

工厂废水对黑藻光合色素的影响*

林德辉 李存信 张 禾 李 恒

(中国科学院昆明植物研究所)

摘要: 研究了昆明冶炼厂污水和红卫造纸厂洗浆污水对黑藻 (*Hydrilla verticillata* L.) 叶绿素 a 和 b, β -胡萝卜素和叶黄素含量的影响。试验表明在不同稀释倍数的两种污水中, 四种色素都低于对照。昆明冶炼厂废水比红卫造纸厂洗浆污水使叶绿素 a 和 b, 以及 β -胡萝卜素含量降低更多, 叶黄素对两种污水的反应却相反。

引 言

滇池水系污染, 水质恶化, 越来越引起人们的关注。有些水生植物已绝迹或减少, 水鼈科 (Hydrocharidaceae) 植物黑藻是湖泊、龙潭、水池中常见的沉水草本。在水深0.3—5米的范围内形成茂密的沉水植物群落, 在七十年代以前也是滇池水生植物中的重要成员。据1976—1978年的调查, 滇池中的黑藻已趋于绝迹。而在同一时期, 云南高原的其它主要湖泊中仍然非常繁茂。因此可把黑藻视为对水系污染敏感的植物之一。我们选取它作为试验材料, 以观察它对昆明冶炼厂和红卫造纸厂污水的反应。

材 料 和 方 法

所用工厂废水的检测结果如下:

昆明冶炼厂废水, 检测平均含有铜0.5毫克/升、锌0.5毫克/升、铅5.1毫克/升、砷2.45毫克/升、氟24.5毫克/升、铁0.45毫克/升, 总碱度为1.15毫克当量/升, pH=6.9。

红卫造纸厂洗浆废水, 检测含有木质素806.0毫克/升, 碱度为66.24毫克当量/升, pH>12。

昆明冶炼厂废水稀释成7.5倍和15倍两个处理 (各个处理的总体积, 第一次和第二次试验都是15,000毫升)。红卫造纸厂洗浆废水稀释成3.3倍和10倍两个处理 (各个处理的总体积, 第一次试验为15,000毫升, 第二次试验为10,000毫升)。对照是昆明北郊黑龙潭未污染的清水 (两次试验的总体积均为15,000毫升)。将采自昆明黑龙潭未污染生境中的黑藻放入盛稀释废水和对照水的大园玻缸内培养, 每天都补充蒸发散失的水量。试验进

* 1979年7月26日收到

行了两次, 第一次试验从1978年11月23日到1979年1月9日, 第二次试验从1979年4月4日到5月8日。

色素的测定方法, 把经过培养后的黑藻用清水洗净, 除去表面附着的水分, 然后剪细, 并充分混匀。

1. 准确称取样品3克于研钵中, 加少量(0.1克)碳酸镁, 再加丙酮研磨提取, 过滤于100毫升量瓶中, 反复研磨提取到残渣无绿色后, 再用丙酮提取三次, 最后用丙酮定容。

2. 按Arnon的方法测定和计算叶绿素a和b^[1,2]。

3. 移取1提取液50毫升到250毫升分液漏斗中, 加5毫升40%的KOH甲醇溶液, 充分振摇一分钟皂化, 加30毫升已烷, 亦充分振摇一分钟, 再加2%的NaCl水溶液100毫升, 振摇一分钟洗除丙酮, 静置分层后, 放弃下层绿液。然后再加蒸馏水振摇洗除丙酮, 进行三次, 每次用蒸馏水70毫升。

4. 把3得到的30毫升上层黄色液, 加3.33毫升丙酮, 轻轻摇混, 使之成9:1(已烷:丙酮)的提取物, 而后在活性氧化镁加硅藻土(1:1, W/W)的柱上进行抽滤层析(吸附剂高7厘米, 上部加2厘米无水硫酸钠), 用50毫升9:1(已烷:丙酮, 下同)溶剂冲洗β-胡萝卜素(必须经常保持一定液面, 避免空气进入吸附剂而氧化β-胡萝卜素)。用9:1溶剂定容100毫升, 在72型分光光度计 $\lambda_{436\text{m}\mu}$ 上测定β-胡萝卜素的光密度^[3], 其含量依下列公式计算:

$$\beta\text{-胡萝卜素(毫克/克鲜重)} = D_{436}/196 \times L \times W$$

式中: L为光径长度, W是最终稀释液中每毫升的样品克数。

5. 当β-胡萝卜素洗脱完毕后, 换上一干净的抽滤瓶, 加40毫升无水乙醇于层析柱上, 接通水泵抽气, 洗脱叶黄素, 将洗脱物用无水乙醇定容100毫升, 在72型分光光度计 $\lambda_{446.5\text{m}\mu}$ 上测定叶黄素的光密度^[4,5], 其含量依下列公式计算:

$$\text{叶黄素(毫克/克鲜重)} = D_{446.5}/255.5 \times L \times W$$

式中: L为光径长度, W是最终稀释液中每毫升的样品克数。

结果和讨论

我们的培养均在露地进行, 第一次在78年11月至79年1月份, 系昆明温度最低的时期(培养缸中的培养液在早晨有冰层), 而第二次在79年4月到5月份, 即是昆明全年白天温度最高的时期(培养缸内的水温最高达40°C以上)。

经过工厂污水栽培后, 冬季在各种浓度下, 植物的无性繁殖和分枝现象都全部停顿, 叶片变褐色。在高浓度下, 失去绿色后逐渐萎烂。春夏的试验中, 对照植物体新枝、新芽、新根(节上)出现较多, 叶片翠绿。在污水中的植株则很少生新根, 新芽少, 迟迟不展开, 叶片比对照显得褐黄, 而以昆明冶炼厂污水培养的植物较为突出。这些表面现象在一定程度上说明了污水对黑藻的毒害作用。

我们进一步对植物的光合色素作了分析, 两次结果分别列于表1和表2:

表1 工厂污水稀释液对黑藻色素的影响

(1978年11月到1979年1月)

单位:毫克/克鲜重

色素	处理 对照	昆明冶炼厂 废水稀释		红卫造纸厂洗 浆污水稀释	
		7.5倍	15倍	3.3倍	10倍
叶绿素a	1.129	0.737	0.896	0.835	0.910
叶绿素b	0.887	0.604	0.648	0.597	0.651
β-胡萝卜素	0.027	0.007	0.023	0.023	—
叶黄素	0.131	0.053	0.122	0.108	0.118

表2 工厂污水稀释液对黑藻色素的影响

(1979年4—5月)

单位:毫克/克鲜重

色素	处理 对照	昆明冶炼厂 废水稀释		红卫造纸厂洗 浆污水稀释	
		7.5倍	15倍	3.3倍	10倍
叶绿素a	0.956	0.689	0.859	0.718	0.885
叶绿素b	0.670	0.474	0.614	0.513	0.623
β-胡萝卜素	痕量	痕量	痕量	痕量	痕量
叶黄素	0.111	0.064	0.107	0.041	0.069

两次分析结果均明显地表现出工厂污水使色素含量降低,浓度越高(稀释倍数越低),影响越大。昆明冶炼厂的污水含有多种重金属元素及氟、砷等,比红卫造纸厂洗浆污水的危害更重(除叶黄素外)。

从表1中的各种色素来看,β-胡萝卜素对昆明冶炼厂的污水更为敏感,稀释7.5倍污水中培养的黑藻,其β-胡萝卜素仅为对照的四分之一左右,而对红卫造纸厂的污水不敏感,如3.3倍稀释液中的与对照的含量相差不大。

比较两次试验结果,可以看出温度对色素的影响也是明显的,第二次试验,包括对照在内,各种色素含量都比第一次试验低,特别是β-胡萝卜素,均为痕量。β-胡萝卜素对温度的这种反应,和我们今年5月份所做不同光质各处理的玉米幼苗叶测定β-胡萝卜素均为痕量的结果完全一致,而和Moster等人〔6〕关于玉米的结果是不一致的,这或许是我们试验时的温度过高之故。

从叶黄素对两种污水的反应来看,却和其它色素不完全一致,特别在高温下,红卫造纸厂的洗浆污水稀释液中,它的含量比在昆明冶炼厂污水稀释液中的低得多。当把两次试验的叶黄素含量比较时,可以看到在昆明冶炼厂污水培养黑藻中的叶黄素变化不大,而在红卫造纸厂污水中的含量则比第一次试验的少了一半左右,这是很有趣的。

由上述分析的结果可以看出:污水对水生植物的光合色素影响很大,滇池水域中的水生植物明显减少,与工业废水污染有着直接的关系。

参 考 文 献

- 〔1〕 Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. plant physiol. 24(1):1—15.
- 〔2〕 吉田昌, D.A. 福尔诺, J.H. 科克, K.A. 戈梅斯著, (第2版 1972) 北京市农业科学院作物研究所资料情报组译, 1975. “水稻生理学实验手册”, 科学出版社, 38—40页.
- 〔3〕 AOAC, 1975. Twelfth Edition. 821—823.
- 〔4〕 杨模坤、周继铭等, 1964. 叶绿素的研究, Ⅱ. 小麦叶绿体色素及其变化, 植物生理学通讯, 第6期(总第61期), 9—16页.
- 〔5〕 Griffith, R.B. and R.N. Jeffrey, 1944. Determining chlorophyll, Carotene, and xanthophyll in plants. Industrial and Engineering chemistry, Analytical Edition 6(7):438—440.
- 〔6〕 Moster, J.B. and Quackenbush, F.W. 1952. The effect of Temperature and light on the carotenoids of seedlings grown from 3 corn hybrids. Arch. Biochem. Biophys. 38:297—303.

INFLUENCE OF INDUSTRIAL WASTE WATER ON PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN HYDRILLA VERTICILLATA L.

Lin De-hui Li Cun-xin Zhang He Li Heng

(Kunming Institute of Botany, Academia Sinica)

ABSTRACT

Influence of industrial waste water of Kunming Smeltery and Hongwei Paper Mill on chlorophyll a and b, β -carotene, and xanthophyll contents in *Hydrilla verticillata* L. was studied. The experiments showed that four pigments in different solutions of both waste water diluted are lower than those of the control. Chlorophyll a and b, and β -carotene contents in the waste water of Kunming Smeltery are much lower than those in the waste water of Hongwei Paper Mill, but the response of xanthophyll on both waste water is contrary.