

光照对焦化废水植物毒性的影响¹⁾

郭栋生 袁小英 席玉英 王爱英 刘建宏

(山西大学环境科学系, 山西大学分析测试中心, 太原, 030006)

摘 要

利用植物毒性试验的方法, 研究了不同光照条件下, 焦化废水对黍和黄瓜种子发芽率、根长、根重、芽重的影响。结果表明, 在光照条件下用焦化废水对植物进行培养, 其毒性较在黑暗培养明显增强。将焦化废水在同样的光照条件下进行预处理后, 其荧光光谱发生变化。用光预处理后的焦化废水在黑暗中对植物进行培养, 其毒性随光预处理时间的增加而减弱。结果表明, 光照培养条件下焦化废水植物毒性的增强, 可能与光敏化作用或光照下形成寿命较短的毒物有关。

关键词: 焦化废水, 光照, 植物毒性。

焦化废水是煤炭化工行业废水排放的主要污染源之一。目前, 由于大量废水不合理的排放, 已构成对山西煤炭化工基地生态环境的严重威胁。由于含有酚、氰、石油类和多环芳烃等多种污染物, 焦化废水进入环境后, 在外界因子的作用下, 其性质会发生变化。Walsh 等报道, 光照可使生活污水对水生植物的毒性减弱, 使焦化废水的毒性增强, 并提出毒性增强的原因可能涉及到光敏化过程^[1]。

近年来大量的研究表明, 多环芳烃在紫外光照射下对微生物、植物和动物的毒性增加^[2,3], 其作用机理不仅涉及到多环芳烃的光敏化作用, 而且与光照过程中产生毒性更强的中间化合物有关^[4,5]。由于焦化废水中常含有萘等多环芳烃以及其它多种化合物, 在光照条件下, 植物毒性增加究竟是由废水中一些化合物的光敏化作用引起, 还是和光化学反应中形成毒性更强的中间化合物有关, 需要在不同光照条件下对焦化废水的植物毒性进行研究。此外, 近年来植物毒性试验作为一种对环境污染生态毒性进行测定和评价的方法, 已越来越受到广泛重视。由于植物毒性试验材料易得, 试验能被迅速建立, 对毒物的敏感性较高等优点^[2], 国际标准化组织 (SMC)、美国测试和材料学会 (ASTM) 已公布了利用藻类、浮萍和陆生植物种子在实验室中进行早期幼苗生长检测的实验方法^[6]。焦化废水的光解产物复杂, 不易分离, 利用植物毒性试验可较好地反映其综合毒性。此外, Walsh 等人利用焦化废水进行试验采用的植物材料为水生植物, 进一步探讨其对陆生植物的作用结果及其机理, 也具有重要的理论和实际意义。

1 实验部分

1) 山西省自然科学基金资助项目 (971020)。

1.1 焦化废水的采集和处理

采集太原化肥集团公司焦化厂废水处理站出水. 将废水过滤除去颗粒物, 测定 pH 值. 由于焦化废水成份复杂, 采用其 COD 值作为焦化废水中化学物质浓度的综合指标.

1.2 不同光照条件下焦化废水的植物毒性试验

采用 SMC 公布的方法^[6], 选用单子叶植物黍 (*Setaria beauv.*)^[7] 和双子叶植物黄瓜 (*Cucumis sativa L.*)^[6] 作为试验材料. 将 100 粒洗净的黍种子和 20 粒黄瓜种子分别置于 $100 \times 15 \text{ mm}$ 的培养皿底盘中, 加入 $50\text{--}1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 不同 COD 浓度的焦化废水各 10 ml, 加盖聚乙烯薄膜后^[5] 分别于光强为 2000 lux 光照和黑暗培养箱中进行培养, 温度为 $30 \pm 1^\circ \text{C}$. 5d 后分别检测种子的发芽率、根长、根重和芽重 (鲜重)^[6], 以不同光条件下加入去离子水的种子发芽情况作为对照.

1.3 焦化废水的光预处理及其植物暗毒性试验

在与上述相同的光照条件和温度下, 将 COD 浓度为 $1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 的焦化废水置于培养皿中, 加盖聚乙烯薄膜密封, 连续光照. 期间每 24h 取样 10 ml 于培养皿中并加入种子, 置黑暗中进行培养. 同时取部分水样用二氯甲烷萃取后, 采用 RF-540 型荧光分光光度计测定荧光光谱, 培养的种子 5d 后检测其根重. 处理和对照分别设四次重复^[6].

2 结果与讨论

2.1 焦化废水在光照培养和黑暗培养下的植物毒性

分析结果表明, 采集的焦化废水 COD 为 $1237 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, pH 为 8.1. 配制不同 COD 浓度的焦化废水, 对植物在光照和黑暗条件下进行培养的结果如图 1 和图 2 所示.

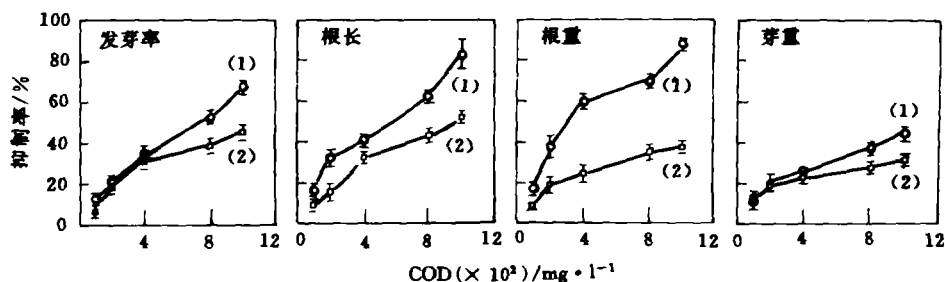


图 1 光照 (1) 和黑暗 (2) 培养条件下焦化废水对黍种子的毒性

Fig. 1 Toxicity of coking plant effluent to millet seeds cultured in the condition of light (1) and dark (2)

从图 1 和图 2 可见, 在光照培养条件下, 焦化废水对单子叶植物黍的发芽率、根长、根重和芽重的抑制率均大于在黑暗中进行培养, 且随着焦化废水浓度的增加, 影响的程度越加明显. 在不同的浓度范围内, 光照培养也使得焦化废水对双子叶植物黄瓜的发芽率、根长和根重的抑制率较黑暗中培养增加. 这表明光照能增强焦化废水对植物的毒性. 从图中也可以发现, 光照和黑暗条件对植物芽重的影响程度差别较小, 这可能与芽在培养期间与处理液接触较小, 且在生长早期, 受根的发育情况影响较小有关.

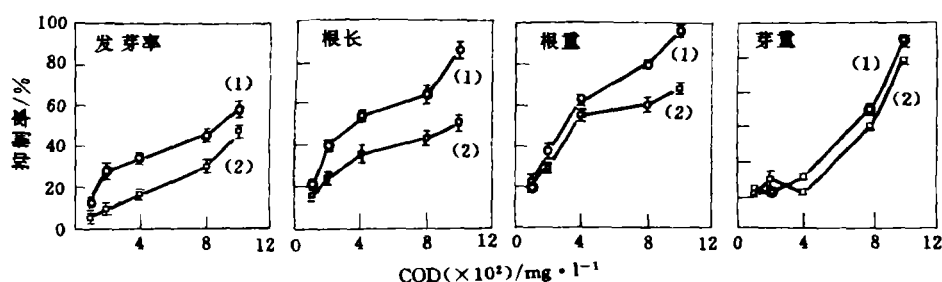


图2 光照(1)和黑暗(2)培养条件下焦化废水对黄瓜种子的毒性

Fig. 2 Toxicity of coking plant effluent to cucumber seeds cultured in the condition of light (1) and dark (2)

从图1, 图2中还可以看到: 根长和根重对焦化废水在光照或黑暗条件下毒性反应最为敏感. 例如在焦化废水 COD 浓度为 $1000\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 黑暗条件下培养时, 黍和黄瓜根重抑制率为 37.8% 和 78.4%, 而在光照下可分别达到 87.8% 和 96.0%. 这表明光毒性可能影响到植物根的生长.

2.2 光预处理后焦化废水的植物暗毒性

2.2.1 光预处理后焦化废水的荧光光谱

为了验证在光预处理过程中, 焦化废水中结构较为复杂的芳烃、多环芳烃类化合物是否发生了光化学变化, 测定了体系中荧光物质的混合光谱, 结果如图3.

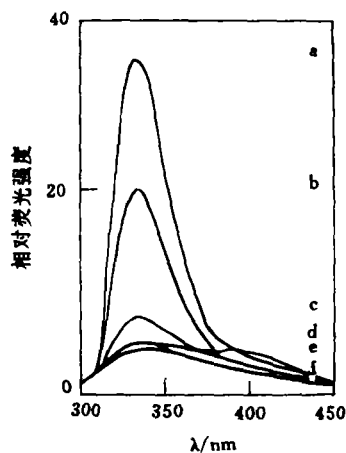


图3 光预处理下焦化废水的荧光光谱 (a, b, c, d, e, f 分别代表光预处理 0—5d)

Fig. 3 Fluorescence spectrum of coking plant effluent pretreated by light

从图3结果可见, 随着光照时间的增加, 废水的荧光发射强度在 280—400nm 范围内逐渐减弱, 这表明, 光照对焦化废水中苯、酚和多环芳烃^[8]等荧光化合物产生了光化学转变, 从而使荧光强度逐渐减弱.

2.2.2 光预处理后焦化废水的植物暗毒性

采用 COD 浓度为 $1000\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、光预处理时间不同的焦化废水对植物种子进行暗培养，选择根重作为毒性的指标，结果如图 4 所示。

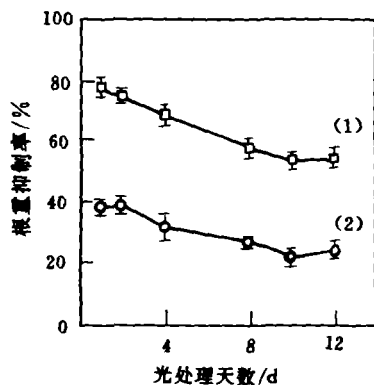


图 4 焦化废水光预处理后的植物暗毒性

(1) 黄瓜 (2) 葵

Fig. 4 Dark phototoxicity of coking plant effluent pretreated by light

从图 4 结果可见，光预处理后的焦化废水在黑暗条件下对二种植物根重的抑制率，远远低于焦化废水在光照培养下对植物的抑制率，这表明光照在两种不同的处理方式中所起的作用可能不完全相同。光照在光培养处理方式中产生的毒性作用更大。这可能与光培养时，焦化废水中某些化学物质产生的光敏化作用或产生某些寿命较短的毒性化合物的作用有关。

另外，随着光预处理时间的增加，焦化废水对植物根重的抑制率逐渐减弱，表明在焦化废水预处理中，尽管由于化学物质的光化学转化可能产生一些新的结构和性质不同的化学物质，但废水对植物的毒性下降。这表明光照能去除废水中部分有毒的有机物。

3 结 论

在光照培养的条件下，焦化废水对植物的毒性明显大于在黑暗下进行培养。光预处理可使焦化废水中一些结构较为复杂的荧光化学物质的结构发生变化，但对植物的暗毒性下降。因此，光照培养使焦化废水中某些化学物质产生的光敏化作用，以及焦化废水中产生了寿命较短的毒性化合物，可能是造成其对植物毒性增加的主要原因。

参 考 文 献

- [1] Walsh G E, Weber D E, Simon T L et al., Toxicity Tests of Effluents with Marsh Plants in Water and Sediment. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1991, 10:517—525
- [2] Arfsten D P, Davenport R, Schaeffer D J, UV-A Coexposure Enhances the Toxicity of Aromatic Hydrocarbons, Munition, and Metals to Photobacterium Phosphoreum. *Biomed. Environ. Sci.*, 1994, 7:101—108
- [3] Arfsten D P, Schaeffer D J, Mulveny D C, The Effects of Near Ultraviolet Radiation on the Toxic Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Animal and Plants; a Review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 1996, 33:1—24

- [4] Ren L, Huang X D, McCokey B J et al., Photoinduced Toxicity of Three Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Fluoranthene, Pyrene, and Naphthalene) to the Duckweed, *Lemna gibba* L. G-3. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 1994, **28**: 160—171
- [5] Ren L, Lorelei F, Zeiler D et al., Photoinduced Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons on *Brassica napus* (Canola) during Germination and Early Seedling Development. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 1996, **33**:73—80
- [6] Wang W, Freemark K, The Use of Plants for Environmental Monitoring and Assessment. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 1995, **30**:289—301
- [7] Wang W, Gorsuch J, Lower W (Eds.), Plant for Toxicity Assessment. ASTM STP: 1091 American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA
- [8] 北京市环境保护科学研究所, 水污染防治手册, 上海: 上海科学技术出版社, 1989

1999 年 1 月 15 日收到.

INFLUENCE OF ILLUMINATION ON THE PHOTOTOXICITY OF COKING PLANT EFFLUENT

Guo Dongsheng Yuan Xiaoying Xi Yuying Wang Aiyong Liu Jianhong

(Department of Environmental Sciences, The Center of Analysis and Measurement, Shanxi University, Taiyuan, 030006)

ABSTRACT

Using the method of phototoxicity testing and in the conditions of light or dark, the influence of coking plant effluent on the monocotyledon —— millet and dicotyledon —— cucumber seeds have been studied by determining seeds germination percentage, roots length, roots weight and shoots weight. The results showed that when the plant seeds were cultured with coking plant effluent in the light condition, the toxicity increase significantly compared with the plant seeds were cultured in the dark. Pretreatment the coking plant effluent in the same light condition, the change of the fluorescence spectrum can be found, but the toxicity was weaken as the prolong of the pretreatment time when the plant seeds were cultured in the dark. The results showed that the toxicity increase to coking plant effluent in the light condition may be brought by photosensitization of some compounds or the short-time toxicants formed in the process of illumination.

Keywords: coking plant effluent, illumination, phototoxicity.