

压盖导流通风降温技术对储藏稻谷品质的影响

Effect of ventilation cooling technology by cover surface and guiding flow on paddy quality during storage

吴晓娟^{1,2} 吴伟^{1,2} 高崇明³ 陈亮^{1,2,3}

WU Xiao-juan^{1,2} WU Wei^{1,2} GAO Chong-ming³ CHEN Liang^{1,2,3}

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004; 2. 稻谷及副产物深加工国家工程实验室, 湖南 长沙 410004; 3. 湖南粮食集团有限责任公司, 湖南 长沙 410201)

(1. College of Food Science and Engineering, Center South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. National Engineering Laboratory for Rice and By-product Deep Processing, Changsha, Hunan 410004, China; 3. Hunan Grain Group Co., Ltd., Changsha, Hunan 410201, China)

摘要:采用压盖导流通风降温技术储藏稻谷,研究稻谷储藏期间水分含量、黄粒米含量、脂肪酸值、品尝评分值、出糙率和整精米率的变化。结果表明:相比于常规储藏,采用压盖导流通风降温技术可减少水分损失 0.5%;黄粒米含量维持在 0.1% 左右,比对照仓低 0.8%;脂肪酸值为 19.2 mg KOH/100 g,比对照仓低 7.6 mg KOH/100 g;品尝评分值为 79 分,比对照仓高 7 分;出糙率和整精米率分别为 77.2% 和 55.2%,比对照仓高 5.7% 和 8.1%。说明采用压盖导流通风降温技术能够充分利用粮堆“冷心”,使稻谷全年处于低温或准低温储藏状态,符合基本无虫粮要求,实现了免熏蒸绿色储藏。

关键词:压盖导流;通风降温;稻谷;品质

Abstract: Ventilation cooling technology by cover surface and guiding flow was used to store paddy, and effects of storage on moisture content, yellow-colored rice, fatty acid value, tasting score value of milled rice, husked rice yield, head rice yield of paddy were investigated respectively. Compared to conventional storage, the results indicated that the application of ventilation cooling technology by cover surface and guiding flow could decrease moisture content loss of paddy as 0.5%. Moreover, the content of yellow-colored rice was found remaining at around 0.1%, lower than that of the control storehouse as 0.8%, and fatty acid value was 19.2 mg KOH/100 g, lower than that of the control storehouse as 7.6 mg KOH/100 g. Tasting score value of milled rice was 79 points, which was higher than that of the control storehouse as 7 points. The results implied that ventilation cooling technology by cover surface and guiding flow could take the advantages the

grain heap “cold heart”, and then the paddy was stored at low-temperature or quasi-low-temperature without insects all year round. This may help to achieve green storage without fumigation.

Keywords: cover surface and guiding flow; ventilation cooling; paddy; quality

稻谷是中国最重要的粮食作物,是中国 65% 以上人口的主食^[1]。如何延缓稻谷在储藏期间的品质劣变,一直是粮食储藏领域迫切需要解决的问题。低温储粮是目前公认经济、实用、有效的绿色储粮技术之一,国内外主要是利用机械降温 and 自然降温实现低温储粮。机械降温系统复杂、成本高、能耗大,很难大规模推广,而自然降温受地理环境等因素影响,降温效果不理想^[2]。尤其在中国广大南方地区,即“第五、七储粮生态区”,高温、高湿气候持续时间较长,粮食极易生虫、发热、霉变,为安全储藏带来了极大困难^[3]。因此,将自然降温、机械降温以及隔热保冷等方法相结合,已成为这些地区低温储粮或准低温储粮的有效方法^[4-5]。

近年来,国内外研究者^[6-7]常采用自然通风干燥与机械降温相结合的储粮技术,或者降温后再利用保温材料全密封压盖的储粮技术,但还未见局部压盖、导流通风降温技术的报道。本研究根据湖南地区(地处第五储粮生态区)的气候条件,结合冬季自然降温、春季隔热保冷和夏季压盖导流通风降温技术,充分利用粮堆“冷心”,并对储藏过程中稻谷品质的变化进行监控,以期探索出适合本地区的高效、节能低温储粮技术。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

稻谷:金优 207,湖南粮食集团有限责任公司宁乡库点,

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303071)

作者简介:吴晓娟,女,中南林业科技大学工程师,硕士。

通讯作者:吴伟(1981—),男,中南林业科技大学副教授,博士。

E-mail: foodwuwei@126.com

收稿日期:2016-01-25

2013年新收获,除杂晾干,使水分含量达到安全贮藏水分($\leq 13.5\%$)。

磷化铝片剂:含量56%,山东济宁海洋农化厂;
乙醇、氢氧化钾、酚酞:分析纯,国药集团上海化学试剂有限公司。

1.1.2 试验仓房

仓房长30.5 m,宽12.0 m,高6.0 m,装粮安全线高4.5 m,仓容1 300 t。仓房分为2个相同的单独廋间,分别作为对照仓和试验仓,每个廋间长15.0 m,宽12.0 m,高6.0 m,分别装粮524 t和513 t。每个廋间安装环流熏蒸系统1套,铺设一机三道单侧地上笼通风网,南北檐墙各安装1台轴流换气风机,同时为了减缓冷量损失,在仓房四面内壁安装聚丙乙烯保温板。

1.1.3 仪器设备

电子测温杆:DWJ-3型,浙东粮检仪器厂;
电子分析天平:BS210S型,德国赛多利斯公司;
检验砻谷机:JLGJ4.5型,台州市粮仪厂;
检验碾米机:JNMJ3型,台州市粮仪厂;
烘箱:202-2AB型,天津泰斯特仪器有限公司;
双冷源谷物冷却机:SFTWF-2200型,委托苏州可林艾尔电器有限公司依据文献[8]试制,主要参数见表1。

1.2 试验方法

1.2.1 通风降温方法 2013年10月16日完成对照仓和试验仓的平仓和扦样工作。参照LS/T 1202—2002《储粮机械通风技术规程》,当粮堆平均温度比仓外大气温度高6℃时,分别打开对照仓和试验仓的轴流换气风机,利用外界低温进行自然通风降温。当整仓平均粮温降至8℃以下,且粮堆温度梯度 $\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 时,停止通风并关闭仓房门窗。然后在试

验仓粮面覆盖厚度为20 cm的麻袋稻壳包进行隔热保冷,对照仓不作处理。2014年7月,外界气温逐渐达到全年最高温度,整仓平均粮温也升高到准低温储粮临界值20℃,如图1所示,试验仓采用保温通风管将双冷源谷物冷却机与进风口相连,并在麻袋稻壳包上覆盖一层PE/PA尼龙薄膜,粮面边缘距仓房墙壁1 m范围不覆膜,然后开启双冷源谷物冷却机,进行压盖导流通风降温,将粮仓四周粮温降低到20℃左右,且整仓平均粮温维持在18℃左右,具体结构设计可参见本团队实用新型专利ZL 201520381627.6^[9]。对照仓不作处理,如害虫密度 $>30\text{ kg}^{-1}$ 或主要害虫密度 $>10\text{ kg}^{-1}$ 时,参照LS/T 1201—2002《磷化氢环流熏蒸技术规程》,开启环流熏蒸系统进行杀虫。

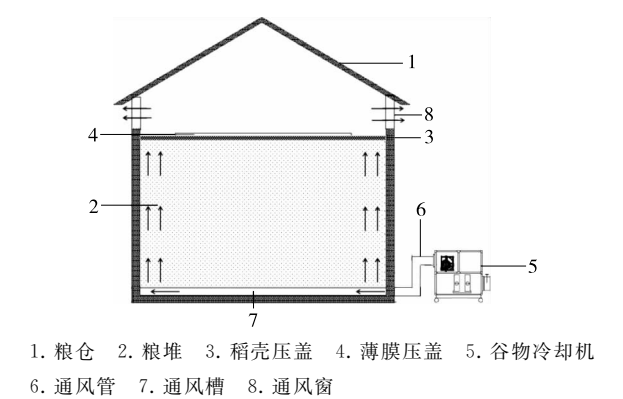


图1 压盖导流通风降温示意图
Figure 1 The schematic diagram of ventilation cooling technology by cover surface and guiding flow

1.2.2 粮温检测方法 参照LS/T 1211—2008《粮油储藏技术规范》布置测温点。水平测温点布置如图2所示,四周测温点距仓壁0.3 m,水平间距均分;垂直测温点分为4层,上、下层测温点分别距粮面和仓底0.3 m,垂直间距均分。仓内外分别设置温、湿度检测点。

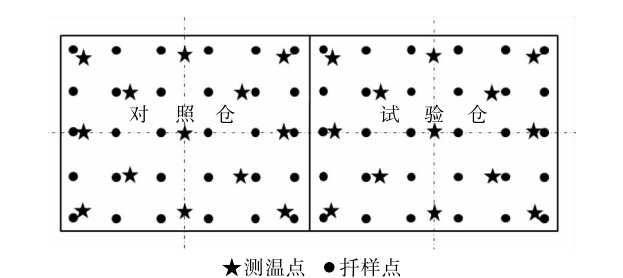


图2 测温点和扦样点分布图
Figure 2 The distribution of the measurement points and sampling points

1.2.3 虫害检测方法 参照LS/T 1211—2008《粮油储藏技术规范》,利用筛检法检测害虫密度。

1.2.4 稻谷品质检测方法 参照GB 5491—85《粮食油料检验 扦样、分样法》,在储藏过程中定时对对照仓和试验仓稻谷品质进行抽样检测,水平扦样点布置如图2所示,四周扦样点距仓壁0.5 m;垂直扦样点分为4层,上、下层扦样点分别距粮面和仓底0.2 m,垂直间距均分。稻谷水分含量检测

表1 双冷源谷物冷却机主要参数		
Table 1 The main parameters of the double cold source grain cooler		
项目		性能参数
机组性能	制冷量	30~33 kW
	压缩机功率	3.75×2 kW
	风量	额定风量2 200 m ³ /h,可变频调节
	风机功率	3.0 kW
	总功率	11.4 kW
	机组噪音	70 db(A)
制冷系统	温控范围及精度	最低出风温度13℃
	一级制冷(地下水)	17℃地下水循环,≥4.2 t/h
	二级制冷(压缩机)	全封闭柔性涡旋式
	制冷剂	R22
	蒸发器	紫铜管套铝翅片式
控制系统	水冷冷凝器	管壳式
	电器控制	可编程PLC控制器+全中文触摸屏本控制器
	变频控制	变频器
	出风温度控制	热回收处无极变速风机调速

参照 GB/T 5497—85《粮食、油料检验 水分检测法》;黄粒米含量检测参照 GB/T 5496—85《粮食、油料检验 黄粒米及裂纹粒检验法》;脂肪酸值及品尝评分值检测参照 GB/T 20569—2006《稻谷储存品质判定规则》;出糙率检测参照 GB/T 5495—2008《粮油检验 稻谷出糙率检验》;整精米率检测参照 GB/T 21719—2008《稻谷整精米率检验法》。

2 结果与分析

2.1 储藏过程中整仓平均粮温的变化

图 3 是 2013 年 10 月 16 日至 2014 年 10 月 15 日对照仓和试验仓的温度变化曲线图。由图 3 可知,仓温随着气温变化呈现波浪线型变化,而平均粮温变化较为平缓,在试验仓进行稻谷压盖以前,两座仓仓温和平均粮温的变化趋势基本一致。当储粮 116 d 时,气温达到最低值 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$,对照仓和试验仓仓温在 5 d 后才达到最低值,分别为 $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $3.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均粮温在 10 d 后才达到最低值,分别为 $6.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在储粮 287 d 时,气温达到最高值 $37.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,对照仓仓温在 2 d 后才达到最高值 $34.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均粮温在 7 d 后才达到最高值 $29.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这与韩伟等^[10]研究的高大平房仓储粮温度变化规律一致,仓温变化滞后于气温变化,粮温变化滞后于仓温变化且波动幅度较小。而试验仓由于在平均粮温 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,开启了双冷源谷物冷却机进行压盖导流通风降温,整个夏季仓温维持在 $18.4\sim 24.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,全年平均粮温变化幅度在 $6.5\sim 20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,基本上达到了全年准低温储藏的要求。

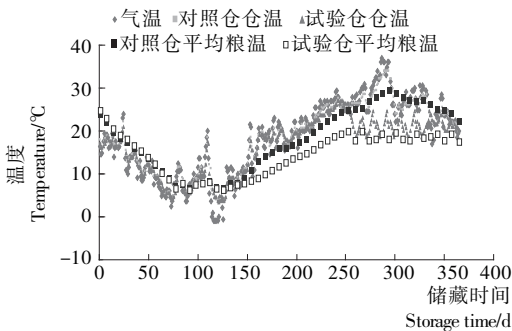


图 3 储藏期间温度变化

Figure 3 Temperature changes during storage

2.2 储藏过程中害虫密度的变化

对照仓和试验仓都是在平均粮温达到 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时检测到活虫。试验仓害虫密度一直维持在 $0\sim 3\text{ kg}^{-1}$,属于基本无虫粮;而对照仓在进行磷化氢熏蒸之前,害虫密度随着平均粮温的上升呈现逐渐上升的趋势,尤其当平均粮温达到 $21.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,害虫密度急剧增加。当储藏时间 238 d 时,平均粮温达到 $23.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,害虫密度达到 55 kg^{-1} ,属于严重虫粮,应立即进行磷化氢熏蒸杀虫。由于主要害虫为玉米象、赤拟谷盗和谷蠹,磷化氢熏蒸浓度为 350 mL/m^3 ,密闭时间为 14 d,处理后未检测到活虫。

2.3 储藏过程中稻谷品质的变化

2.3.1 稻谷水分含量的变化 由图 5 可知,随着储藏时间延长,试验仓稻谷水分含量逐渐降低,由 13.1% 下降到 12.4% 。对照仓稻谷水分含量则呈现先下降后上升的趋势,在储藏

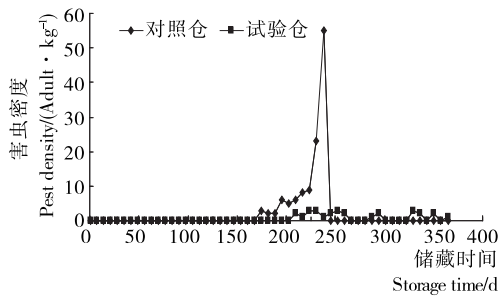


图 4 储藏期间害虫密度变化

Figure 4 Pest density changes during storage

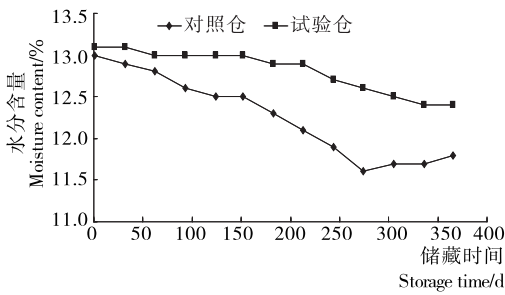


图 5 储藏期间稻谷水分含量变化

Figure 5 Moisture content changes of paddy during storage

274 d 时由 13.0% 降低到最低值 11.6% ,随后逐渐上升到 11.8% ,可能是湖南冬季低温低湿气候容易造成稻谷失水,而夏季高温高湿气候则容易造成稻谷增湿。相比于对照仓,试验仓由于采取了春季隔热保冷和夏季压盖导流通风降温,稻谷水分损失减少了 0.5% ,其它研究^[5,11]也表明,压盖隔热控温或谷物冷却机控温控湿措施可以达到保水效果,有利于保障粮食数量安全。

2.3.2 稻谷黄粒米含量的变化 由图 6 可知,通过压盖导流通风降温储藏,稻谷黄粒米含量保持在 $0.0\%\sim 0.1\%$,而常规储藏的稻谷黄粒米含量显著增加,尤其在夏季高温时节,2 个月内由 0.3% 剧增到 0.8% ,最高达到了 0.9% 。这表明,低温储藏或准低温储藏可以有效抑制稻谷重要品质指标黄粒米含量的增加,有利于保障粮食质量安全。

2.3.3 稻谷脂肪酸值和品尝评分值的变化 稻谷脂肪酸值和品尝评分值是各类稻谷储存品质的判定指标。由图 7 可知,随着储藏时间延长,稻谷脂肪酸值逐渐升高,品尝评分值逐渐下降,这表明稻谷的储存品质是随着储藏时间的延长而

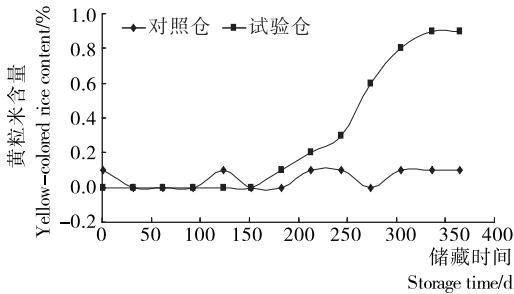


图 6 储藏期间稻谷黄粒米含量变化

Figure 6 Yellow-colored rice content changes of paddy during storage

降低的,这与李娟等^[12]研究的稻谷在储藏过程中的品质变化趋势一致。尽管经过一年储存,对照仓和试验仓稻谷均处于宜存状态(脂肪酸值 ≤ 30 mg KOH/100 g,品尝评分值 ≥ 70 分),但试验仓的储存品质明显优于对照仓,试验仓脂肪酸值和品尝评分值分别为 19.2 mg KOH/100 g 和 79 分,对照仓脂肪酸值和品尝评分值分别为 26.8 mg KOH/100 g 和 72 分,这表明压盖导通风降温储藏,能够有效延缓稻谷变质,保持稻谷良好的食味品质。这可能是相对的低温可以减缓油脂的扩散速度,抑制脂肪酸酶的活性,减少霉菌的繁殖,进而减缓了脂肪酸值的上升速度^[2]。

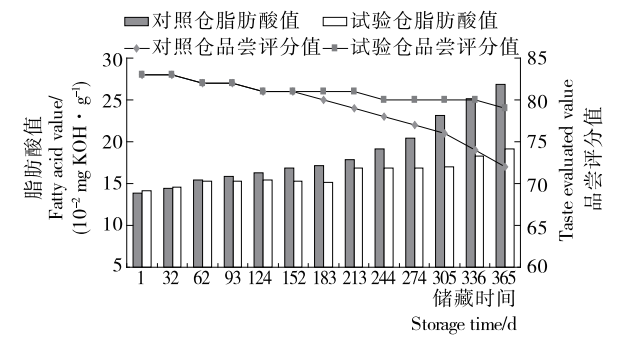


图 7 储藏期间稻谷脂肪酸值和品尝评分值变化

Figure 7 Changes of fatty acid value and tasting score value of paddy during storage

2.3.4 稻谷出糙率和整精米率的变化 稻谷出糙率和整精米率是各类稻谷的定等指标。由图 8 可知,随着储藏时间延长,稻谷出糙率和整精米率都是逐渐下降的,这表明稻谷的加工性能变差,在加工过程中出米率会降低。对照仓稻谷出糙率和整精米率分别为 71.5% 和 47.3%,下降了 7.8% 和 11.3%,等级从一等降为五等;而试验仓稻谷出糙率和整精米率分别为 77.2% 和 55.2%,仅下降了 1.7% 和 3.3%,等级从一等降为二等。一方面可能是对照仓稻谷水分含量过低(已有研究^[13]表明稻谷最佳加工水分为 13.5%~15.5%),因而造成米质脆而不易碾削;另一方面可能是对照仓温度剧烈变化导致谷粒体积膨胀或收缩产生不均匀应力,使米粒裂纹

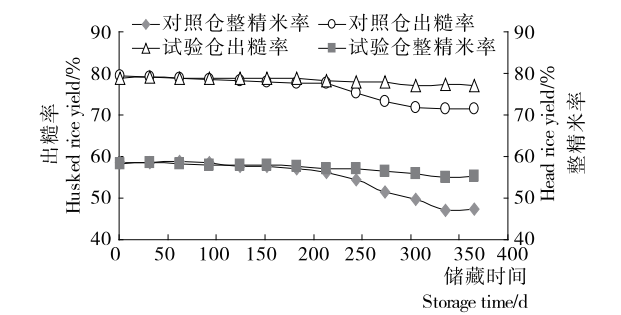


图 8 储藏期间稻谷出糙率和整精米率变化

Figure 8 Changes of husked rice yield and head rice yield of paddy during storage

率增加,从而降低了出糙率和整精米率^[13]。结果表明,在湖南地区,通过常规储藏,优质晚籼稻还是难以保质度夏,而通过压盖导通风降温储藏,可以大大延缓稻谷出糙率和整精米率的下降,保持稻谷良好的加工性能。

3 结论

本研究结合冬季自然降温、春季隔热保冷和夏季压盖导通风降温技术,充分利用粮堆“冷心”,使稻谷全年处于低温(15℃)或准低温(15~20℃)储藏状态,符合基本无虫粮要求,实现了免熏蒸绿色储藏。研究表明,相比于常规储藏,压盖导通风降温储藏方式不仅能够减少稻谷水分损失,延缓黄粒米、脂肪酸值的升高以及品尝评分值的下降,还能提高出糙率和整精米率。本试验是以安全水分粮为原料,但湖南等第五储粮生态区常常是以偏高水分粮直接入库储藏,因此还需对压盖导通风降温储藏方式对偏高水分粮品质的影响进行研究,以期探索出适合本地区的高效、节能的低温储粮技术。

参考文献

[1] 胡晓晨, 张婷, 杨圣, 等. 水稻冷胁迫响应基因 OsSADMC 功能标记的开发和利用[J]. 中国水稻科学, 2015, 29(5): 475-480.

[2] 李新宇, 熊旭波, 张岩, 等. 热管低温储粮技术对小麦品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(1): 107-111.

[3] 吴苏喜, 刘瑞兴, 杨文凤, 等. 低温循环式烘干机对南方高水分稻谷干燥的实践[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 192-194, 240.

[4] 冷本好, 王飞, 李孟泽, 等. 高大平房仓稻谷和小麦准低温储存实仓应用试验[J]. 粮食与食品工业, 2015, 22(2): 86-89.

[5] 黄爱国, 王辉, 王若兰. 新型节能储藏物冷却机散热控温效果[J]. 粮食储藏, 2013, 42(4): 19-21.

[6] GUENHA R, SALVADOR B D, RICKMAN J, et al. Hermetic storage with plastic sealing to reduce insect infestation and secure paddy seed quality: A powerful strategy for rice farmers in Mozambique[J]. Journal of Stored Products Research, 2014, 59: 275-281.

[7] KIM Y K, CHOS J S, YOON H S, et al. Development of a natural air-drying and low-temperature storage facility for paddy rice [J]. Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University, 2013, 58(1): 61-67.

[8] 陈渠玲, 高崇明, 陈亮. 一种双冷媒一体式谷物冷却机: 中国, CN203934602U[P]. 2014-11-12.

[9] 谢文辉, 陈渠玲, 高崇明, 等. 一种压盖导通风降温的粮仓: 中国, CN204669942U[P]. 2015-09-30.

[10] 韩伟, 张永君, 董朋, 等. 高大平房仓储粮温度变化规律研究[J]. 粮食与饲料工业, 2013(3): 10-13.

[11] 周天智, 高兴明, 彭明文. 平房仓粮面冷气囊密闭压盖动态隔热控温储粮技术研究[J]. 粮食储藏, 2009, 38(2): 23-26.

[12] 李娟, 李忠海, 付湘晋, 等. 不同品种稻谷储藏期间品质变化的研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 197-199.

[13] 杨良玖. 稻谷加工整米出米率影响因素及对策[J]. 湖南农机, 2006(3): 25-26.