

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.03.011

吉林高大平房仓内环流控温稻谷 储藏效果评价

祁智慧¹, 张海洋¹, 张正毅², 孙凤阳², 田琳¹, 唐芳¹

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037;

2. 中央储备粮延吉直属库有限公司, 吉林 延吉 133000)

摘要: 内环流控温技术是近年来新发展起来的一项储粮新技术, 很多仓储企业已积极推广应用, 但大量的实践表明受地理和气候条件的影响, 内环流控温技术的应用效果在不同的地区存在一定的差异。选择吉林省高大平房仓进行粳稻储藏实验, 定期监测内环流控温系统储藏稻谷的粮情及品质数据。结果表明, 内环流控温技术辅以棉被压盖, 可有效控制粮仓内和粮堆温湿度, 确保全年低温储粮, 延缓稻谷品质下降, 减少储藏期间水分损耗, 降低霉变和虫害发生的可能性, 实现安全绿色储粮。对于我国东北地区粮食的安全储藏及内环流控温技术推广应用具有重要的指导意义。

关键词: 内环流控温技术; 稻谷储藏; 品质; 效果评价

中图分类号: TS205.9; S379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)03-0060-06

Evaluation of storage effect of paddy by inner circumfluence temperature-control in high & large warehouse in Jilin

QI Zhihui¹, ZHANG Hai-yang¹, ZHANG Zheng-yi², SUN Feng-yang²,
XU Kai-qiang², TIAN Ling¹, TANG Fang¹

(1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing, 100037;

2. Sinograin Yanji Depot Ltd. Company, Yanji Jilin 133000)

Abstract: Inner circumfluence temperature-control technology is a new grain storage technology developed in recent years, which was applied in many storage enterprises. However, a large number of practices have shown that due to the influence of geographical and climatic conditions, the application effect of the technology varies in different regions. Rice stored in large warehouse with inner circumfluence temperature-control system in Jilin province was selected to monitor regularly grain condition and quality. The results show that inner circumfluence temperature-control technology combined with cotton quilt cover can effectively control the temperature and humidity of the grain warehouse and grain stack. These measures can ensure low temperature storage throughout the year, which can delay the decline of rice quality and reduce water loss and the possibility of the occurrence of mildew and pests, to achieve safe and green grain storage, which has important guiding significance for the safe storage of grain in Northeast China and the promotion and application of inner circumfluence temperature-control technology.

Key words: inner circumfluence temperature-control technology; rice storage; quality; evaluation

东北地区独特的气候生态条件, 成为了我国优

质粳稻主产区。然而稻谷不易储存, 高温极易导致稻谷脂肪酸值升高, 品质发生变化, 特别是粮堆表层。受夏季高温辐射影响, 表层粮温升高, 温差过大易导致结露霉变, 进而品质下降。低温

收稿日期: 2019-01-21

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0401003-2)

作者简介: 祁智慧, 1992年出生, 女, 硕士, 研究实习员。

通讯作者: 唐芳, 1978年出生, 女, 硕士, 副研究员。

是减缓稻谷品质下降的重要储粮手段。

内环流控温技术是在环流和通风技术基础上发展起来的,有效结合环流系统和通风系统,利用粮堆“冷心”储存冷源。在夏季高温季节实施内环流,能降低仓温和粮堆表层粮温、均衡粮堆温度,控制有害生物发生发展,延缓品质劣变,减少化学药剂用量,也是 2016 年中储粮总公司在北方地区重点推广的技术之一^[1]。大量实验及实际应用效果表明内环流均温是有效利用自身低温资源实现准低温储粮的有效手段。韩建平等^[2]通过内环流控温技术的实仓运行,发现内环流在储粮期间控制仓温、仓湿、表层粮食温度、预防害虫及抑制微生物生长等方面有较好的效果。李伟等^[3]证明环流控温对大豆粮堆的水分有均衡的作用且不易引起水分的耗损。刘传云等^[4]研究表明,内环流技术可以将粮食温度控制在 20 ℃ 以内。蔡学军等^[5]研究表明,平房仓内环流均衡温湿度的效应大大提高了储粮的质量。前期大部分内环流技术研究工作是针对玉米、大豆开展的,很少有以东北粳稻作为环流技术低温储藏的研究对象。本实验选择了东北地区中间部位的吉林省延吉地区高大平房仓储存的粳稻为研究对象,仓内安装了内环流控温系统,通过为期 1 年半的粮情及品质数据监控,对该地区内环流低温粳稻储藏的应用效果进行评价,为内环流控温技术在东北地区粳稻储藏的推广应用提供技术指导。

1 材料与方 法

1.1 实验仓条件

1.1.1 实验仓房的基本情况

选择吉林省延吉地区高大平房仓为实验仓。该仓房为砖混结构,长×宽×高比例为 59.7 m×23.16 m×9.38 m,仓内地坪为水泥,装粮线高度为 6.15 m,仓容 5 000 t,气密性良好。仓房配备粮情检测系统、机械通风、环流熏蒸等设备,安装内环流控温系统。该仓储藏的粮食为 2016 年收获的粳稻,2017 年 2 月份入库,散装呈长方形储存。

1.1.2 内环流系统的基本情况

仓房通风道形式为地槽,开孔率为 30%,有

三个通风口,排布形式是一机四道。内环流风机安装在通风口侧内墙粮面上方,风机出风口距粮面 1.5 m,每个通风口各 1 台环流风机,型号为 BHKF-1,功率为 0.75 kW;内环流管内径为 160 mm,材质为供热用无缝金属管,外保温为厚聚氨酯发泡;集成控制箱在外墙南侧,温湿度传感器在仓房正中间的屋架上,距粮面 1.4 m。

1.2 仪器设备

数字式粮情测控系统:北京佳华储良科技有限公司;AS-01 储粮质量安全监测系统:国家粮食局科学研究院;HG-001A 便携式储粮生物危害检测仪:国家粮食局科学研究院;粮食水分测试磨:中储粮总公司;Y081-4IM 轴流风机(0.55 kW),SMART 生物显微镜,DHG-9240A 烘箱,HPS-250 生化培养箱等。

1.3 实验方法

1.3.1 储藏期间通风、保温隔热及内环流控温系统运行情况

2017 年 2 月粮食入库以后,充分利用外界低温低湿的环境条件,采用离心风机机械通风的方式平衡整个粮堆的温湿度并进行蓄冷。2017 年 5 月到 6 月初开启轴流风机并打开窗子进行自然通风。6 月 27 日至 8 月 7 日,开启内环流控温系统。9 月末至 12 月进行间断性轴流风机通风工作,轴流风机功率为 0.55 kW,共 5 台,每天通风时间为晚上 20 点到第二天早上 8 点。2018 年 7 月 8 日至 8 月 20 日再次开启内环流控温系统。内环流控温系统运行期间,其运行条件设置为仓温 24 ℃ 时自动开启,仓温 19 ℃ 时自动关闭。此外,2017 年 3 月粮堆表面采用棉被压盖的方式保温隔热,2017 年 9 月撤掉棉被进行通风,2018 年 3 月再次覆盖棉被。

1.3.2 粮情监测系统布点及检测指标

测温电缆检测点分布如图 1 所示。四周测温点距墙 0.5 m,横向每组间隔 4.9 m,纵向每组间隔 4.5 m。单根测温电缆内嵌 4 个测温点,表层距粮面 0.3 m,其余每点间隔 1.8 m,全仓共 78 根测温电缆,共计 312 个测温点。湿度只检测仓内湿度及外界环境湿度。

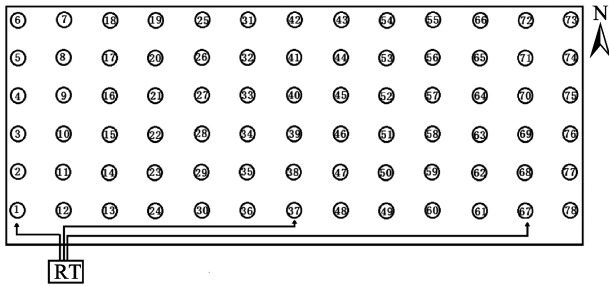


图 1 粮情监测系统布点图

1.3.3 粮堆湿度、水分、CO₂ 和微生物生长及品质检测点的分布与检测方法

CO₂ 监测点及粮堆湿度、水分、微生物生长状况、品质指标检测的取样点分布如图 2 所示，表层取样位置距粮面 0.5 m，中层取样位置距粮面 2.0 m，底层取样位置距粮面 5.5 m。CO₂ 监测数据用储粮质量安全监测系统和便携式储粮生物危害检测仪测定。水分检测参照国标 GB/T 5497^[6]。微生物检测方法参考 LS/T 6132^[7]。品质检测包含脂肪酸值和发芽率，脂肪酸值检测参考 GB/T 20569 附录 A^[8]。发芽率测定参考 GB/T 5520^[9]。

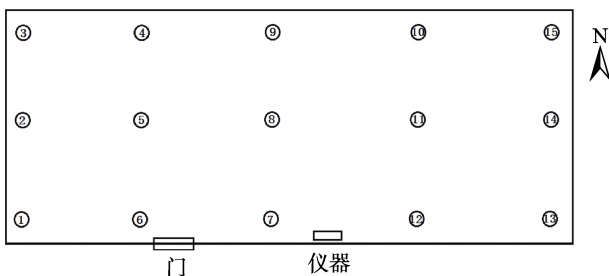


图 2 CO₂ 监测点及粮堆湿度、水分、微生物生长、品质指标检测点分布图

2 结果与分析

2.1 稻谷储藏粮情分析

2.1.1 粮温及仓内温湿度变化

通过粮情监测系统对仓温、仓湿和粮堆温度进行了长达 20 个月的监测。以月为单位，对粮堆各层出现过的最高粮温进行分析，结果如图 3。实验仓中 19、55 和 60 三点中下层至底层在 8 月底时，粮温出现过 25 左右，其余各点各层粮温均能控制在 20 左右，即使在夏季高温期，仍可控制在 22 以下。各层最高粮温结果表明，实验仓中使用内环流控温技术，能有效控制高温季节表层粮温上升过快，保证整个粮堆处于较低

温度，从而实现准低温储粮。而对于 19、55、60 三点夏季出现的短期高温区，稻谷水分未出现升高现象，但局部位置检出真菌生长，可能与仓房局部结构有关系。

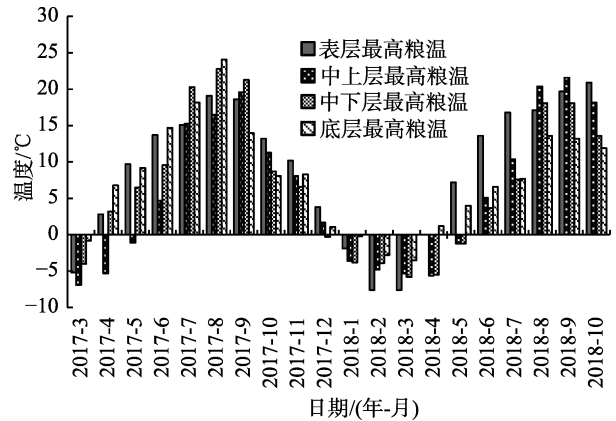


图 3 监测周期内不同粮层粮温变化情况

仓内温湿度及粮堆表层 (0.4 m) 湿度变化如图 4 所示。由图可知，2017 年 7 月和 2018 年 8 月仓内湿度有一个大幅下降的阶段，相对湿度由 60%~70% 下降至 20~30%，这两个时期恰好是内环流系统运行的时间，粮堆表面湿度平均值也存在急剧下降的现象，降幅没有仓湿降幅大且略有滞后。对于粮堆表面湿度的监控只持续了第一个度夏阶段。由此可见，内环流系统开启后，可均衡仓内湿度，降低夏季高温季节的粮堆湿度和仓湿，有效抑制夏季霉变及书虱类微小害虫的生长^[10]。

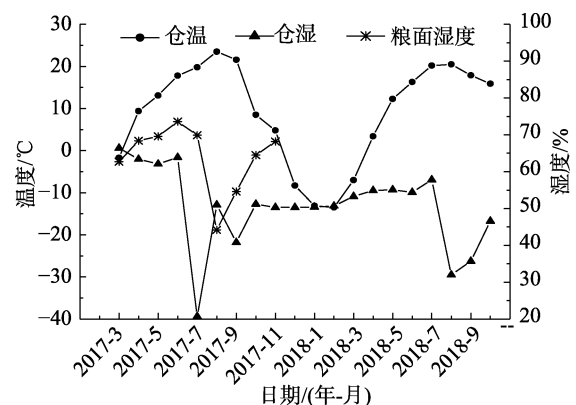


图 4 监测周期内仓内温湿度变化情况

2.1.2 粮堆结露分析

粮堆结露是指粮粒间或表层存在未饱和水汽，在突然降温的情况下，当温度达到露点时，水汽开始凝结为液态水存在于粮粒表面^[11]。温差

和湿度是引起粮堆结露的重要因素，季节交替时粮仓出现结露的情况较多^[12]。选取较易发生结露的时间段 2017 年 9~12 月、2018 年 3~4 月对各粮层平均温度进行分析。如图 5 所示，各相邻粮层的温差在 0.3~6 以内，这些时间段仓内湿度均保持在 50%~55%左右，参考章铨等^[13]露点温度预测图，对实验仓温湿度情况进行分析，小于粮食结露温差，不会发生结露。定期监测不同粮层粮食水分，没有明显升高现象。

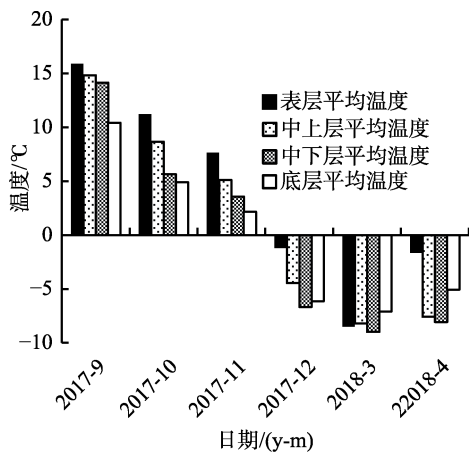


图 5 2017 年 9~12 月及 2018 年 3~4 月各粮层平均温度变化情况

2.1.3 粮堆水分变化

实验开始和结束时各粮层水分的检测数据如表 1 所示。经过一个监测周期的储存，粮堆表层水分略有下降，降幅为 0.6%，中层和底层水分基本未发生变化。结果表明，使用内环流控温并配合棉被压盖技术，粳稻在储藏过程中水分丢失不明显，起到了保水作用。

表 1 整个监测周期内 31 号仓不同粮层水分变化情况 %

不同粮层水分	日期	
	2017 年 3 月	2018 年 10 月
表层平均水分 0.5 m	15.4	14.8
中层平均水分 2.0 m	15.2	15.2
底层平均水分 5.5 m	14.9	15.0

2.1.4 粮堆中 CO₂ 变化

粮堆是一个复杂的生态系统，当粮食自身、微生物和害虫处于生命活动状态时，会进行能量代谢，消耗氧气并释放 CO₂。通过监测粮堆中 CO₂ 变化情况可间接反映粮堆虫霉活动状况。对实验

仓内环境及不同粮层 CO₂ 浓度进行监测，取各层平均值进行比较，结果如图 6 所示。实验仓稻谷监测周期内，除个别位点（19 和 55 点中下层）外，整个粮堆未检出霉菌和害虫生长。由图 6 可知，2017 年 3~6 月粮堆三层的 CO₂ 气体浓度范围均维持在 0.04%~0.05%，同仓内环境中的 CO₂ 气体浓度接近。7~9 月进入夏季高温时期，由于仓房的密闭性较好，储存稻谷水分较高，稻谷自身呼吸速率加剧，使各粮层的 CO₂ 浓度大幅上升。7 月份内环流系统开启，在内环流系统的扰动下使得仓内环境 CO₂ 浓度也有了一个剧烈的上升趋势。8 月内环流系统关闭后，仓内环境中 CO₂ 浓度下降，各粮层的 CO₂ 浓度达到最大值，CO₂ 浓度高低排列顺序为底层 > 中层 > 表层。根据 CO₂ 气体在粮堆中扩散的特性，粮堆越接近表面的粮层，气体交换速率越高^[14]，CO₂ 浓度越低，下层气体会出现沉降现象，中层 CO₂ 浓度低于底层。2017 年 9 月仓温开始下降，实验仓开启轴流风机，打开窗口自然通风，各粮层气体得到置换，CO₂ 浓度快速下降，又恢复到初始状态，并在整个冬季低温期一直处于较低的水平。次年 7 月高温期到来，CO₂ 浓度又呈现上升趋势，但比第一年高温期上升的幅度明显低，这可能是由于稻谷本身的生命活力降低引起的。吉林延吉地区使用内环流控温技术且密闭性较好的高大平房仓中，CO₂ 气体浓度不仅与虫霉生长有关，还受稻谷自身呼吸作用、仓房密闭等多种因素的影响，因此研究 CO₂ 指标为基础的虫霉监测预警技术时，要充分考虑到这些因素的作用。

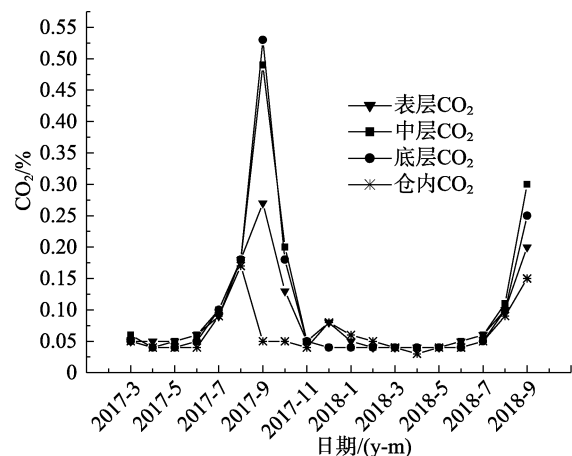


图 6 监测期内不同粮层及仓内 CO₂ 气体浓度变化

2.1.5 微生物生长状况分析

实验仓稻谷平均水分在 14.0%以上, 超过真菌生长的临界水分^[15], 但低温可有效抑制储粮真菌的生长。通过 3.1.1 中粮堆各层最高温度的分析, 除个别位点外, 粮堆温度均在 22 以下, 所以均未检出真菌生长。而对于粮堆中出现过高温(25 左右持续不到 1 个月)的 19、55 和 60 点, 分别在距离粮面 2、3、4 m 处取样检测真菌生长状况, 检测结果见表 2。

由表 2 可知, 西北和东北靠墙区域的 19 点和 55 点, 储藏真菌孢子数均有检出(5×10^5 个/g 以下), 但处于临界状态, 尚未达到发热阶段, 而 9

月后仓温和粮温均下降, 真菌生长停滞。次年 5 月检测发现, 这两点储藏真菌孢子数没有变化, 说明高温期结束以后, 该区域储藏真菌未继续生长繁殖。推断该区域储藏真菌生长的原因, 稻谷水分 15%左右, 超过真菌生长的临界水分, 夏季由于局部短期高温, 为真菌生长提供了适宜的温度条件, 出现真菌生长的初期阶段, 当外界温度下降后, 粮堆局部温度也随之下降, 真菌停止生长, 未引起进一步的霉变。仓房北墙局部区域高温原因尚不清楚, 如果仓房中储存的粮食水分偏高, 应随时关注温度偏高区域是否有储藏真菌生长, 并及时采取有效降温措施, 避免发生大规模的霉变。

表 2 温度偏高位点真菌检测情况

位置	孢子数/(10 ⁵ 个/g)	位置	孢子数/(10 ⁵ 个/g)	位置	孢子数/(10 ⁵ 个/g)	
东北 55 点	上(2 m)	3.6	西北 19 点	上(2 m)	0.0	
	中(3 m)	3.6		中(3 m)	3.9	
	下(4 m)	3.0		下(4 m)	0.0	
				东南 60 点	上(2 m)	0.3
					中(3 m)	0.0
					下(4 m)	0.0

2.2 粮食品质变化

2.2.1 脂肪酸值变化

脂肪酸值受品种影响较小, 且变化最快, 因此我国把脂肪酸值作为稻谷储存品质判定的重要指标之一^[8,16]。一般来说稻谷的脂肪酸值随着储藏时间的延长和储藏温度的升高而呈现上升趋势^[17]。杨晓蓉等^[18]研究表明储藏温度越高, 稻谷含水量越大, 其脂肪酸值上升速度越快, 也越容易发生霉变。

实验仓经历过整个监测周期, 稻谷粮堆不同位置脂肪酸值的检测结果如图 7 所示。由图可知, 稻谷储存 20 个月, 经历了 2 个夏季, 脂肪酸值均略有升高, 升高幅度为 2.8~6.8 mgKOH/100g, 但仍控制在宜存范围内(粳稻 ≤ 25 mgKOH/100g)。由此可见, 内环流控温技术可实现稻谷准低温储藏, 减缓脂肪酸值上升, 延缓稻谷品质劣变。

2.2.2 发芽率变化

发芽率是评价粮食种子质量的重要指标之一, 发芽率的保持对储存条件要求较高, 易受环境和微生物生长的影响。粮食的新鲜程度及食用品质好坏可以通过发芽率的变化而体现出来, 稻谷的发芽率是综合衡量稻谷新陈度的重要指标^[19]。

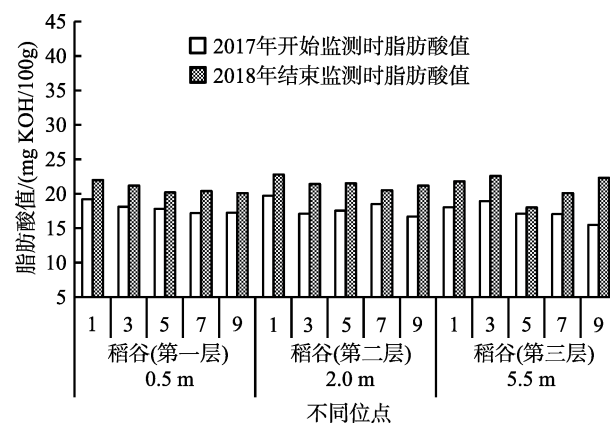


图 7 监测周期内稻谷粮堆不同分布点脂肪酸值的变化

常规储藏方式下, 表层稻谷的发芽率在 2 年后明显下降, 降低百分比均在 90%以上, 而低温仓的稻谷发芽率降低百分比在 10%以下。准低温仓的变化介于常规仓和低温仓之间, 但是表层稻谷的发芽率减少程度仍是最大的, 最大降低百分比接近 40%^[20]。

实验仓稻谷经过 2 个夏季的储存, 其不同粮层发芽率的均值结果如图 8 所示。由图可知, 新收获的稻谷发芽率很高, 不同粮层的发芽率值也很接近, 比较均匀。储存一段时间后, 即 2017 年 9 月检测, 此时稻谷刚刚度夏, 粮堆表层发芽率略微降低, 中层和底层发芽率并未发生明显的变

化。2018年10月,稻谷在储存度过2个夏季后,粮堆表层和中层的发芽率降低比较明显,表层稻谷的发芽率减少程度最大,降低百分比接近20%。结果表明,实验仓介于低温和准低温之间储藏,能够有效保持稻谷籽粒的活力,维持较高的发芽能力。

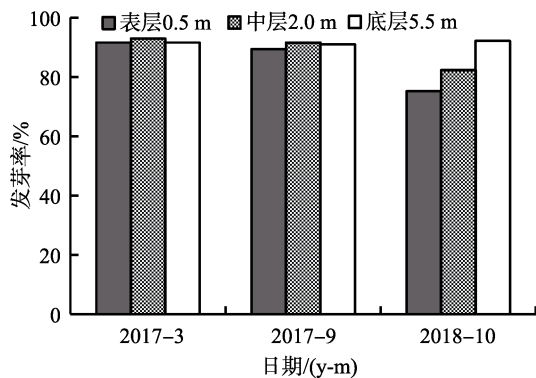


图8 监测周期内稻谷粮堆各层平均发芽率变化

3 结论

选取我国东北地区吉林延吉高大平房仓为代表,进行内环流控温技术稻谷储藏效果评价。结果表明,东北地区高大平房仓中使用内环流控温技术辅以棉被压盖隔热处理,可有效控制粮温,避免仓内湿度过大;均衡粮堆温度,避免粮堆结露等问题;平衡粮堆水分,减少水分丢失;可有效抑制储粮虫霉的生长;可减缓脂肪酸值升高和发芽率降低,有效延缓稻谷品质劣变速度。作为一种安全有效的绿色储粮技术,内环流控温技术能够安全有效的保持北方粳稻品质,可用于东北地区优质粳稻的绿色储藏。另一方面,由于稻谷水分含量偏高,受仓房结构、条件等因素影响,无论采用何种技术,均需及时关注粮堆内部温度变化,防止意外高温引起发热霉变,以保障储粮技术的有效性和安全性。

参考文献:

- [1] 许发兵. 高大平房仓内环流控温试验[J]. 仓储技术, 2017(4): 23-29.
- [2] 韩建平, 汪福友, 张海涛, 等. 不同仓型内环流控温技术实仓应用试验[J]. 粮油仓储科技通讯, 2017(6): 18-22.
- [3] 李伟, 李水平, 甘建伟, 等. 环流控温对大豆水分变化的影响[J]. 2017(3): 23-25.
- [4] 刘传云, 徐永安, 牛兴和, 等. 仓内环流调节粮温技术试验研究[J]. 粮食储藏, 2005(1): 21-23.
- [5] 蔡学军, 李岩, 陈熙科, 等. 平房仓内环流均衡温湿度储粮试验[J]. 粮食与饲料工业, 2013(11): 12-16.
- [6] 粮油、油料检验 水分测定法: GB/T 5497—1985 [S].
- [7] 粮油检验 储粮真菌的检测 孢子计数法: LS/T 6132—2018[S].
- [8] 稻谷储存品质判定规则: GB/T 20569—2006 [S].
- [9] 粮油检验 发芽试验: GB/T 5520—2011[S].
- [10] 祁正亚, 阙岳辉, 黄晓霞. 书虱的特性及储粮中的防治策略[J]. 粮食储藏, 2013(11): 12-16.
- [11] 章铨, 田兴国, 等. 粮堆结露成因与预防处理研究进展[J]. 粮食储藏, 2018, 47(1): 1-9.
- [12] 王东华, 赵红. 粮堆的结露和预防处理[J]. 粮食科技与经济, 2004(4): 30-31.
- [13] 章铨, 鞠兴荣, 宋宏铭, 等. 温湿度对稻谷粮堆结露的影响及实仓结露预警[J]. 中国粮油学报, 2018(12): 87-94.
- [14] 蔡静平, 王智, 黄淑霞. 储粮CO₂气体的扩散特性及霉菌活动监测研究[J]. 河南工业大学学报, 2012, 33(3): 2-4.
- [15] 张海洋, 欧阳毅, 祁智慧, 等. 稻谷储存水分和温度对真菌生长和稻谷主要品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(2): 39-43.
- [16] 林丽敏. 不同储藏条件下稻谷脂肪酸值的变化研究[J]. 粮油仓储科技通讯, 2005(5): 48-49.
- [17] 叶霞, 李学刚, 等. 稻谷中游离脂肪酸与脂肪酶活性的相关性[J]. 西南农业大学学报, 2004(1): 75-77.
- [18] 杨晓蓉, 周建新, 等. 不同储藏条件下稻谷脂肪酸值变化和霉变相关性研究[J]. 粮食储藏, 2006(5): 49-52.
- [19] 谢维治, 张奕群, 杨雪. 稻谷储藏期间发芽率变化的研究[J]. 粮食储藏, 2008(1): 47-49.
- [20] 彭毛, 张欣, 等. 储藏方式对稻谷发芽势和发芽率的影响[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 62-65. 