

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.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2020.04.015

江苏省水稻主产区水稻种植调减模式遥感监测

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

摘要: 本研究基于遥感卫星影像, 获取江苏省监测区内 2015 年和 2019 年水稻种植的空间分布信息, 分析监测区内水稻种植面积变化程度、变化模式以及变化位置。结果表明, 至 2019 年, 监测区内 90.7% 的水稻田仍为水稻田, 9.3% 的水稻田调减为非水稻田, 与 2015 年相比, 监测区内水稻面积总计减少 5.7%。在调减的水稻面积中, 调减为水产养殖的占 29.7%, 调减为水生作物的占 18.3%, 调减为其他作物的占 52.0%。调减幅度和调减模式具有很强的地域特征, 水稻面积减少幅度大于 10.1% 的图幅框集中分布于里下河农区, 减少幅度小于 5.0% 的图幅框集中分布于徐淮农区。针对监测区内 3 种调减模式, 徐淮农区占比最大的是水稻→其他作物, 其次是水稻→水生作物, 最少的是水稻→水产养殖; 里下河农区占比最大的是水稻→水产养殖, 其次是水稻→水生作物, 最少的是水稻→其他作物。

关键词: 水稻; 面积调减; 调减模式; 遥感; 监测

中图分类号: S511; TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2020)04-0911-08

Remote sensing monitoring of rice plantation reduction model in main rice production areas of Jiangsu province

SUN Ling, SHAN Jie, LU Bi-hui, WANG Jing-jing, HUANG Xiao-jun, WANG Zhi-ming
(*Institute of Agricultural Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China*)

Abstract: Based on the remote sensing satellite images, spatial distribution of rice planting in the monitoring area of Jiangsu province in 2015 and 2019 was obtained, and the changes of position and pattern in rice planting areas were analyzed. The monitoring results showed that 90.7% of the rice planting fields in the monitoring area were still rice planting fields in 2019, while the rest 9.3% of the rice planting fields had been changed. The area of rice planting in 2019 reduced by 5.7% compared with that in 2015. Aquaculture accounted for 29.7% of the reduced rice planting area, aquatic crops accounted for 18.3%, and other crops accounted for 52.0%. The reduction range and mode had strong regional characteristics. The area with a decrease of more than 10.1% was concentrated in the agricultural area of Lixiahe, and the area with a decrease of less than 5.0% was concentrated in the agricultural area of Xuhuai. The proportion of aquaculture in the reduced rice planting area was largest in Lixiahe agricultural area, followed by aquatic crops, and the least was other crops. Other crops accounted for the largest proportion in Xuhuai agricultural area, followed by aquatic crops, and the least was aquaculture.

Key words: rice; area reduction; reduction mode; remote sensing; monitoring

收稿日期: 2019-12-18

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

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

水稻是江苏省最重要的粮食作物之一, 其种植情况影响全省粮食安全和国民经济发展大局^[1], 准确把握水稻种植面积可为指导水稻生产、维护粮食安全提供科学依据。遥感技术具有客观性强, 覆盖范围广等特点, 是区域农作物面积信息

准确获取以及时空变化监测的主要技术^[2-9]。王小慧等^[10]利用1985年以来的县域水稻生产数据,分析了中国水稻产量、面积和单产的时空动态变化特征以及水稻生产重心迁移轨迹,在此基础上量化了水稻面积和单产对总产的贡献度。王学等^[11]分析2001–2011年MODIS时序数据,发现华北平原2001–2011年冬小麦种植面积持续扩大,并且呈现南增北减的格局,为华北平原调整农业种植结构提供了借鉴。杜永林等^[12]以江苏省13个行政区水稻生产数据为基础,分析了1961–2010年水稻产量的时空变化特征及其主要的影响因素,结果表明江苏省水稻总产量增加了2.9倍,总体呈南减北增趋势。黄维等^[13]以广西省平乐县为例,利用多时相陆地卫星影像数据和面向对象的分类方法,提取出晚稻种植发生变化的区域。Lunetta等^[14]利用MODIS的归一化植被指数(*NDVI*)提取了美国五大湖盆地2005–2007年玉米、大豆和小麦的空间分布数据,通过比较分析作物轮作的面积分布和变化,得出2005–2006年玉米和大豆的总种植面积相对平衡,2006–2007年玉米种植面积增加约21%的结论。刘珍环等^[15]通过综合80年代初以来农作物面积和产量的统计、耕地分布、农业灌溉分布以及农作物生长适宜性分布等多源数据,分析水稻种植面积和产量的时空变化,发现在中国水稻种植区发生变化的地区中,有超过50%地区的水稻种植面积出现缩减态势,但仍有近70%地区的水稻产量在增加。上述基于遥感技术的农作物种植空间分布以及时空变化研究缺乏农作物种植调整后的信息,不能直观、真实反映目标作物的调整模式,而且使用的多为中高分辨率遥感影像或统计数据。目前,利用高分辨率遥感影像采集大区域水稻种植时空变化信息的研究尚不多见。本研究拟基于5 m分辨率的江苏省耕地遥感数据库,以江苏省水稻主产区2015年和2019年水稻种植的时空变化为切入点,监测水稻种植结构的时空变化,以期为更好地实行分区管理,保持和改善生产区域的生态平衡提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 监测区概况

监测区为江苏省内的50个1:50 000标准地形

图幅框(图1),面积为 $2.14 \times 10^{10} \text{ m}^2$,包括部分连云港市、盐城市、淮安市、宿迁市和扬州市,监测区2015年水稻种植面积约占全省水稻面积的37%,主要粮食作物种植模式为小麦-水稻、小麦-玉米、小麦-大豆。

监测区分布于江苏省的徐淮农区、里下河农区和沿海农区,其中,徐淮农区占62.8%,里下河农区占30.0%,沿海农区占7.2%。由于沿海农区面积占比相对较小,因此在下面的讨论中将沿海农区的变化并入到里下河农区。

江苏省徐淮农区是中国黄淮海平原的重要组成部分,该区地处暖温带,光照充足,雨量比较充沛,水热资源较为丰富,春季温度回升快,夏季温热多雨,秋季多晴朗天气,昼夜温差大,台风频率低,对作物生长发育较为有利,是江苏省的主要产粮区^[16-17]。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,是江苏省重要的种植区和养殖区,由于水资源丰富,近年来该区域的开发利用主要以水产养殖、渔业捕捞等为主^[18-19]。

1.2 试验方法

1.2.1 数据源 本研究的水稻地块空间分布信息来源于江苏省5 m分辨率耕地遥感数据库,该耕地数据库以2012年RapidEye数据为基础,利用地理信息系统软件(ArcGIS9.3)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高于98%。2015年水稻地块的识别以Landsat-8 OLI数据(2015年8月17日,轨道号120036和120037)为主,以GF1宽视场数据(2015年8月3日)为辅。2019年水稻地块的识别以Landsat-8 OLI数据(2019年9月13日,轨道号120036和120037)为主,以Sentinel2数据(2019年8月20日)为辅。用ERDAS IMAGINE8.4软件对原始卫星影像进行预处理,所有影像采用统一的坐标系统。

1.2.2 水稻空间分布信息提取 根据2015年和2019年野外实地调查资料确定水稻和其他地物的解译标志,建立相关的影像解译标志库。以2015年卫星影像为底图,从耕地数据库中提取相关信息,生成2015年水稻空间分布信息。以2019年的卫星影像为底图,从2015年水稻空间分布信息中提取

2019 年的水稻空间分布信息,以及 2015 年为水稻 2019 年为非水稻的地块信息,再从耕地数据库中补

充 2015 年不是水稻而 2019 年为水稻的地块信息,生成最终的 2019 年水稻空间分布信息。

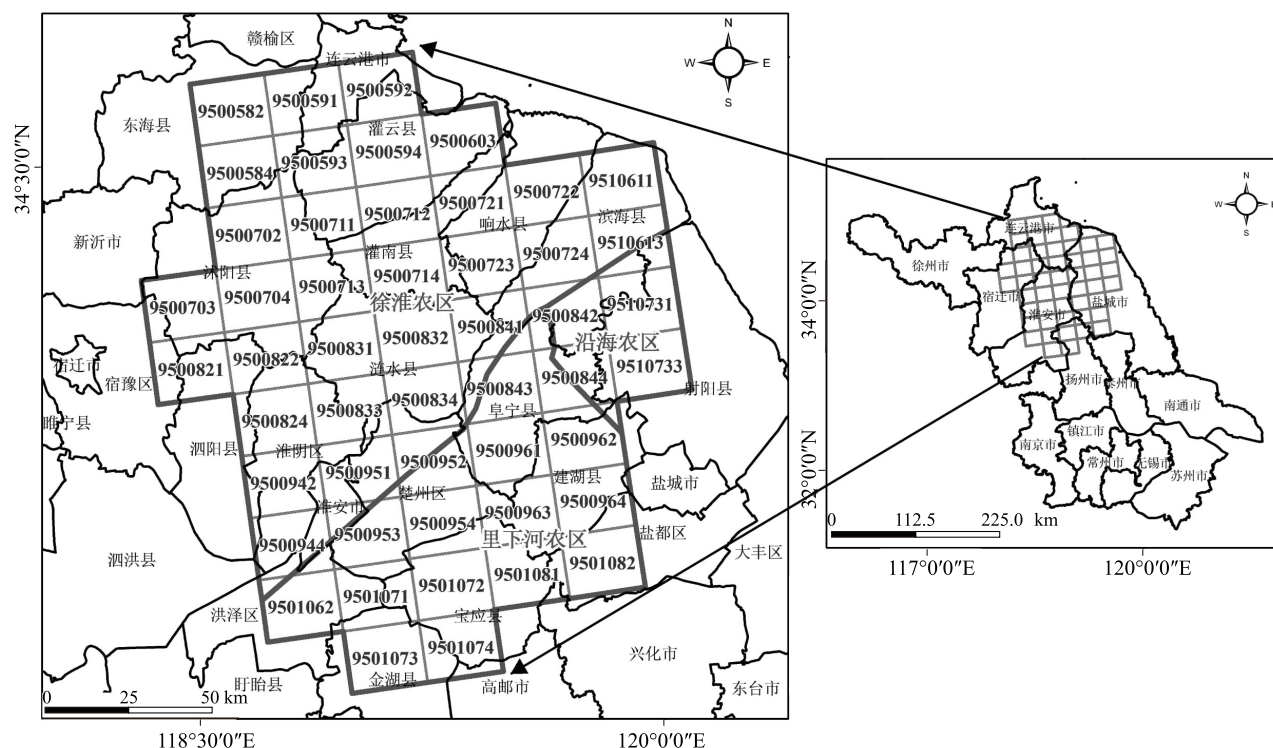


图 1 监测区所处地理位置

Fig.1 Geographical location of the monitoring area

1.2.3 水稻种植调减模式 Landsat-8 OLI 影像为区域遥感监测数据源,OLI 是其携带的主要传感器,有 9 个波段,其中的红光波段(640~670 nm,波段 4)、近红外波段(850~880 nm,波段 5)、短波红外波段(1 560~1 660 nm,波段 6)是识别水稻的最佳波段组合,OLI 的波段 4、波段 5 和波段 6 对应 Sentinel2 的波段 5、波段 8 和波段 11^[20-23]。由于监测区内水稻面积约占耕地面积的 70%,主要农作物为水稻,但是从单一时相的卫星影像中很难识别同期的玉米、大豆和蔬菜等,所以在下面的讨论中把非水稻作物归并成一类,称为其他作物。

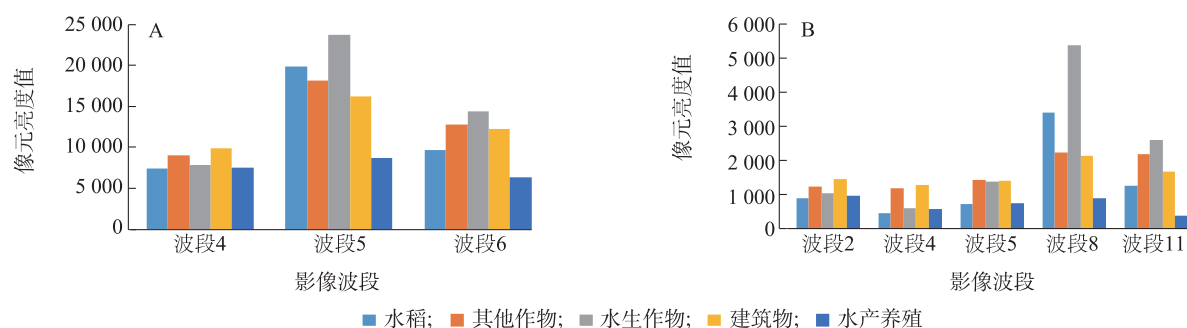
近年,由于国家对水稻种植结构实施调减的调整政策,并且 2015 年以来稻谷最低收购价一直持续下调,导致水稻种植面积提升乏力,呈萎缩态势,因此本研究仅讨论水稻种植面积的调减模式。水稻面积调减模式的判别采取目视识别勾绘为的方式进行,变化模式有:水稻→其他作物(玉米、大豆、蔬菜等)、水稻→建筑用地(道路等)、水稻→水生作物(莲藕等)、水稻→水产养殖等。

同一时期目视识别地物类别的依据是各种地物不同的卫星影像像元光谱特征,图 2 是 2019 年 9 月 13 日 Landsat-8 OLI 影像和 2019 年 8 月 20 日 Sentinel2 影像中水稻、其他作物、水生作物、水产养殖和建筑物的像元亮度值(DN)。图 2 显示,无论是 Landsat-8 OLI 影像还是 Sentinel2 影像,其他作物与建筑物在各波段上的光谱特征差异均较小,不易区分。因此,本研究将水稻→其他作物和水稻→建筑物这 2 种变化模式合并为一类,使水稻的调减模式归并为 3 种:水稻→水生作物、水稻→水产养殖和水稻→其他作物。

2 结果与分析

2.1 水稻空间分布信息

图 3 显示,2015 年监测区内水稻面积为 $8.16 \times 10^5 \text{ hm}^2$,2019 年为 $7.69 \times 10^5 \text{ hm}^2$,减少 5.7%。2015 年 57.1%的水稻分布在徐淮农区,42.9%的水稻分布在里下河农区,2019 年 58.8%的水稻分布在徐淮农区,41.2%的水稻分布在里下河农区。



A: 2019年9月13日Landsat-8 OLI影像; B: 2019年8月20日Sentinel-2影像。波段4(图A): 640~670 nm; 波段5(图A): 850~880 nm; 波段6(图A): 1 560~1 660 nm; 波段2(图B): 440~538 nm; 波段4(图B): 646~684 nm; 波段5(图B): 640~670 nm; 波段8(图B): 850~880 nm; 波段11(图B): 1 560~1 660 nm。

图2 不同地物各波段像元亮度值变化

Fig.2 Variation of digital number value of pixels in different wavebands

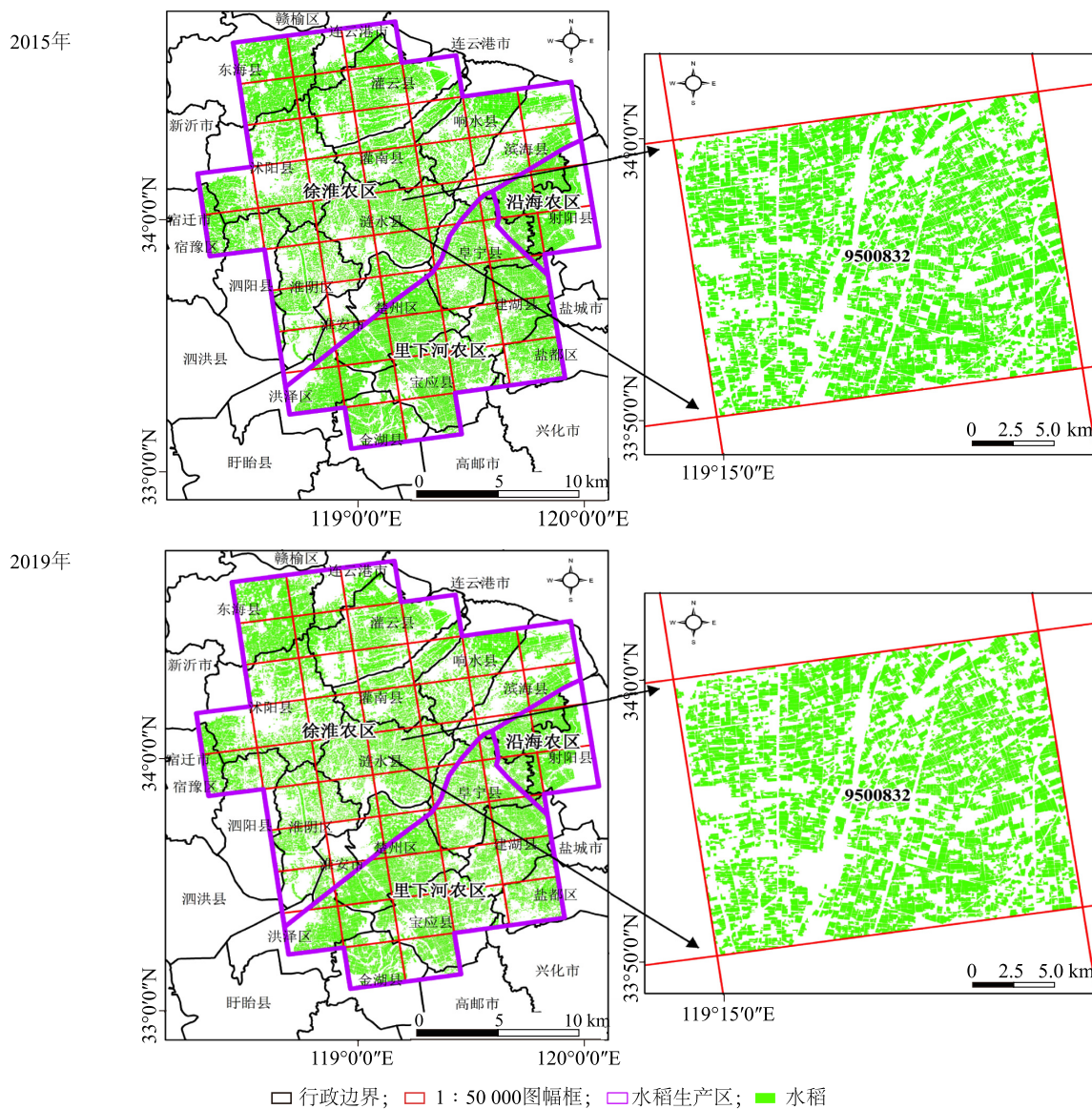


图3 水稻空间分布图

Fig.3 Spatial distribution map of rice

2.2 水稻面积变化空间分布

在 ArcGIS9.3 中对 2015 年和 2019 年的水稻空间分布信息进行叠加分析,得到 2015 年至 2019 年的水稻种植面积空间变化分布信息,包括与 2015 年相比,2019 年减少的和增加的水稻种植面积空间分布信息。统计各图幅框的水稻增减面积,表 1 显示,每个图幅框内都有新增和减少的水稻面积。在 50 个图幅框里,水稻面积增加幅度最大为 13.77%,最小为 0.87%,增加幅度大于 10.00%的图幅框数量最少,占总框数的 6.00%,增加幅度为 5.00%~10.00%的图幅

框数量较少,占总框数的 22.00%,增加幅度小于 5.00%的图幅框数量最多,占总框数的 72.00%。在 50 个图幅框里,水稻面积减少幅度最大为 26.44%,最小为 0.57%,减少幅度小于 5.00%的图幅框数量最少,占总框数的 14.00%,减少幅度大于 10.00%的图幅框数量较少,占总框数的 38.00%,减少幅度为 5.00%~10.00%的图幅框数量最多,占总框数的 48.00%。分别统计 2015 年和 2019 年水稻种植面积可得,与 2015 年相比,监测区内 2019 年水稻种植面积增加 3.6%,减少 9.3%,总计减少 5.7%。

表 1 监测区水稻面积变化统计表
Table 1 Statistical table of rice area in monitoring area

图幅框 编码	水稻面积 增加幅度 (%)	水稻面积 减少幅度 (%)	合计 (%)	图幅框 编码	水稻面积 增加幅度 (%)	水稻面积 减少幅度 (%)	合计 (%)	图幅框 编码	水稻面积 增加幅度 (%)	水稻面积 减少幅度 (%)	合计 (%)
9500582	1.18	3.17	1.99	9500724	13.77	7.37	6.40	9500944	5.35	17.34	11.99
9500584	0.87	2.29	1.42	9510611	11.48	4.84	6.64	9500951	1.74	22.53	20.79
9500591	1.09	11.33	10.24	9510613	9.19	0.57	8.62	9500952	1.29	6.72	5.43
9500592	6.16	13.15	6.99	9500821	2.82	9.02	6.20	9500953	1.54	6.01	4.47
9500593	2.50	5.92	3.42	9500822	4.37	14.12	9.75	9500954	1.86	10.14	8.28
9500594	1.87	7.30	5.43	9500824	6.05	7.17	1.12	9500961	6.93	18.14	11.21
9500603	3.48	5.33	1.85	9500831	9.61	7.25	2.36	9500962	1.66	7.18	5.52
9500702	2.77	5.87	3.10	9500832	2.40	4.93	2.53	9500963	4.42	18.06	13.64
9500703	1.55	6.98	5.43	9500833	13.59	11.38	2.21	9500964	2.02	26.44	24.42
9500704	1.64	7.37	5.73	9500834	5.42	6.54	1.12	9501062	1.62	9.40	7.78
9500711	8.51	10.06	1.55	9500841	9.55	5.79	3.76	9501071	1.60	8.89	7.29
9500712	1.89	6.40	4.51	9500842	2.65	5.10	2.45	9501072	3.08	13.92	10.84
9500713	6.89	6.11	0.78	9500843	2.72	13.43	10.71	9501073	2.94	14.12	11.18
9500714	2.55	5.89	3.34	9500844	1.98	9.24	7.26	9501074	2.88	15.27	12.39
9500721	3.72	11.29	7.57	9510731	1.15	3.67	2.52	9501081	5.52	16.21	10.69
9500722	3.84	3.86	0.02	9510733	1.34	7.67	6.33	9501082	1.82	23.48	21.66
9500723	3.68	5.05	1.37	9500942	2.99	11.74	8.75				

图 4 为监测区内水稻种植面积变化率分布图,图中水稻面积增加的图幅框占 14.0%,水稻面积减少的图幅框占 86.0%,减少幅度为 0~5.0%的图幅框占 32.0%,减少幅度为 5.1%~10.0%的图幅框占 30.0%,减少幅度为 10.1%~20.0%的图幅框占 18.0%,减少幅度大于 20.1%的图幅框占 6.0%。

2.3 水稻调减面积空间分布

由监测区 2019 年较 2015 年的水稻调减面积空间分布图(图 5A)、水稻调减模式空间分布图(图

5B)、调减模式占比分布表(表 2)可以看出,有 94.0%的图幅框存在水稻→水产养殖模式,有 86.0%的图幅框存在水稻→水生作物模式,每个图幅框都存在水稻→其他作物模式。统计 50 个图幅框内水稻的具体调减面积,至 2019 年,90.7%的水稻田仍为水稻田,9.3%的水稻田调减为非水稻田。结合各调减模式的面积分布,进一步分析发现,在 9.3%的调减面积中,水稻田转为水产养殖的占 2015 年水稻面积的 2.8%,转为水生作物的占

1.7%,转为其他作物的占4.8%。

2.4 水稻调减分布特征

与2015年相比,在调减的水稻面积中,徐淮农区占比45.7%,里下河农区占比54.3%,单位水稻面积调减率徐淮农区为7.4%,里下河农区为11.8%。由此可见,里下河农区的单位水稻面积调减率比徐淮农区高4.4个百分点。结合江苏省的地域发展特征,上述结果表明江苏省水稻生产重心正逐步北移。

图4和表1显示,水稻面积增减具有连片性。水稻面积增加的图幅框都在徐淮农区,集中分布在盐城市的滨海县以及淮安市涟水县、淮阴区与宿迁市沭阳县交界处,均为旱地改水稻或旱稻。水稻面积减少幅度在5.0%以内的图幅框集中分布在徐淮农区,减少幅度为5.1%~10.0%的图幅框集中分布在2个农区的4个区域,减少幅度不低于10.1%的图幅框集中分布于里下河农区。除了编码为9500591(连云港市)和9500951(淮安市)的图幅框是因为城区建设调减水稻面积外,其余基本上都是因为种植结构调整而调减了水稻面积。

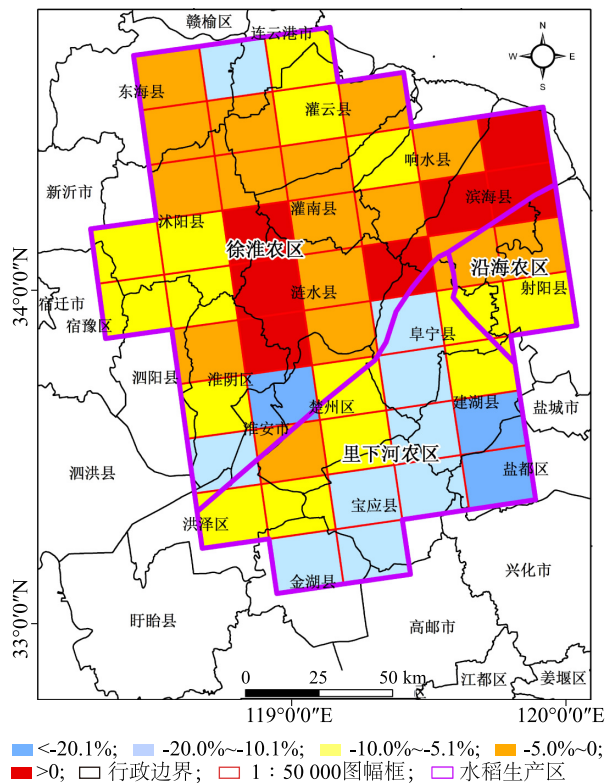
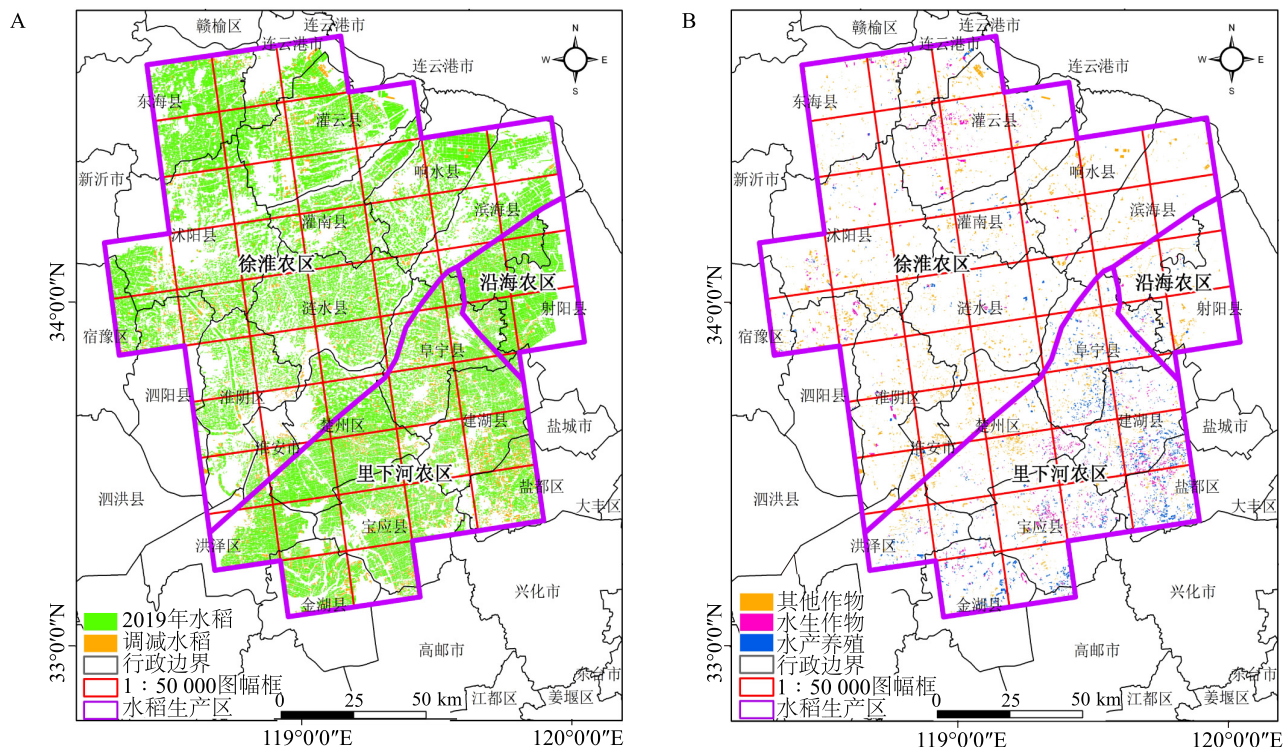


图4 水稻种植面积变化率

Fig.4 Change rate of rice planting area



A: 调减面积; B: 调减模式。

图5 水稻调减空间分布图

Fig.5 Distribution map of reduction range and mode in rice

表 2 监测区水稻不同调减模式占比
Table 2 Proportion of different reduction modes in monitoring area

图幅框 编码	水稻调减模式占比(%)			图幅框 编码	水稻调减模式占比(%)			图幅框 编码	水稻调减模式占比(%)		
	水稻→ 水产养殖	水稻→ 水生作物	水稻→ 其他作物		水稻→ 水产养殖	水稻→ 水生作物	水稻→ 其他作物		水稻→ 水产养殖	水稻→ 水生作物	水稻→ 其他作物
9500582	0.04	15.22	84.74	9500724	0	0	100.00	9500944	7.16	0	92.84
9500584	10.80	7.33	81.88	9510611	0	0	100.00	9500951	0	0	100.00
9500591	14.65	27.27	58.08	9510613	40.73	0	59.27	9500952	11.54	3.47	84.99
9500592	12.07	10.26	77.67	9500821	10.03	19.01	70.96	9500953	18.80	3.89	77.31
9500593	2.37	65.39	32.24	9500822	5.12	19.56	75.33	9500954	11.24	23.27	65.49
9500594	4.06	51.84	44.10	9500824	7.22	10.70	82.09	9500961	65.65	6.48	27.87
9500603	39.69	9.83	50.48	9500831	21.12	3.83	75.05	9500962	48.42	22.74	28.84
9500702	10.98	18.17	70.85	9500832	25.00	19.89	55.11	9500963	43.63	39.27	17.11
9500703	10.39	17.57	72.04	9500833	3.64	0.56	95.80	9500964	53.05	30.17	16.78
9500704	10.37	8.36	81.27	9500834	5.14	1.29	93.56	9501062	46.21	10.80	43.00
9500711	19.98	29.92	50.10	9500841	19.85	8.31	71.84	9501071	45.40	27.68	26.92
9500712	16.55	17.60	65.85	9500842	17.74	7.69	74.57	9501072	28.45	38.64	32.90
9500713	10.33	4.58	85.09	9500843	49.81	3.38	46.80	9501073	74.17	16.62	9.22
9500714	26.16	6.56	67.28	9500844	43.56	11.51	44.93	9501074	69.26	13.51	17.23
9500721	3.79	0	96.21	9510731	19.04	5.66	75.30	9501081	44.63	45.55	9.82
9500722	1.75	0.77	97.48	9510733	5.03	0	94.97	9501082	59.35	23.73	16.92
9500723	8.00	17.49	74.51	9500942	10.85	29.64	59.51				

2.5 水稻调减模式分布特征

在调减的水稻面积中,调减为水产养殖的占 29.7%,调减为水生作物的占 18.3%,调减为其他作物的占 52.0%。进一步分析调减水稻在各农区的分布,调减为水产养殖的原水稻田中,徐淮农区占比 16.0%,里下河农区占比 84.0%;调减为水生作物的原水稻田中,徐淮农区占比 38.0%,里下河农区占比 62.0%;调整为其他作物的原水稻田中,徐淮农区占比 65.3%,里下河农区占比 34.7%。针对监测区内 3 种调减模式,徐淮农区占比最大的是水稻→其他作物,其次是水稻→水生作物,最少的是水稻→水产养殖;里下河农区占比最大的是水稻→水产养殖,其次是水稻→水生作物,最少的是水稻→其他作物。图 5 显示,大量调减为水产养殖的原水稻地块主要分布在里下河农区,在徐淮农区呈点状分散分布,不连片;大量调减为水生作物的原水稻地块主要分布在里下河农区,在徐淮农区连云港市灌云县分布也比较集中,有连片分布的区域;调减为其他作物的原水稻地块在监测区内呈点状分布,但在沭阳县和泗阳县交界处以及楚州区中部的分布比较集中。

3 结 论

本研究利用遥感技术分析监测区内 2019 年较 2015 年水稻种植面积的变化程度、变化模式以及变化位置,直观显示了监测区内水稻种植的调减模式以及水稻调减的空间分布。结果表明,近几年江苏省水稻种植面积正缓慢下降,各地利用调减的水稻面积发展水面种植、水产养殖或改种其他适宜性特色作物。监测区内水稻→其他作物是目前最主要的调减模式,其次是水稻→水面养殖和水稻→水生作物。江苏省水稻生产基础较好,全省均位于长江流域水稻优势种植区,只有了解水稻调整的调减模式特征后,才能更好地实行分区管理,保持和改善生产区域的生态平衡,创造出更多绿色、高效的生态种植模式和生态渔业模式。

参考文献:

[1] 孙统庆,汤义华,吴连勇,等. 江苏水稻南繁的现状与发展对策[J]. 中国稻米, 2019, 25(4): 78-79.
[2] 王利民,刘 佳,杨福刚,等. GF1 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] 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[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2014, 14(1): 118-124.
- [4] 单捷, 岳彩荣, 江南, 等. 基于环境卫星影像的水稻种植面积提取方法研究[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(4): 728-732.
- [5] 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[J]. 农业机械学报, 2018, 49(10): 300-306.
- [6] 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[J]. 华北理工大学学报(自然科学版), 2019, 41(3): 26-33.
- [7] 黄敬峰, 王秀珍, 王人潮. 地理信息系统技术在水稻产量时空变化研究中的应用[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(4): 213-218.
- [8] 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.
- [9] 李志鹏. 近30年黑龙江水稻种植区域遥感提取及其时空变化分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [10] 王小慧, 姜雨林, 刘洋, 等. 基于县域单元的我国水稻生产时空动态变化[J]. 作物学报, 2018, 44(11): 1704-1712.
- [11] 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, 31(8): 190-199.
- [12] 杜永林, 张巫军, 吴晓然, 等. 江苏省水稻产量时空变化特征[J]. 南京农业大学学报, 2014, 37(5): 7-12.
- [13] 黄维, 黄进良, 王立辉, 等. 多时相遥感影像检测平乐县晚稻种植面积变化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(21): 174-182.
- [14] LUNETTA R S, SHAO Y, EDIRIWICKREMA J, et al. Monitoring agricultural cropping patterns across the Laurentian Great Lakes Basin using MODIS-NDVI data[J]. International Journal of Applied Earth Observations & Geoinformation, 2010, 12(2): 81-88.
- [15] 刘珍环, 李正国, 唐鹏钦, 等. 近30年中国水稻种植区域与产量时空变化分析[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 680-693.
- [16] 江苏省农学会调查组. 江苏省徐淮农业区作物轮作布局的探讨[J]. 江苏农业科学, 1982(6): 1-5.
- [17] 丁震乾, 孙克新, 常勇, 等. 江苏淮北地区水稻不同种植方式下光合物质生产的研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 62-66.
- [18] 李昕升, 王思明. 江苏稻田养鱼的发展历史及生物多样性分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2014(1): 139-144.
- [19] 张家宏, 王桂良, 黄维勤, 等. 江苏里下河地区稻田生态种养创新模式及关键技术[J]. 湖南农业科学, 2017(3): 77-80.
- [20] 刘佳, 王利民, 滕飞, 等. RapidEye卫星红边波段对农作物面积提取精度的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(13): 140-148.
- [21] 郑璐悦, 许童羽, 周云成, 等. 基于Landsat 8 OLI遥感影像的沈阳市水稻种植面积提取方法[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(10): 1749-1758.
- [22] 高文杰, 王金亮. 基于TM的陆良县遥感影像分类方法实验研究[J]. 环境科学导刊, 2015, 34(3): 121-126.
- [23] 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[J]. 农业工程学报, 2017, 33(15): 200-209.

(责任编辑: 王妮)