

# 汞对小麦幼苗生长发育和生理功能的影响

张志杰 吕秋芳 方 芳

(西安冶金建筑学院环境工程系)

**摘要** 本文比较系统地研究了汞对小麦幼苗生长发育和生理功能的影响。汞处理的小麦发芽率、幼苗生长发育受到抑制,蒸腾强度、叶绿素含量降低。不同处理的小麦幼苗呼吸强度也发生了明显地变化,其影响程度与苗龄有关。汞处理还有诱导小麦幼苗过氧化物酶同工酶产生新谱带的作用,使小麦幼苗过氧化物酶同工酶带增加了两条,酶的活性也有所变化。这些特性都是小麦幼苗对汞伤害的生理反应。

汞对小麦幼苗生长发育的影响虽已有研究,但资料不够完整,显得有些零乱,不能得出汞对小麦幼苗生长发育影响的阈值浓度范围。本文利用水培方法,研究不同浓度汞处理对小麦种子发芽、幼苗生长、汞在幼苗体内残留积累、叶绿素含量、呼吸作用以及过氧化物酶同工酶的影响。通过对比分析,探讨汞对小麦幼苗生长发育和生理功能的影响,为含汞废水灌溉指标的制定和汞污染的生物监测提供理论依据。

## 一、材料和方法

供试小麦品种为西安农科所 82-6 号,试验是在室内常温下进行的。

### (一) 培养方法

用克诺普 (Knop) 溶液配制成 1, 5, 10, 20, 50 和 100 ppm 的  $\text{HgCl}_2$  溶液(以纯汞计),以不加汞的培养液为对照组。试验共分两组,第一组为第五天后停止投加含汞溶液,只加 Knop 溶液。第二组为定期连续投加含汞培养溶液。

试验是在  $\phi 15 \text{ cm}$  培养皿中进行,内垫滤纸,每皿摆放种子 200 粒,加培养液 50ml 进行培养,每一处理设三个重复。

### (二) 测定方法

1. 幼苗含汞量测定 用  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$  消化处理,以 10%  $\text{SnCl}_2$  溶液进行还

原,用国产 YYG-77 型冷原子荧光测汞仪测定样品中无机汞含量。

2. 用扭力天平法测定蒸腾强度。

3. 叶绿素测定 按 Arnon<sup>[1]</sup> 方法进行。

4. 呼吸强度测定 取小麦叶 1g,应用国产 SKW-2 型微量呼吸仪,在 30℃ 下测定不同处理小麦叶片呼吸强度,重复 3 次,取其平均值。

5. 过氧化物酶同工酶测定 聚丙烯酰胺凝胶电泳分析,采用垂直板电泳方法进行。以 Liu<sup>[2]</sup> 方法进行过氧化物酶同工酶染色。用绘图照相或色谱扫描记录电泳结果,色谱扫描用 CS-930 岛津双波长色层扫描仪,吸收波长为 420nm。

## 二、试验结果

### (一) 汞对小麦幼苗生长发育的影响

分析不同浓度汞处理的小麦幼苗含汞量表明,随着培养液汞浓度的增高,幼苗含汞量相应提高(表 1)。第二组幼苗含汞量高于第一组,但第二组汞的增加并不同其中加汞量成正比例关系,这表明小麦幼苗对培养液中汞的吸收富集是有一定限度的,这一点可能与过多汞影响其吸收功能有关。

本试验的小麦种子发芽率均比对照低,但 1—20 ppm 处理影响不明显,50 ppm 处理的发芽率比对照有所降低,而 100 ppm 处理

表 1 不同浓度汞处理 17 天的小麦  
幼苗含汞量 (mg/kg)

| 处理 (ppm) | 对照   | 1    | 5    | 10   | 20   |
|----------|------|------|------|------|------|
| 第一组      | 0.24 | 0.28 | 0.52 | 0.78 | 1.19 |
| 第二组      | 0.25 | 0.37 | 0.69 | 1.13 | 1.41 |

的发芽率比对照降低 30%。经处理的苗高也低于对照组,但以 20 ppm 以上处理对幼苗生长抑制较明显。这说明汞对小麦幼苗抑制的阈值浓度下限比发芽率低。不同浓度汞处理对小麦种子发芽率和生长影响见表 2。第一组与第二组处理对幼苗生长影响差异不明显。

表 2 汞对小麦种子发芽率和幼苗生长的影响

| 处 理 (ppm)    | 对照   | 1    | 5    | 10   | 20  | 50   | 100  |
|--------------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 第 4 天发芽率 (%) | 83   | 79   | 81   | 79   | 77  | 75.5 | 53.5 |
| 苗高 (cm)      | 14.0 | 13.1 | 12.1 | 11.4 | 9.3 | 4.6  | 3.1  |

图 1 为培养液汞浓度、幼苗含汞量与苗高的相互关系。从图 1 看出,三者之间呈现出密切的关系。随培养液汞浓度提高和小麦幼苗含汞量增加,而苗高逐渐降低,表现出了明显的抑制作用。从长势上看,1, 5, 10 ppm 处理苗高差异不大,根系发达,20 ppm 处理的苗高明显低于对照,出现了个别叶片发黄现象。50 和 100 ppm 处理的幼苗生长受到严重抑制,叶片卷曲,个别叶片发黄,整个叶片

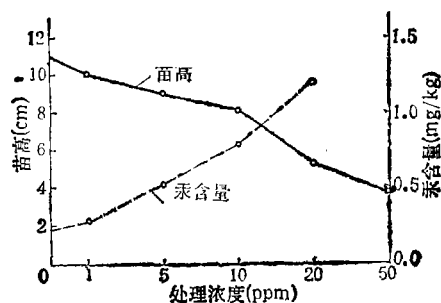


图 1 小麦幼苗生长、含汞量与培养液汞浓度的关系

呈萎缩状态。

## (二) 汞对小麦幼苗生理功能的影响

### 1. 汞对蒸腾作用的影响

叶片蒸腾作用是植物水分代谢的重要生理指标之一。本研究测定不同处理幼苗蒸腾强度列于表 3。这些结果表明随着培养液汞浓度的增加,幼苗叶片蒸腾强度明显降低,20 ppm 比对照降低 47.4%。由于小麦幼苗根系正常生长发育受到强烈抑制,从而影响植物对水分的吸收。组织含水量降低,蒸腾强度显著下降,水分消耗减少。这说明汞能强烈地影响小麦幼苗的水分代谢过程。

表 3 不同处理小麦幼苗的蒸腾强度 (g/g · h)

| 处理 (ppm) | 对照    | 1     | 5     | 10    | 20    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蒸腾强度     | 0.038 | 0.028 | 0.025 | 0.025 | 0.020 |
| 相对%      | 100   | 73.7  | 65.8  | 65.8  | 52.6  |

### 2. 叶绿素含量变化

测定不同处理小麦幼苗叶绿素含量(表 4)结果表明,经处理的幼苗叶绿素总量和叶绿素 b 的含量变化不明显,叶绿素 a 的含量比对照降低较为显著。1—10 ppm 处理的幼苗叶绿素 a 含量大约比对照降低 34.8—39%,而叶绿素 b 含量比对照降低了 5.1—13.8%,因而导致处理的叶绿素 a 与 b 的比值降低。由此可见,汞处理对小麦幼苗主要光合作用色素 a 的影响较大,这可能是汞影响小麦叶片光合作用的重要原因之一<sup>[3]</sup>。

表 4 不同处理叶绿素含量变化 (mg/g)

| 处理 (ppm)      | 对照   | 1    | 5    | 10   |
|---------------|------|------|------|------|
| 叶绿素总量         | 1.10 | 1.01 | 0.99 | 0.92 |
| 叶绿素 a         | 0.69 | 0.45 | 0.45 | 0.42 |
| 叶绿素 b         | 0.58 | 0.54 | 0.55 | 0.50 |
| 叶绿素 a / 叶绿素 b | 1.19 | 0.83 | 0.82 | 0.81 |

### 3. 汞处理对呼吸强度的影响

不同处理小麦幼苗叶片呼吸强度测定结果列于表 5。

表 5 不同处理小麦幼苗叶片呼吸强度 ( $\mu\text{gO}_2/\text{g} \cdot \text{h}$ )

| 处理 (ppm) | 对 照   | 1     | 5     | 10    | 20    | 50    | 100   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4 天叶     | 287.4 | 353.2 | 381.7 | 386.0 | 367.2 | 354.8 | 212.0 |
| 占对照%     | 100   | 122.9 | 132.8 | 137.3 | 127.7 | 123.5 | 73.7  |
| 14 天叶    | 288   | 266.4 | 261.8 | 255.6 | 326.9 | ..... | 442.8 |
| 占对照%     | 100   | 92.5  | 90.9  | 88.8  | 113.5 | ..... | 153.8 |

表 5 所列数据表明,汞处理对小麦幼苗叶片呼吸强度影响较大,1—50 ppm 处理下,生长 4 天幼苗呼吸强度比对照明显增强,100 ppm 处理的呼吸强度大幅度降低;生长 14 天的幼苗叶片在 1—10 ppm 处理下呼吸强度有所降低,与对照相比变化不明显,20—100 ppm 处理的其呼吸强度比对照的高。这说明汞对小麦幼苗叶片呼吸强度的影响与苗龄有关。苗龄越小其抵抗能力越弱,所以汞处理后呼吸作用加强。当高浓度处理时,机体处于不能适应状态,因而呼吸机能受到严重破坏,呼吸强度随之下降。相反随着苗龄增长,幼苗适应能力增强,所以低浓度处理对其呼吸作用影响不大,但高汞溶液处理则使呼吸功能反常,导致呼吸增强。这些结果说明植物受汞污染伤害后,呼吸作用增强可能是植物抵抗不良环境的一种生理反应。

### (三) 汞对过氧化物酶同工酶的影响

聚丙烯酰胺板状凝胶电泳结果表明,小麦幼苗在汞处理过程中,过氧化物酶同工酶谱发生了变化,同工酶谱带比对照有明显的增加(图 2 和图 3)。

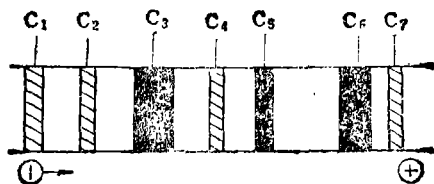


图 2 过氧化物酶同工酶谱模式图

由图 3 的扫描图峰形可以清楚地看出,未经处理的对照组小麦幼苗有  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_5$  和  $C_6$  五条主要酶谱带,这与李振国等<sup>[4]</sup>的研

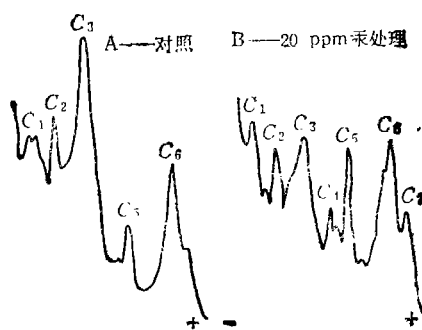


图 3 小麦幼苗叶片过氧化物酶同工酶扫描图

究结果完全一致。而经 20 ppm 汞溶液培养的小麦幼苗同工酶谱则增加到七条酶带,而且在  $C_1$ 、 $C_5$  和  $C_6$  三个主要酶带区出现了活性较弱的弥散性酶带。

另外,  $C_2$  和  $C_3$  两条主要酶带处理和对照均无差异,峰形相对稳定不变。表明这两条主要酶带受汞影响很小,  $C_1$ 、 $C_5$  和  $C_6$  三条主要酶带易受汞影响产生新的酶带。

经汞处理的小麦幼苗不但过氧化物酶同工酶谱带增加,而且也反映在酶的活性变化上。经处理的幼苗第三条酶带有所减弱,靠近正极的第六条主要酶带有所加强。

## 三、讨 论

近年来我国已广泛开展了应用植物监测环境污染的研究工作,但大多集中在形态方面,对用生理指标进行监测研究尚少。本文比较系统地研究了小麦幼苗对汞污染的反应。经汞处理的小麦发芽率、幼苗生长、生理功能和过氧化物酶都发生了较大的变化,但所有影响生理功能性指标的处理浓度都低于抑制生长的阈值范围。这些结果说明小麦幼

苗对汞污染的生理反应更为敏感,从而为汞污染的植物生理学监测提供了理论依据。

植物呼吸强度变化是一系列酶促反应的结果,而污染环境常常引起酶的变化。资料介绍了  $\text{SO}_2$  对植物过氧化物酶活性有促进作用<sup>[1,2]</sup>,但对  $\text{SO}_2$  引起植物过氧化物酶活性提高的生理意义还不十分清楚。余叔文等<sup>[6]</sup>认为  $\text{SO}_2$  伤害植物主要是它的氧化作用。但关于汞对植物伤害原因的资料还比较少。本试验观察到较高浓度汞处理的小麦幼苗生长迟缓,发育不良,幼苗和根系生长受到了严重的抑制,叶绿素含量降低,叶绿素 a 与 b 的比例发生明显的改变,呼吸强度受到了严重的影响,过氧化物酶同工酶谱带明显增加,以及蛋白质氮含量减少\*等事实,都说明了汞对植物的危害与生理功能的变化有着密切的关系。

李振国等<sup>[4]</sup>和 Kovacs 等<sup>[7]</sup>的研究结果认为  $\text{SO}_2$  和低温处理小麦可使过氧化物酶活性提高,并在诱导后出现新的同工酶谱带。本试验观察到经汞处理后小麦幼苗过氧化物

酶同工酶的活性发生了变化,同工酶谱带明显增加,以及幼苗呼吸增强等现象,似乎是逆境条件下植物生理功能变化的共同特点,这也许是植物抵抗不良环境的一种本能的生理反应,或者说它是植物生长受阻、新陈代谢遭受严重破坏之前的一种生理效应的标志。这一点对利用酶学指标进行汞污染的监测具有重要的理论与实用价值。

#### 主要参考文献

- [1] Arnon, D. T., *Plant Physiol.*, **24**(1), 1(1949).
- [2] Liu, E. H., *Anal Biochem.*, **56**, 149(1973).
- [3] Alberte, R. S. et al., *Plant Physiol.*, **56**, 317 (1975).
- [4] 李振国等,植物生理学报,**7**(4),363(1981).
- [5] Horsman, C., et al., *Environ. Pollution*, **8**, 123 (1975).
- [6] 余叔文等,科学通报,**24**,1145(1980).
- [7] Kovacs, I., *Biochem. Physiol. Planton.*, **173**, 327(1978).

(收稿日期 1988 年 6 月 12 日)

\* 张志杰等,第五次全国植物与环境保护学术讨论会论文摘要,67(1985).

## 化学耗氧量 (COD) 自动分析仪的研制

朱万森 吴性良 马 林 徐华华 张 哲 陈剑宏

(复旦大学化学系)

**摘要** 本文研制了一种新型的 COD 自动分析仪,以抽气泵为动力,通过时间控制系统程序控制管路中各电磁阀,依次完成试剂和样品的定容、取样、消化、光度法测量和清洗等程序动作,周而复始地自动完成 COD 的测定全过程。本法快速,每小时可分析 5—8 个样品,方便和节省试剂等优点,用该仪器对模拟样品和实际样品进行了测定,数据与标准方法相吻合。该仪器精密度良好,连续 10 次测定的变异系数为 1.9%。

化学耗氧量 (COD) 是指在一定条件下,水体中还原性物质被化学试剂氧化时所消耗的氧量。它是工业废水和天然水水质的有机物污染程度的指标之一。

测定 COD 的标准方法有高锰酸钾法

(简称锰法)和重铬酸钾法(简称铬法)。锰法适用于一般水样的测定,遇到较复杂的工业废水时,铬法比锰法更为适用。

标准铬法测定 COD 虽被广泛采用,但却有着消化时间长,耗费试剂多,操作麻烦等

## **Controlling the Spread of Environmental Pollution and Ecological Deterioration — Comment on the Third Conference of Environmental Protection**

*Guo Fang* (Vice-director, The Committee of Environmental Science, Academia Sinica, Beijing)

Based on the current environmental situation in China and the environmental goals till 1992 and 2000, which have been pronounced in the Third National Conference of Environmental Protection, the author encourages environmental scientific and technological workers especially those in the Chinese Academy of Sciences should strive to fulfill the tasks. (See pp. 10—13)

## **Effective Factors of Deep Oxidation of Methanol on Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst**

*Jin Yun, Yu Qiquan and Cao Peilie* (Department of Chemistry, Peking University, Beijing)

The effect of intraparticle diffusion of catalyst has been investigated in a flow-recirculation gradientless reactor. The kinetics of deep oxidation of methanol with 30-40 mesh catalyst on Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in the kinetic regime obeyed the Langmuir-Hinshelwood model of adsorption of methanol and oxygen with inhibition of carbon dioxide. When the temperature of reaction increased to 80°C and the particle size of catalyst increased to 6×2 mm, the deep oxidation of methanol occurred on the regime of intraparticle diffusion. The effect of intraparticle diffusion increased as reaction temperature increased. The values of catalytic effective factors were measured as 0.44—0.22. The effect of intraparticle diffusion has been interpreted with the approximation method of general reaction rate forms (See pp. 6—9)

## **Effect of Mercury on the Growth and Physiological Function of Wheat Seedlings**

*Zhang Zhijie, Lu Qiufen and Fang Fang* (Xi'an Institute of Metallurgy and Construction Engineering, Xi'an, Shaanxi Province)

It has been observed that mercury depressed the germinant rate of wheat and its seedling growth, decreased its transpiration and chlorophyll content. Degrees of the influence was directly related with the mercury concentrations in wastewater and the content of it in the seedlings. In low concentration of mercury, the respiratory rate of seedlings increased, but it decreased or increased considerably in accordance with its high concentrations. Moreover, the respiratory rate in the growth and stages of the seedlings. The result showed that mercury caused a change of peroxidase isozyme pattern. The effects of mercury on wheat seedlings were a physiological

reaction due to injury of mercury. (See pp. 10—13)

## **An Automatic and Continuous Analyzer of COD**

*Zhu Wansen et al.* (Department of Chemistry, Fudan University, Shanghai)

An automatic COD analyzer has been designed. A pump is used as a driving force to control operation of the electromagnetic valves in the pipeline, by which volume control of wastewater samples and reagents, digestion, photometric measurement and cleaning in the process are carried out orderly. These procedures can be automatically repeated for continuous monitoring. This instrument is convenient for rapid determination of COD, 5—8 samples per hour can be analyzed. The results match with the ones obtained by the standard methods, relative standard deviation is 1.9% for 10 samples determined. (See pp. 13—16)

## **Reclamation of L-Proline and Other Amino-Acids from Chrome Leather Scraps**

*Jiang Tingda and Zhang Chunping* (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing)

The scraps of chrome leather is a tanning waste. The process of reclaiming six amino-acids was operated as follows: de-chroming of the scraps was adopted by basic hydrolysis with calcium oxide, and the protein extracted; the protein was hydrolyzed with 6 mol HCl; the hydrolysate was decolorized with activated carbon; then separated by 732 cation exchange resin (H form) and 717 anion exchange resin (OH form) respectively. L-Arg, L-Pro, L-Asp, L-Ala and Gly were obtained. (See pp. 17—20)

## **Distribution and Migration of Radioactive Nuclides in Paddy Food Chains**

*Wang Liang et al.* (Shaanxi Provincial Research Institute of Preventive Medicine, Xi'an)

On the basis of what radioactive levels existing in soil and rice around Hanzhong region of Shaanxi Province were studied as the references (1) and (2), the following problems have been discussed in this paper: the transmitted coefficient of radioactive nuclides from soil to rice, U-Ra equilibrium coefficient in soil and rice, the relationship between nuclide content in rice and the paddy species, the ratio of nuclide contents in rice and in rice bran, rice polluted by radioactive nuclides in the course of harvesting and husking, and variations of nuclide content in rice after washing. (See pp. 21—24)

## **Regional Contaminant Features of Suspended Particulates in Beijing-Tianjin Area**