

海南省审定水稻品种的基本特性分析

虞国平^{1,2,4}, 程子硕³, 杜婷婷¹, 杨长登^{1,2}, 王州飞⁵, 黄智波⁵, 郑安福^{1,2}, 方晶璟^{1,2}, 季芝娟^{1,2,4}

(¹三亚中国农业科学院国家南繁研究院, 三亚 572025; ²中国水稻研究所, 杭州 310006; ³海南省种子总站, 海口 571100;

⁴海南省崖州湾种子实验室, 三亚 572025; ⁵华南农业大学农学院, 广州 510642)

摘要: 水稻是海南省最主要的粮食作物之一, 然而海南耕地面积少、稻谷总产低, 粮食自给压力大, 培育优质高产抗逆水稻品种、提高水稻总产量是保障海南粮食安全的重要途径。本研究以2003–2021年期间通过海南省审定的水稻品种为材料, 对产量、米质、抗性 etc 农艺性状的年际间变化、品种分布频率以及性状间的相关性等进行分析, 解析海南品种的基本特性。2003–2021年海南省审定水稻品种384个, 品种类型主要为杂交籼稻品种, 占71.3%; 审定品种的区试和生试产量水平表明海南水稻单产水平不高; 每穗粒数在110~160粒的中小穗型居多; 稻瘟病抗性 or 白叶枯病抗性水平有待提高, 双抗品种的占比不到0.5%; 直链淀粉含量偏高, 年际间呈现缓慢下降的趋势, 达到食用籼稻品质一级~三级的水稻品种占比约为24%, 米质水平整体上较一般。基于此, 在海南水稻的产量提升、品种抗性和米质改善等方面, 都需要种质的创新和突破, 培育优良水稻新品种。另外, 还可修订水稻品种审定的标准、加强水稻栽培研究和推广方面的力度等来促进海南水稻生产水平的提升。

关键词: 海南省; 水稻; 审定品种; 产量; 抗病性; 米质

Analysis on Characteristics of Rice Varieties Certified in Hainan Province

YU Guo-ping^{1,2,4}, CHENG Zi-shuo³, DU Ting-ting¹, YANG Chang-deng^{1,2}, WANG Zhou-fei⁵,
HUANG Zhi-bo⁵, ZHENG An-fu^{1,2}, FANG Jing-jing^{1,2}, JI Zhi-juan^{1,2,4}

(¹National Nanfan Research Institute (Sanya), Chinese Academy of Agricultural Sciences, Sanya 572025; ²China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006; ³Seed Station of Hainan Province, Haikou 571100; ⁴Hainan Yazhou Bay Seed Lab, Sanya 572025; ⁵College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: Rice is one of the most important food crops in Hainan province, China. However, Hainan has a small cultivated area and low total rice yield, which results in great pressure of food self-sufficiency. Breeding elite rice varieties and improving rice yield are important to ensure food security. Based on the panel data of rice varieties that are officially approved in Hainan province from 2003 to 2021, the datasets at fourteen traits including rice yield, disease resistance and rice quality were analyzed. Out of 384 rice varieties that were approved in Hainan province in the past 19 years, hybrid rice varieties accounted for approximately 71.3%. The yield production of the varieties in regional trials and production trials in Hainan was relatively low. In terms of specific traits, these varieties were mainly with 110-160 grains per panicle, which might be characteristic due to local climate. A large proportion of the varieties were susceptible to blast or bacterial blight, while less than 0.5% varieties are simultaneously resistant to both diseases. The amylose content of the varieties was relatively high,

收稿日期: 2022-11-24 修回日期: 2023-02-01 网络出版日期: 2023-02-23

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20221124002>

第一作者研究方向为农业经济和农业资源与区划, E-mail: yuguoping@caas.cn; 程子硕为共同第一作者

通信作者: 季芝娟, 研究方向为水稻遗传育种, E-mail: zhijuanji@126.com

基金项目: 三亚中国农业科学院国家南繁研究院“南繁专项”(YBXM06); 三亚崖州湾科技城科技专项(SCKJ-JYRC-2022-87); 海南省科技专项(ZDYF2023XDNY086); 海南省崖州湾种子实验室项目(B21HJ0218)

Foundation projects: Nanfan Special Project, CAAS (YBXM06); The Project of Sanya Yazhou Bay Science and Technology City (SCKJ-JYRC-2022-87); Hainan Province Science and Technology Special Fund (ZDYF2023XDNY086); The Project of Hainan Yazhou Bay Seed Laboratory (B21HJ0218)

but a slowly decreasing trend was observed in the varieties approved in recent years. Only about 24% of the rice varieties reached the third grade (or above) of the indica rice quality, implying an overall poor quality. Therefore, breeding for new elite rice varieties via germplasm innovation to improve the yield, pathogenic resistance and quality is required in Hainan province. In addition, improving industrial rice production in Hainan province might benefit from actions such as revising registration standard for rice variety, strengthening researches on rice cultivation and extension of elite rice varieties.

Key words: Hainan province; rice; varieties certified; yield; disease resistance; rice quality

海南省是我国最南端的省级行政区,地处热带边缘,属热带季风气候,年平均气温22~27℃,≥10℃的积温为8200℃,最冷的1月份温度仍达17~24℃,年光照时数为1750~2650h^[1],全年光温条件好,有利于农作物的快速生长。海南粮食以稻米为主,水稻种植面积占海南总粮食作物种植面积的80%以上^[2]。然而根据国家统计局2021年数据(<https://data.stats.gov.cn/index.htm>),海南省水稻面积只有22.66万公顷,产量也仅127.11万吨。由于冬种反季节瓜菜和热带水果经济效益凸显,水稻种植面积逐年减少。同时,受夏秋台风较多的影响,两季和第三季稻容易倒伏,大部分地区以一年一熟为主,水稻总产量较低。海南常住人口已突破1000万,常住人口增长速度比全国人口增长快10.88个百分点,且海南自贸港建设及人才引进等政策落地带来的人口红利得到充分释放^[3],稻米口粮需求进一步扩大。因此,海南的粮食自给压力很大。

选育适合海南种植的高产、抗病、优质水稻新品种是保障海南粮食安全的重要途径。本研究通过对最近19年(2003–2021年)海南省审定的水稻品种产量、品质、抗病性等性状进行统计分析,剖析其品种特征特性,讨论海南水稻新品种培育的发展方向,为加快海南省水稻品种的更新换代、促进海南的水稻单产水平提供理论参考,为保障海南的粮食安全做出积极的贡献。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以2003–2021年海南省审定的384个水稻品种为研究对象,相关数据来源于国家水稻数据中心(<https://www.ricedata.cn/variety/>)。

1.2 分析方法

分析海南2003–2021年审定水稻品种的产量、品质、抗病性等14个性状数据,分别为:区试产量、生试产量、有效穗、每穗总粒数、结实率、千粒重、穗长、株高、垩白度、垩白粒率、整精米率、直链淀粉含

量、白叶枯病抗性、稻瘟病抗性。其中水稻品质性状方面,分析2011–2021年共11年的品质数据,米质判定标准参考《NY/T 593-2021食用稻品种品质》^[4]。抗病性方面,部分品种数据不齐全,本研究分别对219个品种的穗瘟病和281个品种的白叶枯病抗性数据进行统计分析,稻瘟病和白叶枯病抗性级别参考陶荣祥等^[5]。

应用Microsoft Excel 2010对数据进行整理,所做的各性状分布频率图中,主要对大于5%频率的区间数据进行分析,利用DPS7.05软件对海南审定水稻品种产量及产量构成因子的相关性进行分析,利用R语言的corrplot绘制相关性热图,利用R语言的ggplot2绘制海南审定水稻品种性状的箱型图。

2 结果与分析

2.1 品种概况

2003–2021年19年间,海南省审定水稻品种数量共有384个。其中,籼稻类型有382个,占比99.7%,符合海南作为籼稻区的种植传统,粳稻类型只有天目19这1个品种,天目19属特殊用途,作红米稻种植,两年区试产量比当地农家红米品种崖州三月红增产达100%以上,有效提升了红米的丰产性。

审定品种中杂交稻有274个,占71.5%,其中两系杂交稻46个、三系杂交稻228个;常规稻有50个,占13.1%,其中籼稻49个、粳稻1个;群体品种1个;不育系59个,占15.4%(图1)。在这些类型中,三系杂交稻品种数量最多,占比达59.5%,其审定数量最多的年份是在2009年,审定了23个,审定数量最少的是2003年,审定了2个。不育系审定最多的年份是2016年,审定了15个;常规稻品种审定最多的是2018年,审定了8个。两系杂交稻各年份审定的数量都不多,年际间变化不大。

2.2 产量的演变分析

对水稻品种的区试产量和生试产量进行分析,考察其不同年份的演变特征(图2)。结果表明,区试产量和生试产量在年际间起伏较小;其中2017年

审定品种的区试和生试整体产量数据较集中,箱体长度小,除两个有色稻米品种外,其他品种产量

都在 500 kg/667 m² 以上,产量水平相对较高且各参试品种间差异较小。

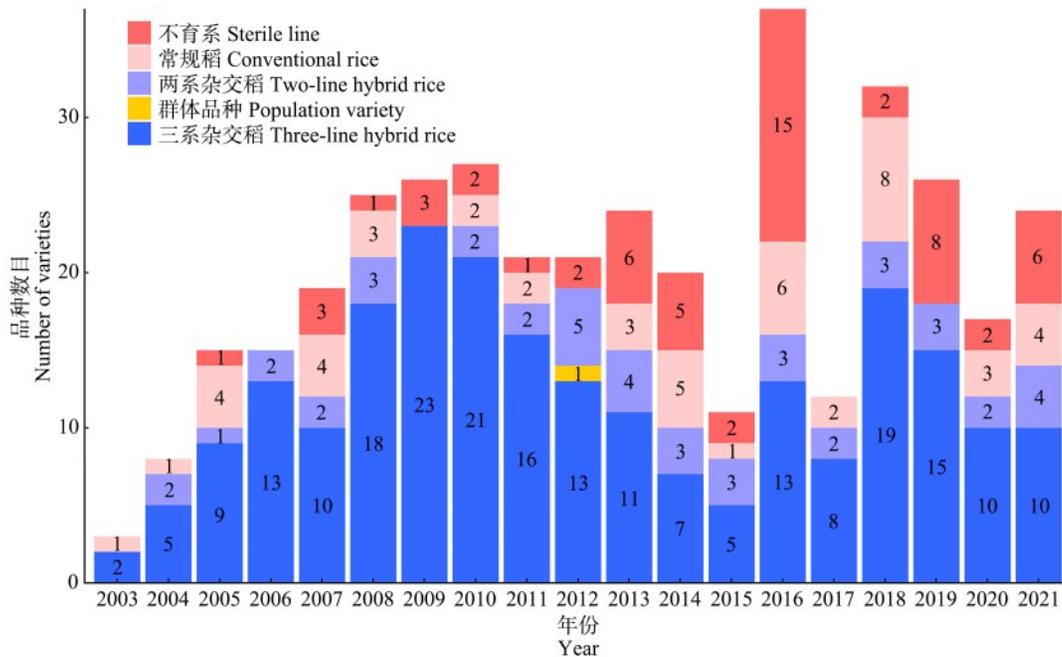


图1 2003–2021年海南省审定水稻品种类型分布

Fig.1 The types and numbers of rice varieties certified in Hainan province from 2003 to 2021

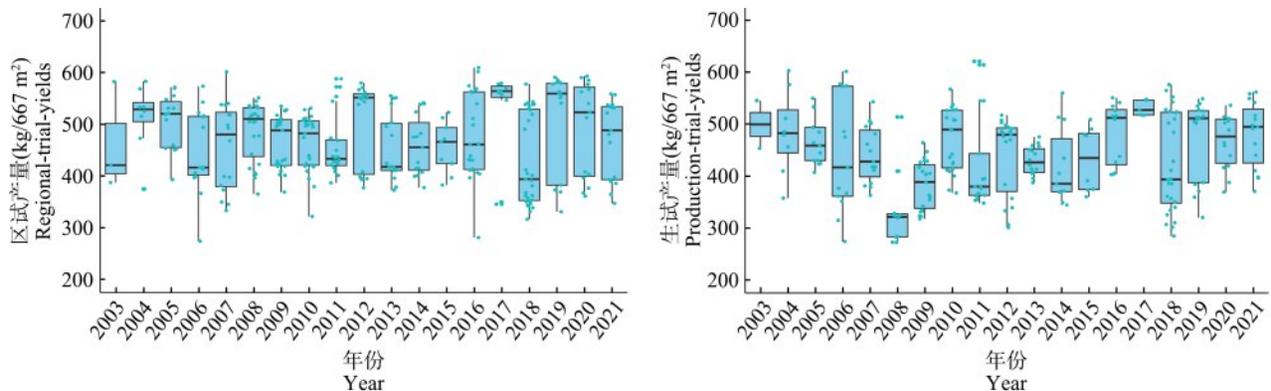


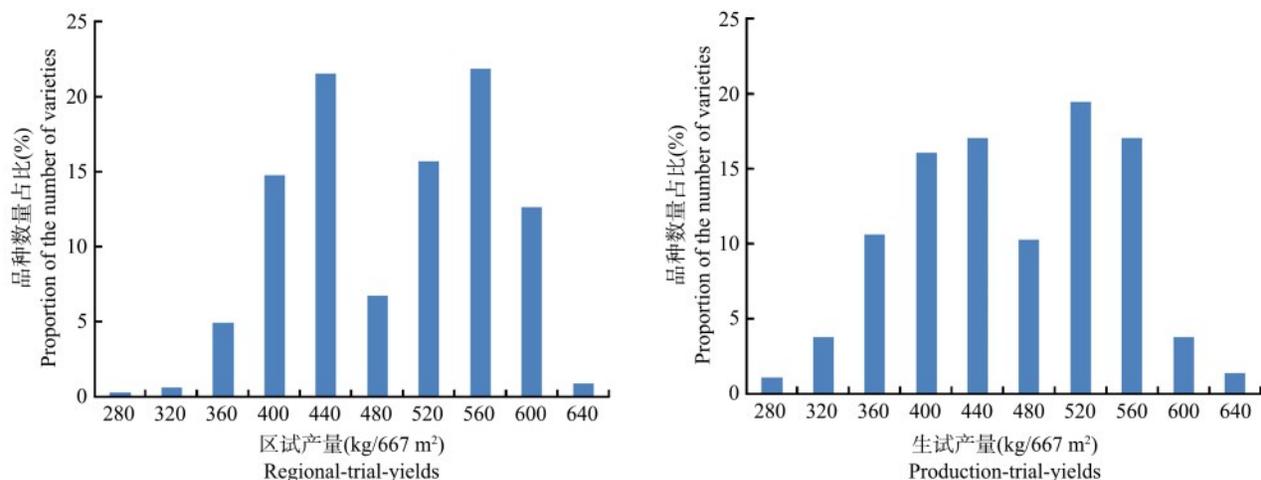
图2 2003–2021年海南省审定水稻品种区试和生试的产量年际间变化

Fig.2 Interannual variation of regional-trial-yields and production-trial-yields of rice varieties certified in Hainan province from 2003 to 2021

产量分布频率(图3)显示,2003–2021年审定的品种,其区试和生试的产量范围主要分布在320~600 kg/667 m²和320~560 kg/667 m²,最高产量很少突破600 kg/667 m²,只有2007年的天优10号、2016年旗1优366和赣优157三个品种的区试产量超过600 kg/667 m²,以及2004年的D优128、2006年的天优2168、2011年的花优218和天优3301的生产试验产量超过600 kg/667 m²。表明海南的水稻生产在产量突破上遇到瓶颈。2006年的两优389受“达维”台风的影响,2016年山栏陆1号作为早稻种植,两者产量甚至低于300 kg/667 m²。

2.3 产量构成因素的演变分析

分析2003–2021年审定水稻品种的产量四要素的年际间变化(图4),结果显示,每穗总粒数的箱体长度较小,其次是有效穗数的箱体长度,说明两者的数据都较集中。每穗总粒数年际间起伏小,而有效穗数呈现出先逐步下降,在2012年有所上升后再次下降,至2019–2021年缓慢增加的趋势。结实率年际间起伏较多,在2006年和2017年整体表现较好。千粒重则在2014年后较之前有一个整体的提升,其中2003–2014年的千粒重平均值为25.4 g,2015–2021年的千粒重平均值比2003–2014年提高了1.1 g。



横坐标数值表示该区间的最大值,以下此类图相同

The value of the abscissa represents the maximum value of this interval, which is the same as the following same figures

图3 2003–2021年海南省审定水稻品种区试和生试产量分布频率

Fig.3 Frequency distribution of regional-trial-yields and production-trial-yields of varieties certified in Hainan province from 2003 to 2021

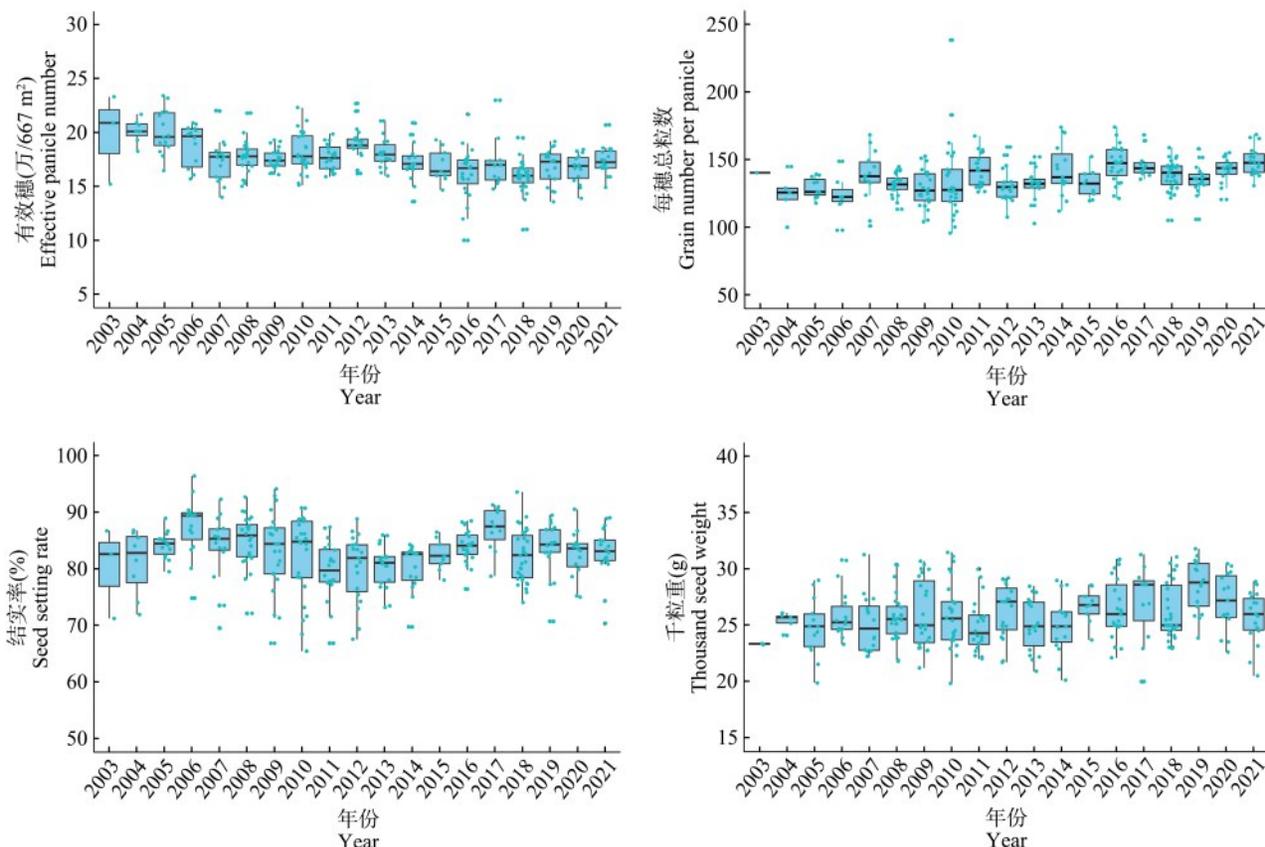


图4 2003–2021年海南省审定水稻品种的产量构成因素年际间变化

Fig.4 Interannual variation of yield components of rice varieties certified in Hainan province from 2003 to 2021

2003–2021年审定水稻品种的产量四要素分布频率显示,有效穗数主要集中在14万~21万/667 m²;每穗总粒数主要集中在110~160粒,表明海南气候条件和栽培环境下,中小穗类型品种较为适宜;其中2010年审定的中科黑糯1号每穗总粒数达238粒,但

其结实率只有65.4%,表明大穗或重穗型品种目前不适合在海南种植。结实率主要分布在76%~90%。千粒重主要分布在22~32 g,其中有5个品种的千粒重低于20 g,26个品种超过30 g,品种间差异较大(图5)。

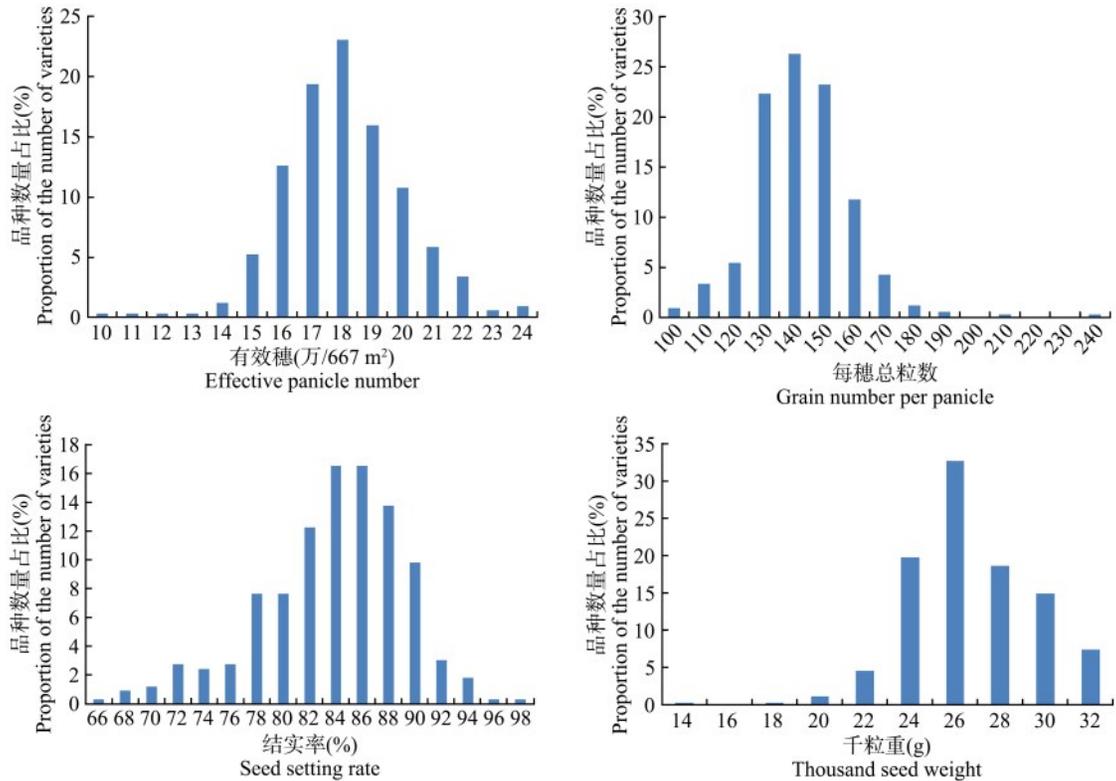


图5 2003–2021年海南省审定水稻品种的产量构成因素品种数量频率分布

Fig.5 Frequency distribution of the number of varieties certified in Hainan province for yield components from 2003 to 2021

2.4 农艺性状的演变分析

对2003–2021年海南审定水稻品种农艺性状的年际间变化以及各数据区间的品种数量分布频率进行分析,结果显示株高和穗长在年际间变化略有波动,但总体上波动范围不大(图6),株高主要集中在

在85~115 cm,穗长主要集中在21~25 cm(图7)。穗长数据表明海南审定的水稻品种基本上为中长穗类型,个别品种的穗长超过29 cm,如2013年审定的华优008、2015年审定的花2优86。

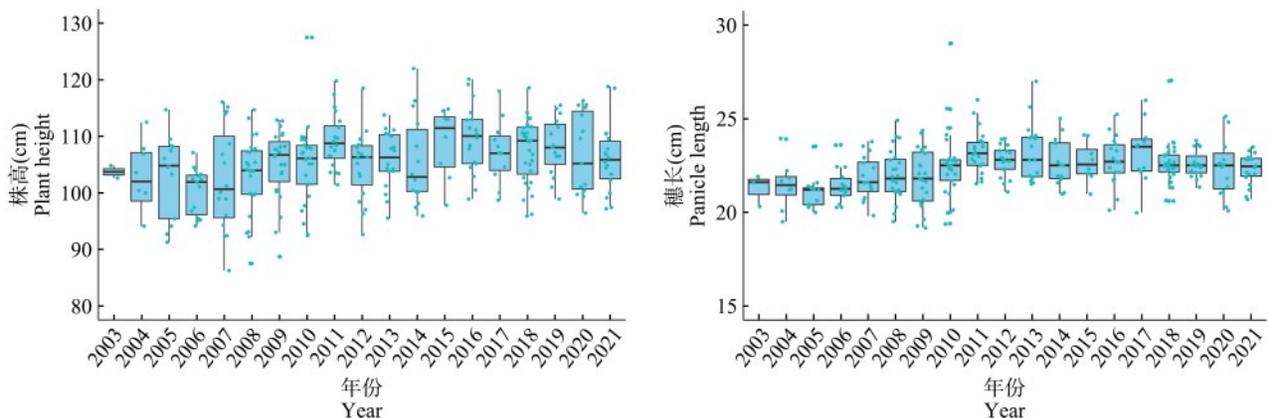


图6 2003–2021年海南省审定水稻品种的主要农艺性状的年际间变化

Fig.6 Interannual variation of main agronomic traits of rice varieties certified in Hainan province from 2003 to 2021

2.5 主要农艺性状的相关性分析

海南省审定水稻品种主要性状间相关性分析结果(图8)表明,相关性最高的是区试产量和生试产量($r=0.80^{***}$),在 $P<0.001$ 水平上极显著正相关;区试产量和生试产量分别与结实率、有效穗和千粒

重在 $P<0.001$ 水平上极显著正相关,而与穗长和株高相关性不显著,表明穗大小和株高对产量没有直接影响。每穗总粒数与结实率、有效穗、千粒重、区试产量呈显著或极显著负相关。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^[6]。海南的水稻单产与每穗总粒数呈负相关,这可能与海南特有的环境条件以及较低的施肥和

栽培条件有关。结果表明,在海南追求大穗型水稻品种,不利于产量的提高。

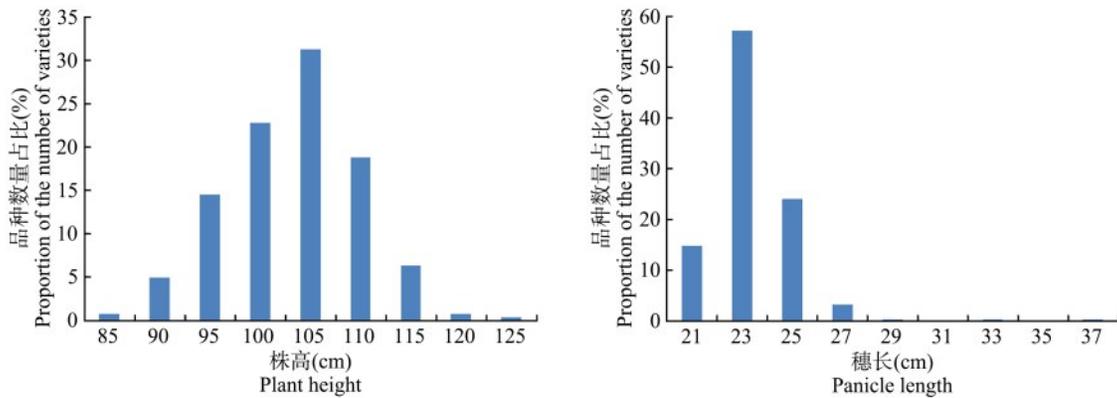
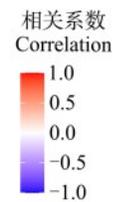
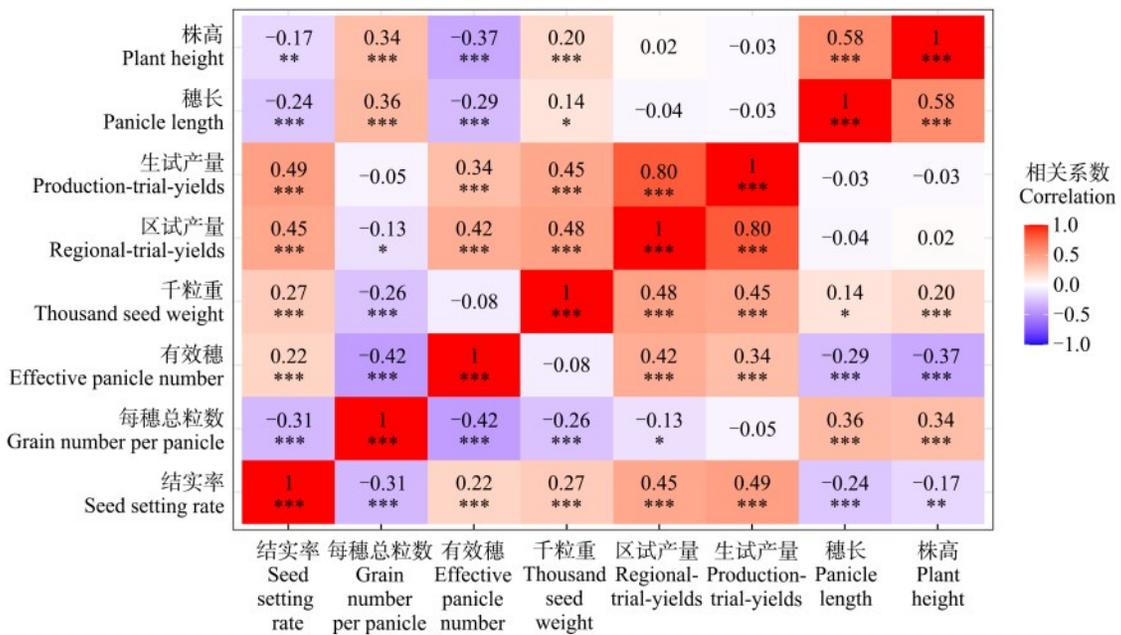


图7 2003–2021年海南省审定水稻品种的主要农艺性状品种数量占比频率分布

Fig.7 Frequency distribution of main agronomic traits of varieties certified in Hainan province from 2003 to 2021



*表示在P<0.05水平差异显著,**表示在P<0.01水平差异显著,***表示在P<0.001水平差异显著

* means significant differences at the level of P<0.05, ** means significant differences at the level of P<0.01, *** means significant differences at the level of P<0.001

图8 2003–2021年海南省审定水稻品种主要性状的相关系数

Fig.8 Correlation coefficients of main traits of varieties certified in Hainan province for main agronomic traits from 2003 to 2021

2.6 品质性状的演变分析

品质性状的品种数量分布频率(图9)显示,审定品种的直链淀粉含量基本在13%~23%,其中19%~21%的比例最高,直链淀粉含量越高,米饭口感越硬,表明海南水稻品种的米饭口感以偏硬为主。图10的年间变化显示,从2011年到2021年这10年期间,审定品种的直链淀粉含量总体表现为缓慢下降的趋势,反映出海南人民的饮食习惯在慢慢的变化。其中有两个糯稻品种(海丰黑糯2号、丽人紫)和一个旱稻品种(山栏陆1号)的直链淀粉含

量小于2%。整精米率分布范围较大,13%~73%均有一定比例的品种;整精米率在3级(≥52%)及以下的品种占比共计45.4%,其中1级(≥60%)占比31.4%。垩白粒率分布范围也较广,从3%到99%都有一定比例的品种数量,其中27%~35%的品种数量占比最大。垩白度在3级(≤5%)及以下品种占比共计40.6%,其中1级(≤1%)的比例为5.3%;其余约60%的品种垩白度都为普通食用稻的米质标准,这可能与海南整体温度偏高有关。整精米率、垩白度、垩白粒率这3个指标,从年间变化整体上来看,2016–

2021年的数据与2011–2015年相比,其整精米率有所降低、垩白度和垩白粒率则有所升高。这可能和

近年来我国年平均气温呈显著上升趋势有关,尤其是2022年8月份的高温,更是严重影响稻米的米质。

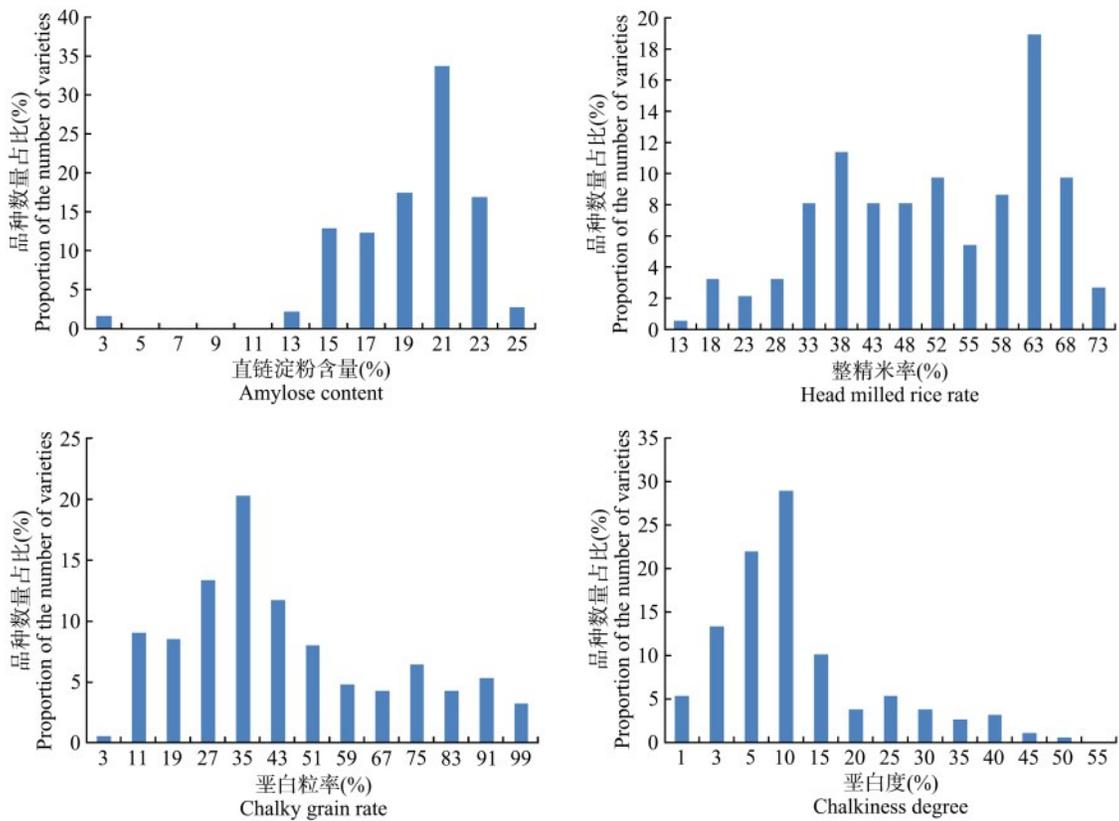


图9 2011–2021年海南省审定水稻品种的品质性状频率分布

Fig.9 Frequency distribution of main quality traits of varieties certified in Hainan province from 2011 to 2021

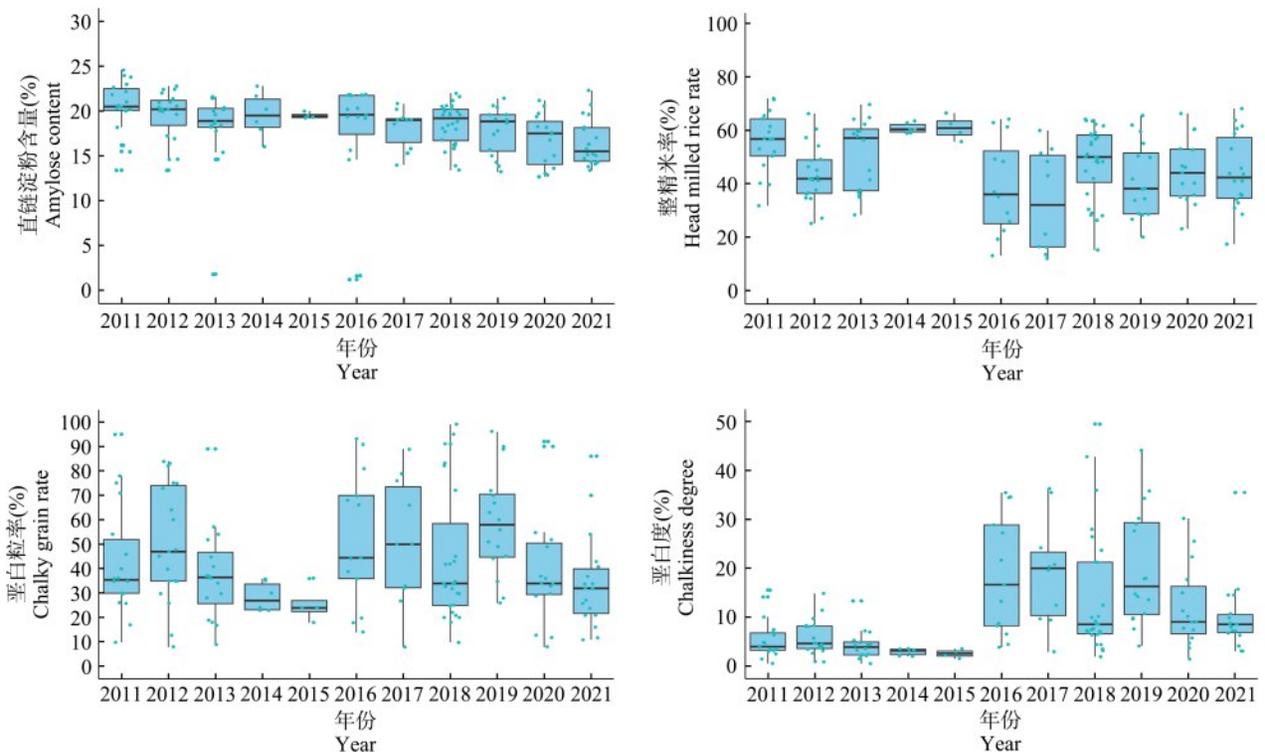


图10 2011–2021年海南省审定水稻品种的主要品质性状的年际间变化

Fig.10 Interannual variation of main quality traits of rice varieties certified in Hainan province from 2011 to 2021

综合分析这10年期间具有品质数据的审定品种发现,整精米率、垩白度和直链淀粉含量同时都达到食用籼稻品质一级的品种只有1个,为不育系正67S(琼审稻2014008);而三者达到食用籼稻品质三级及以上的,共计46个品种,占有具有品质数据水稻品种的24%左右,说明海南水稻品种的优质率还很低。

2.7 抗病性的演变分析

由图11可见,稻瘟病的病害等级主要集中在4、5级,表现为中感;白叶枯病的病害等级主要在5、7和9级,表现为中感、感和高感。其中稻瘟病抗性达到中抗(3级)及以上的比例为16.4%,白叶枯病抗性达到中抗及以上的比例只有10.3%;两种病害抗性级别同时达中抗的仅有特优101(琼审稻2021015)1个品种,双抗品种的占比不到0.5%。表明海南审定的水稻品种在抗病性上亟待提高。

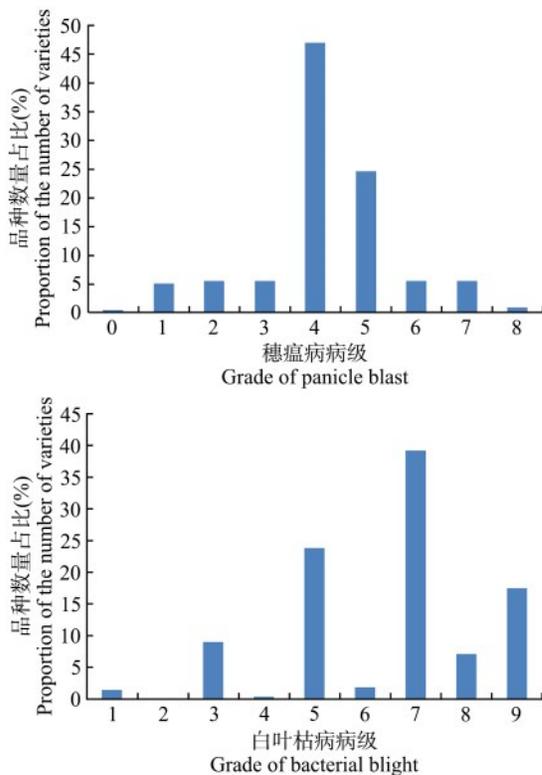


图11 海南省审定水稻品种抗病性频率分布

Fig.11 Frequency distribution of disease resistance traits of varieties certified in Hainan province

3 讨论

2014和2016年,国家以及部分省份先后启用了品种审定的绿色通道和联合体试验渠道,参试以及审定品种数激增^[7]。2019年、2020年、2021年国家审定水稻品种分别达到了372个、573个和677个,

部分省市的品种审定数量也持续快速增加,可见由于品种审定开放,水稻品种审定已经明显进入了“爆发”期。海南省审定的水稻品种数量基本上保持平稳,本研究对海南省2003–2021年审定的水稻品种各性状数据进行分析,发现海南水稻生产存在产量低、米质差、抗性弱等问题。因此,还需加强品种的培育和政策的引导,注重品种优质、高产和抗性水平的协同进步^[8],培育突破性品种。

3.1 产量提升空间大

近年来在新冠肺炎疫情危机下,多国宣布暂停粮食出口,提高粮食作物单产一直是满足人民生活需求、保障我国粮食安全的重要途径之一^[9]。浙江选育并推广了众多高产水稻品种,尤其是籼粳杂交稻育种获得重大突破,较好地将理想株型与杂种优势结合于一体,表现出茎秆粗壮、穗大粒多、丰产稳产性好的特点,其中代表性品种甬优1540、浙粳优1578等在高产示范中创造了产量超1000 kg/667 m²的记录^[10-12]。四川省“十三五”新审定品种有大穗型向穗粒兼顾型转变的趋势,产量和品质协同提升明显^[13]。

海南水稻审定品种的区试产量和生试产量水平整体偏低,在生产中其单产水平比全国低100 kg/667 m²以上,产量水平低、提升空间大。因此,首先要针对海南种植条件来改良性状,选育适宜高温、热量充足环境下的水稻新品种,突破原有瓶颈。其次,海南的水稻栽培方式较粗放,在尊重当地农民种植习惯的前提下,通过增加栽培上的技术含量促进产量水平也是一个急需解决的方向。

另外,海南审定的水稻品种类型几乎都为籼稻,但由于外来人口和游客众多,对粳米的需求量很大。韩义胜等^[14]曾尝试在海南试种405个粳稻品种,只获得3个对热带气候适应性较强的粳稻,但后续并未见粳稻品种在海南有大规模推广应用。纯粳成分的水稻品种在海南的适应性和推广应用价值有待考量,可以尝试偏籼型籼粳杂交稻品种,此类品种在口感上有粳稻的软滑,又能利用籼粳杂种优势大幅度提高产量。海南省崖州湾种子实验室籼粳杂交稻育种团队已在海南三亚、儋州、陵水等地试种了20多个籼粳杂交稻新品系,初步筛选出2个适应性较好且产量较海南区试对照特优009显著增产的新品系,后续将争取参加区试,为海南水稻的高产、品种的多样化提供参考,为确保海南的粮食安全做好技术储备。

3.2 米质有待进一步改善

海南热带农业资源丰富,是闻名全国的南繁热

土,许多优质稻种从这里走向全国。然而,长期以来,海南稻米由于总产少、品质一般,在国内大米市场上,很难看见海南大米。本研究发现,海南审定品种垩白度在2016–2021年显著高于2011–2015年,近年来直链淀粉含量有所下降,但趋势并不明显,说明米质有较大的提升空间。受生育期较短、气温高以及多数品种作为早稻种植等不利条件的影响,海南优质稻育种任重道远。下一步还需加强适合于海南种植的优质香稻品种的选育,提升海南水稻稻米品质、打造高品质健康大米,满足市场需求,减少进口量,让海南人民饭碗装满海南粮。

3.3 抗病性水平急需提高

稻瘟病和白叶枯病是水稻重要的病害,全国经常暴发成灾,是水稻高产、稳产的重要限制因子之一^[15]。近年来两种病害发生日益严重,选育和利用抗病品种是防治病害最经济、有效和安全的措施。从2016–2021年湖南省审定品种的抗性表现来看,稻瘟病抗性显著增强^[16]。海南审定品种的稻瘟病和白叶枯病病害等级大部分在3级以上,双抗品种少。2022年审定的9个品种(不育系除外)中,只有中科西陆4号(琼审稻2022008)表现为中抗白叶枯病,野香优华宝占(琼审稻2022006)田间无穗颈瘟发生;其余品种都为感稻瘟病或感白叶枯病。海南早稻稻瘟病、晚稻白叶枯病发生严重^[17],加上海南农民种植水稻极为粗放,很少打农药;因此,急需加强海南抗稻瘟病和抗白叶枯病水稻育种,保障人民的口粮安全。

总之,海南的光、热、水资源丰富,非常有利于水稻的生长,但目前海南的水稻单产水平低,抗性和米质亟待改善,种植方式粗放,种植效益低,非常有必要在水稻育种、栽培以及推广等方面投入更多的研发和精力。水稻品种审定标准是品种培育的风向标和指挥棒。可对抗病品种或优质品种等的审定要求有所倾斜,来引导品种培育的方向^[18];海南水稻区试常规稻对照品种特粳占25(琼审稻1999001),杂交稻对照品种特优009(国审稻2005001)和博Ⅱ优15(琼审稻2003001)都是审定了20年左右的老品种,在海南产量、抗性、米质各方面都急需提升的现状下,通过更换更优的区试对照品种,可以促进海南审定品种整体水平的提升。在当前形势下,还可利用海南自由贸易港政策、三亚农业育种“加速器”两大优势,以海南自贸港为中心建立全球热带水稻育种中心和全球水稻种质资源交换中心,以提高海南粮食安全为导向,构建区域粮

食供需协调机制等,促进粮食的进一步高产和稳产,让宝岛海南成为我国南部的“中华粮仓”。

致谢:感谢中国水稻研究所鄂志国老师提供海南水稻审定品种的相关数据。

参考文献

- [1] 周华, 杨毅, 郭向荣, 杨俊军, 陈晓慧, 李雄, 赵威. 海南水稻种业市场特点及水稻育种发展方向. 杂交水稻, 2015, 30(2): 1-5
Zhou H, Yang Y, Guo X R, Yang J J, Chen X H, Li X, Zhao W. Characteristics of rice seed industry and developing orientation of rice breeding in Hainan. Hybrid Rice, 2015, 30(2): 1-5
- [2] 符美英, 罗激光, 曾向萍, 肖敏, 林小漫, 王会芳. 海南水稻稻瘟病原鉴定及系统进化分析. 基因组学与应用生物学, 2021, 40(3): 1214-1218
Fu M Y, Luo J G, Zeng X P, Xiao M, Lin X M, Wang H F. Pathogenic identification and phylogenetic analysis of rice blast pathogens in Hainan. Genomics and Applied Biology, 2021, 40(3): 1214-1218
- [3] 海南省统计局人口(社科)处. 海南常住人口突破1000万人. 海南省统计局. (2021-05-13) [2022-03-12]. http://stats.hainan.gov.cn/tjj/jdhy/zcjd/zxjd/202105/t20210513_2978328.html
Department of Population (Social Sciences), Hainan Provincial Bureau of Statistics. Hainan's permanent population has exceeded 10 million. Hainan Provincial Bureau of Statistics. (2021-05-13) [2022-03-12]. http://stats.hainan.gov.cn/tjj/jdhy/zcjd/zxjd/202105/t20210513_2978328.html
- [4] 胡培松, 邵雅芳, 朱智伟, 于永红, 章林平, 胡贤巧, 朱大伟. NYT 593-2021 食用稻品种品质. 北京: 中华人民共和国农业农村部, 2021
Hu P S, Shao Y F, Zhu Z W, Yu Y H, Zhang L P, Hu X Q, Zhu D W. NYT 593-2021 Quality of edible rice varieties. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, 2021
- [5] 陶荣祥, 陈建明, 廖琴. 水稻病虫害田间手册——病虫害鉴别与抗性鉴定. 1版. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 118-122
Tao R X, Chen J M, Liao Q. Field manual of rice pests and diseases - Pest identification and resistance evaluation. 1st edn. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2006: 118-122
- [6] 鄂志国, 孙红伟, 林海, 王磊, 童汉华, 陈红旗, 朱练峰. 浙江育成和审定水稻品种分析(1980-2019). 植物遗传资源学报, 2020, 21(3): 542-548
E Z G, Sun H W, Lin H, Wang L, Tong H H, Chen H Q, Zhu L F. Analysis of rice varieties bred and certified in Zhejiang province, China (1980-2019). Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(3): 542-548
- [7] 林海, 李红英, 鄂志国, 庞乾林. 2020年我国审定的水稻品种基本特性分析. 中国稻米, 2021, 27(6): 6-11
Lin H, Li H Y, E Z G, Pang Q L. Analysis on characteristics

- of rice varieties registered in China in 2020. *China Rice*, 2021, 27(6):6-11
- [8] 曾波, 钟育海, 郭利磊, 张笑晴, 张毅. 我国优质水稻品种发展现状与展望. *种子*, 2019, 38(8): 53-56
Zeng B, Zhong Y H, Guo L L, Zhang X Q, Zhang Y. Development status and prospect of high quality rice varieties in China. *Seed*, 2019, 38(8): 53-56
- [9] 章秀福, 王丹英, 方福平, 曾衍坤, 廖西元. 中国粮食安全和水稻生产. *农业现代化研究*, 2005, 26(2):6-9
Zhang X F, Wang D Y, Fang F P, Zeng Y K, Liao X Y. Food safety and rice production in China. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(2): 6-9
- [10] 阮晓亮, 石建尧, 陆永法, 陈叶平, 怀燕, 李燕. 浙江省籼粳杂交晚稻品种发展与展望. *中国稻米*, 2016, 22(4): 8-12
Ruan X L, Shi J Y, Lu Y F, Chen Y P, Huai Y, Li Y. Development and prospect of indica-japonica hybrid late rice cultivar in Zhejiang province. *China Rice*, 2016, 22(4): 8-12
- [11] 朱灵洁, 沈足金. 嘉兴乌镇一攻关田水稻亩产达1083.38公斤. 人民网. (2021-12-11) [2022-03-12]. <http://zj.people.com.cn/n2/2021/1211/c186327-35046301.html>
Zhu L J, Shen Z J. The rice yield per mu in Wuzhen of Jiaying reached 1083.38 kg. *People's Daily Online*. (2021-12-11) [2022-03-12]. <http://zj.people.com.cn/n2/2021/1211/c186327-35046301.html>
- [12] 上杭县农业农村局. 突破吨粮, 上杭县优质稻新品种亩产创历史新高. 上杭县人民政府. (2022-10-13) [2022-03-12]. http://www.shanghang.gov.cn/bm/nyj/zwgk/gzdtnyj/202210/t20221017_1938691.htm
Agriculture and Rural Bureau of Shanghang County. Breaking through tons of grain, the yield per mu of a high quality rice variety in Shanghang county reached a new high record. *People's Government of Shanghang County*. (2022-10-13) [2022-03-12]. http://www.shanghang.gov.cn/bm/nyj/zwgk/gzdtnyj/202210/t20221017_1938691.htm
- [13] 陈琳, 曾正明, 罗俊涛, 郭小蛟, 高必军, 蒋钰东. 四川省“十三五”审定的中籼中熟杂交水稻品种特征特性分析. *杂交水稻*, 2022, 37(3): 29-35
Chen L, Zeng Z M, Luo J T, Guo X J, Gao B J, Jiang J D. Analysis of characteristics of mid-maturing medium indica hybrid rice varieties registered in the “13th Five-year Plan” in Sichuan province. *Hybrid Rice*, 2022, 37(3): 29-35
- [14] 韩义胜, 符策强, 孟卫东, 王效宁. 海南引种粳稻及生产试验. *热带农业科学*, 2014, 34(8):13-16
Han Y S, Fu C Q, Meng W D, Wang X N. Japonica introduction and production experiments in Hainan province. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2014, 34(8):13-16
- [15] 丁新华. 水稻抗病相关基因的分选克隆和功能鉴定. *华中农业大学学报*, 2011, 30(1): 121-123
Ding X H. Isolation and functional characterization of pathogen-induced defense-responsive genes of rice. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2011, 30(1): 121-123
- [16] 张茂哲. 湖南省2016-2021年审定的水稻品种主要性状分析. *湖南农业科学*, 2022(8):13-16
Zhang M Z. Analysis on main characters of registered rice varieties in Hunan province in 2016-2021. *Hunan Agricultural Sciences*, 2022(8):13-16
- [17] 唐清杰, 严小微, 王惠艰, 翟李楠, 林义开, 邢福能. 高产抗病常规稻新品种绿金占1号选育及应用. *海南师范大学学报:自然科学版*, 2022, 35(2): 160-164
Tang Q J, Yan X W, Wang H J, Zhai L N, Lin Y K, Xing F N. Breeding and application of new conventional rice Lüjinzhan 1. *Journal of Hainan Normal University: Natural Science*, 2022, 35(2): 160-164
- [18] 虞国平, 徐春春, 邬亚文, 修晓杰, 童汉华. 我国水稻产业供给侧结构性改革的思考. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(3): 53-62
Yu G P, Xu C C, Wu Y W, Xiu X J, Tong H H. Thoughts on the supply side reform of rice industry in China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(3): 53-62