

重金属对蚕豆 (*Vicia faba*) 根尖的核酸含量及核酸酶活性影响的研究*

段昌群 王焕校

曲仲湘

(云南大学生物系, 昆明 650091)

摘要 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 在低浓度作用下, 随处理浓度的升高, 刺激蚕豆 (*Vicia faba*) DNA 含量(处理浓度分别低于 10.0、0.50、50.0ppm) 和 RNA 含量(处理浓度分别低于 10.0、50.0、50.0ppm), DNase 活性(处理浓度均低于 10.0ppm) 和 RNase 活性(处理浓度分别低于 20.0、10.0、50.0ppm) 相应地升高; 当处理浓度超过相应浓度时, DNA 和 RNA 含量以及 DNase 与 RNase 活性随浓度升高而降低。 Hg^{2+} 在小于 0.05ppm 时使 RNase 活性升高, 高于该浓度使其降低, 其它各指标无上述规律性变化。重金属对核酸代谢的影响结果取决于植物组织的适应性反应与金属离子的毒性反应的强度。 文章还讨论了金属离子特征和可能存在的不同代谢活动的抗性诱导体系对植物毒性的影响, 以及蛋白质的代谢活动对植物适应性水平的影响。

关键词 蚕豆、重金属, 核酸, 核酸酶, 适应性反应。

目前, 植物微核技术已成为环境诱变物质的检测手段之一^[2,19], 重金属诱发微核的效应国内外均有报道^[8,9], 但它对核酸代谢的影响尚少见报道。核酸代谢紊乱是环境危险物质“致癌、致畸和致突变”的主要生理效应之一^[8,13]。核酸代谢也是反映植物代谢活力的一个重要指标, 不仅由于核酸的含量水平, 核酸酶的活性直接同植物体的生长、发育、成熟和衰老相关, 而且同植物体对不良环境的敏感性及抗性密切相关, 同时也反映了基因转录和翻译的活动^[1,5]。因此, 探讨重金属对核酸代谢的影响, 有助于了解重金属的生理生化毒性和遗传毒理作用。本文利用正交设计试验, 探讨了 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 对蚕豆 (*Vicia faba*) 根尖 DNA、RNA 的含量及脱氧核糖核酸酶 (DNase)、核糖核酸酶 (RNase) 活性的影响。

一、材料和方法

1. 材料及培养

将大小均匀的蚕豆种子(新西兰 4015:84-43, 由云南省农科院提供), 用 0.5% NaClO 消毒 20min, 蒸馏水冲洗数次, 放置在 23℃、100%

湿度的培养箱中水培 4d 后, 根露白 0.5cm 左右时, 用混合重金属离子溶液进行处理 12 h, 冲洗, 蒸馏水修复培养 24h, 切取根尖 (0.5—1cm 长) 以作实验之用。

2. 实验设计

污染处理液按 $L_{16}(4^5)$ 正交设计法中对各重金属离子溶液混合, 以达到所示浓度水平。正交设计见表 1。

表 1 模拟污染处理的正交设计

因子	元素	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Zn^{2+}	空白(机误)
	代号	A	B	C	D	E
水平	1	0.50	0.50	0.05	5.00	不参与实验, 用于机误估计和检验
	2	10.0	5.0	0.50	10.0	
	3	20.0	10.0	1.00	50.0	
	4	50.0	20.0	5.00	100.0	

按该试验设计, 共有 16 个实验组合。数据处理按各因子(离子)浓度分别进行直观分析。

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (\cdots x_i \cdots)$$

* 国家自然科学基金资助课题

收稿日期: 1991 年 11 月 6 日

x 为 4 个实验因子(离子); i 为各离子的 4 个实验水平(浓度); M_i 为某离子在 i 水平时的实验值。

然后进行变量分析, F 检验。详细设计及统计方法参照中国科学院数学所的方法^[3]。

3. 方法

(1) 核酸测定 用 Detchon 方法^[10] 略加改良。核酸含量依下式计算:

$$\text{RNA}(\mu\text{g/g 鲜重}) = \mu \cdot OD_{260/0.024} \times W \cdot L_0$$

$$\text{DNA}(\mu\text{g/g 鲜重}) = \mu \cdot OD_{265/0.020} \times W \cdot L_0$$

其中, μ 为稀释倍数, OD 为光密度值, W 为材料鲜重, L_0 为比色杯厚度。

(2) 核酸酶活性测定 根据 Takaiwai 和 Cherry 方法^[11,12] 并改良。酶活性以每分钟每毫升酶液消耗底物 RNA(DNA) μg 量来表示。

$$A_{\text{RNase}}(\mu\text{g} \cdot \text{RNAmin}^{-1} \cdot \text{ml}^{-1})$$

$$= \frac{t \cdot \Delta OD}{0.024 \times L \cdot \Delta t \cdot V}$$

$$A_{\text{DNase}}(\mu\text{gDNAmin}^{-1} \cdot \text{ml}^{-1})$$

$$= \frac{\mu \cdot \Delta OD}{0.020 \times L \cdot \Delta t \cdot \Delta V}$$

其中, A 为酶的活性, ΔOD 为光密度变化值, Δt 为反应时间, 其余同上。

二、结果与分析

(一) 重金属作用下核酸含量的变化

在重金属复合处理下, 蚕豆根尖组织核酸含量发生了很大变化(见表 2)。在低浓度处理时 ($A_1B_1C_1D_1E_1$) DNA 和 RNA 含量分别为 $36.92 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $32.32 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 比对照组的 $32.58(\text{DNA})$ 、 $22.36(\text{RNA})$ 高, 说明小剂量的重金属离子可以刺激细胞内核酸的合成。但随着处理浓度的升高, 核酸含量开始下降。

经统计分析, 分离出各元素在不同浓度条件下核酸含量, 并对它进行 F 检验。结果表明, 4 种金属离子对核酸含量的影响均达显著性水平, 但各自对其影响的程度和变化方式是不同的。其中 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 在低剂量时对核酸的含量均有一定的刺激作用, 在高浓度作用下表现为抑制效应(图 1—4), 其中以 Cd^{2+} 的

表 2 重金属复合处理 [$L_{16}(4^4)$] 对核酸含量的影响

编号	实验组合*	DNA 含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	RNA 含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
I	$A_1B_1C_1D_1E_1$	36.92	32.32
II	$A_1B_1C_2D_1E_1$	41.88	31.07
III	$A_1B_1C_3D_1E_1$	37.38	23.89
IV	$A_1B_1C_4D_1E_1$	33.12	21.91
V	$A_2B_1C_1D_1E_1$	45.88	28.05
VI	$A_2B_1C_2D_1E_1$	41.92	26.04
VII	$A_2B_1C_3D_1E_1$	35.92	21.56
VIII	$A_2B_1C_4D_1E_1$	30.08	18.02
IX	$A_3B_1C_1D_1E_1$	41.79	25.00
X	$A_3B_1C_2D_1E_1$	40.46	24.45
XI	$A_3B_1C_3D_1E_1$	31.79	17.39
XII	$A_3B_1C_4D_1E_1$	25.92	17.59
XIII	$A_4B_1C_1D_1E_1$	42.04	23.96
XIV	$A_4B_1C_2D_1E_1$	38.72	22.39
XV	$A_4B_1C_3D_1E_1$	30.04	17.85
XVI	$A_4B_1C_4D_1E_1$	23.92	15.38
CK ₂	对照(未经污染处理)	32.58	22.36

* 表中实验组合为 $L_{16}(4^4)$ 设计、表头设计见表 1。

作用最为突出, 随处理浓度升高, 在 0.50ppm 时核酸含量达到峰值, 然后随浓度升高而下降; Zn^{2+} 的影响最平缓。 Pb^{2+} 在小于 10ppm 作用下, DNA、RNA 含量均随处理浓度升高而增加, 当超过 10ppm 时, 则随处理浓度升高而降低。

Hg^{2+} 对核酸含量的影响与其它离子有所不同, 表现为随作用浓度的升高, 组织中 DNA 的含量均升高。产生这种现象的原因可能有三: 一是根组织细胞中的不同代谢过程和生理活动对重金属的敏感性不同, 从而在一定的重金属离子作用下, 各种过程表现出来的效应也不同; 二是 Hg^{2+} 因处理浓度较低尚未达到对核酸影响的毒性水平; 三是其它离子对 Hg^{2+} 作用的拮抗作用, 从而表现不出 Hg^{2+} 的作用效果。

就两类核酸而言, 它们的含量变化相互呈正相关。虽在生物组织中, 它们都是比较稳定且呈规律性代谢的重要遗传物质, 但二者均易受到重金属的影响。一般来说, 组织中 DNA 的含量稍高于 RNA 的含量, 但后者比前者更

易受到金属离子的影响(见图1—4)。

(二) 重金属对根尖组织核酸酶活性的影响

脱氧核糖核酸酶(DNase)、核糖核酸酶(RNase)的活性在重金属作用下的结果见表3。通过统计分析发现,4种重金属离子对2种酶的活性均有显著性影响($P < 0.05$),且有一定的剂量效应,重金属离子对这2种酶的影响,表现为随处理浓度的升高,酶的活性也升高,上升到一定范围后,酶的活性又开始降低(见图1—4)。这说明在一定剂量范围内,重金属离子可以激活或强化这两种分解酶的活性,但大剂量的重金属又可使酶中毒失活,从而酶的活性又开始降低。

表3 重金属复合处理对核酸酶活性的影响

编号	实验组合	DNase 活性 ($\mu\text{g} \cdot \text{DNA} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{ml}^{-1}$)	RNase 活性 ($\mu\text{g} \cdot \text{RNA} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{ml}^{-1}$)
CK	未经污染处理	13.17	14.44
I	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁ E ₁	12.50	15.91
II	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂ E ₂	15.67	17.78
III	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃ E ₃	16.17	13.75
IV	A ₁ B ₁ C ₄ D ₄ E ₄	13.00	10.42
V	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃ E ₁	14.00	19.44
VI	A ₂ B ₁ C ₂ D ₄ E ₃	12.83	18.47
VII	A ₂ B ₁ C ₃ D ₁ E ₂	18.67	13.47
VIII	A ₂ B ₁ C ₄ D ₂ E ₁	17.83	15.00
IX	A ₃ B ₁ C ₁ D ₄ E ₃	13.67	17.22
X	A ₃ B ₁ C ₂ D ₃ E ₁	15.16	18.89
XI	A ₃ B ₁ C ₃ D ₂ E ₄	14.83	18.19
XII	A ₃ B ₁ C ₄ D ₁ E ₃	13.50	19.97
XIII	A ₄ B ₁ C ₁ D ₂ E ₃	15.50	14.30
XIV	A ₄ B ₁ C ₂ D ₁ E ₄	16.00	14.17
XV	A ₄ B ₁ C ₃ D ₄ E ₁	12.17	11.94
XVI	A ₄ B ₁ C ₄ D ₃ E ₂	9.50	14.17

表中实验组合为 L₁₆(4⁴) 设计,设计表头见表1

DNase 和 RNase 同重金属处理浓度有较为相似的效应关系,但它们对不同处理剂量的反应幅度不同。如在 Cd²⁺ 处理中, RNase 变化比 DNase 大,且产生刺激效应的最大浓度分别为 0.50、10.0ppm,对酶的毒性浓度分别为 5.0、20.0ppm,前者明显小于后者,说明 RNase 对 Cd²⁺ 的敏感性比 DNase 大;对于 Pb²⁺ 来

说,虽然 RNase 变化幅度比 DNase 大,但前者在活化和产生毒性效应的浓度比后者小; Hg²⁺ 对这两种酶作用比较特殊,如 RNase 在 0.05ppm 作用时活性最大,然后随 Hg²⁺ 浓度升高而下降,而 DNase 活性则一直上升,直到作用效果达 5.00ppm 时开始下降。Zn²⁺ 的作用同 Pb²⁺ 相似。

(三) 重金属对核酸代谢的影响

组织中核酸含量水平同核酸的合成与分解的相对速率密切相关^[13],虽然在重金属离子作用下, DNase 和 RNase 活性均升高,降解核酸的速度加快,但组织中核酸的含量在小剂量重金属作用下,仍保持上升的趋势,这是由于核酸合成酶的活性在小剂量金属作用下被激活,且大于降解酶的速度。Frenkel 等的实验中曾研究了重金属作用下核酸合成酶的活性,其结

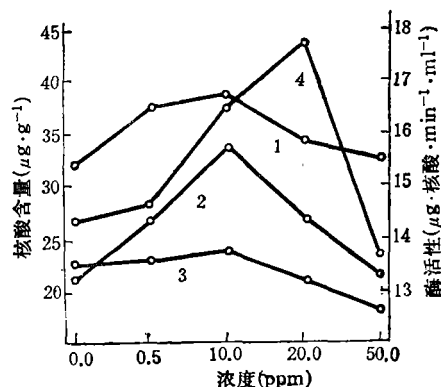


图1 Pb²⁺ 对核酸和核酸酶的影响

1. DNA 含量 2. DNase 活性 3. RNA 含量
4. RNase 活性

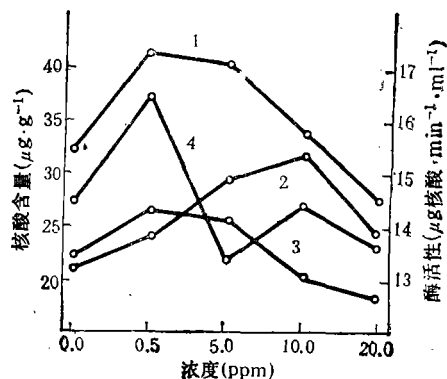


图2 Cd²⁺ 对核酸和核酸酶的影响

1. DNA 含量 2. DNase 活性 3. RNA 含量
4. RNase 活性

果同本文结论是一致的^[4]。但随着重金属处理浓度的升高,核酸合成酶和分解酶活性均下降,且前者下降幅度大于后者,从而总体含量也随之下降。图1—4对比了核酸含量与核酸酶同重金属离子处理间的剂量关系,在图中可以看出,虽然其变化趋势相近,但核酸含量大小不是仅由其分解酶活力大小决定的。从图中还可以看出,不同元素处理,它们的变化方式是有差异的,总体来说, Zn^{2+} 作用比较平缓(图4);就核酸水平来看,RNA变化幅度较小。

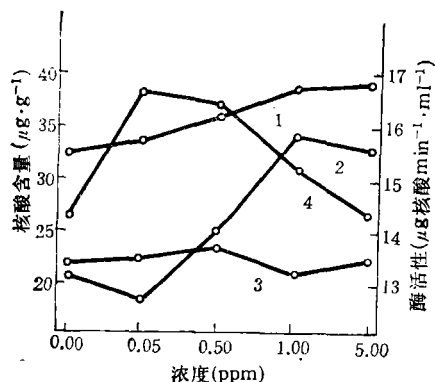


图3 Hg^{2+} 对核酸和核酸酶的影响

1. DNA 含量 2. DNase 活性 3. RNA 含量
4. RNase 活性

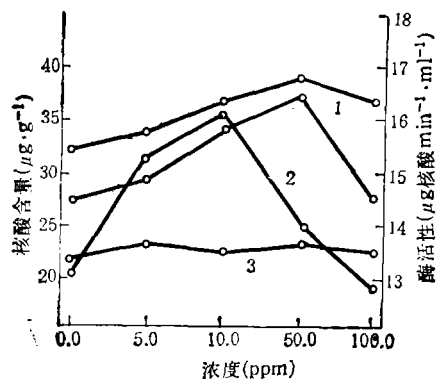


图4 Zn^{2+} 对核酸和核酸酶的影响

1. DNA 含量 2. DNase 活性 3. RNA 含量
4. RNase 活性

三、讨 论

1. 重金属对蚕豆根尖核酸含量及核酸酶活性的影响方式复杂,反映了它们作为一类有毒元素,干扰植物的各种生理生化反应和过程的阶段性和多元化^[15,16]。小剂量、短时间的重金

属处理,可以提高或加速植物的某些生理生化反应,而大剂量、长时间的重金属作用,则对植物表现出强烈的毒性。如本实验中核酸代谢以及有关报道中植物光合作用、呼吸作用和蛋白质代谢等生理生化过程对重金属均有如此相似的效应^[4,7]。笔者认为,重金属对植物生理生化过程的影响,是一个过程中的两种作用的复合结果。在重金属的作用下,一方面,植物应激产生一种自我保护作用,通过加速植物的生理生化活动,产生大量的代谢产物同重金属缔合以解毒,这是植物的适应性反应;另一方面,激活强化了代谢系统也加速了重金属的进入,反过来又抑制了植物的代谢活动,对植物产生毒性作用。同一过程的双重作用哪一个占上风,是由重金属处理的剂量大小、时间长短、金属离子在植物体内的转移特性以及植物各生化反应和代谢活动对重金属的敏感性大小所决定的。

2. 重金属的离子特征不同,在植物体内的迁移活性也就不同^[6],从而对植物的毒性效应也有差异。 Cd^{2+} 和 Zn^{2+} 离子半径、螯合性能相似,从而它们对核酸代谢有相似的影响方式,但后者是植物的必需元素,故二者在剂量效应上有所不同; Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 同 Cd^{2+} 和 Zn^{2+} 相比,离子特征、螯合性能有较大的差异,从而对核酸代谢影响作用差异也大。

3. 不同重金属离子对植物核酸代谢影响方式的不同,可能还与不同离子对植物及其不同的代谢影响的诱导体系不同有关。Rieger 等认为,蚕豆对不同的染色体断裂剂有不同的适应性反应^[21]; deKergommeaux 发现不同的杀虫剂、杀菌剂、除草剂的染色体断裂效应和畸变的生理效应是不相同的,从而认为,不同毒性剂其诱导体系是不同的^[22];并且都发现,小剂量的诱变剂前处理,可以提高组织细胞对诱变剂的抗性水平。笔者认为,这类小剂量的诱变剂前处理,可能加快了植物核酸代谢活动,使单位 DNA 分子复制时同诱变剂作用机会降低,从而诱发染色体畸变率降低,故表现出抗性水平的提高;同时,鉴于不同物质诱导方式不同,从而出现生物对不同化学品适应性反应程度不

同。有人认为, Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 的毒性小于 Mn^{2+} ^[17], 这可能与它们在实验动物中的移动活性以及它们的毒性诱导体系不同相关。

4. 植物抗性作用的大小, 同诱发产生抗性蛋白质的数量呈正相关^[8,21]。凡是能刺激 DNA 的复制, 向 RNA 转录、翻译合成蛋白质的活动, 均能提高植物的抗性。如本实验中, 小剂量的金属离子刺激了核酸代谢, 提高了蚕豆根尖组织中 DNA、RNA 水平, 这时蚕豆的抗性就有所提高; 小剂量的马来酰肼、丝裂霉素前处理可以增强细胞对染色体断裂剂的抗性^[21], 也就是这个原因; 咖啡因、博来霉素等的前处理可以提高其它诱变剂的诱变性能^[6], 是因为它们是 DNA 聚合酶的抑制剂, 降低了组织细胞的适应性水平。

5. 重金属不仅对组织中核酸的含量产生影响, 而且还影响其质量的变化, 即使 DNA 的复制以及转录、蛋白质的翻译过程中差错增加^[18]。在细胞水平上表现为染色体畸变、姊妹染色体交换、细胞产生微核等频率加大^[19]; 在分子水平上表现为新的抗性蛋白质的产生^[4,20]。至于重金属对核酸代谢的影响是否引起基因突变, 使生物性状发生变化, 尚需进一步探讨。

应该提到的是, 本实验中, 重金属离子复合处理, 元素之间的相互作用可能对核酸代谢产生倍加效应或拮抗效应^[7,16]。由于一般污染条件下这几种金属离子同时存在, 又考虑到元素之间相互作用的复杂性, 没有对它从数学意义上

分别分析。

致谢 本文承蒙中国科学院水生所王德铭研究员、昆明动物所贺维顺研究员的审阅, 谨表谢忱。

参 考 文 献

- 1 王万里, 植物生理学报. 1986, 12(1): 16
- 2 王英彦, 环境科学. 1988, 10(4): 66
- 3 中国科学院数学所. 常用数理统计方法. 北京: 科学出版社, 1979: 56
- 4 孙赛初, 王焕校. 植物生理学报. 1985, 11(2): 113
- 5 陆定志, 植物生理生化进展. 1980, 2: 20
- 6 Oenfelt Agneta et al. *Mutat. Res.*, 1986, 168(3): 249
- 7 Vallee B L et al. *Ann. Rev. Biochem.* 1972, 41: 91
- 8 Frederick J de Serres, *Chemical Mutagens*. 1986, 10: 330
- 9 Prajna Maitra et al. *Indian J. Exper. Biol.* 1979, 17: 929
- 10 Detchon D et al. *Phytochem.* 1973, 11: 943
- 11 Takaiwai F et al. *Plant Cell Physiol.* 1983, 9: 1507
- 12 Cherry J H. *Molecular Biology of Plants: A Text Manual*, New York and London: Columbia Univ. Press, 1982: 12—14, 67—69
- 13 Nocentini S et al. *Nucleic Acids Res.*, 1987, 15(10): 4211
- 14 Frankel D G. *Biochem. Pharmacol.* 1987, 36(26): 265
- 15 Nag D Paul et al. *Indian J. Exper. Biol.*, 1980, 18: 822
- 16 Foy C D et al. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1978, 29: 511
- 17 Umeda Makoto et al. *Mutat. Res.* 1979, 67(3): 221
- 18 Nicholls D McEwell et al. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1986, 83C(2): 365
- 19 Heddle J A et al. *Mutat. Res.*, 1983, 123: 61
- 20 Hidalgo J A. et al., *Comp. Biochem. Physiol.*, 1985, 81C(1): 159
- 21 Rieger R et al., *Mutat. Res.*, 1984, 140: 99
- 22 deKergommeaux D J et al., *Mutat. Res.*, 1983, 124: 69

• 环境信息 •

平流层臭氧耗损会削弱人体抗病能力

据联合国环境规划署一份报告称, 射至地球表面的紫外线-B 增加, 会使人类更易患癌症和传染病, 而且, 这些疾病会发展得更快和更具有毁灭性。另外, 后天免疫缺陷综合症 (AIDS) 的影响将会大大加剧。该报告还预测: 全世界将会增加 175 万名白内障患者和 30 万名皮肤癌(包括高度恶性黑瘤)患者。另外, 该报

告警告说, 海洋中的浮游植物——大部分海洋食物链的基础, 将会大减, 并产生一些新的作物问题, 例如, 生长不良和易受病虫害影响, 这些会导致粮食短缺。

小康译自 ES&T, 1992, 26 (4): 639

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

dyeing wastewater, microbial distribution.

Preliminary Studies on the Buffering Effects of Forest Litter on Soil Acidification. Wang Silong, Chen Chuying (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015): *Chin. J. Environ. Sci.*, 1992, 13(5), pp. 25—30

The ash element content and decomposition rate of the litter of *S. Superba* were found to be much higher than those of the litter of *C. lanceolata*. Subsequently, it is inferred that the former possesses a higher potential to buffer acidification of the soil compared with the latter. When the soil was covered with litter of *S. superba*, the base cation content and pH-value of leachate down from the litter and soil were evidently higher than the control; the basesaturation percentage and pH-value of the soil itself were also markedly higher, and the acidity and Al/Ca of the soil were far lower than the control. That is, the buffering ability of litter of *S. superba* to soil acidification is very strong, while the litter of *C. lanceolata*, is not.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) hook, *Schima superba* gardn. et champ, litter, buffering ability, soil acidification.

Studies on the Effects of Heavy Metals on the Contents of Nucleic Acids and Activities of Nucleases in the Root Tips of *Vicia faba*. Duan Changqun, Wang Huanxiao, [Qu Zhongxiang] (Biology Department, Yunnan University, Kunming 650091): *Chin. J. Environ. Sci.*, 1992, 13(5), pp. 31—35

Under the treatment of Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} ions at low concentrations the contents of DNA (treated with the concentration less than 10.0, 0.50 and 50.0 ppm), and RNA (treated with the concentration less than 10.0, 50.0 and 50.0 ppm) and the activities of DNase (all less than 10.0 ppm) and RNase (less than 20.0, 10.0 and 50.0 ppm) in the root tips of *Vicia faba* L. increased with the increase of the concentrations of metal ions; however, the contents of DNA and RNA and the activities of DNase and RNase decreased when the concentrations of the metal ions were higher than the concentrations stated above. Hg^{2+} did not exert regular effects except that the activities of RNase increased with the treatment concentration of Hg^{2+} below 0.05 ppm, and decreased when the concentration of Hg^{2+} was above 0.05 ppm. The results demonstrate that the effects of heavy metals on nucleic acids metabolism depend on the interaction between the extents of the adaptive response of plant tissues and the toxic action of heavy metal ions. Metal ion characteristics and the tolerant inducible system of different metabolism that might exist in plants, and the effects of protein metabolism on the adaptive actions of plants were also discussed.

Key words: *vicia faba* L., heavy metals, nucleic acids, nucleases, adaptive responses.

Research on Integer Programming Model of Urban Waste Water Reuse System. Wu Limei et al. (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037): *Chin. J. Environ.*

Sci., 1992, 13(5), pp. 36—41

A 0—1 integer programming model for the planning of urban wastewater reuse system were established. The planning of the wastewater collection system, location of the treatment plant and the efficiency of the treatment were formulated. Emphases were put on discussions of how to determine the user of the renovated water, the quantity of the reused water and the scale of additional advanced treatment so as to establish renovated water allocation system. The model was validated to be rational and applicable by examining a wastewater land treatment system.

Key words: urban wastewater reuse, integer programming, water allocation system, wastewater treatment. **A Study on the Characteristics of Phosphate Metabolism of *Pseudomonas* sp.** Zhou Yuexi, Qian Yi, Gu Xiasheng (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(5), 1992, pp. 42—45

The characteristics of the phosphate metabolism of *Pseudomonas* sp., the predominate genus in the activated sludge mixed liquor from the sequencing biological batch system which effectively removes nitrogen, phosphorus and organic matter, were investigated. Experimental results demonstrate: (1) Under aerobic conditions and with acetates as carbon source, the addition of sulphuric acid causes *Pseudomonas* sp. to release phosphates, and the addition of NaOH and $NaHCO_3$ causes *pseudomonas* sp. to excessively take phosphate. (2) The phosphate uptake capacity of *Pseudomonas* sp. is nearly the same in the aerobic system as in the anaerobic-aerobic system with acetate as carbon source.

Key words: waste water treatment, *pseudomonas* sp., phosphorus.

Study on Comprehensive Treatment of Waste Water from Furfural Production. Chen Yulian et al. (Department of Chemical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024): *Chin. J. Environ. Sci.*, 1992, 13(5), pp. 46—49

During the process of furfural production, waste liquor containing 1—2.5 % acetic acid is discharged. Not only is acetic acid wasted but also the surrounding environment is polluted. In the operation described in this paper, the waste water passes through a 400×1600 mm electrodialyzer equipped with 90—120 pairs of membrane modules, recovering acetic acid with concentrations of 18—20%. The treated waste water contains only 0.02% of acetic acid, and could be safely discharged or reused. Furthermore, an industrial graded acetic acid with purity of 99% could be produced by means of extraction-distillation of the recovered acetic acid solution. Industrialization of the comprehensive technology of electrodialysis-extraction-distillation for the treatment of the waste water from furfural production mentioned here has been achieved.

Key words: waste water treatment, membrane separation, electrodialysis, acetic acid, recovery.

Effect of Sulfate Ion on Anaerobic Biological Treatment of Waste water. Liu Yan (Department of