

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2020.92044

安徽沿淮地区优质高产常规粳稻品种筛选及特征特性

卫平洋¹ 裴实² 唐健¹ 肖丹丹¹ 朱盈¹ 刘国栋¹ 邢志鹏¹
胡雅杰¹ 郭保卫¹ 高尚勤³ 魏海燕^{1,*} 张洪程^{1,*}

¹ 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室 / 扬州大学农业部长江流域稻作技术创新中心 / 粮食作物现代产业技术协同创新中心, 江苏扬州 225009; ² 江苏省农业科学院种质资源与生物技术研究所, 江苏南京 210014; ³ 安徽省凤台县农业技术推广中心, 安徽淮南 232100

摘要: 以 74 个常规粳稻品种(品系)为材料, 根据产量和食味值分为高产优质、高产不优质、中产优质和中产不优质 4 种类型。选用高产优质、高产不优质和中产优质 3 种类型共 9 个品种, 研究其产量、品质差异及其高产优质形成的特征特性, 以期为安徽沿淮地区适宜品种的筛选、种植推广提供科学依据和理论支撑。结果表明, 中产类型与高产类型粳稻在产量上有极显著差异, 2017 年和 2018 年, 中产优质类型产量比高产优质类型、高产不优质类型分别低 16.95%、16.76% 和 16.52%、16.33%。2017 年, 与高产不优质类型相比, 高产优质类型和中产优质类型的直链淀粉含量分别低 39.31%、42.63%; 胶稠度分别长 22.06%、19.12%; 蛋白质含量分别低 11.60%、17.78%。这些高产优质粳稻品种特征特性主要表现为, 产量在 $8.35\text{--}9.16 \text{ t hm}^{-2}$, 单位面积穗数在 $310 \times 10^4\text{--}320 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ 之间, 每穗粒数在 140 左右, 千粒重在 25 g 以上; 食味值评分在 60~74, 胶稠度长度在 80~90 mm, 蛋白质含量在 6%~8%。

关键词: 沿淮地区; 粳稻; 产量; 品质; 品种筛选

Screening and characterization of high-quality and high-yield *japonica* rice varieties in Yanhuai region of Anhui province

WEI Ping-Yang¹, QIU Shi², TANG Jian¹, XIAO Dan-Dan¹, ZHU Ying¹, LIU Guo-Dong¹, XING Zhi-Peng¹, HU Ya-Jie¹, GUO Bao-Wei¹, GAO Shang-Qin³, WEI Hai-Yan^{1,*}, and ZHANG Hong-Cheng^{1,*}

¹ Jiangsu Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology / Innovation Center of Rice Cultivation Technology in Yangtze Valley, Ministry of Agriculture / Co-Innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu, China; ² Institute of Germplasm Resources and Biotechnology, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, Jiangsu, China; ³ Extension Center of Agriculture Technology in Fengtai County of Anhui Province, Huainan 232100, Anhui, China

Abstract: A field experiment was conducted with 74 conventional *japonica* rice varieties (lines), which were divided into four types according to the yield and taste value, i.e. high yield with good quality (HG), high yield with bad quality (HB), medium yield with good quality (MG), and medium yield with bad quality (MB). Among them, HG, HB, MG were used to analyze their yield, quality differences and characteristics in HG formation, providing a scientific basis and theoretical support for screening, planting and extending the suitable varieties in Yanhuai area of Anhui province. The yield of MG was 16.95%, 16.76%, and 16.52%, 16.33% lower than that of HG type and HB type, respectively in 2017 and 2018. In 2017, compared with HB type, HG and MG types decreased by 39.31% and 42.63% in amylose content, increased by 22.06% and 19.12% in length of gel consistency, and decreased by 11.60% and 17.78% in protein content. The characteristics of these HG *japonica* rice varieties were mainly as follows: the yield was $8.35\text{--}9.16 \text{ t hm}^{-2}$, the number of panicles per unit area was $310 \times 10^4\text{--}320 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$, the grain number per panicle was around 140, the 1000-grain weight was over 25 g, the taste value was 60~74, the length of gel consistency was 80~90

本研究由国家重点研发计划项目(2016YFD0300503), 江苏省重点研发计划项目(BE2016344), 江苏省农业科技自主创新基金(CX[15]1002), 扬州大学拔尖人才计划和江苏省农业三新工程(SXGC[2017]294)资助。

This study was supported by the National Key Research Program (2016YFD0300503), the Key Research Program of Jiangsu Province (BE2016344), the Major Independent Innovation Project in Jiangsu Province (CX[15]1002), the Program for Scientific Elitists of Yangzhou University, and the Three New Agricultural Engineering Fund of Jiangsu Province (SXGC[2017]294).

* 通信作者(Corresponding authors): 张洪程, E-mail: hcchang@yzu.edu.cn; 魏海燕, E-mail: wei_haiyan@163.com

第一作者联系方式: E-mail: 2918052418@qq.com

Received (收稿日期): 2019-08-14; Accepted (接受日期): 2019-12-26; Published online (网络出版日期): 2020-01-15.

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1809.s.20200115.1046.010.html>

mm, and the protein content was between 6% and 8%.

Keywords: Yanhuai region; *japonica* rice; yield; quality; variety screening

我国约 60% 的人口以稻米为主食, 其中粳米是国人喜食的主要口粮^[1]。特别是近年来, 北方的“面食改米食”和南方的“籼米改粳米”趋势明显^[1-4], 更加大了稻米市场对粳米的需求量。我国常年的水稻种植面积为 2860~3000 万公顷, 其中 25.5% 是粳稻^[5]。中国水稻研究所相关调查结果显示^[6], 粳米消费量每增加 0.14%, 农村居民人均收入提高 1%。从长远来看, 坚持和扩大粳稻的生产, 提高粳稻总产量和品质, 对保障粮食安全、促进社会稳定具有重要的现实意义。

我国的粳稻生产以“秦岭-淮河”一线为界, 可分为南方和北方两大稻区。全国 906.7 万公顷粳稻播种面积和 6500 万吨的稻谷总产量中, 南方稻区分别占比 46.8% 和 48.5%^[7]。南方稻区中, 安徽省是重要的粳稻生产省份之一。近年来, 全省年粳稻种植面积接近 70 万公顷, 占全省水稻种植面积的 30% 左右。但安徽长期以籼稻种植为主, 缺乏适应性强、高产优质的粳稻品种。目前安徽省自主选育并应用的粳稻品种主要有皖稻 68、安选晚 1 号、皖垦系和当育粳系^[8], 其种植面积合计占全省粳稻的 22.4%, 其余均是从江苏、浙江等省份引进的品种, 包括嘉花 1 号、镇稻系列、武运粳系列等, 其种植面积合计占全省粳稻的 77.6%。因此, 培育和筛选适合安徽地区种植的抗逆性强、优质稳产粳稻品种就成为进一步扩大安徽粳稻生产亟待解决的问题。

对于适宜地区高产优质水稻品种的筛选, 一直是水稻研究的重点、难点。产量上, 前人通过筛选认为, 较高的每穗粒数和结实率是高产的主要原因^[9]; 品质上, 主要从稻米的加工、外观、蒸煮食味、营养品质等方面进行筛选, 指标是糙米率、整精米率、垩白度、垩白率、直链淀粉含量、胶稠度、蛋白质含量等, 并按国标将它们分为 1、2、3 级。于洪兰等^[10]研究东北地区不同穗型水稻产量与食味值之间关系认为, 单位面积穗数 320 万穗~330 万穗 hm^{-2} , 每穗颖花数 150~170 个的品种更具高产优质的潜力; 而钟旭华等^[11-12]则认为穗数过多会影响群体受光条件, 不利于高产的形成, 大穗型水稻存在籽粒异步灌浆现象, 弱势粒灌浆结实差严重限制了高产潜力的发挥与优良品质的形成^[13]。

前人主要以产量和国标中主要品质指标筛选水稻品种, 尽管有一些品种在高产的同时能达到国标

三级或二级米的标准, 但是在市场上, 其适口性还难以获得消费者的认可。本文以生产上现有主推品种和近年来育种单位培育的共计 74 个粳稻品种(系)为材料, 根据其产量与食味值的差异, 通过聚类分析, 筛选出生产上广泛应用的高产优质、中产优质和高产不优质 3 种类型, 又从每种类型筛选出最具代表性的 3 个品种(系), 系统比较 3 种类型常规粳稻各品质指标与产量及其构成因素间的差异及相互关系, 阐明其品种特征, 旨在为安徽粳稻新品种的选育及高产、优质的稻作生产实践提供参考依据和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用镇稻 99、徐稻 9 号、南粳 2728、南粳 9108、南粳 505、连梗 12、宁梗 4 号、宁梗 7 号、淮稻 5 号、华梗 8 号、苏秀 867、连梗 15、武运 5051、扬梗 1612、苏香梗 3 号、松早香 1 号等共 74 个常规粳稻品种, 研究其在安徽沿淮地区的产量品质特征。将 74 个品种分为高产优质、高产不优质、中产优质和中产不优质 4 种类型, 根据生产需要和市场需求筛选出高产优质、高产不优质和中产优质 3 种类型, 每种类型选出有代表性的 3 个品种, 分别是高产优质品种徐稻 9 号、南粳 9108、南粳 505; 高产不优质品种武运 5051、扬梗 1612、华梗 8 号; 中产优质品种福粳 1606、苏香梗 3 号、松早香 1 号。

1.2 试验设计

试验于 2017—2018 年, 在安徽省淮南市凤台县现代农业示范园区进行。试验田前茬为小麦, 土壤质地为黏土, 地力中等, 含有机质 27.1 g kg^{-1} 、全氮 1.7 g kg^{-1} 、碱解氮 86.6 mg kg^{-1} 、速效磷 34.3 mg kg^{-1} 、速效钾 77.7 mg kg^{-1} 。5 月 19 日播种, 6 月 15 日移栽。育秧方式为毯苗育秧, 栽插密度为 27.8 万穴 hm^{-2} (行株距为 $30 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$), 每穴 4 本栽插。每处理 3 次重复; 小区面积为 15 m^2 。氮肥施用量为 270 kg hm^{-2} 。毯苗机插秧苗基肥 分蘖肥 穗肥 = 3.5 : 3.5 : 3.0。分蘖肥于移栽后 7 d 施用, 穗肥于倒四叶期施用。氮(纯 N) 磷(P_2O_5) 钾(K_2O) 比例为 2 : 1 : 2, 磷肥一次性基施, 钾肥分别于耕翻前、拔节期等量施入。水分管理及病虫草害防治等相关的栽培措施均按照高产栽培要求实施。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 产量及其构成因素 成熟期调查每个小区 100 穴, 计算有效穗数。取 10 穗调查每穗粒数、结实率, 以 1000 粒实粒样本(干种子)称重, 重复 3 次(误差不超过 0.05 g), 求取千粒重, 测理论产量。成熟期从各小区割取 50 穴, 脱粒、去杂晒干后称重, 按照 14.5% 水分含量换算出实际产量。

1.3.2 稻米品质 收获、脱粒、晒干并控制稻谷含水量为 14.5%。用 NP-4350 型风选机等风量风选, 参照中华人民共和国国家标准《GB/T17891-2017 优质稻谷》测定糙米率、精米率、整精米率、直链淀粉含量、蛋白质含量、胶稠度。采用万深 SC-E 大米外观品质检测仪测定精米的长和宽、长宽比、透明度、垩白粒率、垩白面积比、垩白度。采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 Super 3 型 RVA 快速黏度分析仪测定淀粉谱黏滞特性, 用配套软件 TCW 分析。按照 AACC 规程(1995-61-02)和 RACI 标准方法, 取含水量为 14.00% 的米粉 3.00 g, 加蒸馏水 25.00 g。在搅拌测定过程中, 罐内温度为 50℃, 保持 1 min 后以 11.84℃ min⁻¹ 的速度上升到 95℃ (3.75 min) 并保持 2.5 min, 再以 11.84℃ min⁻¹ 的速度下降到 50℃ 并保持 1.4 min。搅拌器在起始 10 s 内转动速度为 960 转 min⁻¹, 之后保持在 160 转 min⁻¹。

表 1 常规粳稻产量及其食味值

Table 1 Yield and taste value in conventional japonica rice

年份 Year	指标 Index	变幅大小 Variable amplitude	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 CV(%)
2017	食味值 Taste value	40~71	55	7.95	14.37
	产量 Yield (t hm ⁻²)	5.69~9.28	7.67	0.77	10.05
2018	食味值 Taste value	43~74	57	7.84	12.48
	产量 Yield (t hm ⁻²)	5.51~9.21	7.53	0.82	11.50

2.2 不同类型常规粳稻的产量、食味值和生育期

根据 2017 年和 2018 年的产量和食味值, 通过聚类分析, 可将供试的 74 个品种分为高产优质、高产不优质、中产优质和中产不优质 4 种类型(表 2)。在以上 4 种类型中, 筛选出生产上广泛应用并且符合实际生产、市场需求的高产优质、高产不优质、中产优质 3 种类型, 每个类型筛选出排序前 3 的品种作为代表品种, 对其产量及其构成因素、稻米品质进行深入分析。

2.3 不同类型常规粳稻产量及其构成因素的差异

常规粳稻产量 2 年均表现为高产优质>高产不

RVA 谱特征值包括峰值黏度、热浆黏度、最终黏度、崩解值(峰值黏度-热浆黏度)、消减值(最终黏度-峰值黏度)、回复值(最终黏度-热浆黏度)等。

1.3.3 食味值指标 采用米饭食味计(STA1A, 日本佐竹公司)测定米饭的外观、硬度、黏度、平衡值的评分和综合评分值。

1.3.4 温光资料 2017 年和 2018 年度间气候因素无显著差异, 且该地区试验气象条件与常年一致, 具有代表性, 因此本文以 2017 年的气象数据作具体分析, 该年灌浆结实期间的平均温度、日照时数、降雨量等资料取自安徽省淮南市凤台县气象站。

1.4 统计分析

采用 Microsoft Excel 2016 录入和计算 2017、2018 两年的产量及其构成和品质数据, 使用 DPS 软件作统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同年度粳稻产量及其食味值

所选的 74 个常规粳稻品种中, 2017 年和 2018 年产量均超过 5.5 t hm⁻² (表 1), 产量均值大于 7.50 t hm⁻², 标准差在 1 以内, 变异系数超过 10%; 食味值在 40~74 之间, 食味值均值超过 50 分, 标准差接近 8, 变异系数大于 10%。

优质>中产优质(表 3), 且中产优质类型与高产优质类型、高产不优质类型有极显著差异, 2017 年和 2018 年, 中产优质类型产量较高产优质类型、高产不优质类型分别低 16.95%、16.76% 和 16.52%、16.33%; 单位面积穗数表现为中产优质>高产不优质>高产优质, 高产类型与中产类型有显著差异; 高产优质类型与中产优质类型在每穗粒数、结实率、千粒重上有极显著或显著差异, 且高产优质类型>中产优质, 就 2017 年来看, 高产优质类型和高产不优质类型在每穗粒数、结实率、千粒重上分别比中产优质类型高 33.78%、3.18%、5.34% 和 32.23%、2.90%、3.04%。

表 2 不同类型常规粳稻产量、食味值和生育期的差异

Table 2 Yield and taste value and growth period in different types of conventional japonica rice

品种 类型 Type	品种 数量 Number	品种名称 Cultivar	食味值 Taste value		产量 Yield (t hm ⁻²)		生育期 Growth period (d)
			均值 Mean	变幅 Variable amplitude	均值 Mean	变幅 Variable amplitude	
高产 优质 HG	16	南粳 9108, 南粳 505, 南粳 5718, 宁 9039, 武 4610, 常软 07-6, 常软 07-1, 南粳 2728, 镇稻 99, 徐稻 9 号, 宁 9003, 宁 9022, 常软 07-4, 常软 07-3, 宁 5720, 常软 07-2 Nanjing 9108, Nanjing 505, Nanjing 5718, Ning 9039, Wu 4610, Changruan 07-6, Changruan 07-1, Nanjing 2728, Zhendao 99, Xudao 9, Ning 9003, Ning 9022, Changruan 07-4, Changruan 07-3, Ning 5720, Changruan 07-2	65	60-74	8.68	8.35-9.16	150-160
高产 不优质 HB	15	武运 5051, 扬育粳 2 号, 扬粳 1612, 华粳 8 号, 连粳 12, 宁粳 040, 泗 15-301, 华粳 5 号, 武运粳 21, 镇 9471, 连粳 13, 连粳 13264, 苏秀 867, 连粳 15, 武运 5020 Wuyun 5051, Yangyujing 2, Yangjing 1612, Huajing 8, Lianjing 12, Ningjing 040, Si 15-301, Huajing 5, Wuyunjing 21, Zhen 9471, Lianjing 13, Lianjing 13264, Suxiu 867, Lianjing 15, Wuyun 5020	53	45-59	8.60	8.24-9.28	140-160
中产 优质 MG	11	宁粳 7 号, 宁粳 4 号, 淮稻 5 号, 常软 07-5, 福粳 1606, 沪香粳 165, 南繁 1610, 南繁 1605, 泗 15-234, 苏香粳 3 号, 松早香 1 号 Ningjing 7, Ningjing 4, Huaidao 5, Changruan 07-5, Fujing 1606, Huxiangjing 165, Nanfan 1610, Nanfan 1605, Si 15-234, Suxiangjing 3, Songzaoxiang 1	65	63-69	7.57	6.88-8.05	135-155
中产 不优质 MB	32	盐梗 16, 丰梗 3227, 新稻 22, 圣稻 18-15, 徐 36618, 苏粳 815, 连粳 11, 泗稻 14-211, 淮 330, 南粳 5711, 泰梗 2340, 武运粳 80, 华丰 1502, 泰梗 1152, 华粳 295, 徐农 33202, 南粳 5833, 扬梗 5515, 扬梗 3491, 扬梗 3012, 武运梗 32, 武运梗 27, 泗 276, 泗稻 15, 皖垦梗 3 号, 武梗 004, 圣稻 1647, 圣稻 19, 圣稻 20, 新科稻 31, 日光, 连粳 15113 Yanjing 16, Fengjing 3227, Xindao 22, Shengdao 18-15, Xu 36618, Sujing 815, Lianjing 11, Sida 14-211, Huai 330, Nanjing 5711, Taijing 2340, Wu-yunjing 80, Huafeng 1502, Taijing 1152, Huajing 295, Xunong 33202, Nanjing 5833, Yangjing 5515, Yangjing 3491, Yangjing 3012, Wuyunjing 32, Wu-yunjing 27, Si 276, Sida 15, Wankengjing 3, Wujing 004, Shengdao 1647, Shengdao 19, Shengdao 20, Xinkedao 31, Riguang, Lianjing 15113	50	40-59	7.25	5.51-7.96	135-155

HG: high yield with good quality; HB: high yield with bad quality; MG: medium yield with good quality; MB: medium yield with bad quality.

2.4 不同类型常规粳稻食味值的差异

就 2017 年来看, 常规粳稻的食味值表现为高产优质>中产优质>高产不优质(表 4), 高产优质类型、

中产优质类型的食味值分别比高产不优质类型高出

18.64%、16.95%, 差异极显著; 在外观、硬度、平衡度上与高产不优质类型均表现出极显著差异; 在

表3 不同类型常规粳稻的产量及其构成因素

Table 3 Yield and components in different types of conventional *japonica* rice

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	单位面积穗数 No. of panicles (×10 ⁴ hm ⁻²)	每穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Seed-setting rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	产量 Yield (t hm ⁻²)
2017						
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108 南粳 505 Nanjing 505 徐稻 9 号 Xudao 9 平均值 Mean	318.20 314.80 316.40 316.47 Ab	139.98 139.49 140.32 139.93 Aa	86.80 84.61 83.69 85.03 Aa	25.13 25.28 25.40 25.27 Aa	9.08 8.89 8.93 8.97 Aa
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051 扬粳 1612 Yangjing 1612 华粳 8 号 Huajing 8 平均值 Mean	320.40 323.50 324.10 322.67 Ab	140.33 138.26 136.34 138.31 Aa	84.91 85.67 83.81 84.80 Aa	24.58 24.30 25.28 24.72 Aab	8.80 8.99 9.05 8.95 Aa
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606 苏香粳 3 号 Suxiangjing 3 松早香 1 号 Songzaoxiang 1 平均值 Mean	345.00 396.55 346.80 362.78 Aa	112.80 91.50 109.50 104.60 Bb	82.47 82.39 82.38 82.41 Ab	23.50 23.53 24.93 23.99 Ab	7.54 7.03 7.79 7.45 Bb
2018						
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108 南粳 505 Nanjing 505 徐稻 9 号 Xudao 9 平均值 Mean	319.20 310.75 311.45 313.80 Ab	138.78 137.00 138.02 137.93 Aa	86.20 85.53 85.46 85.73 Aa	25.85 25.90 25.25 25.67 Aa	9.15 8.98 8.93 9.02 Aa
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051 扬粳 1612 Yangjing 1612 华粳 8 号 Huajing 8 平均值 Mean	315.50 319.20 316.45 317.05 Ab	137.17 137.95 136.44 137.19 Aa	85.30 84.82 85.90 85.34 Aa	24.83 25.35 25.55 25.24 Aab	8.92 9.02 9.05 9.00 Aa
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606 苏香粳 3 号 Suxiangjing 3 松早香 1 号 Songzaoxiang 1 平均值 Mean	348.70 385.70 345.25 359.88 Aa	113.46 94.00 107.00 104.82 Bb	81.96 83.68 83.46 83.03 Ab	23.90 23.73 24.80 24.14 Ab	7.72 7.22 7.64 7.53 Bb

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

外观上分别比高产不优质类型高出 34.00%、36.00%; 在黏度和平衡度上, 分别比高产不优质类型高出 33.33%、27.45% 和 37.5%、35.42%; 硬度比高产不优质类型均高出 12.12%。对应类型品种食味值各指标在不同年度间都无显著差异。

2.5 不同类型常规粳稻加工品质的差异

2017 年, 糙米率和精米率都表现为高产优质类型>中产优质>高产不优质(表 5), 但都无显著差异, 且高产优质类型、中产优质类型分别比高产不优质类型高出 1.48%、1.18% 和 1.23%、2.30%; 高产不优质类型的整精米率要高于高产优质类型和中产优质

类型, 并与中产优质类型有显著差异。对应类型品种加工品质各指标在不同年度间无显著差异。

2.6 不同类型常规粳稻外观品质的差异

2017 年, 在透明度等级指标上, 优质类型高于不优质类型(表 6), 长宽比表现为中产优质>高产不优质>高产优质, 在透明度等级、长宽比上, 各类型间都无显著差异; 垒白率表现为高产优质>中产优质>高产不优质, 优质类型与不优质类型有显著差异, 垒白度在高产优质类型与高产不优质类型之间有显著差异。对应类型品种外观品质各指标在不同年度间无显著差异。

表 4 不同类型常规粳稻的食味值

Table 4 Taste value in different types of conventional japonica rice

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	食味值 Taste value	外观 Appearance	硬度 Hardness	黏度 Viscosity	平衡度 Balance degree
2017						
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	71	6.8	6.5	6.9	6.7
	南粳 505 Nanjing 505	69	6.7	6.7	6.5	6.4
	徐稻 9 号 Xudao 9	71	6.7	6.6	7.1	6.8
	平均值 Mean	70 Aa	6.7 Aa	6.6 Bb	6.8 Aa	6.6 Aa
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	58	5.3	7.2	4.5	4.7
	扬粳 1612 Yangjing 1612	60	4.9	7.5	5.5	4.9
	华粳 8 号 Huajing 8	59	4.9	7.5	5.4	4.9
	平均值 Mean	59 Bb	5.0 Bb	7.4 Aa	5.1 Ab	4.8 Bb
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	69	6.8	6.6	6.4	6.4
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	71	7.0	6.5	7.3	7.1
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	67	6.5	6.6	5.9	6.1
	平均值 Mean	69 Aa	6.8 Aa	6.6 Bb	6.5 Aa	6.5 Aa
2018						
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	68	6.3	6.8	6.5	6.3
	南粳 505 Nanjing 505	73	7.0	6.3	6.9	7.4
	徐稻 9 号 Xudao 9	71	6.5	6.5	6.8	7.2
	平均值 Mean	71 Aa	6.6 Aa	6.5 Bb	6.7 Aa	7.0 Aa
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	57	5.5	7.5	4.8	4.7
	扬粳 1612 Yangjing 1612	59	5.4	7.3	5.8	4.5
	华粳 8 号 Huajing 8	57	4.9	7.5	5.4	4.5
	平均值 Mean	58 Bb	5.3 Bb	7.4 Aa	5.3 Ab	4.6 Bb
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	68	6.3	6.9	6.6	6.2
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	69	6.9	6.7	7.2	6.9
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	71	6.7	6.7	5.9	6.8
	平均值 Mean	69 Aa	6.6 Aa	6.8 Bb	6.6 Aa	6.6 Aa
年度间 Between years		ns	ns	ns	ns	ns

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。ns 表示差异不显著。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: not significant. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

2.7 不同类型常规粳稻营养品质及蒸煮食味品质的差异

2017 年, 高产不优质类型常规粳稻的直链淀粉含量高于高产优质类型、中产优质类型(表 7), 分别高出 39.31%、42.63%, 优质类型与不优质类型有显著差异; 胶稠度表现为高产优质>中产优质>高产不优质, 高产优质类型、中产优质类型的胶稠度分别比高产不优质类型长 22.06%、19.12%, 优质类型与不优质类型有极显著差异; 高产优质类型、中产优

质类型的蛋白质含量比高产不优质类型分别低 7.31%、4.79%, 高产优质类型与高产不优质类型有显著差异。对应类型品种营养和蒸煮食味品质各指标在不同年度间无显著差异。

2.8 不同类型常规粳稻 RVA 谱特征值的差异

就 2017 年而言, 不同类型常规粳稻品种的峰值黏度、热浆黏度、最终黏度之间均表现为中产优质>高产不优质>高产优质(表 8); 优质类型的崩解值高于不优质类型, 差异显著, 而消减值和回复值低于

表5 不同类型常规粳稻的加工品质

Table 5 Processing quality in different types of conventional japonica rice (%)

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	糙米率 Brown rice rate	精米率 Milled rice rate	整精米率 Head milled rice rate
2017				
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	85.58	69.56	64.29
	南粳 505 Nanjing 505	82.86	66.19	62.09
	徐稻 9 号 Xudao 9	84.28	71.62	59.54
	平均值 Mean	84.24 Aa	69.12 Aa	61.97 Aab
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	82.24	64.69	63.19
	扬粳 1612 Yangjing 1612	83.47	68.06	61.76
	华粳 8 号 Huajing 8	83.33	72.09	64.38
	平均值 Mean	83.01 Aa	68.28 Aa	63.11 Aa
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	83.25	69.58	58.80
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	84.68	69.39	60.03
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	84.03	70.58	57.12
	平均值 Mean	83.99 Aa	69.85 Aa	58.65 Ab
2018				
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	84.93	70.94	64.06
	南粳 505 Nanjing 505	83.22	66.70	62.37
	徐稻 9 号 Xudao 9	84.28	69.75	60.13
	平均值 Mean	84.14 Aa	69.13 Aa	62.19 Aab
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	82.68	66.63	62.67
	扬粳 1612 Yangjing 1612	83.64	66.88	62.01
	华粳 8 号 Huajing 8	83.50	70.30	63.53
	平均值 Mean	83.27 Aa	67.94 Aa	62.74 Aa
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	84.66	70.65	58.98
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	83.56	70.53	60.27
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	83.50	71.04	57.96
	平均值 Mean	83.91 Aa	70.74 Aa	59.07 Ab
年度间 Between years		ns	ns	ns

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。ns 表示差异不显著。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: not significant. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

不优质类型, 差异显著或极显著。对应类型品种 RVA 谱特征值在不同年度间无显著差异。

2.9 2017 年不同类型常规粳稻生育期及灌浆结实期温光差异

灌浆结实天数表现为高产不优质>高产优质>中产优质(表9), 高产不优质类型比中产优质类型多 10

d, 比高产优质类型多 3 d; 灌浆结实期天数在高产不优质类型与中产优质类型之间有显著差异; 灌浆结实期的温光, 降雨量、积温、日照时数均表现为高产不优质>高产优质>中产优质, 高产不优质类型与中产优质类型在积温、日照时数和降水量上都表现出显著差异。

表 6 不同类型常规粳稻的外观品质

Table 6 Appearance quality in different types of conventional japonica rice

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	透明度 Transparency	长宽比 Length-width ratio	垩白率 Chalkiness rate (%)	垩白度 Chalkiness degree (%)
2017					
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	3	1.67	64.95	23.30
	南粳 505 Nanjing 505	4	1.75	59.82	21.86
	徐稻 9 号 Xudao 9	2	1.83	42.57	19.57
	平均值 Mean	3 Aa	1.75 Aa	55.78 Aa	21.58 Aa
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	3	1.76	49.46	18.73
	扬粳 1612 Yangjing 1612	2	1.75	47.95	16.24
	华粳 8 号 Huajing 8	2	1.93	22.73	8.15
	平均值 Mean	2 Aa	1.81 Aa	40.05 Ab	14.37 Ab
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	3	1.70	45.02	18.68
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	4	2.03	66.85	23.75
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	3	2.35	49.31	18.77
	平均值 Mean	3 Aa	2.03 Aa	53.73 Aa	20.40 Aab
2018					
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	3	1.71	67.05	25.80
	南粳 505 Nanjing 505	5	1.74	61.86	22.85
	徐稻 9 号 Xudao 9	3	1.89	42.83	20.34
	平均值 Mean	4 Aa	1.78 Aa	57.25 Aa	23.00 Aa
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	4	1.76	46.63	18.87
	扬粳 1612 Yangjing 1612	3	1.73	46.28	19.79
	华粳 8 号 Huajing 8	2	1.92	21.57	8.43
	平均值 Mean	3 Aa	1.80 Aa	38.16 Ab	15.70 Ab
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	2	1.76	49.92	20.47
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	4	2.11	66.21	25.85
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	4	2.32	48.73	19.26
	平均值 Mean	3 Aa	2.06 Aa	54.95 Aa	21.86 Aab
年度间 Between years		ns	ns	ns	ns

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。ns 表示差异不显著。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: not significant. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

表 7 不同类型常规粳稻的营养品质及蒸煮食味品质

Table 7 Nutritional, cooking and eating quality in different types of conventional japonica rice

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	直链淀粉含量 Amylose content (%)	胶稠度 Gel consistency (mm)	蛋白质含量 Protein content (%)
2017				
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	10.49	87	7.59
	南粳 505 Nanjing 505	10.43	82	7.05

(续表 7)

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	直链淀粉含量 Amylose content (%)	胶稠度 Gel consistency (mm)	蛋白质含量 Protein content (%)
高产不优质 HB	徐稻 9 号 Xudao 9	13.87	81	7.40
	平均值 Mean	11.60 Ab	83 Aa	7.35 Ab
	武运 5051 Wuyun 5051	14.17	67	7.99
	扬粳 1612 Yangjing 1612	16.32	71	7.64
	华粳 8 号 Huajing 8	18.00	66	8.16
中产优质 MG	平均值 Mean	16.16 Aa	68 Bb	7.93 Aa
	福粳 1606 Fujing 1606	11.51	81	7.55
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	11.75	78	7.69
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	10.72	83	7.21
	平均值 Mean	11.33 Ab	81 Aa	7.55 Aab
2018				
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	10.47	89	7.43
	南粳 505 Nanjing 505	10.41	83	7.04
	徐稻 9 号 Xudao 9	13.67	81	7.34
	平均值 Mean	11.52 Ab	84 Aa	7.27 Ab
	武运 5051 Wuyun 5051	13.91	65	7.90
高产不优质 HB	扬粳 1612 Yangjing 1612	16.42	68	7.59
	华粳 8 号 Huajing 8	17.84	65	8.10
	平均值 Mean	16.06 Aa	66 Bb	7.86 Aa
	福粳 1606 Fujing 1606	11.20	80	7.69
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	11.51	78	7.83
中产优质 MG	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	10.82	82	7.56
	平均值 Mean	11.18 Ab	80 Aa	7.69 Aab
年度间 Between years		ns	ns	ns

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。ns 表示差异不显著。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: not significant. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

表 8 不同类型常规粳稻的 RVA 谱特征值

Table 8 RVA profile characteristics in different types of conventional *japonica* rice (cP)

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	峰值黏度 Peak viscosity	热浆黏度 Trough viscosity	最终黏度 Final viscosity	崩解值 Breakdown	消减值 Setback	回复值 Consistence
2017	高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	2109	957	1729	1152	-380
	南粳 505 Nanjing 505	2143	1066	1673	1077	-470	607
	徐稻 9 号 Xudao 9	2244	1251	2037	993	-207	786
	平均值 Mean	2165 Bb	1091 Bc	1813 Bb	1074 Aa	-352 Bb	722 Bc
	高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	2315	1408	2452	907	137
MG	扬粳 1612 Yangjing 1612	2350	1464	2475	886	125	1011
	华粳 8 号 Huajing 8	2245	1405	2455	840	210	1050
	平均值 Mean	2303 ABb	1426 ABb	2461 Aa	878 Ab	157 Aa	1035 Aa
	中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	2872	1695	2665	1177	-207
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	2600	1656	2495	944	-105	839
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	2623	1628	2445	995	-178	817
	平均值 Mean	2698 Aa	1660 Aa	2535 Aa	1039 Aa	-163 Bb	875 ABb

(续表 8)

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	峰值黏度 Peak viscosity	热浆黏度 Trough viscosity	最终黏度 Final viscosity	崩解值 Breakdown	消减值 Setback	回复值 Consistence
2018							
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	1910	797	1618	1113	-292	821
	南粳 505 Nanjing 505	2449	1319	1774	1130	-575	555
	徐稻 9 号 Xudao 9	2413	1536	2102	877	-311	568
	平均值 Mean	2257 Aa	1217 Aa	1831 Ab	1040 Aa	-393 Bb	648 Bb
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	2451	1649	2658	802	207	1009
	扬粳 1612 Yangjing 1612	2565	1625	2633	940	68	1008
	华粳 8 号 Huajing 8	2178	1381	2378	797	200	997
	平均值 Mean	2398 Aa	1552 Aa	2556 Aa	846 Ab	158 Aa	1005 Aa
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	2718	1551	2338	1167	-380	787
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	2484	1349	2177	1135	-307	828
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	2764	1848	2558	916	-206	710
	平均值 Mean	2655 Aa	1583 Aa	2358 Aa	1073 Aa	-298 Bb	775 ABb
年度间 Between years		ns	ns	ns	ns	ns	ns

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。ns 表示差异不显著。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: not significant. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

表 9 2017 年不同类型常规粳稻生育期及灌浆结实期温光

Table 9 Growth period and temperature and light during the grain filling period in different types of conventional japonica rice in 2017

品种类型 Type	品种名称 Cultivar	灌浆结实期 Grain filling period			灌浆结实期温光 Temperature and light in grain filling period		
		抽穗期 Jointing (month/day)	成熟期 Heading (month/day)	天数 Days (d)	日平均温度 Mean daily temperature (°C)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Sunshine hours (h)
高产优质 HG	南粳 9108 Nanjing 9108	8/25	10/21	57	20.77	624.90	215.60
	南粳 505 Nanjing 505	8/20	10/25	66	21.06	720.70	256.30
	徐稻 9 号 Xudao 9	8/28	10/25	58	20.38	644.90	214.60
	平均值 Mean	—	—	60 Aab	20.74 Aa	663.50 Aab	228.83 Aab
高产不优质 HB	武运 5051 Wuyun 5051	8/22	10/24	63	20.93	699.70	236.10
	扬粳 1612 Yangjing 1612	8/25	10/28	63	20.25	676.40	246.80
	华粳 8 号 Huajing 8	8/22	10/25	64	20.85	705.10	239.50
	平均值 Mean	—	—	63 Aa	20.68 Aa	693.73 Aa	240.80 Aa
中产优质 MG	福粳 1606 Fujing 1606	8/26	10/19	54	20.45	603.61	201.30
	苏香粳 3 号 Suxiangjing 3	8/18	10/11	54	20.29	598.85	214.80
	松早香 1 号 Songzaoxiang 1	8/20	10/9	50	20.15	517.65	205.70
	平均值 Mean	—	—	53 Ab	20.30 Aa	573.37 Ab	207.27 Ab

同一品种同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平。缩写同表 2。

Values for a cultivar within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at the 5% and 1% probability levels, respectively. Abbreviations are the same as those given in Table 2.

3 讨论

3.1 适合安徽沿淮地区种植的优质高产粳稻品种的筛选

对于适宜地区优质高产品种的筛选,主要从生育期、产量、品质等方面进行。生育期决定了水稻的种植区域,过早不能充分利用温光资源,而过晚不能正常抽穗成熟,都严重影响产量和品质^[14]。本试验所有品种生育期在135~160 d左右,跨度较大,因此首先需要筛选出适宜生育期范围的品种。安徽沿淮地区属于稻麦两熟制,筛选出的粳稻品种要满足播种时间在5月5日至5月15日,移栽期在6月5日至6月15日,最适抽穗期在8月20日至9月5日,收获期在10月22日至11月10日。全生育期积温范围在3990.1~4269.9°C·d,降雨量范围在446.5~987.5 mm^[15],并且水稻灌浆结实初期温度要尽量保证在21~26°C范围内^[16],才有可能在保证正常成熟的情况下稳产继而达到高产。产量方面,本试验中的74个品种在5.51~9.28 t hm⁻²之间,高产与否很大程度上取决于其在该地区种植能否形成足够的群体颖花量、较高的结实率和千粒重^[1],本试验高产类型在产量构成因素上具有单位面积穗数低、每穗粒数高、结实率高、千粒重高的特点,尤以每穗粒数极显著高于中产类型。因此在产量指标的筛选上要综合考虑足量的群体穗数与较大的穗型协调产出足够的群体颖花量,并保证正常的灌浆充实,即保持较高的结实率和千粒重,往往能在一定程度上保证产量的稳定以达到高产。品质方面,优质与否主要看品种的加工、外观、蒸煮食味、营养品质等,本研究从食味值评分筛选后发现,所有品种的食味值评分在40~74,而达到优质品种的食味值评分在60~74之间。直链淀粉^[17]和蛋白质含量^[18]是影响稻米蒸煮食味品质的重要因素,直链淀粉含量越高,蒸煮食味品质越差^[19~20];蛋白质含量越高,米饭质地越硬,口感越差^[21];孟庆虹等^[22~23]认为,蛋白质含量控制在6.5%~7.5%,直链淀粉含量控制在15.0%~16.5%可提高稻米的食味。因此,综合考虑直链淀粉含量、蛋白质含量、食味值评分等条件,可筛选出优质的品种。

3.2 适合安徽沿淮地区种植的优质高产粳稻的特征特性

根据安徽沿淮地区粳稻的耕作制度、适宜生育期范围并结合当地的温光条件,本实验筛选出的高产优质类型品种生育期在150~160 d左右,在5月中

旬播种,8月下旬到9月上旬之间完成抽穗,10月20日到10月30日之间成熟,抽穗期至成熟期在60 d左右,灌浆结实期日平均气温在21°C左右,该时期积温在600°C以上,降雨量在400 mm以上,能充分利用当地的温光资源,在正常成熟的基础上达到高产。

关于粳稻产量与产量构成因素之间的关系,前人的研究认为,足量群体穗数和较大的穗型及较高的结实率和千粒重是粳稻获得高产的关键^[1]。本研究筛选出的高产品种,单位面积穗数在310×10⁴~320×10⁴ hm⁻²之间,穗粒数140左右,结实率85%左右,千粒重25 g左右,方差分析显示,高产类型和中产类型的差异主要表现在单位面积穗数、每穗粒数和结实率,尤以每穗粒数在两者之间差异极显著,推测可能是不同品种穗型不同导致的。对于结实率和粒重,灌浆结实期是关键时期^[24],灌浆结实至成熟期间,光合产物被输送至籽粒并形成产量,其过程不仅与品种特性、光合产物的供应、运转等内在因素有关,还受到外界环境的影响,其中包括温度、光照、降雨量等。本试验中,高产类型的总生育期、灌浆结实天数、日照时数、积温和降雨量都高于中产类型,尤以高产不优质类型显著高于中产优质类型,较优的温光条件使得高产类型弱势粒、瘪粒及低位穗在灌浆中后期缓慢充实^[25~26],提高了结实率和粒重,进而产量高于中产类型。龚金龙等^[27]在粳稻生育期与温光资源利用特征差异研究中认为,延长生育期,尤其是灌浆结实期,能提高有效积温和光合有效辐射,是粳稻高产的重要途径,这与本文高产类型灌浆结实期、总生育期比中产类型长的研究结果相似。所以在整个生育期温光资源利用合理,物质积累充足的基础上,选择总生育期且灌浆结实期略长的品种,有利于籽粒和穗在灌浆结实期积累足够的有效积温和光合产物,在一定程度上保证产量的提高。

关于优质稻米品质指标的特征特性,前人已有研究^[28~31]。本研究结果显示,筛选出的优质高产粳稻品种在加工品质方面,出糙率达到国标1级,整精米率达到国标3级及以上标准;在外观上,透明度在2~4级不等,而垩白粒率在30%~70%不等,垩白度在10%~20%不等,几乎都未达到我国优质稻米质量指标。这与传统意义上优质米的垩白度、垩白粒率偏低的结果有所差别。本试验造成这种外观差异可能是精米在存放一段时间后,由于水分较低等

原因而出现暗胚乳表型^[32-33], 使精米透明度较差, 导致仪器或人眼外观检测时将其误判为垩白, 使垩白度、垩白率数据偏高。

本试验筛选出的优质高产粳稻品种的直链淀粉含量、蛋白质含量达到国家优质稻谷质量指标, 胶稠度达到国标 2 级及以上标准。优质具体表现为直链淀粉含量、蛋白质含量较低而胶稠度较高, 且在优质与不优质之间达到极显著或显著差异。张桂莲等^[34]研究发现抽穗结实期相对较高温使直链淀粉含量增加, 除品种因素外, 因温度影响同一品种直链淀粉含量可相差 6.00%~8.21%^[35-36]。本试验结果表明, 不同类型常规粳稻灌浆结实期的日平均温度在适宜的范围内(21℃左右), 且无显著差异, 推测可能是粳稻品种自身因素导致的直链淀粉含量差异; 与此同时, 稻米胶稠度与直链淀粉含量有关, 直链淀粉含量低或中等的品种胶稠度较软, 直链淀粉含量高的品种胶稠度较硬^[37], 一般认为, 胶稠度越软, 其流动性和延展性越好, 流胶长度越长^[38], 本研究中, 优质、不优质类型之间的表现与此一致。粳稻的蛋白质含量一般在 5%~16%^[39], 张晓^[40]研究认为, 蛋白质含量高会抑制淀粉粒吸水、膨胀及糊化, 使米饭变硬, 导致品质变劣, 超过 9%会影响食味品质; 一般蒸煮食味品质优秀的品种, 其蛋白质含量应不高于 9%^[41], 降低蛋白质含量能够提高稻米蒸煮食味品质^[42], 而本研究筛选出的优质品种蛋白质含量在 6%~8%之间, 达到了优质食味稻米的要求。

本试验中, 高产优质类型粳稻 RVA 谱特征值中的消减值与回复值低于非优质食味类型, 这与胡蕾等^[5]的优良食味与高产协同的单季晚粳稻, 与味中高产类型相比, 消减值与回复值偏低的特点结论一致。有研究发现过高的蛋白质含量对稻米的外观和食味品质有不良影响^[43], 而胶稠度越长, 消减值越小, 米饭柔软性、黏散性及综合评分越高, 口感越好^[44-45], 食味值越高, 本试验通过 3 个类型品种的比较, 也得出了相似的结果。高产优质类型粳稻在食味值综合评价方面有外观好、硬度小、黏度大、平衡度高的特点, 在 RVA 谱特征值上表现为消减值小于-200 cP, 崩解值在 1000 cP 左右。朱盈等^[9]筛选出优良食味与高产协同的中熟常规粳稻在食味值综合评价方面的特征表现, 与本文得出的结论相似。

4 结论

依据常规粳稻品种产量及其构成因素、食味值

评分、直链淀粉含量、蛋白质含量、胶稠度等, 筛选出一批在沿淮地区产量潜力大、品质较优的常规粳稻品种。这些高产优质粳稻品种的特征及与其他两种类型表现出显著或极显著差异的指标主要表现为, 产量在 8.35~9.16 t hm⁻², 单位面积穗数在 310×10⁴~320×10⁴ hm⁻² 之间, 每穗粒数在 140 左右, 千粒重在 25 g 以上; 食味值评分在 60~74, 胶稠度长度在 80~90 mm, 蛋白质含量在 6%~8%以内; 在 RVA 谱特征值中崩解值在 1000 cP 左右, 而消减值在-200 cP 以下。

References

- [1] 张洪程, 张军, 龚金龙, 常勇, 李敏, 高辉, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕.“籼改粳”的生产优势及其形成机理. 中国农业科学, 2013, 46: 686~704.
Zhang H C, Zhang J, Gong J L, Chang Y, Li M, Gao H, Dai Q G, Huo Z Y, Xu K, Wei H Y. The productive advantages and formation mechanisms of “indica rice to japonica rice”. *Sci Agric Sin*, 2013, 46: 686~704 (in Chinese with English abstract).
- [2] 李旭毅, 池忠志, 姜心禄, 郑家国. 成都平原两熟区籼粳稻品种籽粒灌浆特性. 中国农业科学, 2012, 45: 3256~3264.
Li X Y, Chi Z Z, Jiang X L, Zheng J G. Analysis on grain filling characteristics of indica and japonica rice in rapeseed (wheat)-rice planting area in Chengdu Basin. *Sci Agric Sin*, 2012, 45: 3256~3264 (in Chinese with English abstract).
- [3] 卜祥. 粳稻潜力待挖. 农经杂志, 2011, (2): 42~44.
Bu X. The potential of japonica rice can be explored. *Agric Econ Mag*, 2011, (2): 42~44 (in Chinese).
- [4] 凌启鸿, 张洪程, 苏祖芳, 郭文善, 陈德华, 陆卫平, 冷锁虎, 凌励, 杨建昌, 丁艳锋, 吴云康, 曹显祖, 朱庆森, 朱耕如. 作物群体质量. 上海: 上海科学技术出版社, 2000.
Ling Q H, Zhang H C, Su Z F, Guo W S, Chen D H, Lu W P, Leng S H, Ling L, Yang J C, Ding Y F, Wu Y K, Cao X Z, Zhu Q S, Zhu G R. Quality of Crop Population. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publisher, 2000 (in Chinese).
- [5] 胡蕾, 朱盈, 徐栋, 陈志峰, 胡兵强, 韩超, 裴实, 吴培, 张洪程, 魏海燕. 南方稻区优良食味与高产协同的单季晚粳稻品种特点研究. 中国农业科学, 2019, 52: 215~227.
Hu L, Zhu Y, Xu D, Chen Z F, Hu B Q, Han C, Qiu S, Wu P, Zhang H C, Wei H Y. Characteristics of good taste and high yield type of single cropping late japonica rice in southern China. *Sci Agric Sin*, 2019, 52: 215~227 (in Chinese with English abstract).
- [6] 花劲, 周年兵, 张洪程, 霍中洋, 许轲, 魏海燕, 高辉, 郭保卫, 戴其根, 张军, 周培建, 程飞虎, 黄大山, 陈忠平, 陈国梁. 南方粳稻生产与发展研究及对策. 中国稻米, 2014, 20(1): 5~11.
Hua J, Zhou N B, Zhang H C, Huo Z Y, Xu K, Wei H Y, Gao H, Guo B W, Dai Q G, Zhang J, Zhou P J, Cheng F H, Huang D S, Chen Z P, Chen G L. Situation and strategies of japonica rice production and development in southern China. *China Rice*, 2014, 20(1): 5~11 (in Chinese with English abstract).
- [7] 陈波, 周年兵, 郭保卫, 黄大山, 陈忠平, 花劲, 霍中洋, 张洪程. 南方稻区“籼改粳”研究进展. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2017, 38(1): 67~72.

- Chen B, Zhou N B, Guo B W, Huang D S, Chen Z P, Hua J, Huo Z Y, Zhang H C. Progress of “*indica* rice to *japonica* rice” in southern China. *J Yangzhou Univ (Agric & Life Sci Edn)*, 2017, 38(1): 67–72 (in Chinese with English abstract).
- [8] 习敏, 吴文革, 陈刚, 许有尊, 杨惠成, 周永进, 孙雪原. 安徽省粳稻生产现状及籼改粳发展潜力分析. 中国稻米, 2018, 24(2): 70–75.
- Xi M, Wu W G, Chen G, Xu Y Z, Yang H C, Zhou Y J, Sun X Y. Production situation and development potential of *japonica* rice in Anhui province. *China Rice*, 2018, 24(2): 70–75 (in Chinese with English abstract).
- [9] 朱盈, 徐栋, 胡蕾, 花辰, 陈志峰, 张振振, 周年兵, 刘国栋, 张洪程, 魏海燕. 江淮优良食味高产中熟常规粳稻品种的特征. 作物学报, 2019, 45: 578–588.
- Zhu Y, Xu D, Hu L, Hua C, Chen Z F, Zhang Z Z, Zhou N B, Liu G D, Zhang H C, Wei H Y. Characteristics of medium-maturity conventional *japonica* rice with good taste and high yield in Jianghuai area. *Acta Agron Sin*, 2019, 45: 578–588 (in Chinese with English abstract).
- [10] 于洪兰, 王伯伦, 王术, 佟伟, 王一, 黄元财, 蒋文春. 不同类型水稻品种的产量与食味品质的关系比较. 作物杂志, 2009, (1): 46–49.
- Yu H L, Wang B L, Wang S, Tong W, Wang Y, Huang Y C, Jiang W C. Comparison of relationships between yield and eating quality in different types of rice varieties. *Crops*, 2009, (1): 46–49 (in Chinese with English abstract).
- [11] 钟旭华, 彭少兵, Sheehy J E, 刘鸿先. 水稻群体成穗率与干物质积累动态关系的模拟研究. 中国水稻科学, 2001, 15: 107–112.
- Zhong X H, Peng S B, Sheehy J E, Liu H X. Relationship between productive tiller percentage and biomass accumulation in rice (*Oryza sativa* L.): a simulation approach. *Chin J Rice Sci*, 2001, 15: 107–112 (in Chinese with English abstract).
- [12] 彭显龙, 刘元英, 罗盛国, 范立春, 宋添星, 郭艳文. 实地氮肥管理对寒地水稻干物质积累和产量的影响. 中国农业科学, 2006, 39: 2286–2293.
- Peng X L, Liu Y Y, Luo S G, Fan L C, Song T X, Guo Y W. Effects of the site-specific nitrogen management on yield and dry matter accumulation of rice in cold areas of northeastern China. *Sci Agric Sin*, 2006, 39: 2286–2293 (in Chinese with English abstract).
- [13] 杨建昌. 水稻弱势粒灌浆机理与调控途径. 作物学报, 2010, 36: 2011–2019.
- Yang J C. Mechanism and regulation in the filling of inferior spikelets of rice. *Acta Agron Sin*, 2010, 36: 2011–2019 (in Chinese with English abstract).
- [14] 徐正进, 陈温福. 中国北方粳型超级稻研究进展. 中国农业科学, 2016, 49: 239–250.
- Xu Z J, Chen W F. Research progress and related problems on *japonica* super rice in northern China. *Sci Agric Sin*, 2016, 49: 239–250 (in Chinese with English abstract).
- [15] 杜祥备, 孔令聪, 习敏, 吴文革, 陈金华, 岳伟. 江淮区域稻麦两熟制周年资源分配、利用特征. 中国生态农业学报, 2019, 27: 1078–1087.
- Du X B, Kong L C, Xi M, Wu W G, Chen J H, Yue W. Characteristics of resource allocation and utilization of rice-wheat double cropping system in the Jianghuai area. *Chin J Eco-Agric*, 2019, 27: 1078–1087 (in Chinese with English abstract).
- [16] 龚金龙, 张洪程, 胡雅杰, 龙厚元, 常勇, 王艳, 邢志鹏, 霍中洋. 灌浆结实期温度对水稻产量和品质形成的影响. 生态学杂志, 2013, 32: 482–491.
- Gong J L, Zhang H C, Hu Y J, Long H Y, Chang Y, Wang Y, Xing Z P, Huo Z Y. Effects of air temperature during rice grain-filling period on the formation of rice grain yield and its quality. *Chin J Ecol*, 2013, 32: 482–491 (in Chinese with English abstract).
- [17] 高焕晔, 王三根, 宗学凤, 腾中华, 赵芳明, 刘照. 灌浆结实期高温干旱复合胁迫对稻米直链淀粉及蛋白质含量的影响. 中国生态农业学报, 2012, 20: 40–47.
- Gao H Y, Wang S G, Zong X F, Teng Z H, Zhao F M, Liu Z. Effects of combined high temperature and drought stress on amylose and protein contents at rice grain-filling stage. *Chin J Eco-Agric*, 2012, 20: 40–47 (in Chinese with English abstract).
- [18] 钱春荣, 冯延江, 杨静, 刘海英, 金正勋. 水稻籽粒蛋白质含量选择对杂种早代蒸煮食味品质的影响. 中国水稻科学, 2007, 21: 323–326.
- Qian C R, Feng Y J, Yang J, Liu H Y, Jin Z X. Effects of protein content selection on cooking and eating properties of rice in early-generation of crosses. *Chin J Rice Sci*, 2007, 21: 323–326 (in Chinese with English abstract).
- [19] Taghinezhad E, Khoshtaghaza M H, Minaei S, Suzuki T, Brenner T. Relationship between degree of starch gelatinization and quality attributes of parboiled rice during steaming. *J Integr Agric*, 2016, 23: 339–344.
- [20] Pan T, Zhao L X, Lin L S, Wang J, Liu Q Q, Wei C X. Changes in kernel morphology and starch properties of high-amylose brown rice during the cooking process. *Food Hydrocolloids*, 2017, 66: 227–236.
- [21] 徐栋, 朱盈, 周磊, 韩超, 郑雷鸣, 张洪程, 魏海燕, 王珏, 廖桉桦, 蔡仕博. 不同类型籼粳杂交稻产量和品质性状差异及其与灌浆结实期气候因素间的相关性. 作物学报, 2018, 44: 1548–1559.
- Xu D, Zhu Y, Zhou L, Han C, Zheng L M, Zhang H C, Wei H Y, Wang J, Liao A H, Cai S B. Differences in yield and grain quality among various types of *indica/japonica* hybrid rice and correlation between quality and climatic factors during grain filling period. *Acta Agron Sin*, 2018, 44: 1548–1559 (in Chinese with English abstract).
- [22] 孟庆虹, 程爱华, 姚鑫森, 张瑞英, 陈凯新, 李霞辉. 粳稻食味品质评价方法的研究. 北方水稻, 2008, 38(6): 24–28.
- Meng Q H, Cheng A H, Yao X M, Zhang R Y, Chen K X, Li X H. Study on palatability evaluation method of *japonica* rice. *North Rice*, 2008, 38(6): 24–28 (in Chinese with English abstract).
- [23] 徐铨, 唐亮, 徐凡, 福焉阳, 黄瑞冬, 陈温福, 徐正进. 粳稻食味品质改良研究现状与展望. 作物学报, 2013, 39: 961–968.
- Xu Q, Tang L, Xu F, Fu D Y, Huang R D, Chen W F, Xu Z J. Research advances and prospects of eating quality improvement in *japonica* rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Agron Sin*, 2013, 39: 961–968 (in Chinese with English abstract).
- [24] 陆魁东, 宁金花, 宋忠华, 张艳桂, 谢佰承. 超级晚稻灌浆特性与温光条件的关系. 中国农业气象, 2015, 36: 732–738.
- Lu K D, Ning J H, Song Z H, Zhang Y G, Xie B C. Relationship

- between the grain filling characteristics of hybrid rice and temperature and light factors. *Chin J Agrometeorol*, 2015, 36: 732–738 (in Chinese with English abstract).
- [25] 程方民, 钟连进, 孙宗修. 灌浆结实期温度对早籼水稻籽粒淀粉合成代谢的影响. 中国农业科学, 2003, 36: 492–501.
- Cheng F M, Zhong L J, Sun Z X. Effect of temperature at grain-filling stage on starch biosynthetic metabolism in developing rice grains of early-indica. *Sci Agric Sin*, 2003, 36: 492–501 (in Chinese with English abstract).
- [26] 刘从军. 温光条件对水稻籽粒灌浆特性及稻米品质的影响. 四川农业大学硕士学位论文, 四川雅安, 2003.
- Liu C J. Effects of Temperature and Light Conditions on Rice Grain-filling Characteristics and Rice Quality. MS Thesis of Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan, China, 2003 (in Chinese with English abstract).
- [27] 龚金龙, 邢志鹏, 胡雅杰, 张洪程, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕, 高辉. 江淮下游地区籼粳超级稻生育期与温光资源利用特征的差异研究. 中国水稻科学, 2014, 28: 267–276.
- Gong J L, Xing Z P, Hu Y J, Zhang H C, Dai Q G, Huo Z Y, Xu K, Wei H Y, Gao H. Difference in growth duration and utilization of temperature and solar radiation between *indica* and *japonica* super rice in the lower Yangtze and Huaihe river valley. *Chin J Rice Sci*, 2014, 28: 267–276 (in Chinese with English abstract).
- [28] 刘贺梅. 水稻加工品质与外观品质 QTL 分析. 中国农业科学院硕士学位论文, 北京, 2010.
- Liu H M. QTLs Analysis of Processing Quality and Appearance Quality of Rice. MS Thesis of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China, 2010 (in Chinese with English abstract).
- [29] Fitzgerald M A, McCouch S R, Hall R D. Not just a grain of rice: the quest for quality. *Trends Plant Sci*, 2009, 14: 133–139.
- [30] 张昌泉, 赵冬生, 李钱峰, 顾铭洪, 刘巧泉. 稻米品质性状基因的克隆与功能研究进展. 中国农业科学, 2016, 49: 4267–4283.
- Zhang C Q, Zhao D S, Li Q F, Gu M H, Liu Q Q. Progresses in research on cloning and functional analysis of key genes involving in rice grain quality. *Sci Agric Sin*, 2016, 49: 4267–4283 (in Chinese with English abstract).
- [31] Sreenivasulu N, Butardo V M, Misra G, Cuevas R P, Anacleto R, Kishor P B K. Designing climate-resilient rice with ideal grain quality suited for high-temperature stress. *J Exp Bot*, 2015, 66: 1737.
- [32] 吴殿星, 夏英武, 李旭晨. 水稻胚乳外观云雾性状形成基础及其快速识别条件分析. 中国水稻科学, 2001, 15: 192–196.
- Wu D X, Xia Y W, Li X C. Formation basis of rice mist endosperm appearance and its rapid identifying factors. *Chin J Rice Sci*, 2001, 15: 192–196 (in Chinese with English abstract).
- [33] Chen T, Zhang Y D, Zhao L, Zhu Z, Lin J, Zhang S B. A cleaved amplified polymorphic sequence marker to detect variation in *Wx* locus conditioning translucent endosperm in rice. *Chin J Rice Sci*, 2009, 16: 106–110.
- [34] 张桂莲, 张顺堂, 王力, 肖应辉, 唐文帮, 陈光辉, 陈立云. 抽穗结实期不同时段高温对稻米品质的影响. 中国农业科学, 2013, 46: 2869–2879.
- Zhang G L, Zhang S T, Wang L, Xiao Y H, Tang W B, Chen G H, Chen L Y. Effects of high temperature at different times during the heading and filling periods on rice quality. *Sci Agric Sin*, 2013, 46: 2869–2879 (in Chinese with English abstract).
- [35] 盛婧, 陶红娟, 陈留根. 灌浆结实期不同时段温度对水稻结实与稻米品质的影响. 中国水稻科学, 2007, 21: 396–402.
- Sheng J, Tao H J, Chen L G. Response of seed-setting and grain quality of rice to temperature at different time during grain filling period. *Chin J Rice Sci*, 2007, 21: 396–402 (in Chinese with English abstract).
- [36] 董明辉, 陈培峰, 乔中英, 吴翔宙, 赵步洪, 蒋媛媛, 杨建昌. 水稻不同粒位籽粒米质对花后不同时段温度胁迫的响应. 作物学报, 2011, 37: 506–513.
- Dong M H, Chen P F, Qiao Z Y, Wu X Z, Zhao B H, Jiang Y Y, Yang J C. Effect of temperature at different durations after anthesis on rice quality and variations between positions on a panicle. *Acta Agron Sin*, 2011, 37: 506–513 (in Chinese with English abstract).
- [37] 莫惠栋. 我国稻米品质的改良. 中国农业科学, 1993, 26 (4): 8–14.
- Mo H D. Quality improvement of rice grain in China. *Sci Agric Sin*, 1993, 26(4): 8–14 (in Chinese).
- [38] Gomez K A. Effect of environment on protein and amylose content of rice. In: Chemical Aspects of Rice Grain Quality. Manila, Philippines: IRRI, 1979. pp 59–68.
- [39] 李坤. 低直链淀粉含量、低蛋白质含量粳稻资源品质性状研究. 沈阳农业大学硕士学位论文, 辽宁沈阳, 2016.
- Li K. Study of *Japonica* Rice Resources Quality Traits on Low Amylose Content and Low Protein Content. MS Thesis of Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning, China, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [40] 张晓. 杂交水稻种子淀粉、蛋白质、脂肪含量对其活力影响的初步研究. 浙江农林大学硕士学位论文, 浙江杭州, 2014.
- Zhang X. A Preliminary Study on the Effects of Seed Starch, Protein, Fat Protein on Seed Vigor of Hybrid Rice. MS Thesis of Zhejiang A&F University, Hangzhou, Zhejiang, China, 2014 (in Chinese with English abstract).
- [41] 张启莉, 谢黎虹, 李仕贵, 胡培松. 稻米蛋白质与蒸煮食味品质的关系研究进展. 中国稻米, 2012, 18(4): 1–6.
- Zhang Q L, Xie L H, Li S G, Hu P S. Research progress of the relationship between rice protein and cooking and eating quality. *China Rice*, 2012, 18(4): 1–6 (in Chinese).
- [42] 谢黎虹, 陈能, 段彬伍, 朱智伟. 稻米中蛋白质对淀粉 RVA 特征谱的影响. 中国水稻科学, 2006, 20: 524–528.
- Xie L H, Chen N, Duan B W, Zhu Z W. Effects of proteins on RVA viscosity properties of rice. *Chin J Rice Sci*, 2006, 20: 524–528 (in Chinese with English abstract).
- [43] 陈能, 罗玉坤, 谢黎虹, 朱智伟, 段彬伍, 章林平. 我国水稻品种的蛋白质含量及与米质的相关性研究. 作物学报, 2006, 32: 1193–1196.
- Chen N, Luo Y K, Xie L H, Zhu Z W, Duan B W, Zhang L P. Protein content and its correlation with other quality parameters of rice in China. *Acta Agron Sin*, 2006, 32: 1193–1196 (in Chinese with English abstract).

- [44] 蔡一霞, 刘春香, 王维, 张洪熙, 张祖建, 杨静, 唐汉忠. 灌浆期表观直链淀粉含量相似品种稻米胶稠度和 RVA 谱的动态差异. 中国农业科学, 2011, 44: 2439–2445.
Cai Y X, Liu C X, Wang W, Zhang H X, Zhang Z J, Yang J, Tang H Z. Dynamic differences of the RVA profile and gel consistency in two rice varieties with similar apparent amylose content during grain filling. *Sci Agric Sin*, 2011, 44: 2439–2445 (in Chinese with English abstract).
- [45] 胡培松, 翟虎渠, 唐绍清, 万建民. 利用 RVA 快速鉴定稻米蒸煮及食味品质的研究. 作物学报, 2004: 519–524.
Hu P S, Zhai H Q, Tang S Q, Wan J M. Rapid evaluation of rice cooking and palatability quality by RVA profile. *Acta Agron Sin*, 2004, 30: 519–524 (in Chinese with English abstract).