

光谱技术在草坪质量评价体系中的应用及前景

王雷^{1,2}, 王奎^{1*}

1. 中国农业大学动物科技学院草业科学系, 北京 100094
2. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特 010018

摘要 目前对于草坪质量评价体系的研究还有待完善, 草坪质量评价体系中采用的评判方法及手段往往缺乏客观的依据。光谱技术作为一种快捷、便利而又客观有效的分析手段, 在草坪学领域已经得到了一定程度的应用。文章综述了光谱技术对草坪质量评价体系中的诸多指标进行客观测定的应用性及可行性, 如: 草坪盖度、草坪色泽、草坪病害、草坪均一度等, 从而保证草坪质量评定更加理性和标准化。并期待着各种适用于草坪领域的分析软件及应用模型的完善以及新仪器的开发。

关键词 光谱学; 草坪; 质量评价体系

中图分类号: S812.2 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-0593(2008)06-1305-04

引言

随着城市生态和体育事业的发展, 草坪质量已越来越被世界所关注。近几年, 人们从生态学、生理学、遗传育种、生物技术等多方面对草坪进行了研究^[1-4], 但对于草坪质量评价体系的研究尚显不足, 尤其是草坪质量评价体系中采用的评判方法及手段往往缺乏客观的依据。到目前为止, 国内外草坪学者在进行草坪科研和生产过程中已经制定并使用了許多草坪质量评价体系和方法, 主要可分为五分制、九分制、十分制等评分方法, 其中以参照美国草坪草评价体系(NTEP)的九分制使用较多^[5,6]。在进行草坪质量评价时, 具体测定指标因不同的制定者和不同用途的草坪而有所差异, 但用来衡量草坪质量的指标归纳起来主要是密度、质地、色泽、均一性、绿色期、抗病性、盖度、耐践踏性和成坪速度等, 而各指标的测定方法多采用目测法和实际测量相结合。目测法简单易行, 但误差较大, 需要由经验丰富的人员参与评价; 而实际测量法虽然可将各项性状指标数量化, 从而使其评价结果的真实性较高, 但由于其检测时间长, 检测成本高, 会破坏草坪结构及景观, 从而对于影响运动场草坪使用等原因, 而使前述两种草坪质量评价方法均难度较大而且缺乏相当的客观性。随着光谱技术在天然草地^[7,8]和草坪管理中^[9-11]的应用, 草坪质量评价体系一定会得到很好的完善和

加强。

1 光谱技术的应用原理及特点

在仪器分析中, 依据物质发射、吸收电磁辐射以及物质与电磁辐射的相互作用而建立起来的分析方法^[12], 通过辐射能与物质组成和结构之间的内在联系及表现形式, 以光谱测量为基础形成的方法称为光谱法, 其中又以近红外光谱分析法(NIRS)的应用较为广泛。近红外技术就是依据物质的化学成分对近红外区光谱的吸收特性的不同而对物质的形态特征以及组织中的化合物进行的定量测定^[13]。光谱分析具有及时性、操作简单、成本低、在测定时不破坏或消耗样品等诸多优点。

目前, 用以草坪质量评价的指标和测定方法大都不易量化, 这给草坪的质量评价带来了模糊性和不确定性。进而在制订草坪的利用计划、养护管理计划、草坪育种、草坪绿期延长以及预防草坪退化等科学化管理措施方案时缺乏全面而客观的依据。目前, Rinehart等利用近红外光谱分析法对草坪盖度及草坪病害的研究^[14], 近红外光谱技术在分析植物叶片叶绿素含量中的应用^[15,16]以及光谱技术对混合种植草种的组成成分^[17-19]的精确分析等方面的应用, 使我们认识到光谱技术作为科学的研究手段在草坪草的质量评价中具有广阔的应用前景^[20]。

收稿日期: 2007-03-29, 修订日期: 2007-06-29

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2006AA10Z250)资助

作者简介: 王雷, 1972年生, 内蒙古农业大学林学院讲师

e-mail: wangzhuoran0810@sohu.com

*通讯联系人 e-mail: wangkun@cau.edu.cn

2 光谱技术在草坪草质量评价中的应用

2.1 光谱技术对草坪盖度的测定

草坪盖度是评定草坪质量优劣的一项重要指标。经过多年的发展,光谱技术在测定植被盖度方面的应用技术已经非常成熟,并且也达到了很高的精确度。植被盖度的常用表达方式为植被指数,目前常用的植被指数大都基于物理知识,将电磁辐射、大气、植被覆盖度和土壤背景的相互作用结合在一起考虑(如 PVI, SAVI, NDVI, GEMI 等),另外针对高光谱遥感及短波红外、热红外遥感而发展的植被指数(如 DVI, PRI 等)也较为常用^[12]。刘占宇^[21]等利用美国 ASD 公司生产的 Field SpecPro FRTM 光谱仪,对内蒙古的天然草地进行高光谱遥感地面观测,并计算天然草地植被覆盖度。分析结果显示,采用逐步回归分析方法,运用冠层原始反射率数据估算草地植被覆盖度的效果并不理想;而以红边波长范围内一阶微分波段值的总和(SDr)为变量的线性回归方程是最佳估算模型,模型标准差为 10.4%,估算精度为 83.99%。周家香^[22]等用江苏盐城的一幅多光谱图像运用缨帽变换方法进行了区分不同植被类型的实验。实验结果表明,缨帽变换能很好地划分树、灌木、草地等边界,对确定植物的覆盖度也有很大的帮助。张友静^[23]等研究高分辨率遥感城市绿地信息自动提取技术,认为城市绿地分布破碎,具有极强的非线性特征。核主成分分析(KPCA)可以表达图像像素间的高阶关系,因而可以提取图像的非线性特征,同时提供一组相互独立的主成分。实验结果表明,该方案比传统的方法精度高,可以很好地满足城市植被分类以及分析植被盖度的需求。赵春江^[24]等开发的便携式归一化差值植被指数(NDVI)测量仪为今后的草坪盖度测定提供了便捷的工具。虽然目前光谱技术在草坪管理中还没有得到普遍的应用,但应用光谱技术进行草坪盖度的测定却是非常可行的。

2.2 光谱技术对草坪色泽的定量测定

草坪颜色因草坪品种、生育期以及养护管理水平的不同而不同。草坪颜色的测定方法有目测评分法、比色卡法以及通过实验室测定草坪草叶片上叶绿素含量来衡量颜色的深浅等级等方法,通常草坪草叶绿素含量的测定多使用光谱技术中的分光光度法^[25]。但同时草坪外观颜色的一致性也是高质量草坪的标准。新兴的光谱技术不但能快捷有效地测定植株叶绿素含量,而且能对区域内植株颜色的均一性有较好的判定。绿色植物的反射光谱中,在可见光区域(400~700 nm)植物叶片存在 2 个吸收谷和 1 个反射峰,即 450 nm 的蓝光、650 nm 的红光和 550 nm 的绿光。在近红外区(700~1 300 nm)呈强烈反射。在红外区(1 300~3 000 nm)有 3 个吸收谷,即 1 450, 1 950 和 2 700 nm 的吸收带。通过分析绿色植物叶片对可见光(尤其是红光波段)的吸收作用,可以定量分析植物叶绿素含量。薛利红^[26]等采用 MSR-16 型便携式多光谱辐射仪测量小麦群体光谱,发现色素简单比值指数(PSR)和归一化色素指数(NPCI)与类胡萝卜素和叶绿素 a 的比值密切相关。唐延林^[15]等利用数值计算的方法分析了

水稻、玉米等作物的红边特征与作物生物量之间的相关性,结果表明,作物叶片光谱红边参数与叶片叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素及类胡萝卜素含量之间呈显著相关。杨敏华^[27]等利用倒高斯模型,采取实用模块化成像光谱仪(OMIS)获得高光谱遥感数据,建立了小麦红边位置、红边宽度等高斯红边特征和光谱吸收特征与小麦叶片叶绿素 a、叶绿素 b 等的反演模型,通过预测模型可以对观测区内的叶绿素含量进行分析。日本生产的 SPAD 等叶绿素测量仪为测定植物叶片叶绿素含量提供了便利的工具。Li^[16]等利用叶绿素计测定植物叶绿素含量的结果与化学分析的叶绿素值之间有很强的相关关系,表明叶绿素计有很大的实用性。虽然截止目前,新兴的光谱技术在草坪草色泽测定方面应用得还不广泛,但由于光谱技术的简单性、客观性使其在草坪草色泽测定方面有很强的适用性和很好的应用前景。

2.3 光谱技术对草坪病虫害的定量测定

对草坪病虫害的控制水平在很大程度上代表了草坪养护管理水平的高低。草坪病虫害的发生程度与草坪品质高低密切相关,高病害的发生,会造成草坪景观的巨大破坏、运动性草坪不能投入使用,而且不准确的病害判断还会造成杀虫剂、杀菌剂不恰当投入而引发的环境污染。因此,及时、准确地判定草坪病虫害的发生,是草坪病虫害得以有效控制的先决条件。通常,当绿色植物生长旺盛时,植物的光谱曲线中的“红边”会向红外方向偏离,而当植物由于感染病虫害而失绿时,则“红边”会向蓝光方向移动^[12]。因此,根据受损植物与健康植物光谱曲线的比较,可以确定植物是否有病虫害发生以及病虫害的发病程度如何。Rinehart^[14]等利用近红外光谱技术研究了高尔夫球场草坪冠层反射与冷季型草坪褐斑病和钱斑病之间的关系。研究结果表明,可见光光谱及近红外光谱传感器能够及时有效地判定草坪草褐斑病和钱斑病的发生情况。对草坪钱斑病判定准确率为 89.7%,对褐斑病判定的准确率为 91.4%。James^[28]等采用 NIRS 技术,对匍茎翦股颖(*Agrostis palustris*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*)在整个生长季节内草坪草屑含氮量及其钱斑病发病的相关程度进行了分析。初步分析表明,匍茎翦股颖随着草坪草屑含氮量的升高,钱斑病的发病程度减轻,但当草屑含氮量接近 5%时,对病害的这种抑制作用明显变小。Couillard^[29]等用 NIRS 技术来监测一定程度上导致匍茎翦股颖产生病虫害的枯草层成分,效果很好。Hill^[30]等、Roberts^[31]等用 NIRS 技术评估高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.)真菌感染水平,对于监测、控制高羊茅草坪的病害发生效果明显。总之,光谱技术在草坪草病虫害监测和控制方面所体现出的及时性和准确性,是其他监控手段比较难于完成的。

2.4 光谱技术对草坪均一性的测定

均一性是对草坪外观的均一、平整程度的综合评价。它受草坪质地、混播草种种类、杂草数量和修剪整齐度等多方面的影响。目前,草坪界习惯用目测法进行草坪均一性的评定,而运用光谱技术可以从多方面对草坪的均一性给出客观的量化指标。利用近红外光谱分析技术, Pitman^[17]等有效地分析了热带豆科-禾草草地样本中各组分的组成比例,并建立了回归方程(相关系数达到 0.98~0.99,标准误差 1.4%)

~2.9%)。Lila^[18]等利用 NIRS 研究了生长期三叶草与禾草的混合草地中各组分比例关系。采用多元线性回归、主成分分析等多种方法来分析光谱结果,这样便简化了枯燥而复杂的常规取样分析方法,建立了行之有效的回归方程。Wachendorf^[19]等运用近红外单光扫描仪分析了红三叶、白三叶与禾草混播确定组分比例的试验,并建立了标准回归方程,对于同类组合比例分析具有很好的参考价值。光谱技术对草坪均一性的测定除了能有效分析混播草坪的不同组分的比例外,还能对杂草进行有效的监控。Brown^[32]等运用分光辐射谱仪在自然光照条件下测定了棉田中的几种杂草在 400~900 nm 范围内的反射率,通过分析得到了 440, 530, 650 和 730 nm 四个特征波长点。Vrindts^[33]等运用分光辐射谱仪测定了玉米和各种杂草以及土壤在 200~2 000 nm 范围内的反射率,分析结果表明,运用 1 085, 645, 695 nm 三个特征波长点判别分析玉米和杂草的错误识别率为 0。Wang^[34]等、毛文华^[35]等在研究不同的杂草的光谱特性的工作中也取得很好的结果。综合分析可以看到光谱分析技术可以从多方

面、多角度地对草坪的均一性给出客观的评价。

2.5 光谱技术对草坪质量评定体系中其他要素的测定

光谱技术对草坪草^[36, 37]及其他牧草^[38, 39]各种成分的有效分析,可以使我们对于草坪草的抗践踏性产生综合性的认识。而草坪绿色期以及成坪速度等也可以通过对叶绿素的测定,对草坪覆盖度的综合判定等有较为理性的认识。

3 光谱技术在草坪质量评定体系中应用前景

光谱技术作为一种快捷、便利而又客观有效的分析手段,已经广泛应用于作物栽培管理^[40]、食品分析加工^[41]、土壤分析检测^[42]等许多方面,并且在草坪管理领域也有一定的应用,但是在草坪领域的应用还并不广泛,相应的计量学软件和应用模型还比较缺乏。随着光谱技术在草坪学各个领域更为广泛的应用,各项配套工作的日渐完善,各种便携式仪器的有效开发,草坪质量评价体系必将进入一个崭新的阶段,整个草坪学领域也必将有一个新的发展。

参 考 文 献

- [1] Dernoeden P H, Carro ll M J, Krouse J M. Crop Science, 1993, 33: 1055.
- [2] Fidanza M A, Dernoeden P H. Crop Science, 1996, 36: 1620.
- [3] Turgeon A J. Turfgrass Management. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1996. 36.
- [4] MAO Pei-sheng, HAN Jian-guo, PU Xin-chun, et al (毛培胜, 韩建国, 浦心春, 等). Grassland of China (中国草地), 1997, 19(2): 36.
- [5] OU YANG Di-mei, DING Shao-jiang, ZHU Wei-hua, et al (欧阳底梅, 丁少江, 朱伟华, 等). Pratacultural Science (草业科学), 2005, 22(3): 98.
- [6] JIANG Hai-dong, CAO Wei-xing, WANG Ju-bin (江海东, 曹卫星, 王举斌). Pratacultural Science (草业科学), 1998, 15(2): 55.
- [7] Cohen M J, Dabral S, Graham W D, et al. Environmental Monitoring and Assessment, 2006. 116: 1/3: 427.
- [8] Shepherd K D, Palm C A, Gachengo C N, et al. Agronomy Journal. 2003, 95(5): 1314.
- [9] Ian R, Rodriguez, Grady L. Agronomy Journal, 2000, 92: 423.
- [10] Thosmas Fermanian, Mark S Chmidt, Siddhartha. 2003 Illinois Turfgrass Research Report. 2003. 8.
- [11] WANG Jia-zhen (王加甄). Grassland and Turf (草原与草坪), 2005, (2): 15.
- [12] LI Min-zan (李民赞). Technology of Spectroscopy and Its Applications (光谱分析技术及其应用). Beijing: Science Press (北京: 科学出版社), 2006. 2.
- [13] Marten G C, Shenk J S, Barton F E. Agric. Handb., 1985, 643(6): 43.
- [14] Rinehart G J, Baird J H, Calhoun R N, et al. International Turfgrass Society, 2001, 9: 705.
- [15] TANG Yan-lin, HUANG Jing-feng, WANG Xiu-zhen (唐延林, 黄敬峰, 王秀珍). Scientia Agrucultural Sinica (中国农业科学), 2004, 37(1): 29.
- [16] LI Minzan. Proceeding of International Conference on Environmental Engineering in Agricultural System, Kanazawa, Japan, September 12-15, 2005. 1.
- [17] Pitman W D, Piacitelli C K, Aiken G E, et al. Agronomy Journal, 1991, 83(1): 103.
- [18] Lila M, Furstoss V, Bertrand D. Proceedings of the XVI International Grassland Congress, 4-11 October 1989, Nice, France, 1989, 1429.
- [19] Wachendorf M, Ingwersen B, Taube F. Grass and Forage Science, 1999, 54(1): 87.
- [20] Fermanian Thosmas, Schmidt Mark. Siddhartha, 2002 Illinois Turfgrass Research Report, 2002. 14.
- [21] LIU Zhan-yu, HUANG Jing-feng, WU Xin-hong, et al (刘占宇, 黄敬峰, 吴新宏, 等). Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报), 2006, 17(6): 955.
- [22] ZHOU Jia-xiang, ZHU Jian-jun, ZUO Ting-ying (周家香, 朱建军, 左廷英). Mine Surveying (矿山测量), 2006, 1: (13-14): 50.
- [23] ZHANG You-jing, HUANG Hao, MA Xue-mei (张友静, 黄浩, 马雪梅). Geography and Territorial Research (地理与地理信息科学), 2006, 22(3): 35.
- [24] ZHAO Chun-jiang, LIU Liang-yun, ZHOU Han-chang (赵春江, 刘良云, 周汉昌). Optical Technique (光学技术), 2004, 30(3): 324.
- [25] White R H, Engelke M C, Morton S J, et al. Crop Sci., 1992, 32: 251.

- [26] XUE Li-hong, CAO Wei-xing, LUO Wei-hong(薛利红, 曹卫星, 罗卫红). *Journal of Plant Ecology*(植物生态学报), 2004, 28(2): 172.
- [27] YANG Min-hua, LIU Liang-yun, LIU Tuan-jie(杨敏华, 刘良云, 刘团结). *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*(测绘学报), 2002, 31(4): 316.
- [28] James A Murphy, Gregory Castano, et al. The Third Annual RUTGERS Turfgrass Symposium, January 21, 1994, New Brunswick, 1994. 1.
- [29] Couillard A A, Turgeon A J, Shenk J S, et al. *Hort Science*, 1994, 29: 249.
- [30] Hill N S, Petersen J C, Shelby R A, et al. *Crop Sci.*, 1987, 27: 1291.
- [31] Roberts C A, Barton F E II, Moore K J. *Agronomy. Journal*, 1988, 80: 737.
- [32] Brown R B, Steckler J, Anderson G W. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 1994, 37(1): 297.
- [33] Vrindts E, De Baerdemaeker J, Romom H. *Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture*, Odense, Denmark. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press, 1999. 257.
- [34] Wang Ning, Zhang Naiqian, Dowell Floyd E, et al. *Proceedings of 99 International Conference on Agriculture Engineering*, Beijing, China, 1999. 38.
- [35] MAO Wen-hua, WANG Yue-qing, WANG Yi-ming, et al(毛文华, 王月青, 王一鸣, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis*(光谱学与光谱分析), 2005, 25(6): 984.
- [36] Shepard D P, Dipaola J M, Burns J C, et al. *Agronomy Abstracts*, 1990, 11: 182.
- [37] Narra S, Fermanian T W, Swiader J M. *Crop Science*, 2005, 45(1): 266.
- [38] Boval M, Coates D B, Lecomte P, et al. *Animal Feed Science and Technology*, 2004, 114: 1/4: 19.
- [39] Villamarin B, Fernandez E, Mendez, J. *Journal of AOAC-International*, 2002, 85(3): 541.
- [40] Liu H Q, Huete A R. *Remote Sensing*, 1995, 33: 357.
- [41] Pravdova V, Walczak B. *Analytica Chimica Acta*, 2001, 450: 131.
- [42] Pirie A, Balwant Singh, Kamrunnahar Islam. *Australian Journal of Soil Research*, 2005, 43(6): 713.

Application and Prospect of Spectroscopy in the Turfgrass Quality Evaluation Program

WANG Lei^{1,2}, WANG Kun^{1*}

1. Department of Grassland Science, Animal Science and Technology College, China Agricultural University, Beijing 100094, China
2. Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China

Abstract In the process of protection and improvement of the city ecological environment, the turfgrass' role cannot be substituted. Many researches on turfgrass have been made in terms of ecology, physiology and biotechnology, but still revealed the insufficiency regarding the research on turfgrass quality evaluation program. Particularly, the judgment method used in the turfgrass quality evaluation program often lacked the objective basis. The spectral analysis is the method based on the materials emission or absorption of electromagnetic radiation as well as the mutual relation between material and the electromagnetic radiation. There are many merits during the spectral analysis: timeliness, operation simplicity, cost low cost, no sample consumption and so on. As one kind of effective, convenient and objective analysis means, spectroscopy has found certain applications in the turfgrass field, such as turfgrass coverage degree, turfgrass colour and lustre, turfgrass disease and turfgrass uniformity, thereby, the application of spectral technology in turfgrass quality evaluation could ensure the result with rationalism and standardization. At the same time, it is expected that various analysis software, models and new instruments to be applied to the turfgrass field are going to be improved. Furthermore, it is hoped that the spectrum technology is to be applied widely in turfgrass science study.

Keywords Spectroscopy; Turfgrass; Quality evaluation program

* Corresponding author

(Received Mar. 29, 2007; accepted Jun. 29, 2007)