

中国稻谷生产的重心演变路径及偏移分析

王连喜^{1,2}, 赵 晶^{1,2}, 李 琪^{1,2}, 吴荣军^{1,2}, 耿秀华^{1,2}

(1. 南京信息工程大学, 江苏省大气环境监测与污染控制高新技术研究重点实验室, 江苏 南京 210044; 2. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044)

摘要: 本文利用 1949–2009 年全国 31 个省(市、自治区)稻谷种植面积、总产量及单产资料, 分析全国稻谷种植面积重心、总产量重心以及单产重心的移动轨迹、偏移距离等。结果表明: (1) 1949–2009 年, 稻谷种植面积重心、总产量重心, 整体上均呈现出向东北方向移动的趋势。 (2) 稻谷单产重心偏移轨迹从东西方向来看, 20 世纪 50、60 年代先向东偏移, 此后逐渐向西回归; 从南北方向上来看, 单产重心呈现波动上升、下降趋势, 大约在 33°N–34°N 之间移动。 (3) 从重心总偏移距离来看, 种植面积最小, 总产量次之, 单产最大; 从偏移方向来看, 三者均是向东北、西南方向偏移的年份居多, 说明稻谷生产东北、西南方向的发展不平衡状态较西北、东南方向的严重。 (4) 稻谷种植面积和总产量在南北方向上的动态变化相对东西向的变化剧烈, 而单产则是东西向的变化比南北向的变化剧烈。

关键词: 稻谷生产; 重心模型; 移动轨迹; 偏移距离

中图分类号: S511 文献标识码: A 文章编号: 1000-0275(2012)04-0415-05

Analysis of Track and Variation of Paddy Production Gravity Centre of China from 1949 to 2009

WANG Lian-xi^{1,2}, ZHAO Jing^{1,2}, LI Qi^{1,2}, WU Rong-jun^{1,2}, Geng Xiu-hua^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Atmospheric Environmental Monitoring and Pollution Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China)

Abstract: Movement path and offset distance of the planting area, production, yield per unit gravity centre was studied by using paddy planting area, production and yield per unit of 31 provinces (cities, autonomous regions) data from 1949 to 2009. The results displayed that: (1) the gravity centre of paddy planting area and production has been moving to northeast from 1949 to 2009. (2) The track of paddy yield per unit gravity centre moved to east before 1970's and move back after that in the north-south direction; In the east-west direction, the range movement of paddy yield per unit gravity centre fluctuated rise-decline between about 33-34° N. (3) By comparing the offset distance of gravity centre, the variation of paddy yield per unit gravity centre was the largest, followed by the yield every year, while the excursion distance of paddy plant area was the least; by comparing the offset direction, the years of moving to the northeast and southwest more than move to the southeast and northwest, it indicated that the imbalance of paddy production in the northeast and southwest was more serious. (4) Plant area and production of paddy change faster in the south-north direction than the east-west direction, while the paddy yield per unit change faster in the east-west direction than the south-north direction.

Key words: paddy production; gravity centre model; movement path; offset distance.

粮食是人类赖以生存的生活物质基础, 确保粮食安全, 是确保国家安全的前提和条件。近些年来, 在全球气候变化的大背景下, 粮食安全问题已越来越受到人们的关注。稻谷是我国的三大主要粮食作物之一, 稻谷(包括水稻、旱稻)生产的变化直接影响到粮食市场的稳定性, 准确掌握稻谷生产的变化趋势, 可以为我国粮食生产布局的优化及相关区域政策的制定提供依据。重心模型是研究区域发展过程中要素空间变动的重要分析工具^[1]。由于区域发展是要素集聚与扩散的过程, 各要素的重心位置处于不断变动之中, 要素重心的移动客观地反映了区域发展诸要素空间集聚及其位移规律, 其移动的方向即为变量空间格局变化的方向, 移动的距离可以表示作用力的差异程度^[2]。以往的重心研究多用于全国或地区人口、经济重心迁移^[3-7], 目前已有应用于自然资源的重

心研究, 如李鑫等^[8]利用空间自相关和重心分析模型, 对江苏省 1980–2009 年耕地空间分布变化进行分析。分析表明, 江苏省耕地空间分布与变化表现为严重的不均衡, 相比 1980 年, 2009 年耕地分布重心向东北方偏移; 叶长盛等^[9]运用 ESDA 空间相关分析及重心理论, 结合 GIS 技术, 探讨了 1980–2009 年江西省县域粮食生产的地域格局变化规律及特征, 影响江西粮食产量空间格局主要因素为粮食播种面积、有效灌溉面积、农业机械总动力、化肥使用量等; 周巧福等^[10]利用 HP 滤波法及粮食生产重心模型, 分析了近年来我国主要粮食作物产量的时空格局变化规律。以往的研究多侧重区域内近年来粮食产量的重心变化趋势, 而针对建国以来我国稻谷生产重心(包括种植面积、总产量、单产的重心)演变路径和移动距离的研究尚不多见。本文利用重心理论, 揭示

基金项目: 国家软科学研究项目“气候变化背景下我国的粮食安全评估及其适应对策研究”(编号: 2009GX5B091); 江苏省高校自然科学研究面上项目“气候变化背景下江苏省水稻高温热害模拟研究”(编号: 11KJB210004)。

作者简介: 王连喜(1959–), 男, 河南郑州人, 教授, 主要从事农业气象与生态气象的研究; 赵 晶(1985–), 女, 黑龙江牡丹江人, 硕士, 主要从事农业气象与生态气象的研究。

收稿日期: 2012-05-10, **修回日期:** 2012-06-13

1949–2009 年全国稻谷种植面积重心、总产量重心、单产重心演变路径和移动距离,定量分析稻谷生产的时空变化趋势。

1 研究方法和数据来源

粮食生产重心方法是通过选取各省区的粮食生产数据(包括总产量、种植面积、单产)占全国的比重和各省区省会的经纬度作为分析指标,这些指标能够直观地显示各省对全国粮食生产情况的贡献在变化趋势上的差异。粮食生产重心的测度方法如下^[11–12]:

$$\bar{X} = \sum_{j=1}^n M_{ij} X_{ij} / \sum_{j=1}^n M_{ij}$$

$$\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^n M_{ij} Y_{ij} / \sum_{j=1}^n M_{ij}$$

其中 $\bar{x}_i, \bar{y}_i$ 分别表示第 i 年粮食生产重心所在地理位置的经度值和纬度值。 x_j, y_j 分别表示 j 省省会的经度值和纬度值; M_{ij} 表示 j 省第 i 年的粮食产量(种植面积、单产), n 为省区数量。通过对多年粮食生产重心经纬度值在同一平面内的描绘,我们可以清楚地观察到粮食产地重心的时空变化情况。

本文所用数据包括 1949–2009 年全国 31 个省(市、自治区)稻谷的种植面积、总产量以及单位面积产量资料,数据来自中国种植业信息网(<http://zzys.agri.gov.cn/>)^[13]。

2 结果与分析

2.1 我国建国以来稻谷生产变化情况

建国以来,我国稻谷总产基本上呈现波动性上升趋势,1949 年稻谷总产为 4860 万 t;1982 年稻谷总产量首次突破 15000 万 t;近十年来,稻谷产量最低的年份为 2003 年,为 16000 万 t,2009 年产量达 19500 万 t^[13]。种植面积呈现波动性上升后下降的趋势,建国初期,稻谷种植面积为 2570 万 hm^2 ;1976 年达到最大为 3620 万 hm^2 ;近些年种植面积维持在 2900 万 hm^2 左右^[13]。建国以来,稻谷单产也呈现出波动性上升的趋势,1949 年仅为 1892.1 kg/hm^2 ,而 2009 年则达到了 6585.3 kg/hm^2 ^[13]。

2.2 稻谷生产重心演变路径分析

(1)稻谷种植面积重心演变。1949–2009 年各地稻谷的种植面积一直在变化,使得全国稻谷种植重心也逐年移动。重心移动范围为 112.75°E (1949 年)–114.35°E (2009 年),27.99°N (1949 年)–30.5°N (2009 年),东西跨度达 1.6°,南北跨度达 2.5°。

为了减少偶然因素的影响,采用 5a 平均值分析全国稻谷种植面积重心的演变路径(图 1)。由图 1 可以看出,以 1949 年为基点(稻谷种植重心为 112.75°E,27.99°N),1950–1954 年,1955–1959 年,稻谷种植面积重心的纬度和经度上都有所增加,整体呈向东北方向移动的趋势;1960–1964 年经度增加,纬度减少,向东南方向移动;1965–1969 年经度减少,纬度略微增加,向西北方向移动;自 1970 年开始,到 1999 年为止,这 30 年,稻谷种植面积重心持续向东北方向移动,经度和纬度都有相对较大程度的增加;2000–2004 年经度略有减少,纬度有所增加,种植面积重心向西北方向移动;2005–2009 年,重心移动方向又再次恢复向东北方向移动的趋势。

1949–1994 年此阶段稻谷面积重心落在我国湖南省境内,在这之后的各阶段面积重心均位于湖北省境内。1949–2009 年这 61 年中,稻谷种植面积重心除有部分年份向东南、西北方向移动的趋势外,整体呈现出向东北方向移动的态势,这与稻谷在东北地区种植面积增加紧密相关。建国初期,稻谷在东北三省(指黑龙江、辽宁、吉林省)的种植面积仅为 32.1 万 hm^2 ,到 1958 年已经上升到 105 万 hm^2 ;虽然 1959–1963 年东北三省稻谷种植面积持续下降到建国初期水平,但从 1964 年开始,种植面积呈现波动上升趋势,1970–1999 年,东三省稻谷种植面积占全国总种植面积已从 2.43% 上升到 8.25%;2009 年东三省总种植面积为 3780 万 hm^2 ,占全国的 12.75%^[13]。

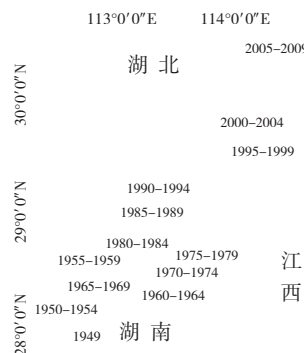


图1 1949–2009 年稻谷种植面积重心的演变路径

(2)稻谷总产量重心演变。1949–2009 年稻谷总产量重心的移动范围为 111.94°E (1949 年)–114.49°E (2008 年)、28.38°N (1949 年)–30.94°N (2008 年),东西跨度达 2.55°,南北跨度达 2.56°,变幅更大。

为了减少偶然因素的影响,亦采用 5a 平均值分析全国稻谷总产量重心的演变路径(图 2)。由图 2 可以看出,以 1949 年为基点(稻谷总产量重心 111.94°E,28.38°N),1950–1954 年重心纬度方向增加 0.16°,经度方向增加 0.53°,向东北偏东方向移动;1955–1959 年产量重心持续向东北方向移动;1960–1964 年,产量重心经度有所增加,纬度略有减少,向东南方向移动;1965–1969 年产量重心恢复向东北方向移动的趋势;自 1970 年起到 1999 年为止,这 30 年中,稻谷生产重心呈向东北方向移动趋势,纬度经度都有大幅增加,2000–2004 年稻谷产量重心纬度增加,经度略有减少,向西北偏北方向移动;2005–2009 年产量重心继续向东北方向移动。

1949–1984 年稻谷总产量重心落在我国湖南省境内,在这之后的各阶段产量重心均位于湖北省境内。与稻谷种植面积重心类似,1949–2009 年这 61 年中,稻谷产量重心除有部分年份向东南、西北方向移动的趋势外,整体呈现出向东北方向移动的态势。建国初期至今,东北三省稻谷总产量占全国总产量的比重由 1.19% 上升到 13.3%,1960–1964 年,东北三省稻谷总产量有略微下降,而此时期,东南部省份诸如广东、福建、江西等稻谷产量上升较快,其中广东省 1964 年相比 1960 年总产量上升了 30.9%,并且广东省这 5 年稻谷总产量占全国均维持在 13% 左右,由此可能导致稻谷生产重心在此阶段向东南方向偏移^[13]。

(3) 稻谷单位面积产量重心演变。单位面积产量是总产量与种植面积变化的综合结果,由两者的比值计算得到。由于各地的自然条件、经济水平、科技水平等不同,单位面积产量的变化步调势必不一致,由此就会造成稻谷单位面积产量重心的偏移和演变。

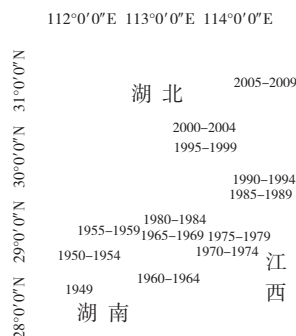


图2 1949–2009年稻谷总产重心的演变路径

1949–2009年稻谷单产重心移动范围为 111.89°E (2000年)– 114.33°E (1968年), 32.48°N (1960年)– 34.29°N (1975年), 东西跨度达 2.44° , 南北跨度达 1.81° , 且没有明显的变化趋势。相对1949年稻谷单产重心, 除2000–2009年单产重心偏西北外, 其余数年份的单产重心偏东北。建国以来, 随着科技水平的提高, 稻谷单产水平各个省份都呈现上升的趋势, 如1949年, 江苏、湖北、辽宁稻谷单产水平分别为 1704.3 kg/hm^2 、 2359.05 kg/hm^2 、 1586.85 kg/hm^2 , 而2009年分别为 8073 kg/hm^2 、 7784.1 kg/hm^2 、 7705.2 kg/hm^2 [13]。

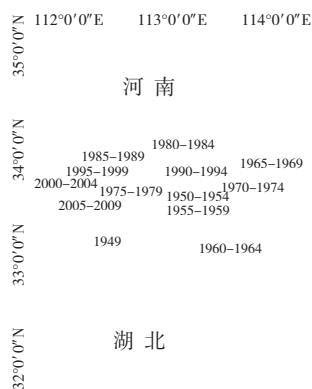


图3 1949–2009年稻谷单产重心的演变路径

由图3可以看出, 以1949年为基点, 1950–1954年稻谷单产重心移动的路径为经度、纬度都有所增加, 即向东北方向移动; 1955–1959年稻谷单产重心移动的路径为纬度减少、经度略有减少即向南偏西方向移动, 说明此阶段, 南、北稻谷主产区的单产增加速度失衡; 1960–1964年, 重心移动的路径为经度增加、纬度减少即向东南方向移动; 1965–1969年, 此阶段与上一阶段相比, 稻谷单产重心向东北方向移动明显, 而1970–1979年这10年中, 单产重心向东偏西方向移动幅度相对较大, 东西部严重失衡的情况得到改善, 东部先进的耕作技术、良种等引入西部以后, 使东西部地区单产差距减小; 1980–1984年, 稻谷单产重心移动路径为经、纬度都有所增加即向东北方向移动; 自1985年起至2004年止, 这期间除1990–1994年单产重心略向东南方向移动外, 整体均呈向

西南方向移动的态势, 说明此阶段西部技术水平提高显著; 2005–2009年, 此阶段单产重心移动的路径与上一阶段正好相反, 即向东北方向移动, 但移动幅度不大。

2.3 稻谷种植面积和产量重心偏移对比

(1) 偏移轨迹对比。如图4所示, 在经度方向(东西方向)上, 1949–1969年总产量重心、种植面积重心均呈现向高经度方向移动的趋势, 说明在这一阶段, 从生产规模上看, 东西部差距加大, 东部稻谷种植面积增加速度高于西部, 东西部失衡重心向东移动, 由此导致稻谷总产重心随之向东移动。偏移幅度由大到小依次为单产重心、总产重心、面积重心, 总产量是由单产和种植面积共同决定, 使产量重心移动一定距离, 单产重心移动幅度较大、面积重心移动幅度较小, 说明面积变化对产量的贡献相对较大, 而单产变化的东西部不平衡对产量贡献小。1970–2009年种植面积重心和总产重心基本上呈持续向高经度(东)移动的趋势, 2000–2004年虽有略微下降, 但2005–2009年又恢复向高经度移动, 这可能是由于近几年稻谷在东北三省种植面积扩大所造成的, 如2000年东三省稻谷种植面积为 268 万 hm^2 , 2006年为 327 万 hm^2 , 而2009年达到 378 万 hm^2 [13]; 1970–2009年单产呈波动向低经度(西)移动的趋势, 这一阶段与上一阶段相比, 单产重心改为向西移动, 说明西部稻谷单产水平得到提高, 总产量重心在经度上的偏移量比种植面积多, 说明面积变化对产量的贡献相对较大, 相应单产变化对产量贡献较小, 这一点可以从单产重心较大幅度向西移动而总产重心依然持续向东移动可以说明。

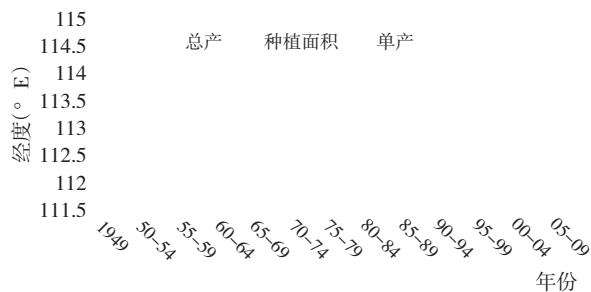


图4 1949–2009年稻谷生产在经度上的演变轨迹对比

图5显示, 在纬度方向(南北方向)上, 1949–2009年稻谷总产重心、种植面积重心总体上均呈现向高纬度方向移动的变化趋势, 而单位面积产量重心呈波动上升、下降的变化趋势, 但幅度不大, 单产重心变化范围大约在 33°N – 34°N 之间。总体来看, 总产量重心偏移量比面积重心偏移量多, 说明面积变化对产量的贡献较大。

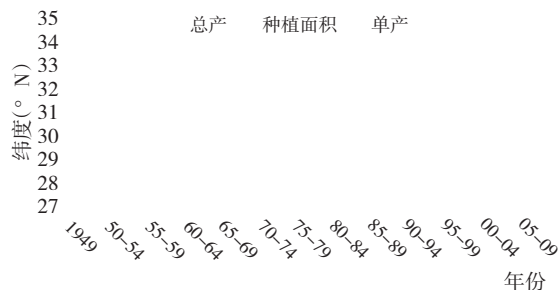


图5 1949–2009年稻谷生产在纬度上的演变轨迹对比

(2) 偏移距离对比。在分析重心移动距离时, 以1949年

为起点,第 k 年重心坐标为 (L_{0k}, La_k) ,第 $k+1$ 年的重心坐标为 (L_{0k+1}, La_{k+1}) ,则从第 k 年到第 $k+1$ 年的重心偏移距离 $d=c \cdot \sqrt{(L_{0k+1}-L_{0k})^2+(La_{k+1}-La_k)^2}$,式中常数 $c=111.111$,表示由地球表面坐标单位($^\circ$)转化为平面距离(km)的系数^[2]。用东西南北方位表述偏移方向,结果详见表 1。

表 1 1949–2009 年稻谷生产重心偏移分析

年份	种植面积			总产量			单产		
	移动距 离(km)	纬/ 经	移动 方位	移动距 离(km)	纬/ 经	移动 方位	移动距 离(km)	纬/ 经	移动 方位
1950	4.64	2.0	东北	62.48	0.4	东北	73.76	0.6	东北
1951	8.78	1.0	东北	8.04	0.0	东南	41.21	0.8	西南
1952	3.52	1.1	东北	10.86	0.2	东北	59.00	1.8	东北
1953	10.89	1.5	西南	14.14	0.6	西南	18.34	-1.8	西北
1954	6.67	-7.6	西北	36.46	0.5	西南	48.86	0.6	西南
1955	18.24	0.9	东北	61.65	0.8	东北	64.00	0.3	东北
1956	31.40	2.1	东北	25.66	8.1	东北	61.78	0.7	西南
1957	13.91	-1.1	西北	23.70	0.7	西南	65.07	0.6	西南
1958	48.16	1.4	东北	23.43	0.7	东北	84.23	-0.2	东南
1959	27.78	5.0	西南	38.08	-0.7	东南	63.79	0.9	东北
1960	28.60	-0.1	东南	32.96	-1.2	东南	104.77	7407.4	西南
1961	51.20	2.3	西南	36.66	2.2	西南	75.50	23.3	东北
1962	11.79	0.6	西南	11.91	-0.8	西北	12.16	-0.1	东南
1963	20.38	2.9	东北	54.06	1.1	东北	46.96	2.3	东北
1964	9.43	-2.2	西北	11.73	-0.1	西北	23.60	2.4	西南
1965	9.47	-0.9	西北	6.29	0.0	西南	20.82	0.1	西南
1966	7.15	2.0	西南	7.38	0.8	东北	72.76	1.0	东北
1967	16.97	0.0	西南	6.82	0.3	西南	58.33	0.9	东北
1968	17.07	0.0	东北	18.71	0.5	东北	8.82	-0.4	东南
1969	18.68	0.2	东北	23.23	-5.8	东南	105.01	1.0	西南
1970	7.80	18.3	东北	27.06	1.7	东北	51.37	1.6	东北
1971	21.52	0.6	东北	11.01	1.6	东北	35.38	-0.6	西北
1972	4.90	-13.9	西北	18.96	-2.1	东南	128.60	1.6	西南
1973	15.81	6.4	西南	17.81	12.0	东北	98.33	-0.8	西北
1974	5.47	-0.2	西北	6.88	-0.9	东南	187.37	0.3	东北
1975	3.64	2.2	东北	14.38	-0.8	西北	21.50	2.8	东北
1976	15.17	0.8	东北	16.15	-0.3	东南	257.45	0.7	西南
1977	5.96	-1.0	东南	13.26	0.1	西南	71.96	-4.8	西北
1978	5.51	1.2	西南	13.25	1.0	东北	26.49	-0.1	东南
1979	2.60	0.2	东北	14.15	-1.4	东南	174.37	0.1	东北
1980	6.15	2.2	东北	23.03	0.1	西南	64.46	-1.5	西北
1981	10.29	0.5	西南	35.95	1.3	东北	160.25	0.4	西南
1982	3.62	-0.1	西北	8.46	-2.3	东南	158.06	0.2	东北
1983	1.62	3.2	东北	22.25	0.0	东北	12.71	-7.4	西北
1984	10.17	2.2	东北	32.68	-3.1	西北	94.03	0.1	西南
1985	21.77	2.0	东北	10.94	2.3	东北	6.45	0.7	西南
1986	11.67	0.9	东北	15.91	2.2	东北	35.37	0.4	东北
1987	12.82	0.9	东北	5.67	-5.0	东南	7.77	-1.8	东南
1988	7.08	0.2	西南	6.76	6.0	东北	34.09	1.7	西南
1989	4.89	1.2	东北	21.23	1.1	西南	41.42	0.7	西南
1990	6.16	2.5	东北	22.91	4.0	东北	52.66	0.7	东北
1991	11.03	2.7	东北	1.11		南	11.82	0.0	西南
1992	7.82	8.3	东北	13.92	1.8	东北	15.13	0.0	东南
1993	8.70	0.5	西南	4.71	1.0	东北	29.57	0.2	东北
1994	6.57	2.5	西南	2.48	0.5	东北	52.81	-0.4	西北
1995	11.45	1.2	东北	8.96	0.6	西南	27.82	1.1	西南
1996	25.28	1.4	东北	32.05	1.5	东北	75.05	0.3	东北
1997	26.81	0.9	东北	29.92	1.6	东北	79.81	0.3	西南

续表 1

1998	11.38	1.4	东北	13.38	1.1	东北	16.54	-0.7	西北
1999	9.55	2.5	东北	3.51	0.3	西南	26.49	26.1	西南
2000	14.53	-0.5	西北	17.36	-1.2	西北	52.44	0.0	西南
2001	12.41	0.3	西南	8.46	-2.3	东南	5.95	-0.6	东南
2002	9.75	-5.1	西北	16.70	-15.0	西北	44.28	0.6	东北
2003	39.10	0.9	西南	59.80	0.7	西南	36.95	0.6	西南
2004	37.88	1.0	东北	77.01	1.0	东北	53.73	0.1	东北
2005	13.73	1.3	东北	5.98	-2.5	西北	46.89	-0.3	西北
2006	41.56	1.3	东北	34.46	0.4	东北	5.43	0.3	东北
2007	30.37	1.2	东北	7.11	-1.3	西北	12.29	2.8	西南
2008	6.77	2.3	东北	12.96	1.7	东北	64.73	-0.2	东南
2009	2.23	1.4	东北	7.45	2.0	西南	22.29	0.1	西南

注:纬/经数据结果的计算方法,如:1950 年稻谷种植面积重心为 $(112.7659^\circ\text{E}, 28.0279^\circ\text{N})$,1951 年为 $(112.8204^\circ\text{E}, 28.0851^\circ\text{N})$,因此,1951 年种植面积重心相对 1950 年移动了 $d=8.78\text{ km}$,纬/经 $= (28.0851-28.0279)/(112.8204-112.7659) = 1.0$ 因为纬度移动 $28.0851^\circ-28.0279^\circ=0.0572^\circ > 0$,经度移动 $112.8204^\circ-112.7659^\circ=0.0545^\circ > 0$,所以,1951 年相对 1950 年种植面积重心向东北方向移动。

从重心的总偏移距离来看,1949–2009 年稻谷种植面积的总偏移距离最小,为 876.26km,总产量次之,为 1230.29km,单产的总偏移距离最大,达到 3508.87km。因为随着工业化和城镇化进程不断推进,使得我国水稻主产区种植面积减少,此外退耕还林、农业产业结构调整等原因对稻谷种植面积均会产生一定影响^[14],使其可变的弹性相对较小,因此种植面积重心的移动距离最小。而单产的变化受科技水平、投入水平、管理水平以及品种等许多因素的影响,可变化的范围相对较大,因此重心移动距离最大。总产量受面积和单产的影响,其重心的偏移距离介于两者之间。稻谷种植面积变化最大年份是 1961 年,最小年份是 2009 年;总产量变化最大年份是 2004 年,最小年份是 1991 年;单产变化最大年份是 1976 年,最小年份是 2006 年。

从偏移方向来看,种植面积重心偏移向东北方向的年份最多,其次为西南方向、西北方向和东南方向,分别占 56%、23%、14%、3%;总产量重心偏移向东北方向最多,其次为西南方向、东南方向和西北方向,分别占 44%、21%、17%和 13%;单产重心偏移向西南方向最多,其次为东北方向、西北方向和东南方向,分别占 37%、25%、14%和 13%。可见,东北、西南方向的发展不平衡状态较西北、东南方向的严重。

进一步统计偏移纬度与偏移经度的比值,即 $|(L_{ak+1}-L_{ak})/(L_{0k+1}-L_{0k})| \geq 1$ 的年数,种植面积、总产量和单位面积产量分别为 38a、33a 和 19a,说明稻谷种植面积和总产量在南北方向上的动态变化相对东西向的变化剧烈,而单产则是东西向的变化比南北向的变化剧烈。

3 结论与讨论

(1)1949–2009 年,全国稻谷种植面积重心、总产量重心整体上均呈现出向高纬度、高经度即向东北方向移动的变化趋势,种植面积重心东西跨度达 1.6° ,南北跨度达 2.5° ;总产量重心东西跨度达 2.55° ,南北跨度达 2.56° ,变幅更大。钟甫宁^[15]通过对水稻布局变化实证分析认为,近些年传统水稻主产区的南方区、长江中下游区水稻播种面积减少较多,而东

北区水稻播种面积则出现较大幅度的增长。各个地区的水稻净收益虽然相差不是很大,但相对收益的大小及其变化最终决定了播种面积的调整方向,其中,南方区和长江中下游区主要的替代作物为蔬菜和水果;东北区、西北区和华北区的主要替代作物仍然是粮食作物中的玉米和小麦,水稻净收益高于这两种粮食作物,但是,西北区和华北区受自然条件限制难以扩大水稻播种面积,而东北区有潜在的农业资源作为保障,所以,水稻播种面积的增长幅度较大。此外,这种趋势变化可能与气候变暖使得稻谷可种植范围扩大有关。据研究,全球变暖会使气候温度带向北移动,年平均温度每增加 1°C ,北半球中纬度地区的作物带在水平方向上将北移 $150\text{ km}-200\text{ km}$ ^[6]。我国华北北部、东北南部、川西、藏南、青海等地 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温增幅较大,年均增温多在 $100-300^{\circ}\text{C}$ 之间;东北北部、黄河流域大部、江淮流域、西北大部增温在 $50-100^{\circ}\text{C}$ 之间^[7]。在过去50年中,由于气候变暖、热量资源的增加造成了全国种植制度界限不同程度北移^[8],如黑龙江省地区由于热量资源的增加,水稻的种植北界向北移动到了北纬 47° 附近,原来的不适宜种植区变为适宜种植区^[9],从而使稻谷的生产重心有了规律性地迁移。

(2) 稻谷单产重心没有明显的变化趋势,偏移轨迹从东西方向来看,20世纪50、60年代单产重心向东偏移,在此之后单产重心逐渐向西回归,东西方向差距缩小;从南北方向上来看,单产重心在此方向上移动幅度不大,呈现波动上升、下降趋势,大约在 $33-34^{\circ}\text{N}$ 之间移动。这种变化趋势可能与各地区生产水平有关,20世纪50、60年代东部先进的技术水平、优良的稻谷品种使得单产重心向东移动;随着西部地区引进学习,产量提高,使得单产重心由东向西开始回移。

(3) 从重心的总偏移距离来看,1949-2009年稻谷种植面积的总偏移距离最小,总产量次之,单产的总偏移距离最大。从偏移方向来看,种植面积重心偏移向东北方向的年份最多,其次为西南方向、西北方向和东南方向;总产量重心偏移向东北方向最多,其次为西南方向、东南方向和西北方向;单产重心偏移向西南方向最多,其次为东北方向、西北方向和东南方向。由此可见,稻谷生产东北、西南方向的发展不平衡状态较西北、东南方向的严重。

(4) 通过统计偏移纬度与偏移经度的比值 ≥ 1 的年份可知,稻谷种植面积和总产量在南北方向上的动态变化相对东西向的变化剧烈,而单产则是东西向的变化比南北向的变化剧烈。

参考文献:

- [1] 刘彦随,王介勇,郭丽英,等. 中国粮食生产与耕地的时空动态[J]. 中国农业科学, 2009, 42 (12): 4269-4274.
- [2] 杨建仓,雷水玲,王戈,等. 小麦生产重心演变路径及偏移分析[J]. 中国农学通报, 2008, 24 (8): 504-509.
- [3] 樊杰,陶普曼·W. 中国农村工业化的经济分析及省际发展水平差异[J]. 地理学报, 1996, 51 (5): 398-407.
- [4] 徐建华,岳文泽. 近20年来中国人口重心与经济重心的演及其对比分析[J]. 地理科学, 2001, 21 (5): 385-389.
- [5] 刘德钦,刘宇,薛新玉. 中国人口分布及空间相关分析[J]. 遥感信息, 2002, (6): 2-6.
- [6] 乔家君,李小建. 近50年来中国经济重心移动路径分析[J]. 地域研究与开发, 2005, 24 (1): 12-16.
- [7] 陈希华. 山东省产业重心转移与可持续发展研究[J]. 地球信息科学, 2001, (4): 28-29.
- [8] 李鑫,欧明豪. 江苏省耕地空间分布与变化研究[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(6): 731-734.
- [9] 叶长盛,朱传民. 江西省县域粮食生产地域格局变化研究[J]. 农业现代化研究, 2011, 32 (3): 315-319.
- [10] Zhou Qiaofu, WU Shaohong, DAI Erfu1, et al. Analysis on the Temporal and Spatial Change of Grain Production of China in Recent Years and Its Adaptation Strategies[J]. Agricultural Science & Technology, 2010, 11 (9-10): 164-167.
- [11] 王介勇,刘彦随. 1990年至2005年中国粮食产量重心演进格局及其驱动机制[J]. 资源科学, 2009, 31 (7): 1188-1194.
- [12] 王千,金晓斌,阿依吐尔逊·沙木西,等. 河北省粮食产量空间格局差异变化研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25 (9): 1525-1535.
- [13] 中华人民共和国农业部种植业管理司. 中国种植业信息网[EB/OL]. <http://zzys.agri.gov.cn/>.
- [14] 罗光强,曾伟. 中国水稻产出的区域性波动及其协同性研究[J]. 农业现代化研究, 2007, 28 (1): 88-92.
- [15] 钟甫宁,刘顺飞. 中国水稻生产布局变动分析[J]. 中国农村经济, 2007 (9): 39-44.
- [16] Newman J E. Climate Change Impacts on the Growing Season of the North American Corn Belt[J]. Biometeorology, 1980, 7: 128-142.
- [17] 沙万英,邵雪梅,黄玫. 20世纪80年代以来中国的气候变暖及其对自然区域界线的影响[J]. 中国科学, 2002, 32 (4): 317-326.
- [18] 杨晓光,刘志娟,陈阜,等. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 I. 气候变暖对中国种植制度北界和粮食产量可能影响的分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43 (2): 329-336.
- [19] 方修琦,盛静芬. 从黑龙江省水稻种植面积的时空变化看人类对气候变化影响的适应[J]. 自然资源学报, 2000, 15 (3): 213-217.