

压砂种植模式对地表热场景观格局的影响

候 静¹, 杜灵通¹, 张学俭²

(1. 宁夏大学 西北土地退化与生态恢复部共建国家重点实验室培育基地/西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏农林科学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 基于 Landsat ETM+ 数据, 反演了宁夏环香山地区的地表温度, 计算热场指数差异, 运用景观指数对压砂地热场景观格局动态变化进行分析。研究表明: 在宁夏环香山地区各土地利用类型中, 压砂地的地表温度及热场变异指数最高, 其次为未利用地, 而草地、耕地、林地的地表温度较低。近十年间, 宁夏环香山地区的热场呈现出高温斑块数量先增加后减少, 景观由简单到复杂、再趋向简单的演变趋势。在 2004—2009 年间, 热场景观斑块总数及密度明显增加, 景观破碎化程度加深; 高等级斑块类型的优势度明显提升, 形状趋向复杂; 由于大量低等级斑块转向高等级斑块, 导致区域热岛效应明显增强。但在 2009—2013 年间, 宁夏环香山地区的热场景观格局变化却表现出与 2004—2009 年间完全相反的变化态势。引起热场景观格局变化的主要原因是当地种植模式的变化, 在 2009 年之前, 宁夏环香山地区的压砂地面积的迅速扩张, 由分散、局部、小面积转变为集中、连片、大面积的模式, 大规模改变下垫面性质造成地表温度升高; 然而 2009—2013 年, 虽然压砂地面积继续扩大, 但由于调整了种植结构, 实行枣瓜间作, 使得地表植被覆盖度增加, 高温斑块面积比例开始下降。

关键词: 压砂地; 种植模式; 地表温度; 景观格局; 生态环境
中图分类号: TP79; S316 **文献标志码:** A

Effects of cropping patterns on surface thermal landscape in gravel-sand mulching field

HOU Jing¹, DU Ling-tong¹, ZHANG Xue-jian²

(1. Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in Northwest China, Ningxia University/ Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwest China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;
2. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: The method of gravel – mulched moisture conservation has been adopted to a large extent in the Xiangshan region of Ningxia for the past few years. Covered with gravel and coarse sand, land surface was affected obviously in soil temperature. It was of importance to quantify the characteristics of thermal landscape for evaluating regional ecologic security and thereby serving for agricultural production. Based on Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) thermal images, land surface temperature was retrieved around Xiangshan region. Differences of thermal parameters were calculated, followed by landscape metrics to analyze dynamic changes of thermal field landscape pattern. The results showed that gravel – mulched land topped the list for land surface temperature and heat field variation index around Xiangshan region in Ningxia, followed by unutilized land. Moreover, land surface temperature of grassland, farmland and forestland was lower. In the past ten years, thermal field exhibited an evolving trend: high-grade thermal patches increased first and then decreased, and landscape changed from simplicity to complexity and finally to simplicity. From 2004 to 2009, the patch amount and density increased significantly, thermal landscape became more fragmented. The dominance of high-grade thermal landscape patch was upgraded obviously, and the patch shape trended to complex. Regional heat island effect was enhanced significantly because of the conversion of a great number of patches from low-grade to high-grade. From 2009 to 2013, however, thermal landscape pattern showed an opposite tendency in comparison with

收稿日期: 2014-11-20
基金项目: 国家自然科学基金(41201438); 宁夏高等学校科学研究重点项目(NGY2014001); 宁夏大学研究生创新项目(GIP2015041)
作者简介: 候 静(1989—), 女, 山西太原人, 硕士研究生, 主要从事 3S 技术及其应用研究。E-mail: weinigod1989@163.com。
通信作者: 杜灵通(1980—), 男, 宁夏同心人, 副研究员, 主要从事遥感应用研究。E-mail: dult80@qq.com。

that between 2004 and 2009. The changes of planting structure were the main causes of thermal landscape pattern evolution. The area of gravel-mulched land expanded rapidly around Xiangshan region in Ningxia, the gravel-mulched land changed from fragmentation to concentration before 2009. Changing the properties of underlying surface on a large scale resulted in land surface temperature rising. From 2009 to 2003, although the area of gravel-mulched land kept on expanding, the vegetation coverage increased and the area proportion of high-grade thermal patches started to decline due to the adjustment of planting structure and the implementation of jujube-melon intercropping.

Keywords: gravel-mulched land; cropping patterns; land surface temperature; landscape pattern; ecological environment

压砂是在地表铺盖厚 6 ~ 15 cm 砾石夹粗砂以适应干旱,是中国西北干旱半干旱地区以砂石覆盖和免耕为核心的独特保护性耕作方式。通过砂石的覆盖保护,可减少地表水分蒸发、径流,增加水分向土壤的入渗,调节土壤温度,防止风蚀和土地沙化,从而可提高降水利用效率,活化土壤潜在肥力,为作物生长创造较好的环境条件,增加作物产量。宁夏中部干旱带属一年一熟制的旱地农业区,降水少且蒸发强烈,砂田在这里得到了快速发展,砂田西甜瓜也被自治区政府列为重点优势特色产业^[1-3]。然而,大面积集中压砂在保水保墒的同时,也会导致下垫面性质改变,生物多样性转变,进而影响到区域生态环境。已有学者就压砂种植模式对区域生态环境造成的影响这一科学问题进行了研究。王占军^[1]等通过研究压砂地土壤微生物群落结构发现,长期的压砂种植会导致土壤微生物总菌数下降,进而影响微生物生态环境的稳定性;此外,长期的压砂会降低土壤全氮、全磷、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾的含量,影响土壤肥力^[2]。然而现有研究多从土壤养分、微生物等层面分析了压砂种植模式对区域生态环境的影响,尚未有人关注压砂种植模式对地表热环境的影响。

地表温度(Land surface temperature, LST)直接影响着一个地区的作物种类、种植制度、栽培方式和农业活动,精确定量的地温反演可以为区域农业生产提供指导^[4-8]。热红外遥感技术的发展为大面积获取地表温度参数,宏观把握地温时空分布规律提供了可能,已成为遥感地学分析与应用的一个重要研究领域^[9-10]。杜灵通^[6]等借助 MODIS 热红外数据分析了宁夏地表温度的空间分布格局;覃志豪^[11-12]等运用陆地卫星数据对地表温度的演算方法进行了研究;张勇等^[13]利用 CBERS-02 IRMSS 热红外数据对城市热岛效应做出了量化描述。而目前利用遥感手段进行压砂种植模式对地表热场景观格局影响的研究尚少见报道。为此,本研究基于 Landsat ETM+ 数据,运用辐射传输方程法对宁夏环

香山地区的地表温度进行反演,对比该区大面积压砂前后热场变异情况,同时利用反演的地表温度数据计算景观指数,进一步研究压砂地热场景观格局演变过程,分析压砂这一农业活动对区域生态变化的影响,为指导宁夏香山地区的农业生产提供理论基础和科学依据。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏中卫市环香山地区,地理位置 37°15'N, 105°31'E, 海拔 1 300 ~ 2 100 m, 属于典型的北温带大陆性季风气候,光照充足,有效积温高,昼夜温差大,年均日照时数 2 800 ~ 3 000 h, 年平均气温 6.8℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的有效积温 2 500℃ ~ 3 200℃, 无霜期 140 ~ 170 d, 多年平均降水量 247.4 mm, 年均蒸发量 2 100 ~ 2 400 mm。由于干旱少雨、多风,加之蒸发强烈,有效水资源极其缺乏,植物生长条件严峻。该区域自然植被稀疏,仅有部分旱生灌木、半灌木、耐寒的蒿属和禾本科草类生长。土壤以灰钙土为主^[1]。土地类型多为荒山和沙化荒地,除压砂种植方式外,该区还分布有少量旱作农业。

1.2 遥感数据及预处理

根据研究的尺度与时间尺度,采用轨道号为 130/034 的三景 Landsat-7 ETM+ 遥感数据,获取时间为 2004-08-16、2009-08-14、2013-08-09, 裁剪环香山地区 45 km × 45 km 的范围作为研究区。在 ENVI 5.0 中首先对影像进行可见光-近红外及热红外波段进行辐射定标,对可见光-近红外波段进行 FLAASH 大气校正,设置成像中心点经纬度、传感器高度、成像区域平均高度、成像时间设置,大气模型 MLS,气溶胶模型 Rural,气溶胶反演方法选择 2Band (K-T),能见度 40 km。由于 Landsat-7 ETM+ 机载扫描行校正器(SLC)故障导致 2003 年 5 月 31 日之后获取的图像出现了数据条带丢失,因此要对数据进行去条带处理。所有影像均选取 WGS-84 椭球和基准面,采用 UTM 投影坐标系,并统一重采

样为 30 m 空间分辨率。

1.3 研究方法

1.3.1 地温反演 基于辐射传输方程法的反演算法首先要将 ETM+ 热红外波段的 DN 值转换为辐射亮度值,再进一步将辐射亮度值反演为地表亮温。由于卫星传感器在接收地表热辐射的过程中受到来自大气与地表等诸多因素的影响,因此在反演地表真实温度时,需要从观测到的热辐射能量中扣除大气层的辐射分量,再以地物的地表比辐射率为参数计算出同温度下黑体在热红外波段的辐射亮度值,进而根据普朗克公式反演当时地表的真实温度。温度为 T_s 的黑体辐射亮度值 $B(T_s)$ 可由公式(1)得到:

$$L_{\text{sensor}} = \tau[\epsilon B(T_s) + (1 - \epsilon)L_{\text{atm}}^{\downarrow}]/L_{\text{atm}}^{\uparrow} \quad (1)$$

式中, T_s 是地表真实温度, L_{sensor} 为传感器接收到的热红外光谱辐射亮度; ϵ 为地表比辐射率, τ 为当时大气透过率, $L_{\text{atm}}^{\uparrow}$ 与 $L_{\text{atm}}^{\downarrow}$ 分别表示成影时大气上行辐射与下行辐射。大气透过率与上下行辐射参数从美国宇航局 NASA 官网 (<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>) 获取。地表真实温度计算公式如下:

$$T_s = hc/\lambda k \ln\left(1 + \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 B(T_s)}\right) \quad (2)$$

λ 为有效中心波长, $\lambda = 11.5 \mu\text{m}$; h 是普朗克常数, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$; k 为波尔兹曼常数, $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$; c 为光速, $c = 3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

由于自然界不存在绝对黑体,不同地物的地表比辐射率存在差异,且 ETM+ 数据获取多为混合像元,因此对地表比辐射率的确定非常困难,一般采用间接方法来获取。本研究参考前人^[11-12,14-15]的经验模型,借助归一化植被指数 (NDVI) 计算植被覆盖度 (F_c),如公式 3,并通过对植被覆盖度设定阈值,将地物分为水体、裸地和自然地面,水体像元的比辐射率为 0.995,自然表面与裸地像元比辐射率公式为(4)、(5)。

$$F_c = [(NDVI - NDVI_{\text{soil}})/(NDVI_{\text{veg}} - NDVI_{\text{soil}})] \quad (3)$$

$$\epsilon_s = 0.9624 + 0.0614F_c - 0.0461F_c^2 \quad (4)$$

$$\epsilon_b = 0.9589 + 0.086F_c - 0.0671F_c^2 \quad (5)$$

1.3.2 热场变异指数 热场变异指数为某点的地表温度与研究区域平均地表温度的差值同研究区域平均地表温度值之比。借助热场变异指数可对该点的热场变异情况进行描述^[13],定量分析热岛效应(公式 6)。为更直观地描述热场变化情况,依据变异指数将热场划分为 6 级,阈值设置如表 1 所示。

$$HI(T) = (T - T_{\text{mean}})/T_{\text{mean}} \quad (6)$$

式中, $HI(T)$ 为热场变异指数; T 为某点的遥感反演地表温度; T_{mean} 为研究区域的平均地表温度。

表 1 热场等级阈值划分

Table 1 Thresholds used in the segmentation of thermal patches

热场变异指数 Thermal field variance index	热场等级 The levels	热岛效应现象 Heat island effect
-0.3 ~ -0.2	1	无 None
-0.2 ~ -0.1	2	弱 Slight
-0.1 ~ 0.0	3	中等 Moderate
0.0 ~ 0.1	4	强 Intense
0.1 ~ 0.2	5	很强 Extremely intense
0.2 ~ 0.3	6	极强 Severe

1.3.3 热场景观指数 运用景观生态学的研究方法,计算景观指数,分析压砂地热场景观格局的演变特征。从斑块类型水平和景观水平两方面选取景观指数,其中斑块类型水平的指数着重对热岛效应起主导作用的高等级斑块类型的数量和结构进行分析,景观水平的指数用于描述热场的整体特征^[16-20]。选取的类型水平的景观指数包括类型面积(CA)、类型比例(PLAND)、斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、平均斑块面积(AREA_MN)、面积加权形状指数(SHAPE_AM)、平均邻近指数(PROX_MN),景观水平上的斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、平均斑块面积(AREA_MN)、面积加权形状指数(SHAPE_AM)、聚合度(AI)、蔓延度(CONTAG)、散布与并列指数(IJI)、多样性指数(SHDI)、均匀度指数(SHEI)。这些景观指数从数量、形状、结构三方面对研究区热场特性进行描述,其各自含义如表 2 所示。

2 结果与分析

2.1 地表温度及热场特征分析

基于 2004—2013 年间的 3 期 Landsat-7 ETM+ 数据和辐射传输方程,对宁夏环香山地区的地表温度进行反演,结合研究区第二次土地利用调查结果及实地调研数据^[21],对各期 Landsat-7 ETM+ 影像进行监督分类(图 1)。将研究区地类分为耕地、草地、林地、未利用地及压砂地,据此分别统计各土地利用类型在 3 个研究年份的地表温度(表 3)。并计算热场变异指数,依据表 1 中的阈值对影像进行密度分割(图 2),热场变异指数越大热场景观斑块等级也越高。由表 3 可知,不同地类的地表温度有明显差异。在各土地利用类型中,压砂地的地表温度

最高,其次为未利用地,草地、耕地、林地地温较低。这种差异主要由下垫面性质引起的,压砂地地表覆盖大量粗砂砾石,比热容小,在夏季正午升温剧烈,而林、草、耕地由于地表植被覆盖率较高,地温相对较低。由热场变异等级图可知,压砂地分布地区热场等级普遍较高,热场景观以 4、5、6 级斑块为主。且在不同的研究时段,随着土地利用类型的转变,研究区热场格局也发生明显改变。2004—2009 年,研

究区压砂地面积迅速扩张,由分散、局部、小面积转变为集中、连片、大面积的模式,大规模改变下垫面性质造成地表温度升高,高温斑块面积比例也随之增加;而 2009—2013 年,虽然压砂地面积继续扩大,但由于当地农林部门调整种植结构,实行枣瓜间作,使得地表植被覆盖度增加,高温斑块面积比例也有所下降。

表 2 热场景观指数及其意义

Table 2 Thermal landscape indexes and their meaning			
景观指数 Landscape index	描述特征 Expressive feature	斑块水平 Patch level	意义 Meaning
CA	数量 Quantity	类型 Class	表示热场景观斑块类型面积。CA is a measure of landscape composition
PLAND		类型 Class	表示各类型斑块所占的面积比。PLAND quantifies the proportional abundance of each patch type in the landscape.
NP		类型、景观 Class and landscape	表示各类型斑块的数量。NP indicates the total number of patches in the landscape.
PD		类型、景观 Class and landscape	反映斑块的破碎度。PD reflects the fragmentation of patch.
LPI		类型、景观 Class and landscape	表示各类型中最大斑块占研究区面积的比例。LPI quantifies the percentage of total landscape area comprised by the largest patch.
AREA _ MN		类型 Class	表示各类型斑块面积的平均值。AREA _ MN indicates the mean value of each patch areas.
SHAPE _ AM	形态 Shape	类型、景观 Landscape and class	描述斑块形状的复杂程度,斑块形状越复杂,数值越大。SHAPE _ AM describes the complexity of patch shape, the more complex patch shape is, the higher the value is.
PROX _ MN	结构 Structure	类型 Class	从类型水平上反映各斑块间的邻近关系,同类斑块距离越近数值越大。PROX _ MN indicates the adjacencies between patches from the class level, the closer between the same patch type is, the higher approximation is.
AI		景观 Landscape	从景观水平上描述同一类斑块的邻接关系。AI indicates the adjacencies in the focal class.
CONTAG		景观 Landscape	反映了各类型斑块间的蔓延趋势,当某种优势斑块连通性较好时,其数值也较大。CONTAG is inversely related to edge density. When certain dominated patch has a better connectivity, the value is higher.
IJI		景观 Landscape	表示各类型斑块的混合分布程度,某一类斑块与其他所有类型斑块邻接概率越接近,其值越大。IJI provides a measure of isolates the interspersion or intermixing of patch types. When the corresponding patch type is closer to all other patch types, the value is higher.
SHDI		景观 Landscape	描述斑块类型的丰富程度。SHDI indicates the number of landscape elements and the proportion of each landscape element type.
SHEI		景观 Landscape	描述斑块类型的均匀分布程度。SHEI indicates the distribution uniformity of different landscape types in the landscape.

表 3 不同土地利用类型地表温度/℃

Table 3 The surface temperature of different land use types					
年份 Year	耕地 Farmland	草地 Grassland	林地 Forest land	未利用地 Unutilized land	压砂地 Gravel-mulched land
2004	34.51	35.42	30.41	35.82	37.04
2009	40.21	42.61	35.69	42.51	43.56
2013	36.44	40.55	35.93	41.41	41.66

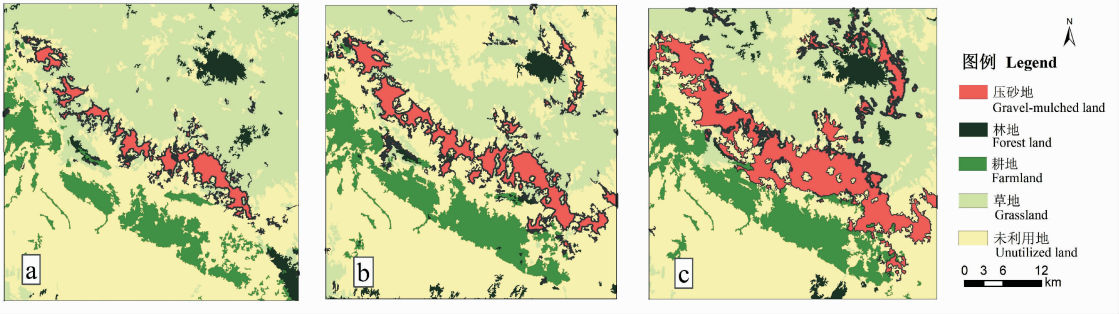


图 1 2004 年(a)、2009 年(b)和 2013 年(c)研究区土地利用类型

Fig.1 The classification of land use in 2004(a), 2009(b) and 2013(c)

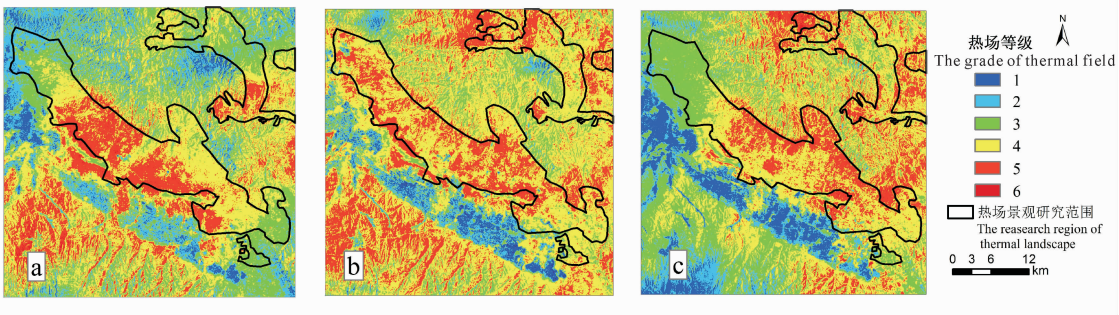


图 2 2004 年(a)、2009 年(b)和 2013 年(c)研究区热场变异分级

Fig.2 The classification thermal field variation in 2004 (a), 2009 (b) and 2013 (c)

2.2 类型水平上的热场景观格局特征分析

本研究对热岛效应起主导作用的 4、5、6 级高等级热场景观类型变化趋势进行分析(图 3)。由于 45 km×45 km 的研究范围地类结构复杂变化多样,为剔除其他土地类型变化干扰,笔者选取压砂地及附近固定区域作为热场景观格局的研究对象(图 2)。由图可知,研究区高等级斑块面积总体上呈上升趋势,其中,4 级斑块面积平稳增加;5 级景观斑块变化幅度最大,从 2004 年的 25 hm² 增加到 2009 年的 35 053 hm²,后又逐渐减少;6 级斑块面积最少,自 2009 年出现,之后略有增加。4、6 级景观斑块数量(NP)逐年递增,5 级景观斑块数量先增加,之后有所下降。由于研究区范围不变,CA 与 PLAND, NP 与 PD 曲线走向相同,故不单独列出。5 级景观斑块的 最大 斑块 指数(LPI)、平均斑块面积(AREA_MN)变化最为明显,到 2009 年大幅增加,之后呈下降趋势,说明 2009 年研究区高温热场斑块的单体面积大幅增加,高等级斑块相互连接形成大片,到 2013 年单体面积有所下降;4 级斑块与其变化趋势相反;6 级斑块变化起伏平缓。对于面积加权平均形状指数(SHAPE_AM)及平均邻近指数(PROX_MN),5 级景观斑块变化幅度最为明显,呈先增加后减少趋势,说明至 2009 年 5 级斑块边界形状的复杂性明显增加,且斑块逐渐靠

近,形成“群簇”,而这种趋势在 2013 年明显下降;4 级斑块边界复杂性在 2009 年略有下降,在 2013 年有所回升;6 级斑块无明显变化。

2.3 景观水平上的热场景观格局特征分析

对景观水平上各热场景观指数变化趋势进行分析,结果如图 4 所示。2004—2013 年间,热场景观斑块数量(NP)明显增加,2004—2009 年增加幅度较大,斑块密度(PD)也相应增加,平均斑块面积(AREA_MN)不断减小,景观逐渐破碎化。面积加权平均形状指数(SHAPE_MN)先上升后下降,表明在 2009 年斑块形状最为复杂。散布并列指数 IJI 在 2004—2009 年大幅下降,聚合指数(AI)、蔓延度指数(CONTAG)显著提升,说明各类斑块混合分布程度降低,聚合程度增加,斑块间连通性较好,2009 年前后的变化趋势相反。多样性指数(SHDI)和均匀度指数(SHEI)呈先下降后上升态势,即研究区热场景观斑块类型在 2009 年明显减少,景观面积在各类型间分配不均,之后又逐渐趋向均匀。

2.4 热场景观转移矩阵分析

通过各级热场斑块转移矩阵分析不同景观类型之间的转化规律,借此反映研究区下垫面性质转变对热场等级变化的作用机制。统计了研究区 2 期热场景观类型转移矩阵,结果如表 4 所示。2004—2009

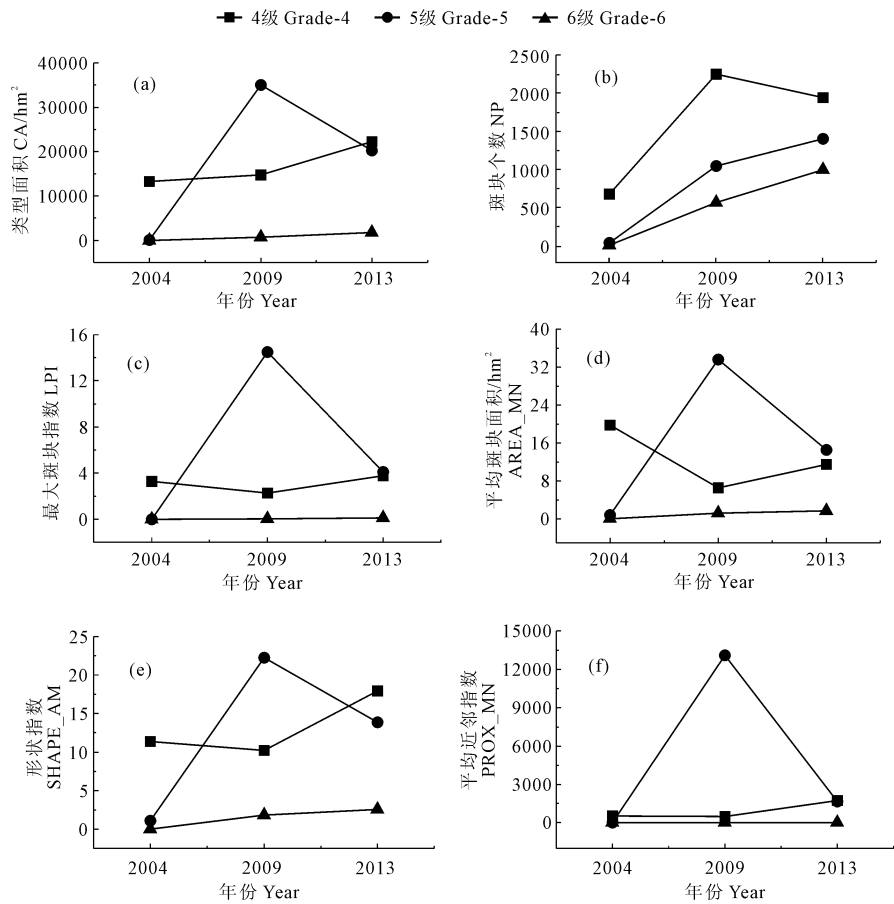


图 3 类型水平景观指数变化
Fig.3 Changes of landscape indexes at class level

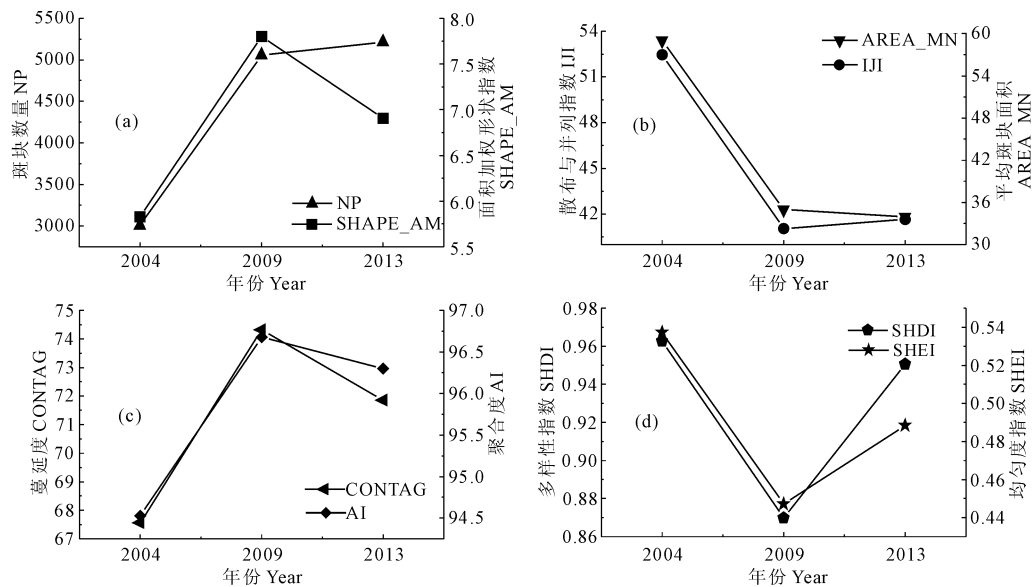


图 4 景观水平景观指数变化
Fig.4 Changes of landscape indexes at landscape level

年间,热场景观等级以低等级(1、2、3 级)斑块向高等级(4、5、6 级)转变为主。研究区在 2004 年时压砂地范围较小,故 2004 年均以低等级热场景观类型为主,无热岛区和弱热岛区的面积较大。到 2009 年后,高等级热场斑块大幅转入,低等级斑块大量转出,最大面积类型由 3 级转为 5 级斑块,6 级热场斑

块开始出现。2009—2013 年,高等级斑块数量有所下降,5 级热场景观类型大面积转出,流入 3、4 级斑块类型。由两期统计数据来看,研究区 3、4、5 级斑块所占比例最大,相互之间转化也更加容易,而 1、2 级与 5、6 级斑块间的转化较少。由此说明,2004 年

以后研究区砂田面积迅速扩张,地面覆盖大面积粗砾砂石,地表温度随之升高,热岛效应明显增强。之后为提高压砂田经济效应,2009 年研究区开始大规模栽植大规格枣苗,使得地表植被覆盖率得到明显提升,热岛效应得到一定缓解。

表 4 各级热场斑块间转移矩阵/hm²
Table 4 Conversion matrix for different grades of thermal field patches

时期 Period	热场等级 The grade of thermal field	1 级 Grade - 1	2 级 Grade - 2	3 级 Grade - 3	4 级 Grade - 4	5 级 Grade - 5	6 级 Grade - 6	2004 年 合计 Total in 2004	2009 年 合计 Total in 2009	转出 Loss
2004—2009	1 级 Grade - 1	11	114	280	864	790	3	2061	—	2050
	2 级 Grade - 2	12	80	236	5481	6472	116	12398	—	12317
	3 级 Grade - 3	20	96	316	6150	17769	898	25247	—	24932
	4 级 Grade - 4	13	72	169	2041	10480	506	13281	—	11240
	5 级 Grade - 5	0	0	0	0	11	5	16	—	5
	6 级 Grade - 6	0	0	0	0	0	0	0	—	0
	2009 年合计 Total of 2009	56	362	1000	14535	35522	1528	—	—	—
	转入 Gain	45	281	685	12495	35511	1528	—	—	—
2009—2013	1 级 Grade - 1	4	17	22	14	1	0	—	57	53
	2 级 Grade - 2	6	76	142	118	18	0	—	360	284
	3 级 Grade - 3	8	73	423	458	42	0	—	1003	580
	4 级 Grade - 4	8	145	2490	9187	2750	7	—	14587	5400
	5 级 Grade - 5	1	37	6171	12182	16799	347	—	35538	18739
	6 级 Grade - 6	0	0	164	356	821	191	—	1532	1341
	2013 年合计 Total in 2013	27	348	9412	22315	20430	544	—	—	—
	转入 Gain	23	272	8989	13128	3631	354	—	—	—

3 结论与讨论

本研究基于 Landsat7 ETM + 数据,对宁夏环香山地区地表温度进行反演,计算热场指数差异,运用景观指数分析压砂地热场景观格局动态变化特征,并结合实地调查,得到如下结论:

1) 压砂地地表温度及热场指数明显高于研究区的其他地类。研究区不同的土地利用类型的地表温度差异明显。各土地利用类型中,压砂地的地表温度及热场变异指数最高,其次为未利用地,而草地、耕地、林地地温较低。这种差异主要由下垫面性质引起的,压砂地地表覆盖大量粗砂砾石,比热容小,在夏季正午升温剧烈,因此地表温度较高。而植被覆盖度较高的土地类型,如草地、耕地、林地地表温度普遍较低。

2) 近十年间,研究区热场呈现出高温斑块数量先增加后减少,景观由简单到复杂破碎,再趋向简单的演变趋势。2004—2009 年间,从数量上来看,研究

区热场景观斑块总数及密度明显增加,整个热场景观破碎化程度加深,其中对热岛效应起主要作用的高等级斑块类型在区域景观中优势度明显提升;从形态方面来看,高等级热场景观斑块形状趋向复杂;从结构方面来看,高等级景观内部斑块逐渐接近,各类型之间均匀接触的程度增加,景观总体的蔓延度提高,各类型景观面积分配不均;从转化方面来看,低等级斑块类型大面积转向高等级斑块类型,热岛效应明显增强。2009—2013 年,研究区热场景观格局变化与 2009 年之前呈相反趋势。

3) 压砂地面积扩大及种植结构的变化是造成研究区热场景观格局演变的主要原因。自 2004 年宁夏开始大面积推广压砂地,在地表铺盖大量粗砂砾石,至 2009 年环香山地区压砂面积由 2004 年之前的 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 发展到 $7.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,压砂地由分散、局部、小面积转变为集中、连片、大面积的模式,如此大规模改变下垫面性质造成地表温度变化,形成热岛。而 2010 年以后受土地退化影响,当地农

林部门调整种植结构,于香山北麓永大公路两侧压砂地进行大规格枣苗栽植,至 2013 年枣苗栽植规模扩大至 $4.5 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。大面积的枣树种植,使得研究区地表植被覆盖度增加,种植区域温度下降,热岛区域缩小,热岛效应有所缓解。

受其他条件限制,本文温度反演所采用的地表比辐射率参数均采用前人的观测数据和统计模型,可能影响研究区地面温度反演的精度。另外,研究只选取了 2004、2009 年和 2013 年三个时间点的数据进行分析,缺少逐年观测数据,因此,对时段内部的精细变化有待更深入研究。且对于地表温度的变化给区域生态环境所造成的影响仍需进一步的定量研究。

参 考 文 献:

[1] 王占军,蒋 齐,何建龙,等.宁夏环香山地区压砂地土壤微生物结构及功能多样性研究[J].水土保持通报,2013,33(6):58.

[2] 王占军,蒋 齐,何建龙,等.宁夏环香山地区压砂地土壤肥力特征分析[J].水土保持学报,2010,24(2):201-204.

[3] 李百云,魏天军.宁夏旱砂地枣瓜间作栽培技术研究[J].安徽农业科学,2010,38(12):6158-6160.

[4] Li Z L, Becker F. Feasibility of land surface temperature and emissivity determination from AVHRR data[J]. Remote Sensing of Environment, 1993,43(1):67-85.

[5] Qin Z, Karnieli A. Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA – AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1999,20(12):2367-2393.

[6] 杜灵通,李国旗,基于 MODIS 数据的宁夏地表温度空间分布研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):191-195.

[7] 杜灵通.基于 Landsat ETM+ 数据的银川城市热岛研究[J].测绘科学,2008,33(4):169-171.

[8] 冯蜀青,殷青军,肖建设,等.基于温度植被旱情指数的青海高

寒区干旱遥感动态监测研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(5):141-145.

[9] 刘 霞,沙晋明.基于 ETM+ 影像的福州市部分城区的地表温度反演与分析[J].海洋技术,2010,29(3):87-92.

[10] 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[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001,22(18):3719-3746.

[11] 覃志豪,Zhang M H,Karnieli A, et al. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J].地理学报,2001,56(4):456-466.

[12] 覃志豪,LI W J, Zhang M H, et al. 单窗算法的大气参数估计方法[J].国土资源遥感,2003,15(2):37-43.

[13] 张 勇,余 涛,顾行发,等.CBERS – 02 IRMSS 热红外数据地表温度反演及其在城市热岛效应定量化分析中的应用[J].遥感学报,2006,10(5):789-797.

[14] Schneider K, Mauser W. Processing and accuracy of Landsat Thematic Mapper data for lake surface temperature measurement[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996,17(11):2027-2041.

[15] 丁 凤,徐涵秋.TM 热波段图像的地表温度反演算法与实验分析[J].地球信息科学,2006,8(3):125-130.

[16] 黄聚聪,赵小锋,唐立娜,等.城市化进程中城市热岛景观格局演变的时空特征——以厦门市为例[J].生态学报,2012,32(2):622-631.

[17] 陈云浩,史培军,李晓兵.基于遥感和 GIS 的上海城市空间热环境研究[J].测绘学报,2002,31(2):139-144.

[18] 江学顶,夏北成.珠江三角洲城市群热环境空间格局动态[J].生态学报,2007,27(4):1461-1470.

[19] 贡 璐,吕光辉.基于景观的干旱区城市热岛效应变化研究——以乌鲁木齐市为例[J].中国沙漠,2009,29(5):982-988.

[20] 孟 丹,李小娟,宫辉力,等.北京地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应[J].生态学报,2010,30(13):3491-3500.

[21] Liu Ji yuan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, et al. Study on spatial pattern of land – use change in China during 1995—2000[J]. Science in China (Series D: Earth Sciences), 2003, 4: 373-384, 420-422.

(上接第 219 页)

[12] 江 敏,金之庆,葛道阔,等.CRERS – Wheat 模型在我国冬小麦主产区的适应性验证及订正[J].江苏农学院学报,1988,19(3):64-67.

[13] 刘骁月,王鹏新,张树誉,等.基于作物模型模拟年际生物量变化的冬小麦干旱监测研究[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):212-218.

[14] 张树誉,孙 威,王鹏新.条件植被温度指数干旱监测指标的等级划分[J].干旱区研究,2010,27(4):600-606.

[15] 蒲金涌,张存杰,姚小英,等.干旱气候对陇东南主要农作物产量影响的评估[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):167-171.

[16] 景毅刚,范建中,高茂盛.气候变暖对陕西冬小麦生育期的影响[J].麦类作物学报,2013,33(2):389-396.

[17] 翁笃鸣.试论总辐射的气候学计算方法[J].气象学报,1964,34(3):304-315.

[18] Aggarwal P K, Sinha S K. Response of droughted wheat to mild – season water application: recovery in leafarea and its effect on grain yield[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1987, 14(2): 227-237.

[19] 闫永奎,郝卫平,梅旭荣,等.拔节期水分胁迫—复水对冬小麦干物质积累和水分利用效率的影响[J].中国农业气象,2011,32(2):190-195.

[20] 肖俊夫,刘战东,段爱旺,等.不同灌水处理对冬小麦产量及水分利用效率的影响研究[J].灌溉排水学报,2006,25(2):20-23.

[21] 杨小利,刘庚山,杨兴国.甘肃黄土高原主要农作物水分胁迫敏感性[J].干旱地区农业研究,2006,24(4):90-93,203.