

## 我国马铃薯区域格局演变及其影响因素分析

张烁<sup>1</sup> 罗其友<sup>1\*</sup> 马力阳<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所,北京 100081;  
2. 西安科技大学 马克思主义学院,西安 710054)

**摘要** 为研究我国马铃薯区域格局演变趋势,优化马铃薯生产区域布局,采用空间分析方法和县级统计数据,定量分析我国1990—2016年马铃薯区域格局及其演变趋势;并基于2011—2018年省级面板数据,实证研究马铃薯区域格局演变的主要影响因素。结果表明:1)我国马铃薯种植集中分布在4大热点区域:以甘肃南部为核心的西北地区,以云贵川渝为核心的西南地区,以内蒙古中部为核心的华北地区和以黑龙江为核心的东北地区,空间分布格局整体由“单核心+外围小中心”向“双核心+外围小中心”演变;2)马铃薯空间格局表现出明显的集聚特征,集聚程度先减后增,在空间上表现为从东北和华北向西北和西南地区集聚;3)马铃薯区域格局演变主要受气候、劳动力投入和技术水平等因素的影响,劳动力投入的影响大于其他因素。短期内各影响因素的影响程度会因时间和空间差异而有所不同,但差异较小。

**关键词** 马铃薯; 区域格局; 演变; 影响因素

中图分类号 S532

文章编号 1007-4333(2020)12-0151-10

文献标志码 A

## Analysis of the evolution of potato regional pattern in China and its influencing factors

ZHANG Shuo<sup>1</sup>, LUO Qiyu<sup>1\*</sup>, MA Liyang<sup>2</sup>

(1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;  
2. School of Marxism, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract** In order to study the evolution trend of the regional pattern of potatoes and optimize the regional layout of potato production, the spatial statistical analysis methods and county-level statistical data are used to quantitatively analyze the potato regional pattern and its evolution trend in China from 1990 to 2016. Based on the panel data of 14 provinces from 2011 to 2018, this study empirically studies the influencing factors of the evolution of potato regional pattern. The results show that: 1) Potato cultivation is concentrated in four hotspot areas. The northwestern area with southern Gansu as the core, the southwestern area with Yunnan, Guizhou, Sichuan and Chongqing as the core, the north China area with the central Inner Mongolia as the core, and the northeast area with Heilongjiang as the core. The overall spatial distribution pattern has transferred from “single core+ peripheral small center” to “dual core+ peripheral small center”; 2) The spatial pattern of potato planting shows obvious agglomeration characteristics. The degree of agglomeration first decreases and then increases, and it is spatially manifested as agglomeration from the northeast and north of China to northwest and southwest regions; 3) The evolution of potato regional pattern is mainly affected by factors such as climate, labor input and technical level. The impact of labor input is greater than other factors. In conclusion, the degree of influence of each influencing factor varies due to time and space differences, but the difference is relatively small.

**Keywords** potato; regional pattern; evolution; influencing factors

收稿日期: 2020-06-01

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系项目(CARS-9)

第一作者: 张烁, 硕士研究生, E-mail: 82101185238@caas.cn

通讯作者: 罗其友, 研究员, 主要从事农业布局与区域发展研究, E-mail: luoqiyu@caas.cn

马铃薯是我国第四大粮食作物,对保障我国粮食安全和乡村脱贫攻坚具有重要作用<sup>[1-2]</sup>。近年来,马铃薯产业快速发展<sup>[3-4]</sup>,种植面积不断扩大。由于一些地区盲目扩种、跟风种植,导致马铃薯市场竞争加剧,价格波动加大,部分地区市场优势不明显、种植规模缩减,马铃薯区域格局正在发生变化。因此,开展马铃薯区域格局演变研究及其影响因素分析,对优化马铃薯生产区域布局、促进马铃薯产业持续发展具有重要意义。

已有马铃薯区域格局演变的相关文献从不同角度研究了马铃薯区域分布特征及变化趋势,主要研究内容包括区域比较优势分析<sup>[5-7]</sup>、种植区域集中程度揭示<sup>[8-9]</sup>、生产重心演变轨迹和种植区域的扩展趋势研究等<sup>[10-11]</sup>。在此基础上,进一步分析区域分布变化的成因,结果显示影响马铃薯空间分布的自然因素包括气候条件和自然灾害,社会经济因素包括市场需求、价格、生产技术水平、比较收益和政策等<sup>[8,10,12]</sup>。主要研究方法包括定性分析<sup>[6,9]</sup>和定量分析<sup>[13-14]</sup>,并且对影响因素进行了区域对比分析<sup>[12]</sup>。然而,已有研究大都从省域尺度分析区域分布特征及变化趋势,缺少县域尺度的研究。在区域格局演变的成因方面,影响因素包括了自然、社会和经济因素,且研究方法不断完善,但实证研究较少,尤其缺少比较不同因素在不同地区和不同时间段的重要程度。因此,本研究拟基于全国马铃薯县级数据,研究马铃薯种植格局演变趋势,并进一步研究其影响因素,以期对马铃薯种植合理布局提供参考,为马铃薯区划研究提供理论依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

本研究以全国作为研究的区域范围(统计数据未包含港澳台地区。下同。),使用1990—2016年我国马铃薯县级种植面积、产量和单产数据研究区域格局演变趋势。同时,采用2011—2018年作为时间样本,选取黑龙江、辽宁、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古、河北、山西、重庆、四川、贵州、云南14个省(市、自治区)作为地区样本,利用马铃薯省级数据研究区域格局演变的影响因素。马铃薯县级种植面积和脱毒种薯应用数据源于国家马铃薯产业技术体系,省级单产数据源于国家统计局,用工数量、化肥费用和种子费用数据源于《全国农产品成本收益资料汇编》(2012—2019)<sup>[15]</sup>、全国气象监测站降水和

气温月值数据源于国家气象局。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 核密度分析

依据 Arc GIS 提供的核密度分析工具<sup>[16]</sup>,运用核密度工具探讨马铃薯种植区域的空间分布特征,核密度分析法主要是借助移动的栅格单元对空间范围内点要素的密集程度进行估计<sup>[17]</sup>,计算公式如下:

$$D(x_i, y_i) = \frac{1}{ur} \sum_{i=1}^u k\left(\frac{d}{r}\right) \quad (1)$$

式中: $D(x_i, y_i)$ 为空间位置 $(x_i, y_i)$ 处的核密度值; $r$ 为距离衰减阈值; $u$ 为与位置 $(x_i, y_i)$ 的距离 $\leq r$ 的要素点数; $k$ 函数则表示空间权重函数; $d$ 表示当前要素点与 $(x_i, y_i)$ 2点之间的欧氏距离。

#### 1.2.2 全局自相关

全局空间自相关是对地理要素属性值在整个区域的空间特征描述,选取全局莫兰指数来测度马铃薯种植的全局空间自相关程度,计算公式如下<sup>[18-19]</sup>:

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

式中: $n$ 为县空间单元总数; $x_i, x_j$ 分别为马铃薯种植面积在地区 $i$ 和 $j$ 的观测值; $\bar{x}$ 为均值; $\omega_{ij}$ 为空间权重矩阵。标准化 $Z$ 值常用于检验全局莫兰指数指数的显著性水平,计算公式如下<sup>[20]</sup>:

$$Z_{\text{score}} = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{VAR}(I)}} \quad (3)$$

式中: $E(I)$ 、 $\text{VAR}(I)$ 分别表示莫兰指数的期望值和方差。全局莫兰指数的取值介于 $[-1, 1]$ ,在给定的显著性水平下,当 $I > 0$ ,表明存在空间正相关,即马铃薯种植面积较高(或较低)的地区在空间上显著聚集;当 $I < 0$ ,表示空间负相关,即该区域与周边地区马铃薯种植面积存在空间差异;当 $I = 0$ ,表示空间不相关,即马铃薯在空间上随机分布。

#### 1.2.3 固定效应模型

为了研究我国马铃薯区域格局演变的影响因素,本研究基于2011—2018年14个省的面板数据,构建区域格局演变影响因素的实证模型。通过对比混合 OLS、随机效应模型和固定效应模型的结果,从而判断出使用固定效应模型更合适。使用混合 OLS 方法的基本假设是核心控制变量不存在个体

效应,而检验结果显示 10 个地区的  $P$  值在 10% 的水平下显著,基本能够证明存在个体效应,混合 OLS 模型不适用。随后对固定效应和随机效应进行比较,检验结果显示  $P$  值小于 0.01,拒绝随机效应模型,基本可以判断固定效应模型更加适用。因此本研究使用固定效应模型,并且在证明个体效应和时间效应都较为显著的基础上,采用双向固定效应模型进行研究。实证计量模型如下<sup>[21-22]</sup>:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \beta_3 x_{3it} + \beta_4 x_{4it} + \beta_5 x_{5it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中: $i$  表示省份; $t$  表示年份; $Y$  表示总产量; $\beta_0$  为常数项; $x_1$  表示气候指数; $x_2$  表示用工数量; $x_3$  表示化肥费用; $x_4$  表示种子费用; $x_5$  表示脱毒种薯应用率; $\mu_i$  用于控制地区固定效应; $\varphi_t$  用于控制时间固定效应; $\varepsilon_{it}$  表示误差项。

### 1.3 变量选取

本研究在解释区域格局演变成因的变量中,将马铃薯产量作为被解释变量,分别从气候因素、生产投入要素和技术水平方面选取 5 个解释变量,包括气候指数、用工数量、脱毒种薯应用率、种子费用和化肥费用。河北、山西、内蒙古代表华北,辽宁、黑龙江代表东北,重庆、四川、贵州、云南代表西南,陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆代表西北。

1) 气候指数( $x_1$ ): 气候对马铃薯种植具有决定性作用,已有研究成果表明,降水量和气温对马铃薯生育期及产量具有重要影响<sup>[23-24]</sup>。本研究利用气候的指数公式,测算气候因素对马铃薯产量的影响。其计算公式为:

$$Wea^j = \frac{P_j}{1.07T_j}$$

式中: $Wea^j$  表示  $j$  年气候指数; $P_j$  表示  $j$  年马铃薯生育期平均降水量; $T_j$  表示  $j$  年马铃薯生育期平均气温<sup>[25]</sup>。

2) 用工数量( $x_2$ ): 近年来人工成本及其所占比例不断上升,2018 年四川、云南人工成本所占比例超过 60%,已经成为总成本的重要组成部分。为解决多重共线性问题,本研究将人工成本替换为用工数量。用工数量是指马铃薯生产过程中生产者(包括其家庭成员)和雇佣工人直接劳动的天数。

3) 化肥费用( $x_3$ ): 化肥是马铃薯生产重要投入要素,化肥费用是指实际施用的各种化肥费用之和。

4) 种子费用( $x_4$ ): 种子是马铃薯重要生产资料,种子费用是指马铃薯种植实际使用的种薯费用。

5) 脱毒种薯应用率( $x_5$ ): 本研究选取脱毒种薯应用率代表技术水平。脱毒种薯应用率是指脱毒种薯应用面积在总种植面积中的比例。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯种植面积变化分析

统计局数据显示,2016 年,我国马铃薯种植面积和产量分别达到 480.24 万  $hm^2$  和 1 698.55 万 t,相比 1990 年,分别增加 68% 和 162%。其中华北、东北、西北和西南地区种植面积所占比例达到 89% 左右,是我国马铃薯主产区。西南和西北地区种植面积分别达到 217.01、107.66 万  $hm^2$ ,增幅分别为 120% 和 74%,面积所占比例分别为 45%、22%。华北地区种植面积为 77.65 万  $hm^2$ ,增加了 31%,东北地区面积为 26.82 万  $hm^2$ ,下降了 16%,面积所占比例分别降至 16%、6%。

### 2.2 马铃薯格局演变

1990 年我国马铃薯种植格局整体呈现“单核心+外围小中心”的分布特征(图 1(a))。核心种植区域分布在城口、巫溪、巫山、云阳、开州、恩施等;“外围小中心”区域分布在绥化、齐齐哈尔、大同、乌兰察布、榆林、张家口、天水、定西、平凉等。

2000 年种植格局仍然呈现“单核心+外围小中心”的分布特征(图 1(b)),但随着乌兰察布、大同、张家口等地区核密度的增加,核心区域转移到了蒙中、晋北和冀西北;重庆、恩施、达州等地区核密度下降,由“核心区”变为“外围小中心区”。

2010 年种植格局呈“单核心+外围小中心”分布(图 1(c)),由于固原、定西和平凉等地区核密度逐渐增加,甘东南和宁南成为“核心区”;随着乌兰察布和张家口等地区核密度下降,蒙中、晋北和冀西北逐渐退出“核心区”;齐齐哈尔和绥化的核密度下降,黑西南逐渐退出“外围中心区”。

2016 年,马铃薯种植表现为“双核心+外围小中心”的分布特征(图 1(d))。近年来,毕节、昭通、曲靖、六盘水、宜宾、遵义等地区核密度不断增加,核心区域转移到云东北和贵西北。定西、平凉、白银、兰州、固原和中卫等地区核密度增加,成为第 2 个强核密度区域。绥化、张家口、大同、朔州、榆林等地区核密度逐渐下降。

综上,1990—2016 年,我国马铃薯种植格局整体呈现出由“单核心+外围小中心”向“双核心+外围小中心”演变的态势。1990—2016 年甘东南、宁

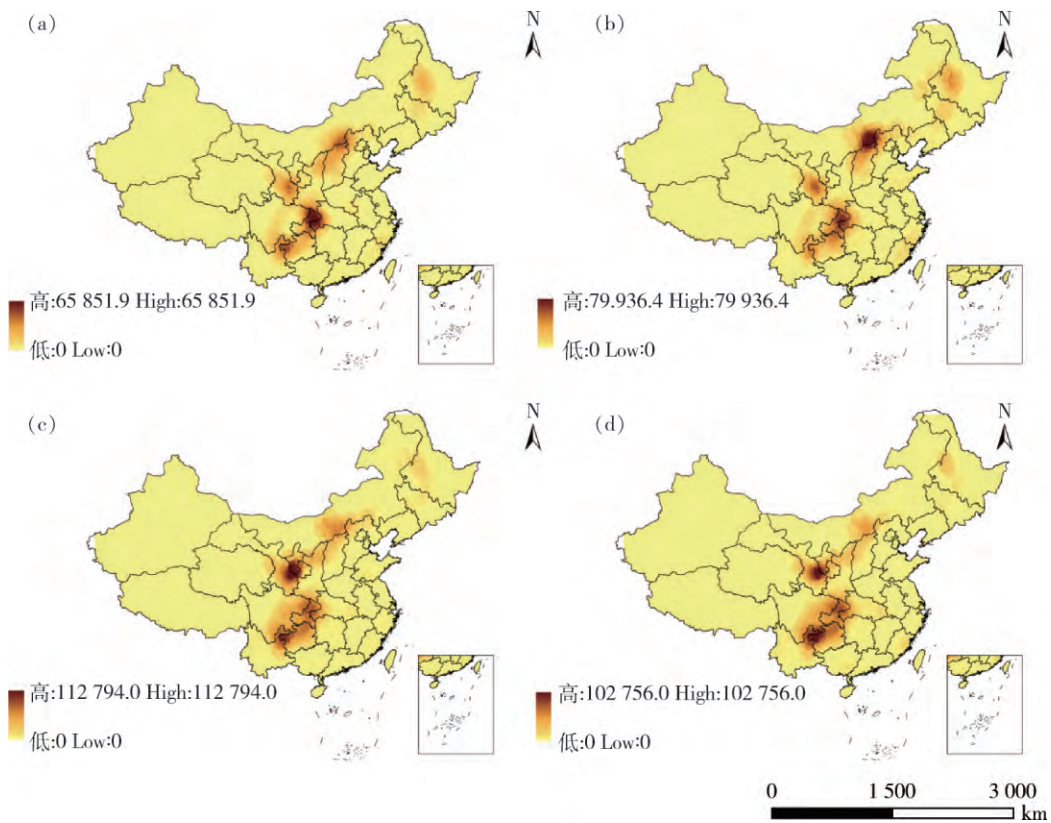


图1 1990(a)、2000(b)、2010(c)和2016(d)年我国县域马铃薯种植核密度分析图

Fig. 1 Nuclear density analysis of potato cultivation in counties of China in 1990 (a), 2000 (b), 2010 (c) and 2016 (d)

南、云东北和贵西北马铃薯种植区域的核密度逐渐增加,蒙中、晋北、冀西北和黑西南逐渐下降。可能的原因是西南一些地区在气候、经济收益、生产技术和政策等方面具有相对优势。西南地区气候温和、水量丰富,马铃薯多分布于高原、丘陵,自然条件适合马铃薯生长<sup>[26]</sup>,一些地区大规模发展冬季马铃薯,冬季马铃薯商品性和卖相普遍较好,具有明显的市场优势<sup>[27-28]</sup>。西南地区马铃薯净利润高于其他粮食作物和油菜等,农户生产积极性高,大面积冬闲田为马铃薯规模种植提供了土地资源。当地推广的免耕覆盖稻草马铃薯栽培技术,简单易行且能够节约成本,农户认可度高。云南、贵州等地区为了脱贫致富相继出台马铃薯产业扶持政策<sup>[29-31]</sup>。东北地区马铃薯的利润远低于水稻,农户生产积极性不高<sup>[31-32]</sup>。西北地区气候冷凉,马铃薯种植气候适宜性较好。近几年华北地区马铃薯连作,土传病害加重发生,加之冬季马铃薯一般2月份上市,调节鲜薯上市时间、增加市场供给同时,对北方一些省份马铃薯销售造成一定冲击。

目前,我国马铃薯种植集中分布在4大热点区

域,分别是以甘肃南部为核心的西北地区,以云贵川渝为核心的西南地区,以内蒙古中部为核心的华北地区和以黑龙江为核心的东北地区,整体由“单核心+外围小中心”向“双核心+外围小中心”演变。西北和西南地区核密度增加,逐渐发展为“核心区”。华北和东北地区核密度逐渐下降。

## 2.3 马铃薯空间自相关分析

### 2.3.1 全局空间自相关分析

以马铃薯县域种植面积数据为基础,运用 Arc GIS 进行全局自相关分析,结果显示(表1):马铃薯种植面积的全局莫兰指数均大于0,且P值为0,

表1 马铃薯种植面积的全局莫兰指数

Table 1 Global Moran index of potato planting area

年份 Year	莫兰指数 Moran index	P 值 P value	Z 值 Z value
1990	0.677 5	0.000 0	59.375 0
2000	0.649 4	0.000 0	59.391 2
2010	0.494 2	0.000 0	43.928 5
2016	0.598 1	0.000 0	52.545 7

结果通过了显著性检验,说明马铃薯种植表现为集聚特征,具有空间正相关关系,即种植规模较大的县相互临近,种植规模较小的县相互临近。同时,莫兰指数从 1990 年的 0.677 5 下降到 2010 年的 0.494 2,2016 年上升到 0.598 1,说明马铃薯种植的空间相关性先减弱后增强,空间集聚程度先降后升。

### 3.3.2 局部空间自相关分析

进一步进行局部空间自相关分析,将马铃薯种植的集聚类型分为高一高、低—低、高一低和低—高等 4 类。从 LISA 集聚图(图 2)来看,1990—2016 年我国马铃薯种植面积变化表现出明显的局部分异,大部分县域落在了高一高、低—低和低—高类型区。

高一高类型区为马铃薯种植热点地区,该类型区内县域内和其相邻县域马铃薯种植面积差异较小,集聚程度都较高。1990 年该类型区分布在 337 个县,包括齐齐哈尔、海拉尔、集宁、包头、呼和浩特、朔州、天水、定西、陇南、重庆、恩施、西昌、昭通、遵义、毕节等地区。2000 年减少至 314 个县,哈尔滨、延安、中卫、甘南等地区分布范围减小,四平、广安、

宝鸡、承德等地区范围扩大。2010 年增至 324 个,绥化、兴安盟、松原、大庆、承德、太原、大同等地区分布范围减少,庆阳、吴忠、自贡、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、黔南等地区范围扩大。2016 年增至 349 个,黑河、锡林郭勒、张家口、忻州、陇南等地区空间分布范围缩小,宝鸡、延安、固原、襄阳、黔西南等地区分布范围扩大。由此可知,该类型分布范围缩减的地区主要分布在我国东北和华北地区,范围扩大的主要分布于西南地区。随着时间的变化,高一高类型区域逐渐由东北和华北向西北和西南地区集聚。

低—低类型区为马铃薯种植冷点地区,县域自身和其相邻县域马铃薯种植集聚程度都较小。1990 年该类型区分布在 542 个县,主要包括山东、江苏、安徽、江西、商丘、周口、杭州、衢州、河源、韶关等地区。2000 年减少到 413 个,东营、烟台、威海、宁波、绍兴、金华、衢州、武汉、黄石等地区分布范围减小,许昌、漯河、信阳等地区分布范围扩大。2010 年增至 478 个,杭州、嘉兴等地区范围缩小,邯郸、济南、东营、德州、聊城、滨州、安阳、鹤壁、新乡、濮阳等地

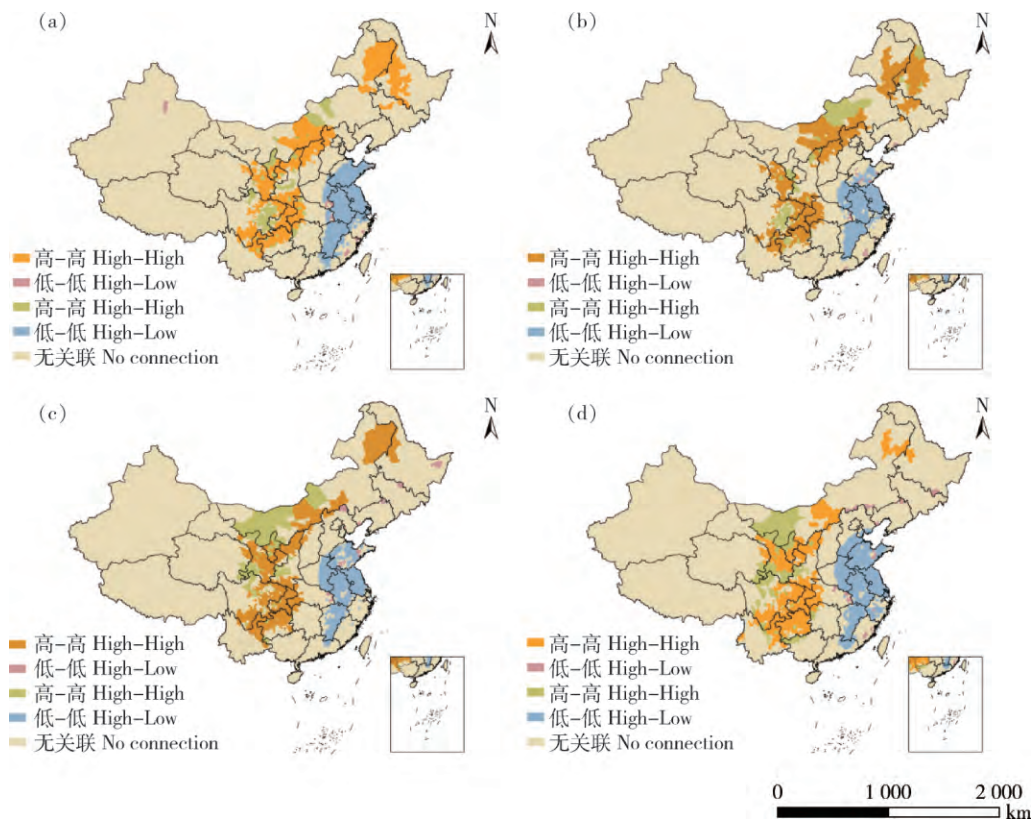


图 2 1990(a)、2000(b)、2010(c)和 2016(d)年我国县域马铃薯种植面积变化 LISA 图

Fig. 2 LISA maps of the change of potato planting area of China in 1990 (a), 2000 (b), 2010 (c) and 2016 (d)

区范围扩大。2016年增至690个,天津、石家庄、唐山、秦皇岛、邢台、保定、沧州、廊坊、衡水、上海、台州、丽水等地区分布范围扩大。该类型区基本分布在华东地区的部分县,呈现继续向东南沿海和华北地区延伸的趋势。

低—高类型区县域自身马铃薯种植集聚程度较低,相邻县域集聚程度较高,形成局域异质“冷点”。1990—2016年该类型区数量由204减少到187个县,西南地区和内蒙古中部的分布范围缩减,西北地区的范围扩大。随着时间的变化,低—高型区域逐渐由分散分布向西北地区集聚,并且呈现向四川中部延伸的趋势。高一低类型区县域自身马铃薯种植集聚程度较高,县域之间种植面积变化空间差异较大,集聚程度较低,形成局域异质“热点”。1990—2016年该类型区的数量从19增加到23个,整体分布比较分散且范围小,基本分布在部分省的边界,在东部省份的分布范围有缓慢增加的趋势。

综上,高一高、低—低集聚区分布范围扩大,低—高集聚区范围缩小。高一高集聚区由相对分散分布逐渐向西北和西南地区集中,低—低集聚区基本分布在华东地区部分县,呈现继续向东南沿海和华北地区延伸的趋势,低—高集聚区逐渐由分散分

布向西北地区集中并且呈现继续向四川中部延伸的趋势。以上分析证明东北和华北地区马铃薯种植的集聚程度逐渐下降,西北和西南地区集聚程度逐渐提高。

### 3 马铃薯区域格局演变的影响因素分析

#### 3.1 分样本回归结果分析

##### 3.1.1 空间分样本回归

通过空间分样本回归,对不同地区马铃薯生产的影响因素进行对比分析。结果显示(表2),2011—2018年,气候指数、用工数量和脱毒种薯应用率对4大地区马铃薯生产均有显著影响。气候指数和用工数量对华北影响最大,影响系数分别为0.2134和1.0239;对西南影响最小,影响系数分别为0.1643和0.7927。脱毒种薯应用率对西南影响最大,对华北影响最小,系数分别为0.0841和0.0931。

地区样本回归结果说明,近几年技术水平、气候和劳动力投入对主产区马铃薯种植区域格局具有显著影响。气候和劳动力投入对华北地区的影响大于其他地区,技术水平对西南地区的影响大于其他地区,但影响程度的区域差异较小。

表2 马铃薯区域格局演变影响因素地区分样本回归结果

Table 2 Factors affecting the evolution of potato regional pattern

地区 Region	气候指数 Climate index	用工数量 No. of employees	脱毒种薯应用率 Application rate of virus-free seed potato	种子费用 Seed cost	化肥费用 Fertilizer cost
华北 North China	0.2134±0.0664***	1.0239±0.4107**	0.0841±0.0300***	0.0302±0.0485	0.0235±0.0408
东北 Northeast China	0.1963±0.0659***	0.9317±0.4066**	0.0850±0.0294***	0.0317±0.0478	0.0217±0.0401
西南 Southwest China	0.1643±0.0687**	0.7927±0.4186**	0.0931±0.0299***	0.0242±0.0483	0.0147±0.0409
西北 Northwest China	0.1843±0.0663***	0.8747±0.4039**	0.0849±0.0291***	0.0307±0.0473	0.0187±0.0397

注: \*、\*\*和\*\*\* 分别表示在10%、5%和1%的水平上差异显著。下同。

Note: Significant levels are: \*  $P < 10\%$ , \*\*  $P < 5\%$ , \*\*\*  $P < 1\%$ . The same below.

### 3.1.2 时间分样本回归

通过时间分样本回归,分析不同时间段马铃薯生产影响因素的变化情况。结果显示(表 3),2011—2014 年和 2015—2018 年气候指数、用工数量、脱毒种薯应用率对马铃薯生产具有显著影响。气候的影响系数从 0.158 1 降至 0.156 8,脱毒种薯应用率的系数从 0.086 2 降至 0.071 3,用工数量的

系数从 1.055 0 增加到 1.063 9,高于其他因素。

时间样本回归结果说明,2011—2018 年技术水平、气候和劳动力投入对马铃薯种植区域格局具有显著影响。气候和技术水平影响程度有所下降,劳动力投入影响程度增加,且高于其他因素,说明劳动力的投入是这段时期马铃薯种植区域格局的重要影响因素。

表 3 马铃薯区域格局演变影响因素时间分样本回归结果  
Table 3 Factors influencing the evolution of potato regional pattern

年份 Year	气候指数 Climate index	用工数量 No. of employees	脱毒种薯应用率 Application rate of virus-free seed potato	种子费用 Seed cost	化肥费用 Fertilizer cost
2011— 2014	0.158 1±0.070 9**	1.055 0±0.431 8*	0.086 2±0.029 7***	0.025 7±0.049 7	0.020 8±0.043 4
2015— 2018	0.156 8±0.068 2**	1.063 9±0.423 4**	0.071 3±0.030 2**	0.013 4±0.048 5	0.011 5±0.040 3

### 3.1.3 空间与时间分样本回归

为了得出综合性结论,再次对华北、东北、西南和西北地区进行时间分样本回归,结果显示(表 4),2011—2014 年和 2015—2018 年气候指数、用工数量、脱毒种薯应用率对各地区马铃薯生产具有显著影响。各地区气候指数的影响系数下降,用工数量的影响系数上升,除华北地区,脱毒种薯应用率影响系数下降。从影响因素区域对比情况来看,气候指数、用工数量和脱毒种薯应用率对各地区马铃薯生产具有显著影响,华北地区气候指数和用工数量的系数大于其他地区,2011—2014 年系数分别为 0.201 8 和 1.286 5,2015—2018 年分别为 0.198 4 和 1.294 9;脱毒种薯应用率对西南的影响大于同时期其他地区,两段时期影响系数分别为 0.092 7 和 0.078 1。

以上说明,近几年气候、劳动力投入和技术水平对我国主产区马铃薯种植区域格局具有显著影响,劳动力投入的影响程度大于其他因素。在时间上,技术水平和气候的影响程度下降,劳动力投入的影响程度上升。在空间上,气候和劳动力投入对华北的影响最大,技术水平对西南的影响最大,但影响程度区域差异较小。

## 4 结论和政策建议

本研究采用空间统计分析方法和县级统计数

据,定量分析了我国 1990—2016 年马铃薯区域格局演变趋势。基于 2011—2018 年 14 个省的面板数据,运用双向固定效应模型分析区域格局演变的影响因素。得出以下结论:1)我国马铃薯种植集中分布在 4 大热点区域,分别是以甘肃南部为核心的西北地区,以云贵川渝为核心的西南地区,以内蒙古中部为核心的华北地区和以黑龙江为核心的东北地区,整体由“单核心+外围小中心”向“双核心+外围小中心”演变。西北和西南地区核密度增加,逐渐发展为“核心区”。华北和东北地区核密度逐渐下降;2)我国马铃薯种植的空间分布表现为显著集聚,集聚程度先减后增,主要表现出高一高、低—高和低—低集聚类型,东北和华北地区马铃薯种植的集聚程度逐渐下降,西北和西南地区集聚程度逐渐提高。高一高集聚区由相对分散分布逐渐向西北和西南地区集中,低—低集聚区基本分布在华东地区,呈现继续向东南沿海和华北地区延伸的趋势,低—高集聚区逐渐由分散分布向西北地区集中并且呈现继续向四川中部延伸的趋势;3)我国马铃薯区域格局演变主要受气候、劳动力投入和技术水平等要素的影响,其中劳动力投入的影响程度最大。短期内各影响因素的影响程度会因时间和空间的差异而有所不同,但差异较小。

基于以上研究结论,本研究提出以下政策建议:

表4 马铃薯区域格局演变影响因素时空结合分样本回归结果  
Table 4 Factors affecting the evolution of potato regional pattern

地区 Region	年份 Year	气候指数 Climate index	用工数量 No. of employees	脱毒种薯应用率 Application rate of virus-free seed potato	种子费用 Seed cost	化肥费用 Fertilizer cost
华北	2011—2014	0.201 8±0.068 7 ***	1.286 5±0.426 0 ***	0.084 1±0.030 0 ***	0.023 0±0.049 8	0.030 5±0.043 8
North China	2015—2018	0.198 4±0.066 3 ***	1.294 9±0.417 9 ***	0.069 4±0.030 5 **	0.012 9±0.048 7	0.019 0±0.040 7
东北	2011—2014	0.184 3±0.068 2 ***	1.196 1±0.421 9 ***	0.084 9±0.029 5 ***	0.025 2±0.049 1	0.027 7±0.043 0
Northeast China	2015—2018	0.181 8±0.065 8 ***	1.204 7±0.413 8 ***	0.070 2±0.029 9 **	0.014 5±0.047 9	0.017 1±0.040 0
西南	2011—2014	0.152 3±0.071 3 **	1.060 9±0.434 6 **	0.092 7±0.030 0 ***	0.018 8±0.049 7	0.019 6±0.044 0
Southwest China	2015—2018	0.151 1±0.068 7 **	1.069 4±0.426 8 **	0.078 1±0.030 5 **	0.006 9±0.048 5	0.010 2±0.040 8
西北	2011—2014	0.172 0±0.068 7 **	1.140 3±0.418 8 ***	0.084 7±0.029 2 ***	0.024 9±0.048 5	0.023 9±0.042 6
Northwest China	2015—2018	0.170 0±0.066 1 **	1.148 7±0.410 7 ***	0.069 9±0.029 6 **	0.013 4±0.047 4	0.013 9±0.039 5



1)制定全国马铃薯综合区划方案,为优化空间布局提供参考;2)大范围推广脱毒种薯、提升马铃薯种植技术水平有助于提高马铃薯产量和质量;3)建议实施良种和机械等补贴。目前马铃薯产业已经成为部分地区脱贫增收的支柱产业,但相比三大主粮,政策支持力度小,政策的支持有利于调动生产积极性,促进马铃薯产业发展;4)加快建设马铃薯大数据平台,实时传递价格和市场供求信息,以合理调控马铃薯生产规模、规避市场风险和保证薯农收益。

## 参考文献 References

- [1] 屈冬玉, 谢开云, 金黎平, 庞万福, 卞春松, 段绍光. 中国马铃薯产业发展与粮食安全[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 358-362  
Qu D Y, Xie K Y, Jin L P, Pang W F, Bian C S, Duan S G. Development of Chinese potato industry and food safety[J]. *Chinese Agricultural Science*, 2005, 38(2): 358-362 (in Chinese)
- [2] 谢开云, 屈冬玉, 金黎平, 庞万福. 中国马铃薯生产与世界先进国家的比较[J]. 世界农业, 2008(5): 35-38, 41  
Xie K Y, Qu D Y, Jin L P, Pang W F. Comparison of Chinese potato production and advanced countries in the world[J]. *World Agriculture*, 2008(5): 35-38, 41 (in Chinese)
- [3] 罗其友, 刘洋, 高明杰, 易晓峰. 中国马铃薯产业现状与前景[J]. 农业展望, 2015, 11(3): 35-40  
Luo Q Y, Liu Y, Gao M J, Yi X F. Current situation and prospects of China's potato industry [J]. *Agricultural Outlook*, 2015, 11(3): 35-40 (in Chinese)
- [4] 金黎平. 我国马铃薯产业发展现状和展望[C]//2013年马铃薯大会论文集. 重庆:中国作物学会马铃薯专业委员会, 2013: 20-30  
Jin L P. Current status and prospects of the potato industry in my country [C]. In: *Proceedings of the 2013 Potato Conference*. Chongqing: Potato Special Committee of the Chinese Crop Society, 2013: 20-30 (in Chinese)
- [5] 钟鑫, 蒋和平, 张志明. 我国马铃薯主产区比较优势及发展趋势研究[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(2): 1-8  
Zhong X, Jiang H P, Zhang Z M. Study on comparative advantages and development trends of my country's major potato production areas[J]. *China Agricultural Science and Technology Herald*, 2016, 18(2): 1-8 (in Chinese)
- [6] 罗善军, 何英彬, 罗其友, 蔡为民, 王卓卓, 段丁丁. 中国马铃薯生产区域比较优势及其影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(5): 137-144  
Luo S J, He Y B, Luo Q Y, Cai W M, Wang Z Z, Duan D D. Analysis of comparative advantages and influencing factors of potato production regions in China[J]. *China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(5): 137-144 (in Chinese)
- [7] 李勤志, 冯中朝. 我国马铃薯生产的区域优势分析及对策建议[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(9): 4301-4302, 4341  
Li Q Z, Feng Z C. Analysis of the regional advantages of potato production in my country and countermeasures and suggestions[J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(9): 4301-4302, 4341 (in Chinese)
- [8] 关佳晨, 蔡海龙. 我国马铃薯生产格局变化特征及原因分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(3): 92-100  
Guan J C, Cai H L. Analysis of the characteristics and causes of the changes in potato production pattern in my country[J]. *China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(3): 92-100 (in Chinese)
- [9] 吕超, 耿献辉, 张荣敏. 中国马铃薯种植的时空布局演化研究[J]. 统计与决策, 2017(18): 136-140  
Lv C, Geng X H, Zhang R M. Study on the evolution of space-time layout of potato cultivation in China[J]. *Statistics and Decision*, 2017(18): 136-140 (in Chinese)
- [10] 杨亚东, 胡韵菲, 栗欣如, 马力阳, 王道龙, 罗其友. 中国马铃薯种植空间格局演变及其驱动因素分析[J]. 农业技术经济, 2017(8): 39-47  
Yang Y D, Hu Y F, Li X R, Ma L Y, Wang D L, Luo Q Y. Analysis of the evolution of China's potato planting spatial pattern and its driving factors[J]. *Agricultural Technology and Economics*, 2017(8): 39-47 (in Chinese)
- [11] 方超. 中国马铃薯生产空间布局变迁及影响因素分析[D]. 合肥:安徽农业大学, 2017  
Fang C. Analysis of the changes in China's potato production space layout and influencing factors [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [12] 吕超, 孙国锋. 中国马铃薯生产区域布局的时空特征与驱动机制研究:基于主产区的面板数据的分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(6): 34-41  
Lv C, Sun G F. A study on the temporal and spatial characteristics and driving mechanism of the regional distribution of potato production in China: Analysis based on panel data of main production areas[J]. *China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(6): 34-41 (in Chinese)
- [13] 杨亚东, 罗其友, 王道龙, 刘洋, 伦闰琪. 中国马铃薯区域分布影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(2): 76-81  
Yang Y D, Luo Q Y, Wang D L, Liu Y, Lun R Q. Analysis of factors influencing the regional distribution of Chinese potatoes [J]. *China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(2): 76-81 (in Chinese)
- [14] 刘合光, 谢思娜. 中国马铃薯生产区域格局变化及其成因实证分析:基于1995—2010年省份面板数据[J]. 农业经济与管理, 2013(1): 72-78  
Liu H G, Xie S N. Empirical analysis of regional pattern changes and causes of potato production in China: Based on

- provincial panel data from 1995 to 2010 [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2013(1): 72-78 (in Chinese)
- [15] 国家发展和改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2012—2019  
Price Division of National Development and Reform Commission. Compilation of national agricultural product cost benefit data [Z]. Beijing: China Statistics Press, 2012—2019
- [16] Silverman B W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*[M]. London: Chapman & Hall, 1986: 76
- [17] 冉钊, 周国华, 吴佳敏, 唐承丽, 袁增光. 基于 POI 数据的长沙市生活性服务业空间格局研究[J]. *世界地理研究*, 2019, 28(3): 163-172  
Ran Z, Zhou G H, Wu J M, Tang C L, Yuan Z G. Research on the spatial pattern of living service industry in Changsha City based on POI data[J]. *World Geography Research*, 2019, 28(3): 163-172 (in Chinese)
- [18] 任平, 吴涛, 周介铭. 基于 GIS 和空间自相关模型的耕地空间分布格局及变化特征分析: 以成都市龙泉驿区为例[J]. *中国生态农业学报*, 2016, 24(3): 325-334  
Ren P, Wu T, Zhou J M. Analysis of the spatial distribution pattern and change characteristics of cultivated land based on GIS and spatial auto-correlation model: Taking Longquanyi district in Chengdu as an example[J]. *Chinese Journal of Ecological Agriculture*, 2016, 24(3): 325 (in Chinese)
- [19] Moran P. The interpretation on statistical maps[J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1948(2): 243-51
- [20] Cliff A, Ord J. *Spatial Processes: Models and Applications* [M]. London: Pion, 1981
- [21] 徐瑾, 潘俊宇. 交通基础设施促进经济增长的时空差异与机制分析: 基于双向固定效应模型的研究[J]. *经济问题探索*, 2019(12): 29-42  
Xu J, Pan J Y. Analysis of the spatio-temporal differences and mechanisms of transportation infrastructure promoting economic growth: Research based on two-way fixed effect model[J]. *Exploration of Economic Problems*, 2019(12): 29-42 (in Chinese)
- [22] 陈强. 高级计量经济学及 Stata 应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010  
Chen Q. *Advanced Econometrics and Stata Application*[M]. Beijing: Higher Education Press, 2010 (in Chinese)
- [23] 唐建昭, 肖登攀, 王靖, 郭馨泽. 河北坝上地区马铃薯产量变异的气候决定因子分析[J]. *干旱地区农业研究*, 2019, 37(6): 248-255  
Tang J Z, Xiao D P, Wang J, Guo X Z. Climatic determinants of potato yield variability in Bashang area, Hebei [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2019, 37(6): 248-255 (in Chinese)
- [24] 宋学锋, 侯琼. 气候条件对马铃薯产量的影响[J]. *中国农业气象*, 2003(2): 36-39  
Song X F, Hou Q. The influence of climatic conditions on potato yield[J]. *Chinese Agricultural Meteorology*, 2003(2): 36-39 (in Chinese)
- [25] 淳于永健. 黑龙江省马铃薯产量变化及影响因素分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018  
Chun Y Y J. Analysis of potato yield changes and influencing factors in Heilongjiang Province [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018 (in Chinese)
- [26] 周磊, 马改艳, 彭婵娟, 徐学荣. 中国马铃薯生产风险区划实证研究: 基于 19 个马铃薯主产省的数据[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(32): 193-199  
Zhou L, Ma G Y, Peng C J, Xu X R. Empirical research on the risk division of potato production in China: based on the data of 19 major potato producing provinces [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, 32(32): 193-199 (in Chinese)
- [27] 徐勇, 李华, 朱春梅. 四川马铃薯产业形势分析及展望[J]. *农村经济*, 2013(2): 64-66  
Xun Y, Li H, Zhu C M. Analysis and prospect of the situation of Sichuan potato industry[J]. *Rural Economy*, 2013(2): 64-66 (in Chinese)
- [28] 孙东升, 刘合光. 近期国内马铃薯市场形势分析与展望[J]. *农业展望*, 2008(11): 6-8  
Sun D S, Liu H G. Recent analysis and outlook of the domestic potato market situation [J]. *Agricultural Outlook*, 2008(11): 6-8 (in Chinese)
- [29] 黄尧先, 马浪浪, 陈黎. 毕节市马铃薯产业发展形势及对策[J]. *农业展望*, 2015, 11(4): 41-44  
Huang Y X, Ma L L, Chen L. Development situation and countermeasures of potato industry in Bijie City [J]. *Agricultural Outlook*, 2015, 11(4): 41-44 (in Chinese)
- [30] 陈良正, 彭子芸, 李丹桐, 李学林. 对云南省粮食安全综合示范区建设的研究和建议[J]. *经济问题探索*, 2007(7): 153-158  
Chen L Z, Peng Z Y, Li D T, Li X L. Research and suggestions on the construction of comprehensive demonstration area of food security in Yunnan Province [J]. *Exploration of Economic Problems*, 2007(7): 153-158 (in Chinese)
- [31] 杨亚东. 中国马铃薯种植空间格局演变机制研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018  
Yang Y D. Study on the evolution mechanism of the spatial pattern of potato cultivation in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018 (in Chinese)
- [32] 米健, 罗其友, 高明杰. 南方冬作区马铃薯发展趋势、区域格局与增产潜力[J]. *中国农业资源与区划*, 2012, 33(3): 73-79  
Mi J, Luo Q Y, Gao M J. Potato development trend, regional pattern and yield increasing potential in southern winter crop region [J]. *China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2012, 33(3): 73-79 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东