

# 通风对进口大豆货损的影响

刘宏超,王步军

(中国农业科学院作物科学研究所,北京100081)

**摘要:**除了水分和温度是影响进口大豆货损的重要原因之外,海上运输期间船舱通风也是争论的焦点。对运输大豆的船舱构造进行模拟,通过持续通风储存和不通风储存的对比,考察通风对进口大豆货损的影响。结果表明:水分含量为9.9%的大豆,无论通风与否,在储存期间均不会发生霉变;水分含量为14%~16%的大豆,即使储存期间不间断通风,也会在短时间内迅速发生霉变,与不通风条件下储存相比大豆霉变速度和程度相同。因此,通风与否和进口大豆货损无直接关系。

**关键词:**进口大豆;通风;货损;储存;水分

中图分类号:TS222;TQ646

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2021)02-0147-03

## Effect of ventilation on the damage of imported soybean

LIU Hongchao, WANG Bujun

(Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In addition to moisture and temperature, which are important reasons of damage to imported soybean, the ventilation of ship's hold is also a focus of debate during maritime transportation. The ship's hold structure for soybean transportation was simulated, and the effect of ventilation on the damage of imported soybean was studied by comparing the continuous ventilation storage with the non-ventilation storage. The results showed that the soybean with moisture content of 9.9% would not mildew during storage whether ventilation or not; soybean with moisture content of 14% - 16% would mildew rapidly in a short time even if the ventilation was uninterrupted during the storage, and the rate and degree of mildew of soybean was the same as that of storage without ventilation. Therefore, it was considered that there was no direct relationship between ventilation and damage of soybean.

**Key words:** imported soybean; ventilation; cargo damage; storage; moisture

水分、温度和时间是决定大豆储存期间品质状态的关键。但是,散装货船海上运输期间船舱通风与否经常成为大豆货损事件争论的焦点。散装货船从巴西、美国到达中国东南沿海港口一般需要45 d左右,货船常常要穿过几个海区,船体周围的空气湿度和温度、太阳辐射强度、水线下的海水温度等变化较快,加之船体本身导热性能良好,货舱内大豆的品

质会受到显著影响<sup>[1]</sup>。

一艘货船通常有7个船舱,总运输量为6.5万~7万t。我们在现场测量的某个散装货船单个船舱的容积为5300 m<sup>3</sup>左右,单个船舱规格为17300 mm×14000 mm×22000 mm。船舱盖靠两侧分别有1个750 mm×500 mm的通风口。一般情况下,根据散装货船运输粮食的惯例,熏蒸期结束后,在干燥晴朗的天气条件下,要求通风口处于开启状态。当持续降雨或由于一些原因导致没有持续开窗通风或者通风时间不够,卸货过程中又发现大豆发生货损时,鉴定师往往会将船舱通风归咎为大豆货损的一个影响因素,船方或者运输方就要为大豆货损承担一部分赔偿责任<sup>[2]</sup>。我们通过模拟船舱和通风条件,定制一组模拟容器,进行持续通风与不通风的对比,考察通风对进口大豆货损的影响。

收稿日期:2020-04-21;修回日期:2020-09-15

基金项目:国家粮油作物产品质量安全风险专项(GJFP2018001);中国农业科学院科技创新工程项目;国家重点研发计划项目(2017YFF0201803)

作者简介:刘宏超(1986),女,技师,硕士,研究方向为食品加工与安全(E-mail) beautifulxh@139.com。

通信作者:王步军,研究员,博士生导师(E-mail) wangbujun@caas.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

巴西大豆(干大豆),取自江苏盐城大丰港,水分含量为9.9%。

带盖的透明亚克力容器,底面积为450 mm × 450 mm的正方形,高为2 000 mm,容器侧壁靠近顶端有一对对开的60 mm × 50 mm的通风口,容器顶端迷你充电型电风扇对准其中一个通风口,风速测定仪固定在另一个通风口处。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 大豆处理

将水分含量为9.9%的干大豆用纯净水浸泡10 min,取出后在背阴处阴干到表面无水渍,得到水分含量为14%~16%的湿大豆。

#### 1.2.2 模拟船舱储存大豆试验

试验样品分为3组,2组样品为试验组,1组样品为对照组。大豆分5层叠加到容器中,其中最底层为第1层,向上依次为第2、3、4、5层。每层大豆叠落的高度为38 cm,干大豆和湿大豆交替堆放,即第1、3、5层为干大豆,第2、4层为湿大豆。每层大豆码放的同时将海水测温计的测温探头插入豆堆中<sup>[3]</sup>。试验组全天电风扇吹风,风速为1.5 m/s,两组风扇交替工作,保证全天24 h不间断通风。对照组无电风扇,不吹风。试验组和对照组均在实验室室温条件下,室内环境温度为14~16℃,室内环境湿度为26%~30%。试验时间为2019年12月26日—2020年2月8日,共45 d。每天在同一时间隔容器观察大豆外观,每天中午12:00记录每层豆堆温度。试验组和对照组储存情况分别见图1和图2。



图1 试验组储存情况



图2 对照组储存情况

## 2 结果与讨论

### 2.1 大豆储存过程的温度变化(见图3~图5)

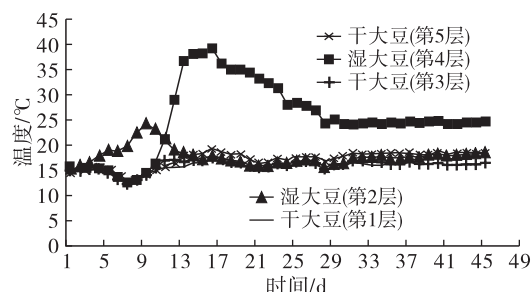


图3 试验组1储存过程的温度变化

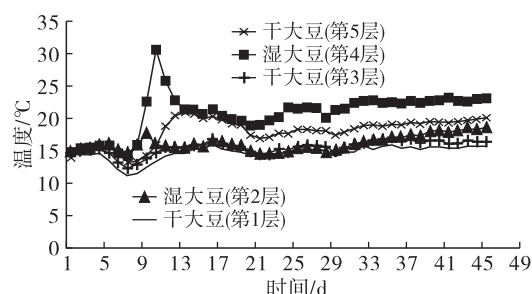


图4 试验组2储存过程的温度变化

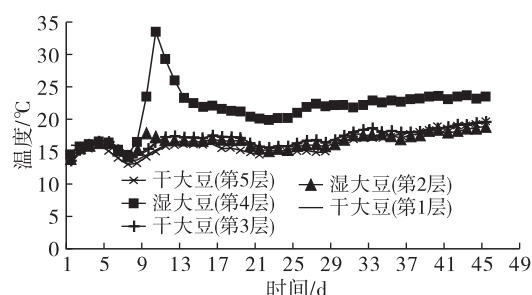


图5 对照组储存过程的温度变化

由图3~图5可知,总体来看,无论是试验组还是对照组中的干大豆,在储存期间,温度均未发生显著变化。试验组和对照组中第2层大豆和第4层大豆的温度均发生了显著变化。第4层大豆温度变化幅度大于第2层的大豆。试验组1的大豆温度最高接近40℃,对照组的大豆温度最高未达到35℃。虽然短期内大豆温度明显上升,但在此温度下储存不会造成大豆大面积的炭化现象。

### 2.2 大豆储存过程的霉变情况

在试验过程中发现,第4层大豆的霉变速度略快于第2层大豆。在储存5 d时,试验组第4层大豆已经明显出现零散状白色霉斑;储存6 d时,对照组第4层大豆出现零散状白色霉斑;储存7 d时,试验组1第2层大豆出现了零散状白色霉斑;储存9 d时,对照组第4层大豆迅速出现大面积霉变,第2层大豆未发生明显霉变面积扩大,此时试验组和对照组的大豆温度均出现明显升高(见图3~图5);储存10 d时,在试验组发现大面积霉菌中有水生成,

凝结在菌丝中;储存 15 d 时,试验组 1 第 4 层大豆已全部发生霉变,试验组 2 和对照组的第 4 层大豆大部分发生霉变;随着储存时间延长,试验组和对照组第 4 层大豆霉变的速度和面积都在迅速增加,储存 17 d 时,对照组第 2 层大豆出现少量霉斑,试验组 2 的第 2 层大豆未发生明显变化;储存 20 d 时,试验组 1、试验组 2 和对照组第 4 层大豆继续劣变,但劣变速度变缓。试验组 1 的第 2 层大豆上面部分发生霉变,试验组 2 和对照组第 2 层大豆出现零散状霉变。在储存 30 d 时,试验组 1 和对照组的第 4 层已经有超过半数的大豆由于霉变导致腐败并且出现萎缩。由于正处冬季,室内外温差较大,高水分大豆蒸发的水蒸气冷凝重新降落到大豆表面,积累到一定程度便出现肉眼可见的水流顺着容器壁滑落下来。试验组和对照组第 2 层大豆未发生明显继续劣变。储存 45 d 时,试验组和对照组第 4 层的大豆几乎完全腐败,并已经变黑萎缩。试验组和对照组的第 2 层大豆均未再发生明显变化,未发生霉变的湿大豆较储存开始时发生了颜色改变,出现赤变。对于第 1、3、5 层正常水分的干大豆,在整个储存期内无外观变化,与湿大豆相邻处虽然被霉菌污染,但并未发现明显变质。同时豆粒颜色和形态也未发生明显改变。从大豆温度监测上看,干大豆温度几乎与实验室内环境温度一致,未发生较大的温度波动(见图 3 ~ 图 5)。

根据以上试验结果推断,水分是影响储存期间大豆品质的最重要因素。高水分首先导致大豆呼吸作用增强,放出大量热量,导致大豆温度升高,出现发热现象<sup>[4]</sup>。发热促进水分蒸发并向上移动。由于冬季昼夜室内外温差较大,当夜间环境温度降低时,向上蒸发的水蒸气遇到容器壁,便会重新冷凝成水降落下来,这也是我们在现场观测到船舱内壁和舱顶凝结了大量的水,俗称“汗水”的原因<sup>[5]</sup>。同时,水分也是霉菌活动的必要条件。在高水分的环境下储存 5 d 便可观察到肉眼可见的零散状霉斑,在霉菌的分解和代谢作用下,导致大豆温度和水分继续增高,同时使湿度升高。在水分、温度和湿度同时作用下,霉菌变得活跃并增殖,主要表现为曲霉数量增多<sup>[6]</sup>。大多数霉菌生长繁殖的适宜温度范围为 20 ~ 40 °C,其中在 28 ~ 30 °C 范围内生长繁殖最为旺盛。微生物活动提供了大量的热量,霉菌的呼吸强度是粮食籽粒自身呼吸强度的上百倍乃至上万倍<sup>[7]</sup>。伴随着霉菌增殖到一定程度,可以看到高水分的大豆通体或大面积已经发生霉变,从外观上观察到此时大豆已经发生了显著的劣变,温度也会迅

速升至最高,水分的大量蒸发导致大豆自身水分降低,降低到一定程度后不能维持霉菌的增殖和分解,豆堆便会逐渐停止发热。此时大豆内部的蛋白质和脂肪已经发生了不可逆转的变性和氧化水解,大豆继续变质,直至完全腐败。

模拟储存大豆 45 d 试验发现,试验组和对照组的湿大豆在霉变速度和程度上并未显示出明显的区别。大豆储存期间,豆粒排列紧密,空隙小,叠落高度高,开窗通风仅对大豆上层或者表面大豆有散热作用。试验储存容器深 2 m,散装大豆堆放在 2 m 深的容器内,仅凭通风口对容器内的大豆通风作用非常有限。中下层大豆因呼吸作用和微生物代谢产生的热量无法顺利到达表层散发出去,导致中下层大豆短时间内便会出现发霉现象。

### 3 结论

对船舱运输大豆的构造进行模拟,通过持续通风储存和不通风储存的对比,考察通风对进口大豆货损的影响。结果表明:水分含量为 9.9% 的大豆,无论通风与否,在储存期间均不会发生霉变;水分含量为 14% ~ 16% 的大豆,即使储存期间不间断通风,也会在短时间内迅速发生霉变,与不通风条件下储存相比大豆霉变速度和程度相同。因此,认为持续通风与否对大豆霉变的生成和霉变速度、程度无明显区别。结合海上运输发生货损的进口大豆而言,运输期间船舱通风与否,以及开窗通风的频率与时间,均与货损的大豆无明显关联。但开窗通风确实对货舱顶部的冷凝水起到一定扩散作用,可以缓解因“汗水”降落到大豆表面造成霉变的情况。

### 参考文献:

- [1] 王洪贵. 海下船装载散装谷物自然通洋运输环境风研究[D]. 辽宁大连:大连海事大学, 2008.
- [2] 宋晓珂. 海上货物运输合同纠纷案评析[J]. 世界海运, 2017, 40(3): 54 - 56.
- [3] MONTROSS M, MAIER D, HAGHIGHI K. Development of a finite - element stored grain ecosystem model[J]. T ASAE, 2002, 45(5): 1455 - 1464.
- [4] 郭亚鹏, 王若兰, 刘露露, 等. 储藏小麦发热临界点及发热规律研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(1): 52 - 57.
- [5] NITHYAU, CHELLADURAI V, JAYAS D S. Safe storage guidelines for durum wheat[J]. J Stored Prod Res, 2011, 47(4): 328 - 333.
- [6] 王蕾. 进口大豆储运过程中霉菌活动的研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2007.
- [7] 薛飞, 渠琛玲, 王若兰, 等. 稻谷储藏过程中发热霉变研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(12): 338 - 341.