

## 넓은잎나무-잣나무혼성림에서의 빛분포특성에 대한 지질통계학적분석

최철호, 서정양, 최정식, 만호성

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《나라의 수림화, 원림화를 실현하자면 산림과학을 발전시켜야 합니다.

현시대는 과학과 기술의 시대인것만큼 나무를 심고 산림을 조성하는것도 과학기술에 의거하여 해야 성과를 거둘수 있습니다.》《김정일선집》증보판 제21권 192페이지)

식물군집내에서 빛, 토양, 수분, pH와 같은 환경요인들의 특성은 매우 다양하며 식물군집의 구성상태에 큰 영향을 미친다.[1]

자연생태계의 구조와 기능을 평가하는데서 이러한 환경요인들의 분포특성에 대한 연구는 아주 중요하다. 식물군집의 특성을 정량적으로 평가하려는 연구들[2-7]이 진행되었지만 넓은잎나무-잣나무혼성림의 빛분포특성에 대한 정량적인 연구는 거의나 진행되지 않았다.

우리는 지질통계학적리론과 방법을 리용하여 채벌세기에 따르는 넓은잎나무-잣나무혼성림의 빛분포특성을 분석하였다.

### 대상과 방법

연구지역 및 시험구설정 연구지역은 대륙성계절풍의 영향을 받으며 년평균강수량이 800mm, 해발높이가 460m인 1지역이다. 산림류형은 넓은잎나무-잣나무혼성림이다. 주요종으로는 잣나무(*Pinus koraiensis*), 들메나무(*Fraxinus mandshurica*), 까치박달나무(*Carpinus cordata*), 고로쇠나무(*Acer mono*), 난티느릅나무(*Ulmus laciniata*), 떡느릅나무(*Ulmus japonica*), 참산회나무(*Syringa reticulata*), 가시오갈피나무(*Acanthopanax senticosum*), 까치밥나무(*Ribes mandshuricum*), 물개암나무(*Corylus mandshurica*), 인동덩굴(*Lonicera japonica*) 등이다.

2011년에 채벌세기가 각이한 시험구들을 설정하였다. 넓은잎나무-잣나무혼성림에서의 시험구설정상태는 표 1과 같다.

표 1. 넓은잎나무-잣나무혼성림에서의 시험구설정상태

구분	채벌세기/%	평균나무높이/m	가슴높이직경/cm	나무жат당임도
대조구	0	9.75	14.62	0.8
시험구 1	20	9.67	14.90	0.6
시험구 2	35	9.57	13.93	0.5
시험구 3	55	8.76	12.25	0.4

대조구는 채벌되지 않았으며 인간의 영향을 받지 않은 넓은잎나무-잣나무혼성림이다.

시험구 1, 2, 3은 각각 20, 35, 55%의 세기로 2011년 겨울에 채벌되었다. 매 시험구의 크기는 100m×100m인데 그것을 다시 5m×5m크기의 작은 시험구로 나누었다. 작은 시험구들에 대하여 1부터 400까지의 번호를 달고 우연적으로 200개를 선정하여 그것들의 상대차리표를 기록하고 각이한 지표들에 대하여 조사하였다. 시험구들에 대한 조사는 2015년에 진행하였다.

### 연구방법

빛측정 날씨가 좋은 조건에서 《SKL 908 Spectosense2》장치를 리용하여 빛합성유효복사(PAR), 빛질(R/FR), 정규식생지수(NDVI)를 측정하였다.

통계분석 시험구들에서의 측정값들에 대하여 분산분석모형을 리용하여 채벌세기와 빛환경이 미치는 영향들을 분석하였다. 기본특성들은 프로그램 SPSS 23.0을 리용하여 분석하였다.

변이함수모형추정과 크리깅(임의의 공간에서 취한 시료값으로부터 시료정점의 주변 또는 구역에 대하여 최소분산의 불편선형추정값을 구하는 방법)에는 지질통계학프로그램 GS+7.0을 리용하였다.

시험구의 환경특성을 분석하기 위하여 다음의 반분산함수를 리용하였다.

$$y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_{i+h})]$$

여기서  $Z(X_i)$ 와  $Z(X_{i+h})$ 는 각각 공간위치  $X_i$ 와  $X_{i+h}$ 에서의 그 어떤 대상속성의 측정값이며  $N(h)$ 는 시료뽑는 간격이  $h$ 일 때의 모든 시료개수,  $y(h)$ 는 변이함수값[8]이다.

변이함수값을 리용하여 다음의 지표들을 구할수 있다.  $Co$ 는 어떤 작은 척도상에서의 구역변량의 불편속변이,  $C$ 는 자체상관으로 나타낸 빛분포특성의 변이,  $C+Co$ 는 연구구역에서 변량의 최대변이,  $C/(C+Co)$ 는 공간의존도를 나타내는 구조적분산비(이 값이 1에 가까울수록 공간의존도는 높고 0에 가까울수록 공간의존도가 낮다.),  $R$ 는 공간의존거리이다.

### 결과 및 론의

빛특성은 채벌세기에 의하여 현저하게 달라진다. 채벌세기에 따르는 PAR, R/FR, NDVI의 변화는 그림과 같다.

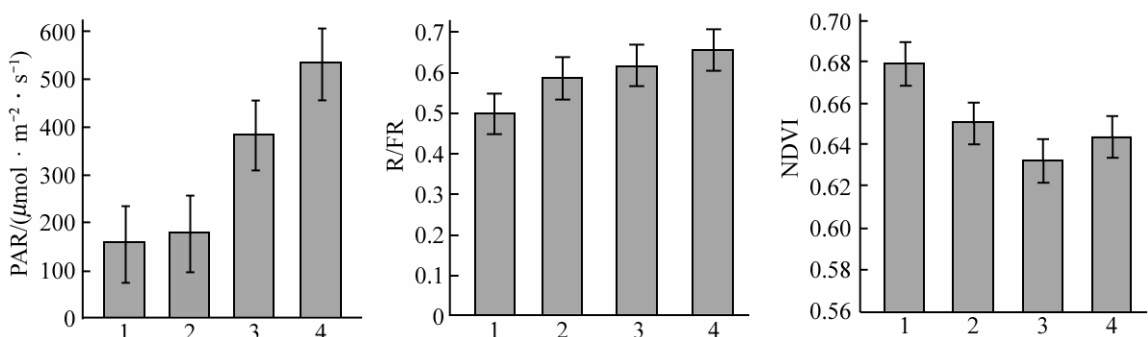


그림. 채벌세기에 따르는 PAR, R/FR, NDVI의 변화  
1은 대조구, 2-4는 각각 시험구 1, 2, 3

PAR평균값은 169.01(대조구)과 520.96(시험구 3)의 사이에 있었다. 대조구와 비교해볼 때 시험구 1, 2, 3에서는 PAR값이 각각 19, 141, 220% 더 높았다.

PAR와 마찬가지로 빛질도 채벌세기에 따라 현저하게 차이났다. PAR와 빛질의 값은 채벌세기가 높아짐에 따라 증가하였다.

NDVI값은 시험구에서 0.631과 0.648의 사이에 있었으며 대조구(0.680)에 비하여 비교적 낮았다. 그 값은 채벌세기에 따라 현저하게 차이났다.

빛요인들에 따르는 모형류형과 변이함수의 파라미터들은 표 2와 같다.

표 2. 빛요인들에 따르는 모형류형과 변이함수의 파라미터들

시험구	지표	모형류형	Co	C	C+Co	C/(C+Co)	R/m
대조구	PAR	지수함수	0.580	6.291	6.871	0.916	35.4
	R/FR	지수함수	0.009 6	0.132 4	0.142	0.932	36.9
	NDVI	지수함수	0.000 01	0.005 77	0.005 78	0.998	7.8
시험구 1	PAR	구형함수	0.767	2.625	3.392	0.774	17.5
	R/FR	지수함수	0.002 9	0.038 5	0.041 4	0.930	17.4
	NDVI	지수함수	0.000 28	0.011 78	0.012 06	0.977	14.1
시험구 2	PAR	가우스함수	0.143	1.411	1.554	0.908	9.7
	R/FR	지수함수	0.003 2	0.035 1	0.038 3	0.916	15.6
	NDVI	구형함수	0.000 66	0.011 26	0.011 92	0.945	12.3
시험구 3	PAR	지수함수	0.117	0.939 3	1.056 3	0.889	12.6
	R/FR	지수함수	0.009	0.127	0.136 0	0.934	12.3
	NDVI	지수함수	0.000 01	0.013 61	0.013 62	0.999	15.9

표 2에서 보는바와 같이 PAR의 구조적분산비는 시험구들에서 0.774~0.908로서 대조구(0.916)에 비하여 낮은 경향성이 나타났다. 시험구들에서의 공간의존거리(공간의존성의 척도)는 9.7~17.5m로서 대조구(35.4m)보다 짧았으며 이것은 시험구에서 공간의존거리가 대조구의 절반도 안된다는것을 보여준다. 빛합성유효복사의 총변이, 공간의존거리는 채벌세기가 높아짐에 따라 작아졌다.

R/FR 역시 시험구에 따라 차이가 나타났다. 시험구들에서의 구조적분산비는 0.916~0.930으로서 대조구(0.932)에 비하여 조금 낮았다. R/FR의 공간의존거리도 채벌세기가 높아짐에 따라 낮아지는 경향성을 나타냈다.

NDVI는 7.8~15.9m의 공간척도상에서 93~99%의 높은 공간의존성을 나타냈다.

시험결과는 채벌세기가 높아짐에 따라 PAR와 R/FR의 평균값이 증가하며 채벌세기가 35%인 시험구 2에서 변이결수가 가장 크다는것을 보여주었다.

이상의 결과는 채벌시험구들에서 채벌세기가 높아짐에 따라 빛합성유효복사와 빛질의 이질성이 낮아진다는것을 보여준다.

## 맺는 말

넓은잎나무—잣나무혼성림에서의 빛분포특성에 대한 지질통계학적분석에 의하면 채벌세기가 높아짐에 따라 빛합성유효복사와 빛질의 이질성이 낮아진다.

## 참 고 문 헌

- [1] V. K. Agyeman et al.; Journal of Ecology, **87**, 5, 815, 1999.
- [2] R. H. Jones et al.; Journal of Ecology, **90**, 2, 338, 2002.
- [3] R. P. Haining et al.; Geographical Analysis, **42**, 1, 7, 2010.
- [4] S. Kumar et al.; Ecology, **87**, 12, 3186, 2006.
- [5] D. W. Lee et al.; Ecology, **77**, 2, 568, 1996.
- [6] C. Liu et al.; Journal of Applied Ecology, **53**, 1, 242, 2016.
- [7] J. T. Lundholm; Journal of Vegetation Science, **20**, 3, 377, 2009.
- [8] F. Tinya; Forest Ecology and Management, **84**, 381, 2016.

주체106(2017)년 5월 5일 원고접수

### **Geostatistic Analysis on Light Distribution Characteristics in Mixed Forest of Broad-Leaved Trees and Korean Pines**

*Choe Chol Ho, So Jong Yang, Choe Jong Sik and Man Ho Song*

By geostatistic analysis on light distribution characteristics in mixed forest of broad-leaved trees and Korean pines, the more the cutting intensity increases, the more the heterogeneity of PAR and R/FR decreases.

Key words: Korean pine, mixed forest, light distribution, geostatistic analysis