

# 德州市市区绿化带土壤养分实测数据集研发

胡红宇, 王振波, 李彬彬\*, 樊子暄\*

中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

**摘要:** 城市绿化带土壤质量直接影响绿化植物生长效能与城市生态服务功能, 进而制约城市环境可持续发展。为探究德州市绿化植物长势不良的土壤成因, 2024年6月, 本研究对德州市主城区核心绿化带(天衢路、东风路、岔河东/西大道、长河大道、湖滨大道)开展系统性采样, 共采集23个采样点多剖面分层土壤样本(0–20 cm、20–40 cm、40–60 cm、60–80 cm、80–100 cm), 样本经室内自然风干后, 通过研磨筛分(2 mm粗筛与0.25 mm细筛)制备分析样品。利用酸度计(PB-10)、烘干称重法、重铬酸钾氧化外加热法等标准化方法(参照《土壤农化分析》第三版), 系统测定土壤pH值、盐分含量、有机质、碱解氮、速效磷及速效钾6大关键指标, 构建了德州市市区绿化带土壤养分实测数据集(2024)。该数据集内容包括:(1)样点的地理位置与地表植被数据;(2)绿化带土壤养分实测数据, 包含pH值、盐分、有机质(g/kg)、碱解氮(mg/kg)、速效磷(mg/kg)、速效钾(mg/kg)6项肥力指标的分层测定值;(3)土壤养分数据统计学特征;(4)不同土层、不同道路土壤测定指标的平均隶属度;(5)不同土层、不同道路土壤肥力评价指数;(6)计算过程数据。该数据集存储为.shp和.xlsx格式, 由8个数据文件组成, 数据量为191 KB(压缩为1个数据文件, 160 KB)。

**关键词:** 土壤性质; 肥力综合指数; 隶属度函数; 绿化带

**DOI:** <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.02.11>

**CSTR:** <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.02.11>

## 数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2025.03.07.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.03.07.V1>.

## 1 前言

近年来, 城市化进程的加快导致了城市环境问题日益突出<sup>[1]</sup>, 城市绿地的生态服务功能变得尤为重要。绿化带作为城市绿地的主要部分, 不仅能够消除视觉疲劳、美化城市<sup>[2]</sup>, 而且可以减轻道路灰尘、降低空气污染<sup>[3]</sup>, 在提高城市生态环境水平和居民生活质量以及

收稿日期: 2025-02-10; 修订日期: 2025-05-16; 出版日期: 2025-06-25

基金项目: 国家自然科学基金(42130713)

\*通讯作者: 李彬彬, 中国科学院地理科学与资源研究所, libinbin@igsnr.ac.cn; 樊子暄, 中国科学院地理科学与资源研究所, fanzixuan@igsnr.ac.cn

数据引用方式: [1] 胡红宇, 王振波, 李彬彬等. 德州市市区绿化带土壤养分实测数据集研发[J]. 全球变化数据学报, 2025, 9(2): 229–238. <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.02.11>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.02.11>.

[2] 胡红宇, 李彬彬. 德州市市区绿化带土壤养分实测数据集(2024)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.03.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.03.07.V1>.

减缓城市气候变化等方面发挥着至关重要的作用。

植物作为绿化带的核心载体，其生长状态直接决定生态服务效能。土壤质量是制约绿化植物健康生长的关键因子<sup>[4-9]</sup>，我国多城市研究表明，绿化带普遍存在土壤板结、有机质匮乏、养分失衡及重金属污染等问题<sup>[10-15]</sup>，严重制约植被生态功能。通过土壤肥力评价可量化土壤养分供给能力<sup>[16]</sup>，常用方法如内梅罗指数法、隶属度函数法和主成分分析法<sup>[17-19]</sup>以揭示不同城市绿地肥力特征：建阳中心城区以有机质和全氮为障碍因子<sup>[20]</sup>，长春市受全磷、全氮及容重限制<sup>[13]</sup>，广州南沙区受容重与有效磷制约<sup>[14]</sup>，证实土壤特性和肥力水平是影响绿化植物正常生长的重要因素，不同城市绿地土壤特性和肥力状况是各有差异的。因此，准确了解城市绿化土壤的质量状况是有必要的，它有助于制定合理的改良措施以提高城市的绿化效果，对绿化建设具有重要意义。

德州市近年大力推进生态园林城市建设，但绿化带频现植物生长不良与死亡现象，暴露出土壤质量管控短板。现有研究多聚焦东部发达城市，针对北方平原城市的系统性土壤诊断不足，难以为本地化改良提供依据。为此，本研究选取德州主城区典型绿化带，通过分层采样测定 pH、盐分、有机质及速效养分指标，结合隶属度函数法综合评价土壤肥力，解析养分空间分异规律，旨在揭示植物长势退化的土壤成因，为优化绿地管护策略提供数据支撑。研究成果可补充北方城市绿化带土壤质量数据库，对推进黄淮海平原生态城市建设具有实践意义。

## 2 数据集元数据简介

《德州市市区绿化带土壤养分实测数据集（2024）》<sup>[21]</sup>的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

## 3 数据研发方法

### 3.1 研究区域概况

德州市位于山东省西北部，东经 115°45′–117°36′、北纬 115°45′–117°36′，海拔 21 m，总面积为 10,356 km<sup>2</sup>。该区域属于黄河下游的鲁西北冲积平原，地势平坦，总体趋势由西南向东北缓缓倾斜。土壤母质是黄河冲积物，以潮土和盐化潮土为主，表土质地为轻-中壤土。气候类型为暖温带半湿润季风气候，多年平均气温 13.2 °C，降雨量为 538 mm。

### 3.2 样品采集与指标测定

山东省德州市主城区的绿地比较集中，主要分布在天衢路、东风路、岔河东大道、岔河西大道、长河大道和湖滨大道等区域。绿化植物种类丰富，主要为乔木、灌木以及草本植物，如：白蜡、柽柳、国槐、月季、海棠、连翘、麦冬、鸢尾等。在进行土壤采集时，用土钻采集土壤，土样采样深度分别为 0–20 cm、20–40 cm、40–60 cm、60–80 cm、80–100 cm。土样采集点的空间分布如图 1 所示。

将鲜土装入自封袋带回实验室风干，风干后挑去土中的植物根系、小石子等残留物，进行研磨和过筛（孔径分别为 2 mm 和 0.25 mm），用于测定土壤的理化性质。本研究测定分析的土壤指标有：pH、盐分、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾。土壤 pH 值的测定采

表1 《德州市市区绿化带土壤养分实测数据集（2024）》元数据简表

条目	描述
数据集名称	德州市市区绿化带土壤养分实测数据集（2024）
数据集短名	SoilNutrientsUrbanGreenBelts
作者信息	胡红宇, 中国科学院地理科学与资源研究所, huhongyu449@foxmail.com 李彬彬, 中国科学院地理科学与资源研究所, libinbin@igsnr.ac.cn
地理区域	中国德州市德城区
数据年代	2024年6月
数据格式	.xlsx、.shp
数据量	160 KB（压缩后）
数据集组成	(1) 样点的地理位置与地表植被数据; (2) 绿化带土壤养分实测数据; (3) 土壤养分数据统计学特征; (4) 不同土层、不同道路土壤测定指标的平均隶属度; (5) 不同土层、不同道路土壤肥力评价指数; (6) 计算过程数据
基金项目	国家自然科学基金（42130713）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
地址	北京市朝阳区大屯路甲11号100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	(1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循10%引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[22]</sup>
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC



图1 德州市市区绿化带土壤采样点分布图

用酸度计（PB-10），土壤盐分的测定采用烘干法测定，土壤有机质的测定采用重铬酸钾氧化外加热法，土壤碱解氮的测定采用碱解扩散法，土壤速效磷的测定采用流动分析仪法，土壤速效钾的测定采用火焰光度计法<sup>[23]</sup>。

### 3.3 土壤肥力评价方法

#### 3.3.1 土壤特性单项指标评价

本研究对土壤的有机质、碱解氮、速效磷、速效钾的指标评价基于《全国第二次土壤

普查土壤养分分级标准》<sup>[24]</sup>。

根据该分级标准,本研究对土壤 pH、盐分、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾共 6 项指标进行评价分级,同时比较不同土层间以及不同道路间的指标含量差异。

### 3.3.2 土壤肥力评价

#### (1) 权重的计算

对土壤各指标间的相关性进行计算,通过相关系数计算权重值,公式如下:

$$W_i = \frac{r_{i\text{均}}}{\sum r_{i\text{均}}} \quad (1)$$

式中,  $W_i$  为某一指标的权重值;  $r_i$  均为指标  $i$  与其它各指标间相关系数的平均值。

#### (2) 隶属度函数模型

依据全国第二次土壤普查养分分级标准,根据各指标的含量选择对应的隶属度函数转折点取值区间,通过对应区间确定隶属度函数的计算公式,然后计算各指标的隶属度值。土壤 pH 值的隶属度函数为抛物线型,计算公式为式 2; 土壤盐分、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的隶属度函数为 S 型,计算公式为式 3。

$$f(x) \begin{cases} 1.0 - \frac{0.9(x-x_3)}{x_4-x_3} & x_3 < x < x_4 \\ 1.0 & x_2 < x < x_3 \\ \frac{0.9(x-x_1)}{(x_2-x_1)} + 0.1 & x_1 < x < x_2 \\ 0.1 & x \leq x_1 \text{ 或 } x \geq x_4 \end{cases} \quad (2)$$

$$f(x) \begin{cases} 1.0 & x \geq x_2 \\ \frac{0.9(x-x_1)}{x_2-x_1} + 0.1 & x_1 < x \leq x_2 \\ 0.1 & x \leq x_1 \end{cases} \quad (3)$$

式中,  $x$  为采样点土壤各指标养分实测值,  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  为全国第二次土壤普查养分分级标准值。

#### (3) 肥力评价指数计算

土壤肥力评价指数可以表征土壤的肥力水平,具体公式如下:

$$IFI = \sum_{i=1}^n W_i F_i \quad (4)$$

式中,  $n$  为某一指标的测定样本量;  $W_i$  为第  $i$  个指标的权重值;  $F_i$  为第  $i$  个指标的隶属度值。IFI 为肥力评价指数,范围区间为 0–1,其值越接近 1 代表土壤质量越好,  $IFI \geq 0.68$  代表肥力水平优,肥力等级为 I; IFI 位于 0.63–0.68 区间,代表肥力水平较优,肥力等级为 II; IFI 位于 0.54–0.63 区间,代表肥力水平中等,肥力等级为 III; IFI 位于 0.46–0.54 区间,代表肥力水平较差,肥力等级为 IV;  $IFI < 0.46$ ,代表肥力水平差,肥力等级为 V。

### 3.4 数据处理

采用软件 SPSS20.0 对不同公路绿化带的土壤 pH、盐分、有机质、速效氮、速效磷和速效钾进行统计描述和方差分析，采用 Origin8.0 对土壤 pH、盐分、有机质、速效氮、速效磷和速效钾含量进行制图。

## 4 数据结果

### 4.1 数据集组成

《德州市市区绿化带土壤养分实测数据集（2024）》内容包括：（1）样点的地理位置与地表植被数据；（2）绿化带土壤养分实测数据，包含 pH、盐分、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾 6 项肥力指标的分层测定值；（3）土壤养分数据统计学特征；（4）不同土层、不同道路土壤测定指标的平均隶属度；（5）不同土层、不同道路土壤肥力评价指数；（6）计算过程数据。数据存储为 .shp、.xlsx 格式，数据集中各字段所代表的数据内容和数据描述见表 2。

表 2 数据集主要字段内容及描述一览表

字段名称	数据内容	数据描述
Sampling Point ID	采样点编号	每个土壤采样点的唯一标识符
Road name-CN	道路中文名称	采样点所在道路的中文名称
Road name-EN	道路英文名称	采样点所在道路的英文名称
Landscape plants-CN	景观植物中文名称	采样点所种植的景观植物中文名称
Landscape plants-EN	景观植物英文名称	采样点所种植的景观植物英文名称
Longitude	经度	采样点的经度地理坐标
Latitude	纬度	采样点的经度地理坐标
Depth	采样深度	每个采样点土壤的采集深度（单位：cm）
pH	pH 值	采样土壤的酸碱度指标
Salinity (g/kg)	可溶性盐含量	采样土壤可溶性盐含量（单位：g/kg）
Organic matter (g/kg)	有机质含量	采样土壤有机质含量（单位：g/kg）
Available N (mg/kg)	碱解氮含量	采样土壤碱解氮含量（单位：mg/kg）
Available P (mg/kg)	速效磷含量	采样土壤速效磷含量（单位：mg/kg）
Available K (mg/kg)	速效钾含量	采样土壤速效钾含量（单位：mg/kg）

### 4.2 数据结果

#### 4.2.1 不同土层绿化带土壤化学性质

如图 2 所示，德州市区绿化带土壤（0–100 cm）pH 值在 7.8–9.5 之间，不同土层土壤 pH 的平均值均超过了 8.5，由此说明绿化带土壤属于强碱性。土壤盐分（0–100 cm）含量在 0.4–14.02 g/kg 之间，不同土层土壤盐分含量的平均值在 1.84–4.06 g/kg 之间，表明绿化带土壤属于中度盐渍化。这种现象主要与黄淮海平原土壤盐渍化的历史背景有关。德州市地处鲁西北，长期受黄河、淮河及海河水系变迁的影响，频繁的洪水、河道改道及海水倒灌导致了盐碱土的形成<sup>[25]</sup>。一般而言，植物生长适宜的土壤 pH 值范围为 6.5–7.5，含盐量需低于 0.1%<sup>[26]</sup>，而德州市区绿化带土壤明显超出这一范围，可能导致植物根系受损，影响水分和养分的吸收。因此，在绿化管理中，应采取淡水洗盐、施用石膏等措施调节土壤 pH

和盐分含量，以改善土壤环境。

根据全国第二次土壤普查标准，德州市区绿化带土壤有机质处于极贫乏水平，不同土层土壤有机质含量的均值在 4.08–7.22 之间，除 0–20 cm 和 20–40 cm 为贫乏级外，其余土层均为极贫乏。研究表明，盐碱化破坏土壤团聚体结构，降低土壤持水性和养分保留能力，加速有机质降解和流失<sup>[27]</sup>。此外，城市绿化带管理过程中，由于较少施用有机肥，且枯枝落叶被及时清理，使得有机质的输入量减少，这也是导致德州市区绿化带土壤有机质含量低的重要原因<sup>[6,28]</sup>。为改善这一状况，应适当增加有机肥和绿肥的投入，同时优化绿化管理措施，以提高土壤有机质水平。

德州市市区绿化带 0–20 cm 土层土壤的碱解氮含量均值为 69.47 mg/kg，为适量水平，而其余土层碱解氮含量均值仅在 26.91–52.43 mg/kg 之间，处于贫乏及以下水平。碱解氮易被植物根系吸收，可促进根系生长、叶面积扩展及光合效率提升，同时增强植物的抗旱能力<sup>[29]</sup>。但由于德州市区绿化带土壤有机质含量低，导致氮素供应能力不足。此外，0–20 cm 土层土壤速效磷含量均值为 13.66 mg/kg，达到适量水平，而其余土层速效磷含量仅为 3.62–4.43 mg/kg，均处于贫乏水平。磷元素是植物生长的重要营养物质，参与光合作用、能量传递及抗氧化合成，尤其在盐碱土壤中，盐分会进一步降低植物对磷的吸收能力<sup>[30–32]</sup>。因此，德州市绿化带土壤碱解氮和速效磷的缺乏可能对绿化植物的长期健康生长产生不利影响，应通过增施有机肥和深施化肥等方式提高其含量。速效钾含量在 0–20 cm 土层的均值为 175.73 mg/kg，达丰富级，20–40 cm 土层为 101 mg/kg，处于较丰富水平，深层土壤速效钾含量在 81.83–93.71 mg/kg 之间，达到适量级别。相较于碱解氮和速效磷，土壤钾元素供应相对充足，因此在绿化管理过程中，无需额外补充钾肥，而应重点关注氮、磷元素的补充，以优化土壤养分结构，提高土壤肥力。

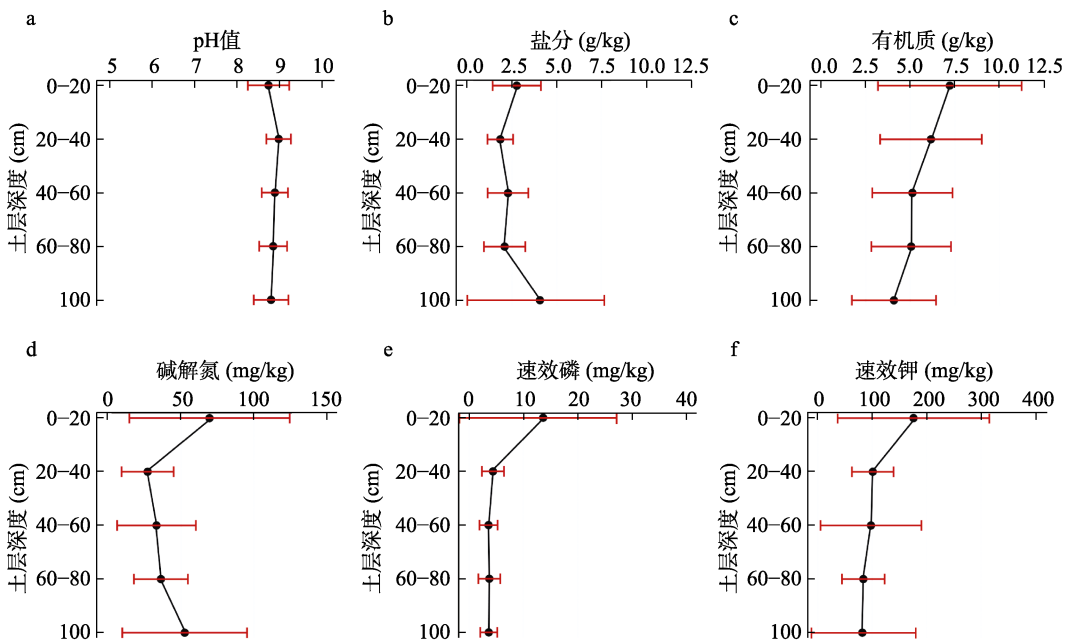


图2 土壤化学性质在不同深度土层剖面的变化

#### 4.2.2 不同道路绿化带土壤化学性质

如表3所示,不同道路绿化带土壤pH均值在8.7–9.05之间,岔河西大道土壤pH均值最高,为9.05,其次是东风路,pH均值为8.9,排列第三的是天衢路和长河大道,pH值均为8.82,岔河东大道和湖滨大道的pH值最低,均为8.7;不同道路间土壤pH值无显著性差异。不同道路绿化带土壤盐分含量的均值范围为1.37–3.2 g/kg,岔河东大道、天衢路、岔河西大道和东风路的土壤盐分含量均值分别为3.2、2.93、2.92和2.61 g/kg,盐渍化程度为中度;长河大道和湖滨大道的土壤盐分含量均值分别为1.94和1.37 g/kg,盐渍化程度为轻度;方差分析结果显示,岔河东大道的土壤盐分含量与长河大道和湖滨大道的土壤盐分含量呈显著性差异。

根据全国第二次土壤普查标准,德州市城区绿化带土壤有机质整体贫乏(4.19–6.43 g/kg),道路间无显著差异。碱解氮均贫乏(23.3–52.9 mg/kg),仅岔河东、西大道间差异显著。速效磷含量排序为东风路(8 mg/kg,适量)>天衢路(7.55 mg/kg,适量)>岔河西大道>湖滨大道>长河大道>岔河东大道(均贫乏)。速效钾天衢路最高(170 mg/kg,丰富),东风路(124.87 mg/kg)、岔河西大道(121.11 mg/kg)、湖滨大道(114.75 mg/kg)、岔河东大道(104.3 mg/kg)较丰富,长河大道最低(81.52 mg/kg,适量);天衢路与岔河东大道、长河大道差异显著。

土壤养分分布的空间异质性可能受到绿化管理措施、道路交通污染及历史土地利用方式的影响。此外,由于德州市区绿化带植物主要为乔木和灌木,根系较深,而当前土壤碱解氮和速效磷在深层土壤中均处于低水平,这可能对植物的长期生长产生限制。因此,在绿化管理过程中,应结合道路差异性,针对性地施用有机肥和深施化肥,以提高土壤肥力,优化绿化效果。

表3 不同道路绿化带土壤的化学性质差异统计表

	pH	盐分 (g/kg)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
岔河东大道	(8.7±0.45)b	(3.2±0.85)a	(4.19±3.33)a	(52.9±35.41)a	(3.27±1.52)ab	(104.3±52.51)bc
岔河西大道	(9.05±0.34)a	(2.92±1.17)ab	(5.63±2.08)a	(23.2±8.33)b	(4.9±2.13)ab	(121.11±51.88)abc
东风路	(8.9±0.34)ab	(2.61±3.15)ab	(5.98±2.77)a	(47.11±47.45)a	(8±11.14)a	(124.87±95.33)ab
湖滨大道	(8.7±0.21)b	(1.92±0.89)b	(6.43±1.61)a	(33.82±20.68)ab	(4.5±1.53)ab	(114.75±57.66)abc
天衢路	(8.82±0.33)ab	(2.93±1.71)ab	(5.82±3.33)a	(43.91±30.15)ab	(7.55±13.79)ab	(170±110.02)a
长河大道	(8.82±0.31)ab	(1.94±0.58)b	(6.22±2.29)a	(31.93±17.37)ab	(3.64±1.68)ab	(81.52±24.27)bc

注:小写字母a, b, c表示在0.05水平上的差异显著性。

#### 4.2.3 土壤肥力综合评价

德州城区绿化带表层土壤(0–20 cm)肥力综合指数为0.54,肥力水平属于较差,肥力等级为Ⅳ级(表4);土壤pH和有机质的平均隶属度值分别为0.1和0.18(表5),显著小于其它指标的隶属度值,这表明土壤pH和有机质是土壤肥力限制因子。下层土壤(20–40 cm、40–60 cm、60–80 cm、80–100 cm)的肥力综合指数范围为0.1–0.3,肥力水平为差(表4),不同土层土壤肥力的限制因子不同(表5)。综合分析结果表明,德州城区绿化带土壤(0–100 cm)综合肥力指数为0.24,肥力水平为差,土壤pH值和有机质均为

土壤肥力的限制因子。

不同道路绿化带土壤的肥力综合指数在 0.12–0.35 之间, 肥力水平为差 (表 6)。不同道路绿化带土壤的肥力限制因子不同 (表 7), 岔河东大道的土壤 pH 值、有机质、速效磷和速效钾的隶属度值均在 0.1–0.14 之间, 是土壤肥力的限制因子; 岔河西大道的土壤 pH 值、有机质、碱解氮和速效磷平均隶属度值均为 0.1, 为土壤肥力的限制因子; 东风路大道土壤的限制因子为 pH 值和有机质, 平均隶属度均值为 0.1; 湖滨大道和长河大道土壤各指标的平均隶属度值均很低; 天衢路土壤肥力限制因子是土壤 pH 值和有机质, 平均隶属度值均为 0.1。

表 4 不同土层土壤肥力评价指数统计表

土层 (cm)	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–100
IFI	0.54	0.10	0.12	0.12	0.30	0.24
质量等级	较差	差	差	差	差	差

表 5 不同土层土壤测定指标的平均隶属度值统计表

土层 (cm)	平均隶属度值					
	pH	盐分	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾
0–20	0.10	0.33	0.18	1.00	0.88	0.78
20–40	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11
40–60	0.10	0.18	0.10	0.19	0.10	0.10
60–80	0.10	0.12	0.10	0.28	0.10	0.10
80–100	0.10	0.72	0.10	0.77	0.10	0.10
0–100	0.10	0.28	0.10	0.51	0.17	0.17

表 6 不同道路土壤肥力评价指数统计表

	岔河东大道	岔河西大道	东风路	湖滨大道	天衢路	长河大道
IFI	0.26	0.18	0.32	0.15	0.35	0.12
质量等级	差	差	差	差	差	差

表 7 不同道路土壤测定指标的平均隶属度值统计表

道路	平均隶属度值					
	pH	盐分	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾
岔河东大道	0.10	0.46	0.10	0.79	0.10	0.14
岔河西大道	0.10	0.38	0.10	0.10	0.10	0.29
东风路	0.10	0.28	0.10	0.61	0.37	0.32
湖滨大道	0.10	0.10	0.13	0.21	0.10	0.23
天衢路	0.10	0.38	0.10	0.52	0.33	0.73
长河大道	0.10	0.10	0.11	0.16	0.10	0.10

## 5 结论

本数据集基于实测数据, 系统性地收集了德州市市区绿化带土壤的主要养分指标, 包

括 pH、盐分、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾。数据获取采用标准化的土壤采样与实验室分析方法，确保数据的科学性与准确性。数据集的空间范围覆盖德州市市区主要的 6 条道路，垂直尺度上进行 0–100 cm 了采样深度分层，通过对实测数据的统计学分析与隶属度函数评价，充分反映了德州市市区绿化带土壤分层、分道路的土壤养分状况，完善区域土壤数据库，助力提升绿地生态功能与可持续发展，推动黄淮海平原城市群生态建设。

根据对实测数据的分析，本文得出以下结论：

(1) 德州市区绿化带土壤的 pH 值大于 8.5，属于强碱性土壤；土壤盐分含量的均值为 2.6 g/kg，不同道路绿化带土壤的盐渍化程度在轻度–中度之间。

(2) 土壤有机质含量均值为 5.53 g/kg，属于贫乏水平；有机质含量随土壤深度的增加而降低。土壤碱解氮和速效磷整体为贫乏水平，但是在表层土壤中两者含量较高，达到了适量水平；土壤速效钾整体为较丰富水平，在表层土壤中为丰富水平。土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾在下层土壤的含量显著低于表层土壤。

(3) 德州城区绿化带土壤 (0–100 cm) 肥力水平为差，土壤 pH 值和有机质为土壤肥力的限制因子。不同道路绿化带土壤的肥力综合指数在 0.12–0.35 之间，肥力水平为差，不同道路绿化带土壤的肥力限制因子不同。通过上述分析，建议采取一定的措施（如：淋盐洗盐、使用石膏等化学改良剂、增施深施有机肥和化肥）进行修复和改良，为植物生长提供良好的环境。

**作者分工：**胡红宇对数据集的开发做了总体设计；王振波、李彬彬采集和处理了德州市市区绿化带土壤养分数据；胡红宇进行评价模型设计；樊子暄、李彬彬进行数据准确性与真实性验证；胡红宇与王振波撰写了数据论文。

**利益冲突声明：**本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

## 参考文献

- [1] 冯钧, 乔志宏, 鄢麒宝等. 城市化和绿地类型对土壤跳虫群落及功能性状的影响[J]. 生态学报, 2024, 44(6): 2582–2596.
- [2] Casado-Arzuaga, I., Madariaga, I., Onaindia, M. Perception, demand and user contribution to ecosystem services in the Bilbao metropolitan greenbelt [J]. *Journal of Environmental Management*, 2013, 129: 33–43.
- [3] Arif, M., Qi, Y., Dong, Z., et al. Rapid retrieval of cadmium and lead content from urban greenbelt zones using hyperspectral characteristic bands [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 374: 133922.
- [4] Ao, G., Qin, W., Wang, X., et al. Linking the rhizosphere effects of 12 woody species on soil microbial activities with soil and root nitrogen status [J]. *Rhizosphere*, 2023, 28: 100809.
- [5] 白雷哲. 北京市密云区不同道路绿化带土壤肥力的综合评价[J]. 现代园艺, 2024, 47(8): 39–40.
- [6] 戈悦, 刘悦秋, 丛一蓬等. 颐和园绿地表层土壤肥力质量评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2023, 47(3): 182–190.
- [7] 贾丽敏, 安文义, 孟庆星. 保定市高速公路绿化带病虫害发生原因与防治对策[J]. 河北林业, 2021(1): 31–32.
- [8] 李明, 郑兰香. 酒庄生产废水灌溉对绿化带土壤微生物群落的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(22): 228–235.
- [9] 柳冬香. 福州市公路绿化带主要病虫害调查及防治对策[J]. 福建交通科技, 2020(3): 50–51.
- [10] 胡艳萍, 赵远艳, 罗亚昆等. 思茅区茶苑路绿化茶树死亡原因分析[J]. 云南农业科技, 2021(4): 45–46.

- [11] 倪华敏. 上海浦东新区公路绿化带土壤改良效果分析[J]. 农业科技与信息(现代园林), 2014(12): 31–34.
- [12] 唐剑锋, 孙丽梅, 李传保等. 信阳市公路绿化带土壤养分状况及其障碍因子研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(16): 4045–4046.
- [13] 周伟, 王文杰, 张波等. 长春城市森林绿地土壤肥力评价[J]. 生态学报, 2017, 37(4): 1211–1220.
- [14] 张俊涛, 李铤, 沈卓慧等. 广州南沙区不同类型绿地土壤质量评价与特征分析[J]. 江西农业学报, 2020, 32(9): 85–90.
- [15] 赵满兴, 曹阳阳, 焦佳斌等. 延安新区(北区)道路绿地土壤肥力质量评价[J]. 中国农学通报, 2018, 34(27): 130–136.
- [16] 安康, 谢小平, 张海珍等. 西湖风景区土壤肥力的空间格局及其影响因子[J]. 生态学杂志, 2015, 34(4): 1091–1096.
- [17] 李娟, 杨满元, 杨宁. 紫色土丘陵恢复区不同土地利用方式土壤质量综合评价[J]. 草地学报, 2024, 32(9): 2875–2883.
- [18] 王新修, 苟剑渝, 刘京等. 遵义市植烟土壤肥力综合评价及空间分布[J]. 中国土壤与肥料, 2024(2): 1–9.
- [19] 余顺平, 熊于斌, 廖涛等. 连续化肥减量配施有机肥提升植烟土壤肥力质量的综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2024(1): 70–78.
- [20] 陈建, 李云锋, 吴晨浩. 建阳中心城区绿化用地土壤基本理化特征与肥力评价[J]. 宜春学院学报, 2024, 46(3): 72–77.
- [21] 胡红宇, 李彬彬. 德州市市区绿化带土壤养分实测数据集(2024)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.03.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.03.07.V1>.
- [22] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017年更新).
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
- [24] 张子琦, 焦菊英, 陈同德等. 拉萨河流域中下游洪积扇土壤养分评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(11): 2082–2096.
- [25] 张丽, 张爽. 土壤 pH 值对绿化树生长的影响[J]. 江西农业, 2018(16): 92,97.
- [26] Han, D. Soil organic carbon changes of croplands in the North China Plain in recent 30 years and its management strategy analysis [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2018.
- [27] Lim, S., Yang, H. I., Park, H., *et al.* Land-use management for sustainable rice production and carbon sequestration in reclaimed coastal tideland soils of South Korea: a review [J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2020, 66(1): 60–75.
- [28] 王华栋. 上海市临港新片区绿化土壤质量评价[J]. 城市道桥与防洪, 2023(7): 314–318.
- [29] George, E., Seith, B. Long-term effects of a high nitrogen supply to soil on the growth and nutritional status of young Norway spruce trees [J]. *Environmental Pollution*, 1998, 102(2): 301–306.
- [30] Sahin, U., Ekinci, M., Ors, S., *et al.* Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*) [J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 240: 196–204.
- [31] Tang, H., Niu, L., Wei, J., *et al.* Phosphorus limitation improved salt tolerance in maize through tissue mass density increase, osmolytes accumulation, and Na<sup>+</sup> uptake inhibition [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2019(10): 856.
- [32] von Tucher, S., Hörndl, D., Schmidhalter, U. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet [J]. *Ambio*, 2018, 47(1): 41–49.