

联合国粮农组织丛书

亚热带地区

谷物通风

希洛莫·纳瓦罗 莫希·考尔德伦 著

蔡育之 译



GU WU TONG FENG

郑州粮食学院

FAO农业部门丛书

粮食卷

亚热带地区

谷物通风

希洛莫·纳瓦罗 莫希·考尔德伦

联合国粮食和农业组织·罗马·1982

蔡育之译 蔡英俊校

路茜玉 朱大同 审

郑州粮食学院

原著说明

本书所使用的名称和材料介绍，并不代表联合国粮农组织对诸如国家、领地、城市或地区及其有关当局的法律地位的任何意见，也不代表该组织对国境边界线的规定等问题的任何意见。

Shlomo Navarro Moshe Calderon

Aeration of Grain in Subtropical Climates

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Rome • 1982

※ ※ ※

亚热带地区谷物通风

蔡育之 译

※

郑 州 粮 食 学 院

郑州粮食学院印刷厂印刷（郑州市嵩山路）

开本：787×1092毫米 1/16 印张：4 字数：189千字

1984年8月第一版 1984年8月第一次印刷

印刷：1—4000册 定价：1.60元

序 言

散装贮粮通风，作为温带地区保持谷物质量的一种方法，已经引起广泛注意、本书的宗旨是提供在亚热带地区（兼有凉爽季节）利用这种技术的可能性、并涉及这种技术在特定的热带地区利用的可能。

农业、通风和冷藏工程师，昆虫学家，真菌学家和粮食科技人员、都对通风技术的发展做出了贡献。人们力图将这些贡献予以综合以阐明通风的原理，并提供通风系统的设计和使用方面的实践指导。

本书是以通风方面的有关文献和以下作者的实践经验为基础：现任“农产品贮藏部门”的领导S. 纳瓦罗博士和这个部门的前任领导、以色列农业研究组织、农产品贮藏技术学院前任校长M. 考尔德伦教授。特别要感谢以色列的农产品贮藏部门的E. 多纳海先生和粮农组织农业部、粮食作物的贮藏和输入方面的高级管员G.G. 卡贝特先生，他们对本书进行审阅和提出了宝贵的意见。

粮农组织农业部打算在适当的时候，按照在亚热带地区通风领域方面的成就，来修订和更新这本书。为达到此目的，请读者为进一步完善本书内容提出建议。通信地址如下：

Chief, Agricultural Engineering Service

Agricultural Services Division

F A O

Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome

致 谢

感谢下列专家和单位为本书提供了资料数据：

*N.J.*伯勒尔先生，英国，伯克斯，斯劳，虫害防治研究所；

*W.B.*埃尔德先生，澳大利亚，维多利亚，哈爱吉德，农业工程学会；

*G.C.*肖夫教授，美国，伊利诺斯州，欧巴那，伊利诺斯州立大学农业工程系；

以色列，海法，燃料和通风股份有限公司；

*E.*贝纳米先生和*N.*达亚吉先生，以色列，海法，爱希巴贮存公司；

澳大利亚，维多利亚，澳大利亚制冷·空调和供热公司；

美国，印第安纳州，密执安市，德怀尔仪器公司；

美国，马里兰州，巴尔的摩，戴维斯仪器制造公司；

美国，伊利诺斯州，尼尔斯，阿尔诺仪器公司；

以色列，特拉维夫，马夏夫制冷与空调工程公司；

*B.*西尔伯斯坦工程师，以色列农业研究院总生产工程部；

*I.S.*西格尔博士，以色列农业研究院生产与能源工程师；

*U.M.*派珀先生，以色列农业研究院总试验与仪器部；

尚有以色列农业研究院产品贮存部的米里亚姆·林德纳夫人，为本书准备了图表资料。

目 录

序言	(VI)
致谢	(VII)
第一章 绪论	(1)
第二章 通风的目的	(4)
2.1 在散装谷物中制造低温条件	(4)
2.1.1 抑制害虫生长	(4)
2.1.2 抑制螨类孳生	(5)
2.1.3 抑制微生物繁殖	(5)
2.1.4 保护谷物和种子品质	(5)
2.2 保证整堆散装谷物的温度平衡	(6)
2.3 防止潮湿谷物发热	(7)
2.4 额定干燥	(7)
第三章 谷物通风的物理基础	(9)
3.1 谷物的吸水特性	(9)
3.2 散装谷物的热性能	(9)
3.3 空隙率	(10)
3.4 散装密度	(12)
3.5 休止角	(12)
第四章 通风系统	(13)
4.1 定义和组成部分	(13)

4.2	工程方面	(14)
4.2.1	谷物对气流的阻力	(14)
4.2.2	整堆散装谷物中的空气分配	(15)
4.2.3	导管中的空气速度	(16)
4.2.4	风机	(18)
4.3	估算静压要求	(19)
4.4	估算风机功率要求	(20)
4.5	通风系统设计	(21)
第五章	与通风有关的环境空气性质	(42)
5.1	空气的相对湿度	(42)
5.2	温度和空气相对湿度的关系	(42)
5.3	湿空气的热力学性质	(43)
5.4	选择通风所需的环境空气	(44)
第六章	通风运行系统	(50)
6.1	通风方法	(50)
6.2	选择空气流量	(52)
6.3	通风控制设备	(56)
6.4	上行式通风和下行式通风的比较	(58)
第七章	亚热带地区大规模试验性通风的效果	(65)
7.1	谷物降温数据	(65)
7.2	控制害虫及螨类繁殖的方法	(68)
7.3	控制微生物繁殖	(70)
第八章	通风系统的效率分析	(77)

8.1 静压测量	(77)
8.2 气流测量	(77)
8.3 管道堵塞	(78)
8.4 低气流量	(79)
8.5 气流的不平衡分布	(79)
第九章 制冷通风	(81)
9.1 制冷设备	(81)
9.2 相对湿度的控制	(91)
9.3 制冷设备的应用	(92)
9.4 仓库建筑的隔热	(93)
9.5 用再循环空气制冷	(94)
9.6 能量要求	(94)
第十章 亚热带和热带地区的通风实用依据	(98)
10.1 研究气象资料	(98)
10.2 亚热带地区非谷类物品的通风	(98)
10.3 热带地区的通风	(99)
表格	(101)
国际单位 (SI)	(109)
参考文献	(113)

第一章

绪论

通风对于保护贮藏谷物来说是一种用途最广的环境控制方法(考尔德伦·1975)。这种技术可以用来改善谷物堆的小气候,使其不利于有害物质的发展,或使谷物中的组织免受损坏,同时对延长谷物贮藏时间有利。

通风对贮藏谷物的影响,我们可以把谷物堆看成是谷物、微生物和害虫为主要生物的一种生态系统来加以较好的叙述(考尔德伦·1981)。假如不采取必要的保护和防治措施,那么由于谷物干燥得不够充分和害虫大批出没以及微生物的繁殖,因而导致贮存物的大量损失。贮藏谷物损失估计从1%~50%(辛哈和米尔·1973)。这些损失可以认为是生态系统各成分之间的相互作用的结果,也可认为是由于周围条件的影响。在这系统中,生物和非生物成分之间的相互作用及它们的围周环境,自始至终都是处于动态中,并且是一方不断地作用于另一方。在这个生态系统中,通风的作用是去“调节”贮藏谷物,其目的是向谷物堆中通以适当的空气,以改善原有的贮藏条件(见图1)。

由于在这个系统中,引入了流通的空气,而且其性质(低温和低湿度)是选定的,这样就能抑制害虫和微生物的发生和成长,从而保护了谷物的品质和延长了安全贮藏时间。

因而,我们可以把通风的定义定为“在谷物堆中通以经过选择的或适当调节的大气,以增进谷物的可贮藏性”(考尔德伦·1972)。这种处理方法同样也叫做“机械的”、“积极的”、“低容量的”或“强制的”通风(或换气),因为它使用了一个大功率的风机来引入外界空气。这与在谷物贮藏库中用打开舱口,或在谷物仓库中用打开门窗,来产生自然空气对流的“消极的”或“自然的”通风要有所区别。在事实上,消极的通风同样也用在热带和亚热带气候环境中。玉米围栏,由于风力作用使周围的空气通过它,这样有助于使潮湿而未脱粒的玉米或其他谷物被自然干燥。

机械通风,在大规模谷物散装贮藏方面是有效的方法,并且它对散装谷物的两个重要性质有利:

(1) 散装谷物的空隙率

颗粒间隙的空气占总的散装谷物容积的35~55%(多数谷类植物)。这种空隙,空气能够流进并通过谷物堆,使其几乎与每个谷粒相接触。

(2) 散装谷物的隔热性

由于导热性能小,谷物与外界环境是自身隔热的。这就有可能把冷空气通入散装谷物后,长期地保持在“改善的小气候”的状态中。

总之，通风是可行的，因为强空气能够穿过散装谷物，增强谷物抵抗能力，这种能力由于谷物的隔热特性而维持下来（延长了贮藏时间）。

虽然温度所起的作用，很久以来被认为是生物生活过程中重要的调节器。但是借助通风技术来利用此调节器，在五十年代初期它才被人们所关注。此后，有些作者报道了关于在温带地区进行通风的研究结果。他们的实践知识形成了现代通风技术的基础（贝弗·1975；伯吉斯和伯勒尔·1964；霍曼·1966；休凯尔·1953；约翰逊·1957；乔因·1963；克雷格等·1960；谢德·1953；贝夫和卡波夫·1969；威廉森·1961）。

谷物通风技术已经发展起来了，并且主要是在温带地区得到了应用，因为在这些地区可以选择适当的低温和低湿度的空气。从六十年代中期开始，在亚热带地区也进行了试验工作，诸如澳大利亚（格里菲思·1967；埃尔德·1969）；巴西（萨尔托里等·1976）；印度（比哈特纳加及贝克夏·1975）和以色列（考尔德伦·1974；纳瓦罗等·1969）。在这些国家中，有的已把通风技术列入正常工作（埃尔德·1969；纳瓦罗·1976）。特别是在兼有温度较低的冬天及凉爽夜晚的亚热带地区，试验表明，在冬季里变冷的谷物堆，由于其隔热性能，可以长达许多个月地保持其所获得的低温，并可以延续到来年的夏季（纳瓦罗等·1969）。

通风技术对亚热带地区的相对适应性，以及在亚热带地区的利用受到限制，在下面几节阐述中，将更加清楚。虽然通风在热带地区没有得到广泛的实践，可是有两点值得一提，即采用除湿空气及制冷空气的通风。

用除湿空气进行通风的试验，在暖湿地区得到了预期的结果（奥迪格波·1976）。将周围空气强制通过吸附剂底座（含有 CaCl_2 ），这样谷物通风所用的空气，其相对湿度将是很低的。这种采用干燥剂去湿空气的方法已经研究成功并且在种子贮藏实践中应用了许多年。（贾斯蒂斯和巴斯·1978）。

制冷通风是将周围空气在吹入谷物堆以前，通过制冷装置使其冷却。制冷通风用于亚热带地区（当气温太高，用自然空气通风不能有效的防治害虫时）冷冻干燥谷物（亨特和泰勒·1980；纳瓦罗等·1973a），它要有相当大的投资，但与除湿空气方法并用，为在热带地区安全贮藏大量谷物而采用通风技术的可能性，提供了实践经验。

目前，谷物通风在贮藏谷物实践中，是最有效的非化学方法之一。尽管如此，它不是预防贮藏谷物损失的唯一方法，人们应致力于把这种技术与其它控制方法结合起来，可是在当今“环境”污染的世界里，通风的主要作用是：在谷物贮藏中，适当减少使用有争议的化学药剂。因而，必须极力推荐和促进其正常的运用。

本书所指出的许多方面，应在现有仓库和拟建仓库中有计划地设置通风系统。本书的目的，是将亚热带地区国家有关谷物通风的实践知识，收集在一起，并为促进这个技术的应用作实践的准备，这是非常有益的工作。

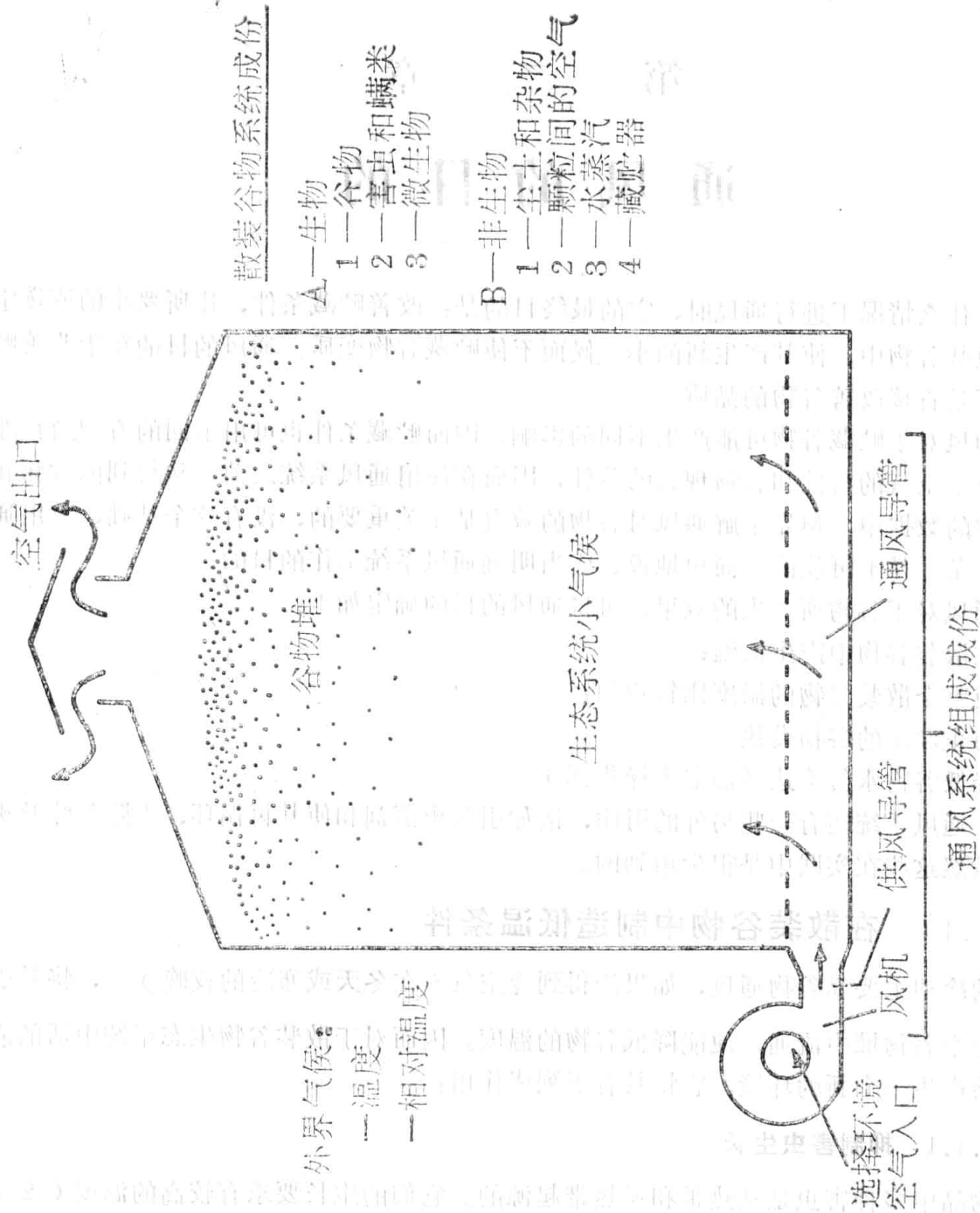


图1 在谷物堆的生态系统中，生物和非生物的变量因素。通风以后，生态系统小气候

第二章

通风的目的

无论在什么情况下进行通风时，它的最终目的是：改善贮藏条件，让所要求的或选定的空气流入散装谷物中，使其产生新的小气候而不使贮藏谷物变质。通风的目的在于改善贮藏条件，而不是直接改善谷物的品质。

由于通风对于贮藏谷物可能产生不同的影响，因而贮藏条件也可用不同的方法得到改善。这取决于空气的特性和谷物现有的条件，因而在使用通风系统之前，从得到的谷物和外界空气条件的数据中，预先了解通风对谷物的效力是至关重要的，没有这个基础，要用通风来改善贮藏条件是不可能的。简单地说、应当明确通风系统工作的目的。

根据通风对于谷物所产生的效果，可将通风的目的确定如下：

- 在散装谷物中产生低温；
- 使整个散装谷物的温度比较均匀；
- 防止潮湿的谷物发热；
- 降低谷物水份（达到额定干燥指标）。

同时，通风系统还有一些另外的用途，诸如引入熏蒸剂和使其再循环，去除气味及熏蒸残留等，虽然这些在实践中是很少用到的。

2.1 在散装谷物中制造低温条件

谷物的冷却主要靠谷物通风，如果能得到冷空气（在冬天或寒冷的夜晚）*，将其引入并使其在整个谷物堆中流通，便能降低谷物的温度，因而对于散装谷物生态系统中活的成分来说，将会产生一个新的环境，它将具有下列诸作用：

2.1.1 抑制害虫生长

贮藏物品中多种害虫是从热带和亚热带起源的。它们的生长要求有较高的温度（ $27 \sim 34^{\circ}\text{C}$ ）。当温度低于 20°C 时，就能有效地抑制多数仓库害虫的生长，如本书末表1所示（伯吉斯和伯勒尔·1964，根据表1，认为温度范围从 $17^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 是“安全”防虫温度，因为害虫的生命周期约为三个月或更多一些。在低温期间，这些害虫的产卵和生育力同样也很低，所以它们的繁殖生长，随着时间延长就所剩无几了，因而它们所引起的损害可以忽略不计。

害虫生存发展所需空气的相对湿度和谷物与之相平衡的含水量，对于不同种类的害虫是不一样的。虽然仓库中害虫发生在相对湿度低于70%期间，但某些害虫在相对湿度低于30%的

*我国有条件的单位，可使用防空洞的冷空气——译者注

环境内(表1)并不能繁殖。可是对于干燥谷物,多数散装谷物中的相对湿度通常高于30%,但并不超过70%的极限。因而,在干燥的散装谷物中的相对湿度,对多数贮藏谷物中的害虫来说,是可以生存的。

2.1.2 抑制螨类孳生

螨类喜欢的条件是适中的低温和较高的相对湿度。阻止螨类生长的温度,对不同种类的螨类是有差异的。但一般来说其范围在0~10℃之间(司密斯·1974)。多数螨类在20~30℃之间的贮藏谷物中繁殖得非常快(表2)。可是,若在相对湿度低于60%(相当于含水量为12%的谷类中),螨类的生存就被严格限制。当谷物的含水量高于14%时,对螨类的生长最有利。因而,在贮藏谷物中,开始时就应该具有比这个更低的含水量,那么螨类的生长就可以忽略不计了。

虽然用以抑制螨类在潮湿谷物中所需要的温度,在温带地区是可以办到的。但当周围平均温度对螨类的发生有利时,要在谷物周围保持这个抑制温度,其费用很贵(伯勒尔·1974)。伯勒尔和哈弗斯(1976)在一个专题著作所得的结论中说:“虽然通风产生的冷却,未必能阻止螨类出没为害,但可期望用通风来减少发热点,并可抑制螨类的大量繁殖”。作者还介绍了进行谷物干燥去阻止螨类的大批出没,而不是用通风去冷却谷物。

在任何情况下,亚热带地区谷物中,螨类大批出没是很稀少的,这些地区内,使用通风冷却的主要目的是防止害虫的损害。

2.1.3 抑制微生物繁殖

低温能防止潮湿的谷物受微生物损害。在表3中表明了要低于5℃(对于青霉菌低于0℃),才能抑制霉菌的发展。

多数真菌在相对湿度低于70%,即相当于谷类的含水量为13%时是不生长的,因而,微生物的成长,主要决定于周围的湿度,而用冷却谷物阻止其发展,不是一个有效的方法,可是,湿度越低,微生物对谷物的损害就受到限制,这就意味着如果周围温度足够低,那么谷物含有稍高一点的含水量,也能够贮藏而不致受到严重的损害。克里斯坦森和考夫曼(1974)关于贮藏可能性的报告中指出,如果谷物的温度能保持在8~10℃,则含水量为15%的谷物,能保存9~12个月而不受损害。

综上所述、可以得到这样的结论:用通风冷却去防止霉菌损害方面,有某些有利的效果,可是还应附带说明,为此目的而需要的低温环境,在亚热带地区是非常少的。因而阻止微生物损害,要靠干燥谷物,而不是单靠通风冷却,

2.1.4 保护谷物和种子的品质

众所周知,低温贮藏对于保护种子和谷物的品质是很好的。在低温下贮藏种子(冷藏),是目前广泛注意应用的实际方法。试验结果表明:温度越低(不超过一定限度),种子保持其全部生活能力的周期就越长。事实上,经验证明(哈林顿·1973),种子寿命和其温度、水份之间的关系可由公式表达:温度每降低5℃(在0~50℃范围内)种子的寿命就增加一倍。贮藏种子的寿命,对于温度(和湿度)的依赖性,可用数字公式来表达(罗伯

茨·1972)。根据此公式,种子的寿命,可依据环境温度和种子水份的数值来预测。

用作衡量贮藏谷物活力的发芽率试验,在评价贮存谷物质量方面是很重要的。活力降低的谷物,更易受到霉菌侵袭,变质过程也更迅速,其耐贮藏能力(安全贮藏的周期)也会大大减少。

谷物在贮藏期间,发生变质性的化学变化,其速度是非常慢的,有时在低温中可以忽略不计。温度每减少 10°C ,贮藏食物发生化学反应的速度就减少一半,因而冷藏对于防止贮藏谷物中的变质如脂肪氧化作用,维生素的损失等是重要的。

在一个报告中(康弗斯等·1977)讨论了混凝土筒仓中贮存的小麦,在有通风条件下的质量变化。小麦的通风,能有效地减少发芽率的降低和产生脂肪酸。从有通风的筒仓中取出的小麦,比从没有通风筒仓中取出的小麦,有较好的物理外表和更合乎要求的清香味。

贮藏中的谷物,即便是散装谷物生态系统中的活成份(见图1),事实上均处于潜伏状态,在此状态中,所有的生命活动都是极微的。这种不活动的状态,应当维持尽可能长的时期,因为谷物中加快生命活动过程,首先导致活力的损耗,随之是引起变质。

因此,由于在散装谷物中引入通风而产生的低环境温度,对于将谷物维持在静止状态,使其在很长的贮藏期内保持谷物的品质,是非常有利的。

2.2 保证整堆散装谷物的温度平衡

这是谷物通风的一个非常重要的目的,特别是在昼夜温差大和季节的温度有波动的亚热带地区,在这种情况下,通风的用途不仅仅是使谷物冷却(虽然使用冷空气是优先考虑的),而是防止“水份转移”。

收获后装进仓库的谷物,由于本身有隔热的特性,在很长时间内将保持最初的高温。可是在寒冷的季节里,随着环境温度的变化,散装谷物表面的温度(外层温度)要比谷物内部低得多。因而在散装谷物堆产生温度梯度,这就引起颗粒之间的空气对流。这些气流将热空气(比冷空气含有较高的水份)传送到谷物较冷的部份,因此,热空气“转移”到较冷的表层。在那里有较冷的空气,使过量的水沉积下来,于是这部分谷物的含水量也就慢慢地增加。

水份转移是很慢的过程,要进行很长时间,因为水份慢慢地在最冷的谷物层积累起来,最终在谷物上面可能发生结露现象,从而迅速引起霉菌(有时是细菌)的侵蚀。这种现象的典型现象是在整堆谷物表面产生“硬外皮”(见图2),应把这种情况看作最后的警告信号,必须采取措施来防止进一步损坏。水份转移最麻烦的不是受损谷物的数量,因为,这只是散装谷物中比例很少的一部份;而是常常在取出谷物时,将损坏的谷物与未损坏的谷物混淆在一起,这就要降低整堆谷物的质量。除了变色、发霉和降低发芽率之外,还应考虑到被微生物所损坏的谷物中,有产生真菌毒素的可能(这一点最近受到世界上广大营养学家们的注意)。

水份转移在暖和的亚热带地区是非常显著的,该地区周围环境温度在夜晚和冬季下降得很厉害。为了防止产生这种现象,要限制整堆散装谷物的温度梯度,这可以通过采用周围环境空气进行通风来达到,通风最好在凉爽的夜晚进行。为此目的,应当测量将要进行通风的整堆谷物的温度,以便检验其均匀性。

2.3 防止潮湿谷物发热

一般要给刚收获未经干燥的潮湿谷物在入库前进行通风，特别是在没有足够干燥能力的地区。在温带地区，通风的目的，主要用于短期贮藏含水量超过指标的谷物，这种通风在欧洲叫“保存性通风”（比尤德特·1976；波伊乔脱·1977）因为其目的在于保持谷物的品质和防止腐败。

在潮湿的谷物堆中，危害谷物的因素，主要是微生物的新陈代谢，其呼吸作用是非常强烈的。这样的呼吸结果，引起干物质重量的损失，并产生“自然发热”现象。热量积累在谷物堆中，且不说本身对谷物品质有害，其所产生的高温（可高达60℃），使受热的谷物和周围冷空气之间产生温度梯度。由于上述现象而产生的水份转移，将严重地恶化贮藏条件。

为了阻止上述情况，提供高速气流的通风系统，几乎要不断地进行工作。空气吹过谷物堆，驱散发热的集中点，同时也阻止整体谷物堆中形成的温度梯度。使得贮藏的谷物能保持在良好的条件内，但并不能改进其贮藏能力。当选用周围的冷空气进行通风时，能使谷物的含水量得到一定减少，可是，为了得到较有效的干燥，则需要非常大的空气量。还应提到的是：在潮湿谷物中用来防止发热的通风，最好是用在水平式的仓库内相对浅薄的谷物层中进行。上述通风的目的，在温带地区是适用的，因为在这些地区有合适的冷空气，即使在夏季（收获以后）也能得到。可是，在亚热带地区，贮存潮湿谷物是一个很大的问题，因为在高温下，呼吸作用，霉菌的生长和谷物品质的恶化加快了，在这些地区“保存性通风”，是在凉爽的夜晚或只是在凉爽的季节里进行的，而需通风的谷物也不应太潮湿（对谷类而言是15~17%）。

总而言之，由于在亚热带地区贮藏潮湿的谷物是非常冒险的，因而通风时必须非常小心、用最大可能的气流速率，在尽可能薄的谷物堆中进行，且所选用空气的温度应低于谷物本身温度。

2.4 额定干燥

在一般情况下，不采用通风系统来干燥谷物。可是，在温带地区，潮湿谷物（含水量约20%）是用大气流的风机不断地工作来进行干燥的。其最低气流速度取决于环境条件，它比用于冷却谷物的最大流速要大15~20倍（布鲁克等·1974；麦克莱恩·1980）这种在仓内干燥的方法，与谷物冷却通风是有区别的。

大的散装谷物中，在冷却通风期间，同样也能产生不大但不容忽视的干燥效果（水份蒸发量高达2%）（纳瓦罗等·1979）。谷物堆中水份的损失同样也会使重量减轻，这就是市场上销售的谷物，从装入仓库与运出的重量不符的原因。

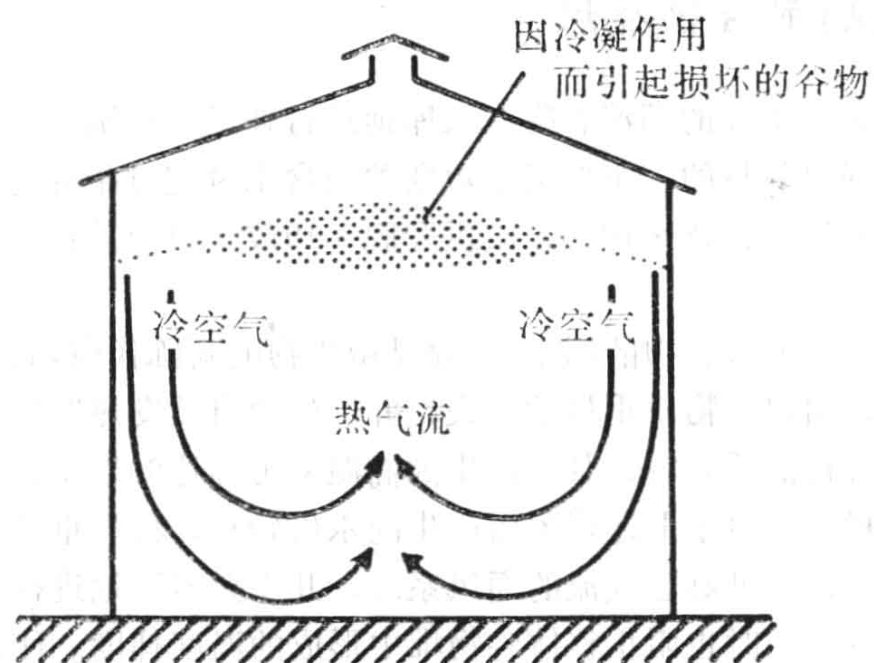


图 2 在不通风的谷物堆中，由于水份转移，引起霉菌损坏小麦的表面面层。

第 三 章

谷物通风的物理基础

谷物的物理特性是相互联系的,并受其它物理的和生物的变化影响。有关散装谷物物理特性的知识,形成了应用通风的基础。

3.1 谷物的吸水特性

谷物是由物质和一定数量的水份组成的。人们发现谷物中的水份以三种主要形式存在:即吸收水,吸附水和化学结晶水(亨特和皮克斯顿·1974),

(1)吸收水是靠毛细管作用,松散地保存在谷物组织内部。它取决于毛细管的大小和吸引力,使吸收水的蒸气压力低于自由水的气压。吸收水与谷物中含有的可溶于水的成份(如糖、无机盐、有机酸和一些维生素)结合在一起。这些成份,根据存在的水份数量,形成浓缩的溶液,并决定压力的大小。

(2)吸附水是靠静电力,保持在多孔微粒表面的气体水分子所组成。这种吸附水的蒸气压力,比自由水的气压低得多,因为它是靠强大的力与谷物成份相结合的。

(3)化学结晶水(或组合物的水)是与谷物的成份结合起来的。一旦去掉这种水分,谷物中所存在蛋白质的性质,便可能遭到破坏。

如果将谷物放在一个密封的容器内,存在于谷物中的水,将产生比饱和值小的气压。吸收水与谷物结合得越牢,它对颗粒内部空间的相对湿度的影响就越小。这就有一个水份与周围大气的交换过程,使谷物中的水份和大气中的水份保持平衡。当谷物的水气压与颗粒内部空间的水气压相等时,则此谷物的含水量叫做“平衡含水量”。

每种谷物都有一条独特的平衡曲线。它是根据含水量对空气的相对湿度绘出的。这些平衡曲线的数值,取决于谷物的不同种类、温度和谷物的初始水份。图3中所示的数值,可供参考。

3.2 散装谷物的热性能

谷物堆的热传导,具有散装谷物热物理性能和物质交换性能合成的特征。这种现象主要是由传导和对流引起的(克斯利·1948)。

热在谷粒间的传导是靠谷粒接触点进行的。同时也靠颗粒空隙中的空气对流将热传送到谷物堆的各个部分。

在谷物通风系统中,这些因素影响了通风的效果。认识这些因素,也能使我们可以预测