

柞蚕林冠层结构、林内光照分布与叶生物量研究

文诗韵 杨思河 尹忠馥 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

王昌杰 姜波 黄刚 (辽宁省蚕业科学研究所, 凤城 118101)

【摘要】 柞蚕林是以养蚕为目的的萌生栎林, 林冠经剪伐而形成不同的冠型结构。本文对3种冠型的叶面积系数, 冠层内叶量分布及消光系数等冠层结构特点进行了测定。结果表明, 不同冠形的冠层结构特点明显影响林内光照环境及叶生物量。现有的3种冠型中, “阶梯”型结构有较高的叶面积系数和较合理的叶量分布, 因而具有较高的叶生物量。“中干”型叶生物量与无干型虽无明显差异, 但“中干”型消光系数较低, 林内空间较大, 林内光照环境比“无干”型结构优越。

关键词 柞蚕林 冠层结构 叶生物量

Canopy structure, light distribution and leaf biomass of tussah-feeding oak forest.
Wen Shiyun, Yang Sihe, Yin Zhongfu (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015), Wang Changjie, Jiang Bo and Huang Gang (Institute of Sericultural Science, Liaoning Province, Fengcheng 118101). -Chin. J. Appl. Ecol., 1991, 2(4): 286—291.

Tussah-feeding oak forest is a unique coppiced forest ecosystem. In a long period of management, different canopy forms are artificially established. There practically exist three types of canopy forms. Comparative studies are conducted in canopy structure, light distribution within crown and leaf biomass for three oak species. The results show that among the three types of canopy forms, form A (the “Stair” form) has the advantages in higher leaf area index, more reasonable of leaf distribution pattern and the highest leaf biomass. The other two types have no significant difference in leaf biomass. But form B (the “Tree” form) is better than form C (“Shrub” form) for its larger crown, lower coefficient of light extinction and better light environment within crown.

Key words Tussah-feeding oak forest, Canopy structure, Leaf biomass.

1 前言

柞蚕林是以饲养柞蚕为经营项目的栎林, 主要分布于我国东北东部山地次生林区^[7]。为放蚕之便, 柞蚕林林冠经人工修剪而形成不同冠型结构。东北地区主要有经根刈形成的“无干”型和根刈形成的“中干”型, 近年来有些

地方采用“阶梯”型。对各种冠形结构养成的原则和方法, 王昌杰和吴忠恕等人曾作过报道^[4-6]。冠层结构不仅直接影响太阳光的截获量, 而且可通过影响林内水、热、气等微环境来调节植物与环境的相互作用, 最后影响整个林分的光合效率^[1, 2, 8, 11, 13, 16]。有关栎林林冠结构与光能利用方面, Jaro^[12]、Carlisle^[10]、Baldochi^[9]和Hutchison^[11]等人先后研究过栎林叶面积系数、叶倾角、叶量

本文于1990年9月1日收到。

分布等冠层结构特点以及林内光照分布。

国外的研究都是以天然林分为对象, 对于冠层结构受人工剪伐控制的柞蚕林的研究极少。东北地区各类蚕场总面积达 7.5×10^5 万 ha^[7], 研究这些蚕场柞蚕林冠层结构和光能利用模式将有助于建立合理的冠形、提高光能利用效率和生物生产力。

本文针对东北地区现有几种林分类型, 研究了辽东栎、蒙古栎和麻栎 3 个树种的冠层结构特点, 光照分布模式和叶生物量, 探讨了提高柞蚕林光能利用效率的途径。

2 研究对象与方法

研究对象为辽宁省凤城县东汤蚕种场和辽宁省蚕业科学研究所实验蚕场内生长的辽东栎(*Quercus Liaotungensis*)、蒙古栎(*Q. mongolica*)和麻栎(*Q. acutissima*)林分。剪伐年龄和树形为剪伐后 3 年的“无干”型、“中干”型和“阶梯”型。

在各类林分内设置标准地 2—3 块, 每块面积

表 1 柞蚕林 3 个主要树种不同树型叶面积系数比较

Tab.1 Comparison of LAI for different canopy types of three oak species

树 种 Species	辽东栎 <i>Quercus liaotungensis</i>			蒙古栎 <i>Q. mongolica</i>			麻 栎 <i>Q. acutissima</i>		
树 型 Canopy type	“阶梯”型 “Stair”	“中干”型 “Tree”	“无干”型 “Shrub”	“阶梯”型 “Stair”	“中干”型 “Tree”	“无干”型 “Shrub”	“阶梯”型 “Stair”	“中干”型 “Tree”	“无干”型 “Shrub”
叶面积系数 LAI	5.16	2.5	2.44	4.01	3.68	3.57	3.35	2.05	2.25
叶面积系数比 LAI ratio	2.11	1.02	1.00	1.12	1.03	1.00	1.63	1.10	1.10

梯”型冠型叶面积系数最高, 辽东栎和麻栎这一差异特别明显, 叶面积系数比分别为 2.11 和 1.63。“中干”型冠型与“无干”型冠型叶面积系数无显著差异。

柞蚕林经过长期放蚕和剪伐等强度经营, 叶面积系数受到一定影响, 3 种冠型中, 唯有“阶梯”型叶面积系数能达到天然栎林水平(表 1、2)。表 2 列出了国外研究者对几种栎树叶面积系数的测定结果。

3.1.2 冠层内叶量分布格局 叶在林冠内的分布可以用不同冠层高度的叶密度和叶面积系数表示^[1]。测定结果(图 1、2、3)表明, 3

为 $20 \times 25\text{m}$, 标准地内立木处于均匀分布状态。测定标准地内的株数、树高及冠幅, 根据树高和冠幅平均值选定标准木 3—5 株。将标准木按冠高 50cm 为间距分层, 在每层内分别沿东南西北四方位测定光照强度, 每 10cm 设一测点, 光照测定选择晴朗无云天气, 在上午 10 点至下午 2 点进行, 以减少日光斜射造成的误差。光强度采用以量子传感器标定的照度计测量。分层取叶, 用 Li-3000 型叶面积仪测量叶面积, 累积各层叶量得平均单株叶量, 推算单位蚕场面积产叶量。所得数据通过 IBM 微机处理, 建立 3 个树种不同冠层结构的光分布模式。

3 结果与分析

3.1 不同树型冠层结构特点

3.1.1 叶面积系数 叶面积系数是同化器官的数量指标, 直接影响和决定群体光能截获量和光合生产力^[1,3,17]。对 3 个树种测定结果表明, 柞蚕林不同冠型叶面积系数不同(表 1)。

从表 1 所列结果看出, 3 个树种均以“阶

表 2 天然栎林单株叶面积系数对照表

Tab.2 LAI of oak tree in natural foresets

树 种 Species	年 龄 Age	叶面积系数 LAI	地 点 Site	作 者 Author
<i>Quercus petraea</i>	40—120	4.75—5.47	N.W. England	Carlisle (1965)
<i>Q. rubra</i>	60	4.3	Czechoslovakia	Chalupa (1961)
<i>Q. pubescens</i>	75—76	4.16—6.69	Hungary	Jaro (1959)
<i>Q. cerris</i>	20—83	4.73	Hungary	Jaro (1959)

种树型冠层内叶量分布格局各不相同, 且在 3 个树种间表现出相同变化趋势。如图中所见, “阶梯”型冠型高度约 2.5m, 从冠层顶部向下

叶面积系数和叶密度逐渐增大,到0.5—1.0m层达最大,底层略减小,叶面积系数和叶密度

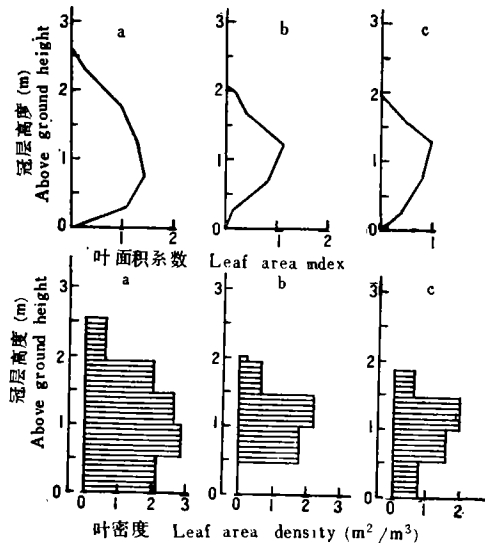


图1 辽东栎不同冠层结构叶面积系数和叶密度随高度分布图

Fig.1 Distribution of LAI and leaf area density with the height of different canopy types (*Quercus liaotungensis*).

a. “阶梯”型 “Stair” form, b. “中干”型 “Tree” form, c. “无干”型 “Shrub” form.

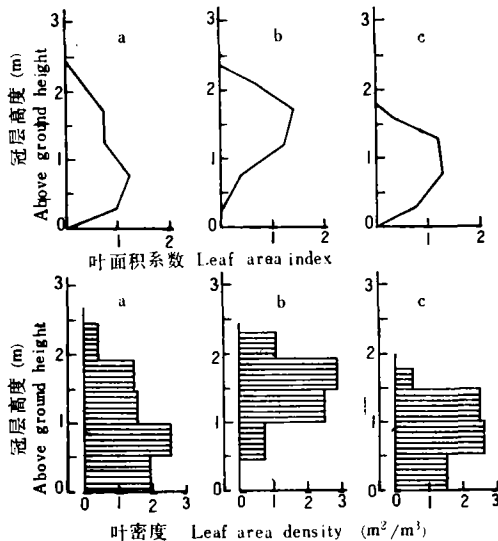


图2 蒙古栎不同冠层结构叶面积系数和叶密度随高度分布图

Fig.2 Distribution of LAI and leaf area density with the height of different canopy types (*Quercus mongolica*).

a. “阶梯”型 “Stair” form, b. “中干”型 “Tree” form, c. “无干”型 “Shrub” form.

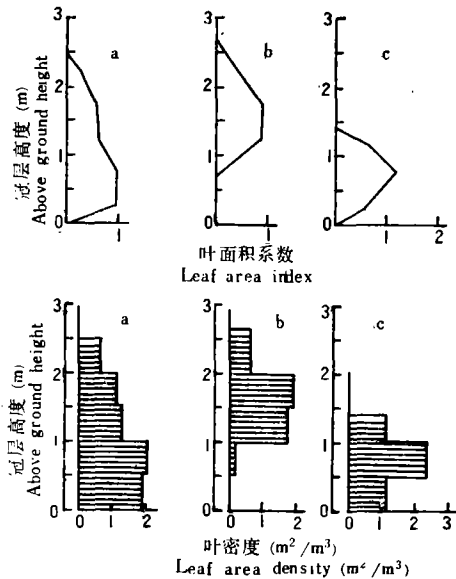


图3 麻栎不同冠层结构叶面积系数和叶密度随高度分布图

Fig.3 Distribution of LAI and leaf area density with the height of different canopy types (*Quercus acutissima*).

a. “阶梯”型 “Stair” form, b. “中干”型 “Tree” form, c. “无干”型 “Shrub” form.

随冠层高度变化较平缓,表明叶量在冠层内分布比较均匀(图1a、2a、3a)。

“中干”型冠层高度与“阶梯”型相似,叶面积系数和叶密度在林冠上层较大,“中干”型最大特点冠层下部缺叶(图1b、2b、3b)。“无干”型冠层矮小,树高只有1.5—2.0m,叶面积系数和叶密度林冠上部和下部小,中部较大,呈梭形分布(图1c、2c、3c)。

叶量在冠层内的垂直分布一般认为有两种:草本型和阔叶型^[15]。草本型结构的特点是冠层中部叶密度最大,阔叶型结构特点是最大叶密度出现在冠高7—8/10的部位,此处光照衰减最明显。天然栎林为阔叶型分布^[14]。柞蚕林经人工修剪造型,冠层内叶量分布因不同冠型而有一定差异。“阶梯”型叶面积系数和叶密度林冠下层大于上层,呈锥形结构,“中干”型属于典型阔叶型结构,其叶面积系数比“阶梯”型冠层小,主要由于未充分利用林冠下层空间。“无干”型冠层属草本型结构,冠层矮

小是限制叶面积系数扩大的主要原因。

3.2 林内光照分布

3.2.1 林内光分布特性与冠层结构特点 林内光照环境主要取决于冠层结构特点, 累积叶面积系数和叶量垂直分布是影响林内光照的重要因素^[13]。对辽东栎和蒙古栎林内光照测定结果表明, 从树冠顶部向下, 随累积叶面积系数

的增加, 光照强度迅速递减, 在某一冠层高度出现光照变化拐点, 在拐点后光照变化趋于平缓(图4、5)。“中干”型冠层属于典型的阔叶型结构, 光照强度在冠层上部迅速递减, 辽东栎和蒙古栎光强变化拐点分别出现在林冠高度的7/10和6/10处, 此处相对光照强度仅为自然光强的31%(图4b)和35%(图5b)。“无干”型

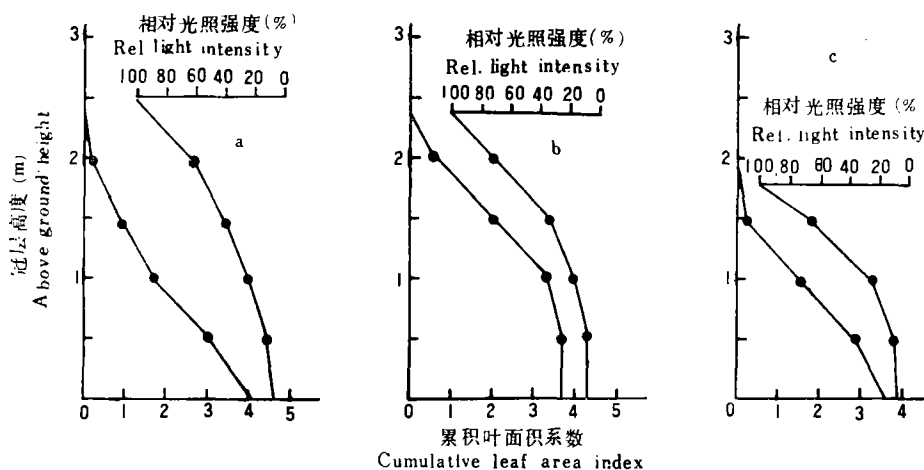


图4 辽东栎不同冠层结构累积叶面积系数和光照分布图

Fig.4 Cumulative LAI and light intensity at different heights in three canopy types of *Quercus liaotungensis*.

a. “阶梯”型 “Stair” form, b. “中干”型 “Tree” form, c. “无干”型 “Shrub” form.

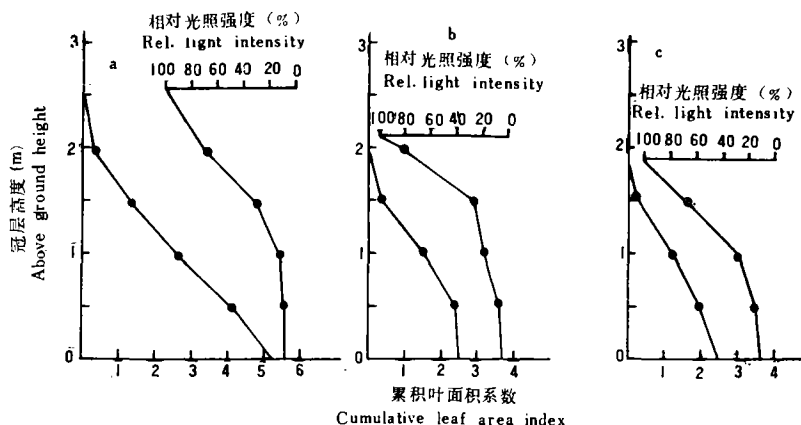


图5 蒙古栎不同冠层结构累积叶面积系数和光照分布图

Fig.5 Cumulative LAI and light intensity at different heights in three canopy types of *Quercus mongolica*.

a. “阶梯”型 “Stair” form, b. “中干”型 “Tree” form, c. “无干”型 “Shrub” form.

冠层为草本型结构, 光照强度在冠层内迅速递减, 在1/2 树冠高度出现拐点, 此处相对光照强度辽东栎约为28%(图4c), 蒙古栎约为27%

(图5c)。“阶梯”型冠层内光强变化平缓, 无明显拐点(图4a, 5a), 表明光照比较容易透入冠层内部, 这主要与其冠层内叶量呈锥形分布有关。

3.2.2 Monsi公式中消光系数K值 当太阳光为直接辐射时,将Monsi公式用于描述林内光传导,因未考虑太阳高度角的影响而使其受到限制^[15]。为尽可能减少太阳斜射所造成的误差,光照测定选在晴朗天气的上午10点到下午2点进行。由多个光强与累积叶面积系数实测

值,采用叠代法求解消光系数k,同时检验林内光传导是否符合Monsi公式。叠代结果表明,辽东栎和蒙古栎几种冠型林内光传导符合Monsi公式,叠代误差小于0.001(表3)。各种冠型消光系数K值列于表3。

从表中看出,两个树种的消光系数均以

表3 辽东栎、蒙古栎3种冠型结构消光系数

Tab.3 Coefficients of light extinction in three canopy types of *Quercus liaotungensis* and *Q. mongolica*

树 种 Species	辽东栎 <i>Q. liaotungensis</i>			蒙古栎 <i>Q. mongolica</i>		
树 型 Canopy type	“阶梯”型 “Stair”	“中干”型 “Tree”	“无干”型 “Shrub”	“阶梯”型 “Stair”	“中干”型 “Tree”	“无干”型 “Shrub”
消光系数 Coefficient of light extinction	0.87	0.86	1.44	0.98	0.55	1.02
误差限 Error limits	0.001					

“中干”型最小,“阶梯”型居中,而“无干”型最大。Monsi公式中的消光系数k主要与林内叶倾角密切相关,消光系数k决定着群体光合系统的受光状态^[1]。“中干”型较小的消光系数表明冠层平均叶倾角较大,光线更易于透入冠层底部。

3.3 不同冠型结构的叶生物量

柞蚕林主要以叶生物量作为评价群体生物生产力的指标之一。从现有3种冠型结构的产

叶量来看,“阶梯”型冠层叶生物量比另外两种冠型高(表4)。目前生产上采用1200株/ha“阶梯”型与“无干”型混种,这种林分3个树种单位面积产叶量(鲜重)分别为:辽东栎6.491t/ha,蒙古栎8.097t/ha,麻栎5.589t/ha。如果全部安排“阶梯”型的林分产叶量更高(表4)。表4列出了3个树种不同冠型结构单位面积的叶生物产量。

柞蚕林剪伐后不同年龄阶段的林分叶生物

表4 3种树型郁闭林分叶生物生产量(t/ha)推算

Tab 4 Estimation of leaf biomass (t/ha) of closed stands in three canopy types

树 种 Species		辽东栎 <i>Quercus liaotungensis</i>				蒙古栎 <i>Q. mongolica</i>				麻 栎 <i>Q. acutissima</i>			
树 型 Canopy type		“阶梯”型 “Stair”		“中干”型“无干”型 “Tree” “Shrub”		“阶梯”型 “Stair”		“中干”型“无干”型 “Tree” “Shrub”		“阶梯”型 “Stair”		“中干”型“无干”型 “Tree” “Shrub”	
		100%*	1200**			100%*	1200**			100%*	1200*		
叶生物量	干重(dw)	5.705	4.014	2.765	2.697	4.421	4.115	4.058	3.936	3.446	2.796	2.109	2.315
Leaf biomass	鲜重(fw)	9.225	6.491	4.470	4.362	8.699	8.097	7.982	7.743	6.888	5.589	4.215	4.626

* 林内全为阶梯树型 Trees in the stand are all in “Stair” form. 1ha林地1200株为阶梯树型,其他全为无干树型。mixed stand of two canopy forms with 1200 trees in “Stair” forms in one hectare, and the rest are in “Shrub” forms.

量不同。表5为蒙古栎林剪伐后不同年份的叶生物量,从表中看出,剪伐后蒙古栎林叶生物量逐年增加,但每年叶生物量净增加值随伐后年龄增大而减少。

四 讨 论

绿色植物通过光合作用将太阳能转化为化学能的转化效率极低,其中群体结构是一个重

表 5 剪伐后不同年龄的“无干”型蒙古栎郁闭林分叶生物生产量(t/ha)

Tab.5 Leaf biomass (t/ha) of closed stands of *Quercus mongolica* in “Shrub” form at different coppicing age

伐后年龄 Coppicing age	1	2	3	4
叶生物量 leaf biomass				
干重(dw)	2.834	3.464	3.936	4.290
鲜重(fw)	5.575	6.814	7.743	8.440

要影响环节^[16]。柞蚕林叶片既是制造有机物质的同化器官, 又是其目的收获物, 叶面积系数决定了柞蚕林光合面积和林内光合有效辐射截获量的大小。“阶梯”型较高的叶面积系数是其叶生物产量比其它两种树型高的主要原因。

冠层内叶量分布格局可通过调节林内光照环境而影响每个叶片的光合速率, 从而影响柞蚕林的光能利用效率。“阶梯”型冠层叶量呈锥形分布、有利于太阳光透入林层。尽管其叶面积系数较大, 其林内光照环境与其它两种树型相比并无明显降低。“中干”型冠层叶量多集中于林冠上层, 没有充分利用林内下层空间, 光传导在林冠上层迅速递减, 虽然其消光系数相对较小, 但林内光照环境仅略比其它两种树型好。“无干”型因冠层矮小, 消光系数较大, 林内光照环境较差, 限制了叶生物量的提高。林冠结构特征、光能分布模式以及叶生物量的测定结果表明, 现有几种林冠结构中, 以“阶梯”型冠层最合理。

参 考 文 献

- 1 卢荪义次(薛德裕译). 1979. 作物的光合作用与物质生产. 科学出版社, 北京, 149—267.
- 2 Coombs. J. 等(邱国雄等译). 1986. 生物生产力和光合作用测定技术. 科学出版社, 北京, 41—49.
- 3 王天铎. 1987. 植物生理学专题讲座. 科学出版社,

北京, 97—104.

- 4 王昌杰、姜 波. 1988. 柞蚕场集约化经营. 吉林蚕业, 46(2): 1—5.
- 2 王昌杰. 1981. 保护建设利用资源, 大力发展柞蚕生产. 农业资源与区划, 12(6): 7—10.
- 6 吴忠恕. 1986. 辽宁柞蚕生产两个方向性问题之我见. 辽宁蚕业科技, (1): 6—11.
- 7 冯绳祖. 1986. 合理利用山区柞林资源优势, 继续振兴东北柞蚕生产. 吉林蚕业, 42(2): 1—5.
- 8 Aubuchon, R. R., Thompson, P. R. and Hinckley, T. M. 1978. Environmental influences on photosynthesis within the crown of a white oak. *Oecologia*(Berl.), 35(2): 295—306.
- 9 Baldochi, D. D. et al. 1984. Solar radiation within an oak-hickory forest: an evaluation of the extinction coefficients for several radiation components during fully-leaved and leafless periods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 32(4): 307—322.
- 10 Carlisle, A., Brown, A. H. F. and White, E. J. 1966. Litter fall, leaf production and the effects of defoliation by *Tortrix viridana* in a sessile oak (*Quercus petraea*) woodland. *J. Ecol.*, 54(1): 65—85.
- 11 Hutchison, B. A. et al. 1986. The architecture of a deciduous forest canopy in Eastern Tennessee. *J. Ecol.*, 74(3): 635—646.
- 12 Járó, Z. 1959. A Levélfelület Nagyságá Néhány Erdőtípusban Erdész Kutat, 6(1): 103—110.
- 13 Kira, T., Shinozaki, K. and Hozumi, K. 1969. Structure of forest canopies as related to their primary productivity. *Plant & Cell Physiol.*, 10(1): 129—142.
- 14 Miller, P. C. 1967. Leaf temperatures, leaf orientation and energy exchange in quaking aspen (*Populus tremuloides*) and gambell's oak (*Quercus gambellii*) in Central Colorado. *Cecol. Plant, Gauthier-villars*, 2(2): 241—270.
- 15 Monsi, M., Uchijima, Z. and Oikawa, T. 1973. Structure of foliage canopies and photosynthesis. *Ann. Rev. of Ecol. and System*, 4: 301—327.
- 16 Ничипорович, А. А. 1985. Физиология фотосинтеза, “Наука”, Москва, 7—33.