

工业废水对黄瓜幼苗生长及叶片抗氧化系统的影响

张芬琴, 谢宗平, 王晓琴, 崔 玮

(河西学院生物系, 甘肃 张掖 734000)

摘 要: 采用以甘肃省境内某地区化肥厂、造纸厂的工业废水以及此两厂的混合废水作溶剂的培养液(分别记作废液1、废液2和废液3)培养黄瓜幼苗, 研究了其对黄瓜幼苗的生长及其叶组织中活性氧清除系统的影响。结果发现, (1)培养5 d后, 生长在废液1中的幼苗, 叶片组织中的几种抗氧化酶除APX的活性显著增加外($P < 0.01$), CAT、SOD和GR活性均无明显变化($P > 0.05$)。生长在废液2中的CAT和GR的活性基本未变, APX和SOD的活性分别在 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 的水平上增加。在废液3中, CAT和SOD及APX的活性分别在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 的水平上增加, 而GR活性降低($P < 0.05$)。(2)培养13 d后, 无论在何种废水中, 黄瓜幼苗的伸长生长和干物质积累及叶片组织中APX、SOD、CAT和GR活性、GSH和ASA含量均明显降低($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), H_2O_2 、 $O_2^{\cdot -}$ 、MDA含量和电解质泄漏率明显增加($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。结果表明, 化肥厂、造纸厂的工业废水以及此两厂的混合废水对黄瓜幼苗叶组织中的抗氧化系统有明显的破坏作用, 最终影响幼苗的生长。

关键词: 工业废水; 黄瓜; 幼苗; 抗氧化系统

中图分类号: S601; S642.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2006)04-0076-06

缺水是当今世界各国所面临的一个普遍问题。在中国, 西北地区的缺水问题尤其突出。在这些地区, 人们为了解决水资源短缺的问题而利用污水和一些经简单净化的工业废水灌溉农田。然而, 这样的灌溉所带来的土壤污染问题以及对农作物的毒害及有毒物质在作物体内的积累却被人们忽视了。

业已证明, 许多逆境使生物体内的活性氧含量增加^[1~3], 积累的活性氧启动膜脂中饱和脂肪酸的过氧化, 最终将导致膜脂和膜蛋白的损伤、膜结构稳定性与功能的破坏, 使生物体的生长发育受到影响, 乃至死亡^[4~6]。在生物体内, 有一个活性氧的清除体系——抗氧化系统, 该体系在一定范围内能清除活性氧而抵御其伤害。该体系包括由超氧化物歧化酶(SOD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽还原酶(GR)及过氧化物酶(POD)等组成的酶系统和抗坏血酸(ASA)、还原型谷胱甘肽(GSH)和胡萝卜素(Car)等组成的非酶系统。酶系统中的酶活性高低及非酶系统中各种抗氧化剂含量的多少可基本反映出生物体抗氧化能力的强弱。对于农作物来说, 未经处理的工业废水是一种逆境, 有关其对农作物体内活性氧清除体系的影响尚少有报告。同时, 由于不同的工业废水所含的具体有毒物不同, 因此其对土壤及农作物产生的影响也存在一定的差异。为此, 本文模拟废水灌溉时废水与土

壤中营养成分间的关系, 分别用经过简单处理的甘肃省某地区造纸厂、化肥厂的工业废水以及其混合废水为溶剂的营养液培养试验材料, 研究了3种不同性质的废水对当地主要蔬菜作物黄瓜叶组织中活性氧清除系统的影响, 目的在于研究工业废水的生物毒性, 为对其进行合理的利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 废水的采集

该地区化肥厂废水经沉淀池沉淀后排出, 在其流经途中与经过特制的过滤网过滤后与穿过芦苇塘的造纸厂废水汇合, 之后排入其邻近的河流。废水流经不同的区段时均被不同程度地用于农田灌溉。研究所用废水采集于造纸厂芦苇塘出口处、化肥厂沉淀池出口处和两厂废水混合处。

1.2 材料培养

试验材料为黄瓜(*Cucumis sativus* L.)品种新泰密刺。种子经0.1% $HgCl_2$ 进行5 min的表面消毒后用去离子水充分冲洗, 冲洗后于25℃下黑暗中发芽。待种子发芽后, 挑选出芽一致且大小基本均匀一致的种子播于装有石英砂的塑料网篮中, 网篮置于盛有完全营养液的培养箱中, 在玻璃房内、自然光照下培养。培养至第二片叶完全展开时, 选长势良好且大小较为一致的幼苗移栽到盛有1 L完全营

收稿日期: 2005-11-24

作者简介: 张芬琴(1964—), 女, 甘肃民勤人, 副教授, 理学硕士, 主要从事植物抗逆生理生化与分子生物学方面的教学与研究工作。

通讯作者: 谢宗平, E-mail: xzpl@163.com。

养液的培养箱中继续培养到第三片叶完全展开时,分别用以化肥厂废水、造纸厂废水和混合废水作为溶剂配制与完全营养液成分相同的培养液——废液 1、废液 2 和废液 3(分别被记作 S1、S2 和 S3),以完全营养液作对照且均设 3 个重复进一步培养上述幼苗。培养到与对照相比植株形态上尚未表现出明显差异的第 5 天采收一部分用以测定有关指标,剩余部分继续培养到与对照相比,植株形态上表现出明显差异的第 13 天采样,测定有关指标。培养期间,每天早晚为培养液各通气 1 次,每次 10 min。

1.3 测定方法

电解质泄漏率的测定,参照谭常等^[7]的方法;丙二醛(MDA)含量的测定,参照现代植物生理实验指南^[8]中的方法;过氧化氢酶(CAT)活性的测定,参照 Chance^[9]的方法;抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的测定,参照 Naknao^[10]的方法;超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定,参照 Giannopolitis^[11]的方法;过氧化氢(H₂O₂)含量的测定,参照刘俊等^[12]的方法;超氧阴离子(O₂^{·-})含量的测定,参照王爱国等^[13]方法;还原型的谷胱甘肽(GSH)含量的测定,参照 Guri^[14]的方法;抗坏血酸(ASA)含量的测定,参照赵世杰等^[15]的方法。

2 结果与分析

2.1 3 种工业废水成分分析

按当地环境监测部门对工业废水监测分析的要求标准和我们的试验目的,3 种工业废水的成分分析结果分别见表 1 和表 2。

表 1 3 种工业废水的成分及其含量

Table 1 Various components and their contents in three kinds of industrial wastewater

项目或成分 Components	含量 Content		
	造纸厂 Paper plant	化肥厂 Chemical fertilizer mill	两厂混合 Mixture
CODcr(mg/L)	126.13	120.68	125.67
BOD ₅ (mg/L)	156.32	97.76	134.33
挥发酚 Phenol (mg/L)	0.13	0.02	0.20
硫化物 Sulphide (mg/L)	3.42	0.10	3.68
石油类 Oil (mg/L)	3.83	6.44	5.97
氰化物 HCN (mg/L)	0.068	0.055	0.10
pH	7.8	8.4	8.0

注:表中数据是 3 次采样的均值。
Note: The data were the mean values of three replicates.

表 2 3 种工业废水中的 N、P、K 和几种重金属含量

Table 2 Contents of N, P, K and heavy metals in three kinds of industrial wastewater

废水来源 Origin	N	P	K	Cd	Cr	Mn	Pb
造纸厂 Paper mill	25.46	11.34	0.67	0.35	0.08	1.13	—
化肥厂 Chemical fertilizer mill	34.23	0.39	—	—	—	—	0.23
两厂混合 Mixture	29.46	5.98	0.65	0.37	0.08	1.10	0.26

注:表中数据是 3 次采样的均值。
Note: The data were the mean values of three replicates.

表 1 和 2 中的结果表明,两厂及其混合的废水中均含有一些有毒有害成分。

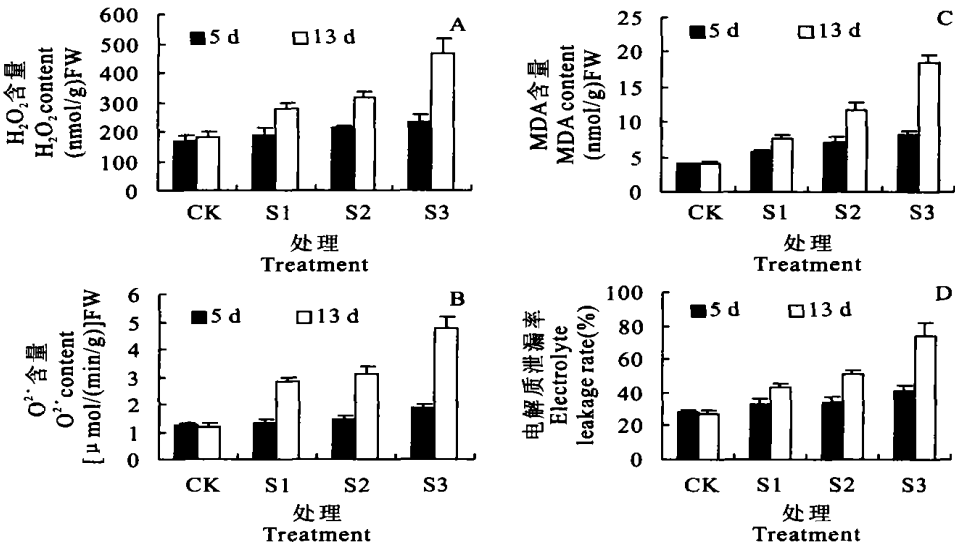


图 1 3 种废液对黄瓜幼苗叶组织中 H₂O₂(A)、O₂^{·-}(B)和 MDA(C)含量及电解质泄漏率(D)的影响

Fig.1 Effects of 3 kinds of waste solution on the contents of H₂O₂(A), O₂^{·-}(B) and MDA(C) and electrolyte leakage rate (D)in the leaf tissues of cucumber seedlings

2.2 3 种废液对黄瓜幼苗叶组织中 H_2O_2 、 $\text{O}_2^{\cdot -}$ 和 MDA 含量及电解质泄漏率的影响

由图 1 可见,与对照相比,用 3 种废液培养黄瓜幼苗到第 5 天时,黄瓜幼苗叶组织中的 H_2O_2 、 $\text{O}_2^{\cdot -}$ 、MDA 含量和电解质泄漏率均有不同程度的增加。其中生长在废液 3 中的幼苗叶组织中增加最多, H_2O_2 、 $\text{O}_2^{\cdot -}$ 和 MDA 含量分别是对照的 1.3、1.5 和 2.1 倍,电解质泄漏率是对照的 1.5 倍。培养到第 13 天时,所测各指标均显著高于对照 ($P<0.01$)。其中用废液 1、废液 2 和废液 3 培养的植株叶组织中, H_2O_2 的含量分别是其对照的 1.6、2 和 3 倍, $\text{O}_2^{\cdot -}$ 的含量分别是其对照的 2.4、2.6 和 4 倍,MDA 的含量分别是其对照的 1.8、2.8 和 4.4 倍,电解质泄漏率分别是对照的 1.5、1.9 和 2.7 倍。3 种废液相比,废液 3 对所测 4 种指标的影响>废液 2>废液 1,且 3 者间的差异显著 ($P<0.01$)。

2.3 3 种废液对黄瓜幼苗叶组织中 CAT、APX、SOD 和 GR 活性的影响

在不同培养条件下和不同培养时间内,黄瓜幼苗叶组织中 CAT、SOD、APX 和 GR(图 2)活性的变化不同。用 3 种废液培养黄瓜幼苗到第 5 天时,与

对照相比,废液 1 中的幼苗,其叶组织中的几种抗氧化酶除 APX 的活性明显增加外 ($P<0.01$),CAT、SOD 和 GR 活性均无明显变化 ($P>0.05$)。废液 2 中的,其叶组织中的 CAT 和 GR 的活性基本未变,APX 和 SOD 的活性增加 ($P<0.01$ 和 $P<0.05$)。废液 3 中的,CAT 和 SOD 及 APX 的活性分别在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的水平上增加,GR 活性在 $P<0.05$ 的水平上降低。相比之下,SOD 和 APX 的活性增加在 3 种废液间无明显差异,而 CAT 和 GR 活性的变化在 3 种废液间是有差异的。3 种废液培养黄瓜幼苗到第 13 天时,除生长在废液 3 中的幼苗,其叶组织中的 CAT 活性显著 ($P<0.05$) 低于对照外,在其余废液中生长的与对照相比无显著差异。与此同时,APX、SOD 和 GR 的活性均显著低于对照 ($P<0.01$)。其中培养在废液 1、废液 2 和废液 3 的,其叶组织中 APX 的活性分别是其对照的 68.67%、45.61%和 26.82%,SOD 的活性分别是其对照的 67.13%、52.44%和 42.72%,GR 的活性分别是对照的 95.25%、74.53%和 58.31%。3 种废液相比,废液 3 对上述 3 种酶活性的影响最大,其中对 APX 活性的影响尤为突出,废液 1 的影响最小。

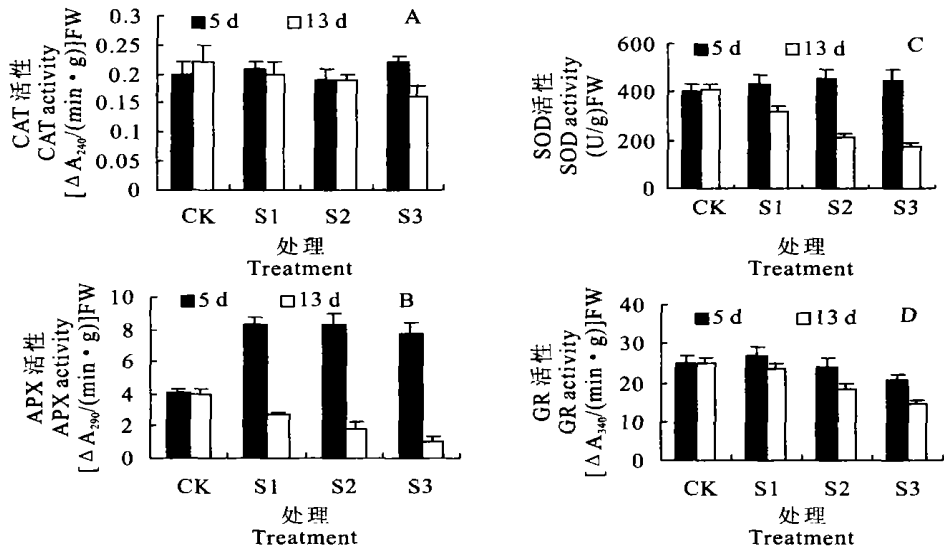


图 2 3 种废液对黄瓜幼苗叶组织中 CAT (A)、APX(B)、SOD(C)和 GR(D)活性的影响
Fig.2 Effects of 3 kinds of waste solution on the activities of CAT(A), APX(B), SOD(C) and GR(D)in the leaf tissues of cucumber seedlings

2.4 3 种废液对黄瓜幼苗叶组织中 GSH 和 ASA 含量的影响

由图 3 可见,用不同的废液培养黄瓜幼苗时,在不同的时间内其对 GSH 和 ASA 含量的影响是不同的。与对照相比,用 3 种废液培养幼苗到第 5 天时,其叶组织中的 GSH 和 ASA(图 3—B)含量无明显的

变化。当培养时间延长到第 13 天时,生长在废液 3 中的幼苗,其叶组织中的 GSH 含量显著低于对照 ($P<0.05$),是对照的 65.52%。与此同时,ASA 的含量均显著低于对照 ($P<0.01$)。其中生长于废液 1 中的降幅最小,废液 3 中的降幅最大。前者下降了 26.34%,后者下降了 66.77%。

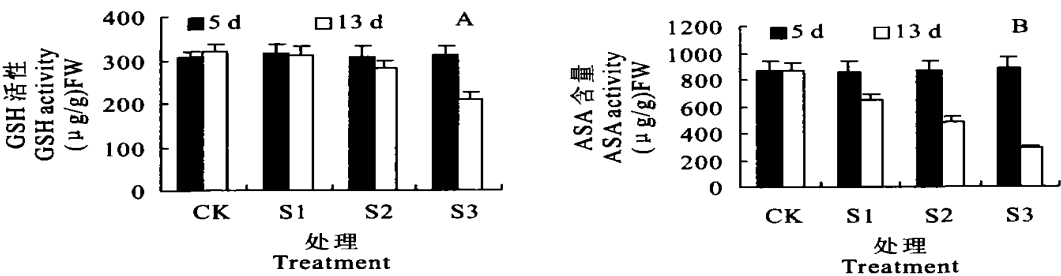


图 3 3 种废液对黄瓜幼苗叶组织中 GSH(A)和 ASA(B)含量的影响
Fig.3 Effects of 3 kinds of waste solution on the contents of GSH(A) and ASA(B) in the leaf tissues of cucumber seedlings

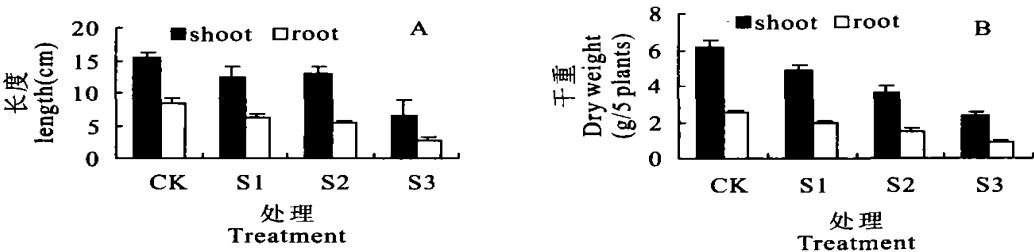


图 4 3 种废液对黄瓜幼苗生长的影响
Fig.4 Effects of 3 kinds of waste solution on the growth of cucumber seedlings

2.5 3 种废液对黄瓜幼苗生长的影响

用 3 种废液培养黄瓜幼苗到第 5 天时,幼苗的生长量与其对照相比没有差异(数据未列出)。当培养时间延长到第 13 天时,幼苗的生长量显著低于对照(图 4)。其中,生长在废液 3 中的最低,其地上部分和地下部分的长度分别是对照的 41.99%和 33.81%,两者的干重分别是对照的 37.91%和 34.91%;生长在废液 2 中的次之,其地上部分和地下部分的长度分别是对照的 84.86%和 63.92%,两者的干重分别是对照的 57.73%和 58.79%。

3 讨 论

MDA 是细胞膜脂的过氧化产物之一,其含量的高低可以反映膜脂的过氧化程度。生长于 3 种废液中的黄瓜幼苗,在不同的时间内其叶片组织中积累的 MDA 的多少不同(图 1-C)。随着时间的延长,MDA 的积累量越来越高,其中废液 3 中的幼苗积累最多。这说明该地区化肥厂废水、造纸厂废水和两厂的混合废水均可导致黄瓜幼苗叶组织的膜脂过氧化,两厂混合废水的影响较大。在相同的条件下,黄瓜幼苗叶组织的电解质泄漏率增加(图 1-D)也表明细胞膜的结构受到越来越严重的破坏。已经发现,许多逆境导致植物体内的 H_2O_2 、 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 和 1O_2 等活性氧的产生^[16~19]。由图 1-A 和 B 的结果可见,3 种废液均导致了黄瓜幼苗叶组织

H_2O_2 、 $O_2^{\cdot-}$ 的生成量增加,推测这两种活性氧是黄瓜幼苗叶组织积累 MDA 和电解质泄漏率增加的原因之一,同时也说明 3 种废水是黄瓜幼苗生长的逆境。

植物细胞内的 SOD、CAT、APX 和 GR 等抗氧化酶可以在一定程度上清除各种逆境因子导致的活性氧。研究表明,污灌^[20]及重金属^[1,21~22]、铝胁迫^[23]等逆境下,植物体内的 SOD、CAT、APX 和 GR 等抗氧化酶的活性发生相应的变化。我们的研究发现,培养 5 天后,废液 1 中的幼苗,其叶片组织中除 APX 的活性明显增加外($P<0.01$),CAT、SOD 和 GR 活性均无明显变化($P>0.05$)。生长在废液 2 中的,CAT 和 GR 的活性基本未变,APX 和 SOD 的活性分别在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 的水平上增加。在废液 3 中,CAT 和 SOD 及 APX 的活性分别在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的水平上增加;而培养到 13 天时,所测 4 种酶的活性降低,其中培养在废液 3 中的最低。根据表 1 和表 2 的结果,我们推测,在较短的时间内,化肥厂废水中的有毒成分因其种类较少和含量较低只是影响到了黄瓜幼苗叶组织的 APX,而造纸厂废水的有毒成分因其种类较多和含量较高不仅影响到了黄瓜幼苗叶组织的 APX,还影响到了 SOD,由于两厂废水的混合增加了其中的有害物质种类及含量,相对毒性增强,所以影响了 CAT、APX 和 SOD 三种酶的活性大小,这些影响均是由于在各

种有害成分的共同作用下产生的 $O_2^{\cdot -}$ 和 H_2O_2 (图 1—A、B) 等活性氧刺激所导致的; 在较长的时间内, 不论哪种废水, 由于其有害成分包括几种重金属进入黄瓜幼苗体内或影响其根对营养成分的吸收, 结果使幼苗的抗氧化酶活性降低, 相反使活性氧的积累增加, 由此破坏了细胞内的活性氧产生与清除间的平衡, 最终对黄瓜幼苗的生长造成了毒害, 表现为生长受抑 (图 4)。

ASA 是植物体内的一种抗氧化剂, 可有效防护膜脂过氧化对细胞造成的损伤。华春等^[25]研究发现, 外源 ASA 能提高盐胁迫下水稻叶绿体中 SOD、APX 和 GR 活性, 从而防止膜脂过氧化。本研究, 黄瓜幼苗较长时间生长于 3 种废液中均表现出 ASA 含量 (图 3—A)、GR 活性 (图 2—D) 的降低, 推测这与黄瓜幼苗叶组织的膜脂过氧化加剧以及电解质泄漏率的增加有关。GSH 是 H_2O_2 的清除剂, 是防止细胞损伤的重要物质。黄瓜幼苗在 3 种废液中生长 5 天时, 叶组织中 GSH 的含量无明显的变化。但生长 13 天后, GSH 含量降低, 尤其是生长于废液 2 和 3 中的, 这与在这两种废水中生长时幼苗叶组织中积累较高的 H_2O_2 是相应的。与 ASA 相比, GSH 含量受到的影响小一些。推测黄瓜幼苗在废液中生长的后期, 其叶组织中的 H_2O_2 主要靠 GSH 清除。

综上所述, 在 3 种工业废水作溶剂的营养液中培养的黄瓜, 由于其叶组织活性氧清除系统的活性降低而导致了幼苗生长量的降低 (图 4—A、4—B), 也由此证实试验区化肥厂、造纸厂及其两厂的混合废水对作物的生长发育是有害的。

参考文献:

- [1] Fenqin Zhang, Weiyong Shi, Zhenguo Shen, et al. Response of Antioxidative Enzymes in Cucumber Chloroplasts to Cadmium Toxicity[J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26(9): 1779—1788.
- [2] 汤春芳, 刘国云, 曾光明, 等. 镉胁迫对萝卜幼苗活性氧产生、脂质过氧化和抗氧化酶活性的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(4): 469—471.
- [3] Emmanuelle B, Olivier P, Stéphane M, et al. Sub-cellular partitioning of Cd, Cu and Zn in tissues of indigenous unionid bivalves living along a metal exposure gradient and links to metal-induced effects[J]. Environmental pollution, 2005, 135: 195—208.
- [4] Cho U H, Park J O. Mercury-induced oxidative stress in tomato seedlings[J]. Plant Sci, 2000, 156: 1—9.
- [5] Malecka A, Jarmuszkiewicz W, Tomaszewska B. Antioxidative defense to lead stress in subcellular compartments of pea root cells [J]. Acta Biochemi polon, 2001, 48(3): 687—698.
- [6] Shah K, Kumar RG, Verma A, et al. Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings[J]. Plant Sci, 2001, 161(6): 1135—1144.
- [7] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科技出版社, 1985. 67—70.
- [8] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 305—306.
- [9] Chance B, Maehl Y S K. Assay of catalase and peroxidase[A]. Colowick S P, Kaplan N O. Methods of enzymology[C]. New York: Academic Press, 1955.
- [10] Naknao Y, Kozi A. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts[J]. Plant Cell Physiology, 1981, 22: 867—880.
- [11] Giannoplitis C N, Rise S K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plant[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 3125—3128.
- [12] 刘俊, 吕波, 徐朗莱. 植物叶片中过氧化氢含量的测定方法改进[J]. 生物化学与生物物理进展, 2000, 27(5): 548—550.
- [13] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990, 6: 55—57.
- [14] Gur A. Variation in glutathione and ascorbic acid content among selected cultivars of phaseolus vulgaris prior to and after exposure to ozone[J]. Can J Plant Sci, 1983, 63: 733—737.
- [15] 汤章成. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 315—316.
- [16] 孙光闻, 朱祝军, 方学智. 不同镉水平对白菜生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 378—380.
- [17] 吴建慧, 杨玲, 孙国荣. 低温胁迫下玉米幼苗叶片活性氧的产生及保护酶活性的变化[J]. 植物研究, 2004, 24(4): 456—459.
- [18] 毛桂莲, 许兴, 米海莉, 等. NaCl 胁迫下枸杞愈伤组织活性氧产生与质膜 H^+ -ATPase 活性的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 110—113.
- [19] 林琪, 侯立白, 韩伟, 等. 干旱胁迫对小麦旗叶活性氧代谢及灌浆速率的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2152—2156.
- [20] 王友保, 刘登义. 污灌对作物生长及其活性氧清除系统的影响[J]. 环境科学学报, 2003, 23(4): 555—557.
- [21] 王海华, 蒋明义, 康健, 等. 低浓度的镍处理下玉米种子的萌发与活性氧代谢的关系[J]. 作物学报, 2003, 29(4): 601—605.
- [22] 马文丽, 金小弟, 王转花. 镉处理对乌麦种子萌发幼苗生长及抗氧化酶的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 55—59.
- [23] 张芬琴, 沈振国. 铝处理下小麦幼苗根系膜脂过氧化作用和质膜微囊 ATP 酶活性的变化[J]. 西北植物学报, 1999, 25: 350—356.
- [25] 华春, 王仁雷, 刘友良. 外源 ASA 对盐胁迫下水稻叶绿体活性氧清除系统的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(7): 692—696.

Effects of nutriment solution with industrial wastewater on antioxidant system in leaf tissues of cucumber seedlings

ZHANG Fen-qin, XIE Zong-ping, WANG Xiao-qin, CUI Wei
(Department of Biology, Hexi College, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: The effects of wastewater on the antioxidant system in leaf tissues of cucumber seedlings were studied by culturing with different solutions named waste solution 1 (S¹), waste solution 2 (S²) and waste solution 3 (S³), in which the solutes were the necessary nutriments of plants and the solvents were the wastewater from paper mill, the wastewater from chemical fertilizer factory and the mixture of both origins. It was found that after being cultured for 5 days, in the leaf tissues, the activities of APX in S¹, APX and SOD in S², CAT, SOD and APX in S³ were increased ($P<0.01$ or $P<0.05$), and the activity of GR in S³ was decreased ($P<0.05$). After being cultured for 13 days, in the leaf tissues, the activities of APX, SOD, CAT and GR and the content of GSH and ASA were decreased ($P<0.01$ or $P<0.05$) in these three kinds of waste solution. At the same time, the contents of H₂O₂, O₂[·] and MDA and electrolyte leakage rate in the leaf tissues were increased. The results showed that the three kinds of waste solution were all harmful to the antioxidant system in the leaf tissue of cucumber seedlings. In despite of being given all necessary nutriments, the growth of cucumber seedlings was remarkably inhibited by the waste solutions.

Keywords: industrial wastewater; cucumber; seedlings; antioxidant system

(上接第 29 页)

The fertility status in different types of soil in tobacco-growing areas in Chongqing

ZHANG Qiu-qin, ZHOU Bao-tong, GAO Ming
(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: 217 soil samples has been selected from different types of tobacco-growing soils in Chongqing, in which 20 were from limestone earth soil, 133 from yellow soil, 34 from yellow brown earth soil, 18 from purple ochre soil and 12 from black lime soil. The analyses show that most of the soils are a bit acidic and rich in OM that is related to the manure applications by farmers. Among the mass elements, the content of total nitrogen is relatively high and the content of available N is moderate. The contents of the mid-elements such as calcium, magnesium and sulfur, and the trace elements such as iron, manganese, copper, molybdenum and zinc, are abundant for the growth of tobacco. In order to improve the soil quality, a fertilization principle is proposed to control nitrogen, to supplement phosphorus and boron properly, to add potassium, to increase chlorine universally and to inhibit sulfur.

Keywords: tobacco-growing areas; soil fertility; rational fertilization