

京津冀地区耕地质量等别空间差异分析

李鹏山¹ 杜振博¹ 张超¹ 邱文聚² 杨建宇¹ 朱德海¹

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 国土资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100035)

摘要: 利用2013年耕地质量等别县级年度更新数据,采用面积加权平均法,计算各因素指标区的耕地平均等别;采用均值二分法,计算各指标区内各耕地地块等别与平均等别之间的离差;采用等别方差,计算各县(区)利用等的离散程度。研究结果表明:各因素指标区平均等别均低于8等,大部分地区耕地质量等别低于全国平均水平的9.8等,北京平均水平略高于天津与河北;自然等的离差值域为-3.08~4.90,利用等的离差值域为-5.97~5.16,经济等的离差值域为-5.99~4.24,该地区80%以上的耕地等离差范围在 ± 2 等;各区县的耕地利用等方差值域为0~6.13,平原地区各区县的利用等方差较大,山地丘陵区 and 高原地区的各县利用等方差较小。通过空间差异分析表明,平原地区自然条件稍好,但其利用水平和经济效益差异较大;西部山区、北部山区和坝上高原区的耕地质量提升潜力较大,但自然条件和基础设施较差。

关键词: 京津冀地区; 耕地质量等别; 空间差异; 因素指标区; 均值二分法

中图分类号: Q149; F301.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)02-0150-08

Space Difference Analysis of Cultivated Land Quality Grade in Beijing – Tianjin – Hebei Region

LI Pengshan¹ DU Zhenbo¹ ZHANG Chao¹ YUN Wenju² YANG Jianyu¹ ZHU Dehai¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Key Laboratory for Agricultural Land Quality Monitoring and Control, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: Analyzing the characters of spatial distribution in cultivated land quality of Beijing – Tianjin – Hebei region is important to protect and coordinate the development of regions. The mean grade in each index area was calculated with annual database of 2013 about the cultivated land quality by using the weighted average method. Moreover, the deviation between grades was calculated by mean dichotomy method and grade dispersions in each counties by variance. The results showed that the mean grades were under 8 and the cultivated land qualities were lower than the national average of 9.8. Particularly, the average grade of Beijing was slightly higher than those of Tianjin and Hebei. Physical quality grade deviation was ranged from -3.08 to 4.90, and utilization quality grade was ranged from -5.97 to 5.16, economic quality composition grade was ranged from -5.99 to 4.24. The deviation of cultivated land quality grade for more than 80% of the region was within ± 2 . The utilization quality grade variance was ranged from 0 to 6.13. The plain areas had large variances and the plateau areas had small changes. The results of space difference analysis showed that the physical quality of cultivated land was slightly better than that of plain areas, but its utilization level and economic efficiency were obviously different. The western mountains area, northern mountains area and Bashang Plateau area had high potential to increase the cultivated land's qualities, although the natural condition and infrastructure should be enhanced. The mean dichotomy was proposed to set cultivated land quality goals after land consolidation. And the variance was put forward to divide land consolidation region, which can be a reference for choosing priority zoning. The research could be referred for well-facilitated farmland construction, improvement of medium or low-yield cultivated land and selection of priority zone.

Key words: Beijing – Tianjin – Hebei region; cultivated land quality grade; space difference; factor index area; mean dichotomy

收稿日期: 2016-07-04 修回日期: 2016-08-29

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(201511010-06)

作者简介: 李鹏山(1985—),男,博士生,主要从事3S在土地和农业领域的应用研究,E-mail: targetlps@gmail.com

通信作者: 张超(1972—),男,教授,博士生导师,主要从事遥感在土地和农业领域的应用研究,E-mail: zhangchaobj@cau.edu.cn

引言

耕地质量建设与管理对于保障国家粮食安全和维护社会稳定至关重要^[1],耕地质量等别成果在我国耕地保护中发挥了重要作用^[2]。目前,基于耕地质量等别成果在空间分析方面取得了一些研究进展^[3-4]。在全国范围,司振中等^[5]从分布特点、地类结构和利用水平等方面分析了全国耕地资源的现状;王洪波等^[6]分析了全国耕地等别分异特性及其对耕地保护的影响;程锋等^[7]分析了全国耕地质量等级调查与评定成果。在区域尺度上,孔祥斌等^[8]分析了中国西部地区耕地等别空间分布特征;王凤娇等^[9]分析了西北地区耕地质量等别的数量特点、空间分异特征和影响因素;魏洪斌等^[10]探讨了东北和中部粮食主产区耕地等别空间分布特征;陈建龙等^[11]研究了松嫩平原耕地等别的空间分异特征;施冰臣等^[12]研究了澜沧江流域耕地自然等空间分布特征。在省域范围,任奎等^[13]进行了江苏农用地质量空间格局及影响机制研究;张青璞等^[14]对比了重庆市国家级农用地分等汇总前后的分布规律;张晓燕等^[15]对河北农用地质量空间格局进行了计量地理分析;段正松等^[16]研究了广西耕地质量空间格局;张耿杰等^[17]分析了云南省耕地利用等空间分布特征。在县级尺度上,张贞等^[18]分析了重庆市丘陵区山区耕地质量的空间格局;宋戈等^[19]分析了黑龙江省黑土区耕地质量空间分异特征;李艳华等^[20]对比了西部生态脆弱区5个典型县域农用地质量等别特征差异。然而,绝大多数的研究基于耕地质量等级调查与评定工作成果,很少用到补充完善后的成果和年度更新数据;此外,省级及更大尺度上的研究全部采用汇总数据,未使用县级分等成果数据。

京津冀地区人地矛盾突出,水资源缺乏,旱涝等自然灾害频繁;部分区域出现严重的土地退化现象;人均耕地面积低于全国平均水平,后备资源面临枯竭^[21-22]。耕地数量的减少和耕地质量的下降是该区域最典型的特征,也是该地区耕地资源保护和现代农业发展面临的突出问题^[23]。本文利用2013年耕地质量等别县级年度更新数据,利用面积加权平均法、均值二分法和等别方差对京津冀地区的耕地质量等别进行空间差异分析,以期为该地区的高标准农田建设、中低等耕地改造提升和农用地整治优先区选择提供科学支撑,为耕地资源保护和区域协同发展提供参考,并使基于县级耕地质量等别年度更新数据分析全国耕地质量等别的空间分异规律成为可能。

1 研究区及数据概况

1.1 研究区概况

京津冀地区包括北京市、天津市和河北省,区域总面积 $2.17 \times 10^5 \text{ km}^2$,地理坐标 $36^\circ 05' \sim 42^\circ 37' \text{ N}$ 、 $113^\circ 11' \sim 119^\circ 45' \text{ E}$ 。根据全国第二次土地调查主要数据成果公报,京津冀地区耕地总面积 $72\,356.89 \text{ km}^2$,其中北京市、天津市、河北省耕地面积分别为 $2\,271.70$ 、 $4\,471.66$ 、 $65\,613.53 \text{ km}^2$ 。该地区的耕地面积约占总土地面积的 $1/3$,主要分布在区域东南部和中部的平原区,以及西北部坝上高原区,冀西北山间盆地和谷地;研究区西部的太行山山区、北部的燕山山区和东部的渤海湾沿岸少量散布,如图1所示。根据2013年全国耕地质量等级调查与评定工作成果和耕地质量等级成果补充完善数据,京津冀地区大部分耕地质量等别低于全国平均水平,无优等地分布,高等地较少,中低等地面积比例大,分布范围广。其中,北京市耕地质量平均利用等为 8.73 等,高等地面积为 $1\,326.50 \text{ km}^2$,中等地面积为 885.07 km^2 ;天津市耕地质量平均利用等为 10.29 等,高等地面积为 0.25 km^2 ,中等地面积为 $4\,382.65 \text{ km}^2$,低等地面积为 0.32 km^2 ;河北省耕地质量平均利用等为 10.82 等,高等地面积为 $12\,009.08 \text{ km}^2$,中等地面积

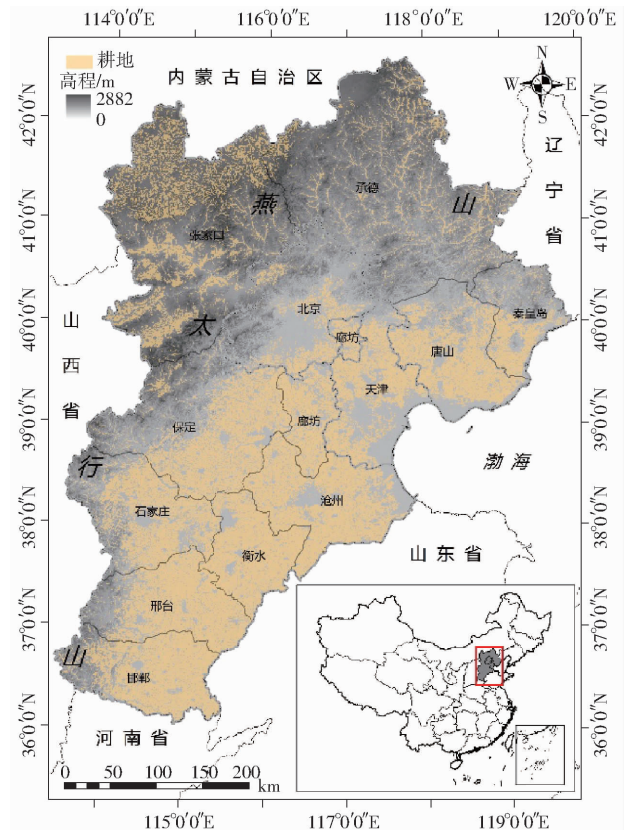


图1 京津冀地区地理位置和耕地资源分布图

Fig. 1 Distribution map of cultivated land resources and geographical position of Beijing - Tianjin - Hebei region

为 34 761.31 km², 低等地面积为 18 895.22 km²。

1.2 主要数据来源

数据包括:2013年1:5 000北京市县级耕地质量等别年度更新数据;2013年1:5 000天津市县级耕地质量等别年度更新数据;2013年1:10 000河北省县级耕地质量等别年度更新数据,均来自国土资源部农用地质量等别年度更新数据库。

2 研究方法

首先,采用耕地质量等别面积加权平均法,计算京津冀地区各因素指标区的平均自然等、平均利用等和平均经济等,分析各指标区的平均水平和空间差异。其次,采用耕地质量等别均值二分法,计算各个指标区所有耕地图斑的质量等别与平均等的离差,继而采用等间距分级,得出各指标区自然条件、利用水平和经济效益的空间分异规律。最后,采用耕地质量等别方差分析,得到各县(区)利用等的离散程度,通过对比分析确定农用地整治优先区。

2.1 面积加权平均法

面积加权平均法用来计算区域耕地质量的总体平均水平。本文采用面积加权平均法计算京津冀地区各指标区的平均自然等、平均利用等和平均经济等,用以分析该地区的耕地质量状况,并为进一步计算等别离差奠定基础。计算公式为

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i S_i}{S} \quad (1)$$

式中 \bar{D} ——耕地质量平均等别

D_i ——第 i 块耕地的等别

S_i ——第 i 块耕地的面积

S ——指标区域耕地总面积

n ——耕地斑块数量

2.2 等别均值二分法

耕地质量等别均值二分法即计算各个因素指标区内所有耕地与该区域平均等别之间的离差。以指标区内的平均等别为分割阈值,小于平均等别的耕地以高标准农田建设为目标,大于平均等别的耕地以中低等耕地改造提升为目标。计算公式为

$$D_d = D_i - \bar{D} \quad (2)$$

式中 D_d ——耕地质量等别离差

2.3 耕地等别方差

采用京津冀地区各个区县耕地质量等别的方差表示耕地质量等别的离散程度,并进一步反映耕地整治优先程度。计算式为

$$D(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n} \quad (3)$$

式中 $D(x)$ ——区域耕地质量等别方差

3 结果与分析

3.1 耕地质量平均等别分析

采用面积加权平均法计算得到京津冀地区的平均自然等、平均利用等和平均经济等,结果如表1和图2所示。从国家级平均自然等、平均利用等和平均经济等计算结果分析,各指标区平均等别均低于8等。冀鲁豫低洼平原区和燕山太行山山前平原区各指标区的平均等别稍高,辽吉西蒙东南冀北山地和后山坝上高原各指标区的平均等别偏低。就平均利用等而言,仅北京平原区和西部山地区、延庆山间平原以及太行山南段冀南山前平原冬小麦夏玉米一年两熟区、冀南低平原冬小麦夏玉米一年两熟区和冀南漳卫河冲积平原冬小麦夏玉米一年两熟区高于全国平均等,大部分地区低于全国平均水平。对比京津冀三地的耕地质量,北京的平均水平略高于天津与河北。

图2a显示,涿鹿怀来山地丘陵盆地春麦两年三熟区(Ⅱ101)、张宣盆地春玉米一年一熟区(Ⅱ102)、冀北中山春玉米一年一熟区(Ⅱ201)和太行山北段中山春玉米一年一熟区(Ⅱ301)自然等的平均值接近于各区的最大值,这说明在上述各区中,自然等较低的耕地所占面积比例较大。坝东高原春麦一熟区(Ⅲ101)自然等的平均值接近于该区的最大值,说明其自然等较高的耕地所占面积比例较大。

图2b显示,燕北低山丘陵盆地春玉米一年一熟区(Ⅱ202)、太行山北段中山春玉米一年一熟区(Ⅱ301)、坝东高原春麦一熟区(Ⅲ101)和坝西高原春麦一熟区(Ⅲ102)利用等别的平均值接近于各区的最大值,说明在上述各区中,利用等较低的耕地所占面积比例较大。北京延庆山间平原(VI101)利用等的平均值接近于该区的最大值,说明其利用等较高的耕地所占面积比例较大。

图2c显示,太行山北段中山春玉米一年一熟区(Ⅱ301)、坝东高原春麦一熟区(Ⅲ101)和坝西高原春麦一熟区(Ⅲ102)经济等的平均值接近于各区的最大值,说明在上述各区中,经济等较低的耕地所占面积比例较大。

此外,燕山太行山山前平原区(Ⅱ1)和冀鲁豫低洼平原区(Ⅱ2)的各指标区、辽吉西蒙东南冀北山地(VI1)的燕山长城两侧低山丘陵冬小麦两年三熟区(Ⅱ203)、太行山西部低山冬小麦夏玉米套种

表1 各因素指标区耕地质量等别面积加权平均值

Tab.1 Area-weighted averages of cultivated land quality grade in factor index areas

行政区	一级区	二级区	三级区	自然等	利用等	经济等		
北京市(BJ)	II 黄淮海区	II 1 燕山太行山	II 101 北京平原区	8.26	8.09	8.80		
		山前平原区	II 102 西部山区	9.02	8.86	8.99		
	VI 内蒙古高原及长城沿线区	VI 1 辽吉西蒙东南	VI 101 延庆县山间平原	9.93	9.65	10.31		
天津市(TJ)	II 黄淮海区	II 2 华北平原区	VI 102 北部山区	9.96	10.31	10.70		
			I 101 冀东燕山山前平原冬小麦夏玉米套种一年两熟区	9.34	10.41	11.01		
河北省(HB)	II 黄淮海区	II 1 燕山太行山山前平原区	I 102 滦河冲积扇冬小麦夏玉米套种一年两熟区	9.15	10.37	11.41		
			I 103 燕山山前平原洼地冬小麦夏玉米套种一年两熟区	9.51	10.59	10.91		
			I 201 太行山北段冀中山前平原冬小麦夏玉米一年两熟区	8.88	9.88	10.99		
			I 202 太行山南段冀南山前平原冬小麦夏玉米一年两熟区	8.20	8.84	9.76		
			I 301 永定河冲积平原冬小麦夏玉米一年两熟区	9.45	10.26	11.00		
			I 302 冀中洼地冬小麦夏玉米一年两熟区	8.41	10.56	11.50		
		II 2 冀鲁豫低洼平原区	I 303 冀中南冲积平原冬小麦夏玉米一年两熟区	8.26	9.99	10.05		
			I 304 冀南低平原冬小麦夏玉米一年两熟区	8.11	9.66	10.78		
			I 305 冀南漳卫河冲积平原冬小麦夏玉米一年两熟区	8.34	9.79	10.83		
			I 401 冀东滨海平原稻麦两年三熟区	9.31	10.76	11.41		
			I 402 运东滨海平原小麦夏玉米一年两熟区	9.69	12.61	12.80		
			II 101 涿鹿怀来山地丘陵盆地春麦两年三熟区	11.99	12.98	12.75		
			II 102 张宣盆地春玉米一年一熟区	12.76	13.37	12.90		
			II 103 阳原蔚县盆地春玉米一年一熟区	12.85	13.38	12.88		
	VI 内蒙古高原及长城沿线区	VI 1 辽吉西蒙东南冀北山地	II 201 冀北中山春玉米一年一熟区	13.74	13.74	12.69		
			II 202 燕北低山丘陵盆地春玉米一年一熟区	13.08	13.21	12.24		
			II 203 燕山长城两侧低山丘陵冬小麦两年三熟区	9.74	10.84	11.80		
			II 301 太行山北段中山春玉米一年一熟区	13.77	14.67	13.64		
			II 302 太行山西部低山冬小麦夏玉米套种一年两熟区	10.35	13.03	12.83		
			II 303 太行山东部低山丘陵冬小麦夏玉米一年两熟区	9.58	11.97	12.20		
			III 101 坝东高原春麦一熟区	12.21	13.81	13.21		
		III 102 坝西高原春麦一熟区	11.76	13.49	13.34			
		VI 2 后山坝上高原						

注: I、II、III和VI表示全国标准耕作制度一级分区;其后加1位数字表示二级分区,加3位数字表示三级分区,即因素指标区代码。

一年两熟区(II 302)和太行山东部低山丘陵冬小麦夏玉米一年两熟区(II 303)以及天津所处的华北平原区(II 2)耕地质量等别最小值和最大值之间的差异较大。

3.2 耕地质量等别离差分析

在计算出各指标区平均等别后,采用均值二分法计算各指标区内所有耕地与指标区平均等别之间的离差,继而采用等间距分级,其结果见表2和图3。

京津冀地区耕地质量自然等高于指标区平均等的值域范围(-3.08~0),低于平均等别的值域范围(0~4.90)。利用等高于指标区平均等别的值域范围(-5.97~0),低于平均等别的值域范围(0~5.16)。经济等高于指标区平均等别的值域范围(-5.99~0),低于平均等别的值域范围(0~4.24)。自然等、利用等和经济等的离差计算结果显示,该地区80%以上的耕地等别离差范围在±2等。根据目前土地整治项目和高标准农田建设情况,通过项目实施后可提升的平均耕地质量等别为1~2等,说明可以采用均值二分法设置土地整治目

标,适用于高标准农田建设和中低等耕地提升质量潜力测算。

对于京津冀三地,北京市和天津市的耕地质量等别差异较小,仅北京西北山间盆地和天津西南平原的耕地等别离差大于0,其余大部分地区的离差小于0。河北省因范围大、耕地分布广、类型多等,无论是耕地等别离差还是空间分布上的差异均较大。太行山山前平原区和燕山山前平原区自然等离差较小,但是利用等和经济等离差较大,表明其自然条件良好且差异不大,但是利用水平和经济效益参差不齐。海河冲积平原区自然条件优越,但是冀南地区和冀东地区的耕地质量等别离差较大,其利用水平和经济效益可提升的空间较大。燕山山地丘陵区、太行山山地丘陵区、坝上高原区和滨海平原区生产条件和利用水平较差,潜力大,应加强基础设施建设,发展特色农业。

3.3 耕地质量等别方差分析

利用等最能反映耕地实际产能状况^[5],国土资源部对外公布的耕地质量等级调查与评定工作结果均为国家利用等。因此,本文计算京津冀地区所有

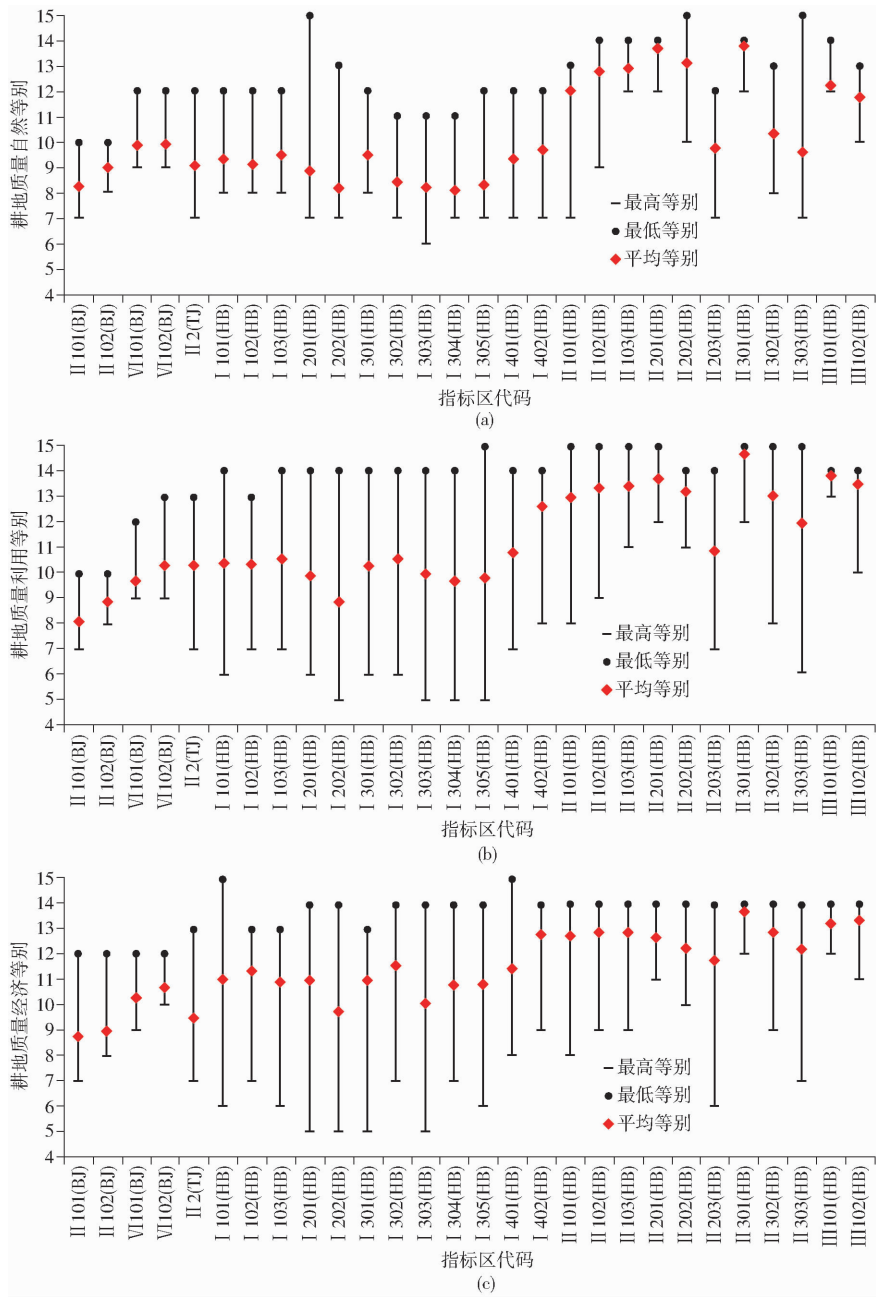


图2 京津冀地区各因素指标区耕地质量最高等别、最低等别和平均等别

Fig.2 Cultivated land quality grade of Beijing - Tianjin - Hebei region

表2 京津冀地区耕地质量等别离差分级

Tab.2 Deviation classification of cultivated land quality grade of Beijing - Tianjin - Hebei region

离差 分级	自然等		利用等		经济等	
	面积/ km ²	百分 比/%	面积/ km ²	百分 比/%	面积/ km ²	百分 比/%
< -4	0	0	120.74	0.16	2 020.67	2.67
-4 ~ -2	539.88	0.72	4 981.92	6.57	4 748.37	6.26
-2 ~ 0	41 868.20	55.23	30 889.50	40.75	26 492.09	34.95
0 ~ 2	31 825.28	41.98	30 287.77	39.95	36 620.84	48.31
2 ~ 4	1 556.83	2.05	9 056.17	11.95	5 913.43	7.80
> 4	15.28	0.02	469.36	0.62	10.08	0.01

区县(不包括北京、天津城区)的耕地质量利用等方差,采用自然断点法分级后的结果见表3。

各区县的耕地质量等别方差可反映其离散程度,用以表明耕地质量等别可提升的程度。图4显示,方差较大的区县主要集中在京津冀地区中、南部平原区和燕山山前平原东部,这些区县基础条件较好,耕地所占面积比重大,是今后农用地整治的重点区域。方差较低的区域主要是坝上高原、燕山山区和太行山山区,坝上高原耕地集中,但是,生产条件和利用水平较差,建议农牧结合;北部山区和西部山区,虽然潜力较大,但是自然条件和基础设施薄弱,分布零散,建议农林结合。此外,北京市和天津市随着城市扩张,耕地的生产功能逐渐弱化,建议从多功能的角度重新审视耕地质量,为环首都绿色经济圈提供生态屏障和绿色农副产品。

本文对《全国土地整治规划(2011—2015 年)》中确定的高标准基本农田示范县以及《北京市土地整治规划(2011—2015 年)》、《天津市土地整治规划(2011—2015 年)》和《河北省土地整治规划(2011—2020 年)》中确定的农用地整治重点区域进

行分析,结果如表 3 所示。其中,有 3/4 的示范县土地利用等别方差大于 1.23,农用地整治重点区域约 2/3 的县(区)处于优先程度中等及以上地区(图 4)。说明利用耕地质量利用等方差,可以为农用地整治优先区选择提供科学参考。

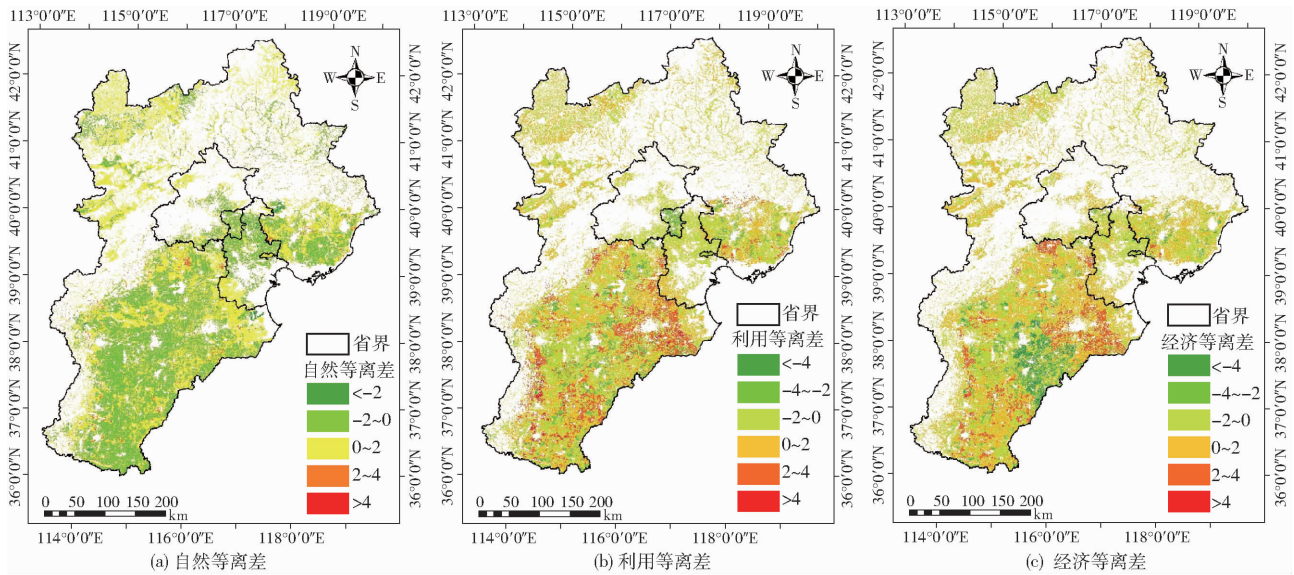


图 3 京津冀地区耕地质量等别离差

Fig. 3 Deviations of cultivated land quality grade of Beijing - Tianjin - Hebei region

表 3 各区县耕地质量利用等方差与农用地整治重点区域对比

优先程度	低	较低	适中	较高	高
方差	0 ~ 0.54	0.54 ~ 1.23	1.23 ~ 2.13	2.13 ~ 3.64	3.64 ~ 6.13
县(区)数量/个	64	43	43	38	21
农用地整治重点区(县)数量/个	12	24	23	28	13
高标准农田建设示范县数量/个	2	7	12	11	5

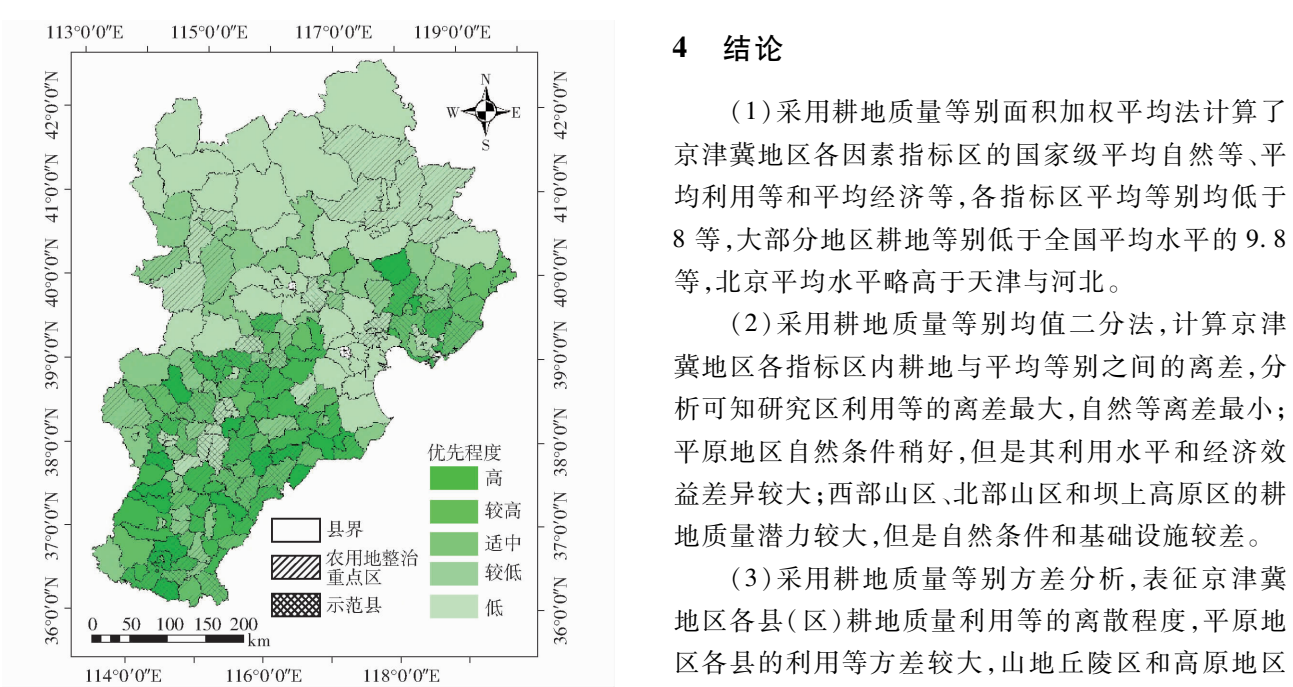


图 4 京津冀地区农用地整治优先区布局

Fig. 4 Spatial layout of agricultural land consolidation priority for Beijing - Tianjin - Hebei region

4 结论

(1) 采用耕地质量等别面积加权平均法计算了京津冀地区各因素指标区的国家级平均自然等、平均利用等和平均经济等,各指标区平均等别均低于 8 等,大部分地区耕地等别低于全国平均水平的 9.8 等,北京平均水平略高于天津与河北。

(2) 采用耕地质量等别均值二分法,计算京津冀地区各指标区内耕地与平均等别之间的离差,分析可知研究区利用等的离差最大,自然等离差最小;平原地区自然条件稍好,但是其利用水平和经济效益差异较大;西部山区、北部山区和坝上高原区的耕地质量潜力较大,但是自然条件和基础设施较差。

(3) 采用耕地质量等别方差分析,表征京津冀地区各县(区)耕地质量利用等的离散程度,平原地区各县的利用等方差较大,山地丘陵区 and 高原地区的各县利用等方差较小;通过与高标准基本农田示范县、农用地整治重点区域对比分析,可知采用耕地质量等别方差可以确定农用地整治优先区。

(4)采用均值二分法设置土地整治耕地质量等别提升目标,适用于高标准农田建设和中低等耕地质量提升;采用耕地质量等别方差分析确定农用地整治优先区,具有较好的科学参考价值。此外,通过

本文的研究,可为进一步在耕地质量大数据平台下,基于全国县级年度更新数据,分析全国耕地质量等别的空间分异规律提供借鉴。

参 考 文 献

- 1 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,等. 耕地质量的概念和评价与管理对策[J]. 土壤学报,2012,49(6):1210-1217.
SHEN Renfang, CHEN Meijun, KONG Xiangbin, et al. Conception and evaluation of quality of arable land and strategies for its management[J]. Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(6): 1210-1217. (in Chinese)
- 2 杨永侠,王旭,孟丹,等. 基于空间自相关的耕地等别指数检验方法研究[J/OL]. 农业机械学报,2016,47(5):329-335.
http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160545&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.045.
YANG Yongxia, WANG Xu, MENG Dan, et al. Test method of cultivated land grading index based on spatial autocorrelation[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(5): 329-335. (in Chinese)
- 3 杨建宇,向其权,陈彦清,等. 多属性约束空间最邻近连接农用地分等省级汇总方法[J/OL]. 农业机械学报,2014,45(10):300-306. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20141047&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.10.047.
YANG Jianyu, XIANG Qiquan, CHEN Yanqing, et al. Multiple attribute constraint and nearest-neighbour provincial summary method for farmland quality database[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(10): 300-306. (in Chinese)
- 4 张超,张海锋,杨建宇,等. 网格环境下县域基本农田建设空间布局方法研究[J/OL]. 农业机械学报,2016,47(11):245-251. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20161134&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.11.034.
ZHANG Chao, ZHANG Haifeng, YANG Jianyu, et al. Spatial layout of basic farmland construction at county scale in grid environment[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(11): 245-251. (in Chinese)
- 5 司振中,李貌,邱维理,等. 中国耕地资源的区域差异与保护问题[J]. 自然资源学报,2010,25(5):713-721.
SI Zhenzhong, LI Mao, QIU Weili, et al. Regional difference analysis and preservation of cultivated land resources in China[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(5): 713-721. (in Chinese)
- 6 王洪波,程锋,张中帆,等. 中国耕地等别分异特性及其对耕地保护的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(11):1-8.
WANG Hongbo, CHENG Feng, ZHANG Zhongfan, et al. Differential characteristics of cultivated land grade and its effect on cultivated land protection in China[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(11): 1-8. (in Chinese)
- 7 程锋,王洪波,郎文聚. 中国耕地质量等级调查与评定[J]. 中国土地科学,2014,28(2):75-82.
CHENG Feng, WANG Hongbo, YUN Wenju. Study on investigation and assessment of cultivated land quality grade in China[J]. China Land Sciences, 2014, 28(2): 75-82. (in Chinese)
- 8 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.
KONG Xiangbin, ZHANG Qingpu. Spatial distribution characteristics of arable land grade in western China[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(22): 1-7. (in Chinese)
- 9 王凤娇,杨延征,上官周平. 西北五省(区)耕地质量等别差异性比较[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(2):230-236.
WANG Fengjiao, YANG Yanzheng, SHANGGUAN Zhouping. Comparisons on variations in qualities of arable lands in northwestern China[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(2): 230-236. (in Chinese)
- 10 魏洪斌,吴克宁,赵华甫,等. 我国两大粮食主产区耕地等别空间分布特征分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):443-448.
- 11 陈建龙,狄春,马龙泉,等. 松嫩平原耕地等别空间分异特征研究[J]. 水土保持研究,2015,22(3):225-229.
CHEN Jianlong, DI Chun, MA Longquan, et al. Research for the characteristics of spatial differentiation of cultivated land grades in Songnen Plain[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(3): 225-229. (in Chinese)
- 12 施冰臣,文杰,李建华,等. 云南省澜沧江流域耕地自然质量等空间分布特征研究[J]. 西南农业学报,2015,28(2):696-699.
SHI Bingchen, WEN Jie, LI Jianhua, et al. Spatial distribution characteristics of natural quality levels of cultivated land in Lancang River Watershed in Yunnan Province[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(2): 696-699. (in Chinese)
- 13 任奎,周生路,张红富,等. 江苏农用地资源质量空间格局及影响机制研究[J]. 农业工程学报,2008,24(4):127-134.
REN Kui, ZHOU Shenglu, ZHANG Hongfu, et al. Spatial pattern and influence mechanism of farmland resources quality in Jiangsu Province[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 127-134. (in Chinese)
- 14 张青璞,孔祥斌,郎文聚,等. 重庆市国家级农用地分等汇总前后等别分布规律[J]. 农业工程学报,2010,26(10):297-303.
ZHANG Qingpu, KONG Xiangbin, YUN Wenju, et al. National agricultural land grading distribution law based on conversion from provincial level to national level in Chongqing[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(10): 297-303. (in Chinese)
- 15 张晓燕,张利,陈影,等. 河北省农用地质量空间格局的计量地理分析[J]. 水土保持研究,2010,17(1):101-106.

- ZHANG Xiaoyan, ZHANG Li, CHEN Ying, et al. Analysis on spatial pattern of agriculture land resources quality in Hebei Province based on quantitative geography model[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(1):101 - 106. (in Chinese)
- 16 段正松, 罗崇连, 左旭阳, 等. 基于景观指数和基尼系数的广西耕地质量空间格局分析[J]. 南方农业学报, 2015, 46(1): 175 - 180.
- DUAN Zhengsong, LUO Chonglian, ZUO Xuyang, et al. Spatial pattern of cultivated land quality in Guangxi based on landscape index and Gini coefficient[J]. Journal of Southern Agriculture, 2015, 46(1):175 - 180. (in Chinese)
- 17 张耿杰, 刘淑霞, 曾维军, 等. 云南省耕地利用等别与生态环境空间分布特征[J]. 水土保持研究, 2016, 23(2):275 - 279.
- ZHANG Gengjie, LIU Shuxia, ZENG Weijun, et al. The spatial distribution characteristics of arable land utilization grade and ecoenvironment in Yunnan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(2): 275 - 279. (in Chinese)
- 18 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.
- ZHANG Zhen, WEI Chaofu, SHANG Hui. Spatial pattern analysis based on modified cultivated quality grades in hilly area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(8): 901 - 907. (in Chinese)
- 19 宋戈, 李丹, 梁海鸥, 等. 松嫩高平原黑土区耕地质量特征及其空间分异——以黑龙江省巴彦县为例[J]. 经济地理, 2012, 32(7):129 - 134.
- SONG Ge, LI Dan, LIANG Haiou, et al. The characteristics of cultivated land quality and its spatial variation in black soil region of Songnen High Plain—a case study of Bayan County in Heilongjiang Province[J]. Economic Geography, 2012, 32(7):129 - 134. (in Chinese)
- 20 李艳华, 许月卿, 郭洪峰. 西部生态脆弱区典型县域农用地质量等别对比研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(8):14 - 20.
- LI Yanhua, XU Yueqing, GUO Hongfeng. Comparison and analysis on agricultural land grading of typical counties in western ecological fragile area[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(8):14 - 20. (in Chinese)
- 21 李玉, 杜丽娟. 河北省耕地问题及可持续利用对策[J]. 河北省科学院学报, 1999, 16(3):57 - 60.
- LI Yu, DU Lijuan. A problem analysis on cultivated land and strategy for continuous use[J]. Journal of the Hebei Academy of Sciences, 1999, 16(3):57 - 60. (in Chinese)
- 22 王千, 金晓斌, 周寅康. 河北省耕地生态安全及空间聚集格局[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8):338 - 344.
- WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang. Cultivated land ecological security and spatial aggregation pattern in Hebei Province [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(8): 338 - 344. (in Chinese)
- 23 李鹏山, 吕雅慧, 张超, 等. 基于核密度估计的京津冀地区耕地破碎化分析[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(5):281 - 287. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160538&flag=1. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.038.
- LI Pengshan, LÜ Yahui, ZHANG Chao, et al. Analysis of cultivated land fragmentation in Beijing - Tianjin - Hebei region based on kernel density estimation[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(5): 281 - 287. (in Chinese)

(上接第 164 页)

- 20 陈述彭, 陈秋晓, 周成虎. 网格地图与网格计算[J]. 测绘科学, 2002, 27(4):1 - 6.
- CHEN Shupeng, CHEN Qiuxiao, ZHOU Chenghu. Grid mapping and grid computing [J]. Science of Surveying and Mapping, 2002, 27(4): 1 - 6. (in Chinese)
- 21 李德仁, 朱欣焰, 龚健雅. 从数字地图到空间信息网格——空间信息多级网格理论思考[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(6):642 - 650.
- LI Deren, ZHU Xinyan, GONG Jianya. From digital map to spatial information multi-grid—a thought of spatial information multi-grid theory [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003, 28(6): 642 - 650. (in Chinese)
- 22 沈立宏, 张超, 桑玲玲, 等. 利用网格法确定县域农田整治优先度[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18):241 - 247.
- SHEN Lihong, ZHANG Chao, SANG Lingling, et al. Determination of consolidation priority for farmland at county level using grid method [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(18): 241 - 247. (in Chinese)
- 23 陈彦清. 网格环境下基于多尺度指标体系的耕地质量评价方法研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015:1 - 98.
- CHEN Yanqing. A cultivated land quality evaluation method based on multi-scale indicators' system in grid environment [D]. Beijing: China Agricultural University, 2015: 1 - 98. (in Chinese)
- 24 郭力娜, 张凤荣, 曲衍波, 等. 基于分等因素组合的农用地整理类型分区[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9):308 - 314.
- GUO Li'na, ZHANG Fengrong, QU Yanbo, et al. Farmland consolidation type zoning based on combination of grading factors [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(9): 308 - 314. (in Chinese)
- 25 GB/T 28407—2012 农用地质量分等规程[S]. 2012.