

研究简报

模拟酸雨对土壤金属离子的淋溶和植物有效性的影响

汪雅各 盛沛麟 袁大伟

(上海市农业科学院)

酸雨是当今最重要的环境问题之一。酸雨使森林枯萎、湖泊中鱼群减少和影响农作物生长。酸雨对土壤的影响中,最重要的是可能引起土壤 pH 和盐基饱和度的降低以及金属阳离子淋溶强度增大^[1,2],影响程度与土壤性质密切相关。酸雨的降落能由于土壤中离子代换作用的增强而加速离子淋溶,并造成养分损失、酸雨降落在重金属污染的土壤上可能使重金属离子淋溶加强,从而污染地下水。酸雨还能增加在酸化土壤上生长的食用作物中重金属的浓度^[3]。

本工作以实验室、温室试验报道模拟酸雨对土壤中金属离子的淋溶、土壤酸化及土壤中若干元素植物有效性的影响。

材 料 和 方 法

1. 供试土壤: 土壤采自上海彭浦地区, 属菜园灰潮土。该地土壤曾多年受到电镀废水为主的重金属污染。土壤中镉、锌、铅和铜的含量 (ppm) 分别为 6.75、534、38.8 和 254。土壤有机质 1.53%, 阳离子代换量 16.5 m.e/100g 土, pH7.9。

2. 试验方法: 将 1.3kg 通过 20 目筛孔的试验土壤装入底直径 10cm, 高 19cm 的聚乙烯圆柱内, 土层厚度 15cm。按年降雨量 3000mm, 调节淋溶速率为 14ml/h。模拟酸液用与上海地区自然雨水中化学成分相近的盐类组成。每升模拟酸液中所含的化学组分

为 K_2SO_4 3.14mg、 $(NH_4)_2SO_4$ 10.0mg、 $MgSO_4$ 5.0mg、 $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 16.5mg、 $CaCO_3$ 3.75mg 和 $NaOH$ 6.9 mg。用硫酸和硝酸的 mol 比为 3:1 的酸调节所需的酸度。试验设 pH5.6 (对照)、4.0、3.5、3.0 和 2.0 五个处理, 每一处理重复 4 次。模拟酸雨经土体由底部渗出, 连续淋溶 70d 后, 土柱置温室, 将青菜种子直播在经不同 pH 淋溶处理的土壤上。每土柱 6 棵, 播种 20d 后收获。期间, 用模拟酸液作灌溉水以满足植物生长需要。

3. 测定方法

1) 渗滤液: 原子吸收法测定 Ca、Mg、Mn、Cu、Zn、Pb 和 Cd。

2) 土壤: 玻璃电极法测定水土比 1:1 的土壤悬液 pH。用 DTPA (0.005mol)-TEA (0.1mol), 加 $CaCl_2$ (0.01mol), 调至 pH 7.3 提取土壤 (液土比为 2:1), 原子吸收法测定若干金属元素。

3) 植株: 青菜于收获后洗净, 70℃ 烘干磨细, 经 HNO_3-HClO_4 湿消化后用原子吸收法测定。

结 果 和 讨 论

1. 模拟酸雨对土壤中离子淋溶的影响

将 3000mm 不同 pH 值的处理液通过试验土壤后, 收集最末 1000ml 渗滤水, 测定渗滤水中 Ca、Mg、Mn、Zn、Cu、Pb 和 Cd 的含量。图 1 表明, 渗滤水中离子含量随酸度

增加而明显增加。pH 4.0 处理的酸液各种离子含量比 pH 5.6 的对照略有增加。一般,当处理液 pH 降至一定阈值时,离子的淋溶强度迅速增加^[4]。在本试验中一般在 pH 3.5 左右,增加速率与离子种类及土壤中离子浓度等因素有关。对受镉、锌污染的土壤,当 pH 3.5 的酸液通过 15cm 土体后已使渗滤液中镉含量增加了 1 倍多; pH 3.0 处理时,渗滤液中镉含量达 $5.5 \mu\text{g/L}$,超过了地面水质标准 ($5.0 \mu\text{g/L}$); pH 2.0 处理时,渗滤液中镉含量高达 $40 \mu\text{g/L}$ 。若用渗滤水中离子浓度的相对比值 (pH 2.0 浓度/pH 5.6 浓度) 来判断土壤中各种离子对酸雨的敏感性,其中 Zn 的相对比值为 250、Mn 38、Cd 29.6、Mg 3.57、Ca 3.16、Pb 3.3、Cu 1.18。由于供试土壤受到以 Zn 和 Cd 为主的污染,土壤胶体中 Zn 和 Cd 的吸收量较大,较易为氢离子所代换。虽然 Cu、Zn、Pb 和 Cd 都为二价金属离子,其相对淋出率 Cd 和 Zn 比 Cu 和 Pb 大得多。

通常,土壤中金属离子溶出量随淋洗液用量增加有增加的趋势,这在 pH 2.0 处理时尤为明显。实验反映出 pH 4.0 以上的酸雨通过重金属污染的土壤尚不至明显污染地下水,但可能增加某些离子的溶出。重金属污染土壤中离子的种类和浓度直接影响渗滤液中有关离子的含量。

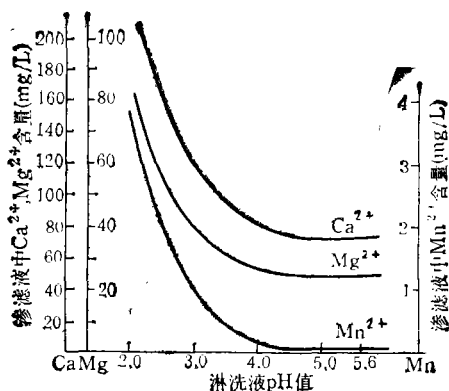


图 1(a) 经 3000mm 不同酸液淋洗对土壤中若干离子溶出的影响

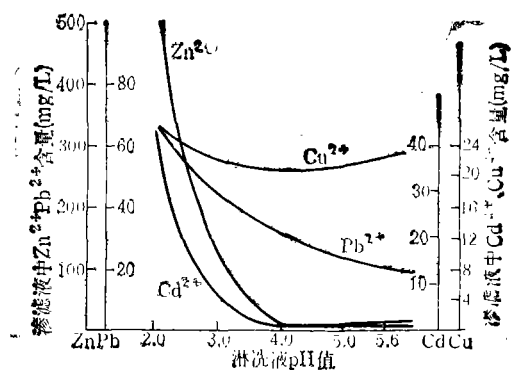


图 1(b) 经 3000mm 不同酸液淋洗对土壤中若干离子溶出的影响

2. 模拟酸雨对土壤 pH 值的影响

酸雨对土壤 pH 值的影响与土壤阳离子代换量、有机质含量、碳酸钙含量、土壤质地以及土壤蒸发量、土壤含水量等多种因素有关。用模拟酸雨对蔬菜和粮食作物试验结果 pH 3.5 以上的模拟酸雨对中性土壤影响甚小。经 900mm pH 2.0 模拟酸雨处理后,盆栽和大田土壤 pH 值分别下降了 0.3—0.4 和 0.2 个单位。

对经 3800mm 不同 pH 值酸雨的盆栽试验后的土壤 pH 分析结果也呈现类似趋势 (图 2)。分层测定,表层 0—3cm 土层对酸雨反应最敏感。pH 4.0 酸雨处理土壤 pH 有轻微降低, pH 3.5 以下处理时, pH 下降加速, pH 3.0 处理时表层土壤 pH 值从 7.9 下降至 6.35。

另对经 3000mm 淋溶的土柱 pH 分层测定表明, pH 4.0 以上的酸雨处理时对土壤 pH 值影响轻微。pH 3.0 和 3.5 酸雨对 0—6 cm 内土壤 pH 有一定影响,而 pH 2.0 酸雨使土壤表层明显酸化,整个土体内 pH 都有明显下降 (表 1)。这一结果与前述试验结果基本一致。不同的是在淋溶试验中模拟酸雨用量为 3000 mm, 大大高于正常自然降雨强度。淋溶试验具有强化作用,与实际降雨方式、生物条件等都有一定差别。

3. 模拟酸雨对土壤中金属离子有效性的

表 1 经 3000mm 不同酸度处理对土体 pH 的影响

土壤 pH / 土层厚度 处理酸度 (pH)	0—3cm	3—6cm	6—9cm	9—12cm	12—15cm
5.6	7.82	7.89	7.85	7.85	7.80
4.0	7.54	7.70	7.77	7.88	7.83
3.5	7.40	7.61	7.74	7.73	7.73
3.0	6.23	7.22	7.47	7.59	7.56
2.0	4.27	5.35	6.28	6.19	6.89

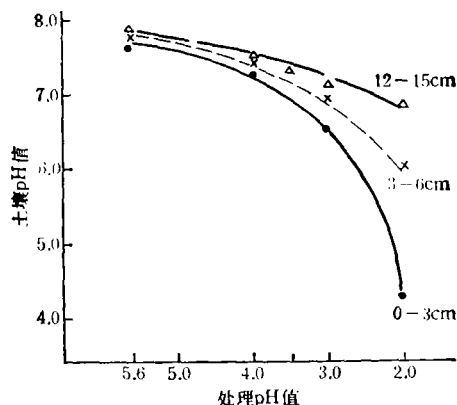


图 2 经 3000mm 降雨盆栽土壤中 pH 的变化

影响

酸雨能影响土壤 pH 值并增加土壤可给态离子浓度,因而有可能导致受重金属污染的土壤金属有效性增加,并增强植物对污染元素的吸收。

将经 3000mm 模拟酸雨淋溶试验后的土体分 5 层,用 DTPA-TEA 提取土壤中可溶性元素。结果表明,不同 pH 值模拟酸雨的影响以 0—3cm 土层最敏感, pH 3.0 至 4.0 酸雨处理土壤中 DTPA 提取的金属元素含量一般明显高于 pH 5.6 的对照组(图 3)。pH 2.0 酸雨处理,可提取性金属含量有显著减少的趋势。为了进一步观察这一现象对 pH 2.0 酸雨处理土壤分 5 层测定了 DTPA 提取性金属含量(图 4)。结果表明,Cu、Zn、Pb、Cd 和 Mn 表层(0—3cm)远比其他几层低,而 Mg 变化不大,Fe 大大增加。这一结果与图

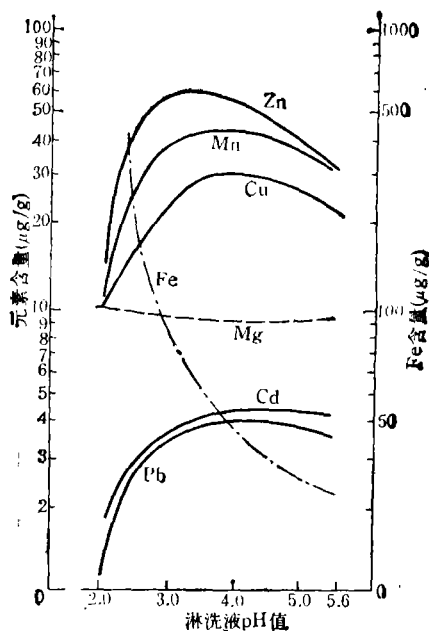


图 3 不同 pH 淋洗液对土壤 0—3cm 表层 DTPA 提取性元素含量的影响

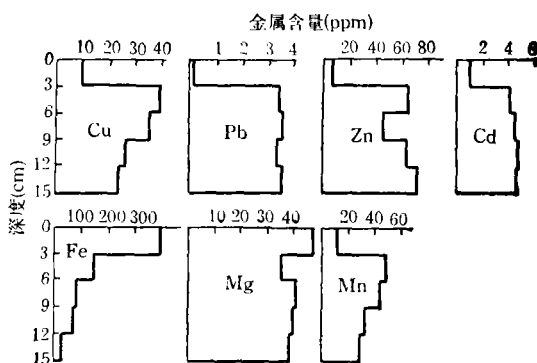


图 4 经 3000mm pH 2.0 酸液淋溶后土柱不同层次 DTPA 可提取金属含量

3 的趋势基本一致。另据盆栽试验, 在降雨量仅为 980 mm 时表层土壤 DTPA 可提取的 Cu、Zn、Pb、Cd 含量都高于下层。土壤经大量 pH 低的酸雨淋溶处理 0—3cm 表层土壤中若干可提取金属含量下降部分原因是某些金属离子由表层向下层移动以及从渗滤水中渗出(图 1)。其它可能影响的原因还有待进一步研究。

4. 模拟酸雨对植物生长和若干金属元素含量的影响

由于酸雨影响土壤 pH 和影响土壤金属离子的行为, 因此, 也影响植物对金属离子的吸收。对严重酸化的土壤则能抑制植物生长或过量吸收金属离子。

经模拟酸雨淋溶后的土柱, 置温室种植青菜, 生长 20d 后收获, 测定株高、叶片数和鲜重(表 2)。pH3.5、4.0 处理组的各项生长指标均高于 pH5.6 的对照组, 表现出对青菜生长的促进作用; 而 pH3.0 和 2.0 处理的青

菜植株生长受到严重抑制, 其中 pH2.0 处理的株高、叶片数及每盆鲜重仅分别为对照的 59%、68% 和 32%。这与相对应的淋溶土壤酸化, 菜籽发芽及根系生长受阻有关。在 pH2.0 处理, 菜苗在真叶未抽出前均都死亡, 即使移苗, 生长仍然缓慢。pH4.0、3.5 处理因经淋溶试验后, 土壤 pH 略有下降, 这对种植在微碱性试验土上的菜苗有利。

对生长 20d 的青菜测定(表 3), pH4.0 至 3.0 处理的 6 种元素含量与对照相差不大, 而 pH2.0 处理的 6 种元素含量大大增加。Shen-Miller 等报道了用 pH2.1 的模拟酸雨处理大豆导致了镉含量增加, 认为是酸雨改变了细胞壁和细胞膜的结构, 使植物对污染物更敏感^[3]。在本试验中 Cd 为对照的 1 倍, Zn 为 3 倍, Mn 增加更多。由于 pH2.0 处理青菜生长不良, 产量较低, 因此, 由青菜携带出的金属元素, 除 Mn 外, 以 pH3.5 和 4.0 最多。

表 2 模拟酸雨对青菜若干生长指标的影响

处 理 (pH)	5.6	4.0	3.5	3.0	2.0
株 高 (cm)	12.6	13.5	13.7	9.88	7.46
叶片数(张)	5.8	6.4	6.2	5.0	4.0
鲜 重 (g/盆)	22.6	26.2	23.8	15.4	7.2

表 3 模拟酸雨对青菜中若干金属元素含量的影响

处 理 (pH)	5.6	4.0	3.5	3.0	2.0
Zn($\mu\text{g/g}$)	9.93	9.35	17.1	14.3	40.1
Cu($\mu\text{g/g}$)	2.65	2.58	2.70	2.70	4.37
Mn($\mu\text{g/g}$)	6.07	6.20	6.45	6.33	49.2
Ca(mg/g)	11.7	11.6	11.5	10.6	11.1
Mg(mg/g)	0.45	0.46	0.47	0.55	1.26
Cd($\mu\text{g/g}$)	2.58	2.90	2.81	2.12	5.26

结 语

1. 模拟酸雨对重金属污染土壤淋溶试验

表明, pH4.0 以上酸液对土壤中 Cu、Zn、Mn、Ca、Mg 和 Cd 的淋溶略有增加, pH3.5 以下各种离子淋溶迅速增大。增加速率与离子种

类和离子浓度等因素有关。

2. 大田与盆栽试验, pH3.5 以上模拟酸雨对中性土壤 pH 影响轻微, pH3.0 处理时才有较明显反应。土壤表层 0—3cm 受影响最大, 淋溶试验强化了这一过程。

3. pH3.0 至 4.0 模拟酸雨处理有助于增加某些 DTPA 可提取性金属离子的含量。随着处理 pH 的降低, 土壤淋溶作用相应加强, 导致可提取性 Zn、Cu、Cd、Pb 和 Mn 含量逐渐减少。

4. 种植在 pH3.5 和 4.0 处理的淋溶土柱

上的青菜生长受到促进, 而 pH3.0 以下受到严重抑制。青菜中 Zn、Cu、Cd、Mg 和 Mn 含量在 pH2.0 处理时迅速增加, 唯 Ca 例外。

参 考 文 献

- [1] Rechcigl, J. E. et al., *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 16(7), 653—680(1985).
- [2] Mcfee, W. W. et al., *Water, Air and Soil Poll.*, 7, 401—408(1977).
- [3] Shen-Miller, J. et al., *Plant Physiol., Annual Meeting Supplement*, 57, 50, (1976).
- [4] Wood, T. et al., *Water, Air and Soil Poll.*, 7, 479—488 (1977).

硒对甲基汞诱发人淋巴细胞姊妹染色单体交换的保护作用

刘 及 李志超 毕晓颖

(白求恩医科大学)

甲基汞系严重危害人类健康的蓄积性环境污染物质。它除损害人和动物中枢神经系统外, 对生物细胞还具有诱变、致畸作用^[1]。近些年来, 国内外学者十分重视硒汞相互作用的研究, 相继发表大量有关硒对甲基汞神经毒性拮抗作用的文献资料。但是, 硒化合物对甲基汞诱变和致畸作用是否也具有保护效果的研究报道却不多见。迄今国内尚无报道。据此, 我们用姊妹染色单体交换遗传毒性指标, 研究硒 (Na_2SeO_3) 对甲基汞诱发人淋巴细胞姊妹染色单体交换的保护作用。其结果报告如下。

材 料 与 方 法

(一) 细胞培养

实验选用健康成人外周肝素抗凝全血, 作为体外培养材料。RPMI 1640 培养液 (Nissui 制药公司产) 中含 15% 小牛血清

(56℃ 灭活 30min)、3% PHA-M (Serva 公司产)、20 μmol 5'-溴脱氧尿嘧啶核苷 (瑞士产)。实验所用的氯化甲基汞纯度 98% (Merck 公司产)、亚硒酸钠优级 (E. Merck 公司产)。化学试剂在用前先上述培养体系稀释至所需要的浓度 (见表 1—3)。培养分为对照、单独或同时含有不同浓度氯化甲基汞和亚硒酸钠培养样品 (见表 1—3)。每种培养样品共 2 瓶, 每瓶含培养液 2.0ml, 其中各加健康成人外周肝素抗凝全血 0.1ml。培养样品放于 RKI-1002 型 (日产) CO_2 恒温培养箱内, 避光培养 72h, 终止培养前 3h, 加入 $2.0 \times 10^{-7}\text{mol}$ 秋水仙素 (进口分装)。

(二) 制备样本

吸去培养瓶内上清培养液, 剩余培养物加含有 5.0ml 经 37℃ 预温的 0.075mol KCl 至离心管内, 混匀, 继续在 37℃ 恒温箱内低渗 20min, 其后加入新配制甲醇冰醋酸 (3:1)