

兴隆山阴暗针叶林空间格局 及其利用光能的对策

罗耀华 陈庆诚 张鹏云

(兰州大学生物系)

摘 要

采用点-四分法和样方法观测了青杆 *Picea wilsonii* 林群落。以样点到四象限最近青杆植株距离与各自个体高度的比值之和, 定义为开敞度。以此作为林下光水平的参量, 从而定量地分析了它与下层植物的关系。群落空间格局与在利用光能时的调节性和互补性的功能作用相对应。青杆幼苗仅在高开敞度下生长; Shannon-Wiener 种多样性指数随开敞度而增加。各个种群在光资源轴上不同分布的生态位重叠指数等多方面研究, 证明种群分布对光照水平差异的选择性。

暗针叶林密集的林冠, 使进入下层林木的光强比光质更急剧地改变 (Coombe, 1957; Dajoz, 1977; Gates, 1980)。因此, 光强便成为影响针叶林下植物种群结构的关键因子。而由光引起的其它因子的局部和短暂变化, 仅有次要的和间接的作用。

许多研究者考虑到如此变化后的光环境对下层植物的影响, 并进行了研究和描述 (怀梯克, 1970; Ash, 1976; Bormann, 1979; Dajcz, 1977; Bormann, 1979; Shirley, 1935; Watt, 1947; Whittaker, 1960)。但是以往因没有一个与随机调查样方或样点相应的光照指数, 所以对于这方面的工作大多只能作非定量的描述。即使有过定量分析 (Bormann, 1979), 却仍未涉及在同一林分内局部光环境变化对植物影响的研究。

为了探知暗针叶林下光照对植物的控制和影响, 作者于1980—1981年在兴隆山森林群落中, 进行了观察和实验。目的在于探讨: (1) 首先寻找一种能与随机样点相对应的光环境测度指数; (2) 林下光照对群落空间格局的控制作用; (3) 种群随光环境的差异而分布的规律, 分布格局, 生态位宽度和重叠及种多样性的变化。

一、立地条件和方法

1. 实验观察立地条件

兴隆山位于兰州市以东约60公里, 海拔2,000—2,900米, 年降水量500—850毫米, 年均温3.1—5.5℃。在2,800米以下为森林植被覆盖。该地处于四个不同植物区系的交界处, (吴征镒, 1970), 植物种类比较丰富。调查地海拔 2,150—2,300 米, 坡度 20°, 坡向北 75 度东。土壤为棕色森林土, pH反应中性。群落由单建群种青杆构成, 为本地区植被顶极群落。160株青杆 *Picea wilsonii* 的平均值: 密度为0.033株/米², 其径52.6厘米, 胸径44.6厘米, 树高20.5米, 林冠单株覆盖面积约30平方米。

2. 植被资料收集方法

采用点—四分法（蒋有绪译,1979;Grieg-Smith,1964）。样点排列取向与坡向平行,沿等高线等距（15米）定点测定青杆和灌木。用测高仪或目测每样点各株树高。草本和箭竹的密度和盖度用一平方米样方获得。

3. 光强测定方法

在林下沿着样点设置方向随机固定20个点,在灌木层高度（1.4米）,用照度计（北京师范大学出品）测定全日光强。每个测定点每时所得数据,采用4—8个测定数据的平均值。

4. 数据处理技术

利用样点资料,得到的植物总密度是一个统计结果,而利用下式:

$$\text{每样点所有种的密度} = \frac{\text{米}^2}{(\text{每样点到植物距离的平均值})^2} \quad (1)$$

则得到每样点灌木所有种的近似密度（株/米²）。

每样方中草本各个种和箭竹的总株数、盖度分别与样方总和中的总密度和总盖度之比,得到每样方草本、箭竹的相对密度（ R_d ）和相对盖度（ R_e ）,表为草本（ $R_d + R_e$ ）,箭竹（ $R_d + R_e$ ）。

以Shannon-Wiener信息公式来测度草本种多样性（ D ）:

$$D = -\sum p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

其中 p_i 表示第 i 种个体数在各个种个体总数中出现的概率。在此假定一个样方即为一个总体,以便检验从中取出某个种的一个个体是属于哪个种的不定度（皮洛,1969）进而可观测种多样性随光水平的变动过程。

实验结果全部进行 t 值检验。

二、结 果

1. 光照环境

图1 标明青杆林下灌木层,在7月22日和8月3日平均光强全天变化过程。林窗灌木叶

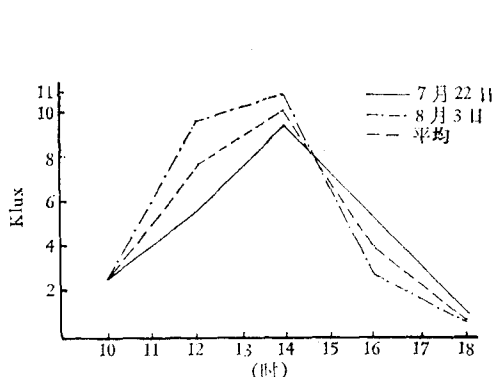


图1 青杆林下灌木层入射光强
随时间变化过程

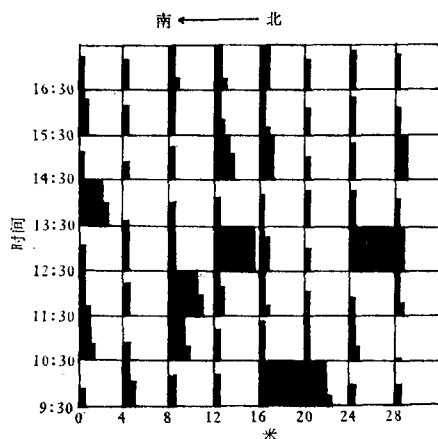


图2 林窗不同部位光强随时间的变化过程,
每方格为相对光强（灌层）

层入射光强,因周围青杆的遮挡而呈斑块状分布(图2)。平均光强表明,越趋于林窗中部,光照越强。光线进入灌木层以后急剧衰减。全天平均,灌木层(1.3米)相对光强只有8%;到达箭竹(*Sinarundinaria nitida*)层(0.7米)上面的光强减至3.7%;而草本(0.2米)处只有1.3%,甚至更低。

开敞度——相对光强度指数。林下每个样点的光照强弱,主要受青杆密度和植株高度对其遮挡的影响。所以,我们把影响每样点受光状况的青杆距离和树高作为参量引入分析之中,用以定义一个可以表示样点光条件的尺度——开敞度。

样点到4象限最近青杆植株距离与该植株高度的比值之和为开敞度。以下式表示各参量之间的关系:

$$K = \sum_{i=1}^4 (\text{ctg } \alpha_i) = \sum_{i=1}^4 (d/h)_i \quad (3)$$

其中 α_i 为样点到各象限植株距离与其高度形成的仰角; h 为各植株高度; d 是距离; K 即开敞度(参见图3)。该式说明,距离越长高度越低, K 值也越大,则下层林木受光条件越好;相反, K 值越小,光照也越弱。由于开敞度与实测光强之间存在显著的相关关系(图4), $r = 0.810$ ($p < 0.01$)。所以林下不同样点在统计基础上有一个用开敞度表示的光照梯度。

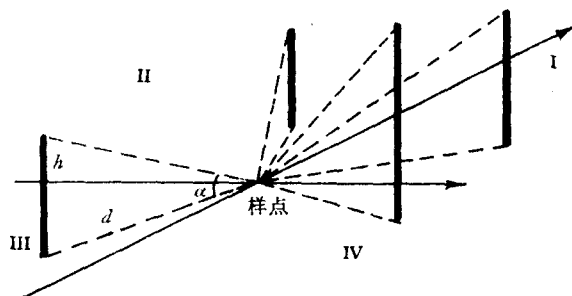


图3 开敞度图系 I, II, III, IV 分别表示 4 象限, 黑粗线代表青杆植株, 其余符号见正文

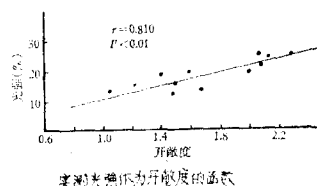


图4 实测光强作为开敞度的函数

2. 群落空间格局

群落结构成层性: 本群落可分为 5 个层次。

1) 乔木层全由青杆组成, 平均株高 20.5 米, 外观塔形, 分枝排列下延, 故在空间范围使其它木本植物呈受抑状态, 其它乔木种不存在。

2) 灌木层平均高 1.4 米。在强光照下出现偶见种的侵入。85 个样点中出现 19 个种, 主要植物种见表 1。

表 1 林下灌木层主要植物种类

1. 美丽蔷薇	<i>Rosa bella</i>	2. 陕甘花楸	<i>Sorbus koehneana</i>
3. 黄花忍冬	<i>Lonicera chrysantha</i>	4. 陇塞忍冬	<i>L. tangutica</i>
5. 棣 木	<i>Cornus macrophylla</i>	6. 红毛五加	<i>Acanthopanax giraldii</i>
7. 灰 栒 子	<i>Cotoneaster acutifolia</i>	8. 角 榛 子	<i>Corylus sieboldiana</i>
9. 甘肃山楂	<i>Crataegus kansuensis</i>	10. 峨眉蔷薇	<i>Rosa omeiensis</i>
11. 甘肃小檗	<i>Berberis kansuensis</i>	12. 大 刺 李	<i>Ribes alpestre</i> var. <i>giganteum</i>
13. 山 樱 桃	<i>Prunus tomentosa</i>		

- 3) 箭竹层在灌木以下连片生长, 平均株高0.65米。
 4) 草本层中大多数种群平均高0.25米以下。85个样方中出现23个种。主要植物种见表 2

表 2 林下草本层主要植物种类

1. 伞房草莓	<i>Fragari acorymbosa</i>	2. 帽果悬钩子	<i>Rubus pileatus</i>
3. 蟹 甲 草	<i>Cacalia adeno-cauloides</i>	4. 苔 草	<i>Carex sp.</i>
5. 密生苔草	<i>C. crebra</i>	6. 短 柄 草	<i>Brachypodium sp.</i>
7. 唐 松 草	<i>Thalictrum petaloideum</i>	8. 山铁线莲	<i>Clematis montana</i>
9. 淫 羊 藿	<i>Epimedium brevicornuu</i>	10. 焮 麻	<i>Urtica cannabine</i>
11. 柳叶紫苑	<i>Aster ageratoides</i>	12. 烟钢头草	<i>Carpesium cernuum</i>
13. 猪 殃 殃	<i>Galium tricone</i>	14. 峨 参	<i>Anthriscus sylvestris</i>
15. 鹿 蹄 草	<i>Pyrola rotundifolia var chinensis</i>	16. 黄 精	<i>Polygonatum sibiricum</i>
17. 高山老鹳草	<i>Geranium eriostemon</i>	18. 羽 节 蕨	<i>Gymnocarpium disjunetum</i>

- 5) 地被层全由多种苔藓和低等植物组成。

由此可见, 就草本层以上维管植物来说, 本群落层次是由单种群层和多种群层交替出现(表 3), 从而构成本群落特有的空间格局。

表 3 成层结构和每群层植物种数组成的关系

层 次	1	2	3	4
单 种 群 层	青 杆		箭 竹	
多 种 群 层		灌 木		草 本

1) 成层结构的调节性和互补性 成层结构的强度意指植物在每层空间的密度和繁茂度。由于林下光垂直和水平分布的差异, 成层结构强度随之变动。

开敞度对林下各种植物, 以及每层次对下一层次植物的影响程度的数量关系, 由图 5 清楚地表示出来。成层结构强度随光环境变化的这些关系, 通过统计检验得到相关系数表(表 4)。表中数值说明, 每一层对其下相邻层次的影响和控制作用最大, 之后逐层减弱。其中控制作用最大的是建群种开敞度。

表 4 垂直结构中各层次之间相关系数表

	开 敞 度	灌木密度	箭 竹	草 本	苔 藓	样方(点)数
开 敞 度	—					85
灌 木 密 度	0.418**	—				85
箭竹($R_d + R_c$)	-0.231*	-0.346**	—			85
草本($R_d + R_c$)	0.212*	0.149	-0.388**	—		85
苔藓(R_c)	0.014	0.018	-0.220	-0.210	—	45

** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; 无* $p > 0.05$

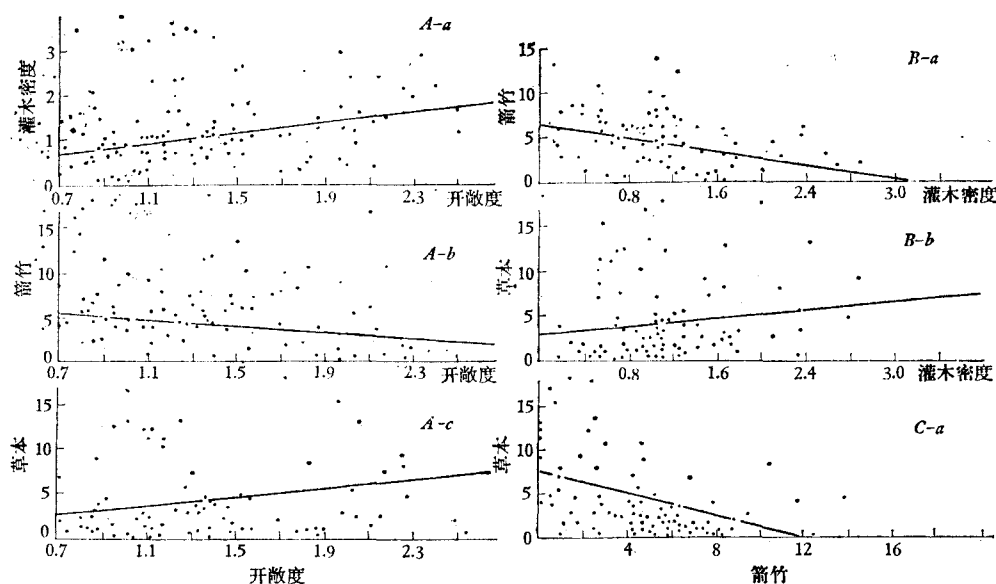


图5 群落垂直结构中由上向下逐层受上层和最上层控制作用

A-a—A-c示样点或样方中灌木密度 (株/米²)。箭竹 ($R_d + R_e$) 和草本 ($R_d + R_e$) 沿开敞度轴的分布和相关关系。B-a—B-b示箭竹 ($R_d + R_e$) 和草本 ($R_d + R_e$) 沿灌木密度轴上的分布和相关关系。C-a示草本 ($R_d + R_e$) 与箭竹的相关关系。

如果以开敞度的倒数作为青杆林树冠密集遮荫的程度, 显然它与以下各层原来的相关系数 (表4第一列值) 的数值相同, 但符号相反。当仅考虑草本以上各层次的关系时, 相关趋势以正 (+) 或负 (-) 两种符号表示, 结果有如下规律 (表5)。由表可见, 每层密度和

表5 草本以上各层相关趋势表

	1/开敞度	灌木密度	箭竹 ($R_d + R_e$)	草本 ($R_d + R_e$)
1/开敞度	—			
灌木密度	-	—		
箭竹 ($R_d + R_e$)	+	-	—	
草本 ($R_d + R_e$)	-	+	-	—

覆盖度, 即是上层投射光强影响的结果, 同时本身又是下层密度的入射光条件的原因。所以成层结构的强度也随之达到自我调节。

2) 成层结构的互补性 互补性是利用光能的一种对策。开敞度为 0.7 (5—7% 相对光强) 时, 灌木层仍然可以较喜阴种——美丽蔷薇或者耐阴种——黄花忍冬, 甘肃小檗等达到一定的密度。高开敞度 (20—25% 相对光强) 下, 往往出现东陵八仙花、柳等非丛生灌木。它们相对喜光, 生长高度或宽度超过其它种, 显示避荫特性。陕甘花楸则有耐阴和避荫的特性。不同特性的种群, 在资源利用的互补功能上, 在构成结构的稳定性方面, 可能比密度的变化有更重要的调节作用。

3. 种群分布

1) 种群分布对光环境的选择性 灌木种美丽蔷薇每单位面积个体数与开敞度呈负相关(图6)。在另一组样点资料统计结果中, 该种在高开敞度(1.60—2.39)下, 平均每样点有1.43株, 而在低开敞度(0.80—1.59)下, 每样点为1.75株。两者差异极显著($p < 0.01$)。

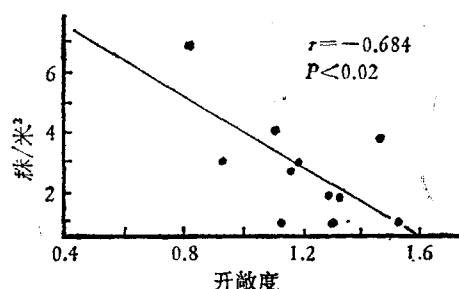


图6 青杆林开敞度与林下美丽蔷薇密度分布关系

这表明该种具有较为喜阴的习性。相反, 角榛子则在林下较为喜阳。更为明显的是, 在较高开敞度下, 灌木丛中才出现青杆幼苗和幼株。在45个样点中, 开敞度2.00(相对光强20%左右)以上共11个点, 其中7个有1到9棵不等的青杆幼苗。而开敞度在2.00以下者, 幼苗概不出现。

草本种群在空间的散布也随入射光强的大小而波动。将重叠值最高的6个草本种($R_d + R_e$)与开敞度组中值相对应(图7)。由图可见, 草本同时受到开敞度和箭竹促进和抑制作

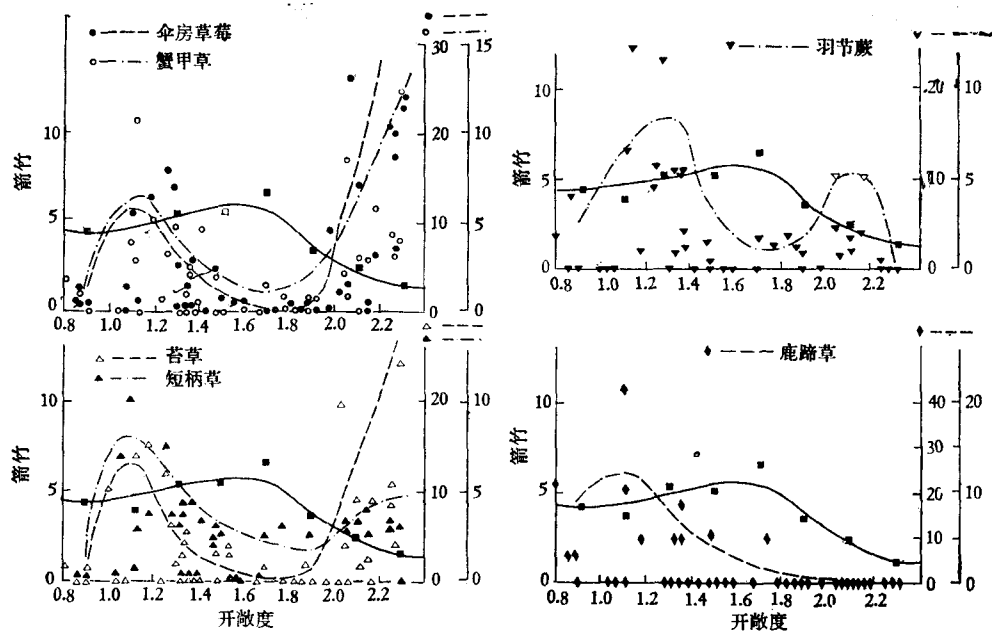


图7 草本种($R_d + R_e$)%随开敞度和箭竹覆盖程度($R_d + R_e$)%的变动过程

按开敞度的组中值平均后描绘的。草本-箭竹($R_d + R_e$)%

用。当箭竹在开敞度轴上最适范围内,草本各种群的($R_d + R_e$)值出现不同程度的下降;在两侧又呈不同程度的上升。这种差异不仅表明种间的耐荫程度和分布对光条件的选择性,而且显示各种群在光资源轴上的生态位宽度。在箭竹最适范围内,某个种的($R_d + R_e$)如果越低,则它对光的减少越敏感,受到的影响也越大,当超出这个范围,会迅速增长。例如伞房草莓、苔草、蟹甲草。相反,在这一范围内的($R_e + R_d$)值较高者,它在高开敞度下就可能为较强光强所抑制。例如鹿蹄草、羽节蕨。

种群密度分布对光的选择性指数(G')可以下式(Hurbert, 1978)将上述图解数量化:

$$G' = \frac{n}{X^2} \sum [x_i(x_i - 1)] \quad (4)$$

其中 x_i 表示在第 i 资源位(在此为样方中的个体数), X 为全部 n 个资源位中个体总和。 G' 值的倒数即为生态位宽度(BI)。表6中 G' 和 BI 值表明,对光照强弱敏感的种,如伞房草莓、苔

表 6 草本种数分布选择性和光生态位宽度指数表

	伞房草莓	苔 草	蟹 甲 草	短 柄 草	羽 节 蕨	鹿 蹄 草
选择性(G')	3.35	3.08	2.44	2.64	2.79	4.7
生态位宽度(BI)	0.30	0.33	0.41	0.38	0.36	0.21

草、鹿蹄草选择性指数都较高,相应的光生态位宽度则较窄。在低开敞度下,鹿蹄草会更更多地生长发育,在高开敞度下则经常不复存在,说明是较为喜阴的种。显然,数学和图例表达相吻合。

2) 种群分布格局 运用点—四分法测定技术(Krebs, 1978),测得林下主要灌木种群分布格局(表7)。当观察值在两头等级更多地高于预期值,中间值则低于预期值,就可以认为是聚群分布格局。

表 7 林下主要灌木种群分布格局测度表*

分布格局	聚 群 分 布						均 匀 分 布					
种 名	美丽蔷薇		角 榛 子		峨嵋蔷薇		陕甘花椒		灰 栒 子		黄花忍冬	
相对密度	23.4		9.7		8.4		15.6		10.0		7.2	
χ^2	9.400		57.700		30.625		2.803		1.93		9.572	
α	<0.05		<0.001		<0.001		>0.50		>0.60		>0.90	
每点植物数	预期值	观察值	预期值	观察值	预期值	观察值	预期值	观察值	预期值	观察值	预期值	观察值
0	27.5	3.5	53.2	58	56.3	63	40.6	44	51.5	54	59.9	60
1	33.7	24	22.9	17	20.7	9	30.3	24	23.3	20	18.5	17
2	15.4	15	3.68	1	2.84	6	8.3	10	3.9	6	2.1	3
3	3.1	7	0.26	4	0.17	2	1.04	2	0.29	0	0.11	0
4	0.24	0	0	0	0	0	0.05	0	0.008	0	0	0

* χ^2 ——卡平方值, α ——大于、等于 χ^2 值的概率

林下草本种群大多呈聚群分布,种间只是聚群程度不同而已。6个草本种的平均密度、

种内群聚度和种间群聚度表明, 种间群聚与种对各自的平均密度关系不大, 而与它所处相应的光生态位有关。种内群聚度与平均密度之比即为选择性指数 (G')。因此 G' 值越高, 就意味着群聚程度越高。伞房草莓和鹿蹄草分别在光条件较好或较差两种情况下, 形成聚群分布格局。这与用 Poisson 法中的方差/均值比率技术所得到的结果完全一致。

光生态位重叠与种的多样性: 生态位重叠值 (LI) 由下式计算得到:

$$LI = n \sum (px_i py_i) \quad (5)$$

其中 px_i 表示 x 种第 i 个资源位中所有个体全部测度范围内出现的概率; py_i 为种 y 的概率。 n 与式 (4) 相同。结果 (表 8) 说明在光资源轴的某一区段反应相一致的种对, 其光生态位重

表 8 林下草本种的光生态位重叠指数

	伞房草莓	苔 草	蟹 甲 草	羽 节 蕨	短 柄 草	鹿 蹄 草
伞房草莓						
苔 草	2.619					
蟹 甲 草	2.362	2.16				
羽 节 蕨	1.661	2.057	1.354			
短 柄 草	1.573	1.263	1.437	1.924		
鹿 蹄 草	1.364	1.436	1.515	2.672	2.857	

叠值较大; 相反, 若占据不同区段, 则重叠值较小。所以相对喜阳的伞房草莓与苔草有较高的重叠值, 而它们与阴生种鹿蹄草的重叠值最低。在鹿蹄草横行中, 随阴生程度的增加, 其与各种之间的生态位重叠值也渐次增大。

林下灌木和草本种的多样性增加与光环境的改善有关。计算结果 (表 9) 可予说明。灌木资料较少, 故虽然其与开敞度呈正相关, 但不显著。草本种数随开敞度的增加而增多。相反, 它随箭竹的增加而减少。但以 Shannon-Wiener 多样性指数计算相关系数时, 与上述两者的相关系数绝对值相比都减小了。这是因为多样性指数往往包含均匀度的度量所致。

表 9 灌木和草本种多样性与开敞度和箭竹的相关性

		开 敞 度	箭竹 ($R_d + R_e$)	样方 (点) 数
灌 木	种 数	0.191		45
草 本	种 数	0.341**	-0.389**	85
	Shanon-Wiener ppp 指数	0.319**	-0.246**	85

** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; 无 * $p > 0.05$ 。

三、讨 论

尽管植物的生长发育, 受到不同波长光对体内五个光化学过程的激发或抑制 (Robertson, 1966), 且针叶林下光质有一定的变化 (Coombe, 1957; Dajoz, 1977) 对植物有影响。但是前人研究表明, 光强在林内微气候中是最重要的特征 (Dajoz, 1977)。在群落内, 种群分布对光条件的选择性, 成层现象及层结构强度变化都说明林下光强的作用。

在某些老朽或风倒木形成的林窗下出现青杆幼苗或幼株,虽然对于顶极群落的自我更新和维持稳定是必然的。然而人为保持林下一定的光照条件,促进青杆较快地更新也是必要的,在实践中可能也是可行的。象兴隆山这样非生产性林区,是否可采取点状择伐过分郁闭老化的青杆植株,以改善林下光照条件,促进青杆幼苗的生长。另外在已有的林窗可人工栽种青杆幼株,来加速青杆林的更新。

虽然生态位这一名词的概念仍含糊不清(May, 1977),但在本文用光水平作为生态位中一维空间的变化,分析种群利用光能的范围,效果较好。光生态位重叠值与种群分布和开敞度的对应关系吻合的较好。因而后者对生态位重叠指数的差异可进行直观的生物学解释。

当然下面这个问题也是值得讨论的。在某个一维生态因子梯度上,植物种间是重叠的,但在多维环境变量的超空间中则可能重叠也可能不重叠。即使重叠也未必有竞争,特别在顶极群落的种群之间的关系更是如此。只要不违反高斯原理,保持种间尽可能大的重叠,就可以在一个有限的资源位中,允许存在更多的分化生态位和容纳更多的种,即增加种的多样性。种多样性共存不仅存在于草本、灌木,即使顶极阶段树种也是如此(Forcier, 1975)。生态位重叠,可能在调节种的丰富度方面,是内源作用。而随环境的改善、资源的扩展从而提高了种的多样性则可能是外源作用。

对于生态位分化和种的多样性之间的因果关系争论已久(Connell, 1964)。Connell和Oriens(1964)认为生产力水平是种的多样性的根本原因。Whittaker(1960)曾指出,群落垂直结构中某一植层物的种多样性和以覆盖度或以生物量表示的发育程度之间存在相关性。然而,对于草本层也即对于群落最大种的多样性的最有利的条件,却不利于乔木层和群落生物量的发展。某些草场种的多样性和生产力之间往往呈负相关(Grubb, 1977)。还有一些与上述假设相反的例子(Krebs, 1978; Whittaker, 1960)。可见柯氏的观点有一定的局限性。所以,引起种多样性的原因,依据不同情况(气候地理环境、群落片断、演替阶段、基质和组合方式)可能是多方面的。至少目前试图建立一统的种多样性的因果关系尚有困难。

以往,人们认为群落的种群越多样化,结构越复杂化,群落也越稳定,且顶极群落具有这些特征。然而实际情况要复杂得多。目前不仅在实际的观察中,得到与此相反的结果,即稳定群落的种多样性处于中等水平(Bormann, 1966),且从理论方面(May, 1976; Roberts, 1974)也有质疑。

资源在三维空间形成网状,不同的生物体利用这些资源的能力也不同(MacArthur, 1966)。这种能力在群落结构上的重要体现,就是以一定高度占据某部分空间。仅就光资源而言,植物对光竞争的结果是由不同生活型利用光能的互补性机制进行调节,从而出现成层现象。

四、结 论

1. 在暗针叶林下,光强是控制群落空间格局的主导因子;青杆林开敞度是用来表示该林下相对光照水平较好的参量。

2. 开敞度在2(20%相对光强)以上才有青杆幼苗的生长,说明人为保持林下一定的光水平,是加速林木更新的有效途径。

3. 群落的成层现象和层数是由植冠遮阴强弱所控制的, 成层结构则以种群和密度自我调节性和互补性而与光照强弱相对应。如此空间格局使生态位多样化, 从而尽可能多地利用进入系统中的光能。

4. 林下植物种的多样性随开敞度的大小而增减; 在局部强光照下, 出现非阴生种的替代, 显现演替过程中某个阶段的状态。

参 考 文 献

- 吴征镒 1979 论中国植物区系的分区问题。云南植物研究 1:1—20。
- 皮洛, E.C. 1969 (卢泽愚译, 1978) 数学生态学引论。223页。科学出版社。
- 怀梯克, R.H. 1970 (姚壁君等译, 1977) 群落与生态系统。8—84。科学出版社。
- 考克斯, G.W. 1972 (蒋有绪译, 1979) 普通生态学实验手册。科学出版社。
- Ash, J.E. and J. Barkham 1976 Changes and variability in the field layer of a coppiced woodland in Norfolk, England. *The Journal of Ecology* 64(2): 697—712.
- Bergh, J.P. Vanden and W.G. Braakhekke 1979 Coexistence of Plant Species By Niche Differentiation. In *Structure and Functioning of Plant Population*. A.H.J. Freyssen and J.W. Woldenelcp editors. New York, (1978): 125—137.
- Bormann, F.H. and G.E. Likens 1979 Patterns and Process in a Forested Ecosystem: Disturbance, Development and the Steady State Based on the Hubbard Brook Ecosystem Study. Springer-Verlag New York Berlin. pp. 177.
- Bray, J.R. 1951 Gap phase Replacement in a malebasswood forest. *Ecology* 37(3): 598—600.
- Bray, J.R. 1962 Use of Non-area Analytic to Determine Species Dispersion. *Ecology* 43: 328—333.
- Connell, J.H. and Eduardo Orians 1964 The Ecological Regulation of Species Diversity. *Amet. Nat.* 98(903): 399—414.
- Coombe, D.E. 1957 The spectral composition of shade light in woodland. *The Journal of Ecology* 45 (3): 823.
- Dajoz, R. (translated by A. South) 1977 Introduction to ecology. London. pp. 8, 48, 327.
- Evens, G.C. 1956 An area survey method of investigating the distribution of light intensity in woodland, with particular reference to sunflecks. *Jou. Eco.* 44(2): 391—428.
- Forcier, E.K. 1975 Reproductive strategies and co-occurrence of climax tree species. *Science*. 189: 898—899.
- Gates, D.M. 1980 Biophysical Ecology. Springer Verlag. New York. pp. 230
- Grieg-Smith, P. 1964 Quantitative Plant Ecology. London. pp. 20.
- Grubb, P.J. 1977 The Maintenance of Species-richness [in plant communities; The importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.* 52: 107—145.
- Hurbert, S.H. 1978 The measurement of niche Overlap and some relatives. *Ecology* 59(1): 67—77.
- Krebs, C.J. 1978 Ecology: The Experimental Analysis of Distribution. San Francisco, London. pp. 416
- MacArthur, R.H. 1965 Patterns of species diversity. *Biol. Rew.* 40: 510—533.
- MacArthur, R.H. and Eric R. Pianka 1966 On optimal use of a patch environment. *Ame. Nat.* 100 (916): 653—610.
- May, R.M. 1972b Will a large complex system be stable. *Nature* 239: 413—414.
- 1977 Theoretical Ecology—Principles and applications. Oxford. pp. 115.
- Roberts, A. 1974 The stability of a feasible random ecosystem. *Nature* 251: 607—608.
- Robertson, Geo. W. 1966 The light composition of solar and sky spectra available to plants. *Ecology* 47: 640—643.
- Shirley, H.L. 1935 Light as an Ecological factor and its measurement. *Bot. Rev.* 1(9): 355—381.

- 1945 Light as an ecological factors and its measurement, *Bot. Rev.* 11(9)497—532.
- Watt, A.S. 1947 Pattern and process in plant community. *J. Eco.* 35:1—22.
- Whittaker, R.H. 1960 Vegetation of the Siskiyou Mountains Oregon and California. *Eco. Monogr.* 30(3):279—338.
- 1965 Dominance and diversity in land plant community. *Science* 147:250—260.

THE SPATIAL PATTERN OF CONIFEROUS FOREST IN XINGLONG SHAN MOUNTAIN AND ITS STRATEGIES IN USING SUN LIGHT ENERGY

Lua Yaohua Chen Qingcheng Zhang Pengyun

(Department of Biology, Lanzhou University)

The Coniferous forest community was surveyed and measured by Pointquarter and quadrat methods. Opening degree is defined as the sum of ratio of the distance from the point to the nearest coniferous forest individuals in each quadrat to their height. The relationship between opening degree and the undergrowths of the quadrat was analysed quantitatively. The community spatial pattern corresponds with its function in regulation and compensation on use of sun light energy. It is found in our studies that the coniferous seedlings appear only in high opening degree; Shannon-Wiener diversity index increases with the increase in opening degree and there is niche overlap of the different distributions of populations on the axis of light source. All this shows that the distribution of populations depends on the light levels.