

盐渍化区域土壤 系统培肥研究

Yanzihua Quyu Turang
Xitong Peifei Yanjiu



牛灵安 编著



中國農業大學出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

盐渍化区域土壤系统培肥研究

牛灵安 编著

中国农业大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书以盐碱土改良后的新兴土壤类型为研究对象,经过长达35年的培肥研究,得出了创新性的试验结论。以系统理论和地统计学为基础,将小区试验的结论在县域和市域土壤肥力演变中得以验证和应用。以灰预测理论为依据,对市域土壤生态系统物质流动进行了预测。梳理了土壤系统培肥的历史演变及展望了未来研究趋势。对家庭联产承包责任制进行了历史回顾,对土地适度规模经营的现状和发展趋势进行了分析,进而对区域农业发展中有关土壤质量的改善提出了建设性意见。

图书在版编目(CIP)数据

盐渍化区域土壤系统培肥研究 / 牛灵安编著. —北京:中国农业大学出版社,2018.9
ISBN 978-7-5655-2101-0

I. ①盐… II. ①牛… III. ①盐化-土壤肥力-研究 IV. ①S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 203477 号

书 名 盐渍化区域土壤系统培肥研究

作 者 牛灵安 编著

策 划 孙 勇

责任编辑 冯雪梅

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2018年10月第1版 2018年10月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 19印张 474千字

定 价 69.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

序 一

通读《盐渍化区域土壤系统培肥研究》一书后,我觉得该书有很多创新之处,值得一读。

在前辈采用工程的、生物的、农业的等措施对盐碱地进行改良的基础上,作者将此土壤作为一个新型的土壤类型,对其进行了长达35年的培肥研究,并保存了6000多份土壤样品,积累了3万多个化验数据,为后人继续研究该类型土壤演化规律积累了经验和资料。

以保留的自然生态系统为对照,以系统理论全面阐述了盐渍化土壤的演化过程及各主要肥力指标的消长规律,进而突破了土壤磷素几乎不移动的陈旧观念,明确了秸秆还田和施用钾肥是保持和提高土壤钾素的基本途径。

在对试验地小区研究的基础上,开展了县域和市域土壤肥力时空变异性的系统研究,并应用灰预测模型对未来土壤生态系统中物质的输入和输出进行了预测,为区域农业生产发展提供了第一手资料。

系统梳理了不同历史时期土壤培肥的措施、方法以及对现代土壤培肥取得的成就进行了总结,进而对未来土壤质量研究进行了展望。

在长期的小区 and 区域土壤培肥试验研究的基础上,本书对区域内大面积均衡增产的土壤肥力状况进行了分析,特别是对土地适度规模经营的趋势和区域农业发展提出了合理化建议。

倪洪杰

新西兰皇家科学院院士
英国女王高官荣誉勋衔
国家“千人计划”特聘教授

序 二

土壤培肥是一个古老的话题,也是一个热门的话题,当然也就成了一个永恒的话题。不同历史阶段人们对土壤肥力的认识不同,土壤培肥的具体内容也不尽相同。

在我们学过的教科书上,土壤肥力是这样描述的:土壤肥力是土壤的基本属性和本质特征,是土壤为植物生长供应和协调养分、水分、空气和热量的能力,是土壤物理、化学和生物学性质的综合反映。水、肥、气、热是土壤肥力的四大要素。土壤肥力按成因可分为自然肥力和人为肥力。前者指在五大成土因素(气候、生物、母质、地形和时间)影响下形成的肥力,主要存在于未开垦的自然土壤;后者指长期在人为的耕作、施肥、灌溉和其他各种农事活动影响下表现出的肥力。

土壤肥力是与作物(植物)生产相关联的概念,土壤培肥则是通过一系列的人工措施,如耕作、施肥和灌溉等措施,使土壤充分发挥自然肥力的潜力,补充其不足,为作物生产提供有效的水、肥、气、热。人们在不同的历史阶段,不同的地域条件下,因为作物不同、产量不同、生产目的和方式不同,培肥内容、培肥手段也不尽相同。

在原始的刀耕火种的年代,人类还不懂施肥,只能在自然肥力下降后,“弃耕”“游耕”;之后学会了施肥,才形成了稳定的耕地和相应的耕作制度,但这些土壤的培肥措施都是建立在经验基础上的。1840年,德国的李比希(J. V. Liebig)提出了植物矿质营养学说,认为矿物质是植物的营养基础,土壤则是植物获得矿物质营养物质的源泉,明确指出了土壤矿物质是土壤肥力的核心。但是,他忽视了土壤中除土壤矿质营养物质以外的其他因素对植物生长的影响,以致将土壤肥力的概念与土壤矿质营养物质完全等同起来。20世纪初,苏联土壤学家威廉斯认为土壤肥力是土壤具有同时地、不断地供给植物矿质养分和水分的能力,对土壤肥力概念作了较全面的表述。

土壤肥力不仅是为作物生长提供营养和动力,而且还为这些营养物质、能力物质提供储存、转化和运输的条件。土壤培肥也就不只是提供营养物质,还要提供良好的环境条件。就营养物质而言,由于土壤自然本底的不同,需要人工提供的肥料种类也不同。在我国的农业生产实践中,各地首先表现缺乏的是氮(N),之后又表现出磷(P)的缺乏等。随着作物产量的提高,即使在富钾(K)的北方土壤上,也表现出有效钾的不足。

在一些具有各种障碍因素的土壤上,障碍因子限制了土壤肥力的发挥,土壤培肥首要

的内容就是消除障碍因素,解放土壤肥力等。在这方面曲周试验区为土壤培肥研究提供了独特的研究基地。

曲周试验区在历史上是一片“几成废壤”的重盐碱区,从综合治理开始,经历了农业综合发展阶段,到今天的城乡协调发展,土壤培肥研究始终没有间断。牛灵安同志的这本著作,正是对这项长期工作的总结。

这本著作把土壤肥力定位试验研究和区域土壤肥力研究相结合,基础理论与生产实践相结合,积累了大量的研究数据,指导了生产实践,在理论研究方面也有独特的贡献。

这本著作提出了土壤系统培肥的概念:土壤肥力的演化过程是一个系统过程,土壤培肥也应该是一个长期的系统过程,必须开展持续监测和研究;土壤肥力的演化具有阶段性,不同的历史阶段,土壤肥力的特征不同,土壤培肥的重点也就不同,但土壤肥力的演替又是连续的,各个阶段的土壤培肥又必须相互衔接、相互继承。书中提供了综合治理阶段、农业综合发展阶段以及城乡一体化初级阶段中盐渍化土壤肥力演化规律以及相应土壤系统培肥措施的理论依据,很有学术价值。

这本著作对土壤肥力的单项因素的演变规律进行了深入的研究。摸清了研究区土壤有机质、氮、磷、钾以及其它肥力因素的演化规律,并且把定点研究与区域空间研究结合起来,对这些土壤肥力因素的时间演化和空间分布开展系统研究,很有创新。对同类研究有很强的参考价值。

这本书的另一项特点就是突出了实践性。土壤培肥不仅是一项学术研究,更是一项生产实践。培肥内容和手段不能脱离生产实践,必须考虑到农民在接受性和可承受性。书中的许多培肥措施正是在这个系统思想指导下提出的,如综合治理初期的“以无机换有机”、农业综合发展阶段的“农牧结合,过腹还田”“秸秆还田”等都很有特色,深受农民群众的欢迎。更值得称道的是,对这些措施的培肥效果、影响等都进行了长期系统研究,使这些培肥措施更有依据和理论价值。

本书还是一本数据集,长达35年的研究,十余万各类调查、化验数据,并保存了6000多份土壤样品,为后人继续研究该类型土壤演化规律积累经验和资料。

总之,这是一本值得一读、值得收藏的好书。祝贺牛灵安同志,也为他持之以恒、实事求是的精神表示钦佩。

中国农业大学教授

前 言

盐渍土是我国最重要的中低产土壤类型之一,其生产力水平与其质量状况有非常密切的关系。同时,盐渍土质量的变动过程较快,受人类活动影响明显,利用不当条件下会迅速导致土壤的退化和生产力水平的降低。中国盐渍土研究主要集中在如下方面:盐渍土和盐渍化的发生与演变;土壤水盐运移机理及其建模;盐渍化的监测、评估、预报和预警;土壤水盐的优化调控;盐碱障碍治理与修复;盐渍土资源的可持续利用与优化管理;土壤盐渍化生态环境效应。在一个区域内,从盐碱土的治理到逐步转变为农业土壤整个过程的长期定位研究还未见报道。20世纪80—90年代,经过老一辈土壤学家的联合攻关,我国内陆盐渍土区,特别是黄淮海平原的盐渍化问题已经得到控制,农业土壤不再受盐碱为害,盐渍土逐步转变为盐化潮土,甚至转变成了潮土。将这样的低产土壤类型作为研究对象,系统阐述其肥力因素的演变规律,对于长期定位研究一个土壤类型的发生、发展及其肥力特征变化规律具有重要的理论和实践意义。

1983年以来,曲周实验站布置了氮、磷肥长期定位试验,目的在于系统研究盐渍土培肥过程中土壤肥力因素的演变规律。1985年,又布置了免耕培肥试验,进一步研究不同的耕作方式、不同的氮、磷肥施用量和不同的秸秆还田量对土壤肥力因素演变规律的影响。在此基础上,对曲周县域和邯郸市域土壤肥力的时空变化进行了系统研究。

这本著作除了作者本人的研究成果以外,也吸收了同领域和其他研究生的研究成果。本书的第一、第二、第三、第六、第十、第十一、第十二、第十三、第十四章由牛灵安执笔;第四章吸收了李吉进的研究成果,由牛灵安执笔;第五章和第七章由牛灵安和李江叶共同执笔;第八章由牛灵安和牛新胜共同执笔;第九章由牛灵安和王丹共同执笔;第十五章由牛灵安和夏瑞莉共同执笔。最后由牛灵安统稿。

本书得到了国家“八五”至“十五”有关科技攻关课题和“十一五”至“十二五”国家科技支撑计划有关课题的支持,特此致谢!

本人之所以能够走上科研道路,并能顺利取得硕士和博士学位,完全得益于导师郝晋珉教授的悉心指导。与郝晋珉教授相处的近30年来,亦师亦友,既得到郝老师善意的指正,更得到郝老师的积极鼓励,在此发自肺腑地说一声:“谢谢您,郝老师!”

本书主要是结合本人研究工作所积累的材料写成的。由于水平所限,欠缺之处在所难免,恭请同行批评指正。

作 者
2018年初夏

目 录

基础理论篇

第一章 系统土壤学理论基础	3
第一节 系统的理论基础	3
第二节 系统土壤学	7
第三节 土壤系统的耗散结构理论	11
第四节 土壤肥力的系统分析	13
第五节 农业区位论的理论基础	14
第六节 地统计学的基本知识	15
第七节 土壤空间变异性	18
第二章 土壤生态系统研究方法	20
第一节 研究区域肥力状况	20
第二节 土壤肥力长期定位试验设计	21
第三节 区域土壤肥力动态变化的研究方法	25
第三章 盐渍化土壤生态系统的有序化	27
第一节 盐渍化土壤的形成	27
第二节 盐渍土资源分布特征与分区	29
第三节 试验区盐渍土特征	32
第四节 试验区盐渍土的治理及效果	35

定位试验篇

第四章 盐渍化土壤生态系统中的有机物质	45
第一节 土壤有机质的基本特征	45
第二节 盐渍化土壤有机质的量变	48
第三节 盐渍化土壤腐殖质的结构特征	53
第四节 盐渍化土壤呼吸及碳平衡	59

第五节	盐渍化土壤有机质的时间变异性特征	64
第五章	盐渍化土壤生态系统中的氮素	68
第一节	土壤氮素来源、损失及特征	68
第二节	盐渍化土壤生态系统中氨挥发	71
第三节	耕作和施肥对氨挥发的影响	75
第四节	耕作和施肥对硝态氮淋洗的影响	83
第五节	施肥与耕作对全氮的影响	88
第六章	盐渍化土壤生态系统中的磷素	92
第一节	土壤磷素的来源、分类及特征	92
第二节	盐渍化土壤生态系统中磷素平衡	96
第三节	盐渍化土壤磷素的移动性	100
第四节	施肥与耕作对盐渍化土壤磷素的影响	105
第七章	盐渍化土壤生态系统中的钾素	108
第一节	土壤钾素的形态、来源、分类	108
第二节	盐渍化土壤生态系统中钾素的形态特征	111
第三节	盐渍化土壤生态系统钾素的演变规律	116
第八章	盐渍化土壤生态系统中的微生物生物量	124
第一节	土壤微生物的种类、数量及功能	124
第二节	耕作与施肥对土壤微生物生物量的影响	128
第三节	玉米秸秆还田对土壤微生物碳量的影响	130
第九章	盐渍化土壤生态系统中的酶活性	137
第一节	土壤酶的活性、分类及其影响因素	137
第二节	施肥对土壤酶活性的影响	139
第三节	耕作对土壤酶活性的影响	149

区域研究篇

第十章	县域土壤肥力时空变异性	173
第一节	县域农业生产概况	173
第二节	县域土壤有机质时空变异性	180
第三节	县域土壤氮素时空变异性	182
第四节	县域土壤磷素时空变异性	183
第五节	县域土壤钾素时空变异性	185
第十一章	市域土壤生态系统概况	188
第一节	研究市域地理位置概况	188
第二节	市域土壤生态系统构成的历史回顾	194

第三节	土壤生态系统数量构成演变的驱动力分析·····	199
第十二章	市域土壤生态系统有机质时空变异性·····	203
第一节	市域土壤生态系统有机质空间变异性·····	203
第二节	市域土壤有机质时间变异性·····	209
第十三章	市域土壤生态系统中氮素时空变异性·····	215
第一节	市域土壤全氮时空变异性·····	215
第二节	市域土壤全氮时间变异性分析·····	220
第三节	市域土壤碱解氮时空变异性·····	222
第四节	市域土壤生态系统氮素变异性系统分析·····	228
第十四章	市域土壤生态系统中磷素时空变异性·····	231
第一节	市域土壤全磷时空变异性·····	231
第二节	市域土壤速效磷时空变异性·····	235
第三节	市域土壤生态系统磷素变异性系统分析·····	242
第十五章	市域土壤生态系统中钾素时空变异性·····	245
第一节	市域土壤全钾时空变异性·····	245
第二节	市域土壤速效钾时空变异性·····	248
第三节	市域土壤生态系统钾素变异性系统分析·····	254
第十六章	市域土壤生态系统的预测分析·····	256
第一节	环境资源输入对土壤生态系统的影响·····	256
第二节	粮食总产量对土壤生态系统中元素的影响·····	259
第三节	灰预测模型及其对土壤生态系统物质输入和输出的预测·····	261

展望篇

第十七章	土壤系统培肥的历史演替与展望·····	273
第一节	古代有关土壤培肥的历史回顾·····	273
第二节	近代有关土壤培肥的做法·····	275
第三节	现代有关土壤培肥的新成就·····	278
第四节	土壤质量研究的展望·····	279
第十八章	区域大面积均衡增产展望·····	283
第一节	家庭联产承包责任制的历史回顾·····	283
第二节	土地适度规模经营的趋势分析·····	286
第三节	区域农业发展展望·····	288

基础理论篇

没有正确理论指导的实践,必然是一种盲目的实践,特别是实践在不断地发展和变化,它不断地超越旧的实践局限。在实践发展过程中的每一历史关头,都有多种发展的可能,如何使实践少走弯路,沿着正确的轨道发展,实践本身并不能回答和解决这些问题,必须依赖于理论的正确指导。

理论能为具体实践提供科学依据。理论凝聚着以往人类实践的成果的结晶,代表着比具体的实践更为深远和普通的人类实践。理论推演过程中所运用的已知的概念、判断和思维方法,都是人类以往实践的精神成果。相信科学理论的可靠性,也就是相信以往人类实践检验总和的可靠性。

理论能在更广阔的背景上预见实践的发展进程和结果。理论之所以能发挥它对实践的指导作用,关键在于它与实践的不同,它能相对地超越具体实践活动的历史性限制,揭示实践活动的普遍本质和规律,依靠逻辑的力量探讨实践的可行性。

理论的发展水平制约着实践的深度和广度。任何现实的实践活动,都存在着这样一个循环规定,即主体只有具备了一定的理论知识才能从事实践活动,而主体也只有在实践中才能使理论的意义和价值得到充分展示,并通过实践实现其预定的目标。

本篇中,在“系统土壤学理论基础”中重点介绍了系统的理论基础、系统土壤学、土壤系统的耗散结构理论、土壤肥力的系统分析、农业区位论、地统计学以及土壤空间变异性等理论基础。在“土壤生态系统研究方法”中重点描述了土壤肥力评价、长期定位试验设计和土壤肥力动态变化的研究方法等。在“盐渍化土壤生态系统的有序化”中,介绍了盐渍化土壤的形成、分布特征与分区、试验区盐渍土的特征及其治理效果等。

第一章 系统土壤学理论基础

第一节 系统的理论基础

一、系统的一般概念和理论

现实世界都是具体的和分系统的。如果撇开其各组成成分的基质和内容,仅把它们看作系统,就是所谓一般系统。一切(一般)系统所共同具有的与其组成成分的基质无关的特性,可称其为一般特性。探讨一般系统所共有的一般特性的基本概念和理论是系统科学的宗旨和任务。

1. 元素、系统、特征和突现原理

系统科学是一个庞大的体系,由于不同学科研究范围和重点的不同,对系统给出的定义也不尽相同。在技术科学层次上,钱学森主张把极其复杂的研制对象称为“系统”,即“由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体”。这里强调的是系统的功能。在基础科学层次上,贝特朗菲表达:“系统”是“具有相互关系的部分的总和”或者定义为“相互关联的元素的集”,简而言之,系统是相互联系、相互作用的诸元素的综合体。这个定义说明系统和元素之间的关系。可以认为,系统是两个或两个以上的元素相互作用而形成的统一整体,元素是构成系统的最小部分,即不可再划分的单元。

系统的基本特征:

(1)多元性 即使最小的系统也由两个元素组成,称为二元素系统;一般系统均由多个元素组成,称为多元素系统;很多系统包含无穷多个元素,称为无限系统。

(2)相关性 同一系统的不同元素之间按一定的方式相互联系、相互作用,不存在与其他元素无任何联系的孤立元素,不可能把系统分为若干彼此孤立的部分。

(3)整体性 正因为有多元性中的相关性,才产生了系统的整体性(统一性)。凡系统都有整体结构、整体形态、整体边界、整体行为以及整体功能,并且在整体的时间空间中展开。

“系统”概念是系统科学的基石,系统质、部分质及其不同,还有加和性与非加和性及其关联是系统科学的理论出发点,“ $1+1\neq 2$ ”这是系统科学探讨的基本宗旨。不同系统定会各自产生出它的组分和组分的总和所没有的新性质,称为系统质(或整体质),这种性质只能在系统整体中表现出来,一旦把系统分解为它的组成部分便不复存在,这就是系统的整体突现原理,又称为非加和性原理。简而言之,“ $1+1>2$ ”,或整体大于部分之和。可以说这是全部系统科学的理论基石。

整体突现性质,即整体具有部分或部分总和所没有的性质,这是系统最重要的特性。所谓用系统观点看待和分析问题,其中心点便是考察系统的整体突现性。只要是系统就具有整体

突现性,不同系统具有不同的整体突现性。

系统的整体特性,既包括系统质(定性方面),又包括系统量(定量方面),并以二者的统一体现出来。系统量是系统整体表现出来的量,它们在组分层次上界限分明。系统的整体质只能用相关的系统量来描述。如果整体和部分之间存在某种可以比较的同质特征,则非加和性原理可以用公式表示为:

$$W \neq \sum \rho_i$$

式中, W 代表整体, ρ_i 代表部分。整体突现性是系统的组分之间相互作用、相互激发而产生的整体效应,即结构效应(或结构增殖)。单个组分或组分总和不会产生这种效应。

2. 系统的结构和等级层次原理

元素之间一切联系方式的总和称为系统的结构。由于联系方式的不同,对系统的形成、运行及持续性就不同。结构不能离开元素而单独存在,只有通过元素之间相互作用才能体现其客观存在。元素和结构是构成系统的两个缺一不可的方面,系统是元素与结构的统一。

(1)空间结构和时间结构 元素在空间上的排列方式称为空间结构。在系统运行过程中呈现出来的内在时间节律等,称为时间结构。严格地说,空间结构总是以时间结构相伴随,反之亦然。

(2)对称结构与非对称结构 系指各种客体的时空效应。

(3)深层结构和表层结构 深层结构往往制约或决定表层结构,表层结构反映(反作用于)深层结构。深层结构比较稳定,表层结构容易改变。

(4)等级层次原理 复杂系统中常可看到较低级的系统质与较高级的系统质的差别,对系统结构有重要影响。刻画这类系统现象需要层次概念。子系统和层次是刻画结构的两个主要工具。在多级层次系统中,子系统是按层次划分的。人们的许多失误起源于混淆不同层次的子系统。

整体突现性原理提供了正确把握层次概念的理论依据。系统的整体质是由元素相互作用而产生的质的飞跃。但在复杂巨系统中,从元素质到系统质的根本飞跃不是一次完成的,而是经过一系列部分质变实现的。每发生一次部分质变,就形成一个中间层次;每出现一个新的层次,就有一次质的提升;一直到完成根本质变,形成系统的整体层次。因此,层次是从元素质到系统整体质的根本质变过程中呈现出来的部分质变序列中的各个阶梯,是一定的部分质变所对应的组织状态。

3. 系统与环境

系统是从普遍联系的客观事物中概括出来的,因而其内容是客观的。任何系统都不是孤立的,与外部事物总有千丝万缕的联系。这种联系对于形成系统特有的规定性非常重要,这是系统的外部规定性。只要外部情况变化,总要或多或少影响系统,改变着系统与外部事物的联系方式,甚至还会制约系统内部组分的联系方式,这些就是系统与环境的关系问题。

系统之外的一切事物或此系统与其他系统的总和称为环境。如令 U 记作宇宙全系统,记作我们考察的系统,而 S' 记作它的(广义)环境,则有:

$$S' = U - S$$

环境具有客观普遍性和实在性,一切系统都在一定的环境中形成、运行和演变。只要 $S \neq$

U,它的环境就是实在的,不是空的。不过确定系统环境的根据是它的构成关系,环境系统是构成关系不再起作用的对象范围。范围是可变动的,因此,环境的划分具有相对性。环境意识(或环境观念)是系统思想的重要内容,换言之,环境分析是系统分析不可缺少的一环,如对于土地利用系统来说,乡镇企业的异军突起有利于地方经济的提高,但同时也会向土地利用系统加入一些有害的物质,可见,如何控制土地利用系统的环境条件,对于土地系统的持续利用将具有重要意义。系统的完整规定性由内部规定性和外部规定性在相互影响制约中共同构成。把握一个系统,必须了解它处于什么环境,环境对系统有何影响,又如何回应这种影响。

环境具有明显的两个特点:一是系统性,通常称为环境超系统。即环境分析也必须运用系统观点,了解环境氛围、组分及组分之间的关系,还有环境超系统的整体特性和行为。一般认为,环境之中的事物之间相互联系,要弱于系统内部的联系。环境具有某种程度上的非系统性,为系统趋利避害、保护和发展自己提供了可能性;二是稳定性,通常称为环境的定常性。有些系统的环境在很长时期内基本不变(当然完全不变的环境一向不存在),而有些环境即使处于显著变化中,也仍有相对不变的一面。这就是环境的确定性和非确定性、定常性和变动性的辩证统一。

系统与环境的相互联系和作用是通过交换物质、能量、信息实现的,因而是有把握的。这种能够交换的特性,称为系统的开放性。系统自身能抵制与环境交换的特性,称为封闭性。原来系统性是封闭性与开放性的对立统一。

4. 系统的行为和功能

行为是刻画系统与环境相互关系的概念,属于系统自身的变化,是系统特性的表现,不是它所引起的环境变化,而是对环境的作用。系统在内部联系和外部联系中所表现出来的特性和能力称为系统的性能;而系统行为所引起的环境中某些事物的有益变化,称为系统的功能。被改变了的外部事物叫做系统的功能对象。性能不是功能,但功能是特殊的性能。

结构与功能有对应关系,结构决定功能。从系统本身看,功能由元素和结构共同决定,元素功能太差,无论结构如何优化,也造不出高效可靠的机器;元素性能好,再按不同结构组织起来,系统的功能不但显示出优劣和高低,甚至会产生出性质根本不同的功能,这是结构对功能的强大作用。所以,系统的功能往往是由元素和结构两种因素所影响和制约。

系统的功能和环境也有关系。同一系统对不同功能对象,可能提供不同的功能服务,对象选择不当,系统无法发挥应有的功能;环境不同,还意味着系统运行的条件、气氛的区别,也会对系统功能产生有利或不利的影晌。如此看来,元素、结构、环境这三者共同制约或决定系统的功能。

5. 系统环境互塑共生原理

环境对系统有两种相反的作用:一是给系统提供生存发展所需要的空间、资源、激励,产生积极作用,是有利的输入,统称为资源;二是给系统以扰动、压力或约束,甚至危害系统的维系和发展,是消极的作用,不利的输入,统称为资源的减少或破坏。这两种作用都会在系统的形态、特性、行为等方面打上环境的烙印。

系统对环境也有两种相反的作用:一是给环境提供功能服务,是积极的作用,有利的输出,称为功能效应;二是系统自身的行为与其他系统为争夺资源而竞争,甚至不择手段,有破坏环境的作用,这是不利的输出,称为对环境的破坏、污染。这是系统对环境的塑造作用。

6. 系统的秩序和演化

包括有序和无序在内的秩序性问题,是刻画系统形态特征的重要内容。系统的有序性表现在:一是结构的有序性,即各组分(元素、子系统)之间的联系方式可能是规则、确定和必然的、理性的,也可能是不规则、不确定和非必然、少理性的。简单有序系指客体组分在空间分布上是规则排列,或指客体组分在时间延续中的规则变化。简单无序系指客体组分在空间分布上呈无规则堆积,或指客体组分在时间延续中的任意变化。无论简单有序还是简单无序,都可以用对称破缺概念刻画;二是指行为的有序和功能的有序性。系统的行为和功能是作为过程而展开的,包括多个阶段、多个步骤和若干程序等,需要有序地协调安排,以求行为和功能的优化。行为和功能直接表现为系统与环境的相互关系,联系方式有规则的和不规则的,或者较强规则的与较弱规则的等。有序和无序都是相对的。

任何真实系统都不是一劳永逸的,即存续能力有限,到一定时候或因结构、或因特性、或因行为要发生变化,通常把这个过程称为系统的演化。

系统演化的动因:其终极原因在于内部或外部条件、因素间的相互作用。如系统内部元素之间、子系统之间、层次之间的相互作用包括吸引与排斥、合作与竞争等,这是其内部原因。其次是系统与环境之间的相互作用,这是演化的外部原因。

系统演化的方向:从演化点到终点的向量代表系统的演化方向。总的看来,系统既有向上的前进的演化,也有向下的后退的演化。通常认为,系统从无序(或无组织)到有序(或有组织)、从低序(低组织)水平到高序(高组织)水平是向上的演化,反之是向下的演化。

系统演化的机制:系统是沿着由单层次到多层次、由较少层次到较多层次的方向演化的。复杂性的增加,既表现为同一层次上由简单到复杂的演化,也表现为增加层次上全新的演化。而全新的复杂性要求突现出全新的层次。如此看来,系统演化是复杂化与简约化的统一。最初形成的系统可能有多余的结构,要在演化中筛选掉。

系统的消亡:系统消亡有两种基本方式,破坏性的环境压力直接导致系统消亡;边界被打破而不能修复(或者主导的子系统被破坏,或者是整个系统被摧毁),致使系统逐步老化,其中包括组分老化和结构老化,整合力衰减,达到临界值时系统消亡。消亡总是内因为主导,或外因导致系统内部变化,或者是内外因素综合作用,使系统“病变”、分裂而消亡。不管哪种情形,系统消亡都是整合能力被破坏的结果。

二、生态系统的理论基础

自 Haeckel 1866 年提出“生态学”这一名次以来,生态学在广度和深度方面都有很大的发展。Haeckel 最初把生态学定义为研究有机体与无机环境之间相互关系的科学。随着系统思想的渗入,概念上也发生了变化,当代生态学是研究生命系统和环境系统之间的相互作用及其机理的科学。

这里引用的“系统”一词,系指若干相互作用的部分所构成的网络结构。网络是整体,构成网络的各部分之间具有相互调节和制约的作用。网络所表现的功能是网络的集体效应。

1. 生命系统

通常把生命系统分为 7 个水平:细胞、器官、个体、群体、群落、生态系统、复合系统。生态学主要研究个体水平以上的等级,涉及个体生态、种群生态、群落生态,直至宏观的生态系统的

研究。

2. 环境系统

生物生存的空间存在着若干结构和运动形态不同的物质。它们相生、相克、分解、组合,任何一个成分的存在状态都在不同程度上受其他成分的影响。生命系统和环境系统两个系统在特定空间的结合,即构成“生态系统”。

生态系统和普通系统的主要区别是:

(1)在结构上,生态系统是有生命的物质,或是由有生命物质与无生命物质相结合而成。

(2)生态系统通常与特定的空间相联系,因而反映一定的地区特征以及与此相联系的空间结构(包括水平、层次、结构)。

(3)生态系统具有发育、繁殖、生长和衰亡的特征,可分为幼年期、成长期和成熟期等阶段,从而产生了系统的演替。

(4)生态系统的代谢作用是通过复杂的能流及物质转化过程完成的,因此生态系统的生物成分通常可分为生产、消费和分解3个不同营养水平及功能水平,但单一的生物类群和环境一起也可以理解为生态系统。

(5)生态系统具有复杂的动态“平衡”,其复杂性不仅表现为种内、种间以及生物与环境之间的功能协调,而且在整体出现“平衡态”时,可能在子系统的某个作用过程中,存在着正负反馈的瞬间不平衡。

(6)不论是自然生态系还是人工生态系都不断从外界输入物质与能量,通过变换而输出,在结构复杂的复合系统中,包含着性质与格局完全不同的成分或子系统。

生态系统作为构成生物圈的一个功能单元是一个具有复杂回路和因果关系的组织。系统内的生物和非生物成分在因果关系紧密的结构中相互联结,每一局部都与另一局部互为因果。所谓的“生态平衡”应该理解为一种符合经济利益的“生态稳态”而不是指物质、能量输入在数量上的均衡,因为只有输入超过输出,生命才能存在和延续。

生态系统的破坏基本上可归纳为两种原因:一是功能破坏,如有毒物质的入侵,环境严重污染,水分大量损失,水热平衡失调等;另一种是结构破坏,如森林、草原等植物破坏以及食物链的中断等,能否恢复要看该系统的性能和破坏的程度。

第二节 系统土壤学

一、系统土壤学的研究方法

系统土壤学是新的土壤生态学,是在发生学土壤学基础上的新发展。众所周知:土壤生态学(soil ecology)是研究土壤中的生物及其居住条件相互关系的科学。其研究方法是要素分析,以区别出非土壤(non-soil)和真土壤(true-soil)两个部分。系统论和生态学观点向土壤学渗透,从根本上改变了经典土壤生态学的面目,其主要的改变是研究立场的转变,即把土壤看作是一个系统。因此可以把系统土壤学定义为:“研究土壤生态系统的组成、结构、功能及其演变规律和最佳控制途径的科学”,或者说是用系统方法研究土壤生态系统结构和功能的土壤生态学,就是系统土壤学。在系统土壤学所理解的土壤系统中,包括成土因素的很大部分,而土