

浙江育成和审定水稻品种分析(1980-2019)

鄂志国, 孙红伟, 林海, 王磊, 童汉华, 陈红旗, 朱练峰

(中国水稻研究所, 杭州 310006)

摘要: 浙江是水稻种植小省, 但培育出众多大品种和骨干亲本, 及时总结浙江的水稻育种经验和成果, 有助于了解育种历史, 对育种家选择亲本具有参考价值。基于 VBA, 编写程序, 分析“中国水稻品种及其系谱数据库”中收录的浙江育成和审定水稻品种。1980-2019 年, 浙江省育成品种 655 个、审定品种 514 个, 生产上大面积应用品种 291 个。分析发现审定品种的平均单产逐步提高, 蒸煮食味品质有改善, 外观品质的垩白度和透明度也有改进, 白叶枯病抗性没有明显变化, 稻瘟病抗性有所下降, 但优于同期同稻区全国平均水平。

关键词: 品种分析; 育成品种; 水稻; 数据库; 浙江省

Analysis of Rice Varieties Bred and Certified in Zhejiang Province, China (1980-2019)

E Zhi-guo, SUN Hong-wei, LIN Hai, WANG Lei, TONG Han-hua, CHEN Hong-qi, ZHU Lian-feng

(China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006)

Abstract: Plenty of leading varieties and backbone parents have been bred in Zhejiang Province, even though the rice planting area is relatively small compared to many other provinces in China. Summarizing the rice breeding experience and results in Zhejiang will not only help to understand the breeding history, but also have important reference values for breeders in selecting breeding parents. Based on the VBA programming, the algorithm is compiled to analyze the variety records for Zhejiang included in the Database for Chinese Rice Varieties and their Genealogy. From 1980 to 2019, 655 rice varieties were bred in the province, among which 514 varieties were certified, and 291 varieties have been grown in large areas. Our analysis shows that the yield per unit area and the edibility quality, chalkiness and transparency of the certified varieties have been raised, while the resistance to bacterial leaf blight of rice has remained roughly the same, and the resistance to rice blast has been somewhat lowered but still higher than the average level of resistance to rice blast of nationally certified varieties in the same rice-growing area in the same time period.

Key words: variety analysis; certified varieties; rice; database; Zhejiang Province

水稻是我国最主要的粮食作物, 全国超过 60% 的人口以大米为主食^[1]。浙江种植水稻历史悠久, 最早可追溯到 7000 年前的新石器时代, 素有“鱼米之乡”之称。但浙江山多地少, 常年水稻播种面积仅 1250 万亩左右, 粮食自给率仅 39.6%, 存在粮

食安全隐患^[2]。因此, 浙江省历来非常重视高产、优质和多抗水稻品种的选育, “六五”起在浙江省科技厅的持续支持下, 先后实施了“8812”计划和“9410”计划, 联合全省水稻育种力量开展协作攻关。一系列水稻新品种选育专项的实施, 使得浙江

收稿日期: 2019-08-06 修回日期: 2019-11-30 网络出版日期: 2020-02-07

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190806001>

第一作者研究方向为生物信息学, E-mail: ezhiguo@caas.cn; 孙红伟为共同第一作者

通信作者: 朱练峰, 研究方向为水稻栽培与生理生态, E-mail: zhulianfeng@caas.cn

基金项目: 浙江省农业新品种选育重大科技专项 (2016C02050-3)

Foundation project: The Zhejiang Provincial Key New Varieties Breeding Effort (2016C02050-3)

省水稻科研水平和育种成果一直走在全国前列,先后诞生了一大批在长江流域和南方广泛应用的大品种,如早稻品种浙辐 802、中嘉早 17、中早 39,晚粳品种秀水 04、秀水 48、浙粳 22、浙粳 99,杂交组合汕优 10 号、天优华占、中浙优 1 号等;也培育了诸多被全国育种家普遍使用的骨干亲本材料,如浙辐 802、测 21 和华占等。及时总结这些育种成果,尤其品种的系谱和特征特性,对育种家选择亲本具有参考价值,可以有效减少育种配组中的盲目性^[3-4]。

基于中国水稻品种及其系谱数据库 (<http://www.ricedata.cn/variety/>)^[5] 的数据,本课题组编写程序算法,分析了我国主栽水稻品种的更替规律^[6],并提出评选水稻骨干亲本的方法^[7]。本研究基于该数据库,就育成品种的产量、品质、抗性等性状,对浙江近 40 年育成、审定和大规模推广的品种进行分析,以期水稻育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

“中国水稻品种及其系谱数据库” (<http://www.ricedata.cn/variety/>),截至 2019 年 7 月,共收录水稻品种已超过 2 万份,从中选出浙江省历年育成品种 655 个(包含未在浙江审定但通过国家或其他省份省定的品种)、审定品种 514 个和大规模推广品种 291 个。利用宏语言编码 VBA (Visual Basic for Applications) 程序从数据库的审定公告中分析出每份品种的单产、整精米率、透明度、垩白度、直

链淀粉含量、胶稠度、稻瘟病和白叶枯病抗性共 8 种性状的数据。本研究中的大面积推广品种是指至少 1 年在浙江省推广应用 6666.67 hm² 以上的品种。

1.2 数据分析

产量与其构成因子之间的相关性分析,采用 XLSTAT 2016 软件计算出皮尔逊相关系数及 p 值。图 1~5 均采用 R 语言的 ggplot2 包绘制,其中,图 1 是堆叠柱状图,图 2 和图 3 是箱形图,图 4 和图 5 是小提琴结合箱形图。箱形图中,每个点代表一个品种,年度均值用折线相连,箱体表示处于上四分位数和下四分位数之间的品种,即约 50% 的品种,箱体中的小横线是中位数;小提琴图中,越宽的位置,表明处于该值附近的品种数越多,反之品种数越少。

2 结果与分析

2.1 基本概况

1980-2019 年浙江共育成水稻品种 655 个,省级审定水稻品种 514 个 518 次(不含鉴定或认定,图 1)。从育种单位看,育成品种数(包含国家和各省审定的品种,不仅指浙江审定)最多的 3 家单位分别是:中国水稻研究所(212 个)、嘉兴市农业科学研究院(130 个)、浙江省农业科学院(103 个)。514 个审定品种,按亚种分,籼型 299 个,粳型 188 个,籼粳交 27 个;按类型分,常规种 257 个(籼稻 125 个、粳稻 132 个),杂交种 249 个(两系 32 个、三系 217 个),另有不育系 8 个。

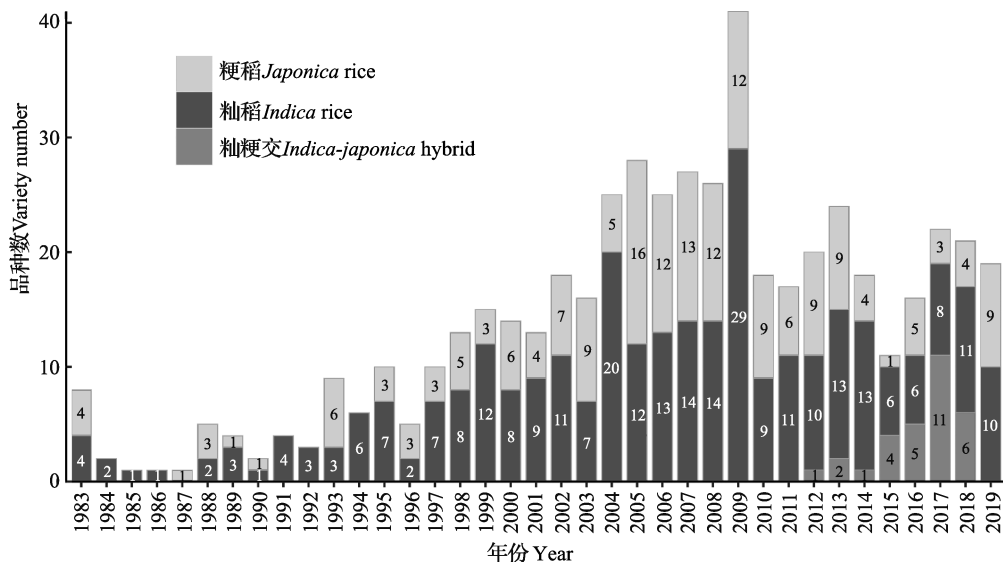


图 1 1983-2019 年浙江省审定水稻品种数

Fig.1 Number of rice varieties certified in Zhejiang Province, China from 1983 to 2019

1983-2017 年的 35 年间,在浙江获得大面积应用的水稻品种共有 291 个。按类型分,常规稻 214 个,杂交组合 77 个(两系 7 个,三系 70 个);按亚种分,籼稻 151 个,粳稻 137 个,籼粳交 3 个。累计推广面积突破 100 万 hm^2 的品种有 10 个(8 籼 2 粳,6 常规 4 杂交),分别为汕优 6 号(277.8 万 hm^2)、协优 46(243.5 万 hm^2)、二九丰(177.7 万 hm^2)、广陆矮 4 号(162.7 万 hm^2)、汕优 10 号(156.5 万 hm^2)、汕优 63(119.1 万 hm^2)、浙辐 802(110.1 万 hm^2)、秀水 11(105.8 万 hm^2)、秀水 48(104.8 万 hm^2) 和嘉育 293(100.4 万 hm^2)。另有些品种,虽在浙江推广面积未进前十,但在省外应用面积很大,如秀水 04,全国累计推广 179.9 万 hm^2 。

2.2 品种性状分析

高产、优质和多抗是品种选育的主要目标,也是商业化品种具有市场竞争力的前提。本研究选取 2000-2019 年共 20 年的审定品种(更早的缺少详细

数据),从产量及其构成因子、品质和抗病性等方面,分析它们的变化趋势,以期今后的育种提供参考。

2.2.1 产量及其构成因子分析 以浙江省内生产试验的平均单产为指标,考察近 20 年浙江省审定品种的产量变化,发现随着时间的推移,品种的单产总体上呈上升趋势,并在 2017 年达到历史高点(图 2)。分别比较了早稻、中稻、单晚、连晚等 4 种类型的单产,发现不同类型随年份变化的趋势与上述整体变幅基本一致。此外,还比较了常规稻和杂交稻的单产差异,发现同年份审定的品种,杂交组合的单产整体上高于常规品种(图 2),且 2012-2019 年共 8 年间单产最高的品种均来自籼粳交组合。其中,单产最高的杂交组合甬优 538 达 $11325.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$,而单产最高的常规品种宁 84 为 $9697.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。这说明目前在浙江地区,杂交组合对常规品种还是拥有产量上的优势,而籼粳亚种间杂交组合对籼型或粳型亚种内杂交组合也有产量上的优势。

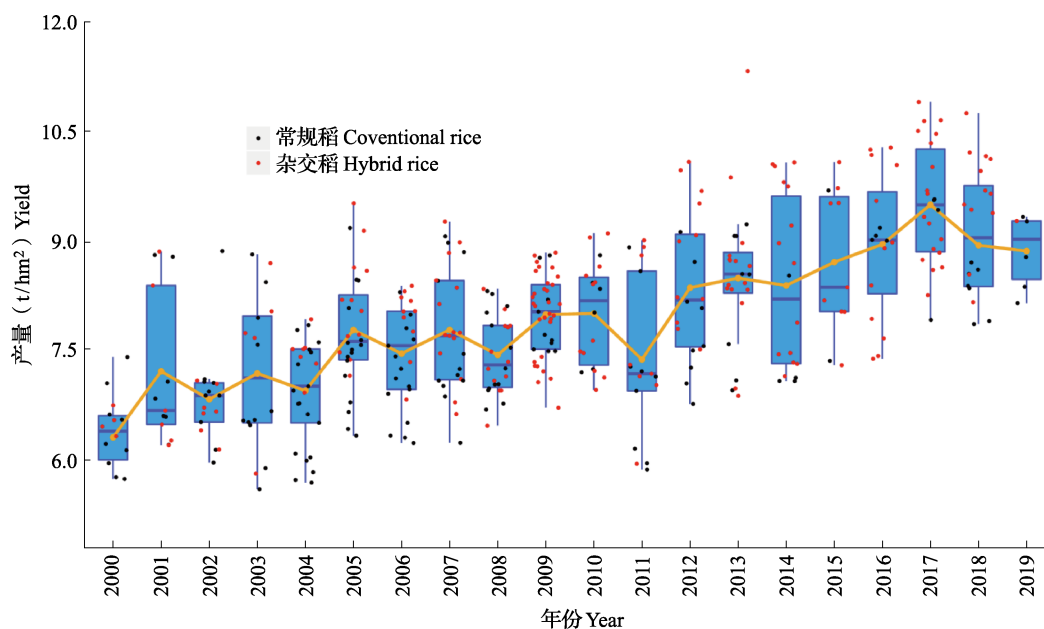


图 2 2000-2019 年浙江审定水稻品种的单产

Fig.2 Yield per unit area of rice varieties certified in Zhejiang Province, China from 2000 to 2019

接着分析了品种单产与产量构成因子之间的关系。发现杂交组合的单产,与每穗实粒数极显著正相关($r=0.744$, $P=0$),与每亩有效穗($r=-0.547$, $P<0.001$)和千粒重($r=-0.324$, $P<0.001$)均负相关;而常规品种的单产,与每亩有效穗($r=-0.093$, $P=0.369$)和千粒重($r=-0.160$, $P=0.120$)均不存在显著线性相关性,但与每穗实粒数有正相关性($r=0.508$, $P<0.001$)(表 1)。这说明大多数水稻品种,尤其是杂交组合,普遍通过大穗实现高产。当

然,也有少部分品种,是通过提高有效穗数或粒重实现高产,如嘉优 6 号、春优 149 和浙优 13 等。

2.2.2 品质分析 整精米率、透明度和垩白度是大米外观和加工品质的 3 个关键指标,也是我国农业行业标准《食用稻品种品质》中的 3 项重要评判参数。近 16 年(更早的年份缺失详细数据),浙江省审定品种的整精米率年度间有波动,除 2004 年中数和均值不足 55.0% 外,其他年份中数和均值都在 60.0% 以上浮动,整体变异系数 15.47%,2004-2009

表 1 浙江审定水稻品种单产与产量构成因子的相关性

Table 1 Correlation between yield per unit area and yield components of rice varieties certified in Zhejiang Province

相关系数 Correlation coefficient	单产 Yield per unit area	每亩有效穗 Number of fertile panicles per unit area	穗长 Length of panicle	每穗总粒数 Total number of grains per panicle	每穗实粒数 Number of filled grains per panicle	结实率 Percentage of filled grains	千粒重 1000-grain weight
单产 Yield per unit area		-0.547**	-0.191	0.695**	0.744**	0.193	-0.324**
每亩有效穗 Number of fertile panicles per unit area	-0.093		-0.232**	-0.665**	-0.693**	-0.101	0.030
穗长 Length of panicle	-0.392**	-0.149		-0.143	-0.171	-0.143	0.362**
每穗总粒数 Total number of grains per panicle	0.360**	-0.664**	0.024		0.970**	-0.133	-0.613**
每穗实粒数 Number of filled grains per panicle	0.508**	-0.679**	-0.119	0.904**		0.101	-0.599**
结实率 Percentage of filled grains	0.359**	-0.111	-0.315**	-0.130	0.303**		0.086
千粒重 1000-grain weight	-0.160	-0.052	0.215	-0.405**	-0.353**	0.106	

上三角矩阵为杂交组合, 下三角矩阵为常规品种。** 表示在 0.01 水平下相关极显著

Upper triangular matrix: for hybrid combinations, Lower triangular matrix: for regular varieties. ** The coefficient is significant at the 1% level

年波幅大, 2010 年后年度间波幅稍小(图 3)。与整精米率类似, 16 年来浙江省审定水稻品种的垩白度和透明度也呈波动状态, 但略不同的是垩白度和透明度总体上呈波动且下降趋势, 即有改良, 尤其是近 5 年。

直链淀粉含量和胶稠度是决定大米食味品质的关键, 行业标准《食用稻品种品质》对于优质稻也有明确的限值。去除早籼和糯稻后, 整体上看, 相比之前的 12 年, 近 4 年审定品种的直链淀粉含量显著降低, 这主要是由中、晚籼品种的直链淀粉含量下降引起。究其原因, 2004-2012 年多数中晚籼的直链淀粉含量明显高于粳稻, 低直链淀粉含量籼稻占比少, 明显分成两簇; 2013-2016 年差异已经不明显, 低直链淀粉含量籼稻占比增加; 而 2017-2019 年两者已经基本没有差异, 高直链淀粉含量籼稻完全消失(图 4)。胶稠度方面, 16 年间变化不大, 粳稻除嘉禾 239 外, 胶稠度均在 60 mm 以上, 籼稻除 2010-2012 年的 7 个品种外, 胶稠度均在 50 mm 以上, 分别满足优质粳稻 3 级和优质籼稻 3 级的标准, 但近 3 年中、晚籼的胶稠度还是明显上升, 没有胶稠度偏低的品种(图 4)。综上所述, 近些年, 浙江中、晚籼

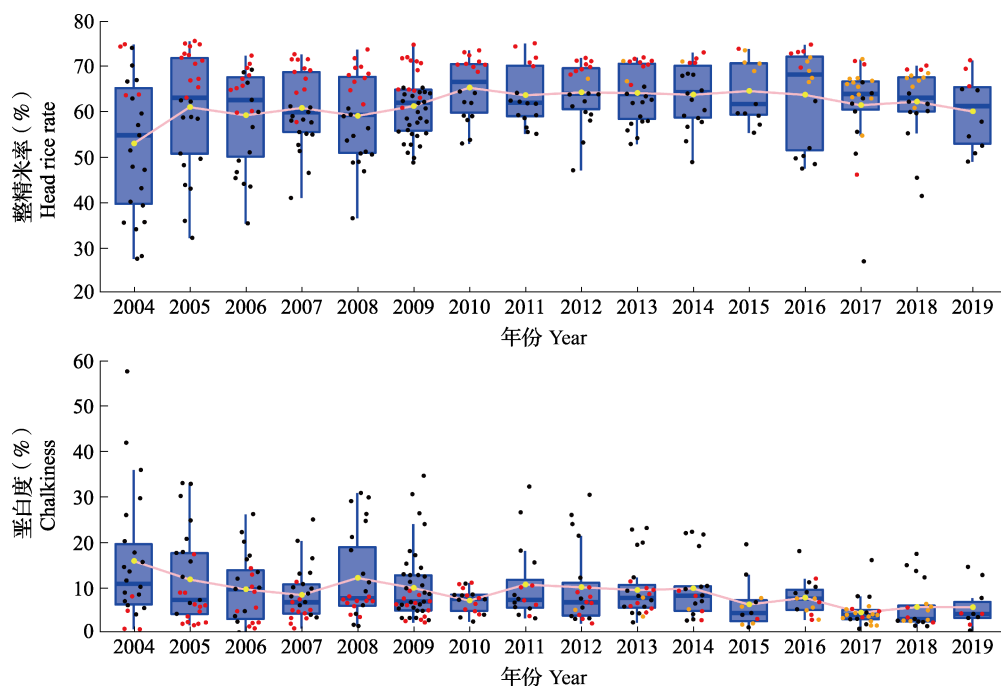
品种整体上口感变软了, 蒸煮食味品质得到了明显改善。

2.2.3 抗病性分析 稻瘟病和白叶枯病是影响水稻产量和稻米品质的两种重要病害。本研究分析了浙江省近 20 年品种抗性的变化, 整体上来说, 白叶枯病抗性没有明显变化, 绝大多数品种的抗性等级介于 3~7 之间, 各年度的均值和中数都在 5~6 之间。稻瘟病方面, 2004-2012 年, 每年大多数的审定品种抗性在中抗或中抗水平以上, 但 2012-2019 年的 8 年间, 稻瘟病抗性不仅没有得到改良, 反而有变差的趋势, 占比 50% 的品种从 2012 年的抗 - 中抗水平, 逐渐下降到 2019 年的中抗 - 中感水平(图 5)。这可能与近些年更侧重于对品质的关注有关。

3 讨论

3.1 骨干亲本贡献大, 早稻和晚粳育种居全国领先水平

利用自主开发的骨干亲本评价程序^[7], 本研究重新计算了库中每份种质的衍生后代。发现浙江这样一个水稻种植小省(2016-2017 年水稻播种面积约占全国的 2.0%^[8]), 却育成众多在国内大面



图中每个点代表 1 个品种; 红色表示梗稻, 黑色表示籼稻, 橙色表示籼梗交。粉色折线连接的是各年所有品种的均值。下同

Each point represents a variety, red: japonica rice, black: indica rice, orange: indica-japonica hybrid. The same as below

The pink broken line links the average annual value. The same as below

图 3 2004-2019 年浙江省审定水稻品种的整精米率和垩白度

Fig.3 Head rice rate (upper) and chalkiness (lower) of rice varieties certified in Zhejiang Province, China from 2004 to 2019

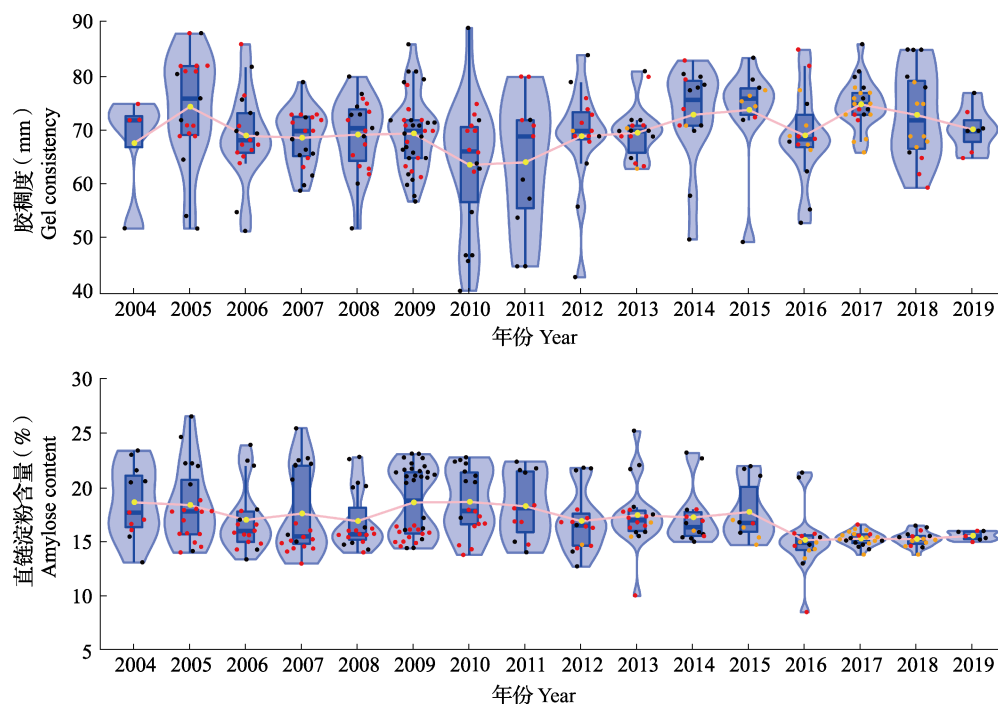


图 4 2004-2019 年浙江省审定水稻品种 (去除早籼和糯稻) 的胶稠度和直链淀粉含量

Fig.4 Gel consistency (upper) and amylose content (lower) of rice varieties certified in Zhejiang Province, China from 2004 to 2019, excluding early indica and glutinous varieties

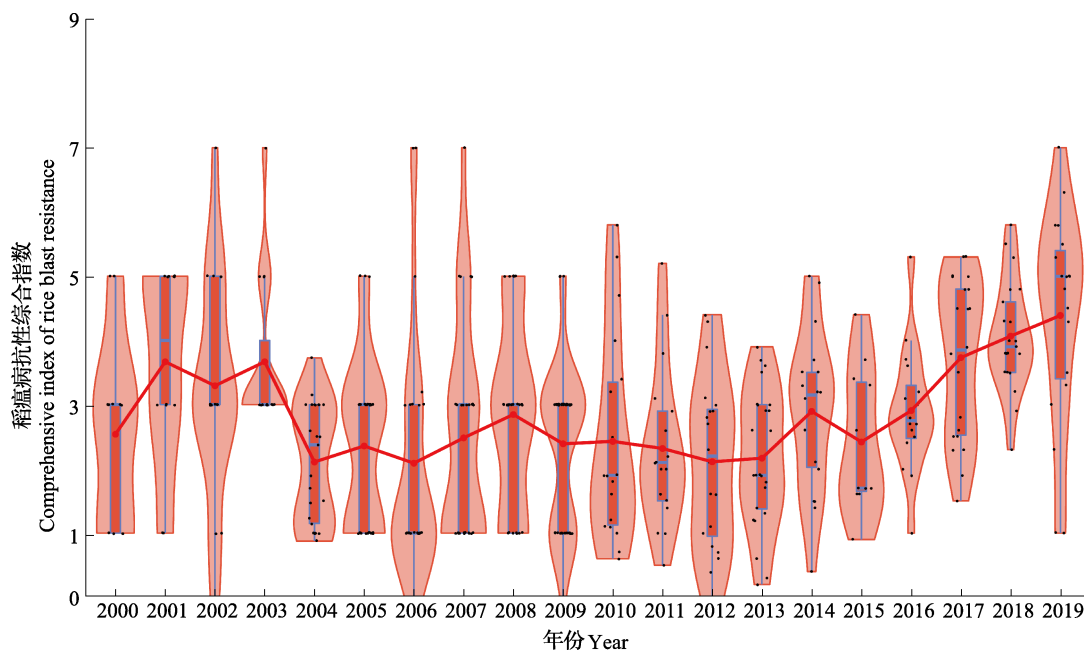


图 5 2000-2019 年浙江省审定品种的稻瘟病抗性

Fig.5 Rice blast resistance of rice varieties certified in Zhejiang Province, China from 2000 to 2019

积推广的品种,以及被全国育种家广泛应用的骨干亲本。20 世纪 80 年代以来,累计推广面积超过 200 万 hm^2 的大品种有汕优 64、浙辐 802、汕优 10 号、中嘉早 17、协优 46、二九丰和二九青等 7 个,占全国 56 个品种的 12.5%,其中,早籼品种有 4 个。此外,浙辐 802、嘉育 293 和二九丰等早籼品种是能进入全国前 50 位的极其重要的籼型骨干亲本^[7],这些都说明浙江省早稻育种长期遥遥领先于全国水平。除早籼外,浙江的中晚籼和晚粳育种也独具特色,华占、丙 815、测 21、秀水 04、秀水 02 等核心材料,也都成为育种家广泛应用的历史前 50 名骨干亲本。当然,这些成就离不开浙江省政府的重视和大力投入。

3.2 稻瘟病抗性下降,但优于同期同稻区的国家平均水平

本研究比较分析了 2012-2018 年国家审定长江中下游中籼和浙江审定的数据^[9],发现同期的稻瘟病抗性综合指数,长江中下游中籼国审品种从 2012 年的平均“中感”水平(抗性中数和均值同为 5.3),缓慢提升至 2018 年的“中抗-中感”水平(抗性中数和均值同为 4.2)。而浙江最近数年审定品种的综合指数从 2012 年的平均“中抗”水平(抗性中数和均值分别为 2.2、2.1),逐步降低到 2018 年的“中抗-中感”水平(抗性中数和均值分别为 3.9、4.1)。对比这两组数据,结合 2004-2013 年浙江审定品种的稻瘟病抗性平均水平一直高于“中抗”(图 5),可

以看出,长期以来,浙江一贯非常重视稻瘟病抗性育种,即便近些年因更注重品质等原因放宽稻瘟病抗性标准,其审定的品种抗性仍好于同稻区的全国平均水平。

3.3 单产与产量构成因子

单产是单位面积有效穗数、每穗总粒数、结实率和粒重这 4 个因子的乘积,理应与这些因子都完全正相关。但浙江历年审定品种,不管是杂交组合还是常规稻,其单产与有效穗和千粒重均不存在显著正相关,这一结果看似与水稻产量形成规律不符。这是因为审定品种在参试时,同种类型的种植密度基本一致,导致了试验品种的有效穗数基本上在某“阈值”附近,而有效穗数在阈值之上,产量不仅不会增加,反而会降低(杂交稻情况正是如此);此外,有效穗数、穗粒数和千粒重这 3 个因子自身也是相互掣肘的(“库”和“源”的关系),如有效穗数在阈值之上继续增加,会导致穗粒数和千粒重降低。而育种和栽培,就是要找到这三者之间的最佳结合点。类似地,由于本研究分析的都是已经通过审定的品种,所以这些品种的结实率都较好且变化幅度不大(即变异系数低),这导致了品种的单产与结实率相关性不大。

本研究通过程序算法,对过去近 40 年浙江省审定和推广的水稻品种展开分析。整体来看,水稻审定品种数多,不管是常规品种还是杂交组合,育成品种的单产都得到显著提升,尤其近几年比较明显,稻

瘟病抗性水平长期处于一个较高水平;多数品种的蒸煮食味品质有改善,表现在胶稠度上升、直链淀粉含量下降,米饭变软,这与人们生活水平提高从而对品质要求更高相适应。此外,多数品种的外观品质如垩白度和透明度也有改善。

参考文献

- [1] 周健,崔迪,赵洙敏,孙建昌,黎毛毛,马小定,王先俱,李相奎,赵竣贤,朴东洙,郭晓红,韩龙植. 不同年代水稻品种主要农艺性状的表型评价. 植物遗传资源学报, 2019, 20(6): 1566-1578
Zhou J, Cui D, Jo S, Sun J C, Li M M, Ma X D, Wang X J, Li X K, Cho J H, Park D S, Guo X H, Han L Z. Phenotypic evaluation of main agronomic traits in rice varieties that were released over the past few decades. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(6): 1566-1578
- [2] 陆艳婷,陈金跃,张小明,叶胜海,金庆生. 浙江省粮食生产的影响因素与发展对策分析. 农业科技通讯, 2017(2): 10-13
Lu Y T, Chen J Y, Zhang X M, Ye S H, Jin Q S. Analysis of influencing factors and development tactics of grains production in Zhejiang Province. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2017(2): 10-13
- [3] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱(1986-2005). 北京: 中国农业出版社, 2009: 1-22
Wan J M. Rice genetic breeding and variety genealogy in China (1986-2005). Beijing: China Agriculture Press, 2009: 1-22
- [4] 林世成,闵绍楷. 中国水稻品种及其系谱. 上海: 上海科学技术出版社, 1991: 1-8
Lin S C, Min S K. Rice variety and their genealogy in China. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1991: 1-8
- [5] 鄂志国,王磊. 中国水稻品种及其系谱数据库. 中国水稻科学, 2011, 25(5): 565-566
E Z G, Wang L. Construction of database for Chinese rice varieties and their genealogy. Chinese Journal of Rice Science, 2011, 25(5): 565-566
- [6] 林海,李婷婷,童汉华,王志刚,王磊,鄂志国. 我国水稻主栽品种演替分析. 中国水稻科学, 2018, 32(6): 565-571
Lin H, Li T T, Tong H H, Wang Z G, Wang L, E Z G. Analysis on evolution of major rice cultivars in China. Chinese Journal of Rice Sciences, 2018, 32(6): 565-571
- [7] 孙宗修,鄂志国,王磊,朱德峰,张玉屏,胡国成,刘文真,付亚萍. 对中国水稻骨干亲本评定方法的探索. 作物学报, 2014, 40(6): 973-983
Sun Z X, E Z G, Wang L, Zhu D F, Zhang Y P, Hu G C, Liu W Z, Fu Y P. Exploring assessment method of Chinese rice backbone parents. Acta Agronomica Sinica, 2014, 40(6): 973-983
- [8] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴 2018. 北京: 中国农业出版社, 2019: 197
Editorial Committee of China Agriculture Yearbook. China agriculture yearbook 2018. Beijing: China Agriculture Press, 2019: 197
- [9] 鄂志国,程本义,孙红伟,汪玉军,朱练峰,林海,王磊,童汉华,陈红旗. 近40年我国水稻育成品种分析. 中国水稻科学, 2019, 33(6): 523-531
E Z G, Chen B Y, Sun H W, Wang Y J, Zhu L F, Lin H, Wang L, Tong H H, Chen H Q. Analysis on Chinese improved rice varieties in recent four decades. Chinese Journal of Rice Sciences, 2019, 33(6): 523-531