

# 日本落叶松林冠层光生态场研究\*

李树人 赵 勇 阎志平 (河南农业大学, 郑州 450002)

【摘要】 从生态场理论出发,运用邻体干扰模型和遮光影响的方法,研究了日本落叶松林冠层光生态场.根据不同生长级林木之间遮光影响,编制了林木遮光系数表.提出了不同生长级林木间遮光模型.结果表明,7:00~17:00日本落叶松单冠连续投影是1个以东西为长轴、南北为短轴的近椭圆形;林分内每株树木受到的遮光强度等于近椭圆范围内其它林木对其的遮光和;林木受到的遮光强度愈大,其光生态效应愈强,生长发育愈差.

关键词 光生态场 遮光指数 生态效应

**Light ecological field of *Larix leptolepis* canopy.** Li Shuren, Zao Yong and Yan Zhiping (Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1997, 8(2): 123~ 126.

The light ecological field of *Larix leptolepis* canopy is studied by means of neighboring disturbed models and shading effect method. Based on shading effect among various growth classes of *Larix leptolepis*, the shading coefficient table is drawn up, and the shading models of different growth classes are put forward. The results show that the projection of single *Larix leptolepis* canopy is an ellipse with east-west as its long axis, and south-north as its short axis between 7 am to 5 pm. The individual plant shading intensity is the sum of the shading effects of other trees within the ellipse in the forest. The higher the shading field intensity, the stronger the light ecological effect, and the worse the tree growth.

**Key words** Light ecological field, Shading index, Ecological effect.

## 1 引言

根据物理学“场”的理论, Wu Hsiu I 等<sup>[10]</sup>首次提出了生态场的概念.随后,国内外学者也进行了生态场的观测研究<sup>[1,2,8,9]</sup>.生态场是多因子的综合.为了研究生态综合场,首先要弄清各个“因子场”.根据这一思路,笔者进行了日本落叶松光因子场(简称光生态场)的研究.

## 2 研究地概况与方法

### 2.1 自然概况

研究地位于河南伏牛山北坡, 111° 35' E, 33° 45' N; 海拔 1750 m; 坡向西北, 坡度 5°~7°; 土壤为棕壤, 厚度 50 cm; 年均气温 12℃左右, 年降水 880 mm. 林分为 17 年生人工日本落叶松林, 密度

$1.8 \times 10^3 \text{ hm}^{-2}$ , 优势木高 12.3 m, 平均胸径 12.7 cm, 林分郁闭度 0.95.

### 2.2 研究方法

测定孤立木日间遮光范围, 建立单冠遮光范围模型; 在林内设置样方, 按方位将各林木标定在坐标纸上.以克拉夫特分级法<sup>[3]</sup>将林木分级, 并测定其树高、胸径、冠幅及近 3 年年轮宽度.根据单冠遮光范围和邻体干扰模型及各生长级林木树冠相互遮光计算<sup>[6]</sup>, 提出林冠层林木间遮光模型.

## 3 结果与分析

### 3.1 单株树木光生态场的范围

#### 3.1.1 单冠瞬时遮光投影 单冠瞬时遮光投影形状和面积随冠长、冠基宽度和太阳

\* 河南省自然科学基金资助项目.  
1995 年 7 月 9 日收稿, 1996 年 4 月 10 日接受.

高度角的变化而变化. 在上午和下午, 其投影由 1 个三角形和 1 个半圆结合而成 (图 1) 其面积为:

$$\begin{aligned} S &= 1/2 \lg 2h \cdot 2R + 1/2 \pi R^2 \\ &= \lg 2h \cdot R + 1/2 \pi R^2 \end{aligned} \quad (1)$$

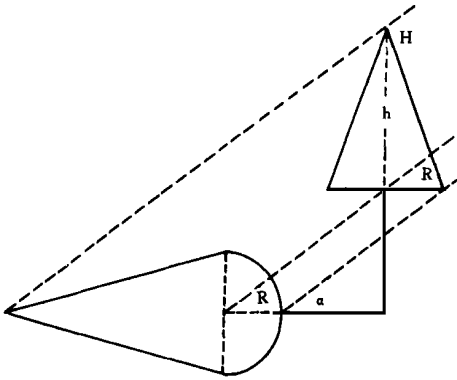


图 1 上午和下午单冠投影形状

Fig. 1 Illustration for projection of single canopy in forenoon and afternoon.

中午前后, 当太阳高度角大于  $73.5^\circ$  时, 树冠投影为以  $R$  为半径的圆. 这一结论与 Walker 等<sup>[9, 10]</sup>以优势木树高的 60% 或 2 倍冠径作为生态场作用范围, 张跃西<sup>[7]</sup>以  $2 \sim 6$  m 为半径的圆周为影响范围的提法前进了一步, 较好地解决了在生态场研究或是植物邻体干扰范围的问题.

**3.1.2 单冠连续遮光投影** 单冠遮光的连续投影除与树高、太阳高度角有关外, 还受太阳方位角影响. 在北半球中纬度地区, 春分及秋分前后, 单冠投影轨迹为东西向直线. 在春分到秋分的生长季节, 单冠投影在中午前后投影轨迹为一弧形; 从秋分到春分, 为一与春分到秋分相反向的弧形.

在 1 d 间, 日出日落时太阳高度角很小, 与树干轴夹角接近  $90^\circ$ , 树冠投影可达数百米. 但此时光照很弱, 植物光合作用基本停止. 7:00~17:00 光照强度大, 为光合作用有效期, 亦是树木光生态场有效期. 根据测定, 这一时间树木东、西两向投影长分别为树高的 2 倍, 中午前后为树高的 1.5

倍, 日投影为 1 个东西轴长为树高 4 倍, 南北轴长为树高 1.5 倍的近椭圆形. 其面积为:

$$S = \frac{\pi \cdot 4H \cdot 1.5H}{4} = 1.5 \pi H^2 \quad (2)$$

在春分到秋分或秋分到春分时期, 东西轴两端向南或向北有一定曲变, 椭圆形的形状稍有改变, 但面积与春分、秋分前后接近, 式(2)同样适用.

### 3.2 树木光生态场强度

生态场强度有其特定含义. Walker 等<sup>[9]</sup>提出为植物对有限环境和气候条件的作用反应; 王德利<sup>[11]</sup>认为是生态场中生态势在某点之强弱. 根据上述意义, 笔者认为光生态强度应为植物冠之间的遮光强度或上层林冠对下层植物的遮光强度.

物理场有不均匀性特点, 生态场的不均匀性更明显, 光生态场的不均匀性更突出. 树木高矮及距离远近均影响树木的遮光强度. 要计算树木受到的遮光强度, 必须解决 2 个问题, 即相邻不同大小树木之间相互遮光影响及不同距离树木间遮光影响.

相邻不同大小树木间遮光影响测定有许多困难, 林冠层距地面较高, 树冠相互重叠, 直接测定设备复杂, 精度不一定得到保证. 为此, 采用了以克拉夫特林木分级模式图为基础, 绘图计算 7:00~17:00 相邻各生长级林木间相互遮光强度方法, 即相邻树木间遮光系数法. 其算式为:

$$Cl = \sum_{i=1}^n t_i \cdot L_i / nL \quad (3)$$

式中,  $Cl$  为遮光系数,  $n$  为有效遮光时间,  $t_i$  为第  $i$  个遮光时间,  $L_i$  第  $i$  个遮光时间的被遮光冠长,  $L$  为被遮光树木的冠长. 根据式(3)计算结果见表 1.

根据不同距离树木间的遮光影响, 得出树木间距与遮光系数呈反比的结果.

$$Cl_d = Cl \cdot d^{-1} \quad (4)$$

式中  $Cl_d$  为不同间距树木的遮光系数,  $d$  为 2 树之间的距离. 这一结果与张大勇<sup>[6]</sup> 的研究完全一致.

表 1 不同生长级树木间遮光系数  
Table 1 Shading coefficient of trees in different growth classes

	I	II	III	IV	V
I	0.45	0.55	0.67	0.78	1.0
II	0.37	0.45	0.60	0.72	1.0
III	0.28	0.35	0.45	0.62	0.96
IV	0.21	0.28	0.39	0.45	0.92
V	0	0	0	0	0.45

行为基株, 被遮光者; 列为邻株, 遮光者.  
Row: Showing shaded basal tree, Column: Showing neighboring tree.

在森林中, 林冠层每一树木都受到周围树木的遮光影响, 其影响范围是东西向(长轴)为冠长(平均木)4 倍、南北向(短轴)为冠长 1.5 倍的一个近椭圆. 在这一范围内, 所有树木对基株(中心株)的遮光系数和称遮光指数为:

$$Il = \sum_{i=1}^n Cl_i \cdot d_i^{-1} \tag{5}$$

表 2 不同生长级林木的林木遮光指数与生长发育状况  
Table 2 Growth condition and shading index of tree in different growth classes

项目 Item	生长级 Growth class			
	I	II	III	IV
平均遮光指数 Shading index (Il)	0.34±0.06	0.55±0.11	0.75±0.14	1.35±0.07
平均树高 Height (m)	14.00±0.13	11.50±0.10	9.00±0.12	5.20±0.15
平均胸径 D. B. H (cm)	17.70±0.8	14.00±0.75	10.40±0.74	6.90±0.80
平均冠幅 Canopy (m)	6.40±0.21	4.20±0.36	3.00±0.28	2.10±0.20
近 3 年平均年轮宽度(mm)	6.70±0.11	5.70±0.17	4.00±0.10	2.50±0.15
Growth ring width in last three years				

表 3 各生长级林木相对遮光指数与生态效应相关分析  
Table 3 Correlation analysis of relative shading index and ecological effects in different growth classes

	相对遮光指数	树高效应	胸径效应	冠幅效应	年轮宽度效应
相对遮光指数 Relative shading index	1.000				
树高效应 Effect of height	0.994* *	1.000			
胸径效应 Effect of D. B. H	0.998* *	0.992* *	1.000		
冠幅效应 Effect of canopy	0.985* *	0.965* *	0.990* *	1.000	
年轮宽度效应 Effect of growthring width	0.995* *	0.994* *	0.998* *	0.982* *	1.000

由表 2 可知, 不同生长级林木得到的遮光指数与生长发育呈有规律的负相关. 为了对各项指标进行比较, 将表中所有绝对值转换为相对值. 经过转换的生长指标

式中,  $Il$  为遮光指数,  $n$  为椭圆范围内邻株株数,  $Cl_i$  为第  $i$  株邻体对基株的遮光系数,  $d_i$  为  $i$  株树木到基株的距离.

林分中不同大小林木所受到的遮光指数, 就是该林木所得到的光生态场强度. 为检验式(5)的适宜性, 对样地中心区 32 株日本落叶松进行了测定, 其林木大小与其得到的遮光指数呈明显线性关系.

$$Il = 4.302 - 0.232D \quad r = 0.958 \tag{6}$$

式中,  $D$  为胸径. 随着林木的增大, 受到的遮光强度减小. 在林分平均直径为 12.63 cm 时, 胸径等于或大于 18.5 cm 的超级大树, 基本不受周围树木的遮光影响( $Il \rightarrow 0$ ), 这一数值称受遮光临界值.

4.3 光生态场效应

所谓光生态场效应, 是指周围树木遮光对同层基株或上层遮光对下层植物生长发育的影响. 日本落叶松同层林木受到的遮光强度愈大, 其生长发育受到抑制越大(表 2).

与各生长级的相对遮光指数仍呈负相关, 再将各项生长指标取其倒数, 所得值称生态效应值. 生态效应值与相对遮光指数呈正相关关系(图 2).

由图 2 可知, 日本落叶松各生长级的相对遮光指数与各生态效应值呈正相关关系. 相关分析表明, 各生长级的相对遮光指数与各项光生态效应相关程度十分密切. 由此证明, 所建立的林木生长级遮光指数模型(式 5)能够反映周围林木遮光强度对基株(中心株)生长抑制的实际情况.

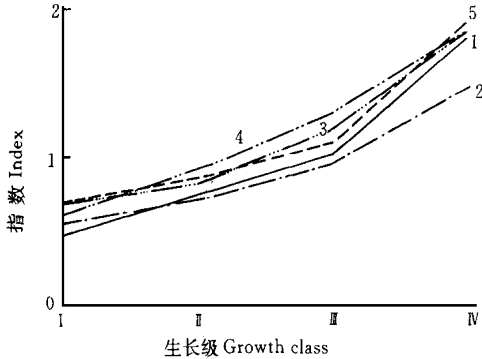


图 2 各生长级及林木光生态效应与相对遮光指数关系  
Fig. 2 Relationship between the effect of light ecological field and shading index of trees in different growth classes.

1. 相对遮光指数 Relative shading index, 2. 胸径生态效应 Effect of D. B. H., 3. 树高生态效应 Effect of height, 4. 冠幅生态效应 Effect of canopy, 5. 年轮宽度生态效应 Effect of growth ring width.

## 5 结 论

5.1 一天间, 日本落叶松单冠遮光投影上、下午为 1 个三角形及 1.5 个圆结合而成, 中午前后为圆形. 日间 7:00~17:00 是以东西为长轴、南北为短轴的 1 个近椭圆.

5.2 林冠层不同大小林木之间的遮光影

响, 由克拉夫特林木分级模式图计算出, 相互之间遮光指数经相关分析达显著水平.

5.3 在林分内, 每株树木的光生态场影响范围是由平均木冠长在 7:00~17:00 的连续投影构成的近椭圆. 中心株(基株)受到遮光强度等于近椭圆范围内其它林木(邻株)对中心株遮光和.

5.4 不同大小的林木所受到的遮光强度不同, 其光生态效应也不同. 受到的遮光强度愈大, 其生长发育愈差.

## 参考文献

- 1 王德利. 1991. 生态场理论——物理生态学的生长点. 生态学杂志, 10(6): 39~43.
- 2 王根轩. 1993. 生态场论. 郑州: 河南科学技术出版社, 15~93.
- 3 北京林学院. 1981. 造林学. 北京: 中国林业出版社, 259~262.
- 4 李树人、蒋建平. 1980. 农桐间作人工栽培群落光照研究. 河南农学院学报, 1: 11~23.
- 5 李树人、刘灿然、高本莲. 1993. 河南省黄淮海地区农林复合生态系统的光照研究. 河南农业大学学报, 增刊: 10~19.
- 6 张大勇、赵松岭. 1989. 青杆林恢复演替过程中的邻体竞争效应及邻体干扰指数的改进模型. 生态学报, 9(1): 53~58.
- 7 张跃西. 1993. 邻体干扰模型的改进及其在营林中的应用. 植物生态学与地植物学学报, 17(4): 352~357.
- 8 Walker, J. et al. 1988. The crown gap ratio (C) and crown cover: The field study. *Australia J. Ecol.*, 13: 101~108.
- 9 Walker, J. et al. 1989. Ecological field theory: the concept and field tests. *Vegetatio*, 83: 81~95.
- 10 Wu Hsiao I. et al. 1985. Ecological field theory: a spatial analysis of resource interference among plants. *Ecological Modelling*, 29: 215~243.