

辽宁省水稻品种品质性状及亲缘关系变化分析

赵一洲, 倪善君, 张 战, 李 鑫, 毛 艇, 张丽丽, 刘 研, 刘福才

(辽宁省盐碱地利用研究所, 盘锦 124010)

摘要: 为了解辽宁省水稻品种品质性状及亲缘关系的演变情况, 对 1991-2015 年审定的 257 份水稻品种进行品质性状分析, 并通过亲缘系数、系谱分析了解品种间的亲缘关系和骨干亲本的应用。结果表明, 25 年来辽宁省水稻品种随着时间的推移表现出子粒变长、变宽, 垩白度减少, 透明度、直链淀粉含量、胶稠度下降的趋势。总体上随着时间的推移, 品种品质性状的相似度和优质率逐步提高。但由于品质性状在不同年份的变异程度有所不同, 品质性状的综合表现差异依然较大。随着时间的推移, 水稻品种间亲缘系数表现出先下降后上升的特点, 每个亲本直接育成品种数呈现出上升趋势。257 份水稻品种共形成 22 个骨干亲本, 利用的骨干亲本也越来越集中, 丰锦、辽粳 5 号、辽粳 326、辽粳 454、辽粳 294、辽星 1 号是辽宁省水稻育种中重要的优质骨干亲本。今后辽宁省水稻优质品种选育过程中应在利用现有骨干亲本的基础上, 拓宽品种遗传基础, 将外观品质、加工品质的优化作为品质改良的主要方向。

关键词: 辽宁省; 水稻品种; 品质性状; 亲缘关系; 骨干亲本

Analysis of Quality Character and Relationship Variation of Rice from Liaoning Province

ZHAO Yi-zhou, NI Shan-jun, ZHANG Zhan, LI Xin, MAO Ting, ZHANG Li-li, LIU Yan, LIU Fu-cai

(Liaoning Province Saline and Alkaline Land Utilization and Research Institute, Panjin 124010)

Abstract: In order to understand the change process of rice quality character and lineage relationship in Liaoning province, we performed quality character analysis on 257 rice varieties that approved from 1991 to 2015 in Liaoning province variety examine, and investigated relationship and application situation for the backbone parental based on means of coefficient of parentage and pedigree analysis. The results showed that the grain shape tend to longer and wider, the chalkiness degree decreased, the transparence, amylase content and gel consistence reduced in Liaoning province. With the time transition, the similarity and high quality rate of quality character tend to improvement. Comprehensive performance of quality still showed difference since the different of quality traits between inter-annual are very common. The coefficient of parentage showed decreased and then increased and the numbers of varieties directly bred from each parent presented increased situation. The 22 backbone parental are applied at high frequencies which derived 257 rice varieties, such as Toyonihiki, Liaojing 5, Liaojing 326, Liaojing 454, Liaojing 294 and Liaoxing1 were important quality backbone parental in Liaoning. We propose that the main direction of quality improvement in Liaoning is to enrich the genetic basis of varieties and optimize the appearance and processing quality on the basis of the existing backbone parental application.

Key words: Liaoning province; rice variety; quality characters; coefficient of parentage; backbone parental

水稻是中国最重要的粮食作物之一, 在我国粮食生产和消费中处于主导地位, 是我国 65% 以上人

口的主食^[1]。随着人民生活水平的提高, 膳食结构和食用习惯发生了重大改变, 对稻米品质的要求越

收稿日期: 2017-03-20 修回日期: 2017-04-01 网络出版日期: 2017-10-25

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20171025.1000.008.html>

基金项目: 国家科技支撑计划(2015BAD01B02-4)

第一作者主要从事水稻育种研究, E-mail: 13898702911@139.com

来越高^[2]。在生产实践中,选用优良水稻品种是促进水稻生产的重要措施,改良稻米品质已成为我国水稻育种的重要内容,研究不同时期水稻品种品质性状的发展变化,对开展水稻品质育种具有重要意义。闵捷等^[3]分析了我国20世纪80年代以来育成的6188份粳稻品种,认为随着时间的推移,品种品质有了明显的提高,并指出提高整精米率、降低垩白,仍是我国粳稻品质育种的重要目标。何广生等^[4]对东北三省20世纪70-90年代和21世纪初有代表性的60个水稻品种进行分析,指出该地区水稻品种20世纪90年代前碾磨品质随着年代的演替逐渐提高,外观品质随着年代的演进得到了很大的改善,2000年以后品种粒长和长宽比、垩白粒率和垩白度显著或极显著好于早年育成品种,蛋白质含量随着年代的演进逐渐降低,直链淀粉含量逐渐提高,食味值也得到明显改善。张宏根等^[5]对1981-2011年江苏省育成的45个迟熟中粳品种品质性状进行比较,认为江苏省迟熟中粳品种垩白粒率有明显改良,但垩白度和食味品质的改良仍需加强。

作物品种的遗传基础是其性状表现的内在原因和决定因素。林世成等^[6]对212个早粳品种原始亲本进行追溯,发现97.2%的选育品种都具有日本品种的亲缘。齐永文等^[7]对453个品种表型性状进行相似性分析,表明从20世纪50年代到80年代,选育品种的遗传多样性一直下降,80年代降低到最低水平,90年代又有显著提高。刘传光等^[8]分析了95个华南地区不同年代常规籼稻主栽品种的亲缘关系,结果显示华南地区籼稻品种的遗传多样性狭窄且随年代而变化,20世纪70年代以后呈下降趋势,并且华南地区各时期的常规稻品种遗传改良都是围绕少数骨干亲本进行。

水稻是辽宁省第二大粮食作物,随着稻作科技的进步,辽宁省水稻生产发展迅速。水稻种植面积由1949年的6.44万 hm^2 增加到2014年的56.21万 hm^2 ,平均单产由1949年的2070 kg/hm^2 提高到2014年的8032.4 kg/hm^2 ,成为我国北方粳稻的重要产区。长期以来辽宁省水稻生产政策首先着眼于粮食总量的提高,故产量是水稻育种的首要任务,因而忽视了稻米品质的改良,随着育种目标的改变,稻米品质已成为辽宁省水稻育种的重要目标并取得进展^[9-11],但辽宁省水稻品种遗传多样性不够丰富,多数品种间的亲缘关系较近^[12-13]。本研究对1991-2015年辽宁省审定的水稻品种品质性状及亲缘关系进行分

析,探讨品种品质性状变化特点、了解品种群体的遗传基础,为辽宁省水稻品质及遗传基础改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为辽宁省1991-2015年间审定的部分粳稻品种共257个。2016年种于辽宁省盐碱地利用研究所试验田,每份材料小区种植6行,行株距为30.0 $\text{cm} \times 13.3\text{cm}$,小区面积3.6 m^2 ,栽培管理与大田相同。品质性状依据农业部《米质测定方法 NY/T82-1988》^[14]进行测定,检测性状包括糙米率、精米率、整精米率、粒长、子粒长宽比、垩白粒率、垩白度、透明度、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量共12个性状。并按农业部《食用稻品种品质 NY/T593-2013》^[15]对供试品种进行优质等级评价。

1.2 分析方法

1.2.1 品质性状分析 1991-2015年除2004年、2007年未有审定品种而将其排除外,将其他年份依次编号为1~23。并与该年度审定品种品质性状平均值建立回归方程,计算相关系数。

1.2.2 亲缘系数分析 依据 T. S. Cox 等^[16]和 X. L. Zhou 等^[17]的方法计算品种成对组合的亲缘系数(COP, coefficient of parentage)。计算原则为:(1)所有祖先种、亲本及其后代品种都是纯合的,最早的或者没有系谱信息的祖先品种(系)间的亲缘系数为0;(2)一个品种与其自身的 $\text{COP} = 1.0$;(3)系选、自然突变和诱导突变材料与其祖先的亲缘系数为0.75;(4)杂交育成品种分别从其双亲得到一半的基因,与双亲本亲缘系数都为0.5;(5)同一亲本组合的后代两品种间的 $\text{COP} = (0.75)^2 = 0.5625$;(6)含有部分相同亲本的旁系品种间的亲缘系数计算:假设c为a与b的相同亲本,且各世代都为杂交育成。品种a和品种b之间的亲缘系数 $R_{ab} = \sum [(1/2)^n]$,其中n为a与c和b与c的世代数之和。

1.2.3 主坐标分析 主坐标分析(PCO, principal coordinate analysis)能够从不同方向和层面提供更多的关于不同群体之间关系的信息,更直观地反映品种间的差异^[18-19]。本研究利用NTSYS2.10e软件对各年份审定品种12个品质性状平均值进行主坐标分析,并依据引起变异的第1、第2、第3主坐标做出全部品种的三维散点分布图。

1.2.4 聚类分析 参考 T. S. Cox 等^[16]和王江春

等^[20]的方法,以骨干亲本间的(1-COP)矩阵表示系谱遗传距离矩阵,利用 NTSYS2. 10e 软件采用欧氏距离以 FLEXI 法对骨干亲本进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同年份水稻品种品质性状变化趋势分析

由图 1 可以看出,随着年份的变化,糙米率、精米率、垩白粒率、垩白度、透明度、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量 8 个性状值随着年份的推进而下降,整精米率、粒长、子粒长宽比、蛋白质含量 4 个性状值

则随着年份的推进而提高。但只有粒长、子粒长宽比、垩白度、透明度、胶稠度、直链淀粉含量 6 个性状与年份建立回归方程的相关性达到显著或极显著水平。其中粒长、子粒长宽比与年份分别达到极显著和显著正相关水平($r = 0.558^{**}$ 、 $r = 0.426^{*}$),垩白度、直链淀粉含量与年份均达到极显著负相关水平($r = -0.566^{**}$ 、 $r = -0.533^{**}$),透明度、胶稠度与年份均达到显著负相关水平($r = -0.445^{*}$ 、 $r = -0.451^{*}$)。

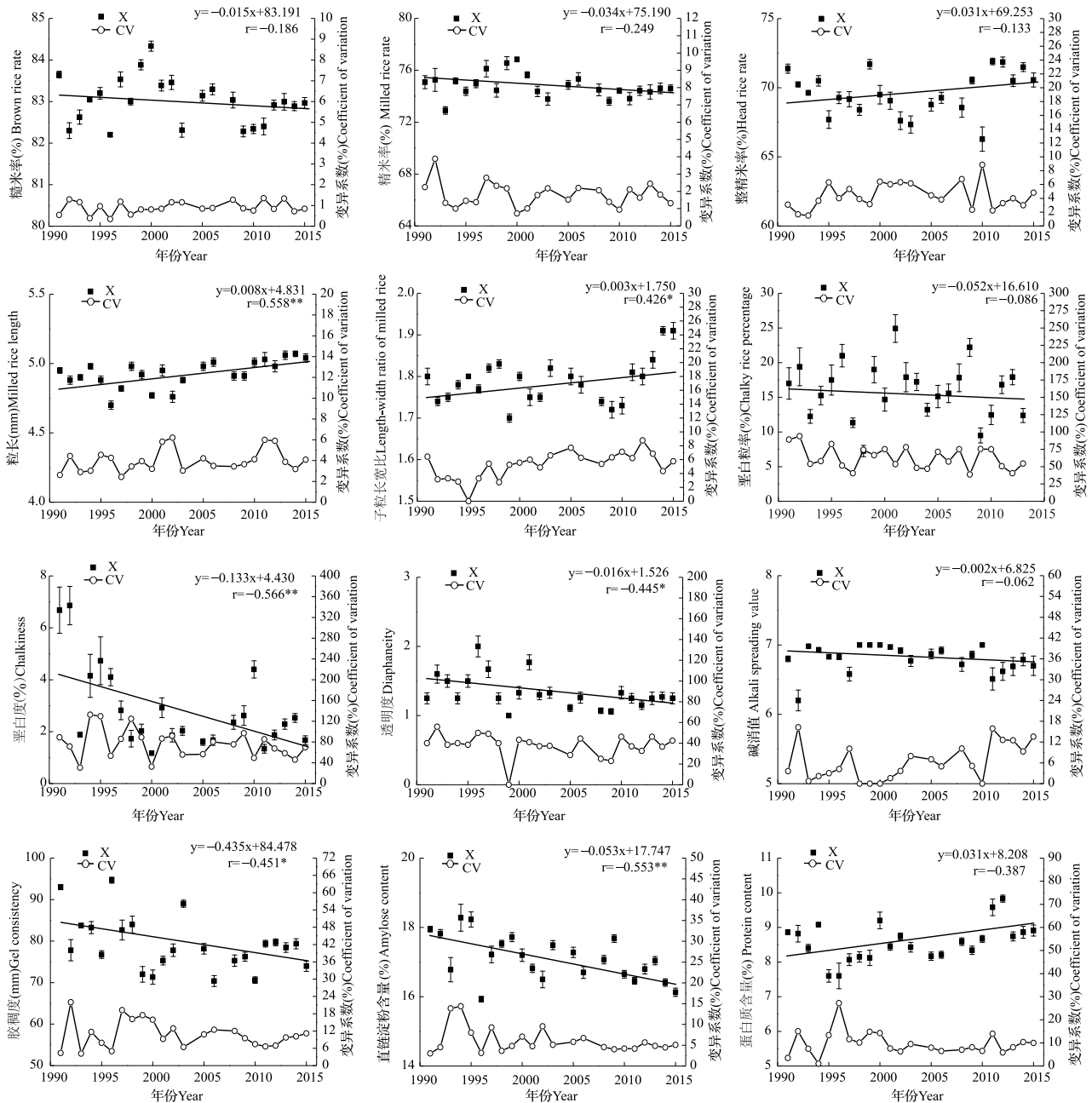


图 1 1991-2015 年辽宁省 257 个水稻品种品质性状演变趋势

Fig. 1 Evolution trend of 257 rice varieties quality characters from 1991 to 2015

由图1可以发现,垩白度、垩白粒率在各年度的变异系数均较大,分别为30.60%~132.71%、38.79%~93.89%;透明度除1999年外其他年份变异系数也较大,在22.91%~55.90%之间;碱消值、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量在各年度的变异系数差异较大,分别在0~16.25%、4.18%~21.97%、3.03%~14.36%、0.98%~27.19%之间;糙米率、精米率、整精米率、粒长、子粒长宽比各年度变异系数均较小,分别为0.42%~1.64%、0.72%~3.88%、1.50%~8.85%、2.43%~6.20%、0~8.78%。表明辽宁省不同时期水稻品种在粒长、子粒长宽比、垩白度、透明度、直链淀粉含量、胶稠度等6个性状上变化显著。同时,垩白粒率、垩白度、透明度相同年份品种间差异较大。

2.2 不同年份水稻品种品质性状主坐标分析

利用PCO分析可以从整体上考察品种品质特性的综合表现,而通过品种在三维空间上的分布更可直观反映品种间品质特性的差异。因此对辽宁省各年份审定水稻品种品质性状平均值进行主坐标分析,可了解品种在整体品质性状上的变化情况。由图2可以看出,各年审定水稻品种品质性状平均值在三维空间上发散性较强,其第1、第2、第3主坐标轴上变化范围分别为0.001~0.510、-0.458~0.366、-0.276~0.493。品质性状的欧氏距离在1.794~7.869之间。

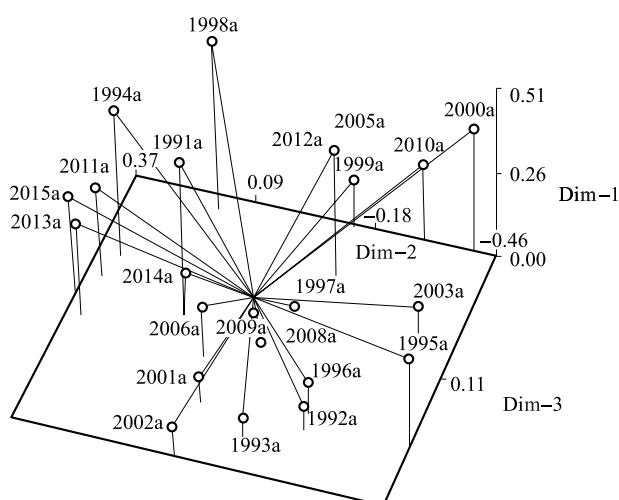


图2 不同年份水稻品种品质性状平均值的PCO排序

Fig. 2 PCO sequencing of the quality characters mean in different years

如以5年为阶段进行时期划分,第1时期(1991-1995年)、第2时期(1996-2000年)、第3时期(2001-2005年)、第4时期(2006-2010年)、第5

时期(2011-2015年)审定品种品质性状欧氏距离系数分别为4.564、5.259、3.767、3.548、2.400。这5个时期审定品种达到优3级以上的比例分别为52.4%、77.3%、83.1%、73.8%、83.3%,但达到优2级以上品种的比例只有42.9%、27.2%、53.2%、26.2%、52.8%。表明不同年份品种在品质性状上差异明显,随着育种时期的推进品种品质性状相似度、优质率在提高,但品种优质等级差异较大。

2.3 不同时期水稻品种亲缘系数分析

由图3可以看出,水稻品种COP最小值出现在1997年(COP=0.016),最大值出现在1994年(COP=0.168)。第1~5时期品种COP值分别为0.086、0.064、0.068、0.063、0.093。表明,辽宁省水稻品种在不同时期的亲缘系数波动较大,但未出现持续性的下降或升高。从总体上看,随着时期的推进,水稻品种间亲缘系数表现出先下降后上升的特点。

本研究品种的直接亲本在1~4个,由图3可以看出,不同年份平均每个亲本直接育成品种数在0.4~0.7个,最低值出现在1996年,最高值出现在2014年。5个时期共涉及到32个、37个、105个、87个、82个直接亲本,平均每个亲本直接育成品种数分别为0.7个、0.6个、0.7个、0.7个、0.9个。可见,平均每个亲本直接育成品种数呈现出上升趋势,品种越来越集中于少数亲本之中。

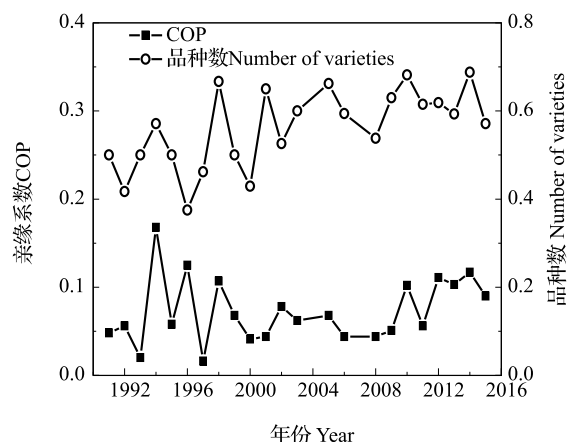


图3 辽宁省不同时期供试水稻品种亲缘系数及亲本育成品种数

Fig. 3 Coefficient of parentage and numbers of varieties bred from parent during different period in Liaoning province

2.4 不同时期水稻骨干亲本分析

按照文献[21]的方法对5个时期审定品种进行骨干亲本分析发现,5个时期骨干亲本数分别为3个、3个、13个、13个、18个(表1)。其占同期亲本

总数的比例分别为 9.4%、8.1%、12.4%、14.9%、22%；应用次数占同期亲本应用总次数的比例分别为 13.6%、24.0%、26.1%、38.4%、52.1%；育成品种数占同期品种总数的比例分别为 28.6%、50.0%、46.8%、56.9%、72.2%。

由表 1 还可看出,丰锦、辽粳 5 号、辽粳 326、辽粳 454、辽粳 294、辽星 1 号是不同时期应用较为频繁的骨干亲本。由于有的品种由多个骨干亲本共同育成,因而这 6 个骨干亲本在 5 个时期育成品种数

分别为 6 个、11 个、24 个、19 个、27 个,占同时期品种总数的比例分别为 28.6%、50.0%、31.2%、29.2%、37.5%,共育成 87 个品种,占全部品种总数的 33.9%。这 6 个骨干亲本 COP 值在 0.198 ~ 0.576 之间,平均值高达 0.359。这 6 个骨干亲本在 5 个时期育成的品种 COP 值分别为 0.206、0.168、0.212、0.188、0.235。表明,骨干亲本在辽宁省水稻品种选育过程中日益重要,并且骨干亲本的利用有向亲缘关系较近的若干亲本集中的趋势。

表 1 1991-2015 年辽宁省 22 个骨干亲本育成品种数

Table 1 The numbers of varieties bred from 22 backbone parental in Liaoning province from 1991 to 2015

骨干亲本 Backbone parental	年份 Years					合计 Total
	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	
丰锦 Toyonihiki	4	3	3	2	—	12
越光 Kosihikari	—	—	1	3	1	5
辽粳 5 号 Liaojing5	1	6	2	—	—	9
早 72 Han72	—	—	4	1	—	5
辽粳 326 Liaojing326	1	3	5	2	1	12
丹粳 4 号 Danjing4	—	—	3	5	1	9
中辽 9052 Zhongliao9052	—	—	1	5	—	6
营 8433 Ying8433	—	—	1	1	3	5
辽粳 454 Liaojing454	—	—	5	12	8	25
辽粳 294 Liaojing294	—	—	10	8	6	24
辽粳 207 Liaojing207	—	—	1	3	1	5
沈农 265 Shennong265	—	—	3	1	2	6
盐丰 47 Yanfeng47	—	—	1	9	8	18
沈农 9741 Shennong9741	—	—	—	1	4	5
辽粳 371 Liaojing371	—	—	—	—	3	3
盐粳 68 Yanjing68	—	—	—	—	4	4
辽粳 9 号 Liaojing9	—	—	—	—	4	4
辽星 1 号 Liaoxing1	—	—	—	—	14	14
中丹 4 号 Zhongdan4	—	—	—	—	5	5
辽盐 166 Liaoyan166	—	—	—	—	3	3
港源 8 号 Gangyuan8	—	—	—	—	4	4
吉粳 88 Jijing88	—	—	—	—	4	4

—表示骨干亲本在该时期无育成品种

—indicates that the backbone parental has no breeding in the period

2.5 水稻骨干亲本聚类分析

22 个骨干亲本共形成 231 对亲缘组合,其 COP 值在 0 ~ 0.658 之间,平均值为 0.147。依骨干亲本间形成的 COP 矩阵对骨干亲本进行聚类(图 4)。当欧氏距离取值 $D = 6.89$ 时,22 个骨干亲本可划分为 4 个类群,第 I 类群包括丰锦、早 72、辽粳 5 号等 15 个品种,COP 平均值为 0.243。第 II 类群包括越光、中丹 4 号、沈农 9741、吉粳 88 共 4 个品种,COP

平均值为 0.156。第 III 类群包括丹粳 4 号、港源 8 号共 2 个品种,COP 平均值为 0.501。第 IV 类群只包括盐丰 47。第 II 类群品种与第 I 类群品种 COP 平均值为 0.119,第 III 类群品种与第 I、第 II 类群品种 COP 平均值为 0.083,第 IV 类群品种与第 I、第 II、第 III 类群品种 COP 平均值为 0。表明,22 个骨干亲本具有大小不同的亲缘系数,形成远近不同的亲缘群体。

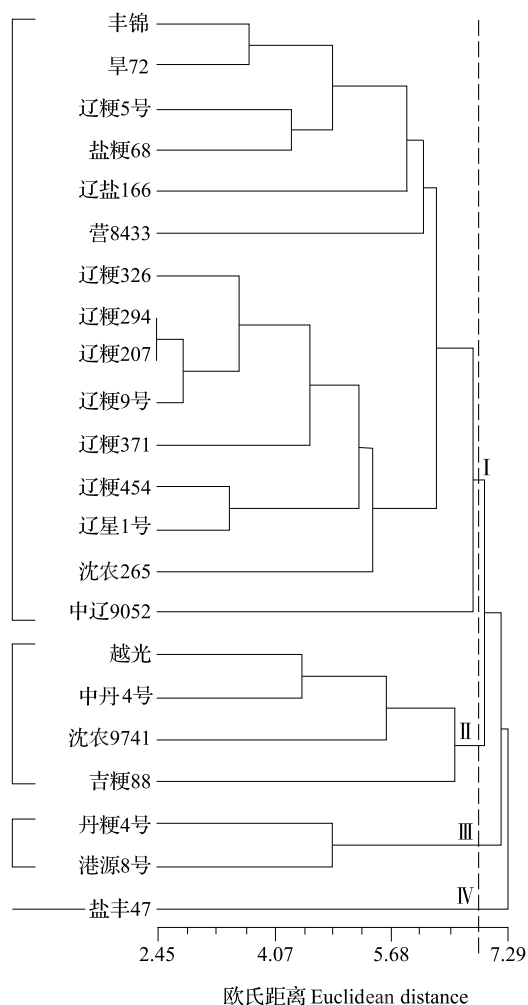


图4 22个骨干亲本亲缘系数聚类图

Fig. 4 Cluster graph of coefficient of parentage on 22 backbone parental

3 讨论

3.1 辽宁省水稻品种品质性状变化特点

高产和优质是水稻科研和生产的两个最重要目标。随着社会的发展和人们生活水平的提高,对稻米品质的要求将越来越高^[22]。胡培松等^[23]对454个主栽品种及484个新品系进行品质分析,品质达国标3级以上的仅有7.1%和4.8%。罗玉坤等^[24]对919个水稻品种及杂交组合进行品质评价,达到国家优质品种标准的只有118个,占品种总数的12.6%。可见,稻米品质已成为我国水稻育种中急需解决的关键问题。

水稻育种是长期的性状改良过程,分析不同时期品种品质性状演变有利于了解品质性状变化特点。本研究表明,辽宁省水稻品种经过1991-2015年共25年的演变,在粒长、子粒长宽比、垩白度、透

明度、胶稠度、直链淀粉含量等性状上变化明显,即随着年份的推进育成品种表现出子粒变长、变宽,垩白度减少,透明度、直链淀粉含量、胶稠度下降的趋势。但不同性状在不同年份的离散程度有较大差异,其中垩白粒率、垩白度、透明度品种间变异系数较大,糙米率、精米率、整精米率品种间变异系数较小。PCO分析表明,辽宁省水稻品种随着年份的变化在某些性状上表现出相应的特点,但在品质性状的综合表现上品种间的差异依然较大,虽然从较长阶段上看随着时期的推进,品种优质率在提高,但达到优2级以上标准的比例差异明显。因此,从性状角度来说,垩白粒率、垩白度、透明度是品质改良的重点,糙米率、精米率、整精米率是品质改良的难点。

3.2 辽宁省水稻骨干亲本利用及育成品种的亲缘关系

遗传变异性是品种改良的遗传基础^[25]。追溯水稻品种亲本渊源,分析亲本遗传背景,对水稻品质育种具有重要的现实意义。对水稻常规品种而言,亲本选择是品质改良首先需要考虑的问题。骨干亲本在育种中发挥着重要作用,确定骨干亲本不但能够了解育种历史和亲本的贡献,而且对育种也有重要指导作用^[26]。刘化龙等^[27]的研究表明,近年来寒地水稻品种遗传改良是围绕少数骨干亲本进行,骨干亲本将大部分优良基因传递到衍生品种当中。张三元等^[28]的研究表明,吉林省20世纪80年代以来,在育成推广品种的品质亲缘关系中品质的遗传基因来源于下北、藤坂5号和吉粳60后代的衍生系统。

本研究结果表明,经过25年的演变,辽宁省水稻育种形成22个骨干亲本,并且随着时间推进,由骨干亲本育成品种的比例不断提高,但仅利用少数骨干亲本,势必带来育成品种遗传基础狭窄的问题。亲缘系数(COP)是一种对已知其系谱信息的自花授粉作物基因组的宏观分析方法,反映的是整体的基因流向和品种间的遗传相似程度。依据亲缘系数既可以研究单个品种的遗传信息,还可以预测品种间的遗传背景丰富程度^[29]。本研究中具有直接亲缘关系的骨干亲本丰锦、辽粳5号、辽粳326、辽粳454、辽粳294、辽星1号的COP平均值高达0.359,由其育成的水稻品种比例占品种总数的33.9%,其中达到优3级品种的比例高达81.6%,占到全部优质品种比例的35.5%。因此,由其育成的优质品种具有相近的遗传背景和较近的亲缘关系。

3.3 辽宁省水稻优质育种的途径

现代育种导致作物遗传多样性的降低,使得作

物改良的遗传基础变得愈来愈狭窄^[30]。张科等^[31]对黑龙江近年审定的 73 个水稻常规稻品种进行遗传多样性分析后认为,由于黑龙江省水稻育种中可利用的亲本资源较少,一些具有优良性状的骨干亲本被反复利用,育成的新品种群体遗传基础越来越狭窄。李洪亮等^[32]追溯龙粳 31 的祖先亲本后认为,要在寒地水稻育种上再取得更大成就,就要突破现有遗传基础狭窄的限制。本研究表明,25 年来辽宁省水稻育种中在品质性状提高的同时,由于骨干亲本的频繁应用,品种优质基础不断变窄,育成品种遗传背景单一,近期育成品种亲缘关系较近。这大大限制了辽宁水稻品种品质性状的进一步提高,因此,在利用现有骨干亲本的基础上,筛选评价新的优质亲本,拓宽品种遗传基础,并以外观品质、加工品质及多种品质性状的优化作为品质育种的主要指标是辽宁省品质育种的有效途径。

参考文献

- [1] 赵凌,赵春芳,周丽慧,等. 中国水稻生产现状与发展趋势[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):105-107
- [2] 盛文涛,吴俊,姚栋萍,等. 稻米食味品质的影响因素及中国籼稻食味品质改良存在的问题与策略[J]. 杂交水稻,2014,29(3):1-5
- [3] 闵捷,朱智伟,许立,等. 我国 20 世纪 80 年代以来育成粳稻品种的米质及优质达标率分析[J]. 中国稻米,2008(6):1-4
- [4] 何广生,王海洋,程效义,等. 东北三省不同年代水稻品质性状比较研究[J]. 黑龙江农业科学,2011(8):5-10
- [5] 张宏根,朱国永,封智嵩,等. 近 30 年江苏省迟熟中粳品种产量与品质分析[J]. 中国水稻科学,2014,28(3):327-334
- [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,1991:106-138
- [7] 齐永文,张冬玲,张洪亮,等. 中国水稻选育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
- [8] 刘传光,张桂权. 用 SSR 标记分析 1949-2005 年华南地区常规籼稻主栽品种遗传多样性及变化趋势[J]. 作物学报,2010,36(11):1843-1852
- [9] 韩勇,邵国军,李建国,等. 辽宁省水稻品质现状的初步分析[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(4):313-317
- [10] 韩勇,邓媛,沈枫,等. 辽宁省 2002~2006 年育成水稻品种品质情况分析[J]. 粮食与饲料工业,2008(2):1-3
- [11] 韩勇,姜秀英,刘军,等. 辽宁省近年新育成水稻品种米质分析[J]. 北方水稻,2007,37(3):61-64
- [12] 邵国军,王洪山,韩勇,等. 辽宁省水稻品种系谱分析[J]. 北方水稻,2008,38(5):12-16
- [13] 姜树坤,王政海,钟鸣,等. 辽宁省近 15 年的部分水稻主栽品种的简单重复序列(SSR)多态性分析[J]. 植物生理学通讯,2007,43(1):69-72
- [14] 中华人民共和国农业部. NY147-88 米质测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,1988,1-7
- [15] 中华人民共和国农业部. NY/T 593-2013 食用稻品种品质[S]. 北京:中国标准出版社,2013,1-6
- [16] Cox T S, Lookhart G L, Walker D E, et al. Genetic relationship among hard red winter wheat cultivars as evaluated by pedigree analysis and gliadin ployacrylamide gelelectrophoretic patterns[J]. Crop Sci, 1985, 25:1058-1063
- [17] Zhou X L, Carter T E, Cui Z L, et al. Genetic diversity patterns in Japanese soybean cultivars based on coefficient of parentage[J]. Crop Sci, 2002, 42:1331-1342
- [18] 宋焯,翟衡,姚玉新,等. 苹果加工品种遗传多样性分析[J]. 中国农业科学,2006,39(1):139-144
- [19] 郝晨阳,董玉琛,王兰芬,等. 我国普通小麦核心种质的构建及遗传多样性分析[J]. 科学通报,2008,53(8):908-915
- [20] 王江春,胡延吉,余松烈,等. 建国以来山东省小麦品种及其亲本的亲缘系数分析[J]. 中国农业科学,2006,39(4):664-672
- [21] 赵一洲,李正茂,路洪彪,等. 辽宁省水稻骨干亲本演变及遗传多样性分析[J]. 河南农业科学,2014,43(12):28-33
- [22] 徐正进,韩勇,邵国军,等. 东北三省水稻品质性状比较研究[J]. 中国水稻科学,2010,24(5):531-534
- [23] 胡培松,翟虎渠,万建民. 中国水稻生产新特点与稻米品质改良[J]. 中国农业科技导报,2002,4(4):33-39
- [24] 罗玉坤,朱智伟,金连登,等. 从普查结果看我国水稻品种品质的现状[J]. 中国稻米,2002(1):5-9
- [25] 郑康乐,庄杰云. 我国水稻推广品种的遗传变异性及种质资源的开发利用[J]. 中国农业科技导报,2000,2(3):69-72
- [26] 孙宗修,鄂志国,王磊,等. 对中国水稻骨干亲本评定方法的探索[J]. 作物学报,2014,40(6):973-983
- [27] 刘化龙,王敬国,刘华招,等. 基于 SSR 标记的寒地水稻品种骨干亲本分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(6):865-871
- [28] 张三元,李彻,张俊国,等. 吉林省水稻品种品质的研究 VI 吉林省优质品种的系谱及品质聚类分析[J]. 吉林农业科学,2000,25(5):3-7
- [29] 刘章雄,孙石,李卫东,等. 1983-2010 年北京市大豆育成品种的亲缘关系分析[J]. 作物学报,2013,39(9):1693-1700
- [30] Walsh J. Genetic vulnerability down on the farm[J]. Science, 1981, 214:161-164
- [31] 张科,魏海锋,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
- [32] 李洪亮,柴永山,孙玉友,等. 寒地超级稻龙粳 31 祖先亲本追溯及遗传基础解析[J]. 植物遗传资源学报,2016,17(3):433-437