

四种不同类型绿地土壤特征及其对植物根系活力的影响

孙鹏飞, 李 伟, 郭绍霞

(青岛农业大学 园林与林学院, 山东 青岛 266109)

摘要:为促进青岛市城市土壤的管理与改良,通过采集和分析青岛市城阳区街头绿地、广场绿地、居住区绿地和公园绿地土壤样品,比较分析不同乔木林下土壤紧实度、土壤含水量、土壤 pH、土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾和土壤有机质的差异及相关性,及其对植物根系活力的影响。结果表明:同一种植物在不同绿地类型中或不同植物在同一绿地类型中,土壤含水量、土壤紧实度、土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、土壤速效钾、土壤有机质与根系活力表现出一定的相关性。土壤紧实度与土壤 pH 呈正相关,与土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾和有机质含量呈负相关。随土壤紧实度升高,其含水量下降, pH 增加,有机质、全氮和速效氮减少,全磷和速效磷流失明显,植物根系活力下降。

关键词:绿地类型;土壤紧实度;土壤含水量;根系活力

中图分类号:S641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)08-0045-06 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.08.0045

土壤是植物生存的关键,能为植物提供赖以生存的水分、养分等条件,对植物的生长有至关重要的作用。土壤作为植物赖以生长的基质,其理化特性决定着植物生长状况,植物生长又反作用于土壤,逐步改善其环境条件。城市化背景下,城市环境发生了深刻的变化,原本疏松肥沃的土壤被硬质的路面、高架桥等所覆盖,土壤紧实度增加,通透性变差,养分循环发生变化,形成特殊城市生境类型^[1-3]。城市绿地是城市生态系统的重要组成部分,其土壤性质的优劣直接影响绿地内植物的生长、继而影响绿地质量及其生态景观功能^[4]。随着城市化的快速发展以及居民生活水平和环境意识的不断提升,城市环境质量越来越引人关注。提高城市森林或绿地的数量和质量是改善城区生态环境最重要的途径,而对绿地土壤的利用、管理和改良则被认为是关系城市绿地建设成功与否的关键问题^[5-6]。因此,探讨城市绿地土壤质量以及对城市绿地土壤质量的系统评价将是当前和未来一段时间内城市土壤研究的热点之一。20 世纪 90 年代,可持续土地利用和土壤管理在国际上越来越受到重视,土壤质量的概念随

之被强调^[7]。目前,针对城市绿地的研究多集中于城市生态效益定性研究,而对影响城市绿地景观效益差异性原因的研究很少^[8]。针对植物的研究中,主要通过盆栽和微区实验对植物根系的生长进行研究,少有对高大乔木根系及土壤的相关研究。

雪松(*Cedrus deodaea*)与悬铃木(*Platanus orientalis*)为青岛市基调树种,绦柳(*Salix matsudana* Koidz. cv. Pendula)与紫叶李(*Prunus cerasifera* var. *atropurpurea* Jacq)为青岛市骨干树种,在青岛市不同绿地类型中被广泛应用。然而 4 种树种生物学特性和生态习性差异较大,势必对土壤产生不同的影响。因此本文拟针对青岛市城阳区不同绿地类型土壤,采集以上 4 种植物根围土壤,分析其质量状况,并探讨与植物根系活力的相关性,以便为青岛市城市土壤的管理与改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

青岛市城阳区属中纬度暖温带季风气候,年平均气温 12.6℃。城阳因受海洋影响,夏季气温较内陆低,平均气温 24℃,冬季气温较高,平均气温 -0.2℃。年平均雷暴日数为 24 d。青岛市土壤主要有 5 类:棕壤、砂浆黑土、潮土、褐土、盐土。青岛地区得天独厚的地理位置和自然环境给多种植物生长提供了有利条件。

收稿日期:2016-07-16

基金项目:青岛市科技计划资助项目(12-1-4-5-(4)-jch)

第一作者简介:孙鹏飞(1992-),男,山东省淄博市人,在读硕士,从事菌根生理生态研究。E-mail:1075554411@qq.com。

通讯作者:郭绍霞(1971-),女,山东省莱阳市人,博士,教授,从事菌根生理生态和观赏园艺研究。E-mail:gsx2309@126.com。

1.2 样地选择

试验在城阳区选择了城市居民生活和休憩活动频繁的公园绿地、街头绿地、居住区绿地和广场绿地4种绿地类型中雪松、悬铃木、绦柳、紫叶李林地作为试验样地。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验于2015年5月,选择无风晴朗的天气,于距离主干50 cm处设5个样点,每个样点选3个样地重复取样并测定土壤紧实度和土壤含水量;并于土壤20~30 cm深处取4种植物根系用于测定根系活力。采集土样时去掉表层土2 cm,取植物根围0~10 cm土层的土样2 kg左右,采集后装入自封袋,带回实验室,经自然风干后测其土壤pH、土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾、土壤有机质。

1.3.2 测定项目及方法 (1)土壤紧实度与土壤含水量的测定:先将要测量的土壤表面整平,利用数显土壤紧实度测试仪-HJD-2测定土壤紧实度;水分盐分温度测量仪-SMEC-300测定10 cm深处的土壤含水量。

(2)土壤pH、土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾、土壤有机质的测定:pH采用电位法测定、全氮采用半微量凯氏法测定、碱解

氮采用碱解扩散法测定、全磷采用钼蓝比色法测定、速效磷采用 $\text{NH}_4\text{F-HCl}$ -钼锑抗比色法测定、有机质采用重铬酸钾氧化法测定、速效钾采用中性 NH_4OAc 浸提火焰光度法测定^[9]。

(3)根系活力的测定:称取根尖样品0.2~0.3 g,放入10 mL烧杯中,采用张志良的方法,以张志良植物生理实验为指导;光强对桐花树根系生长和根系活力的影响^[10]。用UV-2800型紫外可见分光光度计于520 nm波长处测定吸光度值。根系活力以 α -萘胺($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{Fw}\cdot\text{h}^{-1}$)表示。

1.3.3 数据分析 数据经Excel处理后,利用DPS 19.0软件进行方差、相关性、差异性分析。

2 结果与分析

2.1 绿地类型对土壤紧实度的影响

绿地类型在一定程度上影响土壤的紧实度(见图1)。道路绿地的土壤紧实度最高,其次是广场绿地、居住区绿地和公园绿地。在4种绿地类型中,紫叶李根围土壤紧实度差异显著,其中道路绿地的土壤紧实度最高,为 $26.068\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;公园绿地的最低,为 $10.015\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。道路绿地处的悬铃木根围土壤紧实度显著高于其它3种绿地,其它3种绿地之间差异不显著。

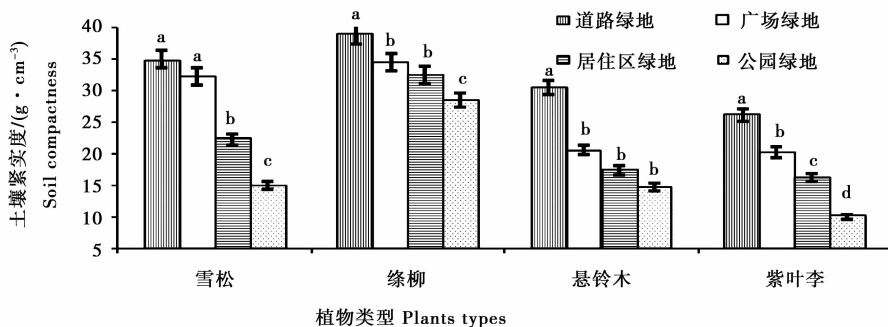


图1 不同绿地类型对土壤紧实度的影响

Fig. 1 The effects of different green space types on soil compactness

2.2 植物对土壤紧实度的影响

不同植物根围土壤紧实度不同(见图2)。不同绿地类型均以绦柳根围土壤紧实度最高,且显著高于其它树种;紫叶李根围的最低。道路绿地中,绦柳根围土壤的紧实度最高,为 $38.974\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;紫叶李的最低,为 $26.068\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。道路绿地中,4种植物根围土壤紧实度差异性显著;广场绿地中,绦柳、雪松和悬铃木根围土壤紧实度差异显著,悬铃木与紫叶李差异不显著;居住区绿地表现出相同的规律。公园绿地中,雪松和悬铃木根围土壤紧实度差异不显著,但均显著高于紫叶李。

2.3 绿地类型对土壤含水量的影响

不同绿地类型不同程度地影响土壤含水量(见图3)。公园绿地最高,其次是居住区绿地、广场绿地和道路绿地,但不同植物根围表现出的规律性不同。不同绿地类型中,紫叶李根围土壤含水量差异显著;公园绿地的土壤含水量最高,为28.0%;道路绿地的最低,为13.2%。在4种不同绿地类型中,雪松根围土壤含水量差异不显著,分别为12.1%、12.9%、13.5%和14.8%。绦柳和悬铃木根围土壤含水量表现为道路绿地与广场绿地差异不显著、居住区绿地与公园绿地的差异不显著。

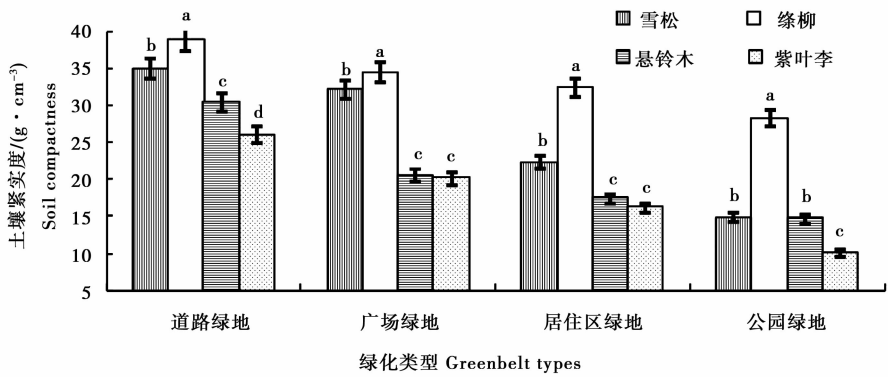


图 2 不同植物对土壤紧实度的影响

Fig. 2 The effects of different plants types on soil compactness

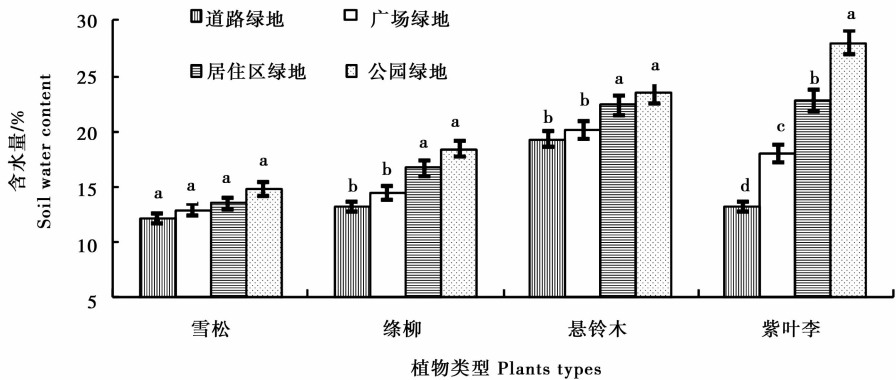


图 3 不同绿地类型对土壤含水量的影响

Fig. 3 The effects of different green space types on water content

2.4 植物对土壤含水量的影响

植物在一定程度上影响其根围土壤含水量,但在不同绿地类型中表现出的规律不同(见图4)。公园绿地中,不同植物根围土壤含水量差异显著,紫叶李的最高,为 28.0%;雪松的最低,为

14.8%。在道路绿地和广场绿地中,悬铃木根围土壤含水量显著高于雪松、绦柳和紫叶李。居住区绿地中,悬铃木和紫叶李根围土壤含水量显著高于雪松和绦柳,悬铃木与紫叶李的含水量差异不显著。

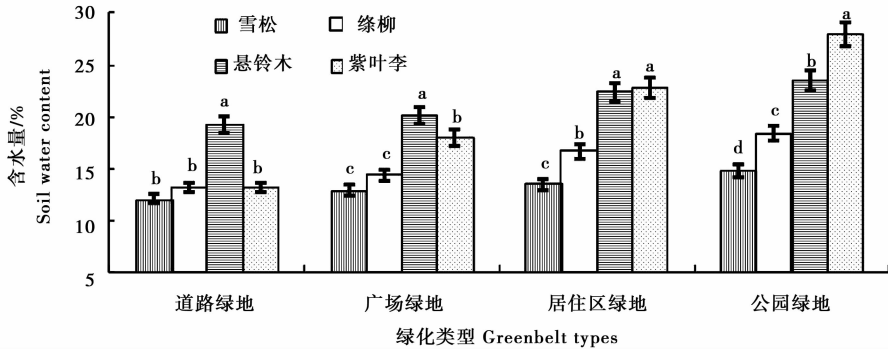


图 4 不同植物对土壤含水量的影响

Fig. 4 The effects of different plants types on water content

2.5 绿地类型和植物对土壤理化性质的影响

绿地类型和植物不同程度地影响土壤的理化性质(见表1)。植物根围 pH 随着土壤紧实度的

增加而增加;道路绿地植物根围 pH 与公园绿地差异显著;植物根围全氮、碱解氮、全磷、速效磷、速效钾和有机质均随土壤紧实度的增加而减少。

公园绿地的紫叶李根围全氮、全磷、速效钾和有机质均最高，分别为 3.95 g·kg⁻¹、1.53 g·kg⁻¹、117 mg·kg⁻¹和 71 mg·kg⁻¹；道路绿地紫叶李根围速效磷最低为 5 mg·kg⁻¹。

表 1 土壤紧实度对不同植物根围土壤理化性质的影响

Table 1 Effect of soil compactness on physical and chemical properties of soil in different plant rhizosphere

植物 Plants	样地 Plots	pH	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹) Alkaline hydrolysis nitrogen	全磷/ (g·kg ⁻¹) Total P	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K	有机质/ (mg·kg ⁻¹) Organic matter
雪松 C. deodaea	道路绿地	6.6±0.162 a	2.88±0.004 d	89±2.613 d	0.84±0.003 d	6±0.627 c	68±3.323 d	43±2.447 d
	广场绿地	6.5±0.071 ab	3.07±0.008 c	96±3.157 c	0.96±0.007 c	7±0.441 b	74±4.237 c	47±3.992 c
	居住区绿地	6.3±0.117 bc	3.24±0.014 b	104±3.862 b	1.29±0.012 b	7±0.725 b	75±2.985 b	53±3.049 b
	公园绿地	6.2±0.15 9 c	3.42±0.007 a	121±2.749 a	1.35±0.005 a	8±0.787 a	81±3.878 a	55±2.823 a
绦柳 S. matsudana	道路绿地	6.7±0.096 a	2.93±0.009 d	94±2.965 d	0.93±0.006 d	7±0.662 b	79±3.617 d	42±2.668 d
	广场绿地	6.5±0.133 ab	3.13±0.015 c	98±3.606 c	1.04±0.018 c	7±0.583 b	86±2.526 c	45±1.974 c
	居住区绿地	6.5±0.225 ab	3.30±0.019 b	114±4.038 b	1.34±0.011 b	8±0.962 a	101±4.424 b	49±3.086 b
	公园绿地	6.4±0.182 b	3.54±0.007 a	131±3.397 a	1.42±0.008 a	9±0.457 a	106±4.873 a	51±2.149 a
悬铃木 P. orientalis	道路绿地	6.5±0.089 a	3.57±0.011 d	100±4.288 d	1.05±0.007 d	6±0.661 b	85±4.016 d	45±3.218 d
	广场绿地	6.3±0.104 b	3.63±0.008 c	112±5.891 c	1.13±0.10 c	7±0.983 ab	92±4.625 c	47±3.56 c
	居住区绿地	6.3±0.064 b	3.79±0.019 b	127±3.652 b	1.32±0.016 b	8±1.186 a	105±5.337 b	59±4.233 b
	公园绿地	6.2±0.149 b	3.85±0.013 a	139±4.937 a	1.39±0.006 a	8±0.762 a	114±5.582 a	61±4.959 a
紫叶李 P. cerasifera	道路绿地	6.4±0.063 a	2.99±0.003 d	91±3.652 d	0.97±0.002 d	5±0.427 c	99±4.668 d	46±3.617 d
	广场绿地	6.3±0.117 ab	3.58±0.005 c	115±4.373 c	1.07±0.007 c	7±0.918 b	105±4.928 c	56±3.934 c
	居住区绿地	6.3±0.186 ab	3.75±0.009 b	132±4.768 b	1.38±0.013 b	8±0.652 b	109±5.701 b	64±4.065 b
	公园绿地	6.1±0.295 b	3.95±0.016 a	147±5.917 a	1.53±0.020 a	10±0.941 a	117±6.335 a	71±4.604 a

同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异性显著。下同。
Different lowercases mean significant difference at 0.05 level. The same below.

2.6 绿地类型对根系活力的影响

绿地类型影响植物的根系活力，公园绿地的植物根系活力最高，其次为居住区绿地、广场绿地和道路绿地(见图 5)。雪松在公园绿地中根系活力最高，为 81.44 μg·g⁻¹·h⁻¹；显著高于道路绿地和广场绿地；悬铃木和紫叶李表现出相似的规律性，

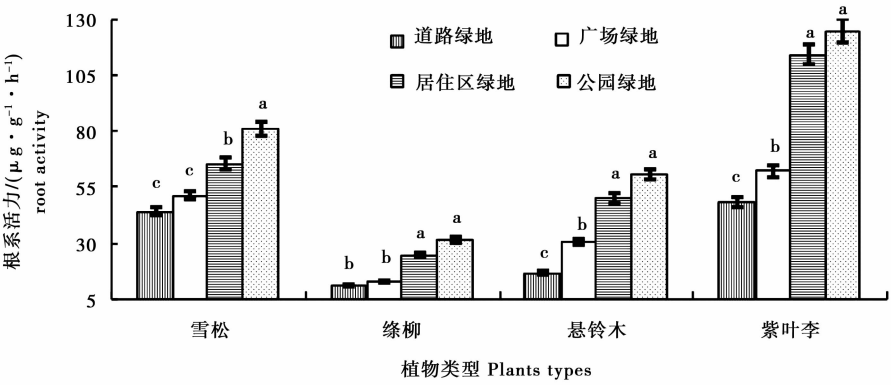


图 5 不同绿地类型对根系活力的影响
Fig. 5 The effects of different green space types on root activity

公园绿地植物根系活力与居住区绿地的差异不显著,但与道路绿地和广场绿地的差异显著。公园绿地中绦柳的根系活力显著高于广场绿地和道路绿地,为 $31.44\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

2.7 土壤理化性质与根系活力的相关性

由表 2 可知,土壤紧实度与土壤 pH 呈正相关,

与土壤含水量、土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾、土壤有机质及根系活力呈负相关;其中土壤全磷与土壤 pH 呈极显著负相关,土壤速效钾与碱解氮呈极显著正相关;土壤 pH 与土壤有机质呈显著负相关;土壤全氮与碱解氮、土壤速效钾与速效磷、土壤有机质与全磷呈显著正相关。

表 2 植物根围土壤性质的相关性

Table 2 The correlation of plant rhizosphere soil properties

项目 Items	土壤紧实度 Soil comactness	土壤含水量 Soil moisture content	土壤 pH pH of soil	土壤全氮 Total N	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen	土壤全磷 Total P	速效磷 Available P	土壤速效钾 Available K	土壤有机质 Organic matter	根系活力 Root activity
土壤紧实度 Soil comactness	1									
土壤含水量 Soil moisture content	-0.634	1								
土壤 pH pH of soil	0.441	-0.281	1							
土壤全氮 Total N	-0.247	0.359	-0.743	1						
碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen	-0.085	0.223	-0.827	0.921 *	1					
土壤全磷 Total P	-0.352	0.414	-0.991 * *	0.757	0.77	1				
速效磷 Available P	-0.244	0.557	-0.492	0.612	0.83	0.374	1			
土壤速效钾 Available K	-0.293	0.326	-0.814	0.851	0.99 * *	0.737	0.892 *	1		
土壤有机质 Organic matter	-0.051	0.283	-0.878 *	0.795	0.68	0.946 *	0.165	0.594	1	
根系活力 Root activity	-0.762	0.441	-0.242	0.776	0.47	0.343	0.093	0.341	0.597	1

* 表示差异显著, * * 表示差异极显著。
* represent significant difference at 0.05 level, * * represent extremely significant difference at 0.01 level.

3 讨论与结论

近年来,城市土壤研究越来越受到人们的关注,它影响园林植物的生长发育,进而影响其生态效益和社会效益的发挥。土壤紧实度是影响植物生长的重要因子之一,它影响植物根系活力,过紧或过松都不利于植物的生长^[11]。植物生长过程中绝大多数水分都是由土壤提供,土壤含水量的高低直接影响植物生长状况^[12]。土壤紧实度与土壤含水量之间呈显著负相关,土壤干燥收缩导致其土壤紧实度增大^[13]。紧实土壤中的植物根系生长减缓、根系长度缩短以及根系数量减少^[14]。植物根系对植物生长发育有重要作用,在土壤水分正常的条件下,土壤含水量越多,根水势

越高,根系的生物量越大,根系活力越强^[15]。本文通过对城市不同绿地类型中不同乔木绿地土壤的研究,发现土壤环境与根系的影响是相互的,它们之间相互联系从而影响根系的生长发育。土壤紧实度与土壤含水量、土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾和有机质含量以及根系活力之间存在负相关性,即:土壤紧实度越高,土壤含水量则越低,土壤全氮、碱解氮、土壤全磷、速效磷、土壤速效钾和有机质含量越低,根系活力也越低。土壤含水量低则土壤干燥,土壤干燥而收缩导致其土壤紧实度高,各种营养物质减少。

当今城市中的工业“三废”、机动车废气以及生活垃圾这些污染或直接或间接进入城市绿地土

壤中,进而引起城市绿地土壤化学性质的改变,造成城市绿地土壤的污染^[16]。由于城市绿地土壤生态系统较为封闭,物质循环与转化过程单调、缓慢,土壤环境容量小,对污染物的代谢和降解功效较低,进入土壤的污染物得不到及时的代谢,长期累积在土壤表面,对城市土壤各项理化性质、城市绿地植物等产生严重危害^[16]。公园绿地中的根系活力较高,这是由于公园绿地中虽然行人较多,但是园林养护管理较好,少有踩踏植物土壤的情况发生,再有定期浇水、灌溉,所以土壤紧实度较低,含水量较高,植物根系活力较强。而道路绿地位于道路两侧,因车流量、人流量较大,对土壤有较大的影响,加之由于车辆的原因,温度也相对较高,存在城市“热岛效应”使水分蒸发加快,故土壤紧实度高,含水量低,理化性质相对较差。

4种植物中紫叶李根围土壤紧实度相对最低,这可能与其吸收根分布在土壤较浅处有关^[17]。另外,紫叶李根围土壤全氮、全磷、速效钾和有机质含量高于绦柳、悬铃木和雪松,这与其凋落物性质和数量的差异有关^[18]。

总之,绿地类型和植物种类皆影响城市土壤的理化状况。因此建议开展该方面的研究,为城市环境的改善提供依据。

参考文献:

- [1] 张波,史正军,张朝,等.深圳城市绿地土壤孔隙状况与水分特征研究[J].中国农学通报,2012,28(4):299-304.
- [2] 张甘霖,朱永官,傅伯杰.城市土壤质量演变及其生态环境效应[J].生态学报,2003,23(3):539-546.
- [3] 卢瑛,冯宏,甘海华.广州城市公园绿地土壤肥力及酶活

性特征[J].水土保持学报,2007,21(1):160-164.

- [4] 史正军,卢瑛,钟晓,等.城市公园街道绿地不同剖面土壤肥力特征比较研究[J].西南农业学报,2004(17):272-275.
- [5] 刘艳,王成,彭镇华,等.北京市崇文区不同类型绿地土壤酶活性及其与土壤理化性质的关系[J].东北林业大学学报,2010,38(4):66-70.
- [6] 史正军,卢瑛,钟晓,等.深圳城市绿地土壤质量状况研究[J].园林科技,2006(99):20-24.
- [7] Karlen Douglas L, Andrews Susan S, Weinhold Brian J, et al. Soil quality: Humankind's foundation for survival[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 4: 171-179.
- [8] 杨瑞卿,汤丽青.城市土壤的特征及其对城市园林绿化的影响[J].江苏林业科技,2006,33(3):52-54.
- [9] 刘发林,张思玉,曾思齐,等.火灾对马尾松林土壤化学性质的影响[J].土壤通报,2009,40(6):1271-1274.
- [10] 刁俊明,曾宪录.光强对桐花树根系生长和根系活力的影响[J].自然科学,2013,31(8):68-75.
- [11] 李笃仁,高旭科,汪德水.土壤紧实度对作物根系生长的影响[J].土壤通报,1982,3(4):47-49.
- [12] 李梅,杨万勤,肖艳,等.干扰对毕棚沟生态旅游区土壤物理性质的影响[J].中国农学通报,2010,26(14):303-307.
- [13] 李鲁华,李世清,翟军海,等.小麦根系与土壤水分胁迫关系的研究进展[J].西北植物学报,2001,21(1):1-7.
- [14] 陈祯.土壤容重变化与土壤水分状况和土壤水分检测的关系研究[J].节水灌溉,2010,12(2):47-50.
- [15] 李潮海,周顺利.土壤容重对玉米苗期生长的影响[J].华北农学报,1994,9(2):49-54.
- [16] 邹明珠,王艳春,刘燕,等.北京城市绿地土壤研究现状及问题[J].中国土壤与肥料,2012,3(1):1-6.
- [17] 陈有民.园林树木学[M].北京:中国林业出版社,2011.
- [18] 孙慧珍,陈明月,蔡春菊,等.不同类型城市森林对土壤肥力的影响[J].应用生态学报,2009,20(12):2871-2876.

Effects of the Soil Characteristics of Four Different Types of Green Space on Plant Root Activity

SUN Peng-fei, LI Wei, GUO Shao-xia

(College of Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: In order to promote the management and improvement of city soil for Qingdao, through the collection and analysis of the road green space, the green land, the residential green space and the park land soil samples in Chengyang district of Qingdao city, the differences and correlation between soil compactness, soil water content, soil pH, soil total N, alkali hydrolyzable nitrogen, soil total P, available P, available K, and organic matter in different tree forest were compared and analyzed, as well as its effect on plant root activity. The results showed that soil compactness, soil water content, soil total N, alkali hydrolyzable nitrogen, soil total P, available K, organic matter and root activity showed some correlation, which applied to the condition where the same kind of plants in the different kinds of greenbelt or different kinds of plants in the same greenbelt. Soil compactness was positively correlated with soil pH, and which was negatively correlated with soil total N, alkali hydrolyzable nitrogen, soil total P, available P, available K and organic matter. With soil compactness increasing, its water content decreased, soil pH increased, organic matter, total nitrogen and alkali hydrolyzable nitrogen, soil total P and available P phosphorus loss, plant root activity decreased.

Keywords: green space types; soil density; soil water content; root activity