

利用杯钟虫对几种重金属离子水污染指示作用的初步探讨

王彦博 / 安徽省合肥市第一中学
指导教师 刘海山 王 钢

◎ 研究背景

随着工农业生产的发展,工业排污、现代农业化肥农药的施用、废弃电子产品等导致我国水体中金属离子污染日趋严重。由于重金属离子污染水体具有隐蔽性,一般手段不易观测。常用的检测方法通过检测水质的一些理化性质来反映水质状况,如BOD、COD、浊度和污染物含量等。这些方法存在检测时间长、实验设备要求高、只能反映瞬时污染程度等缺点,目前,水质监测评价的生物学方法已越来越广泛地得到应用。

杯钟虫属原生动物门、纤毛虫纲,杯钟虫虫体呈杯形,有柄可螺旋收缩。原生动物作为水生生态系统中的重要组成部分,其生命活动受系统中的各种因子影响。利用水质变化对原生动物的影响及危害程度可以直接有效地监测水体的污染程度,在寻找污染源、评价环境污染程度、确定污染物排放标准等方面具有实用价值。

我在上初中时就做过《常见两种农药对杯钟虫草履虫种群的影响》

的小课题,在实验观察过程中,我无意中发现了原生动物杯钟虫细胞内具有可以不断舒缩的伸缩泡。进入高中后随着生物学的知识积累以及不断的课外实验,我了解到原生动物的伸缩泡舒缩频率受多种环境因素影响,因此想到是否能够通过观察重金属对伸缩泡的影响来监测目前日趋严重的淡水重金属污染情况。在老师的指导下我对这个课题做了进一步的研究,以我国各湿地中常见的淡水原生动物杯钟虫为实验材料,测定不同种类重金属离子对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响,进而推测重金属离子污染的水质状况。

◎ 实验方法

➤ 材料的取得

杯钟虫采自于合肥市第一中学滨湖校区西边淡水池塘。用0.75%牛筋草煮沸冷却培养液,分离培养2周;形成高密度种群。然后每次检测前取上一次的母液进行培养4天,培养温度控制在15~20℃范围。

➤ 处理方法

处理方法经预实验后,我们发

现金属离子浓度过高时,杯钟虫的伸缩泡会停止运动甚至杯钟虫会死亡,所以,将实验浓度设置如下。

Zn^{2+} 采用 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 配制成不同百分比浓度处理溶液,浓度分别为:0.05%、0.1%、0.2%、0.4%。

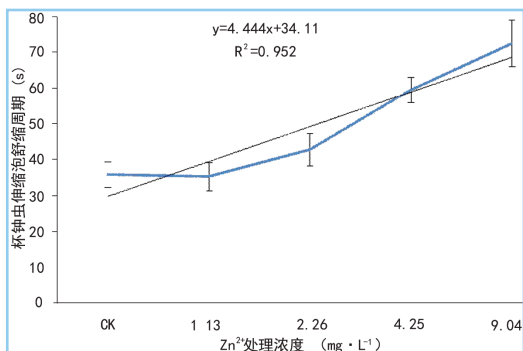
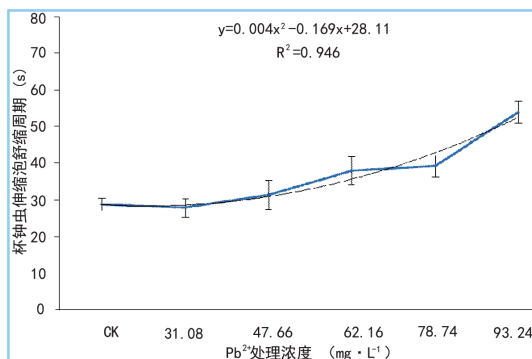
Pb^{2+} 采用 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 配制成不同百分比浓度处理溶液,浓度分别为:0.50%、0.75%、1.00%、1.25%、1.50%。

Cu^{2+} 采用 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 配制成不同百分比浓度处理溶液,浓度分别为:0.05%、0.10%、0.15%、0.20%。

测定伸缩泡舒缩周期与种群密度实验前,使用不同浓度的重金属培养液定容液至10mL,培养1h,摇匀后进行显微镜下观察测定。从第一次收缩开始到第二次收缩开始为伸缩泡的一个舒缩周期,进行显微拍摄并计时。每个周期包括收缩和舒张两个时期。

数据处理时使用Excel进行数据统计与作图,使用SPSS(V17.0)进行数据分析。

实验中为避免不同浓度的 NO_3^{1-} 、 SO_4^{2-} 可能会出现对实验结果的影响,采用 Na_2SO_4 、 NaNO_3 配置同

图1 Zn^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响图2 Pb^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响

离子浓度的处理液对杯钟虫进行培养实验,与对照相比较的结果显示其对杯中虫伸缩泡和种群密度影响较小,在本实验浓度范围内可以排除 NO_3^{1-} 、 SO_4^{2-} 对实验结果的影响。

实验中为了避免不同重金属处理溶液可能引起的 pH 值变化,影响实验结果。对于各处理溶液的 pH 值进行了测定。各组间 pH 值变化范围波动较小,可以排除因不同浓度离子导致 pH 值变化对实验结果造成的影响。

实验过程中为了避免温度对实验结果的影响,实验环境温度控制在 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ 。

◎ 实验结果

☛ Zn^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响

如图 1 所示,杯钟虫伸缩泡的舒缩周期随着 Zn^{2+} 处理浓度升高而不断变长。 Zn^{2+} 浓度为 $1.13\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Zn^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期没有影响。当培养液中 Zn^{2+} 浓度达到 $2.26\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时其伸缩泡舒缩周期为 42.82s ,

与对照相比达到了极显著水平 ($p < 0.01$),各处理组之间伸缩泡舒缩周期相互比较具有极显著差异。针对培养溶液中 Zn^{2+} 浓度和杯钟虫伸缩泡舒缩周期进行回归分析,得出相应的回归方程为:

$$y = 4.444x + 34.11$$

其中, y 为伸缩泡舒缩周期, x 为 Zn^{2+} 浓度,相关系数为 0.952,相关程度非常好。

☛ Pb^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响

图 2 结果显示,随着 Pb^{2+} 处理浓度升高,杯钟虫伸缩泡的舒缩周期呈延长趋势。 Pb^{2+} 浓度为 $31.08\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Pb^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期影响没有达到显著水平;当培养液中 Pb^{2+} 浓度达到 $47.66\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时其伸缩泡舒缩周期为 30.65s ,与对照中伸缩泡舒缩周期具有极显著差异 ($p < 0.01$)。对培养溶液中 Pb^{2+} 浓度梯度和杯中虫伸缩泡舒缩周期变化进行回归分析,得出相应的回归方程为:

$$y = 0.004x^2 - 0.169x + 28.11$$

其中, y 为伸缩泡舒缩周期, x

为 Pb^{2+} 浓度,相关系数为 0.946,相关程度很好。

☛ Cu^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响

由图 3 看出,杯钟虫伸缩泡的舒缩周期受到培养液中 Cu^{2+} 极显著抑制而不断变长。当培养液中 Cu^{2+} 浓度为 $1.27\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其伸缩泡舒缩周期为 34.14s ,已经与对照相比达到了极显著水平 ($p < 0.01$),各处理组之间伸缩泡舒缩周期相互比较都具有极显著差异。针对培养溶液中 Cu^{2+} 浓度和杯钟虫伸缩泡舒缩周期进行回归分析,得出相应的回归方程为:

$$y = 29.272e^{0.11x}$$

其中, y 为伸缩泡舒缩周期, x 为 Cu^{2+} 浓度,相关系数为 0.872。培养溶液中 Cu^{2+} 浓度和杯钟虫伸缩泡舒缩周期变化之间相关程度较好。

◎ 讨论与分析

杯钟虫伸缩泡的舒缩周期受到环境因子的影响。我们在进行实验时,通过观察几种重金属离子对伸缩泡舒缩周期的影响发现:随着

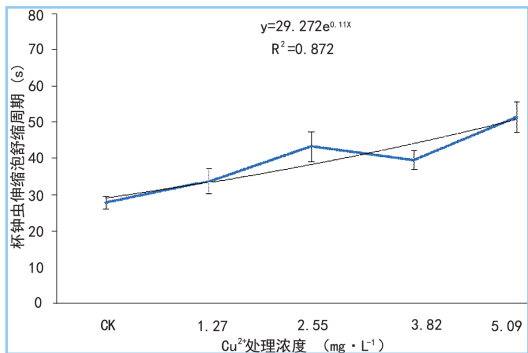


图3 Cu^{2+} 对杯钟虫伸缩泡舒缩周期的影响

重金属离子处理浓度的增加杯钟虫伸缩泡舒缩周期变长。 Zn^{2+} 浓度为 $2.26\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Pb^{2+} 浓度为 $47.66\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 Cu^{2+} 浓度为 $1.27\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的处理情况下，与对照相比，其伸缩泡舒缩周期的延长都达到了极显著水平 ($p < 0.01$)。与国家地表水环境质量标准对比后能看出，杯钟虫伸缩泡在 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 分别达到国家Ⅴ、Ⅲ类水质标准时伸缩泡舒缩周期出现显著差异；这样我们就可以将杯钟虫伸缩泡舒缩周期的变化来作为判断某些工业排污中这2种金属离子超标的参照依据之一。

原生动物在污水净化中具有重要的作用，我们在利用原生动物净化重金属污染水体时一定要充分考虑该种动物的抗重金属能力，否则重金属离子含量一旦超过这种原生动物的正常生活耐受范围，原生动物就死亡了。我们的实验结果显示杯钟虫对不同离子的耐受能力为 $\text{Pb}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$ ，这意味着杯钟虫对 Pb^{2+} 的抗逆性较强，可以作为一种含 Pb^{2+} 较高的污水净化活性

污泥中良好的原生动物种质资源。

我们对几种重金属离子处理杯钟虫伸缩泡舒缩周期的实验数据做了回归分析，得出实验浓度范围内重金属离子浓度与舒缩周期具有相关性，而且拟合度较好。实验数据处理得出的回归方程可以帮助我们通过对 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 的不同污染程度进行估算，了解某种重金属离子污染危害程度。在水质监测、评价以及寻找污染源等方面具有非常明显的指示效果。分析水质中重金属污染状况的传统方法要利用原子发射光谱仪器，对设备要求高、试剂等耗材使用多、操作复杂，需要专门的测试人员。利用杯钟虫作为指示生物进行监测具有设备要求低、操作简便快捷、费用低廉等优点。

我们对不同金属离子浓度处理的种群密度动态变化以及重金属离子复合效应也进行了初步测定，但由于时间关系，我们在探究这几种重金属离子对种群密度影响实验中所做的样本数过少，可能存在一定的误差，我们准备在后续的实验中

进一步加大实验样本数以减少实验误差，以完善该部分实验。

该项目获得第25届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组环境科学一等奖。

专家评语

该项目具有一定的理论和应用价值，突破传统生物检测方法，立意于杯钟虫体缩泡舒缩周期研究了 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 的毒性作用。该项目立意新颖，成果表达完整，结论有理有据。建议在今后广泛研究不同环境条件下杯钟虫的生物效应，进而为技术开发提供依据。■