

## 비자나무 天然生集團의 細胞遺傳學的 및 生理學的 研究<sup>1\*</sup>

金榮斗<sup>2</sup> · 權泳徹<sup>2</sup>

### Cytogenetic and Physiological Studies in Natural Populations of *Torreya nucifera*<sup>1\*</sup>

Yeung Du Kim<sup>2</sup> and Yeong Cheol Kwon<sup>2</sup>

#### 要 約

우리나라 비자나무 自然分布地인 제주도, 남해 및 내장산의 三個地域에서 集團間的 關係를 究明하기 위하여 解剖學的 및 枝學的 特性과 同位酵素變異와 器官의 耐凍性 등을 調査한 바

1. 針葉의 通導組織의 內皮細胞數와 粘液導의 最內位細胞數는 모두 제주도 集團의 것이 가장 많았고 集團間에 差가 있었다.

2. Somatic chromosome은 2次狹窄이 남해集團에서 하나 더 나타나고,  $b^{arm}/a^{arm}$  値가 3個集團 모두 같았으나 제주도集團의 最小値가 特異하였으며, Karyotype formula는 集團間에 特異성이 나타났다.

3. Meiosis時 chromosome의 異常行動 현상은 3個集團間에 差가 인정되지 않았다.

4. 針葉의 isoperoxidase 變異와 esterase 變異는 각각 비자나무 固有의 band가 나타나고 제주도集團에서는 band 數도 많고 變異도 多樣하였다.

5. 同一 freezing 條件下에서 내장산集團이 凍害가 비교적 적고 제주도集團이 凍害가 크게 나타났다.

#### ABSTRACT

These studies were carried out to examine the anatomical, karyological characteristics, the variation of isozymes in needle and the frost damage of tissue for the purpose of investigating the relationships among the three natural *Torreya nucifera* populations of Cheju-do, Namhae, and Mt. Naejang in Korea. The results obtained can be summed up as follows :

1. The numbers of endodermal cells and inner layer cells of mucilage canal of needle conductive tissue were different in each population. The number of those of Cheju-do population was the largest.
2. In somatic chromosome, Namhae population showed one more secondary constriction. The values of  $b^{arm}/a^{arm}$  were the same in all the three populations, but Cheju-do population particularly showed a different minimum value. And the karyotype formulas of each population showed difference.
3. During the meiosis, each population showed no significant difference in the irregular phenomena of chromosome.
4. In isoperoxidase and esterase variations of needle, each population showed its particular number and

<sup>1</sup> 接受 1988年 12月 30日 Received on December 30, 1988

<sup>2</sup> 晋州 農林專門大學 Chinju Nat. Agri. & For. Jr. College

\* 이 논문은 1986년도 문교부 자유과제학술연구 조성비에 의하여 연구 되었음

variation of bands. Cheju-do population showed the largest number and greatest variation of bands.

5. Under the same freeing conditions, the frost damage of Mt. Naejang population was comparatively slight, and Cheju-do population suffered from a greater frost damage than the others.

Key words : *Torreya nucifera* ; variation of isoenzymes ; frost damage.

### 緒 言

國土의 66%를 占有하는 山林國인 우리나라는 效率的인 林產資源의 活用이 國家의 至上課題의 하나인데도 不拘하고 現在 未開發 自生種에 대한 研究가 不振한 실정이다. 따라서 未開發 樹種中에는 우수한 用材樹 등이 許多할 것임으로 이들 樹種의 開發을 위한 研究가 時急히 要請되고 있는 것이다.

비자나무는 그 中 한 例로서 喬木이며 木材의 우수성으로 家具材를 비롯 그 用途가 넓고 南部地方에서는 造景樹로도 쓰이며, 種子는 藥用 또는 食用한다. 우리나라에는 제주도와 南海島嶼地方에 주로 자라고 있고 全北 井邑 内장산에도 자라고 있다.

이와 같이 우수한 이 비자나무가 아직도 造林樹種으로 開發되지 못했음은 이 樹種이 暖帶樹種으로서 生育可能地域이 제주도 및 南海島嶼地方으로 限定되어 있는 것으로만 알고 있기 때문이다. 그러나 内장산과 같이 內陸地方에서도 自生하는 것으로 보아 南部地方에서는 조림가능지가 相當한 面積에 達할 것으로 思料된다. 그러므로 이 비자나무의 天然集團間의 特性에 關한 研究가 要請되는 것이다.

產地나 集團間의 差를 究明하기 위한 研究報告는 대단히 많으며 Keng<sup>12)</sup> 등은 hybrid pine에서 針葉의 解剖學的 差異에 대하여 Critchfield<sup>7)</sup>는 pine의 hybrid에서 針葉의 resin ducts의 位置와 hypodermis의 細胞層數에 對해서 各各 針葉型이 다름을 報告하였고, Anderson<sup>4)</sup>은 *Picea abies*에 대해서, Ass<sup>11)</sup> 및 Runquist<sup>25)</sup>는 *Pinus sylvestris*에 대해서 花粉母細胞의 異常分裂는 遺傳的이라고 報告하였고, Simk<sup>33)</sup>는 *Larix decidua*의 8個 產地에 대한 核型分析結果 產地間에 뚜렷한 差가 없다고 報告하였으며, 金<sup>19)</sup>은 *Abies*屬에서 核型分析의 結果 short arm의 길이 順으로 配列했을 때 *Abies nephrolepis*의 No.9 염색체가 他種에 比해

特徴的인 染色體였다고 報告하였다. 또한 產地間의 差를 究明하기 위하여 產地間 同位酵素變異에 대한 報告도 많은데 Feret<sup>9)</sup>와 朴<sup>23)</sup>은 *Pinus densiflora*에서 各各 產地間 band pattern에 差가 있음을 報告하였고 또한 Akasi et al<sup>3)</sup>은 *Cryptomeria*의 Plus tree clone에 대하여 各各 clone間 耐凍性에 差가 있다고 報告하고 있다.

그러나 비자나무에 대한 연구는 極히 一部를 除外하고는 이루어지지 못하고 있으며 本 研究에서는 이 나무의 天然分布地인 제주도, 南海도 및 全北 井邑 内장산 등 3個 天然集團間의 關係를 究明하기 위하여 解剖學的 및 核學的 特性과 針葉의 酵素變異 그리고 器官의 耐凍性 등을 調査한 바, 몇가지 새 知見을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

### 材料 및 方法

供試樹種인 비자나무를 3個 自然分布地를 대상으로 하였다. 卽 전북 정읍군 内장면 内장리, 경남 南海군 삼동면 南양리, 제주도 북제주군 구좌읍 평대리 등 3個地를 選定하였고, 供試木은 各 集團에서 6本씩을 選拔하였는데 樹齡은 60~80年 生 이상인 成熟木이었다.

解剖學的 特性調査는 上記 供試木에 대하여 各 各 南面力枝의 끝 部分의 枝條에서 採取한 針葉의 中位部切片에다 glycerin을 滴下한 slide에서 通導組織의 內皮와 粘液導의 細胞中 最內位의 細胞數를 測定하여 平均하였다.

細胞學的 特性을 究明하기 위한 somatic chromosome의 관찰은 各 集團의 root tip를 Salor<sup>29)</sup>의 方法을 一部變更한 方法에 의거 固定 染色하여 squash method에 依한 preparation을 2.750倍로 擴大한 현미경사진으로 chromosome arm의 길이를 測定하였고 meiosis 調査를 위한 sampling은 1987년 1月末~2月初에 걸쳐서 실시하고 male strobile은 Farmer's fluid로 固定하고 aceto-carmin으로 染色하여 smear method에 依

한 preparation을 관찰하였다.

天然集團間的 isozyme의 band pattern에 대한 變異調査는 各供試木의 南面力枝의 끝部分에서 採取한 1, 2, 3 및 4년생의 針葉에 대하여 관찰하였는데, 採取 即時 蒸溜水로 水洗하여  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 freezer에 保管하여 使用하였으며, 電氣泳動法은 一次元 水平式 gel 泳動方法에 依하여 peroxidase와 esterase 變異를 調査하였는데 이때 固定과 呈色反應은 peroxidase는 3-amino-9-ethylcarbazole, N-N-dimethyl foramide, sodium acetate,  $\text{CaCl}_2$ 와  $\text{H}_2\text{O}_2$ 를 使用하고, esterase는  $\alpha$ -naphthyl acetate, fast blue R R salt,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHPO}_4$ 에 依한 band로 관찰하였다.

天然集團別로 비자나무 器官의 耐凍性を 調査하기 위하여 1987年 3月初 各集團 供試木의 南面力枝의 끝部分에서 가지를 採取하여 使用하였는데, 1, 2年生枝의 中間部를 5cm의 크기로 各 10個씩을 그 基部만을 가제로 포장하고 保溫下에 密封하여 低溫處理하였는데, 處理는 所要時間과 溫度를 programming한 低溫恒溫器에서  $5^{\circ}\text{C}$ 부터 시작하여  $5^{\circ}\text{C}$ 의 溫度差로  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$ 까지 각각

freezing 시켰는데 所定低溫度에서 2時間씩 處理했다. 또한 defreezing도 2時間 간격으로  $5^{\circ}\text{C}$ 씩 上昇시켜  $20^{\circ}\text{C}$ 까지 처리했고 이를 다시  $28^{\circ}\text{C}$ 의 incubator에서 부패시켜 枝部는 皮層과 材部에 대하여 Luet와 Murai method<sup>15)</sup>에 의거 調査하였으며, 針葉은 外部의 褐變色程度로 判別하였는데, 凍害관찰은 freezing과 defreezing이 끝난후  $28^{\circ}\text{C}$ 에서 72時間 경과된 것을 관찰하였다.

### 結果 및 考察

비자나무 天然集團間的 解剖學的 特性을 究明하기 위하여 針葉의 通導組織의 特徵을 調査한 結果는 Fig. 1과 Table 1, 2와 같다. 卽 通導組織은 Dufield<sup>6)</sup> 등에 依하여 *Pinus*의 subgenus를 haploxyton과 diploxyton으로 分類하고 있으나 *Torreya nucifera*는 大型細胞의 haploxyton으로 이루어진 植物이다.

내장산集團의 endodermis의 平均細胞數는 33.2個로 제주도集團의 비자나무에 比하여 9.4% 적은 수이고, 남해集團의 平均數는 32.6으로 제주도集

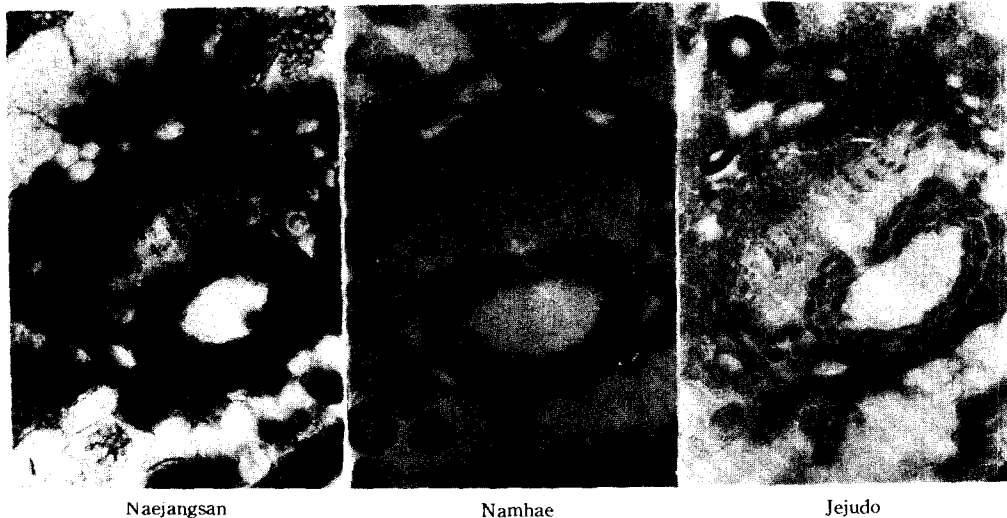


Fig. 1. Conductive tissue in needle of three populations of *Torreya nucifera* (Ca $\times$ 78)

Table 1. Number of endodermal cells in needle conductive tissue of *Torreya nucifera*

Population	Number of endodermal cells							Number of needles observed	Mean $\pm$ $\delta$	
	30	31	32	33	34	35	36			
Naejangsan	6		6	6	6			6	30	33.2
Namhae		6	12	6		6			30	32.6
Cheju				6		6	12	6	30	35.4

**Table 2.** Number of mucilage canal cells in needle conductive tissue of *Torreya nucifera*

Population	Number of mucilage canal cells								Number of needles observed	Mean ± δ
	14	15	16	17	20	21	22	23		
Naejangsan			21	3		6			30	17.1
Namhae	6	12	6	6					30	15.4
Chejudo					6	12	6	6	30	21.4

團의 비자나무에 비해 그 수가 9.2% 減少하고 있으며, 또한 제주도集團의 平均數는 35.4個로 3個集團中 가장 그 수가 많다.

Mucilage canal은 3個集團에서 共히 관찰되었는데, 維管束의 phloem쪽에 位置하고 있다. 또한 macilage canal은 일반적으로 3列의 細胞로 포위 형성되고 있는데 chloroplast를 지닌 parenchyma cell들이다. 本 試驗에서는 가장 內側의 細胞數를 調査하였는데, 내장산集團의 平均細胞數는 17.1個로 제주도集團에 比하여 20% 적은 수이고, 남해集團의 平均細胞數는 15.4個로 제주도集團에 比해 28% 적은 수이다. 한편 제주도集團의 平均細胞數는 21.4個로서 endodermis의 細胞數와 같이 타집단에 비해 가장 많은 수의 세포를 갖고 있었다.

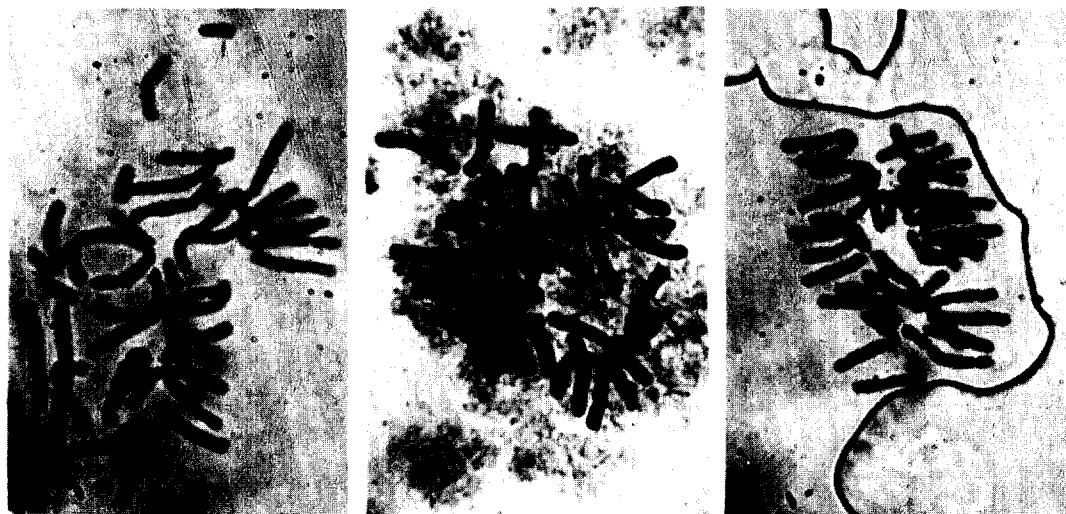
Endodermis의 細胞數와 mucilage canal의 細胞數에 있어 集團間에 큰 差異는 없지만 一般적 傾向은 제주도集團의 것이 그 수가 많고 다음에 많은 것은 내장산集團인데 이는 아마도 集團間의 特色이 아닌가 추측된다.

이와같은 사실은 松類針葉의 resin canal의 位

置로 *Pinus densiflora*와 *P. thunbergii* 그리고 그 의 hybridity를 식별하고 있으며, 많은 學者들이 introgression에 의해 형성된 松類集團을 resin canal의 位置로써 식별하고 있다.<sup>2,11,16,37)</sup>

細胞學의 特性을 究明하기 위하여 3個 天然集團의 비자나무 體細胞에 대한 Karyotype analysis 結果는 Fig. 2, 3 및 Table 3과 같다. 卽 3個 集團의 體細胞 染色體數는 모두 2n=22이고 各集團間의 染色體의 形態에 있어서도 相互類似性이 많았다.

내장산集團에 있어서는 全長이 가장 긴 染色體의 길이는 31.0μ 이고, 가장 짧은 것은 19.8μ 으로서 最長 染色體에 대하여 63.87%이다. short arm길이 順으로 配列하였을 때의 long arm이 길이 順列밖에 있는 染色體는 No.3, 6과 11 染色體이고, b<sup>arm</sup>/a<sup>arm</sup>은 No.8 染色體가 1.02로서 가장 작고 No.11 染色體가 1.20으로 가장 큰 比值이다. secondary constriction은 No.6 染色體의 short arm에서 그리고 No.8 染色體의 long arm에서 각각 관찰되었다. 또한 b<sup>arm</sup>/a<sup>arm</sup>의 值가 1.



**Fig. 2** Somatic chromosomes of *Torreya nucifera* of Naejangsan(left), Namhae(middle) and Chejudo(right) Populations

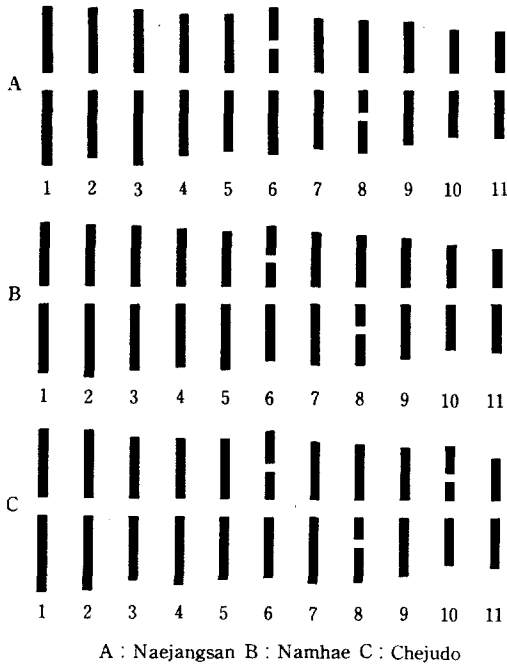


Fig. 3. Karyotypes of haploid of *Torreya nucifera*

00~1.10인 染色體를 median(m)으로 하고 1.11~1.20의 染色體를 submedian(sm)으로 하고, 1.21~1.30의 染色體를 subterminal(st)로 하면 이 내장산集團의 karyotype formula는  $K(22) = 2A^{sm} + 2B^{m} + 2C^{sm} + 2D^{m} + 2E^{m} + 2F^{sm} + 2G^{m} + 2H^{m} + 2I^{m} + 2J^{m} + 2K^{st}$ 이다.

남해集團의 體細胞 染色體가 가장 긴 것은 29.8  $\mu$  이고, 가장 짧은 染色體는 19.4  $\mu$  으로서 最長 染色體의 65.1%이다. 또한 short arm의 길이順으로 配列하였을 때의 long arm이 길이順列 밖에

있는 染色體는 No.2, 5, 7, 9와 11 染色體이다. 따라서 내장산集團과 같은것은 No.11 染色體뿐이다.  $b^{arm}/a^{arm}$ 은 No.8 染色體가 1.02로서 가장 적은 值이다. 이 현상은 내장산集團의 비자나무와 同一한 현상이다. 그리고 그 比值가 가장 큰 染色體는 1.24로서 No.11 染色體인데 내장산集團의 染色體와 類似하다. secondary constriction은 No.6 染色體에서는 short arm에서 그리고 No.8 染色體에서는 long arm에서 각각 관찰되었는데 이 두 染色體 모두 내장산集團에서 secondary constriction이 出現되는 染色體들과 같으며,  $b^{arm}/a^{arm}$ 值를 m, sm, st로 한 Karyotype formula를 表示하면  $K(22) = 2A^{sm} + 2B^{sm} + 2C^{m} + 2D^{m} + 2E^{sm} + 2F^{m} + 2G^{sm} + 2H^{m} + 2I^{m} + 2J^{m} + 2K^{st}$ 이다.

제주도集團의 體細胞의 染色體가 全長이 가장 긴것은 31.4  $\mu$  이고, 가장 짧은 染色體는 20.5  $\mu$  으로서 最長 染色體에 대한 比는 65.29%인데 이 值는 3個集團에서 類似하였으며, 특히 제주도集團과 남해集團이 더욱 가까운 경향이였다. 한편 short arm의 길이順으로 配列하였을 때의 long arm이 길이順으로 配列되지 않은 染色體는 No.4, 7, 9와 11 染色體이다. 이것은 남해集團의 7, 9 및 11 染色體와 같은 현상이다.  $b^{arm}/a^{arm}$ 值는 No.3 染色體가 1.03으로 가장 적은 值이고 No.7과 11은 1.16으로서 가장 큰 值이다. 따라서 No.11 染色體의 比值가 큰 것은 3個集團의 共通현상으로 비자나무의 特異性을 示하는 것이며 secondary constriction은 No.6 染色體에서는 short arm에서 관찰되고, No.8 染色體에서는 long arm에서

Table 3. Mean arm length of somatic chromosome of three populations of *Torreya nucifera*

(ac  $\times$  2750)

Chromosome No.	Naejangsan				Namhae				Chejudo			
	a	b	a+b	b/a	a	b	a+b	b/a	a	b	a+b	b/a
1	14.5	16.5	31.0	1.14	14.0	15.5	29.5	1.11	14.7	16.7	31.4	1.14
2	14.3	15.0	29.3	1.05	13.8	16.0	29.8	1.16	14.7	16.5	31.2	1.12
3	14.0	16.5	30.5	1.18	13.5	14.8	28.3	1.09	13.8	14.2	28.0	1.03
4	13.0	14.2	27.2	1.09	12.8	14.0	26.8	1.09	13.5	15.3	28.8	1.13
5	13.0	13.8	26.8	1.06	12.5	14.8	27.3	1.18	13.5	14.0	27.5	1.04
6	5.5+7.0	14.0	26.5	1.12	5.5+6.8	12.8	25.1	1.04	6.0+7.0	13.5	26.5	1.04
7	12.0	13.0	25.0	1.08	12.0	13.8	25.8	1.15	12.5	14.5	27.0	1.16
8	11.7	5.0+7.0	23.7	1.02	11.5	4.9+6.8	23.2	1.02	12.0	5.0+7.5	24.5	1.04
9	11.2	12.0	23.2	1.07	11.0	12.0	23.0	1.09	11.5	13.0	24.5	1.13
10	9.7	10.5	20.2	1.08	9.4	10.0	19.4	1.06	4.0+6.0	10.5	20.5	1.05
11	9.0	10.8	19.8	1.20	8.8	10.9	19.7	1.24	9.5	11.0	20.5	1.16

a : short arm b : long arm

**Table 4.** Diagnostic features of karyotype of three populations of *Torreya nucifera* obtained by arranging the chromosomes according to descending order of the short arm length as in Table 3.

Population	The shortest chromosome / The longest chromosome(%)		Chromosomes showing exceptions to the descending order in b. arm length		
	Minimum chromo.	Maximum chromo.	Short arm chromo.	Long arm chromo.	st
Naejangsan	8	11	6	8	1, 3, 6, 11
Namhae	8	11	6	8	2, 5, 7, 9, 11
Chejudo	3	11	6, 10	8	4, 7, 9, 11

Population	Long arm / Short arm		Position of secondary constriction		Karyotype formula		
	Minimum chromo.	Maximum chromo.	Short arm chromo.	Long arm chromo.	sm	m	st
Naejangsan	8	11	6	8	1, 3, 6, 11	2, 4, 5, 7, 8, 9, 10	
Namhae	8	11	6	8	1, 2, 5, 7	3, 4, 6, 8, 9, 10	11
Chejudo	3	11	6, 10	8	1, 2, 4, 7, 9, 11	3, 5, 6, 8, 10	

관찰되었는데 No.10 染色體에서는 제주도集團에서만 short arm에서 하나 더 나타나고 나머지 3 個集團에서 同一한 현상이다. 이는 *Juniperus* 와 *Pinus*에서 金 등<sup>18)</sup>이 밝힌 secondary constriction과 같이 本供試種의 特徵으로 추측된다.  $b^{arm}/a^{arm}$  値를 m, sm, st로 表示한 Karyotype formula는  $K(22)=2A^{sm}+2B^{sm}+2C^m+2D^{sm}+2E^m+2F^m+2G^{sm}+2H^m+2I^{sm}+2J^m+2K^{sm}$ 와 같으며 제주도集團과 類似한 染色體는 남해集團에서는 No.1, 2, 3, 6, 7, 8과 10 染色體이고, 내장산集團에서는 No.1, 5, 8, 10과 11 染色體이다. 이상 3 個集團의 核型을 相互比較하여 보면 Table 4와 같으며 이 表에 의하면 最短染色體에 대한 最長染色體의 비율은 3 個集團 모두 類似하나 특히 제주도集團과 남해集團이 거의 같은 値이다. 染色體를 short arm의 길이順으로 配列했을 때 long arm의 길이順으로 一致되지 않는 染色體中 No.11 染色體가 3 個集團에서 모두 나타나는 현상이며, 남해集團과 제주도集團은 No.7, 9 및 11의 3 個染色體에서 모두 나타났다.

한편  $b^{arm}/a^{arm}$  値의 最大値는 3 個集團 모두 No. 11 染色體로 同一하고, 最少値는 내장산集團과 남해集團은 같은 No.8 染色體이나 제주도集團은 No.3 染色體로 特異하다. secondary constriction은 3 個集團 모두 No.6 染色體의 short arm과 No.8 染色體의 long arm에서 각각 出現되는데 이들은 이 *Torreya*속의 特徵의인 것으로 추측되며 특히 제주도集團에서는 No.10 染色體의 short arm에서 secondary constriction이 하나 더 있어

特徵的이다. 또한 3 個集團의 formula에서 st는 남해集團에서만 出現되어 特徵的이고 m는 내장산集團과 남해集團이 비교적 類似한 현상이며 sm는 各集團間에 類似성이 나타났다.

그런데 secondary constriction의 數와 位置에 대해서 Saylor<sup>29)</sup>는 *Pinus*에서, Mergen and Burley<sup>20)</sup>는 *Abies*의 4種과 그 變種에서 可變性이 크다고 報告하고 있다. 그러나 Toda<sup>30)</sup>는 1屬 1種인 *Cryptomeria japonica*에 대한 九州地方 3產地 (Obiaka, Kumotoshi, Fukuoka)의 核型分析結果 secondary constriction이 있는 染色體로 產地種을 區分하고 kumotoshi가 中間種임을 究明하였다. 한편 Simak<sup>34)</sup>는 *Larix sibirica* 와 *L. sukaczewii*에서 定性的 形態差가 있음을 報告하고, Sidei et al<sup>31)</sup>는 *Pinus densiflora* 와 *P. thunbergii*의 No.10과 No.11 染色體의 centromere 位置差로 識別하고 있다. 또한 Kim<sup>13)</sup>도 X *P. rigitaeda*와 그 兩親種에 대하여 그리고 *P. densiflora*의 introgressive hybrid에 대해서 Kim et al<sup>17)</sup>은 각각 核型의 變異를 究明하였다.

이상의 많은 研究結果는 本試驗에서 비자나무의 產地別 特性의 差를 識別하는데 있어 體細胞의 核型分析이 有效함을 뒷받침 해준다.

3 個集團의 비자나무의 male strobile의 花粉母細胞의 meiosis 時 일어나는 染色體의 行動이 集團間에 나타나는 特異性의 有無를 調査한 結果는 Fig. 4와 Table 5와 같다. 卽 metaphase 1에 있어 early separation chromosome은 어느 集團에

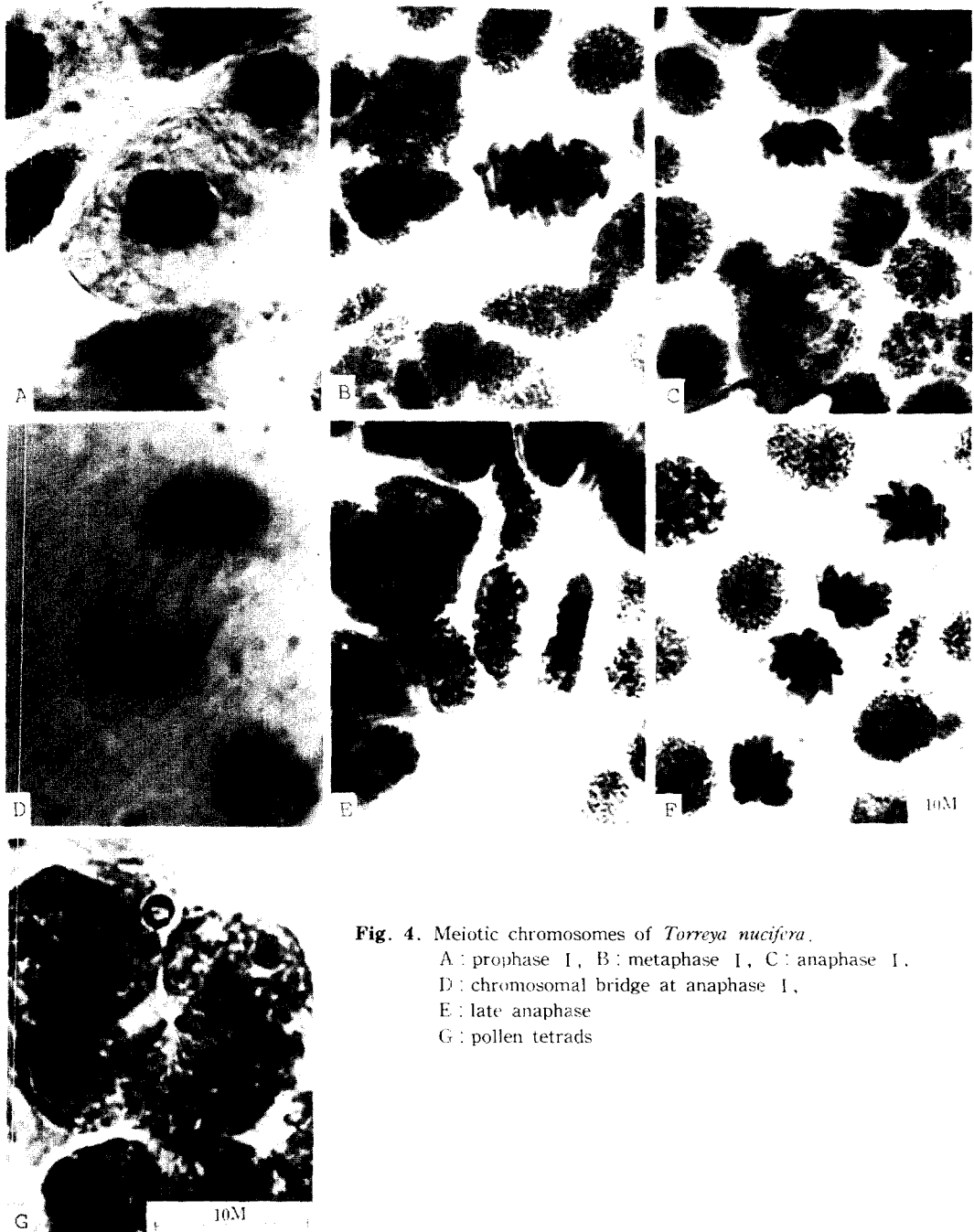


Fig. 4. Meiotic chromosomes of *Torreya nucifera*.  
 A: prophase I, B: metaphase I, C: anaphase I,  
 D: chromosomal bridge at anaphase I,  
 E: late anaphase  
 G: pollen tetrads

Table 5. Various types of pollen sporads of the *Torreya nucifera*

Population	Types of sporads				Total	% of abnormal sporads
	Diads	Triads	Tetrads	Pentads		
Naejangsan		1	39		40	2.5
Namhae	1		31		32	3.1
Chejudo			34	1	35	2.9

서도 出現하지 않았고, anaphase I에 있어서 lagging chromosome도 관찰되지 않았다. 다만 Fig. 4의 D와 같이 anaphase I에 있어 chromosomal bridge 현상을 나타내는 세포도 있었으나 이것은 어느 集團에서도 관찰된 것으로 分離途中의 현상이라고 추측된다. 또한 正常 chromosome의 行動은 Late anaphase I과 anaphase II에서 同一하게 관찰되었고, 이 chromosome의 正常行動의 結果로 Fig. 4의 G와 같이 pollen tetrad가 형성되어졌다.

Saylor and Smith<sup>30)</sup> *Pinus*의 21種과 22種間雜種의 meiosis 異常現象에 관한 研究에서 telophase I과 II에서 각각 lagging chromosome을 갖는 細胞는 種에서보다 雜種에서 出現率이 높다고 報告했으며, 梁鄉<sup>35)</sup>는 Plus tree로 選拔된 삼나무 西川2號가 減數分裂時 metaphase I에서 分離된 2價染色體가 있는 것이 種의 特性이라고 報告하고 있다. 또한 이런 meiosis 異常의 差異는 遺傳的인 것보다 低溫<sup>6)</sup>, 高溫<sup>5)</sup> 또는 倍數性<sup>14)</sup>에 의한 경우도 있다고 報告되고 있다. 따라서 本研究에서 관찰된 meiosis時 일어나는 染色體의 行動에는 3個 集團間에 差異를 발견할 수 없어 이 集團들은 비교적 오래된 自然分布種임을 시사하고 있다고 할 수 있다.

天然集團間的 針葉의 同位酵素變異를 究明하기 위하여 3個集團에서 選定한 供試木 各 6個體에 대하여 葉令別 isoperoxidase의 band pattern을 調査한 結果는 Fig. 5, Fig. 6과 같다. 卽 내장산 集團의 6個體의 1, 2, 3 및 4年生 針葉에서 7-9本の band가 出現하여 個體當 平均 band 數는 7.5本이다. Rf value 20~30의 A' zone에 3本の 高活性 band가 관찰되고 있는데 葉令間에는 물론 6個體 모두 出現하는 共通 band이다. 그리고 Rf value 0~10의 B zone에서 나타나는 band도 모두 葉令의 어느 個體에서나 出現하는 比較의 高活性이 있는 band이다. 또한 Rf value 60~70의 A''' zone의 band와 Rf value -40~-50의 B'' zone의 band, 그리고 Rf value -50~-60의 B''' zone의 band 들은 低活性의 band이지만 band pattern의 變異가 비교적 적고 어느 個體에서나 4種類의 葉令에서 共히 出現하는 band이다.

남해集團에서는 6個體에 대한 4種類의 葉令에서 9~11本の band가 각각 出現하며 個體當 平均數가 10.5本이다. Rf value 20~30의 A' zone에 나타나는 3本の band는 내장산集團의 band에 比하여 平均活性은 낮지만 모든 葉令의 針葉에서는 물론 어느 個體에서도 出現하고 있는 band이다. 또한 Rf value 35의 band는 내장산集團에서는 幼令

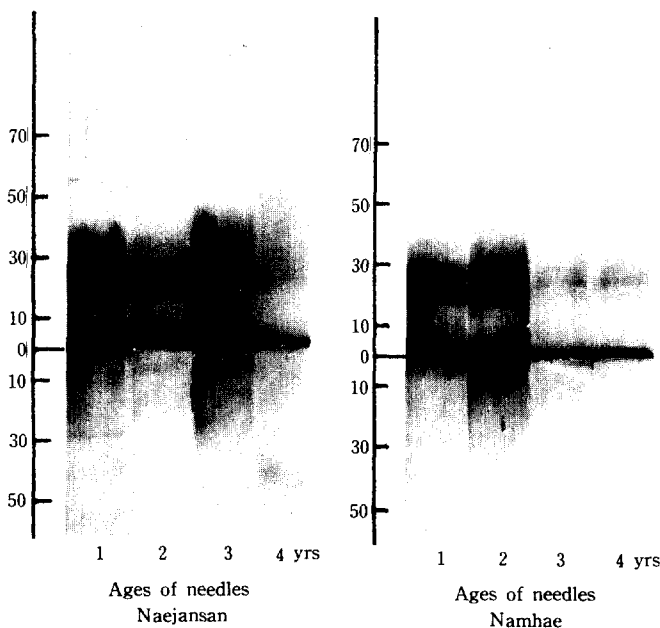


Fig. 5. Banding patterns of peroxidase in needle of three populations of *Torreya nucifera*



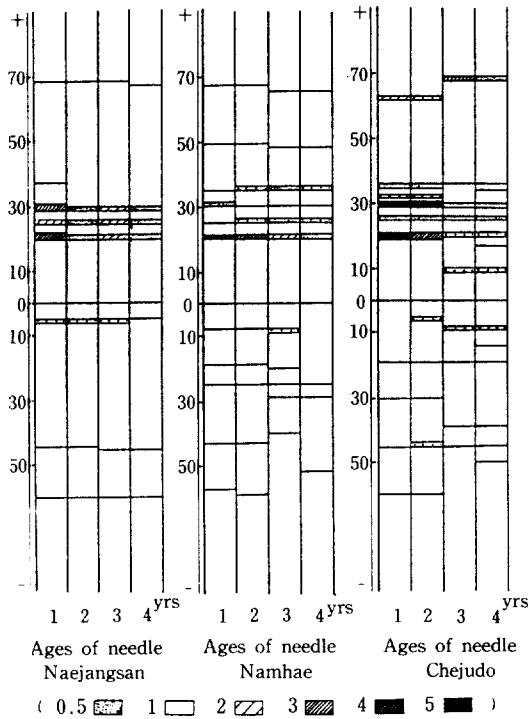


Fig. 6. Zymograms of three populations for isoperoxidase of *Torreya nucifera*

葉에서만 出現하는 band인데 이 集團에서는 어느 葉令에서나 出現하는 比較的 活性이 있는 band들이다. 그리고 Rf value 40~50의 A' zone의 band, Rf value 60~70의 A'' zone의 band, Rf value 0~-10의 B zone의 band, Rf value -20~-30의 B' zone의 band, Rf value -40~-50의 B'' zone의 band, 그리고 Rf value -50~-60의 B''' zone의 band들은 低活性의 band로 葉令間에서와 個體間에 出現頻度에 變異가 甚한 band들이다.

제주도集團의 6個體의 비자나무에서는 10~14本の band가 각 葉令의 針葉에서 出現하며 個體當 平均 band數는 12.25本으로 3個集團中 가장 그 수가 많다. A' zone의 3本の 高活性 band는 내장산集團과 남해集團에서 다같이 出現하는 band이고 또한 Rf value 35의 band는 남해集團에서도 出現하는 band들이다. Rf value 60~70의 A'' zone의 band는 내장산集團과 남해集團에서와는 달리 高活性의 band들이다. 그리고 A zone, B zone, B' zone, B'' zone 및 B''' zone의 band는 남해集團에서와 같이 低活性의 band들로서 葉

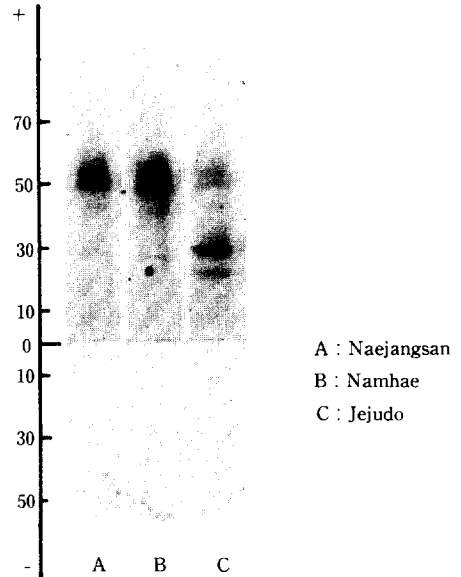


Fig. 7. Banding patterns of esterase in needle of three populations of *Torreya nucifera*

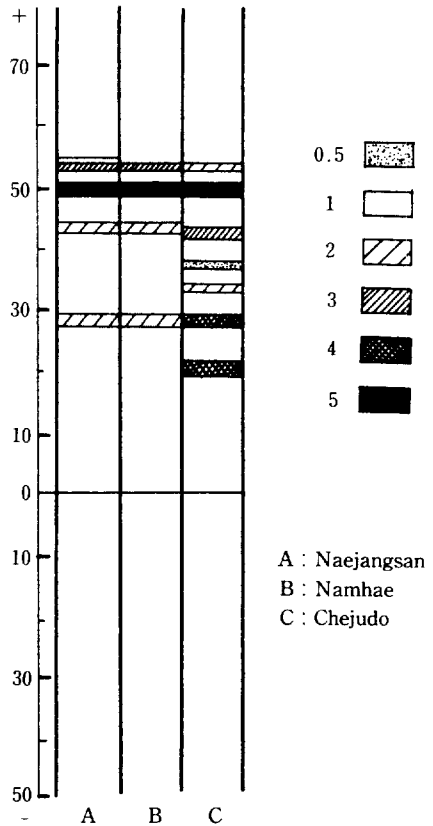


Fig. 8. Zymograms of three populations for esterase of *Torreya nucifera*.

令間, 그리고 個體間에 나타나는 出現頻度과 Rf value와 活性에 變異가 甚하였다.

한편 針葉의 esterase의 band pattern의 變異를 관찰한 結果는 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다. 卽 내장산集團에서는 anodal zone에 總 5本の band가 出現하고 남해集團에서는 4本の band가 그리고 제주도集團에서는 7本の band가 出現하고 있다. Rf value 43의 band는 내장산과 남해集團에서 共有하는 band이고 Rf value 28과 高活性의 49 그리고 53의 3個 band는 3個集團에서 共通으로 관찰되는 band이어서 비자나무의 特性을 示하는 band이라고 推측된다. 또한 esterase band pattern의 變異性이 peroxidase의 band pattern에서와 같이 제주도集團에서 band 出現數가 많고 變異의 多型性이 나타나고 있다.

Isozyme의 band pattern의 變異가 種間<sup>24,28,54)</sup>에 는 물론 集團間에 差가 있음을 報告하고 있고 Sakai<sup>27)</sup>는 *Thujaopsis dolabrata*에서, 三上<sup>21)</sup>는 *Larix*에서 각각 產地間 變異를 isozyme으로 調査하고 있는데 後者의 경우 出現된 15本の band中 4本이 共通 band이고 나머지 band들은 產地間에 差異가 있어 band pattern의 變異는 產地와 깊은 關係가 있음을 시사하고 있고, 酒井<sup>26)</sup>는 日本九州 地方에 대한 *Cryptomeria japonica*의 6個 產地種을 分布地에 따라 南部와 北部로 區分하여 band pattern을 調査한 結果 南部種에는 X, Y, Z의 3

本の 特異한 band를 지닌 것을 관찰하고 *Cryptomeria japonica*는 南部가 發生地임을 報告하고 있어 本研究의 結果와 一致되는 점이 많다.

以上에서 isozyme의 淘汰에 대한 中位說을 支持한다면 Rf value 20~30의 A' zone의 band들은 3個集團에서 共히 관찰되는 band로 비자나무 固有의 band로 推측되고 集團別 出現 band 數와 각 zone의 band pattern의 多型性 變異로 보아 제주도集團이 가장 오래된 集團이라고 할 수 있고 그 다음이 남해集團임을 시사한다고 할 수 있다.

天然集團別 비자나무의 耐寒性을 調査하기 위하여 실시한 비자나무 器官의 耐凍度를 調査한 結果는 Table 6과 같다. 이는 freezing과 defreezing 이 끝난 후 72시간이 경과된 후 육안 또는 擴大鏡으로 관찰하였다.

-10℃까지 freezing 시켰을 때 小枝의 경우 제주도集團과 남해集團 1年生枝의 橫斷面과 皮層에 弱한 被害가 나타났으나 그 外는 被害가 없으며 針葉의 경우 各集團別 年生別로 1~5%의 被害가 있으며 特히 제주도集團의 것이 4~5%로 被害率이 높았고 내장산集團의 것은 1~2%로 被害率이 낮았다.

-20℃까지 freezing 시켰을 때 小枝의 경우 control에 비해 多少 被害가 많아졌으며 特히 제주도集團과 남해集團의 것이 被害가 많고 내장산集團의 것이 被害가 적었는데 이는 -10℃의 경우

**Table 6.** Forest damage of stem and leaf in the three populations of *Torreya nucifera*

Sapmls Population	Stem	age	Frost damage				Leaf (%)	
			-10℃	-20℃	-30℃	-10℃	-20℃	-30℃
Naejangsan	1	year	0	+	+	1	9	75
"	2	"	0	+	++	2	9	76
Namhae	1	"	+	++	+++	4	15	89
"	2	"	0	++	++	2	13	88
Chejudo	1	"	+	+++	++++	5	20	92
"	2	"	0	++	+++	4	16	93
Control	1	"	0	0	0	0	0	2
"	2	"	0	0	0	0	0	1

notes :

- 0 : Unchanged
- +
- ++ : Very light browm
- ++ : Light browm
- +++ : Brown
- ++++ : Dark brown
- % : Percentage of damaged leaf

와 같은 현상이다. 針葉의 경우는 6~20%의 被害가 있었는데 前者에 비해 3~4배의 被害이고 특히 내장산集團은 6~9%로 제주, 남해 兩集團에 비해 被害率이 多少 낮은 것은 -10°C까지의 경우와 같다. 그리고 -30°C까지 freezing 시켰을 때 가지 및 針葉 共히 3個集團에서 被害가 많았으며 특히 내장산集團이 被害率이 낮은 傾向이며 이는 -20°C의 경우와 같은 현상이다.

Fuji<sup>10)</sup>는 *Cryptomeria*의 seedling에 대하여 그리고 Moriata and Sakai<sup>22)</sup>는 hybrid poplar에 대해서, Yamamoto & Sakai<sup>38)</sup>는 chestnut에 대하여 種間 및 clone間에 있어서 耐凍性에 差가 있다고 報告하고 있으며, 金 등<sup>15)</sup>도 *Populus*, *Alnus* 및 *Cryptomeria*에 대하여 供試間에 人工的 freezing 條件下에서 樹種間 또는 器官間에 耐凍性에 差異가 있음을 報告하고 있다. 따라서 本試驗에서 비자나무의 小枝 및 針葉 共히 同一 freezing 條件下에서 내장산集團이 제주도 및 남해集團에 비해 凍害가 낮은 傾向으로 나타난 것으로 보아 비자나무 器官의 耐凍性이 產地間에 差가 있다고 思料된다.

## 結 論

우리나라 비자나무 天然集團間的 關係를 究明하기 위하여 解剖學的 및 核學的 特性和 針葉의 同位酵素變異와 器官의 耐凍性 등을 調査한 바 다음과 같다.

1. 針葉의 通導組織의 內皮細胞數와 粘液導의 最內位細胞數는 共히 제주도集團의 것이 가장 많았고 集團間에 多少 差가 있었다.

2. 3個集團의 somatic chromosome을 short arm 길이 順으로 配列했을 때 secondary constriction은 3個集團 共히 No.6, No.8 chromosome의 long arm에서 나타나고 있어 이 種의 特異性으로 볼 수 있으나 남해集團의 No.10의 short arm에서 하나 더 나타났다.  $b^{arm}/a^{arm}$  值의 最少 및 最大가 3個集團 共히 같은 No.6, No.8 chromosome였으나 제주도集團만 最少值가 No.3 chromosome으로 特異하였다. 3個集團의 Karyotype formula는 다음과 같이 나타났다.

내 장 산 集 團  $K(22)=2A^{sm}+2B^m+2C^{sm}+2D^m+2$

$E^m+2F^{sm}+2G^m+2H^m+2I^m$   
 $+2J^m+2K^{sm}$

남 해 集 團  $K(22)=2A^{sm}+2B^{sm}+2C^m+2D^m+2$   
 $E^{sm}+2F^m+2G^{sm}+2H^m+2I^m$   
 $+2J^m+2K^{st}$

제 주 도 集 團  $K(22)=2A^{sm}+2B^{sm}+2C^m+2D^{sm}+2$   
 $E^m+2F^m+2G^{sm}+2H^m+2I^{sm}$   
 $+2J^m+2K^{sm}$

3. Meiosis 時 chromosome의 異常行動은 3個集團間에 差가 인정되지 않았다.

4. 針葉의 isoperoxidase 變異는 Rf值 20~30의 3本 band는 비자나무의 特異性을 示하고, band數와 特異性이 가장 많은 것은 제주도集團이었다. 針葉의 esterase 變異는 Rf值 28, 49, 53의 3本 band는 비자나무 固有의 band이고 제주도集團에서 band數도 많고 變異도 多樣했다.

5. 3個集團別 비자나무는 同一 freezing 條件下에서 내장산集團이 凍害가 비교적 적고 제주도集團이 凍害가 크게 나타났다.

## 引 用 文 獻

1. Aass, I. 1957. A cytological analysis of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) from Skjak, Norway Medd. Norske Skogforsksvesen, 14: 93-109.
2. Ahn, K.Y. and M. Katsuta. 1968. Some characteristics of the needles structure in hybrids between *Pinus thunbergii* and *P. densiflora* J. Jap. For. Soc., 50(4): 117-120.
3. Akasi, T., Y. Momose and K. Kawano. 1972. Variation in winter hardiness observed among *Cryptomeria* plus tree clones. J. Jap. For. Soc. 54(8): 278-281.
4. Andersson, E. 1947. A case of asyndesis in *Picea abies*. Hereditas, 33: 301-341.
5. Chira, E. 1965. On some biological questions concerning *Picea excelsa* (Lam.) Link. pollen. Biologia, 20: 641-653.
6. Christiansen, H. 1960. On the effect low temperature on meiosis and pollen fertility in *Larix decidua* Mill. Silvae Genetica, 9: 72-78.
7. Critchfield, W.B. 1963. The austrian×red pine hybrid. Silvae Genetica, 12(6): 187-192.

8. Duffield, J.W., and F.I. Righter 1951. Interspecies hybrid in pines. *Jour. of Heredity*, 52(2) : 75-80.
9. Feret, P.P. 1974. Genetic differences among three small stands of *Pinus densiflora*. *Theoretical and Applied Genetics*, 44 : 173-177.
10. Fuji, S. and M. Kaijo. 1965. Studies on the frost injury of stands of *L. leptolepis*. *J. Jap. For. Soc.* 47(7) : 231-237.
11. Hyun, S.K. and K.H. Koo. 1965. Introgressive hybridization in red pine in the eastern part of South Korea. *Res. Rep. O.R.D.*, 8(2) : 111-120.
12. Keng, H. and Little, E.L. JR. 1961. Needle characteristics of hybrid pines. *Silvae Genetica*, 10(5) : 125-160.
13. 金鼎錫. 1963. *Pinus rigida* Mill. 과 *Pinus taeda* L. 및 그의 F<sub>1</sub> hybrid의 核型分析. *林學研報*, 3 : 2-28.
14. 金鼎錫. 1975. *Robinia Pseudoacacia* L. 의 Colchitetraploid에 관한 研究. *林育研報*, 12 : 1-108.
15. Kim, C.S., S.K., Lee, S.B., Lee, C.M. Kim. 1979. Studies on the frost damage and their mechanism of some principal forest trees *Kor. Jou. of Breeding*. 11(2) : 9-119.
16. 金鼎錫·鄭宇珪·安重極·鄭美貞·韓昌淑. 1986. 韓國產 *Juniperus rigida*의 두 產地의 核型分析. *韓林誌*. 73 : 9-13.
17. Kim, C.S., Y.D., Kim and W.G. Jeong. 1986. Karyological studies of the *Coniferales* trees in Korea. 18th IUFRO world congress. Sep. 7-21.
18. Kim, C.S., Y.D., Kim and W.G. Jeong. 1986. Karyotype analysis in seven cultivated *Juniperus chinensis* and a cultivated *Pinus densiflora* *J. Kor. For. Soc.*, 75 : 38-45.
19. 金榮斗. 韓國產 *Abies*屬의 核學的 類緣關係. *韓林誌*. 62 : 60-67.
20. Mergen, F. and Burley, J. 1964. *Abies* karyotype analysis. *Silvae Genetica*, 13(3) : 63-67.
21. 三上進. 1972. カラマツの 同位酵素における産地間變異. 83回 日本林學會 講演集. : 195-197.
22. Morita, K. and A. Sakai 1966. Studies on frost damage of poplars. 1. Difference in frost hardiness among varieties of hybrid poplars. *J. Jap. For. Soc.* 48(7) : 267-273.
23. 朴龍求. 1977. 소나무 天然林의 集團遺傳學的 研究. *林育研報*. 13 : 1-80.
24. Reddy, M.M. and E.D. Garber. 1971. Genetic studies of variant enzymes III. Comparative electrophoretic studies of esterases and Peroxidases for species, hybrids and amphiploids in the Genus *Nicotiana*. *Bot. Gaz.*, 132(2) : 158-166.
25. Runquist, E.W. 1968. Meiotic investigations in *Pinus sylvestris* L. *Hereditas*, 60 : 77-128.
26. 酒井寛一·官岐安貞·松浦堯. 1969. スギのアイソザイムに 關する 研究 (豫報). 80 日本大會 講集, 159-196.
27. Sakai, K.I., Y. Miyazaki, and T. Mastuura, 1971. Genetic studies in natural population of forest trees I. Genetic variability on the enzymatic level in natural forests of *Thujaopsis dolabrata*. *Silvae Genetica*, 20 : 168-173.
28. Sakai, K. I. and Y. Miyazaki, 1972. Genetic studies in natural population of forest trees II. Family analysis; a new method for quantitative genetic studies. *Silvae Genetica*, 21 : 149-154.
29. Saylor, L.C. 1964. Karyotype analysis of *Pinus*-group lariciones. *Silvae Genetica*, 13(6) : 165-192.
30. Saylor, L.C. and B.W. Smith. 1966. Meiotic irregularity in species and interspecific hybrids of *Pinus*. *Amer. J. Bot.*, 53(5) : 453-468.
31. 四手井 綱英, 諸見里 秀幸. 1965. アカマツ およびクロマツの 核型分析 (I). *日林誌*. 271-274.
32. Siegel, B.Z. and A.W. Galston. 1967. The isoperoxidases of *Pinus*. *Plant physiology*, 42 : 221-226.
33. Simak, M. 1962. Karyotype analysis of *Larix decidua* Mill. From different provenances. *Medd. Stat. Skogsforskn. Ins.*, 51(1) : 3-22.
34. Simak, M. 1964. Karyotype analysis of

- siberian larch(*Larix sibirica* Ledb. and *Larix sukaczewii* Dyl.) *Studia Forestalia Suecica*, 17 : 3-15.
35. 梁郷正孝・菊池秀天・佐木義則. 1982. スギ 精英樹西川 2號の細胞學的 特性. 34回 日林 關東支請. V-1 : 93-94.
36. Toda, Y. 1980. Chromosomes of *Cryptomeria japonica* D. Don. *The Heredity*. 34 : 11-16.
37. Vidakovic, M. 1960. Some characteristics of the needles structure and growth in hybrids between Austrian pine and Japanes red pine. *Silvae Gen.* 15(5/6) : 155-160.
38. Yamamoto, T. and A. Sakai. 1977. Freezing resistance of chestnut. *J. Jap. For. Soc.* 59(10) : 360-367.