



土壤环境容量及其应用

夏增禄 主 编

气 象 出 版 社

土壤环境容量及其应用

主 编 夏增禄

副主编 张学询

孙汉中

气象出版社赠书

1282.5

气 象 出 版 社

1988

00713

内容简介

本书是一本综合、系统论述土壤环境容量的专著。全书通过土壤污染物的作物效应、微生物效应、土壤污染物对地表水、地下水的的影响、土壤临界含量的确定、土壤污染物的区域平衡与净化规律,土壤环境容量数学模型以及土壤环境容量应用的讨论,阐述了土壤环境容量研究的内容和方法。

本书可供环境、土壤、地学、生物、农业、林业等有关科技工作者、技术和管理人员以及大专院校有关专业的师生参考。

土壤环境容量及其应用

夏增禄 主编

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京科普印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* *

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.1 字数: 310千字

1988年11月第一版 1988年11月第一次印刷

印数: 1—1100

ISBN 7-5029-0208-2/X·0004

定价: 5.50元

前 言

土壤环境容量是以土壤生态为基础,在一定区域与一定时限内,遵循环境质量标准,既保证农产品生物学质量,也不使环境遭致污染时,土壤所能容纳污染物的最大负荷量。

环境容量这一概念,大约于70年代引用到环境科学领域。当时,环境污染主要是通过制定的一些环境标准来控制。但是由于对环境治理未考虑生态循环和区域平衡,缺乏环境容量的设想和防止污染的总体对策,因此,相继提出了环境容量和总量控制的设想。

土壤环境容量把土壤环境容纳的能力与污染源允许排放的量联系起来,便于环境问题的全面安排和综合治理。此外,由于它涉及土壤生态和环境的效应,能由它推导出更为符合实际的农田灌溉水质标准、土壤环境质量标准、污泥农田施用标准,因此,它的研究,具有显著的生产效益。

土壤环境容量还因其定量、动态的研究土壤环境中污染物的生态效应、环境效应,污染物的迁移、转化、净化规律,污染物的循环与平衡而在发展土壤环境学和污染化学地理学上具有理论意义。

土壤环境容量研究,在国外报导甚少。近年来,随着污水土地处理系统的开展,土壤容量的研究受到极其重视。美国、澳大利亚等国,根据土地处理系统对污水的净化能力,计算某一时间单元处理区的水力负荷与灌溉量。西德根据处理区的土壤理化性质与吸附性能,研究重金属的化学容量与渗漏容量。澳大利亚Leeper等还提出了安全“锌当量”。这些都在不同方面,不同程度上反映了土壤环境容量研究的发展。

我国在区域环境质量评价中,曾根据单一作物的试验提出的土壤临界含量,结合土壤背景值计算出土壤容量。1983年,我国将土壤环境容量研究列入国家科技攻关项目。至此,土壤环境容量进入了较系统、综合的专题性研究阶段。1986年,该项研究结果曾以论文形式部分的发表于“土壤环境容量研究”一书中。但到目前为止,仍没有一本较综合、系统论述土壤环境容量的书籍。本书主要以生态学和环境系统学的观点,重点阐述污染物的生态效应,环境效应和土壤临界含量,揭示污染物的迁移、转化、净化规律和区域循环与平衡,介绍多种土壤环境容量模式,以实例说明土壤环境容量的多种用途。由于土壤环境容量目前还处于探索阶段,加之作者水平有限,因此,书中难免有遗漏和不妥之处,谨请读者批评、指正。

本书资料主要引自土壤环境容量协作组的“土壤环境容量研究”报告。协作组由中国科学院地理研究所、沈阳林业土壤所、南京土壤研究所,中国环境科学研究院水土所,北京师范大学环境科学研究所,中国农业科学院土壤肥料研究所,北京农业大学土壤农化系,湖南省环境保护所,江西赣州地区环境保护局等单位组成。

李森照参与部分章节撰写。

夏增禄

张学询

1987年于北京

目 录

第一章 引论	(1)
§1 土壤环境容量的由来	(1)
一、环境容量的由来	(1)
二、土壤环境容量的由来	(1)
§2 土壤环境容量的概念	(3)
§3 土壤环境容量研究的内容和方法	(3)
§4 土壤环境容量的应用	(6)
第二章 区域环境特征和土壤元素背景值	(6)
§1 区域环境特征	(6)
一、北京地区环境特征	(7)
二、辽宁辽河下游地区环境特征	(9)
三、南方红壤地区环境特征	(10)
§2 土壤、作物中元素的背景值	(12)
一、土壤和作物背景值的研究方法	(12)
二、研究区土壤元素背景值	(14)
三、研究区作物中元素背景值	(16)
第三章 土壤污染现状调查、评价和分区	(18)
§1 土壤污染评价原则和方法	(18)
§2 土壤污染现状评价和分区	(19)
一、北京草甸褐土区	(19)
二、沈阳张士灌区草甸棕壤区	(20)
三、江西大吉山和湖南桃林红壤性水稻土区	(20)
第四章 土壤污染物的作物效应	(22)
§1 重金属的作物效应	(23)
一、镉的作物效应	(23)
二、铅的作物效应	(34)
三、砷的作物效应	(41)
四、汞的作物效应	(49)
五、铬的作物效应	(54)
§2 影响作物吸收重金属的因素分析	(58)
一、土壤性质对作物吸收累积重金属的影响	(58)
二、气候对作物吸收累积重金属的影响	(65)
三、农业技术措施对作物吸收累积重金属的影响	(66)
§3 有机污染物的作物效应	(66)

一、酚的作物效应·····	(67)
二、氰的作物效应·····	(68)
三、矿物油的作物效应·····	(69)
第五章 土壤污染物对土壤微生物和生态活性的影响·····	(73)
§1 重金属和矿物油对土壤微生物的影响·····	(76)
一、不同重金属和矿物油对微生物的影响·····	(76)
二、影响重金属和矿物油对土壤微生物作用的因素·····	(81)
三、重金属和矿物油对土壤微生物影响的临界含量的确定·····	(84)
§2 重金属和矿物油对土壤酶活性的影响·····	(85)
一、不同重金属和矿物油对土壤酶活性的影响·····	(86)
二、重金属和矿物油对土壤酶抑制临界浓度的确定·····	(89)
§3 确定土壤微生物临界效应值的两种较敏感方法·····	(90)
一、硝化细菌代谢活性检测法·····	(90)
二、明亮发光杆菌发光度法·····	(90)
第六章 土壤污染物对地下水和地表水的影响·····	(96)
§1 土壤污染物对地下水的影响·····	(96)
一、土壤水分下渗分析·····	(97)
二、重金属在土壤中的分布及其迁移·····	(102)
三、有机污染物在土壤中的分布和迁移·····	(117)
§2 污染物地表径流对地表水的影响·····	(120)
一、农药的农田径流·····	(120)
二、重金属的农田径流·····	(123)
三、污染物农田径流对地表水影响的评价·····	(130)
第七章 土壤污染物主要生物学指标及临界含量的确定·····	(131)
§1 土壤重金属临界含量的确定·····	(132)
一、确定土壤重金属临界含量的指标体系·····	(132)
二、确定单体系临界含量时标准级别选择的原则·····	(132)
§2 土壤矿物油临界含量的确定·····	(134)
§3 关于土壤酚、氰的临界含量问题·····	(135)
第八章 土壤重金属的有效态含量·····	(136)
§1 草甸褐土重金属的有效态含量·····	(136)
一、提取剂的选择·····	(136)
二、镉的有效态含量·····	(136)
三、铬的有效态含量·····	(141)
四、砷的有效态含量·····	(142)
§2 草甸棕壤重金属的有效态含量·····	(142)
一、提取剂的选择·····	(142)
二、镉、汞、砷、铅、铬的有效态含量·····	(143)
三、镉、汞、砷、铅、铬的有效态临界含量·····	(144)

§ 3 红壤性水稻土重金属的有效态含量	(144)
一、提取剂的选择	(144)
二、镉的有效态含量	(144)
三、铅的有效态含量	(147)
四、砷的有效态含量	(149)
§ 4 土壤中镉和砷有效态含量的区域性比较	(149)
第九章 污染物在土壤中的平衡与净化	(150)
§ 1 重金属在土壤中的平衡	(150)
一、草甸褐土中重金属的平衡	(151)
二、草甸棕壤重金属的平衡	(153)
三、红壤性水稻土重金属的平衡	(153)
§ 2 有机污染物在土壤中的迁移、转化与净化	(156)
一、酚、氰在土壤中的迁移、转化与净化	(156)
二、矿物油在土壤中的残留与净化	(160)
第十章 土壤环境容量的数学模型	(162)
第十一章 土壤环境容量的区域分异	(169)
§ 1 作物效应的区域性分异	(169)
一、镉对水稻影响的分异	(169)
二、铅对水稻影响的分异	(171)
三、砷对水稻影响的分异	(172)
§ 2 土壤临界含量的区域分异	(173)
§ 3 土壤环境容量的区域分异	(174)
第十二章 土壤环境容量的应用	(175)
§ 1 制定区域性农田灌溉水质标准	(176)
§ 2 制定农用污泥施用标准	(181)
§ 3 制定土壤环境标准	(182)
§ 4 进行区域土壤污染预测和土壤质量评价	(182)
§ 5 污染物总量控制上的应用	(184)

第一章 引 论

随着环境污染、人口增长、资源耗损问题的发展，人类面临着自身环境的容量问题。如何正确地认识环境的容量和合理地利用有限的环境容量，已涉及到人类生活和生产的许多方面，成为人们广泛注意的问题。

§1 土壤环境容量的由来

一、环境容量的由来

容量的概念早已为人们所应用。如物理学中的热容量，土壤学中的交换容量。在生物学中，以前也曾提出过特定环境能够容纳某种生物物种个体数目的“环境容量”。

随着各国环境问题的的发展，全球性的环境问题愈益突出。六十年代末，罗马俱乐部在“增长的限度”一书中曾提出了环境容量的问题。国际人口生态学界曾给以这样一个定义“世界对于人类的容量是指在不损害生物圈或不耗尽可合理利用的不可更新资源的条件下，世界资源在长期稳定状态基础上供养的人口大小”。关于这一问题，其后发展了许多研究，也出现了不同的观点。但有一个共同的认识，即环境在一定条件下承受的能力是有限的，是有一定容量的，在人类社会的发展中要重视这一问题。

在环境污染的防止和控制中，也产生了一种“环境容量”问题。以往污染物的控制多是以浓度控制的办法。如污染物的排放是按一定的容许浓度标准来限制的。但这种标准只限制了污染物排放的浓度，而没有限制其排放的数量。而且就污染物的不同排放区域而言，这种标准的限制办法，也未考虑到不同区域各异的净化能力和容纳能力。因此在一个污染源排放区，虽然污染源排放的污染物未超过浓度控制标准，但往往污染物排放的总量过大，仍然会使环境受到严重污染。由于这种情况，在环境管理和污染控制中开始采用污染物排放总量控制的办法，要求污染物的排放除达到容许的浓度标准外，还要把某一区域污染源排放到该区域环境中的污染物总量限制在一定数量之内。这个数量是多大呢？这就需要以区域的环境容量为依据，因而引出了环境容量的概念，并随之发展了各环境要素的环境容量研究。目前环境容量的定义为：“在人类生存和自然生态不致受害的前提下，某一环境所能容纳的污染物的最大负荷量”。

二、土壤环境容量的由来

土壤是环境的要素之一，既然环境具有一定的容量，那末，土壤是否也具有容量呢？这一点，人们实际上早已自觉或不自觉地注意到了，只不过在当今环境问题出现，土壤污染随之发生后，它始变得更为明显而已。

在以往的农业生产中，曾经盛行过密植增产的作法。结果，过度密植造成土壤环境水、肥、气、热不平衡，反而造成减产。这是土壤环境的植株容量问题。早已知晓的作物贪青和

倒伏，实为土壤氮元素的容量问题。土壤盐渍化则更形突出了土壤盐分的过量。人们在解决这些问题的时候，实际上已在不自觉地承认和利用土壤的容量了。

随着环境问题的出现、土壤污染的发生，土壤环境的容量问题变得更为明显和突出。

污水灌溉，曾经被作为一种除弊兴利，用废为宝的一项措施在国内外应用，并达到一定发展。这是由于土壤对污水中的有机废物具有较强的分解能力。即使是在这一时期，土壤对污水输入的有机废物的性质和数量也具有一定的限度。只是由于当时污水灌溉造成的土壤污染问题不突出，它才没有受到特别的重视。随着工业化的发展，城市和工厂的集中，污水的组成发生了显著的变化，用于污水灌溉的污水，由以往的生活污水变为生活和工业混合的水，或者甚至是以工业为主或纯粹的工业污水。在工业的污水中含有一些有害、有毒元素和化合物。这时的污水灌溉常使土壤严重污染，不仅引起作物产量降低，质量下降，而且使一些农产品的污染物超过食品卫生标准，引起人、畜受害。如举世皆知的土壤镉污染造成的悲惨的“痛痛病”，即是由于含镉污水灌溉引起土壤含镉量过高使得这种土壤上生产的大米含镉过高，人食用这种大米而造成的。据目前所知，因污水灌溉而造成土壤中某些有害金属如Cd、Hg、Pb、Cr、Cu、Zn、Ni、As等的污染，时有发生。由于这些元素在土壤中不像有机物那样易被土壤降解而被土壤吸附、沉淀累积起来，因此，有关它们的土壤容量问题特别突出。

目前国外发展着一种与污水灌溉某些方面类似的“土地处理系统”，它与污水灌溉的主要区别是对污水的处理目的性较强。这种处理系统虽然有的还利用土壤种植草被，有的仅将土壤作为一种单纯的处理剂。但是由于土地处理系统的发展可能对周围环境以及对土地处理系统本身能力的影响，因此，土地处理系统的设计也需要考虑土壤环境的容量。

在土壤施肥中，曾早已研究和广泛使用微量营养元素肥料。这种微量元素的施用补充了某些土壤中这些元素的不足，在农业生产中发挥了增产的作用。在较长一段时间，人们主要注意到土壤中这些元素的缺乏，而很少认识到它的过量。当人们尝到施用少量这种元素就能获得较高产量的甜头时，自然有可能会把这种元素的施用量增大，以图获得更高的产量。或者以为这种微量元素肥料像氮、磷、钾化肥一样可以持续施用而不断增产，采用了不断施用的办法。这些认识与实施，最终引出了不良后果。当这些微量元素的不断施用使之在土壤中累积到一定程度，超过它的土壤容量时，它们就不再起着重肥料的增产作用而开始影响作物生长发育，减低作物产量，或者使作物吸收它们的量超过食品卫生标准，或者导致周围环境的次生污染。这一问题虽然由于土壤环境污染而得到较明确的认识，但在微量元素肥料的应用中已时有发生。

随着环境问题的发生，就是早已肯定了的并大力发展的常用氮、磷等肥料也出现了环境容量问题。氮和磷是污染水体、促进水体富营养化的主要元素，而土壤地表径流是水体氮、磷的主要来源之一。为了满足世界人口不断增长对粮食的需求，各国普遍采用了增施土壤化肥的办法。许多地区施用的氮、磷量远远超过了作物吸收的量。这些土壤过量负载的氮、磷，随地表径流污染了大片水域，氮的大气挥发也加重了大气污染。此外，土壤中过量的氮和磷还易于随水下渗污染地下水和饮用水源。因此，目前对土壤化肥的施用，也进而考虑到土壤的容量问题了。

农药在维持和增加人类粮食的进程中，发挥了巨大的作用。但随着农药的施用，病、虫变得更为单调了，其耐药性增强了。这种变化促进了农药更为广泛而大量的施用。对于持久

性农药,如某些有机氯农药、汞、砷制剂等,它们持续的施用将引起在土壤中的高度残留,造成土壤严重污染,影响到陆地生态和农产品质量。一些易降解的农药虽然不致产生土壤高度残留的问题,但它们的广泛施用,常常通过地表径流汇入水体而污染江、河、湖、海。如人们已制定出一些农药使用的安全标准,其中有不少是不自觉的考虑了它们的土壤容量。

从以上的论述中可以看出,在土壤环境容量提出来以前,在许多方面我们已具有土壤容量的某些或模糊的认识,而且在许多方面已表现出土壤容量问题和应用土壤容量的事例。只不过还不是明确的提出和自觉地应用罢了。因此,土壤环境容量的由来,有其广泛的背景,它只不过是土壤学和环境科学发展到现阶段的产物。

§ 2 土壤环境容量的概念

环境的容量必定有一个限度。这个限度是什么呢?由于每一环境要素,如水体、大气、土壤等都订有一些环境标准,这个标准是限制某种污染物在某要素中达到的最大限度。因此,很自然地把某一要素的某一区域可能达到此限度的量,作为其区域的环境的容量。由此得出了环境的标准容量的概念。而土壤的标准容量,是指一定环境单元,达到土壤环境标准时,土壤容纳污染物的量。

另一种观点认为,环境对污染物具有一定的净化能力,这种净化能力随区域而异。环境容量是研究环境的净化能力,即环境的净化容量,并认为,环境容量不仅是计量环境的标准容量,而主要应研究环境的净化容量。前一观点是肯定了环境标准,后一种观点是把环境标准与环境的净化能力割裂开来,强调了环境的净化能力。

土壤,虽为环境要素之一,但它与水体和大气有诸多不同。它在位置上较水体和大气相对稳定,污染物易于集聚。由于某些污染物在土壤中持续累积,需要累积到一定程度,方能表现出明显的生态效应和环境效应。因此,衡量土壤容许的量时需要有一个基准含量水平。这个水平所获得的容量,称为土壤静容量,即以上所说的土壤的标准容量。但以这个水平(或标准)计算的容量,仅反映了土壤污染物生态效应和环境效应所容许的水平,而没有考虑到土壤污染物累积过程中,污染物的输入与输出、固定与释放、累积与降解的净化过程。这些过程的结果,都将影响到容许进入土壤中的量。在上述静容量的基础上,将土壤这一部分净化的量也考虑在内的量,方是土壤动态的,全部容许的量,即土壤环境容量。也有人将之与土壤的静容量相对应,称为土壤环境动容量。目前发展的概念是指“一定环境单元,一定时限内遵循环境质量标准,既保证农产品产量和生物学质量,同时也不使环境污染时,土壤所能容纳污染物的最大负荷量。”

§ 3 土壤环境容量研究的内容和方法

土壤环境容量研究的内容和方法

一、区域的基本概况

区域的基本概况:土壤环境容量具有显著的环境特征,一般需要了解其形成的自然条件和社会生产条件。其中要着重了解土壤的分布类型,特征,一般基本化学性质等。

区域土壤元素背景值是土壤中已经容纳的量值,它的大小,影响着土壤中将要容纳的量。在某些高背景区,元素含量十分高,在这里,土壤可能已无容纳能力了,或者容量很小。我国大多地区都已经或正在调查和制定土壤元素背景值。由于土壤元素背景值一般较土壤容

量小许多,其误差对土壤容量影响甚小,因而在有土壤元素背景值资料的情况下,可以直接引用。但当引用中发现其影响甚大时,应自行调查土壤元素的背景值,提高其精度。

二、区域土壤污染的现状调查,评价和分区

区域土壤污染调查,是取得以下所介绍的污染物的生态效应和环境效应的重要方法和途径之一,也是借调查的结果,确定土壤临界含量的重要根据。凡是确定土壤容量所需的依据,要尽量通过污染区土壤现状调查和某些特定的研究来获取。

由于土壤污染已占去了土壤一部分或全部容量,它决定着土壤的现存容量和区域容量。因此,区域土壤污染的调查、评价和分区是获得区域容量及其分区的基本资料。

三、土壤污染物的生态效应

土壤生态是由地上植物以及土壤内部动物、微生物和酶组成。进入到土壤生态系统的污染物,其性质和数量一旦超过一定的限度,不仅会影响植物,同时会影响土壤内部生物群的变化与物质的转化。因此,研究不同含量污染物对土壤生态的影响,并找出其临界含量,方能保证系统中物质和能量的良好循环与生态平衡,找出土壤能够承受污染物的限量。

土壤污染物的生态效应,是通过不同浓度污染元素对土壤生态系统中各种生物的生理、生态、生产状况的影响程度,以及污染物在生物各器官(尤其是可食部分)中残留累积的量来考察的。

四、土壤污染物的环境效应

这主要是指污染物进入土壤后,可能对地表水,地下水造成的次生污染。土壤污染物会随地表径流而进入河、湖。当这种径流中的污染物浓度较高时,它会污染地表水。像土壤中过多的N、P,一些有机磷农药和部分有机氯农药,酚和氰等都常造成地表水污染。因此,除进行一些模拟试验外,要通过不同污染地区进行实地调查和监测来获取它们影响的临界含量。由于不同区域自然地理条件的差异,要实际测得不同区域的数值是较困难的。也可结合实地调查研究,利用陆地水文学中地表径流研究的成果和水文站观测资料,进行综合分析。重金属污染物进入土壤后,由于它们易被土壤吸附、固定,其水溶性、交换性金属的量很低,一般认为它们的地表径流不致污染地表水。但当土壤含量很高时,由于这些金属吸附在径流的泥沙中,当其进入水体后,也会造成河湖沉积物的污染,或进而由沉积物中溶出污染河水。

土壤污染物达到一定浓度会随水下渗污染地下水,因而也需要了解不同土壤情况下,土壤水分下渗时可能污染地下水的污染物临界浓度。土壤污染物随水下渗污染地下水既决定于污染物的溶解度,土壤的渗水性,也决定于区域的水文地质条件。如酚、氰、硝态氮等溶性较大,易随水下渗并污染地下水,而一些金属元素如Cd、Cu、Pb、Zn等溶性较小,则难于随水下渗。但酚、氰等虽然在冲积扇上部土层较薄,地下水层较浅的地区易下渗污染地下水,它在冲积扇下部或平原区土层厚、地下水很深的地区难于污染地下水。因此污染物对地下水污染的临界浓度,一方面要根据区域自然条件的差异,进行野外调查研究,另一方面由于区域调查中,往往不能获得典型的结果,还需要在野外或室内作一些模拟试验,以补充一些需要的参数。

五、土壤污染物临界含量的确定

土壤临界含量，是确定土壤环境容量的一个很重要的因素，它在很大程度上，决定着土壤的容纳能力。

土壤，作为一个生态系统，它由土壤—植物，土壤—微生物等组成，并与外界环境相互作用形成一个有机的自然体。因此，在获得上述土壤污染物的各种生态效应和环境效应，并获得各种单一体系的临界含量后，就应采用各种效应的综合临界指标，得出整个土壤生态系统的临界含量，以此作为国家制定土壤环境标准的依据和确定土壤环境容量的依据。

六、污染物在土壤中的净化规律的研究

土壤对污染物的净化，是土壤具有容量的一个重要因素。由于土壤对污染物的净化，包括物理的，化学的、物理化学的、生物的和生物化学的等等方面。因此，不同污染物，在土壤中具有不同的净化特征，研究它们的方法和途径也自不同。按污染物类型，粗略的可分为有机的和无机的两类。

有机污染物，虽然在土壤中也具有物理的和化学的净化作用，但它具有明显而强烈的生物或生物化学分解的特征。它们在土壤中易于被净化，存在的时间较短，土壤的容纳能力相对较强。因此，它们的土壤容量问题相对较小。它们对土壤生态系统的危害往往表现在急性中毒上。但一些在土壤中为持久性的有机物，如有机氯农药、矿物油等，也具有土壤容量问题。对它们的研究，按土壤环境容量的需要，一般采用较为简单的测定它们在土壤中净化率的办法。这需要进行室内外定位观测和模拟试验。

对于无机物的净化规律的研究，也可采用有机物那样的测定净化率的办法。譬如，室内外模拟试验定时观察，区域物质平衡观测和区域污染历史观测综合分析等。这些方法，都可求得一定的污染物在土壤中的净化率。但是，由于无机物，尤其是一些污染问题大的重金属，在土壤中的净化率（年）甚小，短期观察难以获得精确数值。此外，无机物在土壤中还有一个随环境条件和时间的变化而固定与释放的问题，即所谓危害性的大小因时期、地点、条件的变化而变化。因而要掌握这些污染物的变化规律，从而掌握它在土壤中的有效容量，是一个既重要又困难的问题。它除了要研究土壤元素的形态及其转化的动力学问题，以及研究影响它们的一系列因素外，还需要了解它们通过地表径流，地下渗漏和作物吸收等支出及其影响因素的定量规律。这些规律的测定，可以结合陆地水文学和土壤学中地表径流和土壤渗透方法进行研究。要力求使这些项目测定的参数能促进土壤净化模式的建立或满足土壤环境容量模式的要求。

七、土壤环境容量的模式及其确定

土壤环境容量的数学模型，是土壤生态系统与其边界环境中诸参数构成的定量关系，用以表达土壤环境容量范畴的客观规律。因此在工作之前，要有一初步设想和安排，以便通过工作求得模式需要的参数。但是，在工作进行中，常常有新的发现。因此也不能固守原模式，需要根据工作的发展情况进行补充或修改。最后，在对所有获得的资料进行整理、归纳后，还需对原模式进行修改、完善，甚或重建新的模式。

八、土壤环境容量的区域性分异

污染物进入土壤后,除受不同土壤的性质影响外,也受制于该土壤现存的自然条件。因此,污染物在不同自然地理条件下的土壤中,其行为、效应及其环境容量是不同的,具有区域性特征的。这种特征更赋予土壤环境容量以理论价值和生产实践意义。目前土壤环境容量工作刚刚开始,要充分揭示它的区域性分异规律,还需要经历一段时间。但它像土壤的其它性状一样,也必将逐渐被人们所揭示,并形成其独自的系统。

§ 4 土壤环境容量的应用

就广义而言,土壤环境容量既可应用于大量、微量营养元素或化合物的生产实践上,也可应用于环境污染的元素和化合物的生产实践上。目前,以后者的角度而言,主要应用于以下几方面:

1. 用以制定土壤环境标准
2. 制定区域性农田灌溉水质标准
3. 制定农用污泥施用标准
4. 进行土壤污染预测
5. 用于污染物排放总量控制
6. 为土地处理系统承受能力提供依据
7. 为区域性环境区划、规划、管理等提供依据

土壤环境容量是一个新事物,我国开展了较为系统的、初步的研究,并已获得一定的结果。由于它是土壤环境科学领域的一项基础性工作,它一方面受制于土壤性质,另方面也决定于土壤的环境条件。它的研究除涉及土壤科学各分支的一些理论和方法外,也涉及生态学和环境科学等的理论和方法。因此,可以预见,由于它在理论上的综合性和生产上的广泛应用性,它的研究必将继续得到蓬勃地发展。

主 要 参 考 文 献

- [1] 夏增禄,科学,4 (1988)。
- [2] 夏增禄主编,土壤环境容量研究,气象出版社,1986年。
- [3] 土壤环境容量研究组,环境科学,7 (5), 34—44(1986)。

第二章 区域环境特征和土壤元素背景值

§ 1 区域环境特征

土壤环境容量具有显著的环境特征。一般需要了解其形成的自然条件和社会生产条件。其中要着重了解土壤的分布类型、特性、一般基本化学特征等。

本书主要反映了三个地区的三种土壤上土壤环境容量的成果。为了便于读者了解这

些结果产生的背景条件,故将三种土壤(北京草甸褐土、辽河下游草甸棕壤,湖南、江西红壤性水稻土)研究区的区域环境特征作一简单的介绍。

一、北京地区环境特征

北京市位于北纬 $39^{\circ}28'$ — $41^{\circ}05'$ 和东经 $115^{\circ}25'$ — $117^{\circ}30'$,东西宽约160公里,南北长约176公里。全市总面积16807.8平方公里,其中山地和丘陵约10400平方公里,占62%;平原6400平方公里,占38%。

根据1982年全国第二次人口普查资料,北京市人口为923万,其中郊区农业人口380万。全市共有18个区县。

北京的地形大体分为山地和平原两大部分。西部和北部为连绵不断的群山,冲积平原向东南方向的渤海湾缓缓倾斜,地形的总趋势是西北高东南低。西部山地统称西山,隶属太行山脉,为东北西南走向。越过山地,西接山西高原,北连内蒙古高原。平原与山地边缘相邻的部分山地,海拔大都在200—500m之间。平原区越往东南地势越低,大兴县海拔30m,通县永乐店地区海拔只有20m,向东南直达渤海。南去和一无无际的华北大平原相连接,故常将北京地区的地形看作由华北平原过渡到内蒙古高原的“阶梯”。这种呈背山面海之势的北京小平原象个伸向山地的海湾,在地理上亦被称为“北京湾”。

北京属暖温带半湿润季风气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,春季干旱多风,秋高气爽,四季分明。多年平均气温 12°C ,1月份平均气温 -4°C ,绝对最低温度 -22°C (1951年1月13日);7月平均气温 26°C ,绝对最高温度达 42.6°C (1942年6月15日);无霜期180—200天。海拔500m以上的山区年平均气温约 8°C ,比平原地区低3— 4°C 。北京年平均降水量630mm左右,降水的季节分配很不均匀,以7、8两月为最多,约占全年降水量的60—70%,且经常出现暴雨天气,秋季偏涝。年蒸发量在1500mm以上,远远大于降水量。冬春两季多偏北风或西北风,常有风沙;夏季多偏南风或东南风,年平均风速2.4m/秒,最大风速达28.4m/秒。1月平均风速以4月份为最大,为3.3m/秒。

北京地处海河流域,主要河流有永定河、潮白河、北运河、拒马河和沟河。

平原区土壤形成过程受地下水影响很大。海拔30m以上的高位平原,地下水位约4—0m,或更深,矿化度小于0.5g/l,形成褐土。低平原和冲积扇边缘地区,地下水埋深约1.5—3.5m,矿化度1.0—1.5g/l,形成草甸土。一般地下水临界水位为2.5m,大于2.5m时易发生褐土化过程。

北京山区植被的垂直分异显著,植被和相应土壤的垂直带谱结构如下:

中山山顶草甸,海拔1800—1900m以上,山地草甸土;中山落叶阔叶林、针阔混交林,海拔600—800m以上,1800—1900m以下,山地棕壤;低山丘陵落叶阔叶林、旱中生灌丛、半旱生灌丛及草本群落,海拔600—800m以下,大致100m以上,为褐土。

北京平原区天然植被应为落叶阔叶林,但早已辟为农田,耕作历史悠久,农业发达。近郊以蔬菜为主,远郊为粮食产区。

北京的成土母质状况,北山以花岗岩、片麻岩分布最广,西山以石灰岩和白云质灰岩所占面积最大,平原区以洪积冲积物为主,主要是永定河和潮白河的洪积冲积物。

北京地区属褐土地带的黄淮海平原潮土、盐碱土、潮褐土区^[1]。从北京的低山丘陵至高位平原的广阔范围内,分布着大面积的褐土。北京的低位平原上主要分布着草甸土,即潮

土。褐土是我国暖温带半湿润地区的地带性土壤，草甸土和褐土是黄淮海平原的主要农业土壤。

北京的褐土分布于海拔40m以上的平原和700—1000m以下的低山丘陵。母质包括各类基岩风化物的残积坡积物、黄土性物质、洪积冲积物等。北京褐土成土过程的特点主要是碳酸钙的淋溶和淀积非常活跃，但多不形成明显的钙积层，而表现为假菌丝状新生体。其次，土壤粘粒随水下移，在心土聚积，同时心土的化学风化和生物合成作用加强，形成次生粘土矿物。褐土的粘化作用虽不及棕壤强，但也有明显表现，以淀积粘化为主，兼有残积粘化。此外，表土的腐殖质化和熟化过程明显。在形态特征方面，北京褐土有明显的发生层次，由腐殖质层、粘化层和半风化母质层（极少数为钙积层）三个基本层段组成。腐殖质层呈灰棕—棕灰色粒状或团块状结构，厚约10—20cm，无或弱石灰反应。粘化层紧实而质地粘重，为棕褐色，褐色或微带红色，核状或棱块状结构，结构面上有暗红褐色铁质膜胶，层厚约30—50cm。半风化母质层，为黄棕色或微带褐色，质地比上层轻，块状至棱块状结构，有垂直节理。

草甸土是北京平原分布面积最大的土类，是主要产粮区。这里地下水埋藏较浅，多为1.2—3.0m，变幅1.0—2.0m。草甸土的土壤形成直接受地下水影响。地下水位随干湿季节交替变化，雨季地下水位上升，土内形成滞水层，在嫌气条件下，土壤中的铁锰物质处于还原状态，随水迁移，旱季地下水位下降，土壤通气条件改善，铁锰物质则氧化、聚积。在氧化还原条件年复一年地不断交替变化中，土壤中的铁锰物质也处于氧化淀积和还原淋溶状态的变换中，因此在表土以下形成锈纹、锈斑、铁子和铁锰结核等。在心土附近还形成砂姜即钙质结核。在接近地下水的心土以下或底土附近形成潜育层。草甸土通体石灰性反应强烈，呈微碱性。

位于冲积扇下部的草甸褐土属褐土向草甸土的过渡类型，褐土过程为主，附加以草甸化过程。剖面上部不受地下水影响，有碳酸盐的淋洗和粘化过程，土色鲜褐，近似普通褐土的褐色粘化层，但粘化程度较轻。剖面下部微受地下水作用，有轻微的草甸化过程，在80cm以下才有少量锈纹、锈斑及铁锰结核，有的形成小型砂姜（而褐土化草甸土50厘米以下受地下水影响）。草甸褐土剖面可分为三个发生层段⁽¹⁾表土层，厚约15—20cm，为灰棕色轻壤质耕层，较疏松，熟化度高。20—40cm常有明显而紧实的犁底层⁽²⁾。240—80cm的心土为棕鲜褐色粘化层，多中壤质，核块状结构，结构面有大量假菌丝体⁽³⁾。380—100cm以下为不甚明显的潮化层，稍湿润，灰棕至黄棕色，多砂壤和轻壤质，块状结构，有轻微锈纹锈斑。由于草甸褐土位于冲积扇下部，底土常夹有砂性土及胶泥层，常保留有原先的沉积层理。

北京地区土壤容量研究的平衡场试验区选在东部高碑店地区，该区位于永定河冲积扇平原中下部高碑店附近，包括朝阳区所属的高碑店、王四营乡全部，双桥、十八里店乡的一部分。具体界限：北至通惠河，南到大柳树明沟，西到次干零和东南郊灌渠，东到通惠灌渠，即包括通惠河、高污灌渠、通惠灌渠次干零和东南郊灌渠、半壁店明沟以及大柳树明沟所灌溉地区。

高碑店地区地势平坦、开阔，土层深厚，地下水资源丰富。年平均降水量约640mm，年内分配不均，80%集中在6—9月的四个月中，尤其是7、8两月降水可占全年降水量的三分之二，且多以暴雨形式降落，大部分降水多以地表径流形式排走。同时北京地区降水的年际变幅很大。据解放后降水记录比较，1959年为1965年的4.4倍。若以历史记录比较，1959年为

1891年的8.3倍。因此,本区的降水量远远不能满足农作物的生长需要。本区地面水源缺乏,大力开发地下水又受多种因素的限制,而全市最大的污水处理厂(高碑店污水处理厂)就建在这里,它就近提供了充足的污水来源,因此,污水灌溉在本区得到了充分地发展。

高碑店地区土壤为草甸褐土和草甸土,质地多为轻壤,呈弱碱性或碱性反应, $\text{pH}7.1-8.5$ 。土壤碳酸钙含量甚高,可达 $5-7\%$ 。代换性盐基总量约 $10-30\text{me}/100\text{g}$ 干土。有机质含量 $0.8-3.7\%$ 。潜水埋深 $2-3.5\text{m}$ 。

二、辽宁辽河下游地区自然环境特征

辽河下游冲积平原位于渤海断陷带的北部,东依千山山脉,西临医巫闾山,北界辽北丘陵,南濒渤海,形成三面环山、一面濒海略向南西倾斜的簸箕状平原。

辽河下游平原地处北纬 43° 以南,位于我国暖温带的东北部。冬寒夏热,雨热同季,年降水量 $600-900\text{mm}$,大多集中在6、7、8三个月降落,年均温 $8-10^\circ\text{C}$,干燥度 $0.75-1.0$,无霜期 $170-200$ 天,冻结期 $110-156$ 天,冬季冻土层深达 1m 。

辽河下游平原的区域地质构造是一个长期沉降带。除辽南低山由各种片麻岩及片岩构成外,大部为洪积冲积平原,并以辽河、浑河、太子河纵贯全区,第四纪堆积物主要是中粗砂及砂砾所组成,构成了双层结构的含水层,地表为近代沙质粘土及黄土型物质所复盖,厚 $3-30\text{m}$,地下水埋藏深度 $9-20\text{m}$,它除接受侧向补给外,同时又接受降水、河流以及暴雨洪流等渗入,以致形成具有深厚的地下水含水层。

辽河下游平原地下水的性质及其分布,符合于地球化学的分异过程:山前冲积扇为第四纪砂砾孔隙水,矿化度小于 $0.5\text{g}/\text{l}$,属 HCO_3 型水;扇间地段的含水层为 $\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Na}$ 型水及 $\text{Cl}-\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Na}$ 型水,矿化度较低;平原阶地则为第四纪砂砾石、粉细砂的孔隙潜水,多为 HCO_3-Ca 及 $\text{Cl}-\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Na}$ 型水;近海地区为 $\text{Cl}-\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Na}$ 型水,矿化度一般小于 $2\text{g}/\text{l}$,局部大于 $2\text{g}/\text{l}$ 。

辽河下游平原地处棕壤地带,棕壤当然是这里的地带性土壤;然而,在冲积平原上,在冲积扇中下部及扇缘地区,受地下水影响草甸化过程在土壤形成中起着一定程度的作用,因而形成草甸棕壤或草甸土。

棕壤是暖温带夏绿林(阔叶或针阔混交林)下形成的土壤,它广泛分布于我国暖温带湿润地区的低山丘陵和平原,其中,辽东和辽西便是棕壤的集中分布区。由于夏秋气温高,雨量多,故棕壤的粘化作用强烈,淋溶作用也较强,土体中易溶盐类和游离碳酸钙都被淋失,粘粒沿剖面下移并发生沉淀,铁锰也受氧化而沉淀。土壤呈中性或微酸性反应, pH 值 $5.0-7.0$ 。发育良好的棕壤剖面具有以下层次:(1)枯枝落叶层, $2-10$ 厘米厚⁽²⁾;(2)腐殖质层,厚度 $10-20$ 厘米;(3)粘化淀积层,为棕壤的典型代表性层次,为棕色或浅红棕、黄棕色,厚度 $30-40$ 厘米或更厚,呈明显的棱块状结构,在结构面上有暗色的铁锰胶膜;(4)母质层,颜色较浅,质地较轻,如发育在基岩上常夹有半风化体。

辽河下游平原土壤容量研究的平衡场试验区选在沈阳郊区浑河的一级阶地上,为水田,种植水稻,属草甸棕壤。草甸棕壤广泛分布于平原阶地、谷地及丘陵下坡,由于地形部位较低,除接受坡上地表径流和土内侧向径流外,同时也受地下毛管上升水的影响,是棕壤向草甸土过渡的一种土壤类型。土壤剖面特征:表层腐殖质呈灰色,中壤质,具有团粒或屑粒结构;心土层呈棕色,重壤质,团块结构,含少量铁子而较为紧实;底土层,重壤质,核状

及棱块状结构，结构面上附有胶膜及硅酸粉末而极为紧实。草甸棕壤多已辟为农田，耕作历史悠久，经长期耕种熟化后，已演变为棕黑土，一般耕层有机质含量1—3%，盐基代换量5—28me/100g干土，土壤呈中性及微酸性反应，质地为轻壤至重壤。土壤矿物全量分析结果： SiO_2 66.1%， Al_2O_3 17.0%， Fe_2O_3 5.75%， CaO 1.56%， MgO 1.30%，土壤处于硅铝化阶段， $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 成分稳定，无移动现象。土壤中粘土矿物以伊利石、蒙脱石为主，并伴有高岭石。

三、南方红壤地区自然环境特征

红壤和黄壤同为中亚热带常绿阔叶林下形成的土壤。红壤分布在干湿变化较为明显的地区，大部分处在低山丘陵和盆地上，在中山和地块上升的高原（云南高原）亦有红壤分布。黄壤分布在多云雾、水湿条件较好的山区和高原。

我国红壤分布范围很广，东部长江中下游地区自长江以南至南岭山地，西部包括云贵高原中北部及四川盆地南缘地区，是我国的红壤分布区，大致在北纬 25° — 31° 之间。红壤的风化淋溶强度比褐土和棕壤大，全剖面呈酸性反应，pH值4.5—6.0，阳离子交换量每百克土为15—25毫克当量，盐基饱和度多在30%以下。在自然植被下发育良好的红壤剖面具有以下层次：（1）枯枝落叶层，一般厚度小于5cm；（2）腐殖质层，厚度20—30cm或更薄，呈暗棕色，核粒状结构；（3）淀积层，厚度在70cm上下，呈红色、棕红色或桔红色，块状结构，结构面上多铁锰胶膜，质地粘重而紧实；（4）半风化层和母质层，一般深度在1米以下。

南方红壤地区土壤容量研究的平衡场试验区选在赣南大吉山地区和湖南岳阳桃林地区。

赣南大吉山地区位于江西省最南端的全南县，九连山脉的北麓，包括大吉山镇和乌柏坝乡的几乎全部农田以及南径乡松高陂渠灌所灌溉的地区，全区农田污灌面积约六千余亩。这里气候温暖，雨量充沛，年平均降水量达1849.9mm，但雨量分配不均，干湿季节明显。雨季主要集中在3—6月，占全年降水量的60%左右；10月至翌年1月为旱季，仅占年降水量的15%左右。年均温 $18-19^\circ\text{C}$ ，夏热冬暖，无霜期287天，大于 10°C 的活动积温 6000°C 左右，完全适合于双季稻种植。在地质构造上，本区位于南岭东西构造节的中段，区域性东西向构造与北东向构造的复合部位，呈一北东向的复式向斜，为九连山脉盘亘地带，属中山地形。大吉山山峰高耸挺拔，外围以低山丘陵为主。矿区出露的岩层从新到老有：（1）第四纪残积、坡积、洪积及河流沉积物等；（2）泥盆系中、下统砂砾岩；（3）寒武系上组砂板岩，普遍出露于矿区腹部，矿区外围的低山丘陵，均系燕山期黑云母花岗岩所组成，风化剥蚀强烈。在桃江河谷两岸，发育有三级阶地：Ⅰ级阶地呈不对称岛状分布，由全新统亚砂土、砂砾石层组成，厚2—3m，最厚5米左右，阶面平坦，高出河床2—3.5m。Ⅱ级阶地沿河呈不对称岛状或条带状分布，由上更新统亚粘土、砂砾石层组成，阶面平坦，高出河床4—6m。Ⅲ级阶地呈狭条状零星分布，由中更新统网纹状粘土、粘土和砂砾石组成，高出河床7—12米。大吉山地区的土壤类型主要有红壤和水稻土两种。红壤分布在丘陵山地，成土母质主要为花岗岩和变质岩风化物，植被以松、杉、毛竹为主，土壤的生物富集过程和富铝化过程都十分强烈。土壤性状变异较大，有机质含量1.5—5.0%，高者可达7—9%，土壤呈酸性，pH值4.5—5.2，阳离子代换量为每百克干土9—27毫克当量，质地为粘壤土—轻粘