

王 红,徐 静,谢晓金,等.南京市绿地土壤养分特征及空间分布[J].江苏农业科学,2021,49(6):212-218.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.06.038

南京市绿地土壤养分特征及空间分布

王 红¹,徐 静¹,谢晓金²,李仁英²,邵 京¹,沈 嘉²,央 宗²,简 静²,阿克居里·乌尔曼²

[1.南京市园林和林业科学研究院(南京市园林绿化指导站),江苏南京 210037;2.南京信息工程大学应用气象学院,江苏南京 210044]

摘要:基于实地调查和室内分析,分析江苏省南京市主城区绿地表层土壤的 pH 值、电导率、碱解氮含量、有效磷含量、速效钾含量以及有机质含量,并基于 ArcGIS 10.4 运用反距离权重法进行空间插值模拟土壤养分空间分布。结果表明,南京市各类型城市绿地的 pH 值为中性偏弱碱性,差异性较小。除个别采样点出现极值外,绝大部分样点电导率在 100~200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之间,各样点间无显著差异。从养分含量分析来看,公园绿地类型的有效磷和有机质含量较低,居住绿地类型的碱解氮含量较低。总体来讲,南京市主城区绿地土壤的碱解氮含量偏低,有机质含量中等,有效磷含量和速效钾含量偏高。南京市绿地土壤综合肥力指数偏小,大部分区域处于土壤养分较低水平。

关键词:城市绿地;土壤养分;空间分布;南京市;土壤类型

中图分类号:S153.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)06-0212-07

城市绿地是指用以栽植树木花草和布置的配套设施,基本上由绿色植物所覆盖,并赋以一定的功能与用途的场地^[1]。城市绿地是城市生态系统的重要组成部分,在改善环境质量、调节系统平衡、美化城市景观等方面起着重要作用^[2-3]。目前关于城市绿地的报道,多集中于城市景观规划^[4-5]、绿地生态系统结构和功能^[6-7]等方面,而针对城市绿地土壤的研究^[8-10]颇少。城市绿地土壤质量直接涉及人们的健康与安全,因此,掌握城市绿地土壤的理化特性及养分状况,对加强城市绿地管理、改善城市绿地质量和环境健康、增进城市生态可持续发展具有重要意义^[11]。

本研究以江苏省南京市主城区为研究对象,采

用网格与 CJJ/T 85—2017《城市绿地分类标准》,结合南京市绿地实际情况,在南京主城区布设 230 个样点;其中,道路绿地样点 55 个、公园绿地样点 119 个、居住绿地类样点 31 个和其他附属绿地样点(大学、产业园等)25 个。通过研究南京市绿地土壤的理化性质,分析其养分状况和空间分布特征,以期对南京市土壤改良和园林绿化建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区状况

南京市(31°14'~32°37'N,118°22'~119°14'E)位于长江下游的宁镇丘陵地区,东临长江三角洲,西靠皖南丘陵,南连太湖水网,北接江淮平原,“黄金水道”长江穿越境域。南京市共辖 11 个区,包括鼓楼区、玄武区、秦淮区、建邺区、雨花台区、栖霞区、六合区、浦口区、江宁区、溧水区和高淳区,共计 94 条街道,6 个镇,总面积 6 622.45 km²。南京市水

收稿日期:2020-05-28

基金项目:南京市园林绿化行业科技计划(编号:YLKJ201818ZB)。

作者简介:王 红(1979—),女,江苏句容人,硕士,高级工程师,主要从事园林植物和绿化技术研究。E-mail:25560247@qq.com。

[17]金梦野,黄 娟,侯 媛,等.三种环境材料及其复合施用对盐碱化土壤的改良效果研究[J].农业环境科学学报,2020,39(1):118-124.

[18]王 丹,黄 超,李小东,等.脱硫石膏配施不同量有机物料对盐碱土壤改良效果及作物产量的影响[J].干旱地区农业研究,2019,37(1):34-40.

[19]孙兆军,赵秀海,王 静,等.脱硫石膏改良龟裂碱土对枸杞根际土壤理化性质及根系生长的影响[J].林业科学研究,2012,25(1):107-110.

[20]邹 璐,范秀华,孙兆军,等.盐碱地施用脱硫石膏对土壤养分

及油葵光合特性的影响[J].应用与环境生物学报,2012,18(4):575-581.

[21]刘东洋,黄 超,刘 娟,等.脱硫石膏不同施用深度对盐碱土壤改良效果的影响[J].新疆农业大学学报,2017,40(4):301-307.

[22]王小彬,闫 湘,李秀英,等.燃煤烟气脱硫石膏农用的环境安全风险[J].中国农业科学,2018,51(5):926-939.

[23]童泽军,李取生,周永胜.烟气脱硫石膏对滩涂围垦土壤重金属解吸及残留形态的影响[J].生态环境学报,2009,18(6):2172-2176.

域面积占总面积的 11% 以上,林木覆盖率为 26.4%,建成区绿化覆盖率为 45%,人均公共绿地面积为 13.7 m^2 ,研究区域气候属亚热带季风气候,雨量充沛,年降水量 $1\ 200 \text{ mm}$,年平均降水量 $1\ 106 \text{ mm}$,四季分明,年平均温度 $15.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,年极端气温最高 $39.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低 $-13.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。本研究选择南京主城区:雨花台区、建邺区、秦淮区、鼓楼区、玄武区、栖霞区等核心区域为研究区。

1.2 采样点的确定

于 2018—2019 年期间采集土壤样品,本研究采用地理信息系统技术和网格化方法结合南京市绿地实际情况,确定了 230 个采样点。采样点基本覆盖南京市主城区的绿地土壤。采样点主要选择在网格内的绿化区域,在同一网格内,选取环境接近,绿地类型相近的点位取土;如果不能达到上述条件,则尽量在同一绿地类型范围内采集土壤样品进行混合。采样点的分布见图 1。

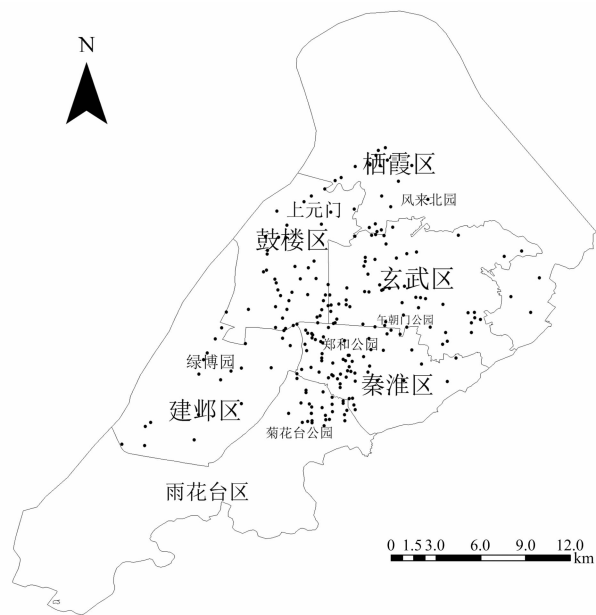


图1 研究区采样点分布

1.3 土壤样品的采集

根据“1.2”节要求随机选取样点,记录每个样点的绿地类型和植被类型,并利用全球定位系统(GPS)记录每个采样点的坐标位置。采集绿地表层(0~30 cm)土壤,每个网格内按具体情况采用 S 形布设 8~10 个点进行采样,均匀混合后装袋。样品带回实验室,将土壤样品自然风干后,再用木棒压碎,去除石砾、杂物、草根等,并分别过 2 mm 和 0.149 mm 尼龙筛,用于土壤各项指标的测定。

1.4 土壤样品的测定

土壤 pH 值采用电位法测定,碱解氮含量采用

碱解扩散法测定,有效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定,有机质含量采用重铬酸钾容量法测定^[12-13]。

1.5 绿地土壤养分综合评价

1.5.1 土壤肥力指标值的隶属函数 隶属函数是一种对受多种因素影响的事物做出全面的评价的十分有效的多因素决策方法,其特点是评价结果不是绝对的肯定或否定,而是以一个模糊集合来表示土壤是受环境中诸多因素综合作用和影响的一个开放型的复杂体系。各项肥力指标对土壤综合肥力的影响各不相同,为使计算结果客观、科学,在计算土壤综合肥力指标值时,本研究运用对各项肥力指标求隶属度的方法^[14],先对数据进行一定的数学处理。

$$N_i = \begin{cases} 1.0 & x \geq x_2 \\ \frac{0.9(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} + 0.1 & x_1 < x < x_2 \\ 0.1 & x \leq x_1 \end{cases} \quad (1)$$

式中: N_i 为隶属函数; x 为评价指标的实际测定值,养分指标分别以 2 级上限值(x_2)和 5 级下限值(x_1)作为临界值。

1.5.2 土壤综合肥力指标值 土壤肥力是衡量土壤提供植物生长所需的各种养分的能力,是土壤各种基本性质的综合表现^[15]。土壤综合肥力指数(integrated fertility index, IFI)是一个全面反映土壤养分肥力状况的指标值^[16],其值大小表示土壤的综合肥力等级,在相互交叉的同类指标间采用加法合成,计算如下:

$$IFI = \sum_{n=1}^i W_i \times N_i \quad (2)$$

式中: W_i 和 N_i 分别为第 i 种的权重系数和隶属度值。

1.6 数据处理与分析

采用 Excel、SPSS 22.0 对土壤 pH 值、电导率、碱解氮含量、有效磷含量、速效钾含量与有机质含量进行统计和分析;采用 ArcGIS 10.4 对土壤采样点分布、土壤养分空间分布进行分析和作图。

2 结果与分析

2.1 南京市绿地土壤养分含量特征

由表 1 可知,南京市绿地土壤的平均 pH 值为 7.68,最大值为 8.19,最小值为 5.00,变异系数为 0.04。南京市绿地土壤的 pH 值基本在中性至碱性的范围内,pH 值变异不大。土壤电导率反映了一定

水分条件下土壤盐分的实际状况,在一定浓度范围内,土壤溶液含盐量与电导率呈正相关关系,溶解的盐类越多,电导率越大。在 230 个样点中,土壤电导率最大值是 723.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$,最小值是

14.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$,最大值是最小值的近 50 倍,南京市绿地土壤的平均电导率为 175.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$,标准差为 68.37 $\mu\text{S}/\text{cm}$,变异系数为 0.39,为中等变异,说明南京市绿地土壤电导率差异较为明显。

表 1 南京市绿地土壤养分含量描述性统计

项目	pH 值	电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (%)
平均数	7.68	175.52	74.66	16.78	155.35	2.21
中位数	7.71	161.90	72.44	14.99	145.56	1.97
最大值	8.19	723.00	202.42	60.26	381.84	10.71
最小值	5.00	14.90	21.84	3.10	61.70	0.03
标准差	0.32	68.37	28.21	7.85	45.95	1.34
变异系数	0.04	0.39	0.38	0.47	0.30	0.61
样点数(个)	230	230	230	230	230	230

土壤碱解氮是植物可以直接吸收利用的水溶性氮,其含量与植物生长具有密切的关系,是土壤肥力的重要指标。调查表明,南京市绿地土壤平均碱解氮含量为 74.66 mg/kg ,标准差为 28.21 mg/kg ,变异系数为 0.38,为中等变异,表明不同样点的碱解氮含量差异很大。230 个样点中,碱解氮含量最大为 202.42 mg/kg ,根据第 2 次全国土壤养分状况分级标准(表 2),处于 1 级水平;碱解氮含量最小为 21.82 mg/kg ,处于 6 级水平,最大值是最小值的近 10 倍。磷是植物必需营养元素之一,对植物的抗逆性具有重要作用,土壤的供磷水平通常用有效磷含量表示。南京市绿地土壤平均有效磷含量为 16.78 mg/kg ,标准差为 7.85 mg/kg ,变异系数为 0.47,属于中等变异。在 230 个样点中,有效磷含量最大为 60.26 mg/kg ,处于 1 级水平;有效磷含量最小为 3.10 mg/kg ,处于 5 级水平。土壤电导率、碱解氮和有效磷异质化过程也直接反映了土壤上植被类型异质化。

土壤速效钾含量是衡量土壤钾素养分供应能力的指标,可表征当前和近期可供植物吸收利用的钾含量。南京市绿地土壤平均速效钾含量为 155.35 mg/kg ,标准差为 45.95 mg/kg ,变异系数为 0.30,同样属于中等变异,说明南京市绿地土壤速效钾含量差异也不明显。速效钾含量最大为 381.84 mg/kg ,处于 1 级水平;最小速效钾含量为 61.70 mg/kg ,处于 4 级水平。土壤有机质指存在于土壤中的所有含碳的有机物质,是最能体现土壤质量的单一指标。南京市绿地土壤的平均有机质含量为 2.21%,最大值达到 10.71%,最小值为

0.03%,变异系数为 0.61,为高度变异;这表明南京市绿地土壤有机质含量具有较大差异,南京市绿地土壤有机质含量大部分处于 3、4 级水平。

如表 2 所示,南京市绿地土壤碱解氮含量大部分集中在 30 ~ 120 mg/kg 之间,占有样点的 90.00%。其中碱解氮含量为 60 ~ 90 mg/kg 的样点数最多,占 39.57%,其次为含量在 30 ~ 60 mg/kg 的样点数,占 30.87%。处于中上(1 ~ 3 级)水平的样点数约占总样点数的 25.65%,所占比例较小,说明南京市绿地土壤碱解氮含量总体较低,土壤供氮能力较弱,植物正常生长发育会受到影响。相比于碱解氮,南京市绿地土壤有效磷含量水平较高,且大部分样点集中在 5 ~ 40 mg/kg 。其中,含量在 10 ~ 20 mg/kg 的样点数量最多,占 53.49%,其次为 20 ~ 40 mg/kg 的样点数量,占 28.26%, ≥ 40 mg/kg 的样点数量占 1.74%。处于中上(1 ~ 3 级)水平的样点约占总样点数的 83.48%,所占比例较大,说明南京市绿地土壤可被植物吸收利用的磷含量较高,可满足植物正常生长需要。

南京市绿地土壤中的速效钾含量也较高。大部分样点的速效钾含量在 100 ~ 200 mg/kg 之间,占总样点数的 86.95%。其中,含量在 100 ~ 150 mg/kg 的样点数最多,占 51.30%。 ≥ 200 mg/kg 的样点数占 9.13%。南京市大部分绿地土壤的速效钾含量处于中上水平,还有一部分处于极高水平,表明南京市绿地土壤中的速效钾含量能满足植物正常生长需要。南京市绿地土壤有机质含量大部分集中在 1% ~ 3%,占总样点数的 60.87%,即大部分的样点处于中等肥力水平。有机质含量在 3% 以上的样点数占

表 2 南京市绿地土壤养分分级统计

分级	碱解氮			有效磷			速效钾			有机质		
	标准 (mg/kg)	样本数 (个)	比重 (%)	标准 (mg/kg)	样本数 (个)	比重 (%)	标准 (mg/kg)	样本数 (个)	比重 (%)	标准 (%)	样本数 (个)	比重 (%)
6 级	(0,30)	9	3.91	(0,3)	0	0	(0,30)	0	0	(0,0.6)	6	2.61
5 级	[30,60)	71	30.87	[3,5)	4	1.74	[30,50)	0	0	[0.6,1)	30	13.04
4 级	[60,90)	91	39.57	[5,10)	34	14.78	[50,100)	9	3.91	[1,2)	80	34.78
3 级	[90,120)	45	19.57	[10,20)	123	53.49	[100,150)	118	51.30	[2,3)	60	26.09
2 级	[120,150)	10	4.35	[20,40)	65	28.26	[150,200)	82	35.65	[3,4)	38	16.52
1 级	≥150	4	1.74	≥40	4	1.74	≥200	21	9.13	≥4	16	6.96

23.48%,土壤肥力水平较高。而有机质含量小于1%的样点数占15.65%。处于中上(1~3级)水平的样点约占总样点数的49.57%,不足总样点数的一半,说明南京市绿地土壤有机质含量总体不高,一些样点的植物正常生长发育可能会受到影响。

2.2 不同类型绿地土壤养分特征

由表3可知,不同类型绿地土壤的碱解氮含量和速效钾含量无显著性差异。其他附属绿地土壤

的碱解氮含量最高,其次为道路绿地。根据第2次全国土壤养分状况分级标准(表2),4种绿地平均碱解氮含量处于4级水平。居住绿地中的有效磷含量最高,其次为其他附属绿地,公园绿地中的有效磷含量最低。居住绿地、其他附属绿地和道路绿地间的有效磷含量差异不显著;居住绿地有效磷含量处于高水平,而道路绿地、公园绿地和其他附属绿地处于中上水平。

表 3 不同绿地类型土壤养分含量差异

样地类型	样点数 (个)	pH 值	电导率 (μS/cm)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (%)
道路绿地	55	7.70 ± 0.25b	205.03 ± 105.20a	76.30 ± 27.51a	18.18 ± 8.46a	163.88 ± 50.04a	2.68 ± 1.76a
公园绿地	119	7.62 ± 0.36b	160.92 ± 44.90b	74.11 ± 34.34a	14.47 ± 6.09b	152.44 ± 61.70a	1.98 ± 1.21b
居民绿地	31	7.93 ± 0.15a	183.99 ± 53.96b	69.42 ± 20.78a	20.99 ± 10.91a	150.65 ± 42.09a	2.46 ± 1.06ab
其他附属绿地	25	7.63 ± 0.23b	169.62 ± 62.48b	80.21 ± 21.07a	19.46 ± 5.88a	156.29 ± 35.30a	1.96 ± 0.77b

注:表中数字为平均值 ± 标准差,同列数据后不同小写字母表示不同绿地类型间差异显著(P < 0.05)。

道路绿地土壤的速效钾含量最高,其次为其他附属绿地,居民绿地最低,但不同类型绿地间的速效钾含量未见显著性差异。道路绿地、公园绿地、居住绿地和其他附属绿地速效钾含量处于高水平。道路绿地中的有机质含量最高,达到2.68%,显著高于公园绿地及其他附属类绿地,其次为居住绿地,公园绿地中的有机质含量最低;道路绿地、公园绿地和居住绿地处于中上水平,其他附属绿地处于中下水平。

居住绿地土壤pH值最高,且显著高于其他类型绿地。道路绿地、公园绿地和其他附属绿地间土壤pH值没有显著性差异,而公园绿地的pH值最低。居住绿地、道路绿地、公园绿地和其他附属绿地均呈碱性。道路绿地土壤的电导率最大,平均为205.03 ± 105.20 μS/cm,其次为居住绿地,居住绿地、公园绿地及其他附属绿地间的电导率差异不显著;根据土壤电导率分级标准可知,不同类型绿地

土壤均处于非盐化程度。

2.3 南京市绿地土壤养分的空间分布

根据实验室测定出的南京市绿地土壤各养分含量,利用AcrGis绘制土壤养分含量空间分布图(图2)。从图2-a可知,在南京市绝大部分城区土壤pH值都呈弱碱性,总体上城市外圈比内圈pH值高。其原因与南京市近几年城市建设大力向外扩张有关,大量居民区、商业区蓬勃发展,在受城市建筑石灰性充填物的影响下土壤呈碱性。低pH值的区域位于主城区的下蜀黄土性自然土壤。从图2-b可以看出,南京市绿地土壤电导率呈斑块状分布,电导率为27.24 ~ 691.56 μS/cm,其中在150 ~ 200 μS/cm区域范围最大。数值小的蓝色区域主要在西北角,及其他区域零星分布。总体来说,南京市土壤电导率值较低,调查样点中并未出现土壤电导率超高情况。

从图2-c可以看出,碱解氮含量最高的区域主

要位于南京市燕子矶和大桥公园以北,较高的区域大部分位于市中心各类样地,包括公园绿地、道路绿地以及居住绿地等。较低区域主要在西面跟北面拐角。从图 2 - d、图 2 - e 可以看出,土壤有效磷含量分布与速效钾含量相似。有效磷含量较高区域横插东南到西面,整体来看,占地区域较大;而有效磷含量较低区域仍然位于西南与北面大片范围。

从图 2 - d 可以看出,速效钾含量较高的区域主要分布在市区内。速效钾含量较低的区域主要分布在西南面和东北面较大范围各类样地内,其中西南面位于鱼嘴公园区域,东北面位于聚宝山庄小区及燕子矶区域。从图 2 - f 可以清晰看出,南京市区内,除自然植被外,土壤有机质含量为中等水平,说明人为扰动作用很强烈。

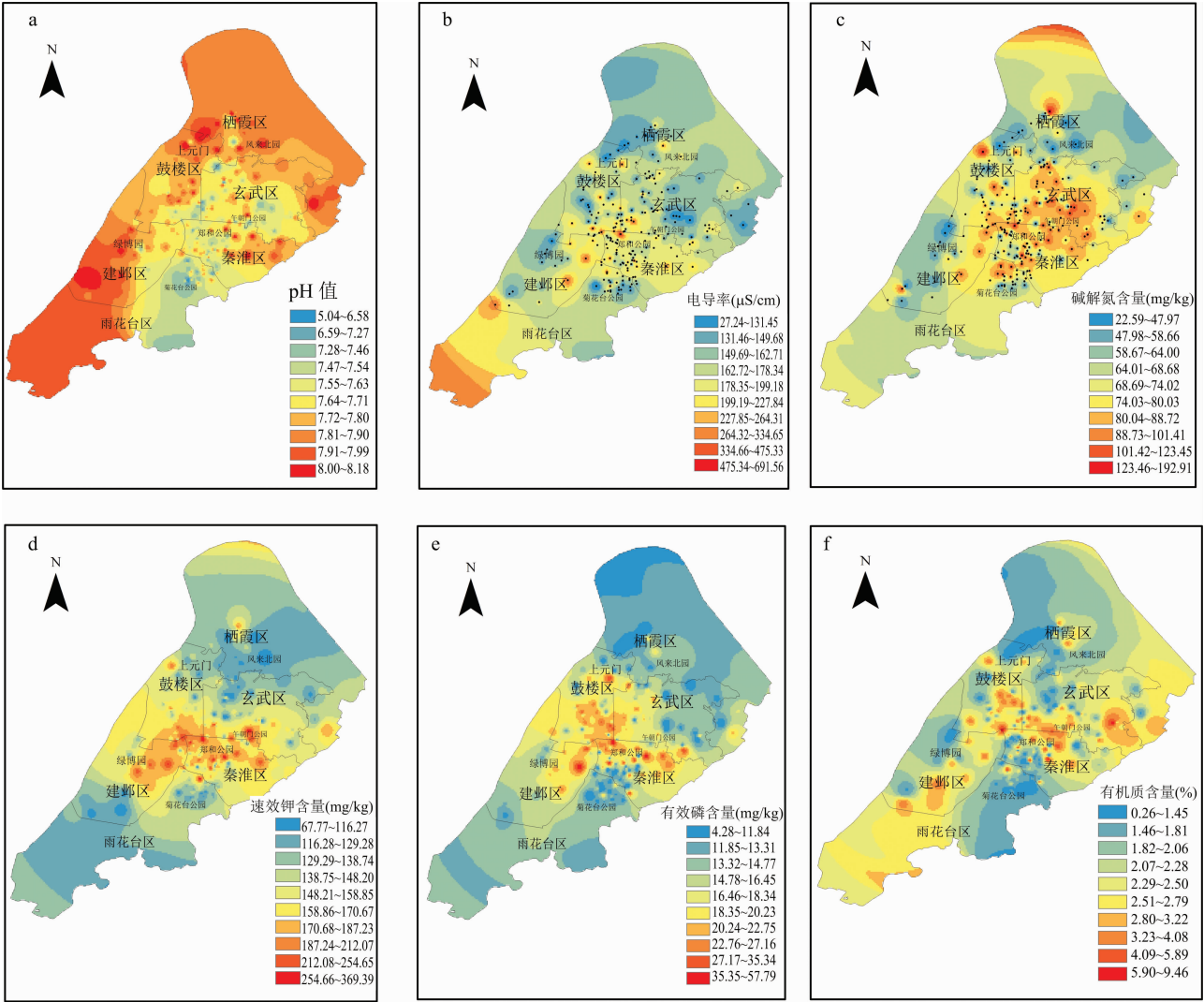


图2 南京市绿地土壤 pH 值(a)、电导率(b)、碱解氮含量(c)、速效钾含量(d)、有效磷含量(e)和有机质含量(f)的空间分布

2.4 土壤养分综合评价

2.4.1 土壤肥力指标权重 从表 4 可以看出,南京市绿地土壤肥力各项指标间存在极显著相关性,且一个指标受多个指标变化的影响。碱解氮含量与有效磷、速效钾和有机质含量的相关系数分别为 0.27、0.43 和 0.46;有效磷含量与速效钾、有机质含量的相关系数分别为 0.52 和 0.26;速效钾含量和有机质含量相关系数为 0.36,说明土壤某一种肥力指标高时,其他指标含量也相对比较高。

表 4 南京市绿地土壤肥力指标的相关性

指标	相关系数			
	碱解氮含量	有效磷含量	速效钾含量	有机质含量
碱解氮含量	1.00			
有效磷含量	0.27 **	1.00		
速效钾含量	0.43 **	0.52 **	1.00	
有机质含量	0.46 **	0.26 **	0.36 **	1.00

注: ** 表示极显著相关 ($P < 0.01$)。

各肥力指标与其他肥力指标相关系数的平均数
占所有肥力指标相关系数平均值之和的百分率即为
该单项肥力指标对土壤综合肥力值的贡献率,从而得到
各项肥力指标的权重(表 5)。速效钾含量的权重
最高,为 0.29,有效磷含量的权重最小,为 0.23。

表 5 各项肥力指标权重

指标	相关系数平均值	权重
碱解氮含量	0.39	0.25
有效磷含量	0.35	0.23
速效钾含量	0.44	0.29
有机质含量	0.36	0.23

表 6 南京市绿地土壤肥力指标

绿地类型	样本数 (个)	平均值	中位数	最大值	最小值	标准差	变异系数
道路绿地	55	0.58	0.61	1.23	0.33	0.17	0.30
公园绿地	119	0.50	0.48	0.91	0.29	0.14	0.28
居民绿地	31	0.56	0.56	0.95	0.33	0.16	0.28
其他附属绿地	25	0.56	0.55	0.80	0.36	0.11	0.20

根据土壤养分综合评价目的以及该研究区的
实际情况把土壤养分综合评价指标值 (IFI) 分为低、
较低、中等、较高、高 5 个等级,即 0 ~ 0.2,0.2 ~
0.4,0.4 ~ 0.6,0.6 ~ 0.8,0.8 ~ 1.0^[17]。IFI 值越
高,说明土壤养分含量越高,植物生长所需的养分
条件越好。由图 3 可知,南京市绿地 IFI 值为 0.2 ~
0.4 的占 21.74%,属于土壤养分较低水平;IFI 值为
0.4 ~ 0.6 的占 45.65%,属于土壤养分的中等水平;
IFI 值为 0.6 ~ 0.8 的占 28.26%,属于土壤养分的
较高水平;IFI 值为 0.8 ~ 1.0 的占 4.35%,属于土
壤养分的高水平。总体来说,南京市绿地土壤养分
水平较差,大部分处于土壤养分较低水平。

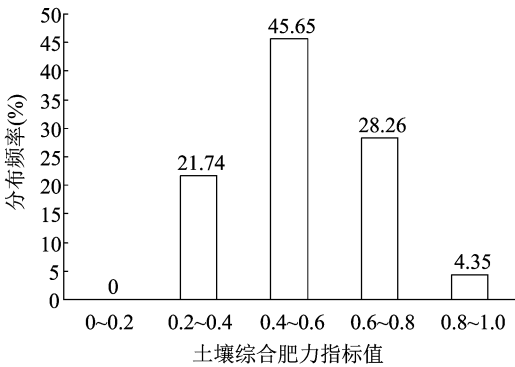


图3 南京市绿地土壤综合肥力指标值频率分布

由图 4 可知,南京市道路绿地土壤 IFI 值 0.2 ~

2.4.2 南京市绿地土壤综合肥力分布特征 如表
6 所示,经过对 230 个样地的碱解氮、有效磷、速效
钾以及有机质含量进行计算,得到南京市每个样地
土壤肥力指标值(表省略)及不同类型绿地土壤综
合肥力指标值。其中,道路绿地土壤综合肥力平均
值为 0.58,标准偏差为 0.17,变异系数为 0.30;公园
绿地土壤综合肥力平均值为 0.50,标准差为 0.14,
变异系数为 0.28;居民绿地土壤综合肥力平均值为
0.56,标准差为 0.16,变异系数为 0.28;其他附属绿
地土壤综合肥力平均值为 0.56,标准差为 0.11,变
异系数为 0.20。总体来说,南京市城市绿地土壤综
合肥力指标变异中等。

0.4 的占 16.36%,0.4 ~ 0.6 的占 32.73%,0.6 ~
0.8 的占 43.64%,0.8 ~ 1.0 的占 7.27%;南京市公
园绿地土壤 IFI 值 0.2 ~ 0.4 的占 25.21%,0.4 ~
0.6 的占 50.46%,0.6 ~ 0.8 的占 21.85%,0.8 ~
1.0 的占 2.52%;南京市居民绿地土壤 IFI 值 0.2 ~
0.4 的占 12.90%,0.4 ~ 0.6 的占 58.84%,0.6 ~
0.8 的占 25.81%,0.8 ~ 1.0 的占 6.45%;其他附属
绿地土壤 IFI 值 0.2 ~ 0.4 的占 8.00%,0.4 ~ 0.6
的占 56.00%,0.6 ~ 0.8 的占 32.00%,0.8 ~ 1.0
的占 4.00%。

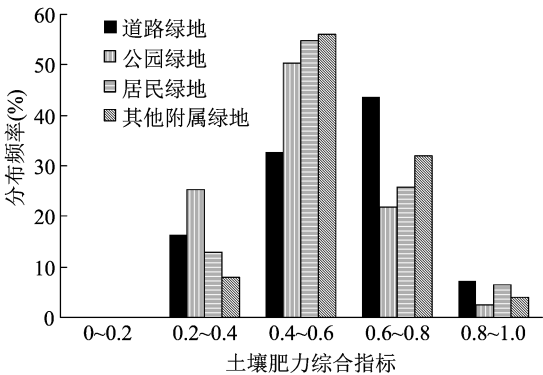


图4 南京市不同类型绿地土壤综合肥力指标值的频率分布

3 结论与结论

土壤养分是土壤肥力的重要物质基础,是物

理、化学和生物性质的综合反映与作用结果,同时受自然因素和人类活动的影响,表现出明显的空间分异特征^[18-20]。本研究对南京市主城区城市绿地土壤养分进行综合分析:城市绿地土壤 pH 值中性偏弱碱性,各类型绿地间差异性非常小;电导率值除某些采样点出现极值外,大部分数值在 100 ~ 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之间,不同类型绿地土壤的电导率值偏小,没有引起盐渍化的风险;南京市绿地土壤的碱解氮含量中等偏低,表明城市土壤中的氮元素有些缺乏;城市绿地土壤的有效磷含量水平较高,且大部分样点集中在 5 ~ 40 mg/kg ,可满足植物正常生长需求;大部分样地速效钾含量处于 2 ~ 3 级水平,中等偏高;有机质含量中等,但公园绿地和其他附属绿地某些区域的有机质含量偏低,植物生长会受到一定影响。本研究的数据主要来源于 2018 至 2019 年间南京市主城区城市绿地采样结果,仅仅是一个时间断面,今后还需连续监测、分析其养分状况演变特征。

从不同类型城市绿地土壤养分比较来看,其他附属绿地土壤的肥力最好,这部分地区主要来自于校园,可以证明有人管理的土壤肥力状况良好;而大部分防护绿地,部分公园绿地和道路绿地肥力状况较差;防护绿地主要来自卫生隔离带、道路防护绿地、城市高压走廊绿带、防风林、城市组团隔离带等,这些位置的土壤通常缺乏人为管理,导致防护绿地的肥力状况较差,而公园绿地和道路绿地肥力状况如何,要看那一区域的直辖管理人员是否关注绿地的肥力情况,及时为土壤补充肥力。

从空间分布图来看,南京市绿地土壤城市外圈比内圈 pH 值高;电导率、碱解氮、有效磷、速效钾以及有机质分布呈斑块状,电导率高值区主要分散在南京市西面,中值主要出现于中东部位置。土壤碱解氮含量高的区域位于城市中央以及北角,而东北角及南面碱解氮含量较少;中央位置的土壤有效磷含量比外围高,北面、南面和西面的土壤有效磷含量低;土壤速效钾含量由西南向东南逐渐增加,高值区主要分布在东北和西南方向,低值区主要分布在西北方向;有机质含量高的区域位于东面和北面小部分区域,中央位置也有零星分布。

土壤养分综合评价结果显示,南京市主城区土壤养分综合指数为 0.32 ~ 0.91。其中较低水平占 21.74%,中等水平占 45.65%,较高、高水平占 32.61%,总体来说,南京市绿地土壤养分综合指数

偏小,大部分区域处于土壤养分较低水平。

参考文献:

- [1] 张明,潘国林,张宗应,等.我国部分城市绿地土壤肥力质量分析与评价[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2019,40(3):46-51.
- [2] 毛齐正,罗上华,马克明,等.城市绿地生态评价研究进展[J].生态学报,2012,32(17):5589-5600.
- [3] 苏泳烟,黄光庆,陈修治,等.城市绿地的生态环境效应研究进展[J].生态学报,2011,31(23):7287-7300.
- [4] 赵警卫,徐纹艳,林保英.基于公众审美的城市绿地植物景观设计依据[J].城市问题,2018,37(1):41-45.
- [5] 邓位,李翔.英国城市绿地标准及其编制步骤[J].国际城市规划,2017,33(6):20-26.
- [6] 黄玉梅,黄胜岚,张健,等.成都市温江区城市绿地不同植物配置下中小型土壤动物群落特征[J].中国科学院大学学报,2018,35(1):33-41.
- [7] 张绪良,徐宗军,张朝晖,等.青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值[J].生态学报,2011,31(9):2576-2584.
- [8] Beyer L, Blume H P, Elsner D C, et al. Soil organic matter composition and microbial activity in urban soils[J]. Science of the Total Environment,1995,168(3):267-278.
- [9] Merrilees B, Miller D, Herington C. City branding: a facilitating framework for stressed satellite cities[J]. Journal of Business Research,2013,66(1):37-44.
- [10] Lin B B, Egerer M H, Liere H, et al. Local- and landscape-scale land cover affects microclimate and water use in urban gardens[J]. Science of the Total Environment,2018,47(610/611):570-575.
- [11] 李俊翰,高明秀,李沪波.青岛中心城区绿地土壤养分特征与评价[J].山东农业大学学报(自然科学版),2019,50(4):550-558.
- [12] 全国农业技术推广服务中心.土壤分析技术规范[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [14] 骆伯胜,钟继红,陈俊坚.土壤肥力数值化综合评价研究[J].土壤,2004,36(1):104-106.
- [15] de Lima A C R, Hoogmoed W, Brussaard L. Soil quality assessment in rice production systems: establishing a minimum data set[J]. Journal of Environmental Quality,2008,37(2):623-630.
- [16] 冯嘉仪,储双双,王婧,等.华南地区 5 种典型林分类型土壤肥力综合评价[J].华南农业大学学报,2018,39(3):73-81.
- [17] 周王子,董斌,刘俊杰,等.基于权重分析的土壤综合肥力评价方法[J].灌溉排水学报,2016,35(6):81-86.
- [18] 张晗,赵小敏,欧阳真程,等.江西省不同农田利用方式对土壤养分状况的影响[J].水土保持研究,2018,25(6):53-60.
- [19] 梁斌,齐实.北京山区土壤养分空间变化特征研究[J].土壤,2018,50(4):769-777.
- [20] 覃勇荣,白新高,刘旭辉.桂西北岩溶地区不同植被土壤养分及微生物生理类群数量的季节变化[J].江苏农业科学,2019,47(24):273-280.