

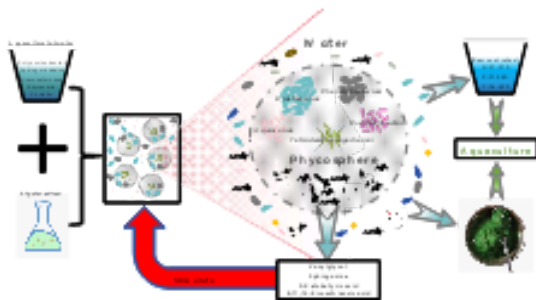


菌藻共生在养殖尾水处理中的优势及作用机制研究

李玉华, 赵文科, 张曼*, 王秀粉, 赵雪芹, 杨博, 魏娜
(河南师范大学水产学院, 河南新乡, 453007)



图形摘要



本研究以快速生长藻类月形四链藻(*Tetradesmus lagerheimii*)为研究对象,比较了其在含原生细菌的原水(IB组)和不含原生细菌的灭菌尾水(NIB组)两种处理条件下的性能。6天内两组对可溶性有机碳和可溶性活性磷去除率超90%,IB组对可溶性氮去除率比NIB组高48.4%,且IB组藻类密度、生物量和光合活性更高,叶绿素等产量也显著高于NIB组。IB组土著微生物群落发生演替,代谢组学分析发现4种代谢物上调且与藻类丰度及优势菌种正相关。本研究强调藻菌共生处理水产养殖尾水的有效性,凸显月形四链藻在该领域的巨大潜力。

结果

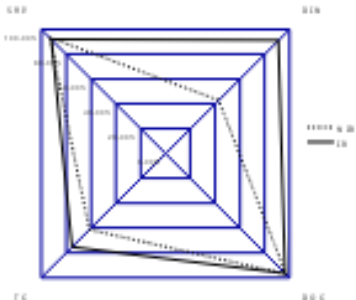


图1尾水中可溶性活性磷(SRP)、可溶性氮(DIN)、可溶性有机碳(DOC)和总碳(TC)的去除率

非灭菌组(IB)对可溶性氮的降解率为91.27%,灭菌组(NIB)对可溶性氮的降解率为42.42%。非灭菌组在菌藻共生的情况下对水产养殖尾水对可溶性氮的去除效果更好。

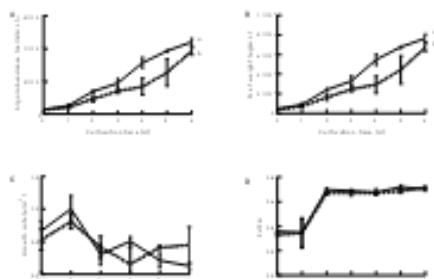


图2月形四链藻的生长参数
A.藻密度 B.藻生物量 C.藻生长速率 D.最大荧光效率

月形四链藻在非灭菌组水产养殖尾水中的藻密度和生物量显著高于灭菌组。在培养第2天和第5天,有土著细菌参与的IB组的Fv/Fm比显著高于NIB组。非灭菌组水产养殖尾水中的菌对月形四链藻的生长起到了促进作用。

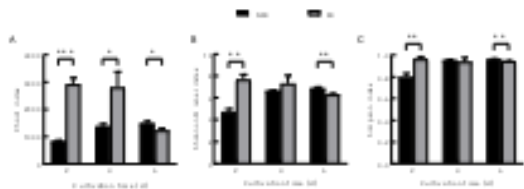


图3藻际群落α多样性指数
A.Chao1指数 B.Shannon指数 C.Simpson指数

灭菌组与非灭菌组之间的菌群多样性存在显著差异。

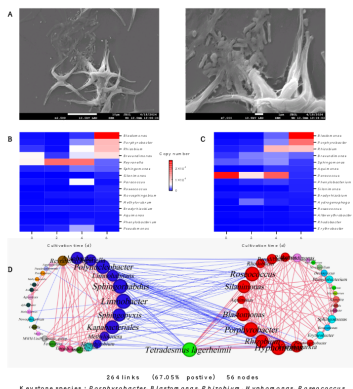


图4尾水中菌藻共生与微生物群落

A.菌藻共生的扫描电镜图 B. IB组水体微生物(FB)群落结构 C. IB组藻际微生物(PB)群落结构 D.月形四链藻与菌群之间的关系网络图
红线:正相关;红节点:与藻类直接正相关的细菌;蓝线:负相关;蓝色节点:与藻类直接负相关的细菌。

在实验过程中Blastomonas(芽单胞菌)、Porphyrobacter(紫杆菌)、Rhizobium(根瘤菌)、Brevundimonas(短小杆菌)这四种菌随着时间的变化逐渐增加。与藻类关系较为密切且是正相关关系的菌是Blastomonas(芽单胞菌)、Porphyrobacter(紫杆菌)、Hyphomonas(丝单胞菌)、Rhizobium(根瘤菌)等。

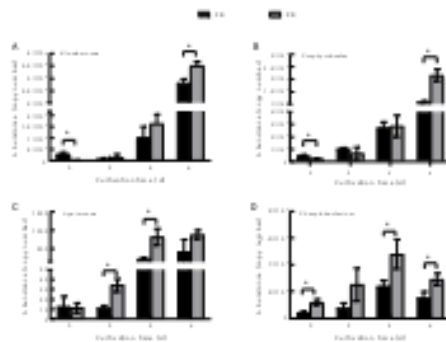


图5 0至6天4种菌在藻际和水体的绝对丰度变化

A.芽孢杆菌丰度 B.紫杆菌丰度 C.水单胞菌丰度 D.苯杆菌丰度
水体微生物(FB); 藻际微生物(PB)

随着共培养时间的增加,Blastomonas(芽单胞菌属)、Porphyrobacter(紫杆菌)、Aquimonas(水单胞菌)、Phenylbacterium(苯杆菌)四种菌在实验末期时藻际数量多于水体数量,说明月形四链藻对这四种菌具有招募作用。

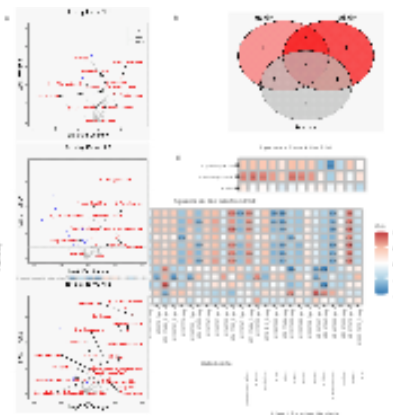


图6 两个处理组之间的显著区别代谢物(SDMs)及其与藻类和优势菌的相关性
A.SDMs特征的火山图 B. SDMs在不同时间的维恩图 C. SDMs在藻际和水体细菌丰度之间的关联热图

培养第3天,2个SDMs显著上调,25个SDMs显著下调。培养第6天,22种代谢物显著上调,17种代谢物显著下调(图6A)。在排除第0天的11个SDMs后,共有17个SDMs在第3天和第6天上调(图6B)。使用热图进一步说明IB组中SDMs、藻类和水体细菌之间的Spearman相关性。5,7-二氯-8-羟基喹啉(Chloroxine), Pachyrrhizin, 对二甲氧基苯酚(Hordenine), 环丙沙星(Ciprofloxacin), 9-硝基油酸(9-Nitrooleate), Dolichotheline, 磷酸吡哆醛(Pyridoxal phosphate)与藻密度呈现正相关关系。

结论

1. 月形四链藻对水产养殖尾水的处理效果显著。
2. 月形四链藻在非灭菌组水产养殖尾水中的藻密度显著高于灭菌组。非灭菌组水产养殖尾水中的菌对月形四链藻的生长具有促进作用。
3. Blastomonas(芽单胞菌)、Porphyrobacter(紫杆菌)、Hyphomonas(丝单胞菌)、Rhizobium(根瘤菌)对月形四链藻的生长起到了促进作用。
4. 月形四链藻对Blastomonas(芽单胞菌属)、Porphyrobacter(紫杆菌)、Aquimonas(水单胞菌)、Phenylbacterium(苯杆菌)具有招募作用。
5. 5,7-二氯-8-羟基喹啉(Chloroxine), Pachyrrhizin, 对二甲氧基苯酚(Hordenine), 环丙沙星(Ciprofloxacin), 9-硝基油酸(9-Nitrooleate), Dolichotheline, 磷酸吡哆醛(Pyridoxal phosphate)可能对藻类的生长有促进作用。