



空气 eDNA 的发展与应用

汇报人：蔡望 (在站博士后)



合作导师：杨洁 研究员

联系方式：
caiwang@xtbg.ac.cn
yangjie@xtbg.org.cn



1. 空气 eDNA 的来源



2. 空气 eDNA 的优势



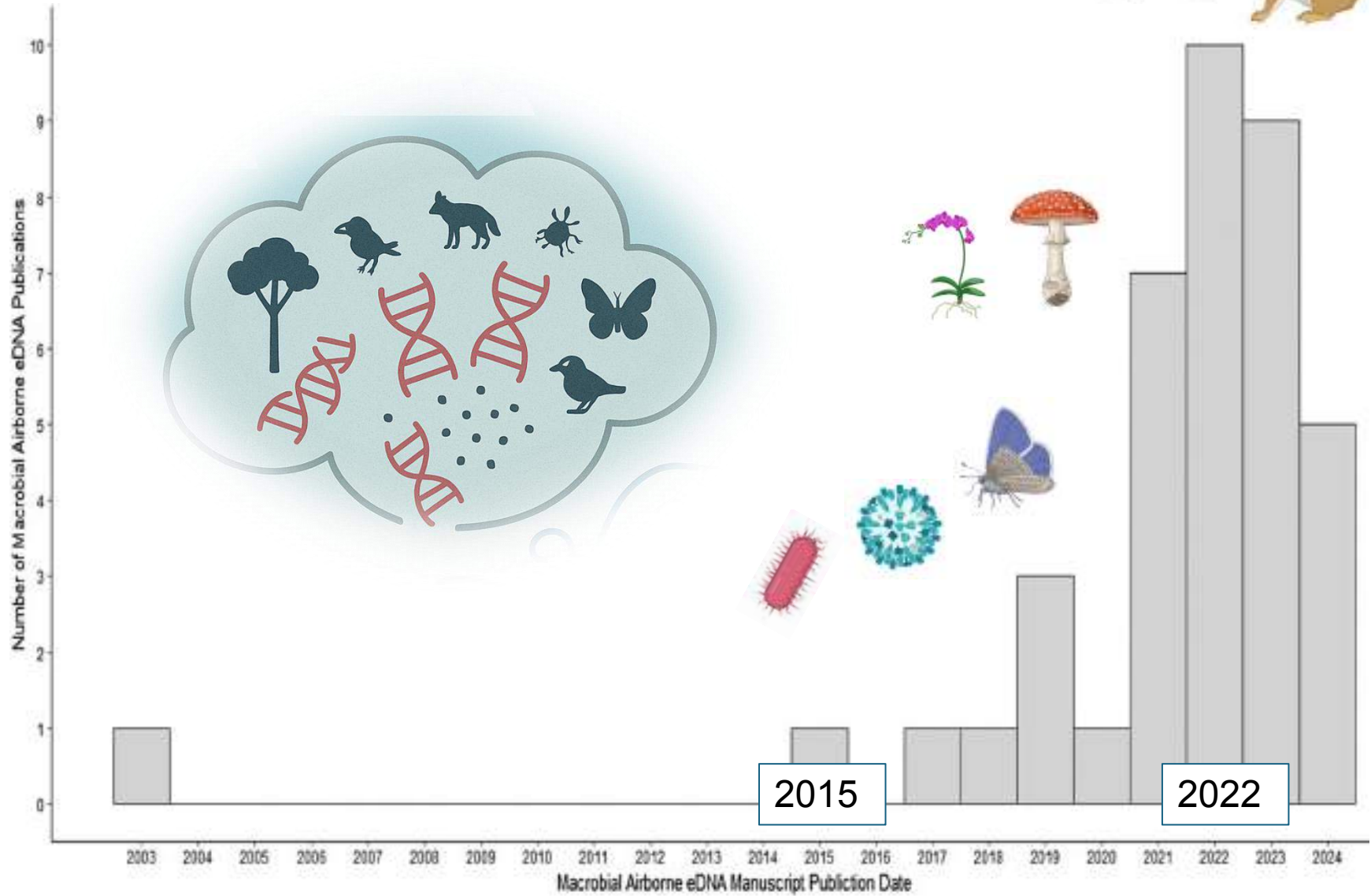
3. 空气 eDNA 的影响因素



4. 空气 eDNA 的应用

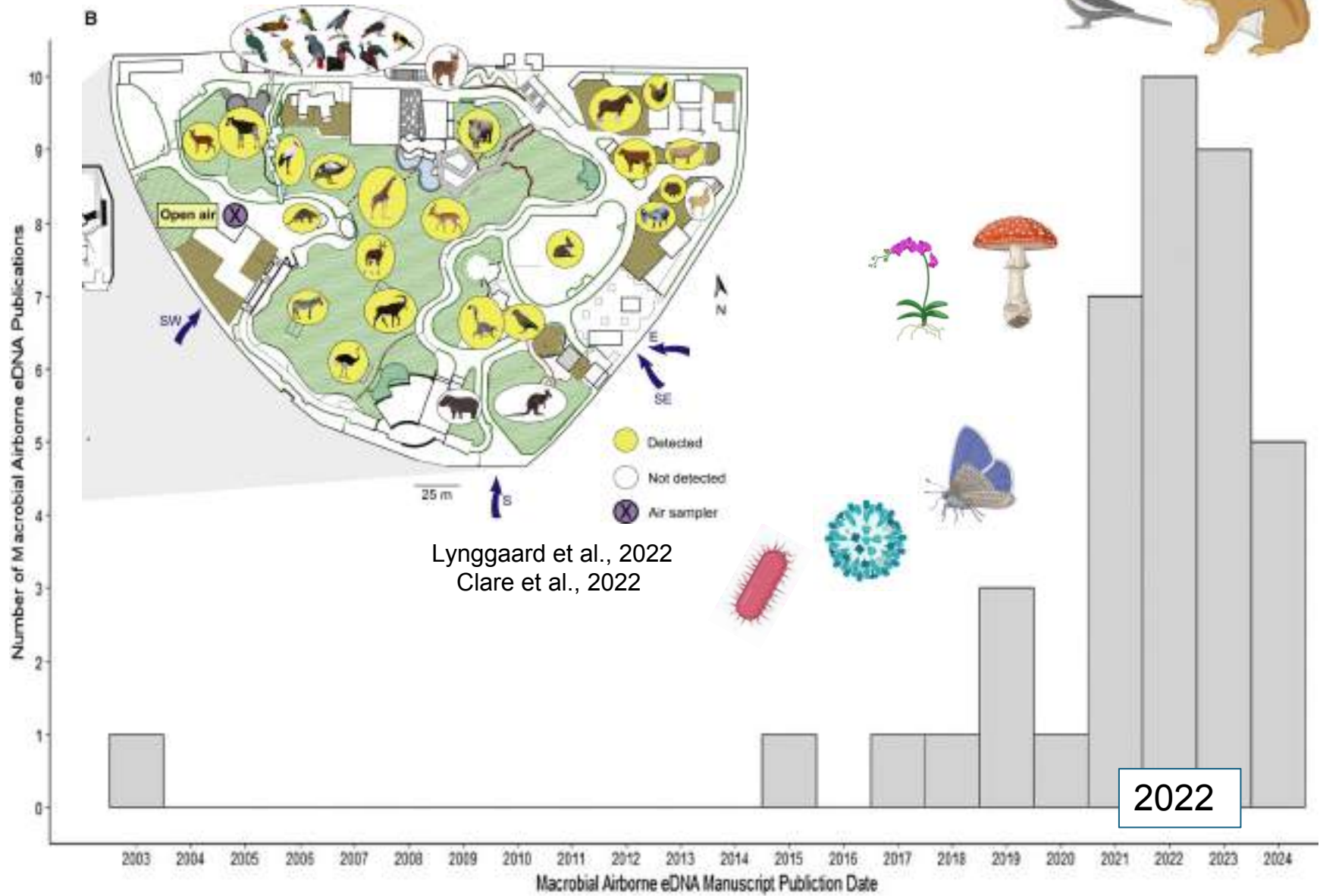
1

空气 eDNA 的来源



Johnson & Barnes, 2024

空气 eDNA 的来源



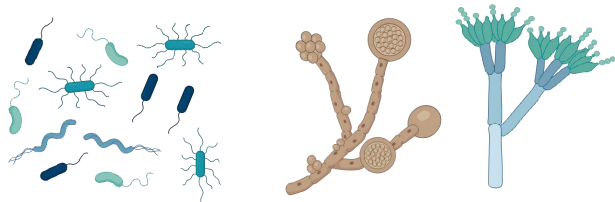
Johnson & Barnes, 2024



空气 eDNA 的来源

丰富的来源

细菌/真菌



昆虫



昆虫个体, 鳞片, 碎片

Insect specimens, butterfly scales, insect fragments

植物



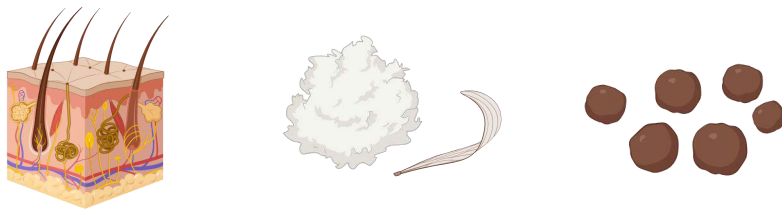
传粉
pollen

叶子碎片
leaf abscission

孢子
spore

花朵碎片
flower fragments

动物



大气层
2500m



可检测出：牛、壳斗科植物、大蒜DNA

Métris & Métris, 2023

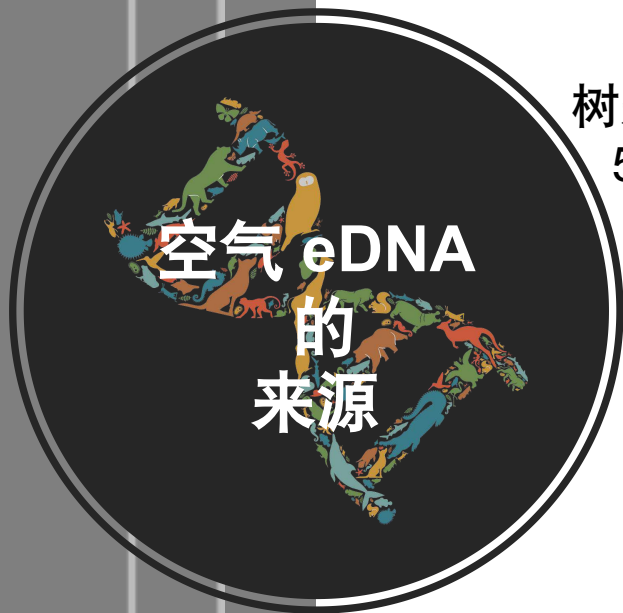
树冠层
50m



无人机采样，
监测冠层物种，
例如冠层附生植物，
冠层活动的动物。

Aucone et al., 2023

地面
1m



特别的灵敏度 sensitivity

优势 1:

与红外相机方法相比，空气eDNA对树栖动物和小型动物更敏感。

与其他eDNA方法相比，空气eDNA对监测陆生动物更敏感。

Terrestrial and arboreal species that may otherwise be underrepresented or undetected (Banchi et al., 2020).

Received: 2 March 2024 | Revised: 4 June 2024 | Accepted: 7 July 2024
DOI: 10.1002/ebd.1010

ORIGINAL ARTICLE

WILEY

Continuous daily sampling of airborne eDNA detects all vertebrate species identified by camera traps

Marcel Polling | Ralph Buij | Ivo Laros | G. Arjen de Groot

物种多样性与稀有性
The number of shared and unique species

空气eDNA

红外相机



3周的连续监测
3 weeks

Polling et al. (2024)

3天的连续监测
3 days

李云翱 等 (2025)



○ 大规模监测
large-scale monitoring



空气监测站点

优势 2: 利用现有的基础设施（如花粉、孢子或污染监测站）进行大规模监测

an opportunity is emerging in repurposing existing sample collection infrastructure—such as pollen, spore, or pollution monitoring stations (Littlefair et al., 2023)



1. 环境和生态的影响因素
environmental and ecology influencing factors

2. 技术的影响因素
technological influencing factors

环境和生态的影响因素
environmental and ecology influencing factors



空气 eDNA
的
影响因素

风速, 降水, 紫外线, 温度, 采样地条件 (开放/郁闭), 物种自身的行为, 植物的物候

wind, rain, UV, habitat (open field or closure), species behavior, life cycle

技术的影响因素 technological influencing factors

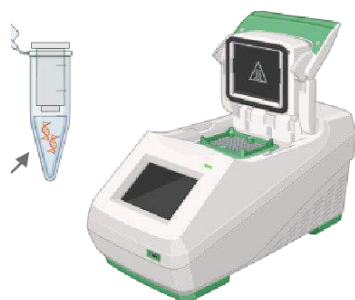
不完美的监测指实际存在的物种没有被监测到，或者不存在的物种却被监测到。

不完美的监测来自于：采样设计，实验室流程，生物信息学分析流程等
Detection limits: sampling design, laboratory process, bioinformatics

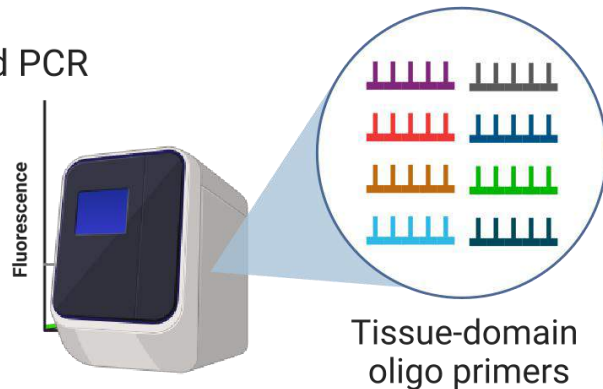


1 sample analysis

DNA extraction and PCR

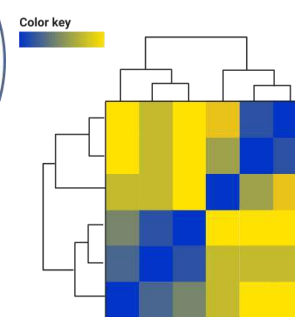


2 sequencing



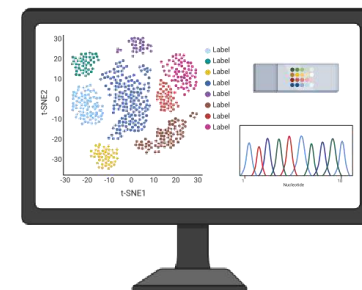
3 Gene expression

Spatially-resolved genes encoded via oligo tag



4 Data analysis

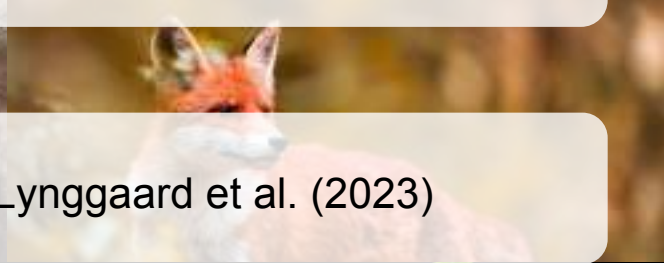
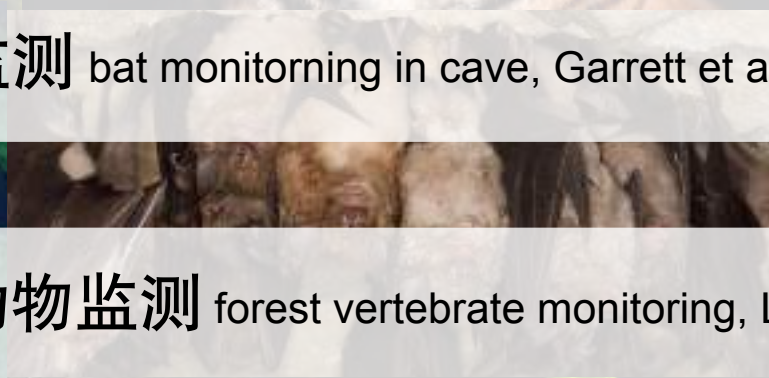
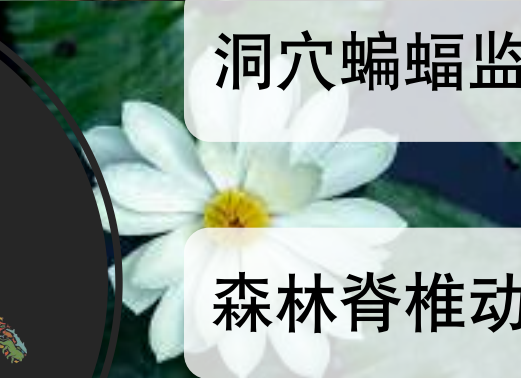
Gene clusters association to tissue domains



生物多样性评估
Biodiversity Assessment



洞穴蝙蝠监测 bat monitoring in cave, Garrett et al. (2023)



森林脊椎动物监测 forest vertebrate monitoring, Lynggaard et al. (2023)



多类群监测 multiple terrestrial animal taxa monitoring, Tournayre et al. (2024)



生态系统健康与生物安全
Ecosystem Health and Biosecurity

入侵物种监测 invasive species, Bell et al. (2024)

病原体监测 pathogen surveillance, Bossers et al. (2024)

花粉致敏监测 Pollen allergy, Bayr et al. (2023)



空气 eDNA
的
应用

○ 用空气 eDNA 研究群落组装
Using airborne eDNA to study the community assembly

用空气 eDNA 研究生态学?

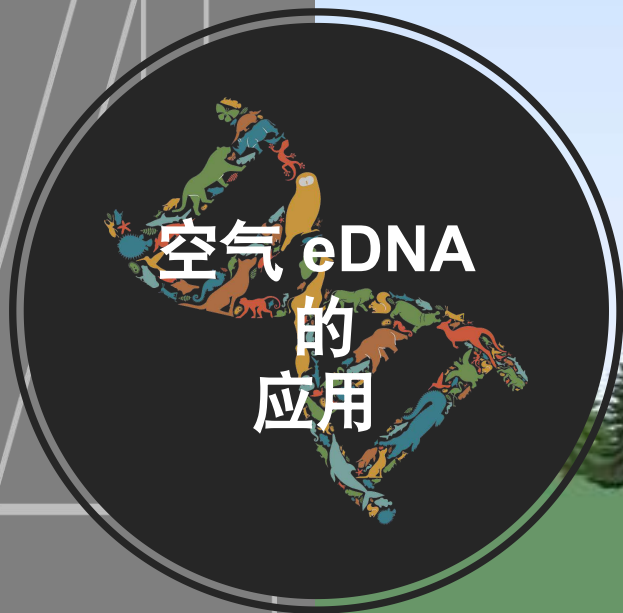
空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制

Cai, W., et al. (2025). Airborne eDNA Reveals Resource-Based Assembly of Frugivorous Vertebrates. *Molecular Ecology Resources*, 25, e70056.



空气 eDNA
的
应用

○ 空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制



A AA
A 排

A A
A A
A 排

A A
?

用空气eDNA探索



1. 在热带雨林生态系统中，能否根据果实可获得性预测脊椎动物的空间分布？

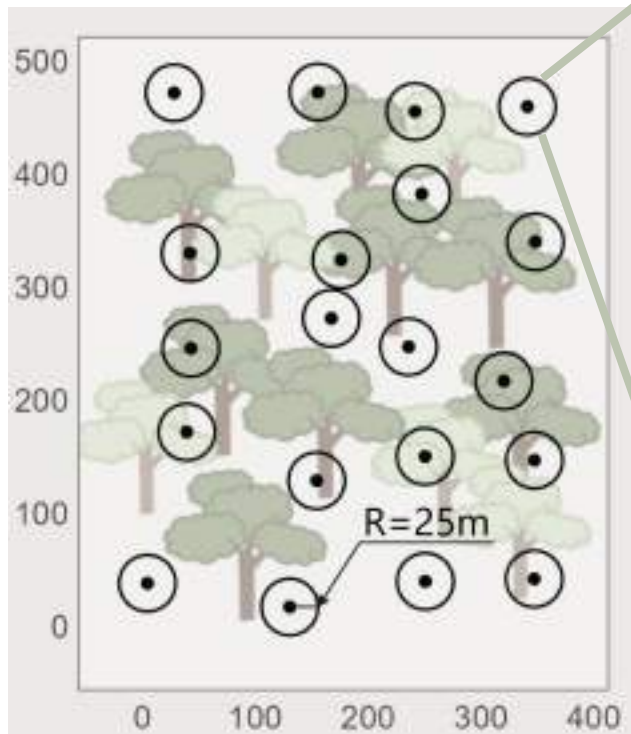
2. 果实大小是否会影响该雨林中食果脊椎动物的空间分布模式？



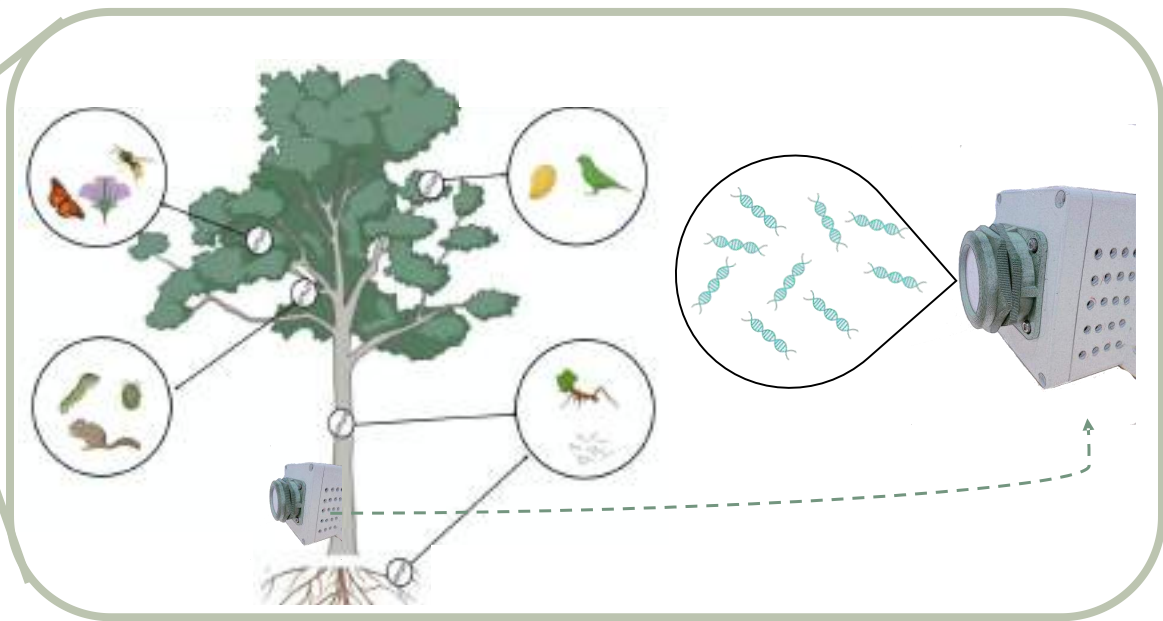
○ 空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制



每一公顷为一个采样点
铺设空气采样器



脊椎动物分布信息的采集

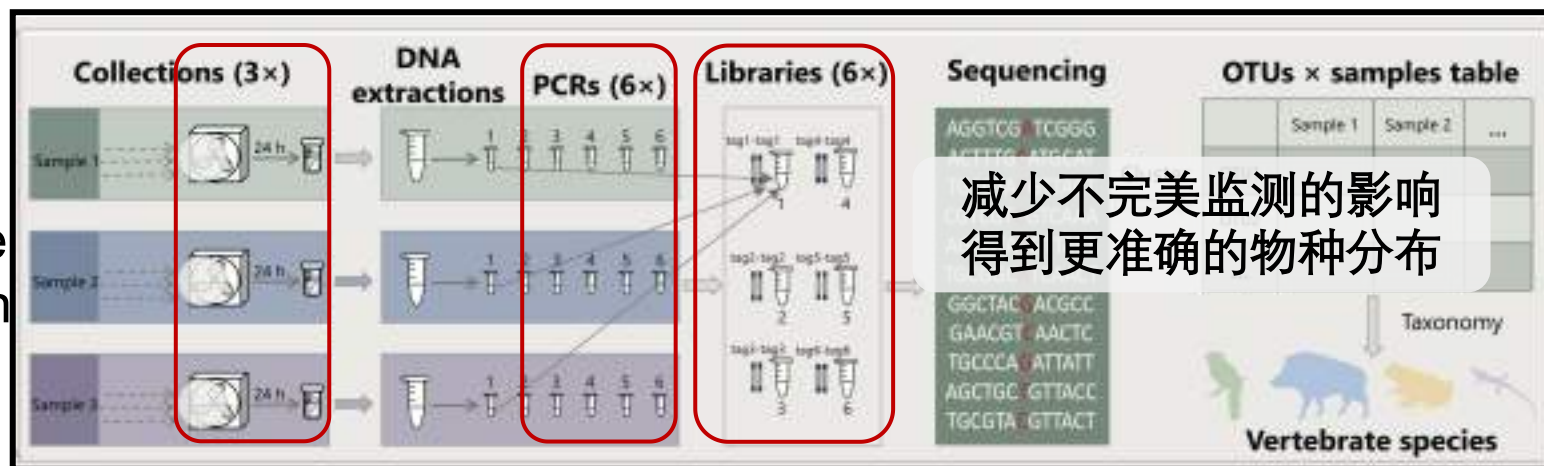


将空气采样器捆绑在树干上，用风扇持续收集空气 eDNA 24 小时，用于脊椎动物监测

○ 空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制



实验设计



减少不完美监测的影响
得到更准确的物种分布



统计所有物种在
采样点50m范围
内的数量

计算结果的
树种与数量

计算不同大小果
实果树的数量



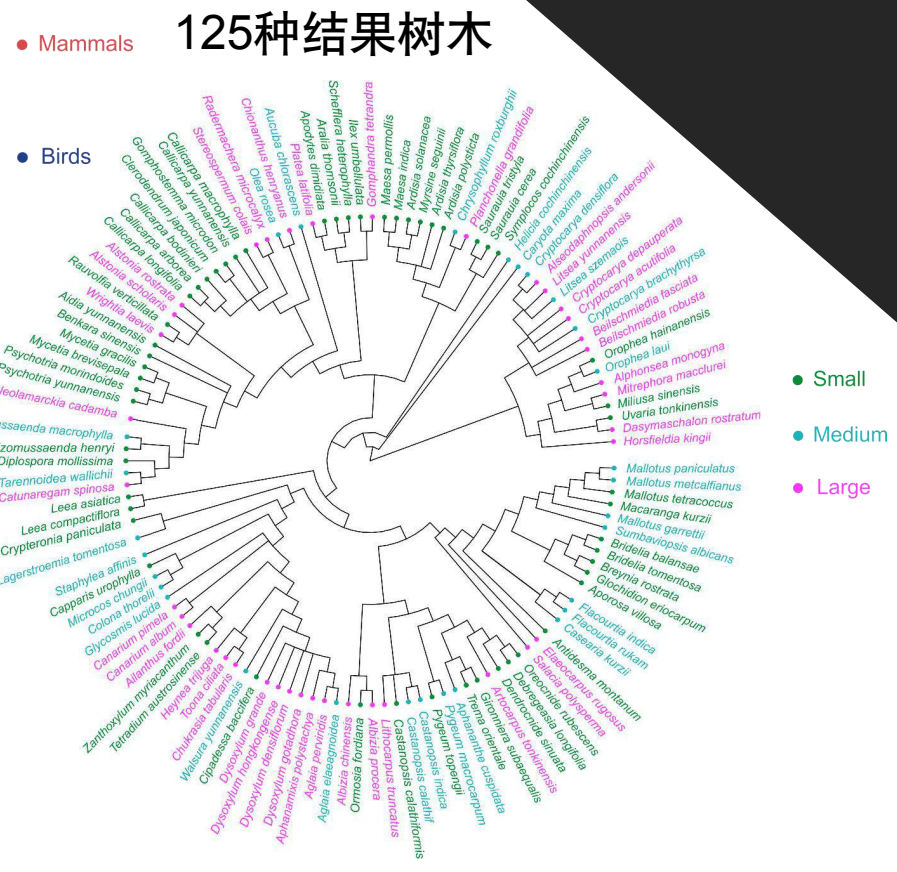
脊椎动物
分布信息
Vertebrate
distribution

植物分布信息
Plant distribution

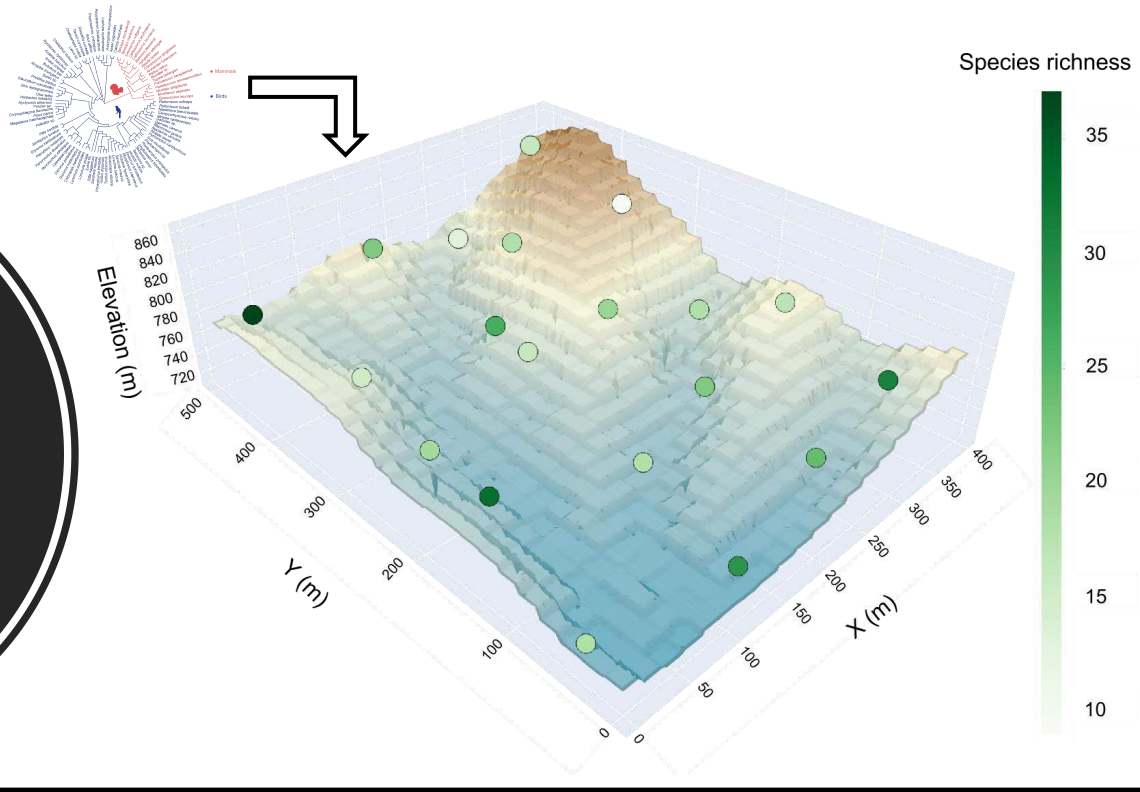
空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制



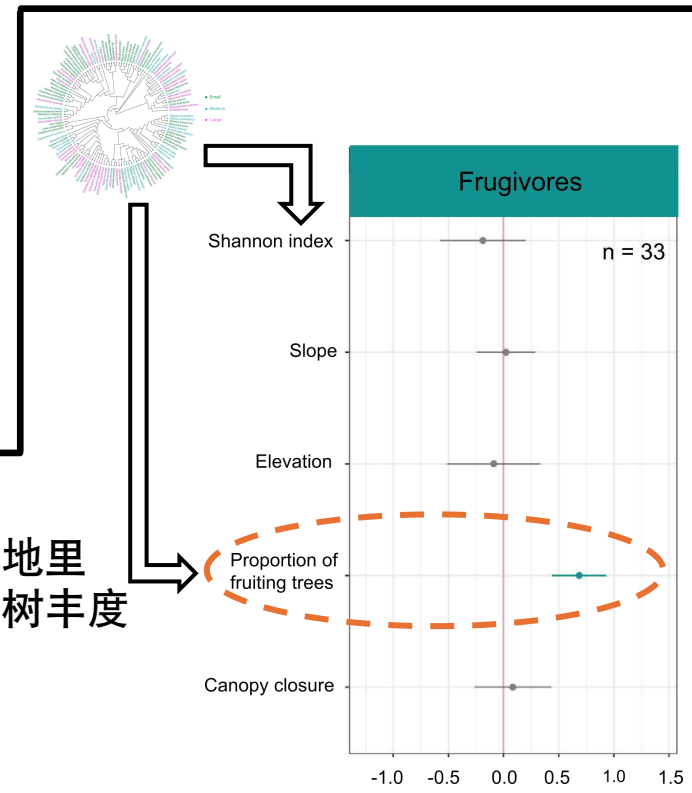
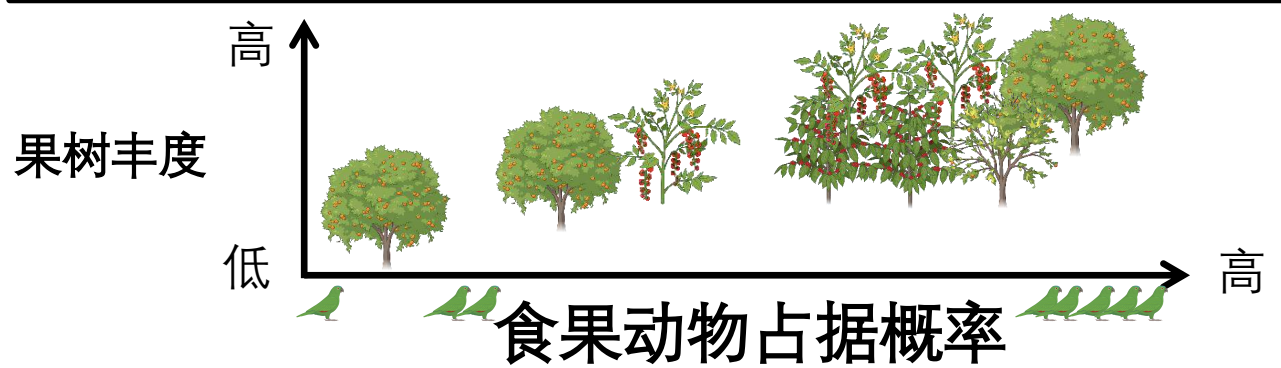
15个鉴定到物种的哺乳动物
41个鉴定到物种的鸟类



空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制



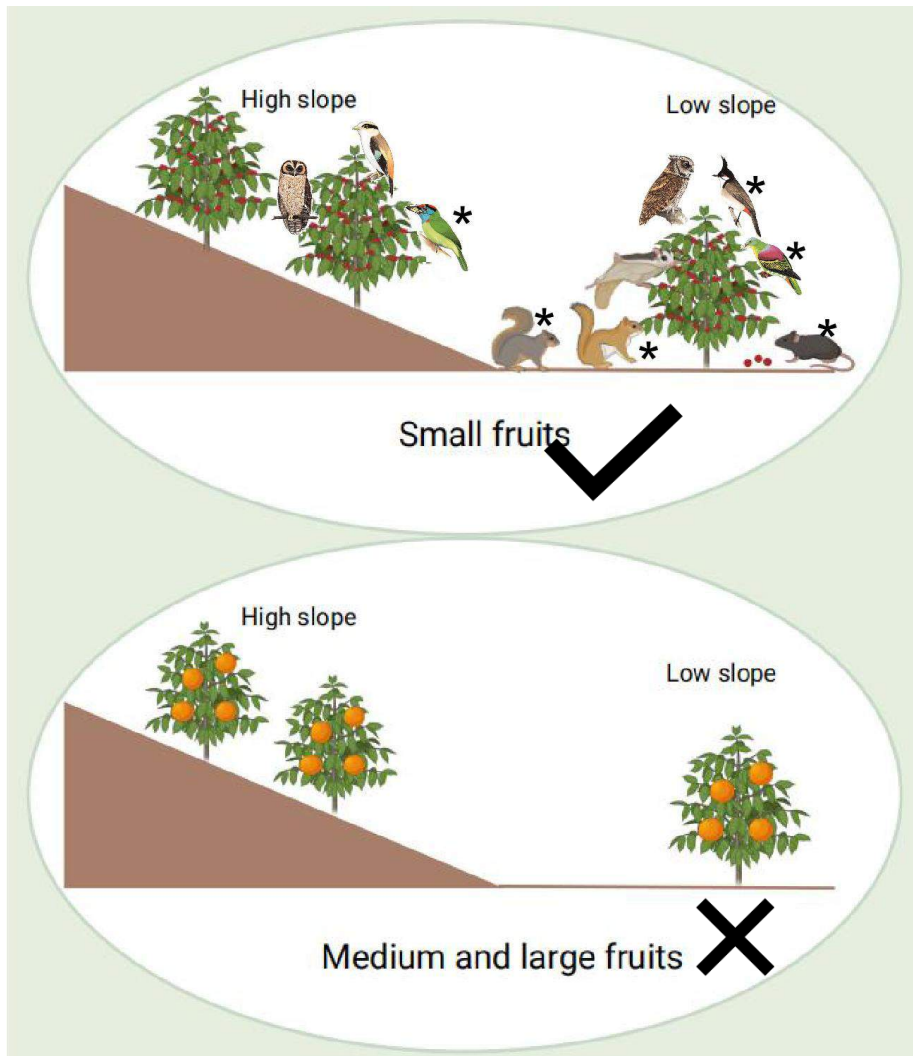
物种丰富度的地理分布



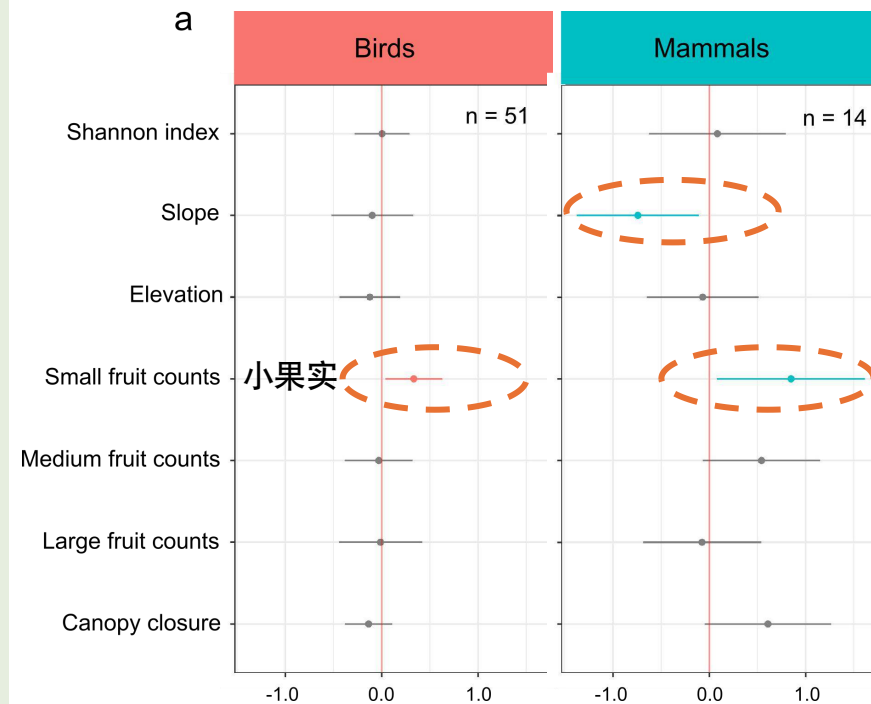
○ 空气eDNA揭示食果脊椎动物的资源驱动型群落组装机制



食果动物占据概率



食果鸟类





总结



1. 在热带雨林中，能否根据果实可获得性预测脊椎动物的空间分布？

在测试的小尺度下可以

食物资源驱动——样地里结果树木的分布与食果动物的空间分布耦合



2. 果实大小是否会影响该雨林中食果脊椎动物的空间分布模式？

小果树果实资源，是中国西双版纳热带雨林中脊椎动物空间分布模式的重要决定因素。

在结有小果实的树木分布越密集的区域，食果动物的出现概率也相应越高。





机遇

新技术的发展，例如无人机技术，第三代测序技术，让空气eDNA打破地形和运输的限制，能够进行多场景的生物多样性监测。

空气eDNA不仅适用于生物多样性监测，还能推动陆地上结构复杂的生态系统中物种分布、群落组装等生态学研究的发展。

没有一种完美的监测技术

挑战

标准化的采集、实验、分析框架以促进研究结论的可比性还有待发展。

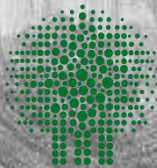
DNA在不同环境中的扩散与降解机制有待进一步研究、矫正不完美检测的方法有待进一步发展。



空气 eDNA 的发展与应用



谢谢



合作导师：杨洁 研究员

汇报人：蔡望

联系方式：

caiwang@xtbg.ac.cn