



华夏英才基金学术文库

周启星 主编

# 健康土壤学

——土壤健康质量与农产品安全



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)



华夏英才基金学术文库

# 健康土壤学

## ——土壤健康质量与农产品安全

周启星 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书剖析了土壤健康的作用、意义及其所面临的挑战,从理论上论述土壤健康、土壤健康质量研究的重要性以及农产品安全应始终遵循的土壤健康规律;比较系统地阐述了土壤健康、土壤健康质量的概念及其科学内涵,土壤健康质量的生态指示,土壤健康动力学,土壤健康质量分析及其方法;阐明了施肥和农药使用与土壤健康质量之间的复杂关系以及农业灌溉对土壤健康质量的影响等问题;依据农产品安全的土壤学基础,对农产品安全做了较全面的成因分析,并提出农产品安全调控的措施。

本书可供土壤学、农学、林学、地理科学、环境科学与工程、资源科学、生命科学与生态学、畜牧学、农产品安全、流行病学和预防医学等专业技术工作者与管理人员学习、参考,也可作为上述相关专业高年级本科生、研究生教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

健康土壤学:土壤健康质量与农产品安全/周启星主编. —北京:科学出版社,2005

(华夏英才基金学术文库)

ISBN 7-03-015199-2

I. 健… II. 周… III. ①土壤—质量—研究②农产品—无污染技术—研究 IV. ①S15②S3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 038587 号

责任编辑:李 锋 朱 丽 吴伶伶 王国华/责任校对:李奕莹

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005 年 7 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 7 月第一次印刷 印张: 24 1/2

印数:1—2 500 字数: 459 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

# 前 言

现代土壤学的发展,可以划分为三个阶段:传统的农业土壤学发展阶段、环境土壤学发展阶段和健康土壤学发展阶段。土壤质量的研究一直是现代土壤学研究的核心问题。在传统的农业土壤学发展阶段,土壤肥力质量得到了充分研究,老一辈土壤学家为维持土壤地力、促进单位面积粮食产量增加做出了巨大贡献。从 20 世纪 70 年代后期以来,土壤质量的研究重心逐渐从土壤肥力质量的探索,转到土壤环境质量的研究方面,许多土壤环境科学问题得到了有效的解决。

目前,国际土壤学正在从环境土壤学走向健康土壤学的发展阶段。一方面,这归结于西方发达国家环境质量的不断改善,土壤学研究正在走向更高的发展目标;另一方面,随着人民生活水平的提高和各界安全意识的增强,不同阶层从各种需求的角度,对农产品的品质安全产生了浓厚兴趣,土壤健康质量逐渐得到了重视,“土壤健康质量”这一新概念正在处于形成与发展之中。

在我国,随着化肥和农药的大量使用,农业粮食产量得到了全面提升。与此同时,农业土壤环境污染却日益明显,农业环境质量和土壤健康质量普遍下降,农产品的安全问题日益暴露出来,许多有毒有害污染物通过农业生产在食物链中的危害已经到了令人忧心如焚的地步。本书的出版,希望有助于推进农业环境的改善和农产品的安全生产,从而保证人民的身体健康,减少人民生命财产的损失。

在国家科技部的支持下,作为国家重点基础研究发展规划项目“土壤质量演变规律与持续利用”的课题之一,我们开展了“土壤健康质量与农产品品质”(编号 G1999011808)的系统研究,研究队伍大多来自中国科学院沈阳应用生态研究所、南京土壤研究所、地理科学与资源研究所、浙江大学、中国农业大学和南京农业大学等单位的青年学者组成。经过 5 年的努力,我们对所获第一手资料进行了系统总结与理论升华,并结合中国科学院知识创新重要方向项目“东北黑土农田生态系统潜力、稳定性与环境安全性研究”(编号 KZCX-SW-416)的研究,在中国科学院沈阳应用生态研究所、东北地理与农业生态研究所以及陆地生态过程重点实验室有关研究人员的共同努力下,吸收了国际上近几年有关研究成果与最新进展,历经 4 年时间,终于完成了本书的写作。

本书共分 10 章。第一至四章包括绪论、土壤健康质量的生态指示、土壤健康动力学和土壤健康质量分析及方法,论述了土壤健康、土壤健康质量基本知识、基本概念、基本原理与研究方法;第五至七章论述了农业生产(包括施肥、农药使用与农业灌溉等)与土壤健康质量之间的相互关系;第八、九章为实际应用,涉及土壤健

康质量调控(包括物理调控、化学调控和生物调控等)、农产品质量安全成因分析及调控;第十章主要阐述土壤健康、土壤健康质量研究的重要性以及农产品安全应始终遵循的土壤健康规律。从上述内容来看,毋庸置疑,本书最为确切的书名应该定为“健康土壤学”(Health Soil Science)。为了从完成的研究项目出发,本书定名为“健康土壤学——土壤健康质量与农产品安全”,在此特别说明。本书内容极为丰富,论述深入浅出,系统性强,既体现对传统农业土壤学的继承性,又具有对环境土壤学研究的理论升华与学术创新,是我国乃至世界第一部“健康土壤学”专著。

本书各章的编写者为:第一章,周启星;第二章,王校常;第三章,郭观林、周启星;第四章,华涛、顾继光、周启星;第五章,巨晓棠、寇长林、李晓林;第六章,宋雪英、宋玉芳;第七章,雷梅、陈同斌;第八章,唐世荣;第九章,唐世荣;第十章,周启星。全书由周启星统稿、定稿。

本书编写过程中引用了一些前人的研究成果,由于多种原因,未能一一列出这些成果的出处,在此向相关作者表示感谢。

我们殷切希望广大读者和有关专家对本书提出批评和建议,为推动土壤健康及其质量的研究、保证农产品的品质安全而共同努力。

作 者

2005年1月于北京

# 《健康土壤学——土壤健康质量与农产品安全》

编委会

主 编 周启星

副主编 唐世荣 王校常

委 员 (以汉语拼音为序)

陈同斌 顾继光 郭观林 华 涛

巨晓棠 寇长林 雷 梅 李晓林

宋雪英 宋玉芳

# 目 录

## 前言

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 绪论                | 1  |
| 第一节 土壤的重要作用           | 1  |
| 一、土壤在农业生产中的重要地位       | 1  |
| 二、土壤与城市建设             | 3  |
| 三、土壤与工业发展             | 5  |
| 四、土壤与环境保护             | 6  |
| 五、土壤与人体健康             | 8  |
| 第二节 土壤健康及其意义          | 9  |
| 一、土壤“活机体”的概念          | 9  |
| 二、土壤健康的基本要素           | 11 |
| 三、土壤健康的意义及其与生态系统健康的关系 | 12 |
| 四、土壤污染与土壤健康的挑战        | 14 |
| 五、土壤健康诊断与评价           | 18 |
| 第三节 土壤健康质量概念的科学内涵     | 19 |
| 一、土壤质量与土壤健康质量         | 19 |
| 二、健康农产品的土壤学基础         | 23 |
| 主要参考文献                | 26 |
| 第二章 土壤健康质量的生态指示       | 28 |
| 第一节 植物指示              | 28 |
| 一、敏感植物指示              | 28 |
| 二、植物根的反应              | 29 |
| 三、植物根病原体              | 29 |
| 第二节 土壤动物指示            | 30 |
| 一、土壤生物多样性             | 30 |
| 二、土壤节肢动物群落结构          | 33 |
| 三、蚯蚓                  | 34 |
| 第三节 土壤微生物指示           | 37 |
| 一、土壤微生物群落结构           | 37 |
| 二、土壤微生物生物量            | 38 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 三、营养物质的循环 .....              | 41  |
| 第四节 土壤酶指示 .....              | 42  |
| 一、土壤中的酶 .....                | 42  |
| 二、酶活性与土壤健康质量指标 .....         | 43  |
| 三、酶活性作为土壤健康指标的可行性及局限性 .....  | 48  |
| 主要参考文献 .....                 | 48  |
| <b>第三章 土壤健康动力学</b> .....     | 50  |
| 第一节 土壤健康的时间因素 .....          | 50  |
| 一、概述 .....                   | 50  |
| 二、土壤健康的时间因素 .....            | 52  |
| 第二节 有益元素岩石释放动力学 .....        | 55  |
| 一、岩石风化的土壤健康意义 .....          | 55  |
| 二、有益元素岩石释放动力学 .....          | 65  |
| 第三节 土壤有益元素的淋失及迁移动力学 .....    | 71  |
| 一、土壤中有益元素的淋失 .....           | 71  |
| 二、土壤有益元素迁移动力学 .....          | 73  |
| 第四节 土壤有益元素生物有效性及其衰减 .....    | 76  |
| 一、生物有效性 .....                | 76  |
| 二、生物有效性衰减及其影响因素 .....        | 78  |
| 第五节 土壤污染过程动力学 .....          | 81  |
| 一、污染对土壤健康的损害 .....           | 81  |
| 二、污染物对土壤有益元素植物吸收的影响 .....    | 87  |
| 三、土壤污染过程动力学 .....            | 88  |
| 主要参考文献 .....                 | 95  |
| <b>第四章 土壤健康质量分析及方法</b> ..... | 99  |
| 第一节 物理属性及测定 .....            | 99  |
| 一、土壤健康质量的物理属性 .....          | 99  |
| 二、土壤物理属性测定方法 .....           | 102 |
| 第二节 化学属性及测定 .....            | 114 |
| 一、土壤健康质量的化学属性 .....          | 114 |
| 二、土壤化学属性测定 .....             | 123 |
| 第三节 生物学属性及测定 .....           | 143 |
| 一、土壤健康质量的生物学属性 .....         | 143 |
| 二、生物学属性测定 .....              | 153 |
| 主要参考文献 .....                 | 166 |



|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>第五章 施肥与土壤健康质量</b> .....         | 168 |
| <b>第一节 有机肥的作用</b> .....            | 168 |
| 一、有机肥中的有益与有害成分.....                | 169 |
| 二、施用有机肥的损益分析 .....                 | 172 |
| <b>第二节 氮肥的作用</b> .....             | 179 |
| 一、现有氮肥种类及施用情况 .....                | 180 |
| 二、施用氮肥的损益风险分析 .....                | 183 |
| 三、氮肥对土壤健康质量的作用过程 .....             | 187 |
| 四、提高氮肥利用率的技术途径 .....               | 188 |
| <b>第三节 磷肥的作用</b> .....             | 190 |
| 一、现有磷肥种类及施用情况 .....                | 190 |
| 二、施用磷肥的损益风险分析 .....                | 193 |
| 三、磷肥对土壤健康质量的作用过程 .....             | 195 |
| <b>第四节 微肥的作用</b> .....             | 197 |
| 一、我国土壤微量养分缺乏的概况 .....              | 197 |
| 二、现有微肥种类及施用情况 .....                | 198 |
| 三、施用微肥的损益风险分析 .....                | 199 |
| 四、微肥对土壤健康质量的作用过程 .....             | 202 |
| <b>主要参考文献</b> .....                | 204 |
| <b>第六章 农药与土壤健康质量</b> .....         | 207 |
| <b>第一节 农药的使用现状</b> .....           | 207 |
| 一、常用农药的分类 .....                    | 207 |
| 二、农药的发展简史 .....                    | 211 |
| 三、我国农药的生产使用状况及存在问题 .....           | 212 |
| <b>第二节 农药对土壤健康质量的直接作用过程</b> .....  | 215 |
| 一、农药对土壤健康质量的残留毒害 .....             | 215 |
| 二、土壤对农药的吸附 .....                   | 218 |
| 三、农药的迁移与扩散 .....                   | 219 |
| 四、土壤中农药的解毒过程 .....                 | 220 |
| <b>第三节 农药对土壤健康质量的间接作用</b> .....    | 223 |
| 一、农药对农产品质量安全的影响 .....              | 223 |
| 二、农药对土壤生态系统健康的间接影响 .....           | 225 |
| 三、农药对人体健康的影响 .....                 | 228 |
| <b>第四节 土壤农药污染治理与土壤健康质量改善</b> ..... | 229 |
| 一、土壤农药污染的治理状况 .....                | 229 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 二、农药激素污染的综合治理 .....          | 231 |
| 三、农药的发展趋势 .....              | 233 |
| 四、展望 .....                   | 233 |
| 主要参考文献 .....                 | 234 |
| <b>第七章 农业灌溉与土壤健康质量</b> ..... | 236 |
| 第一节 土壤水分及循环 .....            | 236 |
| 一、土壤水分的概念 .....              | 236 |
| 二、土壤水分含量的测量方法 .....          | 236 |
| 三、土壤水的保持和分类 .....            | 237 |
| 四、土壤水分运动和田间循环 .....          | 238 |
| 第二节 灌溉水来源与水质问题 .....         | 243 |
| 一、灌溉水来源 .....                | 245 |
| 二、灌溉水质与水质指标 .....            | 248 |
| 三、我国灌溉水的水质污染状况 .....         | 257 |
| 四、影响灌溉水质变异的因素 .....          | 261 |
| 五、灌溉水质标准、评价与研究 .....         | 261 |
| 第三节 干旱对农产品品质的影响 .....        | 263 |
| 一、土壤干旱的发生 .....              | 263 |
| 二、干旱胁迫对植物生化特征的影响 .....       | 264 |
| 三、土壤干旱对植物生理特征的影响 .....       | 264 |
| 四、土壤干旱对土壤健康质量的影响 .....       | 265 |
| 第四节 洪涝灾害的破坏作用与过程 .....       | 267 |
| 一、洪涝灾害的发生 .....              | 267 |
| 二、洪涝灾害对土壤健康质量的影响 .....       | 268 |
| 三、洪涝灾害对作物的危害 .....           | 269 |
| 四、洪涝灾害的防御对策 .....            | 273 |
| 主要参考文献 .....                 | 275 |
| <b>第八章 土壤健康质量调控</b> .....    | 276 |
| 第一节 土壤健康质量调控基本内涵 .....       | 276 |
| 一、土壤健康质量调控的目的 .....          | 276 |
| 二、土壤健康质量调控的前提和核心问题 .....     | 277 |
| 第二节 物理调控 .....               | 278 |
| 一、常见的物理调控方法 .....            | 278 |
| 二、物理调控方法的优缺点 .....           | 284 |
| 第三节 化学调控 .....               | 284 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 一、化学调控方法简介 .....                | 285        |
| 二、土壤健康质量化学调控的优缺点 .....          | 290        |
| 三、土壤健康质量化学调控实例 .....            | 290        |
| 第四节 生物调控 .....                  | 291        |
| 一、概述 .....                      | 291        |
| 二、微生物调控与修复 .....                | 292        |
| 三、污染土壤的植物修复与调控 .....            | 296        |
| 第五节 各种土壤健康质量调控与修复方法的有效性比较 ..... | 324        |
| 一、土壤健康质量调控的技术有效性评估 .....        | 324        |
| 二、土壤健康质量调控与修复方法的成本比较 .....      | 325        |
| 主要参考文献 .....                    | 326        |
| <b>第九章 农产品质量安全成因分析及调控 .....</b> | <b>330</b> |
| 第一节 主要农产品质量安全现状与问题 .....        | 330        |
| 一、日益严重的化肥农药残留污染 .....           | 331        |
| 二、生产过程中化学添加剂的滥用 .....           | 332        |
| 三、农产品及其加工产品出口面临挑战 .....         | 332        |
| 第二节 农产品安全与土壤有益元素丰缺 .....        | 333        |
| 一、有益元素丰缺对农产品安全的影响 .....         | 333        |
| 二、有益元素生物有效性对农产品安全的影响 .....      | 334        |
| 第三节 农产品品质与施肥 .....              | 335        |
| 一、农产品品质的概念 .....                | 335        |
| 二、农业施肥及其对农产品品质的影响 .....         | 335        |
| 三、农产品品质安全保证措施 .....             | 339        |
| 第四节 农产品安全与农药使用 .....            | 340        |
| 一、农药使用及其对农产品污染现状 .....          | 340        |
| 二、农药对农产品污染的主要途径 .....           | 341        |
| 第五节 农产品质量安全与土壤污染 .....          | 344        |
| 一、重金属污染 .....                   | 346        |
| 二、有机污染 .....                    | 349        |
| 三、放射性核素污染 .....                 | 351        |
| 第六节 排异型作物及其在农产品安全中的作用 .....     | 354        |
| 一、排异型作物的概念 .....                | 354        |
| 二、排异型作物的作用方式 .....              | 355        |
| 三、基因工程手段在培育排异型作物中的应用 .....      | 356        |
| 第七节 保证农产品安全生产的调控措施 .....        | 356        |

---

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 一、建立和完善必要的政策和法规 .....           | 357 |
| 二、建立农产品安全生产基地 .....             | 357 |
| 三、强化农业环境保护 .....                | 357 |
| 四、提倡科学施肥 .....                  | 358 |
| 五、选用低毒高效农药、注重合理使用农药 .....       | 358 |
| 六、选用抗逆品种、改进栽培措施 .....           | 358 |
| 主要参考文献 .....                    | 359 |
| <b>第十章 研究展望</b> .....           | 361 |
| 第一节 土壤科学的发展 .....               | 361 |
| 一、从传统农业土壤学向环境土壤学的发展 .....       | 361 |
| 二、健康土壤学是 21 世纪土壤学研究的需要与创新 ..... | 365 |
| 第二节 健康土壤学的时代 .....              | 369 |
| 一、国家营养安全有赖于对土壤健康质量进行全方位研究 ..... | 369 |
| 二、农产品安全始终遵循土壤健康规律 .....         | 370 |
| 三、土壤健康质量的研究是健康土壤学研究的核心内容 .....  | 371 |
| 主要参考文献 .....                    | 373 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 土壤的重要作用

### 一、土壤在农业生产中的重要地位

#### 1. 土壤是农业生产的基本条件

无论是植物性生产,还是动物性生产,都离不开土壤,尤其是植物性农业生产,土壤是其基本条件。由于土壤具有供给和调节植物生长所需的水、热、空气和养分的特征,任何农作物的生产,无论是粗放型还是精细型,无论是传统型还是有机型,无论是数量型还是质量型,都是通过土壤直接或间接提供给作物以足够的营养物质和水分,才使作物得以生长并最终获得“收成”;或者说,作物通过根系从土壤将各种营养物质和水分转移到机体,为其生物量的积累创造了物质基础。

一方面,土壤类型不同,土壤能够提供的营养和肥力条件也随之不同;另一方面,植物对营养吸收的效率随土壤类型的不同而发生变化。因此,土壤类型首先体现在对农业生产的产量发生重要影响。往往是,分布在城郊以及村庄附近或者公路两侧的土壤,由于长期的培肥和有效的农业改良,农业生产的产量一般较高;相反,分布在山区、人烟稀少的边缘地区以及交通有困难地区的土壤,经常发生某种营养成分不足,或者养分供应不均衡,不仅影响植物大量必需营养元素的吸收,还导致植物对其他微量成分的有效利用,进而影响农业生产产量。由于土壤养分对农业作物产量的重要性,任何一个农耕系统若要保持可持续性,必须不断培肥土壤,使其植物养分不断补充。在许多发展中国家,利用养分的主要方式使土壤悄悄地退化,土壤质量不断下降,农业生产无法保持可持续性。

土壤类型对农业生产的类型也有重要的制约作用。各地区土壤类型不同,因而其肥力、酸碱度和有机质含量不同,对农作物分布有很大影响。一般地说,温带草原土壤和冲积平原的土壤是肥沃土壤,各种营养物质丰富且比较均衡,水热条件充分,这些地区是农业发达地区,是世界上最为重要的农业生产基地。在我国,东部湿润区的各土壤类型,除山地土壤普遍适于林业生产以及部分山地草甸土壤适于牧业生产外,均适于我国重要的作物生产区。例如,东北黑土、白浆土和棕壤分布的地区,是我国最为重要的农业生产区之一,农作物有玉米、大豆、马铃薯、高粱、甜菜、小麦、亚麻和水稻等,随着土壤培肥技术的提高,土壤质量正在得到改善,粮

食作物增产的潜力仍然很大;其分布的暗棕色针叶林土、灰色针叶林土和棕色针叶林土,则适宜林业生产的发展。西部的干旱区,包括西藏区和蒙新区,在其河川土壤上,因水分较充沛,可兴农垦,种植粮、棉、水果而成为小片农区;在山地土壤上,尤其是山前地带分布的土壤,因承受山地降水和高山融化冰雪所带来的水资源,常有大片草原,有利于发展牧业和林业生产。西藏区的南坡山谷,气候湿润,其发育的土壤适宜于小片农作物的生产。蒙新区的盆地边缘分布着草原栗钙土,是我国重要的牧业生产基地。当然,上述四个条件的影响是综合的,农作物对土壤环境的要求也具有综合性。土壤类型不同,高产的作物类型也随之发生变化。如花生喜高温干燥,不耐霜,适宜于砂质土壤栽培;大豆喜温暖,需水多,水分充足、湿润的土壤可能是保证大豆高产的最为基本的条件。

图 1-1 概述了土壤在大农业生产中的作用,包括作物生产,以及牧业生产、林业生产和渔业生产等,都离不开土壤作为其基本条件。

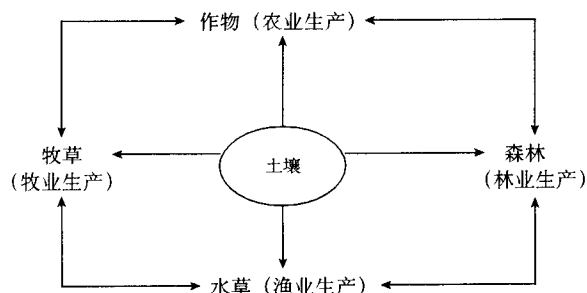


图 1-1 土壤在大农业生产中的中心地位

## 2. 在作物生产中的重要作用

土壤由于能够持续不断地供给作物养分、水分和活性物质,在作物生产中起着十分重要的作用。特别是土壤中的有机组分,在其不断矿化的过程中,能持续较长时间地供给作物必需的多种营养元素,同时还可供给多种活性物质,如氨基酸、核糖核酸、胡敏酸和各种酶等。尤其当家畜、家禽粪施用于土壤时,由于其中所含的酶活性特别高,是土壤酶活性的几十倍到几百倍,既能营养植物,又能刺激作物生长,还能增强土壤微生物活动,提高土壤养分的有效性。在这些施入土壤的有机肥分解过程中,还产生大量  $\text{CO}_2$  供作物进行碳的同化,植物的光合作用强度在一定的  $\text{CO}_2$  浓度范围内,随  $\text{CO}_2$  的增加直线上升。有关试验证明,增加  $\text{CO}_2$  的浓度能使作物增产 10% 以上。土壤有机组分含有丰富的碳源,对促进作物生长、提高作物产量以及在维持土壤健康质量方面具有重要意义。

耕地、粮食、人口和环境是当今世人所关注的几大热点。在耕地减少、土壤肥

力不断下降,以及人口骤增的发展中国家,各种矛盾尤为突出。解决问题的关键在于充分利用并维护土壤这一有限的自然资源,发展作物生产,提高单位面积的产量,走可持续农业生产的道路。要达到这些目标,必须用系统论的观点,把土壤看作是作物生产系统的中心,深入研究作物生产过程中的土壤学问题。随着土壤环境问题研究的升温,作物生产过程中的土壤学问题逐渐被淡化。其实,这是一种误导,对土壤学问题的研究产生了不良后果,也给农业生产带来了不可估量的损失。今后应该加强作物生产过程中的土壤学研究工作,把“因土施肥、因土打药”问题做深做透,才能掌握土壤-作物各种因素的相互作用规律,探求正确的“两高一优”的作物生产措施与管理模式,为国家和社会的稳定、发展提供最基本的物质保障,即人类赖以生存的粮食、油料等农产品。

## 二、土壤与城市建设

城市是社会生产力发展到一定水平,在劳动分工加深、生产关系改变和生产产品有了剩余的前提下,逐渐由诸如村或庄等农业居民点转化而来的人类集中活动的地方或区域单元。城市是地处交通便利的环境并占据一定地域面积由密集的人群和建筑设施构成的集合体。

在城市建设与发展过程中,土壤首先是城市密集的建筑设施和各种交通工具及场地赖以支撑的地基,是指风水学“龙穴”所处明堂的基地土壤,也即建筑的基地。荷兰一首著名的儿歌里有一句歌词:“阿姆斯特丹是建在桩子上的城市”。儿歌的意思不是说荷兰王国的首都到处是桩上房屋,而是指阿姆斯特丹在城市建设和发展中所面临的土壤学问题。由于荷兰大部分土地处于莱茵河、马斯河、须尔德河和埃姆斯河三角洲,是软沉淀物沉积而成的,土质有时特别松软,土壤类型不适宜支撑城市各种建筑物。此外,还有泥煤,是由植物残体经历了数千年自然演变而产生的,非常松散,对承受来自建筑物的压力也有问题。如果不想让各种建筑物转眼间塌翻或陷入松软的土壤中,就必须让地基符合特殊的要求。

按土壤的机械组成,土壤大致可分为砂土类、壤土类和黏土类三种,它们的含水量和耐压性均有差异。土壤颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)三相组成比例关系,决定了土粒相对密度、含水量和孔隙率等的大小,这些指标是建筑施工地基基本特性的重要参数。一般说来,土壤密度(单位体积的质量)越大,孔隙率越小,就越密实,承载能力就越大,适宜做建筑地基;对同一种土壤来说,含水率越高,承载力就越小。土粒的相对密度取决于土壤的矿物成分,它的数值一般为 $2.6 \sim 2.8$ ,砂土和黏土相对密度在其范围之内,而有机质土为 $2.4 \sim 2.5$ ,这类土壤含有大量的动植物腐殖质,颜色黝黑,土质松软;泥炭土的相对密度就更低了,仅为 $1.5 \sim 1.8$ 。后两类土壤均不能选为建筑的地基。除土壤的物理性质外,建筑用地的地下

水位层应低于屋基 0.5m,以避免造成潮湿和塌陷。此外,还要查看土壤的污染情况及蚁害、鼠害等情况以及地下有无古墓、古井、坑洞、穴道和砂井等地下坑穴。综合承载力、渗水性和含水量等因素分析,砂质土壤土质致密坚固,承载力大,含水率低,较黏土干燥,渗水性和透气性好,利于土壤的净化,防污性较好,并易于开挖施工,因而建筑土质以砂质土为宜;壤质土(有机质土)结构疏松,承载力小,以其为地基房屋易发生沉降塌陷;黏质土结构过于致密,渗水性能差,以其为地基房屋易发生潮湿,不利于人体健康。表 1-1 按现代地基力学要求列出了各类地基土的容许承载力。

表 1-1 各类地基土容许承载力

| 土壤名称 | 承载力/(tf/m <sup>2</sup> ) | 备 注       |
|------|--------------------------|-----------|
| 碎石土  | 30~80                    | 比较适宜于城市建设 |
| 砂土   | 15~35                    |           |
| 黏土   | 12~40                    | 适合砖瓦生产    |
| 淤泥质土 | 5~10                     | 不太适合建筑用地  |
| 红黏土  | 12~30                    |           |
| 素填土  | 6~15                     | 不太适合建筑用地  |

注:tf 为非法定单位,1tf=9.806 65×10<sup>3</sup>N,下同。

在我国古代城镇的发展过程中,土壤条件是“风水先生”所要考虑的最为基本的问题。每当择地定穴位后,为慎重起见,“风水先生”要开挖探井验土,这个探井就称为“金井”。验土以“土细而不松,油润而不燥,鲜明而不暗”为佳,深浅度数,随地酌定,见“浮土已尽,土色已变,或五色咸备,或红黄滋润”,便认为是得到“地气”,这是风水先生的“辨土法”,可以发现土壤在古代城镇发展中的重要地位。《相宅经纂》卷三“阳基辨土法”曰:“于基址中掘地,周围阔一尺二寸,深亦如之,将原土筛细,复还坑内以平满为度,不可安实,过一夜,次早起看,若气旺,则土拱起,气衰,则凹而凶。”考虑到土壤结构对城镇密集建筑的承载力,古人还总结出了“称土法”。《相宅经纂》卷三“称土法”曰:“取土一块,四面方一寸称之,重九两以上为吉地,五、七两为中吉,三、四两凶地;或用斗量土,土击碎量平斗口,称之,每斗以十斤为上等,八九斤中等,七八斤下等。”有的风水书也讲到“称土法”为:“入土实一斗,称之,六七斤为凶,八九斤吉,十斤以上大吉。”以此来推断土壤的密实性和地基承载力。根据现代土壤学知识,可以判断,“风水先生”说的斗土六七斤的凶土大概就是有机质土,而八九斤的吉土可相当于砂土或黏土,十斤以上的大吉土,相当于密实的碎石土了。看来,古人的土壤称重法虽不那么“科学”,但在当时来说却是行之有效的,而“吉”、“凶”观念的本质内涵也就是指承载力大小和透气、渗水性好坏,并无迷信可言。



土壤在城市建设中的重要作用,还体现在长期以来,土壤作为最为基本的建筑材料。首先,历史上许多城市的建筑是由砖瓦砌成的,而这些砖瓦是由黏土通过一定的技术在高温下烧结而成的。也就是说,没有砖瓦,也就不会有古代城镇的出现。不仅如此,现代城市的发展,尤其是小城镇的建设,仍然需要大量砖瓦的生产。在中国古代,作为城市发展的水平和标志的是陶瓷业的发展和陶瓷产品在集市中的地位,而这些陶瓷最为基本的原料就是土壤。目前,水泥是各种建筑材料中最为主要的,是当前城市基本建设的主要建筑材料之一,在工农业、水利、交通运输和民用建筑等基本建设中都需要大量的水泥;同时,随着现代科学技术的发展,水泥已远远超出一般建筑材料的范围而成为重要的工业材料,如铁路轨枕、坑道支架、小型船舶等都广泛地用水泥制造。可是,在水泥制造的原料中,除含钙矿物石灰石、大理石和白垩土外,黏土是最为基本的材料。总之,没有土壤,就没有城市的高楼,也就没有现代化的城市。

扬尘是现代城市中经常面临的环境污染问题,而扬尘发生的频率和规模,也大体取决于土壤类型。为了尽量减少扬尘的产生,尤其在北方干旱地区,城市在发展布局上,应尽量选择湿润的土壤或水分不易散发的土壤。园林城市是园林与城市高度融合的一类城市,对于减少城市的扬尘污染具有重要的成效。所谓的“城中有园、园中有城”,即一个城市要达到景观优美、环境良好,整个城市就是一座大公园,首先要有适宜的环境,尤其离不开土壤这一基本条件。如果城市处于土壤不适合造园的区域,即使城市建设力度再大,离园林城市距离的“鸿沟”也是难以填补的。园林城市建设是一项系统工程,体现了土壤学的基本内涵,同样也离不开土壤学的重要指导作用。要建设良好的城市生态环境、保护生物物种多样性,不仅涉及生态学、植物学、城市规划和建筑学等多门学科的科学原理,还应体现土壤学的基本要求。

### 三、土壤与工业发展

在工业区域规划中,一定地区范围内的工业布局规划是通过工业企业的选点与选址来实现的。选点,是指在一定地区范围内选择工业企业的建设地点;选址,是进一步在建设地点选定的范围内,具体确定工业企业坐落的位置。区域内工业企业建设的计划项目,必须通过工业的选点与选址具体落实到一定的用地上来。工业企业的选点与选址是否合理,不仅对工业生产本身具有决定性的意义,而且对一个地区的发展与城市建设以及区域环境将产生深远的影响,而土壤条件对工业企业的选点与选址是否合理产生重要影响。或者说,土壤条件通过对工业企业和工厂厂房的建设,进一步影响工业的发展。

在工业发展过程中,工业选址是重要的一环。工业选址的基本要求包括:①每