

# 再生稻理论和技术研究进展和展望

刘德生<sup>1</sup> 张宇飞<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>长江大学农学院,湖北荆州 434025; <sup>2</sup>湖北省荆州市农业局,荆州 434000)

**摘要:**根据已报道资料和生产实践,综述了再生稻理论和技术研究进展,高产关键限制因素和对策,对再生稻未来研究方向进行了展望,包括再生稻的产量构成和生态农艺措施多因素互作机制规律的定量研究,品种再生力控制基因测定和分子育种研究,再生稻全程机械化或轻简化栽培的配套技术和产业化应用研究,再生稻米品牌化研究等4个方面。

**关键词:**杂交水稻;品种;再生力;理论;技术;产业化

再生稻,是利用水稻收割后稻桩上休眠芽,采取一定的管理栽培措施使休眠芽萌发、生长成穗而收割的一季水稻。根据中稻—再生稻所需要的温光条件测算,我国南方稻区适合种植再生稻的面积达330万 $\text{hm}^2$ ,而目前再生稻有收面积(再生季产量超过 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ )的仅有45万 $\text{hm}^2$ ;当前全国再生季产量最高水平为 $7500\text{kg}/\text{hm}^2$ ,而一般大田生产产量水平为 $1500\sim 4500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。由此可见,再生稻推广面积、单产都还有巨大的潜力和发展前景。

## 1 再生稻的基本特性

**1.1 再生稻的库特性** 再生稻产量的高低取决于库容量与库藏物质的积累量。衡量库结构的指标主要有单位面积内有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重。研究再生稻产量与产量构成因子的相关性发现再生稻头季产量与每穗实粒数相关性最为密切,其次为有效穗数;再生季产量与有效穗数相关性最为密切,其次为每穗实粒数<sup>[1]</sup>。头季稻穗的灌浆期与再生季的一二次枝梗分化期和颖花分化期同步,养分供求矛盾紧张,限制了再生季靠大穗增产的可能。

**1.2 再生稻的源特性** 再生稻的源包括茎鞘源、叶源和根源。头季收割后稻桩茎鞘中的氮素运转到再生分蘖,在头季稻成熟到再生季成穗期间的氮素输出率高达37%~49%,再生季齐穗后,稻桩茎鞘的氮素输出率减少到15%~20%<sup>[2]</sup>。高位芽对稻桩茎鞘储存物质的依赖性较低位芽大,高位芽养分主要来自头季稻桩贮存的营养物质,低位芽养分的主要来源是头季老根和低位芽上萌发的新根。再生季的叶片净同化率高于头季。再生季后期叶片的光合

作用积累是籽粒灌浆的主要物质基础和供应源<sup>[3]</sup>。不同节位叶片的光合速率有显著差异,叶序从上往下依次为:剑叶>倒1>倒2>倒3>倒4……等。再生稻的根系主要由两部分组成,即母茎上留下来的老根及再生季老根上产生的新根和休眠芽上根原基萌发产生的新根。新老根系存在一定的互补和制约关系,高留桩有利于恢复与维持头季根系活力,低留桩有利于休眠芽再生根的萌发,头季成熟期至再生季齐穗期根系活力直接影响到再生季产量<sup>[4]</sup>。

**1.3 再生稻的流特性** 主要包括营养物质的运输能力和光合产物分配。枝梗过氧化氢酶的活性是反映营养物质运输能力的重要指标,研究表明再生稻齐穗后20d枝梗过氧化氢酶活性与穗粒数、产量呈正相关<sup>[5]</sup>。头季后期光合产物一半以上运往头季穗部,分配到头季倒2节、倒3节茎和鞘的光合产物最多,仅8%~10%分配到再生季穗部;再生季的光合作用产物主要分配到再生季稻穗,并以倒2、3、4节位的稻穗分配比例最大。再生季孕穗期、齐穗期、齐穗后15d的光合产物均以穗部最多,茎内次之,鞘内最少,芽内最少。

**1.4 再生稻的生态特性** 水分、冠层性状、温度、湿度、日照时间等都会影响再生稻休眠芽的萌发和产量形成。休眠芽对水分的敏感性在头季稻收割前15d大于收割后,水分胁迫会导致头季穗实粒数和千粒重下降,严重影响休眠芽的伸长和萌发,导致再生季的有效穗不足。再生稻休眠芽萌发的适宜温度条件是 $26.5\text{℃}$ 左右,相对湿度为82.9%,两者必须同时满足,发苗数与日照时数有关。改善株间通风透

光条件、降低湿度,可促进休眠芽伸长。

**1.5 再生稻的生育特性** 水稻地上部分有5~6个节,每个节上的休眠芽条件适宜时均可萌发,但萌发早迟、生长发育进程因品种和部位不同而各异。茎生腋芽的头3个叶原基的分化与母茎叶片伸长保持相关生长关系,抽穗前按由上而下的节位顺序开始一、二次枝梗分化,母茎成熟时倒2、3芽大多进入二次枝梗分化,倒4、5芽大多进入一次枝梗分化<sup>[6]</sup>。头季收割后再生芽幼穗分化因品种不同而出现两种类型,即一种是中间节上的再生芽发育快,两头节上的再生芽发育慢,另一种是随着伸长节间上升各节位再生芽的幼穗分化进程加快。不同品种再生芽幼穗分化停止期长短不同,不同节位再生芽幼穗分化时期有差异。

**1.6 再生稻的化学调控** 多效唑和赤霉素可促进休眠芽伸长,增加再生季发苗数,其中赤霉素还能促进再生季早抽穗开花。有的认为赤霉素结合促芽肥施用,以延缓头季早衰,促进休眠芽的伸长,有的认为赤霉素在再生季发苗期时施用,可增加发苗数,有的则认为赤霉素在再生季始穗期施用,促进下部分蘖早抽穗开花,提高结实率。笔者认为在再生季始穗期使用赤霉素的增产作用大于其他2个时期。喷施植物生长调节剂和微肥可缓解高温干旱对再生季发苗的影响,增加有效穗数<sup>[7]</sup>。喷施赤霉素和细胞分裂素可打破再生芽的休眠。再生季始穗期喷施“九二〇”可提高结实率,增加每穗结实粒数和千粒重,加速灌浆进程<sup>[8]</sup>。

## 2 再生稻再生机理

**2.1 再生机理及影响因素** 再生稻再生力与品种类型,农艺操作措施(如促芽肥施用、晒田、病虫害防治、头季收割成熟度、收割方式),营养器官(如根系、叶片、留桩高度)等有关。高产组合再生稻头季群体特征主要库源指标及参数范围为:穗粒数160~190粒,叶粒重比0.0737~0.0827cm<sup>2</sup>/mg,有效穗232.12~249.40万hm<sup>2</sup>,结实率81.5%~85.7%、千粒重28.6~30.1g<sup>[9]</sup>。

**2.2 促芽肥对再生力的影响** 促芽肥能延缓头季生长后期绿叶衰老速度,缓解在头季齐穗后休眠芽的死亡速度,提高叶片的光合速率、低位芽的成活率,增加有效穗数,优化穗粒结构。再生芽成活率、

有效穗数、产量及穗粒结构分别与头季稻收割时母茎鞘干物质重呈极显著正相关。叶片的光合速率提高,增加了光合产物向穗部的输送比例,相对减少了母茎鞘贮藏的光合产物向穗部的输入量。促芽肥施用时间越早越有利于提高再生稻的再生力,尿素施用量最佳为112.5~225.0kg/hm<sup>2</sup>不等。

**2.3 叶片和纹枯病对再生力的影响** 顶3叶的光合产物能基本满足头季穗部灌浆结实的需要,再生季腋芽的主要营养来源在倒4叶及以下叶片。纹枯病会直接导致稻株基部叶鞘及相应节位的休眠芽发病枯死,减少再生芽的萌发基数,减少光合源数量。提高水稻再生力要保护好基部叶片的正常生长并延长功能期,务必搞好纹枯病的防治。

**2.4 根系对再生力的影响** 再生力与根系干物质量和活力密切相关,再生蘖的生长发育依赖于头季稻桩残留的根系,再生季稻穗数与头季成熟期、再生稻齐穗期的根系机能呈极显著正相关。头季适当晒田有利于提高根系活力,根系形态发达、机能高而持久,可提高再生力和再生季产量。

**2.5 收割留桩高度对再生力的影响** 收割留桩高度对再生力的影响与品种自身的特征特性和收割方式有关。留桩越高,再生苗萌发越快,总再生率越高。早稻品种宜留低桩,杂交中粳中早熟品种宜留中桩,杂交中粳迟熟品种宜留高桩。头季机械收割,留桩高度35~45cm为宜,早收割的稻桩适当留低,迟收割的适当留高<sup>[10]</sup>。再生稻留桩高度的产量效应主要表现在对有效穗数、每穗总粒数和结实率的影响<sup>[11]</sup>。

## 3 再生稻高产的关键限制因素及对策

**3.1 大面积种植产量不平衡** 大面积种植产量不平衡的主要制约因素是因头季栽插密度过稀,促芽肥施用量不足不及时,头季收割前休眠芽大量死亡等造成有效穗数不足。加大栽插密度,尽量采取集中连片种植再生稻,组织专业技术组加强技术普及力度和农艺操作指导施肥,针对具体田块确定促芽肥的施用时间和施用量,是整体提高再生稻平均产量的有效措施。

**3.2 头季机械收获对产量的影响** 再生稻头季机收会导致减产,据调查统计,江汉平原头季机收比人工收割减产8%~30%。为便于收割机行走,稻田需

要在头季收割前 10~15d 排水,而此时高温天气加速了再生芽的死亡,收割机碾压稻桩,也影响再生芽的萌发生长。对策:选用合适的品种;选用自重较轻的收割机,适时卸谷减轻自重;头季尽可能推迟排水时间,确保能正常收割的情况下机械压损的稻桩不会陷入泥中。

**3.3 再生季开花期间的低温危害** 籼稻正常开花的临界日均温是 22℃,再生季结实率稳定在 70% 以上的临界日温度是 21℃,确保再生稻避免低温影响的关键措施时是保证再生稻在寒露风来临之前齐穗。对策:选择合适熟期的品种;利用覆膜育秧技术播种提早 10~15d,头季收割期提早 4~5d;头季收割时高留桩,利用头季稻桩中上部发苗早而快的倒 3、4 节再生蘖抽穗。

## 4 未来研究展望

**4.1 再生稻产量构成规律和生态农艺措施的互作机制的定量研究** 综观先期研究进展,对再生稻的高产机理和技术、生态和农艺措施对再生芽长的影响研究多为单因素定性研究,缺乏多因素互作机制的定量研究。品种再生力受到气候、品种、地力、农艺措施等综合性的影响,我们可以采用人工气候室和大田分期播种相结合的方法,通过栽插密度、肥料运筹、水分管理、栽秧方式等人工调节,对再生稻的产量构成规律——源、库结构和头季生长后期生理、生态、病虫害流特性与再生芽生长、再生季产量之间互作机制进行定量研究,揭示再生稻高产的关键因素和产量构成与生态农艺措施之间的关系和互作规律,为科学制定关键栽培技术和提高肥水利用效率提供指导。

### 4.2 品种再生力控制基因测定和分子育种研究

当前选育再生稻品种的主要途径是从种植表现较好的中稻和晚稻中筛选,适宜品种数量不多,限制了再生稻的应用推广。从不同的品种在相同的生态和农艺措施条件下具有不同的再生能力可以看出,品种再生力受到遗传基因控制。我们要培育强再生力品种资源,通过加强和控制品种再生力的基因测定并标记,深入研究品种再生力的遗传规律,同时开展分子育种研究,有目的地杂交配组,加快再生稻品种的选育进程。

**4.3 再生稻全程机械化或轻简化生产的配套技术及产业化应用研究** 目前对再生稻研究多是在人工移栽的条件下开展,开展适应全程机械化或轻简化生产的再生稻配套技术研究十分必要。应重点从水稻品种类型、机插时间和密度、留桩高度、机收技术和收割机的选择与设计、直播时间及再生季后期管理等方面进行研究。另外建议由农业主管部门牵头,从发展布局、政策支持、品种选育、关键栽培技术推广、再生稻米深度加工销售、人才培养等全产业链高度进行科学谋划研究,各环节之间实现无缝对接和有效的利益分配机制,共同做大做强再生稻产业。

**4.4 再生稻品种和稻米的品牌化研究和实践** 再生稻的稻米具有安全、环保、品质高、食味佳的特点,具备打造品牌的良好基础。建议种企和大米加工企业开展强强联合,开展独具特色的再生稻米品牌建设,形成从种到收,从加工到贸易一条龙式的产业链条,开展订单式生产、规模化生产、集约化生产、标准化生产,进一步提高再生稻的应用推广范围和经济效益。

## 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和展望[J]. 中国生态农业学报. 2015,23(4): 392-401
- [2] 秦鹏,屠乃美. 再生稻源库特性研究现状和展望[J]. 作物研究,2004(51): 329-333
- [3] 易镇邪. 杂交水稻不同节位再生稻源库关系研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2003
- [4] 郑景生,林文,卓传营,等. 再生稻根干物质质量及根系活力与产量的相关性研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12(4): 10-109
- [5] 易镇邪,周文新,秦鹏,等. 再生稻与同期抽穗季稻源库流特性差异研究[J]. 作物学报,2009,35(1): 140-148
- [6] 熊洪,冉茂林,徐富贤,等. 南方稻区再生稻研究进展及发展[J]. 作物学报,2000,26(3): 297-304
- [7] 张桂莲,屠乃美,张顺堂. 喷施赤霉素和细胞分裂素对再生稻腋芽萌发和产量的影响[J]. 耕作与栽培,2004(5): 26,42
- [8] 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
- [9] 易镇邪,周文新,屠乃美,等. 留桩高度对再生稻源库形状与物质运转的影响[J]. 中国水稻科学,2009,23(5): 509-516
- [10] 钱太平,梅少华,张键,等. 再生稻不同留桩高度和收割方式的产量及其构成因素分析[J]. 湖北农业科学,2015,54(1): 14-17

(收稿日期: 2017-05-24)