

孙超,任艳敏,范文洋,等. 县域耕地保护分区方法与实证[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):279-283.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.065

县域耕地保护分区方法与实证

孙超^{1,2},任艳敏^{1,2},范文洋³,刘玉^{1,2}

(1. 北京农业信息技术研究中心,北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心,北京 100097;
3. 北京舜土规划顾问有限公司,北京 100070)

摘要:科学合理制定耕地保护分区方案,是实现耕地差异化保护的前提和基础。运用局部空间自相关分析法,揭示吉林省桦甸市耕地质量的空间集聚特征和空间关联关系,并据此提出耕地保护分区方案。结果表明:(1)桦甸市耕地自然等指数、利用等指数和经济等指数整体上均呈现中部高、四周低的分布特征,且空间集聚性显著。(2)局部空间自相关分析结果显示,显著正相关类型多以带状或片区形式出现,集聚性较强;显著负相关类型无明显集中区域,面积较小,且零星分布。(3)按照耕地保护分区规则,结合桦甸市生态保护红线,将 57 种组合划分为永久耕地保护区、农业结构调整区、土地整治重点区、可调整建设区、休耕轮作区和退耕还林区,制定差异化管理保护措施。结果可为桦甸市耕地保护提供决策依据,为相似县域耕地保护分区提供方法参考。

关键词:耕地保护;耕地质量;分区方法;空间自相关分析;桦甸市;差异化;耕地保护措施

中图分类号: F301.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)22-0279-05

2017 年我国粮食总产量 61 791 万 t,属历史上第 2 高产年。但是在粮食产量连续增长的背后,我国人均耕地面积由 0.11 hm² 减少到 0.09 hm²^[1],耕地质量总体偏低,中等和低等面积占全国耕地评定总面积的 70.51%,同时面临着华北平原地下水漏斗区不断扩大^[2]、黄淮海平原区土壤 pH 值降低^[3]、东北平原湿地面积急剧减少^[4]、黑土地有机质含量下降、湖南省耕地重金属污染严重^[5]、西南地区耕地石漠化^[6]等现实问题。为此,中央陆续制定出台“严守 18 亿亩耕地红线”“实施藏粮于地、藏粮于技战略”“探索实施耕地休耕轮作制度”“建立粮食生产功能区和重要农产品生产保护区”等政策、战略,耕地保护的地位不断上升、耕地保护的内涵持

续扩大,对耕地差异化管护提出了现实需求。在县域尺度上科学设定耕地保护区域,实施差异化管理,是耕地保护制度“落地”的重要保证,也是实现耕地质量保护与提升的重要抓手。

目前,有关耕地保护的研究较多,主要围绕资源禀赋^[7]、生态安全^[8]、土地利用功能^[9]、经济补偿机制^[10]、轮作休耕^[11]、耕地质量空间分布^[12]、耕地历史数据重构^[13]等方面展开。其中,耕地质量空间分布特征备受关注,孔祥斌等基于农用地分等国家级汇总结果,分析了西部地区 12 省份耕地质量的空间分布特征^[14];熊昌盛等引入局部空间自相关分析模型,在广东省广宁县划分出高标准农田建设优化区域、重点区域、后备区域和一般区域^[15];杨建宇等运用局部空间自相关和 Moran 散点图结合的方法,基于村域尺度从耕地 3 个维度(自然、利用、经济)分析陕西省高平市耕地质量的空间局部特征,提出耕地保护分区的思路^[16];张贞等采用 Moran'I(莫兰指数)空间自相关分析方法,证实了重庆市丘陵山区水田和旱地的质量等级存在显著的空间正相关关系^[17]。总体来看,关于宏观、中观尺度上的耕地质量空间特征研究较多,但大多研究未能落到具体地块,影响了空间特征描述与分区的

收稿日期:2018-08-08

基金项目:北京市农林科学院 2018 年度科研创新平台建设课题(编号:PT2018-23)。

作者简介:孙超(1989—),男,北京人,硕士,工程师,主要从事区域农业与乡村发展研究。E-mail:879858874@qq.com。

通信作者:刘玉,博士,副研究员,主要从事土地利用、区域农业与农村发展研究。E-mail:liuyu@nercita.org.cn。

[18]李飞. 中国西北干旱区潜在植被的演替[D]. 兰州:西北师范大学,2009.

[19]白燕英. 基于多时相遥感影像的盐渍化农田表层土壤水分反演研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.

[20]陈思伟,代大海,李盾,等. Radarsat-2 的系统组成及技术创新分析[J]. 航天电子对抗,2008,24(1):33-36.

[21]黄晓东. 极化目标模型分解的不一致性研究[D]. 武汉:中国地质大学,2013.

[22]何密,李永祯,王雪松,等. 基于 Pauli 基分解的极化校准算法[J]. 宇航学报,2011,32(12):2589-2595.

[23]Ferro - Famil L, Pottier E, Lee J S. Unsupervised classification of multifrequency and fully polarimetric SAR images based on the H/

A/Alpha - wishart classifier[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,2017,39(11):2332-2342.

[24]朱海洲,贾银山. 基于支持向量机的遥感图像分类研究[J]. 科学技术与工程,2010,10(15):3659-3663.

[25]吴建宁,王珏. 基于支持向量机的步态分类方法[J]. 测试技术学报,2006,20(4):299-303.

[26]赵传峰,姜汉桥,郭新华. 支持向量机在小样本预测中的应用[J]. 油气田地面工程,2009,28(2):21-23.

[27]陈超祥,陈华锋,叶时平. 高分辨率影像中基于纹理的建筑区信息提取[J]. 计算机工程,2011,37(21):126-130.

[28]金杰,朱海岩,李子潇,等. ENVI 遥感图像处理中几种监督分类方法的比较[J]. 水利科技与经济,2014,20(1):146-148,160.

精确程度。本研究以耕地综合质量指数为空间变量,引入局部空间自相关分析法,探索耕地质量在地块尺度上的空间聚集规律,并结合生态保护红线划分耕地保护区,以期为吉林省桦甸市耕地保护提供决策依据,并为相似县域耕地保护分区提供方法参考。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区概况与数据来源

桦甸市位于吉林省东南部,地处长白山山区向松辽平原过渡的前缘,土地面积为 6 520.80 km²,全市明显分为山地、低山丘陵和沟川河谷平地 3 个部分。耕地面积为 174 019.57 hm²,约占土地总面积的 26.69%。当前,桦甸市耕地处于高利用率的状态,加之长期粗放耕作、保护性措施缺失、养护管理水平低等因素,耕地出现了土壤肥力下降、黑土层变薄以及土地沙化、盐碱化等问题。本研究数据主要来源于《2014 年桦甸市耕地质量更新成果》《2015 年桦甸市土地利用变更调查数据》《桦甸市生态保护红线划定报告》和 2015 年高分二号卫星影像等。

1.2 研究方法

本研究的基本思路是:将研究区的耕地图斑进行剔除异常值等预处理;借助空间自相关方法,揭示耕地自然等指数、利用等指数、经济等指数的空间分布模式;开展耕地质量局部空间自相关类型的组合分析,依据数据的空间随机分布、空间异常分布、高值聚集分布、低值聚集分布特点,并结合桦甸市生态保护红线范围,划分耕地保护类型区。

1.2.1 全局空间自相关分析模型 全局空间自相关分析能够探测空间要素或其属性值在区域整体的空间自相关性,可用以识别研究区域整体的空间要素分布模式。Moran's I 统计量计算表达式为

$$I = \frac{n}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2};$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

式中: n 为样本总数; x_i 为变量 x 在空间位置 i 的属性值; x_j 为变量 x 在空间位置 j 的属性值; \bar{x} 为样本均值; w_{ij} 为空间权重。通常采用基于邻接关系或者基于距离的方法构建空间权重。本研究以耕地图斑为评价单元,存在孤点,因此选用 k -nearest 方法确定空间权重。Moran's I 取值在 $[-1, 1]$ 之间,越接近 1,表示正向相关性越强烈;越接近 -1,表示负向相关性越强烈;接近 0,则表示不存在空间聚集性。

采用 Z 得分对全局 Moran's I 的统计量进行显著性检验,计算表达式为

$$Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}$$

式中: $E(I)$ 为数学期望; $Var(I)$ 为变异系数。 Z 得分为正且越大,表示单元值与相邻单元值越相近; Z 得分为负且越小,表示单元值与相邻单元值差异越大。

1.2.2 局部空间自相关分析模型 针对全局 Moran's I 不能确切指出聚集或异常发生的具体空间位置这一不足,本研究采用局部 Moran's I 揭示空间参考单元与其邻近空间单元属

性特征值之间的相似性或相关性,识别空间集聚和空间孤立特征,探测空间异质性。其计算表达式为

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x});$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

式中: I_i 为单元 i 的局部 Moran's I; σ^2 为方差。利用 GeoDa 中的局部自相关工具对研究数据进行计算得出, Z 得分大于正态分布函数在 0.01 水平下的临界值 2.58,通过显著性检验,将评价单元划分为 5 种类型,其中显著高-高型(HH 型)是高值与高值关联的聚焦点,表示该评价单元及其周围评价单元的属性特征值都较高;显著低-低型(LL 型)是低值与低值关联的聚焦点,表示该评价单元及其周围评价单元的属性特征值都较低;显著高-低型(HL 型)和显著低-高型(LH 型)是异常值关联区,表示该评价单元及其周围评价单元的属性特征值有较强的异质性;非显著型(N 型)是空间随机分布的区域,表示没有通过局部 Moran's I 显著性检验,空间集聚性不强。

1.2.3 耕地保护分区 为了直观清楚地了解各耕地图斑的综合质量和其相邻区域耕地质量情况,将自然等指数、利用等指数和经济等指数的局部空间自相关结果进行顺序组合,制定了耕地保护分区规则(表 1),即在一个图斑组合情况为 HH-LL-HL 中,HH、LL、HL 分别代表该图斑自然等指数、利用等指数、经济等指数的空间自相关结果。分区规则为:(1)HH 型是高指数分值耕地高度聚集区域,且局部范围内呈现明显的均质状态,因此将耕地综合质量组合中遴选出的包含 HH 且不包含 LL、HL、LH 的组合作为永久耕地保护区。(2)LL 型恰好与 HH 型相反,表示低分值聚集区域,且局部范围内呈现均值状态,将遴选出的包含 LL 且不包含 HH、HL、LH 的组合作为可调整建设区域。此外,对该区域进一步细分,将可调整建设区与桦甸市生态保护红线划定范围叠加,提取生态红线保护区内的可调整建设区图斑,将地形坡度小于 15°的耕地划入休耕轮作区;将地形坡度大于 15°的耕地划入退耕还林区,而生态保护红线外的可调整建设区依然为可调整建设区。(3)局部空间自相关组合 N-N-N 是指该区域耕地质量在空间上随机分布,从空间集聚特性中很难分辨该图斑或区域耕地特征,将其划入农业结构调整区域。(4)HL 型(或 LH 型)是局部区域内高(低)分值指数耕地集中在中部,周围多以低(高)分值耕地包围,为避免耕地综合质量下降,应实施土地综合整治工程,以改良低分值耕地为重点。将永久耕地保护区、可调整建设区、农业结构调整区外的其他组合划为土地整治重点区。

2 结果与分析

2.1 耕地质量空间分布特征

由图 1 可知,自然等指数较高的耕地主要分布在金沙镇、横道河子乡等平原地区,该区域耕地自然禀赋良好;自然等指数较低的耕地在各乡(镇)均有分布,主要集中在丘陵地区,受地形坡度较大、障碍层距地表深度较小等因素制约,自然条件较差。利用等指数空间分布类似于自然等指数,高分值区域聚集在县域中部金沙镇周围,以组团形式出现,低分值区域

表1 耕地保护分区规则

分区名称	局部空间自相关组合	分区理由及管护建议
永久耕地保护区	HH - N - N、N - HH - N、N - N - HH、HH - HH - N、HH - N - HH、N - HH - HH、HH - HH - HH	该区域耕地综合质量呈空间高值聚集分布。严禁非农建设,加强耕地管护措施
可调整建设区(休耕轮作区、退耕还林区)	LL - N - N、N - LL - N、N - N - LL、LL - LL - N、LL - N - LL、N - LL - LL、LL - LL - LL	该区域耕地综合质量呈空间低值聚集分布。进行综合性改良、休耕轮作、退耕还林等整治措施
农业结构调整区	N - N - N	该区域耕地综合质量呈空间随机分布。结合当地实际,调整农业结构,达到投入产出最大化
土地整治重点区	其他组合	该区域耕地综合质量呈空间异常分布。进行耕地综合整治,增加有效耕地面积、提高耕地质量和利用效率

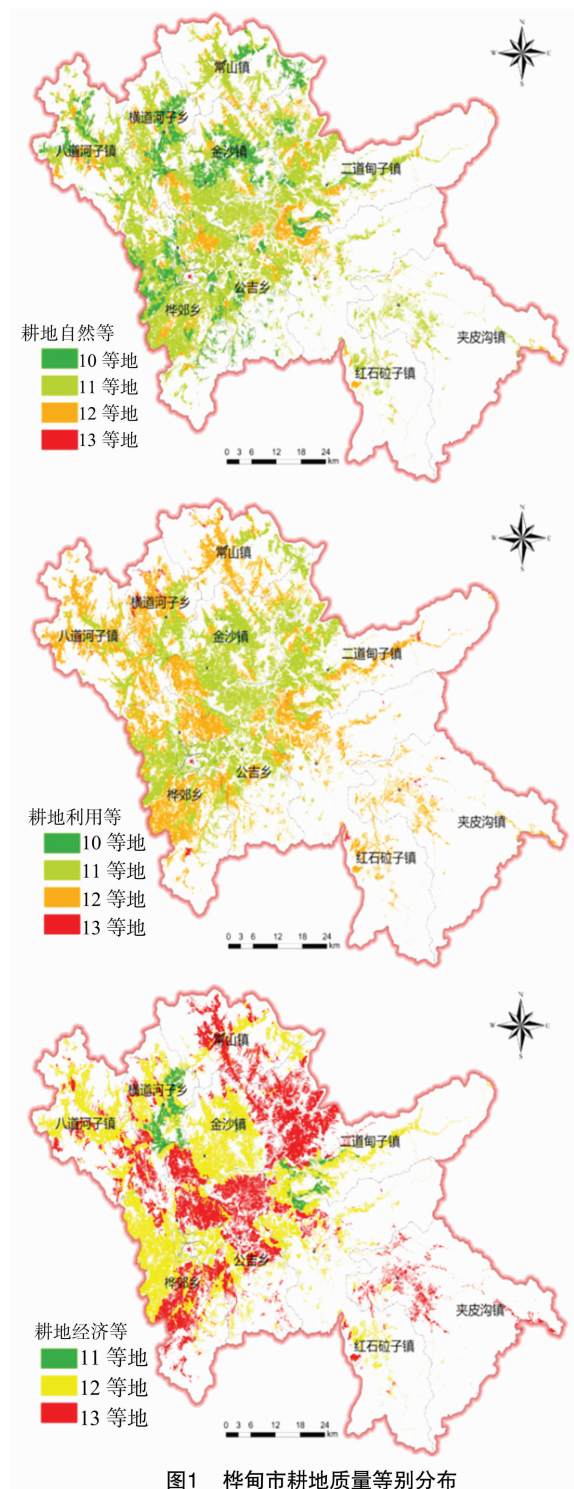


图1 桦甸市耕地质量等别分布

分布在山区丘陵地区。与自然等指数和利用等指数相比,经济等指数在等别占比和空间分布上均存在较大差异,高等别耕地分布在横道河子乡和二道甸子镇,最低等别面积占总面积的 43.07%,占比较大。

2.2 全局、局部空间自相关分析

采用 GeoDa 软件进行全局空间自相关分析,桦甸市耕地自然等指数、利用等指数、经济等指数的 Moran's I 值分别为 0.810 7、0.887 6、0.942 4,表明全市耕地质量在空间上表现出显著正相关性,且耕地利用等指数和经济等指数的空间正相关性更强。采用局部 Moran's I 进一步分析评价单元的空间集聚程度,以便更深入地发现局部的集聚和变异特征。结果表明,在 99% 的置信度下,大部分评价单元的空间分布模式表现为 N 型。HH 型和 LL 型的图斑个数和占比反映了耕地质量指数的正相关显著程度,其结果与全局空间自相关结果基本一致。

2.2.1 耕地各指数局部自相关分析 结合表2与图2-a可知,在自然等指数局部空间自相关中,N型耕地面积最大,为115 900.18 hm²,其次是HH型与LL型,面积分别为35 261.61、21 009.78 hm²;LH型与HL型的面积较小,分别为1 475.51、372.49 hm²。从空间上看,HH型主要分布在金沙镇中部、桦郊乡北部、横道河子乡和八道河子镇;LL型主要分布在红石砬子镇北部、八道河子镇、横道河子乡,其余各乡(镇)也有少量分布;LH型和HL型主要分布在HH型四周,呈点状分布。

结合表 2 与图 2-b 可知,在利用等指数局部空间自相关中,N 型面积仍然最大,占总面积的 62.84%。与自然等指数自相关分析相比,变化最大的是 LL 型,增加了 12 306.77 hm^2 ;HH 型面积略有减少,为 30 606.52 hm^2 ;LH 型与 HL 型由于基数较小,变化量也较小。从空间上看,桦甸市利用等指数局部空间自相关呈现明显的“西北组团”“东南组团”低值集聚以及“中部组团”高值集聚的特征。金沙镇、公吉乡、桦郊乡以及二道甸子镇西部利用等指数高于其他乡(镇),且呈空间集聚状态。

结合表2与图2-c可知,经济等指数局部空间自相关各类型面积与利用等指数相比差异不大,N型面积在110 000 hm^2 以上,正相关类型HH型与LL型的面积均大于30 000 hm^2 ,负相关类型LH型与HL型的面积均低于500 hm^2 。从空间上看,经济等指数局部空间差异较为明显,HH型集中在市区周边、横道河子乡、金沙镇中部和二道甸子镇中部4个片区,LL型主要分布在金沙镇东部、二道甸子镇北部、夹皮沟镇东北部和公吉乡北部。

表 2 桦甸市耕地质量局部空间自相关类型面积和图斑数统计

自相关类型	自然等指数		利用等指数		经济等指数	
	面积(hm ²)	图斑数(个)	面积(hm ²)	图斑数(个)	面积(hm ²)	图斑数(个)
显著高-高型	35 261.61	13 633	30 606.52	11 837	30 312.06	10 240
显著低-低型	21 009.78	7 949	33 316.55	13 201	31 882.07	14 767
显著低-高型	1 475.51	548	331.30	110	195.21	88
显著高-低型	372.49	133	406.47	131	362.91	43
非显著型	115 900.18	44 337	109 358.73	41 321	111 267.32	41 462
总计	174 019.57	66 600	174 019.57	66 600	174 019.57	66 600

2.3 耕地保护分区结果

依据耕地自然等指数、利用等指数和经济等指数局部空间自相关关联集聚类型进行组合,得到 57 种组合。按照耕地保护分区规则(表 1),结合桦甸市生态保护红线,将 57 种组合划分为永久耕地保护区、可调整建设区、休耕轮作区、退耕还林区、农业结构调整区和土地整治重点区(图 3),并提出差异化的耕地保护措施。

(1)永久耕地保护区。该区耕地面积为 47 305.35 hm²,主要分布在金沙镇中部、桦郊乡中部、横道河子乡中南部。该区耕地综合条件优越,建议严禁非农占用,继续加强对耕地的建设和保护,以期对周边质量较低的耕地产生扩散效应。

(2)可调整建设区。该区耕地面积为 37 640.32 hm²,主要分布在八道河子镇中部、公吉乡中部、二道甸子镇和金沙镇交界处(原桦树林子乡)以及横道河子乡东部,红石砬子镇和夹皮沟镇也有少量分布。该区耕地的自然条件较差,地势起伏较大,道路通达度较低,耕地的投入产出相对较低,是进行非农化整治的可选区域。

(3)休耕轮作区。该区耕地面积为 11 584.2 hm²,主要分布在松花江沿岸以及横道河子乡北部肇大鸡山国家森林公园,红石砬子镇、夹皮沟镇和桦郊乡有少量分布。该区域属于桦甸市生态保护红线范围内的饮用水源保护区和水源涵养水土保持区,耕地综合质量较差。建议按照东北冷凉区休耕轮作模式,结合自身自然资源禀赋,推广“一主三辅”种植模式。“一主”:实行玉米与大豆轮作,发挥大豆根瘤固氮养地作用,提高土壤肥力。“三辅”:实行玉米与马铃薯等薯类轮作,改变重迎茬,减轻土传病虫害,改善土壤物理和养分结构;实行玉米与谷子、高粱、燕麦、红小豆等耐旱耐瘠薄的杂粮杂豆轮作,减少灌溉用水量,满足多元化消费需求;实行玉米与花生、向日葵、油用牡丹等油料作物轮作,增加食用植物油供给量。

(4)退耕还林区。该区的耕地面积最小,仅为 2 050.25 hm²,主要分布在肇大鸡山国家森林公园和松花江“三湖”国家级自然保护区内。该区耕地质量很差,耕地坡度均在 15°以上且远离村庄,耕作十分不便,部分耕地已经出现撂荒现象,因此划入退耕还林区。

(5)农业结构调整区。该区耕地面积最大为 62 820.36 hm²,主要分布在金沙镇、八道河子镇、桦郊乡 3 个乡(镇),红石砬子镇、常山镇、公吉乡也有分布。紧密结合“一园一带两区”的农业发展格局,因地制宜实施综合性调整措施,突出特色,改善布局,形成“一乡一业”“一村一品”的特色经济,进而实现投入产出最大化。

(6)土地整治重点区。该区耕地面积为 12 619.06 hm²,主要分布在公吉乡北部和二道甸子镇。该区域耕地质量呈现

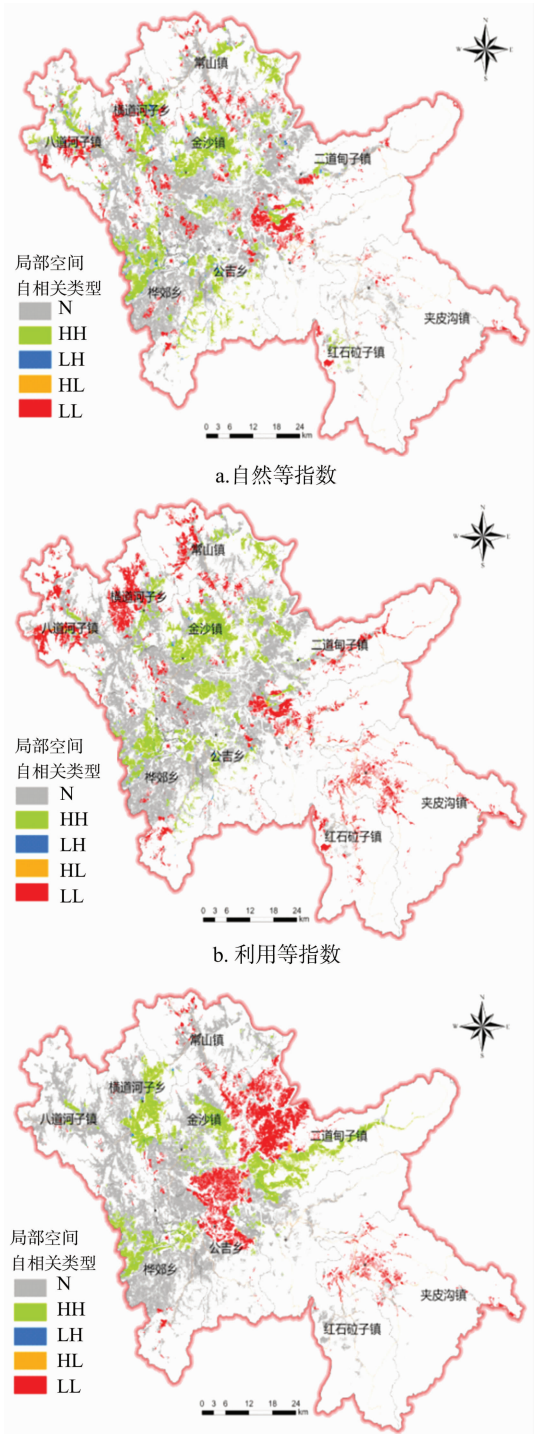


图2 桦甸市耕地质量局部空间自相关关联集聚

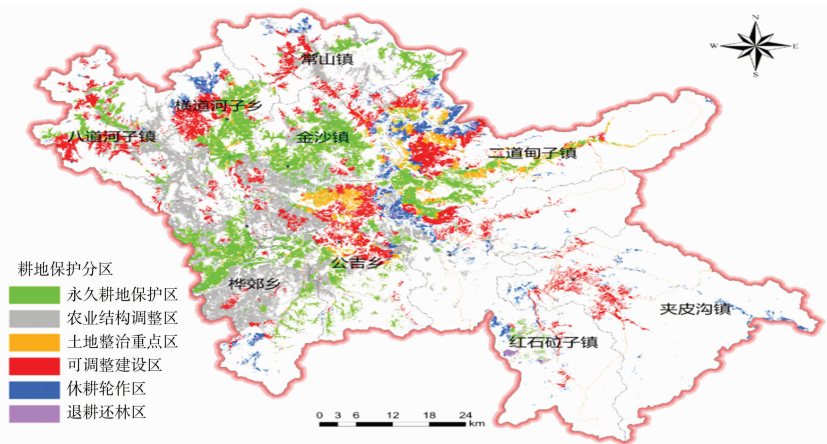


图3 桦甸市耕地保护分区

异常分布,按照“改、培、控”的思路对低分值耕地予以重点改良,针对耕地土壤障碍因素,治理水土侵蚀,改良土壤理化性状;通过增施有机肥、实施秸秆还田、开展测土配方施肥,提高土壤有机质含量、平衡土壤养分,培肥地力;控施化肥,提高化肥利用率,减少不合理施肥造成的面源污染。

3 结论

桦甸市耕地质量总体偏低,在空间上呈现“中部高、四周低,平原高、丘陵低”的分布特征;耕地自然等指数、利用等指数和经济等指数均呈现显著的空间自相关性,空间集聚特征明显;空间正相关类型多以组团形式出现,集聚性较强;负相关类型无明显集聚性,零散分布在各乡(镇)。

结合耕地质量局部自相关分析结果和分区原则,将桦甸市耕地划分为6个类型区。其中,农业结构调整区和永久耕地保护区面积较大,占耕地总面积的63.28%,且分布较为集中;可调整建设区面积为37 640.32 hm²,主要分布在公吉乡中部、二道甸子镇和金沙镇交界处等地区,是非农化利用的可选区域;土地整治重点区和休耕轮作区面积分别为12 619.06 hm²和11 584.20 hm²,是桦甸市耕地质量提升的重点区域;退耕还林区面积最小,仅为2 050.25 hm²。

本研究依据不同耕地质量内涵和对应的空间聚类组合类型制定耕地保护分区方法,该方法不仅考虑了耕地的自然条件、利用水平和经济状况,同时将空间属性纳入到耕地保护分区中,为耕地保护分区提供了新思路。

参考文献:

- [1] 张蚌蚌,孔祥斌,鄢文聚,等. 我国耕地质量与监控研究综述[J]. 中国农业大学学报,2015,20(2):216-222.
- [2] 王学,李秀彬,辛良杰,等. 华北地下水超采区冬小麦退耕的生态补偿问题探讨[J]. 地理学报,2016,71(5):829-839.
- [3] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science,2010,327(5968):1008-1010.
- [4] Niu Z G, Zhang H Y, Gong P. More protection for China's wetlands

- [J]. Nature,2011,471:305.
- [5] 赵其国,沈仁芳,滕应,等. 中国重金属污染区耕地轮作休耕制度试点进展、问题及对策建议[J]. 生态环境学报,2017,26(12):2003-2007.
- [6] 王君懋,刘斌,周生路,等. 基于土壤肥力的江苏省耕作层土壤剥离分区与深度确定[J]. 农业工程学报,2017,33(5):257-263.
- [7] 马立军,郭年冬,马悦. 基于粮食安全与生态安全双重视角的河北省耕地保护经济补偿分区[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):554-558.
- [8] 魏伟,石培基,周俊菊,等. 基于生态安全格局的干旱内陆河流域土地利用优化配置分区[J]. 农业工程学报,2016,32(18):9-18.
- [9] 杜继丰,袁中友. 耕地生产、生态功能视角下巨型城市区耕地补偿分区与补偿金配置研究——以珠三角为例[J]. 中国土地科学,2015,29(4):34-40.
- [10] 曹瑞芬,张安录,蔡银莺. 耕地保护经济补偿分区及财政转移支付——以湖北省为例[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(12):14-22.
- [11] 吕雪娇,肖武,李素萃,等. 基于GIS与灰色星座聚类的巢湖流域土地整治分区[J]. 农业工程学报,2018,34(6):253-262.
- [12] 韦仕川,熊昌盛,栾乔林,等. 基于耕地质量指数局部空间自相关的耕地保护分区[J]. 农业工程学报,2014,30(18):249-256.
- [13] 魏希文,缪丽娟,江源,等. 基于分层分区法的中国历史耕地数据的网格化重建[J]. 地理学报,2016,71(7):1144-1156.
- [14] 孔祥斌,张青璞. 中国西部区耕地等别空间分布特征[J]. 农业工程学报,2012,28(22):1-7.
- [15] 熊昌盛,谭荣,岳文泽. 基于局部空间自相关的高标准基本农田建设分区[J]. 农业工程学报,2015,31(22):276-284.
- [16] 杨建宇,徐凡,赵龙,等. 基于综合质量空间自相关性分析的耕地保护分区方法[J]. 农业机械学报,2017,48(3):156-163.
- [17] 张贞,魏朝富,尚慧. 丘陵山区耕地质量的空间格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(8):901-907.