

基质尺寸和细菌运动性共同介导海洋微塑料生物被膜形成早期阶段的群落组装

秦澎^{1,2,#}, 崔涵^{1,2,#}, 李盼欣³, 王帅涛^{1,2}, 范燊^{1,2}, 卢洁^{1,2}, 孙萌^{1,2}, 张恒^{1,2}, 王首刚^{2,4}, 宿晓燕^{2,5}, 付慧慧^{2,5}, 胡晓丽^{2,4}, 林金水³, 张玉忠^{2,5,6}, 丁维^{2,4,*}, 张伟鹏^{1,2,*}

1 中国海洋大学进化与海洋生物多样性研究所

2 中国海洋大学海洋生命科学学院

3 延安大学生命科学学院

4 中国海洋大学教育部海洋遗传育种重点实验室

5 中国海洋大学深海圈层与地球系统前沿科学中心

6 山东大学微生物技术国家重点实验室

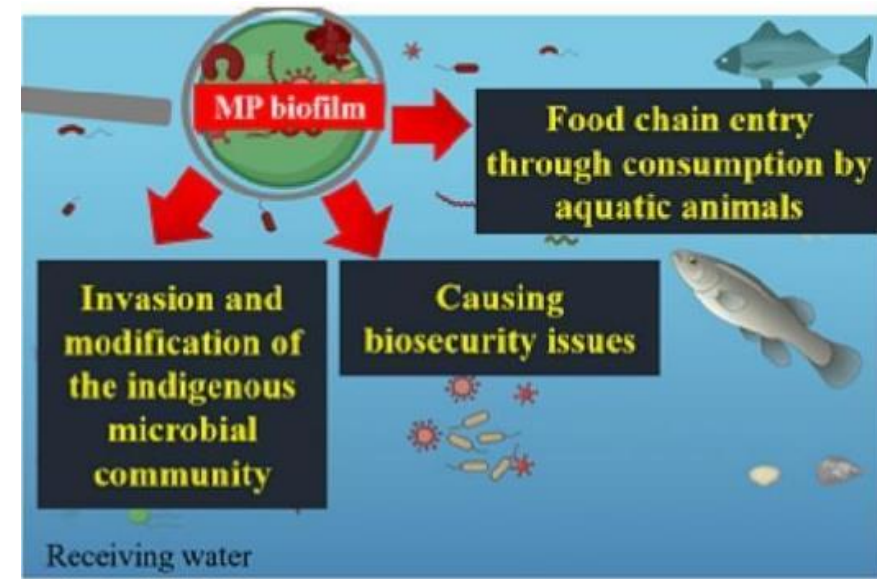


Peng Qin, Han Cui, Panxin Li, Shuaitao Wang, Shen Fan, Jie Lu, Meng Sun, et al. 2023. Early stage of biofilm assembly on microplastics is structured by substrate size and bacterial motility. *iMeta* e121.

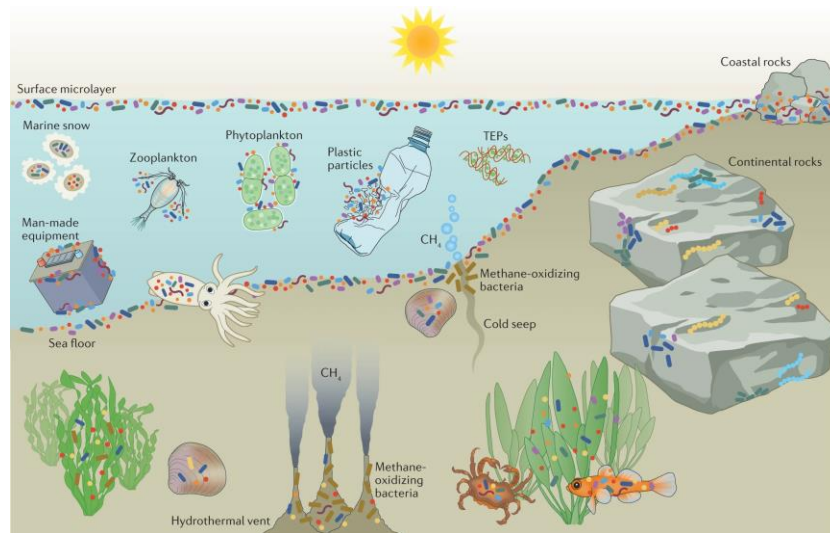
<http://doi.org/10.1002/imt2.121>

海洋微塑料表面的生物被膜群落具有重要的环境影响

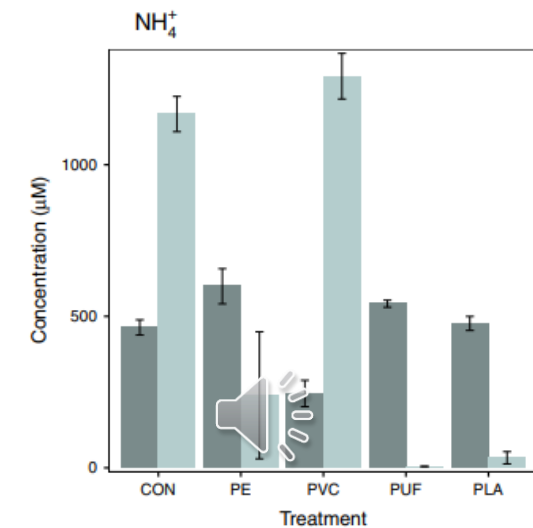
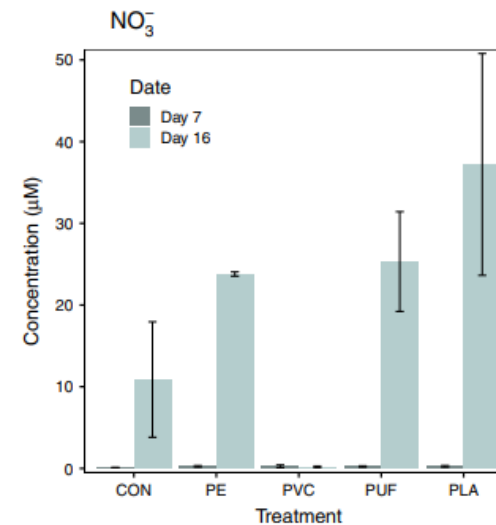
- 微塑料(MPs)被定义为直径 $<5\text{ mm}$ 的塑料碎片,已成为海洋生态系统中最严重的威胁之一;
- MPs表面的疏水性促进了细菌的定植和生物被膜的形成, MPs表面生物被膜被定义为“塑料际”, 代表一类特殊的生物被膜;
- MPs生物被膜具有促进MPs的扩散、影响海洋生态系统中的元素循环、造成物种入侵等环境影响。



Rummel et al. 2017. Environ. Sci. Technol. Lett..



Qian et al. 2022. Nat. Rev. Microbial.

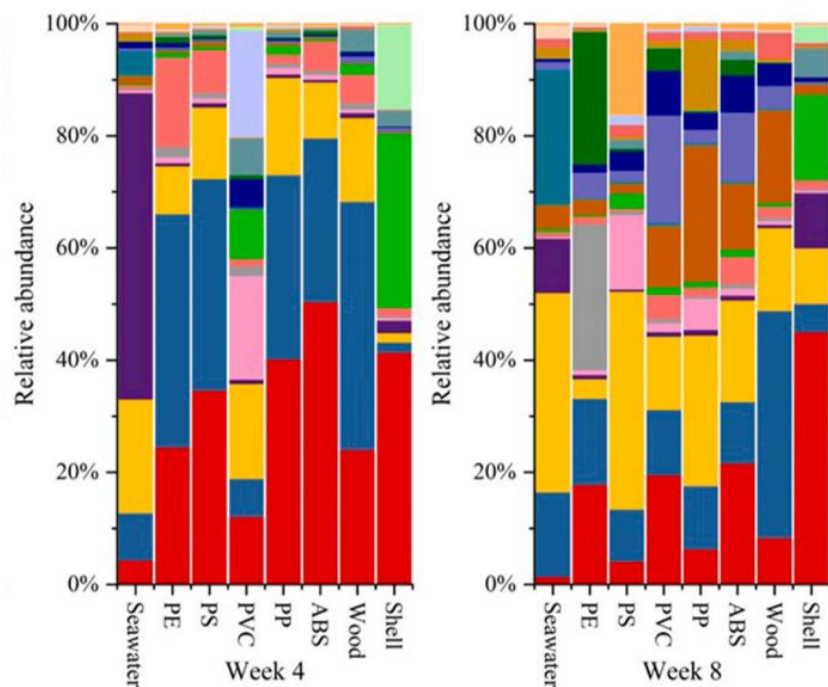


Seeley et al. 2020. Nat. Commun.

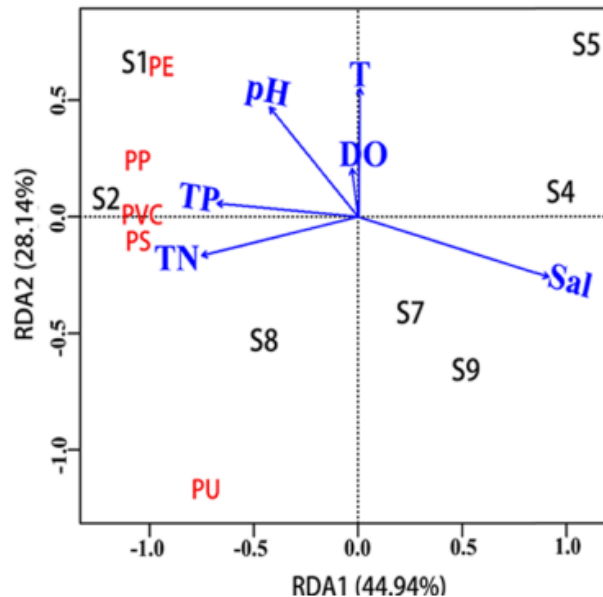
<https://byteclicks.com/23244.html>.

微塑料尺寸对海洋原位生物被膜的群落组装有什么影响？

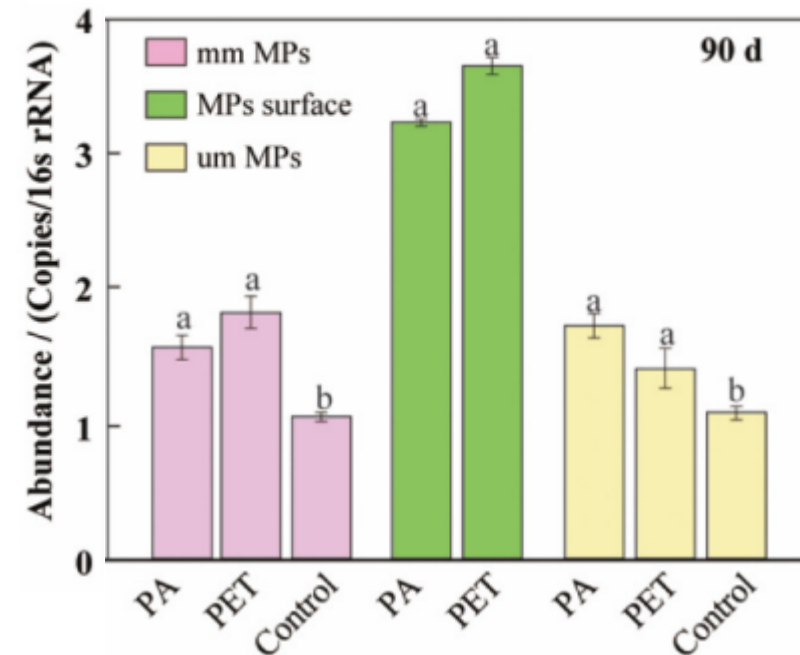
- 多种因素会影响海洋MPs表面生物被膜的群落结构；
- 细菌在MPs表面定植受到聚合物类型、暴露时间、海水盐度、塑料颜色等影响；
- 一些研究关注了MPs尺寸与生物被膜功能特性的关系，如在废水处理系统中，MPs尺寸会影响抗生素抗性基因的环境行为。



Zhang et al. 2022. J. Hazard. Mater.



Li et al. 2019. Environ. Sci. Technol.



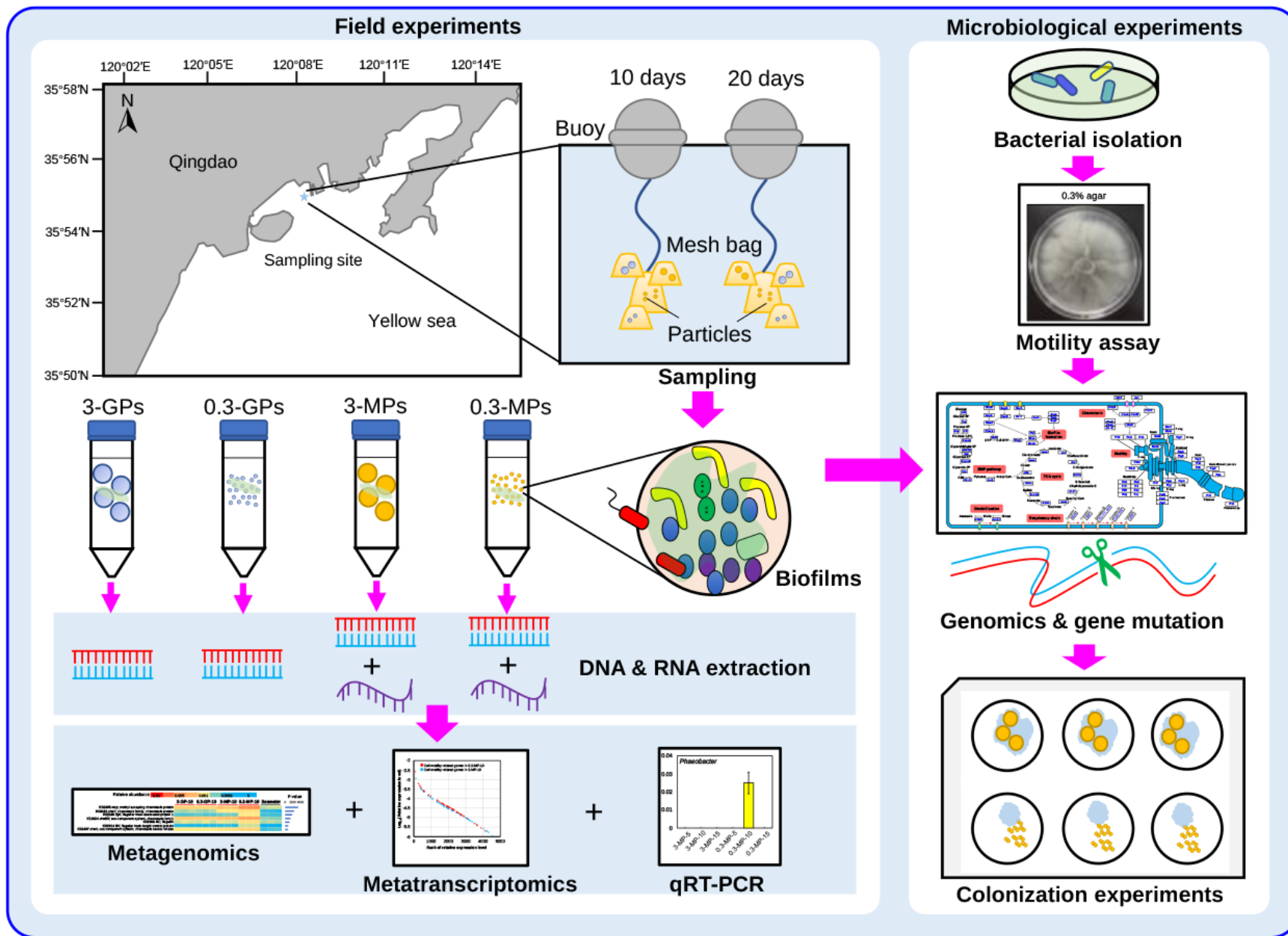
Wang et al. 2022. Sci.Total. Environ.

科学问题：

- MPs尺寸是否会影响海洋原位生物被膜的群落组装，其具体机制是什么？



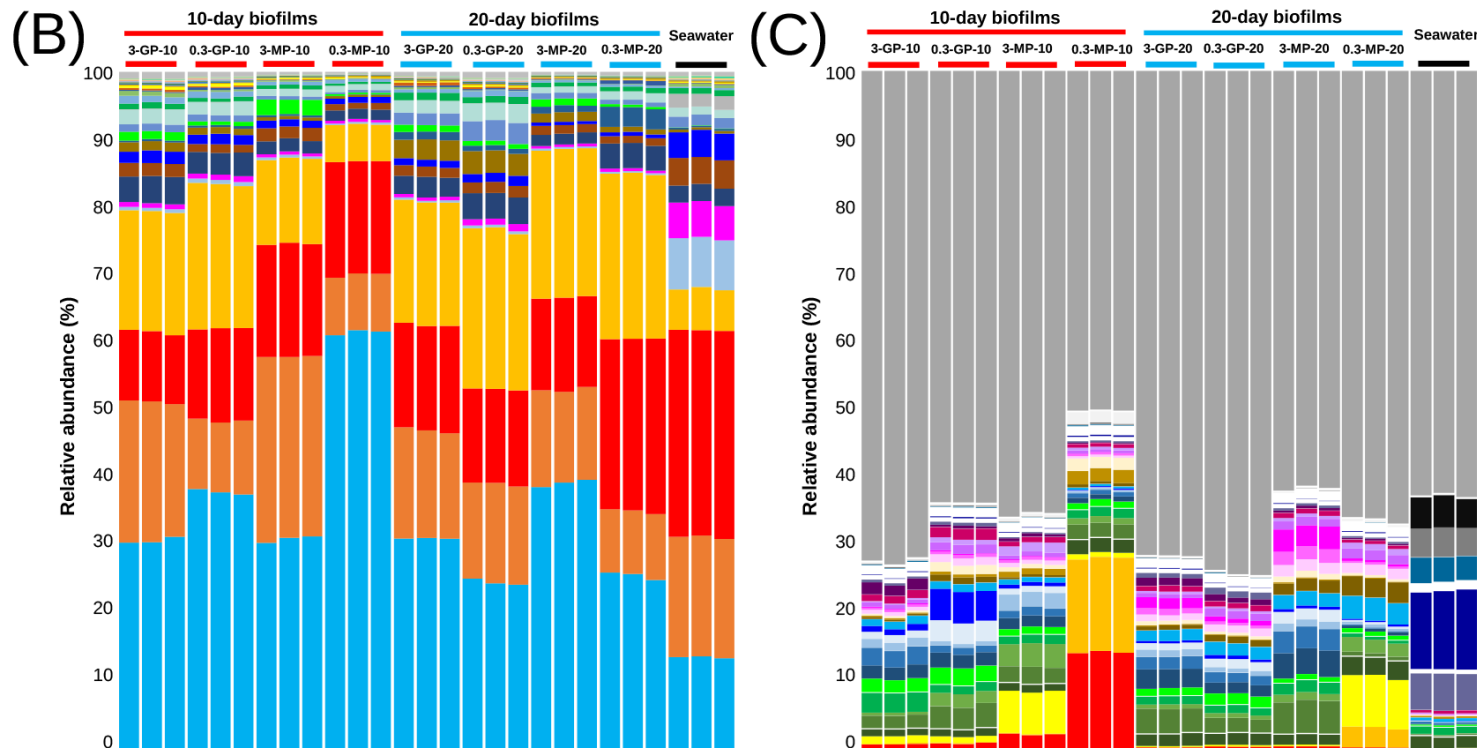
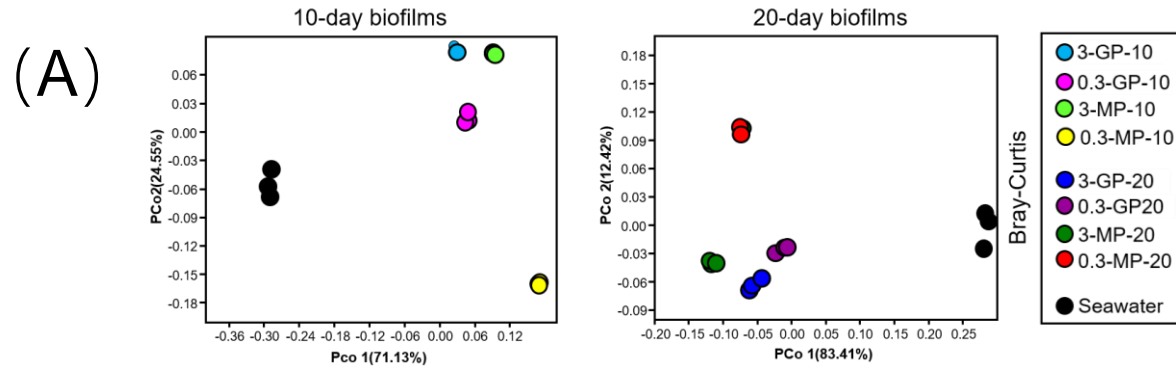
实验设计



- ▶ 将两种尺寸(3 mm和0.3 mm)微塑料和玻璃颗粒放置在潮下带区域, 将生物被膜发育10天和20天后回收;
- ▶ 群落水平: 宏基因组、16S rRNA基因扩增子、宏转录组等组学分析和qRT-PCR验证;
- ▶ 单菌水平: 细菌运动性实验、MPs定植实验、细菌共培养实验、基因敲除等生理生化实验验证。

结果

MPs和GPs生物被膜及海水微生物群落物种组成



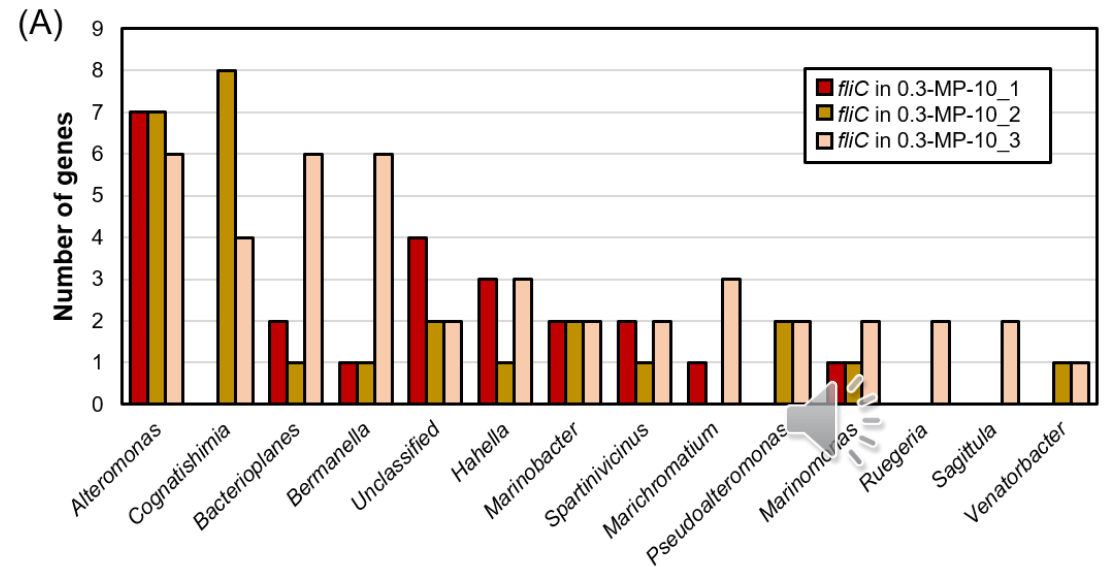
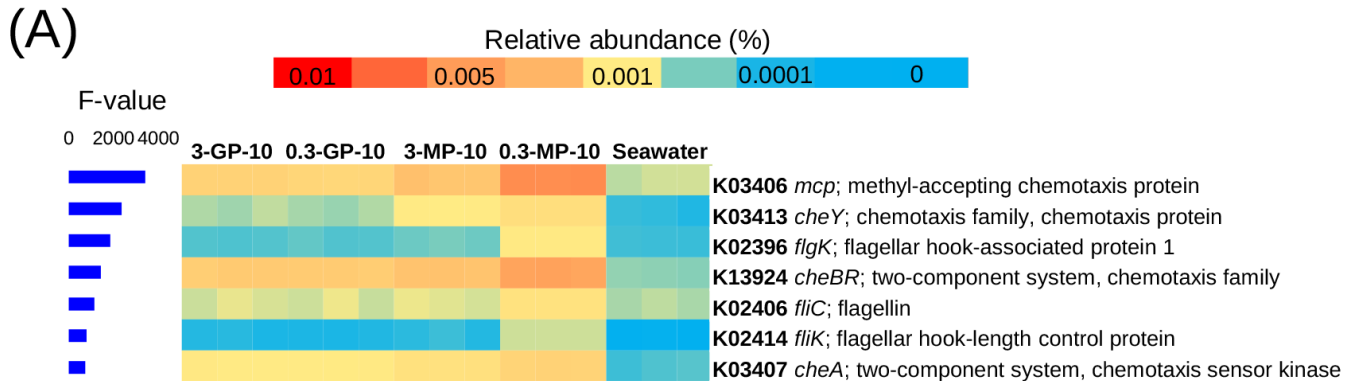
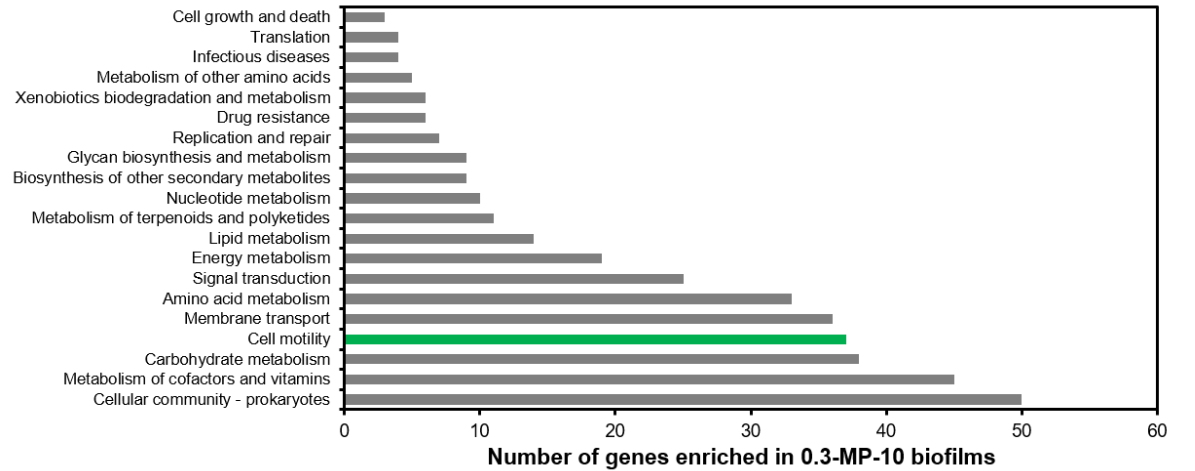
- 海水微生物群的物种组成不同于所有生物被膜样品;
- 0.3-MP-10群落结构较为独特, 其中 γ 变形菌纲丰度最高, *Oleiphilus*和*Oleibacter*是主要的优势属, 不同发育时间生物被膜群落物种组成发生明显的结构变化;
- PCoA分析中, 0.3-MP-10与其他生物被膜群落存在明显差异。



结果

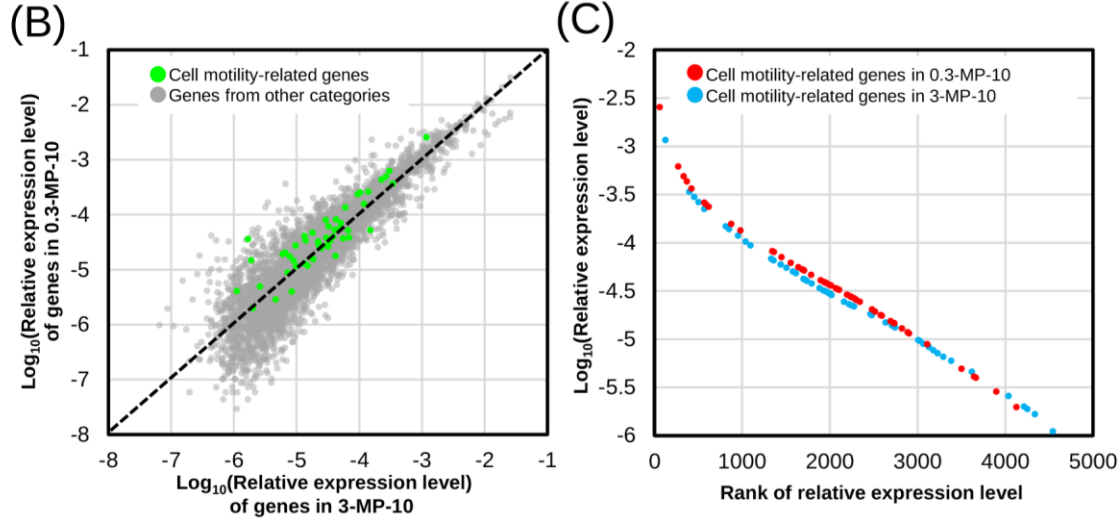
运动性和趋化性相关基因在0.3-MP-10生物被膜群落中的富集

- 单因素方差分析：运动性基因是0.3-MP-10中显著富集的基因类别之一，TOP40中有7个鞭毛相关基因；
- DESeq2分析：几乎所有鞭毛相关基因在0.3-MP-10中都表现出显著的差异和富集；
- *fliC*和*flgE*在0.3-MP-10生物被膜群落中主要存在于 *Alteromonas*属、*Cognatishimia*属和某些玫瑰杆菌组成员。

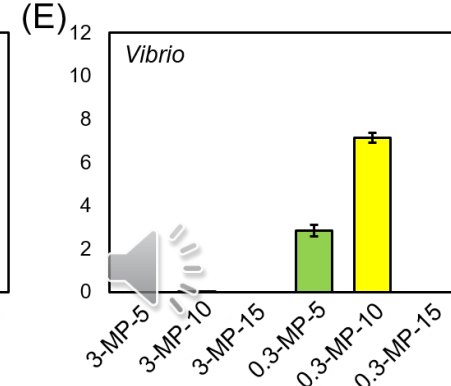
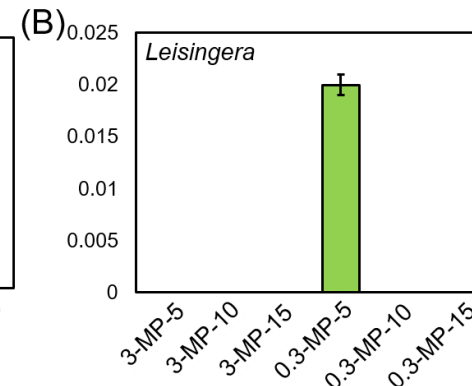
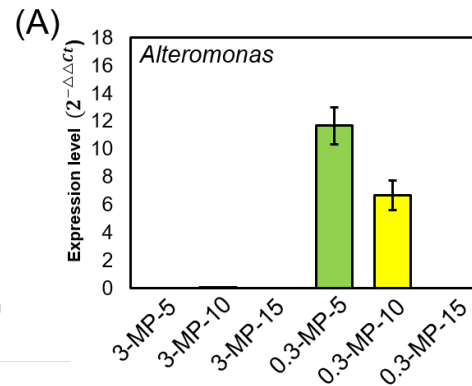
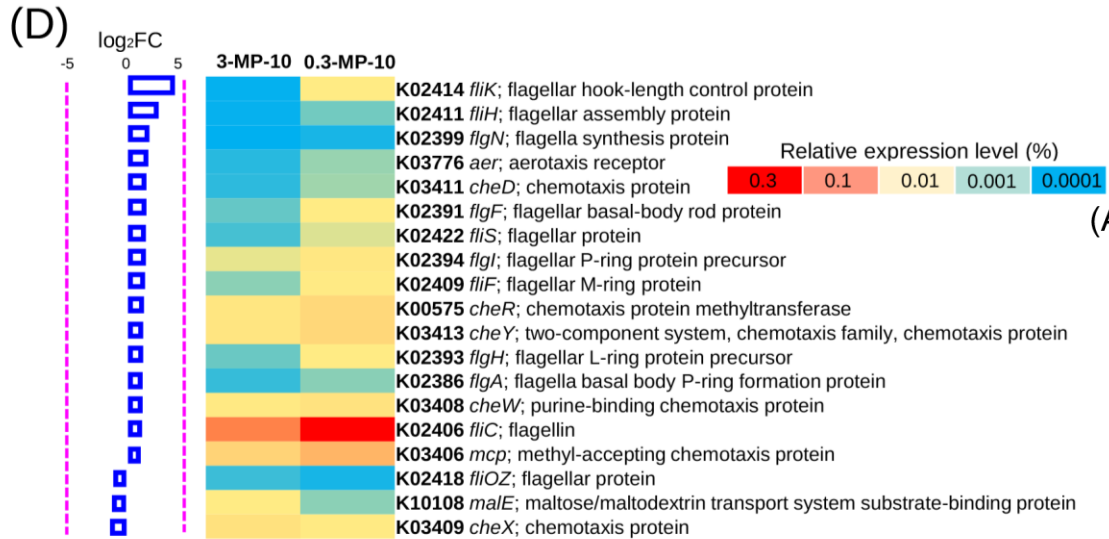


结果

运动性和趋化性基因在0.3-MP-10生物被膜中的富集和原位表达



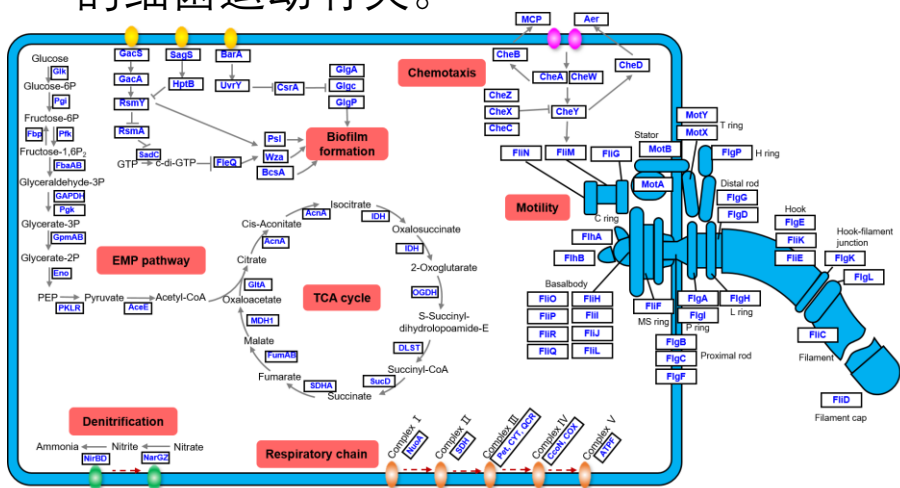
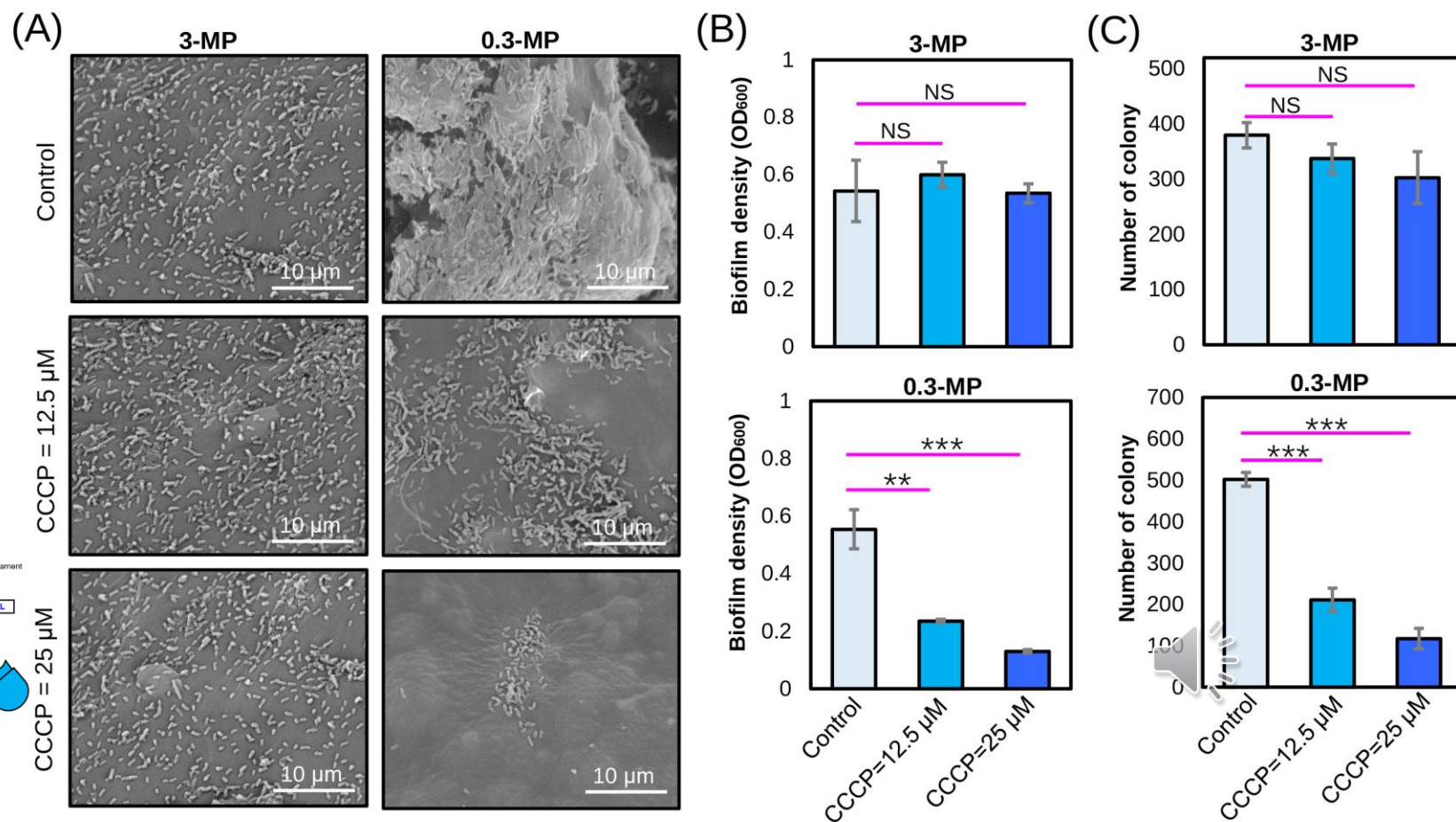
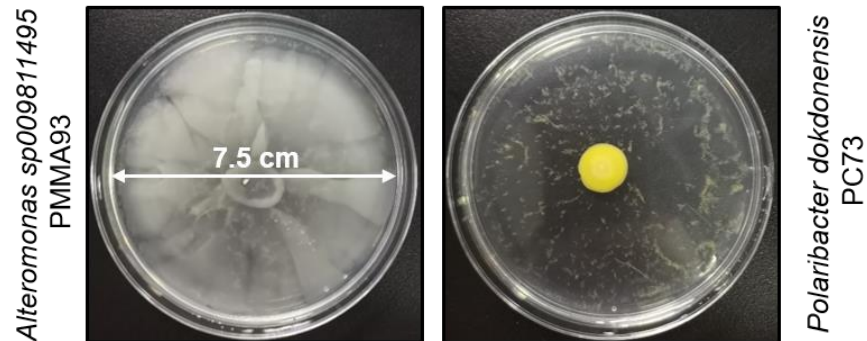
- 0.3-MPs-10生物被膜群落中运动相关基因的相对表达水平高于3-MPs-10, 如*fliK*、*flgF*;
- 活跃的*fliC*和*flgE*在0.3-MPs生物被膜群落中主要存在于*Alteromonas*属、*Pseudoalteromonas*属和*Thalassolitus*属;
- qRT-PCR表明, *flgE*在0.3-MPs生物被膜群落中的表达量显著高于3-MPs, 且仅在早期阶段 (5或10天) 表达。



结果

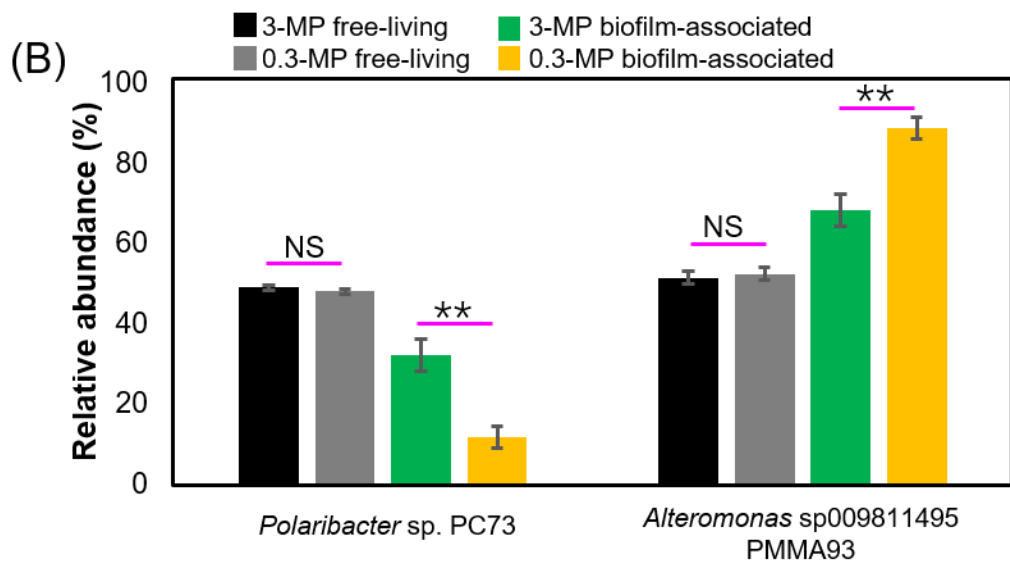
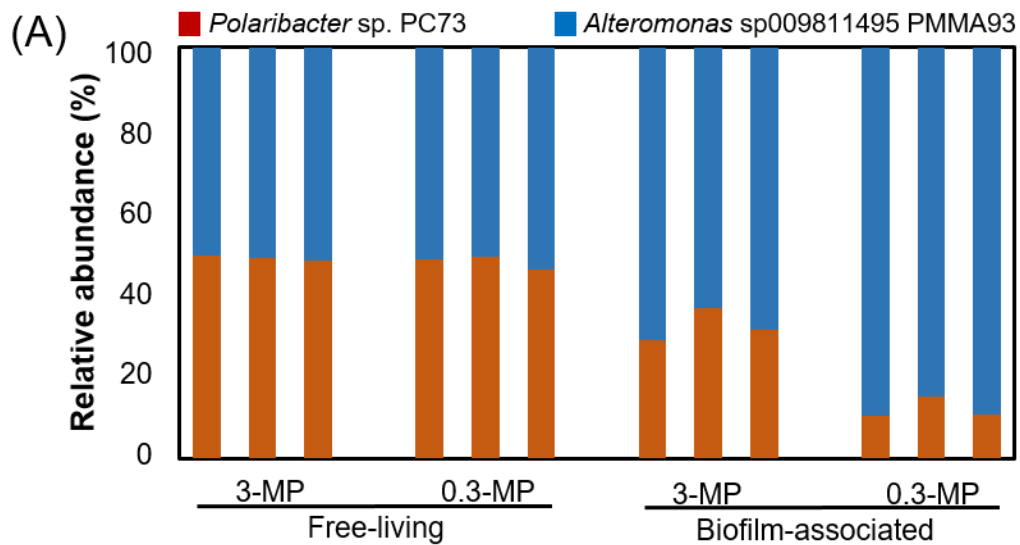
细菌的运动性与在0.3-MPs上的定植具有强相关性

- 从MPs生物被膜中分离菌株，选择了一株*Alteromonas*属的菌株 (PMMA93)进行单菌实验，全基因组测序分析表明其具有相对完整的鞭毛生物合成途径；
- 运动性实验表明其具有较强的游动和涌动力；
- MPs定植实验表明，PMMA93在0.3 mm微塑料上的定植与质子动势驱动的细菌运动有关。

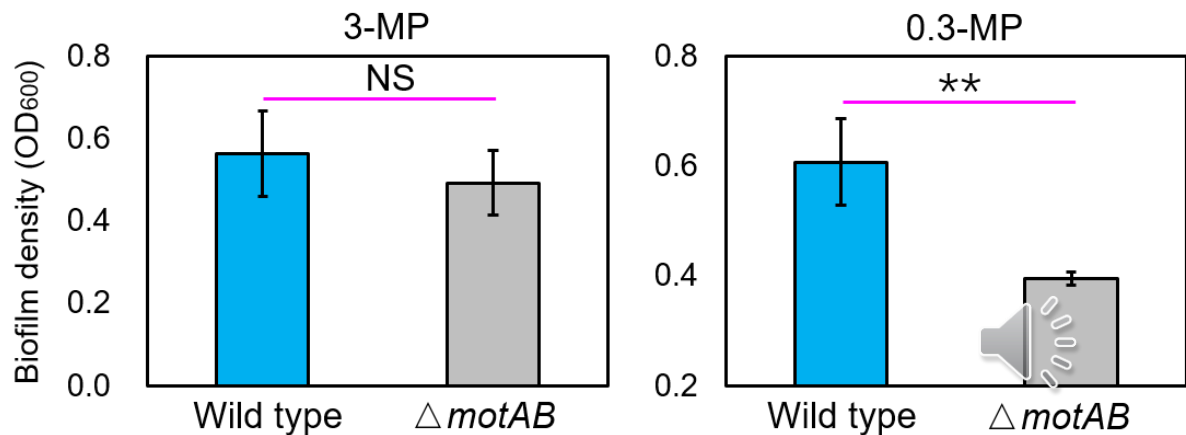


结果

细菌的运动性与在0.3-MPs上的定植具有强相关性



- 从MPs表面分离的另外3个属细菌的MPs定植实验与PMMA93结果类似，表明菌株的运动性促进其在0.3-MPs上定植具有普遍性；
- 运动细菌和非运动细菌的共培养定植实验表明，运动性提高了细菌在0.3-MPs上的定植能力；
- 敲除鞭毛基因的弧菌突变株显著降低了其在0.3-MPs上的定植。



总结

- ◆ 直径0.3 mm的微塑料表面生物被膜的群落结构与其它所有生物被膜（包括3mm微塑料和0.3&3 mm玻璃）群落结构存在显著差异。
- ◆ 相比于直径3 mm的微塑料，0.3 mm的微塑料表面生物被膜富含了参与鞭毛运动和趋化相关的基因，这表明该群落更具“运动性”。
- ◆ 通过分离菌株的实验室实验证实了细菌的运动性与其在0.3 mm微塑料上的定植具有强相关性。





“iMeta”由威立、肠菌分会和华人科学家出版的开放获取期刊，主编由中科院微生物所刘双江和荷兰格罗宁根大学傅静远教授共同担任。目的是发表原创研究、方法和综述以促进宏基因组学、微生物组和生物信息学发展。目标是发表前10%(IF > 15)的高影响力论文。期刊特色包括视频投稿、可重复分析、图片打磨、青年编委、前3年免出版费、50万用户的社交媒体宣传等。2022年的三月、六月、九月和十二月期已正式在线出版发行，相继被Google Scholar、PubMed(部分)、DOAJ、Scopus等数据库收录！



主页: <http://www.imeta.science>

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



投稿: <https://mc.manuscriptcentral.com/imeta>



office@imeta.science



宣传片



iMeta

