

잣나무 성숙 임분의 연도별 구과 및 종자 결실량에 미치는 국지기후의 영향

신만용¹, 김일현², 김영채², 전상근²

¹국민대학교 산림자원학과, ²경희대학교 임학과

Effects of Local Climatic Conditions on Yearly Cone and Seed Production in a Mature Stand of Korean Pine

Man Yong Shin¹, Il-Hyun Kim², Young-Chai Kim², and Sang-Keun Chon²

¹Department of Forest Resources, Kookmin University, Seoul, Korea; ²Department of Forestry, Kyung Hee University, Suwon, Korea

(Correspondence : yong@kookmin.ac.kr)

1. 서언

잣나무는 목재생산뿐만 아니라 종자생산이라는 이중적 가치와 효용성을 지닌 주요 경제수종의 하나이다. 하지만 그 동안 대면적에 조성된 잣나무 임분은 인건비의 상승과 저가의 외국산 잣의 수입으로 인해 잣 생산을 통한 수익을 기대하기가 어려운 실정이 되었다. 따라서 잣나무림의 수익 증대를 위해서는 고품질의 종자와 양질의 목재를 증산시킬 수 있는 부가가치가 높은 임분으로의 유도가 필요하다. 잣나무는 다른 수종에 비하여 기상변동에 비교적 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있어(한과 박, 1988), 잣나무 생육 임분에 대한 국지적 기후조건을 고려한 적지판단과 위도 및 지리적 조건을 고려한 조림한계의 설정 등 보다 종합적이고 합리적인 잣나무림 경영계획이 수립되어야 한다(노, 1983).

본 연구는 인공조림된 잣나무 성숙임분을 대상으로 연도별 국지기후 조건을 지형기후학적 방법과 공간통계 기법에 의하여 추정함으로써 구과 및 종자의 결실량에 미치는 국지기후의 영향을 파악하여 우량종자의 생산을 증대하는데 그 기초정보를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 생식 성장량 조사

연구 대상지는 강원도 홍천군 북방면 북방리에 위치한 연구 대상지 내에 400~600m²의 조사구 6개(A~F)를 설치하고 각조사구내의 개체목별로 1974년부터 1980년까지 7년간 구과 및 종자의 연도별 착과수와 결실량을 조사하였다.

구과 및 종자 결실량의 조사는 매년 9월 초순경에 조사대상 개체목별로 1년생 구과의 착과수를 측정하여 기록하고, 개체목별로 2년생 구과를 채취한 후 그 수를 세어 성숙구과의 결실량으로 하였다. 또한 전년도 1년생 구과의 착과량과 당년도 2년생 구과의 결실량과의 차이를 낙과수로 계산하고, 1년생 구과의 착과량에 대한 낙과수의 백분율을 낙과율로 하였다. 한편 각 구과별로 탈종한 종자들을 각 구과별로 물(H₂O)을 넣은 500CC의 비이커에 3일간 담가둔 후, 위에 뜨는 것을 쪽정어로 간주하여 구과당 평균 쪽정어량으로 하였고 쪽정어율은 전체 종자에 대한 쪽정어의 비율로 계산하였다

2.2. 연구 대상지의 국지기후 추정

연구 대상지의 국지기후 추정은 지형기후학적 방법(Okamura, 1987; 신과 윤, 1992)에 의해 연구 대상지와 인접한 경기/강원 지역의 17개 정규기상관측소로부터 수집된 30년(1961~1990)간의 기후자료와 이들 관측소의 격자점을 중심으로 국지기후에 영향을 많이 미치는 정량화된 지형인자(17종류 157개)를 이용하여 연구 대상지에 적용할 수 있는 월별 평년기후값을 추정하고, 연구 대상지 주변 6개 기상관측소의 기후 실측치와 기후 평년값, 그리고 연구 대상지와 이들 기상관측소와의 거리를 이용한 거리역산가중법(Inverse Distance Squared Weighting)(Seino, 1993; 신 등, 1999)에 의하여 연구 대상지의 1973년부터 1980년까지의 8년간의 월별 평균기온, 최고기온, 최저기온, 상대습도, 강수량, 일조시수, 맑은 날수, 흐린 날수(8개 기후요소)를 추산하였다

2.3. 생식생장에 미치는 국지기후의 영향분석

잣나무 개화결실의 각 생장 단계별로 영향을 미치는 기후요소를 고려하여, 1년생 구과의 착과량에 대해서는 화아분화기를 중심으로 45개, 화아분화 이후 개화·수분기까지 4개, 개화·수분기 이후 수정·결실기까지 5개의 기후지수를 도출하여 총 54개의 기후지수를 도출하였으며, 2년생 구과에 대해서는 개화·수분기 이후부터 수정·결실기에 이르기까지 2년생 구과의 결실량, 낙과량·낙과율, 쪽정량·쪽정이율에 영향을 미칠 것으로 판단되는 19개의 기후지수를 도출하여 상관분석과 기후지수와와의 관계를 추정할 수 있는 최적 회귀식을 도출하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 연도별 생식 성장량

Table 1은 연도별 구과 및 종자형질에 대한 요약이다. 구과의 착과수와 종자 형질은 연도별로 변이가 크게 나타나 여러 가지 요인 중에서 결실년도에 따른 연도별 기상변이가 중요한 요인으로 작용했을 것으로 판단되었다. 특히 구과의 풍흉과 종자형질과는 밀접한 연관을 가지고 있으며, 이는 결실년도의 국지 기후조건에 따라 영향을 미친 것으로 보인다.

Table 1. Some characteristics of cone and seed used in this study.

Variables \ Year	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Average number of 1-year old cone per tree	9.48	14.70	11.07	16.73	10.38	3.69	8.18
Average number of 2-year old cone per tree	6.54	5.62	12.21	6.09	5.19	8.29	2.29
Amount of cone drop per tree	-	3.86	2.49	4.98	11.54	2.09	1.40
Percentage of cone drop (%)	-	40.7	17.7	45.2	69.1	20.5	37.9
Average weight of empty seed per cone (g)	-	4.8	7.9	5.9	6.9	6.3	5.7
Percentage of empty seed (%)	-	6.2	9.1	6.3	10.1	9.0	7.6

3.2. 연구 대상지의 국지기후 추정

(1) 경기/강원지역의 기후 평년값 추정

경기/강원 지역에 적용할 수 있도록 지형기후학적 추정기법에 의하여 얻어진 월별 일 평균기온, 일 최고기온, 일 최저기온, 상대습도, 강수량, 일조시수, 맑은 날 수, 흐린 날 수에 대한 최적 다중 회귀식 산출 결과, 각 기후요소는 각각 16~28개의 지형지수에 의해 결정되고 있었으며, 추정능력을 나타내는 결정계수(R^2)는 기후요소별로 0.81~0.98의 범위에 있어 높은 추정능력을 보였다.

(2) 연구 대상지의 연도별 국지기후 추정

거리역산가중법에 의하여 복원된 연구 대상지의 8개 기후요소에 대한 연도별 국지기후 추정 결과, 월별 온도(일 평균, 최고, 최저)의 경우 연도별로 상당한 변이를 보이고 있었다. 월별 상대습도는 연도에 관계없이 대체 적으로 높게 나타났다. 연구 대상지의 월별 강수량 추정치도 연도간에 매우 심한 변이를 보이고 있었는데 대체적인 경향은 여름철 강수량이 전체의 40~60% 정도를 차지하고 있었다. 월별 일조시수의 경우에도 연도별 변이가 심한데, 대체적으로 봄철의 일조량이 많고 특히 5월의 일조시수가 연중 가장 많은 것으로 나타났다.

월별 맑은 날수와 흐린 날수의 경우에도 연도별 변이가 심한 것으로 나타났다. 맑은 날수는 1~2월이 가장 많은데 월별로 약 10~20일의 범위로 분포되어 있으며, 7월이 가장 적은 날수를 보이고 있었다. 반면에 흐린 날수는 연간 변이가 심하지만 맑은 날수와는 상반된 결과를 나타내고 있어 여름철이 가장 많은 것으로 나타났다.

3.3. 생식생장에 미치는 국지기후의 영향분석

(1) 상관분석

1년생 구과의 착과수와 본 연구에서 추정된 연도별 미기후와의 관계를 구명하기 위해 기후지수와의 상관을 분석한 결과 화아분화 연도의 일 최저기온과 관련된 변수들과 높은 부의 상관을 보이고 있는 것으로 분석되었다. 특히 화아분화 연도의 6월과 7월의 평균 일 최저기온이 1년생 착과수와 상관계수 $r = -0.85$ 로 가장 높은 부의 상관을 보이고 있다. 또한 착과 전년도인 화아분화 연도의 6월과 7월의 총강수량도 착과량과 부의 상관을 보이고 있다. 2년생 구과의 결실량과 미기후와의 관계는 유의적인 상관관계를 나타낸 기후변수가 없었다. 다만 가장 상관계수가 높은 변수로는 수정 결실 당년의 12월부터 익년 2월까지 3개월 간의 겨울철 강수량이 상관계수 $r = 0.60$ 로 정의 상관관계를 나타냈다.

낙과량에 영향을 미친 기상인자는 수정 당년 6월부터 익년 8월까지 15개월 간의 흐린 날수 합계($r = -0.81$)와 수정 당년 11월부터 익년 3월까지 동계 5개월 간의 강수량($r = 0.73$)의 두 가지가 상관이 높은 것으로 나타났다. 이는 낙과량이 구과 성숙기까지의 15개월 간의 흐린 날수가 적을수록 낙과의 양이 많았음을 의미하며, 또한 구과 성숙 이전의 동계 5개월 간의 강수량이 많을수록 낙과량이 증가한 것으로 나타났다. 낙과율에 있어서도 수정 당년 6월부터 익년 8월까지 15개월 간의 흐린 날수 합계가 가장 영향을 많이 미치는 기후변수로 판명되었다.

구과의 쪽정이량은 구과 성숙 이전의 동계 3개월간의 강수량과 가장 높은 상관을 보이고 있어 겨울철의 강수량이 많으면 쪽정이량이 증가하는 것으로 파악되었다. 이는 일반적으로 강수량이 많으면 광합성량이 감소하여 수분 및 수정에 방해가 되고 종국적으로는 불량한 종자의 양이 많은 결과를 초래하는 것으로 해석할 수 있다. 쪽정이율의 경우에는 결실전의 동계기간 동안의 일조시

수의 합계는 부의 상관관계를 보이고 있으며, 평균기온과 관련된 기후변수는 높은 정의 상관을 보이고 있다. 또한 쪽정이량과 마찬가지로 강수량과 관련된 변수가 높은 정의 상관관계를 보이고 있는데, 이는 강수량이 많으면 광합성량이 감소하여 수분 및 수정에 방해가 되고 종국적으로는 불량한 종자의 비율이 높아지는 결과를 가져온 것으로 보인다.

(2) 회귀분석

Table 2는 잣나무 구과 및 종자 결실량과 관련된 6개 변수를 대상으로 다양한 국지 기후지수와 회귀분석을 통하여 기후-결실량 최적 추정 회귀식을 작성한 결과이다. 낙과율 추정식을 제외하고는 대체적으로 본 연구에서 사용된 기후변수에 의하여 구과 및 종자 결실량을 잘 추정하고 있는 것으로 나타났다.

Table 2. Regression coefficients of climatic parameters to cone and seed production.

Dependent variables	Regression equations	R ²
Average number of conelet per tree	$Y=21.80+0.0573*X_{35}-0.0013*X_{47}-0.4870*X_{49}$	0.99
Average number of cone per tree	$Y=189.56-0.0510*Z_1-0.5067*Z_6$	0.80
Amount of cone drop per tree	$Y=-40.94+0.0157*Z_1-0.0921*Z_4+0.0487*Z_{14}$	0.98
Percentage of cone drop (%)	$Y=-150.75+0.0854*Z_1-0.6187*Z_4$	0.68
Average weight of empty seed per cone(g)	$Y=4.83+0.0254*Z_{15}-0.0045*Z_{18}$	0.91
Percentage of empty seed (%)	$Y=7.54+0.0399*Z_{15}-0.2621*Z_{17}$	0.93

인용문헌

노의래, 1983: 기상인자에 의한 우리나라 삼림수종의 생육범위 및 적지적수에 관한 연구. 한국임학회지, 62, 1-18.

신만용, 윤진일, 1992: 지형-기후 관계식에 의한 제주도의 월별 기온분포의 추정. 한국임학회지, 81(1), 40-52.

신만용, 윤진일, 서애숙, 1999: 공간통계기법을 이용한 전국 일최고/최저기온 공간변이의 추정. 대한원격탐사학회지, 15(1), 9-20.

한상섭, 박완근, 1988: 잣나무와 소나무의 직경생장과 Key-Year. 한국임학회지, 77(2), 216-221.

Okamura, T., 1987: Mesh climatic data-present and prospect of production and application. *Tenki* 34(3), 25-42.

Seino, H., 1993: An estimation of distribution of meteorological elements using GIS and AMeDAS data. *Journal of Japanese Agricultural Meteorology*, 48(4), 379-383.