

三江县纯稻作(稻鱼共作)模式中稻再生配套技术的试验研究

吴单日¹, 何金旺^{2*}, 陈爱秋², 杨 澜²

¹广西三江侗族自治县经济作物工作指导站, 广西 三江县

²广西三江侗族自治县农业技术推广中心, 广西 三江县

收稿日期: 2022年4月23日; 录用日期: 2022年5月20日; 发布日期: 2022年5月27日

摘 要

为了创新中稻再生技术, 加快恢复再生稻生产发展, 有效提高水稻的综合生产能力, 确保山区粮食安全, 促进农民持续增收, 2005年以来, 桂北高寒山区三江侗族自治县的农业科技工作者以实施超级稻示范推广和特色扶贫产业项目为载体, 对纯稻作模式“超级稻 + 再生稻”和稻鱼共作模式“优质稻 + 再生稻”栽培配套技术进行试验研究, 先后开展了适宜超级稻(优质稻)品种(组合)筛选、不同播期、栽植密度、鱼苗投放量、施N水平及N肥运筹方式、再生稻催(促)芽肥与促苗(蘖)肥用量、生物农药筛选、收割成熟度、留茬高度及稻作模式等对比试验, 筛选适合当地推广种植的超级稻 + 再生稻品种(组合), 组装集成和探索总结出适合当地纯稻作模式“超级稻 + 再生稻”高产栽培和稻鱼共作模式的再生稻绿色高效配套技术体系, 实现了良田、良种、良法与良制相配套。

关键词

中稻再生技术, 稻鱼共生, 绿色高效, 稻作模式, 试验研究

Study on the Techniques of Ratooning of Mid-Season Rice in Pure Rice (Rice-Fish Farming) Model in Sanjiang County

Danri Wu¹, Jinwang He^{2*}, Aiqiu Chen², Lan Yang²

¹Guangxi Sanjiang Dong Autonomous County Cash Crop Guidance Station, Sanjiang County Guangxi

²Agricultural Technology Extension Center of Sanjiang Dong Autonomous County, Guangxi, Sanjiang County Guangxi

Received: Apr. 23rd, 2022; accepted: May 20th, 2022; published: May 27th, 2022

*通讯作者。

文章引用: 吴单日, 何金旺, 陈爱秋, 杨澜. 三江县纯稻作(稻鱼共作)模式中稻再生配套技术的试验研究[J]. 农业科学, 2022, 12(5): 383-397. DOI: 10.12677/hjas.2022.125056

Abstract

Since 2005, in order to innovate the regeneration technology of mid-season rice, accelerate the resumption of the development of the production of ratooning rice, effectively improve the comprehensive production capacity of rice, ensure food security in mountainous areas, and promote the continuous increase of farmers' income, agricultural Science and technology workers at the Sanjiang in northern Guangxi are carrying out demonstration extension of super rice and special poverty alleviation industrial projects; the cultivation techniques of super rice + ratooning rice and high quality rice + ratooning rice were studied in this paper; a series of comparative experiments were carried out on the selection of suitable super rice (high quality rice) varieties (combinations), different sowing dates, planting density, amount of fish fry, N application level and n fertilizer operation mode, amount of fertilizer for accelerating bud and promoting seedling (tiller) of ratooning rice, screening of biological pesticides, harvest maturity, stubble height and rice cultivation mode, etc. Screen the super rice + regenerative rice varieties (combinations) suitable for local promotion and planting, assembling, integrating, and explore the green and efficient supporting technology system of regenerative rice suitable for local pure rice cultivation mode of "super rice + regenerative rice" high-yield cultivation and rice-fish co-cultivation mode, so as to realize the matching of good fields, good varieties, good methods and good system.

Keywords

Regeneration Technology of Mid-Season Rice, Rice-Fish Symbiosis, Green and Efficient, Rice Cultivation Model, Experimental Study

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

三江侗族自治县地处湘、黔、桂三省(区)交界处,位于广西北部山区,属云贵高原余脉边缘的中、低山和丘陵地带,是一个“九山半水半分田”的山区少数民族聚居的贫困县。由于地处桂北高寒山区,境内多数地区热量欠缺,光照不足,春暖迟,秋寒早,年平均气温在 $17^{\circ}\text{C}\sim 19^{\circ}\text{C}$,年平均日照仅为 1334.8 h ,年总降雨量为 1548 mm ,但分布不均匀,易出现秋旱,对水稻生产不大有利。全县水田总面积为 8560 hm^2 。因山高水冷,大多数水田种植水稻“一季有余,两季不足”,加上山多田少、人多地少,为解决山区群众的“温饱”问题,该县农技部门于20世纪80年代末至90年代初引进中稻蓄留再生稻技术进行试验示范,并从良种良法配套方面作了大量的研究,使之很快成为中稻缺粮地区改革稻田耕作制度、提高稻谷单产、增加稻谷总产的一项极富生命力的适用新技术,并被当地农业主管部门确定为贫困缺粮山区的主推稻作技术。至20世纪90年代初期,全县中稻蓄留再生稻面积已达到 1333 hm^2 ,有收面积达 800 hm^2 ,平均单产达 $168.95\text{ kg}/667\text{ m}^2$,居全区先进水平。至20世纪90年代中期,全县再生稻蓄留面积在 $1000\sim 1200\text{ hm}^2$ 之间,至20世纪90年代末期全县再生稻蓄留面积达到了 1667 hm^2 ,有收面积达 1000 hm^2 ,平均单产达 $177.4\text{ kg}/667\text{ m}^2$,最高单产 $444\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 。该县梅林乡梅林村罗小峰的 867 m^2 杂交中稻+再生稻两季单产突破了 $1000\text{ kg}/667\text{ m}^2$,达 $1046.85\text{ kg}/667\text{ m}^2$,实现了两季亩产超吨粮的高产目标。但进入21世纪

以后,由于农村青壮年劳动力大量外出务工和向其它行业、新兴产业转移,农村种田劳动力呈现老龄化、妇女化和低龄化的趋势,由于劳动力数量的减少和素质的降低,而再生稻栽培技术要求较高、适宜蓄留再生稻的中稻品种较少,加上是手工作业,劳动强度大,该县不少地方出现了双季稻田改种单季稻,甚至农田“非农化”“非粮化”和撂荒现象。自2010年以后,再生稻在该县几乎绝迹了。其主要原因是农民没有真正掌握中稻蓄留再生稻技术、管理粗放,蓄留再生稻成功率和单产低。面对出现的以上新情况、新问题,推广轻型高效稻作技术,提高劳动生产率势在必行[1]。

该县各族群众自古以来就有在稻田里放养鱼类(以鲤鱼为主)的习惯,全县稻田养鱼面积为5000 hm²,占全县水田总面积的58.41%。当地稻田产出的“高山稻鱼”(三江稻田鲤鱼)因肉质鲜美、鱼汤清甜而受到消费者的青睐。发展稻田养鱼,由于“稻鱼共生”,鱼类在稻田内既能起到除草、除虫、松土作用,其粪便又能肥田;在稻田中开挖的鱼坑、鱼沟能增强田间的通风透光性,不仅能提高水温,有利于水稻分蘖,而其“边行优势”,还能促进水稻增产[2]。然而,长期以来当地的“种稻养鱼”沿袭传统的平作式“一季稻(本地糯稻)+鱼(本地土鲤)”模式,稻田不开鱼坑、鱼沟,种植的水稻多为粳糯稻品种,养殖的田鱼品种单一(以本地土鲤为主),稻、鱼产量不高,经济效益低,稻、鱼产品以农户自家食用为主,只有少量上市交易。如能将中稻蓄留再生稻与稻田养鱼结合起来,必能使其重新焕发出青春与活力。

为了创新中稻再生技术,加快恢复当地再生稻生产,有效提高广山区水稻综合生产能力,确保粮食安全,促进农业增效和农民增收,三江县委农工部门紧紧抓住自治区人民政府将该县列为全区10个再生稻生产重点县之一,在财政支农资金上予以倾斜扶持的难得机遇,创新再生稻示范推广模式、机制,积极开展各项试验研究与示范推广,对中稻再生配套技术进行创新:通过筛选出适宜当地推广种植的优质稻+再生稻品种(组合),组装集成和探索总结出超级稻+再生稻高产栽培和坑沟式“优质稻+再生稻+鱼”稻渔综合种养模式绿色高效配套技术体系,从而实现良田、良种、良法与良制相配套。

2. 纯稻作模式中稻再生配套技术的试验研究

2.1. 超级稻(优质稻)适宜品种(组合)筛选

水稻各个品种的分蘖力和再生力差异很大,而头季稻再生力的强弱直接影响再生稻产量的高低。

1) 2005年该县农工部门在本县周坪乡周坪村新林屯曹崇玉农户的责任田里开展杂交中稻再生稻适宜组合筛选试验,从II优63、福优1号、福优2号、福优3号、金两优多系1号、T55优627、粤优948、特优航1号和II优航1号9个杂交中稻组合中筛选出头季稻产量稳定、再生力强、再生季产量较高的II优航1号和特优航1号(再生稻单产分别达307.4 kg/667m²和256.5 kg/667m²)为主推组合。

2) 2011年该县农工部门在本县古宜镇周坪村下林江屯曹旺宗农户的中等肥力田以II优航1号、中浙优1号、新两优6号、Y两优6号、两优1128、中浙优8号、II优航148共7个超级稻组合为供试材料,开展超级稻不同组合再生力对比试验,结果表明:头季稻单产在333.1 kg/667m²~486.9 kg/667m²之间,其中单产在400 kg以上/667m²的有3个组合,即II优航1号(486.9 kg/667m²)、天优3301(406.3 kg/667m²)和Y两优6号(444.4 kg/667m²);再生稻单产在86.1~248.5 kg/667m²之间,其中单产在150 kg以上/667m²的II优航1号(202.3 kg/667m²)、两优1128(248.5 kg/667m²)和II优航148(187.5 kg/667m²)3个组合适合蓄留再生稻。

3) 2013年该县农工部门在本县良口乡良口村下寨屯潘希望农户的中上肥力稻田以适宜当地种植、抗性好、米质优和产量高的宜优673、深两优5814、科两优889、野香优688、中浙2A12、中浙优10号和湘两优2号共7个组合为供试材料,开展超级稻不同组合再生力对比试验研究,结果表明:再生稻产量以中浙优10号和野香优688较高,分别为194.9 kg/667m²和134.1 kg/667m²,其余5个组合均较低。在

当地生态条件下, 中浙优 10 号和野香优 6882 个组合适宜蓄留再生稻。

2.2. 头季稻播种期、收割成熟度和留茬高度试验

长期以来, 我国的农业科技工作者对中稻蓄留再生稻技术进行了比较全面的研究, 如再生稻种植气候区划[3] [4]及气候适宜性研究[5]; 特别在再生稻的生长发育和生理特性方面开展了大量的研究, 如再生稻腋芽的生长发育[6] [7] [8], 再生稻的生育特点、分蘖动态、株型和群体结构特征[9], 再生稻的幼穗分化特性[10], 头季稻后期光合产物对再生稻的影响[11] [12] [13], 再生稻与同期抽穗主季稻源库流特性差异研究[14]等; 在再生稻产量形成特点与关键调控技术[15] [16]、再生稻关键栽培技术的研究[17]、再生稻的品种选择[18] [19] [20]、施肥[21] [22]、田间管理及病虫害防治[23]等方面也做了较多的工作, 取得了较多的成果。但以往太多的研究往往只是考虑再生稻一季的产量。从再生稻生产看, 头季稻的播种期和头季稻的收割成熟度对头季稻及再生稻的生长发育和产量有影响、头季稻的收割留茬高度对再生稻的生长发育和产量有影响, 因此, 头季稻适宜的播种期、收割成熟度和留茬高度等是众多构成头季稻 + 再生稻综合产量生产技术的 3 项关键技术指标, 而在以往众多的再生稻生产技术研究中, 综合考虑头季稻 + 再生稻产量效益同时关注此 3 项关键技术的研究较少, 须弥补此方面的研究[24]。为此, 柳州市种子管理工作站和三江县农技部门结合科技攻关项目和超级稻 + 再生稻示范推广项目, 对以上 3 项关键技术进行了试验研究。

2.2.1. 播种期试验

2007 年柳州市种子管理工作站通过组织实施柳州市科技攻关项目, 在融水、三江两县开展播期对超级稻头季稻及再生稻性状的影响试验研究, 结果表明: 超级稻播期每推迟 5 d, 头季稻叶龄、基本苗、最高苗数、有效穗数增加, 始穗期、齐穗期、成熟期推迟 1~4 d, 全生育期缩短 1~4 d, 成穗率、穗粒数、实粒数、产量降低; 再生稻生育期延迟, 其生物学、经济性状均呈退化趋势。桂北高寒山区三江县寒露风多在 9 月底~10 月初来袭, 极易导致寒露风来袭年份再生稻不能正常结实。因此, 三江县超级稻蓄留再生稻只适宜留高茬, 头季稻最佳播期为 3 月 19~24 日, 最迟不超过 4 月 3 日; 再生稻留高茬, 以保留倒 2 节, 通过增加有效穗来获得高产[25]。

2.2.2. 收割成熟度试验

2011 年该县农技部门在本县八江乡八斗村八斗小屯吴顺航的中上肥料田以中浙优 1 号为供试材料开展头季稻不同成熟度收割小区对比试验, 结果表明: 在头季稻 85%~90% 成熟时收割再生稻单产较高, 分别可达 200.3 kg/667m² 和 232.5 kg/667m²; 而在 75%、80%、95% 和 100% 成熟时收割均低于 200 kg/667m², 分别为 150.8 kg/667m²、166.3 kg/667m²、196.2 kg/667m² 和 157.0 kg/667m²。

2.2.3. 留茬高度试验

头季稻的留茬高度与品种(组合)、海拔高度(全年积温)等有关, 种植高秆品种或在高海拔地区(中稻区)蓄留再生稻宜留高茬, 种植矮秆品种或在低海拔地区(双季稻区)蓄留再生稻宜留低茬。

1) 2011 年该县农技部门在本县斗江镇江斗江村立新屯潘德武中上肥料田以中浙优 8 号为供试材料, 开展迟播(割)中稻蓄留再生稻留高茬试验, 结果表明: 于 8 月 30 日收割头季稻, 即使留高茬 40~60cm, 其再生稻因不能避过寒露风为害, 均无法正常抽穗扬花而绝收。说明中稻蓄留再生稻成功与否, 主要取决于再生季抽穗扬花期能否安全避过寒露风。

2) 2012 年该县农技部门在本县良口乡良口村平公屯石甫坤农户的中等肥力田以中浙优 1 号为供试材料, 开展再生稻不同留茬高度小区对比试验, 结果表明: 再生稻单产以留茬高度为 10 cm 的处理最高, 为 208.0 kg/667m²。留茬高度为 45 cm 时, 仍有较高产量, 为 200.3 kg/667m²。之后降低, 留茬高度达 60 cm 时, 单

产仅为 92.9 kg/667m²。说明在再生季能安全避开寒露风而正常抽穗扬花的情况下,留低茬能获得更高产量。

2.3. 头季稻栽植密度试验

2011 年该县农技部门在良口乡南寨村杨明清农户的中上肥力田以中浙优 1 号为供试材料开展头季稻不同栽植密度小区对比试验,设 0.8 万穴/667m² (A 处理)、1.0 万穴/667m² (B 处理)、1.2 万穴/667m² (处理 C)、1.3 万穴/667m² (D 处理)、1.7 万穴/667m² (E 处理)和 2.0 万穴/667m² (F 处理)共 6 个密度梯度。结果表明:在一定的群体密度范围内,头季稻产量随着栽植密度的增加而提高,当栽植密度继续增加后,产量逐渐下降,以 B 处理最高(700.6 kg/667m²),A 处理次之(651.0 kg/667m²),F 处理最低(578.0 kg/667m²)。但从理论产量来看,以 D 处理最高(786.0 kg/667m²),处理 C 次之(772.8 kg/667m²),B 处理居第三(739.4 kg/667m²)。因此,从实收产量和穗粒结构调查(考种)数据进行综合分析,头季稻栽植密度以 1.0~1.3 万穴/667m² 为宜。考种结果表明,有效穗数变幅最大(4.9 万穗/667m²、32.9%),每穗实粒数变幅亦较大(32.7 粒、18.6%),千粒重变幅较小(3.5 g、12.5%),结实率变幅最小(6.3%、7.0%)。在头季稻的产量构成因子中,按其贡献大小依次为有效穗数 > 每穗实粒数 > 千粒重。因此,在有效穗数多而每穗实粒数少,且两者过于悬殊的情况下,也无法获得高产。说明合理的群体结构能有效协调群体与个体的关系,化解构成水稻产量各因子之间矛盾,形成合理的穗粒结构,并减轻病害及田间倒伏的发生,有利于获得高产[26]。

2.4. 头季稻 + 再生稻氮肥运筹试验

2.4.1. 头季稻氮肥试验

1) 氮肥水平试验

2009 年该县农技部门在本县丹洲镇红路村覃远恩农户的中稻田以两优 2 号为供试材料开展水气平衡栽培法单季稻不同施氮水平小区对比试验,结果表明,施纯 N8~12 kg/667m²,有效穗、单产随着施氮水平的提高而增加,施纯 N10 kg/667m²和 12 kg/667m²分别比施纯 N8 kg/667m²增产 58.1 kg/667m²和 83.1 kg/667m²,分别增产 20.68%和 29.57%。但施氮水平继续提高之后,有效穗、单产不增反降。以上结果符合肥料报酬递减律。

2) 氮肥运筹试验

针对当前生产上水稻前期施氮过多,造成无效分蘖多,养分消耗多,成穗率低的问题,该县农技部门于 2012 年在本县古宜镇文大村文村屯曹俊生农户的责任田以中浙优 1 号为供试材料开展水气平衡栽培法单季稻不同氮肥运筹方式小区对比试验。本试验研究通过设计不同氮肥运筹方式,探索出一种合理的氮肥运筹方式,减少无效分蘖,提高成穗率,增加有效穗和穗粒数,提高千粒重,进而达到提高肥料利用率,提高产量的目标。结果表明:有效穗以处理 F 最高;穗粒数以处理 E 最高;千粒重以处理 B 最高;产量以基肥与穗粒肥比例为 5:5 的 3 个处理(处理 E、处理 F、处理 G)最高,其中又以基肥:分蘖肥:穗肥:粒肥比例为 3:2:3:2 的处理 E 产量最高;基肥与穗粒肥的比例为 4:6 的处理 H 次之,基肥与穗粒肥的比例为 7:3 的处理 B 再次之,而基肥与穗粒肥的比例为 8:2 的处理 A 产量最低。说明在施纯 N12 kg/667m², N:P₂O₅:K₂O = 1:0.5:1 的条件下,中稻产量在一定范围内随着基肥比例的降低与穗粒肥比例的增加而提高,穗粒肥比例增加到一定程度(基肥与穗粒肥比例达到 4:6)后,中稻产量反而下降。由此可见,适当的前氮后移施肥方式,能够有效地延缓叶绿素的降解,减少无效分蘖,提高中稻成穗率,增加实粒数,从而达到最高产量[27]。

3) 前氮后移试验

2013 年该县农技部门在本县良口乡良口村下寨屯唐交福农户的中等肥力中稻田,以超级稻深两优 5814 为供试材料开展头季稻前氮后移对再生稻生长发育和产量的影响试验,以探明头季稻氮肥运筹对再

生稻生长发育和产量的影响,为再生稻合理施肥提供理论依据。结果表明:中稻及再生稻产量均以基肥:分蘖肥:穗肥为 6:3:1 (N1)最高,分别为 661.2 kg/667m²和 205.2 kg/667m²,本结果亦与韦兰新[28]以中浙优 1 号为试验材料所做的研究结果相符。而传统施肥方式和过于强调前氮后移均不利于中稻的生长发育,产量较低;但基肥:分蘖肥:穗肥为 7:3:0 (N0)的传统施肥方式再生稻产量亦较高。

2.4.2. 再生稻施肥试验

1) 催(促)芽肥施用量试验

头季稻齐穗后或收割前 15 d 施用足量的促芽肥是提高再生稻产量的一项最为关键的技术措施。但促芽肥适宜用量值得探讨。为此,该县农技部门于 2012 年在本县八江乡三团村寨吾屯以中浙优 1 号为供试材料开展再生稻不同促芽肥施用量小区对比试验,结果表明:再生稻单产以施用尿素 15 kg/667m²的处理最高,与韦风舞等人[29]的研究结果一致,为 259.6 kg/667m²。之后下降,施用尿素 20 kg/667m²再生稻单产仅为 144.8 kg/667m²。

2) 促苗(蘖)肥施用量试验

2011 年该县农技部门在本县丹洲镇江荷村第 5 村民小组覃广春的中上肥力田以中浙优 8 号为供试材料开展再生稻不同促蘖肥施用量小区对比试验,结果表明:在一定的范围内(施用尿素 0~20 kg/667m²),再生稻产量随着促蘖肥施用量的增加而提高(施用尿素 0 kg/667m²、5 kg/667m²、10 kg/667m²单产分别为 232.8 kg/667m²、281.4 kg/667m²、326.2 kg/667m²),以施用尿素 15~20 kg/667m²作促苗(蘖)肥可获得较高产量(施用尿素 15 kg/667m²、20 kg/667m²单产分别为 373.3 kg/667m²、414.0 kg/667m²),但施用尿素过多再生稻产量也会减少(施用尿素 25 kg/667m²、30 kg/667m²单产分别为 322.4 kg/667m²、317.4 kg/667m²)。

3. 稻鱼共生模式中稻再生配套技术的试验研究

3.1. 优质稻 + 再生稻品种(组合)筛选

1) 2018 年在该县程村乡大树村夏村屯山背墩莫玉荣农户的中上肥力稻田以杂交稻(超级稻)荃优丝苗、隆两优黄莉占、星火优 1354、野香优 688、绿海优 688、野香优 703 和中浙 2A12 共 7 个品种(组合)为供试材料,开展杂交稻品种再生力对比试验,结果表明:隆两优黄莉占、中浙 2A12 和野香优 688 3 个组合的再生稻单产较高,分别为 332.1 kg/667m²、319.4 kg/667m²和 285.8 kg/667m²,可作为当地种稻养鱼田蓄留再生稻的杂交稻主推品种(组合);星火优 1354、野香优 703、绿海优 688 和荃优丝苗 4 个组合的再生稻单产均不理想,分别为 253.6 kg/667m²、234.8 kg/667m²、228.1 kg/667m²、161 kg/667m²,不适合蓄留再生稻。

2) 2019 年在该县同一地点以中浙优 10 号、野香优 703、野香优 3 号和桂育 9 号杂交稻品种(组合)为供试材料,再次开展杂交稻品种再生力对比试验,结果表明:野香优 3 号和野香优 703 2 个组合的再生稻单产接近或超过 300 kg/667m²,分别为 380.1 kg/667m²和 296.8 kg/667m²,适合蓄留再生稻;中浙优 10 号和桂育 9 号 2 个组合的再生稻单产不足 250 kg/667m²,分别为 232.1 kg/667m²和 228.9 kg/667m²,不适合蓄留再生稻。

3.2. 优质稻栽植密度试验

头季稻和再生稻保持合理的群体密度是获得高产的关键。栽植密度过低,由于分蘖力偏弱会造成水稻有效穗不足,影响产量;栽植密度过高,田间通风透气性差,容易导致水稻生长不良,诱发病虫害,发生轻微倒伏现象,后期成穗率下降,穗粒数减少,影响产量[26]。为此,该县农技部门于 2020~2021 年开展了此项试验研究。

1) 2020 年在该县八江镇平善村杨宝辉农户的中等肥力田, 以软香型优质稻新组合壮香优 1205 为供试材料, 开展优质稻 + 再生稻不同栽植密度小区对比试验。试验设 6 处理, 分别为: A 处理、手插 1.8 万穴/667m², B 处理、手插 1.6 万穴/667m²; C 处理、手插 1.4 万穴/667m²; D 处理、手插 1.2 万穴/667m²; E 处理、手插 1.0 万穴/667m²; F 处理、抛秧 1.6 万穴/667m²。结果表明: 不同栽插密度对头季稻熟期的影响不明显, 但随着密度的增加, 病虫害发生加重, 尤其是水稻纹枯病, 至成熟时基本上已“穿顶”, 而稻曲病和倒伏的发生情况差异不明显。F 处理的分蘖力较强, 说明抛秧的分蘖力比插秧强, 采用塑盘育苗或“早育保姆” + 编织布隔层育秧抛栽有利于增加有效穗数。头季稻产量以 C 处理最高, 为 437.0 kg/667m²; 再生稻产量以 D 处理最高, 为 179.17 kg/667m²。头季稻 + 再生稻两季产量以 C 处理最高, 为 614.9 kg/667m²; 其次是处理 A, 为 591.4 kg/667m²; 再次是处理 D, 为 580.9 kg/667m²; 最低的是处理 F, 为 488.6 kg/667m²。综合以上结果, 头季稻栽植密度以手插 1.2~1.4 万穴/667m² 为宜。

从考种结果可知, 头季稻的有效穗数由多至少依次为 F 处理 > A 处理 > B 处理 > D 处理 > C 处理 > E 处理; 每穗实粒数以 C 处理最高为 219.0 粒, 其次是 E 处理, 为 196.3 粒; 再次是 A 处理, 为 196.2 粒; F 处理的最少, 为 142.4 粒; 千粒重 6 个处理均为 24.00 g。结实率以 E 处理最高为 95.0%, C 处理次之为 93.3%, D 处理再次为 91.8%, A 处理和 F 处理分别为 91.5% 和 90.6%, B 处理最低为 89.7%, E 处理与 B 处理相差 5.3 个百分点。

头季稻处理 F 的有效穗数虽为最高, 但每穗实粒数却为最低, 与实粒数最高的 C 处理相差 76.56 粒, 与倒数第二的 B 处理亦相差 46.13 粒, 差异均较大, 故其实际产量亦为最低, 为 333.4 kg/hm²。

再生稻各处理的有效穗数、每穗实粒数、千粒重和实际产量差异均不够明显, 有效穗数由多到少依次为 F 处理 > E 处理 > A 处理 > C 处理 > B 处理 > D 处理; 每穗实粒数以 E 处理最高为 72.2 粒, 其次是 A 处理, 为 70.0 粒; 再次是 E 处理, 为 68.7 粒; F 处理最少, 为 60.1 粒(比 E 处理少 12.1 粒); 千粒重以 C 处理最高, 为 23.0g; 其次是 A 处理、B 处理和 F 处理, 均为 22.0g。结实率以 A 处理 58.2%、B 处理 60.4%、C 处理 53.9%、D 处理 63.3%、E 处理 63.2%、F 处理 51.1%。综合以上考种结果可知, 虽然有效穗数在水稻产量构成因素中占主导地位, 但非有效穗数高产量就高, 每穗实粒数和千粒重也须兼顾, 尤其是每穗实粒数。如有效穗数高而每穗实粒数过低, 亦不能获得高产。因此在生产上, 除了通过合理密植增加有效穗数外, 还应注重施用穗肥来提高每穗实粒数, 以获得高产。

2) 2021 年该县在程村乡大树村夏村屯以软香型优质稻新组合壮香优 1205 为供试材料, 开展优质稻 + 再生稻不同栽植密度大区对比试验, 结果表明: 头季稻和再生稻产量均以栽植 1.4 万穴、2 粒谷秧/667m²/穴的处理最高, 分别为 461.26 kg/667m² 和 163.26 kg/667m²。试验结果表明, 栽植密度不但影响头季稻产量, 而且还影响再生稻产量: 栽培密度小难以满足高产所需的有效穗数; 栽培密度大易造成田间郁闭, 病虫害发生加重, 影响活芽数和再生率的提高[30]。

3.3. 再生稻施肥水平试验

2020 年在该县八江镇平善村杨庆全农户的中等肥力田, 以软香型优质稻新组合壮香优 1205 为供试材料, 开展不同施肥水平对水稻产量的影响试验, 结果表明: 头季稻以施 N 10 kg-P₂O₅ 5 kg-K₂O 10 kg/667m² 的处理产量最高, 为 466.48 kg/667m²; 再生稻以施 N 10 kg-P₂O₅ 5 kg-K₂O 10 kg 的处理产量最高, 为 93.79 kg/667m²。

3.4. 虫害防治药剂筛选试验

2020 年在该县八江镇平善村“优质稻 + 再生稻 + 鱼”稻渔综合种养模式稻田, 以软香型优质稻新组合壮香优 1205 为供试材料, 开展不同药剂防治稻纵卷叶螟田间药效试验, 结果表明: 药后 7 d、15 d,

1.6%狼毒素 1500 mL/hm²的杀虫防效、保叶效果和持效性最好,但性价比中等;1%苦皮藤素 1050 mL/hm²的防治效果和持效性次之,防治效果均达到 90%以上,但其速杀性、性价比最高,对稻、鱼安全,水稻产量高,在防治稻纵卷叶螟时,可以在“优质稻 + 再生稻 + 鱼”稻渔综合种养模式稻田上大面积推广使用[31]。

3.5. 鱼苗投放量试验

2020 年在该县八江镇平善村以软香型优质稻新组合壮香优 1205 为供试材料,开展鱼苗不同投放量对水稻产量的影响试验,结果表明:头季稻以投放鱼苗 150 尾/667m²的处理产量最高,为 425.20 kg/667m²;再生稻以投放鱼苗 550 尾/667m²的处理产量最高,为 126.27 kg/667m²。

3.6. 头季稻留茬高度试验

稻渔综合种养模式与水稻纯作模式的不同之处在于,前者需兼顾稻、鱼的生长发育,而后者仅需考虑水稻的生长发育,因此其头季稻的留茬高度可能会有所不同。吴敏芳等人[32]经多年研究得出这样一个感性认识:在稻鱼共生系统田间持续淹水 15~20 cm 的情况下,主茬基部多数节位的潜伏芽不能萌发生长,只有 1~2 个高位节位能够发芽,而主茬母茎产生再生苗的能力基本上是恒定的,即每个母茎大约是 1.1~1.5 个再生蘖,所以前茬收获时留茬的高度和留下多少有效穗的茎数对再生茬的产量有很大的影响。为此,当地农技部门参考了 1992 年林溪乡“杂交稻 + 再生稻”种植模式和 2012 年良口乡良口村平公屯“超级稻 + 再生稻”种植模式的头季稻收割不同留茬高度对比试验结果,开展“优质稻 + 再生稻 + 鱼”稻渔综合种养模式头季稻收割不同留茬高度对比试验。

1) 2013 年在该县富禄乡高岩村九景屯罗义龙农户的平作式“一季稻 + 再生稻 + 鲤”稻渔综合种养模式稻田以超级稻组合 II 优航 1 号为供试材料,开展头季稻收割不同留茬高度对比试验,结果表明:在持续淹水 15~20cm 的条件下,留低茬(5~15 cm)的处理再生稻无产量;留中茬(25 cm)的处理再生稻齐穗期恰好遭遇寒露风(10 月 8 日),产量极低(单产仅为 64.5 kg/667m²);留高茬(35~45 cm)的处理再生稻获得较高产量(单产分别为 250.7 kg/667m²和 266.7 kg/667m²)。因此,为了确保再生稻能安全避过寒露风,留茬高度以 40 cm 左右为宜。

2) 2018 年在该县程村乡大树村夏村屯山背墩的坑沟式“优质稻 + 再生稻 + 鱼”稻渔综合种养模式稻田以杂交稻组合野香优 3 号为供试材料,开展头季稻收割不同留茬高度对比试验,结果表明:再生稻单产自倒 2 叶枕处(留茬高度约为 40 cm)收割为 217.6 kg/667m²、自倒 3 叶枕处(留茬高度约为 25 cm)收割为 283.5 kg/667m²;自倒 4 叶枕(留茬高度约为 15 cm)处收割为 283.5 kg/667m²、自倒 5 叶枕处(留茬高度约为 5 cm)收割为 270.3 kg/667m²。由此可见,再生稻单产以自倒 3~4 叶枕处(留茬高度为 20 cm 左右)收割产量较高。

3) 2020 年在该县八江镇平善村杨顺军农户的坑沟式“一季稻 + 再生稻 + 鱼”稻渔综合种养模式稻田以香软型优质稻壮香优 1205 为供试材料,开展不同留茬高度对再生稻产量的影响试验,结果表明:在持续淹 5 cm 以上水层的条件下,留茬高度为 0~5 cm 的处理再生稻无产量;留茬高度 10 cm 的处理齐穗时遇上寒露风,单产仅为 62.0 kg/667m²;留茬高度 15 cm 的处理再生稻能获得一定的产量,单产为 111.4 kg/667m²;留茬高度 20 cm 的处理再生稻能获得较高的产量,单产为 213.4 kg/667m²。

3.7. 稻作模式试验

2019 年文衍红等人[33]在该县良口乡和里村杨青茂、杨万恒和杨明峰农户的 0.15 hm² 责任田里以中浙优 1 号、野香优 688 和土著鲤鱼为供试材料,开展坑沟式“一季稻 + 再生稻 + 鲤”稻渔综合种养模式与传统稻作模式对比试验:采用田基改造和坑沟式结构,在原有田基底部基础、内侧均用 425#混凝土

筑砌硬化, 增强和改善了稻田保水、排灌、交通等功能; 在进水处开挖面积 15~20 m² 的鱼坑(鱼坑面积占稻田总面积的 3%~5%), 鱼坑深度 0.5~1.0 m, 鱼坑出水口与鱼沟相通相接, 鱼坑坑基与田基一样用混凝土筑砌硬化并在鱼坑上方搭盖阴棚, 鱼坑四周基部种植瓜菜果和藤蔓经济作物, 营造了供鱼栖息、避药(喷施农药)、避晒(晒田)、避暑(高温季节)等良好环境; 在田间开挖“田”字型或“十”字型或“目”字型等不同形状的鱼沟, 鱼沟深度、宽度 30~50 cm, 鱼沟面积占稻田总面积的 3%~5%, 鱼沟与鱼坑相通, 改善了鱼类索饵、游动、避晒(晒田)环境。最终营造为“水 + 稻 + 鱼 + 瓜菜等”的综合生态系统, 从而避免了种稻和养鱼之间的矛盾。结果表明: 稻谷平均单产 848.87 kg/667m² (其中头季稻 500.17 kg/667m²、再生稻 348.7 kg/667m²)、鲜鱼平均单产 71.76 kg/667m², 平均投入 3769.5 元/667m², 平均产出 6488.1 元/667m², 平均利润 2718.6 元/667m²; 对照田采用传统稻作模式, 稻谷平均单产 848.87 kg/667m², 平均投入 2690 元/667m², 平均产出 2894.8 元/667m², 平均利润 204.8 元/667m²。稻田平均综合产值提高了 124.1%, 平均纯利润提高了 12.3 倍, 投入产出比提高了 64%, 投资收益率提高了 8.5 倍。

4. 结论及讨论

4.1. 蓄留再生稻适宜品种(组合)

通过开展超级稻(优质稻)品种(组合)再生力对比试验, 初步筛选出适合当地纯稻作模式蓄留再生稻的水稻品种(组合)为 II 优航 1 号、II 优航 148、特优航 1 号、两优 1128、中浙优 10 号和野香优 688; 而隆两优黄莉占、中浙 2A12、野香优 688、野香优 3 号、野香优 703 和壮香优 1205 则适合当地稻鱼共生模式蓄留再生稻。

4.2. 头季稻适宜播种期

在本试验条件下, 该县纯稻作模式头季稻适宜播种期为 3 月 19~24 日, 最迟不超过 4 月 3 日。稻鱼共生模式虽未开展播种期试验, 但根据留茬高度试验结果, 头季稻播种期提早至 3 月 15 日左右, 低割留茬可延长再生季生长期而提高单产。

4.3. 头季稻适宜栽植密度

郑小雄[26]的研究结果表明, 头季稻的最高苗(茎蘖)数和有效穗数均随着种植密度的增加而增加, 种植密度过大时对头季稻的结实率有影响, 低密度种植利于提高头季稻的成穗率, 但不同种植密度对再生季结实率没有影响; 头季稻和再生稻的每穗实粒数均随着种植密度的提高而下降, 不同种植密度对头季稻和再生稻的穗长、千粒重均没有影响。但在本试验中, 不同栽植密度对头季稻的每穗实粒数和千粒重均有影响, 其中对每穗实粒数的影响较大(最多与最少的相差 32.7 粒, 最少的比最多的少 18.6%), 仅次于对有效穗数的影响(最多与最少的相差 4.9 万穗/667m², 最少的比最多的少 32.9%); 对千粒重的影响较小(最大与最小的相差 3.5 g, 最小的比最大的小 12.5%)。要想获得高产, 须同时兼顾有效穗数与每穗实粒数。在本试验中, 表现出“穗多粒少”(纯稻作模式 1.7~2.0 万穴/667m²、稻鱼共生模式 1.6~1.8 万穴/667m²)不如“穗大粒多”(纯稻作模式 1.0~1.3 万穴/667m²、稻鱼共生模式 1.2~1.4 万穴/667m²)的产量高。因此, 当地纯稻作模式头季稻栽植密度以 1.0~1.3 万穴/667m²为宜, 稻鱼共生模式头季稻栽植密度以 1.2~1.4 万穴/667m²为宜。

4.4. 适宜施肥量及运筹方式

从纯稻作模式水气平衡栽培法单季稻不同施氮水平小区对比试验结果可知, 施纯 N 8~12 kg/667m², 有效穗和产量随着施氮水平的提高而增加, 施 N 10 kg/667m² 和 12 kg/667m² 分别比施纯 N 8 kg/667m² 增

产 20.68% 和 29.57%。但施氮水平继续提高之后,有效穗和产量不增反降。以上结果符合肥料报酬递减律。在本试验条件下,单季稻以施 N 10~12 kg/667m² 为宜。

从纯稻作模式水气平衡栽培法单季稻不同氮肥运筹方式小区对比试验结果可知,适当的前氮后移施肥方式,能提高成穗率和增加每穗实粒数,进而提高产量,但过于前氮后移也会适得其反。在本试验施 N 12 kg/667m², N、P₂O₅、K₂O 比例为 1:0.5:1 的条件下,单季稻氮肥运筹方式以基肥与穗粒肥比例为 5:5,基肥:分蘖肥:穗肥:粒肥比例为 3:2:3:2 为宜。

在纯稻作模式头季稻前氮后移对再生稻生长发育和产量的影响试验中,头季稻及再生稻产量均以基肥:分蘖肥:穗肥为 6:3:1 最高,而传统施肥方式和过于强调前氮后移均不利于中稻的生长发育,产量较低。在本试验施 N 13 kg/667m², N、P₂O₅、K₂O 比例为 1:0.3:0.9 的条件下,头季稻的氮肥运筹方式以基肥:分蘖肥:穗肥为 6:3:1 为宜。

从稻鱼共生模式不同施肥水平对水稻产量的影响试验结果可知,水稻有效穗数和增产率随着施肥量的增加而增加,但达到峰值后即下降。因此,在生产上不应一味地增加施肥量,而应设法提高肥料利用率,同时注意氮、磷、钾相配合,以避免施氮过多造成浪费和对水质、土壤造成污染。肥料的投入与产出并不成正比,当施肥量超过合理范围之后,施肥效应反而递减,以 N 10 kg/667m² 的施肥效果最佳。由此可见,在稻鱼共生模式中,由于鱼粪可供水稻吸收利用,可适当减少施肥量(比纯稻作模式减少 30% 左右)。在本试验 N、P₂O₅、K₂O 比例为 1:0.5:1 的条件下,头季稻以施 N 10 kg/667m² 为宜。

4.5. 再生稻适宜施肥量

从本试验结果来看,纯稻作模式的再生稻产量先是随着催(促)芽肥和促苗(蘖)肥的施用量增加而提高,而当两肥施用量继续增加后即随之下降。在本试验条件下,以于头季稻收割前 15 d 施用尿素 15 kg/667m² 作催(促)芽肥的处理再生稻产量最高,以于头季稻收割后 2 d 施用尿素 15~20 kg/667m² 作促苗(蘖)肥的处理再生稻可获较高产量。

据童品球[34]的研究结果表明,施用促芽肥能够有效增加再生季稻的有效穗,提高产量。氮肥一般施用 7.5~10 kg/667m² 较好,并做到氮磷钾合理搭配,避免氮肥过多造成贪青晚熟,影响产量。韦凤舞等人[29]的研究表明,超级稻中浙优 1 号在头季稻收割前 12 d 施用尿素 15 kg/667m² 作促芽肥效果最佳。郑永富等人[35]的研究表明,收割前施促芽肥能够提高低节位芽的萌发力。随着促芽肥施用量的提高,未碾压区和碾压区有效穗逐渐提高,而穗总粒数、结实率、千粒重各处理间相差不大。因此,增施促芽肥主要是增加了有效穗而提高再生季产量。其中每 667 m² 促芽肥施 15 kg 尿素、促苗肥施 10 kg 尿素、齐苗肥施 5 kg 尿素处理碾压区和未碾压区的有效穗最高,产量也最高,平均产量 280.74 kg/667m²。这也许是由于土壤的肥力状况、头季稻品种(组合)的耐肥性以及收割的迟早等因素有关。唐江霞等人[36]的研究表明,促芽肥是再生稻获得高产的必要因素,低桩收割时促芽肥重施时间放在收割后的产量比收割前施的高,割前可少施促芽肥,而割后宜重施促芽肥。今后有待开展促芽肥施用时期试验加以明确。

据唐兆顺等人[2]的研究结果显示:在稻渔综合种养模式下,不施和只施少量化肥(施尿素 3.5 kg/667m²)作促苗(蘖)肥,再生稻产量仍能达到 232.8 kg/667m² 和 281.4 kg/667m²。但因杂交稻尤其是超级稻根系十分发达,吸肥能力强,为了获得较高产量,在保证再生稻米的品质和食用安全性(以提高产品的市场竞争力)的前提下,可酌情补施少量化肥。因此,该县的坑沟式稻渔综合种养模式再生稻促苗(蘖)肥适宜用量有待开展相关试验予以明确。

4.6. 头季稻适宜收割期

从试验结果可看出,再生稻产量随着头季稻收割时成熟度的增加先升而后降。说明适当提前收割头季稻(从 95%~100% 成熟提前至 85%~90% 成熟收割)可避免随着成熟度的提高、收割期的推迟导致因养分

不足, 水稻根系和茎叶早衰, 潜伏的再生腋芽萌发率很低的不利情况发生, 从而获得高产。在本试验条件下, 在头季稻适宜收割期为 85%~90%成熟。

4.7. 头季稻适宜留茬高度

从试验研究结果可知, 纯稻作模式在适当提早播种头季稻, 保证再生季安全齐穗的情况下, 再生稻产量随着留茬高度的增加而逐渐下降, 以留茬高度为 10 cm 的处理最高, 但留茬高度为 45 cm 时仍有较高产量, 且与最高产量差异不大。说明留茬高低对产量的影响极为有限, 但为了获得高产, 仍以留低茬 10 cm 为宜。而稻鱼共生模式在持续淹水 15~20 cm 的条件下, 留 40 cm 左右高茬再生稻可获得较高产量。但在水层为 5 cm 时, 再生稻以自倒 3~4 叶枕处(留茬高度为 20 cm 左右)收割产量较高。说明适宜的头季稻收割留茬高度亦因时、因地、因品种、因播期及稻作模式等的不同而有较大差异。在本实验条件下, 留茬高度应为水层深度加上 15~20 cm 为宜, 即平作式稻田(水层为 15~20 cm)取其上限, 为留 40 cm 左右高茬; 坑沟式稻田(水层为 5 cm)取其下限, 留茬高度为 20 cm 左右(即自倒 3~4 叶枕处收割)。

据杨日等人[25]的研究结果表明: 在气候条件允许情况下, 留低茬可延长营养生长期, 有利于获得高产。在海拔 140 m 以下地区, 超级稻宜在 3 月中下旬早播, 最迟不超过 4 月 8 日; 再生稻留 10~20 cm 低茬, 通过促大穗大粒可获得高产。纯稻作模式今后可在适宜播种期内(3 月 19 日~4 月 3 日), 采取适当提早播种(提早至 3 月 15~20 日)和收割头季稻(提早至 8 月 5~10 日)、适当低割留茬(10~20 cm, 甚至低至 5~8 cm)的配套技术措施, 通过延长再生稻的营养生长期来提高其产量。

吴敏芳等人[32]的研究结果表明, 在稻鱼共生系统中, 主茬收获时留茬高度为 20 cm 的小区, 由于主茬潜伏芽全部处于水面以下, 难以获得潜伏芽萌动生长所需要的氧气, 因而没有再生蘖产生。留茬高度 30 cm 和 40 cm 的处理再生茬均能获得一定的稻谷产量, 其中留茬 40 cm 的处理再生茬稻谷产量可达 140 kg/667m²。而 2020 年在该县八江镇平善村开展的香软型优质稻新组合壮香优 1205 再生季不同留茬高度对水稻产量的影响试验结果显示, 留茬高度为 0 cm 的处理, 由于水稻全生育期均田间持续淹水 5 cm 以上, 稻桩浸泡于水下, 没有腋芽长出来; 留茬高度为 5 cm 的处理, 再生季均为低位分蘖苗, 寒露风(10 月 8 日)过后(11 月 13 日)才齐穗, 收割时(10 月 28 日)没有灌浆, 因此留茬高度为 0 cm 和 5 cm 的小区再生稻没有产量, 与其研究结果相符。

据李阳等人[37]的研究结果表明: 随留茬高度降低, 再生稻产量呈下降趋势, 再生稻米碾磨品质显著下降、外观品质显著提升、蛋白质含量下降、直链淀粉含量无显著变化。根据水稻品种特性调节头季稻收割留茬高度, 可促进再生稻产量和品质协同提高。今后有待在纯稻作模式和稻鱼共作模式上分别开展相关试验研究, 以明确在以上两种模式上当地的再生稻产量和品质协同提高的头季稻收割适宜留茬高度。

据王肖凤汪等人[38]的研究结果显示: 与干湿交替灌溉相比, 常规水层灌溉条件下头季稻米和再生稻米的糙米率、精米率、整精米率均显著增加, 再生稻米的垩白度显著降低, 而不同水分管理方式下再生稻米食味品质没有显著差异。由此看见, 常规水层灌溉比干湿交替灌溉条件下再生稻稻米的加工、外观和营养品质均更好, 常规水层灌溉有利于提高再生稻稻米品质。今后可在纯稻作模式上开展相关试验研究予以求证, 得到验证后则在水分管理方式上采用常规水层灌溉取代干湿交替灌溉。

4.8. 稻鱼共作虫害防治适宜药剂

从田间药效试验结果可知, 1%苦皮藤素的性价比高于 1.6%狼毒素, 可做为防治稻纵卷叶螟首选药剂, 而两种药剂均对稻、鱼安全, 且水稻产量较高, 均可作为防治稻纵卷叶螟的适宜药剂。

4.9. 稻鱼共作鱼苗适宜投放量

从试验研究结果来看, 头季稻以投放鱼苗 150 尾/667m²产量最高, 再生稻以投放鱼苗 550 尾/667m²

产量最高,但随着鱼苗投放量的增加,头季稻田间群体生长越旺盛,纹枯病发生越严重,且青苔生长也越多。根据趋利避害的原则,为了获得全年(头季稻+再生稻)高产,稻鱼共作模式稻田以投放鱼苗150~200尾/667m²为宜。

4.10. 稻作模式的优劣

试验研究结果证明,山区稻田采用坑沟式“一季稻+再生稻+鲤(当地土著鲤鱼)”稻鱼共作模式,与采用传统的“一季稻+再生稻”及单季稻纯稻作模式相比,不仅改善了鱼类的生长环境,还解决了种稻与养鱼的矛盾;坑沟式“一季稻+再生稻+鲤”稻鱼共作模式比“一季稻+再生稻”纯稻作模式每667m²多收获了水产品(鲜鲤鱼),比单季稻纯稻作模式多收获了一季再生稻和水产品(鲜鲤鱼),且由于稻鱼共作互利效应,实现了稻鱼双增,鱼粪肥田还节省了种稻的肥料投入成本,从而取得了节支增收的良好效果。

4.11. 其他相关问题探讨

4.11.1. 田块选择应注意的问题

2011年该县蓄留的再生稻由于遭受严重干旱天气普遍收成欠佳,因此,2012年我们强调再生稻的头季稻一定要种在保水田,然而山区的保水田多数又是山冲烂泥田或者是一些排水不良的低洼田。而2012年偏偏降雨过多,这些“保水田”的田水很难排干,无法做到适时露晒田,对头季稻的根系生长发育极为不利,加上病虫害发生严重,稻桩活力较差,使再生芽的萌发受到了很大的影响。今后在蓄留再生稻时必须规避这类排水不良的“保水田”。

4.11.2. 灾害性天气的应对措施

2013年由于该县夏秋连旱,加上寒露风来得早、持续时间长,面上再生稻的蓄留成功率普遍不高、单产偏低。今后可在适宜播种期内(3月19日~4月3日),采取适当提早头季稻播种期(提早至3月20日播种)予以规避再生季遭遇寒露风危害,以此提高再生稻的蓄留成功率和产量。

4.11.3. 新模式技术的熟化及推广

2006年在该县良口乡和里村开展“超级稻+再生稻+鱼+鸭”稻田免耕立体高效种养模式试验并取得成功,但因其技术难度更大,实际操作更为复杂,一时被当地农民所掌握,因而推广不开。今后可继续开展相关试验研究以进一步熟化技术、规范操作,经示范成功后再逐步推广应用。

4.12. 两种稻作模式的中稻再生配套技术体系

综上所述,经过开展两种稻作模式的中稻再生配套技术试验研究,组装集成和探索总结出适合当地推广的纯稻作模式“超级稻+再生稻”高产栽培配套技术体系为:采用Ⅱ优航1号、Ⅱ优航148、特优航1号、两优1128、中浙优10号、野香优688等适宜组合,于3月19~24日播种(最迟不超过4月3日),秧龄30d左右,栽植基本苗1.0~1.3万穴/667m²,施N12kg/667m²、N、P₂O₅、K₂O比例为1:0.3~0.5:0.9~1、基肥:分蘖肥:穗肥:粒肥比例为3:2:3:2,齐穗后或收割前15d施用尿素25kg/667m²作促芽肥,85%~90%成熟时收割、留茬高度10~40cm(因品种和海拔高度而异,高秆品种或高海拔地区留高桩,矮秆品种或低海拔地区留低桩),收割后2~3d施用尿素15~20kg/667m²作促苗(蘖)肥,从而实现了良种良法配套。

初步总结出一套良种良法配套的坑沟式“优质稻+再生稻+鱼”稻渔综合种养模式绿色轻简高效技术体系为:头季稻种植隆两优黄莉占、中浙2A12、野香优688、野香优3号、野香优703和壮香优1205等杂交稻(优质稻)品种(组合),3月15日左右播种(最迟不超过3月25日);秧龄25d左右,最长不超过30d;栽植1.2~1.4万穴/667m²;按N8~10kg/667m²,N、P₂O₅、K₂O比例为1:0.4~0.5:1的配方进行施肥,

具体施肥量可根据田块肥力进行适当调整; 投放鱼苗 150~200 尾/667m²; 安装太阳能诱虫灯、使用 1% 苦皮藤素、1.6% 狼毒素等生物农药稻纵卷叶螟; 头季稻收割留茬高度为 20 cm 左右(即自倒 3~4 叶枕处收割)。目前全县已推广应用 1200 hm², 并使再生稻生产恢复到当地 20 世纪 90 年代中期的规模水平。

据文衍红等人[4]的研究, 山区稻田一季稻 + 再生稻 + 鲤综合种养模式配套技术为: 选择再生能力强、抗性好、高产优质、生育期为 140 d 左右的中浙优系列、野香优系列等杂交水稻品种(组合); 适时播种, 以半水育秧为主、集中温室育秧为辅; 秧龄 30 d 左右适时移栽; 合理施肥, 头季稻 85%~90% 成熟时收割、看芽留茬, 留茬高度掌握在倒 2~3 叶(节), 约为 25~30 cm。其核心内容亦与坑沟式“优质稻 + 再生稻 + 鱼”稻渔综合种养模式绿色轻简高效技术体系比较吻合。

4.13. 中稻再生配套技术体系的形成

纯稻作模式“超级稻 + 再生稻”和坑沟式“优质稻 + 再生稻 + 鱼”稻鱼共生模式的中稻再生配套技术体系, 均是采用多年多点试验研究取得的可靠试验参数经组装集成而形成的。而常规(传统)单季稻和“一季稻 + 再生稻”两种纯稻作模式的中稻再生配套技术体系, 主要是从当地中稻蓄留再生稻的实际生产中摸索总结而来, 缺乏相应的试验参数作为支撑。稻种的选择、施肥量及肥料运筹方式、播种与收割适期和适宜的留茬高度等相关配套技术的形成均是如此。比如适宜蓄留再生稻品种(组合)的选择, 是采用单个杂交稻(超级稻)品种(组合)进行试种, 如蓄留再生稻成功则次年继续采用, 如失败则舍弃, 次年再改换别的品种(组合)进行试种。而施肥量及肥料运筹方式、播种与收割适期和适宜的留茬高度等相关配套技术的形成亦采用类似做法, 不仅费时费力、成本高, 而且所承担的失败风险也大。当地常规的“一季稻 + 再生稻”纯稻作模式中稻再生配套技术体系的主要内容为: 选用 II 优系列、金优 253、中优 253、两优培特、中浙优 1 号等杂交稻中稻中迟熟组合作头季稻种植, 头季稻在春分 - 清明(3 月 20 日~4 月 5 日)播种, 栽植密度超级稻中浙优 1 号为 1.0 万穴左右/667m²、其他品种(组合)为 2.0 万穴左右/667m²、基本苗 8~10 万/667m², 除施足基肥外再按 3:1:2 的配方施尿素 15 kg/667m²、氯化钾 7.5 kg/667m², 至收割前 7~10 d 施尿素 10~15 kg/667 m² 作再生稻促芽肥, 至收割前 3 d 内再施尿素 3~4 kg/667m²、氯化钾 4~5 kg/667m² 作再生稻第 2 次促芽肥并同时用“九二〇”(GA3) 1~1.5 g 兑水 50 kg 喷稻桩, 加强对稻飞虱、稻蜡蛾、穗颈瘟和纹枯病的防治, 头季稻期在 8 月 25 日前、谷粒黄熟度 95%~100% 时收割, 留茬高度为 25~30 cm。其中有诸多不科学、不合理之处, 最为明显的是头季稻播种时间稍迟(应提早至 3 月 15~20 日播种), 栽植密度过高(应降至 1.0~1.3 万穴左右/667m²), 施肥配方中氮肥过多而钾肥不足(应按 2:1:1 的配方进行施肥), 再生稻促芽肥施用过迟、施用量略显不足(应在齐穗后或收割前 15 d 施用尿素 15~20 kg/667m²), 头季稻收割成熟度过高(应在谷粒黄熟度 85%~90% 时收割), 留茬高度还可适当降低(降至 20 cm 左右)等。

5. 展望

再生稻在我国有着悠久的种植历史, 可以追溯到 1700 年前。其始于两晋、南北朝, 隋、唐、宋、元开始发展, 明、清时期持续发展, 民国时期颇受重视, 仍作为增产稻谷的有效措施加以推广。其特点是在一季稻成熟之后, 大约只割取稻株上部的 2/3 收取稻穗, 留下下部 1/3 的植株和根系, 通过施肥和培育, 让稻桩上休眠的腋芽萌发生长、抽穗再收获一季稻子。通常第二季稻的谷粒比第一季小一些, 但是稻穗数比一季的多 1 倍以上, 因而产量也不少, 通常相当于一季稻产量的增加 50%, 对粮食增产有重要意义。而在温、光条件种植水稻两季不足、一季有余的地区特别适合蓄留再生稻。据统计, 我国水稻种植面积约为 1333.3 万 hm², 其中有 333.3 万 hm² 适合推广再生稻, 每年可增产稻谷 2000 万 t, 发展再生稻是确保我国未来粮食安全的一个重要举措, 中稻蓄留再生稻是“藏粮于田”的一项重要措施, 中稻再生技术是“藏粮于技”的一项重要储备技术。该县于 20 世纪 80 年代末期引进的中稻再生技术, 在经历了温室

两段育秧、肥床早育稀植、塑盘育秧抛栽、塑盘育秧免耕抛栽和“早育保姆”育秧免耕抛栽等育秧方式的渐次演进, 杂交稻和超级稻品种(组合)的更新换代, 以及传统单一稻作模式和稻渔综合种养模式的转换替代等多次的重大技术变革与集成创新之后, 在技术上日益完善, 日趋成熟, 现已成为该县的一项重要增产节本高效稻作技术[1]。为了让这项古老的稻作技术始终焕发勃勃生机, 该县农业科技工作者们又在着手筛选适合机械收割的蓄留再生稻的优质稻品种(组合), 并将开展农机与农艺相结合的相关试验研究工作, 使中稻再生技术朝着轻简化的方向发展, 从而让当地城乡居民手中碗始终装着自己粮的美好愿望尽快实现。

致 谢

在项目实施期间, 广西农业技术推广站农业技术推广研究员杨为芳、李明灌、何礼健, 柳州市种子站高级农艺师钟朝永等专家亲临指导, 三江侗族自治县农业技术推广中心农艺师覃代胜、梁雨珍、肖勇、助理农艺师梁丽娟、覃正维, 三江侗族自治县古宜镇农业农村工作站高级农艺师韦飙、农艺师程仙枝, 三江侗族自治县八江镇农业农村工作站高级农艺师吴广勋等同志参加田间试验实施、水稻苗情观测、性状调查等工作, 在此一并致谢。

基金项目

广西 2011 年农业专项项目再生稻试验示范(桂农业发[2011] 21 号)、广西 2011 年第二批推广千万亩超级水稻增粮项目(桂财农[2011] 79 号)、柳州市财政农业专项资金项目超级稻新品种示范及高产栽培综合技术集成示范推广(柳农业政发[2013] 21 号)和广西 2020 年粮油作物绿色轻简高效技术协同推广试点项目(桂农技发[2020] 11 号)。

参考文献

- [1] 何金旺, 覃瑞设. 三江中稻蓄留再生稻技术的发展及关键技术探讨[J]. 耕作与栽培, 2006(6): 44-45.
- [2] 唐兆顺, 何金旺, 陈爱秋, 等. 稻鱼共生“广西三江模式”及其再生稻栽培技术探讨[J]. 农业科学, 2020, 10(7): 480-486.
- [3] 黄淑娥, 李迎春, 殷剑敏. “3S”技术在江西省再生稻种植气候可行性研究中的应用[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(4): 573-576.
- [4] 吴光武, 韩秀榕, 陈锡本, 等. 尤溪县再生稻种植气候区划[J]. 气象科技, 2004, 32(增刊 1): 81-82.
- [5] 丰大清, 刘祥臣, 刘春增, 等. 豫南稻区再生稻气候适宜性分析与实践[J]. 山东农业科学, 2012, 44(7): 41-44.
- [6] 汪浩, 张强, 张文地, 等. 腋芽萌发能力对再生稻产量影响的研究进展[J]. 中国水稻科学, 2020, 34(3): 205-216.
- [7] 张桂莲, 屠乃美, 袁菊红, 等. 播种期对再生稻腋芽萌发和产量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(3): 229-232.
- [8] 郑荣和, 李小萍, 张上守, 等. 再生稻茎生腋芽的生育特性观察[J]. 福建农业学报, 2009, 24(2): 91-95.
- [9] 胡香玉, 钟旭华, 梁开明, 等. 广东再生稻研究进展与展望[J]. 中国稻米, 2019, 25(6): 16-19, 23.
- [10] 冉茂林, 熊洪, 洪松, 等. 再生稻幼穗分化特性及发苗技术研究[J]. 西南农业学报, 2002, 15(2): 28-33.
- [11] 任天举, 李经勇. 头季稻后期光合产物对再生稻的影响[J]. 再生稻, 1997(2): 17-21.
- [12] 王志强, 刘德林, 谭林. 超级杂交稻再生稻头季后期光合产物分配与产量形成[J]. 湖南农业科学, 2010(19): 49-52.
- [13] 李木英, 石庆华, 曾梅花, 等. 杂交稻主季库源性状对再生稻发育的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(23): 175-181.
- [14] 易镇邪, 周文新, 秦鹏, 等. 再生稻与同期抽穗主季稻源库流特性差异研究[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 140-148.
- [15] 张海峰, 黄育民, 林文, 等. 再生稻的光合作用和物质生产[J]. 福建稻麦科技, 1991, 9(4): 41-45.
- [16] 徐富贤, 熊洪, 张林, 等. 再生稻产量形成特点与关键调控技术研究进展[J]. 中国农业科学, 2015, 48(9):

1702-1717.

- [17] 林文雄, 陈鸿飞, 张志兴, 等. 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[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(4): 392-401.
- [18] 张桂莲, 屠乃美, 张顺堂. 不同杂交稻组合再生特性的比较[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(5): 364-368.
- [19] 任天举, 张晓春, 王培华, 等. 杂交中稻、再生稻两季高产组合的主要特征特性及配合力效应[J]. 西南农业学报, 2005, 18(4): 382-386.
- [20] 徐富贤, 熊洪, 赵甘霖, 等. 杂交中稻强再生力品种的冠层特征研究[J]. 作物学报, 2002, 28(3): 426-430.
- [21] 徐富贤, 熊洪, 朱永川, 等. 促芽肥施用时期对不同源库类型杂交中稻再生力的影响[J]. 杂交水稻, 2010, 25(3): 57-63, 99.
- [22] 姜照伟, 林文雄, 李义珍, 等不同氮肥施用量对再生稻氮素吸收和分配的影响[J]. 福建农业学报, 2003, 18(1): 50-55.
- [23] 胡伯华. 再生稻高产栽培要把握 3 个关键环节[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(6): 57, 70.
- [24] 王尚明, 张崇华, 胡萍, 等. 基于头季稻+再生稻产量的再生稻关键技术试验[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(20): 89-97.
- [25] 杨日, 杨桂芬, 龚志宏, 等. 播期对融水、三江超级稻头季稻及再生稻性状的影响[J]. 南方农业学报, 2011, 42(8): 890-894.
- [26] 郑小雄. 早稻-再生稻不同种植密度比较试验[J]. 中国农技推广, 2018(9): 29-31.
- [27] 唐文琼, 王逢博. 全州县水稻水气平衡栽培技术不同施氮水平试验研究[J]. 农业科技通讯, 2017(5): 123-125.
- [28] 韦兰新. 田阳县同品种再生稻头季稻前氮后移试验研究[J]. 现代农业科技, 2016(4): 22-23.
- [29] 韦凤舞, 杨日, 柳有广, 欧阳忠, 张汉周, 韦云驱. 头季稻收割前施促芽肥对再生稻出苗及产量的影响试验[J]. 广西农业科学, 2010, 41(11): 1173-1175.
- [30] 张绍茹, 周外, 李芳, 等. 种植密度对再生稻产量的影响[J]. 现代化农业, 2019(12): 35-36.
- [31] 陈爱秋, 吴广勋, 郑浩, 等. 不同药剂对“稻渔综合种养”稻田稻纵卷叶螟的防效及评价[J]. 广西植保, 2021, 34(3): 5-9.
- [32] 吴敏芳, 张剑, 胡亮亮, 等. 稻鱼系统中再生稻生产关键技术[J]. 中国稻米, 2016, 22(6): 80-82.
- [33] 文衍红, 黄杰, 韦领英, 等. 山区稻田一季稻+再生稻+鲤综合种养集成技术研究[J]. 养殖与饲料, 2020(4): 13-18.
- [34] 童品球. 再生稻不同促芽肥施用试验[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(6): 36-37.
- [35] 郑永富, 李先民, 肖步金. 清流县机收再生稻芽苗肥施用量探讨[J]. 福建稻麦科技, 2015(6): 24-27.
- [36] 唐江霞, 林祁, 黄显波, 邓则勤, 林成豹. 留桩高度和促芽肥施用时间对泸优明占再生稻产量的影响[J]. 福建稻麦科技, 2018, 36(4): 17-19.
- [37] 李阳, 杨晓龙, 汪本福, 等. 头季留茬高度对水稻再生季产量和稻米品质的影响[J]. 作物杂志, 2021(6): 164-170.
- [38] 王肖凤汪, 吴凯, 夏方招, 等. 水分管理对再生稻稻米品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(2): 103-111.