

잣나무 2-1묘와 방크스소나무 1-1묘의 生長에 미치는 密度效果*1

馬 相 圭*2

Density Effects on the Size of 2-1 Korean Pine and 1-1 Jack Pine Nursery Stock*1

Sang Kyu Ma*2

One of the most common needle leaf species used in planting in Korea is korean pine (*Pinus koraiensis* S. et Z.), and jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) is one of the test species for suitability. The relation of nursery bed density of 2-1 korean pine and 1-1 jack pine was studied at the Kwang Nung Nursery, Central Branch Station of Forest Research Institute, and about 40km north of Seoul.

Nursery bed density of 2-1 korean pine, which ranged from 36 to 324 trees per square meters and of 1-1 jack pine, which ranged from 25 to 169 trees per square meters, had a marked effect on caliper, height, dry weight and percent and amount of plantable stock.

The soil physical and chemical properties is silt plus clay, 50.55 percent; organic matter, 2.09 percent; total nitrogen, 0.13 percent; available phosphorus, 253.25 ppm; exchangeable potash, 0.46 m.e/100g; and pH, 5.58.

As the density of the nursery seedling stand of 2-1 korean pine increases, the average tree height increases (Fig. 1A), but in 1-1 jack pine density do not affect to increase or decrease the average tree height. As the density of nursery bed increases, the average stem caliper (at 2cm above ground line) and dry weight decrease (Fig. 1B), but the decreasing rate is more seriously in 1-1 jack pine than 2-1 korean pine (Fig.5).

As increasing the density of nursery bed, the T/R ratio of trees of the test species increase. Also the dry weight of leaf, stem and root parts are decreasing in proportion to the increase of stand density, but the drop rate of jack pine is more rapid than korean pine (table. 1)

The patent facts of difference of growth characteristics between 2-1 korean pine and 1-1 jack pine were studied. These facts should be used to select the scale of stand density at the nursery bed or the plantable site. Korean pine is demanded high density, on the other hand in jack pine low density are more suitable to manage the stand density.

Stands of comparatively low density had the greatest percentage of high-quality stock, and the stands of high density had less than the high quality trees of low density. An important criterion of the best density is percent and number of high-quality trees produced per square meter of bed area. Stem caliper and stem height of seedling is used in most public nurseries to sort seedling into plantable grades. The stock grade standard has set at 4.5mm caliper and 16cm height of 2-1 korean pine as the minimum desired stem caliper and height.

By the result studies, the plantable stock grade standards of 2-1 korean pine used at stem height 16cm and stem caliper 4.5mm from public nurseries should be reformed to stem height 18cm and stem caliper 4.0mm by the growth characteristics and the tree distribution of stem height and

*1 Received for Publication on September 10, 1976

*2 前 林業試驗場 山林土壤科 Division of Forest Soils, Forest Research Institute, Seoul.

caliper of relation to density. For the 2-1 korean pine, best density should be about 160 to 200 trees per square meter according to soil fertility.

For the 1-1 jack pine, the suitable standard of plantable stock should be at stem height 25cm and caliper 6mm (at 2cm above ground line) and best density was about 100 to 120 trees.

잣나무 2-1묘와 방크스소나무 1-1묘의 생장에 미치는 密度效果를 보기 위하여 光陵苗圃에서 잣나무의 경우는 m^2 당 36본에서 324본까지 植栽하였으며 방크스소나무는 25본에서 169본까지 植栽 하였다. 實驗結果 苗高, 根元徑, 乾重量 및 規格苗 生産에 뚜렷한 效果를 보았다.

잣나무 2-1묘는 密植시킬수록 樹高生長은 증대되고, 방크스소나무는 植栽密度區間에 差異가 없었다. 잣나무와 방크스소나무는 밀식시킬수록 根元徑 生長은 감소되는 경향이 있으나 後者가 급격히 감소하고 있다. 잣나무의 平均木 乾重量은 密植시킬수록 감소율은 낮으나 방크스소나무는 높다. 密植으로 인해 일반적으로 T/R率의 값은 증대되나 植栽密度區間에 큰 差異가 나타나지 않고 있다.

平均木의 잎 뿌리와 줄기의 乾重量은 密植시킬수록 감소되고 있으나 방크스소나무가 잣나무 보다 감소율이 높다. 그리고 잣나무의 경우는 줄기의 乾重量은 密植區와 疎植區間에 差가 적다.

密植으로 나타나는 잣나무의 細長性 보다는 방크스소나무의 細長性이 더욱 높게 나타나고 있으나 密植시킬수록 전체적인 物質生産量은 증대되리라 생각 된다. 이상의 生長特性으로부터 잣나무의 移植床을 만들때와 造林은 密植시킴으로써 하고 방크스소나무는 疎植한이 效果적일것으로 생각 된다.

잣나무 2-1묘의 規格은 幹長 18cm 根元徑은 4mm로 改正시키고 m^2 당 移植本數는 苗圃肥沃도에 따라 160~200本으로 함이 적합하리라 생각되며, 방크스소나무 1-1묘의 規格은 幹長 25cm 根元徑 6mm가 적합하며 m^2 당 移植本數는 苗圃肥沃도에 따라 100-120本이 적합할 것이다.

結 言

잣나무 2-0묘를 山出하여 造林할 경우 苗木이 작고 幼時生長이 느리 事後管理에 상당한 問題點이 있었던 것으로 알고 있다. 一線 경험자들의 意見을 들어보면 2-0묘 보다는 2-1묘 또는 2-2묘가 오히려 早期林叢 구성에 적합하리라 한다. 그러나 잣나무 2-1묘에 대한 資料가 없었고, 一線 경험자들의 상기의견이 타당하다고 생각되어 잣나무 2-1묘의 m^2 당 적합한 移植密度를 究明하고 이들 密度別 生長特性을 分析하여 造林地에서의 林分密度別 生長特性까지 類推하여 造林地 密度管理까지 알아 보겠다는 뜻에서 本試驗을 實施 하였다. 反面에 방크스소나무는 美國에서 도입되어 實驗 단계를 벗어나지 못한 樹種이나 아직 密度別 實驗結果가 없고 잣나무가 中庸樹인데 비해 방크스소나무는 陽樹일것으로 보아 이들 樹種間의 生長特性의 差를 알아 보기 위하여 實驗하기로 하였다.

당초 造林地의 密度實驗 結果가 不足하여 圃地에서 m^2 당 密度를 模型으로 하여 造林地의 生長特性을 類推할 뜻도 있었으나 1年の 生長으로는 不足한감이 있지만 몇가지 유익한 사항이 발견됨으로 資料를 발표하고자 한 것이다. 따라서 이報告는 잣나무 2-1묘와 방크스소나무 1-1묘의 生産時 密度管理面에 참고가 되리라 생각되고 密植造林에 대한 熱氣가 점차 고조되고 있

는 이때에 密植造林에 대한 정보를 얻는데에도 다소 도움이 되리라 생각 된다.

잣나무 2-0묘의 規格은 根元徑 3.5mm를 4mm로 改正한바 있으나 2-1묘에 대한 實驗結果는 찾을 수 없었다. (6) T/R率別 活着率은 2.11일때 93.3%; 3.29일때 70.0%; 4.02일때 36.7%로서 (6) T/R率이 낮을수록 存活율이 높았다.

馬(6)는 리기다소나무의 幼令林分의 密度效果에서 密植시킬수록 直徑은 감소되고 있으나 樹高間의 生長差異는 없었다. Kira(8,4)는 植栽密度別 個體의 成長과 個體間의 競爭 및 單位面積當 數量과의 關係를 밝혀 密度別 生長의 一般法則을 提示 하였으며 기타 연구에서도 根도와 各器官의 生長特性의 差를 비교한바 있다. (8,9,10,11,12,13)

材料 및 方法

實驗場所는 京畿道 抱川郡 소촌面 직동리에 있는 光陵試驗圃地에서 1973년에 實施 하였다. 供試樹種으로는 現地에서 生産된 잣나무 2-0묘와 방크스소나무의 1-0묘中 大苗를 選定하여 즉시 移植 하였다. 圃地에서 $1m \times 1m$ 의 實驗區를 만들어 잣나무 2-0묘는 6본 \times 6본, 8본 \times 8본, 10본 \times 10본, 12본 \times 12본, 14본 \times 14본, 16본 \times 16본, 18본 \times 18본 등 7個 水準으로 點狀移植을 하였으며, 방크스소나무는 $1m^2$ 당 5본 \times 5본, 7본 \times 7본, 9본 \times 9본, 11본 \times 11본, 13본 \times 13본 등 5個 水準으로 點

狀移植을 하였다. 各水準別 5反覆을 無作為로 配置시켰다.

成績은 同年 10월에 各區에서 幹長과 根元徑을 調査하고 根元徑의 分布를 5階級으로 區分하여 各階級別 平均直徑을 算出하였다. 各反覆區에서 5분씩 水準別로 25본을 간추렸다. 따라서 잣나무는 175본, 방크스소나무는 125본을 實驗室로 운반하였다. 實驗室로 운반된 苗木을 幹長, 根元徑, 葉量, 幹量과 根量을 測定한후 葉과 幹 및 根의 乾重量을 구하였다. 乾重量은 105°C에서 24時間 乾燥한 것이다. 土壤은 微砂나 粘土含量이 50.55%, 有機物이 2.09%, 全窒素가 0.13%, 有效P₂O₅가 253.25ppm, 置換性 K⁺가 0.46m.e/100g, pH가 5.58 이었다.

結 果

1. 實驗1 잣나무 2-1묘

가. 密度別 幹長과 根元徑 및 乾重量과의 關係

圃地에서 m²當 密度가 높아갈수록 잣나무 2-1묘의

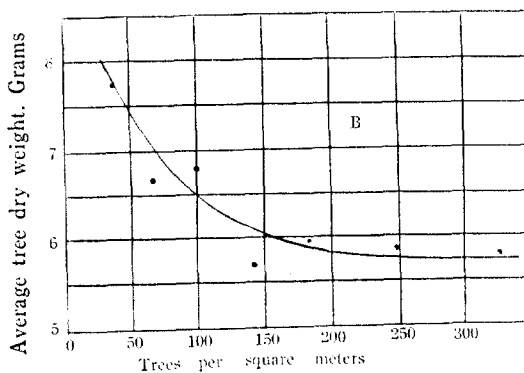
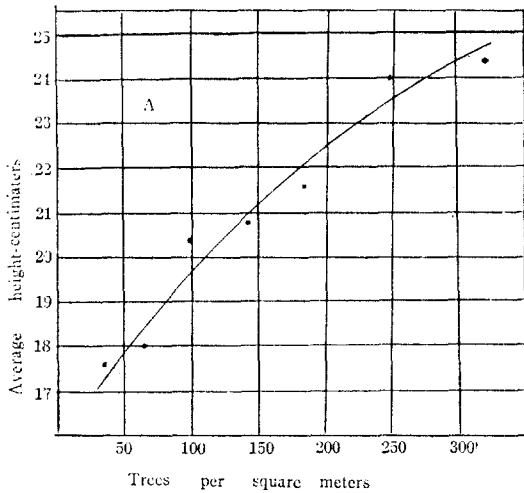


Fig. 1 Relation of stand density of 2-1 korean pine to; A, height and B, dry weight per tree

樹高는 현저히 증대되고 있다((Fig. 1의 A). m²當 36本區에서는 17.6cm 144本區에서는 20.6cm 324本區에서는 24.4cm로 약 7cm의 生長差가 나타나고 있다.

根元徑과 密度와의 關係를 보면 36本區에서 4.8mm 144本區에서 4.7mm 324本區에서 4.0mm로 密度가 높아감에 따라 根元徑의 生長은 감소되는 경향이 있으나 m²當 156本區 까지는 生長差가 인정되지 않고 196本區부터 급격히 生長이 감소되고 있다.(表 1)

密度가 높아질수록 苗木의 平均乾重量은 점차 감소 경향이 있다. m²當 36本區에서 平均木의 乾重量은 7.73 gr, 144本區에서 5.71gr, 256本區에서 5.81gr으로 나타나고 있으나 m²當 100本區까지는 급격한 감소경향이 있으나 密度가 이이상 增加하면 감소경향을 찾기 힘들다(Fig. 1의 B)

나. 密度別 잣나무 2-1묘의 各器官의 生長과의 關係.

m²當 密度가 增大할수록 T/R率의 크기는 점차 增大하는 경향을 볼 수 있다. m²當 36本區의 平均木 T/R率이 2.09, 144本區에서 3.53, 324本區에서 4.0으로 密植될수록 T/R率은 不良하여짐은 사실이나 m²當 64本區와 144本區間에 T/R率의 絶對적인 감소경향은 찾을 수 없고 m²當 196本區 이상일 경우는 T/R率이 증가하는 경향이 뚜렷하다.(表 1)

密度가 높아질수록 平均木의 葉乾重量은 뚜렷한 감소경향을 찾을 수 있으나 幹長의 경우는 密植이나 疎植區間에 差異가 인정되지 않는다. 뿌리의 경우는 일과 마찬가지로 密度가 높아질수록 뿌리의 乾重量은 점차 감소되고 있다(表 1). 苗木의 細長性은 密度가 높아질수록 급격히 增大되고 있다. m²當 36本區의 細長性은 3.65, 144本區는 4.43, 324本區는 6.10으로 密植地일 수록 細長性이 높다.(Fig. 2)

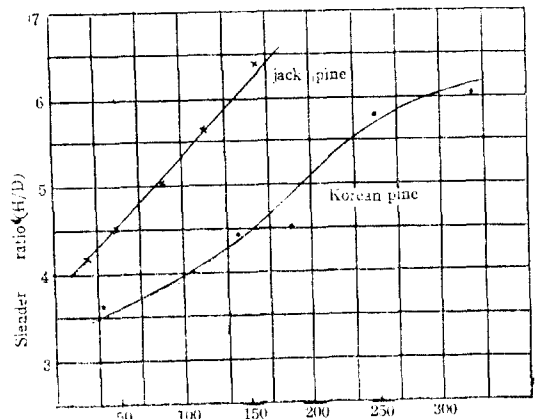


Fig. 2. Relation of stand density to slender ratio

Table I. Growth characteristics of relation to density of 2-1 korean pine

density per square meter		6×6 (36)	8×8 (64)	10×10 (100)	12×12 (144)	14×14 (196)	16×16 (256)	18×18 (324)
dry weight-gr	total	7.73	6.65	6.83	5.71	5.97	5.87	5.82
	leaf	3.96	3.59	3.75	3.01	2.99	2.99	2.81
	stem	1.80	1.64	1.68	1.44	1.72	1.72	1.66
	root	1.97	1.42	1.41	1.26	1.26	1.16	1.35
T/R ratio		2.09	3.68	3.85	3.53	3.74	4.06	3.31
slender ratio		3.65	3.70	4.03	4.43	4.50	5.80	6.10

다. 密度別 幹長과 根元徑의 分布比

현행 政府의 잣나무 苗木規格을 보면 아래와 같다.

苗木	幹 長	根元徑
2-0	13cm이상	3.5mm이상
3-0	18 "	5.0 "
2-1	16 "	4.5 "
2-2	22 "	4.5 "
2-3	32 "	8.0 "

상기 幹長과 根元徑과의 關係를 보면 Fig. 3의 下限線과 같다. 반면에 2-1苗木의 密度別 幹長과 根元徑과의 生長關係를 보면 密植區인수록 根元徑의 生長比에 幹長生長의 比가 높다는 事實이 알려지고 密度間 直徑과 樹高間의 生長形態가 다름을 알 수 있다(Fig.3)

密度別 根元徑의 分布比를 보면 疎密度에서 잣나무 2-1苗木의 規格인 4.5mm 以下가 약 40%를 점유한 不

合格苗木가 生産되며 密植區에서는 약 28%가 根元徑으로 인해 不合格苗木가 된다. 4mm를 적용할 경우는 36本區에서 약 18%, 324本區에서 약 38%가 不合格이 된다(Fig. 4의 A)

密度別 幹長의 分布比는 政府의 잣나무 2-1苗木의 幹長 規格 16cm를 적용할 경우 36本區에서 16cm 以下가 약 43%, 324本區에서는 약 10% 以下가 된다. 反面에 18cm를 적용할 경우 36本區에서는 83%정도 324本區에서는 26%가 不合格 範圍에 들어 간다(Fig.4의 B)

2. 實驗2 방크스소나무 1-1苗木

가. 密度別 幹長과 根元徑 및 乾重量과의 關係

방크스소나무 1-1苗木는 密度의 높고 낮음에도 불구하고 幹長生長에 영향을 주지 않고 있다. m²당 25本區에서 33.0cm, 81本區에서 33.8cm, 169本區에서 33.8cm와 같이 疎植이나 密植에 따라 幹長生長에 영향을 주지 않고 있다. (Table 2) 반면에 根元徑의 경우는 密度가 높아갈수록 현저히 生長이 감소되고 있다. 25本區에서 7.9mm가 81本區에서는 6.7mm로 감소되고 다시 169本區에서 5.3cm로 약 2.6mm의 生長差가 나타나고 있다. (Fig. 5) 平均木의 乾重量의 경우에서도 密度가 높아갈수록 급격히 감소되고 있다. m²당 25本區에 15.4gr이 81本區에서 12.7gr, 169本區에서 7.8gr등으로 감소되고 있다. (Fig. 5)

나. 密度別 各器官의 生長

密度가 높아갈수록 T/R率은 增加하는 傾向이 있다. 即 25本區에서 平均木의 T/R率 2.31이 81本區에서 2.60으로 그리고 169本區에서 2.86으로 增加되어 密植일수록 苗木의 形質이 不良해 지고 있다. (表 2) 密度가 높아질수록 平均木의 葉乾量, 幹乾量과 根乾量은 급격히 감소되고 있다. 葉의 경우는 25本區에서 6.0gr이 169本區에서 3.4gr으로 감소되고 있으며 감소율은 43%가 된다. 뿌리의 量에서도 疎植區가 4.65gr에 비해 密植區에서 2.03gr으로 56%의 重量감소가 일어나고 있다. 줄기의 경우도 疎植區가 4.73gr이 密植으로 2.38gr

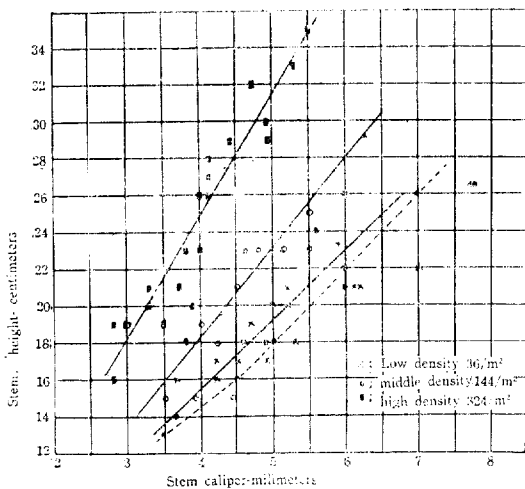


Fig. 3. Relation of stem caliper of 2-1 korean pine to height per tree by stand density(---; Relation of stem height to stem caliper of 2-1 korean pine for planting standard in Korea)

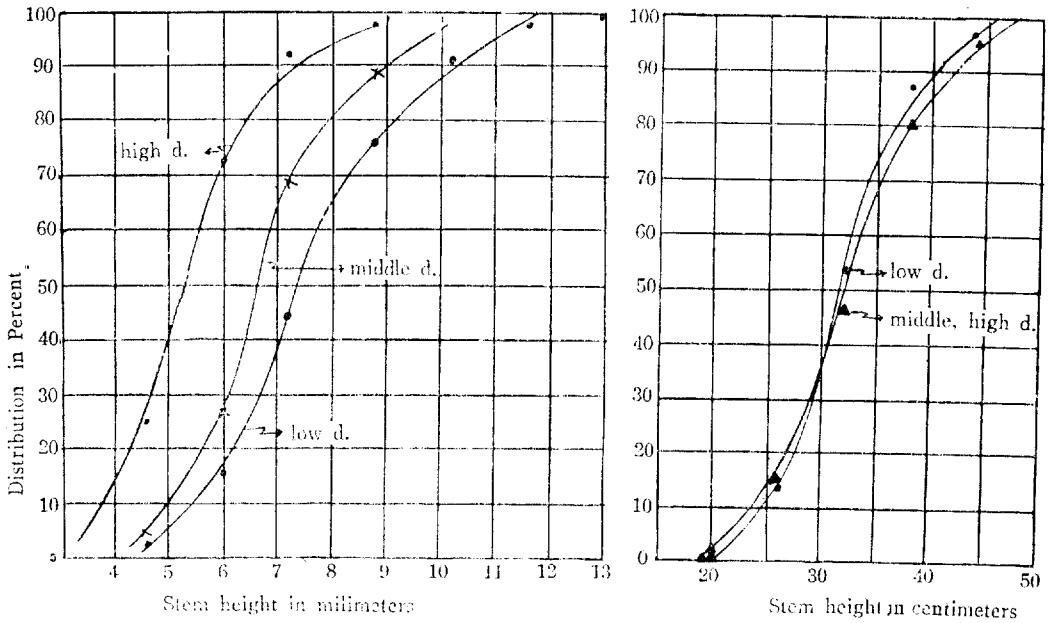


Fig. 4. Distribution of trees by caliper and stem height for density class. Low density shows 36 trees, middle density 144, and high density 324 trees per square meters.

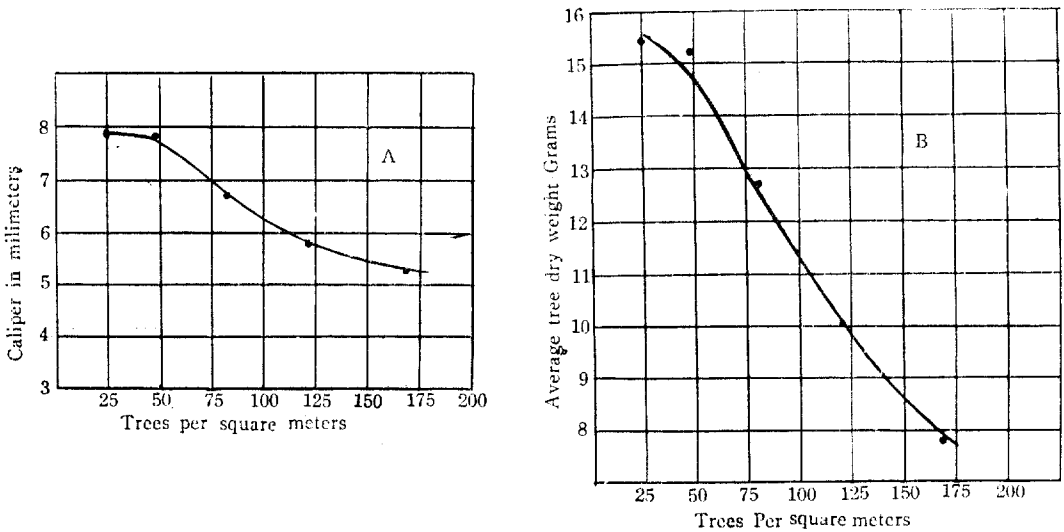


Fig. 5. Relation of stand density of 1-1 jack pine to; A, caliper and B, dry weigh per tree

으로 감소되고 있다. (Table 2) 줄기의 細長性은 密度가 높아갈수록 급격히 높아지고 있다. (Fig. 2)

다. 密度別 幹長과 根元徑의 分布比

방크스소나무 1-1 苗의 密度別 根元徑對 幹長 生長比는 서로 相異하고 그 比는 密植區일수록 높아지고

있다. (Fig. 6) 密度別 幹長의 分布는 密度間에 幹長의 差가 없으므로 疎植區와 密植區間에 差를 인정할 수 없으며 幹長이 20cm以下가 되는 比率은 公히 2%에 불과하다 (Fig. 7의 A). 反面에 根元徑은 密度間에 差가 많으므로 根元徑에 따른 各密度別 分布比의 差는 크게 나

Table 2. Growth characteristics of relation to density of 1-1 jack pine

density per square meter		5×5 (25)	7×7 (49)	9×9 (81)	11×11 (121)	13×13 (169)
dry weight—gr	total	15.40	15.21	12.67	10.05	7.83
	leaf	6.02	6.06	5.31	4.24	3.42
	stem	4.73	4.93	3.85	2.95	2.38
	root	4.65	4.22	3.51	2.86	2.03
T/R ratio		2.31	2.60	2.61	2.52	2.86
slender ratio		4.18	4.54	5.05	5.62	6.38

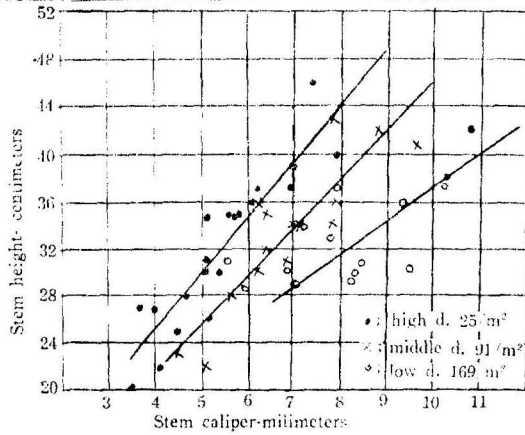


Fig. 6. Relation of stem caliper of 1-1 jack pine to height per tree by stand density

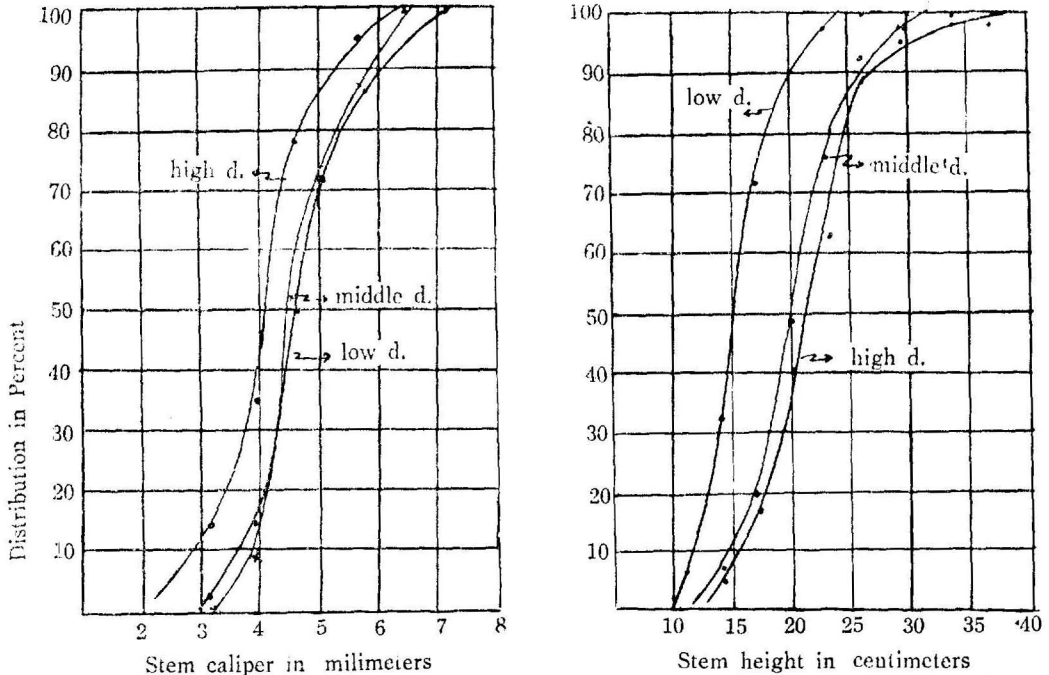


Fig. 7 Distribution of trees by caliper and stem height for density class. Low density shows 25 trees, middle density 81 trees, and high density 169 trees per square meters

타내고 있다. 即 根元徑이 6cm以下가 되는 分布比는 25本區에서 15%, 81本區에서 27% 그리고 156本區에서 73%를 차지 하고 있다. 방크스소나무의 1-1묘의 規格을 幹長 20cm 根元徑 6mm로 정할 경우 優良묘의 合格比는 密植區일수록 낮아 지고 있다. 即 25本區에서 優良묘의 合格比가 86.7%, 49本區 86.5%; 81本區 82.2%; 121本區 77.1%; 그리고 169本區에서 59.7%가 된다. 그러나 실제 優良묘의 生産量은 m²當 21.7本; 42.4本; 66.6本; 93.3本; 100.9本으로 密植區일수록 많아지고 있다.

考 察

樹高의 生長은 극도의 疎植 경우를 除外하고 密度에 관계없이 一定하다고 하였다.^(11,12) 그러나 갯나무의 2-1묘는 密度가 높아질수록 幹長은 증대되고 있어 기존 理論에 맞지 않고 있으며, 反面에 방크스소나무의 경우는 密度間에 樹高 生長差가 없으므로 기존 理論에 一致하고 있다. 根元徑의 경우에는 密植하므로 根元徑 生長은 작아지는 경향이 있으나 갯나무 2-1묘는 그 경향이 희미하고 反面에 방크스소나무의 경우는 급격한 變化를 보이고 있다. 平均木의 乾重量의 경우에도 갯나무 2-1묘 보다는 방크스소나무 1-1묘가 密度가 높아질에 따라 급격히 감소되고 있다. 以上과 같이 갯나무와 방크스소나무와의 生長特性이 相異한것은 前者가 陰樹의 性質이 강한 中庸樹이고 後者가 陽樹이므로 인해 生長特性에 差가 나타났것으로 알고 있다.

T/R率은 密度가 높아질수록 增大되고 기보고내용과는 일치되고 있으나⁽¹³⁾ 갯나무의 根系가 방크스소나무의 根系에 비해 發育이 빈약하여 T/R率이 높으며 이에 따라 갯나무의 活着이 낮을 것으로 생각된다. 兩樹種 公히 密植 疎植區間에 T/R率의 差는 심한편은 아니므로 密植에서 生産될 苗木도 山地活着에 큰差가 없은것으로 생각 된다.

炭素同化器官인 葉量은 密度가 높을수록 작아지는 경향은 기보고와 일치 하나^(10,12,13) 갯나무에 비해 방크스소나무가 보다 심한 경향을 나타내고 있다. 幹長의 경우는 갯나무가 密植과 疎植間에 重量의 差가 인정되지 않고 있는것에 비해 방크스소나무는 密植과 疎植間에 差가 심한 편이다. 이原因은 前者가 密植일수록 幹長生長이 增大되고 있기 때문으로 생각 된다. 根量의 경우에서도 이들 樹種 公히 급격히 감소되는 경향이 있으나 갯나무에 비해 방크스소나무가 급격히 감소되는 경향이 있다. 苗木의 細長性 역시 갯나무에 비해 방크스소나무가 密植될수록 심한 경향이 있다. 이와같이 갯나무와 방크스소나무 사이에 生長差가 있는

것은 光線에 대한 反應이 서로 다르기 때문인 것으로 思料 된다. 이들 결과를 보면 갯나무와 같은 陰樹는 密植 시킴이 적합하고 방크스소나무와 같은 陽樹는 疎植함이 좋은 것으로 생각 된다.

갯나무 2-1묘의 政府의 生産規格은 幹長 16cm, 根元徑 4.5mm인바⁽⁶⁾ 이는 Fig. 3의 例에서 보면 幹長과 根元徑間의 生長比가 맞지 않고 있다. 幹長의 경우는 비교적 낮게, 根元徑은 비교적 높게 査定된것으로 보인다. 幹長의 경우는 密植에 의해 촉진시킬 수 있고 실제 造林地에서 幹長이 낮아 事後管理에 애로점이 있다는것을 고려한다면 現行 幹長規格을 18cm로 올리고 根元徑의 경우는 4mm 정도로 낮추는 것이 합당할것으로 생각 된다. 現行規格과 改正規格을 적용하여 優良묘의 生産比를 보면 Fig. 8과 같다. 即 現行規格을 적용할 경우 疎植과 密植區間에 公히 合格率이 낮아 苗木生産과 檢受에 問題點이 많을것으로 思料 된다. 反面에 改正規格을 적용할 경우 m²當 196本 移植區에서 약 84%의 合格比를 내고 있는것으로 보아 現行 m²當 120本 移植보다는 오히려 160~200本 移植하여 合格率을 80% 정도 보는것이 합리적일 것으로 생각된다.

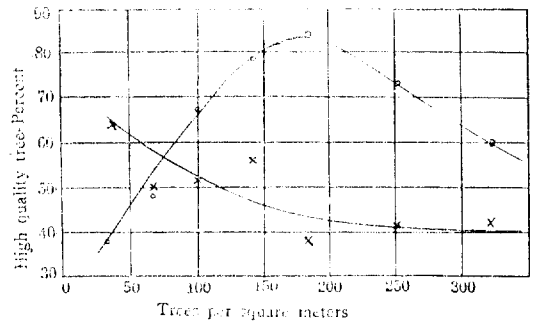


Fig. 8. Relation of stand density of 2-1 korean pine of high quality trees produced (—○—; stem height and caliper diameter —18cm and 4mm.—×—×—; stem height and caliper diameter 16cm and 4.5mm)

방크스소나무 1-1묘의 生産規格은 없으나 幹長은 25cm 根元徑을 6mm로 정하는것이 적당하리라 본다. 그리고 m²當 移植本數는 100本~120本移植함이 적당하리라 본다. 그러나 苗圃地의 비옥도에 따라 다른것이므로 適宜한 密植을, 비옥지는 疎植할수 있도록 m²當 이식本數는 융통성 있게 선정 되어야 할것으로 본다.

引 用 文 獻

1. Baker, F.S. 1953. Stand density and growth. J. For. 51. 95-97.
2. Harms, W.R., and Collins. 1965. Spacing and twelve year growth of Slash Pine. J. For. 63(12) :909-912.
3. Kira, T., Ogawa, H., and Sakazaki, N. 1953. Intraspecific competition among higher plants, I. Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations, J. Inst. Polytech., Osaka City Univ. 4. 1-16.
4. Kira, T., Ogawa, H., and Hozumi, K. 1954. Intraspecific Competition among higher plants, II. Further discussion on Mitscherlich's law. J. Inst. Polytech, Osaka City Univ. 5. 1-17.
5. 마상규, 1974. 리기다소나무 幼齡林分의 密度效果 林試研. 21號
6. 関庚政, 1969. 主要造林樹苗規格表調製, 林試研 16號
7. Reineki, L.N. 1933. Perfecting a stand-density index for even aged forests. J. Agr. Res. 46. 622-638, (not seen, cited by Sakaguchi, 1957)
8. Sakaguchi, K., K. Doi., T. Ando and H. Fukuda. 1957. An analysis of pine(*P. densiflora*) stands in the stage based upon different stand density. Bulletin, For. Exp. Sta. No. 93.
9. Shantz, H.T. 1956. Twenty five years summary of red pine thinning plots. J. For. 54(8) : 512-514.
10. 四大學合同調査班, 1964. 森林の生産力に関する研究. 日本林業技術協會, 育林技術研究會.
11. Stoeckeler, J.H. 1967. Seedbed density affects size of 3-0 green ash nursery stock. U.S. For. Ser. Res. Note NC-25.
12. Wardle, P.A. 1967. Spacing in Plantation. Forestry XI(1) : 47-69.
13. 依田恭二. 1971. 森林の生態學. 築地書館