

# 中国县域肉类生产的时空演变及影响因素

李 凡<sup>1</sup>, 强文丽<sup>1</sup>, 刘晓洁<sup>2</sup>, 牛叔文<sup>1,3</sup>, 朱芹瑶<sup>1</sup>, 李 平<sup>4</sup>

(1. 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;  
3. 西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000; 4. 中国林学会, 北京 100091)

**摘要:** 随着人均收入的增加和城镇化的推进, 促进了居民肉类消费增加。厘清肉类生产格局的变化对肉类可持续供给具有重要意义。基于中国县域视角, 以2000—2016年的肉类产量数据为基础, 运用标准差椭圆、空间自相关、地理探测器等方法, 揭示我国肉类生产的时空演变规律及其影响因素。结果表明: (1) 2000—2016年的全国肉类产量呈增加态势, 增幅为43.5%, 不同区域肉类产量差异较大。(2) 全国肉类高产县数量增加显著, 范围扩大, 空间上呈条带状集聚特点, 重心整体北移; 其生产的集聚特征显著且相对稳定, 但局部表现出一定差异。(3) 自然资源禀赋、社会经济及农业技术在不同阶段都影响肉类生产空间格局的演变。粮食产量和第一产业增加值是主要因素, 农业机械总动力影响逐年增大, 不同因子间的交互作用会强化肉类生产空间分异的效果。

**关键词:** 肉类生产; 时空演变; 影响因素; 地理探测器; 县域

随着我国城镇化进程的加快和农业生产技术的提高, 各类农产品生产的空间格局发生显著变化, 其中粮食<sup>[1]</sup>、水果<sup>[2]</sup>和油料作物<sup>[3]</sup>等种植业生产集聚特征显著。中国作为肉类生产大国, 其产量自20世纪90年代以来一直居世界首位。在产量持续稳定增长的同时, 各种肉类生产的空间格局集聚特征愈发显著<sup>[4]</sup>。我国现阶段正从满足温饱向膳食均衡的饮食模式转变, 尤其是肉类消费结构的变化对肉类需求发生较大转变<sup>[5]</sup>。居民收入的不断增加, 刺激了购买力的上升, 未来肉类消费需求仍有较大增长空间<sup>[6]</sup>。预计到2030年, 我国城乡居民消费总量将增至10293万t, 人均肉类消费量达到68.6 kg<sup>[7]</sup>。为满足消费需求, 我国肉类生产与发展将面临较大的挑战。

基于省域尺度的研究表明, 我国畜牧业重心呈北移趋势, 逐渐形成了北方高度集聚、南方中低度集聚的空间分异格局, 畜牧业集聚格局由自然集聚向空间优化转变<sup>[8]</sup>。不同种类肉类生产的空间分布呈现差异化特征: 近年来我国生猪产业的集聚程度逐渐增强, 四川、河南、湖南和山东等省份是我国生猪生产的集聚热点区域<sup>[9]</sup>; 草食家畜则逐步形成“北热南冷”的空间格局<sup>[10]</sup>; 自20世纪80年代以来, 我国肉牛的生产区域布局经历了由农区向牧区、再向农牧交错带转变的过程<sup>[11]</sup>。

肉类生产空间格局的变化受多种因素的影响。各地区农业规模及生产水平对肉类生

收稿日期: 2020-05-11; 修订日期: 2020-12-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41801192); 中科院先导项目子课题 (XDA19040303); 国家重点研发计划项目 (2018YFC0704701)

作者简介: 李凡 (1996-), 女, 江苏扬州人, 硕士, 主要从事资源流动与环境管理等方面的研究。

E-mail: 1073848045@qq.com

通讯作者: 刘晓洁 (1972-), 女, 山东潍坊人, 博士, 副研究员, 主要从事可持续的食物系统与政策研究。

E-mail: liuxj@igsnrr.ac.cn

产分布具有重要影响,主要表现在我国肉类生产的多数集聚地区均为传统农业区,同时与我国极不均衡的人口分布具有相关性<sup>[12]</sup>。不同畜种肉类生产空间格局的影响因素同样存在差异,生猪生产空间格局分布受路网密度影响最大<sup>[13]</sup>,也与自然资源<sup>[14]</sup>、经济和技术<sup>[15]</sup>等因素有关;牛羊等草食家畜受自然资源禀赋、经济市场、农业生产力和政策因素的影响<sup>[10]</sup>。此外,屠宰加工业的带动、环境压力和政策驱动等因素也是促使肉牛产业布局变化的原因<sup>[11]</sup>。

但从研究尺度与精度来看,已有研究大多基于省域尺度,对于影响因素的分析多以定性分析为主,定量分析中也以回归分析等传统方法为主,较难精准地反映肉类空间分布差异的影响机制。因此,本文通过对2000—2016年中国肉类产量的时空演化特征及影响因素进行分析,揭示县域尺度上中国肉类产量的分布格局与集聚趋势,同时对作用因子进行探测,为我国肉类生产空间布局的优化提供理论依据。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 标准差椭圆

标准差椭圆是通过长轴、短轴和方向角等参数,定量描述地理要素的中心性、方向性等空间分布整体特征的空间统计学方法<sup>[16]</sup>。椭圆的长短半轴分别表示数据的分布方向和分布范围,长短半轴的差距越大,表明数据的方向性越显著,反之则越不显著。方向角是指以标准差椭圆的中心点为原点建立直角坐标系,沿顺时针椭圆长轴与纵轴形成的夹角。椭圆重心是描述空间分布的指标之一,其迁移反映了点群格局的总体位移特征<sup>[17]</sup>。

#### 1.1.2 空间相关性

##### (1) 全局空间相关性

全局空间自相关主要依照全局Moran's  $I$ 来衡量,根据地理要素位置和相关属性评估其在地理要素空间上呈现集聚、离散还是随机特征以及预期空间分布演进<sup>[18]</sup>,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: $I$ 是全局空间自相关指数,值域为 $[-1, 1]$ ,若 $I > 0$ ,表明呈空间正相关,若 $I < 0$ ,表明呈空间负相关,若 $I$ 接近0,则是空间随机分布,没有空间自相关; $x_i$ 和 $x_j$ 表示变量 $x$ 在区域 $i$ 和 $j$ 上的属性值; $\bar{x}$ 为变量的均值; $n$ 表示研究对象的数量(个); $w_{ij}$ 是指区域 $i$ 与 $j$ 的空间权重矩阵,表示两者的邻近关系。

##### (2) 局部空间相关性

局部空间自相关主要依照局部Moran's  $I$ 来衡量,根据地理要素的局部位置和相关属性来评估空间自相关的局部异质性特征<sup>[19]</sup>,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:  $I_i$  是局部空间自相关指数。

冷热点分析 (Getis-Ord  $G_i^*$ ) 主要借助 Getis-Ord  $G_i^*$  指数来衡量, 通过识别研究区内热点区和冷点区的空间集聚特征来评估局部的空间相关性<sup>[20]</sup>, 公式如下:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d)x_j}{\sum_{j=1}^n x_j} \quad (3)$$

式中:  $G_i^*(d)$  是冷热点分析指数。

### 1.1.3 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的一种统计学方法<sup>[21]</sup>。既可以定量探究影响因变量变化的主要自变量, 也可以分析多种因变量之间的交互关系<sup>[22]</sup>, 公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (4)$$

式中:  $q$  是自变量对因变量空间分异的解释程度, 值域为  $[0, 1]$ ,  $q$  值越大表明它对因变量的作用强度越强, 反之则越弱;  $L$  是因变量或自变量的分类或分层数 (个);  $N$  表示研究对象总量 (个);  $N_h$  是第  $h$  类的样本数 (个);  $\sigma^2$  表示所有区域因变量的方差;  $\sigma_h^2$  表示第  $h$  类因变量的方差。

## 1.2 数据来源

肉类产量数据以及相关指标数据来源于 2001—2017 年的《中国统计年鉴》和《中国县域统计年鉴》。其中, 肉类产量指当年出栏并已屠宰的畜禽肉产量, 包括猪肉、牛肉、羊肉和禽肉等其他肉类。中国分县行政区划的空间数据来源于 2010 年中国县级行政区划矢量图。鉴于不同年份对应行政区划的名称和范围存在差异, 本文以中国县区图的 2908 个县区为基准, 对 2000—2016 年涉及的县级行政区划进行修正处理, 剔除数据缺失较多的县, 其中 2000 年、2005 年、2011 年和 2016 年剔除后县域数量分别共计 2041 个、2057 个、2077 个和 2067 个。

## 2 结果分析

### 2.1 肉类生产的时空变化特征

#### 2.1.1 全国肉类生产总体特征

全国肉类产量呈增加态势, 结构发生显著变化。2000—2016 年, 全国肉类产量由 6014 万 t 增至 8628 万 t, 增幅达 43.5%, 年均增长率为 2.3% (图 1)。猪肉是我国肉类生产的主体, 自 2000 年的 3966 万 t 增长至 2016 年的 5426 万 t, 增幅为 36.8%, 产量占比一直在 62.2% 以上。牛肉产量到 2016 年上升至 617 万 t, 增幅为 20%。羊肉产量的增幅最大, 17 年间从 264 万 t 增至 460 万 t, 增幅为 74.2%, 是猪肉增幅的两倍多。其他肉类产量占比 20%~25%, 到 2016 年增至 2126 万 t, 较 2000 年增加 67%。

不同省区肉类产量差异较大。2000—2016 年, 山东、河南、四川、湖南和河北的肉类产量均位居前五 (图 2), 产量之和约占全国的 40%, 对应最后十位的则占 6% 左右, 差距显著。猪肉和其他肉类产量最高的省份分别为四川和山东。17 年间河南的牛肉产量一

直最高，但占全国牛肉产量比例呈下降趋势，由16%降至12%。羊肉产量最高的省份由新疆转变为内蒙古，2016年内蒙古羊肉产量占全国羊肉产量的比例达到21.5%。

2.1.2 县域肉类生产变化分析

全国肉类高产县数量增加明显，整体范围呈扩大趋势，空间上呈东北—西南方向的条带状分布，大致与胡焕庸线平行（图3）。2000—2016年，全国各县肉类生产的集聚特征加强，肉类产量5万t以上的县域数量由313个变为636个，增加了1倍多；15万t以上的县域数量达到55个，是2000年的5.5倍。

2000年肉类产量主要集中在四川盆地、东北、长江中下游和黄淮海等地区。全国15.3%的县域肉类产量在5万t以上；产量超过15万t的县域为10个，吉林和山东占7个，其中产量最高的吉林农安县为29万t。2000—2005年，黑龙江、吉林和辽宁肉类高产县数量显著增加，三省肉类产量超5万t的县域由35个增至64个；其中17个县域大于15万t，数量增加超3倍。全国肉类产量大于5万t的县域数量由313个变为531个，增幅达69.6%；产量大于15万t的县域数量由10个增至38个。2005—2011年，新疆高产县数量增加明显，超5万t的县域增加了9个，主要分布于准格尔盆地及塔里木盆地附近。全国29.1%的县域肉类产量超5万t；大于15万t的县域数量增至50个，是2000年的5倍。2011—2016年，云南的高产县数量增加明显，43个县肉类产量超5万t，数量增加1倍左右；15万t县的数量由0变为6个。辽宁省黑山县的肉类产量最高，为64万t，较2000年吉林省农安县的29万t增加了1.2倍。全国30.8%的县域肉类产量超5万t，55个县域大于15万t。

2000—2016年，肉类产量的分布重心整体北移（图4）。17年间重心全部在河南省的南阳市和平顶山市内移动，主要涉及泌阳县、舞钢市、方城县和社旗县。2000—2005年重心移动速度最快，平均每年移动距离达到9.6 km，2005—2011年和2011—2016年重心移动相对较慢，分别为3.2 km和4.4 km。

肉类产量的标准差椭圆方向角自2000年到2016年增加了5.49°，整体向东增大。其中方向角在2000—2005年减少0.47°，2005—2011年增加3.99°，2011—2016年增加

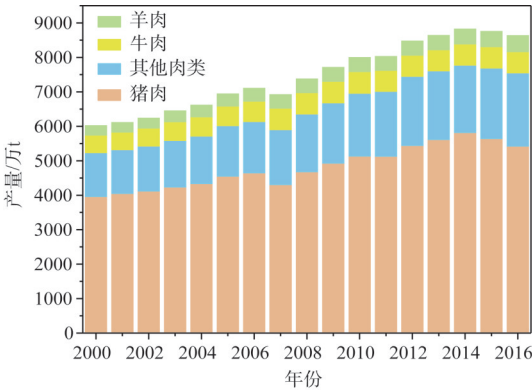


图1 2000—2016年全国肉类产量变化

Fig. 1 The evolution of meat production in China from 2000 to 2016

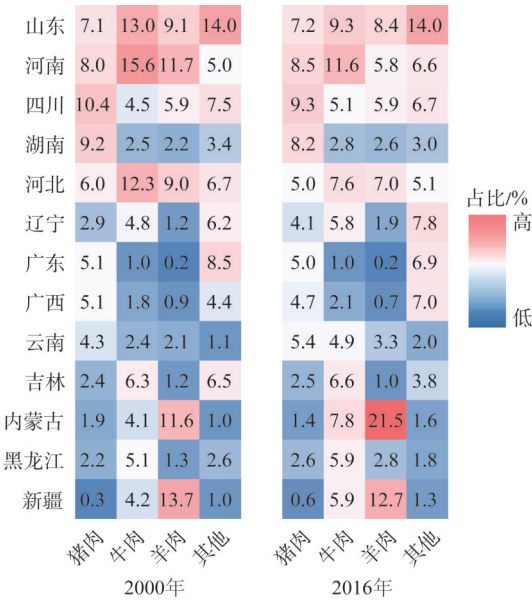
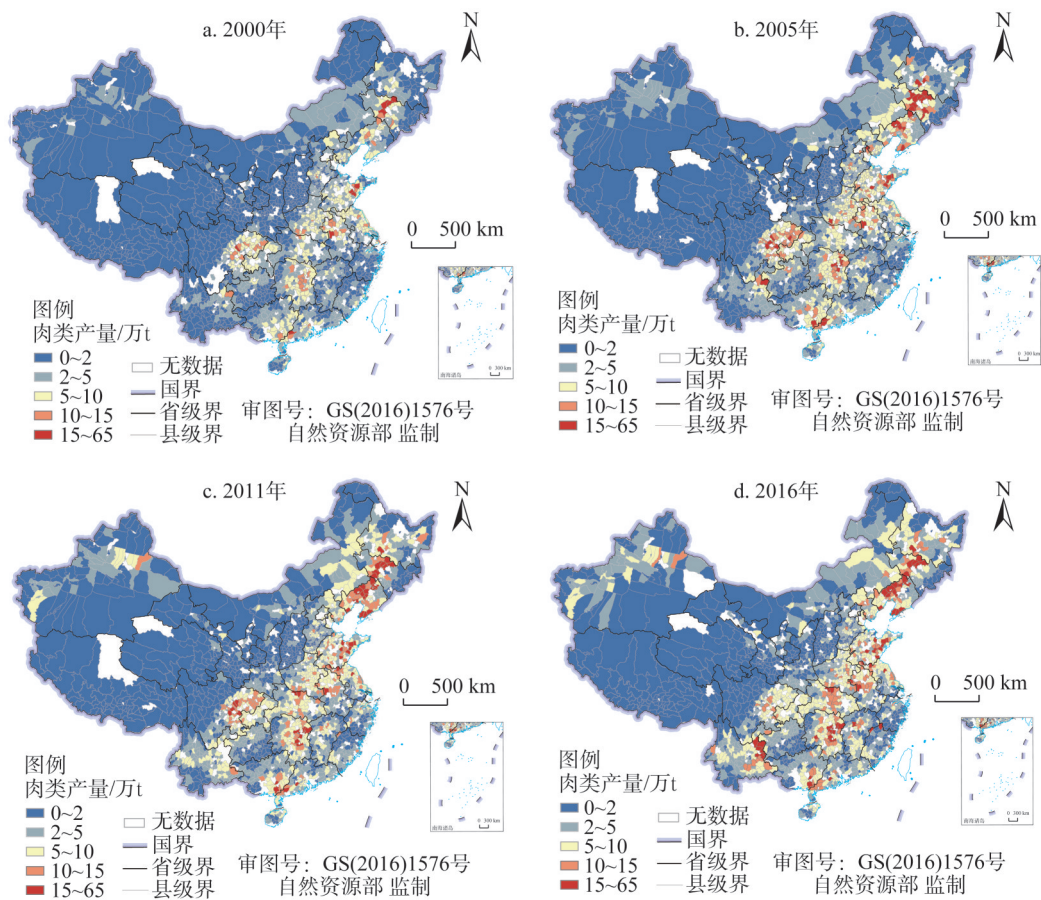


图2 不同年份主要省份各类肉类产量占比变化

Fig. 2 The proportion changes in all kinds of meat production in major provinces of China in different years





注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改，下同。

图3 不同年份全国肉类产量分布变化

Fig. 3 The distribution of meat production in China in different years

1.97°，增幅呈先增大后减小的趋势，方向角向东增速变慢。说明近年来西部地区的肉类产量份额在不断扩大，导致方向角不断被向西牵引。

2.1.3 县域肉类生产的空间集聚特征

(1) 集中化趋势

县域尺度上肉类产量的集聚特征显著（图5），占全国20%面积的县域一直生产着全国80%以上的肉类。以上述县域为例，2000—2005年对应的肉类产量占比由81.5%增加到86%，曲线的弯曲程度变大，表明这个时期肉类生产的规模化和集约化程度增强；到2011年占比变为81%，2011—2016年对应的肉类产量占比是由81%减少到80%，曲线弯曲程度减小，整体呈先增强后减弱的阶段性特征。

(2) 空间相关性

全国肉类生产的空间集聚性特征相对稳定。2000—2016年全国县域肉类产量的全局Moran's *I*值均在0.43和0.5之间，呈现空间正相关关系，并通过显著性检验。从变化趋势来看，2008—2011年的集聚程度呈较快上升态势，在2011年Moran's *I*值呈现最大的0.49。

全局Moran's *I*值反映了相邻区域肉类生产存在的空间集聚效应，但并不能完全体现空间集聚的具体分布特征。因此基于肉类产量绘制莫兰散点图，对县域与邻近县域的局

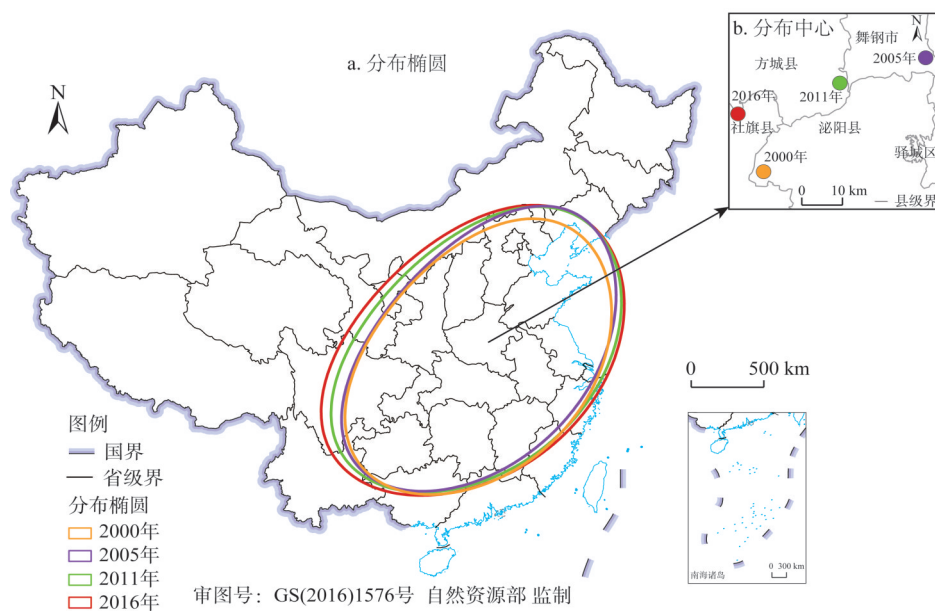


图4 不同年份全国肉类产量分布椭圆及分布中心变化

Fig. 4 The distribution ellipse and distribution center of national meat production in different years

部空间相关性和变化趋势进行分析。从点的整体集聚趋势来看，2000—2016年集聚趋势增强，表明各县域与临近县域的空间相关性不断增强。从分布象限来看，大部分县域集中在高一高和低一低区域，低一高区域的县域数量较少。其中，高一高集聚区的县域主要分布在东北和中东部地区；低一低集聚区的县域主要分布在西部的西藏地区。高一高集聚和低一低集聚涉及的区域大致位于胡焕庸线的东西两侧，且集聚区域以及范围都有扩大趋势，两极化趋势相对明显。低一高区域零星分布在高一高集聚区域周围，高一低区域集中分布于西北地区的新疆北部和甘肃东部等地区。

为进一步说明局部空间相关性，由ArcGIS对全国县域肉类产量的局部空间关联指数Getis-Ord  $G_i^*$  进行可视化处理，得出冷热点显著区分布图（图6）。

全国肉类产量的冷热点区格局相对稳定，空间分布格局的地域分异性显著。热点区呈现“人”形集聚分布，形成热极核带，主要分布在东北、黄淮海和长江中下游地区，顺着四川盆地和广东沿海延伸。肉类生产的热点区范围呈缩小趋势，对应的县域数量占全国县域数量的比例由2000年的40.9%减至2016年的38.6%，尤其热点高度显著区的县域数量占比从37.2%减少到30.9%，表明肉类生产在热点区内的集聚性增强。肉类生产的

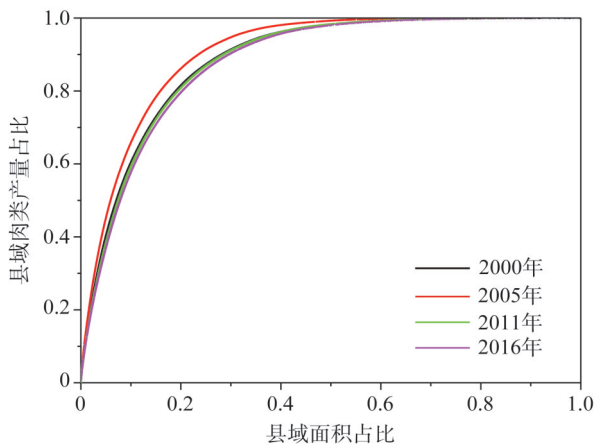


图5 不同年份县域面积占比与肉类产占比变化

Fig. 5 The proportion changes in county area and meat production in different years

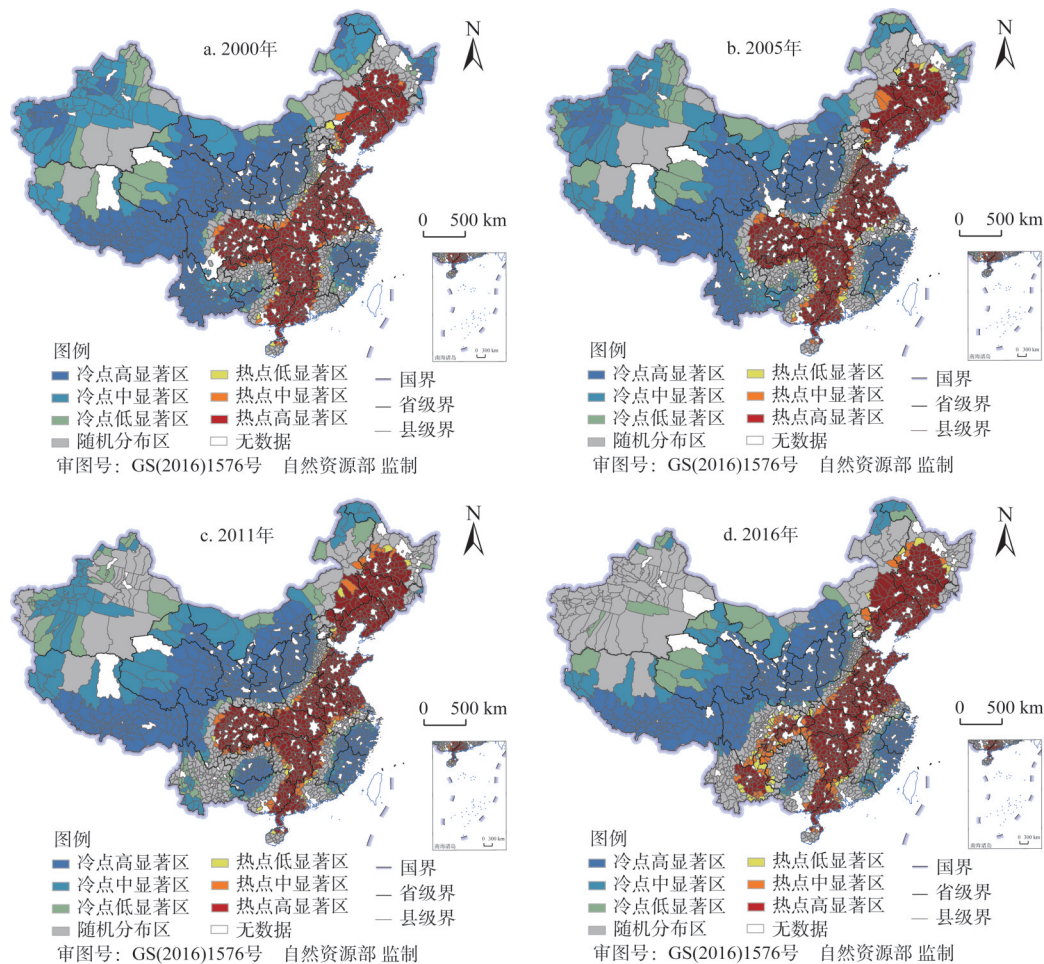


Fig. 6 The distribution of cold and hot spots of meat production in China in different years

冷点区由随机分布向团块状集聚分布转变。其中，西部地区的冷点区主要分布在西藏等肉类产量较低省份。2000—2016年，冷点区范围缩小，相应县域数量占比由41.2%减少到34.2%，其中冷点高显著区向西藏西南方向迁移。肉类生产的随机分布区在冷热点区域中的范围变化最大，其主要分布于冷热区域交界地带和西部冷点区内，范围由2000年的17.9%变为2016年的27.2%，增幅为51.9%。

虽然肉类产量的空间集聚格局相对稳定，但局部区域仍有差异。其中最显著的是四川和云南等西南地区，热点区由圆形团块状演变为走廊状。2000—2016年，四川省热点高显著区县域数量由88个减少为16个，减少了82%，对应的冷点高显著区县域数量增加了56%。云南省由冷点区主导转变为热点区和随机区共同分布，热点高显著区县域数量由9个增至36个，冷点高显著区县域数量由88个减少为0。此外，东南沿海、新疆以及黑龙江等地区的冷点区范围变化明显。东南地区冷点区呈南北扩大、东西缩小趋势，其中浙江冷点高显著区县域数量由39个增至56个，增幅为43.6%，福建和江西冷点高显著区数量呈减少趋势，分别减少13%和68%。新疆由冷点区为主变为随机区主导，冷点高显著区涉及数量由21个降至0；同样到2016年，黑龙江不再受冷点高显著区掌控。



## 2.2 肉类产量空间驱动因素分析

### 2.2.1 影响因素指标选取

为分析不同影响因素对全国县域肉类生产空间分异性的解释力及相互作用情况，考虑到指标选取的科学性和全面性，以及数据的可比性和可获取性，结合相关文献<sup>[10-15]</sup>和肉类生产特点，选取了自然资源禀赋、社会经济和农业技术三个维度的如下因子：（1）自然资源禀赋因素：粮食产量  $x_1$ ；（2）社会经济因素：第一产业增加值  $x_2$ 、年末总人口  $x_3$ 、乡村从业人员  $x_4$ 、人口密度  $x_5$ ；（3）农业技术因素：农业机械总动力  $x_6$ 。

其中  $x_1$  代表肉类生产的饲料供给能力， $x_2$  代表农业发展水平， $x_3$  代表对肉类的消费规模， $x_4$  及  $x_5$  表示肉类生产的劳动力供给能力， $x_6$  是农业技术的代表。此外尝试选取了代表消费水平的人均 GDP 和代表交通通达度的全国路网密度，探测得出它们在全国对全国县域肉类生产空间分异性的解释力仅为 0.48% 和 2.53%，因此不予考虑。

### 2.2.2 主要驱动因素

粮食产量  $x_1$  和第一产业增加值  $x_2$  是影响肉类生产空间分异的最主要因素，两者  $q$  值在 17 年间均保持前二的位序（表 1）。2000—2008 年肉类产量空间分异的最主要影响因子为粮食产量  $x_1$ ，对肉类生产空间分异的解释力最高时达到 55%；2009—2016 年的最主要影响因子为第一产业增加值  $x_2$ ，解释力最高时达到 54%。相同时期不同因子的作用强度差异明显，不同时期相同因子的作用强度发生显著变化。其中，2004 年粮食产量  $x_1$  和人口密度  $x_5$  的  $q$  值差距最大，达到 0.55。

表 1 2000—2016 年各因子作用强度的变化情况

Table 1 The change of the action intensity of each factor from 2000 to 2016

2000 年		2005 年		2011 年		2016 年	
探测因子	$q$	探测因子	$q$	探测因子	$q$	探测因子	$q$
$x_1$	0.55	$x_1$	0.52	$x_2$	0.54	$x_2$	0.41
$x_2$	0.53	$x_2$	0.52	$x_1$	0.43	$x_1$	0.37
$x_3$	0.50	$x_3$	0.41	$x_3$	0.42	$x_3$	0.34
$x_4$	0.47	$x_4$	0.37	$x_4$	0.38	$x_4$	0.32
$x_6$	0.23	$x_6$	0.22	$x_6$	0.31	$x_6$	0.28
$x_5$	0.18	$x_5$	0.12	$x_5$	0.12	$x_5$	0.08

年末总人口  $x_3$ 、乡村从业人员  $x_4$  和农业机械总动力  $x_6$  是影响肉类产量分异的重要因素。2000—2016 年，与社会经济相关的年末总人口  $x_3$ 、乡村从业人员  $x_4$ ，以及表示农业技术的农业机械总动力  $x_6$  的位序均未变化，并且这些影响因子对肉类生产空间分异的解释力度都超过 22%，因此是重要影响因子。而人口密度  $x_5$  对肉类生产空间分异的解释力相对较弱，一直未超 19%，表明其并非主要影响因子。

农业机械总动力  $x_6$  对应的  $q$  值从 2000 年的 0.23 增加到 2016 年的 0.28，作用强度逐年增强，增幅达 23%。其他因子在整体作用强度上都有减弱趋势。其中，粮食产量  $x_1$ 、年末总人口  $x_3$  以及乡村从业人员  $x_4$  的作用强度呈先增强后减弱的态势，而第一产业增加值  $x_2$  的作用强度呈现逐年减弱的规律。

### 2.2.3 驱动因素交互作用

不同因子间的交互作用会强化对肉类生产空间分异性的解释，即所有因子两两之间



的交互作用强度均大于单因子的作用强度，是双因子增强关系（表2）。以粮食产量  $x_1$  为例， $x_1 \cap x_2$ （0.513）>  $x_1 \cap x_3$ （0.469）>  $x_1 \cap x_4$ （0.468）>  $x_1 \cap x_6$ （0.393）>  $x_1 \cap x_5$ （0.386）>  $x_1$ （0.368）。

表2 2016年不同因子交互探测结果

Table 2 The interaction detection results of different factors in 2016

探测因子	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_1$	0.37					
$x_2$	0.51	0.41				
$x_3$	0.47	0.45	0.32			
$x_4$	0.47	0.46	0.36	0.34		
$x_5$	0.39	0.43	0.34	0.38	0.14	
$x_6$	0.39	0.45	0.40	0.41	0.31	0.28

第一产业增加值  $x_2$  与其他因子整体的交互作用最强， $q$  值都在 0.43 以上，表明该因子与其他因子交互作用强度最大。其次，粮食产量  $x_1$  与各因子交互作用的  $q$  值均在 0.35 以上，与第一产业增加值  $x_2$  交互的  $q$  值达到了当年最高值 0.51，表明这两个最主要因子的交互作用最显著。年末总人口  $x_3$  与各因子交互作用的  $q$  值均大于 0.34，其中与粮食产量  $x_1$  交互作用的  $q$  值达 0.47。农业机械总动力  $x_6$  与各因子交互作用的  $q$  值均大于 0.31，与第一产业增加值  $x_2$  交互作用强化作用显著，达到 0.45。

根据双因子探测结果可进一步验证，粮食产量  $x_1$ 、第一产业增加值  $x_2$ 、年末总人口  $x_3$ 、乡村从业人员  $x_4$  和农业机械总动力  $x_6$  不仅是影响肉类产量空间分异的重要因子，且与其他因子之间交互影响的作用强度更大，更能有效解释中国肉类产量的空间分异现象。

2.2.4 影响机制

(1) 自然资源禀赋

自然资源禀赋是肉类生产的基础性因素。从地理探测结果可知，粮食产量对肉类生产分布具有很高的解释度，与其他因子的交互作用强，与第一产业增加值交互的解释力达到了当年最高的 51%，表明粮食产量是影响肉类生产分布的重要因子。随着我国畜牧业生产方式由家庭养殖向规模化养殖的转变，肉类生产的饲料逐渐由作物秸秆和餐厨废弃物等转变为工业化饲料粮，从而导致对玉米和大豆等的需求量迅速增加<sup>[23]</sup>。在空间分布上，东北和黄淮海等粮食主产区与肉类生产的集聚区对应（图7），特别是玉米产量大省也多为肉类产量大省，如2016年河南、安徽、江苏、云南和吉林的玉米产量占全国的37%，其肉类产量占全国的36%，具有高度相关性。此外，由于近年来进口大豆成为我国大豆供给的主要来源，因此，大豆压榨企业的分布与肉类生产也密切相关，并逐渐呈现空间分布的一致性<sup>[24]</sup>。

(2) 社会经济

社会经济因素（人口和经济发展水平）对肉类生产的影响主要体现在生产和消费两个方面。人口数量对肉类生产分布具有较大影响，而人口密度的影响则不显著（表1），表明人口数量是影响肉类产量的关键因子。从生产角度来看，人口数量多的区域能为肉类生产提供充足的劳动力。从消费角度来看，人口数量增加了肉类消费需求量，带动了本地的肉类生产，如山东、河南和四川等人口数量大省同时也是肉类产量较高的地区，

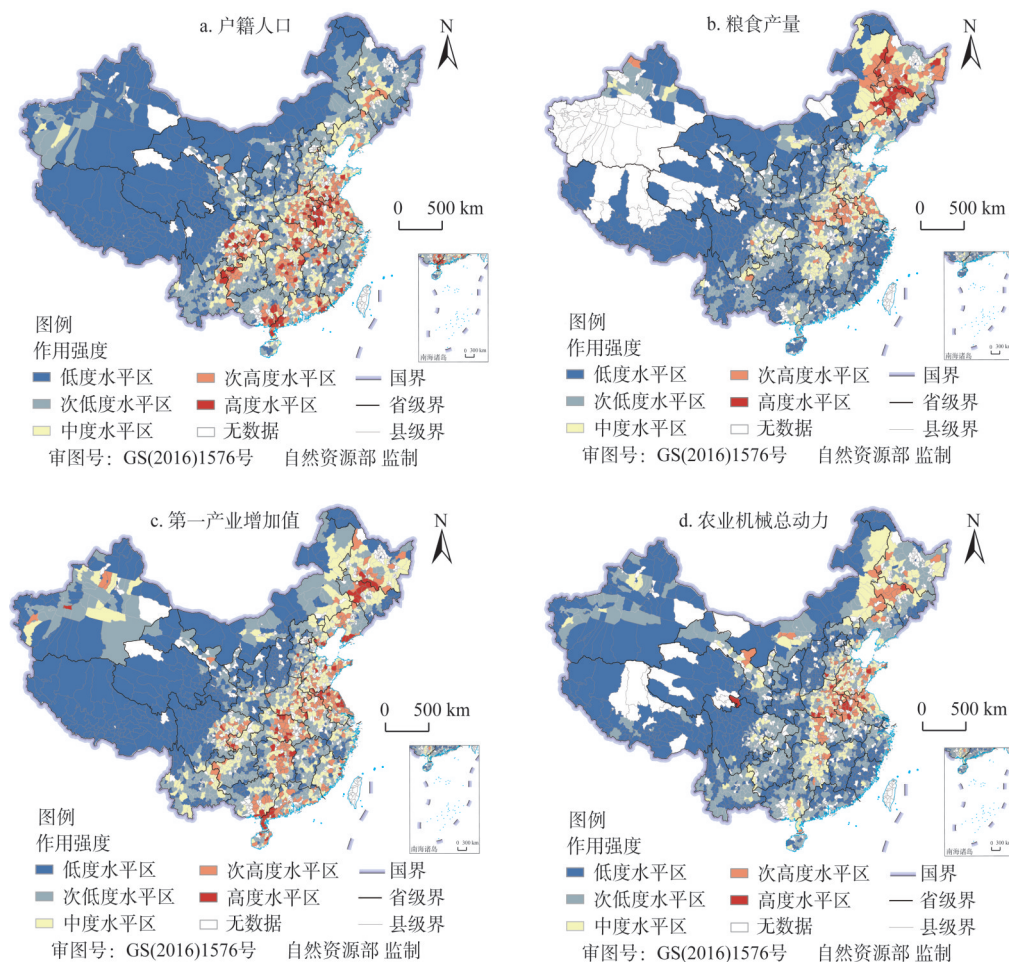


图7 2016年不同因子对肉类产量的作用强度

Fig. 7 The effect intensity of different factors on meat production in 2016

集聚特征明显（图7）。从经济发展水平来看，肉类生产分布与第一产业增加值呈现较高的一致性（表1）。因为经济发展较好的地区农业基础设施和农业技术水平一般也较高，有利于肉类生产水平的提高。此外，经济发达地区，居民可支配收入和消费水平也高于其他区域，从而促进了动物性食物尤其是肉类消费占食物总消费的比例<sup>[25]</sup>。此外，城乡居民肉类消费的差异较大，例如2016年城镇与农村居民的人均肉类消费量相差6.3 kg，这些消费差异促使肉类生产向城镇化程度较高的地区集聚。

### （3）农业技术

农业机械总动力代表区域农业技术水平，农业技术又从饲料喂养、肉类生产养殖以及管理调控等多方面促进肉类生产的专业化分工和集聚发展，达到更好的生产效益<sup>[26]</sup>。农业机械总动力超过50万kW·h的县域有603个，其中55个超150万kW·h，这些县域主要分布于东北平原和黄淮海平原（图7）等农业机械化水平较高的区域，与肉类高产县域分布相一致。首先，农业技术极大地推动了饲料粮的产出效率，从粮食安全的国家决策角度推进了肉类生产的加速发展<sup>[27]</sup>。农业技术的提高实现了饲料的精准化配比，提升了饲料转换率和畜禽生产效率。其次，养殖技术的提升进一步推动了养殖方式转

变,例如经济发展水平较高的大城市郊区如上海和北京等地,肉类生产基本实现了规模化<sup>[28]</sup>。此外,近十年畜牧养殖业发展逐渐由经济发达的沿海省市,转移到靠近沿海省市的中部地区。最后农业技术在防疫以及饲养管理技术方面不断进步,在前期保证肉类产量以及肉类的质量前提下,能够增强禽畜的疫病防控能力,降低养殖风险。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

本文以肉类产量数据为基础,采用标准差椭圆、空间自相关分析及热点分析等方法对2000—2016年中国县域肉类产量的时空演变特征进行研究,并利用地理探测器进一步从空间视角探究肉类生产差异的驱动因素和内在机制。结论如下:

(1) 2000—2016年的肉类产量整体呈现增加态势,全国肉类产量增幅为43.5%,年均增长率为2.3%,其中猪肉产量占比最多,羊肉产量增幅最大;不同省份肉类产量以及结构存在差异,以2016年为例,山东肉类产量最多,大多数省份以猪肉生产为主,内蒙古等五省(自治区)以牛羊肉生产为主,与当地饮食习惯相关。猪肉、牛肉和羊肉产量最高的省(自治区)分别为四川、河南和内蒙古,其中内蒙古羊肉产量占全国的比例达到21.5%。

(2) 全国肉类产量高的县域数量上呈增加趋势,空间分布范围扩大,呈东北—西南方向的条带状分布,肉类生产重心整体北移。研究期内,面积占比20%的县域产出了80%的肉类。肉类生产集聚特征显著且相对稳定,局部呈现一定差异。其中高一高集聚区主要分布于粮食产量丰富的东北地区 and 消费需求较多的中东部地区,低—低集聚区主要分布于西部地区。其中,四川和云南等西南地区的冷热点区变化最显著。

(3) 2000—2016年粮食产量和第一产业增加值是影响全国肉类产量分布的最主要因子;此外,年末总人口、乡村从业人员和农业机械总动力是影响肉类产量分异的重要因素,其中农业机械总动力的影响强度逐年增强,人口密度的作用强度较弱。不同因子间的交互作用会强化对肉类产量空间分异的作用效果。自然资源禀赋、社会经济及农业技术的影响因子在不同时期共同作用,影响肉类产量空间格局的演变。

#### 3.2 讨论

通过研究发现,肉类生产空间分布与农业资源禀赋、社会经济及农业技术等多方面影响密切相关。但目前畜牧业发展以“耗粮型”为主导的特征,造成肉类生产中“人畜争粮”“粮畜争地”矛盾突出。充分利用区域优势,提高肉类生产规模化和专业化程度,是实现肉类可持续生产的重要基础。同时,通过推广种养结合、畜禽养殖与可再生能源相结合等模式,提高肉类生产的经济效益和生态效益。

政策补贴及管控等也是影响肉类生产空间分布的重要因素。近年来国家出台的系列畜牧业支持政策,包括价格支持政策和生产补贴政策等,对促进肉类生产的规模化发展具有重要的推动作用。鉴于本文是基于县域视角,对应数据获取难度较大,在影响因素分析时主要选取了与肉类生产和消费相关的统计指标,而未对其他影响因素,如不同类别畜禽出栏量、养殖规模、环境规制和政策等进行定量分析。因此,进一步研究应选取更综合的影响指标以及组合运用多种定量方法,在省域等尺度上进行深入探究。

肉类产量近几年受非洲猪瘟和禽流感等影响较大,其中非洲猪瘟对生猪产业的冲击巨大,全国生猪和能繁母猪的存栏量下降明显,下降幅度是近十年的最大值。加上非洲

猪瘟风险下不同影响因素对养猪户决策行为产生作用<sup>[29]</sup>, 影响生猪养殖甚至是肉类产量。

随着肉类消费结构的转变, 对牛羊肉消费的需求快速增加。2018年城镇和农村居民人均牛羊肉消费量分别达到4.2 kg和2.1 kg, 较2000年增长27.3%和90.9%, 未来我国草食肉类生产仍将快速增长。针对这一现状, 需通过优化区域种养结构、实行差别化的畜牧业发展政策等, 实现各肉类主产区域“牧草替粮”与“草饲互补”齐头并进。同时, 在传统农区, 应挖掘粮食副产物的营养价值, 缓解我国粗饲料资源短缺, 在满足动物营养的基础上降低饲料成本, 促进饲草作物种植与草食动物养殖匹配发展。

### 参考文献(References):

- [1] 王凤, 刘艳芳, 孔雪松, 等. 中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化. 经济地理, 2018, 38(5): 142-151. [WANG F, LIU Y F, KONG X S, et al. Spatial and temporal variation of grain production and its influencing factors at the county level in China. Economic Geography, 2018, 38(5): 142-151.]
- [2] 王伟新, 向云, 祁春节. 中国水果产业地理集聚研究: 时空特征与影响因素. 经济地理, 2013, 33(8): 97-103. [WANG W X, XIANG Y, QI C J. Study on geographic agglomeration of fruit industry in China: Spatial-temporal characteristics and affecting factors. Economic Geography, 2013, 33(8): 97-103.]
- [3] 薛龙飞, 张雯丽, 杨晨. 中国特色油料作物生产区域变动及其影响因素分析. 农业现代化研究, 2019, 40(5): 755-763. [XUE L F, ZHANG W L, YANG C. The production concentration shift of China's specialty oil crops and the influencing factors. Research of Agricultural Modernization, 2019, 40(5): 755-763.]
- [4] 丁存振, 肖海峰. 中国肉类产量变量特征及因素贡献分解研究. 世界农业, 2017, (6): 142-149. [DING C Z, XIAO H F. Study on variable characteristics and factor contribution decomposition of meat yield in China. World Agriculture, 2017, (6): 142-149.]
- [5] 高奇, 程广燕. 城镇居民肉类消费特征及发展趋势分析. 中国食物与营养, 2016, 22(8): 45-48. [GAO Q, CHENG G Y. Regional differences in consumers' perception of agricultural products quality and safety risk communication. Food and Nutrition in China, 2016, 22(8): 45-48.]
- [6] 周琳, 杨婉妮, 程广燕, 等. 我国居民食物消费主要特征与问题分析. 中国食物与营养, 2016, 22(3): 47-51. [ZHOU L, YANG Z N, CHENG G Y, et al. Status quo and changing trends of fish and shrimp consumption in Chinese adults. Food and Nutrition in China, 2016, 22(3): 47-51.]
- [7] 王祖力, 王济民. 我国畜产品消费变动特征与未来需求预测. 农业展望, 2011, 7(8): 55-59. [WANG Z L, WANG J M. The changing characteristics and future demand forecast of livestock product consumption in China. Agricultural Outlook, 2011, 7(8): 55-59.]
- [8] 王国刚, 王明利, 杨春. 中国畜牧业地理集聚特征及其演化机制. 自然资源学报, 2014, 29(12): 2137-2146. [WANG G G, WANG M L, YANG C. Characteristics and mechanism of animal husbandry's geographical agglomeration in China. Journal of Natural Resources, 2014, 29(12): 2137-2146.]
- [9] 于军涛, 王玉贵. 我国主要畜牧业肉类产量的时空分析: 基于空间自相关和重心轨迹的方法. 畜牧与饲料科学, 2016, 37(z1): 93-97. [YU J T, WANG Y G. A spatial-temporal analysis of the main livestock meat production in China by using the method based on spatial autocorrelation and gravity center trajectory. Animal Husbandry and Feed Science, 2016, 37(z1): 93-97.]
- [10] 王国刚, 王明利, 王济民, 等. 中国草食家畜养殖的时空动态及其影响因素. 地理学报, 2015, 70(7): 1091-1100. [WANG G G, WANG M L, WANG J M, et al. Spatial-temporal dynamics and its influencing factors of herbivorous livestock breeding in China. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(7): 1091-1100.]
- [11] 张越杰, 田露. 中国肉牛生产区域布局变动及其影响因素分析. 中国畜牧杂志, 2010, 46(12): 21-24. [ZHANG Y J, TIAN L. Analysis of regional distribution change and its influencing factors of beef cattle production in China. Chinese Journal of Animal Science, 2010, 46(12): 21-24.]
- [12] 付强, 诸云强, 孙九林, 等. 中国畜禽养殖的空间格局与重心曲线特征分析. 地理学报, 2012, 67(10): 1383-1398. [FU Q, ZHU Y Q, SUN J L, et al. Spatial patterns and gravity centers curve of livestock and poultry breeding in China. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(10): 1383-1398.]



- [13] 周晓, 闫振宇, 史亚雯. 中国生猪生产空间格局演变分析: 基于空间基尼系数与重心理论的应用. 中国畜牧杂志, 2020, 56(9): 214-219, 225. [ZHOU X, YAN Z Y, SHI Y W. Analysis on the Layout of China's pig production transition: Based on the spatial Gini Coefficient and Barycenter Theory. Chinese Journal of Animal Science, 2020, 56(9): 214-219, 225.]
- [14] 王欢, 乔娟. 中国生猪生产布局变迁的经济学分析. 经济地理, 2017, 37(8): 129-136. [WANG H, QIAO J. An economic analysis on the changes in the distribution of pig production in China. Economic Geography, 2017, 37(8): 129-136.]
- [15] 赵俊伟, 陈永福, 余乐, 等. 中国生猪养殖业地理集聚时空特征及影响因素. 经济地理, 2019, 39(2): 180-189. [ZHAO J W, CHEN Y F, YU L, et al. Spatial-temporal characteristics and affecting factors of swine breeding industry in China. Economic Geography, 2019, 39(2): 180-189.]
- [16] 姚成胜, 殷伟, 黄琳, 等. 中国粮食生产与消费能力脆弱性的时空格局及耦合协调性演变. 经济地理, 2019, 39(12): 147-156. [YAO C S, YIN W, HUANG L, et al. Spatial-temporal pattern and coupling coordination evolution of the vulnerability of food production and consumption ability in China. Economic Geography, 2019, 39(12): 147-156.]
- [17] 杨宗辉, 李金锴, 韩晨雪, 等. 我国粮食生产重心变迁及其影响因素研究. 农业现代化研究, 2019, 40(1): 36-43. [YANG Z H, LI J K, HAN C X, et al. The evolution path of China's grain production base and the influencing factors. Research of Agricultural Modernization, 2019, 40(1): 36-43.]
- [18] 夏四友, 赵媛, 许昕, 等. 江苏省粮食生产时空格局及其驱动因素. 经济地理, 2018, 38(12): 166-175. [XIA S Y, ZHAO Y, XU X, et al. Spatiotemporal pattern and driving factors of grain production in Jiangsu province. Economic Geography, 2018, 38(12): 166-175.]
- [19] 孟斌, 王劲峰, 张文忠, 等. 基于空间分析方法的中国区域差异研究. 地理科学, 2005, 25(4): 11-18. [MENG B, WANG J F, ZHANG W Z, et al. Evaluation of regional disparity in China based on spatial analysis. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(4): 11-18.]
- [20] 胡雪瑶, 张子龙, 陈兴鹏, 等. 县域经济发展时空差异和影响因素的地理探测: 以甘肃省为例. 地理研究, 2019, 38(4): 772-783. [HU X Y, ZHANG Z L, CHEN X P, et al. Geographic detection of spatial-temporal difference and its influencing factors on county economic development: A case study of Gansu province. Geographical Research, 2019, 38(4): 772-783.]
- [21] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [WANG J F, XU C D. Geodetector: Principle and prospective. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.]
- [22] 杨忍, 罗秀丽, 陈燕纯. 中国县域乡村地域多功能格局及影响因素识别. 地理科学进展, 2019, 38(9): 1316-1328. [YANG R, LUO X L, CHEN Y C. Spatial pattern and influencing factors of rural multifunctionality at county level in China. Progress in Geography, 2019, 38(9): 1316-1328.]
- [23] 于潇萌, 刘爱民. 促使畜牧业养殖方式变化的因素分析. 中国畜牧杂志, 2007, 43(10): 51-55. [YU X M, LIU A M. Analysis of factors that promote the change of animal husbandry breeding mode. Chinese Journal of Animal Science, 2007, 43(10): 51-55.]
- [24] 杨晓, 刘爱民, 贾盼娜, 等. 中国大豆压榨企业空间格局及其演变机制. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1440-1456. [YANG X, LIU A M, JIA P N, et al. Spatial pattern and evolution mechanism of China's soybean processing plants. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1440-1456.]
- [25] 肖玉, 成升魁, 谢高地, 等. 我国主要粮食品种供给与消费平衡分析. 自然资源学报, 2017, 32(6): 927-936. [XIAO Y, CHENG S K, XIE G D, et al. The balance between supply and consumption of the main types of grain in China. Journal of Natural Resources, 2017, 32(6): 927-936.]
- [26] 刘爱民, 强文丽, 王维方, 等. 我国畜禽养殖方式的区域性差异及演变过程研究. 自然资源学报, 2011, 26(4): 552-561. [LIU A M, QIANG W L, WANG W F, et al. Regional differences and evolution of livestock farming patterns in China. Journal of Natural Resources, 2011, 26(4): 552-561.]
- [27] 辛良杰, 王立新, 刘爱民. 我国饲料粮区域产销平衡特征及政策启示. 自然资源学报, 2018, 33(6): 965-977. [XIN L J, WANG L X, LIU A M. Regional production and consumption equilibrium of feed grain in China and its policy implication. Journal of Natural Resources, 2018, 33(6): 965-977.]
- [28] 周琳, 杨祯妮, 程广燕. 发展畜禽养殖家庭农场的制约因素及分析: 基于上海、浙江两地的调研. 中国畜牧杂志, 2014, 50(20): 13-17. [ZHOU L, YANG Z N, CHENG G Y. Analysis of restricting factors for the development of live-

stock raising family farm: based on the survey in Shanghai and Zhejiang province. Chinese Journal of Animal Science, 2014, 50(20): 13-17.]

- [29] 周勋章, 李广东, 孟宪华, 等. 非洲猪瘟背景下养猪户决策行为及其影响因素. 农业工程学报, 2020, 36(8): 316-324. [ZHOU X Z, LI G D, MENG X H, et al. Decision-making behaviors and influence factors of pig farmers at different scales against African swine fever. Transactions of the CSAE, 2020, 36(8): 316-324.]

## Spatio-temporal evolution of meat production in China's counties and its influencing factors

LI Fan<sup>1</sup>, QIANG Wen-li<sup>1</sup>, LIU Xiao-jie<sup>2</sup>, NIU Shu-wen<sup>1,3</sup>, ZHU Qin-yao<sup>1</sup>, LI Ping<sup>4</sup>

(1. College of Earth and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Institute of Geographic

Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Key Laboratory

of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Lanzhou 730000, China;

4. Chinese Society of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** With the increase of per capita income and the advancement of urbanization, residents' meat consumption increases. It is of great significance to clarify the change of meat production pattern for sustainable meat supply. Based on the data of meat production at county level in China from 2000 to 2016, this study uses standard deviation ellipse, spatial autocorrelation, geographical detector and other methods to reveal the spatio-temporal evolution of meat production in China and its influencing factors. The results showed that: (1) From 2000 to 2016, the national meat output showed an increasing trend, up by 43.5%. The meat output of different regions showed a great difference. (2) The number of counties with high meat production in China increased significantly, the range expanded, and the barycenter shifted to the north as a whole. The agglomeration characteristics of production were significant and relatively stable, but there were some local differences. (3) Natural resource endowment, socio-economy and agricultural technology all affect the evolution of meat production spatial pattern at different stages. Grain output and value added of the primary industry were the main factors. The influence of the total power of agricultural machinery increased year by year, and the interaction between factors strengthened the effect of spatial differentiation of meat production.

**Keywords:** meat production; spatio-temporal evolution; influencing factor; geographical detector; county