

留桩高度对培两优 210 再生稻产量和源库性状的影响

黄志刚^{1,2}, 屠乃美^{1,*}, 江巨鳌¹, 秦 鹏¹, 黄泽春¹

(1. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; 2. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要: 水稻主季稻留桩高度是影响再生稻高产的重要因素之一。以两系杂交稻组合培两优 210 为研究材料, 在主季稻收割时设 3 个留桩高度处理 (40 cm、20 cm 和 10 cm), 研究主季稻留桩高度对再生稻产量及源库性状的影响。结果表明, 随留桩高度的降低, (1) 培两优 210 再生稻生育期延长, 株高、穗长与叶面积指数增加; (2) 灌浆期间叶片磷酸蔗糖合成酶活性衰减率减小, 作物生长率增加, 节间维管束数目和大小及枝梗过氧化氢酶活性增加; (3) 茎鞘非结构碳水化合物积累和输出速率增加, 比叶重和粒叶比提高, 穗总粒数增加, 进而增加产量。两系杂交稻培两优 210 作中稻栽培时其适宜留低桩, 留桩高度 10 cm 处理再生稻具有“源”足“流”畅“库”大的特点。

关键词: 两系杂交稻; 再生稻; 留桩高度; 产量性状; 源库特征

文章编号: 1000-0933 (2009) 08-4572-08 中图分类号: Q948 文献标识码: A

Effects of rudimental stubble heights on the yield and source-sink characteristics of ratooning rice: a case study for two-line hybrid rice Peiliangyou 210

HUANG Zhi-Gang^{1,2}, TU Nai-Mei^{1,*}, JIANG Ju-Ao¹, QIN Peng¹, HUANG Ze-Chun¹

1 College of Agriculture, Hunan Agricultural University, Changsha, 410128 China

2 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29 (8): 4572 ~ 4579.

Abstract: Rudimental stubble height of rationing rice is one of important factors on high-yielding cultivation. Effects of rudimental stubble heights on the yield and source-sink characteristics of ratooning rice were studied in two-line hybrid rice Peiliangyou 210. Three rudimental stubble heights were arranged in the study, which were 40 cm, 20 cm, and 10 cm respectively. The results indicated that rudimental stubble heights affected source-flow-sink characteristics of ratooning rice significantly. With the decreasing of rudimental stubble heights, (1) the growing stage of ratooning rice was postponed, but stubble height, spike length and leaf area index (LAI) were increased, (2) the activities of leaf sucrose-phosphate synthetase (SPS) decreased, while the crop growth rate and the number and area of big vascular bundle of different internodes and the activity of catalase were increased during the grain filling stage. (3) the accumulation and output rates of non-structure carbohydrate content in stem and sheath, the ratio of grain number to leaf area and specific leaf weight, the spikelets per panicle and the yield were increased. In Changsha region, the suitable rudimental stubble height of two-line hybrid rice Peiliangyou 210 is 10 cm.

Key Words: two-line hybrid rice; ratooning rice; rudimental stubble height; yielding characteristics; source and sink characteristics

再生稻是利用主季稻收割后稻桩上的腋芽萌发成苗, 经过科学的管理, 使其抽穗结实再收割一季的一种

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 (00JZY2147); 湖南省自然科学基金资助项目 (99JJY2009)

收稿日期: 2008-05-22; 修订日期: 2009-02-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tnm505@163.com

稻作制度,对于保障粮食安全具有重要意义^[1,2]。头季稻是再生稻的基础,且头季稻与再生稻两季产量之间呈极显著正相关^[3]。因此,为实现再生稻的高产再高产,必须抓住 2 个主要环节:一是必须种好头季稻,实现头季稻的高产;二是必须不断选育高产而且适合再生培植的品种。近年来,高产的两系超级杂交稻组合的不断育成,为再生稻产量的提高提供了新的契机;同时,因为两系稻的生育期一般较长,多作一季中稻栽培,因此发展两系超级稻-再生稻的稻作模式应是发挥两系超级稻产量优势的途径之一。留桩高度是关系到水稻再生培植成败的重要因素之一,前人对再生稻源库特性的研究主要集中于再生稻的叶片特征与光合速率、源对产量的贡献及头季稻源库关系对再生季的影响等方面^[4-7],认为各节位再生稻株高随留桩高度下降而降低,总叶数随留桩高度下降而增加,各节位再生稻产量性状也受到明显影响。不同节位再生稻产量之间有极显著差异^[8]。有研究认为,籼稻宜留高桩,因为其倒二、三节再生穗为优势芽穗,该两节对再生稻产量的贡献率在 70% 左右或更高^[9]。当前关于不同留桩高度杂交稻组合再生稻头季及再生季源库特征的研究少有见报。两系杂交稻培两优 210 是一个高产、稳产、米质优、抗性较好、适应性广、较易制种的优质中晚稻新组合^[10],本研究以培两优 210 为研究对象,旨在探明不同留桩高度对杂交稻组合再生稻头季及再生季源库关系的影响,为再生稻高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

以两系杂交稻组合培两优 210 为试验材料,于 2004 年在湖南农业大学教学实验场进行栽培试验,试验地肥力中等;4 月 4 日播种,软盘湿润育秧,每孔穴播种 2~3 粒;4 月 18 日移栽,株行距 26.7 cm×16.7 cm。主季稻(处理 A)收割时设 3 个留桩高度处理:40 cm(处理 B)、20 cm(处理 C)和 10 cm(处理 D)。主季齐穗后 10 d 施尿素 112.5 kg·hm⁻²作促芽肥,主季收后第 2 d 施尿素 75 kg·hm⁻²作壮苗肥。其它管理措施按常规高产栽培技术进行。试验采用裂区试验设计,头季稻处理为主区,随机区组排列,3 次重复,每主区面积 100 m²;不同留桩高度再生稻处理为副区,随机区组排列,3 次重复,每小区面积 20 m²。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 源特征

①叶面积指数(LAI)和干物质积累动态 分别于主季稻和再生稻孕穗期、齐穗期、成熟期测定,每小区取样 5 株,用长宽系数法测定绿叶面积,然后将植株分茎鞘、穗、叶分别装袋,105℃杀青 30 min 后在 80℃条件下烘干至衡重,以考察干物质积累。

②腋芽再生率(%) 本研究中腋芽再生率为最终再生率。即再生稻成熟时,每小区取样 5 穴测得。腋芽再生率=(平均每穴再生穗数/头季稻平均每穴有效穗数)×100%。

③功能叶光合速率 分别于主季稻和再生稻孕穗期、齐穗期、成熟期测定,以美国产 LI-6400 型光合测定仪测定顶部第 1 全展叶的光合速率。

④群体作物生长率(CGR)和净同化率(NAR) 在叶面积和干物质测定的基础上,计算孕穗期至黄熟期的 CGR 和 NAR。

作物群体生长率(CGR, g·m⁻²·d⁻¹),即单位时间内,单位土地面积上作物群体干物质增长率:

$$CGR = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

式中, W_2 、 W_1 分别为黄熟期(t_2)和孕穗期(t_1)作物的干物质积累量;

净同化率(NAR, g·d⁻¹):即单位时间内单位叶面积干物质增重速率: $NAR = CGR / LAI$ 。

1.2.2 流特征

不同节间穗颈维管束数目和大小:切片显微法,分别于头季稻和再生稻乳熟期测定^[11]。

穗枝梗过氧化氢酶活性:高锰酸钾滴定法,分别于主季稻和再生稻齐穗期和乳熟期测定^[12]。

叶片磷酸蔗糖合成酶(SPS)活性:分别于头季和再生季齐穗期、齐穗后 10 d 测定剑叶磷酸蔗糖合成酶活性。采用间苯二酚法测定^[12]。

1.2.3 库特征

每小区取样 5 株,考察主季稻和各节位再生稻的经济性状;每小区实收 50 株,测实际产量。

1.2.4 源-库关系

比叶重(mg/cm^2),即单位叶干重的叶面积。

粒叶比($\text{粒}/\text{cm}^2$):成熟期平均每穗总粒数与孕穗期(头季稻)或齐穗期(再生稻)的单茎绿叶面积之比。

可溶性糖与淀粉含量:利用测量干物质积累动态时所取茎叶样本,粉碎后过 100 目筛,取 0.1 g 测定茎鞘和叶片可溶性糖和淀粉含量,用蒽酮比色法测定^[12]。

1.2.5 数据处理

所有数据采用 Excel 2003 软件处理,统计分析采用 SPSS 11.0 进行。

2 结果与分析

2.1 不同留桩高度下培两优 210 再生稻源特征比较

2.1.1 农艺性状

两系杂交稻组合培两优 210 主季稻与其不同留桩高度再生稻株高和穗长差异显著(表 1)。随着留桩高度的降低,再生稻株高和穗长均呈增加的趋势,但是不能恢复到主季稻的株高和穗长。再生稻留桩高度 10 cm 处理的株高和穗长均最高,其中,株高分别高出留桩高度 20 cm 和 40 cm 处理 16.9% 和 27.4%,穗长分别高出留桩高度 20 cm 和 40 cm 处理 10.4% 和 26.9%。不同留桩高度处理其生育期差异显著,随着留桩高度的降低,其生育期延长。从株高和穗长这两个农艺性状考虑,培两优 210 再生稻适宜留低桩。

培两优 210 主季稻与各留桩高度再生稻叶面积指数差异显著,随着留桩高度的降低,再生稻叶面积指数呈增加的趋势。主季稻和再生稻留桩高度 40 cm 和留桩高度 20 cm 处理最大叶面积指数出现在齐穗期,再生稻留桩高度 10 cm 处理最大叶面积指数在成熟期达到最大值,说明在再生稻生育后期,再生稻留桩高度 10 cm 处理仍保持较高的“源”活性,具有较高的光合生产潜力;同时也说明随着留桩高度的降低,再生稻生育期延长,有可能导致再生稻灌浆期间遇到低温,降低再生稻结实率。

表 1 不同留桩高度处理培两优 210 再生稻农艺性状

Table 1 Agronomic characteristics of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice

处理 Treatments	株高 Stubble height(cm)	穗长 Spike length(cm)	生育期 Growing stage(d)	叶面积指数 LAI		
				孕穗期 BS	齐穗期 FHS	成熟期 MS
A	106.2	23.7 a	115 a	6.32 a	7.71 a	4.04 a
B	62.5 c	17.5 c	82 c	1.42 c	1.77 c	1.23 c
C	68.1 c	20.1 b	86 c	1.29 c	1.50 c	1.45 c
D	79.6 b	22.2 a	92 b	1.70 b	1.81 b	1.84 b

A: 头季稻; B: 留桩高度 40 cm; C: 留桩高度 20 cm; D: 留桩高度 10 cm; BS: 孕穗期, FHS: 齐穗期, MS: 成熟期; 表中同一性状数据后所带的不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著, 下同 A is main crop treatment; B is 40 cm stubble heights ratooning rice treatment; C is 20 cm stubble heights ratooning rice treatment; D is 10 cm stubble heights ratooning rice treatment; BS is booting stage, FHS is full heading stage, MS is maturing stage. The data of the same characteristics followed different letters indicate significance at 5% levels; the same below

2.1.2 光合生产特性

不同生育期培两优 210 主季稻与各留桩高度再生稻光合速率差异不显著(表 2)。留桩高度 10 cm 处理各生育时期光合速率最高,留桩高度 20 cm 处理各生育时期光合速率最低;齐穗期后,随着叶片功能的衰退,主季稻和各留桩高度处理的光合速率逐渐下降。从孕穗期至成熟期,主季稻的作物生长率显著高于不同留桩高度处理,留桩高度 10 cm 处理显著高于其他两个留桩高度处理。不同留桩高度处理的作物净同化率显著高于主季稻,其中,留桩高度 40 cm 处理的净同化率最高,留桩高度 10 cm 处理次之。从再生稻光合生产特性来看,培两优 210 做再生稻栽培时其适宜留桩高度为 10 cm。

2.2 不同留桩高度下培两优 210 再生稻流特征比较

2.2.1 穗颈节间大维管束数目与大小

穗颈维管束是光合产物、矿质营养及水分运输的通道,在“源-流-库”系统中行使“流”的功能,其数目、大小及功能直接影响光合产物向籽粒的转移,是库大、流畅的解剖学基础,并且水稻穗颈维管束的数量、大小与大穗性状间具有显著的正相关性^[13~16]。本研究中,留桩高度 40 cm 处理再生苗着生在主季稻的倒 2 节上,留桩高度 20 cm 处理再生苗着生在主季稻的倒 3 节上,留桩高度 10 cm 处理再生苗着生在主季稻的倒 4 节上。主季稻节间维管束数目和大小自基部至穗顶端逐渐减少,随着留桩高度的降低,再生稻节间维管束数目和大小呈增加的趋势,但是仍低于主季稻相应节间维管束数目和大小(表 3),这也是再生稻穗小粒少的遗传学基础。

表 2 不同留桩高度处理培两优 210 再生稻光合生产特性

Table 2 Photosynthesis characteristics of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice

处理 Treatments	光合速率 Photosynthesis rate($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			作物生长率 Crop growth rate ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$)	净同化率 Net assimilation rate ($\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$)
	齐穗期 FHS	齐穗后 10d 10 d after FHS	齐穗后 20d 20 d after FHS		
A	20.4 b	17.1 a	16.9 a	15.4 a	2.6 d
B	21.4 b	19.1 a	14.3 b	9.3 c	7.0 a
C	20.2 b	17.3 a	14.2 b	7.1 d	5.2 c
D	22.8 b	19.8 a	15.1 b	10.8 b	6.1 b

表 3 不同留桩高度处理培两优 210 再生稻各节间大维管束数目与大小

Table 3 Number and area of big vascular bundle of different internodes of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice

处理 Treatments	项目 Items	倒 2 节 The 2nd node from the top	倒 3 节 The third node from the top	倒 4 节 The fourth node from the top	倒 5 节 The fifth node from the top
A	数目 Number(bar)	32	32	33	33
	大小 Size(m^2)	10 121	10 052	14 356	16 606
B	数目 Number(bar)	28	27	28	—
	大小 Size(m^2)	8 312	10 036	13 046	—
C	数目 Number(bar)	29	30	30	—
	大小 Size(m^2)	7 042	8 653	12 256	—
D	数目 Number(bar)	32	32	—	—
	大小 Size(m^2)	6 805	7 887	—	—

2.2.2 酶活性

枝梗是水稻灌浆物质进入籽粒的通道,是连接源与库的桥梁,其活性大小反映物质流的通畅与否,过氧化氢酶活性可以从一个侧面反映枝梗的活性^[12]。培两优 210 主季稻和不同留桩高度再生稻枝梗过氧化氢酶活性差异显著(表 4),主季稻高于再生稻处理。随着留桩高度的降低,不同生育时期再生稻枝梗过氧化氢酶活性呈增强的趋势。说明培两优 210 再生稻留桩高度 10 cm 处理“流”活性高于其他两个再生稻处理,具有较高的物质运输能力。

叶片的磷酸蔗糖合成酶是影响蔗糖合成和光合产物输出的关键性酶,可从一个侧面反映源的活性^[17],其活力大小直接影响光合产物在淀粉与蔗糖之间的分配,活力越高,蔗糖积累的越多。由表 4 可知,在齐穗期后随着叶片生理功能的衰退,培两优 210 主季稻和再生稻叶片的磷酸蔗糖合成酶活性也随之减弱。齐穗期不同留桩高度再生稻处理叶片磷酸蔗糖合成酶活性高于主季稻,且随着留桩高度的降低而增强;齐穗后 10 d 各处理叶片磷酸蔗糖合成酶活性均降低,随着留桩高度的降低,叶片磷酸蔗糖合成酶活性衰减逐渐减小。其可能的原因:随着生育期的推进,母茎根系活力逐渐衰退,吸收水和无机矿物质的能力减弱,限制了再生稻叶片的

光合生产性能,这可能也是再生稻产量限制因子之一。总的来说,留桩高度 10 cm 处理叶片磷酸蔗糖合成酶活性高于其他两个再生稻处理,具有较高的“源”活性。

表 4 不同留桩高度处理培两优 210 再生稻枝梗和叶片酶活性

Table 4 Activity of enzymes of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice

处理 Treatments	穗枝梗过氧化氢酶活性 activity of catalase ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$)		叶片磷酸蔗糖合成酶活性 activity of SPS ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$)	
	齐穗期 FHS	齐穗后 20d 20 d after FHS	齐穗期 FHS	齐穗后 10d 10 d after FHS
A	39.4 a	22.8 a	80.3 c	71.6 a
B	27.9 c	12.9 c	81.6 c	21.8 d
C	31.4 b	16.4 b	96.7 b	31.8 c
D	34.5 b	18.7 b	112.6 a	45.3 b

2.3 不同留桩高度下培两优 210 再生稻库特征比较

培两优 210 主季稻产量及产量构成因素与其不同留桩高度再生稻产量及产量构成因素间差异显著(表 5),除有效穗数之外,主季稻的其他产量构成因子(穗总粒数、结实率和千粒重)均高于不同留桩高度再生稻处理。不同留桩高度腋芽再生率差异显著,有效穗数随留桩高度的降低而减少,留桩高度 40 cm 处理有效穗数最高,分别为留桩高度 20 cm 和 10 cm 处理的 1.34 倍和 1.52 倍;穗总粒数随留桩高度的降低而增加,留桩高度 10 cm 处理穗总粒数最高,分别为留桩高度 40 cm 和 20 cm 处理的 1.89 倍和 1.48 倍;不同留桩高度处理的结实率差异不显著,千粒重随留桩高度的降低而下降,留桩高度 40 cm 处理的千粒重显著高于其他两个留桩高度处理。不同留桩高度处理实际产量差异显著,留桩高度 10 cm 处理最高,分别为留桩高度 40 cm 和 20 cm 处理的 1.07 倍和 1.83 倍。留桩高度 10 cm 处理由于其生育期长,其籽粒灌浆阶段遭遇低温迫害,导致了结实率的降低以及千粒重的下降。综合考虑 3 个留桩高度再生稻处理的产量及产量构成因子,可知穗总粒数是产量限制因子。从产量及产量性状考虑,如果能够提早主季稻的收割时间,满足再生稻籽粒灌浆阶段的温度和光照需求,留桩高度为 10 cm 是培两优 210 做再生稻栽培的适宜留桩高度。

表 5 不同留桩高度下培两优 210 再生稻产量与产量构成

Table 5 Yield and its components of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice

处理 Treatments	有效穗数 ($10^4\cdot\text{hm}^{-2}$) Number of panicle	穗总粒数 Spikelets per panicle	结实率(%) Seed setting rate	千粒重(g) 1 000-grain weight	实际产量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) Actual yield	腋芽再生率(%) Ratooning rate
A	307.6 b	124.3 a	74.9 a	25.3 a	7 245.3 a	—
B	322.5 a	51.2 d	68.8 b	25.2 a	2 862.8 c	104.8 a
C	240.7 c	65.6 c	70.6 b	23.2 b	2 586.2 d	78.3 b
D	211.5 d	96.9 b	67.0 b	23.1 b	3 062.1 b	68.8 c

2.4 不同留桩高度下培两优 210 再生稻源库关系

2.4.1 茎鞘非结构性碳水化合物含量

茎鞘作为叶系和库容的支架系统,关于其贮藏物质的作用一直是水稻栽培学研究的重点,认为茎鞘中高含量的可溶性糖是茎鞘非结构碳水化合物(可溶性糖和淀粉)代谢活跃的特征^[19~22]。主季稻茎鞘可溶性糖含量高于不同留桩高度处理,在齐穗期达到最大值(图 1);茎鞘可溶性糖含量随着留桩高度的降低和生育进程的推进而下降。不同留桩高度处理总糖含量和淀粉含量随生育期的推进呈现单峰变化趋势,即抽穗前不断增加,抽穗前后达最高峰,之后由于向穗粒中输送,含量逐渐下降,在籽粒灌浆期间急剧下降。不同留桩高度再生稻处理茎鞘非结构碳水化合物总量及淀粉含量高于主季稻处理,其中,留桩高度 10 cm 处理高于留桩高度 40 cm 处理,在籽粒灌浆期间,留桩高度 10 cm 处理茎鞘非结构碳水化合物总量输出率(42.4%)高于留桩高度 40 cm 处理(32.1%)。由此可见,留桩高度 10 cm 处理茎鞘非结构碳水化合物积累和输出均优于其他留桩高度处理。

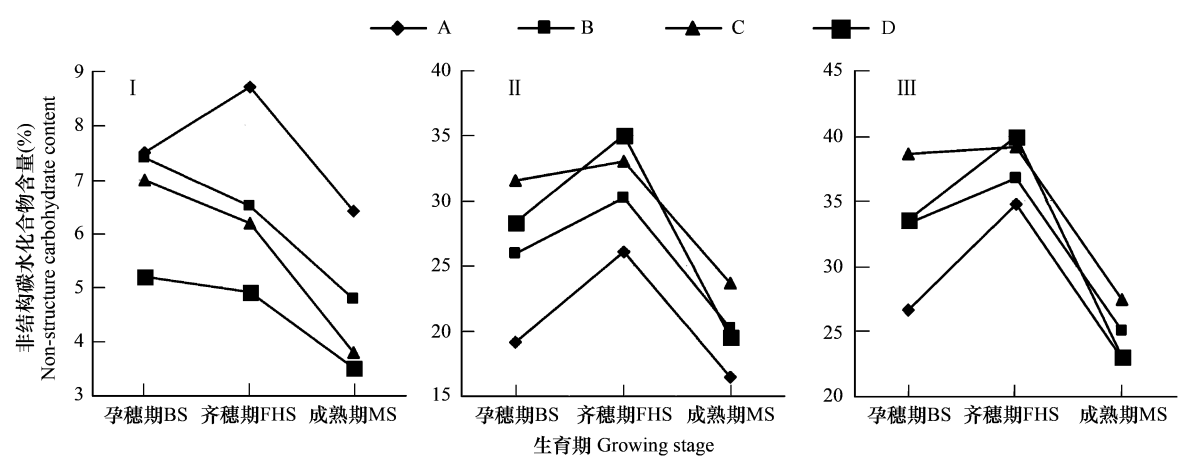


图 1 不同留桩高度下培两优 210 再生稻茎鞘非结构碳水化合物含量 (%)

Fig. 1 Non-structure carbohydrate content of stem and sheath of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice (%)

I : 可溶性糖; II : 淀粉; III : 可溶性糖 + 淀粉 I : soluble sugar; II : starch; III : sum of soluble sugar and starch

2.4.2 比叶重和粒叶比

比叶重可作为水稻颖花根活量的诊断指标^[23],是与光合作用密切相关的。比叶重高说明稻株具有较高的颖花根活量,能有效地提高净同化率和延缓叶面积下降速度,促进同化产物向籽粒输送,显著地提高籽粒的灌浆速率。不同留桩高度处理比叶重显著高于主季稻(表 6),说明再生稻叶片比主季稻叶片具有较高的光合潜力;随着留桩高度的降低,再生稻比叶重呈增加的趋势。在研究作物的源库关系时一般把绿叶面积或叶面积指数作为源的衡量指标,把单位面积的颖花量作为产量库的衡量指标^[24],并认为粒/叶是衡量群体库源关系的一个综合指标^[25,26],提高粒叶比具有强“源”畅“流”的作用,在适宜的叶面积基础上提高粒叶比可以增加稻谷产量^[27]。本研究中不同留桩高度粒叶比变化范围在 0.73 ~ 1.01 粒/cm²之间,显著高于主季稻,为主季稻的 1.9 ~ 2.6 倍,且随着留桩高度的降低而增加。可见,留桩高度 10 cm 处理比其他两个留桩高度处理具有更大的增产潜力,是培两优 210 蓄留再生稻的适宜留桩高度。

表 6 不同留桩高度下培两优 210 再生稻粒叶比和比叶重

Table 6 Ratio of grain number to leaf area and Specific leaf weight of Peiliangyou 210 under main crop and its different rudimental stubble heights ratooning rice

处理 Treatments	比叶重 Specific leaf weight (mg·cm ⁻²)			粒叶比 Ratio of grain number to leaf area (grain·cm ⁻²)
	孕穗期 BS	齐穗期 FHS	成熟期 MS	
A	2.74 b	3.20 b	3.36 b	0.39 c
B	3.37 a	3.18 b	3.57 a b	0.73 b
C	3.51 a	3.42 a	3.64 a b	0.81 b
D	3.63 a	3.61 a	3.86 a	1.01 a

3 讨论与结论

留桩高度是关系到水稻再生培植成败的重要因素之一。有研究认为,籼稻宜留高桩,因为其倒 2、3 节再生穗为优势芽穗,该两节对再生稻产量的贡献率在 70% 左右或更高^[9,28]。苏祖芳等^[29]报道,籼稻留桩高度应依品种的优势芽位而定:高位再生型留高桩(30cm),全位再生型留中桩(20cm),低位再生型留低桩。留桩高度影响再生稻生育后期营养器官碳水化合物的转运:随留桩高度下降,茎鞘可溶性糖含量一般呈下降趋势。本研究中,培两优 210 再生稻粒叶比随留桩高度下降而呈升高的趋势,说明低桩再生稻受库的限制程度较高桩再生稻大。低桩再生稻尽管有效穗数减少,但其穗粒数大大增加,而一般情况下千粒重下降幅度不会太大,

因此低桩再生稻的利用在于解决低位再生苗早生快发与结实率较低的问题。对此有待深入研究。另外,本研究中主季稻完熟期遇到 3d 持续降雨天气,延迟了收割时间,增加了下位腋芽的死亡率;另外由于连续降雨,田间积水也增加了下位腋芽的死亡率,因而导致再生稻基本苗不足,尤其是低位再生苗的不足。这可能是本研究中留桩高度 10 cm 再生稻的产量限制因子。

本研究中,不同留桩高度显著影响培两优 210 再生稻的“源-流-库”特性,随留桩高度的降低,培两优 210 再生稻生育期延长,株高、穗长与叶面积指数增加;灌浆期间叶片磷酸蔗糖合成酶活性衰减率减小,作物生长速率增加,节间维管束数目和大小及枝梗过氧化氢酶活性增加;茎鞘非结构碳水化合物积累和输出速率增加,比叶重和粒叶比提高,穗总粒数增加,进而增加产量。依据本试验研究结果,培两优 210 做再生稻栽培时适宜留低桩,即留桩高度 10 cm,具有“源”足“流”畅“库”大的特点,但是,由于生育期长,以至贪青晚熟,导致籽粒灌浆后期容易遭受低温冷害,降低结实率和千粒重,进而限制产量的提高。因此,培两优 210 做再生稻栽培时一定要协调主季稻和再生稻的生育期,即提早主季稻的播种和收割时间,为再生稻的生长发育提供充足的光热条件,达到两季高产。

References:

- [1] Bahar F A, Dedatta S K. Prospects of increasing total rice production through ratooning. *Agronomy*, 1997, 69(2): 536—540.
- [2] Ichii M, Sumi Y. Effect of food reserves on the ratooning growth of rice plant. *Crop Science*, 1983, 52(1): 15—21.
- [3] Zheng C M. Primary research on properties of growth and development and yield components in ratooning rice. *China Rice*, 1996, 4: 11—12.
- [4] Liu B G, Zhang X Q, Wang G M, *et al.* Observation of the photosynthate distribution during the ripening stage of the main crop and ratooning period of rice variety Shanyou 63. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1993, 15(5): 378—381.
- [5] Xu F X, Xiong H, Zhao G L, *et al.* A study on the canopy characters of mid-season hybrid rice in relation to their ratooning ability. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28(3): 426—430.
- [6] Yi Z X, Tu N M, Chen P P. Source-sink characteristics of main crop and ratooning rice of several new hybrid rice combinations. *Chinese Journal of Rice Sciences*, 2005, 19(3): 243—248.
- [7] Zhang D P. The relationships between seed setting rate and leaf structure of ratooning crop of hybrid rice Shanyou 63. *Journal of Fujian Agricultural University (Natural Sciences Edition)*, 1994, 23(3): 363—367.
- [8] Chen X X. Influence of inverse node on yield of ratooning rice. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2000, 2: 24—26.
- [9] Deng F Y. Study on the law of high production of ratooning rice. *Hybrid rice*, 1991, 3: 8—11.
- [10] Zhao Z H, Zhang S H, Zhou B, *et al.* Peiliangyou 210, a New Quasi-aromatic Two-line Hybrid Rice Combination with Fine Quality. *Hybrid rice*, 2002, 3: 53—54.
- [11] Tao L, Cheng Y J, Xie R, *et al.* Analysis of genetic effects for neck-panicle vascular bundles and its related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(12): 1932—1937.
- [12] Tu N M, Guan C Y. Effects of leaf-cutting treatments on source-sink relation of rice during panicle initiation. *Journal of Hunan Agricultural University*, 1999, 25(6): 430—436.
- [13] Xu Z J, Chen W F, Cao H R. Relation between the characters of particle and vascular bundle in neck-panicle of rice. *Acta Agronomica Sinica*, 1998, 24(1): 47—54.
- [14] Xu Z J, Peng Y C. Differences and inheritance of neck vascular bundles between different rice types. *Acta Agronomica Sinica*, 1996, 22(2): 167—172.
- [15] Yang J C, Zhu Q S, Wang Z Q, *et al.* Photosynthetic characteristics: dry matter accumulation and its translocation in intersubspecific hybrid rice. *Acta Agronomica Sinica*, 1997, 23(1): 82—88.
- [16] Yuan L P. Progress of two-line system hybrid rice breeding. *Scientia Agricultura Sinica*, 1990, 23(3): 1—6.
- [17] Gao X Y, Xu F C, Zhao Y H, *et al.* Compare with the activities of sucrose synthetase and sucrose phosphate synthetase in ordinary corn and super-sweet corn. *Journal of South China Agricultural University*, 2001, 22(2): 47—49.
- [18] Murty K S. Source and sink relationships in rice. *Science and Culture, Indian*, 1976, 42(11): 558—559.
- [19] Liang J S, Cao X Z, Xu S, *et al.* Studies on the relationship between the grain sink strength and its starch accumulation in rice (*Oryza sativa*). *Acta Agronomica Sinica*, 1994, 20(6): 685—661.
- [20] Lin X Q, Zhu D F, Luo Y K, *et al.* The non-structural carbohydrate of the stem and sheath in relation to the panicle characteristics in rice.

Chinese Journal of Rice Science, 2001, 15(2): 155—157.

- [21] Zhao Q Z, Huang P S, Ling Q H. Relations between canopy apparent photosynthesis and store matter in stem and sheath between and yield and nitrogen regulations in rice. *Scientia Agriculture Sinica*, 2001, 34(3): 304—310.
- [22] Wang Y L, Cai J Z, He J S, *et al.* The relationships between spikelet-root activity and grain filling and ripening in rice (*Oryza sativa*). *Acta Agronomica Sinica*, 1992, 18(2): 81—88.
- [23] Wilson J. Photosynthesis and energy conversion. In: Warring P. F. and Cooper J. P. eds. *Potential Crop Production Educational Books*, Exeter NH, 1971. 43—75.
- [24] Jiang P Y, Hong X F, Feng L D, *et al.* Relation between percentage of ear-bearing of colony in the middle phase and photosynthesis efficient in the late in rice. *Scientia Agriculture Sinica*, 1994, 27(6): 8—14.
- [25] Ling Q H, Zhang H C, Cai J Z, *et al.* Investigation on the production quality of high yield and its optimizing control programme in rice. *Scientia Agriculture Sinica*, 1993, 26(6): 1—11.
- [26] Ling Q H. Ratio between grains and leaves in rice colony and high yielding cultivation. *Scientia Agricultural Sinica*, 1986, 3: 1—8.
- [27] Sun X H. The studies on ratooning rice in China. *Journal of Sichuan University*, 1995, 13(4): 506—517.
- [28] Xiong H, Fang W, Tan Z B. The effects of different harvesting stage on the yield of main crop and ratooning rice. *Hybrid Rice*, 1990, (3): 8—10.
- [29] Su Z F, Zhang H C, Hou K P, *et al.* Studies on development characters and cultural technology for high yield in regeneration rice. *Journal of Jiangsu Agricultural College*, 1990, 11(1): 16—21.

参考文献:

- [3] 郑常敏. 再生稻生长发育及产量构成特点初探. *中国稻米*, 1996, 4: 11~12.
- [4] 刘保国, 张修清, 王光明, 等. 汕优 63 生长后期及其再生稻的光合产物分配规律研究. *西南农业大学学报*, 1993, 15(5): 378~381.
- [5] 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. *作物学报*, 2002, 28(3): 426~430.
- [6] 易镇邪, 屠乃美, 陈平平. 杂交稻新组合再生稻头季及再生季源库特征分析. *中国水稻科学*, 2005, 19(3): 243~248.
- [7] 张大鹏. 汕优 63 再生稻结实率与叶片结构的关系. *福建农业大学学报(自然科学版)*, 1994, 23(3): 363~367.
- [8] 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, 2: 24~26.
- [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] 赵正洪, 张世辉, 周斌, 等. 优质香型两系杂交水稻新组合培两优 210. *杂交水稻*, 2002, 3: 53~54.
- [11] 陶澜, 程艳军, 谢戎, 等. 水稻穗颈维管束及其相关性状的基因效应分析. *中国农业科学*, 2004, 37(12): 1932~1937.
- [12] 屠乃美, 官春云. 水稻幼穗分化期间减源对源库关系的影响. *湖南农业大学学报*, 1999, 25(6): 430~436.
- [13] 徐正进, 陈温福, 曹洪任. 水稻穗颈维管束数与穗部性状关系的研究. *作物学报*, 1998, 24(1): 47~54.
- [14] 徐正进, 彭应财. 水稻穗颈维管束性状的类型间差异及其遗传的研究. *作物学报*, 1996, 22(2): 167~172.
- [15] 杨建昌, 朱庆森, 王志琴, 等. 亚种间杂交稻光合特性及物质积累与运转的研究. *作物学报*, 1997, 23(1): 82~88.
- [16] 袁隆平. 两系法杂交水稻研究的进展. *中国农业科学*, 1990, 23(3): 1~6.
- [17] 高向阳, 徐凤彩, 赵亚华, 等. 普通玉米和超甜玉米苗期蔗糖合成酶与磷酸蔗糖合成酶的活力比较. *华南农业大学学报*, 2001, 22(2): 47~49.
- [18] 梁建生, 曹显祖, 张海燕, 等. 水稻籽粒灌浆期间茎鞘储存物质含量变化及其影响因素研究. *中国水稻科学*, 1994, 8(3): 151~156.
- [19] 林贤青, 朱德峰, 罗玉坤, 等. 水稻茎鞘非结构性碳水化合物与穗部性状关系的研究. *中国水稻科学*, 2001, 15(2): 155~157.
- [20] 赵全志, 黄丕生, 凌启鸿. 水稻群体光合速率和茎鞘贮藏物质与产量关系的研究. *中国农业科学*, 2001, 34(3): 304~310.
- [21] 王余龙, 蒋建中, 何杰升等. 水稻颖花根活力与籽粒灌浆结实的关系. *作物学报*, 1992, 18(2): 81~88.
- [23] 蒋彭炎, 洪晓富, 冯来定, 等. 水稻中期群体成穗率与后期群体光合效率的关系. *中国农业科学*, 1994, 27(6): 8~14.
- [24] 凌启鸿, 张洪程, 蔡建中, 等. 水稻高产群体质量及其优化控制探讨. *中国农业科学*, 1993, 26(6): 1~11.
- [25] 凌启鸿. 水稻群体“粒叶比”与高产栽培途径的研究. *中国农业科学*, 1986, 3: 1~8.
- [26] 孙晓辉. 中国的再生稻研究. *四川农业大学学报*, 1995, 13(4): 506~517.
- [27] 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. *杂交水稻*, 1990, (3): 8~10.
- [28] 江世华. 四川省再生稻高产综合栽培技术研究. *西南农业大学学报*, 1995, 17(3): 189~192.
- [29] 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. *江苏农学院学报*, 1990, 11(1): 16~21.