第32卷第2期2020年4月

2020, 32 (2): 45-55

Vol.32, No.2 Apr., 2020

江苏省水稻主产区水稻种植面积时空动态变化分析*

孙 玲, 王晶晶, 邱琳, 单捷, 黄晓军, 王志明 (江苏省农业科学院农业信息研究所, 南京 210014)

摘要:【目的】揭示江苏省水稻种植时空格局及动态变化特征,评价其稳定生产水平和种植结构的空间变化规律,为江苏省水稻生产空间布局的优化调整和可持续发展提供决策依据。【方法】文章选择江苏省水稻主产区 50 个 1:50 000 比例尺标准地形图图幅单元为研究区域,基于江苏省 5 m 空间分辨率耕地遥感数据库,利用 2011—2019 年水稻生长期内多源遥感卫星影像,提取研究区当年的水稻种植面积及空间分布信息。运用数理统计和 GIS 空间分析功能,研究水稻面积变化幅度、变异系数以及转非水稻面积的时空分布特征,继而分析2011—2019 年水稻种植面积的时空动态变化。【结果】研究区内 50% 的地区水稻种植面积仍然保持相对稳定,42% 的地区水稻种植面积缓慢下降,仅 8% 的地区水稻种植面积急剧下降。2011 年以来,累计有 11.6 万 hm² 水稻田逐年转为非耕地或持续种植其他作物,占 2011年研究区内水稻种植面积的 13.7%。【结论】2011—2019 年研究区内水稻种植面积变化趋势线斜率为 -0.88,总体呈下降趋势,水稻面积平均变化率为 -1.03%,变异系数为 2.99%。

关键词: 遥感监测; 水稻面积; 空间分布; 种植格局; 动态变化

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20200205

0 引言

江苏是我国13个粮食主产省份之一,也是我国水稻的主产和高产省份之一^[1]。2011—2015年江苏省水稻种植面积均占全国水稻种植面积的7.5%左右,位列全国第四,在全国水稻生产中占有极其重要的地位。准确监测江苏省水稻种植面积,分析江苏省水稻种植面积空间分布格局及动态变化特征,对持续稳定发展江苏水稻生产和保障国家粮食安全具有重大意义。

农作物空间格局是一个地区或生产单位作物种植结构、熟制与种植方式的空间表达,是了解农作物种类、结构和分布特征的重要信息,也是进行作物结构调整和优化的依据^[2-8]。耶军^[9]利用江苏省水稻种植统计数据,分析了 1980—2009 年江苏省水稻生产地域格局的变化及其影响因素。唐惠燕等^[10]利用地理信息系统和空间重心分析方法对1949—2011 年间江苏省水稻种植面积和产量进行了时空变迁研究。高军波等^[11]通过地理信息系统技术平台,揭示了 1990—2013 年河南省农作物生产空间及专业化演变趋势。

收稿日期: 2020-02-02

第一作者简介: 孙玲(1960—),研究员。研究方向: 农业遥感监测。Email:lingsun@jaas.ac.cn

^{*}基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目"基于时序卫星影像与特征优选的江苏省耕地轮作休耕遥感识别技术研究"(CX(19)3093);国家科技重大专项课题"江苏高分农业遥感监测与评价技术研究与示范"(09-Y30B03-9001-13/17-006)

熊亚东等[12]利用农村统计数据,分析了1985—2016年洞庭湖地区主要农作物时空变化 特征。王利民等[13]基于 2013—2017 年小麦种植面积统计数据,探讨了我国小麦种植面 积空间分布规律及动态变化特征。刘竞文[14]利用 1985—2015 年相关农业产量统计数据, 分析并得出 1985 年以来我国农业空间分布整体呈现南下西进的格局。程勇翔等[15]利用 中国农业年鉴 1979—2009 年水稻的面积、单产、总产数据和重心拟合模型,分析了我国 南北稻区不同稻作制度下水稻播种面积和产量的重心动态变化。上述以统计数据为依据, 以省、县域为单元的有关农作物种植结构格局的研究优势是可以获取描述农作物分布变 化的数量和速率等特征的详细信息,但由于完全依赖于统计数据,使得研究结果往往表 现出时间上的滞后[16]。随着空间技术的不断发展,遥感技术因高时效、宽范围和低成本 的优点已被广泛应用于对地观测活动中,为大范围的农作物空间格局监测提供了新的科 学技术手段[17]。目前,利用中低分辨率遥感影像提取农作物面积以及分析空间格局动态 变化的研究较多^[18-20], 刘佳等^[21]选择美国 Landsat 8 OLI 系列数据, 获取了宁夏水稻面 积空间分布信息,为区域农作物遥感监测奠定了技术基础。刘红超等^[22]利用 Landsat TM 影像数据,构建决策树提取了冬小麦种植面积。张春桂等^[23]基于 MODIS 卫星遥感数据, 借助土地利用现状图、数字高程和海拔高度、提高了丘陵山区双季稻种植面积的识别准 确率。潘学鹏等^[24]基于 MODIS 的 NDVI 数据,提取了 2000—2013 年华北平原冬小麦种 植面积数据、揭示了2000-2013年华北平原冬小麦种植区域时空变化及其影响因素。王 学等^[25]等基于 MODIS 的 EVI 时间序列数据和 Landsat TM 影像,在建立华北平原冬小麦 时序波谱曲线库和制订统一规则的农作物物候历基础上,重建了2001-2011年华北平原 冬小麦播种面积时空变化过程。黄青等[26]基于 2005 年和 2010 年东北地区作物生育期内 的 MODIS 的 NDVI 数据,分析了东北地区农作物空间分布格局信息。由于农作物面积识 别精度与遥感影像的尺度存在密切关联 [27-28], 随着卫星影像分辨率的逐渐降低, 大量的 混合像元使得农作物面积识别精度也不断降低,从而导致农作物面积提取精度难以满足 实际应用需求[29]。针对目前利用高分辨率遥感影像提取大区域、长时间序列的农作物种 植面积并分析时空变化特征的研究尚不多见的现状,文章拟基于5 m 分辨率的江苏省耕 地遥感数据库,提取江苏省水稻主产区的水稻种植面积,获取2011年以来江苏省长时间 序列水稻种植监测数据,利用数理统计和空间分析方法,揭示江苏省水稻种植时空格局 及动态变化特征、评价其稳定生产水平和种植结构的空间变化规律、以期为江苏省水稻 生产空间布局的优化调整和可持续发展提供决策依据。

1 研究数据与方法

1.1 研究区概况

研究区为江苏省内的 50 个 1:50 000 比例尺标准地形图图幅单元(图 1),区域内面积为约 21 万 km²,位于江苏省徐淮农区、里下河农区和沿海农区,包括部分连云港市、盐城市、淮安市、宿迁市和扬州市。水稻是研究区内最主要的秋粮作物,2012 年区内耕地面积为 1 197.5 km²,水稻占比耕地面积 70.7%。区内常年水稻种植面积占全省水稻种植面积的 37% 左右。

2020年4月-

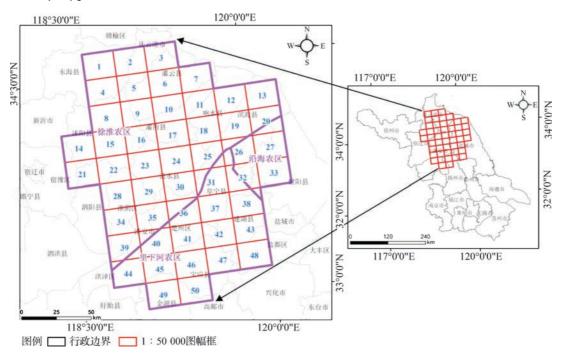


图 1 研究区地理位置 Fig.1 Geographical location of the study area

1.2 数据获取

该文 2011—2019 年的水稻地块空间分布信息全部来自江苏省耕地遥感数据库。江苏省耕地遥感数据库以 2012 年 RapidEye 5 m 分辨率数据为基础,利用地理信息系统软件(GIS)和遥感图像编辑及处理软件(ERDAS IMAGINE8.4),通过人工目视解译的方式勾绘获得。采用亚米级 GPS 实地测量地面样方数据,用地面实测的 220 个 500 m×500 m样方数据进行验证,耕地面积的提取精度达 98%以上。购买或下载 2011—2019 年水稻生长期内适宜的多源卫星影像(表 1),用 ERDAS IMAGINE8.4 软件对全部遥感影像数据进行几何精配准。根据当年野外实地调查的水稻和其他地物解译标志^[30],建立相应的影像解译标志库。以当年卫星影像为底图,从耕地数据库中提取水稻地块,生成当年的水稻空间分布信息。

表 1 主要卫星影像 Table 1 Main satellite imagery

年份	卫星影像	年份	卫星影像
2011	Landset-TM	2016	GF-1
2012	Rapideye、Hj1b-ccd2、Spot4	2017	Landset-8 OLI 、GF-1
2013	Landset-8 OLI 、Spot5	2018	Landset-8 OLI 、GF-1 、Sentinel2
2014	Landset-8 OLI 、Spot5	2019	Landset-8 OLI 、Sentinel2 、GF-1
2015	Landset-8 OLI、GF-1		

1.3 分析方法

该文把各图幅单元水稻种植面积作为输入数据,综合运用数理统计和 GIS 空间分析等方法,分析多年水稻种植面积的时空动态变化规律^[31-33]。

1.3.1 水稻面积平均变化率

$$s_{(i,t)} = \frac{a_{(i,t)} - a_{(i,t-1)}}{a_{(i,t-1)}} \times 100\%$$
 (1)

$$S_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_{(i,i)}}{n-1} \tag{2}$$

式(1)中, $a_{(i,t)}$ 和 $a_{(i,t-1)}$ 为图幅单元i当年t和上一年的水稻面积, $s_{(i,t)}$ 为图幅单元i当年t与上一年的变化率,式(2)中n为研究时段内的年份数, S_i 为图幅单元i水稻面积n年的平均变化率。

1.3.2 水稻面积变异系数

变异系数(Coefficient of Variation, CV)是衡量资料中各观测值变异(波动)程度的统计量,可以消除平均数不同对两个或多个资料变异程度比较的影响,能够推断和描述统计观测数据离散程度。为分析研究区水稻种植面积的波动幅度,利用变异系数来衡量研究时段内各图幅单元水稻动态变化程度,以此作为判断水稻种植面积变化稳定性的依据。变异系数越小,研究时段内历年水稻种植面积动态变化的幅度越小,反之,水稻种植面积动态变化幅度越大。变异系数公式为:

$$CV_{i} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1 \to n} \left(a_{(i,t)} - \frac{1}{n} \sum_{i=1 \to n} a_{(i,t)} \right)^{2}}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1 \to n} a_{(i,t)}}$$
(3)

1.3.3 相关分析

计算各图幅单元研究时段内的平均变化率和变异系数,对各图幅单元的平均变化率与变异系数进行相关性分析,把平均变化率和变异系数分别作为界定水稻种植面积稳定性的依据,分析水稻种植面积的稳定性空间分布规律。

1.3.4 水稻转非水稻时空分布

叠加n年的水稻空间分布数据,分别提取t年(包括t年)之前为水稻,t+1→n年为非水稻的田块空间分布,并对面积进行统计,计算各时段所占比例。结合稳定性分析结果,分析研究时段内水稻种植面积的空间分布变化规律。

2 结果与分析

2.1 水稻种植动态变化

研究区 50 个图幅单元中 2011—2019 年水稻种植面积的分布统计信息见图 2,图中最小值为 0.55 万 hm²,占图幅单元面积的 13%,最大值为 2.50 万 hm²,占图幅单元面积

2020年4月

的 58%。图 3显示了采用直线拟合分析方法计算的研究区 9 个年度水稻种植面积变化趋势。2011—2019 年,研究区内水稻面积趋势线斜率为 -0.88,水稻种植面积总体呈下降趋势。图 3 可见,研究区水稻种植面积 2011 年为最大值,随后逐年下滑,下降幅度在 -0.06% 到 -1.71% 之间波动。

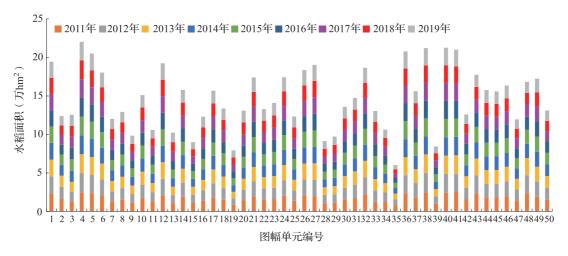


图 2 2011—2019 年 50 个图幅单元水稻种植面积 Fig.2 Rice planting area of 50 map units from 2011 to 2019

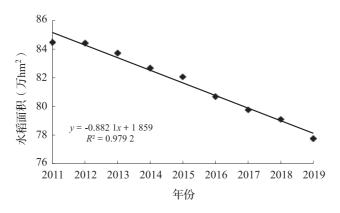


图 3 2011—2019 年水稻面积分布 Fig.3 Distribution map of rice area from 2011 to 2019

根据图 2 中 50×9 个图幅单元水稻种植面积的较小四分位数、中位数和较大四分位数(1.34、1.56、1.99)把水稻面积分布分为 4 个等级,分别为 \leq 1.34 万 hm²(等级 1)、1.34 万 hm²<水稻面积 \leq 1.56 万 hm²(等级 2)、1.56 万 hm²<水稻面积 \leq 1.99 万 hm²(等级 3)和 >1.99 万 hm²(等级 4)。

每年各等级水稻面积分布见图 4,图 4 中等级 4 的变化幅度最大,水稻面积在 2012 年达到最高值 34.03 万 hm^2 ,随后逐年下降至 2019 年的最低值 19.86 万 hm^2 ;等级 3 呈平缓的 8 形曲线,2013 年为谷底 18.18 万 hm^2 ,随着等级 4 的下降,2017 年升至峰值 25.97

万 hm^2 ,随后又下降至 2019 年的 22.79 万 hm^2 ,变化幅度排第二;等级 2 呈平缓的反 S 形 曲线,与等级 3 反方向变化,2014 年上升至 20.31 万 hm^2 ,然后逐年下降,2017 年达谷底 14.35 万 hm^2 ,等级 2 于 2019 年上升至峰值 20.33 万 hm^2 ,变化幅度次于等级 3;与等级 2、3 和 4 的变化相比,等级 1 的变化幅度相对平缓,2015 年为最低值 11.50 万 hm^2 ,2017 年为最高值 15.18 万 hm^2 ,变化幅度最小。

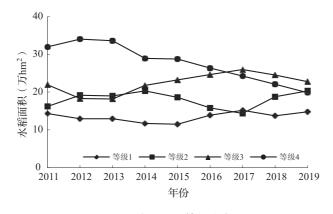


图 4 水稻面积等级分布 Fig.4 Rice area grade distribution map

2.2 水稻种植稳定性分析

分别计算 50 个图幅单元水稻种植面积和研究区水稻总面积 9 个年度的变异系数以及水稻面积平均变化率。结果显示,研究区水稻总体变异系数为 2.99%,平均变化率为 -1.03%,图 5 给出了各图幅单元变异系数与平均变化率的相关分析结果。由图 5a 可见,仅 22% 的图幅单元水稻种植面积平均变化率大于 0,呈增加态势,但增幅都小于 2%;78% 的图幅单元平均变化率小于 0,其中,68% 的图幅单元的平均变化率聚集在 0~-2.5% 之间,10% 的图幅单元平均变化率分布在 -2.7%~-5.86%。由图 5b 可见,图幅单元内水稻种植面积的平均变化率绝对值与变异系数具有较高的相关关系,相关系数为 0.98,达到 95% 水平的显著相关。

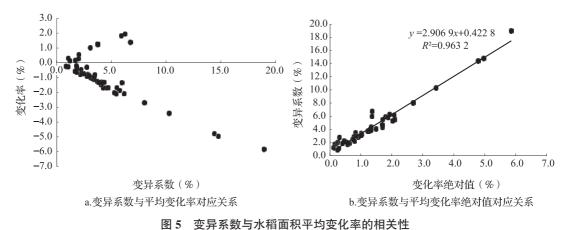


图 5 受弃系数与小相国似乎均受化率的相大任

Fig.5 Correlation between coefficient of variation and average change rate of rice area

2020年4月-

平均变化率描述了研究区多年水稻种植的平均增减幅度,变异系数描述研究区年际间水稻种植的波动性。根据图 5 平均变化率和变异系数的分布范围,将研究区分为稳定区(平均变化率 >-1.0%),比较稳定区(-2.5% < 平均变化率 < -1.0%)和不稳定区(平均变化率 < -2.5%),见图 6。对照研究区多年水稻种植分布图可见,稳定区占比 50%,比较稳定区占比 40%,不稳定区占比 10%。稳定区分两部分,一部分水稻种植面积增减缓慢,变异系数 < 3.0%,波动性很小;一部分分布于沿海,因稻棉轮作、棉花改种水稻和近年旱地改水稻,造成水稻面积波动较大,变异系数波动于 3.0%~7.0% 之间;比较稳定区水稻种植面积呈递减状态,因靠近城区,或发展经济作物,或部分单元存在轮作现象,造成年际间水稻种植面积变化起伏波动较大,变异系数在 3.0%~7.0% 之间波动;不稳定区包含两部分,一部分是由于连云港市和淮安市的市区城镇化建设占用耕地,二是里下河农区稻田改水面养殖或水生作物,区内水稻面积下降速度快、波动幅度大,变异系数范围大于 8.0%。

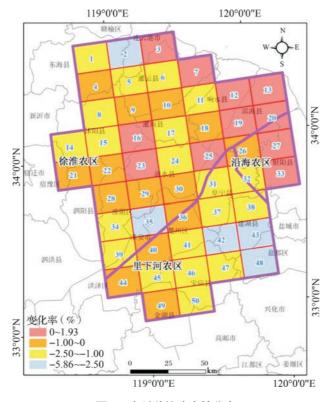


图 6 水稻种植稳定性分布

Fig.6 Distribution map of rice planting stability

2.3 水稻调减面积动态分析

基于 Arcgis 软件对 2011—2019 年水稻空间分布信息进行叠加分析,得到 2011—2019 年水稻地块空间分布和变化信息,以及水稻地块的多年属性信息。水稻地块属性信息包括多种组合,因研究区多年水稻种植面积总体呈下降趋势,在此仅分析多年水稻被调减为非水稻且不逆转为水稻(调减为其他作物或已转为非耕地,如鱼池或建设用地

等)的面积和空间分布。以图幅单元为单位,分别统计 2011 年为水稻且 2011 年后为非水稻、2011—2012 年为水稻且 2013—2019 年为非水稻、2011—2013 年为水稻且 2014—2019 年为非水稻、2011—2014 年为水稻且 2015—2019 年为非水稻、2011—2015 年为水稻且 2016—2019 年为非水稻、2011—2016 年为水稻且 2017—2019 年为非水稻、2011—2017 年为水稻且 2018—2019 年为非水稻、2011—2018 年为水稻且 2019 年为非水稻的地块面积。结果表明,2011 年以来,上述转为非耕地或持续种植其他作物的水稻面积合计为11.64 万 hm²,是 2011 年研究区内水稻面积的 13.8%,其中,2012—2019 年占比分别是 6.8%、10.6%、13.6%、14.0%、14.1%、16.0%、11.0% 和 13.9%。即,2012—2017 年不逆转的水稻转非水稻面积逐年上升,于 2017 年达到最大值,2018 年下降至接近 2013 年的水平,2019 年又反弹到 2015 年的水平。

基于各图幅单元水稻、调减水稻以及调减水稻面积占比(各图幅单元9年水稻转非水稻面积占研究区9年水稻转非水稻面积)的空间分布,将调减水稻面积占比分成3个等级(图7)。进一步分析可得,转非水稻面积占比 \leq 1.6% 的图幅单元集中分布于徐淮农区和沿海农区,占50个图幅单元的40%,累计转非水稻面积占研究区9年水稻转非水稻面积的23.0%,平均每框转0.13万 hm²;面积占比>1.6% 且 \leq 2.5% 的图幅单元占42%,累计转非水稻面积占研究区9年水稻转非水稻面积的41.8%,平均每框转0.23万 hm²;面积占比>2.5% 的图幅单元占18%,累计转非水稻面积占研究区9年水稻转非水稻面积的35.2%,平均每框转0.46万 hm²。

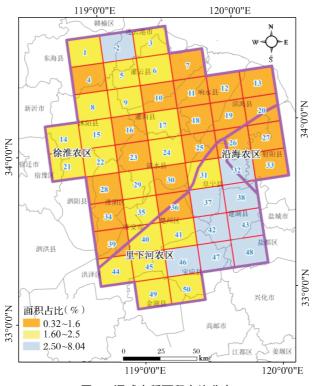


图 7 调减水稻面积占比分布 Fig.7 Reduced distribution of rice

2.4 水稻种植面积变化特征

综合图 6 和图 7 的分析结果可见, 2011—2019 年研究区水稻种植面积变化可划分为相对稳定区、缓慢下降区和急剧下降区。

- (1)水稻种植相对稳定区(占比 50%): ①占比 22% 的图幅单元水稻面积增加。由于监测初期棉花改水稻、后期旱地改水稻,使得沿海地区近年水稻呈增长态势。另外,淮安市涟水县与宿迁市沭阳县交界处因为旱地改水稻近年水稻面积也略增。②占比 14% 的图幅单元水稻面积略减(0>平均变化率≥-1%,同时水稻转非水稻面积占比≤ 1.6%)。位于淮安市、连云港市和盐城市的水稻主产区,由于水稻连片集中种植、农业基础设施完善,因此水稻面积变化非常缓慢。③占比 14% 的图幅单元水稻面积略减(0>平均变化率≥-1%,同时 1.6%<水稻转非水稻面积占比≤ 2.5%)。毗邻②中的图幅单元,位于淮安市、连云港市和盐城市的水稻主产区,水稻连片集中种植、农业基础设施完善,虽然水稻转非水稻面积大于②中的图幅单元,但同时有非水稻田块改水稻田块,使得这部分图幅单元的水稻面积仍然保持缓慢变化。
- (2)水稻种植面积缓慢下降区(占比 42%): ①占比 30% 的图幅单元水稻面积可恢复性下降(-1%>平均变化率≥ -2.5%,同时水稻转非水稻面积占比≤ 2.5%)。水稻面积下降的原因或包含城镇化基本建设(如滨海县、灌南县和沭阳市),或已经形成具有地方特色的经济作物(如灌云的莲藕、沭阳的花卉等),或少量的发展水面养殖和水生作物。这部分地区存在水稻与其他作物的轮作现象,且水稻面积易于恢复。②占比 10% 的图幅单元水稻面积下降(-1%>平均变化率≥ -2.5%,同时水稻转非水稻面积占比 >2.5%)。分布于里下河农区,水稻田改水面养殖或水生作物。③淮安市城区建设(平均变化率<-2.5%,同时 1.6%<水稻转非水稻面积占比≤ 2.5%)。
- (3)水稻种植面积急剧下降区(占比8%)(平均变化率<-2.5%,同时水稻转非水稻面积占比>2.5%):包括工业化和城镇化加快推进的连云港城区和水稻田被逐年连片改为水面养殖或水生作物的里下河农区。

3 结论与讨论

我国稻谷收购保护价从 2007 年开始不断提高,至 2014 年达最高并持稳,2017 年开始下调。在确保国家粮食安全、推进农业供给侧结构性改革的背景下,分析江苏省水稻格局的变化,对江苏省优化农业区域布局和调整农业资源配置具有重要意义。

该研究利用遥感技术分析了 2011—2019 年研究区内水稻种植面积的变化规律以及变化位置。结果表明,虽然江苏省水稻面积近年呈下降趋势,但除工业化和城镇化建设占用耕地外,水稻面积剧烈变化的地区仅限于部分里下河农区。江苏省里下河农区地势低洼,地下水位高,湖荡相连,人工水网稠密,适宜发展生态水产养殖。随着农村特色经济的不断发展,近年来,里下河农区大片水稻田转水面,逐步形成了规模化的水面养殖和水生作物种植区。研究区内 42% 的地区水稻面积缓慢下降,其原因是,这些地区因地制宜优化农田资源配置,增强农作物结构的灵活性,发展具有地方特色的高效益经济作

第32卷第2期

物,不同的是,这部分地区的非水稻田更易于恢复为水稻田。50%的地区水稻种植面积保持稳定,保障了江苏省稻谷的有效供给,这些地区的水稻田具有规模化连片种植、农业基础设施完善等特点,基本位于研究区内的徐淮农区和沿海农区。

参考文献

- [1] 李杰, 杨洪建, 蒋小忠. 新形势下江苏稻麦绿色增产增效的技术思考. 中国农技推广, 2016, 32(12): 13-15.
- [2] 陈学渊, 唐华俊, 吴永常, 等. 耕地格局时空动态变化过程和差异分析——以浙江安吉为例. 中国农业科学, 2015. 48(21): 4302-4313.
- [3] 吴文斌, 杨鹏, 李正国, 等. 农作物空间格局变化研究进展评述. 中国农业资源与区划, 2014, 35(1): 12-20.
- [4] 刘克宝, 陆忠军, 宋茜, 等. 松嫩平原中部农作物空间格局时空变化分析. 中国农业信息, 2018, 30(2): 42-52.
- [5] 张莉, 吴文斌, 宋茜, 等. 2000—2010 年非洲耕地利用格局变化及其生态环境背景分析. 中国农业科学, 2018, 51(6): 1144-1155.
- [6] 何立恒, 贾子瑞, 王志杰. 延安市土地利用——土地覆被格局变化特征. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(6): 176-179.
- [7] 孙玲, 单捷, 邱琳, 等. 江苏省小麦空间分布动态变化监测. 中国农业科技导报, 2018, 20(10): 55-65.
- [8]张锦宗,朱瑜馨,赵飞,等.我国粮食生产格局演变及增产贡献研究.中国农业资源与区划,2017,38(7):10-16.
- [9] 佴军. 近30年江苏省水稻生产的时空变化与效益分析. 扬州: 扬州大学, 2013.
- [10] 唐惠燕,包平.基于GIS 江苏水稻种植面积与产量的空间重心变迁研究.南京农业大学学报(社会科学版), 2014,14(1):118-124.
- [11] 高军波,韩勇,喻超,等.河南省县域农作物生产空间格局演变及专业化分区研究.中国农业资源与区划,2019,40(7):152-163.
- [12]熊亚东,谭雪兰,谭杰杨,等.洞庭湖地区农作物格局变化及其政策启示.湖南农业科学,2019 (10): 96-101.
- [13] 王利民, 刘佳, 季富华, 等. 中国小麦面积种植结构时空动态变化分析. 中国农学通报, 2019, 35(18): 12-23.
- [14] 刘竞文. 中国农业集聚重心与农民收入重心变动研究. 中国农业资源与区划, 2017, 38(12): 64-73.
- [15] 程勇翔, 王秀珍, 郭建平, 等. 中国水稻生产的时空动态分析. 中国农业科学, 2012, 45(17): 3473-3485.
- [16] 唐华俊, 吴文斌, 杨鹏, 等. 农作物空间格局遥感监测研究进展. 中国农业科学, 2010, 43(14): 2879-2888.
- [17] 吴文斌. 遥感技术在农作物空间格局监测中的应用. 全国农业信息分析理论与方法学术研讨会, 2009.
- [18] 魏永霞, 杨军明, 吴昱, 等. 基于多源数据融合模型的水稻面积提取. 农业机械学报, 2018, 49(10): 300–306.
- [19] 李孟倩, 苏世宗. 基于 Landsat8-OLI 遥感影像水稻种植区提取方法研究. 华北理工大学学报(自然科学版), 2019, 41(3): 26-33.
- [20] 曹丹, 白林燕, 冯建中, 等. 东北三省水稻种植面积时空变化监测与分析. 江苏农业科学, 2018, 46(10): 260-271.
- [21] 刘佳, 王利民, 姚保民, 等. 基于多时相 OLI 数据的宁夏大尺度水稻面积遥感估算. 农业工程学报, 2017, 33(15): 200-209.
- [22] 刘红超,梁燕,张喜旺.多时相影像的冬小麦种植面积提取及估产.遥感信息,2017,32(5):87-92.
- [23] 张春桂 , 林晶 ,吴振海 , 等 . 基于 MODIS 数据的水稻种植面积监测方法研究 . 自然资源学报 , 2007, 22(1): 1-8.
- [24]潘学鹏,李改欣,刘峰贵,等.华北平原冬小麦面积遥感提取及时空变化研究.中国生态农业学报,2015,23(4):497-505.
- [25] 王学,李秀彬,谈明洪,等.华北平原 2001-2011 年冬小麦播种面积变化遥感监测.农业工程学报,2015,31(8):190-199.
- [26] 黄青, 唐华俊, 吴文斌, 等. 农作物分布格局动态变化的遥感监测——以东北三省为例. 中国农业科学, 2013, 46(13): 2668-2676.
- [27] 王利民, 刘佳, 高建孟, 等. 冬小麦面积遥感识别精度与空间分辨率的关系. 农业工程学报, 2016, 32(23): 152-160.
- [28] 邱琳, 卢必慧, 孙玲, 等. GF-1 卫星影像的空间分辨率对水稻识别精度的影响. 江苏农业学报, 2019, 35(1): 70-75.
- [29] 马孟莉,朱艳,李文农,等.基于分层多端元混合像元分解的水稻面积信息提取.农业工程学报,2012,28(2): 154-159
- [30] 孙玲, 单捷, 毛良君, 等. 基于遥感和 morans+i 指数的水稻面积变化空间自相关性研究. 江苏农业学报, 2016, 32(5): 1060-1065.
- [31] 汪权方,徐慧,吴华英,等.基于变异系数法的乡镇尺度水稻种植格局变化遥感监测.湖北大学学报(自然科学版),2016.38(6):495-501.
- [32] 李炎子. 我国种植业空间布局演变(1978—2009). 北京: 中国农业大学, 2014.
- [33]潘佩佩,杨桂山,苏伟忠,等.太湖流域粮食生产时空格局演变与粮食安全评价.自然资源学报,2013,28(6):931-942.

Analysis on the spatial-temporal dynamic changes of rice planting area in the main rice production area of Jiangsu province

Sun Ling, Wang Jingjing, Qiu lin, Shan Jie, Huang Xiaojun, Wang Zhiming (Institute of Agricultural Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: [Purpose] The object of the research is to reveal the spatial-temporal pattern and dynamic change characteristics of rice cultivation in Jiangsu province, to evaluate the stable production level and the spatial variation of the planting structure, and to provide decisionmaking basis for the optimization adjustment and sustainable development of rice production spatial layout in Jiangsu province. [Method] The research selects 50 standard topographic map units (1: 50000) in the main rice production area of Jiangsu province as the research area, on the basis of the 5 m spatial resolution remote sensing database of cultivated land in Jiangsu province, uses multi-source remote sensing satellite images during the rice growth period from 2011 to 2019 to extract information on the spatial distribution of rice planting area in the relevant year. With the functions of mathematical statistics and GIS spatial analysis, the spatial and temporal distribution characteristics of rice area changes, coefficients of variation and irreversible rice area are studied. The spatial and temporal dynamic changes of rice planting area from 2011 to 2019 are analyzed afterward. [Result] The rice planting area in 50% of the study area remained stable while in 42% decreased slowly. The rice planting area in 8% of study area decreased sharply. Since 2011, a total of 116.358 hectares of rice fields have been converted to non-cultivated land or other crops have been continuously planted, which accounts for 13.7% of the rice planting area in the study area in 2011. [Conclusion] The slope of trend line of rice planting area in the study area from 2011 to 2019 is -0.88, which shows a general downward trend. The average change rate of rice area is -1.03%, and the overall coefficient of variation is 2.99%.

Key words: remote sensing monitoring; rice area; spatial distribution; planting pattern; dynamic changes