

浅论细菌和霉菌的生长繁殖

任珊珊

微生物，尤其是其中的细菌和霉菌在一般库房条件下就能生存，以纸张、淀粉等为营养物，分泌纤维素酶等胞外酶[1]，严重降低纸张的强度。大部分细菌和霉菌在其生理过程中产生了有机酸，导致纸张中 pH 值迅速增加，老化程度加快[2]。多数霉菌会产生非水溶性色素，常会遮盖字迹，且不易清理。同时细菌和霉菌还会严重影响空气质量和人们的健康状况，浓度过高容易导致各种微生物疾病的发生。因此，对微生物的抑制是文献保护工作中的重要一环。而做好这项工作，必须深入了解细菌和霉菌的生长繁殖机理及其有影响的关键因素。

一、细菌和霉菌的生长繁殖

微生物包括无细胞结构不能独立生活的病毒、亚病毒因子；具原核细胞结构的细菌、古生菌以及具真核细胞结构的真菌（酵母、霉菌等）、单细胞藻类、原生动物等。受各种微生物生长繁殖所需的营养结构和环境因素如是否需要氧气等条件的限制，对文献能造成损坏的主要为细菌和丝状真菌即霉菌。

1. 细菌的生长繁殖

细菌形态结构简单，基本形态分为球状、杆状和螺旋状，一般以二分裂方式进行个体繁殖。单个细菌一般直径仅为 $0.5-1\ \mu\text{m}$ ，肉眼看到的是成千上万单个细菌组成的群体。在封闭条件下培养时，细菌群体的典型生长过程包括迟缓期，对数生长期，稳定生长期和衰亡期。

在书库环境中，因为营养条件不佳，环境条件不适，细菌一般处于迟缓期，表现为肉眼不可见，空气菌落数低，对文献影响很小。一旦环境条件适宜细菌生长时，细菌会迅速进入对数生长期，以最大速率生长和分裂，细菌数量呈对数增加，呈现爆发态势。之后随着营养物质消耗，代谢产物积累等因素，细菌增长速率会逐渐趋缓，细菌数达到最高并维持稳定。此时积累的代谢产物，如酸类物质，纤维素酶、淀粉酶等的量最大，所需的营养物质最多，是细菌对文献危害最大的时期。其后，随着营养物质的耗尽和有毒代谢产物的大量积累，细菌群体进入衰亡期，细菌数量逐渐减少[3]。处于此阶段时，虽然细菌本身已无法对文献造成

影响,但是代谢产物已经永远留在了文献上,会造成日积月累的危害,无法弥补。

2. 霉菌的生长繁殖

霉菌在分类学上的名称为丝状真菌,顾名思义,霉菌菌体是由分支或不分支的菌丝构成。许多菌丝交织在一起,形成菌丝体,霉菌就通过这些菌丝吸收营养,进行繁殖。霉菌的生长繁殖能力很强,而且方式各种各样。菌丝断片在适宜的条件和充足的营养下即可延长、分支,这一过程称之为断裂增殖;菌丝还能特化为分生孢子、孢囊孢子等无性孢子,由这些孢子开始经过孢子肿胀、形成萌发管和菌丝生长 3 个阶段的繁殖过程称之为无性孢子繁殖;菌丝还能特化成性细胞,如卵孢子、接合孢子等,2 个性细胞接触后发生细胞质融合、细胞核融合,在经过减数分裂形成新的个体,这一过程称之为有性生殖。霉菌的群体生长与细菌类似。书库空气中同时存在多种细菌和霉菌,这些微生物之间也存在竞争关系,一种微生物的数量占据绝对优势后,其它微生物就很难进入对数期生长过程了。这也就是书库霉菌爆发时往往同一库区只能看到一种霉菌大范围生长的原因。

二、环境对生长的影响

影响微生物生长的主要因素有营养物质、水的活性、温度、pH 和氧等。库房环境有其特殊性,以文献和书架为主,同时由于经济条件和技术条件所限,国内几乎所有库房都未采用低氧保存环境,因此对实际工作最有指导意义的为水的活性(表现为空气相对湿度)、温度和 pH 三个指标。

水是机体的重要组成部分,参与生命过程中的大部分反应,还起到维持蛋白质等大分子形态结构的重要作用。库房中的大部分细菌和霉菌要达到对数期生长都需要较高的相对湿度。以霉菌为例,许多霉菌在相对湿度 95%–100%条件下生长良好,相对湿度降至 80%–85%时生长缓慢[4]。在实践经验中也是如此,湿度高的地区的库房生霉概率远超湿度低的地区。

不同微生物生长的最适温度不同,能在库房中生长的属于嗜温微生物,适合的温度区间为 20℃—45℃,低温状态下才能较大程度抑制细菌和霉菌生长。值得注意的是,霉菌的孢子和部分细菌拥有的芽孢抗性极强,这二者虽然是结构功能完全不同的生命体,但耐高低温的特性极佳,尤其是芽孢,堪称生物界抗性最强的生命体。因此低温冷冻的方法并不适用于书库细菌或霉菌爆发的情况。

pH 值会影响细胞质膜的稳定性和透性以及营养物质的溶解性进而影响微生物对营养物质的吸收，同时 pH 值还会影响微生物体内酶促反应的速率。同温度相同，不同微生物的最适 pH 值不同，总起来说，细菌可以在 pH6.5—7.5 条件下生长，霉菌可以在 pH 值 4.5—5.5 范围内生长。目前大部分善本古籍、民国文献纸张 pH 值已经处于适宜细菌或霉菌生长的区间内。

细菌和霉菌一旦爆发对文献损坏极大，不可复原。在芽孢或孢子存在的情况下，它们极难被杀灭。而且即使能杀灭某一特定空间的细菌和霉菌，也不可能将库房营造成全密闭超净的环境阻隔从其它地方随气流而来的微生物。同时微生物都有较强的突变性，多次施用抑制剂，可使得微生物向抗抑制剂方向突变，即产生所谓的“抗药性”。因此，库房中细菌和霉菌的预防远胜于治理。从营造不适于细菌和霉菌生长繁殖环境的角度对其进行抑制，并加强监测，才能有效规避细菌和霉菌爆发的风险。

参考文献

- [1] 武望婷, 何海平, 闫丽等. 首都博物馆空气中的细菌的分离鉴定及在文物保护中的意义[J]. 文物保护与考古科学, 2012, 24(1):76—82.
- [2] 朱兰英. 档案霉菌的危害及其防治[J]. 兰台世界, 2004, (12):18—19.
- [3] 沈萍, 陈向东等. 微生物学[M]. 北京:高等教育出版社, 2006, 132—161.
- [4] 邢来军, 李明春, 魏东盛等. 普通真菌学[M]. 北京:高等教育出版社, 2010, 84—89.

书库空气质量要求与检测防治

张 铭

我国是四大文明古国之一，具有悠久的历史 and 完整的文明传承，传世的古籍文献卷帙浩繁、弥足珍贵。为了更好地保护这些珍贵的文献，书库的温湿度、光照和空气质量等保存条件需要严格控制，尤其是空气质量条件需要格外重视。

纤维素是纸张的主要化学成分，在一般条件下其化学性质稳定，有利于纸张长期保存，但是在二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）和总挥发性有机物（TVOCs）等酸性、氧化性有害气体存在的条件下，纤维素分子链很容易发生降解反应，导致纤维素聚合度下降，纸张保存寿命缩短，因此要严格控制书库中这些酸性、氧化性气体的含量。按照《图书馆古籍书库基本要求》（GB/T 30227-2013）中的规定，古籍书库中二氧化氮气体和二氧化硫气体含量应低于 0.01mg/m³，总挥发性有机物含量应低于 0.12mg/m³。

由于书库很难实现完全密闭，因此书库中的空气质量受到书库内部环境和外界大气环境两方面同时影响。一般来说，书库中二氧化硫和二氧化氮含量受室外空气质量影响较大。大气中的二氧化硫主要来自于含硫原煤、石油燃烧以及含硫金属矿物的冶炼过程中，在我国北方地区的冬季由于烧煤取暖，大气中二氧化硫含量一般高于夏季；大气中的二氧化氮主要来自于汽车尾气、发电厂废气等燃料经过高温燃烧后排放的废气，因此在一些大型城市早晚高峰交通拥堵时大气中二氧化氮含量也较高；总挥发性有机物是利用 Tenax GC 或 Tenax TA 采样，非极性色谱柱（极性指数小于 10）进行分析，保留时间在正己烷和正十六烷之间的挥发性有机化合物的总称，包括脂肪烃、卤代烃、醇、醛、酮、羧酸、酯等多种化合物，其成分复杂，来源广泛，具体化学成分目前尚不能一一确定，给防治带来较大困难。大气中的总挥发性有机物来自于汽车尾气、石油精炼、废弃物燃烧等，室内的总挥发性有机物来源包括建筑材料、木制家具、胶黏剂、油漆等。

良好的书库空气质量是古籍文献长期保存的重要保障，因此应该做到以下几点：

第一，定期对库房空气质量进行检测，掌握空气质量相关数据，及时采取有针对性的预防措施，常用的检测方法有《环境空气 氮氧化物（一氧化氮和二氧化

氮)的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》(HJ 479-2009)、《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》(HJ 482-2009)和《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002)附录C等,为保证检测结果准确性,在空气样品采集、检测以及数据计算过程中须严格按照相应标准进行操作;

第二,协调好库房密闭和通风换气的关系。外界空气对于库房空气质量的影响不能简单归结于有利或者有害,库房适当的密闭可以有效减少大气污染物对于库房空气质量的影响,而选择适当的时机通风同样有利改善库房空气质量;

第三,库房的建筑材料和装修材料应符合环保要求,充分考虑到日后对于库房内部空气质量的影响;

第四,如有必要可以添置空气净化过滤设备,有针对性地改善库房空气质量。

