

doi:10.11937/bfyy.20180784

我国食用菌生产布局变迁及影响因素分析

赵祖松颖, 郑志安, 王 姣, 张 平

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘 要:我国是世界上最大的食用菌生产国,在近年来的发展中,我国的食用菌生产空间布局也进行着改变。基于2003—2015年我国各地区(省、市、区)的面板数据,运用区域重心分析法描绘并分析了我国食用菌生产空间的变迁轨迹,而后利用空间计量经济模型对影响食用菌生产转移的因素进行了模型估计。结果表明:食用菌生产的空间布局从我国中、东部地区向东北地区转移的迹象较为明显,而食用菌的生产整体呈现空间正向效应,即某一地区的食用菌生产会受到周边地区的正向影响。在所引入的变量中,木竹材产量占比、第一产业从业人员数量占比、农村居民人均纯收入对食用菌的生产集中度呈正相关,城镇居民人均可支配收入对其呈负相关。

关键词:食用菌;空间布局;区域重心分析法;空间计量经济模型

中图分类号:F 329.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)20-0174-11

中国是世界上认识和利用食用菌最具历史的国家,也是最大的食用菌生产国和消费国^[1]。据联合国粮农组织和联合国商品贸易统计数据库统计,自2003年起,中国的食用菌产量一直占世界的60%以上,在近14年里,中国食用菌在国际市场的占比一直在25%小幅波动。在中国经济持续发展的今天,食用菌产值从2001年至今一直保持约占0.35%的GDP,成为了一个与GDP同时增长的产业。食用菌产业具有强力的产业链扩张性、生产地理特性及劳动密集型特性^[2],是有效解决“三农”问题的创造性新产业,也是生物领域、医

药领域、保健与功能性食品领域的重要组成部分。生产是众多农业产业的核心部分,食用菌的生产由于种种因素呈现出了一定的空间特征规律,因此,研究食用菌生产空间转移及其转移的影响因素,把握并尊重生产区域的变迁规律,对于合理的利用和配置生产资源,制定更有效的农村发展政策并促进区域的发展和行业的进步,具有深远的意义。

文献研究表明,国内学者对于食用菌生产空间转移的研究多处于与食用菌直接相关的原始数据层面,例如吴素蕊等^[3]对5年内我国食用菌生产大省的产量、品种的变化研究发现,我国食用菌存在分布不平衡的问题;张平等^[4]对各地区食用菌产量变化进行统计,认为我国食用菌生产地区发展差异明显;张金霞等^[1]在对全球的食用菌生产进行研究后,认为我国食用菌生产目前呈现出“南菇北扩”的趋势,这一现象的主要原因与沿海地区的生产成本及北方地区的气候有关;程琳琳等^[5]针对香菇和平菇2个品种,使用地理软件ArcGIS和GeoDa对2001—2013年的数据进行了分析,利用Moran's I指数进行了空间相关性的判断,从定量分析层面证实了“南菇北移”的现

第一作者简介:赵祖松颖(1991-),男,贵州六盘水人,博士研究生,研究方向为农业系统工程。E-mail:zzsy@cau.edu.cn.

责任作者:郑志安(1965-),男,吉林扶余人,博士,副教授,博士生导师,现主要从事中药材生产机械化工程与农业系统工程等研究工作。E-mail:zhengza@cau.edu.cn.

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-21);湖北裕国股份食用菌产业发展战略规划资助项目;中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2012QTT007)。

收稿日期:2018-04-27

象不仅存在且明显。

但是,关于食用菌生产布局问题的研究大多止步于描述性分析层面,对于具体的趋势、方向和引起转移的因素研究目前是相对缺乏的。该研究主要利用区域重心分析和空间计量经济学的手段,采用 2003—2015 年全国各地区的面板数据,更为直观的描述这 13 年里的食用菌生产重心变化轨迹,同时定量的判断影响食用菌生产转移的相关因素,分析食用菌生产空间转移现象的成因,探索其对行业、区域发展带来的启示。

1 我国食用菌生产空间布局的变迁

1.1 生产空间的区域变迁

2003—2015 年,我国食用菌产量从 1 041.8 万 t 增至 3 471.1 万 t,每年平均增加速率 12%,增幅十分明显。然而,在全国范围内,各地区的食用菌产量占全国产量的比重也相应改变,如图 1 所示,2003—2015 年,福建、江苏等东部地区生产的食用菌在全国产量中的比例下降,而东北地区呈上升趋势。

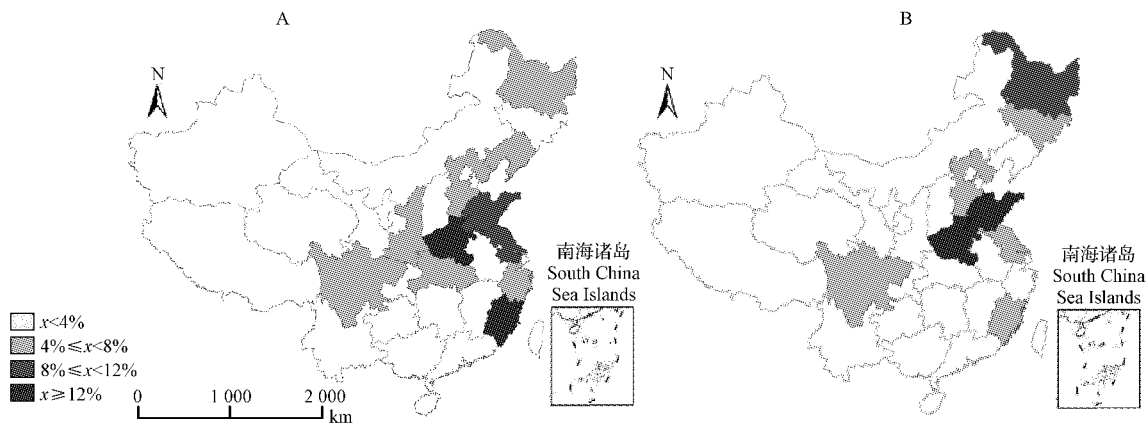


图 1 2003 年(A)与 2015 年(B)我国各地区食用菌产量占比变化(不含海南省与港澳台)

Fig. 1 Change of edible fungus production proportion of each area in 2003 (A) and 2015 (B) (exclusive of Hainan, Hong Kong, Macao and Taiwan)

从区域上来说,如图 2 所示,华东地区(山东、江苏、安徽、浙江、福建、上海)在全国食用菌生产的占比从 41.7%下降至 31.4%,华中地区(湖北、

湖南、河南、江西)也下降了约 4 个百分点,西北地区(宁夏、新疆、青海、陕西、甘肃)虽然也有所下降,但总体不大;与之对应的是,东北地区(辽宁、

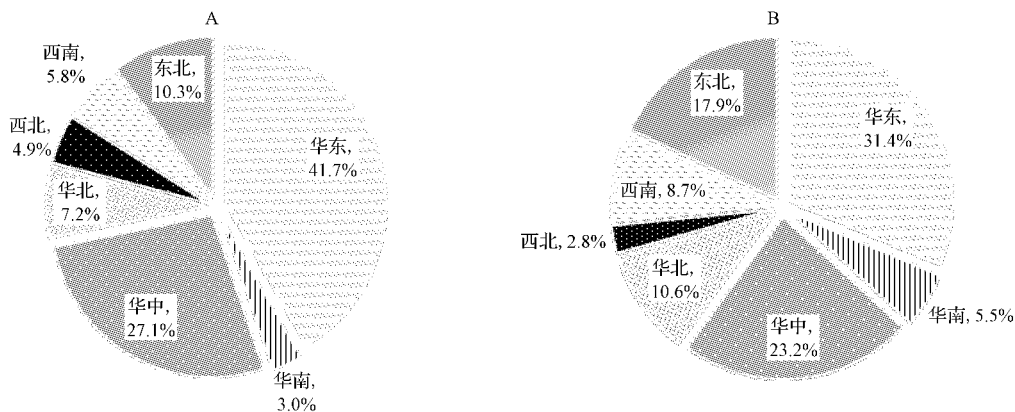


图 2 2003 年(A)和 2015 年(B)我国各区域食用菌产量占比

Fig. 2 Proportion about China's edible fungus production of each area in 2003 (A) and 2015 (B)

吉林、黑龙江)在全国的占比上升了7.6个百分点,以广东、广西构成的华南地区(海南产量较少,并未统计)的占比在13年里增加了1倍,西南地区(四川、云南、贵州、西藏、重庆)的占比也有小幅度增加。总体来说,作为食用菌生产老区的中、东部地区产量占比已经下降,而东北地区在全国食用菌生产中的地位却越发的突显出来,这也从另一个方面说明了我国食用菌生产“南菇北移”的趋势。

1.2 省际差异与典型变迁类型

由于我国各地区的生产环境在自然条件和社会条件上具有差异性,各地区的食用菌生产无论是从产量上还是从规模上均有所差别,故而该研究选择了生产的绝对数量和相对数量变化来体现

各地区的变化,绝对数量以产量的变化来体现,相对数量用该地区的生产集中度进行表示。其中,生产集中度由经济学中的行业集中度(concentration ratio)演变而来,表示某行业的相关市场内前N家最大的企业所占市场份额,该研究所用的生产集中度指某地区的产量占全国产量的比重,从而衡量该地区的食用菌生产对全国的贡献度^[6],同时也反映某个地区的空间转移状况。若该地区的产业集中度降低,说明食用菌的生产正逐渐离开该区域而向其他区域进行移动,若升高则说明食用菌的生产向着该地区移动^[7]。通过归纳分析,依照各地区食用菌的产业集中度变化趋势,大致可将全国食用菌的生产变化概括为以下4种类型(图3)。

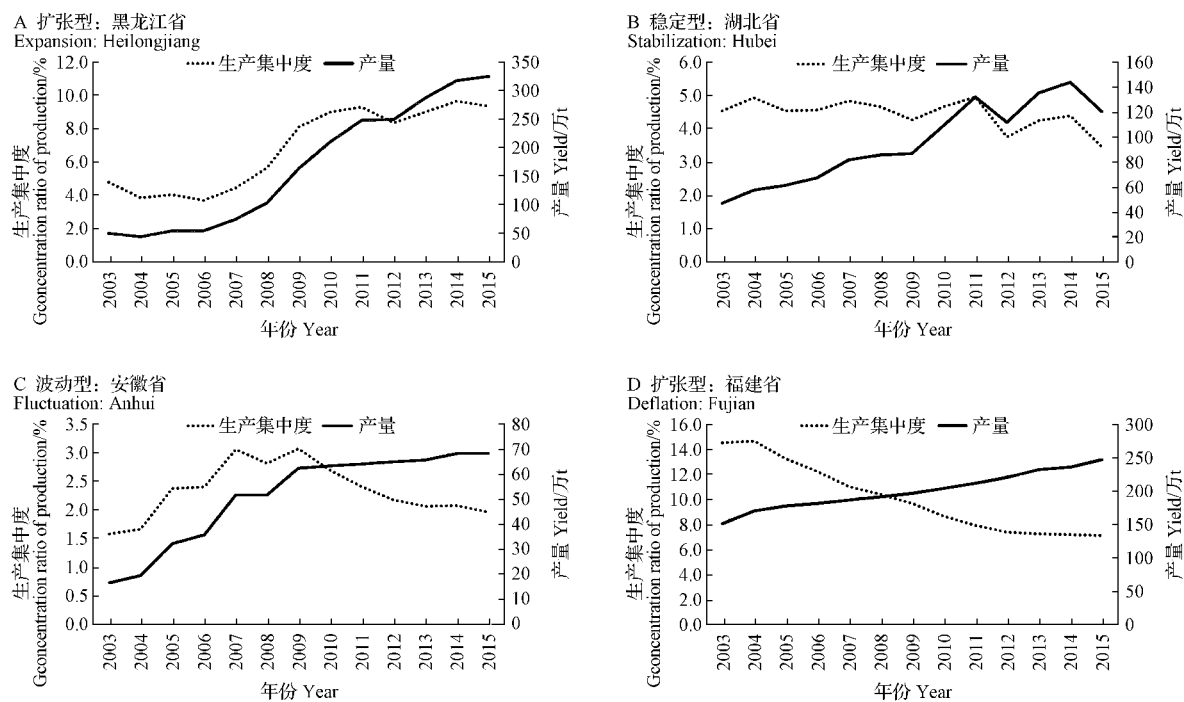


图3 我国典型地区食用菌产量和生产集中度变化趋势

Fig. 3 Edible fungus production and concentration ratio of production trends of typical provinces in China

图3A为黑龙江省的食用菌产量和生产集中度变化,从2003年起,黑龙江省的食用菌产量开始小幅度递增,到了2008年开始急剧上升,而黑龙江的食用菌产量在全国的占比虽然在前几年有小幅度下降,但总体上处于上升趋势,13年间从4.8%增长到9.3%,是扩张型的代表,也反映了我国东北地区的食用菌生产趋势;图3B所示的

湖北省是我国传统的食用菌生产地,由于独特的气候条件和地理环境,湖北省在香菇等大宗型食用菌上具有一定的道地特征,而在食用菌的生产上,虽然产量的上升较为明显,但是生产集中度却趋于平稳,或许是受到了无法替代的区域条件和地理特征影响,使得湖北省在全国的生产地位没有明显的变化;图3C所示的安徽省虽然在产量

上也和其他地区一样不断上升,但生产集中度却在波动中呈现倒 U 型趋势,这很有可能是当地对食用菌产业的认识不足,盲目的进入和退出食用菌生产造成的^[8];图 3D 的福建省是我国食用菌生产的老区代表,近年来的产量也在平稳的上升中,福建省目前虽然在全国的食用菌产量中仍占有重要地位,但是占比却已从 2003 年的 15% 下降到了 2015 年的 7%,这也是许多东南沿海地区的趋势,说明了食用菌的生产中心逐渐的离开了原有的区域,向着其它方向进行了转移。

1.3 生产重心变迁轨迹与分析

为更为清晰的表述我国食用菌生产的转移方向,揭示我国食用菌生产变迁的具体过程及数量关系,该研究采用了区域重心分析法^[9],将全国范围内每一年的重心用经纬度坐标表示出来,并计算出转移的方向和距离,从而反映全国整体范围内的重心转移状况。以下将对生产重心和具体计算过程做出解释。

食用菌的全国生产重心,指某一时期各个地区的食用菌生产规模(以产量表示)分布在地理范围内,使力矩达到平衡的点,其本质是用地理重心的变化来反映整体生产的迁移,因而任何一个地区的食用菌产量变化都会引起重心的迁移。当生产重心朝着某个方向移动时,说明整体上的生产向着该方向进行了转移,也说明该方向上食用菌的产量增长较快,产量在全国中的占比也就更大,而重心的移动速度(距离/年)则反映该方向上生产集中度增加的强度。该研究采用的生产重心计算公式如下:

经度计算公式为:

$$\bar{L}_t = \frac{\sum_{i=1}^N M_i L_i}{\sum_{i=1}^N M_i} \quad (1),$$

纬度计算公式为:

$$\bar{B}_t = \frac{\sum_{i=1}^N M_i B_i}{\sum_{i=1}^N M_i} \quad (2).$$

(1)和(2)式中, \bar{L}_t 、 \bar{B}_t 分别表示第 t 年食用菌生产重心所在地理位置的经度值和纬度值; L_i 、 B_i 表示第 i 个地区的省会所在地经纬度值; M_i 表示第 i 个地区第 t 年的食用菌产量; N 为总的地区数量(该研究中 N 为 30,港、澳、台、海南省除外)。

若需要在计算出各年重心的经纬度基础上计算转移的距离,则增加以下生产重心移动距离公式:

$$D = E \times [(\bar{L}_s - \bar{L}_q)^2 + (\bar{B}_s - \bar{B}_q)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3).$$

式中: D 表示食用菌生产重心之间的移动距离; E 为地理经纬坐标换算实际距离的常数值,取 111.111 km^[10]; \bar{L}_s 、 \bar{L}_q 、 \bar{B}_s 、 \bar{B}_q 分别为第 s 年、第 q 年食用菌的生产重心经纬度值(由(1)、(2)式计算出)。

该研究计算了从 2003—2015 年各年食用菌生产重心所处的经纬度值,并给出了对应的移动方向和距离,在移动速度上,移动距离数值等于移动速度的数值(km·年⁻¹)。计算结果如表 1 所示。

表 1 2003—2015 我国食用菌生产重心移动方向与距离

Table 1 Migration direction and distance of edible fungus production gravity centre in China from 2003 to 2015

年份 Year	重心坐标 Gravity center coordinates		重心移动 Gravity center migration	
	经度 Longitude/(°)	纬度 Latitude/(°)	方向 Direction	距离 Distance/km
2003	116.14	33.02		
2004	116.12	33.00	西南	2.32
2005	116.02	32.89	西南	17.66
2006	115.88	32.83	西南	16.29
2007	115.84	33.04	西北	23.88
2008	116.22	33.32	东北	52.74
2009	116.58	33.82	东北	68.18
2010	116.69	34.14	东北	37.44
2011	116.80	34.39	东北	30.37
2012	116.40	34.28	西南	45.85
2013	116.36	34.22	西南	8.25
2014	116.23	34.29	西北	16.41
2015	116.18	34.49	西北	22.91

为更直观的表达生产空间的转移状况,依照表 1 给出的经纬度坐标和移动距离,绘制了这 13 年内我国食用菌生产重心的迁移轨迹(图 4)。

由表 1 和图 4 可发现,我国食用菌生产重心的处于东经 115.8°~116.8°,北纬 32.8°~34.5°,从 2003—2015 年食用菌生产重心所在地理位置先由安徽省阜阳市转移到安徽省淮北市,而后转移至河南省与安徽省北部的交界处,总体变化较为明显,依照重心转移的方向和幅度,可以分为 3 个阶段:

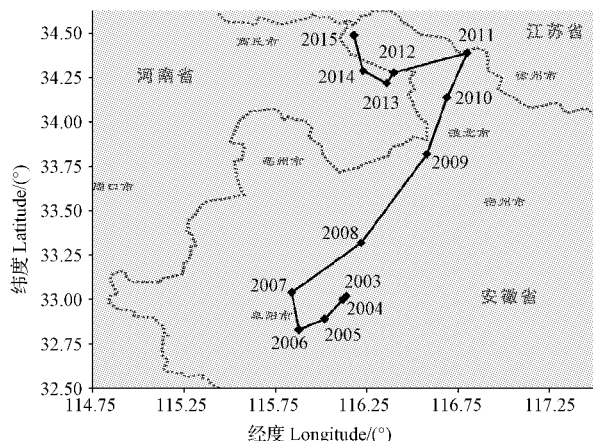


图4 2003—2015年我国食用菌生产重心的变迁轨迹

Fig. 4 Movement track of edible fungus production gravity centre in China from 2003 to 2015

1)2003—2007年向西部地区小幅度转移阶段。我国食用菌的生产重心在2003年和2004年并未有明显变化,但是从2004年后向着西南地区进行了小幅度的转移,转移距离分别为17.7 km和16.3 km,而在2006—2007年又向西北方向进行了32.9 km的转移。但总体来看,这4年间的转移幅度均较小,重心地理位置在阜阳市附近,拥有的共同特点是均朝着西部进行了一定量的偏移,这说明了我国2003—2007年各区域食用菌生产的平衡性并未被打破。

2)2007—2011年向东北部大幅度转移阶段。从2007年起,生产中心大幅度的向着我国东北地区进行转移,其最大转移速度为 $68.2 \text{ km} \cdot \text{年}^{-1}$,最小的速度也达到了 $30.4 \text{ km} \cdot \text{年}^{-1}$,该阶段最终重心处于淮北市附近,这使得之前向西部地区转移的趋势相形见绌,也说明了这段时间内我国东北方向食用菌发展的突飞猛进。

3)2011—2015年向再次西部地区进行转移阶段。在进行大幅度的东北方向转移后,食用菌生产的重心又朝着西部进行了转移,在2015年到达安徽省北部边缘。但从转移距离来看,这种转移更像是在向东北跨步式移动后的微调,也是我国西部地区开始重视和发展食用菌生产的结果。

2 空间计量经济模型与指标设置

在对食用菌生产空间转移的轨迹进行解释后,为进一步的对食用菌生产空间转移进行研究,

找出转移的影响因素,为进行食用菌生产的空间合理布局提供参考,该研究采用将地理研究与计量经济学结合起来的时空计量经济方法,采用各地区各年形成的面板数据进行分析,探索影响食用菌生产转移的因素。在模型实证方面,可分为2个步骤:第一,使用Moran's I指数对食用菌生产布局进行空间相关性检验,以确定是否存在空间效应;第二,采用空间滞后面板模型(SAR-Panel)和空间误差面板模型(SEM-Panel)进行分析,证实影响因素及程度。

2.1 理论模型

空间计量经济学将邻近空间相互影响的概念与计量经济概念进行结合,可以用来处理截面数据和面板数据回归模型中存在的空间相关性和异质性^[11]。空间计量经济学的理念认为,相邻地区之间存在着相互的影响,当某一地区的经济特征发生变化时,会影响邻近地区的相应特征,而传统的计量经济学一般是忽略这一点的。根据这一基本假设,该研究首先引入检验空间相关性程度的Moran's I指数来度量空间的相关性^[12]。其中全局Moran's I指数可以检验整个区域中邻近地区之间的正负相关或独立性,是最早也是最常用的全局聚类检验的方法,其计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (4)$$

式中: $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$; $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$; Y_i 和 Y_j 分别表示第*i*和第*j*地区的产量,*n*为地区总数; w_{ij} 为空间权重矩阵,设置标准如下:

$$w_{ij} = w_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{当区域 } i \text{ 和区域 } j \text{ 相邻时} \\ 0, & \text{当区域 } i \text{ 和区域 } j \text{ 不相邻时} \end{cases} \quad (5)$$

通过公式(4)、(5)的计算,其*I*的取值范围应为 $[-1, 1]$;若 $I > 0$ 表示正相关,接近1时表示具有相似属性的值高程度的聚集在一起;若 $I < 0$ 表示负相关,接近-1时表示具有相异属性的聚集在一起;若*I*接近0,则表示不存在空间相关性。

若计算后的Moran's I指数不等于0且显著,则可以判定存在空间相关性,从而可采取空间计量模型进行估计。一般来说,空间滞后模型(SAR)和空间误差模型(SEM)是针对截面数据

处理的,而针对该研究所采用的面板数据,则需要用到其衍生出的空间面板滞后模型(SAR-Panel)和空间误差面板模型(SEM-Panel),形式如下^[13-14]:

空间滞后面板模型(SAR-Panel):

$$y_{it} = \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} y_{jt} + X_{it} \beta + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (6)$$

空间误差面板模型(SEM-Panel):

$$y_{it} = X_{it} \beta + \mu_i + \lambda \sum_{j=1}^N W_{ij} \Phi_{jt} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

式(6)与(7)中, y 为被解释变量; X 为解释变量; N 为地区个数; ρ 为空间自回归系数; W 为地理权重矩阵; β 为变量系数; ϵ 和 Φ 均为误差项; λ 为空间自相关系数; μ 为截距项。

通常来说,空间计量模型由于解释变量的内生性,一般不采用具有有偏性的最小二乘法(OLS)进行估计,因此该研究的估计将采用最大似然法(ML)^[15]。

2.2 变量设置与数据来源

食用菌生产由于属于农业生产的一种类型,而又有区别于一般农业生产,在受到资源、劳动力、投入等方面的内生因素影响外,还被不同地区的社会因素和市场所影响着。因此该研究结合农业生产和生产力经济学的有关理论,从资源、社会、生产、消费4个角度选取了以下8个变量作为影响食用菌生产空间转移的影响因素,其设置依据及对变量的处理如下。

2.2.1 资源因素

土地是一般农作物生产的基础,但食用菌与大多数作物的区别在于食用菌利用的是生物转化,即从其它植物汲取木质素等营养,将其转化为自身生产所需物质,这也使得食用菌产业成为了资源密集型产业^[16]。其它农作物的产量一般会随着土地面积的增减而变化,而食用菌由于在生产过程中能够利用搭架的方式进行垂直分布式的生产,因此对生产所用土地的规模并没有太大要求,故在选择资源类变量时排除选取耕地面积作为农业生产影响因素的一般做法。此外,食用菌虽然可以分为木腐菌和草腐菌,但在我国木腐菌占据了绝对的比例,也就是说我国食用菌的生产依赖更多的是木本植物而不是草本植物,因而在选取资源类时主要考虑的是木本植物的因素。综上,该研究从《中国林业统计年鉴》、各地区统计年

鉴中提取了各地区木材、竹材的产量作为资源变量的代表。

2.2.2 社会因素

由于目前大多数食用菌生产过程中的机械化程度低^[17],使得许多工作都需要人工进行完成,这使得食用菌产业不仅是资源密集型,也是劳动密集型,因而农村劳动力是否充裕成为了该地区是否能够发展食用菌生产的因素。该研究参照其它农业生产影响因素的变量选择方法,选取了各地区的第一产业从业人员数量作为其中一个变量,数据来源于《中国统计年鉴》《新中国六十年统计资料汇编》及各省统计年鉴(部分地区来源于地区经济年鉴)。

农业生产相对于非农产业存在盈利空间小的特点,加之非农产业的高报酬特征,会使得食用菌生产的机会成本不断增加,因而非农就业机会多的地方会有更多的农业劳动力转向非农产业,从而对农业生产产生负面影响^[18-20]。食用菌的生产也属于农业生产的一种,故选择各地区的非农就业机会作为变量之一。其计算方法为:“非农就业机会”=“非农就业人员”/“乡村从业人数”,“非农就业人员”=“乡村从业人数”-“农林牧渔从业人数”^[9]。各地区乡村从业人数与农林牧渔从业人数数据来源于国家统计局。

同时,地区经济的发展和产业结构的变化会使得农户的生产习惯发生变化,从而引起生产规模的变化,一般来说经济发展较好的地方农业的生产积极性均不高,而经济发展的最直观指标为GDP。但食用菌的生产多位于农村地区,其生产主体为农村居民,因此用“农村居民人均纯收入水平”代替通常所使用的“地区GDP水平”能够更好的表征农村地区经济的发展^[21],其数据来源于国家统计局。

2.2.3 生产因素

食用菌相对于其它农业生产的前期投入更大^[22],这主要是由食用菌的生产过程特殊性所决定的。从接种到收获,食用菌首先需要菇棚作为掩体,这使得生产性的建筑固定资产投资增加;在进行种植的基质处理中又需要用到辅助的机械和设备,这再次使得投入成本变高;此外,部分食用菌在收获后进行干燥还需要使用辅助干燥设备,这又使得固定资产再次增加。因此,选择各地区

农户固定资产投资额作为另一个变量具备一定的合理性,其数据来源为《中国农村统计年鉴》及各地区统计年鉴。

对于其它作物,一般来说还应选取受灾面积、化肥使用、灌溉等直接影响产量的因素,但食用菌的特殊栽培方式使其不受一般自然灾害和水肥的影响,故而未引入该变量。

2.2.4 消费因素

生产是与消费紧密联系的,我国食用菌的消费群体主要集中在城镇地区,因此消费能力和消费习惯的变化对于主要消费群体是否有能力和意愿去购买食用菌起着重要作用^[23]。该研究选取我国各地区城镇居民年人均可支配收入作为消费能力的体现,选用城镇居民对蔬菜类消费的支出占总消费支出的比例来体现消费习惯的变化,其数据来源于《中国城市年鉴》《中国城市(镇)生活

与价格年鉴》《中国住户调查年鉴》。

特别说明的是,在以上4种因素中,木竹材产量、第一产业从业人员数量、农户固定资产投入属于总量型指标,为使其与食用菌产业集中度的内涵相契合,反映某地区该类指标在全国占比的变化情况,降低地域差异对指标带来的影响,因此对以上3个解释变量进行处理,将各年各地区的数据除以该年的全国总量数据,以提升变量设置的合理性。此外,由于统计部分统计数据缺失,为保证数据的权威性,因此仅选取了2003—2013年各统计资料的有效数据进行统计分析。

2.3 实证模型

基于以上变量,设定的模型变量及影响假定如表2。

表2 模型变量符号及效果假定

Table 2 Abbreviation symbol of model variables and impact assumptions

变量 Variables	符号 Abbreviation symbols	影响效果假定 Impact assumptions
食用菌生产集中度(被解释变量) Concentration ratio of production of edible fungus (dependent variable)	<i>Pcon</i>	
木材、竹材产量(全国占比) Wood yield (proportion)	<i>Qwood</i>	+
第一产业从业人员数量(全国占比) Quantity of employed employees in the agricultural industry (proportion)	<i>Qpriind</i>	+
非农就业机会 Non-agricultural employment opportunity	<i>Naempl</i>	-
农村居民年人均收入 Per capita net income of rural residents	<i>IncRural</i>	-
农户固定资产投入(全国占比) Investment of fixed assets of farmers (proportion)	<i>Iasset</i>	+
城镇居民年人均可支配收入 Per capita disposable income of urban residents	<i>IncUrban</i>	+
城镇居民蔬菜消费比例 Vegetable consumption proportion for the total spending of urban residents	<i>Rveg</i>	+

根据表2和公式(6)(7),以食用菌生产集中度为被解释变量,构建出的2种空间面板模型如下。

空间滞后面板模型(SAR-Panel):

$$Pcon_{it} = \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} Pcon_{jt} + \beta_1 Qwood_{it} + \beta_2 Qpriind_{it} + \beta_3 Naempl_{it} + \beta_4 IncRural_{it} + \beta_5 Iasset_{it} + \beta_6 IncUrban_{it} + \beta_7 Rveg_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

式中: $\beta_1 \sim \beta_7$ 为各变量的变量系数, $t=1, 2, \dots, 11; i=1, 2, \dots, 30; N=30$ 。

空间误差面板模型(SEM-Panel):

$$Pcon_{it} = \beta_1 Qwood_{it} + \beta_2 Qpriind_{it} + \beta_3 Naempl_{it} + \beta_4 IncRural_{it} + \beta_5 Iasset_{it} + \beta_6 IncUrban_{it} + \beta_7 Rveg_{it} + \lambda \sum_{j=1}^N W_{ij} \Phi_{jt} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

式中: $\beta_1 \sim \beta_7$ 为各变量的变量系数, $t=1, 2, \dots, 11; i=1, 2, \dots, 30; N=30$ 。

通常情况下,在选择以上2种模型衍生出的固定效应模型和随机效应模型时需通过 Huasman 检验进行判断^[24],甚至通过 LM-Lag 检验、LM-Error 检验、R-LMLag 检验、R-LMError 检验来确定用滞后模型还是误差模型^[25],而该研究为提高分析结果的可比性,因此在构建模型程序时一次性地将以上2种空间模型衍生出的4种模型同时计算出来,故略去了以上检验。

3 模型估计与分析

3.1 模型估计

3.1.1 空间相关性检验

该研究首先采用 ArcGIS 10.0 软件对我国的

地图进行处理,去掉了香港、澳门、台湾及海南省,并且设置出空间权重,而后同时采用 ArcGIS 10.0 和 GeoDa (1.6.7) 软件对我国 30 个地区(港、澳、台及海南省除外)2003—2013 年食用菌生产在地理空间上的相关性进行检验,检验结果具有一致性,得出的 Moran's I 指数如图 5 所示。

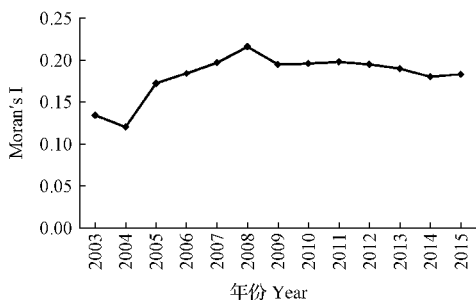


图 5 2003—2015 年我国食用菌产量空间相关性检验(Moran's I 指数)结果

Fig. 5 The results of edible fungus production spatial correlation test in China(Moran's I index)

结果显示,Moran's I 指数均显著且大于零,说明我国食用菌生产空间的布局在省域上具有空间相关性,且空间效应较为显著。此外,随着时间的推移,Moran's I 指数出现上升后又趋于平稳的状态,可以得知我国的食用菌生产空间集聚效应在 2008 年前变强,而在 2008 年后食用菌的空间相关性有所变弱,但在整体的 11 年间呈现整体上升趋势。由此可知,在进行影响因素研究时不能忽视空间之间的相互影响,采取空间计量模型是较为合适的。

3.1.2 影响因素模型估计

该研究运用 MATLAB 2017a 软件,利用 ELHORST J P 和 JAMES P LESAGE 编写的空间滞后面板程序和空间误差面板程序(包括 2 种固定效应模型程序:SAR-Panel-FE 和 SEM-Panel-FE,2 种随机效应模型程序:SAR-Panel-RE 和 SEM-Panel-RE)^[26],结合检验需求进行程序的调整 and 调用,对以上数据进行检验的结果如表 3 所示。

表 3 我国食用菌生产空间布局影响因素估计结果

Table 3 Estimated results of the influencing factors about spatial distribution of edible fungus production in China

变量 Variables	SAR-Panel-FE	SAR-Panel-RE	SEM-Panel-FE	SEM-Panel-RE
<i>Qwood</i>	0.071 0** (2.271)	0.075 3** (2.364)	0.080 6** (2.550)	0.089 2** (2.757)
<i>Qpriind</i>	0.684 *** (3.876)	0.743 *** (5.225)	0.622 *** (3.594)	0.701 *** (4.822)
<i>Naempl</i>	-0.003 45(-0.171)	0.009 00(0.503)	-0.003 09(-0.148)	0.007 10(0.388)
<i>IncRural</i>	0.000 461*** (3.679)	0.000 544*** (4.348)	0.000 529*** (4.069)	0.000 603*** (4.658)
<i>Iasset</i>	0.002 78(0.031 9)	0.093 9(1.074)	0.009 70(0.112)	0.091 3(1.050 9)
<i>IncUrban</i>	-0.000 187*** (-3.320)	-0.000 227*** (-4.164)	-0.000 217*** (-3.743)	-0.000 254*** (-4.519)
<i>Rveg</i>	-0.011 9(-0.087 5)	-0.055 0(-0.397)	0.014 6(0.106)	-0.011 7(-0.083 4)
λ	—	—	0.146* (1.956)	0.156* (2.006 06)
ρ	0.107(1.430)	0.117(1.609)	—	—
R^2	0.946	0.940	0.945	0.941

注:括号内为 t 统计量,*、**、*** 分别表示在 10%、5%和 1%水平下显著。

Note: Student's test results are in parentheses, *, **, *** means the results is significant on the 10%, 5%, 1% level, respectively.

由表 3 可发现,4 种空间面板模型中,空间固定效应滞后面板模型(SAR-Panel-FE)与空间固定效应误差面板模型(SEM-Panel-FE)的 R^2 值高于其它模型,说明固定效应模型具有良好的拟合性。但为进一步的帮助选择最终的模型进行分析,该研究分别求出各模型的对数似然统计量(Log-likelihood),而后利用赤池信息准则(akaike information criterion)和施瓦兹准则(schwarz criterion)计算出 AIC 值和 SC 值,以此从拟合优

度角度判定模型优劣^[27-28]。

由表 4 的 AIC 值对比可知,空间固定效应误差面板模型(SEM-Panel-FE)的 Log-likelihood 值是最大的,而 AIC 值和 SC 值均是微小,但与空间固定效应滞后面板模型(SAR-Panel-FE)的差距并不明显。为更容易的解释模型估计结果,选定空间固定效应误差面板模型(SEM-Panel-FE)的分析结果作进一步的分析。

表4 4种模型的对数似然统计量及AIC值和SC值

Table 4 Log-likelihood value, AIC value and SC value of the four models

模型 Models	对数似然统计量 Log-likelihood	AIC	SC
SAR-Panel-FE	-419.293	852.586	845.586
SAR-Panel-RE	-502.166	1 018.332	1 011.332
SEM-Panel-FE	-418.634	851.268	844.268
SEM-Panel-RE	-502.517	1 019.034	1 012.034

3.2 结果分析

由 SEM-Panel-FE 的模型估计结果可知,从整体上看,模型的空间相关系数 λ 为正,且在 10% 的水平下显著,说明我国食用菌的生产在各地区间存在一定的空间溢出效应,某一地区的食用菌生产会受到相邻地区生产的正向影响;从各变量的结果来看,除非农就业机会 ($Naempl$)、农户的固定资产投入 ($Iasset$)、城镇居民蔬菜消费比例 ($Rveg$) 不显著外,木材竹材产量 ($Qwood$) 在 5% 水平下显著,第一产业从业人员数量 ($Qpriind$)、农村居民年人均纯收入 ($IncRural$)、城镇居民人均可支配收入 ($IncUrban$) 在 1% 水平下显著。

各变量结果中,木材竹材产量 ($Qwood$) 和第一产业从业人员数量 ($Qpriind$) 为正,说明我国食用菌的生产在一定程度上受到生产资源的束缚,且劳动密集型的产业特征依旧存在。特别说明的是,农村居民年人均收入的模型估计结果为正,城镇居民人均可支配收入的结果为负,这与原假设是相悖的。其原因很有可能是从事食用菌生产的前期投入虽然相对较大,但其高利润、生产周期短且不占用耕地的特征会使得拥有充足资金的农户从事其生产^[29-30],或是农村收入高的地区更愿意去发展食用菌的生产,获取更高的经济效益;城镇居民的可支配收入结果为负,说明城镇居民的购买能力反而会对食用菌的生产有抑制作用,其原因可能是具有高购买能力的城镇地区往往具备其它高回报产业的较多机会,使得食用菌的生产向着收入相对低的地区进行转移,从而将机会留给了其它产业。为进一步说明农村居民年人均收入和城镇居民人均可支配收入对食用菌生产的影响,依照前文食用菌生产区域变化,选取生产变化较为明显的东北地区中的黑龙江省和吉林省,比较这 2 个省份在 2003—2013 年农村居民年人

均收入和城镇居民人均可支配收入与全国平均值的

变化趋势。
由图 6 可知,黑龙江与吉林地区的城镇居民人均可支配收入与全国的差距在这段时期内逐渐变大,这可能与东北地区近年的发展滞后有关,使得东北地区的其它高回报产业机会变少,而食用菌进入东北地区的可能性变大,是一种产业自然转移的表现。与之相反,农村居民人均可支配收入的相对增加可开辟食用菌生产的条件,加之东北的林木资源与自然条件的优势,使得东北地区的食用菌生产与农村居民的收入水平能够相互促进。

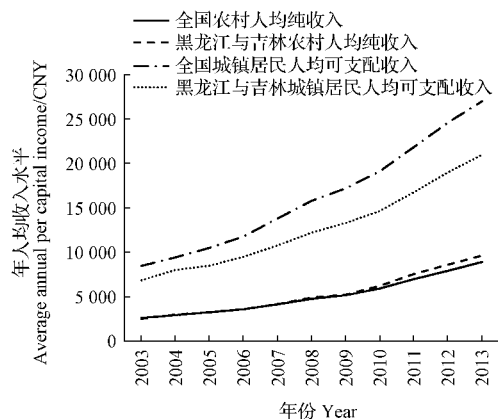


图6 2003—2013年黑龙江与吉林地区城镇居民人均可支配收入、农村居民人均纯收入与全国平均水平的比较情况

Fig. 6 Comparison of the national average value with urban residents per capita disposable income and rural residents per capita net income in Heilongjiang and Jilin from 2003 to 2013

此外,模型估计结果中非农就业机会 ($Naempl$)、农户的固定资产投入 ($Iasset$)、城镇居民蔬菜消费比例 ($Rveg$) 虽然符号与原假设一致,但并未通过显著性检验,其原因也有可能是食用

菌相对其它农业生产的高收入和利润减弱了非农就业机会对农业生产的抑制作用,而农户在固定资产投资上的悲观心理以及食用菌可进行因陋就简的生产削弱了农户固定资产投资的影响,同时,食用菌消费占蔬菜消费比例不显著可能是由于物流业的发展能够从远距离的地区运输食用菌产品,因而弱化了对当地生产的影响。

4 结论与启示

从分析中可知,我国食用菌的生产布局发生了显著向北迁移的变化。区域重心分析的结果显示,我国食用菌生产向东北地区转移的趋势明显,原本以中、东部为重点生产区域逐步的朝着北方转移。食用菌生产空间相关性检验结果显示,Moran's I 指数显著大于零,我国食用菌生产的空间集中趋势明显。基于以上研究,运用空间计量经济模型对可能引起生产转移的因素进行分析,结果表明,在选择的变量中,资源和社会方面的因素均对食用菌的生产有着重要影响,木材竹材产量、第一产业从业人员数量、农村居民人均纯收入对食用菌的生产呈正相关性,城镇居民人均可支配收入呈负相关。对此,为促进我国食用菌生产的健康发展,合理的进行资源配置,该研究从各因素的分析结果入手,提出以下对策和建议。

针对资源因素,食用菌的生产受到生产原料的影响是显著的,需加强对自然资源保护,尤其对于森林资源的开发应合理而适度地进行,而有意向发展食用菌产业的地区可进一步推进对森林资源的修复和保护工作,保障食用菌生产的基本原料供应;针对社会因素,食用菌的生产依旧和劳动力密切相关,一方面劳动力充足的地区可进行对食用菌生产的引进和探索,另一方面发展新型的食用菌生产技术,降低对劳动力和劳动成本的需求也是十分有必要的。此外,农村居民人均纯收入和城镇居民人均可支配收入对于食用菌生产的影响也给予了地域发展的启示。东北和西部等发展相对滞后的地区可结合自身自然资源丰富、劳动力充沛等优势去发展食用菌产业,探索以食用菌产业作为产业转型的方向的可能性,从而提高农村收入,促进地方经济的发展,而这一过程中政府和企业对于生产的扶持和引导将具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] 张金霞,陈强,黄晨阳,等. 食用菌产业发展历史、现状与趋势[J]. 菌物学报,2015,34(4):524-540.
- [2] 卢敏,李玉,张俊彪. 农民视角的食用菌生产信息获取与相关决策行为分析[J]. 农业技术经济,2010(4):107-113.
- [3] 吴素蕊,赵春艳,侯波,等. 近5年我国食用菌生产区域布局情况分析[J]. 中国食用菌,2013(1):51-53.
- [4] 张平,郑志安,赵祖松颖. 我国食用菌产业发展变化及对策分析[J]. 北方园艺,2017(22):167-174.
- [5] 程琳琳,张俊彪. 中国食用菌主要品种时序演进及空间差异:以香菇和平菇为例[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2015(5):48-58.
- [6] 耿献辉,周应恒. 从集中走向分散:我国梨生产格局变动解析[J]. 南京农业大学学报(社会科学版),2010,10(3):38-44.
- [7] 周育仙. 中国蚕茧生产空间布局变迁及影响因素分析[D]. 杭州:浙江大学,2014.
- [8] 李国庆,聂凡,陈静娴,等. 安徽省食用菌产业现状·问题及对策[J]. 安徽农业科学,2012(7):4338-4340.
- [9] 杨万江,陈文佳. 中国水稻生产空间布局变迁及影响因素分析[J]. 经济地理,2011,31(12):2086-2093.
- [10] 邓宗兵,封永刚,张俊彪,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.
- [11] ANSELIN L. Spatial econometrics: Methods and models [M]. Basel: Springer-Verlag, 2010.
- [12] 郭鸿鹏,于延良,赵杨. 电商平台农产品经营主体空间分布格局及影响因素研究:基于阿里巴巴电商平台数据[J]. 南京农业大学学报(社会科学版),2016(1):42-48.
- [13] ELHORST J P. Spatial panel data models, chapter 2 in handbook of applied spatial analysis: software tools, methods and application [M]. Basel: Springer Verlag, 2010:377-407.
- [14] 万胜超,王良健,刘敏. 基于空间的省际农地非农化驱动因素研究[J]. 经济地理,2012,32(7):123-128.
- [15] BEKTI D R, RAHAYU A, SUTIKNO. Maximum likelihood estimation for spatial Durbin Model[J]. Journal of Mathematics & Statistics, 2013,9(3):169-174.
- [16] 朱富春. 食用菌重茬栽培失败原因及综合防治对策[J]. 食用菌,2013,35(4):69-70.
- [17] 陶醉,杨敏丽. 提高食用菌生产机械化水平与产业转型升级的关系[J]. 食药菌,2011(4):8-9.
- [18] 耿献辉,卢华,周应恒. 我国梨生产布局变迁及其影响因素:基于省级面板数据分析[J]. 农业经济与管理,2014(4):67-77.
- [19] 朱启荣. 中国棉花主产区生产布局分析[J]. 中国农村经济,2009(4):31-38.
- [20] 刘天军,范英. 中国苹果主产区生产布局变迁及影响因素分析[J]. 农业经济问题,2012(10):36-42.
- [21] 李建琴,周育仙,顾国达. 我国蚕茧生产空间布局变迁及影响因素分析[J]. 蚕业科学,2014,40(5):902-910.
- [22] 宋秀红,胡江川,侯桂森,等. 北方速生林下食用菌高效栽培

技术[J]. 食用菌, 2009, 31(1): 42-44.

[23] 喻港. 城镇居民食用菌购买意愿影响因素研究: 基于武汉市的实证分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.

[24] HAUSMAN J A. Specification tests in econometrics[J]. *Econometrica*, 1978, 46(6): 1251-1271.

[25] ANSELIN L, REY S. Properties of tests for spatial dependence in linear regression models[J]. *Geographical Analysis*, 1991, 23(2): 112-131.

[26] LESAGE J P. *Econometrics Toolbox* [CP/OL]. (2010-03-30) <http://www.spatial-econometrics.com/>.

[27] ANSELIN L. Exploring spatial data with GeoDaTM: A

workbook[M]. USA: Center for Spatially Integrated Science, 2005.

[28] LUDDEN T M, BEAL S L, SHEINER L B. Comparison of the akaike information criterion, the schwarz criterion and the F test as guides to model selection[J]. *Journal of Pharmacokinetics and Biopharmaceutics*, 1994, 22(5): 431-445.

[29] 葛颜祥, 刘庆明. 食用菌产业链体系结构及优化分析[J]. *山东农业大学学报(社会科学版)*, 2013(1): 27-31.

[30] 李玉. 中国食用菌产业的发展态势[J]. *食药菌*, 2011(1): 1-5.

Study on Spatial Distribution of Edible Fungus and Its Influencing Factors in China

ZHAO Zusongying, ZHENG Zhi'an, WANG Jiao, ZHANG Ping
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract: China is the most productive country of edible fungus in the world. However, the spatial distribution of edible fungus production in China was changing with the passage of time. This study used the panel data of 30 provinces in China from 2003 to 2015 and applied regional gravity center method to describe the spatial evolvement track about edible fungus production gravity center. The results turned out that the spatial production had changed from south to north obviously. In the influencing factors analysis part, Moran's I about edible fungus production concentration was calculated with positive value. Estimation results of SEM panel fixed-effect model showed that there was a positive spatial effect. The production concentration ratio of edible fungus was affected positively by the wood and bamboo outputs, amount of employment in agricultural industry and rural per capita net income, affected negatively by the urban per capita disposable income. The results also indicated that the natural resource and labor recourse still played an important role in the edible fungus production. The high disposable income urban area would exclude edible fungus production while the high income rural areas would attract the edible fungus production.

Keywords: edible fungus; spatial distribution; regional gravity center method; spatial panel model of econometrics