

中国高校社科专著文库

草坪土壤学

● 李存焕 史秀华 主编

中国戏剧出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

草坪土壤学 / 李存焕 史秀华 主编. —北京:
中国戏剧出版社, 2006. 9

ISBN 7-104-02205-8

I. 草… II. ①李… ②史… III. 草坪—土壤学—研究
IV. F127.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 018533 号

书 名: 草坪土壤学

责任编辑: 王媛媛

封面设计: 张玉霞

出版发行: 中国戏剧出版社

社 址: 北京市海淀区紫竹院路 116 号
嘉豪国际中心 A 座 10 层

邮政编码: 100089

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 880mm×1230mm 1/32

印 张: 9.5

字 数: 238 千字

印 数: 2000 册

版 次: 2006 年 9 月北京第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-104-02205-8/C·235

全套定价: 150.00 元 (本册定价: 23.80 元)

版权所有 违者必究

各章分工

第一章	史秀华	孙伟	汪英柱	史正军
第二章	李存焕	谢良生	朱雯	黄秋辉
第三章	李存焕	谢良生	朱雯	汪英柱
第四章	史秀华	谢良生	钟决胜	
第五章	李存焕	谢良生	黄秋辉	彭文君
第六章	史秀华	孙伟	胡一君	曹华
第七章	史秀华	孙伟	钟决胜	
第八章	李存焕	孙伟	朱雯	胡一君
第九章	史秀华	谢良生	彭文君	

序

草坪是人类栖居地的重要构成成分、城市的生活底色和现代人类社会文明进步的重要象征。长期的理论与实践证明：草坪是一个养护量要求很高的养护产品，而高质草坪的获得首先需要了解和学习维持草坪生长的苗床，即土壤。土壤学是一门相当古老的科学。自从人类开始农业生产以来，就已伴随着土壤的研究和开发。随着研究的深入，随即产生了许多土壤分支科学。草坪土壤学正是在此基础上而产生的一门重要学科。草坪与农作物差别很大，农作物是以收获籽实为主要目标的农耕活动；而草坪则主要是以维持营养阶段作为最终产品，也就是说，草坪是以美化外观作为生产对象。因此，对土壤的要求，主要是对土壤养分的要求差别很大。随着城市化建设的强度越来越大，草坪作为城市生活底色已获得了无限的生机。目前，全国一些高校已开设了草坪专业。但是，在草坪专业课程体系中，比较重要的草坪土壤课几乎均采用农学专业使用的土壤学。其原因固然是对现有草坪土壤的研究尚待深化、总结，最重要的原因可能是对草坪与农作物土壤之间的差异认识不足。

草坪植物低矮、根系浅、抗逆性差，对土壤肥力要求更高。特别是运动场草坪，由于其特殊的功能要求，对土壤肥力的要求与农业土壤大相径庭。草坪要求良好的通气和排水，适宜建立在沙性基质上。草坪土壤要求较高的总孔隙度和通气孔隙度，粘粒含量低，保水保肥差；草坪土壤质地粗，保水保肥差，对

绪 论

一、土壤及土壤肥力

人类从事农业生产大约有九千年的历史，自从农业产生以来，人类就在不断的利用、认识和改造土壤，并且总结出了丰富的培肥土壤的经验。因此说，土壤学是一门相当古老的科学。近代土壤学起源于十九世纪，德国化学家李比希提出养分归还学说，认为植物能够在土壤中生长是由于土壤不断向植物提供矿物质养分，为了维持土壤肥力，必须归还收获植物时带走的矿物质。养分归还学说奠定了土壤学的理论基础，从此人类开始应用现代科学技术手段深入研究土壤和植物生长发育的关系。

土壤是地球表面的疏松表层，具有肥力，能够生长植物。土壤对植物的作用有两个方面，一是支持植物体，二是提供肥力。土壤肥力是指土壤能够同时、不间断地提供植物生长所需要的水分、养分、空气、温度的能力。土壤能够生长植物的根本原因是土壤具有肥力，水、肥、气、热是土壤肥力四要素。

根据养分归还学说，为了维持土壤肥力，必须归还收获植物时带走的矿物质，即，土壤需要施肥。肥料是指施用于土壤或植物地上部分，能够改善土壤性质或提供植物营养物质。肥料分为有机肥、无机肥、微生物肥三大类。化肥是指用物理或

化学方法人工合成的肥料，一般是无机肥。

二、草坪土壤的特点

草坪在美化环境、水土保持、提供运动场所方面发挥重要作用，改革开放以来得到了飞速的发展。草坪土壤与农业土壤的本质是相同的，为草坪植物提供生长所需的水、肥、气、热。但是，由于草坪植物低矮，根系浅，抗逆性差，对土壤肥力要求更高。特别是运动场草坪，由于其特殊的功能要求，对土壤肥力的要求与农业土壤大相径庭。

首先，草坪要求良好的通气和排水，适宜建立在沙性基质上。草坪土壤要求较高的总孔隙度和通气孔隙度，粘粒含量低，保水保肥差。

其次，草坪要求地表很薄的芜枝层和较低的土壤有机质含量，因为大量有机质积聚在土壤表层会造成通气透水不畅和病虫害滋生。

第三，草坪土壤质地粗，保水保肥差，对灌溉和施肥的依赖性强，需要频繁少量的灌溉和施肥。而且肥料种类以氮肥、钾肥为主，经常补充铁等微量元素。土壤 pH 变化较大，需要经常调整。

第四，由于机具碾压和践踏，土壤易于板结，需要定期改良作业。

第五，改良作业种类多，机具齐全。除剪草、灌水、施肥、施农药等常规作业外，还进行打孔、梳草、穿刺、切割、铺沙、滚压、施改良剂、施叶面肥等多种作业，目的是调整土壤结构、控制芜枝层和有机质含量、调整 pH 等。不利因素是，草坪一旦建成，不能耕翻，增加了改良的难度。

第六，草坪附加值高，养护资金充足。

三、草坪土壤学的目的与内容

在草坪教学中发现，草坪的利用目的不同，草坪土壤的要求不同，使用农业或林业版的土壤学有诸多不便。本书的目的是为草坪及其相关专业土壤学教学提供教材，也可以作为广大草坪养护技术人员学习土壤学理论的参考书。

本书包括三方面的内容：一是土壤学的基本原理，如土壤的形成、组成、质地结构、水气热、酸碱性、缓冲性、离子交换特性、营养元素的性质等内容。二是草坪土壤的特性，相对于农田土壤，草坪土壤在组成结构、理化性质方面都与农田土壤有很大的差别。三是阐述草坪土壤养护相关作业的理论依据。

本书是作者在十余年科研与教学工作的基础上完成的，写作与出版过程受到了深圳大学高尔夫学院、深圳市园林研究所、深圳市农科园林公司领导、同事们、高尔夫球场同行们的大力支持与帮助，马宗仁教授审阅了全稿并提出了宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢！由于时间关系和作者的专业知识所限，缺点和疏漏之处在所难免，恳请读者指正！

目 录

第一章 岩石风化与土壤形成	1
第一节 土壤母质的形成	1
第二节 土壤的形成	23
第二章 土壤的固相组成	35
第一节 土壤矿物质	36
第二节 土壤生物	51
第三节 土壤有机质	58
第三章 土壤结构性、孔隙性和物理机械性	76
第一节 土壤结构	76
第二节 土壤的比重、容重和孔隙度	81
第三节 土壤的物理机械性	84
第四章 土壤的水、气、热性质	89
第一节 土壤水分性质	90
第二节 土壤空气性质	108
第三节 土壤的热性质	112
第四节 土壤水、气、热的相互关系及其调节	117
第五章 土壤的化学性质	119
第一节 土壤胶体	119
第二节 土壤的离子交换作用	129

第三节	土壤的酸碱反应	139
第六章	土壤养分性质	154
第一节	土壤养分概述	154
第二节	土壤氮素营养	158
第三节	土壤磷素营养	163
第四节	土壤钾素营养	172
第五节	土壤硫、钙和镁营养	175
第六节	土壤微量元素营养	181
第七章	土壤分类和分布	190
第一节	我国的土壤分类系统	190
第二节	我国土壤分布概况	197
第八章	我国主要的土壤类型	206
第一节	富铝土(红土)	206
第二节	淋溶土(棕壤)	213
第三节	半淋溶土(褐土)	221
第四节	钙层土	223
第五节	漠土	233
第六节	岩成土	235
第七节	半水成土	240
第八节	高山土	246
第九节	水稻土	250
第九章	不良土壤及其改良利用	254
第一节	盐碱土	254
第二节	风沙土和海滨沙土	266
第三节	沼泽土和白浆土	271
主要参考文献		276

第一章 岩石风化与土壤形成

从坚硬的岩石到疏松而具有肥力的土壤，是漫长而复杂的过程，可概括为：岩石风化过程与土壤形成过程。这两种过程是同时同地进行着的。岩石风化的结果产生了构成土壤的基本材料，即成土母质，所以岩石风化过程也就是母质的形成过程。土壤的形成，是土壤肥力的形成与发展的过程。单纯的岩石风化过程不能形成土壤，只能形成母质，成土母质经过成土作用才能形成具有肥力的土壤。

第一节 土壤母质的形成

当地壳表面的岩石露出地面，外界条件和它生成时完全不同，如水热条件变化时，原来十分坚硬而稳定的岩石也因外界条件的变更，而失去其稳定性，它们的化学组成或构造发生了改变。这种促使岩石破碎、使其成分和性质等变化的过程叫做岩石的风化。

一、成土矿物和岩石

1. 地壳的元素组成

地壳是指地面以下大约 35—45 公里厚度的地区。由于土壤

位于大陆地壳的疏松表层，它的成分、性质以及发生发展规律与地壳的成分、构造以及各种地质作用有直接的关系。地壳中的物质是由各种化学元素组成的，这些元素的含量有很大的不同，见表 1-1。

表 1-1 地壳的主要元素成分

序号	元素	含量 (%)	序号	元素	含量 (%)
1	氧	46.71	9	钛	0.62
2	硅	27.69	10	氢	0.14
3	铝	8.07	11	磷	0.13
4	铁	5.05	12	碳	0.094
5	钙	3.65	13	锰	0.090
6	钠	2.75	14	硫	0.052
7	钾	2.58	15	钡	0.050
8	镁	2.08	16	其它	0.244

研究了地壳的元素成分后，我们可以得出几点结论：

(1) 地壳主要成分是由氧和硅所组成，两种元素含量占地壳总量的 74.40%，如再加上 Al、Fe、Ca、Na、K、Mg 共八种元素，占总量的 98.58%。而 Ti、H、P、C、Mn、S、Ba 以及其他元素加起来，不过只占 1.42%。

(2) 凡是植物生长必需的元素，在地壳中的含量都很低。例如磷 0.13%，硫 0.052%，氮就更是微量。并且这些植物养料元素是封闭于坚硬的岩石中，处于及其分散的状态。

(3) 地壳中的各种元素分布不平衡，有些地方聚积起来成为丰富的矿藏，有些地方则因缺乏某种元素而影响生物的分布。

地壳中的化学元素在各种地质作用下形成自然矿物，矿物是组成地壳物质的基本单位，已发现约三千种，构成岩石的主要矿物有二、三十种。

2. 主要成土矿物

矿物是地壳中一种元素或几种元素组成的自然化合物，它是自然界各种地质作用的产物，是岩石的组成部分，也是土壤矿物质的来源。矿物都具有一定的物理性质和化学性质。自然界中的矿物有固态、液态和气态三种，但大多数矿物为固态，如石英、长石等。

固体矿物依其内部构造的不同，可分为结晶质和非结晶质两类：结晶质矿物的内部质点（分子、原子或离子）均呈有规律的排列形成结晶构架，矿物表面形成一定的几何外形。非结晶质矿物的质点无一定的排列规律，也不呈一定的几何外形。结晶质的矿物占绝大多数。见（图 1—1，图 1—2）。

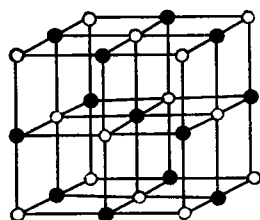


图 1—1 食盐晶体内部质点的排列

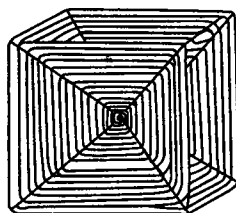


图 1—2 食盐的晶体

识别矿物的最基本方法是观察其物理性质，有鉴定意义的物理性质有：

形状：指矿物单个晶体的形状。有片状、柱状、立方体状等形状。

颜色：是矿物最明显的特征，但常因含有少量杂质使颜色略有变化。

条痕：是矿物呈粉末状态时的颜色。矿物外表颜色变化很多，但粉末颜色比较固定。

光泽：是矿物表面对反射光线所呈现的光彩，与矿物颜色无关。有金属光泽、非金属光泽（又分为玻璃光泽、油脂光泽、

娟丝光泽、纤维光泽等)。

硬度：是指矿物抵抗刻划的能力，以下列十种矿物作为比较标准：

硬度 1：滑石	硬度 2：结晶石膏
硬度 3：方解石	硬度 4：萤石
硬度 5：磷灰石	硬度 6：正长石
硬度 7：石英	硬度 8：黄玉
硬度 9：刚玉	硬度 10：金刚石

解理：是指矿物被敲打时沿一定方向裂开的性质。裂开的面是平滑的，叫解理面。只有结晶的矿物才有解理，解理面一般与结晶面平行。按解理的完全程度，划分为：极完全解理、完全解理、中等解理、不完全解理、极不完全解理。

断口：当矿物受打击而呈不规则的破裂时，其不规则的新裂面称为断口。有贝壳状、平坦状、参差状、锯齿状等类型。

(1) 石英 SiO_2 ：一般白色透明，但也可以呈其它颜色；条痕白色；玻璃光泽；断口贝壳状；硬度 7；比重 2.6；纯粹的结晶石英叫水晶，结晶体呈六方锥形，柱面有横纹（见图 1—3）；极不完全解理。

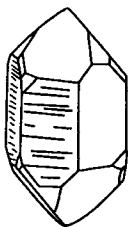


图 1—3 水晶的晶体

石英为分布最广的矿物，为酸性岩浆岩的主要成分，在沉积岩、变质岩中也经常存在。它硬度大，化学性质稳定，不易分解。岩石因风化作用而破碎后，石英便组成土壤母质中的砂粒。含石英砂粒多的土壤养分一般较贫乏。

(2) 长石类：长石也是地壳中分布最广的矿物，长石因化学成分的不同，可分为正长石、斜长石两大类。

正长石 KAlSi_3O_8 ：也称钾长石。解理面互成正交 (90°)；

颜色肉红、浅黄；断口参差状；硬度6；板状。是含钾的铝硅酸盐类。

正长石多存在于浅色岩浆岩中，如花岗岩、正长岩。正长石在岩石中多呈晶粒，伴生矿物主要是石英、云母等。正长石易于风化而成高岭土等次生粘土矿物，为土壤母质中粘土的主要来源，并为土壤提供大量的钾素养料。正长石晶体见（图1-4）。

斜长石 $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) \cdot \text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ：
斜长石是由钠长石与钙长石以不同比例混合而成。亦是不完全的二向解理，但不成正交而成斜交（ $86^\circ 24' - 86^\circ 56'$ ）；颜色呈白色或灰白色；硬度6—8.5。

斜长石主要存在与于闪长岩、辉长岩中，在岩石中多呈晶粒形状。伴生矿物主要是角闪石和辉石。斜长石比正长石易于风化，含Ca的斜长石比富含钠的斜长石更易于风化，其风化产物主要是粘土矿物，并为土壤提供K、Na、Ca等矿物养料。

（3）云母类：云母因化学成分的不同而分为白云母与黑云母。

白云母 $\text{KH}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ：也称钾云母。无色透明或浅色透明；极完全解理；条痕无色；珍珠光泽；硬度2—3；薄片具弹性。

分布于花岗岩、片麻岩及结晶片岩中，伴生矿物主要是石英。

黑云母 $\text{KH}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{12}$ ：深褐色或近于黑色；极完全解理；可剥成薄片，薄片具弹性；硬度2.5—3.0；玻璃光泽或珍珠光泽。

黑云母主要分布于花岗岩、片麻岩、结晶片岩中，黑云母

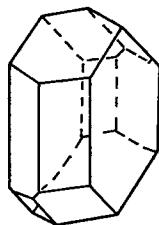


图1-4 正长石的晶体

易于风化，风化物多为碎片状，或受水及二氧化碳的作用而分解成次生的粘土矿物。母质中含钾、镁、铁等矿质养料较多。

(4) 普通角闪石 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ：呈六方断面的细长柱状（见图 1—5），但在岩石中多呈纤维状或针状；深绿至黑色；完全解理；硬度为 5—6；玻璃光泽或绢丝光泽；条痕淡绿色；断口参差状。

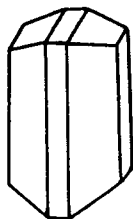


图 1—5 普通角闪石的晶体

角闪石主要分布于岩浆岩及变质岩的片麻岩和结晶片岩中。伴生矿物主要是正长石、斜长石和辉石。角闪石极易受化学风化的影响而分解，为土壤母质中粘粒的主要来源之一。

(5) 辉石 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$ ：辉石呈八面的粗短柱状（见图 1—6），集合体呈致密块状；棕至暗黑色；条痕灰色；断口参差状；硬度 5.5；比重 3.2—3.6；中等解理。

普通辉石主要分布于辉长岩、玄武岩中。在岩石中多呈晶粒状。辉石的伴生矿物是斜长石和角闪石。辉石比角闪石难风化，风化后分解成富含铁的粘土、碳酸盐、氧化铁和二氧化硅等。

角闪石与辉石在岩石中不易区别，一般只能根据晶体形状、

解理、断面及伴生矿物等鉴别。

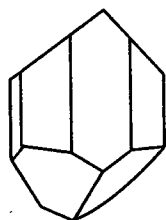


图 1—6 普通辉石的晶体

(6) 橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ 与蛇纹石 $\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9$ ：橄榄石呈橄榄绿色；玻璃光泽或脂肪光泽；条痕无色；断口贝壳状；硬度 6.5—7；比重 3.3—3.5。

橄榄石呈粒状集合体出现，为

盐基性岩浆岩的成分，易风化解，分解产物即为蛇纹石。橄榄石晶体见图 1—7。

蛇纹石呈污绿色；硬度 2—4；比重 2.5；玻璃光泽或脂肪光泽；断口上有时呈蜡状光泽，是比较容易鉴别的矿物，主要存在于变质岩中。

(7) 绿泥石 $[(Mg, Fe)_3Al(AlSi_3O_{10})](OH)_2$ ：呈暗绿色；一般呈鳞片状集合体；片状完全解理；解理面上呈玻璃光泽至珍珠光泽；硬度 2—3；具有挠性，是由黑云母、角闪石、辉石等矿物变质而成，层状构造。绿泥石存在于变质岩中，如绿泥石片岩。

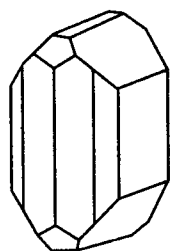


图 1—7 橄榄石的晶体

(8) 方解石 $CaCO_3$ ：次生矿物。晶体菱形，集合体致密粒状、钟乳状、块状；半透明、乳白色，含杂质时呈灰、黄、红等色；硬度高，性脆；比重 2.7；完全解理；玻璃光泽；能和稀盐酸作用而生成 CO_2 的气泡。

方解石是石灰岩、大理岩的主要组成矿物。方解石易溶于含有 CO_2 的水中，生产重碳酸钙而随水流失，石灰岩地区的溶洞就是在这种作用下形成的。

(9) 白云石 $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ：是由方解石和菱镁矿 ($MgCO_3$) 结合而成。性质与方解石很相似，但比方解石较为稳定一些，只能与热盐酸起作用；结晶体为马鞍状，集合体为粒状、致密块状；灰白色或浅黄色；硬度 3.5—4.0；玻璃光泽。

白云石富含钙、镁，为母质中钙、镁养料的重要来源。白云石是组成白云岩的主要矿物，也存在于石灰岩中。

(10) 石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ：晶体呈板状，集合体呈纤维状、块状；无色或白色；硬度 2；玻璃光泽或绢丝光泽（如纤维石

膏)；解理完全；断口贝状或参差状。

(11) 磷灰石 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$ ：有灰白、黄、绿、黄褐等色；条痕白色；油脂光泽或玻璃光泽；硬度 5；不完全解理；断口参差状；磷灰石可以溶于硝酸中，在此溶液中加入少量钼酸铵试粉，则呈现黄色的磷钼酸铵沉淀。磷灰石是土壤中矿物磷素的重要来源。磷灰石晶体见图 1—8。

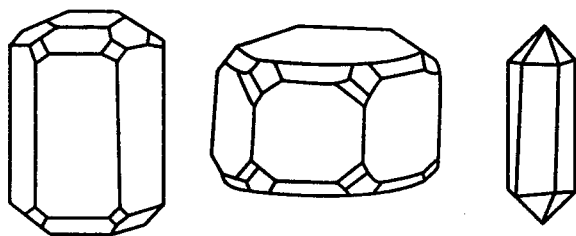


图 1—8 磷灰石的晶体

(12) 赤铁矿 Fe_2O_3 ：赤红色；半金属光泽；条痕樱红色；断口参差或贝壳状；硬度 5.5—6.5；比重 5；无解理；一般呈致密状；也有呈肾状、豆状。根据条痕色区别于其它氧化铁。

热带与亚热带土壤之所以成为红色，就是因为有赤铁矿的存在。

(13) 褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ：是含水的氧化铁。褐色或深褐色；硬度 1—4；比重 4，条痕黄褐色；半金属光泽或土状光泽。

温带湿润地区土壤的黄褐色就是因为有褐铁矿的存在。

(14) 磁铁矿 Fe_3O_4 ：颜色、条痕均为黑色；半金属光泽；性脆；硬度 5.5—6；比重 4.9—5.2；具有磁性（见图 1—9）。

普遍少量存在于各种岩浆岩中作为次要成分，难风化，但经长久的作用后，便被氧化成赤铁矿。