

基于两维图论的县域尺度耕地后备资源利用分区研究

周浩 雷国平 杨雪昕 张康康

(东北大学土地管理研究所, 沈阳 110169)

摘要: 耕地后备资源需在区域不同的资源条件与利用方向基础上,进行针对性的差异化保护与开发管理,以发挥资金投入的最佳效益,实现开发区域的协调发展。以黑龙江省为研究区,综合考虑耕地后备资源集聚条件、资源投入意愿和资源开发潜力,运用空间分析和两维图论算法进行县域尺度下耕地后备资源利用分区,确定不同的调控方向。分区结果表明:两维图论聚类法较好实现了耕地后备资源利用分区之间的独立性及分区内部一致性;将黑龙江省分为潜力开发、生态环境建设、重点开发、生态环境保护、开发利用管控和适度开发6个耕地后备资源利用类型区,针对不同利用类型实施差别化的保护与开发管理战略。

关键词: 耕地后备资源;分区;两维图论聚类法;县域尺度;黑龙江省

中图分类号: F301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)06-0116-09

Utilization Zoning of Reserve Resources for Cultivated Land Based on Two-dimensional Graph Theory Clustering Method at County Scale

ZHOU Hao LEI Guoping YANG Xuexin ZHANG Kangkang

(Land Management Institute, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

Abstract: The reserve resources for cultivated land should be targeted to differentiated protection and development management on the basis of different resource conditions and utilization direction, so as to realize the best benefit of capital investment, and then achieve the ultimate goal of coordinated development in research area. Heilongjiang Province was the main grain production area and the most important agriculture province in China. Its grain production and agriculture had obvious advantages. Heilongjiang Province owned large area of reserve resources for cultivated land, which was the most important province in farmland supplement. Taking Heilongjiang Province as the research area, the conditions of resource reserve, resource investment and resource development potential were considered. The spatial analysis and two-dimensional graph theory clustering method were used to study the land use zoning and determine the direction of regulation. The results showed that the two-dimensional graph theory clustering method can achieve the goal of ensuring the independence of the reserve land use resources and the internal consistency of the zoning. Heilongjiang Province was divided into potential development zone, ecological environment construction zone, key development zone, ecological environment protection zone, development and utilization of control zone and the appropriate development zone, all the six partitions results were serving for the Heilongjiang Province reserve resources for cultivated land. And then different development management strategies were adopted for different zone types, and management strategy was formulated. The research can provide decision support for the development and utilization of reserve resources for cultivated land in Heilongjiang Province.

Key words: reserve resources for cultivated land; partition; two-dimensional graph theory clustering method; county scale; Heilongjiang Province

收稿日期: 2017-04-11 修回日期: 2017-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671520)和黑龙江省国土资源科研项目(黑国土科研201414)

作者简介: 周浩(1990—),男,博士生,主要从事土地利用与规划研究,E-mail: zhouhao7404@163.com

通信作者: 雷国平(1963—),男,教授,博士生导师,主要从事土地利用规划与土地管理研究,E-mail: guopinglei@126.com

引言

随着我国人口数量不断增长和城镇化进程的加快,耕地被大量占用,“紧平衡”将成为我国粮食供求的长期态势^[1]。为了确保我国经济发展过程中的粮食安全,一方面要保护现有耕地的数量和质量^[2],另一方面,耕地后备资源开发是补充建设占用耕地的重要途径,需要适度、适量地开发一部分耕地后备资源,以弥补经济发展和生态环境建设所引起的耕地面积减少^[3-5]。黑龙江省是我国重要的农业大省,其农业生产和粮食生产具有明显的优势^[6]。黑龙江省耕地后备资源丰富,分布着我国26.98%的沼泽地^[7],是我国最主要的耕地补充来源省份。20世纪50—70年代的北大荒建设拉开了黑龙江省耕地后备资源开发的序幕,然而近年来该地区对湿地功能的重新认识和保护意识的增强,放慢了沼泽地垦殖为耕地的步伐,但部分地区(如大庆市周边县域)仍存在较大面积的可开发盐碱地、荒草地等耕地后备资源^[1],同时作为我国重要的能源工业基地,煤炭、石油等工矿废弃现象严重。因此,仍需科学合理地了解黑龙江省耕地后备资源状况,并根据各区域特点制定差别化开发利用目标,从而采取更有针对性的政策,发挥资金投入的最佳效益,对国家18亿亩耕地保护目标实现及国家粮食安全具有重要的战略意义^[8]。

国内政府及学者对耕地后备资源开发利用非常重视。政府层面上,国土资源部多次开展各省耕地后备资源调查与评价工作,如2014年的新一轮工作部署中,主要包括可开垦土地及可复垦采矿用地等摸底调查、补充开展二调中“不稳定耕地”调查和新增耕地的调查与评价3方面工作;近年来,国内学者围绕耕地后备资源的宜耕性调查、开发利用评价、实现占补平衡、开发时序和开发组合等方面开展了一系列研究^[4,5,9-12],研究成果丰富。但是我国耕地后备资源开发与利用存在地域辽阔、区域差异显著等特点,尤其是黑龙江省,需要在研究区域差异化的开发与利用方向基础上,明晰开发目标与功能定位,避免出现“一刀切”利用情形^[13-14],而关于耕地后备资源差别化空间开发与管理方面研究较为匮乏。

分区一般是指根据地域分异规律和利用条件的相似性与差异性进行区域划分,对于耕地后备资源而言,即根据耕地后备资源综合开发条件的差异性进行针对性开发管理,为耕地后备资源科学利用提供依据,分区一般采用叠加或聚类分析进行,其中聚类分析又称群分析,是研究样本或指标分类问题的

一种多元统计方法。如何在现有分区方法基础上,解决好分区中的空间连通性与行政区界完整性问题是耕地后备资源科学分区的关键所在,而基于树形结构的两维图论算法能够很好的解决以上问题^[13]。因此,本文以黑龙江省为研究区,在现有耕地后备资源调查评价的基础上,以县域为单元,运用空间分析和两维图论算法进行黑龙江省耕地后备资源利用分区,提出差别化的管理策略。

1 研究区概况

1.1 基本自然要素特征

黑龙江省地理坐标为121°11′~135°05′E、43°26′~53°33′N,所辖哈尔滨等12个地级市和1个地区(大兴安岭地区),面积约 4.73×10^7 hm²。属温带大陆性季风气候,60%~70%的年降水量集中在农作物生长期,太阳辐射资源比较丰富,雨热条件可满足一熟制农作物需要。境内山地、丘陵和平原相间分布,基本地形特征如图1所示,有利于农业生产用地的集约分布和专业化利用。耕地资源丰富,耕地总量居我国首位,人均耕地面积约为我国平均水平的4倍,耕地后备资源约占我国的20%。土壤肥沃,黑土等优质土壤占耕地总量的67.5%。优越的自然条件奠定了黑龙江省成为我国大粮仓的重要地位。

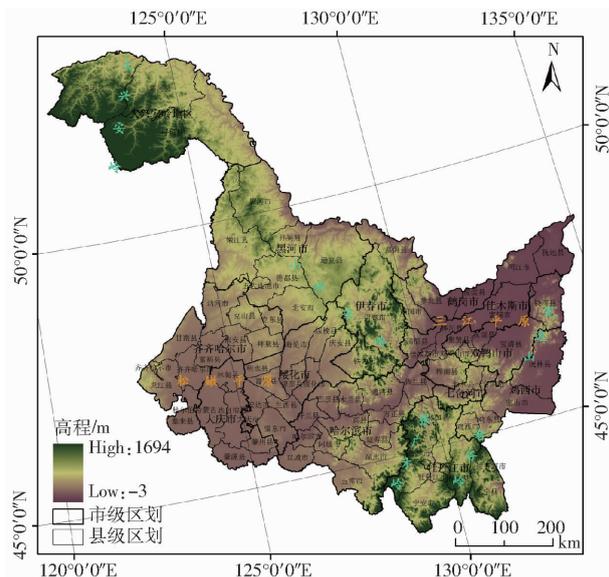


图1 黑龙江省基本地理要素及行政概况

Fig. 1 Basic geographical elements and administrative situation of Heilongjiang Province

1.2 耕地后备资源概况

耕地后备资源作为耕地的补充来源用地,其数量调查通过可开垦土地与可复垦采矿用地的宜耕性调查与评价实现。从生态、立地、气候和区位4方面确定宜耕性评价因子,综合考虑土地利用实际状况,

确定耕地后备资源来源用地对象,通过实地调查(2015年)与最终专家评价成果确认,形成黑龙江省耕地后备资源评价成果数据(图2),文献[1]对详细评价过程有具体阐述。

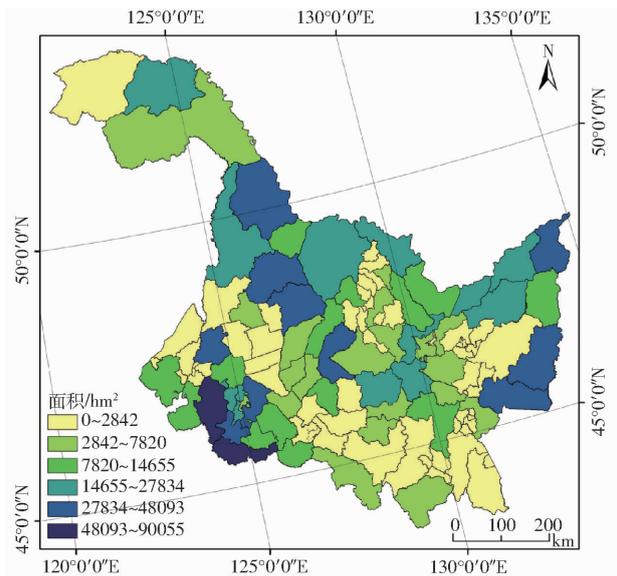


图2 黑龙江省耕地后备资源空间数量分布特征

Fig. 2 Spatial and quantity distributions of reserve resources for cultivated land in Heilongjiang Province

黑龙江省耕地后备资源评价来源用地面积共 $3.40 \times 10^6 \text{ hm}^2$,其中可开垦的耕地后备资源总量为 $1.11 \times 10^6 \text{ hm}^2$,耕地后备资源分布表现出较强的区域性:市域尺度上,大庆市、黑河市、绥化市和佳木斯市为耕地后备资源主要分布区域,四者占全省总面积的 67.48%,其中,大庆市盐碱地、裸地等未利用地资源丰富,地势较为平坦,开发条件优越,耕地后备资源数量占总面积的 24.07%,七台河市未利用较少,仅占 0.66%;县域尺度上,西南部为耕地后备资源分布热点区(杜蒙县耕地后备资源面积最大,达 $9.01 \times 10^4 \text{ hm}^2$),该地区耕地后备资源丰富且较为聚集,呼玛县以南、北安县以北的高纬度县域耕地后备资源面积整体偏大,但分布较为零散。三江平原地区耕地开发程度高,部分县域可开垦未利用地已开发殆尽,仅密山市和抚远县拥有较丰富的耕地后备资源,其他县域数量较少。黑龙江省地域辽阔,耕地后备资源区域差异显著,需根据各县域的耕地后备资源状况进行分区以实现资金投入的最佳效益,最终达到差别化开发利用与管理的目的。

2 研究方法

2.1 分区思路

耕地后备资源利用需综合考虑资源的丰盈程度及可开发潜力,同时,作为执行“占一补一”耕地保护政策的保障性来源用地,耕地后备资源利用往往

需要大量工程型投资,而政府投资是最主要的资金来源。因此,为全面分析黑龙江省耕地后备资源的可开发性,本文以县域为研究单元,定义了资源集聚条件指数(X_1)、资源开发潜力指数(X_2)和资源投入意愿指数(X_3)3项表征耕地后备资源利用分区的评价指标,以其作为分区因子,运用空间分析和二维图论算法对黑龙江省耕地后备资源进行综合利用分区,从宏观上对比分析黑龙江省耕地后备资源的差异性开发特点。

2.2 分区指标

2.2.1 资源集聚条件

耕地后备资源的丰盈程度及空间关联特征综合表征资源集聚条件。丰盈程度利用各县域单元的耕地后备资源面积进行定量反映;考虑到耕地后备资源作为耕地的补充来源用地,对其实际开发利用需要大量的工程型投资,耕地后备资源集聚性强的地区常作为优先开发对象。通过检验县域间耕地后备资源面积的空间自相关特征(包括高-高、高-低、低-高、低-低和不显著5种特征)反映空间关联特征^[15-16]。最终基于耕地后备资源的丰盈程度与集聚条件,构建能综合反映资源集聚条件 X_1 的计算公式

$$X_1 = 100[\eta p_{\min-\max} + (1-\eta)q_{\min-\max}] \quad (1)$$

式中 η 、 $1-\eta$ ——耕地后备资源集聚性条件指数 p 和面积 q 的权重系数, η 取 0.5

$p_{\min-\max}$ 、 $q_{\min-\max}$ —— p 、 q 经 $\min-\max$ 离差标准化处理后的对应值

p 为对不同关联特征进行二次赋值处理后的值(以上5种空间自相关特征依次赋值为 4、2、2、1、3)。

2.2.2 资源开发潜力

本文采用黑龙江省耕地后备资源潜力评价结果来表征其开发潜力指数(X_2),主要包括待开发耕地后备资源(指目前尚未利用,但可以开发为耕地的土地)和待复垦耕地后备资源(指通过采取工程或生物措施,可恢复耕种的损毁废弃地)潜力评价。挖损塌陷破坏地、废弃压占破坏地、自然灾害损毁地的宜耕性由最差因素决定,本文运用极限条件限制法进行宜耕性评价,即如果某一指标值低于限制指标值,即认定为不宜耕。

待开发耕地后备资源评价上,由于湿润地区降水充足,参评因素(图3)选取中不考虑年降水量和灌溉条件,半干旱和半湿润区则将灌溉条件作为参评因素,寒冷地区则需考虑热量条件,在山地丘陵地区,坡度是明显的限制条件,土层厚度可以不予以考虑,平原地区开发利用较早,需将土层厚度和有机质

含量作为参评因素,低平原地区还要考虑排水状况。最终通过宜耕性评价确定出不同县域单元耕地增加面积。

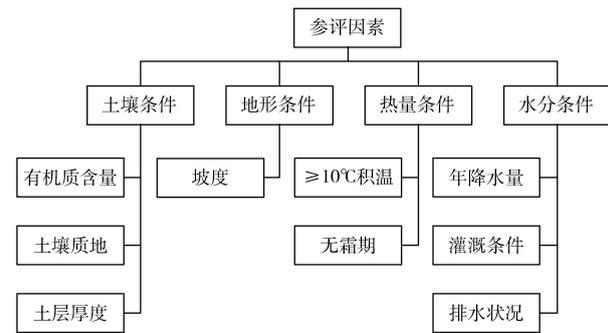


图 3 黑龙江省待开发耕地后备资源潜力评价指标体系

Fig. 3 Potential evaluation index system of reserve resources for cultivated land in Heilongjiang Province

待复垦耕地后备资源评价主要分为挖损塌陷破坏地、废弃压占破坏地和自然灾害地开发潜力评价:

(1) 挖损塌陷破坏地评价

挖损地和塌陷地破坏方式相近,耕作的主要限制因素为由于挖掘塌陷引起的表层土壤流失、覆盖或地面下陷,造成地表坡度条件恶化,导致土壤肥力下降甚至丧失、排水不畅、内涝滞水和土壤遭受污染等问题。因此,选择损毁后地面坡度、挖掘深度、积水深度、覆土来源保障程度、水源保证程度和地下水水位 6 个因素评价挖损塌陷破坏地宜耕性(表 1)。

表 1 挖损塌陷破坏地潜力评价限制因素

Tab. 1 Limiting factors for evaluation of potential for digging, collapsing and destroying

参评因素	损毁后地面坡度/(°)	挖掘深度/m	积水深度/m	覆土来源保障程度/%	水源保证程度/%	地下水水位/m
评价标准	< 25	< 10	< 3	> 60	> 40	> 1

(2) 废弃压占破坏地评价

对于废弃压占破坏地,耕作的主要限制因素为外来堆积物长期压占土地,对原耕作层土壤造成污染甚至破坏,并造成地面的起伏不平,影响蓄水、排水。选择堆积量、堆积物有害物质影响、堆积地面坡度、堆积地面有效土层厚度和复垦水源保证程度 5 个因素(表 2)作为宜耕性评价因子。

表 2 废弃压占破坏地潜力评价限制因素

Tab. 2 Limiting factors for evaluation of potential of waste pressure

参评因素	堆积量/(m ³ ·m ⁻²)	堆积物有害物质影响	堆积地面坡度/(°)	堆积地面有效土层厚度/m	复垦水源保证程度/%
评价标准	< 10	无或少量化学有害物质	< 15	> 0.4	> 40

(3) 自然灾害地评价

黑龙江省自然灾害损毁地的耕作主要限制因素为由于自然灾害(如水灾)引起的土层被剥蚀、砂石堆积在土地表层等,影响耕种条件,同时坡度过大容易导致水土流失。选择坡度、土层剥蚀厚度、砂石堆积厚度、覆土来源保证率、水源保证率和地下水水位 6 个因素(表 3)进行宜耕性评价。

表 3 自然灾害损毁地潜力评价限制因素

Tab. 3 Limiting factors for potential assessment of natural disaster damage

参评因素	坡度/(°)	土层剥蚀厚度/cm	砂石堆积厚度/cm	覆土来源保证率/%	水源保证率/%	地下水水位/m
评价标准	< 15	< 20	< 50	> 60	> 40	< 2.5

2.2.3 资源投入意愿

耕地后备资源开发耗资巨大,需要大量的资金投入,政府投资是其中最主要的资金来源。资源投入意愿指数(X₃)采用多年政府投入资金强度进行表征,即单位面积资金预算总额(万元/km²)。

2.3 两维图论聚类

对区域样本而言,通过聚类分析得到的分类结果在空间上表现为不同的类型区,可作为区域划分的依据。由于耕地后备资源利用分区要求各分区内部自然、经济条件具有相对一致性,又要保持空间上的连通性与行政区界的完整性,如果采用普通的聚类方法,难以使分类结果满足分区的原则。树形结构是一种在科学研究中广泛应用的抽象表达和理论模型,将 GIS 的空间分析与图论的树算法相结合的两维图论聚类法能够很好地解决分区聚类中的空间连通性和完整性问题^[14,17]。

图论认为,图是空间上的点与连接这些点的线的集合,即 $G = \{V, E\}$,其中 V 表示点的集合, E 表示边的集合。分区即为对要划分的区域对象求子割集的过程,若分区用无向图来表示,则 V 是各分区单元集合, E 是各单元邻接关系集合。分区中不仅要考虑空间邻接性,而且要考虑各分区单元之间的内在相似性,因此,分区需用加权连通图来表示,即 $G = \{V, E, D\}$,其中 D 表示各点之间的权值,分区中运用各分区单元间的邻接关系来构造邻接矩阵 E 。分区即为加权连通图 $G = \{V, E, D\}$ 的合理割集,即首先采用图论最小树算法求得一个最小生成树,然后根据区内分异小、区间分异大的原则,选择适当的分割变量值,将最小生成树分割成 m 个子树,即将研究区域分成 m 个子划分区。利用 GIS 的空间分析手段与图论的树算法相结合的方法进行黑龙江省耕地后备资源分区研究,具体技术路线见图 4。

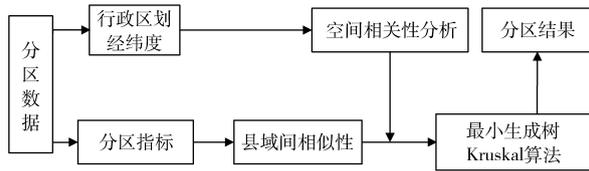


图4 黑龙江省耕地后备资源分区技术路线

Fig. 4 Technical roadmap of reserve resources for cultivated land in Heilongjiang Province

3 结果与分析

3.1 分项评价结果

在 ArcGIS 10.2 中分别以 X_1 、 X_2 和 X_3 为分类字段,运用自然断点法进行分项评价结果的等级划分(分为高、中高、中、中低和低 5 个级别)并绘制对应开发潜力状况图(图 5)。

3.1.1 资源集聚条件

研究期内,黑龙江省各县域耕地后备资源集聚条件指数范围为 0.49 ~ 85.29,平均资源集聚条件指数为 30.85,集聚条件的高值区($X_1 > 39.35$)主要分布在黑龙江省西南部、北部地区,具体包括:肇源县、杜蒙县、逊克县、大庆市辖区、北安市、富裕县、德都县、铁力市、抚远县、密山市、黑河市、伊春市、虎林县和安达市 14 个县域;低值区($X_1 < 12.56$)主要位于黑龙江省西北部、东南部以及中部地区,其中西北部的大兴安岭地区和东南部张广才岭-老爷岭地区以山地丘陵区为主,耕作坡度条件差,而中部地区为传统农业产区,土地开发程度高,可垦殖的未利用地非常少,具体包括阿城市、宾县、尚志市、穆棱县、桦南县、巴彦县和齐齐哈尔市辖区的 7 个县域。

3.1.2 资源开发潜力

研究期内,黑龙江省各县域耕地后备资源开发潜力指数范围为 0 ~ 0.86,平均开发潜力指数为 0.31,开发潜力高值区($X_2 > 0.39$)共有 26 个县域,以三江平原地区、松嫩平原西部以及南部的部分县域和牡丹江地区为主要分布地区,其中克山县、呼兰县和肇东市潜力值均超过 0.80;低值区($X_3 < 0.11$)共 16 个县域,以漠河县、五大连池市和庆安县最为典型,资源开发潜力指数均不足 0.01,低潜力区分布相对零散,耕地后备资源开发条件差。

3.1.3 资源投入意愿

研究期内,黑龙江省各县域资源投入意愿指数范围为 0 ~ 34.72 万元/ km^2 ,其中平均资源投入意愿指数为 4.69 万元/ km^2 ,投入意愿高值区($X_3 > 8.56$ 万元/ km^2)多零星分布于三江平原和松嫩平原地区,包括:齐齐哈尔市辖区、萝北县、同江市、五大连池市、富裕县、密山市、泰来县、饶河县、桦川县和

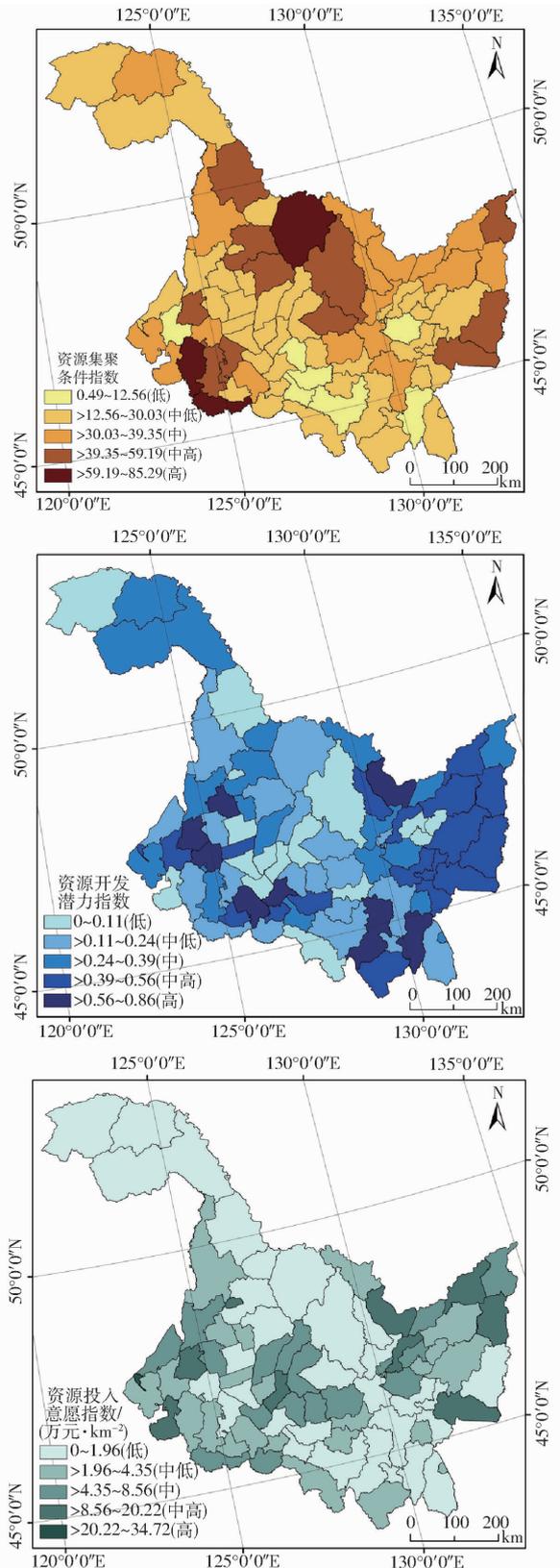


图5 黑龙江省耕地后备资源分区分项评价结果

Fig. 5 Results of sub regional evaluation of reserve resources for cultivated land in Heilongjiang Province

绥化市 10 个县域;低值区($X_2 < 1.96$ 万元/ km^2)基本呈现西北—东南走向的分布态势,主要包括大兴安岭地区、伊春地区和张广才岭-老爷岭地区的共 29 个县域。

3.2 综合分区结果

以 (X_1, X_2, X_3) 作为分区因子,依次对各因子进行 Z-score 标准化处理,运用两维图论聚类方法进行聚类,图论树结果如图 6 所示。根据各县域在图论树中的分布,将位于同一主干上的各分支归为同一分区,综合黑龙江省实际状况,分别以嫩江县-讷河市、绥化县-绥化市、木兰县-通河县、依兰县-林口县和宝清县-七台河市辖区为界,将黑龙江省分割成 6 个区(图 7),根据各分区的基本地理方位、地形特征以及耕地后备资源管控目标,分别命名为:黑西北一大兴安岭山地丘陵-潜力开发区(I 区)、黑西一松嫩平原、台地-生态环境建设区(II 区)、黑南一松嫩平原、台地-重点开发区(III 区)、黑中北一小兴安岭山地丘陵-生态环境保护区(IV 区)、黑东南一张广才、老爷岭山地丘陵-开发利用管控区(V 区)和黑东北一三江、兴凯平原-适度开发区(VI 区)。对比分析黑龙江省自然特征和社会经济状况(表 4),I 区处于黑龙江省最北端,为大小兴安岭及其余脉区,垦殖条件差,II 区为松嫩平原西部,生态环境问题突出,III 区位于黑龙江南部的经济核心带,气候要素等自然条件优越,耕地后备资源开发利用潜力高,IV 区毗邻 I 区,为小兴安岭低山丘陵区,气候条件明显优于 I 区,V 区主要为牡丹江地区,多为山地丘陵带,自然要素条件一般,需进行开发利用管控,VI 区是黑龙江省主要的商品粮输出基地,该地区地势相对平坦,农业机械化程度高,分布大量的国营农场,但由于长期的耕地垦殖开发,耕地后备资源数量有限,需进行适度开发。因此,基于空间分析与两维图论聚类相结合的耕地后备资源分区方法较好地达到了分区之间的独立性及分区内部一致性目标。

(1) I 区(中-中低-中低):该类型区因子的平均指数为(38.12, 2.27, 0.18),在特征上表现为中等资源集聚条件、中等偏低的资金投入意愿和中等偏低的资源开发潜力,共 10 个县域单元。该类型区气候要素和耕地坡度条件较差,土地利用开发程度低。尽管该类型区耕地后备资源丰富,但政府投入强度低,随着抗寒品种作物的培育研发和农业科技水平的逐年提升,未来 I 区的耕地后备资源将存在一定的开发潜力,可作为黑龙江省耕地后备资源潜力开发区。

(2) II 区(中低-中-中高):该类型区因子的平均指数为(28.55, 5.73, 0.39),在特征上表现为中等偏低资源集聚条件、中等资金投入意愿和中等偏高的资源开发潜力,14 个县域单元。该类型区位于松嫩平原西北部,境内土地开发历史较早,是国家重

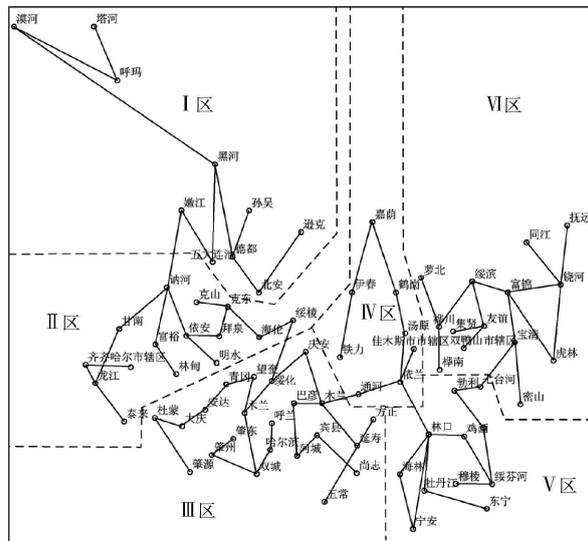


图 6 黑龙江省耕地后备资源利用两维图论树
Fig. 6 Two-dimensional optimal tree cluster of reserve resources for cultivated land in Heilongjiang Province

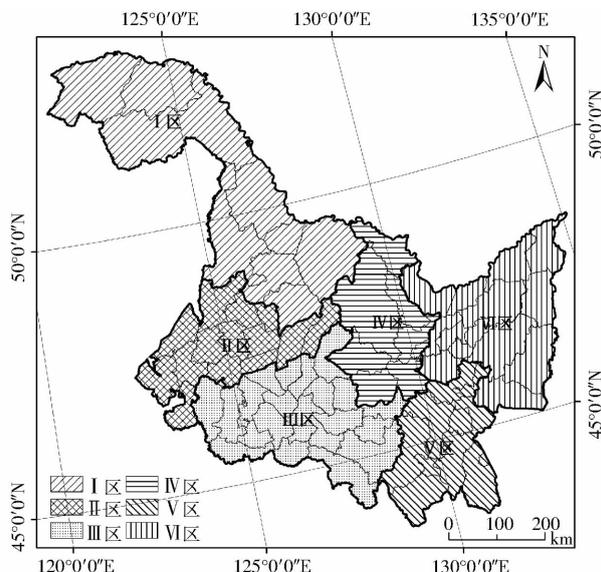


图 7 黑龙江省耕地后备资源利用分区结果
Fig. 7 Result of utilization zoning of reserve resources for cultivated land of Heilongjiang Province

要的商品粮基地之一。该类型区土质较为松软,以台地、岗地分布为主,耕地坡度大,且地处半湿润地区,水土流失严重。同时,土地沙化问题突出,其中甘南、龙江、泰来等县的三角形地区处在土地沙化高度敏感区,湿地萎缩加剧,生态系统结构脆弱。未来该类型区耕地后备资源开发利用中,应注重耕地后备资源的生态环境建设,可将其作为黑龙江省耕地后备资源生态环境建设区。

(3) III 区(中低-中低-中):该类型分区因子的平均指数为(29.70, 3.94, 0.25),特征上表现为中等偏低资源集聚条件、中等偏低的资金投入意愿和中等资源开发潜力,22 个县域单元。该类型区是黑龙江省核心经济带,西部、中部位于松嫩平原境内,

是我国最大的苏打盐渍化土壤分布区,杜蒙、安达等地区荒草地分布较广,该类型区已成为黑龙江省耕地后备资源的主要分布区之一。境内分布有哈尔滨、大庆等大中型城市,工业和第三产业发达,具备反哺农业的经济基础和技术条件,农业进一步发展的潜力较大。该类型区东部的部分地区为山地丘陵地带,森林覆盖率和林木生长率均较高。未来应将该类型区作为黑龙江省耕地后备资源的重点开发区。

(4) IV区(中-中低-中):该类型区因子的平均指数为(36.70, 2.69, 0.26),特征上表现为中等资源集聚条件、中等偏低的资金投入意愿和中等资源开发潜力,8个县域单元。该类型区毗邻I区,属小兴安岭低山丘陵地带,但其热量条件明显优于I区。两维图论结果显示,伊春市、铁力市与I区的逊克市、北安市连通性差,耕地后备资源开发利用异质性明显,IV区林业较为发达,生态环境优良。在开发该类型区的耕地后备资源时需重点保护当地生态环境,可将其设为黑龙江省耕地后备资源生态环境保护区。

(5) V区(中低-低-中高):该类型区因子的平均指数为(24.71, 1.42, 0.41),特征上表现为中等偏低的资源集聚条件、低等的资金投入意愿和中等偏高的资源开发潜力,11个县域单元。该类型区为张广才-老爷岭山地丘陵区,土壤以暗棕壤为主,一

且垦殖为耕地后,因坡度较大,抗蚀力差,水土流失现象十分普遍。该类型区城镇、工矿企业分布集中,人口压力大,土壤污染问题突出,耕地退化严重,存在大量的撂荒情形。未来在适当弱化该类型区耕地后备资源开发投入力度上,强化当地生态环境保护与建设,可将该区设为黑龙江省耕地后备资源开发利用管控区。

(6) VI区(中-中-中):该类型区因子的平均指数为(31.68, 8.11, 0.36),特征上表现为中等资源集聚条件、中等资金投入意愿和中等资源开发潜力,14个县域单元。该类型区为三江-兴凯湖平原区,境内地势普遍较低,水资源丰富,耕作条件优良,是我国重要的商品粮输出基地。进入21世纪以来,随着“两江一湖”改造和“高标准基本农田建设”等农田工程措施的陆续实施,政府对该地区资源投入意愿强烈。该类型区未利用地、湿地资源数量较多,但由于当地政府对生态功能用地保护力度的逐渐加大,实际可垦殖的未利用地、湿地面积较少。然而该分区境内煤炭资源丰富,是我国重要的煤炭基地,工矿废弃现象十分严重,可复垦的历史遗留工矿用地和采矿面积较大。未来应适度开发当地的耕地后备资源,在保护生态功能型用地面积不减少的前提下,适当开发未利用地资源,复垦废弃工矿用地,保障国家粮食安全。因此,可将该类型区设为黑龙江省耕地后备资源适度开发区。

表4 黑龙江省耕地后备资源利用分区属性

Tab.4 Attribute of reserve resources for cultivated land zone of Heilongjiang Province

分区	包含的县域	基本特征
I区	漠河市、塔河县、呼玛县、黑河市、嫩江县、孙吴县、逊克县、五大连池市、德都县、北安市	位于黑龙江省最北端,地貌以丘陵为主,地广人稀,耕地数量较少,但分布相对集中,未利用地面积较大,耕地后备资源数量213 812 hm ² (占全省20.89%),政府投资量7.73亿元(占5.12%),平均整治潜力指数为0.36
II区	讷河市、克山县、克东县、甘南县、富裕县、依安县、拜泉县、海伦市、绥棱县、明水县、林甸县、齐齐哈尔市辖区、龙江县、泰来县	松嫩平原的西部,以平原、台地为主,该区水土流失、土地沙化以及土地沼泽化现象严重。耕地后备资源数量112 061 hm ² (占全省10.95%),政府投资量33.50亿元(占22.19%),平均整治潜力指数为0.18
III区	庆安县、绥化市、望奎县、青冈县、安达市、杜蒙县、木兰县、巴彦县、大庆市、方正县、兰西县、呼兰县、肇东市、宾县、延寿县、阿城市、肇州县、尚志市、哈尔滨市辖区、肇源县、双城市、五常市	黑龙江省南部,该区西部多为平原、台地,为黑龙江省土地盐渍化的高度敏感区域,东部为山地丘陵覆盖区,存在一定水土流失问题,耕地后备资源数量276 148 hm ² (占全省26.98%),政府投资量31.55亿元(占20.90%),平均整治潜力指数为0.25
IV区	嘉荫县、伊春市、鹤岗市、汤原县、铁力市、佳木斯市、依兰县、通河县	位于黑龙江省中、北部,属小兴安岭低山丘陵区,耕地后备资源数量168 609 hm ² (占全省16.47%),政府投资量9.94亿元(占6.58%),平均整治潜力指数为0.25
V区	勃利县、七台河市、林口县、鸡东县、鸡西市、海林市、穆棱县、东宁县、绥芬河市、牡丹江市、宁安市	为张广才-老爷岭山地丘陵区,水土流失现象普遍,耕地后备资源数量39 278 hm ² (占全省3.84%),政府投资量5.64亿元(占3.74%),平均整治潜力指数为0.41
VI区	抚远县、同江市、萝北县、饶河县、绥滨县、富锦市、桦川县、宝清县、友谊县、集贤县、虎林县、双鸭山市辖区、桦南县、密山市	三江、兴凯湖平原区,地势较低,该区湿地面积大,但由于过度资源开发,生态功能大幅下降,土地“三化”、旱灾、洪涝等灾害加剧。耕地后备资源数量213 540 hm ² (占全省20.86%),政府投资量62.58亿元(占41.46%),平均整治潜力指数为0.36

4 讨论

为了保障国家粮食安全,实现耕地的总量动态平衡,执行“占一补一”的耕地保护政策仍显重要^[18]。我国耕地后备资源总体呈持续减少态势,部分地区耕地后备面积急剧下降,区位条件好、开发成本低、生态影响小的耕地后备资源已基本开发殆尽,同时,较大比例的耕地后备资源已植树造林,致使可开发部分更少。对于黑龙江省而言,可开垦的耕地后备资源数量多,在我国处于耕地因经济发展、生态建设等原因被大量占用的大背景下,黑龙江省在我国粮食生产中的战略地位更加凸显。未来,生态文明建设对耕地后备资源开发利用的驱动作用将加大,需加强生态保护,建立科学的耕地后备资源开发管理机制。黑龙江省部分地区耕地后备资源位于生态脆弱带,例如杜蒙县,该地区存在大量的荒草地耕地后备资源,垦殖过程中如稍有不慎,将会导致当地生态环境遭到破坏,风沙侵蚀严重。党的十八大报告明确提出要守住“生态红线”,将生态文明建设提升到一个新的高度。未来社会对耕地后备资源开发中的生态安全的关注度会持续上升,生态系统服务功能将会得到进一步的认可和强化。耕地后备资源利用分区中,需将生态文明建设纳入其中,本文将黑龙江省分为潜力开发、生态环境建设、重点开发、生态环境保护、开发利用管控和适度开发6个耕地后备资源利用类型区,而非单纯耕地后备资源开发与利用;同时需加大科技投入,提升补充耕地质量,实现真正的耕地“占补平衡”战略目标,提高补充耕地的质量等级,探索更加合理的跨区域补充耕地机制和占补平衡指标市场化交易机制;耕地后备资源开发是一项耗资巨大的工程,需要有大量资金保障,政

府投资是一项重要的资金来源,但财政资金毕竟有限,应针对具体的开发项目,按照市场规律,在开发利用建设及经营过程中,吸引社会资本投入,采用市场机制充分调动社会各界参与的积极性,吸引社会资本,完善耕地后备资源开发利益分配机制。

5 结束语

目前,黑龙江省乃至我国普遍存在耕地后备资源开发利用无序与混乱的特点。随着新常态概念的提出,未来耕地后备资源需转变其开发利用模式,提高利用效率和生态价值,以保障国家粮食安全,因此对耕地后备资源差别化的空间开发与管理方面研究显得尤为重要。为保证耕地后备资源开发利用中各类型分区的内部自然、经济条件相对一致性,并确保空间上的连通性与行政区界的完整性,本文在现有耕地后备资源调查评价的基础上,以县域为研究单元,定义了资源集聚条件、资源开发潜力和资源投入意愿3项表征耕地后备资源利用分区的评价指标,将其作为分区因子,运用空间分析和两维图论算法,最终将黑龙江省分为黑西北—大小兴安岭山地丘陵—潜力开发区(I区)、黑西—松嫩平原、台地—生态环境建设区(II区)、黑南—松嫩平原、台地—潜力开发区(III区)、黑中北—小兴安岭山地丘陵—生态环境保护区(IV区)、黑东南—张广才、老爷岭山地丘陵区—开发利用管控区(V区)和黑东北—三江、兴凯平原—适度开发区(VI区)6个耕地后备资源利用类型区。通过分析发现,该方法较好地做到了耕地后备资源开发利用分区之间的独立性及分区内部一致性。本文首次运用两维图论法进行耕地后备资源分区,将为黑龙江省乃至我国耕地后备资源开发利用与管理提供决策支持。

参 考 文 献

- 周浩,雷国平,路昌,等. 黑龙江省耕地后备资源宜耕性评价与空间分异特征研究[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(5): 840-847.
ZHOU Hao, LEI Guoping, LU Chang, et al. Suitability assessment of arable land reserve and its spatial differentiation in Heilongjiang Province[J]. Research of Agricultural Modernization, 2016, 37(5): 840-847. (in Chinese)
- 张甘霖,吴运金,赵玉国. 基于SOTER的中国耕地后备资源自然质量适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 1-8.
ZHANG Ganlin, WU Yunjin, ZHAO Yuguo. Physical suitability evaluation of reserve resources of cultivated land in China based on SOTER[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 1-8. (in Chinese)
- 关小克,张凤荣,李乐,等. 北京市耕地后备资源开发适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 304-310.
GUAN Xiaoke, ZHANG Fengrong, LI Le, et al. Suitability evaluation of reserve resources of cultivated land development in Beijing[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(12): 304-310. (in Chinese)
- 肖林林,杨小唤,陈思旭,等. 江南四省耕地后备资源调查与评价[J]. 资源科学, 2015, 37(10): 2030-2038.
XIAO Linlin, YANG Xiaohuan, CHEN Sixu, et al. Suitability assessment of reserve cultivated land resources south of the Yangtze River[J]. Resources Science, 2015, 37(10): 2030-2038. (in Chinese)
- 高星,吴克宁,郎文聚,等. 县域耕地后备资源与规划期内数量质量并重的占补平衡分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(12): 213-219.
GAO Xing, WU Kening, YUN Wenju, et al. Analysis on county based reserved resource for cultivated land and quality-quantity

- requisition-compensation balance in planning period[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(12): 213–219. (in Chinese)
- 6 杜国明, 刘彦随, 刘阁. 黑龙江省近30年来粮食生产变化及增产因素分析[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(5): 519–524.
- DU Guoming, LIU Yansui, LIU Ge. The analysis of changes in grain production and driving factors in Heilongjiang Province recent 30 years[J]. Research of Agricultural Modernization, 2014, 35(5): 519–524. (in Chinese)
- 7 易玲, 张增祥, 汪潇, 等. 近30年中国主要耕地后备资源的时空变化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 1–12.
- YI Ling, ZHANG Zengxiang, WANG Xiao, et al. Spatial-temporal change of major reserve resources of cultivated land in China in recent 30 years[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(6): 1–12. (in Chinese)
- 8 王亚坤, 周生路, 张红富, 等. 江苏省域耕地后备资源潜力空间分布与开发组合研究[J]. 土壤, 2010, 42(3): 492–496.
- WANG Yakun, ZHOU Shenglu, ZHANG Hongfu, et al. Spatial distribution and exploitation combination of potentiality of cultivated land reserve resources in Jiangsu Province[J]. Soils, 2010, 42(3): 492–496. (in Chinese)
- 9 严长清, 袁林旺, 李满春. 江苏省耕地后备资源的空间分异及开发时序模型研究[J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(2): 58–61, 73.
- YAN Changqing, YUAN Linwang, LI Manchun. Study on space differential of reserving cultivatable land resources in Jiangsu Province and the model of exploiting priority scheduling[J]. Geography and Geo-Information Science, 2005, 21(2): 58–61, 73. (in Chinese)
- 10 张世全, 王家耀, 潘元庆. 基于遥感和GIS技术的河南省黄河滩区耕地后备资源调查研究[J]. 地域研究与开发, 2008, 27(6): 120–123.
- ZHANG Shiquan, WANG Jiayao, PAN Yuanqing. Researches of the Yellow River farm land reserve resources in Henan Province based on remote sensing and GIS technology[J]. Areal Research and Development, 2008, 27(6): 120–123. (in Chinese)
- 11 王潇, 汪景宽, 李双异, 等. 辽北低山丘陵区耕地后备资源评价体系的初步研究[J]. 中国人口资源与环境, 2010, 20(3): 112–114.
- WANG Xiao, WANG Jingkuan, LI Shuangyi, et al. Establishment of evaluation system of reserved resources for cultivated land in the north hilly areas of Liaoning Province[J]. China Population Resources and Environment, 2010, 20(3): 112–114. (in Chinese)
- 12 刘康, 陈伟, 吴群. 沿海滩涂耕地后备资源开发适宜性评价: 以江苏省盐城市城市为例[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(4): 430–436.
- LIU Kang, CHEN Wei, WU Qun. Suitability of reserved coastal mudflat for land development: a case study in Yancheng, Jiangsu Province[J]. Research of Agricultural Modernization, 2014, 35(4): 430–436. (in Chinese)
- 13 黄海霞, 胡月明. 基于两维图论聚类法的耕地后备资源开发组合分析: 以阳山县为例[J]. 经济地理, 2013, 33(4): 139–143.
- HUANG Haixia, HU Yueping. Reserving cultivatable land resources exploitation combination based on two-dimensional graph theory clustering method in Yangshan County[J]. Economic Geography, 2013, 33(4): 139–143. (in Chinese)
- 14 杨永侠, 施彦如, 孙婷, 等. 基于空间聚类的西藏耕地后备资源开发组合模型[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(4): 239–247. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160432&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.04.032.
- YANG Yongxia, SHI Yanru, SUN Ting, et al. Spatial clustering-based model of exploitation combination for reserved cultivated land resources in Tibet[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(4): 239–247. (in Chinese)
- 15 陈丽, 郝晋珉, 艾东, 等. 黄淮海平原粮食均衡增产潜力及空间分异[J]. 农业工程学报, 2015, 31(2): 288–297.
- CHEN Li, HAO Jinmin, AI Dong, et al. Balanced yield increasing potential of grain and its spatial differentiation in Huang-Huai-Hai Plain[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(2): 288–297. (in Chinese)
- 16 谷建立, 张海涛, 陈家赢, 等. 基于DEM的县域土地利用空间自相关格局分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23): 216–224.
- GU Jianli, ZHANG Haitao, CHEN Jiaying, et al. Analysis of land use spatial autocorrelation patterns based on DEM data[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(23): 216–224. (in Chinese)
- 17 陈永刚, 汤孟平, 杨春菊, 等. 天然毛竹林竞争空间关系分析[J]. 植物生态学报, 2015, 39(7): 726–735.
- CHEN Yonggang, TANG Mengping, YANG Chunju, et al. Spatial analysis of competition in natural *Phyllostachys edulis* community[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2015, 39(7): 726–735. (in Chinese)
- 18 张超, 乔敏, 郎文聚, 等. 耕地数量、质量、生态三位一体综合监管体系研究[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 1–6. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20170101&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.01.001.
- ZHANG Chao, QIAO Min, YUN Wenju, et al. Trinity comprehensive regulatory system about quantity, quality and ecology of cultivated land[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(1): 1–6. (in Chinese)