

## 韓國産 분비나무와 구상나무의 形質分析과 種間類緣關係<sup>1\*</sup>

張珍成<sup>2</sup> · 金正臺<sup>3</sup> · 玄正悟<sup>3</sup>

### An Analysis of Morphological Variation in *Abies koreana* Wilson and *A. nephrolepis* (Traut.) Maxim. of Korea (Pinaceae) and Their Phylogenetic Problems<sup>1\*</sup>

Chin-Sung Chang<sup>2</sup>, Jeong Ill Jeon<sup>3</sup> and Jung Oh Hyun<sup>3</sup>

#### 요 약

국내 잣나무속의 분비나무와 구상나무를 중심으로 집단간, 종간 주요 15개의 형질에 대한 분석을 통해 식별(identification)형질과 유별(classification)형질과의 관계를 증명하고자 하였다. 주성분분석(principal components analysis : PCA)과 유집분석(cluster analysis) 결과 종을 식별하는데 도움을 주는 형질로는 잎의 폭, 종자길이, 종자날개의 폭, 길이, 구과 폭, 실편의 폭, 포침의 길이였으나, 종간 형질의 최고-최저의 구간을 비교하였을 때에는 서로 중첩되어 현실적으로 표본을 중심으로 한 종간 구분은 불가능하였다. 집단별로는 구상나무의 경우 지리산 집단이 구과의 크기와 포침의 길이가 큰 반면, 한라산 집단의 개체들은 대부분 종자크기(폭과 날개)와 실편의 폭 등이 다른 집단에 비해 컸으며, 덕유산 집단은 대부분의 형질이 왜소한 특징을 보여주었다. 잣나무속의 주요 식별형질로 인식되는 잎의 수지구 위치를 집단별로 조사하여 본 결과, 한라산 개체의 경우 구상(나무)형으로 인지되었으나, 지리산 개체의 경우 약 75%정도만이 구상형인 반면, 덕유산, 가야산의 경우에는 50% 이하가 구상형과 분비형으로 확인되어 두 집단의 일부개체는 분비나무와 구분이 불가능하였다. 한편, flavonoids 분석 결과, flavanol, dihydroflavonol, flavanone 등 3개群의 flavonoids가 확인되었는데, 구상나무에서만 존재하는 flavanone(5-deoxyflavanone)을 제외하고는 뚜렷한 종간 차이점을 확인할 수 없었다. 구상나무의 경우 한라산과 지리산 집단에서 flavanone의 성분이 발견된 반면, 덕유산의 경우는 이 성분이 존재하지 않아, 화학적으로는 분비나무에 더 가까웠다. 오대산, 명지산, 치악산, 중왕산, 소백산에서 채집된 분비나무의 경우(설악산 집단의 일부개체 제외), 구상나무에서 발견된 flavanone 성분은 없었고 대신 분비나무의 특징인 dihydrokaemferol의 성분이 다량 존재하였다. 日本과 中國, 臺灣의 25종의 flavonoids를 비교 분석한 결과, 구상나무에서 발견된 flavanone성분이 中國種 중 수지구의 내형과 외형을 모두 가지는 雲南省, 四川省의 *A. faxoniana* Rehder et Wilson(원시종으로 추측)과 雲南省, 四川省, 西藏省의 *A. georgei* Orr에서 발견됨에 따라 수지구위치는 국내종의 경우 집단적 변이에 의한 반면, 中國에서는 종간 유연관계를 설명하는 주요 형질로 밝혀졌다. 정량적 형질을 중심으로는 분비나무와 구상나무를 식별할 수 있는 형질이 존재하지 않으나 수지구가 안쪽에 위치한 中國의 *A. faxoniana*와 *A. georgei*에서 구상나무의 특유성분인 flavanone이 발견되어 형태적으로 수지구위치가 상대적으로 중요한 형질로 재확인되었으며 한국의 일부 집단에서 보이는 구상형 연속변이는 분비나무와의 잡종현상이나 또는 신생대 4기 때 분비나무와 구상나무의 유전자교합, 혹은 이입

<sup>1</sup> 接受 1997年 6月 27日 Received on June 27, 1997.

<sup>2</sup> 수원 사서함 77, 우편번호 445-743 수원대학교 생명과학부 Division of Life Science, Suwon City P.O. Box 77, Suwon 445-743, Korea

<sup>3</sup> 서울대학교 농업생명과학대학 산림자원학과 및 관악수목원 Kwanak Arboretum and Dept. of Forest Resources, Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea

\* 본 연구는 95년도 교육부 학술연구조성비 농업과제 : 농-95-22에 의하여 수행되었으며, Appendix의 사진을 제공해주신 상지대 임학과 김갑태교수님께 감사드립니다.

현상에 인한 것으로 추정된다. 수지구 위치 변이와 화학적 변이의 중간적 형태를 보여주는 지리산, 덕유산, 가야산 지역의 집단유전구조 분석 후에도 그 실체가 밝혀질 것으로 기대되며 현재 연구중이다.

### ABSTRACT

Ten total populations of Korean fir (*Abies koreana* Wilson) and Manshurian fir [*A. nephrolepis* (Traut.) Maxim.] were sampled from south Korea to investigate patterns of intraspecific variation in these species and to evaluate a recognition of the two species. Principal components analysis and cluster analysis were performed both on seed-cone data and on needle morphology data. The characters that contributed most to the separation between *A. koreana* and *A. nephrolepis* along three principal components axis were leaf width, length of seed, width of seed wing, length of seed wing, cone width, width of scale, and length of bract tip, but these characters were not diagnostic because of overlap in reality. Therefore, all these characters were not reliable in distinguishing these two taxa including bract position (exserted and recurved vs. exserted and straight). The individuals of *A. koreana* from Mt. Chi-ri appeared quite unique probably on account of its larger cone size and longer scale tip, while those from Mt. Hal-la of *A. koreana* were generally distinct from others in terms of their larger seed and seed wing and longer scale width. The Mt. Duk-yu specimens of *A. koreana* appeared somewhat smaller but more data were needed due to the small sampling size. Generally, the gradual clinal geographic trends made evident by the position of resin ducts in leaves of *A. koreana* can be detected. The southern populations, Mt. Hal-la (an insular population) were generally distinct from the northern populations (Mt. Chi-ri, Mt. Ga-ya and Mt. Duk-yu) in terms of their position of resin duct (medial, within mesophyll vs marginal, close to epidermis: 100% vs 75 or 50%). Although no sharp boundary separating these two species could be detected based on cone and needle morphology, the observed clinal pattern was distinct in northern populations of *A. koreana* and southern population of *A. nephrolepis*. In a preceding study of the flavonoids variation of 20 species in eastern Asia, flavanone (5-deoxyflavanone) was found to be characteristic of *A. faxoniana* Rehder et Wilson, *A. georgei* Orr of China and *A. koreana* of Korea. *A. faxoniana*, which is assumed to be primitive species, has position of resin duct relative to both the medial and the marginal, while *A. georgei* and *A. koreana* are identified by marginal position of resin duct. With respect of foliar flavonoids chemistry, *A. koreana* was distinct from *A. nephrolepis*: the southmost samples (Mt. Hal-la and Mt. Chi-ri) contained additional flavonoids derivatives (mainly flavanone) that were not found in the northmost samples of *A. nephrolepis* except a few individuals from Mts. Seo-rak and Tae-bak populations of Kwang-won province. The presence of *A. koreana* type flavonoids in two Chinese species suggested that position of resin duct may be a phyletic character. *Abies koreana* including two Chinese taxa, exhibited the most elaborate and specialized flavonoids profile within the *Abies* in eastern Asia. Contrary to our initial expectations, the apparent intermediates between *A. nephrolepis* and *A. koreana* in Duk-yu and Ga-ya mountains were found. The pattern of variation on position of resin duct and flavonoids chemistry in these populations of *A. koreana* suggested that genetic interchange or natural hybridization had occurred between these two species. The evidence needed to resolve the status of this taxon is still inconclusive in our opinion until intermediate individuals from Mts. Duk-yu and Ga-ya show indication of hybridization between the two species.

*Key words*: taxonomy, principal components analysis, cluster analysis, resin duct, flavonoids, hybridization.

## 서 론

젓나무屬(*Abies*)은 전 세계적으로 40여種이 아시아, 남 북미, 유럽 등 주로 북반구에 자생하는 소나무과(Pinaceae)식물로서(Willis, 1973), 화석 연구에 의하면 중생대 말기에서부터 신생대 초기에 여러 대륙에서 많은 種이 분화하였다고 한다(Miller, 1976). 젓나무屬중 아시아에 분포하는 종은 약 28종으로서 우리 나라의 젓나무는 *Pitcha* 節에 속한 반면, 분비나무와 구상나무는 *Momi* 節에 속한다(Cheng과 Fu, 1978). 아시아에 분포하는 젓나무속의 주요 식별형질로는 수피의 색깔, 잎 선단의 모양, 소지에 털의 유무, 구과의 색깔, 구과의 포(bract)의 모양, 기공과 수지구의 위치 등이나, 대부분 집단 내에서 연속변이를 보여주어 種間식별에 상당한 어려움이 있다(林弥學, 1967; Ohwi, 1984; 李昌福, 1980, 1986; Kitamura와 Murata, 1984).

젓나무속중 北美産의 몇몇 종은 외부형태에 관한 분류학적 연구(Parker 等, 1979; Parker와 Maze, 1984; Parker 等, 1981; Palmer와 Parker, 1991; Robson 等, 1993)와 flavonoids에 관한 연구(Parker 等, 1984; Parker 等, 1979) 그리고 terpenoids에 대한 연구(Hunt와 von Rudloff, 1979; von Rudloff, 1975) 등이 다수 있어 분류학적 실체에 대해 잘 알려져 있으나, 동북아시아에 분포하는 종에 대한 분류학적 연구로는 대만의 Li(1963), Ohwi(1984)를 비롯하여 국가별 식물도감에 기재되어 있는 것과 Liu(1971)의 종속지연구가 전부다. 국내에서는 젓나무속에 대한 연구로는 구상나무의 형태적 변이에 대한 연구(이강연과 김현권, 1982)와 terpenoids 화학성분 분석(田承勳, 1988)이 있었으나 구상나무와 분비나무간의 유연관계나 분류학적 분제에 대한 연구는 전무한 편이다. 구상나무는 제주도의 한라산, 전라남북도의 지리산, 전라북도 덕유산에 분포하는 특산종으로서 중국의 북동부, 러시아에서 강원도와 충청남북도, 경상북도에 까지 분포하는 분비나무와는 구과의 포가 뒤로 젖혀지는 특징으로 식별이 가능하다고 알려져 왔다(李昌福 1980, 1986). 한편, 분비나무와 비슷하게 분포하는 젓나무는 구과가 크고 잎 끝이 갈라지지 않고 구과의 포가 짧아 분비나무나 구상나무와 쉽게 식별

이 가능하다. 그러나, 구과의 포에 의존한 구상나무와 분비나무의 차이점은 때로 집단에서 구과가 없을 때 동정이 불가능하고, 반면에 앞에서 수지구의 위치에 의해 구분이 가능하다고 문헌(李昌福, 1986)에는 보고되지만 집단간, 집단내 개체별 차이로 고정된 형질로 보기에는 어려움이 있다. 따라서 일부에서는 동일종 혹은 변종으로 보는 바(田承勳, 1988) 국내에서도 구상나무와 분비나무의 종의 실체에 대한 논란이 있다.

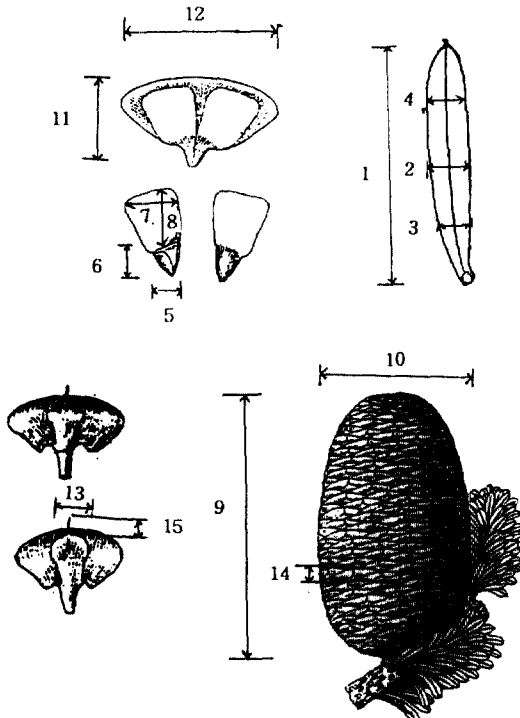
본 연구는 東北아시아의 韓國, 日本, 中國, 臺灣에 自生하는 젓나무속중 韓國에 자생하는 분비나무와 구상나무를 중심으로 주요 형질에 대한 분류학적 연구를 통해 중국과 일본의 近緣種과의 계통유연관계를 밝히고자 하였다. 특히, 잎, 구과, 종자의 집단내 변이에 대한 조사의 일환으로 각 집단에서 임의로 선발된 개체를 중심으로 다변량 분석을 통해 외부형질의 변이와 집단간의 상관관계 조사와 함께 일부 조사된 flavonoids 자료를 중심으로 종의 실체를 밝히고자 하였다.

## 재료 및 방법

구상나무(*Abies koreana* Wilson), 분비나무[*A. nephrolepis* (Traut.) Maxim.]를 중심으로 1995년 8월, 9월 그리고 10월의 3개월간 구과와 種子가 포함된 시료를 채집하였다. 분비나무는 강원도 평창군 오대산(32개체; 비로봉과 두로봉, alt. ca. 1,400m), 속초시 설악산(9개체, alt. ca. 1,700m), 경기도 가평군 명지산(1, alt. ca. 1,200m), 그리고 강원도 원주시 치악산(2, alt. ca. 1,000m)에서, 구상나무의 경우 제주도 제주군 한라산(32, 어승생-정상-영실; 성관악-정상-관음사, alt. ca. 1,000-1900m), 전라남도 구례군 지리산(14, 노고단-반야봉, alt. ca. 1,400-1,700m), 전라북도 무주군 덕유산(8, 북덕유산 정상부근, alt. ca. 1,500m)에서 각 개체별로 확충 표본을 제작하여, 서울대학교 농업생명과학대학 관악수목원 표본실(SNUA)에 보관하였다. 이외에 젓나무(*A. holophylla* Maxim.)의 경우, 구상나무와 분비나무와의 비교를 위해 2개체 정도에서 같은 15개의 형질을 조사하였고 외국 표본관(NY, BM, MO, US)에서 임대(loan)된 100여개의 표본 중 형질측정이 가능한 中國의 일부 種(*Abies delavayi* Franchet, *A. fargesii* Fran-

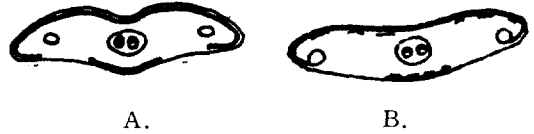
**Table 1.** Fifteen characters measured on three species of *Abies* of Korea for use in the phenetic analysis.

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. leaf length                      |
| 2. leaf width at 1/2 of leaf length |
| 3. leaf width at 1/3 of leaf length |
| 4. leaf width at 2/3 of leaf length |
| 5. length of seed                   |
| 6. width of seed                    |
| 7. length of seed wing              |
| 8. width of seed wing               |
| 9. cone length                      |
| 10. cone width                      |
| 11. length of scale                 |
| 12. width of scale                  |
| 13. width of bract                  |
| 14. length of bract out of scale    |
| 15. length of bract tip             |



**Fig. 1.** Diagrammatic representation of fifteen characters measured on herbarium specimens of *Abies* (adapted from Cheng and Fu, 1978).

chet, *A. fanginshaenensis*, *A. faxoniana* Rehder et Wilson)과 日本의 種(*A. sachalinensis* (Fr. Schm.) Mastumura, *A. veitchii* Lindley)



**Fig. 2.** Cross section of leaf of *Abies* (adapted from Cheng and Fu, 1978); A: *A. nephrolepis*, B: *A. koreana*.

을 조사하였다(Appendix 참조). 또한, 1996년 8-9월 사이에 채집된 강원도 태백시 태백산, 경상북도 합천군 가야산, 충청북도 영주시 소백산의 일부 개체의 수지구 위치를 확인하였다.

구상나무와 분비나무의 외부형질에 대한 관찰로는 잎과 구과에서 15개 정량적 형질(Table 1과 Fig. 1)을 측정하여 각 형질을 수량화하였는데, 種間의 유효 형질 판별을 위해서는 SAS의 ANOVA(PROC GLM이용)를 이용하여 각 種間 식별에 유효한 형질을 선별하였으며 이를 이용하여 주성분 분석(PCA, principal components analysis)과 유집분석(cluster analysis, Euclidian distance와 UPGMA를 이용)을 시도하였다(SAS Institute Inc., 1988). 한편, 임의로 추출된 개체의 형질이 개체간보다는 개체내 변이가 더 큰지에 대해서는 개체내(10반복) 신뢰구간측정을 통해 확인하였으며, 각 집단별 차이도 확인하기 위해 단변량 분석을 반복, 실시하였다. 이외에 구상나무와 분비나무의 식별에 도움을 주는 형질로 보고된 잎의 수지구 위치(Fig. 2)를 해부현미경( $\times 50$ )을 사용해 구상나무와 분비나무의 각 집단별로 20-30여 개체를 조사하였다.

**결 과**

구상나무, 분비나무, 잣나무와 中國, 日本의 近緣種에서 조사된 15개 형질 중 14형질이 종간 식별에 도움을 주었는데, 이 중 종을 식별하는데 도움을 주지 못한 형질은 구과의 포편폭(13번째 형질)이었다. 한편, 분비나무와 구상나무의 두 종만을 비교할 때는 잎의 폭(형질 2), 종자길이(형질 5), 종자날개의 폭(형질 8)과 길이(형질 7), 구과 폭(형질 10), 실편의 폭(형질 12), 포침의 길이(형질 15) 등이 종간 구분에 중요한 형질로 판명된 반면, 구과 길이(형질 9)와 실편 길이(형질 11), 실편 밖으로 나온 포침의 길이(형질 13), 잎의 길이(형질 1), 종자의 폭(형질 6) 등이 유효

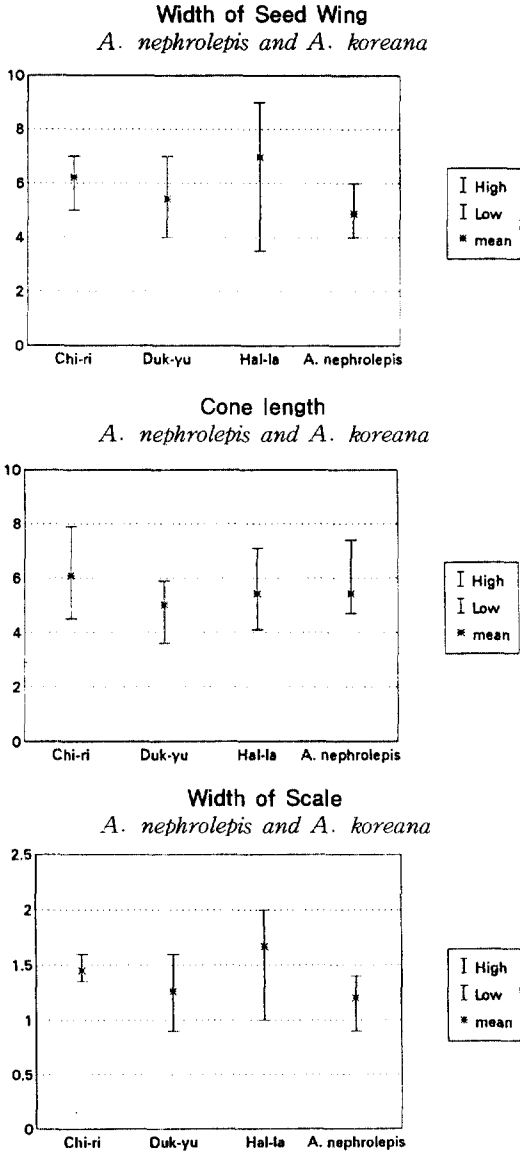


Fig. 3. Plots of the cone length (character 9), width of scale (12) and width of seed wing (7), corresponding to those listed in Table 1. The maxima, minima and means are shown here.

한 형질이 되지 못하였다. 그러나, 통계적으로 중간 구분에 도움을 주는 형질조차도 최고, 최저의 구간을 표시하였을 때는 중간에 서로 겹치는 부분이 많아(Fig. 3), 실질적으로 종을 동정하는 데에는 중간 식별 형질로 인정하기가 힘들었다.

다변량분석중 주성분분석(PCA)을 보면 3개의 주성분이 전체 분산의 66%정도로써 제 1, 제 2,

Table 2. Results of PCA of needle and cone characters for *A. nephrolepis*, *A. koreana* and *A. holophylla*.

|            | FACTOR1  | FACTOR2  | FACTOR3  |
|------------|----------|----------|----------|
| 1          | 0.33135  | -0.39282 | 0.37224  |
| 2          | 0.47705  | 0.68351  | 0.09204  |
| 4          | 0.44396  | 0.75492  | 0.07762  |
| 5          | 0.59493  | 0.22944  | -0.33954 |
| 6          | 0.54249  | -0.22452 | 0.51819  |
| 7          | 0.86655  | 0.08396  | -0.06857 |
| 8          | 0.86793  | -0.16850 | 0.08748  |
| 9          | 0.68177  | -0.13425 | 0.19003  |
| 10         | 0.91305  | -0.05488 | 0.07637  |
| 11         | 0.20286  | -0.47071 | 0.20042  |
| 12         | 0.89965  | -0.00172 | 0.10308  |
| 14         | -0.40974 | 0.34144  | 0.74690  |
| 15         | -0.52851 | 0.17726  | 0.61297  |
| Eigenvalue | 5.283133 | 1.720511 | 1.575556 |
| Difference | 3.562623 | 0.144954 | 0.083657 |
| Proportion | 0.4064   | 0.1323   | 0.1212   |
| Cumulative | 0.4064   | 0.5387   | 0.6599   |

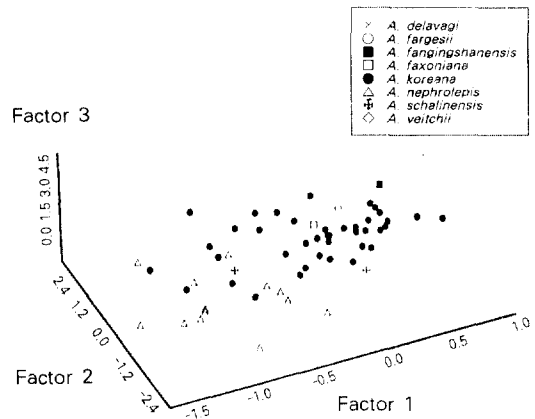


Fig. 4. A plot of principal components (=factor) 1, 2 and 3 for eight species of *Abies* using 14 characters.

그리고 제 3성분이 각각 40.64, 13.23, 12.12%이다(Table 2). PCA의 그림에서(Fig. 4), 잣나무와 분비나무, 구상나무 중 잣나무와 분비/구상나무간에는 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었으나, 분비나무와 구상나무는 몇 개체의 중복 현상이 나타났다. 특히 덕유산 집단의 일부 개체와 지리산, 한라산의 몇 개체들이 분비나무와 어울려 식별에 어려움이 있었다(Fig. 4, 6). 한편, 구상나무는 분비나무와는 달리, 3개 집단간에 PCA분

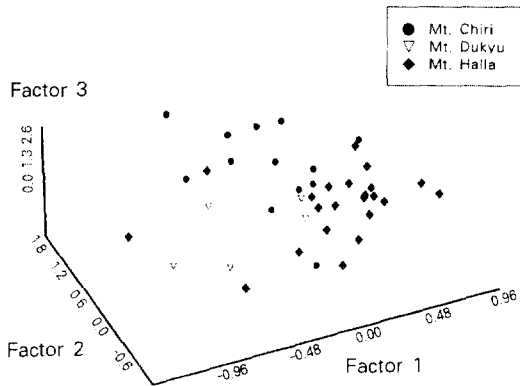


Fig. 5. A plot of PCA 1, 2 and 3 for three populations of *Abies koreana*.

적으로 구분이 가능하였다(Figs. 5). 즉, 집단별로는 지리산 집단이 구과의 크기와 포침의 길이가 가장 큰 반면, 한라산 집단은 대부분 종자의 폭과 종자의 날개, 실편의 폭 등이 다른 집단보다 컸다( $\alpha=0.05$ 수준에서). 덕유산의 경우에는 충분한 표본추출의 기회가 없어 지리산, 한라산 집단과 비교하는 데에는 다소 어려움이 있지만 조사된 개체에 의하면 대부분의 형질(구과, 종자, 실편, 포침의 길이 등)이 작고 왜소한 특징을 보여주었다. 한편, 유집분석에 의하면 지리산 집단의 일부 개체가 일부 한라산 집단 속에 포함되지만 좌측에 독립적으로 분포하고 있는 群이 존재하였다. 덕유산 집단의 일부 개체는 한라산 개체에 포함되지만 대부분은 좌측에 독립적으로 분포하였다. 따라서, 일부 개체가 예외이긴 하지만, 대부분의 한라산개체-지리산개체가 하나의 群으로 묶이고 덕유산이 다른 일부 한라산, 지리산 개체와 어울려 독립적으로 분포하는 양상을 보여준다(Fig. 7).

한편, 국내에 자생하는 잣나무는 분비/구상나무와는 달리 잎의 정단부는 갈라지지 않으면서 잎의 길이가 길어서(2.5cm이상) 쉽게 식별이 가능하다. 또한, 구과는 분비나무와 구상나무에 비해 대형이고(12/4.5cm, 길이/폭), 실편의 포침이 거의 없어 구과로도 쉽게 식별이 가능하여 다변량분석에서도 뚜렷하게 나타났다(not shown).

본 연구의 PCA에 의하면 분비나무와 구상나무는 주로 Factor 1을 중심으로 각각 구분되는데, Factor 1과 상관관계가 높은 형질로는 종자 날개의 폭과 길이(7과 8), 구과의 폭(10) 그리고 실편의 길이(12)였다. 측정 조사된 일부개체의

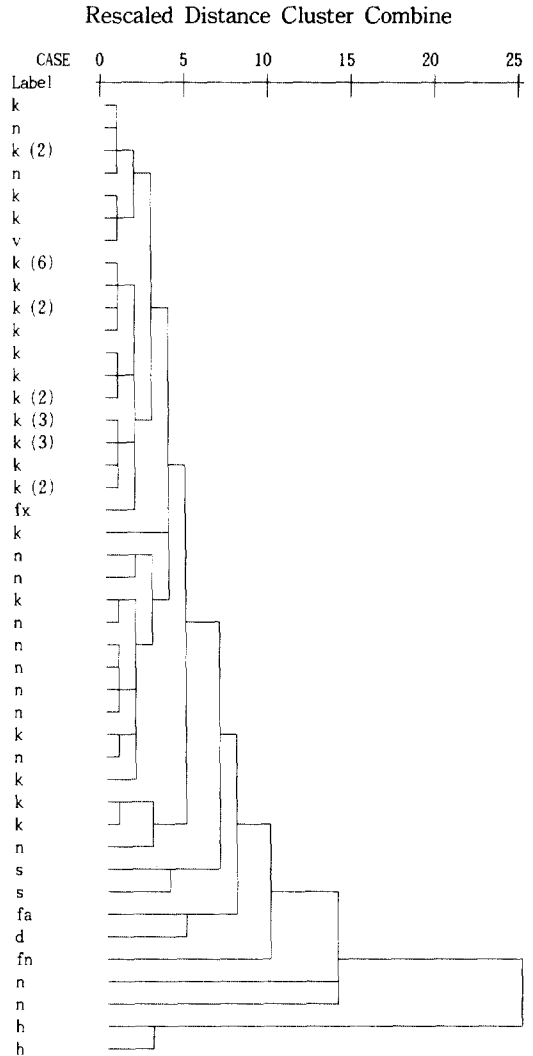


Fig. 6. UPGMA phenogram based on the 15 morphological characters that showed the difference among *Abies koreana* (k), *A. nephrolepis* (n), *Abies delavagi* (d), *A. fargesii* (fa), *A. faxoniana*(f), *A. sachalinensis* (s), *A. fanginshaenensis* (fx), and *A. veitchii* (v). A parenthesis indicates the reduced phenogram from replications.

中國種(*Abies delavagi*, *A. fargesii*, *A. fanginshaenensis*, *A. faxoniana*)과 日本種(*A. sachalinensis*, *A. veitchii*)중 상기 언급된 대부분 형질이 큰 수치를 나타낸 *A. fanginshaenensis*, *A. fargesii*, *A. veitchii*, *A. sachalinensis*, *A. faxoniana* 5종은 주성분 분석결과, 분비나무보

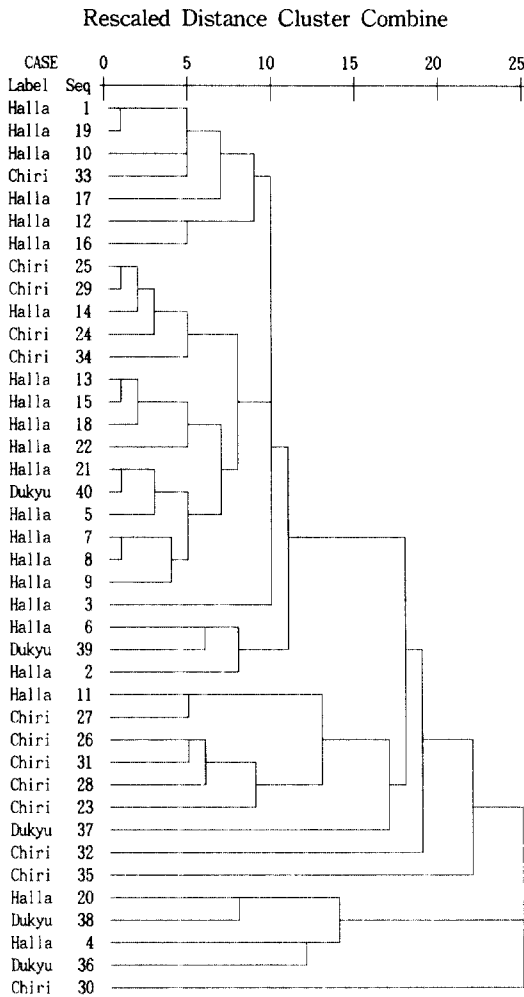


Fig. 7. UPGMA phenogram shown to be three populations of *Abies koreana*.

다 구상나무에 더 가까운 경향을 보여주고 있으나, 유집분석의 결과로는 대부분의 種(*Abies delavagi*, *A. fanginshaenensis*, *A. sachalinensis*, *A. fargesii*) 분비나무와 유사하거나 분비나 구상나무와는 별개로 분리되어 서로 상반된 결과를 보여주고 있다. 그러나, 유집분석의 경우 조사된 중국종이나 일본종이 다른 근연 젓나무속 식물과 식별이 가능함을 보여주고 있다.

한편, 구상나무와 분비나무를 식별하는 중요한 형질로는 구과의 포가 뒤로 완전히 젓혀지는가 혹은 젓혀지지 않는가 하는 형질인데(李昌福, 1980, 1986), 본 조사 결과, 구과의 비성숙기인 8-9월 중순까지는 구상나무와 분비나무 간에 대

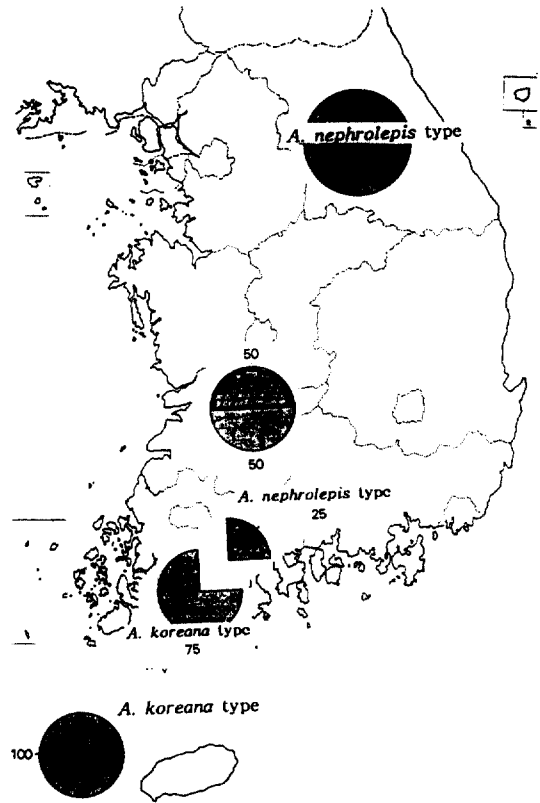


Fig. 8. The geographical distribution of *Abies nephrolepis* and *A. koreana* and proportions of resin duct types between two species from south to north.

부분의 개체 구분이 가능하지만, 완전히 성숙한 후인 9월과 10월에는 포와 침이 모두 뒤로 젓혀지며, 건조 표본의 경우에는 모두 포가 뒤로 젓혀져 중간 구분이 불가능하였다. 문헌(李昌福, 1980, 1986)에 의하면 젓나무속 식물은 잎의 수지구의 위치에 의해 뚜렷하게 식별이 가능하다고 하여, 수지구가 잎주변(葉緣)에 몰려있는 구상(나무)형과 수지구가 잎 가운데에 몰려있는 분비(나무)형이 존재한다고 보고되고 있다(Fig. 2). 특히, 구상나무와 분비나무의 수지구 위치를 앞에서 각각 집단별로 조사하여 본 결과, 구상나무의 경우 한라산의 전 개체의 수지구가 잎의 표피 끝에 몰려 뚜렷하게 구상형(Fig. 2의 B)으로 인지되었으나, 지리산 개체의 경우 약 75%정도만이 구상형인 반면, 덕유산, 가야산의 경우에는 50% 이하가 구상형으로 확인되어 두 집단의 일부개체는 분비형과 구분이 불가능하였다(Fig. 8). 또한, 강

원도 집단인 남쪽 지역인 태백산, 충청북도의 소백산지역의 분비나무 수지구는 분비형에 속하지만 바깥쪽으로 물리는 경향이 두드러져 전형적인 분비형보다는 지리산, 덕유산, 가야산의 분비형과 비슷한 양상을 보여주고 있었다. 그러나, 일반적으로 잣나무속 식물의 수지구형은 잎맥을 중심으로 대칭인 반면 지리산과 덕유산의 구상나무 일부 개체의 수지구가 각각 비대칭인 형(분비/구상형이 동일 잎에 존재)이 발견되었다. 결론적으로 한라산의 개체의 경우 구상나무의 특징적인 수지구 형질을 보여주나 차츰 북쪽의 집단으로 이동하면서 일정 비율로 증가하면서 분비형 수지구가 많이 관찰되었다(Fig. 2A). 강원도 북부지역의 분비나무는 100% 분비형 수지구를 보여주고 있었다.

분석한 자료를 토대로 잣나무와 분비/구상나무간의 정량적 형질을 중심으로 작성된 검색표는 다음과 같다. 검색표에서 보듯 분비나무와 구상나무를 식별할 수 있는 뚜렷한 형질은 존재하지 않는다.

**韓國産 잣나무屬 3種의 檢索表**

1. 잎의 정단부는 갈라지지 않으며 잎의 길이는 대개 2.5cm이다. 구과는 커서 12/4.5cm(길이/직경)이며 실편도 2.3/1.5cm(길이/폭)로 대형이다. 실편에는 포침이 거의 없거나 흔적이 있다. 종자와 날개는 9.5/5.5(길이/폭)cm와 11/12(길이/폭)cm이다. .... 잣나무.
1. 잎의 정단부는 갈라지며 잎의 길이는 대부분 1.5-2.5cm이다. 구과는 작고 5.5-6/4.5cm(길이/직경)이며 실편도 1.0/1.5cm(길이/폭)로 소형이다. 실편에는 포침이 발달하였다(1.8-2cm). 종자와 날개는 6/3(길이/폭)mm와 6.5/4(길이/폭)mm이다.
2. 구과의 포는 종자가 성숙되기 전부터 완전히 뒤로 젖혀지며 잎의 길이는 (0.9)1.5(2)cm, 종자의 날개길이는 (3.5)6.5(9)mm 폭은 (2)3.8(5.5)mm, 실편의 길이는 (0.9)1.5(2)cm이다. .... 구상나무.
2. 구과의 포는 완전히 종자가 성숙후(9월 말-10월초)에나 뒤로 젖혀지며 잎의 길이는 (1.2)1.6(2.3)cm, 종자의 날개길이는 (4)5(6)mm 폭은 (2)3(4)mm, 실편의 길이는 (0.9)1.2(1.4)cm이다. .... 분비나무.

**고 찰**

본 연구에서 조사된 15개 형질은 대부분 北美産 *Abies*에 대한 전형질분석(phenetics, Parker 등, 1979; Parker와 Maze, 1984; Parker 등, 1981; Palmer와 Parker, 1991)이나 분계분석(cladistics) 연구에 사용된 바 있다(Robson 등, 1993). 특히, 전형질분석중 PCA방법을 사용한 Parker 등(1979, 1981, 1984) Palmer와 Parker (1991)의 연구는 분석된 종에 따라 수지구의 크기와 위치, 혹은 구과와 관련된 형질이 중요한 형질임을 강조하였으나 분석결과에서 어느 형질이 어떻게 종간 식별에 도움을 주었는지에 대한 설명보다는 PCA상에서 Factor와 상관관계가 있다는 설명으로 대신하였다. 따라서 상기 연구결과는 식별에 초점을 두었다기보다는 전형질분석에 따른 종간 차이를 강조하여 北美産 잣나무속에 대한 형질 설명에는 별 도움을 주지 못하였다. 한편, 분계분석을 실시한 Robson 등(1993)의 연구에 따르면 8개의 유별형질(포의 모양, 실편의 모양, 잎의 표피, 수지구, 눈의 모양 및 수지의 유무, 포의 위치, 잎의 외부 형태)중 구과에서 포의 돌출 유무와 잎에서의 수지구 위치가 北美産 잣나무속의 단계원적 진화를 설명하는데 유효한 형질로 판명되었다. 따라서, 상기 언급된 형질을 중심으로(수지구의 위치와 포) 동아시아産 잣나무속을 보면 구상나무와 유연관계가 있는 것으로 추정되는 종으로는 중국의 *A. georgei* Orr, *A. forrestii* C.C. Rogers, *A. fabri*(Mast.) Craib, *A. beshanzenensis* M.H. Wu, *A. delavayi* Franch.와 日本의 *A. veitchii* 등 7종이 있고, 분비나무와 유연관계가 있을 것으로 추정되는 종으로는 중국의 *A. squamata* Mast., *A. ferreana* Borderes-Rey et Gaussen, *A. faxoniana*, *A. chayuenensis* Cheng et L.K. Fu, *A. fargesii* Franch., 日本의 *A. firma* Sieb. et Zucc., *A. sachalinensis* 등 7종이 있다(Table 3). 특히, 이중 포가 뒤로 젖혀져 외부형질이 비슷하여 구상나무의 근연종으로 취급되는 일부 종으로는 中國 浙江省의 *A. beshanzenensis*와 日本의 *A. veitchii*가 있다(Kitamura와 Murata, 1984). 그러나, 위에 언급된 수지구와 구과를 중심으로 제시된 도표(Table 3)와는 달리 Liu(1971)는 *A.*



**Table 3.** Cone and resin duct types of eastern Asian *Abies* (cone type, B=exerted and recurved or straight, N=no bract or minute bract ; resin duct type, N=*nephrolepis* type, K=*koreana* type).

|   | Cone type | Resin duct | Distribution                 |
|---|-----------|------------|------------------------------|
| GROUP A                                       |           |            |                              |
| 1. <i>A. squamata</i> Mast.                   | B         | N          | China 四川, 西藏                 |
| 2. <i>A. ferreana</i> Borderes-Rey et Gausson | B         | N          | China 雲南, 四川                 |
| 3. <i>A. faxoniana</i> Rehd. et Wils.         | B         | N/K        | China 四川                     |
| 4. <i>A. chayuensis</i> Cheng et L.K. Fu      | B         | N          | China 西藏                     |
| 5. <i>A. nephrolepis</i> (Trautv.) Maxim.     | B         | N          | China, 吉林, 黑龍江, Korea 江原道    |
| 6. <i>A. fargesii</i> Franch.                 | B         | N          | China 河南, 湖北, 四川, 陝西, 甘肅     |
| 7. <i>A. firma</i> Sieb. et Zucc.             | B         | N          | Japan 本州, 四國, 九州             |
| 8. <i>A. sachalinensis</i> (F. Schmidt) Mast. | B         | N          | Japan 北海道                    |
| GROUP B                                       |           |            |                              |
| 9. <i>A. chensiensis</i> Van Tiegh.           | N         | N          | China 湖北, 陝西, 甘肅             |
| 10. <i>A. holophylla</i> Maxim.               | N         | N          | China 吉林, 黑龍江, 遼遼, Korea 江原道 |
| 11. <i>A. sibirica</i> Ledeb.                 | N         | N          | China 新疆                     |
| 12. <i>A. homolepis</i> Sieb. et Zucc.        | N         | N          | Japan 本州南部, 四國               |
| GROUP C                                       |           |            |                              |
| 13. <i>A. koreana</i> Wilson                  | B         | K          | Korea 濟州道                    |
| 14. <i>A. delavayi</i> Franch.                | B         | K          | China 西藏                     |
| 15. <i>A. georgei</i> Orr                     | B         | K          | China 雲南, 四川                 |
| 16. <i>A. forrestii</i> C.C. Rogers           | B         | K          | China 雲南, 四川                 |
| 17. <i>A. fabri</i> (Mast.) Craib             | B         | K          | China 四川                     |
| 18. <i>A. beshanzuensis</i> M.H. Wu           | B         | K          | China 浙江                     |
| 19. <i>A. delavayi</i> Franch.                | B         | K          | China 雲南, 西藏                 |
| 20. <i>A. veitchii</i> Lind.                  | B         | K          | Japan 本州南部, 四國               |
| GROUP D                                       |           |            |                              |
| 21. <i>A. nukiangensis</i> Cheng et L.K. Fu   | N         | K          | China 雲南                     |
| 22. <i>A. kawakamii</i> (Hayata) T. Ito       | N         | K          | Taiwan 臺灣                    |
| 23. <i>A. spectabilis</i> (D. Don) Spach      | N         | K          | China 西藏                     |
| 24. <i>A. ernestii</i> Rehd.                  | N         | K          | China 西藏                     |
| 25. <i>A. recurvata</i> Mast.                 | N         | K          | China 四川, 甘肅                 |
| 26. <i>A. mariesii</i> Mast.                  | N         | K          | Japan 本州北部                   |

*firma*(sec. Momii)/*A. homolepis*-*A. mariesii*-*A. kawakamii*-*A. holophylla*(sec. *Homolepidae*)/*A. veitchii*-*A. sachalinensis*-*A. nephrolepis*-*A. koreana*(sec. *Elata*), 그리고 *A. sibirica*(sect. *Pichta*)를 각각 근연식물로 분류하였다. 특히, 여기서 제시된 분비나무와 구상나무를 다른 분류군으로 인식하는 것과는 달리 Liu(1971)는 근연식물로 취급하여 수지구의 위치에 대한 평가를 상대적으로 분류체계에는 반영하지 않았다.

한편, 동북아시아 잣나무속의 flavonoids 분석 결과(Chang 等, unpublished data), flavonol, dihydroflavonol, flavanone 등 3group의 flavonoids가 확인되었는데, flavanone성분은 中國 四川省의 *Abies faxoniana*와 雲南省, 四川省의 *A.*

*georgei*, 일본의 *A. veitchii* 그리고, 韓國 南部의 구상나무에서만 발견되었고, 반면 분비나무와 기타 종에서는 dihydrokaempferol성분이 존재하여 상기 언급된 3종을 제외하고는 대부분의 동북아시아종의 flavonoids는 유사한 분포를 하고 있었다. 한편, 구상나무에서 발견된 flavanone성분은 실악산 대청봉 근처의 분비나무(채집된 6개체 중 3개체)와 태백산 분비나무의 극히 일부 개체(4개체 중 1개체)와 일본의 *A. homolepis*와 *A. firma*에서도 가끔 발견되었다(Chang 等, unpublished).

구상나무와 근연종으로 생각되는 종들의 외부 형태적 형질을 보면 *A. faxoniana*는 열매가 달리는 앞에는 수지구가 분비형을 나타낸 반면 앞

만 달린 소지의 잎에서는 구상형을 나타냈다 (Cheng과 Fu, 1978). 또한, 포침도 곧추서거나 휘는 두 가지형을 모두 나타낸 반면, *A. georgei*의 경우 수지구는 구상형과 일치하며, 포침은 약간 휘거나 그렇지 않는 모양을 가지고 있었다. 따라서, 동아시아 종과 북미대륙의 일부 종을 구분하는 수지구의 위치로 볼 때 구상나무와 분비나무의 수지구형을 모두 한 개체에 가지고 있는 *A. faxoniana*가 가장 원시종일 가능성이 있다. 한편, 형태적으로는 포가 뒤로 젖혀져 구상나무와 근연종으로 생각되는 중국의 *A. beshanzuensis*(Chang과 Fu, 1978)는 flavonoids성분상 분비나무에 가까워 포가 뒤로 젖혀지는 특징은 계통을 설명하는데에는 적절하지 못한 형질로 생각된다. 현재 수지구 형질과 flavonoids분석결과 구상나무와 가장 근연종으로 생각되는 종은 中國의 雲南과 四川省의 *A. georgei*와 일본의 *A. veitchii*로 사료된다.

東北아시아종 20여종의 표본을 조사해 본 결과 (Table 3), 수지구 위치는 중간 식별과 분류에 가장 중요한 형질로 확인된 반면, 국내에 자생하는 분비나무와 구상나무집단의 경우 지리적 연속변이와 함께, 일부 집단내(지리산, 덕유산)에서 개체 변이를 보여 고정된 형질로 인정하기 힘들다. 따라서, 과연 구상나무를 독립 종으로 보느냐 혹은 다른 근연 종의 變種으로 보느냐 하는 의문도 출된다. 구상나무와 분비나무의 정량적 형질 분석 결과, 중간 식별형질을 찾기 힘든 것은 잣나무속 근연종에서 흔히 볼 수 있는 현상으로 정량형질 이외의 다른 계통형질을 찾아야 하는데 일반적으로 수지구의 위치가 계통과 식별형질로서 중요도가 높다. 그러나, 지리산이나 덕유산 집단의 구상나무의 경우 수지구 형태가 분비나무/구상나무의 중간적 유형이 많이 나타나서 전체적으로 분비나무의 남쪽의 외곽집단(peripheral population)에서 볼 수 있는 연속변이로 간주할 수도 있다. 따라서, 제주도의 구상나무는 분비나무에서 최근 분화한 종으로 생각할 수 있다. 그러나, flavonoids분석에 의하면 중국의 구상나무 계통군에서 발견되는 flavanone성분이 지리산과 한라산에서 뚜렷하게 나타나서 제주도의 구상나무는 오히려 中國내륙에서 직접 이동하였을 가능성이 높다. 한편, 지리산과 덕유산의 구상나무를 분비나무의 연속변이로 보아 구상나무를 분비나무의

변종으로 보느냐 혹은 잡종에 의한 중간형질의 표현형이나 하는 문제가 도출된다.

이와 유사한 잣나무속의 분류학적 문제는 北美産 *A. balsamea* (L.) Miller와 *A. lasiocarpa* (W.J. Hooker) Nuttall.의 관계(Parker 등, 1981)와, *A. bifolia* Murray(Palmer와 Parker, 1991)의 *A. lasiocarpa*에서 잘 나타나는데, 두 연구 결과를 보면 근연 식물간의 외부 형태적으로 뚜렷한 차이를 볼 수 없으나 식물 지리적으로, 그리고 신생대 4기의 빙하와 관련된 역사적 관계와 함께 화학적(flavonoids, terpenoids)자료를 기준으로 각각 독립종으로 혹은 변종으로 인정하였다. 또한, *A. lasiocarpa*와 *A. amabilis* (D. Douglas) J. Forbes의 관계(Parker 등, 1979)에서는 다른 모든 형질에서 연속변이를 보여 분류학적 위치에 많은 의문이 있으나, 수지구의 뚜렷한 두 종의 차이로 종으로서 인정하는데 우리가 없음을 강조하였다.

잣나무속의 중간 잡종 현상은 일부 보고되는데 (Hunt와 von Rudloff, 1979), 상기 연구결과를 보면 국내에 자생하는 분비나무와 구상나무의 경우 지리적 격리(강원, 충청지역 vs. 전라도, 제주도)로 비추어 볼 때 현재 잡종화 현상이 최근 혹은 가까운 과거에 일어났을 가능성은 매우 낮으며, 아마도 북미대륙의 잣나무속 식물같이(Parker 등 1981; Palmer와 Parker, 1991), 과거 빙하기때 피난처(refugia)에 함께 자라면서 일부 종의 유전자 이입과 함께 종간의 잡종현상이 일어났을 가능성이 높다. 과거 중간 잡종현상이 두드러진 곳으로 추측되는 지역은 경상북도와 전라북도의 남쪽 지역인 가야산, 덕유산 부근으로서 빙하기 이후 북쪽으로 이동하면서 분비나무와 잡종 이입현상(introgressive hybridization)으로 현재와 같은 연속변이(cline)가 일어났을 것으로 추측된다. 이러한 현상은 일본의 *Abies mariesii* 연구(Suyama 등, 1997), 한국의 신갈나무에서도 일부 보고되고 있어(Chang과 Lee, 1984) 이에 대한 국내 집단에 대한 유전 구조분석이 한층 요구된다.

한편, 한반도에 대한 신생대 4기의 식물지리학적 연구(Kong, 1989)에 의하면 마지막 빙하전성기때(약 20,000-25,000年前), 침엽수 식생(coniferous vegetation : *Picea*, *Abies*와 *Tsuga*)과 극산정 식생(arctic-alpine vegetation : *Pinus pu-*

*mila*, *Betula ermanii*)이 평안남도에서부터 전라도 남단까지 연속으로 분포하였다는 기록이 있다. 특히, 이때 북방인자인 분비나무가 상당히 남쪽까지 이동하였고, 제주도 정상부분도 침엽수 식생으로 덮여 구상나무가 현재보다 훨씬 넓게 분포하였을 가능성이 있지만(고도는 ca. 1,000m 이하; 일본 자생 젓나무속에 대한 연구, Takeda, 1982), 한반도와 제주도가 연결되어 일시적으로 분비/구상나무가 집단적으로 함께 형성되었다는 구체적인 자료는 없다. 그러나, 빙하기 때의 일본삼나무의 분포에 의하면 지금으로부터 25,000년-20,000年前 사이에 Honshu와 Shikoku지역이 부분적으로 연결되었고 12,000年前경에 바닷물이 유입되어 분리되었다는 보고가 있어 (Tsukada, 1982, 1983), 일본삼나무는 14,000年前경에 Shikoku에 유입되었다고 추정하고 있다. 한편, 한반도에서도 이와 비슷한 시기에 제주도와 한반도 남쪽의 식생이 부분적으로 연결되었을 가능성이 높고, 특히 신생대 4기 때 지리산이나 덕유산 지역부근에서 분비나무와 구상나무의 집단간 유전자단계적 이입(intergradation)현상이 두드러져(즉 남-북 단계적 변이) 현재의 생태적 연속변이의 원인가능성이 있다(Parker 등, 1981; 서부 캐나다의 *A. balsamea*와 *A. lasiocarpa*의 관계). 따라서, 현재 구상/분비나무에서 볼 수 있는 변이는 바로 유전자 단계적 이입현상이나 혹은 잡종이입현상이 원인으로 추정된다.

상기 가설에 대한 검증으로서 분비나무 순수 집단으로 추측되는 북한 지역, 中國동북부의 집단, 강원도 북부지역과 구상나무 순수 집단으로 추측되는 제주도집단을 상호 비교하여 유전변이가 연속적으로 일어나거나 종간의 표지인자(genetic marker)가 있어 비교가 가능하다면 이에 대한 의문을 풀 수가 있을 것이다. 또한, 분비나무와 구상나무의 인공교잡을 통한 형질교환을 확인할 수 있다면 분비나무와 구상나무의 종간 교잡문제는 쉽게 해결될 수 있으리라 생각한다. 그러나, flavonoids분석결과를 보면 강원도 일부 집단에서(태백산, 설악산) 구상형 성분이 발견되는 점에서는 이미 강원도 지역도 일부는 구상나무와 유전자교환이 상당히 있을 가능성이 높다. 따라서, 본 연구에서는 집단간 표본추출(50개체 이상)을 통해 수지구의 변이양상에 대한 재조사와 함께 강원도 일부 지역의 flavonoids성분상으

로 구상형을 보여주는 개체와 분비형을 보여주는 개체간의 동위효소(allozyme)분석과 한라산 지역의 구상나무와의 종간 표지인자에 대한 상관관계를 조사하고자 한다.

본 연구결과에 의하면 형태적으로 식별이 불가능한 구상나무와 분비나무의 일부 집단의 문제는 근연 젓나무속 식물과의 비교에 의하면 집단의 유전자유입문제로 인한 다형성(polymorphism)에 의한 것으로 추정된다. 따라서, 추후 연구에서는 제시된 가설 검증을 통해 구상나무와 분비나무의 실체를 보다 확실하게 밝히고자 한다.

### 인용 문헌

1. 이강연·김현권. 1982. 구상나무 天然集團의 針葉形質 變異. 韓國林學會誌 57: 39-44.
2. 李昌福. 1980. 大韓植物圖鑑. 향문사, 서울.
3. 李昌福. 1986. 新稿樹木學. 향문사, 서울.
4. 田承勳. 1988. Monoterpene성분에 의한 분비나무와 구상나무의 分類學的 研究. 석사학위논문. 서울대학교, pp27.
5. 林弥學. 1967. 有用植物圖說 誠文堂 新光社, 東京.
6. Chang, C.S. and T.B. Lee. 1984. A biosystematic study on natural populations of *Quercus mongolica* Fischer in Korea and Japan. Kor. J. Plant Taxonomy 14: 71-85.
7. Cheng, Wan-Chun and Li-Kuo Fu. 1978. Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Vol 7. Academiae Sinicae. Peking (in Chinese).
8. Hunt, R.S. and E. von Rudloff. 1979. Chemosystematic studies in the genus *Abies*. IV. Introgression in *Abies lasiocarpa* and *Abies bifolia*. Taxon 28: 297-305.
9. Kitamura, S. and G. Murata. 1984. Colored illustrations of woody plants of Japan. vols. I and II. revised edition. Hoikusha Pub. Co. Osaka (in Japanese).
10. Kong, W. 1989. The biogeographic divisions of Korea and their past and present environments with special reference to arctic-alpine and alpine flora. Ph.D. Dissertation. The University of Hull, U.K. Pp 440.
11. Li, H.L. 1963. Woody flora of Taiwan. Li-

- vingston Pub. Comp. Narberth, Penn.
12. Liu, T.S. 1971. A monograph of the genus *Abies*. Dept. For., Coll. Agric. National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.
  13. Miller, C.N. 1976. Early evolution in the Pinaeaceae. Review of Paleobotany and Palynology 21 : 101-117.
  14. Ohwi, J. 1984. Flora of Japan. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
  15. Palmer, C.L. and W.H. Parker. 1991. Phenotypic variation in Yukon populations of subalpine fir. Canadian Journal of Botany 69 : 1491-1500.
  16. Parker, W.H., G.E. Bradfield, J. Maze and S.C. Lin. 1979. Analysis of variation in leaf and twig characters of *Abies lasiocarpa* and *A. amabilis* from north-coastal British Columbia. Canadian Journal of Botany 57 : 1354-1366.
  17. Parker, W.H., J. Maze and D.G. McLachlan. 1979. Flavonoids of *Abies amabilis* needles. Phytochemistry 18 : 508-510.
  18. Parker, W.H., J. Maze and G.E. Bradfield. 1981. Implications of morphological and anatomical variation in *Abies balsamea* and *A. lasiocarpa*(Pinaceae) from western Canada. Amer. J. Bot. 68 : 843-854.
  19. Parker, W.H. and J. Maze. 1984. Intraspecific variation in *Abies lasiocarpa* from British Columbia and Washington. Amer. J. Bot. 71 : 1051-1059.
  20. Parker, W.H., J. Maze., F.E. Bennett, T.A. Cleveland and D.G. McLachlan. 1984. Needle flavonoid variation in *Abies balsamea* and *A. lasiocarpa* from western Canada. Taxon 33 : 1-12.
  21. Robson, K.A., J. Maze, R.K. Scagel and S. Banerjee. 1993. Ontogeny, phylogeny and intraspecific variation in North American *Abies* Mill.(Pinaceae) : an empirical approach to organization and evolution. Taxon 42 : 17-34.
  22. SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT guide for personal computers, version 6 edition. SAS institute Inc., Cary, North Carolina.
  23. Suyama, Y., Y. Tsumura and K. Ohba. 1997. A cline of allozyme variation in *Abies mariesii*. J. Plant Res. 110 : 219-226.
  24. Tsukada, M. 1982. *Crytomeria japonica* : Glacial refugia and late-glacial and postglacial migration. Ecology 63 : 1091-1105.
  25. Tsukada, M. 1983. Vegetation and climate during the last glacial maximum in Japan. Quaternary Res. 19 : 212-235.
  26. von Rudloff, E. 1975. Volatile leaf oil analysis in chemosystematic studies of North American conifers. Biochem. Syst. and Ecol. 2 : 131-167.
  27. Willis, J.C. 1973. A dictionary of the flowering plants and ferns. 8th ed. Cambridge, London.

**Appendix I.** Origin and accession number for specimens utilized for morphological analysis. All voucher specimens are deposited at Seoul National University, Kwanak Arboretum (SNUA) or as otherwise indicated.

*A. koreana* Wilson

Chang2324, Chang2325, Chang2326, Chang2327, Chang2328, Chang2329, Chang2330, Chang2331, Chang2332, Chang2333, Chang2334, Chang2335, Chang2336, Chang2337, Chang2338, Chang2339, Chang2340, Chang2342, Chang2343, Chang2344, Chang2345, Chang2353, Chang2387, Chang2390, Chang2391, Chang2392, Chang2393, Chang2394, Chang2395, Chang2397, Chang2398, Chang2399, Chang2401, Chang2402, Chang2403, Chang2429, Chang2430, Chang2432, Chang2434, Chang2436

*A. nephrolepis* (Traut.) Maxim.

Chang1871, Chang2002, Chang2004, Chang2005, Chang2006, Chang2030, Chang2031, Chang2062, Chang2081, Chang2082, Chang2083, Chang2084, Chang2085, Chang2086, Chang2445, Chang2447, Chang2448, Chang2449

*A. holophylla* Maxim.

Chang2039, Chang2427

*A. delavagi* Franchet

Wilson3021 (BM)

*A. fargesii* Franchet

Sino-America958 (NY)

*A. fanginshaenensis* Huang, Y.L. Tu et L. Yang

Sino-America474 (BM)

*A. faxoniana* Rehder et Wilson

Yu13983 (BM)

*A. sachalinensis* (Fr. Schm.) Masumura

Faurie6654 (BM), Faurie009 (BM)

*A. veitchii* Lindley

Wilson7525 (BM)

**Appendix II.** Rehydrates cross sections of needles of *Abies koreana* (A) and *A. nephrolepis* type (B).

