

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241028004

引用格式: 陈怡岑, 赵旭, 林琳, 等. 辽宁稻米资源主要品质分析及综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(6): 177-182.

CHEN YC, ZHAO X, LIN L, *et al.* Main quality analysis and comprehensive evaluation of rice resources in Liaoning [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(6): 177-182. (in Chinese with English abstract).

辽宁稻米资源主要品质分析及综合评价

陈怡岑^{1*}, 赵旭¹, 林琳¹, 路峰², 邢思敏¹, 乔丽娜², 井红梅³

(1. 辽宁省粮食科学研究所, 沈阳 110000; 2. 辽宁省粮食和物资储备事务服务中心, 沈阳 110000;
3. 铁岭市项目服务中心, 铁岭 112000)

摘要: **目的** 系统评估不同产地辽宁稻米总体品质的差异性。**方法** 以125个不同稻谷品种为研究对象, 通过理化测试方法, 运用相关性分析法(correlation analysis, CA)、主成分分析法(principal component analysis, PCA)、聚类分析法(hierarchical cluster analysis, HCA)对不同产地辽宁稻谷品质进行质量分析和综合评价。**结果** 不同品种不同产地稻谷对品质指标的影响顺序为: 留胚粒率>垩白粒率>垩白度>精米率>出糙率>水分>灰分>蛋白>糙米质量>脂肪>长宽比>纤维; 利用逐步回归分析法得到回归方程: 出糙率=4.672×糙米质量-0.104×垩白粒率+0.141×垩白度-0.860×长宽比-13.205, 运用PCA共提取4个主成分, 累计方差贡献率为80.046%, 能有效解析所有品质信息特征。HCA结果与PCA结果一致, 125个稻谷品种被划分成3大类; 通过综合评估得出排名前3的品种分别为营口市大石桥市水源镇西青村的域稻17、盘锦市大洼县新立农场张家村的一目惚、盘锦市盘山县甜水乡公兴村的盐丰(47)。**结论** 本研究可以有效体现出不同产地辽宁稻谷品质质量间的差异性, 为稻谷种质选育、产品研发提供一定的理论依据。

关键词: 辽宁省; 稻米; 品质调查; 质量分析; 评价

Main quality analysis and comprehensive evaluation of rice resources in Liaoning

CHEN Yi-Cen^{1*}, ZHAO Xu¹, LIN Lin¹, LU Feng², XING Si-Min¹,
QIAO Li-Na², JING Hong-Mei³

(1. Liaoning Grain Science Research Institute, Shenyang 110000, China; 2. Liaoning Province Food and Materials Reserve Affairs Service Center, Shenyang 110000, China; 3. Tieling Project Service Centre, Tieling 112000, China)

ABSTRACT: Objective To systematically evaluate the differences in overall quality of rice from different regions in Liaoning Province. **Methods** Using 125 different rice varieties as research objects, the quality of rice from different regions in Liaoning Province was analyzed and comprehensively evaluated through physical and chemical testing methods, using correlation analysis (CA), principal component analysis (PCA), and hierarchical cluster analysis (HCA). **Results** The order of influence of different varieties and origins of rice on quality indicators was: Retention rate of germ grains>chalky grains rate>chalkiness>milled rice rate>brown rice rate>moisture>ash>protein>brown rice quality>fat>length-width ratio>fiber. Using stepwise regression analysis, the regression

收稿日期: 2024-10-28

第一作者/*通信作者: 陈怡岑(1987—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为粮食储藏与加工。E-mail: 654155424@qq.com

equation was obtained as follows: Brown rice rate=4.672×brown rice quality-0.104×chalky grains rate+0.141×chalkiness-0.860×length-width ratio-13.205. PCA extracted 4 principal components with a cumulative variance contribution rate of 80.046%, effectively elucidating all quality information characteristics. The results from HCA were consistent with those obtained from PCA, categorizing the 125 rice varieties into 3 major groups; through comprehensive assessment, the top 3 ranked varieties were identified as Yudao No.17 from Xiqing Village, Shiyuan Town, Dashiqiao City in Yingkou; Ichigo-hime from Zhangjia Village at Xinli Farm in Dawa County, Panjin; and Yanfeng No.47 from Gongxing Village in Tianshui Township, Panshan County, Panjin. **Conclusion** This study effectively highlights the differences in quality among various regional rices within Liaoning and provides a theoretical basis for breeding programs and product development related to rice germplasm.

KEY WORDS: Liaoning Province; rice; quality investigation; quality analysis; evaluation

0 引言

随着人口的增加和社会经济的发展,国家对粮食的质与量的要求正在逐步提高^[1]。口粮安全日益受到人们的重视,由于各种原因,不同品种、不同地区种植的稻米品质情况不尽相同。稻米品质的形成具有综合性和复杂性^[2-4],广义的稻米品质包括加工品质、外观品质、蒸煮品质、营养品质以及感官品质等多个方面^[5]。目前生产上对稻米品质评价一般采用的指标,如加工精度、碎米量、不完善粒含量、出米率和垩白度等,这些指标虽说可以对稻米进行初步定等,但仍存在表达结果不准确、不能全面反映稻米品质的弊端。张丽娜等^[6]对辽宁省不同地域稻米品质比较分析,发现在外观品质上,辽宁沿海平原稻区垩白粒率和垩白度明显高于其他稻区;在营养品质上,沿海平原稻区水稻蛋白质含量明显高于其他稻区,而直链淀粉含量明显低于其他稻区,中部平原亚区米饭外观和口感明显低于东北部山地丘陵亚区;于秋竹等^[7]对黑龙江省不同积温条件下水稻品种产量及品质现状进行综合评价,发现高产优质的水稻品质性状,具体表现为脂肪酸含量、垩白大小和粒长的差异;冯莹莹等^[8]对 46 个东北南部地区优质粳稻的 13 个稻米品质指标进行检测分析和综合性评价,给出供试粳稻品种对直链淀粉含量影响最小、垩白粒率影响最大的结论;张子军等^[9]认为决定寒地早粳稻米品质的主要因素包括粒型以及稻种的加工品质和外观品质,如垩白等;LI 等^[10]研究也表明在水稻优质育种方面应注重垩白和粒型等选择,才能有效提高水稻品质育种的效率。可见,稻米外观品质、加工品质是目前育种者和种植者更为关注的研究热点。

本研究通过探究辽宁地区不同品种稻谷质量(糙米质量、出糙率、精米率等指标)情况,对稻谷品质指标构建品质模型,并通过相关性分析、主成分分析、聚类分析等分析手段,预测辽宁地区稻米品质,确定优良稻谷品种,指导农户科学种植,为粮食企业针对性收购、合理加工成品粮提供帮助。

1 材料与方法

1.1 材料

随机采集 2022 年 10 月收获的辽宁省稻谷主产区 125 个品种(样品),地产当季纯种粳稻谷,生育期为 145~165 d,每块稻田采集样品数量 1000 g,样品在自然条件下干燥并储藏 14 d,理化性状稳定后进行品质指标测定。

1.2 仪器与设备

JSWL 大米食味计、JMCT12 大米外观品质测定检测仪(北京东孚久恒仪器技术有限公司);JGMJ8090 稻谷精米检测机(上海嘉定粮油仪器有限公司);FOSS 1241 近红外光谱谷物分析仪(丹麦福斯分析仪器公司)。

1.3 方法

出糙率测定参照 GB/T 5495—2008《粮油检验稻谷出糙率检验》;整精米率测定参照 GB/T 21719《稻谷整精米率经验法》;垩白度、垩白粒率测定参照 GB/T 17891—2017《优质稻谷》附录 A《稻米整精米率、粒型、垩白粒率、垩白度及透明度的测定 图形法》。

1.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 2007 软件对试验数据进行初步整理,利用 SPSS 27.0 软件对各指标进行相关性分析和多元线性回归分析,最后建立回归方程, $P<0.01$ 表示极显著相关, $P<0.05$ 表示显著相关, $P>0.05$ 表示相关性不显著,利用 Origin 2021 进行热图及主成分分析图绘制。

2 结果与分析

2.1 不同品种不同产地稻谷品质指标之间的比较

出糙率和整精米率可以表征稻谷的加工品质^[11-12],在现行的国家标准中出糙率是稻谷的定等指标^[13-14],与加工厂的经济效益密切相关^[15];水分是稻谷的重要组成部分^[16-17],是影响稻谷品质的重要指标;粒型和垩白可以科学反映稻

谷的外观品质^[16], 指导企业加工生产; 此外, 稻谷还具备一定的营养特性^[18-20], 比如蛋白、纤维、脂肪等。对稻谷基本品质指标进行测定, 从表 1 可知, 样本中纤维含量的变异系数 0.22%, 变异系数最小, 范围 0.08%~1.80%, 平均值含量 1.44%; 其次是长宽比的变异系数 0.23%, 范围 1.40%~2.80%, 平均值含量 1.84%; 留胚粒率的变异系数最大为 16.67%, 范围 24.78%~99.70%, 平均值含量 85.25%, 说明不同品种不同产地稻谷对纤维影响最小, 留胚粒率影响最大; 由变异系数大小可知不同品种不同产地稻谷对品质

表 1 稻谷基本品质指标

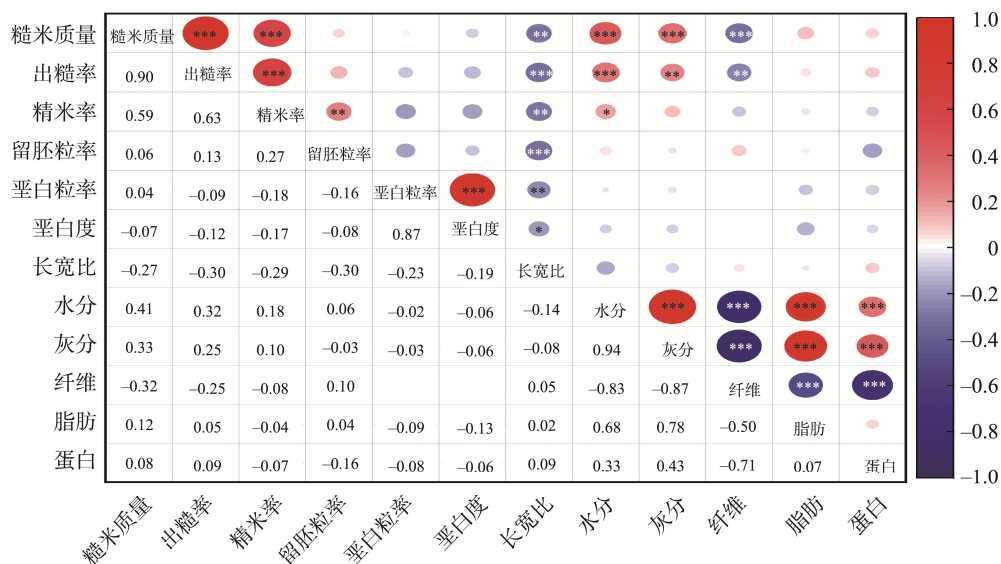
Table 1 Basic quality indicators of rice

品质指标	平均值 /%	标准差 /%	变异系数 /%	范围 /%
糙米质量	20.55	0.02	0.41	18.84~21.21
出糙率	80.70	0.03	2.11	72.77~84.05
精米率	76.74	0.04	2.91	63.84~80.64
留胚粒率	85.25	0.20	16.67	24.78~99.70
垩白粒率	9.34	0.77	7.18	0.05~41.00
垩白度	3.18	1.11	3.53	0.00~33.05
长宽比	1.84	0.12	0.23	1.40~2.80
水分	12.83	0.07	0.88	11.40~15.00
灰分	1.60	0.40	0.64	0.40~3.60
纤维	1.44	0.15	0.22	0.08~1.80
脂肪	2.58	0.12	0.31	1.90~3.50
蛋白	8.02	0.05	0.44	6.90~9.30

指标的影响顺序为: 留胚粒率>垩白粒率>垩白度>精米率>出糙率>水分>灰分>蛋白>糙米质量>脂肪>长宽比>纤维。

2.2 辽宁地产稻谷品质特征的回归及相关性分析

以出糙率为因变量, 糙米质量、精米率、留胚粒率、长宽比、垩白度、垩白粒率、水分、纤维、脂肪、灰分、蛋白为自变量, 利用逐步回归分析法, 得到回归方程: 出糙率=4.672×糙米质量-0.104×垩白粒率+0.141×垩白度-0.860×长宽比-13.205, 调整后 $R^2=0.851$, 模型整体 P 为 0.000, 模型中的常数项和自变量系数的显著性都小于 0.05, 说明该回归方程显著。经过多重线性回归分析, 可以发现样本的出糙率受到糙米质量、垩白粒率、垩白度、长宽比 4 个指标表达出糙率。在相关性热力图中, 颜色的深浅代表两个变量之间的相关系数大小^[21], 见图 1, 数值范围一般介于-1 到+1 之间, 其中+1 表示完全正相关,-1 表示完全负相关, 而接近 0 的值则表明变量间几乎没有线性关系。从图 1 可以看出, 灰分和脂肪相关系数为 0.78, 两者呈极显著正相关; 出糙率和糙米质量相关系数为 0.90, 两者呈极显著正相关; 纤维与蛋白的相关系数为-0.71, 两者呈极显著负相关; 垩白粒率和垩白度相关系数为 0.87, 两者呈极显著正相关; 长宽比与出糙率的相关系数为-0.30, 两者呈极显著负相关; 精米率与出糙率相关系数为 0.63, 两者呈极显著正相关, 精米率分别与垩白粒率、垩白度和长宽比呈负相关, 并且精米率与长宽比存在极显著性, 这与王莹等^[22]关于精米率与长宽比的研究成果有一些出入, 还有待进一步验证并探讨其原因。



注: * $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$ 。

图 1 各指标相关性分析

Fig.1 Correlation analysis of various indicators

2.3 不同品种不同产地稻谷品质特征的主成分分析

对 12 个品质与营养指标进行主成分分析, 以特征值>1.0 为标准, 得到 BIPOLT 图, 如图 2 所示, 在 PC1 主成分中出糙率指标的贡献率大于垩白度、垩白粒率指标的贡献率; PC2 主成分中纤维指标的贡献率大于长宽比指标的贡献率; 从表 2 可知, 共得到 4 个特征值大于 1 的主成分因子, 其中第一主成分特征值为 3.994, 方差贡献率达到 33.284%; 第二主成分的特征值为 2.372, 贡献率为 19.769%; 第三主成分特征值为 1.990, 贡献率为 16.584%; 第四主成分特征值为 1.249, 贡献率为 10.410%。4 个主成分累积方差贡献率达到 80.046%, 说明这 4 个主成分能够代表大部分品质的信息。如图 2 所示, PC1、PC2 主成分的贡献率分别为 33.3%、19.8%, 且所有样本均在置信区间内, 具有统计学意义。

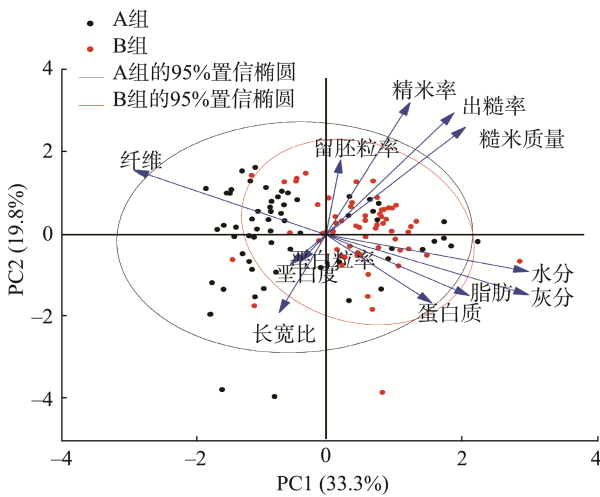


图 2 BIPOLT 图
Fig.2 BIPOLT diagram

$$Y1=0.31Z_{\text{糙米质量}}+0.29Z_{\text{出糙率}}+0.19Z_{\text{精米率}}+0.03Z_{\text{留胚粒率}}-0.06Z_{\text{垩白粒率}}-0.08Z_{\text{垩白度}}-0.11Z_{\text{长宽比}}+0.46Z_{\text{水分}}+0.46Z_{\text{灰分}}-0.43Z_{\text{纤维}}+0.32Z_{\text{脂肪}}+0.24Z_{\text{蛋白}}$$

$$Y2=0.39Z_{\text{糙米质量}}+0.45Z_{\text{出糙率}}+0.48Z_{\text{精米率}}+0.27Z_{\text{留胚粒率}}-0.10Z_{\text{垩白粒率}}-0.11Z_{\text{垩白度}}-0.29Z_{\text{长宽比}}-0.14Z_{\text{水分}}-0.22Z_{\text{灰分}}+0.24Z_{\text{纤维}}-0.22Z_{\text{脂肪}}-0.25Z_{\text{蛋白}}$$

$$Y3=-0.12Z_{\text{糙米质量}}+0.06Z_{\text{出糙率}}-0.03Z_{\text{精米率}}-0.06Z_{\text{留胚粒率}}+0.67Z_{\text{垩白粒率}}+0.65Z_{\text{垩白度}}-0.31Z_{\text{长宽比}}+0.04Z_{\text{水分}}+0.02Z_{\text{灰分}}-0.04Z_{\text{纤维}}-0.06Z_{\text{脂肪}}-0.05Z_{\text{蛋白}}$$

$$Y4=-0.25Z_{\text{糙米质量}}-0.25Z_{\text{出糙率}}-0.06Z_{\text{精米率}}+0.57Z_{\text{留胚粒率}}-0.02Z_{\text{垩白粒率}}-0.003Z_{\text{垩白度}}-0.31Z_{\text{长宽比}}+0.17Z_{\text{水分}}+0.14Z_{\text{灰分}}+0.14Z_{\text{纤维}}+0.43Z_{\text{脂肪}}-0.55Z_{\text{蛋白}}$$

以 4 个主成分所对应的方差贡献率为权重(公式中的 Z_{x1-12} 是 x_{1-12} 标准化后的数值), 计算各品种稻米品质的综合得分(Y):

$$Y=0.33284Y1+0.19769Y2+0.16584Y3+0.10410Y4$$

排名前 3 的稻种综合得分, 见表 3。

表 2 解释的总方差
Table 2 Total variance of the interpretation

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	3.994	33.284	33.284	3.994	33.284	33.284
2	2.372	19.769	53.052	2.372	19.769	53.052
3	1.990	16.584	69.636	1.990	16.584	69.636
4	1.249	10.410	80.046	1.249	10.410	80.046

表 3 排名前 3 的稻种综合得分
Table 3 Comprehensive scores of the top 3 rice varieties

新序号	稻种	扦样地点	综合得分
1	域稻 17	营口市大石桥市水源镇西青村	1.74
2	一目惚	盘锦市大洼县新立农场张家村	1.43
3	盐丰(47)	盘锦市盘山县甜水乡公兴村	1.36

2.4 不同品种不同产地稻谷品质特征的聚类分析

聚类分析的目标是在形似的基础上收集数据来分类, 将实验样本分为 3 个聚类, 聚类 1 包括 5 个样本, 占样本总数的 4%; 聚类 2 包括 72 个样本, 占样本总数的 57.6%, 聚类 3 包括 48 个样本, 占样本总数的 38.4%。通过表 4 可知, 聚类 1 样本组合除垩白粒率、垩白度、纤维数值为正值, 其他指标均为负值, 说明聚类 1 样本的垩白程度大, 属于短粒型米, 纤维含量高; 聚类 2 样本属于短粒型米, 且垩白少, 样本整体质量好、营养品质优良; 聚类 3 样本属于高纤维稻米, 通过对比发现主成分分析法结果与聚类分析法结果一致。

表 4 最终聚类中心
Table 4 Final clustering centers

类别	聚类		
	1	2	3
标准化糙米质量/g	-0.54367	0.45153	-0.62066
标准化出糙率/%	-1.01271	0.40543	-0.50266
标准化精米率/%	-1.19729	0.28795	-0.30720
标准化留胚粒率/%	-0.17175	0.09009	-0.11724
标准化垩白粒率/%	3.52651	-0.11651	-0.19257
标准化垩白度/%	3.50627	-0.14429	-0.14881
标准化长宽比/%	-0.69150	-0.11150	0.23928
标准化水分/%	-0.47154	0.68217	-0.97413
标准化灰分/%	-0.47251	0.65436	-0.93232
标准化纤维/%	0.47169	-0.63572	0.90445
标准化脂肪/%	-0.43997	0.41014	-0.56938
标准化蛋白/%	-0.77350	0.37654	-0.48424

3 讨论与结论

3.1 讨论

影响稻谷品质的因素有很多方面,比如遗传^[23]、生长环境^[24-25]、施肥量与施肥方式^[26-27]等,不同品种、不同产地种植的稻谷表现出不同的品质状态,本研究中发现留胚粒率属于受稻种和种植地影响最为明显的指标,稻谷加工企业收购稻谷时,应针对留胚粒率的大小以及粒型,设置稻谷碾制工艺系数^[28],生产留胚米;此外垩白度和垩白粒率也对稻种和种植地较为敏感,且垩白度、垩白粒率与精米率成负相关,这与王荣升等^[5]、任野胜等^[29]和张海霞等^[30]研究结果一致,农户需要在满足稻谷质量和数量要求的基础上,进一步结合市场需求,种植出更高品质的优质稻谷;还有一点值得关注,目前稻米生产企业和种植农户较为关注出米率这个指标,不少企业已经把出米率作为收购稻谷的定等指标,取代了标准中的出糙率。

3.2 结论

本研究确定了辽宁地区 125 个常见稻种加工生产稻米的质量情况,发现以变异系数作为标准,不同品种不同产地稻谷对品质指标影响的大小顺序为:留胚粒率>垩白粒率>垩白度>精米率>出糙率>水分>灰分>蛋白>糙米质量>脂肪>长宽比>纤维;利用逐步回归分析法得到:出糙率=4.672×糙米质量-0.104×垩白粒率+0.141×垩白度-0.860×长宽比-13.205,因此可以用糙米质量、垩白粒率和垩白度较为简单的指标预测出糙率,为稻谷初步定等;采用主成分分析法建立辽宁省稻米品质特性综合评价模型,确定4个主成分,累计贡献率80.046%,通过综合评估得出排名前3的品种分别为:营口市大石桥市水源镇西青村的域稻17、盘锦市大洼县新立农场张家村的一目惚、盘锦市盘山县甜水乡公兴村的盐丰(47);通过聚类分析方法确定了3个聚类,聚类1样本的垩白程度大,属于短粒型米,纤维含量高;聚类2样本属于短粒型米,且垩白少,样本整体质量好、营养品质优良;聚类3样本属于高纤维稻米,以上结论可为筛选出辽宁地区优质稻谷、稻米提供参考,为更好地发展辽宁稻谷生产以及提升稻米品质综合潜力提供理论依据。

参考文献

- 王婉昭,陈鹏狮,胡春丽,等.基于气相条件的辽宁省玉米种植结构调整[J].贵州农业科学,2020,48(12):47-51,177.
WANG WZ, CHEN PS, HU CL, et al. Adjustment of corn planting structure based on gaseous conditions in Liaoning Province [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2020, 48(12): 47-51, 177.
- 李一博,赵雷.水稻品质性状的遗传改良及其关键科学问题[J].生命科学,2016(10):1168-1179.
LI YB, ZHAO L. Genetic improvement of rice quality traits and key scientific problems [J]. Life Sciences, 2016(10): 1168-1179.

- XIONG DL, LING XX, HUANG JL, et al. Meta-analysis and dose-response analysis of high temperature effects on rice yield and quality [J]. Environmental & Experimental Botany, 2017, 141: 1-9.
- SHI WJ, YIN XY, STRUIK PC, et al. Grain yield and quality responses of tropical hybrid rice to high night-time temperature [J]. Field Crops Research, 2016, 190: 18-25.
- 王荣升,牟凤臣,李坤,等.寒地粳稻碾磨品质和食味品质相关性状的综合分析[J].作物杂志,2023(2):115-120.
WANG RS, MU FC, LI K, et al. A comprehensive analysis of correlation between polishing quality and eating quality of cold-region japonica rice [J]. Crop Journal, 2023(2): 115-120.
- 张丽娜,易军,本间香贵,等.辽宁省不同地域稻米品质分析[J].沈阳农业大学学报,2021,52(2):729-735.
ZHANG LN, YI J, BENJIAN XG, et al. Analysis of rice quality in different regions of Liaoning Province [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2021, 52(2): 729-735.
- 于秋竹,孔宇,陈东升,等.基于主成分及聚类分析的黑龙省水稻产量与品质的综合评价[J].沈阳农业大学学报,2015,46(2):219-224.
YU QZ, KONG Y, CHEN DS, et al. Comprehensive evaluation of rice yield and quality in Heilongjiang Province based on principal component and cluster analysis [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2015, 46(2): 219-224.
- 冯莹莹,董立强,马亮,等.基于主成分及聚类分析的东北南部地区优质粳稻品质的综合评价[J].食品科学,2024,45(18):17-24.
FENG YY, DONG LQ, MA L, et al. Comprehensive evaluation of quality of Premium japonica rice in Northeastern China based on principal component and cluster analysis [J]. Food Science, 2024, 45(18): 17-24.
- 张子军,冯永祥,吕艳东.东北寒地早粳稻品质相关及主成分分析[J].中国农业大学学报,2008,13(5):35-39.
ZHANG ZJ, FENG YX, LV YD. Analysis of quality-related factors and principal component of early japonica rice in Northeast Cold Region [J]. Journal of China Agricultural University, 2008, 13(5): 35-39.
- LI YB, FAN CC, XING YZ, et al. Chalk5 encodes a vacuolar H⁺-translocating pyrophosphatase influencing grain chalkiness in rice [J]. Nature Genetics, 2014, 46(4): 398-404.
- 温伟卓,崔晓波,刘俊明,等.粳糯稻谷储藏期间其米饭品质变化分析[J].粮食科技与经济,2021,46(4):76-82.
WEN WZ, CUI XB, LIU JM, et al. Changes in rice quality of japonica glutinous rice during storage [J]. Grain Science and Technology and Economy, 2021, 46(4): 76-82.
- 武红宁.粳稻储藏过程中食味品质的变化研究[D].天津:天津科技大学,2023.
WU HN. Research on the changes in taste quality of japonica rice during storage [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2023.
- 吴宜芬.稻谷生芽粒的质量分析与探讨[J].粮食加工,2017(2):37-38.
WU YF. Quality analysis and discussion on sprouted grains of rice [J]. Grain Processing, 2017(2): 37-38.
- 陶哲.稻谷低温储藏解除后不同储藏温度下的品质变化研究[D].郑州:河南工业大学,2023.
TAO Z. Study on quality changes at different storage temperatures after low-temperature storage release of rice [D]. Henan University of Technology, 2023.
- 张玉荣,陶哲,张咚咚,等.低温储藏解除后长粒型粳稻的品质变化和

- 动力学分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(19): 57-67.
ZHANG YR, TAO Z, ZHANG DD, *et al.* Kinetic analysis and quality changes of long-grain indica rice after low-temperature storage release [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2023, 14(19): 57-67.
- [16] 张玉荣, 周显青, 刘敬婉. 加速陈化对梗稻的营养组分及储藏、加工品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 38(5): 37-44.
ZHANG YR, ZHOU XQ, LIU JW. Effects of accelerated ageing on nutritional components and storage and processing quality [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2017, 38(5): 37-44.
- [17] 李素梅. 谷外糙米对整精米品质的影响[J]. 西部粮油科技, 2001, 26(3): 27-29.
LI SM. The Impact of external brown rice on the quality of milled rice [J]. *Western Grain and Oil Science and Technology*, 2001, 26(3): 27-29.
- [18] 刘海, 赵欢, 何佳芳, 等. 稻米营养品质影响因素研究进展[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(6): 85-89.
LIU H, ZHAO H, HE JF, *et al.* Research progress on influencing factors of rice nutritional quality [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2013, 41(6): 85-89.
- [19] 张敏, 管军军, 党浩, 等. 稻谷的营养特性及其在家禽生产中的应用[J]. 饲料研究, 2024, 47(13): 157-162.
ZHANG M, GUAN JJ, DANG H, *et al.* Nutritional characteristics of paddy rice and Its application in poultry production [J]. *Feed Research*, 2024, 47(13): 157-162.
- [20] 路乐乐, 沈琴, 郎双静, 等. 加工精度对稻花香品质及方便米饭理化性质的影响[J/OL]. 食品工业科技, 1-12. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2024060295>
LU LL, SHEN Q, LANG SJ, *et al.* The effect of processing precision on the quality of fragrant rice and the physicochemical properties of instant cooked rice [J/OL]. *Food Industry Technology*, 1-12. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2024060295>
- [21] 刘美迎, 姜军生, 姜乃春, 等. 乙烯利处理‘赤霞珠’葡萄果实对其葡萄酒中酚类物质组分的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(1): 48-58.
LIU MY, JIANG JS, JIANG NC, *et al.* Effects of ethephon treatment on phenolic compounds in cabernet sauvignon grapes [J]. *Food Science*, 2012, 43(1): 48-58.
- [22] 王莹, 于亚辉, 阙补超, 等. 稻米粒形与主要品质性状的关系[J]. 辽宁农业科学, 2016(2): 40-42.
WANG Y, YU YH, QUE BC, *et al.* Relationship between grain shape and main quality traits in rice [J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2016(2): 40-42.
- [23] 李然, 钱前, 高振宇. 水稻品质的遗传与育种改良研究进展[J]. 生物技术通报, 2022, 38(4): 4-19.
LI R, QIAN Q, GAO ZY. Research progress on genetic and breeding improvement of rice quality [J]. *Biotechnology Bulletin*, 2022, 38(4): 4-19.
- [24] 何进宇, 刘飞杨, 杨佳鹤, 等. 干旱地区水盐胁迫对水稻产量构成及稻谷品质的影响研究[J]. 节水灌溉, 2024(1): 33-43.
HE JY, LIU FY, YANG JH, *et al.* Study on the effects of drought water-salt stress on yield composition and quality traits in rice [J]. *Water-Saving Irrigation*, 2024(1): 33-43.
- [25] 康民泰, 文孝荣, 唐福森, 等. 不同盐碱地土壤调理剂对水稻生育期、农艺性状、产量和品质的影响[J]. 北方水稻, 2022, 52(6): 21-23.
KANG MT, WEN XR, TANG FS, *et al.* Effects of different soil conditioners from saline-alkali land on growth periods agronomic traits yield and quality of rice [J]. *Northern Paddy Field*, 2022, 52(6): 21-23.
- [26] 刘庆艳. 播期和施肥方式对优质水稻茎优 1606 产量及品质的影响[J]. 现代农业科技, 2024(11): 28-31.
LIU QY. Influence of sowing date and fertilization method on yield and quality of high-quality japonica rice Qianyou1606 [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2024(11): 28-31.
- [27] 杨佳佳, 郭端, 章日亮, 等. 有机肥等氮替代化肥对水稻地上部稻谷产量、品质及植株性状的影响[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(12): 2830-2834.
YANG JJ, GUO R, ZHANG RL, *et al.* Effects of organic fertilizer as a nitrogen substitute for chemical fertilizers on above-ground yield qualities and plant traits in rice [J]. *Zhejiang Agricultural Science*, 2024, 65(12): 2830-2834.
- [28] 焦悦. 适碾范围内梗米留胚率控制碾制工艺及品质研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2023.
JIAO Y. Study on control milling process and quality with respect to embryo retention rate within suitable milling range for japonica rice [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2023.
- [29] 任鄞胜, 汪秀志, 肖培村, 等. 杂交水稻米品质性状的相关及聚类分析[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(2): 44-48.
REN ZS, WANG XZ, XIAO PC, *et al.* Correlation and cluster analysis of hybrid rice grain quality traits [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2004, 18(2): 44-48.
- [30] 张梅霞, 陈荣江. 基于主成分分析的梗稻品质评价及聚类分析[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2016, 44(5): 1-6.
ZHANG MX, CHEN RJ. Quality evaluation and cluster analysis based on principal component analysis for japonica rice [J]. *Journal of Henan University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2016, 44(5): 1-6.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)