

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.01.026

赵旭, 曹毅, 董梅, 等. 两种控温储粮技术对东北粳稻品质变化的影响研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(1): 194-199.

ZHAO X, CAO Y, DONG M, et al. Research on effect of two temperature-controlled grain storage techniques on quality change of northeast japonica rice[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(1): 194-199.

两种控温储粮技术对东北粳稻品质变化的影响研究

赵旭¹, 曹毅¹, 董梅¹, 林子木¹, 赵海波², 李欣蔚¹, 李佳¹✉(1. 辽宁省粮食科学研究所, 辽宁 沈阳 110032;
2. 辽宁省分析科学研究院, 辽宁 沈阳 110015)

摘要: 利用空调控温和内环流控温两种储粮技术, 开展东北粳稻品质变化研究实仓实验, 分析粮情、储存品质、蒸煮品质、质构品质及能耗变化情况, 结果表明: 控温储粮期间, 两种技术能使仓温保持在 20~25 °C, 表层粮温控制在 23 °C 以内, 但空调控温效果更明显, 而内环流储粮具有较好的保水效果, 其表层粳稻水分含量下降了 0.2%, 且运行费用较低; 储藏期间, 两试验仓粳稻的水分、品尝评分值、米汤 pH 值、米饭的粘性和弹性均呈下降趋势, 而脂肪酸值、米饭吸水率、膨胀率、米饭硬度、胶着性和咀嚼性均呈上升趋势, 且在储藏过程中, 两种储粮技术均能有效延缓粳稻的品质劣变, 确保东北粳稻的安全度夏和实现绿色保质储藏。

关键词: 空调控温; 内环流控温; 东北粳稻; 品质; 储粮

中图分类号: TS205.9 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)01-0194-06

Research on Effect of Two Temperature-controlled Grain Storage Techniques on Quality Change of Northeast Japonica Rice

ZHAO Xu¹, CAO Yi¹, DONG Mei¹, LIN Zi-mu¹, ZHAO Hai-bo², LI Xin-wei¹, LI Jia¹✉(1. Liaoning Grain Science Research Institute, Shenyang, Liaoning 110032, China;
2. Liaoning Province Academy of Analytic Sciences, Shenyang, Liaoning 110015, China)

Abstract: In this paper, two kinds of temperature control technology in grain storage including air conditioning and inner circulation were carried out in actual warehouse quality test of northeast japonica rice to analyzed the changes of grain condition, storage quality, cooking quality, texture quality and change of energy consumption. The results showed that both technologies can keep the warehouse temperature at 20 °C~25 °C and the surface grain temperature was within 23 °C, but air conditioning for controlling temperature effect was more obvious, and the inner circulation grain storage had better water retention effect, the moisture content of surface japonica rice decreased by only 0.2%, and the operating cost was lower; During storage, the moisture content, taste score value, pH value of rice soup, viscosity and elasticity of rice all showed a decreasing trend in two warehouse, and fatty acid value, water absorption and expansion rate of rice, rice

收稿日期: 2020-07-13

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目 (2018011628-301)

Supported by: Natural Science Foundation of Liaoning Province (No. 2018011628-301)

作者简介: 赵旭, 男, 1981 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为粮油加工与储藏。E-mail: xu5530186@163.com.

通讯作者: 李佳, 女, 1980 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为粮食储藏及加工。E-mail: lijia1209@163.com.

hardness, conglutination and chewing were on the rise, in the process of storage, both kinds of grain storage technology can effectively delay the quality deterioration of japonica rice, ensure the safety of northeast japonica rice for summer and achieve the green storage with good quality.

Key words: air conditioning temperature control; inner circulation temperature control; northeast japonica rice; quality; grain storage

稻谷是我国第一大粮食作物，也是我国主要的储备粮种。由于稻谷不耐高温的储藏特性，目前，在各种科学保粮活动中，控制粮温无疑是确保稻谷品质和减少储存损耗的首要手段。近年来，国内陆续开展了空调控温和内环流控温储粮技术的有关研究，并进行了实仓应用，效果显著，这两种控温储粮技术已成为当前我国粮库采取的主要储粮措施。其作用原理分别是利用粮堆自身冷源或利用空调人工制冷降低仓温和表层粮温，并控制粮堆始终处于低温或准低温状态，从而实现粮食绿色保质储藏^[1]。

国内关于空调和内环流控温储粮的研究报道较多，但以往的研究多数针对某种控温储粮技术的实仓应用温控效果方面，少数涉及品质方面的研究，也只罗列了稻谷脂肪酸值等常规储存品质指标的变化情况，而关于控温储粮技术对粮食的蒸煮品质、质构品质等食用品质评价方面的影响研究却鲜见报道。

本文选取东北地区高大平房仓为试验仓房，分别应用两种控温储粮技术开展粳稻储藏过程中

储存品质、蒸煮品质及质构品质的变化研究实仓试验。通过检测分析储粮期间粮情、储存品质、蒸煮品质及质构品质指标的变化情况，为科学指导东北粳稻绿色保质储藏提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试仓房

选择中储粮东北某直属库的 2 个高大平房仓作为试验仓（即空调控温储粮试验仓、内环流控温储粮试验仓）。两仓均建成于 2001 年，单个仓房长 60 m、宽 33 m，装粮高度 6 m，单仓容量 8 500 t。气密性良好。试验前，对仓房门窗均进行了保温处理，仓门处用 15 cm 厚硬质聚苯乙烯泡沫板隔热封堵并用薄膜密封，仓窗内用 10 cm 厚硬质聚苯乙烯泡沫板隔热封堵并用薄膜密封。仓房配备粮情检测系统、机械通风等设备。

1.1.2 供试粮食

供试用粮为 2018 年收获入库的粳稻，试验仓粳稻质量检测情况如表 1 所示。

表 1 试验仓粳稻质量情况

Table 1 Quality of japonica rice in the test warehouse

试验仓房	等级	数量/t	水分/%	杂质/%	脂肪酸值/(mgKOH/100 g)	出糙率/%	整精米率/%	品尝评分/分	色泽气味
空调仓	三等	6 790	14.2	1.0	15.2	80.1	60.6	86	正常
内环流仓	三等	6 769	14.4	1.0	15.6	79.8	61.3	89	正常

1.1.3 试验仓房内环流装置和空调情况

试验仓的机械通风系统均采用 6 组“一机三道”对称布置形式，其中，空调试验仓在南北仓墙内侧对称安装 KFR-120LW 型空调机共 4 台，单台功率 3.85 kW；

内环流试验仓在南北仓墙对称安装 YSWF7132 型内环流风机共 6 台，单台环流风机功率 0.75 kW，环流风机安装仓内墙壁上，环流风机吸风口与仓房外墙上机械通风口连接，环流风机出风口与环流管连接。

1.1.4 粮情测控系统

试验仓房内安装 LC-6 型粮情测控系统用于采集粮堆温度数据，仓内测温点采取矩阵布点，分四层 104 根测温电缆共 416 个测温点。

1.1.5 分析检测仪器

Brookfield CT3 型质构仪：美国博勒飞；JGWJ8098 型稻谷精米检测机：上海嘉定粮油仪器有限公司；PHS-2F 型 pH 计：上海雷磁仪器有限公司；PH-240(A) 鼓风干燥箱：上海一横科学仪器有限公司；JXFM110 型锤式旋风磨、HY-4 调

速多用振荡器：常州智博瑞仪器制造有限公司；FA/JA 型电子分析天平；上海精密科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 空调控温和环流方法

空调试验仓利用空调自动制冷降温，将空调启停温度设定为 25 °C 和 23 °C，当仓温高于 25 °C，空调自动运行降温，低于或等于 23 °C，空调处于待机保温状态；内环流试验仓利用环流风机自动运行降温，将环流风机启停温度设定为 25 °C 和 23 °C，当仓温高于 25 °C 时，启动环流风机，低于或等于 23 °C 时，环流风机停止运行。实仓试验根据外界大气温度高于 25 °C 的时段进行，空调控温和内环流控温同时开始和结束。

1.2.2 扦样方法

按照图 1 所示的布点方式，每个试验仓设置 18 个取样点，设置扦样层数为 5 层（见图 2），在试验开始前，进行中，结束后定点、分层扦取梗稻样品，按表层（即第一层 18 个点）、全仓（逐

层所有点）分别混合成 2 个检验样品后，测定梗稻各项品质指标。

1.2.3 品质指标测定

1.2.3.1 储存品质测定 水分按 GB 5009.3—2016 方法测定；脂肪酸值和品尝评分值按 GB/T 20569—2006 方法测定。

1.2.3.2 蒸煮品质测定 参照王肇慈^[2]大米蒸煮特性试验，并稍作修改。将 15 g 大米试样放入高 10 cm，直径 4 cm 的已知质量的圆柱形金属笼内，将金属笼悬挂在装有 300 mL 纯净水的烧杯中。将烧杯先用猛火煮沸 1 min，然后再用文火煮 28 min（水温 100 °C）。取出金属笼，沥米汤 2 min 后测定大米吸水率、膨胀率、米汤 pH 值。

1.2.3.3 质构品质测定 将梗稻谷经砻谷、碾米后制成标一米，装入铝盒内，并按照 GB/T 15682—2008 方法制备米饭。质构仪参数设定：选用 TA—AACC36 探头；测试类型为 TPA 质构分析；测试目标距离值为 15 mm；触发点负载 20 g，测试速度 0.5 mm/s，测试循环数为 2 次。对每组样品测定硬度、粘性、弹性、胶着性、咀嚼性，进行 3 次平行测定，取平均值。

1.2.4 统计分析

采用 Origin2019b 和 SPSS20.0 软件进行数据作图、统计和分析。

2 结果与分析

2.1 温度变化

试验期间，空调仓和内环流仓的仓温、表层粮温、全仓平均粮温及气温变化如图 3 所示。

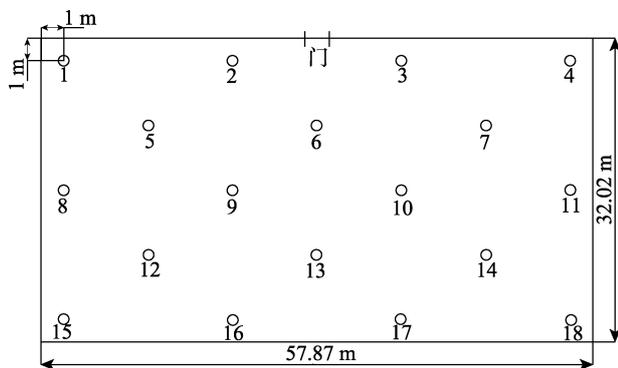


图 1 扦样布点示意图

Fig.1 Schematic diagram of sample layout

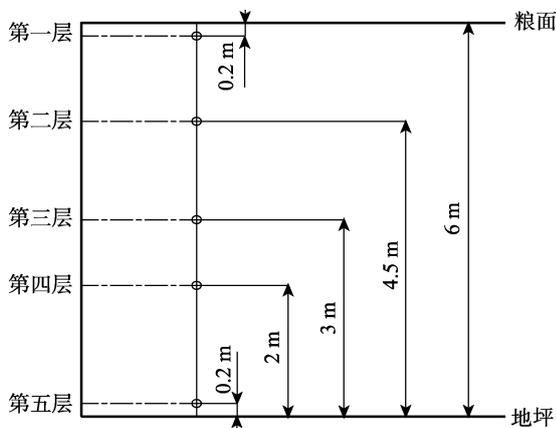


图 2 分层扦样示意图

Fig.2 Schematic diagram of layered sample

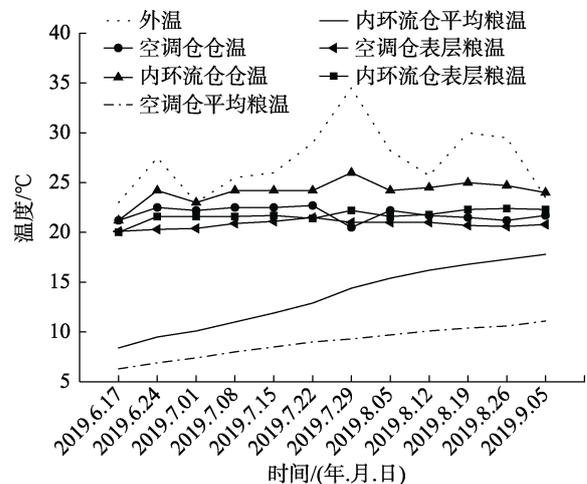


图 3 试验期间的温度变化情况

Fig.3 Temperature change during the test

由图 3 可知,在试验期间,空调仓和内环流仓的仓温均在 20~25 °C 之间呈小幅波动,仓温变化幅度较小,空调仓的仓温略低于内环流仓。在粮温变化上,两试验仓的平均粮温变化趋势一致,其中由于内环流通风是利用粮堆冷心温度,导致内环流仓的平均粮温随着环流时间的增加而逐渐升高,其全仓平均粮温总体上高于空调仓。在整个控温储粮期间,虽然经过了盛夏,两仓的表层粮温均在 23 °C 以内,由此可知,在过夏期间,通过利用空调控温或内环流控温储粮技术,控温效果明显,能实现粳稻的低温储粮,单从控温效果来看,空调仓好于内环流仓。

2.2 水分及储存品质变化

试验期间,空调仓和内环流仓各粳稻样品的水分及储存品质变化情况如表 2、表 3 所示。

由表 2、表 3 可知,随储藏时间的延长,空调仓和内环流仓粮堆表层粳稻和全仓粳稻的水分、脂肪酸值和品尝评分值变化趋势基本一致,在试验期间,空调仓和内环流仓的全仓粳稻水分降幅分别为 0.4% 和 0.2%,表层粳稻水分分别下降了 0.5% 和 0.2%;由此可知,相比空调控温,内环流控温技术具有较好的保水效果;两仓表层粳稻和全仓粳稻样品的脂肪酸值和品尝评分值在试验期间变化幅度都不大,试验结束后,通过对比《稻谷储存品质判定规则》中对“稻谷储存品质指标”的要求,两仓各粳稻样品的脂肪酸值都低于 25 mgKOH/100g,品尝评分值都大于 70 分,色泽气味正常,都符合“宜存”的要求。

2.3 蒸煮品质变化情况

试验期间,空调仓和内环流仓各粳稻样品的蒸煮品质变化情况如图 4 所示。

大米蒸煮品质是测定粳稻米在水中加热时米粒的变化情况,从而可以较为客观地评价大米的食用品质。在储藏过程中,稻谷的新陈度对大米的蒸煮品质有直接影响,由图 4 可知,在试验阶段,两种控温储粮技术下的各粳稻样品的蒸煮品质指标变化趋势基本一致,均随着储藏时间的延长,粳稻米的吸水率和膨胀率呈增加的趋势,米汤 pH 值呈下降趋势,造成这种变化的原因,是粳稻在储藏过程中,由于控温储粮方式及外界环境的影响,导致自身水分含量逐渐降低,组织结构也发生变化,即淀粉的凝胶化加强,淀粉颗粒外周组织硬化,使淀粉颗粒在蒸煮时能较好地维持多角结构,致使米粒吸水率随储藏时间的延长而增加;而膨胀体积随着储藏时间的增加,可能是由于粳稻在储藏过程中籽粒内部分子变化,致使米饭膨胀率增大^[3]。吸水率和膨胀率越大,代表着米饭的膨松性越高,食用品质越差;同时,在储藏过程中粳稻籽粒内的脂类物质水解产生的游离脂肪酸可能导致米汤 pH 值的下降^[4]。由图 4 还可以看出,单一试验仓下的表层比全仓粳稻指标变化相对明显,这是由于粮堆表层粳稻受外界环境(仓温,空调和内环流控温)影响更显著,但总体上来说,两仓各蒸煮品质指标在整个试验阶段的变化幅度都不大,试验证明应用空调控温储粮或内环流控温储粮在保持粳稻食用品质方面

表 2 空调仓粳稻水分及储存品质变化情况

Table 2 Changes of moisture content and storage quality in air-conditioned warehouse of Japonica rice

试验阶段	表层				全仓			
	水分/%	脂肪酸值/(mgKOH/100g)	品尝评分/分	色泽气味	水分/%	脂肪酸值/(mgKOH/100g)	品尝评分/分	色泽气味
开始前	13.7	17.2	83	正常	13.9	16.8	86	正常
进行中	13.5	17.3	84	正常	13.6	17.0	85	正常
结束后	13.2	17.7	83	正常	13.5	17.1	85	正常

表 3 内环流仓粳稻水分及储存品质变化情况

Table 3 Changes of moisture content and storage quality of japonica rice in inner circulation warehouse

试验阶段	表层				全仓			
	水分/%	脂肪酸值/(mgKOH/100g)	品尝评分/分	色泽气味	水分/%	脂肪酸值/(mgKOH/100g)	品尝评分/分	色泽气味
开始前	13.9	17.1	85	正常	14.1	16.2	88	正常
进行中	13.9	17.3	85	正常	14.0	17.3	87	正常
结束后	13.7	17.6	83	正常	13.9	17.2	87	正常

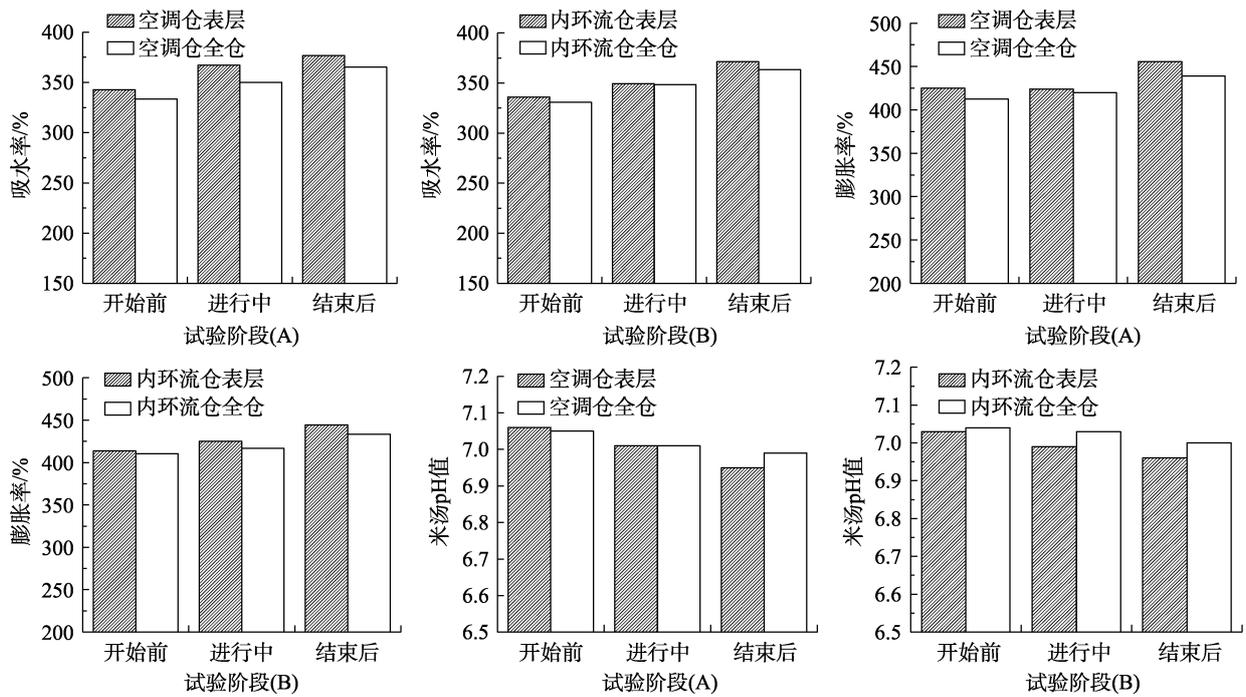


图 4 蒸煮品质变化情况

(A-空调仓; B-内环流仓)

Fig.4 Variation of cooking quality

(A-air conditioning warehouse; B-inner circulationwarehouse)

均具有一定成效，延缓了品质劣变。

2.4 质构品质变化

试验期间，空调仓和内环流仓各粳稻样品的质构品质变化情况如表 4、表 5 所示。

粳稻在储藏后的蒸煮米饭质构特性可以直观反映其陈化劣变的程度。由表 4 和表 5 可知，试验阶段，两个试验仓粳稻样品的米饭硬度随着储藏时间延长均呈增加的趋势，这是因为粳稻在储存过程中逐渐陈化，造成内部淀粉与蛋白质的紧

密结合，使米饭的硬度增加，同时由于储藏过程中粳稻籽粒内部脂肪的水解和氧化，使游离脂肪酸增加，并与直链淀粉形成淀粉-脂质复合物，造成糊化温度的升高，淀粉粒的强度增加，进而导致米饭硬度增加。

粘性是指咀嚼米饭时，米饭对上腭、牙齿、舌头等接触面粘着的性质^[5]。两个试验仓粳稻样品的米饭粘性随着储藏时间延长均呈下降的趋势，粘性的降低显示米饭的松散，食味品质降低。

表 4 空调仓粳稻质构品质变化情况

Table 4 Changes of japonica rice texture quality in air-conditioned warehouse

试验阶段	表层					全仓				
	硬度/g	粘性/MJ	弹性/mm	胶着性/g	咀嚼性/MJ	硬度/g	粘性/MJ	弹性/mm	胶着性/g	咀嚼性/MJ
开始前	1 900.8	2.01	8.93	381.0	39.33	1 878.1	2.12	9.48	377.0	34.74
进行中	2 031.8	1.53	8.65	434.2	41.06	1 985.0	1.96	8.94	402.1	39.57
结束后	2 237.4	1.35	8.69	453.4	45.84	2 179.2	1.73	8.68	448.5	43.12

表 5 内环流仓粳稻质构品质变化情况

Table 5 Changes of japonica rice texture quality in inner circulation warehouse

试验阶段	表层					全仓				
	硬度/g	粘性/MJ	弹性/mm	胶着性/g	咀嚼性/MJ	硬度/g	粘性/MJ	弹性/mm	胶着性/g	咀嚼性/MJ
开始前	1 913.0	2.01	9.10	374.8	37.14	1 895.5	2.09	9.49	374.6	33.91
进行中	2 161.8	1.62	8.97	411.4	39.88	2 047.0	1.89	9.48	392.4	33.49
结束后	2 360.3	1.36	8.51	450.8	44.14	2 278.0	1.76	8.95	450.8	41.94

弹性是米饭食味品质中的重要指标, 米饭弹性越大, 咀嚼时越有嚼劲。两个试验仓粳稻样品的米饭弹性变化均随着储藏时间延长呈下降趋势, 且两个试验仓在各自储粮条件下的米饭弹性变化幅度均较小。

胶着性反映米饭粘牙的程度。两个试验仓粳稻样品的胶着性随着储藏时间的延长均呈增加趋势, 这表明储藏时间越长, 在食味上越粘牙, 影响口感。其原因是随着储藏时间的延长, 蛋白质内部结构分解, 二硫键等增加, 导致米饭的胶着性增加^[6]。

咀嚼性是指将固体样品咀嚼成吞咽时的稳定状态所需要的能量。空调仓和内环流仓粳稻样品的咀嚼性均随储藏时间的延长呈增加趋势。

总体来看, 两个试验仓的粳稻质构品质变化趋势基本一致, 变化幅度均较小, 两仓的粳稻质构品质之间变化无显著差异 ($P>0.05$), 相对于空调仓和内环流仓的全仓粳稻质构品质变化, 其各自的表层粳稻品质变化略明显, 实验结果表明, 米饭的硬度、粘性、弹性、胶着性和咀嚼性与米饭食用品质关系密切, 可以作为大米食用品质评判指标, 无论采用空调控温储粮还是内环流控温储粮技术, 两者的粳稻质构品质变化均不明显。

2.5 能耗

通过计算, 在控温储粮期间, 空调仓用电量为 6 536 kW·h, 吨粮耗电 0.96 kW·h, 按电价 0.92 元/kW·h 计算, 吨粮费用约 0.88 元/t。内环流仓的用电量 2 763 kW·h, 吨粮耗电 0.41 kW·h, 吨粮费用约 0.38 元/t; 由此可知, 空调控温运行费用较高, 而内环流较低。

3 结论

通过开展两种控温储粮技术的实仓试验, 结果表明, 利用空调控温和内环流控温储粮, 两种储粮技术都能够改善粳稻在高温季节的储藏环境, 能有效抑制夏季仓温及粮堆表层温度的快速上升, 能够实现低温储粮; 从温控效果方面看, 两种技术都能使仓温保持在 20~25 °C, 表层粮温控制在 23 °C 以内, 但空调控温效果更明显。同时, 经试验表明, 两种储粮技术对粳稻的水分、储存品质、蒸煮品质及质构品质指标的影响变化

趋势都基本相同, 即水分、品尝评分值、米汤 pH 值、米饭的粘性和弹性均呈下降趋势, 而脂肪酸值、米饭吸水率、膨胀率、米饭硬度、胶着性和咀嚼性均呈上升趋势, 且在储藏过程中, 两种储粮技术均能有效延缓粳稻的品质劣变, 都能实现绿色保质储粮。另外, 相比空调控温, 内环流控温储粮技术具有较好的保水效果, 其表层粳稻水分含量仅下降了 0.2%, 且运行费用较低。由此可见, 这两种控温储粮技术都能确保粳稻的安全过夏, 实现保持储粮品质, 保证储粮安全的目的。

参考文献:

- [1] 赵宗民, 刘玉强, 周运涛. 第四储粮生态区空调与内环流控温储粮效果分析[J]. 粮油仓储科技通讯, 2018(2): 19-21.
ZHAO Z M, LIU Y Q, ZHOU Y T. Analysis of the effect with air conditioning and inner circulation on temperature control and grain storage in the fourth grain reserve ecotope[J]. Grain and Oil Storage Technology Newsletter, 2018(2): 19-21.
- [2] 王肇慈. 粮油食品品质分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
WANG Z C. Grain, oil and food quality analysis[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000.
- [3] 周显青, 祝方清, 张玉荣, 等. 不同储藏年限稻谷的蒸煮特性及其米饭的食味和质构特性分析[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(1): 96-103.
ZHOU X Q, ZHU F Q, ZHANG Y R, et al. Analysis of the cooking quality of rice after different storage period and the taste quality and texture characteristics of the cooked rice[J]. Journal of Henan University of Technology(Natural Science Edition), 2020, 41(1): 96-103.
- [4] 张玉荣, 王亚军, 贾少英, 等. 糙米储藏过程中蒸煮品质及质构特性变化研究[J]. 粮食与饲料工业, 2014(1): 1-6.
ZHANG Y R, WANG Y J, JIA S Y, et al. Changes of the cooking quality and texture characteristics of brown rice during storage[J]. Cereal & Feed Industry, 2014(1): 1-6.
- [5] 战旭梅, 郑铁松, 陶锦鸿. 质构仪在大米品质评价中的应用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 62-65.
ZHAN X M, ZHENG T S, TAO J H. Study on application of texture analyzer in quality evaluation of rice[J]. Food Science, 2007, 28(9): 62-65.
- [6] 周显青, 任红玲, 张玉荣, 等. 大米主要品质指标与米饭质构的相关性分析[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2012, 33(5): 21-24.
ZHOU X Q, REN H L, ZHANG Y R, et al. Correlation between texture property of cooked rice and main quality properties of rice[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2012, 33(5): 21-24. 