

安徽省水稻地方品种资源鉴定评价

周坤能¹, 夏加发¹, 张彩娟¹, 王元垒¹, 云鹏¹, 马廷臣¹,
台德卫¹, 张效忠¹, 荣松柏², 李泽福¹

(¹安徽省农业科学院水稻研究所 / 安徽省水稻遗传育种重点实验室, 合肥 230001; ²安徽省农业科学院作物研究所, 合肥 230001)

摘要: 依托“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”对安徽省各县、市的水稻地方品种资源进行了调查和收集, 共收集到水稻资源 82 份, 并对其农艺性状、稻瘟病抗性、品质等特性进行鉴定评价。结果表明, 地方品种资源中糯稻和有色稻资源丰富, 糯稻占资源总数的 56.1%, 黑米和红米共占 34.2%。通过鉴定筛选出具有大穗、高穗粒数、高结实率、高千粒重等优良性状资源 34 份、抗稻瘟病资源 17 份、优质资源 6 份; 进一步通过分子标记鉴定, 阐明这些优异资源中所携带的稻瘟病、垩白、香味等基因型。筛选出稻八、夹沟香稻、三粒寸、庄红贡米、庐江小红稻-1 和长粒糯稻 6 份产量、稻瘟病抗性和品质等综合性状优异的资源, 为高产、优质、抗病水稻育种提供材料基础。

关键词: 水稻; 地方品种资源; 鉴定与评价; 优质; 抗稻瘟病; 安徽

Identification and Evaluation of Rice Landraces in Anhui Province, China

ZHOU Kun-neng¹, XIA Jia-fa¹, ZHANG Cai-juan¹, WANG Yuan-lei¹, YUN Peng¹, MA Ting-chen¹,
TAI De-wei¹, ZHANG Xiao-zhong¹, RONG Song-bai², LI Ze-fu¹

(¹Rice Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory for Rice Genetics and Breeding of Anhui Province, Hefei 230031; ²Crop Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031)

Abstract: By taking the opportunity of the Third National General Survey and Collection Action of Crop Germplasm Resources, rice landraces were investigated and collected from different counties and cities in Anhui province, P. R. China. A total of 82 rice germplasms were collected and subjected for investigating their agronomic traits, rice blast resistance and grain quality. The results showed that rice landraces with glutinous or colored grain were abundant (glutinous rice: 56.1% of this collection; black or red rice: 34.2%). Thirty-four landraces represented good agronomic traits such as longer panicle length, high grain number per panicle, high seed setting rate and high 1000-grain weight, 17 landraces showing excellent blast resistance and 6 landraces showing high grain quality. Furthermore, these genotypes of rice blast, chalkiness and fragrance in these excellent rice landraces were genotyped by functional markers. As a result, a few of landraces including Daoba, Jiagouxiangdao, Sanlicun, Zhuanghonggongmi, Lujiangxiaohongdao-1 and Changlinuodao were identified simultaneously showing good rice quality, blast resistance and yield traits. The elite landraces provided material basis for breeding new high-yield, high-quality and disease-resistant rice varieties.

Key words: rice; landraces; identification and evaluation; high quality; resistant to rice blast; Anhui

收稿日期: 2022-07-15 修回日期: 2022-08-07 网络出版日期: 2022-10-12

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20220715001>

第一作者研究方向为水稻分子遗传与育种, E-mail: zhokunneng1986@163.com

通信作者: 李泽福, 研究方向为水稻遗传育种, E-mail: lizefu@aliyun.com

基金项目: 安徽省科技重大专项(2021d06050002, 202003a06020005, 202103a06020008); 国家重点研发计划(2021YFD1200504-1); 国家水稻产业技术体系(CARS-01-73); 安徽省重点研究与开发计划(202004a06020027)

Foundation projects: The Major Scientific Technological Project of Anhui Province (2021d06050002, 202003a06020005, 202103a06020008); The National Key R&D Program of China (2021YFD1200504-1); The National Rice Industry Technology System (CARS-01-73); The Key R&D Program of Anhui Province (202004a06020027)

水稻是我国主要粮食作物之一,全国水稻年种植面积约4.48亿亩。安徽是水稻种植大省,常年水稻播种面积3600多万亩^[1]。安徽省地处暖温带与亚热带的过渡地带,依据地理位置、光温水土资源、耕作制度、品种类型及生产条件等状况,其水稻种植区域可划分为5个稻作区,包括沿江双、单季稻作区,江淮丘陵单、双季稻过渡区,沿淮淮北单季稻作区,大别山地单、双季稻作区和皖南山地单、双季稻作区;南北过渡地带的地理位置和多样性的生态条件,形成了安徽省水稻品种的多样性^[2]。近年来,安徽省大力开展水稻种质资源的收集、鉴定、评价等工作,促进了水稻种质资源的保护和利用。

种质资源是新基因发掘和水稻育种的重要物质基础^[3]。我国矮化育种和杂交稻育种等历史证明,每一次育种的重大突破均与优异种质资源的挖掘和利用密切相关^[4-5]。此外,优异基因的发掘与利用,推动了水稻育种的持续发展。如广谱抗稻瘟病基因 *Pigm* 来源于水稻品种谷梅4号^[6],抗稻瘟病基因 *Pi2* 和 *Pi9* 分别来源于 *Fukunishiki* 和小粒野生稻^[7-8],抗褐飞虱基因 *Bph3* 和 *Bph17* 来源于斯里兰卡引进的资源 *Rathu Heenati*^[9-10], *Bph14* 和 *Bph15* 来源于药用野生稻等^[11-12]。这些基因已被育种家广泛利用,为水稻抗性育种作出了重要贡献。随着种质资源收集、鉴定等工作的持续开展,大量优异资源和重要基因被挖掘利用,然而受全球气候变暖、生产方式改革、种植结构变化等因素影响,新的问题和挑战如高温、新病虫害等不断出现,需要新的资源和生物育种技术来解决^[13]。因此,水稻种质资源的鉴定、评价等工作任重而道远。夏秀忠等^[14-15]对419份广西地方品种进行芽期和苗期耐冷性和耐盐性鉴定,获得了10份强耐冷和12份耐盐种质资源;张文龙等^[16]对云南省51份地方品种进行稻瘟病抗性、产量、米质等分析,筛选出冷水谷等5份优异资源;通过对地方品种的鉴定评价发现云南地方品种月亮谷和江西地方品种鹅湖香稻分别具有抗稻瘟病和耐低氮特性,为育种利用和新基因发掘提供了材料基础^[17-18]。

地方品种资源由于其独特的风味、优异的性状和当地的风俗习惯等被保留下来,这些资源类型丰富、遗传多样性高,将在水稻育种中具有潜在的利用价值^[19]。“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”通过对广西、广东等地收集的地方品种资源的鉴定评价,筛选出具有多个优异性状的种质资源^[20-21]。本研究通过对普查收集的82份安徽省水

稻地方品种资源的产量、抗性、米质等特性进行鉴定评价,筛选出优异的种质资源,旨在为种质资源的保存、新基因发掘与育种利用等提供材料基础。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本研究所用的试验材料为依托第三次全国农作物种质资源普查,安徽省组织相关专家对安徽省境内各县(市)进行系统调查收集得到的82份水稻地方品种资源,均保存于安徽省农业科学院水稻研究所种质资源库。

1.2 主要农艺性状调查

对收集的82份种质资源进行整理编号,在安徽省农业科学院水稻研究所滨湖试验基地分别于2020年和2021年种植鉴定,每年设置两次重复,5月20日播种,6月19日单本移栽,栽插规格为13.33 cm×26.67 cm,每份材料种植4行,每行20株,共计80株,田边设保护行,始穗期开始每3~4天调查抽穗期,成熟期调查株高、单株有效穗数、穗长、每穗粒数、结实率、千粒重等主要农艺性状,每份材料各重复调查10株,以其平均值作为统计单元。对抽穗天数、株高等主要性状进行分类整理,鉴定筛选各性状突出的种质。

1.3 稻瘟病抗性鉴定

稻瘟病抗性鉴定采用叶瘟和穗瘟自然诱发鉴定以及穗瘟人工接种鉴定相结合的方法进行。在安徽省金寨县稻瘟病鉴定圃分别于2020年和2021年进行自然诱发鉴定,5月5日播种,6月4日单本移栽,每个材料种植2行,每行9株;每个小区的两端和田边保护行均种植诱发品种,分蘖期适当重施氮肥以促进稻瘟病发生。叶瘟和穗瘟分别于水稻分蘖盛期和黄熟期调查,按照行业标准“NY/T2646-2014水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规程”分级评价^[22]。

于2021年在安徽合肥进行稻瘟病人工接种鉴定,所用菌株为安徽省稻瘟病优势混合菌株,利用稻瘟病优势小种培养基(将去皮切成2 cm大小的马铃薯200 g,加入适量ddH₂O煮20 min,过滤,滤液中加入18 g琼脂和20 g蔗糖,搅拌溶解,加ddH₂O定容至1000 mL,过滤分装,121 ℃ 5 min高温灭菌)对稻瘟病菌株进行28 ℃黑暗培养3 d,转入灭菌大麦中培养8~10 d,待菌丝长出后,用ddH₂O洗脱菌落,菌液浓度为1×10⁵个/mL分生孢子进行接种鉴定,抽穗初期每份材料选取5个幼穗于傍晚时分进行喷雾

接种,使菌液均匀落于幼穗上,遮光保湿 24 h 后,每隔 1 h 喷水 2 min 保湿。成熟后按照行业标准“NY/T2646-2014 水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规程”观察记载稻瘟病发病情况^[22],3 次重复,以感病最严重的结果计算。

1.4 品质分析

成熟期收获 82 份种质资源的种子,籼稻晾干至水分含量低于 13.5% 以下,粳稻晾至水分含量低于 14.5% 以下。根据农业行业标准 NY/T 593-2013^[23]将稻谷加工成糙米和精米,观察糙米和精米外观,进行红米、黑米、糯稻、粘稻等分类;测定地方品种资源的直链淀粉含量、碱消值和胶稠度等指标,按照行业标准 NY/T 593-2013 进行评价分类。

1.5 分子检测

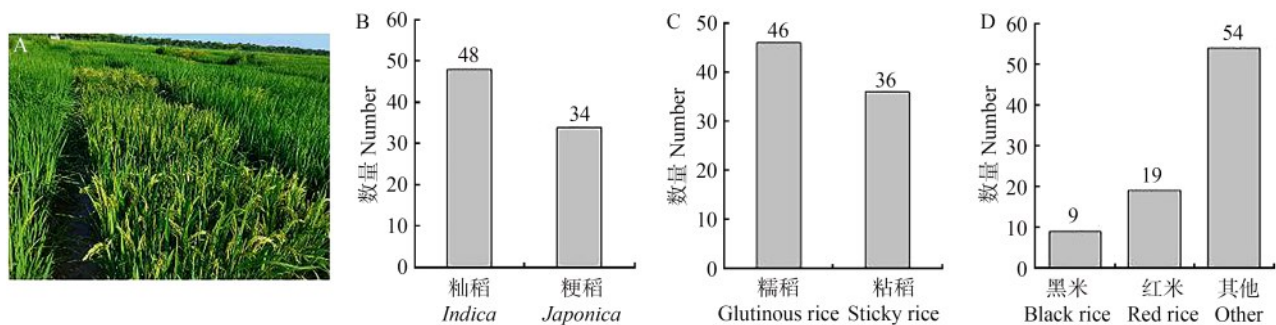
对农艺性状优异、稻瘟病抗性强、优质的地方品种资源等 48 份进行分子检测分析。采用常规 CTAB 法对水稻资源进行 DNA 提取。稻瘟病基因 *Pita*、*Pib*、*Pikm*、*Pi54* 和 *Pi5* 以及垩白基因 *chalk5* 利用琼脂糖凝胶电泳检测,稻瘟病基因 *Pid2* 和 *Pid3* 扩增酶切后利用琼脂糖凝胶电泳检测,稻瘟病基因 *Pia* 和香味基因 *badh2* 利用聚丙烯酰胺凝胶电泳

检测^[24-26]。所利用的分子标记均根据基因本身序列包括启动子和 3'UTR 区域设计获得。PCR 反应体系为 10 μ L: 25 mmol/L MgCl₂ 0.6 μ L, 10 \times PCR Buffer 1.0 μ L, 前后引物各 0.5 μ L, 1 mmol/L dNTPs 0.3 μ L, Taq 酶 0.1 μ L, DNA 模板 10~50 ng, 补 ddH₂O 至 10 μ L。PCR 反应程序为: 95 $^{\circ}$ C 5 min, 95 $^{\circ}$ C 30 s, 退火 30 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s, 33 个循环; 72 $^{\circ}$ C 延伸 7 min, 4 $^{\circ}$ C 保存备用。酶切反应体系: PCR 产物 0.5 μ g, 10 \times buffer 1 μ L, 内切酶 0.5 μ L, 补 ddH₂O 至 10 μ L; 酶切反应程序: 37 $^{\circ}$ C 酶切 30 min。

2 结果与分析

2.1 水稻地方品种资源的类型分析

对安徽省内各县市水稻地方品种资源进行收集和整理,共收集水稻资源 82 份(图 1A)。种植鉴定表明,其中籼稻资源 48 份,占 58.5%,粳稻资源 34 份,占 41.5%(图 1B);粘糯稻分类发现,糯稻资源 46 份,占 56.1%,粘稻 36 份,占 43.9%(图 1C);将稻米加工成糙米,观察种皮颜色显示黑米和红米资源分别为 9 份和 19 份,分别占资源总数的 11.0% 和 23.2%(图 1D)。



A: 地方品种资源的田间鉴定; B~D: 地方品种资源的分类

A: Field identification of rice landraces; B-D: Classification of rice landraces

图 1 安徽水稻地方品种资源的鉴定与分类

Fig.1 Rice landraces identification and classification in Anhui province

2.2 主要农艺性状鉴定结果分析

对 82 份地方品种资源进行抽穗期、株高、单株有效穗数、穗长、每穗粒数、结实率、千粒重等主要农艺性状的调查与分析,结果表明,抽穗天数最短的是黑粳糯 2 号为 75 d,最长的是群英稻和泾县小红稻,均为 105 d,抽穗天数 90 d 以下的资源有 53 份,占 64.6%(图 2A);株高 125 cm 以下的资源有 56 份,占 68.3%(图 2B);单株有效穗数反映植株的分蘖能力,单株有效穗数最多的是巢湖市收集的小红稻,为 19.2 个,单株有效穗数 15 个以上的资源有 12 份,

占 14.6%(图 2C);穗长变异在 15.5~30.9 cm,最长的是肥东县收集的黑糯稻为 30.9 cm,穗长 28.0 cm 以上的资源有 7 份(图 2D);每穗粒数最多的是颍上县收集的乡籼稻,为 375 粒,250 粒以上的资源有 11 份(图 2E);结实率和千粒重分别是水稻产量的主要贡献因素之一,结实率 93.0% 以上的资源有 16 份(图 2F),千粒重 29.0 g 以上的资源有 7 份,千粒重 16.0 g 以下的资源有 3 份(图 2G)。通过农艺性状的调查与分析,共筛选出表现大穗、高穗粒数、高结实率、高千粒重等优良性状的资源 34 份(表 1)。

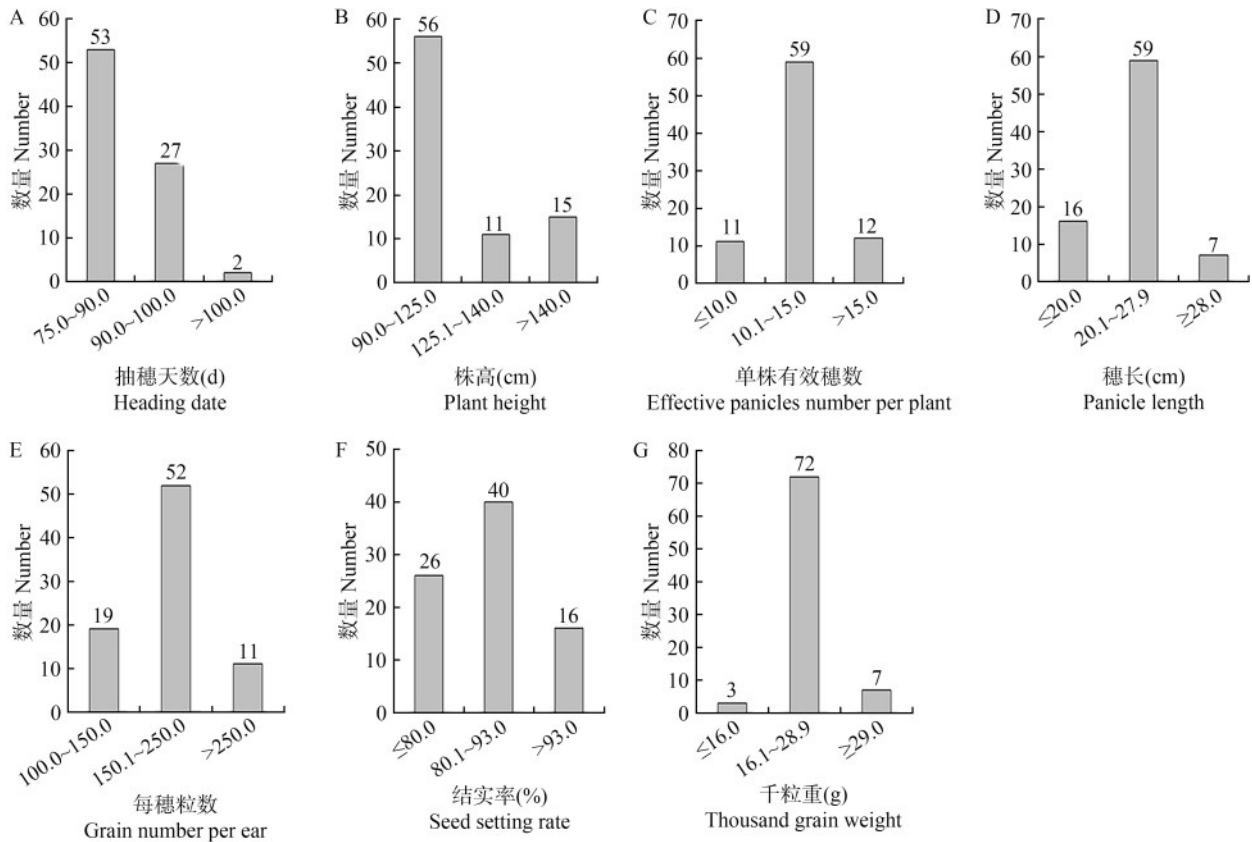


图2 水稻地方品种资源的主要农艺性状分布

Fig.2 Distribution of main agronomic traits in rice landraces

表1 农艺性状优异的地方品种资源

Table 1 Excellent rice landraces for agronomic traits

编号 Code	采集编号 Collection code	种质名称 Name of germplasm	主要农艺性状 Main agronomic traits	来源 Origin
1	P341723008	稻八	高千粒重(29.2 g)	青阳县
2	P341302054	夹沟香稻	高结实率(96.7%)	宿州市
3	P341225003	蛤蟆稻	高结实率(95.3%)	阜南县
4	P341124007	小红稻	高结实率(93.7%)	全椒县
5	P340828036	麻壳粳	高结实率(93.2%)	岳西县
6	P340825013	太湖雪花糯	高结实率(94.7%)	太湖县
7	P340825002	金丝糯	高结实率(94.4%)	太湖县
8	P340825001	黄金糯	穗长较长(29.1 cm)	太湖县
9	P340824105	三粒寸	高结实率(93.9%)	潜山市
10	P340824104	麻粳稻	穗粒数多(253粒)	潜山市
11	P340824087	大麻稻	穗长较长(29.1 cm)、高千粒重(32.4 g)、 高结实率(94.4%)	潜山市
12	P340824011	红皮麻稻	高结实率(95.2%)	潜山市
13	P340122038	黑糯稻	穗长较长(30.9 cm)、穗粒数多(298粒)	肥东县
14	2020341038	香稻81-2	高千粒重(30.2 g)、高结实率(93.2%)	南陵县
15	2020341047	三粒寸糯稻	穗长较长(29.0 cm)、高结实率(94.5%)	南陵县
16	2020342032	菖蒲红壳糯	穗粒数多(251粒)	岳西县
17	2020342154	桃李黄壳糯	穗粒数多(264粒)	岳西县
18	P340223531	小粒粳	千粒重小(14.8 g)、高结实率(95.0%)	南陵县
19	P340722003	扬白糯	高结实率(96.5%)	枞阳县
20	P341226020	庄红贡米	穗粒数多(300粒)	颍上县
21	P341226021	乡粳稻	穗长较长(28.0 cm)、穗粒数多(375粒)	颍上县

表1 (续)

编号 Code	采集编号 Collection code	种质名称 Name of germplasm	主要农艺性状 Main agronomic traits	来源 Origin
22	P341721007	本地红常规籼稻	穗粒数多(279粒)	东至县
23	P341721059	本地常规水稻	穗粒数多(272粒)	东至县
24	P341802029	弋江小红稻	高结实率(96.2%)	宣城市
25	P342529025	三粒寸糯稻	高千粒重(31.8 g)	泾县
26	P342529028	亩八担籼稻	高千粒重(29.2 g)	泾县
27	P342529045	南汇粳稻	穗粒数多(336粒)、千粒重小(14.4 g)	泾县
28	P342726021	白壳糯稻	穗粒数多(296粒)	祁门县
29	P340521021	黑梗糯2号	高结实率(96.8%)	当涂县
30	P340124037	黑珍珠	穗粒数多(252粒)	庐江县
31	P341721017	红壳糯	穗长较长(28.0 cm)、高千粒重(30 g)	东至县
32	P340223505	油占	千粒重小(15.6 g)、高结实率(95.0%)	南陵县
33	P341802032	棉花糯	千粒重高(29.0 g)	宣城市
34	P341824056	长粒糯稻	穗长较长(28.0 cm)	绩溪县

采集编号由P、县代码和3位顺序号码组成,下同

Collection code is composed of P, county code and 3-digit serial number, the same as below

2.3 稻瘟病抗性鉴定

将病圃自然诱发鉴定和人工接种鉴定相结合对82份水稻地方品种资源进行稻瘟病抗性鉴定,叶瘟和穗瘟自然诱发鉴定分别于分蘖盛期和黄熟期调查(图3A~F),穗瘟人工接种于始穗期采用喷雾接种的方式进行接种,成熟期调查发病情况(图3G~I)。叶瘟和穗瘟自然诱发鉴定筛选出抗或中抗叶瘟和穗瘟材料分别为46份和50份,人工穗瘟接种鉴定筛选出28份抗病或中抗材料。根据自然诱发鉴定和人工接种鉴定结果,共筛选出17份抗病或中抗资源(表2),这些资源可直接或间接应用于水稻育种。

2.4 品质性状分析

82份种质类型丰富,品质亦存在较大差异,有糯米、红米、黑米等资源(图4)。按照NY/T593-2013行业标准对糯稻和粘稻品种分别进行稻米品质分析,糯稻资源品质分析显示直链淀粉含量 $\leq 2.0\%$ 的资源有15份,占糯稻总数的32.61%;碱消值6.0以上的资源有43份,占93.48%,碱消值7.0以上的资源有5份,占10.87%;胶稠度 ≥ 100 mm的资源有25份,占54.35%(图5A)。粘稻资源品质分析表明,直链淀粉含量在13.1%~18.0%之间的资源有17份,占粘稻资源总数的47.22%,碱消值7.0以上资源有16份,占44.44%,胶稠度60 mm以上的资源有10份,占27.78%(图5B)。根据上述分析结果,最终筛选出直链淀粉含量、碱消值和胶稠度均优异的糯稻和粘稻资源各3份(表3)。



A~C: 分别代表稻瘟病的穗瘟自然鉴定的抗病、中抗和感病表型; D~F: 分别代表稻瘟病的叶瘟自然鉴定的抗病、中抗和感病表型; G~I: 分别代表稻瘟病的穗瘟人工接种鉴定的抗病、中抗和感病表型

A-C represent the resistant (R), medium-resistant (MR) and susceptible (S) phenotypes of rice panicle blast by natural identification, respectively; D-F represent the resistant (R), medium-resistant (MR) and susceptible (S) phenotypes of rice leaf blast by natural identification, respectively; G-I represent the resistant (R), medium-resistant (MR) and susceptible (S) phenotypes of rice panicle blast by manual inoculation identification, respectively

图3 水稻地方品种资源稻瘟病抗性鉴定

Fig.3 Blast resistance identification of rice landraces

表2 稻瘟病抗性资源筛选

Table 2 Screening of rice blast resistance resources

编号 Code	采集编号 Collection code	种质名称 Name of germplasm	叶瘟自然鉴定 Natural identification of leaf blast	穗瘟自然鉴定 Natural identification of panicle blast	穗瘟人工接种鉴定 Artificial inoculation identification of panicle blast	来源 Origin
1	P341302054	夹沟香稻	MR	MR	MR	宿州市
2	P341225003	蛤蟆稻	R	R	MR	阜南县
3	P340827016	群英稻	R	R	MR	望江县
4	P340825013	太湖雪花糯	MR	MR	MR	太湖县
5	P340825012	麻谷隆	R	R	MR	太湖县
6	P340824105	三粒寸	R	R	MR	潜山市
7	P340824103	江西糯	R	R	MR	潜山市
8	P340824003	传种水稻	R	R	R	潜山市
9	P340181139	麻壳粳	R	R	MR	巢湖市
10	P340223531	小粒粳	R	R	MR	南陵县
11	P340225035	小红稻二号	R	R	R	无为市
12	P341003007	矮秆糯稻	R	R	MR	黄山市
13	P341721030	三粒寸糯稻	R	R	MR	东至县
14	P341721059	本地常规水稻	MR	MR	MR	东至县
15	P342529035	泾县小红稻	MR	MR	MR	泾县
16	P340223505	油占	R	R	R	南陵县
17	P341824056	长粒糯稻	R	R	MR	绩溪县

2.5 米质和稻瘟病基因型鉴定

利用分子标记对农艺性状优异、稻瘟病抗性强、优质的地方品种资源进行稻瘟病(*Pita*、*Pib*、*Pikm*、*Pi54*和*Pi5*)、垩白(*chalk5*)、香味(*badh2*)等相关基因的基因型检测。按照图6所示的阴性和阳性对照对检测的地方品种资源进行基因型鉴定,结果见表4,这些数据能够为进一步利用这些优异资源提供分子基础。

2.6 筛选出的优异水稻地方品种资源

根据资源的主要农艺性状、稻瘟病抗性、品质等特性进行综合评价,筛选出6份优异水稻地方品种资源。

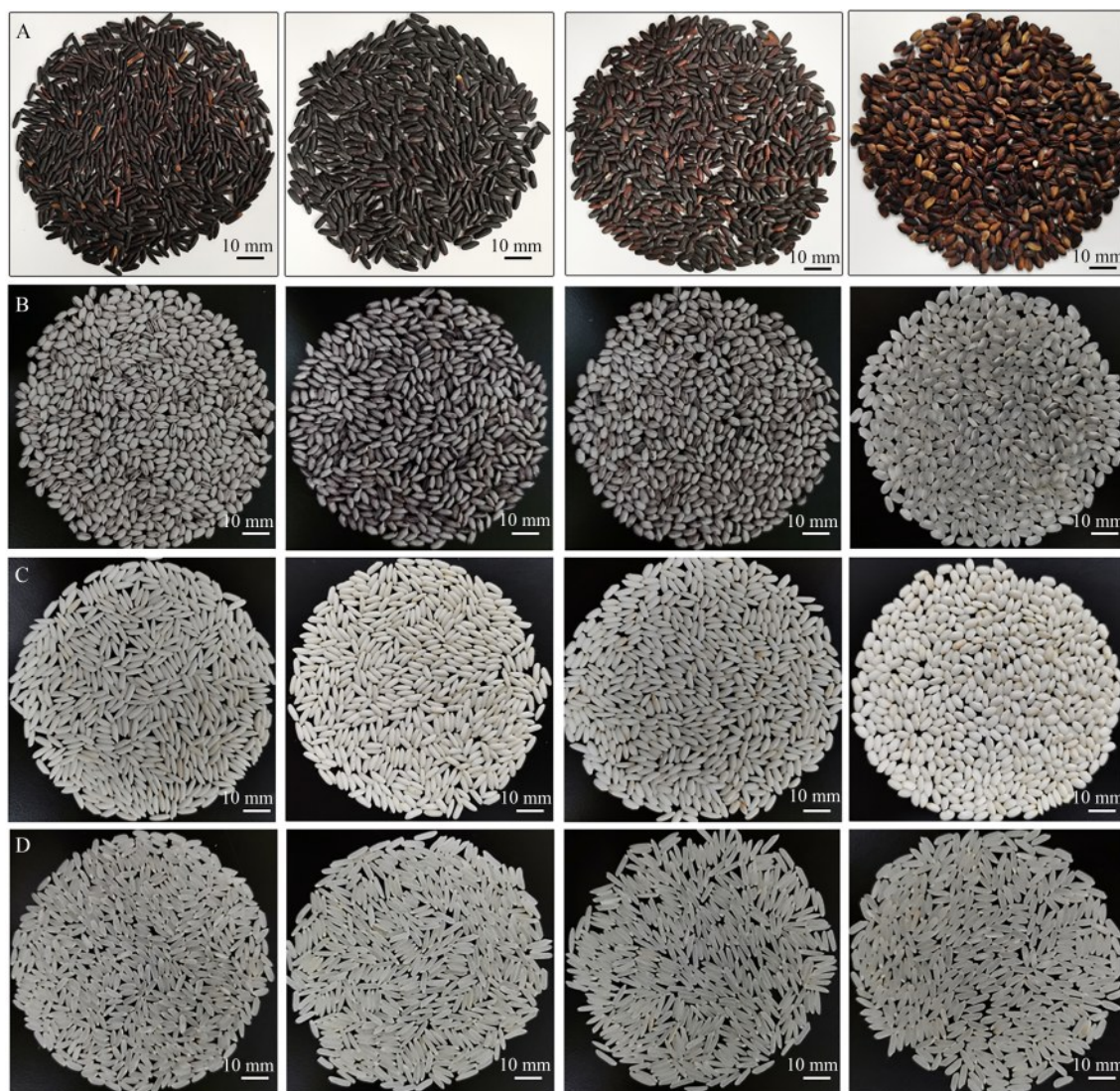
稻八:采集于安徽省青阳县,采集编号P341723008,籼稻品种,千粒重大,产量高,米质优。其平均株高110.5 cm,抽穗天数88 d,穗长25.9 cm,单株有效穗数12.6个,每穗粒数140粒,千粒重29.2 g,结实率90.4%,谷粒长度9.50 mm,谷粒宽度2.10 mm,长宽比4.5,单株产量40.0 g;米质较优,透明度高,外观好,直链淀粉含量14.5%,胶稠度82 mm,碱消值5.3;含有香味基因*badh2*和稻瘟病抗性基因*Pia*、*Pib*、*Pid2*、*Pid3*,是优质地方品种资源。

夹沟香稻:采集于安徽省宿州市,采集编号P341302054,粳型糯稻品种,产量高、中抗稻瘟病。其平均株高101.0 cm,抽穗天数82 d,穗长17.4 cm,单株有效穗数10.3个,每穗粒数189粒,千粒重27.6 g,结

实率96.7%,谷粒长度5.60 mm,谷粒宽度3.20 mm,单株产量33.3 g;米质较优,外观好,直链淀粉含量2.4%,胶稠度100 mm,碱消值6.0;含有香味基因*badh2*和稻瘟病抗性基因*Pia*。该资源对稻瘟病抗性改良和优质粳型糯稻品种选育有较高的利用价值。

三粒寸:采集于安徽省潜山市,采集编号P340824105,粳型糯稻品种,结实率高,米质优,抗稻瘟病。其平均株高110.8 cm,抽穗天数88 d,穗长27.9 cm,单株有效穗数11.3个,每穗粒数187粒,千粒重28.4 g,结实率93.9%,谷粒长度7.54 mm,谷粒宽度2.41 mm,谷粒长宽比3.1,单株产量30.0 g;米质较优,外观好,直链淀粉含量2.5%,胶稠度100 mm,碱消值6.5;含有稻瘟病抗性基因*Pib*、*Pi5*和*Pid3*。该资源对稻瘟病抗性改良和优质粳型糯稻品种选育有较高的利用价值。

庄红贡米:采集于安徽省颍上县,采集编号P341226020,籼稻品种,红米,种皮为浅红色,香味浓,米质优。其平均株高112.2 cm,抽穗天数98 d,穗长24.0 cm,单株有效穗数10.7个,每穗粒数300粒,千粒重28.0 g,谷粒长度9.01 mm,谷粒宽度2.44 mm,谷粒长宽比3.7;米质较优,透明度高,垩白度0.21,直链淀粉含量15.2%,胶稠度57 mm,碱消值7.0;含有香味基因*badh2*、低垩白基因*chalk5*和稻瘟病抗性基因*Pita*、*Pib*、*Pi5*、*Pid3*。该地方品种入选2021年“农作物十大优异种质资源”。



A:糙米外观表型,从左到右依次为黑糯稻(P340122038)、鸡血糯(P340124038)、香血糯(P340521025)和黑梗糯3号(P340521022);B:精米外观表型,从左到右依次为黑珍珠(P340124037)、黑稻(P341226006)、黑梗糯2号(P340521021)和蛤蟆稻(P341225003);C:精米外观表型,从左到右依次为龙泉糯(P340827029)、三粒寸(P340824105)、金丝糯(P340825002)和棉花糯(P341802032);D:精米外观表型,从左到右依次为弋江小红稻(P341802029)、庄红贡米(P341226020)、稻八(P341723008)和乡籼稻(P341226021)

A indicates phenotype of brown rice, from left to right are Heinuodao (P340122038), Jixuenuo (P340124038), Xiangxuenuo (P340521025) and Heigengnuo3hao (P340521022); B indicates phenotype of polished rice, from left to right are Heizhenzhu (P340124037), Heidao (P341226006), Heigengnuo2hao (P340521021) and Hamadao (P341225003);

C indicates phenotype of polished rice, from left to right are longquannuo (P340827029), sanlicun (P340824105), Jinsinuo (P340825002) and Mianhuanuo (P341802032);

D indicates phenotype of polished rice, from left to right are Yijiangxiaohongdao (P341802029), Zhuanghonggongmi (P341226020), Daoba (P341723008) and Xiangxiandao (P341226021)

图4 部分地方品种资源米质外观表型

Fig.4 Rice appearance phenotype of partial landraces

庐江小红稻-1:采集于安徽省庐江县,采集编号P340124033,籼稻品种,红米,种皮为红色,香味浓,米质优。其平均株高119.7 cm,抽穗天数87 d,穗长27.1 cm,单株有效穗数13.7个,每穗粒数201粒,千粒重19.6 g,结实率92.1%,谷粒长度7.54 mm,谷粒宽度1.92 mm,谷粒长宽比3.9;米质优,直链淀粉含量13.9%,胶稠度65 mm,碱消值7.0;含有香味基因*badh2*、低垩白基因*chalk5*和稻瘟病抗性基因*Pita*、

Pi54、*Pi5*和*Pid3*。该资源对优质籼稻品种选育有较高的利用价值。

长粒糯稻:采集于安徽省绩溪县,采集编号P341824056,籼糯稻品种,穗长较长,结实率较高,米质优,抗稻瘟病。其平均株高109.9 cm,抽穗天数90 d,穗长28.0 cm,单株有效穗数10.4个,每穗粒数200粒,千粒重27.2 g,结实率91.4%,谷粒长度7.57 mm,谷粒宽度2.44 mm,谷粒长宽比3.1,单株

产量30.0 g;米质较优,外观好,直链淀粉含量2.1%,胶稠度98 mm,碱消值6.5;含有稻瘟病抗性基因

Pib、*Pi5* 和 *Pid3*。该资源对稻瘟病抗性改良和优质粳糯稻品种选育有较高的利用价值。

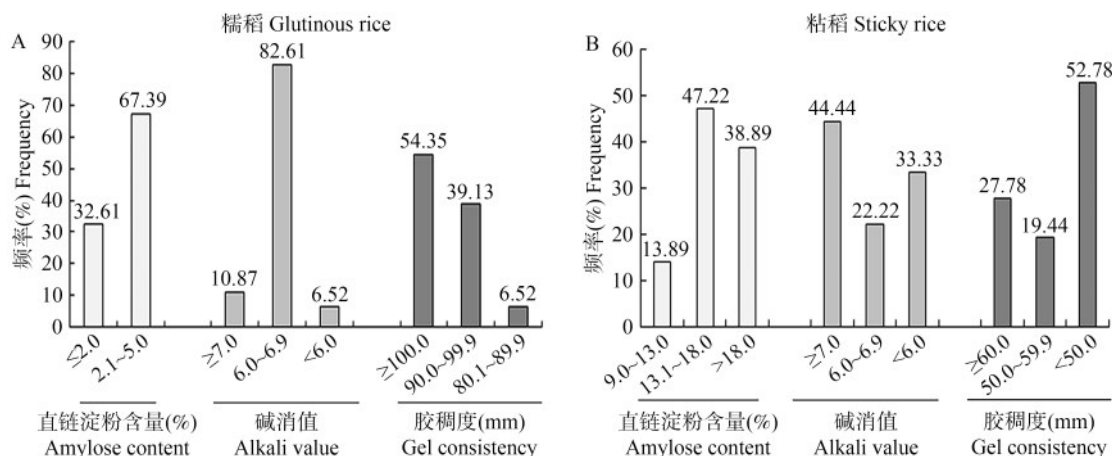


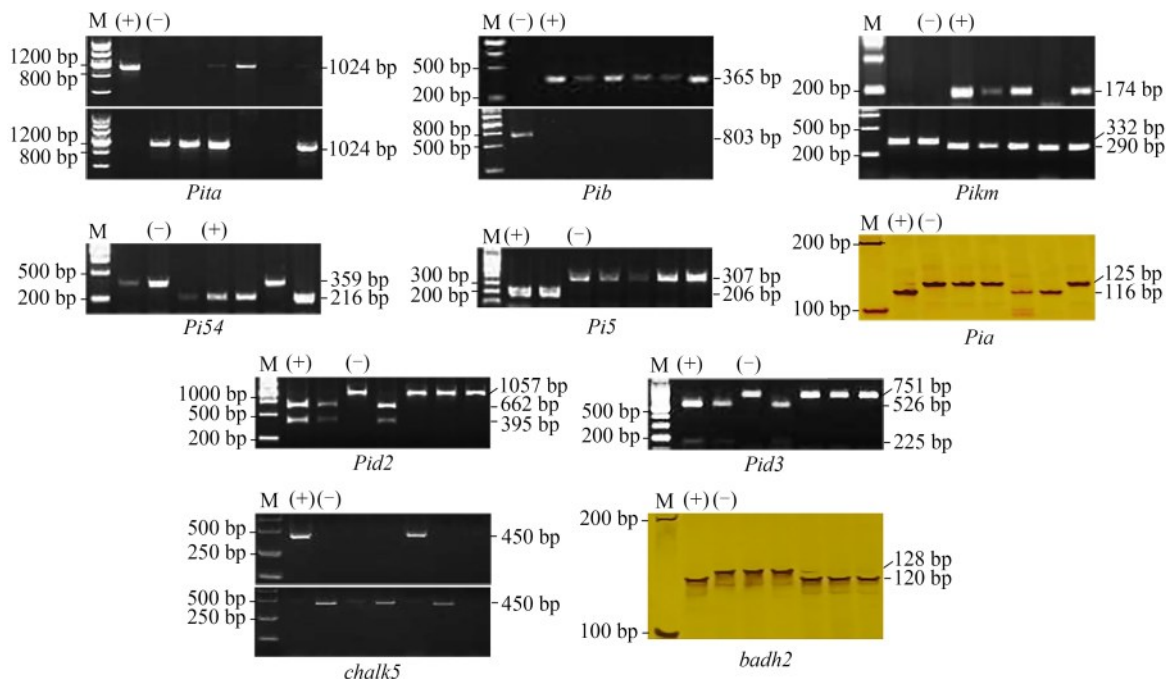
图5 水稻地方品种资源各品质性状的频率分布

Fig.5 Frequency distribution of quality traits in rice landraces

表3 优质地方品种资源

Table 3 High quality rice landraces

编号 Code	采集编号 Collection code	种质名称 Name of germplasm	直链淀粉含量 (%) Amylose content	碱消值 Alkali value	胶稠度 (mm) Gel consistency	类型 Type	来源地 Origin
1	2020344128	三关黑米	0.9	7.0	100	糯稻	明光市
2	2020342136	木子糯	1.5	7.0	100	糯稻	岳西县
3	P341003063	稻	0.6	7.0	100	糯稻	黄山市
4	P340221026	红色麻壳粘	13.0	7.0	75	粘稻	芜湖市
5	P341124007	小红稻	14.2	7.0	69	粘稻	全椒县
6	P340124033	庐江小红稻-1	13.9	7.0	65	粘稻	庐江县



M代表DNA标记; (+)代表蕴含检测基因的条带; (-)代表不含有检测基因的条带

M indicates DNA marker; (+) and (-) represent bands with and without the detected gene, respectively

图6 地方品种资源稻瘟病抗性和品质相关基因分子检测

Fig.6 Molecular detection of genes related to rice blast resistance and quality in rice landraces

表4 优异地方品种资源中蕴含的品质和稻瘟病抗性基因

Table 4 Quality and blast resistance genes contained in excellent rice landraces

编号 Code	采集编号 Collection code	种质名称 Name of germplasm	香味基因 Fragrance gene	低垩白基因 Low chalky gene	稻瘟病抗性基因 Blast resistance gene
1	P341723008	稻八	<i>badh2</i>	—	<i>Pia/Pib/Pid2/Pid3</i>
2	P341302054	夹沟香稻	<i>badh2</i>	—	<i>Pia</i>
3	P341225003	蛤蟆稻	—	—	<i>Pi54/Pi5/Pid3</i>
4	P341124007	小红稻	—	—	<i>Pib/Pi54/Pid3</i>
5	P340827016	群英稻	—	<i>chalk5</i>	<i>Pib/Pi54/Pid3</i>
6	P340825013	太湖雪花糯	—	—	<i>Pikm</i>
7	P340825012	麻谷隆	—	—	<i>Pita/Pi5/Pid2/Pid3</i>
8	P340825002	金丝糯	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>
9	P340825001	黄金糯	—	—	—
10	P340824105	三粒寸	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>
11	P340824104	麻粳稻	—	<i>chalk5</i>	<i>Pi54/Pid3</i>
12	P340824103	江西糯	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>
13	P340824087	大麻稻	—	—	<i>Pib/Pi54/Pid2/Pid3</i>
14	P340824011	红皮麻稻	—	—	<i>Pita/Pi54/Pi5/Pid2/Pid3</i>
15	P340824003	传种水稻	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>
16	P340122038	黑糯稻	—	<i>chalk5</i>	<i>Pi54/Pi5/Pid3</i>
17	2020341038	香稻81-2	<i>badh2</i>	—	<i>Pi5/Pid3</i>
18	2020341047	三粒寸糯稻	—	<i>chalk5</i>	<i>Pid3</i>
19	2020342032	菖蒲红壳糯	<i>badh2</i>	—	—
20	2020342154	桃李黄壳糯	—	—	—
21	2020344128	三关黑米	—	—	—
22	P341124007	小红稻	—	<i>chalk5</i>	<i>Pib/Pi54/Pid3</i>
23	P340181139	麻壳粳	—	—	<i>Pita/Pib/Pi54/Pikm/Pid2/Pid3</i>
24	P340221026	红色麻壳粳	<i>badh2</i>	—	<i>Pi54/Pid3</i>
25	P340223531	小粒粳	—	<i>chalk5</i>	<i>Pita/Pi5/Pid3</i>
26	P340225035	小红稻二号	—	—	<i>Pita/Pib/Pikm/Pid2/Pid3</i>
27	P340722003	扬白糯	—	—	<i>Pikm</i>
28	P341003007	矮秆糯稻	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>
29	P341003063	稻	—	—	—
30	P341226020	庄红贡米	<i>badh2</i>	<i>chalk5</i>	<i>Pita/Pib/Pi5/Pid3</i>
31	P341226021	乡粳稻	<i>badh2</i>	<i>chalk5</i>	<i>Pita/Pib/Pid3</i>
32	P341721007	本地红常规粳稻	—	<i>chalk5</i>	<i>Pita/Pib/Pi5/Pid3</i>
33	P342529025	三粒寸糯稻	—	—	<i>Pi5/Pid3</i>
34	P341721059	本地常规水稻	—	—	<i>Pi54/Pid2/Pid3</i>
35	P341802029	弋江小红稻	—	—	<i>Pid3</i>
36	P342529025	三粒寸糯稻	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>
37	P342529028	亩八担粳稻	—	—	<i>Pid3</i>
38	P342529035	泾县小红稻	—	—	<i>Pi5/Pid3</i>
39	P342529045	南汇粳稻	<i>badh2</i>	—	—
40	P342726021	白壳糯稻	—	—	<i>Pi54/Pikm</i>
41	P340521021	黑梗糯2号	—	—	<i>Pi54</i>
42	P340124037	黑珍珠	—	—	—
43	P340124033	庐江小红稻-1	<i>badh2</i>	<i>chalk5</i>	<i>Pita/Pi54/Pi5/Pid3</i>
44	P341721017	红壳糯	—	—	<i>Pi5/Pid3</i>
45	2020342136	木子糯	—	—	—
46	P340223505	油占	—	<i>chalk5</i>	<i>Pita/Pi54/Pi5/Pid3</i>
47	P341802032	棉花糯	—	—	—
48	P341824056	长粒糯稻	—	—	<i>Pib/Pi5/Pid3</i>

—表示未检测到相应基因

— means no relevant gene is detected

3 讨论

种质资源的保护、鉴定与利用是保障农业科技原始创新和现代种业发展的重要物质基础。本研究通过对82份第三次普查收集的安徽省水稻地方品种资源的产量性状、稻瘟病抗性、稻米品质等特性的鉴定评价,筛选出具有大穗、高穗粒数、高结实率、高千粒重等特性的优异资源34份、稻瘟抗性较强的优异资源17份、稻米品质优良的优质资源6份,并利用分子标记鉴定这些优异资源中的香味、垩白、稻瘟病等基因型,为进一步育种利用和基因鉴定提供丰富的材料基础。

近50年,随着水稻育种的快速发展和育成品种的大面积推广应用,多数地方品种早已被育成品种所取代,导致地方品种资源流失严重,使得种质资源的普查收集面临严重挑战。安徽省地理位置复杂,地域特征明显,籼稻与粳稻、早中晚稻、粘稻与糯稻均有种植,且面积都较大,鉴定发现,地方品种资源中上述各种类型材料均存在。糯稻比例较高,占收集资源的一半以上,红米和黑米资源亦占有一定的比例(图1C、D)。产量性状鉴定发现,分蘖能力最强的为巢湖市收集的小红稻资源,单株有效穗数19.2个;穗长最长的为肥东县的黑糯稻,达30.9 cm;每穗粒数最多的是颍上县的乡籼稻,可达375粒;千粒重和结实率最高的资源分别是大麻稻和黑粳糯2号,其表型值分别为32.4 g和96.8%(表1),这些资源可作为育种亲本应用于高产水稻品种的改良和培育,亦可为穗长、粒宽、粒长等产量性状的新基因发掘提供材料基础。调查中亦发现一些小粒种质资源,如小粒籼、南汇粳稻和油占,千粒重均在16.0 g以下,这些资源在杂交水稻机械化混播制种中具有潜在的应用价值^[27-28]。安徽属于稻瘟病重灾区,每年均有稻瘟病的大面积发生。稻瘟病抗性育种是降低稻瘟病危害最经济有效的手段,因此,抗稻瘟病资源的鉴定和抗性基因的挖掘尤为重要。本研究通过对收集资源的稻瘟病自然诱发和人工接种鉴定,筛选出一些抗病或中抗叶瘟和穗瘟的地方品种资源(表2),为抗病育种和抗性基因发掘提供抗稻瘟病优异资源。安徽省糯稻种植面积200万亩以上,仅怀远县常年种植达90万亩,销售份额占全国市场的10%。糯稻主要被用于酿酒、制作糯米制品等,直链淀粉含量越低、碱消值和胶稠度越高,制作的糯米制品品质越好^[29-30],一般要求直链淀粉在2.0%以内,碱消值6.5~7.0,胶稠度95~100 mm。本

研究筛选获得了三关黑米、木子糯等优质糯稻资源(表3),同时明确了优异资源中米质、稻瘟病等基因型(表4),为进一步的定向改良和品种选育提供分子依据。

安徽省水稻地方品种资源的保存数量较少,但其蕴含较多的优异性状。本研究通过对普查收集水稻地方品种资源的产量性状、稻瘟病抗性、稻米品质等特性的鉴定评价与综合分析,最终筛选出综合性状突出的优异种质6份,为水稻抗病、优异新种质的创制和品种选育提供材料基础。

参考文献

- [1] 陈博,敖和军,曾晓珊.基于9个水稻生产大省的调研数据.湖南农业科学,2020(11):66-69
Chen B, Ao H J, Zeng X S. Investigation on rice planting in China—Based on data of nine rice provinces. Hunan Agricultural Sciences, 2020(11):66-69
- [2] 万建民,李泽福,张效忠.中国水稻品种志(安徽卷).北京:中国农业出版社,2018
Wan J M, Li Z F, Zhang X Z. China rice varieties (Anhui). Beijing: China Agricultural Press, 2018
- [3] 韩龙植.水稻种质资源基础性工作研究进展.植物遗传资源学报,2013,14(1):1
Han L Z. Research progress on basic work of rice germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2013, 14(1):1
- [4] 余四斌,孙文强,王记林,黎志康.水稻种质资源及其在功能基因组中的应用.生命科学,2016,28(10):1122-1128
Yu S B, Sun W J, Wang J L, Li Z K. Rice germplasm and its pivotal role in functional genomics research. Chinese Bulletin of Life Sciences, 2016, 28(10):1122-1128
- [5] 魏兴华.我国水稻品种资源研究进展与展望.中国稻米,2019,25(5):8-11
Wei X H. Progress and prospect of rice germplasm research in China. China Rice, 2019, 25(5):8-11
- [6] Deng Y W, Zhai K R, Xie Z, Yang D Y, Zhu X D, Liu J Z, Wang X, Qin P, Yang Y Z, Zhang G M, Li Q, Zhang J F, Wu S Q, Milazzo J, Mao B Z, Wang E T, Xie H A, Tharreau D, He Z H. Epigenetic regulation of antagonistic receptors confers rice blast resistance with yield balance. Science, 2017, 355:962-965
- [7] Qu S H, Liu G F, Zhou B, Bellizzi M, Zeng L R, Dai L Y, Han B, Wang G L. The broad-spectrum blast resistance gene *Pi9* encodes a nucleotide-binding site-leucine-rich repeat protein and is a member of a multigene family in rice. Genetics, 2006, 172(3):1901-1914
- [8] Jiang N, Li Z Q, Wu J, Wang Y, Wu L Q, Wang S H, Wang D, Wen T, Liang Y, Sun P Y, Liu J L, Dai L Y, Wang Z L, Wang C, Luo M Z, Liu X L, Wang G L. Molecular mapping of the *Pi2/9* allelic gene *Pi2-2* conferring broad-spectrum resistance to *Magnaporthe oryzae* in the rice cultivar Jefferson.

- Rice, 2012, 5: 29
- [9] Sun L H, Su C C, Wang C M, Zhai H Q, Wan J M. Mapping of a major resistance gene to the brown planthopper in the rice cultivar rathu heenati. *Breeding Science*, 2005, 55(4): 391-396
- [10] Liu Y Q, Wu H, Chen H, Liu Y, He J, Kang H Y, Sun Z G, Pan G, Wang Q, Hu J L, Zhou F, Zhou K N, Zheng X M, Ren Y L, Chen L M, Wang Y H, Zhao Z G, Lin Q B, Wu F Q, Zhang X, Guo X P, Cheng X N, Jiang L, Wu C Y, Wang H Y, Wan J M. A gene cluster encoding lectin receptor kinases confers broad-spectrum and durable insect resistance in rice. *Nature Biotechnology*, 2015, 33(3): 301-305
- [11] Yang H Y, You A Q, Yang Z F, Zhang F T, He R F, Zhu L L, He G C. High-resolution genetic mapping at the *Bph15* locus for brown planthopper resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 2004, 110(1): 182-191
- [12] Du B, Zhang W L, Liu B F, Hu J, Wei Z, Shi Z Y, He R F, Zhu L L, Chen R Z, Han B, He G C. Identification and characterization of *Bph14*, a gene conferring resistance to brown planthopper in rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(52): 22163-22168
- [13] 李自超. 中国稻种资源及其核心种质研究与利用. 北京: 中国农业大学出版社, 2013
- Li Z C. Studies and utilization of rice genetic resources and its core collection in China. Beijing: China Agricultural University Press, 2013
- [14] 夏秀忠, 张宗琼, 杨行海, 农保选, 曾宇, 刘开强, 邓国富, 李丹婷. 广西水稻地方品种耐冷性鉴定及相关分析. *植物遗传资源学报*, 2016, 17(6): 969-975
- Xia X Z, Zhang Z Q, Yang X H, Nong B X, Zeng Y, Liu K Q, Deng G F, Li D T. Evaluation and correlation analysis of cold tolerance of Guangxi landrace rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 17(6): 969-975
- [15] 夏秀忠, 张宗琼, 杨行海, 农保选, 曾宇, 刘开强, 邓国富, 莊洁, 李丹婷. 广西地方稻种资源核心种质的耐盐性鉴定评价. *南方农业学报*, 2017, 48(6): 979-984
- Xia X Z, Zhang Z Q, Yang X H, Nong B X, Zeng Y, Liu K Q, Deng G F, Zhuang J, Li D T. Salt tolerance evaluation for core collection of rice landraces in Guangxi. *Journal of Southern Agriculture*, 2017, 48(6): 979-984
- [16] 张文龙, 尚刚林, 杨勤忠, 李勇成, 杨楠, 陈俊丞, 何平, 陈恺茜, 王云月, 韩光煜. 云南省水稻地方品种的稻瘟病抗性鉴定及抗瘟基因型分析. *分子植物育种*, 2021, 19(23): 7883-7891
- Zhang W L, Shang G L, Yang Q Z, Li Y C, Yang N, Chen J C, He P, Chen K X, Wang Y Y, Han G Y. Identification of rice blast resistance and genotypes analysis of rice landraces in Yunnan province. *Molecular Plant Breeding*, 2021, 19(23): 7883-7891
- [17] 翟婉婉, 李雪萍, 徐返, 王扬, 刘胜, 刘永胜, 王成云, 王云月, 谢勇. 云南水稻地方品种月亮谷的群体多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2016, 17(3): 423-432
- Zhai W W, Li X P, Xu F, Wang Y, Liu S, Liu Y S, Li C Y, Wang Y Y, Xie Y. Population characterization of rice landrace acuce from Yunnan province through phenotyping and genotyping. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 17(3): 423-432
- [18] 周大虎, 瞿子扬, 聂丽云, 刘嘉龙, 傅军如, 唐文帮, 贺浩华. 优质地方品种鹅湖香稻耐低氮特性分析. *华北农学报*, 2020, 35(5): 132-139
- Zhou D H, Qu Z Y, Nie L Y, Liu J L, Fu J R, Tang W B, He H H. Analysis of low nitrogen tolerance characteristics of high quality local variety Ehuxiangdao. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2020, 35(5): 132-139
- [19] 董超, 阿新祥, 汤翠凤, 张斐斐, 杨雅云, 申时全, 戴陆园. 云南哈尼族地区稻作地方品种的表型多样性分析及优异资源筛选. *南方农业学报*, 2020, 51(5): 1013-1021
- Dong C, A X X, Tang C F, Zhang F F, Yang Y Y, Shen S Q, Dai L Y. Phenotypic diversity analysis and excellent resource screening of rice landraces planting in Hani ethnic group region in Yunnan. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(5): 1013-1021
- [20] 张宗琼, 杨行海, 李丹婷, 邓国富, 郭辉, 梁云涛, 徐志健, 曾宇, 夏秀忠, 农保选. 广西地方稻种资源的收集与鉴定评价. *南方农业学报*, 2021, 52(5): 1183-1190
- Zhang Z Q, Yang X H, Li D T, Deng G F, Guo H, Liang Y T, Xu Z J, Zeng Y, Xia X Z, Nong B X. Collection, identification and evaluation of rice landraces germplasm resources in Guangxi. *Journal of Southern Agriculture*, 2021, 52(5): 1183-1190
- [21] 吕树伟, 江立群, 唐璇, 张静, 孙炳蕊, 刘清, 毛兴学, 于航, 吴柔贤, 范芝兰, 陈文丰, 潘大建, 李晨. 广东省水稻种质资源系统收集与鉴定评价. *植物遗传资源学报*, 2022, 23(2): 412-421
- Lv S W, Jiang L Q, Tang X, Zhang J, Sun B R, Liu Q, Mao X X, Yu H, Wu R X, Fan Z L, Chen W F, Pan D J, Li C. Systematic field collection and identification and evaluation of rice germplasm resources in Guangdong province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(2): 412-421
- [22] 谷铁城, 掏荣祥, 朱小源, 胡小军, 曾波, 杨仕华, 王洁, 卢代华, 吴双清, 郭晓莉, 杨秀荣, 李求文, 刘永峰, 肖放华, 郝中娜, 陈进周, 高汉亮, 田进山, 王文相, 王德标, 韩海波, 江健, 董海, 赵剑锋. NY/T 2646-2014 水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规程. 中华人民共和国农业部, 2014
- Gu T C, Tao R X, Zhu X Y, Hu X J, Zeng B, Yang S H, Wang J, Lu D H, Wu S Q, Guo X L, Yang X R, Li Q W, Liu Y F, Xiao F H, Hao Z N, Chen J Z, Gao H L, Tian J S, Wang W X, Wang D B, Han H B, Jiang J, Dong H, Zhao J F. NY/T 2646-2014 Technical specification for identification and evaluation of blast resistance in rice variety regional test. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2014
- [23] 胡培松, 陈能, 朱智伟, 段彬伍, 闵捷, 陈铭学. NY/T 593-2013 食用稻品种品质. 中华人民共和国农业部, 2013
- Hu P S, Chen N, Zhu Z W, Duan B W, Min J, Chen M X. NY/T 593-2013 Cooking rice variety quality. Ministry of

- Agriculture of the People's Republic of China, 2013
- [24] 张江丽, 李苏洁, 李娟, 普世皇, 普玉娇, 张亮, 谭亚玲, 陈丽娟, 谭学林, 金寿林, 文建成. 不同来源水稻种质资源香味基因 *badh2* 位点的鉴定. 分子植物育种, 2015, 13(4): 727-733
Zhang J L, Li S J, Li J, Pu S H, Pu Y J, Zhang L, Tan Y L, Chen L J, Tan X L, Jin S L, Wen J C. Identification of the fragrant gene *badh2* locus in rice germplasm resources original from different area. Molecular Plant Breeding, 2015, 13(4): 727-733
- [25] 朱金燕, 王晴晴, 王军, 范方军, 李文奇, 王芳权, 王绪鹏, 仲维功, 杨杰. 水稻垩白基因 *Chalk5* 功能标记的开发与应用. 华北农学报, 2017, 32(1): 1-8
Zhu J Y, Wang Q Q, Wang J, Fan F J, Li W Q, Wang F Q, Wang X P, Zhong W G, Yang J. Development and application of two functional markers for grain chalkiness gene *Chalk5* in rice. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2017, 32(1): 1-8
- [26] 王小秋, 杜海波, 陈夕军, 李明友, 王嘉楠, 许志文, 冯志明, 陈宗祥, 左示敏. 江苏近年育成粳稻新品种/系的稻瘟病抗性基因及穗颈瘟抗性分析. 中国水稻科学, 2020, 34(5): 413-424
Wang X Q, Du H B, Chen X J, Li M Y, Wang J N, Xu Z W, Feng Z M, Chen Z X, Zuo S M. Analysis of blast resistance genes and neck blast resistance of *japonica* rice varieties/lines recently developed in Jiangsu province. Chinese Journal of Rice Science, 2020, 34(5): 413-424
- [27] 雷斌, 张桂莲, 邓化冰, 熊跃东, 明兴权, 陈桂华, 唐文帮. 水稻小粒型两系不育系卓201S的选育与利用. 杂交水稻, 2020, 35(2): 6-9
Lei B, Zhang G L, Deng H B, Xiong Y D, Ming X Q, Chen G H, Tang W B. Breeding and utilization of small-grain type PTGMS line Zhuo 201S in rice. Hybrid Rice, 2020, 35(2): 6-9
- [28] 周杰强, 张桂莲, 邓化冰, 明兴权, 雷斌, 李凡, 唐文帮. 水稻小粒不育系新组合卓两优141混播制种优势分析. 作物学报, 2022, 48(2): 320-331
Zhou J Q, Zhang G L, Deng H B, Ming X Q, Lei B, Li F, Tang W B. Advantages of small grain male sterile lines in seed production for a new combination Zhuoliangyou 141 through the mixed-sowing manner. Acta Agronomica Sinica, 2022, 48(2): 320-331
- [29] 周显青, 王娴, 张玉荣, 胡育铭. 糯米粉组分对速冻汤圆粉团蒸煮特性的影响. 粮食与饲料工业, 2015(10): 21-26
Zhou X Q, Wang X, Zhang Y R, Hu Y M. Effects of glutinous rice flour components on the cooking characteristics of quick-frozen rice dumpling dough. Cereal & Feed Industry, 2015(10): 21-26
- [30] 庄坤, 谢健, 陈正行. 糯米和糯米制品发展现状及趋势. 粮食与饲料工业, 2016(12): 1-3
Zhuang K, Xie J, Chen Z X. Present situation and development trend of glutinous rice and its products. Cereal & Feed Industry, 2016(12): 1-3