

基于 MODIS 的广西典型土地覆被变化特征分析

赖双双^{1,2}, 庞柯柯¹, 姚文昕¹

(1. 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 广西南宁 530001; 2. 南宁师范大学健康地理与教育信息中心, 广西南宁 530001)

摘要 [目的]研究 2001—2017 年广西 3 种典型土地覆被(森林、农田和城市)的时空变化特征。[方法]基于广西统计年鉴和 MODIS 遥感观测资料,以经济区为研究单元对土地覆被的时空变化进行比较分析。[结果]广西森林覆被率整体提高,各经济区森林覆被的持续稳定比率差异明显,东部地区(包括桂北、桂中、桂东)持续稳定比率高且呈连片分布,增速较慢,属森林稳定发展区;西部地区(包括桂西、桂南)持续稳定比率低,但新增森林覆被较多且增速较快,属森林快速发展区;农田覆被整体变化不大,桂南、桂中、桂东地区农田覆被率高、持续稳定比率高,且连片分布,与桂西、桂北的低覆被率、低持续稳定比率形成明显差异;各经济区城市覆被均增加,从北至南以桂林、柳州、南宁三大主要城市为核心向四周扩张,前期(2001—2010 年)、后期(2011—2017 年)均有不同程度的增长,桂—柳—南沿线以东城市扩张发展较沿线以西好,与经济区实际的经济发展相符合。[结论]该研究为土地可持续发展提供参考。

关键词 土地覆被;森林;农田;城市;变化特征;MODIS;广西

中图分类号 P 237 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)13-0051-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.13.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on Characteristics of Typical Land Cover Change over Guangxi Based on MODIS

LAI Shuang-shuang^{1,2}, PANG Ke-ke¹, YAO Wen-xin¹ (1. School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi 530001; 2. Center of Health Geography and Education Information, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi 530001)

Abstract [Objective] To study the temporal and spatial characteristics of three typical land covers (forest, farmland and city) in Guangxi from 2001 to 2017. [Method] Based on the Guangxi Statistical Yearbook and MODIS remote sensing observation data, the economic zone is used as the research unit to compare and analyze the temporal and spatial changes of land cover. [Result] The forest cover rate of Guangxi improved as a whole, and there were obvious differences in the continuous steady ratio of forest cover among the economic regions. The eastern region (including northern, central and eastern Guangxi) had a high continuous steady ratio and contiguous distribution, but the growth rate was slow, this area was a forest stable development zone. The western region (including western and southern Guangxi) had a low continuous steady ratio, but the newly increased forest cover was more and the growth rate was fast, this area was a forest fast development zone. The overall change of farmland cover was not significant. In southern, central and eastern Guangxi, the farmland cover rate and continuous steady ratio were high, and the farmland cover distribution was contiguous, which was contributed to the significant differences from the western and northern parts of Guangxi. The urban cover of economic zones increased, and expanded to surrounding areas from north to south of Guangxi, with Guilin, Liuzhou and Nanning as the core cities, the urban cover of economic zones had different degrees of increase in the early (2001—2010) and late (2011—2017) stages. The expansion and development of the cities in the east of the line of Guilin-Liuzhou-Nanning was better than that in the west of the line, which was consistent with the actual economic development of the economic zones. [Conclusion] The study provides the reference for sustainable development of land.

Key words Land cover; Forest; Farmland; City; Change characteristics; MODIS; Guangxi

土地覆被变化是全球变化和可持续发展的重要研究内容^[1-2]。20 世纪后期以来,中国社会经济的持续快速发展,工业化、城市化进程的不断加快,以及国家区域发展与生态保护战略的实施,对中国土地覆被空间格局变化产生了显著的影响^[3-4],各区域由于自然环境、技术、经济发展等因素的不同,其土地覆被变化存在明显的空间差异^[5-7]。在当前众多的土地覆被类型中,森林、城市和农田是受气候变化和人类活动影响较大的 3 种土地覆被类型,其变化也是最显著的^[8-12]。广西是西部地区唯一的沿海省份,岩溶地貌覆盖广,山地多,属生态敏感地区。为从整体上把握广西土地覆被的时空变化特征,笔者选用 MODIS 作为主要数据来源,通过比较 MODIS 土地覆被产品和广西统计年鉴 2 种数据,选择合适的研究单元,分析广西 3 种典型土地覆被的变化特征。

1 资料与方法

1.1 数据来源 MODIS (MODerate-resolution imaging spectroradiometer) 土地覆被数据,是由美国国家航空航天局(NASA)发射的地球观测系统(EOS)环境卫星 Terra (AM-1) 和 Aqua (PM-1) 的中分辨率成像光谱仪反演获得的。该研究选用 MODIS 土地覆被产品 MOC12Q1.V006(数据下载自美国国家航天局网站; <https://lpdaac.usgs.gov>),土地覆被类型按照国际地圈生物圈(IGBP)计划定义为 17 类,空间分辨率为 500 m,时间长度为 2001—2017 年。依据 IGBP 定义分类,MODIS 数据的森林指常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶针叶林、落叶阔叶林和混交林 5 种森林类型的面积总和;农田指农田和农田/自然植被覆盖之和;城市指城区和城市覆盖面积之和。

广西统计年鉴数据(以下简称年鉴)来自广西壮族自治区统计局网站(<http://tjj.gxzf.gov.cn/>)。由于广西 2002 年 12 月设崇左市(原属南宁市)、来宾市(原属柳州市),年鉴自 2003 年起单独记录来宾市数据,自 2004 年起单独记录崇左市数据,为统一行政区划,该研究选用 2004、2016 年的年鉴数据,包括广西各市的森林覆被率、建成区面积和常用耕地

基金项目 2017 年广西高校中青年教师基础能力提升项目(2017KY-0412);2016 年南宁师范大学青年科研基金项目“基于多源数据融合的贫困地区土地利用演变研究”。

作者简介 赖双双(1990—),女,广西柳州人,讲师,硕士,从事土地时空变化研究和测绘地理信息教学工作。

收稿日期 2020-12-07

面积。

1.2 相关系数 相关系数能反映出2个变量之间线性相关程度,相关系数取值为-1~1。值越大,相关程度越高,当其值大于0时为正相关,小于0时为负相关,等于1时表示完全相关,等于0则表示不相关,计算如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \times \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

式中, X 、 Y 分别代表2个变量,即令 X 为MODIS数据的土地覆被, Y 为年鉴的土地覆被。

1.3 土地覆被变化动态度 土地覆被变化动态度可以反映一定区域内土地覆被类型变化的剧烈程度^[13],可以定量描述区域土地覆被变化的速度,对比较土地覆被变化的区域差异具有重要意义。单一土地覆被类型动态度表示的是研究区一定时间范围内某种土地覆被类型的数量变化情况,其表达如下^[13]:

$$K = \frac{U_a - U_b}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中, K 为研究时段某一土地覆被类型变化的动态度, U_a 、 U_b 分别为研究初始和研究结束时期某一土地覆被类型的数量, T 为研究时段长度,该研究将 T 的时段设定为年。

1.4 光学三原色合成法 三原色指色彩中不能再分解的3种基本颜色^[14]。光学三原色即红、绿、蓝,混合后组成显示屏颜色,三原色等量相加为白色。将2001、2010、2017年同一土地覆被的分布图分别赋予色彩红、绿、蓝,根据光学三原色合成原理(为了与底色白色区分,使用灰色代替白色),得到图例说明如表1,作为2001—2017年土地覆被类型时空变化图的分析依据,其中2001—2010年为研究时段前期(简称前期),2011—2017年为研究时段后期(简称后期)。

表1 三原色合成图例

Table1 Legend of three primary colors composite

2001年	2010年	2017年	颜色 Color	转移状态 Transition state
√	×	×	红	前期转出
×	√	×	绿	前入后出
×	×	√	蓝	后期转入
√	√	×	黄	后期转出
×	√	√	青	前期转入
√	×	√	品红	后期恢复
√	√	√	灰色	持续稳定

表3 2001—2017年广西森林覆被变化及持续稳定比率

Table 3 The changes and continuous steady ratio of forest cover in Guangxi from 2001 to 2017

区域 Area	覆被率 Coverage rate			变化率 Change rate			动态度 Dynamic degree	持续稳定比率 Continuous steady ratio
	2001年	2010年	2017年	2001—2010年	2010—2017年	2001—2017年		
桂东经济区 The economic zone of Southern Guangxi	17.01	16.72	23.57	-0.29	6.85	6.56	2.27	11.09
桂南经济区 The economic zone of Southern Guangxi	7.50	9.39	15.11	1.89	5.72	7.61	5.97	5.31
桂西经济区 The economic zone of Western Guangxi	8.19	9.46	16.85	1.27	7.39	8.66	6.21	5.53
桂北经济区 The economic zone of Northern Guangxi	30.06	24.83	33.01	-5.23	8.18	2.95	0.58	21.93
桂中经济区 The economic zone of Central Guangxi	11.69	12.25	19.43	0.56	7.18	7.74	3.89	8.87

2 结果与分析

2.1 MODIS 适用单元分析 经济区是根据地区经济发展水平的不同、地理位置的差异、资源分布和资源结构的差异以及现有行政区划等因素划分的^[15],据此将广西划分为五大经济区,即桂东经济区(梧州、贵港、玉林、贺州)、桂南经济区(南宁、北海、钦州、防城港)、桂西经济区(百色、河池、崇左)、桂北经济区(桂林)、桂中经济区(柳州、来宾)。

以经济区和市区为单元,将2004、2016年的MODIS和年鉴数据进行相关分析,以验证不同单元MODIS数据的可靠性,结果如表2所示。3种土地覆被中,以经济区为单元的相关系数均高于市区单元,其中城市覆被2种单元的相关系数均较低,低于0.70,但将2004和2016年2种数据的城市覆被变化进行相关分析,经济区相关系数为0.92,市区为0.90,同样符合经济区相关系数高于市区的规律。因此,该研究以经济区为单元,研究广西典型土地覆被的变化特征。

表2 MODIS与年鉴土地覆被相关系数

Table 2 The correlation coefficient between MODIS and yearbook of land cover

土地类型 Land type	研究单元 Research unit	2004年	2016年
森林 Forest	经济区	0.90	0.75
	市区	0.72	0.69
城市 City	经济区	0.69	0.68
	市区	0.57	0.56
农田 Cropland	经济区	0.98	0.95
	市区	0.96	0.92

2.2 典型土地覆被的变化特征

2.2.1 森林覆被的变化特征。从广西森林覆被变化(表3)可以看出,各经济区整体呈提升态势,且后期增长速度显著增加,这与广西推行的喀斯特地区封山育林、实施南方速生丰产林工程等政策密切相关。桂北经济区包含的森林种类最为丰富,包括常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林和混交林,其森林覆被率最高,但总增长最少(2.95%)且增速缓慢(0.58%);桂西经济区森林覆被率较低,但增长最多(8.66%)且增长速率最快(6.21%)。

从2001—2017年广西森林覆被时空变化(图1)可以看出,森林覆被的空间分布差异明显。东部包括桂北、桂东、桂中森林成片分布,持续稳定区域所占比率(简称持续稳定比率)均较高(分别为21.93%、11.09%、8.87%),属森林稳定发展区,其中桂北后期转入林、恢复林较多,分别占区域总面积的5.32%、4.14%,桂东的前期、后期转入林较多,分别占区域

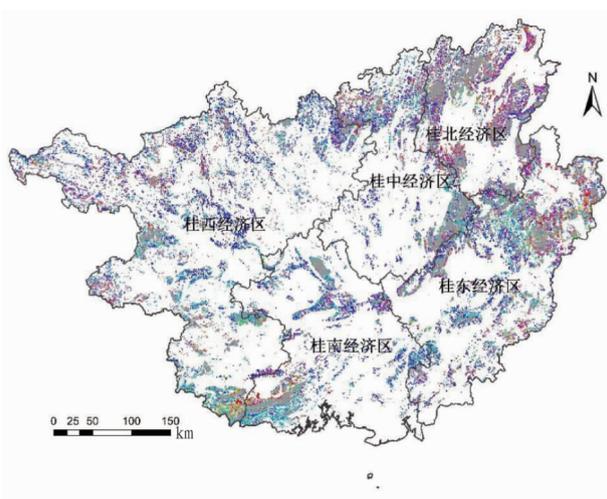


图 1 2001—2017 年广西森林覆被时空变化

Fig. 1 Spatial and temporal change of forest cover in Guangxi from 2001 to 2017

面积的3.68%、6.29%。西部地区包括桂西、桂南森林持续稳

定比率低(分别为 5.53%、5.31%),但年动态度较高,属森林快速发展区,其中桂西破碎斑块多,即森林覆被空间分布变化较大,前期森林覆被率低、增速快,多为前期、后期转入林,分别占区域面积的 2.89%、7.38%。

2.2.2 农田覆被的变化特征。广西农田覆被如表 4,其变化存在区域差异。桂北经济区农田覆被率最低,总面积持续减少,且变化最为剧烈(-2.91%);其他地区农田均先增加后减少,其中桂南经济区农田覆被率持续最高(29.99%),且增长最多(1.36%),但增速较为缓慢(0.27%);桂中农田覆盖率次之(24.16%),且变化速度最为缓慢(0.27%)。

2001—2017 年广西农田覆被时空变化如图 2,农田主要分布在中南部地区,存在转入和转出,但总面积较为稳定。桂南、桂中、桂东农田呈连片分布,且空间持续稳定比率较高,分别为 24.32%、18.58%、13.45%;桂南、桂中农田的前期转入多,分别占区域面积的 4.40%、2.88%,后期转出也较多,分别占区域面积的 3.00%、3.30%,主要分布在桂中南部和桂南中部。

表 4 2001—2017 年广西农田覆被变化及持续稳定比率

Table 4 The changes and continuous steady ratio of cropland cover in Guangxi from 2001 to 2017

区域 Area	覆被率 Coverage rate			变化率 Change rate			动态度 Dynamic degree	持续稳定比率 Continuous steady ratio
	2001 年	2010 年	2017 年	2001—2010 年	2010—2017 年	2001—2017 年		
桂东经济区 The economic zone of Eastern Guangxi	16.65	17.57	16.98	0.92	-0.59	0.33	0.12	13.45
桂南经济区 The economic zone of Southern Guangxi	29.99	33.48	31.35	3.49	-2.13	1.36	0.27	24.32
桂西经济区 The economic zone of Western Guangxi	5.07	5.62	4.94	0.55	-0.68	-0.13	-0.15	3.38
桂北经济区 The economic zone of Northern Guangxi	2.78	1.80	1.41	-0.98	-0.39	-1.37	-2.91	0.71
桂中经济区 The economic zone of Central Guangxi	24.16	26.01	23.78	1.85	-2.23	-0.38	-0.09	18.58

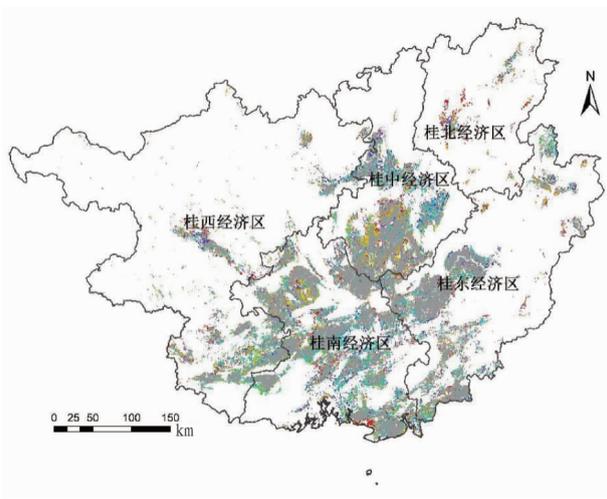


图 2 2001—2017 年广西农田覆被时空变化

Fig. 2 Spatial and temporal change of cropland cover in Guangxi from 2001 to 2017

2.2.3 城市覆被率的变化特征。鉴于前文对 MODIS 和年鉴相关性的研究,MODIS 仅适用于研究城市覆被的增长情况。由表 5 可知,广西整体城市覆被率较低,2001—2017 年各经济区城市覆被率均增加,其中桂南经济区增长最多(0.31%),桂西经济区增长最少(0.07%)。

从图 3 可以看出,各经济区城市覆被均增加,从北至南

以桂林、柳州、南宁三大主要城市为核心向四周扩张,桂—柳—南沿线以东城市扩张发展相对较好,前期、后期均有不同程度的转入;沿线以西城市覆被率低且斑块稀疏、破碎,城市扩张速度慢。城市的扩张与经济发展密切相关,各经济区城市覆被率变化与其国内生产总值(GDP)增长呈正相关,且相关系数均高达 0.95 以上。2018 年广西 28 个县被列入国家级贫困县,其中 25 个贫困县分布在沿线以西,占总数的 89.3%,其区域受岩溶石山恶劣自然环境的影响,经济发展缓慢,是广西的重点扶贫区域。

表 5 2001—2017 年广西城市覆被率变化

Table 5 The changes of city cover ratio in Guangxi from 2001 to 2017

区域 Area	2001—2010 年	2010—2017 年	2001—2017 年	动态度 Dynamic degree
桂东经济区 The economic zone of Eastern Guangxi	0.12	0.10	0.22	0.51
桂南经济区 The economic zone of Southern Guangxi	0.19	0.12	0.31	0.97
桂西经济区 The economic zone of Western Guangxi	0.04	0.03	0.07	1.49
桂北经济区 The economic zone of Northern Guangxi	0.10	0.06	0.16	1.07
桂中经济区 The economic zone of Central Guangxi	0.13	0.06	0.19	0.86

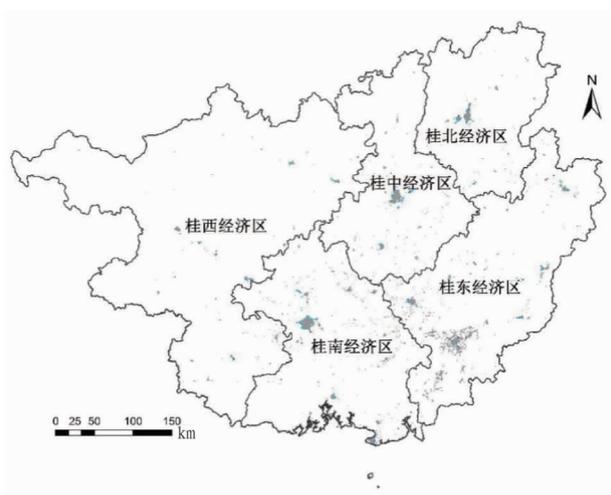


图3 2001—2017年广西城市覆被时空变化

Fig.3 Spatial and temporal change of city cover in Guangxi from 2001 to 2017

3 结论与讨论

该研究通过综合对比 MODIS 土地覆被产品和广西统计年鉴 2 种数据,以经济区为研究单元,对 3 种受人类活动影响最大的典型土地覆被(森林、城市和农田)的变化特征进行定量分析和比较,结果表明,2001—2017 年广西森林覆被率整体提高,各经济区森林覆被变化及稳定情况差异显著,东部地区(包括桂北、桂中、桂东)持续稳定比率高且连片分布,增速较慢,属森林稳定发展区;桂西、桂南持续稳定比率低,但新增森林覆被较多且速度较快,属森林快速发展区。农田覆被率的变化相对稳定,整体变化不大,桂南、桂中、桂东地区农田覆被率高、持续稳定比率高,且连片分布,与桂西、桂北的低覆被率、低持续稳定比率形成显著差异。各经济区城市覆被均增加,从北至南以桂林、柳州、南宁三大主要城市为核心向四周扩张,前期(2001—2010 年)、后期(2011—2017 年)均有不同程度的增长,桂—柳—南沿线以东城市扩张发展较沿线以西好,与经济区实际的经济发展相符合。

(上接第 35 页)

现突出,淮 119、赛梗 730、信梗糯 638 则在 2018—2019 年试验中连续 2 年综合表现突出,基于综合表现上述 4 个品种适宜在安徽省中梗稻区示范推广种植。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [2] 邹禹, 占新春, 程从新, 等. 安徽省梗稻生产与育种现状及发展对策[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(9): 26—28, 32.
- [3] 马晓春, 章忠贵, 张俊江, 等. 高产优质杂交水稻新组合安两优 989[J]. 杂交水稻, 2021, 36(2): 124—126.
- [4] 张俊江, 马晓春, 陈满元, 等. 杂交水稻品种安两优 586 的选育及应用

该研究以经济区为研究单元,以 MODIS 作为研究土地覆被变化的数据,由于 MODIS 数据分辨率有限,难以监测到小面积的土地覆被,导致一些土地覆被(如城市)的年度变化不明显。未来应在此基础上,针对广西特殊地区(如贫困覆盖率较高的桂—柳—南以西地区),结合更高分辨率的土地覆被数据,研究更精细单元的土地覆被变化,进一步揭示广西特殊地区的土地覆被变化特征。

参考文献

- [1] DONG J W, KUANG W H, LIU J Y. Continuous land cover change monitoring in the remote sensing big data era[J]. Science China earth sciences, 2017, 60(12): 2223—2224.
- [2] TURNER B L II, LAMBIN E F, REENBERG A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2007, 104(52): 20666—20671.
- [3] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3—14.
- [4] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789—802.
- [5] 邵景安, 李阳兵, 魏朝富, 等. 区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J]. 地球科学进展, 2007, 22(8): 798—809.
- [6] 杨梅, 张广录, 侯永平. 区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(1): 95—100.
- [7] 李梦颖, 邢艳秋, 王铮, 等. 基于 Landsat 影像的土地利用/覆盖变化研究: 以吉林省汪清县为例[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(6): 257—263.
- [8] 王震, 闫文德, 刘曙光, 等. 基于 MODIS 数据的中国三种主要土地类型变化的空间特征分析[J]. 生态学报, 2017, 37(10): 3295—3301.
- [9] LAMBIN E F, GEIST H J. Global land-use and land-cover change: What have we learned so far? [J]. Global change news letter, 2001, 46(6): 27—30.
- [10] 史培军, 王静爱, 冯文利, 等. 中国土地利用/覆盖变化的生态环境安全响应与调控[J]. 地球科学进展, 2006, 21(2): 111—119.
- [11] 韩云环, 郑子彦, 肖宇, 等. 基于统计年鉴和 MODIS 的中国区域土地利用/覆盖变化特征研究[J]. 气候与环境研究, 2017, 22(6): 733—746.
- [12] 刘采, 张海燕, 李迁. 1980—2018 年海南岛人类活动强度时空变化特征及其驱动机制[J]. 地理科学进展, 2020, 39(4): 567—576.
- [13] 侍昊, 薛建辉, 马婉丽. 1991—2006 年无锡市土地利用变化动态度及转换参数分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012, 36(6): 63—68.
- [14] 毛赞猷, 朱良, 周占鳌, 等. 新编地图学教程[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2017: 153—157.
- [15] 广西区计委课题组. 广西五大经济区划分的主要依据及区域经济发展战略选择和开发模式构想[J]. 计划与市场探索, 2000(6): 11—14.

[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(2): 21—23.

- [5] 张俊江, 陈满元, 马晓春, 等. 杂交水稻新品种两优 3108 的选育经过及栽培与制种技术[J]. 现代农业科技, 2020(19): 33—35.
- [6] 马春林, 马晓春, 张俊江, 等. 2018—2019 年安徽省中水稻新品种比较试验[J]. 现代农业科技, 2021(7): 29—32, 41.
- [7] 马晓春, 张俊江, 凌凌, 等. 长江中下游稻区麦茬籼稻新品种比较试验[J]. 中国种业, 2021(4): 66—71.
- [8] 马春林, 马晓春, 李飞, 等. 梗稻品种赛梗 16 的选育[J]. 中国种业, 2021(3): 78—79.
- [9] 刁敏, 吴文革, 陈刚, 等. 安徽省梗稻生产现状及籼改梗发展潜力分析[J]. 中国稻米, 2018, 24(2): 70—75.
- [10] 凌凌, 马晓春, 张俊江, 等. 杂交水稻新品种 F 两优 1252 的选育及应用[J]. 农业科技通讯, 2021(4): 221—223.