



# 基于GIS江苏水稻种植面积与产量的空间重心变迁研究

唐惠燕<sup>1,2</sup>,包平<sup>1,3\*</sup>

(1. 南京农业大学人文社会科学学院,江苏南京210095;2. 南京农业大学图书馆,江苏南京210095;  
3. 南京农业大学人事处,江苏南京210095)

**摘要:**利用地理信息系统(GIS)和空间重心分析方法对江苏省水稻种植面积和产量进行时空的变迁研究。结果显示,1949—2011年间,江苏水稻种植面积和产量的空间重心呈现区域性迁移特征,经历以苏南地区为主完全转变成以苏北地区为主的变迁过程。其中,种植面积空间重心从镇江扬中市三茅镇扬子东路开始,途经江都市十三圩等地进入高邮市,经萧家庄、郑家等地到达宝应县周庄和任庄;总产量迁移轨迹与种植面积总体接近、稍有差异。并从人口、政策、经济和科技四个方面对空间重心变迁的驱动进行了讨论,运用相关系数计量研究了水稻与人口和经济之间的关联程度。

**关键词:**GIS;水稻;空间重心;变迁;农业史;驱动因素

**中图分类号:**K27 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-7465(2014)01-0118-07

地理信息系统(Geographic Information System, 以下简称GIS),是一种兼容、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统,是分析和处理海量空间数据的通用技术<sup>[1]</sup>。GIS具有把时间与空间动态整合在一起的特性,在管理和整合历史文化研究资源、研究结果的可视化以及历史文化数据的空间分析等方面具有独特的优势<sup>[2]</sup>。

而空间重心是地理实体空间分布研究中描述空间分布中心的指标,最早应用于人口重心迁移和经济或产业结构的重心转移等研究<sup>[3-6]</sup>。近年来在农业领域中有一些应用,主要包括粮食生产布局、耕地变化及农作物生产重心演变等<sup>[7-12]</sup>,其中李裕瑞和陈文佳的研究把GIS技术和空间重心相结合,针对近30年江苏粮食生产和中国水稻生产进行空间重心变迁研究,从耕地面积、复种指数、城镇化水平及各地区农业劳动力、化肥施用量、有效灌溉面积等因素分析江苏粮食生产和中国水稻生产空间格局的变化特征及其驱动因素<sup>[11-12]</sup>。

1949年以来,江苏农业发生了巨大变化,经历了计划经济向市场经济的转变,农业种植结构从封闭状态走向开放格局。本研究通过建立数据采集规范,以2011年县域行政区划为基础,系统整理1949—2011年共63年江苏省区域内水稻种植的相关数据,利用空间重心和GIS相结合的方法,可视化展示和精确化描述历史时段江苏水稻种植面积和产量的迁移轨迹,研究区域空间重心变迁特点,并在此基础上从人口、政策、经济和科技等方面分析形成变迁的历史原因,运用相关系数计量研究了水稻种植与驱动因素之间的关联程度。

## 一、数据规范与研究路径

### 1. 行政区划调整及数据处理方法

1949年以来,江苏行政区划经历了五次重大调整:1952—1953年恢复江苏省建制;1983年地市合并,分设11个地级市;二十世纪八九十年代,撤

收稿日期:2013-09-05

作者简介:唐惠燕,女,南京农业大学人文社会科学学院博士生,副研究馆员,硕士生导师。研究方向为农业史、图书馆学。

包平,男,南京农业大学人文社会科学学院博士生导师,研究馆员,主要研究方向为农业教育史、科技史。

\*包平为通讯作者。

县设市,设立了 30 多个县级市,如张家港市、江阴市等;1996 年增设泰州、宿迁两个地级市;2001 年前后撤县(市)设区,先后撤并了 15 个县,如南京的江宁区、六合区变成了主城的一部分。

研究基于地级市和县域单元的统计数据开展,以 2011 年江苏省行政区划的地级市和县域的归属为基本单元进行数据整理,2011 年前区划有变化的地级市和县域则按 2011 年的行政区划进行调整。主要有以下两种情况:

**地级市数据处理:**地级市在调整时基本按县域为整体单位重新划分,如现在属于无锡地区的江阴市,1953—1982 年间在行政区划上属苏州地区。宿迁和泰州市管辖的各县市在 1996 年以前分别属于淮阴和扬州市。数据处理时则把 1982 年前江阴的数据从无锡市抽出来,并入苏州市,宿迁的沭阳、泗洪、泗阳三县和泰州的泰州、泰兴、泰县的数据从淮阴市和扬州抽出来归入宿迁和泰州,原有的无锡、淮阴和扬州的数据减去这部分重新计算。

**县域单元数据处理:**(1)调整时改名的县域,如张家港市在 1986 年前称沙洲县,在统计资料中沙洲县的数据经规范后直接成为张家港市同期的数据。(2)撤县建区过程中的县域单元变成了一个区,如果这个区的数据相对比较完整,则按独立的县域单元处理。如南京市的江宁区、南通的通州区等,如果这个区的数据量较少或不完整,则作为该地级市的市郊数据的一部分,13 个地级市市郊均作为一个独立的县域单元来对待。

## 2. 数据来源及规范

1949—1975 年数据来自《江苏省农业统计资料 1949—1975》,1976—1987 年数据来自《江苏省农业统计资料》,1988—1998 年数据来自《江苏农村经济资料》,1999—2011 年数据来自《江苏省农村统计年鉴》。

数据经过处理和规范,形成 1949—2011 共 63 年 13 个地级市 75 个县域单元的相关数据,播种面积、总产量、平均产量分别以千公顷、万吨、公斤/公顷为单位。在制作水稻播种面积和总产量空间重心变迁图时,以 5 年为一个时间单位,最后形成 13 组以县域为单元的水稻播种面积或总产量统计数据。数据以 EXCEL 表格形式保存,小数点后统一保留两位。

## 二、研究方法及其研究结果

空间重心分析是地理学研究的常用手段。本

研究借鉴地理学科的方法和工具,从空间分布角度,研究江苏 1949—2011 年水稻种植面积和产量空间重心的变迁特点,可视化部分则利用 Mapinfo Professional 7.0(以下简称 Mapinfo 7)作为系统平台。

### 1. GIS 数据库的建立

(1)江苏基础地图数据库:来源于江苏省测绘局提供的空间矢量地图,包括 13 个地级市和 75 个县域地区面图,投影类别:longitude/latitude(WGS 84)。

(2)水稻属性数据库:利用 MapInfo 建立属性表的表结构文件,调入 Microsoft Excel 文件,根据指定列字段名称进行匹配转换。

(3)地图与属性的连接:通过某一带有地理位置属性的字段值进行地图与属性匹配互联。

### 2. 水稻专题地图的制作

专题地图是 GIS 可视化功能的主要形式。GIS 按图层组织计算机地图,每个图层包含整个地图的不同方面,每个图层的背后都隐含着—组数据表,多个图层的重叠形成了一幅专题地图。本研究研制水稻播种面积和产量在江苏省各县市的分布图,其中第一个图层包含江苏 13 个地级市或 75 个县域单元的行政区划,第二个图层包含行政区划的名称,第三个图层包含水稻作物的时空属性,如种植面积、平均产量、总产量等。这三个图层的组合形成江苏省水稻某种属性的专题地图。

专题地图的创建分为三个步骤,即选择专题模板类型,选择地图的专题变量和自定义专题地图。本研究选择范围值专题地图和直方图专题地图二种类型,为方便对比,同一类型专题地图采用同一标准进行数据划分,并用不同深浅颜色或高度进行表达,在每幅图的图例中有指引。

### 3. 水稻种植面积、产量空间重心坐标值的计算

空间重心(平均中心)是地理实体空间分布研究描述空间分布中心的一个指标,这个指标通过计算有关分布问题的基本参数实现。平均中心指标描述空间的重心分布,通过重心变化轨迹描述面积、产量空间重心的变迁。

对于多个分散的地理空间对象,几何中心是由一系列空间对象的几何坐标的平均值表示。其计算公式为:

$$x = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{N} \quad y = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{N} \quad (1)$$

式(1)中,N 为空间对象总数, $X_i$ 、 $Y_i$ 是第 i 个

空间对象的坐标值(一般为经纬度), $x$ 和 $y$ 即为几何中心的坐标值。

水稻种植面积、产量空间重心的计算既要考虑几何中心,还要考虑属性因素。本研究采用加权平均重心模型计算重心分布,该模型选择水稻不同属性的指标作为权重,通过加权平均重心来表现区域差异。空间属性加权重心区别于几何中心,体现出某一属性在这一空间的不均衡分布,或称“重心偏移”。加权平均重心计算公式如下:

$$x_w = \frac{\sum_{i=1}^N W_i X_i}{N} \quad y_w = \frac{\sum_{i=1}^N W_i Y_i}{N} \quad (2)$$

权重 $W_i$ 由属性数据 $P_i$ 计算得出, $W_i = P_i / \sum_{i=1}^N P_i$ ,式(2)改写为:

$$x_w = \frac{\sum_{i=1}^N P_i X_i}{\sum_{i=1}^N P_i} \quad y_w = \frac{\sum_{i=1}^N P_i Y_i}{\sum_{i=1}^N P_i} \quad (3)$$

式(3)中, $N$ 、 $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $x_w$ 、 $y_w$ 含义同式(2), $P_i$ 为第 $i$ 个空间的对象属性值。本研究中 $P_i$ 为75个县域的播种面积或总产量,最后计算出的数值( $x_w$ 、 $y_w$ )即为某个时间段江苏水稻种植的空间重心坐标。以2004—2008时间段计算播种面积空间重心为例,式(3)中, $N = 75$ , $P_i$ 为某一个县域单元2004—2008时间段年平均播种面积值, $X_i$ 、 $Y_i$ 分别为该县域单元中心重心的经度和纬度,最后计算得出的 $x_w$ 、 $y_w$ 即为2004—2008时间段播种面积空间重心的经度和纬度。

空间重心坐标值的提取应用GIS的空间查询分析工具,这是一种基于空间图形数据的分析运算、基于非空间属性的数据运算以及空间和非空间数据的联合运算,利用【查询】功能中的【SQL选择】完成,计算结果见表1。

表1 水稻播种面积与总产量空间重心坐标值

时间段	播种面积空间重心坐标 (经度、纬度)	总产量空间重心坐标 (经度、纬度)
1949—1953	119.86,32.25	119.96,32.06
1954—1958	119.83,32.32	119.94,32.12
1959—1963	119.83,32.36	119.99,32.09
1964—1968	119.81,32.33	119.92,32.11
1969—1973	119.73,32.44	119.80,32.31
1974—1978	119.71,32.44	119.77,32.38
1979—1983	119.67,32.52	119.66,32.55
1984—1988	119.62,32.67	119.61,32.67
1989—1993	119.57,32.74	119.59,32.72
1994—1998	119.55,32.77	119.59,32.74
1999—2003	119.53,32.86	119.56,32.84
2004—2008	119.46,33.05	119.50,33.03
2009—2011	119.44,33.11	119.47,33.10

#### 4. 水稻种植面积、产量空间重心变迁地图的制作

水稻种植面积、产量空间重心变迁地图的制作基于江苏基础地图实现。在Mapinfo 7系统中打开江苏75个县域单元的地图,保证【图层控制】中的【装饰图层】处于可编辑状态,将【地图】中【坐标单位】和【显示坐标】改为【度分秒】,然后在地图上根据十三个时间段的坐标值进行定位,形成十三个空间重心坐标点,逐一连线即得到江苏水稻种植空间分布重心迁移图。因本研究采用的江苏地图只包括县域单元,对迁移图中空间重心点的具体位置则利用坐标值在百度拾取坐标系统查询确定。

#### 5. 水稻播种面积专题图及分析

图1是范围值专题地图,选择1949—2011年时间段江苏水稻种植史上比较有代表意义的六年,包括1949、1971、1977、1986、1997、2011,播种面积设置五个级别范围值,包括0~100、100~200、200~300、300~400、400~500,单位是千公顷,为便于区分,不同范围值采用不同点状和颜色表示。GIS专题组图显示江苏全省的水稻年播种面积基本呈现稳中波动增长的态势,十三个地级市水稻播种面积的不均衡分布显示江苏水稻在63年间呈现区域性向北迁移特征。可以看出,在解放初期江苏水稻种植以南方地区为主,随着时间的推移,苏南地区水稻种植不断减少,到2011年,苏南地区水稻总播种面积减少到412.51千公顷。相反,苏北地区不断增加,到2011年苏北地区水稻播种面积达1246.71千公顷,分别是苏南和苏中地区的3倍、2.1倍。

#### 6. 水稻产量专题图及分析

图2是直方图专题地图,从1958年开始选择每隔10年的单产和总产进行对比,单产和总产的单位分别为公斤/公顷、万吨/公顷。图中示例显示出不同年代采用的不同颜色表达和单产或总产进行对比的度量参照。可以看出水稻单产在早期增长较快,但在1998年以后不再显示出增长,多数地区还显示出下降。另外早期南方的单产高于北方,但1998年后南北单产差距不明显。水稻总产量早期苏南地区相对较高,近20年则苏北和苏中地区较高。

#### 7. 水稻播种面积及总产量空间重心变迁图及分析

图3显示,江苏水稻播种面积及总产量空间重心均向北偏西方向移动,迁移轨迹接近。1949—2011年播种面积空间重心的迁移轨迹为:镇江扬中市三茅镇扬子东路—扬州江都市十三圩—老圩

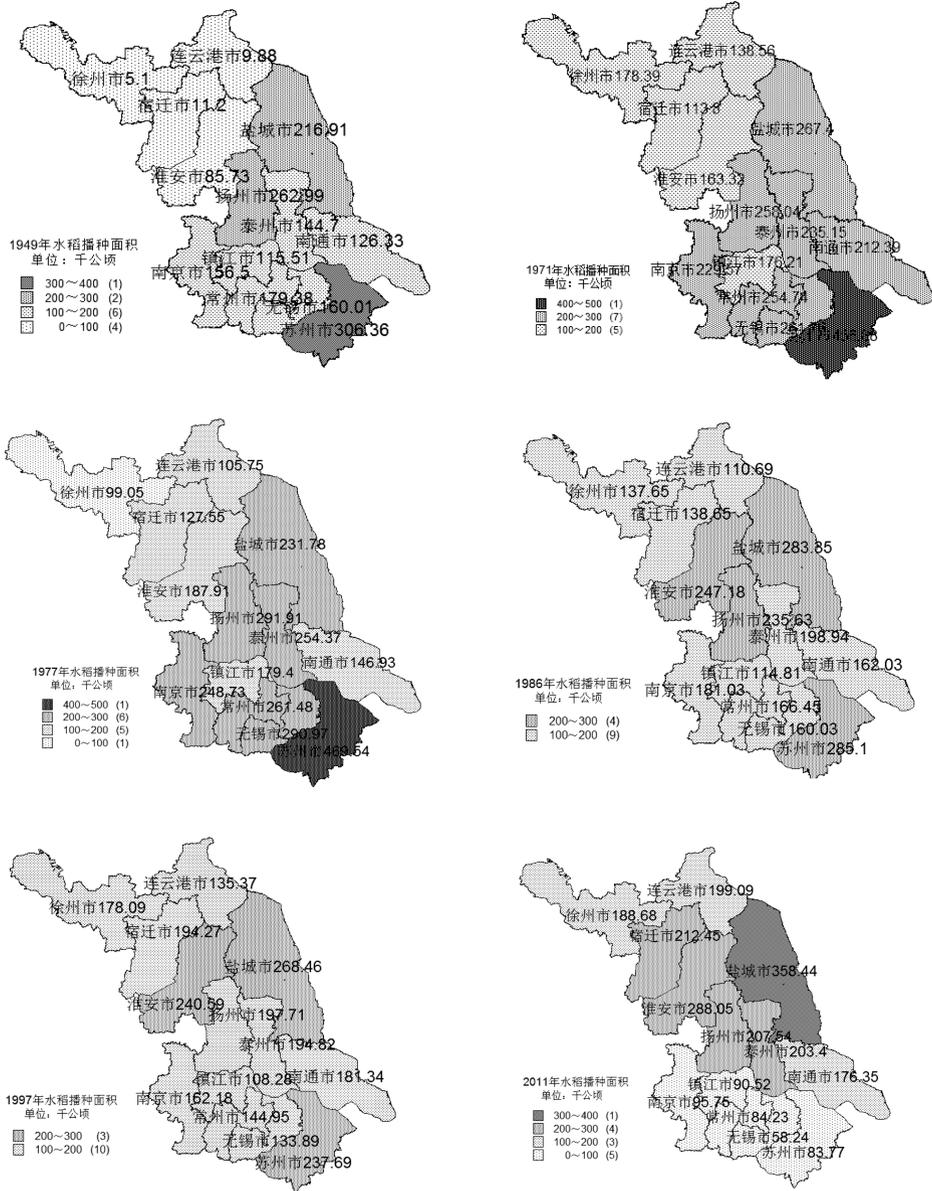


图 1 江苏省 6 个年份 13 个地级市水稻播种面积变化图

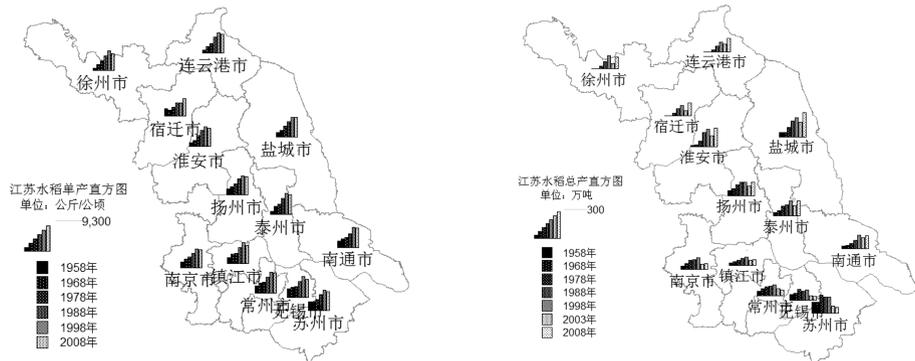


图 2 江苏省水稻不同年份单产和总产直方图



图3 江苏省水稻1949—2011播种面积和总产量迁移轨迹图

—五圩—邓家庄—秦庄—横桥—高邮市萧家庄—郑家—陈西—黎家厦—宝应县周庄—任庄。水稻总产量空间重心的迁移轨迹为：泰州泰兴市飘划镇—新港南路—褚庄村—扬中市环岛公路—源字圩—江都市范河—戴家庄—高邮市陆家庄—孟家厦—大孙家厦—奎楼拐子—葛庄—宝应县韦北村。

解放初期,水稻种植面积的空间重心在苏南地区扬中市境内,以后向北迁移,20世纪50年代末至60年代初进入江都市境内,70年代迁移缓慢。改革开放后,往北迁移加速,1988年至高邮县境内,2008年至宝应县境内,到2011年一直保持向西北偏移的趋势。1978年前,总产量的空间重心与播种面积相比偏南一些,这是因为那个时期南方水稻的平均产量较高,1978年以后,两者同期的空间重心点基本接近。

### 三、讨论

水稻是江苏重要的粮食作物,水稻的种植变迁与人口的增长、政策的宏观调控、经济发展的需要及科学技术的发展等多种因素密不可分。

#### 1. 人口是水稻等粮食作物种植驱动的最重要因素

粮食安全是社会稳定和国家安全的重要保证,人口与粮食生产关系密切。63年间江苏人口总数增加1.25倍,通过对江苏63年粮食总产量、水稻总产量与江苏总人口数进行相关性分析,结果表明,江苏总人口数与江苏粮食总产量、水稻总产量均呈现极显著相关,相关系数为0.933、0.956,显示出水稻作为江苏主要粮食作物的重要地位及与人口总数高增长的密切关系。

#### 2. 政策是推动水稻种植的有效保障

农业政策因素对江苏水稻生产及其空间格局变化影响很大,但对不同收入水平地区促进效应存在差异,体现在对苏北、低收入地区的促进作用较强,对苏南、相对高收入地区的促进作用较弱。与非农产业甚至非粮产业相比,水稻的劳动生产率和比较效益较低,在计划经济时期,政府通过指令性计划来强制性地配置资源,但市场化改革为地区和农户的自主选择提供了空间。例如,由于连续多年的粮食大幅减产,粮食供给紧张,粮价上涨。2004年江苏省出台粮食生产支持政策,实行粮食直补、

良种补贴、农资综合补贴、农机补贴和测土配方施肥补贴等,提高农民种粮积极性,2004 年水稻总产量即扭转下降趋势,2004—2011 年连续八年水稻增产,但这种恢复性增长主要体现在苏北地区,因此 2004 年以后江苏水稻种植的空间重心以相对更快的速度向西北迁移。

### 3. 地区经济发展水平是形成水稻空间重心区域性变迁的主要原因

水稻空间重心呈现区域性迁移的直接原因是耕地及其利用方式的空间非均衡性变化,是资源环境条件、经济发展水平、制度政策导向等多因素综合影响下,农业生产的主体——农户在有限的技能水平和生产条件下追求自身利益最大化的结果。

对于苏南地区来说,由于良好的历史发展基础,工业化、城市化发展迅速,建设用地需求快速增加导致耕地非农占用,同时产业发展带来的巨大非农就业需求又极大地促进农村劳动力的非农就业,农业生产严重缺乏比较效益,农户的农业生产积极性下降,最终导致水稻等粮食生产逐渐萎缩。对于次发达的长江以北大部分地区,包括苏中和苏北地区,在改革开放的初期,工业化、城市化动力相对不足,耕地面积减少相对较慢,非农就业需求有限,农业生产仍具有吸引力,同时这些地区农产品需求升级变化相对较慢,粮食生产仍是农民收入的主要来源,再加上粮食生产支持政策调控,农业基础设施建设逐渐完善,水稻等粮食生产得到进一步稳定和强化。

为验证这种推论的合理性,对 1952—2011 年苏南、苏中和苏北各地区 GDP 与水稻总产量共 60 年数据进行相关性分析,结果显示苏南地区 GDP 与水稻总产量成显著负相关,相关值为 $-0.506$ ,而苏北地区和苏中地区 GDP 与水稻总产量成显著正相关,相关系数为 $0.692$ 、 $0.550$ 。

### 4. 科技因素对水稻增长的贡献不断增大

农业革命的每一步推进,都取决于重要科学知识的突破和重大技术工具的发明。63 年间江苏耕地面积减少 $15.1\%$ ,耕地资源的短缺对粮食作物单产的提升提出了更高的要求,屈宝香、黄季焜等认为在现有资源技术经济基础上,影响水稻增产潜力的主要因素是作物单产<sup>[13]</sup>,而技术进步是影响水稻产量增长的主导决定因素<sup>[14]</sup>。20 世纪 50 年代,江苏水稻单产一直高速增长,苏南、苏中、苏北地区的 2011 年水稻单产比 1949 年分别增长 2.9 倍、4.8 倍、5.7 倍。20 世纪 80 年代以后,技术创

新已成为水稻增产的第一推动力。高产作物品种的繁育如淮稻系列、扬稻系列等,钾肥、磷肥和尿素生产技术的突破,各类高效的有机氯和有机磷制剂等农药的发明和推广应用、农用薄膜的使用与推广等,使农业土地生产率大幅度提高,其次农业机械化水平、不同阶段的高产水稻栽培技术如肥床早育稀植、抛秧、机插秧及水稻精确定量栽培等群体质量栽培技术的推广等都是提高水稻单产的重要科技因素。

在江苏省,农业自然地理条件对水稻生产及其空间格局的决定性作用在慢慢减弱,而土地和劳动力等资源在比较优势利用基础上形成的社会发展综合驱动力对水稻生产格局的影响日益深远。

### 参考文献:

- [1] 楚叶峰. GIS 的发展过程和发展趋势综述[J]. 长春大学学报,2008(6):40-41.
- [2] 唐惠燕,包平. 基于 GIS 的农业史研究前景初探[J]. 中国农史,2013(2):132-137,126.
- [3] 李仪俊. 我国的人口重心及其移动轨迹[J]. 人口研究,1983(1):28-32,27.
- [4] 刘德钦,刘宇,薛新玉. 中国人口分布及空间相关分析[J]. 理论研究,2002(6):2-6.
- [5] 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.
- [6] 冯宗宪,黄建山. 1978—2003 年中国经济与产业重心的动态轨迹及其对比研究[J]. 经济地理,2006(2):249-254.
- [7] 刘彦随,王介勇,郭丽英. 中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J]. 中国农业科学,2009(12):4269-4274.
- [8] 程远亮,周伟,米红. 粮食生产布局与人口分布的空间差异及其演变[J]. 统计与信息论坛,2010(2):94-99.
- [9] 杨建仓,雷水玲,王戈. 小麦生产的心重演变路径及偏移分析[J]. 中国农学通报,2008(8):504-509.
- [10] 陈文佳. 中国水稻生产空间布局变迁及影响因素分析[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [11] 李裕瑞. 江苏省粮食生产空间格局变化研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [12] 陈文佳. 中国水稻生产空间布局变迁及影响因素分析[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [13] 屈宝香,李文娟,钱静斐. 中国粮食增产潜力主要影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划,2009(8):34-39.
- [14] 黄季焜, Rozelle S. 迈向 21 世纪的中国粮食经济[M]. 北京:中国农业出版社,2004:31-35.

(责任编辑:李良木)

# Space Gravity Changes of Jiangsu Rice Acreage and Yield Based on GIS

TANG Huiyan<sup>1,2</sup>, BAO Ping<sup>1,3</sup>

1. College of Humanities and Social Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095;
2. Library of Nanjing Agricultural University, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
3. Human Resource Department, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China))

**Abstract:** Based on the systemized historical data of Jiangsu's rice acreage from 1949 to 2011, and with the methods of GIS and space gravity analysis, this paper explored the changes in time and space in the gravity of Jiangsu rice acreage. The results showed that, during this period, the space gravity of Jiangsu's rice acreage and yield changed from the south area-based to the north area-based, with the characteristics of regional transfer. The space gravity was shifted from East Yangzi Road, Sanmao Town, Yangzhong City of Zhenjiang Municipality, through Shisan Yu Village Area, Jiangdu City, to Gaoyou City, still through Xiaojia Village and Zhengjia Village areas, finally to Zhouzhuang Village and Renzhuang Village, Baoying County. The total rice yield was shifted along the same route as the rice acreage gravity, with only slight variations. The paper also discussed the driving forces behind these changes from the perspectives of population, policy making, economy and science and technology level. Also addressed was the relationship between rice and population and economy with relevant coefficient quantitative research method.

**Key words:** GIS; Rice; Spatial Center of Gravity; Change; Agricultural History; Driving Factors

## 更正启事

本刊于2013年第5期刊发的闫祥林、李阿特等作者《高校在校生厌学现象相关因素实证研究——基于南京市9所高校1032份问卷的调查》一文,由于作者疏忽,误写基金项目。论文基金项目应为:教育部人文社会科学研究专项任务项目“高等教育大众化背景下大学生厌学问题研究——以南京高校为例”(09JDZS3040);江苏高校哲学社会科学研究项目“以‘三力’培养为核心的大学生思想政治教育模式创新研究”(09SJD880039)。特此更正,并向广大读者致歉!

南京农业大学学报(社会科学版)编辑部