

酸化土壤中铝及其植物毒性

田 仁 生 刘 厚 田

(中国环境科学研究院)

摘要 本文综述了(1)影响土壤酸化的因素和铝的活化过程;(2)铝对植物的毒害症状,植物对铝的相对抗性以及铝的形态与植物毒性的关系;(3)影响铝毒性的外界因素如磷、钙和有机质;(4)铝的毒性机理,铝可能作用于生物膜、钙调素、DNA 和 ATP。最后提出了一些铝质土壤的改良措施。

关键词 铝;土壤酸化;铝形态;植物毒性;铝质土壤改良。

酸雨危害是当前重要的生态环境问题之一。七十年代以来,随着酸雨对陆地生态系统影响研究的发展,人们逐渐认识到酸雨对陆地生态系统的影响在很大程度上是通过土壤酸化而造成的。在自然界中,铝在土壤中是以固定态存在的,但当土壤发生酸化时,铝即被活化成活性铝。活性铝是限制酸性土壤中植物生长的一个重要因素。早在 1918 年就有人发现在酸性土壤中铝使大麦生长迟缓。但多年来有关铝的植物毒性问题一直未被重视,直至日益加重的全球性环境酸化问题研究的兴起,人们才重新认识铝的毒性,尤其是 Ulrich 等提出铝与森林衰亡相关,促使这方面研究更加活跃^[1]。许多科学家已从各个方面对铝的植物毒性进行了不少研究。

本文主要综述酸化土壤中铝的存在状态及其对植物的毒性。

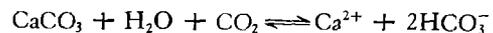
一、土壤酸化与铝的活化

土壤酸化是一个持续不断的自然过程。因为土壤中存在一些天然酸的形成过程。诸如土壤中动植物呼吸作用产生的 CO_2 溶于水形成 H_2CO_3 ;土壤有机质分解产生的 NH_4^+ 经硝化作用产生 HNO_3 ;土壤中动植物残体经微生物分解产生有机酸;以及硫铁矿暴露于大气中被氧化生成 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 H_2SO_4 。

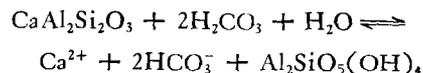
促进土壤酸化的一个重要因素就是酸

雨。土壤对酸雨的敏感性决定于土壤 pH 值及其缓冲能力。土壤 pH 值变化与土壤阳离子交换量 (CEC) 最为密切。土壤的 CEC 越大,对酸雨的缓冲能力越强, pH 变化就越小。因此 CEC 是评价土壤对酸雨敏感性的主要指标。土壤原有 pH 值也是决定土壤对酸雨敏感性的重要因素。Ulrich 等根据 pH 范围把土壤缓冲作用归为五类^[1]:

(1) 土壤 pH 6.2—8.0,属于碳酸盐缓冲范围。此范围内土壤盐基饱和度较高,缓冲性能强。

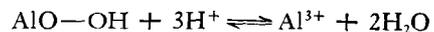


(2) 土壤 pH 5.0—6.2,属于硅酸盐缓冲范围。



(3) 土壤 pH 4.2—5.0,属于阳离子交换缓冲范围。通过离子交换途径置换出土壤颗粒上吸附的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 等阳离子。

(4) 土壤 pH 2.8—4.2,属于铝缓冲范围。



(5) 土壤 pH 低于 3.8,属于铁缓冲范围。

由此可以看出,当土壤酸化到一定程度,土壤颗粒上吸附的碱性阳离子如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等被 H^+ 置换出来,进入土壤溶液,随下渗

水淋溶到底层土壤,植物因而发生缺钙症,生产力下降。当 pH 继续下降,土壤中固定态铝不断地被释放出来进入土壤溶液成为活性铝。随着酸化的加剧,活性铝在土壤溶液中占据着重要地位,于是酸化土壤也就变成铝质土壤。

铝离子在溶液中也是以多种形态存在的。其形态受 pH 值影响,如表 1^[2]。

表 1 铝离子的水解反应

土壤溶液 pH 值	反应式
≤4.0-4.5	$Al^{3+} + H_2O \rightleftharpoons Al(OH)^{2+} + H^+$
4.5-5.5	$Al(OH)^{2+} + H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_2^+ + H^+$
5.5-7.5	$Al(OH)_2^+ + H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + H^+$

在碱性溶液中,单体羟基铝络离子会发生聚合反应生成一系列聚合羟基形态,如 $[Al_2(OH)_2(H_2O)_3]^{4+}$ 、 $[Al_6(OH)_{10}]^{8+}$ 、 $[Al_7(OH)_{15}]^{6+}$ 等。

可以说酸化土壤中铝的主要无机形态为 Al^{3+} 、 $Al(OH)^{2+}$ 和 $Al(OH)_2^+$ 。另外,当土壤中存在 F^- 、 SO_4^{2-} 时,会络合铝离子形成 $Al-F$ 、 $Al-SO_4$,除无机阴离子外,许多天然的有机配位体如腐殖酸、多酚类也具有络合土壤中铝的作用。

二、铝的植物毒性

1. 铝的形态与毒性

如前所述,铝在土壤溶液中的形态随 pH 值的变化而不同。这些不同形态的铝对植物毒性如何?这方面已做的研究工作结果不很一致。

有人曾报道聚合羟基形态铝毒性较大。Wagatsuma 等也持这一观点,他发现聚合羟基形态铝处理的燕麦苗,根的生长明显受抑制,而单体态铝处理的,未出现可见症状^[3]。但大多数研究者都认为单体态铝离子比聚合羟基形态铝毒性大。Blamey 等发现,向铝溶液中加入 OH^- 和磷,聚合羟基形态铝浓度增

大,对大豆根生长抑制程度有所改善,表明铝的毒性减弱,因此认为 Al^{3+} 、 $Al(OH)^{2+}$ 比聚合羟基形态铝的毒性大^[4]。单体态铝包括 Al^{3+} 、 $Al-SO_4$ 、 $Al-F$ 和单体羟基形态铝络离子等,其相对毒性也有差异。最初一般认为 Al^{3+} 毒性较高,后来大多认为铝的水解产物比 Al^{3+} 更有毒。Alva 等用四种植物材料做实验,研究根伸长与单体态铝毒性的关系,明显地看出 $Al(OH)_2^+$ 和 $Al(OH)^{2+}$ 毒性较大(如表 2)^[5]。同年 Alva 及其同事再次用大豆为材料,实验结果表明大豆根伸长的长度与 $Al(OH)^{2+}$ 最为密切^[6]。

表 2 根长度(y)与单体态铝活度(x)的相关系数(R^2)*

单体态铝	大豆 (soybean) n = 80	三叶草 (subterranean clover) n = 80	紫花苜蓿 (alfalfa) n = 60	向日葵 (sunflower) n = 80
Al^{3+}	0.38	0.35	0.17	0.43
$Al(OH)^{2+}$	0.77	0.65	0.36	0.69
$Al(OH)_2^+$	0.81	0.70	0.51	0.76
$Al(OH)_3$	0.65	0.58	0.33	0.70
$AlSO_4^+$	0.42	0.45	0.25	0.51
$\Sigma_{Al mono}$	0.84	0.64	0.36	0.71

* 由非线性方程 $y = a + b \exp(-cx)$ 决定。

关于 $Al-F$ 、 $Al-SO_4$ 复合物的毒性,研究的结果比较一致。Cameron 等的实验结果表明其毒性极小,他向铝溶液中加入 F^- 、 SO_4^{2-} 的量越多,大麦幼苗根生长越好^[7]。Tanaka 等也比较了 Al^{3+} 、 $Al-SO_4$ 、 $Al-F$ 毒性,发现 $Al-SO_4$ 、 $Al-F$ 复合物毒性远比 Al^{3+} 毒性小^[8]。

综上所述,铝的形态与植物毒性的关系仍无定论。这可能是目前铝的形态分析方法还不成熟的缘故^[9]。另外,其他离子的存在,土壤 pH 值及植物种类都会影响铝的毒性。

2. 植物对铝的敏感性

不同植物对铝的敏感程度不同。大多数植物不能生长在铝质土壤中,即使很低浓度的铝也会产生毒害作用。有人曾报道 0.5ppm

铝离子就会对溶液培养中水稻幼苗根的伸长产生抑制作用,浓度愈高,抑制程度愈大。这类敏感植物较多,主要种类列于表 3。

表 3 铝敏感植物

植 物	文 献
玉米 (<i>Zea mays</i> L.)	Fageria, 1988 ^[2]
燕麦 (<i>Avena sativa</i> L.)	Wagatsuma, 1987 ^[3]
黄瓜 (<i>Cucumis sativa</i> L.)	Wagatsuma, 1987 ^[3]
花生 (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	Wagatsuma, 1987 ^[3]
大豆 (<i>Glycine max</i> L.)	Blamey, 1983 ^[4]
咖啡 (<i>Coffea Arabica</i> L.)	Blamey, 1983 ^[4]
向日葵 (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Blamey, 1983 ^[4]
紫花苜蓿 (<i>Medicago sativa</i> L.)	Blamey, 1983 ^[4]
三叶草 (<i>Trifolium subterraneum</i> L.)	Blamey, 1983 ^[4]
大麦 (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Cameron, 1986 ^[7]
棉花 (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	Cameron, 1986 ^[7]
小麦 (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Kinraide, 1987 ^[10]
黄松 (<i>Pinus ponderosa</i> laws.)	McCull, 1987 ^[11]
兰伯氏松 (<i>Pinus lambertiana</i> Dougl.)	McCull, 1987 ^[11]

有些植物对铝具有耐受性。目前比较肯定的耐铝种类有茶叶 (*Thea sinensis*)、稻 (*Oryza sativa* L.)、杜鹃花 (*Azalea* sp.)、曼陀罗 (*Datura* sp.)、挪威云杉 (*Picea obies*)、黑麦 (*Secale cereale*)、越桔 (*Vaccinium* sp.)、橡胶 (*Hevea braniliensis*) 等。此外,大麦、小麦、高粱类也有一些品种耐铝。这些植物能在酸性铝质土壤中良好地生长发育,是由于具有一系列内部调节机制,如磷酸酶活性高,能有效地吸收有机和无机磷;有便于磷、钙吸收和运输的结构;能降低根细胞原质质的粘滞性,增加盐类的透过,阻止根部过多吸收铝,等等^[2]。

3. 植物对铝的吸收运输及体内分布

有人曾用呼吸抑制剂 2, 4-二硝基苯酚研究细胞吸收铝的过程,得出的结论是细胞对铝的吸收不是主动过程,而是被动扩散过程。因此认为铝吸收过程中的代谢作用主要是为了保持膜的结构完整。

被根吸收的铝在植物体内如何分布? Anders Göransson 等通过植物组织分析发现 95% 的铝积累在根部,运输到地上部分的极少^[12]。根部分布也有差异。Wagatsuma 等发现根尖部分铝积累最多,其次是伸长区^[3]。有人曾用染色法发现小麦根吸收的铝主要留在根尖的表皮及皮层,内皮层也有少量存在。Matsumoto 等进一步用 X-射线电子探针技术观察发现进入表皮和皮层细胞中的铝,又主要集中在细胞核和细胞质中^[13]。

4. 植物铝毒症状

不同植物受铝的伤害症状不一样,一般会出以下症状:

从整体水平上说,植物生长受到抑制,生产力下降。在某些植物中,出现缺磷症状:叶老化,叶脉变紫红,叶尖发黄坏死。一些植物中,出现缺钙症状:幼叶卷曲,生长点萎缩。铝对根的伤害更为严重,主根变得粗短,根尖变褐,侧根减少甚至消失。

三、影响铝毒性的外界因素

影响铝毒性的因素很多,这里介绍三个主要的因素,即磷、钙和有机质。

1. 铝与磷的结合

早在 1943 年就有人提出铝-磷沉淀理论。一些受铝伤害的植物中,往往在铝含量高的部位磷的含量也高,还发现用高浓度铝处理,植物根部铝含量远大于地上部分,磷也表现出同样趋势,且根中磷含量随铝积累量增大而增大。Arp 等也观察到这一现象^[14]。后来又有人用扫描电镜观察铝处理的大麦根,也证实了细胞内有铝-磷沉淀颗粒。

在细胞内,铝可与核酸中的磷及膜脂中的磷结合,从而抑制细胞分裂和破坏膜功能^[13]。

2. 铝与钙的拮抗

已有大量报道,铝能降低植物对钙的吸收和运输,导致缺钙症。有人观察到生长在加铝(20 倍于对照)土壤上的花生的地上部

分钙含量只相当于对照的 1/4。Arp 等工作也表明提高培养液中铝的浓度,云杉根中钙含量减少,而加入草酸盐后,则根中钙含量显著增大^[44]。反过来,钙也能缓解铝的毒性,铝与钙之间呈拮抗关系。Alva 等向铝处理的溶液中加入较多的钙离子,发现三叶草根的生长明显好转^[6]。

在细胞内,铝与钙之间的相互作用已有假说提出。有人曾认为铝竞争性地取代了钙结合位点,使受钙调节的酶无法实现其功能。后来 Kinraide 等认为铝并非取代钙结合位点,而是占据其他位点改变生物大分子的结构,从而表现出毒性^[10]。

3. 铝与有机质的螯合

有人于 1935 年就报道过土壤中某些有机质可以和铝螯合。螯合方式及结构现在也已有所了解,如一些有机酸(二羧酸、三羧酸)具有特殊功能基团(β -OH),可以和铝螯合成稳定的五环、六环结构^[11]。铝与有机质形成螯合物后毒性减弱,这一原理可用于铝质土壤改良。

四、铝的毒理

关于铝对植物毒害的机理已有一些探讨,现介绍其中部分研究结果。

1. 铝对生物膜的作用

有人认为铝的原初作用位点可能在生物膜上, Al^{3+} 可以和生物膜磷脂结合,进而改变脂质相变温度,影响膜的结构稳定性。Suha-ya 等从玉米根中分离出质膜微粒,用铝离子处理后发现 Mg^{2+} -ATP 酶活性下降,这可能就是铝使质膜结构遭到破坏的缘故^[15]。Wagatsuma 等的实验研究也表明铝可以影响生物膜的结构和功能^[3]。

2. 铝对钙调素(Calmodulin)的作用

钙调素是一种存在于所有真核细胞内的多功能代谢调节蛋白质,被认为是代谢调节“综合剂”。钙调素与钙结合成为 Ca^{2+} -CaM 复合物后才具生物活性,它对代谢调节是通

过对靶酶激活而实现的。Siegel 等首次指出铝可以改变钙调素结构并对其功能产生影响,并用实验证明了 Al^{3+} 抑制了受钙调素激活的原生质膜 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATP 酶活性,并破坏了与之有关的膜电势的维持。当 Al/CaM 摩尔比为 3:1 时,ATP 酶活性被抑制了 95%^[16]。郝鲁宁等向叶绿体 Ca^{2+} -ATP 酶反应系统中,在外源钙调素存在下,加入 $AlCl_3$,明显降低钙调素对 Ca^{2+} -ATP 酶的激活作用^[17]。这进一步证实了铝与钙调素相互作用而使其功能受到影响。

3. 铝对 DNA 的作用

越来越多的证据表明铝直接或间接地影响 DNA 的结构和功能。有人用分子筛色谱分析得出 Al^{3+} 优先与核酸中 DNA 结合,增加 DNA 双螺旋稳定性,从而阻止 DNA 复制。Matsumoto 等也用分子筛色谱分析得出这一结论^[13]。从铝处理的豌豆根细胞中提取核酸,通过 Sephadex G-200 柱、检测紫外吸收峰,结果第一峰为 DNA 的,第二峰为 RNA 的。通过计算铝与紫外吸收值的比例也表明铝与 DNA 优先结合。后来,Matsumoto 等又用豌豆根为材料研究铝处理后染色质的变化,发现染色质的模板活性大大降低^[18]。通过测定染色质吸收光谱,推测其结构发生了变化。染色质浓缩到一起,复制不能进行,从而阻止细胞分裂。这样结构的改变就是铝与 DNA 中磷结合的缘故。Matsumoto 根据自己多年的研究工作,提出了铝抑制 DNA 转录为 RNA 过程的可能模型(图 1)。

4. 铝对 ATP 的作用

Karlik 等证实了在溶液中 Al^{3+} 可以与 ATP 形成 Al-ATP 复合物,由此推测植物细胞代谢过程中(如糖代谢中糖的磷酸化)ATP 的利用受到了铝的抑制,进而影响植物生长^[19]。Preffer 的实验研究也证明了铝能与 ATP 结合^[20]。

综上所述,铝的植物毒性的实质在于铝与生物大分子的强络合作用。

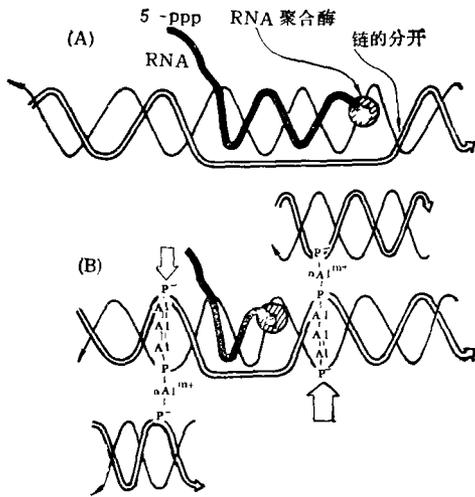


图1 铝抑制 DNA 转录为 RNA 过程的可能模型^[18]

(A). 正常转录, DNA 双链被打开, 有意义链作为模板 (B). 铝存在下转录被抑制情况. 两链由于 $Al=Al=Al$ 与磷酸基团紧密结合, 不能正常打开, 且通过 nAl^{m+} 将染色质丝浓缩到一起, 导致转录受阻. (nAl^{m+} 中 n, m 变化依赖于 pH、温度等)

五、铝质土壤的改良

土壤酸化引起的营养成分淋失和铝的活化已严重威胁着世界许多地区森林的生长。据 1986 年统计, 欧洲约有 12.9% 面积的森林面临衰亡, Ulrich 等认为土壤酸化是其中一个重要的危害因素^[1]。另外土壤酸化对农田和水体造成包括铝毒在内的潜在危害也日益引起全世界的关注。对此采取的预防及改良措施已提上日程。

Kinraide 等认为缓解铝毒的有效措施有两类^[10]。第一类就是加入能与铝结合的配位体(如磷酸盐、氟离子或有机质等)。这类处理比较有效, 因为它直接降低了毒性铝的浓度。另一类就是阳离子改良 (Cation Amelioration)。这类处理不是减小浓度, 而是通过增加环境中离子强度, 降低毒性铝的活性。这些阳离子还能直接产生效应, 与铝竞争结合位点。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 就是较好的阳离子改良剂。

阳离子改良主要适用于实验室中的溶液培养。大面积铝质土壤改良目前较为普遍的方法是施石灰, 它能提高土壤 pH 值, 减少交换性铝。施有机肥也是常用的措施, 它能将铝螯合成复合物, 毒性降低。有人进一步研究发现在较高含量的有机质存在下, 施用石灰的效果会更好些。

选育耐铝品种也是一种对策。目前也有一些国家如日本、澳大利亚在这方面进行了一些研究, 并取得了一定的进展。

六、结束语

铝是限制酸化土壤中植物生长的一个重要因素, 这一点正日益为人们所重视, 并进行了不少研究。但这方面仍有许多问题有待探讨。由于铝的化学反应及其形态转化十分复杂, 迄今对铝的化学行为仍不十分清楚, 尤其对溶液中铝的形态还缺乏系统、简便而可靠的分析测定方法。铝在植物体内的存在状况及其迁移转化规律仍了解不多。在铝的形态与植物毒性的关系研究方面也有待深入。此外, 切实可行且经济有效的铝质土壤改良措施也是一个亟待解决的重要问题。

参 考 文 献

- [1] Ulrich, B and Panbrath, J., *Effects of Accumulation Air Pollutants in Forest Ecosystems*, pp 331—342, by D. Reided Publishing Company, 1983.
- [2] Fagcra, N. K. et al., *J. Plant Nutr.*, 11(2), 303 (1988).
- [3] Wagatsuma, T. et al., *Soil Sci. Plant Nutr.*, 33(2), 176 (1987).
- [4] Blamey, F. P. C. et al., *Soil Science*, 136(4), 197 (1983).
- [5] Alva, A. K. et al., *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 133 (1986).
- [6] *ibid.*, 959 (1986).
- [7] Cameron, R. S. et al., *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 1231 (1986).
- [8] Tanaka, A. et al., *Soil Sci. Plant Nutr.*, 33, 43 (1987).
- [9] Wright, R. J. et al., *Soil Science*, 143(5), 341 (1987).
- [10] Kinraide, T. B. et al., *Plant Physiol.*, 83, 546 (1987).

[11] McColf, J. G. et al., *Water Air Soil Pollut.*, **31**, 917 (1986).
 [12] Anders Goransson. *Physiol. Plantarum*, **69**, 193 (1987)
 [13] Matsumoto, H. et al., *Plant & Cell Physiol.*, **17**(2), 127 (1976).
 [14] Arp, P. A. et al., *Water Air Soil Pollut.*, **31**, 367 (1986).
 [15] Suhayda, C. G., *Plant Physiol.*, **68**(2), 189 (1986).
 [16] Siegel, N. et al., *Plant Physiol.*, **59**, 285 (1986).
 [17] 郝鲁宁等, *植物学报*, **31**(11), 847(1989).
 [18] Matsumoto, H. et al., *Plant & Cell Physiol.*, **21**(6), 951 (1980).
 [19] Karlik, S. J. et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **105**(3), 602 (1983).
 [20] Preffer, P. E., *Plant Physiol.*, **88**, 77(1986).

(收稿日期: 1989年12月17日)

“白水”回收治理工程的企业经济评价

王梓文 刘珍祥 李良能
 (西安市环保研究所) (西安电子科技大学)

摘要 论述造纸工业中废水处理工程投资的经济评价,介绍了经济分析的理论、方法及评价指标体系的计算。通过对“白水”回收治理工程的经济分析表明,该回收工程具有良好的经济效益。

关键词: 经济效益;白水回收;废水处理;收益率。

造纸工业的“白水”治理工程项目,既有良好的社会效益又有较好的企业经济效益。其中社会效益主要表现为环境质量改善、渔业牧业得到发展、人民健康水平提高等,这些虽然难以用货币来衡量,但其效果和潜在效益是巨大的、长远的。本文主要从企业角度出发,评价白水回收治理工程的企业经济效益,这是企业规划发展项目和投资决策的主要依据。

文中所述方法对其他工业废水治理工程的经济效益分析也具有一定参考意义。

一、治理成本估计

某厂白水回收治理系统,共处理五个纸机所排放的白水,包括白水净化、回收及纸浆回收三个部份。治理工程采用混凝-气浮法,工艺流程如图 1 所示。

主要构筑物容积为:白水池 30m³;混凝池 40m³;气浮池 150m³;清水池 100m³;浮浆池 20m³。

该治理投资项目的建设期预计为 2 年,

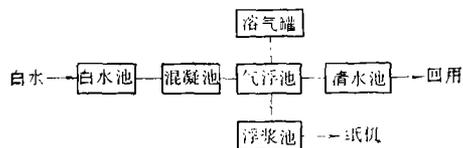


图 1 白水治理工艺流程

总寿命期为 20 年。项目建成后,日处理白水能力为 2450 吨(最大处理能力为 4500 吨),并以此最低处理能力为评价依据。每天可回收纸浆 1.67 吨,每年回收 499.8 吨(每年按 300 天计),根据厂方资料,每吨纸浆可再生低档有光纸 0.8 吨,有光纸售价为 2830 元/吨,故回收纸浆的年收入为 113.13 万元。

治理回收项目在正常使用期,每年估计原材料及药剂费用为 48.15 万元,能源及动力费用为 5.6 万元,管理费用为 3.8 万元,人员工资为 1.16 万元,固定资产年平均折旧费为 3.58 万元,年贷款利息支出为 6.80 万元,税金年支出为 13.12 万元,故正常投产年的总成本估计为 62.29 万元,如表 1 所示。

In this study a pilot upflow anaerobic sludge blanket reactor of capacity of 6.7 m³ was used at ambient temperature (about 20°C) to treat brewery wastewater (the influent COD concentration was about 2400 mg/L).

Seed sludge was obtained from an Imhoff tank. By controlling the operation conditions granular sludge was well formed. A volumetric COD loading up to 10–13 kg/m³·d was achieved with more than 85% removal of COD.

Key Words: upflow anaerobic sludge blanket reactor, ambient digestion, sludge granulation, brewery wastewater.

An Experimental Study on Desulfurization of Pulverized Coal Firing by Magnetic Separation.

Wu Shibing, Zhang Hengjian, Zhang Sijing (Xuzhou Municipal Institute of Environmental Protection, Jiangsu Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 25–28

Desulfurization of pulverized coal firing by magnetic separation is one of important methods that remove SO₂ from firing coal. The key technology of desulfurization is to apply appropriately a high-gradient magnetic separator. The authors first completed the experiments in China during 1987–1989. The paper introduces briefly the technological process and results.

Key Words: desulfurization, pulverized coal firing, magnetic separation.

Investigation of Organic Pollutants in the Songhuajiang River Basin.

Xu Zhiyi, Gao Yifei, Cao Shuying, He Zunshi, Jia Yiqun (Changchun Institute of Applied Chemistry, Academia Sinica): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 29–31.

The organic pollutants in the Songhuajiang River basin have been analyzed with GC, GC/MS, HPLC and TIC methods, water samples were treated in situ for GC/MS and HPLC and treated in the laboratories for GC and TIC. The samples were collected in winter and summer. 152 organic compounds were detected out. Among them, 19% were PAHs, 14% were chlorocompounds, 13% aromatic compounds and 54% others. Most of the organic compounds polluting some sections of the River have been found from the analytical results.

Key Words: organic pollutants, the Songhuajiang River basin.

Determination of Chemical Oxygen Demand without Using Mercury Salts.

Han Xiangkui, Yao Xiuqin, Liu Ying (Jilin Colle-

ge of Architectural and Civil Engineering, Jilin): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 32–34

This method is based on the principle that potassium dichromate and chlorine (Cl₂) can be quantitatively determined. An absorber was used to absorb Cl₂ that was the product of what dichromate oxidated. Then iodimetry was used to determined the residual chlorine, of which the equivalent numbers were subtracted from the equivalent numbers of the dichromate consumed. Thus the interference of chloride was eliminated. The result showed that the method was of higher accuracy and precision and reproducibility of results covered a wide range of chloride concentrations.

Key Words: Chemical Oxygen Demand, determination, without mercury salts.

Conservation of Soil Resources in the Scenic Regions of the Huanshan Mountain, Jiuhuashan Mountain and the Tianzhushan Mountain.

Chen Conghong (The Agriculture-Animal Husbandry-Fishery Department of Anhui Province, Hefei): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 35–40.

The author has made a survey of soil resources in the three famous scenic mountains, and found that soil resources are getting deteriorative there, facing a potential crisis. Its anthropocentric causes are mainly due to soil erosion aggravated by over-cultivation, construction of highway and tourist facilities as well as excessive numbers of tourists so that soil and the environment in the landscape regions burden with heavy pressure. The article presents some measurements to preserve the landscape soil, such as speeding up greening barren hills, moderate utilization of landscape resources, development of soil amelioration in the regions, development of local special products, strengthening eco-environmental protection around the regions etc.

Key Words: conservation, soil erosion, scenic mountain.

Aluminum in Acidic Soils and Its Phytotoxicity.

Tian Rensheng, Liu Houtian (Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 41–46.

Made in this paper is a general review on following topics: (1) factors of soil acidification and process of aluminum activation; (2) the symptoms of Al-injured plants, the resistance of plants to aluminum and the relationship between aluminum speciation and phytotoxicity; (3) the external factors affecting aluminum toxicity expression, such as P, Ca and organic matter; and (4) some mechanism of Al phytotoxicity relating to biomembrane,

Calmodulin DNA and ATP. Finally, some ameliorative measurements of Al-toxic soils have also been discussed.

Wey Kords: aluminum, soil acidification, aluminum speciation, phytotoxicity, amelioration of Al-toxic soils.

An Economic Evaluation of A White-Water Recovery Project in the Papermaking Mill.

Wang Zhewen, Liu Zengxiang (Xi'an Municipal Institute of Environmental Protection, Shanxi Province); Li Liangneng (Xi'an University of Electronic Technology): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 46—49.

The paper deals with economic evaluation of investment in a white-water recovery project. The theory and approaches in calculation and target system of evaluation in economic analysis have been discussed. The result shows that economic benefit can be achieved in the project.

Key Words: economic evaluation, recovery of white water, economic benefit.

Analysis of the Characteristics of Regional Ecological-Economic System in Dali Autonomous Prefecture, Yunnan Province.

Du Baoquan (Dali Autonomous Prefectural Bureau of Environmental Protection, Yunnan Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 50—54.

The author has analyzed the dynamic relations among the subsystems of population, resources, economy and environment with a view to the regional ecological-economic system in Dali Autonomous Prefecture, southwest China. The economy in the region has been developing rapidly since 1949, however, the ecological system is deteriorated so seriously that it will affect sustained development of economy. The author proposes that a strategy for controlling the deterioration should be taken such as birth control, conservation of forest, adjustment of economic structure and control of environmental pollution.

Key Words: ecological-economic system, characteristics, southwest China.

A Review on the Researches of Enzyme in Activated Sludge System.

Xu Xiaolu, Sen Xiuyin, Jiang Jinqin (Department of Geography, Zhejiang Normal University, Jinhua City): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 54—58.

Reviewed in this article are the current studies abroad on enzyme in raw domestic sewage, sludge of septic tank, activated sludge, the bacteria and protozoa that play significant role during sewage treatment. In the

process of hydrolysis and decomposition of organic matter, the bacteria practically play the exclusive role, while the protozoa act on flocculation and oxidation in sludge. This article also describes the relationship of enzymatic activities in activated sludge and quality of effluent. Toxic matter such as heavy metals will inhibit enzymatic activities because heavy ions associate with mercapto(-SH). **Key Words:** domestic sewage, activated sludge, enzyme, bacteria, protozoa.

Ocean Oil-slick Movement under the Influence of Wind.

Miao Lutian (Institute of Environmental Engineering, Port Office of Qingdao): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 58—61.

The relationship between the advection of oil slick on the sea surface and the wind speed has been studied in this paper. An approximate formula used in calculation of ratio of the wind-driven currents to the wind speeds is derived itself from consideration of the balance between the turbulent shear stresses on the air-sea interface. Combining the field observation and the wind-tunnel experiments in the laboratory, it is established that the wind factor, i.e. the ratio of wind-driven currents to the wind speeds, is roughly 1.6—3.5%. The results obtained in this paper are available to the projects and techniques for controlling an oil spill and recovering the oil after an oil spill.

Key Words: ocean, oil-slick movement, wind.

Assessment of Environmental Quality in A Region Supported by Software PURSIS of Geographic Information System (GIS).

Ren Jinsong (Center of Environmental Center, Peking University, Beijing); Ren Fuhu (Institute of Remote Sensing, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(6), 1990, pp. 62—67

In this paper, a fresh attempt has been made in evaluating environmental quality of a region by GIS-PURSIS. The authors have designed an expansion method with scattering point insertion or tendency-plane simulation instead of what the conventional method emphasizes the data of monitoring points, applies them to spatial assessment, then graphs the distribution of pollutant concentrations on maps. The new method has been applied to assessment of environmental quality in Meizhou Bay, Fujian Province, and a scientific and practical result has been achieved.

Key Words: Spatial assessment of environmental quality, geographic information system, Meizhou Bay.