

我国东部七省(闽、浙、赣、湘、鄂、苏、皖) 生态系统对酸沉降的临界负荷的研究^①

2. 临界负荷和临界负荷图

徐仁扣 王敬华 张效年 赵安珍 季国亮 庄德辉 况琪军 夏宜铮 刘保元 梁小民
(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008) (中国科学院武汉水生生物研究所 武汉 430072)

摘要 本文用 MAGIC 区域模型研究了我国东部地区生态系统对酸沉降的临界负荷,并初步编制了临界负荷图。根据模型的预测结果,对不同酸沉降水平下,该地区土壤的酸化趋势进行了讨论。根据所编制的酸沉降临界负荷图,讨论了我国东部七省临界负荷的概况及其实际意义。

关键词 生态系统;酸沉降;临界负荷;临界负荷图

许多国家,特别是西方发达国家都已经或正在制订一些环境政策来防治环境的进一步酸化。生态系统对酸沉降的临界负荷的研究将为这些环境政策的制订提供定量的理论依据,欧、美等国均投入比较大的力量从事临界负荷的研究工作^[1~4]。七五期间我国在西南地区也着手开展临界负荷的研究工作^[5]。前文中我们介绍了临界负荷的确定方法^[6],本文介绍用这一方法求得的我国东部地区生态系统对酸沉降的临界负荷和临界负荷图。

1 临界负荷

对东部七省分 44 个计算单元,用 MAGIC 模型进行了模拟预测计算。限于篇幅,这里只按纬度高低选择福建三明、浙江温州和安徽六安三个单元为例进行讨论。福建三明单元内的代表性土壤为红壤和黄壤,浙江温州单元内的代表性土壤为红壤,安徽六安单元内的代表性土壤为粗骨土和黄棕壤。

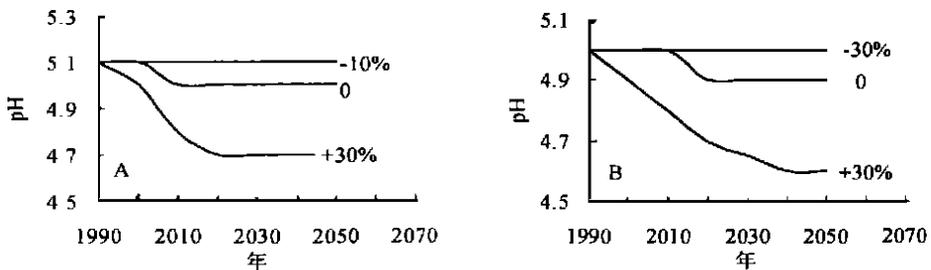


图 1 预测的土壤 pH 未来变化趋势(A 浙江温州, B 福建三明)

^① 国家科技攻关项目(85-912-01-02-03)、中国科学院重点项目(KZ952-J₁-204)和国家自然科学基金项目(49831005)资助。参加本项工作的还有中国科学院南京土壤研究所的孔晓玲和李成保、武汉水生生物研究所的李远钊和李建秋。

将通过上文所述方法^[1]获得的原始参数代入数学模型进行回顾计算以校正模型参数。用这些校正参数对各个单元内土壤的未来酸化趋势进行预测研究。预测时设定的未来降水 pH 和 SO_4^{2-} 浓度列于表 1 (不变栏为当前实测值)。预测的土壤 pH 和盐基饱和度的未来变化趋势见图 1 和图 2。预测结果表明, 如果目前的硫沉降水平保持不变, 未来 60 年内福建三明和浙江温州的土壤 pH 都将有所下降, 但下降幅度不大, 而盐基饱和度则有较明显的下降。三明土壤的盐基饱和度从 14.1% 降至 9.2%, 将下降 34.7%; 温州土壤的盐基饱和度从 26.3% 降至 13.1%, 将下降 50%。如果两地的硫沉降水平增加 30%, 土壤 pH 和盐基饱和度在未来 60 年内都将基本保持不变, 此时的沉降量可分别确定为该单元的酸沉降临界负荷值。如果浙江温州地区的硫沉降水平降低 10%, 虽然土壤 pH 在未来 60 年内基本保持不变, 但土壤的盐基饱和度却有比较明显的下降。若将该地区的硫沉降水平降低 30%, 在未来 60 年内, 土壤 pH 和盐基饱和度都将基本保持不变, 此时的沉降量确定为该地区的酸沉降临界负荷值。比较两地的土壤 pH 和盐基饱和度的变化趋势, 在相同的沉降水平下, 虽然两者 pH 的变化相差不大, 但温州地区土壤盐基饱和度的变化比三明地区更为显著, 下降幅度更大。这似乎说明, 处于中亚热带发育程度中等的土壤, 其盐基饱和度的变化对酸沉降更为敏感。对安徽六安土壤酸化趋势的预测结果表明, 在目前的酸沉降水平下或即使将目前的酸沉降水平增加 50%, 未来 60 年内土壤 pH 均保持不变。在目前的沉降水平下, 土壤盐基饱和度也将保持不变; 若增加沉降水平, 盐基饱和度将有所下降, 下降的幅度随沉降水平的增加而增加。

表 1 设定的未来降水 pH 和 SO_4^{2-} 浓度 ($\mu\text{mol/L}$)

地点	不变		+20%		+30%		+50%		-10%		-30%	
	pH	SO_4^{2-}	pH	SO_4^{2-}	pH	SO_4^{2-}	pH	SO_4^{2-}	pH	SO_4^{2-}	pH	SO_4^{2-}
福建三明	4.7	60.5			4.3	76.5					5.1	44.5
浙江温州	4.7	60.0			4.3	75.8			5.0	54.7	5.2	44.2
安徽六安	4.8	55.0	4.4	64.5	4.3	69.3	4.2	78.4				

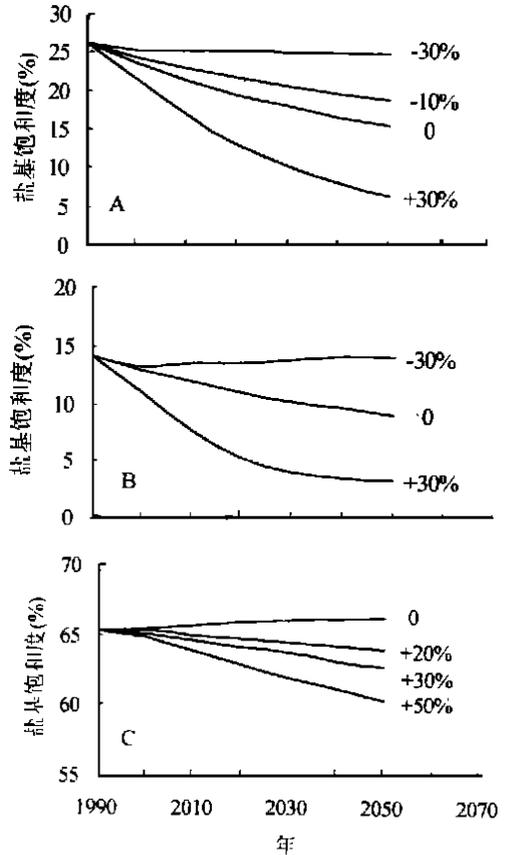


图 2 预测的土壤盐基饱和度未来变化趋势 (A 浙江温州, B 福建三明, C 安徽六安)

考虑到这一地区土壤 pH 和盐基饱和度较高, 土壤对酸沉降的缓冲能力较强, 即使将沉降水平增加 30%, 土壤性状也不会明显恶化, 因此将该沉降量确定为该单元的临界负荷值。用同样方法求得东部七省各单元的临界负荷值(表 2)。

表2 东部七省生态系统对酸沉降(硫)的临界负荷($\text{g}/\text{m}^2\text{a}$)

地点	临界负荷	地点	临界负荷	地点	临界负荷			
福建省	漳州	3.3	湖南省	常德	3.7	江西省	宜春	4.0
	龙岩	2.8		怀化	3.8		永丰	3.5
	泉州	3.0		零陵	4.0		井冈山	3.4
	三明	3.2		郴州	3.5		赣州	3.1
	福州	3.2		益阳	3.5		上饶	3.5
	南平	3.1		邵阳	3.5		景德镇	3.4
	宁德	3.3		长沙	3.5			
浙江省	温州	2.8	岳阳	4.0	安徽省	黄山	3.4	
	丽水	2.9	吉首	3.9		宣城	3.0	
	台州	3.4	湖北省	咸宁		3.4	安庆	4.0
	金华	2.7		鄂西		4.5	六安	4.4
	衢州	2.6		随州	5.2	江苏省	宜兴—溧阳	3.1
	宁波	3.0		黄冈	4.5		宁镇丘陵区	3.8
	杭州	3.0		宜昌	4.7		六合—江浦	3.8
	绍兴	3.5	郟阳	4.7	高淳—溧水	3.6		

2 临界负荷图

2.1 临界负荷分级

从44个单元的计算结果看,东部七省的硫沉降临界负荷在 $2.6 \sim 5.2 \text{g}/\text{m}^2\text{a}$ 范围内。根据不同临界负荷范围的土壤所占面积的大小,同时考虑到各地生态环境的特点以及临界负荷图的实用性,我们将临界负荷值分为五级,其由小到大的顺序是: < 3.0 , $3.0 \sim 3.5$, $3.5 \sim 4.0$, $4.0 \sim 4.5$ 和 $4.5 \text{g}/\text{m}^2\text{a}$ 。

2.2 编图方法

临界负荷图是以经纬度 $1^\circ \times 1^\circ$ 的网格为单元编制的。根据网络所在的计算单元的临界负荷值的大小,选择相应级别的图标,编制成东部七省生态系统对酸沉降的临界负荷图。如果一个网格包含有2个或2个以上的计算单元,首先看各单元所占面积大小,选择面积最大的计算单元的临界负荷值作为该网格的临界负荷值。如果几个计算单元的面积相差不大,则以临界负荷值最小的计算单元的临界负荷值作为该网格的临界负荷值。当计算单元的临界负荷值刚好处于分级边界时,原则上将该计算单元的级别归于较低一级。

MAGIC模型对酸化趋势的预测,一般适用于自然土壤。对耕作土壤,由于受人为因素的影响较大,模型的使用有一定的限制,所以本工作用MAGIC模型进行酸化预测时,主要对以自然土壤(森林土壤)为主的地区。对于江苏苏北和安徽淮北等以耕作土壤为主的地区,临界负荷是根据敏感性区划和土壤对酸沉降的缓冲容量的大小推算出来的。苏北和淮北等地区土壤主要为水稻土和潮土,一般这两类土壤pH较高,对酸沉降的缓冲容量较大,为对酸沉降不敏感的土壤,所以在编制临界负荷图时,将这些地区归于 $> 4.5 \text{g}/\text{m}^2\text{a}$ 一级。

2.3 我国东部七省临界负荷的概况

根据上述原则编制了中国东部七省生态系统对酸沉降的临界负荷图(见图3)。从图中看出,东部七省的临界负荷大致由东南向西北逐渐增高。福建全省和浙江省除杭嘉湖平原以外的其它地区,临界负荷均在 $< 3.5 \text{g}/\text{m}^2\text{a}$ 的范围内,部分地区在 $< 3.0 \text{g}/\text{m}^2\text{a}$ 的范围内,

表明根据目前的情况，这一地区对 SO₂ 的排放应进行控制。江苏北部和安徽北部地区，临界负荷大于 4.5g/m²a；苏南镇江杨丘陵区临界负荷在 4.0~4.5g/m²a 的范围内；宜兴—溧阳丘陵区以及高淳—溧水丘陵区，临界负荷在 3.5~4.0g/m²a 的范围内；苏南其它地

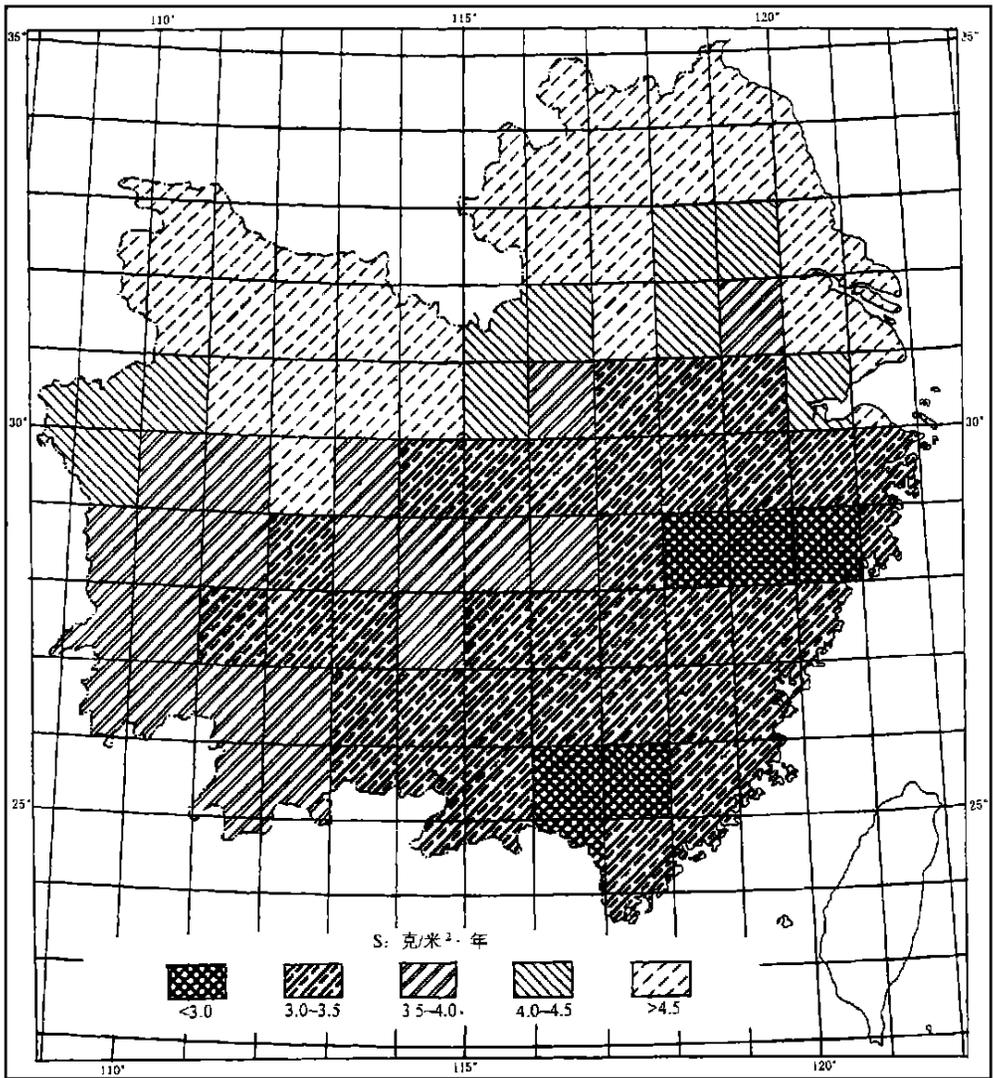


图3 我国东部七省土壤对酸沉降的临界负荷图

区，临界负荷大于 4.5g/m²a。安徽长江以南的大部分地区，临界负荷在 3.0~3.5g/m²a 的范围内；西部地区（主要是大别山区）临界负荷在 3.5~4.5g/m²a 内。湖北中部和北部的广大黄棕壤地区，临界负荷大于 4.5g/m²a；东部和西部次之，临界负荷在 4.0~4.5g/m²a；东南隅以红壤为主的地区，临界负荷最低，在 3.0~3.5g/m²a 范围内。湖南西部、西南部及东北部的广大地区，临界负荷在 3.5~4.0g/m²a 之间；中部地区临界负荷在 3.0~3.5g/m²a 范围内。江西省除中部地区临界负荷在 3.5~4.0g/m²a 外，其它广大地区临界负荷均在 3.0~3.5g/m²a 之间。总之，东部七省临界负荷较低的地区主要在本地区的东

南部,包括福建全省、浙江、江西大部分和安徽、湖南的部分地区。这些地区应加强对酸沉降物的监测,并对SO₂的排放作适当控制。计算出的临界负荷值与本地区的自然条件相吻合,本地区东南部水热条件最充裕,生物循环旺盛,土壤风化淋溶作用强烈。从成土母质来看,东南部的福建、浙江两省均以花岗岩等酸性结晶岩分布最广,因此这些地区是东部七省临界负荷最低的地区。

本工作中临界负荷的计算主要依据MAGIC模型对土壤和地表水酸化趋势的预测,没有考虑酸性沉降物对生态系统的直接影响,因此对于临界负荷大于4.5g/m²a的地区,也并不意味SO₂的排放量可以无限制地增加。因为除了大气酸性气体可以远距离传输外,还有一个生态系统对大气中有害气体的临界浓度问题,这将是今后要研究的重要课题。土壤酸化是环境酸化的中心环节,保护土壤对保护整个生态系统具有特别重要的意义,因此本工作以土壤的临界负荷作为整个生态系统的临界负荷。

参 考 文 献

- 1 De Vries W. Water, Air and Soil Pollution, 1988, 42: 221 ~ 239
- 2 Brodin Y W. AMBIO, 1992, 21: 332 ~ 338
- 3 De Vries W. Water, Air and Soil Pollution, 1994, 76: 407 ~ 448
- 4 Sverdrup H and De Vries W. Water, Air and Soil Pollution, 1994, 72: 143 ~ 162
- 5 Zhao D W and Seip H M. Water, Air and Soil Pollution, 1991, 60: 83 ~ 97
- 6 徐仁扣、季国亮等.我国东部七省(闽、浙、赣、湘、鄂、苏、皖)生态系统对酸沉降的临界负荷的研究: 1. 临界负荷的确定. 土壤, 2000, 32(3): 120 ~ 124



(上接第172页)

5 预期在近期可取得的成果

1. 通过上述研究,将在经济快速增长下导致环境与质量退化机理,在地球表层系统中水、土、气、生等环境要素相互作用界面过程与机理,以及定量方式度量自然系统对人类活动影响的承受阈值等理论方面有重大突破,并进入国际前沿,同时将可创建东南沿海与经济快速增长地区人类活动、经济过程与环境质量的耦合理论体系。

2. 提出一整套不同类型区的环境与质量演化理论与具体整治途径及方法,可为环保和社会经济可持续发展的宏观决策、规划管理提供理论依据和实践经验。

3. 完善和发展一批区域环境质量研究的人才和培训基地,造就一批国际水平的中青年科学家。

总之,我国东南沿海经济高速发展区的农业与经济可持续发展的潜力十分巨大。从全局看,在解决资源与环境质量的同时,还必须逐步建立整个地区的高效、集约和可持续发展的农业体系;注意人口增长(P)、自然资源开发(R)、生态环境保护(E)与农业经济发展(S)之间的相互协调;在保证全区粮食供需平衡的基础上,不断发展具有热带亚热带地区特色的粮、经、林、果、牧、渔综合创汇产品,走农业产业化发展的道路,最终达到整个东南地区农业与社会经济的协调持续发展。