



植物遗传资源学报

Journal of Plant Genetic Resources

ISSN 1672-1810, CN 11-4996/S

《植物遗传资源学报》网络首发论文

题目：第三次湖南省水稻普查收集种质资源鉴定评价
作者：宋根才，段永红，杨天铭，邓晶，余亚莹，阳标仁，黄凤林
网络首发日期：2024-10-17
引用格式：宋根才，段永红，杨天铭，邓晶，余亚莹，阳标仁，黄凤林. 第三次湖南省水稻普查收集种质资源鉴定评价[J/OL]. 植物遗传资源学报. <https://link.cnki.net/urlid/11.4996.S.20241016.1645.003>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

第三次湖南省水稻普查收集种质资源鉴定评价

宋根才¹, 段永红¹, 杨天铭¹, 邓晶², 余亚莹¹, 阳标仁¹, 黄凤林¹

(¹湖南省水稻研究所/农村部长江中下游籼稻遗传育种重点实验室, 长沙 410125; ²湖南省农业科学院, 长沙 410125)

摘要: 通过对“第三次湖南省农作物种质资源普查与收集行动”项目收集的水稻种质资源进行主要农艺性状和抗病性鉴定评价, 结果发现: 湖南省三普收集的水稻种质资源分为籼亚种与粳亚种, 以籼亚种为主; 粘稻与糯稻占比接近, 分别为 53.8% 和 46.2%; 种皮颜色种类丰富, 有 41 份红米、黑米、紫米、绿米和褐米种质资源。湖南省三普收集的水稻种质资源遗传变异丰富, 多数表现为抗倒伏、茎秆角度适中、剑叶直立、颖尖秆黄色、颖色黄色、无芒且谷粒形状多为中长形; 鉴定出 14 份生育期和株高适宜、结实率高和抗病性较强、穗大粒多和千粒重适宜的优良种质资源, 同时, 还筛选出优良糯稻种质资源 13 份、有色功能稻种质资源 20 份。上述优异水稻种质资源将为基础研究与新品种培育等提供重要的物质基础。

关键词: 湖南; 水稻; 种质资源; 鉴定评价; 优异种质

Identification and Evaluation of Germplasm Resources Collected in the Third Rice General Survey of Hunan Province

SONG Gen-cai¹, DUAN Yong-hong¹, YANG Tian-ming¹, DENG Jing², YU Ya-ying¹, YANG Biao-ren¹, HUANG Feng-lin¹

(¹Hunan Rice Research Institute/Key Laboratory of Indica Rice Genetics and Breeding in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River Valley, Ministry of Agriculture, Changsha 410125; ²Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125)

Abstract: The main agronomic traits and disease resistance identification of rice germplasm resources collected in the third general survey and collection action of crop germplasm resources in Hunan Province (hereinafter referred to as the third general survey of Hunan Province) were evaluated. The results showed that the rice germplasm resources collected in the third general survey of Hunan Province were divided into indica subspecies and japonica subspecies, mainly indica subspecies. The proportions of sticky rice and waxy rice were close, which were 53.8% and 46.2%, respectively. There are 41 germplasm resources of red rice, black rice, purple rice, green rice and brown rice. The rice germplasm resources collected in the third general survey of Hunan Province are rich in genetic variation, most of which are lodging resistance, moderate stem angle, erect flag leaf, yellow glume tip, yellow glume, no awn, and most of the grain shapes are medium-long. Fourteen excellent germplasm resources with suitable growth period and plant height, high seed setting rate and strong disease resistance, large panicle and more grains and suitable 1000-grain weight were identified. At the same time, 13 excellent waxy rice germplasm resources and 20 colored functional rice germplasm resources were screened. The above excellent rice germplasm resources will provide an important material basis for basic research and new variety breeding.

Key words: Hunan ; rice ; germplasm resources; identification and evaluation ; special germplasm

第一作者主要从事水稻遗传育种研究, E-mail: gcsong@hunaas.cn

通信作者: 黄凤林, 主要从事水稻遗传育种研究, E-mail: flhuang@hunans.cn

基金项目: 第三次湖南省农作物种质资源普查与收集行动; 湖南省农业科技创新基金项目(2024CX18)

Foundation projects: The Third General Survey and Collection Action of Crop Germplasm Resources in Hunan Province; Hunan Agricultural Science and Technology Innovation Fund Project (2024CX18)

水稻是我国三大粮食作物之一, 全国一半以上人口以稻米为主食。我国水稻生产主要集中在长江中下游

地区，种植面积和产量分别占全国 50%以上^[1]。湖南地处华中、华南、西南几大植物区系交汇地带，是中国 17 个具有全球保护意义的生物多样性关键地区之一，地形条件多样，农业自然资源丰富，降水丰沛，全年降水量的 80%以上集中在作物活跃生长期的 6-9 月，水热同季、光照充足，水稻种植历史悠久，素有“鱼米之乡”美誉，是我国也是世界上水稻生产得天独厚的宝地之一^[2]，其种植遍及全省各个地州市^[3]，是我国较早开展水稻种质资源收集与保护的省份之一。湖南省农业科学院等单位从 20 世纪 30 年代就重视水稻种质资源的调查、收集和鉴定评价，相关工作极大促进了湖南省内水稻种质资源的保护和利用。截至 2023 年，湖南省农作物种质资源库收集保存了来源于 59 个国家或地区的近 2 万份类型丰富的水稻种质资源。

水稻种质资源不仅是基础研究的重要材料，也是遗传育种的物质基础^[4]。我国水稻遗传育种经历了三次大的飞跃，每一次飞跃都离不开重要种质和基因资源的发掘和利用。矮仔占、低脚乌尖等水稻资源的发现与应用，开启了水稻育种的“第一次绿色革命”；野败、农垦 58S、安农 S-1 和广亲和基因等水稻资源和基因的发现与应用，推动了水稻杂种优势的利用；理想株型、营养高效利用和抗逆抗性基因资源的发现与应用，实现了水稻育种的“第二次绿色革命”^[5]。水稻地方种质资源具有很高的育种价值，原因是其遗传多样性高，蕴含大量优良有利基因^[4]。近年来，随着气候、自然环境、种植业结构变化等多种因素的影响，大量水稻地方种质资源迅速消失，导致大量优良基因丧失，对水稻生产构成巨大威胁。因此，加强水稻地方种质资源的保护与利用意义重大^[6]。水稻种质资源评价是其利用的前提和基础，能够大大提高种质资源可利用性，筛选出各类优良种质，如高产、优质、抗虫、抗病等类型，提高水稻种质资源利用效率^[7]。我国经历了 1956-1957 年、1979-1983 年和 2015-2022 年共三次全国性农作物种质资源普查工作，其中第三次普查范围最广，共收集到 11.3 万份农作物种质资源，截止 2023 年，我国水稻种质资源保存有 8 万多份^[8-9]。2021-2023 年，湖南省对 44 个县（市、区）开展了农作物种质资源补充征集，共收集到水稻种质资源 252 份。2023 年，对上述种质资源的主要农艺性状和抗病性等进行鉴定评价，筛选到一批综合性状优异的水稻种质资源，将为湖南省水稻基础研究与新品种培育等提供重要的物质基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究试验材料为“第三次湖南省农作物种质资源普查与收集行动”项目（下文简称湖南省三普）收集得到的 252 份水稻种质资源，由湖南省农作物种质资源库提供。

1.2 性状调查

2023 年，在湖南省水稻研究所长沙县春华试验基地对 252 份水稻种质资源开展鉴定评价，其中 27 份因倒伏等原因性状评价不全。因此，下文只对其中 225 份鉴定数据完整的种质资源开展评价分析。所有参试材料统一于 5 月 30 日播种，6 月 20 日移栽，1 个小区种植 1 份材料，每份材料插 10 行，每行插 6 株，株行距 20 cm×20 cm，单本插栽，肥水管理同当地大田生产。田间调查性状包括亚种类型、粘糯性、全生育期、株高、有效穗数、剑叶角度、茎秆角度、倒伏性；成熟后取 3 株考种，测定穗长、每穗粒数、结实率、千粒重、谷粒形状、芒长、颖尖色、颖色和种皮颜色等性状，各性状调查参照《水稻种质资源描述规范和数据标准》^[10]执行。

1.3 稻瘟病和白叶枯病的抗性鉴定

2023 年，参试材料的稻瘟病抗性鉴定委托湖南省益阳市桃江县省水稻区试稻瘟病抗性鉴定中心进行，具体方法参照《水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规程 NY/T2646-2014》^[11]，感病对照品种为‘湘晚粳 11 号’，抗病对照品种为‘特特普’；白叶枯病抗性鉴定委托湖南省郴州市安仁县国家区试白叶枯病抗性鉴定试验基地进行，鉴定方法采取剪叶的方法进行鉴定^[12]，感病对照品种为‘金刚 30’，抗病对照品种为‘IRBB7’。

1.4 数据分析与优异种质鉴定

利用 Microsoft Office Excel 2010 和 SPSS22.0 软件计算各调查性状的平均值、标准差、变异系数和多样性指数。性状多样性指数 H' 的平均值表示所有种质的遗传多样性程度，多样性指数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ，式中 P_i 为某性状第 i 级变异类型出现的频率， \ln 为自然对数^[13]。优异种质资源的鉴定参照刘进等的方法进行，即株

高在 110 -140 cm 之间；抽穗天数在 110-130 d 之间；穗粒数 \geq 200 粒/穗；结实率 90%以上^[4]。

2 结果与分析

2.1 湖南省三普水稻种质资源类型分析

对参试材料的亚种类型、粘糯性和种皮颜色进行系统分析，结果表明：湖南省三普水稻种质资源有籼稻 212 份，占 94.2%，粳稻 13 份，占 5.8%；粘稻和糯稻比例相近，粘稻 121 份，糯稻 104 份，分别占 53.8%和 46.2%。种皮颜色种类十分丰富，以白色为主，有 184 份，占 81.8%；红色和黑色数量相当，分别有 18 份和 14 份，分别占 8.0%和 6.2%；紫色 6 份，占 2.7%；绿色和褐色稀少，分别只有 2 份和 1 份，分别占 0.9%和 0.4%（图 1）。

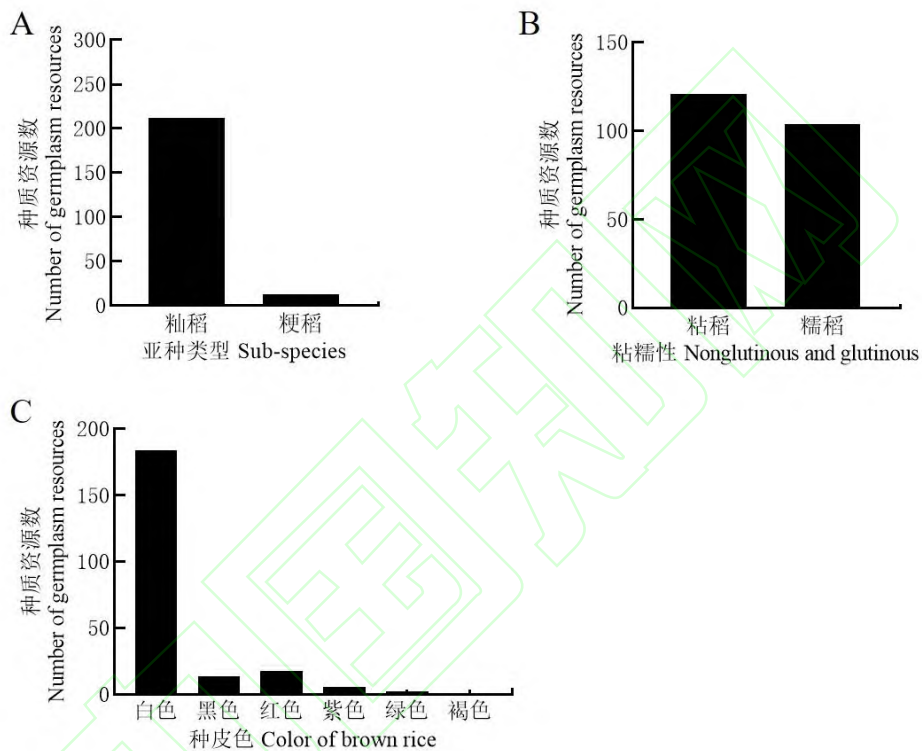


图 1 湖南省三普水稻种质资源分类

Fig.1 Classification of rice germplasm resources in the third general survey of Hunan Province

2.2 湖南省三普水稻种质资源主要农艺性状鉴定评价

2.2.1 质量型农艺性状的鉴定评价 对参试材料 7 个质量型农艺性状类型进行性状分析，结果显示，表型变异较丰富，包含绝大部分性状类型，但存在一定的集中性（表 1）。在 225 份水稻种质资源中，颖尖色以秆黄色为主，占 73.78%，多样性指数为 0.78，褐色、紫色、黑色分别占比 18.22%、5.78%和 2.22%；颖色的多样性指数为 0.50，黄色、褐色、赤褐色和紫黑色分别占 87.56%、7.11%、3.11%和 2.22%，以黄色为主；芒长的多样性指数为 0.35，以无芒型为主，无芒型、短芒型和长芒型分别占比 90.67%、8.00%和 1.33%；倒伏性的多样性指数为 1.27，以中间型为主，占 40.89%，其次是直立型和倾斜型，分别占 27.56%和 22.67%，而倒伏型最少，仅占 8.89%；茎秆角度的多样性指数为 1.12，以中间型为主，41.33%，其次是直立型和散开型，分别占 36.00%和 21.33%，披散型占比最少，只占 1.33%；剑叶角度的多样性指数为 0.69，绝大多数为直立型，占比达 77.33%，其次是披垂型和平展型分别占比 15.56%和 6.67%，散开型种质数量最少，仅占 0.44%；谷粒形状是上述性状变异程度最丰富的，多样性指数达 1.42，以中长形为主，占 41.78%，椭圆形、细长形、阔卵形和短圆形分别占比 22.67%、16.89%、14.22%和 4.44%。湖南省三普水稻种质资源主要表现

为抗倒伏、剑叶直立、茎秆角度适中、颖尖秆黄色、颖色黄色、无芒且谷粒形状多为中长形。

表 1 湖南省三普水稻种质资源的质量型农艺性状鉴定结果

Table 1 Identification results of qualitative agronomic characteristics of rice germplasm resources in the third general survey of Hunan Province

| 性状 | 类型 | 品种数量 | 频率 | 多样性指 | 性状 | 类型 | 品种数量 | 频率 | 多样性指 |
|----------------|------|---------------------|---------------|--------|-----------------|------|---------------------|---------------|--------|
| Traits | Type | Number of varieties | (%) Frequency | 数 H' | Traits | Type | Number of varieties | (%) Frequency | 数 H' |
| 颖尖色 | 秆黄色 | 166 | 73.78 | 0.78 | 茎秆角度 | 披散型 | 3 | 1.33 | 1.12 |
| Apiculus color | 褐色 | 41 | 18.22 | | Stem angle | 散开型 | 48 | 21.33 | |
| | 紫色 | 13 | 5.78 | | | 中间型 | 93 | 41.33 | |
| | 黑色 | 5 | 2.22 | | | 直立型 | 81 | 36.00 | |
| 颖色 | 黄色 | 197 | 87.56 | 0.50 | 剑叶角度 | 披垂型 | 35 | 15.56 | 0.69 |
| Glume colour | 褐色 | 16 | 7.11 | | Flag leaf angle | 平展型 | 15 | 6.67 | |
| | 赤褐色 | 7 | 3.11 | | | 散开型 | 1 | 0.44 | |
| | 紫黑色 | 5 | 2.22 | | | 直立型 | 174 | 77.33 | |
| 芒长 | 无芒型 | 204 | 90.67 | 0.35 | 谷粒形状 | 短圆形 | 10 | 4.44 | 1.42 |
| Awn length | 短芒型 | 18 | 8.00 | | Grain shape | 阔卵形 | 32 | 14.22 | |
| | 长芒型 | 3 | 1.33 | | | 椭圆形 | 51 | 22.67 | |
| 倒伏性 | 倒伏型 | 20 | 8.89 | 1.27 | | 中长形 | 94 | 41.78 | |
| Lodge | 倾斜型 | 51 | 22.67 | | | 细长形 | 38 | 16.89 | |
| | 中间型 | 92 | 40.89 | | | | | | |
| | 直立型 | 62 | 27.56 | | | | | | |

2.2.2 数量型农艺性状的鉴定评价 参试材料数量农艺性状变异程度较大，变异系数在 6.47%~52.54%之间，其中有效穗数的变异系数达 52.54%，变异最丰富，偏度为 5.08，有效穗数少的种质数量偏多，呈现偏态分布；其次是每穗粒数的变异系数为 35.62%，变异丰富，每穗粒数都在均值附近，呈现正态分布，每穗粒数变幅为 44~367，慈 21 每穗粒数最多，为 367 粒，另有 34 份种质资源的每穗粒数超过 250 粒；千粒重的变异系数为 16.34%，变异较丰富，呈现正态分布，千粒重的范围在 13.6~37.3 g 之间，8 份种质资源的千粒重大于 30 g，31 份种质资源的千粒重小于 19.0 g；结实率的变异系数为 15.75%，变异较为丰富，偏度为 -1.48，结实率高的种质数量偏多，呈现偏态分布；穗长的变异系数为 14.88%，变异较丰富，呈现正态分布；株高的变异系数为 14.55%，株高变幅为 66~185 cm，束家岗农垦 58 最矮，新河柳条糯最高，160 份种质资源在 110~140 cm 之间，占 71.1%；而全生育期变异系数仅为 6.47%，变异程度最小，呈现正态分布，其中矮子王的全生育期最短，仅有 92 d，龙山寸早稻的全生育期最长，为 150 d（表 2、图 2）。上述结果表明，湖南省三普水稻种质资源数量农艺性状的遗传变异较丰富，挖掘潜力较大，可为水稻新品种选育等提供良好的材料基础。

表 2 湖南省三普水稻种质资源数量型农艺性状的表型值变异

Table 2 Phenotypic value variation of quantitative agronomic traits of rice germplasm resources in the third general survey of Hunan Province

| 性状 | 均值±标准差 | 变异系数 | 最小值 | 最大值 | 峰度 | 偏度 |
|-------------|-------------|--------|------|-------|----------|----------|
| Traits | Mean±SD | (%) CV | Min. | Max. | Kurtosis | Skewness |
| 全生育期 (d) GD | 114.04±7.49 | 6.47 | 92.0 | 150.0 | 4.20 | 0.97 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------|-------|------|-------|-------|-------|
| 株高 (cm) PH | 122.55±17.83 | 14.55 | 66.0 | 185.0 | 2.13 | 0.48 |
| 有效穗数 PN | 10.43±5.48 | 52.54 | 3.0 | 65.0 | 44.45 | 5.08 |
| 穗长 (cm) PL | 27.35±4.07 | 14.88 | 15.0 | 40.1 | 0.86 | -0.20 |
| 每穗粒数 GN | 182.44±64.98 | 35.62 | 44.0 | 367.0 | -0.27 | 0.15 |
| 结实率 (%) SSR | 79.88±12.58 | 15.75 | 28.0 | 97.0 | 1.97 | -1.48 |
| 千粒重 (g) TGW | 23.13±3.78 | 16.34 | 13.6 | 37.3 | 1.06 | 0.43 |

GD: Whole growth date; PH: Plant height; PN: Panicles number per plant; PL: Panicle length; GN: Grain number per panicle; SSR: Seed setting rate; TGW: 1000-grain weight; The same as below

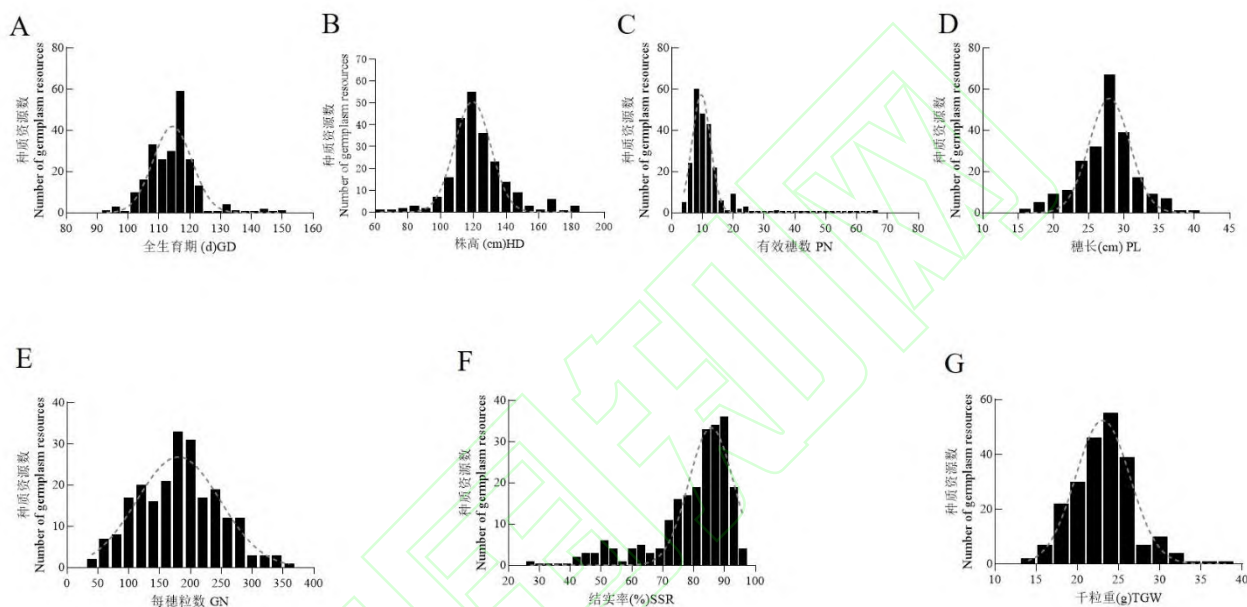


图2 湖南省三普水稻种质资源的数量型农艺性状表型分布

Fig.2 Distribution of quantitative agronomic traits of rice germplasm resources in the third general survey of Hunan Province

2.2.3 数量型农艺性状间相关性分析 参试材料数量型农艺性状间存在一定的相关性，全生育期与株高和穗长呈极显著正相关，与每穗粒数呈显著正相关，而与有效穗数呈显著负相关；株高与穗长呈极显著正相关，与每穗粒数呈显著正相关；有效穗数与每穗粒数和结实率存在着极显著的负相关性，上述3个性状是影响产量的重要因子；穗长与每穗粒数呈极显著正相关；每穗粒数与千粒重呈极显著负相关（表3）。上述结果表明，影响水稻种质资源产量表型的重要因素有株高、全生育期、每穗粒数和有效穗数。因此，为增加水稻产量，可在株高和全生育期适宜的条件下适当增加有效穗数和每穗粒数。

表3 湖南省三普水稻种质资源数量型农艺性状相关分析

Table 3 Correlation for quantitative agronomic traits of rice germplasm resources in the third general survey of Hunan Province

| 性状 Traits | 全生育期 GD | 株高 HD | 有效穗数 PL | 穗长 PN | 每穗粒数 GN | 结实率 SSR | 千粒重 TGW |
|--------------|------------|----------|------------|----------|------------|------------|------------|
| 全生育期 GD | 1.000 | | | | | | |
| 株高 HD | 0.397** | 1.000 | | | | | |
| 有效穗数 PN | -0.156* | 0.041 | 1.000 | | | | |
| 穗长 PL | 0.213** | 0.604** | -0.015 | 1.000 | | | |

| | | | | | | | |
|---------|--------|--------|----------|---------|----------|-------|-------|
| 每穗粒数 GN | 0.154* | 0.144* | -0.409** | 0.365** | 1.000 | | |
| 结实率 SSR | -0.007 | 0.037 | -0.212** | 0.039 | 0.028 | 1.000 | |
| 千粒重 TGW | 0.012 | 0.103 | -0.004 | 0.010 | -0.376** | 0.094 | 1.000 |

*和**分别表示相关性达0.05和0.01显著水平

* and ** represent significant correlation at 5% and 1% levels, respectively

2.3 稻瘟病和白叶枯病抗性鉴定评价

稻瘟病抗性鉴定结果显示：参试材料中，中抗资源 64 份，占 28.4%，中感资源 48 份，占 21.3%，感资源 66 份，占 29.4%，高感资源 47 份，占 20.9%，没有抗和高抗资源。根据上述鉴定结果，筛选出香糯谷、公家糯谷和家乐黑糯谷等 64 份中抗稻瘟病水稻种质资源。白叶枯病抗性鉴定结果显示：抗资源 3 份，占 1.3%，中抗资源 23 份，占 10.2%，中感资源 141 份，占 62.7%，感和高感资源分别为 23 份和 35 份，占 10.2% 和 15.6%（表 4），筛选出耐寒粳稻、洞庭农垦 58 和褐小粒 3 份抗白叶枯病水稻种质资源。上述结果初步表明，湖南省三普水稻种质资源中抗稻瘟病、白叶枯病资源较丰富，并且筛选出的种质资源可作为水稻稻瘟病和白叶枯病抗性育种的优异种质资源。

表4 田间自然诱发的稻瘟病和白叶枯病抗性鉴定结果

Table4 The identification results of the resistance to the blast disease and leaf blight disease naturally induced in the field

| 抗性种类 Resistant species | 鉴定份数 Number of identification materials | 各抗性级别的材料份数 Number of materials with different resistance scales | | | | | |
|---------------------------|--|--|---|----|-----|----|----|
| | | 高抗 | 抗 | 中抗 | 中感 | 感 | 高感 |
| | | HR | R | MR | MS | S | HS |
| 稻瘟病 Rice blast | 225 | 0 | 0 | 64 | 48 | 66 | 47 |
| 白叶枯病 Rice leaf blight | 225 | 0 | 3 | 23 | 141 | 23 | 35 |

2.4 数量型性状的主成分分析

对参试材料7个数量型性状进行主成分分析，结果显示，上述性状中主要成分为3个，分别为PC1、PC2和PC3，贡献率分别为29.224%、20.667%和17.251%，累计贡献率达到67.145%，其中PC1在株高和穗长性状上的特征因子绝对值较大，本研究称之为长度因子；PC2在每穗粒数和千粒重性状上的特征因子绝对值较大，本研究称之为粒重因子；PC3在有效穗数和结实率性状上的特征因子绝对值较大，本研究称之为穗数因子（表5）。因此，水稻资源鉴定评价可以简化描述指标，以提高鉴定评价效率。

表5 湖南省三普水稻种质资源数量型性状的主成分分析

Table5 Principal component analysis of quantitative traits of rice germplasm resources in the third general survey of Hunan Province

| 性状 Traits | 主成分 Principle component | | |
|--------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | PC1 | PC2 | PC3 |
| 全生育期 GD | 0.308 | 0.023 | 0.064 |
| 株高 PH | <u>0.480</u> | 0.121 | -0.094 |
| 有效穗数 PN | 0.051 | 0.144 | <u>-0.594</u> |
| 穗长 PL | <u>0.426</u> | -0.053 | -0.071 |
| 每穗粒数 GN | 0.099 | <u>-0.500</u> | 0.169 |
| 结实率 SSR | -0.014 | 0.232 | <u>0.577</u> |

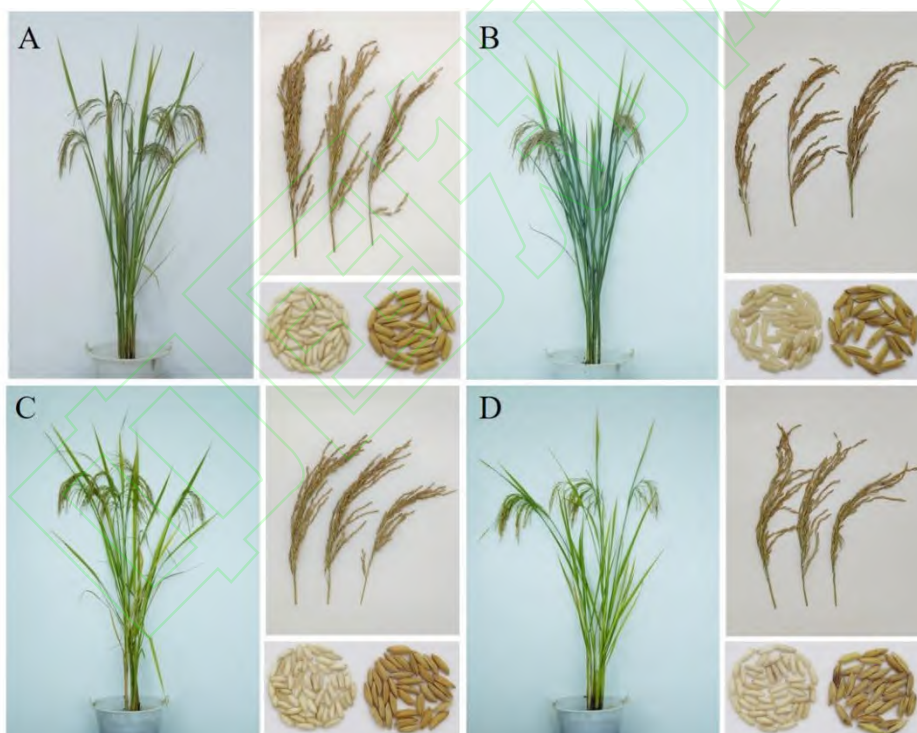
| | | | |
|-------------------------------|--------|--------------|--------|
| 千粒重 TGW | 0.107 | <u>0.600</u> | 0.206 |
| 特征值 Eigen value | 2.046 | 1.447 | 1.208 |
| 贡献率/% Contributive percentage | 29.224 | 20.667 | 17.254 |
| 累计贡献率/% Total percentage | 29.224 | 49.892 | 67.145 |

下划线表示每组选取特征向量绝对值最大的 2 个值，以反映其对应数量性状的贡献率

The underline indicates that each group selects the two largest values of the absolute value of the eigenvector to reflect the contribution rate of its corresponding quantitative trait

2.5 优异水稻种质资源鉴定筛选

根据参试材料的株叶形态、主要农艺性状和抗病性等重要因子鉴定分析，筛选出 14 份全生育期和株高适宜、结实率高和抗病性较强的优良种质资源，包括安坝本地糯谷、慈 33-3、慈香 8、慈香 2、黄金本地粘稻、双利粳稻、城中农垦 58、古城糯谷、常规稻 172、下庄水稻、黄金糯谷、云天香稻、大西桂朝 2 号和杜庄糯谷，其中安坝本地糯谷、慈 33-3、古城糯谷和黄金糯谷 4 份种质资源综合性状优良，可直接作育种亲本（图 3）。本研究显示，参试水稻种质资源糯稻数量占比接近一半，从中筛选出月堡黑糯、汪家本地糯谷、金石大湖糯稻、公馆紫糯、福安紫米、乳香白糯、紫糯、香糯、双牌红米早稻等 13 份优良糯稻种质资源，且糯稻种质资源中福安紫米、古城糯谷、黄金糯谷和川岩坪糯谷 4 份水稻种质资源具有穗子大、每穗粒数多、结实率高等优良性状，可用于后续研究利用（图 4）。

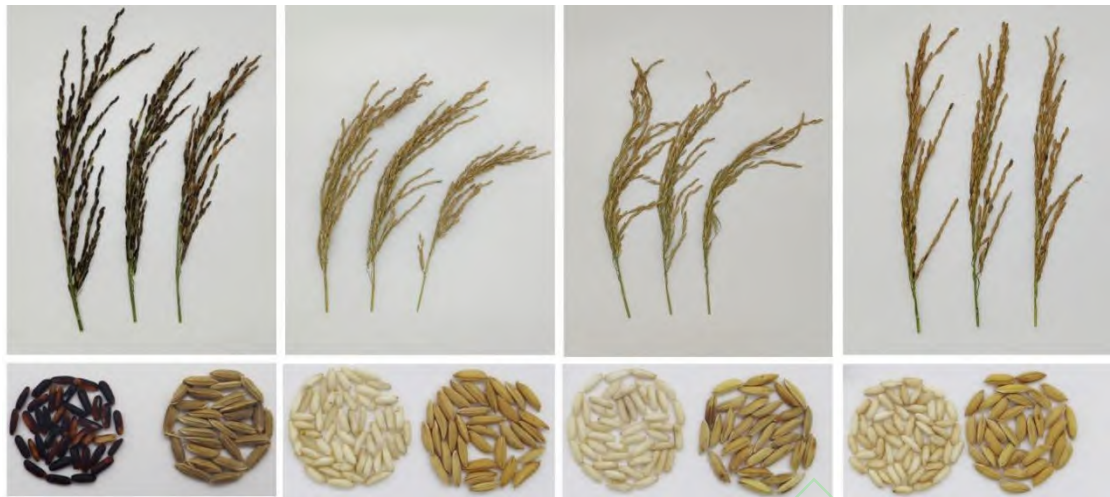


A-D 分别为安坝本地糯谷、慈 33-3、古城糯谷和黄金糯谷

A-D represent for Anbabeninuogu, Ci33-3, Guchengnuogu and Huangjinnuogu, respectively

图 3 综合表型优异的水稻种质资源

Fig.3 Excellent rice germplasm resources for agronomic traits



福安紫米

Fuanzimi

古城糯谷

Guchennougu

黄金糯谷

Huangjinnuogu

川岩坪糯谷

Chuanyanpinnuogu

图 4 优异糯稻种质资源穗粒表型

Fig.4 Panicle and grain phenotype from the excellent glutinous rice germplasm resources

同时，筛选出 20 份特异有色功能稻米种质资源，包括车峙红米、锤子糯、福安紫米、红米秋晚、紫糯、东山红米、城中黄米、南塘红米、田心红米、田心紫米、良田黑米、血糯、冷水旱稻、黑米稻、鹤城红米、胭脂糯、黄土坪本地谷、罗溪本地红谷、双峰绿米、绿米稻，其中红米 10 份、黑米 5 份、紫米 3 份和绿米 2 份，有色功能稻资源中锤子糯、福安紫米、紫糯、东山红米的外观品质较优（图 5），适合作特色功能稻改良亲本。本研究发现参试材料中有 2 份珍贵的绿米水稻资源，即双峰绿米和绿米稻（图 5），将为绿色种皮水稻研究和育种提供重要的遗传资源。



锤子糯

Chuizينو

福安紫米

Fuanzimi

紫糯

Zinuo

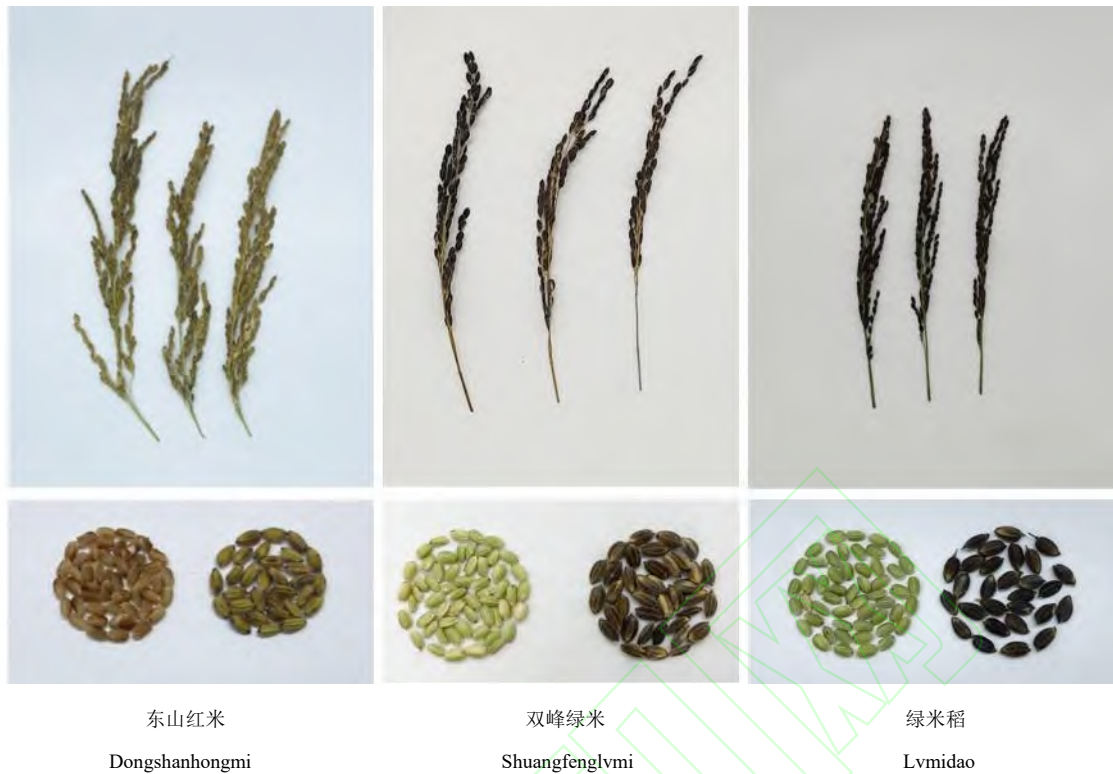


图5 优异有色功能稻种质资源穗粒表型

Fig.5 Panicle and grain phenotype from the excellent colored functional rice germplasm resources

3 讨论

3.1 湖南省三普水稻种质资源表型变异丰富

本研究通过对湖南省三普收集的 225 份水稻种质资源表型和抗病性开展鉴定评价, 结果表明, 湖南省三普水稻种质资源质量性状与数量性状变异类型均较丰富。质量性状方面, 大部分籼稻种质资源以种皮白色、芒长无芒、倒伏性中间型和直立型为主。倒伏性变异类型丰富, 则意味着存在抗倒性强的种质资源。数量性状方面, 变异幅度 6.47%~52.54%, 变异系数从大到小依次是有效穗数、每穗粒数、千粒重、结实率、穗长、株高和全生育期, 有效穗数的变异系数最大, 为 52.54%, 全生育期的变异系数最小, 为 6.47%。研究发现, 群体里某个重要性状变异系数越大, 则意味着该性状遗传丰富度越高, 其育种价值则越大^[4]。对参试材料主要农艺性状的鉴定评价发现, 56 份种质资源穗长 $\geq 30\text{cm}$, 38 份种质资源结实率 $\geq 90\%$, 115 份种质资源有效穗数 ≥ 10 穗, 9 份种质资源千粒重 $\geq 30\text{g}$, 87 份种质资源穗粒数 ≥ 200 粒。上述性状对水稻产量有重要影响, 因此, 全面了解湖南省三普收集的水稻种质资源表型性状, 对该部分资源的后续研究与利用有重要参考价值。水稻表型性状的研究是探究表型变异的基础, 而表型变异承载着遗传变异, 能够反应基因型的差异, 这对水稻育种研究具有十分重要的意义^[15]。

3.2 优异水稻普查种质资源的评价利用

湖南稻种历史与耕作制度悠久, 具有十分丰富的稻种资源^[16]。湖南早在二十世纪 30 年代就开始调查、收集和鉴定水稻种质资源^[6], 特别是参与了 1956-1957 年、1979-1983 年和 2015-2022 年进行的三次全国大规模水稻资源普查与收集工作, 分别收集到地方稻资源 9267 份、1086 份和 285 份, 并于 20 世纪 90 年代建成湖南省农作物种质资源库, 实现稻种资源有效保存, 截至 2021 年, 该库共收集保存了 17568 份稻种资源^[17]。湖南稻种资源利用主要有直接利用、间接利用和作分子育种受体材料三种方式^[18]。

随着产业的多元化发展, 稻米不仅仅局限于作为主粮, 而是用途多样化, 如加工型专用稻和有色功能稻。加工型专用稻, 以糯稻为主, 作为粮酒和制作传统美食的原材料。然而随着杂交水稻的大面积推广, 糯

稻种植面积日益减少,生产上现有的糯稻品种难以满足人们日益旺盛的需求,如何利用糯稻资源助力糯米产业发展成为当务之急^[5]。湖南省三普共收集到 104 份糯稻种质资源,占收集水稻种质资源总数的 46.2%,并筛选出 13 份产量较高、抗逆性较好的糯稻品种,有利于促进湖南糯稻产业的发展。有色功能稻米主要包括黑米、紫米、红米等^[19-20]。Juliano 等^[21]研究发现稻米除淀粉外,还有很多丰富的其它营养物质,如蛋白质、维生素、膳食纤维等,它们都存在与果皮、种皮、糊粉层、胚和胚乳中,然而稻谷在加工过程中,约 80%的营养物质作为米糠而浪费。有色大米种子中的微量元素、花青素、维生素等营养物质含量高于白米,其商业价值高,有色功能稻米的开发与利用日益受到广泛重视^[22-23]。张启发认为黑米中的花青素对人体十分有益,会大大提高人们的营养健康水平^[24]。本次共调查收集到 41 份有色功能稻米种质资源,占所收集的种质资源 18.2%,其中红米 18 份、黑米 14 份、紫米 6 份、绿米 2 份和褐米 1 份。本研究筛选出 20 份特异有色功能稻米种质资源,包括红米 10 份、黑米 5 份、紫米 3 份和绿米 2 份,其中锤子糯、福安紫米、紫糯、东山红米综合性状较好,生产上可考虑直接利用。有研究表明,绿米稻中富含的膳食纤维、脂肪和人体必须的微量元素比白米高^[20]。因此,对种皮绿色水稻种质资源的研究,在有色功能稻米中具有十分重要的地位。本研究中发现的 2 份绿米种质资源将为有色功能稻米的深入研究提供了遗传材料。随着人民生活水平的不断提高,稻米需求从吃饱转向吃好吃和健康的,功能稻的市场需求日益增加^[25-26],对已收集和鉴定评价的优异有色功能稻资源开展深入研究并利用,不仅有利于保障粮食安全,还会大大提高人民的营养健康水平。

稻瘟病和白叶枯病是水稻的重要病害,严重影响水稻产量和品质,培育和推广抗病品种是防治两种病害最理想的措施,而挖掘抗病水稻种质资源和基因是培育抗病品种的关键。对湖南省三普水稻种质资源稻瘟病和白叶枯病初步鉴定的结果发现,225 份水稻种质资源中,抗白叶枯病资源的资源 3 份,中抗稻瘟病的资源 64 份,中抗白叶枯病的资源 23 份。上述结果初步表明,湖南省三普水稻种质资源中稻瘟病和白叶枯病抗病性资源较丰富,筛选出的抗病性资源可作为水稻抗病性育种的优异种质资源,因试验为一年一点的结果,其准确性有待进一步重复验证。

参考文献

- [1] 徐春春,陆建飞.长江中下游水稻生产波动特征及成因分析.中国农业资源与区划,2019,40(12):108-114
Xu C C, Lu J F. Analysis on the characteristics and causes of rice production fluctuation in the middle and lower reaches of the Yangtze River. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40 (12):108-114
- [2] 国家水稻数据中心: <https://www.ricedata.cn/>
China Rice Data Center, <https://www.ricedata.cn/>
- [3] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱(1986-2005). 北京: 中国农业出版社, 2010
Wan J M. Rice genetic breeding and variety pedigree in China. Beijing: China Agricultural Publishers, 2010
- [4] 刘进,勒思,周慧颖,胡佳晓,孟冰欣,罗文静,黎毛毛,余丽琴.江西省水稻地方种质资源的收集与鉴定评价.植物遗传资源学报,2023,24(5):1267-1276
Liu J, Le A, Zhou H Y, Hu J X, Meng B X, Luo W J, Li M M, Yu L Q. Collection, identification and evaluation of rice landraces in Jiangxi province. China. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24 (5): 1267-1276
- [5] 吴比,胡伟,邢永忠.中国水稻遗传育种历程与展望.遗传,2018,40(10):55-71
Wu B, Hu W, Xing Y Z. The history and prospect of rice genetic breeding in China. Hereditas, 2018, 40 (10): 55-71
- [6] 余应弘. 湖南省农作物种质资源普查与收集指南. 北京: 中国农业出版社, 2018
Yu Y H. Hunan crop germplasm resources survey and collection guide. Beijing: China Agricultural University Press, 2018
- [7] 罗利军,应存山,汤圣祥. 稻种资源学. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2002
Luo L J, Ying C S, Tang S X. Rice seed resource science. Wuhan: Hubei Science and Technology Publishers, 2002
- [8] 全国农作物种质资源普查已收集超 11 万份资源.福建稻麦科技,2022,40(3):64
The national crop germplasm resources census has collected more than 110000 resources. Fujian Science and Technology of Rice and Wheat, 2022, 40 (6): 64
- [9] 朱业宝,王金英,江川.水稻种质资源核心种质的研究进展.江西农业学报,2023,35(4):27-32
Zhu Y B, Wang J Y, Jiang C. Research progress in core collection of rice germplasm resources. Acta Agriculturae Jiangxi, 2023, 35 (4):27-32
- [10] 韩龙植,魏新华,曹桂兰,余汉勇,张媛媛. 水稻种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2006
Han L Z, Wei X H, Cao G L, Yu H Y, Zhang Y Y. Descriptors and data standard for rice (*Oryza sativa* L.). Beijing: China Agriculture Press, 2006
- [11] 中华人民共和国农业部. NY/T2646-2014 水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规范. 北京: 中国标准出版社, 2014
The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY/T 2646-2014 Technical specification for identification and evaluation of blast resistance in rice variety regional test. Beijing: Standards Press of China, 2014
- [12] 于江辉,刘廷昌,翁绿水,李锦江,邓力华.不同遗传背景籼稻白叶枯病抗性基因 Xa21,Xa23 品系的抗性评价.热带作物学报,2021,42(12):3433-3442

- Yu J H, Liu T C, Weng L S, Li J H, Deng L H. Analysis of *Xa21* and *Xa23* of indica rice varieties in different genetic background to broad spectrum bacterial blight pathogens. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2021, 42:3433-3442
- [13] 刘志斋,郭荣华,石云素,蔡一林,曹墨菊,宋燕春,王天宇,黎裕. 中国玉米地方品种核心种质花期相关性状的表型多样性研究. *中国农业科学*, 2008,41 (6):1591-1602
- Liu Z J, Guo N H, Shi Y S, Cai Y L, Cao M J, Song Y C, Wang T Y, Li Y. Phenotypic diversity of flowering-related traits of Maize landraces from the core collection preserved in China National Genebank. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41 (6): 1591-1602
- [14] 江川,朱业宝,李清华,陈立喆,张海峰,王金英. 福建水稻种质资源的调查收集与鉴定评价. *植物遗传资源学报*, 2023,24 (1):126-136
- Jiang C, Zhu Y B, Li Q H, Chen L J, Zhang H F, Wang J Y. Investigation, Collection, Identification and evaluation of rice landraces in Fujian province of China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2023, 24 (1):126-136
- [15] 罗欣语,王芷,陈飏,林雨,刘志高. 木本植物天然种群间叶、果表型性状变异研究进展. *现代园艺*, 2024,47 (5):66-68
- Luo X Y, Wang Z, Chen Y, Lin Y, Liu Z G. Research progress on phenotypic variation of leaves and fruits among natural populations of woody plants. *Xiandai Horticulture*, 2024, 47 (5):66-68
- [16] 段永红,李小湘,刘文强,潘孝武,周志武,李卫红,盛新年. 湖南稻种资源主要特征特性与利用状况. *植物遗传资源学报*, 2013,14 (6):1059-1063
- Duan Y H, Li X X, Liu W Q, Pan X W, Zhou Z W, Li W H, Sheng X N. Main morphological and biological characters and utilization status of rice resources in Hunan province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14 (6):1059-1063
- [17] 卢新雄,辛霞,刘旭. 作物种质资源安全保存与利用. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2022
- Lu X X, Xin X, Liu X. *Safe preservation and utilization of crop germplasm resources*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2022
- [18] 段永红. 湖南稻种资源研究现状与展望. *中国种业*, 2004(8):15-16
- Duan Y H. Research status and prospect of rice germplasm resources in Hunan. *China Seed Industry*, 2008(8):15-16
- [19] 罗同平. 广西有色稻米育种研究进展. *中国稻米*, 2014,20 (2):106-108
- Luo T P. Research progress of colored rice breeding in Guangxi. *China Rice*, 2014, 20 (2):106-108
- [20] 杨庆文,程云连,张丽芳,韩振云,李飞,张万霞,乔卫华,郑晓明. 一份绿米水稻种质资源的发现及初步研究. *植物遗传资源学报*, 2022,23 (1):123-128
- Yang Q W, Chen Y L, Zhang L F, Han Z Y, Li F, Zhang W X, Qiao W H, Zhen X M. Discovery and study of a green pericarp germplasm in rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23 (1):123-128
- [21] Juliano B O, Bechtel D B. The rice grain and its gross composition. *Rice Chemistry & Technology*, 1985: 17-57
- [22] 韩磊,汪旭东,徐建第,汪秀志,张红宇. 有色稻米研究现状分析. *中国稻米*, 2003(5):5-8
- Han L, Wang X D, Xu J D, Wang X Z, Zhang H Y. Analysis of research status of colored rice. *China Rice*, 2003(5):5-8
- [23] 王子平. 中国红米资源的研究与利用进展. *湖南农业科学*, 2008(4):32-34
- Wang Z P. Research and utilization progress of red rice resources in China. *Huan Agricultural Sciences*, 2008(4): 32-34
- [24] 张启发. 保障粮食安全,促进营养健康:黑米主食化未来可期. *华中农业大学学报*, 2021,40 (3):1-2
- Zhang Q F. Ensuring food security and promoting nutrition and health: making black rice staple food for the future. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2021, 40 (3): 1-2
- [25] 陈浩. 功能性水稻研究思路和前景分析. *生命科学*, 2016,28 (10):1279-1286
- Chen H. Research ideas and prospect analysis of functional rice. *Chinese Bulletin of Life Sciences*, 2016, 28 (10):1279-1286
- [26] 胡时开,胡培松. 功能稻米研究现状与展望. *中国水稻科学*, 2021,35 (4):311-325
- Hu S K, Hu P S. Research Progress and Prospect of Functional Rice. *Chinese Journal of Rice Science*, 2024, 35 (4):311-325