

# 临汾市汾河公园东岸不同区域绿地土壤肥力特征比较研究

柴国丽<sup>1</sup>, 张永清<sup>1</sup>, 冀 晴<sup>1</sup>, 王 璐<sup>1</sup>, 杨云龙<sup>2</sup>, 王国华<sup>1</sup>

(1. 山西师范大学 地理科学学院, 山西 临汾 041004; 2. 太原铁路局, 山西 太原 030006)

**摘要:**为探明汾河公园东岸不同区域绿地土壤的肥力特征,为汾河公园及汾河段在建的其它公园土壤肥力管理提供借鉴,以临汾市汾河公园东岸绿地土壤为研究对象,对 pH、有机质、速效养分几项指标进行比较研究。结果表明:汾河公园东岸土壤整体肥力较差,但表层土壤经过改良后肥力特征有所改善;各肥力指标在不同区域的分布特征有差异;pH 和速效钾均形成显著性差异( $P < 0.05$ ),有效氮近岸人行道和车行道没有显著性差异( $P > 0.05$ ),但两者与绿化带间人行道有显著性差异( $P < 0.05$ ),有机质和有效磷未形成显著性差异( $P > 0.05$ );不同区域绿地土壤综合肥力依次为近岸人行道>车行道>绿化带间人行道。

**关键词:**公园;绿地土壤;肥力;不同区域;人为活动;主成分分析

**中图分类号:**S158;S731.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)08-0039-06 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.08.0039

城市公园作为城市基础建设具有生命的载体,

在改善城市生态环境和提供市民休闲娱乐方面具有重要作用<sup>[1]</sup>,但作为公园绿地系统重要组成要素的土壤,常由于人工改造和较大的人流量,受到人为干扰和破坏。众多的研究表明公园土壤肥力低下将影响植物的正常生长,导致园林绿化效果不能充分发挥<sup>[2]</sup>,探明公园土壤肥力状况并针对性地采取相应的改良措施,有利于促进绿地植物的生长及保护公园生态环境。

收稿日期:2016-05-19

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点资助项目(2008 BADA4B01)

第一作者简介:柴国丽(1990-),女,山西省朔州市人,在读硕士,从事土壤地理方面的研究工作。E-mail:394312465@qq.com。

通讯作者:张永清(1964-),男,博士,教授,硕士生导师,从事土壤生态方面的研究。E-mail:yqzhang208@126.com。

## Effect of Se Fertilizer Application on Seedling Growth and Physiological Features of Oil Sunflower in Saline-alkali Soil

ZAN Ya-ling, WANG Lei

(Department of Life Science, Yuncheng University, Yuncheng, Shanxi 044000)

**Abstract:** In order to enhance the plant's resistance to environmental stress, and ensure the normal growth of plants, the effects of different selenium concentration on several physiological features of oil sunflower seedling in saline-alkali soil were studied. The results showed that optimal concentration of Se fertilizer application( $200 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) promoted plant growth, and increased plant height, stem diameter, SPAD value and dry matter of oil sunflower seedling, otherwise inhibited its growth; with Se fertilizer application MDA content of oil sunflower leaves began to decrease, and reached the minimum value in Se4( $400 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) treatment, decreased by 45.8% compared to the control treatment; the content of Pro increased first and then declined, and reached the highest value in Se2( $200 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) treatment, increased by 8.9%. Three kinds of antioxidant enzymes activities all increased first and then decreased. The activities of peroxidase, catalase and superoxide dismutase reached maximum respectively at Se1, Se2, Se3. Glutathione content decreased first and then increased, and reached lowest value in Se2, decreased by 16.5% with CK. Considering the changes in oil sunflower morphological index and physiological indicators of oil sunflower seedling, soil application of selenium fertilizer of  $200 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$  could increase the antioxidant capacity of oil sunflower.

**Keywords:** selenium; oil sunflower; enzyme activity

关于公园土壤状况研究国外始于 20 世纪 60 年代,内容多集中于践踏对观光道路附近植被和土壤状况的生态影响<sup>[3-4]</sup>;国内关于公园的相关研究开始于 20 世纪 90 年代,但以植物研究居多,对土壤研究较少。目前,关于公园绿地土壤的研究、利用和保护逐渐受到人们的关注,但多集中在重金属污染方面,土壤肥力方面大多在研究城市绿地土壤时有所涉及<sup>[5-8]</sup>,近年来,对公园土壤肥力的专门性研究渐趋增多<sup>[1-2,9]</sup>,但关于临汾市汾河公园土壤方面的研究鲜有报道<sup>[10]</sup>。临汾汾河公园位于临汾市汾河城区段,是临汾市加快推进集产业带、绿色带、生态带、城镇带为一体的“百里汾河新型经济带”建设中的一段,也是人们文化活动、休闲娱乐的理想场所。公园东岸人流量较多,对公园环境影响较大,研究公园东岸不同区域绿地土壤肥力特征,可以为公园绿地的管理与可持续利用提供科学依据,也可为汾河段在建的其它公园土壤肥力管理提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

汾河公园位于临汾城区汾河岸畔,属温带大陆性气候,四季分明,雨热同期,年平均气温 $9.0\sim 12.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,平均降水量 $527.4\text{ mm}$ 。该区域土壤比较复杂,其上部(大约 $40\sim 50\text{ cm}$ )为建造时的填埋土,下部为原自然土壤,填埋土多为取于土壤深层的生土,土壤肥力较低。区内绿化栽植各种苗木 1 200 多万株,铺筑三级园路 100 多公里。本研究区大致由公园内三种道路分为三大区域,分别为近岸人行道两旁绿地土壤、绿化带间人行道两旁土壤、车行道两旁土壤(在该文中均简述为近岸人行道、绿化带间人行道和车行道)。区域内有青少年活动区、体育休闲区、地域文化展示区三大功能区,人流量较多。

### 1.2 材料

2015 年 10 月对临汾市汾河公园进行实地考察,并根据汾河流向,在汾河公园东岸,北起锣鼓桥,南至平阳桥,采集土壤样品。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用 GPS 定位系统布设采样区 18 个,其中锣鼓桥至彩虹桥、彩虹桥至平阳桥各均匀布 9 个样区,每个样区根据公园内道路类型(近岸步行道、绿化带间步行道、车行道)设置 3 个采样单元,每个采样单元在 $5\text{ m}$ 范围内设置 $3\sim 5$ 个采样点,用土铲采集表层( $0\sim 20\text{ cm}$ )土

壤,混合制样,另在人流量较少的区域随机采集剖面( $20\sim 40\text{ cm}$ )16 个。本次土壤调查共采集土壤样品 70 个,每个土样约 $1\text{ kg}$ ,装于灭菌封口聚乙烯袋中,注明采样信息带回实验室,自然风干后剔除植物残体和石块,磨碎分别过 20、60、100 目筛,混匀,保存备用。

1.3.2 测定项目及方法 土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法<sup>[11]</sup>,有效氮采用碱解扩散法<sup>[11]</sup>,速效磷采用 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法<sup>[11]</sup>,速效钾用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 中性 $\text{NH}_4\text{Ac}$ 溶液提取,用空气-乙炔火焰于 $766.5\text{ nm}$ 处,在原子吸收光谱仪上测定<sup>[12]</sup>,pH 测定采用 pH 计(PHS-3C)测定(水土比 $2.5:1$ )<sup>[12]</sup>。

1.3.3 数据处理 试验数据采用 Excel 进行描述性统计,采用 SPSS 17.0 软件进行 Duncan 法相关指标显著性检验和主成分分析,用 Sigma-Plot12.5 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 汾河公园东岸各项养分指标状况

参考中华人民共和国城镇建设行业标准《CJ/T340-2011 绿化种植土壤》<sup>[13]</sup>和全国第二次土壤普查的土壤养分评价分级标准<sup>[14]</sup>对汾河公园东岸土壤肥力进行整体评价,结果表明,研究区表层( $0\sim 20\text{ cm}$ )土壤除有机质外,其余均达到绿化种植土壤标准,但有机质质量分数及有效氮含量均处于低水平,有效磷处于中等水平,速效钾处于很高水平;亚表层( $20\sim 40\text{ cm}$ )土壤除速效钾外,其余均未达到绿化种植土壤标准,有机质质量分数和有效氮含量处于很低水平,有效磷处于低水平,速效钾处于中等水平。由此可见,研究区土壤整体肥力较差,但表层土壤经过改良后肥力特征有所改善,而亚表层土壤受母质、环境条件等影响,肥力较差。公园土壤的 pH 变化较小,变幅为 $7.59\sim 8.71$ ,呈碱性。满足绿化种植土壤对 pH 的要求(见表 1)。

### 2.2 公园内不同区域绿地土壤肥力特征比较

2.2.1 土壤 pH 土壤 pH 是土壤许多化学性质的综合反映,对土壤中养分的形态和整个生态环境都有深刻的影响<sup>[15]</sup>。图 1 可知,三种绿地土壤 pH 表现逐渐升高的趋势,且近岸人行道两旁土壤 pH 最低,显著低于公园主体绿化带土壤和车行道两旁土壤的 pH,三者均表现为显著性差异。近岸土壤,时有水淹的情况,导致碳酸的作用加

强<sup>[16]</sup>,同时土壤表层的盐分受到更多的淋洗,致使其 pH 往往有所下降;绿化带间人行道两旁土壤多为草本植物,常有人在草坪上娱乐、休憩,且公园东岸的青少年活动区、体育休闲区、地域文

化展示区三大功能区大都建在此区域,人流量较大,难免由于大量行人喝过的酸饮料汁液溅洒到土壤里,可能会使土壤的 pH 有所下降<sup>[17]</sup>。

表 1 汾河公园东岸各项养分指标的描述统计分析

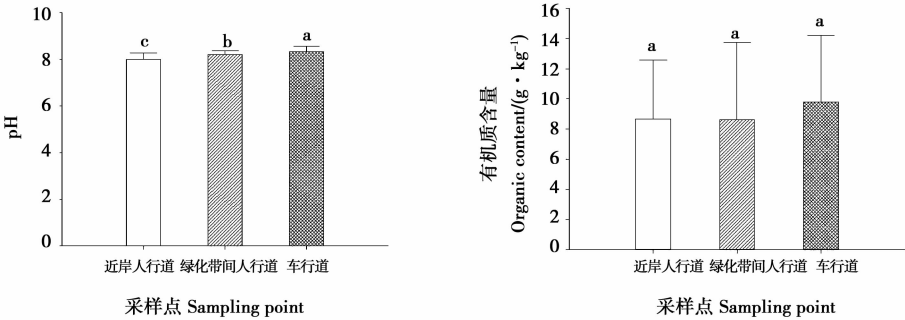
Table 1 Descriptive statistical analysis of soil fertility indexes on the east coast of Fen river park

指标 Index	处理/cm Treatment	变幅 Amplitude	平均值 Mean	中值 Median	标准差 SD	变异系数 CV	CJ/T340-2011
有机质/(g·kg <sup>-1</sup> ) OM	0~20 20~40	1.18~18.9 2.61~7.10	9.04 5.06	8.41 4.97	4.50 1.37	0.498 0.2713	≥12
有效氮/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Available N	0~20 c 20~40	18.58~158.66 18.42~52.57	68.28 34.92	58.50 30.91	35.68 9.93	0.5226 0.2845	≥40
有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Available P	0~20 20~40	4.69~27.74 2.31~12.01	11.8 7.89	10.11 8.42	5.55 3.20	0.4703 0.4058	≥8
速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Available K	0~20 20~40	98.23~551.81 90.73~221.96	251.77 137.36	227.75 117.12	103.97 43.41	0.4129 0.3161	≥60
pH	0~20 20~40	7.59~8.71 7.83~8.47	8.18 8.12	8.21 8.08	0.27 0.18	0.0328 0.0224	5.5~8.3

2.2.2 土壤有机质 土壤有机质泛指土壤中来源于生命的物质,是土壤肥力的重要指标,其含量的高低在一定程度上能代表土壤肥力的水平,土壤有机质的变化也直接反映了土壤肥力的演变过程<sup>[18]</sup>,其含量因土壤类型不同而差异很大,城市绿地土壤有机质普遍较低,汾河公园也不例外。

由图 1 可知,研究区不同区域有机质均小于临汾土壤有机质平均含量 14.25 g·kg<sup>-1</sup><sup>[19]</sup>,处于很低水平,含量大小顺序为:车行道>绿化带间人

行道>近岸人行道,但三者并未形成显著性差异,属于同一水平,均低于绿化种植土壤标准要求的 12 g·kg<sup>-1</sup>。其原因可能是,绿化工程所用土壤不注重质量而使用有机质低的土壤造成的,这与表 1 下层土壤有机质明显低于上层土壤的原因一致。另外,公园内活动人群干扰了植物的正常生长,而且为了美化环境,公园绿地土壤上的枯枝落叶及时被清除,很少回归到土壤中,土壤和植物间的养分循环被切断,减少了土壤有机质的来源。



图中小写字母不同表示各区域间差异达  $P<0.05$  显著水平。下同。

图 1 汾河公园东岸不同区域绿地土壤 pH 与有机质含量的比较

Fig. 1 Comparison of pH and OM contents of green space among different areas on the east coast of Fen river park

2.2.3 土壤有效氮、有效磷、速效钾 土壤的速效养分是易被植物吸收利用的营养元素,其含量的高低直接影响植物的生长发育,因此速效养分是诊断土壤养分基本状况的重要因子,主要包括

有效氮、有效磷和速效钾 3 个指标<sup>[2]</sup>。

由图 2 可知,土壤有效氮含量只有绿化带间人行道低于临汾市土壤有效氮平均值 61.91 mg·kg<sup>-1</sup><sup>[19]</sup>,三者都达到了绿化种植标准,

但均处于低水平,其中绿化带土壤有效氮含量最少,显著低于车行道和近岸人行道,后两者没有显著性差异。众所周知,土壤中的氮绝大部分以有机态形式存在,其含量往往与有机质含量密切相关,公园内活动人群干扰引起的有机质含量降低应该是导致土壤有效氮含量下降的主要原因<sup>[20]</sup>,其次,人类干扰活动导致土壤硝化能力加强,由此产生的 NO<sub>3</sub> 虽然是植物吸收的有利形态,但是 NO<sub>3</sub> 不易为土壤吸附,容易流失<sup>[21-22]</sup>,这也可能是导致研究区域土壤有效氮处于低水平的原因。

研究区三种绿地土壤有效磷均低于临汾市土壤有效磷平均含量 21.37 mg·kg<sup>-1</sup><sup>[19]</sup>,处于中等水平,有效磷含量大小顺序依次为:近岸人行道>车行道>绿化带间人行道,三者没有形成显著性差异。近岸土壤,河水季节性消退,导致水面发生周期性的变化,这种变化导致受淹土壤处于不断变化的环境中。土壤被淹没,有效磷含量增加;而当水慢慢退却时,变化的环境因素可能又会引起土-水中磷相互释放或吸附<sup>[23-24]</sup>。这可能是导致近岸土壤有效磷稍高于其它两地的原因。

与“山西土壤缺氮、少磷、钾充足”情况一致,研究区绿地土壤速效钾含量较高,只有车行道速

效钾含量低于临汾市土壤速效钾含量平均值 241.64 mg·kg<sup>-1</sup><sup>[19]</sup>,土壤的钾素供应充足,能够满足植物生长对钾的需求。三种绿地土壤速效钾含量具体表现为:近岸人行道>绿化带间人行道>车行道,差异显著。车行道两旁多为杨树和柏树,二者是适应性较强的树种,能忍耐贫瘠土壤,受此观念的影响,对此处疏于管理可能是导致车行道两旁绿地土壤速效钾含量较其它绿地低的主要原因。

2.3 公园内不同区域绿地土壤肥力综合评价  
2.3.1 主成分选取 研究区绿地土壤各肥力指标在不同道路两旁分布特征存在差异,不能简单地通过几个指标对其进行评价,运用主成分分析,可汇集各单项指标的大部分信息,从而全面衡量土壤肥力的总体水平<sup>[25-26]</sup>。本研究以土壤 pH、有机质、有效氮、有效磷和速效钾含量为原始变量进行主成分分析,计算得出前 3 个主成分的方差贡献率分别为 44.47%、20.69%、16.18%,累计贡献率达 81.34%,表明它们能把土壤肥力 80% 以上的信息反映出来。因此,选择前 3 个主成分进行综合评价较为合理(见表 2)。

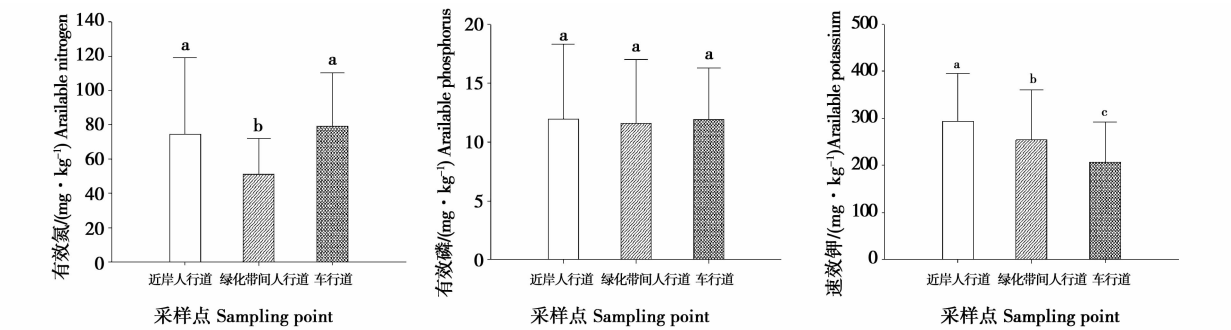


图 2 汾河公园东岸不同区域绿地土壤有效氮、有效磷和速效钾含量的比较

Fig. 2 Comparison of AN, AP and AK contents of green space among different areas on the east coast of Fen river park

表 2 方差分解主成分提取分析

Table 2 Principal component analysis by variance decomposition

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计贡献率/% Cumulative proportion
1	2.22	44.47	44.47
2	1.03	20.69	65.16
3	0.81	16.18	81.34

2.3.2 各主成分得分和综合得分 根据各变量在相应主成分上的因子载荷,通过回归算法计算得到主成分表达式 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>;再根据每个主成分的特征值计算出主成分综合得分方程 F。

$$F_1 = 0.350X_1 + 0.708X_2 + 0.241X_3 + 0.256X_4 - 0.119X_5$$
$$F_2 = -0.021X_1 - 0.232X_2 + 0.388X_3 - 0.839X_4 - 0.151X_5$$
$$F_3 = 0.325X_1 - 0.159X_2 - 0.105X_3 + 0.124X_4 + 0.895X_5$$
$$F = 0.547F_1 + 0.254F_2 + 0.199F_3$$

其中  $X_1 \sim X_5$  分别代表有效氮、有效磷、速效钾、pH、有机质。根据主成分综合得分模型和标准化后的数据,对研究区不同绿地土壤肥力进行综合评价(见表 3)。

表 3 各主成分得分和综合得分  
Table 3 Principal component scores  
and comprehensive scores

道路类型 Road type	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F$	排名 Ranking
近岸人行道	0.003	0.761	-0.149	0.165	1
绿化带间人行道	-0.146	-0.062	-0.219	-0.139	3
车行道	0.142	-0.698	0.369	-0.026	2

在汾河公园东岸 3 个不同区域绿地中,土壤肥力水平表现为近岸人行道>车行道>绿化带间人行道。绿化带间人行道两旁土壤肥力最低,这部分绿地多为草本植物,可能由于草本植物在高度上不占优势,容易遭到人为践踏<sup>[20]</sup>,此外,公园东岸接近市区,人流量较多,人为活动干扰使其肥力较低。车行道两旁土壤肥力高于绿化带间人行道两旁,实地考察发现,户外锻炼人群多在此活动,虽人流量较多,但逗留时间相对较短,对土壤肥力的影响程度不及绿化带间人行道。近岸人行道两旁土壤肥力最高,近年来,汾河水质虽然有所改善<sup>[27]</sup>,但岸边在短时间内出现河水富营养化的情况时有发生,这可能是引起近岸土壤肥力较其它两地高的主要原因。

3 结论与讨论

研究表明,汾河公园东岸土壤整体肥力较差,但表层土壤经过改良后肥力特征有所改善,而亚表层土壤受母质、环境条件等影响,肥力较差。前人的研究表明,变异系数(CV)可以反映土壤养分指标空间变异性的 大小,当 $|CV| \leq 10\%$ 时为弱变异性; $10\% < |CV| < 100\%$ 为中等变异性; $|CV| \geq 100\%$ 为强变异性<sup>[28]</sup>。供试土壤除 pH 表现为弱变异性外,其余均为中等变异性,表明其空间变异性较大,可能由于人为影响不同所致。近年来,我国农田土壤呈酸化趋势<sup>[29]</sup>,而城市土壤趋向碱性是其显著特征<sup>[30]</sup>,西安<sup>[6]</sup>、郑州<sup>[31]</sup>、太原<sup>[32]</sup>等温带大陆性季风气候区均有报道。这可能与绿地土壤因城市建设时土壤中混入建筑废弃物、砖头以及碱性混合物有关,其所含的钙向土壤中不断释放,大量含碳酸盐的灰尘沉降于土壤中,

且受我国地带性土壤南酸北碱格局的影响,使得研究区绿地土壤 pH 均呈碱性。

各肥力指标在汾河公园不同区域的分布特征有差异:三个区域土壤 pH 和速效钾均形成显著性差异,pH 表现为车行道>绿化带间人行道>近岸人行道,速效钾表现为近岸人行道>绿化带间人行道>车行道;有效氮近岸人行道和车行道没有显著性差异,但两者与绿化带间人行道有显著性差异,且车行道>近岸人行道>绿化带间人行道;有机质和有效磷虽有差异,但未形成显著性差异,有机质表现为车行道>近岸人行道>绿化带间人行道,有效磷表现为近岸人行道>车行道>绿化带间人行道。

汾河公园东岸不同区域绿地土壤综合肥力依次为近岸人行道>车行道>绿化带间人行道。绿化带间人行道两旁土壤多为草坪,常有人在此休闲娱乐,是其综合肥力较其它两地低的主要原因。这与其他学者<sup>[33-35]</sup>关于人为活动引起土壤肥力元素下降的结论是一致的。

参考文献:

[1] 郝瑞军,方海兰,沈烈英,等.上海中心城区公园土壤的肥力特征分析[J].中国土壤与肥料,2011(5):20-26.

[2] 田宇,张娟.北京市属公园土壤肥力现状评价[J].环境科学与技术,2014,37(6N):436-439.

[3] Littlemore J, Baarker S. The ecological response of forest ground flora and soils to experimental trampling in British urban woodlands[J]. Urban Ecosystem-s, 2001, 5(4): 257-276.

[4] Andres-Abellan M, Alamo J B, Landete-Castillejos T, et al. Impacts of visit-ors on soil and vegetation of the recreational area“Nacimiento Del Rfo Mundo”[J]. Environmental Monitoring and Assessment,2005,101(1-3):55-67.

[5] 卢瑛,甘海华,史正军,等.深圳城市绿地土壤肥力质量评价及管理对策[J].水土保持学报,2005,19(1):153-156.

[6] 殷金岩,姜林,王海涛,等.西安市产灌生态区绿地土壤肥力调查与评价[J].北京林业大学学报,2012,34(4):93-98.

[7] 司志国,彭志宏,俞元春,等.徐州城市绿地土壤肥力质量评价[J].南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(3):60-64.

[8] 田绪庆,陈为峰,申宏伟.日照市城区绿地土壤肥力质量评价[J].水土保持研究,2015,22(6):138-143.

[9] 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].水土保持研究,2007,21(1):160-163.

[10] 都勇海,邵丽华,王莉.修建后的临汾汾河公园土壤养分评价[J].山西师范大学学报(自然科学版),2014,28(1):84-87.

[11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2001:1-495.

[12] 陈燕,王文美,詹晓珠.应用原子吸收光谱仪发射法检测土

- 壤速效钾[J]. 分析仪器, 2007, (4): 57-59.
- [13] CJ/T340-2011 绿化种植土壤[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2011.
- [14] 沈汉. 土壤评价中参评因素的选定与分级指标的划分[J]. 华北农学报, 1990, 5(3): 63-69.
- [15] 胡海辉, 徐苏宁, 陈雅君, 等. 哈尔滨城市绿地土壤肥力调查与评价[J]. 北方园艺, 2012(22): 81-82.
- [16] 林大仪, 谢英荷. 土壤学[M]. 2版. 北京: 中国林业出版社, 2011: 1-283.
- [17] 李灵, 张玉, 江慧华, 等. 旅游干扰对武夷山风景区土壤质量的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(6): 56-62.
- [18] 黄健, 张惠琳, 傅文玉, 等. 东北黑土区土壤肥力变化特征的分析[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 659-663.
- [19] 马大龙, 张永清, 杜静静, 等. 临汾市尧都农业区土壤有机质和大量营养元素空间变异性研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(14): 6231-6234.
- [20] 朱芳, 白卓灵. 旅游干扰对鄱阳湖国家湿地公园植被及土壤特性的影响[J]. 水土保持研究, 2015, 22(3): 33-39.
- [21] 崔晓阳, 方怀龙. 城市绿地土壤及其管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 1-327.
- [22] 牟晓杰, 刘兴土, 全川, 等. 人为干扰对闽江河口湿地土壤硝化-反硝化潜力的影响[J]. 中国环境科学, 2013, 33(8): 1413-1419.
- [23] 田娟, 刘凌, 董贵明, 等. 淹水土壤磷释放机理研究进展[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 426-430.
- [24] 沈其荣, 谭金芳, 钱晓晴. 土壤肥科学通论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 1-308.
- [25] 陈吉, 赵炳梓, 张佳宝, 等. 主成分分析方法在长期施肥土壤质量评价中的应用[J]. 土壤, 2010, 42(3): 415-420.
- [26] Yuan D G, Yang D D, Pu G L, et al. Fertility dynamics of three types of tea garden soils in western Sichuan, China[J]. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 2013, 50(1): 29-35.
- [27] 贾长宏. 汾河临汾段水环境质量状况及污染控制对策[J]. 山西师范大学: 自然科学版, 2000, 14(2): 77-82.
- [28] 张晓凤, 张旭, 李广贺. 城市新建生态公园土壤养分空间变异性-以北京奥林匹克森林公园为例[J]. 清华大学学报, 2013, 53(1): 90-95.
- [29] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327: 1008-1010.
- [30] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 南京城市土壤的特性及其分类的初步研究[J]. 土壤, 2001, 33(1): 47-51.
- [31] 李宁, 张俊叶, 司志国. 郑州市公园绿地表层土壤酶活性与土壤理化性质的关系[J]. 西部林业科学, 2014, 43(4): 123-127.
- [32] 邵海林, 王晓红, 李娜. 太原市公园园林绿地土壤状况研究[J]. 太原科技, 2008(6): 32-33.
- [33] 袁大刚, 付帅, 冯丕, 等. 成都西部不同交通环线区域绿地土壤肥力特征比较研究[J]. 土壤, 2015, 47(1): 55-62.
- [34] 刘嘉丽, 张石棋, 宋红芳, 等. 自然保护区旅游活动对土壤性质影响的研究: 以络云山为例[J]. 西南师范大学报: 自然科学版, 2009, 34(6): 55-60.
- [35] 李鹏, 濮励杰, 章锦. 河旅游活动对土壤环境影响的国内研究进展[J]. 地理科学研究进展, 2012, 31(8): 1097-1105.

## Soil Fertility Characteristics of Green Space Among Different Areas on The East Coast of Linfen Fen River Park

CHAI Guo-li<sup>1</sup>, ZHANG Yong-qing<sup>1</sup>, JI Qing<sup>1</sup>, WANG Lu<sup>1</sup>, YANG Yun-long<sup>2</sup>, WANG Guo-hua<sup>1</sup>

(1. College of Geographical Science, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041004;

2. Taiyuan Railway Administration, Taiyuan, Shanxi 030006)

**Abstract:** In order to provide a basis for the soil fertility management in Linfen Fen river park and other newly constructed parks along the Fen river, green space soil on the east coast of Linfen Fen river park were taken as the study object, and the soil fertility characteristics was discussed based on the comparative study of several indicators including soil pH value, soil organic matter, AN, AP, AK. The results show that the soil fertility was low generally on the east coast of Linfen Fen river park. The contents were improved significantly in the topsoil, which was owing to some measures were applied; There were differences in the distribution characteristics of soil fertility indexes among different areas; the soil pH value and the content of available potassium (AK) had obvious differences ( $P < 0.05$ ). The content of available nitrogen (AN) didn't shown such obvious differences between the sidewalk near the shore and roadway ( $P > 0.05$ ), but were significantly higher than it on the sidewalks between the greenbelt ( $P < 0.05$ ); the soil organic matter (SOM) and the content of available phosphorus (AP) had no significant differences ( $P > 0.05$ ); the comprehensive soil fertility of green space among different areas was as follows: the sidewalk near the shore  $>$  roadway  $>$  the sidewalks between the greenbelt.

**Keywords:** park; green space soil; fertility; different areas; artificial activity; principal component analysis