

陈铭学研究员主持“稻米质量安全与品质评价”特约专栏文章之二

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.06.002

朱大伟, 曾波, 邵雅芳, 等. 近 10 年我国籼稻品种品质特征分析[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(6): 10-19.

ZHU D W, ZENG B, SHAO Y F, et al. Analysis of rice quality characteristics of *indica* rice varieties of China in recent 10 years[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(6): 10-19.

近 10 年我国籼稻品种品质特征分析

朱大伟¹, 曾波², 邵雅芳¹, 章林平¹, 陈铭学¹, 于永红¹✉

(1. 中国水稻研究所 农业农村部稻米及制品质量监督检验测试中心, 浙江 杭州 310006;

2. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘要: 通过对南方稻区近 10 年籼稻品种品质分析, 明确当前我国籼稻品种品质的现状特征, 为今后籼稻优质育种和品质提升做支撑。分析南方稻区 2011—2020 年 17 个省(自治区、直辖市)共计 2 701 份早籼、中籼和晚籼稻样品品质指标数据, 按品种熟期和区域实验分组将早籼稻、中籼稻、晚籼稻划分 8 小类, 以农业行业标准《食用稻品种品质》NY/T 593 为评价依据, 比较分析籼稻品种近 10 年优质达标率与稻米品质指标发展趋势。得出以下结论: (1) 近 10 年我国籼稻品种品质呈稳定上升趋势, 尤其 2017 年后晚籼稻品质提升最为显著。晚籼组中华南感光晚籼组与晚籼中迟熟组品质优于晚籼早熟组, 中籼组中长江中下游中籼稻组品质优于长江上游中籼稻组, 早籼组中华南早籼稻组品质较优且近年来稳定提升。(2) 品质指标中垩白度、碱消值和直链淀粉含量达标率近 10 年表现稳定上升, 胶稠度与糙米率近 10 年保持较高达标率, 整精米率与透明度的一等达标率年度间变幅较大且无明显提升趋势。因此, 品质指标中需加强籼稻整精米率与透明度年度间稳定性的研究。品种类型中, 中籼稻品种品质提升是未来我国籼稻整体品质提升的重点方向。

关键词: 籼稻; 品种; 品质; 南方稻区; 生育期

中图分类号: TS201.4; S-3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)06-0010-10

网络首发时间: 2023-11-09 19:08:19

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20231108.1433.008>

Analysis of Rice Quality Characteristics of *Indica* Rice Varieties of China in Recent 10 Years

ZHU Da-wei¹, ZENG Bo², SHAO Ya-fang¹, ZHANG Lin-ping¹, CHEN Ming-xue¹, YU Yong-hong¹✉

(1. Rice Product Quality Supervision and Inspection Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, China National Rice Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 310006, China;

2. National Agricultural Technology Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract: Based on the analysis of rice quality characteristics of *indica* rice varieties from regional trials in

收稿日期: 2023-06-30

基金项目: 国家自然科学基金(31901453、32301932); 浙江省“领雁”研发攻关计划(2023C02014); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CPSIBRF-CNRRI-202125、202126)

Supported by: National Natural Science Foundation of China (No. 31901453, 32301932); “Leading Goose” Research and Development Program of Zhejiang Province (No. 2023C02014); Fundamental Research Funds of Central Research Institutes (No. CPSIBR-CNRRI-202125, 202126)

作者简介: 朱大伟, 男, 1992 年出生, 博士, 助理研究员, 研究方向为稻米营养与品质评价。E-mail: zhudawei@caas.com

通讯作者: 于永红, 女, 1969 年出生, 硕士, 研究员, 研究方向为稻米品质评价。E-mail: yuyonghong@caas.cn

recent 10 years, we hope to provide references for quality improvement of *indica* rice varieties in the next stage. We analyzed 2 701 samples of early season, medium season and late season *indica* rice samples in 17 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the central government) from 2011 to 2020, and divided them into 8 groups according to maturity and regional trials group. Based on the agricultural industry standard “Cooking rice variety quality” NY/T 593, we analyzed the development trend of qualified rate and rice quality index of *indica* rice varieties in recent 10 years. The results showed that the quality of *indica* rice varieties in China presented a steady upward trend in recent 10 years, especially for late season *indica* rice, which improved the most significantly after 2017. The rice quality of mid-late ripe of late season *indica* rice and sensitive late season *indica* rice in south China was better than early ripe of late season *indica* rice; rice quality of medium season *indica* rice in the middle was better than that of medium season *indica* rice in the upper Yangtze River; the rice quality of early season *indica* rice in south China was better than that of other two early season *indica* rice varieties and has been improved steadily in recent years. Chalkiness degree, alkali spreading value and amylose content of quality indexes have been increasing steadily, gel consistency and brown rice rate keep high standard rate in recent 10 years, the variation of qualified rate in head rice rate and translucency above one level changed greatly from year to year, and there was no obvious trend of improvement. For rice quality index, in addition to keeping on reducing the amylose content and chalkiness degree of *indica* rice, it is also needed to strengthen the study on inter annual stability of head rice rate and transparency of *indica* rice. And the improvement of rice quality of medium season *indica* rice is the key direction for the improvement of *indica* rice quality in the future.

Key words: *indica* rice; variety; rice quality; southern rice region; growth period

水稻是中国最重要的粮食作物之一，其产量占中国粮食总产的 40% 以上，保障水稻产量，提升稻米品质对我国粮食安全具有重要意义^[1]。南方稻区是我国主要的水稻种植区域，种植面积及总产均占全国的 85% 以上^[2]。南方稻区水稻区域实验始于 1973 年，近 10 年参与的省份有广东、广西、福建、海南、云南、四川、重庆、贵州、湖南、湖北、江西、浙江、上海、江苏、安徽、河南和陕西 17 个省（自治区、直辖市）^[3]。明确南方稻区籼稻区域实验品种品质对掌握我国籼稻稻米品质的基本情况，明确下一阶段籼稻育种的主攻方向，提升我国籼米品质与市场竞争力具有重要意义。“十二五、十三五”期间参与南方稻区区域实验的早籼、中籼和晚籼稻共计 2 701 份。稻米品质是稻米作为商品在流通过程中的基本特征特性，水稻品种品质的优劣不仅影响消费者对稻米的选择，更是品种竞争力的体现^[4]。改革开放以来，我国开展了一系列提升水稻稻米品质的研究，并实施水稻优质育种战略，农业农村部相继颁布了《米质测定方法》(NY/T 83) 和《食用稻品种品质》(NY/T 593) 等标准，以规范稻米品

质指标的测定方法和评价标准^[5-6]。稻米品质包括加工品质、外观品质、蒸煮食味品质和营养品质 4 个方面^[7]。

关于我国水稻品种品质性状特征的研究，前人已有一些报道。朱智伟等^[8]将全国 8 390 份稻米样品分为常规籼稻、杂交籼稻、常规粳稻和杂交粳稻 4 类，分析其品质性状并得出：(1) 粳稻的稻米品质普遍优于籼稻；(2) 常规稻稻米品质指标的变异系数比杂交稻略高。闵捷等^[9]以全国多年多点的 1 036 份杂交籼稻样品为材料，分析稻米品质指标表明，杂交籼稻的糙米率、精米率、粒长和长宽比的变幅较小(变异系数 $CV < 10\%$)，指标稳定性强，而透明度、垩白粒率和垩白度的变幅较大(变异系数 $CV > 25\%$)，稳定性差。闵捷等^[10]以 1980 至 2010 年育成的 1 994 份常规籼稻品种为材料，分析品质指标及达标率得出，常规籼稻品质达标率在 2000 年至 2010 年处于总体上升阶段，就品种而言，中晚籼稻的达标率要高于早籼稻品种；品质指标上垩白粒率、垩白度和直链淀粉含量是限制常规籼稻品种达标的主要因素。本研究以近 10 年南方稻区实验地点和熟期的

不同, 将早籼、中籼和晚籼稻进一步细分为华南早籼、早籼早中熟、早籼迟熟、长江上游中稻、长江中下游中稻、晚籼早熟、晚籼中迟熟、华南感光晚籼, 共计 8 类。系统比较研究不同类型籼稻品种近 10 年品质的达标率及稻米品质指标的变化趋势。明确不同类型籼稻品种品质差异, 探究限制籼稻优质化的关键品质指标因素, 提出下一阶段南方稻区籼稻品种品质改良的目标方向, 为提升我国籼稻品种竞争力, 提高籼稻稻米品质

提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

数据资料来源于农业农村部稻米及制品质量监督检验测试中心(浙江杭州), 2011 年至 2020 年南方稻区籼稻品种品质, 共计 2 701 份。分三大类分别是早稻、中稻和晚稻, 其中早、中、晚籼稻又按熟期划分共计八小类(表 1)。

表 1 早籼稻、中籼稻和晚籼稻中按熟期划分的类型及个数
Table 1 The number and type according to maturity of ESIR, MSIR and LSIR

| 类型 | 早籼稻 | | | 中籼稻 | | 晚籼稻 | | |
|------|------|-------|------|--------|---------|------|-------|--------|
| | 华南早籼 | 早籼早中熟 | 早籼迟熟 | 长江上游中稻 | 长江中下游中稻 | 晚籼早熟 | 晚籼中迟熟 | 华南感光晚籼 |
| 个数/个 | 242 | 119 | 112 | 710 | 928 | 264 | 185 | 141 |

注: 早籼稻 ESIR (Early season *indica* rice); 中籼稻 MSIR (Medium season *indica* rice); 晚籼稻 LSIR (Late season *indica* rice); 华南早籼 ESIR-SC (Early season *indica* rice in south China); 早籼早中熟 ERESIR (Early-mid ripe of early season *indica* rice); 早籼迟熟 LRESIR (Late ripe of early season *indica* rice); 长江上游中稻 MSIR-UY (Medium season *indica* rice in the upper Yangtze River); 长江中下游中稻 MSIR-MLY (Medium season *indica* rice in the middle and lower Yangtze River); 晚籼早熟 ERLSIR (Early ripe of late season *indica* rice); 晚籼中迟熟 MRLSIR (Mid-late ripe of late season *indica* rice); 华南感光晚籼 SLSIR-SC (Sensitive late season *indica* rice in south China), 下同 (same as below)。

1.2 数据处理

品质指标的测定依据农业行业标准 NY/T 83 《米质测定方法》进行, 稻米品质的分级评价依据农业行业标准 NY/T 593 《食用稻品种品质》2013 版进行, 定级指标有糙米率、整精米率、垩白度、透明度、碱消值、胶稠度和直链淀粉含量。根据农业部行业标准 NY/T 593, 将稻米品质分为优质与普通两大类, 其中优质又可划分为一等、二等和三等。数据分析使用 Excel 2016, 作图采用 SigmaPlot 10.0。

2 结果与分析

2.1 早籼、中籼和晚籼稻品质概况

近 10 年育成的早籼、中籼和晚籼稻品质三等

以上达标率呈总体上升趋势, 中籼稻品种三等以上达标率 2016、2017 年略有下降, 2018 年后上升至 50% 以上(图 1)。早籼稻和中籼稻品种品质一等达标率自 2017 年略有上升, 但均未超 5%, 晚籼稻品种品质一等达标率自 2017 年显著上升, 2018、2019 与 2020 年平均达标率达到 20% 以上。

进一步分析早籼、中籼和晚籼稻中不同熟期类型品种的优质达标率可知(图 2), 早稻中华南早籼稻三等以上达标率呈稳定上升趋势, 近 4 年平均达标率达 40% 以上, 早籼早中熟与早籼迟熟品种三等达标率年度间波动较大, 无明显规律; 华南早籼稻一等达标率自 2017 年开始上升, 年度间虽有波动, 平均达标率在 5% 左右。中籼稻中两类品种三等以上达标率总体呈上升趋势, 长江上游

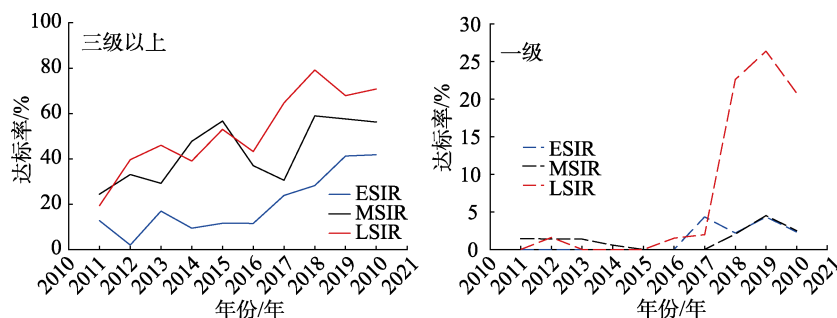


图 1 早籼、中籼和晚籼稻近 10 年三等以上与一等达标率

Fig 1 The qualified rate above level 3 and level 1 of ESIR, MSIR and LSIR in recent ten years

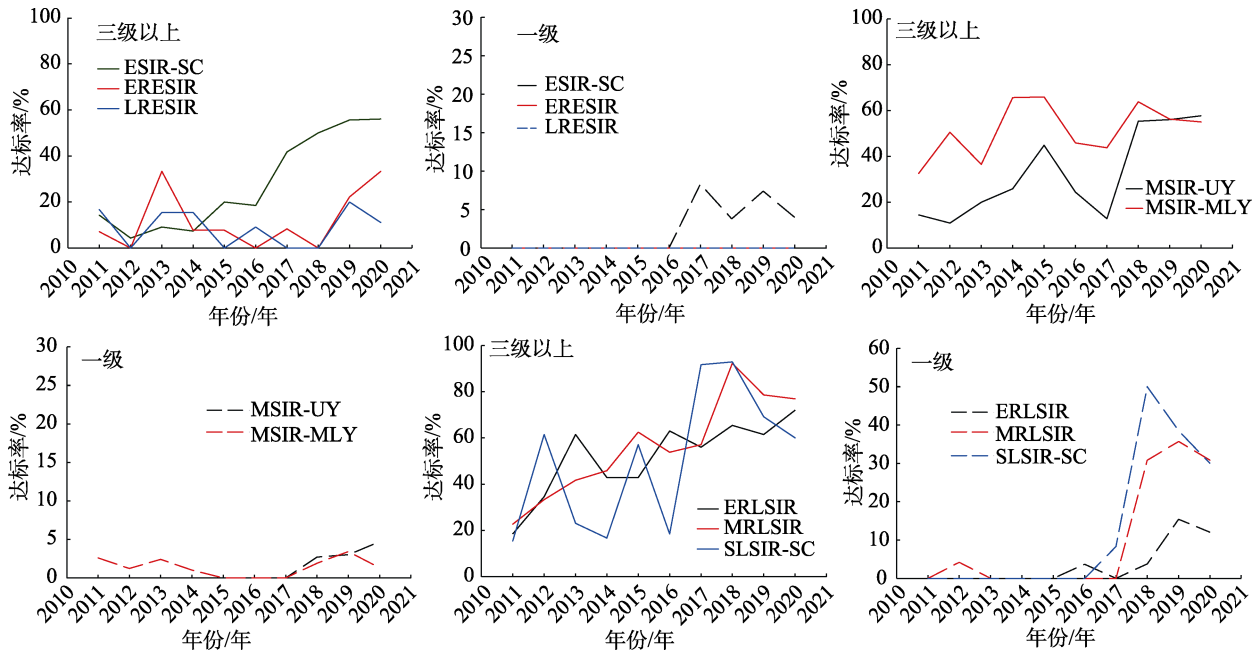


图 2 早籼、中籼和晚籼稻中不同熟期类型品种近 10 年三等以上与一等达标率

Fig.2 The qualified rate above level 3 and level 1 of different maturity types of ESIR, MSIR and LSIR in recent ten years

中稻和长江中下游中稻近 3 年平均达标率分别达 56% 和 58%，但一等达标率较低，两类品种一等达标率近 10 年在 5% 以下，无明显变化。晚籼稻中三种类型品种近 10 年三等以上达标率总体呈上升趋势，华南感光晚籼年度间变幅较大，三种熟期类型品种自 2017 年后一等达标率显著上升，一等达标率总体表现为华南感光晚籼 > 晚籼中迟熟 > 晚籼早熟。

2.2 早籼、中籼与晚籼稻品质指标比较

2.2.1 加工品质

稻米的加工品质是重要的商品特性，主要的衡量指标有糙米率、精米率和整精米率。农业行业标准 NY/T 593 中和加工品质相关的定级指标为糙米率和整精米率。早籼、中籼和晚籼稻糙米率三等以上达标率均为 100%，早籼稻和晚籼稻糙米率一等达标率较为稳定，十年平均达标率分别为 65% 和 88%，中籼稻年度间波动较大，但除 2013 年外，2015、2016 和 2017 年中籼稻糙米率均值均在 80% 以上。因此，三种类型籼稻品种糙米率指标近 10 年较为稳定（图 3）。中籼稻和晚籼稻的整精米率达标率在年度间有一定波动，但十年平均达标率在 80% 以上，早籼稻品种因种植期间特定的气候因素，十年平均达标率为 55%，一等

达标率的十年均值仅为 28%。晚籼稻一等达标率呈波动中上升的趋势，十年平均达标率为 61%，中籼稻一等达标率年度间较不稳定，无明显变化规律。

2.2.2 外观品质

稻米的外观品质亦是重要的商品特性之一，衡量指标包括垩白粒率、垩白度、粒长、长宽比和透明度等，大米的垩白度和透明度等指标直接影响了消费者对大米的购买欲望。早籼、中籼和晚籼稻近 10 年垩白度三等以上达标率呈稳定上升趋势（图 4），而一等达标率自 2017 年显著提升，近 3 年早籼、中籼和晚籼稻的一等达标率均值分别为 34%、26% 和 47%。早籼、中籼和晚籼稻透明度三等以上达标率近 10 年较为稳定，早籼稻透明度一等达标率较低，10 年平均达标率为 6%。中籼稻透明度一等达标率较晚籼稻有较大波动，10 年平均达标率为 44%，晚籼稻 10 年平均达标率为 61%。

2.2.3 蒸煮食味品质

稻米的蒸煮食味品质是大米的核心指标，也是消费者挑选大米最关心的因素。水稻蒸煮食味品质最准确的评价需要从蒸煮米饭的色、香、味、口感和冷饭回生性五个方面进行综合分析评价，

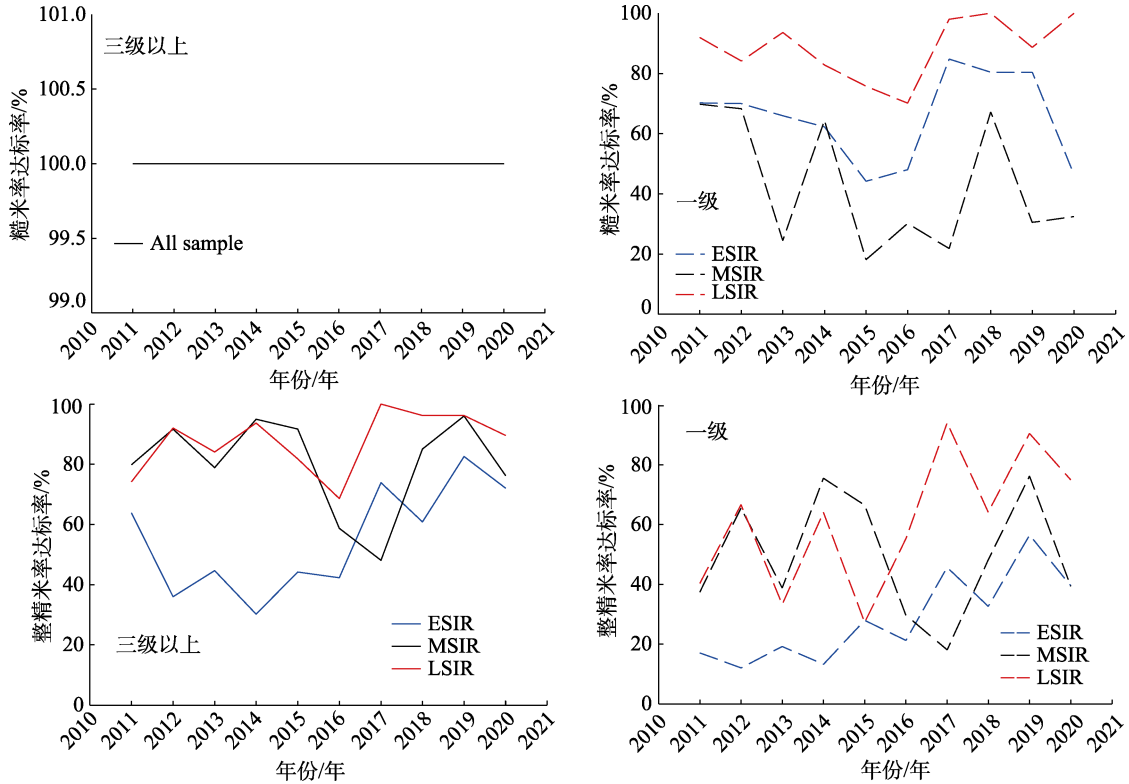


图 3 早籼、中籼和晚籼稻糙米率与整精米率近 10 年三等以上与一等达标率

Fig.3 The qualified rate above level 3 and level 1 of BR, HR of ESIR, MSIR and LSIR in recent ten years

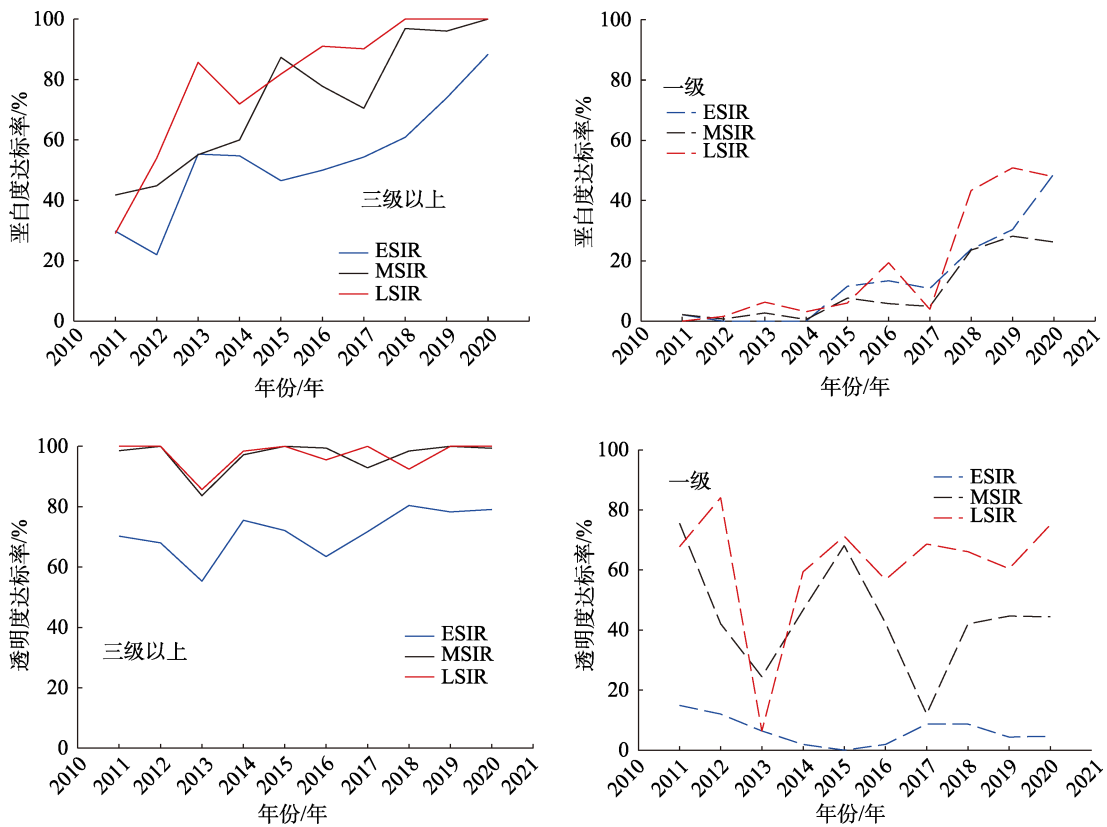


图 4 早籼、中籼和晚籼稻垩白度与透明度率近 10 年三等以上与一等达标率

Fig.4 The qualified rate above level 3 and level 1 of CD, T of ESIR, MSIR and LSIR in recent ten years

得出的评分称为品尝食味值。但这种评价方法对评价人员的专业性要求较高。因此,检测大量样品时多采用理化指标如碱消值、胶稠度和直链淀粉含量对稻米食味品质进行评价分析。早籼、中籼和晚籼稻的碱消值三等以上和一等达标率除 2015 年显著较高外,其余年份总体表现为平稳上升(图 5)。胶稠度三等以上和一等达标率除晚籼稻在

2011 年较低外,其余年份早籼、中籼和晚籼稻三等以上和一等达标率均保持在较高水平。碱消值与胶稠度个别年份的达标率异常值可能与当季水稻生产期间的气候有一定的关系。早籼、中籼和晚籼稻直链淀粉含量三等以上和一等达标率近 10 年均表现为稳定上升趋势。这三项指标的近 10 年变化说明我国籼稻稻米的蒸煮食味品质呈上升趋势。

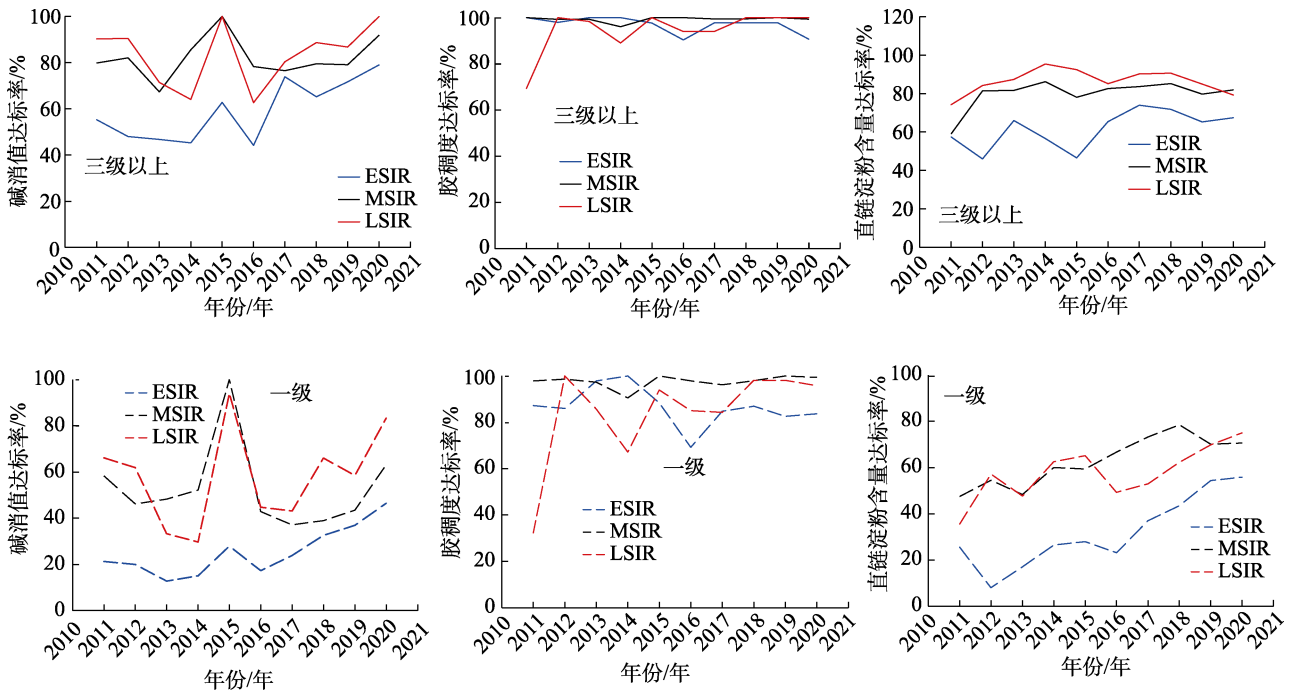


图 5 早籼、中籼和晚籼稻碱消值、胶稠度和直链淀粉含量近 10 年三等以上与一等达标率

Fig.5 The qualified rate above level 3 and level 1 of ASV, GC and AC of ESIR, MSIR and LSIR in recent ten years

2.3 早籼、中籼与晚籼稻中不同熟期类型品种品质指标比较

2.3.1 加工品质

早籼稻中华南早籼与早籼迟熟的糙米率均值均大于 81.0%, 精米率均值表现与糙米率一致, 而早籼早中熟的整精米率要优于华南早籼和早籼迟熟, 且年度间的变幅更小(表 2)。中籼稻中长江上游中稻与长江中下游中稻的糙米率均值相近, 均小于行业标准一等 ($\geq 81.0\%$), 精米率、整精米率表现与糙米率一致, 且整精米率大于行业标准一等 ($\geq 58.0\%$)。晚稻中晚籼早熟、晚籼中迟熟与华南感光晚籼的糙米率均值相近, 均大于行业标准一等, 精米率表现与糙米率一致, 整精米率均值也均高于行业标准一等。

2.3.2 外观品质

粒长与长宽比的均值均表现为华南早籼 > 早籼迟熟 > 早籼早中熟, 垩白粒率与垩白度的均值表现为华南早籼显著低于早籼早中熟与早籼迟熟, 但华南早籼垩白粒率与垩白度的年度间变幅要高于早籼早中熟与早籼迟熟, 透明度表现为华南早籼与早籼迟熟相近均优于早籼早中熟。中籼稻粒长均值表现为长江上游中稻 > 长江中下游中稻, 但长宽比均值表现相反, 垩白粒率与垩白度的均值均表现为长江中下游中稻 < 长江上游中稻, 透明度长江上游中稻和长江中下游中稻表现一致。晚籼稻中粒长与长宽比的均值表现为晚籼中迟熟 > 晚籼早熟 > 华南感光晚籼, 垩白粒率与垩白度均值表现为华南感光晚籼低于晚籼早熟与

晚籼中迟熟，而透明度则表现为华南感光晚籼劣于晚籼早熟与晚籼中迟熟，且年度间变幅也高于晚籼早熟与晚籼中迟熟。

2.3.3 蒸煮食味品质

早籼稻中华南早籼与早籼早中熟的碱消值均值相近均高于早籼迟熟，三种类型早籼的胶稠度相近，但华南早籼的胶稠度在年度间的表现更稳定，华南早籼稻直链淀粉含量的均值显著小于早

籼早中熟和早籼迟熟，说明早籼中华南早籼稻的食味品质可能更优。两种熟期类型中籼稻的碱消值和胶稠度的均值相近且年度间变幅大小无明显差异 (< 5%)，直链淀粉含量的均值表现为长江中下游中籼稻小于长江上游中籼稻，但年度间变幅却表现相反。三种类型晚籼稻品种碱消值和胶稠度的均值相近，直链淀粉含量则表现为华南感光晚籼与晚籼中迟熟相近均低于晚籼早熟。

表 2 2011 年至 2020 年不同类型品种稻米品质指标的平均值与变异系数
Table 2 Average value and coefficient of variation of quality indexes of different rice varieties from 2011 to 2020

| 类型 | | 糙米率/ % | 精米率/ % | 整精 米率/% | 粒长/ mm | 长宽 比 | 垩白粒率/ % | 垩白度/ % | 透明度/ 级 | 碱消值/ 级 | 胶稠度/ mm | 直链 淀粉/% |
|------------|----|-----------|-----------|------------|-----------|---------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 华南早籼 | AV | 81.55 | 72.35 | 50.10 | 6.71 | 3.09 | 24.25 | 3.91 | 2 | 5.25 | 73.86 | 16.76 |
| | CV | 0.85 | 1.28 | 11.72 | 1.41 | 2.50 | 51.63 | 58.49 | 6.95 | 9.19 | 3.35 | 2.99 |
| 早籼稻 早籼早中熟 | AV | 80.74 | 71.98 | 55.06 | 6.28 | 2.63 | 63.60 | 11.36 | 3 | 5.32 | 68.98 | 21.83 |
| | CV | 0.42 | 0.65 | 5.77 | 1.67 | 4.40 | 25.15 | 29.87 | 9.54 | 4.80 | 8.18 | 4.85 |
| 早籼迟熟 | AV | 81.67 | 72.89 | 50.20 | 6.46 | 2.74 | 57.82 | 10.25 | 2 | 4.96 | 70.10 | 21.24 |
| | CV | 0.54 | 0.61 | 9.90 | 2.97 | 5.37 | 23.41 | 28.36 | 7.98 | 6.42 | 8.02 | 6.06 |
| 中籼稻 长江上游中稻 | AV | 80.83 | 72.01 | 56.23 | 6.91 | 2.91 | 33.00 | 5.31 | 2 | 5.80 | 75.94 | 19.17 |
| | CV | 0.43 | 1.36 | 5.96 | 1.65 | 5.31 | 37.98 | 46.38 | 14.02 | 2.94 | 5.00 | 4.80 |
| 长江中下游中稻 | AV | 80.80 | 72.14 | 57.74 | 6.76 | 3.10 | 21.95 | 3.47 | 2 | 5.70 | 75.61 | 16.12 |
| | CV | 0.65 | 1.05 | 6.55 | 1.22 | 3.19 | 44.61 | 53.54 | 15.29 | 3.36 | 3.29 | 7.51 |
| 晚籼稻 晚籼早熟 | AV | 81.76 | 72.97 | 59.04 | 6.86 | 3.18 | 21.65 | 3.40 | 1 | 5.95 | 68.83 | 18.91 |
| | CV | 0.40 | 0.98 | 8.02 | 1.74 | 4.23 | 62.35 | 67.87 | 7.95 | 6.96 | 7.72 | 5.13 |
| 晚籼稻 晚籼中迟熟 | AV | 82.11 | 73.37 | 59.31 | 6.89 | 3.23 | 21.96 | 3.59 | 1 | 5.96 | 68.97 | 17.88 |
| | CV | 0.45 | 1.30 | 5.54 | 1.29 | 4.05 | 57.51 | 59.44 | 9.85 | 7.18 | 9.66 | 6.03 |
| 华南感光晚籼 | AV | 81.91 | 73.37 | 61.29 | 6.69 | 3.11 | 18.97 | 2.75 | 2 | 5.48 | 68.81 | 17.09 |
| | CV | 0.93 | 1.46 | 9.13 | 3.24 | 5.99 | 48.93 | 51.78 | 17.71 | 12.08 | 7.70 | 7.41 |

注：平均值 (average value, AV); 变异系数 (coefficient of variation, CV)。

3 讨论

3.1 不同熟期类型籼稻品种优质达标率差异

根据种植季节的划分，籼稻可分为早籼、中籼和晚籼稻。总体而言近 10 年早籼、中籼和晚籼稻的三等达标率均有稳定上升，特别是晚籼稻的一等达标率，自 2017 年显著提升，近 3 年达行业标准一等的品种平均达 20% 以上。稻米品质除了受自身基因型控制外，也与生长过程中所处的环境条件密切相关，生长过程中不同的气候生态，特别是灌浆结实期的温光生态是影响稻米品质最重要的环境因素。晚籼稻的灌浆结实期温光生态较之早籼稻和中籼稻更好，结实期均温低，利于

籽粒积累灌浆，加工和外观品质指标显著优于早籼稻和中籼稻。晚籼稻中，华南感光晚籼与晚籼中迟熟的达标率要高于晚籼早熟，因为晚籼早熟的齐穗期一般在 9 月中上旬，而晚籼中迟熟的齐穗期一般在 9 月中旬至下旬，华南感光晚籼的齐穗期在 9 月下旬至 10 月初。华南感光晚籼品种生育阶段受高温影响小，生育期相对而言较长，可充分利用华南地区中后期的光热资源，且灌浆温度适宜，因此米质较好^[11]，但也会受“秋寒”等因素的影响，碰上个别年份的极端天气，稻米品质亦会受影响^[12]，表现为透明度与碱消值指标下降。总之，晚籼稻中华南感光晚籼品种的品质最佳，但年度间不稳定；晚籼中迟熟次之，但年度

间稳定性更好。

中籼稻品种中, 长江中下游中籼稻品种品质优于长江上游中籼稻品种。主要是因为长江中下游中籼稻的灌浆结实期较长江中上游灌浆结实期推迟约 15 天左右, 且纬度相对高 1° 左右, 因此灌浆结实期生态更利于稻米品质的形成。早籼稻品种中, 华南早籼稻在三等以上与一等达标率均显著高于早籼早中熟与早籼迟熟, 较之早籼早中熟与早籼迟熟, 华南早籼品种的多年直链淀粉含量平均值低 ($< 18\%$), 且年度间较为稳定 ($CV < 3\%$)。早籼稻是我国储备粮的重要组成部分, 在南方稻区大面积种植, 尤其以湖南、广西、江西和广东种植面积最大, 占全国早籼稻种植面积的 80% 以上^[13-14]。早籼稻因其灌浆结实期环境温度较高, 籽粒积累速率加快, 稻米垩白粒率高, 垩白度大, 外观品质较差; 且灌浆过快引起的籽粒积累疏松使稻米的耐碾磨性变差, 整精米率也明显低于中籼稻和晚籼稻; 加之较高的直链淀粉含量也会影响其蒸煮食味品质。因此, 早籼稻作食用稻比例较少, 高直链淀粉含量早籼稻谷多被用于加工成米粉等凝胶食品^[15]。近年来为促进粮食稳产增产, 保障粮食安全, 多地区早稻复耕复垦, 早稻产量有增加趋势。早稻类型中华南早籼品种比较适宜作为食用稻, 而早籼早中熟与早籼迟熟因较高的垩白度和直链淀粉含量更适宜作稻米制品的原材料。

3.2 稻米品质指标在品种及年度间差异

本研究中将品质指标按农业行业标准 NY/T 593 分为三等以上达标率和一等达标率两类。三等以上达标率近 10 年平均值中仅有早籼和中籼稻的整精米率与直链淀粉含量达标率低于 80%。垩白度是反映稻米外观品质的重要指标, 稻米垩白的发生主要是由于在灌浆过程中, 籽粒积累过快, 籽粒内物质分配不合理, 细胞间产生间隙, 在自然光的照射下会折射出不透明的白色^[16]。稻米垩白一直是阻碍南方稻区籼米品质提升的主要原因, 近些年来突飞猛进的水稻功能基因组和生物技术, 极大的促进人们对与垩白相关基因的了解和挖掘, 垩白的遗传机制愈发清晰, 新育成品种垩白极大改善^[17]。中籼稻品种垩白一等达标率

自 2018 年以来稳定达 40% 以上, 晚籼稻品种垩白一等达标率自 2017 年以来稳定达 60% 以上。碱消值是指碱溶液对稻米的腐蚀和消解程度, 一般与稻米的组织结构和淀粉分布有关, 碱消值越大, 说明稻米越不耐消解, 糊化特性好, 蒸煮食味品质高^[18]。碱消值虽在年度间有一定幅度的波动, 但近 5 年一等达标率呈稳定上升趋势, 说明南方稻区近几年籼稻食味品质有稳定上升趋势。直链淀粉含量是稻米食味品质的主要影响因素, 前人研究发现一定范围内, 直链淀粉含量与蒸煮食味品质呈显著或极显著负相关, 较低的直链淀粉含量使稻米在蒸煮过程中表现出较好的蒸煮食味品质^[19]。因此, 降低南方稻区籼稻品种的直链淀粉含量是提高籼稻米蒸煮食味品质的重要手段。近 10 年早籼、中籼和晚籼稻直链淀粉含量一等达标率均呈稳定上升趋势。垩白度、碱消值和直链淀粉含量达标率的稳定上升说明南方稻区籼稻的外观与食味品质明显改善。

胶稠度是评价稻米蒸煮食味品质的重要理化指标, 早籼、中籼和晚籼稻的胶稠度保持较高的一等达标率, 近几年一等达标率平均 80% 以上。早籼与中籼稻的糙米率的一等达标率虽然在年度间有一定的变幅, 但早籼早中熟、长江上游与长江中下游中籼稻近 10 年糙米率均值分别为 80.7%、80.8% 和 80.8%, 接近行业标准糙米率一等。因此, 不同类型品种糙米率总体较为稳定。整精米率在年度间波动较大且无明显规律, 稻谷的整精米率与灌浆结实期籽粒的灌浆特性密切相关, 灌浆时间越长, 籽粒的内容物质排列紧密, 籽粒的耐磨性增加, 加工品质好, 而灌浆结实期的温度过高会加快籽粒的灌浆速率, 使得胚乳糊粉层细胞的数量增加, 糠粉层变厚, 使碾磨后的整精米率下降^[20]。晚籼稻整精米率要优于早籼稻和中籼稻, 因为晚籼稻灌浆结实期的温光生态更好, 更有利于籽粒的积累。除了年度间气候变化对早籼、中籼和晚籼稻的加工品质有影响外, 本研究还发现近 10 年籼稻品种长宽比, 尤其是中籼稻品种的长宽比呈现逐年变大的趋势, 说明中籼稻粒形更加细长化, 长宽比大使稻谷在碾磨过程中更容易碎裂, 因此中籼稻粒形更加细长也是导致其整精米

率年度间不稳定的因素之一。透明度用于评价大米籽粒的透光特性^[21]，前人研究表明籽粒垩白与透明度呈显著负相关，即大米垩白越少，透明度越高^[22]。早籼稻因其灌浆期高温而导致垩白高，透明度一等达标率近 10 年一直在较低水平。中籼稻和晚籼稻透明度一等达标率受年度间气候影响有一定变幅，且较之晚籼稻，中籼稻的透明度受气候影响更明显。


4 结论

本研究通过对近 10 年南方稻区区域实验 2 701 份籼稻品种品质系统比较分析得出以下结论。品质指标中垩白度和直链淀粉含量近年来均已有显著改善，且呈稳定提升趋势，而中籼稻和晚籼稻透明度和整精米率一等达标率年度间有变幅，影响品种品质优质达标率，故透明度与整精米率年度间稳定性也应加强研究。品种类型中，近 10 年我国籼稻品种总体上呈上升趋势，尤其以晚籼稻品质提升最为显著，但中籼稻优质一等达标率近 10 年均 5% 以下徘徊，作为籼稻品种类型中占比最高的一类品种，中籼稻品质改良对提升我国籼稻整体品种品质具有重要意义。因此，下一阶段籼稻品种品质改良的重点目标应着重于中籼稻类型。此外，通过对品质指标的历年优质达标率及均值的变化研究发现，早籼、中籼和晚籼稻的胶稠度近 10 年一等达标率均保持在 80% 以上。粒形上，中籼稻和晚籼稻长宽比均表现稳定变大趋势，对品种整精米率有一定的影响。

参考文献：

- [1] 叶清, 杨晓光, 解文娟, 等. 气候变暖背景下中国南方水稻生长季可利用率变化趋势[J]. 中国农业科学, 2013, 46(21): 4399-4415.
YE Q, YANG X G, XIE W J, et al. Tendency of use efficiency of rice growth season in southern China under the background of global warming[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(21): 4399-4415.
- [2] 石全红, 刘建刚, 王兆华, 等. 南方稻区水稻产量差的变化及其气候影响因素[J]. 作物学报, 2012, 38(5): 896-903.
SHI Q H, LIU J G, WANG Z H, et al. Change of rice yield gaps and influential climatic factors in southern China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38(5): 896-903.
- [3] 杨仕华, 熊振民, 陈志谦, 等. “七五”南方稻区水稻区域试验品种分析及育种展望[J]. 中国农业科学, 1995, 28(增刊): 49-55.
YANG S H, XIONG Z M, CHEN Z Q, et al. Analysis of the varieties from south China rice regional test during “7th five year plan” period and the future breeding prospect[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1995, 28: 49-55.
- [4] 朱智伟. 当前我国稻米品质状况分析[J]. 中国稻米, 2006, 1: 1-4.
ZHU Z W. Analysis of rice quality in China[J]. China Rice, 2006, 1: 1-4.
- [5] 农业部. 米质测定方法: NY/T 83—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
The Ministry of Agriculture. Determination of rice quality: NY/T 83—1988[S]. Beijing: Standards Press of China, 1988.
- [6] 农业部. 食用稻品种品质: NY/T 593—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
The Ministry of Agriculture. Cooking rice variety quality: NY/T 593—2002[S]. Beijing: Standards Press of China, 2002.
- [7] 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.
HU P S, ZHAI H Q, WAN J M. New characteristics of rice production and quality improvement in China[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2002, 4(4): 33-39.
- [8] 朱智伟, 陈能, 王丹英, 等. 不同类型水稻品质性状变异特性及差异性分析[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(4): 315-320.
ZHU Z W, CHEN N, WANG D Y, et al. Analysis on variation and difference for rice quality traits among different types of rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2004, 18(4): 315-320.
- [9] 闵捷, 张伯平, 朱智伟, 等. 籼型杂交水稻米质指标测定值的差异分析[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 107-110.
MIN J, ZHANG B P, ZHU Z W, et al. Analysis on variation of tested values for grain quality of indica hybrid rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2007, 21(1): 107-110.
- [10] 闵捷, 朱智伟, 陈能, 等. 中国常规籼稻品种的米质及其优质达标率的研究[J]. 中国稻米, 2012, 18(5): 4-7.
MIN J, ZHU Z W, CHEN N, et al. Study on the rice quality of China conventional indica rice and its high quality standard rate[J]. China Rice, 2012, 18(5): 4-7.
- [11] 孙忠. 科学研判粮食安全形势促进区域经济协同发展[J]. 中国发展, 2016(6): 44-50.
SUN Z. Scientifically evaluate the situation of food security and promote the coordinated development of regional economy[J]. China Development, 2016(6): 44-50.
- [12] 黄永相, 郭建夫, 蒋世河, 等. 华南感光型杂交稻选育回顾与展望[J]. 广东农业科学, 2007(4): 3-6.
HUANG Y X, GUO J F, JIANG S H, et al. Review and prospect of photosensitive late indica hybrid rice in Southern China. Guangdong Agricultural Sciences, 2007(4): 3-6.
- [13] 王丰, 刘振荣, 李曙光, 等. 具互作型弱感光特性籼稻不育系振丰 A 的选育[J]. 杂交水稻, 2004, 19(4): 10-11.

- WANG F, LIU Z R, LI S G, et al. Breeding of *indica* CMS line Zhenfeng A with the characteristic of weak sensitivity to photoperiod induced by gene interaction. *Hybrid Rice*, 2004, 19(4): 10-11.
- [14] 刘笑然. 2014年中国稻谷(大米)产业报告[J]. *粮油市场报*, 2014(T17): 1-10.
LIU X R. Rice industry report of China in 2014[J]. *Grain and oil Market Report*, 2014(T17): 1-10.
- [15] 李亚男, 胡培松, 王莉, 等. 早籼稻的品质特性及其加工适应性研究进展[J]. *食品与机械*, 2015(6): 238-241.
LI Y N, HU P S, WANG L, et al. Research progress on quality characteristics and processing adaptability of early *indica* rice. *Food and Machinery*, 2015(6): 238-241.
- [16] 张习春, 鲁菲菲, 吕育松, 等. 两个垩白突变体的鉴定及突变基因的图位克隆[J]. *中国水稻科学*, 2017, 31(6): 568-579.
ZHANG X C, LU F F, LYU Y S, et al. Identification and gene mapping-based clone of two chalkiness mutants in rice[J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2017, 31(6): 568-579.
- [17] 彭波, 孙艳芳, 李琪瑞, 等. 水稻垩白性状的遗传研究进展[J]. *信阳师范学院学报(自然科学版)*, 2016, 29(2): 304-312.
PENG B, SUN Y F, LI Q R, et al. Progress in genetic research on rice chalkiness[J]. *Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2016, 29(2): 304-312.
- [18] 刘利成, 闵军, 刘三雄, 等. 湖南优质稻品种品质指标间的相关性分析[J]. *中国稻米*, 2015, 21(1): 30-33.
LIU L C, MIN J, LIU S X, et al. Study on correlation among quality indexes of fine quality rice varieties in Hunan province[J]. *China Rice*, 2015, 21(1): 30-33.
- [19] 赵春芳, 岳红亮, 黄双杰, 等. 南粳系列水稻品种的食味品质与稻米理化特性[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(5): 909-920.
ZHAO C F, YUE H L, HUANG S J, et al. Eating quality and physicochemical properties in Nanjing rice varieties[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(5): 909-920.
- [20] 龚金龙, 张洪程, 胡雅杰, 等. 灌浆结实期温度对水稻产量和品质形成的影响[J]. *生态学杂志*, 2013, 32(2): 482-491.
GONG J L, ZHANG H C, HU Y J, et al. Effects of air temperature during rice grain-filling period on the formation of rice grain yield and its quality[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(2): 482-491.
- [21] 刘军平, 禹凯博, 孙悦芳, 等. 均质及大米蛋白对大米淀粉糊化和质构特性的影响[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(1): 9-14.
LIU J P, YU K B, SUN Y F, et al. Effect of homogenization treatment and rice protein on pasting and texture properties of rice starch[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(1): 9-14.
- [22] 赵飞, 尹维娜, 曲丽君, 等. 水稻外观品质与产量构成因素的QTL解析[J]. *核农学报*, 2014, 28(6): 990-997.
ZHAO F, YIN W N, QU L J, et al. Correlation and QTL analysis of the rice appearance quality and processing quality[J]. *Journal*

of Nuclear Agricultural Sciences, 2014, 28(6): 990-997. 

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。