

湛江华,汪峰,史骏,等. 甬优籼粳杂交稻作再生稻种植的再生特性及产量形成分析[J]. 华中农业大学学报, 2024, 43(3): 132-138.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.03.013

甬优籼粳杂交稻作再生稻种植的再生特性 及产量形成分析

湛江华¹,汪峰¹,史骏¹,肖山¹,何水清²,王亚梁³,朱德峰³,陈若霞¹

1. 宁波市农业科学研究院/宁波市特色农产品质量安全检测与控制重点实验室, 宁波 315040;
2. 浙江省常山县农业农村局, 常山 324200; 3. 中国水稻研究所, 杭州 310006

摘要 为探究甬优籼粳杂交稻作再生稻种植时的再生特性及产量形成特点,以生产上应用广泛的甬优籼粳杂交稻品种甬优1540和甬优4949为试验材料、籼型杂交稻品种隆两优534为对照材料作再生稻种植进行了田间试验。结果显示:籼粳杂交稻和籼型杂交稻2个类型品种的再生特性存在显著差异;籼粳杂交稻甬优1540和甬优4949的优势再生节位为低节位的倒5节和倒4节,2个节位的再生苗有效穗占比之和分别为81.9%和68.9%,产量贡献率之和分别为89.6%和72.5%;2个节位再生稻的穗长、每穗粒数显著高于倒3节和倒2节,并呈现出从下往上节位逐步变小的趋势;而籼型杂交稻品种隆两优534的优势再生节位则是高节位的倒2节和倒3节,2个节位的有效穗占比和产量贡献率之和分别为71.5%和72.5%;甬优4949头季稻收割后1~7 d内的再生苗的成穗率、有效穗占比和产量贡献率分别为89.4%、74.6%和79.2%,均显著高于收割后8~12 d和12 d以上的再生苗;甬优1540和甬优4949再生稻的穗长、每穗粒数均要显著大于隆两优534,产量分别增产21.6%和17.3%。结果表明甬优籼粳杂交稻的低节位强再生力和再生苗穗大粒多的再生特性是其作再生稻种植时易获得高产的主要因素。

关键词 籼粳杂交稻;再生稻;再生特性;产量形成;轻简栽培

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2024)03-0132-07

再生稻是一种利用水稻的再生特性,通过科学的栽培管理措施,使头季水稻收割后稻桩上的休眠芽迅速萌发生长成穗而再收获一季的水稻种植模式^[1],在我国已有悠久的栽培历史,但因单产水平偏低,我国再生稻发展长期处于低迷状态^[2]。近年来,随着强再生力水稻品种的育成、再生稻栽培技术的发展和水稻种植成本的不断提升,再生稻种植的经济效益显著优于单季稻和双季稻,我国的再生稻发展势头迅猛且已成为我国南方稻区重要的轻简栽培方式^[3]。再生稻种植模式具有节省种子、人工、肥料、农药,以及增产、增收、米质优、绿色等优点,还可较好地缓解农忙和减轻劳作强度^[4]。因此,发展再生稻是充分利用秋季光热资源、提高稻田产出效益的一条重要途径^[5]。再生稻种植具有省工省时、安全高效等特点,现已被越来越多的种植户接受认可并大面

积应用,对缓解农村劳动力不足、提高稻田复种指数、增加收获面积、稳定稻谷总产和促进农民增收具有重要意义^[6-7]。近年来,再生稻生产技术已被农业农村部 and 多个省市列为农业主推技术。甬优籼粳杂交稻是一类利用籼粳杂交优势的水稻品种,具有根系发达、生长势强、生物群体大、穗大粒多、产量高、再生能力强等特点,其生长发育特性、水肥需求规律及病虫害发生特点等均与常规水稻和籼型杂交水稻品种有较大差异。研究与生产应用表明,甬优系列籼粳杂交稻品种适合作再生稻栽培^[8]。2018年浙江省常山县甬优1540再生稻示范区平均头季产量731.2 kg/667 m²,再生季428.1 kg/667 m²,两季总产量1 159.3 kg/667 m²,创浙江省农业之最新纪录^[9]。2021年浙江省常山县甬优1540再生稻示范区再生季平均产量507.8 kg/667 m²,再创浙江省新纪录。

收稿日期: 2023-09-04

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0200801);浙江省重点研发计划项目(2019C02017);宁波市“科技创新2025”重大专项(2019B10003)

湛江华, E-mail: jhchen20@163.com

通信作者:朱德峰, E-mail: cnrice@qq.com; 陈若霞, E-mail: crx900@163.com

目前,关于再生稻的研究主要集中在再生稻气候适应性^[10-11]、品种选择^[12-17]、生育特性与高产栽培技术^[18-22]等方面,但关于再生稻不同节位的再生特性及再生季产量形成的研究则很少。易镇邪等^[23]研究了籼型杂交稻高节位与低节位不同再生型品种在母体和离体条件下的再生特性差异。黄新杰等^[24]以籼型杂交稻隆两优534和深优9756为材料,研究了不同节位再生稻的产量形成及其与头季稻的关系。陈基旺等^[25]对再生稻不同节位穗的积累分配特点进行了研究。而关于籼粳杂交稻品种的再生特性研究尚未见报道。本研究以生产上应用广泛的甬优籼粳杂交稻品种甬优1540和甬优4949为试验材料,以籼型杂交稻品种隆两优534为对照,分析甬优籼粳杂交稻作再生稻种植时的再生特性和产量形成特点,旨在为研究开发甬优籼粳杂交稻作再生稻的绿色高效栽培技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2021年在浙江省衢州市常山县桂岳家庭农场进行。常山县光温资源丰富,雨量充沛,为浙江省再生稻的主要种植区,种植的主要品种有甬优系列籼粳杂交稻和隆两优系列籼型杂交稻。试验地土地平整、肥力均匀且排灌方便。供试再生稻品种为当地的2个主栽甬优籼粳杂交稻品种甬优1540和甬优4949,以籼型杂交稻隆两优534为对照。3个品种在当地作再生稻种植时的头季生育期有所差异,甬优4949较短,一般在150~155 d,而甬优1540和隆两优534相当,一般在160~165 d。

1.2 试验设计与种植

试验以品种为处理,采用随机区组设计,4次重复,每个重复1块田,每块田3个处理小区,每个小区种植面积180 m²(6 m×30 m)。试验于3月10日播种,采用机械流水线播种和基质育秧,播种后叠盘出苗,大棚育秧。4月14日机插移栽,秧龄34 d,叶龄3.5~4.0叶,机插规格为30 cm×20 cm,每穴插2~3本。头季稻N、P₂O₅、K₂O施用量分别为15.95、6.75和15.75 kg/667 m²,其中4月7日施复合肥(15-15-15)30 kg作基肥,4月20日施尿素20 kg+氯化钾15 kg作分蘖肥,6月5日施复合肥(15-15-15)15 kg作穗肥。再生季施纯N量为13.8 kg/667 m²,无磷钾肥,其中8月3日头季收割前10 d施尿素15 kg作促芽肥,8月16日头季收割后3 d施尿素15 kg作发苗肥。田间病虫害防治及水分管理按当地常规管理措施进

行。甬优4949头季稻7月7日齐穗,8月11日成熟(90%谷粒黄熟),再生季9月12日齐穗,11月11日成熟。甬优1540头季稻7月17日齐穗,8月20日成熟,再生季10月5日齐穗,11月19日成熟。隆两优534头季稻7月14日齐穗,8月18日成熟,再生季9月20日齐穗,11月13日成熟。甬优4949头季稻8月13日机械收割,甬优1540和隆两优534均在8月20日收割。3个品种的头季稻收割留桩高度均为45 cm左右,再生季均在11月20日收割。

1.3 考种、测产

1)不同节位再生苗考种。再生季成熟后,在每个小区选择头季收割时没有碾压过的3个点,每点2行,每行15丛,调查再生季有效穗。然后每个小区根据平均有效穗数,从稻桩基部带泥取回2丛,调查头季稻桩各节位有效穗数、穗长、穗粒数、结实率、千粒重,统计不同节位再生苗有效穗占比和产量贡献率。

2)不同时期再生苗考种。选取当地种植最广泛的甬优4949再生稻品种,于收割后7 d(8月20日)开始在每个小区定点6丛再生稻进行再生苗调查与挂牌,此后分别于8月25日、8月30日和9月5日再调查和挂牌3次,记录每次出苗数,再生稻成熟后将6丛稻桩基部整丛带泥取回,在室内按挂牌分穗进行考种,考察成穗数、穗长、穗粒数、结实率、千粒重,统计再生苗成穗率和产量贡献率。

3)不同品种实割测产。再生季成熟后,对每个小区进行实割测产,计算各品种再生稻再生季产量。

1.4 数据处理与分析

采用Excel 2010软件进行数据处理,采用DPS统计软件对数据进行LSD法多重比较和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同节位有效穗占比与产量贡献率

从图1中可以看出,甬优籼粳杂交稻甬优1540和甬优4949的再生苗有效穗以头季稻桩下部低节位的倒5节和倒4节为主,其中甬优1540倒5节和倒4节位的有效穗占比分别为61.8%和20.1%,甬优4949此2节位的有效穗占比分别为39.4%和29.5%,倒5、倒4节为甬优籼粳杂交稻的优势再生节位;而籼型杂交稻隆两优534则与甬优籼粳杂交稻显著不同,其再生苗是以头季稻桩中上部的倒3节和倒2节为主,其有效穗占比均在30%以上。不同节位成穗的产量贡献率结果显示,3个品种不同节位再生苗的产

量贡献率与有效穗占比表现规律一致,2个甬优品种再生稻的产量形成以头季稻桩下部低节位的再生苗贡献为主,特别是甬优1540更为明显,倒5节再生苗

的产量贡献率达到70%以上,而隆两优534再生稻的产量形成主要集中在头季稻桩中上部的节位再生苗上,远高于其低节位再生苗的产量贡献率。

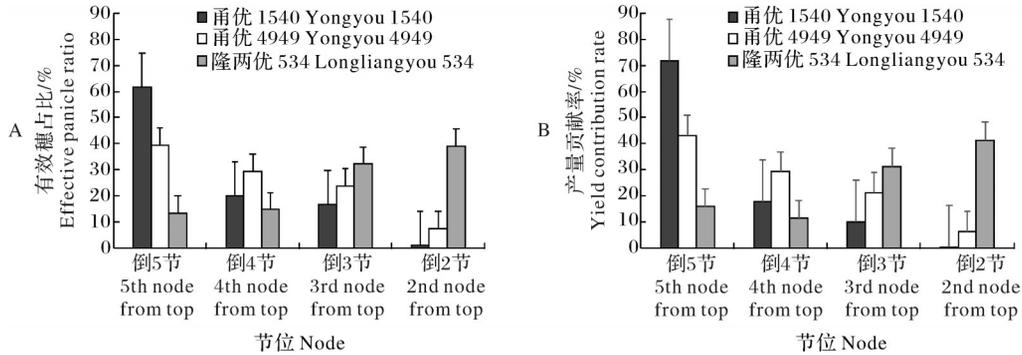


图1 不同节位有效穗占比(A)和产量贡献率(B)

Fig.1 Ratio of effective panicle(A) and yield contribution rate(B) of different nodes

2.2 不同节位再生稻农艺经济性状

从表1可以看出,不同水稻品种不同节位再生苗的农艺经济性状存在较大差异。就穗长而言,甬优1540再生苗的穗长从倒5节到倒2节逐步变短,且差异显著,甬优4949再生苗穗长也是从下往上节位逐步变短,但倒5节与倒4节、倒3节和倒2节的穗长均无显著性差异,隆两优534再生苗则是以倒5节的穗长最长,倒4节最短,倒3节与倒2节的穗长相当。就每穗粒数而言,甬优1540和甬优4949表现一致,都是从底部节位往上再生苗的穗粒数逐步减少,且差异显著;隆两优534则表现不同,每穗粒数是以倒5节最多,显著高于其他节位,其次是上部倒2节,中部

倒3节和倒4节位的穗粒数依次减少。就结实率而言,品种间结实率整体表现以甬优4949最高,其次为甬优1540,隆两优534最低,同一品种各节位成穗的结实率表现无明显规律性。就千粒重而言,甬优1540倒5节至倒3节的千粒重无明显差异,但均要显著高于倒2节,甬优4949四个节位再生苗的千粒重差异不明显,隆两优534四个节位再生苗的千粒重无明显规律,以倒5节最高,倒4节最低,倒3节和倒2节居中。就产量贡献率而言,不同类型品种间表现差异很大,甬优籼粳杂交稻是以下部倒5节和倒4节再生苗的产量贡献占绝对优势,此2节的产量贡献率就达72%以上,且甬优1540品种基部倒5节再生苗

表1 不同节位再生稻农艺经济性状

Table 1 Comparison of agronomic and economic characters of ratoon rice at different nodes

品种 Variety	节位 Node	有效穗数 Number of productive tillers	穗长/cm Panicle length	每穗粒数 Number of spikelet per panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒重/g 1 000-grain weight	产量贡献率/% Yield contribu- tion rate
甬优 1540 Yongyou 1540	倒5节 5th node from top	10.3±0.8a	19.4±0.2a	200.1±4.0a	80.3±2.1b	23.1±0.1a	71.8±1.3a
	倒4节 4th node from top	3.3±0.4b	16.9±0.3b	151.3±6.7b	87.4±2.3a	22.4±0.1b	17.7±1.5b
	倒3节 3rd node from top	2.8±0.5b	15.8±0.2c	93.0±4.4c	84.0±1.3ab	22.3±0.2b	9.9±1.0c
	倒2节 2nd node from top	0.3±0.4c	13.2±0.4d	67.0±2.6d	82.9±1.2ab	21.8±0.1c	0.5±0.5d
甬优 4949 Yongyou 4949	倒5节 5th node from top	10.0±1.2a	21.5±0.5a	149.7±4.3a	85.7±0.8a	23.2±0.3a	43.3±2.8a
	倒4节 4th node from top	7.0±0.4b	20.5±0.2ab	134.2±4.1b	88.2±1.8a	22.9±0.2a	29.2±1.7b
	倒3节 3rd node from top	6.0±0.5b	19.8±0.3bc	122.5±4.4c	87.4±1.8a	22.8±0.3a	21.3±1.6c
	倒2节 2nd node from top	1.8±1.0c	19.2±0.3c	108.1±4.6d	85.8±3.3a	22.7±0.2a	6.2±1.2d
隆两优 534 Longliangy- ou 534	倒5节 5th node from top	4.5±0.3b	18.3±0.1a	85.1±3.1a	72.6±1.5b	24.3±0.2a	15.9±1.5c
	倒4节 4th node from top	4.8±0.8b	16.1±0.2c	61.5±2.0c	71.6±1.4b	23.4±0.1c	11.5±1.2c
	倒3节 3rd node from top	10.5±0.5a	17.7±0.2ab	69.1±2.5bc	82.1±2.7a	23.9±0.1ab	31.3±2.4b
	倒2节 2nd node from top	13.0±1.3a	17.4±0.3b	75.2±2.9b	81.7±1.8a	23.7±0.1bc	41.3±2.9a

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。下同。Note: Different lowercase letters after the same data in the same column indicate significant differences between the treatments ($P<0.05$). The same as below.

的产量形成优势更加显著,贡献率达71.8%,而籼型杂交稻隆两优534则是以中上部倒3节和倒2节再生苗的产量贡献大,贡献率分别为31.3%和41.3%,均显著高于下部倒5和倒4节再生苗。

2.3 甬优4949不同时期再生出苗成穗特性

从图2可见,甬优4949再生稻以头季收割后1~7 d内的再生苗成穗率最高,达80%以上,随着时间后延,再生苗成穗率逐步降低。有效穗占比和产量贡献率结果显示,两者均是以头季稻收割后1~7 d内的再生苗占绝对优势,都在70%以上,远高于收割后8~12 d内和12 d以上的再生苗。结果表明,甬优籼粳杂交稻再生稻的产量形成是以收割后1~7 d内的再生苗成穗为主。

2.4 甬优4949再生稻不同时期农艺经济性状

从表2中可以看出,籼粳杂交稻甬优4949头季稻收割后1~7 d内再生苗的穗长、每穗粒数等农艺经济性状数据均要高于收割后8~12 d和收割后12 d以上时期内的再生苗,除收割后1~7 d和收割后8~

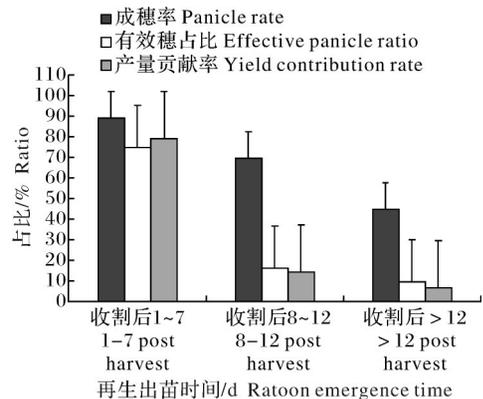


图2 甬优4949不同时期再生出苗成穗特性

Fig.2 Characteristics of seedling regeneration and panicle formation in different periods of Yongyou 4949

12 d的千粒重差异不显著外,其他性状指标3个时期数据均差异显著。结果表明,甬优籼粳杂交稻再生稻的产量形成以收头季稻收割后1~7 d再生出苗的产量贡献为主,贡献率为79.2%,显著高于其他时期内再生苗的产量贡献率。

表2 甬优4949再生稻不同时期农艺经济性状表现

Table 2 Agronomic and economic characters of ratoon rice in different periods of Yongyou indica-japonica hybrid rice

收割后时间/d Time post harvest	有效穗数 Number of productive tillers	穗长/cm Panicle length	每穗粒数 Number of spikelet per panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒重/g 1 000-grain weight	产量贡献率/% Yield contribution rate
1~7	12.1±0.4a	21.3±0.1a	141.7±3.1a	94.9±0.8a	23.3±0.1a	79.2±0.5a
8~12	2.6±0.2b	19.8±0.2b	122.5±0.9b	93.6±1.1b	23.1±0.2ab	14.2±0.5b
>12	1.5±0.2b	17.8±0.1c	97.7±3.1c	92.1±0.9c	22.8±0.1b	6.6±0.3c

2.5 不同品种再生稻农艺经济性状及产量

从表3中可以看出,3个品种的各性状指标表现均存在一定差异。甬优籼粳杂交稻甬优1540和甬优4949两品种再生稻的有效穗分别为311.2万和322.3万穗/hm²,差异不显著,但均要显著低于籼型杂交稻隆两优534;穗长以甬优4949最长,其次为甬优1540,隆两优534最短,且差异显著;每穗粒数以甬优

1540最多,隆两优534最少,且差异显著;结实率以甬优4949最高,隆两优534最低,且差异显著;千粒重以隆两优534最高,且显著高于2个甬优品种。实割测产结果显示,甬优1540产量最高,其次为甬优4949,比对照籼型杂交稻品种隆两优534分别增产21.6%和17.3%,且差异显著。

表3 不同品种再生稻农艺经济性状表现

Table 3 Performance of agronomic and economic characters of different varieties of ratoon rice

品种 Variety	有效穗数/ (万穗/hm ²) Number of productive tillers	穗长/cm Panicle length	每穗粒数 Number of spikelet per panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/(kg/hm ²) Yield	增产率/% Yield increase rate
甬优1540	311.2±13.5b	18.2±0.1b	172.2±4.6a	82.5±1.6ab	22.8±0.1b	5 511.0±38.7a	21.6±0.7a
甬优4949	322.3±12.7b	20.5±0.1a	135.1±3.7b	87.2±1.7a	23.1±0.1b	5 314.1±42.4b	17.3±1.1b
隆两优534	426.1±12.7a	17.4±0.2c	73.8±0.6c	79.4±2.2b	23.9±0.1a	4 532.3±39.6c	/

3 讨论

3.1 甬优籼粳杂交稻的再生特性

不同类型水稻品种的再生特性不同,其产量形

成与栽培技术要求也存在较大差异。林文雄等^[1]总结了不同类型杂交稻的优势再生节位,籼型杂交稻优势再生节位为倒2、倒3节,属于高节位再生型;粳

型杂交稻优势再生节位为基节,属于低节位再生型。本研究发现,与隆两优534再生苗有效穗多分布在倒2、倒3节等高节位不同,甬优籼粳杂交稻的低节位表现出较强再生力,其68%以上的有效穗和72%以上的产量都集中在倒5节和倒4节的低节位上,而在中、高节位的成穗则很少。表明甬优籼粳杂交稻品种的优势再生节位为倒5节和倒4节,为低节位强再生力型品种。对不同节位再生稻的考种结果表明,甬优籼粳杂交稻低节位的倒5节和倒4节再生苗的穗长以及每穗粒数显著高于倒3节和倒2节,并呈现出从下往上节位逐步变小的趋势,与产量具有正相关性。相较于籼型杂交稻品种隆两优534,低留桩收割对籼粳杂交稻品种的再生季产量影响更小。当前,轻简化的机收低留桩再生稻是我国再生稻发展的方向,因此,甬优籼粳杂交稻的强低节位再生特性使此类品种更适合我国机械化收割低留桩栽培再生稻的模式。

3.2 甬优再生稻的产量形成特性

本研究结果表明,甬优4949再生稻以头季收割后1~7 d内的再生苗成穗率、有效穗占比和产量贡献率分别为89.1%、74.6%和79.2%,均显著高于收割后8~12 d内和12 d以上的再生苗。收割后1~7 d内出苗成穗的穗长、每穗粒数和结实率也均要显著高于其后期的再生苗。这说明甬优籼粳杂交稻再生季的产量形成主要决定于头季稻收割后1周内的再生出苗成穗。因此,在头季稻后期适期施促芽肥,收割后及时施发苗肥,促进再生芽萌发和发苗,增加再生苗日照时数,有助于提高再生苗成穗率和大穗形成,提高再生稻产量和光能利用率。

3.3 甬优再生稻产量优势形成的主要原因

再生季产量测定结果显示,甬优籼粳杂交稻品种再生季对籼型杂交稻品种有较大的产量优势,甬优1540和甬优4949两个品种分别增产21.6%和17.3%。考种结果表明,甬优籼粳杂交稻品种再生苗的穗长和每穗粒数均显著高于籼型杂交稻隆两优534,甬优籼粳杂交稻的穗大粒多为其产量优势形成的最主要原因。

甬优系列籼粳杂交水稻品种近年来在福建、湖北、湖南、浙江等地被广泛用于再生稻栽培,表现出优于一般品种的特征特性和生产效益,具有很好的推广应用前景。本研究结果表明,甬优籼粳杂交稻的优势再生节位为低节位的倒5节和倒4节,属低节位强再生力型品种,产量形成优势体现在其低节位

再生苗的穗大粒多上。因此,针对这一特点,生产上可以提出以促低节位早出苗、促大穗为主攻方向的栽培管理措施,以提高甬优籼粳杂交稻作再生稻种植时再生季的产量,进一步加强甬优系列籼粳杂交稻品种在再生稻栽培上的推广应用。

参考文献 References

- [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.LIN W X, CHEN H F, ZHANG Z X, et al. Research and prospect on physio-ecological properties of ratoon rice yield formation and its key cultivation technology [J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2015, 23(4): 392-401 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈基旺,帅泽宇,屠乃美,等.湖南再生稻发展现状与对策分析[J].中国稻米,2018,24(5):68-72.CHEN J W, SHUAI Z Y, TU N M, et al. Analysis on development status and countermeasures of ratoon rice in Hunan [J]. China rice, 2018, 24(5): 68-72 (in Chinese with English abstract).
- [3] 胡志华,李大明,徐小林,等.再生稻轻简化种植技术研究进展[J].中国稻米,2017,23(3):13-17.HU Z H, LI D M, XU X L, et al. Research progress of simplified cultivation technology of ratoon rice [J]. China rice, 2017, 23(3): 13-17 (in Chinese with English abstract).
- [4] 彭少兵.对转型时期水稻生产的战略思考[J].中国科学:生命科学,2014,44(8):845-850.PENG S B. Reflection on China's rice production strategies during the transition period [J]. Scientia sinica (vitae), 2014, 44(8): 845-850 (in Chinese with English abstract).
- [5] 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.XU F X, XIONG H, ZHANG L, et al. Progress in research of yield formation of ratooning rice and its high-yielding key regulation technologies [J]. Scientia agricultura sinica, 2015, 48(9): 1702-1717 (in Chinese with English abstract).
- [6] 朱永川,熊洪,徐富贤,等.再生稻栽培技术的研究进展[J].中国农学通报,2013,29(36):1-8.ZHU Y C, XIONG H, XU F X, et al. Progress on research of ratoon rice cultivation technology [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2013, 29(36): 1-8 (in Chinese with English abstract).
- [7] 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.XIONG H, RAN M L, XU F X, et al. Achievements and developments of ratooning rice in south of China [J]. Acta agronomica sinica, 2000, 26(3): 297-304 (in Chinese with English abstract).
- [8] 宋金凤,姚平,戴水高,等.再生稻甬优籼粳杂交稻品种生长特性及适应性分析[J].浙江农业科学,2021,62(8):1489-1491.SONG J F, YAO P, DAI S G, et al. Growth characteristics and adaptability analysis of ratooning Yongyou indica-ja-

- ponica hybrid rice varieties[J]. Journal of Zhejiang agricultural sciences, 2021, 62(8): 1489-1491 (in Chinese with English abstract).
- [9] 何水清, 易建群, 周良义. 籼粳杂交稻“头季稻+再生稻”亩产超吨粮栽培技术[J]. 中国稻米, 2020, 26(1): 100-101. HE S Q, YI J Q, ZHOU L Y. Cultivation techniques of indica-japonica hybrid rice with yield more than 1 000 kg/667 m² about ratoon rice [J]. China rice, 2020, 26(1): 100-101 (in Chinese with English abstract).
- [10] 段里成, 郭瑞鸽, 蔡哲, 等. 南方九省再生稻安全生长期及高温热害时空变化[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(12): 2061-2073. DUAN L C, GUO R G, CAI Z, et al. Spatio-temporal changes in the characteristics of the safe growth period and high temperature damage of ratoon rice in nine southern provinces of South China [J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2021, 29(12): 2061-2073 (in Chinese with English abstract).
- [11] 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. HUANG S E, LI Y C, YIN J M. Application of “3S” technology in climatic feasibility study of ratooning paddy growing in Jiangxi Province [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2001, 23(4): 573-576 (in Chinese with English abstract).
- [12] 武茹, 王姣梅, 夏胜明, 等. 长江中下游地区杂交中稻再生稻品种适应性的综合评价与筛选[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(3): 19-27. WU R, WANG J M, XIA S M, et al. Comprehensive evaluation and screening of adaptability of mid-season hybrid rice ratooning varieties in the middle-lower reaches of Yangtze River [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2020, 39(3): 19-27 (in Chinese with English abstract).
- [13] 何水清, 易建群. 甬优系列品种作再生稻栽培比较试验[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(1): 46-47. HE S Q, YI J Q. Comparison test of Yongyou series as ratoon rice [J]. Journal of Zhejiang agricultural sciences, 2021, 62(1): 46-47 (in Chinese with English abstract).
- [14] 张朝胜, 蔡克锋. 甬优系列籼粳杂交稻再生稻品种筛选[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(8): 1482-1483. ZHANG C S, CAI K F. Screening of ratooning Yongyou indica-japonica hybrid rice varieties [J]. Journal of Zhejiang agricultural sciences, 2021, 62(8): 1482-1483, 1485 (in Chinese with English abstract).
- [15] 蒋龙, 汪雨萍, 刘海平, 等. 赣南地区杂交水稻组合再生稻筛选及产量构成因素分析[J]. 江西农业学报, 2020, 32(12): 16-20. JIANG L, WANG Y P, LIU H P, et al. Screening and yield component analysis of hybrid rice combination for ratooning rice in southern Jiangxi Province [J]. Acta agriculturae Jiangxi, 2020, 32(12): 16-20 (in Chinese with English abstract).
- [16] 张群, 陈杰, 涂军明, 等. 23个水稻品种作再生稻比较试验结果及评价[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(24): 12-15. ZHANG Q, CHEN J, TU J M, et al. Comparative test results and evaluation of 23 rice varieties as ratooning rice [J]. Hubei agricultural sciences, 2019, 58(24): 12-15 (in Chinese with English abstract).
- [17] 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[J]. 中国农学通报, 2016, 32(15): 1-5. ZHOU A, HE K J, LI X G. Variety screening and high yield cultivation techniques of ratoon rice in Hunan [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2016, 32(15): 1-5 (in Chinese with English abstract).
- [18] 苏祖芳, 张洪程, 侯康平, 等. 再生稻的生育特性及高产栽培技术研究[J]. 江苏农学院学报, 1990, 11(1): 15-21. SU Z F, ZHANG H C, HOU K P, et al. Studies on development characters and cultural technology for high yield in regeneration rice [J]. Journal of Yangzhou University (agricultural and life science edition), 1990, 11(1): 15-21 (in Chinese with English abstract).
- [19] 李贵勇, 宁波, 刘玉文, 等. 再生稻精确定量栽培技术研究[J]. 西南农业学报, 2012, 25(6): 1977-1981. LI G Y, NING B, LIU Y W, et al. Study on precise and quantitative cultivation of ratooning rice [J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2012, 25(6): 1977-1981 (in Chinese with English abstract).
- [20] 杨坚, 陈恺林, 赵正洪, 等. 不同种植方式对再生稻产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2017, 43(3): 234-237. YANG J, CHEN K L, ZHAO Z H, et al. Effect of different planting methods on yield and quality of ratooning rice [J]. Journal of Hunan Agricultural University (natural sciences edition), 2017, 43(3): 234-237 (in Chinese with English abstract).
- [21] 练红, 周海涛, 陈维建, 等. 播种期和留桩高度对再生稻产量及产量构成因素的影响[J]. 湖南农业科学, 2017(4): 28-31. LIAN H, ZHOU H T, CHEN W J, et al. Effects of sowing dates and stubble height of retaining piles on grain yield and yield components of ratooning rice [J]. Hunan agricultural sciences, 2017(4): 28-31 (in Chinese with English abstract).
- [22] 郑景生, 沈如色, 李小萍, 等. 再生稻头季机割高度对再生季形态发育和产量的影响[J]. 福建农业学报, 2016, 31(8): 791-796. ZHENG J S, SHEN R S, LI X P, et al. Effects of machine-cut stubble height on morphological development and grain yield of subsequent ratoon rice crop [J]. Fujian journal of agricultural sciences, 2016, 31(8): 791-796 (in Chinese with English abstract).
- [23] 易镇邪, 王学华, 陈平平, 等. 不同再生类型杂交稻腋芽在母体与离体条件下的再生特性差异[J]. 杂交水稻, 2008, 23(5): 73-76. YI Z X, WANG X H, CHEN P P, et al. Differences in ratooning characteristics of axillary buds of hybrid rice with different ratooning types between *in vivo* and *in vitro* [J]. Hybrid rice, 2008, 23(5): 73-76 (in Chinese with English abstract).
- [24] 黄新杰, 屠乃美, 李艳芳, 等. 杂交稻不同节位再生稻的产量形成及其与头季稻的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学

版), 2012, 38(5): 470-475. HUANG X J, TU N M, LI Y F, et al. Yield formation of ratoon crops from different nodes of hybrid rice and its relationship with main crops [J]. Journal of Hunan Agricultural University (natural sciences edition), 2012, 38(5): 470-475 (in Chinese with English abstract).

[25] 陈基旺, 陈平平, 王晓玉, 等. 不同节位再生稻穗积累分配及

其与头季稻的差异[J]. 南方农业学报, 2020, 51(4): 790-797. CHEN J W, CHEN P P, WANG X Y, et al. Cadmium accumulation and distribution in ratooning rice from different nodes and its differences with main crop [J]. Journal of southern agriculture, 2020, 51(4): 790-797 (in Chinese with English abstract).

Ratoon characteristics and yield formation of Yongyou *indica-japonica* hybrid rice as ratoon rice

CHEN Jianghua¹, WANG Feng¹, SHI Jun¹, XIAO Shan¹, HE Shuiqing²,
WANG Yaliang³, ZHU Defeng³, CHEN Ruoxia¹

1. Ningbo Academy of Agricultural Sciences/Ningbo Key Laboratory of Testing and Control for Characteristic Agro-Product Quality and Safety, Ningbo 315040, China;
2. The Agriculture and Rural Affairs Bureau of Changshan County, Zhejiang Province, Changshan 324200, China; 3. China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China

Abstract Field experiments were conducted on the cultivation of ratoon rice using the widely used Yongyou *indica-japonica* hybrid rice varieties Yongyou 1540 and Yongyou 4949 as experimental materials and the *indica-hybrid* rice variety Longliangyou 534 as control materials to study the ratoon characteristics and yield formation of Yongyou *indica-japonica* hybrid rice planted as ratoon rice. The results showed that there are significant differences in the ratoon characteristics between *indica-japonica* hybrid rice and *indica-hybrid* rice. The dominant regenerated nodes of the *indica-japonica* hybrid rice Yongyou 1540 and Yongyou 4949 were the 4th and 5th nodes from top at the lower nodes, which produced a sum of 81.9% and 68.9% of effective panicles with 89.6% and 72.5% of the yield contribution in Yongyou 1540 and Yongyou 4949, respectively. The panicle length and the number of grains per panicle of these two nodes were significantly higher than that of the 2nd and 3rd nodes from top, showing a decreasing trend from the bottom to the top. The 2nd and 3rd nodes from top at the higher nodes of the Longliangyou 534 were dominant, producing 71.5% of effective panicles with 72.5% of the yield contribution. The spike rate, ratios of effective panicle and yield contribution of were 89.4%, 74.6% and 79.2% for regenerated seedlings of Yongyou 4949 within 1-7 d after the first harvesting, significantly higher than those of regenerated seedlings within 8-12 d and 12 d above after the first harvesting. The panicle length and the number of grains per panicle in regenerated seedlings of Yongyou 1540 and Yongyou 4949 were significantly higher than those of Longliangyou 534, with yield increase of 21.6% and 17.3%, respectively. It is indicated that the strong regeneration ability of the low nodes, long panicles, and large number of grains per panicle in regenerated seedlings of Yongyou *indica-japonica* hybrid rice are the key factors that make it easy to achieve high yield when planted as ratoon rice.

Keywords *indica-japonica* hybrid rice; ratoon rice; ratoon characteristics; yield formation; simple and efficient cultivation

(责任编辑: 张志钰)