

古病毒复活及生态学思考

崔红标*, 范玉超

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年6月28日; 录用日期: 2022年7月27日; 发布日期: 2022年8月4日

摘要

本文从《现代环境监测技术》课程中微生物环境监测知识点出发, 分析了古病毒的来源及复活原因, 论述了古病毒的生存状态及其与人类的关系, 阐明了现阶段人类对病毒的防治和利用情况。通过教学扩大学生知识面, 增强学生社会责任感, 实现知识传授与价值引领的双重效果。

关键词

古病毒, 冰冻圈, 微生物

Ancient Virus Resurrection and Ecological Thinking

Hongbiao Cui*, Yuchao Fan

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Jun. 28th, 2022; accepted: Jul. 27th, 2022; published: Aug. 4th, 2022

Abstract

Based on the knowledge points of microbial environmental monitoring in the course of Modern Environmental Monitoring Technology, this paper analyzes the origin and the revival reasons of ancient viruses, and discussed the living state of ancient viruses and its relationship with human beings. Finally, we illuminate the prevention and utilization of viruses by human beings at present. The objectives are to strengthen students' social responsibility through the learning of knowledge, and to realize the dual effects of knowledge imparting and value leading.

Keywords

Paleovirus, Cryosphere, Microorganism

*通讯作者。

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现代环境监测技术是指利用现代科学仪器对影响人类和其他生物生存和发展的环境质量状况进行监视性测定的活动。运用对环境污染敏感的生物对环境的污染情况进行评价的生物监测已成为现代环境监测技术的重要手段。

病毒无细胞结构, 个体微小, 以寄生在宿主体内传播自己的遗传物质为目标, 与宿主世代生活在一起。古病毒是指封存在极地或高原冻土层、冰川、雪和海冰等环境中的远古时代的病毒。科学家在极地探索中发现了大量远古病毒, 其中大部分古病毒的基因序列未知且对人类的威胁程度不详。

现代环境监测技术作为环境专业学生的一门重要专业课程, 古病毒监测相关知识为学习内容之一, 认识、了解古病毒并利用现代环境监测技术对其生境进行监测, 有助于学生进一步了解病毒世界, 研究病毒遗传变异规律。在掌握知识的同时, 扩大学生知识面, 增强学生社会责任感。

2. 古病毒的来源

占地球陆地面积 25% 的冰冻圈, 保存着大量不同年代的远古病毒[1], 病毒的生存受温度、光和湿度的影响较大, 冰冻圈的低温环境有利于古病毒休眠, 土壤中的黏土矿物可保护古病毒免受热的破坏。因为环境适宜, 冻土成为远古病毒重要的栖息场所[2]。

2.1. 早期地质时期随海水进入极地

新生代早期是地质史中最后一个温室气候时期[3], 地球温暖的季风将热带与温带海水送往极地, 海水中浮游生物和各种动物的尸体以及依附于这些生物上的病毒随之进入极地冰带, 被冻结在厚实的冰层之中。

2.2. 随时间不断积累

几个世纪中, 不断有动植物遗体因各种原因而被埋藏在极地冰层中, 成为古病毒寄居的载体。远古时期动物在因栖息地变化或气候、食物等因素发生变化而迁徙的途中, 被雪崩或意外而冰封于冻土之下。如距今约 1 万年前的猛犸象、洞穴狮、野牛等, 考古学家曾于 2017 年在东西伯利亚雅库特地区河流附近发现幼年洞穴狮遗体, 命名为“斯巴达”, 是迄今为止发现保存最完好的冰河时期的动物。冻土中存在的这些远古微生物, 在极端环境中会因生存和保护基因而开启自我保护模式, 这些现代人类从未接触过的病毒, 在一定条件下复活后, 其对人类产生的影响也未可知。

3. 古病毒复活的原因

3.1. 温室效应

冰冻环境低温、缺氧且黑暗是病毒长期保持活性的极佳场所。冰冻圈中存在的古病毒在脱离宿主细胞后, 由于光照、脱水或生化降解等因素, 大多数失去活性。但随着全球气候变暖, 冰川退缩、冻土消融[4], 多年冻土地温升高, 地下冰融化, 地表沉降、侵蚀, 形成热熔湖塘、热熔滑塌[5], 休眠于其中的古病毒进入水体或暴露于土壤表面。研究表明, 冰冻圈可检测到高丰度和多样性的病毒[6], 且大量病毒

主要分布于冻土的未结冻水中[7]。每年有约 10^{23} 个数十万年前的病毒从冰川释放到环境中[8], 如, 科学家在南极林诺博拉尔湖中检测出大量 DNA 和 RNA 病毒[9]; 在南极土壤中发现大量巨型病毒和藻类病毒; 在我国青藏高原冰芯样本中发现 29 种新病毒种类[10]。又如 2016 年夏季, 位于北极圈内的马尔半岛突发热浪导致冻土解冻, 一头死于炭疽感染并封存于表层冻土中的驯鹿尸体暴露, 致使具有传染性的炭疽菌释放, 污染水体及土壤, 最终导致人和动物的感染[5]。

3.2. 人类活动

科学进步使得人类足迹遍布全球, 极地探索成为人类活动的一部分。开采极地冰芯用于科学研究, 使得存在其中的古病毒暴露出来, 加之科学研究过程的不确定性, 使得其中的古病毒存在释放风险。科学家曾在西伯利亚冻土层冰芯中发现了一种已经沉睡超过 3 万年的古病毒, 其拥有类细胞结构, 仍具有感染宿主的活性[11], 该病毒在实验室中成功感染了包括变形虫在内的多种单细胞生物。

除科研活动外, 人类商业活动也可能带来古病毒复活的风险。北冰洋特别是西伯利亚和俄罗斯北部冰冻地区, 已经开通的商业航线可能会将古病毒带入人类活动频繁地区。冰冻地区还拥有大量的珍贵自然资源, 如贵金属、稀土、黄金、石油和天然气等, 人类若开采矿产或能源, 则需大量地移动在过去的上万年并未被人类扰动的永久冻土, 这使得冰冻区局部环境改变, 深层冻土被暴露在阳光、空气和夏季雨水之中, 大量古病毒将被释放出来, 其对人类所产生的影响尚未可知。

4. 古病毒复活的生态学思考

4.1. 古病毒的研究方法

人类对自然界中病毒的认识从最初观察和对病毒进行分离的研究, 到 20 世纪通过高分倍率电子显微镜研究病毒形态、多样性, 直至现代分子生物学技术应用于病毒生态学研究, 应用高通量测序技术及病毒宏基因组学技术监测环境中未知病毒, 人类对于病毒的研究从未止步。

尽管现代分子生物学技术有较大发展, 但对于病毒宿主的可培养性、寻找通用可标记的病毒基因、研究病毒的系统发育地位等方面仍未成熟。寻找操作便捷且经济, 能够从环境中识别并检测新型病毒病毒的操作技术, 仍为所需要探究的内容。

4.2. 古病毒的传播及与人类潜在利害关系

冰冻环境中的古病毒有重要的研究价值, 但仍封存着许多人类尚未可知的病毒, 这些病毒可能将远古生物的遗传信息引入新宿主或子代病毒, 从而引起宿主细胞的变异。另外, 复活的古病毒通过裂解宿主, 将周围环境中的病毒控制在一定丰度内, 影响局部微生物群落的组成, 进而参与生物地球化学循环[12]。在一定条件下复活的古病毒, 其感染途径、传播方式、在环境中的流行情况等问题, 仍是需要研究的问题。

历史上, 病毒给人类生命健康带来巨大威胁, 令人异常恐惧, 但在一些领域可以利用病毒来服务人类。如利用禽腺病毒制备禽用灭活疫苗, 提高家禽抗病能力; 利用噬菌体侵入染病的动物细胞, 最终将细菌杀死, 以取得较好的治疗效果; 还可利用噬菌体靶向特定细菌, 为人类某些疾病的治疗提供新的思路。

4.3. 古病毒对元素化学行为及对生态系统的影响

关于病毒对元素化学行为及对生态系统的影响研究, 主要集中在土壤和海洋领域。研究表明, 作为微生物群落的成员之一, 病毒会影响微生物死亡率、碳循环、营养循环以及食物网动态。对于遗传结构、

危害和侵染性不明的古病毒, 其对微生物群落的影响更是不可预计。

病毒是海洋中最丰富的生物类型, 具有高侵染性古病毒很可能通过裂解细菌宿主, 控制细菌丰度, 进而影响海洋微生物群落组成。研究表明, 存在于土壤孔隙中的噬菌体能够影响土壤性质, 如可通过杀死细菌来降低二氧化碳的产生率, 改变土壤有机碳分解速率[13]。古病毒还可通过选择抗性、基因转移、参与细菌代谢等途径影响宿主, 进而影响微生物群落的系统发育。

4.4. 现阶段人类对病毒的防治和利用情况

人类是一个群体, 病毒也是一个群体, 用一个群体消灭掉另一个群体, 从生态学角度来分析是不适合的。寻求和谐平衡的共处关系, 才是我们应对病毒的方式。病毒并非有害而无利, 人类可以利用病毒的某些特性让其造福人类。

如利用病毒极快的入侵速度这一特性, 用于分解材料开发。研究人员已利用从细菌中提取的病毒作为太阳能的传输通道, 将水分解后提取氢能。此法相比化学法制取氢能, 生物法既安全又高效。

病毒在医疗领域也具有很高的应用价值, 如柯萨奇病毒可在不伤害人体正常细胞的前提下, 精准杀死乳腺癌细胞; 利用噬菌体的杀菌特性来制成防治某些疾病的特效药, 早在 1958 年我国微生物学家就成功利用噬菌体防治了绿脓杆菌对烧伤病人的感染。现阶段将噬菌体用于禽用药剂的研发已较为普遍。

病毒还可以应用到农业生产中, 早在 18 世纪人们就利用病毒侵染的特性改变花卉种植品种, 产生更多花色。在植物病害防治领域, 已可利用生物病毒制剂防治松毛虫、棉铃虫、玉米蝗等害虫, 这些杀虫剂不仅安全有效, 有利于环境保护, 且对人体无害。

5. 总结与展望

冰冻圈的生物多样性较低, 食物网简单, 无论是保留下来的远古生物, 还是生物在极端条件下的演化, 对气候变化、遗传学和医学等学科都能带来很多启示。冰川中存在的古病毒对于维持冰川生态系统的稳定有着一定的意义。根据目前的研究进展, 气候变化是加快了古病毒复活的一个重要因素, 这值得引起我们的反思。气候变暖冻土消融, 冰冻圈生境改变, 对生态系统、水文过程及人类活动都存在影响, 冻土的变化使得存在其中的病毒及微生物的利用及防控问题需要进行大量的研究工作。我国的青藏高原、天山、阿尔泰山等高海拔地区分布大量的冻土, 对于研究封存其中的古病毒及其它微生物资源提供了条件。另外, 对于极地深层冻土的开发活动进行合理的规范与限制, 严格限制人类在相关地区的活动以及控制实验室生物风险的等方面亟需规范。

基金项目

安徽理工大学研究生核心(一流)课程(2021HX001)、矿山水文土壤环境系列课程教学团队(2021jxt082)。

参考文献

- [1] 陈拓, 张威, 刘光琇, 等. 冰冻圈微生物: 机遇与挑战[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(4): 434-442.
- [2] Graham, D.E., Wallenstein, M.D., Vishnivetskaya, T.A., *et al.* (2012) Microbes in Thawing Permafrost: The Unknown Variable in the Climate Change Equation. *The ISME Journal*, **6**, 709-712.
- [3] 于革. 早新生代温室气候及冰期气候转型的模拟研究[J]. 地球科学进展, 2007, 22(4): 369-375.
- [4] Cavy-Fraunie, S. and Dangles, O. (2019) A Global Synthesis of Biodiversity Responses to Glacier Retreat. *Nature Ecology and Evolution*, **3**, 1675-1685.
- [5] 吴晓东, 吴通华. 多年冻土退化对气候和人类产生重要影响[J]. 自然杂志, 2020, 42(5): 425-431.
- [6] Rastrojo, A. and Alcami, A. (2018) Viruses in Polar Lake and Soil Ecosystems. *Advances in Virus Research*, **101**,

- 39-54. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2018.02.002>
- [7] Colangelo-Lillis, J., Eicken, H., Carpenter, S.D., *et al.* (2016) Evidence for Marine Origin and Microbial-Viral Habitability of Sub-Zero Hypersaline Aqueous Inclusions within Permafrost near Barrow, Alaska. *FEMS Microbiology Ecology*, **92**, fiw053.
- [8] Anesio, A.M., Mindl, B., Laybourn-Parry, J., *et al.* (2007) Viral Dynamics in Cryoconite Holes on a High Arctic Glacier (Svalbard). *Journal of Geophysical Research*, **112**, G04S31. <https://doi.org/10.1029/2006JG000350>
- [9] 徐静阳, 张强弓, 施一. 冰冻圈微生物演变与生物安全[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(5): 632-640.
- [10] Zhong, Z.P., Solonenko, N.E., Li, Y.F., *et al.* (2020) Glacier Ice Archives Fifteen-Thousand-Year-Old Viruses. *bioRxiv*, 894675. <https://doi.org/10.1101/2020.01.03.894675>
- [11] Legendre, M., Bartoli, J., Shmakova, L., *et al.* (2014) Thirty-Thousand-Year-Old Distant Relative of Giant Icosahedral DNA Viruses with a Pandoravirus Morphology. *PNAS*, **111**, 4274-4279. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320670111>
- [12] 孙旭梅. 深海沉积物的微生物多样性分析及深海沉积物来源的细菌和病毒对土壤菌群和功能的影响[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2021.
- [13] Wei, X.M., Ge, T.D., Wu, C.F., *et al.* (2021) T4-Like Phages Reveal the Potential Role of Viruses in Soil Organic Matter Mineralization. *Environmental Science and Technology*, **55**, 6440-6448. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06014>