

学校代码: 10135
论文分类号:
学号: 20084017002
研究生类别: 全日制

内蒙古师范大学

硕士学位论文

阴山北麓表土与土默特平原大气降尘的相关性研究

Research on the Surface Soil of the North Foot of the
Yinshan Mountains in Comparison with the Dust of
the Tumnote Plain

理学	学科门类:	地理学	一级学科:	自然地理学	学科、专业:	自然地理学	研究方向:	自然地理学	申请人姓名:	周瑞荣	指导教师姓名:	海春兴
----	-------	-----	-------	-------	--------	-------	-------	-------	--------	-----	---------	-----

二〇一一年四月十日

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的
研究工作及取得的研究成果，尽我所知，除了文中特别加以标注和
致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成
果，也不包含本人获得内蒙古师范大学或其它教育机构的学位
或证书而使用过的材料。本人保证所呈交的论文不侵犯国家机
密、商业秘密及其他合法权益。与我一同工作的同志对本研究所
做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示感谢。

签名：周瑞荣 日期：2011年6月16日

关于论文使用授权的说明

本学位论文作者完全了解内蒙古师范大学有关保留、使用学
位论文的规定：内蒙古师范大学有权保留并向国家有关部门或机
构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以将学
位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影
印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文，并且本人电子
文档的内容和纸质论文的内容相一致。

保密的学位论文在解密后也遵守此规定。

签名：周瑞荣 导师签名：328 日期：2011年6月16日



中文摘要

大气降尘是大气环境监测的重要内容之一,降尘量是衡量空气质

量的重要指标。掌握大气降尘的来源和变化规律,探索尘源与大气降

尘的关系,可以有针对性地进行有效的环境管理,减轻降尘对空气污

染的贡献,改善环境质量。本文以阴山北麓表土与土默特平原大气降

尘相关性为研究对象,沿西北主风向连续两年春季对阴山北麓表土和

土默特平原大气降尘进行采样,表土采样以呼和浩特市-武川县-达尔

罕茂明安联合旗的公路为轴线、用 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 2\text{cm}$ 的平铲分别对草

地、耕地、退耕地、林地、灌丛等多种土地利用类型进行采样,并对

土壤样品的 PH 值、有机质含量、土壤机械组成、碳酸钙含量和水溶

性盐量等指标进行室内测定;在无沙尘暴天气状况下降尘采样以月为

周期在内蒙古财经学院教学楼顶、内蒙古师范大学校博物馆楼顶及和

林格尔内蒙古师范大学盛乐校区科技楼楼顶进行定期收集,对沙尘暴

降尘进行单独收集。将采集到的阴山北麓表土样品和收集到的土默特

平原大气降尘样品,送往内蒙古矿产实验研究所,利用日立 508 型原

子吸收分光光度计对氧化物 K_2O 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 和 Fe_2O_3

及微量元素 Mn、Cu、Pb、As 和 Ti 等成分质量百分含量进行测定,研

究结果显示:

(1) 沙尘暴降尘样品中氧化物及微量元素含量与不同土地利

用类型表土样品较为接近,接近平均表土含量,明显低于非沙尘暴降

尘样品;沙尘暴降尘样品组成比非沙尘暴降尘样品更接近阴山北麓表

土组成成分;

(2) 大气降尘的平均组成成分与建筑尘、煤烟尘成分相差较大,

而与表土成分较为接近;

(3) 富集系数法分析表明土默特平原大气降尘与阴山北麓表土

特征较为一致。说明沙尘暴降尘成分与阴山北麓表土成分有较强的相

关性,非沙尘暴降尘与阴山北麓表土差异性较大。

总之,土默特平原大气降尘与阴山北麓表土的关联性很好。

关键词 阴山北麓,土默特平原,相关性分析

Atmospheric dust is the important content of atmospheric environmental monitoring, the amount of dust is an important indicator to measure air quality. We grasped the source of atmospheric dust fall and the variation of it and explored the relationship between the source and atmospheric dust fall, in order to effective environmental management, reduce the contribution of dust on air pollution and improve environmental quality. In this paper, the research object is that correlation between the dust of the Tumnote plain and the surface soil of the north foot of the Yinshan Mountains. We took the samples of the dust fall in the Tumnote plain and the surface soils in the north foot of the Yinshan Mountains along the main wind direction in two consecutive years. Sampling areas are mainly located in the northwest areas of Hohhot, including the outskirts of Hohhot, the city of Baotou, Wuchuan County, and Daerhan-Maomingan County. Using the $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ flat shovel, we took soil surface samples, including grassland, Cultivated land and Degenerated plough land woodlands, bush. Indoor physical and chemical analysis of soil samples was performed using pH meter determination of soil pH value, Tyuin's method for determination of soil organic matter content, pipette and sieve analysis for determination of soil mechanical composition, the gas method for determination of calcium carbonate content, and the funnel method for determination of soil water-soluble salt content. The samples of dust fall from non-dust storm days were collected once a month. Sampling areas are mainly located in the teaching building roof of Inner Mongolia Finance and Economics, the Museum building roof of Inner Mongolia Normal University and the Technology building roof of Shengle Campus of Inner Mongolia Norma University, but dust

ABSTRACT

fall from dust storm days collected separately. The samples included the dust of the Tumnote plain and the surface soil of the north foot of the Yinshan Mountains. They were then sent to the Mineral Products Experimental Research Institute in Inner Mongolia. Elemental compositions were determined using a Hitachi 508 atomic absorption spectrophotometer. Analyses included K_2O , CaO , Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , Mn , Cu , Pb , As and Ti . The results show:

(1) The oxides and trace elements contents of the dust fall from the sandstorms were very similar to that of the different surface soils in the north foot of the Yinshan Mountains; similar to that of the average surface soil; Obviously lower than the samples of dust fall from non-dust storm days; the sample components of dust fall from dust storm days was much closer to the composition of the surface soil of the north foot of the Yinshan Mountains, than the sample components of dust fall from non-dust storm days.

(2) There are many differences between the average composition of dust fall and building material dust or coal smoke dust, and it also can be seen that the average composition of dust fall approached that of soil dust.

(3) Enrichment coefficient method shows that it is the same characteristics of the dust of the Tumnote plain and the surface soil of the north foot of the Yinshan Mountains. It indicates that the component of the surface soils in the north foot of the Yinshan Mountains were very similar to that of dust fall from the sandstorms; the contents were different from those of dust from non-dust storm.

In short, there is a good Correlation between the dust of the Tumnote plain and the surface soil of the north foot of the Yinshan Mountains.

KEY WORDS: the north foot of the Yinshan Mountains, the Tumnote plain, correlation analysis

目 录

1 引言	1
1.1 研究目的和意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 论文的研究内容、技术路线	5
1.3.1 论文的研究内容	5
1.3.2 论文的技术路线	5
2 研究区概况与研究方法	7
2.1 研究区概况	7
2.1.1 地理位置	7
2.1.2 气候条件	9
2.1.3 土壤条件	10
2.1.4 植被状况	11
2.2 样品的采集与研究方法	12
2.2.1 样品的采集	12
2.2.2 研究方法	17
2.2.3 算法原理	17
3 阴山北麓表土理化性质的测定及分析	18
3.1 阴山北麓表土机械组成的测定及分析	18

3.1.1 测定意义.....	18
3.1.2 方法选择的依据.....	18
3.1.3 实验原理.....	18
3.1.4 测定过程.....	19
3.1.5 阴山北麓表土土壤机械组成的统计分析.....	19
3.2 阴山北麓表土 PH 值的测定及分析.....	24
3.2.1 测定意义.....	24
3.2.2 方法选择的依据.....	25
3.2.3 电位法原理.....	25
3.2.4 测定过程.....	25
3.2.5 阴山北麓表土土壤 pH 值的统计分析.....	26
3.3 阴山北麓表土有机质含量的测定及分析.....	28
3.3.1 测定意义.....	28
3.3.2 方法原理.....	28
3.3.3 测定过程.....	28
3.3.4 阴山北麓表土土壤有机质的统计分析.....	29
3.4 阴山北麓表土碳酸钙含量的测定及分析.....	32
3.4.1 测定意义.....	32
3.4.2 测定原理.....	32
3.4.3 阴山北麓表土土壤碳酸钙统计分析.....	32
3.5 阴山北麓表土水溶性盐量的测定及分析.....	34
3.5.1 测定意义.....	34

3.5.2 方法选择及测定过程	34
3.5.3 阴山北麓表土土壤水溶性盐量的统计分析	34
3.6 小结	37
4 阴山北麓表土与大气降尘组成成分测定及分析	39
4.1 阴山北麓表土与大气降尘组成成分测定	39
4.2 阴山北麓表土与大气降尘组成成分分析	40
4.2.1 阴山北麓表土组成成分分析	40
4.2.2 大气降尘组成成分分析	41
4.3 小结	44
5 阴山北麓表土与土默特平原大气降尘相关性分析	45
5.1 阴山北麓不同土地利用类型表土与降尘的相关性分析	45
5.2 阴山北麓平均表土与降尘的相关性分析	48
5.3 利用富集因子法解析	50
5.4 小结	51
6 结论	52
参考文献	54
致谢	59

1 引言

1.1 研究目的和意义

阴山呼和浩特段位于内蒙古高原与土默特平原的交界处,其相对高度在800m左右。受季风环流的影响,土默特平原与内蒙古高原在地表组成物质迁移过程中有密切的关系,尤其是沙尘暴天气发生时,地—气系统间会有强烈的物质交换,阴山北麓表土会向位于其东南方向的土默特平原迁移、沉积。

沙尘暴发生的条件有:大风;疏松裸露的沙土质表层;不稳定的大气层结^[1]。

在中国,由于人类活动强度加大对生态环境的破坏^[2]和气候变化导致的荒漠化过程^[3]加剧了一部分地区发生扬沙和沙尘暴天气的可能性^[4]。土壤风蚀是我国北方地区生态环境破坏的主要表现之一。土壤风蚀过程与地表环境特征或下垫面条件有着密切的关系。地表环境特征主要包括植被特征(如植被类型、种类组成、盖度、冠层高度和地上生物量等)、土壤特征(包括土壤类型、质地、机械组成、容重、有机质含量、地表紧实度和土壤含水量等)和近地面风速特征,关于这方面的研究,国外文献已有详尽的描述^[5-9]。在发生风蚀的要素中,植被特征和土壤性质主要影响近地面风蚀速率^[10]。因此,土壤风蚀过程与地表环境特征关系的研究,一直是国际地理学和生态科学工作者所关注的热点问题^[11-12]。

近年来,为了阐明土壤风蚀过程与地表环境特征之间的复杂关系,以确定各个地表环境特征因子在土壤风蚀过程中的作用,国内外学者进行了大量的实验研究,提出了反映地表特征与近地面风相互作用关系的参数,其中使用最广泛的一个参数是地面粗糙度长度(surface roughness length)或空气动力学粗糙度长度(Aerodynamic roughness length)等^[13-14]。在野外,地面粗糙度长度与土地利用类型及耕作方式关系密切。干旱半干旱区发展农业生产对土壤风蚀产生很大的影响,不同的土地利用方式、利用强度,对表土的破坏程度不同,对风蚀起沙的贡献影响很大。不同土地利用表土有着不同物质组成及不同的抗风蚀强度,这直接决定着起沙物质组成及起沙量。

内蒙古中西部属中国主要的沙尘暴多发区^[2,15,16],1957-1996年40年间,内蒙古中西部共发生各种范围的强和特强沙尘暴184次,平均每年4.6次^[15]。受蒙古高压、干旱少雨和人类活动的影响,内蒙古中西部每年春季都会发生多次沙尘天气。沙尘暴直接影响着人类的生存环境,危害极大。扬沙和沙尘暴对土壤有极强的破坏作用^[17,18],会引起起沙区表层土壤组成物质的大量损失,也会导致部分沙尘覆盖区土壤质量的下降。沙尘暴的发生对下风向地区的空气污染影响很大

[19, 20]。强沙尘暴影响无线电波的传播^[21]，由于沙尘暴携带大量的颗粒物，使发

生沙尘暴地区的大气溶胶中可吸入颗粒物浓度急剧增加，其带来的健康危害不容

忽视^[22]。

浮尘天气可对人类的身心健康产生不良影响，如过敏、鼻塞、胸闷、气短、头痛脑胀、心理恐慌等^[23, 24, 31]。据美国有关部门统计，美国每年因空气中细颗粒物影响而过早死亡的老年人数以万计，儿童由于呼吸系统处于发育阶段，更容易受到细颗粒物的伤害^[25]。由黄沙天气过程所引发的气候学效应，如

对大气能见度、大气光学特性、地表辐射平衡的影响及导致自然生态环境的破坏等已是不可忽视的大气和生态环境问题之一，因此长期以来为国内外学者所关注，并做了大量工作^[26]。浮尘能影响空气、水源、农作物及一切地面设施，影响能见度、缩短光照时间、降低光照强度、光照质量^[27, 28]。浮尘对农作物有很大危害，特别是春季棉花苗期、玉米真叶期，作物幼芽上覆盖厚厚的降尘，影响植物的呼吸作用和光合作用^[29]。浓重的浮尘可使牲畜患病甚至窒息死亡；造成交通中断，是农牧业生产中的灾害性天气^[30]。日本有的研究人员还指出弱“kosa”对土壤微粒的地球化学循环作用的重要性^[30]。浮尘还能稀释大气中的有害气体浓度，在这一点上，对清洁大气环境也起到一定的作用^[31]。来自中国的黄沙到达日本后作为冰晶核的主要部分，对形成降水起着重要作用^[32]，同时黄沙冰晶核带碱性，对防止日本酸雨的产生起着积极的中和作用^[33]。但整体而言，沙尘暴产生的危害是其影响的主要方面。探清降尘来源对于改善环境，防治起尘，减轻沙尘危害有非常重要的意义。

沙尘暴降尘往往是沙尘暴影响区降尘的主要来源，多发的沙尘暴给下风向受尘区大大增加了降尘量。沙尘天气出现的有利气象条件是冷锋推进时前方暖气团干燥而无降水，另外与地表沙尘的厚度以及冷空气入侵路径等有关。沙尘暴降尘具有快速降尘现象，由于搬运介质强度、搬运距离和沙尘暴源区及途经区特征的差异，同一地点沙尘暴降尘与非沙尘暴降尘沉积特征不同^[34]，不同地点的降尘沉积特征也不相同，也有不同的物质组成，这对不同区域降尘对比分析及探清降尘来源有很大帮助。

1.2 国内外研究现状

学者们对沙尘暴的成因、过程、趋势及防治对策做了大量研究^[35]，对其发生的源区、迁移路径^[36]以及粉尘气溶胶成分特征等也有进一步认识^[37]。碳元素是大气气溶胶的重要组成部分，气溶胶中的含碳物质分为有机碳 (Organic Carbon,

溶胶进行相关研究^[38-41]。对大气降尘的研究过程中,研究方向与采用的方法及研究区域也不尽相同。李德成应用 ICP MS 测定了从 1998 年 10 月至 1999 年 9 月共 12 个月的北京西北郊降尘中稀土元素的浓度,同时测定了从 1999 年 4 月至 6 月间 8 次降雨中的稀土元素的浓度。对降尘和降雨中稀土元素的分布模式进行了初步分析^[42]。张宁在对降尘沉积物的粒度分析时使用 Sedigraph 5100 粒度分析仪(美国 Micromeritics 公司生产),进行 X 射线吸收—沉降法测定^[43]。端木和顺为探讨颗粒分布与其物源和化学性质的关系,对部分样品作了重金属元素分析,电镜观察以及 SO₂ 含量与全硫同位素分析^[44]。肖洪浪为了便于在土壤、结皮和尘样之间对比,使用吸管法分析粒度组成,同时一些尘样在不加任何分散剂下使用英国 Malvern Instruments Ltd. 生产的 Master S5004 激光粒度分析仪进行分析;不做任何预处理的分样使用日本制造 X 射线光谱仪,带 GB W071-4 系列标样

采样点测量的气态物质或颗粒物的物理、化学特征来判别受体的来源并定量判别源的贡献。与扩散模型相比,受体模型不用考虑传输、扩散、沉降等气象过程和复杂的中间化学过程,一般通过源排放和受体浓度的化学特征分析来推断各种源的浓度贡献率。应用的解析方法目前也相当丰富,有显微法(主要包括光学显微法 OM、扫描电子显微镜法 SEM、计算机控制扫描电镜法 CCSEM)、物理法(主要包括 X-射线衍射线 XRD 和轨线分析法 trajectory analysis)、化学—统计学方法(主要包括化学质量平衡法 CMB、因子分析法 Factor Analysis、FA、多元线性回归 Multivariate Linear Regression, MLR、富集因子分析法 Enrichment Factor, EF)、区域尺度模型(Iterative、Divisive、Nonweighting、Nonoverlapping、IDNN)、粗集理论(Rough Sets, RS)、投影寻踪回归法(Projection Pursuit Regression, PPR)、基于遗传算法(Genetic Algorithms, GA)、正交矩阵因子分解法(Positive Matrix Factorization, PMF)、混合方法等。经常用的受体模型是因子分析法和化学质量平衡法。美国、日本等国家从 20 世纪 70 年代起,Miller 和 Friedlander 等人开始由排放源转移到受体,进行大气颗粒物的源解析,因子分析法是多元统计法的一种,它是布利福德(Blifford)等人在气溶胶研究中首先提出来的^[50];1981 年美国环保局将化学质量平衡(CMB, Chemi-cal Mass Balance)模式作为评估大气质量的标准方法;1987 年美国环保局将受体模型的计算程序规范化,并推荐使用,取得了较好的结果^[51],它现已作为一种重要的研究手段,应用于城区、区域及全球的大气环境研究^[52]。我国一些城市都在进行城市大气降尘源解析工作,应用的解析方法也由定性解释向定量解析方向发展并逐步趋于完善。如北京^[53]、上海^[54]、常州^[55]、重庆^[56]、乌鲁木齐^[57]、青岛^[58, 59]等利用 CMB 法进行了大气颗粒物源解析,取得了比较好的结果。陈虎等分析定期收集的兰州市降尘样品时,用 X 射线荧光法分析了其中 24 种元素的相对浓度,并用富集因子法对数据进行了处理、分析^[60]。绍英等用中子活化分析法分析了唐山市区 12 月份大气降尘中的元素及水平,结果表明降尘中元素主要来自于地壳和扬尘,市区污染程度较低^[61]。殷汉琴(2005 年)通过对铜陵市大气降尘重金属元素的分析做了铜陵市降尘的详细源解析。进行源解析工作关键是要选择合适的标识元素及标识元素的数量要足够,实践表明,选取十个以上元素可保证相关系数在 0.9 以上^[62-64],标识元素一般根据各种源排放的特有成分及样品测定结果选择确定。

内蒙古自治区沙尘天气对环境产生的影响十分强烈,每年冬春季节,受大风

沙尘影响,大气环境质量有明显下降。不少学者对该区沙尘暴的影响、起因、来源、周期、治理措施作了大量研究^[40, 67-69],对内蒙古沙尘暴的下垫面条件演变^[66, 66]、沙尘暴预测预报方法^[67, 68]、天气气候特征^[1]等也做了不少工作,受其研究内容侧重点小及定量研究较少的影响,研究结论对于从根本上推进本区生态环境建设的力度远远不够,关于内蒙古地区大气降尘的源解析工作仍未开展。为加快改善自治区居住地环境及生产环境,亟待摸清大气降尘与尘源的具体关系,以影响本区大气环境质量的主要天气——沙尘天气为重点,摸清大气降尘与其源区表土成分关系。

1.3 论文的研究内容、技术路线

1.3.1 论文的研究内容

(1)在阴山北麓分别选取草地、耕地、退耕地、林地、灌丛等多种土地利用类型进行定点采样。带回实验室风干后制样,进行土样室内理化分析,分别用酸度计测定土壤PH值,丘林法测定土壤有机质含量,吸管法测定土壤机械组成,气量法测定土壤碳酸钙含量,漏斗法测定土壤水溶性盐量。此外,对氧化物 K_2O 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 和 Fe_2O_3 及微量元素Mn、Cu、Pb、As和Ti等成分质量百分含量进行测定。

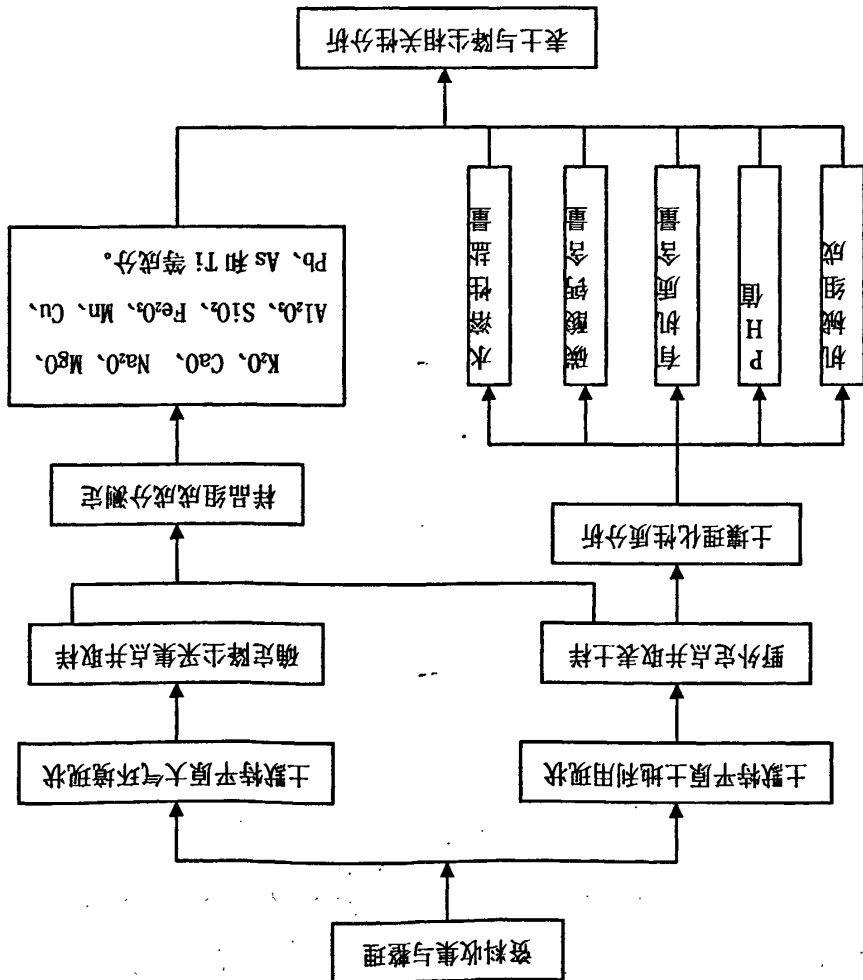
(2)将几个降尘采样点降尘样品以月为周期进行收集,在沙尘暴天气发生时,根据天气预报控制时段,将沙尘暴降尘独立收集。大气降尘样品组成成分测定项目包括对氧化物 K_2O 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 和 Fe_2O_3 及微量元素Mn、Cu、Pb、As和Ti等成分质量百分含量进行测定。

(3)分析降尘与各类表土成分的相关关系,探明阴山北麓表土与土默特平原降尘的关系。

1.3.2 论文的技术路线

本文的技术路线见图1-1。

图 1-1 论文研究技术路线图



2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

2.1.1 地理位置

采样位置包括表土样品采集点和降尘采样点。表土样品采集点主要位于呼和浩特市西北部地区，包括包头市达尔罕茂明安联合旗、武川县和呼和浩特市郊，见图 2-1。该研究区域内自然地理环境复杂多样，山区面积占总面积 47%左右。阴山脉的中段——大青山，为此区域的主要山脉。

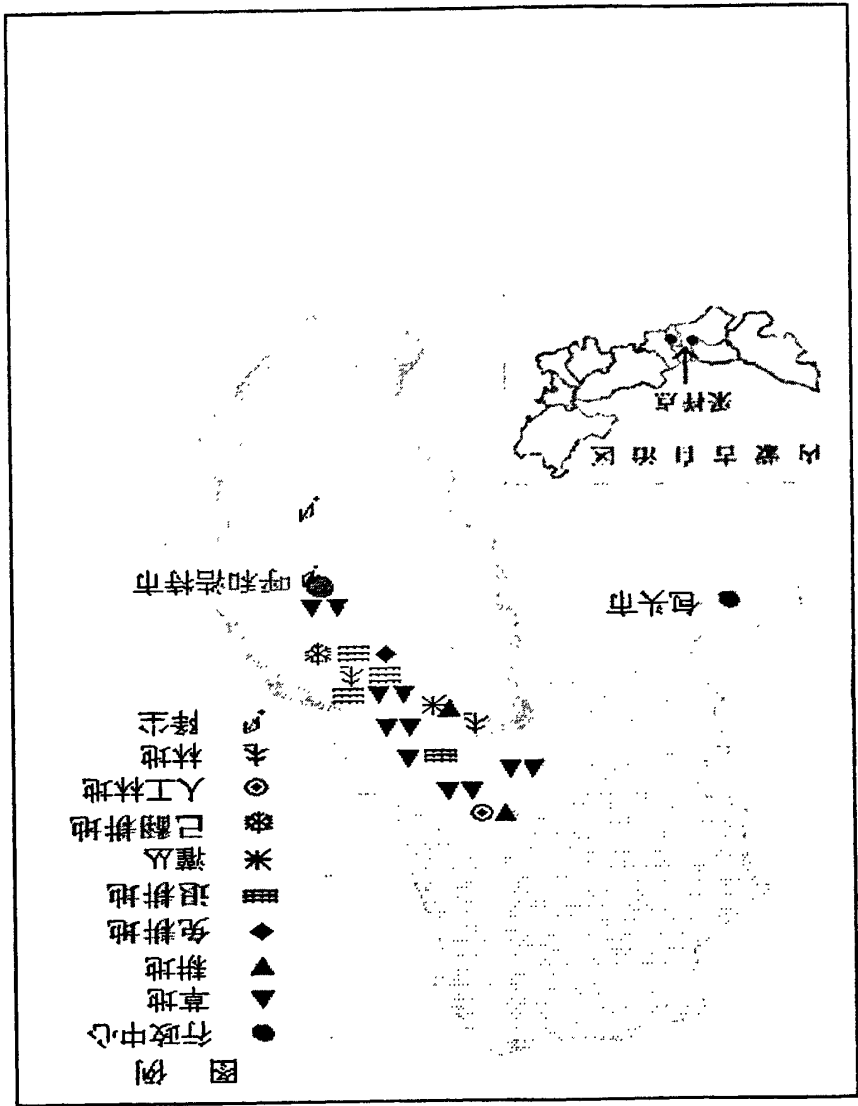


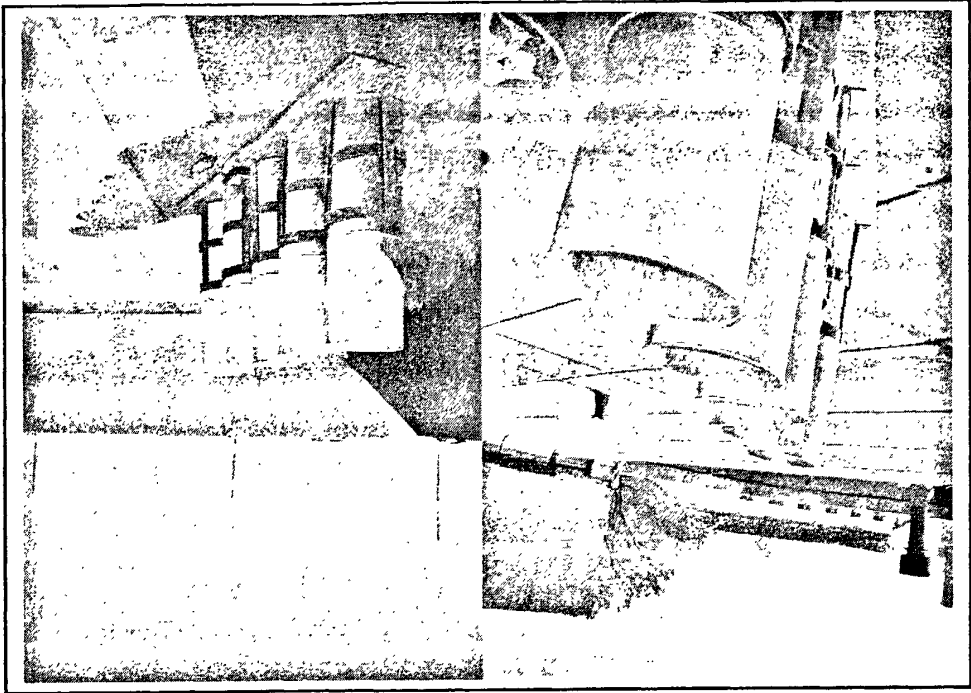
图 2-1 采样区概况图

降尘样品采集点的布设有三处，分别为：①西北城乡结合部，设在内蒙古财

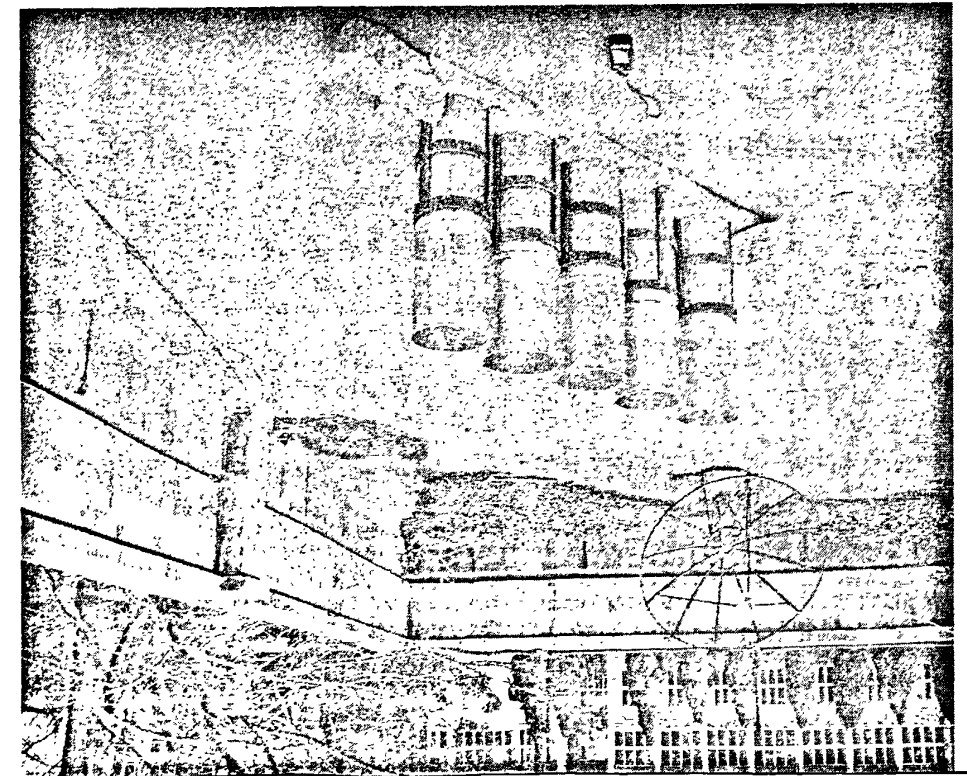
图 2-2 各降尘采样点照片

降尘采样点③

降尘采样点②



降尘采样点①



内蒙古师范大学硕士学位论文

经学院, 地理位置为 $40^{\circ} 51' 10.44''$ N, $111^{\circ} 37' 09.00''$ E; ②城区, 设在内蒙古师范大学, 地理位置为 $40^{\circ} 48' 00.00''$ N, $111^{\circ} 41' 07.20''$ E; ③城区东南, 设在和林格尔盛乐经济开发区, 地理位置为 $40^{\circ} 29' 27.56''$ N, $111^{\circ} 46' 54.52''$ E。各降尘采样点照片如图 2-2。

2.1.2 气候条件

表土样品采集点和降尘采样点均属中温带大陆性季风气候, 四季变化比较明显, 差异很大。冬季漫长严寒, 夏季短暂炎热, 春季和秋季气候变化剧烈。气候干旱、昼夜温差较大、无霜期短、光热充足、多风、多早有涝。年平均气温由北向南逐渐递增, 北部大青山区在 2°C 左右, 南部达到 6.7°C 。

呼和浩特市深居内陆, 受阴山影响, 最热月平均气温 $17^{\circ}\text{C}\sim 22.9^{\circ}\text{C}$, 最冷月平均气温 $-12.7^{\circ}\text{C}\sim -16.1^{\circ}\text{C}$ 。平均年较差为 $34.4^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$, 平均日较差为 $13.5^{\circ}\text{C}\sim 13.7^{\circ}\text{C}$ 。降水地域分布是西南到东北大青山区逐渐增大, 西南区降雨量在 350mm 左右, 平原区在 400mm 左右, 大青山区在 $430\sim 500\text{mm}$; 春季风大, 夏、秋季风和日朗, 西北风是冬季的主导风向, 夏季为西南风或东南风, 年平均风速为 1.8m/s , 年平均大风出现日数 26.9d , 且多集中在春季。无霜期在北部山区为 75d , 南部平原区为 $113\sim 134\text{d}$, 低山丘陵区为 110d 。日照充足, 年日照时数为 2960h , 日照百分率 56% 。降水与气温因素主要通过影响植被状况进而影响沙源起沙强度。在高温干旱的年份, 植被稀疏, 加之大风的发生, 非常有利于该区表土物质随风向外输送。全年降水量在 $250\sim 700\text{mm}$ 之间, 多年平均降水量 386.9mm , 降雨时空分布极不均匀。年平均气温 7.7°C , 年平均气温有升高的趋势。

武川县年平均气温 3.64°C , 年日照总时数 2932.8 小时, 年平均降水量 338.32mm , 年平均蒸发量 1728.64mm , 无霜期 122.25 天, 全年大风日数 23 天。武川地区气温较低, 年蒸发量远大于年降水量, 干旱且多大风。武川县风能资源丰富, 多年平均风速 3.6m/s , 日平均风速大于或等于 8m/s 的日数年均 116.4 天, 大于或等于 17 米/秒的大风年均 39 天。自 1960 年有记录以来, 瞬间最大风速达 12 级。一年中春季风速成最大, 冬季最小。一年中风向很有规律。 $4\sim 9$ 月多为南风, 是夏季风盛行时期; 12 月 ~ 3 月多西北风, 此时期在冬季风控制之下。各风向出现频率, 除静风占 30% 外, 西北风最多, 占 10% , 南风次之, 占 9% , 偏东风到午后 $14\sim 15$ 时为最大, 之后风速逐渐减小, 到夜间 $2\sim 3$ 时为最小。大风给农业生产带来危害。春季大风吹走表土, 夹带泥沙, 形成“沙暴”, 当地称作“大黄风”。全县历年平均沙暴日数 7.5 天, 最多可达 16 天。

达尔罕茂明安联合旗年平均气温 3.4°C , 一月平均气温 -15.9°C , 极端最低气温 -41°C , 七月平均气温 20.5°C , 极端最高气温 36.6°C 。日平均气温 5°C 以上

持续时间最长192天,最短157天,无霜期90~120天,年日平均气温 0°C 以上持续时间最长227天,最短183天。年平均降水量256.6mm,且多集中于七、八月,年最多降水量400.3mm。年最少降水量142.6mm,一日最大降水量90.8mm。和林格尔盛乐经济开发区,属西北高原大陆性气候,降雨量以8月份最多,12月份最少,雨量相差比较悬殊,大陆季风气候特点明显。从各季来看,春季3-5月份降雨量63mm,占年降雨量的15.1%,这是出现春旱的主因。夏季6-8月份降雨量250mm,占全年降雨量的59.3%。秋季9~11月份降雨量96mm,占全年降雨量的23.1%。冬季12至1月份降雪量11mm,占全年降雨量的2.5%。本区常年多西北风,间有西南风,平均风力为2级,最大风力8级,最大风速为24.5m/s。夏秋季也有东南风,风力不大,遇有东南风时会出现降雨天气。大风天数,每年平均14d,多在3-5月份,最多可达23d。

2.1.3 土壤条件

阴山北麓土壤主要为山地栗钙土和部分森林棕壤土,属森林干草原过渡地带。土壤有淋溶灰褐土,占33.2%;其次是粗骨土,占27.6%,还有灰褐土和草灌灰褐土,各占26.1%和11.6%,土层薄厚不均^[69]。

采样区的土壤类型有灰色森林土、灰褐土、粗骨土、新积土、栗褐土、潮土、盐土、沼泽土、风沙土等。前期作者所在的课题组对该区土壤性质有较为深入的研究。冬春季是该区风力强劲,风沙吹扬最为严重的季节,其上风区土壤的可蚀性对于向该区的表土物质吹扬产生重要影响。在前期研究中,利用电导率、有机碳、土壤粒度组成等因子经过风蚀方程计算,对该区冬春季上风区土壤的可蚀性有了一定认识。经过数据分析得出,在阴山北麓不同土地利用的土壤平均潜在可蚀性关系为:草地<灌丛<林地<耕地。所以在阴山北麓应特别加强对耕地的保护,退耕还林草,减小其潜在风蚀性。

春季随着温度的升高,土壤在冻融作用下产生风蚀现象,土壤可蚀性相应地变大。但随着温度的继续升高,土壤温度和湿度环境发生了变化,土壤潜在可蚀性降低,但这种变化并不是持续的。土地利用方式不同,土壤表层的理化性质、地表状况也会产生一定的差异,从而导致了表土土壤的潜在风蚀性的不同。在一次采样中耕地的土壤可蚀性最小,为57.05%,草地的土壤可蚀性最大,为72.19%,其它土地类型的土壤可蚀性居于二者之间,如未成林造林地的土壤可蚀性为65.79%,灌丛地土壤可蚀性为62.25%等。人类活动在土地利用过程中起主导作用,它是叠加在自然因素之上的影响土壤潜在风蚀性的人为因素。阴山北麓草地的平均土壤潜在可蚀性最小,为63.82%,耕地的平均土壤潜在可蚀性最大,为66.05%,灌丛和林地居于其中,分别64.58%和64.88%。实验得出,土壤粒径 $>2\text{mm}$ 和 $<0.002\text{mm}$ 的颗粒所占百分比一般不大,约在22%以下,草地略高一些约

占46%，这部分物质很难受风蚀，因为大粒径的土壤颗粒不易被吹动，小直径的土壤颗粒其粘性很强也很难吹动^[70-74]。可风蚀物质主要集中在0.002~2mm段，而此部分物质所占比例又较大，约在78%以上。

从阴山北麓表土粒径组成可以看出，该区有起尘的良好物质基础，在大风天气下会发生大规模的沙尘飞扬现象，进而成为下风向的尘源。呼和浩特市区位于其冬季季风的下风向，阴山北麓表土在大风吹送下，严重影响呼和浩特市的大气环境。

2.1.4 植被状况

阴山北麓有乔木12科40种，灌木22科87种，藤本4科11种，草本65科731种乔木主要为：白桦、山杨、油松、辽东栎、侧柏等；灌木主要有虎榛子、柄扁桃、黄刺玫、线叶菊、鼠李；草本多为针茅、羊草、三芒草、糙隐子草、披碱草和地椒。丰厚的植物资源构成了山区的生物多样性，优良的野生牧草是山地草场的主体食物源^[75]。

山地海拔1700m以上阴坡有山杨、白桦天然次生林，海拔1600m以下山地灌丛和典型草原植被，中部平原地区的山前倾斜平原主要是地带性的典型草原植被，冲积平原为农田及草甸、沼泽等。东南部山区自然垂直带明显，从山顶到山麓有山地草甸带、山地森林灌丛带和灌丛草原带，南部黄土丘陵区自然植被以旱生灌丛草原为主。

土默特平原植被种类较为齐全，乔灌木品种繁多。从北向南由森林草原逐步过渡为灌丛草原、草甸草原和典型草原。同时，有草甸植被、盐生植被和沼泽植被相间分布。其中，典型草原植被分为四种类型：森林草原灌丛类型，丘陵草原类型，沙地草原类型和低平草原类型。山地阴坡、半阴坡部位，属于次生山杨白桦林区；山地阳坡、半阳坡部位，属旱生灌丛林区^[76]。

城市街道绿起到美化环境、减弱噪声、消除污染、增加大气湿度、降低城区温度的作用。呼和浩特市共有街道树3万株，11个品种；2005年园林绿地面积3371.4ha，公共绿地面积937.5ha，建成区绿化覆盖面积3725ha，人均拥有公共绿地面积8.55 m²，环境条件尚不能适应现代化首府城市的建设要求。公路绿化中，绿化标准低、树种单一，除高速公路外，呼市其它等级公路的绿化还处在公路两侧栽植数行道树水平上，而且树种较为单一，以阔叶的杨柳树为主，林带缺乏层次，其防风、防雪等防护功能差。在防风沙方面存在问题非常明显。由于存在以上一些绿化问题，使得市区大气环境自净能力较低，这极不利于空气中尘埃物质的去除以及地面起尘的抑制，使的污染源产生的物质能够大范围传播，大风天气地面尘埃再次起尘强度较大。

据测定，目前在呼和浩特市大部分街道行道树下“雨季”前的6月中旬其

土壤含水量为 4.5%，而且有逐年降低的趋势，“雨季”后的 9 月份也只有 6.2%，连土壤本身的持水能力的 80% 都达不到，根本没有深层入渗的可能。可见在城区范围内，不仅雨水对地下水毫无补给能力，就连树木本身的生理需水也满足不了，长期处于“营养不良”状态，因而抗旱，抗病能力低下，长势微弱，枝叶稀疏，叶色灰黄，夏季常有干叶、落叶现象，“未老先衰”，有的甚至完全死亡。树木改善生态环境的功能不能得以充分发挥。由于地下水位下降，树木枯萎，土石裸露，水土流失逐年加剧，抵御风沙和对空气的自然净化能力以及对气温、湿度的调节能力显著降低^[75、76]。

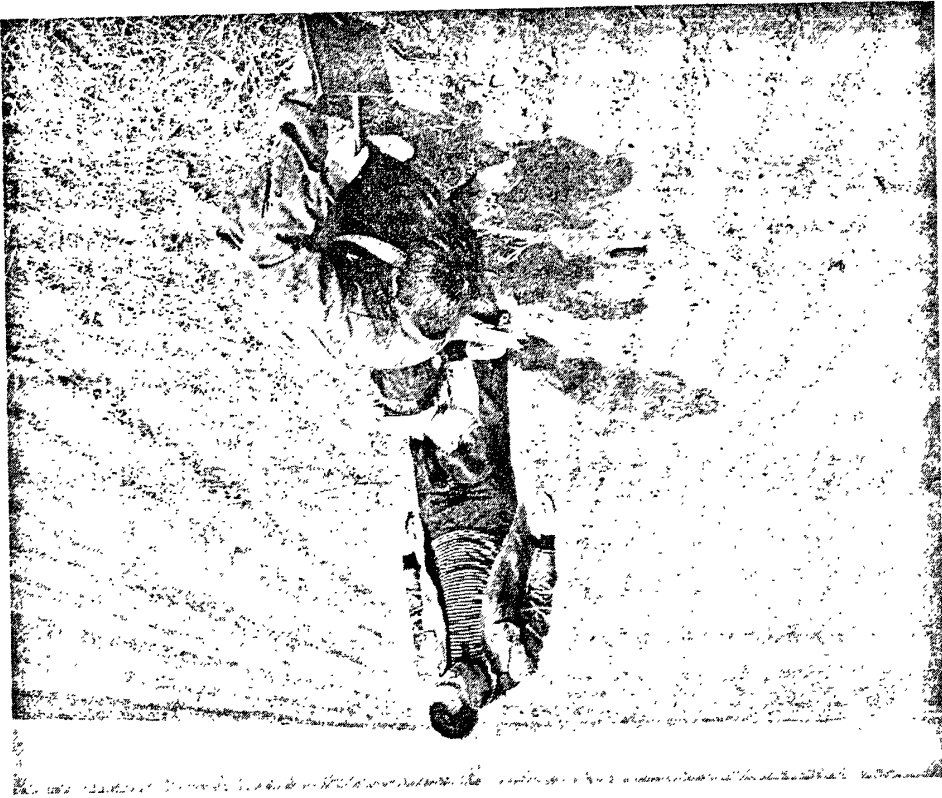
2.2 样品的采集与研究方法

2.2.1 样品的采集

2.2.1.1 阴山北麓表土样品的采集

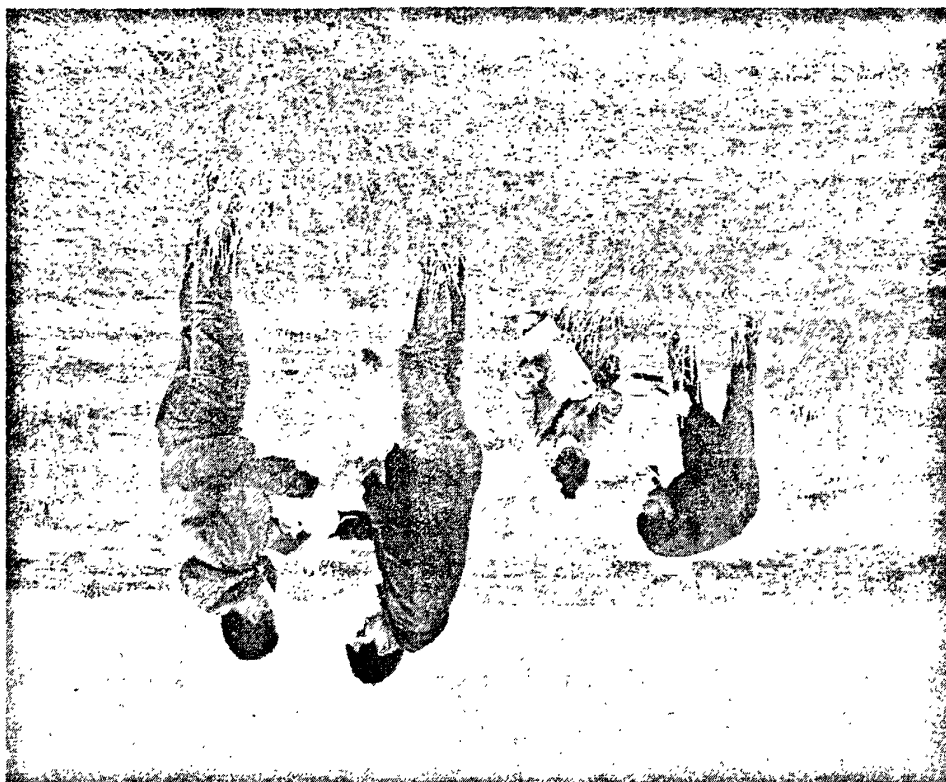
2009 年、2010 年春季（3~6 月），在阴山北麓沿西北主风向以呼和浩特-武川-达尔罕茂明安联合旗的公路为轴线进行定点采样，采样点间隔 30km 左右，同时在轴线两侧取重复样。采样点上分别选取草地、耕地、退耕地、林地、灌丛等多种土地利用类型。2009 年 4 月 12 日采样，采样点共 14 个，见表 2-1。2009 年 5 月 2 日及 2010 年的三次采样（时间分别是：3 月 30 日、5 月 1 日和 5 月 29 日），采样点共 27 个，新增采样点 13 个，新增采样点见表 2-2。阴山北麓 27 个表土采样点，见表 2-3。方法是将 GPS 平放于采样点处，待读数稳定后记录所显示的经度、纬度和海拔高度。在各采样点用 20 cm×20 cm×2 cm 的平铲取土壤表层样，同时取 2~3 个重复样，带回实验室风干后制样，用纸袋封装备分析用。表土样品采集照片见图 2-3。

(b)



(a)





(c)



(d)

图 2-3 阴山北麓表土样品采集照片

此外，收集交通尘、煤烟尘和建筑尘作为对照分析样品。交通尘样品的采集方法是选取三条呼和浩特市区交通繁忙程度不同的道路，对同一条道路选取长度约 200m 作为采样区域，布设 4 个采样点，每个采样点间隔约 50m，在同一采样点处，用软毛刷分别刷取道路边沿和道路中央样品，最后将两样品混合，作为此采样点处的交通尘样品。煤烟尘样品的采集方法是选取三个住宅小区的取暖锅炉，在煤尘堆积物的上、中、下三个层次的表面及干燥处和湿润处分别进行取样，最后将样品进行混合，即为煤烟尘样品。建筑尘样品的采集方法是对多个建筑工地周边样品进行采集，并将采集到的所有样品进行混合，即为建筑尘样品。

表 2-1 2009 年 4 月 12 日采样点 GPS 读数

土地类型	纬度	经度	海拔 (m)
草地	40° 56' 19.7" N	-111° 32' 17.6" E	1598
免耕地	41° 06' 50.3" N	111° 24' 57.8" E	1568
退耕地	41° 06' 50.4" N	111° 24' 58.0" E	1569
已翻耕	41° 06' 50.2" N	111° 24' 57.6" E	1569
草地	41° 19' 45.1" N	110° 54' 09.9" E	1633
退耕地	41° 19' 44.9" N	110° 54' 09.9" E	1633
耕地	41° 22' 03.7" N	110° 40' 34.8" E	1602
灌丛	41° 22' 06.2" N	110° 40' 37.9" E	1615
灌丛	41° 26' 47.7" N	110° 31' 58.5" E	1491
林地	41° 26' 46.1" N	110° 31' 58.5" E	1496
耕地	41° 26' 47.3" N	110° 32' 00.9" E	1496
草地	41° 32' 54.8" N	110° 32' 44.6" E	1431
耕地	41° 38' 58.1" N	110° 28' 36.5" E	1353
人工林地	41° 38' 59.2" N	110° 28' 35.8" E	1354

表 2-2 新增采样点 GPS 读数

土地类型	纬度	经度	海拔 (m)
草地	40° 56' 20.6" N	111° 32' 24.3" E	1601
已翻耕	41° 06' 45.9" N	111° 24' 54.8" E	1568
退耕地	41° 06' 45.1" N	111° 24' 54.8" E	1610
耕地	41° 12' 0.8" N	111° 16' 57.6" E	1610
林地	41° 12' 17.9" N	111° 16' 55.4" E	1616
草地	41° 19' 46.3" N	110° 54' 10.7" E	1637
草地	41° 32' 55.3" N	110° 32' 48.7" E	1432
草地	41° 30' 57.4" N	110° 41' 29.4" E	1508
草地	41° 30' 57.0" N	110° 41' 32.9" E	1506
退耕地	41° 24' 0.09" N	110° 53' 45.2" E	1699

三个降尘采样点分别设于内蒙古财经学院教学楼顶、内蒙古师范大学校博物馆楼顶及和林格尔内蒙古师范盛乐校区科技楼楼顶，均距地面十米左右，受近地面干扰因素较少。采样时间分别为2009年、2010年的3~6月，以月为周期定期采集降尘样品，沙尘暴降尘单独收集。收集取样时用毛刷刷取。将收集的所有样品封装于纸袋待测。

2.2.1.2 大气降尘样品的采集

样点序号	土地类型	纬度	经度	海拔高度(m)
1-1	草地	N40° 56' 19.7"	E111° 32' 17.6"	1598
1-2	草地	N40° 56' 20.6"	E111° 32' 24.3"	1601
2-1	免耕地	N41° 06' 50.3"	E111° 24' 57.8"	1568
2-2	退耕地	N41° 06' 50.4"	E111° 24' 58.0"	1569
2-3	已翻耕	N41° 06' 50.2"	E111° 24' 57.6"	1569
2-4	已翻耕	N41° 06' 45.9"	E111° 24' 54.8"	1568
2-5	退耕地	N41° 06' 45.10"	E111° 24' 54.8"	1610
2A-1	耕地	N41° 12' 0.8"	E111° 16' 57.6"	1610
2A-2	林地	N41° 12' 17.9"	E111° 16' 55.4"	1616
3-1	草地	N41° 19' 45.1"	E110° 54' 09.9"	1633
3-2	退耕地	N41° 19' 44.9"	E110° 54' 09.9"	1633
3-3	草地	N41° 19' 46.3"	E110° 54' 10.7"	1637
4-1	耕地	N41° 22' 03.7"	E110° 40' 34.8"	1602
4-2	灌丛	N41° 22' 06.2"	E110° 40' 37.9"	1615
5-1	灌丛	N41° 26' 47.7"	E110° 31' 58.5"	1491
5-2	林地	N41° 26' 46.1"	E110° 31' 58.5"	1496
5-3	耕地	N41° 26' 47.3"	E110° 32' 00.9"	1496
6-1	草地	N41° 32' 54.8"	E110° 32' 44.6"	1431
6-2	草地	N41° 32' 55.3"	E110° 32' 48.7"	1432
7-1	耕地	N41° 38' 58.1"	E110° 28' 36.5"	1353
7-2	人工林地	N41° 38' 59.2"	E110° 28' 35.8"	1354
8-1	草地	N41° 30' 57.4"	E110° 41' 29.4"	1508
8-2	草地	N41° 30' 57.0"	E110° 41' 32.9"	1506
9-1	退耕地	N41° 24' 0.09"	E110° 53' 45.2"	1699
9-2	草地	N41° 24' 03.8"	E110° 53' 48.8"	1696
10-1	草地	N41° 20' 50.3"	E111° 11' 20.5"	1597
10-2	草地	N41° 20' 53.3"	E111° 11' 19.5"	1591

表2-3 阴山北麓表土采样点经纬度一览表

草地	41° 24' 03.8" N	110° 53' 48.8" E	1696
草地	41° 20' 50.3" N	111° 11' 20.5" E	1597
草地	41° 20' 53.3" N	111° 11' 19.5" E	1591

内蒙古师范大学硕士学位论文

2.2.2 研究方法

对阴山北麓表土样品进行室内理化分析, 分别用酸度计测定土壤 pH 值, 丘

林法测定土壤有机质含量, 吸管法测定土壤机械组成, 气量法测定土壤碳酸钙含量, 漏斗法测定土壤水溶性盐量。

将阴山北麓表土样品及所收集的大气降尘样品送到内蒙古矿产实验研究所,

使用日立 508 型原子吸收分光光度计进行测定。测定内容包括: 氧化物 K_2O 、 CaO 、 Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 和 Fe_2O_3 及微量元素 Mn 、 Cu 、 Pb 、 As 和 Ti 等成分的质量百分含量。

2.2.3 算法原理

对阴山北麓表土与大气降尘成分的相关性分析, 采用了富集因子法。富集因

子法, 是用来表示大气颗粒物中元素的富集程度, 判断和评价颗粒物中元素来源 (自然来源和人为来源) 的方法。此法郭顿 (C. E. Gordon) 于 1974 年首先用于大

气颗粒物的研究。根据大气颗粒物中各种元素 (如令其为 x), 对其中某一种元素, 如铁 (Fe) 作为参比元素, 求它们之间的比值, 即 (x/Fe) 颗粒, 称此为颗

粒中 x 元素的相对浓度; 同样, 求出地壳中相应元素 x 与 Fe 的比值, 即 (x/Fe) 地壳, 这就是地壳中 x 元素的相对浓度。然后, 把这两种浓度相除, 即为 x 元素

的富集因子值, 用 EF 表示。富集因子法是一种双重归一化的计算方法, 它能消除大气颗粒物采样、分析、风速、风向及离污染源远近等引起的各种补丁因素的

影响, 所以, 它比通常所得浓度 (即为绝对浓度) 进行比较的结果更为可靠而确切。参比元素的选择, 一般选用地壳中普遍存在的而人为污染源较少、化学稳

定性好、分析结果精确度高的低挥发性元素。国际上多用 Fe 、 Al 、 Si 、 Ti 、 Sc 等。上述地壳中元素含量 (即地壳的元素丰度) 可用地球化学上的数据, 如选用

梅森 (B. Mason, 1966) 的, 也有采用泰勒 (S. R. Taylor) 的。用此法判别了美国印地安纳的大气颗粒物主要来源于工厂的排放物, 而旧金山的大气颗粒物多数来

源于扬尘。我国北京、天津地区用此法所得结果表明, 铅、硫、铬、钒等元素在颗粒物中富集较高, 它们大多由人为活动而来。北京大气颗粒物中平均约有

50% (按重量计) 来源于土壤或风沙。

本文文选 Al 作为参比元素。富集因子 EF 的求解表达式如下:

$$EF = \frac{(C_x/C_{Al})_{\text{降尘}}}{(C_x/C_{Al})_{\text{地壳}}}$$

当某一元素的 EF 值显著大于 1 时, 可表明与地壳平均组份对比, 该元素在

大气中已被富集。如果 EF 值小于 1, 则表明该元素在气溶胶中贫乏, 或表明所用参比物质不属于气溶胶的直接来源。考虑到自然界有许多因素会影响大气中元

素的浓度。

3 阴山北麓表土理化性质的测定及分析

阴山北麓表土采样所涉及到的土地利用类型主要有耕地(包括耕地、免耕地、退耕地和已翻耕地)、林地(包括人工林地、林地)、草地和灌丛。对各土壤样品进行 PH 值、有机质含量、机械组成、碳酸钙含量、水溶性盐量的测定。据实验所得,对相同土地利用类型土壤各理化性质数据进行平均,利用软件 Origin6.0 统计分析。

3.1 阴山北麓表土机械组成的测定及分析

3.1.1 测定意义

土壤机械组成即颗粒组成,也称为土壤质地,是按土壤中不同粒径颗粒相对含量的组成而区分的粗细度,土壤中不同大小直径的矿物颗粒的组合状况,是土壤物理性质之一。土壤机械组成与土壤通气、保肥、保水状况及耕作的难易有密切关系;土壤机械组成状况是拟定土壤利用、管理和改良措施的重要依据。

土壤质地是指土壤中各粒级土粒的配合比例或各粒级土粒在土壤总重量中所占的百分数,又称为土壤机械组成。根据我国土壤质地分类标准,把土壤划分为砂土、壤土和粘土三大类。土壤质地的粗细直接影响土壤蓄水性、透气性和保肥性。一般而言土壤粒径较大的砂质土通透性较强,而蓄水性和保肥力较差,土壤温度的变幅也较大;相反粘性土虽然通透性较差,但蓄水保肥力都高,土壤温度的变幅也较小;而壤土则介于二者之间。所以说土壤的质地是影响土壤理化性质和土壤肥力状况的主要因素,并与植物的生长发育具有密切的关系。了解土壤质地状况,根据土壤类型选择合适的作物进行种植,并能根据土壤的质地状况对土壤进行改良,从而指导我们的农业生产^[77-79]。

3.1.2 方法选择的依据

土壤机械组成的室内测定一般采用“比重计法”和“吸管法”,野外则采用“干试法”和“湿试法”进行简易速测。其中,吸管法操作较为繁琐,但测定结果较为精确,而比重计法操作较为简单,但精度较差,计算也较为繁琐,故在本研究中采用“吸管法”。

3.1.3 实验原理

根据 Stokes 定律,大颗粒的沉降速度较快,小颗粒的沉降速度较慢,把土壤样品放到液体中制成一定浓度的悬浮液,悬浮液中的颗粒在重力作用下将发生沉降,因此可以根据不同粒径的颗粒在液体中的沉降速度不同来测量粒度分布。根据 Stokes 公式求出不同温度下,不同比重的土壤,其各粒径土粒在水中

沉降至该深度所需要的时间,用吸管抽取悬液 20-25ml,烘干、称重、便能计算出小于该粒径土粒的含量。因此,在给定深度和不同时间吸液,便可以计算不同粒径的土粒分离并计算其百分含量。

3.1.4 测定过程

称取过 1mm 筛的风干土样(已去除有机质残体) 50 克,置于 250ml 烧杯中,加热至沸腾,用蒸馏水完全洗入 1000ml 量筒中,并用蒸馏水定容至刻度。抽样按吸管法测定方法进行,抽样深度为 8cm,每次抽样量为 25ml。将抽取的液样置于小烧杯内加热蒸发到一定程度后,置于烘箱内烘干,最后取出冷却,在精度为 0.0001g 的电子天平上称重,减去烧杯重即为烧杯中干物质重,用各次抽取所得干物质重,通过计算可得相应粒径段上的质量百分含量。实验照片见图 3-1-1。

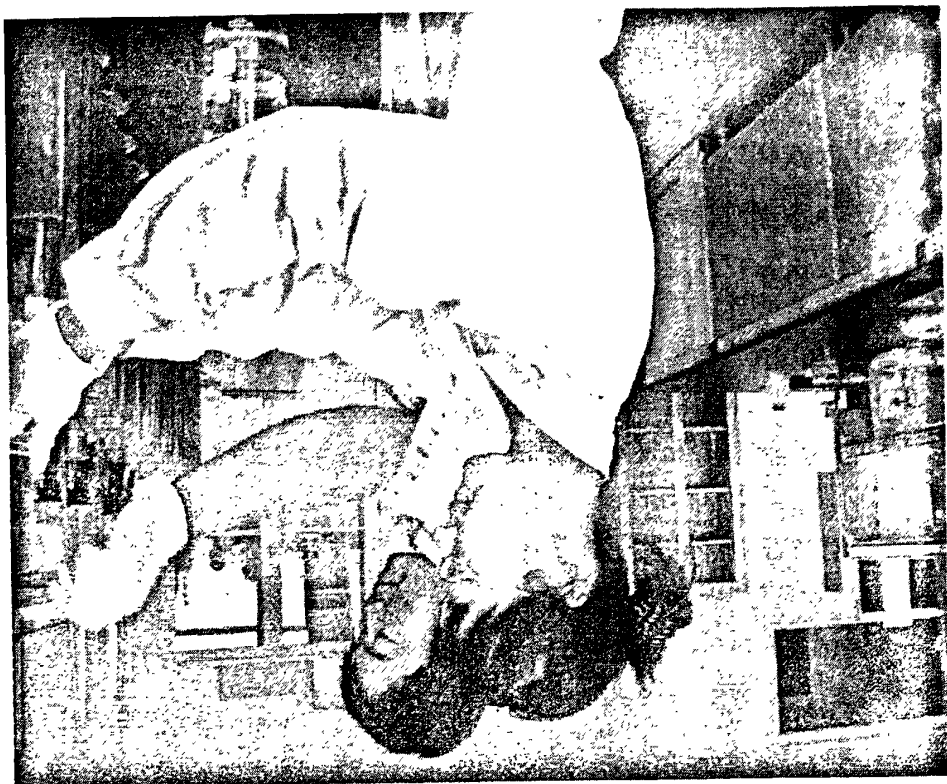


图 3-1-1 测定土壤机械组成实验照片

3.1.5 阴山北麓表土土壤机械组成的统计分析

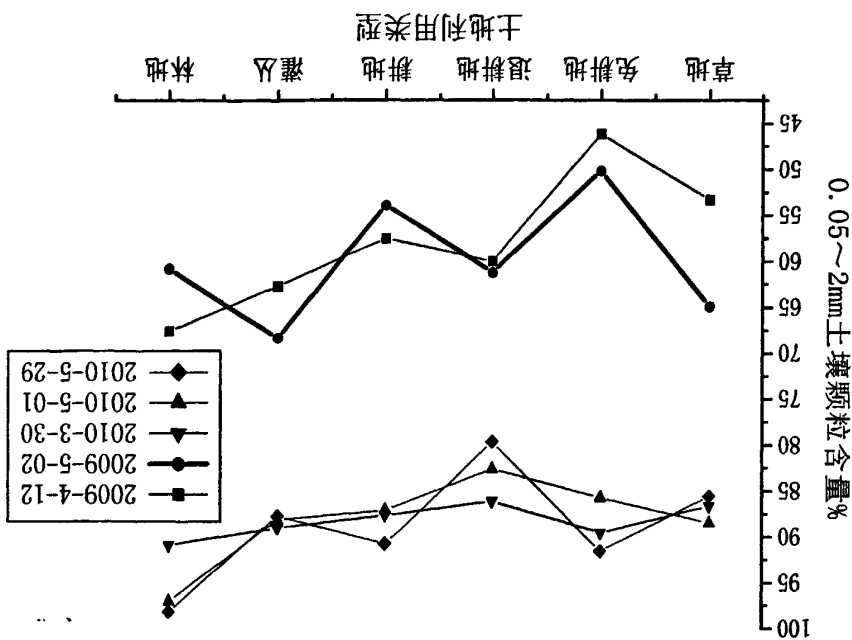
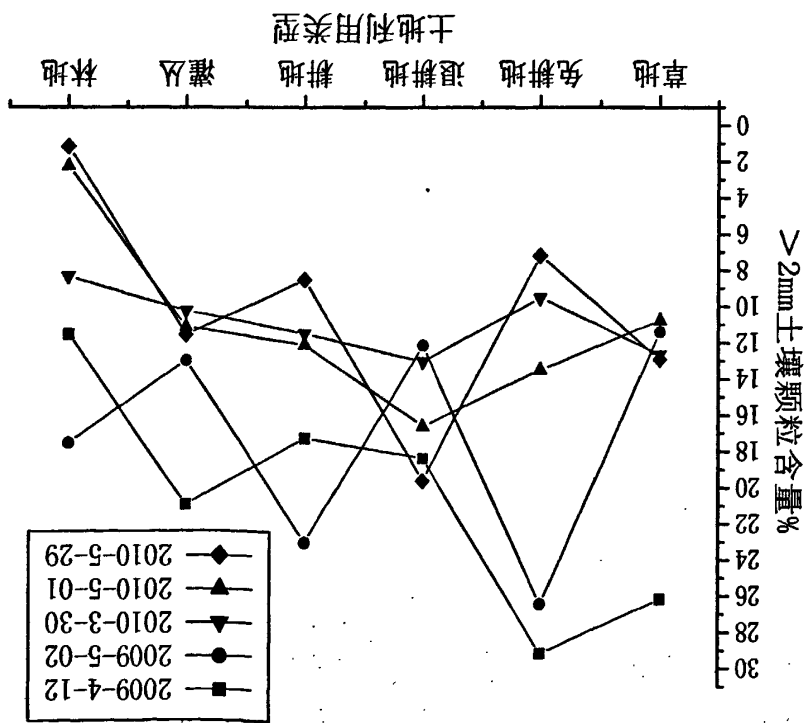
该研究区土壤机械组成测定结果见表 3-1 所示。据实验所得,对相同土地利用类型土壤各理化性质数据进行平均,利用软件 Origin6.0 统计分析,见图 3-1。

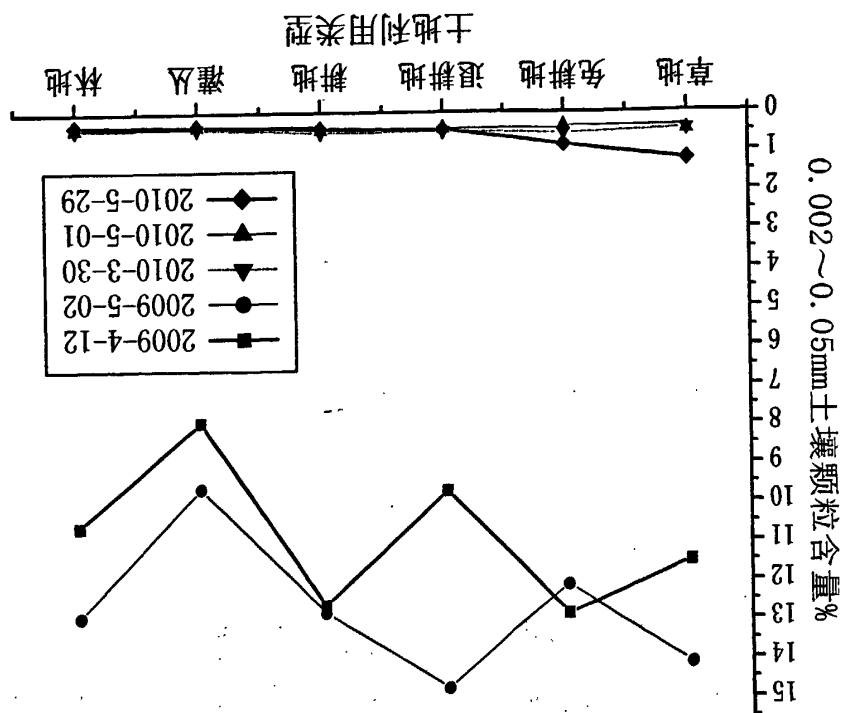
序号	2009-4-12	2009-5-2	2010-3-30	2010-5-1	2010-5-29
----	-----------	----------	-----------	----------	-----------

>2mm	0.05 ~2mm	0.002~ 0.05mm	< 0.002mm	>2mm	0.05~ 2mm	0.002~ 0.05mm	< 0.002mm	>2mm	0.05~ 2mm	0.002~ 0.05mm	< 0.002mm	>2mm	0.05~ 2mm	0.002~ 0.05mm	< 0.002mm	>2mm	0.05~ 2mm	0.002~ 0.05mm	< 0.002mm	>2mm	0.05~ 2mm	0.002~ 0.05mm	< 0.002mm
41.13	38.7	13.05	7.12	15.05	61.63	15.74	7.58	6.05	93.26	0.47	0.23	7.8	91.18	0.72	0.31	38.27	61.05	0.47	0.2				
				11.89	62.94	16.47	8.71	21.19	77.96	0.62	0.23	24.33	74.62	0.74	0.32	31.39	67.89	0.62	0.2				
23.28	46.11	12.79	11.81	26.53	50.14	12.05	11.28	9.56	89.56	0.54	0.35	13.54	85.71	0.37	0.38	7.22	91.6	0.83	0.34				
15.85	58.53	11.39	14.23	14.57	57.56	14.18	13.59	10.76	88.42	0.47	0.36	13.02	86.25	0.32	0.41	14.89	84.32	0.46	0.32				
13.91	56.6	14.47	15.02	30.07	44.95	13.62	11.35	12.6	86.5	0.58	0.33	12.73	86.39	0.49	0.39	12.93	86.06	0.63	0.39				
				24.23	46.39	18.76	10.61	7.88	90.94	0.81	0.37	7.88	91.13	0.54	0.45	14.55	84.69	0.44	0.31				
				7.5	61.29	18.55	12.66	10.13	88.84	0.67	0.37	7.01	92.04	0.54	0.41	28.12	71.15	0.42	0.31				
				13.79	70	6.27	9.94	16.09	83.2	0.4	0.31	22.39	76.87	0.39	0.35	6.52	92.96	0.24	0.28				
				10.92	66.03	13.51	9.54	23.26	75.99	0.45	0.31	2.1	97.39	0.23	0.28	1.41	98.07	0.28	0.24				
7.81	70.85	9.83	11.51	10.23	70.06	9.58	10.13	16.96	82.32	0.42	0.3	15.82	83.44	0.43	0.31	15.97	83.34	0.41	0.28				
20.94	61.43	8.01	9.62	21.89	59.11	9.43	9.57	15.02	84.35	0.34	0.29	24.42	74.94	0.33	0.32	11.42	87.95	0.38	0.26				
				27.51	54.1	9.46	8.93	21.67	77.66	0.38	0.28	8.23	91.1	0.37	0.29	19.72	79.68	0.36	0.24				
18.6	56.52	11.96	10.93	35.08	48.05	7.75	9.11	13.88	85.41	0.4	0.3	12.62	86.45	0.54	0.38	0.86	98.57	0.25	0.32				
20.87	60.13	10.55	8.44	8.87	67.38	13.3	10.45	9.23	90.04	0.44	0.29	13.77	85.52	0.4	0.31	16.61	82.65	0.44	0.3				
21.06	65.23	5.23	8.47	17.13	69.18	5.86	7.83	11.32	88.06	0.34	0.28	8.57	90.83	0.28	0.31	6.59	92.89	0.23	0.29				
16.91	66.67	7.64	8.78	29.66	53.58	11.27	5.48	0	93.38	0.38	0.24	0.91	98.45	0.36	0.28	0.29	99.14	0.32	0.25				
18.64	65.3	6.67	9.39	11.04	70	8.99	9.96	10.77	88.67	0.28	0.28	10.2	89.23	0.3	0.26	11.61	87.91	0.27	0.3				
29.56	50.3	11.63	8.52	9.34	67.95	12.4	10.3	6.93	92.29	0.49	0.28	9.14	90.2	0.34	0.32	4.8	94.41	0.51	0.28				
				1.5	73.17	15.4	9.93	3.72	95.53	0.44	0.31	7.59	91.59	0.51	0.31	5.71	93.32	0.61	0.35				

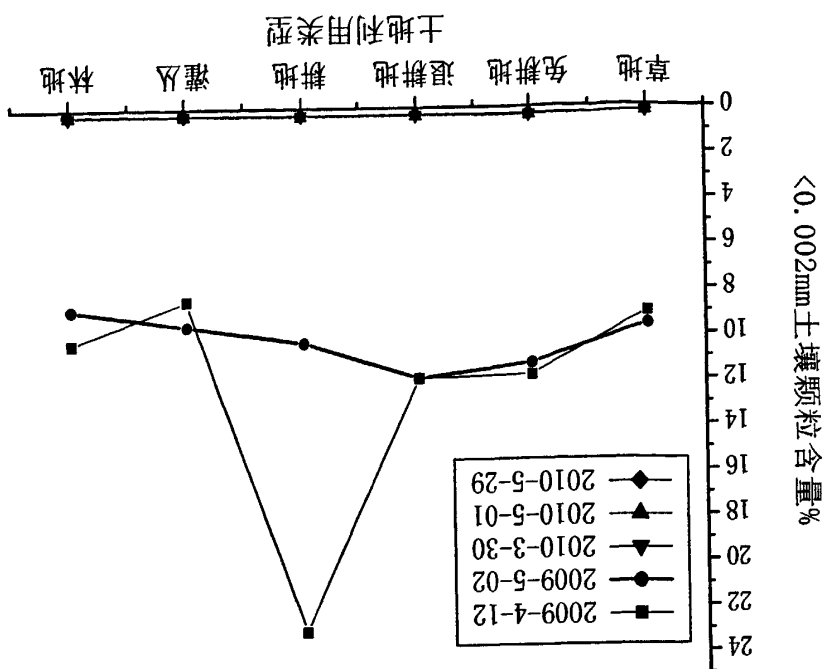
第三章 阴山北麓表土理化性质的测定及分析

7-1	耕地	21.49	51.48	13.45	10.57	15.65	60.52	14.28	9.54	7.79	91.32	0.57	0.32	6.84	92.39	0.45	0.31	4.85	94.26	0.55	0.33
7-2	耕地	6.22	50.42	13.46	11.89	14.81	61.75	13.3	10.15	1.89	97.42	0.38	0.31	3.79	95.31	0.59	0.31	1.88	97.49	0.36	0.27
8-1	荒地	---	---	---	---	10.27	64.37	15.46	9.9	5.69	93.61	0.43	0.27	17.29	82.12	0.33	0.25	8.93	90.36	0.47	0.24
8-2	荒地	---	---	---	---	7.62	61.7	20.14	10.54	44.59	54.64	0.52	0.26	16.66	82.58	0.5	0.26	1.06	90.06	8.64	0.25
9-1	退耕地	---	---	---	---	4.64	66.71	16.83	11.82	16.35	82.85	0.48	0.32	22.13	77.12	0.5	0.25	24.2	74.98	0.51	0.3
9-2	荒地	---	---	---	---	3.55	66.37	18.13	11.95	4.18	95.02	0.53	0.27	2.14	97.02	0.56	0.28	3.59	96.52	0.64	0.26
10-1	荒地	---	---	---	---	10.48	69.9	10.77	8.85	3.42	96	0.33	0.25	6.34	93.09	0.35	0.22	7.81	91.47	0.46	0.25
10-2	荒地	---	---	---	---	17.81	61.92	11.58	8.69	4.84	94.51	0.4	0.25	3.14	96.23	0.4	0.22	5.01	94.47	0.28	0.24





(c) 不同土地利用类型 0.002~0.05mm 的土壤颗粒含量对比



(d) 不同土地利用类型 $<0.002\text{mm}$ 的土壤颗粒含量对比

图 3-1 阴山北麓不同土地利用类型与土壤机械组成关系

由图 3-1(a)所知,五次采样数据对比,各土地利用类型粒径大于 2mm 的土壤颗粒比例变化较为明显。同一土地利用类型,2009 年的两次采样数据相差较大,2010 年的三次采样数据相差较小。由于采样时间正值春季,地表升温,土壤开始融化,大风增多,加之地表裸露,大于 2mm 的土壤颗粒很容易被吹蚀。由图 3-1(b)所知,同一年份不同采样时间的各土地利用类型表土粒径 $0.05\sim 2\text{mm}$ 的土壤颗粒含量相差不大。2009 年两次采样数据显示,粒径 $0.05\sim 2\text{mm}$ 的土壤颗粒含量最低的是免耕地($45\sim 55\%$),较高的是灌丛和林地,都在 60% 以上。2010 年的三次采样数据都较为接近,其中草地和灌丛的三次采样数据最为接近。通过 2009 年和 2010 年的数据对比发现,同一土地利用类型粒径 $0.05\sim 2\text{mm}$ 的土壤颗粒含量相差约 20% 。

由图 3-1(c)所知,2009 年两次采样阴山北麓表土粒径 $0.002\sim 0.05\text{mm}$ 的土壤颗粒含量在 $8\sim 15\%$ 。2010 年三次采样数据极为接近,均在 2% 以下。两年的采样数据相差 10% 左右。横向上分析,2010 年三次采样各土地利用类型表土粒径 $0.002\sim 0.05\text{mm}$ 的土壤颗粒含量极为接近,2009 年两次采样各土地利用类型表土粒径 $0.002\sim 0.05\text{mm}$ 的土壤颗粒含量也相差不大。

由图 3-1(d)所知,同一年份中不同采样时间的数据曲线极为吻合。2009 年两次采样不同土地利用类型表土粒径小于 0.002mm 的土壤颗粒含量均在 10% 左右。而耕地中第一次采样明显高于第二次采样比例,是受到翻耕影响。2010 年三次采样数据极为接近,均在 1% 以下。变化较小的原因是粒径大于 0.002mm 的土壤颗粒易被吹蚀,小于 0.002mm 的颗粒黏着性强很难被吹动。土壤的机械组成与气温、大风、降水、微生物活动、植被和人为干扰等多种因素有关。春季,耕地表土裸露,风蚀严重,小于 2mm 的小粒径土壤颗粒易被吹蚀,比例减小,大于 2mm 土壤颗粒比例相对增加,而其它土地利用类型由于植被的覆盖,减弱了强风的作用,故小于 2mm 土壤颗粒比例变化不明显。各土类粒径 $0.002\sim 0.05\text{mm}$ 、小于 0.002mm 土壤颗粒含量相近,说明粒径小于 0.05mm 土壤颗粒含量受土地利用类型的影响较小。

3.2 阴山北麓表土 PH 值的测定及分析

3.2.1 测定意义

土壤酸碱性是土壤的重要属性之一,土壤的 PH 值是各种土壤的基本性质,它对土壤肥力有较大的影响,对土壤中各种微生物的活动、有机质的分解、营养

元素的释放与转化、阳离子的代换吸收等都有密切的关系。各种植物的生长发育要求一定的 pH 值,并且 pH 值是常规分析中,其它许多项目分析方法选择的依据。

3.2.2 方法选择的依据

土壤 pH 值是土壤中重要的物理化学性质之一,可以用蒸馏水将土壤进行处埋,制成悬液测定。测定土壤 pH 通常用比色法和电位测定法,电位法精确度比较高, pH 的误差在 0.02 左右;混合指示剂比色法精确度较差, pH 的误差在 0.5 左右,适用于野外速测, pH 标准溶液系列的比色法精确度较混合剂比色法高,但不及电位法精确。本研究采用电位测定法对土壤 pH 进行测定。

3.2.3 电位法原理

用电位法测定土壤悬液的 pH 值,常用的 pH 指示电极为玻璃电极,参比电极有甘汞电极和银-氯化银电极。当上述两种电极插入待测液中时,即构成了电池反应。由于参比电极的电位是固定的,两者间产生的电位差的大小是由溶液中的氢离子活度决定的。根据测得电位差和参比电极的电位,可求出 pH 指示电极的电位。再根据指示电极的电位与溶液 pH 值的直线关系,算出溶液的 pH 值,一般可直接从酸度计上读得 pH 值。

本实验操作中使用的设备有: pH 计是 PHS-25 型(数量); pH 复合电极为 E-201-C 型。此复合电极是由玻璃电极和参比电极组合而成的,用于测量水溶液的 pH 值,是 pH 值测量元件。此套设备测量 pH 值的范围是 0-14,响应时间为大于 2 分钟,被测溶液的温度适宜范围是 0-60℃。

3.2.4 测定过程

称取通过 1 毫米筛孔的风干土样 10 克,放入 50 毫升的小烧杯中,加无二氧化碳蒸馏水 10 毫升,振荡 3 分钟,静置半小时,使土壤充分分散。将复合电极玻璃球泡及较高处的多孔陶瓷芯插到土壤悬液中。轻轻摇动烧杯以去除玻璃表面的水膜,使电极电位达到平衡,记录读数。每测完一个样品,都要用蒸馏水将电极表面粘附的土粒洗净,并用滤纸轻轻将电极吸附的水吸干,然后再测定第二个样品。测定 5—6 个样品后,应该用 pH 标准缓冲液校正一次电位计的读数。实验照片见图 3-2-1。

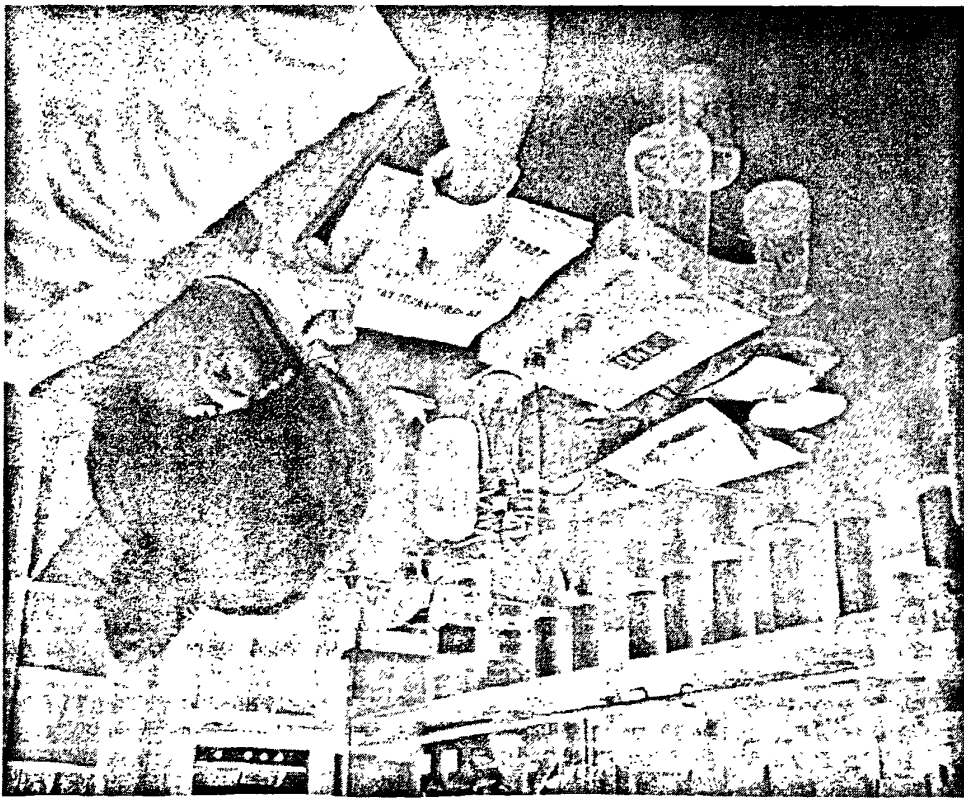


图 3-2-1 测定土壤 pH 值实验照片

3.2.5 阴山北麓表土土壤 pH 值的统计分析

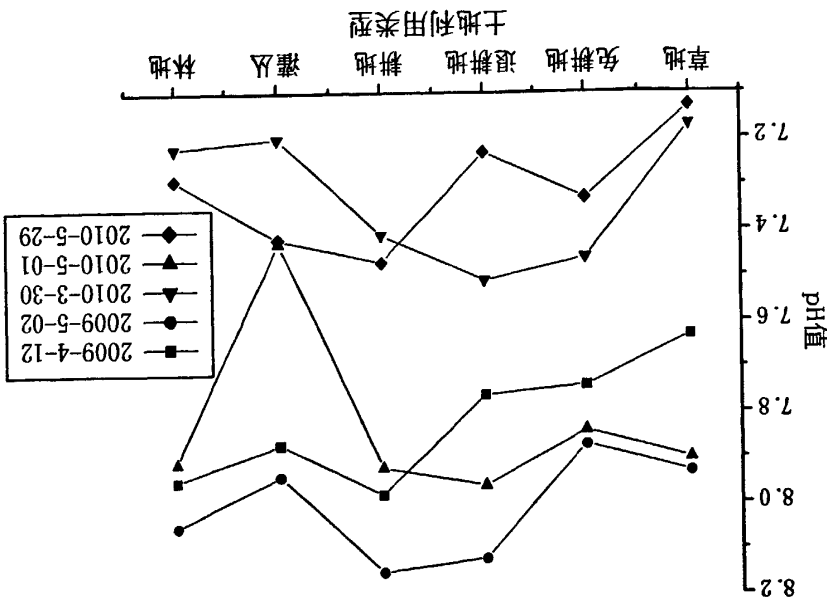
该研究区土壤 pH 值测定结果见表 3-3 所示。本次采样所涉及到的土地利用类型主要有耕地(包括耕地、免耕地、退耕地和已翻耕地)、林地(包括人工林地、林地)、草地和灌丛等。据实验所得,对相同土地利用类型土壤各理化性质数据进行平均,利用软件 Origin6.0 统计分析,见图 3-2。

表 3-3 阴山北麓表土土壤 pH 值测定数据

样点 序号	土地 利用 类型	2009-4-12	2009-5-2	2010-3-30	2010-5-1	2010-5-29
1-1	草地	7.16	7.26	7.35	7.7	7.2
1-2	草地	—	7.61	7.13	7.77	7.31
2-1	免耕地	7.74	7.87	7.46	7.84	7.33
2-2	退耕地	7.68	8.13	7.59	7.78	7.39
2-3	已翻耕	7.85	8.04	7.65	7.75	7.44
2-4	已翻耕	—	8.16	7.51	7.78	7.33
2-5	退耕地	—	8.14	7.66	7.95	7.35
2A-1	耕地	—	8.13	7.34	8.08	7.62
2A-2	林地	—	7.88	7.43	8.24	7.43
3-1	草地	7.97	8.12	7.25	8.11	7.37

该研究区土壤 pH 值 7.0~8.2, 呈碱性。由图 3-2 可知, 对于同一年份中, 前一次采样表土 pH 值小于后一次, 是因为随着气温升高, 土壤水分蒸发相对较强, 较多的盐分随着土壤水分被带到上层, 增加了土壤的 pH 值。而 2010 年 5 月 29 日采样点 pH 值小于前两次, 是因为采样前一天刚下过雨, 表土中的盐分被淋

图 3-2 阴山北麓不同土地利用类型与土壤 pH 值关系



10—2	草地	—	7.97	6.93	7.9	6.76
10—1	草地	—	8.13	6.93	7.88	6.8
9—2	草地	—	8.05	6.85	7.86	6.86
9—1	退耕地	—	8.18	7.14	7.89	6.79
8—2	草地	—	8.2	6.95	7.9	6.75
8—1	草地	—	8.15	6.93	7.9	6.92
7—2	人工林地	8	8.14	7.19	7.87	7.23
7—1	耕地	8.16	8.25	7.32	7.86	7.34
6—2	草地	—	7.84	7.48	7.76	7.4
6—1	草地	7.77	7.82	7.4	7.73	7.56
5—3	耕地	8.12	8.21	7.11	7.72	7.44
5—2	林地	7.87	8.01	7.03	7.62	7.22
5—1	灌丛	7.84	7.86	7.17	7.55	7.41
4—2	灌丛	7.95	8.01	7.23	7.31	7.42
4—1	耕地	8.04	8.21	7.54	8.32	7.62
3—3	草地	—	8.08	7.72	8.39	7.47
3—2	退耕地	7.83	8.03	7.63	8.22	7.38

溶, 因此降低了表土的 pH 值。

对于同一次采样数据分析, 不同土地利用类型的表土 pH 值相差不大, 草地

表土 pH 值偏低, 免耕地、退耕地、耕地的表土 pH 值偏高, 而灌丛和林地的表土

pH 值介于草地和耕地之间。这主要与各土地利用类型的植被盖度有关, 植被盖

度越低, 土壤水分蒸发越强, 随之被带到上层的盐分就越多, 增加了土壤的 pH

值, 反之亦然。四、五月份耕地表土裸露, 土壤水分蒸发相对较强, 故 pH 值最

高; 同样, 灌丛、林地由于生长时间较短, 植被稀疏, 种群和数量相对较少, 植

被盖度较低, 故 pH 值仅次于耕地; 草地植被盖度较高, 减弱了土壤水分的蒸发,

加之枯草层的存在, 可以涵养水分, 故 pH 值最低。

比较连续两年的五次采样数据, 不同土地利用类型同一次采样表土 pH 值相

差不大, 不同采样时间表土 pH 值的差异, 是由气温、大风、降水、微生物活动、

植被和人为干扰等多种因素共同作用的。

3.3 阴山北麓表土有机质含量的测定及分析

3.3.1 测定意义

土壤有机质是土壤中的氮、磷等植物生长所需的元素的重要来源, 又是土壤

中异养型微生物的必不可少的碳源和能源物质。土壤有机质是土壤固相部分的重

要组成部分, 尽管土壤有机质的含量只占土壤总量的很小一部分, 土壤有机质含

量的多少, 是土壤肥力高低的一个重要指标, 对土壤形成、土壤肥力、环境保护

及农林业可持续发展等方面都有着极其重要的意义^[90]。

3.3.2 方法原理

对土壤有机质含量的测定通常采用的方法是: 重铬酸钾-硫酸溶液-油浴法,

也是俗称的丘林法。原理是用配置好的重铬酸钾-硫酸溶液, 在 170-180℃ 条件

下加热, 过量的强氧化性溶液氧化土壤中的有机质, 反应后的多余重铬酸钾溶液,

用硫酸亚铁溶液进行滴定, 由邻菲罗林或二苯胺作指示剂, 由消耗的硫酸亚铁的

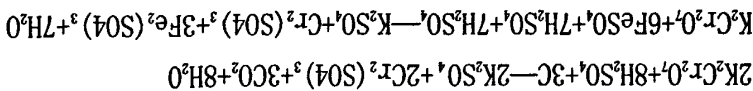
量, 计算出中和的重铬酸钾的量, 从而计算出反应了的重铬酸钾的量, 最终计算

出土壤中有有机碳的百分含量。一般来说, 土壤有机质平均含碳量为 58%, 要换算

成有机质则应乘 100/58=1.742。另外, 由于该方法对土壤有机质的氧化约为 90%。

故测定结果还应乘以校正系数 100/90=1.1。即算出土壤有机质含量。氧化和滴

定时的化学反应式如下:



3.3.3 测定过程

用分析天平准确称取过孔筛的土样 0.2g 左右, 放入干燥的硬质试管中。用

滴定管准确加入 $0.068\text{mol/L K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 10ml, 轻轻摇动试管, 使管内土样分散。在试管口加一小漏斗, 以冷凝蒸出之水汽。

把试管插入铁丝笼中并放入预先加热至 $180\sim 190^\circ\text{C}$ 的油浴锅中, 此时油温下降至 $170\sim 180^\circ\text{C}$, 保持此温度。当试管内容物开始沸腾时, 计时煮沸 5 分钟。

取出试管, 稍冷后擦净管外油液。

将试管内容物用蒸馏水流入三角瓶中, 瓶内总体积不要超过容积的 $1/3$, 加

入 2~3 滴邻菲罗啉指示剂, 用 0.2mol/L FeSO_4 滴定, 溶液颜色由橙黄变绿再突变为棕红色即为终点, 记录读数。同时做空白试验, 加石英砂, 防止暴沸。实验

照片见图 3-3-1。

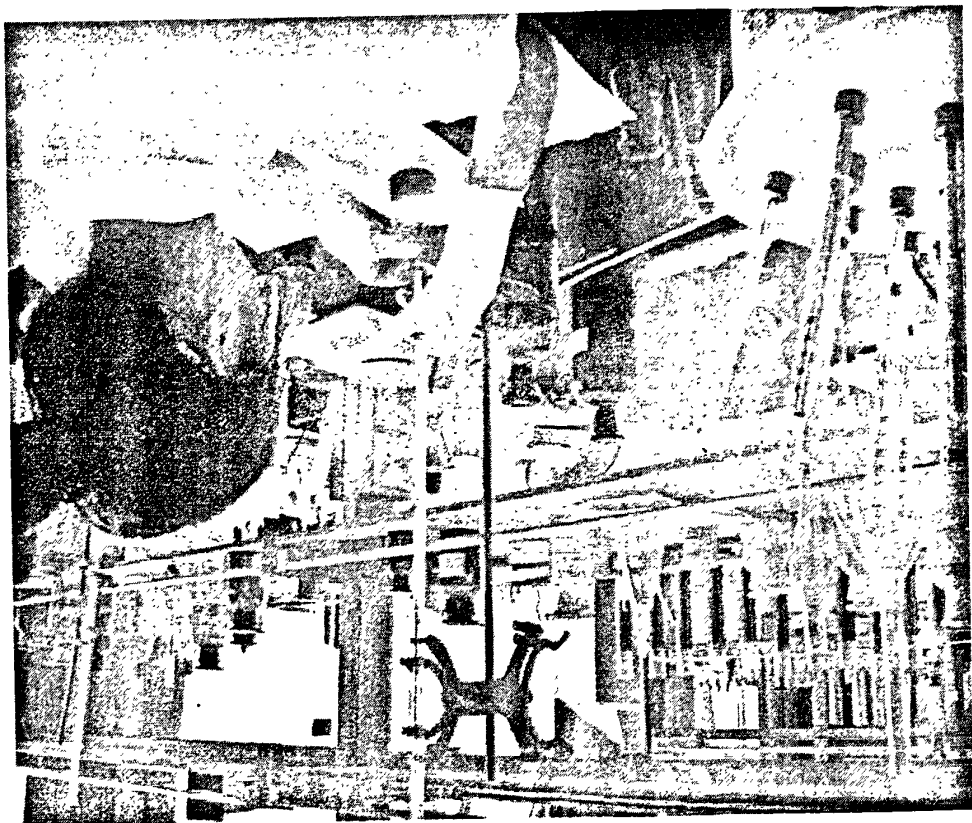


图 3-3-1 测定土壤有机质含量实验照片

3.3.4 阴山北麓表土土壤有机质的统计分析

该研究区土壤有机质测定结果见表 3-4 所示。本次采样所涉及到的土地利用类型主要有耕地(包括耕地、免耕地、退耕地和已翻耕地)、林地(包括人工林地、林地)、草地和灌丛等。据实验所得, 对相同土地利用类型土壤各理化性质数据进行平均, 利用软件 Origin6.0 统计分析, 见图 3-3。

表 3-4 阴山北麓表土土壤有机质测定数据

样点 序号	土地 利用 类型	2009-4-12	2009-5-2	2010-3-30	2010-5-1	2010-5-29
1-1	草地	3.72	2.81	6.04	5.24	2.46
1-2	草地	—	4.05	4.84	4.18	5.04
2-1	免耕地	0.99	1.11	1.09	0.98	1.56
2-2	退耕地	1.36	1.13	2.17	0.95	1.32
2-3	已翻耕	0.82	0.99	1.55	1.31	1.11
2-4	已翻耕	—	1.30	2.72	2.12	1.41
2-5	退耕地	—	1.31	2.16	1.62	1.14
2A-1	耕地	—	0.97	2.76	0.85	0.38
2A-2	林地	—	1.16	5.40	0.91	1.43
3-1	草地	0.46	1.77	5.42	1.35	1.08
3-2	退耕地	0.76	0.46	1.49	0.97	2.03
3-3	草地	—	0.74	2.12	1.10	1.95
4-1	耕地	0.55	0.73	6.50	1.42	0.60
4-2	灌丛	0.84	0.77	5.90	3.10	1.01
5-1	灌丛	0.46	0.93	1.50	1.01	1.06
5-2	林地	0.94	1.70	3.37	5.23	3.40
5-3	耕地	0.95	0.83	2.49	2.07	1.20
6-1	草地	1.19	3.25	3.05	1.03	2.48
6-2	草地	—	1.45	1.37	1.62	1.74
7-1	耕地	1.09	1.47	1.84	2.57	1.14
7-2	人工林地	0.99	1.12	2.01	0.99	1.97
8-1	草地	—	1.07	1.78	3.87	2.39
8-2	草地	—	1.05	2.70	2.11	2.38
9-1	退耕地	—	1.35	1.60	3.69	1.06
9-2	草地	—	1.68	2.12	2.17	2.93
10-1	草地	—	1.42	1.74	2.20	1.90
10-2	草地	—	1.33	1.86	1.33	2.46

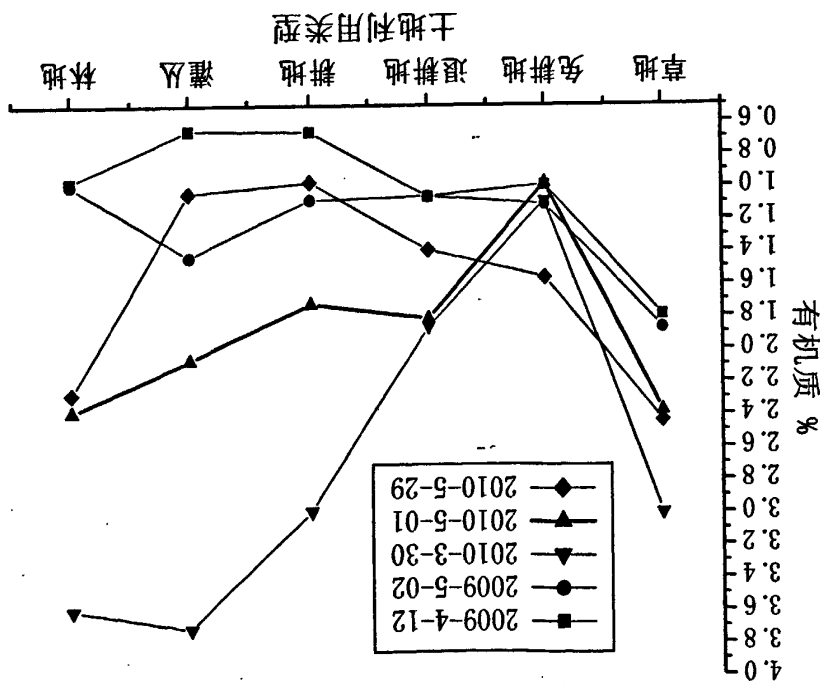


图 3-3 阴山北麓不同土地利用类型与土壤有机质含量关系

该研究区土壤有机质含量偏低为 0.4~4.0%。其中，草地有机质含量最高为 1.8~3.2%，免耕地和退耕地有机质含量最低（图 3-3）。

对于同一次采样的数据分析，草地和林地的土壤有机质含量明显高于其它土地利用类型，是因为草地上枯草层和林下枯枝落叶层中动植物残体相对较多，微生物的分解，为土壤提供了有机质。结合前面对不同土地利用类型土壤 pH 值的分析，草地的 pH 值最接近中性，为微生物提供了较为适宜的生存环境，提高了微生物的数量及其活性，有利于动植物残体的分解，从而提高了土壤有机质含量。而其它土地利用类型 pH 值较草地高，减弱了微生物对动植物残体的分解作用，从而影响到土壤有机质含量。

据五次采样数据分析，草地、免耕地和退耕地表土有机质含量变化不大，耕地、灌丛和林地表土有机质含量变化较大。耕地主要是受人为因素的影响，如施农家肥、土地翻耕、农作物生长等等都会直接影响表土的有机质含量。

3.4 阴山北麓表土碳酸钙含量的测定及分析

3.4.1 测定意义

土壤 CaCO_3 含量影响土壤的发生发育程度、土壤酸碱度 (pH 值)、养分元素的存在形态和有效性、CEC 及吸附阳离子的种类、土壤结构及其微生物区系,是土壤特性的一个重要指标。对于石灰性土壤 (以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为主,如黄绵土) 来说,通常以 CaCO_3 在剖面中的淋溶和淀积状况作为判断土壤形成、分类和肥力特征 的指标之一^[81]。土壤 pH 值与碳酸钙含量有密切关系。当 pH 值在 6.5 以上时,就可能有极少量游离的碳酸钙;随着碳酸钙含量的增加,土壤 pH 值也随之增高。但土壤有机质分解时产生 CO_2 ,则可使碳酸盐转化为重碳酸盐,降低土壤溶液的 pH 值。因此,随着土壤中碳酸钙和有机质含量的变化,石灰性土壤的 pH 值常在 6.5-8.5。同时,在分析盐碱土中,测定碳酸钙也是一个重要项目。

3.4.2 测定原理

土壤碳酸钙含量的测定方法,通常使用的是气量法。其原理是利用土壤中的碳酸钙与过量盐酸作用,生成二氧化碳。在一定温度和气压下,二氧化碳气体具有一定的比重,从比重表中查出单位体积二氧化碳气体的重量,即可算出土壤碳酸钙的含量;或者绘制标准曲线,根据土样所产生的二氧化碳气体的体积,在标准曲线上直接查出土壤碳酸钙的重量,最终计算出土壤碳酸钙的百分含量。

3.4.3 阴山北麓表土土壤碳酸钙统计分析

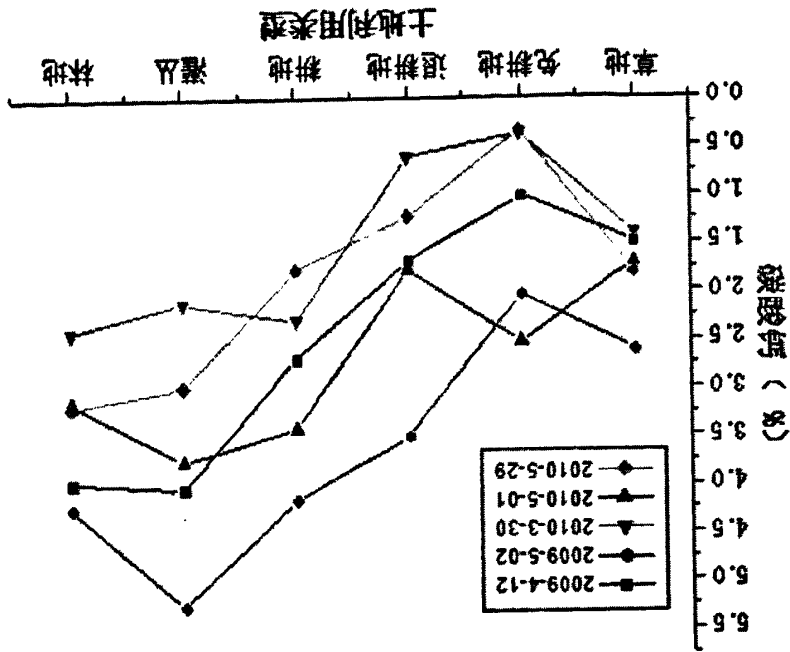
该研究区土壤碳酸钙测定结果见表 3-5 所示。本次采样所涉及到的土地利用类型主要有耕地(包括耕地、免耕地、退耕地和已翻耕地)、林地(包括人工林地、林地) 、草地和灌丛等。据实验所得,对相同土地利用类型土壤各理化性质数据进行平均,利用软件 Origin6.0 统计分析,见图 3-4。

表 3-5 阴山北麓表土土壤碳酸钙测定数据

样点	土地	采 样 时 间 (碳酸钙%)	序号	利用	类型
1—1	草地	1.07	1.71	2009-5-2	2010-5-1
1—2	草地	—	2.19	2009-5-2	2010-5-1
2—1	免耕地	1.02	2.04	2009-5-2	2010-5-1
2—2	退耕地	1.13	2.27	2009-5-2	2010-5-1
2—3	已翻耕	1.02	2.19	2009-5-2	2010-5-1
2—4	已翻耕	—	4.91	2009-5-2	2010-5-1
2—5	退耕地	—	6.20	2009-5-2	2010-5-1
2A—1	耕地	—	3.75	2009-5-2	2010-5-1
2A—2	林地	—	3.84	2009-5-2	2010-5-1

由图 3-4 可知, 该研究区土壤碳酸钙含量 0.3~5.5%。灌丛、林地土壤碳酸

图 3-4 阴山北麓不同土地利用类型与土壤碳酸钙 (%) 关系



3-1	草地	1.69	2.83	2.19	3.28	2.99
3-2	退耕地	2.22	2.80	0.46	2.37	3.31
3-3	草地	—	2.30	1.14	2.95	0.82
4-1	耕地	4.20	4.25	3.87	6.89	1.75
4-2	灌丛	5.18	6.13	2.54	4.69	4.47
5-1	灌丛	2.85	4.37	1.70	2.80	1.49
5-2	林地	3.42	5.25	2.37	2.96	4.56
5-3	耕地	5.11	6.06	2.65	2.38	2.22
6-1	草地	1.70	2.70	0.19	0.57	1.40
6-2	草地	—	3.33	0.29	0.87	9.16
7-1	耕地	3.70	4.80	2.38	2.75	2.93
7-2	人工林地	4.52	3.90	1.58	1.87	1.98
8-1	草地	—	3.94	1.21	1.31	1.42
8-2	草地	—	4.38	5.81	1.87	0.55
9-1	退耕地	—	2.72	0.27	0.35	0.60
9-2	草地	—	2.81	0.31	2.99	0.98
10-1	草地	—	1.22	0.46	0.24	1.18
10-2	草地	—	1.27	0.49	0.46	1.00

钙含量偏高,草地、免耕地和退耕地土壤碳酸钙含量较低。原因是林地和灌丛对碳酸钙有天然的富集作用。除此之外,土壤碳酸钙含量与土壤 pH 值、土壤有机质含量密切相关。该地区土壤 pH 值均在 7 以上,故土壤中有碳酸钙存在。并且随着碳酸钙含量的增加,土壤 pH 值也随之升高。此外,土壤中有有机质分解产生的二氧化碳,可使碳酸盐转化成重碳酸盐,从而降低了土壤的 pH 值。由此,结合图 3-3,有机质含量较高的土类,对应的土壤碳酸钙含量较低,反之亦然。

对于同一年份不同时间的采样数据分析,前一次采样的表土碳酸钙含量比后一次低,是因为春季气温不断升高,加之大风的增多,土壤水分蒸发相对较强,较多的碳酸盐随着土壤水分被带到上层,增加了表土的碳酸钙含量。而 2010 年 5 月 29 日表土碳酸钙含量小于前两次,是因为采样前一天刚下过雨,表土中的碳酸钙被淋溶,因此降低了表土的碳酸钙含量。

总体上说,五次采样不同土地利用类型表土碳酸钙含量相差不大,曲线走势较为一致。

3.5 阴山北麓表土水溶性盐量的测定及分析

3.5.1 测定意义

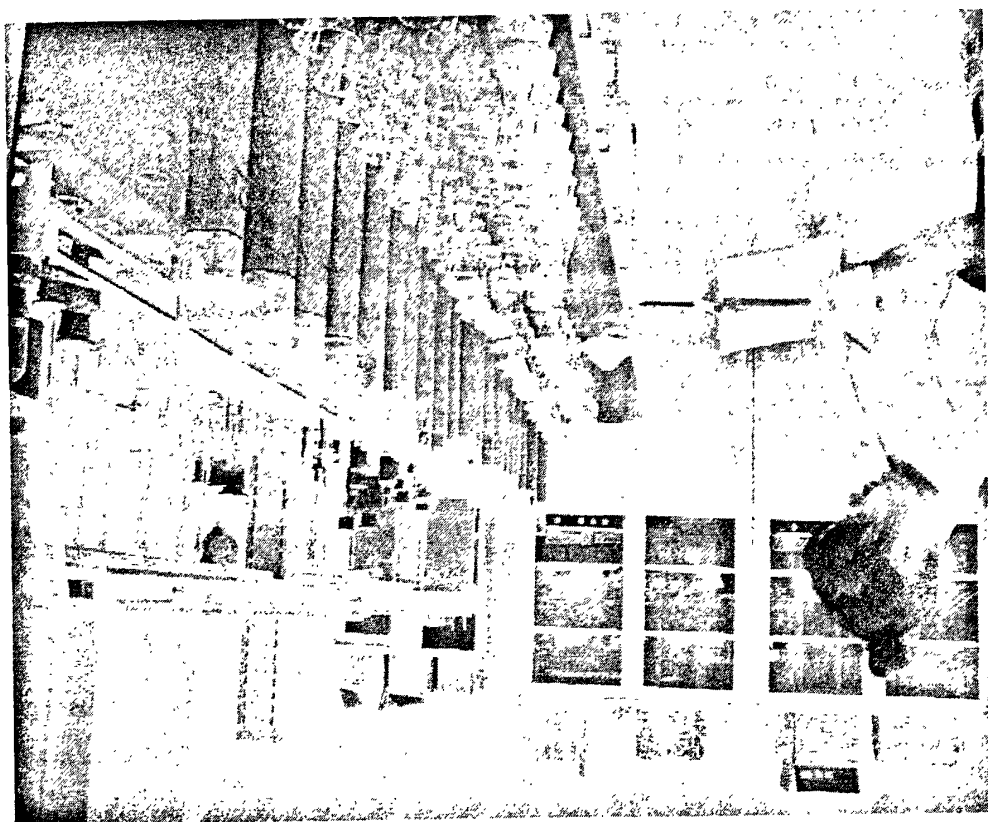
土壤水溶性盐是盐碱土的一个重要属性,是限制作物生长的障碍因素。盐土中含有大量水溶性盐类,影响作物生长,同一浓度的不同盐分危害作物的程度也不一样,盐分中以碳酸钠的危害作用最大,增加土壤碱度和恶化土壤物理性质,使作物受害。其次是氯化物,氯化物中又以 $MgCl_2$ 的毒害作用较大,另外,氯离子和钠离子的作用也不一样。土壤中水溶性盐的分析,是研究盐渍土盐分动态的重要方法之一,对了解盐分、对种子发芽和作物生长的影响以及拟订改良措施都是十分必要的。

3.5.2 方法选择及测定过程

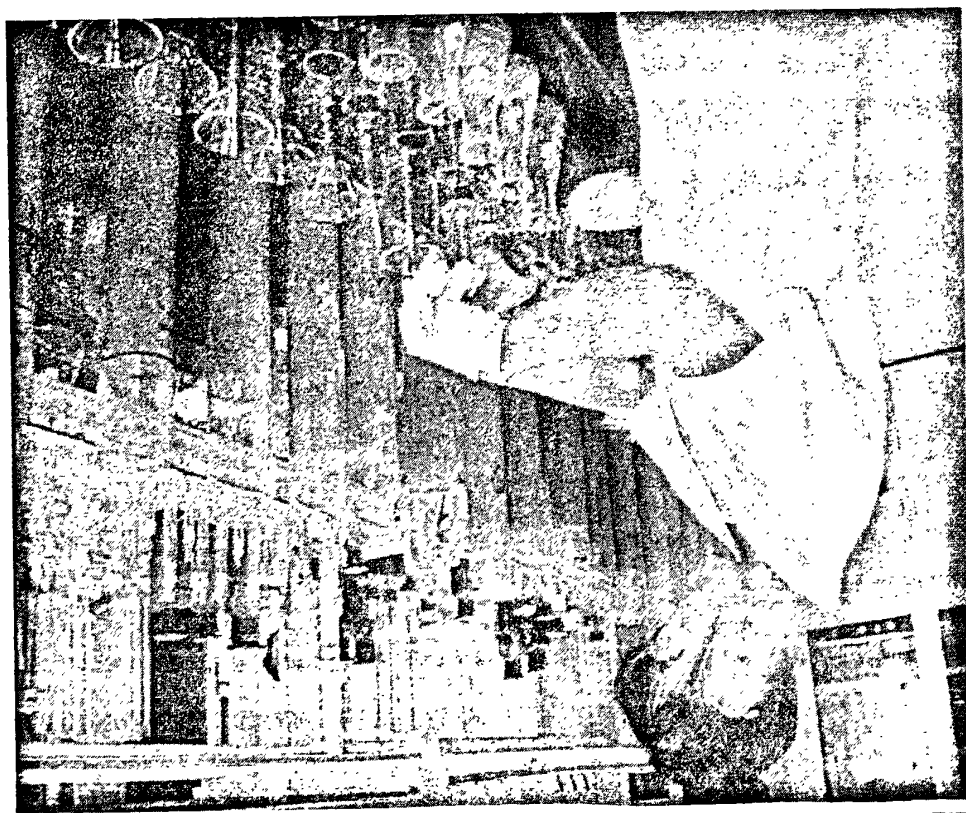
本研究采用漏斗法测定土壤水溶性盐量。具体实验过程:用天平称取通过 1mm 筛的风干土样 10g,放入 250mL 干净的三角瓶中,准确加入蒸馏水 50mL,振荡 3min,滤纸过滤,滤液承接于干燥的小三角瓶中(若有混浊,必须重复过滤直至清亮为止),至全部滤完后,将滤液烘干,称重。减去烧杯重即为烧杯中干物质重,通过计算可得相应土样的水溶性盐的百分含量。实验照片见图 3-5-1。

3.5.3 阴山北麓表土土壤水溶性盐量的统计分析

该研究区土壤水溶性盐测定结果见表 3-6 所示。本次采样所涉及到的土地利用类型主要有耕地(包括耕地、免耕地、退耕地和已翻耕地)、林地(包括人工林地、林地)、草地和灌丛等。据实验所得,对相同土地利用类型土壤各理化性质数据进行平均,利用软件 Origin6.0 统计分析,见图 3-5。



(a)



第三章 阴山北麓表土理化性质的测定及分析

(b)

图 3-5-1 测定土壤水溶性盐量实验照片

3-6 阴山北麓表土土壤水溶性盐测定数据

样点 序号	土地 利用 类型	2009-4-12	2009-5-2	2010-3-30	2010-5-1	2010-5-29
1-1	草地	0.069	0.067	0.070	0.090	0.026
1-2	草地	—	0.058	0.067	0.103	0.066
2-1	免耕地	0.032	0.068	0.034	0.081	0.066
2-2	退耕地	0.061	0.083	0.092	0.094	0.120
2-3	已翻耕	0.030	0.067	0.074	0.122	0.049
2-4	已翻耕	—	0.063	0.056	0.101	0.056
2-5	退耕地	—	0.048	0.049	0.059	0.087
2A-1	耕地	—	0.051	0.082	0.062	0.062
2A-2	林地	—	0.053	0.069	0.091	0.077
3-1	草地	0.051	0.072	0.073	0.077	0.063
3-2	退耕地	0.054	0.051	0.072	0.069	0.061
3-3	草地	—	0.062	0.091	0.115	0.048
4-1	耕地	0.046	0.062	0.069	0.046	0.056
4-2	灌丛	0.060	0.085	0.064	0.092	0.077
5-1	灌丛	0.068	0.080	0.089	0.077	0.104
5-2	林地	0.104	0.128	0.145	0.105	0.104
5-3	耕地	0.076	0.080	0.114	0.114	0.079
6-1	草地	0.068	0.043	0.100	0.119	0.092
6-2	草地	—	0.049	0.049	0.089	0.083
7-1	耕地	0.073	0.087	0.107	0.098	0.109
7-2	人工林地	0.085	0.091	0.119	0.109	0.118
8-1	草地	—	0.041	0.099	0.260	0.117
8-2	草地	—	0.055	0.090	0.259	0.136
9-1	退耕地	—	0.047	0.096	0.258	0.052
9-2	草地	—	0.078	0.129	0.294	0.075
10-1	草地	—	0.073	0.116	0.275	0.079
10-2	草地	—	0.072	0.102	0.250	0.120

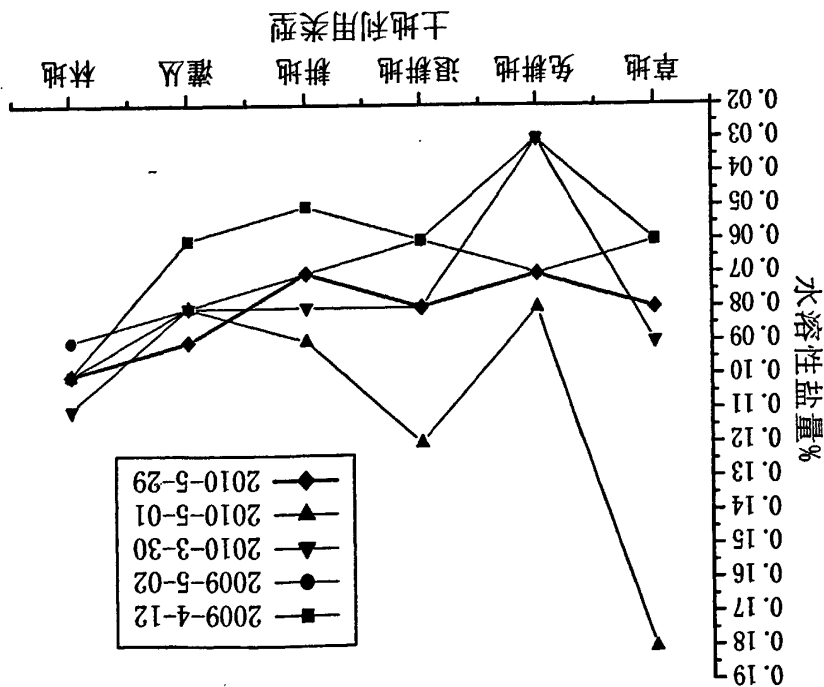


图 3-5 阴山北麓不同土地利用类型与土壤水溶性盐量 (%) 关系

由图 3-5 可知, 该研究区不同土地利用类型的表土水溶性盐量集中在 0.1% 以

下, 为非盐化土壤。免耕地表土水溶性盐量最低, 林地土壤水溶性盐量偏高。同一年份中, 后一次采样数据比前一次采样数据土壤水溶性盐含量高, 是由于气温升高, 土壤水分蒸发强烈, 土壤盐分随着土壤水分运移到达土壤表层, 增加了土壤的水溶性盐量。2010 年 5 月 1 日采样, 表土水溶性盐量数据最高, 是因为春季气温回升, 大风增多, 加之近期内没有降雨, 故表土水溶性盐含量增高, 而 2010 年 5 月 29 日样品表土水溶性盐量较低, 就是受到前一天降雨的影响。比较五次采样数据, 各土地利用类型表土水溶性盐量差异不大。尤其是林地和灌丛, 表土水溶性盐量几乎一致。

3.6 小结

通过对阴山北麓不同土地利用类型 (包括草地、耕地、退耕地、林地、灌丛等) 表土连续两年春季的五次采样。对 27 个采样点的 400 多份样品, 逐一用酸度计测定土壤 pH 值, 丘林法测定土壤有机质含量, 吸管法测定土壤机械组成, 气量法测定土壤碳酸钙含量, 漏斗法测定土壤水溶性盐量。并对测定数据统计分

析,得出:

同一次采样中不同土地利用类型土壤机械组成、pH 值、有机质含量、碳酸钙含量和水溶性盐量稍有差别。同一土地利用类型不同采样时间其理化性质也有差异。其原因是受气温、大风、降水、微生物活动、植被状况和人为干扰等多种因素共同影响的。

4 阴山北麓表土与大气降尘组成成分测定及分析

对阴山北麓表土与大气降尘样品的组成成分进行测定，测定内容包括：K₂O、CaO、Na₂O、MgO、Al₂O₃、SiO₂、Fe₂O₃、Mn、Cu、Pb、As 和 Ti 的含量。利用软件

Origin6.0 统计，分别对阴山北麓表土组成成分和大气降尘组成成分进行分析。

4.1 阴山北麓表土与大气降尘组成成分测定

将采集的阴山北麓表土样品与收集的大气降尘样品风干并过 0.15mm 筛，然

后放入纸袋中，送往内蒙古矿产实验研究所，使用日立 508 型原子吸收分光光度计测定元素组成。使用原子吸收分光光度计测定土壤样品中化学组成，土壤样品

的处理方法是用高氯酸、氢氟酸、硝酸、硫酸等消化分解。利用火焰原子吸收分

光光度计 (FAAS) 在密闭容器中一氧化氮、乙炔被氢氟酸分解测定土壤样品中 Al

和 Si 的含量。利用 HNO₃-H₂SO₄ 消化分解的方法测定土壤样品中 As、Pb 和 Cu

的含量。高氯酸将土壤样品分解，利用乙炔火焰原子吸收分光光度计测定土壤中

Na、K、Ca、Mg、Fe 和 Mn 的含量。对 K₂O、CaO、Na₂O、MgO、Al₂O₃、SiO₂、Fe₂O₃、

Mn、Cu、Pb、As 和 Ti 含量进行统计分析。由“3 阴山北麓表土理化性质的测定

及分析”的研究可知，不同采样时间的表土理化性质相差不大，为了减小运算量，

将不同采样时间的相同土地利用类型数据进行平均，见表 4-1。同样，对三处降

尘采样点连续两年相同月份的非沙尘暴降尘样品数据进行平均值，对沙尘暴降尘样

品数据取平均值，结果见表 4-2。

表 4-1 阴山北麓不同用地表土测定成分表

表土类型	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Mn	Cu	Ti	As	Pb
草地	1.68	2.36	13.22	54.78	2.41	3.82	5.30	606	28.3	3397	13.9	22.5
免耕地	1.19	1.65	14.22	56.00	2.34	2.33	5.25	657	23.8	3732	12.2	26.9
退耕地	1.65	1.60	12.93	57.45	2.26	3.14	4.61	585	21.8	2943	12.4	23.0
耕地	1.75	1.52	12.88	59.08	2.43	2.24	4.46	524	20.4	3103	11.6	23.0
灌丛	1.48	1.98	12.70	53.72	2.21	4.99	5.38	663	27.9	3266	14.4	21.6
林地	1.69	1.60	12.81	59.85	2.47	2.06	4.27	557	20.6	3012	11.3	24.4
交通土	2.18	2.25	11.27	46.41	1.94	8.35	5.245	522	42.8	3587	8.15	39.3
建筑土	1.55	2.63	12.31	23.72	0.66	30.37	1.99	862	27	7028	13.5	26.8
煤烟土	1.01	1.14	23.94	36.22	0.7	5.52	5.19	570	83.4	6553	91.8	343

注：氧化物单位 (×10⁻³)，微量成分单位 (×10⁻⁶)。

表 4-2 降尘样品测定成分表

降尘类型	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Mn	Cu	Ti	As	Pb
3月非沙尘暴	1.47	2.45	13.11	50	2.03	5.99	5.77	687	45.8	4050	14	42.2
4月非沙尘暴	1.69	2.69	12.97	50.58	2.15	6.24	5.79	684	40	3990	11.5	39.4

结合表4-3和图4-1分析, 四类样品中, SiO_2 和 Fe_2O_3 含量占较大比重。 SiO_2 含量在表土中最高, 交通尘次之, 建筑尘最低。 Fe_2O_3 含量在建筑尘中最低, 其他三类样品中相差不大。表土中 K_2O 含量明显高于其它三类样品。交通尘中 Pb 、 Fe_2O_3 含量较高, As 含量最低, Na_2O 、 MgO 含量偏高。建筑尘中 CaO 含量明显高于其他样品, Mn 、 Ti 含量较高, Cu 、 As 、 Pb 含量偏低。煤尘中 As 的含量远高于其它样品, Al_2O_3 、 Cu 含量较高。

注: 氧化物单位 ($\times 10^{-3}$), 微量成分单位 ($\times 10^{-5}$)。

样品类型	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	Fe_2O_3	Mn	Cu	Ti	As	Pb
表土	1.63	1.80	13.02	57.05	2.37	3.08	4.82	599	23.8	3242	12.6	23.6
交通尘	2.18	2.25	11.27	46.41	1.94	8.35	5.245	522	42.8	3587	8.15	39.3
建筑尘	1.55	2.63	12.31	23.72	0.66	30.37	1.99	862	27	7028	13.5	26.8
煤烟尘	1.01	1.14	23.94	36.22	0.7	5.52	5.19	570	83.4	6553	91.8	343

表4-3 阴山北麓表土及尘样测定成分表

本研究对阴山北麓不同用地表土为重点, 同时选取呼和浩特市区交通尘、建筑尘和煤烟尘做了成分测定, 其实验结果见表4-1, 对阴山北麓各用地表土数据, 经计算平均结果汇总得表4-3。

4.2 阴山北麓表土与大气降尘组成成分分析

4.2.1 阴山北麓表土组成成分分析

注: 氧化物单位 ($\times 10^{-3}$), 微量成分单位 ($\times 10^{-5}$)。

5月非沙尘暴	1.44	2.59	14.05	49.53	2.09	4.77	6.63	764	56.4	4204	9.9	170
6月非沙尘暴	1.65	2.68	13.53	47.42	2.07	6.67	6.4	740	70.8	4223	12.8	149
沙尘暴降尘	1.77	2.14	11.67	56.43	2.11	5.5	4.61	560	27.5	3420	12.6	26.2

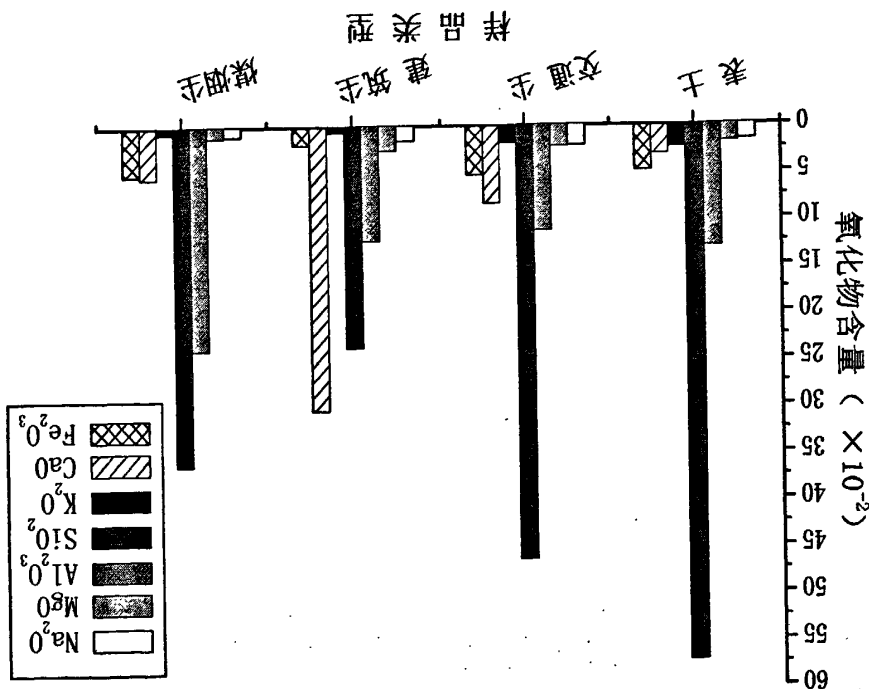


图 4-1 阴山北麓表土及尘样氧化物含量对比

4.2.2 大气降尘组成成分分析

结合表 4-2 和图 4-2 可以看出,各降尘样品中,主要成分为 SiO_2 , 其含量在 50% 左右, 在沙尘暴降尘样品中最高, 在 6 月份非沙尘暴降尘样品中偏低, 在 3、4、5 三个月的非沙尘暴降尘样品中相差不大。其次是 Al_2O_3 , 含量为 11~15%, 在连续四个月的非沙尘暴降尘样品中含量较为接近, 在沙尘暴降尘样品中含量有所减少。比较五组降尘样品, CaO 含量相差不大, 并且在沙尘暴和非沙尘暴降尘样品中变化不明显。 Fe_2O_3 的含量也较为接近, 约为 5~7%, 但在沙尘暴降尘样品中含量有所减少, 比非沙尘暴降尘样品中减少了约 1~2%。 Na_2O 、 MgO 和 K_2O 含量均在 2.5% 以下。 Na_2O 、 MgO 和 K_2O 含量在沙尘暴与非沙尘暴降尘样品中含量相差不大。

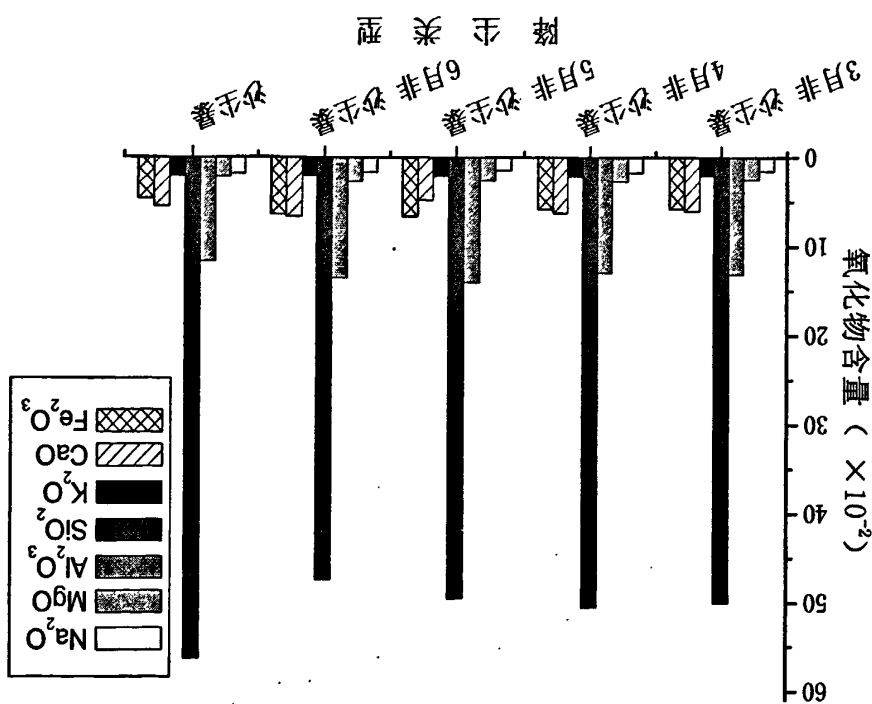
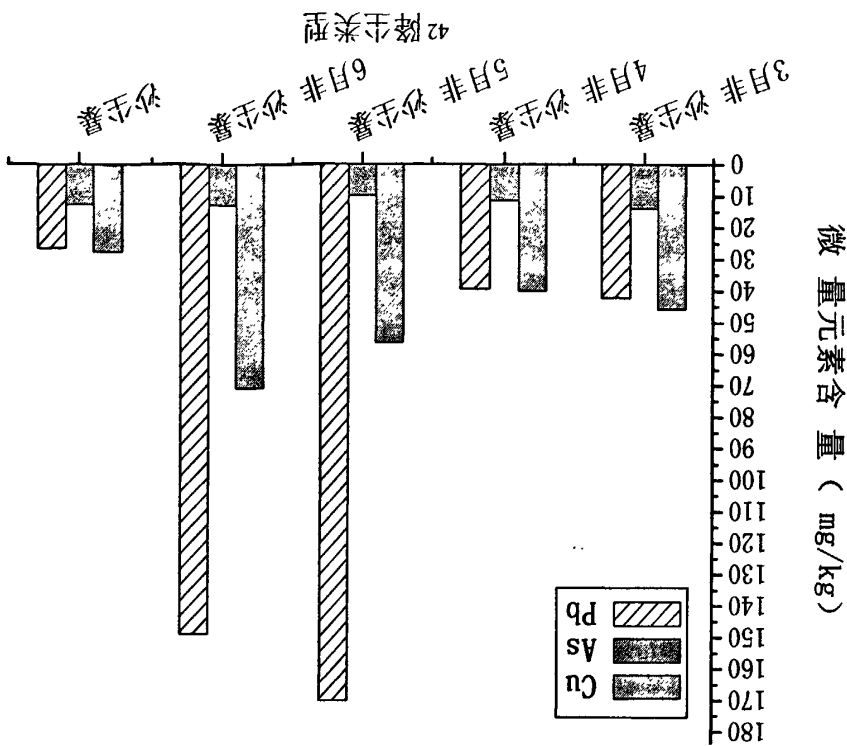
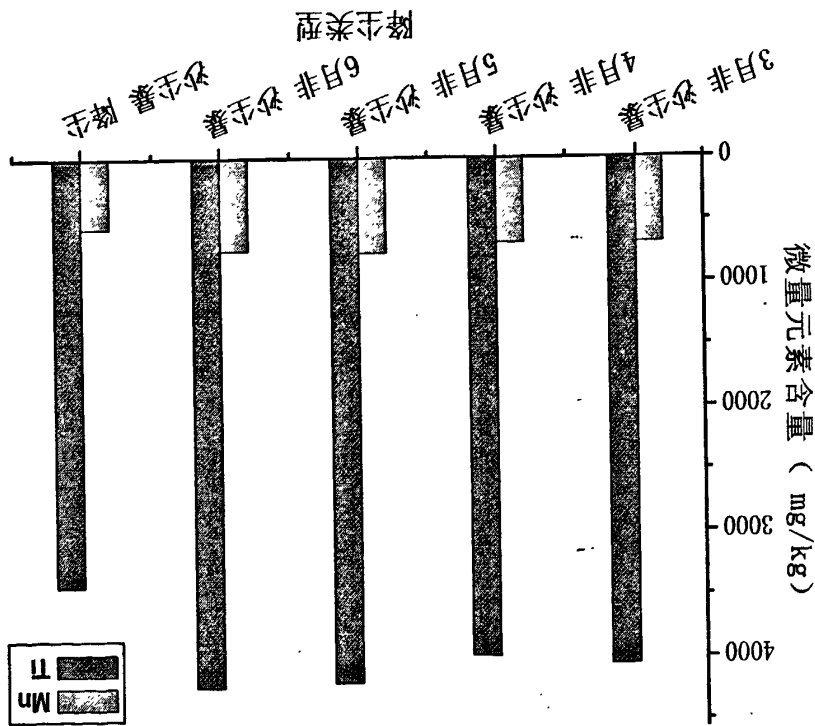


图 4-2 降尘样品氧化物含量对比



(a) 降尘样品 Cu、As、Pb 含量对比



(b) 降尘样品 Mn、Ti 含量对比

图 4-3 降尘样品微量元素含量对比

结合表 4-2 和图 4-3(a) 可以看出, 3、4 月非沙尘暴降尘样品中, 铜、铅含量较为相近, 均在 $40\sim 45\text{mg/kg}$ 。5、6 月非沙尘暴降尘样品中, 铜、铅含量增加明显。其中, 5 月非沙尘暴降尘样品铅含量最高, 6 月非沙尘暴降尘样品铜含量最高。与 3、4 月非沙尘暴降尘样品相比, 铜含量增加了 $15\sim 30\text{mg/kg}$, 铅含量增加了 $90\sim 110\text{mg/kg}$ 。砷含量在 3 月非沙尘暴降尘样品中最高, 为 14mg/kg , 其次为 6 月非沙尘暴降尘样品和沙尘暴降尘样品, 在 5 月非沙尘暴降尘样品中最低, 为 9.9mg/kg 。砷含量在沙尘暴降尘样品与非沙尘暴降尘样品中变化不明显。铜和铅含量在沙尘暴降尘样品中含量较低。

结合表 4-2 和图 4-3(b) 可以看出, 锰和钛的含量在 5、6 月非沙尘暴降尘样品中明显高于其它月份的非沙尘暴降尘样品, 锰高出 $60\sim 80\text{mg/kg}$, 钛高出 200mg/kg 左右。锰和钛的含量在沙尘暴降尘样品中最低。

综合分析, 沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量明显低于非沙尘暴降尘

样品,其原因在于,以上各元素的含量受天气变化影响明显。同时,5、6月非沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量明显高于其它月份的非沙尘暴降尘样品,是因为受到人为因素的干扰。

4.3 小结

通过使用日立508型原子吸收分光光度计,对阴山北麓表土样品与大气降尘样品组成元素测定。对测定数据统计分析,得到:

所测定样品中, SiO_2 含量最高, Al_2O_3 含量次之, Na_2O 、 MgO 和 K_2O 含量较低。 SiO_2 含量在沙尘暴降尘样品中比非沙尘暴降尘样品中高,其更接近于表土样品含量。表土、交通尘、建筑尘、煤烟尘和沙尘暴降尘中 Fe_2O_3 含量均比非沙尘暴降尘样品中含量少。铜和铅含量在煤烟尘中最高,次之为交通尘与非沙尘暴降尘,在沙尘暴降尘、表土、建筑尘样品中较低。锰含量在建筑尘中最高,非沙尘暴降尘次之,表土、煤烟尘、交通尘和沙尘暴降尘中较低。钛含量最高的是建筑尘和煤烟尘,次之是非沙尘暴降尘,含量最低的是表土、交通尘和沙尘暴降尘。Pb、 Fe_2O_3 含量在交通尘中明显较高。 CaO 、Mn、Ti含量在建筑尘中较高。此外,沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量明显低于非沙尘暴降尘样品,5、6月非沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量明显高于其它月份的非沙尘暴降尘样品。

5 阴山北麓表土与土默特平原大气降尘相关性分析

对阴山北麓不同土地利用类型表土与土默特平原降尘样品成分对比分析, 并对阴山北麓平均表土与大气降尘样品的组成成分进行对比分析, 探究阴山北麓表土与土默特平原大气降尘的关系。

5.1 阴山北麓不同土地利用类型表土与降尘的相关性分析

表 5-1 阴山北麓表土与平均降尘测定成分表

表土类型	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Mn	Cu	Ti	As	Pb
草地	1.68	2.36	13.22	54.78	2.41	3.82	5.30	606	28.3	3397	13.9	22.5
免耕地	1.19	1.65	14.22	56.00	2.34	2.33	5.25	657	23.8	3732	12.2	26.9
退耕地	1.65	1.60	12.93	57.45	2.26	3.14	4.61	585	21.8	2943	12.4	23.0
耕地	1.75	1.52	12.88	59.08	2.43	2.24	4.46	524	20.4	3103	11.6	23.0
灌丛	1.48	1.98	12.70	53.72	2.21	4.99	5.38	663	27.9	3266	14.4	21.6
林地	1.69	1.60	12.81	59.85	2.47	2.06	4.27	557	20.6	3012	11.3	24.4
平均表土	1.63	1.80	13.02	57.05	2.37	3.08	4.82	599	23.8	3242	12.6	23.6
非沙尘暴降尘	1.56	2.60	13.42	49.38	2.09	5.92	6.15	719	53.3	4117	12.2	100
沙尘暴降尘	1.77	2.14	11.67	56.43	2.11	5.5	4.61	560	27.5	3420	12.6	26.2

注：氧化物单位 ($\times 10^2$)，微量成分单位 ($\times 10^4$)。

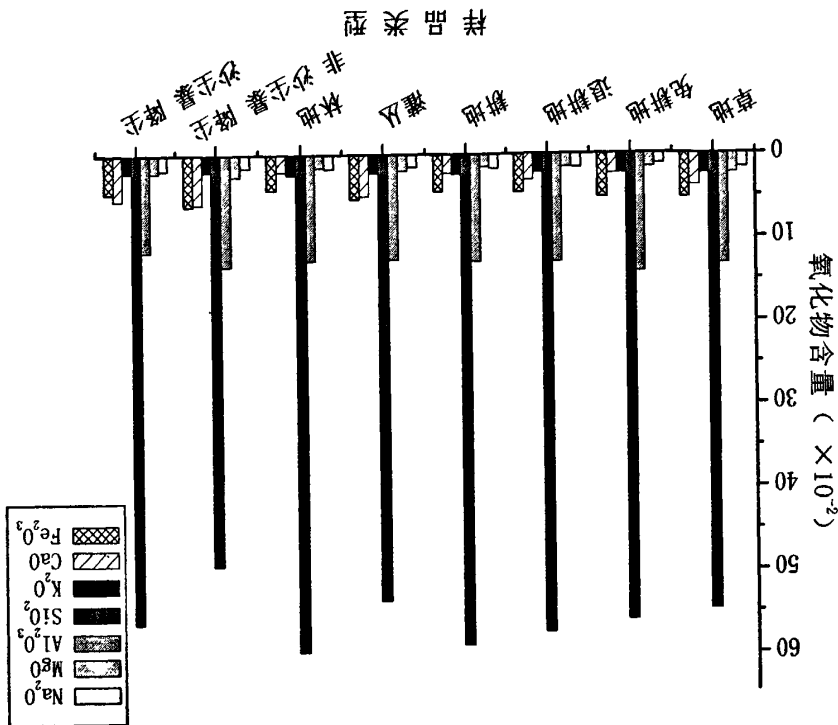


图 5-1 阴山北麓不同用地表土与降尘样品氧化物含量对比

结合表 5-1 和图 5-1 可知,各样品中, SiO_2 含量在林地中最高,耕地次之,非沙尘暴降尘中最低,相差接近 10%。 SiO_2 含量在沙尘暴降尘与各土类样品中相差不大,尤其与免耕地、退耕地以及平均表土含量极为相近。 Al_2O_3 含量在草地中最高,其次是草地、退耕地、耕地、灌丛和林地中相差不大,沙尘暴降尘中 Al_2O_3 含量最低,与各土类样品相差较大,非沙尘暴降尘与沙尘暴降尘 CaO 极为接近,仅相差 0.2%,与平均表土相差 0.4%。非沙尘暴降尘与沙尘暴降尘 CaO 的含量均较高,与灌丛含量较为接近,与其它土类相差较大。是因为灌丛对 CaO 具有天然的富集作用,故含量高于其它土类,而降尘样品由于受到人为作用的影响,如建筑工地等等,增加了 CaO 的含量。非沙尘暴降尘比沙尘暴降尘 CaO 含量高,是由于正常天气情况下,降尘成分更容易受到人为因素的影响。沙尘暴降尘中 Fe_2O_3 的含量与各土类较为相近,其中,与退耕地 Fe_2O_3 的含量完全一致,非沙尘暴降尘 Fe_2O_3 的含量高于其他样品。 Na_2O 、 MgO 和 K_2O 含量偏低,均在 2.5% 以下。 Na_2O 和 K_2O 含量在各土类及沙尘暴与非沙尘暴降尘样品中含量相差不大,草地、沙尘暴与非沙尘暴降尘样品中 MgO 含量相近且高于其他样品。

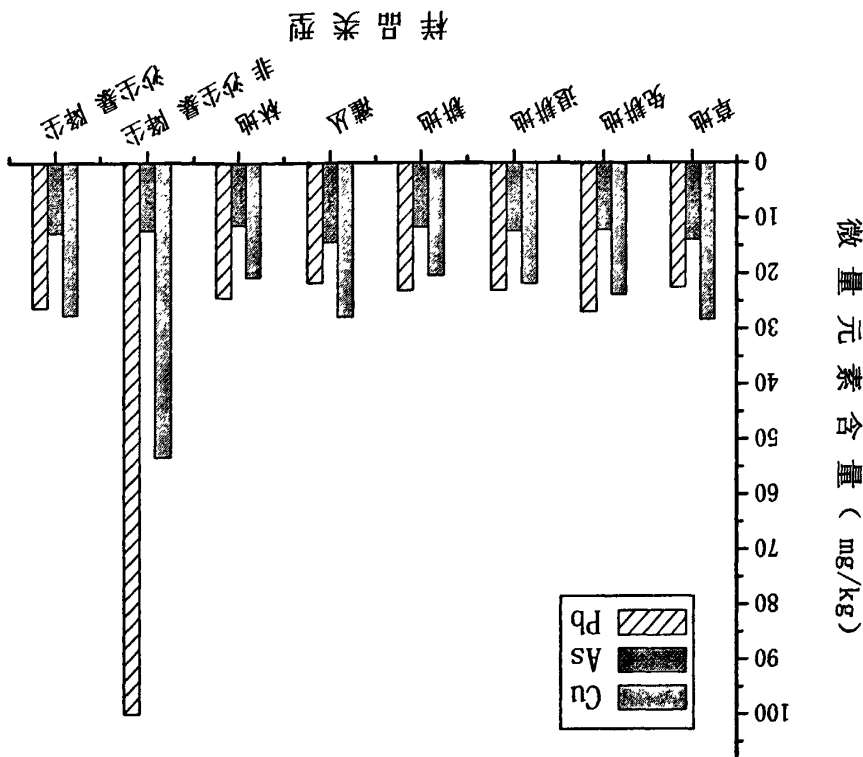


图 5-2 阴山北麓不同用地表土与降尘样品 Cu、As、Pb 含量对比

结合表 5-1 和图 5-2 可知,沙尘暴降尘中 Cu 的含量与灌丛最为接近,仅相

差 0.4mg/kg, 草地次之, 相差 0.8mg/kg。非沙尘暴降尘 Cu 的含量较高, 是其它样品含量的 2 倍左右。各土类 Pb 含量相差不大, 沙尘暴降尘与免耕地 Pb 含量仅相差 0.7mg/kg。非沙尘暴降尘 Pb 含量比平均表土高出约 76mg/kg。灌丛、草地 As 含量偏高, 耕地、林地 As 含量偏低, 沙尘暴降尘、非沙尘暴降尘、免耕地和退耕地 As 含量相差很小, 沙尘暴降尘与平均表土 As 含量完全一致。

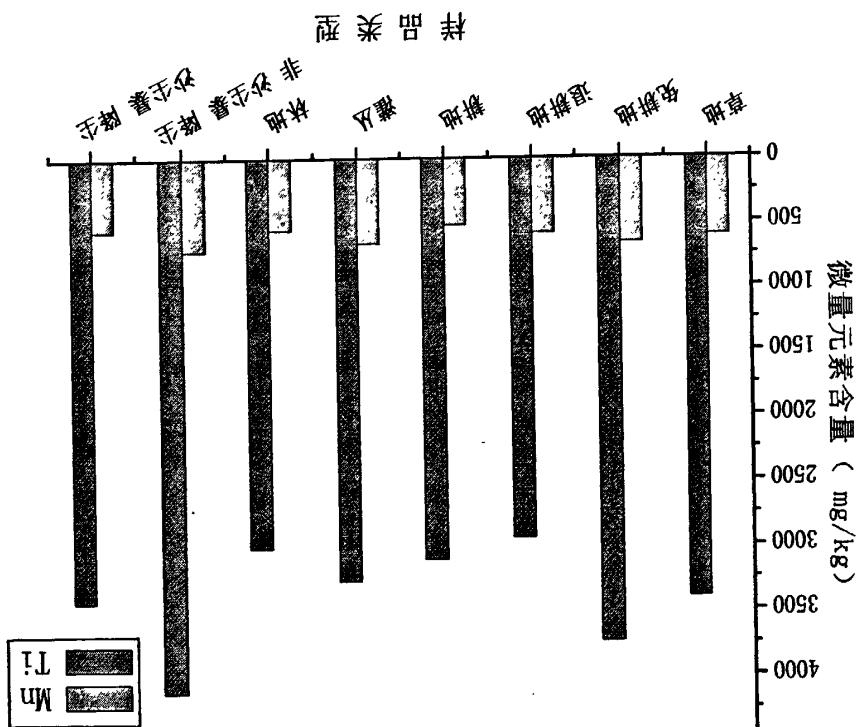


图 5-3 阴山北麓不同用地表土与降尘样品 Mn、Ti 含量对比

结合表 5-1 和图 5-3 可以看出, 沙尘暴降尘中 Mn 含量与林地仅相差 3mg/kg, 非沙尘暴降尘 Mn 含量最高。沙尘暴降尘 Ti 含量与平均表土接近, 更为接近草地、灌丛。非沙尘暴降尘 Ti 含量较高, 比平均表土高出 875mg/kg。

总体上讲, 沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量与各土类样品较为接近, 接近平均表土含量, 明显低于非沙尘暴降尘样品。说明沙尘暴降尘成分与阴山北麓表土成分有较强的相关性, 非沙尘暴降尘与阴山北麓表土差异性较大。大气降尘中以上各元素的来源主要是阴山北麓表土, 由于受到周边污染的影响, 正常天气状况下, 即非沙尘暴降尘中各元素含量较高, 而大风天气利于大气中污染物的扩散, 使污染物对沙尘暴成分影响较小, 故沙尘暴降尘成分与阴山北麓表土成分

一致。

5.2 阴山北麓平均表土与降尘的相关性分析

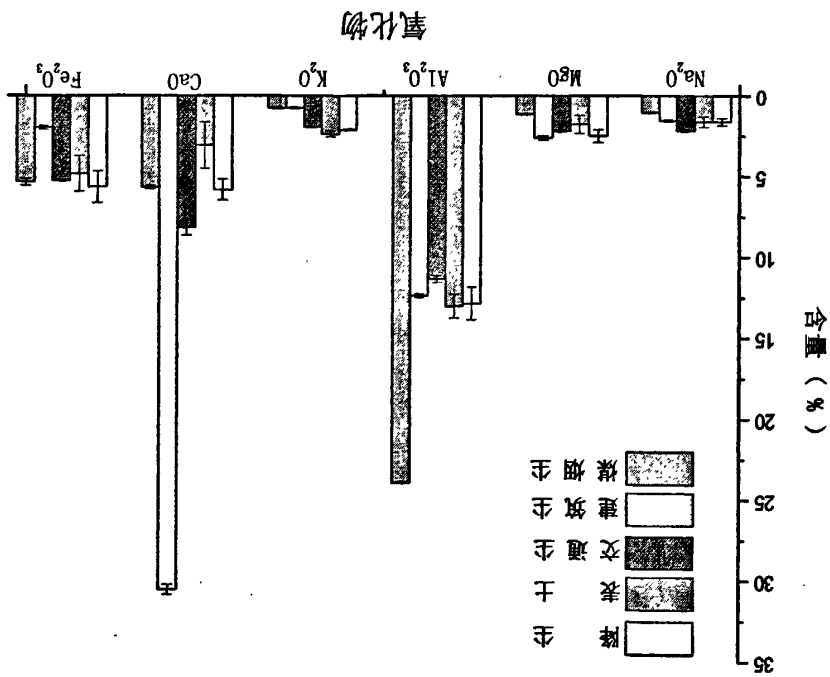


图 5-4 降尘、表土、交通尘、建筑尘和煤烟尘样品氧化物含量对比

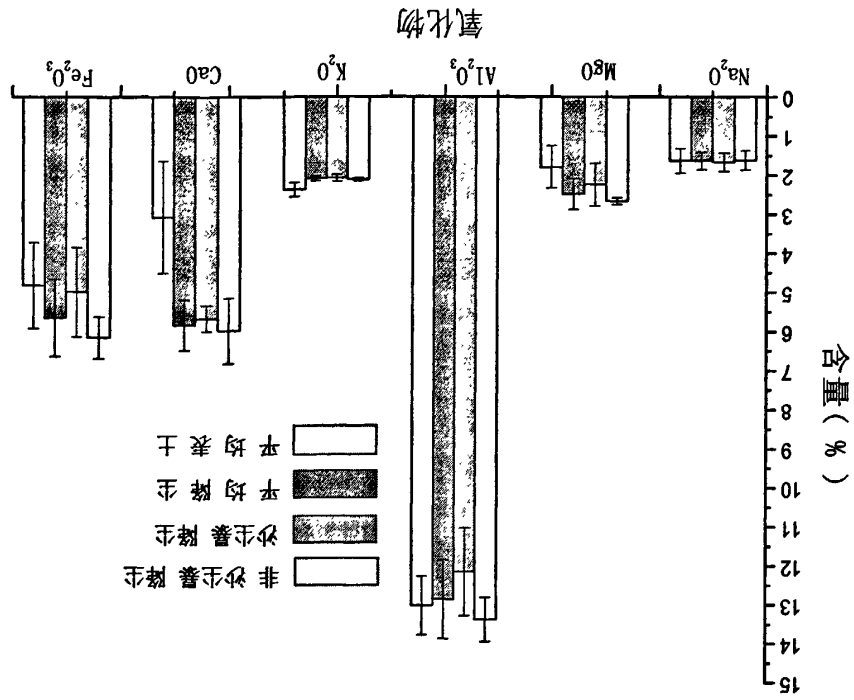
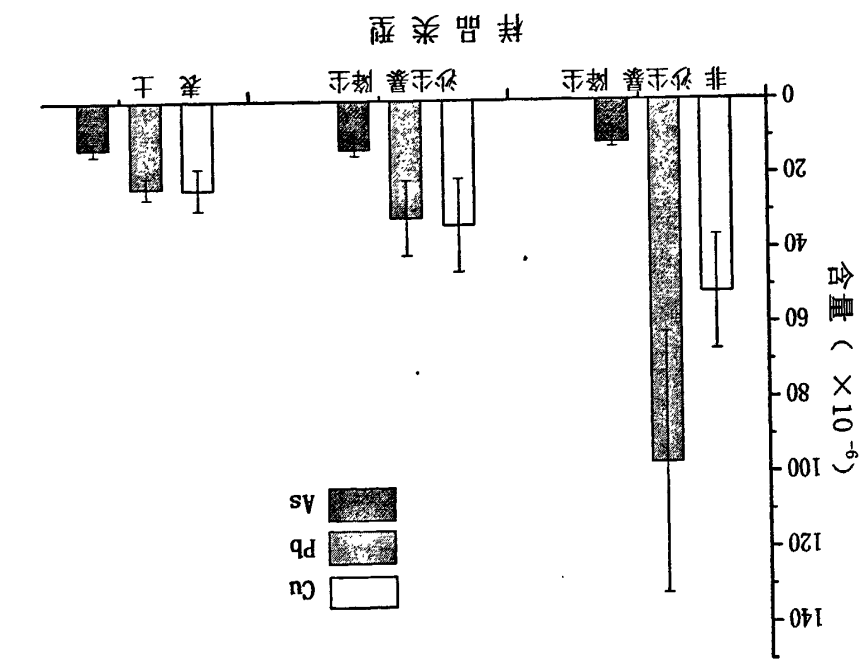
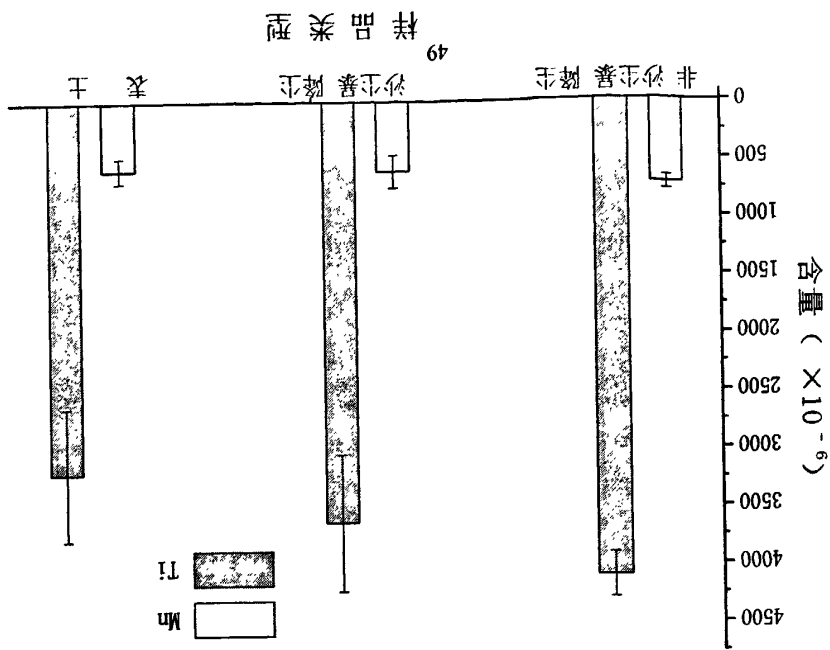


图 5-5 表土与降水样品氧化物含量对比



(a) 非沙尘暴降水、沙尘暴降水和表土样品 Cu、As、Pb 含量对比



(b) 非沙尘暴降水、沙尘暴降水和表土样品Mn、Ti含量对比

图 5-6 非沙尘暴降水、沙尘暴降水和表土样品微量元素含量对比

据图 5-4 及表 4-2、4-3 知, 氧化物 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 K_2O 和 Na_2O 是降水的主要组成成分, 占总量的 81.5~85.1%, Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 三种氧化物接近占总量的 30%。微量元素 Mn、Cu、Pb、As 和 Ti 等仅占总量的 0.34~0.52%。相比较而言, 大气降水的平均组成成分与建筑尘、煤烟尘成分相差较大, 而与表土和交通尘成分较为接近。降尘中 SiO_2 的含量与表土中 SiO_2 的含量相差小于 5.1%, 与交通尘中 SiO_2 的含量相差小于 5.5%, 与煤烟尘样品中 SiO_2 的含量差别大于 15%, 与建筑尘中 SiO_2 的含量差别将近 28%。对降尘中第二大成分 Al_2O_3 的含量分析, Al_2O_3 的含量在降尘中与在表土中的差值最小, 约 0.17%, 降尘与交通尘中 Al_2O_3 的含量相差 1.58%, 与建筑尘相差 0.54%, 与煤烟尘相差最大, 约 11.09%。通过以上分析证明, 大气降水的平均组成成分最接近表土。

图 5-5 显示, 在四组样品中, Al_2O_3 、 K_2O 和 Na_2O 含量相差不大。 Fe_2O_3 、 MgO 含量在沙尘暴降水样品与表土样品中较为接近。 SiO_2 的含量在沙尘暴样品与表土样品中均超过了 50%, 且仅相差 0.17%, 非沙尘暴降水样品与表土样品相差约 9%。故沙尘暴降水样品组成比非沙尘暴降水样品更接近阴山北麓表土组成成分。

图 5-6 显示, 微量元素 Mn 的含量在三种样品中差别不大, Pb、Ti、Cu 含量在非沙尘暴降水样品中最高, 沙尘暴降水样品中次之, 阴山北麓表土样品中最低, 且表土样品与沙尘暴降水样品中含量相近, 而表土与非沙尘暴降水样品含量相差较大。非沙尘暴降水样品中铅的含量要远远大于沙尘暴降水样品中铅的含量。由于铅主要来自汽车尾气排放, 在正常天气条件下, 呼和浩特汽车尾气的排放造成大气降尘成分中铅含量的增加。沙尘暴降水样品中 As 含量大于非沙尘暴降水样品, 同时, 也大于阴山北麓表土。说明沙尘天气发生时, 阴山北麓表土尘源物质沿西北风主风向的运移路径上, 带入了大量的煤尘物质, 从而增加了煤的标识元素——As 的含量。这与呼和浩特周边分布的煤矿有关。呼和浩特周边分布的大规模煤矿, 由于装运及选煤过程, 造成了大量煤尘飞扬, 飞到空中的煤尘随大风进入市区, 从而增加了市区沙尘暴降尘的 As 含量。而非沙尘暴天气条件下, 呼和浩特市区居民以及周边工厂的燃煤, 导致了 As 含量较高。

5.3 利用富集因子法解析

富集因子法是大气降尘源解析过程中的一种定性方法, 通过该方法能够定性了解大气污染物来源, 与定量解析结合可起到相互验证的作用。将实验数据代入

富集系数计算公式得表 5-2。

表 5-2 降水微量元素富集系数计算结果

降水类型	EF_{st}	EF_{ti}	EF_{in}	EF_{co}	EF_{as}	EF_{pb}
3月非沙尘暴	1.03	0.76	0.63	0.87	7.61	4.21
4月非沙尘暴	1.05	0.75	0.64	0.77	6.29	3.96
5月非沙尘暴	0.95	0.73	0.67	0.1	5.02	15.81
6月非沙尘暴	0.94	0.77	0.66	1.30	6.74	14.39
沙尘暴降水	1.31	0.71	0.57	0.58	7.64	2.92
均值	1.09	0.74	0.62	0.71	6.75	6.88

富集因子法可以判断出降水物质是否来源于地壳。当 $EF < 1$ 时, 认为元素来源于地壳; 当 $EF > 1$ 时, 则认为元素不是来源于地壳。表 5-2 显示, 铁、锰、铜的 EF 值均小于 1, 说明这些元素均来源于地壳, 其值低于 1, 是迁移过程中造成了损失, 但具体造成损失的原因还有待于进一步研究。在 6 月非沙尘暴降尘样品中, Cu 元素的 EF 值大于 1, 说明此时段降尘中的 Cu 元素不仅来源于地壳, 同时受到人类活动的影响, 如金属冶炼、垃圾焚烧、燃油、燃煤等可以增加降尘成分中的 Cu 元素含量。由于 Cu 元素的 EF 值是略大于 1, 即富集现象并不明显, 说明在 6 月份, 以上提到的人为污染存在但并不严重。As 与 Pb 元素的 EF 值均大于 1, 说明土默特平原降尘中, 以上两种元素均受到人为因素的干扰。As 与 Pb 元素的富集现象较为明显, 说明人为污染较为严重。Pb 元素的主要来源是汽车尾气排放, 在 5、6 月份非沙尘暴降尘样品中, Pb 元素的 EF 值在 15 左右, 说明此时段的交通污染问题较为突出。As 元素的 EF 值, 在 5 月非沙尘暴降尘样品中较低, 3 月非沙尘暴降尘样品较高, 是由于受到燃煤和市区周边煤场的影响。通过对表土的计算, 阴山北麓表土的组成中, 铁、锰、铜和铅同样存在富集现象。其中, 铅的富集现象较为明显。

5.4 小结

沙尘暴降尘样品中氧化物及微量元素含量与不同土地利用类型表土样品较为接近, 接近平均表土含量, 明显低于非沙尘暴降尘样品。说明沙尘暴降尘成分与阴山北麓表土成分有较强的相关性, 非沙尘暴降尘与阴山北麓表土差异性较大。

大气降尘的平均组成成分最接近表土; 沙尘暴降尘样品组成比非沙尘暴降尘样品更接近阴山北麓表土组成成分; 阴山北麓表土微量元素含量与沙尘暴降尘样品相近, 而非沙尘暴降尘样品差别较大。

富集系数法分析表明土默特平原大气降水与阴山北麓表土特征较为一致, 其存在一定的差异是由于受交通污染及市区周边煤场影响。

6 结论

本文通过对阴山北麓不同用地表土和土默特平原降尘连续两年春季的样品采集以及交通尘、煤烟尘和建筑尘样品的收集。并对样品的组成成分进行测定,利用对比分析法、富集因子分析方法,对阴山北麓表土与土默特平原大气降尘成分的相关性进行分析,结论如下:

同一次采样中不同土地利用类型土壤机械组成、pH 值、有机质含量、碳酸钙含量和水溶性盐量稍有差别。同一土地利用类型不同采样时间其理化性质也有差异。其原因是受气温、大风、降水、微生物活动、植被状况和人为干扰等多种因素影响。

所测定样品中, SiO_2 含量最高, Al_2O_3 含量次之, Na_2O 、 MgO 和 K_2O 含量较低。 SiO_2 含量在沙尘暴降尘样品中比非沙尘暴降尘样品中高,其更接近于表土样品含量。表土、交通尘、建筑尘、煤烟尘和沙尘暴降尘中 Fe_2O_3 含量均比非沙尘暴降尘样品中含量大。铜和铅含量在煤烟尘中最高,次之为交通尘与非沙尘暴降尘在沙尘暴降尘、表土、建筑尘样品中较低。锰含量在建筑尘中最高,非沙尘暴降尘次之,表土、煤烟尘、交通尘和沙尘暴降尘中较低。铁含量最高的是建筑尘和煤烟尘,次之是非沙尘暴降尘,含量最低的是表土、交通尘和沙尘暴降尘。 Pb 、 Fe_2O_3 含量在交通尘中明显较高。 CaO 、 Mn 、 Ti 含量在建筑尘中较高。此外,沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量明显低于非沙尘暴降尘样品,5、6 月非沙尘暴降尘样品中铅、铜、锰和钛的含量明显高于其它月份的非沙尘暴降尘样品。沙尘暴降尘样品中氧化物及微量元素含量与不同土地利用类型表土样品较为接近,接近平均表土含量,明显低于非沙尘暴降尘样品。说明沙尘暴降尘成分与阴山北麓表土成分有较强的相关性,非沙尘暴降尘与阴山北麓表土差异性较大。大气降尘中以上各元素的来源主要是阴山北麓表土,由于受到周边污染的影响,正常天气状况下,即非沙尘暴降尘中各元素含量较高,而大风天气利于大气中污染物的扩散,使污染物对沙尘暴成分影响较小,故沙尘暴降尘成分与阴山北麓表土成分一致。

氧化物 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 K_2O 和 Na_2O 是降尘的主要组成成分,占总量的 81.5~85.1%, Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 三种氧化物接近占总量的 30%。微量元素 Mn 、 Cu 、 Pb 、 As 和 Ti 等仅占总量的 0.34~0.52%。大气降尘的平均组成成分与建筑尘、煤烟尘成分相差较大,而与表土和交通尘成分较为接近。 SiO_2 的含量在沙尘暴样品与表土样品中仅相差 0.17%,非沙尘暴降尘样品与表土样品相差约 9%。故沙尘暴降尘样品组成比非沙尘暴降尘样品更接近阴山北麓表土组成成分。

阴山北麓表土微量元素含量与沙尘暴降尘样品相近,而非沙尘暴降尘样品差别较大。Pb、Ti、Cu 含量在非沙尘暴降尘样品中最高,沙尘暴降尘样品中次之,阴山北麓表土样品中最低。

富集系数法分析表明土默特平原大气降尘与阴山北麓表土特征较为一致,其存在一定的差异是由于受交通污染及市区周边煤场影响。

阴山北麓表土的细颗粒物通过冬季的东亚季风输送到土默特平原地区。降尘位于下风向,表土位于上风向。上风向的表土的贡献数量要大于下风向的降尘。这证明通过强风搬运到土默特平原降尘组成和阴山北麓表土的组成有相似之处。

总体上讲,土默特平原大气降尘与阴山北麓表土的关联性很好。

因为大风携带的阴山北麓表土是沙尘暴降尘中的主要来源,所以每年土默特平原最大的降尘源是来自阴山北麓的表土。就主要降尘源而言,治理土默特平原大气污染的关键点是治理周边的农牧区域。在未来土默特平原改善和预防空气污染的过程中,对城市上风向(西、西北、北)区域的污染源的管理是非常重要的。提高土默特平原空气质量的最重要的途径是减少冬季和春季季风给土默特平原带来的降尘。

参考文献

- [1] 陈志清, 朱震达. 从沙尘暴看西部大开发中生态环境保护的重要性[J]. 地理科学进展, 2000, 19(3): 259-265.
- [2] 胡金明, 崔海亭, 唐志尧. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(4): 49-56.
- [3] 孙冷, 黄朝迎. 西北地区沙尘暴引发的荒漠化问题[J]. 灾害学, 1997, 12(3): 49-52.
- [4] 杨东贞, 房秀梅, 李兴生. 我国北方沙尘暴变化趋势分析[J]. 应用气象学报, 1998, 9(3): 352-358.
- [5] Bagnold, R.A. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. Marrow & Company[J], New York, 1941.
- [6] A. M. 兹纳门斯基著, 杨郁华译, 朱震达校. 沙地风蚀过程的实验研究和沙堆防止问题[M]. 北京: 科学出版社, 1960.
- [7] T.M.Zobeck. Soil properties affecting wind erosion[J]. Soil and water Cons., 1991, 46(2): 112-118.
- [8] D.W.Fryrear, C.A.Karammes, D.L.Williamson, T.M.Zobeck. Computing the wind erodible fraction of soils[J]. Soil and water Cons., 1994, 49(2): 183-188.
- [9] D.W.Fryrear. Mechanics, Measurement and modeling of wind erosion[J]. Advances in Geo-Ecology 31(1998): 291-300.
- [10] D.W.Fryrear, A. Saleh. Field wind erosion: Vertical distribution[J]. Soil science, 1993, 155(4): 294 - 300.
- [11] Sherman, D.J. An equilibrium relationship for shear velocity and apparent roughness length in Aeolian saltation[J]. Geomorphology, 5(1992): 419-431.
- [12] Blumberg, D.G., Greeley, R. Field studies of aerodynamic roughness length[J]. Arid Environ. 25(1993): 39-48.
- [13] Hsu, S.A. Measurement of shear stress and roughness length on beach[J]. Geophys. Res., 25(1993): 39-48.
- [14] Chamberlain, A.C. Roughness length of sea, sand and snow[J]. Boundary Layer Meteorol., 25(1983): 405-409.
- [15] 刘景涛, 郑明倩. 内蒙古中西部强和特强沙尘暴的气候学特征[J]. 高原气象, 2003, 22(1): 51-64.
- [16] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349-356.
- [17] Tegen Ina, A Lacus Andrew, Zvez Fung. The influence on climate forcing of mineral aerosols from disturbed soils[J]. Nature, 1996, 380: 419-422.
- [18] 关欣, 李巧云, 文倩, 等. 和田降尘与浮尘、扬沙、沙尘暴关系的研究[J]. 环境科学研究,

- [19] Winchester J.W., LU Weixiu, REN Lixin, WANG Mingxing. Fine and coarse aerosol composition from a rural area in northern China[J], Atmospheric environment, 1981. 15, 933-937.
- [20] 张仁健, 王明星, 浦一芬, 等. 2000年春季北京特大沙尘暴物理化学特性的分析[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 259-266.
- [21] 黄宁, 郑晓静, 陈广庭, 等. 沙尘暴对无线电波传播影响的研究[J]. 中国沙漠, 1998, 18(4): 350-353.
- [22] 金昱, 郭新彪, 黄雪莲, 等. 沙尘暴颗粒物对肺成纤维细胞的细胞毒性研究[J]. 环境与健康杂志, 2004, 21(4): 199-201.
- [23] 全浩, 乔世俊, 魏群, 河西走廊 1994-04-08 沙尘暴·黄沙的气象特征和大气气溶胶测定[J]. 环境科学, 1995, 16(1): 54-57.
- [24] GUO Zhigang, LI Juyuan, FENG Jialiang, et al. Compound-specific carbon isotope compositions of individual long-chain n-alkanes in severe Asian dust episodes in the North China coast in 2002[J], Chinese Science Bulletin, 2006, 51(17): 2133-2140.
- [25] T L Durlington et al. Analysis of PM₁₀ Trends in the United States from 1988 through 1995[J]. JAWMA, 1997, 47, Oct: 1070-1078.
- [26] 杨东贞, 纪湘明, 徐晓斌, 等. 一次黄沙天气过程的分析[J]. 气象学报, 1991, 49(3): 80-88.
- [27] 任正昌, 李宏江. 大气降水量的粗略观测[J]. 新疆气象, 1988, (9): 41-41.
- [28] 何清, 浮尘天气及其评价[J]. 新疆气象, 1997, 20(3): 23-25.
- [29] 何清, 赵景峰. 塔里木盆地浮尘时空分布及对环境影响的研究[J]. 中国沙漠, 1997, 17(2): 119-126.
- [30] wasaka Y, H Minowra A, Nagaya K. Transport of Asian dust (KOSA) particles; importance of weak KOSA events on the geochemical cycle of soil particles [J]. Tellus, 1983, 35B: 189-196.
- [31] 李安春, 陈丽蓉, 王丕浩, 等. 青岛地区一次浮尘过程的来源及向海输尘强度[J]. 科学通报, 1997, 42(18): 1990-1992.
- [32] 田中丰显. 云彩冰晶化过程与冰晶核[J]. 气象研究, 1974, 1(122): 689-737.
- [33] 瞿章, 许宝玉, 贺慧霞. “930505”沙尘暴的若干启示[J]. 干旱区地理, 1994, 17(10): 63-66.
- [34] 王赞红. 现代沙尘暴降水与非沙尘暴降水的粒度特征[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 606-610.
- [35] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 513-521.
- [36] 李耀辉. 近年来我国沙尘暴研究的新进展[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 616-622.
- [37] 张仁健, 王明星, 胡非, 等. 采暖期前和采暖期北京大气颗粒物的化学成分研究[J]. 中国科学院研究生院学报, 2002, 19(1): 75-81.
- [38] Seinfeld J H. Atmospheric Chemistry And Physics: From air pollution to climate change. New

- York[J]. 1998,700-703.
- [39]Kim Y P, Moon Kil-Choo, Baik Nam-Jun. Concentrations of Carbonaceous Species in Particles at Seoul and Cheju in Korea[J]. Atmospheric Environment, 1999, 33:2751-2758.
- [40]Turpin B J, Huntzicker J J. Identification of Secondary organic aerosol episodes and quantification of primary and secondary organic aerosol concentrations during SCAQS[J]. Atmospheric Environment, 1995, 29:3527-3544.
- [41]Chow J C, Watson J G, Lowenthal D H, et al. PM_{10} and $PM_{2.5}$ compositions in California's San Joaquin Valley[J]. Aerosol Science Technology, 1993, 18: 105-128.
- [42]李德成,王东红,彭安.北京西北郊降尘和降雨中稀土元素的浓度分布和来源的初步分析[J].环境科学学报,2001,21(5):640-642.
- [43]张宁,牛耘.兰州市大气降尘沉积物的粒度分布特征研究[J].干旱环境监测,1998,12(1):16-19.
- [44]端木合顺.西安市降尘粒度空间分布特征及环境意义[J].西安科技大学学报,2005,25(2):160-163.
- [45]樊恒文,肖洪浪,段争虎,等.中国沙漠地区降尘特征与影响因素分析[J].中国沙漠,2002,22(6):559-565.
- [46]陈天虎,徐惠芳.大气降尘 TEM 观察及其环境矿物学意义[J].岩石矿物杂志,2003,(22):425-428.
- [47]林国珍,黄芹,宿志一,等.大气降尘中水溶性有机物组成与含量的研究[J].环境科学进展,1998,7(5):145-151.
- [48]陈天虎,冯军会,张宇,等.合肥市大气颗粒物组成及其环境指示意义.岩石矿物学杂志,2001,20(4):433-436.
- [49]蔡若松.积分法在计算丹东市大气降尘上的运用.辽宁大学学报(自然科学版),2002,29(2):180-183.
- [50]柯昌华,金文刚,钟秦.环境空气中大气颗粒物源解析的研究进展[J].重庆环境科学,2002,24(3):55-59.
- [51]孟伟.大气主要污染源清单调查与源解析的研究—以山西源为例.2006,硕士论文.
- [52]戴树桂,朱坦.受体模型在大气颗粒物源解析中的应用和进展[J].中国环境科学,1995,15(4):252-256.
- [53]张晶,陈宗良,王玮.北京市大气小颗粒物的污染源解析[J].环境科学学报,1998,18(1):62-68.
- [54]陈明华,陈静森,李德.上海市大气颗粒物高浓度区污染物的源解析[J].上海环境科学,1997,16(10):15-18.
- [55]黄世鸿,李如祥,等.常州市大气气溶胶颗粒来源解析[J].1995,15(2):92-101.
- [56]陈思龙,郑有斌,赵琦,等.重庆城区大气颗粒物污染源解析[J].重庆环境科学,

- 1996,18(6):24-29.
- [57]朱建新.CMB法应用及对乌鲁木齐大气TSP来源解析[J],新疆环境保护,1996,18(1):29-37.
- [58]刘昌岭,宋苏项,夏宁,等.青岛市区大气颗粒物中重金属的浓度及其来源研究[J],青岛大学学报,1998,11(3):42-47.
- [59]刘威德,封跃鹏,贾红,等.青岛市大气颗粒物来源的定量解析——化学质量平衡方法[J],环境科学研究,1998,11(5):51-56.
- [60]杨丽萍,陈发虎,张成君,兰州市大气降尘的化学特性[J],兰州大学学报(自然科学版),2002,38(5):115-120.
- [61]客绍英,马作东,陈玉芹,等.中子活化分析在大气降尘监测中的应用[J],城市环境与城市生态,2003,16(3):56-59.
- [62]倪永年.化学计量学在分析化学中的应用[M].北京:科学出版社,2004.
- [63]王帅杰,朱坦.大气颗粒物源解析技术研究进展[J],环境污染治理技术与设备,2002,3(8):8-12.
- [64]张尧庭,方开泰.多元统计分析引论[M].北京:科学出版社,2003.9.
- [65]顾卫,蔡雪鹏,李彩俊,等.内蒙古中西部地区沙尘暴日数分布的地貌特征[J],自然灾害学报,2003,12(4):131-136.
- [66]顾卫,蔡雪鹏,谢锋.植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的探讨[J],地球科学进展,2002,17(2):273-277.
- [67]高涛,刘景涛,康玲.沙尘暴天气客观归类判别预报模式[J],甘肃气象,2001,19(2):14-20.
- [68]姜学恭,沈建国,刘景涛,等.导致一例强沙尘暴过程形成的若干天气因素的模拟研究[J],气象学报,2003,61(5):606-620.
- [69]刘永宏,贾福平,刘永军等.大青山山地草场理论载畜量的研究[J],内蒙古林业科技,2002(增刊).
- [70]Zobeck T.M. Soil properties affecting wind erosion. J ournal of soil and water conservation[J],1991,46(2):112-118.
- [71]海春兴,刘宝元,赵焯.土壤湿度和植被盖度对土壤风蚀的影响[J],应用生态学报,2002(8):1057-1058.
- [72]海春兴,赵明,郝润梅,郭永昌,李晶莲.阴山北麓不同用地方式下春季土壤表层水分变化分析[J],干旱区资源与环境,2005,19(5):150-154
- [73]李占宏,海春兴,刘广通.内蒙古土默特平原降尘特征研究[J],干旱区资源与环境,2007,(21):78-81.
- [74]Chun-xing Hai, Chun-shin Yuan, Guang-tong Liu, Xiao-jia Li, Fu Zhang and Xin-jiang Zhang. Research on the Components of Dust Fall in Hohhot in Comparison with Surface Soil Components in Different Land Uses of Inner Mongolia Plateau[J], Water, Air, & Soil

- [75]赵连俊.呼和浩特市行道树树种规划的探讨[J].内蒙古林业科技,2001(增刊),71\80.
- [76]田存旺,李瑞芝.呼和浩特地区地下水与植被建设[J].干旱区资源与环境,1996,10(2):95-101
- [77]中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].1978,1:500-508.
- [78]魏义长,康玲玲等水土保持措施对土壤物理性状的影响——以黄土高原水土保持世界银行贷款项目区为例[J].水土保持学报,2003,17(5):114-116.
- [79]陕西省土壤普查办公室.陕西土壤[M].科学出版社.1992:299-303.
- [80]黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000.192.
- [81]南京农学院编.土壤农化分析[M].农业出版社,1983.

致谢

本论文是在导师海春兴教授的悉心指导下完成的。导师渊博的专业知识，严谨的治学态度，精益求精的工作作风，诲人不倦的高尚师德，严于律己、宽以待人的崇高风范，朴实无华、平易近人的人格魅力对我影响深远。不仅使我树立了远大的学术目标、掌握了基本的研究方法，还使我明白了许多待人待物与为人处事的道理。从论文选题到完成，倾注了导师大量的心血。在此，谨向导师表示崇高的敬意和衷心的感谢！

本论文的顺利完成离不开各位老师、同学和朋友的关系和帮助。在此感谢包桂兰老师的实验指导，感谢姜洪涛、王静、蔚东跃和方毅等同学在采样、实验、资料整理和数据处理的过程中给予的大力帮助。

在此论文完成之际，谨向导师和曾给予我教诲、关心和帮助的老师、同学们以及参与论文评阅和答辩的老师们表示衷心的感谢！

