

中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化

王 凤¹, 刘艳芳¹, 孔雪松¹, 陈奕云^{*1,2,3,4}, 潘佳威¹

(1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 中国湖北 武汉 430079; 2. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 中国江苏 南京 210008; 3. 武汉大学 地理空间信息技术协同创新中心, 中国湖北 武汉 430079; 4. 武汉大学 教育部地理信息系统重点实验室, 中国湖北 武汉 430079)

摘 要:基于2000—2014年中国县域粮食产量和社会经济指标数据,综合运用标准差椭圆、空间自相关分析和地理探测器等方法,分析了近15年来不同区域粮食产量变化特征,并探讨了中国县域粮食生产格局的空间演变、分异特征及影响作用机制。研究结果表明:①近15年来全国粮食生产整体呈上升趋势,2004—2013年出现了粮食产量“十连增”现象,全国粮食产量平均年增长率为2.43%;粮食产量变化具有地形分异规律,九大农区中粮食产量比重较高的农区分别为黄淮海农业区、长江中下游农业区、东北农业区。②全国粮食高产县数量增加,粮食生产重心逐渐向东北偏移;粮食生产分布格局仍符合胡焕庸线分布特征,但西北部粮食高产区范围有所扩大。全国粮食增产和减产区呈现明显的空间集聚状态,且集聚状态不断加强,高高集聚区逐渐向东北农业区偏移,低低集聚区逐渐向东部和南部沿海偏移,中国粮食生产的地域分工更加清晰。③2000—2014年,影响全国范围内粮食产量分布的主要因素由人口和第一产业增加值转变为耕地面积和农业机械总动力,不同因素对粮食产量空间分布的作用机制存在差异。

关键词:粮食产量;时空格局;影响因素;地理探测器;县域

中图分类号:K902 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-8462(2018)05-0142-10

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2018.05.018

Spatial and Temporal Variation of Grain Production and Its Influencing Factors at the County Level in China

WANG Feng¹, LIU Yanfang¹, KONG Xuesong¹, CHEN Yiyun^{1,2,3,4}, PAN Jiawei¹

(1. School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei, China; 2. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Nanjing 210008, Jiangsu, China; 3. Collaborative Innovation Center for Geospatial Information Technology, Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei, China; 4. Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei, China)

Abstract: Grain production and distribution is important for national economic development and social stability. Based on the data of grain production and social and economic indicators in China from 2000 to 2014, the standard deviational ellipse, spatial autocorrelation analysis and geographical detector were used to analyze the characteristics of grain output in different regions in recent 15 years. We also explored the spatial evolution of grain production in terms of pattern, differentiation and mechanism in China. The results show that: (1) in the past 15 years, the national grain production has been on the rise. In 2004 and 2013, the grain output "ten-year increase" has been observed. The average annual growth rate of grain production is 2.43%, and the grain yield has significant terrain differentiation. Three agricultural areas out of nine with the higher proportion of grain output are Huang Huaihai agricultural area, the middle and lower reaches of the Yangtze River agricultural area, and the northeast agricultural area. (2) The number of counties with high yields of grain in China has significantly increased, and the grain production center has gradually shifted northeast. The distribution pattern of grain production still conforms to the distribution characteristics of Hu Huanyong Line. The states of grain production and production in the country show spatial agglomeration, which has been continuously strengthened. The high-high agglomeration areas gradually shift to the northeast agricultural area, and the low-low agglomeration areas gradually shifted to the east and south coasts. The regional division of grain production in China is more significant. (3) The main factors influencing the spatial distribution of grain production across the country changed from the added value of population and first industry in 2000 to the total area of cultivated land and agricultural machinery in 2014. The mechanisms of different factors on the spatial distribution of grain yield turn out to be different.

Key words: grain production; spatial-temporal pattern; influencing factors; geographical detector; county unit

收稿时间:2017-05-08;修回时间:2017-12-06

基金项目:国家自然科学基金项目(41771440,41501444)

作者简介:王凤(1990—),女,山东潍坊人,硕士。主要研究方向为人文地理。E-mail: wangfeng2015@whu.edu.cn。

*通讯作者:陈奕云(1983—),男,福建泉州人,博士,副教授。主要研究方向为地理信息科学。E-mail: chenyy@whu.edu.cn。

粮食生产和布局问题是关乎国家经济和社会长久、健康、稳定发展的重要因素。近年来,国内粮食生产面临严峻挑战。一方面,农业机械化的投入、化肥农药的使用、农田水利灌溉措施的实施促使粮食单位面积产量不断增加。另一方面,快速城镇化^[1]、工业化导致耕地面积急剧减少,耕地保护面临日益严重的压力,坚守耕地18亿亩红线成为国家的重大目标^[2];农村剩余劳动力的增加和农业生产效益的降低,导致农民耕作意愿不断降低,耕地撂荒和弃耕现象频发^[3];农村年轻劳动力的转移致使农业耕作老龄化现象严重;为追求更高的农业增加值,农业种植结构“非粮化”日益显著;机械耕作、化肥农药的使用导致耕地质量不断下降;再加上居民膳食结构的改变带来的粮食消费需求的增加,国际粮食进口以及转基因粮食的出现对我国传统农业生产带来很大冲击,给我国粮食生产带来了巨大压力。深入分析我国粮食生产的总量与空间分布,明确影响粮食产量的主要因素,对于制定针对性的农业生产政策和引导农业持续健康发展至关重要。

现有对我国粮食生产研究多从产量变化、生产格局^[4-5]、种植结构、影响因素^[6]等单方面入手,综合不同要素分析中国粮食产量地域格局变化和影响因素的研究^[7-8]尚不多见。限于数据获取难度,现有研究多集中于某个省^[9-10]或某个区域^[11-13],或以全国粮食总产量的发展趋势和波动情况为研究对象,在研究尺度上精确到县级^[14-15]并且为连续时间序列的研究很少。此外,过往对粮食产量影响因素的研究基本限于某个要素对粮食产量是促进还是抑制作用,对粮食产量空间格局演变的驱动因素和不同要素组合对粮食产量的影响缺乏深入探讨。

鉴于此,本文引进地理探测器方法^[16],从粮食生产总量的变化特征、粮食产量的空间演变趋势以及粮食产量空间分布差异的影响因素和作用机制三个方面入手,探索2000—2014年中国粮食产量的空间演变和驱动因素,以期对我国粮食生产的政策制定提供帮助。

1 数据来源及方法

1.1 数据来源

本文研究数据包含了空间数据和统计数据。粮食总产量数据以及其他指标数据来源于2001—2015年《中国县(市)社会经济统计年鉴》(2013年更名为《中国县域统计年鉴》),该数据只包括县及

县级市数据,不包括市辖区分区数据。剔除了数据量缺失较多的县,本文共统计数据量较完整的县2 040个。空间数据来源于2010年中国县级行政区划矢量图。

耕地面积数据来源于历年省级统计年鉴,部分省份数据来源于省级农村统计年鉴、经济年鉴以及市级统计年鉴。2014年人口数据来源于各省统计年鉴以及部分市级统计年鉴。对于缺乏县域耕地面积数据的省份使用了农作物播种面积或粮食作物播种面积进行替代。由于耕地面积和农作物播种面积以及粮食作物播种面积之间有区别,因此根据省级耕地面积数据对县域农作物播种面积以及粮食作物播种面积进行了修正。

由于空间数据选用2010年中国县级行政区划数据,且不同年份之间行政区划名称和范围有所调整,因此以2010年中国县级行政区划范围和代码为基准对其他年份的行政单元进行修正。

1.2 研究方法

1.2.1 标准差椭圆

标准差椭圆(Standard deviational ellipse, SDE)是定量描述地理要素空间分布整体特征的空间统计学方法。该方法以地理要素的平均分布中心为中心,以要素分布的主趋势方向为方位角(椭圆长轴由正北方向顺时针旋转的角度),以要素在X方向和Y方向上的标准差为椭圆轴,通过构建地理要素的空间分布椭圆,来描述和解释地理要素空间分布的中心性、方向性和空间分布形态等特征^[17]。本文借助ArcGIS软件构建粮食产量空间分布椭圆,以便研究粮食产量的空间演变状态。

1.2.2 空间自相关

①全局空间自相关。全局空间自相关(Global Moran's I)能根据要素位置和要素属性值来评估地理要素的空间分布是聚类模式、离散模式还是随机模式,用Moran's I 指数来衡量。计算公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中: I 表示全局空间自相关指数; x_i 是变量 x 在空间位置 i 上的属性值,在本文中表示县域粮食产量值; $\bar{x}$ 是变量的均值; n 表示观测值的总个数,也是观测值所对应的空间单元的总个数,在本文中表示县域单元个数; w_{ij} 是空间权重矩阵,指空间位置 i 与 j 的空间权重,空间权重矩阵 w_{ij} 一般为基于邻接或距

离的二元邻接矩阵,如果空间单元*i*与*j*相邻,规定 $w_{ij}=1$,否则 $w_{ij}=0$ 。 I 统计量的值域为 $(-1,1)$,当 $I>0$ 时,表示正的空间自相关,当 $I<0$ 时,表示负的空间自相关,当 I 趋近0时,无空间自相关,即完全空间随机过程。

②局部空间自相关。局部空间自相关用于评价空间自相关的局部异质性(非平稳性),即能够表示研究区范围内局部区域的空间自相关状态,用Local Moran's I 表示局部空间自相关值的大小,其计算公式如下:

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

式中: I_i 表示局部空间自相关指数,其余参数同式(1)。

1.2.3 地理探测器

地理探测器(Geographical Detector)是探测地理要素空间分异性并揭示形成空间分异性原因(驱动力)的一种统计学方法。其核心思想基于这样的假设:“如果自变量对因变量有重要影响,那么自变量与因变量在空间分布上应该具有相似性”。Geo-Detector是根据地理探测器原理用Excel编制的的应用软件,可以从以下网址免费获取:<http://www.geodetector.org/>。

地理探测器方法和原理目前已在众多领域得到了应用^[18-23]。地理要素空间分异性探测力指标用 q 值度量,其表达式为:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (3)$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, SST = N \sigma^2$$

式中: h 为因变量 Y 或自变量 X 的分类数或分层数,在本文中自变量的分类为5类; N 和 N_h 分别为整个区域和第 h 类中的样本数,在本文中分别表示全国县域单元数和每一类中县域单元数; σ^2 为整个区域 Y 值的方差, σ_h^2 为第 h 类的 Y 值的方差; SSW 和 SST 分别为层内方差和整个区域的总方差。 q 的值域为 $[0,1]$, q 值越大说明因变量 Y 的空间分异性越明显,如果空间分异性是由自变量 X 形成的,那么 q 值越大说明该变量对因变量的解释力越强,反之越弱。该方法对变量无线性假设,属于方差分析,如果不对 q 值进行显著性检验,其物理意义仍然明

确,且该方法保证了对多个自变量共线性的免疫^[16]。

2 不同类型区粮食产量数量特征分析

2.1 全国粮食总产量变化分析

由图1可以看出:2000—2004年中国粮食生产总量具有不稳定性,粮食总产量呈现出减—增交替变换的现象,在2003年出现了近15年来的最低值。2004—2013年,粮食产量稳步上升,出现了粮食生产“十连增”,2014年粮食总量略有降低。

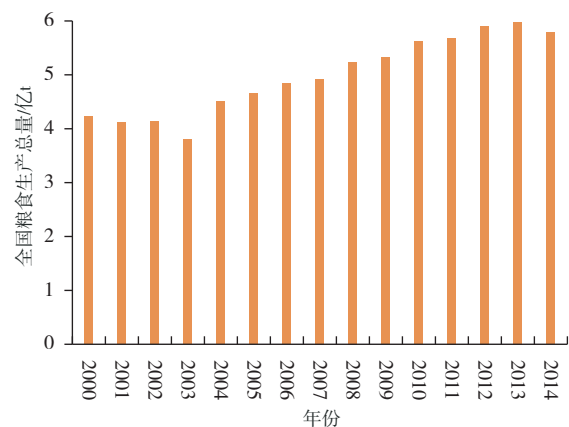


图1 2000—2014年全国粮食生产总量趋势图

Fig.1 Trend of national grain production from 2000 to 2014

由图2可以看出,近15年来全国粮食产量的年增长率也呈现出减—增交替的周期性变化,其中粮食产量增长的年份多于减少的年份,减少的年份只有2001、2003和2014年。2003—2004年出现了粮食产量的极速增长,年增长率达到了18.38%的峰值。2004—2005年又出现了粮食年增长率的大跌,由2004年的18.38%降低到2005年3.31%。其后的时间内粮食产量的年增长率在较小的范围内上下浮动。经计算,15年来粮食产量的平均年增长率为2.43%,高于平均年增长率的年份有6年,分别为2004、2005、2006、2008、2010和2012年,其他8个年份的年增长率均低于平均年增长率。

2.2 不同地形区粮食产量变化分析

经统计,全国有平原县638个,丘陵县528个,山区县874个,分别占全国所有县的31.27%、25.88%、42.84%,山区县的比例最高,其次为平原县。在九大农业区中,东北农业区和黄土高原农业区三类地形县的数量较为平均,黄淮海农业区和甘新农业区以平原县为主,长江中下游农业区、华南农业区、青藏高原农业区和西南农业区以山区县为

主,内蒙古及长城沿线农业区以丘陵县为主。详细情况见表1。该表中数据仅表示不同类型县数量占比,与不同类型县的面积无关。

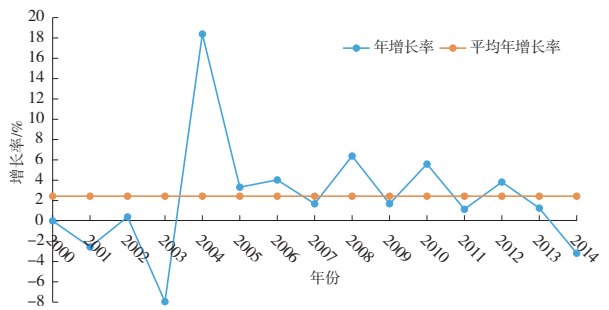


图2 2000—2014年全国粮食产量平均
年增长率和年增长率变化图

Fig.2 Average annual growth rate and annual growth
rate of grain production

表1 九大农区各地形分区县的数量及占比

Tab.1 The number and proportion of counties in
different agricultural areas

九大农区	地形分区			总计	占比/%
	平原	丘陵	山区		
东北区	56	58	39	153	7.50
黄淮海区	236	43	38	317	15.54
长江中下游区	115	141	191	447	21.91
华南区	27	60	82	169	8.28
内蒙古及长城沿线区	21	65	31	117	5.74
甘新区	99	11	11	121	5.93
黄土高原区	61	73	77	211	10.34
青藏高原区	1	9	111	121	5.93
西南区	22	68	294	384	18.82
总计	638	528	874	2040	100.00
占比(%)	31.27	25.88	42.84	100.00	

分别计算 15 年来平原县、丘陵县和山区县历

年粮食产量占全国粮食产量的比重,绘制折线图,如图3。由图可以看出,历年来平原县粮食产量占比最高,比重在44%~50%之间,几乎占了全国粮食产量的一半。其中2002和2003年平原县粮食产量占比略有下降,其后几年平原县粮食产量占比呈现整体上升状态,到2011年达到49.57%的最高值,与2000年相比增幅达到4.63%。丘陵县粮食产量占比历年来都较稳定,基本维持在30%左右,2013年达到最高值32.08%。山区县粮食产量占比15年来呈现整体下滑趋势,由2000年的25.12%下降到2014年的20.57%,2013年出现最低值19.93%,下降幅度达到5.19%。

2.3 不同农业区粮食产量变化分析

分别计算连续15年来九大农业区历年粮食产量的比重,得到粮食产量占比变化图,如图4。

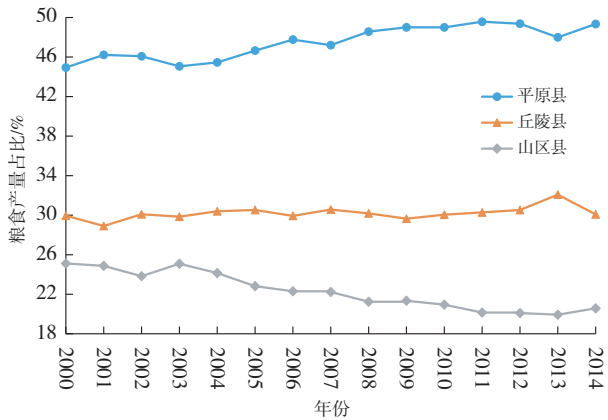


图3 不同地形区县历年粮食产量占比

Fig.3 The proportion of grain production in counties
with different terrain types

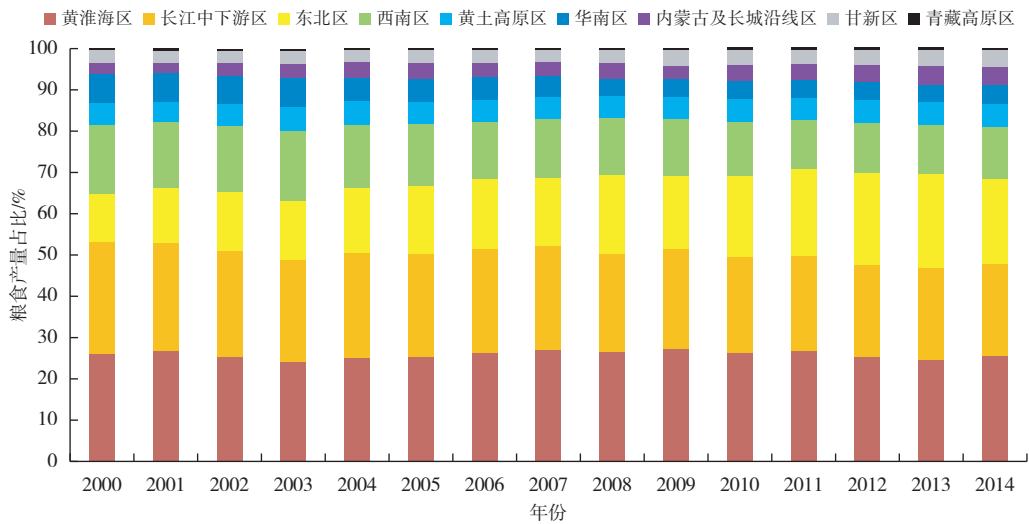


图4 不同农业区历年粮食产量占比

Fig.4 The proportion of grain production in different agricultural areas over the years studied

由图4可以看出,九大农业区中粮食产量比重较高的四个农业区分别为黄淮海农业区、长江中下游农业区、东北农业区和西南农业区,粮食产量最少的为青藏高原农业区,粮食产量比重不足全国1%。其中黄淮海农业区和长江中下游农业区粮食产量之和几乎接近全国的50%。另外,以平原县为主的黄淮海农业区粮食产量比重相对稳定,东北农业区和甘新农业区粮食产量比重整体上升;以山区县为主的长江中下游农业区、西南农业区和华南农业区粮食产量比重整体减少。

3 粮食生产格局空间演变分析

3.1 粮食产量空间变化分析

在 ArcGIS 中,将 2000 年全国各县粮食产量按照自然断点法划分为 5 个等级,以此表示全国各县

粮食生产能力的高中低水平。以后各年份按照相同的分级标准进行划分,由此得到不同时期中国各县粮食产量空间分布图,如图5。另外,利用 ArcGIS 空间统计模块中的 Directional Distribution (Standard Deviational Ellipse)工具,以各县粮食产量为权重,计算四个年份全国粮食产量的空间分布椭圆,得到图6结果。分布椭圆表示粮食产量空间分布的主体区域,长轴方向表示粮食产量空间分布的主趋势方向^[17]。由图5和图6可以得出以下结论。

3.1.1 全国粮食高产县数量明显增加,粮食生产重心逐渐向东北偏移

2000 年粮食高产区主要集中在东北农业区、黄淮海农业区、长江中下游农业区北部和西南农业区的四川盆地。到 2005 年,东北农业区粮食高产县数量明显增加,其他地区变化不大。2010 年,除东

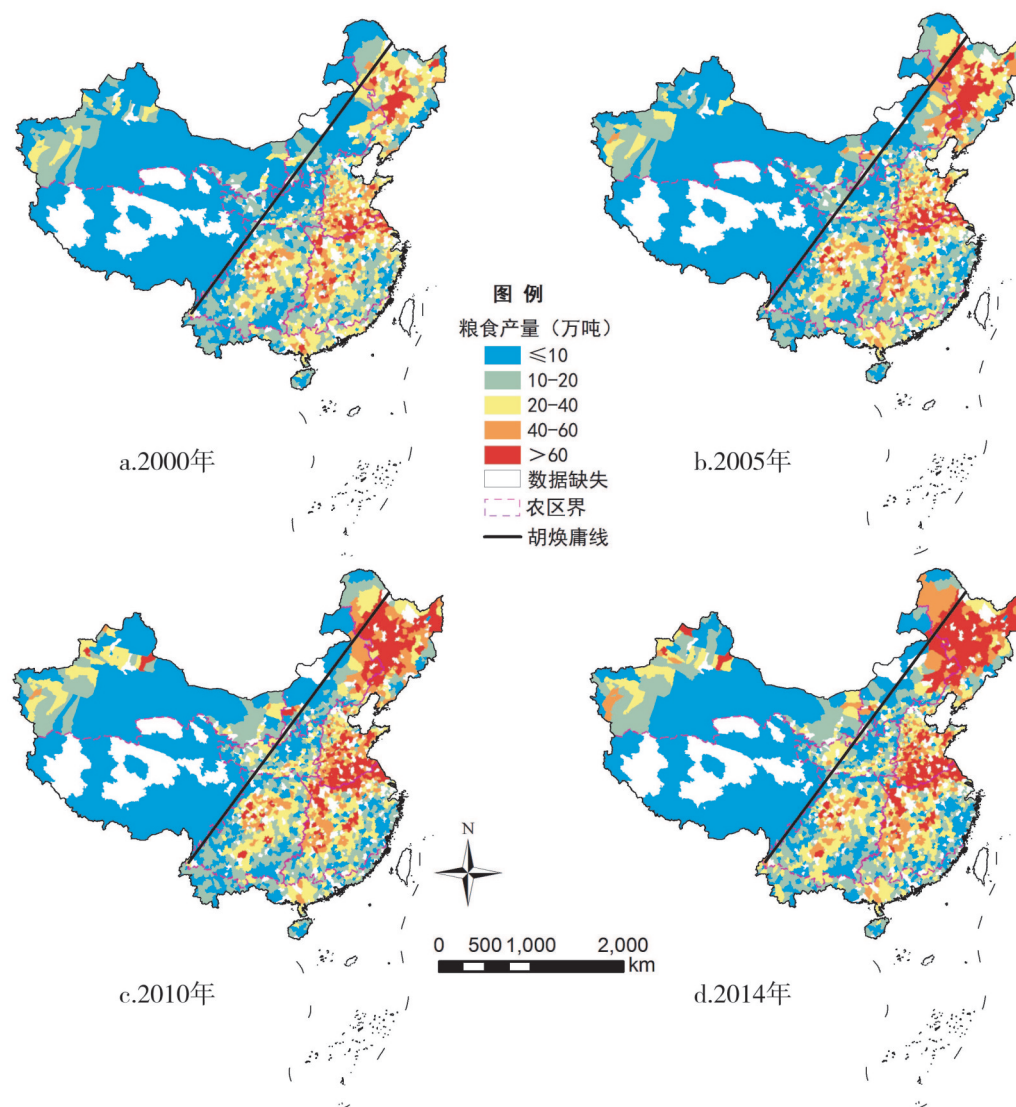


图5 不同年份中国各县粮食产量分布图

Fig.5 Distribution of grain production in China in different periods

北农业区粮食高产县数量持续增加以外,黄淮海农业区粮食高产县数量也明显增加,另外甘新农业区的河套平原、塔里木盆地的西侧和准格尔盆地粮食高产区也增加明显。到2014年,整个东北农业区几乎全部属于粮食高产县,黄淮海农业区高产县数量增加,甘新农业区的河套平原、塔里木盆地西侧和准格尔盆地高产县范围逐渐扩大,长江中下游农业区粮食中产县数量减少,低产县数量增加,尤其是东南沿海一带,低产县范围扩大明显。从图5的全国整体分布和图6粮食产量分布椭圆中心的移动来看,全国粮食生产重心逐步向东北偏移,由2000年的较均匀分布演变为更明显的集中于东北农业区和黄淮海农业区。

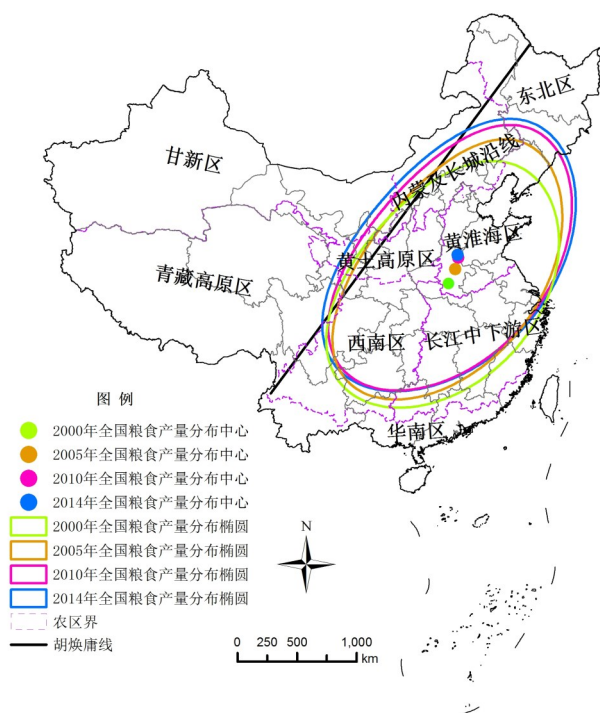


图6 不同年份中国粮食产量分布椭圆

Fig.6 The specific ellipse of grain production in China in different periods

3.1.2 全国粮食生产分布格局仍满足胡焕庸线,但西北部粮食高产区范围有所扩大

由图6可以看出,粮食产量分布椭圆长轴方向与胡焕庸线平行,全国粮食生产格局仍然满足胡焕庸线分布。但是从15年来全国粮食的空间分布演变来看,胡焕庸线两侧的粮食生产水平差异有逐渐缩小趋势,尤其是塔里木盆地西侧、准格尔盆地和河套平原附近,粮食高产区范围有所扩大。这与近几年来国家对中西部地区农业发展的政策支持和财政补贴有很大关系。

3.1.3 长江中下游农业区和华南农业区粮食产量降低明显

由图6可以看出,15年来长江中下游农业区和华南农业区粮食产量明显降低,粮食低产县数量增加明显,尤其是东部沿海和南部沿海各县,由粮食中产县逐渐转变为粮食低产县。主要原因是近年来,东南沿海地区产业结构调整,制造业和工商服务业发展迅速,城镇化扩张;再加上长江中下游农业区和华南农业区以山区为主,地形起伏较大,耕地破碎度大,无法进行大面积的机械耕作。由此导致农民耕作意愿降低,农村劳动力大量向城市转移,各县粮食产量逐渐下降。

3.2 粮食增长率空间变化分析

分别计算全国各县历年粮食产量年增长率,并计算各县粮食产量的平均年增长率。以15年来全国粮食产量的平均年增长率(2.43%)为基准,将各县粮食产量平均年增长率(用字母 P 表示)划分为绝对减产($P < 0$)、滞后增产($0 \leq P < 2.43\%$)、高速增产($2.43\% \leq P < 20\%$)和超速增产($P \geq 20\%$)四个等级,得到15年来全国各县粮食产量平均年增长率分级分布图,如图7。统计不同增长级别下县市个数及数量占比,得到表2结果。

3.2.1 全国各县以粮食增产为主,粮食减产县比例较高

经计算,全国各县中,粮食增产县比例为74.61%,接近全国的3/4,粮食减产县比例为25.39%,占全国的1/4多。其中,增产县中以高速增产为主的县比例最高,达到39.07%,这些县粮食产量平均年增长率均高于全国的平均水平。其次为滞后增产县,滞后增产县平均年增长率低于全国平均水平,但仍处于增长状态,这些县占到全国县市的29.17%。另外有130个县属于超速增产县,这些县的平均年增长率超过了20%,以接近全国平均水平10倍的速度增长。绝对减产区中长江中下游农业区粮食减产县数量最多,占全国粮食减产县的36.49%;其次为西南农业区,占全国粮食减产县的25.68%;华南农业区粮食减产县数量虽然少于西南农业区,但是减产县数量超过了华南农业区内所有县市数量的一半以上。

3.2.2 不同级别的粮食增产和减产区呈现明显的空间集聚状态

全国粮食减产区主要集中在长江中下游农业区的沿海地带和华南农业区,且呈带状分布,粮食高速增产区主要集中在甘新农业区、东北农业区、

黄土高原农业区和黄淮海农业区,内蒙古及长城沿线农业区以粮食超速增产县为主,西南农业区和青藏高原农业区以粮食滞后增产县为主。各级别的粮食增产和减产区在空间上呈现明显的集聚状态且不同农业区内有明显的粮食增长主导类型。尤其是东北农业区和甘新农业区粮食高速增产县主导地位明显,华南农业区粮食减产县主导地位明显。

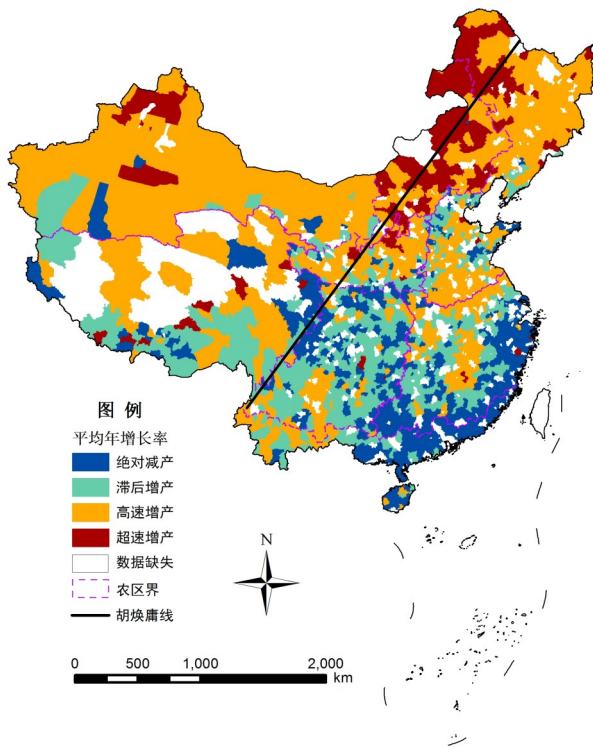


图7 2000—2014年中国各县粮食产量平均年增长率变化
Fig.7 The change of average annual growth rate of grain production at county level during 2000–2014

3.3 空间集聚特征分析

3.3.1 全局空间自相关

随着时间的发展粮食生产具有明显的空间集聚特征。利用 ArcGIS 和 GeoDa 软件计算 2000、2005、2010 和 2014 年四个时间截面的全局空间自

相关指数,以此表示连续 15 年来全国各县粮食产量的空间集聚状态。空间权重矩阵采用邻接关系矩阵(Contiguity Weight)中的 Queen contiguity 矩阵(表示共边或共点为邻接)确定。经计算,2000、2005、2010 和 2014 年四个时间截面的全局空间自相关指数分别为 0.4297 ($p<0.001$)、0.4917 ($p<0.001$)、0.5115 ($p<0.001$)、0.5306 ($p<0.001$)这表明全国各县粮食产量在空间分布上并非是随机的,而是呈现相似类型集聚分布特征,而且随着时间的变化空间集聚特征愈发明显。

3.3.2 局部空间自相关

全局空间自相关指数揭示了粮食产量在空间上是否具有集聚特性,但不能揭示该指标在空间上具体的分布规律,因此利用 GeoDa 软件对不同时期全国各县粮食产量进行局部空间自相关分析,并将通过 5% 显著性检验的地区以聚类图的形式表示出来,如图 8。

对比不同时期全国各县粮食产量空间聚类图可以发现:①随着时间的推移,粮食产量空间集聚特征进一步加强,高高集聚区向东北农业区偏移,西南农业区和长江中下游农业区的高高集聚县逐渐减少,直至几乎没有;甘新农业区、黄土高原农业区和内蒙古及长城沿线农业区的低低集聚县显著减少,东部和南部沿海地区低低集聚县增加明显。②高高集聚区仍满足胡焕庸线,主要分布在中国东南半壁,低低集聚区却由胡焕庸线的西侧逐渐延伸到中国的东部及南部沿海地区,西北半壁的低低集聚区正在逐渐缩小。③低高集聚区和高低集聚区的县个数逐渐减少,同类集聚状态不断加强,中国粮食生产的地域分工更加清晰^[24]。

4 粮食产量空间分异性影响因素分析

粮食生产受众多因素的影响,探索不同因素对

表2 2000—2014年全国各县粮食产量平均年增长率分级统计表
Tab.2 Statistics on average annual growth rate of grain production in counties

农区	绝对减产 ($P<0$)		滞后增产 ($0\leq P<2.43\%$)		高速增产 ($2.43\%\leq P<20\%$)		超速增产 ^a ($P\geq 20\%$)		共计
	数量(个)	占比(%)	数量(个)	占比(%)	数量(个)	占比(%)	数量(个)	占比(%)	
黄淮海区	37	11.64	106	33.33	172	54.09	3	0.94	318
长江中下游区	189	42.38	147	32.96	107	23.99	3	0.67	446
东北区	3	1.96	9	5.88	114	74.51	27	17.65	153
西南区	133	34.64	185	48.18	62	16.15	4	1.04	384
黄土高原区	17	8.06	55	26.07	125	59.24	14	6.64	211
华南区	101	59.76	35	20.71	32	18.93	1	0.59	169
内蒙古及长城沿线区	1	0.85	1	0.85	53	45.30	62	52.99	117
甘新区	6	4.96	15	12.40	92	76.03	8	6.61	121
青藏高原区	31	25.62	42	34.71	40	33.06	8	6.61	121
共计	518	25.39	595	29.17	797	39.07	130	6.37	2 040

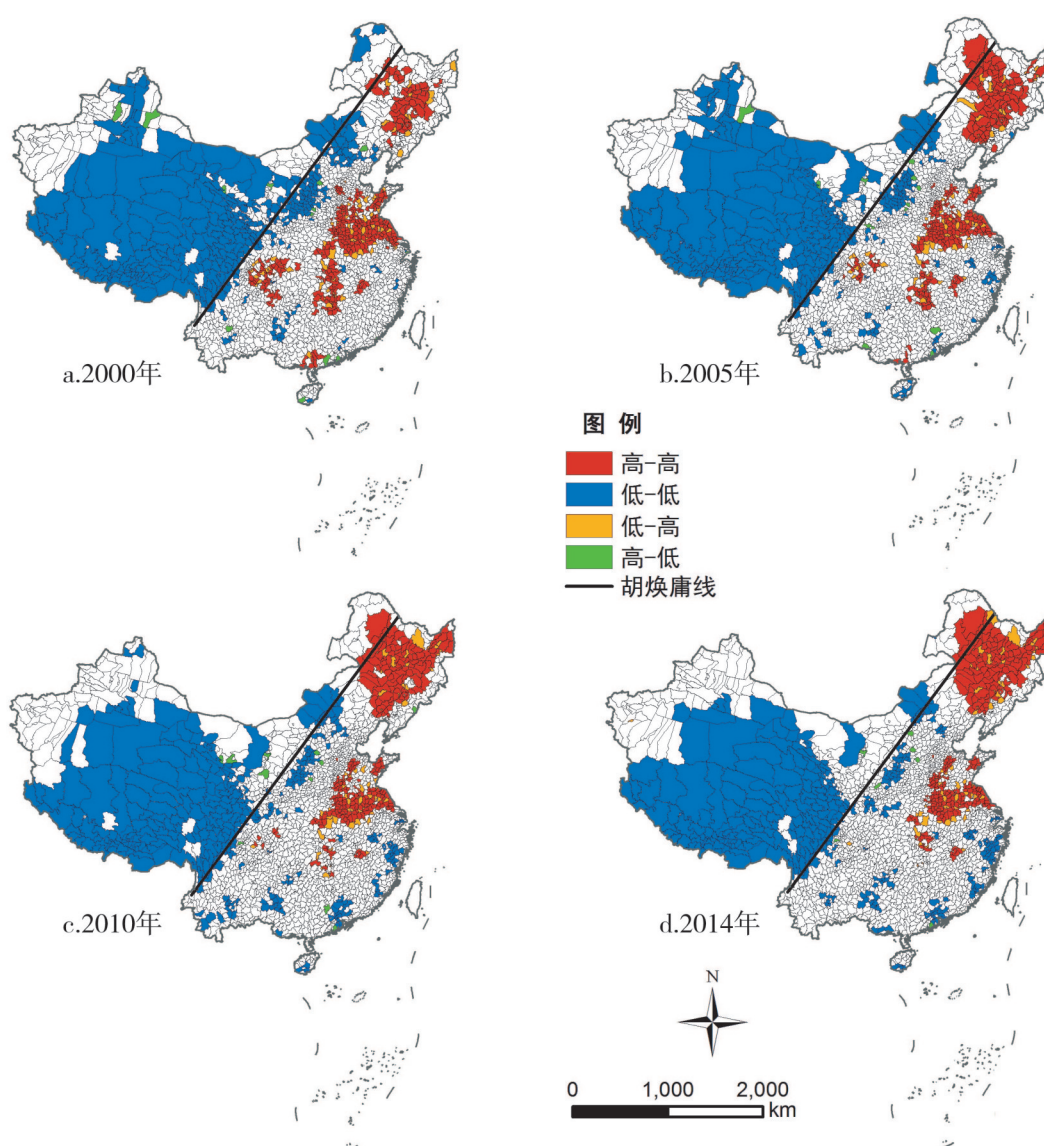


图8 不同年份全国各县粮食产量空间集聚模式图

Fig.8 Spatial patterns of grain production in different counties

粮食产量区域差异的影响及作用强度一直是众多学者关注的焦点。本文试图通过定量研究的方法寻找造成粮食产量区域差异的影响因素,并探索这些影响因素对粮食产量空间分异的作用强度随时间的变化趋势。考虑到数据获取的难易程度以及数据全面性问题,本文共选取年末总人口(X_1)、乡村人口(X_2)、乡村从业人员(X_3)、耕地面积(X_4)、农业机械总动力(X_5)、第一产业增加值(X_6)、第二产业增加值(X_7)、地形地貌(X_8)8个方面的指标,来探索分析这些指标对粮食产量区域差异的作用强度。

4.1 影响因素作用强度

本部分选用地理探测器方法对不同时期影响全国粮食产量空间分异性的8个指标进行探测,以发现每个指标在不同时期对全国粮食产量空间分

异的作用强度。运用ArcGIS中的自然断点法分级方式将8个指标要素分别划分为5个等级,然后再运用GeoDetector Software进行数据处理,计算得到每个指标要素的作用强度值(地理探测器 q 值), q 值越大表示该指标对粮食产量空间分异的作用强度越大,且是决定粮食产量空间分异的主要影响因素。具体情况见表3。

由表3可以看出,在全国水平上,不同时期影响粮食产量空间分异的指标因素作用强度变化明显,且造成粮食产量空间分异性的主要因素发生了明显变化。总的来说,随着时间的变化,表征粮食生产劳动力的年末总人口、乡村人口和乡村从业人员三个指标作用强度逐渐减弱且变化明显;耕地面积和农业机械总动力两个指标作用强度逐步加强,

到2014年成为影响粮食产量空间分异的最主要作用因素;第一产业增加值、第二产业增加值两个指标作用强度整体减弱;地形地貌分区作用强度略有降低但整体变化不大。

表3 不同年份各影响因素作用强度的变化趋势
Tab.3 The changes of relative effect of factors in different periods

年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2000	0.630	0.601	0.556	0.324	0.389	0.614	0.210	0.176
2005	0.420	0.380	0.334	0.564	0.351	0.474	0.073	0.167
2010	0.320	0.283	0.257	0.569	0.384	0.436	0.088	0.171
2014	0.254	0.254	0.311	0.673	0.439	0.400	0.088	0.173

具体来说,2000年造成粮食产量空间分异的最主要因素为表征劳动力的人口因素和表征经济效益的第一产业增加值,耕地面积和农业机械总动力的作用强度较低。2005年决定粮食产量空间分异的主要影响因素发生了变化,耕地面积取代人口因素成为了最主要影响因素。2010年耕地面积和第一产业增加值仍然是粮食产量区域差异的主要影响因素,但耕地面积作用强度有所加强,第一产业增加值作用强度有所减弱,人口因素作用强度持续减弱,农业机械总动力作用强度较2005年有所加强。到2014年,决定粮食产量区域差异的主要影响因素再次发生变化,由耕地面积和第一产业增加值转变为耕地面积和农业机械总动力,其次为第一产业增加值。

由此可见,近15年来,影响粮食产量区域差异的主要影响因素已经由人口和第一产业增加值转变为了耕地面积和农业机械总动力,且除了耕地面积和农业机械总动力两个指标作用强度不断加强以外,其余指标作用强度均有不同程度的减弱。相反,决定耕地质量的地形因素对粮食产量区域差异的影响变化不大,且不是主要影响因素。

4.2 主要影响因素的作用机制

根据地理探测器方法的核心思想,当自变量对因变量有重要影响时,自变量与因变量在空间分布上具有相似性,即两者在空间分布状态上有较高的吻合度,且自变量对因变量的影响度越大,两者的空间分布吻合度越高。由此便可解释15年来影响我国粮食产量区域差异的主要因素发生变化的原因。

4.2.1 城镇化与农业机械化

2000年左右,我国城镇化和机械化水平较低,粮食生产主要依靠大量的劳动力投入来提高产量,

另外第一产业效益越好越能增加农民的耕作意愿,粮食产量越高。此时粮食产量的空间分布便与人口的分布状态以及第一产业增加值的分布状态有较高的吻合度,劳动力越多,第一产业增加值越大的地区粮食产量越高,反之粮食产量越低。之后,我国进入城镇化快速发展时期^[25]。在短期内,城镇化的发展导致农村青年劳动力外迁和从事农业种植活动的意愿较低,农村劳动力老龄化趋势突显^[26],撂荒现象时有发生^[27],对粮食产量造成一定的冲击^[28];但从长期来看,伴随着城镇化水平的提高、外出务工的农村劳动力收入增多以及土地整理项目的陆续开展^[29],农民对于农业种植投入的意愿增加(如购置农业机械,增加化肥使用等^[30])。农业机械的投入又进一步解放了农村劳动力,使得越来越多的农村人口转向城镇,此时人口因素与粮食产量在空间分布状态上的吻合度越来越低,农业机械总动力与粮食产量在空间分布状态上的吻合度则越来越高。因此,随着我国城镇化水平的提高和农业机械化投入的加大,机械耕作逐渐替代了人力劳动成为决定粮食产量的主要因素。此外,城镇化的快速发展导致耕地面积迅速减少,且由于不同地区城镇化速度不同导致耕地面积减少程度不一,耕地面积也成为影响粮食产量区域差异的重要决定因素。

4.2.2 农业产业结构的调整及政策影响

在粮票制度改革和城郊建设的时期,务农人口的城镇化增大了对粮食的需求^[31]。同时农村劳动力减少,受供求关系的影响,粮食的价格出现上涨,农民的种植意愿也随之增强。1998年后,为了减弱快速城镇化对农业产业的冲击,政府通过制定保护收购价和减免农业税收等政策来稳定农产品价格^[31],粮食产量出现小幅增长。2006年以来,我国提出“工业反哺农业,城市支持乡村”的政策,相关金融机构也采取了相应的举措来促进“三农”问题的解决。伴随着农业产业结构和相关土地政策的调整,农业种植得到了更多资金和技术上的支持,进而促进了粮食的持续性增产。

4.2.3 高标准农田及农业生态工程建设

伴随着经济的高速发展,我国的生态环境也遭到不同程度的破坏,在经济欠发达的工业化城镇体现得尤为明显^[32]。为了加强生态文明建设,防止工业化和城镇化过程中不合理地占用耕地,国家提出了“18亿亩红线”的耕地保护政策,从数量上保证了我国的粮食安全。“十二五”期间国家提出在现有基

基础上建设4亿亩高标准农田的目标已经如期完成^[33]，“十三五”规划再一次强调了建设高标准农田的重要性。为了解决早期粗放式耕作造成农田土壤污染和肥力下降等问题^[34]，国家鼓励农民对土地进行休耕轮作的方式来改善耕地土壤的质量。此外，因地制宜设计和开展农业生态工程，对于提高农地资源利用效率^[35]，改善农业生态系统环境状况，提升粮食产量均具有重要作用^[36]。

4.2.4 国家农业补贴投入

自2003年以来，政府相继颁布了一系列的农业补贴政策（针对粮食生产的补贴主要有如下四类：良种补贴、种粮直接补贴、农机具购置补贴和农资综合补贴），以此来促进粮食生产实现恢复性的增长^[37]。伴随着国家农业补贴投入的增加，农业技术取得了进步，农业生产的成本下降^[38]，农民的收入也得到了提高，进而激发了农民从事农业种植活动的积极性，并带来粮食产量的提高。

参考文献：

- [1] 刘彦随,杨忍.中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J].地理学报,2012(8):1 011-1 020.
- [2] 刘彦随,王介勇,郭丽英.中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J].中国农业科学,2009(12):4 269-4 274.
- [3] 李升发,李秀彬.耕地撂荒研究进展与展望[J].地理学报,2016(3):370-389.
- [4] 邓宗兵,封永刚,张俊亮,等.中国粮食生产空间布局变迁的特征分析[J].经济地理,2013,33(5):117-123.
- [5] 杨春,陆文聪.中国粮食生产空间布局变迁实证[J].经济地理,2008,28(5):813-816.
- [6] 刘忠,黄峰,李保国.2003-2011年中国粮食增产的贡献因素分析[J].农业工程学报,2013(23):1-8.
- [7] 封志明,孙通,杨艳昭.2003-2013年中国粮食增产格局及其贡献因素研究[J].自然资源学报,2016(6):895-907.
- [8] 姚成胜,李政通,易行.中国粮食产量变化的驱动效应及其空间分异研究[J].中国人口·资源与环境,2016(9):72-81.
- [9] 柏林川,武兰芳,宋小青.1995-2010年山东省粮食单产变化空间分异及均衡增产潜力[J].地理科学进展,2013(8):1 257-1 265.
- [10] 周立青,程叶青.黑龙江省粮食生产的时空格局及动因分析[J].自然资源学报,2015(3):491-501.
- [11] 高军波,刘彦随,张永显.1990-2012年淮河流域粮食生产的时空演进及驱动机制[J].水土保持通报,2016(3):179-185,192.
- [12] 孙乌仁图雅.1990-2013年农牧交错区耕地变化及其对粮食产量的影响研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2016.
- [13] 范业龙,陆玉麒,赵俊华,等.中国粮食生产区域差异的多尺度分析[J].经济地理,2014,34(10):124-130.
- [14] 张利国,陈苏.中国人均粮食占有量时空演变及驱动因素[J].经济地理,2015,35(3):171-177.
- [15] 李亚婷,潘少奇,苗长虹.中国县域人均粮食占有量的时空格局——基于户籍人口和常住人口的对比分析[J].地理学报,2014(12):1 753-1 766.
- [16] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017(1):116-134.
- [17] 赵璐,赵作权.基于特征椭圆的中国经济空间分异研究[J].地理科学,2014(8):979-986.
- [18] Lou C R, Liu H Y, Li Y F, et al. Socioeconomic Drivers of PM2.5 in the Accumulation Phase of Air Pollution Episodes in the Yangtze River Delta of China[J]. International Journal of Environmental Research & Public Health, 2016, 13(10):928.
- [19] 王录仓,武荣伟,刘海猛,等.县域尺度下中国人口老龄化的空间格局与区域差异[J].地理科学进展,2016(8):921-931.
- [20] 王少剑,王洋,蔺雪芹,等.中国县域住宅价格的空间差异特征与影响机制[J].地理学报,2016(8):1 329-1 342.
- [21] 董玉祥,徐茜,杨忍,等.基于地理探测器的中国陆地热带北界探讨[J].地理学报,2017(1):135-147.
- [22] 刘彦随,李进涛.中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策[J].地理学报,2017(1):161-173.
- [23] 李佳洛,陆大道,徐成东,等.胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化[J].地理学报,2017(1):148-160.
- [24] 柴玲欢,朱会义.中国粮食生产区域集中化的演化趋势[J].自然资源学报,2016(6):908-919.
- [25] 刘彦随,杨忍.中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J].地理学报,2012,67(8):1 011-1 020.
- [26] 钟甫宁,向晶.我国农村人口年龄结构的地区比较及政策涵义——基于江苏、安徽、河南、湖南和四川的调查[J].现代经济探讨,2013(3):5-10.
- [27] 刘家语.农村留守人口对土地撂荒现象的对策研究[J].改革与开放,2014(7):48-49.
- [28] 杜江,刘渝.城市化发展与粮食产量增长的动态分析:1949-2004[J].当代经济科学,2007,29(4):100-107.
- [29] 蒋一军,罗明.城镇化进程中的土地整理[J].农业工程学报,2001(4):156-159.
- [30] 田甜,杨钢桥.农地整理对农户使用农业机械行为的影响——基于湖北省部分地区的农户调查[J].华中农业大学学报:社会科学版,2013(2):84-89.
- [31] 敬志红,杨中.论农业产业结构调整的政策性金融服务体系[J].中国农业资源与区划,2016,37(11):145-150.
- [32] 吕芳.全国35个主要城市城市化与人居环境协调发展定量研究[J].生态经济:学术版,2012(1):355-358.
- [33] 程旭.“十二五”建成高标准农田2660多万hm²[J].农业工程,2016(2):97.
- [34] 李升东,王法宏,司纪升,等.耕作方式对土壤微生物和土壤肥力的影响[J].生态环境学报,2009,18(5):1 961-1 964.
- [35] 王克林,李文祥.精确农业发展与农业生态工程创新[J].中国农业资源与区划,2000,20(1):5-8.
- [36] 李文华,刘某承,闵庆文.中国生态农业的发展与展望[J].资源科学,2010,2(6):1 015-1 021.
- [37] 钱加荣,赵芝俊.现行模式下我国农业补贴政策的作用机制及其对粮食生产的影响[J].农业技术经济,2015(10):41-47.
- [38] 王亚芬,周诗星,高铁梅.我国农业补贴政策的影响效应分析与实证检验[J].吉林大学社会科学学报,2017(1):41-51.