

소나무 및 곰솔의 樹脂溝指數에 따른 針葉, 毬果 및 種子의 形態的 特性과 同位酵素의 變異^{1*}

孫斗植² · 朴相俊² · 黃在禹³

The Variation of Isoenzymes and Morphological Characteristics of Needle, Cone and Seed According to Resin Duct Index in *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii*^{1*}

Doo Sik Son², Sang Jun Park², and Jae Woo Hwang³

要 約

소나무, 雜種소나무 및 곰솔의 樹脂溝指數의 變化에 따라 針葉, 毬果 및 種子의 形態的 特性과 同位酵素 ADH, ME, PGI의 對立遺傳子頻度の 變異를 調査한바 다음과 같다.

1. 樹脂溝指數가 增加함에 따라 針葉의 길이, 葉초장, 毬果의 크기, 種子의 크기, 種子날개의 크기, 種子 1000粒重은 增加하고 針葉의 氣孔列數는 감소하는 경향을 나타내고 있다.
2. 針葉, 毬果 및 種子의 形態的 特性을 判別分析한 結果 樹脂溝指數와 대체로 一致하는 경향을 보이고 있으나 個體에 따라 一致하지 않는 個體도 있다. 소나무 및 雜種소나무에서는 10-25% 정도는 一致하지 않았고 곰솔에서는 거의 一致하였다.
3. 各 形態的 特性에 의한 正準判別函數의 결과 소나무, 移入交雜種, 雜種소나무, 곰솔의 量的形質中 樹脂溝指數, 種子의 1000粒重, 毬果의 크기 및 葉초장이 各樹種의 特性을 가장 잘 나타내고 있다.
4. 樹脂溝指數가 增加함에 따라 雜種度指數도 增加하는 경향을 나타내고 雜種度指數와 判別分析의 結果는 거의 같은 경향을 나타내고 있다.
5. 樹脂溝指數가 增加함에 따라 同位酵素 ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂ 對立遺傳子の 頻度は 增加하고 ADH-B₃, ME-A₄, PGI-B₃는 감소하는 경향을 나타내고 있다. ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂의 因子는 곰솔에서 소나무로 流入된 것으로 간주되며 이러한 因子가 流入됨에 따라 ADH-B₃, ME-A₄ 및 PGI-B₃는 감소하는 것으로 생각된다.

ABSTRACT

The variation of needle, cone and seed characteristics and of allelic frequency in isoenzyme, ADH, ME and PGI, according to different resin duct index in *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii* and their hybrids was analyzed. The results obtained were as follows:

1. With increase of number of resin ducts, morphological characteristics such as needle length, needle sheath length, cone size, seed size, seed wing size, 1000 seeds weight, etc. tended to be increased, while number of stomata row in needle to be decreased.

¹ 接受 1990年 10月 5日 Received on October 5, 1990.

² 慶北大學校 農科大學 College of Agriculture, Kyungpook Natl. Univ., Daegu, Korea.

³ 嶺南大學校 農畜產大學 College of Agriculture and Animal Science, Youngnam Univ., Daegu, Korea.

* 이 研究는 韓國學術振興財團 研究費로 이루어진 것임

2. As the results of discriminant analysis for the morphological characteristics of needle, cone and seed, most individuals are generally coincided with number of resin duct mostly in *Pinus densiflora* were not.
3. According to the canonical discriminant function obtained from the morphological characteristics in *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii* and their hybrids including introgressive hybrid, the resin duct index, 1000 seeds weight, cone size and needle sheath length characterized fairly their species.
4. With increase of resin duct index, hybrid index tended to be higher. The results obtained from the discriminant analysis and the hybrid index were nearly same each other.
5. With increase of number of resin duct, the allelic frequencies for isoenzyme, ADH-B₂, ME-A₂ and PGI-B₁, B₂ tended to increase but those of ADH-B₃, ME-A₄ and PGI-B₃ to decrease. It is thought that this increase of frequency for the former four isoenzymes was resulted in introgressive gene flow from *Pinus thunbergii* to *Pinus densiflora* and accordingly the frequency of latter three isoenzymes tended to decrease.

Key words : Allelic frequency ; discriminant analysis ; canonical discriminant function ; resin duct index ; hybrid index.

緒 論

소나무와 곰솔은 形態的, 遺傳的 特性이 가까운 것으로 알고 있으나 開花時期는 7-10日 정도 差異가 있다. 즉 곰솔이 빠르고 소나무가 늦으며 두 樹種 모두 花粉 飛散이 始作되고 2-3日 뒤에 암꽃은 交配遲期가 되므로 곰솔과 소나무는 自然雜種이 發生할수 있다. 그러나 自然雜種소나무가 많이 發見되지 않았다.

지금까지 소나무의 移入交雜種과 雜種소나무를 樹脂溝指數에 의하여 識別하여 왔으나 소나무 잎의 樹脂溝 位置가 한두개 中位에 나타난다고 하여 雜種소나무라 할수 있겠는가 또한 소나무의 樹脂溝指數가 0이라고 하여 純粹한 소나무라고 할수 있겠는가 하는 의문이 생긴다. 紫田¹⁾은 소나무의 樹脂溝指數는 林齡, 樹冠의 位置에 따라 變異가 있으므로 소나무의 樹脂溝指數에 의한 雜種의 識別은 誤謬를 범할 위험성이 있다고 하였다.

安等²⁾은 곰솔과 소나무의 一代雜種에서 樹脂溝指數는 0.48-0.8로 나타난다고 報告하였으므로 그 變異幅이 매우 넓다. 그러므로 本 研究에서는 樹脂溝指數에 따른 잎, 種子 및 毬果의 形態的 特性과 同位酵素 ADH, ME, PGI의 變異를 調査하여 雜種소나무의 識別에 利用코자 한다.

自然雜種의 識別은 兩親樹種의 形態的 特性이 中間形質을 나타내는 個體는 自然雜種으로 간주하여 왔으나 移入交雜種은 識別이 어려울 때가 있으므로 最近에는 同位酵素에 의하여 交配兩親樹와

移入交雜種을 區分하는 경우가 많다. Fernandez De La Reguera等³⁾은 *Pinus caribaea*, *P. oocarpa*와 이들간의 自然雜種소나무에 대하여 針葉, 毬果 및 化學的 性분을 分析하여 正準相關分析(*canonical correlation analysis*)에 의한 統計的 分析을 하여 兩親集團의 中間特性을 나타내는 것을 雜種集團으로 간주하였고 Matziris⁴⁾는 *plus tree* 5本을 포함한 *Pinus nigra*의 南部地方과 北部地方에 있는 clone間に 針葉의 形態的, 解剖學的 特性을 比較한 結果 地域間에 差異가 있다고 하였다.

Morris等⁵⁾은 *Pinus nigra*와 *P. resinosa* 自然雜種間에 交配하여 7個의 同位酵素로 各對立遺傳子가 交配母樹 혹은 花粉樹에서 온것인지를 確認하였고 Huneycutt等⁶⁾은 *Pinus taeda*와 *Pinus echinata*간의 自然雜種을 針葉, 毬果의 形態的 特性으로 選拔하여 同位酵素에 의하여 再確認할 수 있었다고 하였다.

Florence等⁷⁾도 *Pinus taeda*와 *Pinus echinata*에 대하여 protein의 band 變異와 外部形態特性으로 이들 樹種간의 自然雜種을 識別하고 이들 雜種에 대하여 fusiform rust을 接種하여 耐病性を 檢定하였다.

Feret等⁸⁾은 *Pinus rigida* 및 *Pinus taeda*와 이들간의 雜種에 대하여 針葉內的 phenol을 分析하여 雜種소나무에서는 상당한 變異가 나타났고 phenol 成分에 의하여 雜種소나무를 識別할 수 있다고 報告하였다. Fryer⁹⁾은 *Pinus rigida* 15個 集團에 대하여 同位酵素의 變異에 의하여 3個의

group으로 나누는 것과 形態의 變異에 의하여 나누는 group과 거의 一致한다고 報告하였다. 소나무 외의 他樹種에서 Spies等¹⁴⁾은 *Populus alba*와 *P. grandidentata* 및 *P. tremuloides*의 잎, 눈 및 가지의 形態의 特性을 調査하여 이들의 自然雜種을 區分하였고 Wang等¹⁵⁾은 *Casuarina glauca*, *C. equisetifolia*와 이들 雜種에 대한 形態의 特性을 기초로 하여 hybrid-index에 의하여 移入交雜種을 識別하였다. Saidman¹⁰⁾은 *Prosopis*속의 *P. caldenia*, *P. alpataco*와 *P. flexuosa*에 대하여 同位酵素 GOT의 對立遺傳子의 變異에 의하여 移入交雜種과 雜種을 識別할 수 있었다고 報告하였다.

以上과 같이 自然雜種과 移入交雜種을 識別하는데는 形態의, 解剖學的 特性, 化學의 成分, 同位酵素 및 雜種度指數(hybrid index)를 利用하여 왔다.

本研究에서는 소나무 및 곰솔의 樹脂溝指數 變異에 따라 針葉, 毬果 및 種子의 形態의 特性과 同位酵素의 對立遺傳子 變異를 調査하여 雜種소나무의 識別에 利用코자 한다.

材料 및 方法

1. 樹脂溝指數度 調査

外形態의 으로 소나무, 곰솔 및 雜種으로 간주되는 170個體를 慶北 盈德, 蔚珍의 海邊을 따라 選拔하여 樹冠의 中間部位에서 1年生 가지의 잎을 個體當 20個 以上을 採取하여 잎의 中間部位를 잘라 樹脂溝의 位置를 調査하였고 樹脂溝의 位置가 中位와 全體樹脂溝指數와의 比를 樹脂溝指數(RDI)로 하였다. 樹脂溝의 位置가 全部 外位로 나타난 個體 즉 樹脂溝指數가 0인 個體를 소나무, 0.01-0.09 個體를 移入交雜種, 0.10-0.89를 雜種소나무, 0.90-1.00을 곰솔로 간주하여 區分하고 다른 特性도 이 樹脂溝指數에 따라 區分하여 比較하였다.

2. 針葉, 毬果 및 種子의 形態의 特性

針葉은 針葉의 길이 및 葉초장, 單位幅當(1mm) 氣孔列數를 調査하였고 毬果의 길이 및 幅, 種子의 길이 및 幅, 種子날개의 길이 및 幅과 種

子의 1000粒重을 調査하여 樹脂溝指數의 變化에 따른 各 形態의 特性의 變異를 比較하였다. 針葉과 毬果는 各 個體別로 50個 以上, 種子是 200個 以上을 調査하여 平均하였다.

3. 各 特性의 統計의 分析

針葉, 毬果 및 種子의 形態의 特性을 SPSS의 判別分析(discriminant analysis)에 의하여 소나무, 곰솔, 雜種소나무 및 移入交雜種을 區分하였고 各 特性의 變數間에 正準相關(canonical correlations)을 구하여 소나무, 곰솔 및 雜種소나무의 特性을 잘 나타내는 因子를 구하였다. 또한 各 形態의 特性을 Anderson²⁾의 雜種度指數(hybrid index)를 利用하여 各 個體別로 各 特性의 雜種度指數를 合計한 數와 樹脂溝指數를 比較하였다.

4. 同位酵素分析

同位酵素 ADH, ME, PGI를 starch gel에 의한 電氣泳動¹³⁾을 하여 分離된 band는 一般發色法에 의하여 區分하고 對立遺傳子의 出現頻度を 樹脂溝指數 變化에 따른 變異를 各 各 調査하였다. ADH는 B₁, B₂, B₃, ME는 A₁, A₂, A₃, A₄와 PGI는 B₁, B₂, B₃, B₄, B₅의 對立遺傳子 頻度を 樹脂溝指數인 RDI가 0, 0.01-0.04, 0.05-0.09, 0.10-0.49, 0.50-0.89, 0.90-1.00 別로 頻度變異를 調査하였다.

結果 및 考察

1. 樹脂溝指數에 따른 形態의 特性

表 1과 같이 樹脂溝指數가 增加함에 따라 針葉의 길이, 葉초장, 毬果의 길이 및 幅, 種子의 길이 및 幅, 種子날개의 길이 및 幅, 種子의 千粒重은 增加하는 傾向을 나타내고 針葉의 氣孔列數만이 감소하는 傾向을 나타내고 있다. 氣孔列數를 除外한 모든 特性은 소나무는 작고 곰솔은 크며 이들의 雜種소나무들은 中間數值를 나타내고 있다. 그러나 RDI가 0.01-0.09 사이에서는 多少 順序가 바뀌는 특성도 있었다.

Table 1. Variation of needle, cone and seed characteristics according to RDI in *Pinus densiflora*, *P. thunbergii* and their natural hybrids.

Characteristics	Species	Introgressive hybrid		Hybrid pine		<i>P. thunbergii</i>	
	RDI	0.00	0.01-0.04	0.05-0.09	0.10-0.49	0.50-0.89	0.90-1.00
Needle length±SD (cm)		7.38±0.82	8.92±1.23	8.87±1.22	8.79±1.58	10.66±1.57	13.27±1.64
Length of leaf sheath±SD(cm)		0.83±0.04	0.91±0.10	0.88±0.15	0.92±0.14	1.03±0.11	1.29±0.17
Number of stomata row±SD		4.25±0.20	3.83±0.36	3.72±0.31	3.72±0.35	3.52±0.38	3.33±0.25
Cone length±SD (cm)		3.84±0.57	4.27±0.71	4.23±0.79	4.11±0.28	4.70±0.78	5.77±0.66
Cone width±SD (cm)		2.02±0.53	2.35±0.30	2.24±0.24	2.35±0.24	2.32±0.31	3.10±0.30
Seed length±SD (mm)		5.04±0.34	4.88±0.29	4.92±0.42	4.98±0.42	5.30±0.34	5.94±0.28
Seed width±SD (mm)		2.93±0.35	2.74±0.19	2.86±0.22	2.63±0.42	2.88±0.48	3.48±0.32
Length of seed wing±SD(mm)		10.33±0.58	10.20±0.73	11.06±1.31	11.29±0.90	12.38±2.11	12.92±0.62
Width of seed wing±SD(mm)		5.11±0.55	5.34±0.41	5.30±0.14	5.13±0.43	5.44±0.58	5.79±0.36
Weight of 1000 seeds±SD(g)		10.31±0.61	10.08±0.59	10.33±1.36	10.93±1.08	12.22±2.16	15.61±1.11

2. 各特性的 統計的 分析

Fig. 1과 같이 1은 RDI가 0으로서 순수한 소나무, 2는 RDI가 0.01-0.09로 移入交雜種, 3은 RDI가 0.1-0.8로서 雜種소나무, 4는 RDI가 0.9以上으로 곰솔로 간주하여 針葉, 毬果, 種子의 特性을 正準判別函數(canonical discriminant function)에 의하여 X, Y 두축으로 할때 그값을 나타낸 것이다. 소나무는 正準判別函數가 -2以下에 分

布하고 移入交雜種은 소나무와 雜種소나무 領域에 混在해 있고 雜種소나무는 -2에서 3까지 넓게 分布하며 곰솔은 5前後에 分布하여 確實히 區分되고 있다.

以上과 같이 RDI에 의하여 소나무, 移入交雜種, 雜種소나무 및 곰솔을 區分하였으나 針葉, 毬果 및 種子의 特性을 個體別로 判別分析한 결과 蔚珍 23번 個體는 RDI는 0이나 形態의 特性은 移入交雜種으로, 蔚珍 9번 個體는 RDI가 0.01이나 形態의 特性은 소나무로, 蔚珍 2, 30, 51번 個體는 RDI가 各各 0.10, 0.10, 0.11로 나타났으나 形態의 特性은 移入交雜種으로, 蔚珍 45번 個體는 RDI가 0.28이나 形態의 特性은 소나무로 分類되었다.¹²⁾ RDI가 增加함에 따라 形態의 特性은 대체로 增加하고 있으나 以上の 個體들은 RDI의 變化에 따르지 않고 있다.

表2에서와 같이 0은 소나무, 0.01-0.09는 移入交雜種, 0.10-0.89는 雜種소나무, 0.90-1.0은 곰솔로 간주하였을때 形態의 特性을 判別分析에 의하면 各各 83.3%, 93.3%, 75.0%, 100%는 樹脂數指溝와 一致하나 나머지는 誤差를 범할 위험성이 있다. 그러므로 RDI만으로는 소나무, 移入交雜種, 樹種소나무 및 곰솔을 區分하는 것은 多少 위험 부담이 있으므로 여러가지 特性을 綜合的으

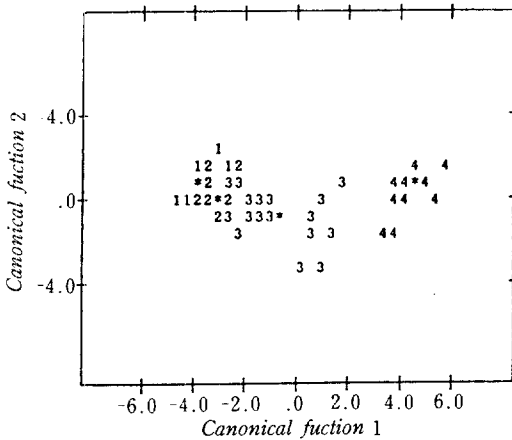
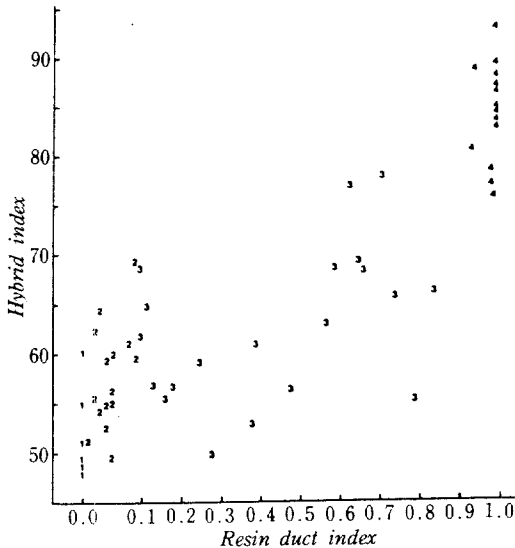


Fig. 1. Plot of canonical discriminant function of needle, cone and seed characteristics
 1: *Pinus densiflora*, 2: Introgressive hybrid,
 3: Hybrid pine, 4: *Pinus thunbergii*,
 *: Group centroid

Table 2. Percentage of individuals which the resin duct index coincides with characteristics of needle, cone and seed by discriminant analysis.

RDI	Species	<i>Pinus densiflora</i>	Introgressive hybrid	Hybrid pine	<i>Pinus thunbergii</i>
		(%)	(%)	(%)	(%)
0.00		83.3	16.7	0.0	0.0
0.01-0.09		6.7	93.3	0.0	0.0
0.10-0.89		5.0	15.0	75.0	5.0
0.90-1.00		0.0	0.0	0.0	100.0

**Fig. 2.** Scattered plot of the relationship of hybrid index and resin duct index by species 1: *Pinus densiflora*, 2: Introgressive hybrid, 3: Hybrid pine, 4: *Pinus thunbergii*.

로 분석, 判斷해야 할 것이다.

여러가지 形態의 特性中에 소나무, 移入交雜種, 雜種소나무, 곰솔을 區分하기 위하여 正準判別函數에 의하면 樹脂溝指數, 種子 1000粒重, 毬果의 길이, 葉초장, 種子날개의 크기 등은 그 樹種의 形態의 特性을 가장 잘 나타내는 變數라고 할 수 있으며 eigenvalue가 10.015로 하나의 函數만으로도 그 特性을 충분히 나타내며 變異의 比率도 92.83%를 나타내고 있다.

Fig. 2에서도 RDI가 增加함에 따라 雜種度指數가 增加하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 蔚珍 23, 24번 個體는 RDI가 0으로 나타나고 있으나 雜種度指數가 각각 55, 60으로 나타나므로 移入交雜種으로 간주되고 蔚珍 9, 18, 45번 個體는 RDI가 각각 0.01, 0.05, 0.28로 나타나고 있으나¹²⁾ 雜種度指數는 51, 49, 50으로 나타나므로 소나무

로 간주된다. 곰솔은 雜種度指數가 80以上으로 雜種소나무와는 完全히 區分된다. 그러므로 雜種度指數와 判別分析의 結果는 거의 같은 경향을 나타내고 있다.

3. 同位酵素 分析

表 3에서 RDI가 增加함에 따라 ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂ 對立遺傳子의 頻度는 增加하고 反對로 ADH-B₃, ME-A₄ 및 PGI-B₃는 감소하고 있다. 특히 PGI-B₁ 및 B₂ 因子는 소나무에서는 全然 나타나지 않고 있으나 곰솔에서는 各各 0.214, 0.766을 나타내고 ADH-B₂는 소나무 0.028이나 곰솔에서 0.486을 나타내고 ME-A₂는 소나무에서는 0.047이나 곰솔에서 0.700을 나타내고 있다. 그러므로 ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂는 곰솔에서 소나무로 流入된 因子로 간주된다. 특히 앞 判別分析에서 RDI가 0인 個體가 形態의 特性으로 移入交雜種으로 判定된 蔚珍 23번 個體는 ADH의 對立遺傳子型이 B₂B₃를 나타내고 있으므로 곰솔의 因子가 들어 있다. 그러므로 RDI가 잘못 調査된 것으로 생각되며 또한 蔚珍 45번 個體는 RDI가 0.28로서 雜種 소나무로 간주하였으나 判別分析에서 소나무로 判定된 個體로서 ADH, ME, PGI의 遺傳子型은 各各 B₁B₃, A₁A₄, B₃B₃로 나타나고 있으므로 곰솔의 因子는 들어 있지 않다. 또한 蔚珍 9번도 RDI가 0.01이나 形態의 特性에 의해 소나무로 判定된 個體로서 ADH, ME 및 PGI의 遺傳子型은 各各 B₃B₃, A₄A₄, B₃B₃로서 곰솔의 因子는 들어 있지 않다²⁾.

ADH-B₃의 遺傳子頻度는 소나무에서 0.639이나 곰솔에서 0.300이고 ME-A₄는 소나무에서 0.656인데 比하여 곰솔에서는 0.014이며 PGI-B₃는 소나무에서는 0.928이나 곰솔에서는 전혀 나타나지 않았으므로 ME-A₄와 PGI-B₃는 소나무에만 있는 因子로 생각된다. 또한 ADH-B₃, ME-A₄ 및

Table 3. Variation of allelic frequencies in ADH, ME and PGI according to RDI of *Pinus densiflora*, *P. thunbergii* and their natural hybrids.

Isozyme	Species	Introgressive hybrid			Hybrid pine		<i>P. thunbergii</i>
	RDI	<i>P. densiflora</i>	0.01-0.04	0.05-0.09	0.10-0.49	0.50-0.89	
ADH	B ₁	0.333	0.222	0.206	0.161	0.094	0.214
	B ₂	0.028	0.139	0.118	0.250	0.375	0.486
	B ₃	0.639	0.639	0.676	0.589	0.531	0.300
N		36	36	17	28	16	35
ME	A ₁	0.172	0.161	0.118	0.107	0.250	0.257
	A ₂	0.047	0.258	0.176	0.286	0.361	0.700
	A ₃	0.125	0.145	0.206	0.161	0.028	0.029
	A ₄	0.656	0.436	0.500	0.446	0.361	0.014
N		32	31	17	28	18	35
PGI	B ₁	—	—	—	0.033	0.028	0.214
	B ₂	—	0.071	0.125	0.150	0.472	0.786
	B ₃	0.908	0.786	0.781	0.700	0.472	—
	B ₄	0.026	—	—	—	0.028	—
	B ₅	0.066	0.143	0.094	0.117	—	—
N		38	35	16	30	18	35

N : Number of trees investigated

PGI-B₃ 因子는 RDI가 增加함에 따라 감소하는 것은 곰솔의 因子 ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂가 소나무로 流入됨에 따라 ADH-B₃, ME-A₄ 및 PGI-B₃ 因子의 頻度가 감소하는 것으로 간주된다.

以上的 結果에서 樹脂溝指數인 RDI가 增加함에 따라 形態의 特性和 同位酵素 ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂는 대체는 增加하는 경향을 나타내고 있으나 Shibata는¹¹⁾ 소나무의 樹脂溝는 樹齡, 樹冠의 位置에 따라 다르다고 報告하였고 本 調査에서도 指數溝指數와 다른 特性이 個體에 따라 一致하지 않는 個體가 있으므로 소나무, 移入交雜種, 雜種소나무 및 곰솔을 識別하는데는 여러 가지 特性을 綜合的으로 判斷하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

結 論

소나무, 곰솔 및 雜種소나무에 대하여 樹脂溝指數의 變化에 따라 針葉, 毬果 및 種子特性의 變異를 調査한 結果 樹脂溝指數인 RDI가 增加함에 따라 針葉의 길이, 葉초장, 毬果의 길이 및 幅, 種子의 길이 및 幅, 種子날개의 길이 및 幅, 種子의 千粒重은 增加하고 針葉의 氣孔列數는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 RDI와 形態의 特

性을 個體別로 判別分析한 結果 곰솔은 RDI와 形態의 特性이 一致하여 명확하게 區分되고 있으나 소나무, 移入交雜種 및 雜種소나무는 個體에 따라 一致하지 않는 個體가 나타나고 있다. RDI와 形態의 特性이 一致하는 個體는 소나무가 83.3%, 移入交雜種은 93.3%, 雜種소나무는 75.0%, 곰솔은 100%의 比率로 나타나고 소나무, 移入交雜種, 雜種소나무, 곰솔의 形態의 特性을 正準判別函數 (canonical discriminant function)에 의하면 樹脂溝指數, 種子 1000粒重, 毬果의 크기, 葉초장이 各 樹種의 特性을 가장 잘 나타내고 있다. 雜種度指數에서는 RDI가 增加함에 따라 雜種度指數도 대체로 增加하는 경향을 나타내고 있으나 個體에 따라 一致하지 않는 個體도 있다.

ADH-B₂, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂ 對立遺傳子는 소나무에서는 나타나지 않고 있으나 곰솔에서는 各各 0.486, 0.700, 0.214 및 0.781로 나타나고 RDI가 增加함에 따라 이들 因子의 頻度も 增加하는 경향을 나타내고 있으나 ADH-B₃, ME-A₄ 및 PGI-B₃는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러므로 곰솔의 ADH-B₃, ME-A₂ 및 PGI-B₁, B₂ 因子는 곰솔에서 소나무로 流入된 것으로 간주되고 이들 因子가 流入되면서 ADH-B₃, ME-A₄ 및 PGI-B₃ 因子는 감소된 것으로 생각된다.

以上の結果에서 소나무, 移入交雜種, 雜種소나무, 곰솔을 識別함에 있어 樹脂溝指數 만으로는 誤謬를 범할 위험성이 있으므로 여러가지 形態의 特性和 同位酵素를 分析하여 綜合的으로 判斷해야 할 것이다.

引用 文 獻

1. Ahn, K.Y. and M. Katsuta, 1968. Some characteristics of the needle structure in hybrids between *Pinus thunbergii* and *P. densiflora*. Journal of Japanese Forestry Society, 50(4) : 117-119.
2. Anderson, E. 1949. Introgressive hybridizations. John Wiley and Sons, Inc. 109 P.
3. Feret, P.P., R.A. Mayes, Th. J. Tworkoski and R.E. Kreh. 1980. Chromatographic analysis of *Pinus rigida* x *P. taeda* hybrids and their parents. Silva Genetica 29(3-4) : 155-157.
4. Fernandez De La Reguera, P.A., J. Burley and F.H.C. Marriott, 1988. Putative hybridization between *P. caribaea* Morelet and *P. oocarpa* Schiede : a canonical approach. Silvae Genetica 37(3-4) : 88-93.
5. Florence, L.Z. and R.R. Hicks, Jr. 1980. Further evidence for introgression of *Pinus taeda* with *P. echinata* : electrophoretic variability and variation in resistance to *Cronartium fusiforme*. Silvae Genetica. 29(2) : 41-43.
6. Fryer, J.H. 1987. Agreement between patterns of morphological variability and isozyme band phenotypes in pitch pine. Silvae Genetica. 36(5-6) : 199-206.
7. Huneycutt, M. and G.R. Askew. 1989. Electrophoretic identification of loblolly pine-shortleaf pine hybrids. Silvae Genetica. 38(3-4) : 95-96.
8. Matziris, D.I. 1984. Genetic variation in morphological and anatomical needle characteristics in the black pine of Peloponnesos. Silvae Genetica. 33(4-5) : 164-169.
9. Morris, R.W., W.B. Critchfield and D.P. Fowler. 1980. The putative Austrian red pine : A test of paternity based on allelic variation at enzyme-specifying loci. Silvae Genetica. 29(3-4) : 93-100.
10. Saidman, B.O. 1990. Isozyme studies on hybrids swarms of *Prosopis caldenia* and sympatric species. Silvae Genetica. 39(1) : 5-8.
11. Shibata, M. 1977. Genetical and breeding studies on the Japanese species *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii* and their hybrids. Bull. Oji Inst. For. Tree Imp. No 4 : 1-92.
12. Son, D.S., C.Y. Kwon and S.J. Park. 1990. The characteristics of selected trees of putative hybrid pines between *Pinus thunbergii* and *Pinus densiflora*. Jour. Korean For. Soc. 79(3) : 127-137.
13. Son, D.S., S.C. Hong, J.K. Yeo and J.B. Ryu. 1989. Genetic variation of isozymes in populations of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* naturally distributed in Kyungpook province. Jour. Korean For. Soc. 78(4) : 345-359.
14. Spies, T.A. and B.V. Barnes. 1981. A morphological analysis of *Populus alba*, *P. grandidentata* and their natural hybrids in Southeastern Michigan. Silvae Genetica. 30(2-3) : 102-106.
15. Wang, T.T., J.C. Yang and Z.Z. Chen. 1984. Identification of hybridity of Casuarinas grown in Taiwan. Silvae Genetica. 33(4-5) : 128-133.