

缙云山生境片断化对常绿阔叶林生物多样性的影响

闫 明^{1,2}, 钟章成¹, 方 兴¹

(1. 西南师范大学生命科学学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715;

2. 山西师范大学生物多样性研究所, 山西临汾 041000)

摘要:采用 Simpson、Shannon-Wiener 和 Hill 多样性指数以及逐步多元回归分析方法, 在缙云山进行了植物群落调查、小气候观测和土壤肥力的测定以及各变量之间关系的分析。结果表明: 片断常绿阔叶林物种多样性指数比连续常绿阔叶林低, 不同生活型的表现不同; 各片断阔叶林斑块边缘均存在明显的小气候边缘效应。随着斑块面积的减小, 各斑块的 ΔT_a 、林缘及林内 ΔT_s 、林缘和林内 ΔRH 、林缘和林内 V_{max} 、林缘和林内 ΔPAR (正午)均呈增大的趋势。各斑块的小气候边缘效应, 以最大斑块波及林内的深度最浅(约至林内 15m)、最小斑块波及林内的深度最深(约至林内 25m); 常绿阔叶林物种多样性受林内外有效光合辐射(正午)差、气温日较差、土壤含水量、土壤有机质含量和土壤有效钾等因素的影响。

关键词:常绿阔叶林; 片断; 边缘效应; 小气候; 生物多样性; 多元回归

文章编号:1000-0933(2005)07-1642-07 **中图分类号:**Q145 **文献标识码:**A

Habitat fragmentation impacts on biodiversity of evergreen broad-leaved forest in Jinyun Mountain

YAN Ming^{1,2}, ZHONG Zhang-Cheng¹, FANG Xing¹ (1. Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education), Faculty of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing, 400715, China; 2. Institute of Diversity of Shanxi Teacher's University, Linfen, Shanxi, 041000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(7): 1642~1648.

Abstract: Fragmented forest ecosystems change through time as a result of their isolation as well as other human and natural disturbances. Edge effects are differences in biotic or abiotic factors that exist along the borders of a habitat fragment relative to the interior environment.

This study was designed to analyze how species diversity changes in different areas of fragmentation forests using the Simpson, Shannon-Wiener and Hill diversity indices; determine how key microclimatic variables change with increasing distance from the forest edge; and correlate changes in abiotic factors with changes in vegetation to determine which, if any, microclimatic and soil fertility variables are related to changes in plant distribution using stepwise multilinear regression analyses techniques. This study was conducted during April to October, 2003 in Jinyun mountain of Chongqing in China. In each fragment, two 160m transects were established perpendicular to the forest edge. Measurements of vegetation and environmental variables were collected at 0 (edge), 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50m (interior forest), as well as 5, 10, 15, 20m (open forest) along each transect for a total of 12 transects and 96 sampling points in six plots. The plant communities were surveyed, the microclimates were observed, and the soil fertilities were determined in six plots of evergreen broadleaved forests with different size and similar slope aspect.

The result of experiment showed that: In general, in comparison with continuous evergreen broadleaved forest, five fragmentations have a lower species diversity index, and different life forms have differences in diversity index. Upon the decrease of patch areas, the daily differences of air temperature (ΔT_a) and ground surface temperature (ΔT_s), daily differences

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30370279)

收稿日期:2004-10-19; **修订日期:**2005-05-20

作者简介:闫明(1974~), 男, 山西人, 博士生, 讲师, 主要从事植物生态学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zzhong@swnu.cn

Foundation item: The National Natural Science Foundation of China (No: 30370279)

Received date: 2004-10-19; **Accepted date:** 2005-05-20

Biography: YAN Ming, Ph. D. candidate, Lecturer, mainly engaged in plant ecology.

of relative humidity (ΔRH), maximum wind velocity ($V_{\max}$), differences of photosynthetic available radiation (ΔPAR) (at noon) of both edge and interior all tend to increase. Maximum wind velocity ($V_{\max}$) and photo effective radiation in edge forest are higher than those in interior forest, which present a stronger temperature-gained edge effect. In all, the fragmentation of evergreen broadleaved forests, the depth of edge effect is the nearest from interior forest in the biggest patch (about 15 meters far from interior forest), while the depth of edge effect is farthest from interior forest in the smallest patch (about 25 meters far from interior forest). With regard to the water conservation function, soil water content was improved along with increasing species diversity; Some of the nutritional function substance of soil (such as organic matters and the contents of N, P and K etc.) were increased with the increasing species diversity; The elements of microclimate, such as Ta , ΔTa , ΔTs , ΔRH , $V_{\max}$, and PAR , change along with the extent of fragmentation forest.

Key words: evergreen broadleaved forest; edge effect; fragmentation; microclimate; biodiversity; regression

片段化是指原始连续生境变成若干孤立的残存斑块并且原始生境的面积减小的现象^[1]。其中林缘小气候要素时空变化的研究对于深入研究片段化森林中植物的响应、分布及生物多样性变化等都是至关重要的^[2]。相对于森林内部而言,森林边缘的小环境可以为更多的物种提供栖息地。从边缘到中心的梯度上,许多小环境的非生物因素(如光、气温、土壤水分含量和湿度)有助于这种变化。生物因素,例如种子散布,也可以引起从林缘到林内物种组成的变化^[3]。由于自身的隔离以及人为和自然的干扰,片段化森林生态系统随着时间而改变。在那些由于面积太小而不能承载原始动植物区系的片段里,可能会发生物种减少的情况^[4,5]。而物种的减少也许直接起因于森林面积的减小,更可能由于森林周边长度的减小;即由于片段和森林边缘的生物和非生物因素的改变而引起的面积率的减小^[6]。1980年以来,研究者开始在亚马逊流域开展片段热带森林边缘效应的研究^[7]。森林片段化在中国南方热带亚热带区域甚为严重^[8],我国学者对片段化森林的研究从1990年开始,主要工作几乎都是在热带雨林中进行^[9~11],而常绿阔叶林这方面的研究则少之又少。

本文首次研究了常绿阔叶林片段化后的生物和非生物变量的关系以及这些变量怎样随着距离边缘的远近而变化。在丰富生境片段化对森林生态系统影响理论的同时,可为现存片段化森林的管理、恢复及生物多样性的保护提供科学的依据。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 样地调查

缙云山自然保护区的环境条件和植被概况已有报道^[12]。连续常绿阔叶林样地在洛阳桥,作为对照的片段常绿阔叶林样地在复兴寺、青龙寨、高观音、聚云峰和猿啸峰。各样地基本情况如表1。在每个样地的中心设2条互相垂直的长160m,宽10m的样带,每个样带上每隔10m设置1个10×10m²样方,在每个样方内设1个5×5m²的样方,每个5×5m²样方内设1个1×1m²的小样方。共计12条样带,96个样方。作样方调查常规记录。在每个样地内的两条样带交叉处和每条样带的两端共5个样方作为取样点,在每个取样点10×10m²的范围内,在4个角及中点分别取0~30cm深的土样5个,作为土壤样品带回室内分析。

1.2 小气候观测

观测样地采用水平梯度格局设置。布局原则是以林缘为中心向林内与旷地进行不等距的水平布点,其样带范围:在常绿阔叶林各斑块林外25m、林缘、林内50m处距地表1.5m分别安置一套温湿度计及地下安置一支20cm曲管温度表,测定气温、湿度及地面温度和20cm深地温的水平变化;同时用轻便风速表(DEM6,天津气象海洋仪器厂生产)测定1.5m高处风速,用照度计(美国FLUKE公司生产)测定有效光合辐射(PAR)。由林外25m至林内50m,每隔5m间距安置2套最高、最低温度表及1套干湿球温度表,分别测定地表、1.5m处最高、最低温度及相对湿度;同时用照度计测定1.5m高处有效光合辐射(PAR)。

①林外旷地、林缘和林内的小气候要素对比:林外旷地、林缘和林内最高气温($T_{\max}$)、气温日较差(T)、最小相对湿度(RH)、最高地面温度(Ts)、地面温度日较差(ΔTs)和风速(V)的平均值(两次)。

②小气候要素与水平距离的关系:温度、相对湿度、相对光强、气-地温差。于2003年4月1日~5月1日及9月1日~10月1日共计36d,每样地每次观测3d。以上项目每小时人工观测1次,并记录天气状况。

1.3 物种多样性的测定

选择以下几个普遍而有效的多样性指数公式:

Simpson 指数

$$\lambda = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Shannon-Wiener 指数

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$$

Hill 指数

$$N_A = \sum_{i=1}^s (P_i)^{1/(1-A)}$$

当 $A=0$ 时, $N_0=S$; 当 $A=1$ 时, $N_1=e^{H'}$; 当 $A=2$ 时, $N_2=\lambda^{-1}$ 。

1.4 逐步多元回归分析方法

首先将原始数据进行整理, 得到环境因子指标(表 1)和物种多样性指数(表 2)。然后以环境因子指标为自变量, 并令 $X_1, X_2, \dots, X_{15}$, 分别代表样地海拔、面积、...、林外和林内 PAR 差(14 : 00); 以乔木层、灌木层和草本层的物种多样性指数为因变量, 并令 $Y_1, Y_2, \dots, Y_{15}$, 分别代表乔木层 Simpson 指数、乔木层 Shannon-Wiener 指数、...、草本层 Hill 指数。运用 SPSS(11.5) 软件对物种多样性指数与环境因子进行逐步多元回归分析。

表 1 缙云山常绿阔叶林不同样地环境和土壤概况

Table 1 Environmental and soil conditions of different evergreen broadleaved forest stands of Jinyun Mountain

样地	海拔	面积	坡向	坡度	土壤含水量	土壤有机质含量	土壤全氮	土壤有效磷	土壤有效钾
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
洛阳桥 ^①	690	13.7	31	28	5.25	14.79	0.29	3.84	63.04
复兴寺 ^②	700	12.4	17	30	5.05	14.39	0.23	3.58	62.03
青龙寨 ^③	810	11.6	47	25	4.93	13.71	0.24	3.35	57.09
高观音 ^④	600	6.1	348	20	4.49	13.55	0.16	2.99	50.51
聚云峰 ^⑤	820	3.5	353	30	4.47	13.50	0.12	2.91	52.81
猿啸峰 ^⑥	810	3.0	33	20	2.60	13.08	0.11	2.84	50.31

样地	土壤 pH 值	气温日较差	地面温度日较差	相对湿度日较差	最大风速	林外和林内 PAR 差(14 : 00)
	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
洛阳桥 ^①	4.56	5.53	7.03	29.33	0.35	1311.30
复兴寺 ^②	4.41	6.23	7.47	32.00	0.42	1129.95
青龙寨 ^③	4.34	6.77	7.80	33.67	0.47	1189.47
高观音 ^④	4.62	6.87	8.87	34.67	0.47	1041.60
聚云峰 ^⑤	4.10	7.40	7.83	35.00	0.53	975.57
猿啸峰 ^⑥	4.46	8.13	9.73	37.17	0.56	1012.77

样地 Plot; 海拔 Altitude(m); 面积 Area (hm²); 坡向 Slope aspect (°); 土壤含水量 Soil water content(%); 土壤有机质含量 Soil organic matter content(g/kg); 土壤全氮 Soil total nitrogen(g/kg); 土壤有效磷 Soil available phosphorus(mg/kg); 土壤有效钾 Soil available potassium (mg/kg); 土壤 pH 值 Soil pH; 气温日较差 Daily differences of air temperature (ΔTa)(°C); 地面温度日较差 Daily differences of ground surface temperature (ΔTs)(°C); 相对湿度日较差 Daily differences of relative humidity (ΔRH)(%); 最大风速 maximum wind velocity (V_{max})(m/s); 林内外 PAR 差(14 : 00) Differences of PAR between open and interior forests (fourteen o'clock at afternoon) ($\mu\text{mol}/\text{photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$); ① Luoyangqiao, ② Fuxingsi, ③ Qinglongzhai, ④ Gaoguan Yin, ⑤ Juyunfeng, ⑥ Yuanxiaofeng

表 2 缙云山常绿阔叶林不同样地物种多样性指数

Table 2 Species diversity indices of different evergreen broadleaved forest stands of Jinyun Mountain

样地 Plot	乔木层 ^⑦					灌木层 ^⑧					草本层 ^⑨				
	λ	H'	N_0	NP	N_2	λ	H'	N_0	NP	N_2	λ	H'	N_0	NP	N_2
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}
洛阳桥 ^①	0.114	2.781	26	261	8.772	0.071	3.658	52	182	14.085	0.149	1.919	14	62	6.711
复兴寺 ^②	0.175	2.245	17	268	5.714	0.074	3.496	65	195	13.514	0.134	2.245	19	85	7.463
青龙寨 ^③	0.128	2.736	17	197	7.813	0.078	3.220	47	194	12.821	0.189	1.832	10	66	5.291
高观音 ^④	0.158	2.678	23	198	6.329	0.085	2.945	38	286	11.765	0.162	1.881	9	91	6.173
聚云峰 ^⑤	0.171	2.651	28	169	5.848	0.090	2.868	37	207	11.111	0.140	2.056	9	51	7.143
猿啸峰 ^⑥	0.170	2.676	24	113	5.882	0.116	2.047	37	216	8.621	0.138	2.150	14	108	7.246

λ Simpson index; H' Shannon-Wiener index; N_0 物种数 Number of species; NP 全部个体数 Number of plant; N_2 Hill 指数; ① Luoyangqiao; ② Fuxingsi; ③ Qinglongzhai; ④ Gaoguan Yin; ⑤ Juyunfeng; ⑥ Yuanxiaofeng; ⑦ Tree layer; ⑧ Shrub layer; ⑨ Herb layer.

2 结果与分析

2.1 连续和片断常绿阔叶林物种多样性的比较

图 1 是 6 个样地不同层次和总的物种多样性指数。同洛阳桥相比, 5 个片断阔叶林的物种多样性均较低, 不同生活型的表现不一。乔木的多样性指数随人为干扰的增加而降低, 但复兴寺多样性指数比对照样地小, 可能是因为历史因素, 潜在定居者的数量较少, 距离定居者来源地较远和群落内物种间的相互作用所致。幼树和灌木的多样性指数随干扰加剧和片断化隔离时间的增加而呈降低趋势。草本植物的多样性指数在复兴寺、聚云峰和猿啸峰较高, 在其它样地较低, 这意味着受到一定干扰有可能会

增加草本层多样性。

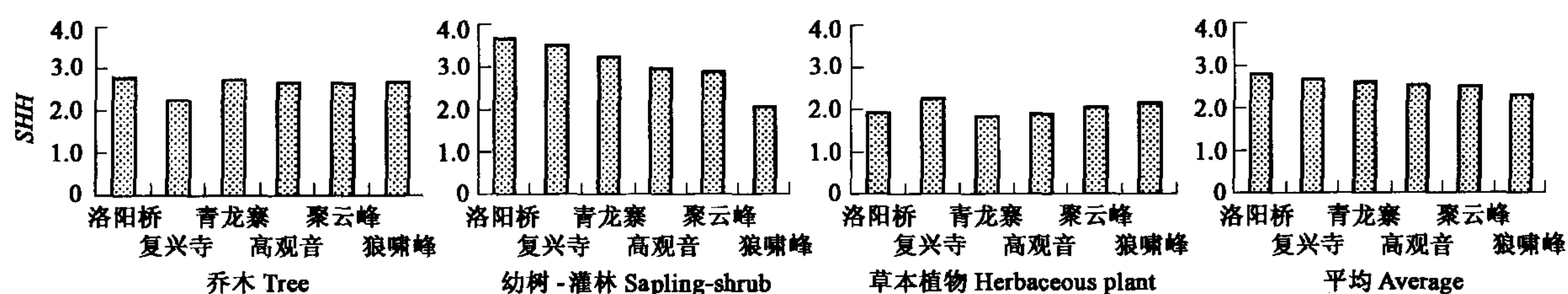


图 1 缙云山连续常绿阔叶林和片段常绿阔叶林植物多样性的比较

Fig. 1 Comparison of plant diversity between the fragmented forests and continuous forests of Jinyun Mountain

SHH 香农-威那多样性指数 Shannon-Wiener' diversity index; 洛阳桥 Luoyangqiao; 复兴寺 Fuxingsi; 青龙寨 Qinglongzhai; 高观音 Gaoguan Yin; 聚云峰 Juyunfeng; 猿啸峰 Yuanxiaofeng

2.2 连续和片段常绿阔叶林林外、林缘和林内小气候要素的对比

2.2.1 气温和地温 各样地林缘附近气温日较差(ΔTa)如图 2。 ΔTa 的总趋势是林外>林缘>林内,以最大斑块样地 1 的林内 ΔTa 最小,最小斑块样地 6 的林内 ΔTa 最大;样地 5 和样地 6 林缘的 ΔTa 大于林外,而样地 1、样地 2、样地 3 和样地 4 的林缘 ΔTa 则均小于林外,呈现出 ΔTa 随斑块面积减小而增大的趋势。同时其误差线表明,与林外和林内比较,林缘 ΔTa 的变动较大。图 2 还显示,地面温度日较差(ΔTs)的总趋势是林外>林缘>林内。同时,林缘及林内 ΔTs 随斑块面积的减小而呈增大的趋势;误差线表明,林外 ΔTs 变动较大。

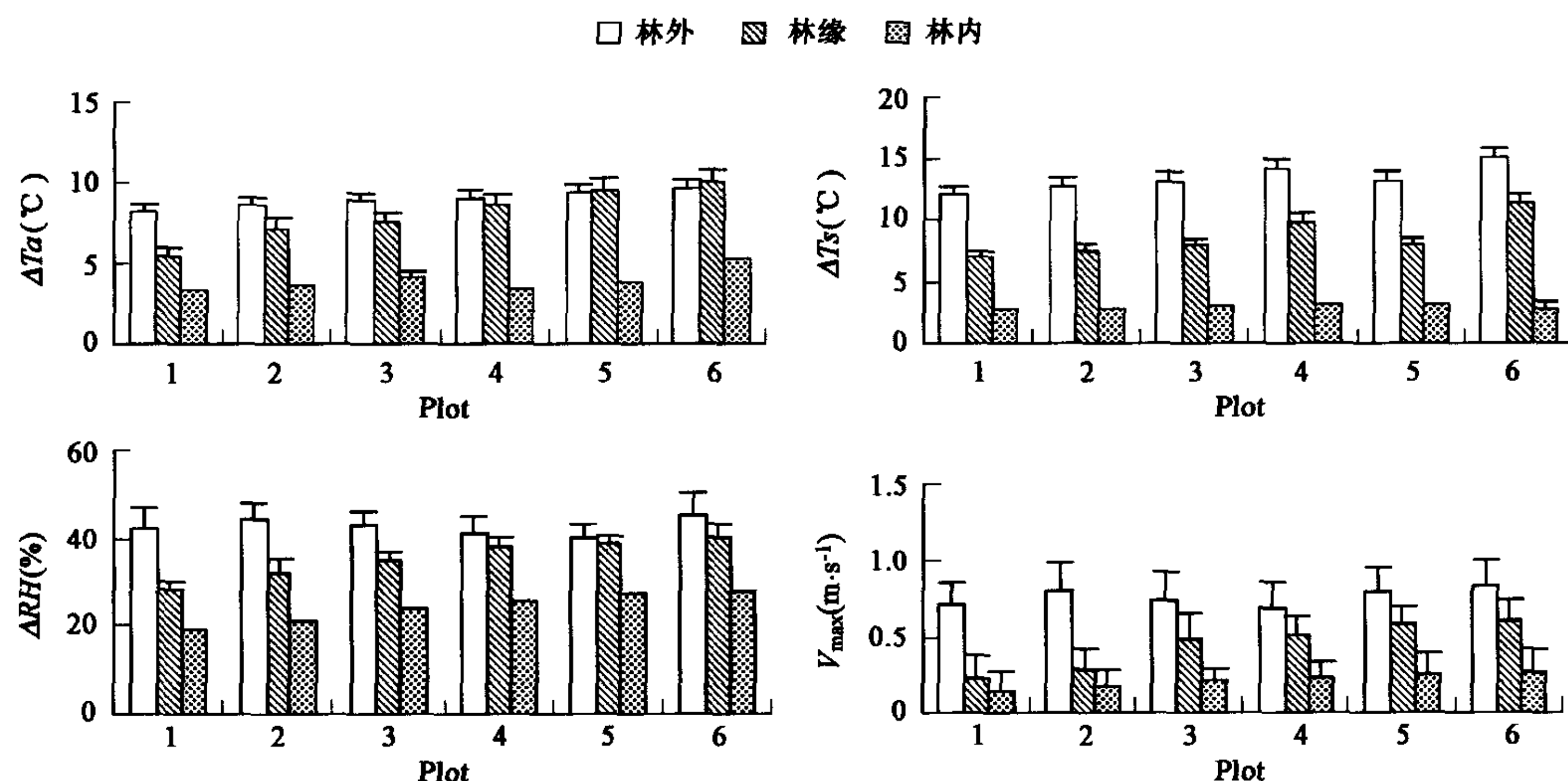


图 2 各片段阔叶林林缘附近气温日较差(ΔTa)、地面温度日较差(ΔTs)、相对湿度日较差(ΔRH)和最大风速(V_{max})及其误差线比较(2003 年 4 月 1 日~5 月 1 日)

Fig. 2 Daily differences of air temperature (ΔTa), ground surface temperature (ΔTs), relative humidity (ΔRH), and maximum wind velocity (V_{max}) and their standard errors in the open, edge and interior forest over 18 days measurement period from 1 April to 1 May 2003
Plot1 洛阳桥, Plot2 复兴寺, Plot3 青龙寨, Plot4 高观音, Plot5 聚云峰, Plot6 猿啸峰; 林外 Open, 林缘 Edge, 林内 Interior

2.2.2 空气相对湿度和风速 图 2 表明,相对湿度日较差(ΔRH)的总趋势是干季林外>林缘>林内,其中以样地 1 和样地 2 的 ΔRH 减小较明显,同时样地 4 和样地 5 的林缘 RH 变化最弱;各斑块相比,林缘、林内 ΔRH 随斑块面积的减小而呈增大的趋势。图 2 还显示, V_{max} 的误差线很大,说明风速变化很大。但 V_{max} 的总趋势还是林外>林缘>林内。各斑块林缘、林内仍呈现出 V_{max} 随斑块面积减小而增大的趋势,即随着斑块面积的减小,其挡风作用减弱。

2.2.3 光合有效辐射(PAR) 图 3 表明,从林缘到林内,洛阳桥的 PAR 比 5 个片断林的 PAR 受到较显著的削弱。林外、林缘和林内总辐射差异(ΔPAR),在 12:00~15:00 较大,其它时间则较小。这与连续常绿阔叶林林内郁闭程度较大有关。连续常绿阔叶林林缘、林内的最大总辐射分别为林外的 51.84%、7.24%,片断常绿阔叶林相应分别为 50.06%、22.76%。

由此可见,森林边缘 ΔTa 、 ΔTs 、 ΔRH 、 V_{max} 和 PAR 的变化,都是由于片段化程度的增强进而引起斑块面积减小所导致的森

林缓冲功能降低所引起的。

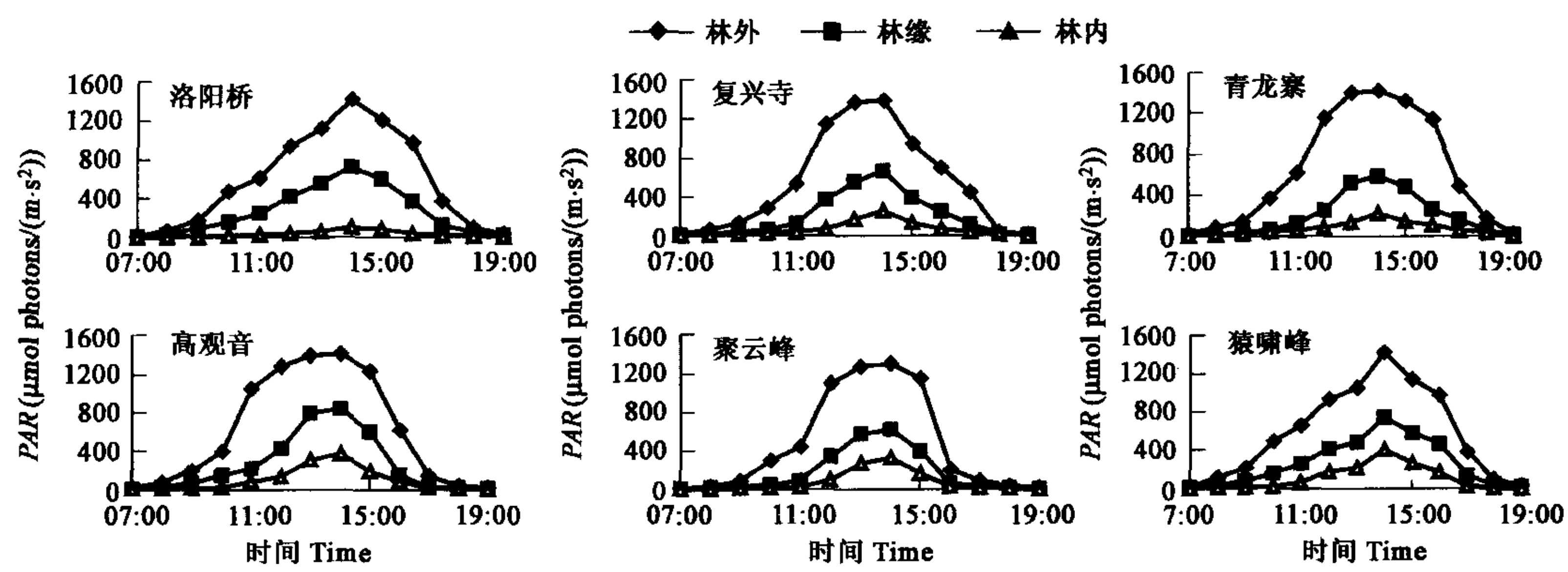


图3 林缘附近晴天光和有辐射日进程

Fig. 3 Variation of photosynthetic available radiation (*PAR*) in the open, edge, and interior forest by the daylight under clear sky
PAR: 有效光合辐射 ($\mu\text{mol photons}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$). 林外 Open, 林缘 Edge, 林内 Interior. 洛阳桥 Luoyangqiao, 复兴寺 Fuxingsi, 青龙寨 Qinglongzhai, 高观音 Gaoguan Yin, 聚云峰 Juyunfeng, 猿啸峰 Yuanxiaofeng

2.3 林外至林内小气候要素的水平距离变化

图4表明,从林外到林内,最高气温($T_{a\max}$)基本呈逐渐减小的趋势。林缘 $T_{a\max}$ 在中、小两个斑块均高于林外,最大斑块则不明显;各斑块林缘至林内 $T_{a\max}$ 均是逐渐降低并趋于稳定,其中以最大斑块降低的最快(约15m 趋于稳定),最小斑块的降低最慢(约25m 处稳定)。但中型斑块在伸至林内20m 趋于稳定。图4还表明,各斑块林外到林内,最小相对湿度($RH_{\min}$)呈逐渐增高的趋势,其中以最大斑块表现最为明显,最小斑块最弱;中型斑块与最大斑块变化形式相近(林内15m 基本趋于稳定),最小斑块在林内25m 处稳定。

相对有效光合辐射($rPAR$)的水平距离变化如图3,总的趋势是各斑块 $rPAR$ 由林外到林内逐渐降低,其中同样以最大斑块的 $rPAR$ 降低最快,最小斑块的 $rPAR$ 降低最慢; $rPAR$ 在林内趋于稳定的深度,最大斑块至林内15m,最小斑块至林内25m。

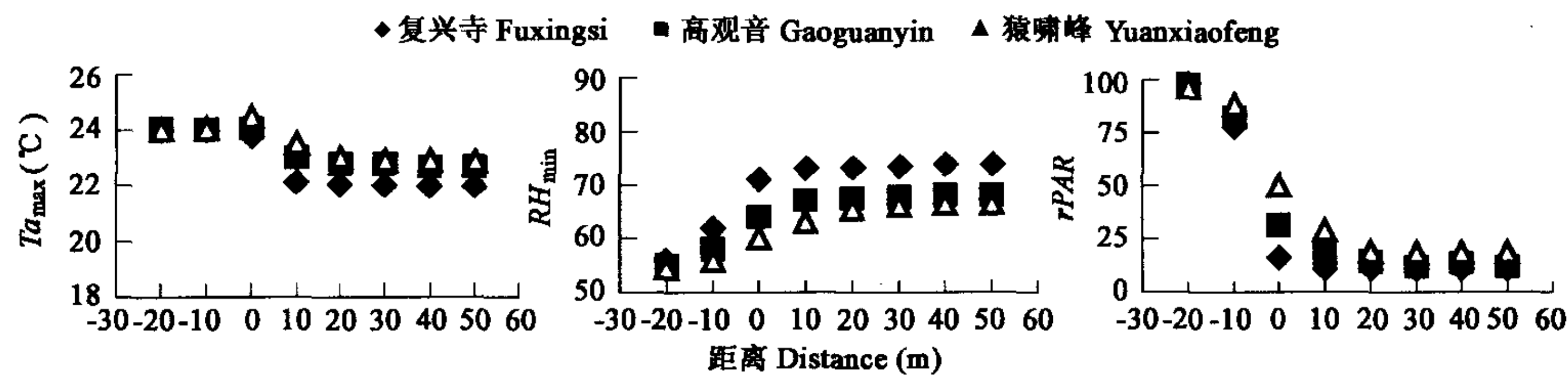


图4 各片段常绿阔叶林林缘附近平均最高气温($T_{a\max}$)、最小相对湿度($RH_{\min}$)及相对光和有辐射($rPAR$)由林外至林内的水平距离变化
Fig. 4 Variation of mean maximum air temperature ($T_{a\max}$), minimum relative humidity ($RH_{\min}$), and relative *PAR* ($rPAR$) with distance from the forest edge

2.4 环境因子对生物多样性的影响

经计算,得出以下回归方程:

(1) $Y_1=0.346-1.74\times10^{-4}X_{15}$	偏相关系数 $r_{1,15}=-0.857$	$F=11.100$	$p\leq0.05$
(2) $Y_4=621.261-61.607X_{11}$	偏相关系数 $r_{4,11}=-0.957$	$F=43.027$	$p\leq0.01$
(3) $Y_5=-3.129+8.877\times10^{-3}X_{15}$	偏相关系数 $r_{5,15}=0.883$	$F=14.152$	$p\leq0.05$
(4) $Y_6=0.161-1.69\times10^{-2}X_5$	偏相关系数 $r_{6,5}=-0.990$	$F=202.469$	$p\leq0.01$
(5) $Y_7=-3.584+0.394X_5+0.351X_6$	偏相关系数 $r_{7,5}=0.988r_{7,6}=0.966$	$F=376.794$	$p\leq0.01$
(6) $Y_8=-52.673+1.763X_9$	偏相关系数 $r_{8,9}=0.892$	$F=15.614$	$p\leq0.05$
(7) $Y_{10}=-0.313+1.387X_5+1.877X_8$	偏相关系数 $r_{10,5}=0.984r_{10,8}=0.952$	$F=220.704$	$p\leq0.01$

乔木层和灌木层的多样性指数与林内外有效光合辐射(PAR)差、气温日较差、土壤含水量、土壤有机质含量、土壤有效磷和土壤有效钾之间存在线性关系。因为随着片段化加剧,群落小气候波动会增强,温度、湿度等要素会发生较大变化,群落中一些不能适应的物种就会被淘汰;同时生态系统功能受到削弱,不能有效涵养水源和保持水土,造成群落环境干暖化和营养元素缺乏,进而导致乔木层和灌木层的物种多样性减小。

3 结论与讨论

森林片段化后,林内小环境由湿凉转向干暖,会导致草本植物和一些喜阳植物入侵。上述变化除与物种本身的生物、生态学特性有关外,还与该片段处于孤立的状态有关。“干暖效应”一方面使喜阳、适应干暖的外来种,主要是一些先锋植物,和一些主要分布在阔叶林的随遇种迅速、大量侵入群落林内。另一方面,原来林中的灌、草成分既失去了所适应的“凉湿”条件,又面临着新入侵成分的竞争而使种群类型迅速退化并造成物种流失。

通过对样地边缘小气候的测定,再次证实了片段常绿阔叶林小气候边缘效应的普遍存在,即林缘附近接收的太阳辐射增加、温度升高及日较差增大(空气,地面)、相对湿度降低等,且小气候边缘效应及其波及深度随片段常绿阔叶林斑块面积的减小而呈增强及加深的趋势。这主要与所选的 5 个斑块林缘方位、地势有关。总之,林缘的小气候条件导致林缘的许多生物学特性的改变如林缘附近凋落物分解加快、先锋植物成分的增多等^[13]。林缘附近生物学特性的变化反过来又改变着林缘小气候条件。因此,由边缘导致的生物和非生物效应不是孤立存在的,而是相互制约、相互影响的,其中前者是后者发生的前提和驱动力、后者反过来又影响前者。其最终结果将会通过影响植物、动物及微生物而使片段常绿阔叶林生态系统的结构和功能发生变化,伴随着森林斑块化程度的加重,使其恢复与重建是极其困难的。

在小气候-植被-土壤体系中,小气候-植被和土壤-植被分别是相互依存的两种不同的因素,小气候影响植被,植被反过来改变小气候;同样,植被影响土壤,土壤制约植被。小气候和土壤作为两个不同的系统而言,它们各个因子间是相互影响的,非独立的,这种现象影响了回归的有效性。但在自然界中,纯粹独立的多因子是不存在的,且生态因子之间也具有不可替代性。因此,多元回归依然被广泛地应用着^[14]。缙云山常绿阔叶林的片段化,造成局部生境发生变化,进而导致物种多样性有所下降以及森林的缓冲功能有所降低。片段化是通过改变非生物因素来影响生物因素的。正是由于片段化程度的不同导致了各个样地小气候和土壤条件的不同,进而引起各个片段植物的种类和分布有所不同。所以说,森林片段化是生物多样性降低的最主要最根本的原因。研究表明,不同的片段化森林生态系统功能与多样性的关系不尽相同,物种多样性将随着土壤含水量的增加而得到改善;部分物种多样性也是随着土壤营养功能指标(如有机质等)的增加而增加;小气候指标(如气温等)也随着森林片段化程度的变化而相应变化,从而影响到物种多样性。但其它环境指标对多样性指数的影响不大,它们之间没有直接的线性关系。本研究针对亚热带常绿阔叶林建立的物种多样性与环境因子的相关关系,仅仅是从已做过的缙云山常绿阔叶林的样方资料的统计分析,其结果只在特定条件下具有统计学意义,关于环境因子对片段化森林群落物种多样性的影响程度及其机制,还需要进一步通过实验的手段来验证。

References:

- [1] Andras B. Microclimate and vegetation edge effects in reedbed in Hungary. *Biodiversity and Conservation*, 1999, **8**: 1697~1706.
- [2] Kapos V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 1989, **5**: 173~185.
- [3] Sophia M G & Mark W S. Vegetation and microclimate edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology*, 2000, **147**: 21~35.
- [4] Blake J G. Trophic structure of bird communities in forest patches in east-central Illinois. *Wilson Bull.* 1983, **95**: 416~430.
- [5] Blake J G. & Karr J R. Species composition of bird communities and the conservation benefit of large versus small forests. *Biol. Cons.*, 1984, **30**: 173~187.
- [6] Laurance W F & Yensen E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biol. Cons.*, 1991, **55**: 77~92.
- [7] Camargo J L C, Kapos V. Complete edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonia forest. *Journal of Tropical Ecology*, 1995, **11**: 205~221.
- [8] Qu C M, Han X G, Su B. Edge effects in fragmented forests: Implications for design and management of natural reserves. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(1): 160~167.
- [9] Xu Z F, Zhu H, Liu H M, et al. The changing tendency of plant species diversity in the fragmental tropical rain forest in southern Yunnan, China. *Journal of Plant Resources and Environment*, 1994, **3**(2): 9~15.
- [10] Zhu H, Xu Z F, Wang H, et al. Changing of plant diversity of fragmentary tropical rain forests on Dai's Holly Hills in Xishuangbanna. *Guihaia*, 1997, **17**(3): 213~219.

- [11] Ma Y X., Liu Y H, Zhang K Y. On microclimate edge effects of tropical rain forest fragments in Xishuangbanna. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, **22**(3): 250~255.
- [12] Liu Y C, Zhong Z C, Miao S L, *et al.* A brief account of the resources of vegetation of the Jinyun Mountain Reserve. *Journal of Southwest China Teachers College*, 1984, (5)117~128.
- [13] Murcia C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 1995, **10**: 58~62.
- [14] An S Q, Wang Z F, Zhu X L. Effects of soil factors on species diversity in secondary forest communities. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1997, **15**(2): 143~150.

参考文献

- [8] 渠春梅, 韩兴国, 苏波. 片断化森林的边缘效应与自然保护区的设计管理. *生态学报*, 2000, **20**(1): 160~167.
- [9] 许再富, 朱华, 刘宏茂, 等. 滇南片断热带雨林植物物种多样性变化趋势. *植物资源与环境*, 1994, **3**(2): 9~15.
- [10] 朱华, 许再富, 王洪, 等. 西双版纳傣族“龙山”片断热带雨林植物多样性的变化研究. *广西植物*, 1997, **17**(3): 213~219.
- [11] 马友鑫, 刘玉洪, 张克映. 西双版纳热带雨林片断小气候边缘效应的初步研究. *植物生态学报*, 1998, **22**(3): 250~255.
- [12] 刘玉成, 钟章成, 缪世利, 等. 缙云山自然保护区植被概况. *西南师范学院学报*, 1984, (5): 117~128.
- [14] 安树青, 王峥峰, 朱学雷, 等. 土壤因子对次生森林群落物种多样性的影响. *武汉植物学研究*, 1997, **15**(2): 143~150.