

국가산림자원조사를 이용한 주요수종별 직경생장량 분석 - 강원도 산림을 대상으로 -

이원아¹ · 신주원¹ · 최정기^{1*} · 이우균² · 이영진³ · 김성호⁴ · 정동준⁵

¹강원대학교, ²고려대학교, ³공주대학교, ⁴산림과학원, ⁵산림조합중앙회

Diameter Growth Analysis for Major Species using National Forest Resource Inventory - In the Gangwon-do Forests -

Won-A Lee¹, Ju-Won Shin¹, Jung-Keel Choi^{1*}, Woo-Kyun Lee², Young-Jin Lee³,
Sung-Ho Kim⁴, and Dong-Jun Jung⁵

¹Kangwon National University, ²Korea University, ³Kongju National University,

⁴Korea Forest Research Institute, ⁵National Forestry Cooperatives Federation

ABSTRACT : This study was carried out to analyze annual diameter growth characteristics for major 11 tree species using the data for Gangwon province of the National Forest Resources Inventory in 2007. The annual diameter growth of coniferous species was 5.02 mm, 4.70 mm, and 3.90 mm in Korean white pine, Japanese larch, and Korean red pine, respectively. In growths of the deciduous trees, dogwood, basswood, and cork oak had 3.55 mm, 3.48 mm and 3.01 mm, respectively. Average of the annual diameter growths for all species was 3.38 mm. The relationship between diameter growth and age class showed that the growth rate decreased for all species as age increased. The age class II had the highest annual diameter rate. In relation of the stand density(trees per hectare) and diameter growth, the diameter growth tended to decrease as the stand density increased for most species, especially Korean white pine, cork oak, and basswood. Finally age had the highest value in the correlation coefficients between measurement factor and growth rate regardless of species.

Keywords : Coniferous species, Deciduous species, Annual diameter growth, Age class, Correlation of coefficient

서 론

우리나라 국가산림자원조사는 1972년부터 시작되어 지역별 산림조사가 실시되어 오다가 제5차 조사시기인 2006년부터 전국을 대상으로 한 새로운 조사시스템으로 개편되었다. 제5차 국가산림자원조사는 지속가능한 산림경영기반의 패러다임에 부응하고, 국제기구 및 협약의 다양한 산림환경통계 요구증대에 능동적으로 대처하기 위한 산림자원의 모니터링 체제로 전환되었다(Korea Forest Service, 2005). 따라서 개편된 국가산림자원조사는 임황, 임목조사는 물론

토양조사, 생태조사 등 50개 이상의 다양한 항목들이 조사되고 있으며, 2007년부터는 임목으로부터 목편을 채취하여 목편 데이터베이스를 구축하고 있다(Korea Forest Service, 2008a,b).

특히, 현 조사체계에서 수종별 성장량을 파악하기 위해서는 조사된 같은 임목을 주기별로 재측정 함으로서 가능한데 최소 5년이 요구된다. 그러나 현장에서 채취된 목편을 바로 이용한다면 임목의 과거의 성장을 신속히 파악할 수 있는 장점을 가지고 있다. 현재 국가산림조사에서의 목편조사는 표본점내 정상적으로 생육한 나무 중에서 임분의 평균

* Corresponding author: (E-mail) jungkee@kangwon.ac.kr

※ 본 연구는 2010년 산림과학기술개발사업지원(SL20909L030120)에 의하여 수행되었음.

직경이 되는 5분을 채취하여 실시하고 있으며, 이들 목편들은 성장량이 정밀하게 측정되어 매년 DB화되어지고 있다 (Korea Forest Service, 2008a,b). 이 목편DB는 앞으로 수종별, 지역별, 지황별, 임종별 등 다양한 형태로 성장량 분석이 가능하다.

따라서 이들 목편자료는 우리나라 수종의 성장분석과 더불어 기후변화대응과도 연계되어 입목의 수령과 성장량 뿐만 아니라 생육지 주변의 입지 환경 및 기후변화의 지표로서 중요한 가치를 가지고 있다(Lewis, 1995; Wimmer and Vetter, 1999). 나아가 이들 목편자료를 이용하여 수종별 입목 관리방법, 기후 및 환경변화에 대한 반응 형태를 파악할 수 있으며 이를 기반으로 해서 과거, 현재 및 미래의 산림생장을 진단하고 예측 또한 가능 할 수 있다(Ohta et al., 1995). 본 연구에서는 일차적으로 2007년도에 조사된 국가산림조사 중 강원도지역의 목편자료를 이용하여 주요 수종별 직경생장의 특성을 규명하고자 실시하였다.

자료 및 방법

1. 연구자료 및 분석방법

제5차 국가산림자원조사는 전국을 4 km거리마다 표본점을 배치하여 이 중 산림지역이 위치한 약 4000개의 격자점을 고정표본점으로 하여 5년을 주기로 매년 20%씩 800여 개의 고정표본점에서 자료를 수집하고 있다. 본 연구 자료는 2006-2010년 동안 실시되어진 제5차 국가산림자원조사

중 2007년도에 강원도 지역의 표본점에서 추출된 성장정보 중 수종별 50개 이상의 연년직경성장량이 확보된 주요 11개 수종을 대상으로 하였다. 분석방법은 11개 수종의 임분과 입목 제원 현황을 비롯하여 영급별, 임분 밀도에 따른 직경성장량 분석, 직경성장량과 임분 및 입목 측정 인자 간의 관계를 파악하기 위해 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 주요 수종별 임분 및 입목 제원 현황

주요 수종별 임분 및 입목현황을 파악하기 위하여 임분 현황은 해당수종이 속한 임분 전체에 대한 통계량을 파악하였고 입목제원현황은 해당수종만의 통계량을 산출하였다 (Table 1). 수종별 표준목 총 본수는 신갈나무 1,651본, 소나무 1,101본, 굴참나무 554본 순으로 조사되었으며, 임분 특성에 있어서 입목밀도는 신갈나무가 ha당 평균 1,416본, 굴참나무는 1,347본으로 가장 많아 참나무가 강원도 내에 비교적 많이 자생하고 있는 것으로 나타났다. 평균흉고단면적은 전 수종에 대하여 29-40 m²/ha인 것으로 나타났으며, 재적의 경우 169-246 m³/ha범위로 중 굴참나무가 평균 246 m³/ha, 소나무가 평균 244 m³/ha순으로 높은 축적을 보였다.

수종별 입목제원을 살펴보면 평균 흉고직경의 경우 소나무가 26 cm로 가장 큰 것으로 나타났으며, 신갈나무의 흉고직경 범위가 6-97 cm로 가장 넓은 분포를 보이는 것으로 나타났다. 수고의 경우 일본잎갈나무가 평균 17m로 가장

Table 1. Statistics of stand and standing trees by major species

Species	Sample Trees*	Stand			Tree		
		Trees (n/ha)	BA (m ² /ha)	VOL (m ³ /ha)	DBH (cm)	H (m)	AGE
<i>Pinus densiflora</i>	1101(570)	1294(225-3250)	40(3-95)	244(9-713)	26(6-87)	13(2-28)	41(10-95)
<i>Pinus koraiensis</i>	330(154)	1168(425-2725)	33(6-88)	232(28-838)	20(6-54)	13(3-23)	30(15-69)
<i>Larix leptolepis</i>	329(140)	993(25-2050)	29(2-61)	225(7-561)	21(6-66)	17(5-30)	34(13-66)
<i>Quercus mongolica</i>	1651(856)	1416(350-3250)	36(2-89)	208(9-601)	19(6-97)	12(3-22)	44(16-200)
<i>Quercus variabilis</i>	554(264)	1347(350-3250)	40(2-91)	246(10-611)	21(6-90)	14(5-25)	40(17-78)
<i>Quercus dentata</i>	136(77)	1165(25-2300)	35(0-70)	206(0-411)	18(7-43)	12(4-20)	39(14-80)
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	230(111)	1129(75-2100)	29(1-76)	169(2-546)	15(6-40)	11(4-21)	39(17-70)
<i>Ulmus davidiana</i>	139(66)	1027(100-2300)	30(1-72)	177(2-561)	19(7-44)	12(4-24)	48(17-77)
<i>Tilia amurensis</i>	131(65)	1236(350-2625)	40(16-89)	214(13-561)	21(7-79)	12(7-25)	43(20-77)
<i>Acer mono</i>	112(57)	1036(325-2100)	33(7-62)	192(42-505)	19(8-44)	12(6-17)	46(23-101)
<i>Cornus controversa</i>	108(54)	1052(25-2300)	30(0-73)	177(2-492)	23(7-47)	13(6-22)	43(16-72)

* The numbers in parentheses refer to number of core from sample trees

큰 것으로 나타났고 물푸레나무는 평균 11m로 가장 작은 것으로 나타났다. 연령은 대부분 30-46년생인 것으로 나타났으며 100년생이 넘는 수종으로 신갈나무와 고로쇠나무가 있었다.

2. 수종별 연년직경성장량

수종별 연년직경성장량을 분석한 결과 침엽수가 활엽수보다 높은 평균 연년직경성장량이 나타났으며 침엽수종에서는 잣나무 5.02 mm, 일본잎갈나무 4.70 mm, 소나무 3.90 mm 순으로 성장량이 좋은 것으로 나타났다(Fig. 1). 본 연구결과와 강원도 소나무 성장량은 중부지방에 자생하고 있는 소나무의 연년 직경성장량 3.40 mm 보다 비교적 높다는 것을 알 수 있다(Lee, 2003).

활엽수종의 연년직경성장량은 층층나무 3.55 mm, 피나무 3.48 mm, 굴참나무 3.01 mm 순으로 나타났으며, 신갈나무와 굴참나무의 평균 연년직경성장량 2.83 mm, 3.01 mm으로 선행 연구된 강원도 지역의 신갈나무 2.80 mm, 굴참나무 2.70 mm와 유사한 것으로 나타났다(Choi and Yoo, 2006). 모든 수종을 종합했을 때, 강원도 수종의 평균 연년직경성장량이 3.38 mm인 것으로 나타났다. 직경성장량의 표준편차가 큰 수종으로는 일본잎갈나무 2.78, 잣나무

2.56, 소나무 1.98순이었으며, 표준편차가 작은 수종은 굴참나무 1.28, 떡갈나무 1.30, 고로쇠나무 1.32 순이었다.

3. 영급별 직경성장량의 변화

영급별 평균 연년직경성장량은 모든 수종에 있어서 연령이 증가함에 따라 감소하는 경향이 나타났으며 2영급에서 평균 5.14 mm로 가장 높은 성장량이 나타났고, 8영급에서 2.00 mm, 9영급에서 1.72 mm, 10영급이후는 신갈나무만의 성장량으로서 0.80~1.20 mm의 낮은 성장량을 보였다. 각 수종별로는 2영급에서 느릅나무가 9.20 mm, 일본잎갈나무가 8.42 mm로 높은 직경성장량을 갖는 것으로 나타났다(Fig. 2).

본 자료를 통해 고령목일수록 직경성장량이 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 생장학적으로 임목은 연령이 증가함에 따라 초기에 직경성장량이 급격히 증가하다가 서서히 감소하는 경향이 있다는 것을 입증하고 있다(Avery and Burkhardt, 2002; Seo et al., 2009a; Seo et al., 2009b). 또한 11개 수종을 침엽수, 참나무, 활엽수 3그룹으로 구분하여 성장량을 분석한 결과, 전반적으로 침엽수(4.54 mm), 활엽수(3.03 mm), 참나무(2.82 mm)순으로 생장이 좋은 것으로 나타났으며 2영급에서 모두 가장 높은 직경성장량으로 침엽수 6.53 mm, 활

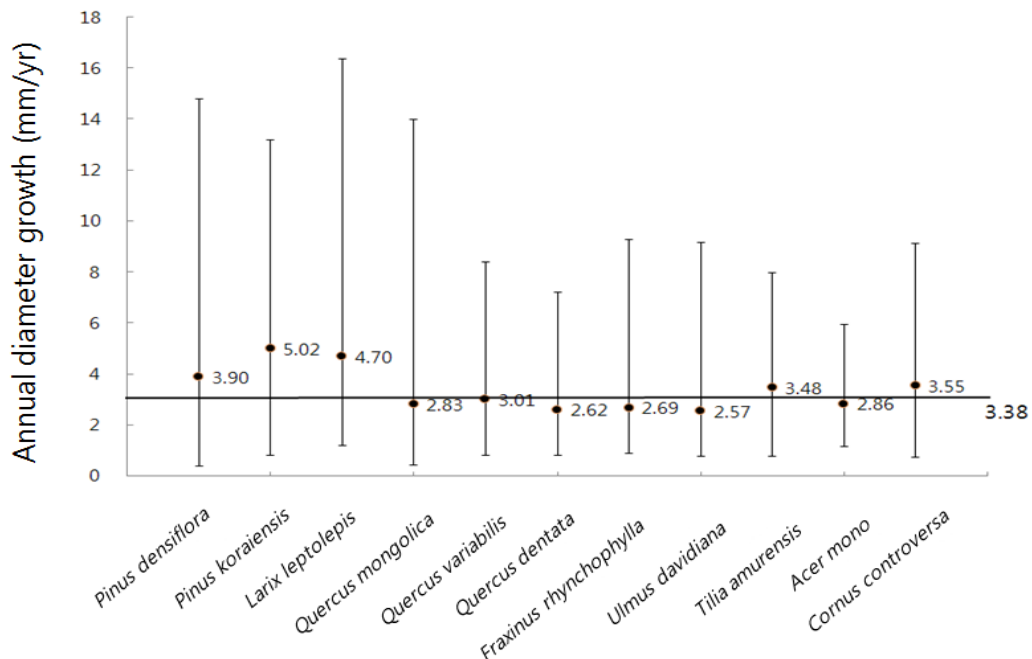


Fig. 1. Annual diameter growth range by major species.

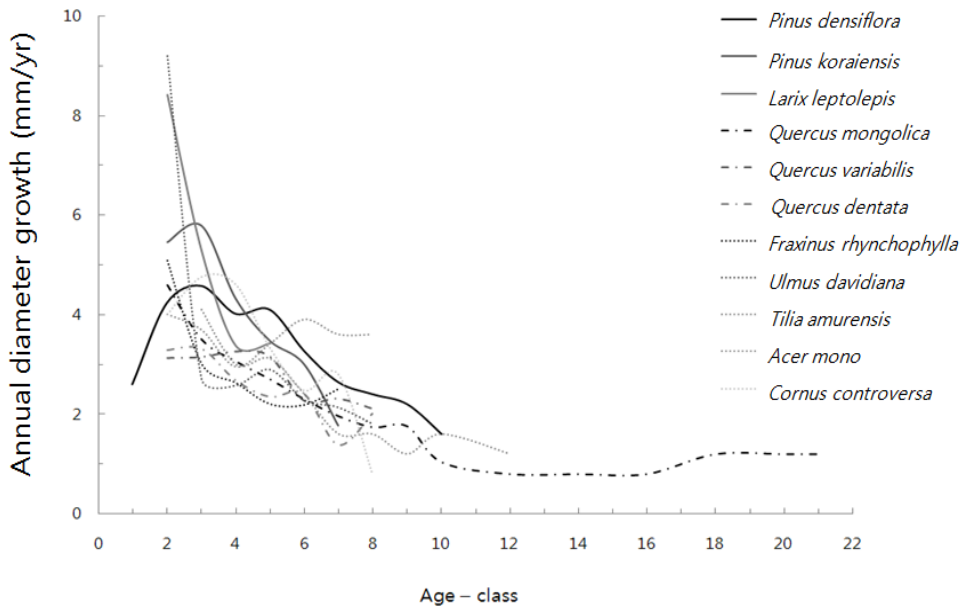


Fig. 2. Annual diameter growth by age for major species.

엽수 5.06 mm, 참나무 4.21 mm 순으로 나타났다(Fig. 3).

4. 본수에 따른 평균 연년직경성장량 추이

입목본수에 따른 연년직경성장량의 추이를 분석하기 위해 ha당 입목을 1000본 이하, 1000~2000본, 2000본 이상으로 구분하여 성장패턴을 분석하였다(Fig. 4). 일반적으로

ha당 입목 본수가 증가함에 따라 직경성장량이 감소하는 경향이 나타났으며(Seo et al., 2009a; Seo et al., 2009b), 침엽수에서는 잣나무가 본수밀도에 따라 성장차이가 가장 큰 것으로 나타났고, 활엽수림에서는 굴참나무와 피나무가 뚜렷하게 성장 차이가 있었다. 반면에 일본잎갈나무와 떡갈나무, 고로쇠나무는 반대로 본수증가에 따라 직경성장량이 증가하는 결과가 나타났는데 이는 직경생장에 영향을 미치

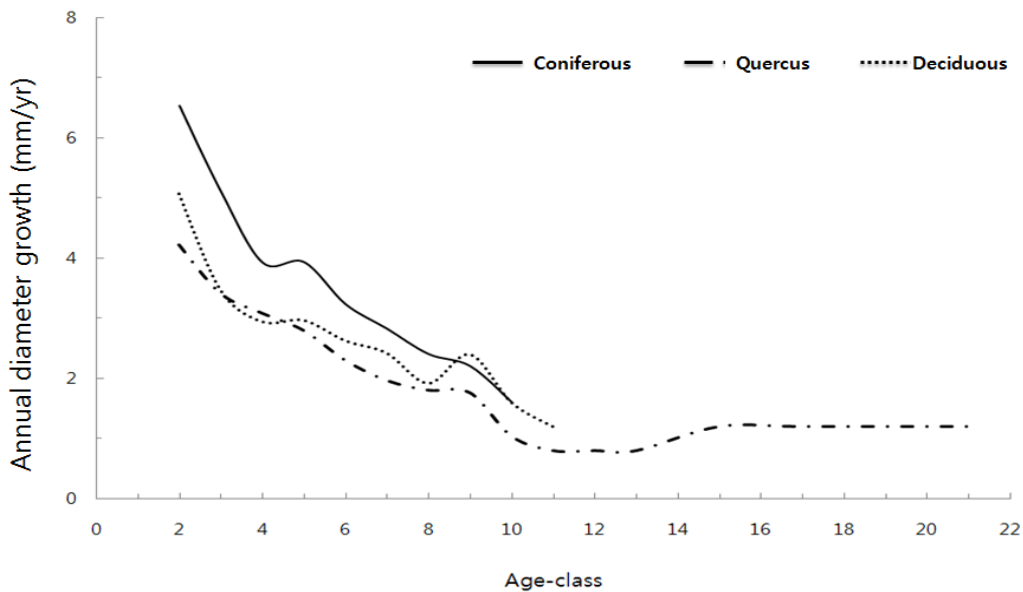


Fig. 3. Annual diameter growth by age for forest type.

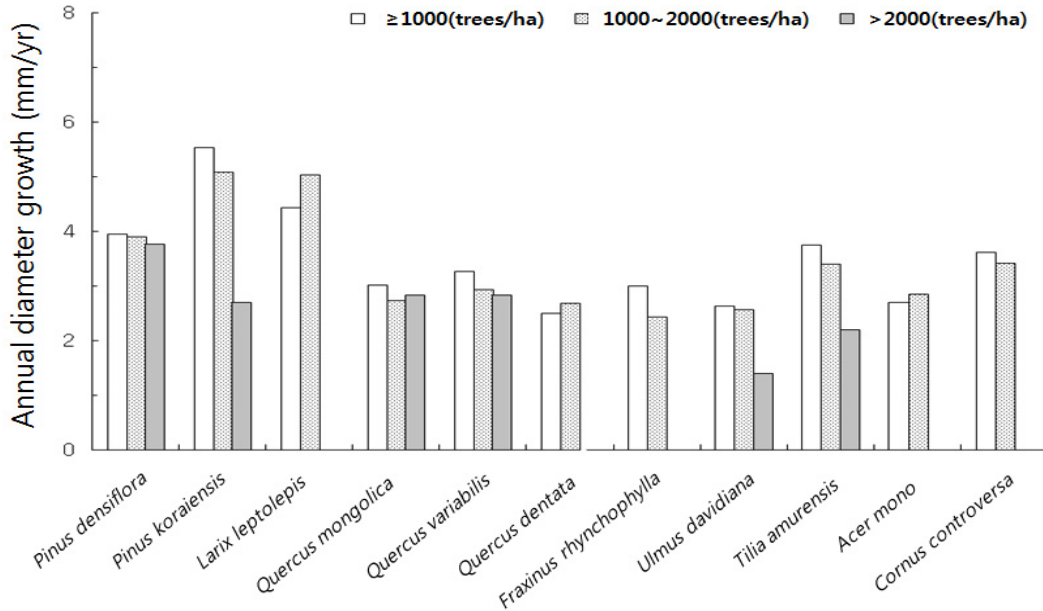


Fig. 4. Annual diameter growth by stand density(trees/ha) for major species.

는 요인이 임분 밀도 보다는 입지환경 요인 혹은 다른 물리적 환경요인 때문인 것으로 사료된다(Kang, et al., 2001).

5. 연년직경성장량과 측정인자간의 상관분석

입목 성장량에 영향을 주는 주요 성장인자로 ha당 분수, 흉고단면적, 임분 재적, 흉고직경, 수고, 연령과 직경성장량

과의 상관계수를 산출하였다(Table 2). 측정인자와 직경성장량간의 상관분석 결과 연령에 대하여 대부분 수종에 상관없이 음의 상관(-0.232 ~ -0.530)이 나타났으며, 다른 인자에 비해 평균 상관계수도 -0.336으로 가장 높았다. 그 외 흉고단면적과 재적도 대부분 수종에서 음의 상관이 나타났다. 수종별로 관찰한 결과 신갈나무와 떡갈나무의 경우 모든 측정인자에 대하여 음의 상관이 나타났고, 일본잎갈나무, 굴

Table 2. The correlation of coefficient between annual diameter growth and measurement factors

Species	Stand			Tree		
	Trees	BA	VOL	DBH	H	AGE
<i>Pinus densiflora</i>	0.089	0.019	-0.009	0.126	0.135	-0.283
<i>Pinus koraiensis</i>	0.092	-0.111	-0.154	0.149	0.013	-0.395
<i>Larix leptolepis</i>	0.341	-0.051	-0.107	-0.222	-0.276	-0.530
<i>Quercus mongolica</i>	-0.131	-0.133	-0.309	-0.048	-0.055	-0.406
<i>Quercus variabilis</i>	-0.181	-0.162	-0.161	0.092	0.053	-0.232
<i>Quercus dentata</i>	-0.157	-0.249	-0.249	-0.049	-0.023	-0.358
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-0.152	-0.179	-0.172	0.126	0.160	-0.314
<i>Ulmus davidiana</i>	-0.350	-0.285	-0.286	0.254	-0.007	-0.298
<i>Tilia amurensis</i>	0.081	0.280	0.293	0.417	0.212	0.021
<i>Acer mono</i>	0.192	-0.102	0.046	-0.095	0.003	-0.447
<i>Cornus controversa</i>	-0.046	-0.499	-0.035	-0.027	0.133	-0.452
Mean	-0.020	-0.134	-0.104	0.066	0.032	-0.336

참나무, 물푸레나무, 느릅나무, 층층나무도 비슷한 경향이 있는 것으로 나타났다. 그러나 피나무의 경우는 모두 양의 값을 갖는 것으로 나타났다.

임분 및 입목 측정인자와 직경성장량간의 상관관계는 일반적으로 상관계수 값이 낮은 특성을 갖고 있고(Seo et al., 2009a; Seo et al., 2009b), 임분과 입목 상태에 따라, 동령림, 이령림, 나아가 수관급에 의해 차이가 있을 수 있으므로 성장량과 측정인자간의 관계규명은 향후 보다 많은 자료를 이용하여 임분 및 입목 구조에 따른 세밀한 분석이 요구된다(Choi and Yoo, 2006).

결 론

본 연구는 2007년도 국가산림자원조사 강원도 지역 자료를 이용하여 주요 11수종에 대한 연년직경성장량의 성장특성에 대한 분석을 실시하였다. 침엽수종에서는 잣나무 5.02 mm, 일본잎갈나무 4.70 mm, 소나무 3.90 mm, 활엽수종에서는 층층나무 3.55 mm, 피나무 3.48 mm, 굴참나무 3.01 mm 순으로 평균 연년직경성장량이 좋은 것으로 나타났으며 전체 수종에 대한 평균 연년직경성장량은 3.38 mm이었다. 직경성장량의 표준편차 분석결과 일본잎갈나무 2.27, 잣나무 2.56, 소나무 1.98로 침엽수종에서 비교적 크게 나타났고, 굴참나무 1.28, 떡갈나무 1.30, 고로쇠나무 1.32로 활엽수종에서 상대적으로 낮은 수치가 나타났다.

영급과 직경성장량 관계에서는 영급이 증가할수록 성장량이 감소하는 패턴을 보였으며 어느 수종을 막론하고 2영급에서 가장 생장이 좋은 것으로 나타났다. 이중에서도 2영급에서 느릅나무가 9.20 mm, 일본잎갈나무 8.42 mm, 잣나무 5.46 mm으로 가장 성장량이 좋은 것으로 나타났고, 임종별로는 침엽수, 활엽수, 참나무 순으로 생장이 좋은 것으로 나타났다. 또한, ha당 입목 본수에 따른 직경성장량 추이에서는 입목본수가 증가함에 따라 직경성장량이 감소하는 패턴을 보였으며, 이런 경향은 침엽수종에서 잣나무가 활엽수종에서는 굴참나무와 피나무가 뚜렷하게 나타났다. 직경성장량과 주요 측정 인자와의 상관분석결과 수종에 관계없이 연령에서 대부분 음의상관이 나타났으며, 흉고단면적과 재적에서도 음의 상관이 나타났다. 수종별로는 신갈나무와 떡갈나무에서 모두 음의 상관이 나타났으며, 피나무에서는 반대로 모두 양의 상관이 나타났다.

본 연구는 장기적인 산림자원모니터링을 위하여 설계된 제5차 국가산림자원조사자료를 이용하여 연구결과가 산출되었다는 것과 특히, 어렵게 수집된 목편자료를 이용하여 주요 수종별 성장량을 분석했다는 데 큰 의미가 있다고 할 수 있다. 다만, 목편의 한부분에 대한 성장량이라는 한계를 가지고 있다는 것을 간과 할 수 없으며, 이는 제 6차 조사에서 입목을 재측정하여 보다 정확한 성장량이 파악될 것으로 사료된다.

인용문헌

- Avery, T.E. and H.E. Burkhart. 2002. Forest measurement. 5th. ed. McGraw-Hill. New York. 456 pp.
- Choi, J.K. and B.O. Yoo. 2006. Diameter growth characteristics of *Quercus monolica* and *Quercus variabilis* in Natural Deciduous Forests. Jour. Korean For. Soc. 95(1):131-138.
- Kang, S.K., Kim, W.S., Lee, W.S. and J.H. Kim. 2001. The comparison of tree growth by the residual stand density in artificial coniferous forests. J. Kor. For. En. 20(2):46-57.
- Korea Forest Service. 2005. A Study for new forest resources inventory system(4th). 261 pp.
- Korea Forest Service. 2008a. The 5th national forest inventory. 50 pp.
- Korea Forest Service. 2008b. Data base development for growth increment. 88 pp.
- Lewis, T.E. 1995. Tree rings as indicators of ecosystem health. CRS Press. 210 pp.
- Lee, M.J. 2003. Development of Individual growth model by forest type. Kookmin University. M.Sc thesis. 93 pp.
- Ohta, S., Fujii, T., Okada, N., Hughes, M.K. and D. Eckstein. 1995. Tree rings - from the past to the future. Proceedings of the International Workshop on Asian and Pacific Dendrochronology. Forest and Forest Products Research Institute. Japan Scientific Report 1. pp. 182-186.
- Seo, Y.O., Lee, Y.J., Park, S.M., Pyo, J.K., Jeong, J.H., Kim, S.H., Lee, W.K., Choi, J.K., H.H. Kim. 2009a. Study on the annual diameter growth characteristics for major species distributed in chungnam province. Journal of Agriculture & Life Science. 43(3):7-14.
- Seo, Y.O., Lee, Y.J., Park, S.M., Pyo, J.K., Jeong, J.H., Kim, S.H., Choi, J.K., Lee, W.K., Chung, D.J. and H.S. Moon. 2009b. Annual tree ring growth characteristics for major species in chungbuk province. Journal of Agriculture & Life Science. 43(6):1-6.
- Wimmer, R. and R.E. Vetter. 1999. Tree-ring analysis - biological, methodological and environmental aspects. CABI Publishing. 320 pp.