

籼型杂交稻恢复系、 F_1 稻穗枝梗 和颖花分化与退化特征研究

钟 蕾, 何 虎, 潘晓华*

(作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室, 江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西农业大学 农学院, 江西 南昌 330045)

摘要: 对 6 个籼型杂交水稻恢复系及其所配 24 个 F_1 稻穗枝梗和颖花分化与退化特性进行了研究, 结果表明: 恢复系及其 F_1 单穗颖花形成数与枝梗和颖花分化之间呈显著或极显著正相关, 其中一次枝梗分化对大穗分化与形成尤为重要; F_1 稻穗枝梗和颖花分化、形成受恢复系影响大, 单株产量一般配合力高的恢复系及其 F_1 均具有大穗潜力, 其中恢复系单株产量与其恢复系 GCA 相关系数为 0.913 1。并从稻穗发育角度讨论了杂交水稻恢复系及 F_1 的育种与栽培问题。

关键词: 水稻恢复系; F_1 ; 枝梗; 颖花; 分化; 退化; 基因型差异; 一般配合力(GCA)

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1000 - 2286(2011)02 - 0211 - 06

Characteristics of the Differentiation and Retrogression of Branch and Spikelet in Indica Hybrid Rice Restoring Lines and Their F_1

ZHONG Lei, HE Hu, PAN Xiao-hua*

(Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Characteristics of the differentiation and retrogression of branch and spikelet in 6 indica hybrid rice restoring lines and their 24 F_1 were studied and the results were as follows: There were significant (at 0.01 level or 0.05 level) correlations between the total surviving spikelets per panicle and the indexes of differentiated branches and the spikelets of hybrid rice restoring lines and their F_1 , in which the differentiated primary branches were especially important for the formation of big panicles. The differentiation and formation of branch and spikelet of F_1 were highly affected by restoring lines, the restoring lines with high general combining ability (GCA) of yield per plant and their F_1 were all bearing latent ability for big panicle, in which the correlation index between yield per plant and generally combining ability of hybrid rice restoring lines were 0.913 1. Also the breeding and cultivation problems about hybrid rice restoring lines and their F_1 were discussed from the point of the development of branch and spikelet in rice panicle.

Key words: rice restoring lines; F_1 ; branch; spikelet; differentiation; retrogression; genotype difference; general combining ability (GCA)

收稿日期: 2010 - 11 - 02 修回日期: 2011 - 01 - 26

基金项目: 国家自然科学基金(30660082)、科技部重大专项“国家粮食丰产科技工程”(2006BAD02A04)

作者简介: 钟蕾(1972—), 女, 副教授, 博士, 主要从事植物生理与高产栽培研究, E-mail: zhonglei2000@163.com; *

通讯作者: 潘晓华, 教授/博导, E-mail: xhuapan@163.com。

国内外育种和栽培实践表明,大穗、重穗是实现水稻单产快速提高的重要途径^[1-4]。育种上,科研人员对大穗型水稻的选择通常基于单穗颖花形成数(成熟时每穗总粒数)的考察,对杂交水稻亲本如恢复系的选择则引入配合力概念。以往人们对杂交水稻稻穗枝梗、颖花分化与退化基因型效应、环境效应、调控^[5-15]及其发育模拟^[16-17]及杂交水稻亲本每穗粒数配合力^[18-20]等进行了较多有益探讨,其中也有少数关于恢复系或者雄性不育系稻穗枝梗、颖花分化与退化的报道^[13-15],得出了一些有意义的成果。然而,由于稻穗枝梗、颖花分化与退化形成的复杂性,传统的仅基于成熟时每穗总粒数考察做出的大穗潜力判断显得过于简单,另一方面杂交稻亲本材料每穗总粒数形成的配合力仅是其配组能力的反映,迄今未见有杂交稻亲本及其组合在稻穗枝梗、颖花分化与退化特性上相关性的研究,更未见有杂交稻亲本稻穗枝梗、颖花分化与退化特征与单株产量一般配合力(GCA)间内在联系的报道。本文考察了6个杂交水稻恢复系及其24个F₁稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成特征,为从稻穗发育角度来阐明杂交水稻恢复系及其F₁育种与栽培问题提供参考。

1 材料与方 法

试验于2007年在江西农业大学科技园进行。

1.1 材料与试验设计

选择杂交水稻恢复系材料6个,分别为F₈₉、F₁₇₅、F₁₇₇、F₁₈₄(均为江西省赣州市农业科学研究所新育成的稳定雄性不育恢复品系)、R₄₀₂、R₂₈₈;以及上一年配组的F₁材料24个(为F₈₉、F₁₇₅、F₁₇₇、F₁₈₄、R₄₀₂、R₂₈₈分别与珍汕97A、金23A、K17eA、中九A等雄性不育系经不完全双列杂交配制而成)。

5月20日播种,6月18日移栽;每品系按株行距16.7 cm×20.0 cm,单本植,小区24株,重复3次,随机排列,田间按高产栽培方式管理,其中氮肥按基肥(82.5 kg/hm²):分蘖肥(54.0 kg/hm²):幼穗分化肥(58.5 kg/hm²)施用。

1.2 数据的统计与分析

在稻穗抽出剑叶鞘2/3左右时,每品系选取穗长基本一致的稻穗9穗,在放大镜下按松岛省三痕迹法^[6]计数单穗一次枝梗退化数、二次枝梗退化数及单穗颖花退化数;肉眼观察计数一次枝梗形成数、二次枝梗形成数、单穗颖花形成数(所有形成数实际是指现存数);然后计算出一次枝梗分化数、二次枝梗分化数及单穗颖花分化数(分化数=形成数+退化数)。

成熟期各恢复系及F₁取5株测量株高,收获晾干后进行农艺性状考察(测量穗长,计算穗粒数、结实率、单株有效穗数等,考察千粒重、单株产量),计算配合力^[21]。

用唐启义等DPS统计软件进行方差和Duncan's新复极差测验的多重比较分析^[22]。

2 结果与分析

2.1 稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成的差异

2.1.1 恢复系稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成的基因型差异 供试6个杂交水稻恢复系一次枝梗形成数、一次枝梗退化数、一次枝梗分化数、一次枝梗退化率(%)、二次枝梗形成数、二次枝梗退化数、二次枝梗分化数、二次枝梗退化率(%)、单穗颖花总形成数、单穗颖花退化数、单穗颖花分化数、单穗颖花退化率(%)的方差分析(各退化率%指标均作反正弦平方根转换)表明,各品系间均存在极显著的基因型差异。

对6个杂交稻恢复系稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标Duncan's新复极差测验的多重比较结果表明(表1):一次枝梗形成数、二次枝梗形成数、单穗颖花总形成数变幅分别为10.2~16.1、14.4~49.3、100.4~268.4;一次枝梗形成数、二次枝梗形成数与单穗颖花总形成数最高、最低分别为F175、R402。

一次枝梗分化数、二次枝梗分化数、单穗颖花分化数变幅分别为10.8~17.8、28.1~61.6、100.9~272.7;一次枝梗分化数与二次枝梗分化数最高、最低分别为F89、R402,单穗颖花分化数最高、最低分别为F175、R402。

一次枝梗退化数、一次枝梗退化率变幅分别为0.6~2.7、5.2%~15.5%,二次枝梗退化数、二次枝

梗退化率变幅分别为 6.9 ~ 14.1、12.9% ~ 48.6%; 单穗颖花退化数、单穗颖花退化率变幅分别为 0.4 ~ 5.4、0.4% ~ 2.3%; 一次枝梗退化数与一次枝梗退化率最高、最低分别为 F184、R402, 二次枝梗退化数、二次枝梗退化率最高分别为 F89、R402, 最低为 R288; 单穗颖花退化数与单穗颖花退化率最高、最低分别为 F177、R402。

表 1 恢复系稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成相关指标多重比较

Tab. 1 Multiple comparisons on the differentiation, retrogression and formation indexes of the branch and spikelet of different hybrid rice restoring lines

品系 lines	一次枝梗	一次枝梗	一次枝梗	一次枝梗	二次枝梗	二次枝梗	二次枝梗	二次枝梗	单穗颖花	单穗颖花	单穗颖花	单穗颖花
	形成数	退化数	分化数	退化率/%	形成数	退化数	分化数	退化率/%	形成数	退化数	分化数	退化率/%
	SPB	RPB	DPB	PRPB	SSB	RSB	DSB	PRSB	SST	RS	DS	PRS
F89	16.0aA	1.8abAB	17.8aA	10.0abcAB	47.4aA	14.1aA	61.6aA	22.9bB	262.7aA	2.1bcdAB	264.8aAB	0.8bcAB
F175	16.1aA	1.6bcAB	17.7aA	8.8bcAB	49.3aA	11.0abAB	60.3abA	18.2bcB	268.4aA	4.2abcAB	272.7aA	1.5abAB
F177	13.1cB	1.4bcAB	14.6bB	9.9abAB	40.0bA	7.8bcB	47.8cB	16.3bcB	235.4abA	5.4aA	240.9abAB	2.3aA
F184	14.6bAB	2.7aA	17.2aA	15.5aA	46.1abA	9.8bcAB	55.9abAB	17.5bcB	252.2abA	4.9abA	257.1abAB	1.9abA
R402	10.2dC	0.6cB	10.8cC	5.2cB	14.4cB	13.7aA	28.1dC	48.6aA	100.4cB	0.4dB	100.9cC	0.4cB
R288	10.6dC	1.1bcB	11.7cC	9.5abcAB	46.4abA	6.9cC	53.3bcB	12.9cB	222.3bA	1.7cdAB	224.0bB	0.7bcAB

DPB—一次枝梗分化数; DSB—二次枝梗分化数; DS—颖花分化数。RPB—一次枝梗退化数; RSB—二次枝梗退化数; RS—颖花退化数; PRPB—一次枝梗退化率(%) ; PRSB—二次枝梗退化率(%) ; PRS—颖花退化率(%) 。SPB—一次枝梗形成数; SSB—二次枝梗形成数; SST—单穗颖花形成数; 不同字母者差异显著(小写为 5% 水平,大写为 1% 水平)。

DPB, Differentiated primary branches; DSB, Differentiated secondary branches; DS, Differentiated spikelets; RPB, Retrograded primary branches; RSB, Retrograded secondary branches; RS, Retrograded spikelets; PRPB, Percentage of retrograded primary branches; PRSB, Percentage of retrograded secondary branches; PRS, Percentage of retrograded spikelets; SPB, Survived primary branches; SSB, Survived secondary branches; SST, total survived spikelets; Different letter significant (small and big means 0.05 and 0.01 level respectively) .

2.1.2 F₁ 稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成基因型差异性 供试 24 个 F₁ 一次枝梗形成数、一次枝梗退化数、一次枝梗分化数、一次枝梗退化率(%)、二次枝梗形成数、二次枝梗退化数、二次枝梗分化数、二次枝梗退化率(%)、单穗颖花总形成数、单穗颖花退化数、单穗颖花分化数、单穗颖花退化率(%) 的方差分析(各退化率% 指标均作反正弦平方根转换)表明,各杂交组间均存在极显著的基因型差异(表 2)。

表 2 F₁ 稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标方差分析

Tab. 2 Analysis of variance for the differentiation, retrogression and formation of branch and spikelet in F₁

变异来源 Variation stems	一次枝梗形成数 SPB		一次枝梗退化数 RPB		一次枝梗分化数 DPB		一次枝梗退化率 PRPB	
	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值
	Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value
组合 Combination	26.93	10.21**	4.17	3.64**	43.83	14.40**	214.45	3.31**
重复 Replication	2.64		1.15		3.04		64.83	
变异来源 Variation stems	二次枝梗形成数 SSB		二次枝梗退化数 RSB		二次枝梗分化数 DSB		二次枝梗退化率 PRSB	
	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值
	Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value
组合 Combination	564.56	5.60**	956.13	27.68**	2 599.76	14.16**	273.12	17.48**
重复 Replication	100.89		34.55		183.55		15.62	
变异来源 Variation stems	单穗颖花形成数 SST		单穗颖花退化数 RS		单穗颖花分化数 DS		单穗颖花退化率 PRS	
	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值
	Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value
组合 Combination	12 722.06	6.08**	1 500.51	9.11**	21 297.18	8.84**	310.60	16.66**
重复 Replication	2 092.65		164.64		2 409.35		18.64	

2.2 单穗颖花形成数与稻穗枝梗和颖花其余指标的关系

考察供试 6 个杂交水稻恢复系单穗颖花形成数与稻穗枝梗和颖花其余指标的关系发现(表 3):单穗颖花形成数与一次枝梗数形成数、一次枝梗分化数呈显著正相关,与二次枝梗形成数、二次枝梗分化数、单穗颖花分化数呈极显著正相关;同时,单穗颖花形成数与退化有关指标相关较小,但单穗颖花形成数与二次枝梗退化率呈极显著负相关(-0.876 7**)。

考察供试 24 个 F₁ 单穗颖花形成数与稻穗枝梗和颖花其余指标的关系发现(表 3):单穗颖花形成数与一次枝梗数形成数、二次枝梗形成数、单穗颖花分化数等 11 个指标均呈显著或极显著正相关。

表 3 单穗颖花形成数与稻穗枝梗和颖花其余指标的关系

Tab.3 Correlation between total survived spikelets and other indexes of branch and spikelet in rice panicle

指标 Indexes	一次枝梗 形成数 SPB	一次枝梗 退化数 RPB	一次枝梗 分化数 DPB	一次枝梗 退化率 PRPB	二次枝梗 形成数 SSB	二次枝梗 退化数 RSB
恢复系 Restoring lines	0.796 0*	0.735 4	0.827 0*	0.673 5	0.971 6**	-0.294 9
F ₁	0.820 9**	0.638 3**	0.844 1**	0.491 7*	0.972 6**	0.760 2**
指标 Indexes	二次枝梗 分化数 DSB	二次枝梗 退化率 PRSB	单穗颖花 退化数 RS	单穗颖花 分化数 DS	单穗颖花 退化率 PRS	
恢复系 Restoring lines	0.968 4**	-0.876 7**	0.669 0	0.999 7**	0.556 1	
F ₁	0.912 2**	0.514 5*	0.811 8**	0.988 3**	0.748 4**	

2.3 稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成指标与单株产量、GCA 等关系

2.3.1 恢复系单株产量及其单株产量一般配合力(GCA) 成熟期对各恢复系及 F₁ 进行农艺性状考察,获得恢复系及 F₁ 单株产量,并以 F₁ 单株产量计算恢复系单株产量一般配合力,结果表明(表 4):6 个恢复系的单株产量与其 GCA 排序非常一致,从高到低均为 F89、F184、F175、F177、R402、R288,相关分析也表明二者间相关系数高达 0.913 1,为极显著正相关。

表 4 恢复系单株产量及其 GCA

Tab.4 Yield per plant and generally combining ability of hybrid rice restoring lines

恢复系 Restoring lines	F89	F175	F177	F184	R402	R288
单株产量/g Yield per plant	79.30	62.28	48.26	68.25	46.31	32.88
一般配合力 GCA	14.45	5.25	2.98	13.74	-10.08	-31.16

GCA - 一般配合力; GCA, generally combining ability.

2.3.2 恢复系稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成指标与其单株产量及 GCA 的关系 对 6 个恢复系稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标与其自身单株产量的相关分析表明(表 5):一次枝梗形成数、一次枝梗分化数分别与单株产量呈显著或极显著正相关,表明一定范围内选育大穗潜力恢复系有利于其单株产量的提高。

表 5 恢复系稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成指标与单株产量及 GCA 相关系数

Tab.5 Correlation among the differentiation, retrogression and formation of branch and spikelet in hybrid rice restoring lines, yield per plant and generally combining ability

指标 Indexes	一次枝梗 形成数 SPB	一次枝梗 退化数 RPB	一次枝梗 分化数 DPB	一次枝梗 退化率 PRPB	二次枝梗 形成数 SSB	二次枝梗 退化数 RSB
单株产量 Yield per plant	0.870 6*	0.667 5	0.873 6**	0.423 8	0.363 7	0.607 0
一般配合力 GCA	0.833 5*	0.685 6	0.846 8*	0.457 9	0.262 4	0.455 6
指标 Indexes	二次枝梗 分化数 DSB	二次枝梗 退化率 PRSB	单穗颖花 形成数 SST	单穗颖花 退化数 RS	单穗颖花 分化数 DS	单穗颖花 退化率 PRS
单株产量 Yield per plant	0.535 4	-0.056 2	0.505 9	0.276 4	0.503 8	0.179 4
一般配合力 GCA	0.390 5	-0.059 2	0.461 6	0.546 1	0.468 9	0.493 0

对6个恢复系稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标与单株产量 GCA 的相关分析表明(表5): 一次枝梗形成数、一次枝梗分化数与单株产量 GCA 呈显著正相关, 说明单株产量 GCA 高的恢复系具有大穗潜力。

2.3.3 F₁ 稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成指标与恢复系对应指标、GCA 及自身单株产量的关系

对24个 F₁ 稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标与恢复系对应指标的相关分析表明(表6): 除一次枝梗退化率、二次枝梗退化数、二次枝梗退化率以外, F₁ 与恢复系稻穗枝梗和颖花其余指标间均达极显著正相关, 说明 F₁ 稻穗枝梗和颖花的分化、形成受恢复系影响大。

对24个 F₁ 稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标与其自身单株产量的相关分析表明(表6): 除一次枝梗退化率(%)、二次枝梗形成数、单穗颖花形成数与单株产量呈显著正相关, 其余指标与单株产量均达极显著正相关; 表明一定范围内选育大穗潜力杂交组合并适时促进枝梗和颖花分化与形成有利于其单株产量的提高。

表6 F₁ 稻穗枝梗和颖花的分化、退化及形成指标与恢复系对应指标、GCA 及自身单株产量相关性

Tab.6 Correlation among the differentiation, retrogression and formation of branch and spikelet in F₁ and their hybrid rice restoring lines, generally combining ability (GCA) and yield per plant of F₁

指标 Indexes	一次枝梗 形成数 SPB	一次枝梗 退化数 RPB	一次枝梗 分化数 DPB	一次枝梗 退化率 PRPB	二次枝梗 形成数 SSB	二次枝梗 退化数 RSB
恢复系 Restoring lines	0.802 8**	0.525 8**	0.839 8**	0.373 3	0.779 2**	-0.014 2
F ₁ 单株产量 Yield per plant of F ₁	0.663 0**	0.529 1**	0.686 1**	0.478 4*	0.465 2*	0.691 6**
一般配合力 GCA	0.767 7**	0.647 7**	0.805 5**	0.556 9**	0.484 6*	0.795 1**
指标 indexes	二次枝梗 分化数 DSB	二次枝梗 退化率 PRSB	单穗颖花 形成数 SST	单穗颖花 退化数 RS	单穗颖花 分化数 DS	单穗颖花 退化率
恢复系 Restoring lines	0.740 6**	-0.328 3	0.810 1**	0.709 8**	0.820 3**	0.686 6**
F ₁ 单株产量 Yield per plan of F ₁	0.631 7**	0.696 1**	0.477 2*	0.633 8**	0.536 1**	0.660 4**
一般配合力 GCA	0.702 5**	0.838 7**	0.490 2*	0.718 3**	0.568 3**	0.762 1**

对24个 F₁ 稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标与恢复系单株产量 GCA 的相关分析表明(表6): 除二次枝梗形成数、单穗颖花形成数与单株产量 GCA 呈显著正相关, 其余指标与单株产量 GCA 均达极显著正相关。说明单株产量 GCA 高的恢复系, 其 F₁ 同样具有大穗潜力。

3 讨 论

供试6个杂交水稻恢复系及其24个 F₁ 单穗颖花形成数与稻穗枝梗和颖花其余指标的关系研究表明: 恢复系单穗颖花形成数与一次枝梗形成数、一次枝梗分化数、二次枝梗形成数、二次枝梗分化数、单穗颖花分化数呈显著或极显著正相关, 与二次枝梗退化率达极显著负相关, 因此从稻穗形成途径来看, 恢复系大穗应重视枝梗和颖花的分化, 栽培上应注意防范二次枝梗退化。F₁ 单穗颖花总形成数与一次枝梗数形成数、二次枝梗形成数、单穗颖花分化数等11个指标均呈显著或极显著正相关, 因此杂交稻大穗的途径也是应从分化上着手, 不应过分强调防止退化问题, 因为无论是枝梗还是颖花的高分化均会伴随高退化, 这也是退化指标与单穗颖花形成数呈显著正相关的原因所在。由此说明: 从育种上讲, 恢复系和杂交组合选育时, 目前对于大穗潜力的判断(选择) 通常是通过考种, 即计数每穗总粒数来实现, 但仔细分析不难发现, 考种获得的仅仅是形成数有关指标, 已无法观察到稻穗枝梗和颖花退化的痕迹, 明显忽视了稻穗枝梗和颖花形成过程的复杂性。由于分化数是形成数与退化数之和, 自然无法考察稻穗枝梗和颖花分化有关指标, 也就无法对恢复系及杂交组合的大穗潜力进行判断。据此, 对恢复系及杂交组合的选育应提前至抽穗期对稻穗枝梗和颖花分化有关指标进行考察; 栽培上, 应从提高一次枝梗分化数着手, 进而增加二次枝梗分化数和单穗颖花分化数, 在此基础上易形成较高的一次枝梗形成数、二次

枝梗形成数及单穗颖花形成数^[23-24]。

众所周知,杂种优势的大小取决于亲本的配合力,在一个杂交育种计划中,育种家的目的就是筛选出一般配合力好的亲本和特殊配合力高的组合^[25]。如前所述,本研究对6个恢复系稻穗枝梗和颖花分化、退化及形成指标与其单株产量、单株产量 GCA 的相关分析表明一次枝梗形成数、一次枝梗分化数与单株产量、单株产量 GCA 均呈显著或极显著正相关,同时还发现6个恢复系的单株产量与其 GCA 间相关系数高达0.913 1,为极显著正相关,说明单株产量 GCA 高的恢复系具有大穗潜力,且具有较高单株产量,这与当前育种上强调的选育大穗或较大穗杂交稻亲本(恢复系和不育系)的观点相吻合。

有关杂交稻亲本穗粒形成与 F_1 的关系,以往研究存在较大分歧。涂诗航等^[27] 研究表明恢复系对杂种一代的每穗总粒数、每穗实粒数等性状形成起主要作用;张利华、宋宇等^[28-29] 认为 F_1 大多数农艺性状包括每穗粒数主要受父母本互作控制;而余守武等^[30] 则认为不育系在每穗总粒数、每穗实粒数等性状上作用比恢复系大,王彬等^[19] 研究也表明每穗实粒数、一次枝梗数、二次枝梗数等性状受不育系一般配合力效应达显著或极显著水平,每穗总粒数则同时受不育系、恢复系组合特殊配合力效应的影响达到极显著水平,因此认为不育系对杂种后代的影响更大。本研究表明, F_1 稻穗枝梗和颖花的分化、形成受恢复系影响大。有关不育系、恢复系一般配合力对杂交组合稻穗枝梗和颖花形成的影响值得进一步研究。

致谢:江西省赣州市农业科学研究所张瑞祥研究员、张红林副研究员、刘海平实习研究员提供了部分试验材料,江西农业大学2005级刘海蛟同学参与了部分研究工作,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 戚昌瀚. 水稻品种的库源关系与调节对策简论[J]. 江西农业大学学报, 1993, 15(1): 1-5.
- [2] Sheehy J E, Dionora M J, Miteh P L. Spikelet numbers, sink size and potential yield in rice[J]. Field Crops Research, 2001, 71(2): 77-85.
- [3] 邹应斌, 周上游, 唐启源. 中国超级杂交水稻超高产栽培研究现状与展望[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(1): 31-35.
- [4] 关欣, 陈温福, 徐正进, 等. 不同年代水稻品种穗部性状比较研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(2): 81-84.
- [5] 吴光南, 张云桥. 稻穗发育过程及其控制途径的研究[J]. 作物学报, 1962(3): 43-52.
- [6] 松岛省三. 稻作的理论与技术[M]. 2版. 庞诚, 译. 北京: 农业出版社, 1978: 121-161.
- [7] 姚友礼, 王余龙, 蔡建中. 水稻大穗形成机理的研究—(1) 品种间每穗颖花分化数的差异及其与穗部性状的关系[J]. 江苏农学院学报, 1994, 15(2): 33-38.
- [8] 姚友礼, 王余龙, 蔡建中. 水稻大穗形成机理的研究—(2) 品种间每穗颖花退化数的差异及其与分化数和抽穗期物质生产的关系[J]. 江苏农学院学报, 1994, 15(4): 24-29.
- [9] 姚友礼, 王余龙, 蔡建中. 水稻大穗形成机理的研究—(3) 品种间每穗颖花现存数与颖花分化和抽穗期物质生产的关系[J]. 江苏农学院学报, 1995, 16(2): 11-16.
- [10] 彭春瑞, 董秋洪, 涂田华. 亚种间杂交稻大穗形成机理研究—(1) 颖花的形成特点[J]. 杂交水稻, 1995(5): 28-30.
- [11] Toshihiro H, Yasuo K, Noam G. Response of spikelet number to plant nitrogen concentration and dry weight in paddy rice[J]. Agron J, 1994, 86: 673-675.
- [12] 杨洪建, 王余龙, 黄建晔, 等. 开放式 CO_2 浓度增高对水稻颖花分化和退化的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1215-1218.
- [13] 丁获蛟, 任国安. 杂交水稻直播制种母本颖花退化的原因与施肥技术探讨[J]. 杂交水稻, 1995(3): 19-21.
- [14] 陈小荣, 钟蕾, 贺晓鹏. 稻穗枝梗和颖花形成的基因型及播期效应分析[J]. 中国水稻科学, 2006, 20(4): 424-428.
- [15] 钟蕾, 陈小荣, 胡华金, 等. 杂交稻亲本枝梗和颖花分化与退化对播期反应的基因型差异与类型[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(5): 695-700.
- [16] 柳新伟, 孟亚利, 周治国, 等. 水稻颖花与籽粒发育模拟的初步研究[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(3): 249-254.
- [17] 柳新伟, 孟亚利, 周治国, 等. 水稻颖花分化与退化的动态特征[J]. 作物学报, 2005, 31(4): 451-455.
- [18] 姜廷波, 李荣田, 崔成焕, 等. 水稻穗型构成性状的遗传分析[J]. 黑龙江农业科学, 1995(6): 1-5.
- [19] 王彬, 韩赞平, 汪旭东, 等. 杂交籼稻穗部性状的配合力及遗传力研究[J]. 种子, 2005, 24(10): 21-26.
- [20] 陈文强, 石帮志, 周乐良, 等. 水稻三系不育系 G98A 组合测配及配合力分析[J]. 种子, 2008, 27(9): 103-105.
- [21] 潘家驹. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 92-94.

- [2] 李传江, 庞宏. 中式烟中进发展中式卷烟的原料基础 [J]. 中国烟草科学, 2008, 29(6): 68-70.
- [3] 徐安传. 烤烟品种种植结构对烟叶原料和卷烟产品的影响 [J]. 中国烟草学报, 2009, 15(5): 82-86.
- [4] 邵岩. 津巴布韦烟叶生产 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 3-10, 31-36.
- [5] 李强. 普洱津引烤烟品种主要性状及品种研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [6] 罗华元, 杨应明, 徐兴阳, 等. 津巴布韦烤烟品种引种比较试验研究初报 [J]. 昆明学院学报, 2009, 31(3): 28-30.
- [7] 王新中, 段风云, 王德勋, 等. 津引品种质体色素和硝酸还原酶活性动态变化规律 [J]. 昆明学院学报, 2009, 31(6): 28-30.
- [8] 徐兴阳, 杨焕文, 罗华元, 等. 云南高原引种津巴布韦烤烟资源的评价 [J]. 昆明学院学报, 2009, 31(6): 38-40.
- [9] YC/T 159-2002. 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2002.
- [10] YC/T 161-2002. 烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2002.
- [11] YC/T 160-2002. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2002.
- [12] YC/T 216-2007. 烟草及烟草制品 淀粉的测定 连续流动法 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2007.
- [13] YC/T 202-2006. 烟草及烟草制品 多酚总量的测定 分光光度法 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2006.
- [14] YC/T 173-2003. 烟草及烟草制品 钾的测定 火焰光度法 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2003.
- [15] YC/T 222-2007. 烟草及烟草制品 pH 的测定 [S]. 全国烟草标准化技术委员会, 2007.
- [16] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 256-259.
- [17] 马文广, 李永平. 烤烟雄性不育系经济性状与环境互作的适应性及稳定性 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 32(6): 619-624.
- [18] 张崇范. 张崇范烟草科技论文选 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000: 104-109.
- [19] 许美玲, 李永平. 烟草种质资源图鉴(上册) [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 47.
- [20] 闫金玉, 龚珍林, 张映. 烤烟烟叶 pH 值的对比分析 [J]. 烟草科技, 2007, 239(6): 49-52.
- [21] 李东亮, 许自成. 烤烟钾素和氯素含量及其比值与物理性状的关系分析 [J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(3): 341-346.
- [22] 周恒, 许自成, 毕庆文, 等. 我国烤烟烟叶 pH 值的分布状况及与化学成分的相关分析 [J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(3): 461-466.
- [23] 株小茜, 耿明, 鲁红侠. 云南烤烟标样烟叶中多酚类化合物与等的关系 [J]. 合肥师范学院学报, 2008, 26(6): 102-103.
- [24] 常爱霞, 张建平, 杜咏梅, 等. 烤烟香型相关化学成分主导的不同产区烟叶聚类分析 [J]. 中国烟草学报, 2010, 16(2): 14-19.

(上接第 216 页)

- [22] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [23] 杨文钰, 屠乃美. 作物栽培学各论(南方本) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [24] 陈小荣, 潘晓华, 陈忠平, 等. 施氮对粳型双季杂交水稻枝梗和颖花分化与退化的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(1): 1-6.
- [25] Virmani S S. 杂种优势和杂交水稻育种 [M]. 杨仁崔, 陈顺辉, 译. 福州: 福建科学技术出版社, 1996.
- [26] 涂诗航, 张水金, 董瑞霞, 等. 粳型三系杂交水稻亲本主要农艺性状配合力及遗传力分析 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2008, 37(3): 230-234.
- [27] 张利华, 王建军, 李旭晨. 粳型三系杂交水稻亲本主要农艺性状的配合力分析 [J]. 浙江农业学报, 2003, 15(1): 1-7.
- [28] 宋宇, 邹小云, 贺浩华, 等. 粳型三系杂交水稻产量及其相关性状的配合力分析 [J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(5): 719-725.
- [29] 余守武, 尹建华, 刘宜柏, 等. 三交水稻的育种研究: III 三交中晚稻主要农艺性状的配合力和遗传分析 [J]. 作物学报, 2005, 31(6): 784-789.