

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.032

湖南地区空调控温储粮应用研究

周涛¹, 张兵¹✉, 刘博¹, 陈渠玲², 甘平洋¹, 李娜³

- (1. 中南粮油食品科学研究院有限公司, 长沙 410008;
2. 湖南粮食集团, 长沙 410008;
3. 湖南农业大学 食品科学技术学院, 长沙 410128)

摘要: 针对湖南地区夏季湿热, 稻谷易发热霉变等问题, 利用空调控温技术对高大平房仓开展储粮度夏实验, 对稻谷粮温、水分、脂肪酸值等品质指标的变化规律及能耗使用情况进行分析, 为湖南省准低温科学储粮提供有效科学依据。结果表明, 空调控温技术在湖南地区的最佳使用时间段为7~8月高温阶段, 该技术的运用可实现高大平房仓的准低温储藏, 减少稻谷水分的流失, 有效延缓稻谷脂肪酸值的上升速率, 一定程度上抑制了粮堆虫害的发生, 使稻谷安稳度夏, 保证粮食品质和安全, 经济效益明显。

关键词: 空调控温; 准低温; 储粮; 品质变化

中图分类号: TS205.7 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0229-05

Research on the Application of Air-conditioning Control Temperature to Store Grain in Hunan

ZHOU Tao¹, ZHANG Bing¹✉, LIU Bo¹, CHEN Qu-ling², GAN Ping-yang¹, LI Na³

- (1. Central South Food Science Institute of Grain and Oil Co., Ltd., Changsha, Hunan 410008, China;
2. Hunan Grain Group Co., Ltd., Changsha, Hunan 410008, China; 3. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: Aiming at the problems that paddy is prone to fever, mildew and so on due to the characteristics of the hot and humid summer climate in Hunan, the air-conditioning control temperature technology was used to carry out the summer experiment of grain storage in the large warehouses. The changes of the paddy's temperature, moisture, fatty acid value and other quality indicators as well as the energy consumption were analyzed. In order to provide an effective scientific basis for quasi-low temperature grain storage in Hunan Province. The results showed that the best period of using air-conditioning control temperature technology in Hunan was the high temperature period from July to August. The application of this technology can realize the quasi-low temperature storage of large warehouses, reduce the loss of paddy's moisture, and effectively delay the ascent rate of paddy's fatty acid value. Restrained the occurrence of insect pests in the grain heap to a certain extent, stabilized the rice in summer, ensured the quality and safety of grain, and has obvious economic benefits.

Key words: air-conditioning control temperature; quasi-low temperature; grain storage; quality change

收稿日期: 2020-04-22

基金项目: 湖南省科技计划项目经费资助: 粮食绿色储藏湖南省重点实验室(2018TP1032); 国家重点研发计划(2016YFD0401000); 湖南省科技创新计划(2018XK2006)

作者简介: 周涛, 男, 1994年出生, 硕士, 研究方向为粮食储藏。

通讯作者: 张兵, 男, 1994年出生, 高级保管员, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: 251502162@qq.com.

“民为国基，谷为民命”。粮食是国民生存和国家发展的主要资源，粮食安全是国家安全的重要基础，我国粮食储备量大，且储藏周期长，科学合理减少品质损耗和降低保管能耗一直是我国粮食行业关注的重点^[1]。温度是决定储粮稳定性的重要因素之一，目前针对稻谷不耐高温储藏的特性，在如今各项科学储粮技术中，低温储粮技术无疑是关键手段^[2]。通过空调控温，使储粮长期保持在较低的温度，能够有效抑制粮堆内有害生物的生命活动及粮食的新陈代谢^[3]，这也是我国各粮库采取的主要措施^[4]。

湖南省属亚热带季风气候，该气候以冬季干冷夏季湿热为显著特征，夏季日平均气温在 30℃ 以上有 85 d，气温高于 35℃ 的炎热日平均约 30 d。这种气候状况决定了湖南省应以低温储粮为目标，避免夏季高温对粮食的不良影响^[5]。

本课题通过研究空调控温技术对稻谷粮温、水分、脂肪酸值等指标的影响及能耗的使用情况，

探讨湖南地区空调控温的最佳使用时间段及能否获得有效的经济效益，来为湖南省准低温科学储粮提供有效的科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验仓房

实验仓采用开慧库区 OP6 号仓，对照仓为 OP8 号仓，两仓均为 2008 年建高大平房仓，朝向相同，长 35.6 m，宽 23.6 m，檐高 8 m，装粮线 6 m，仓容 3 800 t，墙体为砖混结构，大门内门板采用 2 cm 厚聚氨酯铝板；仓顶采用彩钢瓦，喷上 2~3 cm 厚聚氨酯，加吊 2 cm 厚聚氨酯铝板吊顶；窗户采用聚氨酯铝板定制内窗；通风口采用岩棉包隔热，外加 0.12 mmPE 尼龙复合膜压槽密闭。

1.2 储粮情况

实验仓与对照仓均为散装储存 2016 年湖南产早籼稻，入仓品质见表 1。

表 1 实验仓与对照仓稻谷入仓质量情况

仓号	入仓时间/年.月	数量/t	水分/%	杂质/%	出糙率/%	整精米率/%	黄粒米率/%	脂肪酸值/[(KOH/干基)/(mg/100 g)]
OP6	2016.11	2 695	13.1	1.0	75.4	50.3	0.3	18.8
OP8	2016.8	2 858	13.3	1.0	75.6	50.4	0.1	19.2

1.3 储粮测控系统

粮情监测采用郑州贝博电子股份有限公司的粮情检测系统，每仓均匀设置 55 根（8 组×6 行）测温电缆，每根的电缆分 4 个测温点，共计 152 个测温点，布线如图 1 所示。

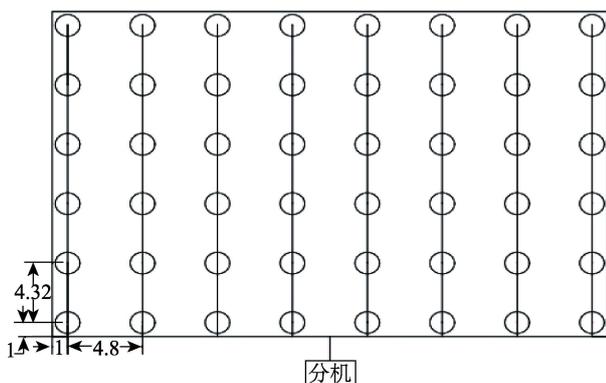


图 1 电缆布置图

1.4 设备

1.4.1 粮食储藏专用空调

型号为 TS-LS051，厂家为河南天硕机电设备有限公司工程有限公司，总功率为 6.8 KW，风机额定功率/电流为 0.5 kw/0.9 A，制冷量 12.6 KW，风量 3 200 m³/h，送风距离 26 m，防腐介质磷化氢，防腐等级大于 0.2%，温度控制范围 20~30℃，自动控制。

1.4.2 检测仪器与设备

BLA-1800 粮食多功能取样器：台州市京奥粮用器材厂；HY-4 调速多用振荡器：上海浦东物理光学仪器厂；JLGJ45 检验砬谷机：浙江台州市粮仪厂；FA1104N 电子天平：上海菁海仪器有限公司；JXFM110 锤式旋风磨：上海嘉定粮油仪器有限公司；202 电热恒温干燥箱：北京市光明

医疗仪器有限公司等。

1.4.3 试剂

无水乙醇、酚酞指示剂、不含二氧化碳的蒸馏水、0.01 mol/L 氢氧化钾-体积分数 95%乙醇溶液。

1.5 方法

1.5.1 扦样与检测方法

仓房取样采用 5 点加全仓三层的取样方法对储藏过程中的稻谷进行取样, 5 个点的平面分布如图 2 所示。在粮堆四个角距相邻两墙各 1 m 处及粮仓水平中心五处各取 3 层样品, 即离粮面 0.5, 2.5, 4.5 m 三层, 将每一层的 5 点样品混合均匀作为全仓每层的样品, 每份样品 250 g, 共 18 份。每个月定期取样, 对样品按照国标方法进行检测, 并做好各项记录(包括电表耗电情况), 保证检测数据真实有效。

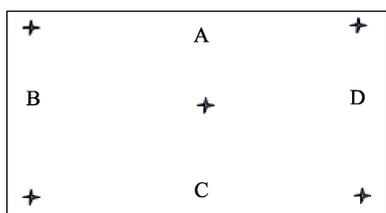


图 2 粮仓中取样点的分布图

1.5.2 高温季节控温措施

1.5.2.1 空调自动控温 实验仓 OP6 采用空调自动控温措施, 将空调温度设置为 25 °C, 保证仓温能控制在 25 °C 以下, 当仓温高于 25 °C 时空调将自动运行降温, 低于或等于 25 °C 时空调处于待机状态。空调全天 24 h 开启, 运行时间为 2018 年 5 月 15 日至 9 月 3 日。

1.5.2.2 轴流风机排除积热 对照仓 OP8 采用轴流风机排除积热方式控温, 利用夜间气温下降且符合通风条件的时机, 打开粮面上部窗子和粮面上部轴流风机, 使得冷空气由窗口进入仓内与热空气进行热交换, 最后热空气自轴流风机口排出仓外, 把白天太阳辐射传入仓内的热量带走, 降低仓内空间温度。

2 结果与分析

2.1 气温、仓温、表层均温和整仓均温变化情况

2.1.1 气温与仓温变化情况

由图 3 可知, 气温在 6 月大幅度骤升, 由 5

月 29 日的 22.7 °C 上升到 6 月 19 日的 35.6 °C, OP8 仓仓温则在 7 月大幅度上升, 由 6 月 28 日的 23.9 °C 上升到 7 月 30 日的 31.9 °C, 这是由于粮堆“冷心”的作用, 可间接影响仓温, 使得仓温变化滞后于气温, 说明仓房隔热性较好。而 OP6 仓温基本稳定在 27 °C 以下, 空调设置温度为 25 °C, 说明空调控温并不能使仓温完全达到预期设定的温度目标, 但能较好的抑制仓温的上升。

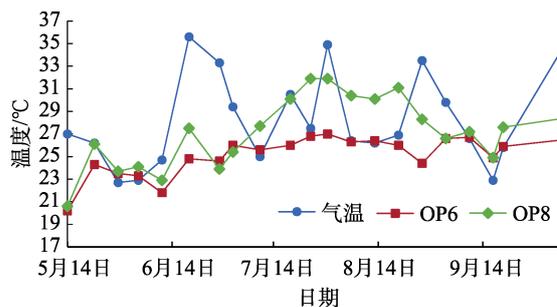


图 3 气温与仓温变化图

2.1.2 表层均温与整仓均温变化情况

由图 3~4 发现, 空调控温期间 5 月 15 日至 9 月 3 日, OP6 表层均温在 25 °C 以下, 同时整仓均温低于 20 °C, 但在空调停止运行后, OP6 表层均温及整仓均温呈现一个轻微上升, 并在两周左右后局部温度超过了 25 °C, 这说明利用空调控温技术可有效的将粮仓控制在准低温储藏水平。两仓表层均温温差于 7 月初逐渐增大, 9 月初趋于稳定, 而整仓均温却相差不大, 这点有效说明了空调发挥作用的主要时段为在 7~8 月高温阶段, 且主要作用在粮堆表层, 对粮堆较深层影响不大。

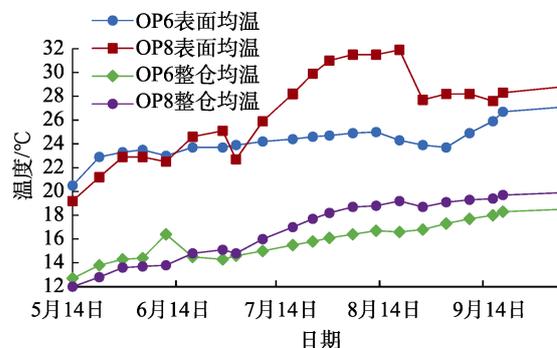


图 4 表层均温与整仓均温变化图

2.2 品质变化

由表 2 可知, 在实验期间常规仓 OP8 较实验

表 2 OP6 和 OP8 仓稻谷水分、黄粒米、脂肪酸值变化情况

仓号	质量指标	检测部位	5月	6月	7月	8月	9月
OP6	水分/%	0.5 m	12.6	12.5	12.3	12.1	12.1
		2.5 m	12.3	12.3	12.2	12.2	12.1
		4.5 m	12.0	12.0	12.0	12.2	12.1
		整仓	12.2	12.0	12.1	12.1	12.3
	黄粒米率/%	0.5 m	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
		2.5 m	0.4	0.7	0.9	1.9	1.2
		4.5 m	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7
		整仓	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8
	脂肪酸值/ [(KOH/干基)/ (mg/100 g)]	0.5 m	24.2	22.9	21.1	23.7	24.5
		2.5 m	23.5	21.6	24.5	25.2	26.3
		4.5 m	22.3	23.5	25.0	26.3	27.2
		整仓	24.5	23.8	26.0	26.6	26.5
OP8	水分/%	0.5 m	12.4	12.2	12.4	12.3	12.3
		2.5 m	12.3	12.4	12.5	12.3	12.2
		4.5 m	11.8	11.7	12	11.9	11.7
		整仓	12.4	12.3	12.4	12.3	12.2
	黄粒米率/%	0.5 m	0.8	0.5	0.6	1.0	1.1
		2.5 m	0.6	0.4	0.5	0.8	0.9
		4.5 m	0.5	0.8	0.8	1.0	1.0
		整仓	0.5	0.5	0.7	1.0	1.0
	脂肪酸值/ [(KOH/干基)/ (mg/100 g)]	0.5 m	23.8	26.0	27.6	28.2	28.3
		2.5 m	27.9	25.4	26.5	27.3	28.0
		4.5 m	23.2	23.5	24.2	25.2	26.3
		整仓	23.5	26.2	26.7	27.0	27.4

仓 OP6 整体出现了水分丢失,黄粒米率和脂肪酸值增长幅度更大的现象。在水分方面,OP6 整仓基本变化不大,表层(50 cm)失水较多,由 12.6% 下降到了 12.1%,而 OP8 整仓和各层皆存在些微水分损失,在 0.2%左右的水平,这表明空调控温使粮仓达到准低温储藏水平能起到一定保水作用,但会使粮堆表层丢失部分水分;在黄粒米率和脂肪酸值方面,OP6 仓整体黄粒米率上升 0.3%,脂肪酸值增长 2 mgKOH/100 g,而 OP8 仓整体黄粒米率上升 0.5%,脂肪酸值增长 3.9 mgKOH/100 g,两仓皆出现一定程度的上升,但常规仓 OP8 整体

上升幅度更大,这表明空调控温技术还能起到一定的延缓粮食黄变、陈化的作用,这对延长储备粮的轮换周期,保障粮食品质起到关键的作用。

2.3 虫害情况

由表 3 可知,在 9 月份,两仓均发生虫害情况,其中 OP6 仓虫害密度达到 3 头/kg,且 OP8 仓在仓内有生物防治技术的运用下,虫害密度为 8 头/kg,仍大于 OP6 仓,这说明空调控温技术的运用还能一定程度上抑制虫害密度的增长,但仓内仍有虫害的发生,因此无法仅靠空调控温技术来达到避免熏蒸的效果。

表 3 OP6 和 OP8 仓虫害密度(主要害虫)变化情况

仓号	6月	7月	8月	9月	9.4	9.29
OP6	0	0	0	3	进行熏蒸	
OP8	0	0	0	8	进行熏蒸	

2.4 效益分析

根据表 4 计量两仓用电费用发现,空调控温技术储粮相较轴流风机排除积热方法储粮每吨用电成本约高出 0.93 元/吨,但在品质方面,空调仓 OP6 的粮质新鲜度优于常规仓 OP8,脂肪酸值上升幅度仅为常规仓的 50%,如果在轮换销售中按质论价,每吨粮预计可提高售价 20 元左右;在水分方面,空调仓比常规仓少丢失 0.3%的水分,每吨粮预计可产生 7 元左右的经济效益,同时更有利于对接粮食的加工生产,降低碎米率;在仓储成本方面,空调控温技术的运用还能一定程度上抑制虫害密度的增长,减少施药的熏蒸量,节约仓储成本。综上,空调控温储粮技术既能保证粮食的数量,又能保证粮食的品质和安全,显著提高经济效益,或因储粮品质陈化程度较低,可延长一年的储存期,更有助于国家的粮食宏观调控。若利用粮仓专用空调控温技术对优质中晚稻进行准低温储藏,则能更好体现该技术的应用价值。

表 4 OP6 仓与 OP8 仓能耗情况

仓号	5月 耗电量/(kw·h)	6月 耗电量/(kw·h)	7月 耗电量/(kw·h)	8月 耗电量/(kw·h)	9月 耗电量/(kw·h)	总耗电量 /(kw·h)	单位能耗 /(kw·h/t)	电价 /(元/kw·h)	总费用 /元
OP6	546	1 024	1 518	1 631	110	4 939	1.83	1.0	4 939
OP8	185	532	781	1 082	0	2 580	0.9	1.0	2 580

3 结论

本文根据空调仓和常规仓中的温度变化, 品质变化及虫害情况, 分析空调控温技术在粮仓中的运用效果及经济效益, 得出以下结论:

粮仓专用空调能在高温天气时间段较好的抑制仓温增长, 但不能使仓温完全达到设置温度以下, 在粮仓专用空调设置温度为 25 °C 的情况下, 可保证粮堆达到准低温储藏水平。两仓表层均温差于 7 月初逐渐增大, 9 月初趋于稳定, 而整仓均温却相差不大, 这点有效说明了空调发挥作用的主要时段为在 7~8 月高温阶段, 且主要作用在粮堆表层, 对粮堆较深层影响不大。

空调控温使粮仓达到准低温储藏水平能起到一定的保水, 延缓粮食黄变, 陈化的作用, 但空调的使用会使仓内粮堆表层丢失部分水分。

粮仓专用空调控温技术的运用还能一定程度上抑制虫害密度的增长, 但仓内仍有虫害的发生,

无法仅靠空调控温技术来达到避免熏蒸的效果。

空调仓 OP6 的粮质新鲜度明显优于常规仓 OP8, 且脂肪酸值上升幅度低于常规仓, 同时粮仓专用空调控温技术的运用还能减少水分的流失及熏蒸的施药量, 既保证了粮食的数量, 又保证了粮食的品质和安全, 相较于少许的能耗费用, 可产生可观的经济效益。

参考文献:

- [1] 元世昌, 何学书. 控温储粮研究进展[J]. 粮食加工, 2019, 44(5): 73-75.
- [2] 俞旭龙, 童新元, 吴献民. 空调控温储粮技术应用试验[J]. 粮油仓储科技通讯, 2013, 29(1): 7-9.
- [3] 陈素君, 赵国武, 陈刚. 空调控温技术在偏高水分稻谷储藏中的应用[J]. 粮油食品科技, 2014(4): 114-116.
- [4] 高树成, 刘长生, 赵旭. 空调控温储藏稻谷品质变化规律的研究[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 66-70.
- [5] 张杰, 赵爱敏, 李明奇, 等. 粮仓专用空调控温储存玉米实验[J]. 现代食品, 2017(12): 122-124. 

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。

· 公益宣传 ·

欢迎订阅 2021 年《中国粮油学报》

《中国粮油学报》是中国科学技术协会主管、中国粮油学会主办的全国食品工业类中文核心期刊。主要刊载谷物、油脂化学、工艺学等方面的研究成果。栏目包括: 稻谷、小麦、玉米、大豆、杂粮、淀粉、蛋白、油脂、饲料、储藏、加工工艺、粮物流通、信息自动化、标准与检测方法及综述。

《中国粮油学报》是国内外公开发行的一级刊物, 邮发代号: 80-720, 国内统一连续出版物号: CN 11-2864/TS, 国际标准连续出版物号: ISSN 1003-0174。月刊, 每月 25 日出版, 铜版印刷, 大 16 开 202 页, 每期定价 69.00 元, 全年定价 828.00 元 (含平刷邮费)。

地址: 北京市西城区百万庄大街 11 号粮科大厦 (100037)

银行汇款开户行: 交通银行北京百万庄支行

户名: 中国粮油学会

账号: 110060774018010013416

电话: 010-68357510 010-68357507

网址: www.lyxuebao.net

E-mail: lyxb@ccoonline.com

《中国粮油学报》微信服务号: 可搜索“中国粮油学报”或“lyxuebao”关注。欢迎投稿, 欢迎订阅!

