

분비·구상나무 天然集團의 針葉特性 變異

송정호* · 이정주 · 이갑연 · 이재천 · 김용율

국립산림과학원 산림유전자원부

Variation in Needle Morphology of Natural Populations of *Abies nephrolepis* Maxim. and *A. koreana* Wilson in Korea

Jeong-Ho Song*, Jung-Joo Lee, Kab-Yeon Lee, Jae-Cheon Lee and Young-Yul Kim

Division of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 440-350, Korea

요 약: 소멸위기 수종인 분비나무와 구상나무 14개 천연집단의 지리적 위치에 따른 침엽에 대한 형태적·해부학적 특성 변이의 구명과 단계적 관별분석을 이용 이들 변수들 중 수종간 식별에 도움을 주는 분류 지표를 선정하고자 하였다. 분비·구상나무의 침엽특성은 대체적으로 분비나무가 구상나무에 비해 침엽 지수가 1.4배 정도 큰 평평한 빗자루 모양이며, 두께는 얇은 특성을 보였다. 또한 분비나무의 기공열수는 많으며 수지구가 앞의 표피 끝에 붙어 있어 두 수종 간에 뚜렷한 차이를 나타냈다. Nested design에 의한 분산분석 결과 9가지 침엽특성들 모두에서 집단 간 및 집단 내 개체 간에 유의적인 차이를 보였다. 분비나무는 침엽지수 및 두께, 기공열수, 수지구거리 특성에서, 구상나무는 기공열수와 수지구거리 특성에서 총 분산 가운데 집단간 차지하는 비율이 집단내의 개체가 차지하는 비율보다 높게 나타나 이러한 특성들은 각 집단이 위치한 지역의 환경 인자에 의해 많은 영향을 받는 것으로 추정되었다. 변수중감법(stepdisc method)에 의한 단계적 관별분석을 실시한 결과 최종적으로 침엽지수, 침엽두께, 침엽배열 지수, 수지구거리, 기공열수 등 5개 인자들의 최적결합이 수종간 식별에 도움을 주는 유효 형질로 관별되었다.

Abstracts: Characteristics of needle morphology and anatomy were examined in 14 populations of *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim. and *A. koreana* Wilson. Additionally we studied the classification index to distinguish between the species by the method of discriminant analysis. Characteristics of needle for *A. nephrolepis* could be distinguished from those for *A. koreana* by flatten arrangement, thin and long length for needle form, many stomata row, and marginal position of resin duct. Nested ANOVA showed that there were statistically significant differences among populations as well as among individuals within populations in all 9 needle traits. For the needle indices such as needle thickness, number of stomata row, and the distance between resin duct and vascular for both species, variance components among populations were larger than those among individuals within populations. The characteristics that contributed most to the separation of *A. nephrolepis* and *A. koreana* according to the discriminant analysis using stepdisc procedures were needle index and thickness of needle, needle arrangement index, distance between resin duct and vascular, and number of stomata row.

Key words : *A. nephrolepis*, *A. koreana*, needle, resin duct, discriminant analysis, Nested Anova

서 론

세계적으로 잣나무屬(*Abies*) 식물은 아시아, 남북미, 유럽 등 주로 북반구를 중심으로 50여종이 보고되고 있으며(Palmer and Parker, 1990), 국내에는 잣나무(*Abies holophylla* Max.), 분비나무(*A. nephrolepis* Max.), 구상나무(*A. koreana* Wilson)가 자생하고 있다. 이들 수종들은 국제자연보존연맹(IUCN)의 희귀 및 멸종위기 식물의 분류

범주에 위협근접종(Near Threatened : NT)으로 등재되어 있으며(IUCN, 2006), 내음성이 강하고 재질은 물론 목재의 가치가 뛰어나 고급가구재, 펄프재 등으로 이용되고 있다(이창복, 1980).

구상나무는 우리나라 특산종이며 희귀식물로서 그 생육범위가 한반도 남부지역의 덕유산(북위 35° 47') 이남의 해발 1,000~2,000m 지역의 고산지대에 한정되어 있다. 분비나무는 한국과 만주, 중국 등지에 분포하며, 우리나라에는 속리산(북위 35° 36') 이북의 백두대간을 형성하는 산지를 중심으로 해발 700m 이상에서 생육한다(이창복,

*Corresponding author
E-mail: SJH8312@foa.go.kr

1980). 형태적으로 두 수종은 매우 유사해 수피의 색깔, 잎 선단의 모양, 구과의 포 모양, 수지구의 위치 등으로 종을 식별하여 왔으나 대부분 집단 내에서 연속변이를 보여 종간식별에 상당한 어려움이 있다(김영두와 김삼식, 1983; 이창복, 1980; 장진성 등, 1997). 특히, 상록침엽수로서 고산지대에 한정되어 자라고 있어 기후변화 등에 민감하게 반응하고 있다.

우리나라 고산수종에 대한 연구는 분류학적 또는 산림유전자원학적 측면에서 이루어진 경우가 매우 드물고 주로 생태학적 연구에 치중되어 왔으며, 최근 들어 식생사와 관련하여 활발하게 시도되고 있다(정재민 등, 1996; 공우석, 1998; 장남기 등, 1998; 김인식과 현정오, 2000). 기후 변화에 따라 우리나라 자생수종들이 맞게 될 상황은 한반도의 종 다양성 보존 측면에서 매우 중요한 문제이며, 온난화가 진행될수록 이들 고산수종들은 피난할 장소(refugia)를 찾지 못하고 도태되거나 멸종될 것이다(Httenschwiler and Smith, 1999; 구경아 등, 2001; IPCC, 2001; Sagnard *et al.*, 2002). 임목의 형질은 유전자의 발현과 환경조건의 영향을 받아 집단간 및 집단내의 개체목간에 변이를 나타낸다. 최근 분비나무와 구상나무는 서식환경의 악화와 개체목의 고사 및 치수 발생의 어려움 등 산림쇠퇴의 징후를 보이고 있어 천연림이 점차 소멸되어 가고 있는 실정으로 유전다양성 보존을 위한 적극적인 대책 수립이 필요한 시점으로 여겨진다(Httenschwiler and Smith, 1999; 구경아 등, 2001; 국립산림과학원, 2005; 제주특별자치도 한라산연구소, 2007).

지금까지 분비나무와 구상나무의 유전자원 보존을 위한 연구는 형태적 특성에 대한 소수의 집단간 및 집단내 변이 연구(이강영과 김현권, 1982; 장진성 등, 1997), 종간 분류학적 연구(김영두와 김삼식, 1983) 및 생태학적 연구

(정재민 등, 1996; 구경아 등, 2001)에 관한 수피의 논문이 발표된 바는 있으나 광범위한 지역에 걸쳐 지리적 분포에 따른 변이특성 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 분비나무와 구상나무 천연집단의 지리적 분포에 따른 유전다양성 보존에 필요한 유전정보를 얻기 위하여 침엽의 형태적 특성에 대한 변이의 구명과 또한 이들 특성들에 대해 단계적 판별분석을 적용 수종 간 분류지표를 선정하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시료 채취

공시재료는 2005년 9월 유전적 동질성을 고려하여 각 개체목별로 20m 이상의 거리를 두고 생장, 건강도 등이 양호한 성목에서 성숙된 구과와 함께 채취하였다. 분비나무는 백두산집단에서 최남단 분포지인 소백산집단까지 10개 집단, 구상나무는 가야산집단에서 분포 남방한계지인 한라산집단까지 4개 집단 등 총 14개 집단으로 각 집단별로 17~42개체 총 374본에서 채취하였다 (Table 1).

Table 2. Morphological traits measured on all specimens.

Traits	Codes
Width for needle arrangement of terminal shoot (mm)	TNW
Height for needle arrangement of terminal shoot (mm)	TNH
Needle arrangement index	TNH/TNW
Needle length (mm)	NL
Needle width (mm)	NW
Needle index	NL/NW
Needle thickness (mm)	NT
Distance between resin duct and vascular (mm)	DSV
Number of stomata row (ea)	NSR

Table 1. Location information for 14 populations of *A. koreana* and *A. nephrolepis*.

Species	Populations	Latitude	Longitude	altitude (m)	No. of sample trees
	Mt. Baikdoo	41° 01'	128° 05'	2,744	20
	Mt. Sorak	38° 06' 55.4"	128° 28' 03.2"	1,685	20
	Dongpi Valley	37° 48' 21.3"	128° 33' 37.7"	827	20
	Mt. Odae	37° 47' 49.7"	128° 32' 34.2"	1,433	23
<i>A. nephrolepis</i>	Mt. Gebang	37° 43' 31.9"	128° 28' 04.3"	1,407	31
	Mt. Gariwang	37° 27' 19.5"	128° 33' 53.6"	1,424	17
	Mt. Chiak	37° 21' 48.7"	128° 03' 20.0"	1,115	30
	Mt. Jang	37° 07' 37.5"	128° 05' 67.1"	1,407	27
	Mt. Taeback	37° 06' 12.0"	128° 54' 26.9"	1,325	33
	Mt. Sobaek	36° 57' 36.5"	128° 29' 07.0"	1,439	27
<i>A. koreana</i>	Mt. Kaya	35° 49' 11.9"	128° 07' 22.5"	1,320	21
	Mt. Duckyu	35° 19' 28.0"	127° 44' 16.0"	1,610	33
	Mt. Chiri	35° 19' 40.5"	127° 43' 37.5"	1,700	42
	Mt. Halla	33° 21' 40.1"	129° 31' 48.5"	1,760	30

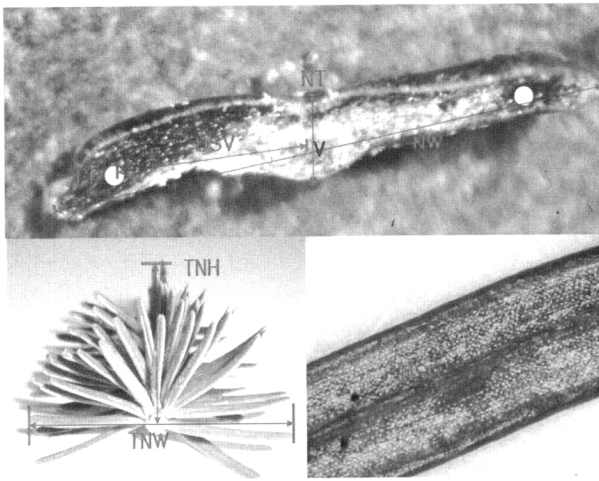


Figure 1. Diagrams showing the needle characters measured. Codes for the morphological traits are given in Table 2. V: Vascular bundle, RD: Resin duct.

2. 침엽 특성조사

채취된 시료는 특성조사를 위해 개체목별로 당년주지 중앙부위에서 10개씩 침엽을 취하여 총 3,740개를 조사하

였다. 조사항목은 침엽의 길이, 폭, 두께 및 침엽지수(길이/폭) 등 9개의 형질이며(Table 2), 이중 기공열수는 침엽의 중앙부위 裏面(평면부)을 통과하는 수를 검경하였고, 수지구의 위치는 침엽의 중앙부위에서 유관속과 수지구와의 거리를 현미경 70배율 하에서 측정하였다. 또한 침엽의 배열 형상을 조사하기 위하여 개체목별로 정단부 당년주지의 중앙부위에서 침엽배열의 폭과 높이 및 지수(폭/높이)를 각각 3반복 조사하였다(Figure 1).

3. 자료 분석

통계분석은 SAS/STAT(ver. 6.12; SAS Institute Inc. 1996) 프로그램을 이용하여 집단간 및 집단 내 개체 간 유의성에 대해 Nested design에 의한 분산분석을 실시하였다. 또한 조사형질 중 종간의 식별에 도움을 주는 유효 형질 판별을 위해서는 단계적 판별분석법(stepwise discriminant analysis) 중 변수증감법(stepdisc method)을 이용하여 가능한 한 가장 유용하다고 판별되는 변수들의 집합(판별변수의 최적결합)을 선택하였다(김기영과 전명식, 1997).

Table 3. Means and (coefficients of variation) for the needle characteristics.

Pop.	TNW	TNH	TNW/TNH	NL	NW	NL/NW	NT	DSV	NSR
1	17.57 (29.3)	7.04 (41.2)	2.84 (47.7)	19.00 (19.8)	1.44 (7.8)	13.16 (16.9)	0.28 (21.8)	0.49 (12.8)	11.7 (8.7)
2	21.39 (17.0)	13.63 (28.4)	1.66 (24.8)	17.79 (9.5)	1.78 (7.4)	10.05 (11.7)	0.49 (11.8)	0.49 (7.9)	14.9 (9.5)
3	21.43 (23.2)	12.58 (27.2)	1.89 (49.4)	23.00 (20.6)	1.77 (8.3)	13.09 (20.7)	0.30 (17.2)	0.63 (8.7)	14.0 (8.0)
4	23.30 (30.5)	14.67 (24.0)	1.68 (41.9)	18.78 (18.0)	1.83 (4.8)	10.28 (18.4)	0.44 (12.4)	0.54 (6.7)	15.4 (8.8)
5	25.04 (12.4)	16.46 (22.0)	1.59 (24.7)	18.72 (17.3)	1.83 (6.6)	10.26 (17.4)	0.41 (17.4)	0.54 (10.6)	15.3 (10.9)
6	23.16 (26.5)	14.72 (37.5)	1.64 (21.1)	18.14 (17.3)	1.79 (7.3)	10.10 (13.7)	0.42 (10.6)	0.64 (11.9)	14.8 (11.0)
7	23.63 (18.6)	15.00 (24.4)	1.64 (24.7)	19.71 (13.5)	1.68 (6.1)	11.74 (12.2)	0.33 (16.9)	0.59 (10.8)	15.0 (11.0)
8	17.24 (17.6)	12.38 (22.2)	1.45 (27.4)	15.24 (15.4)	1.74 (8.6)	8.80 (14.9)	0.40 (13.1)	0.55 (9.2)	15.3 (7.2)
9	19.57 (18.6)	14.58 (21.1)	1.36 (15.4)	15.89 (20.2)	1.84 (10.5)	8.64 (17.3)	0.45 (14.4)	0.49 (20.9)	16.4 (13.7)
10	26.81 (18.6)	18.57 (22.1)	1.50 (25.8)	15.39 (23.1)	1.75 (10.0)	8.95 (31.5)	0.42 (9.3)	0.30 (6.3)	8.5 (15.8)
Mean	21.91 (21.2)	13.96 (27.0)	1.73 (30.3)	18.17 (17.5)	1.75 (7.7)	10.51 (17.5)	0.39 (14.5)	0.53 (10.6)	14.1 (10.5)
11	20.98 (13.3)	15.92 (22.5)	1.37 (22.6)	14.81 (13.1)	1.82 (7.3)	8.20 (14.83)	0.38 (13.6)	0.68 (9.2)	17.7 (9.2)
12	23.81 (13.0)	18.20 (17.1)	1.34 (18.4)	13.24 (19.9)	1.84 (21.7)	7.54 (29.3)	0.44 (22.4)	0.32 (10.2)	9.3 (11.0)
13	24.09 (16.4)	17.58 (24.8)	1.43 (22.7)	16.26 (18.4)	1.89 (16.4)	8.70 (19.2)	0.46 (17.5)	0.38 (7.7)	9.8 (11.5)
14	18.30 (15.5)	13.40 (16.0)	1.38 (14.1)	12.21 (27.4)	1.92 (14.9)	6.50 (30.6)	0.55 (15.6)	0.40 (8.2)	11.2 (9.1)
Mean	21.80 (14.6)	16.28 (20.1)	1.38 (19.5)	14.13 (19.7)	1.87 (15.1)	7.74 (23.5)	0.46 (17.3)	0.45 (8.8)	12.0 (10.2)

Pop. and codes for the morphological traits are given in Table 1 and 2, respectively.

결과 및 고찰

1. 침엽 특성

분비나무 10개 천연집단과 구상나무 4개 천연집단의 9 가지 침엽특성들에 대한 평균값과 변이계수 값은 Table 3 과 같다.

소지정단부 침엽의 배열 형상에 대한 집단평균을 살펴 보면 폭은 분비나무가 17.24~26.81 mm 범위로 평균 21.91 mm, 구상나무가 18.30~24.09 mm 범위로 평균 21.80 mm로 나타났다. 높이는 분비나무와 구상나무가 각각 7.04~18.57 mm로 평균 13.96 mm와 13.40~18.20 mm로 평균 16.28 mm로 나타났다. 침엽배열지수는 각각 1.36~2.84로 평균 1.73과 1.34~1.43으로 평균 1.38로 분비 나무에서 1.3배 정도 높은 값을 보여 가지나 줄기에 윤생으로 돌려나는 원주상인 구상나무와는 달리 분비나무의 경우 양쪽 가르마 모양의 넓적한 빗자루 형을 보였다. 특히, 백두산집단의 침엽배열지수는 한라산집단에 비해 2.1 배 정도 높아 침엽의 배열이 양쪽 가르마 모양을 나타냈다.

침엽길이는 분비나무가 15.24~23.00 mm 범위로 평균 18.17 mm, 구상나무가 12.21~16.26 mm 범위로 평균 14.13 mm로 나타났다. 침엽폭은 각각 1.44~1.84 mm로 평균 1.75 mm와 1.82~1.92 mm로 평균 1.87 mm로 나타났다. 침엽두께는 각각 0.28~0.49 mm로 평균 0.39 mm와 0.38~0.55 mm로 평균 0.46 mm로 나타났다. 침엽지수는 각각 8.64~13.16으로 평균 10.51과 6.50~8.70으로 평균

7.74로 나타나 분비나무가 구상나무에 비해 두께가 얇고 긴 특성을 보였다. 백두산집단은 한라산집단과 비교해 침엽두께가 0.3배 정도 얇고 침엽지수는 2.0배 정도 긴 특성을 나타냈다.

침엽의 해부학적 특성에 있어 유관속과 수지구와의 거리는 분비나무가 0.30~0.64 mm로 평균 0.53 mm, 구상나무가 0.32~0.68 mm로 평균 0.45 mm로 나타났다. 기공열 수는 분비나무가 8.5~16.5개 범위로 평균 14.1개, 구상나무가 9.3~17.7개 범위로 평균 12.0개로 나타났다. 특히 분포특성상 분비구상나무 한계분포지(marginal population)에 해당되는 소백산과 가야산집단은 해부학적 특성들에 있어 서로 상반된 경향을 나타냈다. 특히, 이들 집단들은 서식환경의 악화로 인해 중심 집단에 비해서 소멸되어 가는 진행속도가 매우 빠르게 진행되고 있으며, 심각한 도태압을 받는 것으로 나타나 금후 유전자원 보존을 위한 적극적인 현지내외 보존대책이 강구되어야 할 것이다.

변이계수 값을 살펴보면 분비나무의 경우는 소지정단부 침엽배열의 폭, 높이 및 지수 특성들에서 20% 이상의 높은 값을 보였으며, 집단별로는 백두산, 동피골, 가리왕산집단들에서 변이가 많은 것으로 나타났다. 나머지 형질들에서는 10% 내외의 값을 나타냈다. 구상나무의 경우는 소지정단부 침엽배열의 폭과 지수에서만 20% 이상의 높은 값을 보였으며, 가야산과 지리산집단은 소지정단부 침엽배열의 폭에서 덕유산과 한라산집단은 침엽지수에서 각각 높은 값을 나타냈다.

Table 4. Summary of Nested analysis of variance for needle characteristics of *A. koreana* and *A. nephrolepis*.

Variable	Mean square			Variance component(%)			
	AP	AFWP	Error	AP	AFWP	Error	
<i>A. nephrolepis</i>	TNW	668.0**	65.0**	1.9	31.1	62.9	6.0
	TNH	250.8**	41.2**	1.7	38.3	54.3	7.4
	TNW/TNH	11.9**	1.2**	0.1	27.4	50.5	22.1
	NL	1423.0**	96.3**	4.0	29.7	48.3	22.0
	NW	3.01**	0.21**	0.02	21.6	33.1	45.3
	NL/NW	693.8**	29.1**	2.3	35.8	33.8	30.4
	NT	0.95**	0.03**	0.003	39.2	29.9	30.9
	DSV	1.13**	0.02**	0.003	58.6	20.5	20.9
	NSR	718.3**	12.2**	2.3	57.8	18.9	23.3
<i>A. koreana</i>	TNW	723.2**	32.8**	1.0	39.1	55.7	5.2
	TNH	438.3**	36.3**	1.0	25.3	68.8	5.8
	TNW/TNH	0.15**	0.23**	0.03	0	71.4	28.6
	NL	2615.1**	4889.4**	3845.1	0	2.3	97.7
	NW	1.24**	0.93**	0.31	0.3	15.0	84.7
	NL/NW	869.5**	1767.0**	1401.8	0	2.2	97.8
	NT	1.36**	0.06**	0.02	14.7	14.9	70.3
	DSV	2.95**	0.02**	0.01	58.3	8.5	33.2
NSR	1575.2**	19.4**	7.9	48.0	10.6	41.4	

AP: Among populations, AFWP: Among families within populations, **: Significant at $p < 0.01$, Codes for the morphological traits are given in Table 2.

이상의 결과를 살펴보면 대체적으로 분비나무는 구상나무에 비해 침엽의 배열이 비교적 평평한 양쪽 가르마 모양의 빗자루 형이며, 침엽의 지수가 1.4배 정도 크고 두께는 얇은 특성을 보였다. 또한 기공열수는 많으며 수지구가 잎의 표피 끝에 더 근접해 있어 두 수종 간에 차이를 나타냈다.

이강영과 김현권(1982)은 구상나무 집단의 침엽의 길이와 폭, 기공열수, 거치밀도가 각각 평균 1.74~2.02 cm, 1.76~1.96 cm, 15.3~17.0개, 2.8~3.9개로 보고하였다. 김영두와 김삼식(1983)은 분비·구상나무 침엽의 길이, 폭 및 두께와 기공열수의 특성을 각각 평균 18.8 mm, 2.1 mm, 0.65 mm 및 17.3개와 15.9 mm, 2.1 mm, 0.68 mm 및 16.7개로 보고한 바 있다. 또한 수지구의 위치는 분비나무(92%)가 구상나무(74%)에 비해 엽록(葉錄, 표피)에 위치하고 있는 것으로 보고하여 본 연구 결과와는 유사한 경향을 나타냈다. 그러나 장진성 등(1997)은 집단별로 수지구의 위치를 조사한 결과 한라산 개체의 경우 모두 침엽의 표피 끝에 붙는 구상형으로 인지되었으며, 지리산 개체는 75% 정도, 덕유산과 가야산 개체는 50% 이하가 구상형과 분비형으로 구분된다고 보고하여 본 연구의 결과와는 상반되는 경향을 나타내고 있다. 이처럼 침엽에서 수지구 위치에 대한 변별력 가능성은 금후 종간 및 종내 차이에 대한 원인구명과 더불어 체계적이고 명확한 검증이 이루어져야 할 것으로 보인다.

2. Nested 분산분석

분비나무와 구상나무 침엽의 9가지 양적특성들에 대해 Nested 분산분석을 실시한 결과 두 수종 모두 모든 항목들에서 집단간 및 집단 내 개체 간에 유의적인 차이를 보였다(Table 4). 분비나무는 침엽지수 및 두께, 기공열수, 수지구거리 특성들에서, 구상나무는 기공열수 및 수지구거리 특성들에서 총 분산 가운데 집단이 차지하는 비율이 집단내의 개체가 차지하는 비율보다 높게 나타나 이러한 특성들은 각 집단이 위치한 지역의 환경 인자에 의해 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 반면 구상나무의 경우는 침엽배열의 지수와 침엽의 길이, 폭 및 지수 특성들에서 지역간 차이가 거의 없는 것으로 분석되어 분비나무와 변별력을 가질 수 있는 유효한 주요 침엽 형질들로 나타났다. 제주특별자치도 한라산연구소(2007)에서도 구상나무와 분비나무의 침엽, 구과 등의 여러 형질들을 비교한 결과 침엽의 길이와 폭, 엽흔의 폭, 포침의 길이 등에서 수종 간 현저한 차이를 나타내는 것으로 보고한 바 있다.

일반적으로 생장특성이나 형태적 특성들은 환경인자에 의한 영향을 많이 받는 것으로 보고되고 있는데(Crawford, 1990; 이석우 등, 1997), 본 연구에서는 두 수종 모두 침엽의 형태적 특성의 경우 대부분 집단 내 개체간 차지하는

Table 5. The results of f-test for stepwise discriminant analysis for needle characteristics of *A. koreana* and *A. nephrolepis*.

Variable	R-Square	F-Value	Pr > F
TNW	0.0001	0.05	0.8286
TNH	0.0609	24.12	<.0001
TNW/TNH	0.0657	26.15	<.0001
NL	0.1887	86.50	<.0001
NW	0.0602	23.81	<.0001
NL/NW	0.2219	106.07	<.0001
NT	0.1109	46.40	<.0001
DSV	0.1489	65.07	<.0001
NSR	0.1877	85.98	<.0001

Codes for the morphological traits are given in Table 2.

Table 6. The optimal classification results of stepwise selection for needle characteristics of *A. koreana* and *A. nephrolepis*.

Step	Variable	Partial R-Square	F-Value	Pr > F	Wilks's Lambda
	Entered	Removed			
1	NL/NW	0.2219	106.07	<.0001	<.0001
2	NSR	0.1657	73.69	<.0001	<.0001
3	NT	0.0273	10.40	0.0014	<.0001
4	TNW/TNH	0.0160	6.02	0.0146	<.0001
5	DSV	0.0105	3.90	0.0489	<.0001

Codes for the morphological traits are given in Table 2.

분산성분이 높은 것으로 나타난 반면 수지구의 위치, 기공열수와 같은 해부학적특성들은 환경인자에 의해 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

3. 판별분석

조사된 침엽 형질 중 분비나무와 구상나무의 식별에 도움을 주는 유효 형질의 판별을 위해 단계적 판별분석을 실시한 결과 변별력을 갖는 주요 형질들은 소지정단부의 침엽배열의 폭 특성을 제외한 8개의 변수들로 나타났다(Table 5). 그러나 이러한 변수들은 개별적으로는 변별력이 높으나 다른 변수들과의 상관관계에 의해 판별정보를 공유하고 있기 때문에 이와 같이 중복되거나 판별에 공헌도가 낮은 변수들은 어떤 논리적인 타당성이 인정되지 않는 한 분석과정에서 제외하는 것이 바람직하다. 변수증감법에 의해 최종적으로 선정된 주요 영향 인자는 침엽지수, 기공열수, 침엽두께, 총상지수, 수지구거리 등 5개 인자들의 최적결합으로 나타났다(Table 6).

장진성 등(1997)은 분비·구상나무의 종간 식별을 위해 주성분분석(principal components analysis)을 실시한 결과 유효한 형질로 침엽폭, 종자길이, 포침길이 등이 있으나 종간 형질의 최고~최저의 구간을 비교하였을 때에는 서로 중첩되어 현실적으로 표본을 중심으로 한 종간 구분이 불가능함을 보고하였다. 그러나 제주특별자치도 한라산연

구소(2007)에서는 구상나무와 분비나무의 침엽, 구과, 종자 등의 26개 형질들에 대해 판별분석 결과 침엽의 길이와 폭, 엽흔의 폭, 포침의 길이 등에서 현저한 차이를 보였으며, 이들 측정치를 이용한 집락분석에서도 두 종이 뚜렷하게 분리 구분되는 별개의 종으로 보고한 바 있다.

참고문헌

1. 공우석. 1998. 한라산 고산식물의 분포특성. 대한지리학회지 32(2): 191-208.
2. 구경아, 박원규, 공우석. 2001. 한라산 구상나무(*Abies koreans* W.)의 연륜연대학적 연구 : 기후변화에 따른 생장변동 분석. 한국생태학회지 24(5): 281-288.
3. 국립산림과학원, 2005. 산림유전자원보존 현장세미나 : 덕유산 희귀유전자원을 중심으로. 국립산림과학원. pp. 176.
4. 김기영전명식. 1997. SAS 판별 및 분류분석. 자유아카데미. pp. 78.
5. 김영두, 김삼식. 1983. 한국산 *Abies*속의 내외형태학적 특성에 관한 연구. 한국임학회지 62: 68-75.
6. 김인식, 현정오. 2000. RAPD 분석에 의한 구상나무 천연집단의 유전적 다양성. 한국육종학회지 32(1): 12-18.
7. 이강영, 김현권. 1982. 구상나무 천연집단의 침엽형질 변이. 한국임학회지 57: 39-44.
8. 이광남. 1982. 판별식에 의한 수목분류법에 관하여(I) : 독일가문비와 종비나무와의 판별분석. 한국임학회지 58: 48-59.
9. 이석우, 김선창, 김원우, 한상돈, 임경빈. 1997. 희귀수종 모감주나무 자생집단의 잎의 형태적 특성, 식생특성 및 유전변이. 한국임학회지 86(2): 167-176.
10. 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사. pp. 953.
11. 장남기, 심규철, 이현욱, 강경미, 소금현. 1998. 식물의 한계분포 이론과 백두산 산림한계선의 파동성. 한국생태학회지 21(5-2): 491-499.
12. 장진성, 전정일, 현정오. 1997. 한국산 분비나무와 구상나무의 형질분석과 종간유연관계. 한국임학회지 86(3): 378-390.
13. 정재민, 이수원, 이강령. 1996. 지리산 구상나무 임분의 식생구조와 치수 발생 및 생육 동태. 한국임학회지 85(1): 34-43.
14. 제주특별자치도 한라산연구소. 2007. 한라산의 구상나무. 제주도인쇄정보산업협동조합. pp. 183.
15. Crawford, D.J. 1990. Plant Molecular Systematics. Macromolecular Approaches. John Wiley & Sons. New York. pp. 388.
16. Httenschwiler, S. and W.K. Smith. 1999. Seedling occurrence in alpine treeline conifers: A case study from the central Rocky Mountains, USA. Acta Oecologica 20(3): 219-224.
17. IPCC. 2001. Technical summary-Climate change 2001: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-Technical Analyses. pp. 73.
18. IUCN. 2006. 2006 IUN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org.
19. Palmer, C.L. and W.H. Parker. 1990. Phenotypic variation in Yukon populations of subalpine fir. Canadian Journal of Botany 69: 1491-1500.
20. Sagnard, F, C. Barberot, and B. Fady. 2002. Structure of genetic diversity in *Abies alba* Mill. from southwestern Alps: multivariate analysis of adaptive and non-adaptive traits for conservation in France. Forest Ecology and Management 157: 175-189.
21. SAS Institute Inc., 1996. SAS/STAT User's Guide, version 6.12 SAS Institute., USA.

(2007년 3월 30일 접수; 2007년 8월 20일 채택)