

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

程琳琳, 张俊飏

(华中农业大学 经济管理学院/国家食用菌产业技术体系产业经济研究室,
湖北 武汉 430070)



摘要 运用空间统计学相关方法对中国及 31 个省区 2001—2013 年两大食用菌主要品种(香菇和平菇)的时序演变规律和空间分布变化进行分析。结果显示,中国食用菌产业发展迅速,总体差距缩小,但区域间差异明显;食用菌主产区由原来的东部沿海、中部、华南和东北为主的格局,逐渐演变为以东部沿海、华中、华北和东北地区为主的新格局,福建的“中心”地位被河南和山东所代替,“南菇北移”的现象异常明显;香菇和平菇在空间上均呈现明显的空间正相关性和集聚现象,平菇的集聚现象更为明显。

关键词 食用菌; 空间相关性; Moran' I 指数; 集聚

中图分类号: F 32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2015)05-0048-11

DOI 编码 10.13300/j.cnki.hnwkxb.2015.05.007

食用菌产业作为一种集低碳农业、高效农业及循环农业为一体的现代农业,作为延长农业产业链条和发展生态农业的重要组成部分^[1],其所具有的社会效益、经济效益和生态效益日益凸显,不容忽视^[2]。作为新兴战略性产业,食用菌产业在带动农业增效、农民增收以及现代农业产业体系的完善等方面发挥着重要作用^[3]。目前,中国食用菌产业正保持着强劲、健康、快速的发展势头,其产量稳步增长,内部分工逐渐细化,产业链条也不断延伸。2013 年,食用菌总产量高达 3 169.68 万 t,较 2012 年增加了 12.08%。食用菌品种也日趋合理,并逐渐形成了以大宗食用菌品种为主、野生品种和珍惜品种为辅的结构。

中国食用菌产业在 30 余年的发展中,逐渐形成了以太行山南麓、小兴安岭—长白山、黄淮海平原、武夷山区、湘南—桂北—南岭、四川盆地、秦巴山区和西北等食用菌 8 大优势区雏形^[2],但从地域上而言,其生产的区域性差异依然明显,且地区不均衡性趋势严重^[4]。目前,关于中国食用菌特别是主要品

种的时序演变、空间分布及分布演变状况的相关研究较少,因此,本文将从空间视角,运用 Moran' I 指数等方法,对中国食用菌两大品种—香菇和平菇的空间分布状况、集聚状况及空间演变特征等诸多方面进行分析,对构建区域差异化食用菌产业发展战略,优化我国食用菌产业发展布局,推动我国农村和农业的发展具有一定的现实意义和作用。

一、数据来源及研究方法

1. 数据来源

基于 2013 年各食用菌品种产量排序,本文选取 2001—2013 年我国 31 省(市、区)两大食用菌品种(香菇和平菇)为研究对象。食用菌主要品种数据(包括产量、产值等)均来自国家食用菌产业技术体系数据库,并经适当调整所得。

2. 研究方法

本文基于空间自相关等基本方法,以香菇和平菇两大食用菌品种为主要研究对象,运用全局自相关指数和局部自相关指数等方法,对中国省

收稿日期:2015-03-21

基金项目:国家现代农业产业技术体系专项经费资助项目“食用菌产业技术体系研究”(CAR-024);国家自然科学基金重点项目“现代农业科技发展创新体系研究”(71333006);国家自然科学基金项目“气候框架公约下农业碳排放的增长机理及减排政策研究”(71273105);中央高校基本科研业务费专项基金“农业生产净碳效应测度与价值实现路径探究”(2013YB12)。

作者简介:程琳琳(1990-),男,博士研究生;研究方向:资源与环境经济、低碳经济。E-mail:ch07012210@163.com

域(市、区)食用菌的时序演变及空间差异特征进行研究。

由于变量在空间上表现出一定的规律性,即变量非随机分布,则变量间存在空间自相关。因此,空间自相关检验作为空间计量分析的重要内容,根据功能一般可以分为两类:全局空间自相关检验和局部空间自相关检验。全局空间自相关检验常用 Moran 指数 I 和 Gary 指数 C 进行统计,局部空间自相关检验常用 LISA 和 G_i 指数进行测度。本文选取 Moran 指数对我国食用菌全局自相关和局部自相关分别进行测度。

Moran's I 的计算公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

式(1)中, n 为研究区域中的地区数量($n=31$); y_i 和 y_j 分别代表 i 区域和 j 区域的观测值(本文为碳排放量),其中 $i=1,2,\dots,n$; $j=1,2,\dots,n$; $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$,为 i 区域属性值的方差; $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$,为属性值的均值; W_{ij} 为邻接空间权重,其中当区域 i 与区域 j 相邻时, $W_{ij}=1$;否则认为不相邻,即 $W_{ij}=0$ 。

根据式(1),Moran's I 指数可以看作是各区域观测值的乘积之和,以 Moran's I 公式计算出的 I 值一定介于 $-1 \sim 1$ 之间。 I 值大于0,说明各地区间为空间正相关; I 值小于0,则说明各地区间呈现空间负相关;其中,当 I 值趋向于0时,表示空间分布呈现随机分布的情形,即地区间不存在空间自相关关系。 I 值越大表示空间分布的相关性越大,即空间上聚集分布现象越明显;反之,则地区间空间分布相关性越小。

另外,根据 Moran's I 值可以绘制出空间相关系数的 Moran's I 散点图。在散点图中,可以通过四个象限的空间依赖模型识别各区域及相邻区域的关系,分别是“高一高”集聚(H-H)、“低一高”集聚(L-H)、“低一低”集聚(L-L)和“高一低”集聚(H-L)。其中,第一象限、第三象限表示正的空间相关性,第二象限、第四象限代表负的空间相关性。如果观测值均匀分布在4个象限时表示 n 个区域间是相互独立的,即区域间不存在空间相关性。具体到本文,“高一高”集聚指食用菌产量高的区域与产量高的区域相邻(或产量高的区域被产量高的区域

包围),它们在空间上形成的集中连片区域,并表现出正的空间相关性,其他3类与之类似,但需要注意的是,“高一高”集聚和“低一低”集聚表示正空间相关性,“低一高”集聚和“高一低”集聚则表示负的空间相关性。

相似地,根据 Moran's I 指数计算的结果,可以利用正态分布假设将其标准化,以检验 n 个区域间是否存在空间自相关关系,具体标准化形式为:

$$Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{Var}(I)}} \quad (2)$$

进一步,可以计算 Moran's I 的方差和期望值,具体计算公式如下:

$$\text{Var}(I) = \frac{n^2 w_1 + n w_2 + 3 w_0^2}{w_0^2 (n^2 - 1)} - E^2(I) \quad (3)$$

$$E(I) = \frac{-1}{n-1} \quad (4)$$

式(3)中, $w_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$, $w_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} + w_{ji})^2$, $w_2 = \sum_{i=1}^n (w_{i.} + w_{.j})^2$, $w_{i.}$ 与 $w_{.j}$ 分别代表相关权重矩阵 i 行和 j 列之和。

二、结果分析

1. 中国食用菌产量、产值时序演变特征分析

(1)产业发展时序演变特征。为考察我国及省域间食用菌产量的规模及差异,本文列出2013年我国24省(市、区)产量及产值情况,具体见表1。2013年我国食用菌总量为3 169.68万t,较2001年的781.87万t增加了3.05倍,年均递增12.37%;2013年我国食用菌产值也高达20 179 016.5万元,较2001年的3 417 491万元增加了4.90倍,年均递增15.95%,其增长势头较产量更为强劲。

就各省区而言,2013年河南以473.71万t摘得桂冠,居全国第一,使其自2005年之后的“第一把交椅”的位置更加稳固;山东自2009年代替福建后,一直稳居全国第二,2013年其产量高达4 12.51万t,但其产值却明显高于河南,居全国第一;2013年黑龙江、江苏、福建和河北分列3~6位,产量均介于200~300万t之间,依次为286.51、233.37、231.69和209.70万t,其中黑龙江的产值最高(1 486 163万元),江苏产值最低,与其产量呈现明显的“倒挂”现象。产量位居后6位的分别为新疆、贵州、天津、上海、北京和山西,依次为6.48、6.98、11.73、12.69、14.35和22.10万t;六省区的产值与其产量排名基

本保持一致,未出现较大差异,其中山西产值最高(58.28%),而位居后6位的省区产量仅占总产量的(152 499 万元),新疆最小(75 000 万元)。总体而言,位居前6位的省区产量占总产量的6成左右,区域间差异明显但变化不大,且地区内差异有缩小迹象。

表 1 2001—2013 年我国食用菌部分年份产量、产值情况

省份	2001		2005		2009		2013	
	产量/万 t	产值/万元	产量/万 t	产值/万元	产量/万 t	产值/万元	产量/万 t	产值/万元
北京	2.268 6	13 338	3.624 7	23 831	14.043 6	98,263	14.352 8	117 880
天津	0.592 5	2 742	5.651 5	24 847	6.805 0	—	11.732 8	101 737.6
河北	30.630 0	122 520	86.184 5	410 000	190.768 5	1,003,886	209.699 4	1 267 964.1
山西	4.500 0	25 000	5.500 0	41 000	9.867 0	56 500	22.101 4	152 499
辽宁	19.057 7	94 500	50.208 0	180 095	69.078 6	343 917	121.170 0	779 000
吉林	6.905 0	11 267	45.631 0	210 000	93.703 0	556 000	131.159 3	894 710
黑龙江	37.230 6	60 750	54.773 7	258 831	164.269 0	667 680	286.510 6	1 486 163
上海	2.345 9	14 908	6.209 2	43 486	8.828 0	79 179	12.688 3	99 059
江苏	49.723 5	168 974	100.400 5	234 000	157.616 1	652 896	233.371 2	1 224 198.5
浙江	48.168 4	180 133	62.000 0	380 000	95.000 0	650 000	134.155 3	1 025 373
安徽	8.998 0	33 800	32.022 4	119 022	62.576 9	201 945	65.760 0	613 806.7
福建	146.600 0	480 000	178.340 0	646 300	196.975 2	868 244	231.601 0	1 376 025
江西	31.300 0	11 500	42.000 0	150 000	60.000 0	212 000	100.053 8	739 000
山东	72.000 0	287 000	132.608 0	544 800	206.140 0	1 236 800	412.514 4	2 471 115
河南	140.513 0	633 248	201.428 1	751 947	226.069 4	1 132 996	473.706 3	2 083 200
湖北	32.000 0	128 000	61.165 0	244 660	86.980 8	391 414	135.550 6	1 084 405
湖南	30.080 0	208 000	58.000 0	350 000	65.000 0	390 000	85.000 0	650 000
广东	12.000 0	100 000	45.500 0	418 000	70.195 2	678 541	75.547 4	775 351
广西	12.000 0	49 884	34.165 0	130 200	75.849 7	424 193	120.263 3	1 001 246.5
四川	1.572 0	5 187	67.800 0	271 300	93.780 0	422 000	160.016 2	631 002
贵州	2.700 0	67 700	—	—	3.094 0	282 400	6.978 3	89 641
云南	15.488 0	200 000	5.569 0	149 590	6.975 3	350 000	30.760 0	804 000
陕西	29.841 0	88 700	47.001 3	235 007	46.601 9	280 900	68.417 7	535 713.9
新疆	0.973 5	8 133	1.518 0	9 830	3.474 9	23 072	6.480 0	75 000

图 1 描述了我国食用菌产量在样本考察期内的主要演变状况。2001 年以来,我国食用菌产量呈现持续递增态势,但从不同阶段来看,食用菌增长幅度存在显著差异性。其中,2003 年的增幅最大(18.51%),2011 年和 2005 年增幅分列二、三位,其食用菌产量也分别较前一年增加了 16.84% 和 15.02%,其余年份均维持在 8.62% 以上。从其演变特征来看,呈现出明显的“一起一落”周期性变化轨迹,2002—2004 年、2010—2012 年均均为“剧烈”波动阶段,分别以 2003 年和 2011 年为最高点和次高点变动,其中 2011 年和 2010 年增速相差 7.9 个百分点;2004—2008 年为“温和”波动阶段,该阶段于 2005 年达到最高点(15.02%),后于 2008 年达到样本考察期内的最低点(8.62%),但年间增速相差较小,维持在 3.30%~5.50% 之间;2008—2010 年为“平稳”阶段,不同年份间增速差异不大,但增速偏

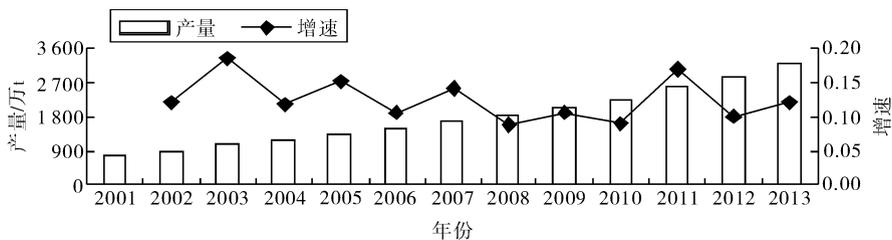


图 1 2001—2013 年我国食用菌产量变化趋势

慢,增长速度介于 8.62%~10.58%之间。

(2)产业发展区域分布特征及差异。为进一步清晰地观察我国食用菌区域分布状况及变化规律,本文根据各年的产量状况运用“自然间断点”

进行等级划分(5个),并分别绘制了2001年、2005年、2009年和2013年我国食用菌省域分布图(见图2),其中颜色越深代表产量越高,反之则代表产量越低。

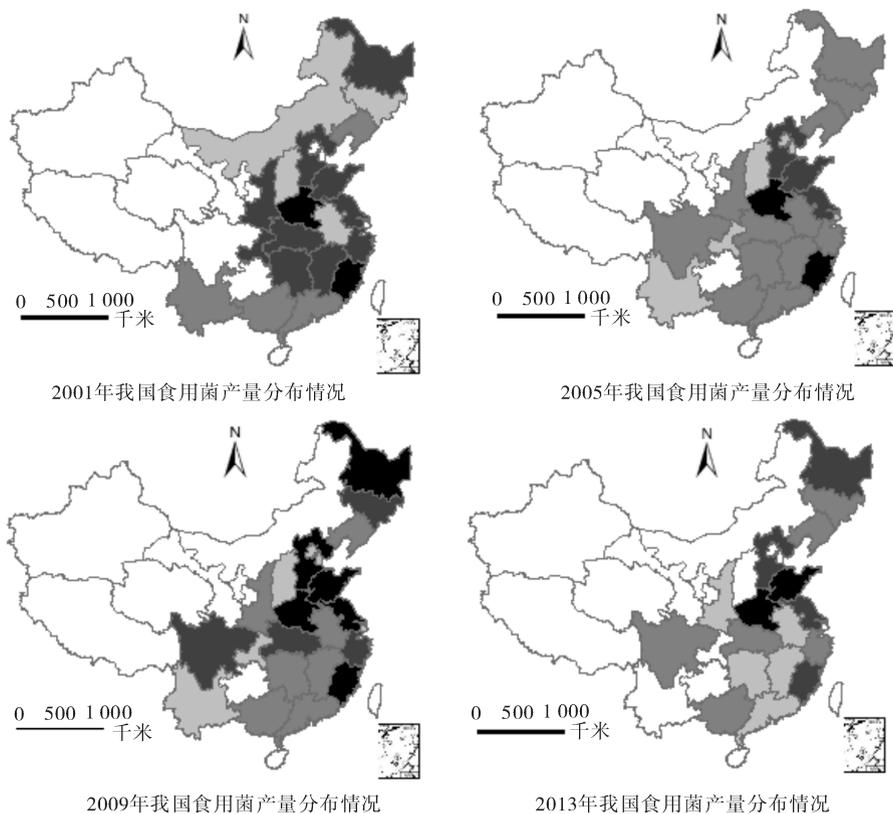


图2 2001—2013年部分年份我国食用菌产量分布状况 单位:万t

图2显示,2001年我国食用菌大省主要分布于中部、东部沿海地区及黑龙江,其中福建和河南的产量均高于140万t,处于最高等级;山东、江苏和浙江等10省产量介于20~80万t之间,处于第二等级;处于第三等级的区域主要以云南、两广和辽宁为主,其产量主要介于10~20万t之间;第四等级与第三等级区域的数量相同,但其产量均小于第三等级,介于3~10万t之间,以安徽、吉林、山西和内蒙古为代表;处于第五等级的区域主要分布于我国西部地区、北京和上海两市,尽管其产量均未超过3万t,但其数量上却是最多的(11个)。

2005年我国食用菌分布格局发生了显著变化,处于第一、二、三等级的区域(即产量介于30~210万t之间)暴增,一度达到17个,超过我国省区数量的一半以上,其产量也高达全国总产量的97.35%,但仍以中部、东部沿海和东北地区为主;与2001年不同的是,处于“低产”(即产量小于10万t)的区域,

虽然仍以西部地区为主并附带四大直辖市与山西,但诸多中部省区从中跳出,产量大幅上涨。

2009年较2005年有了更加长足的发展,处于一、二、三等级的高产地区仍主要以中部、东部沿海和西部的四川、陕西为主,其数量也达17个,其中产量超过100万t的大省就有6个,河南和山东均超过200万t,产量介于40~100万t的区域有11个,虽然数量上与2005年没有差异,但其产量增长却较为迅猛;但处于“低产”的地区在分布上并未发生较大变化,与2005年格局基本保持一致。

从2013年我国食用菌产量的省域排名来看,河南省以绝对压倒性的优势稳居第一,其产量高达473.71万t,约占14.94%;山东则紧跟其后,其产量也达到了412.51万t,约占总量的13.01%;黑龙江、江苏、福建和河北依次列居3~6位,其产量均介于200~300万t之间,分别达286.51、233.37、231.60、209.70万t;位居7~10位的依次为四川、湖北、浙

江和吉林,其产量介于 130~170 万 t 之间,分别为 160.01、135.55、134.16、131.16 万 t。位居前 10 位的省区食用菌产量高达 2 408.28 万 t,约占总产量的 75.98%,由此不难发现,我国食用菌主要生产区域较为集中,且以东北、东部沿海和华北地区为主。

2. 香菇的时空特征分析

(1)香菇产量的时序演变特征分析。香菇作为我国食用菌的最大品种,了解其产量变化等诸多方面,对于清晰地把握我国香菇产业的基本发展概况具有重要意义。

表 2 我国各省(市、区)部分年份香菇产量与增长率

省份	2001 年产量/万 t	2005 年产量/万 t	2009 年产量/万 t	2013 年产量/万 t	增长率*/%	年均增长率/%
北京	0.218 9	0.336 5	4.267 1	3.401 4	1 453.86	25.69
天津	0.070 0	0.600 0	1.560 0	2.500 0	3 471.43	34.71
河北	3.300 0	10.705 9	34.160 4	60.279 0	1 726.64	27.39
山西	3.100 0	0.347 9	0.515 0	1.968 0	-36.52	-3.72
内蒙古	0.396 4	—	—	—	—	—
辽宁	4.200 0	13.477 5	31.029 3	55.100 0	1 211.90	23.92
吉林	0.120 0	4.500 0	2.000 0	3.150 0	2 525.00	31.30
黑龙江	2.100 4	1.308 0	8.166 0	4.361 8	107.67	6.28
上海	0.483 4	0.657 8	0.557 1	0.446 8	-7.57	-0.65
江苏	2.193 8	1.764 0	6.656 0	10.047 6	358.00	13.52
浙江	37.554 0	33.000 0	41.000 0	53.577 6	42.67	3.01
安徽	2.738 0	3.112 0	5.026 4	7.000 0	155.66	8.14
福建	60.000 0	38.720 0	41.552 6	37.749 2	-37.08	-3.79
江西	11.000 0	14.050 0	11.500 0	14.623 7	32.94	2.40
山东	10.000 0	15.510 0	15.000 3	29.862 8	198.63	9.55
河南	25.916 9	33.356 2	41.637 8	228.005 3	779.76	19.87
湖北	17.000 0	21.700 0	43.860 0	96.042 0	464.95	15.52
湖南	6.500 0	8.500 0	13.660 0	16.560 0	154.77	8.10
广东	3.300 0	3.360 0	2.490 0	2.891 8	-12.37	-1.09
广西	1.000 0	4.793 1	9.416 9	12.748 9	1 174.89	23.63
海南	—	—	—	—	—	—
重庆	0.078 6	2.644 0	0.766 0	—	—	—
四川	0.408 0	4.020 0	7.550 0	12.425 0	2 945.34	32.93
贵州	0.300 0	—	0.450 0	4.382 0	1 360.67	25.04
云南	0.700 0	0.850 0	0.480 0	12.977 9	1 753.99	27.55
陕西	14.450 0	25.140 6	19.892 5	35.756 4	147.45	7.84
甘肃	—	—	—	4.000 0	—	—
青海	—	—	—	—	—	—
宁夏	0.061 0	—	0.171 3	—	—	—
新疆	0.030 0	0.031 0	0.180 0	0.460 0	1 433.33	25.55

注: * 表示 2013 年较 2001 年香菇产量的增长率(下同)。

由表 2 可知,2001 年以来,我国香菇产业得到了较快发展,2001—2005 年虽然发展较慢,但之后却表现出了强劲的发展势头,即由 2001 年的 207.22 万 t 增至 2005 年的 242.48 万 t 后,2009 年再次上扬至 343.54 万 t,后一度飙升至 2013 年的 710.32 万 t。与 2001 年相比,2013 年香菇产量年增长了 242.79%,年均递增约 10.81%。就各省区而言,2013 年河南以 228.01 万 t 的绝对性优势位居第一,12 年内其产量增加了 779.76%,年均递增 19.87%;湖北、河北、辽宁和浙江分列 2~5 位,其产量依次达 96.04、60.28、55.10、53.58 万 t,分别较 2001 年增长了 464.95%、1 726.64%、1 211.90% 和 42.67%,其

中浙江由于其 2001 年的产量较大(达 37.55 万 t),增长并不明显;2013 年位居前 5 位的省区产量高达 493.00 万 t,约占全国总产量七成(69.39%),其在全国香菇产业中的地位不言而喻。

与此同时,2001 年位居全国第一的福建,其产量下降趋势明显,即由 2001 年的 60 万 t 降至 2005 年的 38.72 万 t 后,2009 年有所反弹,增至 41.55 万 t,仅次于湖北(43.86 万 t)和河南(41.63 万 t),位居第三,但 2013 年再次出现下降,并跌至其历史最低点(37.75 万 t),其主导地位逐渐被河南所代替。此外,部分省区香菇产业发展速度异常迅猛,可能与其基期(2001 年)产量较低有关,如北京、天津、吉

林、广西、四川、贵州、云南和新疆(吉林和河北除外),其中天津增长速度最快(达 3 471.43%),四川次之(2 945.34%),广西最慢(1 174.89%)。

图 3 揭示了我国各地区香菇在样本考察期内的时序演变。按照其变化趋势,大致可划分为三个阶段:缓慢上升期,波动上升期,快速上升期。其中,2001—2003 年为第一阶段,香菇产量由 2001 年的 207.22 万 t 增至 2003 年的 222.76 万 t,2 年内增加了 15.5429 万 t,上升了 7.5%;2004—2006 年为第二阶段,该阶段香菇产量一直维持在 242.0~247.8 万 t 内,除在 2005 年有小幅下降外,其他两年均有所增加,故该阶段为“波动上升期”;2007—2013 年为快速上升期,尽管不同年份增速差异较大,但其增长态势明显,其中增幅最大的年份为 2012 年(26.64%),最小的为 2008 年(仅为 7.15%),增速最大年份与最小年份相差约 19 个百分点,故该阶段为名副其实的“快速上升期”。

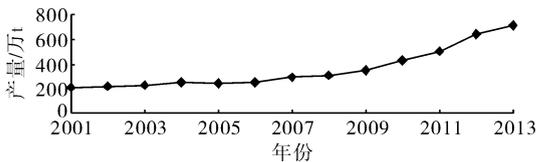


图 3 2001—2013 年我国香菇产量变化趋势

(2)香菇的空间差异分析。1)全局自相关。本文运用 ArcGIS 和 GeoDA1.2.0 软件,选取蒙特卡洛模拟 999 次检验 Moran’I 指数进行分析,具体结果见表 3。2001—2013 年,我国香菇的全局 Moran’I

表 3 2001—2013 年香菇全局自相关参数统计

年份	Moran’I	期望值	标准差	Z 值	P 值
2001	0.241 6**	-0.030 3	0.093 2	2.847	0.016
2002	0.217 9**	-0.030 3	0.092 7	2.702 2	0.021
2003	0.163 9**	-0.030 3	0.103 4	1.879 7	0.045
2004	0.147*	-0.030 3	0.106 5	1.637 5	0.063
2005	0.219 2**	-0.030 3	0.111 3	2.136 5	0.034
2006	0.237 3**	-0.030 3	0.110 7	2.401 2	0.024
2007	0.190 4**	-0.030 3	0.114	1.902 9	0.037
2008	0.192 5**	-0.030 3	0.107 2	2.13	0.029
2009	0.154 1*	-0.030 3	0.112 6	1.655 1	0.061
2010	0.114 7*	-0.030 3	0.107 6	1.359 2	0.091
2011	0.077 9	-0.030 3	0.108	0.949 7	0.154
2012	0.083 4*	-0.030 3	0.074 6	1.494 5	0.071
2013	0.128 3*	-0.030 3	0.083 7	1.857 9	0.056

注：*、** 分别代表通过 10%和 5%显著性检验。

指数均为正,其中最小值为 0.077 9,最大值为 0.241 6。除 2011 年未通过显著性检验,其他年份均通过 10%的显著性检验,其中 2001—2008 年均通过 5%的显著性检验。

Moran’I 指数演变趋势呈现出明显三阶段特征:持续下降期(2001—2004 年)、波动下降期(2005—2009 年)和波动上升期(2010—2013 年),即由 2001 年的 0.241 6 连续降至 2004 年的 0.147 0,2005 年迅速反弹,持续增至 2006 年的 0.237 3,2007 年和 2008 年徘徊于 0.190 0 左右,之后便持续下降,并于 2011 年落至历史最低点 0.077 9,随后缓慢上升(见图 4)。由此不难发现,我国香菇生产在区域上有着正向空间相关性,即在地域上存在集聚状况。

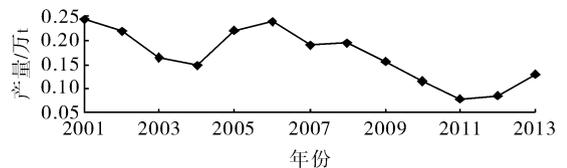


图 4 2001—2013 年香菇全局 Moran’I 指数变化趋势

2)局部自相关。类似地,为进一步探究区域内部的空间分布状况及差异性,如局部空间集聚的变化状况、哪些省份对出现集聚状况的贡献大等。笔者绘制了 2001—2013 年部分年份局部散点图所对应的省份,见表 4。

表 4 2001 年和 2013 年香菇局部自相关散点图对应省份

香菇	2001 年	2013 年
高一高	福建、浙江、河南、湖北、山东、江西	河南、湖北、河北、山东、陕西、福建、辽宁
低一高	上海、安徽、广东、江苏、山西、重庆、河北	山西、安徽、江西、重庆、天津、上海、北京、江苏、湖南
低一低	宁夏、海南、内蒙古、贵州、广西、吉林、天津、甘肃、北京、四川、新疆、西藏、青海、云南、黑龙江、辽宁	海南、内蒙古、吉林、宁夏、广东、贵州、甘肃、西藏、青海、黑龙江、广西、四川、云南、新疆
高一低	陕西、湖南	浙江

2001 年香菇的高产量区主要集中在中东部农业大省,福建产量最多,河南次之;2013 年则发生明显变化,主产省份数量不仅有所增加,高产区也“成员易主”,河南代替福建坐拥第一,河北、陕西、辽宁的产量则由于其与相邻区域(或邻省)共同增加,代替浙江和江西,迈入“高一高”集聚区域,成为我国香菇高产量、集中连片区域的“成员”之一。2013 年位于“低一高”集聚的省份数量上有所增加,特别是江

西和湖南,尽管这两省的香菇产量均在 14 万 t 以上,但与其邻域产量相差较大,故落入该区域也在所难免;其中,北京和天津的产量较 2001 年虽有较大增长,但依然处于“低产”水平,且由于其领域河北增长异常迅猛,使这两市由“低—低”区域变为“低—高”区域,而其他省市变化不大。2013 年处于“低—低”集聚区域的省(市、区)在数量是最多的(14 个),尽管数量上有所减少,但其产量低的事实几乎没有变化,这从诸多相关数据中也得到佐证。2013 年“高—低”集聚仅有浙江一省,这与 2001 年则截然不

同,原因可能在于尽管 2013 年浙江的香菇产量达到了 53.58 万 t,在全国中位居前列,但其邻域福建、广东、江西、安徽、江苏的产量却不能相提并论,故使其落入该区域。由此表明,我国香菇生产主要形成以河南、河北、陕西、湖北、福建和浙江为主的高产连片区域及以西部地区为主的低产区域。

进一步,为探究哪些区域的局部相关性指数通过 5% 的显著性检验水平,对我国香菇产量集聚状况的作用尤为明显,笔者绘制了 2001 年和 2013 年香菇产量 LISA 集聚图,见图 5 和图 6。

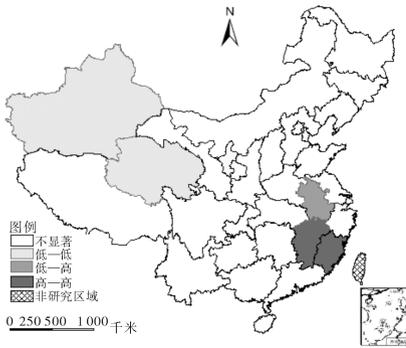


图 5 2001 年香菇 LISA 集聚图

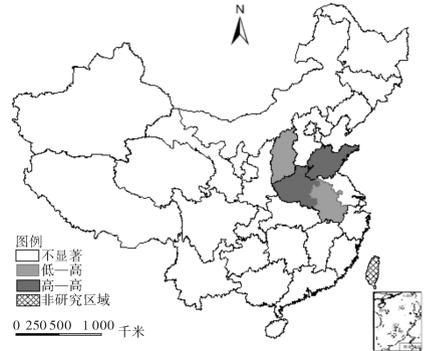


图 6 2013 年香菇 LISA 集聚图

从 LISA 图可知,2001 年,通过显著性香菇的集聚状况 31 个地区中,香菇产量集聚情况通过 5% 显著性检验的地区仅有 5 个,其中“高—高”集聚类型地区 2 个,分别为江西和福建两省;“低—高”集聚区域集中分布于中部地区,以安徽为主;而“低—低”集聚类型区域则主要分布在西部地区,以新疆和青海 1 省 1 区为代表。较 2001 年而言,2013 年香菇集聚状况发生较大程度的变化。其中,31 个地区中,香菇产量集聚状况通过 5% 显著性检验水平的地区由 5 个减少到 4 个,“高—高”集聚类型地区仍为 2 个,但江西和福建分别为我国农业大省河南和山东所代替;属于“低—高集聚类型”的地区由 1 个增至 2 个,且仍集中在中部地区,以山西和安徽为代表;而处于“低—低”集聚类型的地区由 2001 年的 2 个变为没有,均未通过 5% 的显著性检验,集聚状况变化异常明显。

3. 平菇的时空特征分析

(1) 平菇的时序演变特征分析。与香菇类似,为较好地了解我国及省域平菇产量的发展状况,在此简单地列出部分年份各省(市、区)的产量及增长率情况,具体见表 5。

由表 5 可知,2013 年我国平菇总产量达 594.83 万 t,较 2001 年增加了 335.39 万 t,增长了 129.28%,年均递增约 7.16 个百分点。具体来看,2013 年山东以 182.62 万 t 的绝对性优势坐拥第一,代替河南成为我国平菇生产最大省份,其产量较 2001 年增加了 380.59%,年均递增 13.98%;河北、河南和江苏分列 2~4 位,产量均介于 50~90 万 t 之间,分别高达 87.11、74.29、57.15 万 t,以河北的增速最快;四川、吉林、辽宁、安徽和江西 5 省分列 5~9 位,其产量介于 20~50 万 t 之间,依次为 41.83、35.4、25.2、25.22、22.04 万 t,以四川的发展速度最为迅猛,较 2001 年增长了 8 216.10%,这可能与其基期(2001 年)的产量低有巨大关系。2013 年位居前 9 位省区的平菇产量占我国总产量的 80% 以上,这一比例与 2001 年(84%)基本一致,相差不大。

图 7 描述了平菇产量的变化趋势,以便更好地把握平菇产量的演变规律。按照平菇产量的变化趋势,同样可将其划分为 3 个阶段:波动下降期、持续上升期、波动上升期。具体来看,2001—2003 年为第一阶段,该阶段平菇产量由 2001 年的 259.44 万 t 增至 264.66 万 t,后降至 2003 年的 248.77 万 t,两

表 5 我国部分年份平菇产量与增长率

省份	2001 年产量/万 t	2005 年产量/万 t	2009 年产量/万 t	2013 年产量/万 t	增长率*/%	年均增长率/%
北京	1.493 0	1.612 9	4.806 4	4.218 0	182.52	9.04
天津	0.300 0	3.000 0	2.620 0	1.500 0	400.00	14.35
河北	14.500 0	33.708 8	79.493 9	87.112 1	500.77	16.12
山西	28.100 0	2.870 0	7.100 0	12.277 0	-56.31	-6.67
内蒙古	2.038 6	—	—	—	—	—
辽宁	7.600 0	19.306 9	20.557 9	25.200 0	231.58	10.51
吉林	2.000 0	10.500 0	18.000 0	35.400 0	1 670.00	27.06
黑龙江	12.555 4	15.000 0	8.630 0	8.226 5	-34.48	-3.46
上海	0.161 5	0.794 8	0.400 0	—	—	—
江苏	32.409 0	51.969 7	62.627 4	57.151 5	76.34	4.84
浙江	—	10.000 0	11.000 0	0.550 0	—	—
安徽	3.000 0	8.769 5	17.325 7	25.000 0	733.33	19.33
福建	22.000 0	13.970 0	5.499 2	4.974 2	-77.39	-11.65
江西	4.000 0	17.010 0	17.000 0	22.037 9	450.95	15.28
山东	38.000 0	53.100 0	71.540 0	182.622 9	380.59	13.98
河南	50.879 3	63.058 9	76.795 2	74.293 2	46.02	3.86
湖北	9.800 0	13.910 0	11.205 0	13.622 6	39.01	2.78
湖南	6.500 0	11.000 0	13.762 0	18.909 0	190.91	9.31
广东	1.800 0	10.780 0	18.500 4	13.761 4	664.52	18.47
广西	1.000 0	2.359 8	7.848 9	11.637 6	1 063.76	22.69
海南	—	—	—	0.003 0	—	—
重庆	7.820 0	1.105 7	1.875 7	—	—	—
四川	0.503 0	10.090 0	18.100 0	41.830 0	8 216.10	44.54
贵州	1.500 0	—	0.720 0	—	—	—
云南	1.100 0	0.700 0	2.300 0	3.709 2	237.20	10.66
陕西	9.820 0	14.858 2	12.460 8	12.240 7	24.65	1.85
甘肃	—	—	—	10.000 0	—	—
青海	—	—	—	—	—	—
宁夏	0.250 0	0.708 5	0.697 7	—	—	—
新疆	0.310 0	0.430 0	2.000 0	2.850 0	819.35	20.31
总计	259.439 8	370.593 7	492.866 2	594.833 5	129.28	7.16

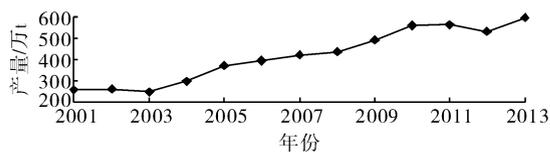


图 7 2001—2013 年平菇产量变化趋势

年内下降了 4.11%；2004—2008 年为持续上升期，即由 2004 年的 298.64 万 t 增至 2008 年的 434.14 万 t，4 年内增长了 45.37%，其中以 2004 年和 2005

年增速较快，分别为 20.05% 和 24.09%，2006—2008 年尽管均呈现上升趋势，但其增幅则依次呈递减趋势，分别为 7.29%、6.85% 和 2.19%；2009—2013 年为波动上升期，除 2012 年有一定小幅下降外，其他年份均保持增长态势，并于 2013 年达到其最大值 594.83 万 t。

(2) 平菇的空间差异分析。1) 全局自相关。相比香菇而言，除个别年份(2012 年和 2013 年)外，平

菇的 Moran' I 指数波动相对较小,且数值理想程度较高。

表 6 平菇全局自相关 Moran' I 指数统计

年份	Moran' I	期望值	标准差	Z 值	P 值
2001	0.289 8***	-0.030 3	0.101 8	3.123 7	0.006
2002	0.209 2**	-0.030 3	0.102 8	2.295 2	0.027
2003	0.264 8***	-0.030 3	0.094 9	3.127 1	0.008
2004	0.216 3**	-0.030 3	0.107 4	2.269 2	0.027
2005	0.274 0**	-0.030 3	0.105 9	2.826 6	0.012
2006	0.300 4***	-0.030 3	0.098 3	3.369 2	0.008
2007	0.291 6***	-0.030 3	0.104 7	3.071 6	0.009
2008	0.264 9**	-0.030 3	0.101 7	2.835 0	0.011
2009	0.283 2**	-0.030 3	0.107 5	2.840 7	0.010
2010	0.271 9***	-0.030 3	0.096 3	3.107 0	0.009
2011	0.252 9**	-0.030 3	0.096 6	2.892 4	0.012
2012	0.112 5*	-0.030 3	0.087 5	1.597 1	0.067
2013	0.137 2**	-0.030 3	0.080 6	2.040 6	0.037

注: *、**、*** 分别代表通过 10%、5% 和 1% 显著性检验。

从 6 表中不难发现, Moran' I 指数均为正值, 且数值主要集中在 0.25~0.31 之间, 其中最大值为 0.300 4, 最小值为 0.112 5, 其最大值与最小值之差较大, 但其统计值明显优于香菇的统计值。就其显著性而言, 除 2012 年仅通过 10% 显著性检验外, 其他年均通过 5% 的显著性检验, 其中 2001 年、2003 年、2006 年、2007 年和 2010 年均通过 1% 的显著性检验。

图 8 揭示了平菇 Moran' I 指数的演变轨迹及特征。平菇 Moran' I 指数的变动大致可以划分为两个阶段, 即波动下降阶段(2001—2005 年和 2009—2013 年)和持续下降阶段(2006—2008 年)。第一阶段存在两个时期, 但两个时期的变动趋势却有显著差异, 其中 2001—2005 年呈“W”型变化, 起落明显, 第二时期则呈现“缓慢下降——骤降——小幅反弹”的轨迹; 第二阶段则呈现出小幅连续下降态势, 即由最高点 0.300 4 降至 0.291 6 后, 再次跌至 2008 年的 0.264 9, 整体上下降幅度较小。

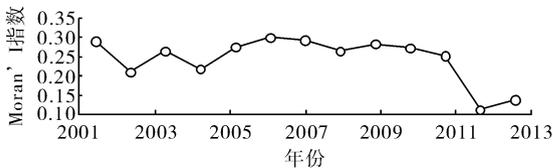


图 8 2001—2013 年平菇 Moran' I 指数变化趋势

部集聚状况, 本文绘制出 2001 年和 2013 年平菇局部自相关散点图所对应的区域, 见表 7。

表 7 2001 年和 2013 年平菇局部自相关散点图对应区域

平菇	2001 年	2013 年
高一高	山东、山西、河北、湖北、 陕西、江苏、河南	辽宁、河北、山东、 河南、江苏、安徽
低一高	安徽、上海、浙江、 内蒙古、天津	湖北、天津、北京、山西、福建、 上海、内蒙古、浙江、黑龙江
低一低	海南、吉林、北京、广东、江西、 辽宁、重庆、湖南、宁夏、贵州、 广西、四川、甘肃、青海、新疆、 西藏、云南	重庆、海南、贵州、青海、 西藏、云南、广西、甘肃、 陕西、广东、宁夏、新疆、 西藏、云南
高一低	福建、黑龙江	四川、吉林、江西、湖南

从表 7 中不难发现, 全国平菇低产区省域数量占据绝大多数, 而高产区省域数量相对较少。就高产区而言, 2013 年高产区有 10 个, 与 2001 年基本一致, 但各省所处类型却有所差异; 其中, 2013 年辽宁和安徽挤进“高一高”集聚区域, 而山西、湖北和陕西则从中退出, 分别进入“低一高”和“低一低”集聚区域, 这也反映出这些区域产量增长缓慢甚至出现产量下滑的趋势; 2001 年处于“高一低”集聚区域的福建和黑龙江由于产量增长缓慢, 被高产区所包围并落至“低一高”区域, 2013 年为四川、吉林、江西和湖南四省所代替。与此同时, 平菇低产区域并未发生较大变化, 除黑龙江、山西和陕西由高产区落入该区域外, 其他省份一直处于该区域, 尽管这些省份所处的类型(“低一高”或“低一低”)不一致。

基于对平菇产量集聚状况的认识, 为进一步探讨哪些区域对该种集聚状况的影响和贡献较大, 本文在局部自相关散点图的基础上, 绘制了 LISA 集聚图(见图 9 和图 10)。2001 年平菇产量集聚状况通过 5% 显著性检验的地区有 8 个地区, 其中“高一高”集聚区域主要集中在华北地区, 以河北、山西、河南和山东为代表, 该区域集聚现象异常明显; “低一低”集聚区域主要集中在西部地区, 以新疆、青海和西藏为代表; “低一高”集聚区域的省区数量较少, 仅安徽一省。2013 年平菇 LISA 集聚图较 2001 年发生较大变化, 通过 5% 显著性检验的区域由 2001 年的 8 个缩减至 4 个, “低一低”类型地区均未通过 5% 的显著性检验, “高一低”区域增至 1 个, 四川成为其代表地区; 较为明显的是, “高一高”集聚区域在数量上依然占有优势, 但其数量减半, 且安徽一度跃入此类型, 与山东共同成为其代表地区。

2) 局部自相关。与香菇类似, 为探究平菇的局

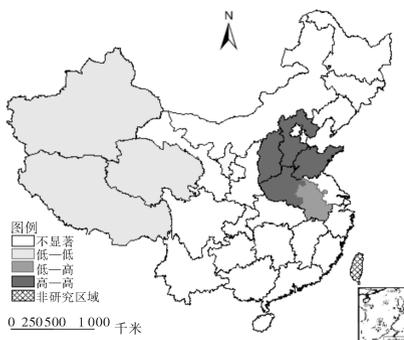


图9 2001年平菇LISA集聚图

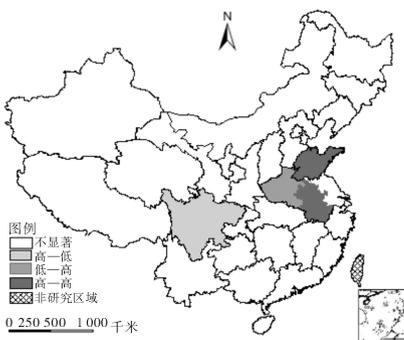


图10 2013年平菇LISA集聚图

三、结 语

本文运用空间统计 Moran' I 指数及 LISA 图等方法,对我国食用菌两大品种(香菇和平菇)的空间分布、区域差异、集聚状况及变化区域进行了较为系统的研究,得到的基本结论如下。

(1)我国食用菌产业整体发展较为迅速,但省域间差异较大,且“南菇北移”迹象较为明显。就产量而言,2013年全国食用菌总产量较2001年增长了3.05倍,年均递增约12.37%;其中,河南和山东产量均超过400万t,分别居全国第一、二位,黑龙江、江苏、福建和河北分列3~6位,产量均介于200~300万t之间,位居前6位省区的产量占全国总产量的58.28%,主导优势异常明显。就其演变特征来看,一直呈现递增态势,但“一起一落”周期性波动变化明显,其中2002—2004年和2010—2012年为“剧烈”波动阶段,2004—2008年为“温和”波动阶段,2008—2010年为“平稳”阶段。从地域上看,我国食用菌主产区由原来的东部沿海、中部、华南和东北为主的格局,逐渐演变为以东部沿海、华中、华北和东北地区为主的新格局,福建的“中心”地位被河南和

山东所代替,“南菇北移”的现象异常明显。

(2)我国香菇在样本考察期内呈现出明显的增长态势,其生产在地域上存在正相关性和集聚现象。作为我国最大的食用菌品种,2005年之后香菇发展更为迅猛。就各省区而言,2013年河南香菇产量高达228.01万t,代替福建跃居全国第一,湖北、河北、辽宁和浙江分列2~5位,但浙江较其他省区发展缓慢,产量增幅较小,位居前5位省区产量占全国总产量的69.39%,其主导优势十分明显;此外,北京、天津等地由于其初始产量较小,发展异常惊人,以天津为例,10余年间产量增长了3471.43%。从时序上看,我国香菇产量呈现出明显的上升态势,且以2007年以后最为明显;按照产量的变化轨迹,大致可划分为缓慢上升期(2001—2003年)、波动上升期(2004—2006年)和快速上升期(2007—2013年)3个阶段。香菇的全局自相关有关结果表明,我国香菇生产在地域上存在着明显的空间正相关性和集聚现象;进一步,由其局部自相关有关结果发现,河南、湖北、福建、山东一直处于“高-高”集聚类型,山西、安徽、上海、江苏等地一直处于“低-高”集聚类型,以贵州、宁夏为代表的诸多西部地区一直处于“低-低”集聚类型,这些区域在产量方面有所变化,但其在全国香菇产量中所占地位并未发生较大变化。

(3)平菇在样本考察期内呈现出明显的波动性上升态势,且与香菇相比,其在地域上的集聚现象更为明显。具体来看,2013年平菇产量达594.83万t,增长了129.28%,年均递增约7.16个百分点,但与香菇相比,其产量和增长速度相对较低;其中,2013年山东平菇产量达182.62万t,居全国第一,河北、河南和江苏分列2~4位;位居前9位的省区产量占全国总产量的80%以上,这与2001年差异不大。就其变化趋势来看,大致可分为波动下降期(2001—2003年)、持续上升期(2004—2008年)和波动上升期(2009—2013年)3个阶段。由全局自相关结果发现,平菇的全局 Moran' I 指数较为稳定,且大部分介于0.25~0.30之间,较香菇表现出更加强烈的正相关性和空间集聚现象;局部自相关有关结果表明,河北、山东、河南、江苏等地一直处于“高-高”集聚类型,上海、天津、内蒙古等地一直处于“低-高”集聚类型,海南、贵州等西部诸多地区一直处于“低-低”集聚类型,其在全国平菇生产中的地位并未发生明显变化,这与香菇类似;但需要注意的是,平菇“高-低”集聚类型的省区数量在不断增加,

由 2001 年的 2 个增至 2013 年的 4 个,这说明各省区的产量是不断增长的,但与 2001 年相比,低产区数量在不断增加,高产区被低产区包围的现象也更加明显,这与香菇是有所不同的。

参 考 文 献

[1] 曹明宏,阳敏.中国食用菌出口集中度与依赖度分析[J].华中

农业大学学报:社会科学版,2014(4):50-56.

[2] 张俊彪,李鹏.我国食用菌新兴产业发展的战略思考和对策建议[J].华中农业大学学报:社会科学版,2014(5):1-7.

[3] 张俊彪,李鹏,李平.湖北省食用菌产业的现状、存在问题及发展对策[J].食用药用菌,2012(3):13-18.

[4] 严文高,张俊彪,李鹏.基于泰尔指数的林下经济产业发展时空差异研究—以全国 24 省(市)食用菌产业面板数据为例[J].林业经济,2013(3):75-79.

Spatial and Temporal Evolution of Main Edible Fungi Species in China

—Based on Shiitake Mushroom and Oyster Mushroom

CHENG Lin-lin, ZHANG Jun-biao

(College of Economics and Management, Huazhong Agricultural University/
Industrial Economy Research Laboratory of National Edible
Fungi Industrial System, Wuhan, Hubei, 430070)

Abstract This paper analyzes the spatial and temporal evolution of two main edible fungi species—the shiitake mushroom and oyster mushroom, from 31 provinces in China between 2001 and 2013 by employing the method of spatial statistics. The result shows that the edible fungi industry is developing rapidly in China, the general gap is narrowing, but the difference between regions is evident. The main edible fungi producing areas is gradually evolved from the eastern coastal, central, south China and northeast China to the eastern coastal, central China, north China and northeast of China, and Fujian's core location status was replaced by Henan and Shandong provinces. The phenomenon of edible fungi producing areas changing from south to north is obvious at the same time. Shiitake mushroom and oyster mushroom have the obvious spatial correlation in space and agglomeration phenomenon, and the aggregation of oyster mushroom is more obvious than that of shiitake mushroom.

Key words edible fungi; spatial correlation; Moran's I index; aggregation

(责任编辑:金会平)