

SHAN DONG SHENG CHENG SHI
SUAN CHEN JIANG JI KONG ZHI YAN JIU

山东省城市酸沉降 及控制研究



慕金波 马春元
郎咏梅 李 峻
刘保东 孟丽艳 著
李建志 萧月芳
甄文栋 田家怡

图书在版编目(CIP)数据

山东省城市酸沉降及控制研究/慕金波等著. —济南:山东大学出版社,2005. 11
ISBN 7-5607-3126-0

I. 山...

II. 慕...

III. 城市-酸雨-污染控制-研究-山东省

IV. X517

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 135559 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

荣成三星印刷有限公司印刷

850×1168 毫米 1/16 13.5 印张 412 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—1000 册

定价:56.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

内 容 简 介

本书以山东省设区城市为研究对象,以现场实验、资料归纳分析和数学模拟等方法,比较系统地研究了山东省酸沉降问题,研究成果为酸沉降的控制提供了重要的科学依据。全书共分十二章,第一章描述了山东省的自然和社会概况;第二章至第五章从浓度和总量两种角度研究了山东省降水酸度、降水化学组成和酸沉降通量的时空分布,进行了降水酸度的相关性分析;第六章和第七章系统地分析了山东省尤其是酸雨较为严重的青岛地区的酸雨成因,模拟了山东省酸沉降来源以及对周边地区的贡献率;第八章探讨了模拟酸雨对山东省主要土壤类型理化性质的影响;第九章计算了致酸物质的环境容量;第十章至第十二章在分析山东省致酸物质排放现状和控制现状的基础上,提出了致酸物质控制技术在山东省的应用建议,对两控区污染控制进行了系统规划。本书可供从事大气环境管理、生态保护的政策决策部门、科研单位、高等院校及企业的有关专业人员参考。

前 言

酸雨是困扰全世界的十大环境问题之一。我国及东亚地区是继北美和西欧之后,成为世界上的第三大酸雨区。我国酸雨主要集中在长江以南广大地区,尤以西南地区最为严重。我国酸雨区在不断扩大,所造成的经济损失日益严重,跨国输送已引起周边国家的关注。自“六五”以来,我国相继开展了一系列酸雨攻关研究。“七五”期间研究重点为西南地区(四川省、重庆市和贵州省)和两广地区(广东省、广西自治区);“八五”期间针对我国东部沿海严重酸雨区,选择南北方各一典型地区(厦门和青岛)作为研究对象,已经取得了较大的研究成果。

自有观测记录以来,山东省除了枣庄市外先后有 16 个设区城市出现酸雨,个别地区如青岛市较为严重,酸雨已成为我省重大环境问题之一。1997~2001 年近五年统计结果表明,17 城市降水 pH 均值范围为 4.99~7.72,其中青岛市 pH 均值小于酸雨临界值 5.6;全省有 9 个城市出现酸雨,其中青岛市的酸雨频率达 32%。从全省范围来看,与国内某些地区相比酸雨频率并不算高,但是硫、氮沉降量较大。济南、青岛、淄博的硫沉降总通量达 $1\text{t} \cdot (\text{km}^2 \cdot \text{a})^{-1}$ 左右。这个数值大大高于我国酸雨最严重的西南地区,更高于世界酸雨严重的北美和欧洲等地区。酸沉降会对森林、作物、土壤、土壤微生物、水体等生态系统产生危害和影响。例如:酸雨能伤害树木的叶、根、茎,导致林业生长量下降。酸沉降可使土壤的物理化学性质发生变化,导致植物营养不良,并在酸雨作用下释放出大量的能造成植物中毒的活性铝。按照 1997 年国务院批准的《酸雨控制区和二氧化硫污染控制区划分方案》,山东省属于二氧化硫污染控制区的城市有 10 个地级市和 20 个县级市。2004 年全省二氧化硫排放总量 182.1 万吨,其中工业二氧化硫排放量 154.4 万吨,均列全国第一位。尽管近几年来酸雨污染和二氧化硫污染程度有所减轻,但形势仍然十分严峻。因此,山东省城市酸沉降控制和二氧化硫污染控制任务十分艰巨。

近年来随着我国酸沉降研究的不断深入,在对酸沉降进行多年连续监测的基础上,结合山东省的实际情况,我省相继开展了一些酸沉降研究,主要集中在青岛地区酸沉降以及模拟酸雨对生态环境影响等方面。徐新华等人研究了青岛地区气溶胶的酸碱特性,测定气溶胶中硫酸的含量,推断气溶胶中的 Ca^{2+} , Mg^{2+} 的存在形式与 SO_4^{2-} , NO_3^- 的来源以及 IP 和 TSP 对降水酸性的贡献;研究了沿海地区大气气溶胶海洋因子对降水组成的贡献。刘宝章等人对青岛地区酸雨天气边界层气象特征、酸雨成因及时空发展变化进行了研究。萧月芳等人以 pH 为 2,3,4,5 的模拟酸雨,对山东省棕壤、褐土、潮土、砂姜黑土、盐渍土等 5 种土壤进行 1~10 年室内淋洗土柱试验,分析了酸雨对土壤理化性质的影响和危害。到课题立项前,山东省尚未开展全省范围内的、系统的酸沉降研究,亟待填补这一研究领域的空白。为此,山东省环保局决定立项开展“山东省酸沉降问题及控制对策研究”。课题成果的意义在于,通过摸清山东省酸沉降的时空分布规律、成因和来源,以及山东省酸沉降防治现状和发展趋势,提出符合山东省实际的酸沉降控制技术建议和控制对策,从而为



酸沉降控制提供科学依据和技术平台,为有关部门提供决策依据。本书就是以该课题成果为基础,并吸纳了其他作者的部分研究成果编撰而成。

在课题研究和本书编写过程中,山东省环保局科技标准处的有关领导给予了关心和支持,山东省环境监测中心站提供了大量监测资料,还得到了多位专家和学者的指导。正是他们的大力支持和帮助,才使得本书最终得以完成。在此,谨向上述单位和个人表示最诚挚的谢意。

作 者

2005年10月

目 录

第一章 山东省自然环境和社会经济概况	(1)
第一节 自然环境概况	(1)
第二节 社会经济概况	(7)
第二章 山东省降水酸度的时空分布	(9)
第一节 降水酸度的监测	(9)
第二节 降水酸度的评价方法	(10)
第三节 降水酸度的年际变化	(13)
第四节 降水酸度的季节变化	(20)
第五节 降水酸度的空间分布	(23)
第三章 山东省降水化学组成的时空分布	(29)
第一节 降水化学组成的评价方法	(29)
第二节 降水化学组成的时间变化	(30)
第三节 降水电导率的时间变化	(38)
第四节 降水电导率的空间分布	(42)
第四章 山东省降水酸度的相关性分析	(45)
第一节 降水酸度与离子浓度的相关性分析	(45)
第二节 降水酸度与电导率的相关性分析	(49)
第三节 降水酸度、离子浓度与降水量的相关性分析	(51)
第四节 降水酸度与大气污染因子的相关性分析	(55)
第五节 总离子浓度与电导率的相关性分析	(61)
第五章 山东省酸沉降通量的时空分布	(62)
第一节 湿沉降通量的计算	(62)
第二节 干沉降通量的计算	(64)
第三节 硫沉降总通量的计算	(72)
第六章 山东省酸雨成因研究	(76)
第一节 主要酸雨前体物的排放强度及其与酸雨的关系	(76)
第二节 土壤酸碱性与降水酸度的关系	(83)
第三节 青岛地区边界层特征及酸雨成因	(90)
第七章 山东省硫沉降模拟研究	(100)
第一节 山东省硫沉降模拟	(100)
第二节 青岛地区硫传输通量的估算	(107)



第八章 模拟酸雨对山东省主要土壤类型理化性质的影响	(111)
第一节 各类土壤调查分析及酸雨室内模拟试验设计	(111)
第二节 模拟酸雨对棕壤的影响	(113)
第三节 模拟酸雨对褐土的影响	(117)
第四节 模拟酸雨对潮土的影响	(120)
第五节 模拟酸雨对砂姜黑土的影响	(122)
第六节 模拟酸雨对盐渍土的影响	(124)
第七节 模拟酸雨对五种土壤理化性质的危害	(127)
第八节 酸化棕壤的改良及其效果	(129)
第九章 山东省致酸物质环境容量研究	(132)
第一节 致酸气体环境容量的计算方法	(132)
第二节 模型参数的确定	(134)
第三节 致酸物质环境容量计算结果	(144)
第十章 山东省致酸物质控制现状及二氧化硫排放量预测	(146)
第一节 能源的生产和消费现状	(146)
第二节 二氧化硫排放现状	(151)
第三节 二氧化硫污染控制现状	(159)
第四节 二氧化硫排放量预测	(163)
第十一章 致酸物质控制技术及山东省的应用建议	(166)
第一节 煤清洗加工与高效利用技术及山东省的应用建议	(166)
第二节 二氧化硫控制技术及在山东省的应用建议	(168)
第三节 氮氧化物污染控制技术及山东省的应用前景	(180)
第十二章 山东省两控区污染防治规划	(188)
第一节 总 论	(188)
第二节 两控区二氧化硫控制计划目标	(189)
第三节 二氧化硫综合防治措施	(193)
第四节 实施计划的保障措施	(203)
第五节 环境管理基础能力建设	(205)
第六节 投资估算与环境效益分析	(205)

第一章 山东省自然环境和社会经济概况

第一节 自然环境概况

一、地理位置与疆域

山东省位于中国东部、黄河下游,北濒渤海,东临黄海,是中国沿海 12 省(市)之一。地理范围介于北纬 $34^{\circ}22.9'$ ~ $38^{\circ}24.0'$,东经 $114^{\circ}47.5'$ ~ $122^{\circ}42.3'$ 。省境南北最长约 400km,东西最宽约 700km。全省面积约 $15.72 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全国总面积的 1.6%。

从省区的平面形态和海陆分布状况看,全省可以小清河口至苏、鲁交界的绣针河口一线为界,分为东、西两部分。西为山东内陆,东为山东半岛。内陆北、西、南三侧与冀、豫、皖、苏四省接壤;半岛东突于黄、渤海间,北隔渤海海峡与辽东半岛遥相对峙。

山东海岸北起冀、鲁交界处的漳卫新河河口,南至苏、鲁交界处的绣针河河口,海岸线长 3121km。沿岸 0~20m 水深的浅海总面积为 29031 km^2 。沿岸面积大于 1 km^2 的海湾有 51 处。其中以属渤海的莱州湾为省内最大的海湾,面积 6060 km^2 ,绝大部分水深在 15m 以内。山东近岸岛屿计 299 个,总面积 147 km^2 。其中庙岛群岛北起北隍城岛,南至南长山岛,由 21 个岛屿组成,纵列于渤海海峡中,为山东省最大的群岛,并为黄、渤海的分界。

二、地势与地貌

(一)地 势

就全国地势而言,山东位于中国自西向东逐次降低的三级地势阶梯中的最低一级阶梯上。全省海拔高度的自然组合状况是:海拔 0~50m 的面积占全省面积(含沿海滩涂)的 50.63%;海拔 50~100m 的面积占 17.41%;海拔 100m 以上的全部面积占 31.96%,其中海拔 500m 以上的面积仅占全省的 2.69%。全省高程的中位值仅为 49.5m,总体地势较低。

(二)地 貌

山东地貌以山地、丘陵和平原为基本类型所组成。山地、丘陵约占全省面积的 37.45%;平原约占 62.55%。全省地貌的分布格局为:

山地与丘陵隆起于省内的中南部及东部。鲁中南的山地丘陵,地势北高南低。其中以近东西向横亘鲁中的泰鲁沂山地最高,山脊海拔一般在 800m 左右,与其南侧的蒙山山地共同组成山东中部分水岭脊,形成辐散状水系。山地丘陵区内被一些近东西向和西北—东南向宽大的山间谷地平原所分隔,山区总体轮廓很不规整。潍河及沭河以东的鲁东地区,山地丘陵被低平的胶莱河平原分隔,互不连接。其北部山地丘陵以艾山、牙山及昆嵛山为代表,均为低山;南部胶南丘陵,又称沐东丘陵;崂山山地孤峙于胶州湾东侧,主峰海拔千米以上,为鲁东最高的山地。

广袤的平原分布于省境北、西部,对山地丘陵呈半包围之势。鲁北及鲁西为黄河冲积平原,又称黄泛平原,海拔多在 50m 以下,东与泰鲁沂山地北麓山前平原以及胶莱平原连成一片,向渤海沿岸过渡为海拔 5m 以下的海积平原。

全省总体形成中部山地突起,东部丘陵散布,宽谷平原错列于山地丘陵之间,北及西部平原坦荡低下的地貌格局。山东地貌的分布与形成,受地质基础的明显制约。鲁北及鲁西平原形成于块断构造差



异沉降地区;鲁中南及鲁东山地丘陵形成于块断构造差异隆起地区。在地貌发育过程中,受不同地质应力作用,还形成了鲁中南石灰岩地区的岩溶地貌,临朐、昌乐、栖霞、蓬莱等地的火山地貌,以及全新世海侵最终形成的海岸地貌,从而使山东地貌组合复杂化与多样化。

三、气候

山东属暖温带季风气候,气候温和,雨量集中,四季分明。冬季受偏北大陆性季风控制,寒冷晴燥;夏季气流源自低纬太平洋面,盛行偏南风,气候湿热,降水集中。冬夏风向转换十分明显,多数地区季风指数均为 30~50;季风角都大于 120° ,东部沿海地区可达 180° ,即无论从季风的稳定性(指数大小),还是明显性(季风角大小)看,山东均为全国高值区之一,属典型的暖温带季风气候区。

全省各地大陆度均在 50% 以上。东部石岛达 55%,青岛为 61%;西部的德州、菏泽分别为 67% 和 69%。从大陆度分析,全省均属大陆性气候,故又称大陆性季风气候。

从全省气候状况分析,地区差异十分明显,尤以东西之间差异更为显著。表现在:第一,气温与热量方面,胶东半岛、东南沿海与西部内陆地区相比差异显著。夏季等温线几乎呈南北走向,与海岸线平行,7 月平均气温西部高达 27°C 以上,东部仅 21°C ,相差 6°C ,东西相差之大,在沿海各省中是罕见的。不同界限温度的积温值亦是西部内陆高于东部沿海地区, $\geq 0^\circ\text{C}$ 的积温,半岛地区为 4500°C 以下,西部内陆则在 $4800^\circ\text{C}\sim 5000^\circ\text{C}$; $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温,半岛地区一般为 $3600^\circ\text{C}\sim 4000^\circ\text{C}$,西部地区一般为 $4000^\circ\text{C}\sim 4500^\circ\text{C}$ 。内陆与沿海的物候期可相差 20 天左右。第二,全省降水量一般在 550~900mm,地区分布由东南向西北递减,胶东半岛南部、东南沿海及鲁南地区降水最多,达 800~900mm;鲁西北及黄河三角洲为最少,仅有 550mm 左右。降水变率西部亦较大,夏季降水量占全年总量的 70%,东部为 60% 左右,故春旱、夏涝现象远较半岛沿海地区为重,且甚于河北省南部,东西差异之大在华北地区也是绝无仅有的。第三,从四季分配看,全省各地均以冬季最长,夏季次之,而以半岛中、东部的冬季尤长,在 160 天以上;西部内陆地区,如鲁西南和济南地区冬季最短,在 140 天以下。相反,仅次于冬季的夏季日数,以鲁西、鲁南为最长,在 100 天以上,而半岛及沿海地区则在 100 天以下。春秋两季,西部内陆地区气温转变迅速,时间较短,且春温高于秋温,东部地区则是秋温高于春温,与华北其他省相比,也是一个显著的特征。第四,据大陆度的差异,西部大陆性气候显著加强。

省内南北气候的差异,主要表现在各地太阳高度角和日照时间上,特别是在冬至日,鲁南郯城的太阳高度角比鲁北无棣大 3 度,昼长多 20 余分钟;1 月份两地的太阳辐射量相差 $7108.6\text{J}/\text{cm}^2$ 。冬季气温自南向北递减。

此外,省内各种灾害性天气,如八级以上大风日,以鲁北平原与半岛北部为最多,鲁中山区较少;干热风以鲁西、鲁北平原出现最多,鲁中南山区较少;冰雹日则以鲁中南山区为最多,而南部平原则较少;早霜冻以鲁北平原及半岛、鲁中山丘区的谷地较多、较重,终霜冻则以鲁南平原较多、较重。这些方面也表现了明显的地域差异性。

四、水文

山东省东临海洋,地形复杂,雨量集中,河流比较发育,全省平均河网密度为 $0.24\text{km}/\text{km}^2$ 。长度在 5km 以上的河流共有 5000 多条,其中长度在 10km 以上的计 1552 条,有 70 多条为干流和一级支流。在鲁中南地区,以泰鲁沂山地为中心,形成向四面分流的辐射状水系。向南流的河流经江苏入海;向西流的河流分别注入黄河和南四湖;向北流的河流除部分注入黄河外,多数独流注入渤海;向东流的河流集水面积较小,均汇入南黄海。在胶东地区,以昆嵛山、牙山、艾山、大泽山等为分水岭,形成南北分流的不对称水系。北流诸河流注入渤海和北黄海,大都源短流急;南流河流汇入南黄海,集水面积相对较大。

鲁西—北平原区,地势平缓,在微倾斜的平原上,发育了众多的坡水性河道。黄河以北平原区,河流注入渤海;黄河以南、南四湖以西平原区,河流汇入南四湖。

山东诸河分属黄河、淮河、海河、小清河及山东半岛水系。

山东省河川年径流量按全国统一的 1956~1979 年同步水文系列计算,多年平均为 $264\times 10^8\text{m}^3$,折

合年径流深为 172.2mm。河川径流深在地区上的分布趋势与降水量一致,但由于径流受下垫面的影响,年径流深地区分布的不均匀性比年降水量大得多。总的分布趋势是从东南向西北递减。鲁中南山区多年径流深达 300mm 以上,鲁西—北平原则只有 30~60mm。鲁东崂山和昆嵛山区亦达 300mm 以上,而半岛北部则为 100~200mm。省内径流深高值区比低值区大 10 倍以上。

山东省年径流量年际变化大,年内分配亦很不均匀。在年际变化上,丰水年与枯水年水量相差悬殊,且平原地区年际变化大于山区。全省实测最大年径流量发生在 1964 年,为 $690 \times 10^8 \text{ m}^3$,是多年平均径流量的 2.6 倍;1968 年最小,为 $61.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,仅为平均值的 23.4%;最大年径流量是最小年径流量的 11 倍多。在地区分布上,鲁北平原区诸河和胶莱河、大沽河等最大年径流量与最小之比可达数 10 倍甚至 100 多倍,鲁东南及胶东东部各河径流量的倍比相对较小,一般不足 10 倍。径流量的年内分配相差亦十分悬殊,汛期洪水暴涨暴落,容易形成水灾;枯水期径流量很小,甚至干涸断流。鲁东、鲁中南山地和鲁西南地区,年径流量集中在 6~9 月,一般占全年径流总量的 80%~85%,最大月径流量一般出现在 7 月。黄河以北平原区和鲁中南山地以北地区,年径流量集中在 7~10 月,一般占全年径流总量的 80%~90%,最大月径流量一般出现在 8 月。

山东河流除黄河干流外,多年平均含沙量大都为 $1 \sim 3 \text{ kg/m}^3$ 。黄河以北平原区,多年平均含沙量为 $0.3 \sim 1.2 \text{ kg/m}^3$;鲁中南山地和鲁东丘陵地区,河流上游含沙量较高,多年平均含沙量一般都在 2 kg/m^3 以上,最大可达 4.6 kg/m^3 ,河流的下游平原区含沙量较小,一般不超过 1 kg/m^3 ;南四湖以西平原区,多年平均含沙量变动范围为 $2 \sim 3.5 \text{ kg/m}^3$ 。

山东省各河流天然水质与河水的补给来源有密切关系,各河流矿化度的变化规律是:洪水期小,枯水期大;山区小,平原大。黄河以北平原区矿化度最大,多年平均矿化度为 $437 \sim 1110 \text{ mg/L}$,德惠新河白鹤观站多年平均矿化度达 1110 mg/L ,为全省最高值。其次是南四湖以西平原区,多年平均矿化度为 $387 \sim 550 \text{ mg/L}$ 。泰鲁沂山地和鲁东丘陵地区矿化度较小,多年平均矿化度大都在 400 mg/L 以下,沭河支流浍河陡山水库站多年平均矿化度仅 117 mg/L ,为全省最低值。20 世纪 70 年代以后,因受到工业废水、生活污水和化肥农药的污染,河流天然水质的时空变化规律性遭到破坏,许多河流矿化度的大小随排污情况而发生变化。

山东省各河流水温与气温变化一致,但水温的日较差和年较差均略小,全省各河流月平均最高水温,除山东半岛东部诸河出现在 8 月外,其余各河均出现在 7 月。全省各中小河流开始封冻时间,以徒骇、马颊两河下游地区最早,一般在 12 月中旬,其余各河大都在 12 月下旬由北而南开始封冻。翌年解冻开河,以鲁西南最早,一般在 2 月上旬开始,其余地区大都在 2 月中旬。

山东省湖泊多分布在鲁中南山地丘陵与平原的过渡地带,以南四湖为最大,东平湖次之,其他还有麻大湖、白云湖和大芦湖,湖泊总面积约 2100 km^2 。

五、土 壤

(一) 土壤分类

根据山东省第二次土壤普查资料统计,全省土壤面积为 $12\,110\,372 \text{ hm}^2$ 亩,占全省土地总面积的 77.03%。共有 6 个土纲、9 个亚纲、15 个土类、37 个亚类、86 个土属、258 个土种。各类土壤中以潮土面积最大,占全省土壤总面积的 38.53%;往后依次为粗骨土、棕壤、褐土,分别占全省土壤总面积的 19.80%、14.68%、14.66%;石质土、砂姜黑土与盐碱土共计占全省土壤总面积的 9.55%;红黏土、新积土、风沙土、火山灰土、山地草甸土、水稻土等其他合计仅占全省土壤总面积的 2.78%。

(二) 土壤分布

1. 棕壤的地理分布

山东省是我国棕壤的集中分布区之一,全省棕壤面积 $1\,777\,373 \text{ hm}^2$,占土壤总面积的 14.68%,仅次于潮土和粗骨土。在鲁东丘陵区,棕壤大面积集中分布;在鲁中南山地丘陵区,棕壤常与褐土成复区。



受地貌、母质、水文等条件的影响,棕壤与其他土类有以下几种分布组合形式:第一,在山间平原和河谷平原,由近河至远河,常呈现河潮土—潮棕壤—棕壤的组合分布,如五龙河、大沽河、乳山河两侧。第二,在山前平原下缘的交接洼地,由地势高处至低处,常形成棕壤—潮棕壤—砂姜黑土的组合分布,如泰山南麓山前平原、大泽山西麓山前平原。第三,在鲁中南山地丘陵区腹地,棕壤与褐土呈复区分布。第四,在全省广泛分布的中低山、丘陵坡地,棕壤性土与酸性粗骨土、酸性石质土呈复区。棕壤各亚类的分布状况是:棕壤亚类分布在山丘坡麓和山前平原;白浆化棕壤集中分布在鲁东丘陵区南部低丘坡麓和剥蚀平原,中低山高坡地林下有小面积零星分布;潮棕壤分布于山前平原中下部和山间谷地、河谷平原;酸性棕壤一般分布于中山海拔 800m 以上的郁闭林下,坡麓地带也有极少面积分布。

2. 褐土的地理分布

山东省褐土处于华北褐土带的东南缘,是省内两大地带性土壤之一,面积有 1 775 087hm²,占全省土壤总面积的 14.66%。褐土主要分布在鲁中南山地丘陵区,在泰山、鲁山、沂山一线的北侧石灰岩低山丘陵坡麓、近山阶地和山前平原,以分布褐土和石灰性褐土为主;在这一线的南侧山前平原,褐土常与棕壤成复区;在鲁南分布较大面积的淋溶褐土,并与褐土、棕壤成复区;在鲁中南山地丘陵区广泛分布的石灰岩低山丘陵中、上部,褐土性土、钙质粗骨土成复区;石灰性褐土常分布于低山、丘陵坡麓,呈现上与褐土性土或钙质粗骨土相接,下与褐土相连的组合分布;在山前平原的下缘,潮褐土常与潮土、砂姜黑土连接,在河谷平原和山间盆地,潮褐土常与河潮土组合。在鲁东丘陵区北部和中部莱阳盆地也有小面积褐土分布。

3. 潮土的地理分布

潮土是山东省面积最大的土类,面积 4 665 807hm²,占全省土壤面积的 38.53%。潮土的分布有 3 个特点,一是分布集中,76.5%的潮土面积集中分布在鲁西北黄河冲积平原,占全省总面积 56%的山地丘陵区分布的潮土占潮土面积的 23.5%,常与潮棕壤、潮褐土、砂姜黑土呈复区分布。二是潮土分布不受地带性条件的限制,凡是地势低平、有河流沉积物的地方都有潮土分布。三是潮土分布受微地貌的控制,在黄河冲积平原这一特征特别明显,在河滩高地、决口扇形地多分布砂壤脱潮土、壤脱潮土和砂质潮土;在远离泛滥区,或两次主流沉积的中间地带的缓平坡地为缓流沉积,多分布壤质潮土、黏壤质潮土和盐化潮土;在河间浅平洼地和封闭洼地中心,分布着黏质潮土和黏壤质湿潮土;在坡地向洼地中心过渡的缓平坡地下部,多分布盐化潮土,并与盐土成复区。

4. 砂姜黑土的地理分布

山东省砂姜黑土面积有 536 640hm²,占全省土壤面积的 4.43%。砂姜黑土土类中砂姜黑土亚类面积为 383 100hm²,石灰性砂姜黑土亚类面积为 153 540hm²,分别占土类面积的 71.39%和 28.61%。

山东省砂姜黑土集中分布在鲁中南山地丘陵区周围的几个大型洼地和鲁东丘陵区西南部的莱阳、即墨盆地之中,具体分布是,东部胶莱河谷平原洼地,小清河以南鲁中南山地丘陵区北侧扇缘交接洼地,西部的汶泗河平原洼地及南四湖滨湖洼地,东南部的沂沭河谷平原洼地。其亚类分布的区域特点是,砂姜黑土亚类分布在莱阳、即墨盆地、胶莱河谷平原的东部、沂沭河谷平原洼地。在胶莱河谷平原西部、临邾苍平原南部、汶泗河平原及滨湖洼地中,砂姜黑土亚类常与石灰性砂姜黑土亚类呈复区分布。砂姜黑土亚类分布区由于多次受到河流泛滥的影响,表层多有冲积物覆盖。洼地边缘地带,覆盖层较厚,呈无或微弱石灰反应,黑土层掩埋较深,一般出现为 30~60cm,而在洼地中心部位,黑土层被覆盖较浅或出露地表,石灰性砂姜黑土亚类主要分布在鲁中南山地北侧山前平原下缘与小清河相接的交接洼地,以及胶莱河谷平原西部的洼地中。其母质为富含碳酸钙的石灰岩风化物或黄土,洼地边缘多有次生黄土或石灰性冲积物覆盖。

由于山东的砂姜黑土分布在山地丘陵区周围低洼处,深受当地河流冲积物的影响,与其他土类的组合分布要比淮北平原复杂得多,常与潮土、褐土、棕壤等土类成复区。组合分布的特点是,砂姜黑土亚类常与非石灰性河潮土和潮棕壤组合分布,而石灰性砂姜黑土则常与石灰性河潮土和石灰性潮褐土组合分布。在枣庄市南部通常是砂姜黑土与石灰性砂姜黑土两亚类呈复区分布。并与褐土、潮褐土成组合分布。

5. 盐碱土的地理分布

盐土、滨海盐土和碱土统称为盐碱土。山东省盐碱土总面积4 640 153hm²,占土壤总面积的3.84%。盐碱土广泛分布于黄河冲积平原,它们与潮土呈复区,插花斑状分布于潮土之中;滨海盐土分布于滨海平原,常呈平行于海岸的带状分布。在黄河冲积平原,河流交互沉积所形成的岗、坡、洼起伏的中小地形,影响和制约着水盐的分配,进而也影响和制约盐碱土的分布。岗坡地潜水位深,虽然蒸发强烈,但土壤仅有轻度盐化;在河间洼地中心,汇集淡质水和弱矿化水,土壤积盐也较轻,所以岗坡和洼地中心一般分布盐化潮土。洼地边缘地下水位高,蒸发强烈,地下水浓缩,土壤积盐剧烈,一般分布盐土。

6. 水稻土的地理分布

至1985年全省水稻土有143 707hm²,占土壤总面积的1.19%、耕地总面积的1.64%。主要分布在滨湖平原、河谷平原、滨海平原河口地区和黄河三角洲,与潮土、湿潮土、盐化潮土、砂姜黑土接壤。从各市水稻土分布面积看,济宁和临沂水稻土面积最大,分别是82 220hm²和51 700hm²。青岛、东营、烟台、济南、枣庄仅有小面积零星分布。从分布区域看,水稻土有两大集中分布区。一是南四湖滨湖平原水稻区,面积约83 333hm²,地势低平,分布高程小于35m,地下水和地表水都较丰富,湖东侧离湖稍远的地方,地势稍高,地下水较深,主要利用库水、河水植稻,水稻土呈不连续分布。该区水稻土的母土多为潮土、湿潮土,少部分为砂姜黑土。二是鲁南沂沭河谷平原水稻区,面积约51 333hm²,呈南北带状集中分布在沂河、沭河之间,与滨湖平原相比,地形微起伏,地下水位较深,地表水丰富,主要引库水、河水种植,母土以砂姜黑土、河潮土为主。在滨海平原河口区和黄河三角洲平原、沿黄背河洼地,地下水埋藏浅,但矿化度较高,以引河水或拦蓄雨季地表水植稻。近几年黄河三角洲垦荒引黄,植稻面积较大。但由于种稻时间短,未划为水稻土。另外,在鲁中南山地丘陵区北侧山前平原下缘与河流冲积平原相毗邻处的交接洼地,分布有小面积的植稻年代久远的水稻土。

7. 其他土类的地理分布

(1) 风沙土

山东省草甸风沙土面积有55 400hm²,占全省土壤总面积的0.46%。在草甸风沙土中,冲积半固定草甸风沙土面积最大,有33 560hm²;其次是冲积固定草甸风沙土,面积16 433hm²;冲积流动草甸风沙土面积仅有1213hm²。以上三土属主要分布于黄河冲积平原的黄河故道,古决口扇形地和现代决口冲积扇,呈西南—东北向条带岗状分布,且由西南至东北面积逐渐减少。草甸风沙土常与砂质潮土、壤质脱潮土接壤。在鲁东半岛北部沿海岸集中分布海积半固定草甸风沙土,东部和东南部沿海也有零星分布。在半岛中部宽阔的河漫滩分布有小面积固定草甸风沙土。

(2) 新积土

冲积土面积74 360hm²,占全省土壤总面积的0.61%。黄河滩冲积土41 653hm²,分布在黄河大堤内的现代河漫滩上;三角洲冲积土32 713hm²,分布于现代黄河三角洲,现代黄河三角洲西部以西河口为顶点,西北部以黄河故道为界,南部以宋春沟为界。

(3) 粗骨土

粗骨土面积2 397 687hm²,占全省土壤总面积的19.80%,是全省面积较大的土壤类型之一。全省所有中、低山和丘陵坡地几乎都有粗骨土分布。酸性粗骨土是粗骨土土类中面积最大的亚类,面积1 610 093hm²,占土类面积的67.2%,主要分布在鲁东丘陵区 and 鲁中南山丘区泰山、沂山、鲁山、徂徕山等中、低山坡地。中性粗骨土215 673hm²,分布于鲁中南山丘地北部、东部和鲁东半岛南部基性岩和砂页岩构成的丘陵坡地。钙质粗骨土571 920hm²,分布于鲁中南山丘区南部、西部和北部石灰岩构成的低山、丘陵坡地。粗骨土与棕壤性土、褐土性土和石质土成复区。

(4) 石质土

石质土土类面积154 987hm²,占全省土壤总面积的1.28%,全部是荒草坡地。在鲁中南山地丘陵区 and 鲁东丘陵区的中、低山、丘陵高坡地都有石质土分布,多与粗骨土呈复区。酸性石质土面积95 907hm²,主要分布在鲁东中部、北部花岗岩构成的丘陵顶坡,和鲁中南山地丘陵区中部、南部中低山、丘陵坡地;中性粗骨土4380hm²,分布在鲁中山丘区中北部玄武岩山坡,和鲁中南中部、鲁东半岛南



部砂页岩构成的缓丘顶部;钙质石质土 $53\,720\text{hm}^2$,分布于鲁中南区西部和北部石灰岩低山、丘陵陡坡和顶部。

(5)红黏土

红黏土面积 $63\,867\text{hm}^2$,占全省土壤总面积的 0.53% 。主要分布在鲁中南山地丘陵区中部和南部丘陵坡麓下缘,山间谷地岩溶地貌区;在鲁中南区北部低山丘陵坡麓和鲁东丘陵坡麓也有小面积零星分布。红黏土分布区往往是水土流失严重的地区。

(6)火山灰土

山东省火山灰土零星分布在鲁中南山丘区北部临朐、昌乐县内火山口附近和玄武岩台地顶部,该处为第三纪火山喷发;在鲁东半岛北部蓬莱市第四纪火山喷发形成的火山锥附近也有小面积火山灰土分布。

(7)山地草甸土

山地灌丛草甸土面积 1440hm^2 ,占全省土壤总面积的 0.01% 。分布在泰山、崂山、昆嵛山等中山顶部。地势高,风力大,乔木难以生长,但因降水较多,相对湿度较大,坡度平缓,利于灌木草本植物生长,有机质积累强烈,腐殖质化作用明显。

六、生物地理

(一)植物地理

山东地处暖温带,植被属森林分布区,由于长期受人类活动影响,区内原始森林早已荡然无存,现状植被多具次生性质,或为人工栽培。

山东省地带性植被主要为落叶阔叶林和温性针叶林。构成山东植被的区系植物中,维管植物有2300余种,其中种子植物占主导地位。植物分布以水、热条件较好的鲁东地区种类最丰富,鲁中南次之,鲁西较少,鲁北则是区系种类最贫乏的地区。植物区系的地理成分以温带分布型为主,其中尤以北温带成分占绝对优势,又有较丰富的热带、亚热带成分。属山东特有的种不多,仅约39种,如山东假蹄盖蕨、胶东桦、崂山百合等。山东区系植物中尚有少量国外成分。

山东植被类型分为森林植被、灌丛植被、草本植被与栽培植被等。森林植被中以温性针叶林占优势,主要群系有油松林、赤松林、黑松林与侧柏林;落叶阔叶林分布较少,主要为栎林、刺槐林、杨柳林与落叶阔叶杂木林等群系,其中人工刺槐林占比例较大。由于人为的干扰破坏,山丘区荒坡上次生灌草丛分布广、面积大。隐域植被有草甸、沼泽、水生、盐生与沙生植被等。山东农垦历史悠久,各种农业植被如粮食作物、经济作物及果、菜等类型多样。

山东植被的地理分布,自东向西在植物种属、区系成分和植被类型上均有明显差异,在中山地区还表现出一定的垂直分异现象。

(二)动物地理

山东早经开发,农耕历史悠久,境内野生动物的种类组成、区系成分及主要生态类群的特征,不仅受区域自然环境条件影响,也受人为经济活动的影响。在陆栖野生动物中,哺乳类主要由啮齿类、翼手类、食虫类和一些小型肉食兽类所组成,中型兽类仅有少数广适应性种类,如狼、狐等,且仅见于局部山区;境内无大型兽类及稀有种。但种类较丰富、生态类型多样是山东省鸟类区系明显的特征。调查所记全省计有鸟类406个种和亚种,省内繁殖鸟类133种,其中属古北界华北区的种类有57种,占总数的 43% ,其他 34% 与 23% 分别为东洋界与古北、东洋两界广布种。境内爬行类亦多为华北习见种。陆栖和淡水爬行类共17种,以较耐干旱的蛇类和蜥蜴类为主。山东的两栖类明显贫乏,均属无尾两栖类,区系组成主要由广布于古北、东洋两界的种类所组成。昆虫的地理区划属黄淮温带粮棉区、辽黄平原区,主要为东方类型,但因西部地区为平原,缺少阻碍动物分布的大屏障,加上长期人类经济活动与农业耕作的影响,形成南北区系在本区的交混状态,某些西伯利亚种向南可超越此区,一些真正的热带种类亦

能伸达于此,中亚细亚草原型蝗虫曾于境内发现。由此可见,山东省动物区系组成,以华北区系成分为主,尚有东洋界与广布成分的渗入。

山东动物生态类群包括陆生、海生与淡水动物 3 大类群。除海生动物外,动物地理生态类群属中国东部季风区耐湿动物群的一部分,但在黄河以北地区表现出耐湿动物群向耐旱动物群过渡的某些特征。动物群以森林—森林草原—农田动物群为主,但亚热带甚至热带的一些种类,如佛法僧科鸟类可北伸至省境;少数全北界种,如旋木雀可南延达山东;鲁西北地区为耐旱动物向东渗透的通道,如小沙百灵、达乌尔黄鼠等均有渗入。大面积农田的开发,为一些适应于农耕环境的动物群,如农田鼠类、旷地鸟、草地蝗等扩大了栖境范围,成为省内优势动物群。

境内的河流、湖泊、水库、塘坝、灌渠及稻田构成了淡水动物生存环境。淡水动物包括鱼、虾、蟹、螺、蚌等,全省计有典型淡水鱼类 115 种,以鲤科温水性鱼为主。淡水动物经济价值较高,是山东已开发利用的动物群。

由于地貌类型多样,气候、土壤与自然植被的区域分异,导致省内各地区动物区系成分、动物群的种类组成及生态地理分布均有一定的差异,故可将山东动物界划分为鲁东丘陵动物地理区、鲁中南山地丘陵动物地理区、鲁西北平原动物地理区和鲁西南平原动物地理区等 4 个区。

第二节 社会经济概况

一、综 合

2002 年,全省国内生产总值首次突破万亿元大关,实现 10 552.06 亿元,按可比价格计算,比上年增长 11.6%,这标志着山东省综合经济实力跃升到新的台阶。第一产业实现增加值 1390.00 亿元,增长 2.5%;第二产业实现增加值 5309.54 亿元,增长 14.8%;第三产业实现增加值 3852.52 亿元,增长 10.6%。三种产业结构由上年 14.4:49.3:36.3 变化为 13.2:50.3:36.5,第一产业比重下降了 1.2 个百分点,第二、三产业比重分别上升了 1.0 和 0.2 个百分点。人均国内生产总值 11643 元,按可比价格计算,比上年增长 11.0%。

二、农 业

农业经济结构进一步调整,农林牧渔业全面发展,农产品竞争力不断提高,农村基础设施条件进一步改善。2002 年,受种植面积调整和自然灾害严重的双重影响,粮、棉、油、园林水果等农产品减产。蔬菜生产仍是山东省种植业调整优化的重点,全年种植面积增加,产量提高。全年农林牧渔业实现总产值 2526.1 亿元,比上年增长 1.1%。其中,农业 1420.9 亿元,下降 2.5%;林业 48.3 亿元,下降 4.5%;畜牧业 698.4 亿元,增长 6.8%;渔业 358.5 亿元,增长 2.3%。各业占农林牧渔业的比重分别为:农业 56.3%,比上年下降 0.8 个百分点;林业 1.9%,与上年持平;畜牧业 27.6%,提高 0.9 个百分点,畜牧业生产成为 2002 年拉动全省农业经济增长的重要因素;渔业 14.2%,下降 0.1 个百分点。

三、工 业

工业生产持续快速增长。2002 年国有和年产品销售收入 500 万元以上的非国有工业企业发展到 13 469 家,全年实现工业增加值 3502.4 亿元,比上年增长 17.3%。其中,国有及国有控股工业增加值 1590.0 亿元,增长 17.7%;集体工业增加值 599.7 亿元,增长 15.2%;股份制工业增加值 1537.1 亿元,增长 20.1%;股份合作制工业增加值 105.3 亿元,增长 17.6%;外商及港澳台商投资工业增加值 501.9 亿元,增长 16.4%;其他经济类型工业增加值 197.7 亿元,增长 35.6%。重工业生产快于轻工业,轻、重工业分别实现工业增加值 1366.0 亿元、2136.4 亿元,增长 16.8% 和 18.4%。大中型工业企业实现工业增加值 2254.5 亿元,增长 15.7%。全年规模以下工业企业实现工业增加值增长 7.0%。



四、人 口

据全省人口变动抽样调查推算,2002 年末全省总人口 9082 万人,人口出生率为 11.17‰,死亡率 6.62‰,自然增长率 4.55‰。城镇人口占总人口的比重为 40.3%。

参 考 文 献

- 1 山东省地方史志编纂委员会. 山东省志·自然地理志[M]. 济南:山东人民出版社,1996
- 2 山东省土壤肥料工作站. 山东土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1994

第二章 山东省降水酸度的时空分布

第一节 降水酸度的监测

一、监测点位的分布

山东省在全省 17 个设区城市及长岛县城、莒县县城共布设了 35 个降水监测点,其中,济南、青岛、淄博、烟台(长岛)、济宁共 13 个为国控网点。监测频率为逢降水必测。山东省各城市降水监测点位的名称、地理位置和控制级别如表 2-1 所示。

表 2-1 山东省降水监测点位一览表

城市名称	测点名称	经 度	纬 度	控制级别
济 南	市监测站	117°03′	36°39′	国 控
	天桥区政府	116°59′	36°40′	国 控
	长清区监测站	116°43′	36°33′	国 控
青 岛	市气象局	120°19′44″	36°04′20″	国 控
	流亭机场	120°23′48″	36°14′59″	国 控
	崂山水库	120°28′17″	36°15′39″	国 控
淄 博	市监测站	118°02′22″	36°48′33″	国 控
	张店区监测站	118°02′22″	36°48′33″	国 控
枣 庄	市监测站	117°34′10″	34°51′17″	省 控
	市中区环保局	117°33′05″	34°51′10″	省 控
东 营	市环保局	118°29′42″	37°27′54″	省 控
	东城区环保局	118°39′05″	37°25′53″	省 控
烟 台	南山	121°23′	37°31′	国 控
	西郊	121°19′	37°33′	国 控
	长岛县气象局	120°43′40″	37°55′51″	国 控
潍 坊	市监测站			省 控
	市气象局			省 控
济 宁	市监测站	116°31′	35°24′	国 控
	市煤气公司	116°31′	35°24′	国 控
泰 安	市环保局	117°21′	37°28′15″	省 控
	市气象局	117°22′	37°28′15″	省 控
威 海	市监测站	122°05′10″	37°30′02″	省 控
	市气象局	122°05′20″	37°28′15″	省 控
日 照	莒县环保局			省 控
	市环保局	119°27′85″	35°25′08″	省 控



续表

城市名称	测点名称	经 度	纬 度	控制级别
莱 芜	市环保局	117°38′	36°26′	省 控
滨 州	市监测站	118°02′19″	37°22′10″	省 控
	市林业局宿舍	117°59′20″	37°22′13″	省 控
德 州	市监测站	116°18′58″	37°25′12″	省 控
	市府宿舍	116°18′19″	37°25′32″	省 控
聊 城	市环保局	115°59′08″	36°27′21″	省 控
	二轻机厂	115°59′35″	36°27′21″	省 控
临 沂	市府大院	118°20′45″	35°03′45″	省 控
荷 泽	市环保局	115°27′	35°14′	省 控
	市气象局	115°25′	35°14′	省 控

二、监测项目和分析方法

济南、青岛、淄博、烟台四个国控城市,监测降水量、pH 值、电导率、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- ;济宁市虽为国控城市,但同其他大多数省控城市一样,一般只监测降水量、pH 值、电导率,在出现酸雨时加测 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Cl^- 。潍坊市作为省控城市对降水酸度和离子浓度也进行监测,泰安市 1990 年以前也曾对离子浓度进行监测。各种监测项目的分析按国家标准分析方法进行

三、数据保留位数

pH 值、阴阳离子浓度(单位:mg/L)取小数点后两位;电导率(单位: $\mu\text{S}/\text{cm}$)取小数点后一位;降水量(单位:mm)取小数点后一位。

第二节 降水酸度的评价方法

一、酸雨的定义

通常指 pH 值低于 5.60 的降水为酸雨,大于或等于 5.60 的降水为非酸雨。降水酸度可用降水 pH 均值、酸雨频率和酸雨雨量百分数三个指标来表征。

二、降水酸度的评价方法

(一)降水 pH 均值

1. 现有平均 pH 值计算方法及缺陷

每次降水事件的酸性常用其氢离子浓度的对数 pH 值表示,由每次降水的 pH 值计算月均值、季均值和年均值,目前大多采用氢离子浓度雨量加权的方法,即

$$\text{pH}_a = -\lg \left[\frac{\sum_{i=1}^n R_i [\text{H}^+]_i}{R} \right] \quad (2-1)$$

其中:

$$[\text{H}^+]_i = 10^{-\text{pH}_i}$$