

# 草坪测土推荐施肥技术

杨俐苹

(农业部作物营养与施肥重点实验室 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要** 阐述了测土推荐施肥技术在草坪科学中的应用, 重点在探讨有关土壤测试方法以及草坪土壤测试计划组成, 特别是草坪土壤的田间取样和样品的制备、浸提和化学分析、土壤养分状况的评价方法以及测试结果的解释, 通过土壤测试技术为草坪合理施肥提供科学依据。

**关键词** 草坪; 土壤测试; 推荐施肥

中图分类号: S 688.406<sup>+</sup>.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2009)10-0133-04

测土推荐施肥技术是开展高产、高质、高效农业生产非常必要的农业科学技术。在发达国家, 土壤测试不仅是农业生产同时也是草坪科学中广泛采用的管理技术。在美国有 400 多个、加拿大有 200 多个商业或私人实验室、大学(研究所)实验室以及肥料企业实验室对农作物、同时可以对花卉、草坪等提供测土推荐施肥服务<sup>[1]</sup>。

随着我国经济的发展, 人民生活水平提高, 对环境的要求也逐渐提高, 草坪作为城市绿化的主要内容而迅速发展。到 2000 年底, 全国就已经有各种用途的草坪面积约 3.5 亿 m<sup>2</sup>, 建成高质量高尔夫球场 100 余个<sup>[2]</sup>。如何对草坪进行科学施肥, 不仅影响草坪生长和发展, 而且可能对草坪周围环境带来影响, 因为绿化草坪多在城市中或城市附近, 不合理施肥可能造成水体中氮、磷含量超标等环境问题<sup>[3-4]</sup>。国内不少科研工作者对草坪施肥方法、高尔夫球场施肥管理等进行了诸多研究<sup>[5-13]</sup>, 但有关土壤测试在国内草坪科学和高尔夫球场管理中的研究和应用报道很少<sup>[14]</sup>。自 2005 年来, 在中央政府的财政支持下, 我国在农业生产领域开展了广泛的测土配方施肥, 取得了显著成效<sup>[15]</sup>。为了促进土壤测试在草坪科学中的应用, 有必要学习国外已经成熟的经验和研究成果, 将高效土壤养分测试技术应用于指导草坪合理施肥, 以提高我国草坪管理的水平, 推动我国草坪科学的发展。

现结合国外草坪测土推荐施肥经验和在我国的初步研究应用, 重点在探讨有关土壤测试方法以及土壤测试计划组成, 特别是田间取样和样品的制备、土样浸提

和化学分析以及测试结果的解释, 旨在通过土壤测试技术为草坪合理施肥提供科学依据。

## 1 土壤取样和样品的制备

取样和样品制备必须认真仔细, 如果土壤取样以及用于化学分析的样品制备不认真仔细或样品没有代表性, 土壤测试结果就可能不正确。一般而言, 农作物大田取样深度为 0~20 cm, 但草坪土壤取样深度一般为 0~10 cm。如果是做连续的营养状况监测, 须注意每次的取样深度一致, 以便将不同时间测定的土壤测试结果进行比较。取样可以在 1 a 中任何时间进行, 但注意不要在施肥后 2 周内取样。取样方式是在性质相似的区域多点取样(至少取 10~20 个点的土壤), 仔细将各点土样混匀合并为一个土样以代表该取样区。注意所取土样应足够进行所有需要分析的项目。如对高尔夫球场进行取样, 应将果岭区和开球区分开取。球道以及其它属性不一样的地区比如低潮地带、高地以及排水区域等应分别取样。给样品编号并认真记录取样区域的信息。

一般草坪可 2~3 a 取样 1 次, 除非想要显著改变土壤的化学特性如土壤 pH、磷素水平或盐度等, 这样的情况下可能需要每年取 1 次样。此外, 如果是高 pH 或含钠高的土壤, 正在施硫以降低 pH, 则应至少对 0~2.5 cm 表土层土壤每年取 1 次样测定土壤 pH。

土样应放在无肥料、尘土污染的地方风干并确认用于盛样品的容器是干净的。将土样送到实验室时认真填写送样单, 送样单应包含送样人信息以及取样地点信息, 如: 姓名、地址、样品号、样品类型(如是高尔夫球场的果岭区还是开球区)、取样区域草的种类等。待样品风干后实验室将对样品磨碎制样以备测定。

## 2 土壤养分浸提和化学分析

土壤养分浸提是将化学浸提剂加入土样中, 振荡或搅拌一定时间, 过滤, 将滤液收集以供测定土壤中植物有效营养元素含量, 然后对土壤营养元素状况进行评价并提出相应的推荐施肥建议。化学浸提剂是用于浸提

作者简介: 杨俐苹(1964), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为植物营养与施肥, 现从事测土推荐施肥、高效土壤测试技术等研究工作。  
基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BADA4B01); 国际植物营养研究所(IPNI)资助项目(NMBF-CAAS2008)。  
收稿日期: 2009-05-20

土壤中营养元素植物有效的部分,而不是该元素总量。不同浸提剂浸提一种或多种不同的营养元素,它们之间相关性较好,但每种化学浸提剂浸提出的营养元素的绝对量是不同的。只有在使用了相同的浸提方法时不同年季之间的土壤测试结果的绝对值才能相互比较。不同实验室或同一实验室使用不同的浸提方法时土壤测试绝对值不一样,但通过该测试结果指示的养分水平应相似。

常用的浸提方法包括: Olsen 浸提剂(适合中性和石灰性土壤)、Bray P1 浸提剂(适合酸性土壤)、Mehlich I 浸提剂(适合酸性土壤)、Mehlich III 浸提剂(联合浸提剂,适合多种类型土壤)、ASI 浸提剂(联合浸提剂,适合多种类型土壤)浸提土壤有效磷;  $\text{NH}_4\text{OAC}$  浸提土壤有效 K、Ca、Mg、Na。土壤有效镁采用的浸提剂包括  $\text{NH}_4\text{OAC}$ 、Mehlich I 或 II、 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  或  $\text{NaHCO}_3$  以及 KCl 等。而 Mehlich III 浸提剂、ASI 浸提剂也可同时浸提土壤有效钾和多种微量元素。常用水或弱酸盐溶液如  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  等作土壤有效硫浸提剂。螯合剂、中性盐、无机酸或还原剂等可作土壤微量营养元素浸提剂,最常用的微量元素的浸提剂是 DTPA, Mehlich III、ASI 等联合浸提剂在浸提土壤有效 P、K 的同时也对微量元素 Cu、Fe、Mn、Zn 等进行浸提。

为了推动我国测土配方施肥事业的发展,中国科学院农业资源与农业区划研究所(原土壤肥料研究所)在引进国外先进土壤测试技术和设备的基础上开展了广泛的高效土壤养分测试技术(ASI 方法)在我国测土推荐施肥中的研究和应用<sup>[16-17]</sup>。ASI 土壤测试方法提供了包括土壤 N、P、K、Ca、Mg、S、B、Cu、Mn、Zn、Fe 等大、中、微量元素以及土壤 pH、有机质、交换性酸的高效土壤养分测试方法,同时对土壤养分状况进行评价,找出土壤养分限制因子,提出合理的推荐施肥建议。它不仅适合在农业生产领域中指导作物合理施肥,同时适合在草坪合理施肥管理中应用。

在土样浸提后,采用各种仪器如原子吸收分光光度计、紫外分光光度计等对土壤有效养分水平进行化学分析。土壤测试实验室使用的仪器通常是非常精确的。一个好的土壤测试实验室通常要求对所测定的元素要经常用已知的标准溶液进行校准,并在每批土样测试过程中还要使用标准(参比)土壤样品监测分析质量,如果标准(参比)样品的结果超过一定范围,则该批所有样品必须重测,以保证分析质量。

### 3 估计土壤营养元素状况的方法

有效养分充足水平法是传统用于诊断土壤营养元素丰缺水平的方法<sup>[18-19]</sup>。它是以实验室对植物有效养分的化学浸提为基础,浸提出的土壤有效养分测试值与植物反应有较好的相关性。土壤养分丰缺水平通常通

过大量的田间肥料效应试验而得,一般是根据农作物的施肥反应,因此对于诊断草坪营养的丰缺水平,还需经过草坪管理人员的施肥管理经验进行校正。营养元素的丰缺水平不仅与阳离子交换量有关,而且与其它植物有效的化学形态有关。通过测定土壤中营养元素的含量,根据对植物需求的丰缺程度进行分级(通常包括极低、低、中、高、极高水平),最后通过施肥满足植物营养需求,在养分含量极低、低的土壤上还通过施肥提高土壤肥力。实验室应注意结合草坪生产特点,不要过高估计草坪磷肥需求和过低估计钾肥需求。

盐基饱和度法是估计土壤营养元素状况的另一种方法<sup>[1, 18, 20]</sup>,它是基于阳离子交换点上盐基饱和度而非有效阳离子总量的测定。为了测定离子饱和度,将土壤用一种高浓度的阳离子(一般用醋酸铵)饱和,测定阳离子交换量(CEC)。每种元素的离子饱和度将被与“理想”土壤的离子饱和度进行比较,再进行分级。同时计算营养元素比率(如 Ca/Mg、Mg/K、Ca/K),以及盐基(Ca、Mg、K 和 Na 离子)饱和度。一般认为“理想”土壤的阳离子交换水平是 65%~85%Ca、10%~20%Mg、2%~7%K、0~5%Na 以及 0~5%H; 离子比率为 Ca:Mg<6.5:1、Ca:K<13:1 和 Mg:K<2:1; 盐基饱和度 80%以上为宜。盐基饱和度法没有测定植物营养元素的有效性,因此其应用有一定的局限性。如一个钾离子饱和度为 10%、阳离子交换量为 1.0 meq/100g 土的土壤,其钾的植物有效性远远低于土壤阳离子交换量为 10 meq/100g 土,但钾离子饱和度仅为 3%的土壤。因此,有效养分充足水平法和盐基饱和度法结合,对草坪测土推荐施肥更为合理。

此外,土壤常规分析还包括土壤 pH 测定和石灰需要量测定等。土壤 pH 影响养分有效性、Al/Mn 毒的潜在可能性、微生物活性、植物群落组成。有时芫枝层 pH 与下层土壤 pH 有所不同,特别是在气候湿润和当灌溉水是中到酸性时。应经常测定芫枝层土壤的 pH 值。土壤 pH<6.0 时,细菌种群下降,影响芫枝层的分解。因此如果芫枝层 pH<6.0,最好 100 m<sup>2</sup>施用 1~2 kg 熟石灰  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 。酸性土壤上一般通过“缓冲 pH”测定方法估计石灰需要量。

通过盐基饱和度法可以知道土壤受盐分影响的程度。在盐碱土上,总盐度、钠离子相对其它阳离子的饱和度的分析非常重要。一般总盐度的测定方法有 2 种:总可溶盐(TDS)和电导率(EC),二者皆用水分饱和土浆法测定,  $\text{TDS}(\text{mg/kg}) = \text{EC}(\text{mmhos/cm}) \times 640$ 。钠离子饱和度是 Na 占交换性阳离子总量的百分数,通常用 ESP(可交换性钠百分含量)表示。当土壤电导率  $\text{EC} < 0.75 \text{ mmhos/cm}$  (或总可溶盐  $\text{TDS} < 480 \text{ mg/kg}$ ; 或钠离子饱和度  $\text{ESP} < 3.0\%$ ) 时,土壤没有盐碱影响问题;当

EC 为 0.75~3.0 mmhos/cm (或 TDS 480~1 920 mg/kg; 或 ESP 为 3.0%~15.0%) 时, 土壤问题逐渐增加; 当 EC>3.0 mmhos/cm (或 TDS>1 920 mg/kg; 或 ESP>15.0%) 时, 土壤存在严重问题。

#### 4 施肥推荐

草坪推荐施肥中最主要考虑的是评价土壤营养状况, 包括土壤 pH、石灰需要量以及有效 P、K、Ca、Mg、S、Cu、Fe、Mn、Zn 等养分丰缺状况, 它们是施肥推荐的基础。评价草坪土壤营养状况最先考虑的是土壤 pH、石灰需要量以及植物有效 P、K、Ca、Mg。土壤有效 P、K 测试值是草坪磷钾肥推荐的基础。氮肥施用难以根据土壤测试值推荐, 一般建议<sup>[9]</sup> 每年施氮量 225 kg N/hm<sup>2</sup> 即可获得理想的草坪质量; 在结构合理的高尔夫球场上, 理想的氮肥水平是每年 200~400 kg N/hm<sup>2</sup>。在酸性土壤上, 施用石灰不仅中和土壤酸度, 同时提供了丰富的钙满足植物生长, 因此钙不单独作肥料施用。在淋溶频繁的酸性土壤和低阳离子交换量的土壤上缺镁可能发生, 缺镁也可能因为大量施用只含 CaCO<sub>3</sub> 的石灰或大量施用钾肥引起。镁的诊断可用有效养分充足水平法, 或通过叶面喷施 MgSO<sub>4</sub> (泻盐) 对草坪缺镁进行快速诊断, 喷施的 MgSO<sub>4</sub> 浓度为 1 L 水中加 40 g MgSO<sub>4</sub>, 喷施于约 100 m<sup>2</sup> 草坪, 若草坪变绿, 土壤可能缺镁。缺镁土壤一般施用白云石灰 (同时含 CaCO<sub>3</sub> 和 MgCO<sub>3</sub>), 或每 100 m<sup>2</sup> 施用 1~2 kg 颗粒 MgSO<sub>4</sub>, 施后立即灌溉以免烧苗。

评价草坪土壤营养状况其次要考虑的是阳离子交换量 (CEC) 和微量元素。如果土壤 CEC<3.0 meq/100g, 则注意该土壤营养元素可能易于淋失, 需要通过施肥保持充足的营养。草坪管理中应注意时常测定土壤阳离子交换量, 以便了解施肥对土壤的影响。对于盐碱土, 阳离子中 Na<sup>+</sup> 比率非常重要, 它与阳离子百分数和盐基饱和度有关, 是土壤盐化/碱化潜势的指示。草坪土壤微量元素的水平与草坪草生长的关系不如大量元素与草坪草生长的关系可靠, 因此应结合草坪管理实际施用, 在土壤确实缺铁或锰时, 1 hm<sup>2</sup> 草坪大致喷施 1 kg Fe (或 Mn) 肥。但对于 Cu、B、Zn、Mo、Ni 等元素应注意别施用过要以免造成植株毒害。微量营养元素的植株组织测定或通过施用叶面肥料评价其效果可能对微量元素施用提供更好的指导。

土壤测试实验室对草坪的测土推荐施肥一般是全年用肥量, 因此施肥应根据当地生长季节长短的不同、降雨、温度、土壤和草坪类型以及草坪管理人员的经验

等进行分配和调节。土壤测试实验室必须与草坪管理人员结合, 才能使草坪测土推荐施肥技术更加完善。草坪合理施肥是在了解土壤养分状况的基础上制定施肥计划包括选择合适的肥料种类、肥料用量、施肥技术、施肥时间等, 因地、因种、因时地进行综合考虑, 才能达到营造高质量草坪和保护生态环境的和谐统一。

#### 参考文献

- [1] Carrow R N Soil testing for fertilizer recommendations[J]. Golf Course Management, 1995(11): 62-68.
- [2] 孙文松, 李玲. 我国草坪发展现状及前景[J]. 北方园艺, 2001(4): 31-32.
- [3] Starrett S, Su Y, Heier T, et al. Long-Term Monitoring of Nutrient Loss in Runoff from a Golf Course[J]. USGA Green Section Record, 2009, 47(1): 6-8.
- [4] 赵林萍, 吴礼树, 黄鸿翔等. 施肥对草坪质量及环境的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2006(4): 6-9, 39.
- [5] 张如莲. 草坪施肥研究进展[J]. 热带农业科学, 2002, 22(4): 77-81.
- [6] 马宗仁, 梅大钊. 高尔夫球场果岭草坪施肥技术探讨[J]. 中国草地, 2001(3): 50-53.
- [7] 马宗仁, 黄艺欣. 高尔夫球场球道草坪的施肥技术[J]. 草业科学, 2001, 18(4): 23-26.
- [8] 薛秋生, 杨贵明, 李素艳. 草坪培育中的几种施肥方法比较[J]. 中国林副特产, 2005, 79(6): 68.
- [9] 李敏, 王齐. 草坪施氮研究概述[J]. 甘肃农业科技, 2008(5): 43-48.
- [10] 陈燕, 韩烈保. 春季施用 5 种缓/控释肥料对高尔夫球道草坪草生长的作用[J]. 草业科学, 2008, 25(5): 104-107.
- [11] 徐艳丽, 鲁剑巍, 周世力, 等. 氮磷钾肥对高羊茅生长及抗寒性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007(6): 1173-1177.
- [12] 马宗仁, 阳承胜, 黄艺欣. 高尔夫球场基本特征与草坪施肥技术的关系[J]. 中国园林, 2001(2): 71-73.
- [13] 于凤芝, 仲秋维, 夏红梅. 苏达盐土建植草坪改土施肥技术研究[J]. 草业科学, 2003, 20(2): 66-68.
- [14] 姜军平, 李敏, 张福锁, 等. 高尔夫球场土壤养分测试与诊断[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 497-500.
- [15] 白由路, 杨俐苹. 我国农业中的测土配方施肥[J]. 土壤肥料, 2006(2): 3-7.
- [16] 金继运, 白由路, 杨俐苹. 高效土壤养分测试技术与设备[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [17] 杨俐苹, 金继运, 白由路, 等. 土壤养分综合系统评价法与平衡施肥技术研究回顾与展望[J]. 中国农业科学, 2007, 40(Suppl. 1): 226-232.
- [18] Skonulski J E. Unlocking the Mysteries: Interpreting a Soil Nutrient Test for Sand-Based Greens[J]. USGA Green Section Record, 2001, 39(1): 9-11.
- [19] Baird J H. Soil Fertility and Turfgrass Nutrition 101[J]. USGA Green Section Record, 2007, 45(5): 2-8.
- [20] Christians N, John R S. Cation Ratios and Soil Testing Methods for Sand-based Golf Course Greens[J]. USGA Turfgrass and Environmental Research Summary, 2005: 9.

# 有机固体废弃物再生环保型无土栽培基质研究进展

于 鑫, 孙向阳, 张 骅, 王 惠, 魏 莎

(北京林业大学 水土保持学院 北京 100083)

**摘 要:** 简述了国内外环保型无土栽培基质研究历史和趋势, 综述了我国有机固体废弃物再生环保型无土栽培基质在蔬菜生产、观赏植物栽培和城市绿化方面的研究、开发和应用现状。对我国利用有机固体废弃物生产环保型无土栽培基质存在的问题进行了讨论, 并对其发展前景进行了展望。

**关键词:** 有机固体废弃物; 无土栽培; 基质; 环保型

**中图分类号:** S 604<sup>+</sup>.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)10-0136-04

栽培基质是植物生长的基础和媒介, 是无土栽培技术的关键<sup>[1]</sup>。栽培基质除了支持、固定植株外, 更重要的是具有中转站的作用, 使来自营养液的养分、水分得以中转, 植物根系从中按需选择吸收。基质的研究是无土栽培的第一步, 同时也能反应无土栽培的水平<sup>[2]</sup>。目前无土栽培基质主要分为无机和有机两大类, 国内外通用的无机型无土栽培基质为岩棉, 有机型无土栽培基质为泥炭。但是前者在自然界难以降解<sup>[3]</sup>, 栽培作物后成为固体废物, 造成环境污染; 后者大量开发利用造成地球湿地生态系统不可逆转的破坏, 并且这2种类型的

基质价格均相当昂贵, 已经有许多国家开始限制这2种基质的开发和使用。从环保性和经济性出发, 质优价廉的环保型无土栽培基质的开发利用已成当务之急。

目前社会各界越来越多地关注各种工农业及城市绿化所产生的有机固体废弃物的开发利用, 并且随着无土栽培水平的进步, 有机固体废弃物再生环保型无土栽培基质的研究已成为这一领域的重要课题<sup>[4]</sup>。

## 1 国内外环保型无土栽培基质研究概况

20 世纪 70 年代以来, 国内外不少学者提出利用堆肥、农业有机废弃物、下水道污泥等材料, 如纸泥、煤渣、橡胶屑、洋麻纤维、废棉、堆肥土、椰粉纤维 CD、鱼骨堆肥、生物固体、污泥等原料企图以部分或全部取代泥炭的利用, 但因其性质不易掌握或容易再造成污染, 一直无法动摇泥炭的地位。

自 20 世纪 80 年代后期以来, 欧美国家颁布实施了有关环保法规, 如禁止营养液的排放以免污染地下或地表水源, 禁止泥炭资源的开采等。为了保护湿地生态系统, 泥炭资源较少的国家如南欧, 很少开发利用泥炭, 即

**第一作者简介:** 于鑫(1983-), 女, 在读硕士, 主要研究方向为园林绿化废弃物的资源化再利用。E-mail: heicaoyuxin1010@126.com。

**通讯作者:** 孙向阳(1965-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为土壤生态及林木营养与施肥。E-mail: sunxy@bjfu.edu.cn。

**基金项目:** 北京市财政局资助项目; 北京市科技计划软科学研究类资助项目(Z08000602670801)。

**收稿日期:** 2009-05-20

## Soil Testing and Fertilizer Recommendations for Turfgrass

YANG Li-ping

(Ministry of Agriculture Key Laboratory of Crop Nutrition and Fertilization, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing 100081, China)

**Abstract:** Soil testing and fertilizer recommendations for turfgrass were discussed in this paper. It focused on soil testing methods, soil testing plan for turf and golf course, soil sampling, chemical extraction and analysis, the evaluation method of soil fertility and interpretation for soil testing results. Soil testing was used for predicting nutrient needs for adjustment by fertilization in turfgrass.

**Key words:** Turfgrass; Soil testing; Fertilizer recommendation