

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, 然而其粮食自给压力大, 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。本文对 2003–2021 年期间通过海南省审定的水稻品种的产量、米质、抗性 etc 农艺性状进行数据分析, 根据品种各性状的年际间变化、品种分布频率以及性状间的相关性等, 分析海南品种的基本特性。2003–2021 年海南省审定通过水稻品种 383 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反映出海南水稻单产水平不高; 品种性状上, 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%; 品种直链淀粉含量偏高, 但年际间数据为缓慢下降的趋势, 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各方面, 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-shuo^{3#}, 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 important staple crops in the primary food diet in Hainan Province, China, whereas its supply based on local production remains relatively low. 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

收稿日期: 2022-11-24

修回日期:

网络出版日期:

URL:

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); 海南省崖州湾种子实验室揭榜挂帅项目 (B21HJ0218)。

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

traits including rice yield, disease resistance and rice quality were analyzed. Out of 383 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, 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，纬度较低，全年光温条件好，有利于农作物的快速生长。然而根据国家统计局 2020 年数据^[1]，海南省水稻面积只有 22.75 万公顷，产量也仅 126.25 万吨。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]。由于冬种反季节瓜菜和热带水果效益凸显，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。而且海南人口较多，常住人口超过一千万且旅客较多，稻米缺口较大。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、抗病性等农艺性状进行统计分析，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支撑，为保障海南的粮食安全做出积极的贡献。

1 材料与amp;方法

1.1 研究材料

以 2003-2021 年的海南省水稻审定品种为研究对象，相关数据来源于国家水稻数据中心（www.ricedata.cn/variety/）^[3]。

1.2 分析方法

分析海南 2003-2021 年审定水稻品种的产量、品质、抗病性和相关农艺性状等 14 个数据，它们分别为：区试亩产、生试亩产、亩有效穗、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。其中水稻米质性状方面，分析 2011-2021 年共 11 年的

品质数据。

应用 Microsoft Excel 2010 对数据进行整理，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 的 `corrplot` 绘制相关性热图，利用 R 的 `ggplot2` 绘制海南审定水稻品种性状的箱型图和折线图。

2 结果与分析

2.1 海南省审定水稻品种概况

2003-2021 年 19 年间，海南省审定水稻品种数量共有 383 个。其中，籼型的有 382 个，占比为 99.7%，符合海南作为籼稻区的种植传统，粳型的只有“天目 19”1 个，天目 19 属特殊用途，作红米稻种植，两年区试亩产比当地农家红米（崖州三月红）增产达 100%以上，有效提升红米的丰产性。

这些审定品种按类型分，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；而审定数量的低谷是 2003 年的 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在 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。

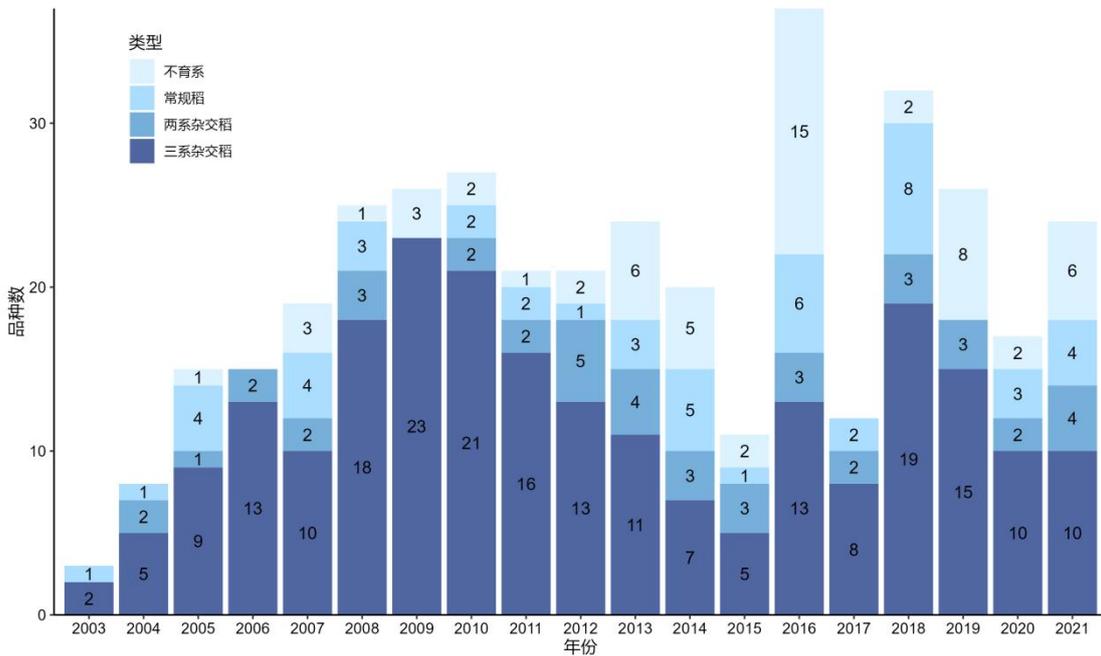


图 1 2003-2021 年海南省审定水稻品种数量

Fig.1 The number of rice varieties certified in Hainan Province from 2003 to 2021

2.2 海南省审定水稻品种产量的演变分析

将审定的常规稻和杂交稻的区试和生试产量进行比较，考察其在不同年份的演变特征（图 2）。结果表明，2017 年审定品种的区试和生试整体产量水平相对较高且各参试品种间差异较小，数据较集中。

从分布频率来看，按大于 5% 的频率，2003-2021 年审定的品种，其区试和生试的产量范围主要分别在 320~600 kg/亩和 320~560 kg/亩波动（图 3），最高产量很少突破 600 kg，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/亩，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/亩。这也说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”台风的影响和 2016 年山栏陆 1 号作为早稻种植，两者产量甚至低于 300 kg/亩。

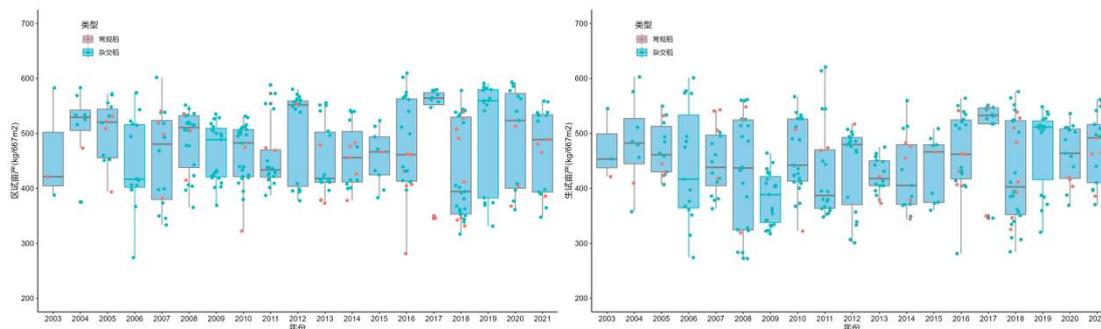
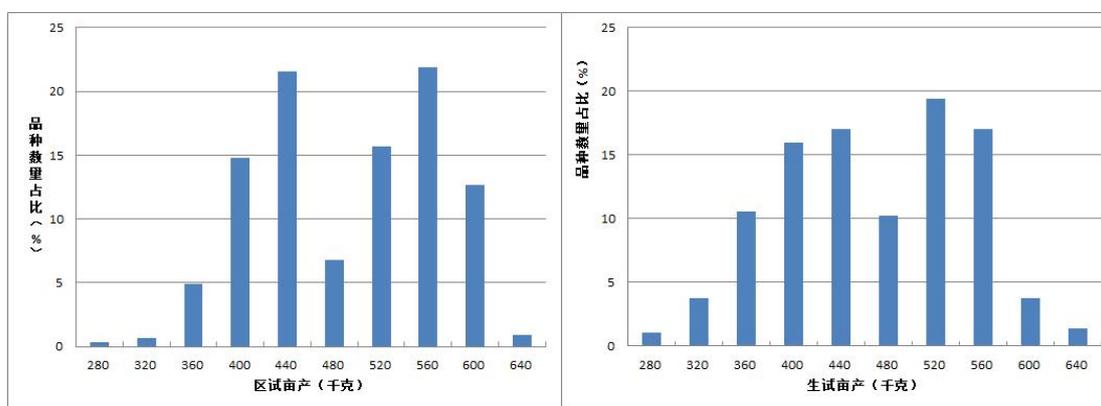


图 2 2003-2021 年海南省审定水稻品种区试和生试的产量年际间变化

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



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的品种分布频率

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

2.3 海南省审定水稻品种产量构成因素的演变分析

图 4 和图 5 体现了 2003-2021 年海南审定水稻品种的产量四要素的年际间变化以及各数据区间的品种数量分布频率。

年际间变化方面，亩有效穗数和每穗总粒数的箱体长度小，数据较集中；亩有效穗数呈现出逐步下降的趋势，2012年有所上升，之后又逐步下降，2019-2021年又慢慢有所增加；结实率在年际间起伏较多，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，2003~2014年的千粒重平均值为25.4克，而2015~2021的平均千粒重提高了1.1克。

从分布频率来看，有效穗数主要集中在14~21万/亩；每穗总粒数主要集中在110~160粒，说明海南气候条件和栽培环境下，中小穗类型品种较为适宜；在异常值中，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%，说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%范围内。千粒重主要分布在22~32g之间；异常值中，有5个品种出现低于20g，26个品种超过30g，品种间差异较大。

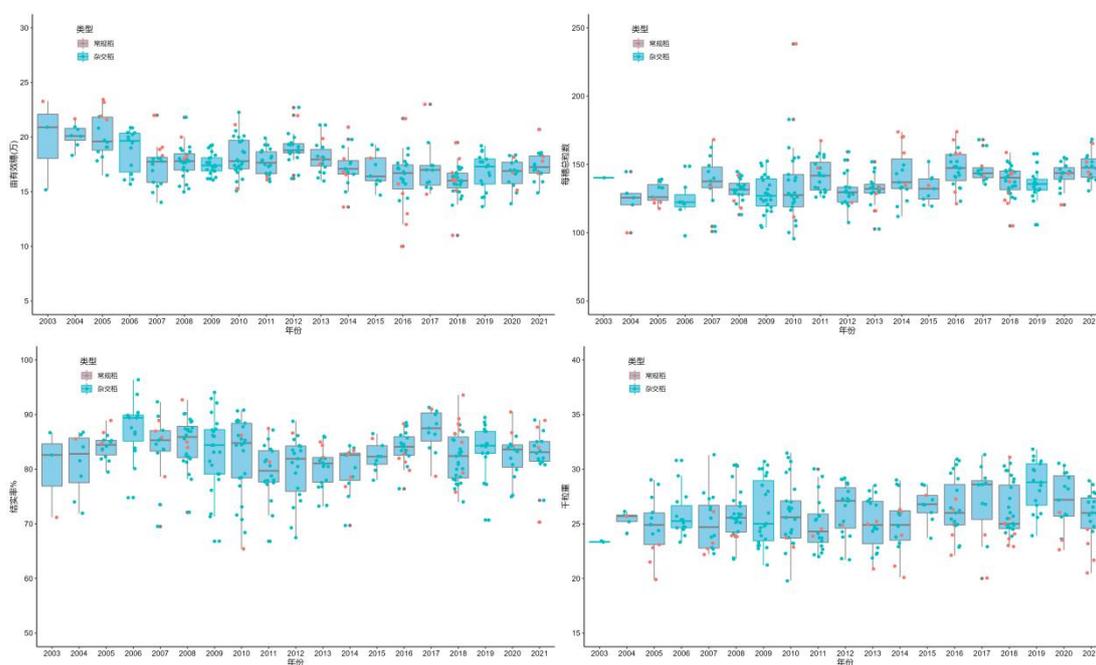


图4 2003-2021年海南省审定水稻品种的产量构成因素年际间变化

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

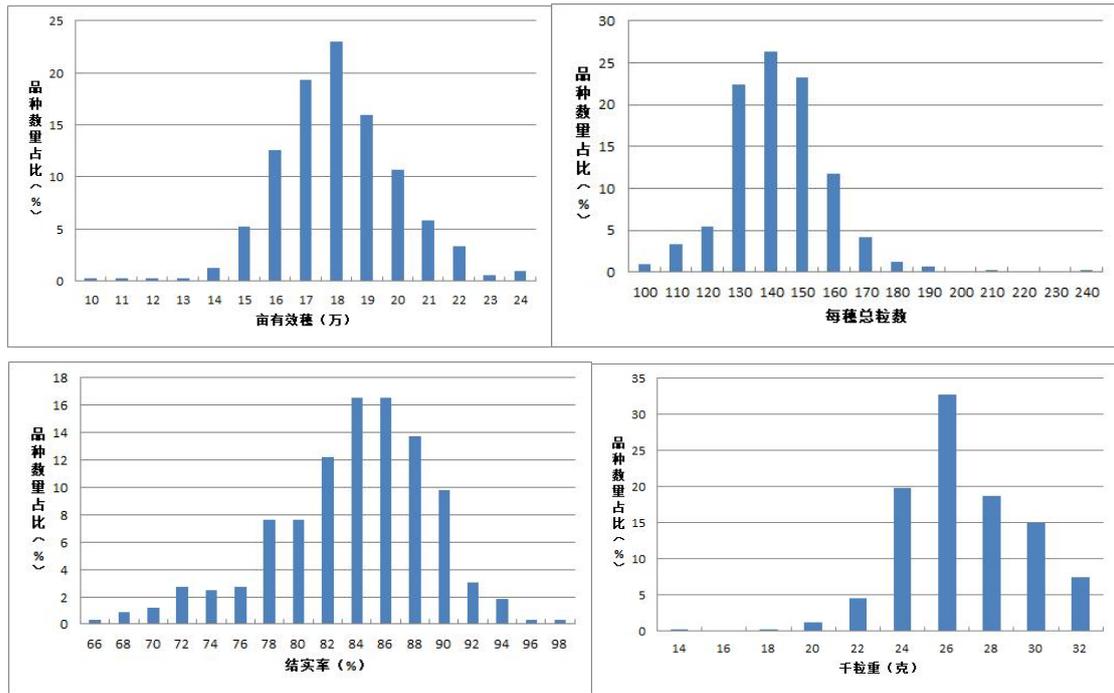


图 5 2003-2021 年海南省审定水稻品种的产量构成因素品种数量占比频率分布

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

2.4 海南省审定水稻品种农艺性状的演变分析

图 6 和图 7 体现了 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。在 2003~2021 年，株高和穗长的年际间变化略有波动，但总体上都在一定范围内波动。根据品种数量占比频率分布图，株高主要集中在 85~115 cm、穗长主要集中在 21~25 cm。从穗长数据也可以看出，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。

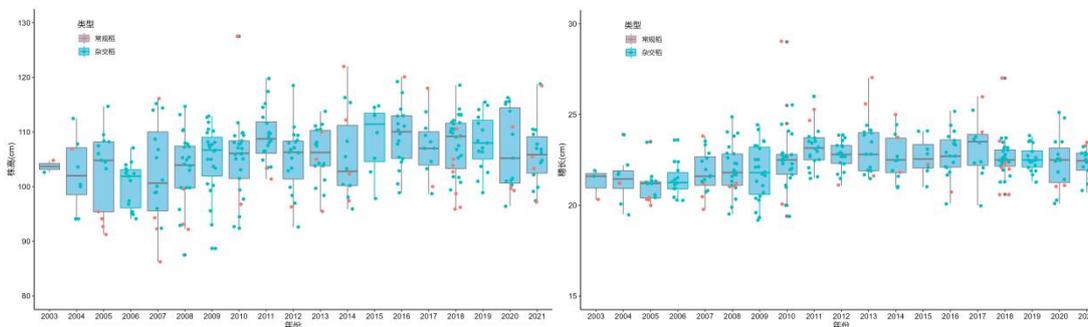


图 6 2003-2021 年海南省审定水稻品种的主要农艺性状的年际间变化

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

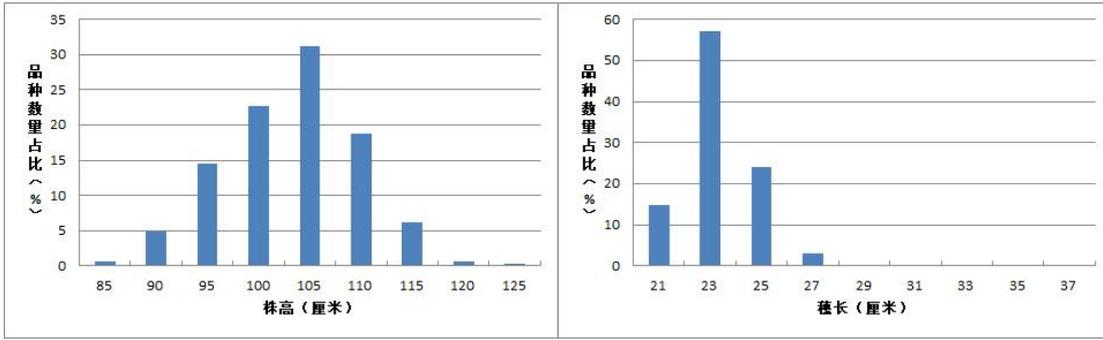
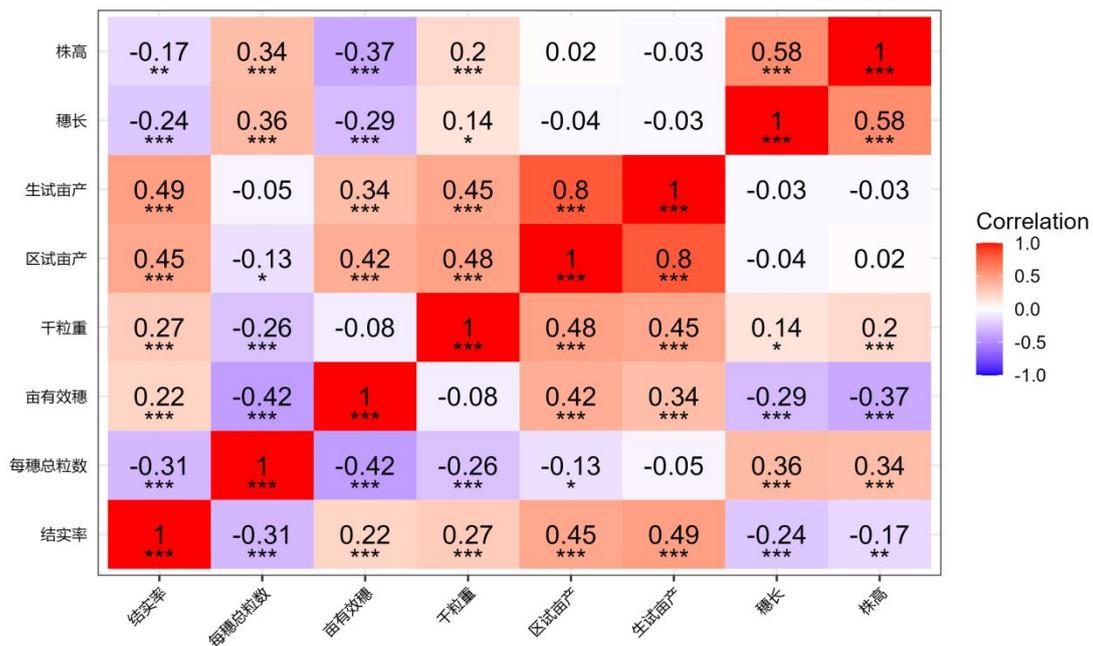


图7 2003-2021年海南省审定水稻品种的主要农艺性状品种数量占比频率分布

Fig. 7 Frequency distribution of the number of varieties certified in Hainan Province for main agronomic traits from 2003 to 2021

2.5 海南省审定水稻品种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亩产和生试亩产（ $r=0.8$ ），且相关性达极显著；而且区试亩产和生试亩产这两个产量直接性状，与结实率、亩有效穗和千粒重都达到极显著正相关，而与每穗总粒数、穗长和株高相关性不大，这说明穗大小和株高对产量没有直接影响。每穗总粒数则与结实率、亩有效穗、千粒重、区试亩产负相关。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^[4]，然而，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。这也说明在海南，追求大穗型水稻品种，不利于产量的提高。



*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 significance at the level of $P < 0.05$, ** means significance at the level of $P < 0.01$, *** means significance 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 海南省审定水稻品种品质性状的演变分析

从图 9 的品质性状数据区间的品种数量分布频率可以看出，审定品种直链淀粉含量基本上在 13%~23% 范围，其中 19%~21% 的比例最高，直链淀粉含量越高，米饭口感越硬，说明海南水稻品种的米饭口感偏硬为主；但是，从图 10 的年际间变化来看，从 2011 年到 2021 年这 10 年期间，审定品种的直链淀粉含量总体上表现为缓慢下降的趋势，也反映出海南人民的饮食习惯在慢慢的改变。另外，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%。整精米率在这 10 年期间的分布范围很大，主要在 13%~73% 区间；整精米率在 3 级（ ≥ 52 ）及以下品种数量比例共计 45.4%，其中 1 级的比例为 31.4%。垩白粒率分布范围也很广，从 3% 到 99% 的品种数量都有一定的比例，而垩白粒率 27~35% 之间的品种数量占比最大。垩白度在 3 级（ ≤ 5 ）及以下品种数量比例共计 40.6%，其中 1 级的比例为 5.3%；因此其余约 60% 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。

对所有这 10 年期间审定的具有品质数据的水稻品种分析发现，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，只有一个且是不育系正 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化率还很低。

图 10 中还可看出，整精米率、垩白度、垩白粒率这三个指标，从年际间变化整体上来看，有一个共性的变化：从 2011-2015 年到 2016-2021 年，整精米率有所下降、垩白度和垩白粒率则有所升高；这可能和近些年来我国年平均气温呈显著上升趋势有关，尤其像今年 8 月份的高温天，更是严重影响稻米的米质。

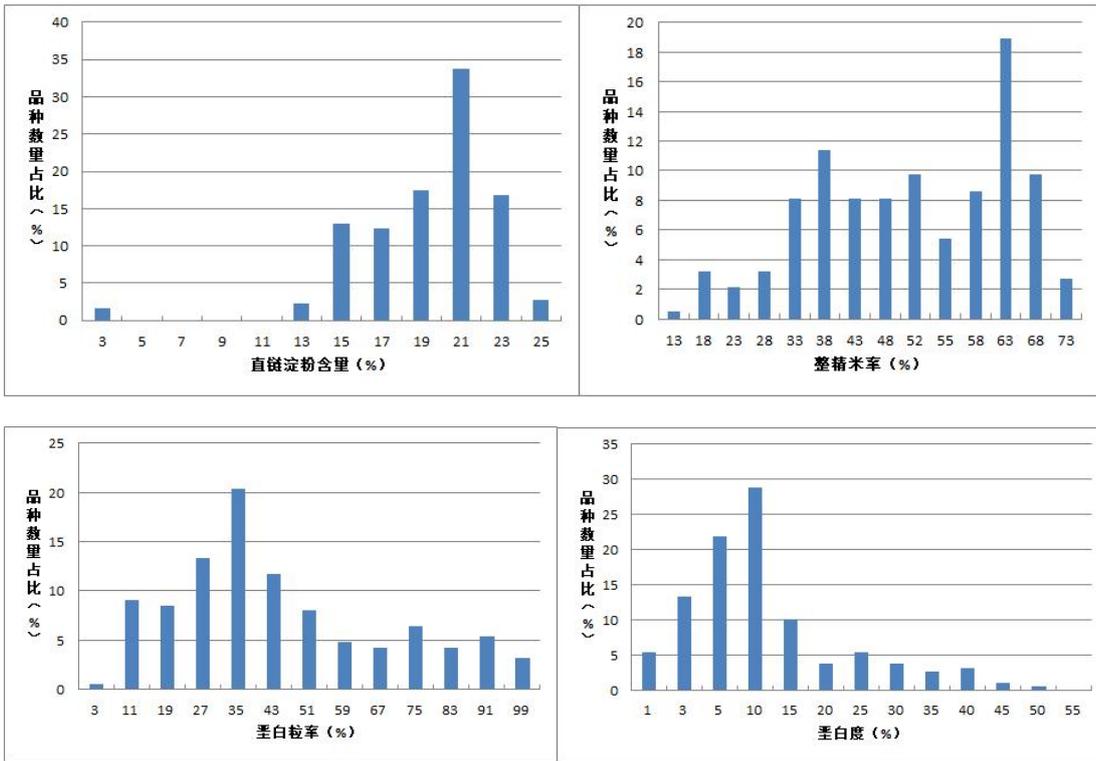


图9 2011-2021年海南省审定水稻品种的品质性状品种数量占比频率分布

Fig. 9 Frequency distribution of the number of varieties certified in Hainan Province for main quality traits from 2011 to 2021

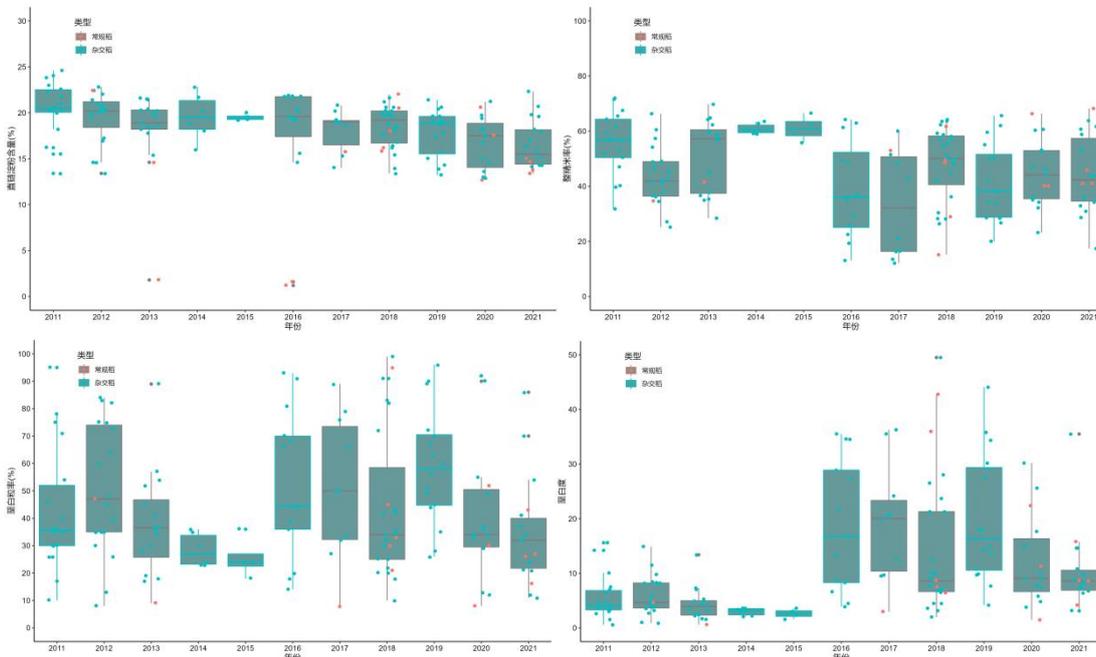


图10 2011-2021年海南省审定水稻品种的主要品质性状的年际间变化

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

2.7 海南省审定水稻品种抗病性的演变分析

海南省审定水稻品种的抗病性结果数据不齐全，我们对 200 多个品种的穗瘟和白叶枯病抗性进行分析。从图 11 可见，稻瘟病抗性主要集中在 4、5 级，表现为中感；白叶枯病主要在 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%，而白叶枯病抗性达到中抗及以上的比例只有 10.3%；而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%。说明海南审定的水稻品种在抗病性上亟待提高。

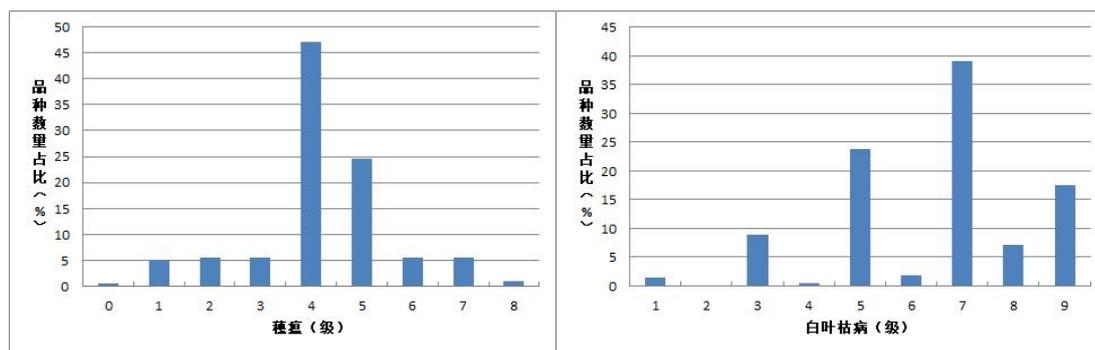


图 11 海南省审定水稻品种抗病性的品种数量占比频率分布

Fig. 9 Frequency distribution of the number of varieties certified in Hainan Province for disease resistance traits

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^[5]。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，本文通过对海南省 2003-2021 年审定的水稻品种各性状数据的分析，反映出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^[6]，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^[7]。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优势利用结合于一体，表现出茎秆粗壮、穗大粒多、丰产稳产性好的特点，其中的代表性品种“甬优 1540”、“浙粳优 1578”等在高产示范中创造了亩产超 1000 kg 的记录^[8-10]。四川省“十三五”新审定品种有呈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^[11]。

海南水稻审定品种的区试亩产和生试亩产水平整体偏低，各农艺性状特别是产量构成四因素一直没有

明显的演变特征和相关性，其单产比全国单产水平要低 100kg 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、热量足环境的水稻新品种，突破原有瓶颈。其次，海南的水稻栽培基本上比较粗放，在尊重当地农民的种植习惯的前提下，如何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类型，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^[12]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。我们认为，纯粳成分的品种在海南的适应性和推广应用价值有待考量，但可以尝试偏籼型粳稻杂交稻品种，此类品种在口感上有粳稻的软滑，又能利用粳稻杂种优势大幅度提高产量。笔者已在海南三亚、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 有显著增产的新品系，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，很难看见海南大米的身影。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，说明米质上均有较大的提升空间。受生育期较短、气温高以及多数品种作早稻种植等不利条件的影响，海南优质稻育种任重道远。未来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^[13]。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，育种家尤为重视对抗性的追求。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^[14]。海南审定品种的稻瘟病和白叶枯病的抗性等级大部分在 3 级以上，且双抗品种少。2022 年审定的 9 个品种（不含不育系）中，也只有中科西陆 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）田间发病情况无穗颈瘟发生；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^[15]，加上海南农民种植水稻极为粗放，很少打农药；因此，海南水稻抗稻瘟病和抗白叶枯病水稻育种急需加强，有利于保障人民的口粮安全。

4 结论

海南省位于中国最南端，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, 非常有必要在水稻的育种、栽培以及推广等方面投入更多的研发和精力。其中, 水稻品种审定标准是品种培育的“风向标”和“指挥棒”。可对抗性优质专用水稻品种的审定要求有所倾斜, 来引导品种培育的方向^[6]; 海南水稻区试常规稻对照品种是特粘占 25 (琼审稻 1999001), 杂交稻对照品种为特优 009 (国审稻 2005001) 和博 II 优 15 (琼审稻 2003001), 这些都是审定了 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, 通过更换为更优的区试对照品种, 无疑也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, 以丰富水稻品种类型为产量的突破口; 以优质稻品种为重点加强联合攻关, 并以优质稻品种为核心加快产业化进程; 以提高水稻抗病虫害和抗倒伏能力为导向集成优质、高效、绿色配套种植技术; 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] 国家统计局. 国家统计局数据库. <https://data.stats.gov.cn/index.htm>

National Bureau of Statistics. National Statistics Bureau Database. <https://data.stats.gov.cn/index.htm>

[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.

Jiyinzuxue yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology), 2021, 40(3): 1214-1218

[3] 国家水稻数据中心. 中国水稻品种及其系谱数据库. <http://www.ricedata.cn/variety/index.htm>

China Rice Data Center. Database for Chinese rice varieties and their genealogy. <http://www.ricedata.cn/variety/index.htm>

[4] 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

[5] 林海, 李红英, 鄂志国, 等. 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, et al. Analysis on Characteristics of Rice Varieties Registered in China in 2020. *China Rice*, 2021, 27(6):6-11

[6] 曾波, 钟育海, 郭利磊, 等. 我国优质水稻品种发展现状与展望. 种子, 2019, 38(8):4

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):4

[7] 章秀福, 王丹英, 方福平, 等. 中国粮食安全和水稻生产. 农业现代化研究, 2005, 26(2):4

Zhang X F, Wang D Y, Fang F P, Zhen Y K, Liao X Y. Food Safety and Rice Production in China . *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(2):4

[8]阮晓亮, 石建尧, 陆永法,等. 浙江省籼粳杂交晚稻品种发展与展望. 中国稻米, 2016, 22(4):5

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):5

[9]人民网. 嘉兴乌镇一亩田水稻亩产达 1083.38 公斤. <http://zj.people.com.cn/n2/2021/1211/c186327-35046301.html>

People's Daily Online. The rice yield per mu in Wuzhen of Jiaxing reached 1083.38 kg. <http://zj.people.com.cn/n2/2021/1211/c186327-35046301.html>

[10]上杭县人民政府. 突破吨粮, 上杭县优质稻新品种亩产创历史新高

http://www.shanghang.gov.cn/bm/nyj/zwgk/gzdtjy/202210/t20221017_1938691.htm

People's Government 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. http://www.shanghang.gov.cn/bm/nyj/zwgk/gzdtjy/202210/t20221017_1938691.htm

[11]陈琳, 曾正明, 罗俊涛,等. 四川省"十三五"审定的中粳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, et al. 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

[12]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

[13]丁新华. 水稻抗病相关基因的分离克隆和功能鉴定. 华中农业大学学报, 2011, 30(1):3

Ding X H. Isolation and functional characterization of pathogen-induced defense-responsive genes of rice . *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2011, 30(1):3

[14]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

[15]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

[16]虞国平, 徐春春, 郭亚文, 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