



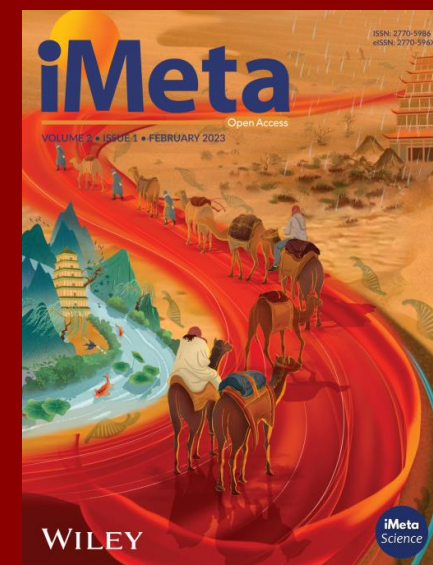
农业活动增加土壤中脊椎动物病毒的潜在健康风险

赵侃侃^{1,2}，王轶玲^{1,2}，薛冉^{1,2,3}，刘杏梅^{1,2}，马斌^{1,2,3}，徐建明^{1,2}

¹浙江大学土壤污染防治与安全全国重点实验室

²浙江省农业资源与环境重点实验室

³浙江大学杭州国际科创中心



Kankan Zhao, Yiling Wang, Ran Xue, Xingmei Liu, Bin Ma, and Jianming Xu. 2025. "Agriculture increases potential health risks of vertebrate viruses in soils." *iMeta* 4: e70034. <https://doi.org/10.1002/imt2.70034>



背景：新发传染病爆发愈加频繁且代价愈发高昂

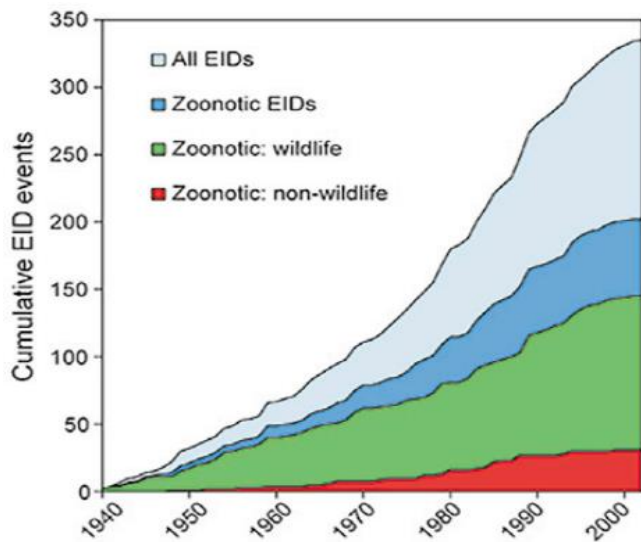
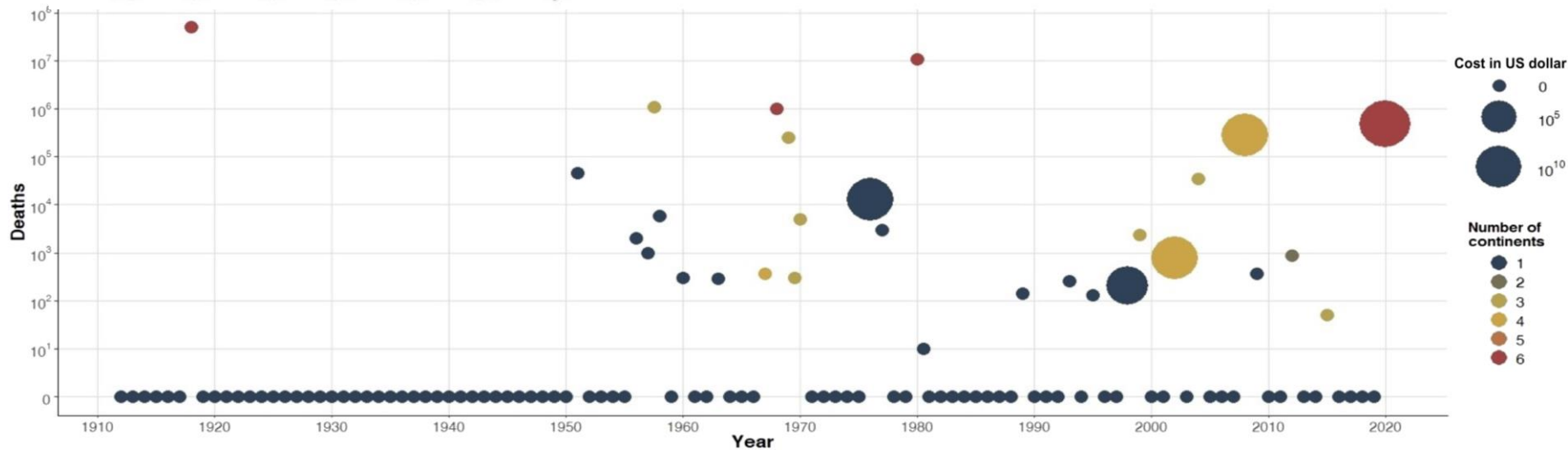


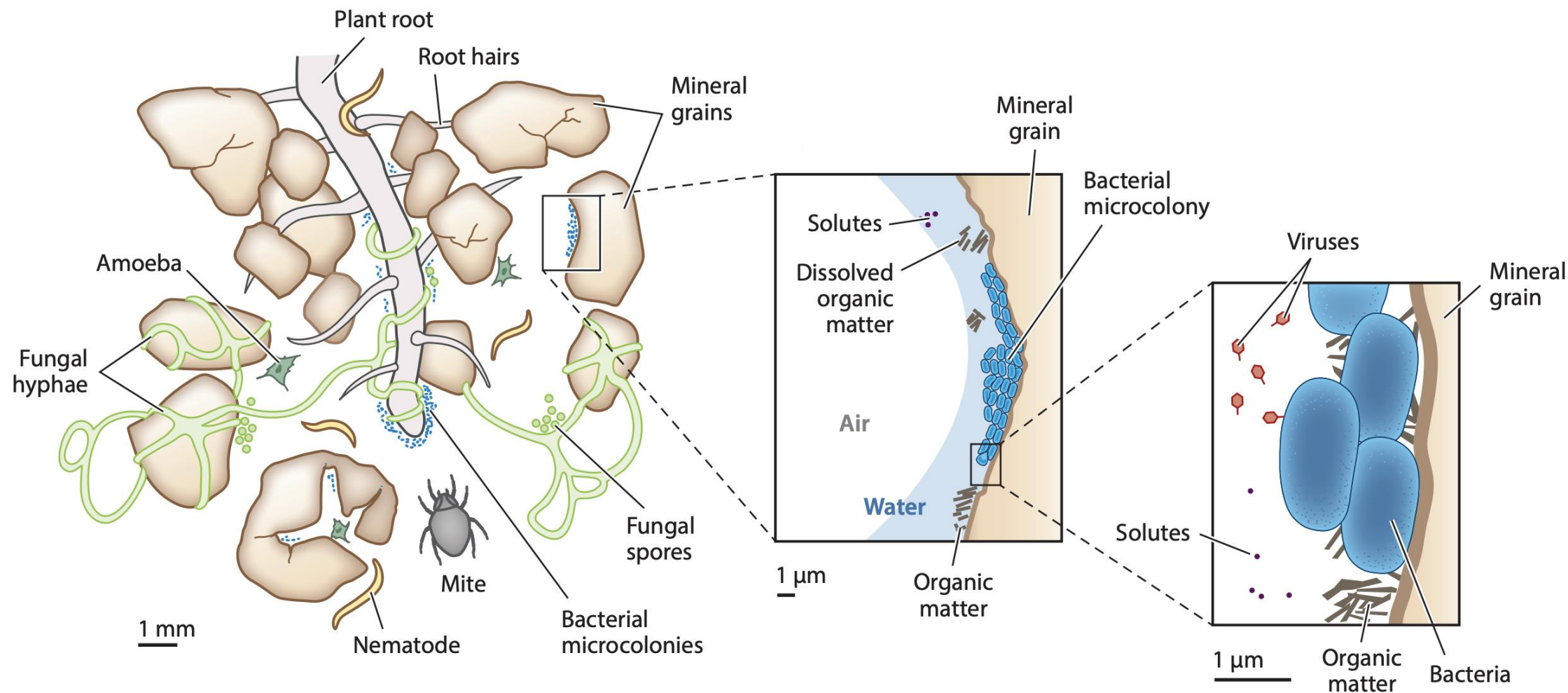
Table 2. Expected annual WTP to avoid mortality losses under three scenarios.

	Total lives lost (millions)	Total WTP to avoid lives lost (trillion dollars)
Baseline from observed events	3.3	0.35–21
Extreme outbreaks 10% less likely	3.0	0.32–19
Prevention cuts all frequencies 1/2	1.7	0.18–11





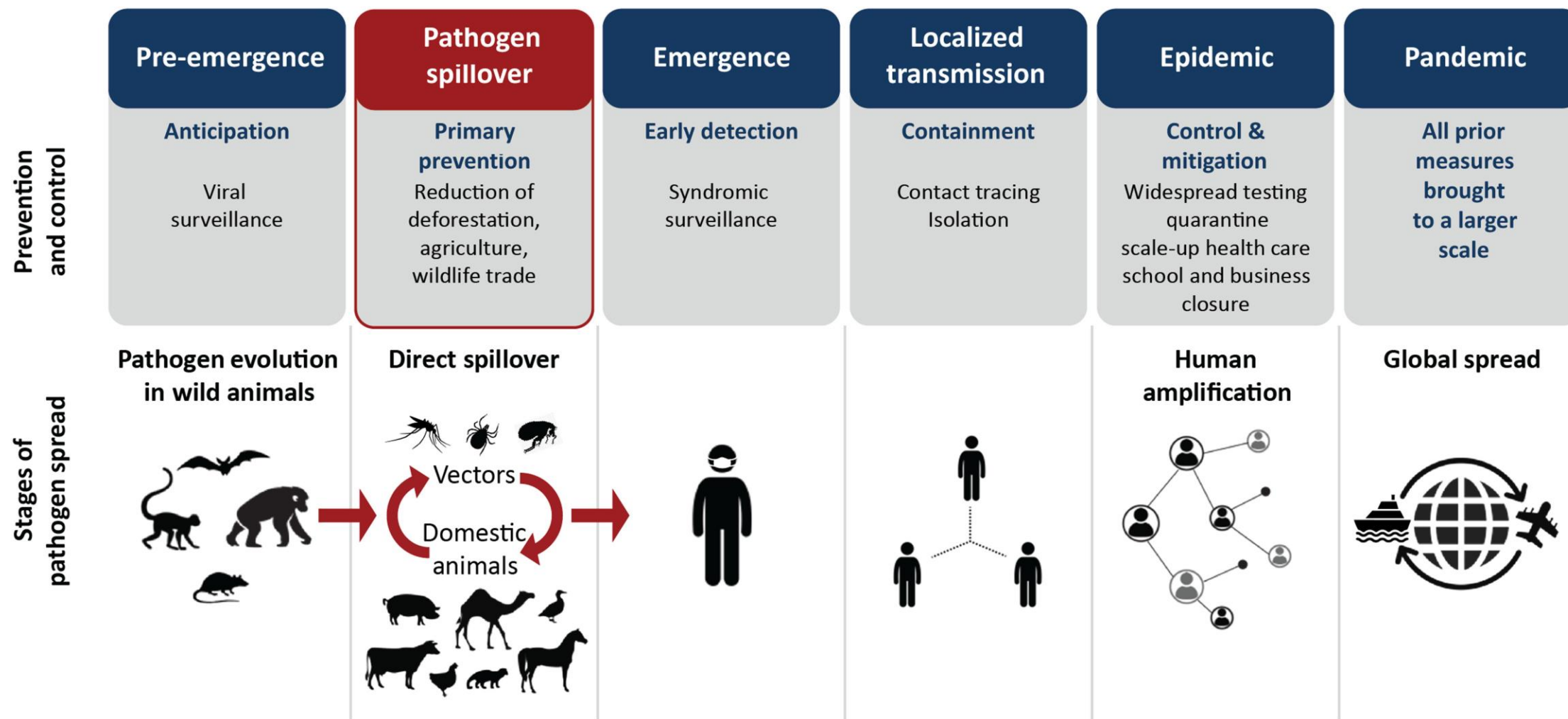
背景：土壤是实现同一健康的基石



作为One Health研究的关键重点，脊椎动物病毒在土壤中的分布情况仍然未知。



背景：农业活动是传染病爆发的关键节点

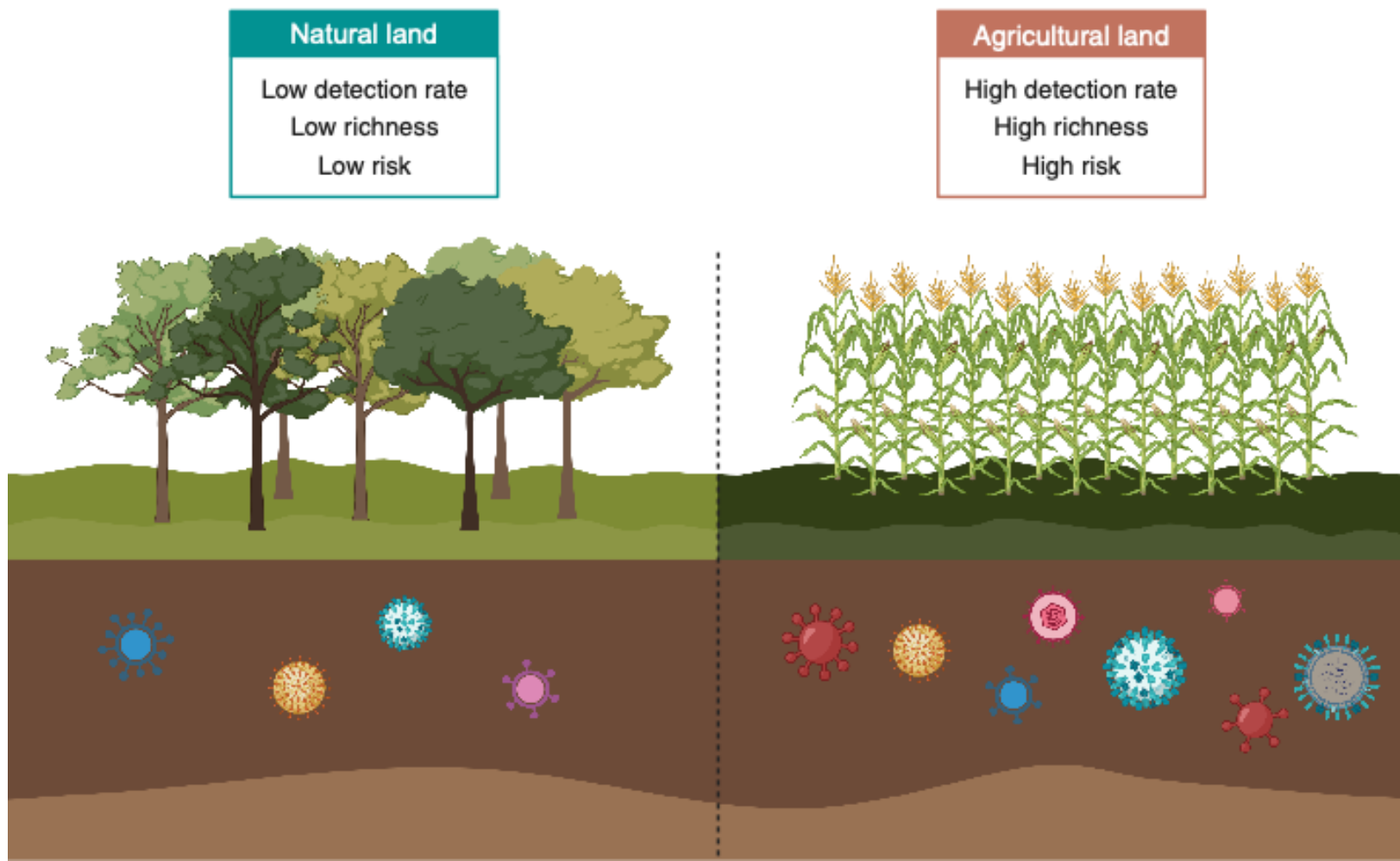


评估农业活动对土壤中脊椎动物病毒分布和健康风险的影响也尤为重要。



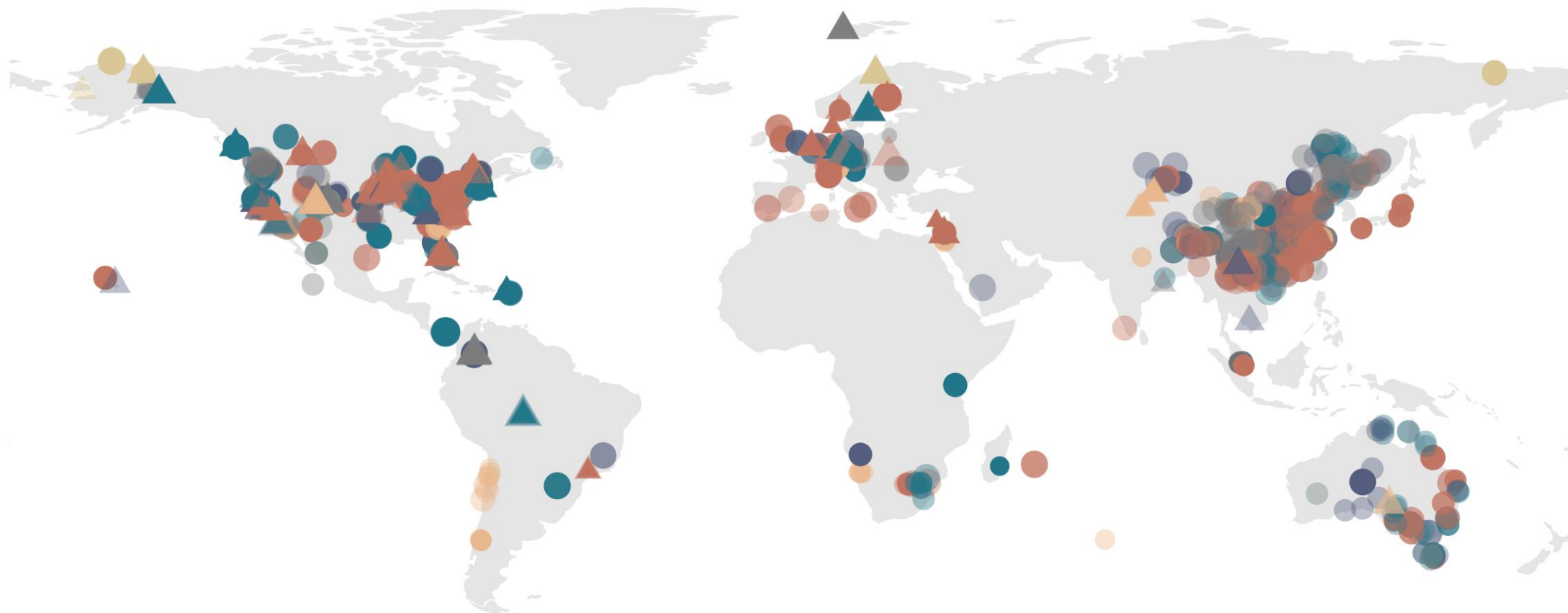
亮点

- 相比自然土壤，农业土壤具有更高的脊椎动物病毒检测率；
- 农业土壤中，与人类相关的病毒具有极高的丰度；
- 大多数脊椎动物病毒在土壤中的分布具有条件稀有性且随机分布；
- 农业活动增加土壤中脊椎动物病毒的潜在健康风险。





样品信息



Sample type: ● Metagenome ▲ Metatranscriptome

Biome: ● Agricultural land ● Forest ● Shrubland

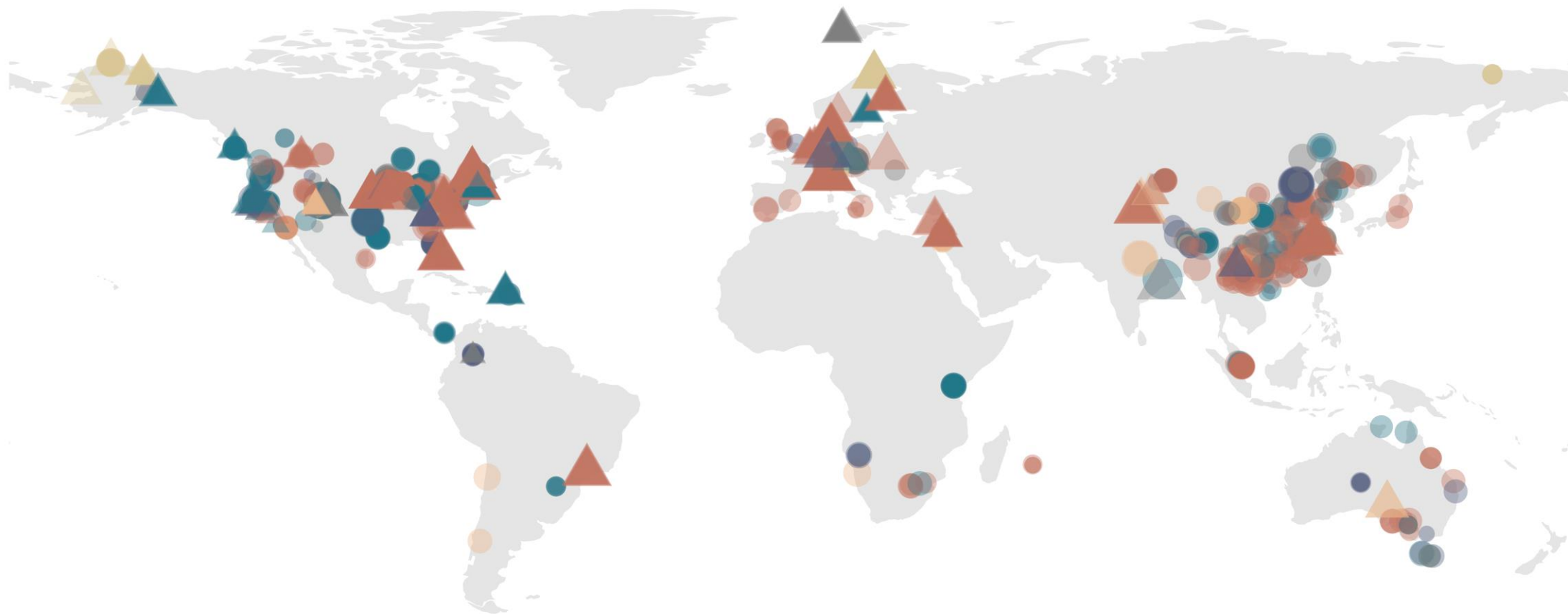
Clean data size: ● 1 ● 10 ● 100 $\times 10^8$ bp

● Wetland ● Bare land ● Grassland ● Tundra

3053个宏基因组(约50Tb) + 1424个宏转录组(约15Tb) 样品



土壤是脊椎动物病毒的重要载体

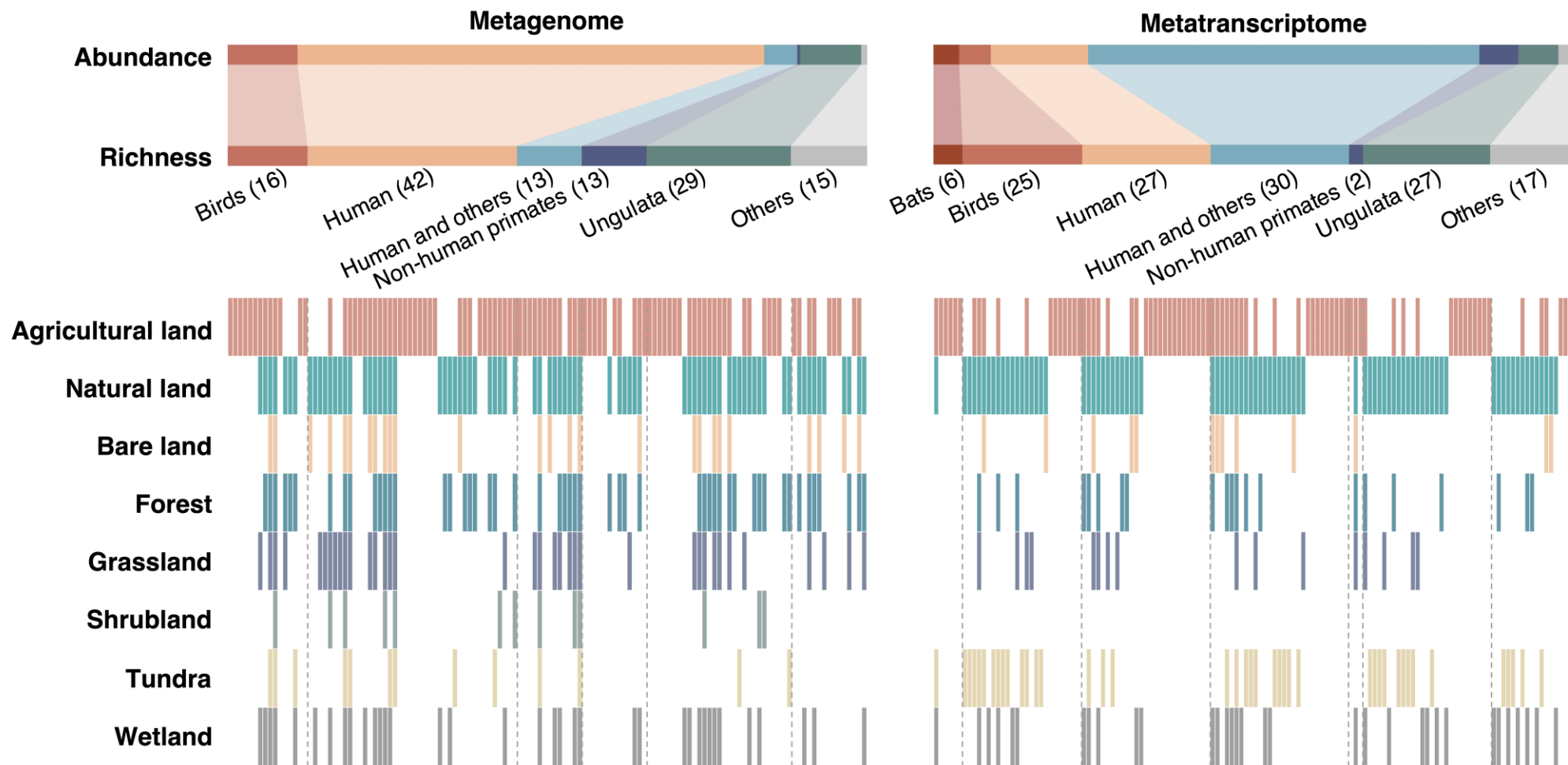


Sample type: ● Metagenome ▲ Metatranscriptome **Biome:** ● Agricultural land ● Forest ● Shrubland
Viral abundance: ● 0.1 ● 10.0 ● 1000.0 ● Wetland ● Bare land ● Grassland ● Tundra

宏基因组和宏转录组样品的病毒检出率分别为**38.6%**和**37.1%**，
分别检测到了**128**和**134**种脊椎动物病毒。



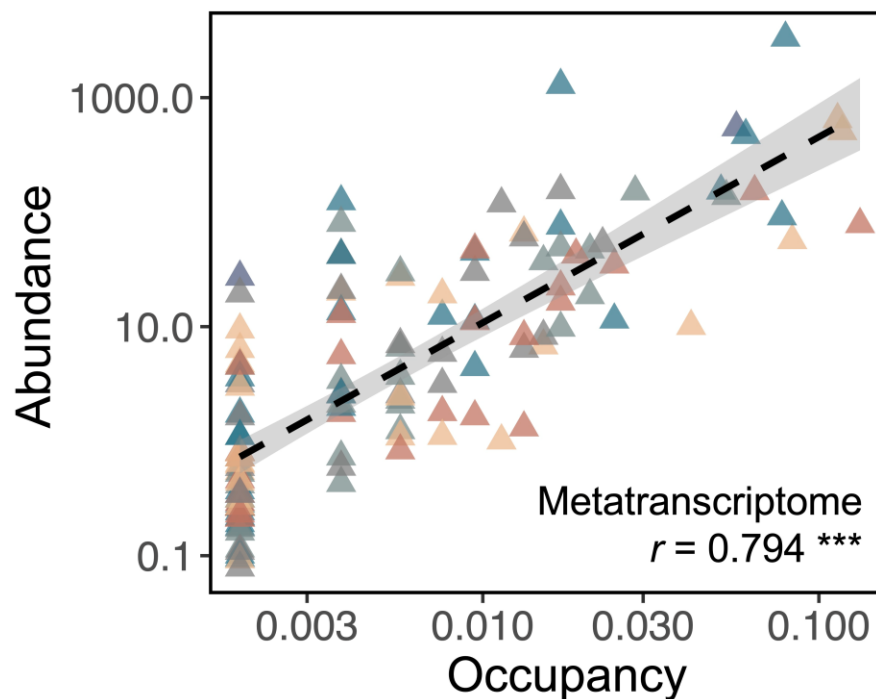
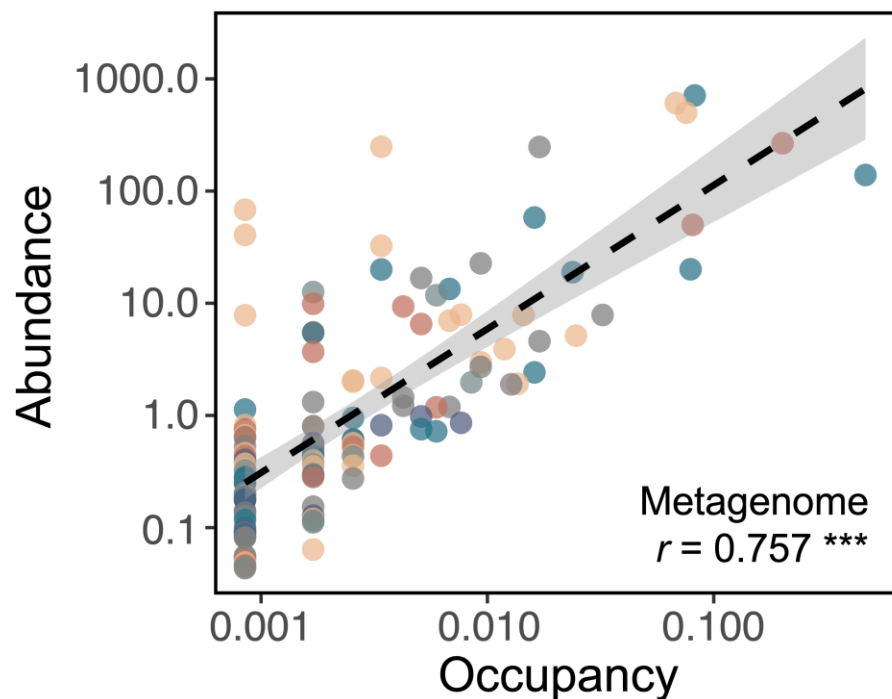
土壤是脊椎动物病毒的重要载体



尽管在样品中检测到的人类相关病毒的种类数不到所有病毒种类数的一半，但它们占据了**超过75%**的丰度。



大部份脊椎动物病毒具有条件稀有性



Viral host

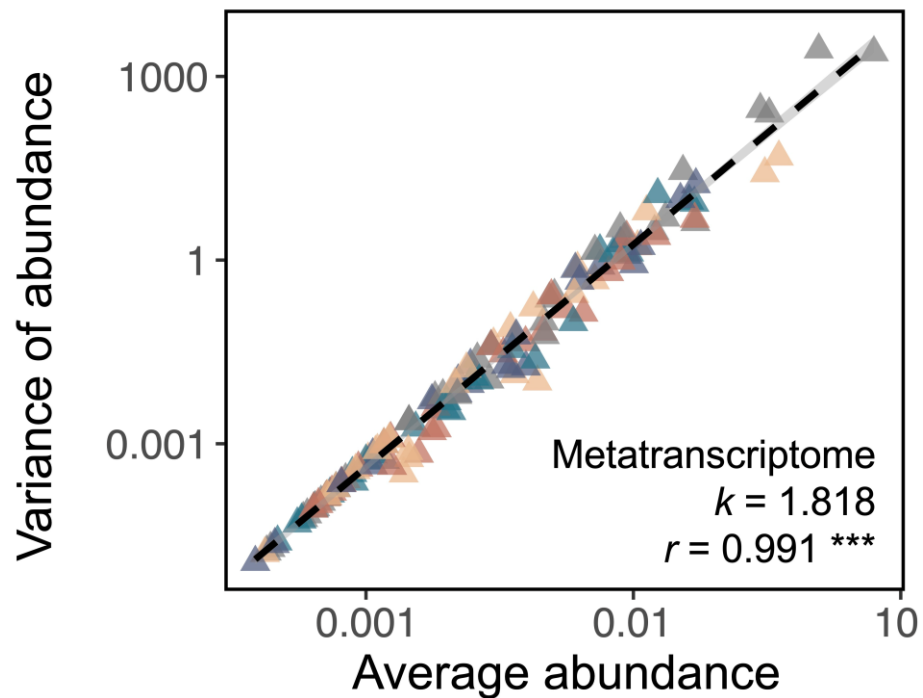
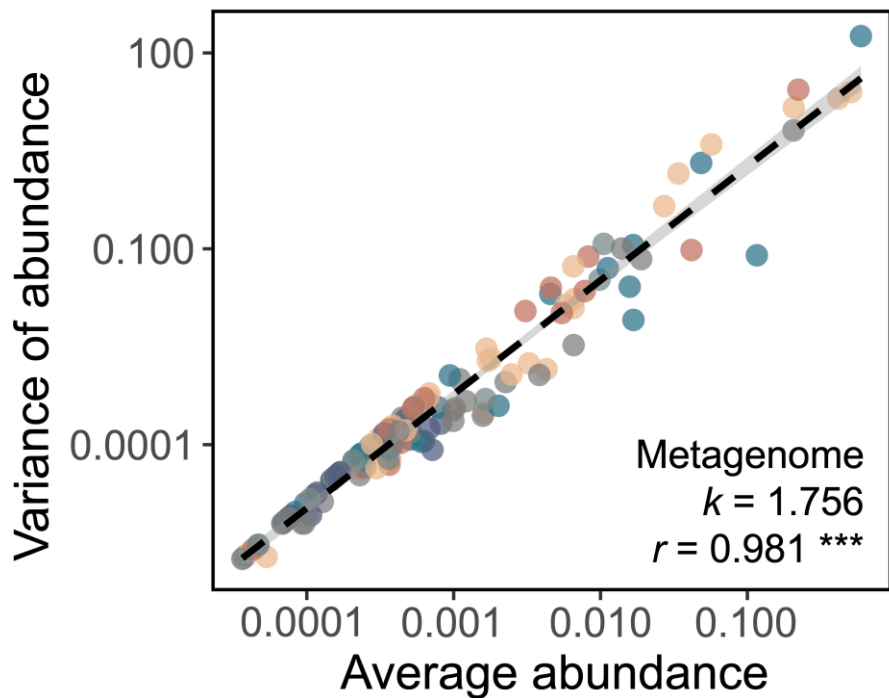
- Birds
- Human
- Human and others
- Non-human primates
- Ungulata
- Others

病毒的出现频率和丰度表现出显著正相关关系，呈现出从左下角的低丰度、空间分布受限，到右上角的高丰度、分布变广的梯度，说明大部分脊椎动物病毒具有条件稀有的性质。



大部份脊椎动物病毒具有条件稀有性

泰勒定律: $V = aM^k$, a 为常数, k 为 M 的指数



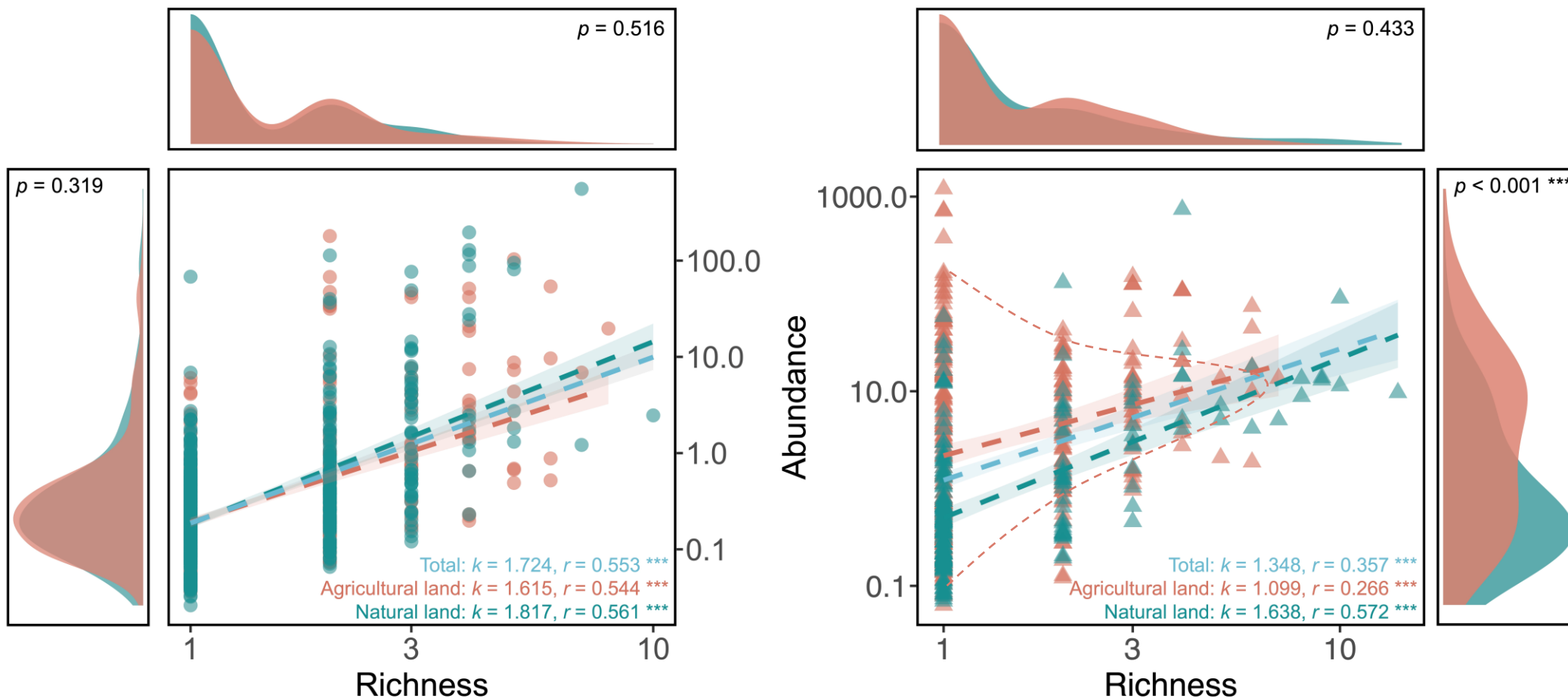
Viral host

- Birds
- Human
- Human and others
- Non-human primates
- Ungulata
- Others

泰勒定律能很好地表征脊椎动物病毒丰度的平均值和方差的关系，说明脊椎动物病毒在土壤样品中的平均丰度和空间变异之间存在着强烈的依赖关系。



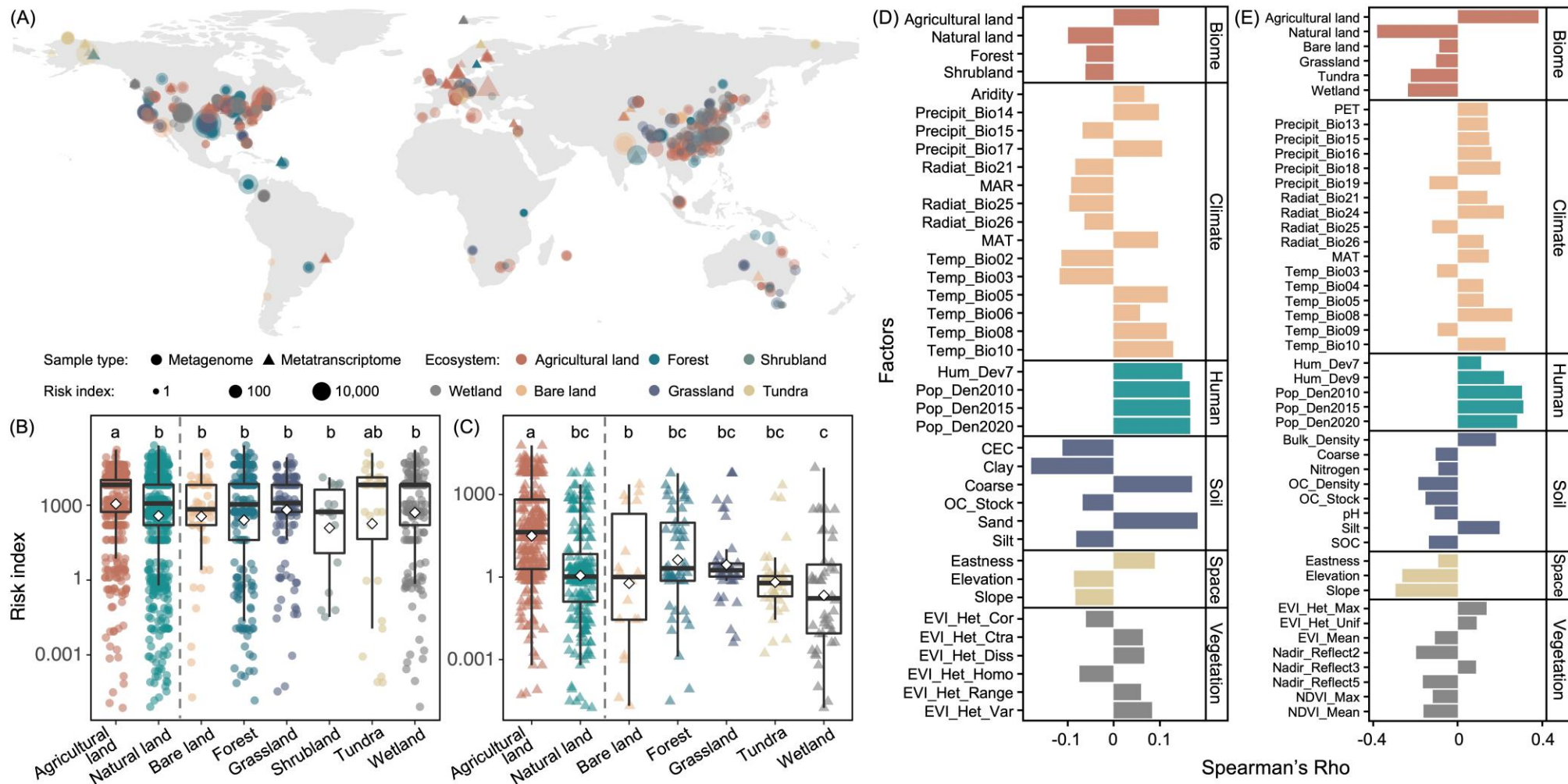
农业活动改变脊椎动物病毒在土壤中的分布模式



相比自然土壤，脊椎动物病毒具有较弱的线性相关性，
这可能是由于人为扰动导致。



农业活动增加土壤中脊椎动物病毒的潜在健康风险



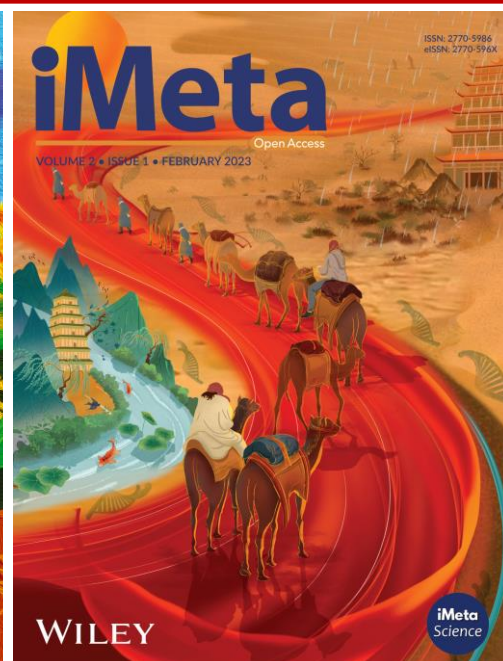
$$\mu_i = \bar{\alpha}_i \times \lambda_i \times \gamma_i \quad \mu_i: \text{risk index} \quad \bar{\alpha}_i: \text{average abundance} \quad \lambda_i: \text{occupancy} \quad \gamma_i: \text{hazard classification}$$

$$\mu = \beta \times \sum_{i=1}^n (\alpha_i \times \mu_i) \quad \mu: \text{sample risk index} \quad \beta: \text{richness} \quad \alpha_i: \text{abundance} \quad \mu_i: \text{viral risk index}$$



总结

- 土壤是脊椎动物病毒的重要载体；
- 大部份脊椎动物病毒在土壤中的分布具有条件稀有性且随机分布，为病毒的监测与爆发的预防工作带来了巨大挑战；
- 农业活动会增加土壤中脊椎动物病毒的潜在健康风险，未来的农业扩张需要将此纳入考量范围。



“**iMeta**” (影响因子**23.8**)由威立、宏科学和千名华人科学家出版的期刊，主编刘双江和傅静远教授。
收稿范围：任何领域高影响力的研究、方法和综述，重点关注生物技术、生物信息和微生物组等；
影响力：[SCIE/WOS](#)、[PubMed](#)、[Google](#)、[Scopus](#)收录，**IF 23.8**位列**JCR**微生物学研究期刊**全球第一**；
时效性：外审平均21天；投稿至发表中位数57天；
“**iMetaOmics**”主编赵方庆和于君教授，定位**IF>10**的高水平交叉学科综合期刊，欢迎投稿！



主页: <http://www.imeta.science>

出版社: <https://wileyonlinelibrary.com/journal/imeta>



office@imeta.science

imetaomics@imeta.science



投稿: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMT2>

<https://wiley.atyponrex.com/journal/IMO2>



宣传片



[iMeta](#)

