

河南省水稻种质资源调查收集与鉴定评价

杨文博², 秦子钰¹, 马锦霞¹, 王生轩², 王能波³, 李晶晶¹, 曹言勇²

(¹河南省农业科学院农作物种质资源研究所, 郑州 450002; ²河南省农业科学院粮食作物研究所, 郑州 450002;

³农业农村部规划设计研究院, 北京 100125)

摘要: 2021—2023年, 河南省第三次全国农作物种质资源普查与收集行动办公室对省内128个县(市、区)开展了农作物种质资源的全面普查和征集工作, 共普查到水稻种植县信息累计120条; 征集到水稻种质资源37份, 并对其中33份的田间性状进行了调查鉴定。普查数据显示, 河南省水稻呈现种植区域集中、种植面积增加、地方品种急剧减少的特征。征集到的水稻种质资源主要分布在豫北稻区和豫南稻区, 大部分分布在海拔50~100 m范围。河南省水稻种质资源中, 粳稻多于籼稻, 水稻多于陆稻, 粘稻多于糯稻, 香稻和有色稻分别占总资源数的27.27%和21.21%。资源表型变异丰富, 多样性程度高, 多表现为株高在100.1~120.0 cm之间, 茎秆直立且长度在80.1~100.0 cm之间, 叶鞘色和叶片色绿色, 叶舌二裂, 剑叶和倒二叶为直立型, 剑叶长度在25.1~30.0 cm和41.0~45.0 cm之间, 剑叶宽度在1.50~1.75 cm之间, 穗抽出良好, 穗型以中间型为主, 穗长在15.1~30.0 cm之间, 穗成熟后呈弯曲状, 穗部二次枝梗多分枝, 籽粒无芒, 外颖黄色且有毛。综合表型性状筛选出息县香稻九1号、三粒寸、茵香一号F11、毛铺软稻、黑香糯、绿米等6份优异水稻种质资源。本研究可为河南省水稻种质资源的有效保护和利用提供科学依据。

关键词: 水稻; 种质资源; 普查收集; 鉴定评价; 河南省

Collection, Identification and Evaluation of Rice Germplasm Resources in Henan Province, China

YANG Wenbo², QIN Ziyu¹, MA Jinxia¹, WANG Shengxuan², WANG Nengbo³, LI Jingjing¹, CAO Yanyong²

(¹Crop Germplasm Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002; ²Institute of Cereal Crops,

Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002; ³Academy of Agricultural Planning and Engineering,

Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125)

Abstract: From 2021 to 2023, the Office of the Third National Crop Germplasm Resources Census and Collection Action in Henan province carried out a comprehensive survey and collection of crop germplasm resources in 128 counties (cities) in the Henan province, P.R. China. A total of 120 rice planting information were collected, 37 rice germplasm resources were collected, and 33 of them were investigated and identified. The rice planting in Henan showed some trends of concentrated planting area, increased planting area and sharp decrease of local varieties. The collected rice germplasm resources were mainly from the northern and southern Henan rice areas. 63.64% of them were planted at an altitude of 50-100 m. Phenotypic character identification showed that japonica rice was more than indica rice, lowland rice was more than upland rice, nonglutinous rice was more than glutinous rice, fragrant rice and colored rice accounted for 27.27% and 21.21% of the total resources, respectively. The phenotypic traits of resources were rich in diversity. Most germplasms showed that the plant height was between 100.1-120.0 cm, the culm was erect and length was between 80.1-100.0 cm, green

收稿日期: 2024-07-16 网络出版日期: 2025-01-02

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240716001>

第一作者研究方向为水稻种质资源鉴定与创新利用, E-mail: bbg.123@163.com

通信作者: 李晶晶, 研究方向为农作物种质资源, E-mail: jingjingli206@126.com

曹言勇, 研究方向为植物病理学, E-mail: yanyongcao@126.com

基金项目: 河南省农业科学院基础性科研基金项目(2024JC05)

Foundation project: Basic Scientific Research Projects of Henan Academy of Agricultural Sciences(2024JC05)

leaf sheath color and leaf blade color, double-lobed ligule shape, erect flag leaf and last second leaf, the flag leaf length was 25.1-30.0 cm and 40.1-45.0 cm, the flag leaf width was 1.51-1.75 cm, well exerted panicle extraction, intermediate panicle type, the panicle length was 15.1-30.0 cm, curved shape of panicle after maturity, multiple branches of secondary branches in panicle, awnless grain, yellow and hairy glume. Based on the phenotype, six excellent rice germplasm resources were screened out, including Xixianxiangdaowan No.1, Sanlicun, Hanxiang No.1 F11, Maopuruandao, Heixiangnuo, Lvmi. In conclusion, this study would provide a scientific basis for the effective protection and utilization of Henan rice germplasm resources.

Key words: rice; germplasm resources; census and collection; identification and evaluation; Henan

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界上最重要的农作物之一,我国是世界上最大的水稻生产国,稻谷总产量居世界首位,我国50%以上人口以水稻为主食^[1]。河南省位于黄河中下游,地跨黄河、淮河、汉江三大流域,属亚热带向暖温带的过度带,也是籼稻粳稻的过渡地区,年平均气温12℃~15℃,年降水量600~1000 mm,是典型的稻麦两熟区,具有独特的稻作优势。河南省水稻种植历史约有9000年^[2],2022年水稻种植面积达60万hm²以上,是省内第三大粮食作物和第二大秋粮作物^[3]。河南省水稻集中分布在黄河和淮河两岸,依据地理位置、光温水土资源、耕作制度和品种类型等状况,主要分为豫南稻区和豫北稻区。豫北稻区主要种植粳稻,包括黄河两岸的新乡市、焦作市、洛阳市、濮阳市,属引黄河水灌溉的稻区,所灌溉的黄河水矿物质含量高,当地土壤具有盐碱成分,有利于水稻生长^[4]。豫南稻区主要包括信阳市、南阳市和驻马店市,以籼稻种植为主,兼种粳稻,水系丰富,是河南省历史悠久的稻区,其生产规模和产量占全省的70%以上^[5]。此外,除豫北和豫南稻区之外,还有零星分布的稻区,如周口市属于豫东地区淮河流域的颍沙河稻区,以粳稻种植为主。豫北和豫南两个稻区的地理位置和生态条件多样性,形成了水稻品种的多样性。

农作物种质资源是农业科技原始创新与现代种业发展的物质基础,是保障国家粮食安全和重要农产品有效供给的战略性资源。我国先后于1956—1957年、1979—1983年对农作物种质资源进行了两次大规模普查与收集,保护了一大批濒临灭绝的地方品种、野生近缘种等特色优异资源。在前两次普查工作中,全国共收集整理水稻资源50000余份^[6],其中来自河南省的有477份。自第二次全国农作物种质资源普查后,受气候环境变化、种植业结构调整、土地经营方式改变及城镇化等多方面因素影响,我国水稻种植区域、种植面积和品种结构都发生了巨大变化,大量地方品种和作物野生近缘植物

资源栖息地急剧减少。为更好地摸清农作物种质资源家底和发展变化趋势,保护携带重要基因的优异资源,2015年原农业部启动了“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”,河南省于2021—2023年对省内18个地级市128个县(市、区)进行了农作物种质资源普查和调查,征收集到水稻种质资源37份,田间鉴定了33份资源的表型性状,筛选出一批优异的水稻种质,为河南省水稻种质资源的保存与创新利用奠定了坚实的基础。

1 材料与方法

1.1 普查调查方法

根据《第三次全国农作物种质资源普查与收集行动实施方案(2021—2023年)》(https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-03/25/content_5595469.htm)和《河南省农作物种质资源普查与收集行动实施方案(2021—2023年)》(<https://nynct.henan.gov.cn/2021/04-02/2120299.html>)的技术规范要求,2021—2023年对河南省境内的128个县(市、区)进行全面普查。在普查过程中,按照要求填写普查表、征集表或调查表的各项内容,如种植面积、地方品种数目及代表名称、培育品种数及代表名称、采集编号、种质名称、采集地点、采集地的海拔和经纬度、资源的主要特征特性等,并对所采集资源进行拍照。所有征收集资源均为古老、珍稀、特异、名优的作物品种和野生近缘植物种质资源,如在当地经长期自然或人为选择形成的地方品种(农家种),深受农户喜爱,通过自留种长期种植的河南省选育品种,或自然生长,具有特异特征的野生资源等。

此次调查普查了河南省1956年、1981年和2014年水稻种植县信息;将征收集到的37份水稻种质资源与“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”项目办公室公布的2020年前河南省资源清单比对,资源信息整理审核后,所有资源均保存于中国农业科学院作物科学研究所作物种质资源中心

和河南省农作物种质资源库,并根据提交时间和数量对其中33份资源进行调查鉴定。

1.2 田间性状测定

于2022—2023连续2年在河南省现代农业科技试验示范基地,对征集的33份水稻资源进行田间种植,每年5月初育秧,6月中旬单本移栽,每年试验均设置2次重复,1个小区种植1份资源,每个小区种植5行,每行15株,株行距为15 cm × 25 cm,整个生长周期田间管理按照常规管理方法。

参照《水稻种质资源描述规范和数据标准》^[7]调查亚种类型、水旱性、粘糯性、光温性,以及水稻植物学特征,包括穗抽出度、穗型、二次枝梗、穗立性状、叶鞘色、叶片色、剑叶角度、倒二叶角度、叶舌形状、茎秆角度、芒长、芒色、芒的分布、颖色、颖毛共15个质量性状,全生育期、株高、茎秆长、穗长、剑叶长度、剑叶宽度、茎秆粗细共7个数量性状。质量性状分级标准参照《水稻种质资源描述规范和数据标准》^[7];数量性状分级标准参照《水稻种质资源描述规范和数据标准》^[7]和GB/T 19557.7-2022《植物品种特异性(可区别性)、一致性和稳定性测试指南 水稻》^[8]。

1.3 数据分析

利用ArcGIS10.2软件绘制水稻种植区域图和水稻资源的采集地点分布图。利用Microsoft Office Excel 2019对各项调查性状进行统计分析,分

析各调查性状的最小值、最大值、平均值、标准差、变异系数和多样性指数(H'),并利用SPSS20.0软件进行相关分析。

$$\text{多样性指数}(H')\text{的计算公式为: } H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中, P_i 为不同性状第*i*级类型出现的频率, \ln 为自然对数。数量性状参考杜孝敬等^[9]的方法进行标准化。

2 结果与分析

2.1 水稻种植情况变化

2.1.1 水稻种植区域和种植面积变化 普查数据显示,1956年河南省水稻种植区域有9个地级市41个县(市、区),种植面积38.11万 hm^2 ,种植面积超6666.67 hm^2 的县有13个,其中豫南稻区种植面积35.81万 hm^2 ,种植面积超6666.67 hm^2 的县有12个;1981年种植区域有11个地级市43个县(市、区),种植面积34.01万 hm^2 ,种植面积超6666.67 hm^2 的县有11个,其中豫南稻区种植面积30.21万 hm^2 ,种植面积超6666.67 hm^2 的县有10个;2014年种植区域调整为10个地级市36个县(市、区),种植面积48.40万 hm^2 ,种植面积超6666.67 hm^2 的县有16个,其中豫南稻区种植面积42.10万 hm^2 ,种植面积超6666.67 hm^2 的县有13个(图1,表1)。整体来看,河南省水稻呈现出种植区域集中、种植面积增加的特征。

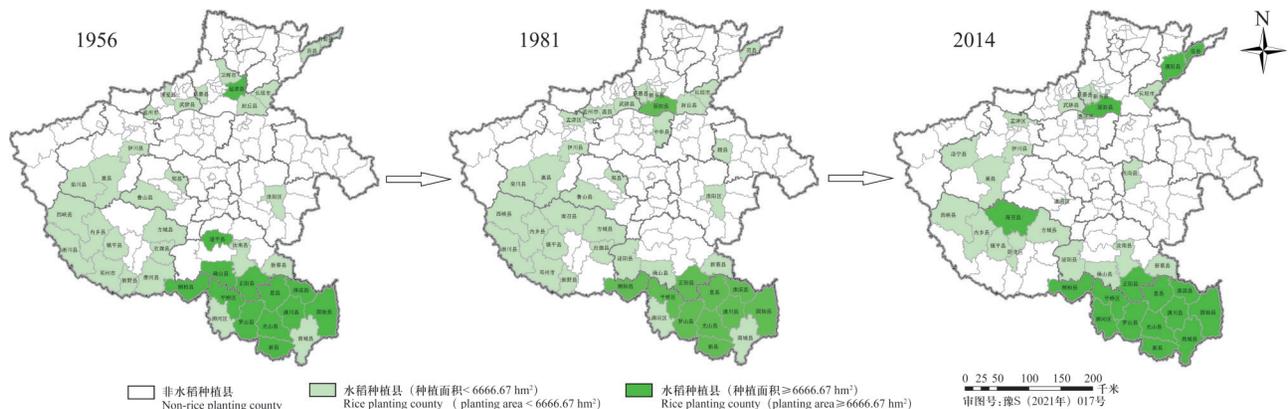


图1 河南省水稻种植区域的变化

Fig. 1 Changes of rice planting area in Henan

表1 河南省水稻种植面积和品种结构变化

Table 1 Changes of rice planting area and variety structure in Henan

年份 Year	河南省水稻种植面积(万 hm^2) Rice planting area in Henan	豫南稻区水稻种植面积(万 hm^2) Rice planting area in southern Henan	地方品种占比(%) Proportion of local varieties	选育品种占比(%) Proportion of breeding varieties
1956	38.11	35.81	63.20	36.80
1981	34.01	30.21	20.15	79.85
2014	48.40	42.10	0	100

2.1.2 水稻品种结构变化 1956年、1981年、2014年河南省水稻品种结构也发生了巨大的变化(表1)。1956年官方统计的水稻品种共计125个,其中地方品种占比63.20%,种植面积超6666.67 hm²的品种有马尾粘、白秆粘、期思农家种、青秆粘、草毛蛋、九月寒、坊稻共7个,同时选育品种占比36.80%,种植面积超6666.67 hm²的品种有胜利粳、青胜粳、中农4号3个。1981年官方统计的水稻品种共计134个,其中地方品种占比20.15%,没有种植面积超6666.67 hm²的品种,同时选育品种占比79.85%,种植面积超6666.67 hm²的品种有桂朝2号、红南、八四矮63、南京11号、广二矮104、新稻68-11、密阳23、信矮1号、珍珠矮共9个。2014年官方统计的水稻品种共计151个,全部为选育品种(地方品种因种植面积小未纳入统计),种植面积超6666.67 hm²的品种有豫粳

6号、新丰2号、Y两优1号、Y两优2号、扬两优6号、II优1259、II优838、冈优188、深两优5814、两优688、C两优华占等19个。3个年份的水稻地方品种占品种数的比例呈急剧下降趋势,到2014年水稻地方品种已无大面积种植。

2.2 水稻种质资源的调查与收集

2.2.1 水稻种质资源的地区和海拔分布 本次行动收集到的33份水稻资源来自河南省8个地级市的17个县(市、区),其中来自新乡市13份、信阳市7份、南阳市5份、焦作市4份,以及洛阳市、濮阳市、周口市和驻马店市各1份(表2,图2)。其中,豫北稻区征收到小青米稻谷、高粱稻、谷子稻等19份资源,豫南稻区征收到方城早稻、老笨水稻、桃花占(豫粳9号)等13份资源,零星分布的豫东颍沙河稻区征收到野生红稻1份资源。

表2 河南省水稻种质资源汇总

Table 2 Summary of rice germplasm resources in Henan

序号 No.	样品编号 Sample ID	名称 Name	采集地 Source	生态型 Ecotype	序号 No.	样品编号 Sample ID	名称 Name	采集地 Source	生态型 Ecotype
1	P410329027	小青米稻谷	洛阳市伊川县	栽培稻	18	P410823035	黄金晴B(武陟)	焦作市武陟县	栽培稻
2	P410721004	高粱稻	新乡市新乡县	栽培稻	19	P411322045	方城早稻	南阳市方城县	栽培稻
3	P410721005	谷子稻	新乡市新乡县	栽培稻	20	P411323215	老笨水稻	南阳市西峡县	栽培稻
4	P410721006	一点红稻	新乡市新乡县	栽培稻	21	P411502016	桃花占(豫粳9号)	信阳市浉河区	栽培稻
5	P410721007	普通玉米稻	新乡市新乡县	栽培稻	22	P411522002	八四矮63稻	信阳市光山县	栽培稻
6	P410721008	紫糯玉米稻	新乡市新乡县	栽培稻	23	P411522004	三粒寸	信阳市光山县	栽培稻
7	P410724026	红稻	新乡市获嘉县	栽培稻	24	P411523047	毛铺软稻	信阳市新县	栽培稻
8	P410724027	黑帝	新乡市获嘉县	栽培稻	25	P411528001	息县香稻丸1号	信阳市息县	栽培稻
9	P410724029	屯街黄金晴	新乡市获嘉县	栽培稻	26	P411528002	息县香稻丸2号	信阳市息县	栽培稻
10	P410724030	水晶三号(获嘉)	新乡市获嘉县	栽培稻	27	P411621010	野生红稻	周口市扶沟县	杂草稻
11	P410725001	石佛黄金晴	新乡市原阳县	栽培稻	28	P411725812	留庄粳稻	驻马店市确山县	栽培稻
12	P410725002	新稻68-11	新乡市原阳县	栽培稻	29	2022414850	丹徐庄毛稻子	濮阳市范县	栽培稻
13	P410725003	原稻1号	新乡市原阳县	栽培稻	30	2022417111	金世纪	南阳市南召县	栽培稻
14	P410782041	豫粳6号	新乡市辉县市	栽培稻	31	2022417122	黑香糯	南阳市南召县	栽培稻
15	P410823020	茵香一号	焦作市武陟县	栽培稻	32	2022417412	绿米	南阳市唐河县	栽培稻
16	P410823032	茵香一号B64	焦作市武陟县	栽培稻	33	2022418404	新泗小圆米	信阳市新县	栽培稻
17	P410823033	茵香一号F11	焦作市武陟县	栽培稻					

从征收到的水稻资源海拔分布来看(图3),不同海拔高度均征收到水稻资源,最低的为濮阳市范县的徐庄毛稻子(28.7 m),最高的为洛阳市伊川县的小青米稻谷(350 m)。其中海拔低于50 m地区分布的水稻资源有6份,占鉴定资源总数的18.18%,来自信阳市、南阳市、濮阳市和周口市;海拔50~100 m地区分布的水稻资源最丰富,有21份,

占资源总数的63.64%,来自新乡市、焦作市、信阳市和驻马店市;海拔101~200 m地区分布的水稻资源有4份,占资源总数的12.12%,来自南阳市和信阳市;海拔201~300 m地区和海拔高于301 m地区分布的水稻资源各1份,各占资源总数的3.03%,分别来自南阳市和洛阳市。

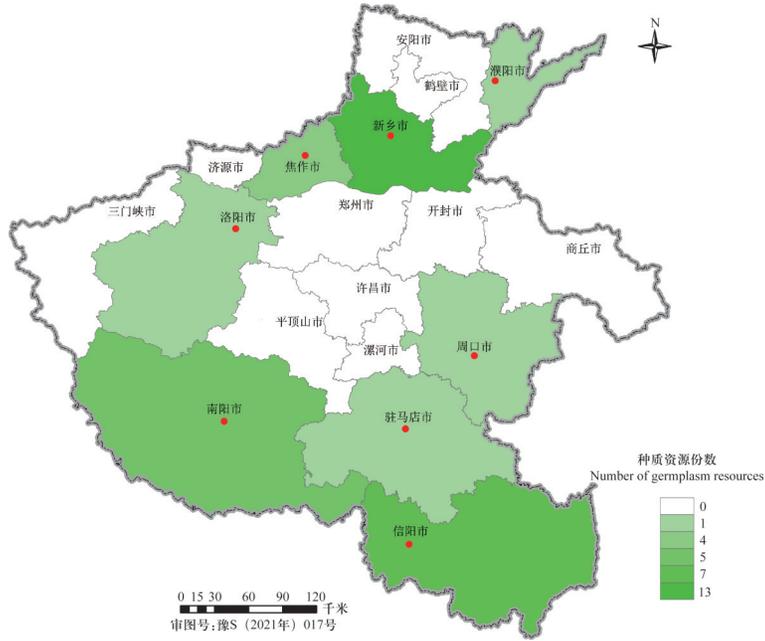


图2 河南省征集的水稻种质资源地理分布

Fig. 2 Geographic distribution of rice germplasm resources collected in Henan

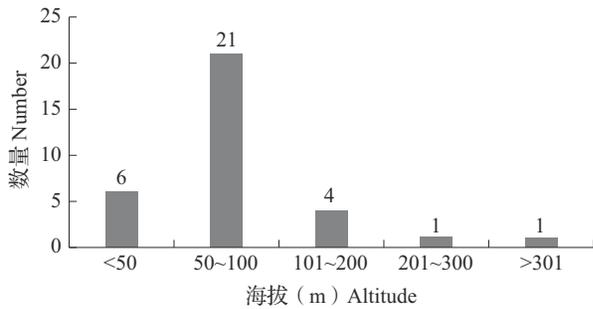


图3 河南省水稻种质资源的海拔分布

Fig. 3 Altitude distribution of rice germplasm resources collected in Henan

2.2.2 水稻种质资源的资源类型分析 对33份水稻资源的亚种类型、水旱性、粘糯性、光温性、香味和有色稻进行归类分析(图4),其中籼稻资源5份,占15.15%,粳稻资源28份,占84.85%;水稻资源32份,占96.97%,陆稻资源1份,占3.03%;粘稻24份,占72.73%,糯稻9份,占27.27%;中稻22份,占66.67%,晚稻11份,占33.33%,无旱稻资源;香稻9份,占27.27%,非香稻24份,占72.73%;黑稻2份,占6.06%,紫稻1份,占3.03%,红稻3份,占9.09%,绿稻1份,占3.03%,其他26份,占78.79%。

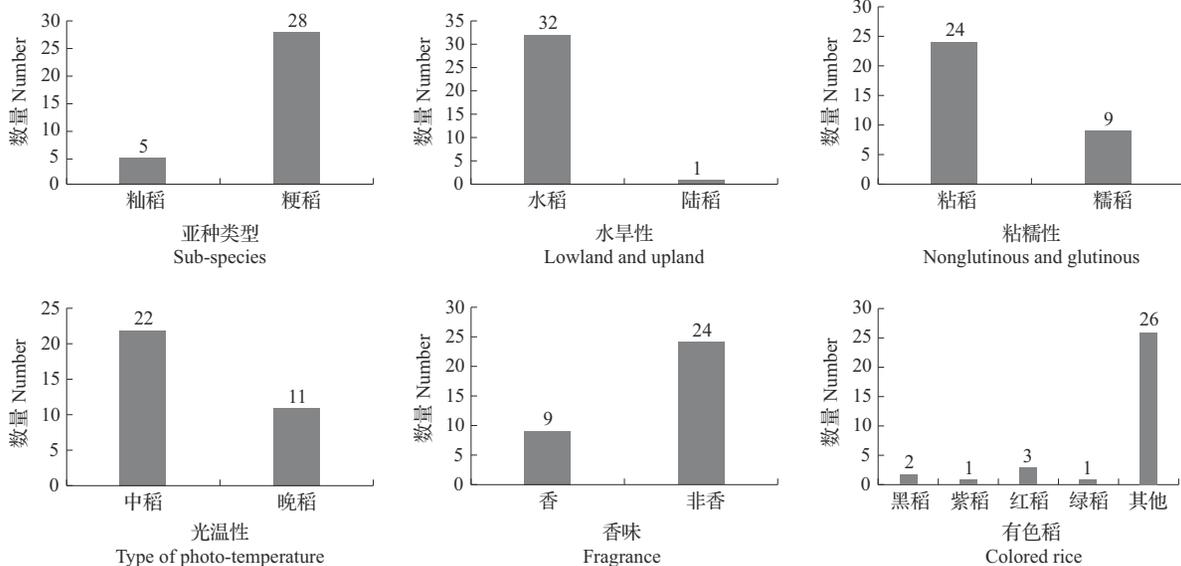


图4 河南省水稻种质资源的分类

Fig. 4 Classification of rice germplasm resources collected in Henan

2.3 水稻种质资源形态特征鉴定

2.3.1 质量性状调查分析 对33份水稻种质资源的15个质量性状进行统计分析(表3),其中穗部性状,多数资源的穗抽出度良好,占72.73%;穗型以中间型为主,占66.67%,其次是散开型,占21.21%;二次枝梗的多样性指数1.01,以多分枝的最多,占51.52%,其次为聚集型,占24.24%;穗立性状的多样性指数为1.35,其中弯曲型最多,占36.36%,直立、半直立和下垂型各占21.21%。叶片及茎秆性状中,

剑叶角度的多样性指数为1.19,其中直立型居多,占39.39%,其次是中间型和平展型,分别占比30.30%和27.27%;倒二叶角度以直立型居多,占66.67%;茎秆角度的多样性指数为1.25,以直立型为主,占39.39%。籽粒性状中,无芒的资源居多,占57.58%,有芒的资源中,芒长的多样性指数为1.16,短、中、长类型分别占24.24%、9.09%、6.06%,另外还有1个极长型资源,占3.03%;芒色的多样性指数为1.25,浅黄色、黄色分别占9.09%和21.21%,红色、棕色、紫色

表3 河南省水稻种质资源部分质量性状统计表

Table 3 Statistical table of some quality traits of rice germplasm resources in Henan

性状 Traits	类型 Type	资源数目 Gremplasm number	频率(%) Frequency	多样性 指数 H'	性状 Traits	类型 Type	资源数目 Gremplasm number	频率(%) Frequency	多样性 指数 H'
穗抽出度 Panicle exertion	良好 好	24 1	72.73 3.03	0.84	芒长 Awn length	无 短	19 8	57.58 24.24	1.16
	正常	5	15.15			中	3	9.09	
	部分抽出	3	9.09			长	2	6.06	
穗型 Panicle type	密集型	4	12.12	0.86		极长	1	3.03	
	中间型	22	66.67		芒色 Awn colour	无	19	57.58	1.25
	散开型	7	21.21			浅黄色	3	9.09	
二次枝梗 Second branch	无	1	3.03	1.01		黄色	7	21.21	
	少	7	21.21			红色	1	3.03	
	多	17	51.52			棕色	2	6.06	
	聚集	8	24.24			紫色	1	3.03	
穗立性状 Shape of panicle	直立型	7	21.21	1.35	芒的分布 Awn distribution	无	19	57.58	1.21
	半直立型	7	21.21			稀	5	15.15	
	弯曲型	12	36.36			少	5	15.15	
	下垂型	7	21.21			中	1	3.03	
叶鞘色 Color of leaf sheath	绿色	31	93.94	0.23		多	3	9.09	
	紫色	2	6.06		颖色 Glume colour	黄色	19	57.58	1.23
叶片色 Leaf blade color	绿色	17	51.52	0.88		银灰色	6	18.18	
	深绿色	14	42.42			褐色	2	6.06	
	紫色	2	6.06			赤褐色	3	9.09	
剑叶角度 Flag leaf angle	直立型	13	39.39	1.19		紫黑色	3	9.09	
	中间型	10	30.30		颖毛 Glume pubescens	无	5	15.15	1.15
	平展型	9	27.27			少	5	15.15	
	披垂型	1	3.03			中	20	60.61	
倒二叶角度 Last second leaf angle	直立型	22	66.67	0.83		多	2	6.06	
	半直立型	8	24.24			极多	1	3.03	
	平展型	3	9.09						
叶舌形状 Ligule shape	尖至渐尖	6	18.18	0.47					
	二裂	27	81.82						
茎秆角度 Culm angle	直立型	13	39.39	1.25					
	中间型	9	27.27						
	散开型	9	27.27						
	披散型	2	6.06						

分别占 3.03%、6.06% 和 3.03%; 芒的分布多样性指数为 1.21, 其中稀、少类型占比均为 15.15%, 中、多类型分别占 3.03% 和 9.09%; 颖色的多样性指数为 1.23, 以黄色为主, 占 57.58%, 银灰色占 18.18%, 褐色占 6.06%, 赤褐色和紫黑色分别占 9.09%; 颖毛的多样性指数为 1.15, 中居多, 占 60.61%, 无毛和少毛各占 15.15%, 多毛和极多毛分别占 6.06% 和 3.03%。

河南省水稻种质资源多样性指数大于 1 的性状有穗立性状、茎秆角度、颖色、芒的分布、剑叶角度、芒色等。大部分种质资源植株表现为穗抽出良好, 穗型中间型, 成熟后呈弯曲状, 穗部二次枝梗多分枝, 叶鞘色和叶片色绿色, 叶舌二裂, 剑叶、倒二叶

和茎秆直立, 籽粒无芒, 外颖黄色且有毛。

2.3.2 数量性状调查分析 对 33 份水稻种质资源的 7 个数量性状进行变异分析, 结果见表 4。7 个数量性状均存在不同程度的变异, 变异系数在 6.64%~20.50% 之间。其中剑叶长度变异系数最大, 极差为 28.75 cm; 其次是穗长, 变异系数为 19.99%, 极差为 15.99 cm; 全生育期变异系数最小。除全生育期外, 株高、茎秆长、穗长、剑叶长度、剑叶宽度、茎秆粗细的变异系数均达到 15% 以上, 说明河南省水稻种质资源数量性状的遗传变异丰富, 具有较大的挖掘潜力, 可为河南省水稻新品种选育和性状改良提供优异的种质基础。

表 4 河南省水稻种质资源数量性状统计

Table 4 Statistics of quantitative traits of rice germplasm resources in Henan

性状 Traits	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数(%) CV
全生育期(d) Growth duration	141.00	167.00	150.48	10.00	6.64
株高(cm) Plant height	94.33	167.67	118.79	18.31	15.42
茎秆长(cm) Culm length	77.86	140.88	96.96	15.91	16.41
穗长(cm) Panicle length	13.91	29.90	21.84	4.36	19.99
剑叶长度(cm) Flag leaf length	21.00	49.75	35.31	7.24	20.50
剑叶宽度(cm) Flag leaf width	1.20	2.25	1.61	0.24	15.03
茎秆粗细(mm) Diameter of stem	3.55	6.83	4.73	0.87	18.41

同时, 对 33 份水稻种质资源的除全生育期外的 6 个数量性状进行分级统计分析(表 5)。株高的多样性指数为 1.67, 100.1~110.0 cm 的种质居多, 其次是 110.1~120.0 cm, 二者分别占 36.36% 和 24.24%; 茎秆长的多样性指数为 1.73, 80.1~90.0 cm 和 90.1~100.0 cm 的种质最多, 均占 30.30%; 茎秆粗细的多样性指数为 1.87, 3.5~4.0 mm 和 5.6~6.0 mm 的种质较多, 分别占 27.27% 和 24.24%; 剑叶长度的多样性指数为 1.96, 25.1~30.0 cm 和 40.1~45.0 cm 的种质比例较高, 均为 24.24%, 其次是 30.1~35.0 cm 和 35.1~40.0 cm, 占比分别为 21.21% 和 18.18%; 剑叶宽度的多样性指数为 1.69, 1.51~1.75 cm 宽度的种质最多, 占 45.45%; 穗长的多样性指数为 2.03, 15.1~20.0 cm、20.1~25.0 cm、25.1~30.0 cm 三个类型的种质较多, 占比分别为 36.36%、30.30% 和 30.30%。

河南省水稻种质资源数量性状的多样性指数整体高于质量性状, 其中较高的是穗长、剑叶长度、茎秆粗细、茎秆长度等, 植株多表现为株高中等偏高, 茎秆较长, 穗长、剑叶宽度适中。

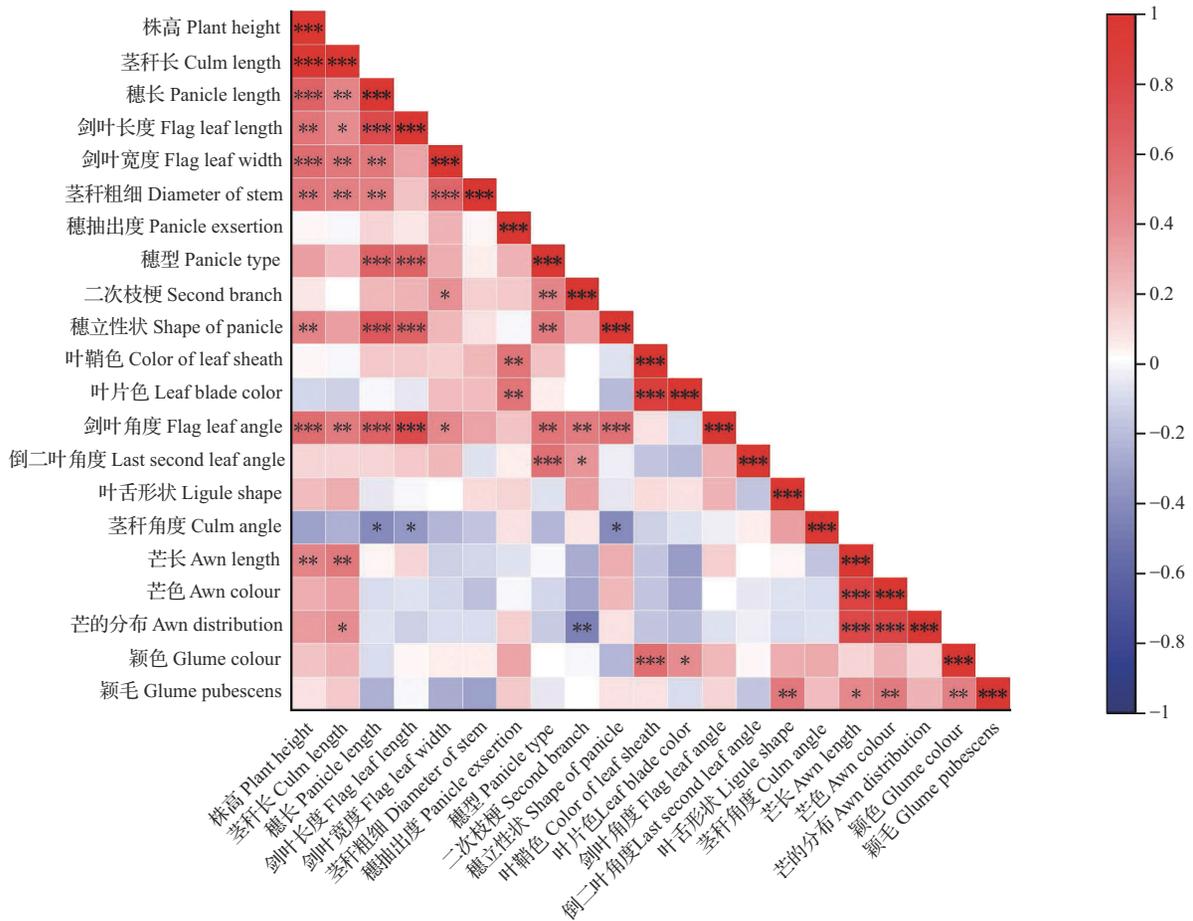
2.3.3 主要形态特征相关性分析 河南省水稻种质资源的主要形态特征间存在明显相关性(图 5),

株高与茎秆长、穗长、剑叶长度、剑叶宽度、茎秆粗细、穗立性状、剑叶角度、芒长均呈极显著正相关; 茎秆长与穗长、剑叶宽度、茎秆粗细、剑叶角度、芒长均呈极显著正相关, 与剑叶长度、芒的分布呈显著正相关; 穗长与剑叶长度、剑叶宽度、茎秆粗细、穗型、穗立性状、剑叶角度均呈极显著正相关, 与茎秆角度呈显著负相关; 剑叶长度与穗型、穗立性状、剑叶角度均呈极显著正相关, 与茎秆角度呈显著负相关; 剑叶宽度与茎秆粗细呈极显著正相关, 与二次枝梗、剑叶角度均呈显著正相关; 穗抽出度与叶鞘色、叶片色均呈极显著正相关; 穗型与二次枝梗、穗立性状、剑叶角度、倒二叶角度均呈极显著正相关; 二次枝梗与剑叶角度呈极显著正相关, 与芒的分布呈显著负相关, 与倒二叶角度呈显著正相关; 穗立性状与剑叶角度呈极显著正相关, 与茎秆角度呈显著负相关; 叶鞘色与叶片色、颖色均呈极显著正相关; 叶片色与颖色呈显著正相关; 叶舌性状与颖毛呈极显著正相关; 芒长与芒色、芒的分布均呈极显著正相关, 与颖毛显著正相关; 芒色与芒的分布、颖毛均呈极显著正相关; 颖色与颖毛呈极显著正相关。

表5 河南省水稻种质资源数量性状统计

Table 5 Statistical of quantitative traits of rice germplasm resources in Henan

性状 Traits	类型 Type	资源数目 Gremplasm number	频率(%) Frequency	多样性指数 H'	性状 Traits	类型 Type	资源数目 Gremplasm number	频率(%) Frequency	多样性指数 H'
株高(cm) Plant height	90.0~100.0	1	3.03	1.67	剑叶宽度 (cm) Flag leaf width	1.00~1.25	3	9.09	1.69
	100.1~110.0	12	36.36			1.26~1.50	9	27.27	
	110.1~120.0	8	24.24			1.51~1.75	15	45.45	
	120.1~130.0	5	15.15			1.76~2.00	5	15.15	
	≥130.1	7	21.21			2.01~2.25	1	3.03	
茎秆长 (cm) Culm length	70.0~80.0	4	12.12	1.73	剑叶长度 (cm) Flag leaf length	20.0~25.0	2	6.06	1.96
	80.1~90.0	10	30.30			25.1~30.0	8	24.24	
	90.1~100.0	10	30.30			30.1~35.0	7	21.21	
	100.1~110.0	4	12.12			35.1~40.0	6	18.18	
	≥110.1	5	15.15			40.1~45.0	8	24.24	
茎秆粗细 (mm) Diameter of stem	3.5~4.0	9	27.27	1.87		45.1~50.0	2	6.06	
	4.1~4.5	7	21.21		穗长(cm) Panicle length	10.0~15.0	1	3.03	2.03
	4.6~5.0	3	9.09			15.1~20.0	12	36.36	
	5.1~5.5	6	18.18			20.1~25.0	10	30.30	
	5.6~6.0	8	24.24			25.1~30.0	10	30.30	



*, **和***分别表示在0.05、0.01和0.001水平上显著相关

*, ** and *** indicate significant correlation at the levels of 0.05, 0.01 and 0.001, respectively

图5 河南省水稻种质资源主要形态特征的相关性分析

Fig. 5 Correlation analysis of main morphological characteristics in Henan rice germplasm resources

主要形态特征中株高、茎秆长、穗长、剑叶长度、剑叶宽度、穗型、穗立性状、剑叶角度等之间有较显著相关性, 芒长、芒色、芒的分布、颖毛之间有较显著相关性, 种质资源利用可根据上述关系组合优良性状, 提高育种效率。

2.4 优异的水稻种质资源

根据收集的河南省水稻种质资源的主要形态特征以及结合当地农民的认知, 筛选部分适应性强、产量高、口感好、食味品质优及特种稻资源, 经综合评价获得6份优异水稻种质资源(图6)。



图6 河南省优异的水稻种质资源
Fig. 6 Excellent rice germplasm resources in Henan

2.4.1 息县香稻丸1号 采集编号:P411528001,采集于河南省信阳市息县。据《息县志》记载,息县香稻丸1号早在宋代就有种植,明清两代被列为宫廷贡米,民国三年(1914年),参加在美国旧金山举办的万国商品赛会。属地方优异资源,籽粒色彩青白如珍珠,香气馥郁,煮粥蒸米饭时只需加少许“香稻丸”,则香溢满屋,沁人肺脾,诱人食欲,素有“一块稻香满坡,一撮米香满锅,一家做饭香四邻,一盅香酒香满桌”的盛称。2004年,原国家质检总局批准对“息县香稻丸”实施地理标志产品保护。主要农艺性状:全生育期145~150 d,株高163.67 cm,易倒伏,全穗具芒,芒棕色,芒长近6 cm,有效穗数14.50穗,穗粒数147.1粒,结实率76.78%,千粒重27.50 g。稻米品质性状:香稻,糙米率76.14%,精米率66.26%,整精米率95.20%,粒长5.00 mm,粒宽2.90 mm,长宽比1.7,垩白度32.50%,胶稠度49.84 mm,直链淀粉含量7.45%。

2.4.2 三粒寸 采集编号:P411522004,采集于河南省信阳市光山县。属地方优异资源,根系发达,株型紧凑,分蘖力强,结实率高,米质优,适口性好。主要农艺性状:全生育期140~145 d,株高124.67 cm,有效穗数14.50穗,穗粒数185.92粒,结实率80.47%,千粒重29.31 g。稻米品质性状:糙米率72.58%,精米率57.62%,整精米率88.20%,粒长6.30 mm,粒宽2.00 mm,长宽比3.1,垩白度0.80%,胶稠度65.86 mm,直链淀粉含量19.70%,稻米品质性状达到1级优质稻谷标准^[10]。

2.4.3 茵香一号F11 采集编号:P410823033,采集于河南省焦作市武陟县。该资源是茵香一号(P410823020)的优良变异株,糯性强,香味浓郁,矮秆,中抗稻瘟,其他病害抗病强,产量高。主要农艺性状:全生育期160~165 d,株高94.33 cm,有效穗数17.84穗,穗粒数121.15粒,结实率90.96%,千粒重24.03 g。稻米品质性状:香软米,糙米率78.35%,整精米率91.90%,粒长4.30 mm,粒宽2.80 mm,长宽比1.6,胶稠度77.35 mm,直链淀粉含量12.22%。

2.4.4 毛铺软稻 采集编号:P411523047,采集于河南省信阳市新县。产量稳定,性状稳定,株型较高,团粒型,米质不粘,属常规稻,生育期较一般杂交稻早10多天;抗病性较强,抗虫。主要农艺性状:全生育期140~145 d,株高150.33 cm,有效穗数10.84穗,穗粒数225.59粒,结实率89.61%,千粒重26.70 g。稻米品质性状:软米,糙米率77.83%,精米率68.72%,整精米率92.90%,粒长5.20 mm,粒宽

2.60 mm,长宽比2.0,胶稠度67.12 mm,直链淀粉含量9.96%。

2.4.5 黑香糯 采集编号:2022417122,采集于河南省南阳市南召县。属地方优异资源,营养丰富,口感好,在当地抗病、抗虫性强,较耐贫瘠。主要农艺性状:全生育期145~150 d,株高133.33 cm,有效穗数9.50穗,穗粒数258.15粒,结实率87.78%,千粒重26.95 g,叶色、叶鞘色、颖色均为紫色。稻米品质性状:香软米,种皮色为紫黑色,糙米率76.03%,粒长5.00 mm,粒宽1.80 mm,长宽比2.8。

2.4.6 绿米 采集编号:2022417412,采集于河南省南阳市唐河县。属地方优异资源,米质优良,外观独特,气味芳香,香软适口,营养丰富。主要农艺性状:全生育期160~165 d,株高122.33 cm,有效穗数12.50穗,穗粒数103.83粒,结实率73.84%,千粒重21.44 g,茎秆色、叶色、叶鞘色为绿色,颖色为紫色。稻米品质性状:软米,种皮色为淡绿色,糙米率75.76%,粒长4.70 mm,粒宽2.60 mm,长宽比1.8。

3 讨论

3.1 河南省水稻种质资源表型变异丰富,多样性程度高

农作物种质资源的收集、保护、鉴定与利用是保障农业科技原始创新和现代种业可持续发展的重要基础^[11-12]。水稻育种的每一次重大突破都离不开优异种质资源的发掘与利用^[13]。自第二次全国农作物种质资源普查后,随着水稻育种的发展以及杂交稻的育成和推广,水稻品种迭代加速,地方品种被选育品种取代,地方种质资源流失严重,种质资源保护与利用面临极大的挑战。河南省地跨黄河、淮河、汉江三大流域,为籼稻粳稻过渡地带,有独特的水稻资源,2021—2023年对全省18个地级市128个县(市、区)开展种质资源普查,普查到1956年、1981年和2014年水稻种植县信息累计120条;征收集到水稻种质资源37份,初步鉴定33份。此次普查发现,河南省水稻产业呈现出种植区域集中、种植面积增加、地方品种急剧减少的特征。仍在种植的老品种多具有如下特征:(1)农户认可度高,产量品质稳定,适应性广且易管理,如新稻68-11、豫粳6号、水晶三号(荻嘉)等;(2)与当地百姓生活习俗息息相关,蕴含民俗文化,如绿米、红稻、黑帝等;(3)是当地特色农产品,受到政府和企业重视,如息县香稻丸1号、息县香稻丸2号、留庄粳稻等;(4)有心怀农村沃土、情系农业发展的“农民育种家”收集

保存,如菡香一号、菡香一号B64、菡香一号F11等。与前两次普查相比,本次普查征集到的水稻资源锐减,数量仅为前两次的7.76%,其中97.30%为首次提交。征集到的水稻种质资源主要分布在豫北稻区和豫南稻区,大部分分布在海拔50~100 m。在质量性状中,穗立性状、茎秆角度、芒色、颖色、芒色分布、剑叶角度、芒长和颖毛等性状的多样性程度较高;在数量性状中,株高、茎秆长、穗长、剑叶长度、剑叶宽度和茎秆粗细等性状均具有较高多样性。对各项性状进行相关性分析发现,株高与穗长、剑叶长度均呈极显著正相关,穗长与剑叶长度、剑叶宽度均呈极显著正相关,这与江西省水稻资源主要农艺性状相关分析结果一致^[11];同时,数量性状株高、茎秆长、穗长、剑叶长度和质量性状穗型、穗立性状、剑叶角度、芒长是较核心的性状,在品种选育过程中可以加以利用。通过上述表型性状的鉴定,初步了解了河南省水稻种质资源的遗传多样性水平,后续仍需结合分子标记对不同性状进行深入研究。

3.2 河南省特种稻资源的评价利用

近年来,随着人民生活水平的提高和对健康饮食的追求,人们对稻米的需求从“吃饱”向“吃好”转变,兼具色、香、味及营养的稻米已成为人们评价稻米的新标准。特种稻是指拥有特定遗传性状和特殊用途的稻谷,主要分为三类,即香稻、有色稻和专用稻^[14-15]。香稻是具有特殊香气的水稻类型,其茎、叶、花、稻壳、稻米中都会散发出香味。香稻中已检测到100多种挥发性化合物,其中最主要的是2-乙酰-1-吡咯啉(2-AP, 2-acetyl-1-pyrroline)^[16]。在国内外市场上,香稻备受消费者青睐,价格明显高于普通稻米,且需求量逐渐上升^[17]。第三次全国普查中,云南省含有香味性状基因的资源仅接近1.00%^[18],安徽省报道了稻八等8个携带香味基因的优异种质资源^[12],广东省有三饶香米等优异香稻资源^[19]。河南省征集到息县香稻丸1号、菡香一号、黑香糯等9个香稻资源,占总资源数的27.27%,其中最著名的是天然稻米增香剂,曾为贡米的“息县香稻丸”(1号和2号),除直接食用外,还可作为原料加工制成香米羹、香米饮料、香米米线、香米酒、香米醋等精深加工产品,增加了息县香稻丸的附加价值,促进了当地稻农增收。

有色稻的花青素在稻谷的种皮累积,按糙米的颜色可分为乌黑、红黑、紫红、红褐、褐色、红色、黄

色和绿色8类^[15,20],其中黑、紫和红色最为常见。有色稻通常食用糙米,具有更丰富的营养成分和食疗保健功能。研究表明,紫(黑)米和红米种皮中积累了丰富的花青素、黄酮类化合物等有益于人类的活性物质^[14],绿米富含膳食纤维和大量矿物质元素^[21]。第三次全国普查中,江西省征集到有色稻35份[红米27份、紫(黑)米8份],占总数的10.90%^[11];安徽省征集到有色稻28份(红米19份、黑米9份),占总数的34.15%^[12];广东省征集到有色稻66份(黑米39份、红米21份、紫米6份),占总数的25.29%^[19];福建省征集到有色稻32份(红米22份、黑米10份),占鉴定总数的19.39%^[22]。河南省征集到有色稻资源7份,包含红稻3份、黑稻2份、紫稻1份、绿稻1份,占总资源的21.21%,其中有复合型特种稻,既香且糯的高产黑稻资源黑香糯;产量250~300 kg/667 m²的红稻资源野生红稻和丹徐庄毛稻子;通过远缘分子育种技术育成的紫稻资源紫糯玉米稻;完全成熟后种皮保持绿色的绿稻资源绿米。

专用稻是指稻米或植株的内含成分、形态结构对人类健康、食品加工、工艺品制作等具有专门用途的栽培稻,主要包括加工型专用稻、高营养功能型专用稻和观赏型专用稻^[23]。利用稻米、稻草、米糠的色、香、味、高营养等独特性状,选育出适宜作为大米、饲料、米糠油、工艺品等稻谷制品加工原料的水稻资源,统称为加工型专用稻^[20],软米即属此类。软米是直链淀粉含量介于2%~15%的新型大米种类,米质在糯性与粘性之间,胚乳蜡质状,具有米饭质软爽口、富有弹性、隔夜不变硬等优点,是方便米饭、米制点心等速食食品的重要原材料^[20,24]。本次行动中,河南省征集到的9个糯性资源皆属于软米,占总资源数的27.27%,其中以菡香一号F11、毛铺软稻和黑香糯米质最好,可作为育种亲本材料应用于特种稻品种改良和培育,也可为米质性状的新基因挖掘提供遗传材料。

本次行动中,河南省征集到的水稻种质资源较少,但资源类型多样,蕴含较多优异性状。本研究通过分析采集的水稻种植信息,并对征集到的水稻种质资源进行表型性状鉴定评价,最终筛选出具有地域特色的优异种质6份,为优异新种质的创制和品种选育提供材料基础,为传承稻米文化,满足消费者多元化需求,促进乡村振兴提供重要物质基础。

参考文献

- [1] 江川, 朱业宝, 李清华, 陈立喆, 张海峰, 王金英. 福建水稻地方品种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 Z, Zhang H F, Wang J Y. Investigation, collection, identification and evaluation of local rice varieties in Fujian. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24(1): 126-136
- [2] 张居中, 王象坤, 孔昭宸, 宋豫秦. 河南贾湖稻作文化的发现与研究. 科学(上海), 2002, 54(3): 3-6
Zhang J Z, Wang X K, Kong Z C, Song Y Q. Rice cultivating culture of Jiahu remains in Henan province. Science, 2002, 54(3): 3-6
- [3] 河南省统计局, 国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2023: 236-237
Henan Provincial Bureau of Statistics, Survey Office of the National Bureau of Statistics in Henan. Henan statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2023: 236-237
- [4] 占亚楠, 汤玉焯, 楚宗艳, 吴超, 杜玉倍, 常明娟. 1983-2022年河南沿黄稻区审定常规粳稻品种分析. 中国种业, 2023(9): 139-143
Zhan Y N, Tang Y X, Chu Z Y, Wu C, Du Y B, Chang M J. Analysis of conventional *Japonica* rice varieties approved in the region along Yellow River of Henan province from 1983 to 2022. China Seed Industry, 2023(9): 139-143
- [5] 陈彦杞. 河南省水稻产业发展思考. 中国农技推广, 2022, 38(5): 7-8
Chen Y Q. Reflections on the development of rice industry in Henan province. China Agricultural Technology Extension, 2022, 38(5): 7-8
- [6] 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
- [7] 韩龙植, 魏兴华, 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
- [8] 魏兴华, 吕波, 余汉勇, 堵苑苑, 任永浩, 王风华, 杨窑龙. GB/T 19557.7-2022 植物品种特异性(可区别性)、一致性和稳定性测试指南 水稻. 北京: 中国标准出版社, 2022
Wei X H, Lyu B, Yu H Y, Du Y Y, Ren Y H, Wang F H, Yang Y L. GB/T 19557.7-2022 Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability—rice (*Oryza sativa* L.). Beijing: Standards Press of China, 2022
- [9] 杜孝敬, 张燕红, 文孝荣, 康民泰, 许文亭, 唐福森, 吕玉平, 李冬, 袁杰, 赵志强, 王奉斌. 355份粳稻种质资源在新疆的遗传多样性分析及综合评价. 中国农业大学学报, 2024, 29(3): 13-26
Du X J, Zhang Y H, Wen X R, Kang M T, Xu W T, Tang F S, Lyu Y P, Li D, Yuan J, Zhao Z Q, Wang F B. Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of 355 introduced *Japonica* rice germplasm resources in Xinjiang. Journal of China Agricultural University, 2024, 29(3): 13-26
- [10] 唐瑞明, 龙伶俐, 朱之光, 熊宁, 余敦年, 刘利, 刘勇, 戴波, 宋秀娟, 季一顺, 郁伟, 王亚军, 柳永英, 牟钧, 马利芸, 段兰萍, 张玉焯, 蒋建云, 龙湖浩, 胡飞俊, 何学超, 周显青, 袁小平, 胡顺华, 王志明, 刘子豪, 倪姗姗, 刘英, 刘红兵, 刘继明, 谢建, 卢香. GB/T 17891-2017 优质稻谷. 北京: 中国标准出版社, 2017
Tang R M, Long L L, Zhu Z G, Xiong N, Yu D N, Liu L, Liu Y, Dai B, Song X J, Ji Y S, Yu W, Wang Y J, Liu Y Y, Mou J, Ma L Y, Duan L P, Zhang Y Z, Jiang J Y, Long H H, Hu F J, He X C, Zhou X Q, Yuan X P, Hu S H, Wang Z M, Liu Z H, Ni S S, Liu Y, Liu H B, Liu J M, Xie J, Lu X. GB/T 17891-2017 High quality rice. Beijing: Standards Press of China, 2017
- [11] 刘进, 勒思, 周慧颖, 胡佳晓, 孟冰欣, 罗文静, 黎毛毛, 余丽琴. 江西省水稻地方品种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 S, 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
- [12] 周坤能, 夏加发, 张彩娟, 王元垒, 于鹏, 马廷臣, 台德卫, 张效忠, 荣松柏, 李泽福. 安徽省水稻地方品种资源鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2023, 24(1): 137-148
Zhou K N, Xia J F, Zhang C J, Wang Y L, Yun P, Ma T C, Tai D W, Zhang X Z, Rong S B, Li Z F. Identification and evaluation of rice landraces in Anhui province, China. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24(1): 137-148
- [13] 杨德卫, 张海峰, 余文权. 我国水稻种质资源创新研究与利用进展. 植物遗传资源学报, 2024, 25(4): 495-508
Yang D W, Zhang H F, Yu W Q. Progress on innovative research and utilization of rice germplasm resources in China. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(4): 495-508
- [14] 武文豪, 何冲冲, 王传波, 杨小川, 方中明. 特种稻黑米和红米研究进展. 植物遗传资源学报, 2024, 25(7): 1046-1055
Wu W H, He C C, Wang C B, Yang X C, Fang Z M. Research progress on black and red rice of special varieties. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(7): 1046-1055
- [15] 董智挺. 特种功能稻研究进展概述. 安徽农学通报, 2007, 13(18): 135-138, 230
Dong Z T. Summary of research progress on special functional rice. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(18): 135-138, 230
- [16] Kovach M J, Calingacion M. N, Fitzgerald M A, McCouch S R. The origin and evolution of fragrance in rice (*Oryza sativa* L.). Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106(34): 14444-14449
- [17] 杨铁鑫, 董立强, 马亮, 冯莹莹, 李志强. 辽宁中部平原稻区香型粳稻品种产量及品质评价. 作物杂志, 2024, 40(6): 71-77

- Yang T X, Dong L Q, Ma L, Feng Y Y, Li Z Q. Evaluation of yield and quality of fragrant rice in Liaoning central plain rice production region. *Crops*, 2024, 40(6): 71-77
- [18] 邓伟, 吕莹, 董阳均, 徐雨然, 杨华涛, 张锦文, 张建华, 奎丽梅, 涂建, 相罕章, 管俊娇, 董维, 谷安宇, 安华, 杨丽萍, 张笑, 李小林. 云南水稻种质资源的遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2023, 24(3): 624-635
- Deng W, Lyu Y, Dong Y J, Xu Y R, Yang H T, Zhang J W, Zhang J H, Kui L M, Tu J, Xiang H Z, Guan J J, Dong W, Gu A Y, An H, Yang L P, Zhang X, Li X L. The genetic diversity analysis of rice germplasm resources in Yunnan province of China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2023, 24(3): 624-635
- [19] 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
- Lyu 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
- [20] 赵则胜. 特种稻研究与利用. *北方水稻*, 2007 (6): 1-6
- Zhao Z S. Research and utilization of special rices. *North Rice*, 2007 (6): 1-6
- [21] 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, Cheng Y L, Zhang L F, Han Z Y, Li F, Zhang W X, Qiao W H, Zheng X M. Discovery and study of a green pericarp germplasm in rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(1): 123-128
- [22] 李清华, 朱业宝, 郑长林, 陈文捷, 江川, 王金英. 福建水稻地方品种稻米品质鉴定与评价. *植物遗传资源学报*, 2023, 24(5): 1291-1301
- Li Q H, Zhu Y B, Zheng C L, Chen W J, Jiang C, Wang J Y. Evaluation of the grain quality of rice landraces in Fujian. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2023, 24(5): 1291-1301
- [23] 郭桂英, 沈光辉, 马汉云, 霍二伟, 祁玉良, 徐士库, 申关望, 黄雅琴, 彭波, 常幸远, 蓝黎明, 扶定. 专用稻研究进展及市场化开发. *江苏农业科学*, 2024, 52(7): 24-33
- Guo G Y, Shen G H, Ma H Y, Huo E W, Qi Y L, Xu S K, Shen G W, Huang Y Q, Peng B, Chang X Y, Lan L M, Fu D. Research progress and market development of special rice. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2024, 52(7): 24-33
- [24] 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
- Zhu D W, Zhang H C, Guo B W, Dai Q G, Huo Z Y, Xu K, Wei H Y, Gao H. The development and outlook of Chinese soft rice. *Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition*, 2015, 36(1): 47-52