

广西酸雨形势研究

——酸雨通过土壤对植物的间接损害及其对策

陈锐章 彭桂英

(广西植物研究所)

摘 要 本文探讨了酸雨从土壤中淋出的物质,和植物对铝的耐受能力,以及铝对植物经济产量的影响。结果如下:

1. 根据用 pH3.5 的酸液模拟淋洗 600 年,土壤钙、镁、铝被淋出的量表明,柳州市农业土壤可以耐受淋洗 200 年。

2. 几种植物的耐铝阈值是:水稻 30-60ppm,白菜 60ppm,莴苣和蕹菜 <30ppm。

3. 在耐铝阈值范围内,对水稻施用氯化钙或氯化钠,对白菜施用氯化钾,有增加经济产量的作用。

4. 意外观察到水稻是喜铝植物,最适浓度是 30ppm。

酸雨是当前全球性的重大环境问题之一,根据已有的报道,酸雨对植物的影响,除了较强的酸雨($\text{pH} < 3.0$)可直接损害植物的地上部分之外,酸雨还可通过对土壤的淋洗使植物受到间接的损害。酸雨长期淋洗土壤可使土壤酸化,营养性阳离子淋失,盐基饱和度和枯枝落叶层及腐殖质的矿化速度以及固氮藻类的固氮速度降低,从而削弱了生态系统的营养循环,导致土壤贫瘠不利于植物的生长。此外,酸雨还能从土壤中淋出对植物有害的物质如活性铝和其它重金属,当这些物质的浓度增大到一定程度时,植物的根系将受到损害甚至死亡。国内外均有森林受到酸雨损害的报道。^[1,2,3,4]

1982 年,在新德哥尔摩召开的环境酸化会议上,Ulrich 提出:酸雨通过土壤对森林的损害一般需历时 40 ~ 50 年才能表现出来,整个淋洗过程可分为三个阶段。在第一阶段,酸雨所含的硫、氮输入土壤,可使植物受益。这一阶段比较短暂,一般仅约为 10 年;在第二阶段,营养性阳离子例如钙、镁大量流失,土壤的中和能减弱,活性铝等有害物质的浓度逐渐增高,土壤从而变得贫瘠而不利于植物的生长;第三阶段,土壤中的钙、镁流失殆尽,活性铝等有害物质的浓度增

本文 1991-08-26 收到

* 黄福祥同志参加了部份工作,特此致谢。

高到使植物根系受害的程度,此时,植物处于濒危状态,生态系统终将失去恢复能力。人们对于这一假设,反应并不一致。特别是酸雨对于农地土壤的淋洗将会产生怎样的后果,尚未见有报道。因此设计了如下三个方面的试验,对这个问题进行研究。(a)以农地的土壤为试验材料,模拟酸雨长期连续淋洗过程,测定在不同时间的淋出液所含的钙、镁、铝量,借以了解土壤的变化状况。(b)用含活性铝浓度不同的培养液栽植水稻、莴苣、蕹菜、白菜,观察这些植物耐受活性铝的阈值是否处于酸雨可能从土壤中淋出的活性铝浓度范围之内,以及观察活性铝对这些作物的生长、产量,可食部分含铝量的影响,借以了解酸雨通过土壤间接损害植物的情况,测定植物可食部分含铝量的目的,在于了解在酸雨影响下,对人体健康有害的活性铝是否在植物的可食部分积累?因为有报道认为,人体从食物中摄入的铝,与人脑组织的含铝量有关,而人脑组织含铝量又与老年痴呆症有关^[1]。(c)试用几种农业措施,观察是否具有抵消或减轻活性铝的有害作用,以便作为对策。以上三项试验,均用广西的材料,总的目的是预测广西的酸雨通过土壤间接影响植物的前景。

1 酸雨淋洗土壤的试验

酸雨淋洗土壤的过程相当复杂,本试验以淋洗液中钙、镁、铝含量的消长,表示土壤受酸雨长期淋洗过程中的变化情况。

材料和方法

土壤样品: 采自柳州市城区酸雨监测点——地区气象局和柳州市郊区酸雨监测点,沙塘七队的农地,取0—20cm的表土,带回实验室,风干,除去杂质,粉碎,过60目筛,玻璃瓶贮存备用。

淋洗液的配制: 参照柳州市1985年降雨酸度的监测资料^[2],城区监测点降雨最低pH值为3.88,均值为4.88;郊区监测点降雨最低pH值为3.11,均值为4.63,本试验用的模拟酸雨淋洗液的pH值为3.50,介于均值与最低值之间,设想为未来有可能达到的均值。以硫酸:硝酸=9:1的混合稀酸液逐滴加入蒸馏水中,配成pH=3.50的酸液。

淋洗方法: 在预备试验中,参照A. R. Huete等人的方法^[2],用酸液通过土柱进行淋洗,但是当淋洗量达到相当于广西年均降雨量10倍时(相当于经过广西10年降雨的淋洗),土柱便处于不透水状态,难于进行更长期的淋洗试验,故改用浸提代替淋洗(预料浸提的效果将不低于淋洗),具体方法是:准确地称取土壤样品1.4克,置玻璃烧杯中,用100倍于土壤样重的淋洗液浸提,每天更换浸提液四次,每一次浸提液相当于每平方厘米面积上,0~20cm深的表土层的土壤,经受广西10年降雨的淋出液。(疏松的风干土壤样品每立方厘米重约1克,广西年平均降雨量约为2000mm)。收集第1、5、15、20、30、40、50、60次的浸提液,即为土壤分别经酸雨淋洗的第1~10年,41~50年,91~100年,141~150年,191~200年,291~300年,391~400年,491~500年,591~600年的淋出液。

测定项目: 土壤样品含钙、镁、铝的全量,用容量法测定;浸提液含钙、镁量,用原子吸收光谱法测定;浸提液含铝量,用催化极谱法测定,重复两次,取平均值。

结果

各项测定结果分别列于表1,表2和表3。由于本试验的目的在于了解土壤受酸雨淋洗时,土壤中的钙、镁、铝被淋出的量,因而未设对照(对照的淋出量,理论上为痕量)。

表1 供试土壤含钙、镁、铝含量(% 风干土)

土样名称	钙	镁	铝
沙塘七队	0.48	0.39	10.86
地区气象局	0.47	0.29	7.36

表1中, 供试的两个土壤样品的含钙量相差不大, 镁、铝的含量相差较大, 但受到 PH3.5 的酸雨淋洗时, 淋出液中的钙、镁、铝含量的变化趋势都相同。钙、镁在开始淋洗的第1~10年内被淋出的量最大, 第10年~50年被淋出的量还相当大, 表明这两个土壤样品被酸雨淋洗的第一阶段的持续时间比林地长, 约为50年。到第100年, 淋出液中的钙、镁含量已经很低而且趋于稳定, 说明被酸雨淋洗100年期间内, 土壤中易被淋出的钙、镁已淋出殆尽, 残留于土壤中的钙、镁已是 PH3.5 的酸雨难于淋出的状态, 这部分钙、镁, 植物也难于利用, 从而达到被酸雨淋洗的第二阶段, 不利于植物生长的贫瘠化阶段。铝在开始淋洗的第1~10年内, 几乎不被淋出, 随着淋洗时间的延长, 到第100年以后, 从土壤中淋出的钙、镁已很少时, 铝的淋出量却迅速上升, 到第200年, 铝的淋出量最大, 达到 $0.14 \sim 0.16 \mu\text{g}/\text{ml}$, 随后又逐渐下降, 这一现象表明, 经过200年的淋洗, 将到达被淋洗的第三阶段。但是, 本试验的数据表明, 在200年内所淋出的活性铝, 如果全部累积下来的话, 总浓度仅为 $4 \mu\text{g}/\text{ml}$ 。

表2 地区气象局土壤淋出液中的钙、镁、铝含量($\mu\text{g ml}^{-1}$)

淋洗时间	钙			镁			铝		
	I	II	平均	I	II	平均	I	II	平均
1-10年	8.84	7.51	8.18	1.12	1.08	1.10	—	—	—
41-50年	5.44	5.64	5.54	0.43	0.58	0.51	0.074	0.002	0.038
91-100年	3.50	3.40	3.45	0.18	0.34	0.26	0.146	0.068	0.107
141-150年	0.32	—	—	0.02	—	—	0.136	—	—
191-200年	0.29	0.63	0.46	—	0.23	—	0.168	0.116	0.142
241-250年	0.21	—	—	—	—	—	0.156	—	—
291-300年	0.80	0.17	0.49	0.36	0.20	0.28	0.136	0.064	0.100
391-400年	0.10	0.48	0.29	—	0.23	—	0.070	0.108	0.089
491-500年	0.07	0.41	0.24	0.01	0.23	0.12	0.050	0.044	0.047
591-600年	—	0.10	—	—	0.13	—	—	0.46	—

沙塘七队土壤淋出液中的钙、镁、铝含量($\mu\text{g ml}^{-1}$)

淋洗时间	钙			镁			铝		
	I	II	平均	I	II	平均	I	II	平均
1-10年	4.52	5.09	4.80	1.36	1.24	1.30	—	—	—
41-50年	1.86	2.57	2.21	0.24	0.38	0.31	0.01	0.05	0.03
91-100年	1.39	0.32	0.86	0.12	0.08	0.10	0.07	0.16	0.12
141-150年	0.91	0.24	0.58	0.07	0.09	0.08	0.14	0.18	0.16
191-200年	1.27	0.23	0.75	0.10	0.12	0.11	0.14	0.15	0.15
291-300年	1.01	0.28	0.64	0.06	0.11	0.09	—	0.06	—
391-400年	0.86	0.09	0.48	0.06	0.08	0.07	0.01	0.02	0.02
491-500年	1.57	0.22	0.90	0.13	0.08	0.11	0.13	0.05	0.09
591-600年	—	0.24	—	—	0.09	—	—	0.04	—

综合以上的试验结果,柳州市农地土壤被 PH3.5 的酸雨淋洗到使植物处于濒危状态,至少要 200 年。但是,目前柳州市的酸雨尚未达到均值为 PH3.5 的程度,即使均值达到 PH3.5 并且持续淋洗 200 年,从土壤中淋出的活性铝总浓度也不过是 $4 \mu\text{g}/\text{ml}$, 尚未达到对植物有害的浓度 ($30 \mu\text{g}/\text{ml}$, 见后面的叙述)。况且,农地经常处于耕作管理之下,酸雨淋洗的累积性影响,将由于排灌和施肥等农业措施而被中断和消除。因此,柳州市的农地土壤,因受酸雨淋洗,使作物蒙受间接损害的现象,将难于出现。

2 培养液中活性铝浓度对作物生长、产量和食用部分含铝量的影响及其对策试验。

供试农作物有水稻、莴苣、蕹菜、白菜等四种。均在露天的网室内栽培,以避免遭受鸟、鼠的侵害。

培养液:木村 B 培养液^[9]和霍格兰培养液^[10]。

活性铝来源:硫酸铝。

测定项目:植物生长情况(用彩色照片记录),株高、生物产量、经济产量(均于考种时测定),食用部分含铝量(干式灰化、铝试剂比色测定)。

2.1 水稻试验

水稻试验先后进行过三次,其中 1987 年晚稻为预备性试验,1988 年早稻在即将收获时,突遭稻飞虱侵害,一夜之间即被毁灭而失败,1988 年再用晚稻进行试验。鉴于三次试验都有一定的参考价值,兹分别报告如下:

2.1.1 1987 年晚稻试验。

材料和方法

供试品种有汕优桂 33, 汕优桂 34, 汕优 66 等三个杂优水稻品种和科七、引 68-1 等两个常规水稻品种,秧苗由桂林地区农科所提供。

栽培方法:用木村 B 培养液,于容量为 5 升的塑料盆中水培,每处理栽植 6 盆,在生长期间补充和更换培养液各 5 次,以保持培养液中各组分的浓度。

试验项目

(1) 探讨水稻耐铝阈值,将汕优桂 33 秧苗,分别栽植于含活性铝浓度为 0(对照)、10、20、30、40 和 50ppm 的培养液中,找出耐铝阈值。

(2) 筛选抗铝品种,于含活性铝 30ppm 的培养液中,插植 5 个水稻品种,比较它们的抗性。

(3) 筛选抗铝盐类,将栽植于含活性铝 30ppm 培养液中的汕优桂 33 水稻分为 6 组,留一组作对照,其余 5 组分别添加与活性铝等当量的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 KH_2PO_4 、 K_2SO_4 、 NaCl 、 CaCl_2 , 比较这些盐类对铝的拮抗作用。

结果

(1) 杂优水稻汕优桂 33 对活性铝浓度的反应见表 4。由于经济产量直接体现着经济效益,故着重对经济产量的反应进行讨论。表 4 中,活性铝浓度为 30ppm 时,经济产量的平均值便比对照低,但经 t 检验,差异并不显著;当活性铝浓度为 40ppm 时,经济产量下降到相当于对照的 83%,当活性铝浓度为 50ppm 时,经济产量仅为对照的 19%,经 t 检验,差异均极显著,

从而表明杂优水稻汕优桂33的耐铝值为30ppm。

表4 水稻(汕优桂33)对活性铝的反应

测定项目	培养液中含活性铝浓度(ppm)					
	0(对照)	10	20	30	40	50
株高(cm)	43.2	—	—	43.3	40.7	30.0
生物产量(g·株 ⁻¹)	18.3	—	—	16.9	14.6	13.7
经济产量(g·株 ⁻¹)	4.8	—	—	4.6	4.0	0.9
糙米含铝量(%)	0.02	—	—	0.04	0.02	0.03

**经t检验,与对照的差异极显著(p<0.01)。

糙米含铝量参差不齐,无规律可循,可能是不同处理之间的成熟程度不同所造成的,因而未能对根系环境活性铝浓度与糙米含铝量之间的关系作出判断。

(2)三个杂优品种和两个常规品种在含活性铝30ppm的培养液中水培,均能正常生长。三个杂优品种的经济产量,从高到低的顺序是:汕优66、汕优桂34、汕优桂33(见表5),而这三个品种在大田栽植的经济产量,从高到低的顺序是汕优桂34、汕优66、汕优桂33(见表6),从而表明,汕优66抗活性铝的能力比汕优桂34强。

表5 水稻不同品种对活性铝的反应(活性铝浓度:30ppm)

测定项目	汕优66	汕优桂34	汕优桂33	科七	引68-1
株高(cm)	54.4	54.7	43.3	50.3	43.4
生物产量(g·株 ⁻¹)	25.6	18.8	16.9	17.8	13.1
经济产量(g·株 ⁻¹)	35.5	30.6	25.8	22.8	33.3

表6 三个杂优水稻品种在大田的产量(kg·ha⁻¹)

品种名称	汕优桂34	汕优66	汕优桂33
产量	2931	2793.8	2649.8

(3)在添加5种盐类的试验中,植株生长情况除添加(NH₄)₂SO₄的比对照差以外,其余均比对照好。经济产量从高到低的顺序为CaCl₂、NaCl、K₂SO₄,对照KH₂PO₄、(NH₄)₂SO₄。其中添CaCl₂和NaCl的经济产量比对照高出一倍以上,经七检验,差异均极显著(p<0.01)见表7。

表7 五种盐类对水稻的影响(水稻品种:汕优桂33)

测定项目	CaCl ₂	NaCl	K ₂ SO ₄	KH ₂ PO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	对照
株高(cm)	48.9	49.0	50.7	43.6	41.7	43.3
生物产量(g·株 ⁻¹)	22.3	21.3	25.0	20.0	14.9	16.9
经济产量(g·株 ⁻¹)	10.0	9.2	8.2	4.0	0.7	4.6

**经t检验,与对照的差异极显著(p<0.01)。

小结

供试的水稻5个品种抗活性铝的阈值为30ppm,品种之间的抗性无明显差异,在活性铝阈值范围内,添加CaCl₂或NaCl有显著的增产效果。

2.1.2 1988年早稻试验

材料和方法:试验用81141品种,霍格兰培养液水培,探讨水稻耐活性铝阈值,使用浓度为0

(对照)、30ppm(阈值)、60ppm(有害浓度)。筛选抗铝盐类以含活性铝 60ppm 为基础培养液, 添加盐类为 CaCl_2 和 NaCl , 每处理栽 10 盆, 生长期间更换培养液 13 次。

结果: 各处理的植株生长情况表明早稻 81141 品种耐铝阈值也是 30ppm。添加 CaCl_2 或 NaCl 均可消除 60ppm 活性铝对水稻的损害。

2.1.3 1988 年晚稻试验

材料和方法 试验用的水稻品种为测 64-7, 由生长期较短, 生长期间更换培养液 9 次, 其余均与 1988 年早稻相同。

结果 供试水稻在各处理中的生长情况, 含活性铝 60ppm 的与对照无明显差异, 表示测 64-7 品种对活性铝有较强的抗性, 耐铝阈值为 60ppm, 其余各项测定值列于表 8。

表 8 水稻(品种: 测64-7)的各项测定值

测定项目	活性铝浓度 (ppm)				
	0(对照)	30	60	60+ CaCl_2	60+ NaCl
株高(cm)	72.7	76.6	73.4	71.5	70.5
生物产量($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$)	6.6	6.7	6.1	5.5	5.2
经济产量($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$)	1.27	1.89	1.32	1.99-	1.33
糙米含铝量(%)	0.037	0.038	0.037	0.033	0.027

** 经 t 检验, 与对照及 60ppm 的差异均极显著。

表 8 的资料表明, 所有各项处理的经济产量均比对照高, 即是说, 活性铝 ppm 尚未达到阈值对经济产量没有影响, 在含活性铝 60ppm, 再添加 CaCl_2 的处理, 经济产量为 1.99g/株 (空白对照为 1.27g/株, 活性铝 60ppm 为 1.32g/株) 经 t 检验, 与对照及活性铝 60ppm 的经济产量差异均极显著 ($p < 0.01$) 各处理的糙米含铝量差别不大。

2.1.4 水稻试验的总结:

2.1.4.1 先后三次试验供试的七个品种中, 6 个品种的耐铝阈值均为 30ppm, 1 个品种(测 64-7)耐铝阈值为 60ppm。这些结果与已有的报道^[4], 水稻耐铝阈值在 12.6 ~ 60ppm 之间相一致。在未超过耐铝阈值时, 再添加 CaCl_2 具有明显的增加经济产量的作用。

2.1.4.2 各处理的糙米含铝量差别不大, 似乎表明, 糙米含铝量不受根系环境含铝量的影响。

2.1.4.3 意外发现水稻是喜铝的作物, 三次试验中含铝未超过阈值时, 生长均比不含铝的对照好。

2.2 莴苣试验

莴苣试验先后进行过两次, 1987 年用含活性铝 120ppm 的木村 B 培养液砂培, 植株可以生存; 1989 年用含活性铝浓度为 60 和 120ppm 的霍样兰培养液进行试验, 生长中期和后期的生长情况用彩色照片记录。照片表明, 莴苣虽能在活性铝浓度为 120ppm 的培养液中生存, 但在 60ppm 时生长已受到影响。采收后的产量列于表 9, 表 9 中不论生物产量还是经济产量均随活性铝的浓度上升而下降, 可食部分含铝量, 随活性铝浓度上升而上升, 因此, 莴苣耐活性铝的阈值小于 60ppm。可食部分含铝量随培养液中的含铝量增加而增加。

表9 莴苣对活性铝的反应

测定项目	活性铝浓度(ppm)		
	0(对照)	60	120
生物产量(g·株 ⁻¹)	25.3	12.7	6.4
经济产量(g·株 ⁻¹)	12.8	5.8	1.7
可食部分含铝量(%)	0.49	0.52	0.55

2.3 莴菜试验

材料和方法:市售菜苗,用霍格兰培养液于容量为5升的塑料盆中水培,分对照,含活性铝60ppm和120ppm三项处理,每处理10盆,每盆两株,培养一周后,120ppm的处理,植株枯死,表明浓度太大,重新改用30ppm和60ppm两种处理进行试验,试验期32天,更换培养液6次。

结果:莴菜对铝比较敏感,30ppm已明显抑制生长,其余各项测定值列于表10,在培养液中含活性铝30ppm所栽植的莴菜生物产量和经济产量,分别相当于对照的25.3%和23.3%,可食部分含铝量比对照高一倍以上。在培养液中含活性铝60ppm所栽植的莴菜经济产量已很低,可食部分含铝量却相当于对照的4.6倍,因此,莴菜耐铝阈值小于30ppm,可食部分含铝量随培养液中的含铝量增加而增加。

表10 莴菜对活性铝的反应 (产量: g·株⁻¹)

处理项目	株高(厘米)	生物产量	经济产量	可食部分含铝(%)
对照	63.8	129.1	86.9	0.38
30ppm	52.1	32.7	30.2	0.97
60ppm	29.0	7.5	2.8	1.74

2.4 白菜的试验

材料和方法:市售菜苗,霍格兰培养液,砂培,分对照,含铝30ppm,60ppm,60ppm+等当量CaCl₂,60ppm+等当量NaCl,60ppm+等当量KCl等6个处理,每处理5盆,生长期浇灌12次。

结果:含铝60ppm的处理,生物产量和经济产量均与对照相当,表明白菜尚未受到损害见表11。因此,白菜耐铝阈值为60ppm。添加KCl有增加经济产量的作用。

表11 白菜对活性铝的反应 (g·株⁻¹)

测定项目	培养液含活性铝浓度(ppm)					
	0(对照)	30	60	60+KCl	60+NaCl	60+CaCl ₂
经济产量	70.1	64.5	70.5	78.5	65.4	64.3
经济产量	60.9	55.9	61.3	66.2	55.5	54.2

3 结果

3.1 模拟PH3.5的酸雨连续淋洗柳州市农地的土壤600年,淋出液中的钙、镁、铝含量变化列于图1。图1表明,钙、镁被淋失殆尽,需时100年,活性铝被大量淋出需时200年。在200年

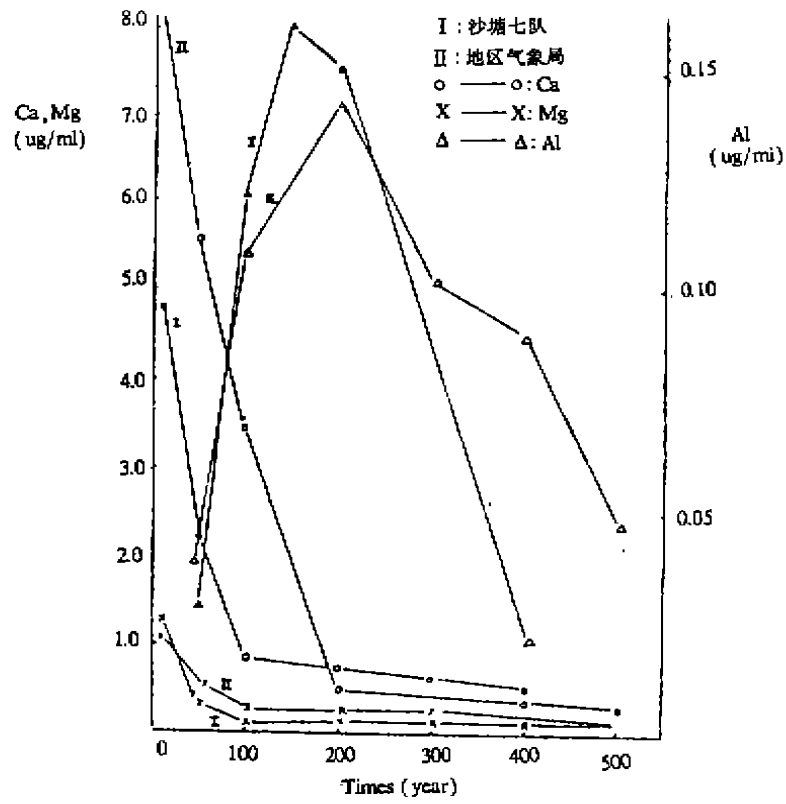


图1 土壤淋出液中的钙、镁、铝含量

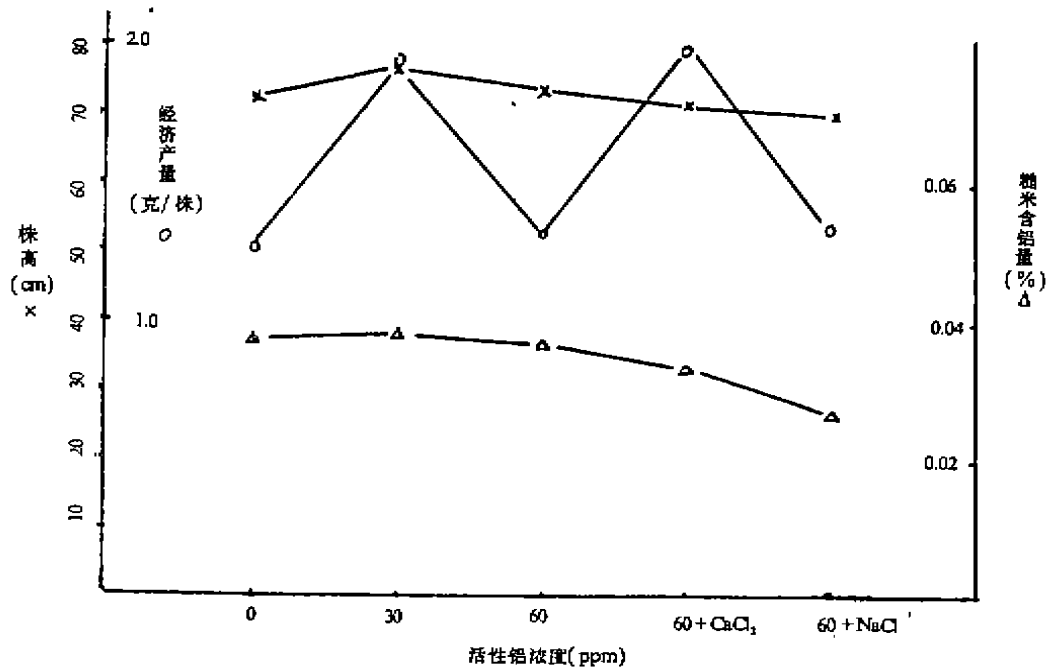


图2 培养液中活性铝浓度对水稻(品种: 测64-7)的影响及添加 CaCl_2 或 NaCl 的增产效果.

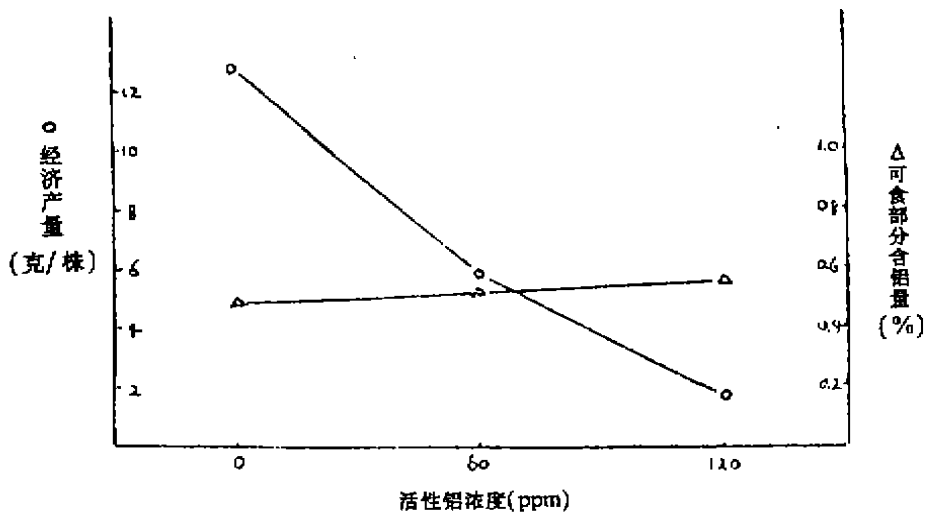


图3 培养液中活性铝浓度对莴苣的影响

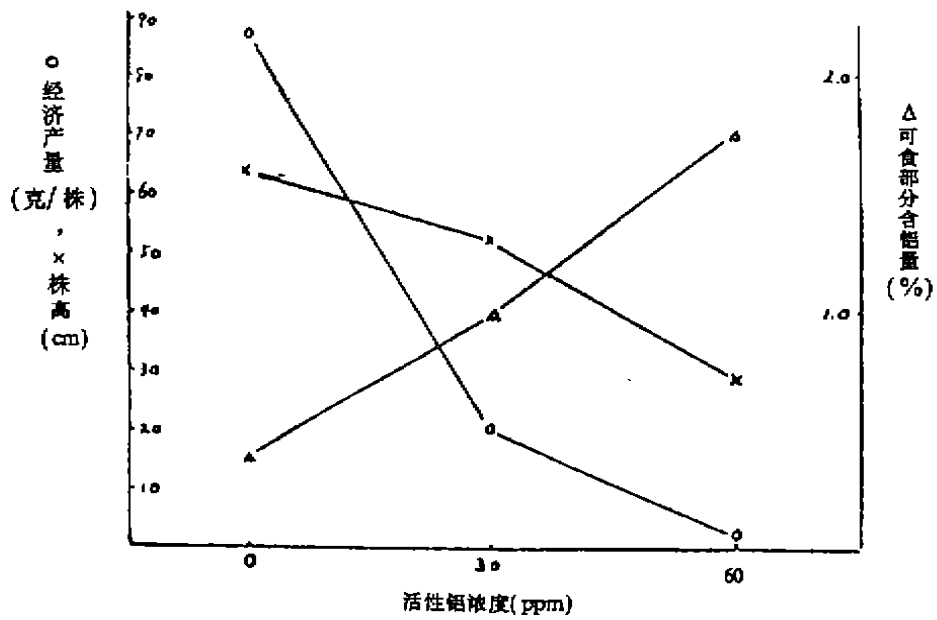


图4 培养液中活性铝浓度对萝卜的影响

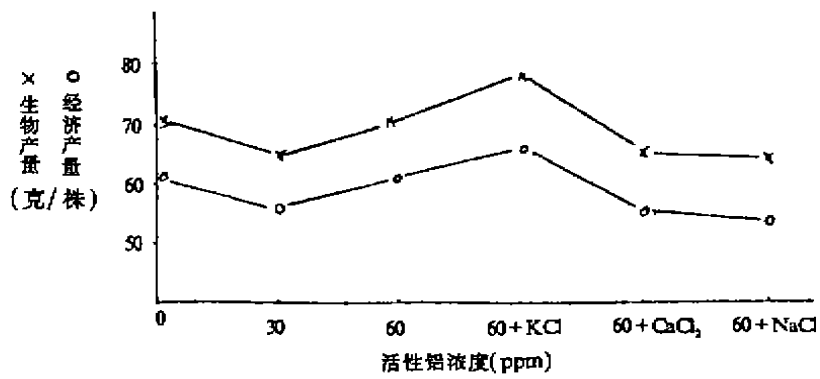


图5 培养液中活性铝浓度对白菜的影响

内淋出液中活性铝的累计量约为 4ppm, 这未达到本试验的 4 种作物受害的浓度, 据此认为: 柳州市的农地土壤与 Ulrich 所指出的森林土壤不同, 因受酸雨淋洗到植物难于生长的状态, 将难于出现。

3.2 培养液中活性铝浓度对四种作物经济产量的影响列于图 2、3、4、5, 水稻耐铝阈值为 30 ~ 60ppm, 不同品种之间存在着差异, 白菜耐铝阈值为 60ppm, 蕹菜和莴苣耐铝阈值小于 30ppm。

3.3 培养液中活性铝浓度不影响糙米含量, 莴苣和蕹菜可食部分的含铝量却随培养液中的含铝增加而增加。

3.4 在耐铝阈值范围内, 添加 CaCl_2 对水稻有明显的增产效果; 添加 KCl 对白菜有增产的效果, 可以作为防治铝害的农业措施。

3.5 意外发现水稻是喜铝的作物, 最适浓度为 30ppm。

参 考 文 献

- [1] Gunner Abahansen, Report and Background Papers 1982 stockholm conference on the Acidification of the Environment, Expert Meeting I. (1982).
- [2] A. R. Hustead J. G. Mccoll J. Environ. Qual. 3.366 (1984).
- [3] 彭桂英、陈锐章, 农业环境保护, 6, 17 (1986).
- [4] 彭桂英、陈锐章, 农业环境保护 1.44 (1988).
- [5] 陈锐章, 广西科学院学报, 1, 60 (1987).
- [6] 陈锐章, 广西科学院学报 2, 1 (1987).
- [7] 何汉章, 柳州环境, 总第 3 期 (1986).
- [8] 陈永庸, 应减少铝元素的摄入, 中国环境报, (1987.2.21)
- [9] 上海植物生理学会, 植物生理学实验手册, 上海技术出版社出版 (1985 年).
- [10] 卓仁松, 植物生理学, 人民教育出版社出版, 1960 年

Study on the Trend of Acid Rain in Guangxi

— The indirect influence of acid rain on plants through soil and its countermeasures

Cheng Ruizhang Peng Guiying

(Guangxi Institute of Botany)

Abstract This paper is to investigate the substances leaching from soil by acid rain, and the tolerance of plants to the aluminum, one of these substances, as well as the influence of aluminum on economic yield of plants. The results are stated as follows:

1. According to the quantity of calcium, magnesium, and aluminum in soil solution leach by pH 3.5 acid rain in a simulant experiment for 600 years, it is showed that the agricultural soil of Liuzhou city has the capacity to tolerate pH3.5 acid rain leaching for 200 years.

2. The threshold values of plants tolerance to aluminum are: *oryza sativa* 30–60 ppm, *Brassica chinese* 60 ppm, *Lactuca sativa* and *Ipomoea aquatica* < 30 ppm.

3. Under threshold value, applying calcium chloride or sodium chloride to *oryza sativa*, and applying potassium chloride to *Brassica chinese* would promote their economic yields.

4. By chance, it was observed that *oryza sativa* is a like-aluminum plant, its optimum concentration is 30 ppm.