

杂交中稻再生力与头季稻农艺性状的相关性研究

任天举 蒋志成 王培华 李经勇 张晓春 鲁远源 刘贤双

(重庆再生稻研究中心, 重庆水川 402160)

摘 要: 为探明杂交中稻再生力与头季稻农艺性状的关系, 给强再生力品种(组合)的选择提供依据, 选用 229 个杂交组合, 经 3 次试验, 再生力与头季稻性状的相关及通径分析表明: (1) 能体现碳水化合物遗留量的成熟期单茎茎鞘干重, 对再生力的直接效应最大或接近最大, 两者呈极显著正相关, 且其回归方程具较好的预测功能, 故可将茎鞘干重作为衡量杂交中稻组合再生力的重要指标; (2) 对群体生态环境影响较大的穴有效穗数, 与再生力的简单负相关均不显著, 偏相关却均极显著, 直接效应亦较大, 显示其是影响再生力的重要性状; (3) 与再生力呈负相关的株高、剑叶长度、穗着粒数、穗实粒重、成熟期以及呈正相关的分蘖力, 3 次试验的效应均不一致, 说明它们对再生力的影响不够稳定。

关键词: 杂交中稻; 再生力; 农艺性状; 相关性

中图分类号: S511

Correlation of Ratooning Ability with Its Main Crop Agronomic Traits in Mid-season Hybrid Rice

REN Tian-Ju, JIANG Zhi-Cheng, WANG Pei-Hua, LI Jing-Yong, ZHANG Xiao-Chun, LU Yuan-Yuan and LIU Xian-Shuang

(Chongqing Ratooning Rice Research Center, Yongchuan, 402160 Chongqing, China)

Abstract: The ratooning rice is the secondary rice, which sprouted from the rice pile axillary after the rice was harvested. Mid-season hybrid rice was regard as reserving ratooning rice at present in China, it is suitable local effective cultivation pattern which was used fully light hot resources of idle period in autumn and increased output, and it was the bigger application area in south rice area. The ratooning rice research beginning from 20th century 30's, at present up to, the research content was mainly concentrated in the cultivation and the physiological aspect, but the correlation research about the ratooning ability and agronomic trait of the main crop was less, lacking of the consistent conclusion. In order to choose strong ratooning ability hybrid rice combination, the relationship between the ratooning ability and agronomic traits of main crop with 229 mid-season hybrid rice combinations were tested in 1996, 1999 and 2001. The results from both correlation analysis and path analysis showed that: (1) the stem-sheath dry weight of main crop had maximum direct effect on ratooning ability, the correlation coefficient between the above two traits was significantly positive, and the regression equation had better expecting function, indicating that stem-sheath dry weight was an important index to measure the ratooning ability of hybrid rice combination; (2) the correlation between the ratooning ability and the amount of effective panicles which has strong effect on field group ecology, was not significant, but the partial correlation was significant, showing it was the important trait of influencing ratooning ability; (3) the effects of plant height, flag leaf length, grains per panicle, grain weight per panicle and growth duration, which were negatively correlated to the ratooning ability, and the tillering ability, which was positively correlated to the ratooning ability, were different in 3 experiments, showing the influence of the traits to be unstable to the ratooning ability.

Key words: Mid-season hybrid rice; Ratooning ability; Agronomic traits; Correlation

对水稻再生力通常有两种解释, 其一是一个品种在头季稻收获后稻桩上产生再生苗的能力^[1], 主

基金项目: 重庆市再生稻攻关项目(90-2659)资助。

作者简介: 任天举(1935-), 男, 重庆万州区人, 高级农艺师, 主要从事再生稻研究。

Received(收稿日期): 2005-01-04, Accepted(接受日期): 2005-08-01.

要研究再生苗数与头季稻性状的关系^[2-7]; 二是把再生稻生产能力即再生稻产量作为再生力, 研究的重点是再生稻产量或产量构成因素与头季稻性状的关系^[8-10]。不言而喻, 这是既有严格区别又有密切联系的两个概念, 本研究倾向于前者。研究表明, 水稻再生力特性受遗传、环境、栽培措施等多种因素的影响^[5, 11-13], 这就给强再生力品种选育增加了难度, 因而育成再生稻专用品种甚少, 大田生产品种多从推广的中稻良种中筛选。强再生力品种的选育方法尚处于不断完善之中, 到目前为止, 主要采用以下两条途径, 一是根据再生力的配合力和遗传力较强的研究结果^[12-13], 选用强再生力亲本进行组配, 从其后代中选择强再生力常规品种或杂交稻组合; 二是针对再生力与头季稻相关密切的性状进行选择, 这方面尽管有些研究报道, 但取得一致的结论甚少, 如头季稻生育期、有效穗数、穗着粒数等主要性状与再生力的关系, 结论就各不相同, 甚至相反^[2-4], 同时缺乏各种性状对再生力影响的相对重要性比较, 更无多年相关性紧密且相关方向一致的结果。为此, 特进行本研究。

1 材料及方法

以籼型三系不育系(P1)与恢复系(P2)的不完全双列杂交方式组配获得杂交中稻组合, 3次试验选用的不育系及恢复系如下。1996年P1为D91A、G46A、丝苗A、II-32A、优I A、金23A、K17A、早显A、汕A和K19A, P2为泸恢57、泸恢926、明恢77、明恢63、D209、桂99、密阳46、CDR22、多系1、90838和6078, 组合数110个; 1999年P1为渝45A、渝182A、渝257A、渝259A、渝7623A、渝7621A、渝262A、渝270A、汕A和辐76A, P2为明恢63、泸恢926、渝恢10、绵恢801、W-5、99大粒和99-7, 组合数70个; 2001年P1为Q337A、渝45A、渝182A、辐76A、G46A、金23A和D62A, P2为R182、蜀恢527、多系1、130、99-7、6078和93017, 组合数49个。田间试验采用随机区组设计, 重复3次, 小区面积2 m², 每区种植3行, 每行12穴, 穴植单株, 以中间行的中间10穴供调查、取样和收产。3次试验的主要栽培管理基本一致。3月5日播芽谷, 地膜保温育秧, 5叶期移栽, 规格为18穴/m²。本田头季稻施纯氮150 kg/hm², N:P₂O₅:K₂O=1:0.6:1.1, 采用“前促中稳后保”施肥法, 再生稻未施肥, 其他管理同大田高产栽培。头季稻成熟度达95%时收获实产, 留桩高度随组合的株

高而异, 以保全倒2芽为准。

考察能反映头季稻主要特征特性的性状, 最高分蘖数即分蘖力(苗/株, x_1)、有效穗数(穗/穴, x_2)、株高(cm, x_3)、剑叶长度(cm, x_4)。1996年未调查)、穗着粒数(粒/穗, x_5)、穗实粒重(g/穗, x_6)。统一含水量为13.8%)、成熟期茎鞘干重(g/茎, x_7)、成熟期(换算成全生育期, 天, x_8)、头季稻收后15 d调查最高再生苗数(即再生力, 苗/茎, y), 以有效(穗)母茎的3次重复平均值示之。

2 结果与分析

2.1 头季稻农艺性状与再生力的单相关分析

头季稻的分蘖力、有效穗数、株高、剑叶长度、穗着粒数、穗实粒重、茎鞘干重和成熟期8个性状分别与再生力的相关分析结果(表1)表明, 3次试验中, 相关系数方向相同的有茎鞘干重、有效穗数和剑叶长度(只有2次试验结果), 但这3个性状的相关系数差异较大, 3次均达到极显著正相关的只有茎鞘干重(x_7), 3次均呈不显著负相关的为有效穗数(x_2), 剑叶长度两次试验均呈极显著负相关。其余性状有的相关不显著, 有的相关方向不一致。

从表1还看出, 头季稻性状间存在较普遍的相关关系, 相关性显著且方向一致的有分蘖力与有效穗数, 株高与剑叶长度、穗实粒重及成熟期, 穗着粒数与穗实粒重3年均呈显著正相关; 分蘖力与穗实粒重, 有效穗数与穗着粒数、穗实粒重及茎鞘干重均呈显著负相关。由此可见, 还不能根据上述单相关系数来判断各性状对再生力直接作用的大小。

2.2 影响再生力的头季稻主要性状

经多元逐步回归分析, 剔除头季稻对再生力无显著影响的性状后, 3次试验均保留5个与再生力存在极显著线性关系的性状, 其结果的关系式分别为

$$\begin{aligned} y_{96} = & 3.3567 + 0.0624x_1 - 0.1353x_2 \\ & - 0.0069x_3 - 0.0077x_4 + 0.5631x_7 \\ (F = & 11.4454^{**}, R = 0.5958^{**}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{99} = & 8.0404 + 0.0727x_1 - 0.1515x_2 \\ & - 0.0535x_4 + 0.5525x_7 - 0.0295x_8 \\ (F = & 19.6797^{**}, R = 0.7784^{**}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{01} = & 8.3304 - 0.1450x_2 - 0.0037x_3 \\ & - 0.2918x_6 + 0.6597x_7 - 0.0413x_8 \\ (F = & 34.5953^{**}, R = 0.8949^{**}) \end{aligned}$$

表1 性状间的相关系数
Table 1 Correlations coefficient of the traits

性状 Trait	年份 Year	分蘖力(苗) TP	有效穗数 EPN	株高 PH	剑叶长度 FLL	穗着粒数 SP	穗实粒重 FCWP	茎鞘干重 DSSWS	成熟期 MD
有效穗数(穗) EPN	1996	0.710**							
	1999	0.638**							
	2001	0.676**							
株高(cm) PH	1996		-0.065						
	1999		-0.217						
	2001		-0.101						
剑叶长度(cm) FLL	1996								
	1999		-0.196	0.317**					
	2001		-0.196	0.332*					
穗着粒数(数) SP	1996			0.419**					
	1999			0.384**					
	2001			0.260	0.363**				
穗实粒重(g) FCWP	1996								
	1999			0.278*	0.385**	0.654**			
	2001			0.462**	0.349*	0.679**			
茎鞘干重(g) DSSWS	1996			0.693**					
	1999			0.222	0.338**	0.669**	0.669**		
	2001			0.238	-0.214	-0.198	-0.246**		
成熟期(d) MD	1996		0.053	0.808**		0.316**	0.394**	0.689**	
	1999		0.003	0.376**	0.403**	-0.004	0.149	-0.047	
	2001		-0.182	0.497**	0.518**	0.358**	0.467**	-0.028	
再生力(苗) NRB	1996		-0.156	0.144		-0.069	0.202*	0.408**	0.198*
	1999		-0.158	-0.227	-0.410**	0.110	-0.155	0.319**	-0.591**
	2001		-0.165	-0.140	-0.540**	-0.540**	-0.436**	0.657**	-0.522**

注: * 和 ** 分别表示 5% 和 1% 显著水平, 下同。

Notes: * and ** indicate significance at 5% and 1% probability levels, respectively. TP = tillers per plant; EPN = effective panicles per nest, PH = plant height; FLL = flag-leaf length; SP = spikelets per panicle; FCWP = filled grain weight per panicle; DSSWS = dry stem-sheath weight per stem; MD = maturing duration; NRB = number of ratooning bud. The same below.

线性方程均达极显著水平, 表明有必要对这些性状与再生力进行通径分析。

由通径分析结果(表2)可见, 第一, 茎鞘干重和有效穗数对再生力的直接效应不仅在3次试验中方向一致, 而且绝对值最高(或较高), 均远大于间接作用; 第二, 剑叶长度、穗着粒数、穗实粒重、成熟期等

性状对再生力的直接效应虽在一次试验中表现最大或较大, 但试验之间重复性较差, 表明易受偶然因素的影响; 第三, 分蘖力、株高、穗着粒数3个性状均有一次试验的间接作用大于直接作用, 主要是它们在该次试验中分别通过有效穗数、茎鞘干重及成熟期、穗实粒重的间接作用较大所致。

表2 头季稻性状对再生力的通径分析
Table 2 The path analysis of agronomic traits to ratooning ability

性状 Trait	1996			性状 Trait	1999			性状 Trait	2001		
	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect		相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect		相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect
分蘖力 TP	-0.053	0.305	-0.359	分蘖力 TP	0.059	0.296	-0.237	有效穗数 EPN	-0.072	-0.378	0.306
有效穗数 EPN	-0.156	-0.408	0.255	有效穗数 EPN	-0.158	-0.364	0.206	穗着粒数 SP	-0.541	-0.253	-0.288
株高 PH	0.144	-0.225	0.369	剑叶长度 FLL	-0.410	-0.495	0.084	穗实粒重 FCWP	-0.436	-0.399	-0.037
穗着粒数 SP	-0.069	-0.512	0.443	茎鞘干重 DSSWS	0.319	0.366	-0.047	茎鞘干重 DSSWS	0.657	0.466	0.190
茎鞘干重 DSSWS	0.408	0.748	-0.340	成熟期 MD	-0.591	-0.358	-0.234	成熟期 MD	-0.522	-0.301	-0.221

选出的上述性状与再生力的偏相关系数进行显著性检验(表3)看出, 茎鞘干重的偏相关系数和 t 检验值, 1996年和2001年最大、1999年较大, 表明它是决定杂交组合再生力强弱的关键因子。据此可将茎鞘干重作为判断杂交中稻组合再生力的重要指标^[5]。另外, 在表1中与再生力相关不显著的性状, 其偏相关系数却表现显著的有分蘖力、有效穗数、株

高、穗着粒数4个性状, 但只有有效穗数在3次试验中表现一致, 其他性状在试验之间有较大差异, 说明有效穗数与再生力存在真实一致的相关关系, 是影响再生力的重要因素。

2.3 头季稻茎鞘干重与再生力的关系

头季稻茎鞘干重与再生力的回归关系见表4, 回归模型经显著性测验, 3次试验均达到极显著水

表3 头季稻性状与再生力的偏相关系数显著性
Table 3 The partial correlation analysis of agronomic traits with ratooning ability

1996			1999			2001		
偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 值 t value	显著水平 Significant level	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 值 t value	显著水平 Significant level	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 值 t value	显著水平 Significant level
$r(y, x_1) = 0.2408$	2.5299	0.0129	$r(y, x_1) = 0.3355$	2.8491	0.0059	$r(y, x_2) = -0.4266$	3.0929	0.0034
$r(y, x_2) = -0.2854$	3.0366	0.0030	$r(y, x_2) = -0.3411$	2.9024	0.0051	$r(y, x_3) = -0.3675$	2.5907	0.0129
$r(y, x_3) = -0.1845$	1.9139	0.0584	$r(y, x_3) = -0.5209$	4.8814	0.0001	$r(y, x_6) = -0.4130$	2.9737	0.0048
$r(y, x_4) = -0.4241$	4.7757	0.0000	$r(y, x_4) = 0.4311$	3.8217	0.0003	$r(y, x_7) = 0.6473$	5.5684	0.0000
$r(y, x_7) = 0.5164$	6.1500	0.0000	$r(y, x_8) = -0.4463$	3.9893	0.0002	$r(y, x_8) = -0.4934$	3.7198	0.0006

平,表明两者存在真实的回归关系,即再生力随茎鞘干重的增加而增强。回归系数间的差异经 t 测验均不显著,据此可认为头季稻成熟期单茎茎鞘干重每增加 1 g,单茎再生苗数增加的单位数在 3 次试验中是一致的,其共同值为 3 个回归系数的加权平均值 0.4997(苗)。

表4 头季稻茎鞘干重与再生力的回归分析
Table 4 Regression analysis of dry stem-sheath weight with ratooning ability

年份 Year	回归方程 Regression equation	样本数 Sample	F 值 F value	显著性概率 Significance probability	标准误差 Standard error
1996	$\hat{y} = 1.1379 + 0.3197x$	110	21.540	0.000	0.329
1999	$\hat{y} = 0.4358 + 0.4819x$	70	7.706	0.007	0.354
2001	$\hat{y} = -0.8547 + 0.9290x$	49	35.616	0.000	0.264

将 3 次试验结果综合进行回归分析,

$$\hat{y} = 1.2167 + 0.1245x \quad (t_{0.10} = 1.64 < t = 1.71 < t_{0.05} = 1.96)$$

试利用该回归方程预测茎鞘干重(x)为 2 时,95% 可信度的再生苗数置信区间。首先估算标准误差 $s_{y,x} = 0.4145$,并计算相应的 $s_{x,y} = 0.4167$ 。因 $\hat{y} = 1.4657$,故 95% 可信度的再生苗数置信区间为 $\hat{y} = 1.4657 \pm 1.96 \times 0.4167 = 1.4657 \pm 0.8167$ 。即 $L_1 = 1.4657 - 0.8167 = 0.65$ (苗), $L_2 = 1.4657 + 0.8167 = 2.28$ (苗),在此区间的杂交组合数 = $229 \times 0.95 = 218$ (个),与实测结果基本吻合。表明综合 3 次试验结果的回归方程具较强的预测功能。

3 讨论

3.1 头季稻性状与再生力相关关系各异的原因分析

本研究表明,头季稻分蘖力、有效穗数、株高、剑叶长度、穗着粒数、穗实粒重、茎鞘干重、成熟期等 8 个性状与再生力的相关关系,在性状之间和试验之间均存在较大的差异,产生这些差异的主要原因大致有以下几个方面。

(1) 头季稻性状在再生芽(成活并萌发的休眠芽)萌发生长过程中所起的生理生态作用不同。随头季稻性状自身的发展并加大在组合间的差距,一类性状对再生芽萌发生长起促进作用,①茎鞘干重

愈重,以茎鞘为主的营养器官遗留的碳水化合物(一般为 12%^[14],其中约 51% 可被再利用^[15])愈多,在稻桩中的碳水化合物(总糖、可溶性糖等)含量也愈高,再生发苗数也愈多^[16-17],且头季稻后期营养器官碳水化合物含量与再生苗数呈高度正相关^[17]。因此,茎鞘干重是头季稻诸多性状中惟一能稳定地影响再生力的性状。②分蘖力增强,除通过有效穗数对再生力的间接影响加大外,直接正效应也会更强(见表 2),但这是否是头季稻分蘖特性在再生蘖上的延续还有待进一步研究。另一类性状对再生芽萌发生长起负作用,①有效穗数增多,一是因有效穗数与茎鞘干重呈极显著负相关(表 1)而使茎秆变细,重量减轻,遗留的养分相应减少;二是叶面积指数增加到一定水平后会导致群体生态环境变劣,即通透性降低,茎秆密集拥挤,病虫害加重。两方面负效应累加使其成为影响再生力的重要性状。②株高增加,倒伏的可能性加大,再生力下降,倒伏指数与再生蘖萌发率呈显著负相关^[18]。③剑叶长度延长,叶身必加宽,其下 2、3 叶也延长加宽,后期叶面积指数上升,群体内部郁蔽,致使叶面积指数与再生力呈显著负相关(见 3.3)。④穗着粒数愈多,穗实粒重愈重,留给再生芽的养分就相应愈少。⑤成熟期在适期以后愈迟,收获期愈晚,秋后温度逐渐降低,对再生芽的萌发生长也越来越不利,再生苗数随温度降低而减少,两者呈显著正相关^[11]。

(2) 性状间的相互影响。如分蘖力与有效穗数,二者之间的单相关系数 3 次试验均为极显著正相关,说明有效穗数与再生力的负相关中混杂有分蘖力的正效应,使得有效穗数与再生力的单相关系数虚假地偏小而不显著,当消除分蘖力的正效应后,其偏相关系数在 3 次试验中均达到了极显著水平。

(3) 试验所用的材料、组合搭配及环境条件等因素不同,导致同一性状与再生力的相关关系在不同试验出现差异。与本研究结果相比,以往的报道中,有的相同^[5],有的在相关程度上有差异^[3,6],有的甚至相反^[2]。由此可见,在参阅、应用头季稻性状与再生力的相关资料时,尽可能参考多年、多次试验结

果基本一致的结论。

3.2 再生力对再生稻产量的主导作用

据观察,再生力愈强的组合,其再生稻有效穗数亦愈多,尽管二者采用的单位不同,但仍呈高度正相关,3次试验的相关系数分别为 0.608^{**} 、 0.905^{**} 和 0.846^{**} 。而在构成再生稻产量的穗、粒、重3因素中,有效穗数起着主导作用^[19],即有效穗数对再生稻产量的贡献最大^[20],两者呈极显著正相关^[5,21],表明再生力必然对再生稻产量起主导作用,这一点被两者的相关系数(0.633^{**} 、 0.967^{**} 和 0.856^{**})所佐证。说明选用强再生力品种(组合)易获得再生稻高产。这不仅为再生稻高产品种选育提供了理论依据,而且在无条件确保再生稻安全抽穗扬花的地方,也可从事再生稻高产品种的选育工作。实践表明,强再生力品种选育的难点在于要兼顾生产者的第一要求——头季稻高产。不过,再生力与头季稻单株产量相关分析(相关系数分别为 0.129 、 -0.114 和 -0.303)表明两者没有必然联系^[22],也就是说,只要育种材料选用得当,选育头季稻高产又兼具强再生力的组合是有可能的。

3.3 不同农艺措施下头季稻农艺性状与再生力的相关关系

作者在栽培试验中注意到,头季稻的播期、栽植密度、穴用秧量、氮肥施量、灌水方式等多种农艺措施均会对头季稻农艺性状和再生力产生较大的影响,并随这些农艺措施的水平及组合方式发生变化,农艺性状与再生力的关系出现了类似不同杂交稻组合的相关关系。例如,1994年用汕优多系1号做的单位面积穴数、行株距比例和穴植株数3因素3水平正交试验中,穴分蘖数、齐穗期茎鞘干重与再生力均呈显著正相关,相关系数分别为 0.808^{**} 、 0.389^{**} ;而单位面积有效穗数、叶面积指数、总颖花数、结实粒数等与再生力均呈显著或接近显著负相关,其相关系数分别为 -0.521^{**} 、 -0.432^{**} 、 -0.371 和 -0.465^{**} 。这为选择再生力强、产量高的不同农艺措施水平组合提供了依据,也为再生稻高产栽培措施探索了一种新的评价方法。

References

- [1] Chauhan J S. The appraisal of ratooning ability in hybrid rice. *Ins Rice Res Newsletter*, 1983, 8(6): 6
- [2] Liu Y-S(刘永胜), Zhou K-D(周开达), Luo W-Z(罗文质), Zeng R-Y(曾日勇). Evaluation for rice ratooning ability of interspecific hybrid and its relation to agronomic characters of mother plant. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), 1992, 10(3): 408-412 (in Chinese with English abstract)
- [3] Yan Y-M(晏月明), Wang X-X(王绪信), Shao Q-M(邵启明), Liu B-G(刘保国), Ren C-F(任昌福). Genetics of ratooning ability in inter-subspecies crosses of rice (*Oryza sativa* L.). *J Southwest Agric Univ* (西南农业大学学报), 1992, 14(6): 517-521 (in Chinese with English abstract)
- [4] Zhao S-Y(赵式英), Hu H-Y(胡慧英). Study on growth period maturity of main crop with ratooning rice. *Jiangxi Agric Sci Technol* (江西农业科技), 1987(5): 8-10 (in Chinese)
- [5] Xiong H(熊洪), Fang W(方文). Study on ecological condition of axillary bud sprouting of rice. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), 1990, 3(2): 27-31 (in Chinese)
- [6] 一井真比古, 桑田晃. The variation of ratooning buds and the relationship with agronomic traits of mother plant. *Foreign Agric Sci & Technol* (国外农业科技), 1982(11): 10-13 (in Chinese)
- [7] Feng L-D(冯来定), Jiang P-Y(蒋彭炎). Studies on ratooning ability of different groups of main crop in rice. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学), 1990, 2: 67-71 (in Chinese)
- [8] Xu F-X(徐富贤), Xiong H(熊洪). Relationship between ratio of grain to leaf area and ratooning ability in middle-season hybrid rice. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 2000, 14(2): 249-252 (in Chinese with English abstract)
- [9] Xu F-X(徐富贤), Xiong H(熊洪), Zhao C-L(赵甘霖), Hong S(洪松). A study on the canopy characters of mid-season hybrid rice in relation to their ratooning ability. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2002, 28(3): 426-430 (in Chinese with English abstract)
- [10] Xu F-X(徐富贤), Xiong H(熊洪), Hong S(洪松). Relationship between single stem-sheath dry matter weight of main crop and ratooning ability and high yield cultivation approach in hybrid mid-rice. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), 1998, 11(4): 34-43 (in Chinese with English abstract)
- [11] Ren T-J(任天举), Wang P-H(王培华), Duan J-W(段景文), Li S-H(李世华), Tang Q-G(唐前国). Correlation study between temperature and agronomic characters of ratooning rice. *Chin J Agrometeorol* (中国农业气象), 2002, 23(1): 4-7 (in Chinese with English abstract)
- [12] Li S-F(李实寅), Chen T-W(陈廷文). Inheritance of the ratooning ability in rice varieties (*O. sativa* subsp. *indica*). *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 1988, 21(2): 39-45 (in Chinese with English abstract)
- [13] Ren T-J(任天举), Li J-Y(李经勇), Zhang X-C(张晓春), Wang P-H(王培华), Yu C-P(余官平), Lu Y(卢勇). Analysis of combining ability and heritability of ratooning qualities in hybrid rice F_1 . *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), 2004, 17(3): 287-291 (in Chinese with English abstract)
- [14] 吉田昌一. Science Principle of Rice Cultivation (稻作科学原理). Hangzhou: Zhejiang Sci & Tech Press, 1984. pp 280-282 (in Chinese)
- [15] Zhang M-P(张明鹏), Liu Z-S(刘振声), Qiu Q-F(邱泉发), Chen A-H(陈爱华), Lin L-K(林丽宽). Studies on the distribution of photosynthetic products and the absorption of nitrogen in regenerative rice by using isotopes ^{14}C and ^{15}N . *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 1980(3): 1-5 (in Chinese with English abstract)
- [16] Liu B-G(刘保国), Wang G-M(王光明), Zhang X-Q(张修清), Wan Z-L(万兆良), Huang Y-Q(黄友钦), Ren C-F(任昌福). Growth and development of a ratooning rice as related to the distribution of photosynthesis its main crop. *J Southwest Agric Univ* (西南农业大学学报), 1993, 15(3): 378-381 (in Chinese with English abstract)
- [17] Ren T-J(任天举). Effect of carbohydrate content of vegetable organs in main crop at the late period of ratooning rice. *Southwest China J Agric Sci* (西南农业学报), 1993, 6(2): 32-37 (in Chinese with English abstract)
- [18] Chauhan J S, Vergara B S, Lopez F S S. Rice ratooning. *IRRI Research Paper Series*, 1985, (102): 1-17
- [19] Shi N-P(施能浦), Jiao S-C(焦世纯). Chinese Ratooning Rice Planting (中国再生稻栽培). Beijing: China Agriculture Press, 1999. pp 217-218 (in Chinese)
- [20] Jiang Z-W(姜照伟), Zhuo C-Y(卓传营), Lin W(林文), Zheng J-S(郑景生), Li Y-Z(李义珍). Analysis on the output structural factor of ratooning rice. *Fujian Sci & Tech of Rice & Wheat* (福建稻麦科技), 2002, 20(2): 8-9 (in Chinese)
- [21] Ren C-F(任昌福), Wu Y-X(吴永兴), Zhang H(张洪), Chen W-S(陈维松), Lian Y-K(陈云科). Analysis on the correlated character in output structural factor of ratooning rice. *J Southwest Agric Univ* (西南农业大学学报), 1982(2): 382-385 (in Chinese with English abstract)
- [22] Das G R, Ahmad T. Ratooning rice representation of semi-dwarfing varieties of rice after summer harvest. *Rice Census Plants* (稻属植物), 1982, 19(3/4): 159-161 (in Chinese)