

张希瑞,王敬国,王立楠. 104 份黑龙江省水稻资源株型性状比较及遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(21):47–54.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.21.007

104 份黑龙江省水稻资源株型性状比较 及遗传多样性分析

张希瑞¹, 王敬国², 王立楠¹

(1. 黑龙江省农业科学院水稻研究所,黑龙江佳木斯 154026; 2. 东北农业大学,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:为阐明黑龙江省水稻资源的株型演化规律及遗传基础,为资源的有效利用和亲本选配提供参考,连续 2 年对参试的 104 份水稻材料的 21 种株型性状进行调查及多重比较,并利用 152 对简单重复序列(SSR)引物对其进行遗传多样性分析。株型性状多重比较结果表明,不同年代育成的水稻品种的剑叶宽度、倒二叶宽度随时间推移呈现逐渐增大的趋势,植株高度、穗抽出度、剑叶角度、倒二叶角度、倒三叶角度逐渐缩小。SSR 标记多态性分析结果表明,共检测出 749 个等位基因变异,观测等位基因数量(N_a)、基因多样性指数(H_e)、Shannon 信息指数(I)和多态性信息量(PIC)的均值分别是 3.425、0.490、1.158 和 0.597。不加权聚类分析结果显示,参试的 104 份材料的遗传相似系数取值为 0.676 3 时,将供试的 104 份材料划分为 4 个亚群。供试材料间相似系数都在 0.664 1 以上,表明其遗传多样性差异较小,遗传背景狭窄,在育种工作中应加强资源引进,丰富黑龙江省水稻种质遗传多样性。

关键词:水稻;遗传多样性;株型性状;SSR 标记;不加权聚类分析

中图分类号:S511.032 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)21-0047-07

水稻作为全世界一半以上人口的口粮,其安全生产对保障国家粮食安全至关重要^[1]。黑龙江省作为北方粳稻的主产区,水稻资源丰富,但是将遗传多样性及株型演化相结合的研究较少,这不利于育种家们充分合理利用种质资源。研究黑龙江省不同类型水稻种质的遗传多样性,有利于充分挖掘、利用现有水稻资源,为育种家们合理选配亲本、培育理想株型新品种提供理论依据。

水稻株型即植株形态在空间上的分布,与水稻产量关系密切^[2]。Donald 于 1968 年提出了“理想株型”的概念,理想株型即能够最大限度利用光能来提高作物产量的株型模式^[3]。随着此概念的提出,许多学者提出了多种水稻高产模式。陈温福等确立了利用籼粳远缘杂交创造新株型,再通过复交或回交聚合有利基因创制出超高产理想株型^[4]。侯立刚等通过对吉林省主推的不同熟期水稻品种

株型及穗部形态的研究,得出了吉林省水稻株高处于较低水平和不同品种穗部形态以中、小散穗和半直立穗型为主的结论^[5]。周开达等提出了“重穗型”的超高产杂交水稻育种理论^[6]。黄耀祥提出“矮秆蘖强早发”的水稻模式^[7]。袁隆平提出“冠层高、穗大、穗层矮”的水稻模式^[8]。韦还和等研究发现,在穗长度、平均穗粒数、一次枝梗数和二次枝梗数 4 个性状上超高产水稻群体显著高于其他水稻群体^[9]。以上研究旨在通过改善水稻株型来提高其产量。

结合简单重复序列(SSR)分子标记进行水稻资源遗传多样性研究的报道很多,如杨静等利用 52 个 SSR 分子标记分析了 54 份黑龙江省水稻材料的遗传多样性^[10]。李红宇等利用 53 对 SSR 引物分析了 107 份东北三省主栽水稻品种的遗传多样性,并得出黑龙江省水稻品种的遗传多样性大于吉林省和辽宁省水稻品种的结论^[11]。王复标等利用 60 对 SSR 标记对 190 份水稻材料的遗传多样性和群体结构进行了分析^[12]。郝伟等以 35 份东北三省水稻区域试验品种为材料,结合 SSR 标记对其遗传多样性进行了分析,并检测出 237 个等位基因^[13]。宋泽等选用 56 对 SSR 引物分析了贵州省 173 份糯稻品种的遗传多样性,共检测到 191 个等位基因^[14]。而目前关于黑龙江省地方品种和不同年代育成品种遗传多样性的研究较少。本研究利用 152 对 SSR 分

收稿日期:2021-11-17

基金项目:黑龙江省农业科学院非竞争性项目(编号:2020FJZX036);黑龙江省农业科学院应用研发类项目(编号:2021YYF033)。

作者简介:张希瑞(1993—),男,黑龙江绥化人,硕士,研究实习员,主要研究方向为水稻遗传育种。E-mail:842028064@qq.com。

通信作者:王立楠,硕士,助理研究员,主要研究方向为水稻遗传育种。E-mail:sds0454@163.com。

子标记结合 21 种株型性状对来自黑龙江省的 104 份水稻种质的遗传多样性和株型演化规律进行分析,旨在为优化亲本选配和科学利用种质资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 性状调查

104 份参试材料由黑龙江省农业科学院水稻研

究所提供,连续 2 年(2019 年和 2020 年)种植于水稻研究所科研选种田,田间管理同生产田。依据不同水稻材料的育成年份将供试材料分为 4 组:组群 I 包括 53 份地方品种;组群 II 为 9 份 1958—1970 年育成的品种;组群 III 是 17 份 1971—1999 年育成的品种;组群 IV 包括 25 份 2000 年及之后育成的品种(表 1)。田间设计、操作参照张希瑞等的方法^[15]。

表 1 供试品种

品种名称	材料分组	品种名称	材料分组	品种名称	育成年代	品种名称	育成年代
京租	地方品种	二白毛	地方品种	无芒紫叶稻	地方品种	垦稻 8	1999 年
青年特号	地方品种	共和稻	地方品种	合江 1 号	1958 年	北稻 1 号	2000 年
红芒子	地方品种	大粒稻	地方品种	合江 3 号	1958 年	龙稻 1 号	2000 年
隆化大红谷欠	地方品种	光头	地方品种	牡丹江 1 号	1963 年	龙盾 102	2001 年
白大肚	地方品种	红稗尖国光	地方品种	合江 11 号	1966 年	东农 422	2002 年
无名珠	地方品种	红芒稻	地方品种	牡丹江 2 号	1966 年	龙盾 104	2004 年
汤原 6	地方品种	金线稻 1 号	地方品种	丰产 9 号	1967 年	龙梗 13 号	2004 年
朝鲜稻	地方品种	红粘稻	地方品种	合江 18 号	1970 年	龙稻 3 号	2004 年
无名稻	地方品种	海伦光尖	地方品种	牡丹江 5 号	1970 年	绥梗 7 号	2004 年
红毛子	地方品种	白大肚	地方品种	牡丹江 8 号	1970 年	牡丹江 26	2004 年
改良国光	地方品种	富国	地方品种	牡丹江 12	1971 年	东农 424	2005 年
红粘稻	地方品种	粘稻子	地方品种	合江 17 号	1971 年	松梗 10 号	2005 年
老头稻 1 号	地方品种	光头紫尖	地方品种	太阳 3 号	1975 年	北稻 3 号	2006 年
大黄梗子	地方品种	猪毛稻	地方品种	黑梗 2 号	1977 年	龙梗 16 号	2006 年
红毛稻子	地方品种	柳树种	地方品种	普选 10 号	1978 年	龙稻 7 号	2006 年
采种圃	地方品种	小红芒	地方品种	合江 22	1984 年	牡丹江 29	2006 年
七十天还家	地方品种	宾县陆稻	地方品种	松梗 1 号	1984 年	垦稻 12	2006 年
老光头 83	地方品种	火稻子	地方品种	合江 23	1985 年	龙稻 5	2006 年
小白梗子	地方品种	白大肚	地方品种	松梗 2 号	1988 年	松梗 6	2006 年
黑芒稻	地方品种	光头红	地方品种	东农 415	1989 年	龙梗 20	2007 年
老头稻	地方品种	黑芒稻	地方品种	龙梗 3 号	1992 年	龙梗 24	2008 年
五常白毛	地方品种	通河京租	地方品种	东农 418	1994 年	绥梗 9	2008 年
光头糯	地方品种	有芒紫叶稻	地方品种	牡丹江 20	1994 年	绥梗 11	2008 年
盘徐稻	地方品种	白芒稻	地方品种	松粘 1 号	1997 年	东农 428	2008 年
红毛稻子	地方品种	新开种	地方品种	龙梗 8 号	1998 年	龙梗 28	2009 年
大兴国	地方品种	普通陆稻	地方品种	五优稻 1 号	1999 年	龙稻 9	2009 年

在供试材料齐穗后测定每份材料的株高、穗数、穗下第 1 至第 4 节间长度、穗抽出度、穗长、剑叶长度、剑叶宽度、倒二叶长度、倒二叶宽度、倒三叶长度和倒三叶宽度。另外,对穗颈角度、剑叶角度、倒二叶、倒三叶角度的测量参照徐正进等的方法^[16]。

1.2 总 DNA 的提取

以每个参试品种的幼嫩叶片为样本,依据 Chen

等的方法^[17]进行总 DNA 的提取和纯化,并利用琼脂糖凝胶电泳对提取的 DNA 质量进行检测。

1.3 引物合成及产物检测

参照 Gramene 网站(<https://www.gramene.org>)上的引物信息,委托哈尔滨博仕生物技术有限公司对均匀分布在水稻 12 条染色体上的 152 对引物进行合成,用于遗传多样性分析。PCR 反应体系和产物检测参照王敬国的方法^[18]。

1.4 数据分析

株型数据分析在 DPS 9.50 软件^[19]中进行。遗传距离^[20]、遗传一致度、基因流(Nm)和遗传分化系数(F_{st})^[21]均在 POPGENE 1.32 软件^[22]中进行计算。分子数据的观测等位基因数量(N_a)、遗传多样性指数(H_e)和多态性信息含量(PIC)^[23]均在 PowerMaker 3.25 软件^[21]中进行计算。在 NTSYS - pc 2.1 软件^[24]中利用非加权配对算术平均法(UPGMA)对供试材料进行聚类分析。分子方差分析在 GenAlEx 6.2 软件^[25]中进行。

2 结果与分析

2.1 性状变异

由表 2 可知,2 年间变异系数最大的 5 个性状分别是穗下第 1 节间长度、倒二叶基角、穗颈基角、穗抽出色和倒二叶张角,其变异系数分别为 0.515 5、0.388 3、0.369 9、0.363 7 和 0.340 9,变异系数最小的 5 个性状分别为穗下第 4 节间长度、株高、剑叶长、剑叶宽和倒二叶宽,其变异系数分别为 0.091 6、0.110 4、0.114 5、0.116 1 和 0.127 9。就变异系数而言,穗颈张角、剑叶张角、倒二叶张角和剑叶基角、倒三叶张角在 2 年里都具有较大的变异系数,而倒二叶宽、倒三叶宽、剑叶宽、穗颈基角和穗下第 1 节间长度年际间相对稳定。

表 2 供试材料 2 年各株型性状的均值统计

性状	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数
株高(cm)	125.88	69.70	100.73	11.12	0.110 4
穗数(个)	18.00	4.00	11.33	3.34	0.295 1
穗下第 4 节间长度(cm)	71.94	36.85	56.03	5.13	0.091 6
穗下第 3 节间长度(cm)	35.59	16.09	25.21	4.12	0.163 4
穗下第 2 节间长度(cm)	26.64	9.27	15.78	3.78	0.239 5
穗下第 1 节间长度(cm)	13.83	1.20	4.96	2.56	0.515 5
穗抽出色(%)	16.20	1.09	8.41	3.06	0.363 7
穗颈基角(°)	16.10	2.40	6.88	2.54	0.369 9
穗颈张角(°)	135.00	29.40	78.78	23.04	0.292 5
剑叶长(cm)	37.07	21.20	27.44	3.14	0.114 5
剑叶宽(cm)	1.77	0.95	1.33	0.15	0.116 1
剑叶基角(°)	81.50	11.30	38.22	11.99	0.313 8
剑叶张角(°)	93.80	16.50	48.98	12.99	0.265 2
倒二叶长(cm)	52.10	23.05	34.13	4.70	0.137 7
倒二叶宽(cm)	1.47	0.64	1.05	0.13	0.127 9
倒二叶基角(°)	47.60	7.30	24.73	9.60	0.388 3
倒二叶张角(°)	59.90	14.70	36.07	12.30	0.340 9
倒三叶长(cm)	50.95	16.40	31.09	5.42	0.174 3
倒三叶宽(cm)	1.24	0.51	0.82	0.15	0.180 4
倒三叶基角(°)	68.40	19.20	34.82	8.65	0.248 5
倒三叶张角(°)	80.90	26.50	48.30	10.51	0.217 7

2.2 株型性状的差异分析

2019 年和 2020 年供试材料株型性状年份间的多重比较结果见表 3。不同年代品种的穗部呈现如下的特征:地方品种和 1958—1970 年间品种的穗抽出色均大于另外 2 个年代的品种;地方品种的穗抽出色极显著大于其他年代育成的品种,2000 年及以后育成的品种在 2 年里均具有最小穗抽出色。1971—1999 年品种的穗数大于其他年代的品种。在 2 年里,1958—1970 年育成的品种具有较大的穗颈张角,1971—1999 年的品种具有最小的穗颈张角。以上差异分析结果表明,育成品种的穗数增多,而穗抽出色逐渐缩小,弯曲穗型是黑龙江省水稻品种的主要穗型。

对比参试材料的剑叶性状可以看出,2 年里,2000 年及以后育成的水稻品种的剑叶宽度均大于其他 2 个年代育成的品种;就剑叶基角和张角而言,2 年里均呈现的趋势是 1958—1970 年育成的品种 > 1971—1999 年育成的品种 > 2000 年及以后育成的品种。

对比参试材料的倒二叶性状可以看出,就倒二叶长和宽而言,2 年里均呈现的趋势是 2000 年及以后育成的品种 > 1971—1999 年育成的品种 > 1958—1970 年育成的品种。按照倒二叶基角和张角排序,2 年里呈现的趋势是 1958—1970 年育成的品种 > 1971—1999 年育成的品种 > 2000 年及以后育成的品种。地方品种在 2 年里倒二叶基角均极显著大于 1971—1999 年育成的品种和 2000 年及以后育成的品种。

参试材料倒三叶性状的比较结果表明,在 2 年里,1958—1970 年育成的品种具有最小倒三叶长度,且与其他年代品种间均差异极显著;2 年中,地方品种具有最小倒三叶宽。地方品种的倒三叶基角和张角在 2 年里都显著大于 1971—1999 年育成的品种和 2000 年及以后育成的品种,2000 年及以后育成的品种在 2 年里具有最小的倒三叶基角和张角。上述有关剑叶、倒二叶和倒三叶的性状多重比较结果表明,育成品种的剑叶宽度和倒二叶宽度呈现增大的趋势,而剑叶基角和张角呈现减小的趋势。

2 年中,1958—1970 年育成的品种的植株株高均极显著低于其他组水稻品种,地方品种的株高在 2 年里均极显著高于其他年代育成的水稻品种,这说明地方品种株高最高。从节间长度的角度分析,2 年里地方品种的穗下第 1、第 2 和第 3 节间长度均

表 3 2019 年和 2020 年株型性状的比较

性状	2019 年				2020 年			
	地方品种	1958—1970 年育成的品种	1971—1999 年育成的品种	2000 年及以后育成的品种	地方品种	1958—1970 年育成的品种	1971—1999 年育成的品种	2000 年及以后育成的品种
株高 (cm)	107.98A	94.62C	98.88B	100.06B	111.53A	89.99D	95.14B	94.27C
穗数 (个)	9.00C	9.80B	11.02A	10.19B	9.89A	8.91B	10.41A	10.00A
穗下第 4 节间长度 (cm)	4.96BC	3.09C	6.23A	5.88B	4.34B	2.69C	4.09BC	4.98A
穗下第 3 节间长度 (cm)	16.57A	12.19D	15.49B	15.13C	16.90A	11.41C	12.60B	13.31B
穗下第 2 节间长度 (cm)	27.78A	25.82B	23.09C	22.33D	28.18A	22.66B	22.36B	20.47C
穗下第 1 节间长度 (cm)	38.30A	35.32B	33.78D	34.34C	40.52A	34.99A	35.67A	33.90B
穗抽出度 (%)	8.85A	7.37B	6.12C	5.22D	11.50A	8.53B	8.28B	5.85C
穗颈基角 (°)	6.89B	10.64A	4.45C	4.87C	8.42A	7.67A	5.72B	5.39B
穗颈张角 (°)	77.42B	101.67B	73.23A	80.34B	88.31A	87.31A	86.98A	88.46A
剑叶长 (cm)	27.25C	29.38A	28.11BC	28.65AB	27.38A	26.56AB	26.16B	26.28AB
剑叶宽 (cm)	1.17C	1.32B	1.42A	1.43A	1.38A	1.37A	1.36A	1.38A
剑叶基角 (°)	43.99B	65.02A	36.54C	32.02D	39.59A	36.13A	30.11B	30.18B
剑叶张角 (°)	54.00B	72.36A	46.99C	41.56D	53.14A	46.36B	39.95C	39.94C
倒二叶长 (cm)	35.17B	32.95C	35.23B	37.70A	33.49A	31.19B	31.48B	32.17B
倒二叶宽 (cm)	0.92C	1.03B	1.09A	1.12A	1.10AB	1.05C	1.07BC	1.12A
倒二叶基角 (°)	27.07A	28.38A	17.89B	15.07C	31.26A	25.04B	23.60B	20.98C
倒二叶张角 (°)	37.28B	43.60A	28.16C	23.81D	46.71A	36.40B	33.05BC	29.30C
倒三叶长 (cm)	30.77B	28.24C	34.54A	34.49A	30.61AB	27.81C	29.45B	30.94A
倒三叶宽 (cm)	0.70B	0.75B	0.88A	0.85A	0.83C	0.85C	0.85C	0.98A
倒三叶基角 (°)	37.34B	45.76A	26.45C	24.34C	39.24A	34.11B	34.54B	32.76B
倒三叶张角 (°)	47.82B	60.51A	38.38C	36.22C	57.73A	46.89B	47.06B	45.74B

注:同行同一年份数据后不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

极显著大于其他 3 组,这可能是导致地方水稻品种株高显著高于其他年代品种的主要原因;1958—1970 年代育成品种的穗下第 3 和第 4 节间长度都低于其他年代品种,这在一定程度上导致了这一时期的品种株高较低。

从上述株型差异分析结果可以归纳出参试的黑龙江省材料的株型特点:地方品种具有最大株高,穗下第 1、第 2、第 3 节间长度,穗抽出度;1958—1970 年育成的品种具有最小穗下第 3、第 4 节间长度;1971—1999 年育成品种具有最大穗数;2000 年及以后育成的品种具有最小穗抽出度、剑叶张角、倒二叶基角和张角、倒三叶基角和张角和最大剑叶宽度和倒二叶宽度。此外,弯曲穗型是黑龙江省育成品种的主流穗型。

2.3 SSR 引物多态性分析

本研究利用 152 对 SSR 引物共检测到 749 个等位基因变异。观测等位基因数量(N_a)的范围为 1 ~ 9,平均值为 3.425。基因遗传多样性指数(H_e)的范围为 0.037 ~ 0.870,平均值为 0.490。Shannon 信息指数(I)为 0.094 ~ 2.076,平均值为 1.158。多态性

信息量 (PIC) 范围是 0.091 ~ 0.857,平均值是 0.597。 N_a 、 H_e 和 I 排名前十的位点分别是分布在第 9、第 3、第 7、第 7、第 2、第 2、第 6、第 10、第 1 和第 8 号染色体上的 RM257、RM1350、RM336、RM1353、RM1347、RM207、RM1369、RM1374、RM1381 和 RM264。

2.4 不同群体间的遗传多样性

方差分析结果显示,组群内和组间都存在极显著差异($P<0.01$)。其中组群间变异为 8%,组群内变异为 92%(表 4)。

表 4 分子方差分析结果

变异来源	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Est. Var.</i>	<i>Var</i> (%)	<i>P</i> 值
组间	3	1 690.11	563.37	16.74	8	<0.01
组内	100	18 711.05	187.11	187.11	92	<0.01
总变异	103	20 401.15		203.85	100	

注:*df* 表示自由度;*SS* 表示平方和;*MS* 表示均方;*Est. Var.* 表示估计方差;*Var.* 表示总方差百分比;*P* 值表示置信度。

遗传距离和遗传一致性分析结果(表 5)表明,地方品种与其他 3 个年代育成品种之间具有最大遗

传距离(0.210 7、0.188 8 和 0.185 3)和最小遗传一致性(0.810 1、0.828 0 和 0.830 9)。1971—1999 年育成的品种与 2000 年及以后育成品种间具有最小遗传距离(0.072 0)和最大遗传一致性(0.930 5)。这说明黑龙江省地方水稻品种与其他年代育成水稻品种间存在明显差异。

表 5 组间 Nei's 遗传距离(左下)和 遗传一致性(右上)

组群	地方品种	1958—1970 年育成的品种	1971—1999 年育成的品种	2000 年及以后育成的品种
地方品种		0.810 1	0.828 0	0.830 9
1958—1970 年育成的品种	0.210 7		0.854 0	0.817 6
1971—1999 年育成的品种	0.188 8	0.157 9		0.930 5
2000 年及以后育成的品种	0.185 3	0.201 4	0.072 0	

不同组群间遗传分化系数(F_{st})和基因流(N_m)的分析结果(表 6)表明,组群间 F_{st} 最大值为 0.104,最小值为 0.040,平均值为 0.081,这表明各组群间的变异为 8.1%,组群内的变异为 91.9%,这与方差分析的结果大致相同。不同组群间的 N_m 最大值是 5.715,最小值是 2.153,平均值是 3.133。地方品种与其他 3 个年代育成品种间具有最大遗传分化系数(0.104、0.076 和 0.071)和最小基因流(2.153、3.079 和 3.217)。1971—1999 年育成的品种与 2000 年及以后育成品种之间遗传分化系数最小(0.040),基因流最大(5.715)。这与上述的遗传距离和遗传一致性分析结果一致。

表 6 组间分化系数(F_{st} ,左下)和基因流(N_m ,右上)

组群	地方品种	1958—1970 年育成的品种	1971—1999 年育成的品种	2000 年及以后育成的品种
地方品种		2.153	3.079	3.217
1958—1970 年育成的品种	0.104		2.316	2.316
1971—1999 年育成的品种	0.076	0.093		5.715
2000 年及以后育成的品种	0.071	0.103	0.040	

2.5 聚类分析

当遗传相似系数取值为 0.676 3 时,将供试的 104 份材料划分为 4 个亚群(图 1)。第 1 亚群、第 2 亚群和第 3 亚群全部为地方品种,分别包含 14、7、2 个地方品种。第 4 亚群包括全部的育成品种,包括 30 个地方品种和 51 个育成品种。供试品种间的相似系数全部在 0.664 1 以上,表明供试材料之间遗传差异较小,遗传背景狭窄。

当遗传相似系数取值为 0.668 4 时,又将第 4 亚群再分为 6 个小亚群。第 1 小亚群包含龙粳 13 和松粘 1 号 2 个育成品种;第 2 小亚群包含 2 个育成品种,分别是东农 424 和北稻 3 号;第 3 小亚群包含 5 个地方品种;第 4 小亚群包含 12 个育成品种,除东农 415(1989 年选育),其他 11 个均为 2000 年及以后育成的品种;第 5 小亚群包括 2 个育成品种和 23 个地方品种,育成品种分别是牡丹江 8 号(1970 年)和合江 17 号(1971 年);第 6 小亚群包括 33 个选育品种和 7 个地方品种,选育品种中龙盾 102、龙盾 104、龙稻 3 号、绥粳 7 号、松粳 10 号、龙粳 16 号、龙稻 7 号、牡丹江 29 和垦稻 12 为 2000 年及以后选育的品种,其他为 1958—1999 年选育的品种。以上分析结果表明,供试品种的聚类结果与其

育成年代密切相关。

3 结论与讨论

3.1 株型演化

水稻株型即水稻植株在空间上的排列方式。前人关于水稻株型的研究有很多,如胡月等将日本粳稻品种和黑龙江省粳稻品种的株型性状进行了比较,结果表明黑龙江省品种的株高、上 3 节间长度、上 3 叶的长和宽都显著大于日本品种,而日本品种叶片的直立性优于黑龙江省的品种^[26]。解文孝等研究了 2015 年辽宁省参试的不同熟期水稻材料的株型特征,发现早熟粳稻品种主要为弯曲、轻穗型,中熟粳稻品种多为直立、重穗型,不同熟期品种的叶宽表现为中晚熟品种>中熟品种>早熟品种,二次枝梗结实率呈现出早熟品种>中晚熟品种>中熟品种的规律^[27]。莫永生等以 4 个不同年代育成的水稻品种为材料,并对其株高、根干质量、第 2 茎节直径、茎壁厚度与产量的关系进行了分析,结果表明供试材料的产量会随根干质量、株高、第 2 茎节直径、茎壁厚度的增大而提高^[28]。本研究通过对 104 份黑龙江省水稻材料 21 种株型性状的多重比较及差异性分析,发现黑龙江省不同年代品种的株

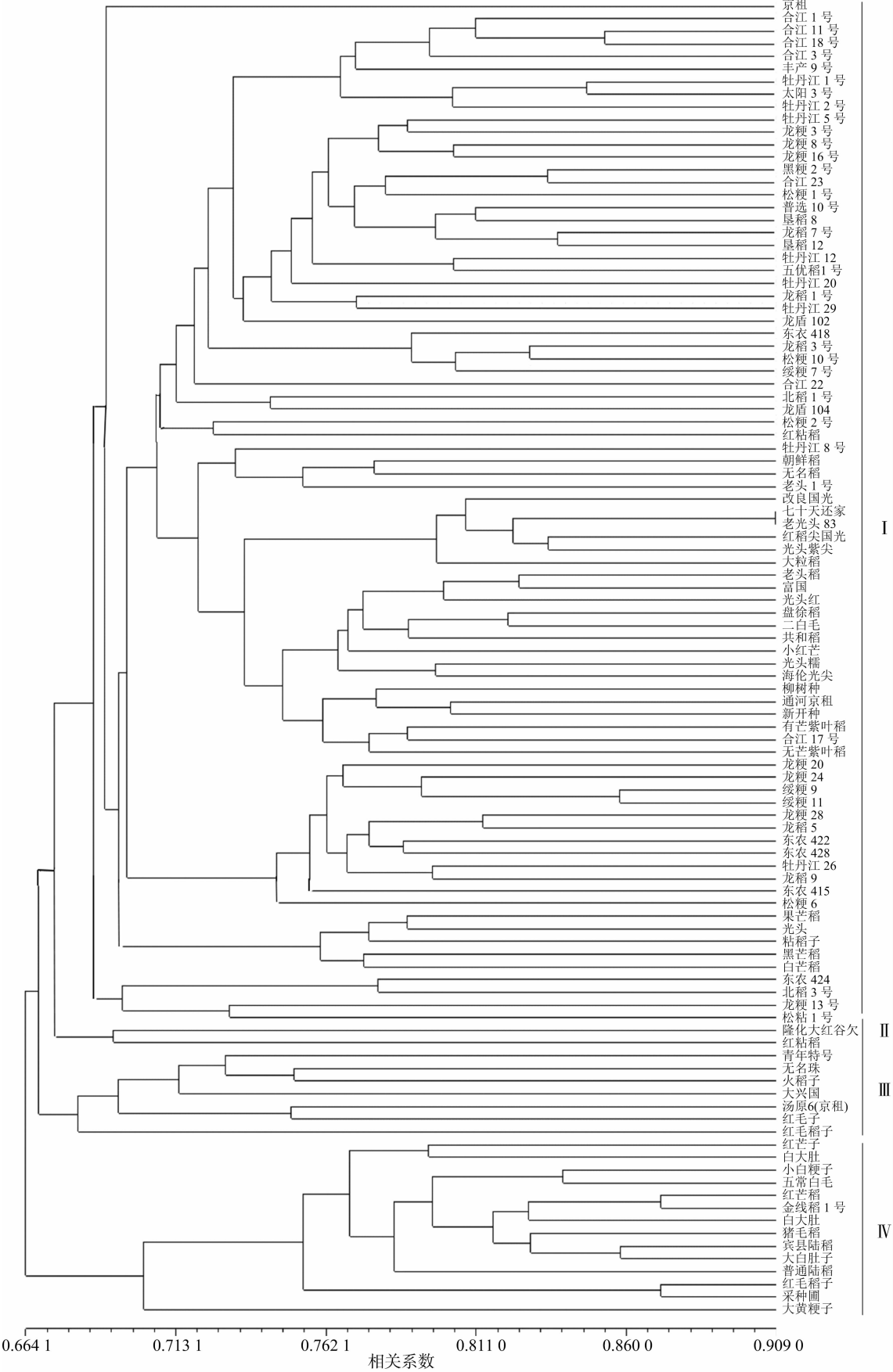


图1 104 份黑龙江水稻种质聚类

型特点,即地方品种的株高、穗下第 1 节间长度、穗下第 2 节间长度、穗下第 3 节间长度、穗抽出度均最大;1958—1970 年育成的品种具有最小穗下第 3、第 4 节间长度;1971—1999 年育成品种的穗数最多,且大于其他年代育成品种;2000 年及以后育成的品种的穗抽出度、剑叶基角和张角、倒二叶基角和张角、倒三叶基角和张角都最小,剑叶宽度和倒二叶宽度均最大。育成品种的剑叶宽度、倒二叶宽度逐渐增大,株高降低,穗抽出度、剑叶基角和张角、倒二叶基角和张角、倒三叶基角和张角逐渐缩小;弯曲穗型是黑龙江省育成品种的主流穗型。

3.2 SSR 标记分析遗传多样性

利用 SSR 标记的多态性研究不同区域水稻品种的遗传多样性的报道有很多,如陈于敏等利用 48 对 SSR 标记引物分析了 81 份高原粳稻品种的遗传多样性,共检测到 139 个等位基因,并得出大多数品种间遗传距离近,遗传基础较窄的结论^[29]。马孟莉等利用 100 对 SSR 引物对 60 份云南省哈尼梯田红米地方品种的遗传多样性进行了分析,结果表明,云南省哈尼梯田红米水稻品种具有丰富的遗传多样性^[30]。李松等利用 18 对 SSR 引物分析了 20 份云南省腾冲市水稻品种的遗传多样性,结果表明腾冲市糯谷和推广品种具有丰富的遗传背景^[31]。唐如玉等利用 25 对 SSR 引物分析了三峡库区的 81 份水稻资源的遗传多样性和群体结构,结果显示供试材料被分为 2 个类群,地方品种的平均有效等位基因数高于选育品种^[32]。本研究中 152 对 SSR 引物共检测到 749 个等位基因变异, N_a 、 H_e 、 I 和 PIC 的均值分别为 3.425、0.490、1.158 和 0.597,并得出黑龙江省地方水稻品种与其他不同年代水稻品种间遗传差异最大的结论。

3.3 黑龙江水稻种质间的亲缘关系

聚类分析结果表明,在遗传相似系数为 0.676 3 处,104 份供试材料被聚类为 4 个亚群,所有供试材料间相似系数均大于 0.664 1,表明其遗传相似性较大,供试材料遗传距离较近,遗传基础狭窄,且绝大多数育成材料聚合为一类,再一次证明了黑龙江省水稻种质资源间的亲缘关系较近,遗传背景狭窄,这一结果与张科等的结论^[33]相符。追溯黑龙江省水稻系谱,许多育成材料均含有骨干亲本石狩白毛、上育 397、藤系 138 和农林 8 号及由它们衍生品种等的血缘,虽然黑龙江省水稻地方品种较丰富,但利用率低下,骨干亲本多引自日本,这可能

是黑龙江省水稻种质遗传背景狭窄的主要原因。为拓宽黑龙江省水稻遗传基础,育种工作者们应广泛引入我国其他地区优异的水稻种质资源,并利用杂交手段聚合有利基因,培育出适合黑龙江省栽培的优质水稻品种。

参考文献:

- [1] 虞国平,徐春春,郭亚文,等. 我国水稻产业供给侧结构性改革的思考[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(3):53-62.
- [2] 徐海,宫彦龙,夏原野,等. 中日水稻品种杂交后代的株型性状与产量和品质的关系[J]. 中国水稻科学,2016,30(3):283-290.
- [3] Donald C M. The breeding of crop ideotypes[J]. Euphytica,1968,17(3):385-403.
- [4] 陈温福,徐正进,张龙步. 水稻超高产育种:从理论到实践[J]. 沈阳农业大学学报,2003,34(5):324-327.
- [5] 侯立刚,赵国臣,齐春雁,等. 吉林省水稻品种株型形态、穗部形态与产量关系的研究[J]. 吉林农业科学,2010,35(5):1-3,19.
- [6] 周开达,马玉清,刘太清,等. 杂交水稻亚种间重穗型组合选育——杂交水稻超高产育种的理论与实践[J]. 四川农业大学学报,1995,13(4):403-407.
- [7] 黄耀祥. 水稻超高产育种研究[J]. 作物杂志,1990(4):1-2.
- [8] 袁隆平. 杂交水稻超高产育种[J]. 杂交水稻,1997,12(6):14-16.
- [9] 韦还和,李超,张洪程,等. 水稻甬优 12 不同产量群体的株型特征[J]. 作物学报,2014,40(12):2160-2168.
- [10] 杨静,刘海英,钱春荣,等. 黑龙江省水稻品种 SSR 标记遗传多样性分析[J]. 东北农业大学学报,2008,39(6):1-10.
- [11] 李红宇,侯昱铭,陈英华,等. 用 SSR 标记评估东北三省水稻推广品种的遗传多样性[J]. 中国水稻科学,2009,23(4):383-390.
- [12] 王复标,石军,郑卓,等. 水稻遗传多样性及其农艺性状与 SSR 标记的关联分析[J]. 四川大学学报(自然科学版),2019,56(5):976-982.
- [13] 郝伟,张旭,徐正进,等. 东北三省水稻遗传多样性和亲缘关系的 SSR 分析[J]. 河南农业科学,2008,37(4):18-24.
- [14] 宋泽,何学佳,杨翠,等. 贵州地方糯稻品种的 SSR 遗传多样性分析[J]. 作物研究,2021,35(1):66-71.
- [15] 张希瑞,高文硕,王敬国,等. 吉林省水稻品种的遗传多样性及株型演化分析[J]. 江苏农业学报,2019,35(3):497-505.
- [16] 徐正进,董克. 水稻叶片基角、开张角和披垂度的同时测定方法[J]. 沈阳农业大学学报,1991,22(2):185-187.
- [17] Chen C J, He W C, Nassirou T Y, et al. Molecular characterization and genetic diversity of different genotypes of *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*[J]. Electronic Journal of Biotechnology,2017,30:48-57.
- [18] 王敬国. 东北亚地区粳稻遗传多样性及主要株型性状与 SSR 标记的关联分析[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2014.
- [19] 唐启义. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2010.
- [20] Nei M. Genetic distance between populations[J]. The American

刘 强,袁 凡,王雪飞,等. 不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量差异性分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(21):54-61.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.21.008

不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量差异性分析

刘 强¹,袁 凡¹,王雪飞¹,刘伊凡¹,李婷婷¹,宋伟彬²,郭晋杰¹

(1. 河北农业大学农学院/国家玉米改良中心河北分中心/华北作物改良与调控国家重点实验室,河北保定 071001;

2. 中国农业大学国家玉米改良中心,北京 100193)

摘要: 鉴评和筛选不同杂种优势群玉米百粒质量性状优异的玉米自交系,为育成高产玉米品种提供借鉴。研究材料为 313 份玉米自交系,利用包含玉米全部基因组的 40 个 SSR 核心标记对杂种优势群体进行划分,通过测定籽粒百粒质量性状,对来自各个杂种优势群的玉米籽粒百粒质量进行多重比较分析,筛选不同杂种优势群中百粒质量高的自交系。结果表明,P 群、旅大红骨、塘四平头、瑞德互相的百粒质量之间在 0.05 水平上差异均不显著;P 群、旅大红骨群、塘四平头群、瑞德群等 4 个杂种优势群与兰卡斯特的玉米籽粒百粒质量在 0.05 水平上差异显著。P 群的高百粒质量自交系包括遵 90110、E200、R31、78599、8701 等;旅大红骨群的高百粒质量自交系包括中 741、关 17-1、L473、天 77、吉 846 等;兰卡斯特群的高百粒质量自交系包括 CT52C、Ay3566、Va26、Mo24W 和 Mo17;塘四平头群的高百粒质量自交系包括昌 D、武 126、D619、中黄 64、20837 等;瑞德群的高百粒质量自交系包括邢 230、Maxa、d140、SS99、苏 75 等。

关键词: 玉米;自交系;百粒质量;杂种优势类群;差异性分析

中图分类号: S513.037 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)21-0054-08

玉米作为我国农业种植面积最大的农作物,产量占粮食总产量的 1/4^[1]。随着时代的发展,玉米

作为粮饲兼用型作物其产量越来越受到玉米育种者的重视^[2]。玉米的百粒质量与玉米产量呈正相关,因此,研究百粒质量性状是增加玉米自交系产量的重要工作之一^[3]。研究表明,百粒质量是育种家在田间估算产量的重要理论依据,在育种过程中,育种工作者经常会用百粒质量的大小作为作物产量高低和籽粒品质优劣的评判标准^[4]。

Huang 等通过田间试验提出,间作玉米的产量随着穗密度和百粒质量的增加而增加,单作玉米的

收稿日期:2021-11-23

基金项目:河北省科技计划(编号:16226323D-2);华北作物改良与调控国家重点实验室自主课题(编号:NCCIR2021ZZ-10)。

作者简介:刘 强(1997—),男,河北张家口人,硕士研究生,研究方向为玉米遗传育种。E-mail:3302167147@qq.com。

通信作者:郭晋杰,博士,副教授,研究方向为玉米遗传育种。E-mail:guojinjie512@163.com。

Naturalist,1972,106(949):283-292.

[21] Liu K J, Muse S V. PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis [J]. *Bioinformatics*, 2005, 21(9): 2128-2129.

[22] Yeh F, Yang R, Boyle T. POPGENE Version 1.32 Microsoft Windows-based freeware for populations genetic analysis [J]. *University of Alberta*, 1999, 38(8): 212-213.

[23] Nei M, Tajima F, Tateno Y. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data [J]. *Journal of Molecular Evolution*, 1983, 19(2): 153-170.

[24] Rohlf F J. NTSYS - pc: microcomputer programs for numerical taxonomy and multivariate analysis [J]. *The American Statistician*, 1987, 41(4): 330.

[25] Peakall R, Smouse P E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research: an update [J]. *Bioinformatics*, 2012, 28(19): 2537-2539.

[26] 胡 月,郭晓红,李 猛,等. 中日水稻品种株型与品质比较分

析[J]. *中国稻米*, 2018, 24(5): 39-44.

[27] 解文孝,吕 军,韩 勇,等. 辽宁省不同熟期水稻品种株型特征比较研究[J]. *中国稻米*, 2017, 23(2): 45-49.

[28] 莫永生,杨亲琼,卢升安,等. 水稻株型发展对提高水稻产量的作用研究[J]. *中国稻米*, 2006, 12(1): 16-17.

[29] 陈于敏,世 荣,刘吉新,等. 基于 SSR 标记的高原粳稻品种遗传多样性分析[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(12): 4102-4111.

[30] 马孟莉,郑 云,周晓梅,等. 云南哈尼梯田红米地方品种遗传多样性分析[J]. *作物杂志*, 2018(5): 21-26.

[31] 李 松,张世成,董云武,等. 基于 SSR 标记的云南腾冲水稻的遗传多样性分析[J]. *作物杂志*, 2019(5): 15-21.

[32] 唐如玉,邹玉霞,陈 娇,等. 三峡库区优异稻种资源遗传多样性及群体结构分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(6): 1408-1417.

[33] 张 科,魏海峰,卓大龙,等. 黑龙江省近年审定水稻品种基于 SSR 标记的遗传多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2016, 17(3): 447-454.