

网络出版日期:2016-12-29

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20161229.1005.020.html

宁夏水稻地方品种与自育品种表型性状遗传多样性分析

马斯霜,李振姣,赵璐,张倩南,李金吉,田蕾,杨淑琴,李培富

(宁夏大学 农学院,银川 750021)

摘要 为了解宁夏水稻地方品种与自育品种的遗传多样性水平,采用模糊数学的方法,对145份宁夏水稻地方品种与自育品种的表型性状进行遗传变异性和多样性研究。结果表明:20个数量性状中有19个性状的遗传变异达到极显著水平,变异系数为1.13%~28.74%。株高、每穗总粒数,每穗实粒数、二次枝梗数、单株籽粒总质量的变异幅度较大,方差和标准差值也较大,其离散程度相对较大;4个质量性状的遗传多样性指数变幅为0.55~1.19,平均为0.97;20个数量性状的遗传多样性指数变幅为0.91~2.11,平均为1.62;以方差分析差异极显著的19个性状进行主成分分析,从19个特征根中选取8个较大的特征根及相应的特征向量,包括每穗总粒数、单株籽粒总质量、单株穗数、单株分蘖数、籽粒长宽比、一次枝梗数、株高、结实率为主要因子,累积贡献率为88%。采用UPGMA法对供试材料进行聚类分析,在相似系数为0.75处可将不同种质资源材料划分为5类,其中第Ⅰ类、第Ⅱ类各自只包含1个品种;第Ⅲ类中都为中高秆、穗子较长、着粒密度较高的高产品种;第Ⅳ类为近年育成的一些品种(系),占总数的64%,属于优质常规粳稻,表现为中高秆、散穗、结实率相对较高;第Ⅴ类为地方品种和早期育成品种,地方品种与自育品种有较大的遗传差异。可见,宁夏水稻自育品种的遗传多样性指数明显高于地方品种,地方品种与自育品种间有一定的遗传差异,在育种中可挖掘地方品种中的有利基因。

关键词 水稻;地方品种;自育品种;表型性状;遗传多样性

中图分类号 S511

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2017)02-0216-09

作物种质资源是进行作物遗传育种的物质基础,作物遗传改良和突破性育种成就的取得,主要依赖于种质资源的掌握和利用。水稻是中国第一大粮食作物,同时作为亚洲栽培稻的主要起源中心之一,具有很丰富的水稻种质资源^[1]。地方品种作为中国水稻种质资源的重要部分,其中蕴藏着大量的抗病虫、耐逆境、优质、高产等优良基因^[2-3],具有极为丰富的遗传多样性^[4-5]。近年来,由于生态环境恶化日趋严重,优异的育种材料较少,育种过程中频繁地使用同一种亲本材料,导致自育品种的遗传基础日趋狭窄,遗传背景十分相似,遗传多样性显著降低,已成为品种改良过程中最主要的限制性因素。林世成等^[6]通过研究中国水稻自育品种的系谱发现,以前生产上大面积推广的自育品种其亲本来源可追溯到‘矮仔占’‘南特号’‘农垦58’‘银坊主’等几个品种;齐永文

等^[7]利用36对SSR标记对中国近50年来自育的453份水稻种质资源遗传多样性的变化趋势进行研究,结果表明从20世纪50年代起,中国自育品种的遗传多样性呈现下降趋势,90年代有所上升,在地理位置上,西北自育品种的遗传多样性最小。邓宏中等^[8]利用98对SSR标记对202份中国水稻地方品种和选育品种的遗传多样性进行比较分析,地方品种和选育品种间的遗传多样性差异较为明显,地方品种的等位基因数、Nei's多样性指数、多态信息量、稀有等位基因数和等位基因丰度均明显地高于选育品种,在染色体水平的分析也表明地方品种的遗传多样性高于自育品种。李金梅等^[9]收集来自云南省15个州、市有代表性的601份水稻农家品种为试验材料,在云南西双版纳和海南三亚种植鉴定,调查记载13个农艺性状,并分析2个不同地区收集的群体间表型和多

收稿日期:2016-01-27 修回日期:2016-04-19

基金项目:国家自然科学基金(31360324);宁夏农业育种专项水稻新品种选育项目(2013NYYZ0302)。

第一作者:马斯霜,女,硕士研究生,研究方向为水稻遗传育种。E-mail:masishuang@163.com

通信作者:李培富,男,博士,教授,硕士生导师,主要从事水稻遗传育种研究。E-mail:peifuli@nxu.edu.cn

多样性指数差异,研究结果表明:近 30 年来云南水稻农家品种的表型变异在 2 个地区区间无显著差异,表型性状的多样性指数有增加的趋势。目前大部分研究都只是关于不同地区水稻主栽品种的遗传多样性,而有关地方品种与自育品种之间的对比分析尚且不多^[4-6,10]。

宁夏是西北地区重要的优质大米生产基地。近年来,宁夏水稻育种工作者选育了大量的具有地方特色的优质粳稻种质资源,并对宁夏主栽水稻品种的遗传多样性进行相关分析,明确其遗传多样性,为提高水稻育种效率,减少亲本选配时的盲目性及水稻新品种选育提供理论指导。本试验选用宁夏水稻地方品种和各个育种单位近年来新育成的一些品种共计 145 份资源材料,根据表型性状研究其遗传多样性,以供今后宁夏水稻品种选育、品质改良及产量提高提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料共计 145 份,其中宁夏地方品种 13 份,自育品种 132 份,材料编号及名称见表 1。

1.2 试验方法

将收集的水稻种质资源材料种植在宁夏大学水稻育种实验基地,每个材料栽 3 行,每行 10 株,单株移栽,行长 1.0 m,行距 0.3 m,株距 0.1 m,3 次重复,顺序排列,田间管理与大田相同。详细观察记载各类水稻种质资源的生长特性、生育时期和形态性状,按照《稻种资源形态农艺性状鉴定方法》与文献中的鉴定标准,主要考察叶鞘色、叶片色、叶片茸毛、叶舌形状、叶枕色、叶片曲度、柱头色、抗倒性、茎节包露、茎节色、节间色、穗类型、穗粒形状、护颖色、颖壳色、颖壳茸毛、颖尖色、芒色、芒分布、落粒性、叶片衰老、谷粒形状、种皮色 23 个质量性状和单株穗数、植株高度、剑叶长度、剑叶宽度、倒二叶长度、倒二叶宽、穗长度、一次枝梗数、二次枝梗数、每穗总粒数、每穗实粒数、谷粒长度、谷粒宽度、着粒密度、千粒质量、结实率、单穗粒质量等 20 个数量性状。

1.2.1 田间观测记录 对不同生育时期需要考察的质量性状进行观察记录,剑叶长度、剑叶宽度、倒二叶长度、倒二叶宽数量性状也进行测量;并记载孕穗期、抽穗期、齐穗期,考察不同种质资源的生育期长短。

1.2.2 农艺性状考察 每份种质资源材料在成熟期随机取样 3 株,调查株高、穗长、单株穗数、一次枝梗数、二次枝梗数、每穗总粒数、每穗实粒数、谷粒长度、谷粒宽度、着粒密度、千粒质量、结实率、单穗粒质量等 20 个数量性状。

1.3 数据处理

质量性状:在 23 个质量性状中选取资源间存在较大差异的 4 个质量性状,分析颖壳色、颖壳茸毛、颖尖色和谷粒形状 4 项指标的频率分布和多样性指数。

数量性状:分析株高、穗长、每穗总粒数、每穗实粒数、着粒密度、谷粒长、谷粒宽、长宽比、千粒质量、单穗粒质量等 20 个数量性状的平均值、标准差、极大值、极小值、变异系数和遗传多样性指数、特征值、贡献率。

将 145 份资源材料的各农艺性状数据为基础数据,利用 SAS 9.3.1 软件计算均值、方差等基本参数。对数量性状进行标准化处理,进行 10 级分类,1 级 $< x - 2\sigma$, 10 级 $\geq x + 2\sigma$, 中间每级间差 0.5σ , σ 为标准差,再将数据转化为 $[0, 1]$ 矩阵,用 POPgene 32 统计软件求遗传多样性指数,计算公式为:遗传多样性指数 $I = -\sum P_i \ln P_i$, 式中 P_i 为某性状第 i 级别内材料个数占总份数的百分比^[11]。利用 SAS 9.3.1 软件计算均值,经过标准化处理之后,用 SAS 9.3.1 按非加权配对算数平均法(Un mass ed pair group method using arithmetic average, UPGMA)进行聚类分析,绘制树状图。

2 结果与分析

2.1 数量性状的变异性分析

对 145 份宁夏水稻种质资源的株高、穗长、千粒质量、每穗实粒数等 20 项指标统计分析结果表明(表 2),除一次枝梗外,其他每份材料农艺性状的遗传差异都达到极显著水平,说明这 145 份宁夏水稻种质资源之间都存在极大的遗传差异。株高、每穗总粒数,每穗实粒数、二次枝梗、单株籽粒总质量的变异幅度较大,方差和标准差也较高,离散程度相对较大。二次枝梗、单穗粒总质量的变异系数达到 20% 以上,单株籽粒总质量的遗传变异系数达到最大,为 28.74%,一次枝梗的变异系数最小,为 1.13%,其他性状的变异系数为 4%~20%。

表1 宁夏水稻地方品种与自育品种名称及编号
Table 1 The ID and name of the 145 accesses in Ningxia

编号 ID	品种名 Variety name						
15001	宁粳3号 Ningjing 3	15038	宁香稻3号 Ningxiangdao 3	15037	宁香稻2号 Ningxiangdao 2	15074	2009XZ-588
15002	宁粳7号 Ningjing 7	15039	宁糯5号 Ningxiangdao 5	15075	2007XZ-181	15111	节15 Jie 15
15003	宁粳9号 Ningjing 9	15040	宁香优1号 Ningxiangyou 1	15076	2013-1	15112	京宁10号 Jingning 10
15004	宁粳12号 Ningjing 12	15041	花育2号 Huayu 2	15077	2013-409	15113	花127 Hua 127
15005	宁粳14号 Ningjing 14	15042	花94 Hua 94	15078	2013-731	15114	节18 Jie 18
15006	宁粳15号 Ningjing 15	15043	花119 Hua 119	15079	2012-151	15115	宁大15145 Ningda 15145
15007	宁粳16号 Ningjing 16	15044	花92 Hua 92	15080	2012-162	15116	宁大14604 Ningda 14604
15008	宁粳18号 Ningjing 18	15045	花98 Hua 98	15081	2011-173	15117	宁大15147 Ningda 15147
15009	宁粳19号 Ningjing 19	15046	花117 Hua 117	15082	2012-336	15118	宁大13459 Ningda 13459
15010	宁粳23号 Ningjing 23	15047	花118 Hua 118	15083	2013-1104	15119	宁大黑粳1号 Ningdaheijing 1
15011	宁粳24号 Ningjing 24	15048	节11 Jie 11	15084	2013-1120	15120	宁大4号 Ningda 4
15012	宁粳25号 Ningjing 25	15049	节12 Jie 12	15085	2013-1134	15121	宁大3号 Ningda 3
15013	宁粳26号 Ningjing 26	15050	节9 Jie 9	15086	SD-3	15122	宁大15152 Ningda 15152
15014	宁粳27号 Ningjing 27	15051	鉴17 Jian 17	15087	SD-4	15123	宁大15153 Ningda 15153
15015	宁粳28号 Ningjing 28	15052	鉴1310 Jian 1310	15088	XM-307	15124	宁大15154 Ningda 15154
15016	宁粳29号 Ningjing 29	15053	鉴1320 Jian 1320	15089	SD-1	15125	宁大12596 Ningda 12596
15017	宁粳31号 Ningjing 31	15054	鉴11 Jian 11	15090	SD-2	15126	宁大2号 Ningda 2
15018	宁粳32号 Ningjing 32	15055	鉴61 Jian 61	15091	04-17	15127	宁大13458 Ningda 13458
15019	宁粳33号 Ningjing 33	15056	鉴24 Jian 24	15092	优引3号 Youyin 3	15128	宁大15158 Ningda 15158
15020	宁粳34号 Ningjing 34	15057	鉴1342 Jian 1342	15093	13-1072	15129	宁大15159 Ningda 15159
15021	宁粳35号 Ningjing 35	15058	鉴1346 Jian 1346	15094	13-1	15130	宁大15160 Ningda 15160
15022	宁粳36号 Ningjing 36	15059	鉴1360 Jian 1360	15095	13-1044	15131	农科843 Nongke 843
15023	宁粳37号 Ningjing 37	15060	京宁2号 Jingning 2	15096	13-1099	15132	黑香米 Heixiangmi
15024	宁粳38号 Ningjing 38	15061	京宁3号 Jingning 3	15097	2011xw-200	15133	毛毛糯 Maomaonuo
15025	宁粳39号 Ningjing 39	15062	京宁6号 Jingning 6	15098	节17 Jie 17	15134	黑兰稻 Heilandao
15026	宁粳40号 Ningjing 40	15063	京宁7号 Jingning 7	15099	2012QX-18	15135	小糯稻 Xiaonuodao
15027	宁粳41号 Ningjing 41	15064	宁资218 Ningzi 218	15100	花123 Hua 123	15136	杨和白皮稻 Yanghebaipidao
18028	宁粳42号 Ningjing 42	15065	宁资460 Ningzi 460	15101	宁资629 Ningzi 629	15137	大白芒稻 Dabaimangdao
15029	宁粳43号 Ningjing 43	15066	宁大143 Ningda 143	15102	花124 Hua 124	15138	叶盛白皮大稻 Yeshengbaipidadao
15030	宁粳44号① Ningjing 44①	15067	宁大62 Ningda 62	15103	08X1271	15139	小红板稻 Xiaohongbandao
15031	宁粳44号② Ningjing 44②	15068	11NX-2417	15104	2013LJ-17	15140	小瓠板稻 Xiaohubandao
15032	宁粳45号 Ningjing 45	15069	11NX-23224	15105	2012x-8	15141	有芒小瓠板稻 Youmangxiaohubandao
15033	宁粳46号 Ningjing 46	15070	2004JJ-58	15106	2013LJ-10	15142	小白板稻 Xiaobaibandao
15034	宁粳47号 Ningjing 47	15071	2004J-33	15107	京宁4号 Jingning 4	15143	有芒大瓠板稻 Youmangdahubandao
15035	宁稻216 Ningdao 216	15072	2003Y-266	15108	13-59	15144	大瓠板稻 Dahubandao
15036	宁香稻1号 Ningxiangdao 1	15073	2012-784	15109	宁资69 Ningzi 69	15145	白皮小稻 Baipixiaodao

注:15001~15132 是自育品种,15133~15145 是地方品种。

Note:15001—15132 were self-bred varieties, 15133—15145 were landraces.

2.2 表型性状的遗传多样性分析

2.2.1 质量性状 宁夏水稻地方品种与自育品种4个质量性状的遗传多样性分析结果(表3)表明,在145份水稻种质资源中,颖壳色主要以褐斑秆黄和秆黄为主,频数为0.50和0.24,并且颖壳

色的遗传多样性指数最高,多样性指数为1.19,说明颖壳色遗传差异最大,遗传基础最广;颖壳茸毛主要以密为主,频数为0.45;颖尖色主要以秆黄为主,频数为0.88;谷粒形状主要以阔卵和椭圆为主,频数为0.40和0.55。

表2 宁夏水稻地方品种与自育品种数量性状的遗传变异

Table 2 Genetic variation analysis of quantitative traits in landraces and self-bred varieties of rice in Ningxia

性状 Trait	变异幅度 Range	平均数 Average	方差 Variance	标准差 Standard deviation	变异系数/% Coefficient of variation	F值 F-value
株高/cm Plant height	74.01~109.46	89.10	20.88	4.57	5.13	40.38**
穗长/cm Spike length	15.54~23.07	18.84	1.59	1.26	6.68	5.39**
每穗总粒数 Grain number per panicle	56.08~247.11	139.19	710.76	26.66	13.15	5.76**
每穗实粒数 Filled grain number per panicle	5.80~216.61	110.50	372.88	19.31	17.43	8.30**
结实率 Seed setting rate	0.05~0.96	0.79	0.000 46	0.068	8.61	9.28**
着粒密度/cm ⁻¹ Grain density	2.96~13.18	7.41	1.081 6	1.04	14.03	8.10**
一次枝梗 First panicle branch	6.24~16.71	13.84	1.37	1.17	1.13	1.00
二次枝梗 Secondary panicle branch	8.97~45.17	24.02	23.04	4.80	20.03	7.80**
谷粒长/mm Grain length	6.41~8.90	7.37	0.025 6	0.16	2.16	31.50**
谷粒宽/mm Grain width	2.68~4.14	3.48	0.036 1	0.19	3.02	9.32**
谷粒长宽比 Ratio of grain length to width	1.87~3.34	2.31	0.008 1	0.09	3.98	18.94**
剑叶长/cm Flag leaf length	17.07~41.43	28.09	15.21	3.90	13.90	3.32**
剑叶宽/cm Flag leaf width	1.13~2.13	1.61	0.008 1	0.09	5.72	8.78**
倒二叶长 Length of the second leaf above	26.17~52.30	39.65	18.92	4.35	10.97	3.81**
倒二叶宽/cm Width of the second leaf above	0.90~1.80	1.36	0.006 4	0.08	6.46	7.61**
单株穗数 Panicles per plant	3.5~16.67	8.65	5.38	2.32	6.76	3.46**
单株分蘖数 Tillering number per plant	2.5~15.67	7.65	6.92	2.63	4.65	2.20**
单株籽粒总质量/g Total grain mass per plant	1.97~42.34	21.87	29.56	6.29	28.74	3.10**
单穗粒质量/g Grain mass per spike	0.13~4.71	2.70	0.25	0.50	18.66	7.16**
千粒质量/g 1 000-grain mass	19.21~29.58	24.42	1.64	1.28	5.25	9.15**

注:“**”表示差异达到1%极显著水平;“*”表示差异达到5%显著水平。

Note:“**”means differences reached 1% very significant level;“*” means differences reached 5% significant level.

表3 不同水稻种质资源质量性状的遗传多样性频率分布

Table 3 The genetic diversity index and frequency of four quality traits

性状 Trait	多样性指数 Genetic diversity	频率分布 Frequency			
		1	2	3	4
颖壳色 Glume color	1.19	0.50	0.18	0.24	0.08
颖壳茸毛 Glume pubescence	1.06	0.27	0.28	0.45	
颖尖色 Glume-tip color	0.55	0.88	0.03	0.17	
谷粒形状 Grain shape	1.07	0.02	0.40	0.55	0.03

注:颖壳色:1 褐斑秆黄,2 赤褐斑秆黄,3 秆黄,4 橙黄;颖壳茸毛:1 稀,2 中,3 密;颖尖色:1 秆黄,2 红棕,3 紫黑;谷粒形状:1 短圆,2 阔卵,3 椭圆,4 细长。

Note:Glume color includes:1 liver spot rod yellow, 2 red liver spot rod yellow, 3 rod yellow, 4 orange; glume pubescence:1 scarcity, 2 medium, 3 dense; glume-tip color:1 rod yellow, 2 red brown, 3 black glutinous; grain shape:1 short round, 2 broad ovate, 3 ellipse, 4 slender.

2.2.2 数量性状 计算 145 份宁夏水稻地方品种与自育品种的 20 个数量性状的遗传多样性指数(*I*)(图 1)。由图 1 可知,20 个数量性状的遗传多样性指数变幅为 0.91~2.11,平均为 1.616 5。其中穗长、单株穗数、千粒质量的遗传多样性指数

在 2.0 以上,一次枝梗的遗传多样性指数小于 1,其余大部分性状的遗传多样性指数为 1.5~2.0。整体来看,除一次枝梗外,宁夏水稻地方品种与自育品种的数量性状遗传多样性指数较高,说明水稻资源间遗传差异不大。

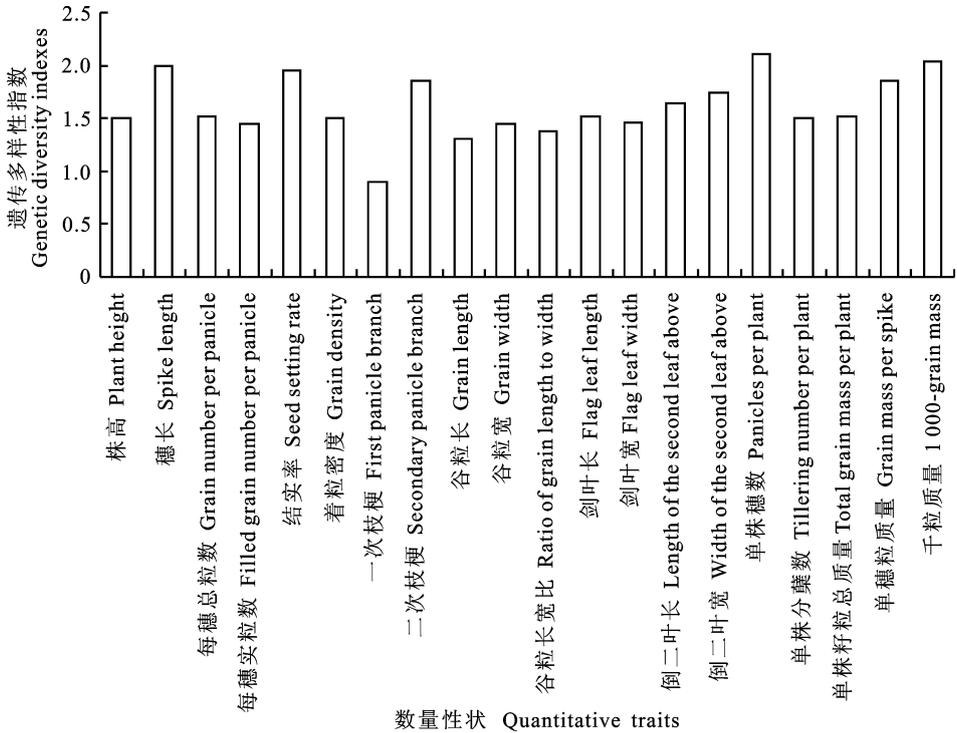


图 1 宁夏水稻种质资源数量性状遗传多样性指数

Fig. 1 Genetic diversity index of quantitative traits of rice varieties in Ningxia

2.2.3 地方品种与自育品种间的遗传多样性分析 分别计算出 13 份宁夏水稻地方品种与 132 份自育品种的遗传多样性指数(图 2)。比较发现,宁夏水稻地方品种的 20 个数量性状的遗传多样性指数变幅为 0.24~1.99,平均 1.34,变幅较大;自育品种的遗传多样性指数变幅为 1.20~2.02,平均 1.83,变幅较小。总体来看,宁夏水稻自育品种的遗传多样性指数明显高于地方品种,说明自育品种比地方品种有较高的遗传变异。地方品种与自育品种一次枝梗数的遗传多样性指数最低,除单株穗数、单株分蘖数和谷粒宽外,自育品种其他性状的遗传多样性指数均高于地方品种。表明宁夏水稻地方品种与自育品种间有一定的差异,而自育品种间的变异幅度更小,在育种中可挖掘地方品种中的有利基因。

2.3 性状的主成分分析

由于主成分分析的各主成分之间是一个独立的系统,各主成分之间不存在相关性,并且数值直

观容易分析,常被应用于种质资源的研究。对方差分析差异达极显著水平的 19 个性状数值进行主成分分析,从 19 个特征根中选取 8 个较大的特征根及相应的特征向量,累积贡献率达到 88%。入选的 8 个因子的特征根,累计百分率和特征向量列于表 4。

从表 4 的结果可以看出,第 1 主成分中每穗总粒数和二次枝梗的特征向量值最大,这 2 个指标对第 1 主成分产生正向影响。单株穗数和单株分蘖数的特征向量值为负值且绝对值较大。说明第 1 主成分大时,穗粒数多,穗型大,着粒密度较大,单穗籽粒质量,株高较高,穗数较少,即高秆、长穗、分蘖少的品种。

第 2 主成分中单株籽粒总质量的特征向量值最大,其次是单株穗数和单株分蘖数,而谷粒长、倒二叶长、穗长具有较高的负值,株高、穗长的特征向量值也为负值。说明第 2 主成分大时,单株穗数多,穗型小,株高较低,即矮秆、小穗、分蘖较

多、粒形为椭圆形的品种。

第 3 主成分中,单株籽粒总质量的特征向量值最大,剑叶长、倒二叶长的特征向量值次之,着粒密度特征向量值为负且绝对值相对较大有负影响,反映第 3 主成分大时,则籽粒总质量提高,着粒密度降低,即穗数多、着粒稀疏、结实率高、剑叶较长的品种。

第 4 主成分中,谷粒长宽比的特征向量值最高,单株穗数和单株分蘖的特征向量值次之,株高的也相对较高,千粒质量、谷粒宽、结实率、单穗粒质量有相对较高的负值。说明第 4 主成分大时,株高较高,植株分蘖数多,粒形较长、千粒质量较低品种。

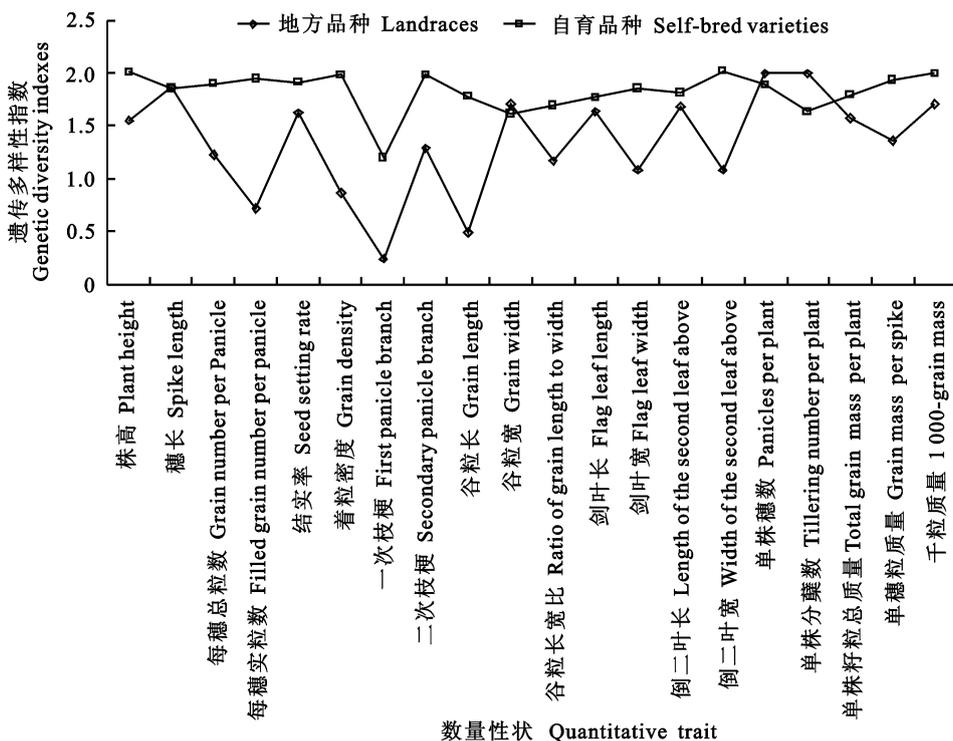


图 2 宁夏水稻地方品种与自育品种间的遗传多样性

Fig. 2 The genetic diversity index of rice landraces and developed varieties in Ningxia

第 5 主成分中,谷粒长宽比的特征向量值相对较高,结实率次之,剑叶长、倒二叶长的特征向量值全为负值,反映第 5 成分大时,谷粒长宽比增大,结实率提高、谷粒变长,剑叶、倒二叶长度变短。

第 6 主成分中,一次枝梗的特征向量值最高,剑叶宽次之,剑叶长和倒二叶长的特征向量值也都为负,株高、穗长有较高的负值,与产量相关的性状都为负值,说明第 6 主成分大时,一次枝梗数增多、剑叶和倒二叶增宽、穗型短短,株高较矮,产量会降低。

第 7 主成分中,一次枝梗的特征向量值达到最大,其次是株高。结实率、剑叶长宽、倒二叶长宽都为负值。反映第 7 主成分大时,一次枝梗数增多和株高增长,结实率降低、剑叶和倒二叶即短又窄。

第 8 主成分中,谷粒长宽比的特征向量值最大,结实率次之,剑叶长、倒二叶长、株高、穗长、一次枝梗数都有较高的负值。说明随着第 8 主成分大时,谷粒长宽比增加、结实率、千粒质量增大,株高变矮、穗长、剑叶、倒二叶变短,即为矮秆、短穗、株型较小的长粒品种。

虽然每个因子的特征值及每个性状在每个因子中的特征向量值不同,但总的来看,每个因子特征向量值的大小顺序一致,每个因子中主要指标也基本一致。其中有些性状的特征值都出现较大的负值,表明只有各指标达到很好的协调,才能获得较高的产量。分析各因子中主要指标的比重,最终选取每穗总粒数、单株籽粒总质量、单株穗数、单株分蘖数、谷粒长宽比、一次枝梗、株高、结实率作为主要因子,来自于这 8 个性状的累积贡献率可达 88%。

表 4 入选的特征和特征向量

Table 4 Selected characteristics and corresponding eigenvectors

项目 Item	主成分 1 Prin 1	主成分 2 Prin 2	主成分 3 Prin 3	主成分 4 Prin 4	主成分 5 Prin 5	主成分 6 Prin 6	主成分 7 Prin 7	主成分 8 Prin 8	
特征值 Eigenvalue	6.5	2.84	2.04	1.87	1.43	1.10	0.98	0.91	
累计贡献率 Cumulative rate	0.32	0.47	0.57	0.66	0.73	0.79	0.84	0.88	
特征向量 Characteristic root	0.20	-0.14	0.15	0.27	-0.09	-0.27	0.35	-0.14	株高 Plant height
	0.21	-0.28	0.16	0.14	0.15	-0.25	0.06	-0.01	穗长 Spike length
	0.36	0.06	-0.08	0.11	0.018	-0.14	0.11	0.14	每穗总粒数 Grain number per panicle
	0.34	0.16	0.05	-0.07	0.19	-0.12	-0.02	-0.09	每穗实粒数 Filled grain number per panicle
	0.04	0.26	0.26	-0.32	0.39	0.06	-0.25	0.36	结实率 Seed setting rate
	0.34	0.17	-0.19	0.06	-0.03	-0.07	0.10	0.13	着粒密度 Grain density
	0.037	0.058	-0.06	-0.04	-0.004	0.51	0.73	-0.39	一次枝梗 First panicle branch
	0.36	0.011	-0.09	0.12	0.02	-0.12	0.09	0.13	二次枝梗 Secondary panicle branch
	-0.1	-0.36	0.17	-0.02	0.34	0.18	0.10	0.22	谷粒长 Grain length
	-0.07	-0.05	0.15	-0.41	-0.39	-0.28	0.24	0.27	谷粒宽 Grain width
	0.05	-0.17	0.11	0.29	0.42	0.3	0.02	0.43	谷粒长宽比 Ratio of grain length to width
	0.16	-0.29	0.34	0.11	-0.22	-0.07	-0.20	-0.25	剑叶长 Flag leaf length
	0.27	0.09	0.08	-0.02	-0.28	0.41	-0.18	0.18	剑叶宽 Flag leaf width
	0.15	-0.32	0.35	0.11	-0.25	-0.12	-0.16	-0.25	倒二叶长 Length of the second leaf above
	0.26	0.16	-0.01	-0.06	-0.28	0.37	-0.14	0.24	倒二叶宽 Width of the second leaf above
	-0.22	0.30	0.32	0.28	-0.08	-0.05	0.10	0.11	单株穗数 Panicles per plant
	-0.23	0.30	0.31	0.28	-0.07	-0.05	0.10	0.11	单株分蘖 Tillering number per plant
	0.08	0.38	0.46	0.02	0.07	-0.02	0.06	0.06	单株籽粒总质量 Total grain mass per plant
	0.32	0.08	0.13	-0.27	0.2	-0.09	0.04	-0.04	单穗粒质量 Grain mass per plant
	-0.014	-0.21	0.27	-0.50	0.02	0.03	0.21	0.29	千粒质量 1 000-grain mass

2.4 品种的聚类分析

对原始数据进行标准化处理后,利用 SAS 9.3.1 统计软件对 20 个表型性状标准化数据按非加权配对算数平均法,对 145 份宁夏水稻地方品种与自育品种进行聚类,构建不同种质资源材料的聚类图,分析宁夏水稻地方品种与自育品种间的遗传多样性。按非加权配对算数平均法对供试材料进行聚类分析,得到不同种质资源材料的聚类图。由图 3 可知,145 份宁夏水稻种质资源在相似系数为 0.75 处可将不同资源材料划分为 5 大类,其中第 I 类、第 II 类、各自只包含 1 个品种,分别是‘宁大 15147’和‘宁大 143’,说明其与其他品种遗传距离较远,遗传差异较大,亲缘关系较远;第 III 类中都为高产品种,表现中高秆,长密穗型,着粒密度较高的品种,如‘宁梗 36 号’‘宁梗 40 号’‘花 117’等 29 个品种,‘节 11’的单株籽粒总质量达 31 g 以上,而且单穗粒质量也相对较高,‘鉴 17’的单穗粒质量达到 4 g 以上,大多数品种的单穗粒质量都在 3.3 g 以上。第 IV 类中有 93 份材料,约占整体材料的 64%,这表明大多数宁

夏水稻自育品种的亲缘关系较近,与地方品种及其他自育品种间遗传差距相对较大,独属一类,大都是近年来育成推广的一些品种(系),属于优质常规粳稻,均表现为中高秆,穗型为散穗,结实率相对较高的中间型品种;第 V 类中包括地方品种及早期育成品种,共 21 份,其中地方品种 12 份,早期自育品种 9 份,地方品种大多为高秆、散穗,植株叶片宽大,着粒密度较稀,每穗粒数少,产量较低;‘宁梗 3 号’‘宁梗 7 号’‘宁稻 216’等早期育成品种也被归在这一类,而‘宁稻 216’是用‘宁梗 6 号’与‘州 8023’杂交选育而成。

3 结论与讨论

宁夏属西北典型的单季稻作区,日照时间长且昼夜温差大,灌溉条件相对优越,且病虫害发病率低,因此,被公认为是优质稻米生产的好地方,而且水稻也是宁夏的特色优势作物,其产量高、品质好,作为引黄灌区农民的主要经济来源。1950 年宁夏水稻育种工作正式启动,到 80 年代中期,已彻底改变了以外引品种为主的局面,并且实现

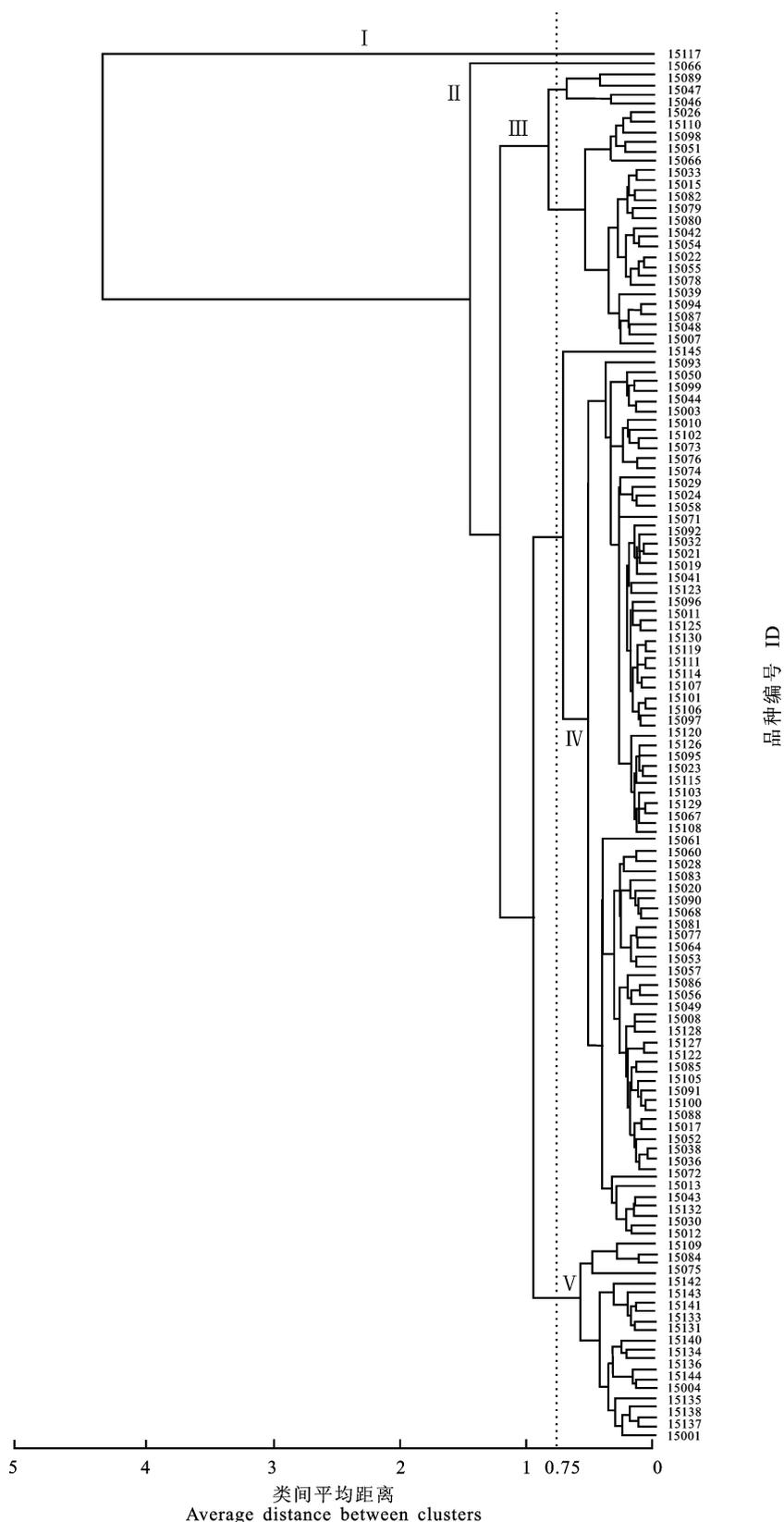


图 3 基于 19 个数量性状的 UPGMA 法聚类图

Fig. 3 Cluster analysis by UPGMA method based on 19 quantitative traits

以自育品种为主要栽培品种。目前,宁夏水稻育种技术主要采取常规的杂交育种、花培育种、分子育种等方法,以常规交育种和分子标记选育技术^[12-14]为主。通过几代育种人的不懈努力,已形成具有宁夏地方特色的不同优质粳稻种质资源。陈小龙等^[15]通过 16 个表型性状对 60 份宁夏粳稻种质资源材料进行遗传多样性分析,结果表明宁夏粳稻种质资源材料间遗传差异较小,遗传背景比较单一,亲缘关系较近。陈小龙等^[16]用 SSR 分子标记对 60 份宁夏粳稻种质资源进行遗传多样性分析,103 对 SSR 引物表现多态性的有 58 对,共扩增出 212 条多态性条带,等位变异范围为 2~9,平均每对引物 3.7 个;大部分宁夏材料被聚在一类中,多态性信息含量较低,遗传多样性较低。马静等^[17]利用 82 对 SSR 引物对自 20 世纪 80 年代以来自育的 59 份宁夏水稻种质资源进行遗传多样性和遗传相似性分析,共检测到 339 个等位基因,品种间等位基因数目 2~19 个,平均 4.13 个,对比宁夏水稻选育品种系谱,大多数品种有较近的亲缘关系。刘炜等^[18]利用 SSR 标记对来自不同生态类型的 72 份粳稻品种的遗传多样性进行分析,结果表明:遗传相似系数变异幅度较低,认为宁夏粳稻品种之间的遗传背景差异较小,而且多数品种具有较近的亲缘关系,遗传基础相对狭窄。甘晓燕等^[19]利用 SSR 分子标记对 89 份宁夏粳稻种质资源的遗传多样性进行研究,其研究结果也同样表明宁夏粳稻种质资源之间的遗传相似性较高,遗传差异较小,遗传背景比较单一。杨玉蓉等^[20]利用 48 对 SSR 引物对 76 份宁夏不同年代水稻品种(系)进行遗传多样性分析表明,大多数宁夏水稻品种的亲缘关系较近,不同年代宁夏水稻遗传多样性有较大差异,在今后的育种过程中应注意加大对国外优质资源的利用,深入挖掘地方品种与杂草稻中的优良基因。本试验通过 24 个表型性状对 145 份宁夏水稻种质资源的遗传多样性进行分析,结果表明:宁夏水稻地方品种与自育品种间的遗传多样性存在较大差异,且自育品种的遗传多样性指数远大于地方品种,但品种间变异幅度较小,地方品种的遗传多样性指数虽然低,但品种间变异幅度较大,且与自育品种差异大,亲缘关系较远,可挖掘地方品种中的有利基因。

研究水稻种质资源遗传多样性的方法较多,可以从表型性状,染色体、DNA 等不同检测水平

进行评估分析。表型性状研究最为简便、经济,尤其当研究材料群体较大时,因此被广泛利用^[21],当在短期内研究材料间的差异性或当其他生化检测方法无法开展时,表型方法是首要选择。表型变异是环境和 DNA 变异互作的结果,当对大量材料进行遗传多样性分析时可以先用表型性状进行初步分析,然后结合分子标记检测进行深层次分析。本研究所选 24 个表型性状中大部分为数量性状,极易受环境及基因显隐性的影响,容易出现较大的偏差。因此,若要更加准确、仔细地了解宁夏地方品种与自育品种的遗传变异状况,仅依赖表型性状分析是不够的,需要更深层次的研究,可对表型结果进行比较和验证。今后将利用 SSR 分子标记进一步检测宁夏地方品种与自育品种的遗传多样性,并与表型性状检测结果加以比较,以期得到更加准确客观的试验结果。

参考文献 Reference:

- [1] 韩龙植,黄清港,盛锦山,等.中国稻种资源农艺性状鉴定、编目和繁种入库概况[J].植物遗传资源学报,2002,3(2):40-45.
HAN L ZH, HUANG Q G, SHENG J SH, *et al.* The general situation of Chinese rice germplasm evaluation of agronomic traits, cataloging, reproduction and storage[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2002, 3(2): 40-45 (in Chinese with English abstract).
- [2] DAI L Y, LIN X H, YE C R, *et al.* Identification of quantitative trait loci controlling cold tolerance at the reproductive stage in Yunnan landrace of rice Kunming xiaobaigu[J]. *Breeding Science*, 2004, 54(3): 253-258.
- [3] 杨志奇,杨春刚,汤翠凤,等.中国粳稻地方品种孕穗期耐冷性评价及聚类分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(4):485-491.
YANG ZH Q, YANG CH G, TANG C F, *et al.* Evaluation of cold tolerance at booting stage and cluster analysis for Japonica rice landraces in China[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2008, 9(4): 485-491 (in Chinese with English abstract).
- [4] 孙建昌,曹桂兰,李亚非,等.水稻地方品种群体内的遗传多样性分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(12):145-158.
SUN J CH, CAO G L, LI Y F, *et al.* Analysis of genetic diversity within populations of rice (*Oryza sativa* L.) landraces[J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2011, 39(12): 145-158 (in Chinese with English abstract).
- [5] ZHANG H L, SUN J L, WANG M X, *et al.* Genetic structure and phylogeography of rice landraces in Yunnan, China revealed by SSR[J]. *Genome*, 2007, 50(1): 72-83.

- [6] 林世成, 闵绍楷. 中国水稻品种及其系谱[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1991: 156-179.
LIN SH CH, MIN SH K. Chinese Rice Varieties and Its Genealogy[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1991: 156-179(in Chinese).
- [7] 齐永文, 张冬玲, 张洪亮, 等. 中国水稻选用品种遗传多样性及其近 50 年变化趋势[J]. 科学通报, 2006, 51(6): 693-699.
QI Y W, ZHANG D L, ZHANG H L, *et al.* The genetic diversity and variation trend of Chinese improved rice varieties in past 50 years[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(6): 693-699(in Chinese with English abstract).
- [8] 邓宏中, 王彩红, 徐群, 等. 中国水稻地方品种与选育品种的遗传多样性比较分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(3): 433-442.
DENG H ZH, WANG C H, XU Q, *et al.* Comparative analysis of genetic diversity in landrace and improved rice varieties in China[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(3): 433-442(in Chinese with English abstract).
- [9] 李金梅, 崔迪, 汤翠凤, 等. 两个时期收集的云南水稻农家品种表型多样性比较[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(2): 238-244.
LI J M, CUI D, TANG C F, *et al.* Comparative phenotypic diversity of rice landraces collected in two periods in Yunnan, China[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(2): 238-244(in Chinese with English abstract).
- [10] 张晓丽, 郭辉, 王海岗, 等. 中国普通野生稻与栽培稻种 SSR 多样性的比较分析[J]. 作物学报, 2008, 34(4): 591-597.
ZHANG X L, GUO H, WANG H G, *et al.* Comparative assessment of SSR allelic diversity in wild and cultivated rice in China[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(4): 591-597(in Chinese with English abstract).
- [11] 王一平. 早稻种质资源遗传多样性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.
WANG Y P. Study on genetic diversity of upland rice resources[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2006(in Chinese with English abstract).
- [12] 殷延勃, 马洪文. 宁夏水稻育种现状和发展与对策[J]. 作物杂志, 2001(4): 39-40.
YING Y B, MA H W. Present situation, development and countermeasures of rice breeding in Ningxia[J]. *Crops*, 2001(4): 39-40(in Chinese).
- [13] 殷延勃, 马洪文. 宁夏水稻遗传育种回顾与展望[J]. 宁夏农林科技, 2008(3): 65-66.
YING Y B, MA H W. Retrospect and prospect of rice genetic breeding in Ningxia[J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2008(3): 65-66(in Chinese).
- [14] 王兴盛. 宁夏水稻[J]. 宁夏农林科技, 2007(1): 19-22.
WANG X SH. Rice of Ningxia[J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2007(1): 19-22 (in Chinese).
- [15] 陈小龙, 马利奋, 李培富, 等. 宁夏粳稻种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 中国农学通报, 2013, 29(33): 43-49.
CHEN X L, MA L F, LI P F, *et al.* Genetic diversity of japonica rice varieties in Ningxia province by using phenotypic character[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(33): 43-49(in Chinese with English abstract).
- [16] 陈小龙, 马利奋, 王鹏, 等. 宁夏 60 份粳稻种质资源遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(2): 226-231.
CHEN X L, MA L F, WANG P, *et al.* Genetic diversity of 60 japonica rice germplasms in Ningxia province[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(2): 226-231(in Chinese with English abstract).
- [17] 马静, 孙建昌, 安平, 等. 基于 SSR 标记的宁夏水稻遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(5): 826-832.
MA J, SUN J CH, AN Y P, *et al.* Analysis of genetic diversity with population of japonica rice from Ningxia using microsatellite markers[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(5): 826-832(in Chinese with English abstract).
- [18] 刘炜, 李自超, 史延丽, 等. 利用 SSR 标记进行粳稻品种的遗传多样性研究[J]. 西南农业学报, 2005, 18(5): 509-513.
LIU W, LI Z CH, SHI Y L, *et al.* Genetic diversity of japonica rice varieties based on SSR markers[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 18(5): 509-513(in Chinese with English abstract).
- [19] 甘晓燕, 李苗, 关雅静, 等. 宁夏 89 份粳稻种质遗传多样性的 SSR 分析[J]. 西北植物学报, 2009, 29(9): 1772-1778.
GAN X Y, LI M, GUAN Y J, *et al.* Genetic diversity of 89 Japonica rice varieties in Ningxia province by using SSR[J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2009, 29(9): 1772-1778(in Chinese with English abstract).
- [20] 杨玉蓉, 孙建昌, 王兴盛, 等. 宁夏不同年代水稻品种的遗传多样性比较[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(3): 457-464.
YANG Y R, SUN J CH, WANG X SH, *et al.* Comparative analysis of genetic diversity for different period rice varieties in Ningxia[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(3): 457-464(in Chinese with English abstract).
- [21] 胡标林, 万勇, 李霞, 等. 水稻核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 作物学报, 2012, 38(5): 829-839.
HU B L, WAN Y, LI X, *et al.* Analysis on genetic diversity of phenotypic traits in rice (*Oryza sativa*) core collection and its comprehensive assessment[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(5): 829-839(in Chinese with English abstract).

Genetic Diversity of Phenotypic Traits of Rice Landraces and Self-bred Varieties in Ningxia

MA Sishuang, LI Zhenjiao, ZHAO Lu, ZHANG Qiannan,

LI Jinji, TIAN Lei, YANG Shuqin and LI Peifu

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract In order to study genetic diversity of rice landraces and self-bred varieties in Ningxia, the genetic variability, genetic diversity of 145 rice landraces and self-bred varieties in Ningxia were analyzed with fuzzy mathematic analysis. The results showed that the genetic variation of 19 quantitative traits in total 20 quantitative traits was significantly different, and the range of variation coefficient in 20 quantitative traits was from 1.13% to 28.74%. The plant height, grain number per panicle, filled grain number per panicle, number of secondary branches, and total grains mass per plant of 145 rice varieties showed bigger variation range and higher variance. The genetic diversity indices of four quality traits ranged from 0.55 to 1.19, with the average genetic diversity index of 0.97, while the genetic diversity indexes of 20 quantitative traits ranged from 0.91 to 2.11, with the average genetic diversity index of 1.62. The principal components analysis was conducted with nineteen traits with significant difference, and eight principle factors were chosen with the cumulative rate of 88%. The cluster analysis results showed that all the 145 rice varieties can be divided into five groups when similarity coefficient was 0.75, the group I and the group II contained only one variety each, but the group III contained some high-yield varieties that had plant height, long spike and high grain density, and group IV contained some varieties bred in recent years with the traits of high-quality and conventional rice varieties with middle to plant height, loose panicle and high seed setting rate, which account for 64% of total 145 varieties. Group V contained the most of landraces and early stage bred varieties, with the traits of a greater genetic difference between landraces and self-bred varieties. Above all, the genetic diversity indexes of self-bred rice varieties were higher than that of landrace significantly, and there were some genetic differences between landraces and self-bred varieties, so the favorable genes of landraces can be applied in rice breeding in Ningxia.

Key words Rice; Landraces; Self-bred varieties; Phenotypic traits; Genetic diversity

Received 2016-01-27 **Returned** 2016-04-19

Foundation item National Natural Science Foundation of China (No. 31360324); Breeding Project of New Rice Variety of Special Agricultural Breeding in Ningxia (No. 2013NYYZ0302).

First author MA Sishuang, female, master student. Research area: rice breeding. E-mail: masishuang@163.com

Corresponding author LI Peifu, male, Ph. D, professor, master supervisor. Research area: rice breeding. E-mail: peifuli@nxu.edu.cn

(责任编辑:成敏 **Responsible editor: CHENG Min**)