



土壤中的细菌可以让你的汉堡包变“健康”

Stephanie D. Jurburg*

¹ German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Leipzig, Germany

小审稿人



麦迪

年龄：15岁



马蒂亚斯

年龄：14岁



塔西

年龄：13岁

1993年，美国爆发了大肠杆菌疫情，导致全国超过700人患病。此次疫情的罪魁祸首是一种名为O157:H7菌株的大肠杆菌，它寄生在牛的肠道中，并通过粪便传播到水和堆肥中。O157:H7可在水和堆肥中存活数月，通过蔬菜或肉类抵达人体内部，引发疾病。然而，由于大肠杆菌需和土壤中的原有菌群竞争，它们在土壤中存活的时间要比在牛的肠道中短得多。对土壤细菌而言，O157:H7是一名入侵者。这些入侵者依靠本地生物的“残羹冷炙”生存。本地生物群落越多样化，所剩余的资源越少（即“残羹冷炙”越少），外来生物入侵的难度就会越大。这解释了O157:H7在土壤这一地球上最多样化的环境中为何难以生存，也构成了土壤细菌对我们人类健康至关重要的一大理由。

大肠杆菌，攻击！

1993年，美国爆发了大肠杆菌疫情，全国超过700人因此患上重症。这场疫情的罪魁祸首是那些未煮熟的牛肉饼。十三年后，另一起大肠杆菌疫情致使大批预包装的菠菜被大规模召回，这一次，源头是一个种植菠菜的农场附近的养牛场。此后，造成大肠杆菌感染事件爆发的原因还包括食用了奶酪、洋葱、大豆和罗马莴苣等多种食品。这些疫情往往是由同一种细菌引起的，即大肠杆菌O157:H7菌株。那么这个细菌到底是何方妖孽？为什么它一再造成疾病的爆发？且看下文分解！

大肠杆菌的历史和性状

我们今天所知道的大多数细菌都是在近十年时间内被发现的。然而，大肠杆菌是个例外。这种细菌是早在1885年由德国奥地利儿科医生特奥多尔·埃舍里希（Theodor Escherich）在健康人的结肠中发现的，此后大肠杆菌的学名便以他的名字而命名。“Coli”指的就是这种细菌生存的地方，即结肠（colon）。因为大肠杆菌在实验室条件下活得很好，所以微生物学家一直以大肠杆菌作为研究对象，以了解细菌是如何生长，并如何对其周围环境做出响应的。

大肠杆菌的许多特征使其成为一个令人着迷的生物学研究对象，并在众多研究对象中脱颖而出。首先，在合适的食物来源下，它会生长得很好，而且不怎么挑食，一旦拥有足够的食物，就可以以惊人的速度繁殖：仅需7个小时，一个大肠杆菌就能增殖分裂出一百万个后代！其次，细菌具有改变它们自身基因的能力，而大肠杆菌更是擅长此技。基因是细胞的“说明书”。与其他更大的生物体（如动物）不同的是，细菌之间即可以互相交换自身基因，也可以接受病毒的基因，还可以从环境中获取基因。当一个细菌的基因发生变化时，其行为和能力也会随之发生变化。而这些细菌的后代，也继承了同样的基因，成为特定菌株的成员——这就好比你是家庭中的一员，你与你家人之间有许多共同的特征。菌株不是以家族姓氏命名，而是由字母和数字组成的代码来被我们所标识的，形如O157:H7。

菌株

细菌的一种亚型，其细菌与同种细菌的其他菌株略有不同

基因

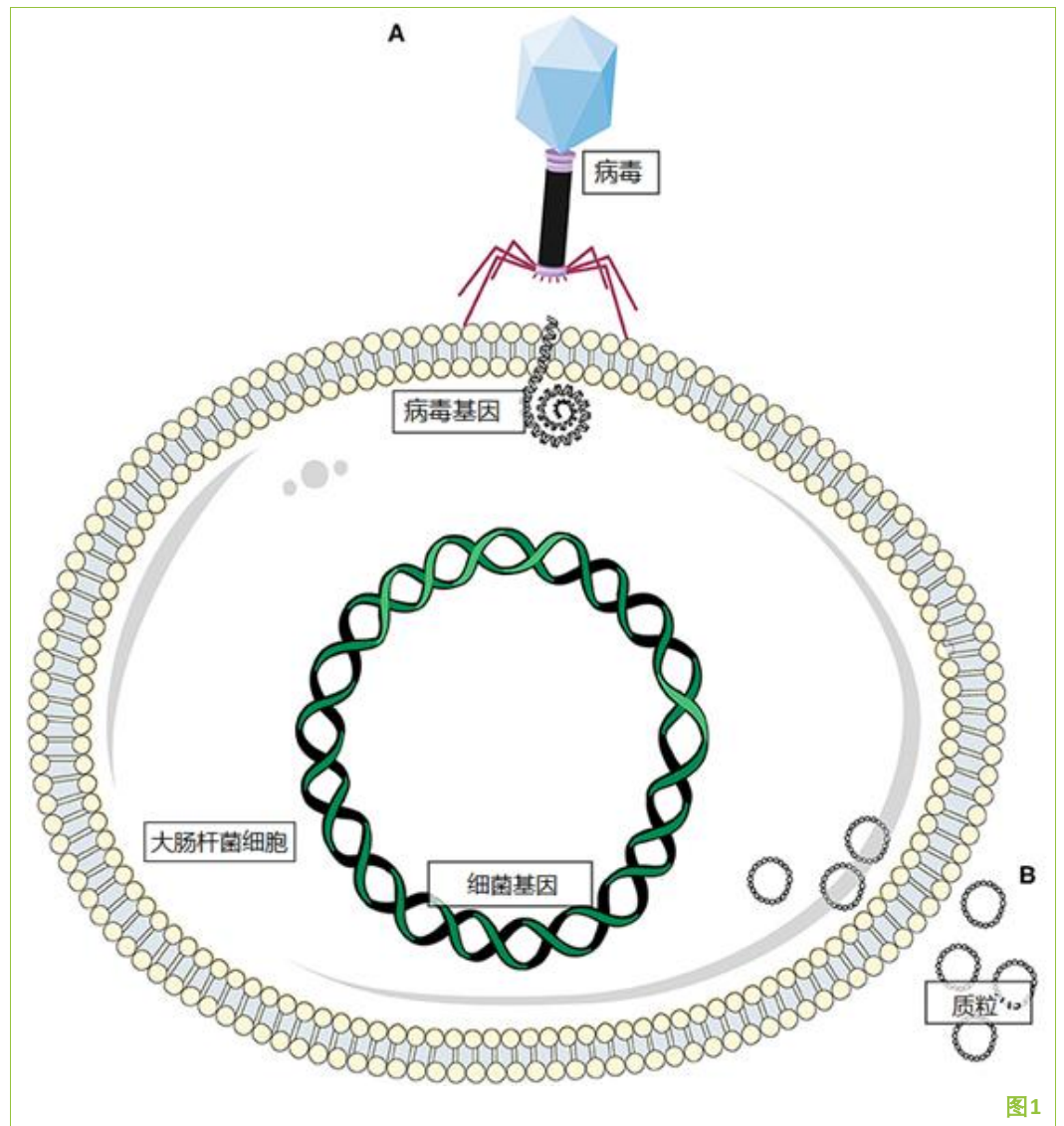
构成蛋白质的DNA片段

图1

与其他大部分生物体不同的是，细菌可以改变自己的基因

(A) 大肠杆菌O157:H7菌株带有病毒感染后留下的基因。

(B) O157:H7也从环境中获取了基因。细菌还可以从别的细菌中获取基因。



超级菌株O157:H7

健康人的肠道之中生活着成千上万来自不同菌株的大肠杆菌，它们保护人类免受沙门氏菌等其他病原体（或致病菌）的侵害。然而O157:H7菌株并非如此。O157:H7于1983年首次被发现，现在仅在美国每年就有约7.3万人被感染。O157:H7的独特之处在于它获得了一组基因，使得该菌株具有产生志贺毒素（Shiga toxin，一种能使感染者生重病的有毒物质）的能力。仅仅产生的这些毒素还并不足以威胁到我们的健康，O157:H7还有一种使自己变为病原体的“操作”：它会积极地尝试把自己传播出去，尽管并非所有菌株都会如此。这种传播行为的产生，也是由于从环境中获取基因的结果（图1）。

自1993年以来，几乎每年都会爆发由O157:H7引起的疾病。为什么这种疾病会一再发生呢？答案很简单：大肠杆菌可以接触到食物的途径实在

病毒

种可导致疾病发生的生物体

太多了。如果用来制作汉堡的牛肉是来源于一头受感染的牛，那么我们的汉堡包很可能遭到了O157:H7的污染，但这都不是什么问题，因为我们从来不会生吃汉堡包。待汉堡包熟了之后，里面的大肠杆菌会被高温杀死，所以肉是可以被安全食用的。但是像生菜这样的蔬菜，我们会经常会选择生吃，如此一来，在吃的时候那些细菌可能还活着。

正常情况下，大肠杆菌会在牛的肠道中生活数周乃至数月，但并不会使牛致病。这些动物的粪便中含有许多大肠杆菌，一克受感染的牛的粪便中可能含有超过5000万个大肠杆菌，这些大肠杆菌一旦随着粪便离开牛的体内，就极难被清除。这些细菌可在粪便中存留时间超过21个月，在此期间会有充足的机会进入土壤。如果粪便进入水体，里面的细菌可能会存活8个月以上，在此期间，当这些水被用作农作物灌溉，它们也有可能进入土壤。大肠杆菌一旦进入土壤，就可能会接触到农作物，从而导致水果蔬菜受到污染。

图2

通往汉堡包的多种路径来自受感染的牛肉最终会进入生的汉堡包的肉饼之中，而大肠杆菌则随粪便从牛的肠道抵达土壤，并与土壤中的原生细菌产生竞争。如果大肠杆菌能在土中持续存活、不断繁殖，就可能会导致对生菜、菠菜、洋葱等农作物的污染。

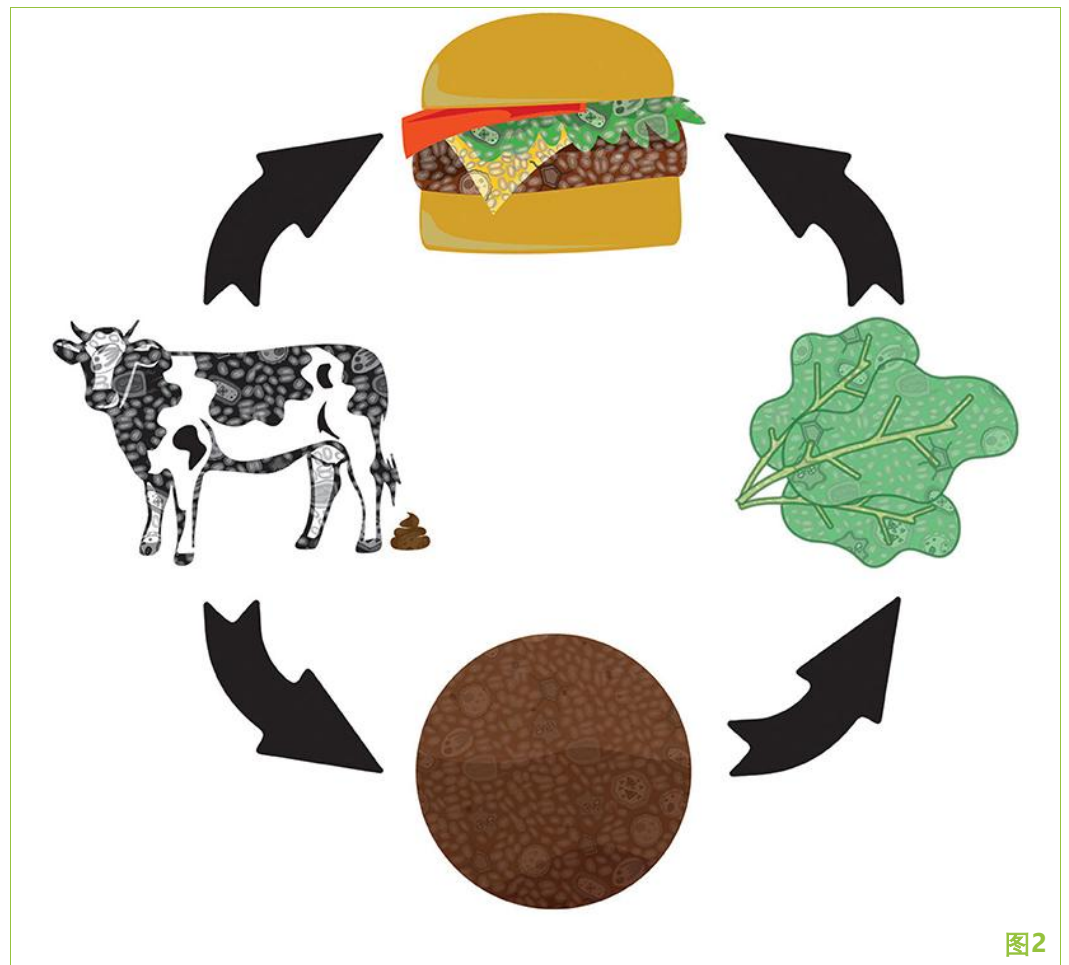


图2

土壤细菌，一种解决方案

多样性

一个群落中不同物种数目的多少

既然这些细菌能存活如此之久，又如此容易传播，那么为什么大肠杆菌却相对比较罕见呢？答案是：为“玷污”我们的蔬菜，大肠杆菌必须在土壤中生存，但是它们在土壤中生存的能力是十分有限的。大肠杆菌在土壤中只能生存3个月。科学家们认为，土壤细菌的**多样性**，或者说是自然生活在土壤里的不同种类的细菌的数量，使得一切变得不同。没有哪个环境比土壤更多样化的了。手中的一把土壤就包含了多达一万种不同的细菌，而且很多时候，大部分是非传染性的大肠杆菌菌株。科学家们已在一些实验中发现，土壤生物多样性越高，危险细菌就越难以成功入侵。究其原因，似乎与入侵细菌所需资源的可用性有关。细菌对资源的消耗就好比动物对食材的偏好，不同菌株所消耗的资源是不同的。当土壤中原生细菌的多样性很高时，细菌群落会消耗大量的资源，直至资源所剩下无几。一旦大肠杆菌进入到这种环境之中时，就会因无法进食和生长而死亡。而当土壤细菌群落的多样性较低时，由于那里的资源无法被全部消耗掉，余留下的“残羹冷炙”就会被大肠杆菌用于其繁衍及传播。

抗生素是如何成为大肠杆菌的帮凶的？

综上，现在我们已经知道了土壤中细菌多样性是如此重要，多亏了它们，才能确保留给那些致病细菌的资源变得少之又少。不幸的是，土壤细菌不断地受到抗生素的威胁。人类使用抗生素来防治动物和自身的疾病，但让我们始料未及的是，土壤却也因此遭遇到了抗生素。不妨回想一下土壤被致病性大肠杆菌菌株污染的原因——牛的粪便。为了防止疾病爆发，奶牛通常会被注射大量的抗生素。这些抗生素并没有被牛的身体所完全利用，部分抗生素便可以通过牛的尿液和粪便排放到环境中。但这仅仅只是个开始。同样地，在人类排出的污水之中，在养鱼场的污水之中，也都富含抗生素。这些水进而注入河流，之后又被用于灌溉土壤、发展农业。抗生素一旦接触土壤，就会杀死土壤中的大多数有益细菌，并留下那些有助于致病细菌生长繁殖的资源，从而可能导致疾病传播。世界上越来越多的国家已经制定了相关法律，限制在牛等牲畜身上使用抗生素，以此减少抗生素在环境中的扩散蔓延，保障本国公民和野生动物的健康。

细菌：敢问路在何方

早在19世纪以来，人类就已经知道细菌可以致病了，但如今我们依然在探索细菌帮助我们预防疾病的方法。事实上，仅仅只在过去的二十年里，我们才开始了解洞悉细菌多样性的内涵外延。我们曾以为，干净的环境就是一个无菌的环境。随着我们对细菌世界有了越来越多的了解，我们对“干净”的定义也随之发生改变：从强调无菌，到强调要有“好”的细菌。正是这些“好”的细菌在防止致病细菌成功入侵中发挥作用。我们现在知道细菌无处不在，且没有细菌，万物将无法生存。我们的研究也正在从试图让这个世界维持无菌，转向如何挑选出“好”的细菌，即那些有助于我们改善环境和维持健康的细菌。截止目前仍有许多疑问尚未得到解答，就比如：哪些是“好”的细菌？又是什么让它们如此脱颖而出、鹤立鸡群？

参考文献

- [1] Lim, J. Y., Yoon, J. W., and Hovde, C. J. 2013. A brief overview of *Escherichia coli* O157:H7 and its plasmid O157. *J. Microbiol. Biotechnol.* 20:5–14. doi: 10.4014/jmb.0908.08007
- [2] Thakur, M. P., Putten, W. H., Cobben, M. M. P., Kleunen, M., and Geisen, S. 2019. Microbial invasions in terrestrial ecosystems. *Nat. Rev. Microbiol.* 17:621–31. doi: 10.1038/s41579-019-0236-z
- [3] Le Roux, X., Recous, S., and Attard, E. 2011. “Soil microbial diversity in grasslands,” in *Grassland Productivity and Ecosystem Services*, eds G. Lemaire, J. Hodgson, and A. Chabbi (CAB International). p. 158–65.
- [4] Eisenhauer, N., Schulz, W., Scheu, S., and Jousset, A. 2013. Niche dimensionality links biodiversity and invasibility of microbial communities. *Funct. Ecol.* 27:282–8. doi: 10.1111/j.1365-2435.2012.02060.x

引用: Jurburg S (2020) Bacteria in Soil Keep Your Hamburger “Healthy”. *Front. Young Minds.* 8:545905. doi: 10.3389/frym.2020.545905

编辑: 马尔特·约克姆

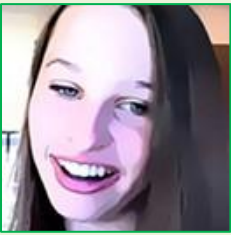
科学导师: 路易莎·法尔肯

利益冲突声明: 作者声明，研究是在不存在任何可能被视为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的

版权© 2020 约尔伯格

本文系基于知识共享署名许可 (CC BY) 条款发布的开放式获取文章。依照公认的学术惯例，本文允许在其他论坛被使用、分发或复制，但必须注明原作者和版权所有者，并对本刊的原始出版版本进行引用。任何不遵从以上条款的使用、分发或复制均不被允许。

小审稿人



麦迪

年龄：15岁

我叫麦迪，15岁，现住在美国圣弗朗西斯科（旧金山）附近。



马蒂亚斯

年龄：14岁

我是一个14岁的孩子，喜欢科学、编程、海盗、神话、柔术、摇滚、唱歌和打鼓。



塔西

年龄：13岁

你好呀，我叫塔西，13岁，现住在美国圣弗朗西斯科（旧金山）附近。我喜欢画画、玩游戏、弹吉他。

作者

斯蒂芬妮 D 约尔伯格

斯蒂芬妮 D 约尔伯格对所有的微小事物都感兴趣。近十年来，她一直致力于研究生活在我们体内和周围环境的细菌是如何塑造我们这个世界，并让我们健康或生病、让土壤保持肥沃的。她尤其对细菌群落随时间的变化规律，以及当细菌受到干扰时如何恢复等问题兴趣浓厚。目前，她是德国综合生物多样性研究中心 (iDiv) 的一名科研工作者，研究不同环境中细菌群落的相似性。*s.d.jurburg@gmail.com



翻译者



梁婧

广东药科大学，中国；马来亚大学，马来西亚

我目前（2025年）是广东药科大学生物技术专业的大四学生。16岁时（2020年），在导师毛准博士的指导下，我开始翻译Frontiers for Young Minds的文章。在本科阶段，我曾赴马来亚大学交换六个月，也参加不列颠哥伦比亚大学的暑期项目。我喜欢翻译科学文章，助力知识传播，也喜欢旅行、结识世界各地的朋友。未来，我希望在发达国家（如加拿大或美国）攻读硕士和博士学位，拓展学术与职业发展。

联系邮箱：xiaojingowl@gmail.com



毛准

法国农业食品与环境研究院，法国

我在法国国家农业、食品与环境研究院（INRAE）从事生态学方面的科研工作，研究植物与土壤之间的相互作用及其对护坡、固碳等生态服务的影响。音乐、文学、摄影是生活中赋予我无限灵感的啤酒，而科学则是我的信仰，是我与山川草木沟通的语言，是载我驶向星辰大海的小舟。

联系邮箱：zhun.mao@inrae.fr

经费支持说明

“土壤生物多样性翻译”团队感谢德国哈勒-耶拿-莱比锡综合生物多样性研究中心（iDiv）的支持，该中心由德国研究基金会（DFG FZT 118，项目编号202548816）资助。

引用说明

本文系基于知识共享署名许可（CC BY）条款发布的开放式获取文章。依照公认的学术惯例，本文允许在其他论坛被使用、分发或复制，但必须注明原作者和版权所有者，并对本刊的原始出版版本进行引用。任何不遵从以上条款的使用、分发或复制均不被允许。

推荐的引用方式如下: Jurburg SD (2025) Bacteria in Soil Keep Your Hamburger “Healthy”. (Chinese translation: Jing Liang and Zhun Mao). Translating Soil

Biodiversity & Front. Young Minds. Originally published in 2020, doi:
10.3389/frym.2020.545905