

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

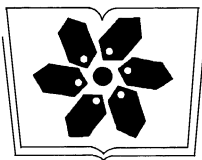
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 14 期 Vol.32 No.14 **2012**

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

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 14 期

2012 年 7 月 (半月刊)

目 次

海滨沙地砂引草对沙埋的生长和生理适应对策.....	王 进,周瑞莲,赵哈林,等 (4291)
外源 K ⁺ 和水杨酸在缓解融雪剂对油松幼苗生长抑制中的效应与机理 ...	张 莹,李法云,严 霞,等 (4300)
钱塘江中游流域不同空间尺度环境因子对底栖动物群落的影响.....	张 勇,刘朔孺,于海燕,等 (4309)
贡嘎山东坡非飞行小型兽类物种多样性的垂直分布格局.....	吴永杰,杨奇森,夏 霖,等 (4318)
基于斑块的红树林空间演变机理分析方法.....	李春干,刘素青,范航清,等 (4329)
亚热带六种天然林树种细根养分异质性.....	熊德成,黄锦学,杨智杰,等 (4343)
浙江省植被 NDVI 动态及其对气候的响应	何 月,樊高峰,张小伟,等 (4352)
亚热带 6 种天然林树种细根呼吸异质性.....	郑金兴,熊德成,黄锦学,等 (4363)
亚高山/高山森林土壤有机层氨氧化细菌和氨氧化古菌丰度特征	王 奥,吴福忠,何振华,等 (4371)
耕作方式对紫色水稻土轻组有机碳的影响.....	张军科,江长胜,郝庆菊,等 (4379)
火烧对长期封育草地土壤碳固持效应的影响.....	何念鹏,韩兴国,于贵瑞,等 (4388)
闽江河口潮汐湿地二氧化碳和甲烷排放化学计量比.....	王维奇,曾从盛,仝 川,等 (4396)
2010 年夏季珠江口海域颗粒有机碳的分布特征及其来源	刘庆霞,黄小平,张 霞,等 (4403)
新疆冷泉沉积物葡萄糖利用细菌群落多样性的稳定同位素标记分析.....	楚 敏,王 芸,曾 军,等 (4413)
土壤微生物群落多样性解析法:从培养到非培养.....	刘国华,叶正芳,吴为中 (4421)
伊洛河河岸带生态系统草本植物功能群划分	郭屹立,卢训令,丁圣彦 (4434)
濒危植物蒙古扁桃不同地理种群遗传多样性的 ISSR 分析	张 杰,王 佳,李浩宇,等 (4443)
强潮区较高纬度移植红树植物秋茄的生理生态特性.....	郑春芳,仇建标,刘伟成,等 (4453)
冬季高温对白三叶越冬和适应春季“倒春寒”的影响	周瑞莲,赵 梅,王 进,等 (4462)
中亚热带细柄阿丁枫和米槠群落细根的生产和死亡动态.....	黄锦学,凌 华,杨智杰,等 (4472)
欧美杨水分利用效率相关基因 <i>PdEPF1</i> 的克隆及表达	郭 鹏,金 华,尹伟伦,等 (4481)
再力花地下部水浸提液对几种水生植物幼苗的化感作用.....	缪丽华,王 媛,高 岩,等 (4488)
无致病力青枯雷尔氏菌对烟草根系土壤微生物脂肪酸生态学特性的影响.....	郑雪芳,刘 波,蓝江林,等 (4496)
基于更新和同化策略相结合的遥感信息与水稻生长模型耦合技术的研究.....	王 航,朱 艳,马孟莉,等 (4505)
温度和体重对克氏双锯鱼仔鱼代谢率的影响.....	叶 乐,杨圣云,刘 敏,等 (4516)
夏季西南印度洋叶绿素 a 分布特征.....	洪丽莎,王春生,周亚东,等 (4525)
大沽排污河生态修复河道水质综合评价及生物毒性影响.....	王 敏,唐景春,朱文英,等 (4535)
李肖叶甲成虫数量及三维空间格局动态.....	汪文俊,林雪飞,邹运鼎,等 (4544)
专论与综述	
基于景观格局的城市热岛研究进展	陈爱莲,孙然好,陈利顶 (4553)
沉积物质量评价“三元法”及其在近海中的应用	吴 斌,宋金明,李学刚,等 (4566)
问题讨论	
中国餐厨垃圾处理的现状、问题和对策	胡新军,张 敏,余俊锋,等 (4575)
研究简报	
稻秸蓝藻混合厌氧发酵沼液及其化学物质对尖孢镰刀菌西瓜专化型生长的影响.....	刘爱民,徐双锁,蔡 欣,等 (4585)
佛山市农田生态系统的生态损益.....	叶延琼,章家恩,秦 钟,等 (4593)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 33 * 2012-07



封面图说: 噶龙山南坡的高山湖泊——喜马拉雅山南坡的噶龙山光照强烈、雨量充沛,尽管是海拔 4500 多米的高寒地区,山上的草甸依然泛着诱人的翠绿色,冰川和雪山的融水汇集在山梁的低洼处形成了一个又一个的高山湖泊,由于基底的差别和水深的不同,使得纯净清澈的冰雪融水在湖里呈现出不同的颜色,湖面或兰或绿,颜色或深或浅,犹如一块块通透透明的翡翠镶嵌在绿色的绒布之中。兰天下面,白云落在山间,通往墨脱的公路像丝带一样随随便便地缠绕着,一幅美丽的自然生态画卷就这样呈现在你的面前。

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

DOI: 10.5846/stxb201106270953

郭屹立, 卢训令, 丁圣彦. 伊洛河河岸带生态系统草本植物功能群划分. 生态学报, 2012, 32(14): 4434-4442.

Guo Y L, Lu X L, Ding S Y. The classification of plant functional types based on the dominant herbaceous species in the riparian zone ecosystems in the Yiluo River. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(14): 4434-4442.

伊洛河河岸带生态系统草本植物功能群划分

郭屹立, 卢训令, 丁圣彦*

(河南大学环境与规划学院, 开封 475004)

摘要:植物功能群是对环境有相同响应和对主要生态系统过程有相似作用的组合。伊洛河是黄河中游南岸的一条重要水系, 其河岸带生态系统不同生境类型中草本植物优势种变化明显, 能较好地反映出植被与环境的动态关系。根据调查结果, 结合出现次数和重要值, 选取 27 种优势种进行种间联结及相关性分析。以 χ^2 检验为基础, 结合联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 来测定草本层优势种间的联结性, 根据优势种间的联结性及其在不同生境中的变化异同, 以优势种为主体划分伊洛河河岸带生态系统中草本植物功能群。结果表明, 对 27 种草本植物优势种共划分了 5 组功能群: “广布型”、“湿生型”、“中旱生型”、“农田逃逸型”和“入侵型”。表明以优势种为主体对伊洛河河岸带生态系统草本植物进行功能群划分可行性高, 有较强的代表性。同一功能群物种间表现出显著正联结性, 一起出现在同一生境下的几率较大, 在长期的生长演化过程中, 能够适应相似的资源环境且对干扰有相似的响应。伊洛河河岸带生态系统由于长期的自然和人为干扰, 加上外来物种的入侵, 河岸带生态系统的生物多样性和生态安全面临着严峻的挑战。

关键词:植物功能群; 优势种; 种间关联; 草本植物; 伊洛河河岸带

The classification of plant functional types based on the dominant herbaceous species in the riparian zone ecosystems in the Yiluo River

GUO Yili, LU Xunling, DING Shengyan*

College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China

Abstract: Plant functional groups (PFGs) are defined as groups of species that either exhibit the similar responses to environmental perturbations or have the similar effects on major ecosystem processes. Discussing the functioning and stability-maintaining mechanisms of the terrestrial ecosystems, the adaptations and responses of plants to environmental changes, as well as water and nutrient use efficiency from the plant functional group perspective have become a major research approach in ecosystem ecology. PFGs analysis is an effective approach to reduce the complexity of plant communities and to reveal the general patterns and processes in the riparian zone ecosystems. The Yiluo River is an important tributary of the Yellow River in the south side of the middle reaches of the Yellow River. The vegetation in the riparian zone ecosystem of the Yiluo River has been heavily impacted by human. Although the species richness is high in this area, the herbs are mainly composed of a small number of dominant species whose abundance vary significantly among different types of landscape elements. Highly responsive to the changes in environmental conditions, herbaceous plants are very useful to the study of vegetation-environment dynamics. Using community ecology techniques, we investigated plant assemblages of the dominant herbaceous species in the riparian zone ecosystem of the Yiluo River. We calculated importance values, which were used to identify dominant species. Then we calculated the frequency of occurrence and

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41071118, 40671175)

收稿日期: 2011-06-27; 修订日期: 2012-01-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syding@henu.edu.cn

importance values of 27 species and identified dominant species. χ^2 test, together with association coefficient (AC) and percentage co-occurrence (PC), were used to measure interspecific associations of the dominant herbaceous species. PFGs were defined according to the interspecific associations and the distribution of landscape elements of the dominant herbaceous species of the herb layer. Dynamics of these PFGs along the moisture and original destination were analyzed. The results of this study showed that, classifying PFGs according to the dominant herbaceous species is feasible in the studies of herbs in the riparian zone ecosystem plant assemblages, and PFGs defined in this way are representative. Five PFGs, each with its unique spatial distribution and morphological characteristics, were identified: “widespread type”, “wet type”, “middle-xeric type”, “farmland-escape type”, and “invasion type”. These PFTs appear to reflect vegetation-environment dynamics well. Taking *Digitaria sanguinalis* as an example, it is widely distributed in most habitat types of the riparian zone ecosystem. Therefore, we classified it as a widespread type. *Alternanthera philoxeroides*, with a strong adaptability and asexual reproduction ability, mainly distributed in the flood terrace shaping the film distribution pattern, is a typical invasive species. The same function group of species shows significant connection, occurring together more likely in the same habitat. In the long term growth evolution process, they can adapt to the similar resource and environment and have the similar responses to disturbance. Furthermore, due to the long term of natural and anthropogenic disturbance, together with the invasion of alien species, the biological diversity and ecological security of the riparian zone ecosystem in the Yiluo River is facing serious challenges. The problem of habitat fragmentation and biological invasion is serious in the Yiluo riparian ecosystems, and the local government should strengthen and improve the management of ecological safety.

Key Words: plant functional groups; dominant species; interspecific correlation; herbaceous vegetation; the riparian zone of the Yiluo River

植物功能群是对特定环境有相似反应的一类物种^[1]。它是具有确定植物功能特征的一系列植物的组合,是研究植被随环境动态变化的基本单元^[2-3]。国内外有关生态系统植物功能群的研究正逐步兴起,越来越多的学者开始关注这一领域的研究。一些学者在研究中发现组成生态系统的植物种具有冗余性,功能相似而环境敏感性不同的物种稳定了生态系统过程^[4-5],建议在确定哪些物种是冗余种时使用“功能群”这一概念^[6]。植物功能群的分类要考虑结构、功能特点和重要的限制因子等,并与分类学是相互联系的。此外,还要考虑进化历史、资源利用、干扰响应、恢复能力以及在生态系统中的角色等^[7]。

河岸带是连接陆地生态系统和水域生态系统的关键系统,具有较高的物种多样性^[8-9]。由于河岸带地形地貌的复杂性和特殊性,加上人为干扰及洪水等引起的自然干扰,导致河岸带生境的时空异质性很高^[10]。草本植物是生态系统的先锋植物,也是退化生态系统的保留植物,它适应力强,有较宽的生态位。由于其生活史短暂,且能及时调整以应对不同时期生活环境的变化,因而群落物种组成具有不稳定性与多变性。同时,人为和自然干扰的影响使河岸带草本植物的分布规律更加多变。所以,草本植物的分布状况更能反应出自然或人为因素所导致的环境的微小变化。这些变化下各种草本植物间有什么相似性与相异性? 其在不同生境中的分布规律如何? 通过对其进行功能群分类,可以简化对整个河岸带生态系统在人为和自然干扰下草本植物分布规律的理解。

伊洛河属黄河中游南岸的一级支流。目前关于伊洛河流域的研究主要集中于伊洛河流域典型地段植被景观格局^[11-14]及河漫滩物种多样性^[15]的研究。本文以伊洛河河岸带生态系统不同生境类型下的草本植物为研究对象,在 χ^2 检验基础上,结合联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 来测定伊洛河河岸带草本植物优势种群的种间联结性。通过揭示河岸带生态系统各优势种群间的相互关系,寻求物种在不同环境条件下与周围环境协调共存的关系,进一步探索运用优势种群间关联划分植物功能群的方法。同时为河岸带植被物种多样性安全、资源可持续利用和河岸带管理提供参考。

1 研究区域概况

伊洛河是黄河中游南侧的一条重要水系,位于河南省偃师市及巩义市,因洛河和伊河在偃师市杨村附近汇聚后而称为伊洛河,在巩义市洛口以北汇入黄河。伊洛河流域属大陆性季风气候区,处在我国南北雨区的分界线上,冬季寒冷多雪,春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季阴雨连绵。年平均气温由北向南,由西向东递增。年均气温 7.8—13.9℃,最高 37—40.8℃,最低 -11.8—21.6℃。年均降水量 710—930 mm。年日照 1860—2130 h。无霜期 230 d。流域内以平原为主,属于冲积平原。该区地势平坦,土质肥沃,是河南省主要粮食基地之一。

2 研究方法

用群落生态学的方法调查伊洛河河岸带生态系统草本植物,选取优势度较大的物种进行种间联结分析,并结合它们在不同生境类型的分布状况,划分以优势种为主体的草本植物功能群。

2.1 样方调查

在前期踏查的基础上,于 2008 年 8 月沿河岸带依次选取 6 个典型样点(表 1),每个样点选取 3 种生境类型(农田、河滩和人工杨树林)的样地,每个样地 20 m×20 m。在样地的四角及中央各设置 1 个 1 m×1 m 草本层样方,共 90 个样方。调查指标包括草本植物名称、个体数、盖度、株高,群落的年龄结构及干扰程度等。

2.2 优势种的选取及数据的处理

2.2.1 优势种的选取

结合出现次数和重要值可以较好的反映物种在某一生境下的分布状况,由此确定研究区域的优势种群,得到 27 种优势种。

表 1 样地概况

Table 1 Geographical conditions of the sampling plots

样点编号 No.	地点 Site	海拔/m Altitude	经度 E Longitude	纬度 N Latitude
1	巩义 入黄口	101	113°03'30.3"	34°50'04.4"
2	古桥	104	113°00'21.2"	34°47'40.2"
3	东黑石关	106	112°56'35.7"	34°44'02.4"
4	偃师 石家庄	108	112°55'43.8"	34°43'09.9"
5	塔庄	111	112°45'11.6"	34°42'38.4"
6	龙虎滩	118	112°37'48.9"	34°42'26.9"

2.2.2 种间联结测定方法

以 27 种优势种和 90 个样方构成 27×90 的种-样方二元数据矩阵作为 χ^2 检验的原始数据。依据上述原始数据矩阵,构造出 27 种优势种 351 个种对的 2×2 列联表。然后以 χ^2 检验为基础,结合联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 等方法共同测定物种间联结性^[16]。

(1) 检验两个物种是否关联常用 χ^2 检验。由于取样为非连续性取样,因此使用非连续性数据的 Yates 连续校正 χ^2 值计算:

$$\chi^2 = \frac{(|ad - bc| - 0.5n)^2 n}{(a + b)(a + c)(b + d)(c + d)}$$

式中, n 为取样总数, a 为两物种均出现的样方数, b, c 分别为仅有 1 种物种出现的样方数, d 为两物种均未出现的样方数。当 $ad > bc$ 时为正联结, $ad < bc$ 时为负联结。若 $6.635 > \chi^2 > 3.841$ ($0.01 < P < 0.05$) 则表示种对间联结性显著,若 $\chi^2 > 6.635$ ($P < 0.01$) 表示种对间联结性极显著。

(2) 联结系数 AC 联结系数 AC 用来进一步检验由 χ^2 检验所测出的结果及说明种间联结程度。其计算公式为:

$$\text{若 } ad \geq bc, \text{ 则 } AC = (ad - bc) / [(a + b)(b + d)]$$

若 $bc > ad$ 且 $d \geq a$, 则 $AC = (ad - bc) / [(a + b)(a + c)]$

若 $bc > ad$ 且 $d < a$, 则 $AC = (ad - bc) / [(b + d)(d + c)]$

AC 的值域为 $[-1, 1]$ 。 AC 值越趋近于 1, 物种间的正联结性越强; 相反, AC 值越趋近于 -1, 物种间的负联结性越强; AC 值为 0, 物种间完全独立。

(3) 共同出现百分率 PC 共同出现百分率 PC 常用来测度物种间正联结程度。其计算公式为:

$$PC = a / (a + b + c)$$

PC 的值域为 $[0, 1]$, 值越趋近于 1, 则该种对的正联结越紧密。

3 结果与分析

3.1 优势种的确定

结合出现次数和重要值来确定研究区域的 27 种优势种群(表 2)。

表 2 研究区草本层优势种与排序

Table 2 The name and number of herbaceous layer dominant species at the experimental sites

物种编号 Species number	优势种 Dominant species	出现样方数 Times of appearance	物种编号 Species number	优势种 Dominant species	出现样方数 Times of appearance
1	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	68	15	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	16
2	牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	56	16	莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i>	15
3	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	40	17	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	13
4	小白酒草 <i>Conyza canadensis</i>	30	18	红蓼 <i>Polygonum orientale</i>	13
5	播娘蒿 <i>Descurainia sophia</i>	28	19	褐穗莎草 <i>Cyperus fuscus</i>	13
6	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	25	20	艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	13
7	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i>	23	21	稗子 <i>Echinochloa crusgalli</i>	12
8	葎草 <i>Humulus scandens</i>	23	22	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	12
9	巴天酸模 <i>Rumex patientia</i>	19	23	刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>	10
10	藜 <i>Chenopodium album</i>	17	24	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	10
11	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	17	25	鬼针草 <i>Bidens bipinnata</i>	7
12	铁苋菜 <i>Acalyha australis</i>	17	26	苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	7
13	喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	16	27	大蓟 <i>Cirsium souliei</i>	7
14	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	16			

3.2 种间关联测定的 χ^2 值、 AC 值和 PC 值特征分析

如图 1—图 3 及表 3 所示,各指标间差异明显。 χ^2 检验虽能较精确地反映种对间关联的显著程度,但它仅能得出关联性显著与否。对那些经检验不显著的种对,并不意味着不存在关联性。联结系数 AC 和共同出现百分率 PC 则更能体现出那些经 χ^2 检验不显著的关联性来。 AC 值和 PC 值虽能反映种间关联性的相对强弱,但对关联性强弱的等级划分缺少统一标准;且当物种出现次数较少,特别是当 $a=0$ 时, AC 值和 PC 值均会夸大物种间的联结性,甚至得出不同的结论。如刺儿菜、西伯利亚蓼、鬼针草、苍耳、大蓟等物种出现次数较少,与其他优势种的 a 值等于零的几率较大。极显著负关联(即 $AC < -0.60$) 高达 144 对(图 2 和表 3),正是这种原因造成的。当物种数目较多、取样数目较大时, PC 值虽能避免高 d 值所造成的 AC 值偏高的缺点,但 PC 值仅能较准确地反映物种间正联结性强弱。因为当 a 值较小时,忽视 d 值的影响,就夸大了 a 、 b 、 c 值的作用,同时也会夸大负联结性的强度(图 3)。对于出现在较少样方中的物种来说,这种现象更加明显。这就是说, AC 、 PC 值在物种分布相对均匀时所做出的结果比较可靠。而在河岸带生态系统中,长期的人为或自然干扰下景观破碎化导致生境类型的差异性比较明显,这样物种分布的均匀度就比较差。

综上所述,选取 27 个优势度相对较大的物种,以 χ^2 检验为基础, AC 、 PC 值为辅助参数,对伊洛河河岸带生态系统主要优势种种间联结性进行分析。

表 3 χ^2 检验、AC 值和 PC 值对比
Table 3 The comparison of χ^2 -test, AC values and PC values

检验方法 Test methods	正联结 Positive correlations			负联结 Negative correlations			无关联 None correlations
χ^2 检验	$P<0.01$	$0.01<P<0.05$	$P>0.05$	$P<0.01$	$0.01<P<0.05$	$P>0.05$	$ad=bc$
χ^2 -test	10	9	127	2	7	193	3
AC 值	$AC\geq 0.60$	$0.20\leq AC<0.60$	$0.05\leq AC<0.20$	$AC<-0.60$	$-0.60\leq AC<-0.20$	$-0.20\leq AC<-0.05$	$0.05\leq AC<-0.05$
AC values	0	29	71	144	35	17	55
PC 值	$PC\geq 0.7$	$0.4\leq PC<0.7$	$0.2\leq PC<0.4$	—	—	—	$0\leq PC<0.2$
PC values	0	6	42	—	—	—	303

3.3 种间关联性结果分析

χ^2 检验结果表明(图 1,表 3),伊洛河河岸带草本层植物优势种群间的种间关联中正关联种对 146 对,占总对数的 41.60%;负关联种对 202 对,占总对数的 57.55%;无关联种对 3 对;正负关联比为 0.73, χ^2 检验的显著率(含极显著)为 7.69%。表现出显著负联结的种对有:播娘蒿对马唐和牛筋草,荻草对播娘蒿和朝天委陵菜,牛筋草对狗牙根,马唐对朝天委陵菜;极显著负联结的种对有:狗牙根对马唐,莲子草对牛筋草。呈现显著和极显著正关联的种对主要有:播娘蒿对朝天委陵菜、巴天酸模、喜旱莲子草和褐穗莎草等。

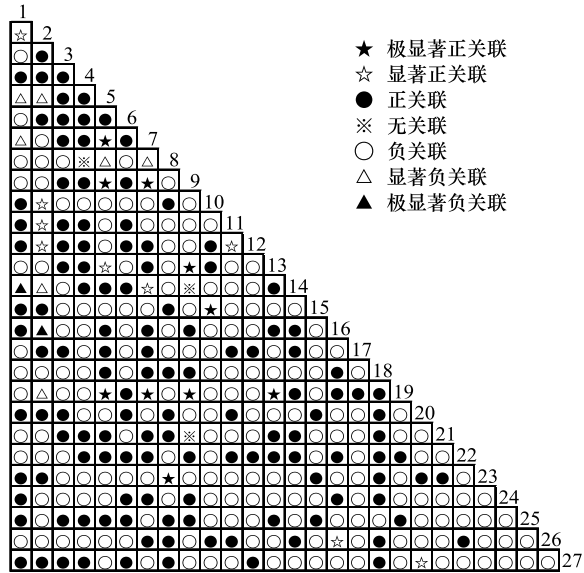


图 1 草本层优势种种间联结分析 χ^2 值半矩阵图

Fig. 1 The χ^2 value Semi-matrix graph of interspecific association of dominant species in herbage-layer

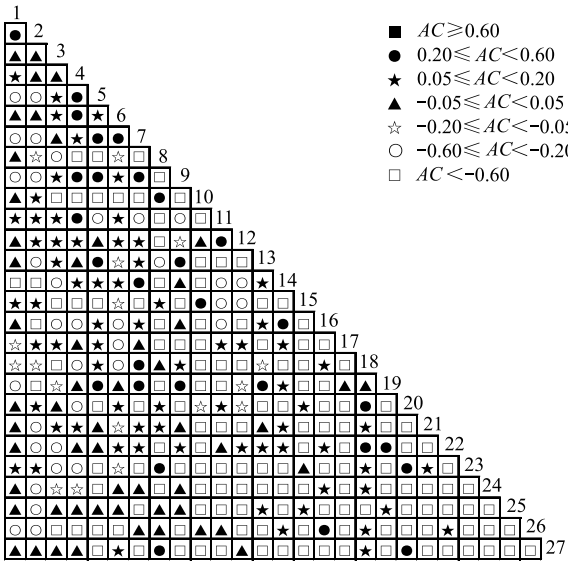


图 2 草本层优势种种间联结分析 AC 值半矩阵图

Fig. 2 The AC value Semi-matrix graph of interspecific association of dominant species in herbage-layer

3.4 功能群划分

以正联结为基础、负联结为界限划分植物功能群。同一功能群物种,两两间正联结性为原则,结合优势种对生境类型的响应(图 4)等可以把伊洛河河岸带生态系统草本植物划分为以下 5 组功能群:

广布型 马唐,牛筋草,小白酒草,狗尾草。分布广泛,几乎出现在河岸带生态系统所有生境类型中。

湿生型 又可以分为两个亚型。

第一亚型 播娘蒿,铁苋菜,马齿苋,鳢肠,大蓟,刺儿菜,主要分布于农田及人工杨树林下湿润环境;

第二亚型 朝天委陵菜,红蓼,西伯利亚蓼,褐穗莎草,芦苇,巴天酸模,主要分布于河滩一级阶地沼泽地或过水区。

中旱生型 稗子,艾蒿,鬼针草,分布于河滩二级阶地。耐旱,喜光。

农田逃逸型 藜,香附子,马唐,牛筋草,狗牙根。原多分布于农田中,后因适应性强而扩散到其他生境类型中。抗干扰性强。

入侵型 喜旱莲子草,莲子草。主要分布于河滩一级阶地,适应性和无性繁殖能力较强,常成片分布。前者属于典型的入侵种,且被列入我国首批外来入侵种。

分析这些功能群的功能特点和优势种群生态适应性特征可以发现,不同功能群对生境有不同的趋同性适应。不同功能群占据着不同的生态位,对生态资源的利用方式有着显著的差异,尤其是对水分因子的敏感性和耐干扰性程度更明显。功能群类型的不同也从侧面说明河岸带生态系统植物群落随环境水分梯度变化的分布规律及演替趋势。

4 讨论与结论

植物功能群的划分要考虑结构、功能特点及环境因子中的重要限制因子,并与分类学是相互联系的。其中,从结构和功能来划分功能群是比较方便的做法。生境异质性(如土壤、光照、地形等)在一定程度上塑造着植物个体的特征,同时也影响着物种间的相互作用及其在不同空间范围内的组配比例^[17]。植物功能群是对环境因子有相似响应,在生态系统或者生物群区中起相似作用的所有植物种的组合,这种相似性的基础就是它们趋于分享一套关键的植物功能性状^[18]。植物功能群的研究深化已经成为人们探索植被分布格局^[19]、生态系统总体生产力^[20-21]以及群落动态稳定性和抗干扰能力形成机制^[22-23]的突破点。

功能群划分从以植物趋同适应性形态表型为基础逐步向以植物种的生理生态特性的趋同性为基础。特别是以一系列物种的特有属性(如生活型、潜在高度、喜光性、演替阶段和种子传播方式等)^[24-25]、某一特定因子(如光合生理特性^[26-28]、水分利用特性^[21,27]及干扰^[29-30]等)、物种对资源利用的生态策略(分为干扰、竞争和胁迫策略)^[31-32]和一系列环境因子等^[33-34],以及以演替地位和最大潜在高度^[35]、功能特性因子与林分结构因子的结合^[36]为基础的植物功能型划分,使划分结果与生态系统功能之间的关系更加密切。Gitay 和 Noble^[37]根据植物功能群划分方法不同将划分途径分成 3 种:主观途径、演绎途径和数量分类途径。应用二维联列表分析物种间的正负联接性^[38-42]或排序^[43]等方法来划分植物功能群是常见的数量分类方法。

根据种间联接性来划分植物功能群的数量分类方法为功能群划分方法研究提供了很好的依据。生存于同一生境的物种其生态位相似,对资源利用和环境响应大致相同,可以作为划分功能群的依据。表现正联结的种对在同一生境中出现的机率较大,在长期的生长演化过程中,能适应相似的环境和对外界干扰有相似的响应,可以作为划分为同一功能群的依据;表现为负联结的种对对生境的要求不同,对环境 and 外界干扰有不同的响应,共同出现的机率较小,可以作为区分功能群组合的界限。

组成生态系统的植物物种不同,所起功能作用也不同。其中,优势种在生态系统中具有重要作用。很多

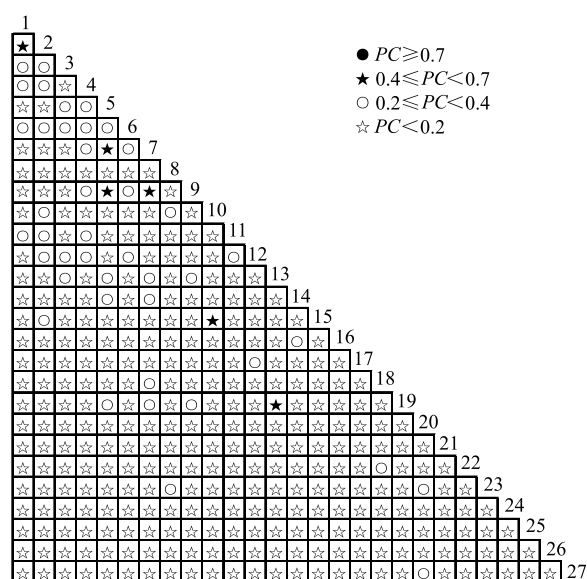


图3 草本层优势种间联结分析 PC 值半矩阵图

Fig. 3 The PC value Semi-matrix graph of interspecific association of dominant species in herbage-layer

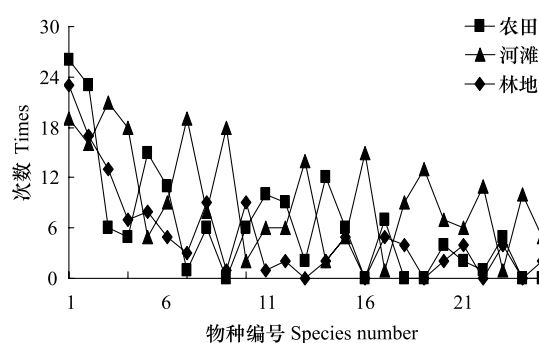


图4 草本层优势种在不同生境中的出现次数

Fig. 4 Distributions of dominant herb species in different habitat types

有关植物功能群的研究,无论以什么样的目的、选取什么样的功能指标来划分功能群,其研究对象都是优势种。功能群的划分在实际研究中是很有必要的,因为尽管每个物种对生态系统过程都具有作用,但这种作用的大小和性质有着较大的差别。通常我们也不可能知道每个物种在生态系统过程中的相对贡献大小^[44],但优势种左右着群落结构,能更好的体现一个地区的生态系统状态。一个群落中的优势种,特别是演替顶级群落中的优势种,或者至少是特征种就比次要种更能成为有用的指示植物^[45]。

据此,结合出现次数和重要值选取 27 种优势种,以 χ^2 检验为基础,AC 值、PC 值为辅助参数,可以将伊洛河河岸带生态系统草本植物划分为 5 组功能群:广布型、湿生型、中旱生型、农田逃逸型及入侵型。这 5 组功能群基本上反映了不同环境条件下不同结构与功能的草本植物的分布情况。也就是说利用优势种划分植物功能群,进一步具体研究不同植物不同生境间的联系及动态关系具有很高的可行性。值得注意的是,不同功能群物种间并不是绝对的差异,只是从某一方面来讲它们有着一些不同之处,如马唐和稗子,尽管它们之间也有许多形态相似的地方,但并没有把它们划分为一组。农田逃逸型与广布型功能组均为适应性及抗干扰能力较强物种,且物种间有很大的相似性,在此单独列出是为了突出其生境特征及物种的抗干扰能力。入侵型功能组也可以划归湿生型组,在此将喜旱莲子草和莲子草单独列为一组是为了突出其重要性,以引起有关部门的重视。

本研究中, χ^2 检验正相关种对数明显小于负相关种对数。这可能是因为随着工农业的发展和人口的激增,河流及邻近区域成为人类活动的主要场所,导致河岸带生态系统受人类活动干扰加剧,河岸带植被破坏严重,生物多样性下降,景观破碎化严重。同时,外来物种的入侵不仅影响被入侵地的生态系统,当其成功繁殖后,会造成对本地植物族群的伤害,甚至会导致本地种的灭绝。再者也可能是样方选取过程中,生境类型差异明显造成的。

河岸带生态系统虽然物种组成丰富,生产力高,但同时也是脆弱的。长期的自然和人为干扰,加上外来物种的入侵,河岸带生态系统的生物多样性和生态安全面临着严峻的挑战。莲子草和外来入侵种喜旱莲子草几乎出现在整个伊洛河河岸带一级阶地的所有样方中。它们与本地种竞争资源、危及本地种生存,甚至会加速河岸带生物多样性的丧失和物种灭绝。

References:

- [1] Kleyer M. Validation of plant functional types across two contrasting landscapes. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13(2):167-178.
- [2] Smith T M, Woodward F I, Shugart H H. Plant function types. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- [3] Woodward F I, Cramer W. Plant Functional Types and climatic changes: introduction. *Journal of Vegetation Science*, 1996, 7(3):306-308.
- [4] Chapin F S III, Walker B H, Hobbs R J, Hooper D U, Lawton J H, Sala O E, Tilman D. Biotic Control over the functioning of ecosystems. *Science*, 1997, 277(5325): 500-504.
- [5] Tilman D, Knops J, Wedin D, Reich P, Ritchie M, Siemann E. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 1997, 277(5330):1300-1302.
- [6] Walker B H. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*, 1992, 6(1):18-23.
- [7] Hu N, Fan Y L, Ding S Y, Liao B H. Progress in researches on plant functional groups of terrestrial ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7):3302-3311.
- [8] Naiman R J, Décamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 1993, 3(2): 209-212.
- [9] Naiman R J, Décamps H. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997, 28:621-658.
- [10] Naiman R J, Bilby R E, Bisson P A. Riparian ecology and management in the Pacific Coastal Rain Forest. *BioScience*, 2000, 50(11): 996-1011.
- [11] Qian L X, Ding S Y, Xu S M. Landscape spatial structure of various Landform Rype areas in Yiluo river basin: a case study of Luoning County. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(5): 604-611.
- [12] Qian L X, Li S, Li H W, Ding S Y. Characteristic analysis on the patch sizes of forest landscape in the Yiluo river catchment-a case study from Luoning County. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(3):22-24.
- [13] Qian L X, Li S, Zhang X W. Changes on vegetation landscape pattern in the typical district of Yiluo river valley — a case study from Luoning County, Henan Province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13(1):49-52.

- [14] Ding S Y, Liang G F. Analysis of geographic environmental factors on forest landscape dynamics of Yiluo river basin. *Geographical Research*, 2007, 26(5):906-915.
- [15] Guo Y L, Su S, Ding S Y, Liang G F. Species diversity of riparian herbaceous community in the upper Luo river riparian zones. *Journal of Henan University: Natural Science*, 2011, 41(1):67-71.
- [16] Wang B S. *Plant Community*. Beijing: Higher Education Press, 1987.
- [17] Zang R G, Zhang Z D. Plant functional groups and their dynamics in tropical forests: a review. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(12):3289-3296.
- [18] Díaz S, Cabido M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 2001, 16(11):646-655.
- [19] Weng E S, Zhou G S. Defining plant functional types in China for global change studies. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(1):81-97.
- [20] Wang C T, Long R J, Ding L M. The effects of differences in functional group diversity and composition on plant community productivity in four types of alpine meadow communities. *Biodiversity Science*, 2004, 12(4):403-409.
- [21] Wang G J, Wang S P, Hao Y B, Cai X C. Effect of grazing on the plant functional group diversity and community biomass and their relationship along a precipitation gradient in Inner Mongolia Steppe. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(7):1649-1656.
- [22] Bai Y F, Chen Z Z. Effects of long-term variability of plant species and functional groups on stability of a *Leymus chinensis* community in the Xilin river basin, Inner Mongolia. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(6):641-647.
- [23] Wang Z W, Xing F, Zhu T C, Li X C. The response of functional group composition and species diversity of *Aneurolepidium chinense* grassland to flooding disturbance on Songnen Plain, northeastern China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(6):708-716.
- [24] Gondard H, Romane F, Arnoson J, Shater Z. Impact of soil surface disturbances on functional group diversity, after clear-cutting in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) forests in southern France. *Forest Ecology and Management*, 2003, 180(1/3):165-174.
- [25] Chazdon R L, Careaga S, Webb C, Vargas O. Community and phylogenetic structure of reproductive traits of woody species in wet tropical forests. *Ecological Monographs*, 2003, 73(3):331-348.
- [26] Zhu Y J, Gao Q, Liu Q S, Xu X, Zhou C. Aggregation of plant functional types based on models of stomatal conductance and photosynthesis. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(5):873-882.
- [27] Niu S L, Jiang G M, Gao L M, Li Y G, Jiang C D, Liu M Z, Cui H X, Ding L, Peng Y. Comparison of photosynthesis and water use efficiency between three plant functional types in Hunshandak sandland. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4):699-704.
- [28] Zheng S X, Shangguan Z P. Photosynthetic characteristics and their relationships with leaf nitrogen content and leaf mass per area in different plant functional types. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1):171-181.
- [29] Baker T R, Swaine M D, Burslem D F R P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2003, 6(1/2):21-36.
- [30] Arets E J M M, van der Hout P, Zagt R J. Responses of tree populations and forest composition to selective logging in Guyana//ter Steege H, ed. *Long-Term Changes in Tropical Tree Diversity. Studies From the Guiana Shield, Africa, Borneo and Melanesia. Tropenbos Series*. Wageningen: Tropenbos International, 2003, 22:99-115.
- [31] Hermy M, Honnaya O, Firbank L, Grashof-Bokdam C, Lawesson J E. An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation*, 1999, 91(1):9-22.
- [32] Reich P B, Wright I J, Cavender-Bares J, Craine J M, Olesksyn J, Westoby M, Walters M B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Science*, 2003, 164(S3):S143-S164.
- [33] Selmanns P C, Knight D H. Understory plant species composition 30—50 years after clearcutting in southeastern Wyoming coniferous forests. *Forest Ecology and Management*, 2003, 185(3):275-289.
- [34] Potts M D, Ashton P S, Kaufman L S, Plotkin J B. Habitat patterns in tropical rain forests: a comparison of 105 plots in northwest Borneo. *Ecology*, 2002, 83(10):2782-2797.
- [35] Zhang Z D, Zang R G. Predicting potential distributions of dominant woody plant keystone species in a natural tropical forest landscape of Bawangling, Hainan Island, south China. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(6):1079-1091.
- [36] Zhang Z D, Zang R G. Influence of ecological factors on distribution of woody plant functional types in a natural tropical forest landscape, Bawangling, Hainan Island, south China. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(6):1092-1102.
- [37] Gitay H, Noble I R. What are functional types and how should we seek them? //Smith T M, Shugart H H, Woodward F I, eds. *Plant Functional Types: Their Relevance to Ecosystem Properties and Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- [38] Fan Y L, Hu N, Ding S Y, Zhai Y J, Liu J, Liao B H, Lu X L. The classification of plant functional types based on the dominant herbaceous species in forest ecosystem at Funiu Mountain national natural reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7):3092-3101.
- [39] Hu N, Fan Y L, Ding S Y, Lu X L. Classification of plant functional types based on the dominant tree species in forest ecosystem at Funiu Mountain national natural reserve, East China. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(5):1104-1115.
- [40] Hu N, Fan Y L, Ding S Y. Functional group classification of shrub species in the Funiu Mountain forest ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8):4017-4025.
- [41] Zhang G P, Zhang F, Ru W M. Interspecific correlations among dominant populations of ligneous species in Mianshan Mountain of Shanxi. *Chinese*

Journal of Ecology, 2006, 25(3):295-298.

- [42] Wang L, Zhang J T. Interspecific association and correlation of dominant species of Lishan Mountain meadow in Shanxi Province. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2004, 24(8):1435-1440.
- [43] Deng F Y, Zang R G. The identification of functional groups in a secondary tropical montane rain forest of Hainan Island, south China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(8):3240-3249.
- [44] Bai Y F, Zhang L X, Zhang Y. Changes in plant functional composition along gradients of precipitation and temperature in the Xilin River Basin, Inner Mongolia. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(3):308-316.
- [45] Hodgson J G, Wilson P J, Hunt R, Grime J P, Thompson K. Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problems. *Oikos*, 1999, 85(2):282-294.

参考文献:

- [7] 胡楠, 范玉龙, 丁圣彦, 廖秉华. 陆地生态系统植物功能群研究进展. *生态学报*, 2008, 28(7):3302-3311.
- [11] 钱乐祥, 丁圣彦, 许叔明. 伊洛河流域不同地貌类型区的景观空间结构对比分析——以洛宁县为例. *地理科学*, 2003, 23(5):604-611.
- [12] 钱乐祥, 李爽, 李红伟, 丁圣彦. 伊洛河流域森林景观要素斑块特征分析——以河南省洛宁县为例. *中国生态农业学报*, 2003, 11(3):22-24.
- [13] 钱乐祥, 李爽, 张晓伟. 伊洛河流域典型地段植被景观格局变化研究——以河南省洛宁县为例. *中国生态农业学报*, 2005, 13(1):49-52.
- [14] 丁圣彦, 梁国付. 地理环境因素对伊洛河流域森林景观的影响. *地理研究*, 2007, 26(5):906-915.
- [15] 郭屹立, 苏思, 丁圣彦, 梁国付. 洛河上游河漫滩草本植物群落物种多样性研究. *河南大学学报: 自然科学版*, 2011, 41(1):67-71.
- [16] 王伯荪. *植物群落学*. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [17] 臧润国, 张志东. 热带森林植物功能群及其动态研究进展. *生态学报*, 2010, 30(12):3289-3296.
- [19] 翁恩生, 周广胜. 用于全球变化研究的中国植物功能型划分. *植物生态学报*, 2005, 29(1):81-97.
- [20] 王长庭, 龙瑞军, 丁路明. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响. *生物多样性*, 2004, 12(4):403-409.
- [21] 王国杰, 汪诗平, 郝彦宾, 蔡学彩. 水分梯度上放牧对内蒙古主要草原群落功能群多样性与生产力关系的影响. *生态学报*, 2005, 25(7):1649-1656.
- [22] 白永飞, 陈佐忠. 锡林河流域羊草草原植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响. *植物生态学报*, 2000, 24(6):641-647.
- [23] 王正文, 邢福, 祝廷成, 李宪长. 松嫩平原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹干扰的响应. *植物生态学报*, 2002, 26(6):708-716.
- [26] 朱玉洁, 高琼, 刘峻杉, 徐霞, 周婵. 基于气孔导度和光合模型的植物功能类群合并问题. *植物生态学报*, 2007, 31(5):873-882.
- [27] 牛书丽, 蒋高明, 高雷鸣, 李永庚, 姜闯道, 刘美珍, 崔红霞, 丁莉, 彭羽. 浑善达克沙地不同植物功能型光合作用和水分利用特征的比较. *生态学报*, 2005, 25(4):699-704.
- [28] 郑淑霞, 上官周平. 不同功能型植物光合特性及其与叶氮含量、比叶重的关系. *生态学报*, 2007, 27(1):171-181.
- [35] 张志东, 臧润国. 海南岛霸王岭热带天然林景观中主要木本植物关键种的潜在分布. *植物生态学报*, 2007, 31(6):1079-1091.
- [36] 张志东, 臧润国. 海南岛霸王岭热带天然林景观中木本植物功能型分布的影响因素. *植物生态学报*, 2007, 31(6):1092-1102.
- [38] 范玉龙, 胡楠, 丁圣彦, 翟元杰, 柳静, 廖秉华, 卢训令. 伏牛山自然保护区森林生态系统草本植物功能群的分类. *生态学报*, 2008, 28(7):3092-3101.
- [39] 胡楠, 范玉龙, 丁圣彦, 卢训令. 伏牛山自然保护区森林生态系统乔木植物功能型的分类. *植物生态学报*, 2008, 32(5):1104-1115.
- [40] 胡楠, 范玉龙, 丁圣彦. 伏牛山森林生态系统灌木植物功能群分类. *生态学报*, 2009, 29(8):4017-4025.
- [41] 张桂萍, 张峰, 茹文明. 山西绵山植被木本植物优势种群间关联. *生态学杂志*, 2006, 25(3):295-298.
- [42] 王琳, 张金屯. 历山山地草甸优势种的种间关联和相关分析. *西北植物学报*, 2004, 24(8):1435-1440.
- [43] 邓福英, 臧润国. 海南岛热带山地雨林天然次生林的功能群划分. *生态学报*, 2007, 27(8):3240-3249.
- [44] 白永飞, 张丽霞, 张炎, 陈佐忠. 内蒙古锡林河流域草原群落植物功能群组成沿水热梯度变化的样带研究. *植物生态学报*, 2002, 26(3):308-316.

CONTENTS

Growth and physiological adaptation of <i>Messerschmidia sibirica</i> to sand burial on coastal sandy	WANG Jin, ZHOU Ruilian, ZHAO Halin, et al (4291)
Alleviation effect and mechanism of exogenous potassium nitrate and salicylic acid on the growth inhibition of <i>Pinus tabulaeformis</i> seedlings induced by deicing salts	ZHANG Ying, LI Fayun, YAN Xia, et al (4300)
Influence of different spatial-scale factors on stream macroinvertebrate assemblages in the middle section of Qiantang River Basin	ZHANG Yong, LIU Shuoru, YU Haiyan, et al (4309)
Species diversity and distribution pattern of non-volant small mammals along the elevational gradient on eastern slope of Gongga Mountain	WU Yongjie, YANG Qisen, XIA Lin, et al (4318)
A patch-based method for mechanism analysis on spatial dynamics of mangrove distribution	LI Chungan, LIU Suqing, FAN Huangqing, et al (4329)
Nutrient heterogeneity in fine roots of six subtropical natural tree species	XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (4343)
Variation of vegetation NDVI and its response to climate change in Zhejiang Province	HE Yue, FAN Gaofeng, ZHANG Xiaowei, et al (4352)
Heterogeneity in fine root respiration of six subtropical tree species	ZHENG Jinxing, XIONG Decheng, HUANG Jinxue, et al (4363)
Characteristics of ammonia-oxidizing bacteria and ammonia-oxidizing archaea abundance in soil organic layer under the subalpine/alpine forest	WANG Ao, WU Fuzhong, HE Zhenhua, et al (4371)
Effect of tillage systems on light fraction carbon in a purple paddy soil	ZHANG Junke, JIANG Changsheng, HAO Qingju, et al (4379)
Effects of prescribed fire on carbon sequestration of long-term grazing-excluded grasslands in Inner Mongolia	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui, et al (4388)
Stoichiometry of carbon dioxide and methane emissions in Minjiang River estuarine tidal wetland	WANG Weiqi, ZENG Congsheng, TONG Chuan, et al (4396)
Distribution and sources of particulate organic carbon in the Pearl River Estuary in summer 2010	LIU Qingxia, HUANG Xiaoping, ZHANG Xia, et al (4403)
The glucose-utilizing bacterial diversity in the cold spring sediment of Shawan, Xinjiang, based on stable isotope probing	CHU Min, WANG Yun, ZENG Jun, et al (4413)
Culture-dependent and culture-independent approaches to studying soil microbial diversity	LIU Guohua, YE Zhengfang, WU Weizhong (4421)
The classification of plant functional types based on the dominant herbaceous species in the riparian zone ecosystems in the Yiluo River	GUO Yili, LU Xunling, DING Shengyan (4434)
Genetic diversity of different eco-geographical populations in endangered plant <i>Prunus mongolica</i> by ISSR Markers	ZHANG Jie, WANG Jia, LI Haoyu, ZHANG Huirong, et al (4443)
Ecophysiological characteristics of higher-latitude transplanted mangrove <i>Kandelia candel</i> in strong tidal range area	ZHENG Chunfang, QIU Jianbiao, LIU Weicheng, et al (4453)
The effect of artificial warming during winter on white clover (<i>Trifolium repens</i> Linn): overwintering and adaptation to coldness in late spring	ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, WANG Jin, et al (4462)
Estimating fine root production and mortality in subtropical <i>Altingia grilipes</i> and <i>Castanopsis carlesii</i> forests	HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (4472)
The cloning and expression of WUE-related gene (<i>PdEPF1</i>) in <i>Populus deltoides</i> × <i>Populus nigra</i>	GUO Peng, JIN Hua, YIN Weilun, et al (4481)
The allelopathy of aquatic rhizome and root extract of <i>Thalia dealbata</i> to seedling of several aquatic plants	MIAO Lihua, WANG Yuan, GAO Yan, et al (4488)
Effect of the avirulent strain of <i>Ralstonia solanacearum</i> on the ecological characteristics of microorganism fatty acids in the rhizosphere of tobacco	ZHENG Xuefang, LIU Bo, LAN Jianglin, et al (4496)
Coupling remotely sensed information with a rice growth model by combining updating and assimilation strategies	WANG Hang, ZHU Yan, MA Mengli, et al (4505)
Effects of water temperature and body weight on metabolic rates of Yellowtail clownfish <i>Amphiprion clarkii</i> (Pisces: Perciformes) during larval development	YE Le, YANG Shengyun, LIU Min, et al (4516)
The distribution of chlorophyll a in the Southwestern Indian Ocean in summer	HONG Lisha, WANG Chunsheng, ZHOU Yadong, et al (4525)
Evaluation of the effects of ecological remediation on the water quality and biological toxicity of Dagou Drainage River in Tianjin	WANG Min, TANG Jingchun, ZHU Wenyong, et al (4535)
Quantitative dynamics of adult population and 3-D spatial pattern of <i>Ceoporus variabilis</i> (Baly)	WANG Wenjun, LIN Xuefei, ZOU Yunding, et al (4544)
Review and Monograph	
Studies on urban heat island from a landscape pattern view: a review	CHEN Ailian, SUN Ranhao, CHEN Liding (4553)
Sediment quality triad and its application in coastal ecosystems in recent years	WU Bin, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (4566)
Discussion	
Food waste management in China: status, problems and solutions	HU Xinjun, ZHANG Min, YU Junfeng, et al (4575)
Scientific Note	
Effects of microchemical substances in anaerobic fermented liquid from rice straw and cyanobacteria on <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i> growth	LIU Aimin, XU Shuangsoo, CAI Xin, et al (4585)
Ecological benefit-loss analysis of agricultural ecosystem in Foshan City, China	YE Yanqiong, ZHANG Jiaen, QIN Zhong, et al (4593)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 14 期 (2012 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 14 (July, 2012)

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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



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 70.00 元