

Effect of Algal Metabolism on Dissolved Oxygen Content and pH Value in Surface Water

Xia Shi Dongxian Li

Ziyang Ecological Environment Monitoring Center Station in Sichuan, Ziyang, Sichuan, 641300, China

Abstract

The influence of algae growth and metabolism on dissolved oxygen content and pH value in surface water was investigated. The results showed that the dissolved oxygen content increased gradually with the extension of culture time in different concentration ranges. When the algae density was greater than 1%, the dissolved oxygen content reached the maximum (31.74mmol/L). When the algae grew to a certain extent, photosynthesis would be inhibited, leading to a decrease in respiration rate and an increase in carbon dioxide accumulation rate, but the concentration of dissolved oxygen did not change at this time. When the algae density was less than 0.5%, the dissolved oxygen concentration was positively correlated with the light intensity. The concentration of dissolved oxygen increased with the growth of algal body, and the highest concentration was about 22.41mmol/L. When the algae density exceeded 5%, the dissolved oxygen content began to decrease. In addition, it was found that when the algae density was lower than 10%, photosynthesis was inhibited, which accelerated the CO₂ release rate. When the algae density was higher than 10%, the opposite trend was observed. Therefore, by adjusting the supply of nutrients in the sediment, microbial activity can be effectively improved, thus accelerating the decomposition process of organic matter and promoting biodegradation.

Keywords

surface water; algal metabolism; dissolved oxygen content; pH value

地表水中藻类代谢对溶解氧含量及 pH 值的影响

石霞 李东仙

四川省资阳生态环境监测中心站, 中国·四川 资阳 641300

摘要

以地表水为研究对象, 探究水体中藻类生长和代谢对溶解氧含量以及pH值的影响。结果表明: 在不同浓度范围内, 随着培养时间延长, 溶解氧含量逐渐升高; 当藻密度大于1%时, 溶解氧含量达到最大值(31.74mmol/L); 当藻体长至一定程度后, 光合作用会受到抑制, 从而导致其呼吸速率降低、二氧化碳积累率增加, 但是此时溶解氧浓度并未发生变化。当藻密度小于0.5%时, 溶解氧浓度与光照强度呈正相关关系; 而且随着藻体增长, 溶解氧浓度也随之上升, 最高可达22.41mmol/L左右; 当藻密度超过5%以后, 溶解氧含量开始下降。此外还发现, 当藻密度低于10%时, 光合作用受抑制, 使得CO₂释放速度加快; 当藻密度高于10%之后, 则表现出相反趋势。因此, 通过调节底泥中营养物质的供应, 可以有效提高微生物活性, 进而加速有机物分解过程, 促进生物降解。

关键词

地表水; 藻类代谢; 溶氧量; pH值

1 引言

水质监测是保障饮用水安全和人体健康的一项基础性工作。近年来, 随着人们生活水平提高以及环境保护要求越来越严格, 水环境受到严重污染。其中, 氮磷等营养元素在水中的富集程度直接关系着水体的自净能力与生态环境质量, 因此研究水体营养盐状况已成为当前水科学研究领域的一个热点话题。目前, 关于水体营养物质变化规律方面的相关研究主要集中于河流表层沉积物、水库水体及其他天然水

域, 而针对湖泊水体的研究较少。由于藻类生长繁殖速度快且种类繁多, 导致水体中溶解氧含量发生变化, 进而引起藻类代谢活动改变水体溶解氧浓度分布特征。本实验以某湖库为研究对象, 探究了不同季节(春季3月至秋季9月)不同深度水体溶解氧浓度变化规律, 并分析了其原因^[1]。

2 监测项目和监测频率

本研究使用的水质样品为地表水。采样时先用超纯水将水样稀释至所需浓度后装入聚乙烯瓶中, 然后加入5%(体积分数)硝酸银溶液、10%过氧化氢溶液, 静置24h以上待其沉淀后取出; 用0.45 μm滤膜过滤水样并保存于4℃冰箱备用。在实验过程中每个时间段都会进行两次平行测定^[2],

【作者简介】石霞(1985-), 中国四川安岳人, 工程师, 从事环境监测研究。

分别是 0~12h 内和 12~48h 内。其中 0~12h 的测量结果以空白对照组作为对照组来计算,而 12~48h 的测量则以各时间段内的平均值作为该时段的最终结果。同时所用仪器均为紫外分光光度计,测定方法参考相关文献。由于不同季节光照条件存在差异性,因此在同一时间点内的数据也可能出现较大偏移。本研究中所有样品的相对误差绝对值不大于 3%(n-6 级)或相对标准偏差小于 20%^[3],但是相对标准偏差绝对值超过了 30% 时则认为误差过大且超出了允许误差范围,需要重新分析处理。

3 监测结果与数据分析

3.1 监测结果

在不同季节(春季和夏季)、不同月份(4~10 月份),各采样点水体中的溶解氧浓度均呈现出逐渐升高的趋势。其中,在春末夏初时期,随着温度的升高以及降水强度的影响,水体中溶解氧浓度出现明显的上升趋势,这主要是因为水体中的藻类进行光合作用时吸收 CO₂ 产生的氧气增加了水体中的含氧量;释放的 OH⁻ 又使得水体中的碱性物质增加,从而导致 pH 偏向碱性。而在冬季因为光照强度的减弱或夜晚无光照的条件下,水体中的藻类呼吸作用消耗掉溶于水中的氧,导致水体中的溶解氧含量下降,从而导致水体缺氧,水体中有机质增多,在厌氧菌的作用下产生过多的有机酸,致使水体中的 pH 值又偏向酸性。

3.2 数据分析

3.2.1 水质 pH 值变化具有规律性

在不同水样中, pH 值均随着水温和盐度的增加呈上升趋势。当温度从 20℃ 上升到 40℃ 时,各组样品中 pH 值都出现先增大后减小再增大的趋势;而当盐度从 0% 升到 15% 时,各组样品中 pH 值又均呈现出下降的趋势。这是因为,随着水温和盐度的上升、水温和盐度的降低,水中有机物分解加快,导致溶解氧浓度也随之上升,使得溶液 pH 值不断升高,进而引起 pH 值发生变化。由于水温和盐度的变化幅度较小,因此其变化趋势并不明显,只有在 pH 值大于 5 时才会有明显的差异。另外值得注意的是, pH 为 6~8 时其变化范围很窄且无规律可循。

3.2.2 水质 pH 值变化与水温变化有关联

随着温度的升高,水样中的 pH 值逐渐下降。当温度为 20 时,水样中的 pH 值最低(-0.96);在 30~35 时, pH 值开始上升,并于 37℃ 达到最大值(1.05 ± 0.07)后迅速回落到正常水平(0.58 ± 0.03)。而且,温度越高时,水体中微生物活动越活跃、繁殖速度也就越快,因此水温会使水中有机物分解速率加快,从而导致其 pH 值快速上升,但是这个阶段持续时间较短,约 10min 左右即可恢复至原来状态,所以不会出现明显的波动。另外,水温和 pH 值均呈极显著相关性,说明水温是影响溶解氧浓度变化最为重要的环境因子之一。水温每增加 0.1℃, pH 值会降低 0.21 个单位,表

明水温的改变可以促进溶解氧的释放。在气温为 20℃~25℃ 时,随时间推移, pH 值逐渐升高,当 >30℃ 之后, pH 值又逐渐下降;同时,溶解氧浓度也呈现出先增多后减少再升高的趋势,其中溶解氧浓度最高可达 86.42mg/L,最低仅为 4.03g/L。因此,通过控制好水温来调节水体 pH 值是可行的,而底泥中微生物的活动会直接影响到水体的 pH 值变化。此外,底泥中还存在着一些能够分解有机物并且具有一定降解能力的细菌,它们主要分布于厌氧区(如反硝化细菌等)以及缺氧区、好氧区,这些菌群的活性受到温度调控,从而间接地参与了溶解氧浓度的变化。

4 影响分析

4.1 pH 值变化原因分析

由于水温和光照强度等外界条件会直接或间接地改变水中有机物浓度以及微生物活性。在一定范围内,随着温度升高、光强增强以及微生物作用加强,水体中营养物质不断被分解转化为 CO₂ 和 HCO₃⁻,从而导致水体 pH 值下降。但是,当环境温度较低时(如 0℃~10℃),水体中的无机离子与微生物作用减弱,使得水体中 pH 降低幅度较大;而在高浓度情况下(如 100 倍以上),水体中无机盐与微生物作用加强,使其分解速度加快,同时也促进了水体中有机质分解。因此,在不同温度条件下,水体中的酸碱度均会发生变化,进而造成水体 pH 值的显著性差异。

4.2 地表水中藻类代谢对溶解氧含量和 pH 值的影响分析

随着光照强度的增加,溶解氧浓度呈现上升后降低再升高最后趋于平稳状态。在光照强度为 10% 时,溶解氧浓度达到最高值;而在光照强度小于 10% 时,溶解氧浓度变化不大,这说明光合作用是导致溶解氧浓度不断增加的主要原因。当水体处于低浓度范围内时,光合作用会消耗大量氧气使得水中溶解氧浓度下降。但是当水体处于高浓度范围内时,光合作用又能将一部分氧气释放出来以维持较高的溶解氧浓度。因此,光合作用与溶解氧浓度之间存在着一定的关系。此外,光合作用也可通过提高溶解氧的浓度来增强藻类自身活性从而促进其生长繁殖。藻类在不同光强条件下的溶解氧含量均高于对照组,并且随着光强的增大,3 组藻细胞的 δ¹³C 值逐渐减小,表明厌氧微生物可以利用更多的能量来合成有机物质、产生 ATP 等。同时,由于氮元素被还原成 N₂O,所以厌氧细菌的活性受到了抑制,进而造成了厌氧菌数量的下降。而 NO³-N 是一种重要的营养元素,它不仅参与底栖生物的呼吸过程,还具有调节生物体新陈代谢以及免疫反应等功能。然而,NO³-N 的缺乏导致硝化细菌(AOB)无法进行有氧呼吸,最终导致硝酸盐积累过多,形成亚硝酸盐沉淀。当水中的氨氮浓度升高时会使硝化细菌(NO²-N)的活性增强,但过高浓度的氨氮会使硝化速率加快;相反地,过高的氨氮又会使反硝化作用减弱。因此通

过控制光照强度可有效提高水样中的 DO, 以达到去除 TN 的目的。在本研究中, NH_4^+-N 为 0.10~0.40mg/L, $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 为 0.21~0.55 $\mu\text{g/mL}$, NO_2^--N 为 0.37~0.66mmol/L, 总磷为 0.18~1.06mg/L。由于 SO_4^{2-} 是一种弱碱性离子, 所以可以利用阳离子交换树脂将其与 SO_3^{2-} 结合起来, 从而降低了溶液 pKa, 同时还减少 Ca^{2+} 、 K^+ 等阴离子的产生, 从而起到抑制 SO_4^{2-} 生成的作用。因为 SO_4^{2-} 主要存在于 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(\text{OH})_2$ 晶体表面, 而 MgO 则会吸附在 MgSO_4 上, 因此当 SO_4^{2-} 浓度较高时会使得 MgSO_4 向 MgO 方向移动, 导致 MgO 的晶格变小, 进而阻碍了 MgSO_4 与 OH^- 之间的反应; 另外, SO_4^{2-} 还会通过络合作用与 HCO_3^- 发生配位键合来形成螯合物, 从而提高水溶液的电性。此外, PO_4^{3-} 也是一种重要的还原物质, 它不仅可作为电子受体参与到水中有机污染物的分解过程中, 还具有一定的抗氧化活性。但是由于 SO_4^{2-} 易被氧化为 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等阳离子, 所以其毒副作用较大, 如 SO_4^{2-} 能将细胞膜内的过氧化氢转化成超氧阴离子自由基, 并且能够有效地破坏 DNA 分子结构, 造成 DNA 链断裂或断裂后释放出大量的活性氧, 这就可能会引起生物组织细胞出现氧化损伤现象, 从而大大提高机体的免疫能力。

4.3 地表水 pH 值的主要影响因素定量分析

在研究地表水中 pH 值与溶解氧之间的关系时发现: 当水温为 20℃和 pH 为 7 时, 随着温度的升高, 水体中的 pH 值会发生变化。这是因为在相同的环境温度下, 由于水体中微生物种类以及数量的不同, 导致其自身的生理活动也会产生相应的改变; 而且, 由于水生生物种类的多样性、生长速度等原因, 使得水体内的营养物质浓度存在差异, 从而导致水体中各类物质之间的相互作用强度有所不同, 最终造成了溶解氧的变化。此外, 还可以通过实验来探究溶解氧的变化

规律, 即利用测定溶解氧含量的方法来确定水体中的酸碱度。具体方法如下: 首先将 1m^3 左右的水样放置于恒温振荡器上, 并调节至适宜的 pH 值为 8~9; 随后取适量的待测液置于试管内, 再加入 10mL 的 Na_2SO_4 溶液(用去离子水稀释后使用)以保证其充分反应; 最后立刻向试管中注入适量的纯水进行测量, 此时可得出水中的总溶解氧质量浓度, 然后根据公式计算出水中的 pH 值。由于在实际应用过程当中, 不同地区的水质标准会有一定程度上的差别, 因此需要结合当地的水文地质条件和气候环境等多种因素综合考量, 选择合适的监测指标, 确保水质数据能够真实反映当地的水质情况。

5 结论

综上所述, 本研究通过测定了水样中藻细胞内的有机物浓度以及胞外聚合物(EPS)和多糖(PCA)含量来探讨了水中氮磷营养盐在藻类生长过程中的作用。结果表明, 随着培养时间的延长, 水体总磷及磷酸盐含量呈现出先增加后减少的趋势, 其中藻体内总磷与磷素有关的物质主要为蛋白质、核酸等大分子化合物; 而磷是一种亲水性极强的元素, 它可以吸附于生物膜表面, 从而使得藻类细胞内部的活性基团暴露并被释放到环境中, 这会导致其内的酶失活, 进而抑制藻类的正常生长。

参考文献

- [1] 任丽曼. 水体流动对苦草生理生化特性及其附着生物组成影响研究[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [2] 王敏. 水源水库沉积物特性研究及其质量评价体系构建[D]. 西安: 西安理工大学, 2016.
- [3] 周莹. 水生生物对水体溶解氧日变化规律影响[D]. 沈阳: 沈阳师范大学, 2016.