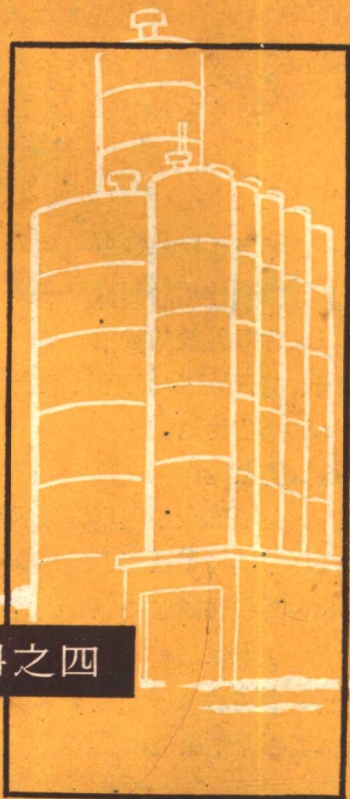


[美] J.A.安台生 A.W.阿尔考克 編



谷物及其加工品的貯藏分册之四

粮食种子的呼吸和发热

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书是“谷物及其加工品的貯藏”一书中的第四章，讲述粮食种子的呼吸、影响呼吸的各种因素、測定呼吸的方法，粮食种子的发热原因，微生物与害虫的作用，与呼吸相联系的种子的生物化学变化，粮食的化学保藏以及如何应用实验室的研究結果来解說仓库貯粮中存在的有关問題等。对于粮食和种子的保管、教学及研究工作，都很有帮助。

本书可供人民公社、国营农場、粮食保管和加工部門的干部、技术人員，以及科学研究机关工作人員、农业院校师生等参考。

谷物及其加工品的貯藏

分册之四

STORAGE OF CEREAL GRAINS AND THEIR PRODUCTS

粮食种子的呼吸和发热

原編者 [美] J. A. 安 台 生
A. W. 阿 尔 考 克

原 著 者 Max Milner and W. F. Geddes

原出版者 American Association of Cereal Chemists

譯 者 赵 同 芳

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海洪兴印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印張 1 28/32 字數 47,000

1961年5月第1版 1961年5月第1次印刷

印数 1-2,000

统一书号：16119 · 433

定 价：(十二) 0.30 元

目 录

一、呼吸作用的过程	3
二、呼吸作用的测定	5
三、休眠谷粒的呼吸	10
四、药剂处理对种子呼吸的影响	27
五、微生物的作用	35
六、害虫的作用	41
七、种子贮藏过程中与呼吸相联系的生物化学变化	42
八、影响种子生活力的因素	43
九、受损伤的胚或“病”麦	46
十、粮堆发热	48
十一、由实验室的结果看仓库贮藏问题	56
十二、对今后研究的展望	58

粮食种子的呼吸和发热

著者：Max Milner，坎萨斯州立学院，面粉与饲料制造工业系。Manhattan 城，Kansas 州。

W. F. Geddes，明尼苏达大学农业化学系，Minneapolis 城。

谷物在社会进化中占有重要的地位，其原因在于它们以干燥状态贮存时具有非常优良的耐藏性能。但是由于不适宜的收获和不良的贮藏环境，谷物的含水量也可能高到足以产生发热和其他形式的损坏，例如变色、产生霉味、丧失发芽力、增高脂肪酸值和营养品质的变劣。谷物在农业和工业两方面的价值都按照这些变化的程度而被降低，严重时，甚至变得不能食用。

在 Priestley 氏(1774 年)重要的发现氧气和 de Saussure 氏(1797 年)发现植物的呼吸以前的若干年代里，在了解这些现象的本质方面都很少进展。碳水化合物和其他有机物质通过生物氧化作用而释放能量的呼吸是所有生物普遍存在的现象。由于贮藏中的谷粒是有生命的物质，所以若干早期的工作者相信，呼吸是热量产生的主要原因。当呼吸进行得很快，它产生的热量比它散发的热量快时，谷物的温度就升高，高温的为害也就可能发生。

微生物是经常存在于谷粒的表面和种皮内部的。有些早期的研究者发现，潮湿的谷粒和其他有机物质如牧草或麦秆等的发热是常常伴随着霉菌的生长，但是霉菌对于贮藏中的谷物发热与损坏所起的作用是很难估计的。有些研究者完全忽视了微生物的作用，而另一些工作者则相信霉菌在发热现象中起着主要的作用。现在一般都承认水分含量高的谷物在贮藏中产生热量的原因是谷

粒本身的呼吸和霉菌的发生与发展的共同作用。倘若粮食感染了害虫，它們在总的呼吸与发热现象中也发生相当的作用。虽然对于經常存在的谷粒的呼吸和霉菌的呼吸二者誰为首要尚未有一致的見解，但多数工作者同意这一看法，就是当谷物的含水量超过一定的临界范围后，霉菌会引起呼吸作用的直綫上升，这时，霉菌的呼吸放热居于主要地位。

毫无疑问，谷粒、霉菌与害虫的呼吸放热的总和是潮湿谷物发热的主要因素，但当温度升高到 55°C 之后这些活动即趋终止，因之对于更高温度的发热即无法說明。有些研究工作者曾报告：单独发生的或是和生物活动同时并存的化学的自动氧化，是飼料或其他有机物质如煤，发热到足以引起燃燒的主要原因。

研究谷粒的呼吸强度和各种有关因素，是从理論上了解谷物貯藏中一些問題的基本方法。在大規模的谷物运输和貯藏工作中进行观察研究是很化錢的，而且对于决定各种因素的相对显著程度的作用也很有限。在實驗室研究中产生的热量是如此之小，以至难于测量，所以在特别控制条件下定二氧化碳的放出量曾为一般用来評定各种因素影响谷粒貯藏习性的方法。最近发明了一些在絕热条件(adiabatic condition)中测量少量谷粒放热的方法。

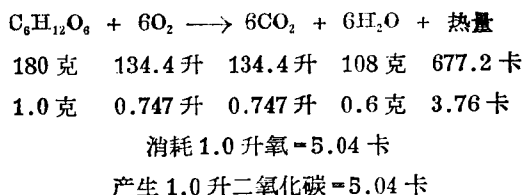
本书首先討論有氧和无氧呼吸的主要特点；其次將說明用以测量谷粒呼吸的各种方法；其他影响谷粒呼吸作用的因素，如含水量、温度与通气等也一并加以討論。微生物和害虫在总呼吸强度中所占的比重将被着重指出，并且將列举和高呼吸强度相联系的各种化学变化。影响种子生活力的各种因素，特别是和产生坏胚或称为“病”麦有关的因素，將加以研究。有关實驗室中研究各种谷类发热的文献，特别是最近在基本上絕热条件中完成的工作，都予以評論。最后从倉庫貯粮发热問題的角度上来分析这些實驗室研究的結果。

一、呼吸作用的过程

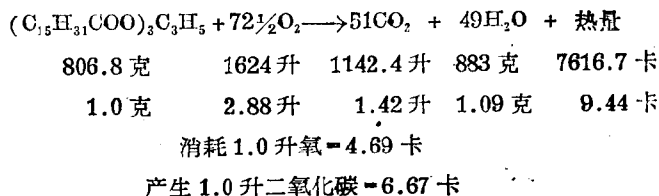
有氧和无氧呼吸 每一个活的细胞都进行着呼吸，它供给原生质为维持生命代谢功能所需的能量。在有氧的条件下，氧被吸收，并且有机物质，特别是碳水化合物和脂肪被氧化，最后被分解为二氧化碳和水。这些物质不用氧气也可以在活的细胞中进行氧化。这种无氧呼吸联系到若干微生物所进行的发酵作用，其最终产物有二氧化碳、乙醇、甲酸、乙酸、丙酸和草酸。

标准的碳水化合物和脂肪的完全燃烧可用下列公式表示之：

D-葡萄糖：



甘油三软脂酸酯：



这些公式所表示的量的关系指明：用热当量代表氧的消耗和二氧化碳的释放，并将两者比较时可以看出，其间的关系随被氧化的物质而不同。

无氧呼吸的最终产物是二氧化碳和一些相当简单的有机化合物。细胞的组织成分间进行着内部的氧化与还原，并且每消耗一定量的物质所释放的能量是比有氧呼吸过程少的，这种情况可用下列公式表明，它们是六碳糖在一些微生物的作用下进行发酵的三种类型：



在早期的文献中，种子在貯藏中的呼吸曾被认为以碳水化合物完全氧化成二氧化碳和水为主要过程。这种观念过分简化了构成細胞代謝的复杂现象。

有氧和无氧呼吸所遵循的普通途径是相同的，并且牵连着复杂的有关酶系统的参加，它们利用由原始物质到最终产品之间的各种不同氧化状态过程中的中间物质。在植物和动物的正常呼吸中，物质的起始分解阶段不需要氧的参加，但是这种无氧阶段的最后产物是要在有氧情况中产生的，主要氧化为二氧化碳和水。大多数的生物需要氧以维持正常功能，而且只能靠无氧呼吸生活一个短时间。这可能是由于最后产物的累积达到了一种平衡状态，或是由于最后产物对原生质的毒害作用。

呼吸系数 在呼吸过程中放出的二氧化碳量(克分子或容积)和消耗的氧气的量(克分子或容积)的比值就是呼吸系数(R.Q.)。当计算呼吸系数时需要把耗氧量和二氧化碳释放量的实验数值加以校正。这些包括按照标准温度、标准压力压缩气体的体积，并校正正在气体交换过程中水汽的压力和氮的浓度。这个系数还部分的决定于被氧化物质的种类。因此在正常有氧呼吸中，碳水化合物被消耗时，上节公式中 D-葡萄糖完全氧化的结果指明呼吸系数是一个整数，因为二氧化碳的产生量和氧的消耗量相等。另一方面，甘油三软脂酸酯完全氧化的呼吸系数是 $51/72.5$ 或 0.70 。和各种呼吸系数相适应的氧的热当量可以由氧化碳水化合物(呼吸系数=1.0)或脂肪(呼吸系数=0.7)所产生的平均能当量求得。这些当量可以用来换算成和耗氧量相适应的能量。这是间接测热法

的原理。

在植物的代謝作用中,必須很慎重地解釋呼吸系数,因为除了所消耗的物质之外它还被若干其他因素所影响。当油在氧化之前轉变成成为碳水化合物时,氧也在这一过程中被消耗了,但是这种消耗并不反映在碳水化合物被氧化时所产生的二氧化碳量上。这說明了为什么以脂肪为貯存养料的植物組織有較低的呼吸系数。相反的,当油料种子成熟之时呼吸系数大于1.0,因为碳水化合物轉变成脂肪并产生了游离氧,这种氧直接用于呼吸,因此减少了必須自空气中吸取的氧气量。

在研究休眠苹果种子的呼吸时,Harrington 观察到呼吸系数随温度的升高而增加,他认为这是因为組織中缺少了易被氧化的物质或是氧的供应不足。他着重指明即非氧的消耗量也非二氧化碳的放出量可以单独作为呼吸的正确指标,因为“二者都依赖于外部的和內在的各种条件,这些条件对它們的影响不一样,所以不是单独一方面可以給出完全的說明,对于呼吸交換的了解仍是不够满意的”。从这一段意見中可以察覺到很多研究者都用二氧化碳的放出量作为唯一度量谷粒呼吸的标准是很遺憾的。

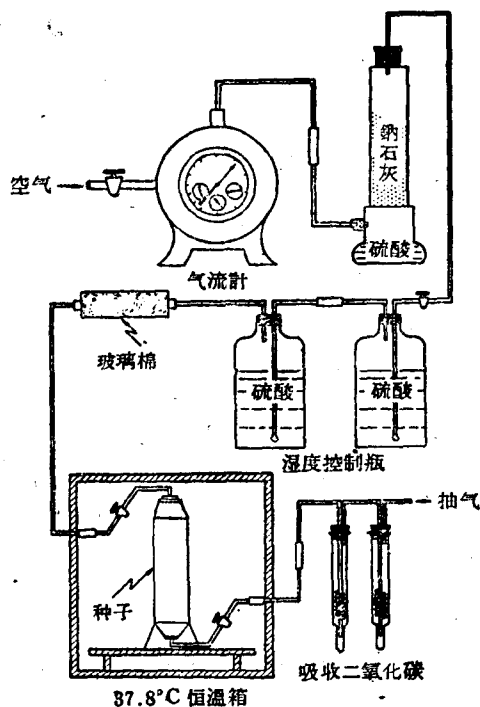
虽然影响呼吸系数的因素很多,但在控制的温度下和不同的氧气濃度条件中,它是表示谷粒中所进行的有氧和无氧代謝相对强度的有用指标。

二、呼吸作用的測定

用以測定休眠种子呼吸作用的普通方法有两个:一种方法是將种子放置于一个密闭的容器中,經過的时间要长到可以使种子間隙的空气发生可以測量的变化,于是測量容器中的二氧化碳量,也有少数工作者分析氧的含量;另一种方法是把种子放在間歇或連續通气的条件下,分析抽出气体的二氧化碳量或分析氧气量。測量小样品最少到一粒种子呼吸作用的微量方法近年来相当普遍。

呼吸作用的許多研究中所采用的种子含水幅度，也有和大量貯备的谷物的水分相似的。但这种样品都不曾同时测氧与二氧化碳量。多数工作者认为碳水化合物为主要氧化物质。

密闭系统法 测量谷粒的呼吸，常用这样一种方法，即在测定



过程中谷粒間的气体不更換。Bailey和他的同事在他們的谷粒呼吸研究中所用的装置如图1。Coleman和他的同事，Larmour等和 Ramstad 与 Geddes 也曾用类似的方法。

称取已知含水量的定量谷粒（100～300克）装在一个密闭的玻璃瓶中，于定温下放置一定的时间（1～4天）。Bailey和他的同事在他們的

实验中采用 37.8°C (100°F)，这是正常粮食进仓的最高温度。在測驗結束时用无二氧化碳的空气通过谷粒以完全代替这一个系统中的气体，最少进行四次。去掉二氧化碳后輸入的气体要先经过一系列装有一定比重硫酸的瓶子以調整空气中的相对湿度，使其和谷粒的含水量相平衡。把累积的二氧化碳收集到装有氢氧化鋇 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液的吸收瓶中，用当量浓度小于 0.07N 的盐酸液滴定未被中和的碱液，以百里酚 (thymolphthalein) 为指示剂。呼吸强度用每 24 小时

干重 100 克放出的二氧化碳毫克数表示。

在研究棉花种子呼吸时, Altschul 和他的同事把棉花种子放在一个密闭的容器中, 使呼吸产生的二氧化碳累积其中, 经过一定的贮藏时间之后, 用测压气体分析器通过适宜的吸收剂, 去掉该种气体, 以测量二氧化碳和氧在容器中的含量。

最近, Denny 设计了一个简易的方法, 可以同时测定多数高水分样品的气体交换。用广口瓶作为呼吸计, 瓶中放有定量的标定过的氢氧化钠溶液, 其上有架, 架上放着种子, 它放出的二氧化碳为氢氧化钠溶液所吸收。用橡皮管和玻璃管把很多瓶子联在一起, 并且用压力使氧气流缓慢地通过这个系统。

很久以来已了解到种子的呼吸为其周围所累积的二氧化碳所抑制。Larmour 等指出, 增加呼吸计中的自由空间或多通气都可以导致呼吸力强的样品产生更多的二氧化碳。为了减小由于二氧化碳的累积而抑制呼吸, Ramstad 和 Geddes 调整呼吸计中容纳的样品重量(相对地调整自由空间度), 使二氧化碳的产生不超过一个确定的最高值。其他实验指明: 种子空隙间的气体中有 12% 或更多的二氧化碳时就会抑制大豆和小麦的呼吸强度。为此不应使二氧化碳的浓度超过这个数字。

很可能, 经过 2~4 天后测量二氧化碳产量的这种静态方法 (static technic) 往往不能显示真正最大的呼吸强度。含水量高的样品由于增强了呼吸更加大了抑制呼吸的危险。

在实际操作中让二氧化碳累积几天并用其平均值以表示一天的呼吸强度, 这种作法会影响有价值的资料的正确性。如以后所指明的, 当容许霉菌生长时, 呼吸强度随贮藏时间的增长而升高。每经一定时间后多次测量所求得实验数值对于分析与呼吸有关的因素是更有用的。

静态法之所以被广泛应用, 无疑的一部分原因是它很简单而且实验假定的情况和大量贮藏很相似, 但是 Howe, Oxley, Milner

和 Geddes 都曾指出在发热的粮堆中空气是动的,从而防止了局部区域二氧化碳累积的抑制现象。

通气系统法 为了避免二氧化碳的积累, Larmour 等每日使谷粒得到一个短时间的通气。他们在一个较长时间的测验中也得到了每天二氧化碳的释放量,并且指出呼吸强度随时间而发生变化。

Milner 与 Geddes 得到了更精密的控制条件,他们设计了一个复杂的呼吸测定计,种子是装在恒温的条件中,并且可以按照需要,用一定的速度连续通气。这个设备的构造如图 2 所示。通入的空气是由于在一个转动的总轴上一只滑輪中所挂着的瓶子下降时引起刻度肺量计内氯化钙溶液(比重 1.40, 二氧化碳溶解很微)在管内减少时引入的。调整了湿度而无二氧化碳的空气,通过装种子的容器进入呼吸计内,装种子的部分是放在控制恒温的水浴中。流到肺量计中的空气每 24 小时量一次,并且按 Peters 和 Van

Slyke 所描述的方法用 Haldane-Henderson 气体分析器分析其中二氧化碳与氧的含量。这样得到的氧与二氧化碳在流出空气中含量的比值即呼吸系数(按照 Best 与 Taylor 所述先用氮气校正),并且得到二氧化碳的总释放量。当呼吸强度每天都能达到最高时就可以得到各种样品呼吸的准确的比较;在这种情况下,发现每

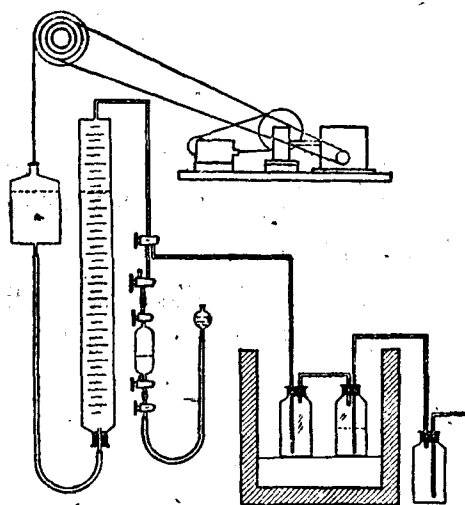


图2 恒温中测定种子呼吸强度的设备图解
(引自 Milner 与 Geddes)

次测定的标准误差为 5~6%。

Schricker 曾用一个按同样原理操纵的仪器研究亚麻种子的呼吸。用水银操纵的打气筒进行充气,并用注射针穿过,以薄膜封口的瓶子抽取流出的空气样品。

微量技术 多数工作者对大量谷粒的贮藏性质感到兴趣,所以愿意研究大样品而不愿用微量方法研究一粒或几粒种子。在测量呼吸量低的干种子时用大量样品可以得到更准确的结果,并且也降低了取样的误差。存在于种子表面和内部的不同数量和种类的霉菌,它们在适宜的条件下都活跃地进行呼吸,以致用一粒或几粒种子所得的结果在作为大量种子的性质指标时,难以完全信赖。

Stiles 和 Leach 为研究种子的呼吸设计了一个新的微量仪器,叫做导热析气计 (katharometer)。原始式样仅能从呼吸反应管内空气中的加热金属线导电率的变化以测量氧气的消耗。导电率受金属线辐射热的强度所影响。以后这个仪器改进了,可以量二氧化碳;二氧化碳气体为标准碱液吸收后,可从溶液的导电率测得。Warburg-Barcroft 压力计也用于测量小麦和稻谷的呼吸。

仓库中测谷粒呼吸的技术 上面所讲的各种仪器和技术,提供了在控制的实验条件下谷粒呼吸的宝贵资料。这些方法不适于在大量贮粮中辅助贮藏检验之用。为此, Oxley 设计了一个简单的二氧化碳分析器以测定干燥谷粒呼吸的增加,它可以指出害虫的发生。Milner 与 Geddes 也讲述了一种为分析而抽取种子间空气样品的简单技术。把一个直径 3/8 吋的管子一端插到粮堆中,另一端及取气瓶、用溶液代替法量容积的设备构成一个系统,真空抽气是用手摇抽气机进行的。在正式取样之前先抽去相当于全部系统容积三倍的空气。由于呼吸是生物活动力的极灵敏的指标,所以用可靠的方法准确地得到种子间的二氧化碳量,证明对于检查贮藏中的粮食是起有价值的协助作用的。

三、休眠谷粒的呼吸

Miller 曾評述过有关种子呼吸的早期工作，它們主要是以含水量高到可以促使萌芽的种子为材料。但过去三十年間研究低水分谷粒的呼吸与有关变化的人数逐渐增多了。这种水分范围是在收获与貯藏中可以找到的。

一批谷粒所表现的呼吸总量来源于三个方面：生活种子的、微生物的和虫子的代謝。虫子的侵害在一般情况下不显著，谷粒和微生物所占的相对比重依赖于若干因素，例如，谷粒的种类，它的物理性状、水分含量、化学成分、温度、通气，以及貯存的时间。由于影响呼吸的因素很多，而且彼此間相互作用很复杂，所以很难分別地討論。以下各段中将先討論谷粒呼吸的一般情况，其次詳細討論各种主要因素——水分、温度、通气和过去的历史情况。

谷粒呼吸的一般情况 干燥谷粒的呼吸强度是很低的，除非感染了虫害。当含水量增加时，无虫谷粒的呼吸也逐渐增加，一直达到一定的临界水分含量 (critical moisture range)；超过这一临界限，呼吸强度增加很快而且谷粒趋于发热。这种谷粒呼吸的显著特点被很好的表现在图 3 中。

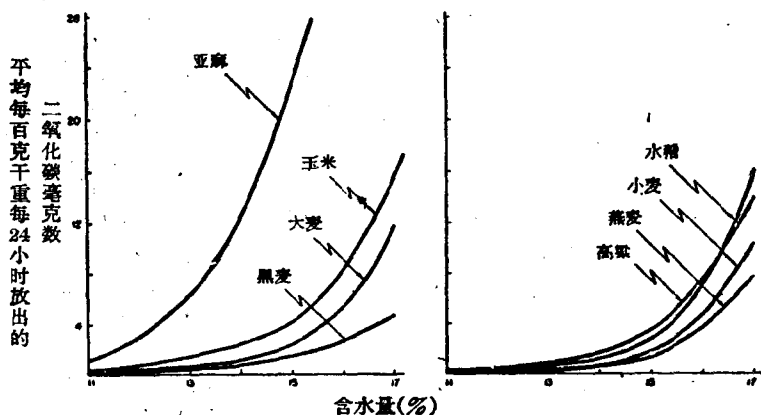


图 8 各种谷物与亚麻种子呼吸强度的比较(引自 Bailey)

呼吸的测定是在密闭系统中停留一定的时间而完成的。虽然各类谷粒所得到的曲线在一般形式上是相似的，但不同的种类所表现的临界水分也略有不同。小麦临界含水量为 14.6%，玉米为 14.2%，大麦约为 14.5%，值得注意的是亚麻种子的临界含水量很低，约低于 11.0%，并且呼吸强度也比一般谷粒高。这些实验的结果中所表现的提高呼吸强度的水分含量和在仓库中谷粒开始发热和损坏时的含水量相近似。

亚麻种子和其他谷类种子临界湿度的差别，使 Bailey 认为亚麻种子中约 40% 的油脂是不收湿的，而只是 60% 的干重保水。当全部亚麻种子含水量为 10% 时，以其亲水部分折算，则含水量应为 16.5%；从后一个基础上看，亚麻种子的临界含水量基本上和谷类种子相同。这种解释对大豆不适用，因为大豆含有 20% 的油脂，但其临界含水量仍和谷类种子相仿（约 14%）。

一些工作者曾试图阐明成分对收湿性的影响。如上所述，Bailey 认为种子平衡水分的含量和非收湿性的成分含量有关。Ramstad 和 Geddes 相信，由于矿物质离子的参与，灰分的含量也可能影响胶体的束水。在另一方面，Larmour 等不认为灰分含量和成分百分比对收湿性的关系等有影响，而加强了收湿成分种类的重要性。

Snow、Crichton 和 Wright 曾对这些关系做了详尽的研究，他们把种子的淀粉、蛋白质和纤维等成分分开来肯定每一部分的收湿性。纤维有削弱吸水性的作用，油脂与非收湿性的灰分物质也与之相同。他们发现可溶性碳水化合物和蛋白质的比例是和吸水的百分率以及吸附曲线的形式密切相关的。

一些早期的研究者观察到损坏的或发热的谷粒中都有霉菌，并且近来累积的实例指出：当超过临界含水量时，呼吸立即升高的原因是由于腐生菌类的滋长。这些菌类一直存在于谷粒的表面和种皮里面。若干研究者已经指明 75% 的相对湿度是常温中霉菌孢

子发芽的最低要求。現在一般都同意，所謂任何类别种子的临界含水量实际上就是該类种子在75%相对湿度中平衡后的含水量的百分率。

用連續通气法并每間隔一定的時間測量氧气和二氧化碳含量的呼吸試驗結果很有力地支持了这个論点，即当含水量超过一定界限时呼吸强度的显著上升是由于霉菌的生长。从大豆和小麦在恒温中做的实验里，Milner 等得到的結果指明，当谷粒含水量在

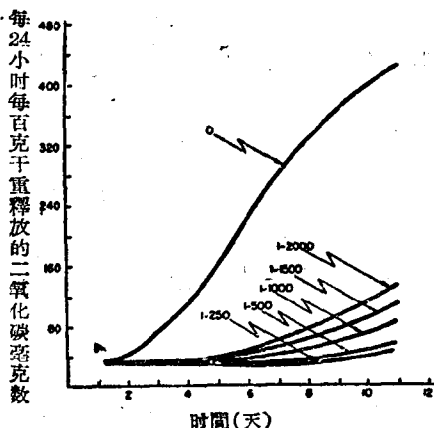


图4 不同濃度的磷硫粉剂对含水量20%的小麦呼吸性质的影响
(相对湿度90%) (引自 Milner)

14%以下时，其呼吸强度很低而且在相当长的時間內保持恒定^①。含水量稍高过14%后的几天內呼吸也随之增加，之后又达到平衡状态。有关小麦的这些性质都在表1中列出。

高水分谷粒呼吸的时间曲线和微生物的增殖曲线相似。当这些谷粒在空气中或用对发芽无害的杀菌剂处理后，它們的呼吸

① 在研究呼吸时，正常的呼吸强度不可能几天之内都加以确定；因为某些植物的种子在被水湿或提高温度时即释放出二氧化碳。这种现象曾在豌豆、亚麻和大豆中发现，并且也可能存在于其他谷粒中。初期二氧化碳的释放在24小时到48小时之内停止；以后正常的呼吸随之开始，可能由于种子本身的关系而有較低的呼吸，也可能经过一个潜伏期之后，呼吸强度提高了，这种情况表明霉菌在生长。初期的二氧化碳释放似乎不是由于高的起始呼吸强度，如事实所指明的，大豆在这一过程中的高呼吸系数为1.5~2.0的范围，并且当呼吸强度降至稳定数值以后，呼吸系数也降到约0.65。这一事实指明本现象中所释放的二氧化碳是束縛在干燥組織中的成分。

一种相似的二氧化碳的突然发生曾在休眠的大豆和小麦种子中被发现，当这些种子被放置在致死的高温中如自热时，呼吸系数就达2.0，据观察，这里伴随着释放二氧化碳的高峰。这情况是在40~50°C的温度中发生的；由此可见二氧化碳的释放显然沒有相应的伴随着氧的吸收。

强度几天之内停留在几乎是恒定的状态。各种用量的磺胺药对含20%水分的小麦的呼吸性质的影响见图4。在实验开始的第一天对照样品的呼吸强度每百克干重每24小时释放的二氧化碳是33毫克,实验结束时(11天后)增高到400毫克。而用高浓度磺胺处理的样品在同样的时间内其呼吸强度由33增到43毫克,对比很明显,经过11天的呼吸测验,这些样品还有84%的发芽率,而对照则仅剩了10%。

曾采用高压蒸汽消毒的大豆为材料,使成不同的含水量并用黄麹霉 *Aspergillus flavus* 接种,这种微生物是生在种子上的,并且在湿润条件中繁殖很快。图5中表明呼吸的数据。这些大豆的

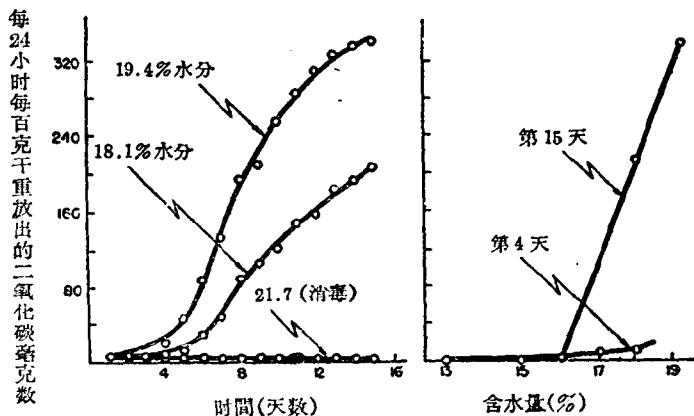


图5 时间和含水量对消毒后又接种黄麹霉的大豆呼吸强度的影响, 温度 37.8°C (引自 Milner 和 Geddes)

呼吸强度同样表现了随时间延长而上升的趋势,这和含水量适宜霉菌生长的各种贮藏的大豆相似。低水分的正常种子特有的低呼吸强度,是經蒸汽杀菌的大豆所沒有的。未經虫蚀的低水分且不生霉菌的种子的低而恒定的呼吸几乎是种子本身的生命活动,因为微量的霉菌孢子的呼吸可以略而不計。在曾計数过霉菌数量的实验中,当谷粒含水量超过一定的界限后,随着呼吸增加而变化的的是霉菌数量的增多,脂肪酸值的升高,含糖量变化,和发芽

表1 硬质红皮春小麦种子含水量和呼吸强度、霉菌生长、种子生命力、脂肪酸值和糖分含量变化的关系

(引自 Milner、Christensen 和 Geddes*)

含水量		在测呼吸 计中的时间 (天)	呼吸强度 (最后一天) 毫克/CO ₂	霉菌群落数 每克	呼吸系数 第17天	发芽率 %	脂肪酸值 KOH 毫克/10克	全糖量 毫克/10克	还原糖 (%全糖%)
开始 %	结束 %								
12.8	12.0	20	0.07	500	0.60	93	35.3	252	19.0
13.6	13.1	20	0.11	100	0.85	95	35.5	263	17.9
13.8	13.7	20	0.23	100	0.91	95	35.3	287	19.8
14.5	14.3	20	0.57	400	0.89	92	37.8	252	19.8
15.4	14.6	20	2.53	4,800	0.73	91	42.3	255	20.0
16.3	16.0	20	23.4	396,000	0.91	67	66.0	248	21.8
16.8	16.4	17	20.3	209,000	0.90	88	38.6	247	20.6
18.5	19.0	17	111.0	2,275,000	0.81	37	115.0	225	21.8
20.8	22.0	17	604.9	11,300,000	0.93	14	149.7	202	27.2
25.2	30.0	17	1,724.8	37,500,000	0.99	21	140.7	184	33.7

* 呼吸测定是在80°C中进行的。霉菌数、发芽率和化学成分都是在呼吸测定结束后分析测定的