

孙玲,邱琳,单捷,等. 2011-2019年江苏省水稻主产区规模连片水稻时空动态分析[J].江苏农业学报,2021,37(2):355-361.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2021.02.011

2011-2019年江苏省水稻主产区规模连片水稻时空动态分析

孙玲,邱琳,单捷,王晶晶
(江苏省农业科学院农业信息研究所,江苏南京 210014)

摘要: 选择农田防护林作为界定田块是否连片的标准,分析了水稻规模连片种植的时空格局及变化特征。结果表明,①2011-2019年,研究区内 $0.67\times 10^3\text{ hm}^2$ 以上规模连片水稻种植面积逐年减少。其中, $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ 以上连片水稻种植面积平均减少7.38%, $3.34\times 10^3\sim 6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ 连片水稻种植面积平均减少2.40%, $0.67\times 10^3\sim 3.33\times 10^3\text{ hm}^2$ 连片水稻种植面积平均减少0.76%。②位于洪泽县、东海县、灌云县、连云港城区交界处,东海县的大于 $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ 连片水稻种植面积持续保持稳定;位于淮安市楚州区、滨海县、射阳县、阜宁县交界处,盐城市盐都区的大于 $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ 水稻连片从大到小或从有到无,变化幅度较大。③随着水稻规模连片区的缩小,连片区内水稻种植逐步单一化、水稻田块空间分布紧密度提高。本研究提出的用田块间间距来界定田块是否连片的方法,能够有效解决区域性农作物规模连片种植的量化问题。

关键词: 遥感;水稻;规模连片种植;空间分布;动态变化

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2021)02-0355-07

Analysis on the spatiotemporal dynamics of rice planted in a large scale contiguously in the main production area of Jiangsu province from 2011 to 2019

SUN Ling, QIU Lin, SHAN Jie, WANG Jing-jing
(Institute of Agricultural Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: The farmland shelterbelts were chosen as the criterion for determining whether the fields were contiguous or not to analyze the spatiotemporal pattern and variation characteristics of rice planted on a large scale contiguously. The results showed that, firstly, from 2011 to 2019, the area of the contiguously planted rice with a scale above $0.67\times 10^3\text{ hm}^2$ in the study area decreased year by year. Among them, the area of the contiguously planted rice with a scale above $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ decreased by 7.38% in average and the area of the contiguously planted rice with a scale between $3.34\times 10^3\text{ hm}^2$ and $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ decreased by 2.40% in average, while the area of the contiguously planted rice with a scale between $0.67\times 10^3\text{ hm}^2$ and $3.33\times 10^3\text{ hm}^2$ decreased by 0.76% in average. Secondly, the area of the contiguously planted rice with a scale above $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ in Hongze County, the junction of Donghai County, Guanyun County and Lianyungang urban areas as well as Donghai County continued to remain stable. Area of the contiguously planted rice with a scale above $6.67\times 10^3\text{ hm}^2$ in the junction of Chuzhou District of Huaian City, Binhai County, Sheyang County and Funing County as well as Yandu District of Yancheng City varied greatly from large to small or from presence to absence. Thirdly, as the scale of rice

收稿日期:2020-08-24

基金项目:江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(19)3093];国家科技重大专项课题(09-Y30B03-9001-13/17-006)

作者简介:孙玲(1960-),女,河北东光人,本科,研究员,主要从事农业遥感监测工作。(E-mail) lingsun@jaas.ac.cn

contiguous planting areas shrunked, rice planted in the contiguous areas became monolithic gradually and the spatial distribution compactness of paddy fields increased. The method proposed in this research of using the spacing between fields to define whether the fields are contiguous

or not can effectively solve the quantitative problem in regional contiguous planting of crops on a large scale.

Key words: remote sensing; rice; contiguous planting on a large scale; spatial distribution; dynamic change

在成片集中的土地上形成规模化连片的农作物种植结构是实现农作物规模化生产的必备条件^[1]。遥感技术凭借其精准、及时、宏观等优点,在发现、监测农作物空间分布方面具有得天独厚的优势。国内外学者利用多源遥感卫星影像针对不同的影像分辨率开展了农作物种植空间分布的研究^[2-4]以及区域性农作物种植空间分布的动态变化研究。曹丹等^[5]利用2000–2015年的中分辨率成像光谱仪(MODIS)数据,分析了近15年东北三省水稻种植面积的年际变化、波动趋势及空间变化特征;王学等^[6]基于MODIS EVI时间序列数据和两景TM影像,重建了华北平原2001–2011年冬小麦播种面积时空变化过程;王红营等^[7]基于2000–2013年的MODIS NDVI数据和TM/ETM遥感数据分析了华北平原主要作物近年来的时空变化特征。同时,诸多学者将耕地的规模化利用转为耕地的破碎化研究^[8]。汤庆新等^[9]利用1986年和2000年的9–10月TM遥感图像,运用景观生态学的数量分析方法,得出嘉陵江中下游地区耕地的离散度加大、斑块形状更加不规则、复杂性增大的结果;胡金龙等^[10]基于1973–2013年Landsat遥感影像数据,借助3S和景观格局指数得出漓江流域农田不断减少、破碎化加剧、趋向分散经营的景观格局演化特征;台晓丽等^[11]基于GF-1遥感影像数据,以景观格局为视角,用主成分分析方法,分析了巢湖流域14个县(区)的耕地细碎化程度。站在经营者角度开展规模化种植研究的学者则把关注的重点放在如何提高经营者的生产效率上。王桂民^[12]分析了2010–2014年水稻产区耕地经营规模小于0.67 hm²、0.67~2.00 hm²、2.01~3.33 hm²、3.34~6.67 hm²和6.68~13.33 hm²农户数的动态变化;谭淑豪等^[13]基于1300余户农户数据,认为土地细碎化是目前进一步提高农业生产率和减轻农村贫困的主要瓶颈之一;蒋和平^[14]从经营主体角度阐明农业规模经营是农业现代化的重要途径。综上所述,目前讨论规模连片种植空间分布的研究尚不多见,且现有关于农作物空间分布的文献均没有涉及农作物规模连片的量化问题。

农作物规模连片集中栽培,生产要素集聚,便于发挥农机化的作用,降低生产成本,提高劳动生产率^[15],更重要的是能够带动产前、产后和产中其他重

要环节的规模化经营。针对农作物规模连片种植的精准量化需求,本研究用田块间间距界定田块是否连片的方法,借助遥感技术首次开展江苏省水稻主产区2011–2019年水稻规模连片种植的时空格局以及变化特征研究,以期评价江苏省水稻的规模化生产以及稳步提升江苏省农业现代化水平提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

水稻是江苏省两大主要粮食作物之一^[16-19]。2015年江苏省水稻播种面积占全省粮食作物播种面积42.24%,占中国水稻播种面积7.58%,位列中国第4。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21 383.6 km²,位于江苏省徐淮农区、里下河农区和沿海农区,苏北灌溉总渠从西南向东北方向横穿研究区。区内包括部分连云港市(市区、东海县、灌云县和灌南县)、盐城市(响水县、滨海县、阜宁县、建湖县、射阳县和盐都区)、淮安市(涟水县、淮阴区、楚州区、洪泽县、金湖县和市区)、宿迁市(沭阳县、泗阳县和宿豫区)和扬州市(宝应县和高邮市)。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,水稻种植面积占比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。

1.2 数据获取

本研究2011–2019年的水稻地块空间分布信息来源于江苏省2012年RapidEye 5 m分辨率影像的耕地遥感数据库^[20]。购买或下载2011(Landset-TM)、2012(Rapideye、Hj1b-ccd2、Spot4)、2013(Landset-8 OLI、Spot5)、2014(Landset-8 OLI、Spot5)、2015(Landset-8 OLI、GF-1)、2016(GF-1)、2017(Landset-8 OLI、GF-1)、2018(Landset-8 OLI、GF-1、Sentinel2)、2019(Landset-8 OLI、Sentinel2、GF-1)年水稻生长期适宜的多源卫星影像,以当年卫星影像为底图,分别从耕地数据库中提取水稻地块,生成当年的水稻空间分布图^[21]。

1.3 水稻连片种植的定义

相隔距离小于等于 d 的多个分离的田块聚集的地域空间称为片。距离 d 可以是田埂、机耕路、排水渠、埝沟、农田防护林或道路等的宽度。

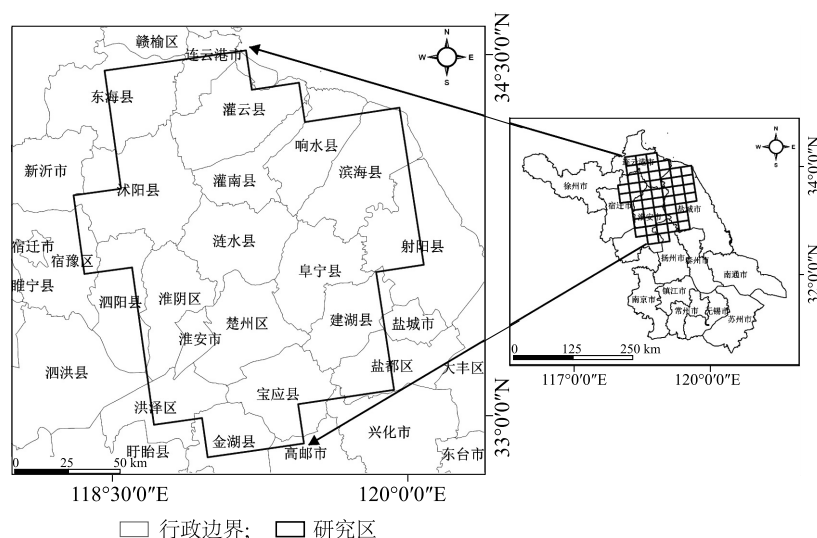


图1 研究区地理位置

Fig.1 Geographical location of the area studied

1.4 规模连片片区和片区内水稻地块提取

利用地理信息系统软件,提取规模连片种植水稻面积(A)的步骤如下:①建立研究区内水稻地块空间分布图层1;②建立片区图层:对水稻地块空间分布图层1中分离的水稻地块建立距离 d 且融合的片区,生成具有多个独立的、大小不一的片区图层2;③生成规模化过渡片区图层:选择片区图层2中面积大于 A 的片区,形成新的片区图层3,在新的片区图层3中增加新的属性字段,对其中的各片区逐一编号;④提取连片水稻面积:对水稻地块空间分布图层1和新的片区图层3进行交集操作,生成图层4,即图层4中仅包含了规模化过渡片区内的水稻地块;⑤生成规模连片水稻图层:统计图层4中每个片区内的水稻面积,删除水稻面积小于 A 的片区和片区内的水稻地块,形成规模连片水稻图层5。图层5各片区内的水稻面积均满足规模连片 A 的要求,图层5中的片区为满足要求的规模化片区。

1.5 规模连片水稻格局指数计算

1.5.1 地块平均面积(A) A 反映地块细碎化的空间特征,其值越小,地块的细碎化程度越高。

$$A = \frac{\sum a_{ij}}{N} \quad (1)$$

式中 N 为研究区规模化片区内累计水稻地块数, a_{ij} 为规模化片区 j 里水稻地块 i 的面积。

1.5.2 地块密度指数(PDI) PDI 为单位面积水稻地块数, PDI 值越大,水稻的细碎化程度越高。

$$PDI = \frac{N}{\sum b_j} \quad (2)$$

式中 b_j 为规模化连片片区 j 的面积。

1.5.3 水稻地块分离度指数(LII) LII 反映地块的聚集度, LII 指数越大,水稻地块在空间分布中越分散。

$$LII = \frac{\sum b_j}{2 \sum a_{ij} \sqrt{\frac{N}{\sum b_j}}} \quad (3)$$

式中 a_{ij} 、 b_j 和 N 的定义同式(1)和式(2)。

2 结果与分析

2.1 江苏省水稻主产区规模连片种植分布

中国农田防护林的标准宽度为50 m,高速公路的一般宽度为40 m。本研究将农田防护林的宽度作为水稻种植的连片标准,分析研究区内在 $0.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上规模水稻连片种植的空间分布以及动态变化。

2.1.1 规模化连片片区空间分布 按照方法1.4中的操作步骤,分别对研究区2011–2019年水稻空间分布信息进行运算,得到2011–2019年规模连片水稻种植区空间分布信息(图2)。连片区共分3个等级:等级1,连片水稻面积在 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上;等级2,连片水稻面积大于等于 $3.34 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 且小于等于 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$;等级3,连片水稻面积大于等于 $0.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 且小于等于 $3.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。由图2可见,研究区规模连片水稻种植的分布具有很强的区域性,以苏北灌溉总渠为界,南边多于北边。南边是

楚州-洪泽连片区和滨海-射阳-阜宁-建湖-盐都连片
区,北边是东海-灌云-灌南-涟水连片区以及宿豫-沭

阳连片区。

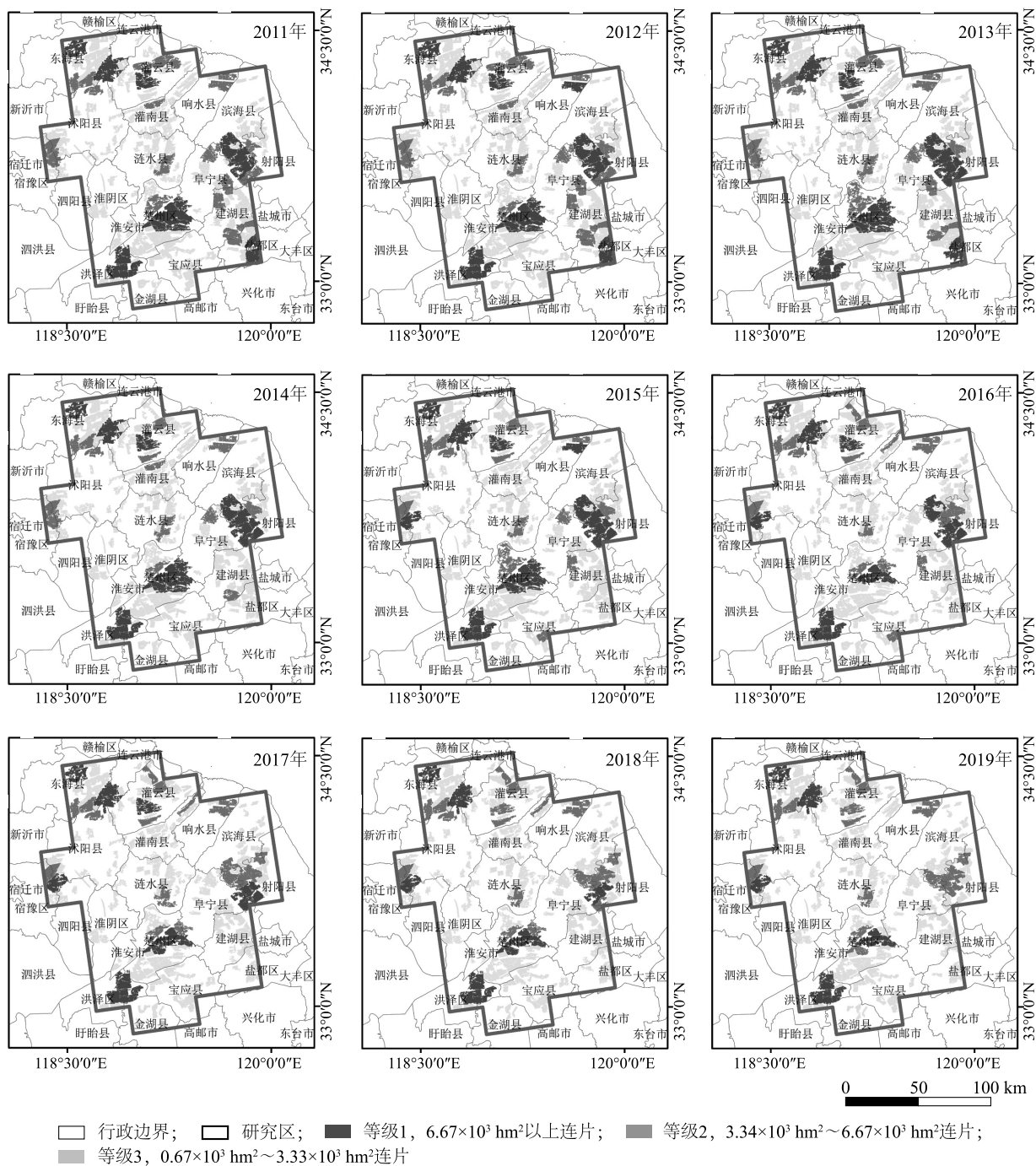


图2 江苏省水稻规模化连片分布图

Fig.2 Distribution maps of the areas of rice contiguously planted on a large scale in Jiangsu province

2.1.2 规模连片水稻种植面积动态变化 统计图2中的水稻种植面积,得到2011-2019年研究区规模连片水稻种植面积变化曲线图(图3)。由图2、图3可见,2011年规模连片水稻种植面积最大,为 4.887×10^5

hm^2 ,随后以斜率为-1.17的趋势下滑,至2019年为 $3.889 \times 10^5 \text{ hm}^2$,历年变化幅度依次为-2.15%、-0.03%、-4.89%、3.00%、-5.75%、-3.06%、-3.10%和-6.21%。同时,规模连片水稻种植面积占当年研究

区水稻种植面积的比例由 2011 年的 57.85% 逐步降至 2019 年的 50.02%。水稻种植总面积递减^[17] 以及各地转变种植模式和发展非农产业是研究区规模连片水稻种植面积递减的根本原因。

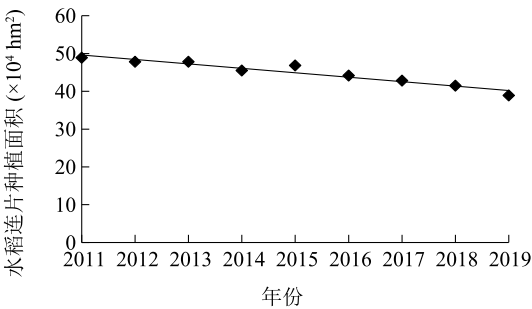


图3 江苏省规模化连片水稻种植面积分布图
Fig.3 Distribution map of the area of rice contiguously planted on a large scale in Jiangsu province

表 1 各等级水稻种植面积占当年连片水稻种植面积的比例

Table 1 Ratios of the areas of rice in each grade accounted for the areas of contiguously planted rice in the same year

年份	各规模等级水稻面积占比 (%)		
	$>6.67\times10^3\text{ hm}^2$	$3.34\times10^3\sim6.67\times10^3\text{ hm}^2$	$0.67\times10^3\sim3.33\times10^3\text{ hm}^2$
2011 年	24.87	21.41	53.72
2012 年	26.24	19.46	54.30
2013 年	26.60	19.46	53.94
2014 年	24.45	15.50	60.05
2015 年	27.12	14.29	58.59
2016 年	22.06	17.00	60.94
2017 年	21.34	19.81	58.85
2018 年	18.06	21.10	60.84
2019 年	15.83	20.90	63.27

2.1.4 各等级连片水稻种植面积分布变化 由图 4 可见,2011–2019 年 3 个等级的规模连片水稻种植面积的变化分 2 个阶段和 2 个转折点。2011–2013 年,随着等级 1 规模连片水稻种植面积的缓慢上升以及等级 2 和等级 3 连片水稻种植面积的缓慢下降,规模连片水稻种植面积稳定在 $4.8\times10^5\text{ hm}^2$ 左右,图 2 中 2011–2013 年各等级片区基本保持不变。2014 年,等级 1 和等级 2 规模连片水稻种植面积较上年的跌幅分别超过 10% 和 20%,而等级 3 的连片水稻种植面积上升幅度小于 6%,规模连片水稻种植面积总体较上年下降 4.89%,降到 $4.547\times10^5\text{ hm}^2$ 。图 2 中可见盐城盐都区的等级 1 连片水稻区域全部分解为等级 3 连片水稻区域,淮安市涟水县

2.1.3 规模连片水稻种植面积占比变化 分别统计图 2 中每年等级 1~3 的水稻种植面积,并计算与当年规模连片水稻种植面积的占比(表 1)。2011–2017 年,3 个等级的连片水稻种植面积占比大小依次是等级 3>等级 1>等级 2,由于 2018 和 2019 年规模连片水稻种植结构的变化较大,2017 年之后上述占比大小顺序调整为等级 3>等级 2>等级 1。分析表 1 可得,3 个等级中占比变化最大的是等级 1,2011 年等级 1 连片水稻种植面积占全部连片水稻种植面积的比例为 24.87%,到 2019 年仅占 15.83%,相比 2011 年减少 36.33%;其次是等级 3,等级 3 连片水稻种植面积 2011 年占比为 53.72%,到 2019 年增至 63.27%,增加 17.77%;等级 2 连片水稻种植面积变化最小,2011 年占比为 21.41%,2019 年占比为 20.90%,减少 2.41%。

和楚州区、盐城市建湖县的部分等级 2 连片水稻区域也分解为等级 3 连片水稻区域。2015–2018 年,等级 1 连片水稻种植面积下降速度加快,等级 3 连片水稻种植面积也持续下降,虽然等级 2 连片水稻种植面积有所回升,但研究区规模连片水稻种植面积最终降到 $4.147\times10^5\text{ hm}^2$ 。图 2 中可见射阳县-阜宁县-滨海县交界处的等级 1 连片区逐年不断分解为等级 2 连片区,楚州区和灌云县的等级 1 连片区分解为等级 2 和等级 3 连片区,研究区内的部分等级 3 连片区消失(特别是建湖县和盐都区的部分等级 3 连片区)。2019 年,3 个等级的连片区面积都处于下降态势,等级 1~3 的水稻种植面积分别较上年下降 17.79%、7.11% 和 2.47%,规模连片水稻种植

面积的跌幅为年度间最大值(-6.21%),使得规模连片水稻种植面积进一步降至 $3.889 \times 10^5 \text{ hm}^2$,与2011年相比减少20.43%。

从图4中3个等级的面积变化走势可以看出,9年间,等级3连片水稻种植面积变化最为平缓,变化率平均值为-0.76%;等级2连片水稻种植面积的变化次之,变化率平均值为-2.40%;等级1连片水稻种植面积的变化最为剧烈,变化率平均值为-7.38%。

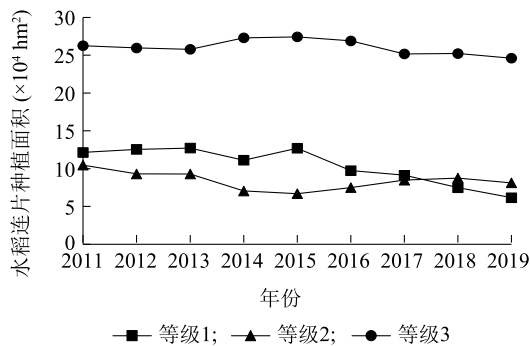


图4 江苏省等级1~3规模连片水稻种植面积分布图

Fig.4 Distribution map of the area of contiguously planted rice of grade 1-3 in Jiangsu province

2.2 江苏省规模连片水稻分布格局变化

2.2.1 等级1连片面积格局变化 对图2中等级1连片片区内水稻面积进行排序,可以得到研究区每年最大连片水稻种植面积和空间分布。2011年和2012年研究区最大连片水稻片区位于淮安市楚州区,分别为 $2.90 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $2.77 \times 10^4 \text{ hm}^2$;2013-2015年最大连片水稻种植面积保持在 $3.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,位于盐城市滨海、射阳、阜宁3县交界处;2016-2019年最大连片水稻种植面积保持在 $2.01 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,位于淮安市洪泽县。

分析图2中等级1连片片区9年间的时空变化,可以看出有3个等级1连片水稻种植面积持续保持稳定:①位于淮安市洪泽县,常年保持在 $2.03 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,变化幅度在-4.17%至4.65%之间,平均变化幅度为-0.73%;②位于连云港市东海县、灌云县和城区交界处,常年保持在 $1.52 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,变化幅度徘徊于-3.86%和3.42%之间,平均变化幅度为-0.95%;③位于连云港市东海县,常年保持在 $0.88 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,变化幅度在-7%至1%之间,平均变化幅度为-1.53%。

等级1连片片区变化幅度最大的3个片区为:

①位于淮安市楚州区,2011-2015年片区内水稻种植面积保持在 $2.76 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,2015年后随着经济的快速发展,靠近淮安城区的连片区逐步分解,至2019年仅剩 $1.15 \times 10^4 \text{ hm}^2$;②位于盐城市滨海、射阳、阜宁3县交界处,2011和2012年等级1连片水稻种植面积保持在 $2.68 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2013年上升至 $3.39 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2014和2015年分别保持在 $3.34 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $3.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2015年后快速下滑,至2018年仅剩 $0.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$,2019年已不足 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$;③位于盐城市盐都区,2011-2013年等级1连片水稻种植面积保持在 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上,由于转变种植模式,2014年等级1连片区快速消失。

2.2.2 连片水稻内部格局变化 表2详细列出了连片区水稻2011-2019年不同景观格局指数的变化情况。通过表2中各指数的变化,可以进一步了解连片水稻区内部的空间变化过程。9年间,水稻的平均斑块面积逐步增大,斑块密度减小,表明连片区内水稻田块的细碎化程度逐步降低。分离度指数代表水稻地块在空间分布的离散程度,从2011-2014年与2015-2019年的分离度指数变化来看,由于前期连片区内存在水稻与其他作物的轮作,因此前期的分离度指数大于后期。2014年后轮作减少或不轮作,所以2015-2019年分离度指数下降并趋于稳定。图5为各等级片区内水稻面积占片区面积的比例变化图。图5和分离度指数的变化趋势均表明2015年后连片区内水稻田块空间分布趋于紧致,即插花于水稻田块间的非水稻田块逐步减少,片区内水稻田块的紧密度趋于稳定。3个景观格局指数的变化均表明,连片区内水稻种植逐步单一化,纯度提高。

表2 连片水稻景观格局指数动态变化

Table 2 Dynamic changes of landscape pattern index of contiguously planted rice

年份	平均田块面积 (hm^2)	斑块密度 (田块数, 1 hm^2)	分离度指数
2011年	6.08	0.121 61	7.42
2012年	6.00	0.120 11	7.55
2013年	6.02	0.120 75	7.50
2014年	6.15	0.117 63	7.44
2015年	6.37	0.116 11	7.23
2016年	6.49	0.114 43	7.15
2017年	6.53	0.113 64	7.13
2018年	6.52	0.114 13	7.12
2019年	6.65	0.111 87	7.05

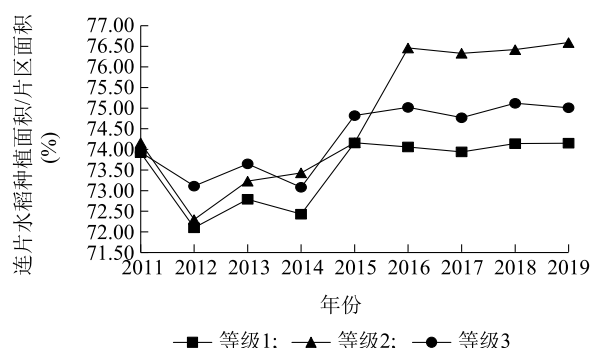


图5 连片水稻种植面积占片区面积比例变化图

Fig.5 Variation map of the ratio of contiguously planted rice area to the regional area

3 结论

本研究在 5 m 分辨率水稻种植空间分布的基础上,以农田防护林作为界定水稻田块是否连片的标准,分析了研究区2011–2019 年 $0.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上水稻连片种植的时空格局及变化特征,首次实现了农作物规模连片种植的量化分析。结果表明,①研究区 $0.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上水稻连片种植面积占当年研究区水稻种植面积的比例由 2011 年的 57.85%逐步降至 2019 年的 50.02%,以斜率-1.17 的速度下滑。② $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上连片水稻种植面积 9 年间平均变化率为-7.38%,占当年连片水稻种植面积的比例由 2011 年的 24.87%降至 2019 年的 15.83%; $3.34 \times 10^3 \sim 6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 连片水稻种植面积 9 年间平均变化率为-2.40%,占比由 2011 年的 21.41%调整为 2019 年的 20.90%; $0.67 \times 10^3 \sim 3.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 连片水稻种植面积变化较为平缓,9 年间平均变化率为-0.76%。随着 $3.34 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上连片区的不断分解, $0.67 \times 10^3 \sim 3.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 连片水稻种植面积占当年连片水稻种植面积的比例由 2011 年的 53.72%增至 2019 年的 63.27%。③2011–2019 年,位于淮安市洪泽县,连云港市东海县、灌云县、城区交界处,连云港市东海县的 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上连片水稻种植面积持续保持稳定,分别保持在 $2.03 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $1.52 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $0.88 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右。位于淮安市楚州区,盐城市滨海、射阳、阜宁 3 县交界处和盐城市盐都区的 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上连片水稻种植面积变化幅度较大,片区面积从大到小或从有到无。④随着 $3.34 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以上连片区的缩减,连片区内部的水稻田块空间分布紧密度提高,连片区内水稻种

植逐步单一化,纯度提高。

参考文献:

- [1] 马守义,沈国清. 我国农业未来发展趋势[J].农业图书情报学刊,2007,19(1):122-125.
- [2] 王利民,刘 佳,杨福刚,等. GF_1 卫星多时相组合近红外数据水稻识别能力[J].农业工程学报,2017,33(23):196-202.
- [3] 单 捷,邱 琳,孙 玲,等. 基于 Radarsat_2 的水稻种植面积提取[J].江苏农业学报,2017,33(3):561-567.
- [4] 汪月娇. 基于分层抽样的平湖市小麦种植面积遥感测算方法研究[J].中国农学通报,2016,32(3):192-199.
- [5] 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[J].江苏农业科学,2018,46(10):260-271.
- [6] 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[J].农业工程学报,2015,23(9):190-199.
- [7] 王红营,潘学鹏,罗建美,等. 基于遥感的华北平原农作物时空分布变化特征分析[J].中国生态农业学报,2018,20(10):1199-1209.
- [8] 吴文斌,龙禹桥,余强毅,等. 中国耕地集约化与规模化利用耦合特征分析[J].中国农业资源与区划,2020,41(3):12-19.
- [9] 汤庆新,张宝雷,周万村. 较大尺度流域的土地利用/覆盖和景观格局变化分析[J].水土保持研究,2006,13(2):69-71.
- [10] 胡金龙,罗 楠,周志翔. 漓江流域 1973–2013 年景观格局动态变化[J].西北林学院学报,2017,32(4):217-223.
- [11] 台晓丽,肖 武,张建勇,等. 基于景观指数的巢湖流域各县区耕地细碎化研究[J].水土保持研究,2016,23(4):94-98.
- [12] 王桂民. 基于规模化经营的水稻生产机器系统优化研究[D]. 镇江:江苏大学,2017.
- [13] 谭淑豪,NICO H,曲福田. 土地细碎化对中国东南部水稻小农户技术效率的影响[J].中国农业科学,2006,39(12):2467-2473.
- [14] 蒋和平. 适度规模经营是农业现代化的重要途径[J].农经,2013(263):11.
- [15] 崔占庆,鹿德有. 发挥集体农机队作用实行作物连片种植的探索[J].农机化研究,1999(4):20-22.
- [16] 王 康,吴家旺,戴 辉,等. 沼液叶面肥对水稻生长的影响[J].江苏农业科学,2019,47(15):126-129.
- [17] 陆佳岚,王 净,马 成,等. 长江流域中稻产量和品质性状差异与其生育期气象因子的相关性[J].江苏农业学报,2020,36(6):1361-1372.
- [18] 张俊喜,葛兆建,李进峰,等. 稻虾轮作技术规程[J].江苏农业科学,2020,48(13):96-98.
- [19] 王 煜,俞双恩,丁继辉,等. 基于熵权 TOPSIS 模型评价不同施氮水平下水稻灌溉模式[J].排灌机械工程学,2020,38(7):720-725.
- [20] 孙 玲,单 捷,卢必慧,等. 江苏省水稻主产区水稻种植调减模式遥感监测[J].江苏农业学报,2020,36(4):911-918.
- [21] 孙 玲,王晶晶,邱 琳,等. 江苏省水稻主产区水稻种植面积时空动态变化分析[J].中国农业信息,2020,32(2):45-55.

(责任编辑:张震林)