

# 湖南再生稻研究

粟绍军<sup>1</sup> 王素华<sup>2</sup> 吴立群<sup>3</sup> 谈发俊<sup>4</sup> 陈广明<sup>5</sup> 乔傲远<sup>6</sup> 毛远利<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>湖南省常德市鼎城区谢家铺镇农业综合服务中心,常德 415000;<sup>2</sup>湖南省作物研究所,长沙 410125;<sup>3</sup>湖南金健种业科技有限公司,长沙 410125;<sup>4</sup>常德创蔬种业有限公司,常德 415000;<sup>5</sup>湖南省永州市祁阳市科技和工业信息局,永州 426100;<sup>6</sup>常德浩能农业科技有限公司,常德 415000)

**摘要:**为筑牢“压舱石”,守好“米袋子”,近年来湖南省积极推进单季稻区再生稻的发展。通过梳理湖南省再生稻产业发展的历程,回顾再生稻在品种选择、播种要求、施肥管理、留桩高度、激素调控、机械收获技术上的研究进展,分析比较再生稻的经济效益和生态效益,对湖南再生稻的发展作出阶段性总结。

**关键词:**稻作模式;湖南;再生稻;碳足迹

## Research on Ratooning Rice in Hunan

SU Shao-jun<sup>1</sup>, WANG Su-hua<sup>2</sup>, WU Li-qun<sup>3</sup>, TAN Fa-jun<sup>4</sup>,  
CHEN Guang-ming<sup>5</sup>, QIAO Ao-yuan<sup>6</sup>, MAO Yuan-li<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Agricultural Comprehensive Service Center, Xiejiaapu Town, Dingcheng District, Changde 415000, Hunan ; <sup>2</sup>Crop Research Institute of Hunan Province, Changsha 410125 ; <sup>3</sup>Hunan Jinjian Seed Technology Co., Ltd., Changsha 410125 ; <sup>4</sup>Changde Chuangshu Seed Industry Co., Ltd., Changde 4105000, Hunan ; <sup>5</sup>Qiyang Science and Technology and Industrial Information Bureau, Yongzhou426100, Hunan ; <sup>6</sup>Changde Haoneng Agricultural Technology Co., Ltd., Changde 415000, Hunan )

再生稻在中国有着悠久的种植历史,可以追溯到1700年前。人们观察到水稻收割后,稻桩上存活的休眠芽在适宜的水分、养分和温度等环境条件下,会萌发出再生蘖,进而抽穗、成熟,长成新一茬水稻。在以双季稻为主的复种轮作制度中,再生稻两熟制是我国南方稻区(主要指一季稻热量有余而双季稻热量又不足的地区)提高复种指数,增加单位面积产量和经济收入的有效措施<sup>[1]</sup>。与双季稻相比,再生稻既节省了劳动力成本,又减少了药、肥、水等投入,而且米质更好。发展再生稻是稳定粮食种植面积、降低水稻生产风险、提高水稻综合效益的良策。近年来,随着再生稻品种的推广及配套技术的完善,再生季稻谷产量稳定增长,收益显著提高,部分新型经营主体主动将蓄养再生稻发展成“水稻一种两收”新模式。

## 1 湖南省再生稻产业发展历程

1949年后,湖南省有关部门组织力量初步调查了全省各地的主要耕作制度,再生稻制度为当时9种主要耕作制度之一,中稻-再生稻在滨湖南县播种面积占70%以上<sup>[2]</sup>。“八五”期间,湖南省农业主管部门下决心改革耕作制度,大力发展中稻-再生稻,建立高效能转化的水稻生产系统<sup>[3]</sup>。此时,越来越多的人意识到以增产增收为目标,大力发展优质稻生产是提高本省水稻产业综合实力的重要途径,而中稻蓄留再生稻正好解决了早稻僵苗不发,晚稻品质不优的问题<sup>[4]</sup>。“九五”期间,湖南省已经明确了早籼稻结构调整的重点:全省早籼稻面积压缩到133.33万hm<sup>2</sup>,扩大中稻或中稻-再生稻面积13.33万hm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。2000年后在劳动力、农资成本快速上涨背景下,双季稻种植效益低,“双改单”现象严重,如何提高农民种粮积极性、保证粮食产量是当地政府面临的难题。近几年,湖南省委省政府高度重视并大力引导再生稻的发展,2015年湖南省再生稻种植

面积仅 1.3 万  $\text{hm}^2$ , 2017 年发展到了 14.0 万  $\text{hm}^2$ <sup>[6]</sup>, 2018–2020 年稳定在 26.6 万  $\text{hm}^2$ <sup>[7]</sup>, 2021 年回落至 15.4 万  $\text{hm}^2$ <sup>[8]</sup>。2022 年湖南省政府工作报告提出, 加大对水稻主产区支持力度, 让农民种粮有收益、主产区抓粮有动力。再生稻一茬收获两回, 成本低、效益高, 推广再生稻种植, 提高粮食产量成为湖南省 2022 年在两会中的重要提案<sup>[8]</sup>。2023 年湖南省委一号文件提到, 发展再生稻 20 万  $\text{hm}^2$  (300 万亩), 把再生稻生产确立为粮食生产的约束性指标之一。

近年来, 湖南省农业行政主管部门联合各农业科研院校积极开展再生稻示范推广工作, 制定了湖南再生稻品种筛选规范, 选出 Y 两优 9918、甬优 4149 等主推品种<sup>[9]</sup>, 集成了“四防一增”丰产提质增效技术体系<sup>[7]</sup>, 有效地促进了全省一季稻区域再生稻的发展, 为稳粮增收发挥了积极作用。

## 2 湖南再生稻的研究回顾

湖南省关于再生稻的研究报道最早的是 1953 年文致中<sup>[10]</sup>提到要注意头谷收割的时间, 禾茬留桩要得当, 稻田保持浅灌, 再生稻收割要适时。经过几十年的发展, 湖南再生稻的研究有了长足进展, 以下将从再生稻品种选择、播种要求、施肥管理、留桩高度、激素调控、机械收获方面进行回顾。

**2.1 品种选择** 再生稻增产关键在于优良再生稻品种的选择<sup>[11]</sup>。就再生稻而言, 常规品种的产量明显低于杂交品种, 三系杂交稻的产量低于两系杂交稻<sup>[12]</sup>, 粳稻杂交稻产量低于籼稻杂交稻<sup>[13]</sup>。再生稻品种选择以一季中稻和双季晚稻为主, 早稻较少。徐富贤等<sup>[14]</sup>将头季稻及再生稻两季高产品种的产量构成总结为以下几点: 穗粒数 160~190 粒、叶粒重比 0.0737~0.0827  $\text{cm}^2/\text{mg}$ 、有效穗数 232.12 万~249.40 万  $/\text{hm}^2$ 、结实率 81.54%~85.74%、千粒重 28.58~30.07g、单穗重 4.13~4.43g。另外, 离体和活体节位腋芽再生特性的研究表明, 有效穗数对再生稻产量起决定作用<sup>[15]</sup>; 头季稻成熟期根系活力强的品种再生稻产量高<sup>[11, 16]</sup>。为了筛选出适合湖南地区栽培的再生稻品种, 闵军等<sup>[17]</sup>通过品比试验从 25 个中晚稻新品种、新杂交稻组合中筛选出 1 个再生能力强、两季产量高而稳的再生稻品种湘中籼 3 号; 周奥等<sup>[18]</sup>通过物候期、再生能力、产量及米质口感的比较, 筛选出最适合作为再生稻的品种 Y 两优 9918; 张相<sup>[19]</sup>的研究表明, 优质常规稻品种绿银占

头季能在 8 月 15 日前成熟, 再生季可在 9 月 10 日前齐穗, 再生季米质达部颁优质 2 级, 两季产量达 1038.9kg/667 $\text{m}^2$ , 可作为优质再生稻品种推荐在湘北地区种植。

**2.2 播种要求** 合理的播期是实现再生稻两季高产优质的基础。湖南再生稻播期安排一般遵循幼穗分化避开 7–8 月份高温天气, 头季稻应在 8 月 15 日之前成熟的原则, 根据水稻种植类型及生态区域安排播期(表 1)。湘西再生稻区包括湘西自治州、张家界、怀化 3 市, 该区域温光资源条件相对较差且季节性干旱明显, 不适宜发展双季稻生产, 中稻再生稻选择 3 月 15–20 日完成播种, 确保头季稻抽穗扬花期错开高温。湘北再生稻区包括常德、益阳、岳阳 3 市, 也是湖南省双季稻主产区, 中稻再生稻播种以 3 月 15–25 日为宜。湘中再生稻区包括长沙、株洲、湘潭、娄底、邵阳 5 市, 多数地方自然生态条件适合发展双季稻, 中稻再生稻播期以 3 月 15–30 日为宜。湘南再生稻区包括衡阳、郴州、永州 3 市, 该区域农田水利基础设施建设滞后, 部分区域属于干旱走廊, 容易遭遇干旱等气象灾害危害, 不适宜发展双季稻生产, 中稻再生稻播期以 3 月 15 日至 4 月 5 日为宜。湘东和湘南地区由于温光资源条件较好, 可因地制宜发展早/晚稻再生稻+油菜模式。邹丹等<sup>[20]</sup>总结出湖南不同生育期再生稻品种的适宜播期: 生育期较长的品种如甬优 1538 等作为再生稻种植时应移至湘南地区, 在 3 月 15 日左右播种; 生育期中等的品种如徽两优 898 和 Y 两优 911 等, 宜在 3 月 20 日左右播种; 生育期短的品种如泰优 390 和甬优 4149 等, 可以推迟到 3 月 20–25 日播种。段里成等<sup>[21]</sup>通过分析近 39 年南方 9 省再生稻安全播种期、安全生长期及高温热害的演变规律发现: 在气候变暖的背景下, 再生稻安全播种期提前和安全生长期延长, 有利于提高温光资源的利用效率, 但 6–9 月份高温热害增多, 不利于再生稻优质高产。

除了播种时间, 播种密度也对再生稻产量有重要影响。头季稻和再生稻的产量随着种植密度的增加呈先增加后降低的趋势, 再生稻头季的适宜种植密度为 22.4 万~29.1 万穴  $/\text{hm}^2$ <sup>[13]</sup>。湘北地区种植中稻再生稻每  $\text{hm}^2$  移苗 18 万苑、每苑定植 2 棵苗时产量水平最高<sup>[22]</sup>。

表1 湖南省各生态区水稻播期

生产类型	生态区			
	湘中	湘南	湘西	湘北
早稻	3月20-25日	3月25-30日	/	3月15-20日
一季中稻	5月10-20日	5月15-25日	4月15-25日	5月5-15日
双季晚稻	6月20-25日	6月25-30日	/	6月15-20日
中稻再生稻	3月15-30日	3月15日至4月5日	3月15-20日	3月15-25日
早/晚稻再生稻	4月5-10日	4月5-15日	/	/

**2.3 施肥管理** 合理施肥是再生稻增产的关键措施之一。王敏羽等<sup>[23]</sup>研制了再生稻专用肥:头季稻施用免追型缓控释复合肥,配方(N-P-K-Zn)为20-16-10-1,推荐用量750kg/hm<sup>2</sup>,全部作基肥一次性施用;再生季施用普通复合肥,配方为20-5-10-1,推荐用量450kg/hm<sup>2</sup>。专用肥的施用可以显著提高“头季稻-再生稻”体系稻谷产量,增加地上部养分吸收量,提高肥料利用率,减少施肥次数,增加经济效益。王勃然等<sup>[24]</sup>的研究发现,与双季稻相比,再生稻抑制了水稻分蘖期和幼穗分化期氮素和磷素的积累,促进了齐穗期至成熟期茎鞘、叶及植株氮素和磷素的积累量,提高了茎鞘、叶的氮素和磷素转运量和转运率。湘北地区在头季稻收割前7~10d每hm<sup>2</sup>可施尿素225~300kg作促芽肥,头季稻收割后3d内施尿素75~150kg作发苗肥<sup>[22]</sup>。湘南地区在头季稻收割前10~15d每hm<sup>2</sup>施尿素150kg或45%复合肥300kg,促进休眠芽萌发;头季稻收割后3d内施尿素150kg或45%复合肥300kg,加快再生蘖生长<sup>[25]</sup>。各地再生稻的促芽肥施用量和施用时间稍有差异,可根据各地的生态条件和各个品种的特性来进行合理施用<sup>[12]</sup>。

**2.4 留桩高度** 留桩高度显著影响再生稻的再生率。随着留桩高度下降,再生稻株高、穗长与穗粒数增加,而有效穗数、结实率、千粒重与产量下降<sup>[26]</sup>。留桩高度主要受品种节位高度影响,推荐域值较大<sup>[13,18,22]</sup>。一般上位芽活力高于下位芽,但高秆籼稻品种顶节鲜有休眠芽,所以一般从倒2节腋芽开始保留。黄新杰等<sup>[27]</sup>发现不同杂交组合各节位再生稻的叶面积指数和干物质积累量均以倒2节最高,倒4节最低;再生稻的产量与头季稻分蘖盛期、孕穗期、齐穗期和乳熟期的叶面积指数呈极显著正相关;有效穗数和结实率对再生稻的产量起决定作

用,倒2节、倒3节对总产量的贡献率达70%。周奥等<sup>[18]</sup>指出,无论是人工收割还是机械收割,稻桩上保留4个节,更有利于分蘖发生。

**2.5 激素调控** 再生力的高低与头季稻收割前后稻桩中的内源激素变化密切相关。肖应辉<sup>[28]</sup>的研究表明,头季稻齐穗后25d内,稻茎中内源脱落酸和细胞分裂素含量与再生率呈正相关;头季稻收割后稻茎中内源生长素含量与再生率呈正相关。周文新<sup>[26]</sup>的研究表明,留桩高度通过影响内源激素含量来影响腋芽萌发,留桩越高,腋芽内源赤霉素与生长素含量越低。黄新杰<sup>[15]</sup>对腋芽再生特性的研究表明,内源生长素和赤霉素含量有低位芽大于高位芽的趋势;内源细胞分裂素的含量在头季稻收获后2~7d高位芽大于低位芽,收获后12~22d表现为低位芽大于高位芽。何爱斌<sup>[29]</sup>的研究也表明,不同节位再生芽的萌发受生长素、脱落酸、赤霉素和细胞分裂素的共同调控,倒2节再生芽的萌发主要受细胞分裂素调控,倒3节再生芽的萌发主要受细胞分裂素和赤霉素的共同调控,而倒4节再生芽主要受细胞分裂素和脱落酸的共同调控;不同节位再生芽萌发受不同类型激素调控可能与其萌发时间密切相关。通过外源激素处理,再生稻的增产效果表现为:生长素+赤霉素+细胞分裂素>生长素>细胞分裂素>赤霉素>对照;同时,各激素处理的叶绿素含量、光合速率和根系活力均高于对照<sup>[30]</sup>。

**2.6 机械收获** 农业农村部近年来高度重视再生稻收获机具装备保障工作,不断加快开展适应性机具研发、示范推广工作力度,将再生稻收获机械纳入应着力补齐的主要粮食作物生产全程机械化短板需求目录,积极引导、组织和支持科研单位和农机企业通过扩大割幅、减小履带宽度、机具轻量化等措施,创新收获技术与机具,实现低碾压收获;支持湖南省

建设再生稻生产全程机械化科研基地,打造高标准的再生稻机械技术创新平台。

头季稻机收的关键是解决高桩收割和履带碾压问题,因此对头季稻收获机械作业性能的考察主要有:每 $\text{m}^2$ 收获的谷物籽粒质量、损失的谷物籽粒质量(损失率)、含杂率、破碎率、割茬高度合格率、最小离地间隙、平均接地压力、直行碾压率等指标;同时完成机械作业效率、单位燃油消耗量以及再生稻生长情况等测试。湖南省农委再生稻生产首席专家唐启源团队和长沙智康农业科技有限公司合作的“机收再生稻农机农艺融合关键技术研究与应用”项目中,再生稻种植和收获分别采用中联重科股份有限公司研发的水稻有序抛秧机和再生稻专用窄履带收获机进行,病虫害防控采用无人机飞防与机防相结合,施肥采用机械深施底肥与无人机追肥相结合,实现再生稻耕、种、管、收、烘与秸秆粉碎还田全程机械化。湖南省农业科学院开展农机农艺联合攻关,利用再生力强、耐高温的优质稻品种爽两优138和专门设计研制的窄履带、轻量化头季稻收获机械,实现再生稻高产高效种植新突破。湖南省政府投入专项资金鼓励再生稻收获机具研发,湖南农友机械集团有限公司、湖南龙舟农机股份有限公司等研究机构先后开发出不同形式的再生稻收获机械,2023年部分机型已进行小规模生产,支撑再生稻收获作业。

### 3 湖南再生稻的经济效益和生态效益研究

近年来,湖南省许多科研院所和种子企业都在再生稻的种植效益及发展前景方面进行探索。因再生稻用工少、投入少,长沙周边有不少水稻种植户自愿放弃双季稻补贴而改种再生稻。衡阳县农业局在2016–2017年对全县4种水稻种植方式进行了调查,其中再生稻的单位投入远低于早稻、一季稻和双季晚稻,且纯收入也是最高的<sup>[25]</sup>。湘北地区再生稻投入尿素、农药900~1050元/ $\text{hm}^2$ ,再生稻生长期60d,按收再生稻4.5t/ $\text{hm}^2$ 计算,纯收入大于9000元/ $\text{hm}^2$ ,投入产出比约为1:10,效益显著<sup>[18]</sup>。但也有研究指出,一季稻+再生稻模式不利于优质稻产业的发展,头季稻成熟时正值7月下旬至8月中旬高温季节,不利于稻米品质形成,增产难以增效<sup>[31]</sup>。随着湖南省双季稻面积的调减,中稻面积增加,水稻生产效益下降,湖南的再生稻面积在未来几年很可能呈增长

态势<sup>[32]</sup>。

除了保障粮食产量,再生稻在节能减排方面也起到积极作用,与双季稻相比,其更节肥节水,且 $\text{CH}_4$ 排放量更低。研究表明,水稻产生的碳足迹主要来源于 $\text{CH}_4$ ,其贡献率高达44.2%~71.5%。以佳辐占为例,再生稻模式的全球增温潜势和温室气体排放强度较双季稻模式分别降低26.1%和14.1%;以甬优2640为例,再生稻模式的全球增温潜势和温室气体排放强度与同期抽穗的单季晚稻相比分别降低74.3%和56.7%<sup>[33]</sup>。从稻田 $\text{CH}_4$ 季节性累积排放来看,双季稻 $\text{CH}_4$ 累积排放高于再生稻33.89%;从单位产量 $\text{CH}_4$ 排放来看,双季稻单位产量 $\text{CH}_4$ 排放高于再生稻23.08%<sup>[34]</sup>。再生稻模式主要通过免耕、肥料减施、间歇灌溉等农艺措施实现碳盈余,若结合种养和轮作模式可以更好地协调产量与碳排放的关系,向高产低排的稻作体系发展<sup>[35]</sup>。

### 4 结语

近20年湖南省再生稻发展有了较大的飞跃。从矮培系列两季总产12t/ $\text{hm}^2$ 到Y两优系列两季总产15t/ $\text{hm}^2$ ,再生稻与双季稻产量差距逐年缩小,尤其是2015年后,湖南再生稻研究呈井喷式发展趋势,众多种子企业纷纷加入再生稻品种开发的浪潮,涌现出Y两优9918、甬优4149、隆两优华占、泰优390、天优华占、甬优4949、隆两优1988、晶两优1212、绿头占等一批优良的再生稻品种。2022年冠两优华占作“中稻+再生稻”全国种植面积达到2万 $\text{hm}^2$ 以上,两季实收干谷大面积超过16.5t/ $\text{hm}^2$ 。在栽培技术方面,唐启源团队总结出了一套有针对性的再生稻“四防一增”技术,即防再生稻低温抽穗扬花、防高温危害、防倒伏、防纹枯病等危害,增强再生出苗能力;2023年湖南省发布15项农业主推技术,其中包括2项再生稻相关技术:再生稻“六适三高”栽培技术、再生稻头季低碾压高留茬机械化收获技术,有效推动了再生稻产业稳步高质量发展。在机械收获方面,2022年湖南头季稻专用收获机械实现了从0到1的突破。湖南省再生稻研究被提到前所未有的高度。

未来再生稻理想品种的选择会朝着抗倒伏、再生出苗能力强、米质优、再生稻花期耐低温等方向发展。此外,头季稻收获机械与栽培技术的融合会是另一个研究热点,通过减少收获机械履带宽度、调整

种植行距,利用边际效应补偿机械收获造成的产量损失<sup>[36]</sup>。另外,稻田多行道设计适合发展稻渔生态种养,既可以合理利用空间,又在一定程度上补偿了再生稻产量减少带来的经济损失,同时增加了碳汇效益。

### 参考文献

- [1] 徐富贤,熊洪著. 杂交中稻蓄留再生稻高产理论与调控途径. 北京: 中国农业科学技术出版社,2016
- [2] 谭荫初. 湖南稻田耕作制度的发展. 古今农业,1988(2): 36-39,56
- [3] 周新安. 以提高效益为目标 稳步发展粮食生产. 杂交水稻,1992(2): 1-4
- [4] 许靖波,焦小毅. 以增产增收为目标 大力发展优质稻生产. 粮食科技与经济,1997(5): 14-15
- [5] 邹定民. 切实抓好我省早籼稻生产结构调整和优化工作. 湖南农业,1999(9): 2
- [6] 马玲. 再生稻生产现状及其研究进展. 现代农业科技,2022(3): 12-15
- [7] 刘登魁,陈双. 湖南省再生稻产业发展现状与思考. 中国农技推广,2020,36(9): 6-7
- [8] 魏龙飞. 全国人大代表,湖南省委农办主任,省农业农村厅党组书记、厅长袁延文:推广再生稻种植 提高粮食产量. 农村工作通讯,2022(6): 31-32
- [9] 陈基旺,帅泽宇,屠乃美,易镇邪. 湖南再生稻发展现状与对策分析. 中国稻米,2018,24(5): 68-72
- [10] 文致中. 湖南南县培育再生稻的经验. 农业科学通讯,1953(12): 514
- [11] 蒋茂春. 水稻再生力与头季稻品种性状的关系研究. 成都:四川农业大学,2017
- [12] 朱永川,熊洪,徐富贤,郭晓艺,张林,刘茂,周兴兵. 再生稻栽培技术的研究进展. 中国农学通报,2013,29(36): 1-8
- [13] 曹玉贤,朱建强,侯俊. 中国再生稻的产量差及影响因素. 中国农业科学,2020,53(4): 707-724
- [14] 徐富贤,熊洪,张林,朱永川,蒋鹏,郭晓艺,刘茂. 再生稻产量形成特点与关键调控技术研究进展. 中国农业科学,2015,48(9): 1702-1717
- [15] 黄新杰. 再生稻根芽萌发对母体营养与激素的响应. 长沙:湖南农业大学,2012
- [16] 林文雄,陈鸿飞,张志兴,徐倩华,屠乃美,方长句,任万军. 再生稻产量形成的生理生态特性与关键栽培技术的研究与展望. 中国生态农业学报,2015,23(4): 392-401
- [17] 闵军,黎援朝,张黎光,黄海明. 湖南再生稻品种筛选研究. 中国稻米,2002(1): 10-11
- [18] 周奥,何可佳,李晓刚. 湖南地区再生稻品种筛选及高产栽培技术研究. 中国农学通报,2016,32(15): 1-5
- [19] 张相. 湘北优质稻品种再生种植的再生力、产量与米质差异研究. 长沙:湖南农业大学,2020
- [20] 邹丹,王慰亲,郑华斌,陈元伟,唐启源,张相,刘功义. 播期对再生稻生长影响的研究进展. 杂交水稻,2021,36(4): 6-10
- [21] 段里成,郭瑞鸽,蔡哲,林志坚,吴自明,方圣,张崇华,刘丹. 南方九省再生稻安全生长期及高温热害时空变化. 中国生态农业学报(中英文),2021,29(12): 2061-2073
- [22] 郭守斌,廖翠猛,张克明,钟其全,犹召,卢爱弟,李芳. 湘北地区超级杂交稻“一季加再生”高产栽培技术. 杂交水稻,2012,27(3): 39-40
- [23] 王敏羽,戴志刚,余德芳,王向平,关绍华,邵远刚,张家学,李小坤. “水稻-再生稻”种植模式专用肥轻简施用对产量、肥料利用率及经济效益的影响. 中国水稻科学,2022,36(5): 531-542
- [24] 王勃然,梁利琴,向金彪,熊瑞,钟康裕,周文涛,龙攀,傅志强,徐莹. 双季稻区再生稻种植模式对氮磷吸收利用及产量的影响. 分子植物育种. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220513.1015.002.html>
- [25] 雷苗琳,谭咸彬,曹冰兵,刘章生,魏贱生,刘彪. 衡阳县再生稻生产现状分析及发展建议. 作物研究,2018,32(2): 156-158,168
- [26] 周文新. 不同类型再生稻生育特性及源库关系比较研究. 长沙:湖南农业大学,2006
- [27] 黄新杰,屠乃美,李艳芳,周娟,易镇邪,李森,王可. 杂交稻不同节位再生稻的产量形成及其与头季稻的关系. 湖南农业大学学报:自然科学版,2012,38(5): 470-475
- [28] 肖应辉. 水稻再生特性及其与内源激素等生理因素的关系. 长沙:湖南农业大学,2002
- [29] 何爱斌. 头季源库调节对再生稻再生力的影响及其机理探究. 武汉:华中农业大学,2022
- [30] 黄新杰,屠乃美,易镇邪. 不同激素处理对再生稻产量及相关生理特性的影响. 杂交水稻,2017,32(4): 71-75,80
- [31] 戴力,赵杨,潘孝武,罗先富,夏胜平,赵正洪. 湖南省稻区种植结构调整研究Ⅱ——水稻种植模式调整. 湖南农业科学,2019(7): 100-104
- [32] 赵正洪,戴力,黄见良,潘晓华,游艾青,赵全志,陈光辉,周政,胡文彬,纪龙. 长江中游稻区水稻产业发展现状、问题与建议. 中国水稻科学,2019,33(6): 553-564
- [33] 林志敏,李洲,翁佩莹,吴冬青,邹京南,庞孜钦,林文雄. 再生稻田温室气体排放特征及碳足迹. 应用生态学报,2022,33(5): 1340-1351
- [34] 张浪,徐华勤,李林林,陈元伟,郑华斌,唐启源,唐剑武. 再生稻和双季稻田 CH<sub>4</sub> 排放对比研究. 中国农业科学,2019,52(12): 2101-2113
- [35] 陈松文,刘天奇,曹凑贵,凌霖,王斌. 水稻生产碳中和现状及低碳稻作技术策略. 华中农业大学学报,2021,40(3): 3-12
- [36] Wang W Q, He A B, Jiang G L, Sun H J, Jiang M, Man J G, Ling X X, Cui K H, Huang J L, Peng S B, Nie L X. Ratoon rice technology: a green and resource-efficient way for rice production. *Advances in Agronomy*, 2020, 159: 135-167

(收稿日期: 2023-03-20)