

土壤与植被系统

【英】S. T. 特鲁吉尔 著

● 科学出版社

土壤与植被系统

〔英〕S. T. 特鲁吉尔 著

科学出版社

1985

内 容 简 介

本书以生态系统中植物养分的输入、输出和储存状况为论述中心,来探讨保持土壤与植被系统生态平衡的规律性问题。

全书共分三篇九章。第一篇主要集中讨论模型化的概念和建立模型的方式、方法及其重大意义;第二篇分别论述系统的各个组分循环过程。其中以钙、镁、钾和硅等元素的地球化学特征为论述的主要内容,并各作出概略模型,进行分析研究;第三篇是把整个土壤-植被系统作为统一体,将各个组分模型综合一起深入讨论系统的稳定性和变化,以及人为因素的干扰和恢复,来阐述土壤与植被生态平衡的本质。

本书可供土壤、植物、自然地理、植物生态、环境科学、地质等学科工作者以及大专院校有关师生参考。

S. T. Trudgill
SOIL AND VEGETATION SYSTEMS
Clarendon Press Oxford, 1977

土壤与植被系统

[英] S. T. 特鲁吉尔 著

赵 磊 译

陈恩健 周传槐 校

责任编辑 陈培林

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院科技印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1985年3月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1985年3月第一次印刷 印张: 7 1/2

印数: 0001—6,600 字数: 166,000

统一书号: 13031·2842

本社书号: 3910·13—12

定价: 1.75 元

译者序

现代科学的发展趋势是既高度分化又高度融合，从而诞生了一批边缘和横向学科。

生态学就是开始由地理学与生物学等学科相互渗透而发展起来的，最近C. C. Park (1980) 则认为生态学是地理学、生物学、化学和物理学等多学科相互交叉、高度融合，以生态系统为研究对象的一门科学。

S. T. 特鲁吉尔所著《土壤与植被系统》一书，是作者应用以模型化和最优化为核心的系统工程方法，来探究生态系统中影响植物养分状况的主要支配因素和条件，亦即以生态学研究为论述中心的。

建立模型是研究工作者为了对复杂系统便于实验和预测起见，所采用的首先把系统中带本质性的输入、输出、储存和所处的环境条件及其相互关系予以简化、抽象和类比的过程。因此，模型化是研究错综复杂动态运行的生态系统的有效方式。

至于最优化是系统工程学的重要组成部分之一。研究工作者总是在建立模型之后，对系统的各个组分、因素和条件及其相互关系加以具体分析，权衡它们的相对重要性，探索影响整个系统的关键性变量，并通过模拟试验与借助于电子计算机仿真技术的应用，从而找到解决问题的捷径，或选出最佳的设计方案。

我国实现农业现代化的主要目的是，要解决日益增长的十亿人口的衣食和工副业原料的供应问题，为了解决这一

问题,必须在能保持生态平衡的基础上,大力发展农林牧业生产,亦即尽可能地、持续不断地提高现有林木、牧草和各种农作物的单产,与合理开发利用土地资源,扩大种植面积,二者同步增长,方能奏效。实际上无论林木、牧草或农作物都是靠土壤持续地适量地供给水分、养分、空气和热量等肥力因素而获得高产的。因此实质上只是一个怎样提高土壤肥力的问题而已。

不过提高肥力确是一个极其复杂而艰巨的问题,从全世界范围来说,当前对这一问题的研究,其进展速度是相当缓慢的,为了加速我国农业现代化进程,研究突破全国耕地土壤肥力持续提高这一难关,实为急待解决的关键性问题之一。

译者认为本书就是作者应用先进的系统工程方法,在考虑保持生态平衡的前提下,来探求养分含量状况,亦即土壤肥沃度的最优化的主要调控因素和条件,而实际上也就是力求突破肥力研究难关的可贵设想和大胆尝试。因此,我国农林牧工作者也许有可能从中得到有益的启示。

因为本书涉及的学科范围很广,除承蒙陈恩健、周传槐同志对全书稿予以校阅外,关于其他学科部分疑难问题,译者还曾分别向植物学家秦仁昌、唐耀、臧穆和生态学家侯学煜、曲仲湘等请教过。译者谨致以深切的感谢。

此外,还曾发现在原著中有一些误植、重复和错漏之处,与个别术语的定义也不太确切,译者均已分别予以补充、订正。但因译者水平有限,难免仍有错误及不妥之处,敬希广大读者惠予批评指正为感。

赵 磊

1984年8月8日于昆明云南农业大学农学系

丛书编者序

近二十多年来，由于自然地理科学研究的进展，推动了各级学校有关学科教学内容的改革。在高等学校里，这种变革已经从高年级渗透到一年级的有关课程，并越来越多地渗入最高年级学生的研究工作。而适用的教科书的出版也相当缓慢地跟了上来，仅仅在最近五年间不断地涌现出一批具有先进水平的教科书。虽然教科书对大学一、二年级这一水平有关学科特别重要，但在这方面却仍然缺乏供应。

地理学当代问题丛书，基本上就是为了填补整个地理学科这方面的空白而编纂的，这是今年出版的三本书中的一本为自然地理学家们感兴趣的、论及系统的书。

Andrew Goudie 所著的《环境的演变》是一本介绍近代地球演变历程纲要的书，它论述了近代流蚀过程和地形所有研究的具有关键性的成就。Ian Statham 所著《地球表面沉积物的搬运》一书探讨了山坡上、河流中各种沉积物的运移过程以及由此而形成的景观。Steve Trudgill 所著的《土壤与植被系统》一书是论述提供植物生育条件并决定土壤演变进程的土壤与植物相互作用的各种过程。

所有这三本书都是为大学本科一、二年级学生在很少学过或者没有学过自然地理专业课程之前必须对地理科学或环境科学各种不同观点具有广泛理解的目的而编写的。

1977年5月

前 言

在努力编写好一本有关各种环境过程适度详细的书之后，使我感到不能不同意 Spike Milligan 的说法，他在为 Puckoon 写的序言中，曾经写道：“为了编写这本该死的书，几乎把我搞疯了。”这种论题主要的困难是，既要能准确地反映出一些专门学科的论点，同时又要能对整个系统作出大胆的概括。本书对此作了全盘的考虑，并比较合理地处理了以上二者之间的关系。此外，当我们一旦认识到环境是一个相互作用的系统时，而孤立地、单纯地讨论专门学科特殊论点的同时，不被吸引去探讨存在于系统中的各种相互制约与相互联系是极端困难的、也是令人苦恼的。因此，本书采取解决办法是：依次论述土壤与植被系统的每一组分，并建立连贯全书始末的整个系统的一系列模型。原来打算详细论述养分、水分和能量的流动与循环的三个主要体系，可是事实证明这是无法完成的艰巨任务，因此把论述的焦点集中在土壤与植被系统中的养分元素。

在第 I 篇中着重论述了研究掌握应当明确的土壤-植被系统所特有的若干共同性问题。集中讨论借助于模型的建立，特别是系统模型的建立可能解决问题的某些方法。

在第 II 篇，即从第 2 章到第 6 章，阐述有关风化过程释放的、从大气进入的、淋溶流失的和有机循环中的养分体系。为了限制讨论的范围和简化所研究的过程，对氮、碳和磷等养分元素不拟详加论述，而把钙、镁、钾和硅等元素作

为讨论的主要内容。然而这样的限制是令人遗憾的。即使这些图式在没有进一步增添新的内容的情况下，就已经显示出足够复杂的了。在第2章中阐述养分体系的基本模型，接着在第3章到第6章再分别论述每种输入或输出的养分组分。

最后在第Ⅲ篇中，把土壤与植被系统看作是整个的、能同时起作用的统一体。在第7章中把第2章到第6章曾经作出并描述过的各组分的概略模型综合在一起组合成完整的详细模型进行讨论，并就特殊环境的实例和特定元素的实例来探究这一模型的一些变型。在第8章中扩大了本书论述的范围，根据养分体系的总模型讨论系统的稳定性和它的变化，以及在人为因素作用下的干扰和恢复等问题。

本书是打算从多方面兼顾地提供高等学校读者之用的。它假定读者具有一定的关于土壤植被、风化作用和水文学等方面的基础知识。为了更深入的研究，本书在许多论点上曾参考较详尽深入的专著和较先进的研究论文。就英国高等学校来说，本书是打算供给大学本科二年级学生作为教科书之用的。但其中一些较基本的概略模型对一年级学生也是有益的。书中另一些讨论则很明显地深入到三年级的课程。在本书中所涉及的论题是不平衡的，但本书不完全打算作为一本纯粹的教学用书，同时把它作为参考文献也是完全适用的。本书较多地论及一些设想和概念，目的在于促使读者按照系统思想方法进行思考，并据此研究环境问题。本书力求使读者从论述细节中解脱出来，来反复思考或探究有关土壤-植被系统的本质。我经常发觉到涉及学科之间相互关系的研究和横跨多学科的研究才是最有价值的奋斗目标。

我曾经试图把与这方面的研究有关的问题和可能性确定

为环境体系研究的一部分。

如果我确实做到了集中注意力于跨越多门学科的研究和学科之间边缘学科的研究所具有的困难及其卓越价值，那么我就会感到我的意图是成功了的。（下略）

STEPHEN TRUDGILL

1976年9月于谢菲尔德

目 录

I 系统的基本概念与论述方式

1	土壤-植被系统的模型化	(1)
1.1	绪论	(1)
1.2	模型化	(4)
1.3	系统的定义和说明	(13)

II 养分体系的各个组分

2	土壤-植被养分体系的基本模型	(20)
2.1	体系的基本组分	(20)
2.2	保蓄在土壤中的养分有效度	(24)
3	来自风化的养分输入	(27)
3.1	引言	(27)
3.2	基本过程	(28)
3.3	反应物与阳离子交换	(33)
3.4	矿物的稳定度	(51)
3.5	来自矿物风化作用的养分输入;概要与模型化	(55)
4	来自大气的养分输入	(62)
4.1	引言	(62)
4.2	降水化学	(63)
4.3	离子平衡	(66)
4.4	降水中各种元素离子在养分体系中的作用	(67)
5	淋溶所造成的养分输出	(69)
5.1	引言	(69)
5.2	土壤剖面	(70)

5.3	淋溶造成的养分流失	(72)
5.4	降雨状况的影响	(84)
5.5	各种因素的相互联系	(87)
6	养分循环	(90)
6.1	引言	(90)
6.2	土壤生物的活动	(91)
6.3	养分循环的主要作用	(92)

III 养分体系的完整模型

7	在整个体系中养分的输入、输出和循环的模型	(95)
7.1	引言	(95)
7.2	一般模型	(96)
7.3	气候的模型化	(103)
7.4	特殊环境的模型	(108)
7.5	实例研究之一: 钙在生态系统中的地球化学特征	(115)
7.6	实例研究之二: 硅在生态系统中的地球化学特征	(129)
8	整个体系的稳定性和变化模型	(138)
8.1	研究系统的稳定性与变化的目的	(138)
8.2	系统的稳定性与变化的基本概念	(138)
8.3	应用问题	(142)
8.4	干扰和恢复的一般模型	(147)
8.5	干扰和恢复的一般模型的应用	(151)
8.6	在人为压力下对系统造成的干扰与恢复的实例	(171)
8.7	结语	(183)
9	结论: 问题的意义	(185)
	附录: 术语汇编	(201)
	参考文献	(205)
	索引	(219)

I 系统的基本概念与论述方式

1 土壤-植被系统的模型化

科学从不证明任何事物，它只对事物作出一些猜测或推断，只要这些猜测或推断能使工作顺利进展，那就根据它们逐步进行深化。

STEINBECK

1.1 绪 论

在环境科学研究中，多学科综合研究与专门学科单项研究之间存在着不可避免的矛盾。如果研究工作者所要解决的问题是易于控制的规模，他就应该专门研究某些课题，并应调查研究仔细确定的和严格限制的环境现象。然后他才能在诸如土壤类型、作物生产、或者在岩石风化、养分释放等方面的部分研究工作作出有益的贡献。但具有广阔视野、知识渊博的环境科学家或自然地理学者可能对他提出严厉的批评。这是因为，大自然本身并不具备人们仔细划定的研究界线，它实际上是作为一个整体在起作用。因此有力地要求我们从事整体中的所有个体，亦即各个部分的相互联系与相互制约的综合研究，简言之，就是要对生态系统进行研究。但是这样却产生了另一矛盾，因为对各个部分的研究只能停留在多少有几分肤浅、琐碎的水平上。如果对此进行更为详细深入的

研究，就会使它们变得不可理解和难以控制。所以对各个部分的研究往往集中在一般性课题上，例如食物链、能量流动、养分循环或水的淤积等。可是由于多学科综合研究流于肤浅，又可能遭到专家对整个体系中的某些被限制的部分（例如，特种捕食动物与被捕食动物之间的相互关系、凋落物的分解、叶子凋落过程或水分入渗土层等）的批评。专家的研究表明了多学科综合研究的缺点在于论述肤浅，不能对现有的较为复杂的事实作出详尽深入的描述，然而，为使各个部分的研究易于控制，对它们进行简化与综合还是必要的。

多学科综合研究和专门学科单项研究之间的矛盾不正是科学上必须给予解决的、很值得进行研究的环境问题么？有可能解决这一矛盾的合理化途径是：一方面，研究工作者尽可能地把专门学科的深入研究纳入较为概略的生态模型中（特别是依靠电子计算机的帮助，可以把所涉及的大量数据和变量加以处理）；另一方面，他还可以简化并组合成一些专门学科单项研究的模型，以便建立较大规模的综合研究模型。实际上，这两种做法是从不同的角度来研究同一个问题的两个方面。在这里所作的土壤-植被系统的概略模型就是一种尝试（第2章），接着通过组合成被简化的专门学科单项研究模型，而更进一步建立较为详细深入的模型（第3章到第8章）。

仅仅依靠一个作者，试图把多种环境模型融合在一起，比如，把能量、水分、养分的一般流动模型融合在一个总模型中（尽管它们在自然界中实际上是融合在一起的），是非常困难的，这就需要依靠多数工作人员和多种参考资料才能完成这一工作。这项工作或者因其极其复杂而难以处理或者只是容易的才是可以解决的。因此，在这项研究工作中我仅仅致力于综合那些有关养分的模型。这是基于作者认为综合养分

体系模型具有实用价值，同时也反映出作者对此具有较大的兴趣，而不是特别要求作者必须掌握这一领域的全部知识。

本书所论及的是一些概念和问题以及将环境体系的各个组分组合在一起的可能性和与它们相互关联的学科知识。我并不企图查阅和引用这一领域的所有文献，而是想探究、掌握有关土壤-植被系统思想的方法。正如Harvey (1969, 第19页) 所述，思维的产物和映象才是本书论述的重点，而不是专门学科单项研究的详尽的综合论述。

在自然环境科学研究中，无疑存在着对环境管理政策必须日益完善的普遍要求，而在环境科学教学方面也要求对环境各组分之间的相互作用能不断深入的理解。因此，本书尽管是综合性的概括论述，而且可能遭受到专家的批评。但我是受到“环境各组分之间相互关系的研究是很有实用价值的”这一信念的鼓舞，才这样编写的。这只不过是因为大自然本身就是各组分交织在一起的、漫无边际的一个整体的缘故。

在化学风化作用、植物养分循环和水文过程的最新研究方面往往强调研究成果的应用范围要更加广泛一些，这会使试图在环境各组分相互关系的观念上讨论这些论题有可能做到了。因此，岩石与土壤矿物的风化以及相应的植物养分释放的研究，可以与来自大气的养分输入的研究联系起来，同时植被循环、土壤排出水中溶质的流失和河水水质三者的研究也可以联系起来。一旦把以上各因素之间数量上的相互联系测定出来，就能进行不同环境条件下整个土壤-植被系统中的养分的输入、保持和流失之间平衡的研究。因此，在本书这一部分从较广泛的生态系统的角度，依次论述岩石矿物的风化、雨水中养分的输入、水文过程和有机循环的模型。然后在下一篇中把这些模型综合在一起，作出具有相互作用的整个系统更大规模的模型。

关于系统模型化的优点曾经有过许多论断。虽然模型化具有使本书获得有效的论述方法，但它也有一定的局限性。它很难把热力学的精确概念有意识地应用到环境体系中去，因为环境科学实验结果的一些核对标准比热力学更难确定。在许多情况下系统的准确界线也是难以确定的。自然环境具有一些相互依存的组分与和谐一致的相互作用，对此，分析系统模型是无法估量和精确测定的。尽管如此，因为关于自然环境中植物养分的许多现代观念往往用系统模型表达出来，所以系统的模型化在本书中将是一个有益的开端，但在以后的章节中将可看到共有的交互作用仍然是本书主要论题之一。

1.2 模 型 化

系统模型的建立可以看作是关于系统运行的、按一定秩序组合而成的一些设想或概念的结构图式。它是通过调查研究，首先分选出系统中一个或两个简单组分，接着对这一、两个组分的相互关系加以研究。一旦确定了这些组分相互关系的重要性，就要更进一步地把它们归属于能被渐次加入的模型中，一直达到足以对这系统的控制具有充分理论解释能力的水平为止。

现用驾驶汽车予以说明。当一个人研究驾驶汽车时，在开始短时间内为了要达到驾驶的目的，他往往构思一个汽车是怎样行驶的概念模型。他着手研究离合器踏板与变速杆、加速泵与速率、方向盘与行驶方向等之间的关系。为了要能顺利地驾驶汽车，在他头脑中树立起汽车是怎样行驶的模式或图象。

但这一体系可被掌握在几个不同的水平上。驾驶员可能

具备关于汽车离合片和齿轮齿、汽化器、中枢销、系杆等等的知识，于是他能比较充分地理解这一体系，而且也能较顺利地驾驶这辆汽车。仅仅知道汽油、机油和水通往何处的人，与既能驾驶又能维修自己汽车的人之间的差距是显著的。前者头脑中仅具有简单的、十分粗浅的汽车行驶模型。他不了解体系内部的细节，尽管他通常并不能完全顺利地驾驶汽车，但可以适当地操纵这一体系。实际上，驾驶汽车一直到破旧损坏报废为止，对这一体系的详尽知识也不是必须掌握的。但如果要确保对汽车体系操纵自如，不遭任何失败，还必须把更详尽深入的知识纳入模型中。

上述过程与环境模型的建立颇相类似，只是环境体系的规模更大、更加复杂而已。此外，环境体系不是人为因素所能建立的，因此没有任何人或任何一组人员了解这一体系的总体结构。科学发现和模型制作的目的在于深入理解在人为控制条件下的环境管理结构及其功能，以便我们能够成功地管理好环境并将不利因素影响减少到最低限度。

对于环境也象建立汽车模型那样，可以用逐步分析的方法进行研究。例如，研究工作者可选择作物生长与土壤含水量之间的关系以及土壤含水量与降雨量之间的关系等等，以便制定土壤-植被系统的动态运行模型。显然，研究工作者对环境体系的理解越深入、越彻底，则对这一体系的控制、管理就越合理和越易成功。即使当体系发生了问题或故障，他也会知道怎样进行补救和解决。

环境管理的成功与否取决于管理工作者的科技知识水平，对管理工作中可能发生的灾祸问题和副作用是否有足够的预见性，与能否采取有效的预防措施。当超越了管理工作者的知识限度时，则可能发生意料不到的有害后果，例如，土壤遭受侵蚀，农药污染环境等。令人遗憾的是：在环

境研究中的有一问题，它的有害后果可能表明是某一模型不适当的最重要的证据。此外，科技知识一旦付诸实施就会变成一种社会性的行动，可以写的清楚一些，那就是，当超越了管理工作者知识限度，或者虽有知识并未付诸实施，就可能发生相反的恶果。通过弄清了问题症结所在，而采用了适当知识解决了问题，社会就必然受到一次推动。可以补充地说，自然灾害往往是刺激社会广泛应用有关科技知识或促进有关科学研究的具有足够推动力的唯一事件（也许这是由于我们赖以生存的政治制度对于确实能够解决已发生的灾害问题比能够采取有效预防措施防患于未然能获得较大的声誉与赞扬的缘故）。

无论社会制度性质怎样，环境管理行动的成功与否明显地受社会上所建立的环境概念模型的局限性所支配。如果社会的环境管理失败了，那么，这一模型就必须进行修订与补充。然而问题发生了，如果这社会已显示出它的环境管理模型是不适当的，那么发生一次自然灾害应该是最重要的证据。这样看来，是否真正需要发生一次自然灾害呢？很显然，一个驾驶员为了要证明他不怎样会驾驶汽车，并不需要开翻车把汽车摔烂嘛！

模型建立的目的之一是使有可能在人们理性思维指导下，在实验室中进行反复试验、用电子计算机不断运算，务求得最佳结果或解决办法的试错法（trial and error）过程，而不是使我们冒有损害资源危险的真实环境中进行试验。

假使我们在真实的环境中从事试验，则使我们就会冒有损害资源的危险。而且资源管理的目的就在于保护好我们的资源，以备将来进行合理开发和利用而留有余地。除非这种模型已发展到很完善的程度之外，模型的制作，特别是模仿客观现实按比例缩小的模型或以明确的数字表达式的特点都不