

# 浮游动物群落结构优化对淡水食物网能量传递效率的促进效应

单洁雅

大连海洋大学

DOI:10.12238/eep.v8i8.2775

**[摘要]** 浮游动物群落在淡水食物网中具有重要作用,直接关系到能量传递效率。本研究探讨了浮游动物群落结构优化对淡水食物网能量传递效率的影响,比如通过调整浮游动物群落的物种比例和密度、增加一些浮游动物中的捕食者等优化手段,可以发现优化后的群落能量从低营养级向高营养级的传递明显提高,并且优化后的群落减少了能量传递过程中的损失,提高了能量转化效率。结果表明,优化后的浮游动物群落结构不仅能提高食物网能量传递效率,还能提高生态系统能量利用水平。研究为水体生态修复提供了有力的理论支持,而且对改善水域能量流动给出了有效的管理战略。

**[关键词]** 浮游动物; 群落结构; 能量传递

中图分类号: J522.2 文献标识码: A

## The promoting effect of optimizing the community structure of planktonic animals on the energy transfer efficiency of freshwater food webs

Jieya Shan

Dalian Ocean University

**[Abstract]** Zooplankton communities play an important role in freshwater food webs, directly related to energy transfer efficiency. This study explores the impact of optimizing the structure of planktonic animal communities on the energy transfer efficiency of freshwater food webs. By adjusting the species ratio and density of planktonic animal communities and increasing predators in some planktonic animals, research has found that the optimized community significantly improves energy transfer from low trophic levels to high trophic levels. The optimized community reduces losses during energy transfer and improves energy conversion efficiency. The results indicate that the optimized structure of planktonic animal communities can not only improve the energy transfer efficiency of the food web, but also enhance the energy utilization level of the ecosystem. The research provides strong theoretical support for ecological restoration of water bodies, and provides effective management strategies for improving energy flow in water bodies.

**[Key words]** zooplankton; Community structure; energy transfer

### 引言

浮游动物是一类经常在水中浮游,本身不能制造有机物的异养型无脊椎动物和脊索动物幼体的总称,是在水中营浮游性生活的动物类群。它们或者完全没有游泳能力,或者游泳能力微弱,不能作远距离的移动,也不足以抗拒水的流动力。它们是漂浮的或游泳能力很弱的小型动物<sup>[1]</sup>。随水流而漂动,与浮游植物(phytoplankton)一起构成浮游生物(plankton);几乎是所有海洋动物的主要食物来源。从单细胞的放射虫和有孔虫到鲑、蟹和龙虾的卵或幼虫,都可见于浮游动物中。终生浮游生物(如原生动物和桡足类)以浮游生物的形式度过全部生命,暂时性浮游生物或季节浮游生物(如幼海星、蛤、蠕虫和其他底栖生物)在变成成体而进入栖息场所以前,以浮游生物形式生活和

摄食<sup>[2]</sup>。浮游动物群落对淡水生态系统具有重要作用,特别是在能量传递和物质循环中。它们会捕食浮游植物以及其他微生物,然后把太阳能转化成更高营养层次的能量,在食物网当中充当起关联生产者与消费者的桥梁角色。但是由于水体环境的变化,例如过度的营养、污染和气候变化经常会导致浮游动物群落结构的变化,从而影响能量传递效率。对浮游动物群落的结构进行优化,调整其组成、密度可以提升能量流动效率、减少能量损失<sup>[3]</sup>。对群落结构加以干预之后,既提升了能量传递的效率,又强化了生态系统的稳定性及其功能。本研究通过对浮游动物群落优化如何实现淡水食物网能量的传递展开实验分析,探寻其对生态修复及水体管理工作的贡献<sup>[4]</sup>。

### 1 研究方法

### 1.1 研究区域与样本选择

本研究的实验区是具有典型特征的淡水湖泊生态系统, 浮游动物群落具有代表性。该湖泊受到多种外界环境因素的影响, 水质良好, 浮游动物群落具有一定多样性和稳定性<sup>[5]</sup>。为了确保实验的科学性和数据的可靠性, 采用分层抽样法, 在水体表层、底层各取一次浮游动物样品, 以保证样品的多样性和代表性。样本采集采用网式过滤法, 可捕捉不同水层的浮游动物群落, 研究还结合水温、透明度、pH值等环境因子综合评估水体生态状况<sup>[6]</sup>。这些环境因子的检测, 有助于更加清晰地了解浮游动物群落的生长和繁殖状况, 借助多处采样, 全方位了解各个水层以及不同区域中的浮游动物群落状态, 这为接下来的群落结构优化工作提供了科学依据。选择此湖泊作为研究地点, 有助于在更大范围内应用并分析浮游动物群落结构改良的普遍性, 并为进一步探索水体生态系统提供了可靠的实验数据支持<sup>[7]</sup>。本研究通过对该湖泊的深入分析, 为浮游动物群落结构优化的效果评估提供了重要的实地数据, 具有较强的实践意义和推广价值。

### 1.2 群落结构优化设计

浮游动物群落结构优化设计, 是通过调整群落中物种的比例和密度来研究它们对能量传递效率的影响。根据前期的水质检测数据和浮游动物种类调查, 选择了几种主要的浮游动物种类, 包括浮游植物、浮游动物类群以及食物链中的关键物种, 比如一些捕食性的浮游动物等。优化方案主要通过引入新的物种或改变原有的物种比例来实现不同的群落结构状态。实验设计包括多个优化模型, 在每个优化模型里, 捕食者和被捕食者的比例, 以及浮游植物和浮游动物的相对密度都会发生变化。实验组优化浮游动物群落结构, 研究不同物种比例、群落密度对能量传递效率的影响。对照组维持原有的自然群落结构并开展常规检测, 这种分组对比实验可以有效探讨群落结构变化如何影响能量的流动与传递。群落结构的改善, 既关注浮游动物的种群数量和种类多样性, 又针对捕食性浮游动物在能量转换过程中的关键作用展开研究, 从而为改良能量流效能提供科学支持。

### 1.3 数据收集与分析方法

在实验过程中, 定期记录浮游动物群落的种群密度、物种多样性和群落结构变化, 并采集不同实验组能量流动的数据。通过测量浮游植物生产力和不同种类的消费者(包括浮游动物、鱼类等)的能量摄入量, 来衡量能量在食物链中的流动。为了衡量能量传递的效率, 采用热力学分析方法计算能量在不同群落结构中的转化效率, 并且对能量流动以及损失情况进行分析。为了验证群落结构优化对能量传递效率的影响, 采用单因素方差分析(ANOVA)和多元回归分析等统计方法, 分析各实验组之间的能量传递差异。数据处理采用SPSS软件, 以确保实验结果的可靠性和科学性。为了验证群落优化对能量流动的实际作用, 使用t检验和回归分析对各组数据进行进一步研究, 并确保数据具有统计学上的意义与准确性。借助这些手段, 可以全面考察群落结构优化对能量流效能的影响, 从而为水生态管理和改良提供理论支持。

## 2 结果

### 2.1 群落结构的变化

经过实验组和对照组的对比, 浮游动物群落结构发生显著变化。在实验组中, 群落物种丰富度和种群密度有所增加, 捕食性浮游动物种群数量出现了明显的上升趋势。浮游动物物种多样性和均匀度显著提高, 体现出群落结构得到改善, 在捕食性浮游动物占比方面, 实验组的群落比对照组展现出更佳捕食能力, 尤其是对浮游植物的捕食能力更为突出。群落结构发生变化后, 食物链结构也相应调整, 在这种情况下, 低营养级的浮游植物数量有所下降, 中营养级消费者种群密度有所增加。这种变化既改变了整个浮游动物群落的结构, 又改变了能量传递路径及其效率。优化后的浮游动物群落使能量传递过程更高效, 低营养级到高营养级的能量流动更加顺畅。通过这些调整, 群落优化在物种构成和密度上的变化成为提升能量传递效率的关键因素, 表明了群落优化对生态系统能量流动的积极作用。

### 2.2 能量传递效率的变化

当浮游动物群落结构优化后, 能量传递效率显著提高。在实验组中, 浮游动物和浮游植物之间的能量转化率提升到了大约18%。这一现象显示, 群落结构改善后可使能量转化更加快速。优化后的群落结构, 降低了能量传递过程中的损失, 在初级消费者与次级消费者的能量传递过程中, 能量流动的效率得到了明显的提高。在优化组中, 捕食性浮游动物数量增加后, 捕食效率得到提升, 捕食更多的浮游植物, 从而减少了能量的流失, 这样就促使了上层消费者, 像小型鱼类这些能量的摄入量得到了提高。优化后的群落结构使捕食链变短, 减少了中间环节的能量损失, 加快了能量传递速度。实验组的能量快速转化提高了食物网中能量的流动效率, 使得整个生态系统的能量流动更快。群落优化不仅提高了浮游动物间的能量传递, 而且也积极推动了整个食物网的能量传递。

### 2.3 统计分析结果

通过比较实验组和对照组的数据, 发现能量传递效率的提升具有显著差异。通过单因素方差分析(ANOVA)和t检验, 结果显示实验组在各营养级之间的能量传递效率明显高于对照组, 并且差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。特别是捕食性浮游动物和次级消费者之间的能量传递过程中, 实验组的能量传递效率要比对照组的明显要高一些, 这就再一次表明群落结构改良确实会对能量流动效率起到推动作用。回归分析结果表明, 浮游动物群落多样性与能量传递效率呈正相关, 说明群落优化后, 群落多样性的提升直接促进了能量流动效率的提高。这些统计结果有力地支持了群落优化对提升淡水食物网能量传递效率的关键作用, 经由这些数据的分析可以得到结论, 浮游动物群落结构的优化显著增强了能量传递效率, 这就为今后水生态管理及改良提供了充分的理论根据。

## 3 讨论

### 3.1 浮游动物群落结构优化对能量传递效率的影响机制探索

浮游动物群落结构优化通过调整不同种类的比例和数量,提高了能量传递效率,在优化后的群落中捕食性浮游动物比例大幅增加,降低了能量传递时的损失。捕食性浮游动物对浮游植物以及低营养级浮游动物的捕食,使能量向着高营养级消费者的流动,从而降低能量流动过程中的损失,让能量可以更好地从低营养级向高营养级传递。改善后的群落结构使捕食性浮游动物的种群密度得以增加,食物链中间环节的能量损失因而缩减,整个食物网的能量转换效率得到提升。群落优化不仅增强了能量流动的稳定性,而且提高了水中能量的利用效率,为生态系统的稳定性提供了保障。

### 3.2 结果对比及现有研究分析

浮游动物群落结构优化同现有研究结果相符,可以改善能量传递效率,经由研究我们得知,群落多样性与能量传递效率存在正向联系。通过优化群落结构增加捕食性物种比例,减少低营养级物种的能量消耗,优化后群落不仅提高了浮游动物与浮游植物之间的能量传递,而且对整个食物网中的能量传递产生了积极影响。已有研究显示群落结构改善有益于水体中能量流动,本研究同样证实了这一点。浮游动物群落的优化加强了水生态系统能量传递能力,为水体生态修复与管理提供了科学依据,也为水体中能量流动效率的提高开辟了新的研究方向。

### 3.3 研究局限与未来展望

实验时间偏短,无法全面考察群落结构改良对长期能量传递效率带来的影响,只把焦点放在了浮游动物群落的改良上,没有顾及水质变动,污染等环境要素也许会对能量传递产生影响。未来的研究可以延长实验时长,进一步考察群落优化对长期的能量流动的影响,把水质、污染等环境因素融入研究,探讨它们对浮游动物群落结构及能量传递效率的调节作用是未来值得探究的重要方向。不同水域类型的群落优化效果也应考虑,尤其是对受污染水体的使用,为水生态修复提供更精确的理论基础。并且借助遥感监测和水质自动检测等相关技术,可以更全面评估群落结构优化带来的长期影响,从而为水生态管理提供更加精确的数据支持。

## 4 结论

浮游动物群落结构优化明显推动了淡水食物网能量传递效率的改善,经由调节浮游动物群落里各类物种的比例与密度,尤

其提高捕食性浮游动物所占比例,能量在传递过程中的损失大幅缩减,能量能够更为高效地从低营养级向高营养级传递。优化过的群落结构,使得能量流动的稳程度得到改善,并且整体生态系统对于能量的利用效率得到了提升,经过优化后的群落结构,在提高能量有效转化率的基础上,减少了食物链中各环节的能量损耗情况出现的概率,从而增强了整个水生态系统的功能作用发挥情况。

研究结果显示,浮游动物群落结构的改善可以有效地提升水体中能量的转化和流动,为水体生态的修复提供了有力的理论支持。通过改良浮游动物群落结构,既提高了能量传递效率,又促进了水生态系统的持续发展。

未来研究需要着眼于群落改良对长时间能量传递效率的影响,而且要联系不同水体的环境改变因素,去探究这种影响。对不同水域类型和水质状况下的优化效果实施比较分析,可以为水体保护和生态改良提供更为精确的理论依据和实际操作指南。

### [参考文献]

- [1]李晓明,杨薇,孙涛,等.黄河口近海海草床浮游-底栖营养传递特征[J].生态学报,2021,41(10):10.
- [2]张朋飞,崔晓宇,骆辉煌,等.莲石湖生态系统营养结构与能量流动分析[J].海洋湖沼通报,2021(006):043.
- [3]张耀方,李添雨,李卓轩,等.基于稳定同位素的水生生物食物链结构特征分析[J].环境科学研究,2023,(37):1-10.
- [4]陈建琴,孙婉,钱薇雅,等.江苏泗洪洪泽湖湿地国家级自然保护区后生浮游动物群落结构及影响因子[J].南京师大学报(自然科学版),2024,47(3):72-80.
- [5]杨蓓,蔡倩,江嵩鹤,等.基于eDNA和形态学的九江市城市湖泊浮游动物分析[J].江西水利科技,2024,50(4):288-294.
- [6]耿红,程凤,王松波,等.淡水中型浮游动物群体与悬浮物碳氮磷比耦联研究[J].水生生物学报,2018,42(4):6.
- [7]马长江,曹艳秀,王美荣,等.水利工程对浮游生物的影响及解决途径探析[J].治淮,2018(12):2.

### 作者简介:

单洁雅(2001--),女,汉族,山东寿光人,硕士,研究方向:水生态。