制したため, 成育時期にはあまり光不足は生じなかったと考えられる。しかし雑草は, また, 盛んな再成長を示した。採草回数と生草生産量との関係で, いわゆる **Grazing** の作用(採草を含む)によって生産量が低下することはきわめてまれで, かえって増加する場合のあることも知られている^{9), 10)}。このようなことからみて, 下刈によりみかけの現在量は低下しても, 生産量そのものにはほとんど変りはないから水養分の消費そのものにもほとんど変りはないと推定しても差支えないようである。

したがって, 林木と雑草との間の水養分についての競合をやわらげるという点からいえば, 下刈というものはあまり効果がないのではないかと考えられる。下刈区と無処理区の土壌水分について, 植栽試験地の隣接地で測定した結果⁸⁾でも両者に差がみられなかったことは, このことをうらがきしているものといえよう。しかし, 雑草木を取り除くこと

により土の水分を高める効果があるともいわれる。雑草木の完全除去ならそれも考えられるが、普通の下刈形式の雑草除去は、再生産の可能性を残し、種類相は幾分変るにしても植被の程度はあまり変わらず、また、生草生産量にも変りはないといえるから、土壌の水分経済にはほとんど変化はないのではないかと考えられる。

このようなことからして、林木が雑草との競合に優位をしめるには受光量とかなりの量の樹冠、ならびに拡大な根系をもち、これで雑草木に対抗する必要があるといえる。普通は、下刈等の撫育によりこれを助けるわけであるが、植栽形式をかえることによって、林木自体にもある程度の雑草木に対する抵抗性をもたせることができるのではないかと考えられる。

樹木と草木を同一のレベルで論ずることには問題があるとは思うが、Mann と Bernes はオオムギと雑草との競争におよぼす密度の効果をポット試験でしらべている¹¹⁾。それによると、オオムギのみを植えた場合は、1株あたりの分けつ数、収量などは、密度のますぐとに減少しているが、これを広葉の雑草カミルレ *Malricaria inodora*, あるいはオオツメクサ *Spergula arvensis* と混植すると、オオムギの密度が高くなるほど雑草に負けにくくなり、雑草の量が一定であるときは、オオムギの密度の増加は雑草のもたらず悪影響を減少させた。雑草との競争を考慮に入れた場合は、単植で1株あたりの収量を最高の1割に減少させるような高密度でさえ、個体間の悪影響はあらわれず、むしろ雑草とのたたかいには有利になっている。

前報において報告したスギ実生の稚苗で行なった渠植試験の場合、クランプあたり地上生重量とクランプあたり本数との関係は、クランプあたり本数が多ければ多いほど、クランプあたり地上生重量も多かったが、1個体あたりの生重量は逆に減少した。Table 14 参照。この結果は Mann らのオオムギの試験における単植の場合と同じである。また、この場合クランプ相互の植栽間隔のちがいも地上生重量に大きく影響している。すなわち、ク

Table 14 Influence of planting types and spacing on the fresh weights of total top of Sugi seedling

		Spacing		
		0.2×0.2 m	0.4×0.4	0.6×0.6
I	1	46.00 (1.00)	56.00 (1.00)	58.00 (1.00)
	2	60.00 (1.30)	81.40 (1.45)	85.00 (1.47)
	3	77.50 (1.68)	121.20 (2.17)	128.80 (2.22)
	4	89.20 (1.94)	147.10 (2.63)	165.00 (2.84)
	5	91.00 (1.98)	194.00 (3.47)	240.00 (4.14)
	6	91.00 (1.98)	194.00 (3.47)	240.00 (4.14)
II	1	46.00 (1.00)	56.00 (1.00)	58.00 (1.00)
	2	30.00 (0.65)	40.70 (0.73)	42.50 (0.73)
	3	25.83 (0.57)	40.40 (0.72)	42.93 (0.74)
	4	22.30 (0.49)	36.78 (0.66)	41.25 (0.71)
	5	15.17 (0.33)	32.33 (0.58)	40.00 (0.69)
	6	15.17 (0.33)	32.33 (0.58)	40.00 (0.69)

Note ; I: Fresh weight of total top per clump

II: " " " individual

1,2,.....6 : Number of trees per clump

() : Ratio

ランプ間隔がせまくなれば、クランプあたり本数の多いものほど地上生重量は大であるという傾向には変りはなかったが、その絶対値は低下し、したがって、平均個体重も低くなった。また単植に対する比はクランプ重、平均個体重とも低くなった。なおこの試験では雑草は常に除いていたので雑草との競争下での関係は明らかにできなかったが、Table 13よりわかるように、クランプ間の距離が大きいほど、特に6本植ではクランプあたり地上生重も大きく、したがって平均個体重も大きくなり、かつ、1本植との差が1:0.33より1:0.69とちぢまっている。このことは雑草木との競合下にある場合には、オオムギの例からみても単植の特性がより多〜発揮され、単植に劣らない、あるいは、それ以上の生育をする可能性を示していると考えられる。

数個体が集まることによって樹冠量は増大し、それだけ雑草木に対する抵抗性が増大する。また、集団内部に対する雑草木の侵入を防ぎ水・養分についての競合の面でもかなり有利になってくると考えられる。このように、個体は集団化で外的には抵抗性を高めるが、成長が進めば、内部矛盾も増大してくるものといえる。幼令期においても、内部矛盾は常に存在するものと考えられるが、個体(種)を存続させる面からいえば、異種間の競合が、同種個体間の競合(内部矛盾)よりも幼令期の場合はより本質的なものであるといえる。しかし、異種間の競合が一段落すると、それまではめだたなかった同種個体間の競合が顕著になってくると考えられる。すなわち、同種個体間で水・養分についての競合が著しくなり、集団内の優劣の差がはっきりしてくるものと考えられる。そうして自己間引というような現象も起ってくるであろう。

壮令の単植造林地の成長結果は、以上の点について種々の示唆を与えていると考えられる。すなわち、この単植造林地は対照区に比しかなりすぐれた成長を示し、個体間にほとんどせりあいがみられないことや、なかでも広い受光面をもち、このことは成長と密接な関係をもっていて、特に単植の場合に考えられるクランプ内のせりあいによる不利をそれによって補っているのではないかと考えられることは、単植の場合のクランプあたりの本数、クランプ内の植栽間隔、クランプ相互の間隔と成長——特に雑草木との競合が一段落した後の成長——との関係にさらに検討を加える必要性を示している。

VI 摘 要

2つの異なった植栽形式、すなわち、単植と単植の場合のスギの成長、生態を幼令林と壮令林で比較した結果次のことが判った。

1. 幼令林の場合、生存率は単植の方が単植よりも高かった。壮令林については最初の植栽本数が不明なためはっきりしなかった。
2. 樹高成長は幼令林においては単植と単植との間に差はみられなかったが、壮令林では単植の方が高かった。
3. 幼令林の根元直径は単植の方が単植よりも大きかった。壮令林の胸高直径は樹高と同じく単植の方が単植よりも大であった。
4. 形状比は幼令林では単植の方が高かったが、壮令林では単植の方が低かった。
5. 幼令林の樹高、根元直径の度数分布には個体相互のせりあいの影響は現れていない。また、壮令林の胸高直径の度数分布にもそれは現れていない。
6. 幼令時の樹冠、根系の発達には個体相互のせりあいの影響がみられた。

7. 幼令林の成長結果から、雑草木との競合下では単植の方が単植に比し、雑草木に対し抵抗性があり、より良い成長を示すのではないかと想定された。
8. 壮令林の場合、単植に比較して単植の成長がよいことは、その樹冠の受光面積が大であることと密接な関係があるようである。

参 考 文 献

- 1) Odum, E.P.: *Fundamentals of Ecology* (京都大学生態学研究グループ訳: 生態学の基礎: 165-169) 1953.
- 2) 佐藤 敬二: 実践林木育種: 101 1957.
- 3) 佐藤大七郎・中村賢太郎・扇田正二: 林分生長論資料 東大演報 48: 65-90 1955.
- 4) 吉良竜夫編: 植物生態学 生態学大系 Vol. 2: 269 1960.
- 5) 汰木 達郎: 林木の物質生産に関する研究 (V) 一スギの幹, 枝葉の分配について一 日林九支大会講演集 No 15: 76-77 1961.
- 6) 安藤 愛次・小島 俊郎: 林木の根系 (8) 第71回日林大会講演集: 90-92 1961.
- 7) 吉良 竜夫・他: 同種個体間の競争現象 生物科学 Vol. 8 No 1: 2-10 1956.
- 8) 汰木 達郎: 林木の物質生産に関する研究 (III) 一下刈と林木の環境について一 日林九支大会講演集 No 13: 14-16 1959.
- 9) 吉良 竜夫: いわゆる過放牧牧野の生態学的考察 植物生態学会報 1: 209-213 1952.
- 10) 橋原 恭爾: 草原の生草生産量 資源研彙報 30: 21-25 1953.
- 11) Man, H.H. & T.W. Berns: The competition between barley and certain weeds under controlled conditions
I 1945 Ann Appl. Biol. 32: 15.
II 1947 Ibid. 34: 252.
III 1949 Ibid. 36: 273.
- 12) 須崎 民雄・実松 敬行: 林木の根に関する基礎的研究 (第1報) 九大演集報 No 17 9-37 1962.

Résumé

This paper deals with the study of influences of differences of planting densities and types on the growths of young Sugi stand (Stand I) and adult stand (Stand II). The former stand was established in March 1958 and the latter in 1933. The planting types were planting by individuals (Type A) and planting in clumps (Type B), where the number of trees per clump was from 2 to 6.

The results obtained are summarized as follows.

1. In Stand I, the survival ratio of Type B was higher than that of Type A.
2. In Stand I, the height growths were not affected by differences of densities or types. But in Stand II, the height growths of Type B were higher than those of Type A.
3. In Stand I, the diameter growths at the ground level of Type A was larger than those of Type B. In Stand II, the diameter growths at the breast height of Type B was larger than those of Type A.
4. The form quotient (height/diameter) of Type A was higher than that of Type B in Stand I. On the other hand, the relationship was reverse in Stand II.
5. The frequencies of height and diameter at the ground level in Stand I and of diameter at the breast height in Stand II had not been affected by competition among individuals.
6. The development of crowns and root systems had been affected by competition among individuals.
7. The growth of Stand I showed that Type B was in a more advantageous position as to the competition with weeds and shrubs.
8. In Stand II, Type B showed better growths than Type A. It seems that the better growths of Type B was related to the fact that Type B had larger surface of the sunny crown than Type A.