

江苏省耕地占补过程的时空特征及驱动机理

陈昌玲¹, 张全景^{*1}, 吕晓^{1,2}, 黄贤金^{2,3}

(1. 曲阜师范大学 地理与旅游学院, 中国山东 日照 276826; 2. 国土资源部海岸带开发与保护重点实验室, 中国江苏 南京 210024; 3. 南京大学 地理与海洋科学学院, 中国江苏 南京 210023)

摘要 基于1987、2000、2005和2010年4个时点的土地利用动态监测数据,运用重心模型、区位基尼系数、地理集中度、地理探测器模型,分析江苏省1987—2010年耕地占补时空特征及其主要驱动因子。结果显示:①1987—2010年江苏省耕地占用和补充的数量均持续增加,速度不断加快,且大部分发生在平原地区,苏南地区比例较高,占用和补充的水田比例都较高。②在1987—2000年、2000—2005年、2005—2010年3个监测时段,耕地占用的重心先向南移动,又大幅度向北移动,耕地补充的重心则持续由苏北移向苏南,三大地区的占补平衡率存在较大差异。③耕地占用的主要去向是建设占用,50.83%是农村居民点占用;耕地补充的主要途径是土地整治和农业结构调整,其中59.63%的补充耕地来源于农村居民点整理。④从整个监测时段来看,区域经济发展水平与耕地占用和补充数量的空间分布一致性最高,不同监测时段主要驱动因素不同,2005—2010年非经济因素的驱动作用增强。江苏省耕地占补时空特征具有明显的差异性,经济因素是其主要驱动因子,应合理调整产业布局和区域整体规划,保护耕地,促进城乡社会经济协调发展。

关键词 耕地占用;耕地补充;时空特征;驱动机理;江苏省

中图分类号 F301.2 **文献标志码** A **文章编号** 1000-8462(2016)04-0155-09

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2016.04.022

Analysis on Spatial-Temporal Characteristics and Driving Mechanisms of Cropland Occupation and Supplement in Jiangsu Province

CHEN Chang - ling¹, ZHANG Quan - jing¹, LYU Xiao^{1,2}, HUANG Xian - jin^{2,3}

(1. College of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao 276826, Shandong, China; 2. The Key Laboratory of the Coastal Zone Exploitation and Protection, Ministry of Land and Resources, Nanjing 210024, Jiangsu, China; 3. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, Jiangsu, China)

Abstract: The purpose of this study is to analysis the spatial-temporal characteristics and driving mechanisms of cropland occupation and supplement in Jiangsu province from 1987 to 2010. The research methods included the gravity model, locational Gini-coefficient, geographic concentration and geographical detectors. The results show that: 1) the quantity and speed of cropland occupation and supplement continue to increase and most occur in plain area, the ratio is higher in the south of Jiangsu, the ratio of paddy field is higher both in occupation and supplement. 2) In the three monitoring period of 1987-2000, 2000-2005 and 2005-2010, the center of gravity of the cropland occupation move southward first, then move north sharply, the center of gravity of the cropland supplement move from the north to the south of Jiangsu. There are large differences in the balance rate of cropland occupation and supplement between three regions. 3) The main occupation of cropland is construction, 50.83% is the construction of rural residential areas. The main supplement of cropland is land consolidation and agricultural structure adjustment, 59.63% of them come from the reclamation of rural residential areas. 4) The spatial distribution consistency between regional economic development level and cropland occupation and supplement quantity is the highest during 1987-2010, the main driving factors are different during different monitoring period, and the non-economic driving factors enhanced during 2005-2010. The paper conclude that the spatial-temporal characteristics of cropland occupation and supplement have obvious differences, and

收稿时间 2015-10-19; **修回时间** 2016-02-19

基金项目 国土资源部海岸带开发与保护重点实验室开放基金项目(2015CZEPK02); 国家自然科学基金项目(41301185、41271190); 山东省自然科学基金项目(ZR2013DQ018)

作者简介 陈昌玲(1989—),女,山东东平人,硕士研究生。主要研究方向为土地利用管理。E-mail: chencl0910@163.com。

※通讯作者 张全景(1966—),男,山东东明人,博士,教授,硕士生导师。主要研究方向为土地利用管理。E-mail: zhqj9988@aliyun.com。

economic factors are the main driving factors. In order to protect cropland and promote social and economic coordinated development, industrial layout and the overall regional planning should be adjusted reasonably.

Key words: cropland occupation; cropland supplement; spatial-temporal characteristics; driving mechanisms; Jiangsu Province

改革开放以来,中国工业化、城市化进程的明显加快以及生态退耕举措的实施带来了较大的耕地损失^[1-3]。国内外学者依据统计数据、遥感解译数据等对中国耕地变化的时空变化格局、特征、效应、驱动机制以及保护策略等展开了大量研究,取得了丰富的成果。随着中国人口高峰的日益迫近和人们生活水平的不断提升,以耕地保护为重要着力点的国家粮食安全持续受到国内外高度关注^[4-5]。根据国土资源部统计数据,1996—2012年,中国耕地保有量由13 003.92万hm²波动增加至13 515.85万hm²,彰显出耕地保护政策、尤其是耕地占补平衡制度与土地整治战略的突出成效。但不容忽视的是,耕地变化包含占用、补充两个方面,体现了耕地与其他土地利用类别之间相互转移的多方向性^[6]。尽管已有部分研究关注到了耕地变化突出的双向转化特征^[7],但多是将其作为土地利用变化研究中的一部分或单纯针对耕地流失^[8-9]、新增耕地^[10]等某一侧面展开,难以将耕地占补变化进行较为深入的综合分析。

鉴于此,本文选择经济社会快速发展且区域经济梯度较为明显的江苏省为案例,基于遥感解译数据分析1980年代末以来耕地占补的时空特征,对比20世纪末最后10年和21世纪初第一个10年耕地占补时空格局的异同,揭示经济社会快速发展与耕地保护政策持续严格的背景下耕地变化特征及占补过程的主要驱动机理,为深入认识和把握耕地变化规律、促进耕地可持续利用提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

江苏省位于中国大陆东部沿海中心,地处长江三角洲,介于116°18'E~121°57'E,30°45'N~35°20'N之间。东濒黄海,西连安徽,北接山东,东南与浙江和上海毗邻。全省总面积10.26万km²,地势平坦,平原辽阔,无崇山峻岭,湖泊众多,水网密布。其中平原面积7.06万km²,水面面积1.73万km²,所占比例达到85.67%。兼有大陆性和海洋性特点,季风气候明显,四季分明,具有较为优越的耕地利用自然条件,是我国重要的农业区和商品粮生产基地。

江苏省下辖13个地级市,按地理和传统文化可划分为苏北、苏中和苏南3大地域版块。其中,苏南指南京、镇江、常州、无锡和苏州5市,是中国近代工业发祥地之一,经济发达、人口密集;苏中指扬州、南通、泰州3市;苏北指徐州、连云港、盐城、淮安、宿迁5市。苏中、苏北经济社会发展水平依次较苏南有较大差距。2010年,江苏省经济总量达41 425亿元,居全国第二位,三次产业所占比例分别为6.13%、52.51%和41.36%,城镇化水平达到60.58%,是国内最为发达的省份之一。

1.2 数据来源

本文研究所需数据由国家科技基础条件平台建设项目:地球系统科学数据共享平台——长江三角洲数据共享平台提供。基于陆地卫星等航天遥感数据为主要信息源的全国土地利用遥感监测时间起于1987年,终于2010年,共计完成了6个年度(1987、1995、2000、2005、2008、2010年)的土地利用动态监测^[3]。本文在长江三角洲数据共享平台支持下选取了1987、2000、2005、2010年4个监测时点的数据,分1987—2000年、2000—2005年、2005—2010年3个监测时段计算生成土地利用转移矩阵、进行耕地变化的面积统计及耕地占补时空变化分析。其土地利用分类系统为2级,包括6个一级土地利用类型(耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地、未利用地)和25个二级土地利用类型。

1.3 研究方法

1.3.1 重心模型

以江苏省所辖13个市级行政区为基本单元,采用重心模型分析耕地占补空间变化规律,通过比较研究期初和研究期末耕地占补的分布重心,得到研究时段内重心的变化,并结合ArcGIS空间分析功能标注重心位置。采用人口地理学中常用的人口中心计算方法来计算耕地占用和补充分布重心^[11],公式为:

$$\begin{aligned} X_t &= \frac{\sum_{i=1}^n C_{it} x_i}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \\ Y_t &= \frac{\sum_{i=1}^n C_{it} y_i}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \end{aligned} \quad (1)$$

式中: X_t 、 Y_t 分别表示第 t 个监测时段耕地占补重心

的经纬度坐标; C_i 表示第*i*市的耕地占用或补充面积; X_i, Y_i 表示第*i*市所在地几何中心的经纬度坐标。

1.3.2 区位基尼系数

区位基尼系数是衡量研究单元空间集聚程度常用的指标之一,具体计算公式比较多,本研究参考张维阳等^[12]研究高新技术产业地理格局中使用的公式:

$$Gini = \frac{1}{2N^2 \bar{X}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left| \frac{X_i}{\bar{X}} - \frac{X_j}{\bar{X}} \right| \quad (2)$$

式中: $Gini$ 为某一监测时段耕地占补数量的区位基尼系数; N 为市域总数, $N=13$; X_i, Y_j 分别为第*i, j*市域某监测时段耕地占补数量,单位为万 hm^2 ; $\bar{X}$ 为某监测时段全省耕地占补总数量,单位为万 hm^2 ; $\bar{X}$ 为某监测时段市域耕地占补数量占全省耕地占补数量的比例均值。 $0 \leq Gini \leq 1$, $Gini$ 值越大,表明耕地占用或者补充在空间上分布越集中, $Gini \geq 0.5$ 时,表明高度集聚。

1.3.3 地理集中度指数

本研究辅以计算地理集中度来分析耕地占补数量的空间特征。该指标反映耕地占补数量最大的前*k*个市域耕地占补数量占全省耕地占补总量的比例,公式为:

$$CR_p = \sum_{k=1}^p S_k \quad (3)$$

式中: CR_p 为耕地占补数量的地理集中度(%); S_k 为某一监测时段第*k*名市域耕地占补数量占全省耕地占补总数量的比例(%); 本研究中 $p=5$ 。

1.3.4 地理探测器模型

地理探测器(Geographical Detector)是运用于空间数据探索的方法之一,其原理在于检验属性空间分异与因子空间分异的两空间分布的一致性^[13],目前已在地方性疾病风险的地理影响因素研究^[14]、县域城镇化空间特征形成机理研究^[15]等方面有了较多应用。本研究将其用于探测自然、社会经济和政策等要素对耕地占补空间分异的影响,公式为:

$$P_{D,H} = 1 - \frac{1}{\sigma_H^2} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \sigma_{H_{D,i}}^2 \quad (4)$$

式中: $P_{D,H}$ 为影响因子*D*对耕地占补数量*H*的影响力(%); σ_H^2 为整个区域耕地占补数量的方差; n 为整个区域样本数; m 为次级区域的个数; $\sigma_{H_{D,i}}^2$ 为次一级区域耕地占补数量的方差。 $\sigma_{H_{D,i}}^2 \neq 0$ 时,模型成立。 $0 \leq P_{D,H} \leq 1$, $P_{D,H}=0$ 时,表明耕地占用或补充数

量的空间分布不受影响因子的驱动, $P_{D,H}$ 值越大,表明分区因素对耕地占补数量空间分布的解释力越大。

2 结果与分析

2.1 耕地占补的数量与结构

2.1.1 耕地占补的数量变化

从时间尺度来看,耕地占用、补充的速率均在不断加快。在1987—2000年、2000—2005年、2005—2010年等3个监测时段,原有耕地的年均占用率^①呈现出由0.28%到1.03%再至1.34%的递增趋势;而同期耕地的年均补充率^②由0.02%到0.05%再递增至0.61%。但耕地占用的数量或速度均高于补充,耕地总面积净减少82.23万 hm^2 ,21世纪第一个10年的耕地净减少量远超过20世纪最后10余年。

2.1.2 耕地占补的水—旱结构变化

江苏省原有耕地被占用的过程中损失的主要是水田,但补充的耕地中水田比例也较高。在3个监测时段内,被占用的耕地中水田比例分别为76.61%、92.72%和70.00%,同期补充的耕地中水田比例则分别为12.50%、80.35%和85.58%,呈现出不断提升的态势。总体来看,耕地占补过程中水田与旱地构成的动态变化带来了全省耕地构成的相应变动。在监测的4个时点上(1987、2000、2005和2010年)水田的比例呈现出先减少后增加的波动态势,但波动幅度较小,水田比例一直维持在63%~65%;相应的旱地比例呈现出先增加后减少的态势,比例维持在35%~37%之间。

2.1.3 耕地占补的地形类别变化

根据耕地分布的地形,将其划分为丘陵耕地、平原耕地两类。就江苏全省来看,1987—2010年,耕地中的平原、丘陵比例变化并不明显,平原耕地一直维持在97%以上,整体上呈增加趋势;丘陵耕地比例则相应呈回落趋势。鉴于有研究发现中国部分省份存在占用地形较好的耕地,而补偿地形较差的耕地等占优补劣情况^[16],本文对耕地占用、补充过程中平原、丘陵的比例进行了初步分析,发现江苏省耕地的占用与补充绝大部分都发生在平原地区,丘陵耕地的占用与补充比例很小,不存在占平原补丘陵的情况。

2.2 耕地占补的空间分异

2.2.1 耕地占补的空间分布及其重心变化

①年均占用率=研究期内年均耕地被占用的面积/期初耕地总面积的比值。

②年均补充率=研究期内年均补充耕地的面积/期初耕地总面积的比值。

表1 1987—2010年江苏省耕地占补数量与结构情况

Tab.1 Occupation and supplement cropland in Jiangsu Province during 1987—2010

监测时段	研究区域	基期耕地/ 万 hm ²	耕地占用			耕地补充			占补差值/ 万 hm ²	占补平衡率/%		
			面积/万 hm ²	水田比/%	旱地比例/%	面积/万 hm ²	水田比例/%	旱地比例/%		总体	水田	旱地
1987—2000	苏北	365.95	4.69	51.39	48.61	1.37	9.49	90.51	-3.31	99.10	98.62	99.48
	苏中	175.83	6.22	91.00	9.00	0.03	66.67	33.33	-6.19	96.48	96.11	98.19
	苏南	179.46	15.25	78.49	21.51	0.03	66.67	33.33	-15.22	91.52	92.08	88.55
	全省	721.25	26.16	76.61	23.39	1.44	12.50	87.50	-24.72	96.57	95.69	98.13
2000—2005	苏北	362.64	1.79	49.16	50.84	0.64	60.94	39.06	-1.14	99.69	99.70	99.67
	苏中	169.64	2.19	88.58	11.42	0.38	97.37	2.63	-1.81	98.93	98.88	99.19
	苏南	164.24	32.01	95.44	4.56	0.71	88.73	11.27	-31.31	80.94	78.47	94.53
	全省	696.53	35.99	92.72	7.28	1.73	80.35	19.65	-34.26	95.08	92.75	99.11
2005—2010	苏北	361.50	18.36	50.11	49.89	3.67	31.34	68.66	-14.69	95.94	95.32	96.49
	苏中	167.83	9.76	87.50	12.50	0.39	38.46	61.54	-9.36	94.42	93.92	96.74
	苏南	132.94	16.31	81.97	18.03	16.11	99.13	0.87	-0.20	99.85	102.38	88.24
	全省	662.27	44.43	70.00	30.00	20.18	85.58	14.42	-24.25	96.34	96.70	95.71
1987—2010	苏北	365.95	24.84	50.28	49.72	5.7	29.47	70.53	-19.15	94.77	93.44	95.86
	苏中	175.83	18.17	88.77	11.23	0.81	67.90	32.10	-17.36	90.13	89.25	94.22
	苏南	179.46	63.57	87.92	12.08	16.85	98.58	1.42	-46.72	73.97	73.98	73.90
	全省	721.25	106.58	79.29	20.71	23.35	80.69	19.31	-83.23	88.46	85.75	93.26

江苏省耕地的占用、补充的空间分布情况在3个监测时段内存在明显差异。结合表1和图2可知,1987—2000年,耕地占用58.30%集中在苏南地区,其次是苏中(23.77%)和苏北地区(17.93%);2000—2005年苏南地区耕地占用面积仍占全省的88.94%,耕地占用重心明显向南移动;2005—2010年耕地占用分布则发生较大变化,苏北地区所占比例急剧攀升到41.32%,苏中地区的比例也上升到21.97%,苏南地区所占比例相应下降到36.71%,耕地占用重心大幅度向北移动。从耕地补充来看,1987—2000年补充的耕地主要分布在苏北地区,占全省补充耕地面积的95.14%,苏中和苏南补充耕地较少,耕地补充重心位于苏北地区;2000—2005年耕地补充重心明显向南移动,苏中和苏南地区耕地补充面积所占比例达到60%以上,苏北地区所占比例下降到36.99%;2005—2010年耕地补充重心继续南移,近80%补充耕地分布在苏南地区。

总体来看,在3个监测时段,耕地占用的重心先是位于苏南地区,且起初先向南移动,后又大幅度向北移动;耕地补充的重心由苏北持续向苏南方向移动。与之相对应,苏北地区的占补平衡率虽然较高但呈现出下降的趋势,苏中地区的占补平衡率先上升后下降,苏南地区的占补平衡率先下降到最低,后又达到基本平衡。

2.2.2 耕地占补的空间差异

为了更加清晰地分析江苏省耕地占补的空间分异,基于市域尺度分别计算了耕地占用、补充的最大值、全距、均值、标准差、变异系数、区位基尼系

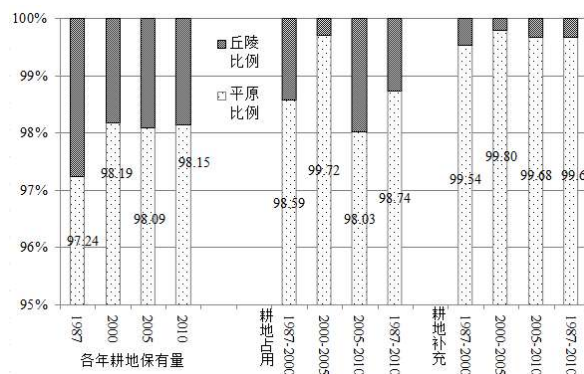


图1 1987—2010年江苏省耕地的地形类型构成情况

Fig.1 The shape of cropland terrain types in Jiangsu Province during 1987—2010

数和地理集中度等指标,结果见表2。

3个监测时段内耕地占用和补充表现出了较大空间差异,且波动变化。从耕地占用来看,市域耕地占用面积的全距在3个监测时段由4.90万hm²,猛增至25.39万hm²,又回落至3.35万hm²,2000—2005年耕地占用市域间离散度最大;市域间耕地占用的相对差异先增加再缩小,变异系数由0.65猛增至2.47又降到0.26;市域耕地占用在2000—2005年表现为空间分布高度集聚,区位基尼系数高达0.75,相应的地理集中度为90.10%,耕地占用大量集中于苏州、南京、无锡、常州等苏南地区。从耕地补充来看,市域之间耕地补充相对差异先减小后增加,变异系数由2.55降至0.95又回升到2.57;耕地补充空间分布在3个监测时段都表现为高度集聚,区位基尼系数均大于0.5,由0.84降至0.51又增至0.79,地理集中度都较高,其变化特征与区位基尼

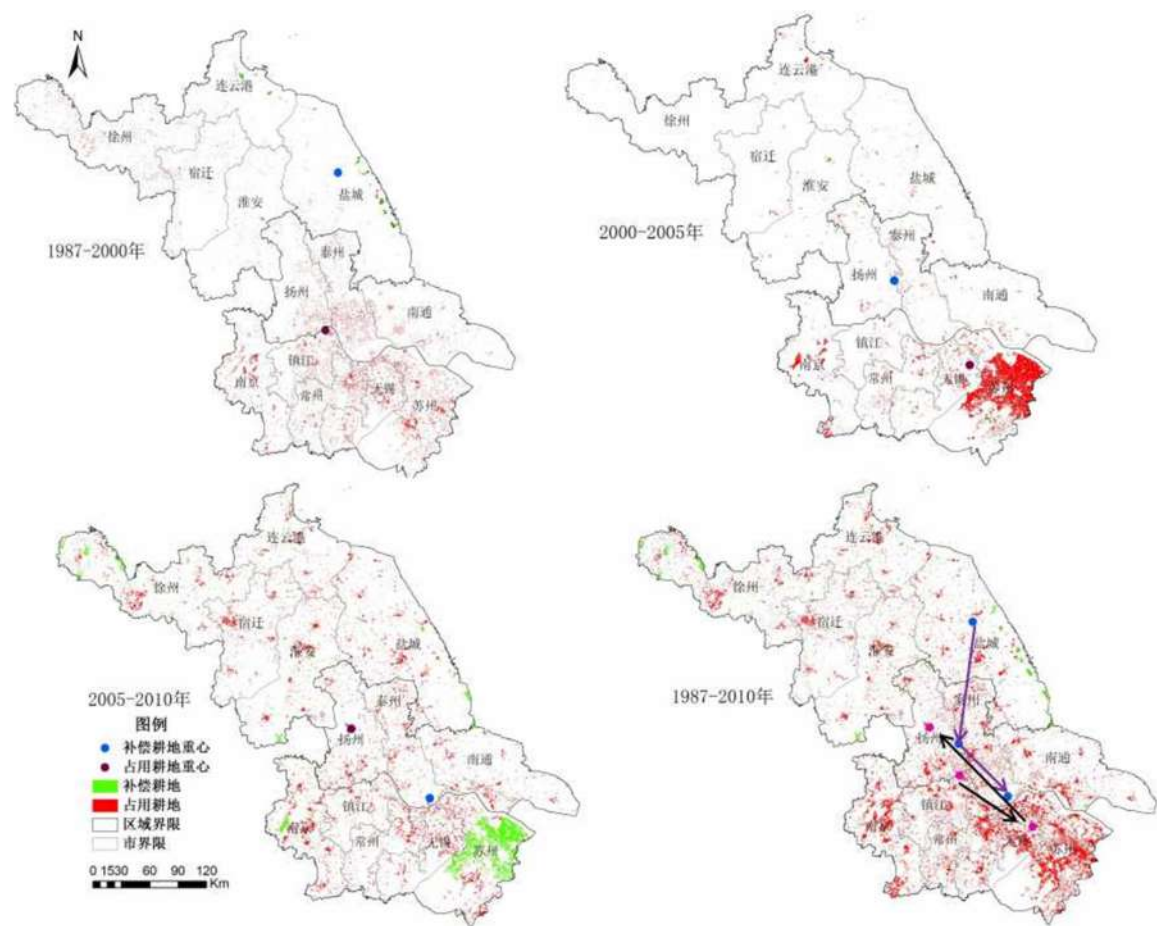


图2 1987—2010年江苏省耕地占补的空间分布情况

Fig.2 Space distribution of occupation and supplement cropland in Jiangsu Province during 1987—2010

表2 1987—2010年江苏省市域尺度耕地占补数量的统计指标

Tab.2 Statistics indicators of occupation and supplement cropland in quantity in Jiangsu Province at city level during 1987—2010

监测时段	耕地占用							
	总面积/万 hm ²	最大值	全距	均值	标准差	变异系数	区位基尼系数	地理集中度/%
1987—2000	26.16	5.26	4.90	2.01	1.32	0.65	0.34	61.38
2000—2005	35.99	25.40	25.39	2.77	6.84	2.47	0.75	90.10
2005—2010	44.43	5.13	3.35	3.42	0.89	0.26	0.14	47.21
1987—2010	106.58	34.24	30.98	8.20	8.02	0.98	0.35	62.11

监测时段	耕地补充							
	总面积/万 hm ²	最大值	全距	均值	标准差	变异系数	区位基尼系数	地理集中度/%
1987—2000	1.44	1.00	1.00	0.11	0.28	2.55	0.84	97.50
2000—2005	1.73	0.41	0.39	0.13	0.13	0.95	0.51	76.06
2005—2010	20.18	14.71	14.69	1.55	3.99	2.57	0.79	94.34
1987—2010	23.35	15.13	15.01	1.80	4.06	2.26	0.73	90.87

系数基本一致。

2.3 耕地占补的主要原因

2.3.1 耕地占用的主要去向

统计分析表明,1987—2010年江苏省耕地占用总面积达106.58万hm²,主要去向是建设占用,面积为92.42万hm²,所占比例达到86.72%,其中农村居民点占用耕地面积为46.98万hm²,占50.83%,城镇

用地占用耕地面积为42.29万hm²,占45.76%,其他建设用地占用耕地面积为3.16万hm²,占3.41%;其次是耕地转化为水域的面积为12.72万hm²,比例为11.93%;农业结构调整为林地、草地的面积分别为0.74万hm²、0.10万hm²,比例较小,合计仅占0.78%;灾毁造成耕地转化为未利用地的数量最小,仅占0.56%。

表3 1987—2010年江苏省耕地占用的主要去向
Tab.3 The occupation of cropland in Jiangsu Province during 1987—2010

监测时段	区域	占用总面积 /万 hm ²	林地%	草地%	水域%	城镇工矿居民用地%			未利用地%	
						城镇用地%	农村居民点用地%	其他建设用地%		
1987—2000	苏北	4.69	0.35	0.05	18.73	80.87	19.22	77.74	3.04	0.00
	苏中	6.22	0.00	0.00	18.28	81.72	20.12	78.02	1.86	0.00
	苏南	15.25	0.14	0.01	8.90	90.95	47.47	49.22	3.31	0.00
	全省	26.16	0.14	0.01	12.90	86.95	36.65	60.41	2.94	0.00
2000—2005	苏北	1.78	6.93	0.61	30.90	61.56	33.12	41.45	25.43	0.00
	苏中	2.19	1.08	0.00	30.56	68.36	45.76	51.83	2.41	0.00
	苏南	32.01	0.57	0.03	14.90	84.49	33.06	65.15	1.78	0.00
	全省	35.99	0.92	0.06	16.65	82.37	33.71	63.60	2.69	0.00
2005—2010	苏北	18.36	0.49	0.00	7.22	90.15	54.84	42.19	2.97	2.14
	苏中	9.76	0.20	0.14	12.00	87.37	57.16	36.56	6.28	0.30
	苏南	16.31	1.60	0.36	5.27	91.69	66.94	28.64	4.42	1.09
	全省	44.43	0.83	0.16	7.55	90.10	59.85	35.93	4.22	1.35
1987—2010	苏北	24.84	0.92	0.05	11.09	86.35	47.43	48.44	4.13	1.59
	苏中	18.17	0.24	0.07	16.39	83.14	43.57	52.02	4.41	0.16
	苏南	63.57	0.73	0.11	10.99	87.89	45.71	51.42	2.87	0.28
	全省	106.58	0.69	0.09	11.93	86.72	45.76	50.83	3.41	0.56

表4 1987—2010年江苏省耕地补充的主要来源
Tab.4 The supplement of cropland in Jiangsu Province during 1987—2010

监测时段	区域	补充总面积/万 hm ²	林地%	草地%	水域%	城镇工矿居民用地%			未利用地%	
						城镇用地%	农村居民点用地%	其他建设用地%		
1987—2000	苏北	1.38	1.24	77.79	9.83	11.14	0.02	0.13	99.85	0.00
	苏中	0.03	0.00	54.24	45.28	0.47	14.26	85.22	0.52	0.00
	苏南	0.03	48.85	0.04	40.74	10.37	2.56	7.40	90.05	0.00
	全省	1.44	2.25	75.62	11.22	10.91	0.08	0.36	99.56	0.00
2000—2005	苏北	0.64	8.35	0.24	30.11	61.30	36.46	62.96	0.58	0.00
	苏中	0.38	0.02	1.50	47.50	50.98	0.23	83.33	16.43	0.00
	苏南	0.71	1.44	0.01	43.96	54.59	4.92	92.71	2.37	0.00
	全省	1.73	3.70	0.42	39.59	56.29	16.77	78.79	4.44	0.00
2005—2010	苏北	3.68	55.46	16.47	8.33	19.74	12.23	80.71	7.06	0.00
	苏中	0.40	16.30	27.07	31.12	24.86	52.75	47.25	0.00	0.65
	苏南	16.11	0.32	0.23	0.71	98.74	20.96	78.76	0.28	0.00
	全省	20.19	10.68	3.71	2.70	82.89	20.77	78.65	0.57	0.01
1987—2010	苏北	5.70	37.04	29.45	11.16	22.36	18.27	65.51	16.22	0.00
	苏中	0.81	8.05	16.01	39.34	36.28	17.99	71.14	10.87	0.32
	苏南	16.85	0.46	0.22	2.60	96.72	20.58	79.07	0.35	0.00
	全省	23.36	9.65	7.89	5.96	76.49	20.37	77.97	1.65	0.01

从3个监测时段来看,建设占用耕地的面积在持续增加,由22.74万hm²渐次增加到29.64万hm²、40.04万hm²,所占比例先减少后增加,从86.95%减少到82.37%,之后又增加到90.10%;耕地转化为水域的面积呈先增加后减少的趋势,林地、草地增加导致耕地减少的面积持续增加,所占比例较小,一直维持在0.16%~0.99%之间,且呈上升趋势。

2.3.2 耕地补充的主要来源

目前,耕地补充的主要途径是土地整治和农业结构调整。1987—2010年江苏省新增耕地23.36万hm²,其中近60%来源于农村居民点整理,且以2005—2010年苏南地区为主;约17%来源于城镇工矿等其他建设用地复垦,约18%来源于林地和草地

调整,约6%来源于水域。从3个监测时段来看,建设用地整理复垦补充耕地的面积呈持续增加的趋势,林地、草地及水域调整补充耕地的比例则有一定的波动,总体所占比例逐渐减少。这主要是因为林草地及水域调整转化为耕地受到地方资源禀赋的局限,而建设用地整理复垦则在有资金支持的情况下较易开展。例如,2008年苏南成立土地整理示范中心,建设用地整理复垦,尤其是农村居民点整理的力度得以较大幅度的提高,成为补充耕地的重要来源。

2.4 耕地占补的驱动机理

2.4.1 驱动因子选择

耕地数量的变化受到自然基底条件、经济发展

水平、社会生活状况以及政策环境变化等多种因素的综合影响。对于耕地占用和耕地补充而言,不同影响因素对其具有不同的影响力和作用范围,不同时间阶段,不同影响因素对耕地占用和补偿的解释力同样存在差异。

江苏省全省地势平坦、降水充沛,自然基底条件主要考虑区域的资源禀赋,不再考虑地形地貌、气候等条件的影响。经济发展水平方面主要考虑区域的经济总量以及经济非农化指标对耕地数量变化的影响。经济发展水平提高,人们居住环境不断改善,同时伴随二三产业的发展,加大了对固定资产的投入,发展空间的扩张,势必造成耕地的损失;而经济的发展也提高了区域补充耕地的能力,为开发、复垦耕地提供更多的资金支持。社会生活状况对耕地数量变化的影响主要表现在城镇化的发展使越来越多的人由农村转移到城镇,加大了对城镇用地的需求,农民生活水平的提高也驱动了农村居民点的变化。政府和土地行政部门制定的政策在很大程度上调控和配置土地的利用方向和方式,直接影响着耕地的数量和质量,由于考虑到政策影响的量化存在一定的难度以及数据的可获取性,选取的影响因子较少。指标体系的选取基于描述见表5。

2.4.2 耕地占用的驱动机理分析

基于上文对耕地占补过程影响因素的分析,筛选确定耕地占用与耕地补充的影响因子,运用地理探测器模型,利用公式(4)探测各类影响因子对耕地占用和耕地补偿的影响力,结果见表6。

对耕地占用而言,从整个监测时段(1987—

表5 耕地占补数量变化主要影响因子

Tab.5 The main impact factors on the changes of occupation and supplement cropland in quantity

影响因素	指标名称及代码	耕地占用	耕地补偿
自然基底条件	A ₁ 耕地面积	√	√
	A ₂ 平原耕地的比例	√	
	A ₃ 后备耕地资源的面积		√
	B ₁ 人均GDP变化率	√	√
经济发展水平	B ₂ 人均财政收入	√	√
	B ₃ GDP中一产所占比例变化率	√	√
	B ₄ GDP中二三产所占比例变化率	√	√
	B ₅ GDP变化率	√	√
	B ₆ 固定资产投资完成额变化率	√	
	C ₁ 城镇化率变化率	√	√
社会生活状况	C ₂ 人口密度变化率	√	√
	C ₃ 在岗职工平均工资变化率	√	√
	C ₄ 农民人均纯收入变化率	√	√
	D ₁ 财政支农支出的变化率		√
政策制度环境	D ₂ 土地出让金占财政收入比例变化量	√	√

2010年)来看,GDP中一产所占比例变化率(0.971)、GDP变化率(0.966)、人均财政收入变化率(0.957)和在岗职工平均工资变化率(0.584)是耕地占用数量空间分异的主要影响因子。区域经济发展水平与耕地占用数量空间分布的一致性较高,苏南作为经济发达区,2010年GDP(25 185.39亿元)已占全省(41 849.64亿元)的60.2%,在资源消耗,尤其是土地资源消耗上一直处于高峰期,苏南占用耕地的面积(63.57万hm²)占全省(106.58万hm²)的59.6%。国际经验表明,居民收入增加能够有效刺激房地产业发展,导致城镇建设用地的扩张^[17],进而带来耕地占用的增加。因此,在岗职工平均工资变化率与耕地占用数量在一定程度上空间分布一致。在整个监测阶段,自然基底条件和政策制度环

表6 耕地占补数量变化地理探测器影响因子及探测结果

Tab.6 Indicators and results of geographical detector on the changes of occupation and supplement cropland in quantity

影响因素	指标	耕地占用				耕地补偿			
		1987—2010	1987—2000	2000—2005	2005—2010	1987—2010	1987—2000	2000—2005	2005—2010
自然基底条件	A ₁	0.263	0.178	0.223	0.564	0.337	0.484	0.363	0.238
	A ₂	0.158	0.107	0.150	0.525	—	—	—	—
	A ₃	—	—	—	—	0.980	0.169	0.775	0.989
	B ₁	0.337	0.759	0.320	0.496	0.288	0.298	0.398	0.228
经济发展水平	B ₂	0.957	0.526	0.990	0.114	0.980	0.288	0.615	0.300
	B ₃	0.971	0.690	0.163	0.375	0.989	0.294	0.176	0.991
	B ₄	0.386	0.512	0.211	0.380	0.238	0.244	0.282	0.359
	B ₅	0.966	0.735	0.998	0.202	0.980	0.227	0.503	0.198
	B ₆	0.300	0.586	0.498	0.377	—	—	—	—
	C ₁	0.233	0.381	0.315	0.254	0.157	0.280	0.326	0.189
社会生活状况	C ₂	0.404	0.340	0.148	0.355	0.292	0.135	0.217	0.280
	C ₃	0.584	0.477	0.413	0.496	0.474	0.292	0.382	0.384
	C ₄	0.420	0.339	0.415	0.755	0.290	0.293	0.253	0.484
	D ₁	—	—	—	—	0.494	0.236	0.275	0.250
政策制度环境	D ₂	0.229	0.165	0.259	0.612	0.240	0.200	0.152	0.467

境的变化对耕地占用的解释力并不强。

2.4.3 耕地补充的驱动机理分析

从耕地补充的探测结果来看,在整个监测阶段(1987—2010年)仍然是区域经济发展水平与耕地补偿数量空间分布一致性最高,GDP中一产所占比例变化率(0.989)、GDP变化率(0.980)、人均财政收入变化率(0.980)。随着农业生产所占比例下降,为了保障粮食安全,势必要增加耕地数量,同时土地整理也需要大量资金的支持,经济发展水平较高的地方,开展土地整理的实力较强;其次是自然基底条件中后备耕地资源(0.980),充足的后备耕地资源是补偿耕地的必要条件;与其他指标相比,政策制度环境中支农支出变化率(0.494)以及社会生活状况中在岗职工平均工资变化率(0.474)对耕地补偿也有一定的解释力。

2.4.4 耕地占用和补充的驱动差异分析

对耕地占用分三个监测时段来看,1987—2000年、2000—2005年经济发展因素与耕地占用的空间分布一致性较高,其次是社会生活状况对耕地占用的影响,自然基底条件和政策制度环境的变化对耕地占用的解释力相对较弱。然而探测结果表明,2005—2010年耕地占用的空间分布与经济发展水平的关系不再显著,社会生活状况中农民人均纯收入变化率(0.755),政策制度环境中土地出让金占财政收入比例的变化量(0.612)以及自然基底条件中耕地面积(0.564)、平原耕地的比例(0.525)对耕地占用的解释力增强。这是由于这一监测时段耕地占用的重心由苏南向苏北转移,与苏中、苏南比较而言,苏北的耕地面积相对较大,而经济发展水平较弱。农民生活水平提高导致农村居民点用地扩张占用耕地的数量不断增加。

对耕地补充而言,1987—2000年,区域原有耕地面积的数量对耕地补偿数量的解释力最高,为0.484,苏北各市耕地面积较大,这一时段耕地补偿主要发生在苏北,占全省的比例高达95.16%,其次是经济发展水平的影响,人均GDP变化率(0.298)、GDP中一产所占比例变化率(0.294)、社会生活状况中农民人均纯收入变化率(0.293)对耕地补偿的影响主要是农民收入提高,种地的积极性对耕地面积带来了一定的变化。2000—2005年,后备耕地资源(0.775)对耕地补偿的解释力显现出来,经济发展对耕地补偿的影响进一步增强,其中人均财政收入变化率(0.651)、GDP变化率(0.503)与耕地补偿空间分布一致性最强。2005—2010年,后备耕地资

源的重要性更强,解释力达到0.989,同时,经济发展水平中GDP中一产所占比例变化率的解释力也增加到0.991,社会生活状况中农民人均纯收入的解释力增加到0.484,政策制度环境中土地出让金占财政收入比例变化量对耕地补偿的作用凸显出来,解释力为0.467,这一监测时段土地出让金占财政收入的比例下降,耕地补偿面积是前两个时段的十几倍。2005—2010年耕地补偿面积占3个监测时段的79.61%,其中苏南占68.99%。耕地补偿面积大幅度增加的原因在于2008年江苏省提出大力实施“万顷良田建设工程”,建设集中连片、基础设施配套的高标准农田。

3 结论与讨论

3.1 结论

第一,1987—2010年,江苏省耕地占补的数量、水旱结构及地形类别存在一定规律。在3个监测时段,耕地的占用速度不断加快,补充速度虽然远小于占用,但也呈上升趋势。耕地占用和补充中水田比例均较高,且占用和补充水田的数量和速度均不断增加,但耕地占补的水旱结构波动幅度较小,水田比例一直在小范围波动(63%~65%)。耕地占补均绝大部分发生在平原地区,丘陵耕地比例变化并不明显。

第二,江苏省耕地占补过程存在明显的空间差异。1987—2010年耕地占用和补充的重心均发生了移动,从3个时间阶段来看,耕地占用的重心由苏南先向南移动,又大幅度向北移动,耕地补充的重心持续由苏北移向苏南。耕地占用在2000—2005年市域间离散度最大,空间分布高度集聚,耕地补充空间分布在3个监测时段均表现为高度集聚。

第三,1987—2010年江苏省耕地占用的主要去向是建设占用,所占比例达到86.72%,一半以上被农村居民点占用,且建设占用耕地的面积持续增加,苏北和苏中农村居民点占用耕地的比例均高于苏南,相比而言,苏南城镇用地占用比例较高。其他土地利用类型占用耕地的比例较小,呈波动上升趋势。耕地补充主要来源于土地整治和农业结构调整,其中农村居民点整理补充耕地的比例达到59.63%,以2005—2010年苏南地区为主。建设用地整理复垦补充耕地的面积在3个监测时段呈持续增加的态势。

第四,从整个监测时段来看,区域经济发展水

平与耕地占用和补充数量空间分布的一致性最高,主要驱动因子为GDP中一产所占比例变化率、GDP变化率、人均财政收入变化率等,自然基底条件和政策制度环境的变化对耕地补充具有一定的解释力,对占用的解释力并不强。不同监测时段主要驱动因素不同,1987—2000年、2000—2005年经济因素对耕地占用和补充的驱动作用均较明显,2005—2010年自然基底条件、社会生活状况与政策制度环境的驱动作用增强。

3.2 讨论

本文从数量、结构、地形类别、空间分布、重心变化、去向来源以及时空格局的形成机理等多角度对江苏省耕地占补的特征进行了分析,与同类研究相比,研究视角更加丰富,能够比较全面地厘清江苏省1987—2010年耕地占补过程的变化特征。就主要研究方法而言,本文在前人研究的基础上将地理探测器模型借鉴到耕地占补过程的驱动机理研究中,分不同监测时段探测其主要驱动因子,较传统的主成分分析、Logistic、灰色关联分析等方法有一定的改进,但本文仅从市域尺度进行了分析,在今后的研究中可以考虑从县域尺度出发,并划分苏北、苏中、苏南三大经济区对耕地占补时空分布驱动因子的差异性进行探测。然而,考虑到数据的可获取性及有效性,本文在研究耕地占补时空格局形成机理时,仅从自然基底条件、经济发展水平、社会生活状况及政策制度环境4个方面选取了相关指标,由于指标选取的局限性,探测出来的结果仅代表已有指标的相对影响力,不能代表绝对影响力,下一步对指标的选取还应继续完善。

参考文献:

- [1] Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since

the late 1980s[J]. Journal of Geographical Sciences, 2014, 24 (2): 195 - 210.

- [2] 史娟,张凤荣,赵婷婷. 1998年~2006年中国耕地资源的时空变化特征[J]. 资源科学, 2008, 30(8): 1 191 - 1 198.
- [3] 赵晓丽,张增祥,汪潇,等. 中国近30a耕地变化时空特征及其主要原因分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 1 - 11.
- [4] IIASA. Can China Feed Itself? A System for Evaluation of Policy Options by Gerhard K. Heilig[EB/OL]. http://www.iiisa.ac.at/Research/SRD/ChinaFood/index_m.htm, 1999 - 08 - 23.
- [5] 杜国明,李昀,于凤荣,等. 基于遥感的2000—2009年三江平原北部耕地变化特征分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 225 - 229.
- [6] 马彩虹,任志远,李小燕. 黄土台塬区土地利用转移流及空间集聚特征分析[J]. 地理学报, 2013, 68(2): 257 - 267.
- [7] 许丽丽,李宝林,袁烨城,等. 2000—2010年中国耕地变化与耕地占补平衡政策效果分析[J]. 资源科学, 2015, 37(8): 1 543 - 1 551.
- [8] 曾永年,靳文凭,王慧敏,等. 青海高原东部农业区耕地流失及其评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 214 - 222.
- [9] 孙强,蔡运龙,王文博. 北京耕地流失的时空动态与调控途径研究[J]. 地理科学进展, 2006, 25(6): 108 - 116, 159.
- [10] 何如海,姜海,张效军. 近年我国新增耕地资源结构变化:成因与启示[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(6): 131 - 134.
- [11] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 83 - 89.
- [12] 张维阳,段学军,高金龙,等. 中国高新技术产业的地理格局与地理集中[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(7): 830 - 836.
- [13] 司马卫平,何强,夏安林,等. 人工湿地处理城市污水效能的影响因素分析[J]. 环境工程学报, 2008, 2(3): 319 - 323.
- [14] 王劲峰,廖一兰,刘鑫. 空间数据分析教程[M]. 北京:科学出版社, 2010: 50 - 55.
- [15] 刘彦随,杨忍. 中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J]. 地理学报, 2012, 67(8): 1 011 - 1 020.
- [16] 李月娇,杨小唤,程传周,等. 近几年来中国耕地占补的空间分异特征[J]. 资源科学, 2012, 34(9): 1 671 - 1 680.
- [17] Zhang T W. Community features and urban sprawl: the case of the Chicago metropolitan region[J]. Land Use Policy, 2001 (18): 221 - 232.