

华南地区浅圆仓控温气调技术对中晚籼稻品质的影响研究

张景宇 王向阳 杜勇 杜顺扬 杜柱凯
广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库
DOI:10.32629/as.v9i5.3935

[摘要] 为探索适配广东高温高湿环境的绿色储粮技术,以东莞直属库浅圆仓中晚籼稻为对象,采用空调控温结合氮气气调技术,监测粮食品质指标与空调能耗,并探究压力调节气囊的作用。结果表明,2℃控温温差对稻谷各项品质指标影响不显著,变化趋势一致且波动较小; 27±1℃仓较25±1℃仓节能约24.3%; 压力调节气囊可明显延长高浓度氮气维持时间,降低气调成本。本研究为广东地区籼稻绿色安全度夏及储粮成本控制提供了科学依据。

[关键词] 浅圆仓; 稻谷; 绿色储粮; 品质变化
中图分类号: S435.11 **文献标识码:** A

Study on the Impact of Shallow Round Storage Temperature-Controlled Modified Atmosphere Technology on the Quality of Mid-Late Indica Rice in South China

Jingyu Zhang Xiangyang Wang Yong Du Shunyang Du Zhukai Du

Dongguan Direct Storage Warehouse of Guangdong Grain Reserve Management Group Co., Ltd.

[Abstract] To explore green grain storage technologies suitable for the high-temperature and high-humidity environment in Guangdong, using the late-maturing indica rice in the shallow round silo of Dongguan Direct Storage Center as the research object, air conditioning temperature control combined with nitrogen gas regulation technology was adopted to monitor the quality indicators of the grains and the energy consumption of the air conditioning. The role of the pressure-regulating gas bag was also investigated. The results showed that the 2℃ temperature difference had no significant effect on the various quality indicators of the rice, and the change trend was consistent with a small fluctuation; the 27±1℃ silo was approximately 24.3% more energy-efficient than the 25±1℃ silo; the pressure-regulating gas bag could significantly extend the duration of high-concentration nitrogen gas maintenance and reduce the cost of gas regulation. This research provides a scientific basis for the green safe summer storage of indica rice and the control of storage costs in the Guangdong region.

[Key words] shallow round silo; rice grains; green grain storage; quality change

随着经济社会发展,人们对绿色健康粮油需求持续提升,粮食储藏技术正朝着低碳、生态、无污染的绿色储粮方向转型,这既是时代趋势,也是行业责任^[1]。广东东莞直属库地处华南高温高湿区域,储粮难度较大,尤其中晚籼稻收获水分高,储藏不当易快速劣变。如何在绿色储粮前提下实现保质保鲜,解决南方粮食安全度夏难题,已成为粮食储藏领域的迫切需求。

控温与氮气气调是主流绿色储粮技术^[2]。控温储粮可通过低温减缓粮食呼吸,抑制虫霉生长,保障储粮安全^[3]; 氮气气调则依靠高氮低氧环境抑制害虫与霉菌,延缓品质下降^[4]。二者结合绿色环保、经济高效,十分适合南方高温高湿地区,应用潜力显著^[5]。

目前该技术虽已广泛应用,但受气候、粮种、仓型等条件影

响,实际效果差异明显^[6]。广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库结合现有智能气调技术优势,借鉴成熟经验,在浅圆仓开展控温气调储藏中晚籼稻试验,研究适配华南气候的技术参数,为区域绿色储粮推广提供科学依据,推动技术规模化应用。

1 材料与方法

1.1 供试仓房

本次试验的仓房为我库浅圆仓Q27和Q29。浅圆仓直径为25m,设计装粮高度为28.5m,单仓容量为1万吨,仓壁厚度为0.27m,采用钢筋混凝土屋顶并铺设50mm隔热苯板;风道设计为内、中、外三圈环形地槽,仓内设有中心减压管,仓顶配备4个自然通风口和4个机械通风口。

1.2 试验方法

1.2.1 空调控温方法

Q27、Q29仓各配备YSWKF-40型空调1台,制冷量为40kW,送风量10000m³/h,装机总功率15.7kW。试验过程中具体控温方案见表1。

表1 控温方案

仓号	品种	数量(t)	设定温度(℃)	开启时间段	频率(Hz)
Q27	中晚籼稻	7850	27±1	全天	变频
Q29	中晚籼稻	7850	25±1	全天	变频

1.2.2 氮气气调方法

Q27、Q29仓配备大连力德固定式制氮机组,单机功率1.1kW,采用变压吸附工艺,配套空压机75kW,产气量约350Nm³·h⁻¹,氮气出口浓度99.5%。试验采用下充上排方式气调,全仓氮气平均浓度达98.5%时停机,降至98.0%时自动补气。仓内共设10个氮气检测点,接入智能控制系统实现浓度自动检测。Q27仓加装压力调节阀气囊装置,由气管与气袋组合而成,总体积144m³,气管与仓顶通风口密封连接,确保安装稳固。

1.2.3 样品扦取与品质指标测定方法

在仓内东、西、南、北近墙区域(外圈)、仓房半径位置(中圈)、中心减压管处(内圈)及空调送、回风口共8个点位,于粮面下5m深度处扦取混合样品;各项品质指标测定均参照对应标准执行,其中中晚籼稻水分含量参照GB5009.3—2016的第一法直接干燥法测定中晚籼稻水分的含量^[7];脂肪酸值参照GB/T20569—2006的附录A稻谷脂肪酸值测定方法^[8];出糙率参照GB/T5495—2008^[9];黄粒米含量参照GB/T17891—2017的附录D黄粒米含量检测方法^[10];整精米率参照GB/T21719—2008^[11];新鲜度参照LS/T6118—2017^[12]。

2 结果与分析

2.1 水分含量变化情况

水分是稻谷关键的品质评价指标,在储藏期间,稻谷水分含量越高,霉变发生的概率越大,进而导致其储存品质下降^[13]。由图1所示,两仓中晚籼稻水分均呈轻微下降趋势,Q27仓从6月12.5%降至10月12.4%,Q29仓从6月12.6%降至10月12.5%,两仓水分波动均为0.1个百分点。两仓水分差异微小,说明2℃控温温差对中晚籼稻水分含量影响不显著,两种控温设定均能维持稻谷水分稳定。

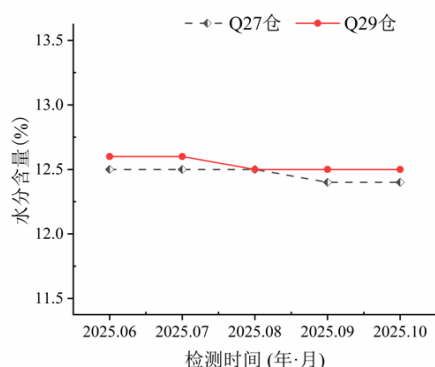


图1 不同空调温度下中晚籼稻水分含量

2.2 脂肪酸值变化情况

脂肪酸值是评估稻谷品质的核心指标,其含量变化可反映稻谷脂肪氧化及陈化程度,直接关系稻谷储存安全性与品质稳定性^[14]。由图2所示,两仓中晚籼稻脂肪酸值变化趋势基本一致,均呈持续小幅上升态势:Q27仓从22.3(KOH/干基)/(mg/100g)升至23.8(KOH/干基)/(mg/100g),增幅约6.7%;Q29仓从20.2(KOH/干基)/(mg/100g)升至21.8(KOH/干基)/(mg/100g),增幅约7.9%,两仓差值始终稳定在1.9~2.1(KOH/干基)/(mg/100g)。这说明2℃的控温温差对中晚籼稻脂肪酸值变化影响不大,温度差异未改变其脂肪酸值的上升规律。

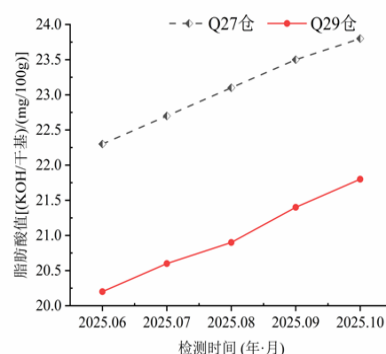


图2 不同空调温度下中晚籼稻脂肪酸含量

2.3 出糙率变化情况

出糙率是衡量中晚籼稻储藏品质与加工品质的重要指标,其高低直接反映籽粒饱满度、病虫害受害程度及食用品质,进而影响稻谷的经济价值^[15]。由图3所示,两仓出糙率变化趋势基本一致,均保持基本稳定且呈轻微下降趋势。Q27仓出糙率在76.4%~76.5%波动,Q29仓在78.4%~78.5%波动,试验期间两仓出糙率差值始终稳定在2.0个百分点左右。综上,2℃的控温温差对中晚籼稻出糙率影响不大,未改变其稳定变化规律。

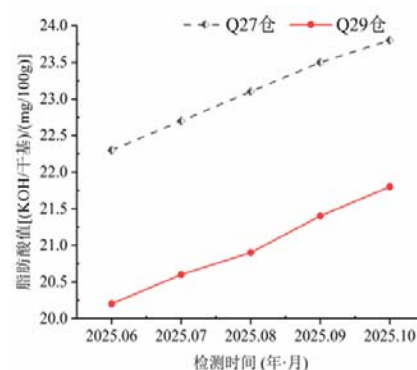


图3 不同空调温度下中晚籼稻出糙率

2.4 黄粒米含量变化情况

黄粒米的存在提示稻谷在储存或加工过程中可能受到发热、霉变等不良影响,可直观反映其新鲜度与品质^[16]。由图4所示,两仓黄粒米含量变化趋势一致,6~9月均维持在0%,仅10月Q29仓轻微上升至0.1%,Q27仓仍为0%,两仓最大差异仅0.1个百

分点。综上, 2℃的控温温差对中晚籼稻黄粒米含量影响不大, 未改变其整体稳定的变化规律。

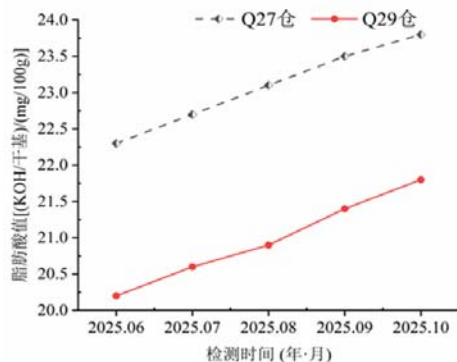


图4 不同空调温度下中晚籼稻黄粒米含量

2.5 整精米率变化情况

整精米率是评价稻谷加工与食用品质的重要指标, 其数值越高品质越佳^[17]。由图5可见, 两仓整精米率变化趋势基本一致, 均呈缓慢小幅下降。Q27仓由6月48.2%降至10月47.9%, 降幅0.3个百分点; Q29仓由59.5%降至59.4%, 降幅0.1个百分点。两仓始终保持约11个百分点的稳定差距, 无明显波动。试验表明, 2℃储存温差对中晚籼稻整精米率影响较小, 未改变整体变化趋势, 储存温度对其无显著影响。

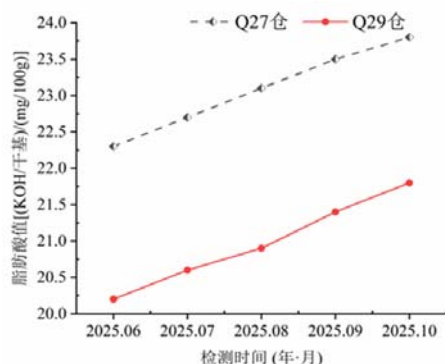


图5 不同空调温度下中晚籼稻整精米率

2.6 新鲜度变化情况

新鲜度作为评价稻谷储藏品质的核心指标之一, 不仅能够直观反映稻谷的新鲜程度, 还能体现其食用品质的优劣, 直接关系到稻谷的商品价值与食用安全性^[18]。由图6所示, 两仓中晚籼稻新鲜度变化趋势基本一致, 均呈持续下降态势。Q27仓从6月86分降至10月77分, 降幅9分; Q29仓从6月87分降至10月75分, 降幅12分。试验期间两仓新鲜度差值始终维持在0-2分之间, 相对差值较小, 表明2℃的控温差异对稻谷新鲜度影响甚微, 未改变其整体变化规律。

2.7 能耗对比情况

空调能耗是稻谷储存过程中的重要运营成本, 其消耗情况与设定温度密切相关。由表2数据可知, Q29仓总能耗为13987.74kW·h, 显著高于Q27仓的11253.77kW·h, 两者能耗差值为2733.97kW·h, Q29仓能耗较Q27仓高出约24.3%。这表明空调

设定温度越低, 能耗消耗越大, 25±1℃的设定温度较27±1℃需多消耗约24.3%的电, 主要原因是较低的设定温度需空调压缩机更长时间运行以维持仓内目标温度, 进而导致能耗显著增加。

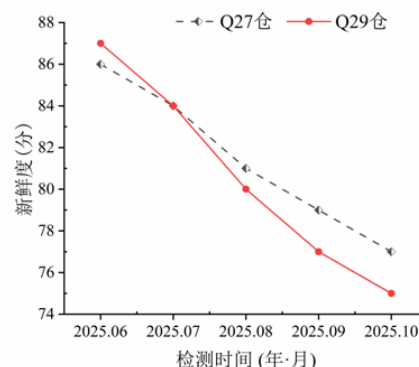


图6 不同空调温度下中晚籼稻月度新鲜度

表2 不同空调温度下能耗表

仓号	开启日期(年·月)	设定温度(℃)	开启时间段	总能耗(kW·h)
Q27	2025.06-2025.10	27±1	全天	11253.77
Q29	2025.06-2025.10	25±1	全天	13987.74

2.8 压力调节气囊对仓内压力及氮气浓度的影响

氮气的调储粮中, 仓内压力波动与氮气浓度衰减直接影响气调效果与储粮成本, 压力调节气囊可缓冲压差、减少泄漏, 稳定仓内氮气浓度。试验显示, 未安装气囊的仓房压力波动幅度达-90~80Pa, 密封处易泄漏, 氮气浓度保持98%以上仅10天, 需频繁补气, 成本较高; 安装气囊后, 压力波动明显减小至-16~47Pa, 泄漏量降低, 高浓度氮气维持时间延长至29天, 显著减少补气次数与能耗。因此, 压力调节气囊可有效改善气调仓浓度维持短、成本高的问题, 为氮气的调储粮高效应用提供技术支撑。

3 结论

以广东地区浅圆仓中晚籼稻为对象, 2025年6—10月采用27±1℃、25±1℃空调控温结合氮气的调, 探究温差与压力调节气囊的影响。结果显示, 2℃温差对稻谷各项品质指标影响不显著, 两仓品质变化趋势相近、波动小, 均可实现绿色储粮; Q29仓(25±1℃)能耗较Q27仓(27±1℃)高约24.3%, 27±1℃更适宜该地区夏季储藏, 在保质质的同时更节能。

压力调节气囊可明显提升气调效果, 未装仓压力波动-90~80Pa, 氮气浓度98%以上仅维持10天; 安装后压力波动缩小至-16~47Pa, 维持时长延至29天, 解决了浓度维持短、成本高的问题。综上, 27±1℃控温配合氮气的调与压力气囊, 可实现品质稳定、节能高效储粮, 为区域绿色储粮提供技术参考。

【参考文献】

- [1]李松伟,袁宝友,于文江,等.浅圆仓气调控温储粮应用研究[J].现代食品,2021,29(22):7-15.
- [2]曾勇,黄信,李星星,等.华南地区浅圆仓气调控温应用试验[J].粮食科技与经济,2023,48(06):91-93.
- [3]张慧敏.控温气调储粮技术应用研究与分析[J].粮油仓储科技通讯,2011,27(4):12-13.

[4]何锡忠,秦兴斌,薛民杰.内环流控温+氮气气调在新入稻谷仓防虫应用试验[J].粮油仓储科技通讯,2021,37(2):5-8+12.

[5]童茂彬,陈忠南,王文强,等.平房仓稻谷控温气调储藏应用研究[J].粮食与饲料工业,2019,2(05):1-4+6.

[6]谢明财,季波,龙振华,等.高温高湿储粮区控温气调储粮工艺研究及应用[J].粮食科技与经济,2022,47(02):69-72.

[7]国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准食品中水分的测定:GB5009.3—2016[S].2016.

[8]国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.稻谷储存品质判定规则:GB/T20569—2006[S].2006.

[9]国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.粮油检验稻谷出糙率检验:GB/T5495—2008[S].2008.

[10]国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.优质稻谷:GB/T17891—2017[S].2017.

[11]国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.稻谷整精米率检验法:GB/T21719—2008[S].2008.

[12]国家粮食局.粮油检验稻谷新鲜度测定与判别:LS/T6118—2017[S].2017.

[13]罗玉航,方鑫碧,王军,等.基于多指标跟踪的高大平房仓稻谷品质劣变规律与控温控湿策略[J].粮食与饲料工业,2025(2):36-40.

[14]费杏兴,李冬坤,殷月,等.粳稻谷储存中谷外糙米对稻谷品质的影响研究[J].粮食储藏,2015,44(4):43-47.

[15]王世铭,赵妍,陈正根,等.二氧化碳气调结合控温技术对高大平房仓储藏稻谷的品质及微生物变化的影响[J].粮食与油脂,2026,39(01):87-97.

[16]张祎,宋江峰,何璟,等.基于主成分分析不同品种粳米的综合品质[J].农产品加工,2025,(16):68-75+82.

[17]张玉荣,李月.氮气气调储藏下不同温度对晚粳稻品质的影响[J].食品安全质量检测学报,2023,14(16):160-169.

[18]宋杨,纪立波.浅圆仓稻谷保鲜技术的应用与品质分析[J].现代食品,2025,(21):21-25.

作者简介:

张景宇(1999--),男,汉族,吉林松原人,本科,研究方向:粮油储藏。