

# 희귀수종 눈잣나무의 구과보호망 효과 및 구과와 종자의 형태적 변이

송정호\*, 임효인, 장경환, 김두현, 손장익<sup>1</sup>

국립산림과학원 산림유전자원부, <sup>1</sup>설악산국립공원사무소

## The Effect of Cone Protective Net and the Morphological Variation of Cone and Seed of Korea Rare Endemic *Pinus pumila* Regel

Jeong-Ho Song\*, Hyo-In Lim, Kyung-Hwan Jang, Du-Hyun Kim and Jang-Ick Son<sup>1</sup>

Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

<sup>1</sup>Team of Park Resource Conservation, Seoraksan National Park Office, Sokcho 217-120, Korea

**Abstract** - This study was conducted to investigate the effect of cone protective net and the variation of cone and seed characteristics of a unique and rare dwarf stone pine (*Pinus pumila* Regel) population in Mt. Seorak which is in the southern peripheral of South Korea. Iron protective net (50 mesh, 25 × 25 cm) was effective in reducing birds and rodents damage to conelet, thereby it was possible to safely collect seed genetic resources. Early July was observed to be the most appropriate season to cover conelet with Iron protective net. *P. pumila* have ovoid-triangle shaped, wingless seeds and indehiscent cones, seeds dissemination is mainly by the hoarding behavior of nutcrackers and rodents. Statistical analysis showed that there were significant differences among individuals within population, and the mean characteristics of the species were 35.3 mm, 25.6 mm, 1.38, 6.6 g and 39.3 ea in the cone length, cone width, cone index, cone weight and in number of seeds per cone, respectively. Coefficients of variations in seed weight and number of seeds per cone were relatively high (21.7%, 21.5%, respectively) compared to other traits. Based on the correlation analysis between cone characteristics and seed characteristics, the length of cone and seed showed a significant positive correlation with the seed size and the seed weight, but the width and thickness of seed showed a negative correlation with the number of seeds per cone.

**Key words** - *Pinus pumila*, Protective net, Nutcracker, Cone, Seed

### 서 언

눈잣나무(*Pinus pumila* Regel)는 *Pinus* 속의 *Cembrae* subsection에 속하며 한국, 일본, 만주의 고산지대를 포함하는 시베리아 동부 및 극동지역의 북쪽에 주로 분포하는 수종이다(Lee, 1990; Critchfield and Little, 1996; IUCN, 2011). 세계자연보존연맹(IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resource)의 적색목록(Red List) 평가기준에 의하면 약관심종(LC, Least Concern)으로 구분되어 있다(IUCN, 2011). 우리나라 눈잣나무는 유라시아대륙 분포의 남한계선으로 플라이스토세 빙하기에 한반도로 유입되었으며 생물지리적 및 학술적으로도 가치가 매우 높다(Kong, 2006; KNA, 2009).

설악산 눈잣나무 집단은 남한에 존재하는 유일한 집단으로 중청봉과 대청봉 능선의 양쪽 사면에 대규모의 집단이 이루어져 소규모의 군락 또는 아집단의 형태로 불규칙하게 분포하고 있다(Kwon *et al.*, 2010). 설악산 집단에 대한 동위효소 분석 결과에 의하면 유전자의 소멸위험도를 나타내는 고정지수(fixation index)가 0.21로 매우 높고 유전다양성도 러시아 등 주 분포지에 비해 월등히 낮아 특별한 보존 대책이 마련되지 않으면 소멸될 가능성이 매우 높은 것으로 보고되고 있다(Goncharenko *et al.*, 1992; Goncharenko *et al.*, 1993; Tani *et al.*, 1996; Hong *et al.*, 2004; Nakonechnaya *et al.*, 2010).

눈잣나무 구과는 일년생이 가지에 열려 다음 해 9월에 완전히 성숙하는데 이 기간 동안 생리적요인, 인위적 피해, 조류 및 설치류의 피해, 기후환경조건 등에 의해 대부분

\*교신저자(E-mail) : SJH8312@forest.go.kr

낙과되거나 많은 피해를 입는다(Okitsu and Ito, 1984; Kajimoto, 2002; Lee, 2006). 특히, 설악산 집단은 7~8월에 다람쥐, 들쥐, 잣까마귀 등의 먹이원으로 모두 피해를 받기 때문에 자연 상태에서 실생 차대림 형성이 어려우며 또한 유전자원 보존을 위한 종자확보가 전혀 불가능하다.

우리나라에서 설악산 눈잣나무에 대한 연구는 침엽의 핵형 분석 및 체세포염색체 특성(Lim, 1986), 생화학적 적응성(Kim *et al.*, 2005), 동위효소를 이용한 유전학적 연구(Hong *et al.*, 2004), 생물지리적 특성(Kong, 2006; Kwon *et al.*, 2010) 등 일부 연구가 진행되었을 뿐 현지의 유전자원 보존을 위한 연구는 전무한 실정이다. 이로 인해 2011년 설악산 깃대종(flagships species)인 눈잣나무 유전자(gene)를 영구보존하기 위하여 종자은행 구축 및 현지의 유전자원 보존림 조성을 위한 연구에 착수하였다. 강릉산림항공관리소와 설악산국립공원사무소의 협조를 받아 대청봉 일대 눈잣나무 군락지의 착과된 유구과(conelet)에 설치류나 조류 등의 피해 방지를 위한 보호망 648대를 2011년 8월 25개체에 씌웠으며 구과가 완전히 성숙된 9월에 13,083립의 종자유전자원을 수집하여 유전자은행(gene bank)에 안정적으로 장기 보존하였다.

따라서 본 연구에서는 희귀수종 눈잣나무의 현지의 보존을 위한 전략적 구과수집에 따른 구과보호망의 효과와 수집된 구과와 종자의 형태적 특성 변이를 파악하고자 하였으며, 금후 수집된 종자유전자원은 소실위험에 대비하고 육종 재료로 활용하기 위하여 안정적인 유전다양성 보존을 통한 현지의 유전자 보존림을 조성할 계획이다.

## 재료 및 방법

### 연구조사지

본 연구는 설악산 정상부 중청봉과 대청봉 능선 해발

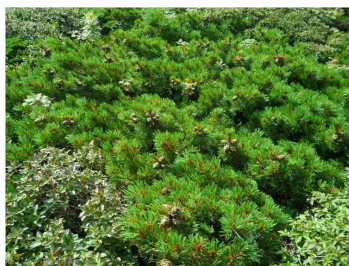


Fig. 1. Location of study site.

1,573~1,677 m에서 소규모 집단을 형성하고 있는 눈잣나무 천연집단에서 수행되었다(Fig. 1). 주로 바람이 심한 능선 양쪽사면과 연중 5~6개월가량 눈이 쌓여있는 산정일대에 불규칙하게 분포하였다. 조사지 주변에는 분비나무(*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.), 눈측백(*Thuja koraiensis* Nakai), 설악눈주목(*Taxus caespitosa* Nakai), 사스래나무(*Betula ermanii* Cham.), 두메오리나무(*Alnus maximowiczii* Callier), 땀덩이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis* Turcz. ex Herder), 만병초(*Rhododendron brachycarpum* D. Don ex G. Don) 등이 함께 분포하고 있었다.

### 조사방법

설악산 대청봉 눈잣나무 천연집단을 대상으로 2011년 5월 17일 유구과(conelet) 착과상태를 확인하고 설치류 등



Conelet (May)



Cone damage (July~August)



Cone protective net (August)

Fig. 2. Cone collection using protective net of *P. pumila*.

의 피해방지를 위한 보호망 648대를 8월 11일에 씌웠으며, 유구과가 완전히 성숙된 9월 22일에 보호망을 제거하고 성숙된 구과를 수집하여 사용하였다. 구과보호망은 운반, 경비, 작업 속도 및 편이성 측면에서 철망과 양파망을 사용하여 비교하였다. 보호망 설치는 유구과가 3개 이상 착과된 25개 개체목의 소지에 철망(50 mesh, 25 × 25 cm) 479대와 양파망(20 × 30 cm) 169대를 각각 씌웠으며 바람에 의한 피해를 막기 위해 안정되게 고정하였다(Fig. 2).

채취된 구과는 개체목별로 구과 10개씩 임의로 구과의 길이, 폭, 지수(길이/폭), 건중 및 구과당 종자수를 조사하였다. 또한 종자특성 조사는 구과당 10립씩 종자의 길이, 폭, 지수(길이/폭), 두께 및 무게를 각각 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 전략적 구과수집

구과 보호망 설치시기(8월 11일)에 중청대피소 인근 주변을 제외한 대청봉 정상에 이르는 지역은 다람쥐나 잣마귀 등의 피해를 많이 받고 있는 상태였으며, 비교적 등산로 주변 임연부는 많은 구과가 착과되어 있었으며 설치류 등의 피해가 적은 것으로 나타났다. 눈잣나무의 현지의 보존을 위한 종자유전자원 확보를 위해서는 7월 초순부터 구과 보호망을 설치하는 것이 많은 종자를 안정적으로 확보할 수 있는 것으로 판단된다. 그러나 당년도에 착과된 유구과는 거의 찾아볼 수 없었는데 이는 풍작 후 영양상태의 불균형 이외에 축적된 양분을 생식생장보다는 우선 영양생장

에 많이 소비하기 때문에 구과 결실량의 풍흉 주기가 나타나는 것으로 보인다.

구과보호망 설치는 철망 479대에 1,039개의 구과를 씌워 385개의 손상되지 않은 구과를 얻을 수 있었으며, 전체 구과 중 37.1%의 안정적인 종자유전자원 13,083립을 확보할 수 있었다(Table 1). 그러나 양파망보호망은 169대를 씌웠으나 모두 피해를 받아 보호망의 효과가 전혀 없는 것으로 나타났다.

### 구과의 형태적 변이

설악산 눈잣나무 집단의 구과특성을 살펴보면 구과길이는 26.7~39.8 mm 범위로 평균 35.3 mm, 구과폭은 19.8~28.6 mm 범위로 평균 25.6 mm, 구과지수는 1.19~1.56 범위로 평균 1.38, 구과건중은 3.0~9.3 g 범위로 평균 6.6 g, 구과당 종자수는 20.0~60.0립 범위로 평균 39.3립을 각각 나타냈다(Table 2). 또한 성숙된 구과는 실편(scale)이 벌어지지 않는 폐과로 나타났다(Lee, 1990; Watano *et al.*, 1995). 변이계수 값은 구과건중과 구과당 종자수에서 비교적 높은 21.7%와 21.5%를 각각 나타냈다.

Kong(2006)에 의하면 구과길이는 눈잣나무 2.5~4.5 cm, 섬잣나무 6~8 cm, 잣나무 9~16 cm, Fu *et al.*(2003)은 구과의 길이와 폭이 눈잣나무 각각 3.0~4.0 cm와 2.5~3.0 cm, 잣나무 각각 9~14 cm와 6~8 cm, Ahn(1971)은 섬잣나무의 구과의 길이와 폭이 각각 10.6 cm와 5.6 cm로 보고한 바 있어 본 연구의 눈잣나무와는 구과의 길이와 폭 특성에서 유사한 경향을 나타내었으나 근연종인 잣나무와

Table 1. Effect of two protective treatments for reducing cone damage to *P. pumila* in Mt. Seorak

Treatments	Number of nets (ea.)	Total number of cones (ea.)	Number of intact cones (ea.)	Protective effect (%)	Total sound seeds (ea.)
Iron net	479	1,039	385	37.1	13,083
Nylon net	169	348	0	0	0

Table 2. Analysis of five cone characteristics of *P. pumila* in Mt. Seorak

	Cone length (mm)	Cone width (mm)	Cone index (Lenth / Width)	Dry weight (g)	No. of seeds per cone (ea.)
Mean	35.3	25.6	1.38	6.6	39.3
Range	26.7~39.8	19.8~28.6	1.19~1.56	3.0~9.3	20.0~60.0
C.V.(%)*	10.2	7.9	6.9	21.7	21.5

\*: Coefficients of variation.

섬잣나무와는 수종간 차이로 작은 특성을 나타냈다.

구과 특성에 대한 ANOVA 분석결과 모든 특성들에서 고도의 유의적인 차이를 나타내어 개체 간에 많은 변이가 있는 것으로 나타났다(Table 3).

### 종자의 형태적 변이

설악산 눈잣나무 집단의 종자특성을 살펴보면 종자길이는 7.39~8.86 mm 범위로 평균 8.12 mm, 종자폭은 5.19~6.20 mm 범위로 평균 5.81 mm, 종자지수는 1.29~1.53 범위로 평균 1.40, 종자두께는 4.29~5.07 mm 범위로 평균 4.62 mm, 종자무게는 0.08~0.13 g 범위로 평균 0.11 g을 각각 나타냈다(Table 4). 또한 종자는 삼각모양의 달걀형으로 날개가 없는 특성을 나타냈다(Watano *et al.*, 1995). 변이계수 값은 종자무게에서만 13.4%의 비교적 높은 값을 나타내었으며 나머지 특성들에서는 6% 이하의 낮은 값을 나타냈다.

눈잣나무 종자의 형태적 특성에 대한 연구를 살펴보면 종자의 길이와 폭은 Kong(2006)에 의하면 각각 0.7~0.9 cm와 0.4~0.7 cm, Fu *et al.*(2003)은 각각 0.7~1.0 cm와 0.5~0.7 cm로 보고한 바 있어 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그리고 Ahn(1971)은 섬잣나무의 종자의 길이와 폭이 각각 1.3 cm와 0.9 cm로, Kong(2006)은 섬잣나

무의 종자길이, 폭 및 무게가 각각 1.0~1.5 cm, 0.6~0.7 cm 및 0.1~0.15 g, 잣나무 각각 1.2~1.8 cm, 1.0~1.4 cm 및 0.45~0.48 g으로 보고한 바 있어 눈잣나무와 근연종간 종자 특성에 차이가 나타났다.

종자특성에 대한 ANOVA 분석결과 모든 특성들에서 고도의 유의적인 차이가 인정되었으며 개체 간에 많은 변이가 있는 것으로 나타났다(Table 5).

### 구과와 종자특성 상관

조사된 10개의 구과와 종자 형질간 상관을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 구과특성 간에는 구과길이가 구과폭, 구과지수, 구과건중 및 구과당 종자수와, 구과폭은 구과건중 및 구과당 종자수와, 구과건중은 구과당 종자수와 각각 정의 상관관계를 나타냈다. 종자특성 간에는 종자길이가 종자폭, 종자지수, 종자두께 및 종자무게와, 종자폭은 종자두께 및 종자무게와, 종자두께는 종자무게와 각각 정의 상관관계를 나타냈다. 즉, 눈잣나무의 구과와 종자의 길이가 길어질수록 전체적인 크기가 커지고 모양이 길어지며, 무게도 많이 나가는 경향을 나타냈다. 또한, 구과와 종자특성 간에는 구과당 종자수가 종자폭 및 종자두께와 각각 부의 상관관계를 나타내어, 종자폭이 넓고 종자두께가 두꺼울수

Table 3. ANOVA analysis of variance for five cone characteristics of *P. pumila* in Mt. Seorak

Cone length	Cone width	Cone index (Length / Width)	Dry weight	No. of seeds per cone
77.69**	19.40**	0.07**	12.57**	448.41**

\*\* : Significant at  $p < 0.001$ .

Table 4. Analysis of five seed characteristics of *P. pumila* in Mt. Seorak

	Seed length (mm)	Seed width (mm)	Seed index (Length / Width)	Seed thickness (mm)	Seed weight (g)
Mean	8.12	5.81	1.40	4.62	0.11
Range	7.39~8.86	5.19~6.20	1.29~1.53	4.29~5.07	0.08~0.13
C.V (%)*	4.9	4.2	4.3	5.1	13.4

\* : Coefficients of variation.

Table 5. ANOVA analysis of variance for five seed characteristics of *P. pumila* in Mt. Seorak

Seed length	Seed width	Seed index (Length / Width)	Seed thickness	Seed weight
10.01**	4.77**	0.33**	3.39**	0.0128**

\*\* : Significant at  $p < 0.001$ .

Table 6. Simple correlation coefficients among cone and seed characteristics of *P. pumila*

Characters	CL	CW	CI	DW	NC	SL	SW	SI	ST
Cone length (CL)	-								
Cone width (CW)	0.75**	-							
Cone index (CI)	0.67**	0.02	-						
Dry weight (DW)	0.80**	0.82**	0.29	-					
No. of seeds per cone (NC)	0.66**	0.57**	0.36	0.80**	-				
Seed length (SL)	0.23	0.32	0.03	0.18	-0.21	-			
Seed width (SW)	0.09	0.08	0.04	-0.04	-0.46*	0.57**	-		
Seed index (SI)	0.14	0.27	-0.03	0.21	0.20	0.57**	-0.35	-	
Seed thickness (ST)	-0.15	0.02	-0.23	-0.19	-0.56**	0.46*	0.77**	-0.23	-
Seed weight (SW)	0.13	0.40	-0.25	0.28	-0.18	0.52**	0.63**	-0.03	0.64**

\*\* and \* : Significant at  $p < 0.001$  and  $p < 0.01$ , respectively.

록 구과당 종자수는 작아지는 일반적인 경향을 나타냈다. Han and Yi(1996)는 잣나무에 대한 구과 및 종자특성 분석에서 구과당 종자수는 종자폭 및 종자두께와 모두 부의 상관관계를 보이는 것으로 보고한바 있어 본 연구 결과와 수종간 차이는 있지만 동일한 경향을 나타냈다.

구과와 종자의 길이가 길어질수록 전체적인 크기가 커지고 모양이 길어지며, 무게도 많이 나가는 경향을 나타냈으며, 또한 종자폭이 넓고 종자두께가 두꺼울수록 구과당 종자수는 작아지는 부의 상관관계를 나타냈다.

### 적 요

국내 유일 설악산에만 분포하는 희귀수종 눈잣나무의 현지의 보존을 위한 종자수집에 따른 구과보호망의 효과와 수집된 구과와 종자의 형태적 특성 변이를 조사하였다. 철망으로 설치된 구과보호망(50 mesh, 25 × 25 cm)은 설치류나 조류 등의 피해를 방지할 수 있으며 안정적인 종자유전 자원 확보가 가능한 것으로 나타났다. 특히, 7월 초순부터 설치하는 것이 처리효과가 매우 높은 것으로 나타났다.

눈잣나무 구과는 열개하지 않는 폐과이며 종자에는 날개가 없고 주로 잣까마귀와 설치류 등의 먹이저장 습성에 의해 종자가 산포된다. 구과의 형태적 특성 변이는 개체간 유의적인 차이가 인정되었으며, 평균특성은 구과길이 35.3 mm, 구과폭 25.6 mm, 구과지수 1.38, 구과건중 6.6 g, 구과당 종자수 39.3립을 각각 나타냈다. 종자는 삼각모양의 달걀형으로 날개가 없으며 개체간 유의적인 차이가 인정되었다. 평균특성은 종자길이 8.12 mm, 종자폭 5.81 mm, 종자지수 1.40, 종자두께 4.62 mm, 종자무게 0.11 g을 각각 나타냈다. 변이계수 값은 구과건중과 구과당 종자수에서만 비교적 높은 21.7%와 21.5%를 각각 나타냈다. 구과와 종자특성 상관분석에서는

### 인용문헌

- Ahn, K.Y. 1971. Principal characteristics of *Pinus parviflora* S. et Z. native to the Dagelet Island. Jour. Korean For. Soc. 12:31-43 (in Korean).
- Critchfield, W.B. and E.L. Little. 1966. Geographic Distribution of the Pines of the World. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Miscellaneous Publication 991, DC. pp. 1-97.
- Fu, L., Y. Xin and A. Whittmore. 2003. Pinaceae: In Fu, L., N. Li and R.R. Mill (eds.), Flora of China, Vol. 4, Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, MO. pp. 11-52.
- Goncharenko, G.G., V.E. Padutov and A.E. Silin. 1992. Population structure, gene diversity, and differentiation in natural populations of cedar pines (*Pinus subsect. Cembrae, Pinaceae*) in the USSR. Plant Syst. Evol. 182:121-134.
- Goncharenko, G.G., V.E. Padutov and A.E. Silin. 1993. Allozyme variation in natural populations of Eurasian pines. I. Population structure, genetic variation, and differentiation in *Pinus pumila* (Pall.) Regel from Chukotsk and Sakhalin. Silvae Genet. 42(4-5):237-246.
- Han, S.U. and J.S. Yi. 1996. Age-age correlation for height growth of open-pollinated progenies of *Pinus koraiensis* in

- relation to their cone and seed characteristics. Kor. J. Breed. Sci. 28(1):63-68.
- Hong, Y.P., H.Y. Kwon, B.H. Yang, S.W. Lee, C.S. Kim and S.D. Han. 2004. Genetic states of an isolated relict population of dwarf stone pine in Mt. Seorak. Jour. Korean For. Soc. 93(5):393-400 (in Korean).
- IUCN. 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org> (2011.12.20).
- Kajimoto, T. 2002. Factors affecting seedling recruitment and survivorship of the Japanese subalpine stone pine, *Pinus pumila*, after seed dispersal by nutcrackers. Ecol. Res. 17:481-491.
- Kim, C.S., S.H. Han, W.Y. Lee, J.C. Lee, Y.K. Park and C.Y. Oh. 2005. Biochemical adaptation of *Pinus pumila* on low temperature in Mt. Seorak, Korea. Korean J. Plant Res. 8(3):217-224.
- Kong, W.S. 2006. Biogeography of native Korean Pinaceae. Journal of the Korean Geographical Society 41(1):73-93 (in Korean).
- Korea National Arboretum (KNA). 2009. Rare Plants Data Book in Korea. GEOBOOK Pub. Co., Seoul, Korea. pp. 83 (in Korean).
- Kwon, H.J., J.H. Gwon, K.S. Han, M.Y. Kim and H.K. Song. 2010. Subalpine forest vegetation of Daechongbong area, Mt. Seoraksan. Kor. J. Env. Eco. 24(2):194-201 (in Korean).
- Lee, T.B. 1990. Dendrology. Hyangmoon Pub. Co., Seoul, Korea. pp. 75-77 (in Korean).
- Lee, T.B. 2006. Coloured Flora of Korea. Hyangmoon Pub. Co., Seoul, Korea. pp. 136 (in Korean).
- Lim, H.J. 1986. Taxonomical relationship of the five *Pinus* Species in the Subgenus haploxyylon. Kor. J. of Breed. Sci. 18(4):358-373 (in Korean).
- Nakonechnaya, O.V., A.B. Kholina, O.G. Koren, V. Janecek, A. Kohutka, R. Gebauer and Y.N. Zhuravlev. 2010. Characterization of gene pools of three *Pinus pumila* (Pall.) Regel populations at the range margins. Russ. J. Genet. 46(12):1417-1427.
- Okitsu, S. and K. Ito. 1984. Vegetation dynamics of the Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* Regel) in the Taisetsu mountain range, Hokkaido, Japan. Vegetation 58:105-113.
- Tani, N., N. Tomaru, M. Araki and K. Ohba. 1996. Genetic diversity and differentiation in populations of Japanese stone pine (*Pinus pumila*) in Japan. Can. J. Forest Res. 26(8):1454-1462.
- Watano, Y.W., M. Imazu and T. Shimizu. 1995. Chloroplast DNA Typing by PCR-SSCP in the *Pinus pumila*-*P. parviflora* var. *pentaphylla* complex (Pinaceae). J. Plant Res. 108:493-499.

(Received 9 January 2012 ; Revised 26 April 2012 ; Accepted 4 June 2012)