〔韓國林學會誌 No. 32, p. 36—63 (1976) (論文)〕

소나무 天然集團의 變異에 關한 研究(Ⅲ)*1

——周王山, 安眠島, 五臺山 소나무集團의 次代의 遺傳變異——

任 慶 彬*2 · 權 琦 遠*2

The Variation of Natural Population of *Pinus densiflora S. et Z.* in Korea(Ⅲ)*1

——Genetic Variation of the Progeny Originated from Mt. Chu-wang, An-Myon Island and Mt. O-Dae Populations——

Kyong Bin Yim*2 · Ki Won Kwon*2

The purpose of this study is to elucidate the genetic variation of the natural forest of *Pinus densiflora*. Three natural populations of the species, which are considered to be superior quality phenotypically, were selected. The locations and conditions of the populations are shown in table 1 and 2.

The morphological traits of tree and needle and some other characteristics were presented already in our first report of this series in which population and family differences according to observed characteristics were statistically analyzed.

Twenty trees were sampled from each populations, i.e., 60 trees in total. During the autumn of 1974, matured cones were collected from each tree and open-pollinated seeds were extracted in laboratory.

Immediately after cone collection, in closed condition, the morphological characteristics were measured. Seed and seed-wing dimensions were also studied. In the spring of 1975, the seeds were sown in the experimental tree nursery located in Suweon. And in the April of 1976, the 1—0 seedlings were transplanted according to the predetermined experimental design, randomized block design with three replications.

Because of cone setting condition, the number of family from which progenies were raised by populations were not equal.

The numbers of family were 20 in population 1, 18 in population 2 and 15 in population 3. Then, each randomized block contained seedlings of 53 families from 3 populations.

The present paper is mainly concerned with the variation of some characteristics of cone, seed, needle, growth performance of seedlings, and chlorophyll and monoterpene compositions of needles.

The results obtained are summerized as follows.

1. The meteorological data obtained by averaging the records of 30 year period, observed from the nearest station to each location of populations, are shown in Fig. 3, 4, and 5. The distributional pattern of monthly precipitation are quite similar among locations. However, the precipitation density on population 2, Seosan area, during growing season is lower as compared to the other two populations.

   Population 1, Cheong-song area, and population 3, Pyong-chang area, are located in inland, but population 2 in the western seacoast.

   The differences on the average monthly air temperatures and the average monthly

*1 Received for Publication on November 20, 1976
*2 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University

lowest temperatures among populations can hardly be found.

2. Available information on the each mother trees (families) studied, such as age, stem height, diameter at breast height, clear-bole-length, crown conditions and others are shown in table 6, 7, and 8.
3. The measurements of fresh cone weight, length and the widest diameter of cone are given in Table 9. All these traits are concerned with the highly significant population differences and family differences within population.

   And the population difference was also found in the cone-index, that is, length-diameter ratio.
4. Seed-wing length and seed-wing width showed the population differences, and the family differences were also found in both characteristics. Not discussed in this paper, however, seed-wing colours and their shapes indicate the specificity which is inherent to individual trees as shown in photo 3 on page 50.

   The colour and shape are fully the expression of genetic make up of mother tree. The little variations on these traits are resulted from this reason.

   The significant differences among populations and among families were found in those characteristics, such as 1000-seed weight, seed length, seed width, and seed thickness as shown in table 11.

   As to all these dimensions, the values are always larger in population 1 which is younger in age than that of the other two. The population differences evaluated by cone, seed and seed-wing sizes could partly be attributed to the growth vigorousity.
5. The values of correlation between the characteristics of cone and seed are presented in table 12. As shown, the positive correlations between cone diameter and seed-wing width were calculated in all populations studied. The correlation between seed-wing length and seed length was significantly positive in population 1 and 3 but not in population 2, that is, the r-value is so small as 0.002. in the latter. The correlation between cone length and seed-wing length was highly significant in population 1, but not in population 2.
6. Differences among progenies in growth performances, such as 1—0 and 1—1 seedling height and root collar diameter were highly significant among populations as well as families within population (Table 13.)
7. The heritability values in narrow sense of population characteristics were estimated on the basis of variance components. The values based on seedling height at each age stage of 1—1 and 1—0 ranged from 0.146 to 0.288 and the values of root collar diameter from 0.060 to 0.130. (Table 14).

   These heritability values varied according to characteristics and seedling ages. Here what must be stated is that, for calculation of heritability values, the variance values of population was divided by the variance value of environment (error) and family and population.

   The present authors want to add the heritability values based on family level in the coming report.

   It might be considered that if the tree age is increased in furture, the heritability value is supposed to be altered or lowered.

   Examining the heritability values studied previously by many authors, in pine group at age of 7 to 15, the values of height growth ranged from 0.2 to 0.4 in general.

   The values we obtained are further below than these.

8. The correlation between seedling growth and seed characteristics were examined and the values resulted are shown in table 16. Contrary to our hypothetical premise of positive correlation between 1—0 seedling height and seed weight, non-significance on it was found. However, 1—0 seedling height correlated positively with seed length.

   And significant correlations between 1—0 and 1—1 seedling height are calculated.

9. The numbers of stomata row calculated separately by abaxial and adaxial side showed highly significant differences among populations, but not in serration density. On serration density, the differences among families within population were highly significant. (Table 17)

   A fact must be noted is that the correlation between stomata row on abaxial side and adaxial side was highly significant in all populations. Non-significances of correlation coefficient between progenies and parents regarding to stomata row on abaxial side were shown in all populations studied. (Table 18).

10. The contents of chlorophyll b of the needle were a little more than that of chlorophyll a irrespective of the populations examined. The differences of chlorophyll a, b and a plus b contents were highly significant but not among families within populations as shown in table 20.

    The contents of chlorophyll a and b are presented by individual trees of each populations in table 21.

11. The occurrence of monoterpene components was examined by gas liquid chromatography (Shimazu, GC-1C type) to evaluate the population difference. There are some papers reporting the chemical geography of pines basing upon monoterpene composition. The number of populations studied here is not enough to state this problem.

    The kinds of monoterpene observed in needle were α-pinene, camphene, β-pinene, myrcene, limonene, β-phellandrene and terpinolene plus two unknowns. In analysis of monoterpene composition, the number of sample trees varied with population, i.e., 18 families for population 1, 15 for population 2 and 11 for population 3. (Table 22, 23 and 24).

    The histograms (Fig. 6) of 7 components of monoterpene by population show noticeably higher percentages of α-pinene irrespective of population and β-phellandrene in the next order.

    The minor *Pinus densiflora* monoterpene composition of camphene, myrcene, limonene and terpinolene made up less than 10 percent of the portion in general. The average coefficients of variation of α-pinene and β-phellandrene were 11 percent. On the contrary to this, the average coefficients of variation of camphene, limonene and terpinolene varied from 20 to 30 percent.

    And the significant differences between population were observed only in myrcene and β-phellandrene. (Table 25).

1974年 天然소나무集團에 대한 遺傳的變異를 分析하고저 먼저 慶北 青松郡 所在 周王山소나무林, 忠南 瑞山郡 所在 安眠島 소나무林, 그리고 江原道 平昌郡 所在 五臺山 소나무林을 對象으로하여 各 集團에서 되도록 小面積의 範圍內에 서있는 소나무 個體를 各 20株씩 총 60株를 擇하여 그 母樹에 대한 形態學的 特性등을 調査測定하고 集團間에 보이는 差異 그리고 한 集團內에 있는 各個體樹木의 形質을 調査報告한바 있다(第一報論文). 1974年 가을에 家系別로 種子을 採取하여서 家系別 및 產地別의 差異를 分析하고 同時에 그 種子를 파종하여서 1—0苗 및 1—1苗를 對象으로 生長因子에 대한 測定을 하고 그 遺傳力을 計算해 보았다. 그밖에

葉綠素含量 또는 monoterpene등의 含量의 差異를 分析해 보았다.

種子의 形態學的 特性에 있어서는 集團間 또 家系間에 有意差를 보이지 않는 것도 있었으나 大體로 有意差가 認定되었다. 그리고 各形質間의 相關을 보았는데 毬果幅과 種子翼의 幅, 毬果長과 種子翼의 길이間, 그리고 毬果 生重量과 種子重量間에는 正의相關이 보였다.

苗高와 根元徑의 成長에 있어서는 家系間 그리고 集團間에 差異가 인정되었다. 苗高의 遺傳力은 集團의 平均値를 가지고 分析하였다. 즉 集團에 關係되는 分散을 遺傳分散으로 보고서 遺傳力을 計算해 보았는데 1—0苗의 苗高에서는 0.29, 1—1苗에서는 0.14가 그리고 根元徑에 있어서는 1—0苗는 0.15, 1—1苗에서는 0.06이였다. 氣孔列數에 있어서는 集團間差異가 있었으나 鋸齒密度에는 差異가 없었다. 針葉의 特性에 關해서는 母樹와 次代間에 相關이 없었다. 葉綠素含量은 集團間差異는 보였으나 家系間差異는 없었다. monoterpene의 成分에 있어서는 myrcene과 β-phellandrene의 含量으로 集團差를 볼 수 있었다.

緖 論

樹種에 따라서 그 分布의 面積에는 廣狹이 있다. 例로서 歐洲赤松은 그 分布의 面積이 매우 넓고 따라서 그特性의 地域的分化의 變化가 더 甚할 수 있다. 分布面積이 넓지 않다하더라도 比較的 近距離에 있어서도 形質上의 分化가 是認되고 이러한 點이 實地造林에도 考慮하지 않으면 안되게 되었다. 各國에서 樹種에 따라 種子와 苗木의 植栽를 위한 移動距離를 規程으로서 制限하고 있는 理由가 여기에 있다.

우리나라의 소나무는 國內에서 가장 넓은 分布面積을 차지하고 있고 이미 第1 및 2報에서 集團間의 差의 有無를 形質에 關聯시켜서 報告한바 있다. 集團間에 어떤 形質上으로 差異가 認定된다는 것은 그 集團間에 實用的인 他形質에까지도 差異를 招來할 수 있다는 可能性을 提示하는 것으로 볼 수 밖에 없다. 이미 緯度 또 高度에 따라 形態와 開花 結實에 差異를 가져온다는 研究結果는 많이 나오고 있다. 美國의 red pine(*Pinus resinosa Ait.*)으로 말하면 일찍이 Bates(1927)가 red pine의 種子代金이 주로 收集調製費를 기초로 해서 策定되고 있고 그 種子 產地가 無視되고 있는 것은 잘못이며 또 推定하기를 red pine의 種子產地가 考慮되지 못한 狀況에서 造林이 실시되고 있는 것은 適地條件을 無視한 것이므로 努力의 25~50%는 浪費와 같은 것이라고 했다. 그래서 美國의 農務省은 1939年 林木種子政策을 樹立하게 되었다. 1928年에 上記 red pine의 品種間變異와 個體變異에 關한 研究가 시작되고 1931年에는 37個集團으로부터 種子를 採集하여서 3個地域에 나누어 試驗植栽되고 1933年까지 集團의 數가 添加되어서 144個로 늘어나고 이것이 3個地域에 添加植栽되어 檢定이 遂行되었다. 그때는 集團選擇의 範圍가 좁았으나 1957年과 1960年頃에 Canada政府는 이 樹種이 分布하는 全域에 걸쳐서 集團을 選拔하고 集團間 및 個體間의 變異를 調査할 수 있는 試驗에 着手하였다.

그뒤 集團間의 差異가 形態學的, 生理學的, 解剖學的 또는 成長形質等으로 分析되고 있다.

이와같은 研究은 이곳 筆者들이 試圖하고 있는 研究目的과 그 內容의 一部와 符合되는 것이다. 독일가문비나무에 대한 이 方面의 研究는 國際的 協助規模로 長期調査되고 있는 것은 매우 有名한 것이며 林業資源의 生產增加의 原理와 그 實地的効果를 擧揚하는데 가장 主軸을 이루는 分野의 研究인 것이다.

本 研究는 소나무(*Pinus densiflora S. et Z.*)를 對象으로 하여 그 母樹의 外形的 特性을 調査하고 또 여기에서 採取한 種子로 길러낸 苗木의 形質을 調査分析한 것으로서 serial experimental report의 第三報로 내어 놓는다.

研 究 史

集團 및 個體의 形質과 次代의 特性에 關한 研究는 많은 사람들에 의해 실시되어왔다. 이와같은 研究는 主로 母樹와 그 林分에 대한 形態學的, 生理, 生態學的 그리고 細胞學的 調査 등과 아울러 거기서 얻은 種子와 次代의 苗木에서 나타나는 각종 形質에 대한 變異, 遺傳樣相 등을 究明하여 그 集團이 가지는 育種學的 意義와 價値를 判斷 評價하는 方向으로 進行되고 있다.

본 연구의 대상인 소나무는 거의 우리나라 全域을 덮고있는 連續集團으로 각 集團간에 遺傳子의 轉入이 끊임없이 계속되고 海松으로부터의 遺傳子移入도 많은 樹種이라 생각된다. 그러나 島嶼地方등 특수한 곳에서는 이와같은 과정이 방해를 받아 獨特한 形質을 지니는 林木集團으로 分化되는 예도 찾을 수 있고 또 우리나라 전역에 걸쳐 一連의 生態的인 傾斜를 찾아볼 수도 있

다. 과거에 檀木秀幹教授[49]는 우리나라의 소나무를 6가지 生態型으로 分類하여 說明하고 있지만 이 속에서도 小面積의 集團別로 形質上의 차이를 찾아낼 수도 있고 그 集團內의 個體간에도 역시 變異를 지적할 수 있다. 林木集團의 硏究는 주로 유럽의 Scotch Pine, Norway Spruce, 미국의 loblolly pine, red pine, slash pine, Douglas-fir, ponderosa pine등을 대상으로 해서 많이 遂行되었고 林木個體나 集團의 外形的特性, 針葉의 形質, 材質의 形質, 毬果 및 種子의 形質, 그리고 여기서 얻어진 苗木의 여러가지 特性과 아울러 林木의 生理的인 特性등이 얼마만한 變異를 가지고 있고 또 어떻게 次代에 遺傳하는지를 찾아내려는데 集中되고있다. 이와 같은 硏究를 간추려 볼 때 먼저 毬果 및 種子의 形質로 Fowler[12]는 *Pinus resinosa* Ait.에서 cone의 길이, cone 한개당 種子의 수, 種子의 무게등이 產地에 따라 차이가 있음을 밝히고 있고 Andersson[2]은 *Picea abies* K.에 대한 調査를 스웨덴의 10개 지역에서 실시하고 毬果의 무게, 길이, 부피, 毬果當의 種子數, 種子의 길이, 두께, 發芽率등을 조사하여 集團間, 集團內의 個體間에 차이가 있음을 말하였다. 또 Robinson[31]등은 남부 애팔레치아에서 *Abies*속의 세가지 樹種에 대한 毬果, 種子의 크기에 대한 硏究를 하여 樹種간에 또 地域間에 變異가 있음을 觀察하였다. 이외에도 Ehrenberg[9]등, Farmer[10]등, Squillace[35], Sweet[39]와 같은 사람에 의해 毬果 및 種子의 形質이 林分에 따라, 또 高度, 樹齡, 氣候에 따라 多樣하게 나타난다는 것이 밝히졌다. 이를 綜合해 볼 때 毬果나 種子의 形質은 變異가 많으며 이러한 變異에 對해 遺傳的 素質에 依한 것과 環境과의 相互作用도 생각될 수 있다. 毬果나 種子의 變異와 아울러 여기에서 얻어진 苗木의 각종 特性을 分析하는 일도 여러 사람들에 의하여 행하여지고 있다. Jenkinson[19]은 Nevada지역의 ponderosa pine의 天然林分에서 土壤이 肥沃한 林分과 痩薄한 林分을 8개 選拔하여 1年生과 2年生 苗의 家系間差異를 分析하고 그 結果로 土壤에 따른 차이는 없으나 產地에 따른 차이는 있었다고 말하고 家系別苗高와 種子무게 또 1년생苗高와 2년생苗高에서의 相關關係도 分析하였다. 또 Pauley[30]등은 *Pinus strobus* L.에서 苗木의 크기에 미치는 種子무게의 영향을 보고하였으며, Sweet[39]는 북미의 태평양연안에서 Douglas-fir에 작용하는 氣候因子와 苗高와의 相關을, 그리고 Ehrenberg[9]는 *Pinus silvestris* L.에서 優良個體와 不良個體別로 樹高生長의 差異를 遺傳的인 面과 環境的인 面으로 나누어 分析하였다. 이외에도 Namkoong[28,29], Squillace[35,36,37], Hansen[18], Gansel[13], Burley[6], Lester[21], Wright[45,46]등에 의해 각종 樹種에서 이와같은 變異와 이에 작용하는 여러 因子에 대한 分析이 수행되었으며 대체로 產地間에 많은 差異가 있다는 것이 보고되었다. 이같은 變異중에서 얼마만한 크기로 遺傳因子가 作用하는가를 측정하는데는 廣義와 狹義 두 가지로 생각할 수 있으며 이는 相加的 遺傳効果만을 대상으로 하는지 또는 總遺傳分散을 대상으로 하는지에 따라 달라진다. Jenkinson[19]은 Nevada지역의 ponderosa pine에서 1년생苗高의 遺傳力이 0.35~0.50, 2년생은 0.14~0.55라고 보고하였으며 Mohn[27]등은 6년생의 sweet gum의 樹高와 直徑에서 낮은 遺傳力이 있다고 하였다. 또 Akasi[1]등은 삼나무에서 苗高와 根元徑의 遺傳力이 0.15라 하였고 Toda[43]는 삼나무와 구주적송에 대한 遺傳力을 구하고 그 결과로 狹義의 遺傳力은 廣義에 比해 1/3程度 밖에 안된다고 말하였다. 이 외로 Hanover[15]등은 *Pinus monticola* D. Don.에서 Callaham[7]등은 *Pinus ponderosa* Laws.에서 Ehrenberg[9]는 *Pinus silvestris* L. 그리고 Barber[5]는 *Pinus elliottii* Engelm.에 대한 遺傳力을 보고하였으며 우리나라의 소나무에 대해서는 崔[56]등에 의해 2年生 苗木의 遺傳力이 0.15라 發表된 바 있다.

林木의 變異중에서 針葉에서 나타나는 特性에 많은 變異가 있다는 것이 보고되고 있는데 이에는 주로 氣孔列, 鋸齒密度, 樹脂道, 維管束등에 대한 形質이 대상으로 되고 있다. Fowler[12]는 *Pinus resinosa* Ait.에 대해 Pennsylvania Kane에서 행한 產地試驗에서는 地域間에 鋸齒密度에서 差異를 밝히지 못했지만 Maple Ontario地域에서는 그 차이가 있음을 보고했다. 그리고 Mergen[25]등은 *Pinus elliottii* Engelm.에 대한 針葉의 分析에서 氣孔의 密度가 *Pinus taeda* L.와 다르다 하였고 鋸齒密度의 差異는 緯度, 海拔高, 氣候와 相關이 없음을 말하고 있다. 또 Thorbjornsen[41]은 *Pinus taeda* L.에서 氣孔의 頻度에 대한 地域間差異를, 崔[56]등은 소나무 秀型木의 clone에 대한 鋸齒密度와 氣孔列數의 變異를 調査하였다.

이와같이 天然林의 遺傳構成을 調査하기 위해서는 各種形質을 利用하고 있는데 日本에 있어서는 杉나무같은 것은 葉形이 個體樹木의 遺傳的 構成을 識別하는데 도움이 되는 것이 알려지고 있고 또 소나무類에 있어서는 葉長을 가지고 個體의 遺傳的 指標로 쓰기 위한 硏究도 있다(遠山[52]).

葉綠素의 含量에 대한 定量은 Arnon[3]과 Mackinney[24]등의 方法이 흔히 쓰이는데 Linder[23]는 分析方法에 따라 동일 sample에서도 20%程度의 誤差가 생길 수 있어서 標準方法이 제시되어야 할 것이라고 말하고 있다. 임목에 대한 chlorophyll의 含量은 오래전에 Willstätter[20]

등에 의해 分析되었는데 그는 *Pinus*속에서는 chlorophyll a가 乾燥葉의 0.19%가 들어 있고 chlorophyll b는 0.07%로 도합 0.26%의 chlorophyll이 잎에 들었다고 하였다. 產地나 季節別로 본 chlorophyll含量의 變異에 대하여 Gerhold[14]는 *Pinus silvestris* L.에서 分析하였는데 스칸디나비아產이 中部유럽產에 比해 8月에는 높은 값을 보이나 2월에는 반대로 적은 含量을 나타내었음을, 또 Takahara[40]등은 삼나무의 두 품종인 Akita-sugi와 Yoshino-sugi에 대한 total chlorophyll含量을 分析 5月과 7月에는 差異가 없고 10월에는 品種간에 차이가 있다고 말하였다.

또 黑木[50]등은 소나무類의 葉綠素含量을 分析 그 量이 *Pinus taeda* L.>*Pinus thunbergii* Parl.>*Pinus caribaea* More. 순으로 차이가 있다고 보고하고있으며 Linder[22]는 苗圃條件이 다른 데에서 자란 *Pinus silvestris* L.와 *Picea abies* K.에 대한 chlorophyll이 季節的으로 차이가 있다고 하였다.

針葉이나 木質部의 生化學的인 물질로 樹種이나 品種에 따라서 變異를 찾을 수 있는 物質은 monoterpene을 생각할 수 있는데 이는 솔잎혹파리등 여러가지 害蟲의 誘引劑나 忌避劑로 作用하여 많은 研究의 對象이 되는 物質이다. 金[53]등은 *Pinus thunbergii* Parl.에서 솔잎혹파리의 耐蟲性個體에는 limonene과 β-phellandrene이 많이 들어있다고 하였다. 또 Smith[33]는 *Pinus ponderosa* Laws.의 소나무종類에 대한 耐蟲性에 myrcene과 limonene이 큰 역활을 하는 것으로 言及하였다.

또 Hanover[16]는 이런 成分의 組成比를 調査하여 chemotaxonomy에 이용할 것을 제의하였는데 이 monoterpene組成은 樹種에 따라 產地에 따라 그리고 季節이나 氣候에 따라 그 變異樣相이 대단히 複雜하다는 것을 여러 研究로부터 찾을 수 있다.

즉 Zavarin[48]등은 *Abies balsamea* M.와 *Abies fraseri* Poiret.에 대한 研究에서 monoterpene含量이 地域에 따라 樹種에 따라 그 組成比를 달리한다고 하였으며 *Pinus ponderosa*에 대한 調査에서도 季節이나 針葉의 나이에 따라 變異가 있다는 것을 말했다. 또 Wilkinson[44]등도 spruce에 대한 monoterpene調査에서 9가지 成分을 찾아내었으며 그 중에서 3-carene이 가장 많이 들었다고 하였다. 그러나 그는 monoterpene의 濃度가 地域間에 차이가 없고 개체간의 變異도 white spruce보다는 훨씬 적다는 것을 발표하였다. 그리고 이같은 研究에는 Mirov[26]가 소나무류에 대하여, 그리고 Forde[11]가 *Pinus muricata* D. Don.와 *Pinus remorata*에 대하여, Tobolski[42]등이 *Pinus silvestris* L.에 대하여, Rockwood[32]가 *Pinus taeda* L.에 대해 또 Wilkinson[44]등이 white spruce에서, Hanover[16]는 *Pinus strobus* L.와 *Pinus monticola* D. Don.에서, Coyne[8]등은 loblolly와 short leaf pine에서 그 變異를 分析하였으며 그 結果는 서로 다른 樣相을 보이는 것이 많았다. 이와같은 것을 綜合해 볼때 monoterpene의 組成比는 한마디로 斷定하기는 힘들고 樹種에 따라 地域에 따라 그리고 그때의 分析條件에 따라서 解釋해야할 것으로 생각한다.

以上에 列擧한 研究內容을 綜合 分析할 때 林木에는 產地間, 家系間, 각종 環境이나 其他要因에 依하여 次代에서 形質의 變異가 심하게 일어나고 그 樣相이 複雜하게 얽혀지는 事實을 把握할 수 있다.

따라서 이와같은 變異가 우리나라의 소나무에서 어떻게 일어나고 있는가를 分析하여 보는 일은 次後의 林木育種에 對하여 重要한 資料를 提供해 줄 것이 期待된다.

材料 및 方法

1. 材 料

本研究의 對象이된 樹種은 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)로서 3個 天然集團이 1974年 7月에서 8月사이에 表1과 그림 1에 보이는 地域에서 選拔되었는데(本研究論文(Ⅰ)의 내용과 同一한 集團임) 表2에 그의 林況과 地況을 보이며 또 各 個體의 外形的特性도 調査되었다. 그리고 그해 10月初에 各集團 各個體別로 毬果를 採取하여 Polyethylene film봉지에 이중포장하여

〈表 1〉 調査된 소나무 天然集團의 位置

Tab. 1 Location of *Pinus densiflora* S. et Z. population studied (natural parent population)

集團 Population	位置 Location	緯度 Latitude(north)	經度 Longitude(east)
Chuwang-san(1) (周王山)	Sangueri, Budongmyon, Cheongsonggun, Kyongbuk-Do 慶北 靑松郡 府東面 상의里	36°24′	129°09′
Anmyon-do (2) (安眠島)	Seungonri, Anmyonmyon, Seosangun, Chungnam-Do 忠南 瑞山郡 安眠島 承彦里	36°30′	126°23′
Odae-san (3) (五臺山)	Dongsanri, Jinbumyon, Pyongchanggun, Kangwon-Do 江原道 平昌郡 珍富面 동산里	37°44′	128°36′

〈表 2〉 集團別 硏究 林分의 地況 및 林況

Tab. 2 The general description of the populations

集 團 Population	方 位 Aspect	傾 斜 Slope	海拔高 Altitude (m)	土 性 Soil texture	土 深 Soil depth	土壤水分 Soil moisture	林 令 Age of Stand	樹 高 Height (m)	林 相 Mixture degree	울폐도 Degree of crown-closure(%)	立木度 株數/ha Tree No/ha
1	SW	30	650	Sandy-loam	medium	moderate	45 / 35−55	22 / 17−28	Pure Stand	40	500
2	NE	15	35	Sandy-loam	medium	moderate	60 / 50−70	17 / 15−21	Pure Stand	30	300
3	SW	25	500	Sandy-loam	medium	moderate	60 / 50−70	20 / 19−22	Pure Stand	20	250

실험실로 운반한후 그 毬果와 種子에 대한 形態學的 特性을 調査하고 그 種子는 겨울동안 冷暗所에 氣乾貯藏되었다. 그 후에 1975年 4月 水原市內에 位置하고 있는 서울大學校 農科大學 林業苗圃에 播種하고 1976年 4月에 移植하였다. 各集團別로 選拔된 個體는 20株 씩이나 種子의 採取는 結實이 좋지않은 個體가 몇株씩 있어 일부 調査에서 빠진 個體가 있다.

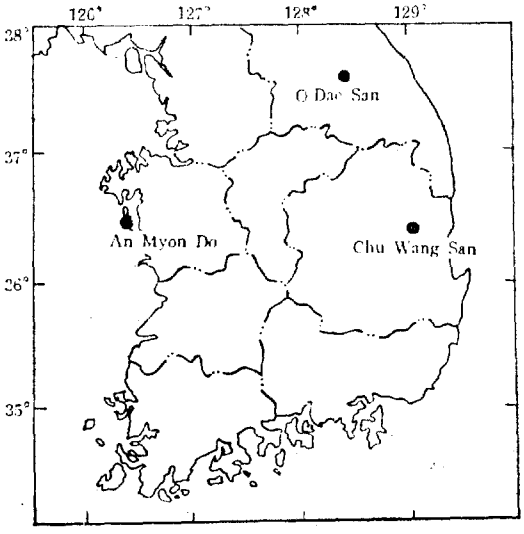

그림 1. 各 集團의 位置圖

Fig. 1. The location map of the population

Ⅱ. 方 法

本硏究의 調査項目別 硏究方法은 다음과 같다.

가. 毬果 및 種子의 形態學的 特性

調査된 數量은 毬果의 生重量에서는 母樹個體別로 50個의 毬果를 測定하였으며 毬果의 길이와 直徑은 各 個體別로 15個의 毬果를 대상으로 하였다. 또 種子날개의 길이와 넓이는 家系別로 15個의 毬果에서 다시 毬果別로 10個씩 測定하여 한家系당 總 150個의 平均値로 分析하였다. 또한 種子길이, 넓이, 두께는 家系別로 20個씩 測定하였으며 種子무게는 15個의 毬果에서 다시 毬果別로 抽出된 종자의 무게를 달아 1000粒重으로 換算하였다. 이상과 같은 測定에 있어 毬果의 直徑, 길이와 種子의 길이, 넓이, 두께는 micro-caliper를 이용하였고 種子날개의 길이와 넓이는 1mm눈금의 方眼紙위에서 또 무게는 10mg까지 測定할 수 있는 dial-0-gramm 天秤을 써서 測定했다.

나. 苗木의 成長量

種子의 播種 및 移植은 表 3,4,5와 같은 土壤과 氣候條件을 가진 圃地에서 대체로 苗圃의 一般施業方法에 準하여 育苗하였으며 播種量 및 試驗區配置는 3反復으로 反復當 家系別 200粒씩 모두 600粒씩을 播種하였다. 그 間隔은 反復間에는 20cm, 家系間에는 10cm, 家系內의 播種列間에는 5cm, 그리고 한列에서 種子間에는 2cm씩 띄어 심었다. 播種前에 基肥는 m^2當 2kg의 堆肥를 주었으며 6月初에 尿素를 m^2當 10g씩 追肥로 주었다.

移植에 있어서는 列間, 苗木間의 간격은 10cm씩 4列로 하였고 그리고 家系間은 20cm씩 또 反復間에는 40cm의 間隔을 두었다. 移植時에는 基肥로 堆肥를 $3kg/m^2$ 追肥로 6月初에 尿素를 $15g/m^2$, 重過石을 $10g/m^2$, 鹽化加里를 $5g/m^2$씩 撒布하였다. 苗木의 成長量에 대한 測定은 1976年 5月19日과 1976年 10月 3日 두번에 걸쳐 실시하였으며 根元徑의 測定에서는 1/20mm까지 읽을 수 있는 micro-caliper를 사용했다. 測定의 規模는 個體別 反復當 20株씩 合計 60株의 苗木을 한 家系에서 測定했다.

다. 針葉의 形態學的 特性

針葉에서 變異를 보이는 特性은 여러가지이나 本試驗에서는 鋸齒密度와 氣孔列에 對하여서만 分析하였다 鋸齒의 密度는 針葉中央部分의 0.5cm內에 있는 鋸齒數를, 氣孔列은 같은 部位에서 針葉의 背面과 腹面에 대하여서 따로 測定하였다. 그 測定量은 家系별로 反復當 20葉씩 總 60葉이었다.

〈表 3〉 次代苗木이 자란 水原의 月別氣候 (1975～1976)

Tab. 3 Monthly meteorological data in Suweon where progenies were grown (1975～1976)

Factors		Month / Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(°C) Air Temperature	Ave. Min.	1975	−8.1	−6.3	−2.0	6.2	10.6	16.3	21.4	21.9	17.4	8.6	2.5	−8.4
		1976	−10.0	−2.8	−1.0	3.4	8.9	16.2	19.1	20.5	13.2	7.5		
	Ave. Max.	1975	2.1	4.0	9.3	18.8	21.8	26.2	28.6	31.0	26.9	20.3	13.7	2.7
		1976	0.7	6.8	9.6	16.2	21.9	26.1	27.2	27.4	24.8	18.8		
	Meau	1975	−3.5	−1.3	3.4	12.2	16.0	20.7	24.6	26.2	21.8	14.3	7.9	−3.4
		1976	−4.7	1.8	4.0	9.9	15.6	20.7	22.8	23.7	18.7	12.6		
Relative (%) Humidity		1975	66.8	63.3	74.8	72.1	76.1	78.9	84.2	78.1	80.6	76.0	72.5	70.0
		1976	67.0	79.0	71.0	72.0	70.0	74.0	80.0	86.0	77.0	76.0		
Precipitation (mm)		1975	13.2	3.9	67.7	100.1	55.9	40.1	401.2	185.2	154.5	44.3	37.2	23.7
		1976	4.2	116.4	5.2	88.0	35.6	48.3	144.8	375.7	42.3	78.7		

※ Recorded by Suweon Agriculture Meteorological Station

〈表 4〉 試驗圃地土壤의 物理的 性質

Tab. 4 The physical properties of the experimental nursery soil

Sampling Plot *	Soil Texture (%)								Moisture Retension (%)	
	mm 1—2	mm 1—0.5	mm 0.5—0.25	mm 0.25—0.01	mm 0.01-0.005	mm 0.005-0.002	mm 0.002>	remarks	1/3atm.	15atm.
1	1.9	5.0	10.0	5.0	2.1	51.3	24.7	Silt Loam	24.6	9.0
2	3.4	5.8	9.1	3.7	1.6	49.2	27.2	Loam	24.8	8.9
3	2.8	5.4	4.9	2.4	3.5	53.5	27.5	Silt Loam	26.5	9.8
4	3.0	4.6	5.0	3.1	2.1	51.0	31.2	Silt Clay Loam	26.2	10.2
5	1.7	2.5	4.5	0.4	4.1	57.0	29.8	Silt Clay Loam	27.9	9.2

〈表 5〉 試驗圃地土壤의 化學的 性質

Tab. 5 The chemical properties of the experimental nursery soil

Sampling Plot *	PH	Organic matter (%)	P_2O_5(ppm)	me/100g				
				CEC	Ca	Mg	Na	K
1	4.8	2.10	156	13.3	1.38	0.45	0.12	0.34
2	4.8	2.03	182	13.8	1.85	0.50	0.08	0.38
3	4.5	1.34	28	12.9	1.03	0.30	0.04	0.12
4	4.5	1.62	22	12.6	0.91	0.33	0.09	0.19
5	4.7	2.03	23	12.7	1.38	0.60	0.17	0.25

*Plot 1, and 2 from seed beds and plot 3, 4 and 5 from transplant bed.

라. Chlorophyll含量

1976年 9月下旬에 3反復으로 심은 家系에서 反復當 1回 즉 한家系에서 3反復의 試料을 取하여 chlorophyll을 抽出하여 含量을 測定하였다. 抽出 및 測定을 爲해 生葉 400mg을 잘게 썰어 마개있는 시험관에 넣고 80% acetone 10ml을 부어 밀봉한 후 5°C로 조정한 냉장고에 10일간 保管하여 抽出했다.

이때 chlorophyll의 파괴를 막기위해 500ml의

에 약 0.5g의 $MgCO_3$를 添加하였다. 抽出된 cholorophyll溶液은 4倍로 稀釋하여 Colemann spectro-photometer로 그 absorbance를 測定하였는데 그때의 測定波長은 645mμ와 663mμ 두곳에서 행하였다. 여기서 얻은 값을 가지고 chlorophyll a와 chlorophyll b의 含量을 다음 公式에 의해 計算하였는데 이 式은 Arnon[3]과 Mackinney[24]에 의하여 제시된 것이다.

$Ca=(0.0127.D_{663}-0.00269.D_{645})/10$(mg chl./g fresh wt. sample)

$Cb=(0.0229.D_{645}-0.00463.D_{663})/10$(mg chl./g fresh wt. sample)

여기에서 얻어진 값은 針葉의 生重量에 대한 것이므로 똑같은 試料에서 含水量을 別途로 測定하여 試料乾重量에 對한 값으로 換算하였다.

또 本抽出方法과 Arnon[3]과 Mackinney[24]에 의한 方法間에 差異의 有無를 알아보기 위해 똑같은 sample을 가지고 두 方法으로 抽出하여 그 結果를 比較하였는데 表19와 같이 두 方法에서 큰 差異가 없다는 것을 알 수 있었다.

마. Monoterpene의 成分

monoterpene의 含量을 調査하기 爲하여 76年 9月25日부터 10月5日 사이에 各家系別로 15株의 苗木으로부터 試料葉 100g(生重量)씩을 取하여 分析하였는데 集團別로 分析한 個體數는 주왕산이 18개체, 안면도가 15개체, 오대산이 11개체로 圃場에서 充分한 苗木을 가지고 있는 家系만을 sampling하였다.

試料는 採取直後에 水洗하여 흙을 털어낸 다음에 −20°C의 낮은 溫度에 保管하고 한 家系씩 꺼내어 抽出을 했다. 試料는 길이 1cm미만으로 잘게 썰어 waring blender로 갈아 1*l* 크기의 round bottom flask에 넣고 steam distillation으로 150m*l* 程度의 증류액을 얻었다. 다시 이것을 separatory funnel에 넣고 n-hexane을 10m*l* 가량 넣어 抽出된 成分을 hexane으로 옮겨 이것을 무수 Na_2SO_4로 건조하고 water bath에서 hexane을 휘발시켜 3.5m*l* 정도로 溶液을 濃縮시켰다. 이것을 마개있는 시험관에 넣어 密封한 후에 −20°C에 보관하였다가 分析에 使用했다. 分析은 Gas Liquid Chromatography에서 하였으며 이 G.L.C.는 Shimazu의 GC-1C型이었다

여기에 抽出溶液 1μ*l*을 그대로 注入하였는데 그 때의 分析條件은 다음과 같다.

Detector : F.I.D., Carrier gas : N_2(53ml/min)

Fuel gas : H_2(41ml/min), Air : 0.9kg/cm²

Injection temp. : 250°C

Column packing

O.D.P.N. colum : φ3mm×262cm, u-shaped S.S.,

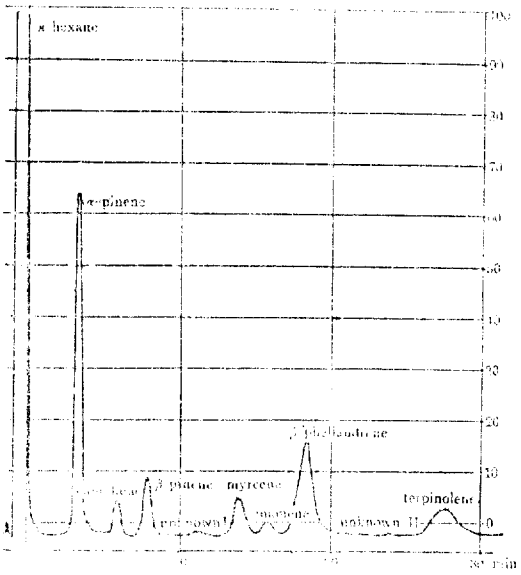

그림 2. Monoterpene成分含量圖의 한例 (3—1)
Fig. 2. A case of the readings of monoterpene composition (3—1)

5% O.D.P.N. on chrom.

GA/W(60/30 mesh), Temp. : 65°C

이상의 條件下에서 그 成分의 確認은 標準試藥의 retention time의 一致與否로 그리고 定量은 integrator를 사용하여 peak面積의 積分値로 測定하였는데 여기에서 分析한 各 成分別 peak의 한 예를 그림2에 보인다. 이렇게 하여서 測定된 값은 各成分全體에 대한 百分率로 換算 比較하였다.

結果 및 考察

母樹가 選拔된 地域은 다 같이 소나무 天然林으로 單純林이었다. 本集團 母樹의 여러가지 特性에 대해서는 任[54]등에 의하여 調査되었으며 그때의 結果중 樹脂道等 몇가지 特性에서 살펴보면 純粹한 소나무에서 다소 벗어난 약간의 雜種性을 3個 集團 모두에서 찾아볼 수 있었다.

特記할 사항은 集團1과 3은 內陸地方에 屬하고 海拔高가 500m이상으로 비교적 高地帶에 해당되나 集團2는 섬으로서 海岸근처에 位置한 比較的 낮은 地帶에 屬하고 있었다. 또 緯度로 보면 集團1과 3간에 1°20′의 差異가 있어 南北으로 많이 떨어져있는 集團이며 과거 30年間의 (1931年에서 1960年까지)평균 기후를 그림 3,4,5에서 살펴볼 때 3個集團 사이에 커다란 氣候差異는 없다고 볼 수 있으나 다만 겨울철의 溫度와 여름철의 降雨量에서 어느 정도 集團間에 差가 있는 것을 말할 수

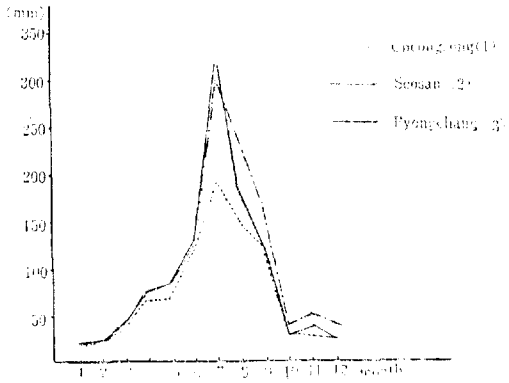

그림 3. 各集團이 位置한 곳의 月別降雨量
Fig. 3. The average monthly precipitation of experimental area (1631~1960)

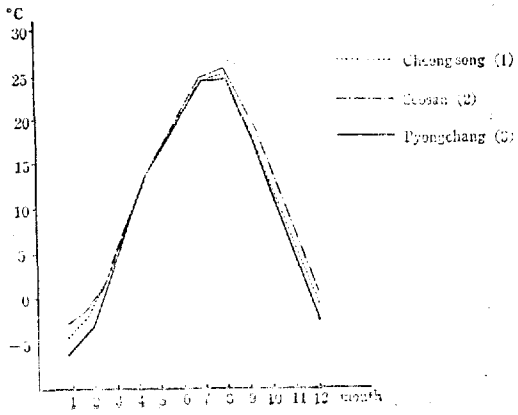

그림 4. 各集團이 位置한 곳의 月平均 氣溫
Fig. 4. The average monthly temperature of experimental area

〈表 6〉 周王山 소나무 集團의 個體別의 外形的 特性
Tab. 6 The measurements of individual tree. (Population of Chuwang San(Mt.)) (pop. 1)

Tree No.	Age	Height (m)	D.B.H. (cm)	Straightness	Clear-length (m)	Clear length / Height	Crown: Radius (Widest) (m)	Crown: Length (m)	Radius / Length	Branch: Diameter (Largest) (cm)	Branch: Angle
1	49	24.0	31	A	16.0	0.67	3.0	8.0	0.38	5.0	80
2	47	24.5	28	B	14.0	0.57	2.8	10.5	0.27	4.0	80
3	47	24.0	24	B	15.0	0.63	2.4	9.0	0.27	4.0	70
4	42	22.5	20	B	17.0	0.76	1.9	5.5	0.35	4.0	75
5	50	23.0	27	B	13.0	0.57	3.3	10.0	0.33	5.0	50
6	46	26.0	38	A	20.0	0.77	4.0	6.0	0.67	5.5	75
7	47	21.0	24	B	8.0	0.38	3.0	3.0	0.23	4.0	70
8	48	22.0	30	B	10.0	0.46	4.2	12.0	0.35	6.0	75
9	48	22.5	31	B	10.5	0.47	3.5	12.0	0.29	5.0	65
10	43	20.0	29	A	15.0	0.75	3.8	5.0	0.76	5.0	60
11	44	22.0	36	A	12.0	0.55	3.5	10.0	0.35	6.0	75
12	48	20.0	34	B	10.0	0.50	3.5	10.0	0.35	6.0	60
13	45	21.0	27	A	12.0	0.57	5.0	9.0	0.56	5.5	70
14	44	23.0	34	A	12.0	0.52	5.5	11.0	0.50	7.0	70
15	43	20.0	38	B	11.0	0.55	4.0	9.0	0.44	5.5	80
16	45	18.0	31	B	13.0	0.77	5.0	5.0	1.00	9.0	60
17	45	19.0	28	B	10.0	0.53	4.8	9.0	0.53	7.5	80
18	47	17.0	36	B	8.0	0.47	3.5	9.0	0.39	9.0	70
19	47	21.0	33	A	11.0	0.52	4.0	10.0	0.40	6.0	75
20	44	28.0	42	A	16.0	0.57	5.0	12.0	0.42	10.0	75
Mean	46	21.9	31		12.7	0.58	3.8	9.3	0.44	6.0	71

Note: straightness A…very straight. straightness B…more or less straight. straightness C…crooked

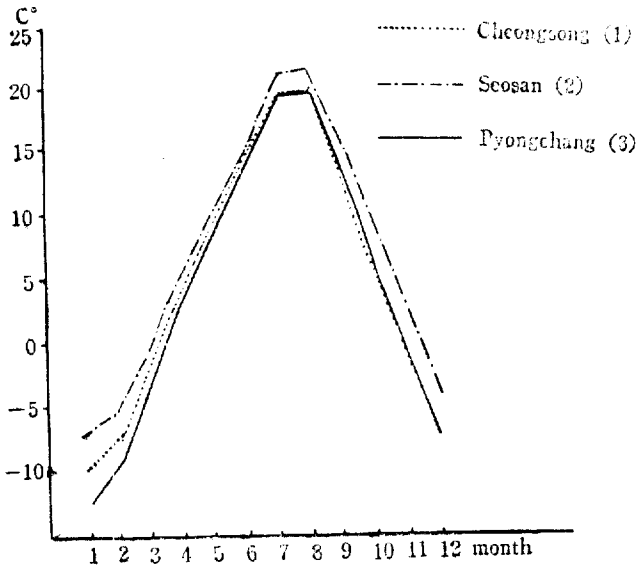

그림 5. 各集團이 位置한 곳의 月平均 最低氣溫
Fig. 5. The average lowest temperature of experimental area (1931~1960)

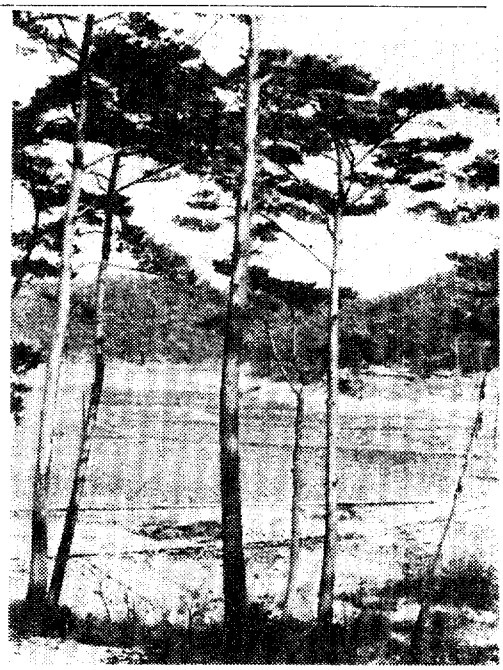

사진 1. 安眠島 소나무 天然集團의 모습
Photo 1, view of An-myon island natural *Pinus densiflora* stands,

〈表 8〉 安眠島 소나무 集團의 個體別의 外形的 特性
Tab. 7. The measurements of individual tree (Population of An-Myon Do (Island)) (Pop. 2)

Tree No.	Age	Height (m)	D.B.H. (cm)	Straightness	Clear-Length (m)	Clear Length / Height	Crown Radius (Widest) (m)	Crown Lenght (m)	Radius / Length	Branch Diameter (Largest) (m)	Branch Angle
1	62	18.0	37	B	13.0	0.72	6.0	5.0	1.20	6.0	75
2	63	18.0	33	B	12.0	0.67	5.0	6.0	0.83	8.0	85
3	49	16.0	31	B	13.0	0.81	3.5	3.0	1.17	3.0	65
4	56	18.0	30	A	15.0	0.83	4.0	3.0	1.33	4.0	75
5	51	19.0	40	B	13.0	0.68	4.5	6.0	0.75	5.0	80
6	63	17.5	37	B	15.0	0.86	3.5	2.5	1.40	6.0	70
7	61	17.5	34	B	14.0	0.80	4.0	3.5	1.14	4.5	70
8	54	16.0	32	B	12.0	0.75	3.0	4.0	0.75	3.0	60
9	61	18.0	33	A	15.0	0.83	4.0	3.0	1.33	3.0	80
10	62	16.0	30	B	13.0	0.81	4.0	3.0	1.33	3.5	80
11	65	18.0	41	B	14.0	0.78	4.5	4.0	1.13	5.0	80
12	58	17.5	31	B	15.0	0.86	3.5	2.5	1.40	4.0	75
13	65	17.0	32	B	12.0	0.71	4.0	5.0	0.80	5.0	75
14	62	17.5	31	A	11.0	0.63	3.5	6.5	0.54	5.0	80
15	62	16.0	26	B	13.0	0.81	3.0	3.0	1.00	3.0	75
16	56	16.0	35	C	12.5	0.78	4.5	3.5	1.29	9.0	75
17	61	15.0	28	A	11.5	0.77	4.0	3.5	1.14	3.0	70
18	63	16.0	31	C	11.0	0.69	6.0	5.0	1.20	8.0	60
19	61	15.0	29	B	12.5	0.83	3.5	2.5	1.40	5.0	70
20	64	16.0	36	B	11.5	0.72	5.0	4.5	1.11	12.0	65
Mean	60	16.9	33		13.0	0.77	4.2	3.8	1.11	5.3	73

〈表 8〉 五臺山 소나무 集團의 個體別의 外形的 特性
Tab. 8. The measurements of individual tree. (Population of O-Dae San (Mt.)) (pop. 3)

Tree No.	Age	Height (m)	D.B.H. (cm)	Straightness	Clear-length (m)	Clear length / Height	Crown Radius (Widest) (m)	Crown Length (m)	Radius / length	Branch Diameter (Largest) (cm)	Branch Angle
1	59	20.0	34	A	12.0	0.66	5.0	8.0	0.63	5.0	80
2	61	21.0	42	A	13.0	0.62	5.0	8.0	0.63	10.0	70
3	67	20.0	49	A	10.0	0.50	2.5	10.0	0.25	9.0	75
4	58	21.5	31	A	16.0	0.74	2.5	5.5	0.46	3.0	70
5	64	22.0	46	A	16.0	0.73	4.5	6.0	0.75	10.0	50
6	63	21.5	35	A	15.0	0.70	3.0	6.5	0.46	3.5	80
7	63	22.0	32	A	15.0	0.68	3.0	7.0	0.43	4.0	80
8	62	18.5	32	A	12.5	0.68	4.5	6.0	0.75	5.0	75
9	65	21.0	22	A	17.0	0.81	2.0	4.0	0.50	5.0	65
10	62	20.0	30	A	16.0	0.80	3.5	4.0	0.88	4.0	80
11	65	20.5	32	A	14.0	0.68	5.5	6.5	0.85	4.0	70
12	60	20.5	28	A	15.0	0.73	2.5	5.5	0.46	3.0	70
13	64	18.5	36	B	9.0	0.49	4.0	9.5	0.42	3.5	80
14	62	21.0	31	A	15.5	0.74	3.5	5.5	0.64	4.0	60
15	63	19.0	28	A	11.0	0.58	4.0	8.0	0.50	5.0	80
16	57	19.5	28	B	13.0	0.67	4.0	6.5	0.62	3.5	75
17	68	20.0	24	A	14.0	0.70	3.5	6.0	0.58	3.5	70
18	66	19.5	36	A	13.5	0.69	4.0	6.0	0.67	6.0	80
19	59	19.0	36	A	12.0	0.63	4.5	7.0	0.64	3.0	75
20	58	20.5	33	A	13.0	0.63	3.5	7.5	0.47	4.0	70
Mean	62	20.3	33		13.6	0.67	3.7	6.7	0.58	4.9	73

있다.

母樹의 樹令은 集團1이 平均 45年生이고 集團2와 3은 平均樹令이 다 같이 60年이였다. 各集團別 母樹의 形態는 集團3이 대체로 通直하고 集團1이 그 다음으로 樹幹이 약간씩 굽은 個體가 일부 있었고 集團2는 海岸에서 멀지않은 때문인지 樹幹이 굽고 樹冠이 넓게 퍼지는 母樹들이 많았다.

1. 毬果 및 種子의 形態學的 特性

가. 毬 果

毬果에서는 生重量, 길이, 直徑등이 測定되었으며 이들 測定値의 平均을 볼 때 대체로 集團1이 제일 크고 集團2가 제일 작았다. 이 값 중에서 毬果의 形狀比(길이 對 直徑의 比)는 集團1이 1.97로 다소 細長한 形態로 볼 수 있었으며 集團3은 제일 작은 값인 1.75로 작고 뭉툭한 形態를 가졌다. 그러나 變異係數는 集團2가 큰 값으로 家系間 差異가 컸으며 集團3은 이 값이 적어 家系間에 毬果가 比較的 고르다는 것을 짐작할 수 있었다. 이들 形質에 대한 統計分析値를 보면(表 9) 모두 集團間, 集團內의 家系間에 有意的인 差異를 인정할 수 있었다. 表9를 보면 毬果直徑에 대한 變異係數의 값은 0.10~0.12 사이의 것으로 비교적 낮은 값이고 生重量에 대한 것은 0.25~0.29의 값으로 後者의 倍 以上에 해당하는 것이다. 이와같이 毬果形質의 變異는 그 形質에 따라서 다르게 나타난다. 그리고 毬果長에 대한 變異係數는 0.14~0.17사이에 있다. 그런데 生重量은 毬果長과 直徑의 2因子의 函數關係로 나타낼 수 있을 것이므로 自然 變異係數의 값도 平面對立體의 關係로 擴大된 것이 생각된다. 그런데 이와같은 毬果의 形質에 대하여 Andersson[2]이 Norway spruce에서 調査한 값도 集團間, 集團內의 家系間 많은 差異를 보여 本硏究와 符合되는 點을 發見할 수 있었다.

나. 種 子

種子의 各種特性에 대한 것을 보면(表 10 및 11) 種子翼(seed wing)의 길이에 있어서는 13.9~16.8mm사이에 있고 統計分析의 結果 集團間에 有意的 差異가 있는 것으로 나타나고 있다. 集團1이 16.8mm로 가장 긴 값을 보여주고 있는데 이것이 集團1의 平均樹齡이 45年生이란 그중 가장 낮은 값에 緣由하는 것인지 이 點은 確實하게 말하기 어렵다. 그러나 소나무는 樹齡의 增加에 따라 毬果의 크기가 狹少하고 아울러 種子의 크

〈表 9〉 소나무 集團別 毬果의 特性
Tab.9. Measurements of cone by population

Characteristics	Population	Range	Mean	S.D.	C.V.	F-Values
Fresh Cone Weight(g)	1	4.9~16.2	9.32	2.51	0.27	Pop.(d.f.=2;51) : 21.301**
	2	3.4~ 9.2	5.86	1.69	0.29	Ind. Within Pop. (d.f=51,318) : 14.122**
	3	5.1~10.6	7.5	1.83	0.25	
Cone Length(cm)	1	2.4~ 6.7	4.46	0.68	0.15	Pop.(d.f.=2;51) : 37.968**
	2	1.4~ 4.9	3.39	0.59	0.17	Ind. Within Pop. (d.f.=51,705) : 8.449**
	3	1.9~ 5.1	3.85	0.53	0.14	
Cone Diameter (cm)	1	1.6~ 3.7	2.27	0.28	0.12	Pop.(d.f.=2;51) : 15.735**
	2	1.4~ 2.7	1.95	0.24	0.12	Ind. Within Pop. (d.f.=51,705):13.394**
	3	1.5~ 2.5	2.08	0.22	0.10	
Cone Index (Length)/(Diameter)	1	1.68~2.30	1.97	0.170	0.09	Pop.(d.f.=2;51) : 9.418**
	2	1.48~2.05	1.75	0.163	0.09	
	3	1.70~2.16	1.85	0.127	0.07	

**significant at 1 percent level.

기도 減少하는 傾向은 日常觀察에서도 直觀할 수 있는 事實이다.

翼幅 역시 集團間 및 集團內個體間에 差異가 있다. 그리고 翼長을 翼의 最大幅으로 나눈 값을 種翼形狀指數(seed-wing index)로 해서 그 關係를 살펴 보았다. 그 結果 集團間에 있어서 差異가 있음이 計算되었다.

種子 1000粒重(實重)을 보면 集團1이 9.56그람으로서 가장 높은 값을 보이고 集團2는 7.54그람으로 가장 낮은 값인데 그間에 2그람이란 큰 차이를 보여주고 있다 集團1인 周王山의 소나무는 樹齡에 있어서 더 어린狀態에 있고 또 地味도 더 좋은편에 있어서 種子重量이 높은 것으로 생각되고 集團2인 安眠島의 소나무는 落葉의 採取와 林地의 固結 그리고 바닷바람등의 영향도 있고 또 平均樹齡이 60年에 이르고 있어서 種子重量이 가벼운 것으로 나타난 것 같다. 이와같은 形質은 毬果의 生重量의 그것과도 相通하는 것으로 작은 毬果에 작은 種子가 들어 있다는 것은 얼마든지 생각할 수 있는 事實이기도 하다.

產地間에 種子重量의 差異를 가지은 原因은 遺傳的인 것, 生理的인 것 그리고 環境的인 것 등 複合的理由가 潛在한것으로 생각된다.

種子重量은 種子長과 種子의 最大幅과의 函數關係에 있으므로 自然 種子長과 種子幅에 있어서도 種子重量에서 볼 수 있는 集團間의 傾向을 말할 수 있고 表11에 그 내용이 주어지고 있다.

以上과 같이 種子의 크기에 關聯된 諸形質에 있어서는 集團間 그리고 集團內個體間에 統計的으로 有意한 差異가 있음을 말할 수 있고 總體的으로 變異量이 큰 形質이며 個體差, 集團差를 分析하는데 銳敏한 기준이 될 수 있다.

植木敎授(1928)는 韓國產소나무의 種子의 變異를 硏究하고 種子의 大小, 形態, 外膜의 色과 그 性質, 날개의 形態와 날개의 색갈등에 甚한 變異가 있음을 指摘하고 이러한 性質에 依한 分類는 매우 어려운 것으로 말하고 있다. 그 理由의 하나로는 一果中의 種子에도 많은 變異를 가지는 까닭이라고 했다. 그러나 이것 筆者의 觀察과 調査에 依하면 1個體樹木(1家系를 말하는 單位)內에 있어서는 種子나 種子翼의 諸形質은 매우 고른것으로 나타났다. 植木敎授의 論文中에는 歐洲赤松의 種子는 여러가지 색갈의 變異가 있고 이것은 外界의 영향과 樹木의 年齡에는 關係 없는 것으로 叙述했다. 즉 黑色, 褐色, 엷은색등을 가지는 基本品種의 交雜에 依해서 색의 變異가 增加하는것으로 Kurdiani의 論文을 引用說明하고 있다. 그리고 北方產의 나무는 種子의 색갈이 淡한 것이 많고 反對로 南方產의 나무는 黑色種子를 가지는 個體數가 더 많다고 했다. 그러나 韓國產의 赤松에 있어서는 南方產과 北方產에 있어서 색갈의 判然한 區別이 없다고 했다. 그러나 植木敎授는 黑皮型의 赤松은 黑褐色의 種子를 많이 가지고 赤皮型의 赤松은 褐色의 種子를 더 많이 가진다고 結論하고 있다.

植木敎授는 種子形質과 그 種子에서 由來된 苗木의 發育과의 關係를 硏究하면서 種子의 大小가 苗木時代의 上長成長, 直徑成長, 葉長, 줄기의 彎曲性에 關係되는 것으로 結論지우고 있다.

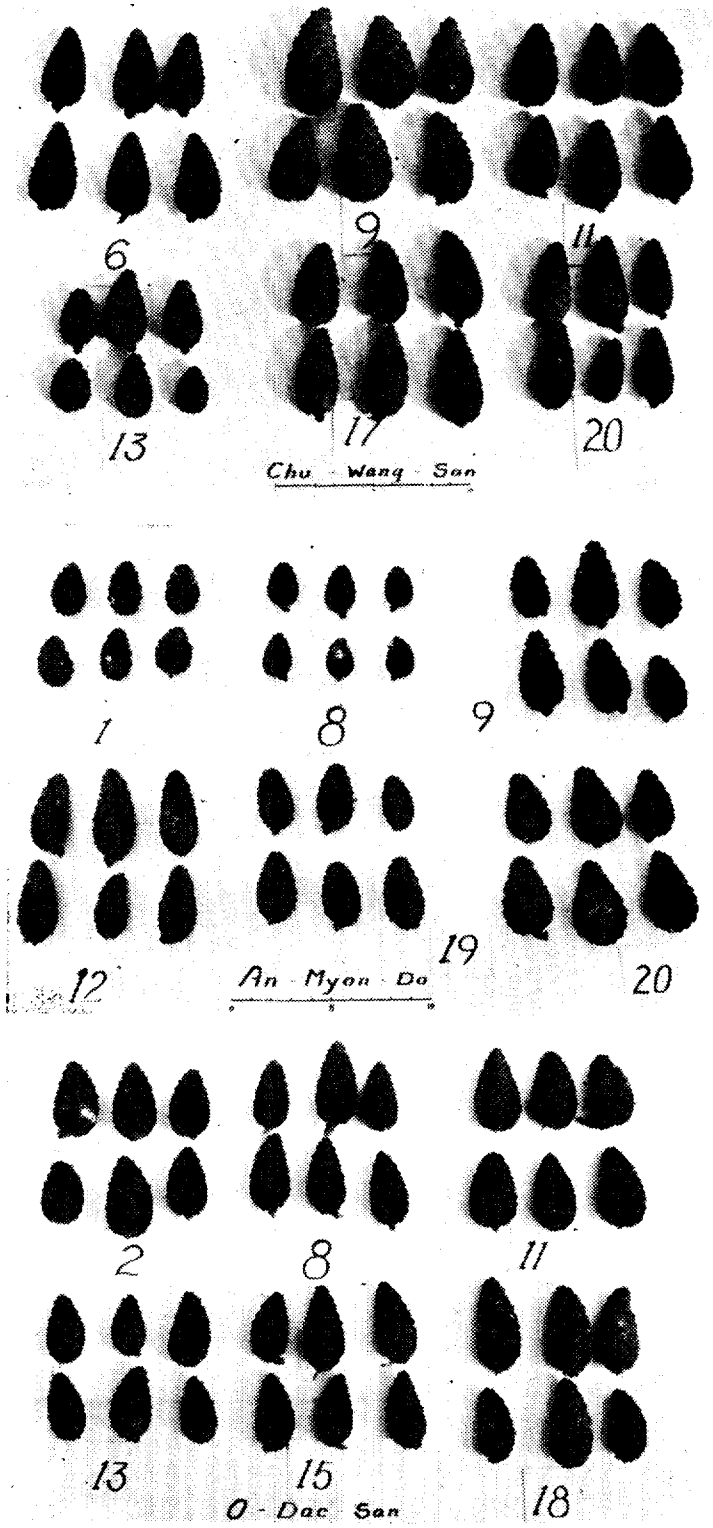

사진 2. 產地別 및 家系別로 본 소나무毬果의 形態. 上으로부터 周王山, 安眠島 및 五台山의 集團
Photo 2, Cones by family and population. above, Mt. Chuwang: middle, Anmyon Island: below, Mt. Odae.

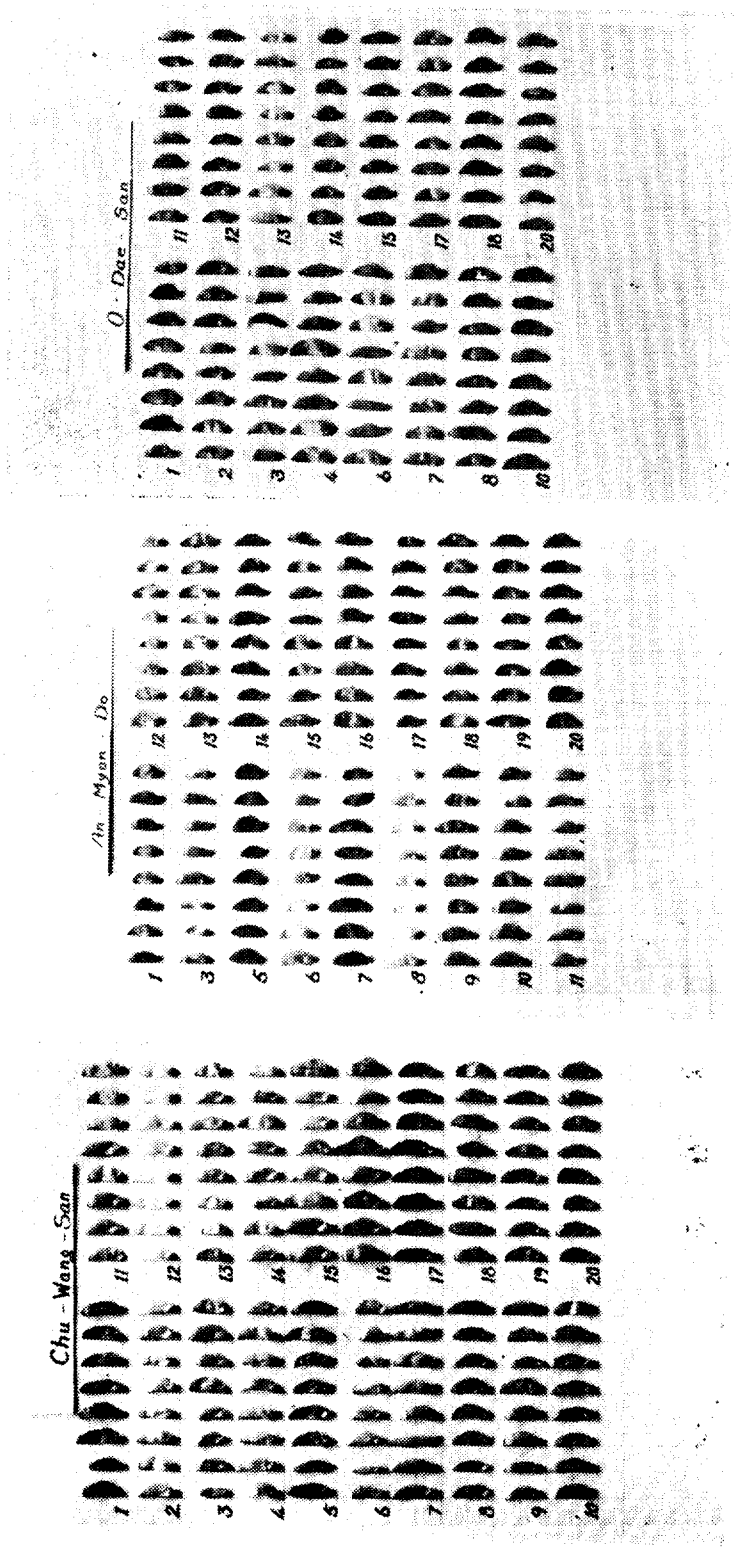

사진 3. 産地別 및 家系別로 본 소나무 種子의 形態와 色調. 種子날개의 모양과 색갈은 家系別로 비슷한 傾向이 있다.

Photo 3. Seeds by family and population. Mt. Chuwang, Anmyon Island, and Mt. Odae

〈表 10〉 소나무 集團別로 본 種子날개의 特性
Tab. 10. Measurements of seed wing by population Unit : mm.

Characteristics	Population	Range	Mean	S.D.	C.V.	F-Values
Seed-Wing Length	1	11.0~21.5	16.8	1.94	0.12	Pop. (d.f.=2,51) : 26.576**
	2	8.5~17.5	13.9	1.50	0.11	Ind. Within Pop. (d.f.=51,667) : 15.238**
	3	11.5~18.8	15.3	1.44	0.09	
Seed-Wing Width	1	4.4~ 6.5	5.3	0.35	0.07	Pop. (d.f.=2,51) : 5.05*
	2	3.0~ 6.4	4.9	0.55	0.11	Ind. Within Pop. (d.f.=51,667) : 6.00**
	3	3.7~ 6.1	5.1	0.74	0.14	
Seed-Wing Index (Length)/(Width)	1	2.64~4.04	3.21	0.311	0.10	Pop. (d.f.=2,51) : 4,585*
	2	2.41~3.84	2.91	0.377	0.13	
	3	2.50~3.50	2.99	0.240	0.08	

그리고 種子斑點이 甚한 것은 成長이 旺盛하지만 줄기가 곧은 것은 오히려 더 적었다고 한다. 그리고 그는 實驗을 通해서 成長이 빠른 경우에는 줄기의 彎曲하는 比率이 높은 傾向에 있다고 하였다. 그리고 植木敎授는 줄기의 彎曲은 木材의 심유(假導管)의 길이의 變異에서 오는 것이라고 생각하고 있다.

그리고 種子의 색깔과 苗木의 成長關係는 大差가 없고 濃褐色의 種子는 直幹으로 되는 경향이 있고 灰褐色의 種子는 直幹으로되는 경향이 더욱 현저하다고 했다.

以上과 같은 植木敎授의 叙述은 統計的으로 處理된 것이 아니고 그의 直觀的인 判斷에 의한 것이다. 이와 같은 種子特性에 대하여서는 Pauley[30]등이 *Pinus strobus* L.에서 Sweet[39]가 Douglas-fir에서 그리고 Fowler[12]는 *Pinus resinosa* Ait, Thorbjornsen[41]은 *Pinus taeda* L.에서 分析하고 그 差異를 설명하고 있다.

다. 毬果와 種子의 形質간의 相關

毬果와 種子의 여러가지 形質사이에 어느 정도의 相

〈表 11〉 소나무 集團別 種子의 特性
Tab. 11. Measurements of seed by population

Characteristics	Population	Range	Mean	S.D.	C.V.	F-Values
Seed Weight (g/1000 seeds)	1	6.3~13.1	9.56	1.64	0.17	Pop. (d.f.=2,51) : 11.590**
	2	4.6~10.5	7.54	1.31	0.17	Ind. Within Pop. (d.f.=51,158) : 13,380**
	3	6.2~12.1	8.48	1.24	0.15	
Seed Length(mm)	1	3.5~ 6.8	4.93	0.51	0.10	Pop. (d.f.=2,51) : 11.062**
	2	3.5~ 5.7	4.42	0.38	0.09	Ind. Within Pop. (d.f.=51,1016) : 41,352**
	3	3.9~ 6.2	4.78	0.27	0.06	
Seed Width(mm)	1	1.8~ 3.6	2.70	0.30	0.11	Pop. (d.f.=2,51) : 13,150**
	2	1.7~ 3.0	2.41	0.19	0.08	Ind. Within Pop. (d.f.=51,1016) : 11.740**
	3	1.9~ 3.1	2.58	0.34	0.13	
Seed Thickness (mm)	1	1.4~ 2.2	1.80	0.14	0.07	Pop. (d.f.=2,51) : 3.796*
	2	1.2~ 2.1	1.73	0.15	0.09	Ind. Within Pop. (d.f.=51,1016) : 19.655**
	3	1.3~ 2.0	1.71	0.15	0.09	
Seed Index (Length)/(Width)	1	1.59~2.08	1.84	0.14	0.07	Pop. (d.f.=2,51) : 0.016n.s.
	2	1.71~2.00	1.84	0.09	0.05	
	3	1.65~1.96	1.84	0.10	0.05	

〈表 12〉 소나무 集團別 毬果와 種子特性 間에서의 相關
Tab. 12. The correlation between the characteristics of cone and seed by population

Characteristics \ Population	Chu-Wang Mt.	An-Myon Do (Island)	O-Dae Mt.
Cone Length(Y) / Seed Wing Length (X)	$r=0.791^{**}$ $\hat{Y}=0.2292x+0.6094$	$r=0.279^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.0627x+2.5185$	$r=0.563^{*}$ $\hat{Y}=0.1472x+1.7745$
Cone Diameter(Y) / Seed Wing Width(X)	$r=0.454^{*}$ $\hat{Y}=0.4537x-0.1346$	$r=0.601^{**}$ $\hat{Y}=0.2456x+0.7466$	$r=0.508^{*}$ $\hat{Y}=0.2367x+0.9438$
Fresh Cone Weight(Y) / Seed Weight(X)	$r=0.302^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.5622x+3.9454$	$r=0.632^{**}$ $\hat{Y}=0.7907x-0.1019$	$r=0.287^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.3622x+4.3785$
Seed Wing Length(Y) / Seed Length(X)	$r=0.576^{**}$ $\hat{Y}=0.1542x+16.044$	$r=0.002^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.0003x+13.8987$	$r=0.651^{**}$ $\hat{Y}=0.1777x+13.2470$
Seed Wing Width(Y) / Seed Width(X)	$r=0.145^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.1624x+4.8615$	$r=0.333^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.1208x+4.6101$	$r=0.522^{*}$ $\hat{Y}=0.1870x+4.3188$

關關係가 있는지를 計算하였다. (表 12)

여기서는 주로 길이는 길이, 넓이는 넓이, 무게는 무게끼리 比較하였는데 毬果와 種子날개의 길이는 그 相關이 集團間에 차이가 있어 集團1,3은 1 또는 5% 水準에서 相關이 있으나 集團2는 그와 같은 것을 인정키 힘들었다. 그렇지만 毬果直徑과 날개넓이는 모든 集團에서 相關이 있었고 毬果와 種子의 무게에서는 集團2만, 날개길이와 種子길이에서는 集團1,3이 또 날개넓이와 種子의 넓이는 集團3만이 1 또는 5%水準에서 相關을 볼 수 있었다. 相關이 統計學的으로 認定되지는 않을지라도 이 값이 負의 關係로 기울어지는 것은 보이지 않았다. 이와같은 相關關係에 대하여 Andersson[2]도 Norway spruce에서 毬果와 種子무게의 相關이 集團에 따라 다르게 나타나는 것을 밝히고 있어 서로 共通된 點을 생각할 수 있었다. 그는 또 共分散의 觀點으로 볼 때 독일가문비의 毬果와 種子의 特性에서 單一遺傳子型이라도 環境에 따라 다르게 작용한다는 說明과 함께 각각의 特性에서 集團이 다를 때에는 그 集團에 따라, 家系에 따라 發芽率, 稔實率에 다르게 영향을 준다는 것을 밝히고 있어 이상의 結果를 명확한 한가지 傾向으로 설명한다는 것은 힘들 것이라 思料된다.

2. 苗木의 成長量 調査

採取하여 調査를 마친 種子는 圃場에 家系別로 3反復식 播種과 移植을 하여 거기에서 얻은 成績을 nested design에 의해 分析하였다. 그리고 使用한 圃場의 土壤條件은 表 4와 5에 제공되고 있다. 測定은 1-0苗는 19

〈表 13〉 소나무 集團別 苗木의 特性
Tab. 13. Measurements of seedling by population

Characteristics	Population	Range	Mean	S.D.	C.V.	F-Values
1-0 Seedling Height (mm)	1	9.2~14.0	11.69	1.05	0.09	Pop. (d.f.=2,50) : 8,690**
	2	8.7~12.8	10.58	1.04	0.10	Fam. Within Pop. (d.f.=50,3067) : 12,427**
	3	8.5~12.0	10.29	1.05	0.10	
1-0 Seedling Root Collar Diameter (mm)	1	2.5~ 3.1	2.72	0.21	0.08	Pop. (d.f.=2.50) : 7,146**
	2	2.3~ 2.8	2.55	0.13	0.05	Fam. Within Pop. (d.f.=50,3067) : 6,122**
	3	2.1~ 2.8	2.49	0.19	0.08	
1-1 Seedling Height (cm)	1	11.5~16.6	14.34	0.39	0.02	Pop. (d.f.=2,50) : 6,185**
	2	12.3~14.8	13.48	0.81	0.06	Fam. Within Pop. (d.f.=50,3067) : 8,488**
	3	10.8~14.5	13.19	0.98	0.07	
1-1 Seedling Root Collar Diameter (mm)	1	4.4~ 5.5	4.92	0.33	0.07	Pop. (d.f.=2,50) : 3,202*
	2	4.3~ 5.5	4.66	0.28	0.06	Fam. Within Pop. (d.f.=50,3067) : 7,270**
	3	3.9~ 5.4	4.82	0.40	0.08	

76年 5月19日 移植床에서 測定한 값이고 1-1苗는 1976年 10月3日 이 苗木이 다 자라서 冬芽가 생기고 生長이 거의 멈추었을 狀態에서 調査하였다. 이 結果를 보면 모든 調査値에서 集團間, 家系間 差異를 볼 수 있었으며 1-0苗 보다는 1-1苗에서 集團間이나 家系間에 F-値가 줄어들고 있어 이 苗木이 앞으로 커가면서 어떠한 結果를 보이게 될지 注目이 된다.

이 測定値의 平均을 보면 대체로 集團1이 좋은 生長을 보이고 있으며 集團3이 뒤지나 根元徑은 集團2와 3이 1-0苗와 1-1苗에서 순서가 뒤바뀌고 있다. 變異係數는 各 集團이 대체로 0.1未滿이나 苗高는 集團1이, 根元徑은 集團2가 家系間에 있어서 더 고른 경향이 있다. 또 1-0苗보다는 1-1苗에서 家系間에 더 비슷한 生長을 하였다고 판단되었다. 遺傳力의 計算은 相加的 遺傳因子의 分散만을 대상으로한 狹意의 遺傳力인 公式 $h^2=\frac{\sigma^2_P}{\sigma^2_E+\sigma^2_F+\sigma^2_P}$을 適用하여 計算하였으며 여기에서 σ^2_E는 環境分散, σ^2_F는 家系間에 대한 分散이며 σ^2_P은 集團에 대한 分散으로 表14에 그 값을 보인다.

〈表 14〉 苗木特性의 遺傳力
Tab. 14. Heritabilities of seedling growth

Years / Characteristics	1-0 seedling	1-1 Seedling
Seedling Height	$h^2=0.288$	$h^2=0.146$
Root Collar Diameter	$h^2=0.130$	$h^2=0.060$

이 값을 보면 1-0苗에서 1-1苗로 되면서 遺傳力은 대략 반으로 줄어드는 것을 말할 수 있고 또 苗高의 遺傳力이 根元徑의 2배정도 되는 경향을 지적할 수 있다 이와같이 遺傳力은 $h^2 \fallingdotseq 1$에 가까울수록 選拔効果가 높고 $h^2 \fallingdotseq 0$에 이르르면 그 効果는 거의 없는 것으로 생각되고 있다. 그러나 이 값이 낮아도 +値에 머물고 있으면 유전적 효과는 기대되는 것으로 생각된다. 本 研究와 비슷한 것으로 Jenkinson[19]은 *Pinus ponderosa* Laws.에서 1년생과 2년생苗의 家系間差異를 보기 위해 Nevada地域의 天然林分 8곳에서 48株의 母樹를 選拔하여 家系別 次代의 苗高를 測定하였고 그 結果로써 家系間에 差異가 심한 것을 말하고 있으며 遺傳力은 1년생은 0.35~0.50, 2년생은 0.14~0.55로 상당히 변이가 심하여 本研究와 좋은 對照가 된다. 또 崔[56]등은 우리나라 소나무秀型木 clone과 日本產 clone에 대한 分析結果 2년생 苗木의 苗高遺傳力이 0.152로 나타나 本研究結果와 비슷한 값이다.

소나무가 集團으로서 나타내는 價値, 그리고 한 集團內에 있어서 單木 즉 한 家系가 나타내는 形質의 程度는 모두 林木育種家들의 注目의 對象이 되고 있는 것이다. 이곳 研究에 있어서는 아직 研究를 始作한지 時日의 經過가 짧아서 어린 苗木狀態에 대한 成長量을 產地別로 그리고 家系別로 比較할 수 밖에 없었다. 岩川등(1967)은 日本에 있어서 소나무의 母樹別 自然交配家系의 諸形質의 遺傳性을 研究하고 있는데 그 內容과 方法은 이곳 筆者들의 研究의 그것과 같은 것이다.

岩川등은 소나무의 諸形質의 遺傳性을 調査하기 위해서 母樹別 自然交配家系에 依한 次代檢定林을 設定하고 植栽後 10年을 經過한 家系에 對하여 家系間 差異, 形質相關, 形質의 親子相關, 遺傳力등을 調査했다.

그들은 分散分析, 共分散分析, 平均値間의 差의 檢定으로서 家系間差異를 檢討했다. 그 結果를 보면 樹高成長은 家系에 따라 큰 差異를 보였다. 그러나 Block間의 變動 그리고 家系×Block의 交互作用도 同時에 있었다. 個個의 家系를 檢討하면 全 Block를 通해서 一定의 樹高成長을 보이는 家系가 있었고 또 反對로 僅少한 環境의 變化에도 强한 反應을 보이는 家系도 存在했다.

胸高直徑은 樹齡이 어릴때에는 家系間의 差異가 뚜렷했으나 樹齡增加에 따라 그 差異는 減少하고 있었다 그 理由에 대해서 그들은 閑鎖에 따른 淘汰壓으로 家系內의 個體間變動量이 相對的으로 커지는데 있는 것으로 생각하고 있다. 그러나 直徑은 樹高보다 환경의 영향을 더 强하게 받는 것으로 나타났다.

枝下高, 枝數, 枝角이 家系에 依해서 뚜렷한 差異를

其 1. 分散分析과 그 成分

要 因	自 由 度	分 散	
		m.s.	期待成分
全 體	$\sum_{i=1}^{x} yi-1$		
家 系 間	$x-1$	m_1	$\sigma^2_e+k\sigma^2_f$
家 系 內	$\sum_{i=1}^{x}(yi-1)$	m_2	σ^2_e

x, 家系數, y_i, i번째의 家系의 個體數,
k는 y에 關聯된 常數

其 2. 分散分析과 그 成分

要 因	自 由 度	分 散	
		m.s.	期 待 成 分
全 體	$rxy-1$		
Block間	$r-1$	m_3	$\sigma^2_e+y\sigma^2_{b.f}+y\cdot\sigma^2_b$
家系間	$x-1$	m_4	$\sigma^2_e+y\sigma^2_{b.f}+y\cdot r\sigma^2_f$
Block×家系	$(r-1)(x-1)$	m_5	$\sigma^2_e+y\sigma^2_{b.f2}$
家系內	$xr(y-1)$	m_6	σ^2_e

x=家系數 y=家系內個體數 r=Block數

보였고 力枝長과 굵기 등은 家系間의 差異가 적었다.

岩川등은 또 遺傳力의 推定을 하는데 選拔母樹의 家系를 利用했고 소나무의 實生家系群에 關해서 遺傳力을 推定하고 있다. 좁은 意義로서의 遺傳力을 推定하기 위해서 다음과 같은 分散分析을 利用하고 있다.

이때 對象集團이 F_2集團에 近似한 것으로 본다면 家系間의 分散成分(σ^2_f)은 集團全體의 相加的遺傳分散(σ^2_g)의 1/4의 값을 取하므로 σ^2_f의 값을 4倍하므로서 σ^2_g이 求해진다. 따라서 좁은 뜻의 遺傳力(相加的 遺傳分散을 分子로 한 것)은 다음 式으로 推定된다.

$$h^2=\frac{4\sigma^2_f}{\sigma^2_e+\sigma^2_f}\text{ (其一의 分析方式)}$$

$$h^2=\frac{4\sigma^2_f}{\sigma^2_e+\sigma^2_f+\sigma^2_{b.x}}\text{ (其2의分析方式)}$$

이와같은 分析方法으로 얻은 소나무의 樹高의 遺傳力은 大體로 0.2~0.4의 범위에 있는 것으로 推定하고 있다. 胸高直徑의 遺傳力은 더욱 낮았고 또 林齡의 增加에 따라서 甚한 低下를 보이고 있다.

*Pinus elliottii*의 自然交配家系에 있어서는 6年生으로서 0.16, 8年生으로서 0.06이고 同一家系의 他試驗區에 있어서는 5年生으로서 0.37, 6年生으로서 0.34로 나타나고 있다. 즉 同一家系를 供試하여도 試驗區 및 年次와의 交互作用이 크고 遺傳力의 推定値에 相當한 差異가 있음이 알려지고 있다.

이와같은 苗木의 形質과 앞서의 種子의 特性間에 어떤 關係가 있는지는 表 16에서 集團別로 計算한 相關係數에서 찾아볼 수 있다.

여기에서는 苗木의 年齡에 따른 相關, 苗木의 크기와 種子의 무게, 길이와의 相關을 求하였다. 表16을 보면 樹齡間 苗高에 있어서는 集團1과 2가, 1-0苗의 苗高와 種子길이에서는 集團1과 3에서 높은 相關이 維持되고 있음을 알 수 있으며 그외의 形質에서도 一部 相關이 認定되는 것이 있으나 대부분은 그 相關이 없는 것으로 나타났다. Pauley[30]등은 *Pinus strobus* L.에서 種子의 重量이 1年生 苗高에는 많은 影響을 주나 2年生苗는 이보다는 土質의 影響을 더 많이 받고 8年生이 되었을 때는 種子무게의 影響은 完全히 사라진다고 發表하였고

〈表 15〉 소나무 集團 및 家系別 苗木의 苗高 및 根元徑

Tab. 15. The height and diameter growth of seedlings by population and by family

Pop. / Family	Seedling Height (cm)						Root Collar Diameter (mm)					
	1		2		3		1		2		3	
	May	October	May	October	May	October	May	October	May	October	May	October
1	12.1	14.2	12.0	13.8	12.0	14.5	2.5	4.5	2.4	4.9	2.6	4.6
2	11.2	13.6	—	—	11.1	13.9	2.6	4.4	—	—	2.5	5.4
3	11.5	16.6	8.7	12.3	9.0	10.8	2.7	5.3	2.4	4.3	2.1	3.9
4	11.1	13.9	—	—	10.4	13.6	2.9	5.2	—	—	2.6	5.3
5	14.0	15.7	10.0	12.4	—	—	2.5	4.7	2.8	4.5	—	—
6	10.9	14.7	12.3	14.8	10.6	13.2	2.6	5.1	2.7	4.5	2.5	4.9
7	12.9	15.0	9.8	14.2	9.3	12.3	3.0	5.2	2.7	4.8	2.5	4.3
8	11.1	14.2	9.5	12.3	—	—	2.5	5.3	2.4	4.5	—	—
9	11.8	14.3	10.9	13.2	—	—	3.0	4.8	2.6	4.5	—	—
10	11.1	13.3	10.6	13.1	11.6	13.8	3.1	5.2	2.6	4.9	2.4	4.8
11	12.2	15.4	10.0	13.1	10.3	12.3	2.8	5.0	2.6	4.9	2.4	4.9
12	12.1	13.8	10.5	13.6	11.2	12.2	2.8	4.6	2.5	4.5	2.4	5.2
13	11.6	14.7	9.5	13.4	10.9	13.6	2.7	5.2	2.4	4.7	2.8	4.6
14	11.8	14.2	11.0	12.9	8.5	13.3	2.5	4.6	2.5	4.8	2.8	5.1
15	12.1	14.6	10.0	12.5	10.7	14.0	3.1	5.1	2.3	4.4	2.6	5.2
16	11.3	12.9	11.4	13.7	—	—	2.6	4.7	2.6	4.4	—	—
17	13.7	16.1	10.3	14.3	9.0	12.7	2.5	5.5	2.6	4.7	2.2	4.7
18	11.1	14.1	10.2	14.6	10.5	13.4	2.5	4.7	2.6	5.5	2.5	4.8
19	11.0	13.1	11.6	14.3	—	—	2.7	4.8	2.7	4.5	—	—
20	9.2	11.5	11.4	14.1	9.2	14.3	2.7	4.5	2.5	4.6	2.5	4.6
Mean	11.7	14.3	10.6	13.5	10.3	13.2	2.7	4.9	2.6	4.7	2.5	4.8

—; missing value.

〈表 16〉 소나무 集團別 苗木과 種子特性間의 相關
Tab. 16. The correlation between characteristics of seedling and seed by population

Characteristics \ Population	Chu-Wang Mt.	An-Myon Do (Island)	O-Dae Mt.
Seedling Height (1-1 year) (Y) / Seedling Height (1-0 year) (X)	$r=0.736^{**}$ $\hat{Y}=0.820x+4.714$	$r=0.559^{*}$ $\hat{Y}=0.434x+8.885$	$r=0.456^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.423x+8.842$
Root Collar Diameter (1-1 year) (Y) / Root Collar Diameter (1-0 year) (X)	$r=0.282^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.934x+2.618$	$r=0.133^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.280x+3.947$	$r=0.424^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.904x+2.566$
Seedling Height (1-0 year) (Y) / Seed Weight (X)	$r=0.418^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.2929x+8.855$	$r=0.425^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.353x+7.991$	$r=0.658^{**}$ $\hat{Y}=0.641x+4.862$
Seedling Height (1-1 year) (Y) / Seed Weight (X)	$r=0.281^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.2299x+12.075$	$r=0.302^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.1942x+11.858$	$r=0.345^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.312x+10.553$
Root Collar Diameter (1-0 year) (Y) / Seed Weight (X)	$r=0.315^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.044x+2.289$	$\hat{Y}=0.197^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.021x+2.396$	$r=0.013^{n.s.}$ $\hat{Y}=-0.0023x+2.474$
Root Collar Diameter (1-1 year) (Y) / Seed Weight (X)	$r=0.334^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.073x+4.214$	$r=-0.011^{n.s.}$ $\hat{Y}=-0.0024x+4.679$	$r=0.087^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.0319x+4.550$
Seedling Height (1-0 year) (Y) / Seed Length (X)	$r=0.566^{**}$ $\hat{Y}=1.389x+4.835$	$r=0.337^{n.s.}$ $\hat{Y}=1.297x+4.848$	$r=0.672^{**}$ $\hat{Y}=2.230x-0.320$
Seedling Height (1-1 year) (Y) / Seed Length (X)	$r=0.464^{*}$ $\hat{Y}=1,362x+7.574$	$r=0.168^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.503x+11.253$	$r=0.225^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.690x+9.910$
Root Collar Diameter (1-0 year) (Y) / Seed Length (X)	$r=0.284^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.139x+2.029$	$r=-0.016^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.008x+2.585$	$r=0.092^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.039x+2.307$
Root Collar Diameter (1-1 year) (Y) / Seed Length (X)	$r=0.466^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.516x+2.374$	$r=0.276^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.288x+5.935$	$r=0.412^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.517x+2.355$

Jenkinson[10]은 *Pinus ponderosa* Laws.에 對한 研究에서 苗高와 種子무게는 弱한 相關을 보이며 1年生과 2年生 苗高 사이에는 높은 相關이 보인다고 하였다.

그는 또 *Pinus ponderosa* Laws.에 대한 家系差를 研究하고 苗圃에 있어서의 1年生苗高의 差는 家系差를 評價하는 좋은 基準이 될 수 있다고 했다. 그는 北部 Sierra Nevada에서 8個의 天然林을 擇하고 이에서 48性의 母樹를 對象으로 하여서 自然交配種을 얻어 주로 苗木의 높이 成長으로서 分析하고 있다. 이때 集團은 肥沃地와 瘠薄地를 對照的으로 擇하였는데 苗高生長에는 差異를 가지오지 않고 있다. 그리고 그는 結論하기를 人工造林用苗木을 養成하기 위하여서는 自然交配家系를 苗圃에서 檢定해서 不良家系를 除去하는 것이 옳다고 했다. 苗高와 家系種子重 사이에는 낮은 相關이 計算되었다. 그리고 集團에 따라서는 1年生 및 2年生 苗高 그리고 2年生苗의 直徑등에 있어서 모조리 家系間變異에 有意差를 나타내는 것이 있었고 또 集團에 따라서는 一年生苗高에서만 家系間差를 보이고 2年生苗高와 直徑에 있어서는 有意性이 消失되는 것도 있다. 遺傳力을 보면 大體로 1年生苗高에는 0.35~0.50, 으로 높지만 2年生苗高가 되면 0.14~0.55로 低下하고 있다. 2年生苗의 直徑에 있어서는 集團에 따라 0.7인것도 있고 0.35인 것도 있어서 產地差가 보인다. 遺傳力의 計算은 分散分析에 依하고 그가 쓴 推定公式은

$$\frac{4\sigma^2_{families}}{\sigma^2_{families}+\sigma^2_{families\cdot blocks}+\sigma^2_{within\ plots}}$$

이다. 이것은 앞에 說明한 岩川등의 其2의 推定式과 같다.

表 16을보면 어떤 形質의 相關에 있어서 有意的인 相關係數値가 計算된 集團이 있는가하면 그렇지 못한 集團도 있어서 一定한 傾向으로 說明하기가 힘든다. 이러한 傾向은 Jenkinson의 研究에서도 보여지고 있다.

3. 針葉의 形態學的 變異調査

여러가지 針葉의 特性中에 이기에서는 氣孔列과 鋸齒數에 對한 觀察을 하였다. 그리고 氣孔列에서는 針葉의 背面과 腹面을 따로 區分하여 調査하였으며 얻어진 값을 母樹에 對한 測定値와 比較하였다. 平均値를 보면 氣孔列의 數는 背面에서는 集團2가 6.31로, 腹面에서는 集團3이 5.80으로 제일 크고 제일 적은 값은 背

〈表 17〉 소나무 集團別 針葉의 特性
Tab. 17. Characteristics of needle of 1-1 seedlings by population

Characteristics	Population	Range	Mean	S.D.	C.V.	F-Values
Stomata Row (abaxial side)	1	5.67~6.90	6.16	0.32	0.05	Pop. (d.f.=2,50) : 6,863**
	2	5.45~7.40	6.31	0.57	0.09	Fam. within Pop. (d.f.=50.3067) : 0.667$^{n.s.}$
	3	5.12~6.63	5.80	0.37	0.06	
Stomata Row (adaxial side)	1	4.15~5.35	4.68	0.30	0.06	Pop. (d.f.=2,50) : 5.200**
	2	4.30~5.72	4.89	0.35	0.07	Fam. within Pop.(d.f.=50,3067)
	3	5.12~6.63	5.80	0.37	0.06	: 3.987**
Serration Density (per0.5cm)	1	22.13~27.75	25.24	1.39	0.06	Pop. (d.f.=2,50) : 2.420$^{n.s.}$
	2	21.55~27.12	24.88	1.35	0.05	Fam. within Pop. (d.f.=50.3067)
	3	24.23~27.40	25.87	0.91	0.04	: 11.736**

面에서는 集團3이 5.80으로 또 腹面에서는 集團1이 4.68로 나타났다. 그러나 鋸齒數는 각 集團의 平均値가 0.5 cm當 다 같이 25個 내외로 큰 差異가 없었으며 F-値도 集團間에 差異는 볼 수 없었다. 그렇지만 氣孔列에서는 背面과 腹面이 다같이 集團間에 有意性이 認定되었으며 背面과 腹面間에는 어느 集團이나 相關係數 0.8 이상으로 높은 相關을 지니고 있었다. 그렇지만 母樹와 次代間에는 어느 集團에서도 이런 關係를 볼 수 없었고 鋸齒에서도 같은 結果를 보였다(表 18). 이것은 任[54] 등에 의해 母樹의 針葉形質이 이미 調査되어 있기 때문에 本實驗에서 分析된 苗木의 針葉形質과 對照比較할 수 있었고 그 內容을 相關關係로 計算하여서 表18에 綜合한 것이다. 母樹의 針葉形質로 보아서는 背面氣孔列數로 集團內 個體間의 差異를 그들은 認定하고 있고 또 鋸齒密度로서도 集團間의 差異를 보고 있다. 그러나 이곳 1-1苗의 後代의 針葉形質로서는 鋸齒密度로보아 集團間에 差異가 인정되지 않고 있다. 그 理由를 現在 말하기 어려우나 어린 苗木의 針葉이라는데 한가지 理由가 있을지도 모르고 또 경우에 따라서는 先代와 次代間에 이러한 形質에 있어서 有意的 相關이 없을지도 모른다. 또는 成熟한 次代間에는 다시 어떤 有意相關을 回復할지도 모른다. 植木[49]은 소나무의 氣孔列數의 個體內 變異, 一束內의 針葉間變異, 그리고 환경變異를 말하고 있다. 그러나 一束內의 針葉은 發生學的으로 보아 서로 獨立的이고 別個인 것이다. 또 Fowler[12]를 비롯한 몇사람의 이 方面의 연구가 있는데 一般性있는 結論을 얻자면 더욱 많은 硏究結果가 모여져야 할 것으로 생각한다.

4. 葉綠素의 含量調査量

葉綠素의 含量을 分析하는데는 여러가지 方法이 있는데 흔히 쓰이는 方法은 Arnon[3]과 Mackinney[24]에 의한 公式을 利用하는 方法이 一般的이다. 本硏究에서는 A.O.A.C.에서 提示하는 方法을 일부 應用하였으며 두가지 方法에서 얻어진 結果는 表19에 보이는 것처럼 差異가 없었다. 分析對象으로한 葉綠素는 表20, 및 21에 보이는 것처럼 chlorophyll a와 chlorophyll b 그리고 이

〈表 18〉 集團別 針葉 特性間의 相關
Tab. 18. The correlation of needle characteristics by population

Characteristics \ Population	Chu-Wang Mt.	An-Myon Do (Island)	O-Dae Mt.
Stomata Row (abaxial) (Y) / Stomata Row (adaxial) (X)	$r=0.845^{**}$ $\hat{Y}=0.7978x-0.2291$	$r=0.832^{**}$ $\hat{Y}=0.5072x+1.1817$	$r=0.792^{**}$ $\hat{Y}=0.7286x+0.3999$
Stomata Row (abaxial, Progeny) (Y) / Stomata Row (abaxial, Parents) (X)	$r=0.239^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.772x+2.132$	$r=0.229^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.412x+5.877$	$r=0.123^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.317x+6.631$
Stomata Row (adaxial, Progeny) (Y) / Stomata Row (adaxial, Parents) (X)	$r=0.249^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.683x+1.937$	$r=0.309^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.809x+1.873$	$r=0.123^{n.s.}$ $\hat{Y}=0.317x+6.631$
Serration Density (Progeny) (Y) / Serration Density (Parents) (X)	$r=0.370^{n.s.}$ $\hat{Y}=1.080x-0.602$	$r=-0.199^{n.s.}$ $\hat{Y}=-0.475x+45.395$	$r=-0.088^{n.s.}$ $\hat{Y}=-0.296x+38.83$

Note : progeny means 1-1 transplantings.

〈表 19〉 葉綠素 抽出方法間의 Absorbance의 값
Tab. 19. The values of absorbance in two different extractive methods of chlorophyll.

Sample	Arnon method		Alternated method	
	D_{645}	D_{663}	D_{645}	D_{663}
1	0.308	0.461	0.301	0.459
2	0.320	0.470	0.305	0.458
3	0.311	0.465	0.321	0.472
4	0.309	0.464	0.298	0.454
5	0.310	0.466	0.311	0.469
6	0.315	0.468	0.306	0.464
7	0.319	0.469	0.310	0.458
8	0.316	0.470	0.307	0.462
9	0.309	0.460	0.313	0.465
10	0.321	0.470	0.318	0.466

를 합친 total chlorophyll의 量으로 乾燥試料 1g에 들어있는 mg單位의 chlorophyll含量이다.

이를 보면 먼저 chlorophyll b의 含量은 全體葉綠素量의 약 51~52%를 그리고 엽록소 a는 약 48~49%를 차지하고 있음을 指摘할 수 있는데 이는 과거에 Willstätter와 Stoll[20]에 의해 測定된 값과 많은 差異를 보인다. 즉 그들은 소나무류의 chlorophyll含量은 chlorophyll a에서는 乾燥試料의 0.19%이고 b는 0.07%로 합계 0.26%이라 말하고 있는데 이는 本試驗結果와 比較할 때 전체 chlorophyll含量은 거의 같지만 a와b의 구성비율은 매우 다른 값을 보이고 있으며 이런 差異가 樹種에서 온 것인지 調査시기에서 온 것인지 또는 토양이나 그 밖의 因子에 依한 것인지는 말하기 어렵다.

그런데 Gerhold[14]는 *Pinus silvestris* L.에서 chlorophyll 含量이 季節에 따라, 產地에 따라 크게 차이가 있으며 그 構成比도 크게 달라진다고 말하고 있다. 본研究의 測定値를 集團別로 보면 葉綠素含有量 平均値에 있어 언제나 集團3이 제일 많고 集團1이 그 다음이며 集團2가 제일 적은 값을 보이고 있지만 total chlorophyll에 대한 chlorophyll a의 比率은 오히려 集團3이 다소 떨어지고 있었다. F-値를 보면 total chlorophyll에 대한 chlorophyll a의 比率을 제외한 나머지에서는 모두 集團間 差異는 보였으나 集團內의 家系間에 差異는 認定할 수 없었다.

5. Monoterpene의 成分

소나무류의 木材나 針葉內에 存在하는 essential oil의 主成分은 terpene으로 이 안에는 α-pinene를 비롯한 7가지 이상의 monoterpene이 存在하는 것으로 알려지고 있다. 그리고 그 量은 表 22, 23, 24, 25와 그림 6에 볼 수 있는 것처럼 α-pinene이 제일 많고 β-phellandrene이 그 다음이며 limonene등은 적은 양으로 포함되어 있다. 本研究에서 얻은 結果로는 α-pinene→β-phellandrene→β-pinene→ myrcene→ terpinolene→camphene →limonene順으로 그 量이 減少하고 매우 微量이었지만 種類未詳의 成分이 混合되어 있었다. 各集團別의 成分에 따른 含量比率의 變異를 보면 대부분의 成分에 있어서 集團間의 差異를 認定하기 어려웠지만 myrcene과 β-phel-

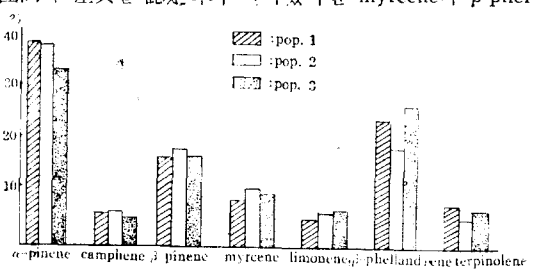

그림 6. 集團別 monoterpene 全體含量에 對한 各 成分의 構成比
Fig. 6. The percentage of each component to the total amount of monoterpene by population.

〈表 20〉 集團別의 葉中葉綠素 含量
Tab. 20. Chlorophyll content by population Unit : mg/d.w.g.

Characteristics	Population	Range	Mean	S.D.	C.V.	F-Values
Chlorophyll a content	1	1.08~1.34	1.17	0.08	0.07	Pop. (d.f.=2, 50) : 6.675**
	2	0.97~1.32	1.12	0.08	0.07	Fam. within Pop. (d.f.=50, 103) : 1.194$^{n.s.}$
	3	1.14~1.52	1.30	0.10	0.08	
Chlorophyll b content	1	1.11~1.52	1.31	0.11	0.08	Pop. (d.f.=2, 50) : 4.623*
	2	0.98~1.49	1.25	0.12	0.10	Fam. within Pop. (d.f.=50, 103) : 1.223$^{n.s.}$
	3	1.06~1.74	1.40	0.18	0.13	
Total chlorophyll	1	2.19~2.86	2.53	0.19	0.07	Pop. (d.f.=2, 50) : 6.382**
	2	1.95~2.81	2.44	0.21	0.09	Fam. within Pop. (d.f.=50, 103) : 0.220$^{n.s.}$
	3	2.23~3.26	2.71	0.28	0.10	

〈表 21〉 集團別 家系別 葉綠素 含量
Tab. 21. Chlorophyll content by population and by family

Pop. / Fam	Chlorophyll a Content			Chlorophyll b Content			Total Chlorophyll			Chlorophyll a / Total Chlorhopyll		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1.124	1.136	1.143	1.196	1.154	1.179	2.320	2.289	2.229	48.5	49.6	52.0
2	1.323	—*	1.320	1.446	—	1.390	2.779	—	2.710	48.1	—	48.7
3	1.281	1.096	1.365	1.363	1.160	1.552	2.645	2.257	2.917	48.5	48.5	47.0
4	1.232	—	1.373	1.292	—	1.537	2.525	—	2.908	48.9	—	47.2
5	1.257	1.195	—	1.342	1.292	—	2.499	2.582	—	50.4	46.4	—
6	1.327	1.118	1.212	1.393	1.126	1.303	2.721	2.244	2.514	48.8	49.9	48.3
7	1.175	0.967	1.522	1.226	0.984	1.742	2.423	1.951	3.264	48.9	49.5	46.7
8	1.201	1.152	—	1.280	1.179	—	2.482	2.331	—	48.4	49.4	—
9	1.189	1.125	—	1.232	1.186	—	2.422	2.310	—	49.1	48.7	—
10	1.341	1.106	1.164	1.479	1.136	1.231	2.820	2.242	2.389	47.5	49.5	48.6
11	1.152	1.243	1.253	1.239	1.312	1.357	2.390	2.554	2.461	48.3	48.7	48.0
12	1.230	1.217	1.155	1.338	1.332	1.242	2.569	2.549	2.398	48.0	47.8	48.3
13	1.122	1.321	1.355	1.207	1.490	1.538	2.328	2.812	2.892	48.4	47.2	46.9
14	1.298	1.204	1.405	1.444	1.312	1.602	2.743	2.516	3.005	47.5	48.0	46.8
15	1.181	1.157	1.274	1.217	1.203	1.365	2.388	2.360	2.640	49.2	49.0	48.4
16	1.268	1.252	—	1.376	1.337	—	2.644	2.589	—	48.2	48.5	—
17	1.083	1.187	1.286	1.109	1.223	1.064	2.193	2.401	2.714	49.5	49.4	47.4
18	1.146	1.154	1.332	1.225	1.448	1.430	2.370	2.811	2.764	48.3	48.5	48.2
19	1.235	1.215	—	1.320	1.296	—	2.469	2.512	—	50.1	48.4	—
20	1.339	1.239	1.336	1.521	1.317	1.483	2.860	2.556	2.818	46.9	48.6	47.4

*—missing data.

landrene만은 5% 또는 1%水準에서 集團間에 差異가 認定되었다. 이곳 分析對象이 된 含量比(%)는 arcsin 變換値로 바꾸어서 統計處理를 하였다.(表 25).

各集團別 變異係數를 보면 camphene, limonene, terpinolene이 0.2 內外의 값이었고 다른 成分은 대체로 0.1정도의 變異를 보였다. monoterpene은 林木에 있어 耐蟲性에 크게 關聯되며(Coyne[8]) 또 分類에도 應用되는 등(Mirov[26]) 여러사람의 硏究에서 밝혀지고 있다. 特히 이 monoterpene에 대해 Wilkinson[44]등은 red spruce에서 地域에 따른 含量의 差異를 찾지 못한 反面에 Zavarin[48]등은 東部產의 *Abies balsamea* M.와 西部產의 *Abies balsamea* M. 그리고 *Abies fraseri* Poiret.에 있어 地域이나 樹種에 따라 몇가지 monoterpene成分에 있어서 差異가 나타난다고 하였으며 本硏究에서도 myrcene과 β-phellandrene은 集團間에 差異를 보여주고 있다. monoterpene은 소나무種의 分布 또는 耐蟲性과 관련해서 最近 注目을 받고 있는 까닭에 이 方面의 내용에 대하여 관심을 돌려보면 다음과 같다.

人類의 民族間의 移動이라든가 그 起源 같은 것을 硏究하는데 있어서는 血液型의 地理的 分布가 도움이 된다는 것을 우리는 알고 있다. 이와 類似한 뜻에서 松類를 硏究하는데에는 化學的成分의 地理的分布가 重要視되고 있다. 松類의 chemical geography를 硏究하는데 가장 좋은 化學的成分은 oleoresin중 揮發性部分의 것인데 이것이 硏究對象의 成分으로 取扱되는 理由는 그 測定値가 信賴性 있는 것이라는 點과 그 化學的 成分이 植物分類學的인 面을 다루는데 有益하게 쓰여질 수 있다는데 있다.

소나무의 針葉에는 多數의 樹脂道(resin ducts)가 있고 이것이 切斷되면 樹脂道에서는 oleoresin이 나오게 되는데 이때의 oleoresin은 木材에서 나오는 것과는 化學的成分上으로 多少 다르다. 針葉의 樹脂道는 木材內部에 있는 樹脂道와는 連結이 되여 있지 않다. oleoresin의 粒滴은 소나무의 柔組織細胞안에는 항상 存在하는 것이지만 樹脂道를 둘러싸고 있는 邊材部의 薄膜의 epithelial細胞에서 主로 生成되고 있다. 소나무가 傷處를 받으면 epithelial 細胞안에 있는 oleoresin이 樹脂道안으로 浸出하게 된다. 이것을 우리는 受器로서 收集도 할 수 있는 것이다. oleoresin은 揮發性인 turpentine과 受器안에 남게 되는 所謂 pot residue의 rosin의 두가지로 나눌 수 있다. 이중 turpentine의 組成이 生物學的인 見地에서 더욱 많이 硏究되었는데 turpentine

〈表 22〉 周王山 소나무 集團의 家系別 Monoterpene構成比

Tab. 22. Monoterpene composition by the family of Chu-Wang San population. (%)

Family	α-Pinene	Camphene	β-Pinene	unknown Ⅰ	Myrcene	Limonene	β-Phellandrene	unknown Ⅱ	Terpinolene
1	32.6	7.0	10.9	0	8.5	5.0	29.8	t	6.2
2	36.1	5.1	15.1	t	6.0	2.8	27.6	0	7.4
3	47.8	5.6	13.1	t	5.2	1.6	22.7	0	4.0
4	42.1	5.1	12.6	0.5	8.2	4.4	22.7	0	4.5
5	42.2	9.2	12.8	t	11.0	2.1	20.2	t	2.5
6	44.0	1.3	14.0	0.6	8.2	2.2	24.1	0.8	4.5
7	45.0	5.0	14.9	0.4	6.4	2.4	21.7	t	4.2
8	30.2	3.2	15.0	0.6	8.6	2.9	29.9	t	9.5
9	35.7	3.6	14.9	0.4	9.4	3.5	26.8	t	5.8
10	38.2	5.5	14.9	0	9.2	3.9	20.2	0	8.1
11	45.4	5.2	12.4	0	8.3	4.7	19.6	0	4.4
12	44.3	4.9	17.2	0	5.7	2.5	18.0	0.8	6.6
13	32.5	4.3	12.4	0.6	7.6	0.9	28.4	0	13.2
14	40.0	4.7	16.9	t	5.9	0.6	23.9	0	5.1
15	37.9	1.9	14.3	1.2	7.5	2.5	27.3	1.2	6.2
16	38.3	2.4	13.6	t	9.6	2.8	29.1	0	4.4
18	38.2	5.0	13.1	0	9.9	3.6	25.8	0	4.5
20	35.7	4.3	19.1	t	6.5	5.1	25.5	t	3.8
Mean	39.2	4.6	14.3	—	7.9	3.2	24.6	—	5.8
S.D.	5.12	2.61	1.61	—	1.76	2.00	2.51	—	2.84

t : trace

〈表 23〉 安眠島 소나무 集團의 家系別 Monoterpene 構成比

Tab. 23. Monoterpene composition by the family of An-Myon Do Population. (%)

Family	α-Pinene	Camphene	β-Pinene	unknown Ⅰ	Myrcene	Limonene	β-Phellandrene	unknown Ⅱ	Terpinolene
5	32.7	2.6	15.3	0	8.8	3.6	19.5	1.8	5.2
6	37.5	8.6	14.8	0.8	9.8	0.8	20.7	t	7.0
7	39.1	8.7	15.5	0	9.5	3.6	21.4	0	2.1
8	34.4	2.9	13.9	0.5	8.5	5.9	26.7	0	7.2
9	37.5	3.8	13.8	0	9.3	3.4	29.0	t	3.0
10	27.8	2.1	22.1	0.9	14.4	6.5	13.0	3.2	10.0
11	43.7	7.5	16.9	t	9.4	2.5	18.1	0	1.9
12	45.2	4.3	13.6	t	6.2	4.3	23.5	0	2.8
13	43.7	6.3	14.8	4.2	7.4	3.5	15.5	2.1	2.8
14	51.4	4.2	12.1	0	7.5	3.3	18.7	0.5	2.3
15	48.3	4.3	14.3	0	7.7	3.1	17.7	0	4.6
17	44.1	3.9	20.2	0	9.6	1.5	13.5	0	7.1
18	27.9	4.5	16.8	0	11.7	5.0	29.6	0	4.5
19	32.7	3.3	26.1	0.2	13.5	2.2	17.1	0	5.0
20	36.5	2.9	14.3	0	10.6	6.2	24.9	0	4.6
Mean	38.8	4.7	16.3	—	9.6	3.7	20.6	—	4.7
S.D.	4.21	2.76	2.77	—	2.17	2.52	3.70	—	3.11

〈表 24〉 五台山 소나무 集團의 家系別 Monoterpene 構成比
Tab. 24. Monoterpene composition by the family of O-Dae San Population. (%)

Family	α-Pinene	Camphene	β-Pinene	unknown I	Myrcene	Limonene	β-Phellandrene	unknown II	Terpinolene
1	35.2	2.3	9.2	0.5	7.4	2.3	29.4	0	13.8
2	25.0	3.4	22.7	0.7	9.5	3.4	32.4	0.3	2.6
4	34.7	2.3	11.3	0.3	10.3	4.2	16.6	0	3.9
7	33.0	4.1	17.5	0.2	9.8	3.9	27.6	t	3.9
10	37.6	9.0	14.1	t	10.1	2.9	20.9	0	5.4
11	40.8	4.0	20.0	0	8.9	3.2	21.7	0	1.5
13	37.9	5.5	16.5	0	7.4	2.8	26.1	0	3.9
14	45.0	5.0	15.3	0	6.5	1.5	22.1	0	4.6
15	32.5	3.0	13.8	1.2	11.2	3.7	27.8	0.9	5.8
18	26.8	2.7	13.4	0	11.6	8.9	29.5	0	7.1
20	32.0	3.7	10.5	1.2	6.5	5.3	31.8	1.4	7.7
Mean	34.6	4.1	14.9	—	9.0	3.8	26.0	—	5.5
S.D.	3.50	2.54	3.26	—	1.84	2.67	3.36	—	3.90

〈表 25〉 集團別 Monoterpene의 成分別 測定値
Tab. 25. Monoterpene composition by population (%)

Component	Population	Range (%)	Mean (%)	S.D.	C.V.	F-Values
α-Pinene	1	30.2—47.8	39.2	5.12	0.13	PoP. (d.f.=2, 41)=1.485$^{n.s.}$
	2	27.8—51.4	38.8	4.21	0.11	
	3	25.0—45.0	34.6	3.50	0.10	
Camphene	1	1.3— 9.2	4.6	2.61	0.21	Pop. (d.f.=2, 41)=0.362$^{n.s.}$
	2	2.1— 8.7	4.7	2.76	0.23	
	3	2.3— 9.0	4.1	2.54	0.22	
β-Pinene	1	10.9—19.1	14.3	1.61	0.07	Pop. (d.f=2, 41)=1.595$^{n.s.}$
	2	12.1—26.1	16.3	2.77	0.12	
	3	9.2—22.7	14.9	3.26	0.14	
Myrcene	1	5.2—11.0	7.9	1.76	0.11	Pop. (d.f=2, 41)=3.380*
	2	6.2—13.5	9.6	2.17	0.12	
	3	6.5—11.6	9.0	1.84	0.11	
Limonene	1	0.9— 5.1	3.2	2.00	0.20	Pop. (d.f.=2, 41)=0.789$^{n.s.}$
	2	0.8— 6.5	3.7	2.52	0.23	
	3	1.5— 8.9	3.8	2.67	0.24	
β-Phellandrene	1	18.0—29.8	24.6	2.51	0.08	Pop. (d.f.=2, 41)=5.266**
	2	13.0—29.6	20.6	3.70	0.14	
	3	16.6—32.4	26.0	3.36	0.11	
Terpinolene	1	2.5—13.2	5.8	2.84	0.21	Pop. (d.f.=2, 41)=0.978$^{n.s.}$
	2	1.9—10.0	4.7	3.11	0.26	
	3	1.5—13.8	5.5	3.90	0.30	

Sample size: Pop. 1:18, Pop. 2 : 15, Pop.3 : 11

은 化學的으로 純粹한 成分이 아니고 一般的으로 揮發性의 oleoresin은 cyclic hydrocarbons와 $C_{10}H_{16}$으로 나타내어지는 monoterpenes로 되어 있다. 그리고 이때 non-terpene成分이 함께 存在한다. turpentine의 組成이 安定되어 있다는 것이 이것으로 生物學的內容을 밝히는데 도움이 된다.

即 turpentine은 成長時期의 영향을 받지 않고 거의 不變하다는 것이다. 다시 말해서 個體樹木의 turpentine composition은 季節의 영향을 받지 않는다. 그리고 生態的 條件에 差異가 있는 곳에 서 있어도 turpentine의 化學的組成에는 變動이 거의 없다는 것이다. 즉 韓國에서 자라거나 유럽에서 자라거나 그 化學的 組成에는 變化가 없다. 그리고 소나무에 있어서 그것이 同一한 生理型(physiological form)이면 立地條件이 다른 곳에서 生育하더라도 turpentine의 化學的 組成에는 變動이 없다는 點등이 指摘될 수 있다. 生理型이란 形態的 特性은 同一하더라도 essential oils의 化學的 組成에 差異가 인정되는 subspecific entity를 뜻한다(Mirov.[26]).

Coyne와 Keith[8]는 美國의 東南部地方에 있어서 *Pinus taeda* L.의 30個產地 그리고 *Pinus echinata* Mill.의 15個 產地에 대하여 木材로부터 oleoresin을 採取하고 이것을 分析하였는데 그중 가장 많은 monoterpene이 α-pinene이었다. 그리고 다른 monoterpenes의 그것에 比較해서 말할때 α-pinene은 東쪽에서 西쪽으로 갈수록 減少하는 傾向을 보였고 또 南쪽에서 北쪽으로 갈수록 減少했음을 報告하고 있다. 이러한 monoterpene은 소나무좀(*Dendroctonus frontalis* Zimm.)에 대한 樹木의 抵抗性과 關係될 것이라는 假說을 檢討하기 위한 것인데 α-pinene含有量의 分布樣式은 clinal 한 isogram으로 얻어지고 있다.

各集團에 대한 α-pinene의 變異係數는 다른 어떤 terpene 보다도 낮은 값이였고 大體的으로 16% 정도로 計算되고 있다. 筆者들의 硏究結果에 있어서는 α-pinene에 대한 C.V.가 0.10~0.13의 범위로 떨어지고 있어서 Coyne[8]등과 큰 差異가 없다.

結 論

周王山, 安眠島 그리고 五臺山에 位置하는 소나무 3個 天然集團에서 完全히 成熟한 毬果를 1974年 가을에 集團別 그리고 個體別로 採取하였다. 本 硏究는 主로 毬果, 種子, 苗木等에 나타나는 諸形質에 關한 것으로 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 種子의 形狀比를 除外한 毬果와 種子의 모든 調査된 特性은 集團間, 集團內의 個體間에 差異를 보였다.

2. 여러가지 特性에서 毬果와 種子사이의 相關이 認定되나 그 값은 集團別로 다소 다른 樣相을 띄고 있었다.

3. 苗木크기에 대한 諸形質은 集團間에 差異가 있었다. 그리고 1년생 苗高生長과 種子두께 또는 種子길이는 몇개 集團에서는 部分的으로 相關이 認定되었다.

4. 苗高의 遺傳力은 1—0苗는 0.29, 1—1苗는 0.14이었으며 根元徑에 對한 값은 1—0苗에서는 0.15, 1—1苗에서는 0.06이었다.

5. 氣孔列의 數는 集團間에 差異가 있었으나 鋸齒密度는 그렇지 않았다.

그리고 氣孔列數에 있어서 背面과 腹面間의 相關은 각 集團別 1%水準에서 認定되나 母樹와 次代間에는 모든 針葉形質에서 相關이 認定되지 않았다.

6. 葉綠素의 含量은 集團間에 差異가 있었으며 모든 集團에서 chlorophyll b의 含量은 a의 含量보다 약간 더 많았다.

7. monoterpene의 成分中에서 α-pinene의 양이 가장 많았고 myrcene과 β-phellandrene의 含量은 集團間에 差異가 있었다.

이를 綜合하여 볼때 毬果, 種子, 苗木, 針葉의 形質等은 대부분 集團間에 많은 差異가 있으나 個體間에도 差異를 보여 주었다. 그러나 葉綠素의 含量은 個體間 差異보다도 集團間 差異에 더 큰 有意性이 나타났다.

參 考 文 獻

1. Akasi T., T. Toda, and K. Nisimura 1970. Partition between genetic variance and dominance variance in heights and basal diameters of Sugi seedlings. Jour. of. Jap. For. Soc. 52:89-91.
2. Andersson E. 1965. Cone and seed studies in Norway spruce. Studia Forestalia Suecica Nr 23. 1-214.
3. Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Phrsiol. 24(1)1-14.
4. Bannister M.H. 1962. Variation of turpentine composition in five population samples of *Pinus radiata* New Zealand Jour. of Sci 5(4):486-495.
5. Barber J.C. 1964. Inherent variation among slash pine progenies at the Ida Cason Callaway Foundation. U.S. For Swe. Res. Paper SE-10:1-90.
6. Burley J. 1966. Provenance variation in growth

of seedling apices of sitka spruce. For. Sci. 12(2) 170-175.

7. Callaham R.Z. and A.A. Hasel 1961. *Pinus ponderosa* height growth of wind-pollinated progenies. Silvae Genetica. 10:33-42.
8. Coyne J.F. and G.C. Keith 172. Geographic survey of monoterpenes in loblolly and short leaf pines. U.S.D.A. Forest Service Research Paper SO-79:1-12.
9. Ehrenberg C.E. 1966. Parent-progeny relationship in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Studia Forestalia Nr. 40:1-54.
10. Farmer R.E., Jr. and P.E. Barnett 1972. Altitudinal variation in seed characteristics of black cherry in the southern Appalachians. For. Sci. 18 (2)169-175.
11. Forde M.B. 1964. Geographical variation in the turpentine of bishop pine. New Zealand Jour. of Botany 2(1)44-52.
12. Fowler D.P. 1964. Effects of inbreeding in red pine, *Pinus resinosa* Ait., Silvae Genet. 13(6)170-177.
13. Gansel C.R., R.H. Brendemuehl, E.P. Jones, Jr., and J.W. McMinn 1975. Seed source effects in 5-and 10-year-old test plantings of slash pine in Georgia and Florida. For. Sci. 17(1)23-30.
14. Gerhold H.D. 1959. Seasonal variation of chloroplast pigments and nutrient elements in the needles of geographic races of scotch pine. Sil. Genet. 8(4)113-123.
15. Hanover J.W. and B.V. Barnes 1962. Heritability of height growth in year-old western white pine. PROC Forest Genetics Workshop 1-6.
16. Hanover J.W. 1975. Comparative physiology of eastern and western white pines: oleoresin composition and viscosity. For. Sci. 21(Ⅱ)214-221.
17. Hanover J.W. 1975. Physiology of tree resistance to insects. Ann. Rev. Entomol. 20:75-95.
18. Hansen T.S. and R.A. Jensen 1952. The effect of source of seed on growth of jack pine. Jour. of For. 50(7)539-544.
19. Jenkinson J.L. 1975. Increasing planting stock size by family selection in California ponderosa pine. U.S.D.A. For. Sev. Research Paper. P.SW—108 1~10.
20. Kramer P.J. and T.T. Kozlowski 1960. Physiology of trees. McGraw-Hill Book Co, Inc. 61~62.
21. Lester D.T. and G.R. Barr 1965. Provenance and progeny test in red pine. For. Sci. 11(3)327~340.
22. Linder S. 1972. Seasonal variation of pigments in needles. A study of scots pine and Norway spruce seedlings growth under different nursery conditions. Stud. For. Suec. 100 : 1~37.
23. Linder S. 1974. A proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determinations in ecological and eco-physiological investigations. Plant Physiol. 32 : 154~156.
24. Mackinney G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions Jour. of Biological Chem. 140 : 315~322.
25. Mergen F., E.B.Snyder and J. Burley 1966. Variation in coastal and insular slash pine of Mississippi and Alabama. The American Midland Naturalist, 76(2)482~495.
26. Mirov N.T. 1967 The Genus Pinus. Ronald Press Co. 575p.
27. Mohn C. and D. Schmitt 1973. Early development of open pollinated sweetgum progenies. Twelfth Southern Forest Tree Improvement Conference 228~232.
28. Namkoong G.,E.B. Snyder, and R.W. Stonecypher 1965. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling orchards. Silvae Genet. 76~84.
29. ——— and M.T. Conkle 1976. Time trends in genetics control of height growth in ponderosa pine. For. Sci 22(1) : 2~12.
30. Pauley S.S.,S,H. Spurr. and F.W. Whitmore 1955. Seed source trials of eastern white pine. For. Sci. 1(Ⅱ)244~256.
31. Robinson J.F. and E. Thorbjornsen 1969. Natural variation in *Abies* of the southern Appalachians. For. Sci. 15(Ⅱ) 238~245.
32. Rockwood D.L. 1973. Variation in the monoterpene composition of two oleoresin systems of loblolly pine For. Sci. 19(2). 147~153.
33. Smith R.H. 1966. The monoterpene composition of *Pinus ponderosa* xylem resin and of *Dendroctonus brevicomis* pitch tubes For. Sci. 12(1) 63.
34. Sokal R.R. and F.J. Rohlf 1969. Biometry 274~

281

35. Squillace A.E. 1966. Geographic variation in slash pine. For. Sci. Monograph 10. 1~56.
36. Squillace A.E,. J.G.A. LaBastide, and C.L.H. Van Vredenburch 1975. Genetic variation and breeding of scots pine in the Netherlands. For. Sci. 21(4) : 341~352.
37. Squillace A.E. and R.T. Bingham 1958. Localized ecotypic variation in western white pine. For. Sci. 4(1)20~34.
38. Stern K. 1974. Beitrage zumgeographischen Variations muster der Douglasie. Silvae Genet. 23(1~3) 53~58.
39. Sweet G.B. 1965. Provenance differences in pacific coast Douglas-fir. seed and seedling characteristics. Silvae Genet. 14(2) 46~56.
40. Takahara S. and A. Kawana 1955. The chlorophyll content of leaves in two so-called races of *Cryptomeria japonica* D. Don. Jour. of Jap. For. Soc. 37(10) 428~431.
41. Thorbjornsen E. 1961. Variation in loblolly pine. Dissertation Abstracts, North Carolina State College 21(1) 197.
42. Tobolski J.J. and J.W. Hanover 1971. Genetic variation in the monoterpenes of scotch pine. For. Sci. 17(Ⅲ) 293~299.
43. Toda R. 1958. Variation and heritability of some quantitative characters in *Cryptomeria*. Silvae Genet. 7(3) 87 : 93.
44. Wilkinson R.C., J.W. Hanover, J.W. Wright, and R.H. Flake 1971. Genetic variation in the monoterpene composition of white spruce. For. Sci. 17 (Ⅰ) 83~90.
45. Wright J.W. 1963. Genetic variation among 140. half-sib scotch pine families derived from 9. stands. Silvae Genet. 12(Ⅲ) 83~89.
46. Wright J.W. and W.I. Bull 1962. Geographic variation in European black pine. two-year results. For. Sci. 8(Ⅰ) 32~42.
47. Zavarin E., F.W. Cobb. Jr., J. Bergot, and H.W. Barber 1971. Variation of the *Pinus ponderosa* needle oil with season and needle age. Phyto. Chem. 10 : 3107~3114.
48. Zavarin E. and K. Snajberk 1972. Geographical variability of monoterpenes from *Abies balsamea* and *A. fraseri*. Phyto. Chem. 11 : 1407~1421.
49. 植木秀幹 1928. 朝鮮產赤松ノ樹相及ヒ是力改良ニ關スル造林上ノ處理に就行. 水原高等農林學校 學術報告 第三號 263面
50. 黑木嘉久等 1972. マツノイムシの生化學的防除に關する研究(Ⅰ) 日林誌 54(11) 367~372.
51. 岩川盈夫等 1967. アカマツの 母樹別 自然交配 家系における 諸形質の 遺傳性 林試研報. 207號 31~67.
52. 遠山, 新谷 1963. マツの遺傳的指標としての葉長. 島根大研報. 11(A) 67~72.
53. 金鼎錫 外 5人. 1975. 솔잎혹파리 耐虫性 品種育成에 關한 研究. 育種誌 7(3) 135~142.
54. 任慶彬, 金眞水. 1975. 소나무 天然集團의 變異에 關한 研究(Ⅰ). 韓林誌 28. 1~20.
55. 任慶彬等. 1969. 日本產赤松의 產地試驗. 서울大學校 農科大學 演習林報告 第6號 1~31.
56. 崔善起, 盧義來. 1972. 소나무 유묘의 유전력 林木育種研究所 研究報告 (9) 17~19.