

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

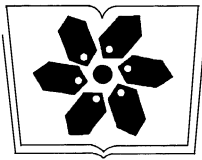
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第8期 Vol.33 No.8 **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

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 8 期 2013 年 4 月 (半月刊)

目次

城市生态系统研究专题

- 城市生态系统:演变、服务与评价——“城市生态系统研究”专题序言 王效科 (2321)
- 城市生态景观建设的指导原则和评价指标 孙然好,陈爱莲,李 芬,等 (2322)
- 城市绿色空间格局的量化方法研究进展 陶 宇,李 锋,王如松,等 (2330)
- 城市土地利用变化对生态系统服务的影响——以淮北市为例 赵 丹,李 锋,王如松 (2343)
- 基于市政综合监管信息的城市生态系统复杂性分析 董仁才,苟亚青,刘 昕 (2350)
- 原位生物技术对城市重污染河道底泥的治理效果 柳 敏,王如松,蒋 莹,等 (2358)
- 北京城区道路沉积物污染特性 任玉芬,王效科,欧阳志云,等 (2365)
- 绿地格局对城市地表热环境的调节功能 陈爱莲,孙然好,陈利顶 (2372)
- 北京城区气传花粉季节分布特征 孟 龄,王效科,欧阳志云,等 (2381)

个体与基础生态

- 三江源区高寒草甸退化对土壤水源涵养功能的影响 徐 翠,张林波,杜加强,等 (2388)
- 土壤砷植物暴露途径的土壤因子模拟 线 郁,王美娥,陈卫平 (2400)
- 不同寄主植物对马铃薯甲虫的引诱作用 李 超,程登发,郭文超,等 (2410)
- 蒙古栎、白桦根系分解及养分动态 靳贝贝,国庆喜 (2416)
- 干旱和坡向互作对栓皮栎和侧柏生长的影响 王 林,冯锦霞,王双霞,等 (2425)
- 不同郁闭度下胸高直径对杉木冠幅特征因子的影响 符利勇,孙 华,张会儒,等 (2434)
- 驯化温度与急性变温对南方鲢幼鱼皮肤呼吸代谢的影响 鲜雪梅,曹振东,付世建 (2444)

种群、群落和生态系统

- 五鹿山国家级自然保护区物种多样性海拔格局 何艳华,闫 明,张钦弟,等 (2452)
- 玉龙雪山白水 1 号冰川退缩迹地的植被演替 常 丽,何元庆,杨太保,等 (2463)
- 五花米草海向入侵对土壤有机碳组分、来源和分布的影响 王 刚,杨文斌,王国祥,等 (2474)
- 南亚热带人工针叶纯林近自然改造早期对群落特征和土壤性质的影响 何友均,梁星云,覃 林,等 (2484)
- 入侵植物黄顶菊生长、再生能力对模拟天敌危害的响应 王楠楠,皇甫超河,李玉浸,等 (2496)
- 小兴安岭白桦次生林叶面积指数的估测 刘志理,金光泽 (2505)
- 草地植物群落最优分类数的确定——以黄河三角洲为例 袁 秀,马克明,王 德 (2514)
- 多毛类底栖动物在莱州湾生态环境评价中的应用 张 莹,李少文,吕振波,等 (2522)
- 马尾松人工林火烧迹地不同恢复阶段中小型土壤节肢动物多样性 杨大星,杨茂发,徐 进,等 (2531)

景观、区域和全球生态

- 极端干旱区大气边界层厚度时间演变及其与地表能量平衡的关系 张 杰,张 强,唐从国 (2545)

基于多源遥感数据的景观格局及预测研究..... 赵永华,贾 夏,刘建朝,等 (2556)

城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应.....

..... 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,等 (2565)

资源与产业生态

碳汇目标下农户森林经营最优决策及碳汇供给能力——基于浙江和江西两省调查.....

..... 朱 臻,沈月琴,吴伟光,等 (2577)

基于 GIS 的缓坡烟田土壤养分空间变异研究..... 刘国顺,常 栋,叶协锋,等 (2586)

春玉米最大叶面积指数的确定方法及其应用..... 麻雪艳,周广胜 (2596)

城乡与社会生态

广州市常见行道树种叶片表面形态与滞尘能力 刘 璐,管东生,陈永勤 (2604)

研究简报

桔梗种子萌发对低温、干旱及互作胁迫的响应..... 刘自刚,沈 冰,张 雁 (2615)

基质养分对寄生植物南方菟丝子生长的影响 张 静,李钧敏,闫 明 (2623)

学术信息与动态

人类活动对森林林冠的影响——第六届国际林冠学大会述评..... 宋 亮,刘文耀 (2632)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-04



封面图说: 互花米草近景——互花米草是多年生高大禾本科植物,植株健壮而挺拔,平均株高约 1.5m,最高可达 3.5m,茎秆直径可达 1cm 以上。原产于大西洋沿岸,是一种适应海滩潮间带生长的耐盐、耐淹植物。我国于 1979 年开始引入,原意主要是用于保滩护堤、促淤造陆和改良土壤等。但是,近年来,互花米草迅速扩散,在一些区域里,已经完全郁闭,形成了单优种群,严重排挤了本土物种的生长,并且还在以指数增长的速度逐年增加,对海岸湿地土著物种和迁徙鸟类造成的危害日益严重,已经列为必须严格控制的有害外来入侵物种。

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/stxb201204100501

陈爱莲, 孙然好, 陈利顶. 绿地格局对城市地表热环境的调节功能. 生态学报, 2013, 33(8): 2372-2380.

Chen A L, Sun R H, Chen L D. Effects of urban green pattern on urban surface thermal environment. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(8): 2372-2380.

绿地格局对城市地表热环境的调节功能

陈爱莲^{1,2}, 孙然好¹, 陈利顶^{1,*}

(1. 中国科学院生态环境研究中心、城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:城市绿地作为一种稀缺资源,为城市可持续发展提供多种生态服务功能保障。探讨如何在有限的土地资源内合理配置城市绿地,使其发挥最大的生态服务功能非常重要。研究基于北京市 2002 年 7 月的 QuickBird 数据和 Landsat 7 ETM+ 数据分别提取城市绿地格局和地表温度,分析城市绿地格局(绿地面积、形状指数、邻接关系)与绿地地表温度及冷岛强度的相关关系。邻接关系包括邻接绿地斑块个数百分比和邻接绿地斑块面积百分比。邻接绿地斑块面积百分比采用缓冲区分析法,主要以乔木林地对地表热环境的调节作用为例。结果表明绿地格局参数对地表温度的影响相差较大:①城区主要的绿地类型(乔木林地、水体、草地)的温度都与其面积呈显著负相关,其中水体的相关系数最高;②只有乔木林地、水体的温度与其形状指数呈显著负相关,而灌木林地的温度与各个格局参数不相关;③乔木林地的缓冲区分析显示温度与其大小、形状、邻接绿地面积百分比关系都呈负相关,其中与邻接绿地面积百分比的相关关系最强,其冷岛强度也主要受邻接绿地面积百分比的影响。基于遥感识别的城市绿地微气候调节功能研究,有助于提高有限的城市绿地的生态服务功能,并可为城市绿地的规划管理和景观分析提供依据。

关键词:城市绿地;城市热岛效应;冷岛强度;景观格局;北京

Effects of urban green pattern on urban surface thermal environment

CHEN Ailian^{1,2}, SUN Ranhao¹, CHEN Liding^{1,*}

1 State Key Laboratory of Urban Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Urban green has diverse forms and functions. It provides many kinds of ecosystem services for cities to maintain urban sustainability. However, urban land resources are always so limited and precious that too much land for urban green is not applicable. It is thus very important to maximize ecosystem services of limited urban green by rational allocation of the existing urban green spaces. In this study, a case study was carried on part of Beijing. QuickBird (QB) data of Beijing on July 5, 2002 was selected for urban green extraction, and ETM+ data of Landsat 7 on July 9, was chosen to retrieve land surface temperature (LST). Correlation analysis was investigated between urban green LST, cold island intensity and different urban green pattern. 6 different urban green types—Woodland, Shrubland, Grassland, Wetland I, Wetland II, and Cropland were interpreted, and three kinds of pattern parameters were analyzed, including size, shape, and adjacency relationships. Size was represented by area of urban green patches. Shape was indicated by shape index $SI = P / (2 \sqrt{\pi A})$, where, P and A is the parameter and area of green patches respectively. Adjacent relations were presented both by relative green patch numbers in Neighborhood—Neighborhood Mean (N_MN) as well as Green Percentage (GP) in the Neighborhood buffers. Neighborhood Mean was calculated from urban green vector data on Neighborhood mean tool of Patch Analysis. 15 m to 90 m buffers were created based on selected green vector data for counting Green Percentage (GP_15, GP

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41230633);城市与区域生态国家重点实验室自主资助项目(SKLURE2008-1-02)

收稿日期:2012-04-10; **修订日期:**2012-10-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Liding@rcees.ac.cn

_30, ..., GP_90) and the mean LST in the Neighborhood buffers. Cool island intensity CII (CII_15, CII_30, ..., CII_90) was derived by subtracting urban green LST from mean LST in the Neighborhood buffers. GIS Mapping and statistical analysis was carried out after all urban green pattern parameters, LST and CII data prepared. Results show that park with Waterland presented cooler island than park simply with vegetation, and that different pattern parameters of different urban green types affect green LST differently. The LST of Main green types in the downtown including Woodland, Waterland (I and II) and Grassland all have a significantly negative correlation to its area, and Waterland (I and II), has the strongest correlated coefficient; while for Shape index, only LST of Woodland, Waterland (I and II) showed significant negative correlation to SI and only LST of Cropland in the suburban area and all Woodlands showed positive correlation to N_MN. The temperature of the Shrubland showed no correlation with its Area or SI or N_MN. Woodland buffer analysis showed that the temperature of Woodland was not only affected by its size and shape, but also by adjacent Green Percentage, and the strongest correlation negative was with the adjacent Green Percentage. The Cool Island Intensity (CII) of neighborhood buffers was mainly affected by the Green Percentage of the adjacent 15—30 m buffer of both sides. So CII_75 was most negatively correlated to GP_60, GP_75 and GP_90, and CII_90 was strongly correlated GP_75 and GP_90. These results might contribute to urban green planning and management and green pattern analysis.

Key Words: urban green; urban heat island effect; cooling island intensity (CII); landscape pattern; Beijing

在快速城市化背景下,全球城镇人口的比例由1900年的不到10%上升到超过50%^[1],剧增的城镇人口的生产和生活活动带来城市环境,尤其是城市热环境的日益恶化,在不同的季节产生不同程度的城市热岛、城市干岛、城市湿岛、极端降雨天气等恶化效应^[1-3]。城市热岛效应是绝大多数城市共有的微气候特征,它直接或间接影响着城市人口的身体健康^[4-5]。它主要反映在城郊大气温度和地表温度的差别上^[6],其中,地表温度(LST)是遥感反演的地表瞬时热辐射能量特征,可以反映该瞬时热环境下地表产生热岛效应的潜在能力。地表温度还可以和遥感反演的其他地表景观参数相联系,进行景观格局与城市热岛效应相互关系研究^[7]。因此,国内外学者运用地表温度,开展了许多缓解城市热岛、改善城市热环境的研究^[6,8],其中,不同城市绿地在降温、增湿、缓解热岛效应中的积极作用不断被肯定而成为城市规划的和景观设计需要考虑的重要部分^[9-13]。城市绿地在城市规划中一般是指城市的公共绿地、居住区绿地、单位附属绿地、防护绿地、生产绿地以及风景林地等六类,但随着“绿色”概念的不断深化,许多保护环境、节约能源的设计都被纳入城市绿地的内涵中,因此广义的城市绿地可包括水体、绿化屋顶等景观。城市绿地是城市中维持自然生态系统服务功能的景观,能够调节城市小气候、提供休闲娱乐教育场所以及其他服务功能,然而城市内部土地资源有限而珍贵,城市绿地并不能无限扩张,因此需要合理地配置绿地格局,将绿地的生态功能最优化。本文分析了北京局部城区不同格局的绿地产生冷岛效应的潜在能力,揭示城市绿地格局在调节热岛效应中的作用,从而为城市规划和绿地管理和景观格局分析提供一些参考。

1 研究区域与数据

以北京城区东南部分为实验区开展研究(图1),从南二环内至南五环外依次是老城区、较新城区和在建城镇,包含了不同的城市化阶段。北京属于季风性大陆气候,夏季受东亚季风影响而潮湿炎热,冬季主要受西伯利亚反气旋控制而寒冷干燥。1951年以来的气象记录的最高温达42℃,最低-27℃。其中2002年的7月创下了1951年以来的次高温,达41.1℃。2001年7月北京申奥成功之后,北京城针对奥运的各项规划逐步制定并展开实施,2002年是北京新一轮快速城市化伊始:南五环路是北京五环快速路的最后一段工程,正在加紧建设,亦庄经济技术开发区及配套设施也在加紧建设。快速的城市建设中人为排放的热量及频繁的交通运输对城市景观的热交换和热辐射特性都可能具有显著的影响,即便是土地利用和覆盖稳定的区域,其热辐射特性也可能受到影响。此阶段的研究区域可以很好地分析快速城市化背景下绿地格局对地表热环境的调节作用。

选取 2002 年 7 月份无云的 QuickBird (QB) 数据用于绿地提取。如图 2, 区域内包含城市主干道、林地、河流、湖泊、草地和当时还算城郊的耕地等土地利用/覆盖类型, 总面积约为 18330hm², 再收集最近的 LANDSAT7ETM+数据用于反演地表温度, 数据的具体参数见表 1。

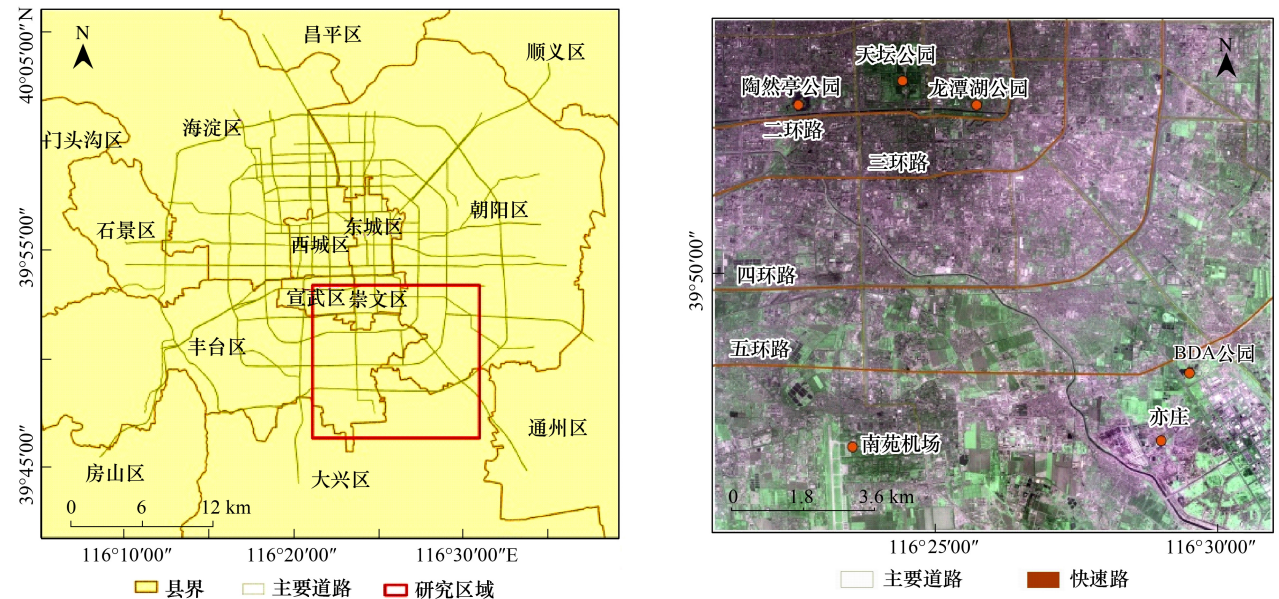


图 1 研究区域位置图

图 2 研究区域 QB 融合影像图

Fig. 1 Location of study area

Fig. 2 Fution QB image of study area

表 1 研究数据传感器及时相		
Table 1 Sensor and acquisition date of study area		
传感器 Sensor	时相 Date(YYYYMMDD)	分辨率:m Resolution;m
QB	20020705	全色波段 Pan Band;0.63; 多光谱波段 Multi-spectral Band;2.5
ETM+	20020709	多光谱波段 Multi-spectral Band;30; 热红外波段 Thermal Band;60m

2 研究方法

依据研究目的,需要提取绿地信息和反演地表温度。绿地信息包括不同种类的绿地和不同的格局参数。首先,对收集的遥感数据进行预处理、绿地界定和解译、地表温度反演,在这些数据准备基础上,计算绿地格局指数并与地表温度及相关的热环境信息进行统计分析。数据预处理是为使两种数据的统计分析得以更精确进行,因此包括 QB 多光谱对全色数据的图像配准和融合,ETM+数据的辐射定标和 QB 和 ETM+数据之间的图像配准。所有数据均转换到 UTM 50N 的投影下。

2.1 景观分类

以《土地利用现状分类》为依据,并参考国际上有关绿地与城市热岛效应的文章中的景观分类^[14-15],将绿地分成乔木林地、灌木林地、草地、耕地、水体 I (河流)和水体 II (湖泊)等 6 类。通过目视解译首先在 2.52m 分辨率的 QB 342 的波段组合影像上,遵循自然景观的形态勾画绿地边界,土地利用和覆被类型分为 6 大类,12 小类,如表 2。在解译过程中,人工草坪的边界尽量正交,水渠用平行线表示,而树冠、湖泊水体等则保持圆滑的边界。矢量化结束后,采用 QB342 波段组合影像与全色波段融合图像(0.63m)对矢量化图斑进行边界修正与核实。

2.2 温度反演

目前国外的 Jiménez-Muñoz^[16]和国内的覃志豪提出的普适性单通道算法^[17]在国内外被广泛采用。本研

究采用 Jiménez-Muñoz 等提出的普适性单通道算法,该算法对 TM 的反演误差低于 $1.5\text{K}^{[16,18]}$ 。算法输入参数包括:热红外波段 DN 值、大气水汽含量和地表比辐射率。大气水汽含量用来消除大气影响,从历史气候资料中查询或一些卫星数据反演得到,比辐射率用 NDVI 值估算。算法具体流程为:(1)对 ETM+ 热红外波段的 DN 值(60m 分辨率)进行辐射定标,转换成星上辐射量,并用立方卷积法重采样成 30m 分辨率数据;(2)根据普朗克辐射定律将星上辐射量转为星上温度;(3)用 NDVI(30m)估算比辐射率 Emissivity;用大气水汽含量(本研究用 (1.50 g/cm^2))估算大气参数;(4)用比辐射率和大气参数订正星上亮温,得到 30m 分辨率的地表温度。

表 2 景观类型及含义

Table 2 Landscape types and its implications

类型 Types	含义 Implication
乔木林地 Woodland	以乔木为主(其他植被少于 10%)的绿地 Green land dominated by Trees, other vegetation less than 10%
灌木林地 Shrubland	以灌木为主(其他植被少于 10%)的绿地 Green land dominated by Shrubs, other vegetation less than 10%
草地 Grassland	草坪为主(乔木和灌木少于 10%)的绿地 Grassland orman-grown lawn, trees or shrubs less than 10%
水体 I Wetland I	水渠,河流其他流动水体 Channel, river and other running water
水体 II Wetland II	湖泊及相对大面积的静态开阔水体 Lakes and relatively big, stable open water-body
耕地 Cropland	水田及已返青农地 Paddy field or farm with green-up vegetation

2.3 绿地格局

景观格局包含景观组成和景观配置。为了与定量化的生态环境参数更好地结合,McGarigal^[19]等用平面几何和分形几何法将景观格局定量化,并将各定量化指数集成于 FRAGSTATS 软件或 ArcGIS 的 Patch/PatchGridAnalysis 模块中,其中 FRAGSTATS 或 PatchGridAnalysis 都是基于栅格数据计算格局指数, PatchAnalysis 则是基于矢量数据进行格局指数计算。在计算的格局指数中,景观组成主要体现在斑块和类型水平上,包括斑块水平的斑块大小、形状、边界等指数和类型水平上各类型的斑块大小、形状、边界的统计值,景观配置则主要体现在景观水平上各类型的邻接关系、斑块类型的多样性等。本研究所提取的绿地为矢量数据,其边界按照绿地的自然形态勾画,若转化成栅格数据则会损失或改变边界信息,因此选择直接基于矢量数据进行格局指数计算和分析。

基于矢量数据进行景观配置尤其是邻接关系分析的文献并不多,目前可见的研究主要用缓冲区分析法^[15,20],本文尝试用绿地邻接个数情况及缓冲分析法——邻接绿地的面积百分比表示邻接关系。邻接斑块个数情况用 NeighborhoodMean——N_MN 表示,用 PatchAnalysis 的 NeighborhoodMean 工具计算^[21]。NeighborhoodMean 按某个斑块在指定搜索半径范围内其邻接斑块的属性予以赋值。解译结果中城区绿地平均半径约为 220m,因此取 500m 为搜索半径,保证绝大多数绿地斑块都落在搜索范围内参与计算。将所有绿地赋值为 1,非绿地斑块赋值为 0,则绿地斑块的 N_MN 的值在 0—1 范围内,越接近 1 表示其 500 范围内绿地斑块个数越多,否则越少。

邻接绿地的面积百分比用 15—90m 的缓冲区进行分析。由于缓冲区分析计算量大,只以所占比例较大的乔木林地为例,从中抽取相隔 90m 以上的乔木林地进行缓冲区生成,统计其 15,30,45,60,75,90m 缓冲区的平均温度和绿地百分比,再计算各缓冲区评价温度与该林地的平均温度差,作为林地对该缓冲区的冷岛强度 CII。不同的缓冲区分别有 CII_15, CII_30, CII_45, CII_60, CII_75, CII_90。冷岛强度反映绿地对周围地表温度的调节作用,冷岛强度 CII 低,说明该区热环境异质性低,且接近绿地温度,表明绿地对周围热环境的调节作用大,反之则小。

此外,还分析绿地斑块大小和形状两个格局参数。绿地大小以面积 Area 表示,形状用斑块形状指数 SI 表示:

$$SI = P / (2\sqrt{\pi A}) \quad (1)$$

式中, P 为斑块周长, A 为斑块面积,表示景观组成特征。 SI 接近 1 表示斑块形状越接近圆形; SI 接近 1.13,表示斑块近似正方形; SI 越大,表示周长越大、形状越复杂。

2.4 统计分析

格局参数和绿地自身温度及其冷岛强度的关系运用 SPSS 软件进行相关分析。参与相关分析的绿地面积均大于 900m²,以保证至少包含一个温度像元。绿地自身温度则用完全包含于绿地斑块内的温度像元平均值——LST_MN 表示,以表征绿地产生冷岛效应的潜力。

3 研究结果

研究结果包括城市绿地解译结果、地表温度(LST)反演结果、绿地格局特征及其对绿地温度的调节作用的统计分析结果。

3.1 绿地和城市冷热岛的分布特征

解译结果显示,区域内共有绿地面积为 6450 hm²,占研究区总面积的 35%。如图 3,在研究区的四环路(为东南四环,文中简称四环,下同)外围多为耕地,三环路和四环路之间的区域绿地特别少,三环路以内,尤其是二环路内绿地分布较均匀。该绿地格局产生如图 4 所示的地表冷热岛特征。

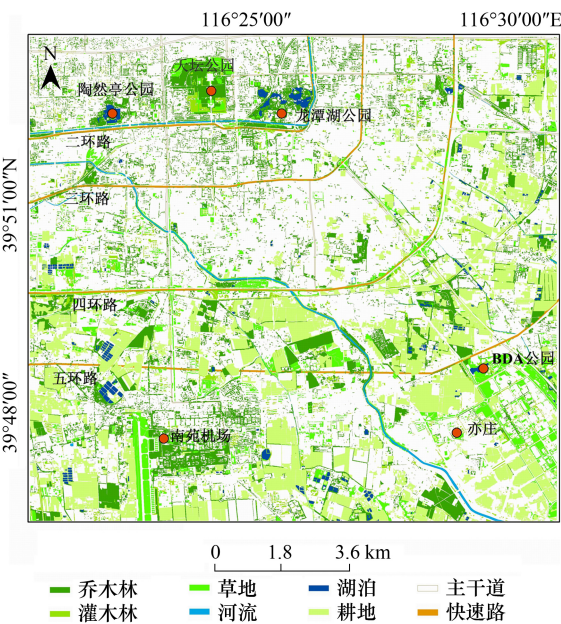


图3 研究区绿地分布图

Fig. 3 Urban green Distribution in the study area

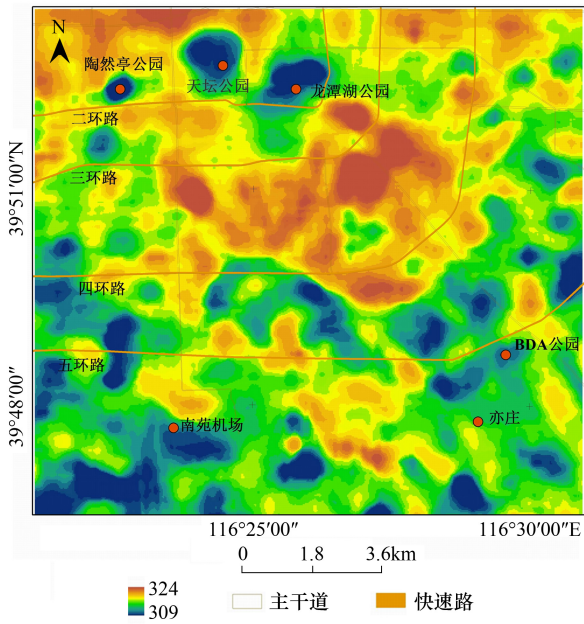


图4 研究区地表冷热岛分布图

Fig. 4 Surface Heat and Cool Island in the study area

图 4 是对反演的地表温度进行了中值滤波(滤波窗口为 21×21)的结果,其中冷热岛之间的温度差达 15K。冷岛主要由几个公园、大片的耕地和林地形成,最大的热岛存在于三环与四环之间的新城。等温线特征显示,陶然亭公园、龙潭湖公园虽然面积小于天坛公园,但其最低温较天坛公园小,体现了湖泊在这个季节很强的冷岛效应。

3.2 绿地格局与绿地表面温度的相关关系

绿地表面温度的高低能反映其产生冷岛效应的潜力。如表 3,从绿地温度角度看,除了灌木林地以外,各种绿地的温度与其自身面积都呈反比;各种绿地的其他格局参数与温度的相关关系相差较大,表现在:乔木林地的温度与其面积、形状指数呈反比而与其周围绿地个数呈正相关;两种水体的温度皆与其面积和形状呈负相关,且相关关系较强,说明其产生冷岛效应的能力受其面积和形状的影响较显著,在不能加大面积的情况下,也可以将边界复杂化来增强其冷岛效应;草地和耕地的温度则只受面积的显著影响,但相关关系不强;灌木林地的大小、形状、邻接关系对其温度的影响皆不显著。

表 3 绿地格局参数与 LST 相关关系表

Table 3 Correlations between different pattern of urban green and LST

类型 Types	格局参数 Pattern	地表温度 LST	类型 Types	格局参数 Pattern	地表温度 LST
乔木林地 Woodland (N=138)	AREA	-0.265 *	河流 River (N=12)	AREA	-0.706 *
	SI	-0.209 *		SI	-0.680 *
	N_MN	0.223 *		N_MN	-0.076
灌木林地 Shrubland (N=56)	AREA	-0.211	湖泊 Lakes (N=44)	AREA	-0.314 *
	SI	-0.133		SI	-0.327 *
	N_MN	0.175		N_MN	0.172
草地 Grassland (N=102)	AREA	-0.247 *	耕地 Cropland (N=201)	AREA	-0.240 *
	SI	-0.085		SI	-0.044
	N_MN	0.149		N_MN	0.157 *

* Correlation is significant at the 00.05 level (2-tailed)0

3.3 林地格局与冷岛强度

城区乔木林地最多,取相隔 90m 以上、面积大于 900m² 的乔木林地进行 15—90m 的缓冲区分析,保证所选的林地至少包含一个纯温度像元 (30m×30m),且进行 90m 缓冲区分析时保证缓冲区互不重叠。计算各个缓冲区内所有绿地所占的面积百分比以及缓冲区的平均温度与中心绿地的平均温度差,作为冷岛强度 (Coolislandintensity——CII),用以反映绿地对其周围热环境的调节作用,冷岛强度越大,说明林地与周围温度相差大,林地周围的热环境异质性仍然很高,说明其对周围温度的潜在调节作用越小。所选取的典型林地及缓冲区内情况如图 5。各个缓冲区内邻接的所有绿地面积百分比分别为:GP_15,GP_30,GP_45,GP_60,GP_75,GP_90,林地各个缓冲区的冷岛强度分布为:CII_15,CII_30,CII_45,CII_60,CII_75,CII_90,它们与林地的大小、形状及与林地温度的相关关系如表 4。

相关分析显示,林地外围 15—90m 范围内其他绿地的多与少对该林地的温度影响都很显著,而林地对周围的冷岛强度与其自身面积和形状基本不相关,而与外围缓冲区内绿地百分比相关性较显著,但某个缓冲区的冷岛强度主要受其左右 15—30m 缓冲区内绿地百分比的影响,如表 4:远距离的 CII_75,CII_90 与 GP_60,GP_75,GP_90 相关性强,负相关系数高,而与 GP_15 至 60 的相关系数相对弱一些,而 CII_45,CII_60 也与 GP_45,CII_60 相关性最强。而近距离的 CII_15,CII_30 (尤其是 CII_15)除了与 GP_15,GP_30 显著负相关外,也与 GP_75,GP_90 等显著相关,可能原因是 15m 的距离内,CII_15 与绿地自身的温度差别不大,仍然体现的是绿地自身温度的特征。

4 讨论

本研究采用的是地表温度,与分析绿地群落^[22-23]或公园绿地采用实测气温的研究不同^[24-25],也没有将地表温度所反映的热环境与人的体感温度相结合^[25],而且地表温度较绿地内实测气温分辨率粗,误差源多,这是本研究的不足之处,也是本研究今后研究的改进方向。但是绿地自身的表面温度和绿地冷岛强度在较宏观的尺度上反映了绿地对周围热环境调节的潜在能力,而且极易与绿地格局相联系,研究结果仍有可取之处。

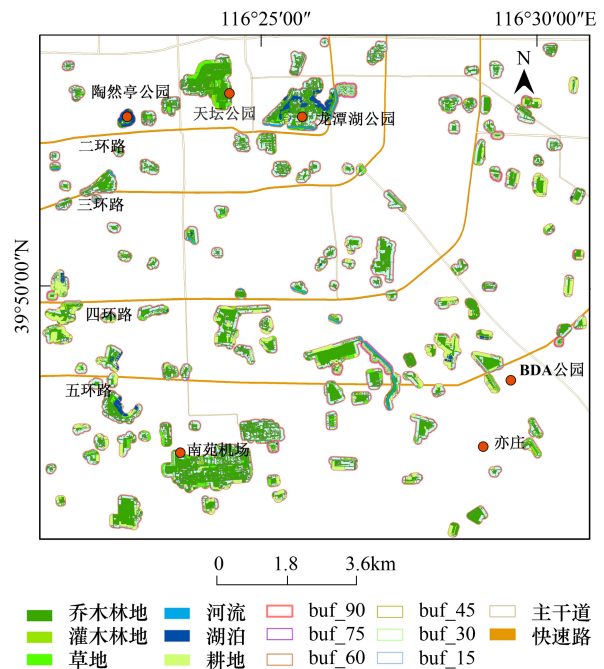


图 5 缓冲区分析的乔木林地分布

Fig. 5 Distribution of woodlands in buffer analysis

表 4 林地格局参数与林地温度、冷岛强度相关关系表

Table 4 Correlations between pattern parameters of urban green and LST, CII

Pearson R	LST_MN	CII_15	CII_30	CII_45	CII_60	CII_75	CII_90
AREA	-0.283 *	0.038	0.188 *	0.013	0.009	0.005	0.008
SI	-0.223 *	0.213 *	0.121	0.084	0.075	0.083	0.083
GP_15	-0.367 *	-0.370 *	-0.342 *	-0.114	-0.132	-0.349 *	-0.337 *
GP_30	-0.396 *	-0.358 *	-0.291 *	-0.115	-0.139	-0.382 *	-0.364 *
GP_45	-0.278 *	-0.385 *	-0.321 *	-0.413 *	-0.427 *	-0.389 *	-0.376 *
GP_60	-0.275 *	-0.376 *	-0.312 *	-0.414 *	-0.432 *	-0.397 *	-0.385 *
GP_75	-0.285 *	-0.395 *	-0.395 *	-0.149	-0.182 *	-0.460 *	-0.450 *
GP_90	-0.324 *	-0.355 *	-0.302 *	-0.206 *	-0.250 *	-0.524 *	-0.522 *

4.1 绿地温度受景观格局的影响

目前,从格局参数分析绿地表面温度的研究并不多,一般是不分绿地类型,从整个公园角度进行分析^[15, 25],或者在分析整个城市的各类景观与地表温度的关系中,将所有植被统一对待^[23]。然而,不管是区域尺度^[26]还是微(住宅)尺度^[27]的研究都表明:不同植被对热环境的调节作用相差较大,因此本研究将不同植被区别对待。从所分析的大小、形状、邻接个数及邻接面积比与林地相关关系看,城区主要绿地类型——乔木林地、灌木林地、草地、水体的温度与自身面积、形状及邻接绿地的面积百分比显著负相关。水体、尤其是河流的温度与其面积和形状指数显著负相关,因此在城区水体规划中,可以加大面积或者增加周长来提高其降温潜力。从林地缓冲区分析角度看,面积、形状与林地温度的相关性较邻接绿地面积百分比弱。绿地的冷岛强度与绿地格局参数的相关关系也表明绿地邻接面积百分比对其影响更大。因此,增大林地面积或者边界,对于一个公园来说,能起到一定作用,但对其周围的热环境异质性没有调节作用,而分散地布置绿地有利于减少区域热环境异质性。

4.2 格局参数反映绿地的冷岛效应的能力

在景观格局与城市热岛效应的分析中,以矢量数据进行邻接关系分析的研究不多,主要以基于 Fragstats 软件分析栅格数据的研究为主。从矢量数据进行分析的优点是能够保持景观斑块解译的最初特征,且极易将格局分析结果空间化。从所分析的 3 种格局指数角度看,面积能够较好地反映城区几种主要绿地类型的温度,包括乔木林地、水体、草地,结果与不分植被类型从栅格数据分析格局的结果相同^[26],但不能反映挨着道路的灌木林地的温度。原因可能是灌木主要在道路两盘,多为窄长条形,面积小且形状指数单一,很大程度上受道路的影响。形状指数 *SI* 对城市的水体和乔木林地的温度反映较好,而表示邻接绿地个数情况的 *N_MN* 只反映乔木林地和城郊的耕地,其原因是乔木林地与耕地斑块个数较多且较集中,对于斑块个数少的水体、灌木、草地不能反映,可见总体的温度反映能力不太稳定。邻接绿地的面积百分比能较好地反映绿地温度及绿地冷岛强度,表征一定范围内的热环境异质性。这说明不考虑面积——景观基质,只考虑个数及几何形状等特征的景观格局分析,较难解释景观过程。

4.3 对城市绿地规划与管理的启示

城市景观中各个斑块都与其周围的斑块相互紧密联系。对于城市冠层(城市屋顶以下,地面以上)的微气候而言,斑块之间互相影响的特点是:近的斑块的作用强于远的斑块,符合 Tobler 提出的地理学第一定律^[29]。形状指数表征的是斑块之间相互作用的范围。若一个湖与一个居民地相连接,那么曲折环绕居民地的湖边界会增加湖与居民地的作用范围。但是,集中面积与增加边界是两难全的对立面。增加面积对绿地自身温度有显著影响,但是,在面积固定的情况下,增加形状指数,增加了该斑块与相邻斑块的接触空间,也就减少了面积集中的可能。本研究的结果显示,乔木林地、河流和湖泊是研究区最强的冷岛区域,其面积和形状对绿地自身温度的影响作用相当,因此,无论是在公园或小区等绿地的规划中,在条件允许的情况下,可以优先适当增加水体面积,其次是乔木林地。但公园与小区的绿地规划又有所区别,公园绿化强调在公园内部人所

能得到的生态服务,因此强调集中分布绿地,这样可以增强公园自身的冷岛强度和效应,而对于小区绿地规划来说,若要改善小区热环境,降低其热异质性,则在可规划的面积固定下,宜分散、均匀地分配绿地,不宜将小区绿地集中规划于小区一角。

5 结论

本研究采用 QuickBird(QB)数据提取了北京局部城区的6种城市绿地,并用 LANDSAT 的 ETM+数据反演地表温度,分析了绿地和地表冷热岛的分布特征以及不同绿地的不同格局参数对绿地潜在降温能力的影响。可以得出两点结论:(1)不同的绿地,其温度及冷岛强度对相同的格局参数的响应不同,在分析绿地的冷岛效应时要区别绿地类型;(2)不同的格局参数对同一种绿地的温度及其冷岛强度的影响不同,分析格局与冷岛相互响应时要根据绿地类型选取适当的格局参数。综合地说:面积和形状指数对水体和乔木林地的温度的响应相当,可作为其评价参数,但草地和耕地的温度主要受面积影响,而 Neighborhood Mean 对绿地温度的影响较难解释,不能作为评价绿地格局对温度影响的参数。研究中所用的数据和方法能够从较宏观的角度反映绿地格局对绿地温度及其冷岛强度的影响,从不同绿地角度进行讨论,可为绿地规划和管理提供参考意见;从不同格局参数分析,可为绿地格局及景观格局分析提供一些借鉴,但对于邻接关系的相关格局指数需要今后进一步探讨。

References:

- [1] Grimm N B, Faeth S H, Golubiewski N E, Redman C L, Wu J, Bai X, Briggs J M. Global change and the ecology of cities. *Science*, 2008, 319 (5864): 756.
- [2] Xiao R B, Ouyang Z Y, Li W F, Zhang Z M, Gregory T J, Wang X K, Miao H. A review of the eco-environmental consequences of urban heat islands. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2055-2060.
- [3] Shem W, Shepherd M. On the impact of urbanization on summertime thunderstorms in Atlanta; Two numerical model case studies. *Atmospheric Research*, 2009, 92(2): 172-189.
- [4] Frumkin H, McMichael A. Climate Change and Public Health Thinking, Communicating, Acting. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008, 35(5): 403-410.
- [5] McGeehin M, Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 2001, 109(S2): 185.
- [6] Rizwan A M, Dennis L Y C, Liu C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 2008, 20(1): 120-128.
- [7] Weng Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2009, 64(4): 335-344.
- [8] Epa. Urban Heat Island Mitigation. 2009 [cited 2010 March11]; Available from: <http://www.epa.gov/hiri/mitigation/index.htm>.
- [9] Hamada S, Ohta T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2010, 9(1): 15-24.
- [10] Zoulia I, Santamouris M, Dimoudi A. Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, 156(1/4): 275-292.
- [11] Chen J. Discussion on the Influence of Landscape Structure on the Urban Heat Island Effect of Hefei City. , *Journal of Anhui Agricultural Science* 2010, 38(28): 15838-15841.
- [12] Cheng H H, Yeng H, Wang Z S, Jian X. Relationships Between Types, Pattern Urban Green Space And Land Surface Temperature-A Case Study In Shenzhen Special Economic Zone, *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*. 2009, 45(3): 495-501.
- [13] Susca T, Gaffin S, Dell'osso G. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution*, 2011.
- [14] Weng Q, Liu H, Lu D. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban Ecosystems*, 2007, 10(2): 203-219.
- [15] Cao X, Onishi A, Chen J, Imura H. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 96(4): 224-231.
- [16] Jiménez-Muñoz J C, Sobrino J. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108(D22): 4688-4695.

- [17] Qin Z, Karnieli A, Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(18): 3719-3746.
- [18] Sobrino J, Jimenez-Munoz J, Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 90(4): 434-440.
- [19] Mcgarigal K, Marks B. FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0. Oregon State University, Corvallis, 1994.
- [20] Sun R, Chen A, Chen L, Lü Y. Cooling effects of wetlands in an urban region: The case of Beijing. *Ecological Indicators*, 2012, 20(0): 57-64.
- [21] Rempel R S, Kaukinen D, Carr A P. Patch Analyst and Patch Grid. 2012 [cited 2012 April 1]; Available from: <http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/>.
- [22] Wenting W, Yi R, Hengyu Z. Investigation on Temperature dropping effect of Urban Green Space in summer in Hangzhou. *Energy Procedia*, 2012, 14(0): 217-222.
- [23] He J N, Xiao Y F, Wu Y X, Wu L C, Kang W X. Four Types of Green Space in Urban on the Reduction of Heat Island Effect. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(16): 70-74.
- [24] Cohen P, Potchter O, Matzarakis A. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Building and Environment*, 2012, 51(0): 285-295.
- [25] Oliveira S, Andrade H, Vaz T. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 2011, 46(11): 2186-2194.
- [26] Zhou W, Huang G, Cadenasso M L. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 102(1): 54-63.
- [27] Shashua-Bar L, Pearlmutter D, Erell E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning*, 2009, 92(3/4): 179-186.
- [28] Li J, Song C, Cao L, Zhu F, Meng X, Wu J. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*, 2011: 3249.
- [29] Tobler W. On the First Law of Geography: A Reply. *Annals of the Association of American Geographers*, 2004, 94(2): 304-310.

参考文献:

- [4] 肖荣波, 欧阳志云, 李伟峰, 张兆明, Gregory T J, 王效科, 苗鸿. 城市热岛的生态环境效应. *生态学报*, 2005, 25(8): 2055-2060.
- [11] 陈健. 探讨合肥市绿地景观结构特点及其降温效应. *安徽农业科学*, 2010, 38(28): 15838-15841.
- [12] 程好好, 曾辉, 汪自书, 简霞. 城市绿地类型及格局特征与地表温度的关系——以深圳特区为例. *北京大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(3): 495-501.
- [23] 何介南, 肖毅峰, 吴耀兴, 吴立潮, 康文星. 4种城市绿地类型缓解热岛效应比较. *中国农学通报*, 2011, 27(16): 70-74.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 8 April, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Urban Ecosystems

- Guidelines and evaluation indicators of urban ecological landscape construction SUN Ranhao, CHEN Ailian, LI Fen, et al (2322)
- Research progress in the quantitative methods of urban green space patterns TAO Yu, LI Feng, WANG Rusong, et al (2330)
- Effects of land use change on ecosystem service value: a case study in Huaibei City, China ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (2343)
- Urban ecosystem complexity: an analysis based on urban municipal supervision and management information system DONG Rencai, GOU Yaqing, LIU Xin (2350)
- A case study of the effects of *in-situ* bioremediation on the release of pollutants from contaminated sediments in a typical, polluted urban river LIU Min, WANG Rusong, JIANG Ying, et al (2358)
- The pollution characteristics of Beijing urban road sediments REN Yufen, WANG Xiaoke, OUYANG Zhiyun, et al (2365)
- Effects of urban green pattern on urban surface thermal environment CHEN Ailian, SUN Ranhao, CHEN Liding (2372)
- Seasonal dynamics of airborne pollen in Beijing Urban Area MENG Ling, WANG Xiaoke, OUYANG Zhiyun, et al (2381)

Autecology & Fundamentals

- Impact of alpine meadow degradation on soil water conservation in the source region of three rivers XU Cui, ZHANG Linbo, DU Jiaqiang, et al (2388)
- Predicting the plant exposure to soil arsenic under varying soil factors XIAN Yu, WANG Meie, CHEN Weiping (2400)
- Attraction effect of different host-plant to Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* LI Chao, CHENG Dengfa, GUO Wenchao, et al (2410)
- Root decomposition and nutrient dynamics of *Quercus mongolica* and *Betula Platyphylla* JIN Beibei, GUO Qingxi (2416)
- The interaction of drought and slope aspect on growth of *Quercus variabilis* and *Platycladus orientalis* WANG Lin, FENG Jinxia, WANG Shuangxia, et al (2425)
- Effects of diameter at breast height on crown characteristics of Chinese Fir under different canopy density conditions FU Liyong, SUN Hua, ZHANG Huiru, et al (2434)
- Effects of temperature acclimation and acute thermal change on cutaneous respiration in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis*) XIAN Xuemei, CAO Zhendong, FU Shijian (2444)

Population, Community and Ecosystem

- Altitudinal pattern of plant species diversity in the Wulu Mountain Nature Reserve, Shanxi, China HE Yanhua, YAN Ming, ZHANG Qindi, et al (2452)
- Vegetation succession on Baishui No. 1 glacier foreland, Mt. Yulong CHANG Li, HE Yuanqing, YANG Taibao, et al (2463)
- The effects of *Spartina alterniflora* seaward invasion on soil organic carbon fractions, sources and distribution WANG Gang, YANG Wenbin, WANG Guoxiang, et al (2474)
- Community characteristics and soil properties of coniferous plantation forest monocultures in the early stages after close-to-nature transformation management in southern subtropical China HE Youjun, LIANG Xingyun, QIN Lin, et al (2484)
- Response of invasive plant *Flaveria bidentis* to simulated herbivory based on the growth and reproduction WANG Nannan, HUANGFU Chaohe, LI Yujin, et al (2496)
- Estimation of leaf area index of secondary *Betula platyphylla* forest in Xiaoxing'an Mountains LIU Zhili, JIN Guangze (2505)
- Optimal number of herb vegetation clusters: a case study on Yellow River Delta YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (2514)
- Application of polychaete in ecological environment evaluation of Laizhou Bay ZHANG Ying, LI Shaowen, LÜ Zhenbo, et al (2522)
- Soil meso- and micro arthropod community diversity in the burned areas of *Pinus massoniana* plantation at different restoration stages YANG Daxing, YANG Maofa, XU Jin, et al (2531)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Temporal variety of boundary layer height over deep arid region and the relations with energy balance ZHANG Jie, ZHANG Qiang, TANG Congguo (2545)
- Analysis and forecast of landscape pattern in Xi'an from 2000 to 2011 ZHAO Yonghua, JIA Xia, LIU Jianchao, et al (2556)
- Spatio-temporal variation in the value of ecosystem services and its response to land use intensity in an urbanized watershed HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (2565)

Resource and Industrial Ecology

- Household optimal forest management decision and carbon supply: case from Zhejiang and Jiangxi Provinces ZHU Zhen, SHEN Yueqin, WU Weiguang, et al (2577)
- Spatial variability characteristics of soil nutrients in tobacco fields of gentle slope based on GIS LIU Guoshun, CHANG Dong, YE Xiefeng, et al (2586)
- Method of determining the maximum leaf area index of spring maize and its application MA Xueyan, ZHOU Guangsheng (2596)

Urban, Rural and Social Ecology

- Morphological structure of leaves and dust-retaining capability of common street trees in Guangzhou Municipality LIU Lu, GUAN Dongsheng, CHEN Yongqin David (2604)

Research Notes

- Morphological responses to temperature, drought stress and their interaction during seed germination of *Platycodon grandiflorum* LIU Zigang, SHEN Bing, ZHANG Yan (2615)
- Effects of nutrients on the growth of the parasitic plant *Cuscuta australis* R. Br. ZHANG Jing, LI Junmin, YAN Ming (2623)

《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工作者,探索自然奥秘,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

本期责任副主编 吕永龙

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 33 卷 第 8 期 (2013 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 8 (April, 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	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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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: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 90.00 元