

## 粘糯杂交后代主要农艺性状遗传变异及相关性和主成分分析

陈娇, 甘露, 罗兰, 台琳玉, 沈航, 刘月莹, 向梦婕, 雷丽霞, 唐如玉, 赵正武\*

(重庆师范大学/重庆市特色作物资源工程技术研究中心, 重庆 401331)

**摘要** [目的]分析粘糯杂交后代农艺性状的遗传变异,为选择植株性状与稻米品质兼优的粘糯杂交后代株系提供参考。[方法]采用相关分析和主成分分析等方法对粘糯交组合糯89-1/蜀恢527的F<sub>2</sub>代株高、穗长、结实率、千粒重、有效穗数、每穗实粒数、每穗总粒数、着粒密度进行了研究。[结果]F<sub>2</sub>代各农艺性状变异较大,除株高外,其他7个性状近似正态分布,株高、穗长、每穗总粒数、着粒密度表型值表现正向超亲优势;结实率与千粒重、每穗实粒数呈正相关,与株高呈负相关,千粒重与除着粒密度外的其他6个性状呈正相关;主成分分析将8个性状简化为4个主成分,即产量因子、结实率因子、有效穗数因子、千粒重因子,以上因子提供的信息量占总信息量的88.374%,能概括农艺性状的绝大部分信息。[结论]粘糯杂交后代农艺性状的遗传变异与籼粳交或品种间杂交相似。

**关键词** 杂交水稻;农艺性状;遗传变异;主成分分析

中图分类号 S511 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)06-0033-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.06.011



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Genetic Variation and Correlation Analysis of Main Agronomic Traits in Hybrid Offspring of Glutinous×Non-glutinous

CHEN Jiao, GAN Lu, LUO Lan et al (Chongqing Engineering Research Center of Specialty Crop Resource, Chongqing Normal University, Chongqing 401331)

**Abstract** [Objective] To analyze the genetic variation of the main agronomic traits in F<sub>2</sub> population of glutinous×non-glutinous, and to provide basis for selection of hybrid offspring with excellent agronomic traits and rice quality. [Method] Correlation analysis and principal component analysis were used to study the plant height, panicle length, seed setting rate, kilo-grains weight, effective panicle number, filled grain number per panicle, spikelet number per panicle and density of panicle of F<sub>2</sub> population of glutinous rice waxy cross 89-1 / Shuhui 527. [Result] The agronomic traits varied greatly in F<sub>2</sub> generation. Seven traits were normal distribution, except plant height. The plant height, panicle length, spikelet number per panicle, and density of panicle phenotype showed positive super-parents. The seed setting rate was positively correlated with kilo-grains weight and filled grain number per panicle, respectively, but negatively correlated with plant height. Kilo-grains weight was positively correlated with six traits except density of panicle. The principal component analysis reduced the eight traits to four principal components, i.e. yield factor, seed setting rate factor, effective panicle number factor and kilo-grains weight factor. The above four factor provided 88.374% of the total information, which covered most information of agronomic traits. [Conclusion] The genetic variation of agronomic traits in the offspring of glutinous×non-glutinous is similar to that of indica × japonica cross or cross between varieties.

**Key words** Hybrid rice; Agronomic traits; Genetic variation; Principal component analysis

水稻作为中国最重要的粮食作物之一,与国家粮食安全密切相关<sup>[1]</sup>。高产和优质一直是水稻品种改良的主要目标,近30年来,经过一系列高产育种计划的实施,水稻产量不断提高,超级稻的产量已达到了6892.5 kg/hm<sup>2</sup>的水平<sup>[2]</sup>,基本满足了消费者的需求。同时,随着大众消费水平的提升,对稻米品质的要求也越来越高<sup>[3-4]</sup>,而现有主栽品种的品质,尤其在稻米口感的改良上进展缓慢,水稻产量与品质的矛盾日益突出<sup>[5]</sup>。中国稻米品质表现总体偏低,也在一定程度上影响了其市场竞争力<sup>[6]</sup>。蒸煮品质是影响稻米口感的关键,成为是否满足优质稻米消费需求以及影响国内外稻米市场的重要因素<sup>[7]</sup>。培育筛选产量高、抗性好、品质优的新品种,仍是现阶段育种家们的一大重任。

杂交育种是迄今各国水稻育种中应用最普遍、成效最显著的方法之一<sup>[8]</sup>。杂种后代由于遗传基因的重新结合,可产生各种各样的变异类型<sup>[9]</sup>,将2个或2个以上品种(系)或种的优良性状结合在1个品种中<sup>[10]</sup>。不同亲缘关系、地理来源

和生态型的品种由于亲本间遗传基础差异大,杂交后代的分离比广,产生丰富的遗传变异是水稻新品种选育的重要来源,也是水稻杂交育种的重要材料<sup>[11-12]</sup>。

育种实践证明,育种材料是育种之母,遗传基础差异大的材料杂交,后代杂种优势更明显。粘稻和糯稻属不同米质类型,稻米口感差异大,将粘稻和糯稻进行杂交,可利用稻米品质性状的分离特性培育优质口感的新品种。目前,已有利用粘糯杂交育成优良品种的成功实践,但鲜有关于粘糯杂交研究的理论性报道,笔者以此为切入点,对粘糯杂交后代农艺性状的遗传变异进行了分析,以期在选择植株性状与稻米品质兼优的粘糯杂交后代株系提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 以糯89-1为母本、蜀恢527为父本杂交获得的F<sub>2</sub>群体,共685个单株为材料。糯89-1为糯稻,直链淀粉含量1.14%,能通过腋芽抗御低温休眠越冬,多年萌发再生,芽期和幼苗期的耐冷性均达到1级耐冷标准<sup>[13-15]</sup>。粘稻蜀恢527的直链淀粉含量17.20%,具有配合力高、品质优、恢复力强、较抗稻瘟病等特点<sup>[16]</sup>,是用于杂交的优异恢复系材料。

**1.2 方法** 试验于2016年春季在重庆配组糯89-1/蜀恢527杂交组合,同年冬季在海南种植F<sub>1</sub>代,2017春在重庆种植F<sub>2</sub>代群体,成熟后室内考种。考察性状有千粒重(X<sub>1</sub>)、株高(X<sub>2</sub>)、有效穗数(X<sub>3</sub>)、穗长(X<sub>4</sub>)、每穗实粒数(X<sub>5</sub>)、结实率

**基金项目** 重庆市高校优秀成果转化资助项目(KJZH17114);国家自然科学基金项目(31670326);重庆市重点自然科学基金(cstc2015jcyjBX0091);重庆高校创新团队(CXTDX201601018);重庆市重点研发项目(cstc2016shms-ztzz0017);重庆师范大学校级立项项目(14XYY023、15XZH03)

**作者简介** 陈娇(1995—),女,重庆人,硕士研究生,研究方向:植物学。  
\*通信作者,研究员,从事水稻遗传育种研究。

**收稿日期** 2018-12-29

( $X_6$ )、着粒密度( $X_7$ )、每穗总粒数( $X_8$ )。农艺性状记载标准主要参照韩龙植主编的《水稻种质资源描述规范和数据库标准》<sup>[17]</sup>。

**1.3 数据处理** 用 Microsoft Excel 2010 和 IBM SPSS Statistics 22.0 软件进行统计分析、相关分析、偏相关分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

**2.1  $F_2$  代主要农艺性状变异分析** 由表 1 可知,685 份供试材料 8 个农艺性状变异程度差异较大,有 5 个性状的变异系

数超过了 20%,由大到小依次为每穗实粒数、有效穗数、结实率、每穗总粒数、着粒密度、株高、穗长、千粒重。与亲本糯 89-1 和蜀恢 527 相比, $F_2$  代株高、穗长、每穗总粒数、着粒密度值均高于亲本值,特别是株高和每穗实粒数均明显表现正向超亲优势;有效穗数和结实率表型值表现负向超亲优势,千粒重和每穗实粒数表型值表现负向中亲优势。 $F_2$  代 8 个主要农艺性状除有效穗数外,其他 7 个性状的偏度和峰度的绝对值都小于或接近于 1,近似于正态分布。

表 1  $F_2$  代主要农艺性状的遗传变异比较

Table 1 Comparison of the genetic variation of the main agronomic traits in  $F_2$  population

项目 Item	千粒重 1 000-grain weight//g	株高 Plant height cm	有效穗数 Effective panicle number	穗长 Panicle length cm	每穗实粒数 Filled grain number per panicle	结实率 Seed setting rate//%	着粒密度 Density of panicle	每穗总粒数 Spikelet number per panicle
蜀恢 527 Shuhui527	31.3	105.0	13.0	22.5	78.3	85.1	4.1	92.0
糯 89-1 N89-1	23.9	106.0	11.0	24.4	102.9	83.3	5.1	123.5
$F_2$ 平均值 Mean of $F_2$	24.8	131.9	4.2	27.5	78.7	45.1	6.2	175.4
$F_2$ 标准差 SD of $F_2$	3.4	22.5	2.2	4.7	44.5	20.3	1.8	67.8
$F_2$ 变异系数 CV of $F_2$ //%	13.6	17.1	52.9	16.9	56.6	44.9	28.1	38.7
$F_2$ 偏度 Skewness of $F_2$	-0.3	-0.2	1.4	-0.1	0.5	0	0.5	0.6
$F_2$ 峰度 Kurtosis of $F_2$	0.8	-0.2	3.2	-0.1	-0.1	-0.5	0.3	0.3
$F_2$ 变异范围 Variation range of $F_2$	11.5~34.2	57.0~191.0	1.0~16.0	13.0~42.1	6~244	1.1~95.7	2.4~13.5	43.7~452.6

**2.2  $F_2$  代主要农艺性状的遗传相关分析及偏相关分析** 从表 2 可以看出,8 个农艺性状间有 22 对相关系数达到极显著水平,5 对性状无明显相关性。结实率与千粒重、每穗实粒数呈极显著正相关,与株高呈极显著负相关,与其他性状无明显相关性。每穗实粒数与株高、穗长、有效穗数、千粒重、结实率、着粒密度、每穗总粒数均呈极显著正相关。千粒重与株高、穗长、每穗实粒数、结实率呈极显著正相关,与有效穗数呈显著正相关。

在相关分析的基础上进行偏相关分析可以从本质上反映 2 个性状间的关系<sup>[18]</sup>。因此,对在相关分析中有显著差异的性状进行偏相关分析,结果显示每穗总粒数与有效穗数、穗长、每穗实粒数、着粒密度,穗长与千粒重、株高、有效穗数、着粒密度,千粒重与株高、每穗实粒数、结实率极显著相关,但仅穗长、着粒密度和每穗总粒数之间的偏相关系数大于相关系数,说明它们之间存在着良好的线性关系<sup>[18]</sup>。

表 2  $F_2$  代主要农艺性状的遗传相关分析

Table 2 Correlation analysis of heredity of the main agronomic traits in  $F_2$  generation

性状 Trait	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$X_1$	1.000	0.105**	0.021	0.139**	-0.086*	0.145**	—	-0.031
$X_2$	0.277**	1.000	0.205**	0.216**	0.030	—	-0.023	0.028
$X_3$	0.086*	0.329**	1.000	0.164**	-0.029	-0.029	0.154	-0.113**
$X_4$	0.342**	0.687**	0.259**	1.000	0.068	—	-0.897**	0.910**
$X_5$	0.212**	0.384**	0.101**	0.530**	1.000	0.000	0.000	1.000**
$X_6$	0.180**	0.015	-0.124**	0.058	0.710**	1.000	—	—
$X_7$	0.041	0.400**	0.295**	0.482**	0.536**	-0.071	1.000	0.928**
$X_8$	0.160**	0.570**	0.307**	0.755**	0.612**	-0.033	0.928**	1.000

注: \* 表示在 0.05 水平上显著相关; \*\* 表示在 0.01 水平上极显著相关;表格左下角:简单相关分析相关系数( $R_s$ );表格右上角:偏相关分析相关系数( $R_p$ )

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant correlation at 0.01 level; lower left of the table was simple correlation coefficient( $R_s$ ); lower right of the table was partial correlation analysis correlation coefficient( $R_p$ )

**2.3 主要农艺性状的主成分分析** 为了进一步确定影响杂交后代特征的主要性状,对主要农艺性状进行主成分分析,将具有相关性的 8 个农艺性状进行线性转换并提取出贡献率较大的前 4 个主成分<sup>[19-22]</sup>(表 3)。前 4 个主成分累计贡献率达 88.374%,达到累积贡献率 $\geq 85\%$ 的标准,能概括农艺性状的绝大部分信息。第一主成分的贡献率达 45.343%,每穗总粒数、穗长、着粒密度、每穗实粒数的特征值较大,并呈较强的正相关性,反映产量性状,因此可以认为第一主成分为产量因子。第二主成分的特征值为 1.569,贡献率为 19.611%,主要指标为结实率,因此称为结实率因子。第三主

成分的贡献率为 13.366%,以千粒重为主要指标,称为千粒重因子,第三主成分因子适中偏高较好。第四主成分的主要指标为有效穗数,称为有效穗数因子。

## 3 结论与讨论

杂种优势的利用是水稻育种取得突破的关键。在水稻遗传育种上,籼粳交后代优势明显,但存在性状不易稳定和结实率低的缺点<sup>[23-24]</sup>,而类型相似的品种内杂交虽然能克服籼粳杂交后代的缺点,但杂种的杂种优势较弱。有研究认为,粘稻和糯稻杂交后代可发生植株性状和稻米品质的双重分离<sup>[25]</sup>,其杂交 1 代表现出明显超亲,有植株高大且功能叶

好的优势,与典型的品种间杂交相似,甚至更好<sup>[26]</sup>,粘糯杂交后代除植株性状具有杂种优势外,还具有稻米品质上的杂

种优势<sup>[25]</sup>。

表 3 F<sub>2</sub> 代主要农艺性状主成分分析

Table 3 Principal component analysis of main agronomic traits in F<sub>2</sub> generation

特征向量 Eigenvector	第一主成分 First principal component	第二主成分 Second principal component	第三主成分 Third principal component	第四主成分 Fourth principal component
X <sub>1</sub>	0.344	0.267	0.767	-0.158
X <sub>2</sub>	0.740	-0.145	0.316	-0.037
X <sub>3</sub>	0.404	-0.410	0.195	0.789
X <sub>4</sub>	0.844	-0.056	0.208	-0.187
X <sub>5</sub>	0.752	0.578	-0.245	0.102
X <sub>6</sub>	0.198	0.930	-0.086	0.257
X <sub>7</sub>	0.792	-0.251	-0.420	-0.082
X <sub>8</sub>	0.924	-0.207	-0.237	-0.151
特征值 Eigenvalue	3.627	1.569	1.069	0.789
贡献率 Contribution rate//%	45.343	19.611	13.366	9.862
累计贡献率 Accumulative contribution rate//%	45.343	64.955	78.320	88.374

农艺性状是作物遗传育种表型选择的重要依据<sup>[27]</sup>,杂交水稻 F<sub>2</sub> 是遗传分离最大的时期,也是育种者对后代农艺性状选择最艰难的时期,探索杂交水稻 F<sub>2</sub> 代农艺性状的遗传规律及相互关系可减少育种者选择的盲目性。该研究结果显示,除有效穗数外,其他性状均近似正态分布,表明这些性状受微效多基因控制<sup>[28]</sup>,这与前人的研究结果基本一致<sup>[29]</sup>。变异系数分析发现,每穗实粒数、有效穗数、结实率、每穗总粒数、着粒密度的变异系数较大,表明这些性状分离范围较广,变异类型丰富,早期选择的潜力较高,余下的性状变异系数较小,选择遗传进展将很小,早期世代稳定下来的可能性较小<sup>[30]</sup>。

相关性分析表明,杂交后代大部分农艺性状间存在复杂的相关关系。8个性状有 23 对性状间存在极显著或显著相关,表明这 23 对性状间存在 QTL 连锁的可能性较大。作为产量的要素<sup>[31]</sup>,实粒数、结实率和千粒重之间极显著相关,这与杨久等<sup>[32]</sup>的研究结果一致。偏相关分析还发现,除了穗长、着粒密度和每穗总粒数间的偏相关系数大于相关系数外,其余性状间的偏相关系数都明显小于相关系数,表明除了着粒密度、穗长和每穗总粒数外,其他性状间不存在明显的线性关系,而着粒密度由穗长和每穗总粒数计算得出,建立三者的线性回归方程无实际意义。在实际育种应用中需要考虑的因素较多,会增加选种的复杂性,因此该研究对粘糯杂交后代进行了主成分分析,将 8 个农艺性状简化为 4 个主成分。其中,第一主成分中着粒密度特征值较大,且为负值,因此在育种过程中应引起高度重视;第四主成分有效穗数因子的特征值小于 1,且贡献率仅为 9.862%,对产量的影响力相对较小。

综合对粘糯杂交后代主要农艺性状的分析可知,粘糯杂交后代农艺性状的遗传变异与籼粳交或品种间杂交相似,因此可参照籼粳交或品种间杂交后代选择方式对粘糯杂交后代进行株系选择。粘糯交着重于改善稻米的蒸煮食味品质,因此还需要对粘糯交后代品质性状的分离进行研究,外加分子标记辅助选择,从表型和基因 2 个方面着手,实现对杂交后代植株性状和稻米品质的双优选。

## 参考文献

- [1] 邓兴旺,王海洋,唐晓艳,等.杂交水稻育种将迎来新时代[J].中国科学:生命科学,2013,43(10):864-868.
- [2] 程式华.中国超级稻育种技术创新与应用[J].中国农业科学,2016,49(2):205-206.
- [3] 莫惠栋.我国稻米品质的改良[J].中国农业科学,1993,26(4):8-14.
- [4] 程式华,闵绍楷.中国水稻品种:现状与展望[J].中国稻米,2000(1):13-16.
- [5] TIAN Z X, YAN C J, QIAN Q, et al. Development of gene-tagged molecular markers for starch synthesis-related genes in rice[J]. Chinese Sci Bull, 2010,55(33):3768-3777.
- [6] 张昌泉,赵冬生,李钱峰,等.稻米品质性状基因的克隆与功能研究进展[J].中国农业科学,2016,49(22):4267-4283.
- [7] 高维维,陈思平,王丽平,等.稻米蒸煮品质性状与分子标记关联研究[J].中国农业科学,2017,50(4):599-611.
- [8] 王俊仁,周凤明,吕宏飞,等.水稻杂交育种的技术优势与应用[J].上海农业科技,2012(3):23-25.
- [9] 夏如兵.中国近代的水稻杂交育种研究[J].中国农学通报,2011,27(1):11-16.
- [10] 陈学珍,谢皓,李莉,等.大豆杂交 F<sub>2</sub> 代农艺性状的遗传变异分析[J].北京农学院学报,2002,17(4):1-7.
- [11] 刘文东.李树杂交后代亲性子性状遗传变异规律[J].中国林副特产,2013(5):96-97.
- [12] XIAO J, LI J, YUAN L, et al. Genetic diversity and its relationship to hybrid performance and heterosis in rice as revealed by PCR-based markers[J]. Theoretical & applied genetics, 1996,92(6):637-643.
- [13] ZHAO Z W, LUO A C, LE T, et al. Identification of quantitative trait locus for overwintering germinability in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Sci Agric Sin, 2012,11(11):1767-1774.
- [14] 赵正武,李仕贵,雷树凡.一份特异多年生水稻种质主要农艺性状的遗传变异[J].中国水稻科学,2006,20(5):481-486.
- [15] 周军杰,郑剑,李兴星,等.水稻再生苗后期耐寒性生理特性研究[J].西南农业学报,2016,29(4):787-791.
- [16] 王玉平,李仕贵,黎汉云,等.高配合力优质水稻恢复系蜀恢 527 的选育与利用[J].杂交水稻,2004,19(4):12-14.
- [17] 韩龙植,魏兴华,曹桂兰,等.水稻种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [18] 赖瑞强,李荣华,夏岩石,等.基于重组自交系群体的烟草农艺性状遗传变异分析[J].分子植物育种,2018(11):3732-3739.
- [19] 李玉发,窦忠玉,梁军,等.花生主要农艺性状的遗传变异及相关性和主成分分析[J].辽宁农业科学,2013(3):11-14.
- [20] PARTRIDGE M, JABRI M. Robust principal component analysis[J]. Journal of the ACM, 2011,58(3):11.
- [21] TIPPING M E, BISHOP C M. Probabilistic principal component analysis[J]. Journal of the royal statistical society, 1999,61(3):611-622.
- [22] 李雁,肖植文,伏成秀,等.云南 28 个玉米杂交组合主成分分析及综合评价[J].西南农业学报,2015,28(1):34-40.
- [23] 万建民.水稻籼粳杂交种优势利用研究[J].杂交水稻,2010(S1):3-6.

油菜前茬的烟叶铁含量显著低于其他2个处理,玉米前茬的烟叶铁含量高于烤烟前茬,且2个处理间差异不显著。

适当施用锰肥可促进烟株生长,提高烟叶产量、上中等烟比例、均价和总糖含量<sup>[17-18]</sup>,我国优质烟叶锰含量临界值为22.96~550.00 mg/kg<sup>[10]</sup>。3个处理的烟叶锰含量由高到低

为玉米前茬>烤烟前茬>油菜前茬,且处理之间差异不显著。

锌是烟草需要的微量元素之一,配施锌肥可促进烟株根茎叶协调生长,我国优质烟叶锌含量为20~80 mg/kg<sup>[10]</sup>。3种前茬处理的烟叶锌含量由高到低依次为玉米前茬>烤烟前茬>油菜前茬,且处理之间无显著差异。

表3 不同处理烟叶矿质元素的比较

Table 3 Comparison of the mineral elements of flue-cured tobacco in different treatments

前茬处理 Treatment of previous crops	K %	P %	Ca %	Mg %	B mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
烤烟 Flue-cured tobacco	1.93 a	0.16 a	2.70 a	0.16 ab	16.12 a	9.84 a	65.66 a	121.80 a	50.88 a
玉米 Maize	1.78 ab	0.15 a	2.66 a	0.20 a	16.74 a	9.87 a	71.94 a	136.69 a	57.47 a
油菜 Rapeseed	1.62 b	0.16 a	2.59 a	0.09 b	14.02 b	7.52 a	49.16 b	120.86 a	49.04 a

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

### 3 讨论

从该试验的不同供试土壤养分状况来看,烤烟前茬的速效磷含量显著高于其他2个处理;油菜前茬土壤有机质含量显著高于其他2个处理,碱解氮含量处理间无显著差异,烤烟前茬最高,玉米前茬次之;速效磷含量烤烟前茬的土壤显著高于其他2个处理;各处理之间氯离子和pH差异不明显。

从化学成分及协调性方面来看,烤烟前茬处理的烟叶烟碱含量最高,钾含量最低,还原糖和总糖含量偏高,糖碱比偏高,氮碱比适宜,两糖比偏低;油菜前茬糖碱比和两糖比较适宜,氮碱比略低,化学成分协调性相对较好;玉米前茬处理的烟叶烟碱含量最低,钾含量最高,还原糖和总糖含量偏高,糖碱比偏高,氮碱比适宜,两糖比偏低。

从矿质元素吸收方面来看,烤烟前茬处理的烟叶K、B、Fe含量显著高于油菜前茬,玉米前茬处理的烟叶Mg、B、Fe含量显著高于油菜前茬。微量元素铁、铜、硼、锰、锌等作为植物必需的营养元素,对烟叶生长发育和品质具有重要影响<sup>[10-12]</sup>。油菜前茬处理的烟叶Mg、B、Fe含量较其他2个处理低,是否影响烟株对其吸收和利用还需进一步研究。

### 4 结论

前茬油菜的烟叶化学成分协调性较好,因此以前茬为油菜与烤烟搭配轮作对提高烟叶内在品质有一定的促进作用;在矿质元素吸收方面,油菜前茬的烟叶K、Mg、B、Fe等元素含量较低。

### 参考文献

- [1] 何川生,王晓云.美国的烟草化工厂化漂浮育苗[J].世界农业,1997(11):22-23.
- [2] 史宏志,王佳.美国烟草漂浮育苗技术(二)[J].作物研究,2000(3):33-34.
- [3] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:7,85-87.
- [4] 陈瑞泰.中国烟草栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,1987.
- [5] 王瑞新,韩富根,杨素勤.烟草化学品质分析法[M].郑州:河南科学技术出版社,1990:50-183.
- [6] 左天觉.烟草的生产、生理和生物化学[M].朱尊权,等译.上海:上海远东出版社,1994.
- [7] 胡国松,郑伟,王震东,等.烤烟营养原理[M].北京:科学出版社,2000.
- [8] 赵巧梅,倪纪恒,熊淑萍,等.不同土壤类型对烟叶主要化学成分的影响[J].河南农业大学学报,2002,36(1):23-26.
- [9] 肖协忠.烟草化学[M].北京:中国农业科技出版社,1997.
- [10] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:149-158.
- [11] MCMURTREY J R, Jr. Effect of magnesium on growth and composition of tobacco [J]. Soil Sci, 1947, 63(1): 59-68.
- [12] 胡国松,曹志洪,周秀如,等.烤烟根际土壤中钾素及微素行为的研究[J].中国烟草学报,1993(1):1-11.
- [13] 李贵生,陈良碧.矿质营养对烟草品质的影响[J].世界农业,2000(4):31.
- [14] 韩锦峰.烟草栽培生理[M].北京:中国农业出版社,2003:121-122.
- [15] 曹志洪.优质烤烟生产的土壤与施肥[M].南京:江苏科学技术出版社,1991:17-27.
- [16] 王世济,李桐,赵第银,等.安徽烟区土壤和烟叶的中微量元素含量的研究[J].安徽农业科学,2005,33(11):2065-2066.
- [17] 陈顺辉,李文卿,江荣风,等.施氮量对烤烟产量和品质的影响[J].中国烟草学报,2003,9(Z1):36-40.
- [18] 雷丽萍,柴家荣,杨树军,等.优质香料烟的栽培调制技术[J].西南农业学报,2004,17(S1):116-120.

(上接第35页)

- [24] 宋昕蔚,林建荣,吴明国.水稻籼粳亚种间杂种优势利用研究进展与展望[J].科学通报,2016,61(35):3778-3786.
- [25] 刘绍权.水稻粘糯杂交育种研究[J].种子,2005,24(2):87-88.
- [26] 赵正武,王述民,李世平,等.珍稀稻种资源越冬糯稻89-1研究初报[J].杂交水稻,2000,15(3):3-4.
- [27] 梁永书,李艳萍,孙海波,等.籼粳交组合矮64S/日本晴F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>及F<sub>6</sub>代主要农艺性状分析[J].植物学通报,2008,25(1):59-66.
- [28] 高维维,陈立凯,胡朝旭,等.基于籼粳杂交重组自交系的水稻籽粒性

- 状的遗传变异研究[J].西北农业学报,2016,25(7):979-988.
- [29] 杨川航.利用RILs群体对水稻正季和再生季重要农艺性状的QTL比较分析[D].雅安:四川农业大学,2009.
- [30] 李华丽,陈美霞,阮奇城,等.烟草F<sub>2,3</sub>家系7个主要产量性状的遗传变异分析[J].中国农学通报,2011,27(16):94-98.
- [31] 邹玉霞,罗安才,赵正武.重庆及周边地区优异地方稻种资源遗传相关及聚类分析[J].西南农业学报,2013,26(3):884-888.
- [32] 杨久,丁鲲,卢义宣,等.云南籼粳交错区水稻农艺性状与产量相关及通径分析[J].西南农业学报,2011,24(2):391-395.