

新济洲国家湿地公园土壤养分特征及其肥力评价

王红¹, 邵京¹, 吴雨², 徐丽¹, 徐静¹, 卢炳浩², 李仁英², 黄利东², 谢晓金², 陈佳林², 翟伊然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 为了解南京市新济洲国家湿地公园的土壤肥力状况,采集了该湿地公园65个土壤样本,分析其pH、电导率、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、全氮、全磷和全钾含量,并利用综合评价方法评价其肥力水平。结果表明,新济洲国家湿地公园土壤pH平均为8.45,为碱性土壤;土壤电导率平均为128.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$,为非盐化土壤;土壤有机质、碱解氮和全氮平均含量分别为17.05 g/kg、71.00 mg/kg和0.81 g/kg,都为中下水平;速效钾和全钾平均含量分别为107.89 mg/kg和16.51 g/kg,均为中上水平;而有效磷和全磷平均含量分别为27.13 mg/kg和1.60 g/kg,分别为高水平 and 极高水平。综合评价结果显示,该湿地公园土壤综合肥力水平主要集中于三级和四级,总体上属于中等偏上水平。在此次调查的4个岛屿中,新生洲和子母洲土壤的养分条件较好,土壤综合肥力水平较高,其次是再生洲,新济洲土壤综合肥力最差。综上可知,新济洲国家湿地公园的土壤养分总体处于中等及偏上水平,应根据各岛屿的具体情况,采取一定措施以改善土壤肥力状况。

关键词 土壤养分;变化特征;新济洲国家湿地公园;综合肥力;评价

中图分类号 S158.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)08-0068-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.019



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Nutrient Characteristics and Fertility Evaluation of Soil in Xinjizhou National Wetland Park

WANG Hong¹, SHAO Jing¹, WU Yu² et al (1.Nanjing Academy of Landscape and Forestry (Nanjing Landscaping Guidance Station), Nanjing, Jiangsu 210037; 2.College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044)

Abstract In order to investigate the soil nutrient characteristics and fertility level of Xinjizhou National Wetland Park in Nanjing City, pH, electrical conductivity, content of organic matter, alkaline nitrogen, available phosphorus, available potassium, total nitrogen, total phosphorus and total potassium of 65 soil samples were analyzed. The fertility level was evaluated using comprehensive evaluation method. The results showed that the average pH of soil in Xinjizhou National Wetland Park was 8.45, which was alkaline soil. The average value of soil conductivity was 128.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$, which was non-salinized soil. The average contents of soil organic matter, alkaline nitrogen and total nitrogen were 17.05 g/kg, 71.00 mg/kg, and 0.81 g/kg, respectively, which were below intermediate level. The average contents of available potassium and total potassium were 107.89 mg/kg and 16.51 g/kg, respectively, which were above intermediate level. The average contents of available phosphorus and total phosphorus were 27.13 mg/kg and 1.60 g/kg, respectively, which were high and extremely high level. Soil comprehensive fertility was mainly in the third and fourth level, which generally belonged to the intermediate and above intermediate level. Among the four islands investigated in this study, the soil nutrient conditions of Xinshengzhou and Zimuzhou were the best, and the soil comprehensive fertility level was the higher, followed by the Zaishengzhou, and the Xinjizhou was the worst. In conclusion, the soil nutrients in Xinjizhou National Wetland Park are generally in the middle or higher level, and some measures should be taken to improve the soil fertility according to the specific conditions of each island.

Key words Soil nutrients; Variation characteristics; Xinjizhou National Wetland Park; Comprehensive fertility; Evaluation

湿地生态系统是一种重要的自然环境资源,具有多种生态功能,可以起到保持自然环境的生态稳定性和生物多样性的作用。湿地还是一种非常独特的景观,具有极高的观赏价值和社会经济效益,在当地旅游业发展中发挥着极其重要的作用,素有享有“地球之肾”的美誉^[1-2]。土壤是湿地生态系统的基础,在湿地生态系统的变化过程中起着举足轻重的作用。湿地土壤的理化性质如有机质、养分等能够反映湿地环境条件,影响整个湿地生态系统结构和功能的变化。近年来,由于人类活动的影响,自然环境不断恶化,土壤质量呈现不断下降的趋势,了解湿地土壤养分的现状及其相互关系,是进行土壤养分调节的前提^[3]。

土壤肥力作为土壤质量的核心基础,对其进行科学评估将有利于精确把握土壤质量变化规律与合理制定土壤管理规程^[4]。从土壤资源的利用而言,土壤肥力是评价土壤质量的首选要素。土壤肥力综合评价就是对土壤综合养分水平高低的评判和土壤养分生物有效性的鉴定。由于在各方面的研究中,对土壤肥力的概念并不统一,土壤肥力定义的内

涵不尽相同,因而往往在选取土壤肥力评价因子的过程中就会存在着一定的差异,各方所采用的评价方法也各不相同^[5]。常用的评价因子有单位面积作物产量或植物生育状况指标、土壤单一养分含量、养分含量-物理化学性质-生物特征与土壤环境状况等综合性指标^[5-6]。土壤肥力是土壤各种养分在诸多土壤基本特性共同作用下的综合反映,故而在进行综合性评价时不能仅仅关注单独的某个或单一某方面的肥力因素,需充分考虑各方面的综合效应,从整体的观点出发进行综合性指标的确定,即土壤肥力的数值化综合评价^[7-9]。

新济洲国家湿地公园已经批准为南京市首个国家级公园,目前正处于开发期,尚缺乏土壤养分状况及肥力水平等基本信息,因此笔者基于野外采样和室内分析,分析了土壤养分含量并对其土壤肥力进行综合评价,以期为新济洲国家湿地公园土壤的管理和改良以及湿地生态系统的保护提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 新济洲国家湿地公园位于南京市江宁区段,由新济洲、子母洲、新生洲、再生洲、子汇洲组成,公园规划建设总面积2 666.8 hm^2 ^[2]。地理位置为118°29'15"~118°33'54"E、31°47'05"~31°53'24"N。新济洲国家湿地公园不仅

基金项目 江苏省林业科技创新与推广项目(LYKJ[2019]08)。

作者简介 王红(1979—),女,江苏句容人,高级工程师,硕士,从事园林植物和绿化技术研究。

收稿日期 2021-08-01

具有结构完整的生态系统和优美独特的自然景观,而且拥有多个省级生态保护区和国家级物种保护区,具有较高的观赏游览价值,可以拓展并促进南京市旅游文化产业^[10-13]。

1.2 土壤样品的采集 在新济洲国家湿地公园新济洲、子母洲、新生洲和再生洲 4 个岛屿分别选取了 42、11、6 和 6 个点,共选取了 65 个采样点。每个采样点按照梅花形布点法,利用土钻采集 3~5 个表层土壤(0~30 cm),充分混匀后作为一个采样点。利用 GPS 记录每个采样点的坐标位置,采样点的分布见图 1。样品带回实验室后,将土壤样品置于通风干燥处自然风干,去除石砾、杂物、草根等,再通过研磨磨碎,过 2.000 和 0.149 mm 尼龙筛分别制备测试土样,以用于土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾等养分的测定。

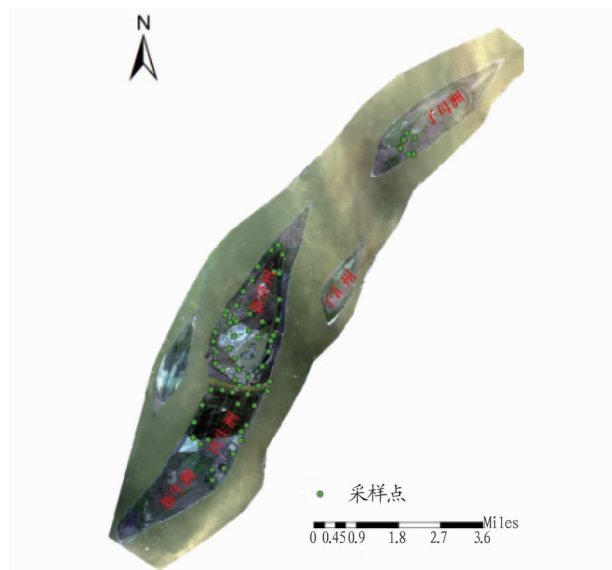


图 1 采样点分布

Fig.1 Distribution of sampling site

1.3 土壤样品的测定 土壤 pH 和电导率分别采用 1:2.5 土水比和 1:5 土水比,并分别用 pH 计和电导仪测定;土壤有机质和碱解氮分别采用重铬酸钾容量法和碱解扩散法测定;土壤有效磷采用碳酸氢钠提取,钼锑抗比色法测定;土壤速效钾采用乙酸铵浸提,火焰光度计测定;土壤全氮采用开氏法测定;土壤全磷采用浓硫酸和高氯酸消煮,钼锑抗比色法测定;土壤全钾采用浓硝酸、高氯酸和氢氟酸消煮,火焰光度计测定^[14]。

1.4 土壤肥力综合评价方法 采用碱解氮、有效磷、速效钾、土壤全氮、土壤全磷、土壤全钾和土壤有机质 7 项指标对新济洲国家湿地公园土壤进行肥力综合评价。

1.4.1 隶属函数。运用隶属度函数对各评级指标进行量纲归一化处理,消除因为指标不同所带来的数据差异性。有机质、碱解氮、有效磷等指标适用于“S”型函数,该指标在一定范围内与土壤肥力呈正相关,偏离此范围对土壤肥力状况影响很小^[15]。“S”型函数见公式(1):

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

式中, N_i 为隶属函数值, x 为评价指标的实测值,分别以第二次全国土壤普查肥力状况分级标准中的二级上限值(x_2)和五级下限值(x_1)作为临界值。

1.4.2 权重系数。通过相关系数法得到各项肥力指标的权重(W_i)^[16]。

1.4.3 综合肥力指数。根据各项养分指标对土壤综合肥力评价的权重和隶属函数值计算出新济洲国家湿地公园土壤综合肥力指数。计算公式如下:

$$IFI = \sum (W_i \times N_i) \quad (2)$$

式中,IFI 表示土壤综合肥力指数, N_i 和 W_i 和分别表示第 i 种养分的隶属度值和权重系数。

1.5 数据处理与分析 应用 Excel 2010 对土壤养分含量进行统计与分析,并绘制相关图表,采用 SPSS 22.0 软件分析不同岛屿间养分之间的差异性。

2 结果与分析

2.1 土壤养分总体特征 由表 1 可知,新济洲国家湿地公园土壤 pH 平均值为 8.45,最大值为 8.75,最小值为 7.88,变异系数为 2.28%,表明新济洲国家湿地公园土壤总体呈碱性,且各点 pH 差异性很小。土壤电导率平均为 128.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$,最大值为 173.30 $\mu\text{S}/\text{cm}$,最小值为 58.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$,表明土壤水溶性盐含量较低,盐化程度低,为非盐化土壤;变异系数为 15.52%,呈中等变异性,变异程度较大。

有机质是土壤的重要组成部分,对土壤物理、化学和生物学性质都具有深刻的影响,其数量和质量是表征土壤养分水平的重要指标^[17-18]。由表 1 可知,新济洲国家湿地公园土壤有机质含量平均为 17.05 g/kg,最大值为 29.52 g/kg,最小值仅为 4.56 g/kg,变异系数为 25.52%,呈中等变异性。根据全国第二次土壤普查推荐的土壤肥力状况分级标准(表 2),新济洲国家湿地公园土壤的有机质含量总体为中下水平。

土壤碱解氮是可以被植物直接吸收利用的养分,土壤碱解氮含量是土壤氮素供应能力的显著性反映,是检测土壤氮素有效性的重要指标。新济洲国家湿地公园土壤碱解氮含量平均为 71.00 mg/kg,最大值为 138.92 mg/kg,最小值为 21.41 mg/kg,变异系数为 30.88%,呈中等变异性;碱解氮含量总体处于中下水平,且存在较大差异。土壤有效磷和速效钾的平均含量分别为 27.13 和 107.89 mg/kg,分别为高水平和中上水平;变异系数分别为 35.96%和 40.83%,都为中等变异,变异程度较大。

土壤全氮、全磷、全钾含量常用于评价土壤对植物提供养分的潜力,是衡量土壤肥力的重要指标。新济洲国家湿地公园土壤的全氮、全磷和全钾平均含量分别为 0.81、1.60 和 16.51 g/kg,其中全氮为中下水平,全磷为极高水平,全钾为中上水平。除了全磷的变异系数(11.96%)较小外,全氮和全钾的变异系数分别为 30.64%和 25.46%,均为中等变异,表明磷素的分布相对比较均衡,而全氮和全钾的变异程度较大。

2.2 土壤养分的频率分布 由表 3 可知,新济洲国家湿地公园土壤有机质含量达到中上水平的样点占 23.08%;达到中下水平的样点最多,占 73.84%。碱解氮、有效磷和速效钾含

量达到中上水平的样点分别占 18.46%、26.15%和 32.31%，达到中下水平的样点分别占 44.61%、0.00%和 44.61%，而处于高水平的样点分别仅占 1.54%、66.16%和 13.85%，这表明大

部分采样点的碱解氮和速效钾含量都处于中上和 中下水平，而大部分采样点有效磷处于中上和高水平。

表 1 新济洲国家湿地公园土壤 pH、电导率和养分含量状况

Table 1 pH, conductivity and nutrients concentrations in soil of Xinjizhou National Wetland Park

项目 Item	pH	电导率 Conductivity μS/cm	有机质 OM g/kg	碱解氮 Alkaline nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	全氮 TN g/kg	全磷 TP g/kg	全钾 TK g/kg
平均值 Mean	8.45	128.88	17.05	71.00	27.13	107.89	0.81	1.60	16.51
最大值 Maximum	8.75	173.30	29.52	138.92	66.04	226.02	1.35	2.01	31.05
最小值 Minimum	7.88	58.60	4.56	21.41	13.64	25.27	0.20	0.73	8.36
中位数 Median	8.47	131.20	16.60	64.62	25.04	100.65	0.81	1.60	16.42
标准差 SD	0.19	20.00	4.35	21.93	9.76	44.05	0.25	0.19	4.20
变异系数 CV//%	2.28	15.52	25.52	30.88	35.96	40.83	30.64	11.96	25.46

表 2 全国第二次土壤普查推荐的土壤肥力状况分级标准

Table 2 Classification standard for soil fertility status recommended by the second national soil survey

级别 Rank	有机质 OM g/kg	碱解氮 Alkaline nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	全氮 TN g/kg	全磷 TP g/kg	全钾 TK g/kg
极高 Higher	≥40	≥150	≥40	≥200	≥2.00	≥1.0	≥25
高 High	30~<40	120~<150	20~<40	150~<200	1.50~<2.00	0.8~<1.0	20~<25
中上 Above medium	20~<30	90~<120	10~<20	100~<150	1.00~<1.50	0.6~<0.8	15~<20
中下 Below medium	10~<20	60~<90	5~<10	50~<100	0.75~<1.00	0.4~<0.6	10~<15
低 Low	6~<10	30~<60	3~<5	30~<50	0.50~<0.75	0.2~<0.4	5~<10
极低 Lower	<6	<30	<3	<30	<0.50	<0.2	<5

表 3 土壤养分的频率分布

Table 3 Distribution of soil nutrients frequency

级别 Rank	有机质 OM	碱解氮 Alkaline nitrogen	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	全氮 TN	全磷 TP	全钾 TK	%
极高 Higher	0.00	0.00	7.69	4.61	0.00	98.46	1.54	
高 High	0.00	1.54	66.16	13.85	0.00	0.00	15.38	
中上 Above medium	23.08	18.46	26.15	32.31	21.54	1.54	41.54	
中下 Below medium	73.84	44.61	0.00	44.61	32.31	0.00	38.46	
低 Low	1.54	32.31	0.00	3.08	38.46	0.00	3.08	
极低 Lower	1.54	3.08	0.00	1.54	7.69	0.00	0.00	

土壤全氮和全钾含量达到中上水平的样点分别占 21.54%和 41.54%，达到中下水平的样点分别占 32.31%和 38.46%，这个结果与碱解氮和速效钾相似，都是大部分样点处于中上和 中下水平。不同于全氮和全钾，98.46%样点的全磷含量处于极高水平，表明全磷含量相对较高。

2.3 不同岛屿土壤养分差异 由表 4 可知，新济洲、再生洲、

新生洲、子母洲 4 个岛屿土壤平均 pH 分别为 8.44、8.52、8.28、8.60，均为碱性土壤，子母洲、再生洲土壤碱性较强，其次为新济洲，但三者差异不显著，新生洲土壤 pH 最低，且显著低于其他 3 个岛屿。4 个岛屿土壤平均电导率分别为 123.56、135.50、142.27、140.60 μS/cm，4 个岛屿之间的土壤电导率差异不显著。

表 4 各岛屿间土壤 pH、电导率及土壤养分的差异

Table 4 Differences in soil pH, conductivity and soil nutrients among islands

岛屿 Island	pH	电导率 Conductivity μS/cm	有机质 OM g/kg	碱解氮 Alkaline nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	全氮 TN g/kg	全磷 TP g/kg	全钾 TK g/kg
新济洲 Xinjizhou	8.44 ab	123.56 a	15.78 b	67.61 b	24.92 b	97.54 b	0.75 b	1.57 a	15.48 b
再生洲 Zaishengzhou	8.52 a	135.50 a	19.30 ab	76.59 ab	27.17 b	141.80 a	0.98 a	1.65 a	18.87 ab
新生洲 Xinshengzhou	8.28 b	142.27 a	20.80 a	91.70 a	32.75 b	94.79 b	1.05 a	1.72 a	15.97 b
子母洲 Zimuzhou	8.60 a	140.60 a	18.03 b	63.81 b	36.90 a	131.34 ab	0.76 b	1.66 a	19.91 a

注：同列不同字母表示不同岛屿间差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among different islands ($P<0.05$)

新生洲的有机质含量最高,平均值为 20.80 g/kg(中上水平),再生洲次之,平均值为 19.30 g/kg(中下水平),2 个岛屿间的有机质含量差异不显著;子母洲和新济洲土壤有机质含量较低,平均值分别为 18.03 和 15.78 g/kg,都处于中下水平,且都显著低于新生洲。

碱解氮含量在不同岛屿间的差异与有机质相似,都是新生洲的含量最高(中上水平),其次是再生洲(中下水平),子母洲和新济洲较低(中下水平)。子母洲土壤的有效磷含量显著高于其他 3 个岛屿,平均为 36.90 mg/kg,属于高水平,而其余 3 个岛屿的有效磷水平比较接近,都属于高水平,平均值从大到小依次为新生洲、再生洲、新济洲,但三者差异不显著。不同于有效磷,再生洲土壤速效钾含量最高,属于中上水平,其次是子母洲,2 个岛屿间的速效钾含量差异不显著;而新济洲和新生洲的速效钾含量较低,且都显著低于再生洲,平均含量分别为 97.54 和 94.79 mg/kg,均属于中下水平。

新生洲土壤全氮含量最高,平均值为 1.05 g/kg,属于中上水平,其次为再生洲,2 个岛屿间的全氮含量差异不显著;子母洲和新济洲土壤全氮含量很接近,分别为 0.76 和

0.75 g/kg,都属于中下水平,且都显著低于再生洲和新生洲。土壤全磷在 4 个岛屿的含量相近,都属于极高水平,各岛屿间差异不显著。子母洲土壤全钾含量最高,平均值为 19.91 g/kg,属于中上水平,其次为再生洲(中上水平),新生洲和新济洲含量较低,都显著低于子母洲。

2.4 土壤养分间的相关分析 土壤养分之间往往存在紧密联系、相互影响,具有一定的相互反应机理和协同作用,进行相关性分析可以探究各项土壤养分之间的相互影响程度及各指标之间存在的协调效应^[19]。由表 5 可知,土壤养分间相关性最大的是土壤有机质与土壤全氮,相关系数为 0.86,达到极显著相关($P<0.01$)。同时,有机质与碱解氮、速效钾、全磷的相关性也比较大,相关系数分别为 0.53、0.54、0.46,也达到极显著相关($P<0.01$)。与碱解氮相关性最高的养分指标是土壤全氮,相关系数为 0.55。土壤全氮对速效钾也具有较大影响,二者相关系数为 0.52。与有效磷相关性最大的养分指标是土壤全磷和速效钾,相关系数均为 0.28,达到显著相关($P<0.05$)。

表 5 各土壤养分含量间的相关关系

Table 5 Correlation among soil nutrient content

指标 Index	有机质 OM	碱解氮 Alkaline nitrogen	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	全氮 TN	全磷 TP	全钾 TK
有机质 OM	1						
碱解氮 Alkaline nitrogen	0.53**	1					
有效磷 Available phosphorus	0.23	0.18	1				
速效钾 Available potassium	0.54**	0.34**	0.28*	1			
全氮 TN	0.86**	0.55**	0.18	0.52**	1		
全磷 TP	0.46**	0.37**	0.28*	0.44**	0.44**	1	
全钾 TK	0.23	0.08	0.07	0.24	0.29*	0.22	1

注: * 表示显著相关($P<0.05$); ** 表示极显著相关($P<0.01$)

Note: * indicates significant correlation ($P<0.05$); ** indicates extremely significant correlation ($P<0.01$)

2.5 土壤养分的肥力综合评价

2.5.1 土壤肥力指标权重。根据各养分间的相关系数,计算出各项指标在土壤综合肥力评价中的权重,如表 6 所示。有机质和土壤全氮的权重值分别为 0.20、0.19,对土壤综合肥力评价影响较大,其次是速效钾、全磷和碱解氮,权重分别为 0.16、0.15、0.14,对土壤综合肥力权重最小的是有效磷和土壤全钾,权重均为 0.08。

表 6 各土壤养分指标的权重

Table 6 Weights of each soil nutrient index

指标 Index	相关系数平均值 Average correlation coefficient	权重 Weight
有机质 OM	0.48	0.20
碱解氮 Alkaline nitrogen	0.34	0.14
有效磷 Available phosphorus	0.20	0.08
速效钾 Available potassium	0.40	0.16
全氮 TN	0.47	0.19
全磷 TP	0.37	0.15
全钾 TK	0.19	0.08
合计 Total	2.45	1.00

2.5.2 综合肥力指数分布特征。根据各土壤养分的权重系数和隶属函数,按照公式(2)计算出新济洲国家湿地公园以

及各岛屿的土壤综合肥力指数 (IFI),如图 2 所示。其中,IFI 数值越大,则表示土壤综合肥力条件越良好。为了便于进行土壤综合肥力的评价,将 IFI 指数从小到大划分为 5 个等级,分别为一级(0~0.2)、二级(>0.2~0.4)、三级(>0.4~0.6)、四级(>0.6~0.8)、五级(>0.8~1.0)。

由图 2a 可知,新济洲国家湿地公园 IFI 等级达到二级水平的土壤样点占 6.16%,达到三级水平的土壤样品数量最多,占 76.92%,达到四级水平的土壤样品仅占 16.92%。从总体上来看,新济洲国家湿地公园土壤的综合肥力水平主要集中于三级和四级水平,总体上属于中等偏上的水平。

各岛屿土壤的综合肥力状况也具有一定差异。由图 2b 可知,新济洲土壤综合肥力处于二级~三级水平,达到二级水平的样点占 9.53%,达到三级水平的样点占 83.33%,综合肥力处于中等水平。再生洲土壤达到三级水平的样点占 54.55%,达到四级水平的样点占 45.45%,土壤综合肥力属于中等偏上的水平。新生洲土壤综合肥力指数主要集中于 0.4~0.8,达到三级和四级水平的样点相等,均占 50.00%,土壤综合肥力属于中等偏上的水平。子母洲土壤综合肥力达到三级和四级水平的样点也均占 50.00%,属于中等偏上水平。以上结果分析显示,新生洲和子母洲土壤的养分条件较

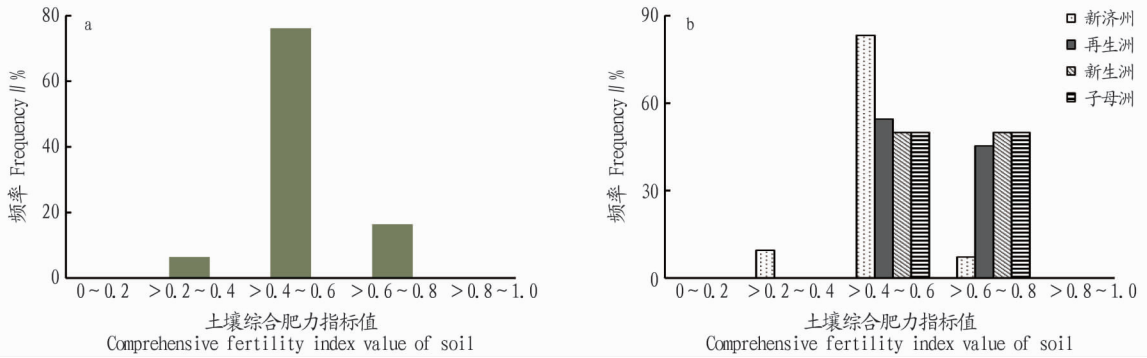


图2 新济洲湿地公园(a)以及各岛屿(b)土壤综合肥力指标频率分布

Fig.2 Frequency distribution of soil comprehensive fertility indicators in Xinjizhou Wetland Park (a) and each island (b)

好,土壤综合肥力水平较高,其次是再生洲,新济洲土壤综合肥力最差。

3 讨论

通过该研究可知,新济洲国家湿地公园土壤平均 pH 为 8.45,土壤碱性比较强。土壤酸碱性是土壤最重要的化学性质之一,对土壤的其他物理、化学和生物学性质都具有显著的影响。与中性土壤相比,碱性土壤往往更容易产生土壤板结的现象,还会造成土壤水气代谢能力的降低,限制植物根系的生长和离子交换^[20]。碱性过高还会影响土壤养分的有效性,受其影响最大的就是土壤磷素,碱性环境会增大土壤对磷的固定作用,而降低磷的有效性^[20-21]。碱性土壤还会对土壤生物造成直接影响,许多微生物在碱性条件下无法存活。造成土壤碱化的因素有两方面,一是由于南京市玄武岩、石灰岩比较丰富,受成土母质的影响,其中盐基离子和碳酸钙的含量较高^[22-23];二是由于在湿地环境下,土壤含水量较高,水解产生的氢氧根离子比较多,使土壤碱性升高。

新济洲国家湿地公园土壤的有机质含量总体为中下水平。有机质含量不足既会影响土壤养分供给的持续性,也不利土壤团粒结构的形成,会降低土壤的供肥、保水保肥能力^[24]。该研究中,有机质与土壤全氮存在极高的相关性,相关系数为 0.86。究其原因,土壤中的氮素绝大部分为有机结合态,属于有机质的一部分,有机质常被看作氮的自然供应库,故而土壤有机质与土壤全氮的相关性较大^[25]。而且有机质与碱解氮也存在较大的相关性,相关系数为 0.53,所以,提高土壤有机质含量能促进土壤氮素水平的提高。

新济洲国家湿地公园土壤全氮和碱解氮的平均含量均处于中下水平,表明新济洲土壤氮素养分水平较低且氮素供应不足,应加强土壤氮素养分的补充,施用无机氮肥可在短时间内提高土壤碱解氮含量,可选用硝态氮肥,不仅可以有效提高土壤有效氮素养分水平,而且由于其生理致酸性,还可以起到降低土壤 pH 的作用,缓解土壤碱化问题。土壤有效磷和全磷平均含量分别处于高水平 and 极高水平,磷素供应比较充足,但是由于土壤碱性较高,仍需对土壤有效磷水平保持密切的监控,以防因土壤的固定作用而导致土壤有效磷供应不足。而且,由于土壤对磷素的供应相对充足,从养分平衡的角度来看,应适当向土壤中补充氮素以提高土壤磷的有效性。土壤速效钾和全钾的平均含量为中上水平,应适当

施用钾肥。鉴于土壤的碱性较强,可选择施用硫酸钾、氯化钾之类的生理酸性肥料,具有较好的肥效。

新济洲国家湿地公园各样点的土壤综合肥力水平主要集中于三级和四级水平,占比分别为 76.92% 和 16.92%,总体上属于中等偏上的水平,但在土壤利用时需要注意以下几个方面,以改善湿地生态健康:①应解决土壤碱化问题,以提高土壤养分有效性和植物适宜性;②注意土壤有机质含量较低的问题,应该通过种植绿肥、施用有机肥等途径改善土壤有机质含量;③对于土壤碱解氮含量普遍较低,应选用合适的无机化肥补充土壤有效氮素养分;④速效钾在各个岛屿的分布情况不均,应该进行仔细调查,有针对性地补充土壤速效钾;⑤注意维持土壤中氮、磷、钾三要素的均衡,充分提高养分有效性。

通过对比发现,在此次调查的 4 个岛屿中,新生洲、子母洲土壤的养分条件较好,土壤综合肥力水平较高,其次是再生洲,新济洲土壤综合肥力最差。应将新济洲作为首要治理目标,采取合理措施改善土壤养分状况,注重测土配方施肥;新生洲土壤钾素养分相较于其他养分水平偏低,故应适当补充钾肥,提高土壤钾素水平,从而提高土壤养分平衡性。

4 结论

新济洲国家湿地公园土壤的平均 pH 为 8.45,土壤碱性较强。有机质、碱解氮和全氮为中下水平,速效钾和全钾为中上水平,有效磷为高水平,全磷为极高水平。新济洲国家湿地公园土壤的综合肥力水平主要集中于三级和四级水平,总体上属于中等偏上的水平。在此次调查的 4 个岛屿中,新生洲和子母洲土壤的养分条件较好,土壤综合肥力水平较高,其次是再生洲,新济洲土壤综合肥力最差。因此,应将新济洲作为首要治理目标,采取合理措施改善土壤养分状况。

参考文献

- [1] 巩雅菲,张居正.同爱“地球之肾”共护美丽家园[N].云南政协报,2021-04-26(005).
- [2] 汪辉,张艳,沈天驰.基于生态适宜性评价及景观格局分析的湿地公园规划研究:以南京长江新济洲国家湿地公园为例[J].生态经济,2015,31(12):186-190.
- [3] 钱笑杰,林晓兰,肖靖,等.福建果园土壤 pH 值、养分关系与土壤肥力质量评价研究:以福建省漳州市平和县琯溪蜜柚园地为例[J].福建热作科技,2017,42(1):9-15.
- [4] 田宇,盛浩,黄得志,等.湘东大围山垂直带表层土壤肥力质量分析[J].森林与环境学报,2021,41(3):281-289.

体、动物体等的进入而引入,在当地迅速繁殖扩散,形成危害;有意引进是相关组织有目的、有组织地把某种植物作为资源引进。由于认识不全面,忽略了其带来的潜在危险,致使引入植物不断繁殖扩散,形成危害,尤其是园林绿化、美化等项目建设,不断引入新植物,影响更加明显。

3.4 人为干扰是外来植物入侵的主要因素 由于自然保护区内生态系统的成熟度较高,人为干扰程度低,因而外来植物可入侵性较低^[10];保护区外延、管理场所驻地、社区周边村寨及公路沿线一带相对空旷,人为活动比较频繁,外来入侵植物数量、分布点明显偏多,防控风险较大;保护区不同的功能区外来植物入侵影响程度存在很大差异,这也进一步证明了人为干扰程度是影响外来植物入侵的主要因素。

4 存在的问题及防控建议

4.1 存在的问题和风险 外来植物入侵存在的主要问题在于村庄绿化美化、交通电力等基础设施工程施工建设的人为活动频繁干扰。无论是自然保护区管理机构还是政府行政主管部门,人们对外来植物入侵防控意识都比较薄弱,对县域内外来植物入侵监测、防控与研究投入的人力、财力和物力较少,外来植物入侵速度及其对生态环境的危害风险仍呈不断加大趋势。

4.2 防控建议 外来植物入侵打破了被入侵地生态系统的稳定,影响生态系统的承载力,对社会经济结构等造成较大的影响,已经引起了人们的高度重视,寻求科学而有效的防控措施成为研究工作的当务之急。

4.2.1 加强宣传,做好预防。加强宣传外来植物入侵危害,从思想上高度重视,充分认识外来植物入侵危害性,从植物入侵的3种途径入手,作好外来植物入侵的预防、监测等工

作。一是采取相关措施,加强对进入保护区内车辆及人员的检疫,查清疫情。特别是重点加强保护区外已有恶性入侵种的检疫,如空心莲子草等。二是加强自然保护区管理,在实施保护工程时尽量减轻对原生境的人为干扰,保持自然生态系统稳定性。三是加强保护区外来入侵植物数据库建设,进行科学监测与评估,建立外来物种入侵预警和应急机制,为有效防控提供决策依据。

4.2.2 科学防除,减少危害。当发现外来植物有潜在的入侵性或者已经入侵时,应尽快采取科学措施进行防除;根据不同的情况可采取人工防除、化学防除、替代控制、生物防除和综合治理等各种措施进行防除,以减少危害;在防除的同时,应当注意尽可能地减少对当地动植物、生态环境的危害。

参考文献

- [1] 舒易星,施祖荣,王连水,等.外来入侵植物及其生物防治[J].仲恺农业工程学院学报,2013,26(1):64-71.
- [2] 鞠瑞亭,李慧,石正人,等.近十年中国生物入侵研究进展[J].生物多样性,2012,20(5):581-611.
- [3] 朱峻熠.宁波市外来入侵植物调查及其入侵风险评估[D].杭州:浙江农林大学,2019.
- [4] 李梦斐,赵昌高,廖瑜俊,等.浙江景宁自然保护区管理现状与对策分析[J].安徽农业科学,2020,48(17):133-135.
- [5] 赵昌高,夏丽敏,陈莉娟,等.景宁县林业总场森林资源动态变化分析[J].陕西林业科技,2020,48(3):57-59.
- [6] 马金双,李惠茹.中国外来入侵植物名录[M].北京:高等教育出版社,2018.
- [7] 魏子璐,朱峻熠,潘晨航,等.宁波市外来入侵植物及其入侵风险评估[J].浙江农林大学学报,2021,38(3):552-559.
- [8] 张璞进,赵利清,梁晨霞,等.内蒙古外来植物入侵风险评估[J].生态学杂志,2019,38(7):1973-1981.
- [9] 梁景,黄瑞鹏,韩其昌.外来植物入侵及防控探析[J].现代农业科技,2021(8):92-94.
- [10] 杨春玉,李芳念,余德会,等.贵州雷公山国家级自然保护区外来入侵植物初步研究[J].中国林副特产,2017(3):79-84.
- [5] 骆东奇,白浩,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法[J].土壤与环境,2002,11(2):202-205.
- [6] 程杰,马增辉,张露,等.黄土丘陵区空心村土地复垦后不同年限土壤肥力评价[J].水土保持研究,2021,28(2):49-53.
- [7] 张甜,朱玉杰,董希斌.小兴安岭用材林土壤肥力综合评价及评价方法比较[J].东北林业大学学报,2016,44(12):10-14,98.
- [8] 吴玉红,田霄鸿,同延安,等.基于主成分分析的土壤肥力综合指数评价[J].生态学杂志,2010,29(1):173-180.
- [9] 吴海燕,金荣德,范作伟,等.基于主成分和聚类分析的黑土肥力质量评价[J].植物营养与肥料学报,2018,24(2):325-334.
- [10] 吴颖莹,鲁小珍,杜维礼,等.南京市湿地公园建设现状及对策[J].湿地科学与管理,2014,10(4):45-47.
- [11] 朱晓华,江南,周连义.南京沿江湿地资源现状与保护[J].安徽农业科学,2007,35(10):3012-3014.
- [12] 吴后建,但新球,舒勇.南京长江新洲群湿地保护与恢复规划设计[J].湿地科学与管理,2008,4(4):40-42.
- [13] 舒勇,但新球,吴后建.南京长江新洲群湿地保护与恢复建设项目SWOT分析及其战略选择[J].江西农业学报,2008,20(9):153-155,158.
- [14] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [15] 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.
- [16] 李颖慧,姜小三.黄淮海平原农区农用地土壤肥力评价及时空变化特征:以山东省博兴县为例[J/OL].农业资源与环境学报,2021-05-11[2021-05-13].https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0100.
- [17] SARDIANA I K, SUSILA D, SUPADMA A A, et al. Soil fertility evaluation and land management of dryland farming at tegallalang sub-district, Gianyar Regency, Bali, Indonesia [J]. IOP conference series: Earth and environmental science, 2017, 98(1):1-11.
- [18] 马渝欣,李徐生,李德成,等.皖北平原蒙城县农田土壤有机碳空间变异及影响因素[J].土壤学报,2014,51(5):1153-1159.
- [19] MARO G P, MREMA J P, MSANYA B M, et al. Developing a coffee yield prediction and integrated soil fertility management recommendation model for northern Tanzania [J]. International journal of plant & soil science, 2014, 3(4):380-396.
- [20] 张丽丽,史庆华,巩彪.中、碱性土壤条件下黄腐酸与磷肥配施对番茄生育和磷素利用率的影响[J].中国农业科学,2020,53(17):3567-3575.
- [21] SUN X M, GUO Y C, ZENG L S, et al. Combined urea humate and wood vinegar treatment enhances wheat-maize rotation system yields and nitrogen utilization efficiency through improving the quality of saline-alkali soils [J]. Journal of soil science and plant nutrition, 2021, 21(2):1759-1770.
- [22] 张丽芳,胡海林.土壤酸碱性对植物生长影响的研究进展[J].贵州农业科学,2020,48(8):40-43.
- [23] 李二云.土壤酸碱性对植物生长的影响及其改良措施[J].现代农村科技,2012(6):48.
- [24] RANDHAWA M K, DHALIWAL S S, SHARMA V, et al. Nutrient use efficiency as a strong indicator of nutritional security and builders of soil nutrient status through integrated nutrient management technology in a rice-wheat system in northwestern India [J]. Sustainability, 2021, 13(8):1-16.
- [25] GUO J H, FENG H L, SUN J J, et al. Application of cloud model to evaluation of forest soil fertility: A case in Chinese fir plantations in Southern China [J]. Sustainability, 2019, 11(22):1-13.

(上接第72页)