

입지유형별 미기후가 천연 활엽수림의 임목 성장에 미치는 영향

신만용^{1*} · 정상영¹ · 한원성¹ · 이돈구²
¹국민대학교 산림자원학과, ²서울대학교 산림과학부
(2008년2월 13일 접수; 2008년 3월 20일 수락)

Effects of Microclimate of Different Site Types on Tree Growth in Natural Deciduous Forest

Man Yong Shin^{1*}, Sang-Young Chung¹, Won Sung Han¹ and Don Koo Lee²

¹Department of Forest Resources, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

²Department of Forest Resources, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

(Received February 13, 2008; Accepted March 20, 2008)

ABSTRACT

In this study we investigated the effects of the microclimatic conditions on tree growth in different site types for natural deciduous forests in Korea. First, we classified all the sites into 36 types according to their aspect (east, west, south, and north), elevation (higher than 1,000 m, 700~1,000 m, and lower than 700 m), and topographical conditions (ridge, slope, and valley). For each site type, we measured diameter growth with increment borer, and then estimated periodic annual increment of diameter, height and volume. We applied a topoclimatological technique for estimating microclimatic conditions, and produced monthly climatic estimates from which 17 weather variables (including indices of warmth, coldness, and aridity) were computed for each site type. The periodic annual increments of diameter, height, and volume were then correlated by regression analysis with those weather variables to examine effects of microclimate on tree growth by site type. We found that the correlation of diameter growth by site type was significantly correlated with most weather variables except daily photoperiod. Water condition was the most important factor for the height growth. For volume growth, on the other hand, the conditions such as relatively high temperature and low humidity provided favorable environment. Our regression analysis shows that aridity index is a good predictor for tree growth including diameter, height and volume increments.

Key words : Periodic annual increment, Microclimatic condition, Site type, Natural deciduous forest, Topoclimatological technique

I. 서 론

최근 친환경적 산림관리의 측면에서 생태적으로 건전한 천연 활엽수림에 대한 관심과 그 중요성이 증가하고 있는 추세이다. 따라서 생태적으로 건전하면서도 부가가치가 높은 천연 활엽수림을 육성하기 위해서는 먼저 다양한 입지유형별로 생육하고 있는 활엽수림 내의 임목 성장에 대한 정보의 활용이 요구된다. 한편

임목생장에 영향을 미치는 다양한 환경요인 중에서 기상 요인은 인위적 조절이 불가능하기 때문에 대상 지역의 국지적 기상 조건을 고려한 경영계획의 수립이 필요하며, 이러한 계획의 수립을 통하여 수종에 따른 임목의 적지 판단과 위도 및 지리적 조건을 고려한 수종별 조림 한계의 설정 등이 보다 합리적이다(Noh, 1983).

그 동안 임업 분야의 기상정보 활용과 적용은 대부

분 산림대를 연평균 기온에 의하여 구분하는 수준에 머물러 있었다(Chung and Lee, 1965). 이러한 한계를 극복하고 좀 더 세분화된 기상정보를 확보하기 위해서는 산림의 국지적 기상현상의 파악이 필요하지만 정규 기상관측망을 통해서만 산림지역의 국지 기후 파악이 용이하지 못하다. 그러나 근래 국지 기후에 영향을 미치는 여러 가지 요인 중에서 비교적 자료의 수집이 용이하고 정량화가 가능한 지형인자를 이용한 기후추정에 관한 연구가 수행되어 왔다(Hopkins, 1968; Nakai, 1987).

임목의 생장은 유전적 요인과 환경적 요인 등 다양한 인자에 의해 영향을 받는데, 그 중에서 기후인자가 임목 생장에 미치는 영향이 어느 정도인지를 구명하는 것은 산림경영 계획수립에 필요한 중요한 과제이다. 산림지역의 지형인자를 정량화하고 연구 대상지 주변의 정규 기상관측소로부터 수집된 기후값을 이용하여 지형-기후 관계식을 개발함으로써 미기후를 추정하고 미기후가 직경생장에 미치는 영향을 구명한 연구가 수행된 바 있다(Shin *et al.*, 2001). 그러나 천연 활엽수림의 체계적인 관리 방안을 수립하기 위해 사면방향, 해발고도, 지형조건으로 구분된 입지유형별 미기후 조건이 임목 생장, 특히 직경생장뿐만 아니라 수고생장과 재적생장에 미치는 영향을 정량적으로 구명하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 먼저 강원도 평창군에 위치한 천연 활엽수림을 대상으로 지형-기후학적인 방법을 이용하여 미기후를 추정하고, 연구 대상지를 사면, 해발고도 및 지형에 따라 36개의 입지유형으로 구분한 후 각 입지유형의 직경, 수고 및 재적생장량을 파악하였다. 이와 같이 추정된 미기후와 생장량의 상관 및 회귀분석을 통하여 입지유형별 미기후 조건이 천연 활엽수림의 임목생장에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 연구 대상지

본 연구는 동부지방산림청 산하 평창국유림관리소 관내 지역인 가리왕산 일대의 천연 국유림 연구단지 2,399ha를 대상으로 실시하였으며, 연구 대상지는 북위 37° 25'~30', 동경 128° 30'에 위치하고 있다. 연구 대상지의 기후대는 온대 중부 및 북부에 속하며(Yim, 1977), 연구 대상지에서 가장 가까운 기상관측소인 대

관령 관측소 자료에 의하면 연평균 최고온도는 11.1°C이며, 연평균 최저온도는 1.7°C, 그리고 연평균 기온은 6.3°C로 매우 낮은 편이다. 또한 연평균 상대습도는 74%로 비교적 높지만, 4~5월의 상대습도가 최저 30~40% 밖에 되지 않아 수분 결핍에 의한 치수의 고사율이 매우 높은 것으로 알려져 있다. 해발고도 600~1,500m에 분포되어 있고, 1,000m 이상의 일부 지역에서는 한대림에 속하는 수종도 분포하고 있으며, 모암은 편마암 또는 석회암으로 되어 있고, 산림 토양은 비옥한 갈색토이다(Korea Forest Service, 1992).

연구 대상지의 임상은 천연 활엽수림이 전체의 약 70%를 차지하면서 신갈나무, 읍나무, 고로쇠나무, 층층나무 등의 유용 활엽수 30여종이 분포하고 있으며, 나머지 침엽수림은 인공적으로 식재된 잣나무, 낙엽송 등과 천연 소나무림으로 구성되어 있다(Shin *et al.*, 2001).

2.2. 입지유형별 미기후의 추정

산림 지역은 기상관측망의 밀도가 낮기 때문에 보통 그물망 기후추정법(Nakai, 1987; Shin and Yun, 1992; Shin *et al.*, 2001)에 의해 일정한 간격의 격자 단위로 미기후를 추정하고 있다. 그물망 기후추정법은 각 격자 단위의 지형인자와 실측 기후값으로부터 지형-기후 관계식을 도출한 후, 이 관계식으로부터 월별 기후 평년값을 산출하는 기법이다. 본 연구에서는 연구 대상지와 지리적으로 가까운 대관령, 영월, 원주, 인제, 홍천, 태백, 강릉, 동해, 인제, 제천, 그리고 춘천의 11개 관측소로부터 수집된 기후자료와 미기후에 영향을 많이 미치면서 비교적 정량화가 용이한 지형인자를 이용하여(Korea Water Resources Corporation, 1993) 지형기후학적 방법으로 연구 대상지의 미기후를 추정하였다.

일반적으로 임목생장에 영향을 많이 미치는 기상인자는 평균기온, 최고기온, 최저기온, 상대습도, 강수량, 그리고 일조시수로 알려져 있다(Sander, 1971; Son and Chung, 1994). 본 연구에서는 이상의 6개 기상인자를 수치화된 지리지형 변수에 회귀시켜 월별 평년 기후값을 도출하였으며, 기후값이 수집된 11개 정규 기상관측소가 위치한 지점의 지형변수를 정량화하였다. 연구 대상지의 수치지도로부터 얻어지는 사방 100m 간격으로 이루어진 총 2,400개의 각 격자별 해발고도

자료를 사용하여 연구 대상지의 지형인자를 정량화하였다. 또한 기상관측소에서 수집된 격자점에 대한 기후값과 정량화된 지형인자 자료를 이용하여 연구 대상지의 월별 평년 기후값의 추정 회귀식을 작성하였다 (Shin *et al.*, 2001).

먼저 월별, 기후값별로 후보 지형인자를 선정한 후,

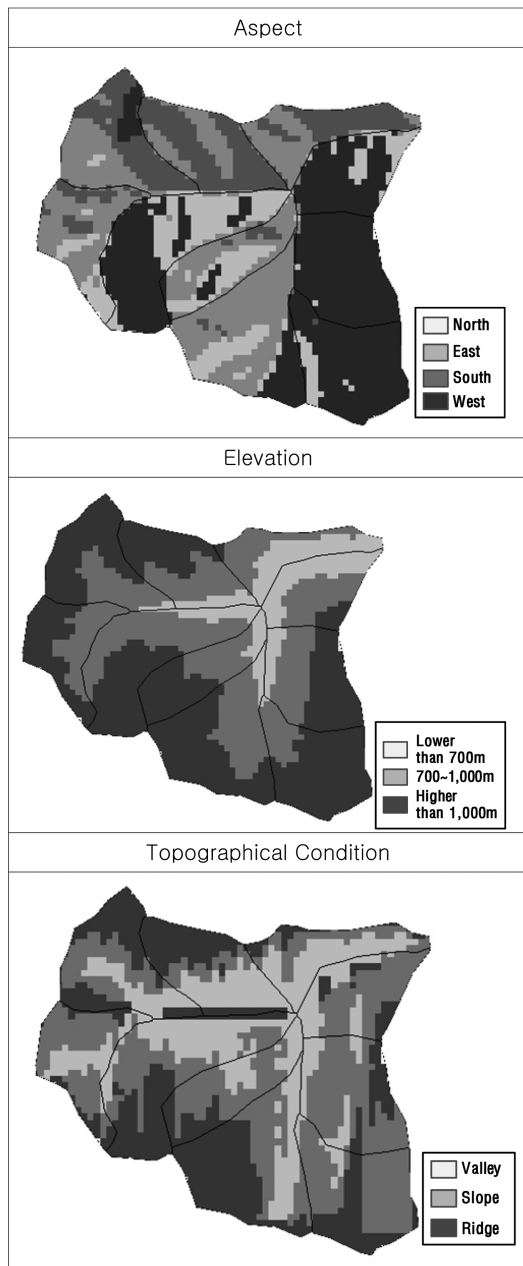


Fig. 1. Classification maps of site types in the study area.

다중선형 회귀분석 기법에 의하여 추정식을 작성하였다. 중회귀계수의 추정은 최소자승법을 사용하였고, 월별, 기후값별 최적 독립변수의 조합을 선정하기 위해 전향선택법을 채택하여 변수 선택과 함께 회귀계수를 추정하였다. 이와 같은 방법으로 연구 대상지에 대해 작성된 72개의 월별, 기후값별 지형-기후 추정식을 이용하여 6개 기상인자에 대한 월별 평년기후값을 추정하였다. 입지유형별 미기후 추정을 위해 연구 대상지를 사면 방향(동, 서, 남, 북), 해발고도(1,000 m 이상, 700~1,000 m, 700 m 미만), 그리고 지형조건(능선, 사면, 계곡)의 구분에 따라 총 36개의 입지유형으로 분류한 후(Fig. 1), 10개의 임반으로 구획되어 있는 전체 연구 대상지의 각 입지유형별 미기후 자료를 정리하였다.

2.3. 입지유형별 성장량 측정

입지유형별 성장특성의 파악을 위해 지난 2000년부터 2003년까지 4년 동안 각 입지유형에 대해 20×20 m(0.04ha) 내에 총 3반복에 의한 108개의 표본점을 설치하여 각 표본점에 포함된 흉고직경 60mm 이상의 모든 임목에 대해 관측 연도 기준 최근 5년 동안의 흉고직경 정기평균 성장량을 추정하였다. 매년 동, 서, 남, 북사면에 대해 연차별로 해발고도 및 지형조건에 따라 3반복에 의한 27개씩의 표본점 조사를 실시하였다. 이를 위해 각 임목에 대해 성장추를 이용하여 목편을 채취하였고 이와 같이 얻어진 직경성장량을 입지유형별로 요약하여 분석에 사용하였다.

수고성장량은 직경수고 관계에 근거하여 각 입지유형별 수고곡선식을 도출하고, 수고곡선식에 5년 전과 현재의 직경을 적용하여 최근 5년 동안의 정기 평균 수고성장량을 추정하였다. 본 연구에서 사용한 수고곡선 모형은 $HT = b_0 e^{b_1 / DBH}$ 의 지수모형과 $HT = b_0 DBH^{b_1}$ 의 대수모형이다(Clutter *et al.*, 1992). 여기서 HT는 수고(Height), DBH는 흉고직경(Diameter at Breast Height), e는 지수, 그리고 b_0 과 b_1 은 추정해야 할 회귀계수이다. 각 표본점별로 가장 적합한 수고곡선식을 개발하기 위하여 위 두 가지 모형에 실측 직경과 수고 자료를 적용하였다. 이와 같이 얻어진 5년 전의 직경 및 수고 그리고 현재의 직경과 수고를 국립산림과학원에서 개발한 '임목자원 평가예측 프로그램'(Korea Forest Research Institute, 2004)의 단목 재적식에 적용함으로써 최근 5년 동안의 정기평균 재적성장량을

Table 1. Climatic variables estimated by 6 climatic normals

Climatic Variables	Descriptions
X ₁ (°C)	Warmth index
X ₂ (°C)	Coldness index
X ₃ (mm/°C)	Index of aridity
X ₄ (%)	Monthly mean of relative humidity
X ₅ (%)	Mean relative humidity for the growing season
X ₆ (%)	Mean relative humidity for 3 months in the early growing season
X ₇ (mm)	Annual total precipitation
X ₈ (mm)	Monthly mean of precipitation
X ₉ (mm)	Total precipitation for the growing season
X ₁₀ (mm)	Total precipitation for 3 months in the early growing season
X ₁₁ (mm)	Total precipitation for 5 months of non-growing season
X ₁₂ (hours)	Monthly mean of sunshine duration
X ₁₃ (hours)	Annual sunshine duration
X ₁₄ (hours)	Total sunshine duration for the growing season
X ₁₅ (hours)	Total sunshine duration for 3 months in the early growing season
X ₁₆ (°C)	Sum of difference between monthly maximum and minimum temperatures for the growing season
X ₁₇ (°C)	Sum of difference between monthly maximum and minimum temperatures for the non-growing season

산출하였다.

2.4. 입지유형별 기후변수의 도출

연구 대상지의 입지유형별 기후 조건이 임목 생장에 어떠한 영향을 미치는가를 밝히기 위하여 5년간의 흉고직경, 수고, 재적의 정기평균 성장량과 선행 연구 (Shin *et al.*, 2001)에서 추정된 연구 대상지의 평년 기후값 간의 상관을 분석하였다. 이를 위해 임목생장에 영향을 미칠 것으로 판단되는 17개의 기후변수를 평균 온도, 최대 온도, 최저 온도, 상대 습도, 강수량, 일조시수에 의하여 입지유형별로 도출하였다(Table 1).

이들 기후변수를 계산하는 과정에서 임목의 성장기간은 4월부터 10월까지의 7개월 간의 자료를 이용하였으며, 성장기간의 초기 3개월은 4월부터 6월까지의 자료를 사용하였다. 또한 비성장기간은 11월부터 3월까지의 5개월간을 의미한다. 온량지수(X₁)와 한랭지수(X₂)는 월 평균 기온을 이용하여 계산하였고(Kim, 1975; Yim, 1985), 건조지수(X₃)는 강수량과 평균 기온과의 관계를 이용하여 계산하였다(Kramer, 1988). 나머지 기후 변수는 월별 상대 습도, 강수량, 그리고 일조시수로부터 임목 생장에 영향을 미칠 것으로 판단되는 기후변수로서 기존에 추정된 기후 평년값을 변환하여 구하였다. 한편, 변수 X₁₆과 X₁₇은 각각 성장기간과 비성장 기간의 월별 최고기온과 최저기온간의 차

를 누적시킨 값이다.

상관분석을 통하여 직경생장에 미치는 17개 기후변수별 경향을 일차적으로 분석한 후, 입지유형별로 나타나는 지난 5년간의 흉고직경, 수고, 그리고 재적에 대한 정기평균 성장량의 차이가 입지유형별 기후조건 중에서 어떤 기후 요인에 의한 것인지를 구명하기 위하여 정기평균 성장량과 기후변수간의 회귀분석을 실시하였는데, 이를 위해 통계분석 프로그램(SAS, ver. 8.02)을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 입지유형별 성장특성

Table 2는 최근 5년간의 직경성장량, 수고성장량, 재적성장량을 36개 입지유형별로 추정하여 요약한 결과이다. 직경성장량의 경우 전체적으로 9.6~20.0mm의 범위를 보이고 있는데, 대체적으로 해발고도가 높을수록 생장이 저조함을 알 수 있다. 수고성장량은 0.30~0.92m로 입지유형별로 차이를 보이고 있으며, 전체적으로는 부진한 것으로 나타났다. 한편 재적성장량의 경우에는 0.0150~0.033m³의 범위에서 입지유형별로 차이를 보이고 있다.

방위, 해발고도, 그리고 지형조건에 따라 변이를 보이고 있는 직경성장량, 수고성장량, 그리고 재적성장량

Table 2. Estimates of individual tree growth for last 5 years in the study area

Aspect	Elevation	Topographical Condition	DBH Increment (mm)	Height Increment (m)	Volume Increment (m ³)
East	Higher than 1,000 m	Ridge	11.9	0.35	0.0214
		Slope	12.7	0.46	0.0215
		Valley	12.0	0.40	0.0150
	700~1,000 m	Ridge	14.2	0.73	0.0303
		Slope	15.0	0.69	0.0228
		Valley	13.6	0.63	0.0203
	Lower than 700 m	Ridge	15.3	0.50	0.0165
		Slope	18.1	0.68	0.0215
		Valley	18.7	0.88	0.0293
West	Higher than 1,000 m	Ridge	11.8	0.45	0.0241
		Slope	17.5	0.79	0.0357
		Valley	14.3	0.71	0.0260
	700~1,000 m	Ridge	11.5	0.50	0.0190
		Slope	13.8	0.57	0.0321
		Valley	14.6	0.72	0.0268
	Lower than 700 m	Ridge	17.6	0.42	0.0192
		Slope	20.0	0.76	0.0268
		Valley	15.4	0.55	0.0195
South	Higher than 1,000 m	Ridge	11.7	0.30	0.0263
		Slope	9.6	0.28	0.0186
		Valley	10.1	0.32	0.0168
	700~1,000 m	Ridge	11.6	0.31	0.0182
		Slope	12.9	0.45	0.0209
		Valley	13.5	0.60	0.0287
	Lower than 700 m	Ridge	14.8	0.48	0.0164
		Slope	14.8	0.49	0.0150
		Valley	14.2	0.70	0.0181
North	Higher than 1,000 m	Ridge	11.2	0.46	0.0167
		Slope	12.0	0.52	0.0336
		Valley	10.5	0.54	0.0220
	700~1,000 m	Ridge	12.0	0.57	0.0269
		Slope	12.1	0.77	0.0304
		Valley	13.2	0.63	0.0281
	Lower than 700 m	Ridge	12.5	0.48	0.0150
		Slope	19.1	0.92	0.0276
		Valley	12.3	0.50	0.0184

에 대해 통계적 차이의 유무를 확인하기 위해 분산분석을 실시한 후, 유의적 차이가 인정된 경우 Duncan의 다중검정을 실시한 결과는 Table 3과 같다. 방위별 직경생장량은 서쪽 사면, 동쪽 사면, 북쪽 사면, 그리고 남쪽 사면의 순으로 우수함을 알 수 있다. 또한 방위별 직경생장량은 두 개의 그룹으로 구분되는데,

동쪽 사면과 서쪽 사면이 생장이 우수하며, 이들은 남쪽 사면과 북쪽 사면의 직경생장량에 비해 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 하지만 각 그룹 내의 사면 방향, 즉 동쪽 사면과 서쪽 사면 그리고 남쪽 사면과 북쪽 사면은 각각 직경생장량에 있어서 통계적 차이가 없는 것으로 나타났다. 해발고도별 직경생장량을 보면

Table 3. Results of Duncan's multiple range test for periodic annual increments of diameter at breast height, height, and volume by site types

Site Types		Duncan's Multiple Range Test		
		Diameter Increment	Height Increment	Volume Increment
Aspect	East	1.46a*	0.59a	0.0221ab
	West	1.52a	0.61a	0.0255a
	South	1.26b	0.44b	0.0199b
	North	1.28b	0.60a	0.0243ab
Elevation	Higher than 1,000 m	1.21b	0.47b	0.0231ab
	700~1,000 m	1.32b	0.60a	0.0254a
	Lower than 700 m	1.61a	0.61a	0.0203b
Topographical Conditions	Ridge	1.30b	0.46b	0.0208b
	Slope	1.48a	0.62a	0.0255a
	Valley	1.35ab	0.60a	0.0224ab

*Same letters stand for no significant differences using Duncan's Multiple Range Test at 0.05 probability levels.

저지대, 중지대, 고지대의 순서로 양호한데, 이는 해발 고도가 높아짐에 따라 직경생장이 저조한 결과를 보인 것이다. 저지대의 직경생장은 중지대 및 고지대와 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있지만, 중지대와 고지대는 통계적 차이를 인정할 수 없었다. 한편 지형 조건별 직경생장량의 경우에는 사면, 계곡, 능선의 순서로 우수한 것으로 나타났다.

입지유형별 수고생장과 직경생장과 대체적으로 유사한 결과를 보이고 있다. 방위별 수고생장량은 서, 북, 동, 남쪽 사면의 순서로 우수하는데, Duncan의 다중검정의 결과는 서, 북, 동쪽 사면의 수고생장은 차이가 없는 것으로 나타났다. 다만 생장이 가장 저조한 남쪽 사면만이 다른 사면의 수고생장과 5% 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 인정되었다. 해발고도별 수고생장의 경우에도 직경생장과 마찬가지로 해발고도가 낮을수록 우수하지만 중지대와 저지대는 거의 차이가 없으며 고지대와는 통계적 차이를 확인할 수 있다. 또한 지형조건에 따른 수고생장을 보면 직경생장과 동일하게 사면, 계곡, 능선의 순서로 양호한데, Duncan의 다중검정 결과를 보면 사면과 계곡은 차이가 없었지만, 이들의 수고생장은 능선의 수고생장에 비해 통계적으로 우수함을 인정할 수 있었다. 결과적으로 연구 대상지의 입지유형별 직경생장과 수고생장은 미미한 차이는 있으나 상당히 유사한 형태를 보이고 있음을 확인할 수 있다. 이는 수고생장이 직경과 수고의 관계를 통해 도출한 수고생장 곡선에 의해 추정되었기 때문에 직경생장과 유사한 패턴을 보인 것으로 해석할 수 있다.

입지유형별 재적생장은 직경생장이나 수고생장과 비교하여 유사성과 차이를 동시에 보이고 있다. 방위별 재적생장은 서, 북, 동, 남쪽 사면의 순서로 양호한데, 이는 수고생장의 순서와 동일한 것이지만 직경생장과는 다소 차이가 있는 결과이다. 특히 해발고도에 따른 재적생장은 직경생장이나 수고생장과는 다른 결과를 보이고 있다. 해발고도별 재적생장량은 중지대, 고지대, 저지대의 순서로 높았는데, 이는 현재의 임목 축적이 높은 700m 이상의 중지대와 고지대의 임분 밀도가 저지대에 비해 훨씬 높아 낮은 생장률을 보이고 있지만 생장량의 관점에서는 임목 축적이 적은 저지대에 비해 큰 값을 보인 결과로 해석할 수 있다. 하지만 직경생장이나 수고생장은 임분 밀도가 낮은 저지대가 중지대나 고지대보다 생육공간의 확보에서 유리한 상태이기 때문에 생장량이 큰 것으로 나타났다. 지형 조건별 재적생장량의 경우에는 사면, 계곡, 능선의 순서로 높게 추정되어, 직경생장이나 수고생장과 동일한 결과를 보이는 것으로 파악되었다.

3.2. 입지유형별 미기후 조건과 생장과의 관계

입지유형별로 차이를 보이고 있는 17개 기후변수가 흉고직경, 수고, 그리고 재적의 정기평균 생장량에 어떠한 영향을 미치는지를 밝히기 위하여 상관분석을 실시한 결과는 Table 4와 같다. 입지유형별 직경생장에 영향을 미치는 기후변수 중에서 한랭지수, 건조지수, 상대습도, 그리고 강수량과 관련된 기후변수는 양의 상관관계가 인정되었고, 온량지수외는 음의 상관관계

Table 4. Analysis of correlation between periodic annual increments of diameter, height, and volume and 17 climatic variables

Climatic variables	Periodic annual increment			Climatic variables	Periodic annual increment		
	Diameter	Height	Volume		Diameter	Height	Volume
X ₁	-0.7044*	-0.6395	0.6236*	X ₁₀	-0.6935*	-0.6263	0.4949
X ₂	0.6756*	0.6537	-0.6555*	X ₁₁	0.7214**	0.8824**	0.3191
X ₃	0.8511**	0.7438*	-0.4895	X ₁₂	-0.3248	-0.2696	0.3889
X ₄	0.7567**	0.5184	-0.7842**	X ₁₃	-0.3248	-0.2696	0.3889
X ₅	0.7688**	0.5605	-0.6803*	X ₁₄	-0.2636	-0.3708	0.3363
X ₆	0.7316**	0.5598	-0.6092*	X ₁₅	-0.1659	-0.4850	-0.3290
X ₇	0.8270**	0.7763*	-0.3750	X ₁₆	-0.3987	-0.1064	-0.4046
X ₈	0.8270**	0.7763*	-0.3750	X ₁₇	-0.6838*	-0.3923	-0.3241
X ₉	0.8376**	0.7054	-0.4985				

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

가 인정되었다. 한편 일조시수와 관련된 기후변수도 음의 상관을 보이고 있으나 직경생장과는 상관관계가 인정되지 않았다.

수고생장에 영향을 미치는 기후변수를 보면 건조지수와 일부 강수량과 관련이 있는 기후변수가 양의 상관이 인정되었을 뿐 나머지 기후변수는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 건조지수가 강수량과 평균기온과의 관계를 이용하여 산출하는 기후변수임을 감안하면 입지유형별 수고생장량은 모두 강수량과 관련된 기후변수에서만 상관관계가 인정되었음을 알 수 있다. 이는 수고생장에 가장 영향을 미치는 기상인자가 수분조건임을 의미하는 결과이다.

반면에 입지유형별 재적생장량과 17개 기후변수와의 상관분석 결과는 다소 다르게 나타났다. 우선 온량지수와 양의 상관관계가 인정되었으며, 한랭지수 및 상대습도와 관련된 기후변수에 대해서는 음의 상관관계가 인정되었다. 이는 기온이 상대적으로 높고 상대습도가 낮은 것이 재적생장에 유리한 것을 의미한다. 하지만 이러한 결과는 현재의 입지유형별 평균기온이나 상대습도의 조건보다 기온은 높고 습도는 낮은 조건에서 생장이 우수하다는 것을 의미하는 것이지, 이러한 결과를 일반적인 현상으로 해석하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다.

3.3. 입지유형별 미기후 조건에 따른 성장량의 추정

Table 5는 36개 입지유형별로 나타나는 흉고직경, 수고, 재적의 정기평균 성장량이 17개 기후변수 중에서 어느 변수에 의하여 가장 잘 설명되는가를 알기

Table 5. Regression coefficients of climatic parameters to periodic annual increments of diameter at breast height (mm), tree height (m), and stock volume (m³)

Dependent Variables	Regression Equations	r ²
DBH Increment	$Y = -25.428 + 0.454X_3$	0.72
Height Increment	$Y = -6.546 + 0.014X_3 + 0.047X_{12}$	0.93
Volume Increment	$Y = 1.326 + 0.005X_3 - 0.021X_4$	0.61

위하여 기후-정기평균 성장량 최적식을 도출한 결과이다. 연구 대상지와 같은 온대북부의 천연 활엽수림의 입지유형에 따른 직경 성장량은 건조지수(X₃)에 의하여 가장 적합하게 추정할 수 있는 것으로 밝혀졌고, 최적 직경생장량 추정 회귀식의 결정계수는 0.72인 것으로 나타났다. 건조지수는 총강수량에 대한 연 평균 기온의 비에 의하여 계산되기 때문에 강수량이 많아 수분조건이 양호한 입지조건에서 직경생장이 우수할 것으로 예상된다.

이와 함께 입지유형별 수고생장량은 건조지수(X₃)와 월 평균 일조시수(X₁₂)의 두 기후변수의 조합에 의해 잘 추정되는 것으로 나타났다. 이 수고생장량 추정식의 결정계수는 0.93으로 매우 높은 설명력을 보이고 있다. 한편 재적생장량 추정식의 경우에도 두 개의 기후변수가 관여하고 있는데, 건조지수(X₃)와 월 평균 상대습도(X₄)이다. 결과적으로 입지유형별 직경생장, 수고생장, 그리고 재적생장을 추정하기 위해 사용한 17개 기후변수 중에서 공통적으로 건조지수가 포함되어 입지유형별 생장에 가장 영향을 많이 미치는 변수임을 알 수 있다.

IV. 적 요

입지유형별 미기후 특성이 임목생장에 미치는 영향을 구명하고자 연구 대상지의 입지유형을 사면방향, 해발고, 그리고 지형특성 등의 총 36가지 유형으로 구분한 후, 각 입지유형별 평년 기후값을 지형기후학적 방법으로 추정된 후, 평년 기후값으로부터 임목생장에 영향을 미칠 것으로 판단되는 17개 기후변수를 입지유형별로 도출하였다. 한편 입지유형별 직경성장, 수고성장, 재적생장에 대한 정보를 얻기 위해 임분조사 실시했으며, 직경성장량, 수고성장량, 재적성장량의 추정에 적합한 회귀추정식을 17개 기후변수를 사용하여 개발하였다. 입지유형별 직경성장량은 건조지수에 의하여 최적으로 추정할 수 있었다. 건조지수는 총강수량에 대한 연 평균기온의 비에 의하여 계산되기 때문에 강수량이 많아 수분조건이 양호한 입지조건에서 직경생장이 우수한 것으로 나타났다. 한편, 수고성장량은 건조지수와 월 평균 일조시수의 두 기후변수의 조합에 의해 잘 추정되는 것으로 나타났으며, 재적성장량 추정식에 포함된 기후변수는 건조지수와 월 평균 상대습도로 밝혀졌다. 결과적으로 입지유형별 직경성장, 수고성장, 그리고 재적생장을 추정하기 위해 사용한 17개 기후변수 중에서 공통적으로 건조지수가 포함되어 입지유형별 임목생장에는 수분조건이 큰 영향을 미치는 것으로 평가된다.

REFERENCES

Chung, T. H., and W. C. Lee, 1965: Climatic zones for Korean forests. Research Reports of Sungkyunkwan University **10**, 329-435.
 Clutter, J. L., J. C. Fortson, L. V. Pienaar, G. H. Brister, and R. L. Bailey, 1992: *Timber Management: A Quantitative Approach*, Krieger Publishing Co., 333pp
 Hopkins, J. W., 1968: Correlation of air temperature normals for the Canadian Great Plains with latitude, longitude, and altitude. *Weather and Climate Journal of Earth Science* **5**, 199-210.

Kim, K. S., 1975: *Agricultural Meteorology*, Hyangmun Book Co., 331pp
 Korea Forest Research Institute, 2004: *Assessment and Prediction System for Tree Resources of Main Species in Korea*, 125pp
 Korea Forest Service, 1992: *A Study on the Establishment of Practical Forest Management Systems and Plan for the Natural Deciduous Forest* (III), 420pp
 Korea Water Resources Corporation, 1993: *Survey of Climatic Changes Due to the Dam Construction in Imha and Juam* **2**, 306pp
 Kramer, H., 1988: *Waldwachstumslehre*. Paul Parey, 374pp
 Nakai, K., 1987: Japanese system of the meteorological information service to user communities including the education and training. Preprint, *WMO Symposium on Education and Training in Meteorology with Emphasis on the Optimal Use of Meteorological Information and Products by All Potential Users*, Shin-field Park, U.K.
 Noh, E. R., 1983: Studies on the growth ranges and optimum site determination of the tree species using climatological factors in Korea, *Journal of Korean Forest Society* **62**, 1-18. (in Korean with English abstract)
 Sander, D. H., 1971: Soil properties and Siberian elm tree growth in Nebraska wind-break. *Soil Science* **112**(5), 357-363.
 Shin, M. Y., S. Y. Chung, and D. K. Lee, 2001: Estimation of microclimate by site types in natural deciduous forest and relation between periodic annual increment of diameter and the microclimatic estimates - a case study on the national forest in Pyungchang, Kangwon Province, *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **3**(1), 44-54. (in Korean with English abstract)
 Shin, M. Y., and J. I. Yun, 1992: Estimation of monthly temperature distribution in Jeju Island by topoclimatological relationships, *Journal of Korean Forest Society* **81**(1), 40-52. (in Korean with English abstract)
 Son, Y. M., and Y. G. Chung, 1994: The effects of the topographical, soil, and meteorological factors on the tree height growth in the *Pinus thunbergii* stands, *Journal of Korean Forest Society* **83**(3), 380-390. (in Korean with English abstract)
 Yim, K. B., 1985: *The Principles of Silviculture*, Hyangmun Book Co., 491pp.
 Yim, Y. J., 1977: Distribution of vegetation and climate in the Korean peninsula. *Japanese Journal of Ecology* **27**, 177-189.