

# 再生稻轻简化种植技术研究进展

胡志华<sup>1,2</sup> 李大明<sup>1,2</sup> 徐小林<sup>1,2</sup> 黄庆海<sup>1,2</sup> 柳开楼<sup>1,2</sup> 胡惠文<sup>1,2</sup> 叶会财<sup>1,2</sup> 周利军<sup>1,2</sup>  
余喜初<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup> 江西省红壤研究所/国家红壤改良工程技术研究中心, 南昌 331717; <sup>2</sup> 农业部江西耕地保育科学观测试验站, 南昌 331717;  
第一作者: hzh218314@yeah.net; \* 通讯作者: yxchu@126.com)

**摘要:**再生稻具有生育期短、资源利用率高、生产成本低、经济效益好等优势,可通过提高复种指数来显著提高水稻产量。轻简化栽培可显著降低生产投入,进而提高生产效益。发展再生稻轻简化种植对于稳定水稻产量和经济效益,尤其对南方光温资源一季有余两季不足及“双改单”稻区水稻增产具有重要意义。本文综述了我国再生稻轻简化种植技术的研究进展,并对今后的研究方向进行了展望。

**关键词:**再生稻;轻简化栽培;产量;经济效益

**中图分类号:**S511.048 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)03-0013-05

再生稻是通过采取适宜的栽培管理措施,利用主季水稻收割后稻桩上的休眠芽萌发生长成穗而再收获一季的水稻种植模式,又称“包孙谷”、“秧孙谷”等<sup>[1]</sup>。与双季稻或一季稻相比,再生稻具有生育期短、生产成本低、经济效益高等优势,还对农村劳动力紧张起到很好的调节作用。水稻是我国重要的粮食作物之一,稳定与提高水稻产量对于保障我国粮食安全具有重要意义。提高粮食产量的途径主要有:增加种植面积、提高单产和增加复种指数。而在当下水稻单产和种植面积难以取得巨大突破的大背景下,在南方光温资源一季不足两季有余的稻区发展再生稻,可显著提高稻田复种指数,进而提高水稻总产,可有效保障我国粮食安全。本文综述了我国再生稻及再生稻轻简化种植技术的研究进展,并对今后的研究方向进行了展望,旨在挖掘更加合理高效的再生稻轻简化种植模式,为水稻节本增效生产提供适当的理论支撑。

## 1 我国再生稻发展历史及现状

我国再生稻种植历史悠久,史料记载已有近 1 700 余年。大致上我国古代再生稻发展可划分为:创始期—两晋南北朝时期、唐宋初步发展时期、明清持续发展时期。两宋时期我国再生稻种植就已经发展至江西、四川、浙江等长江流域地区,到清代更是扩展到云贵高原。然而古代再生稻种植面积较小且零星分布,多作为灾后补救手段<sup>[2]</sup>。近现代以来,杨开渠等<sup>[3]</sup>率先对再生稻栽培技术和品种重要性状等进行了较为系统的研究,为后续再生稻生产、研究与发展奠定了理论基础。20 世纪 50 年代,再生稻在四川、广东等省得到较好的利

用,但产量较低、管理粗放、分布零星。20 世纪 60、70 年代四川省各科研机构对再生稻品种选育与栽培管理技术进行了深入研究<sup>[4]</sup>,为 20 世纪 80 年代再生稻作为一种新兴的耕作制度崛起奠定了基础。20 世纪 90 年代以来,随着我国水稻种植面积的大幅降低,江西、湖南、四川、湖北、浙江等地由于“用工荒”出现大量“双改单”现象,再生稻种植日益成为这些地区以及我国南方光温资源一季有余两季不足稻区,提高复种指数、增加稻田单位面积稻谷产量和经济收入的有效措施之一。近年来,谢华安院士及其团队育成多个强再生力的超级杂交组合,并在福建省三明市尤溪县取得了再生季产量 7.81 t/hm<sup>2</sup>(1999-2004 年)的喜人成果,在 2005 年更是创下再生季产量 8.81 t/hm<sup>2</sup> 的纪录<sup>[5-9]</sup>,这使得再生稻发展进入一个新高潮。

## 2 再生稻种植优势

### 2.1 提高水稻产量与生产效率

通过采取合理的栽培措施,在不影响头季稻产量的前提下发展再生稻,可显著提高稻田复种指数和水稻单产。研究表明,我国南方稻区光温资源一季不足两季有余及其他适宜种植再生稻的稻田有 330 万多 hm<sup>2</sup><sup>[6]</sup>,若再生稻产量能达到福建省尤溪县的水平,每 667m<sup>2</sup> 可增产 400 kg 左右,水稻总产量可增加近 200 亿 kg。

收稿日期:2017-01-03

**基金项目:**公益性行业(农业)科研专项(201503122-11);江西省水稻产业技术体系清洁生产与质量控制岗位(JXARS-02-06)

与种中稻或一季晚稻相比,再生稻是一种省工省肥、高产高效的稻作制度。再生稻再生季生育期较短,生育期通常在 50~60 d,再生季生长对水肥等需求较少,避免了病虫害的爆发<sup>[7]</sup>,如 5、6 代稻螟蚊等,大大降低了农药等物资的投入。此外,当前农村从事农业生产劳动力结构不合理,导致农业劳动力紧张,多地出现“双改单”的现象,在这些地区发展再生稻种植,不仅可以保障当地的粮食产量,还有效的解决了当前农村用工荒、用工贵等突出问题,显著提高生产经济效益及生态效益。朱校奇等<sup>[8]</sup>研究指出,与一般双季杂交稻种植相比,同等投入条件下“头季+再生稻”种植模式每  $\text{hm}^2$  可增加农民收入近 7 000 余元,刘建光等<sup>[9]</sup>研究也取得类似的结果。

## 2.2 改善稻米品质,增加产品附加值

随着我国经济的快速发展,人们生活水平日益提高,对稻米的品质有了更高的要求。研究表明,再生稻稻米品质要比单季稻或双季稻有所提高,主要表现有:整精米率提高,垩白粒率、垩白度和糊化温度降低,低含量型的品种(组合)直链淀粉含量增加等<sup>[10-11]</sup>。稻米品质对稻米价格具有显著影响。罗玉坤等<sup>[12]</sup>发现,稻米市场价格与稻米品质评分呈极显著正相关。因此,发展中稻+再生稻对于提升稻米品质,提高稻米附加值,实现农民增产增收具有重要意义。

## 3 影响再生稻产量形成的重要因子

### 3.1 再生力

再生稻可通过合理的栽培措施,实现额外多收一季的目标。再生季产量提升对于再生稻系统产量具有重要意义。以福建省尤溪县为例,其再生稻种植创下头季单产  $13\,967\text{ kg}/\text{hm}^2$ 、再生季单产  $8\,814\text{ kg}/\text{hm}^2$  和年产  $22\,781\text{ kg}/\text{hm}^2$  的高产纪录,其中再生季产量占总产的 38.69%<sup>[13]</sup>。水稻再生季产量与再生能力呈极显著正相关。研究表明,不同水稻品种间再生力存在巨大差异<sup>[14-16]</sup>。蒋彭炎等<sup>[17]</sup>认为,再生力是一个单基因控制的隐性性状;Bardhan 等<sup>[18]</sup>认为,出穗基因即是再生力基因;曾亚文等<sup>[19]</sup>研究指出,籼稻、粳稻、早稻、糯稻等都存在强再生力基因;而 Hillieris 等<sup>[20]</sup>认为,水稻可再生的特性是一个复合性状,受许多遗传因素和环境因素影响,其遗传机制较为复杂;晏月明等<sup>[16]</sup>发现,不同杂交组合间  $F_1$  代再生力也存在很大的差异。研究表明,杂交品种再生力与亲本组合方式关系密切<sup>[21]</sup>,一般  $F_1$  代再生力低于恢复系亲本的再生力,而强再生力的恢复系品

种更易于配组出强再生力的  $F_1$  代<sup>[22-23]</sup>。因此,选育强再生力杂交品种应选用强再生力的恢复系或广恢性的亲本组合<sup>[24]</sup>。虽然,水稻再生力的遗传机制较为复杂,且目前尚不十分清晰。但在前人大量的研究基础上可以发现,强再生力水稻品种具有抽穗期较晚、抗虫害能力强、头季成熟期茎鞘厚且干物质质量高、茎秆淀粉、蛋白质等含量高、茎鞘含氮量及可溶性糖含量高和光合相关组织器官衰老慢等特征<sup>[25-30]</sup>。此外,水稻再生力还与头季稻穗粒结构关系密切。刘永胜等<sup>[21,30]</sup>发现,有效穗数显著影响再生芽的萌发节位,进而显著影响水稻再生力,且在一定范围内呈显著正相关;徐富贤等<sup>[31]</sup>研究指出,每穗粒数低、千粒重高的水稻再生力较强;头季结实率可影响茎基部碳水化合物的累积,进而影响水稻再生能力,但影响未达显著水平<sup>[21]</sup>。这些均为强再生力品种选育工作中目标性状的确定提供了重要的理论依据,且目前已培育出一批再生力与产量表现较好的水稻品种,如两优航 2 号、内优航 148、两优 2161、准两优 608、K 优 926、Q 优 12 号、汕优 63 等。

### 3.2 头季收割留桩高度

腋芽萌发成穗数量是再生稻产量形成的关键。腋芽按照其在茎秆上的分布位置可划分为上位芽(倒 2、倒 3 节芽)和下位芽(倒 4 至倒 6 节芽)<sup>[3,32-33]</sup>。不同节位腋芽对再生季产量贡献存在巨大差异,与下位芽相比,上位芽在芽长与干物质质量等方面具有明显优势,通常上位芽对再生季产量贡献达 70% 左右<sup>[33]</sup>。郑长敏等<sup>[34]</sup>则认为,再生季产量主要由倒 3、倒 4 节贡献,而施能浦等<sup>[32]</sup>则提出了优势芽穗的概念,并对其变化规律进行了研究。头季收割留桩高度直接影响不同节位休眠芽的数量,并显著影响再生季的产量形成。凌启鸿等<sup>[35]</sup>根据留茬高度与再生季有效穗数的关系将再生稻品种划分为高节位再生稻型、低节位再生稻型、全节位再生稻型和少节位再生稻型。罗文质等<sup>[4,36]</sup>按照再生节位的不同,将再生稻品种划分为上位再生、下位再生和上下位再生 3 种类型。此外,不同节位再生芽的生长、发育和存活率等在水稻籼、粳亚种间存在显著差异,一般籼型品种上位芽存活率高,而粳型品种则相反<sup>[25]</sup>。不同亚种腋芽衰老死亡顺序也存在巨大差异,表现为籼型由上而下,粳型由下而上<sup>[26]</sup>。因此,按水稻亚种表现不同可以将再生稻分为籼型再生稻和粳型再生稻。近几十年来随着我国再生稻种植的发展,前人围绕再生稻合理留桩高度做了大量研究,留桩高度过高或过低均不利于水稻再生季的生长与产量形成,高留桩水稻容易再

生,能保全更多的休眠芽,还能增加再生季对残茬养分的利用<sup>[37-38]</sup>,但留桩高度过高,上部叶片易枯黄,不利于再生季大穗的形成,且还易于出现抽穗不齐等现象,不利于再生季高产<sup>[39]</sup>。低留桩再生季生育期较长,潜在产能显著提升,且抽穗整齐,但留桩过低,再生季有效穗数降低,不利于增产。因此,实现再生稻头茬合理留桩高度是再生稻生产中的关键环节<sup>[40]</sup>。诸多研究指出,头季合理留桩高度为 25~40 cm<sup>[11,39-40]</sup>。然而,不同品种及不同类型水稻头季最适留桩高度存在巨大差异。黄志刚等<sup>[41]</sup>研究表明,培两优 210 属于低留桩型再生稻,头季留桩高度 10 cm 有利于实现强“源”、疏“流”、扩“库”的目标,而针对汕优 63 的品种特性,头季留茬则有着“保二、留三、争四”的说法<sup>[42-43]</sup>。针对不同地区再生稻留桩高度研究发现,合肥地区再生稻最适留桩高度为 25~30 cm<sup>[44]</sup>,湖南地区则以 40 cm 左右留桩高度产量较高<sup>[45]</sup>。再生稻头季留桩高度不仅显著影响再生季水稻产量,还对再生季稻米品质有显著影响<sup>[41]</sup>,头季稻留高桩的处理与留低桩的处理相比,再生稻胶稠度和直链淀粉含量显著变优。

### 3.3 气候环境

再生稻腋芽萌发、开花等需要适宜的光温资源,水稻齐穗与开花期对温度,尤其是对低温较为敏感。一般水稻开花期连续 3 d 遇到低于 22℃ 的温度,则会严重影响水稻结实,显著降低结实率与产量。中稻+再生稻由于其生长特殊性,至少需要维持 60 d 的安全气温(平均气温不低于 23℃),才能保障再生季正常的抽穗与灌浆<sup>[46]</sup>。张景国等<sup>[47]</sup>研究指出,要保证汕优系列再生稻结实良好,开花期日均温度要求高于 22℃;熊洪等<sup>[48-49]</sup>发现,再生稻休眠芽萌发最适温度为 25℃~28℃。也有研究指出,不同类型再生稻开花结实对温度条件的要求差异明显,开花期连续的日平均温度,籼稻不低于 23℃,日最高温度不低于 25℃,粳稻日平均温度不低于 20℃,日最高温度不低于 23℃,适宜日平均温度 23℃~29℃<sup>[50]</sup>。因此,再生稻头季收割时间直接影响再生季开花结实。头季收获过晚容易造成再生季花而不实,过早则头季水稻成熟较差,产量与品质等均受到显著影响。

### 3.4 合理施肥

黄育民等<sup>[51]</sup>指出,再生季生长所需养分 2/3 来自于土壤,仅 1/3 来自于蓄留稻桩转运,且再生芽萌发对氮肥十分敏感。研究表明,合理施用促芽肥明显促进了腋芽的萌发成穗,显著提高水稻再生季产量<sup>[46,52-53]</sup>。张桂莲等<sup>[54-55]</sup>研究发现,氮肥作促芽肥促进了低位腋芽的萌

发成穗,显著提高了再生稻的有效穗数和产量。再生季肥料施用量与施用方式显著影响再生季与头季稻产量。姜照伟等<sup>[56]</sup>研究表明,再生稻产量和氮素吸收等与再生季氮肥用量呈抛物线关系,产量在 241.3 kg/hm<sup>2</sup> 的氮肥用量下最高。徐富贤等<sup>[57]</sup>研究指出,不同杂交组合水稻促芽肥适宜施用量存在明显差异,着粒数较低(130~160 粒/穗)的杂交组合,促芽肥用量以 150 kg/hm<sup>2</sup> 尿素为宜,着粒数中等(170~200 粒/穗)组合尿素用量以 300 kg/hm<sup>2</sup> 最为适宜,着粒数较高(210~250 粒/穗)组合,促芽肥尿素用量应高于 300 kg/hm<sup>2</sup>。此外,促芽肥施用时间显著影响再生稻腋芽萌发及产量形成,而不同研究对于促芽肥适宜施用时间存在较大差异,通常再生季促芽肥在头季齐穗后 10~20 d 施用<sup>[57-59]</sup>,促苗肥在头季收获后 2~4 d 施用,也有研究认为在头季收割前 7~10 d 施用促芽肥为宜<sup>[57]</sup>。凌启鸿等<sup>[59]</sup>则认为,齐穗后 25~28 d 施用促芽肥更有利于再生稻的生长与产量形成。造成结果不同的原因可能是品种以及地区气候等差异共同作用的结果。因此,完善不同区域再生季肥料施用量、时间、方式等资料对于实现再生稻高产高效具有重要意义。

## 4 再生稻轻简化栽培

近年来水稻直播受到广大农民的喜爱,与传统栽插方式相比,直播省去了大量的育秧及移栽成本,显著提高了水稻种植的经济效益<sup>[60-61]</sup>,并且缩短了水稻生育周期,能够更好的缓解双季稻区光温资源的不足,还有利于晚稻免受“寒露风”等灾害的影响。此外,抛秧也因其大大节约了移栽工时、密度可控而广受推崇<sup>[62-63]</sup>。柳开楼等<sup>[64]</sup>研究表明,与手工移栽相比,直播与抛秧模式下,再生稻头季经济效益均显著提高,分别增加 61.9% 和 44.8%。因此,发展再生稻直播与抛秧种植可进一步促进再生稻节本节工、资源利用高效等优势发挥。

随着我国农业集约化、规模化发展,水稻种植全程机械化已经成为我国农业发展的必经之路<sup>[65-66]</sup>。水稻机械移栽、机械直播等技术得到了长足的发展<sup>[67-68]</sup>。且与之配套的工厂化育秧技术也取得了较大的突破<sup>[69]</sup>。这些成果均对我国水稻种植节本增效起到了巨大的作用。然而,机械收割对稻桩碾压严重,显著降低了再生季有效穗数与产量<sup>[59]</sup>。因此,开发再生稻专用的新型收割器械,以及加强头季收割时段田间水肥管理技术研究,将成为降低机械碾压,提升再生稻种植机械化水平及经济效益等重要研究方向。



## 5 展望

再生稻生产节时省力优势明显,而再生稻需肥种类复杂,如需基肥、蘖肥、穗肥、促芽肥、促苗肥等,施肥次数多,显著提高劳动力成本,制约了这一优势的发挥。因此,实现再生稻轻简化施肥,减少施肥次数可有效降低生产成本,是实现再生稻节本增效的重要途径。此外,与传统栽插方式向比,直播与抛秧在降低移栽成本方面具有明显优势,强化直播与抛秧等相关技术研究,降低直播和抛秧的连作障碍将成为再生稻生产中重要的节本途径。随着我国农业科技的不断发展,水稻种植全程机械化水平将日益提升,完善再生稻种植相配套的技术,实现再生稻种植全程机械化也是今后再生稻产业发展的重要趋势。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 郭文韬.略论中国再生稻的历史发展[J].中国农史,1993,12(4):1-6.
- [3] 杨开渠.再生水稻研究[J].农业学报,1958,9(2):286-329.
- [4] 管康林.论再生稻[J].植物生理学通讯,1986(6):9-14.
- [5] 张瑞祥,李士明,张红林,等.杂交水稻再生稻组合的筛选研究[J].杂交水稻,2001,16(4):36-38.
- [6] 张上守.改革稻作制发展再生稻[J].福建农业科技,2006(5):1-3.
- [7] 周红英.再生稻轻简化高产栽培技术及其生理机制研究[D].武汉:华中农业大学,2012.
- [8] 朱校奇,邓启长,李杰,等.超级杂交稻Y两优1号“头季稻-再生稻”示范表现及关键技术[J].中国稻米,2007,13(4):53-55.
- [9] 刘建光,张德遵.我国超级再生稻研究和生产获重大突破 尤溪县超级再生稻头季单产创全国新纪录[J].中国稻米,2002,8(6):24-25.
- [10] 刘国华,邓化冰,陈立云,等.中稻头季稻与再生稻的品质比较研究[J].杂交水稻,2002,17(1):45-47.
- [11] 徐富贤,熊洪,张林,等.杂交中稻留桩高度对再生稻米质的影响及其与头季稻米质的关系[J].中国稻米,2014,20(1):86-87.
- [12] 罗玉坤,朱智伟,金连登,等.从普查结果看我国水稻品种品质的现状[J].中国稻米,2002,8(5):9.
- [13] 陈鸿飞,杨东,梁义元,等.头季稻氮肥运筹对再生稻干物质积累、产量及氮素利用率的影响[J].中国生态农业学报,2010,18(1):50-56.
- [14] 任天举,李经勇,张晓春,等.水稻杂种F<sub>1</sub>再生力特性的配合力和遗传力分析[J].西南农业学报,2004,17(3):287-291.
- [15] 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.
- [16] 晏月明,王绪信,邵启明,等.水稻亚种间杂交再生力特性的遗传[J].西南农业大学学报,1992,14(6):517-520.
- [17] 蒋彭炎.再生稻的生育特性与高产栽培要点[J].中国稻米,1996,2(6):30-33.
- [18] Patena G. Rice with ratooning ability for deep water areas[R]//International rice research institute and department of agriculture ministry of agriculture and cooperativesedings of the international deep-water rice workshop; Bangkok, Thailand. Vii 501p. International Rice Research Institute: Laguna, Philippines. Illus. Maps. 1982: 305-308.
- [19] 曾亚文,李自超.云南稻种核心种质的再生力研究[J].中国农学通报,2002,18(4):14-16.
- [20] Hillerislambers D. Varietal improvement for rice ratooning: traits, procedures, collaboration[J]. *Rice Ratooning*, 1988: 247.
- [21] 刘永胜,周开达,曾日勇,等.水稻亚种间杂种的再生力及其与头季稻农艺性状的相关性[J].中国水稻科学,1992,6(4):151-154.
- [22] 孙伟,陈春燕.杂交水稻再生力多样性初探[J].中国农学通报,2002,18(2):12-14.
- [23] 李实,陈廷文.水稻品种再生力特性的遗传研究[J].中国农业科学,1988,21(2):6.
- [24] 唐浩,陈立云,杨益善,等.水稻的再生率及其与产量性状的关系[J].杂交水稻,2003,18(3):55-58.
- [25] 徐富贤,洪松.再生稻穗部性状与母茎叶片的关系[J].西南农业学报,1995,8(1):8-12.
- [26] 封晋.湖南省杂交水稻再生稻栽培技术研究初报[J].湖南农业科学,1990(2):5.
- [27] 徐富贤,熊洪,洪松.杂交中稻抽穗后再生芽生长与头季稻茎鞘物质积累的关系[J].中国水稻科学,1997,11(3):160-164.
- [28] 廖廛,曹大铭.再生稻茎秆贮藏淀粉与再生苗生长的细胞化学研究[J].南京农业大学学报,1991,14(2):12-15.
- [29] 任天举,李经勇.保芽及促芽肥<sup>15</sup>N对中稻-再生稻的生理效应初探[J].再生稻,1995(1):25-29.
- [30] Vergara B, Lopez F, Chanuhan J. Morphology and physiology of ra-toon rice [J]. International Rice Research Institute (Los Baños, Fil-ippinas) Rice ratooning Los Baños, 1988: 31-40.
- [31] 徐富贤,熊洪.杂交中稻品种间着粒数与再生力关系[J].四川农业大学学报,1998,16(3):304-306.
- [32] 施能浦.杂交早稻-再生稻栽培特性与技术研究初报[J].杂交水稻,1995,10(1):18-25.
- [33] 孙晓辉,田彦华,杨火伦,等.示踪研究头季稻留桩节位与再生稻的磷素利用和经济性状的关系[J].核农学报,1984,4(7):13.
- [34] 郑常敏.再生稻生长发育及产量构成特点初探[J].中国稻米,1996,2(4):11-12.
- [35] 凌启鸿,苏祖芳,侯康平,等.水稻潜伏芽生长和穗分化形成规律及其应用的研究[J].中国农业科学,1989,22(1):35-43.
- [36] 罗文质,刘其昌.我国再生稻的研究利用[J].今日种业,1979(1):52-57.
- [37] 兰兴庆.两优2186再生生育特性及其栽培技术[J].杂交水稻,2003,18(1):34-36.
- [38] 罗赣丰,郭飞舟,周志宏,等.再生稻高产栽培技术研究[J].江西

- 农业学报, 2007, 19(6): 19-20.
- [39] 谭虎林, 何强, 彭文俊. 培两优 500 作中稻蓄留再生的高产栽培技术[J]. 湖南农业科学, 2002(3): 18-19.
- [40] Harrell D L, Bond J A, Blanche S. Evaluation of main-crop stubble height on ratoon rice growth and development [J]. *Field Crop Res*, 2009, 114(3): 396-403.
- [41] 黄志刚, 屠乃美, 江巨鳌, 等. 留桩高度对培两优 210 再生稻产量和源库性状的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4 572-4 579.
- [42] 施能浦. 杂交中稻—再生稻超高产栽培技术 [J]. 中国稻米, 1997, 3(5): 18-21.
- [43] 施能浦. 中国再生稻栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [44] 陈周前. 再生稻栽培利用的初步研究 [J]. 安徽农业科学, 1986 (2): 10-12.
- [45] 张黎光, 黎用朝. 插秧根数与留桩高度对中稻及其再生稻产量的影响[J]. 湖南农业科学, 1994(2): 21-22.
- [46] 李义珍, 黄育民, 陈子聪, 等. 再生稻丰产技术研究[J]. 福建省农科院学报, 1991, 6(1): 1-12.
- [47] 张景国. 杂交中稻再生技术研究和应用 [J]. 杂交水稻, 1991, 6 (4): 6-8.
- [48] 熊洪, 方文, 谭震波. 杂交中稻不同时期收割对头季稻和再生稻产量的影响[J]. 杂交水稻, 1990, 5(4): 6-8.
- [49] 方文, 熊洪, 姚文力. 再生稻腋芽萌发的生态条件研究[J]. 生态学杂志, 1990, 9(5): 4-9.
- [50] 任昌福, 刘保国. 再生稻培植技术[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [51] 黄育民, 蔡亚港. 再生稻丰产技术研究: VIII. 再生稻株对促芽肥的吸收积累[J]. 福建稻麦科技, 1995, 13(3): 45-47.
- [52] 姜照伟, 林文雄, 李义珍, 等. 不同氮肥施用量对再生稻干物质积累运转的影响[J]. 福建农业学报, 2004, 19(2): 103-107.
- [53] 李义珍. 南方再生稻超高产理论与技术模式研究及应用 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2008.
- [54] 张桂莲, 屠乃美, 张顺堂. 杂交水稻腋芽再生特性[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(4): 323-327.
- [55] 刘爱中, 张胜文, 屠乃美. 稻桩贮藏同化产物的分配与再生稻腋芽再生率及产量构成的关系[J]. 华北农学报, 2008, 23(3): 190-193.
- [56] 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.
- [57] 徐富贤, 熊洪, 洪松. 促芽肥施用时期对杂交中稻再生力的影响[J]. 四川农业大学学报, 2001, 19(1): 21-23.
- [58] 冉茂林, 张乃洪. 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.
- [59] 张羽, 刘习中, 钱伟宏. 不同收获方式和催芽肥施用时间对再生稻产量的影响[J]. 中国稻米, 2015, 21(6): 83-84.
- [60] 邹应斌. 亚洲直播稻栽培的研究与应用 [J]. 作物研究, 2004, 18 (3): 133-136.
- [61] 陈健. 水稻栽培方式的演变与发展研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2003, 34(5): 389-393.
- [62] 戴其根, 苏宝林. 抛秧水稻生长发育与产量形成的生态生理机制 I. 活棵立苗及其生态生理特点[J]. 作物学报, 2001, 27(3): 278-285.
- [63] 张洪程, 戴其根, 霍中洋, 等. 中国抛秧稻作技术体系及其特征[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 43-52.
- [64] 柳开楼. 赣东北再生稻轻简化种植模式播期优化及其对源库关系的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [65] 朱德峰, 陈惠哲, 徐一成. 我国水稻种植机械化的发展前景与对策[J]. 北方水稻, 2007(5): 13-18.
- [66] 宋建农, 庄乃生, 王立臣. 21 世纪我国水稻种植机械化发展方向[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(2): 30-33.
- [67] 唐湘如, 罗锡文, 黎国喜, 等. 精量穴直播早稻的产量形成特性[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 84-87.
- [68] 罗锡文, 蒋恩臣, 王在满, 等. 开沟起垄式水稻精量穴直播机的研制[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 52-56.
- [69] 孙华林, 赵冬华, 张军年, 等. 机插水稻育秧基质试验效果及推广前景分析[J]. 中国农机化, 2008(2): 78-79.

## Research Progress of Simplified Cultivation Technology of Ratoon Rice

HU Zhihua<sup>1,2</sup>, LI Daming<sup>1,2</sup>, XU Xiaolin<sup>1,2</sup>, HUANG Qin Hai<sup>1,2</sup>, LIU Kailou<sup>1,2</sup>, HU Huiwen<sup>1,2</sup>, YE Huicai<sup>1,2</sup>, ZHOU Lijun<sup>1,2</sup>, YU Xichu<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup> Jiangxi Institute of Red Soil/National Engineering and Technology Research Center for Red Soil Improvement, Nanchang 331717, China; <sup>2</sup> Jiangxi Scientific Observation and Experimental Station of Arable Land Conservation, Ministry of Agriculture, Nanchang 331717, China; 1st author: hzh218314@yeah.net; \*Corresponding author: yxchu@126.com)

**Abstract:** Ratoon rice has the advantages of short growth period, high resource utilization, low production input and high economic benefit, which could significantly increase the multiple cropping index and rice yield. Simplified cultivation could reduce the inputs and increase production efficiency significantly. It's great value to improve rice yield and economic benefit by developing the simplified cultivation of ratoon rice, especially in the areas where the light-temperature resources were not enough to grow double season rice and the "double change single" region. The authors summarized the progress of simplified cultivation technology of ratoon rice, and prospected the future research directions in this paper.

**Key words:** ratoon rice; simplified cultivation; yield; economic benefit