

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.02.020

旋转通风干燥仓高水分玉米降水实验研究

田琳¹, 曹阳¹, 杨思成², 袁攀强², 高鹏³, 张洪清¹

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037;
2. 武汉轻工大学, 湖北 武汉 430023; 3. 苹乐集团, 河北 石家庄 050800)

摘要: 采用自主研发的旋转通风干燥仓, 进行高水分玉米降水工艺研究。实验期间, 对仓内粮堆不同位置的温度和湿度, 及环境温湿度进行定时监测, 并定时取样检测玉米水分和真菌孢子。结果表明: 粮堆中各监测点的温湿度随环境变化而变化, 相同层或相同列的检测点温湿度基本一致; 在有降雪的情况下(实验第6天, 雨转雪), 18天内玉米水分由27.12%降至14.60%; 玉米携带真菌孢子数保持在真菌生长的临界范围内, 达到短期安全储存目标。因此, 采用旋转通风干燥仓对高水分玉米进行降水的工艺是可行的, 降水效果均匀、高效, 有效保证粮食不发热霉变。同时, 旋转通风干燥的方法不使用燃煤、燃气, 符合我国当前环境保护和可持续发展的新要求, 有显著的经济社会效益, 可在大农户玉米干燥和短期安全储存中推广应用。

关键词: 旋转通风干燥仓; 高水分玉米; 降水; 经济社会效益

中图分类号: TS205.9; S379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)02-0120-05

Experimental study of high moisture corn dewatering in rotating air drying barn

TIAN Lin¹, CAO Yang¹, YANG Si-cheng², YUAN Pan-qiang², GAO Peng³, ZHANG Hong-qing¹

(1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China; 2. Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430023, China; 3. Pingle Group, Shijiazhuang, Hebei 050800, China)

Abstract: Academy of national food and strategic reserves administration designed a rotating air drying barn. The research on dewatering technology of high-moisture corn was carried out in this paper by using the self-developed rotating air drying barn. High moisture corn was stored in this kind of dry storage, and the precipitation process was studied. During the experiment, the temperature and humidity at different positions of the grain stack in the barn as well as the ambient temperature and humidity were monitored regularly, and the moisture content of corn and fungal spores were detected by regular sampling. The results showed that the temperature and humidity of the monitoring points in the grain heap changed with the environment, and the temperature and humidity data of the detection points in the same layer or column were basically the same. Under the condition of snow (rain turned to snow on the 6th day of the experiment), the moisture content of corn decreased from 27.12% to 14.60% within 18 days. The number of fungal spores carried by corn was kept within the critical range of fungal growth which achieved the goal of short-term safe storage. Therefore, it is feasible to dehydrate high moisture corn by adopting rotating air drying barn. The dewatering

收稿日期: 2019-07-31

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0401402-02)

作者简介: 田琳, 1988年出生, 女, 助理研究员, 研究方向为粮食储藏。

通讯作者: 张洪清, 1966年出生, 男, 助理研究员, 研究方向为粮食储藏。

effect is uniform and efficient, which effectively ensures the grain free from heat and mildew. Moreover, the method of rotary ventilation drying does not use coal or gas burning which meets the new requirements of environmental protection and sustainable development in China. With significant economic and social benefits. The self-developed rotating air drying barn can be popularized and applied in big farmers' corn drying and short-term safe storage.

Key words: rotating air drying barn; high moisture corn; dewatering; economic and social benefits

农户储粮是我国粮食储备中比较薄弱的环节之一,约有 50%左右的粮食储备在农户手中^[1]。由于农户储粮设施简陋,缺乏技术指导等原因,每年造成的粮食损失约有 400 亿斤^[2]。为实现农户储粮的规模化,减少粮食损失,国家出台了多项鼓励和扶持农村储粮大户发展的相关政策和措施。目前,农户储粮现有仓型仓容大部分在 0.8~5.0 t^[3],不能满足大农户收获后高水分粮的晾晒干燥和安全储存的需求。由于经济和自然条件的限制,为农户配备相应产量的烘干设备和足够的晾晒场地也难以实现。因此,研发适合大农户的新型储粮技术和装备迫在眉睫。

课题组研发的组挂式粮食干燥仓,仓容 20~100 t,经多地示范实验证明能有效通过自然通风、机械翻倒的干燥工艺,安全保质储藏高水分玉米^[4-5]。中储粮成都粮食储藏科学研究所等单位研制的钢网折叠式方箱物流仓、金属网钢骨架玉米穗储粮仓、JSWZ 系列钢骨架组合式矩形储粮仓、装配式全封闭钢板立筒仓等多种仓型及配套的设备和工艺技术,可供不同区域的大农户储藏安全水分的粮食,仓容在 20~200 m³^[6]。有力地支撑了大农户储粮技术的发展,但是由于某些原因,这

些仓型尚未大范围推广应用。本研究将仓体旋转和机械通风技术相结合,设计出一种旋转通风干燥仓^[7],经实验验证能够快速干燥小麦,保持品质良好^[8]。

实验利用旋转通风干燥仓对高水分玉米进行降水实验,验证其降水工艺的可行性和降水效果。

1 材料与方法

1.1 实验用玉米

实验用玉米:2017 年收获,产地辽宁沈阳,初始水分为 27.12%。

1.2 旋转通风干燥仓

旋转通风干燥仓由国家粮食和物资储备局科学研究院和河北莘乐集团联合设计研发和生产。全仓由仓体和底座两部分组成。仓体用于装载粮食,为正八边形结构,外围铺设通风网。仓体外圆直径 2 m,长 6 m,总仓容 15 m³,占地面积 15 m²;仓体中心设置通风管,内径 0.6 m,开孔率 30%,开孔直径 0.3 cm;通风管一端内置 1.5 kW 离心风机 1 台;底座用于支撑仓体,并安装有链轮和齿轮机构,使用 1.5 kW 电机驱动仓体转动。详细部件组成及实物图见图 1。

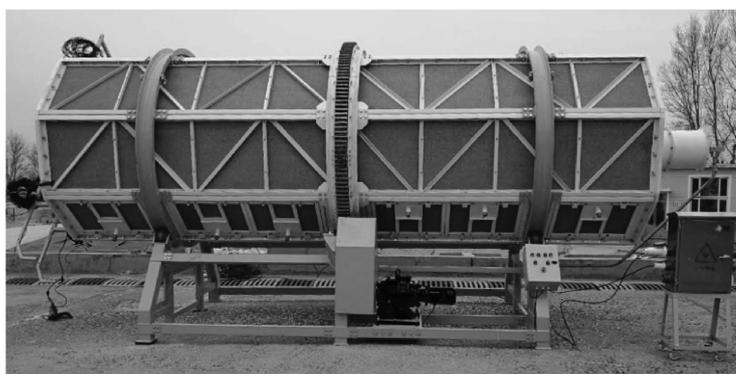
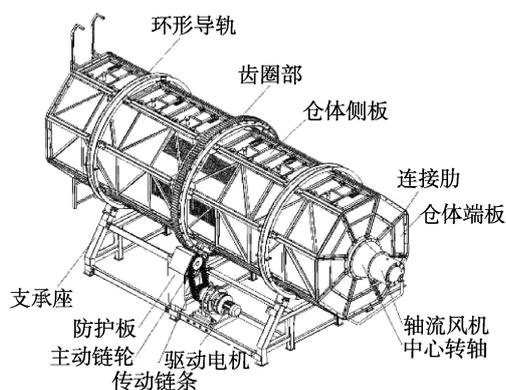


图 1 旋转通风干燥仓结构示意图和实物图

1.3 检测仪器及设备

湿水一体化检测设备：宁夏东大恒丰科技有限公司；LDS-1H 电脑水分测定仪：浙江托普仪器有限公司；SMART 显微镜：重庆奥特公司。

1.4 实验方法

1.4.1 装粮及旋转通风

实验在辽宁沈阳某库粮库进行，旋转通风干燥仓经组装调试，空仓旋转试运行合格后，用皮带输送机装入实验用粮。共装入玉米 10.8 t，装载率 95%。

实验期间根据天气情况，每天进行 4~9 h 旋转通风。具体操作为同时启动驱动电机和离心风

机，在仓体旋转的同时对粮堆进行通风。仓体转速 10 r/min，风机风量 4 000 m³/h。

1.4.2 粮堆温、湿度检测

仓内温、湿度检测布点情况见图 2，共四层六列 24 点。其中，一、四层距外围通风网 0.2 m，作为外层检测点；二、三层距内部通风管 0.2 m，作为内层检测点；每层沿长度方向均匀布置 6 个检测点，距离进风口最近的 1、7、13 和 19 点为第一列，距离进风口最远的 6、12、18 和 24 点为第六列。各检测点安装温、湿度传感器，通过检测主机将检测数据传输到电脑。实验期间每天下午 17:00 记录粮堆各检测点及环境温湿度数据。

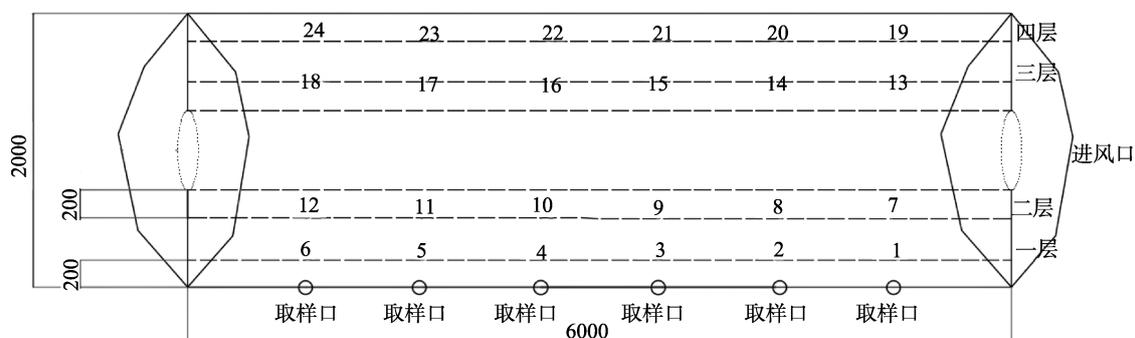


图 2 旋转通风干燥仓内温、湿度检测布点图

1.4.3 玉米水分检测

实验仓共设置 6 个取样口，如图 2 所示，实验期间每天 13:30 分别在图中 1~12 点处进行取样，用水分测定仪检测样品水分，其中，1~6 点作为外层水分检测点，7~12 点作为内层水分检测点。

1.4.4 玉米霉变情况检测

采用 LS/T 6132—2018《粮油检验 储粮真菌的检测 孢子计数法》检测样品的真菌孢子数，评价玉米的霉变情况。样品取样点同水分检测取样点，每两天检测一次。

1.4.5 能耗计算

安装独立电表测量实验期间通风机和驱动仓体旋转的电机耗电量，详细记录通风时长，计算玉米的降水通风单位能耗。

1.5 数据处理

采用 EXCEL 软件处理实验数据。

2 结果与分析

2.1 粮堆温湿度变化

玉米是谷类中胚部最大的作物，胚部占整个籽粒体积的三分之一，占总质量的 8%~15%，蛋白质及可溶性糖的含量达 30% 以上，导致玉米的吸湿性强，呼吸作用旺盛，比其他粮种更易发热。同时，玉米收获时的水分含量较高，籽粒内不同位置的水分差异大，最高可达 40%，籽粒成熟度不一。因此，新收获玉米粮堆内易出现高温、高湿点。

实验期间通过温湿度传感器检测的数据如图 3 和图 4 所示。粮堆内温度和湿度的变化与外部环境的温湿度变化保持相同趋势，粮堆内变化幅

度小于环境的变化幅度,并呈现轻微的迟滞性。当环境温湿度变化不大时,粮堆内温度与环境温度的差距逐渐减小,温差范围基本在 10℃以内;粮堆内湿度高于环境湿度,随环境湿度的变化稳步下降,湿度差在 30%~50%之间;粮堆外层检测点和内层检测点、靠近进风口的第一列检测点、以及靠近出风口的第六列检测点的温湿度数据基本一致,表明旋转通风干燥仓在旋转和通风的双重作用下,能够及时将粮堆内部的积热散出,为仓内粮食提供均衡的温湿度环境,保证整仓内玉米降水的均匀性,从而避免高温或高湿异常粮情点的出现。

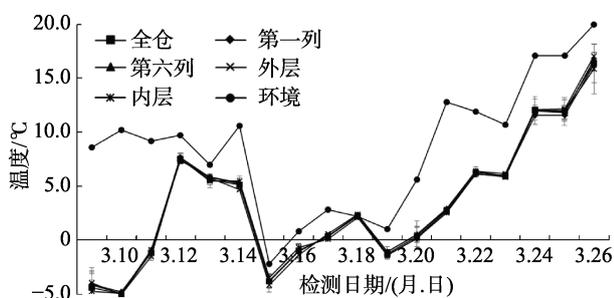


图 3 实验期间粮堆内部和环境温度变化图

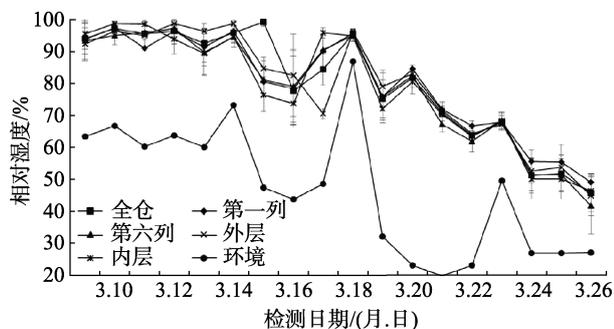


图 4 实验期间粮堆内部和环境相对湿度变化图

2.2 玉米降水效果评价

经观察,在仓体旋转的过程中,仓内粮粒处于连续流动状态。粮堆不仅随仓体进行转动,同时还有不同半径层的粮粒相互置换。仓体转动将静态粮堆转变为动态粮堆,从而避免了静态粮堆进行机械通风时,沿气流方向降水不均匀的问题。旋转通风干燥仓的工作原理和实仓实验均证明了降水工艺的可行性和均匀性。

实验期间玉米的水分变化如图 5 所示,内外层水分均匀,变化一致,极差为 0.78% (3 月 14 日,有降雪),远小于玉米干燥技术规范中规定的数值^[9]。在环境均温 8.54℃,环境均湿 44.2%,且有降雪的情况下,玉米水分由 27.12%降到 14.60%,仅用时 18 天,充分说明了旋转通风干燥仓降水的高效性。

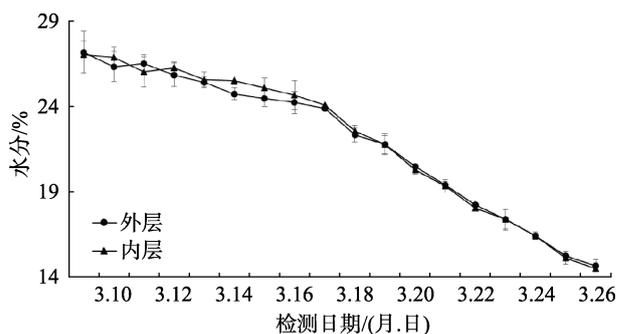


图 5 实验期间玉米水分变化图

2.3 玉米霉变情况

采用真菌孢子计数法^[10]检测实验期间玉米的霉变情况,结果如图 6。实验周期内,玉米的真菌孢子数保持在 10^5 个/g 水平,根据粮油检验行业标准判定,处于真菌生长的临界状态^[11]。由此可见,采用旋转通风降低玉米水分,可有效保证玉米不发生霉变,保障短期储存安全。

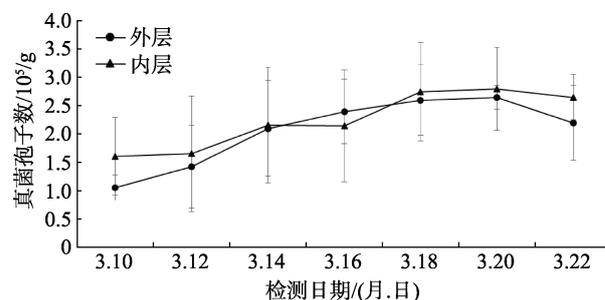


图 6 实验期间玉米携带真菌孢子数变化图

2.4 经济社会效益分析

根据电表数据,实验期间共耗电 198 kW·h。10.8 t 玉米水分由 27.12%下降至 14.60%。计算出降水单位能耗为 1.46 kW·h/1%水分 t,低于玉米

降水通风的单位能耗要求 ($E_w \leq 2.0 \text{ kW}\cdot\text{h}/1\% \text{ 水分}\cdot\text{t}$)^[12]。按当地电费 0.8 元/ $\text{kW}\cdot\text{h}$ 计算, 每吨玉米降水 1% 花费约 1.2 元, 远低于东北冷湿储粮区高水分玉米干燥成本 2.1 元^[5,13]。另外, 与玉米烘干技术相比, 旋转通风干燥仓在干燥高水分粮食过程中, 不使用燃煤、燃气提供干燥热源, 在降低成本的同时, 符合我国环境保护和可持续发展的新要求。

新收获高水分粮食直接入仓, 可有效降低土壤细菌和霉菌等的污染风险; 机械化进出仓作业, 使装卸粮食省时省力, 实现粮食的高效流通; 在储存的同时进行降水, 保证了粮食质量安全。农户保存粮食的时间得到有效延长, 提高了农户售粮的灵活性。与自然晾晒相比, 15 m^3 仓容仅需占地 15 m^2 , 而同等数量的粮食按摊晾厚度 5 cm 计算, 需占地 300 m^2 , 是前者的 20 倍。因此, 旋转通风干燥仓可有效减少占地面积, 解决大农户晾晒场地不足的问题。

3 结论

在仓容 15 m^3 的旋转通风干燥仓内装载 10.8 t 水分含量为 27.12% 的高水分玉米进行降水实验, 在环境均温 $8.54 \text{ }^\circ\text{C}$ 、均湿 44.2%, 且有降雪的情况下, 仓内玉米水分在 18 天内均匀降至 14.60%; 期间检测的粮堆温湿度均匀、无高温或高湿等异常粮情点出现; 通过真菌孢子计数法检测, 玉米携带孢子数处于真菌危害的临界状态, 未发生霉变; 实验期间用电花费远小于玉米烘干成本, 且不使用燃煤、燃气, 节能环保。

实验证明, 旋转通风干燥仓对玉米进行降水的工艺可行, 且降水效果均匀、高效, 能有效保证粮食质量安全, 同时经济效益显著, 适用于大农户短期储存和干燥高水分玉米, 可在大农户玉米干燥和短期安全储存中推广应用。

参考文献:

- [1] 张瑞娟, 武拉平. 我国农户粮食储备问题研究[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(1): 176-181.
- [2] 陈志军, 章世民, 胡飞, 等. 湖南农户科学储粮专项实施情况与展望[J]. 黑龙江粮食, 2015 (10): 22-23.
- [3] 李福君. 我国农户储粮小型粮仓和装具研发应用现状及展望[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(3): 50-52.
- [4] 王彩霞, 彭桂兰, 曹阳, 等. 组挂式粮食干燥仓玉米籽粒自然干燥研究[J]. 粮油食品科技, 2014, 22(6): 110-114.
- [5] 石天玉, 赵会义, 张洪清, 等. 组挂式粮食干燥仓处理高水分玉米工艺实验[J]. 粮油食品科技, 2014, 22(2): 107-111.
- [6] “规模化农户储粮技术及装备研究”开发出多种大农户储粮新仓型和新技术[J]. 粮食与饲料工业, 2017(9): 68.
- [7] 曹阳, 张洪清, 田琳, 等. 一种旋转通风干燥仓[P]. 中国专利: 201620848507. 7, 2017-03-08.
- [8] 袁攀强, 舒在习, 张洪清, 等. 圆形卧式通风储存仓小麦干燥实验研究[J]. 粮食储藏, 2018, 47(3): 7-11+16.
- [9] 玉米干燥技术规范: GB/T 21017—2007 [S].
- [10] 粮油检验 储粮真菌的检测 孢子计数法: LS/T 6132—2018 [S].
- [11] 程树峰, 唐芳, 伍松陵. 储粮真菌危害早期检测方法的研究[J]. 中国粮油学报, 2011(4): 85-88.
- [12] 储粮机械通风技术规程: LS/T 1202-2002 [S].
- [13] 郭道林, 陶诚, 王双林, 等. 粮食仓储行业节能减排技术研究现状与发展趋势[J]. 粮食储藏, 2011, 40(2): 7-12. 完

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。