

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

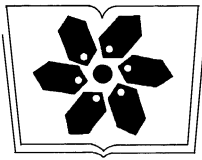
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第7期 Vol.31 No.7 **2011**

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 31 卷 第 7 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

川南天然常绿阔叶林人工更新后土壤氮库与微生物的季节变化·····	龚 伟,胡庭兴,王景燕,等 (1763)
IBIS 模拟东北东部森林 <i>NPP</i> 主要影响因子的敏感性·····	刘 曦,国庆喜,刘经纬 (1772)
不同坡位沙棘光合日变化及其主要环境因子·····	靳甜甜,傅伯杰,刘国华,等 (1783)
氮、硫互作对克隆植物互花米草繁殖和生物量累积与分配的影响·····	甘 琳,赵 晖,清 华,等 (1794)
海岛棉和陆地棉叶片光合能力的差异及限制因素·····	张亚黎,姚贺盛,罗 毅,等 (1803)
遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	王建华,任士福,史宝胜,等 (1811)
3 种木本植物在铅锌和铜矿砂中的生长及对重金属的吸收·····	施 翔,陈益泰,王树凤,等 (1818)
施氮水平对小麦籽粒谷蛋白大聚合体粒径分布的调控效应·····	王广昌,王振林,崔志青,等 (1827)
强光下高温与干旱胁迫对花生光系统的伤害机制·····	秦立琴,张悦丽,郭 峰,等 (1835)
环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响·····	温 璐,董世魁,朱 磊,等 (1844)
利用 CASA 模型模拟西南喀斯特植被净第一性生产力·····	董 丹,倪 健 (1855)
北京市绿化树种紫玉兰的蒸腾特征及其影响因素·····	王 华,欧阳志云,任玉芬,等 (1867)
平衡施肥对缺磷红壤性水稻土的生态效应·····	陈建国,张杨珠,曾希柏,等 (1877)
冬小麦种植模式对水分利用效率的影响·····	齐 林,陈雨海,周勋波,等 (1888)
黄土高原冬小麦地 N_2O 排放·····	庞军柱,王效科,牟玉静,等 (1896)
花前渍水预处理对花后渍水逆境下扬麦 9 号籽粒产量和品质的影响·····	李诚永,蔡 剑,姜 东,等 (1904)
低硫氮比酸雨对亚热带典型树种气体交换和质膜的影响·····	冯丽丽,姚芳芳,王希华,等 (1911)
夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗的影响·····	戴灵鹏,罗蔚华,王万贤 (1918)
海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系·····	赵志轩,张 彪,金 鑫,等 (1925)
中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估·····	王 兵,魏江生,胡 文 (1936)
城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例·····	王凤珍,周志翔,郑忠明 (1946)
黄河三角洲植物生态位和生态幅对物种分布-多度关系的解释·····	袁 秀,马克明,王 德 (1955)
基于景观可达性的广州市林地边界动态分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (1962)
红脂大小蠹传入中国危害特性的变化·····	潘 杰,王 涛,温俊宝,等 (1970)
基于线粒体 <i>Cyt b</i> 基因的西藏马鹿种群遗传多样性研究·····	刘艳华,张明海 (1976)
不同干扰下荒漠啮齿动物群落多样性的多尺度分析·····	袁 帅,武晓东,付和平,等 (1982)
秦岭鼯鼠的洞穴选择与危害防控·····	鲁庆彬,张 阳,周材权 (1993)
京杭运河堤坝区域狗獾的栖息地特征·····	殷宝法,刘宇庆,刘国兴,等 (2002)
专论与综述	
微生物胞外呼吸电子传递机制研究进展·····	马 晨,周顺桂,庄 莉,等 (2008)
厌氧氨氧化菌脱氮机理及其在污水处理中的应用·····	王 惠,刘研萍,陶 莹,等 (2019)
问题讨论	
海河流域森林生态系统服务功能评估·····	白 杨,欧阳志云,郑 华,等 (2029)
研究简报	
体重和盐度对中国蛤蚧耗氧率和排氨率的影响·····	赵 文,王雅倩,魏 杰,等 (2040)
虾塘养殖中后期微型浮游动物的摄食压力·····	张立通,孙 耀,赵从明,等 (2046)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 290 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:日斜茅荆坝·河北茅荆坝——地处蒙古高原向华北平原过渡地带的暖温带落叶阔叶林,色彩斑斓,正沐浴着晚秋温暖的阳光。

彩图提供:国家林业局陈建伟教授 E-mail: cites.chenjw@163.com

海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系

赵志轩^{1,2}, 张彪^{2,3}, 金鑫^{2,4}, 翁白莎^{1,2}, 严登华², 鲍淑君²

(1. 天津大学建筑工程学院, 天津 300072; 2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044;
3. 河北工程大学城市建设学院, 邯郸 056038; 4. 大连理工大学土木水利学院, 大连 116023)

摘要: 基于 GIS 技术, 以海河流域为对象, 首先, 分别采用 Fragstats3.3 的标准法和移动视窗法先后分析了流域整体景观格局及其空间分异特征; 然后, 针对流域本身自然地理梯度特点, 分别沿流域纵向(河流流向)梯度和横向(垂直与河流流向)梯度设置了两条样带, 应用移动视窗法计算了景观层次下的斑块面积(AREA_MN)、蔓延度指数(CONTAG)、边界密度(ED)、形状指数(LSI)、斑块密度(PD)、多样性指数(SHDI), 获得了景观沿两个样带方向的梯度格局; 最后, 以高程、降水、气温、人口和 GDP 为环境因子, 以上述 6 个指数值为目标物种, 利用去趋势典范对应分析(DCCA)方法研究了景观梯度格局与环境因子的关系。结果表明: 2000 年海河流域内景观基质为农田, 面积占 55.9%, 流域内景观结构以块状结构为主, 并零散分布有圈层和带状(廊道)结构; 景观梯度格局在两条样带上均表现为类似的特征, 即随景观类型变化呈现不同幅度的波动, 两条样带上均存在较为明显的过渡带; DCCA 分析表明: 景观梯度格局与环境因子关系密切, 区域高程、降水量、温度对流域尺度的景观格局起决定性作用, 人口数量、GDP 则在局部地区对景观格局有着重要影响。

关键词: 景观; 梯度格局; 环境因子; 去趋势典范对应分析; Fragstats

Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin

ZHAO Zhixuan^{1,2}, ZHANG Biao^{2,3}, JIN Xin^{2,4}, WENG Baisha^{1,2}, YAN Denghua², BAO Shujun²

1 Civil Engineering College, Tianjin University, Tianjin 300072, China

2 Water Resources Department, China Institute of Water Resources & Hydropower Research (IWHR), Beijing 100044, China

3 School of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China

4 Department of Civil and Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China

Abstract: The spatial pattern and dynamic evolution of the landscape are jointly influenced by its physical environment, animals and vegetations and human activities on a basin scale. Physical environmental factors including the elevation, climate, hydrology and soil constitute the backdrop of the general landscape pattern formation and evolution. Biological processes exert a significant impact on patch features on a small scale. Human activities, including population growth, economic development and policy factors, play their due roles on any scale.

Landscape pattern analysis, a basis of further researches on landscape functions and dynamics, contributes to analyzing spatial distribution characteristics of landscape components in a quantitative manner. During recent years, great developments have been made on researches about indices and models of landscape pattern evolution in a quantitative way. However, little has been known about gradient patterns and its relationship with environmental factors on a basin scale.

Gradient analysis, which is conducive to revealing driving forces behind landscape evolutionary processes, can reflect the evolutionary laws of spatial landscape patterns. At present, there is still lack of systematic studies on selections among diversified transects and their reflected differences of calculation results of landscape gradient patterns.

During the past two decades, tremendous changes have taken place in its landscape patterns in Haihe River basin.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)专题(2006CB403402-3)

收稿日期: 2010-03-17; **修订日期:** 2010-08-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: volcano0505@163.com

This paper, taking Haihe River Basin as its study area and based on GIS (Geographic Information System) technologies, aims to analyze complete landscape patterns and its spatial differences within the whole basin through standard methods and moving window analysis of Fragstats3.3, and to investigate the relationships between the landscape gradient pattern and environmental factors through detrended canonical correspondence analysis (DCCA); to obtain gradient patterns of the landscapes, two transects which have been set up along both longitudinal (i. e. along river's flow direction) and lateral (i. e. perpendicular to river's flow direction) transects were cut off from the origin landscape data. Then 6 metrics (AREA_MN、CONTAG、ED、LSI、PD、SHDI) under the landscape level were calculated by Moving window approach; And the relationships between landscape gradient patterns and their driving environmental factors including elevation, precipitation, temperature, population and GDP, with the aforesaid 6 metrics as targets were studied by using DCCA. The results show that farmlands, accounting for 55.9% of the total landscape, compose a major part and were the matrix in Haihe River basin on year 2000. The spatial distribution pattern of landscapes metrics characterized in block structure associated with ring structure and banded (corridor) structure. Blocks dominate the landscape structures in the basin with structures in the forms of ring or banded (corridor) dispersed on it; Two transects showed similar features: they fluctuated in different amplitudes along these transects as landscape types changes, and both existing evident transitional zone. The DCCA analysis results also showed that gradient changes of landscape metrics and environmental factors were closely correlated; regional elevation, precipitation and temperature were the decisive factors for the landscape distribution pattern in the basin scale; yet, population quantity and GDP were also affected the landscape pattern dramatically in regional scale.

Key Words: landscape; gradient pattern; environmental factors; DCCA; fragstats

景观格局包括景观组成单元的类型、数目以及空间分布与配置,是景观空间结构的具体体现,也是景观功能和动态变化的重要因素^[1]。景观格局分析作为景观生态学的基本研究内容,可以数量化地分析景观组分的空间分布特征,是进一步研究景观功能和动态的基础^[2]。近年来,用于定量表征景观格局演变的景观指数及模型方面的研究发展迅速^[3-4],国内外学者结合遥感数据利用景观格局指数对区域景观格局在时间维上的动态演变进行了大量研究,深刻揭示了农田、湿地及森林景观的格局与动态演变规律,并探讨了快速城市化进程给区域景观格局带来的影响^[5-7],但是较少关注景观类型的空间梯度格局问题^[8],21 世纪以来,开始出现城市景观格局及其与城市化进程关系方面的研究^[9-10],但从完整的流域角度研究景观空间格局尚属少见,尤其是流域尺度下景观格局随环境因子梯度的演变规律及相互关系识别的研究更少。

景观格局具有异质性和等级性,异质性是景观类型划分的重要依据,而等级性主要产生于景观格局与过程的尺度效应,使不同尺度间景观格局形成的原因和机制存在显著差异,对于流域尺度而言,景观空间格局及其动态演替是流域内部物理环境、动植物和人类活动 3 种因素的共同作用的结果。其中,物理环境如高程、气候、水文和土壤等环境要素为流域整体景观格局形成及演替提供了背景因素;生物学过程对小尺度上的斑块特征有重要影响,人类活动包括人口增长、经济发展以及政策方面的因素,在各个尺度上均起作用,与区域土地利用格局变化关系密切,甚至可以是导致区域土地利用类型转换的主要驱动因子^[11]。

海河流域是人类开发较早的流域之一,2000 年流域内人口总数为 1.3 亿,GDP 总量为 11632.7 亿元,分别占全国的 10% 和 15%,在我国经济社会发展中占有重要地位,近年来,在全球气候变化和经济社会发展的双重影响,流域内景观格局发生了较大变化。本文以海河流域为例,重点关注流域景观格局的空间梯度特征,并试图探寻其与流域物理环境及人类活动的关系,以期为流域景观总体规划管理提供科学依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

海河流域地理坐标介于东经 112°—120°、北纬 35°—43°之间,流域面积 31.9 万 km²。区内地势西北高、东南低(图 1),西部为山西高原和太行山区,北部为蒙古高原和燕山山区,东部和东南部为广阔平原,区内山

地和平原近乎直接相交,丘陵过渡段很短。流域气候属温带半湿润、半干旱大陆性季风气候,1956—2000 年全区多年平均降雨量 535mm,降雨时空分布呈明显的地带性差异,全区年平均气温在 1.5—14℃,年平均相对湿度 50%—70%,年水面蒸发量介于 850—1300mm 之间。整个流域内高程、降水量、温度梯度变化明显,在东南部平原区,人口密集,城镇居民点众多,人类活动干扰程度大。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源

本研究土地利用数据(2000 年)来自中国科学院遥感所根据 LANDSAT 卫星遥感图像解译出的 1:10 万土地利用数据;DEM 来自美国地质调查局(WGS)的 EROS 建立的 30 弧秒数据(GTOPO30);1970—2000 年均降水和年均气温、2000 年人口和 GDP 数据均来源于中国自然资源数据库,数据空间分辨率均为 1km。所有数据均在 ArcGIS 9.2 平台上生成 Krasovsky_1940_Albers 投影,并将 DEM 重新输出为 1km×1km 的栅格数据。

1.2.2 景观类型划分及样带设置

景观分类是景观格局及其动态过程研究的基础,本研究重点关注流域物理环境和人类活动因素对景观格局的影响,景观格局变化主要体现为土地利用和土地覆被变化,其实只是土地利用格局动态变化^[12],在景观类型划分时,参照土地利用一级分类标准,将流域内景观类型划分为农田、森林、草地、河湖、居民地和其他景观 6 类,分别对应土地利用一级分类中的耕地、林地、草地、水域、城乡、工矿、居民用地和未利用土地,并利用 ESRI 的 ArcView 3.3 Spatial Analyst 将矢量数据转化为 1km×1km 的栅格数据。

流域本身是以河流为中心被分水岭所包围的完整的自然地理区域^[8],作为相对独立的地貌单元,流域自然地理梯度主要体现为沿河流流向的上、中、下游纵向梯度和垂直于河流流向的横向梯度两方面。海河流域支流水系众多、河流流向各异,干流河道并不明显,同时,根据研究目的,需要考虑流域内高程、降水、温度的空间梯度以及流域内人口和 GDP 的分布对景观格局的影响,综上,本次研究最终设置了西北-东南(Tr1)、西南-东北(Tr2)两条样带,其中样带 Tr1 体现流域纵向梯度,样带 Tr2 则反映流域的横向梯度,两样带宽度均为 27km,长度分别为 820.87、313.76km,两条样带相交的中心地理坐标为东经 116°28′17″、北纬 39°48′22″(GCS_Krasovsky_1940)(图 2)。

1.2.3 分析指标及计算方法

景观指数通常能够高度浓缩景观格局信息,其特征可以在单一斑块、斑块类型和景观 3 个层次上分析,为克服单一格局指数的局限性、避免多个指数间可能出现冗余的现象,结合相关研究成果^[13-15]和本文的研究目的,选取类型水平上的景观类型面积(CA)、斑块数量(NP)、平均斑块面积(AREA_MN)、最大斑块指数(LPI)、边界密度(ED)、聚集度指数(COHESION);景观水平上的斑块面积(AREA_MN)、蔓延度指数(CONTAG)、边界密度(ED)、形状指数(LSI)、斑块密度(PD)、多样性指数(SHDI)共 12 个指数进行景观格局分析。各指标计算方法及生态学意义参见文献^[16]。

基于 Fragstats 3.3,首先采用标准法(Standard)分别计算类型和景观水平上指数,获得海河流域景观整体

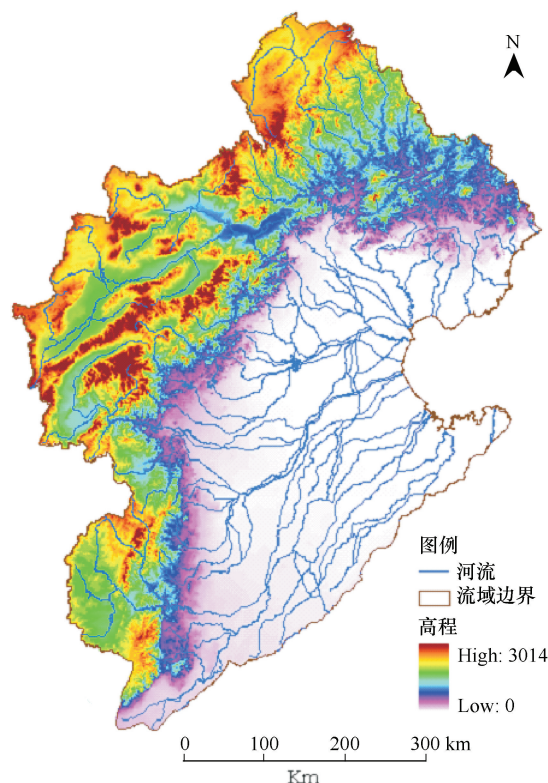


图 1 海河流域地理位置

Fig. 1 Geographical location of Haihe River basin

格局特征;然后采用9km×9km的正方形移动视窗,从流域左上角开始向右向下移动,计算上述景观水平上的6个指数值,分析整个流域内景观格局的空间分布情况;最后根据前面选择的Tr1、Tr2两个样条带,采用27km×27km的正方形窗口,分别沿自西北向东南和自东北向西南两个方向计算上述6个指数值,并基于CANOCO 4.5平台的去趋势典范对应分析(DCCA)方法,计算景观水平上6个指数与对应栅格的环境因子的相关系数,分析景观格局与环境因子之间的相关关系。

由于移动视窗法的计算结果返回窗口中心栅格,为消除边界效应对计算结果的影响,通常需要采用扩展带法扩大研究区域范围,由于海河流域东部为渤海湾,本次研究未作相关处理,因此在上述两种窗口尺寸下,各指数的计算结果分别以初始流域边界为基准向内萎缩了4.5km和13.5km。

2 海河流域景观空间格局分析

2.1 海河流域景观整体格局

景观组分的空间异质性可由层次水平上的斑块面积(CA)、斑块数量(NP)及平均斑块面积(AREA_MN)体现,这3个指数也常被用来表征一定区域内的景观破碎化程度,表1可见,2000年流域内不同景观类型的面积有较大差别,其中景观基质为农田,总面积达到17.83km²,占流域面积的55.9%,森林、草地、河湖与其他景观之和占40.44%,表明海河流域受人类活动干扰程度较大。居民地的斑块数量(NP)最多,未利用土地最少,二者相差3035;就平均斑块面积(AREA_MN)而言,最大为农田,达7490.84 km²,最小为居民地,为324.91km²;由于在本研究尺度下,居民地主要由城镇及农村居民点组成,说明区内城镇及农村居民点数量众多并且较为分散,其他景观总体较少且分布相对较为集中,这点可以从其蔓延度指数(COHESION)值得到验证。森林斑块数量比农田多102,草地斑块数量则比农田多了576,但是二者的平均斑块面积却仅为农田面积的35.23%和27.75%,说明二者的破碎化程度均大于农田。草地LSI值最大、ED值仅次于农田,表明其斑块形状更加不规则;农田的ED值最大,说明其作为基质,被其它景观类型割裂的程度最大,尽管其它景观类型的镶嵌作用降低了农田景观本身的连通性、增加了其破碎化和不规则化的程度,但其COHESION值仍然最高,即农田类型之间衔接程度最高,表明其作为基质,在区域景观类型中占据着优势地位。

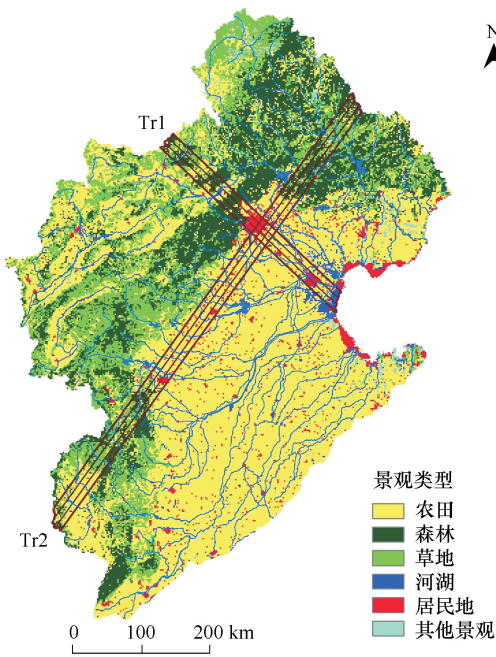


图2 海河流域景观类型及样带设置

Fig. 2 Landscape type and location of the 2 sampling transects in Haihe River basin

表1 海河流域类型水平上景观格局指数值

Table 1 Landscape Metrics Value of Class type in Haihe River basin						
类型 Type	CA/km ²	NP	AREA_MN/km ²	LSI	ED	COHESION
农田 Farmland	17.83	2380	7490.84	56.53	2.95	99.62
森林 Forest	6.01	2278	2638.72	62.73	1.89	98.69
草地 Grass	6.14	2956	2078.76	85.32	2.62	97.81
河湖 River and Lake	0.44	722	604.29	29.12	0.24	81.48
居民地 Residential area	1.17	3593	324.91	55.24	0.73	73.42
其他景观 Other landscape	0.31	558	552.15	28.05	0.19	76.71

CA:景观类型面积 Class area;NP:斑块个数 Number of patches;AREA_MN:平均斑块面积 Average patch area;LSI:景观形状指数 Landscape shape index;ED:边界密度 Edge density;COHESION:聚集度指数 Patch Cohesion index

2.2 景观格局空间分布特征

2000 年海河流域景观水平上的 6 个指数值具有明显的空间分异特征。对流域整体而言,以自西南至东北走向呈弧形分布的太行山、燕山山脉为界,6 个指数值在其两侧均有较大差异(图 3):北部蒙古高原和燕山山区的景观类型以森林和草地为主,区内 PD、ED、LSI、SHDI 值较高,而 AREA_MN、CONTAG 值较低,表明森林、草地景观多由离散的小斑块构成,形状较不规则、破碎化程度较高,由于该地区人口数量少,城镇化水平很低,因此景观格局主要由海拔、降水、温度等自然条件控制。在西部山西高原和太行山区,优势景观同样为森林和草地,但与北部地区不同的是,在高程相对较低、人口相对密集的长治、阳泉、忻州、朔州等地区存在西南-东北方向的条带状农田景观类型,使得该地区出现了 AREA_MN、CONTAG 高值带(区)以及 PD、ED、LSI、SHDI 低值带(区)。流域东南部的华北平原地区是 AREA_MN、CONTAG 两个指数的高值区,LSI、SHDI、PD 和 ED 值则相对较低。此外,居民地(城镇居民点)以及水域作为离散的斑块(湖泊和水库)或连续的廊道(河流)镶嵌在农田景观类型上,使得各景观格局指数不同程度的呈现出圈层、带状(廊道)结构特征。

3 景观空间梯度格局

流域景观格局空间分布差异是景观异质性的具体体现,景观空间格局梯度变化是指在某一区域内景观特征沿着某方向有规律地变化^[1,17],这种变化特征反映了景观异质性的空间相关(空间梯度和趋势度)关系^[18]。

总体而言,在两样带上各指数值均呈现不同幅度的上下波动特征(图 4)。对于沿河流流向的样带 Tr1 而言,各个指数有 3 个明显的波动过程,以 AREA_MN 为例,第 1 个峰值出现在河北省怀来县、北京市延庆县、昌平县交界处,峰值处景观类型为森林,上游地区景观类型以草地、森林和农田为主;第 2 个峰值出现在北京市区,居民地是该区域的优势景观,两个峰值之间属山区向平原过渡的中游地区,景观类型由森林转变为农田和居民地;第 3 个峰值位于流域下游平原地区,区内景观类型以农田为主,并有居民地斑块镶嵌其中,使得 AREA_MN 总体呈下降趋势,到达天津市后居民地景观比重增加,表现为 AREA_MN 的小幅上升,其他指数波动过程与 AREA_MN 相似。

样带 Tr2 垂直于河流流向,仍以 AREA_MN 为例,样带上自东北向西南依次出现了 3 个峰值,到达第 1 个峰值前,样带上景观类型以森林和草地为主,景观破碎程度较高、平均斑块面积相对较小,在经过以农田为优势景观类型北京市顺义县后,达到第 1 个峰值;第 2 个峰值位于河北省定州市境内,区内农田景观面积占市辖区总面积的 97.3%;两峰值间景观类型主要为农田和居民地,AREA_MN 值较第 1 个峰值前高,说明农田景观较森林、草地自然景观的连通性较好;第 3 个峰值位于山西省武乡县境内,优势景观类型仍为农田,第 2、3 峰值间的景观类型主要为草地,其次为森林。

4 景观梯度格局与环境因子的关系

分别以 Tr1、Tr2 两样带上的每个移动视窗作为一个采样点,窗口下的高程、降水、温度、人口、GDP 数据作为环境因子,6 个格局指数计算结果作为目标物种,利用 CANOCO 4.5 下的 DCCA 方法分析两样带上景观格局梯度与环境因子的关系,该方法可以直观的把环境因子、物种、样方同时展现在排序轴的坐标平面上,已成为目前植被梯度分析与环境解释的趋势性分析方法之一^[19]。

4.1 DCCA 计算结果对研究目标的展示度

DCCA 分析表明:海河流域纵、横向景观梯度格局与环境因子对应分析(CA)特征值总和分别为 0.014、0.013。其中样带 Tr1 第 1、3 排序轴特征值分别为 0.004、0.008,两者之和占前 4 轴特征值的 85.71%,第 1 排序轴与景观格局指数相关性 F 检验值为 94.919,为极显著相关($P=0.002$)。第 1 排序轴解释了景观格局指数与环境因子关系的 94.4%。环境因子第 1 排序轴与景观格局指数特征第 1 排序轴的相关系数为 0.607,达到了显著相关($P<0.05$),样带 Tr2 第 1 排序轴特征值为 0.004,占前 4 轴特征值的 30.77%,第 1 排序轴与景观格局指数相关性 F 检验值为 240.88,也为极显著相关($P=0.002$)。第 1 排序轴解释了景观格局指数和环境因子关系的 93.6%。环境因子第 1 排序轴与景观格局指数特征第 1 排序轴的相关系数为 0.582,相关性小于样带 Tr1,但仍显示出较好的相关性($P<0.07$)。两条样带上相关分析结果表明景观格局梯度与环境因子间

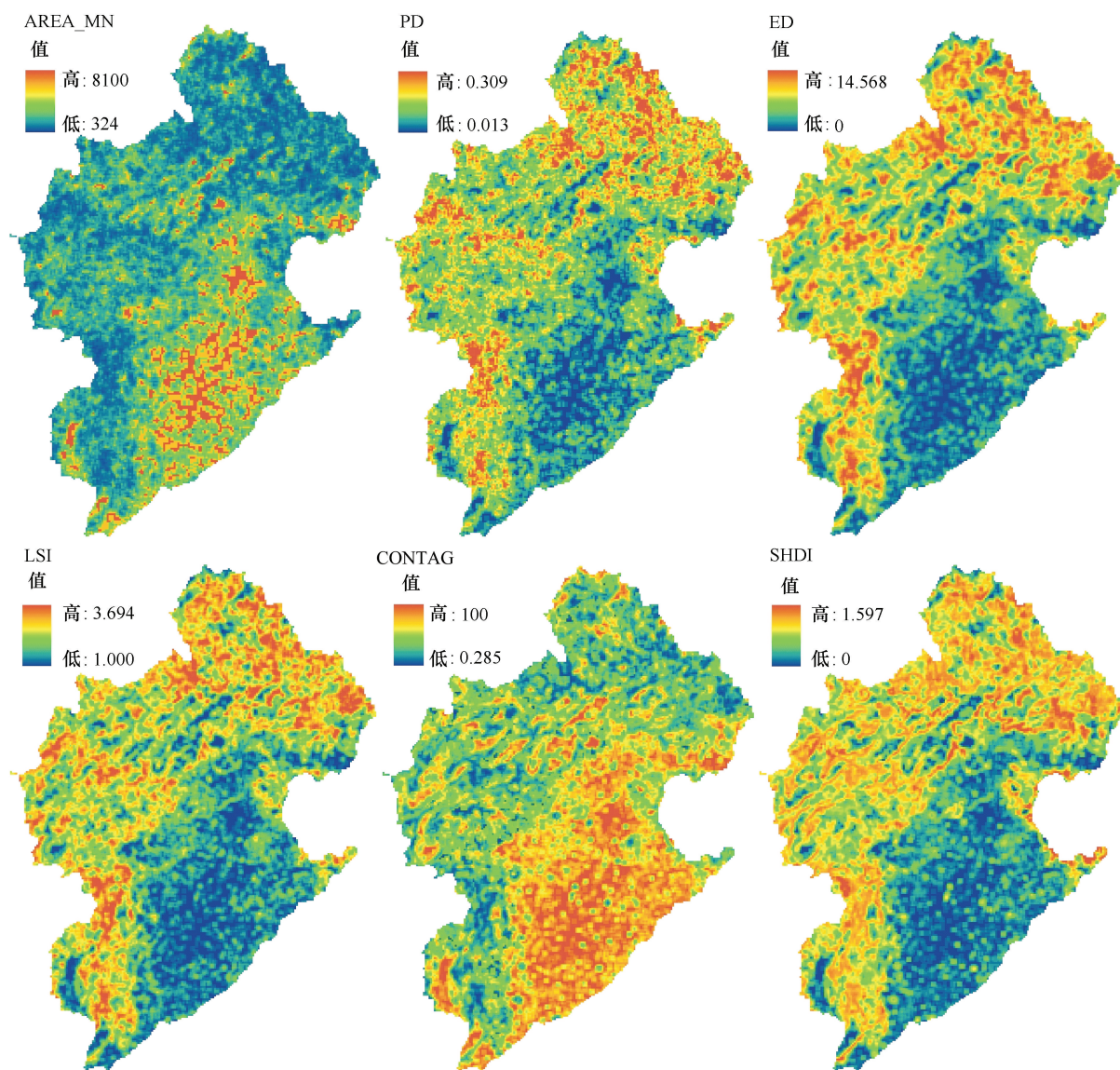


图3 海河流域景观格局指数空间分布特征

Fig. 3 characteristics of spatial distribution of landscape metrics in Haihe River basin

AREA_MN:平均斑块面积 Average patch area; PD:斑块密度 Patch density; ED:边界密度 Edge density; LSI:景观形状指数 Landscape shape index; CONTAG:蔓延度指数 Landscape contagion index; SHDI:景观多样性指数 Shannon diversity index

关系较密切。

4.2 排序轴与环境因子的相关关系

DCCA 排序结果给出了排序轴与环境因子间的相关系数、典范系数及流域内景观格局指数、各采样点和环境因子的排序值。Tr1、Tr2 样带上景观格局指数(S_AX1—S_AX4)与各环境因子(E_AX1—E_AX4)对应相关系数分别见表2、表3。两个样带第一排序轴与高程、降水、温度相关性较好,样带 Tr1 第2轴与人口相关性相对较强,样带 Tr2 第2轴与 GDP、人口相关性相对较强,第1、2排序轴与环境因子的相关分析结果表明:在流域尺度上,高程、降水、温度等自然条件是海河流域景观格局及其空间分布的决定性因素,人口、GDP 等表征人类活动的环境因子则起次要作用。

两样带上的环境因子中,温度与高程均呈显著负相关,降水在 Tr1 样带上与高程也呈负相关关系,而在样带 Tr2 上则与高程呈显著正相关,这是由海河流域降水的时空分布特征导致的:样带 Tr1 自西北向东南海拔

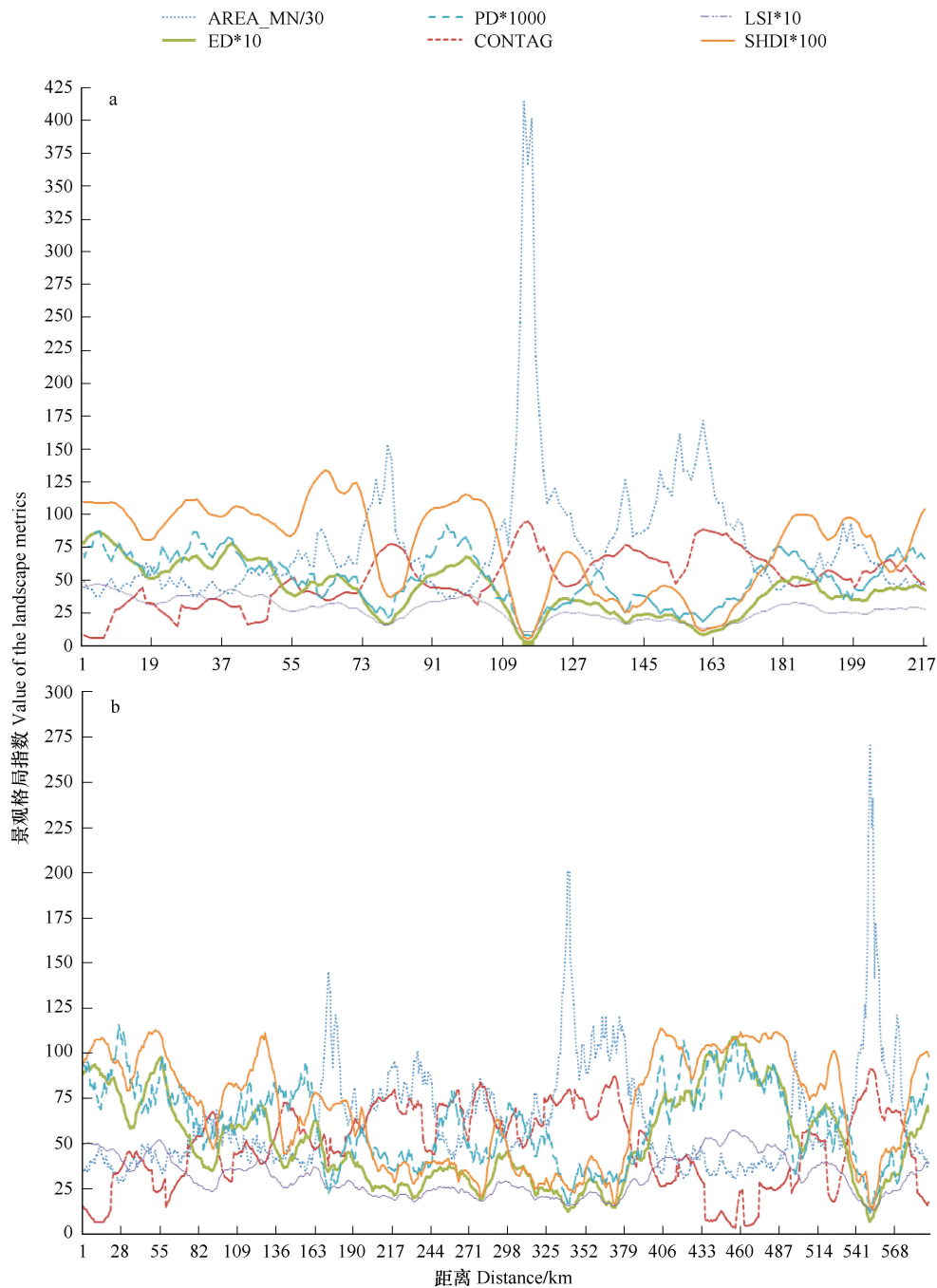


图4 海河流域样带上景观格局指数的梯度变化(a. Tr1:自西北向东南;b Tr2:自东北向西南)

Fig.4 Gradients variation in Landscape Metrics of 2 transects in Haihe River basin (a. from northwest to southeast; b from northeast to southwest)

高度由 1224m 减小为 4m,而降水量则由 407.06mm 上升为 552.87mm;样带 Tr2 西南、东北地区均位于海拔较高的山区,降水量也相对较大。人口和 GDP 具有协同效应,并呈现正相关关系。

4.3 环境因子对景观格局指数的影响程度

为进一步分析各环境因子对不同景观格局指数的影响程度,本文基于 CANOCO 4.5 得到了景观格局指数在 DCCA 排序第 1、2 轴的分布格局,如图 5 所示。该图代表各环境因子影响下样带 Tr1 和 Tr2 上的景观梯度格局特征,其中各环境因子箭头的长度代表其对景观格局指数的影响程度(解释量)大小,而任意两个环境

表2 海河流域样带 Tr1 上景观格局指数 DCCA 排序轴与环境因子间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients matrix of landscape metrics axes, environment axes and environment factors by DCCA in transect Tr1 of Haihe River basin

River basin	S_AX1	S_AX2	S_AX3	S_AX4	E_AX1	E_AX2	E_AX3	E_AX4	E	GDP	POP	P
S_AX2	-0.450											
S_AX3	-0.791	0.626										
S_AX4	0.057	0.671	-0.471									
E_AX1	0.607	—	—	—								
E_AX2	—	0.354	—	—	—							
E_AX3	—	—	0.257	—	—	—						
E_AX4	—	—	—	0.282	—	—	—					
E	0.761	0.043	-0.018	-0.091	0.923	0.121	-0.212	-0.209				
GDP	-0.178	0.122	0.147	0.206	-0.293	0.344	0.436	0.308	-0.437			
POP	-0.187	0.239	0.024	0.099	-0.307	0.677	0.229	0.135	-0.301	0.885		
P	-0.658	-0.125	0.224	0.111	-0.754	-0.354	0.748	0.316	-0.756	0.504	0.335	
T	-0.695	-0.059	0.214	-0.021	-0.919	-0.165	0.867	-0.039	-0.995	0.458	0.315	0.808

S_AX1-S_AX4 为前 4 轴的景观格局指数信息;E_AX1-E_AX4 为前 4 轴的环境因子信息 s;E:高程;P:降水;T:温度;GDP:国内生产总值;POP:人口;—:相关系数为 0

表3 海河流域样带 Tr2 上景观格局指数 DCCA 排序轴与环境因子间的相关系数

Table 3 Correlation coefficients matrix of landscape metrics axes, environment axes and environment factors by DCCA in transect Tr2 of Haihe River basin

River basin	S_AX1	S_AX2	S_AX3	S_AX4	E_AX1	E_AX2	E_AX3	E_AX4	E	GDP	POP	P
S_AX2	-0.146											
S_AX3	-0.813	0.186										
S_AX4	0.030	0.370	-0.007									
E_AX1	0.582	—	—	—								
E_AX2	—	0.470	—	—	—							
E_AX3	—	—	0.128	—	—	—						
E_AX4	—	—	0.071	0.015	—	—	—					
E	0.846	0.043	-0.048	0.003	0.766	0.091	0.173	0.074				
GDP	-0.113	0.287	-0.002	-0.014	-0.193	0.611	0.094	-0.053	-0.281			
POP	-0.180	0.224	0.015	-0.016	-0.309	0.477	0.013	0.014	-0.321	0.547		
P	0.650	0.153	0.079	0.009	0.602	0.326	0.009	0.092	0.919	-0.303	-0.288	
T	-0.739	-0.092	0.112	0.023	-0.926	-0.197	0.001	0.137	-0.802	0.305	0.300	-0.782

S_AX1-S_AX4 为前 4 轴的景观格局指数信息;E_AX1-E_AX4 为前 4 轴的环境因子信息 s;E:高程;P:降水;T:温度;GDP:国内生产总值;POP:人口;—:相关系数为 0

因子箭头间的夹角大小表示二者的相关程度,任意两景观指数之间的距离表征二者空间分布的差异水平,各景观格局指数到某一环境因子轴的投影的位置次序代表这些指数在这一环境梯度上的最适值排序。

由图 5 可见,高程、多年年均降水量、多年年均气温对纵向和横向景观梯度格局影响均相对较大,排序图上各景观指数之间的距离表明 AREA_MN 和 CONTAG 的空间差异水平最小,它们和 LSI、ED、PD 和 SHDI 4 个指数间的空间差异较大,表明两组指数在空间分布上呈负相关关系。分别考察各指标与环境因子的关系,可以发现样带 Tr1 上各指标在高程轴上最适值排序为 ED>SHDI>PD>LSI>AREA_MN> CONTAG;在降水和温度轴上最适值排序为 CONTAG>AREA_MN>PD>LSI>SHDI>ED;在人口、GDP 轴上的最适值排序为 AREA_MN>CONTAG>LSI>SHDI>PD>ED。对样带 Tr2 而言,在降水和人口轴上最适值排序为 ED>SHDI>LSI>PD>AREA_MN>CONTAG,在温度轴上最适值排序为 CONTAG>AREA_MN>PD>LSI>SHDI>ED;在人口、GDP 轴上的最适值排序为 CONTAG>AREA_MN>PD>SHDI>LSI>ED。从流域尺度上分析,AREA_MN、CONTAG 与人口数量、

GDP、气温具有较明显的正相关关系,与高程则呈负相关,表明在海河流域人类活动主要集中在低海拔地区,人类活动使得 AREA_MN 有增大的趋势,对于 CONTAG 而言,在温度较高、高程较低的平原地区,CONTAG 值较大,这主要是因为农田属于人造景观,主要分布在流域东南部的平原地区,作为景观基质,其斑块形状相对较为规则,同时,本研究采用的空间分辨率为 $1\text{km}\times 1\text{km}$,道路对农田斑块的切割作用未能体现。LSI、ED、PD 和 SHDI 4 个指数均与高程呈正相关关系,相对而言,ED、SHDI 最大值发生在高程比 LSI 和 PD 更高的地区,说明高海拔地区各类景观斑块面积所占的比例更为均衡,斑块连通性相对较差。

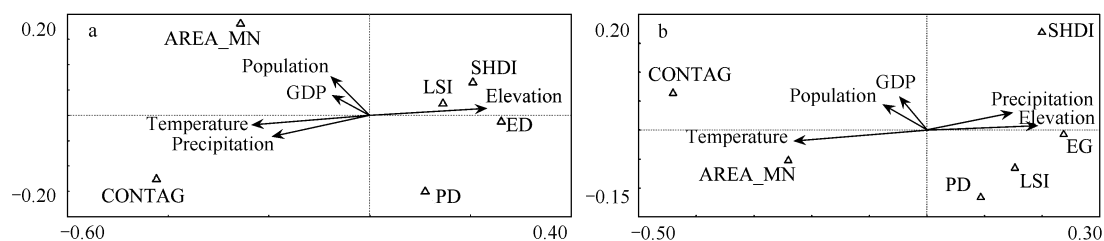


图5 海河流域景观格局指数与环境因子的 DCCA 排序图(a. 样带 Tr1; b. 样带 Tr2)

Fig 5 DCCA ordination of 6 Landscape metrics and 5 environment factors in Haihe River basin(a. transect Tr1; b. transect Tr2)

5 结论与讨论

5.1 海河流域景观梯度格局及其与环境因子的关系

海河流域景观基质为农田,主要分布在流域东南部的华北平原地区,其景观平均斑块面积较大,优势度高,形状规则且破碎程度较低。森林和草地主要分布在流域西部、北部的山区和高原,景观平均斑块面积较小,形状不规则且破碎化程度较高。居民地斑块数量最大,大部分镶嵌在平原区景观基质上,分布较为分散。空间分析表明,海河流域景观格局整体具有明显的地域性特征,总体以块状结构为主,在居民地、河湖及其他景观等局部地区则呈圈层结构和带状(廊道)结构,景观格局梯度变化较大的地区多处于两种不同景观之间的过渡地带。

Tr1、Tr2 两样带上各个景观格局梯度变化特征表明:在流域尺度上,景观格局指数在沿河流流向的纵向梯度和垂直于河流流向的横向梯度上均有明显变化,样带上不同地区内景观类型及其分布格局的差异是导致景观指数变化的直接原因,而流域景观格局是地形地貌、气候、水文等自然条件及人口数量与分布、城市化进程以及经济发展速度等社会因素共同作用的结果,从某种意义上说,流域尺度上景观格局演变是在自然和人类活动二元驱动下导致流域景观类型、规模、组成、布局发生改变,体现为景观格局随环境因子梯度发生变化。位于山区与平原区之河流中游地区同时也是流域山区与平原区之间的过渡地带,该过渡带两侧景观类型差异明显,景观格局波动幅度也相对较大。DCCA 分析表明:在 1km 栅格分辨率下,流域景观梯度格局与自然环境因子及人类活动关系密切,区域高程、多年平均降水量、多年平均年气温对流域景观空间梯度格局影响显著,相对而言,人口、GDP 起次要作用,仅在靠近城市的局部地区起到了主导作用,这种作用主要体现为视窗沿样带方向移动过程中,每当经过城市时,各景观格局指数均会产生不同程度的波动过程,表明人口数量、GDP 在局部地区对流域景观梯度格局也有着重要的影响。

5.2 梯度带选择

梯度分析结果能够反映景观空间格局的演变规律,有助于揭示景观演变过程的驱动力^[20],梯度分析是将景观格局与生态过程联系起来的基础^[21],而所选梯度带的典型性和代表性是实现上述目的的前提,选择样带时需综合考虑研究目标、关注的主要景观类型以及景观所处地区的地形特征等因素。目前,不同样带选择方案及其所反映的景观梯度格局计算结果的差异方面尚缺乏系统地研究,前人在研究城市景观时多选择通过城市中心区的水平和(或)垂直样带^[21-23],而在研究植被景观时,除这两个方向外,往往还根据植被所处区域的自然地理梯度特征,选择相应条带^[18,24]。对于流域土地利用景观而言,景观梯度格局变化主要体现在流域纵向、横向两个方面,纵向梯度具有从第 1 级河流到高级河流河口区域地理位置变化而表现出的景观类型梯

度差异;横向梯度则是垂直于河道的位置变化而表现出来的景观类型差异^[7],同时,由于所处地区的地形地貌、气象水文等条件往往存在较大差异,使得不同流域间的横向、纵向景观梯度格局特征差异非常显著,本文在选择样带时,依据海河流域自身的纵向、横向梯度特征,并综合考虑了流域内高程、水分、温度、人口和 GDP 的空间梯度变化,最后选择了上述 2 个样条带,并对流域景观梯度格局特征进行了详细地分析研究,取得了比较客观的研究成果。

5.3 景观梯度格局中的尺度效应

空间幅度往往随着研究区域的选定而确定,因此尺度效应的研究主要集中在空间粒度方面^[25],研究成果表明,不同的景观有不同的格局特征,对尺度变化的响应也不同,因此只有针对特定景观的合适尺度,而没有最佳尺度^[26]。由于流域面积较大,受到计算机容量、环境因子数据精度等问题的限制,本文采用了粒度为 1000m 的栅格,在这种粒度下,道路、河流廊道对流域景观斑块的切割作用没有体现出来,使得在以农田和居民地为主的平原区景观破碎化程度整体低于以森林和草地为主要景观的流域西部和北部地区。景观粒度如何影响景观梯度格局与环境因子之间的关系,影响机制如何,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Wu J G. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000: 19-34.
- [2] Yu S X, Guo L. Landscape structures and fractal analyses of Taishan Mountain, Shandong Province. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(1): 129-134.
- [3] Stevens V M, Polus E, Wesselingh R A, Schtickzelle N, Baguette M. Quantifying functional connectivity: experimental evidence for patch-specific resistance in the Natterjack toad (*Bufo calamita*). Landscape Ecology, 2004, 19(8): 829-842.
- [4] Cook E A. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. Landscape and Urban Planning, 2002, 58(1): 269-280.
- [5] Johnson C J, Boyce M S, Mulders R, Gunn A, Gau R J, Cluff H D, Case R L. Quantifying patch distribution at multiple spatial scales: applications to wildlife-habitat models. Landscape Ecology, 2004, 19(8): 869-882.
- [6] Nassauer J I, Corry R C. Using normative scenarios in landscape ecology. Landscape Ecology, 2004, 19(4): 343-356.
- [7] Zhang L Q, Wu J P, Zhen Y, Shu J. A GIS-Based gradient analysis of the urban landscape pattern of Shanghai metropolitan region. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(1): 78-85.
- [8] Liu H Y, Li Z F. Spatial gradients of wetland landscape and their influential factors in watershed. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(1): 213-220.
- [9] Matthew L, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. Landscape Ecology, 2002, 17: 327-339.
- [10] Xiao D N, Li X Z, Gao J, Chang Y, Zhang N. Landscape Ecology. Beijing: Science Press, 2003: 72-94.
- [11] Xiao D N, Bu R C, Li X Z. Spatial ecology and landscape heterogeneity. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(5): 453-461.
- [12] Yuan L. Dynamic change and driving force of landscape pattern based on RS and GIS: a case study of Zhalong wetland. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(12): 25-28.
- [13] Li H B, Wu J G. Use and misuse of landscape indices. Landscape Ecology, 2004, 19(4): 389-399.
- [14] Dorner B, Lertzman K, Fall J. Landscape pattern in topographically complex landscapes: issues and techniques for analysis. Landscape Ecology, 2002, 17(8): 729-743.
- [15] Liu X, Guo Q X. Landscape pattern in Northeast China based on moving window method. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(6): 1415-1422.
- [16] Megarigal K, Marks B J. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure // Reference manual. Corvallis Oregon: Forest Science Department Oregon State University, 1994: 62.
- [17] Forman R T T. Land Mosaics: the Ecology of Landscape and Regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [18] Huang X F, Xiong H, Liu Y, Yan X C, Xu X. Spatial gradient variations of vegetation landscape heterogeneity in Jialing River Basin. Acta Botanica Boreale-Occidentalia Sinica, 2008, 28(2): 362-369.
- [19] Tang Y L, Zhang G X. Relationships between watershed unit landscape pattern and agricultural non-point source pollution. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(4): 740-746.
- [20] Kong F H, Nakagoshi N. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. Landscape and Urban Planning, 2006, 78(3): 147-164.

- [21] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 2002, 17(4): 327-339.
- [22] Zhu M, Xu J, Jang N. Impacts of road corridors on urban landscape pattern: a gradient analysis with changing grain size in Shanghai, China. *Landscape Ecology*, 2006, 21(5): 723-734.
- [23] Yu X J, Ng C N. Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban-rural transects: A case study of Guangzhou, China. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 79(3): 96-109.
- [24] Huang Y Y, Liu S J, Hu J Y, Liu X Q, Xu X. Gradient analysis of the representative vegetation classes in Tangjiahe nature reserve. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, 18(2): 197-203.
- [25] Zhu M, Pu L J, Li J L. Effects of varied remote sensor spatial resolution and grain size on urban landscape pattern analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2753-2762.
- [26] Wu J G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology*, 2004, 19(2): 125-138.

参考文献:

- [1] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 19-34.
- [2] 余世孝, 郭泳. 山东泰山地区景观结构及其分形分析. *生态学报*, 2005, 25(1): 129-134.
- [7] 张利权, 吴健平, 甄戎, 束炯. 基于 GIS 的上海市景观格局梯度分析. *植物生态学报*, 2004, 28(1): 78-85.
- [8] 刘红玉, 李兆富. 流域湿地景观空间梯度格局及其影响因素分析. *生态学报*, 2006, 26(1): 213-220.
- [10] 肖笃宁, 李秀珍, 高峻, 常禹, 张娜. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 2003. 72-94.
- [11] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性, *生态学报*, 1997, 17(5): 453-461.
- [12] 袁力. 基于 RS/GIS 生态景观格局动态变化及其驱动力的研究——以扎龙湿地为例, *东北林业大学学报*, 2007, 35(12): 25-28.
- [15] 刘昕, 国庆喜. 基于移动窗口法的中国东北地区景观格局. *应用生态学报*, 2009, 20(6): 1415-1422.
- [18] 黄小富, 熊华, 刘洋, 严贤春, 胥晓. 嘉陵江流域植被景观异质性的空间梯度变化. *西北植物学报*, 2008, 28(2): 362-369.
- [19] 唐艳凌, 章光新. 流域单元景观格局与农业非点源污染的关系. *生态学杂志*, 2009, 28(4): 740-746.
- [24] 黄尤优, 刘守江, 胡进耀, 刘晓琴, 胥晓. 唐家河保护区主要植被类型景观格局的梯度分析. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(2): 197-203.
- [25] 朱明, 濮励杰, 李建龙. 遥感影像空间分辨率及粒度变化对城市景观格局分析的影响. *生态学报*, 2008, 28(6): 2753-2762.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 7 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Seasonal variation of soil nitrogen pools and microbes under natural evergreen broadleaved forest and its artificial regeneration forests in Southern Sichuan Province, China	GONG Wei, HU Tingxing, WANG Jingyan, et al (1763)
Sensitivity analysis for main factors influencing <i>NPP</i> of forests simulated by IBIS in the eastern area of Northeast China	LIU Xi, GUO Qingxi, LIU Jingwei (1772)
Diurnal changes of photosynthetic characteristics of <i>Hippophae rhamnoides</i> and the relevant environment factors at different slope locations	JIN Tiantian, FU Bojie, LIU Guohua, et al (1783)
Interactive effects of nitrogen and sulfur on the reproduction, biomass accumulation and allocation of the clonal plant <i>Spartina alterniflora</i>	GAN Lin, ZHAO Hui, QING Hua, et al (1794)
Difference in leaf photosynthetic capacity between pima cotton (<i>Gossypium barbadense</i>) and upland cotton (<i>G. hirsutum</i>) and analysis of potential constraints	ZHANG Yali, YAO Hesheng, LUO Yi, et al (1803)
Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Forsythia suspensa</i>	WANG Jianhua, REN Shifu, SHI Baosheng, et al (1811)
Growth and metal uptake of three woody species in lead/zinc and copper mine tailing	SHI Xiang, CHEN Yitai, WANG Shufeng, et al (1818)
GMP particles size distribution in grains of wheat in relation to application of nitrogen fertilizer	WANG Guangchang, WANG Zhenlin, CUI Zhiqing, et al (1827)
Damaging mechanisms of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) photosystems caused by high-temperature and drought under high irradiance	QIN Liqin, ZHANG Yueli, GUO Feng, et al (1835)
The effect of natural factors and disturbance intensity on spacial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow	WEN Lu, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (1844)
Modeling changes of net primary productivity of karst vegetation in southwestern China using the CASA model	DONG Dan, NI Jian (1855)
The characteristics of <i>Magnolia liliflora</i> transpiration and its impacting factors in Beijing City	WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (1867)
Ecological effects of balanced fertilization on red earth paddy soil with P-deficiency	CHEN Jianguo, ZHANG Yangzhu, ZENG Xibai, et al (1877)
Effects of planting patterns on water use efficiency in winter wheat	QI Lin, CHEN Yuhai, ZHOU Xunbo, et al (1888)
Nitrous oxide emissions from winter wheat field in the Loess Plateau	PANG Junzhu, WANG Xiaoke, MU Yujing, et al (1896)
Effects of hardening by pre-anthesis waterlogging on grain yield and quality of post-anthesis waterlogged wheat (<i>Triticum aestivum</i> L. cv Yangmai 9)	LI Chengyong, CAI Jian, JIANG Dong, et al (1904)
Effects of simulated acid rain with lower S/N ratio on gas exchange and membrane of three dominant species in subtropical forests	FENG Lili, YAO Fangfang, WANG Xihua, et al (1911)
Molluscicidal efficacy of <i>Nerium indicum</i> cardiac glycosides on <i>Pomacea canaliculata</i> and its effects on rice seedling	DAI Lingpeng, LUO Weihua, WANG Wanxian (1918)
Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin	ZHAO Zhixuan, ZHANG Biao, JIN Xin, et al (1925)
The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China	WANG Bing, WEI Jiangsheng, HU Wen (1936)
Evaluation on service value of ecosystem of Peri-urban transition zone lake: a case study of Yandong Lake in Wuhan City	WANG Fengzhen, ZHOU Zhixiang, ZHENG Zhongming (1946)
Explaining the abundance-distribution relationship of plant species with niche breadth and position in the Yellow River Delta	YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (1955)
Forestland boundary dynamics based on an landscape accessibility analysis in Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (1962)
Changes in invasion characteristics of <i>Dendroctonus valens</i> after introduction into China	PAN Jie, WANG Tao, WEN Junbao, et al (1970)
Population genetic diversity in Tibet red deer (<i>Cervus elaphus wallichi</i>) revealed by mitochondrial <i>Cyt b</i> gene analysis	LIU Yanhua, ZHANG Minghai (1976)
Multi-scales analysis on diversity of desert rodent communities under different disturbances	YUAN Shuai, WU Xiaodong, FU Heping, et al (1982)
Cave-site selection of Qinling zokors with their prevention and control	LU Qingbin, ZHANG Yang, ZHOU Caiquan (1993)
The habitat characteristics of Eurasian badger in Beijing-Hangzhou Grand Canal embankment	YIN Baofa, LIU Yuqing, LIU Guoxing, et al (2002)
Review and Monograph	
Electron transfer mechanism of extracellular respiration: a review	MA Chen, ZHOU Shungui, ZHUANG Li, et al (2008)
The biochemical mechanism and application of anammox in the wastewater treatment process	WANG Hui, LIU Yanping, TAO Ying, et al (2019)
Discussion	
Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe River Basin, China	BAI Yang, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (2029)
Scientific Note	
Effects of body size and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of <i>Macra chinensis</i> Philippi	ZHAO Wen, WANG Yaqian, WEI Jie, et al (2040)
Study on microzooplankton grazing in shrimp pond among middle and late shrimp culture period	ZHANG Litong, SUN Yao, ZHAO Congming, et al (2046)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 7 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 7 2011

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:100717	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