

# 云南软米的发展及其在水稻育种中的应用

郑国利<sup>1</sup> 杜明<sup>1</sup> 李家瑞<sup>2</sup> 刘安迪<sup>3</sup> 王攀<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>上海中科荃银分子育种技术有限公司,上海 200234;<sup>2</sup>云南省农业科学院农业环境资源研究所,昆明 650205;

<sup>3</sup>云南滇雪粮油有限公司,玉溪 653106)

**摘要:**软米是云南省特色的稻米资源,也是云南发展优质稻米产业,极力打造优质稻米品牌的主要类型,开展云南软米资源研究和利用很有必要。就云南软米资源的特点及分布、发展状况、分类标准、软米资源的研究、在水稻育种中的应用和软米发展的展望 6 个方面进行综述,旨在为云南软米的评价、育种、生产加工等提供借鉴和参考。

**关键词:**云南软米;直链淀粉;遗传研究;育种

## Development of Yunnan Soft Rice and Application in Rice Breeding

ZHENG Guo-li<sup>1</sup>, DU Ming<sup>1</sup>, LI Jia-rui<sup>2</sup>, LIU An-di<sup>3</sup>, WANG Pan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Shanghai Zhongke Winall Molecular Breeding Technology Co., Ltd., Shanghai 200233 ;

<sup>2</sup>Agricultural Environment and Resources Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205 ;

<sup>3</sup>Yunnan Dianxue Grain and Oil Co., Ltd., Yuxi 653106 )

水稻是世界上最重要的粮食作物之一,全世界一半以上的人口和我国 2/3 的人口以稻米为主食<sup>[1-2]</sup>。稻米品质的优劣不仅关系其口感的好坏,也影响着其市场价格以及人类对稻米营养物质的需求。软米作为一种新型优质大米,其独特的蒸煮和食味品质越来越受到更多消费者的青睐。据统计,2013 年国际软米市场的需求量,欧洲第一(占 32%),北美洲第二(占 27%),亚洲则为 24%,加强对软米品种的研究,培育优质软米品种并推广,不仅可以满足多样化的消费需求,也有利于开拓国内外优质稻米市场<sup>[3]</sup>。

目前,我国软米按照区域划分主要分为上海、江苏等地的软粳米以及以云南为代表的软籼米两类。虽然云南地区目前软粳米发展迅速,但是软籼米作为特色依然保持着一定的优势。云南软籼米是云南傣族等少数民族长期种植和自然选择的一类优质特色籼稻品种;软粳米多为当地优质粳型常规稻后期引入日本血缘,如将研系 2107、研系 2057、关东 194 等日本品种含有的低直链淀粉基因导入当地

粳型常规稻。当前,上海选育的沪软 1212、松香梗 1018 和银香 38,江苏选育的南粳 46、南粳 9108 等品种在国内已形成了较强的影响力,江苏的半糯标准和上海正在制定的地方软米标准将更加有效地指导企业生产加工和加强当地软米质量评价。云南位于我国西南边陲,是亚洲栽培稻起源中心之一,也是我国作物基因资源多样性最为丰富的区域<sup>[4]</sup>。其中软米资源在云南种植历史悠久,从 20 世纪 70 年代开始,云南就利用现代育种技术不断改进本地软米品种的不良性状;90 年代,在坚持培育籼型软米新品种的同时,着手粳型软米品种的选育和研究工作,加快了云南软米产业的研究和发展步伐。近些年,许多国内外水稻科研人员从云南引进软米水稻资源,打造了一批优质亲本,促进了我国优质稻育种的发展。为此,本文对云南软米水稻种质资源及其研究应用状况进行综述,为云南软米的育种、生产加工及评价提供借鉴和参考。

### 1 云南软米资源生产基本状况

**1.1 云南软米资源的特点及其分布** 云南软米是指直链淀粉含量低,其米质介于糯米与粘米之间,食味介于糯性和一般的米饭之间,颜色有红、白、紫及

基金项目:上海市科技兴农项目(沪农科推字(2021)第 1-3 号)

通信作者:王攀

透明、半透明和乳白色之分,谷粒形状有椭圆,也有细长,米饭具有柔润爽口、软而不烂、富有弹性、膨化性好、冷后不回生等优点,同时也是制做方便米饭、米类点心的优质原料<sup>[5-7]</sup>。传统云南地方软米多为软粳品种,茎秆粗壮、植株高大、株叶披散、穗长粒大,不抗倒、不抗稻瘟病、不耐肥,着粒稀、脱粒性差、产量较低,但具有耐寒、耐旱、苗期秧龄弹性大、后期不早衰等特性<sup>[8]</sup>。

云南因其具有热带、南亚热带、中亚热带和温带气候类型,是垂直分布的立体气候类型,从海拔76m的河口县到海拔2700m的永宁镇均有稻作分布<sup>[9]</sup>。其中云南软米主要分布于海拔800~1000m的滇西南傣族和滇东南壮族等聚居区,包括西双版纳、德宏、保山、临沧、红河、文山等市(州)的11个县<sup>[10]</sup>。李自超等<sup>[9]</sup>通过对云南省5285份地方稻种资源材料分析表明,43份软米材料中,93.02%的材料分布于德宏州,只有6.98%的材料分布于红河州,说明云南德宏州是软米的集中产区。

**1.2 云南软米资源的发展** 云南软米资源是由当地少数民族的食用习惯和特殊的自然条件选择结合人工选育而成,其性状基因为野生稻中自然变异所产生。其中以毫民、毫皮为典型代表,古往今来就有“贡米”之美誉<sup>[11]</sup>。随着人民生活水平的提高,对优质食味稻米需求激增,但传统的云南软米地方品种株型较差、产量较低,难以满足市场需求。因此,云南利用区位优势 and 软米资源培育新的软米品种,目前已经创建了一批品质优异的水稻亲本。20世纪70年代云南农业科研机构把具有矮秆、抗病、株型较好、高产等优良性状基因的IR系列品种和国内的矮秆高产品种作亲本,与本地软米品种进行杂交,并成功选育出矮秆、株型紧凑、丰产性好等特点且具有云南软米特色的一系列优良品种<sup>[12]</sup>。如滇陇201(毫木西/IR24)、滇瑞408(毫木西/IR24)、滇瑞410(毫木/IR24)、滇瑞409(毫木西/科情3号)、滇瑞412(八宝谷/IR20)、文稻1号(八宝谷/滇瑞408)、文稻2号(八宝谷/滇瑞408)、临优145(那招老鼠牙/科砂1号)、滇屯502(滇侨20号/毫皮)。20世纪90年代开始了粳型软米品种的选育研究。据云南省农业科学院粮食作物研究所志记载,通过对粳稻合系4号的受精卵进行化学诱变,选育出粳型软米新品种粳软

1号<sup>[13]</sup>,提高了有效穗数和结实率,增加了产量;通过对粳型软米品种银光的选育,初步确立了一套粳型软米的育种方法,为软米育种打下了良好的基础。楚雄彝族自治州农业科学院选育的楚粳48号、云南声农水稻研究所和云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所选育的声农1号陆续通过审定,为粳型软米的生产提供了种子支撑<sup>[8]</sup>。李存龙等<sup>[14]</sup>在具有较强优势的杂交稻亲本中,首次提出并开展了云南香型软米水稻杂种优势利用,选育出品质优良的香型软米杂交稻不育系和恢复系。目前,云南种植的粳型软米的代表主要有滇屯502、云恢290、滇陇201、德优8号、德农203、德农211、红优6号、红香软7号、文稻11号、八宝谷2号等,粳型软米的代表主要有银光、云粳29、楚粳39、楚粳48、声农1号等。

**1.3 云南软米的分类指标** 在云南软米品质评价指标中,因国标中没有相关软米评价的具体指标,多数育种家以直链淀粉含量作为软米的主要分类指标。李铮友<sup>[15]</sup>认为软米是直链淀粉含量低于18%的稻米品种。徐绍忠等<sup>[16]</sup>研究认为,直链淀粉含量在8%~16%之间,并且亲本系谱中有云南软米地方品种的材料初步鉴定为软米材料。而王新其等<sup>[17]</sup>则认为稻米直链淀粉含量在5%~14%时就可称之为软米。陈侃声<sup>[18]</sup>认为云南软米是一种特殊的籼稻过渡类型,直链淀粉含量为16%左右。辜琼瑶等<sup>[19]</sup>研究认为,粒型大于3.0,直链淀粉含量7.1%~15.0%,胶稠度45~80mm,蛋白质含量小于9%,并且亲本的系谱中有云南软米地方品种的材料初步鉴定为软米材料。曾亚文等<sup>[20]</sup>分析表明,直链淀粉含量9.1%~15.0%可作为粳型和籼型软米的重要指标,糊化温度5~7级,胶稠度55~85mm是软米评价的辅助指标。杨忠义等<sup>[21]</sup>认为,籼型软米的蒸煮食味品质应为直链淀粉含量11.8%~19.2%,糊化温度6.3~6.9级,胶稠度50~70mm。可以看出,虽然目前已开展了众多软米评价指标的研究,但云南软米直链淀粉含量的范围并没有明确规定且存在一定争议,想要真正全面综合地评价云南软米品种品质特征特性,还需进一步开展云南软米的分类研究,对软米各项品质指标进行综合分析和分类划分,制定高标准、高质量的软米品质标准,对云南省优质软米育种、生产和国内外市场开发具有重要意义。

## 2 云南软米资源的研究

**2.1 云南软米性状的遗传研究** 软米是由多个优质基因综合表达的结果,有关云南软米遗传机理的研究大都围绕软米的低直链淀粉含量进行,而对软米的其他性状报道较少。辜琼瑶等<sup>[22]</sup>将云南软米品种分别与桂朝2号和糯稻品种杂交,研究认为云南品种的软米基因可能受与 *wx* 等位的隐性基因控制。周勇等<sup>[23]</sup>研究表明,云南软米直链淀粉含量的遗传受1个与 *Wx* 基因非等位的基因控制且软米低直链淀粉含量对高直链淀粉含量为隐性,表现为单基因遗传。郭咏梅等<sup>[24]</sup>应用胚乳性状遗传模型结合单粒法对云南软米研究表明,与软米特性有关的低直链淀粉含量基因受1对隐性主效基因控制。赵国珍等<sup>[25]</sup>研究表明,软米品种毫木细直链淀粉含量受1个隐性主效基因/QTL控制,该基因位点(QTL)与糯性基因(*wx*)非等位;除主效QTL外,可能还有微效基因的作用;用SSR标记检测到该主效基因/QTL位于11号染色体上 *RM224* 附近,LOD值为15.4,可解释的表型变异率为32%。关于软米直链淀粉含量的遗传,许多研究人员认为,软米性状的低直链淀粉含量是由1对隐性基因控制。因此,在育种上要选择与软米特性相关的低直链淀粉含量的品种作为亲本,并在低世代中进行选择,将云南软米基因导入到现有的优良品种进行软米水稻育种,从而选育出优良的软米品种。

**2.2 云南软米香味性状的遗传研究** 云南软米原始地方品种中具有难得的香型软米资源,因其清香可口,越来越受到人们的喜爱。关于水稻香味的遗传模式,很多育种学家和研究者都曾用不同的方法对不同的香稻品种进行过香味遗传的研究,得出的结论存在较大差异。众多学者利用非香亲本×香亲本构建F<sub>2</sub>群体,在其分蘖盛期测定其群体中有香和无香的单株比例,来探究水稻香味的遗传规律。刘海英等<sup>[26]</sup>研究表明,水稻五优稻4号的香味性状是由单隐性基因控制。任鄯胜等<sup>[27]</sup>对带有云南地方软米香稻资源的保持系宜香1B和宜香1A等进行遗传分析,均由1对隐性基因控制。李存龙等<sup>[28]</sup>对不同来源的云南香型软米水稻资源进行香味遗传分析表明,87.5%的材料香味是由1对隐性基因支配的简单遗传,其余是由2对隐性基因控制。徐辰武等<sup>[29]</sup>研究认为,香味性状遗传为质量-数量遗

传,主要由2对隐性基因独立遗传支配,并受微效多基因累加修饰。张江丽等<sup>[30]</sup>利用水稻香味基因 *badh2* 特异引物并结合米粒咀嚼法,结果表明滇屯502的香味性状受核隐性基因 *badh2* 控制,其遗传分离比例不受细胞质基因背景和种植环境差异的影响。从前人研究结果可以看出,水稻的香味遗传是复杂的遗传现象,不同种质来源的香稻品种其遗传方式也不尽相同。因此,在利用分子标记辅助选择育种时,首先要弄清其香味来源或遗传背景,再选择相应的标记引物;在杂交水稻育种中,最好选择单基因控制香味性状的水稻品种,特别是选择等位性的香味基因。

**2.3 云南软米品质特性的研究** 软米作为云南特色的优质稻米,开展其品质特性的研究对优化我国稻米品质,丰富种质遗传多样性具有重要的促进作用。许红云等<sup>[31]</sup>研究表明,云南软米在精米率、整精米率和米饭伸长度等性状中品种间差异不大且大多数云南软米的胶稠度在75~100mm之间,直链淀粉含量在13%~19%之间,蛋白质含量均小于9%,蒸煮后精米的平均伸长率为66.8%;栽培环境的变化可导致同一品种垩白率和垩白度的显著变化,而对稻米软硬度和粒型的影响较小。辜琼瑶等<sup>[19]</sup>研究表明,云南软米与粘米、糯米在粒长、粒宽、长宽比、直链淀粉含量、胶稠度以及蛋白质含量上存在显著差异。李农飞等<sup>[32]</sup>研究表明,软米的直链淀粉含量极显著低于粳米,蛋白质含量和胶稠度极显著高于粳米,碱消值差异不显著;味度值显著高于粳米,RVA淀粉谱特性优于粳米;碾磨品质指标上没有差异。在品质性状遗传效应上,罗龙等<sup>[33]</sup>研究表明,种子直接加性效应、种子直接显性效应、细胞质效应、母体加性效应、母体显性效应共同控制出糙率、精米率和碱消值;整精米率受种子直接加性效应和种子直接显性效应的控制;粒长、粒宽、长宽比、垩白米率、胶稠度、直链淀粉含量主要受种子直接加性效应和种子直接显性效应的控制;垩白度主要受种子直接加性效应的影响。

## 3 云南软米资源在育种上的应用

**3.1 云南软米保持系和不育系的选育** 充分合理利用云南软米资源培育优质保持系和不育系,对促进水稻生产有着重要的作用。黄世君等<sup>[34-35]</sup>采用从云南引进的软米材料中筛选出的F7-56-1-1-1-



1-1 等 7 个材料作母本, 培育成性状优良、品质优异的软米三系不育系乐软 101A; 还采用含香味基因的印度稻 BAS、云南优质软米材料黄板所、含早熟显性基因的台九 B 复合杂交, 再与珍汕 97A 杂交并通过连续回交, 培育成优质香软不育系乐香 202A。李存龙等<sup>[36]</sup>利用具有较好保持力的云南香型软米水稻资源毫皮、文稻 8 号、滇屯 502 等作为香味基因的供体, 选育出品质优良的 B60 等香型软米保持系, 以其作轮回亲本, 引入云南地方香型软米水稻雄性不育种质新胞质, 选育出品质优良的文香 24A 等香型软米不育系。罗友金等<sup>[37]</sup>用蜀光 612S 作母本与优质云南软米品种云恢 290 杂交, 经 7 年 9 代选育出稻米品质优、直链淀粉含量较低的光温敏核不育系云软 209S。陈忆昆等<sup>[38]</sup>用蜀光 612S 与自育优质软米品系系 16 (豪木细/IR24/IR268) 杂交育成具有云南优质软米特性的籼型光温敏核不育系云软 221S。涂建等<sup>[39]</sup>以两用核不育系 N5088S 与高抗稻瘟病品种合系 34 杂交、回交, 将云南地方软米品种间的多目标性状聚合, 选育成集米质优、抗性强为一体的第 1 个高原粳型优质软米光温敏核不育系云粳 202S, 为培育高原两系粳杂优质软米品种奠定了坚实基础。

**3.2 云南软米恢复系和杂交组合的选育** 云南软米资源中含有对胞质雄性不育表现强恢复的材料, 已有相关研究, 利用云南软米水稻资源作亲本, 转育出软米恢复系, 进一步选育出优良品质的杂交组合。李存龙等<sup>[14, 36]</sup>采取“恢恢配”的亲本选配方法, 选出配合力和恢复力强, 品质上保持云南香型软米特点的文恢 206、文恢 23 等恢复系, 并成功培育了文富 7 号、文富 8 号等全香型的软米杂交稻组合。张文华等<sup>[40]</sup>以优质云南软米红优 2 号为母本、八宝/IR8 的中间材料 114 ( $F_5$ ) 为父本, 经系统选育, 培育出株型好、分蘖力强、适应性广的优质软米恢复系 HR2; 用该恢复系与中 9A 配组, 成功培育了品质优异的籼型杂交水稻组合中 9 优 02、内香 2002、内优 5002、宜香 1002、内优 3002、粤优 002。杨久等<sup>[41]</sup>利用光敏核不育系 (PGMS) 蜀光 612s 与抗寒优质强恢复系云恢 808 配组, 选育出抗病、高产、品质优良、适应性广的软米两系杂交籼稻新组合云光 14 号。云南省农业科学院粮食作物研究所采用光温敏核不育系云粳 202S、云粳 204S, 选育了高产优

质的大穗型新组合云光 101、云光 104、云光 106、云光 107、云光 108、云光 109 等, 在云南水稻生产上得到了较好的应用<sup>[42]</sup>。

## 4 展望

随着人们生活水平的提高, 对优质稻米的需求不断增加, 云南软米作为一种新型优质稻米, 已在国内形成了较强的影响力。因此, 在种质资源方面, 要加强云南软米种质资源保护, 建立种质资源深入评价与方法, 对重要资源进行精准鉴定与定向创新; 在育种方面, 充分利用云南软米品种的种源优势, 借助分子标记辅助选择和基因组学等技术培育质优、适应性广的软米新品种; 在大米加工方面, 大力推进优质软米产业发展, 改进产业加工, 完善云南优质软米分级标准, 打造优质软米品牌。

采用新技术培育软米新品种。近年来, 分子技术不断发展和完善, 分子标记辅助选择和基因组学等技术在水稻育种和水稻品质改良中得到越来越多地应用, 既缩减了育种年限, 又有效聚合了目标基因, 从而实现优良品种的培育。生产中将常规育种与新技术相结合, 不但能够培育出高产、优质、抗逆的软米新品种, 还可以快速准确地搜集软米水稻的种质资源, 加速种质资源的创新。

完善云南优质软米分级标准, 打造优质软米品牌。目前国家未专门制定有关软米品质评价的标准, 云南软米的品质质量很难得到控制, 使云南软米质量参差不齐, 品牌混杂, 很多以地方命名, 加上地方产业加工、生产条件落后, 导致缺乏知名软米品牌, 制约了云南软米产业的发展。因此, 制定一套完整的标准体系, 先进的产业加工, 不仅能比较完整地描述云南软米的米质状况, 对云南软米进行科学的鉴定, 也有利于云南软米材料的发掘和利用以及新育成的软米材料的审定。另外, 树立云南优质软米品牌, 可以增强云南软米在国内外市场上的竞争力, 同时也有利于软米的推广。

## 参考文献

- [1] Balindong J L, Ward R M, Liu L, Rose T J, Pallas L A, Ovenden B W, Snell P J, Waters D L E. Rice grain protein composition influences instrumental measures of rice cooking and eating quality. *Journal of Cereal Science*, 2018 ( 79 ): 35-42
- [2] 彭波, 何璐璐, 田夏雨, 辛晴晴, 孙艳芳, 宋晓华, 孙玲, 刘毓琛, 庞瑞华, 周棋赢. *OsAAP6* 基因在不同氮肥条件下的表达分析及其对水

- 稻籽粒营养品质的影响. 西南农业学报, 2019, 32 (9): 1973-1979
- [3] 朱大伟, 张洪程, 郭保卫, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕, 高辉. 中国软米的发展及展望. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2015, 36 (1): 47-52
- [4] 黄兴奇. 云南作物种质资源. 昆明: 云南科技出版社, 2003
- [5] 曾亚文, 申时全, 杨忠义, 刘家富, 文国松, 陈于敏. 云南稻种资源的蒸煮食味品质研究. 西南农业大学学报, 2001, 23 (5): 410-413
- [6] 陈智慧, 王芳权, 许扬, 王军, 李文奇, 范方军, 仲维功, 杨杰. 软米基因 *Wx-mp* 在部分粳稻品种资源中的分布. 植物遗传资源学报, 2019, 20 (4): 975-981
- [7] 张昌泉, 赵冬生, 李钱峰, 顾铭洪, 刘巧泉. 稻米品质性状基因的克隆与功能研究进展. 中国农业科学, 2016, 49 (22): 4267-4283
- [8] 李全衡. 云南软米品种的选育应用及管理. 中国种业, 2021 (1): 14-16
- [9] 李自超, 张洪亮, 曾亚文, 申时全, 孙传清, 王象坤. 云南稻种资源表型遗传多样性的研究. 作物学报, 2001, 27 (6): 832-837
- [10] 曾亚文, 陈勇, 戴陆元. 云南紫香软米资源的研究与利用. 中国稻米, 1998 (2): 7-8
- [11] 陈丹, 汤翠凤, 董超, 甘树仙, 李俊, 阿新祥, 张斐斐, 杨雅云, 牛赛赛, 戴陆园. 云南软米地方品种籽粒淀粉品质特性研究. 浙江农业学报, 2021, 33 (2): 203-214
- [12] 后栋材, 卢义宣. 云南特种米开发. 昆明: 云南民族出版社, 2002
- [13] 云南省农业科学院粮食作物研究所. 云南省农业科学院粮食作物研究所志. 昆明: 云南科技出版社, 2007
- [14] 李存龙, 杨芬, 罗龙, 罗天刚, 杨轻松, 刘娜. 香型软米恢复系文恢206 选育及应用研究. 西南农业学报, 2007, 20 (4): 581-585
- [15] 李铮友. 滇型软米杂交籼稻的选育进展. 杂交水稻, 2001, 16 (5): 16
- [16] 徐绍忠, 毛孝强, 陈升位, 杨丽. 云南软米育成品种品质的分析与鉴定. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33 (3): 380-383
- [17] 王新其, 殷丽青, 沈革志. 用转基因技术培育水稻软米品种. 上海农业学报, 2002, 18 (S): 69-73
- [18] 陈侃声. 陈侃声稻作研究论文集. 昆明: 云南科技出版社, 2003
- [19] 辜琼瑶, 刘家富, 李自超, 卢义宣, 涂建, 班洪兴. 云南软米品质特性比较研究. 西南农业学报, 2006, 19 (5): 787-790
- [20] 曾亚文, 李自超, 申时全, 王象坤, 杨忠义, 张洪亮, 陈于敏. 云南地方稻种的多样性及优异种质研究. 中国水稻科学, 2001, 15 (3): 169-174
- [21] 杨忠义, 曹永生, 苏艳, 卢义宣, 刘晓莉, 李华惠. 云南作物资源特征特性及生态地理分布研究 I. 云南地方稻种资源中特种稻资源. 植物遗传资源学报, 2006, 7 (3): 331-337
- [22] 辜琼瑶, 刘家富, 卢义宣, 涂建, 班洪兴, 谭春艳. 云南软米直链淀粉含量的遗传及其温度敏感性分析. 西南农业学报, 2007, 20 (4): 569-572
- [23] 周勇, 夏九成, 黄世君, 王玉平, 郑英, 李仕贵. 软米直链淀粉含量的遗传分析. 西南农业学报, 2008, 21 (4): 906-910
- [24] 郭咏梅, 陈建华, 贺长树, 赵春华, 陈远伟, 李树春, 卢义宣. 云南软米直链淀粉含量遗传分析. 西南农业学报, 2009, 22 (6): 1505-1507
- [25] 赵国珍, 邹茜, 陈于敏, 苏振喜, 朱振华, 袁平荣. 云南软米直链淀粉含量的遗传分析与基因定位. 植物遗传资源学报, 2013, 14 (5): 975-978
- [26] 刘海英, 杨忠良, 刘会, 冷春旭, 吴立成, 徐振华, 于艳敏, 来永才. 五优稻4号水稻香味的遗传分析与SSR分子标记筛选. 黑龙江农业科学, 2021 (6): 5-9
- [27] 任鄯胜, 肖培林, 陈勇, 黄湘, 吴先军, 汪旭东. 几个香稻保持系香味的遗传研究. 种子, 2004, 23 (12): 24-28
- [28] 李存龙, 杨芬, 罗龙, 罗天刚, 刘娜, 卢光辉. 云南香型软米水稻资源及在水稻育种中的研究利用. 西南农业学报, 2008, 21 (5): 1450-1455
- [29] 徐辰武, 莫慧栋. 胚乳性状的质量-数量分析. 江苏农学院学报, 1995, 16 (2): 9-13
- [30] 张江丽, 李娟, 张春龙, 张亮, 谭亚玲, 罗萍, 李正和, 栾一芳, 于洋, 高亮. 云南优质软米品种‘滇屯502’香味性状的遗传分析. 分子植物育种, 2018, 16 (16): 5397-5406
- [31] 许红云, 许为军, 陈丽娟, 刘友林, 吴叔康, 谭学林. 云南籼型优质软米的品质性状分析研究. 西南农业学报, 2009, 22 (2): 261-267
- [32] 李农飞, 钟丽华, 单艳, 世荣, 朱振华, 刘慰华, 邹茜, 寇妹燕, 黄望启, 苏振喜. 云南粳型香软米品种产量和品质特性分析. 西南农业学报, 2015, 28 (3): 957-961
- [33] 罗龙, 韦永贵, 陶永宏, 罗天刚, 卢光辉, 杨芬, 赵大伟, 李存龙. 香型软米水稻资源主要品质性状遗传效应研究. 西南农业学报, 2012, 25 (2): 354-359
- [34] 黄世君, 周勇, 李乾安, 曾松, 胡太明, 陈仁烽. 优质软米不育系乐软101A的选育. 杂交水稻, 2002, 17 (3): 10-12
- [35] 黄世君, 周勇, 李乾安, 曾松. 优质香软早熟显性不育系乐香202A的选育. 杂交水稻, 2002, 17 (6): 13-15
- [36] 李存龙, 杨芬, 罗龙, 罗天刚, 刘娜, 杨轻松. 稻米香味研究进展及在香型软米杂交稻育种中的利用. 西南农业学报, 2008, 21 (1): 220-225
- [37] 罗友金, 董阳钧, 周世华, 罗天刚, 刘娜, 杨轻松. 优质籼型软米光温敏核不育系云软209S的选育. 杂交水稻, 2008, 23 (3): 9-11
- [38] 陈忆昆, 涂建, 奎丽梅, 卢义宣, 刘晓利, 黄平, 辜琼瑶, 李华惠, 杨久. 优质籼型软米光温敏核不育系云软221S的选育. 杂交水稻, 2014, 29 (3): 16-19
- [39] 涂建, 罗友金, 董阳钧. 高原粳型优质软米光温敏核不育系云粳202S的选育. 杂交水稻, 2010, 25 (9): 182-184
- [40] 张文华, 王海德, 苏正亮, 张耀, 喻文富. 高配合力、优质软米恢复系“HR2”的选育与应用. 云南农业科技, 2019 (4): 26-28
- [41] 杨久, 卢义宣, 徐开荣, 刘晓利, 吴云龙, 奎丽梅. 中国软米两系杂交稻云光14号的选育及在毗邻国家的表现. 西南农业学报, 2007, 20 (3): 345-348
- [42] 卢义宣. 云南高产优质两系杂交粳稻的选育及产业化开发. 杂交水稻, 2010, 25 (9): 41-45

(收稿日期: 2022-12-13)