

留桩高度对再生稻源库性状与物质运转的影响

易镇邪 周文新 屠乃美*

(湖南农业大学 农学院, 湖南 长沙 410128; * 通讯联系人, E-mail: tm505@163.com)

Effects of Stubble Height of the Main Crop on Source Sink Characteristics and Assimilates Transportation in Ratooning Rice

YI Zhen xie, ZHOU Wen xin, TU Nai mei*

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; * Corresponding author, E-mail: tm505@163.com)

Abstract: The characteristics of source, sink and flow of ratooning rice with different stubble heights of the main crop were studied with eight rice varieties as materials. According to yield of ratooning rice with different stubble heights of the main crop, the eight varieties were classified into three ratooning types, such as high stubble type (HST), low stubble type (LST) and high/medium stubble type (HMST). Decline of the stubble height resulted in decreased number of effective panicles and increased grain number per panicle in ratooning rice, especially for the grain number per panicle in ratooning rice of LST varieties. The leaf area index in ratooning rice of HST and HMST varieties was the highest under the high stubble treatment (40 cm), whereas that in ratooning rice of LST varieties increased with the decline of the stubble height. The leaf photosynthetic rates from full heading to 20 days after full heading in ratooning rice of HST varieties were higher under the medium (20 cm) or high (40 cm) stubble treatments, whereas the leaf photosynthetic rates at the full heading stage in ratooning rice of HMST and LST varieties were higher under the high stubble treatment and those at 10 days and 20 days after full heading were higher under the medium (20 cm) or low (10 cm) stubble treatments. The crop growth rates of ratooning rice of HST varieties were the highest under the high stubble treatment, whereas those of HMST and LST varieties were the highest under the low or medium stubble treatments. The activity of catalase in rachis branches of ratooning rice of HMST and LST varieties improved with declining stubble height, whereas a contrary trend was observed for HST ones. The transport rates of carbohydrate in stems and sheathes of ratooning rice of HST varieties were higher under the high stubble treatment, and those of LST ones were higher under the low and medium stubble treatments. These results indicate that the effect of stubble height of the main crop on characteristics of source, sink and flow of ratooning rice were closely related to ratooning types of rice varieties.

Key words: ratooning rice; stubble height; source sink characteristics; assimilates transportation; ratooning type

摘要: 以 8 个水稻品种(组合)为材料,研究了留桩高度对再生稻源库流特性的影响。根据不同留桩高度下再生稻产量,将供试品种分为 3 种再生类型:高桩再生型、低桩再生型和中高桩再生型。留桩高度降低,再生稻有效穗数减少而每穗粒数增加,而低桩再生型品种每穗粒数增幅更大;高桩与中高桩再生型品种再生稻叶面积指数以高桩处理最大,而低桩再生型品种随留桩高度下降而增大;高桩再生型品种灌浆期光合速率以中、高桩处理较大,中高桩与低桩再生型品种齐穗期以高桩处理最大,齐穗后 10 d 和 20 d 以中低桩处理较大;高桩再生型品种再生稻作物生长率以高桩处理最高,而中高桩、低桩再生型品种以低桩或中桩处理最高;中高桩与低桩再生型品种再生稻枝梗过氧化氢酶活性随留桩高度下降而增强,而高桩再生型品种表现相反;高桩再生型品种茎鞘碳水化合物转运率以高桩处理较高,而低桩再生型品种以中、低桩处理较高。可见,留桩高度对再生稻源库流特性的影响与品种的再生类型密切相关。

关键词: 再生稻;留桩高度;源库特性;物质运转;再生类型

中图分类号: S311; S318; S511.04

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2009)05-0509-08

留桩高度是影响再生苗萌发的重要因素之一,甚至是水稻再生培植成功与否的关键性因素,这已取得共识。陈仙祥^[1]认为,不同节位再生穗产量之间有极显著差异。因此,在各地再生稻栽培技术研究上,均将留桩高度作为一项关键技术^[2-5]。有关留桩高度对再生稻产量的影响研究较多^[6-7],且发现籼稻再生稻产量主要来自倒 2、3 节再生穗,因而宜留高桩^[8-10];以两系杂交组合培两优 E32 为材料的研究也表明,留桩越高,产量越高,且留桩高度对再生苗萌发特性具有重要影响^[11-12]。整体来看,留桩高度对再生稻的影响研究多集中在产量性状、腋芽萌发、再生率、农艺性状等方面,而较少涉及再生

稻源、库、流特性,尤其在留桩高度对再生稻源、流内在生理指标[如表征叶片蔗糖合成和光合产物输出能力的磷酸蔗糖合酶(SPS)活性、反映物质流运转能力的枝梗过氧化氢酶(CAT)活性等]的影响方面鲜见报道。为此,我们以 8 个来源较广泛的品种(组合)为试验材料,研究了留桩高度对不同再生

收稿日期: 2008-03-20; 修改稿收到日期: 2009-05-04。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30370835); 湖南省中青年基金资助项目(00TZY068); 湖南省教育厅青年基金资助项目(02B011)。

第一作者简介: 易镇邪(1975-),男,博士,副教授, E-mail: yizhenxie@sina.com。

类型水稻品种(组合)再生稻源库性状与物质运转特性的影响,并探讨其内在生理机制,以期为再生稻高产栽培提供理论指导与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

供试水稻品种(组合)共 8 个,包括 3 个母本为培矮 64S 的两系杂交组合培两优 E32、培两优 210 和培两优 981、2 个父本为明恢 63 的三系杂交组合汕优 63 和新香优 63、2 个常规稻品种 R981 和明恢 63,以及目前报道再生季产量最高的杂交组合 优航 1 号^[13 14]。

2004 年 4 月 4 日播种,软盘湿润育秧,4 月下旬移栽,穴行距 26.7 cm × 16.7 cm,每穴插 1 粒谷苗。试验采用裂区设计,主处理为品种,副处理为留桩高度(高桩 40 cm、中桩 20 cm 和低桩 10 cm),3 次重复,主区面积 30 m²,副区面积 10 m²。头季稻施 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm²、K 120 kg/hm²,其中,磷肥、钾肥作基肥施用,氮肥以 6:4 分基肥和分蘖肥施用;此外,于头季稻齐穗后 10 d 施 N 51.8 kg/hm²、K 58.9 kg/hm²作促芽肥,收割后第 2 天施 N 34.5 kg/hm²作促蘖肥。其他管理措施同一般大田。

1.2 测定项目与方法

产量构成因素:每小区调查 100 穴,以平均数作为单穴有效穗数;各小区根据单穴有效穗数取样 5 穴,带回室内考查再生稻的有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重等。

源特性:于再生季孕穗、齐穗和成熟期,每小区取样 5 穴,用长宽系数法测定绿叶面积。将植株于 105℃ 下杀青 30 min 后在 80℃ 条件下烘至恒重,以考查干物质积累,并计算群体作物生长率[CGR, g/(m² · d),单位时间内单位土地面积上作物群体干物质增长率]和净同化率[NAR, g/(m² · d),即单位时间内单位叶面积干物质量增加速率]。于再生季齐穗、齐穗后 10 d 和 20 d,以美国产 LI 6400 型便携式光合测定仪测定剑叶光合速率[9:30 ~ 14:30 测定,设定温度 30℃、光强 1500 μmol/(m² · s)],每小区测定 4 张剑叶。分别于头季和再生季齐穗和齐穗后 10 d,每小区取生长整齐一致、无病虫害的剑叶 5 张,采用间苯二酚法^[15]测定剑叶磷酸蔗糖合酶(SPS)活性。

流特性:于再生季齐穗、齐穗后 10 d 和 20 d,采用高锰酸钾滴定法^[16]测定枝梗过氧化氢酶(CAT)

活性,利用测定干物质积累时的茎鞘和叶片样本,粉碎后过筛,用蒽酮比色法^[17]测定可溶性糖和淀粉含量。

源库关系:以粒叶比表征源库关系。粒叶比/(粒 · cm⁻²) = 每穗粒数/单株最大叶面积。

1.3 统计分析

所有数据采用 Excel 2003 软件处理,统计分析采用 SAS 9.0 进行。

2 结果与分析

2.1 留桩高度对再生稻产量的影响与再生类型划分

不同留桩高度处理间产量差异显著。多数品种(组合)以留桩 40 cm(下称高桩)产量最高,如培两优 E32、R981、新香优 63、汕优 63 和明恢 63,培两优 210 和培两优 981 以留桩 10 cm(下称低桩)产量最高,而 优航 1 号留桩 40 cm(高桩)与留桩 20 cm(下称中桩)产量相差不大,而在留桩 10 cm 条件下再生力差,再生苗极少,在试验中未取样。因此,根据不同留桩高度下再生稻产量高低,将供试水稻品种(组合)划分为 3 种再生类型:高桩再生型(培两优 E32、新香优 63、汕优 63、明恢 63 和 R981)、低桩再生型(培两优 210 和培两优 981)和中高桩再生型(优航 1 号)(表 1)。

2.2 留桩高度对再生稻产量构成因素的影响

再生稻有效穗数随留桩高度降低而显著减少,3 种再生类型的品种表现一致。各再生稻品种每穗粒数随留桩高度下降而显著增加(新香优 63 除外),低桩再生型品种表现更明显,其低桩处理较高桩处理提高 90% 左右。结实率在 62% ~ 81%,不同留桩高度处理间有明显差异:明恢 63 留中低桩时结实率最高,培两优 981 和 R981 留高桩时结实率显著下降,培两优 E32 和汕优 63 留高桩时结实率较高,而培两优 210、优航 1 号和新香优 63 不同留桩高度处理间差异不大。可见,再生稻结实率受留桩高度影响,而与再生类型关系不大。千粒重在不同留桩高度处理间的变化与品种有关:培两优 E32 千粒重随留桩高度降低而增大,培两优 210、培两优 981 和 R981 千粒重则随留桩高度降低呈显著下降趋势,而其他品种各留桩高度差异不大。

2.3 留桩高度对再生稻源特性的影响

2.3.1 叶面积与干物质积累

留桩高度对叶面积指数(LAI)有显著影响,且不同再生类型品种间存在较明显差异:尽管培两优

表 1 不同留桩高度下再生稻产量与产量构成

Table 1 . Yield and its components of ratooning rice with different stubble heights of the main crop .

品种 Variety	留桩高度 Stubble height /cm	有效穗数 Number of effective panicles / (× 10 ⁴ · hm ⁻²)	每穗粒数 Grain number per panicle	结实率 Seed setting rate/%	千粒重 1000 grain weight/g	理论产量 Theoretical yield / (kg · hm ⁻²)	实际产量 Actual yield / (kg · hm ⁻²)
P210	40	322.5 a	51.2 c	68.8 a	25.3 a	2875.7 b	2668.1 b
	20	240.7 b	65.6 b	70.6 a	23.2 b	2585.5 c	2290.1 c
	10	239.7 b	96.9 a	67.0 a	22.3 c	3475.6 a	3215.3 a
P981	40	292.5 a	46.4 c	69.8 b	22.2 a	2199.1 b	2013.5 b
	20	225.0 b	70.6 b	79.1 a	20.4 b	2564.3 a	2333.0 ab
	10	195.0 c	89.2 a	77.0 a	20.4 b	2732.3 a	2538.3 a
PE32	40	247.5 a	92.3 b	75.4 a	20.2 b	3486.7 a	3289.8 a
	20	235.0 b	86.8 b	74.2 a	21.1 a	3192.5 b	2899.3 b
	10	187.5 c	108.2 a	66.3 b	21.5 a	2894.7 c	2567.5 c
R981	40	322.5 a	54.6 c	71.0 b	23.6 a	2943.8 a	2765.6 a
	20	240.0 b	65.7 b	80.7 a	22.6 b	2877.5 ab	2636.7 ab
	10	195.0 c	81.3 a	79.4 a	21.1 c	2651.5 b	2399.8 b
X63	40	285.0 a	48.6 a	75.8 a	25.3 a	2651.1 a	2414.4 a
	20	197.5 b	53.1 a	78.3 a	25.1 a	2067.1 b	1866.1 b
S63	40	332.5 a	47.4 b	73.5 a	24.6 a	2855.3 a	2654.7 a
	20	252.5 b	58.1 ab	66.7 b	24.0 a	2348.6 b	2121.2 b
	10	230.0 b	63.4 a	62.1 b	23.9 a	2166.2 b	1945.6 b
M63	40	645.0 a	30.8 b	64.7 c	25.2 a	3233.7 a	3010.7 a
	20	363.8 b	34.9 b	81.1 a	25.2 a	2592.5 b	2351.0 b
	10	247.5 c	43.1 a	70.0 b	25.0 a	1867.6 c	1607.9 c
YH1	40	270.0 a	47.7 b	74.1 a	24.8 a	2369.7 a	2164.5 a
	20	210.0 b	63.6 a	71.2 a	25.1 a	2390.0 a	2172.8 a

PE32 - 培两优 E32 ; P210 - 培两优 210 ; P981 - 培两优 981 ; S63 - 汕优 63 ; X63 - 新香优 63 ; M63 - 明恢 63 ; YH1 - 优航 1 号。下表同。

同一品种中,同一列数据后带不同小写字母者表示差异达 0.05 显著水平。表 5、表 7 同。

PE32 , Peiliangyou E32 ; P210 , Peiliangyou 210 ; P981 , Peiliangyou 981 ; S63 , Shanyou 63 ; X63 , Xinxiangyou 63 ; M63 , Minghui 63 ; YH1 , youhang 1 . The same as in tables below .

Within a column , data followed by different letters for a variety indicate significant difference at the 0.05 probability level . The same as in Tables 5 and 7 .

210 孕穗与齐穗期 LAI 表现出高桩处理 > 中桩处理趋势,但培两优 210 和培两优 981 的 LAI 均以低桩处理最大,低桩再生型品种 LAI 整体上表现为随留桩高度下降而增大的趋势;中高桩再生型品种(优航 1 号) LAI,孕穗期高桩处理显著大于中桩处理,齐穗和成熟期高、中桩处理间无显著差异;高桩再生型品种 LAI 一般以高桩处理最高,中桩与低桩处理间存在品种间差异,培两优 E32 和 R981 表现为低桩处理高于中桩处理,而新香优 63、汕优 63 和明恢 63 表现相反(表 2)。可见,低桩再生型品种再生稻 LAI 随留桩高度下降而增大,而高桩和中高桩再生型品种再生稻 LAI 以高桩处理最大。

再生类型影响再生稻干物质积累,成熟期单穴干物质积累量在不同留桩高度间存在明显差异,具体表现与产量基本一致,即高桩再生型品种以高桩处理最高,低桩再生型品种以低桩处理最高,而中高

桩再生型品种中、高桩处理差异不大;再生稻的单穴干物质积累在孕穗期、齐穗期和成熟期表现有一定差异,也与再生类型有关(表 3)。

2.3.2 光合速率

再生稻光合速率在齐穗至齐穗后 10 d,多数情况下略有增大,而齐穗 20 d 后下降。留桩高度对再生稻光合速率具有明显影响,且不同时期也存在差异:低桩再生型品种,齐穗期以高桩处理最高,随灌浆进程的推进,光合速率逐渐表现出以中低桩处理较高的趋势,培两优 210 表现更为明显;中高桩再生型品种 优航 1 号,齐穗期高桩处理大于中桩处理,齐穗后 10 d 和 20 d 表现相反;高桩再生型品种中,R981 各时期光合速率均以高桩处理最高;新香优 63 和汕优 63 中、高桩处理间差异不显著;培两优 E32 齐穗期以低桩处理最高,齐穗后 10 d 以中、高桩处理较高,而齐穗后 20 d 以中桩处理最高;明恢

表 2 不同留桩高度下再生稻的叶面积指数

Table 2 . Leaf area index of ratooning rice with different stubble heights of the main crop .

品种 Variety	孕穗期 Booting stage			齐穗期 Full heading stage			成熟期 Maturity stage		
	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm
P210	1.42 b	1.29 c	1.70 a	1.77 a	1.50 b	1.81 a	1.23 c	1.45 b	1.68 a
P981	0.93 b	1.18 a	1.13 a	0.89 c	1.09 b	1.45 a	0.70 b	0.82 ab	0.87 a
PE32	1.65 a	1.10 c	1.30 b	1.32 a	1.05 b	1.17 b	1.20 a	0.93 b	1.01 b
R981	1.11 a	0.73 b	0.87 b	1.05 a	1.12 a	1.16 a	0.81 a	0.73 ab	0.66 b
X63	1.53 a	0.97 b		1.39 a	1.15 b		0.64 a	0.57 a	
S63	1.43 a	1.11 b	0.95 c	1.01 a	0.94 ab	0.84 b	0.58 a	0.66 a	0.56 a
M63	2.45 a	1.73 b	1.26 c	2.35 a	1.57 b	1.16 c	1.91 a	1.19 b	0.77 c
YH1	1.36 a	1.19 b		0.89 a	1.00 a		0.57 a	0.50 a	

同一品种同一时期数据后跟不同字母者表示差异达 0.05 显著水平。表 3、表 4、表 6、表 8 同。

Data followed by different letters for a variety at a stage indicate significant difference at the 0.05 probability level. The same as in Table 3, Table 4, Table 6 and Table 8.

表 3 不同留桩高度下再生稻的单穴干物质积累

Table 3 . Dry matter accumulation per hill of ratooning rice with different stubble heights of the main crop .

g

品种 Variety	孕穗期 Booting stage			齐穗期 Full heading stage			成熟期 Maturity stage		
	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm
P210	11.37 a	9.35 c	10.17 b	17.87 a	15.88 a	17.69 a	24.97 b	21.70 c	27.01 a
P981	7.38 b	8.08 b	10.03 a	10.17 c	13.24 a	11.89 b	18.30 c	22.96 a	20.68 b
PE32	12.66 a	9.88 b	9.07 b	18.15 a	16.63 b	15.67 b	25.86 a	23.46 b	22.45 b
R981	9.02 a	5.01 b	8.21 a	14.35 a	13.60 a	11.28 b	21.19 a	21.42 a	21.67 a
X63	6.21 a	4.89 b		12.58 a	12.51 a		19.37 a	17.02 b	
S63	6.70 a	5.99 b	5.87 b	15.04 a	11.65 b	10.23 b	20.98 a	20.04 a	16.49 b
M63	13.25 a	8.65 b	7.22 b	17.67 a	14.71 b	12.84 a	25.88 a	22.23 b	18.40 c
YH1	8.49 a	7.34 b		11.96 a	12.92 a		17.25 a	17.79 a	

表 4 不同留桩高度下再生稻的叶片光合速率

Table 4 . Photosynthetic rate of ratooning rice with different stubble heights of the main crop .

 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

品种 Variety	齐穗期			齐穗后 10 d			齐穗后 20 d		
	Full heading stage			Ten days after full heading			Twenty days after full heading		
	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm
P210	21.35 a	20.20 b	19.78 b	19.05 b	17.25 c	22.75 a	14.27 b	14.20 b	15.07 a
P981	20.57 a	18.25 b	19.77 ab	22.53 a	21.27 b	20.35 b	13.65 b	15.20 a	13.48 b
PE32	15.30 c	17.78 b	20.28 a	19.68 a	19.83 a	18.63 b	16.47 b	21.05 a	15.55 b
R981	21.40 a	18.25 c	19.60 b	20.10 a	16.03 b	16.85 b	16.30 a	13.87 b	12.65 b
X63	19.88 a	19.58 a		24.18 a	23.63 a		16.13 a	17.35 a	
S63	20.75 a	20.03 a	17.90 b	22.20 ab	23.33 a	21.30 b	12.40 a	12.41 a	11.37 b
M63	17.13 b	18.13 b	20.20 a	21.88 a	20.20 b	18.70 c	12.05 c	13.90 b	15.60 a
YH1	20.20 a	19.08 b		23.33 b	24.10 a		14.15 b	15.35 a	

63 齐穗期和齐穗后 20 d 以低桩处理最高, 齐穗后 10 d 以高桩处理最高。虽具有品种间差异, 但高桩再生型品种一般表现为中、高桩处理光合速率大于低桩处理(表 4)。可见, 3 种类型再生稻产量高低与光合速率大小具有明显相关性, 从发挥光合优势、提高产量的角度出发, 再生稻的留桩高度应根据其再生类型来定。

2.3.3 作物生长率与净同化率

留桩高度对再生稻孕穗至成熟期作物生长率 (CGR) 和净同化率 (NAR) 具有显著影响。作物生

长率在 3 种再生类型品种间表现出较明显的规律: 高桩再生型品种多以高桩处理最高, 中、低桩处理间差异不大; 低桩再生型品种以低桩或中桩处理最高, 高桩处理较低; 而中高桩再生型品种表现为中桩处理显著高于高桩处理。净同化率在 3 种再生类型品种间的表现无明显规律, 即再生类型相同的品种间也存在明显差异: 低桩再生型品种培两优 210 表现为高桩处理 > 低桩处理 > 中桩处理, 而培两优 981 高、中、低桩处理间无显著差异; 高桩再生型品种中, 培两优 E32、R981 与新香优 63 表现较一致, 均以中

表 5 不同留桩高度下再生稻孕穗至成熟期的作物生长率与净同化率

Table 5 Crop growth rate and net assimilation rate of ratooning rice from booting to maturity with different stubble heights of the main crop .
g/(m² · d)

品种 Variety	作物生长率 Crop growth rate			净同化率 Net assimilation rate		
	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm
P210	9.27 b	7.12 c	10.82 a	7.01 a	5.19 c	6.12 b
P981	6.29 b	7.97 a	6.63 b	7.75 a	7.96 a	7.69 a
PE32	8.73 a	7.45 b	6.96 b	6.13 b	7.33 a	6.04 b
R981	8.29 a	8.78 a	7.94 a	8.62 c	12.04 a	9.91 b
X63	8.00 a	6.20 b		7.38 b	10.04 a	
S63	8.24 a	7.16 b	7.01 b	10.39 a	6.60 c	9.35 b
M63	8.61 a	6.10 b	6.29 b	3.94 b	4.18 b	6.20 a
YH1	5.29 b	8.17 a		5.50 b	9.72 a	

表 6 不同留桩高度下再生稻剑叶的磷酸蔗糖合酶活性

Table 6 Activity of sucrose phosphate synthase in flag leaf of ratooning rice with different stubble heights of the main crop . mg/(g · h)

品种 Variety	齐穗期 Full heading stage			齐穗后 10 d Ten days after full heading		
	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm
P210	81.64 b	96.65 a	99.37 a	21.78 c	31.80 b	51.24 a
PE32	73.44 a	79.43 a	73.69 a	30.48 c	38.75 b	60.07 a

表 7 不同留桩高度下再生稻的粒叶比

Table 7 . Ratio of grain number to leaf area of ratooning rice with different stubble heights of the main crop . 粒/cm²

留桩高度 Stubble height/cm	品种								平均 Average
	P210	P981	PE32	R981	X63	S63	M63	YH1	
40	0.73 b	1.31 b	1.04 a	1.18 a	0.70 b	0.83 b	0.62 a	0.71 b	0.89
20	0.81 b	1.28 b	1.01 a	0.81 b	0.91 a	0.95 b	0.53 a	0.83 a	0.89
10	1.01 a	1.51 a	1.10 a	1.27 a		1.27 a	0.63 a		1.13

桩处理最高,而汕优 63、明恢 63 则不同(表 5)。可见,留桩高度对 CGR 的影响与再生类型有关,而其对 NAR 的影响与再生类型无关。

2.3.4 叶片磷酸蔗糖合酶活性

叶片的磷酸蔗糖合酶(SPS)是影响蔗糖合成和光合产物输出的关键酶,是衡量源活性的指标之一。以培两优 210、培两优 E32 分别作为低桩再生型与高桩再生型的代表品种,考查了留桩高度对两类再生稻叶片 SPS 活性的影响(表 6)。培两优 210 齐穗期叶片 SPS 活性表现为低桩处理 > 中桩处理 > 高桩处理,且前两者显著高于后者,齐穗后 10 d 仍表现为低桩处理 > 中桩处理 > 高桩处理,且 3 个处理间的差异均达显著水平;培两优 E32 齐穗期处理间叶片 SPS 活性无显著差异,而齐穗后 10 d 也表现低桩处理 > 中桩处理 > 高桩处理趋势。可见,留桩高度对剑叶 SPS 活性有显著影响,而不同再生类型品种间的差异主要表现在齐穗期。

2.4 留桩高度对粒叶比的影响

留桩高度对再生稻粒叶比存在显著影响,但不同类型品种表现不一致。低桩再生型品种再生稻粒

叶比以低桩处理最高,中、高桩处理间差异不显著;中高桩再生型品种中桩处理显著高于高桩处理;高桩再生型品种间表现不完全一致,培两优 E32、明恢 63 各处理间差异不大,新香优 63、汕优 63 随留桩高度下降而增大,而 R981 以中桩处理最低,高、低桩处理间差异不显著(表 7)。

相关分析表明,再生稻产量与粒叶比间的相关系数在高、中、低桩条件下分别为 -0.1821、0.0483 和 0.2959,产量与最大 LAI 间的相关系数在高、中、低桩条件下分别为 0.6345、-0.0487 和 0.1893,产量与每穗粒数间的相关系数在高、中、低桩条件下分别为 0.4648、0.5911 和 0.8763(中、高桩处理, $n=8$, $r_{0.05}=0.7067$;低桩处理, $n=6$, $r_{0.05}=0.8822$)。可见,各留桩高度下再生稻均不能依靠增大粒叶比获得高产。同时,再生稻源库类型与留桩高度有关,高桩条件下倾向于增源增产型,而中低桩条件下倾向于增库增产型。

2.5 留桩高度对再生稻物质运转的影响

2.5.1 枝梗过氧化氢酶活性

留桩高度对再生稻枝梗过氧化氢酶活性具有显

表 8 不同留桩高度下再生稻枝梗过氧化氢酶活性

Table 8 . Activity of catalase in rachis branches of ratooning rice with different stubble heights of the main crop . mg/(g · min)

品种 Variety	齐穗期 Full heading stage			齐穗后 20 d Twenty days after full heading		
	40 cm	20 cm	10 cm	40 cm	20 cm	10 cm
P210	27.90 c	31.42 b	36.55 a	12.91 c	16.44 b	19.07 a
P981	29.25 a	25.14 b	30.09 a	24.02 a	20.37 b	24.94 a
PE32	29.29 a	23.09 b	22.33 b	21.77 a	20.71 ab	20.45 b
R981	40.34 b	44.75 a	37.87 c	27.20 b	31.26 a	26.52 b
X63	40.65 a	25.73 c	36.12 b	20.59 a	16.41 b	17.31 b
S63	36.61 b	47.50 a		28.17 b	31.48 a	
M63	24.94 a	22.47 b	21.45 b	14.42 c	19.42 a	17.34 b
YH1	39.12 a	37.43 a		22.73 b	28.79 a	

表 9 不同留桩高度下再生稻茎叶碳水化合物(可溶性糖 + 淀粉)含量

Table 9 . Content of carbohydrate (soluble sugar + starch) in stems and leaves of ratooning rice with different stubble heights of the main crop .

品种 Variety	留桩高度 Stubble height /cm	茎鞘 Stem and sheath			叶片 Leaf		
		齐穗期	成熟期	下降	齐穗期	成熟期	下降
		FHS/%	MS/%	Decrease/%	FHS/%	MS/%	Decrease/%
P210	40	23.19	14.60	8.59	13.64	10.43	3.21
	20	24.40	14.17	10.23	14.64	13.33	1.31
	10	25.93	12.76	13.17	13.95	10.22	3.73
PE32	40	22.57	11.42	11.15	12.07	9.55	2.52
	20	23.63	19.94	3.69	13.99	7.31	6.68
	10	25.54	19.49	6.05	14.15	12.61	1.54
M63	40	22.44	13.49	8.95	10.14	11.61	-1.47
	20	19.25	18.91	0.34	13.04	6.75	6.29
	10	25.86	15.64	10.22	10.11	6.06	4.05
S63	40	20.88	11.11	9.77	10.57	5.58	4.99
	20	19.31	15.63	3.68	11.54	9.05	2.49
	10	21.66	14.67	6.99	12.13	8.42	3.71

FHS, Full heading stage; MS, Maturity stage; Decrease means the difference between the contents at full heading stage and maturity stage.

著影响。低桩再生型品种培两优 210 表现低桩处理 > 中桩处理 > 高桩处理的趋势,两个时期表现一致;培两优 981 以低桩处理最高,中桩处理最低,低、高桩处理间差异不显著。中高桩再生型品种 优航 1 号齐穗期以高桩处理略高,而齐穗后 20 d 中桩处理高于高桩处理。高桩再生型品种间有一定差异,一般以高桩或中桩处理最高,低桩处理最低(表 8)。可见,留桩高度影响再生稻枝梗过氧化氢酶活性,具体影响与再生类型有关,低桩与中高桩再生型品种枝梗过氧化氢酶活性多随留桩高度下降而增强,而高桩再生型品种则相反。

2.5.2 碳水化合物转运

以 4 个组合为例考查了不同留桩高度下再生稻碳水化合物(可溶性糖 + 淀粉)的转运情况(表 9)。各品种茎鞘和叶片碳水化合物含量,齐穗期分别为 19% ~ 26% 和 10% ~ 15%,成熟期分别为 11% ~ 20% 和 6% ~ 13%,表明齐穗后各品种再生稻茎叶碳水化合物向外转运,碳水化合物转运率,特别是茎鞘碳水化合物转运率明显受到再生类型和留桩高度

的影响。高桩条件下,培两优 210(低桩再生型)茎鞘碳水化合物转运率低于其他 3 个品种(高桩再生型),而中、低桩条件下表现恰恰相反;培两优 210 茎鞘碳水化合物转运率随留桩高度下降而增大,而其他 3 个品种一般以高桩处理最大,中桩处理最低。由此可见,再生稻茎鞘碳水化合物转运与品种的再生类型和留桩高度密切相关。

3 讨论

3.1 再生稻类型划分与低桩再生稻的利用

在再生稻类型划分上,罗文质^[18]将再生稻品种分为上位芽再生、上下位芽再生、下位芽再生等 3 种类型。凌启鸿^[19]将供试品种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。在再生稻生产上,关系到各节位腋芽去留的是留桩高度。因此,从生产实践操作出发,以适宜留桩高度来区分再生稻再生类型更为合理。本研究 8 个供试品种(组合)可分为 3 种再生类型:高桩再生型(培两优 E32、新香优 63、汕优 63、明恢 63 和

R981)、低桩再生型(培两优 210 和培两优 981)和中高桩再生型(优航 1 号)。高桩再生型即留高桩条件下再生季产量最高的品种,低桩再生型即留低桩条件下再生季产量最高的品种,而中高桩再生型即高桩与中桩条件下再生季产量相当的品种。

再生稻品种(组合)的利用,应该有针对性地采取栽培措施,留桩高度的确定,应考虑到品种特性,应该意识到低桩再生稻的产量潜力不可忽视。众所周知,再生稻推广中存在的一个难点在于留桩太高不利于头季稻的收割,农民不易接受。而低桩再生稻自然就不存在这个问题了,因此,低桩再生稻更易于推广应用。本研究中的培两优 210 和培两优 981,特别是培两优 210 是理想的低桩再生稻品种,它在留桩 10 cm 条件下产量最高,达到 3 476 kg/hm²,适于大面积推广应用。研究发现,培两优 210 低位再生稻增产的主要原因是每穗粒数增加、LAI 增大、粒叶比增大、光合速率提高、枝梗过氧化氢酶活性增强等。另有离体条件下的试验表明,培两优 210 倒 4 节腋芽再生率达到 534%,每穗粒数接近 300 粒^[20],这充分展示了培两优 210 低位再生的高产潜力。

低桩再生稻尽管有效穗数减少,但其每穗粒数大大增加,而一般情况下千粒重下降幅度不会太大,因而低桩再生稻的利用在于解决低位再生苗早生快发和结实率较低的问题。这有待深入研究。

3.2 留桩高度对不同类型再生稻源库特性与物质运转的影响

留桩高度是关系到水稻再生培植成败的重要因素之一。前人在留桩高度对再生稻产量性状、腋芽萌发与再生率、农艺性状等方面进行了大量研究^[1 & 11]。本研究以 8 个来源较广泛的品种(组合)为试验材料,研究了留桩高度对 3 种再生类型水稻品种再生稻源库性状与物质运转特性的影响,并对其内在生理机制进行了初步探讨,获得了一些初步结果。

研究发现,再生稻每穗粒数随留桩高度降低而增加,且低桩再生型品种增幅更大;高桩与中高桩再生型品种再生稻 LAI 以高桩处理最大,而低桩再生型品种以低桩处理最大;高桩再生型品种灌浆期光合速率以中、高桩处理较大,中高桩与低桩再生型品种齐穗期以高桩处理最大,而齐穗后 10 d 和 20 d 以中低桩处理较大;高桩再生型品种再生稻作物生长率以高桩处理最高,而中高桩、低桩再生型品种以低桩或中桩处理最高;高桩再生型品种茎鞘碳水化合物

物转运率以高桩处理较高,而低桩再生型品种以中、低桩处理较高。由此可见,再生稻源库特性与物质运转受留桩高度影响,且不同再生类型品种间有明显差异。

本研究对不同留桩高度下再生稻叶片磷酸蔗糖合酶(SPS)和枝梗过氧化氢酶(CAT)的活性进行了测定,发现留桩高度对剑叶 SPS 活性有显著影响,一般表现低桩处理 > 中桩处理 > 高桩处理的趋势;不同再生类型品种间的差异主要表现在齐穗期:低桩再生型组合培两优 210 齐穗期 SPS 活性表现为低桩处理 > 中桩处理 > 高桩处理,而高桩再生型组合培两优 E32 齐穗期处理间 SPS 活性无显著差异。同时发现,留桩高度影响再生稻枝梗 CAT 活性,且与再生类型有关。低桩与中高桩再生型品种枝梗 CAT 活性多随留桩高度下降而增强,而高桩再生型品种则相反。相关分析表明,齐穗期剑叶 SPS 活性与产量间相关性很小(培两优 210 和培两优 E32 的相关系数分别为 0.2456 和 -0.0867),而齐穗后 10 d 的 SPS 活性与产量间相关性较为明显,但两种类型组合间差异显著,培两优 210 表现为正($r = 0.7252$),而培两优 E32 表现为负($r = -0.9565$);齐穗期和齐穗后 20 d 的 CAT 活性与产量均呈正相关,且高桩再生型组合表现更明显(培两优 210 的相关系数分别为 0.6712 和 0.5181,培两优 E32 的相关系数分别为 0.9298 和 0.9583)。有关留桩高度影响不同类型再生稻源库特性的生理机制,仍需深入研究。

留桩高度是影响再生力的重要因素^[6-12],而施氮量同样显著影响再生力和再生稻产量^[21-22]。罗玉水^[23]研究了施氮量和栽培密度对再生稻的互作效应。徐富贤等^[24-26]对再生稻促芽肥高效施用量与头季稻源库特性的关系进行了深入研究。而目前有关留桩高度与施氮量对再生稻互作效应的研究极少,以不同再生类型品种为对象开展的此类研究尚未见报道。本研究对留桩高度对 3 种再生类型水稻品种(组合)再生稻源库性状与物质运转特性的影响开展了研究,但仅是一年试验结果,且受试验材料限制,因此,选择典型代表品种(组合),开展施氮量与留桩高度间的互作关系及其对不同再生类型水稻品种(组合)再生力、产量构成、源库特性、根系活力、激素水平和酶活性等的影响研究,具有重要理论意义与实践指导价值。

参考文献:

[1] 陈仙祥.再生稻不同节位分蘖穗对产量的影响.贵州农业科

- 学,2000,28(2):24-26.
- [2] 李朝昌. 杂交水稻一季加再生单产超 15 t/hm² 技术. 杂交水稻,2000,15(6):33-34.
- [3] 邓小华,郑贤陆. 冷浸田杂交中稻再生稻高产栽培技术研究. 杂交水稻,2003,18(6):40-41.
- [4] 刘见平,徐志德,熊继东,等. 杂交中稻免耕抛栽高桩再生集成技术研究. 杂交水稻,2003,18(4):39-42.
- [5] 罗赣丰,郭飞舟,周志宏,等. 再生稻高产栽培技术研究. 江西农业学报,2007,19(6):19-20.
- [6] 严斧,卓儒洞,李悦丰,等. 两系杂交稻培矮 64S/E32 再生稻研究. 杂交水稻,2000,15(6):30-32.
- [7] 杨东,董瑞霞,张水金,等. 再生稻生产效益与栽培技术研究. 江西农业学报,2007,19(9):28-30.
- [8] 孙晓辉. 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. 原子能农业应用,1984(4):7-17.
- [9] 邓凤仪. 杂交稻再生利用高产规律研究. 杂交水稻,1991(3):8-11.
- [10] 刘爱中,邹冬生,屠乃美,等. 留桩高度对再生稻生长发育及产量的影响. 安徽农业科学,2007,35(17):5120-5121,5172.
- [11] 易镇邪. 杂交稻不同节位再生稻源库关系研究[学位论文]. 长沙:湖南农业大学,2003.
- [12] 蒋廷杰,易镇邪,屠乃美. 留桩高度对培矮 64S/E32 再生特性的影响. 湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(4):359-364.
- [13] 张上守,卓传营,郑荣和,等. 优航 1 号特征特性及作再生稻超高产栽培技术分析. 福建稻麦科技,2004,22(4):17-18.
- [14] 郑荣和. 优航 1 号作再生稻栽培的表现及高产栽培技术. 福建稻麦科技,2004,22(2):21-22.
- [15] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册. 上海:上海科学技术出版社,1985.
- [16] 张宪政. 作物生理研究法. 北京:农业出版社,1992:195-220.
- [17] 白宝璋. 植物生理生化测试技术. 北京:中国科学技术出版社,1982.
- [18] 罗文质. 再生稻品种选育初报. 遗传与育种,1978(6):7-10.
- [19] 凌启鸿. 水稻潜伏芽生长和穗分化形成规律及其应用. 中国农业科学,1989,22(1):35-43.
- [20] 周文新. 不同类型再生稻生育特性及源库关系比较研究[学位论文]. 长沙:湖南农业大学,2006.
- [21] 徐富贤,方文. 施氮与杂交中稻再生力关系研究. 杂交水稻,1993(4):25-28.
- [22] 张献明. 促芽肥施用量对再生苗产量的影响. 中国稻米,2005(4):32-33.
- [23] 罗玉水. 施氮量与栽培密度对优航 1 号作再生稻产量的影响. 中国农学通报,2007,23(7):203-206.
- [24] 徐富贤,熊洪,朱永川,等. 再生稻促芽肥高效施用量与头季齐穗期库源结构关系. 西南农业科学,2006,19(5):833-837.
- [25] 徐富贤,熊洪,朱永川,等. 促芽肥施用量对杂交中稻再生力的影响与组合间源库结构的关系. 西南农业学报,2008,21(3):688-694.
- [26] 徐富贤,熊洪,朱永川,等. 利用杂交中稻齐穗期剑叶叶绿素计读数(SPAD 值)预测再生稻促芽肥高效施用量. 中国水稻科学,2009,23(1):51-56.

欢迎订阅 2010 年《中国种业》

《中国种业》是由农业部主管,中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。该刊系全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊。

刊物目标定位:以行业导刊的面目出现,并做到权威性、真实性和及时性。覆盖行业范围:大田作物、蔬菜、花卉、林木、果树、草坪、牧草、特种种植、种子机械等,信息量大,技术实用。

读者对象:各级种子管理、经营企业的领导和技术人员,各级农业科研、推广部门人员,大中专农业院校师生,农村专业户和广大农业生产经营者。

《中国种业》为月刊,大 16 开本,每期 5.80 元,全年 69.60 元。国内统一连续出版物号:CN 11-4413/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1671-895X,全国各地邮局均可订阅,亦可直接汇款至编辑部订阅,挂号邮寄需每册另加 3 元。邮发代号:82-132。地址:(100081)北京市中关村南大街 12 号中国农业科学院《中国种业》编辑部;电话:010-82105796(编辑部),010-82105795(广告发行部);传真:010-82105796;E-mail:chinaseedqks@sina.com。