 DOI:10.3969/j.issn.1006-8082.2025.06.004 中国稻米 2025,31(6):12-19

我国主要产区水稻主导品种稻米品质比较分析

胡贤巧[1] 卢林[1] 符渊森[2] 姜慧萍[2] 闪月[2] 陈铭学[1] 丁利群[3*]

([1]中国水稻研究所,杭州 310006;[2]杭州九阳小家电有限公司,杭州 310018;[3]开化县农业技术推广中心,浙江 开化 324300;
[*]通信作者:1005467323@qq.com)

摘 要:为全面、科学地了解我国水稻主导品种的品质状况,本研究收集了2023年在14个省份主导种植的72份水稻样品,分析并比较了东北粳稻、南方粳稻、长江流域籼稻、东南沿海籼稻以及东南沿海早籼稻在加工品质、外观品质、蒸煮食用品质、糊化特性和营养品质方面的差异。在粒型方面,东北粳稻以短粒型和中粒型品种为主,南方粳稻以短粒型品种居多,长江流域籼稻和东南沿海籼稻则以长粒型品种为主,而东南沿海早籼稻均为中粒型品种。在加工品质方面,粳稻明显优于籼稻。东北粳稻、东南沿海籼稻和长江流域籼稻的外观品质较好,而东南沿海早籼稻和南方粳稻垩白度较高、透明度较差,外观品质相对逊色。除东南沿海早籼稻外,其他类型主导品种均展现出良好的蒸煮食用品质,优质率达到90.0%以上。东南沿海早籼稻直链淀粉含量较高,符合米粉专用稻的要求,具有良好的加工用途。糊化特性分析结果显示,与籼稻相比,粳稻的冷胶黏度、崩解值和回冷值较低,米饭质地柔软且弹性较好,更具嚼劲,米饭冷却后更为柔软;与东北粳稻相比,南方粳稻的冷胶黏度、消减值和回冷值更低,崩解值更高,米饭更为柔软且黏性更强,但弹性略逊于北方粳稻,冷却后米饭依然柔软。东南沿海早籼稻的峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、消减值和回冷值最高,崩解值最低,米饭口感硬而糙,冷却后较硬,但淀粉不易降解,适合加工米线等产品;长江流域籼稻和东南沿海籼稻的糊化特性无显著差异。总体而言,我国水稻主导品种具有优良的蒸煮食用品质或加工用途。

关键词:水稻;主导品种;加工品质;外观品质;蒸煮食用品质;营养品质;中国

中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2025)06-0012-08

水稻作为我国的主要粮食作物,是60%以上人口的主食。水稻主导品种是指在特定地区或全球范围内占据主导地位的优良水稻品种,通常具备品质优良、产量高、抗性强、适应性广等特点,在农业生产中发挥着至关重要的作用。为加快高产优质品种的推广应用,我国各省每年都会向社会推荐适宜当地种植的水稻主导品种,旨在提高当地水稻的产量与品质,推动稻米产业发展,助力农民增收。全面、科学地了解我国水稻主导品种在主导省份种植的品质状况,有助于较为全面地掌握我国稻米的整体品质情况,对优质稻米生产意义重大。罗玉坤等[1]于2000年对全国水稻品种品质进行了普查,发现存在品种多且杂乱、优质品种匮乏、专用品质不突出等问题。随着经济发展和消费观念转变,消费者愈发注重稻米品质,消费观念从"吃饱"向"吃好""吃得健康"转变。我国也开始重视优质粮工程,并取得了显著成效。早年我国稻米质量安全普查结果表明,我国水稻主栽品种的优质率从2000年的22.3%提高到2004年的33.7%[2]。胡贤巧等[3]通过对2001—2020年期间农业农村部稻米及制品质量检验测试中心承检的稻米品质进行分析,发现近几年我国水稻品种优质率提升迅速,从2015年的27.3%快速增至2020年的49.2%。总体而言,我国稻米品质状况呈向好趋势,但不同产区稻米品质存在差异。张卫星等[4]研究了我国水稻三大优势产区的稻米品质状况及区域差异,发现东北平原稻米品质各项指标表现良好,而长江流域和东南沿海稻米存在整精米率低、垩白多的问题,这是制约稻米优质率提升的主要因素。东北平原、长江流域和东南沿海三大优势产区的整精米率优质率分别为84.6%、47.7%、46.2%,这是导致我国稻米品质地区差异的关键因素之一,也是未来南方水稻优质育种和栽培需要重点攻克的目标。

以往对稻米品质状况的分析主要基于优质稻米、承检样品或普查样品。我国各省每年均会推介水稻主导品种,以加快高产优质品种的推广应用。主导品种在主导地区种植所得到的稻米品质,更能反映我国水稻生产的实际状况。然而,目前我国主导品种在各自主导省份内种植的品质状况尚未有系统报道。本研究以2023年在东北平原、东南沿海、长江流域14个省份种

收稿日期:2025-06-07

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CPSIBRF-CNRRI-202407,Y2024JC07);国家水稻产业技术体系项目(CARS-01);浙江省"尖兵""领雁"研发攻关计划项目(2023C02014)

表 1 样品基本信息

分类	抽样省份	品种名称
东北粳稻	黑龙江	稻花香、龙粳 31、龙垦 2021、龙庆稻 3、齐粳 10、绥粳 18、绥粳 27、绥粳 28
	吉林	吉粳 816、吉粳 830、中科发 5 号
南方粳稻	江苏	淮稻 5 号、南粳 46、南粳 5055、南粳 9108、苏香粳 100、苏秀 867、华粳 5 号、泗稻 301
	浙江	嘉 67、秀水 121、秀水 14、宁 84、浙粳 96、浙粳 100、嘉禾 247
长江流域籼稻	安徽	徽两优 16、瑞两优 56 占
	湖南	华浙优 261、黄华占、晶两优 534、泰优 390、泰优 553、伍两优钰占、玉针香、农香 42
	江苏	华浙优 210
	江西	嘉丰优 2 号、桃优香占、天优华占、香禾优明月丝苗、野香优航 1573、甬优 1538
	四川	川优 6203、宜香优 2115
	重庆	晶两优 1206、荃优 1606、泰优 808、泰优 98、野香优海丝、野香优莉丝、渝香 203
	云南	滇屯 506
东南沿海籼稻	广东	19 香、Y 两优 3089、吉丰优 1002、金农丝苗、美香占 2 号、五山丝苗
	广西	邦两优香占、昌两优 8 号、广粮香 2 号、粮发香丝、雅丝 881
	浙江	甬优 1540、中浙优 8 号
	福建	禾两优 676
东南沿海早籼稻	浙江	甬籼 15、中组 143、中组 18、中组 53、舜达 135

植的 72 个水稻主导品种为研究对象,分析比较东北粳稻、南方粳稻、长江流域籼稻、东南沿海籼稻、东南沿海早籼稻的加工品质、外观品质、蒸煮食用品质、糊化特性和营养品质，深入了解主导品种实际种植的稻米品质状况,以期为优质稻生产提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2023 年于我国 14 个主要水稻产省份采用随机采样法收集了 72 个主导品种稻谷作为分析样品，其中，东北粳稻 11 份、南方粳稻 15 份、长江流域籼稻 27 份、东南沿海籼稻 14 份、东南沿海早籼稻 5 份(表 1)。稻谷收集完成后，先去除空壳、稗粒等有机杂质以及泥土、沙石等无机杂质,得到净稻谷。随后,经砻谷、碾米、磨粉等工序制成样品,用于品质指标测定。

1.2 测定指标及方法

依据《米质测定方法》(NY/T 83—2017)测定糙米率、精米率、整精米率、粒长、长宽比、垩白粒率、垩白度、透明度、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量等稻米品质指标。按照《水稻米粉糊化特性测定 快速黏度分析仪法》(NY/T 1753—2009)测定糊化特性指标。蛋白质含量测定根据《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5—2016)测定。根据《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》(GB 5009.6—2016)测定脂肪含量。

1.3 数据分析

以《食用稻品种品质》(NY/T 593—2021)作为判定标准,计算整精米率、垩白度、透明度、碱消值、胶稠度和直链淀粉含量的优质率。采用 Origin 2025 软件对数据分析处理并绘制图表。

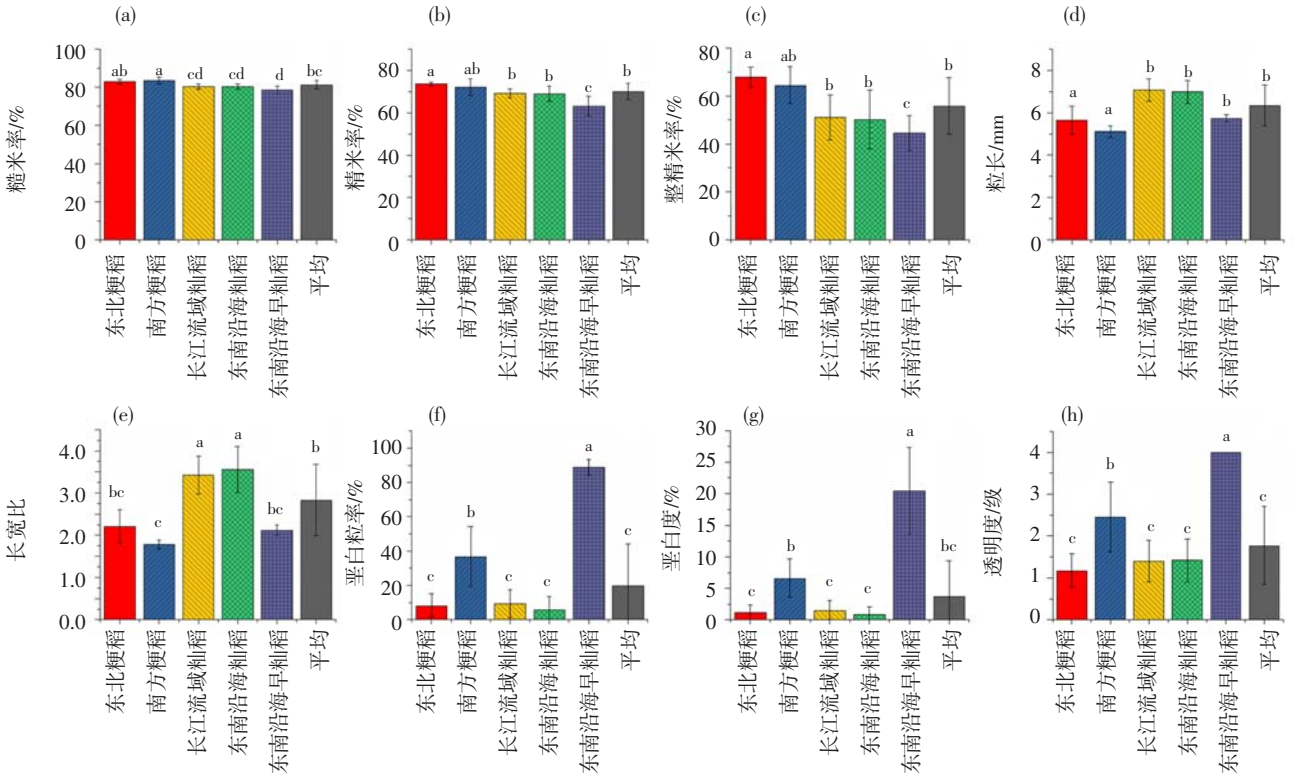
2 结果与分析

对 72 个主导水稻品种粒型分析表明,东北平原样品来自黑龙江和吉林，以短粒型和中粒型粳稻品种为主。东南沿海样品取自广东、广西、浙江和福建,广东、广西的主导品种以长粒型籼稻为主；浙江的主导品种既有短粒型粳稻,也有中粒型和长粒型籼稻。长江流域样品来自安徽、湖南、江苏、江西、四川、重庆和云南;安徽、湖南的主导品种以长粒型籼稻为主;江苏的主导品种以短粒型粳稻为主；江西的主导品种以长粒型和中粒型籼稻为主;四川、云南、重庆的主导品种均为长粒型籼稻。鉴于我国水稻主导品种复杂多样,本文根据种植区域和类型,将收集到的样品分为东北粳稻、南方粳稻、长江流域籼稻、东南沿海籼稻、东南沿海早籼稻 5 个类型(表 1)。

2.1 加工品质和外观品质

加工品质是指稻米在加工过程中表现出的性能。糙米率、精米率和整精米率是重要的加工品质指标。稻米外观品质是消费者关注的重要品质，也是评价稻米商品价值的重要指标,主要涉及稻米粒型、透明度和垩白等性状。

由图 1 a 和图 1 b 可见,粳稻的糙米率和精米率明显优于籼稻,其中,南方粳稻与东北粳稻无显著差异,长江流域籼稻与东南沿海籼稻无显著差异，但均显著高于东南沿海早籼稻；从整精米率看，东北粳稻(67.9%)>南方粳稻(64.6%)>长江流域籼稻(51.1%)>



图柱上不同小写字母表示不同类型主导品种品质差异在 0.05 水平上显著。下同。

图 1　不同类型稻米的加工品质和外观品质状况

东南沿海籼稻(50.2%)>东南沿海早籼稻(44.6%)(图 1 c),趋势与糙米率、精米率基本相同。以 NY/T 593—2021 为判定依据,东北粳稻、南方粳稻、长江流域籼稻、东南沿海籼稻、东南沿海早籼稻的整精米率优质率分别为 81.8%、66.7%、70.4%、57.1%、20.0%,不同类型差异较大。整体而言,粳稻的加工品质明显优于籼稻,更优于早籼稻。

稻米的粒型对加工品质有重要影响。粒长越长,长宽比越大,加工过程中越容易发生断裂。从图 1 d 和图 1 e 可以看出,不同主导品种的粒型差异较大。长江流域籼稻的粒长(7.1 mm)略长于东南沿海籼稻(7.0 mm),明显长于东南沿海早籼稻(6.3 mm)、南方粳稻(5.8 mm)和东北粳稻(5.7 mm)。长江流域籼稻主要以长粒型品种(如玉针香、香禾优明月丝苗、野香优航 1573 等)为主,同时有少数中粒型品种(如甬优 1538、嘉丰优 2 号和晶两优 5534),粒长分布在 5.9~8.6 mm 之间,长宽比为 2.4~4.5。东南沿海籼稻主要以长粒型品种(如 19 香、美香占 2 号等)为主,同时有少量中粒型品种(如中组 143),粒长分布在 5.9~7.9 mm 之间,长宽比为 2.4~4.3。本研究收集的早籼稻均来源于浙江,均为中粒型品种,粒长分布在 5.6~6.0 mm 之间,长宽比为 5.0~5.8。东北粳稻以短粒型品种(如吉粳 816、绥粳 18 等)和中粒型品种(如五优稻 4 号、中科发等)为主,粒长分布在 4.7~6.6 mm 之间,长宽比为 1.7~2.9。南方粳稻均来自江苏和浙江,主要为短粒型品种(如南粳系列、嘉 67、华粳 5 号等),同时有少量中粒型品种(如泗稻 301),粒长分布在 5.0~5.9 mm,长宽比为 1.7~2.1。

垩白性状是影响稻米外观品质的重要因素,以垩白粒率和垩白度进行评价。东南沿海早籼稻的垩白粒率和垩白度最高(88.8%和 20.5%),显著高于南方粳稻(36.7%和 6.7%)、长江流域籼稻(9.3%和 1.6%)、东北粳稻(8.3%和 1.3%)和东南沿海籼稻(5.8%和 0.9%)(图 1 f 和图 1 g)。透明度是整精米籽粒的透明程度,级别越低越透明,品质越好。东南沿海早籼稻的透明度较差(4.0 级),显著高于南方粳稻(2.5 级)、东南沿海籼稻(1.4 级)、长江流域籼稻(1.4 级)和东北粳稻(1.2 级)(图 1 h)。以 NY/T 593—2021 为判定依据,垩白度优质率表现为东北粳稻、东南沿海籼稻(100%)>长江流域籼稻(92.9%)>南方粳稻(33.3%)>东南沿海早籼稻(0%),透明度优质率表现为东北粳稻、长江流域籼稻、东南沿海籼稻(100%)>南方粳稻(46.7%)>东南沿海早籼稻(0%)。从外观而言,东南沿海早籼稻垩白较多、透明度较差,外观品质差;其次是南方粳稻;其他类型稻米外观品质较好。通过进一步分析发现,江苏的南粳系

列、苏香粳100和浙江的嘉67等软米品种是南方粳稻垩白度和透明度优质率低的重要原因之一。

2.2 蒸煮食用品质

碱消值、胶稠度和直链淀粉含量是重要的蒸煮食用品质指标。东北粳稻碱消值表现最佳,为7级,略高于南方粳稻(6.8级)、东南沿海籼稻(6.6级)和长江流域籼稻(6.5级),显著高于东南沿海早籼稻(5.4级)(图2 a)。以《食用稻品种品质》(NY/T 593—2021)为判定依据,东北粳稻、南方粳稻和东南沿海早籼稻的碱消值优质率均为100%,长江流域籼稻和东南沿海籼稻优质率分别为96.3%和92.9%。从胶稠度上看,长江流域籼稻胶稠度(80.6 mm)最长,高于南方粳稻(75.9 mm)、东北粳稻(74.9 mm)和东南沿海籼稻(73.4 mm),显著高于东南沿海早籼稻(67.4 mm),所有样品均达到优质水平(图2 b)。各类型主导品种的直链淀粉含量差异较大,东南沿海早籼稻直链淀粉含量(26.2%)最高,显著高于东北粳稻(17.2%)、长江流域籼稻(16.7%)、东南沿海籼稻(16.0%)和南方粳稻(13.4%)(图2 c)。从直链淀粉含量优质率上看,东北粳稻(100%)>长江流域籼稻(96.3%)>东南沿海籼稻(92.9%)>南方粳稻(66.7%)>东南沿海早籼稻(0%)。南方粳稻直链淀粉含量较低且优质率较低,主要是由软米品种所致,其直链淀粉含量在8.3%~9.3%之间。根据江苏省地方标准《优良食味半糯粳稻品质》(DB 32/T 4056—2021)对直链淀粉含量的要求(8.0%~13.0%),所有的软米品种均达到优质水平。早籼稻的直链淀粉含量较高,口感较差,一般不用于直接食用,多用于米粉加工等用途。根据《米粉专用稻》(NY/T 3836—2021)对直链淀粉含量和胶稠度的要求,所有的样品均达到三等及以上米粉专用稻要求。因此,总体而言,我国主导品种具有优良的蒸煮食用品质或加工用途。

RVA谱特征值与稻米食味品质密切关联,可以辅助评价稻米的食味品质。峰值黏度是充分吸水膨胀后的淀粉粒互相摩擦而使米浆黏度升高所达到的最大值,反映了淀粉吸水膨胀的能力和糊化后的黏稠度。不同类型稻米品种的峰值黏度表现为:东南沿海早籼稻>长江流域籼稻>东南沿海籼稻>南方粳稻>北方粳稻(图2 d),但差异不显著。热浆黏度是淀粉粒膨胀崩解,淀粉糊黏度急剧下降所达到的最低值,反映了淀粉粒在高温下耐剪切的能力,是影响食品加工操作难易的因素之一。东南沿海早籼稻的热浆黏度最高(188.2 RVU),显著高于其他类型品种(图2 e);其他类型品种之间无显著差异。热浆黏度低,淀粉易降解,加工的米线易断裂。因此,加工用的稻米一般选择热浆黏度较高的早籼稻米。冷胶黏度是指温度降低后,水分子被直链淀粉和支链淀粉包围,运动缓慢导致淀粉糊黏度再度上升所达到的最大值,反映了淀粉回生特性。冷胶黏度高,米饭冷却后质地较硬。不同类型稻米品种的冷胶黏度表现为:东南沿海早籼稻>东南沿海籼稻>长江流域籼稻>东北粳稻>南方粳稻(图2 f)。说明籼稻尤其是早籼稻的冷饭质地较硬,而粳稻的冷饭质地较柔软。崩解值是峰值黏度与热浆黏度的差值,表示淀粉黏度热稳定性变化。崩解值与米饭的口感有关,崩解值大的样品米饭往往较软但弹性较差,崩解值低的样品米饭较硬但弹性更好。不同类型稻米品种的崩解值表现为:长江流域籼稻>南方粳稻>东南沿海籼稻>东北粳稻>东南沿海早籼稻(图2 g),说明南方籼稻(长江流域籼稻、东南沿海籼稻)和南方粳稻米饭较软,其次是北方粳稻,东南沿海早籼稻米饭较硬。消减值是冷胶黏度与峰值黏度的差值,与米饭冷却后的质地有关。消减值过大,米饭硬而糙;消减值小,米饭软而不黏;消减值为负值时,米饭往往过黏。东南沿海早籼稻的消减值最大(86.0 RVU),米饭硬而糙,高于东北粳稻,显著高于东南沿海籼稻、长江流域籼稻和南方粳稻(图2 h)。南方粳稻的消减值最低(11.5 RVU),主要是软米的消减值较低,均为负值。除去软米后的南方粳稻的消减值为34.6 RVU,与东北粳稻无显著差异。回冷值是冷胶黏度与热浆黏度的差值,反映淀粉老化的难易。回冷值高,淀粉易老化,米饭冷却后较硬。籼稻的回冷值显著高于粳稻,其中东南沿海的早籼稻最高(107.0 RVU),其次是东南沿海籼稻和长江流域籼稻(图2 i)。粳稻样品中,东北粳稻的回冷值(83.5 RVU)显著高于南方粳稻(64.4 RVU)。从糊化特性看,东南沿海早籼稻峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、消减值、回冷值最高,崩解值最低,米饭口感硬而糙,米饭冷却后较硬,但淀粉不易降解,适合加工米线等产品。长江流域籼稻、东南沿海籼稻糊化特性无显著差别。与籼稻相比,粳稻具有较低的冷胶黏度、崩解值、回冷值,米饭质地柔软且弹性较好,更有嚼劲,米饭冷却后更为柔软。与东北粳稻相比,南方粳稻中有较高比例的软米,具有更低的冷胶黏度、消减值、回冷值,较高的崩解值。说明南方粳稻的米饭更为柔软且黏性更强,但弹性略不如北方粳稻,冷却后米饭更为柔软。

2.3 营养品质

稻米富含淀粉、蛋白质以及脂肪、维生素、矿物质、膳食纤维等多种营养和功能成分,其中蛋白质含量常被视为首要评价指标,因其氨基酸组成和生物利用度直接影响人体生理功能。不同类型稻米品种的蛋白质含量表现为:东南沿海早籼稻(7.70%)>东南沿海籼稻

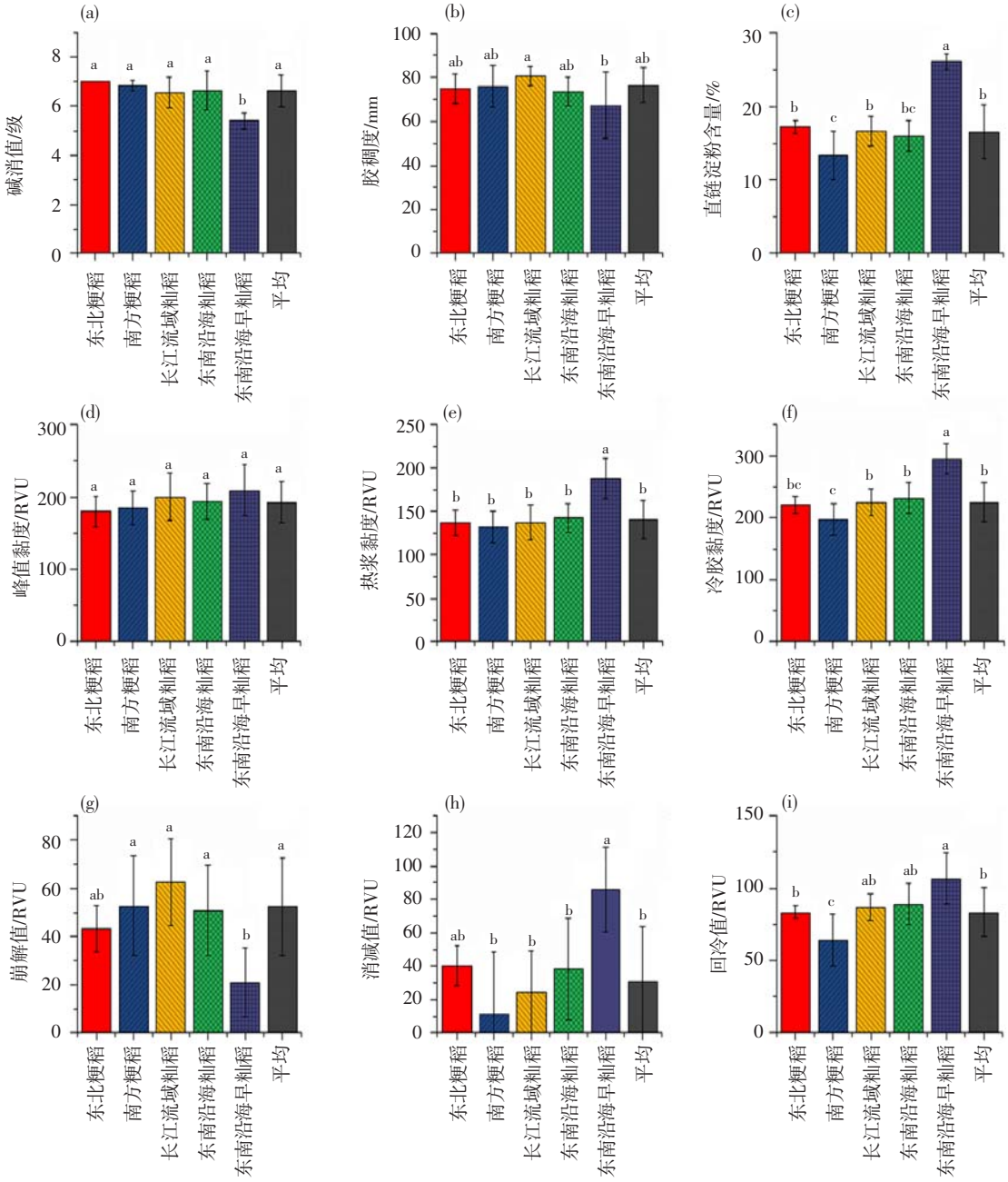


图 2　不同类型稻米的蒸煮食用品质和糊化特性状况

(7.49%)>东北粳稻(6.90%)>南方粳稻(6.87%)>长江流域籼稻(6.65%),但差异不显著。稻米中粗脂肪含量较低,对米饭的适口性、滋味、光泽和气味有一定影响。东南沿海早籼稻的脂肪含量最高(0.56%),高于长江流域籼稻 (0.41%)、东北粳稻 (0.40%)、东南沿海籼稻(0.38%)和南方粳稻(0.37%),但差异不大。

2.4　主成分分析

对不同类型主导品种稻米品质进行主成分分析(图 3),前 3 个主成分解释了 74.5%的变异。其中第一主成分(PC1)解释了 31.7%的方差贡献率,主要综合了直链淀粉含量、冷胶黏度、消减值、回冷值、热浆黏度等与蒸煮品质相关的指标。第二主成分 (PC2) 解释了 23.9%的方差贡献率,主要综合了粒长、长宽比、垩白度、垩白粒率、透明度、整精米率等外观品质和加工品质相关指标。第三主成分(PC3)解释了 18.9%的方差贡献率,主要综合了峰值黏度、崩解消减值、胶稠度等蒸煮品质指标。在 PC1 维度,早籼稻可以与粳稻、中晚籼稻明显区分开, 验证了早籼稻具有明显区别于中晚籼稻和粳稻的蒸煮食用品质。其他类型的主导品种,在 PC1 维度上不能完全区分,但与粳稻(南方粳稻和东北

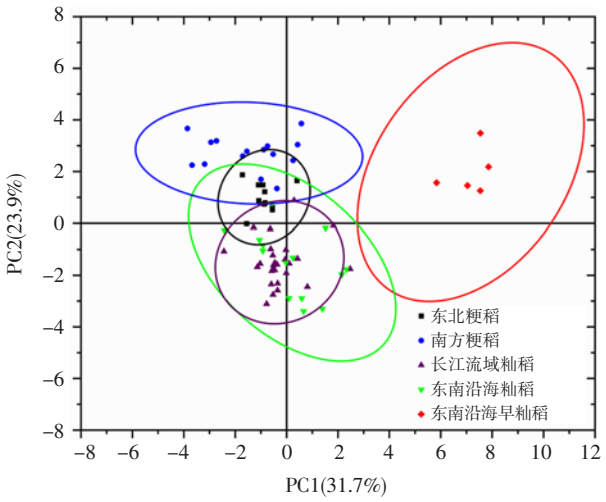


图 3　不同类型稻米品质的主成分分析

粳稻)相比,中晚籼稻(东南沿海籼稻和长江流域籼稻)更接近东南沿海早籼稻。在 PC2 维度,籼稻和粳稻有一定的重叠,但可以大致区分。说明籼稻和粳稻的外观品质有差异,籼稻具有较长的粒长和较大的长宽比,粳稻具有较高的整精米率。南方粳稻与东北粳稻在 PC2 维度上也有一定差别,东北粳稻粒长较南方粳稻更长。此外,与东北粳稻相比,南方粳稻在 PC1 维度上分布更广,说明南方粳稻品种在蒸煮品质方面的差异较大。东南沿海籼稻和长江流域籼稻从 PC1 和 PC2 维度上不能区分,表明籼稻品种品质相近。

3　讨论

整精米率作为稻米加工品质中的关键指标,受到粒型以及产后收获、晾晒等加工环节的显著影响。从本研究结果来看,粳稻的表现优于籼稻,东北粳稻优于南方粳稻,长江流域籼稻优于东南沿海籼稻,东南沿海籼稻又优于东南沿海早籼稻。这一趋势与笔者之前的研究报道基本一致[3],2001—2020 年期间,籼稻的整精米率优质率在 53.4%~79.5%之间,而粳稻在 68.2%~95.5%之间。张卫星等[4]的研究发现,东北平原稻米的各项加工品质指标均优于长江流域和东南沿海地区,东北平原、长江流域和东南沿海三大优势产区的整精米率优质率分别为 84.6%、47.7%和 46.2%。整精米率与品种粒型密切相关,长粒型稻米在加工过程中更容易出现断裂现象。邵雅芳等[5]对安徽、重庆、福建、广东、广西、河南、湖北、湖南、江苏、江西、四川、浙江等 12 个省份的稻米整精米率的分析结果表明,粒长较长的省份(如重庆),其稻米的整精米率相对较低;而粒长较短的省份(如河南、江苏),稻米的整精米率相对较高。近年来,我国稻米的粒型逐渐向长粒型发展,籼稻米的平均粒长从 2001 年的 6.5 mm 逐渐增加到 2020 年的 6.9 mm,粳稻米的平均粒长也从 2001 年的 5.0 mm 增加到 2020 年的 5.5 mm[3]。在本研究收集的样品中,东北粳稻以短粒型和中粒型品种为主,南方粳稻主要为短粒型品种,同时有少量中粒型品种,长江流域籼稻和东南沿海籼稻均以长粒型品种为主,同时有少数的中粒型品种,早籼稻均为中粒型。由此可见,东南沿海籼稻和长江流域籼稻整精米率较低的重要原因是其粒长较长。而东南沿海早籼稻主要用于加工,对整精米率的要求不高,整体表现不佳。此外,整精米率的差异也可能与不同地区的种植管理措施有关[6]。因此,应重视适时收割、合理晾晒等产后环节,对于提高整精米率具有重要意义。

稻米外观品质是稻米商品流通中最直观的品质指标,总体呈现出向垩白度少、晶莹剔透方向发展的趋势。稻米垩白是由多基因控制的复杂性状,其遗传同时具有母体效应、胚乳效应以及细胞质效应[7]。灌浆期降雨增多、夜间温度提高以及日最低温度提高会显著增加垩白度和垩白粒率,从而使稻米外观品质变差[8]。此外,光照、水分管理、肥料管理等因素也会影响稻米垩白的形成[9]。与东北平原相比,东南沿海和长江流域水稻灌浆结实期温湿度更高,因此垩白发生率更高。与东北粳稻相比,南方粳稻的垩白较多,垩白粒率和垩白度显著更高,优质率更低[10]。同时,垩白的增加会显著影响籽粒的透明程度,使透明度变差。在本研究中,透明度与垩白性状存在显著的正相关关系,与垩白粒率和垩白度的相关系数分别为 0.80 和 0.78。因此,在选择优质稻品种的前提下,需要优化田间管理措施,以降低垩白,提升稻米外观品质。

胶稠度、碱消值和直链淀粉含量与米饭的软硬度、适口性和回生性等食用品质密切相关。除南方粳稻和东南沿海早籼稻的直链淀粉含量优质率较低外,其他类型的主导品种均具有较高的胶稠度、碱消值和直链淀粉含量优质率。根据多年的监测数据,不同年份不同地方种植的相同水稻品种的直链淀粉含量相对稳定,但它的积累受到籽粒灌浆过程中诸多因素的影响[11]。因此在年度之间会有一定波动。南方粳稻直链淀粉含量较低且优质率较低,主要是因为其包含了软米品种。软米是介于糯性与粘性之间的一类稻米品种,直链淀粉含量较低[12-13]。虽然从理化指标上看,软米未达到优质米的评价标准,但其口感较佳。根据江苏地方标准《优良食味半糯粳稻品质》(DB32/T 4056—2021),优质软米的直链淀粉含量在 9.0%~13.0%为宜且胶稠度大于 70 mm,本研究收集的软米品种均符合该标准。邵雅芳等[5]分析浙江省稻米直链淀粉含量分布曲线图发现,

直链淀粉含量在20.0%以上呈现2个峰值，并认为是浙江省种植的早稻引起的。本研究收集的早籼稻样品来自浙江,直链淀粉含量均>25.0%,虽超出了《食用稻品种品质》的优质标准,但均满足《米粉专用稻》(NY/T 3836—2021)中直链淀粉含量一等要求。从加工用途而言,早籼稻具有良好的品质。

峰值黏度与食味值呈显著或极显著正相关，而消减值与食味值呈显著或极显著负相关。食味品质较优的品种往往峰值黏度和崩解值较高，而消减值和糊化温度较低[14]。李刚等[15]认为,RVA谱特征值主要由稻米中的直链淀粉和蛋白质含量共同决定，直链淀粉和蛋白质含量增加均会导致米饭硬度增加,黏性下降;在低直链淀粉含量(10.0%~20.0%)品种中,峰值黏度和崩解值与直链淀粉含量呈极显著负相关,热浆黏度、冷胶黏度、回生值、消减值与直链淀粉含量呈极显著正相关。这与本研究结果基本一致。本研究中,直链淀粉含量与消减值、热浆黏度、冷胶黏度、回冷值呈极显著正相关(r分别为0.75、0.46、0.73、0.74),崩解值与直链淀粉含量呈极显著负相关(r=-0.60),峰值黏度与直链淀粉含量没有显著相关性(r=-0.07)。

稻米蛋白质的生物价仅次于鸡蛋，富含人体必需氨基酸,含有优质的第一限制性氨基酸——赖氨酸,且过敏性低,是优质的植物蛋白质来源[16]。虽然稻米蛋白质营养价值较高，但其含量过高会对口感产生负面影响。蛋白质含量高的稻米内部排列结构致密、胚乳中淀粉粒空隙小,进而影响淀粉在蒸煮过程中的糊化作用,导致淀粉糊化温度升高、米饭熟度降低[17]。食味较好稻米的蛋白质含量一般在6.0%~7.0%之间，当蛋白质含量超过9.0%时,稻米食味往往会急剧变差[18]。在本研究中,除1个东南沿海早籼稻、1个长江流域籼稻和1个南方粳稻外,其余样品的蛋白质含量均小于9.0%。但也有研究表明,优质稻米的蛋白质含量不一定低[19]。可见,蛋白质含量对米饭食味值的影响极其复杂。稻米蛋白质含量与胶稠度、淀粉崩解值和峰值黏度以及米饭食味值呈极显著负相关,与消减值呈极显著正相关[17],蛋白质组分的比例也会影响稻米品质[20]。本研究亦发现蛋白质含量与峰值黏度、崩解值、胶稠度呈显著负相关关系(r分别为-0.61、-0.54和-0.61),证实蛋白质含量对稻米品质有影响。总体而言,我国水稻主导品种在主导区域内种植得到的稻米蛋白质含量适宜。

精米中脂肪含量一般在0.1%~1.5%之间。脂肪是大多数香味物质的前体物质，同时可以与淀粉相互作用影响淀粉的糊化,从而影响稻米的蒸煮食用特性。在一定范围内,脂肪含量越高,米饭光泽度越好,适口性和香气越佳[21-22]。精米中粗脂肪含量及各脂肪组分含量与直链淀粉含量及RVA特征值关系密切[23]。有研究认为,脂肪与直链淀粉含量呈极显著负相关,与胶稠度呈极显著正相关,与碱消值的相关性不显著[24]。但也有研究认为，糙米和精米中的粗脂肪含量及非淀粉脂含量与直链淀粉含量均无显著相关性[25]。在本研究中,粗脂肪含量与直链淀粉含量和RVA值之间无显著相关性。这可能是因为参试样品的脂肪含量较低(<0.7%),对稻米品质影响不大。

4 结论

本研究表明，东北粳稻以短粒型和中粒型品种为主,南方粳稻以短粒型品种为主,长江流域籼稻和东南沿海籼稻以长粒型品种为主，东南沿海早籼稻均为中粒型品种。粳稻的加工品质明显优于籼稻,籼稻优于早籼稻。各类型主导品种糙米率、精米率和整精米率均表现为:东北粳稻>南方粳稻>长江流域籼稻>东南沿海籼稻>东南沿海早籼稻。东北粳稻、东南沿海籼稻和长江流域籼稻外观品质较好，东南沿海早籼稻和南方粳稻垩白度较多、透明度较差,外观品质相对较差。除东南沿海早籼稻外，其他主导品种均具有良好的蒸煮食用品质,优质率达到90.0%以上。东南沿海早籼稻虽然直链淀粉含量较高，但满足米粉专用稻对直链淀粉含量和胶稠度的要求,具有良好的加工用途。与籼稻相比,粳稻的冷胶黏度、崩解值、回冷值较低,米饭质地柔软且弹性较好,更有嚼劲,米饭冷却后更为柔软。与东北粳稻相比,南方粳稻冷胶黏度、消减值、回冷值更低,崩解值更高,米饭更为柔软且黏性更强,但弹性略不如东北粳稻,冷却后米饭更为柔软。东南沿海早籼稻峰值黏度、热浆黏度、冷胶黏度、消减值、回冷值最高,崩解值最低,米饭口感硬而糙,米饭冷却后较硬,但淀粉不易降解,适合加工米线等产品。长江流域籼稻、东南沿海籼稻糊化特性无显著差别。总体而言,我国水稻主导品种的稻米具有优良的蒸煮食用品质或加工用途。

参考文献

[1] 罗玉坤,朱智伟,金连登,等. 从普查结果看我国水稻品种品质的现状[J]. 中国稻米,2002,8(1):5-9.

[2] 朱智伟. 当前我国稻米品质状况分析[J]. 中国稻米,2006,12(1):1-4.

[3] 胡贤巧,张卫星,邵雅芳,等. 我国近20年稻米品质优质率状况分析[J]. 中国稻米, 2021,27(4):84-87.

[4] 张卫星,马晨怡,袁玉伟,等. 我国水稻三大优势产区稻米品质现状及区域差异[J]. 中国稻米,2021,27(5):12-18.

[5] 邵雅芳,郑欣,朱大伟,等. 2002—2022年中国籼稻品质的时空分布和发展状况[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2024,50

(3):418-430.
[6] 张家秀. 浅谈我国优质稻米产业的现状及其发展[J]. 粮食加工,2008(3):49-50.
[7 林赵淼,郑德益,张新城,等. 稻米垩白形成的生理与分子机制研究进展[J]. 中国稻米,2015,21(4):14-19.
[8] 冯向前,殷敏,王孟佳,等. 南方稻区"早籼晚粳"栽培模式晚季灌浆期气象因子对晚粳稻品质的影响[J]. 中国农业科学,2023,56(1):46-63.
[9] 廖斌,张桂莲. 水稻垩白的研究进展[J]. 作物研究,2015,29(1):77-83.
[10] 朱大伟,章林平,陈铭学,等. 中国优质稻品种品质及食味感官评分值的特征[J]. 中国农业科学,2022,55(7):1 271-1 283.
[11] 张恒栋,黄敏,邹应斌,等. 米粉稻籽粒直链淀粉积累特性[J]. 中国农业科学,2021,54(7):1 354-1 364.
[12] 李茂柏,王萃,顾玉龙,等. 上海软米品种品质性状分析与评价[J]. 中国稻米,2021,27(2):77-79.
[13] 陈庭木,王宝祥,胡明珠,等. 水稻低直链淀粉资源筛选[J]. 中国农学通报,2021,37(5):21-25.
[14] 朱满山,汤述翥,顾铭洪. RVA 谱在稻米蒸煮食用品质评价及遗传育种方面的研究进展[J]. 中国农学通报,2005,21(8):59-64.
[15] 李刚,邓其明,李双成,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状的相关性[J]. 中国水稻科学,2009,23(1):99-102.
[16] HU X Q, ZHANG W X, LU L, et al. Comparison of quality of appearance, cooking quality, and protein content of green-labeled rice and conventional rice[J]. *Cereal Chemistry*, 2022, 99(4): 873-883.
[17] 翁雪莲,姜丽秋,唐树鹏,等. 稻米淀粉、蛋白质和脂质与蒸煮食味品质关系研究进展[J]. 华中农业大学学报,2024,43(3):121-131.
[18] 石吕. 水稻精米蛋白质含量与稻米品质变化的关系[D]. 扬州:扬州大学,2017.
[19] 路凯,赵庆勇,周丽慧,等. 稻米蛋白质含量与食味品质的关系及其影响因素研究进展[J]. 江苏农业学报,2020,36(5):1 305-1 311.
[20] 赵一童. 蛋白质含量对水稻稻米品质及其米粉糊化回生特性影响[D]. 南宁:广西大学, 2022.
[21] 周诚,曾鑫,章岩,等. 稻米脂质与稻米品质间关系及其影响因素[J]. 中国粮油学报,2024,39(4):180-188.
[22] 陈庭木,邢运高,孙志广,等. 水稻高脂肪含量资源筛选[J]. 江苏农业科学,2020,48(8):74-77.
[23] 顾丹丹,刘正辉,刘杨,等. 粳稻精米脂肪含量和组分对蒸煮品质的影响及其对氮素的响应[J]. 作物学报,2011,37(11):2 001-2 010.
[24] 于永红,周鹏,段彬伍,等. 水稻脂肪含量分布及与食味品质的相关性分析[J]. 浙江农业科学,2007(6):669-671.
[25] 周诚. 基于染色体单片段代换系水稻稻米脂肪含量与品质关系研究[D]. 扬州:扬州大学,2024.

Quality Analysis of Leading Rice Varieties in Major Production Areas of China

HU Xianqiao[1], LU Lin1, FU Yuanmiao[2], JIANG Huiping[2], SHAN Yue[2], CHEN Mingxue[1], DING Liqun[3*]

([1] China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; [2] Hangzhou Joyoung Household Electric Appliances Co. Ltd., Hangzhou 310018, China; [3] Kaihua Agricultural Technology Extension Center, Kaihua, Zhejiang 324300, China; *Corresponding author: 1005467323@qq.com)

Abstract: To comprehensively and scientifically understand the quality status of the leading rice varieties in China, this study collected 72 rice samples that were predominantly cultivated in 14 provinces in 2023. It analyzed and compared the differences in processing quality, appearance quality, cooking and eating quality, pasting characteristics, and nutritional quality among Northeastern *japonica*, Southern *japonica*, Yangtze River Basin *indica*, Southeastern Coastal *indica*, and Southeastern Coastal early *indica* rice. Northeastern *japonica* rice were dominated by short-grain and medium-grain varieties, Southern *japonica* rice were dominated by short-grain varieties, Yangtze River Basin *indica* rice and Southeast Coastal *indica* rice were dominated by long-grain varieties, and Southeast Coastal early *indica* rice were all medium-grain varieties. The processing quality of *japonica* rice was significantly better than that of *indica* rice, and better than that of early *indica* rice. Northeastern *japonica* rice, Southeast Coastal *indica* rice and Yangtze River Basin *indica* rice had good appearance quality, while Southeast Coastal Early *indica* rice and Southern *japonica* rice had high chalkiness, poor transparency, and relatively poor appearance quality. Except for Southeast Coastal early *indica* rice, other types of leading varieties had good cooking and eating quality, with a high quality rate of more than 90.0%. Southeast Coastal early *indica* rice had high amylose content, met the requirements of special rice for rice noodles, and had good processing use. Compared with *indica* rice, *japonica* rice had lower cool gel viscosity, breakdown viscosity, and consistency viscosity, indicating that the cooked rice would be softer, more elastic and chewy, and the texture of cold rice was softer. Compared with the Northeastern *japonica* rice, the Southern *japonica* rice had lower cool gel viscosity, setback value viscosity and consistency viscosity, and higher breakdown viscosity, indicating that the cooked rice would be softer and more viscous, but less elastic than that of Northeastern *japonica* rice, and the texture of cold rice would be softer; the Southeastern Coastal early *indica* rice possessed the highest peak viscosity, hot viscosity, cool viscosity, setback viscosity and consistency viscosity, and lowest breakdown viscosity, indicating that it had a firm and coarse texture of cooked rice and hard texture of cold rice, but contained starch resistant to degradation, making it highly suitable for processing into products such as rice noodles; no significant difference was observed in the pasting characteristics between Yangtze River Basin *indica* rice and the Southeast Coastal *indica* rice. Overall, all the leading rice varieties showed excellent cooking edible quality or processing quality.

Key words: rice; leading varieties; processing quality; appearance quality; cooking and eating quality; nutritional quality; China