

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.04.023

陈月银, 黄东阳, 吴问君, 等. 高温高湿地区两种空调控温模式对稻谷安全储藏的影响研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(4): 170-176.

CHEN Y Y, HUANG D Y, WU W J, et al. Effects of two air-conditioning temperature control modes on the safe storage of rice in high-temperature and high-humidity areas[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(4): 170-176.

高温高湿地区两种空调控温模式对稻谷安全储藏的影响研究

陈月银¹, 黄东阳¹, 吴问君¹, 魏海山¹, 钟伟先¹, 蔡庆春¹, 郑元欣¹, 郭超²✉

(1. 广东省储备粮管理集团有限公司梅州直属库, 广东 梅州 514071;

2. 广东省粮食科学研究所有限公司 粮食储藏与害虫防治研究室, 广东 广州 510310)

摘 要: 研究了温度为 22 °C、日开启时长 13 h 和温度为 24 °C、日开启时长 24 h 的空调控温模式下高温高湿储粮区稻谷储藏过程粮堆温度变化情况, 比较了控温储藏前后稻谷水分和脂肪酸值的变化情况, 分析了不同深度粮堆水平方向上各层温度变化差异, 评估了利用空调控温实现准低温储粮的技术可行性。结果表明, 在不同空调运行模式下, 粮堆平均温度和最高粮温均缓慢升高。空调控温储粮对粮堆表层温度影响较大, 对中层粮温影响较小, 在空调控温储藏期间下层粮温可能受地坪温度影响。降低控温温度但缩短其控温时长的控温模式更加经济高效, 采取 22 °C+13 h 的控温模式比 24 °C+24 h 的控温模式能够节约 12.4% 左右的用电费用。同时, 控温空调对基础粮温较低的粮堆在仓温、表层粮温以及平均粮温的控制效果上较为明显, 粮堆基础粮温对控温储粮技术的实施具有重要作用。

关键词: 空调; 控温; 稻谷; 高温高湿储粮区**中图分类号:** S 379.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2023)04-0170-07

Effects of Two Air-conditioning Temperature Control Modes on the Safe Storage of Rice in High-temperature and High-humidity Areas

CHEN Yue-yin¹, HUANG Dong-yang¹, WU Wen-jun¹, WEI Hai-shan¹, ZHONG Wei-xian¹,
CAI Qing-chun¹, ZHENG Yuan-xin¹, GUO Chao²✉

(1. Meizhou Depot of Guangdong Grain Reserve Management Group Co., Ltd, Meizhou, Guangdong 514071, China; 2. Laboratory of Grain Storage and Pest Control, Grain Storage and Logistics National Engineering Laboratory, Guangdong Institute for Cereal Science Research, Guangzhou, Guangdong 510310, China)

Abstract: The temperature changes of grain piles during rice storage in high-temperature and high-humidity grain storage areas were studied under the air-conditioning temperature control mode with a temperature of 22 °C and a daily opening time of 13 h and a temperature of 24 °C and a daily opening time of 24 h. The changes of rice moisture and fatty acid values before and after temperature-controlled storage were compared,

收稿日期: 2023-04-11**基金项目:** 中国烟草总公司烟草绿色防控重大专项[110202101029 (LS-04)]; 粤储粮科研重大专项 (2021001)**Supported by:** Project of Tobacco Green Prevention and Control of China National Tobacco Corporation [No. 110202101029 (LS-04)]; Project of Guangdong Grain Reserve Management Group Co., Ltd (No. 2021001)**作者简介:** 陈月银, 女, 1996 年出生, 硕士, 研究方向为粮食储藏。E-mail: cyy13414969523@163.com**通讯作者:** 郭超, 男, 1982 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为储藏物昆虫与害虫生物防治。E-mail: guochao2000@139.com

and the differences in temperature changes in each layer in the horizontal direction of grain piles at different depths were analyzed. The results showed that the average temperature and the maximum grain temperature of the grain pile increased slowly under different air-conditioning operation modes. Air-conditioned temperature-controlled grain storage had a greater impact on the surface temperature of the grain pile, but less impact on the middle layer grain temperature. During the air-conditioned temperature-controlled storage period, the lower layer grain temperature may be affected by the floor temperature. The temperature control mode that lowered the temperature control temperature but shortened the temperature control time was more economical and efficient. The temperature control mode of $22\text{ }^{\circ}\text{C} + 13\text{ h}$ could save about 12.4% of electricity costs compared with the temperature control mode of $24\text{ }^{\circ}\text{C} + 24\text{ h}$. At the same time, the control effect of the warehouse temperature, surface grain temperature and average grain temperature of the grain pile with a lower basic grain temperature was more obvious, and the basic grain temperature of the grain pile played an important role in the implementation of temperature-controlled grain storage technology.

Key words: air-conditioning; temperature control; paddy; high temperature and high humidity grain storage area

我国南方气候常年高温高湿,特别是夏季时高温导致粮堆表层粮食品质劣变快,常规储藏技术下储备粮安全储藏的难度远远大于国内其它省份^[1]。一定的储粮生态系统中,利用控温技术调节粮堆温度,从而降低粮堆的呼吸强度,抑制害虫和微生物生长,达到安全储粮、延缓粮食品质下降和节能降耗的目的,包括低(准低)温储粮,即将平均粮温控制在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) 以内,最高粮温控制在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) 以内^[1]。低温储藏可以延缓粮食品质劣变以及降低虫霉危害,是保证粮食安全的重要措施^[2-3]。空调控温技术作为实现低温储粮的重要方式之一已获得普遍认可。空调控温技术在储粮保质和减损方面作用显著,可通过控制仓温和表层粮温,来降低粮堆的呼吸强度,抑制害虫和微生物生长,以达到安全储粮、延缓粮食品质下降和节能降耗的效果^[1,4]。

目前,国内外已有关于控温储粮的研究报道,主要围绕控温效果^[4-6]、能耗效益^[4-6]、储粮品质变化^[1]、低温对害虫的致死作用^[7-9]等方面开展研究。郭超等^[1]指出空调控温对延缓表层稻谷脂肪酸值升高具有显著作用,并对改善整仓粮食品质具有一定的作用。王平坪等^[4]报道在相同的空调运行条件下,空调对稻谷平房仓内仓温及表层粮温的控制效果优于玉米仓,对立筒仓表层粮温的控制效果明显,可延缓其变化幅度和降低温度值^[4]。田琳等^[9]报道了华北地区高大平房仓在度夏期间,利用空调控温技术,将仓温和表层平均粮温有效控制在 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,但同一粮层不同位点温度差异大。大量研究发现,空调控温技术可以延缓广西、海南等高温高湿储粮区稻谷品质劣变,确保粮食安全度夏^[11-12]。此外,姚

锡鹏等、元世昌等介绍了粮食控温储藏与保质减损技术研究进展^[10-11]。王智颖等提出现有粮食行业推广的控温储粮技术,在有效的温度和足够的暴露时间下,采用控制温度防治害虫的策略是不可行的^[7]。关于控温储粮期间能耗效益的报道,王晨阳等报道在控温过程中,耗电量与外界温度和开门作业时长密切相关,企业需根据外界温度及时调整冷凝设定温度,同时减少进出仓作业时长,从而实现准低温储存,提高企业控温储粮经济性^[5]。空调温度的设置应根据气温和粮情的变化适时做出调整,在达到控温目标的同时实现节能降耗^[4,12]。空调控温储粮技术因不科学的使用模式而造成运行成本过高,但如何科学经济合理使用空调,因涉及不同储粮区外界气温差异、不同储粮工艺等差异难以参照。

以广东省储备粮管理集团有限公司梅州直属库两座高大平房仓为实验仓,研究了不同开启温度和开启时长模式下的空调能耗,比较了 $22\text{ }^{\circ}\text{C}+13\text{ h}$ 、 $24\text{ }^{\circ}\text{C}+24\text{ h}$ 空调运行模式下粮堆温度变化、品质变化情况,分析了粮堆各层温度变化情况,评估了利用空调控温实现准低温储粮的技术可行性,为广东省高温高湿储粮区高大平房仓空调控温储粮提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 实验仓房

广东省储备粮管理集团有限公司梅州 1 号和 6 号高大平房仓,内长 53.6 m ,宽 26.2 m ,装粮线高度 6 m ,粮堆高度 5.9 m ,粮堆体积 $8\,285\text{ m}^3$,设计仓容 $6\,250\text{ t}$ 。各仓储粮情况见表 1 所示。

表 1 空调试验仓储粮情况
Table 1 Initial indicators of storage grain in air-conditioning test warehouse

仓号	品种	等级	入库年份	水分/%	脂肪酸值/(g/L)	平均粮温/℃	最高粮温/℃
1 号仓	早籼稻	2	2021.8	12.0	18.9	18.7	22.8
6 号仓	早籼稻	2	2021.8	12.9	19.5	19.5	23.7

1.2 实验器材和设备

30 kW YSWKF-30 型粮食专用空调：江苏永昇空调有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 仓房气密性测定

参照粮油储藏 平房仓气密性要求（GB/T 25229—2010）^[13]。

1.3.2 粮情检测点的设置

1 号仓和 6 号仓粮堆长边设置 12 排、宽边设有 7 排测温电缆，共 84 根测温电缆（如图 1 所示），

每根电缆 4 个测温点，总共 336 个测温点，测温线距离两个墙面的距离均为 0.5 m。竖向第 1 个测温点距离粮面和最后 1 个测温点距离地坪均为 0.5 m，且测温点之间的距离大约 1.6 m，即 S1 层距粮面深度为 0.5 m，S2 层距粮面深度为 2.1 m，S3 层距粮面深度为 3.7 m，S4 层距粮面深度为 5.3 m。各层测温点编号如图 2 所示。

1.3.3 空调控温储粮运行工艺

1 号仓和 6 号仓均安装 2 台 30 kW 新型一体式空调，分别悬挂于仓房南北方向，呈对角线分布。选取高温高湿储粮区外界气温上升期间（运行时间：

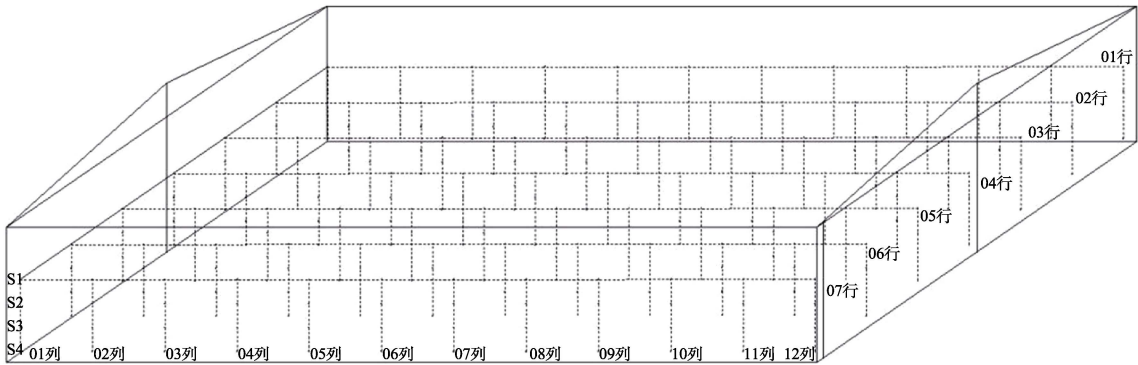


图 1 空调实验仓粮温检测点设置情况

Fig.1 Distribution of monitoring point of paddy temperature in test warehouse by air-conditioning

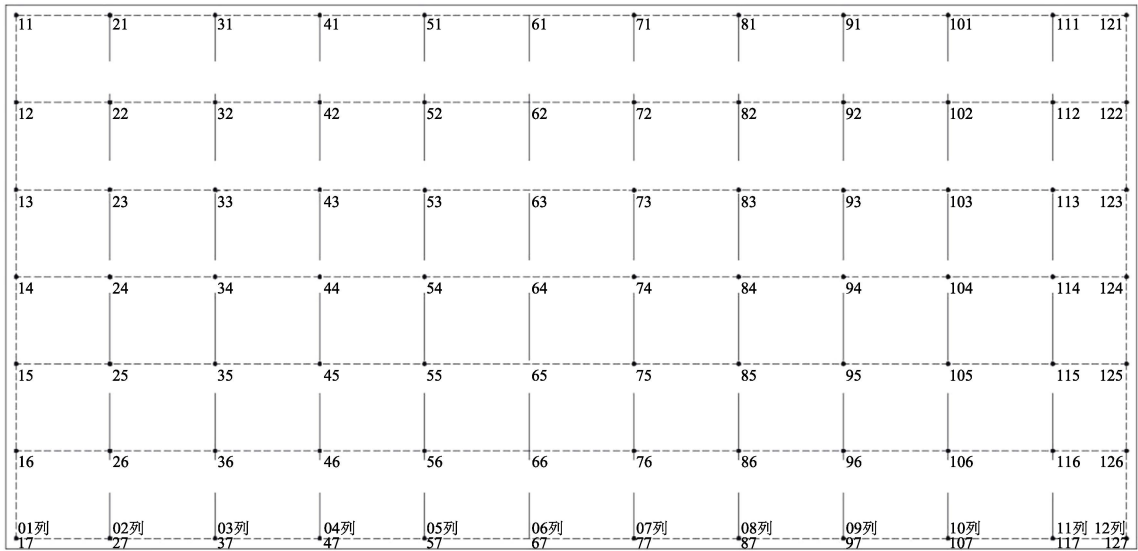


图 2 1 号仓粮温检测点编号设置

Fig.2 Distribution of and serial number of grain temperature detection point in 1# warehouse

2022 年 5 月 31 日至 2022 年 7 月 29 日), 开启空调运行, 其中 1 号仓空调设置开启温度为 22 ℃, 每天运行 13 h (7:00–20:00), 6 号仓空调设置开启温度为 24 ℃, 每天运行 24 h (0:00–24:00)。各仓电表用于统计实验期间空调能耗。

1.3.4 稻谷水分检测

参照 GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定^[14]。

1.3.5 稻谷脂肪酸值检测

参照 GB/T 20569—2006 稻谷储存品质判定规则^[15]。

1.4 数据分析

数据差异显著性分析, 采用 SPSS 17.0^[16]。各层温度分布情况绘制采用 Surfer11.0 和 AutoCAD2008 绘制参照白世彪^[17], 并将各层按照从上至下的顺序合并为粮温分布图。

2 结果与分析

2.1 空调实验仓 1 号仓和 6 号仓粮堆温度变化情况

空调实验仓 1 号仓和 6 号仓粮温变化如表 2 所示。由表 2 可知, 在不同空调运行模式下, 粮堆平均温度和最高粮温均缓慢升高, 其中在 22 ℃+13 h 模式下的 1 号仓的平均粮温由 18.7 ℃升高至 19.5 ℃, 而在 24 ℃+24 h 模式下 6 号仓平均粮温由 19.5 ℃升高至 20.3 ℃, 平均粮温均升高了 0.8 ℃。在空调运行期间, 1 号仓和 6 号仓最高粮温均未超过 25 ℃, 其中 1 号仓最高粮温低于 23.7 ℃。一般地, 平均粮温常年保持在 20 ℃及以下, 局部最高粮

温不超过 25 ℃的储藏方式称之为准低温储藏^[18]。实验期间, 空调实验仓 6 号仓从 2022 年 5 月 31 日至 2022 年 7 月 4 日保持准低温储粮, 空调实验仓 1 号仓从 2022 年 5 月 31 日至 2022 年 7 月 29 日保持准低温储粮。开启空调控温后, 控温技术对粮堆局部温度虽有一定影响, 但因空调实验仓 1 号仓基础粮温低于 6 号仓, 空调实验仓 1 号仓准低温储粮保持效果优于 6 号仓, 这表明粮堆基础粮温对控温储粮技术的实施具有重要的作用, 建议进一步开展冬季通风降低粮堆基础粮温。

6 月份, 1 号仓仓温从 24.5 ℃降低并保持在 21.9 ℃至 22.7 ℃时, 表层粮温从 22.1 ℃降低至 21.7 ℃, 平均粮温为 18.8 ℃至 19.0 ℃, 变化幅度仅为 0.2 ℃, 最高粮温从 23.0 ℃降低至 22.6 ℃, 变化幅度为 0.4 ℃。7 月份, 梅州进入高温季, 日平均温度为 34.9 ℃, 夜平均温度为 25.2 ℃, 最高温度 38.0 ℃。1 号仓仓温、表层粮温以及平均粮温均有所回升, 仓温从 22.0 ℃逐步小幅升高至 22.5 ℃, 表层粮温从 21.8 ℃逐步升高至 22.6 ℃, 平均粮温为 19.2 ℃至 19.5 ℃, 变化幅度为 0.3 ℃, 最高粮温从 22.8 ℃升高至 23.6 ℃, 变化幅度为 0.8 ℃。这表明, 空调开启温度不同对仓温、粮堆表层温度、平均粮温和最高粮温具有影响, 外界气温也对粮堆温度具有影响, 其变化规律值得进一步研究。截止 7 月底, 1 号仓粮温变化接近 6 号仓 5 月底的粮温。同时, 空调实验仓 6 号仓仓温维持在 23.0 ℃至 24.8 ℃, 表层粮温由 22.9 ℃升高至 23.3 ℃, 平均粮温和最高粮温逐步升高至 20.3 ℃、24.4 ℃。

表 2 空调实验仓 1 号仓和 6 号仓粮温变化情况

Table 2 Changes of grain temperature in 1# and 6# warehouse

℃

时间	22 ℃+13 h 模式 (1 号仓)				24 ℃+24 h 模式 (6 号仓)			
	仓温	表层粮温	平均粮温	最高粮温	仓温	表层粮温	平均粮温	最高粮温
2022.5.31	24.5	21.9	18.7	22.8	24.8	22.7	19.5	23.7
2022.6.6	24.5	22.1	18.8	23.0	24.8	22.9	19.6	23.7
2022.6.13	22.7	22.3	18.9	22.6	24.0	23.0	19.7	23.5
2022.6.20	22.4	22.0	18.9	22.3	23.7	22.9	19.7	23.5
2022.6.27	21.9	21.7	19.0	22.6	23.8	22.9	19.9	24.6
2022.7.4	22.0	21.8	19.2	22.8	25.0	23.3	20.0	23.8
2022.7.11	21.8	22.0	19.3	22.7	23.0	23.1	20.1	23.7
2022.7.18	22.1	21.9	19.4	23.3	23.8	22.9	20.2	23.9
2022.7.25	22.4	22.3	19.6	23.7	23.6	23.1	20.4	24.2
2022.7.29	22.5	22.6	19.5	23.6	24.1	23.3	20.3	24.4

2.2 空调实验仓 1 号仓不同深度粮堆水平层温度变化差异

空调实验仓 1 号仓不同深度粮堆水平层温度变化情况如图 3 所示。由图 3 可知, 1 号仓粮堆各层温度存在不同的温度范围, 上层粮温和下层粮温温度相对较高, 中下层粮温高于中上层粮温。在实验控温期间, 上层粮温 S1 层 6 月份 22 ℃ 以上分布区域逐渐缩

小, 而 7 月份随着仓温升高, S2 层粮温 22 ℃ 以上分布区域逐渐扩大。下层粮温 S4 层粮温逐渐升高, 并在第 3 列、第 7 列和第 10 列测温点形成明显的冷芯。中上层粮温 S2 层、中下层 S3 层粮温逐渐升高, 第 3 列、第 7 列和第 10 列测温点冷芯区域逐渐缩小。这表明, 空调控温储粮对粮堆表层温度影响较大, 中层粮温影响较小, 下层粮温可能受到地坪温度影响。

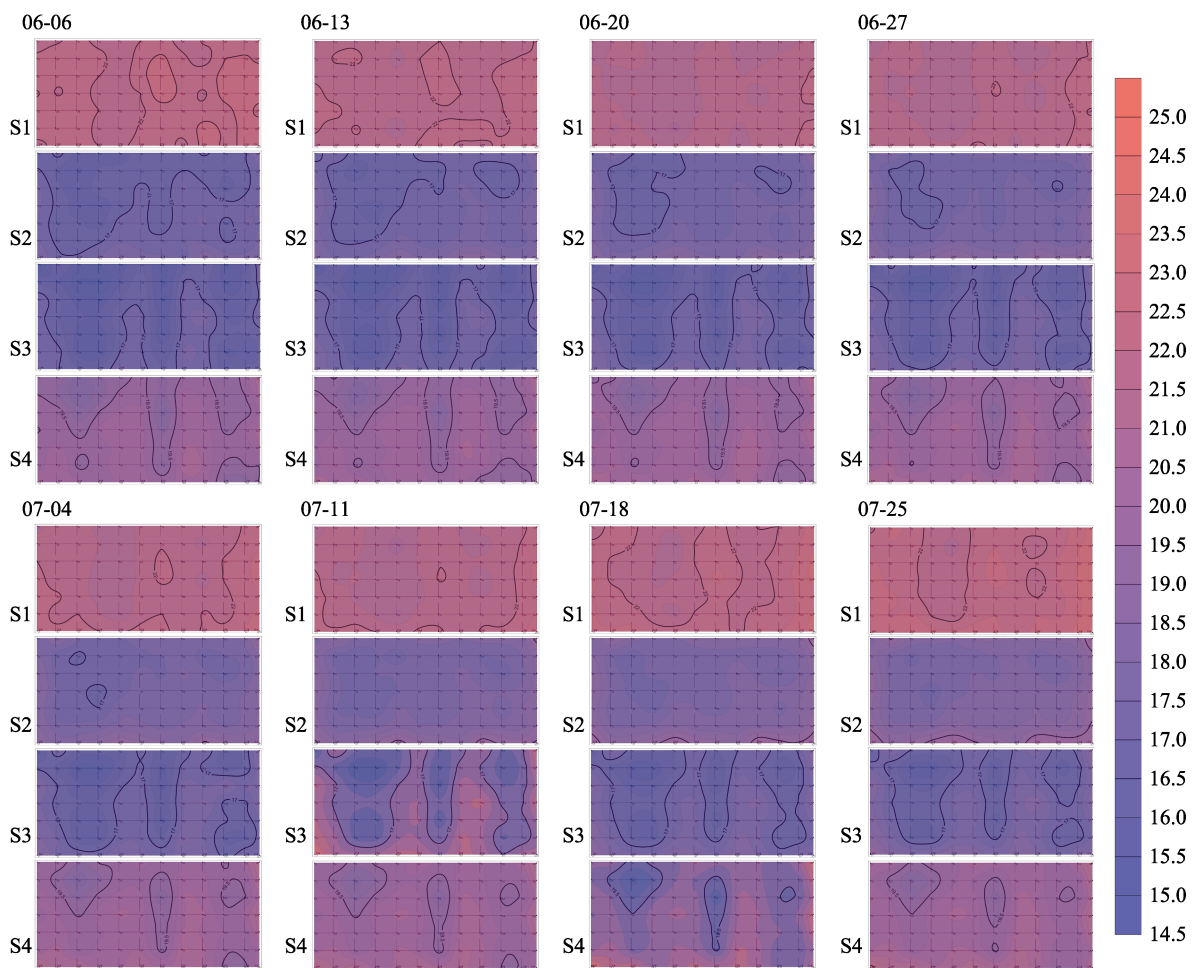


图 3 空调实验仓 1 号仓不同深度粮层水平温度分布变化
Fig.3 Temperature distribution of different deep grain layer in 1# and 6# warehouse

2.3 空调控温前后稻谷品质变化情况

空调控温前后稻谷品质变化如表 3 所示。由表 3 可知, 空调控温后, 1 号仓稻谷的水分保持不变, 脂肪酸值上升 2.2 mg KOH/100 g, 升高了 11.6%, 而 6 号仓水分损耗 0.2%, 脂肪酸值升幅较大, 为 3.4 mg KOH/100 g, 升高了 17.4%。由表 4 可知, 根据 SPSS17.0 两配对 T 检验分析, 空调控温储粮模式对稻谷水分变化影响较小, 对脂肪酸值变化影响较大, 但在 60 d 有限储藏期间在 95% 置信区间下, 空

调控温对稻谷的品质影响差异不显著。

表 3 空调控温前后稻谷品质变化情况			
Table 3 Changes in quantity indicators of storage paddy before and after temperature control with air-conditioning			
品质指标	运行模式	控温前	控温储藏 60 d 后
水分/%	22 ℃+13 h	12.0	12.0
	24 ℃+24 h	12.9	12.7
脂肪酸值/ (mg KOH/100 g)	22 ℃+13 h	18.9	21.1
	24 ℃+24 h	19.5	22.9

表 4 两配对 T 检验结果分析
Table 4 Results analysis of paired t-test

检测指标	成对差分					t	df	Sig.（ 双侧）
	均值	标准差	均值的标准误	差分的 95%置信区间				
				下限	上限			
脂肪酸值前-脂肪酸值后	-2.800 00	0.848 53	0.600 00	-10.423 72	4.823 72	-4.667	1	0.134
水分前-水分后	0.100 00	0.141 42	0.100 00	-1.170 62	1.370 62	1.000	1	0.500

2.4 不同运行模式下空调能耗对比分析

22℃+13 h、24℃+24 h 空调运行模式下空调能耗情况如表 5 所示。由表 5 可知, 在 60 d 周期内, 1 号仓空调总电耗为 13 081.05 kW, 而 6 号仓总电耗为 14 940.61 kW, 比 1 号仓要高 12.4%。

表 5 空调实验仓 1 号仓、6 号仓空调耗能情况
Table 5 Energy consumption of air-conditioning in 1# and 6# warehouse

仓号	空调开启 时长/h	空调观测 周期/d	总电耗/ kW	日均电耗/ kW
1	13	60	13 081.05	218.02
6	24	60	14 940.61	249.01

控温储粮能有效抑制粮食籽粒的呼吸代谢、抑制粮堆内有害生物的生命活动, 减少经济损失, 降低化学药剂及虫霉污染。有报道指出全天开启空调的控温效果优于仅白天开启空调的控温效果, 但空调能耗较高^[19], 该研究结果与本研究结果相反, 主要原因在于设置的控温模式不同。张景等^[20]认为间歇式控温相对于持续控温, 不仅保证粮食安全度夏, 还能降低空调的用电损耗。本研究采用的两种控温方法均在控制高大平房仓粮温、延缓稻谷品质劣变以及节约成本上具有积极的效果, 但是降低控温温度而缩短其控温时长的控温模式 (13 h, 22℃) 更加经济高效。

3 结论

以我国广东省高温高湿地区高大平房仓储藏稻谷为对象, 研究比较了 22℃+13 h、24℃+24 h 空调运行模式下粮堆温度变化、品质变化情况, 分析了粮堆各层温度变化情况。结果表明, 在高温高湿地区高大平房仓使用空调控温技术, 在两种空调运行模式下, 粮堆平均温度和最高粮温均缓慢升高, 空调控温储粮对粮堆表层温度影响较大, 对中层粮温影响较小, 在 22℃+13 h 的控温模式可保持稻谷水分、延缓脂肪酸值升高、降低空调运行能耗。同

时, 采取 22℃+13 h 的控温模式比 24℃+24 h 的控温模式能够节约 12.4% 左右的用电费用。基础粮温较低的粮堆仓温、表层粮温以及平均粮温的控制效果更为明显。粮堆各层温度存在不同的温度范围, 上层粮温和下层粮温温度相对较高, 中下层粮温高于中上层粮温。从整体上看, 升高空调控温温度而延长其控温时间的控温模式虽具有较好的控温效果, 但并未达到经济高效的储粮目标, 而降低控温温度但缩短其控温时长的控温模式更加适合高大平房仓的稻谷储存。

参考文献:

- [1] 郭超, 郑妙, 劳传忠, 等. 空调控温储粮对稻谷脂肪酸值变化的影响[J]. 粮食科技与经济, 2015, 40(4): 42-44.
GUO C, ZHENG M, LAO C Z, et al. Changes in fatty acid value of paddy during quasi-low temperature storage[J]. Food Technology and Economy, 2015, 40(4): 42-44
- [2] 王春霞, 易文裕, 余满江, 等. 稻谷储藏品质研究现状及展望[J]. 粮食加工, 2020, 45(3): 39-43.
WANG C X, YI W Y, YU M J, et al. Research status and development trend of the quality of stored rice[J]. Grain Processing, 2020, 45(3): 39-43.
- [3] 童茂彬, 李岩, 董晓欢, 等. 不同储藏方式对糙米储藏品质的影响研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(1): 96-102.
TONG M B, LI Y, DONG X H, et al. Influence of storage methods on storage quality of Indica brown rice[J]. Journal of Henan University of Technology(Natural Science Edition), 2013, 34(1): 96-102.
- [4] 王平坪, 陈忠南, 王文强, 等. 高温高湿储粮区空调控温储藏应用研究[J]. 粮食储藏, 2021, 50(1): 13-18.
WANG P P, CHEN Z N, WANG W Q, et al. Study on the application of temperature control storage with air conditioner in high temperature and high humidity grain storage area[J]. Grain Storage, 2021, 50(1): 13-18.
- [5] 王晨阳, 黄信, 曾勇, 等. 华南地区大米冷凝控温储藏的效益分析[J]. 粮食科技与经济, 2021, 46(3): 67-69+77.
WANG C Y, HUANG X, ZENG Y, et al. Analysis of the benefits of rice condensation and temperature control in South

- China[J]. Grain Technology and Economy, 2021, 46(3): 67-69+77.
- [6] 邹善韬. 空调控温结合毛毡压盖储粮技术应用实验[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(9): 56-58.
- ZOU S T. Air conditioning temperature control combined with the application test of the grain storage technology of felt pressure cover[J]. Grain Technology and Economy, 2020, 45(9): 56-58.
- [7] 王智颖, 何梦婷, 郭超, 等. 极端温度对三种扁谷盗属储粮害虫的致死作用[J]. 中国粮油学报, 2021, 37(4): 147-152.
- WANG Z Y, HE M T, GUO C, et al. Lethal effects of extreme temperatures to stored grain cryptolestes species[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 37(4): 147-152.
- [8] ATHANASSIOU C G, ARTHUR F H. Cool down—warm up: differential responses of stored product insects after gradual temperature changes[J]. Insects, 2020, 11(3).
- [9] 田琳, 张海洋, 祁智慧, 等. 华北地区高大平房仓稻谷控温储粮情况研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(6): 247-253.
- TIAN L, ZHANG H Y, QI Z H, et al. Study on the temperature and storage of grain control in the warehouse in North China[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(6): 247-253.
- [10] 姚锡鹏, 舒在习, 贾温倩, 等. 粮食控温储藏与保质减损技术研究进展[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(1): 55-58.
- YAO X P, XU Z X, JIA W Q, et al. The research progress of grain temperature control storage and quality loss technology[J]. Grain Technology and Economy, 2020, 45(1): 55-58.
- [11] 元世昌, 何学书. 控温储粮研究进展[J]. 粮食加工, 2019, 44(5): 73-75.
- YUAN S C, HE X S. An Overview of temperature control storage[J]. Grain Processing, 2019, 44(5): 73-75.
- [12] 王平坪, 吴俊友, 许海峰, 等. 不同粮种的空调控温储藏应用效果对比实验[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(9): 48-52+79.
- WANG P P, WU J Y, XU H F, et al. Comparison test of air-conditioning temperature control application effects of different grains[J]. Grain Technology and Economy, 2020, 45(9): 48-52+79.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 25229—2010: 粮油储藏 平房仓气密性要求[S].
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 25229—2010: Grain and oils storage- Requirement of airtightness of warehouse[S]. Beijing: China Standard Press.
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016: 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.3—2016: National Standards for Food Safety: Measurement of water in food[S].
- [15] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 20569—2006: 稻谷储存品质判定规则[S]. 2006.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 20569—2006: Guidelines for evaluation of paddy storage character[S].
- [16] 张文彤, 邱春伟. SPSS 统计分析基础教程(第 2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- ZHANG W T, KUANG C W. SPSS statistical analysis basic tutorial (2nd Edition)[M]. Beijing: Higher Education Press, 2011.
- [17] 白世彪, 王建, 常直杨著. 地理信息系统理论与应用丛书 Surfer10 地学计算机制图[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- BAI X B, WANG J, CHANG Z Y. Geographic information system theory and application series: surfer 10[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 29890—2013: 粮油储藏技术规范[S].
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 29890—2013: Technical criterion for grain and oil-seeds storage[S].
- [19] 李兵, 周云根, 吴建波, 等. 不同空调控温方法对储粮控温效果和能耗的研究[J]. 粮油仓储科技通讯, 2021, 37(1): 11-14.
- LI B, ZHOU Y G, WU J B, et al. The study of different air-conditioning temperature control methods for the temperature and energy consumption of grain storage control and energy consumption[J]. Grain and oil storage technology communication, 2021, 37 (1): 11-14.
- [20] 张景, 翁胜通, 向征. 浅圆仓不同控温方式效果及能耗研究[J]. 粮食储藏, 2021, 50(6): 22-24+30.
- ZHANG J, WENG S T, XIANG Z. Effect of different temperature control methods and energy consumption of light control in the shallow circle warehouse[J]. Grain storage, 2021, 50(6): 22-24+30. ㊟
- 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。