

吴建伟,刘 歆,朱 容,等. 江汉平原再生稻种质资源表型分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):109–115.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2022.18.017

# 江汉平原再生稻种质资源表型分析及综合评价

吴建伟<sup>1</sup>, 刘 歆<sup>2</sup>, 朱 容<sup>1</sup>, 朱 波<sup>1</sup>, 刘章勇<sup>1</sup>

[1. 长江大学农学院/主要粮食作物产业化湖北省协同创新中心, 湖北荆州 434025; 2. 荆门(中国农谷)农业科学研究院, 湖北荆门 448000]

**摘要:**分析 234 份早抽穗水稻种质资源 10 个农艺性状表型多样性并进行综合评价,以期筛选出适宜江汉平原种植的再生稻核心种质。以 234 份早抽穗水稻种质资源为材料,进行 2 年大田试验,采用变异分析、相关分析、因子分析和聚类分析等多元分析方法相结合,对水稻种质资源的 10 个农艺性状进行整理分析。结果表明,2 年中头季稻和再生季稻的 10 个农艺性状的变异系数分别为 5.84% ~ 62.03% 和 6.80% ~ 54.31%,其中头季稻和再生季稻生育期变异系数均较小,实粒数、单株产量和有效穗数的变异系数较大。主成分分析将 10 个农艺性状转化为 4 个主因子,分别是产量构成因子、生育期因子、株高因子和粒质量因子,累计贡献率为 72.34%;结合主因子得分和隶属函数权重,对水稻种质的综合性状进行客观评价并赋予得分值,综合得分排名前 10 的种质资源为金南特 43B、SR 113;:GERVEX 553 – C1、SI WAN 14;:IRGC 63019 – 1、NAN TE HAO;:IRGC 59797 – 1、BLUE BELLE、柳沙 1 号、RIKUTO KEMOCHI、5216B、临果和丽江新团黑谷。聚类分析结果显示,234 份水稻种质资源可聚类成三大类,第Ⅰ类群共计 52 份种质,其中综合得分排名前 10 的其中 8 份种质资源在此类群中,属于 3 组内比较优质的品种;第Ⅱ类群共计 125 份种质资源,各农艺性状表现中等;第Ⅲ类群共计 57 份种质资源。234 份水稻种质资源表型变异丰富,利用主成分分析、综合评价和聚类分析获得第Ⅰ类群更适合在江汉平原种植的水稻种质资源,可作为初步筛选出的适合江汉平原种植的再生稻种质资源,今后还需要在江汉平原进行多年多点的不同播种期和其他指标鉴定,进一步筛选适合该地区种植的再生稻品种。

**关键词:**再生稻;种质资源;江汉平原;主成分分析;聚类分析;综合评价

**中图分类号:**S511.4<sup>+</sup>20.24 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2022)18–0109–06

再生稻是利用水稻的再生特性,在适宜的温、光、水和养分条件下,使水稻收获后稻桩上的休眠腋芽萌发,进而生长成穗再收获一季水稻的种植模式<sup>[1–2]</sup>。再生稻作为目前土地利用率高、资源得到节约的一种栽培模式,具有一种两收、省时省工、生态环保、米质更优等特点<sup>[3–4]</sup>,是一种资源节约型水稻栽培模式<sup>[5]</sup>。目前,再生稻生产上缺乏再生力强、稻米品质优的专用品种,成为限制再生稻发展的关键因素<sup>[6–7]</sup>。熊洪等研究认为,再生力不强和生育期偏长是南方稻区再生稻品种存在的主要问题<sup>[8]</sup>。江汉平原作为长江中游乃至全国重要的水稻产区,再生稻发展潜力较大<sup>[9]</sup>。目前,在种植一季稻气候条件资源有余,而种植双季稻气候条件资源又不足的江汉平原,主要采用中稻早播,然后收

获头季再对稻桩进行管理,从而再收获一季的再生稻模式,而选择合适的再生稻新品种是生产过程中需要解决的关键问题<sup>[10]</sup>。

再生稻产量是多个农艺性状的综合表现,即各农艺性状间相互影响,相互制约。唐文帮等采用相关分析发现,影响再生稻产量的关键因子是单株再生苗数、每穗总粒数和每穗实粒数<sup>[11]</sup>。蒋龙等运用通径分析表明,对水稻再生季产量影响最大的是有效穗数和每穗颖花数<sup>[12]</sup>。林强等通过相关分析、回归和通径分析研究表明,再生稻产量与头季稻株高、结实率、千粒质量均呈极显著正相关关系,对再生稻产量影响最大的是有效穗数<sup>[13]</sup>。而采用因子分析和聚类分析方法相结合研究再生稻种质资源农艺性状的研究相对较少。本研究以 234 份水稻种质资源为材料,考察其 10 项农艺性状指标,通过变异分析、相关分析、因子分析和聚类分析研究各农艺性状间的变异程度及综合评价各种质资源农艺性状优异程度,以期筛选适宜江汉平原种植的再生稻核心种质,为再生稻高产栽培、丰产育种提供科学依据。

收稿日期:2022–03–07

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0300208);湖北省重大科技攻关项目(编号:2020BBA044)。

作者简介:吴建伟(1996—),女,湖北恩施人,硕士研究生,主要从事作物育种与栽培研究。E-mail:2535899040@qq.com。

通信作者:刘章勇,博士,教授(二级),主要从事稻田农作制度与农业生态研究。E-mail:lzy1331@hotmail.com。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于湖北省荆州市长江大学农学院试验基地,属亚热带季风气候区,四季分明,光照充足,水热资源丰富,无霜期长,年平均气温 15.9 ~ 16.4 ℃,年无霜期 242 ~ 263 d,年平均日照时数 1 800 ~ 2 100 h,年平均降水量为 1 100 ~ 1 300 mm。土壤为湖泊成因的偏黏性潴育型水稻土。

1.2 试验材料

试验所用的种质资源来源于“3K 水稻基因组计划”<sup>[14]</sup>。根据 2015 年 1 219 份种质材料在湖北省荆州市种植的农艺性状表现,从中筛选出 234 份抽穗早且农艺性状较好的水稻品种作为本研究的试验材料。

1.3 试验方法

234 份材料于 2017 年 3 月 20 日育秧,4 月 25 日人工移栽到大田;234 份材料于 2018 年 3 月 20 日育秧,秧龄达 30 d 后人工移栽。种植密度为 20 cm × 20 cm,每份材料均种植 20 株,3 次重复。移栽前 1 d 施用基肥 365 kg/hm<sup>2</sup>,分蘖肥施用 215 kg/hm<sup>2</sup>;在再生季施尿素(N 含量 46%)250 kg/hm<sup>2</sup> 和氯化钾(K<sub>2</sub>O 含量 52%)75 kg/hm<sup>2</sup> 作促芽肥。两季均采用人工收割方式收割,收获后将各稻穗进行套袋处理并编号,带回实验室挂藏风干后考种。

1.4 测定项目与方法

田间调查每份材料随机选取 5 穴调查头季生育期以及再生季的生育期、株高、有效穗数,室内考种每个材料随机抽取 5 株考察头季单位面积产量以及再生季的穗长、实粒数、结实率、千粒质量和单位面

积产量等指标。

1.5 统计分析

采用 Excel 2009 整理数据,SPSS 26.0 软件进行聚类分析、主成分分析(PCA)和相关性分析,采用 R 语言 ggplot2 作图展示聚类分析结果。

2 结果与分析

2.1 主要农艺性状的变异分析

234 份水稻种质资源再生季的主要农艺性状如表 1 所示。2017 年主要农艺性状变异系数差异最大的是实粒数,变异系数为 62.03%;变异系数较大的性状还有头季单位面积产量、有效穗数、结实率和单位面积产量,分别为 35.60%、40.09%、30.51% 和 60.94%;千粒质量、株高和穗长的变异系数较小,分别为 18.89%、19.18% 和 17.67%;变异系数最小的是头季生育期和再生季生育期,分别为 5.89% 和 5.84%。2018 年,主要农艺性状变异系数较明显的指标为单位面积产量、实粒数和头季单位面积产量,分别为 54.31%、52.96% 和 38.02%;变异系数较小的是头季生育期和再生季生育期,分别为 7.54% 和 6.80%。上述结果表明,供试的 234 份水稻种质性状变异丰富,不同品种间差异明显。

2.2 不同年份农艺性状的相关分析

由表 2 可知,234 份水稻种质资源的 10 个农艺性状之间,存在着不同程度的相关性。再生季单位面积产量与头季单位面积产量、穗长、实粒数、生育期、有效穗数、结实率和千粒质量均呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。其中,单位面积产量与实粒数的相关系数最大(0.947),其次为结实率、有效穗数,相关系数分别为 0.585、0.492。头季生育期、再生季

表 1 不同年份水稻种质资源 10 个农艺性状的变异情况

性状	年份	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
最大值	2017	115	23 691.49	64	138.5	36.25	29.06	2 175	0.92	39.36	11 897.25
	2018	115	19 454.83	72	127.25	36.5	28.66	2 125.35	0.94	38.25	11 094.32
最小值	2017	90	1 690	53	46.5	3	8.77	14	0.02	10.46	61.11
	2018	86	1033.59	58	46.75	4.5	9.25	70.702	0.13	12.13	28.71
均值	2017	104.98	8 436.28	59.09	84.77	14.74	16.75	447.35	0.59	21.05	2 368.11
	2018	107.13	7 366.98	67.38	77.1	18.6	17.03	515.72	0.67	23.07	200.91
标准差	2017	6.81	3 003.2	3.45	16.26	6.03	2.96	277.51	0.18	3.98	1 443.18
	2018	8.02	2 800.94	4.58	16.52	5.7	2.9	273.13	0.15	3.99	109.12
变异系数(%)	2017	5.89	35.6	5.84	19.18	40.9	17.67	62.03	30.51	18.89	60.94
	2018	7.54	38.02	6.8	21.43	30.65	17.02	52.96	22.39	17.3	54.31

注: $X_1$ 、 $X_2$  分别表示头季的生育期(d)、单位面积产量(kg/hm<sup>2</sup>), $X_3 \sim X_{10}$  分别表示再生季的生育期(d)、株高(cm)、有效穗数(穗)、穗长(cm)、实粒数(粒)、结实率(%)、千粒质量(g)和单位面积产量(kg/hm<sup>2</sup>)。表 2 同。

表 2 主要农艺性状间相关分析结果

指标	相关系数								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
$X_1$	1.000								
$X_2$	0.146 **								
$X_3$	0.703 **	-0.062							
$X_4$	0.193 **	0.022	0.009						
$X_5$	0.109 *	0.186 **	0.233 **	-0.055					
$X_6$	0.142 **	0.011	0.130 **	0.328 **	0.059				
$X_7$	0.091	0.151 **	0.085	0.044	0.518 **	0.282 **			
$X_8$	-0.044	0.027	0.077	-0.127 **	0.235 **	0.006	0.570 **		
$X_9$	-0.02	-0.107 *	0.144 **	0.048	0.02	0.126 **	0.042	0.197 **	
$X_{10}$	0.088	0.122 **	0.142 **	0.049	0.492 **	0.314 **	0.947 **	0.585 **	0.307 **

注: \*\* 表示极显著相关( $P<0.01$ ); \* 表示显著相关( $P<0.05$ )。

株高与再生季单位面积产量相关性不显著。再生季生育期与千粒质量、穗长和有效穗数呈极显著正相关;再生季株高与穗长、结实率分别呈极显著正相关和极显著负相关;再生季穗长与千粒质量、实粒数呈极显著正相关;结实率与再生季实粒数呈极显著正相关;再生季结实率与单位面积产量、千粒质量呈极显著正相关。由此可见,各个性状之间是相互影响、相互制约的,大部分农艺性状之间存在不同程度的相关性。

2.3 农艺性状的主成分分析

基于 234 份再生稻种质资源各农艺性状进行主成分分析(表 3),由表 3 可知 4 个主成分( $F_1 \sim F_4$ )贡献率分别为 28.28%、17.383%、14.390% 和 12.29%,累计贡献率达 72.34%。说明上述 4 个主成分可反映全部材料农艺性状 72.34% 的信息,即可作为评价江汉平原再生稻种质资源各农艺性状的一个综合指标。然后为了使因子载荷矩阵更加清晰,使用方差极大正交法对公共因子进行旋转,得到更加清晰的农艺性状公共因子结构的旋转因子载荷矩阵。由表 4 可知,第 1 主成分主要由载荷因子分别为 0.922、0.738、0.935 和 0.638 的实粒数、结实率、单株产量和有效穗数决定,称为产量构成因子;第 2 主成分主要由载荷因子分别为 0.898 和 0.927 的头季生育期和再生季生育期 2 个因子决定,称为生育期因子;第 3 主成分主要由株高、穗长 2 个因子决定,其载荷因子分别为 0.820 和 0.774,穗长的大小反映植株的高度,称为株高因子;第 4 主成分中,头季单位面积产量的载荷因子为负值,而千粒质量具有最大载荷因子,为 0.714,故称为粒重因子。综上所述,4 个主成分相互独立的综合指标

表 3 主成分特征值、贡献率及累计贡献率

主因子	提取平方载荷总和			旋转平方载荷总和		
	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
$F_1$	2.974	29.742	29.742	2.828	28.280	28.280
$F_2$	1.741	17.409	47.151	1.738	17.383	45.663
$F_3$	1.308	13.076	60.228	1.439	14.390	60.054
$F_4$	1.212	12.116	72.344	1.229	12.290	72.344

表 4 旋转后因子载荷矩阵

相关指标	载荷值			
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
头季生育期	0.003	0.898	0.173	-0.135
头季单位面积产量	0.199	0.037	0.072	-0.720
生育期	0.105	0.927	-0.022	0.160
株高	-0.110	0.050	0.820	-0.045
有效穗数	0.638	0.231	-0.089	-0.274
穗长	0.198	0.078	0.774	0.096
实粒数	0.922	0.012	0.181	-0.100
结实率	0.738	-0.054	-0.177	0.225
千粒质量	0.224	0.067	0.124	0.714
单位面积产量	0.935	0.045	0.209	0.097

包括的 10 个性状,可作为江汉平原生态条件下再生稻种质鉴定评价的主要指标。

2.4 农艺性状的主成分得分和综合评价

根据上述主成分分析中 4 个主成分进行得分综合分析,首先建立水稻种质综合评价数学模型: $F = (28.28 \times F_1 + 17.38 \times F_2 + 14.39 \times F_3 + 12.29 \times F_4)/72.34$ ,然后计算水稻种质各性状的综合得分,再对其进行优良排序,综合得分越高,各水稻种质综合性状越好,结果见表 5。综合得分排在前 10 的材料为 GS124、GS047、GS006、GS026、GS145、GS084、GS144、GS041、GS183 和 GS009,综合得分范

围为 0.71 ~ 1.55。上述 10 个种质资源中,综合得分排名前 2 位的种质 GS124 和 GS047,实粒数达 1 150 粒以上,有效穗数达 16 个以上,综合表现优异(表 6)。综合得分排在后 10 位的是 GS226、GS164、GS165、GS078、GS185、GS228、GS077、GS231、GS083 和 GS234,综合得分范围为 - 1.265 ~ - 0.703。这 10 个水稻种质资源的各农艺性状均低于平均值,单位面积产量均值为 703.81 kg/hm<sup>2</sup>,实粒数低、有效穗数少,综合表现差。

表 5 水稻种质资源的主成分得分、综合得分及优良排序

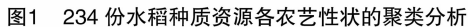
编号	得分				综合得分	优良排序
	F1	F2	F3	F4		
GS124	4.371	-2.107	1.491	0.298	1.550	1
GS047	2.730	0.212	0.038	0.091	1.141	2
GS026	2.067	0.778	-0.157	0.046	0.971	3
GS006	1.032	0.969	2.250	-0.685	0.968	4
GS145	0.489	0.739	2.264	0.742	0.945	5
GS084	2.093	-0.232	0.953	-0.215	0.915	6
GS144	1.217	0.648	1.204	-0.535	0.780	7
GS041	0.051	0.525	1.699	1.560	0.749	8
GS183	0.231	0.037	2.199	1.215	0.743	9
GS009	0.662	0.857	1.657	-0.497	0.710	10
GS234	-1.090	-1.961	-0.204	1.383	-0.703	225
GS083	-2.000	0.081	0.961	-0.893	-0.723	226
GS231	-0.327	-1.874	-1.445	0.806	-0.728	227
GS077	-0.574	0.260	-1.712	-1.427	-0.745	228
GS228	-1.295	-1.684	-0.078	0.963	-0.763	229
GS185	-1.790	0.100	0.312	-1.592	-0.884	230
GS078	-1.062	0.131	-1.382	-1.360	-0.890	231
GS165	-1.604	0.676	-1.455	-0.895	-0.906	232
GS164	-2.042	0.691	-0.945	-1.579	-1.088	233
GS226	-1.600	-1.609	-0.406	-1.013	-1.265	234

2.5 水稻种质资源农艺性状的聚类分析

参照田蕾等的方法<sup>[15]</sup>将 10 个农艺性状数据进行聚类分析,可将 234 份水稻种质资源分成三大类,具体分析结果见图 1。在变异范围为 5 ~ 25、分界线在遗传距离为 14.9 处,将 234 份水稻种质资源划分为两大类群,分别为第 I 类群和由 II、III 组成的混合类群;进一步细分,在欧氏距离 7.2 处可将混合类群详细划分为 II、III 2 个类群。其中,类群 I 包括 52 个材料,占供试再生稻品种的 22.65%,综合得分排名前 10 位的其中 8 份种质资源在此类群中,分别为 GS124、GS047、GS006、GS026、GS145、GS084、GS144 和 GS009,此类群具有产量高、实粒数多、有效穗数多和结实率高的优点;类群 II 包括 125 个材料,占供试再生稻品种的 50.85%,此类群具有生育

表 6 综合排名前 10 的水稻种质资源详细信息

编号	品种名	头季			再生季				
		生育期 (d)	单位面积产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	生育期 (d)	有效穗数 (穗)	穗长 (cm)	实粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒质量 (g)
GS124	金南特 43B	95.00	23 750.00	57.00	16.63	21.63	1150.18	0.93	21.38
GS047	SR 113.;:GERVEX 553 - C1	111.50	27 875.00	65.00	19.13	17.88	1360.12	0.84	24.40
GS026	SI WAN 14.;:IRGC 63019 - 1	115.00	28 750.00	68.00	26.38	23.11	751.95	0.68	24.08
GS006	NAN TE HAO.;:IRGC 59797 - 1	113.00	28 250.00	66.50	31.88	17.28	1045.38	0.84	21.68
GS145	BLUE BELLE	115.00	28 750.00	68.00	11.63	20.36	756.19	0.66	26.64
GS084	柳沙 1 号	107.00	26 750.00	62.00	26.13	18.49	1106.88	0.80	23.48
GS144	RIKUTO KEMOCHI	115.00	28 750.00	68.00	14.38	16.97	1409.38	0.64	16.08
GS041	5216B	113.00	28 250.00	66.50	12.01	19.74	537.19	0.79	25.52
GS183	临果	107.25	26 812.50	65.50	10.93	28.86	603.47	0.60	25.43
GS009	丽江新团黑谷	114.50	28 625.00	67.50	22.25	21.35	704.78	0.70	21.54



综合得分排名后 10 位的种质资源都在此类群中,此类群具有株高较高、生育期适中,单位面积产量、结实率、有效穗数和实粒数低的特点(表 7)。

表7 3类水稻种质资源差异性分析

类群	头季		再生季							
	生育期 (d)	单位面积产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	生育期 (d)	株高 (cm)	有效穗数	穗长 (cm)	实粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒质量 (g)	单位面积产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
I	107.67	9 048.95	63.89	82.99	20.81	18.06	774.15	72.00	21.97	4 359.24
II	105.91	7 778.90	62.81	79.40	16.48	16.90	472.35	67.08	22.30	2 621.91
III	105.77	6 998.98	63.55	82.44	13.30	15.80	217.21	47.21	21.56	1 208.42

### 3.1 水稻种质资源农艺性状特征

传的多样性,而最基本的研究方法是对种质资源农艺性状进行鉴定<sup>[16-17]</sup>。本研究分析了 234 份再生稻种质的 10 个农艺性状的变异系数和相关性,结果表明,10 个农艺性状在 2 年中的变异系数分别为

5.84% ~ 62.03% 和 6.80% ~ 54.31%, 234 份水稻种质资源农艺性状间存在着丰富的多样性, 其中实粒数、头季单位面积产量、单位面积产量和有效穗数的变异系数较高。再生季单位面积产量与头季单位面积产量以及再生季的生育期、有效穗数、穗长、实粒数、结实率、千粒质量均呈极显著正相关。这与林强等的研究结果<sup>[18-19]</sup>相似。因此, 在实际育种中要获得优质的再生稻种质, 关键是通过合理的栽培管理措施来提高实粒数、单位面积产量和有效穗数, 以确保各农艺性状表现优异, 进而获得优质高产的再生稻种质资源。

### 3.2 水稻种质资源农艺性状主成分分析及综合排序

主成分分析可以把研究中大量错综复杂、相互影响的农艺性状归纳为简单明了、数量较少的主因子性状群, 是一种多元分析方法, 可以使育种者在世代育种中只关注其中几个关键主因子进行选择, 大大减少了工作量, 从而提高选择的效率和鉴定的准确性<sup>[20]</sup>。本研究基于 234 份水稻种质资源的 10 个农艺性状数据进行主成分分析, 将其转化为 4 个彼此独立的新指标, 累计贡献率达到 72.34%, 可作为评价再生稻种质资源农艺性状的综合指标。结合隶属函数和权重获得了综合得分, 综合得分越高, 各水稻种质综合性状越好, 结果表明, GS124、GS047、GS006、GS026、GS145、GS084、GS144、GS041、GS183 和 GS009 种质资源综合表现优异; 综合排名最后的 10 份种质资源 GS226、GS164、GS165、GS078、GS185、GS228、GS077、GS231、GS083 和 GS234 综合表现差, 不宜在该地区利用。

### 3.3 水稻种质资源的聚类分析

聚类分析既可以对类群品系的亲疏远近进行了解, 又可以分辨类群之间的相互关系<sup>[21]</sup>, 是现阶段研究种质资源的常规化手段<sup>[22]</sup>。本研究中, 聚类分析将 234 份水稻种质资源按照农艺性状分为 3 类: 第Ⅰ类群有效穗数多, 分蘖能力强, 头季单位面积产量和再生季实粒数、单位面积产量等均值水平最高, 属于 3 组内比较优质的品种; 第Ⅱ类群各农艺性状表现中等; 第Ⅲ类群的头季单株产量以及再生季的株高、有效穗数、穗长、实粒数、结实率和单位面积产量均值水平为 3 组最低。因此, 第Ⅰ类群更适宜在江汉平原再生稻育种实践中加以利用。

## 4 结论

相关分析表明, 234 份水稻种质资源 10 个农艺

性状间相互影响且存在丰富多样性; 主成分分析结果将 10 个农艺性状转化为累计贡献率达 72.34% 的 4 个主成分, 分别为产量构成因子、生育期因子、株高因子和粒重因子; 通过主因子得分和综合评价筛选出综合性状好、适于作再生稻栽培的 10 份种质资源, 分别为金南特 43B、SR 113:: GERVEX 553 - C1、SI WAN 14:: IRGC 63019 - 1、NAN TE HAO:: IRGC 59797 - 1、BLUE BELLE、柳沙 1 号、RIKUTO KEMOCHI、5216B、临果和丽江新团黑谷。聚类分析表明, 234 份水稻种质资源可聚类为 3 大类, 第Ⅰ类有 52 份材料, 其中综合排名前 10 位的 8 名种质资源在此类群中, 更适合在江汉平原利用。但考虑到环境、播种时间等条件对试验的影响, 今后还需对第Ⅰ类群材料在江汉平原进行多年多点不同播种期的综合评价筛选, 同时对抗病虫性、抗逆性、稻米品质等性状进行评价和鉴定, 进一步筛选适宜江汉平原种植的抗性强、品质好的优质高产再生稻种质资源。

### 参考文献:

- [1] 易镇邪, 屠乃美. 再生稻研究的现状与展望[J]. 作物研究, 2002, 16(增刊 1): 230 - 234.
- [2] 段秀建, 张巫军, 姚 雄, 等. 杂交中稻机收蓄留再生稻高产高效栽培技术[J]. 杂交水稻, 2019, 34(1): 44 - 46.
- [3] 朱校奇, 邓启云, 陈春光, 等. 再生稻及超级杂交稻再生利用研究进展[J]. 杂交水稻, 2007, 22(3): 6 - 9.
- [4] Zhou X G. Rice main - crop cutting height affects severity of narrow brown leaf spot in the ratoon crop [J]. Phytopathology, 2014, 12(11): 138 - 148.
- [5] 熊 洪, 冉茂林, 徐富贤, 洪 松. 南方稻区再生稻研究进展及发展[J]. 作物学报, 2000, 26(3): 297 - 304.
- [6] Chen Q, He A B, Wang W Q, et al. Comparisons of regeneration rate and yields performance between inbred and hybrid rice cultivars in a direct seeding rice - ratoon rice system in central China [J]. Field Crops Research, 2018, 223: 164 - 170.
- [7] 彭少兵. 对转型时期水稻生产的战略思考[J]. 中国科学(生命科学), 2014, 44(8): 845 - 850.
- [8] 熊 洪, 冉茂林, 徐富贤, 洪 松. 南方稻区再生稻研究进展及发展[J]. 作物学报, 2000, 26(3): 297 - 304.
- [9] 刘 环, 杜 斌, 刘章勇, 等. 江汉平原“一种两收”优良水稻品种筛选[J]. 大麦与谷类科学, 2015(4): 30 - 35.
- [10] 费震江, 董华林, 武晓智, 等. 湖北省再生稻发展的现状及潜力[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(24): 5977 - 5978, 6002.
- [11] 唐文帮, 陈立云, 肖应辉, 刘建丰. 再生稻某些性状与产量及产量构成因子的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(1): 1 - 3.
- [12] 蒋 龙, 汪雨萍, 刘海平, 等. 赣南地区杂交水稻组合再生稻筛选及产量构成因素分析[J]. 江西农业学报, 2020, 32(12): 16 - 20.

王自力,张北举,李魁印,等. 高粱种质资源表型性状多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):115-121.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.018

# 高粱种质资源表型性状多样性分析及综合评价

王自力<sup>1</sup>, 张北举<sup>1</sup>, 李魁印<sup>1</sup>, 陈松树<sup>1</sup>, 徐如宏<sup>1</sup>, 李鲁华<sup>1</sup>, 吴传喜<sup>2</sup>, 任明见<sup>1</sup>

(1. 贵州大学农学院/国家小麦改良中心贵州分中心, 贵州贵阳 550025; 2. 桐梓县高粱农业发展有限公司, 贵州遵义 563200)

**摘要:**采用遗传多样性分析、聚类分析、主成分分析以及构建综合评价指标对 152 份不同来源高粱种质资源的 13 个表型性状进行研究。结果表明,供试高粱材料拥有丰富的遗传变异性。变异系数为 7.01%~32.20%,其中直链淀粉含量的变异系数最大,为 32.20%;其次是株高、单宁含量,分别为 31.55%、28.81%。遗传多样性指数为 0.719~2.082,其中单宁、脂肪含量的多样性指数较大,分别为 2.082、2.078;粒形、着壳率的多样性指数较小,分别为 0.719、0.725。供试材料中株高的变异幅度较大,从中初步筛选出 7 份特矮秆和 24 份矮秆资源,可为矮化育种提供亲本材料。当欧氏距离为 7 时,可将 152 份高粱资源划分为 3 个亚类,分别包含 91、55、6 份资源。主成分分析提取的前 6 个主成分因子能够反映 152 份高粱种质资源 78.579% 的多样性信息。通过模糊隶属函数将 6 个主成分的得分进行归一化处理后,基于 6 个主成分的贡献率权重构建综合评价指标:  $F = 0.444F_1 + 0.158F_2 + 0.124F_3 + 0.100F_4 + 0.092F_5 + 0.081F_6$ ,筛选出 10 份综合性状较优的高粱种质资源。本研究结果可为高粱种质创新和新品种选育提供参考依据。

**关键词:**高粱;种质资源;遗传多样性;聚类分析;主成分分析;综合评价

**中图分类号:**S514.024 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)18-0115-07

高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 属于禾本科高粱属,是仅次于小麦、水稻、玉米和大麦的世界第五大谷物<sup>[1]</sup>。具有抗旱涝、耐盐碱、耐贫瘠等多重抗逆性和适应性,在农业生产中拥有巨大的发展

空间和产业优势<sup>[2-3]</sup>。高粱主要分布在世界五大洲 48 个国家的热带干旱和半干旱地区,温带和寒温带也有种植,蕴藏着丰富的种质资源。在我国高粱是酱香酒酿制的主要原材料,并且还用于生产饲料、纤维、生物燃料等,无论是在粮食安全还是在新能源安全上都具有极其重要的战略意义<sup>[4]</sup>。种质资源是作物育种的基础,而进行遗传多样性研究及综合评价对于了解物种遗传背景和评估综合表现具有推动作用,也能为种质筛选和优异性状基因挖掘提供便利。近年来,随着分子生物学的快速发展与应用,科研工作者对于遗传多样性的研究也逐渐进入分子层面<sup>[5-8]</sup>。但表型性状鉴定是认识作物种质资源和培育新品种的基石,具有直接、简便等优

收稿日期:2022-05-13

基金项目:贵州省特色杂粮现代农业产业技术体系建设专项(编号:黔财农[2019]15号);贵州省十大工业(优质烟酒)产业振兴专项资金(编号:黔财工[2020]198号);贵州省基层农技推广补助项目(编号:黔财农[2020]294号)。

作者简介:王自力(1999—),男,安徽宿州人,硕士研究生,研究方向为作物遗传育种。E-mail:473448646@qq.com。

通信作者:任明见,博士,教授,研究方向为高粱、小麦等作物遗传育种。E-mail:rmj72@163.com。

[13] 林强,王颖姮,林祁,等. 轻简栽培再生稻的产量形成及关键筛选指标[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,48(10):38-47.

[14] Li J Y, Wang J, Zeigler R S. The 3,000 rice genomes project: new opportunities and challenges for future rice research [J]. GigaScience, 2014, 3(1): 8.

[15] 田蕾,陈亚萍,刘俊,等. 粳稻种质资源芽期耐盐性综合评价与筛选[J]. 中国水稻科学,2017,31(6):631-642.

[16] Glaszmann J, Kilian B, Upadhyaya H, et al. Accessing genetic diversity for crop improvement [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2010, 13(2): 167-173.

[17] 孙亚东,梁燕,吴江敏,等. 番茄种质资源的遗传多样性和聚

类分析[J]. 西北农业学报,2009,18(5):297-301.

[18] 林强,郑长林,林祁,等. 再生稻茎比与产量及其构成因素的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(6):65-74,84.

[19] 肖人鹏,刘强明,张现伟,等. 适宜重庆地区直播中稻蓄留再生稻品种筛选及其丰产性分析[J]. 南方农业学报,2021,52(1):104-114.

[20] 赵经荣,陈宛妹,李增禄,李星华. 大豆主要农艺性状的因子分析[J]. 大豆科学,1991,10(1):24-30.

[21] 张彩英,常文锁,谢令琴,等. 小麦高代新品系鉴定的聚类分析[J]. 植物遗传资源科学,2001,2(4):29-33.

[22] 赵璐,杨治伟,邵丽群,等. 宁夏和新疆水稻种质资源表型遗传多样性分析及综合评价[J]. 作物杂志,2018(1):25-34.