

草坪全景

草坪营养与施肥

黄必志 曹文波 陈佐忠 主编



中国林业出版社

草坪全景

草坪营养与施肥

主 编 黄必志 曹文波 陈佐忠
副主编 吴伯志 王晓林 杨纯奇 李国顺

图书在版编目 (CIP) 数据

草坪营养与施肥/黄必志 等主编. - 北京: 中国林业出版社, 1999.4
(草坪全景)

ISBN 7-5038-2246-5

I. 草… II. 黄… III. 草坪-营养-施肥 IV. S688.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 07359 号

草坪营养与施肥

出版 中国林业出版社 (北京市西城区刘海胡同 7 号)

邮编 100009

印刷 三河市富华印刷厂

发行 新华书店北京发行所发行

版次 1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

开本 787mm×960mm 1/16 印张: 14 彩插: 2

字数 257 千字

印数 1~5000 册

定价 25.00 元

《草坪全景》丛书编委会

主 编 韩烈保

副主编 孙吉雄 [美] 詹姆斯 B·比尔德 陈佐忠 牟新待

常务编委 (按姓氏笔画排序)

丁 波	[澳] 大卫·奥尔德斯	马有林
王 琦	王晓明 王晓林 王慧敏	邓菊芬
田 地	白史且 孙 明 刘开建	孙本信
刘德荣	李 敏 杨 碚 张运乃	吴秀丽
吴伯志	张青文 陈宝书 辛国英	李善林
郑松岩	[澳] 胡先登 俞国胜	赵美琦
党四清	高彩霞 曹文波 黄必忘	梁树友
曾建成	韩烈刚 解亚林	

编 委 (按姓氏笔画排序)

丁 军	于凤芝	尹 公	王 刚	王红英
兰善华	牟芝兰	李敏 (女)		杨纯奇
张德罡	席嘉宾	徐 静	袁庆华	鲁 挺

内 容 提 要

本书对草坪植物生活与生长的基础、草坪植物与土壤营养关系、草坪草生长发育所必需的营养元素、草坪草对营养的吸收、草坪的土壤营养、草坪土壤肥力、酸性草坪土壤及其改良、草坪肥料与施肥、高尔夫球场草坪的管理与施肥、运动场草坪的管理与施肥、绿地草坪的管理与施肥等作了全面、详细地阐述，是我国第一本系统介绍草坪营养与施肥的图书。

该书为园林、环境、植物、土壤等专业师生、科技工作者和从事草坪业生产、经营、销售人员及其他社会读者的重要参考书。

前言

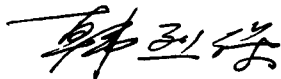
历时 5 年的筹划和费尽心思的编写,由国内外 50 多位草坪学专家、企业家和工作者共同编著的《草坪全景》丛书就要出版了。作为该套丛书的主编,我的心情甚为激动,同时又觉责任重大,唯恐这套丛书难以满足广大读者的需要。1994 年在我主编的《草坪管理学》出版之时,就曾有人建议我们编著出版类似这样一套丛书。经与有关人士共同探讨和交流,大家对此项工作都具有浓厚的兴趣,于是我们就组成了一个有多方面人才的编委会,并很快地投入到了实质性的编写工作。在编著过程中查询了大量的国内外文献和资料,广泛征求了各方面的建议,几易其稿,最后由我和甘肃农业大学牟新待教授共同审阅定稿。

《草坪全景》丛书几乎囊括了草坪科学和草坪业中所有的领域,包括《草坪植物种子》、《草坪草种及其品种》、《运动场草坪》、《绿地草坪》、《高尔夫球场草坪》、《草坪机械》、《草坪营养与施肥》、《草坪病害》、《草坪虫害》、《草坪杂草》、《草坪建植与管理手册》等 11 部著作。每一部著作都力求涵盖国内外在该领域中的最新成果与技术。既有丰富的理论知识,又有操作性强的实践经验。所有参加编著的人员多年来都一直在从事其所在领域的研究和实际工作。这里,我要真诚地感谢所有为该书编著和出版付出心血、提供帮助的人们,没有他们的付出,这套丛书是很难与广大读者见面的。

草坪科学和草坪业在我国是近几年才兴起的年轻科学和产业,其知识体系还有待丰富和完善。但愿此套丛书的出版能够在一定程度上对我国草坪科学和草坪业的发展起到推动和促进作用。

我们即将步入 21 世纪,社会要发展,就必须坚持可持续发展的方针。草坪作为环境的重要组成部分,越来越受到人们的重视。随着我国草坪科学和草坪业的进一步发展,这套丛书也将更加充实和完善。

这套丛书总字数 300 多万字,涉及的内容极为广泛。系统地同期出版如此全面的草坪学著作,在国内外当属首次。由于时间仓促,编著者的水平有限,错误和遗漏之处在所难免,在此诚挚地希望广大读者批评指正。



1999 年 3 月 12 日于北京林业大学



草皮卷生产基地（瑞典）



国外优良草坪草在中国引种适应性研究试验地（北京）



澳大利亚悉尼市中心公园草坪



国外优良草坪草在中国引种适应性研究试验地（沈阳）



花園



草坪

目 录

前 言

第一章 土壤是草坪植物生活与生长的基础 (1)

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 第一节 土壤的概念与物质组成 (1) | 任务 (4) |
| 一、土壤的概念 (1) | 第三节 草坪营养的内容和研究方 |
| 二、土壤的物质组成 (3) | 法 (4) |
| 第二节 草坪营养学研究的目的是 | 草坪营养的内容 (4) |

第二章 草坪植物与土壤营养 (7)

- | | |
|----------------|---------------------|
| 第一节 土壤是草坪植物生长的 | 第二节 草坪施肥的前景和意义 (13) |
| 物质基础 (7) | |

第三章 草坪草生长发育所必需的营养元素 (15)

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 第一节 草坪草体内元素的组成 | 第三节 营养元素的同等重要和 |
| 及含量 (15) | 不可代替律 (18) |
| 第二节 草坪草生长所必需的营养元素 (16) | 第四节 草坪植物营养的选择性 (19) |
| 一、必需营养元素在体内的含量 (17) | 一、生理酸性肥料 (19) |
| 二、必需营养元素的主要作用 (17) | 二、生理碱性肥料 (19) |
| | 三、生理中性肥料 (19) |

第四章 草坪草对营养的吸收 (21)

- | | |
|---------------------|------------------|
| 第一节 草坪草的根部营养 (21) | 二、叶部营养的特征 (28) |
| 一、根的吸收部位与土壤养分的迁移 | 三、影响叶部营养的条件 (29) |
| (21) | 第三节 草坪草的阶段营养与调控 |
| 二、根部对无机态养分的吸收 (24) | (30) |
| 三、根部对有机态养分的吸收 (25) | 一、草坪植物营养的特性 (31) |
| 四、环境条件对养分吸收的影响 (26) | 二、草坪草营养调控 (32) |
| 第二节 草坪草的叶部营养 (28) | 三、土壤肥力因素的调节 (33) |
| 一、叶部对养分的吸收 (28) | |

第五章 草坪的土壤营养 (36)

第一节 草坪根际营养 (37)

- 一、根际的概念 (37)
- 二、草坪根系特性 (38)
- 三、草坪根系分泌物与根际营养 (41)

第二节 土壤是草坪营养的基本

来源 (44)

- 一、草坪的氮素营养 (46)
- 二、草坪的磷素营养 (48)
- 三、草坪的钾素营养 (51)

四、草坪的硫、钙、镁营养 (54)

五、草坪的微量元素营养 (59)

六、草坪的生长调节剂 (67)

第三节 草坪土壤营养物质的循环 (70)

一、草坪土壤中的氮素循环 (70)

二、草坪土壤中的磷素循环 (71)

三、草坪土壤中的钾素循环 (72)

四、草坪土壤中的其他元素循环 (74)

第六章 草坪土壤肥力 (76)

第一节 草坪土壤 (76)

- 一、草坪土壤的概念 (76)
- 二、表层土壤和亚层土壤 (77)
- 三、暖冷土壤 (79)

第二节 草坪土壤的物理性状与肥力 (79)

- 一、土壤组成 (80)
- 二、土壤质地 (80)
- 三、土壤结构 (83)
- 四、土壤通气状况 (87)
- 五、土壤孔隙状况 (90)
- 六、土壤水分状况 (93)

第三节 草坪土壤的化学性状与肥力 (103)

- 一、土壤酸碱度 (pH 值) (103)
- 二、土壤阳离子代换量 (CEC) (104)

三、土壤含盐量 (107)

第四节 草坪土壤有机质与肥力 (109)

- 一、土壤有机质 (109)
- 二、草坪草与土壤有机质 (111)
- 三、特殊的土壤有机质 (112)
- 四、商用有机质 (112)
- 五、有机质的施用 (114)

第五节 草坪土壤养分与肥力 (115)

养分的分类 (116)

第六节 草坪土壤中微生物的活 动与肥力 (119)

- 一、草坪土壤微生物及主要类型 (119)
- 二、土壤微生物对草坪土壤的作用 (119)

第七章 酸性草坪土壤及其改良 (122)

第一节 酸性土壤的形成 (122)

- 一、土壤酸度的产生 (122)
- 二、土壤酸度的种类 (123)

第二节 酸性土壤的不良影响 (124)

- 一、酸性土壤及其不渗透性 (124)
- 二、酸性土壤及根际土壤 (124)
- 三、酸性土壤和有毒矿物 (125)

四、酸性土壤和养分有效性 (125)

第三节 酸性土壤形成的原因及 改良方法 (126)

- 一、酸性土壤形成的原因 (126)
- 二、酸性土壤的改良方法 (127)
- 三、细石灰石粉 (128)
- 四、苗床准备时石灰的施用 (129)

五、施石灰 (129)	七、大面积施用石灰的方法 (131)
六、确定石灰石粉的施用量 (130)	
第八章 草坪肥料与施肥	(133)
第一节 草坪肥料 (133)	七、多功能肥料 (186)
一、草坪肥料分类 (133)	第二节 有机态草坪肥料 (187)
二、无机态草坪肥料 (134)	一、有机态肥料及特点 (187)
三、复合肥料 (165)	二、有机态肥料的种类及施用 (188)
四、微量元素肥料 (178)	第三节 土壤改良剂 (190)
五、其他矿质肥料 (183)	一、有机土壤改良剂 (190)
六、菌肥 (184)	二、无机土壤改良剂 (191)
第九章 高尔夫球场草坪的管理与施肥	(193)
第一节 新建草坪的施肥 (193)	三、球道施肥 (197)
第二节 已建草坪的施肥 (195)	四、发球区施肥 (198)
一、土壤测试 (195)	五、高草区施肥 (198)
二、果岭施肥 (196)	
第十章 运动场草坪的管理与施肥	(199)
一、运动场草坪的种类及其特点 (199)	四、比赛后草坪的管理与施肥 (200)
二、土壤测试与草坪建植施肥 (199)	五、草坪季节性管理与施肥 (200)
三、比赛前草坪的管理与施肥 (200)	
第十一章 绿地草坪的管理与施肥	(203)
一、绿地草坪的种类及其特点 (203)	四、庭院绿地草坪的管理与施肥 (205)
二、土壤测试 (204)	五、小区绿地草坪的管理与施肥 (205)
三、公园草坪的管理与施肥 (204)	
第十二章 特殊用草坪的管理与施肥	(206)
一、特殊用草坪的种类及特点 (206)	五、河堤水坝护坡草坪的管理与施肥 (208)
二、土壤测试 (206)	六、其他水土保持用草坪的管理与施肥 (208)
三、高速公路护坡草坪的管理与施肥 (206)	
四、飞机场草坪的管理与施肥 (207)	
主要参考文献	(209)
后 记	(211)

第一章

土壤是草坪植物生活与生长的基础

第一节 土壤的概念与物质组成

一、土壤的概念

在土壤学的发展过程中，对土壤一词的概念有众多的解释，如“土壤是人们脚底下的土地”。原始人已经意识到，“土壤就是支撑他们活动和居住的土地”。当然早期的人类就已经认识到，不同地区在生产植物和动物的能力上有所不同，但他们未必已把生产能力上的差异与土壤的差异联系起来，认识到土壤是生产植物的介质。

其二，土壤是植物生长的介质。大约在1万年前，人类开始从事农业生产时起，人们就把土壤当作了植物生长的介质。

其三，土壤是风化岩石的覆盖层。地质学家把土壤看做是岩石风化的产物。虽然承认风化层的上部有有机质的加入，但是仍然把土壤看作风化覆盖层即疏松物质层的同义语。既然疏松物质层因受侵蚀最终被搬运到海洋，所以，人们把土壤又视为去“海洋途中的岩石”，然而在途中，土壤主要起着植物生长介质的作用。

还有人认为“土壤是物质的混合物”，也有人认为“土壤是有机体”，等等。

地球表面上的土壤，是不断地变化着的，对土壤进行的一时一地研究，是察觉不到这种变化。以地质时期来说，每种土壤都有其生活史。下面的土壤定义体现了这种动态的和进化的本质。

土壤是地球表面的疏松矿物质在经受地质因素和环境因素，即母质、气候（包括温度和湿度作用）、生物和微生物、地形以及时间的长期作用后的产物。它在许多物理、化学、生物和形态学上的性质和特性都不同于其原来

物质。

近代研究认为，土壤是人类生产和生活中的一项重要资源。人类为了生存下去，所必需的大部分农产品，都直接或间接地依赖于土壤，因为农业是在土壤上经营的。在自然界中，土壤是生物世界中的一项重要环境因素，或称为生态系统的一个重要环节。土壤又有其自身的发生发展规律，是自然界中一个独立的个体——自然体。

据考证，约在公元前 7000～公元前 6000 年，我国便有了种植业。东汉郑玄对《周礼地官司徒》的注释里写道：“万物自生焉，则曰土，以人所耕而树艺焉，则曰壤”。许慎所著的《说文解字》中对土和壤的解释是：“土，地之吐生万物也，壤，柔土也，元块曰壤”。说明了我国古代不仅认识了“万物土中生”的道理，而且把未经人为耕作的土地（自然土）与经过人为耕作的土壤（耕作土壤或农业土壤）作出了明确的区分，并认识到后者是人类生产活动积极干预的结果。以上简单的叙述，充分说明了我们的祖先对土壤科学的认识和所作出伟大的贡献。

草坪生产的基本特点是生产具有生命的有机物，其中基本的生产是植物生产。因为植物的绿色部分，能以太阳能为能量来源，把从空气中吸收的二氧化碳和从土壤中吸收的水分与无机盐类制造成各种各样的有机质，同时把太阳能转变为化学潜能，贮藏在有机物中。

草坪生产的质量，一个是取决于草坪植物本身的特性，另一个是取决于草坪植物生活的外界条件。植物生长过程中，需要阳光、热量、水分、空气和无机养分等。在这些外界条件中，光和热主要来自太阳辐射，水和无机养分基本是植物从土壤中吸取的。植物茎、叶所需要的氧气和二氧化碳来自大气，而根系呼吸所需要的氧气则主要是由土壤供应，此外，土壤还为植物根系的生长提供热量，也是草坪植物扎根立足的场所。

草坪建植与管理的许多措施，如翻耕、客土、灌溉、施肥等都是作用于土壤而影响草坪植物的，这说明研究植物生长的土壤条件的重要性。俄国土壤学家威廉斯把土壤管理、植物生产和动物生产称为农业生产的“3 个环节”。同样在草坪建植和管理中，只有把 3 者结合起来，以草坪植物所提供的有机收获物来保证土壤动物、微生物生产所需要的原料，又以不能利用的草坪植物残体和土壤动物、微生物生产中所获得的二级产物为肥料，通过各种管理措施，培肥土壤，提高土壤肥力，才能建成质量高、持续时间长的草坪。

土壤不但是基本的生产资料，也是生态系统的重要组成部分。人类生活在自然环境中，并不断地对自然环境进行干预和改造，使之有利于人类的生

存和生活，建立起生态系统的新的动态平衡。与此同时，人类的活动也会有意无意地破坏自然环境中的生态平衡，给人类带来难以弥补的损失，如水土流失、城市污染、土壤污染及沙化等等。生态环境的恶化，会给人类带来灾害，有时甚至是毁灭性的。从环境科学出发，今后对土壤资源的利用，不但要考虑国民经济发展的要求，还要考虑整个自然环境中生态平衡的问题，特别是城市建设及规划过程中，更要注重建筑与绿地的比例，使人类生活于一个优美、健康的环境中。在草坪土壤管理中应注意防止“三废”及农药的污染，并应防止过多或滥施化学肥料。对水土流失的坡地，可有意识地播种各种草被植物，促使生态系统不断地向有利于人类生存的方向发展。

二、土壤的物质组成

土壤是由固体、液体和气体三相物质组成的疏松多孔体。固体物质包括

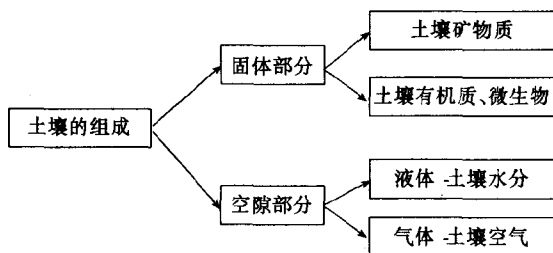


图 1-1 土壤的组成

粗细不同的矿物质颗粒、有机质和微生物，它们是组成土壤的基本成分。有机质主要是腐殖质，是土壤肥力的精华。微生物是土壤中活的有机体，是土壤肥力不可缺少的活性物质。在土壤固体物质之间，是形状和大小都不相同的空隙，在空隙中充满着水分和空气。土壤水分实际上是含有多种成分的、稀薄的土壤溶液。土壤空气与大气基本相似，它们之间不断地进行气体交换。如图 1-1。

土壤中固、液、气三相物质的比例，称为土壤的三相比。这种比例关系即土壤的三

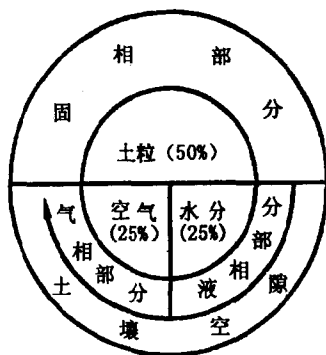


图 1-2 土壤物质组成示意图

相分布，影响着土壤的肥力状况。究竟什么样的关系对植物的生长才最好呢？以自然土壤为例，大体上固体部分约占土壤总容积的 1/2，水和空气各

占1/4左右(图1-2)。土壤的三相物质共同构成了一个相互联系、相互制约、不断运动的统一体,经常处于变动过程中,这些物质的比例关系及其运动变化对土壤肥力有直接影响,它们是土壤肥力的物质基础。

第二节 草坪营养学研究的目的是任务

草坪营养学是研究草坪植物营养与施肥的科学。因为施肥的目的是为了营养草坪植物,而植物营养又是指导施肥的理论依据。但是草坪植物生长发育与它的外界环境条件是分不开的,因此施肥不仅要根据植物营养的理论和草坪植物营养的特点,而且还要考虑到外界环境条件,包括气候、土壤、肥料、浇水情况以及建坪技术等因素,把它们联系起来,当作一个整体,使用近代科学技术来研究草坪合理施肥的理论和技術,以发挥肥料营养的最大效益。许多草坪工作者在长期生产实践中,运用实际观察草坪的生长情况来决定施肥,总结出了一套有效的施肥经验,而这些应用结果又须采用近代科学加以总结与提高。如采用自动化分析仪器,测定土壤肥力;使用电子探针,进行草坪植物营养诊断;应用示踪元素,研究肥料效果。目前发达国家已经把各种土壤肥力因素的参数,通过电子计算机的周密运算,求出最佳施肥量。草坪业的兴起与蓬勃发展,除世界各国选择了大批优良的草坪草种外,其中一个根本原因就是草坪营养的研究以及农药、除草剂的开发。集中解决肥料的合理搭配、施用以及病、虫、草害等问题,不仅能提高草坪建植的成功率,而且有效地保证草坪的观赏性和长期持久性。总之,草坪营养是以农业化学、植物营养作为理论基础,使用现代的科学技术研究草坪建植和维护过程中土壤—肥料—草坪草3者的有机联系,以不断地改善土壤条件和提高肥料利用率,为草坪草生长和持久创造畅通的物质和能量循环系统。从认识草坪建植与管理中营养物质的循环,进而控制这个循环,保证草坪的良好与持久,创造一个良好和谐的生态环境,就是学习和研究草坪营养与施肥的目的和任务。

第三节 草坪营养的内容和研究方法

草坪营养的内容

(一) 草坪营养的研究内容

草坪营养是研究土壤、草坪植物生长与施肥的科学,同时也包括肥料方

面的全部内容。总的来讲，它包括如下3方面：

1. 土壤营养

土壤类型、质地有效地反映了草坪土壤的营养状况。不同的土壤类型由于形成母质和形成条件的差异，元素含量千差万别，而且作为草坪草的根系着生点，直接影响其生存与生长。分析了解建坪土壤的质地情况和营养元素丰缺状况，结合草坪草的营养的需求规律，创造一个优良的草坪根系生长环境是草坪土壤营养研究的重点内容，同时也是草坪建植与管理中的关键步骤。

2. 植物营养

植物营养是施肥的理论依据，也是草坪营养科学的主要内容。由于草坪和外界环境是分不开的，因此施肥不仅要考虑草坪植物营养的特性，而且还要考虑环境条件，特别是气候、土壤等条件，因为气候和土壤都能影响草坪植物的生长及肥料的效果，所以施肥要根据气候、土壤状况和草坪生长情况而定。此外，土壤、肥料、草坪植株3者互有影响，研究它们之间的相互关系，使肥料不但能营养植株，而且还能通过增加土壤肥力达到均衡供肥的目的，使草坪的生长满足人们生活与运动的需要。

3. 肥料合理施用

施肥必须掌握肥料的性质。肥料种类多，性质不一，有的能直接营养植物，如各种氮肥，称为直接肥料；有的以改善植物外界条件为主，如石灰能中和土壤酸性，消除铝毒，称为间接肥料；有的肥料在播种或草坪移植前就要施用，称为基肥，其作用是供给草坪植物整个生育期所需要的养料，同时也有改善土壤水、肥、气、热的作用；有些肥料在播种或草坪移植时施用，甚至与种子混播，称为种肥，有促进种子发芽和初期生长之效；在草坪植物生长期中，还需要养料，这时所施用的肥料称为追肥。各种肥料所含的成分不同，肥效也不同，因而又将肥料分为有机肥料和无机肥料（或矿质肥料）。无机肥料中再分氮肥、磷肥、钾肥、复合肥料、微量元素肥料等等。研究肥料的直接、间接作用，基肥、种肥、追肥的合理搭配和各种肥料成分、性质，在土壤中的转化以及对于草坪植物生长发育和草坪品质的影响，均为草坪营养研究的主要内容。施肥根据草坪植物营养特性，结合当地气候、土壤、水分供应、病虫害来合理安排和使用肥料，这是草坪施肥的原则。

（二）草坪营养研究的方法

草坪营养研究的方法包括调查研究和试验研究两方面：

1. 草坪调查研究

我国种植草坪的历史不是很久，但我国的草坪业发展十分迅速。特别是

70年代以来,草坪绿化工作倍受政府重视,科技工作者在大量实践中积累和创造了极为丰富的草坪建植和管理经验,这些经验和创造是国家的宝贵财富。只有通过调查研究才能将这些先进的生产经验加以总结,加以理论分析,以便指导生产,提高草坪建植和管理水平。通过长期的调查研究,总结了一套根据气候、土壤、草坪植物生长情况合理施肥的经验和根据土壤、肥料植物相互为用的施肥原则,在实际工作中广泛应用。所以调查研究是研究这门学科的一个重要方法。

2. 试验研究

试验研究包括实际草坪草种植试验、盆栽试验和农业化学分析3方面。一般是结合起来进行的,亦即是生物的方法和化学的方法(必要时还可采用示踪原子)相结合来进行研究。草坪草种植试验是研究土壤肥力和肥料效果最具体的方法,因为种植试验是符合当地土壤、气候实际的,其结果可以直接应用于大面积草坪建植、管理和制订施肥制的依据。如果在全国或全省各种草坪土壤进行3要素、微量元素以及肥料品种的肥效试验,并且多年连续进行,其结果可为各种草坪专用肥的生产、分配和使用提供科学依据。盆栽试验是研究草坪植物营养的重要方法,种类很多,有土培法、沙培法、水培法等。土培法是研究各种土壤肥力以及肥料在某种土壤中的效果。沙培法和水培法是研究各种养料对于草坪植物生长发育的影响,尤其是微量元素和各种离子间的协助作用和拮抗作用,需要通过这样的试验,才能得到比较明确的解答。营养成分分析包括土壤分析、肥料分析和草坪植物分析。要研究合理施肥,首先要了解土壤中有效养料的多寡、反应的酸碱度以及与施肥有关的土壤肥力。

肥料种类多,性质不一,有时也须事先分析。至于草坪植物质量高低与实际感观表现更须分析才能了解。很多草坪草色泽好坏与其叶片中叶绿素含量有关,叶绿素多少同时又反映了施肥多少及合理性。施肥诊断除植株形态诊断外,化学或生理诊断均须掌握分析化学技术,而且还要和相关的地上试验或盆栽试验结合进行。草坪营养研究应根据植物营养的理论,采用现代科学技术,结合我国气候、土壤、水利和建植技术等条件,研究出我国草坪的营养特性和合理施肥的理论和技術,为建植我国高档次草坪作出贡献。