

충주에 식재한 일본 6개 산지 소나무의 생장

권용락^{1*} · 유근옥¹ · 김인식² · 이갑연¹

¹국립산림과학원 산림유전자원부, ²국립산림과학원 산림종자연구소

Growth Performance of *Pinus densiflora* Introduced from Six Provenances of Japan at Chungju, Korea

Yong-Rak Kwon^{1*}, Keun-Ok Ryu¹, In-Sik Kim² and Kab Yeon Lee¹

¹Dept. Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

²Forest Seed Research Center, Korea Forest Research Institute, Chungju 380-941, Korea

요약: 일본산 소나무의 국내 적응성 및 생장 특성을 파악하고자 일본의 6개 산지의 종자를 도입하여 국내 평창산지 소나무를 비교 산지로 1970년 충북 충주에 시험림을 조성한 바 있다. 본 연구는 이 곳에서 산지 시험 자료를 이용하여 포지 생장 및 조림지에서의 연년생장을 비교·분석하였다. 포지 생장의 경우 묘고는 산지간 유의성이 나타났으나 근원적경의 경우 산지간 차이가 인정되지 않았다. 유묘 시기에는 국내산지 소나무가 일본산지 소나무보다 평균 묘고 생장이 우수한 것으로 나타났으며, 일본산지 중에는 Kasahara 산지가 다른 산지에 비하여 양호하였다. 조림지에서 연년생장의 경우 4년생 이후 산지간 차이가 없었으나 17년생 이후 산지간에 차이가 있는 것으로 분석되었다. 또한 산지간 생장 순위는 11년생까지 변동하였으나, 17년생 이후 변동이 줄어들어 안정되는 경향을 보였다. 이는 17년생 이후 재적 생장이 좋았던 산지의 소나무가 지속적으로 생장이 양호한 것을 반영하는 것으로 해석된다. 생장과 기후환경 등 인자간의 상관분석 결과 재적 생장의 경우 북쪽에서 도입된 산지의 소나무가, 수고생장의 경우 남쪽에서 도입된 산지의 소나무가 다소 양호한 것으로 분석되었다. 그러나 기후환경 인자와는 특별한 상관관계가 나타나지 않았다. 이상의 결과를 종합해 보면 일본에서 도입된 소나무는 산지별로 다소 차이가 있었으나 우리나라 중부지역 소나무의 평균 단재적과 비슷한 수치를 보여 충주지역에서 비교적 잘 적응하며 생장하는 것으로 보인다. 그러나 이번 연구 결과는 한 지역의 조림지만을 대상으로 한 결과이므로 우리나라 전역에 적용하기에는 다소 무리가 있을 것으로 보이며, 충주의 일본산지 소나무 조림지는 국내에 유일하게 남아있는 곳으로 유전자원 보존과 정확한 후기 생장 능력 평가를 위해서 향후 지속적인 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

Abstract: *Pinus densiflora* is a dominant conifer species in Korea and also distributed in regions of Japan and eastern China. Success in the establishment and productivity of forest tree plantation is largely determined by selection of species and seed source. The provenance tests of *Pinus densiflora* in Korea are underway. However, the information of the growth performance of Japanese and Chinese provenances are insufficient. Therefore, this study was conducted to evaluate the growth performance of *Pinus densiflora* Japanese provenances. Data were collected from a provenance trial including established by Korea Forest Research Institute at Chungju in 1970. Six Japanese provenances (31° 90'~40° 27' in latitude and 128° 47'~141° 80' in longitude) were included in this trial. Pyeongchang provenance at Kangwon province in Korea was used for reference provenance. At nursery stage, the height and diameter at root collar of six Japanese provenances were smaller than those of Pyeongchang provenance. Among Japanese provenances, Kasahara provenance showed higher growth performance than those of others. The provenance rankings of growth performance were fluctuated until age 11. However, the growth performance of Japanese provenances showed higher than those of reference provenance after age 17. Kirishimayama provenance showed best growth performance. Simple correlation analysis was conducted to investigate the geographic factors affecting growth performance. The height growth showed negative correlation with latitude of seed origin. Generally, Japanese provenances of *Pinus densiflora* were well adapted and grown in Chungju. However, it was suggested that further studies on other sites need to generalize the results of this study.

Key words : *Pinus densiflora*, exotics, provenance test, growth performance

*Corresponding author
E-mail: rakpark@hanmail.net

서론

조림 수종은 일반적으로 오랜 기간에 걸쳐 자연도태를 통하여 자생지의 지역 환경에 잘 적응되어 생육하는 향토 수종을 선택하는 것이 안정적이다. 하지만 적당한 향토 수종이 부족한 경우에는 외래 수종을 선택하게 되며, 이와 같은 도입육종을 통해 노력·시간·경비를 적게 들이면서 새로운 유전자원을 확보할 수 있다(Zobel과 Talbert, 1984; Zobel 등, 1987; Wingfield, 1999). 임업 선진국에서는 외래 수종을 도입하여 다수의 성공한 예가 있다. 뉴질랜드의 경우 미국이 원산인 라디아타소나무(*Pinus radiata* D. Don)를 도입하여 자국의 주요 조림 수종으로 육성하여 목재 수입국에서 수출국으로 바뀌기도 했다(유근옥, 2003). 그러나 외래 수종을 조림할 경우 원산지에서 볼 수 없는 이상 생장 현상이나 각종 위해에 대한 내성의 차이가 발

생할 수 있으므로 조림지의 적응성 검정시험은 반드시 필요하다(Burschel 등, 1987). 특히 소나무는 우리나라 단일 수종으로는 최대면적을 차지하고 있으며, 대표적인 향토 수종이므로 소나무의 도입은 더욱 신중해야 할 것이다(임업연구원, 1999).

국내 소나무 경우 산지시험이 진행되어 관련 정보가 축적되고 있으나, 주변국인 일본과 중국의 소나무 생장에 관한 정보는 상대적으로 불충분한 실정이다. 이에 국립산림과학원 산림유전자원부에서는 일본산 소나무의 생장 특성에 대한 정보를 얻고자 일본에서 소나무가 많이 분포되어 있는 Iwate-ken, Ibaragi-ken, Nagano-ken, Kagosima-ken의 4개 현에서 6개 산지의 종자를 도입하여 국내 평창산지 소나무를 비교 산지로 하여 충북 충주에 시험림을 조성한 바 있다. 본 연구는 일본산 소나무의 포지 생장 자료 및 현재까지 조림지의 연년생장 자료를 분석함으로써

Table 1. Summary of climate and geographic information for sampling sites.

Provenance	Lat. (°N)	Long. (°E)	Alt. (m)	M.T. (°C)	S.D.	A.P. (mm)	R.H. (%)
Iwate-ken, Kuji-shi, Samuraimachi, Japan	40.27	141.80	100	10.0	1925.1	999.7	73.4
Iwate-ken, Iwate-gun, Iwate-machi, Japan	39.95	141.20	200	8.4	1091.0	987.3	74.2
Iwate-ken, Higashi-iwai-gun, Daito-machi, Japan	39.03	141.37	200	11.1	1836.3	1518.3	71.1
Ibaragi-ken, Mitoshi, Kasahara, Japan	36.33	140.45	50	13.4	1886.8	1326.0	75.2
Nagano-ken, Asama-yama, Japan	36.37	138.47	1,000	7.9	1885.7	1197.6	78.4
Kagoshima-ken, Kirishima-yama, Japan	31.90	130.83	700	16.1	1967.4	2448.8	77.0
Pyeongchang-gun, Kangwon-do, Korea	37.67	128.47	800	12.9	2310.0	1653.4	55.0

*Lat.(Latitude), Long.(Longitude), Alt.(Altitude), M.T.(Mean temperature), S.D.(sunshine duration), A.P.(annual precipitation), R.H.(relative humidity).

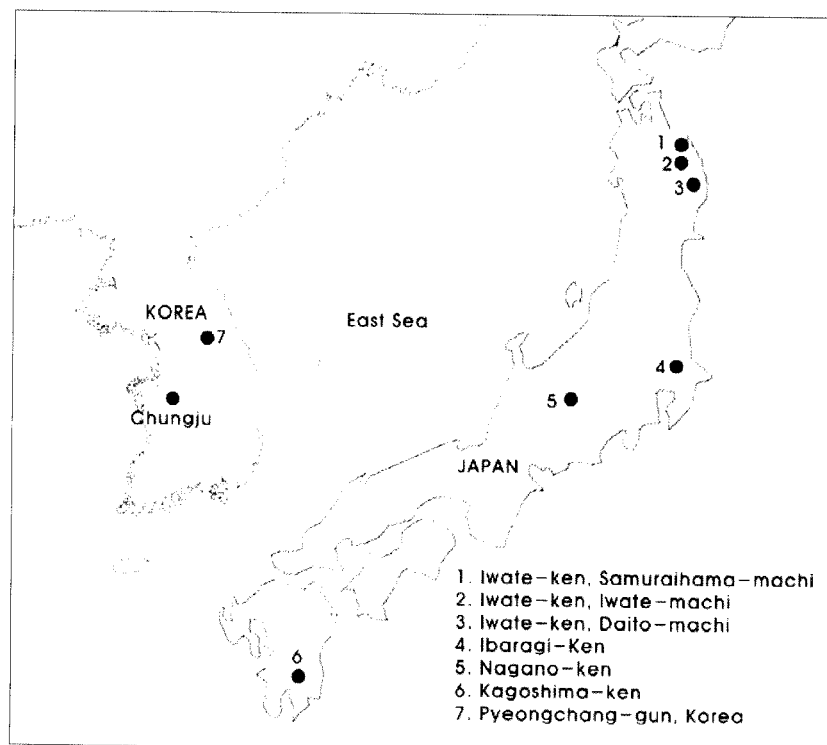


Figure 1. Location of 7 provenances and test site used in this study.

일본산 소나무의 산지별 국내 적응성을 종합적으로 평가하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

일본산 소나무 종자는 일본내 소나무 분포를 고려하여 1967년 5월에 7개 산지에서 도입하였다. 도입 당시 종자의 품질은 순량률 95% 이상, 실중 7.9~10.7 g, kg당 93,000~124,200립, /당 51,600~69,000립, 발아율 74~91%, 효율 73~91%이었다. 이들 종자와 함께 강원도 평창과 경기도 수원에서 채종한 소나무 종자를 비교 산지로 하여 1968년 4월 m²당 20 g씩 파종하였으며, 1969년 1-0묘를 m²당 56본씩 포지에 이식하여 산지별 생장을 조사하였다(임목육종연구소, 1969). 1970년 포지에서 생산된 1-1묘를 경기도 화성군 봉담면 내리와 충청북도 증원군 상모면 수회리(現 충주시)에 1.8×1.8 m 간격으로 산지 당 100본씩 난괴법 3반복으로 식재하였으며(한영창 등, 1988), 주기적으로 산지별 생장을 조사했다.

금번에 분석한 공시재료는 일본산 7개 산지 중 4개 산지의 종자를 혼합하여 파종한 山梨縣(Yamanashi-ken)산을 제외한 6개 산지와 비교 산지로 국내 강원도 평창 산지만을 대상으로 하였다. 또한, 경기도 화성군 내리의 일본산지 소나무시험림이 폐기되어 충주 시험림만을 조사대상으로 하였다(Table 1, Figure 1).

ANOVA와 단순상관 분석을 이용하여 일본 6개 산지 소나무의 포지생장에서 수령 37년생까지의 생장 및 기상 자료를 분석하였으며 수고 생장의 순위 변화를 이용하여 조림지에서의 산지별 적응력과 생장 능력을 비교·분석하였다.

결과 및 고찰

1. 포지생장

유묘 시기의 산지간 생장 특성을 파악하고자 포지에서 성장한 일본산 소나무와 국내산 소나무의 2년생 유묘의 묘고와 근원직경을 측정하여 분석하였다(임목육종연구소,

Table 2. ANOVA for height growth of provenances of *P. densiflora* in the nursery.

Source	DF	SS	MS	F
Total	26	235.1		
Block	2	17.4	8.7	
Provenance	8	192.1	24.01	5.44
Error	16	25.6	1.6	15.006**

Table 3. Comparison of growth performances among provenances of *P. densiflora* in the nursery.

Provenance	Mean		P/PH ¹	P/PR ²
	Height(cm)	Diameter of root collar (mm)		
Samuraihama-machi	11.8 ^{de}	5.6	83	95
Iwate-machi	13.4 ^{cd}	5.7	94	97
Daito-machi	12.9 ^{cd}	5.4	90	92
Kasahara	20.2 ^a	6.3	141	107
Asama-yama	10.8 ^e	5.0	76	85
Kirishima-yama	11.7 ^{de}	5.6	82	95
Mean	13.5	5.6	94	95
Pyeongchang	14.3 ^{bc}	5.9	100	100

¹P/PH : Relative height growth(%) of each provenance compared to Pyeongchang provenance, Korea.

²P/PR : Relative diameter of root collar(%) of each provenance compared to Pyeongchang provenance, Korea

*Superscripts a, b, c, d, and e mean the same group from Duncan's multiple range test of 99% level.

1969). 일본에서 도입된 소나무의 평균 묘고 생장은 13.5 cm, 근원직경은 5.6 mm였으며 일본 Kasahara 산지를 제외한 나머지 일본 5개 산지의 묘고 생장은 강원도 평창 산지의 소나무에 비하여 대부분 생장이 저조한 것으로 나타났다. 강원도 평창산지 소나무를 기준으로 일본산지 소나무와 포지생장을 비교하면 묘고 생장은 평균 94%, 근원직경은 평균 95%정도로 나타나 유묘 시기에는 강원도 평창산지 소나무 생장이 일본산지 소나무 생장보다 다소 우수한 편이었다. 유묘 시기 산지간의 묘고와 근원직경의 분산분석 결과를 살펴보면 묘고 생장의 경우, 1% 유의수준에서 고도의 유의성이 나타나 산지간 생장의 차이가 있음을 알 수 있었으나(Table 2), 근원직경의 경우 산지간 차

Table 4. Height growth among provenances of *P. densiflora* at different ages.

Provenance	Height (m)								
	4yrs.	5yrs.	6yrs.	9yrs.	10yrs.	11yrs.	17yrs.	19yrs.	37yrs.
Samuraihama-machi	0.32	0.47	0.60	2.10	2.20	3.17	7.00 ^a	7.50 ^a	12.91 ^c
Iwate-machi	0.35	0.49	0.59	2.07	2.57	3.36	7.10 ^a	7.70 ^a	13.33 ^c
Daito-machi	0.37	0.47	0.60	1.83	2.65	3.49	6.50 ^{ab}	7.20 ^a	13.20 ^c
Kasahara	0.33	0.45	0.59	1.96	2.31	2.90	6.00 ^b	7.00 ^a	13.17 ^c
Asama-yama	0.32	0.45	0.59	1.94	2.71	3.28	6.60 ^{ab}	7.50 ^a	13.60 ^{bc}
Kirishima-yama	0.31	0.51	0.64	1.85	2.54	3.30	7.10 ^a	7.70 ^a	14.68 ^a
Mean	0.33	0.47	0.60	1.96	2.50	3.25	6.72	7.43	13.48
Pyeongchang	0.32	0.45	0.63	1.89	2.40	2.87	6.40 ^{ab}	6.90 ^a	14.24 ^{ab}

*Superscripts a, b, and c mean the same groups from Duncan's multiple range test of 99% level.

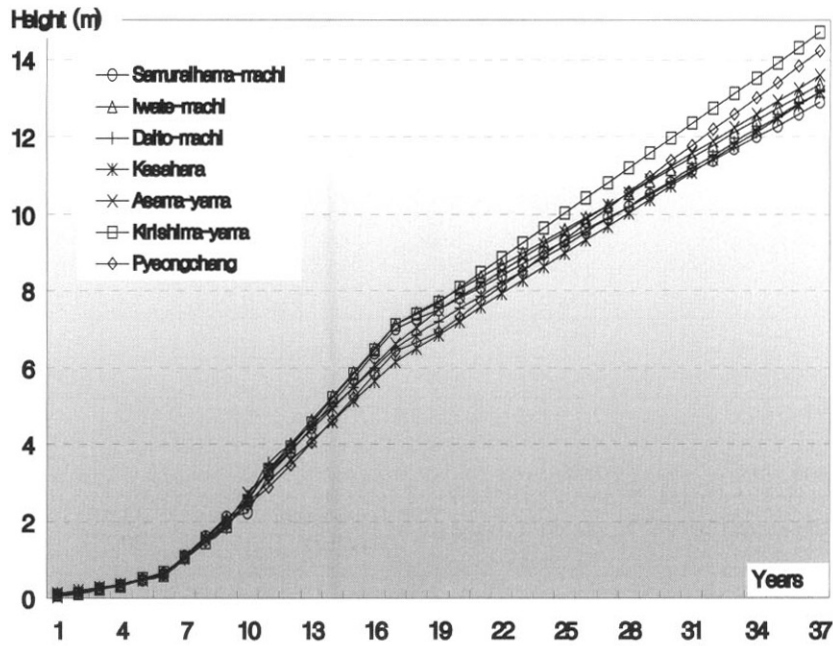


Figure 2. Height growth pattern of each provenance at different ages.

이가 인정되지 않았다(Table 3).

2. 조림지생장

충주 조림지로 옮겨 식재된 소나무의 37년생까지 연년 생장 자료를 이용하여 산지별 수고 생장 및 재적 생장을 분석하였다. 수고 생장의 경우, 포지에서 2년생까지는 산지간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나 수령 4년생 이후부터는 차이가 인정되지 않았다. 그러나 수령 17년 이후부터는 산지간에 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 4).

산지간 수고 생장 순위를 보면, 일본의 Kasahara 산지는 포지에서 생장이 다른 산지보다 좋았으나 4년생 이후 오히려 다른 산지에 비하여 생장이 저조해지는 등 11년생까지 수고 생장의 순위가 계속 변동하였다. 그러나 11년생 이후부터 순위 변동이 감소하고 17년생 이후에는 순위가 안정화되는 양상이었으며 재적 생장도 같은 경향이었다 (Figure 2, Figure 3).

위와 같이 포지 생장과 조림지 생장의 경향이 바뀌는 것은 다른 수종에서도 나타나는 경우가 있다. Kriebel 등 (1988)은 포지 생장이 우수한 산지가 식재지에서도 좋은 생장을 보인다고 보고한 반면, McGee와 Loftis(1986)는 포지에서 근원적경이 작은 목목이 오히려 식재지에서 더 좋은 생장을 하였다고 보고하여 상반된 견해를 제시한 바 있다. 또한 유근옥 등(2004a)은 국내에서 루브라참나무 생장을 조사한 결과, 포지 생장과 조림지 생장의 산지별 순위의 변동이 있음을 보고한 바 있다. 이에 대하여 이들 연구자들은 포지에서 생장은 유전적 소질보다 포지환경, 모

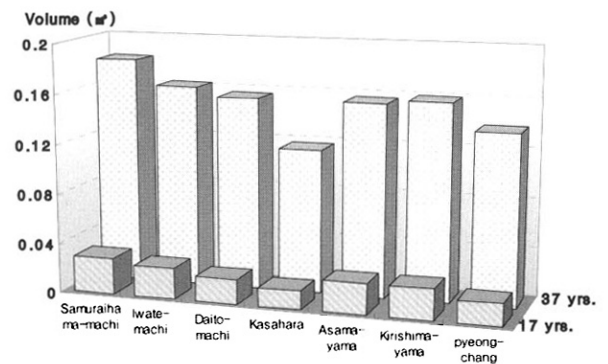


Figure 3. Volume growth pattern of each provenance at two different ages.

수 및 종자 특성 등 초기 조건에 따라 초기 생장에 차이를 나타내는 경향이 있다는 견해를 제시하였으며 이는 정확하게 산지의 유전적 소질을 파악하기 위해서는 다년간에 걸친 면밀한 조사가 이루어져야 함을 의미한다.

특히 본 실험 결과에서 수령 10년 이상 되었을 때 다른 해보다 수고 생장이 다소 왕성해지는 것을 볼 수 있으며 또한 이는 생장의 순위가 안정화 되어가는 시기이므로 산지 선별을 할 경우 초기 유시생장만으로 선별을 하는 것보다 생장이 좀 더 왕성해지는 10년생 이후 선별을 시도하는 것이 유리할 것으로 보인다. 이러한 경향은 수종별로 차이가 있는데 루브라참나무의 경우 유시생장(4년생) 때 우수한 산지가 12년생 때에도 현존율이 높고 우수한 생장 특성을 보여 조기선발이 가능한 수종이라 보고된 바 있다(유근옥 등, 2004b). 반면에 리기다소나무 경우 8년생 이후에 안정적인 생장을 나타내며(박유현 등, 1992), 테다

Table 5. Volume growth among provenances of *P. densiflora* at different ages.

Provenance	17yrs.			19yrs.			37yrs.		
	Height (m)	DBH (cm)	Volume (m ³)	Height (m)	DBH (cm)	Volume (m ³)	Height (m)	DBH (cm)	Volume (m ³)
Samuraihama-machi	7.00 ^a	9.7 ^a	0.029 ^a	7.50 ^a	10.3 ^{ab}	0.033 ^a	12.91 ^c	19.2 ^a	0.182 ^a
Iwate-machi	7.10 ^a	9.0 ^{ab}	0.025 ^{ab}	7.70 ^a	10.0 ^{ab}	0.032 ^a	13.33 ^c	17.6 ^{ab}	0.162 ^{ab}
Daito-machi	6.50 ^{ab}	8.4 ^{ab}	0.02 ^{ab}	7.20 ^a	10.6 ^a	0.034 ^a	13.20 ^c	17.1 ^{bc}	0.155 ^{ab}
Kasahara	6.00 ^b	7.5 ^b	0.015 ^b	7.00 ^a	8.5 ^c	0.021 ^a	13.17 ^c	14.7 ^d	0.116 ^c
Asama-yama	6.60 ^{ab}	9.3 ^{ab}	0.025 ^{ab}	7.50 ^a	10.2 ^{ab}	0.033 ^a	13.60 ^{bc}	17.1 ^{bc}	0.155 ^{ab}
Kirishima-yama	7.10 ^a	9.0 ^{ab}	0.025 ^{ab}	7.70 ^a	10.2 ^{ab}	0.033 ^a	14.68 ^a	16.6 ^{bc}	0.158 ^{ab}
Mean	6.72	8.8	0.023	7.43	9.9	0.031	13.48	17.1	0.1545
Pyeongchang	6.40 ^{ab}	8.0 ^{ab}	0.018 ^{ab}	6.90 ^a	8.7 ^c	0.022 ^a	14.24 ^{ab}	15.4 ^{cd}	0.137 ^{bc}

*Superscripts a, b, c, and d mean the same groups from Duncan's multiple range test of 99% level.

Table 6. Simple correlation analysis among growth performance and geographical variables of provenance at different ages.

Variables	H6	H17	D17	V17	H19	D19	V19	H37	D37	V37
lat.	-0.730	0.236	0.182	0.160	-0.131	0.180	0.122	-0.894*	0.547	0.344
H2	-0.300	-0.717	-0.886*	-0.862*	-0.764	-0.934**	-0.968**	-0.291	-0.769	-0.866*
H11		0.908*	0.430	0.427	0.479	0.883*	0.862*	0.212	0.479	0.574
H17			0.474	0.509	0.471	0.888*	0.867*	0.140	0.624	0.714
D17				0.987**	0.790	0.738	0.803	0.112	0.889*	0.928
V17					0.850*	0.716	0.797	0.163	0.885*	0.940
D19							0.986**	0.167	0.758	0.840

** and * : Difference at the 1% and 5% significance level, respectively.

*lat.(Latitude), long.(Longitude), H(Height), D(DBH), V(Volume)

소나무의 경우에는 최적의 선발 시기를 6~8년으로 잡는 것이 바람직하다고 보고된 바 있다(McKeand, 1988). 이처럼 일본산지 소나무를 선발할 경우에도 조기선발보다는 10년생 이후에 선발하는 것이 다소 유리할 것으로 판단된다.

재적 생장의 경우, 재적 산출이 가능한 17년, 19년, 37년생의 자료를 이용하여 분석하였다. 17년생 이후의 재적 생장을 보면 일본산지 소나무와 국내 평창 산지 소나무가 유사한 정도의 생장을 보여 주고 있는데, 이는 중부지방 소나무의 같은 지위수에서 평균 단재적과 비슷한 수치로써 평창산지 소나무와 일본에서 도입된 소나무 모두 우리나라 중부 지역인 충주에서 잘 적응하고 있는 것으로 판단된다(Table 5).

일본 산지들 간의 비교에서 재적 생장의 경우 Samuraihama-machi 산지가 다른 산지에 비해 다소 양호한 생장을 보였다. 그리고 일본산지 소나무 17년생 이후의 재적 성장 순위가 37년생까지 유지되고 있는 것으로 보아 앞의 수고 성장에서와 마찬가지로 17년생 이후에는 생장의 경향이 안정화되었음을 알 수 있다(Figure 3).

국내에 도입한 외국 수종 중 루브라참나무(유근목 등, 2004b)와 독일가문비(한영창, 1994; Baldwin 등, 1973)는 4년생 때의 성장 순위가 그 이후에도 지속적으로 유지되는 경향이 나타나는 반면, 소나무는 8년생까지도 성장 순위에 변동이 심하였다는 보고(임경빈과 노의래, 1979)가

있어 본 연구 결과와 유사한 경향이였다. 이처럼 수종에 따라 조림지에서의 적응이 끝나고 본래의 유전적 소질을 나타내는 시기가 다르기 때문에 정확한 성장 능력 평가를 위해서는 다년간에 걸친 성장 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

3. 각 인자별 상관관계

조림지에서의 생장에 영향을 미치는 산지 요인을 구명하고자 각 산지의 위도, 평균기온, 일조시간, 강수량, 상대 습도 및 연령별 수고, 17년, 19년, 37년생에서의 흉고직경, 재적을 인자로 상관분석을 실시하였다(Table 6).

일본산지 소나무 수령 37년생을 기준으로 보면 수고 성장과 위도와 관계에서 부의 상관관계를 나타내었고, 반면에 재적 성장과의 관계에서는 정의 상관관계를 보였다. 하지만 다른 기상인자인 평균기온, 일조시간 등은 성장과는 특별한 상관관계가 나타나지 않았다. 위도와의 관계를 살펴보면 저위도 산지에서 온 소나무의 수고생장이 고위도 산지에서 온 소나무의 수고성장보다 양호하며, 재적 생장의 경우 고위도 산지의 소나무가 저위도 산지의 소나무보다 다소 우수하였다. 즉, 위의 단순상관관계로만 보면 충주지역 조림지에서 재적 생장의 경우 북쪽에서 도입된 산지의 소나무가, 수고 생장의 경우 남쪽에서 도입된 산지가 다소 양호한 생장을 보였다. 성장간의 관계에서는 2년

생 수고와 17년생, 19년생, 37년생의 생장과 부의 상관을 나타냈다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 유사생장의 순위가 후기생장에서 뒤바뀌고 있음을 반영한 결과라 하겠다.

17년생 조사 당시 한영창 등(1988)은 일본산지 소나무 중 Kasahara 산지와 Asama-yama 산지는 비교적 가까운 곳에 위치하지만 우리나라에서 상이한 생장을 보여주는 이유는 Kasahara 산지는 해발 50 m 평지이고 Asama-yama 산지는 해발 1,000 m로 우리나라에서 적응력의 차이가 있는 것으로 보이며, Kirishima-yama 산지는 일본의 남부로서 기후는 상이하나 해발이 700 m로 우리나라 중부지방에 좀더 잘 적응한 것으로 보인다고 보고한 바 있다. 이는 37년생에서 보인 본 연구의 결과와도 일치하고 있다.

17년생과 19년생, 37년생의 재적 생장간에는 정의 상관관계가 나타났다. 이와 같이 수령별 생장간에는 정의 상관관계가 있음이 다른 외국수종의 경우에도 보고된 바 있다. 구주소나무의 경우 2년생과 18년생의 수고가 정의 상관관계를 보였으며, 강원도 춘천에 조림된 방크스소나무의 경우 유사 3년생의 수고 생장이 좋은 산지가 10년생에서도 생장이 좋았다는 보고가 있었다(한영창과 유근옥, 1984; 한영창 등, 1986). 이번 일본산지 소나무의 경우 수고생장 순위 결과에서 재적간에 정의 상관관계가 나타난 것은 10년생 이후 생장 순위 변동이 다소 줄어들고 17년생 이후 안정화되고, 17년생 이후 재적 생장이 좋았던 산지가 37년생 이후까지도 계속 재적 생장이 좋았던 점이 반영된 결과로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 보면 일본산지 소나무의 포지에서 생장은 국내 평창산지보다 다소 저조한 것으로 나타났으나, 중기 생장은 국내 평창산지와 유사하거나 다소 양호한 것으로 나타났다. 또한 평창산지 소나무와 일본산지 소나무 모두 우리나라 중부지역 소나무의 평균 단재적과 비슷한 재적생장을 한 것으로 보아 우리나라 중부지역인 충주에서 비교적 잘 적응하며 생장하는 것으로 보인다. 충주의 일본산지 소나무 조림지는 국내에 유일하게 남아있는 곳으로 유전자원 보존과 정확한 후기 생장 능력 평가를 위해 향후 지속적인 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

인용문헌

1. 기상청. 2006. 기후정보. http://www.kma.go.kr/kor/weather/climate/climate_03_01.jsp (2006.02.08).
2. 박유현, 탁우식, 김종환, 김광수. 1992. 리기다소나무 18년생 생장에 대한 조합능력검정 및 유전력 검정. 임육연보 28: 21-26.

3. 유근옥. 2003. 백합나무의 적응성검정 및 양묘기술개발. 충북대학교 박사학위논문 pp. 90.
4. 유근옥, 송정호, 김인식. 2004. 루브라참나무 8개 산지간 생장특성 및 수간 통직성 비교. 한국육종학회지 36(5): 309-315.
5. 유근옥, 권오웅, 송정호, 김인식. 2004. 루브라참나무 23개 산지간 생장, 개엽시기 및 엽형변이. 한국임학회지 93(3): 234-241.
6. 임경빈, 노의래. 1979. 소나무의 유전력에 관한 연구(1). 한국임학회지 42: 74-82.
7. 임목육종연구소. 1969. 육종연구보고서 도입육종편 546-547.
8. 임업연구원. 1999. 소나무, 소나무림. 임업연구원. pp. 205.
9. 한영창, 유근옥. 1984. 방크스소나무 10개 산지간 수고 생장비교 : 강원도 춘천에서의 10년간 결과. 임육연보 20: 77-81.
10. 한영창, 이갑연, 유근옥, 박문섭, 이석래. 1986. 구주소나무 산지시험-25개 산지 10년생 결과. 임육연보 22: 91-96.
11. 한영창, 유근옥, 황석인. 1988. 일본산소나무 17년생의 산지간 생장. 임육연보 24: 81-86.
12. 한영창. 1994. 7개 시험지역에서의 독일가문비나무 산지간 생육특성 변이. 한국육종학회지 26(1): 1-12.
13. 氣象廳. 2006. 氣象統計情報. <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html> (2006.02.08).
14. Baldwin, H.J., E.J. Eliason and D.E. Carson. 1973. IUFRO Norway spruce provenance tests in New Hampshire and New York. *Silvae Genetica*. 22(47): 93-114.
15. Burschel, P. and J. Huss. 1987. Grundriß, des Waldbaus. Verlag Paul Pareys. Hamburg und Berlin.
16. Kriebel H.B., C. Merritt, and T. Stadt. 1988. Genetics of growth rate in *Quercus rubra*: Provenance and family effects by the early third decade in the north central U.S.A. *Silvae Genetica* 37(5-6): 193-198.
17. McGee, C.E. and D.L. Loftis. 1986. Planted oak perform poorly in North Carolina and Tennessee. *North. J. Appl. For.* 3: 114-116.
18. McKeand, S.E. 1988. Optimum age for family selection for growth in genetic tests of loblolly pine. *For. Sci.* 34(2): 400-411.
19. Wingfield, M.J. 1999. Pathogens in exotic plantation forestry. *International Forestry Review* 1: 163-168.
20. Zobel, B.J. and J. Talbert. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley and Sons, New York. pp. 505.
21. Zobel, B.J., G.V. Wyk, and P. Stahl. 1987. *Growing Exotic Forests*. John Wiley and Sons, New York. pp. 508.

(2005년 10월 21일 접수; 2006년 3월 22일 채택)