

## 해송 × 소나무 F<sub>1</sub> 교잡종의 특성

이철호\*, 김규식  
국립수목원 산림자원보존과

### Characteristics of Control-Pollinated Progenies of *Pinus thunbergii* × *P. densiflora*

Cheul-Ho Lee\* and Kyu-Sick Kim

Department of Forest Resources Conservation, Korea National Arboretum, Pocheon 487-821, Korea

**Abstract** - Seedlings height of hybrids varied depending on mating combinations. Among the progenies from the mating combination, *P. thunbergii* (CN4) × *P. densiflora* (KW29) showed the best plant growth. The mean height of this combination was 521 cm at the age of 8 years (yrs), which was 9% higher than rest of the crosses. Seedlings height of progenies using *P. thunbergii* (JN37) as mother tree showed 28%, 33%, and 29% higher than those of open-pollinated progenies of the mother tree at the ages of 4yrs, 6yrs, and 8yrs, respectively. On the other hand, using *P. densiflora* (KB5) as father tree showed 45%, 48%, and 32% higher than those of open-pollinated progenies of the father tree. This result may be caused by hybrid vigor.

**Key words** - Hybrid vigor, Needle characters, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii*

## 서 언

인공교잡으로 새로운 품종을 육성하는 연구는 일반 농작물에 서뿐만 아니라 임목에서도 중요한 과제이다. 임목에 있어서 다양한 변이의 창출은 자연상태에서 수종간 교잡으로는 어렵지만 인공교배로 가능하며, 인공교잡을 통하여 경제적으로 유용한 형질을 결합, 생산성을 높이고 이용목적에 알맞은 품종을 육성할 수 있을 것이다.

소나무류에서 본격적인 교잡연구는 1936년 미국의 California Placerville의 삼림유전연구소에서 Righter와 Duffield (1951)에 의하여 소나무류의 중간 및 품종간 교잡이 광범위하게 실시된 이래 *Pinus palustris*의 *Cronatium fusiforme*에 대한 내병성과 *Pinus elliotii*의 성장력의 결합을 위하여 *Pinus palustris* × *P. elliotii*를 교잡하였으며(Wright, 1962), *Pinus jeffreyi*의 우수한 재질과 *Pinus coulteri*의 *Pinus reproduction weevil* 내충성의 형질결합을 위하여 *Pinus jeffreyi* × *P. coulteri* 교잡(Miller, 1985)하는 등 많은 연구가 이루어졌는데, 우리나라에서도 *Pinus rigida* × *P. taeda*, *Pinus rigida* ×

*P. elliotii*(Ahn, 1963)등 70여 조합에 달하는 많은 인공교잡 시험을 실시하여 성장과 형질이 우수한 *Pinus rigida* × *P. taeda*를 육성하였다.

소나무는 우리나라 기후풍토와 환경에 적응력이 높아서 가장 넓은 면적에 분포하고 있는 자생종으로 건축재와 펄프재 등으로 많이 사용되어지고 있는 중요한 수종이며, 해송은 해안지역에서 좋은 성장을 보여주는 수종으로 이들은 자연교잡이 이루어지는 것으로 알려져 있다(Hyun *et al.*, 1967). Uyeki(1928)는 우리나라 소나무를 형태적으로 6개형으로 나누었으며 태백산맥을 중심으로 강원도와 경상북도 북부지역의 소나무를 金剛型(*P. densiflora* for. *erecta*)이라고 명명하였다. 또한 이지역의 소나무는 金剛松, 剛松 또는 春陽木이라고 하여 목재가치가 우수한 경제수종으로 중요시 되어 왔다. 특히 금강소나무는 해송의 유전적 영향을 받은 이입잡종(introgressive hybrid)으로 일부에서 추정된 바 있다(Ahn, 1972). 교잡종의 이용은 종자생산이 유리하여야 하는데, Ahn(1963)은 소나무 × 해송은 구과당 0.3립, 해송 × 소나무는 구과당 15.4립 생산할 수 있다고 하였으며, Ryu 등(1985)은 소나무 × 해송은 구과당 0.43립, 해송 × 소나무는 구과당 3.21립의 총실 종자를 생산할 수 있었다고 보고하여 인공교배 종자 생산량이 많은 해송 × 소나무 교잡종의 이용이 유리할 것으로 생각된다.

\*교신저자(E-mail) : chlee63@foa.go.kr

본 연구는 우리나라 향토수종인 해송과 소나무를 인공교배한 해송×소나무 차대들의 침엽 및 성장특성을 비교분석하여 신품종 육성을 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

시험재료는 충청남도 태안군 안면읍 중장리 해송 채종원에서 1989년 5월 상순 인공교배를 실시하였다. 1990년 10월 교배조합별로 구과를 채취 탈중하여 수원시 오목천동 포지에서 양묘하였다. 1993년 경기 안산시 선감동에 1-1묘를 난괴법 3반복으로 반복당 10본씩 1×1m 간격으로 시험림을 조성하였다.

### 조사방법

침엽의 특성조사는 가계당 15본에서 침엽을 채취한 후 즉시 고정액(FAA)에 넣어 고정하였다. 개체목별 무작위로 10개의 침엽을 선정하여 기공열수와 기공밀도는 40배 실체 현미경으로 침엽의 뒷면을 조사하였으며, 수지구수는 침엽의 중간 부위에서 hand section 하여 횡단면을 얻은 후 120배의 실체 현미경으로 수지구수와 위치를 조사하였다.

성장조사는 3, 5, 8년생의 수고와 8년생의 근원경을 반복당 5본씩 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 침엽특성

해송×소나무 교잡종의 침엽의 기공과 수지구 특성에서 조합간에 많은 차이가 있었다.(Table 1). 침엽당 기공열수는 4.0~4.6열이었으며, 0.25mm<sup>2</sup>당 기공밀도는 20.1~21.8개이었다. 그리고 중위 수지구수는 5.3~7.1개이었으며, 외위 수지구수는

0.8~2.2개이었고, 수지구지수는 0.71~0.89이었다. 교배조합 평균 기공밀도는 21.2개였으나 화분수인 소나무 3가계의 평균 기공밀도는 31.6개로서 149%가 적었으며, 교배모수인 해송의 기공밀도 21.9개와 비슷하였다. 교배 모수인 해송과 화분수인 소나무 클론의 침엽과 비교한 바 교배모수인 해송을 더 많이 닮은 것으로 조사되었다.

Gaussen(1960)과 Shaw(1914)는 침엽의 수지구는 분류학상 중요한 인자로 수지구의 위치가 소나무류의 고유한 특성이라고 하였으며, Matziris(1983)는 *Pinus nigra* 침엽의 기공밀도, 수지구수는 유전적 영향을 많이 받는 형질로 보고하였다. 소나무와 해송 분류의 한 방법으로 잎 횡단면의 수지구 위치가 외위이면 소나무이고 중위이면 해송으로 분류하고 있다(Lee, 1986). 화분수인 소나무 3가계의 수지구지수는 0.05~0.15로 분석되었는데 이는 Lee et al.(2007)이 소나무 35집단의 수지구지수 0.008~0.108(평균 0.044)로 보고한 것과 유사하였으며, 모수인 해송은 모두 중위이었다. 본 시험의 해송×소나무 교잡종은 중위와 외위가 동시에 나타나 외위 수지구는 화분수인 소나무에서 온 것으로 추정된다.

### 성장특성

해송×소나무 교잡종 3, 5, 8년생의 수고 및 근원경의 성장에 있어서 조합간에 많은 차이가 있었다.(Table 2, 3). 3년생의 수고생장은 83~117cm이며 가장 생장이 우수한 해송(충남 4)×소나무(경북 5)는 117cm로서 전 조합 평균보다 12% 우량한 성장을 하였으며, 가장 생장이 불량한 해송(충남 4)×소나무(충북 3)는 83cm로서 전 교잡종 평균보다 24% 저조한 성장을 하였다. 5년생의 수고생장은 195~234cm이며 가장 생장이 우수한 해송(충남 4)×소나무(강원 29)는 234cm로서 전 조합 평균보다 8% 좋은 성장을 하였으며, 가장 생장이 불량한 해송(충남 4)×소나무(충북 3)는 195cm로서 전 조합 평균보다 10% 저조한 성장을 하

Table 1. Comparisons of anatomical characteristics in the transverse section of needles among pines

Mating combination	Stomata		Resin canal			
	Row	Density	Medial	External	R.D.I	
Progeny	<i>P. thunbergii</i> (CN 4) × <i>P. densiflora</i> (CB 3)	5.2	21.7	5.3	2.2	0.71
	<i>P. thunbergii</i> (CN 4) × <i>P. densiflora</i> (KW29)	5.0	20.1	5.6	1.3	0.81
	<i>P. thunbergii</i> (CN 4) × <i>P. densiflora</i> (KB 5)	5.6	20.7	6.2	1.1	0.84
	<i>P. thunbergii</i> (JN37) × <i>P. densiflora</i> (CB 3)	5.0	21.8	7.1	0.9	0.89
	<i>P. thunbergii</i> (JN37) × <i>P. densiflora</i> (KW29)	5.2	21.8	6.9	0.8	0.89
control	<i>P. densiflora</i> (KW29)	6.0	19.2	0.9	6.3	0.13
	<i>P. densiflora</i> (CB 3)	5.4	20.7	1.2	6.8	0.15
	<i>P. densiflora</i> (KB 5)	5.8	21.7	0.4	7.2	0.05
	<i>P. thunbergii</i> (CN 4)	7.8	21.7	6.3	0.0	1.00
	<i>P. thunbergii</i> (JN37)	7.8	22.1	8.9	0.0	1.00

R.D.I: Resin Duct Index.

Table 2. Height and DBH of *Pinus thunbergii* × *P. densiflora* hybrids and parental trees

Mating combination	Height (cm)			D.R.C*	
	3yrs	5yrs	8yrs	8yrs	
<i>Pinus thunbergii</i> (CN 4) × <i>P. densiflora</i> (KW29)	110 ± 18 <sup>A</sup>	234 ± 20 <sup>A</sup>	521 ± 46 <sup>A</sup>	6.3 ± 1.1 <sup>A</sup>	
<i>Pinus thunbergii</i> (JN37) × <i>P. densiflora</i> (KW29)	109 ± 25 <sup>A</sup>	217 ± 38 <sup>A</sup>	488 ± 40 <sup>A</sup>	6.3 ± 1.2 <sup>A</sup>	
<i>Pinus thunbergii</i> (CN 4) × <i>P. densiflora</i> (KB 5)	117 ± 28 <sup>A</sup>	216 ± 44 <sup>A</sup>	461 ± 39 <sup>AB</sup>	6.0 ± 1.1 <sup>A</sup>	
<i>Pinus thunbergii</i> (JN37) × <i>P. densiflora</i> (CB 3)	103 ± 20 <sup>A</sup>	226 ± 43 <sup>A</sup>	506 ± 45 <sup>A</sup>	6.3 ± 1.3 <sup>A</sup>	
<i>Pinus thunbergii</i> (CN 4) × <i>P. densiflora</i> (CB 3)	83 ± 19 <sup>B</sup>	195 ± 36 <sup>B</sup>	428 ± 39 <sup>B</sup>	5.6 ± 0.9 <sup>B</sup>	
control	<i>Pinus thunbergii</i> (JN37)	86	160	372	3.6
	<i>Pinus densiflora</i> (KB 5)	5	145	365	3.5

\* means Diameter at Root Collar.

Table 3. Mean squares from analysis of variance

Source of variance	d.f.	Height			D.R.C***
		3yrs	5yrs	8yrs	8yrs
Replication	2	1,497.0*	4,927.2*	13,741**	1758.7**
Combination	4	1,881.5*	3,090.2*	4,873**	754.7**
Com. × Rep.	8	305.9	1,901.7	2,286	162.1
Error	54	491.4	1,252.3	1,774	294.2

\*\*\* means Diameter at Root Collar, \*\* and \* indicate significance at 1% and 5% level.

였다. 8년생의 수고생장은 428~521cm이며 가장 생장이 우수한 해송(충남 4) × 소나무(강원 29)는 521cm로서 전 조합 평균보다 9% 좋은 성장을 하였으며, 가장 생장이 불량한 해송(충남 4) × 소나무(충북 3)는 428cm로서 전 조합 평균보다 11% 저조한 성장을 하였다. 근원직경 생장은 4.5~6.3cm이며, 가장 생장이 우수한 해송(충남 4) × 소나무(강원 29)는 6.3cm로서 전 조합 평균보다 3% 우량하였으며 가장 생장이 불량한 해송(충남 4) × 소나무(충북 3)는 4.5cm로서 전 조합에 비하여 10% 저조하였다. 교잡종 8년생 평균 수고생장이 480cm로서 모수인 해송 보다 29%, 화분수인 소나무보다도 32% 우수하였다. 이와 같은 결과는 잡종강세(Hybrid vigor) 현상으로 생각된다.

교잡종의 이용은 구과당 종자생산을 많이 할 수 있어야 유리하다. Ahn(1963)은 소나무 × 해송은 구과당 0.3립, 해송 × 소나무는 구과당 15.4립을 생산할 수 있으며, Ryu 등(1985)은 소나무 × 해송은 구과당 0.43립, 해송 × 소나무는 구과당 3.21립의 충실 종자를 생산할 수 있었다고 보고한 바 있어 인공교배 종자생산량이 많은 해송 × 소나무 교잡종을 이용하는 것이 유리할 것으로 생각된다. Park 등(1985)은 *Pinus thunbergii* × *P. massoniana*는 묘고생장이 모수인 해송보다 우수하였다는 보고와 유사하여 본 시험결과인 해송 × 소나무 교잡종 생장이 모수인 해송과 화분수인 소나무의 성장보다도 우수한 것과 같은 결과이었다. 금후 해송 × 소나무 교잡종 연구는 모수 집단과 화분수 집단을 각각 선발, 선발목간 인공교배를 실시하여 다시 선발하고 선발된 우수한 모수와 화분수를 교배하는 상호순환방법으로 수행하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 이 방법은 많은 시간과 경비가 소요되는 것이 단점이지만 소나무와 해송은

우리나라의 향토수종이고 조림수종으로 차대검정이 실시되고 있으므로(Shim, 1985; Kim *et al.*, 1995; Kim *et al.*, 1998) 차대검정 결과로부터 모수와 화분수를 선발하여 인공교배를 실시하면 보다 우수한 신품종이 육성될 수 있을 것으로 기대된다.

### 적 요

해송 × 소나무 인공교배 차대들의 침엽 및 성장특성을 조사하였다. 해송 × 소나무 교잡종 3, 5, 8년생 수고생장은 조합간에 많은 차이가 있었다. 해송(충남 4) × 소나무(강원 29) 조합 3, 5, 8년생의 수고생장이 110, 172, 234cm로 전 조합 평균보다 8%, 9%, 11% 우수하였으며, 교배 모수인 해송 수형목 충남4호와 화분수인 소나무 수형목 경북 5호 보다도 각각 46%, 61% 우수한 성장을 하여 잡종강세 현상으로 생각된다. 해송 × 소나무 침엽의 수지구지수는 0.71~0.89로서 교배모수인 해송을 더 많이 닳았다.

### 인용문헌

- Ahn, K. Y. 1963. Studies on interspecific hybridization in the sub-genus diploxylon of genus *Pinus*. Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. Korea 3: 29-43.
- Ahn, K. Y. 1972. Studies on the species crossabilities in the genus *Pinus* and principal characteristics of F<sub>1</sub> hybrids. Jour. Korean For. Soc. 16: 1-32.
- Gaussen, H. 1960. Les gymnospermes actuelles et fossiles. Fasc. VI. Les coniferales. Chap. 11. Généralités, Genre *Pinus*.

- Hyun, S. K., K. H. Koo and K. Y. Ahn. 1967. Introgressive Hybridization in the eastern part of south Korea. I. Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. Korea 5: 43-52.
- Kim, K. S. and Y. C. Han. 1998. Variation in growth characteristics of *Pinus densiflora* S. et Z. at eight experimental plantations of Korea. Jour. Korean For. Soc. 86(2): 119-127.
- Kim, K. S., Y. C. Han and D. G. Jo. 1995. Estimates of genetic parameters in control-pollinated progenies of plus trees of *Pinus densiflora* S. et Z. Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. Korea 31: 7-13.
- Lee, C. B. 1986. Dendrology. Hyangmunsa Publishing Co. pp. 331.
- Lee, C. H., C. H. Shin and K. S. Kim. 2007. Geographic Variation in Needle Characteristics of *Pinus densiflora* in Korea. Korea J. Plant Res. 20(4): (in press).
- Matziris, D. I. 1983. Genetic variation in morphological and anatomical needle characteristics in the black pine of peloponnesos. Silv. Genet. 33(4,5): 164-169.
- Miller, J. M. 1985. Resistance of pine hybrids to the pine reproduction weevil. U.S. Forest Serv. Calif. Forest and Romge Expt. Sta. Forest Res. Note 69: 1-17.
- Park, M. H., G. S. Jhun and Y. Youn. 1985. Characteristics of *Pinus thunbergii* × *P. massoniana* F<sub>1</sub> hybrid seedlings. Jour. Korean For. Soc. 69: 51-55.
- Righter, F. I. and J. W. Duffield. 1951. Interspecies hybrids in pinus. Jour. of Heredity 52: 75-78.
- Ryu, J. B., S. H. Hong and H. G. Chung. 1985. Introgressive hybridization in Korea by the position of resin duct in needle. Jour. Korean For. Soc. 69: 19-27.
- Shaw, G. R. 1914. The genus pinus. Houghton Mifflin Co., Boston.
- Shim, S. Y. 1985. Studies on genetic parameters and gain obtained from open-pollinated progenies of plus tree of *Pinus densiflora* S. et Z. in Korea. PhD Thesis, Seoul National University, Seoul pp. 33.
- Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Korea and silvicultural treatment for its improvement. Bul. Agr. and Forestry Coll. Suwon. Korea. No. 3. pp. 263.
- Wright, J. W. 1962. Genetics of tree improvement. F.A.O.

(접수일 2007. 5. 16; 수락일 2007. 8. 8)