

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第14期 Vol.33 No.14 2013

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报 (SHENTAI XUEBAO)

第33卷 第14期 2013年7月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 石鸡属鸟类研究现状 ..... 宋森, 刘迺发 (4215)

### 个体与基础生态

- 不同降水及氮添加对浙江古田山4种树木幼苗光合生理生态特征与生物量的影响 ..... 闫慧, 吴茜, 丁佳, 等 (4226)  
低温胁迫时间对4种幼苗生理生化及光合特性的影响 ..... 邵怡若, 许建新, 薛立, 等 (4237)  
不同施氮处理玉米根茬在土壤中矿化分解特性 ..... 蔡苗, 董燕婕, 李佰军, 等 (4248)  
不同生育期花生渗透调节物质含量和抗氧化酶活性对土壤水分的响应 ..... 张智猛, 宋文武, 丁红, 等 (4257)

- 天山中部天山云杉林土壤种子库年际变化 ..... 李华东, 潘存德, 王兵, 等 (4266)  
不同作物两苗同穴互作育苗的生理生态效应 ..... 李伶俐, 郭红霞, 黄耿华, 等 (4278)  
镁、锰、活性炭和石灰及其交互作用对小麦镉吸收的影响 ..... 周相玉, 冯文强, 秦鱼生, 等 (4289)  
CO<sub>2</sub>浓度升高对毛竹器官矿质离子吸收、运输和分配的影响 ..... 庄明浩, 陈双林, 李迎春, 等 (4297)  
pH值和Fe、Cd处理对水稻根际及根表Fe、Cd吸附行为的影响 ..... 刘丹青, 陈雪, 杨亚洲, 等 (4306)  
弱光胁迫对不同耐荫型玉米果穗发育及内源激素含量的影响 ..... 周卫霞, 李潮海, 刘天学, 等 (4315)  
玉米花生间作对玉米光合特性及产量形成的影响 ..... 焦念元, 宁堂原, 杨萌珂, 等 (4324)  
不同林龄胡杨克隆繁殖根系分布特征及其构型 ..... 黄晶晶, 井家林, 曹德昌, 等 (4331)  
植被年际变化对蒸散发影响的模拟研究 ..... 陈浩, 曾晓东 (4343)  
蝇蛹金小蜂的交配行为及雄蜂交配次数对雌蜂繁殖的影响 ..... 孙芳, 陈中正, 段毕升, 等 (4354)  
西藏飞蝗虫粪粗提物的成分分析及其活性测定 ..... 王海建, 李彝利, 李庆, 等 (4361)  
不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响 ..... 李霞, 徐秀秀, 韩兰芝, 等 (4370)

### 种群、群落和生态系统

- 基于mtCOII基因对山东省越冬代亚洲玉米螟不同种群的遗传结构分析 ..... 李丽莉, 于毅, 国栋, 等 (4377)  
太湖湿地昆虫群落结构及多样性 ..... 韩争伟, 马玲, 曹传旺, 等 (4387)  
西江下游浮游植物群落周年变化模式 ..... 王超, 赖子尼, 李新辉, 等 (4398)  
环境和扩散对草地群落构建的影响 ..... 王丹, 王孝安, 郭华, 等 (4409)  
黄土高原不同侵蚀类型区生物结皮中蓝藻的多样性 ..... 杨丽娜, 赵允格, 明姣, 等 (4416)

### 景观、区域和全球生态

- 基于景观安全格局的建设用地管制分区 ..... 王思易, 欧名豪 (4425)

黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析 ..... 赵锐锋, 姜朋辉, 赵海莉, 等 (4436)

2000—2010 年青海湖流域草地退化状况时空分析 ..... 骆成凤, 许长军, 游浩妍, 等 (4450)

基于“源”“汇”景观指数的定西关川河流域土壤水蚀研究 ..... 李海防, 卫伟, 陈瑾, 等 (4460)

农业景观格局与麦蚜密度对其初寄生蜂与重寄生蜂种群及寄生率的影响 ..... 关晓庆, 刘军和, 赵紫华 (4468)

CO<sub>2</sub> 浓度和降水协同作用对短花针茅生长的影响 ..... 石耀辉, 周广胜, 蒋延玲, 等 (4478)

## 资源与产业生态

城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例 ..... 阳文锐, 李峰, 王如松, 等 (4486)

城市居民食物磷素消费变化及其环境负荷——以厦门市为例 ..... 王慧娜, 赵小锋, 唐立娜, 等 (4495)

## 研究简报

间套作种植提升农田生态系统服务功能 ..... 苏本营, 陈圣宾, 李永庚, 等 (4505)

矿区生态产业评价指标体系 ..... 王广成, 王欢欢, 谭玲玲 (4515)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 308 \* zh \* P \* ¥ 90.00 \* 1510 \* 32 \* 2013-07



**封面图说:** 古田山常绿阔叶林景观——亚热带常绿阔叶林是我国独特的植被类型, 生物多样性仅次于热带雨林。古田山地处中亚热带东部, 沪、赣、皖三省交界处, 由于其特殊复杂的地理环境位置, 分布着典型的中亚热带常绿阔叶林, 是生物繁衍栖息的理想场所, 生物多样性十分突出。中国科学院在这里建立了古田山森林生物多样性与气候变化研究站, 主要定位于研究和探索中国亚热带森林植物群落物种共存机制, 阐释生物多样性对森林生态系统功能的影响, 以及监测气候变化对于亚热带森林及其碳库和碳通量的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201204180559

王丹, 王孝安, 郭华, 王世雄, 郑维娜, 刘史力. 环境和扩散对草地群落构建的影响. 生态学报, 2013, 33(14): 4409-4415.

Wang D, Wang X A, Guo H, Wang S X, Zheng W N, Liu S L. Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4409-4415.

## 环境和扩散对草地群落构建的影响

王丹, 王孝安\*, 郭华, 王世雄, 郑维娜, 刘史力

(陕西师范大学 生命科学学院, 西安 710062)

**摘要:**植物群落构建机制是生态学研究的热点之一。长久以来这个难题并没有得到很好的解释,且争议较多。生态位理论或中性理论,或是二者的共同作用,这样的结论在不同的研究中都有印证。以黄土高原子午岭地区的草地群落为例,对3种不同的草地群落(5a的弃耕地、阴坡和阳坡的草地)进行了野外群落学调查,采用Mantel test和主轴邻距法(PCNM)分析方法,研究了空间地理距离和环境资源差异对于草本植物群落分布的影响,结果表明:地理距离和环境差异共同解释了群落组成相似性的79.3%,剔除环境因子的影响,地理距离解释了群落组成相似性的33.8%;而剔除地理距离的影响,环境因子解释了群落组成相似性的14.2%。无论是生态位理论还是中性理论,其在黄土高原草本群落构建过程中都有作用,但中性理论扮演了更为重要的角色。

**关键词:**群落构建;环境距离;地理距离;黄土高原

## Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities

WANG Dan, WANG Xiao'an\*, GUO Hua, WANG Shixiong, ZHENG Weina, LIU Shili

College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China

**Abstract:** The construction mechanisms of plant communities are a hot topic in the field of ecology. However, the question of how communities are constructed has not yet been adequately explained. Whether these mechanisms are driven by niche theory, neutral theory, or a combination of the two has been confirmed in a variety of research studies; most of them concentrated on the study of tropical rain forests. So we looked at grassland communities on China's Loess Plateau as example, hoping to provide some grounds for answering this question in this paper. Three different grass habitats were selected: land which had been abandoned for five years, north-facing slopes and south-facing slopes. The Mantel test analysis was applied to test the correlation between similarity in community composition, geographic distance and environment distance. The result of our research suggested that geographic distance has a significant effect on the community composition ( $P<0.01$ ); there is a correlation between environment distance and community composition ( $P<0.01$ ), but the function of environment distance is not as good as geographic distance. In order to further explore the influence, PCNM analysis was used to test for fitness: the percentage of community assembly can be explained in terms of the geographic distance and environmental distance. The results indicate the distribution of plants are highly variable and more strongly related to geographical distance rather than to environmental differences. Together, geographical distance and environmental distance explained 79.3% of the variation in floristic similarity. Pure geographic distance or pure environmental distance alone explained 33.8% and 14.2% of the variation in floristic similarity, respectively. The neutral theory plays a strong

基金项目:陕西师范大学优秀科技预研项目(201002001)

收稿日期:2012-04-18; 修订日期:2012-10-30

\*通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangxa@snnu.edu.cn

role in the species assemblages within ecological communities, but the function of the niche can't be ignored.

**Key Words:** community assembly; environmental distance; geographic distance; Loess Plateau

如何解释人们观察到的物种时空分布模式一直是群落生态学的核心内容之一。在这个领域内,最关键的问题是物种共存机制<sup>[1-5]</sup>。过去人们一直在生态位理论和中性理论间争论不休。生态位理论认为每个物种都有自身最为适宜的生境,物种根据自己的存活能力,在不同的资源条件下进行权衡<sup>[6-7]</sup>,物种的特性是其对物理和生物环境进化适应的一种体现<sup>[8-9]</sup>,因而环境限制是生态位理论的一个重要方面。而中性理论假定所有个体在同一营养级内是功能等价的<sup>[4,10-12]</sup>,强调扩散和随机作用的重要性<sup>[13]</sup>,扩散限制的空间表现即为地理距离。但近年来,越来越多的生态学家则认为物种共存机制应是二者的整合<sup>[14]</sup>。

对于上述观点,不同的研究得到了不同的结果。Hanna 等<sup>[15]</sup>在对亚马逊西部森林的研究中指出,环境变量能更多的解释不同样地之间植物群落组成的差异;空间自相关的随机、斑块和环境的共同作用对物种的分布和组成也有很好的诠释。Benjamin 等<sup>[16]</sup>研究表明对于物种多度和物种分布的影响,生态位理论占主导地位,而中性理论几乎没有得到支持。Turnbull<sup>[17]</sup>通过对白垩草地播种试验的研究表明,在先锋物种定居的过程中,不同大小的种子通过占有不同的生态位而达到共存,即使到了成年阶段,种间也不存在明显的竞争。Jaana 等<sup>[18]</sup>从植物的多样性和优势种入手,研究了亚马逊西部植物的共存机制,发现扩散和环境对物种的组成都有影响,但扩散作用更为显著。

类似的研究还有很多,而得到的结果并不一致。且大部分试验都集中在物种丰富的热带雨林地区,对于群落组成相对简单,气候条件相对苛刻的黄土高原来说,这样的研究还没有报道。鉴于此,本文以黄土高原子午岭地区3种草地群落(5a的弃耕地、阴坡和阳坡的草地)为例,拟通过植物群落的野外调查分析,探讨扩散和环境对该地区群落构建的影响,以期为这一问题的解决提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区域概况

马栏林区位于陕西省旬邑县的东北部,地处黄土高原中部。地理位置为 $108^{\circ}27' - 108^{\circ}52'E$ , $35^{\circ}9' - 35^{\circ}33'N$ ,东西宽约40 km,南北长约43 km,海拔为1 200—1 700 m,坡度约为25°。该地区的土壤类型为成土母质的风积黄土,结构疏松,机械组成多为中壤,富含钙质,土层深约50 cm,pH值在7—9范围。该区的气候特点属于暖温带半湿润地区,据气象站记载,这里全年平均气温在7.4—8.5 °C,最低气温为-27.7 °C,最高气温为36.7 °C。年平均降雨量为580 mm,多集中在7月、8月和9月,干旱季节为12月、1月和2月,光照充足,湿热同期,益于林木生长。但是降水季节分布不均,容易出现春旱和伏旱,影响林木种子的萌发和造林成活率,对森林更新有一定影响<sup>[19]</sup>。

该地区的植被类型复杂多样,有次生的辽东栎(*Quercus wutaishanica*)林、油松(*Pinus tabulaeformis*)林、油松+辽东栎混交林,和少量的次生山杨(*Populus davidiana*)林、白桦(*Betula platyphylla*)林以及二者与辽东栎的混交林、人工油松林、人工刺槐(*Robinia pseudoacacia*)林和灌丛、草地、退耕地等。

### 1.2 试验设计和样本采集

在对子午岭植被类型进行全面考察的基础上,选择3块完全由草本构成的山坡作为研究样地(图1),分别编号为I、II、III,其面积分别为1.2、1.5、1.5 hm<sup>2</sup>。沿着与坡向垂直的方向,在每块山坡的上坡位、中坡位和

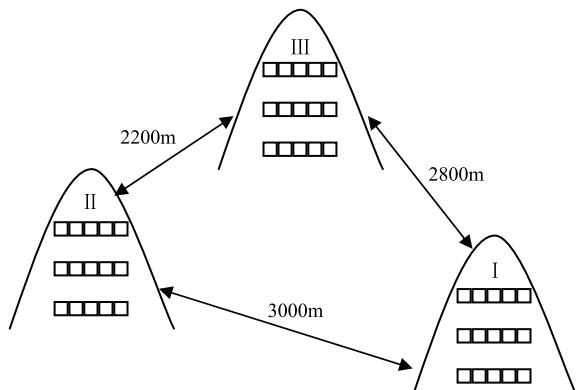


图1 样地空间分布模拟图

Fig. 1 Simulation diagram of spatial distribution of sampling sets  
I, II, III为研究样地编号

下坡位分别设置长 5 m、宽 1 m 的样带,即每条样带包含 5 个 1 m × 1 m 的样方。在每条样带中记录物种种类、数量、高度和盖度数量指标,同时记录样地的经纬度、每个样地中样带的坡度、坡向、坡位和海拔等环境指标,以及所有样地九条样带中任意两条样带之间的距离。在每条样带中随机选择 3 点,用 Hydra 土壤水分/盐分测定仪分别测定每条样带中这 3 点的土壤温度、湿度、电解质和电导率,待该点土壤指标测完后,用土钻在该点进行 20 cm 深度的取土,将 3 个样方的土壤混匀后装袋,低温保存,带回实验室阴干,去除石砾、落叶等杂物,研磨后过筛。按照鲍士旦<sup>[20]</sup>的土壤处理方法,用 SYSTEA 公司生产的第三代连续流动分析仪(Flowsys III)测定速效氮含量。

统计每个样地物种的重要值,剔除重要值小于 0.05 的物种,建立植物群落数据库(表 1),重要值算法如下:

草本的重要值 = (相对密度+相对盖度+相对频度)/300

### 1.3 数据分析方法

在坡向定值时,参考王孝安<sup>[21]</sup>的转换方法,其数值越大,表示越向阳、越干热。样地的坡向、坡度、海拔、温度、湿度、电解质、电导率和速效氮构成环境因子矩阵。Mantel test 用于分析物种相似矩阵与环境矩阵、物种相似矩阵与距离矩阵、距离矩阵与环境矩阵之间的相关程度,其中物种相似性选择 Bray-Curtis 指标,环境矩阵和空间距离矩阵都转化为欧氏距离矩阵。主轴邻距法利用空间变量结合环境因子,通过方差分解方法,分析各变量对物种组成的相对影响<sup>[22]</sup>。典范对应分析(CCA)用于分析每一个环境因子对物种组成的影响。以上分析分别在 R-2. 15. 1 软件中完成。

## 2 结果

### 2.1 环境和扩散与草地群落构建的相关性

由 Mantel test 分析可以得到如下结果:空间地理距离与群落组成相似性的相关值为 0.7542, *P* 值为 0.0026;而纯粹的地理距离与群落组成相似性的相关值为 0.6531, *P* 值为 0.0048。环境距离与群落组成相似性的相关值为 0.5554, *P* 值为 0.0100;而纯粹的环境距离与群落组成相似性的相关值为 0.4162, *P* 值为 0.0124。由此可以看出样方间群落组成的相似性与地理距离和环境距离都显著相关,且与空间地理距离的相关程度高于环境距离(表 2)。

### 2.2 环境和扩散对草地群落构建的解释量

为探究环境变量和空间地理距离对群落构建的影响,通过主轴邻距法将环境因子和空间距离进行方差分解,分析各变量对物种组成的独立贡献率。首先对环境因子进行前向选择,结果表明速效氮和土壤湿度对物种组成的影响是显著。为了进一步了解各个环境因子的作用,将其进行 CCA 排序,通过 CCA 排序

表 1 3 个样地中重要值大于 0.05 的物种组成

Table 1 Species whose importance value is more than 0.05 in the three sites

样地编号 Sample number	物种 Species	重要值 Important value
I	针苔草 <i>Carex onoei</i>	0.61
	扫帚艾蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	0.17
	堇菜 <i>Viola verecunda</i>	0.16
	水棘针 <i>Amethystea caerulea</i>	0.15
	火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	0.12
	鹿蹄草 <i>Pyrola rotundifolia</i>	0.10
	苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	0.10
	野豌豆 <i>Vicia sepium</i>	0.11
	柳叶蒿 <i>Artemisia integrifolia</i>	0.09
	香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i>	0.08
	草木樨 <i>Melilotus suaveolens</i>	0.08
	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	0.07
	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.07
	野胡萝卜 <i>Daucus carota</i>	0.55
	委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i>	0.18
	茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>	0.51
	轮叶马先蒿 <i>Pedicularis verticillata</i>	0.27
	野燕麦 <i>Avena fatua</i>	0.56
II	风毛菊 <i>Saussurea japonica</i>	0.34
	绢毛细蔓委陵菜 <i>Potentilla reptans</i>	0.31
	扫帚艾蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	0.20
	鹿蹄草 <i>Pyrola rotundifolia</i>	0.23
	柳叶蒿 <i>Artemisia integrifolia</i>	0.06
	问荆 <i>Equisetum arvense</i>	0.20
	老鹳草 <i>Geranium wilfordii maxim</i>	0.17
	车前 <i>Plantago asiatica</i>	0.09
	山苦荬 <i>Ixeris chinensis</i>	0.08
	苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	0.07
	针苔草 <i>Carex onoei</i>	0.92
	无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	0.32
	百里香 <i>Thymus mongolicus</i>	0.28
	杭子梢 <i>Campylotropis macrocarpa</i>	0.26
III	大披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	0.25
	扫帚艾蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	0.21
	达乌里胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i>	0.10
	香青 <i>Anaphalis sinica</i>	0.12
	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.08
	绢毛细蔓委陵菜 <i>Potentilla reptans</i>	0.07

结果表明土壤湿度和速效氮对物种分布有影响,尤其是速效氮( $r^2 = 0.8178, P = 0.01$ )的作用较为突出(表3)。

表2 群落组成的相似性与地理距离和环境距离之间的相关性

Table 2 Correlations between similarity in community composition, geographic distance and environment distance

	Mantel r	P
地理距离 Geographic distance	0.7542	0.0026 **
环境距离 Environmental distance	0.5554	0.0100 **
纯粹的地理距离 Prue geographic distance	0.6531	0.0048 **
纯粹的环境距离 Prue environmental distance	0.4162	0.0124 *

\* \* 表示研究变量与群落组成相似性的相关程度是极显著( $P < 0.01$ ); \* 表示研究变量与群落组成相似性的相关程度是显著( $P < 0.05$ )

方差分析结果如图2所示。环境变量和PCNM变量二者共同解释了群落构建的79.3%,而未被解释的为20.7%,其分别独立解释量为14.2%和33.8%,而和彼此配合后的解释量为45.5%和65.1%,说明PCNM变量的影响大于环境变量的影响,且环境变量与之协同作用。即物种组成受空间距离的影响大于环境的影响。

### 2.3 环境和扩散对草地群落构建的相对影响

地理距离和环境因子合力解释了物种组成的79.3%(图2)。纯粹的地理距离解释了绝大部分物种组成,其值为33.8%,而纯粹的环境因子解释的物种组成为14.2%,前者是后者的2倍多(图2)。由曲线相关图分析可知:整体而言,样方间植物相似性随地理距离的增加而下降,但在地理距离大约为2800 m的C点和3000 m的D点时,植物相似性高于地理距离约为2200 m的B点(图3);而在此处C点和D点的环境相似性值也成反弹趋势,高于B点(图4)。说明环境变量解释了植物组成相似性的部分原因。而随着环境差异性的增大,植物相似性表现为下降趋势(图5)。

### 3 讨论

生态学的核心是群落生态学,而群落生态学的核心是物种共存。长期以来,人们对于这一问题的研究和争论从未停止,而结论尚未达成一致。自20世纪60年代以来,生态位理论已在种间关系、群落结构和生物多样性中得到了广泛的应用<sup>[23]</sup>。在本研究中环境变量对植物相似性的解释量为45.5%(图2),表明生态位对群落构建有一定的作用,但是剔除空间距离后,其解释量为14.2%(图2),作用比较小。而之前在很多表明生态位占主导作用的研究中,都提到土壤类型在决定物种分布时扮演了重要的角色<sup>[24-30]</sup>。而子午岭地区土壤类型较一致,均为风积黄土,各样地间差异不明显,反而是速效氮在所有的环境因子中的作用最为显著。这与Tilman<sup>[31]</sup>的研究结果一致,其在1984年对草地群落进行研究表明:在草地群落中,土壤中的氮元素是主要的限制资源。在本研究中土壤湿度对植物相似性也有一定的影响,由于阳坡较阴坡日照时间长,土壤温度高,所以土壤湿度相对较低,使得处于半干旱区的黄土高原的植被组成,对于土壤湿度表现出一定的响应。整体而言随着地理距离的增加,环境相似性表现为下降趋势(图4),存在较为明显的环境梯度,即存在生态位的分

表3 环境因子对物种分布的影响

Table 3 The influence of environmental factors on species distribution

	$r^2$	P
坡向 Aspect	0.3924	0.223
坡度 Slope	0.5109	0.091
海拔 Altitude	0.3045	0.301
土壤温度 Soil temperature	0.4141	0.191
土壤湿度 Soil humidity	0.6596	0.042 *
电解质 Electrolyte	0.5847	0.059
电导率 Electric conductivity	0.6269	0.067
速效氮 Available nitrogen	0.9078	0.010 **

$r^2$ 表示环境因子对物种分布的决定系数; \* \* 表示环境因子对物种分布的影响是极显著( $P < 0.01$ ); \* 表示环境因子对物种分布的影响是显著( $P < 0.05$ )

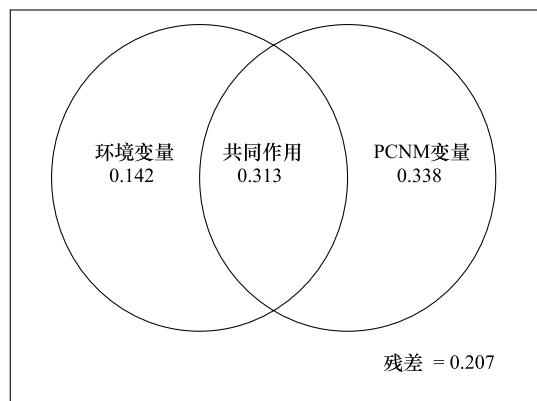


图2 方差分解图

Fig. 2 Variation partitioning results

化;但环境变量对植物相似性的解释量很小,说明生态位理论对该地区植物群落的构建作用不显著。

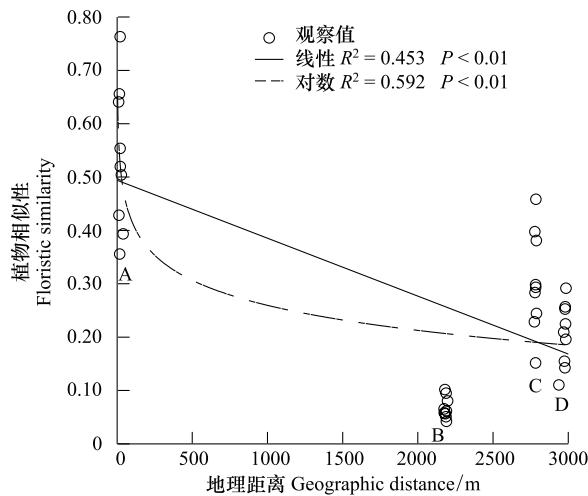


图3 植物相似性与地理距离间的曲线相关图

Fig.3 The relevant figure curve between floristic similarity and geographic distance

A 每个样地内的比较; B 样地Ⅱ和样地Ⅲ之间的比较; C 样地Ⅰ和样地Ⅲ之间的比较; D 样地Ⅰ和样地Ⅱ之间的比较

中性理论认为物种组成是物种入侵和灭绝的结果,空间距离制约了种子的扩散,从而导致随着地理距离的增加,样方间植物的相似性下降<sup>[4,32-33]</sup>。本研究中地理距离和环境距离共同解释了植物相似性的 79.3% (图 2),剔除环境因子的影响,地理距离解释了植物相似性的 33.8% (图 2);即去除空间解释的群落组成相似性中由环境解释的部分后,其解释组分仍然较大,这提供了对中性理论的支持<sup>[34]</sup>,随着地理距离的增加,植物相似性表现为明显的下降趋势(图 3),说明距离限制的确是该地区植物构建过程中的限制因素;从而很好地印证了中性理论在该地区植物群落构建中的作用。这与 Chave<sup>[13]</sup>以及 Condit<sup>[33]</sup>等以热带雨林为研究目标所得到的结果一致。一方面由于黄土高原经受流水侵蚀,形成沟壑纵横,墚、峁广布的破碎地貌,因而在不同的时间尺度上影响着基因、个体、种群和物种的运动<sup>[35-36]</sup>;另一方面,黄土高原气候脆弱,降雨年际变化大,且年内不均<sup>[19]</sup>,使多数树木不落叶,枯枝落叶层难以形成,甲虫、蜗牛等因缺乏栖息地而减少,进而影响物种扩散<sup>[37]</sup>。此外本文选取的草地群落处于演替前期,而演替前期的物种繁殖力较高,传播距离相对较远,可先定居环境<sup>[38]</sup>,所以会得到中性理论扮演了更为重要的角色的结果。

中性理论与生态位理论在群落构建过程中的作用一直存在争议,在本研究中二者对子午岭地区草地群落构建都起作用,虽然大量的数据表明中性理论占据着主导地位,但不可否认生态位理论对其的影响。近年来,研究者倾向于认为生态位分化与中性理论对群落的构建都有作用,源于二者的相对贡献与研究尺度和生态系统类型有关<sup>[39]</sup>。因而提出将生态位理论与中性理论整合,同时发展包含随机的生态位模型或者近中性模型。

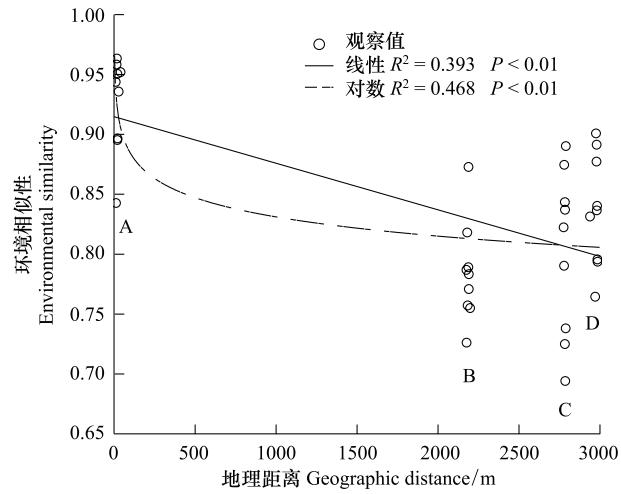


图4 环境相似性与地理距离间的曲线相关图

Fig.4 The relevant figure curve between environmental similarity and geographic distance

A 每个样地内的比较; B 样地Ⅱ和样地Ⅲ之间的比较; C 样地Ⅰ和样地Ⅲ之间的比较; D 样地Ⅰ和样地Ⅱ之间的比较

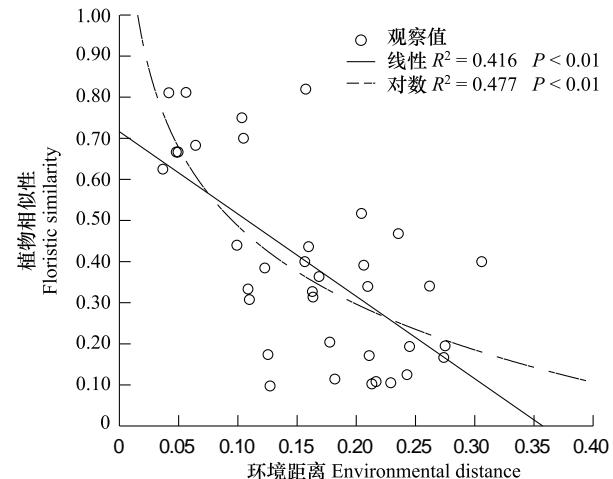


图5 植物相似性与环境距离的曲线相关图

Fig.5 The relevant figure curve between floristic similarity and environmental distance

正如Chase<sup>[40]</sup>所提到的,如能将中性理论和生态位理论的关键要素结合起来解释群落多样性模式,将会是一次真正的生态学突破。

#### 4 结论

为了探讨植物群落的构建机制,本文以黄土高原子午岭地区草地植物群落为例,研究了样方间植物相似性与空间地理距离和环境差异之间的关系,比较距离限制的中性理论和环境资源分化的生态位理论二者的相对贡献。结果表明:扩散和环境对黄土高原草地群落构建都有影响,但扩散作用占据主导地位。

#### References:

- [1] Tokeshi M. Niche apportionment or random assortment: species abundance patterns revisited. *The Journal of Animal Ecology*, 1990, 59(3): 1129-1146.
- [2] Tilman D, Pacala S W. The maintenance of species richness in plant communities // Rickleffs R E, Schlüter D, eds. *Species Diversity in Ecological Communities*. Chicago: Chicago University Press, 1993: 13-25.
- [3] Chesson P. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2000, 31(1): 343-366.
- [4] Hubbell S P. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- [5] Zhou S R, Zhang D Y. Neutral theory in community ecology. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(5): 868-877.
- [6] Chesson P L, Warner R R. Environmental variability promotes coexistence in lottery competitive systems. *The American Naturalist*, 1981, 117(6): 923-943.
- [7] Chesson P L. Coexistence of competitors in spatially and temporally varying environments: a look at the combined effects of different sorts of variability. *Theoretical Population Biology*, 1985, 653(28): 263-287.
- [8] Ackerly S D, Dudley S A, Stoltz S E, Schmitt J, Coleman J S, Linder C R, Sandquist D R, Geber M A, Evans A S, Dawson T E, Lechowicz M J. The evolution of plant ecophysiological traits: recent advances and future directions. *BioScience*, 2000, 50(11): 979-995.
- [9] Gillespie R. Community assembly through adaptive radiation in Hawaiian spiders. *Science*, 2004, 303(5656): 356-359.
- [10] Bell G. The distribution of abundance in neutral communities. *The American Naturalist*, 2000, 155(5): 606-617.
- [11] Caswell H. Community structure: a neutral model analysis. *Ecological Monographs*, 1976, 46(3): 327-345.
- [12] Hubbell S P. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology*, 2005, 19(1): 166-172.
- [13] Chave J. Neutral theory and community ecology. *Ecology Letters*, 2004, 7(3): 241-253.
- [14] Niu K C, Liu Y N, Shen Z H, He F L, Fang J Y. Community assembly: the relative importance of neutral theory and niche theory. *Biodiversity Science*, 2009, 17(6): 579-593.
- [15] Tuomisto H, Ruokolainen K, Yli-Halla M. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science*, 2003, 299(5604): 241-244.
- [16] Gilbert B, Lechowicz M J. Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest understory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(20): 7651-7656.
- [17] Turnbull L A, Manley L, Rees M. Niches, rather than neutrality, structure a grassland pioneer guild. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2005, 272(1570): 1357-1364.
- [18] Vormisto J, Svenning J C, Hall P, Balslev H. Diversity and dominance in palm (Arecaceae) communities in *terra firme* forests in the western Amazon basin. *Journal of Ecology*, 2004, 92(4): 577-588.
- [19] Department of Forestry of Shaanxi Province. *Manual of Shaanxi Forestry*. Beijing: China Forestry Press, 1964: 22-53.
- [20] Bao S D. *Soil Agricultural Chemical Analysis*. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 47-60.
- [21] Wang X A. Multivariate analysis and environmental interpretation of plant communities in Maqu, South Gansu. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 61-65.
- [22] Borcard D, Legendre P. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling*, 2002, 153(1/2): 51-68.
- [23] Wang G. A discussion on some aspects of niche theory. *Journal of Lanzhou University: Natural Science Edition*, 1990, 26(2): 109-113.
- [24] Clark D B, Clark D A, Read J M. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology*, 1998, 86(1): 101-112.
- [25] Clark D B, Palmer M W, Clark D A. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees. *Ecology*, 1999, 80(8): 2662-2675.

- [26] Gartlan J S, Newbery D M C, Thomas D W, Waterman PG. The influence of topography and soil phosphorus on the vegetation of Korup Forest Reserve, Cameroun. *Plant Ecology*, 1986, 65(3) : 131-148.
- [27] John R, Dalling J W, Harms K E, Yavitt J B, Stallard R F, Mirabello M, Hubbell S P, Valencia R, Navarrete H, Vallejo M, Foster R B. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(3) : 864-869.
- [28] Newbery D M C, Gartlan J S, McKey D B, Waterman P G. The influence of drainage and soil-phosphorus on the vegetation of Douala-Edea Forest Reserve, Cameroun. *Plant Ecology*, 1986, 65(3) : 149-162.
- [29] Pélassier R, Dray S, Sabatier D. Within-plot relationships between tree species occurrences and hydrological soil constraints: an example in French Guiana investigated through canonical correlation analysis. *Plant Ecology*, 2002, 162(2) : 143-156.
- [30] Poulsen A D, Tuomisto H, Balslev H. Edaphic and floristic variation within a 1-ha plot of lowland Amazonian rain forest. *Biotropica*, 2006, 38(4) : 468-478.
- [31] Tilman G D. Plant dominance along an experimental nutrient gradient. *Ecology*, 1984, 65(5) : 1445-1453.
- [32] Chave J, Leigh E G Jr. A spatially explicit neutral model of  $\beta$ -diversity in tropical forests. *Theoretical Population Biology*, 2002, 62(2) : 153-168.
- [33] Condit R, Pitman N, Leigh E G Jr, Chave J, Terborgh J, Foster R B, Núñez P, Aguilar S, Valencia R, Villa G, Muller-Landau H C, Losos E, Hubbell S P. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*, 2002, 295(5555) : 666-669.
- [34] Laliberté E. Analyzing or explaining beta diversity?. *Comment. Ecology*, 2008, 89(11) : 3232-3237.
- [35] Minor E S, Urban D L. A graph-theory framework for evaluating landscape connectivity and conservation planning. *Conservation Biology*, 2008, 22(2) : 297-307.
- [36] Clergeau P, Burel F. The role of spatio-temporal patch connectivity at the landscape level: an example in a bird distribution. *Landscape and Urban Planning*, 1997, 38(1/2) : 37-43.
- [37] Steinitz O, Heller J, Tsoar A, Rotem D, Kadmon R. Environment, dispersal and patterns of species similarity. *Journal of Biogeography*, 2006, 33(6) : 1044-1054.
- [38] Rees M, Condit R, Crawley M, Pacala S, Tilman D. Long-term studies of vegetation dynamics. *Science*, 2001, 293(27) : 650-655.
- [39] Legendre P, Mi X C, Ren H B, Ma K P, Yu M J, Sun Y F, He F L. Partitioning beta diversity in a subtropical broadleaved forest of China. *Ecology*, 2009, 90(3) : 663-674.
- [40] Chase J M. Towards a really unified theory for metacommunities. *Functional Ecology*, 2005, 19(1) : 182-186.

#### 参考文献:

- [5] 周淑荣, 张大勇. 群落生态学的中性理论. *植物生态学报*, 2006, 30(5) : 868-877.
- [14] 牛克昌, 刘怿宁, 沈泽昊, 何芳良, 方精云. 群落构建的中性理论和生态位理论. *生物多样性*, 2009, 17(6) : 579-593.
- [19] 陕西省林业厅. 陕西林业手册. 北京:中国林业出版社, 1946: 22-53.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京:中国农业出版社, 2003: 47-60.
- [21] 王孝安. 甘南玛曲植物群落的多元分析与环境解释. *生态学报*, 1997, 17(1) : 61-65.
- [23] 王刚. 生态位理论若干问题探讨. *兰州大学学报:自然科学版*, 1990, 26(2) : 109-113.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 ,No. 14 Jul. ,2013( Semimonthly )**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

A review of the researches on *Alectoris* partridge ..... SONG Sen, LIU Naifa (4215)

**Autecology & Fundamentals**

Effects of precipitation and nitrogen addition on photosynthetically eco-physiological characteristics and biomass of four tree seedlings in Gutian Mountain, Zhejiang Province, China ..... YAN Hui, WU Qian, DING Jia, et al (4226)

Effects of low temperature stress on physiological-biochemical indexes and photosynthetic characteristics of seedlings of four plant species ..... SHAO Yiruo, XU Jianxin, XUE Li, et al (4237)

Decomposition characteristics of maize roots derived from different nitrogen fertilization fields under laboratory soil incubation conditions ..... CAI Miao, DONG Yanjie, LI Baijun, et al (4248)

The responses of leaf osmoregulation substance and protective enzyme activity of different peanut cultivars to non-sufficient irrigation ..... ZHANG Zhimeng, SONG Wenwu, DING Hong, et al (4257)

Interannual variation of soil seed bank in *Picea schrenkiana* forest in the central part of the Tianshan Mountains ..... LI Huadong, PAN Cunde, WANG Bing, et al (4266)

Physiological & ecological effects of companion-planted grow seedlings of two crops in the same hole ..... LI Lingli, GUO Hongxia, HUANG Genghua, et al (4278)

Effects of magnesium, manganese, activated carbon and lime and their interactions on cadmium uptake by wheat ..... ZHOU Xiangyu, FENG Wenqiang, QIN Yusheng, et al (4289)

Effects of increased concentrations of gas CO<sub>2</sub> on mineral ion uptake, transportation and distribution in *Phyllostachys edulis* ..... ZHUANG Minghao, CHEN Shuanglin, LI Yingchun, et al (4297)

Effects of pH, Fe and Cd concentrations on the Fe and Cd adsorption in the rhizosphere and on the root surfaces of rice ..... LIU Danqing, CHEN Xue, YANG Yazhou, et al (4306)

Effects of low-light stress on maize ear development and endogenous hormones content of two maize hybrids (*Zea mays L.*) with different shade-tolerance ..... ZHOU Weixia, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (4315)

Effects of maize || peanut intercropping on photosynthetic characters and yield forming of intercropped maize ..... JIAO Nianyuan, NING Tangyuan, YANG Mengke, et al (4324)

Cloning root system distribution and architecture of different forest age *Populus euphratica* in Ejina Oasis ..... HUANG Jingjing, JING Jialin, CAO Dechang, et al (4331)

Impact of vegetation interannual variability on evapotranspiration ..... CHEN Hao, ZENG Xiaodong (4343)

Mating behavior of *Pachycrepoideus vindemmiae* and the effects of male mating times on the production of females ..... SUN Fang, CHEN Zhongzheng, DUAN Bisheng, et al (4354)

Component analysis and bioactivity determination of fecal extract of *Locusta migratoria tibetensis* (Chen) ..... WANG Haijian, LI Yili, LI Qing, et al (4361)

Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) ..... LI Xia, XU Xiuxiu, HAN Lanzhi, et al (4370)

**Population, Community and Ecosystem**

Genetic structure of the overwintering Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) collections in Shandong of China based on *mtCOII* gene sequences ..... LI Lili, YU Yi, GUO Dong, TAO Yunli, et al (4377)

The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland ..... HAN Zhengwei, MA Ling, CAO Chuanwang, et al (4387)

Annual variation pattern of phytoplankton community at the downstream of Xijiang River ..... WANG Chao, LAI Zini, LI Xinhui, et al (4398)

Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities ..... WANG Dan, WANG Xiao'an, GUO Hua, et al (4409)

- Cyanobacteria diversity in biological soil crusts from different erosion regions on the Loess Plateau: a preliminary result ..... YANG Lina, ZHAO Yunge, MING Jiao, et al (4416)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern ..... WANG Siyi, OU Minghao (4425)
- Fragmentation process of wetlands landscape in the middle reaches of the Heihe River and its driving forces analysis ..... ZHAO Ruiheng, JIANG Penghui, ZHAO Haili, et al (4436)
- Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010 ..... LUO Chengfeng, XU Changjun, YOU Haoyan, et al (4450)
- Research on soil erosion based on Location-weighted landscape undex(LWLI) in Guanchuanhe River basin, Dingxi, Gansu Province ..... LI Haifang, WEI Wei, CHEN Jin, et al (4460)
- Effects of host density on parasitoids and hyper-parasitoids of cereal aphids in different agricultural landscapes ..... GUAN Xiaoqing, LIU Junhe, ZHAO Zihua (4468)
- Effects of interactive CO<sub>2</sub> concentration and precipitation on growth characteristics of *Stipa breviflora* ..... SHI Yaohui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (4478)

**Resource and Industrial Ecology**

- Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China ..... YANG Wenrui, LI Feng, WANG Rusong, et al (4486)
- Changes in phosphorus consumption and its environmental loads from food by residents in Xiamen City ..... WANG Huina, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (4495)

**Research Notes**

- Intercropping enhances the farmland ecosystem services ..... SU Benying, CHEN Shengbin, LI Yonggeng, et al (4505)
- Assessment indicator system of eco-industry in mining area ..... WANG Guangcheng, WANG Huanhuan, TAN Lingling (4515)

# 《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科研工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科研人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,300页,国内定价90元/册,全年定价2160元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路18号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任编辑 骆世明

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

## 生态学报

(SHENTAI XUEBAO)

(半月刊 1981年3月创刊)

第33卷 第14期 (2013年7月)

## ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 14 (July, 2013)

编 辑 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路18号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松  
主 管 中国科学技术协会  
主 办 中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路18号  
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂  
行 书 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街16号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局  
国 外 发 行 中国国际图书贸易总公司  
地 址:北京399信箱  
邮 政 编 码:100044

广 告 经 营 京海工商广字第8013号  
许 可 证

Edited by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元