

有 6—7 T. U., 表明温泉水为深层地下水, 没有受到浅层或地表水的影响。

参 考 文 献

- [1] 章申, 于维新, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告 (1966—1968) (自然地理), 102—103 页, 科学出版

- 社, 1975 年.
[2] 章申, 吴紫旺, 希夏邦马峰地区科学考察报告, 92—97 页, 科学出版社, 1982 年.
[3] 王平, 环境科学, 6(3), 65—69(1985).
[4] Wang Ping (王平), *Annals of Glaciology*, (7) pp. 94—99, International Glaciological Society, 1985.
[5] Mayewski, J. *Glaciology*, 32(112), 542(1986).

模拟酸雨对土壤酶活性的影响

吴杰民 许加宁* 吴顺志* 施勤富*

(浙江农业大学环保系)

据近年国内文献报道, 我国酸雨形势颇值得注目。地处华东沿海潜在酸雨区的浙江省, 1983 年至 1986 年全省酸雨样点占总样点 (9369 个, 其中雪样 253 个) 34.5%, 酸雨覆盖区也由浙北逐渐向浙南扩展。特别是作为我国重点旅游城市的杭州市, 1983 年 2 月至 1985 年 2 月酸雨样点占总雨水样点数 (320 个) 比例竟高达 82%, pH 最低检出值为 3.42, 成为我国长江以南酸雨频率最高 (仅次于重庆、贵阳市) 的沿海城市***。面对这一形势, 研究酸雨对浙江省环境生态的影响实属必要。本文就 1985—1986 年人工模拟酸雨淋洗对本省两种土壤中的三种酶 (磷酸酯酶、脲酶、转化酶) 活性影响的研究作简要归纳。

一、材料和方法

供试土样: 为我省分布面积较大的低丘坡地红壤 (采自浙南金华市郊双龙洞石灰岩坡地, 俗称油红泥) 和杭嘉湖平原南端浅海沉积母质发育的粉质潮土 (采自本校华家池校园, 俗称小粉土), 理化性状如表 1。

人工模拟酸雨: 先制备 0.05mol/LH₂SO₄ 和 0.1mol/LHCl, 并以两者体积比 10:1 混合成酸母液, 在一定体积蒸馏水中加入适量酸

母液配制成 pH 3.5、4.5 硫酸型酸雨。为使模拟酸雨更符合天然降雨组分, 参照国外学者 Gore 的推荐值^[1], 加入 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 等微量电解质。

按设计要求, 在盛装上述两种供试土壤的塑料圆柱筒内每隔一定周期 (2—3 天) 添加等量 (相当于一次 20mm 降雨量) 不同酸度模拟酸雨, 并于加入数次酸雨后分层分析土壤中三种酶活性和其它有关项目。试验持续时间均为 30d 左右。

土壤酶测定方法: 均用分光光度计比色法测定。其中磷酸酯酶用对硝基苯磷酸钠法, 脲酶用奈氏比色法, 转化酶用磷钼酸比色法^[2]。酶活性以每 g 干土恒温 (37℃) 培养 1h 后与底物反应释出的反应产物的 μg (或 mg) 数表示。

二、结 果

(一) 酶活性在土壤剖面内的垂直分布

土壤酶主要来源于土壤微生物的生命活动, 其次, 植物根系除释放胞外酶外, 根系分

* 环保系 1981、1982 级同学

** 李柱国, 浙江省酸雨的时定分布、成因和发展趋势 (1987)。

*** 杭州市气象台、浙江省环保站, 杭州市酸雨与气象条件初探 (1986)

表 1 供试土壤理化性状

土壤类型	深度 (cm)	pH	有机质 (%)	0.01—0.05 mm 粉粒(%)	<0.001mm 粘粒(%)	阳离子交换量 ($\times 10^{-3}$ mol/ 100g)	盐基饱和度 (%)
金华油红泥	0—15	4.70	2.27	27.26	18.19	18.07—19.70*	68.46—98.70*
	15—30	4.65	1.40	25.45	18.95		
华家池小粉土	0—15	6.20	1.26	50.13	3.20	12.09	
	15—30	5.85	0.99	68.00	3.31		

* 参考杭州地区石灰岩发育油红泥分析资料

表 2 供试土壤酶活性背景值垂直分布

土 壤	深 度 (cm)	磷酸酯酶 ($\mu\text{g PNP/g}\cdot\text{hr}$)	脲 酶 ($\mu\text{g NH}_3\text{—N/g}\cdot\text{hr}$)	转化酶 ($\mu\text{g 还原糖/g}\cdot\text{hr}$)
华家池小粉土	0—15	145.16	26.85	/
	15—30	106.98	10.88	/
金华油红泥	0—15	215.76	21.89	340.6
	15—30	171.89	11.89	96.6

泌物和根系组织(根毛、表皮等)脱落物腐解,有利于微生物增殖,因此也可增加土壤酶活性。简言之,土壤有机质含量越多,微生物活动越旺盛,土壤酶活性也越高。两种供试土壤模拟酸雨淋洗前后有机质含量较高的表土(0—15 cm)三种酶活性均显著高于亚表土(15—30 cm),金华油红泥淋洗前转化酶活性前者较后者高两倍多。

金华油红泥在 pH 3.5 强酸性模拟酸雨累计淋洗量为 200mm 条件下,有机质含量减少 10% 左右,显然并非是由于微生物活动或矿质化分解所致,而是因浙南金衢盆地红壤腐殖质组分中以酸碱皆溶的富里酸为主(据三个地区样品分析资料,土壤腐殖质组分中富里酸与胡敏酸含量比值为 1.56—2.63),酸雨淋溶导致有机质的酸溶损失,也是造成某些酶类活性降低的因素之一。

(二) 土壤磷酸酯酶活性动态

磷酸酯酶的主要功能是将土壤中的有机磷养分转化为无机磷,改善和提高土壤有效态磷含量。

本次供试土壤属酸性和微酸性反应,似

以酸性磷酸酯酶形态存在为主,据文献报道,其最适 pH 范围为 4—6。实验结果表明(图 1),两种土壤磷酸酯酶活性对酸雨的敏感程度不一。微酸性小粉土在 pH 3.5 酸雨淋溶过程中,其活性由初始的抑制效应转为而后的轻度刺激效应。而 pH 4.5 酸雨在同等淋洗条件下磷酸酯酶活性变化规律虽与此相似,但绝对值较 pH 3.5 处理组略高。酸性油红泥则不同,上述两种 pH 系列酸雨淋溶后磷酸酯酶活性不仅变化剧烈,且抑制、激活效应交替出现,似缺少明显的规律性。但两种 pH 酸雨淋洗后酶活性变化同步,多数情况下酶活性绝对值 pH 3.5 处理反而高于 pH 4.5 处理。可见供试小粉土磷酸酯酶对 pH 3.5 强酸性酸雨敏感性高于 pH 4.5 酸雨,而油红泥则大体上相反。相对而言,酸性油红泥中磷酸酯酶似乎更适宜于在 pH 较低的环境下存在,而近中性反应的小粉土磷酸酯酶对 pH 3.5 酸雨的忍耐性则弱于 pH 4.5 酸雨。

(三) 土壤脲酶活性动态

土壤脲酶的主要功能是水解施入农田土壤中的尿素氮肥,在土壤氮循环中起重要作用。

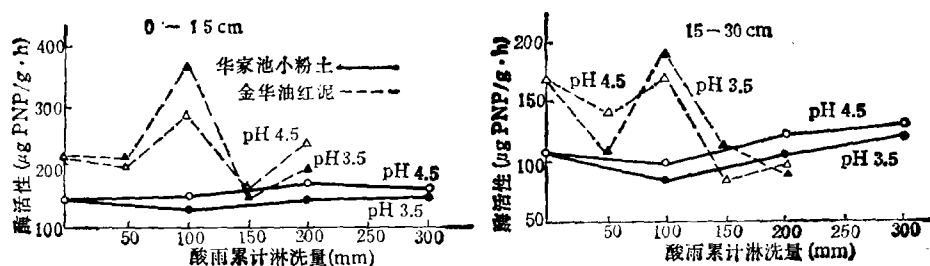


图 1 模拟酸雨淋溶后磷酸酯酶活性动态

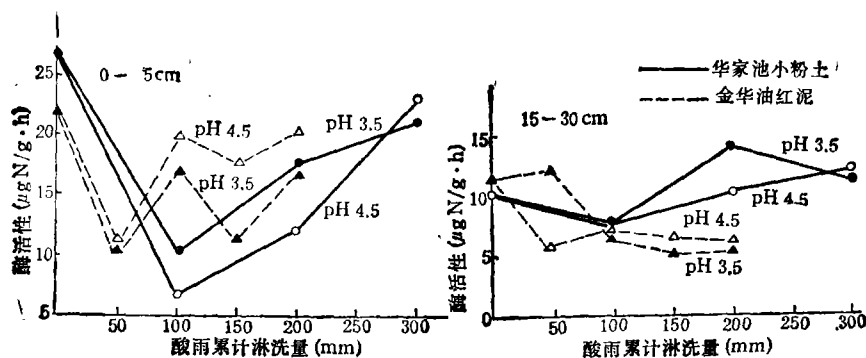


图 2 模拟酸雨淋溶后脲酶活性动态

用。土壤脲酶最适 pH 范围为 6.5—7.0, 过酸、过碱均易钝化或失活。

试验表明,两种 pH 模拟酸雨淋洗后,微酸性小粉土脲酶活性初始阶段受明显抑制,随着淋洗量的增加,活性又有不同程度恢复,但 0—15cm 表土淋洗量达 300mm 时脲酶活性仍低于淋洗前水平。酸性油红泥脲酶活性动态与小粉土近似,都经历着先抑制后恢复的变化过程,但在酸雨累计淋洗总量为 200 mm 条件下,表土、亚表土脲酶活性始终低于淋洗前水平。出现上述现象,可能和土壤脲酶活性与土壤 pH 之间不存在相关性有关,这已为某些研究结果所证实^[4]。

(四) 土壤转化酶活性动态

土壤转化酶是与土壤碳循环密切相关的酶类,能催化水解蔗糖(来自植物组织)为葡萄糖和果糖。转化酶可在 pH 较宽范围内存

在,最适 pH 范围为 4—5.5。

本次实验仅在金华酸性油红泥中进行。结果表明(图 3),两种模拟酸雨(pH 3.5、4.5)对土壤转化酶均有不同程度激活效果,但在淋溶实验全过程中,各处理组转化酶活性始终是蒸馏水对照处理(pH 6)组 > pH 4.5 酸雨处理组 > pH 3.5 酸雨处理组,表现出酸雨酸度越高,对转化酶激活的阻力也越大,在一定意义上可表征酸雨对土壤酶活性的抑制效应。

以蒸馏水对照处理(pH 6)淋洗后表土(0—15 cm)各次转化酶活值为 100%,算出 pH 3.5、4.5 酸雨淋洗后的酶活占对照百分数(相对酶活),作酸雨累计淋洗量(mm 水柱)与相对酶活的关系图(图 4),可以看出,随着酸雨加入量的增加和时间的延长,酸雨(特别是 pH 3.5 强酸性酸雨)对转化酶活性的抑制

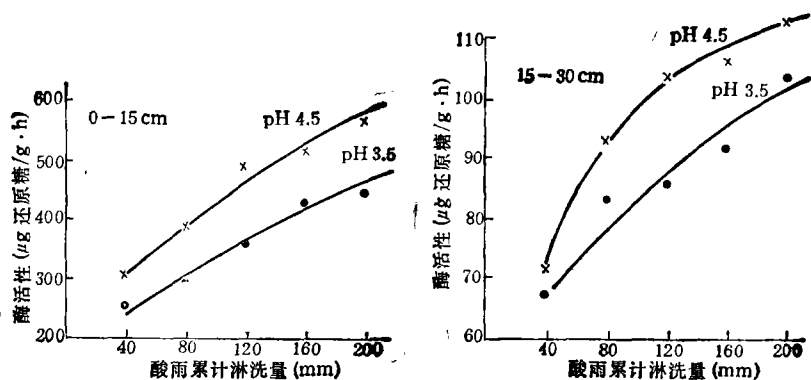


图 3 模拟酸雨淋溶后金华油红泥转化酶活性动态

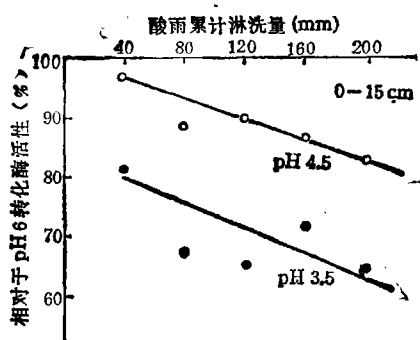


图 4 酸雨淋溶后转化酶相对活性(%)

效应随之增强。

三、讨 论

两种供试土壤从阳离子交换量或盐基饱和度(见表 1)看,在酸雨淋溶时间短,累计淋洗水量不大情况下,对酸的缓冲能力较强。土壤 pH 值测定结果也表明淋洗前后土壤酸碱度并无明显改变。土壤酶的载体物质中既有带正电荷或正电荷相对较多的组分(如金华油红泥中的铁、铝氧化物胶体和华家池小粉土中占粘粒矿物组分约 20% 的高岭石),也有带负电荷的组分(土壤有机质和少量蒙脱石类矿物)。因此酸雨淋溶后三种酶活性效应不一,或表现激活(转化酶),或表现先抑制、后活性不同程度恢复甚至超过淋洗前活性(磷酸酯酶、脲酶)等不同现象。美国学者 Bitton 等人对佛罗里达州酸性砂壤土淋洗实

验结果^[4]也指出,即使酸雨(pH 3.0 和 3.7)累计加入量高达 1500mm,与对照相比,土壤酶活性有的无明显改变(脱氢酶、磷酸酯酶和蛋白酶),有的反见增加(脲酶 pH 3.7 酸雨处理,蛋白酶 pH 3.0 酸雨处理),与我们的实验结果有些相似。

有的文献资料也指出,某些酶组分中含有微量重金属,介质氢离子浓度增高时,酶蛋白中微量金属离子被溶出,活性也会随之降低。例如 Dixon、Kobayashi 等已识别出脲酶和磷酸酯酶分别为含镍、含锌金属酶。Dixon 和 Pollacco 则进一步指出,105,000g 纯化脲酶中虽只含有 $2 \pm 0.3 \text{ mol}$ 镍,但对脲酶合成和尿素转化为氨的过程中却是必不可少的^[5]。在他们的实验中,脲酶在 pH 3.5 条件下酸化可使活性降低 36% (与 pH 7 比较),并认为微量镍的酸溶损失是脲酶失活的重要原因。

目前,酸雨淋溶对土壤酶活影响的中外文献报道较少。酸雨生态效应的研究有待进一步深入,这对于培育土壤肥力和改善农田环境质量等方面均有重要意义。

参 考 文 献

- [1] Wainwright, M. et al., 区域环境研究译文集, 120—122(1983).
- [2] 郑洪元等,土壤动态生物化学研究法, 208—209 页, 219—222 页, 256—257 页, 科学出版社, 1982 年.

- 【3】 关松荫等,土壤酶及其研究法, 127 页, 农业出版社, 北京, 1986 年。
- 【4】 Bitton, G. et al., *J. Environ. Qual.*, 14, 69—71 (1985).

- 【5】 Hutchinson, T. C., *Nickel Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*, Vol. I, N. W. Lepp, Ed., pp. 172—173, Applied Science Publishers Ltd, London, 1981.

厦门经济开发对滩涂环境的影响

倪 源 锐

(福建省环境监测中心站)

厦门海岸带资源十分丰富,过去由于缺乏认识,在经济开发中往往很少考虑对环境的影响,以致产生了一些不良后果。例如同安县西溪被拦截和多处海湾被围垦,使栖息刘五店附近珍贵的文昌鱼被迫移栖到靠近金門海域,造成每年经济损失约60万元^[1]。员当港原是优良避风港,1791年被围垦后每日流入3万多吨工业和生活污水不能入海净化,湖区鱼虾绝迹,野草蚊虫丛生,成为一个黑臭泻湖,几年来不得不花费巨额资金进行治理。

为了了解经济开发活动对滩涂环境的影响,1982年8月至1985年6月,福建省环境监测中心站与厦门市环保监测站协作,进行了调查。

一、经济开发概况

厦门是著名的海港风景城市,市区位于厦门岛的西南部。1956年建成了高集海堤,该岛成了半岛。杏林从1958年来开发成为纺织、化工、电力等新工业区。湖里区于1980年开辟为经济特区的工业区,现已初具规模。东渡一带近年兴建几座万吨级码头,大大增加了厦门港吞吐能力。滩涂面积29万亩已被围去一半。未围的滩涂主要作为牡蛎、缢蛏等水产养殖场。员当港被围垦,现逐渐开发为金融、电子、外贸等中心。据调查1983年厦门排放工业废水1582万吨,其中COD19000

吨,硫化物16.4吨,铬4.36吨,铜2.2吨,油类42吨。来往船舶(包括小型机动渔船和运输船)排放废油89.52吨。

二、调查分析方法

布设采样点48个(见图1),其中12个点调查水质、底质和生物,其余只调查底质。底质样品中4个点取0—50cm柱状样,其余均取0—2cm表层样。分别于丰水期和枯水期采水样和生物样。

样品采集、保存,处理和测试按《海洋污染调查暂行规范》。其中水样和生物样品(用HCl + HNO₃ + HClO₄消化)中重金属用原子吸收法测定。对底质(用HNO₃ + HF消化)用等离子发射光谱法测定。

三、结果与分析

(一) 水质状况

从表1可知,除丰水期杏林附近10号点铜含量超标外,其它污染物含量均未超标,说明水质尚好。

(二) 生物体残毒状况

从表2可知,除1983年个别牡蛎体中的DDT含量超标外,其余污染物含量均未超标,说明滩涂生物尚未受到污染。但1985年调查结果与1983年比较,牡蛎体中汞、铜、铅、锌的含量有所增加,显然是与近年特区工业