강원 중 · 북부 지역의 잣나무 임분구조 및 생장특성

이대성 · 최정기*
강원대학교 산림경영학과

A Study on Stand Structure and Growth Characteristics of Korean White Pine (*Pinus koraiensis*) in North Central Region of Gangwon Province

Daesung Lee and Jungkee Choi*
Department of Forest Management, Gangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

Abstract

The purpose of this research was to figure out the stand structure and growth characteristic with relation to DBH, height, and volume in sixteen *Pinus koraiensis* plantations of Gangwon province region. Age class was diversely distributed from age class II (16 yr) to age class VIII (77 yr), and, in terms of site index, sixteen regions were superior: nine regions 'high', seven regions 'middle'. The distribution of DBH by sites appeared a bell-shaped curve, and the number of trees was the most in diameter section of 18-22 cm. The dispersion of DBH was various with age and widest ranging from 18 cm to 58 cm in age class VII-VIII. The distribution of height was also a bell-shaped curve with the smaller deviation than the distribution of DBH, and most of trees were in height section of 14-18 m. The correlation of DBH and height was high ($r=0.75$), and the volume bigger than 1.0 m³ was presented from DBH 35 cm, height 20 m.

Key Words: *Pinus koraiensis*, permanent plot, DBH, height, volume

서 론

임분의 미래 생장과 수확의 예측은 신뢰할 수 있는 산림경영계획에 있어 절대적으로 필요한데, 임분동태의 이해는 미래 산림구조와 발달 과정에 대한 예측을 가능하도록 한다. 또한, 임분동태의 이해는 임분생산성을 증대시키며, 합리적인 조림시업을 위한 기준을 제시함으로써 경영목적을 달성하는데 도움을 준다(Davis and Johnson 1987; Oliver and Larson 1996). 이러한 산림임분

동태를 분석하고 모델링하는데 사용되는 것이 임분구조의 변수들인데, 이는 산림생태계의 발달과 상태를 나타내며, 경영실무 측면에서도 유용한 지표이다(Pretzshch 2009). 그 중, 동령, 단순림의 생장은 임분 발달, 임령, 지력, 수종, 임분밀도, 시업에 의해 영향을 받는데, 임분의 생장에 영향을 미치는 요소들이 일반적으로 상호의존적인 것을 고려하면 임분생장의 원리는 요소들의 상호작용을 관측함으로써 개발되어야만 한다(Daniel et al. 1979).

Received: February 4, 2014. Revised: February 7, 2014. Accepted: February 7, 2014.

Corresponding author: Jungkee Choi

Department of Forest Management, Gangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea
Tel: 82-33-250-8337, Fax: 82-33-243-4484, E-mail: jungkee@kangwon.ac.kr

Fig. 1. The location of 16 permanent plots for Korean white pine.

현재 국내 동령, 단순림으로 조성된 조림지 중 잣나무림(*Pinus koraiensis*)은 침엽수 인공림 면적의 약 18.9%를 차지하고 있는데(Korea Forest Service 2012a), 이는 조림수종 중 세 번째로 많은 면적을 차지하는 것으로써 지속적인 관리를 위해 임분동태의 이해는 필수적이다. 목재생산을 비롯한 경제성으로 인해 근래 잣나무 임분구조 및 성장특성에 관한 연구(Choi and Seo 1997; Choi and Choi 1998; Kim et al. 2001; Bae and Kim 2003; Choi et al. 2003; Jang et al. 2004; Kang et al. 2004; Park et al. 2004)가 실시되었지만 최근 지속되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 강원 중북부에 위치한 잣나무 인공림 16지역을 대상으로 흉고직경, 수고 및 재적에 대한 임분구조를 파악하여 잣나무인공림의 무육과 산림경영을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

연구대상지 선정 및 영구고정표준지 설치

본 연구를 위한 대상지는 잣나무 인공림으로써 강원 중북부에 영급별로 접근이 용이한 무간벌지를 우선적으로 선발하였다. 각 연구대상지는 무간벌 20x20 m, 약도간벌 25x25 m, 강도간벌 30x30 m 크기로 총 3개의 표준지를 설치하여, 장기모니터링을 통해 간벌강도에 따른 임분동태를 파악하고자 하였다. 현지 여건에 따라 표준

지의 크기가 다소 조절되었으며, 간벌 후 7-8년이 지난 임지도 일부 포함되었다. 선발된 대상지는 총 16지역으로 춘천, 홍천, 인제, 양평에 위치하며, 영급별로는 II영급에서 VII영급까지 다양하게 분포하였다(Fig. 1).

조사인자 및 분석방법

본 잣나무 영구고정표준지의 산림조사는 2012년에 실시되었으며, 측정인자로는 흉고직경, 수고, 수간형질, 입목위치, 사면방향, 경사이다. 연구대상지에 대한 장기모니터링을 위해 현지 GPS좌표를 취득하였다. 데이터 분석 시에는 연구대상지별 동질적인 임분특성을 고려하여 무간벌 표준지의 자료만을 이용하여 분석하였다. 매 목조사 자료를 이용하여 조사인자별 통계량을 산출하였으며, 지위지수와 재적산출은 산림청에서 제공하는 지위지수표와 입목자원평가프로그램을 이용하였다(Korea Forest Service 2012b).

결과 및 고찰

임분제원현황

잣나무 영구표준지가 설치된 지역은 춘천(5개소), 홍천(6개소), 인제(3개소), 양평(2개소)으로 총 16지역이다(Table 1). 표준지의 영급 분포는 II영급(16년생)부터 VII영급(77년생)까지 존재하였으며 IV영급 표준지가 7개소로 가장 많았다. 사면방향은 표준지에 따라 다양하였으며, 경사는 11-36도의 분포를 보였다. 지역별 임분의 임지생산력을 파악하기 위하여 지위지수를 산출한 결과, 지위지수 상은 9지역, 지위지수 중은 7지역으로 모든 표준지에서 지위지수가 우수한 것으로 나타났다.

임분밀도의 경우 IV영급에서는 651-1,551본/ha, VI영급에서는 549-1,599본/ha로써 동일한 영급에서도 표준지마다 다양한 것으로 나타났다. 표준지의 평균흉고직경은 최소 12.8 cm부터 최대 38.6 cm까지 넓은 범위를 보였는데, 그 중 IV영급의 7개 표준지에서 평균흉고직경 범위가 16.5-27.8 cm로써 동일 영급에서도 넓은 범위가 나타났다. 평균수고는 9.5-24.0 m의 범위를 가졌으며 대체적으로 임령에 따라 증가하는 경향이 나타났다. 단목평균재적의 범위는 0.068-1.193 m³이었으며, 다양한 영급이 존재하는 IV영급 표준지 내에서도 최대 0.281 m³의 차이가 나타났다. 또한, 평균단목재적이 1 m³을 넘기 시작하는 시기는 임령 69년생부터로 나타났다. 흉고단면적의 범위는 19-71 m²/ha이었고, 임분재적의 범위는 97-723 m³/ha이었다. 재적이 가장 작은 지역은 양평 가현리 지역으로 평균직경 12.8 cm, 임분밀도 1,435본/ha

Table 1. Forest inventory data for the study areas

	Region	Age	Plot size (m x m)	Aspect (°)	Slope (°)	Trees			Stand			Site index	
						Average DBH (cm)	Average height (m)	Average volume (m ³)	No. of trees (N/ha)	Basal area (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)		
Chuncheon	Wonchang1	(1)	37	16x20	270	17	27.8	16.1	0.452	686	42	325	16
	Wonchang2	(2)	37	20x20	222	21	22.1	18.0	0.341	777	31	281	16
	Sanggeol	(3)	38	20x20	256	28	27.2	14.7	0.408	651	39	273	14
	Sini	(4)	52	20x20	286	27	23.0	19.8	0.416	1599	71	723	16
	Wonchang3	(5)	76	20x20	250	22	38.3	22.1	1.085	431	53	517	14
Hongcheon	Bukbang1	(6)	29	20x20	350	11	17.4	13.2	0.177	1121	29	200	16
	Sang-oan	(7)	32	20x20	11	15	18.5	14.1	0.198	984	27	195	14
	Cheonhyeon	(8)	38	15x15	90	36	23.3	18.8	0.389	934	41	322	16
	Bukbang2	(9)	52	20x20	345	19	27.6	21.9	0.612	687	43	465	16
	Bukbang3	(10)	52	20x20	236	17	29.0	18.3	0.549	549	37	323	14
	Bukbang4	(11)	77	20x20	216	18	38.6	24.0	1.193	447	61	599	16
Inje	Yongdae	(12)	26	13x13	222	14	18.9	10.9	0.166	1159	34	186	14
	Gosa	(13)	38	20x20	102	22	18.1	13.6	0.224	1402	42	328	16
	Hyeon	(14)	69	20x20	105	23	38.2	21.0	1.070	380	47	443	14
Yangpyeong	Gahyeon	(15)	16	10x22	314	11	12.8	9.5	0.068	1435	19	97	16
	Geumwang	(16)	39	15x15	140	13	16.5	14.4	0.171	1551	36	269	14

Fig. 2. Distribution of standing trees based on DBH class by age class.

이었으며 재적이 가장 큰 지역은 춘천 신이리 지역으로 평균직경 23.0 cm, 임분밀도 1,599본/ha이었다. 이 지역은 52년생 임지로써 임령뿐만 아니라 임분밀도가 임분재적에 영향을 미친 것으로 나타났다.

흉고직경 분포 특성

표준지별 본수분포를 4 cm판약의 흉고직경급으로 도시한 결과, 동령림의 전형적인 구조인 정규분포 양상을 띠고 있었다. 또한, 임령이 증가함에 따라 경급 구간이

Fig. 3. Cumulative distribution of standing trees based on DBH class by age class.

다양하였으며, 특히 임분밀도가 매우 밀한 춘천 신이리, 양평 금왕리, 인제 고사리 지역은 다른 표준지에 비해 경급범위가 더 넓은 특징이 나타났다.

세부적으로 영급별로 살펴보면, II-III영급의 흉고직경은 6-26 cm로 나타났으며, 그 중 인제 용대리 지역은 두 개의 종 모양을 가지는 형태로 나타났다. IV영급은 6-38 cm 흉고직경급 분포를 보였으며, 표준지마다 종 모양의 중심이 다른 것으로 나타났는데 이는 흉고직경생장에 직접적인 영향을 끼친 임분밀도에 의한 것으로 판단된다. VI영급에서는 6-42 cm의 범위가 나타났는데, 이 중 본수가 가장 많은 춘천 신이리가 직경의 범위분포 또한 가장 넓었다. VII-VIII영급은 경급 범위가 18-58 cm에 이르기까지 가장 넓은 범위에 걸쳐 나타났다(Fig. 2).

경급별 누적분포를 살펴보면 18-22 cm에서 본수가 가장 많이 존재하였으며 이를 기준으로 하여 왼쪽으로 치우친 형태를 띠고 있었다. 영급별 본수를 살펴보면 II-III영급은 경급 14 cm에서, IV영급은 18 cm에서 본수가 가장 많이 나타났으며, VI영급은 30 cm에서, VII-VIII영급은 42 cm에서 가장 많은 본수가 존재하였다. 경급별 분포 중 26 cm에서 모든 영급의 임목이 존재하는 특징이 나타났다(Fig. 3).

Fig. 4. Distribution of standing trees based on height class by age class.

수고 분포 특성

표준지에 따라 2 m 구간으로 수고분포를 도시한 결과, 동령림의 전형적인 구조인 정규분포 양상을 띠고 있었다. 임령이 증가함에 따라 편차의 변화정도는 작아 직경과는 다른 특징이 나타났다. 특히, 경급분포와는 달리 무간벌 지역인 춘천 신이리, 양평 금왕리, 인제 고사리 지역의 수고범위는 동일 영급의 다른 표준지와 비슷하였다.

영급별 분포특성을 살펴본 결과, II-III영급의 수고는 4-14 m까지 나타났으며, 그 중 인제 용대리 지역은 직경과 마찬가지로 두 개의 종 모양을 가지는 형태로 나타났다. IV영급은 4-20 m 수고분포를 보였고 표준지마다 종 모양의 중심이 다른 것으로 나타났지만, 경급분포와는 대조적으로 그 차이는 크지 않았다. 이 결과는 흉고직경이 임분밀도에 큰 영향을 받아 변화폭이 다양한 것에 반해 수고는 비교적 영향을 덜 받은 것이기 때문이라 사료

된다. VI영급에서는 크게 18-26 m의 수고범위가 나타났으며, 무간벌지인 춘천 신이리 지역에서는 수고 10 m에 해당하는 본수도 2본이 나타났다. VII-VIII영급은 수고 범위가 4-28 m로 넓은 범위가 나타났다(Fig. 4).

수고급별 누적분포를 살펴보면 14-18 m에서 본수가 가장 많이 존재하였으며 이를 기준으로 하여 오른쪽으로 치우친 형태를 띠고 있었다. 영급별 본수의 경우 II-III영급은 수고 10 m에서, IV영급은 수고 16 m에서 본수가 가장 많았다. VI영급은 18 m에서, VII-VIII영급은 수고 24 m에서 가장 많은 본수가 나타났다. 모든 영급이 존재하는 수고 구간은 나타나지 않았다(Fig. 5).

흉고직경과 수고의 관계

흉고직경과 수고의 관계를 산점도로 도시한 결과, 직경 6.2 cm, 수고 8.2 m의 입목부터 직경 58 cm, 수고 23 m의 입목까지 다양하게 나타났다. 전체적으로 흉고직경과 수고의 관계는 전형적인 양적 선형 패턴을 보이고 있었으며, 상관이 좋은 것으로 나타났다($r=0.75$). 최대 입

Fig. 5. Cumulative distribution of standing trees based on height class by age class.

Fig. 7. Scatter plots for height versus volume expressed by volume class.

Fig. 6. Scatter plots for DBH versus height expressed by age class.

Fig. 8. Scatter plots for DBH versus height expressed by site index.

목의 크기는 II-III영급에서 직경 27 cm, 수고 15.5 m, IV영급에서 직경 27.3 cm, 수고 20.7 m로 나타났다. VI영급에서는 최대 직경 43.6 cm 수고 26.6 m까지, VII-VIII영급에서는 최대 직경 54.2 cm, 수고 27.3 m까지 입목이 생장하는 것으로 나타났지만, 수고가 30 m를 넘는 입목은 존재하지 않았다(Fig. 6).

흉고직경과 수고에 따른 재적의 분포를 살펴보면, 0.5 m³ 이하의 재적이 전체본수의 71%이었고 0.5 m³ 이상 1.0 m³ 이하의 재적이 전체본수의 22%를 차지하였으며, 0.5 m³ 이상의 입목은 직경 25 cm부터 나타나기 시작하였다. 1.0 m³ 이상의 재적은 7%로 적게 나타났으며, 1.0 m³이 되는 입목은 흉고직경 35 cm, 수고 20 m 전후부터 나타나기 시작하였다. 지위지수 상인 지역은 같은 직경의 경우에도 수고가 높았으며, 수고 25 m 이상은 대부분 지위지수 16인 지역으로 나타났다(Fig. 7, Fig. 8).

결론

강원 지방 잣나무의 임분구조 및 생장특성을 파악하고자 16지역의 표준지를 대상으로 흉고직경, 수고, 재적에 대해 분석을 실시하였다. II영급(16년생)부터 VIII영급(77년생)까지 존재하였으며, 지위지수 상이 9지역, 중이 7지역으로 나타났다. 표준지별 평균직경의 범위는 12.8-38.6 cm로 나타났으며, 임분재적은 97-723 m³/ha의 범위를 보였다.

표준지별 흉고직경과 수고에 대한 본수의 분포는 동령림의 전형적인 구조인 정규분포 형태를 띠고 있었다. 임령이 증가함에 따라 표준지의 직경범위는 다양하였으며, 본수가 가장 많이 존재하는 경급 구간은 18-22 cm인 것으로 나타났다. 한편, 직경과는 달리 수고는 임령이 증가함에 따라 그 구간이 작아지는 특징이 나타났으며, 수고 14-18 m에서 본수가 가장 많이 존재하였다.

흉고직경과 수고의 산점도를 통해 살펴본 결과, 직경 6.2 cm, 수고 8.2 m의 입목부터 직경 58 cm, 수고 23 m의 입목까지 다양하게 나타났다. 전체적으로 흉고직경과 수고의 관계는 전형적인 양적 선형 패턴을 보이고 있었으며, 상관관계가 좋은 것으로 나타났다($r=0.75$). 재적 1.0 m³ 이상의 재적은 흉고직경 35 cm, 수고 20 m 전후부터 나타나기 시작하였으며, 전체본수 중 7%만을 차지하였

다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 북부지방산림청 기후변화 대응 온대 산림자원 모니터링 연구용역사업(Project No. 120120109)으로 수행되었습니다.

References

- Bae SW, Kim SK. 2003. A study on crown projection area and DBH growth in *Pinus koraiensis* plantations in Gyeonggi province. Kor J For Meas 6: 30-35.
- Choi IH, Seo OH. 1997. A study on thinning planning of *Pinus koraiensis* stand(1). J Res For Kangwon Nat'l Univ 13: 66-80.
- Choi JK, Choi IH. 1998. A study of stand structure and growth on *Pinus koraiensis* plantations. Kor J For Meas 1: 27-35.
- Choi JK, Woo JC, Kim JS, Seo YW, You BO, Jang JY. 2003. Analysis of growth comparison on *Pinus koraiensis* plantations. J Res For Kangwon Nat'l Univ 23: 57-63.
- Daniel TW, Helms JA, Baker FS. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, pp 500.
- Davis LS, Johnson KN, Davis KP. 1987. Forest management. 3rd ed. McGraw-Hill, New York, pp 790.
- Jang JY, Shin HJ, Woo JC. 2004. A study on the stand structure analysis by the changing growth in Korean white pine stand. J Res For Kangwon Nat'l Univ 20: 58-68.
- Kang SH, Hong SW, You BO, Choi JK, Choi IH. 2004. Growth monitoring by time series in *Pinus koraiensis* plantation. Kor J For Meas 7: 1-8.
- Kim HS, Bae SW, Jang SC, Jeong JM. 2011. Stand structure and growth characteristics at different elevations of the Korean pine (*Pinus koraiensis*) natural forest on Mt. Seorak. J For Sci 27: 157-167.
- Korea Forest Service. 2012a. Statistical Yearbook of Forestry. pp 488.
- Korea Forest Service. 2012b. Tree volume, Biomass, and Yield table. pp. 261.
- Oliver CD, Larson BC. 1996. Forest stand dynamics. Wiley, New York, pp 520.
- Park NC, Kim SK, Lee YG. 2004. A characteristic of growth and branch development on *Pinus koraiensis*, *Pinus densiflora* and *Larix leptolepis* young stands. Kor J For Meas 7: 23-27.
- Pretzsch H. 2009. Forest dynamics, growth, and yield. Springer, Berlin, pp 664.