

南长山岛土壤理化因子空间分布特征

徐苏源, 衣华鹏, 闫潍虹, 位彬, 张小梅, 张安安

(鲁东大学 资源与环境工程学院, 山东 烟台 264025)

摘要: [目的] 对南长山岛土壤理化性质指标的统计学关系和空间分布特征进行研究, 为地表植被的保护和有序开发提供科学依据, 为海岛生态保护提供参考。[方法] 以南长山岛为研究区, 采用样方法进行调查, 通过试验测定土壤和植被的各项指标, 基于 SPSS 进行正态分布检验、相关性分析、方差分析和多重比较。[结果] 大部分样点属于四级土壤。土壤呈微酸性。容重和土壤含水量的变化, 对速效钾影响明显。坡顶的乔木和灌木长势更好, 土壤的有机质和速效钾含量更高。阴坡、半阴坡的乔木长势更好, 土壤养分更高。[结论] 影响南长山岛土壤理化因子空间分布的因素有地形、植被和人类活动等, 其中地形和植被是主要影响因素。坡顶和坡中主要受地形和植被影响, 坡底主要受人类活动影响。土壤发育好的地段一般特征为乔木长势较好, 坡度较缓且多为阴坡和半阴坡。

关键词: 土壤理化性质; 空间分布; 地统计学; 南长山岛

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)02-0110-05

中图分类号: S151.9

文献参数: 徐苏源, 衣华鹏, 闫潍虹, 等. 南长山岛土壤理化因子空间分布特征[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2):110-114. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.02.018. Xu Suyuan, Yi Huapeng, Yan Weihong, et al. Spatial distributions of soil physical and chemical factors on Nanchangshan Island in Shandong Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(2):110-114.

Spatial Distributions of Soil Physical and Chemical Factors on Nanchangshan Island in Shandong Province

XU Suyuan, YI Huapeng, YAN Weihong, WEI Bin, ZHANG Xiaomei, ZHANG Anan

(School of Resource and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

Abstract: [Objective] The thesis aims to provide scientific guidance for the conservation of ground vegetation, the protection of the island ecological environment, and its planned exploitation. Herein, the statistical relationships among soil physical and chemical factors on Nanchangshan Island, and their spatial distributions were researched. [Methods] Taking Nanchangshan Island as research area, we adopted quadrat method to investigate the statues of soil and vegetation and relevant indexes were calculated. Afterwards, these indexes would be studied in normal distribution test, correlation analysis, variance analysis and multiple comparisons based on SPSS. [Results] Most of soil samples belonged to grade four and was slightly acidic. The changes of soil bulk density and soil moisture content had obvious effects on available potassium. The trees and shrubs grew better on the top of the slope, where the contents of organic matter and available potassium were higher. Trees on the shady, semi-shady slope grew better and the nutrients in the soil were also higher. [Conclusion] Many factors can influence the spatial distribution of physical and chemical factors of soil on Nanchangshan Island, among which topography and vegetation are the dominant ones. The top and the middle of slope are mainly influenced by terrain and vegetative cover. The bottom of slope is mainly influenced by human activities. Regions with well-developed soil usually have something in common, such as better trees standing, gentle gradient and shady location.

Keywords: soil physical and chemical factors; spatial distribution; geostatistics; Nanchangshan Island

收稿日期: 2017-08-25

修回日期: 2017-10-20

资助项目: 国家自然科学基金项目(31570423; 31000197; 41171424; 41371104); 2016 年国家级大学生创新创业训练计划项目(201610451078); 鲁东大学大学生科技创新项目(LD16322)

第一作者: 徐苏源(1995—), 男(汉族), 湖北省荆门市人, 本科生, 主要研究方向为资源开发与利用。E-mail: xusuyuan.eric@qq.com.

通讯作者: 衣华鹏(1965—), 女(汉族), 山东省烟台市人, 学士, 教授, 硕士生导师, 主要从事海岸带环境演变与恢复方面的研究。E-mail: huapengyi@sina.com.

根据《联合国海洋法公约》的定义,岛屿是四面环水并在高潮时高于水面的自然形成的陆地区域。因海岛四周被海水环绕,地理环境特殊,其自然环境与陆地相比具有相对独立性、独特多样性和脆弱易变性,其生态系统也兼有陆地、湿地和海洋的特征^[1]。从地理区域上来看,目前国内学者对全国各地土壤的理化性质研究较广泛。其中,对内陆湖泊湿地的研究^[2-3]揭示了湿地湖区土壤含水量和有机质含量的正相关关系,对河岸带土壤进行的分析^[4]表明河岸带土壤有机质含量的空间分异明显且主要积聚在地表。有的探讨了植被恢复模式^[5]、沙漠化过程^[6]、森林采伐方式^[7]或轮作方式^[8]对土壤理化因子的影响,结果体现出不同生境中上述因子和土壤理化性质有密切的相关性。同时从各地海岛土壤的研究工作^[9-11]中可以看出,海岛土壤研究主要采用了正态分布检验、相关性分析、方差分析和多重比较等地统计学手段,目前土壤理化性质的研究已经有了较完整的思路和方法。文献表明,南长山岛的乔木碳储量高于山东省平均值^[12],地形、土壤和乔木对草本植物多样性有显著影响^[13],也有对南长山岛海岸潮间带^[14]进行的研究,但是对南长山岛的土壤理化性质研究较少。南长山岛是庙岛群岛中离大陆最近,受人类活动影响最大的岛屿。近年来随着长岛旅游资源的开发和旅游业的发展,越来越多的游客涌入南长山岛,对南长山岛的生态产生了巨大的压力。土壤是植物生长的重要基础,其养分含量对植物的数量和质量有明显影响,其理化性质是了解海岛的土壤特征及演变规律的重要基础。通过研究南长山岛的土壤理化性质,揭示不同生境下土壤的空间异质性和相关性,可以为地表植被的保护和有序开发提供科学依据,为海岛生态保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

南长山岛,行政上隶属于山东省烟台市长岛县,位于胶东、辽东半岛之间,黄渤海交汇处,南距蓬莱 7 km,位于 37°53.43'—37°57.39'N,120°42.92'—120°45.59'E,为庙岛群岛最南端。南长山岛岛屿面积为 13.21 km²,海岸线长 21.6 km,属于低山丘陵地形,整体上东高西低,最高海拔为 156.1 m;气候属于东亚温带季风型气候,年均温 12℃,最冷月均温 -1.6℃,最热月均温 24.5℃,年均降水量 549.5 mm,降水集中在 6—9 月,≥10℃积温在 4 000~4 600℃之间,年日照时数在 2 500~2 800 h 之间,岛上无较大的河流和湖泊,岩石类型主要为石英岩和板

岩,土壤主要为棕壤和褐土,植被类型主要为常绿针叶林、落叶阔叶林、灌丛、草丛、滨海盐生沙生植被,以及少量果林和农作物分布。森林覆盖率为 44.8%,乔木以黑松和刺槐为优势种。

1.2 样带设置和样品采集

2016 年 10 月 19—21 日对南长山岛进行了实地考察,主要在岛东部丘陵区采集土壤样本,使用手持 GPS 进行定位,沿山脊往各个方向共设置了 15 个样带、70 个样方,采集表层 20 cm 内土壤,每个样方内采集四角和中间土壤混合,得到有效土壤样品 68 份。用环刀采集了土壤,密封后带回实验室,作为容重待测样品。

1.3 试验及数据处理

各样方的土壤指标值是 3 个重复样品的平均值。土壤含水量和容重使用环刀法,采用靛酚蓝比色法测定铵态氮,采用四苯硼钠比浊法测定速效钾,采用浸提—钼锑抗比色法测定速效磷,采用重铬酸钾法测定有机质,pH 值采用 5:1 水土比的酸度计测定。土壤养分标准参照我国第二次土壤普查分级表^[15],使用 Excel 2010 对数据进行统计处理,使用 SPSS Statistics 24 进行统计分析、正态分布检验、方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质的描述性统计分析

对采集的 28 个样本进行描述性统计分析,结果详见表 1。由土壤养分等级分级标准可知,样点的铵态氮、速效磷和有机质属于四级,土壤较贫瘠。速效钾属于二级,土壤钾含量丰富。大部分土壤为棕壤,由于淋溶作用较强,加上成土母质是酸性岩风化物,导致土壤呈现微酸性,pH 值大部分在 5.0~6.0 之间;少部分发育在黄土母质上的土壤为褐土,pH 值大于 6.5。土壤容重大部分在 1.2~1.6 之间,部分土壤中砾石含量较多。南长山岛植被群落中的乔木以刺槐和黑松为优势种,多为 20 世纪 60—70 年代人工种植,部分采样点土壤被深厚的枯枝落叶覆盖,腐殖质层较厚。

对各项指标计算变异系数,变异强度由小到大依次为 pH 值、容重、速效磷、砾石占比、有机质、速效钾、含水量、铵态氮。根据土壤变异系数的划分等级, $C_v < 0.1$ 为弱变异性; $0.1 < C_v < 1$ 为中变异性; $C_v > 1$ 为强变异性^[16]。据此,除了 pH 值属于弱变异性,其他项目都是中变异性;其中容重、速效磷、砾石占比、有机质变异系数较小,范围在 0.3~0.5 之间;速效钾、含水量、铵态氮变异系数较大,范围在 0.5~

0.95之间。土壤变异系数可以表示土壤各项肥力指标的离散程度,其大小受地表植被生长状况、植被种类、土壤质地等因素的影响。铵态氮,速效钾、含水量变异系数较大,说明其在空间上分布不均,推测因为受植被长势特别是乔木长势的空间差异与地形坡度差异的影响,导致土壤养分含量呈现空间分布上的

不均衡。对土壤理化性质的各项指标进行正态分布检验,从峰度和偏度的统计数值可以看出,土壤的容重、速效磷、有机质和 pH 值服从正态分布,含水量、砾石占比、铵态氮和速效钾经过对数转换后服从对数正态分布。说明采样数据具有代表性,符合统计学特征。

表 1 样点土壤各项理化性质指标的描述性统计值

项目	最小值	最大值	平均值	标准差	偏度	峰度	变异系数	分布类型
含水量/%	0.41	21.03	7.71	5.39	0.43*	0.88*	0.70	对数正态
容重/(g·cm ⁻³)	0.83	2.120	1.07	0.40	0.13	-0.37	0.38	正态
砾石占比/%	2.27	87.910	50.32	22.38	-1.64*	2.33*	0.44	对数正态
铵态氮/(mg·kg ⁻¹)	4.37	123.90	28.23	26.86	1.03*	2.02*	0.95	对数正态
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	37.19	318.90	133.61	68.03	0.67*	1.67*	0.51	对数正态
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	1.12	13.86	6.97	2.68	1.01	-0.14	0.38	正态
有机质/%	0.42	3.13	1.42	0.62	-0.04	1.20	0.44	正态
pH 值	4.40	6.87	5.67	0.49	1.23	1.04	0.09	正态

注: * 原始数据经过对数转换后计算得出。

2.2 土壤理化因子的相关性分析

对土壤的含水量、容重、铵态氮、速效钾、速效磷、有机质和 pH 值进行相关性分析,结果详见表 2。计算得容重与含水量呈显著负相关($r=-0.720$);土壤有机质与含水量($r=0.419$)和速效钾($r=0.252$)呈显著正相关,与铵态氮($r=0.053$)和速效磷($r=0.029$)呈不明显正相关。容重越大土壤的孔隙度就越小,土壤的保水保肥能力越弱,土壤的含水量就越小;同时随着土壤含水量的降低,植被长势就差,地表枯枝落叶层就较薄,土壤有机质积累较少,导致土壤养分含量降低。南长山岛土壤容重和含水量是影响有机质含量的因素之一;容重和土壤含水量的变化,对速效钾影响明显,对铵态氮和速效磷影响不明显。南长山岛面积较小,无明显的河流和湖泊发育,土壤

水的来源主要是大气降水,而土壤容重的变化导致了含水量的变化,由此影响了地表植被的生长发育。因此含水量较高的土壤地表植被的长势更好,有机质的积累也更多。实地调查中,土壤水含量高的地方往往覆盖着较厚的凋落物层,部分样点的凋落物层达到了 10 cm,腐殖质层较厚,土壤分层明显,有机质的积累也促进了土壤养分的积累。

2.3 土壤理化因子的空间异质性分析

由于本研究区的面积较小,各样地海拔高度差异不大,由海拔变化所引起的水热条件变化不明显,因此对采集的样点土壤按坡向和坡位进行分组。研究表明,影响南长山岛土壤理化因子空间分布的因素有地形、植被和人类活动等,其中地形和植被是主要的影响因素。

表 2 土壤各指标相关系数

指标	含水量/%	铵态氮/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	有机质/%
有机质/%	0.419**	0.053	0.252*	0.029	1
容重/(g·cm ⁻³)	-0.720**	-0.080	-0.324**	-0.110	-0.491**

注: ** 表示在 0.01 级别相关性显著; * 表示在 0.05 级别相关性显著。

2.3.1 不同坡位土壤与植被的异质性分析 根据表 3 可知,经过方差分析,除了铵态氮,其他各项指标在不同坡位表现出显著差异性。从多重比较结果看,差异主要存在于坡顶和坡中,坡顶的土壤有机质和速效钾含量更高,速效磷和 pH 值略小,而坡底的指标值介于两者之间。根据表 4 可知,草本覆盖度、乔木高

度、灌木高度、灌木丛径有显著性差异,坡顶和坡中差异最大,如乔木高度和灌木丛径。坡顶的乔木长势略差于坡中和坡底,但灌木长势相对较好。这与土壤呈现的规律相一致。

2.3.2 不同坡向土壤与植被的异质性分析 根据表 5,不同坡向铵态氮和速效磷表现出显著差异。多重

比较表明:铵态氮南坡偏低,速效磷北坡偏高,其他指标无显著差异。

根据表 6 可知,有显著差异的有草本覆盖度、乔

木胸径和乔木郁闭度。其中西坡草本覆盖度较高,东坡乔木胸径和乔木高度较高,这说明西坡草本长势更好,东坡乔木长势更好。

表 3 不同坡位土壤统计分析

项目	铵态氮/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	有机质/%	pH 值
坡顶	23.93±21.82	160.22±75.13 ^a	6.06±3.06 ^b	1.66±0.81 ^a	5.45±0.43 ^b
坡中	29.76±29.69	118.52±60.36 ^b	7.46±2.44 ^a	1.27±0.43 ^b	5.78±0.44 ^a
坡底	33.3±24.84	133.98±64.93 ^{ab}	7.15±2.08 ^{ab}	1.5±0.63 ^{ab}	5.67±0.7 ^{ab}
ANOVA 显著性	0.479	0.014	0.044	0.010	0.005

注:数值为平均值±标准差,相同字母表示无显著性差异(S-N-K 多重比较 $p<0.05$)。下同。

表 4 不同坡位植被统计分析

项目	草本覆盖度/%	草本高度/cm	乔木高度/m	乔木胸径/m	乔木郁闭度/%	灌木高/cm	灌木丛径/cm
坡顶	9.68±7.76 ^b	47.7±15.28	3.6±1.32 ^b	0.26±0.11	39.57±20.4	94.82±30.69 ^{ab}	80.4±35.7 ^a
坡中	10.42±8.1 ^b	44.83±17.61	4.75±2.17 ^a	0.28±0.11	33.35±24.17	84.69±27.52 ^b	60.9±31.06 ^b
坡底	16.32±9.05 ^a	53.57±19.19	4.53±2.22 ^{ab}	0.29±0.15	25.00±21.21	103.71±40.53 ^a	68.36±30.65 ^{ab}
ANOVA 显著性	0.006	0.109	0.003	0.503	0.181	0.019	0.004

表 5 不同坡向土壤统计分析

项目	铵态氮/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	有机质/%	pH 值
北坡	25.45±25.28 ^{ab}	124.38±66.37	8.36±2.09 ^a	1.25±0.53	5.66±0.54
东坡	39.73±40.48 ^a	141.64±73.90	5.9±2.81 ^b	1.49±0.72	5.59±0.45
南坡	15.95±9.69 ^b	153.81±75.99	6.5±2.60 ^b	1.48±0.68	5.47±0.31
西坡	27.78±18.59 ^a	121.94±59.48	7.39±2.58 ^{ab}	1.41±0.55	5.81±0.54
ANOVA 显著性	0.019	0.286	0.013	0.619	0.052

表 6 不同坡向植被统计分析

项目	草本覆盖度/%	草本高度/cm	乔木高度/m	乔木胸径/m	乔木郁闭度/%	灌木高/cm	灌木丛径/cm
北坡	11.54±9.10 ^{ab}	45.39±13.94	4.13±1.29	0.28±0.11 ^{ab}	36.67±16.33 ^{ab}	91.96±26.93	71.37±28.5
东坡	9.27±7.89 ^b	47.02±18.25	4.29±2.19	0.31±0.12 ^a	42.59±21.82 ^a	86.85±29.09	67.68±31.38
南坡	8.68±6.37 ^b	47.34±20.2	4.22±1.59	0.24±0.09 ^b	14.4±12.90 ^b	83.48±25.26	63.34±23.86
西坡	12.88±8.80 ^a	46.88±16.19	4.51±2.19	0.27±0.12 ^{ab}	31.48±22.21 ^{ab}	95.25±34.97	68.89±39.75
ANOVA 显著性	0.046	0.983	0.854	0.047	0.034	0.296	0.862

3 讨论

3.1 不同坡位土壤与植被的异质性讨论

物种在群落中的分布格局是物种与生境相互作用的结果,不仅与生境中的地形因子及土壤因子有密切关系,也受到物种的生态学特性及其与周边物种间关系的影响^[17]。乔木和灌木生长状况与草本生长状况有明显的负相关性。乔木和灌木的高度较高,郁闭度更大,其枝干和叶片遮挡住阳光,使地表有效日照时间变短,有效日照面积缩小,影响了草本植物的生长。因此,坡顶灌木长势好而草本植物长势差。土壤的发育过程受到母质、气候、地形和植被等自然因素的影响,同时与土地利用、农业生产等人类活动也有

着密切关系。这些成土因素在空间上的分布都不是均一的,在不同的空间尺度上表现出普遍的空间变异性。植被对土壤养分空间分布有明显的影响,坡顶的乔木郁闭度、灌木高度和郁闭度均比坡中高,速效钾和有机质也比坡中高,土壤养分和植被长势呈现出相关性。由于坡顶乔木和灌木长势更好,更多的凋落物进入土壤中,经过微生物分解并长年累积,有机质含量也随之升高。因此乔木长势好的地方,土壤中有机质含量也相对较高。人类活动对土壤养分和植被长势也有明显影响。由于坡顶和坡中位置属于长岛国家级自然保护区和长岛旅游景区的范围,而坡底靠近公墓、工厂、住宅、公路等生产生活区域,坡底人口密度和人类活动强度远远高于坡顶和坡中。因此坡底

的植被和土壤受人类活动影响更大,生物圈循环受到影响,导致坡底一部分指标不呈现任何规律,土壤理化因子的空间差异性主要体现在自然状态下的坡顶和坡中。

3.2 不同坡向土壤与植被的异质性讨论

南坡属于阳坡和迎风坡,北坡属于阴坡和背风坡。受日照和降水差异影响,南坡的土壤受淋溶作用更强,水分蒸发强烈,水土流失比北坡严重,土壤与养分不如北坡,导致铵态氮南坡偏低,速效磷北坡偏高。坡位的变化使不同种类的植被产生空间差异。西坡在冬季属于西北风的迎风坡,面向大海,受强烈的冬季风影响,乔木长势不如东坡好,但草本植物长势相对较好;而东坡属于冬季风背风坡,受冬季风影响小,乔木长势较好,同时草本长势不如西坡,也印证了在坡位上乔木和草本植物长势的相互影响关系。由于本次研究采样点较少且样地在全岛范围内未均匀分布,本文所得结论还需进一步采样试验验证。

4 结论

(1) 南长山岛大部分土壤呈酸性和微酸性,研究区域土壤较贫瘠,存在土壤结构差和养分不协调等问题。pH值变异系数较小。南长山岛土壤含水量是影响有机质含量的重要因素之一。

(2) 地形因素主要通过坡位和坡向对土壤理化因子空间分布产生影响。土壤差异主要体现在不同坡位上,植被差异主要体现在不同坡向上。

(3) 植被因素的影响体现在两个方面。乔木生长对土壤环境产生的作用,乔木长势好的地段土壤养分含量高。乔木和灌木长势影响林下草本植物长势,乔木和灌木长势好的地段草本植物长势较差,两者呈现负相关关系。

(4) 人类活动总体上为次要影响因素,但在自然环境整体格局的基础上对局部产生影响;坡底受人类活动影响较大,坡底的土壤和植被没有体现出明显的规律性。

致谢:除本文的作者外,韩春梅、李芊芊也参加了野外考察工作,潘蕊蕊、刘伟杨、张梦杰、韩亚婷、亢琼琼也参加了本研究的试验工作,在此表示感谢。

[参 考 文 献]

[1] 石洪华,郑伟,丁德文,等.典型海岛生态系统服务及价值评估[J].海洋环境科学,2009,28(6):743-748.

- [2] 秦璐,傅德平,杨军,等.艾比湖湿地自然保护区典型群落土壤理化性质分析[J].干旱区资源与环境,2011,25(8):144-151.
- [3] 闫培锋,周华荣,刘宏霞.白杨河—艾里克湖湿地土壤理化性质的空间分布特征[J].干旱区研究,2008,25(3):406-412.
- [4] 李冬林,韩丽,阮宏华,等.秦淮河河岸带土壤理化性质分析[J].南京林业大学学报:自然科学版,2008,32(4):17-22.
- [5] 王昭艳,左长清,曹文洪,等.红壤丘陵区不同植被恢复模式土壤理化性质相关分析[J].土壤学报,2011,48(4):715-724.
- [6] 杨梅焕,曹明明,朱志梅,等.毛乌素沙地东南缘沙漠化过程中土壤理化性质分析[J].水土保持通报,2010,30(2):169-172,176.
- [7] 刘美爽,董希斌,郭辉,等.小兴安岭低质林采伐改造后土壤理化性质变化分析[J].东北林业大学学报,2010,38(10):36-40.
- [8] 万福绪,陈平,王严星.苏北林粮间作地土壤理化性质分析[J].南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(6):27-30.
- [9] 程芳,程金平,于金莲,等.大金山岛土壤有机质与全氮的空间分布及其相关性[J].环境化学,2013,32(9):1634-1638.
- [10] 孙玉冰,邓守彦,李德志,等.崇明县土壤主要理化指标的空间分布与变异特征[J].生态与农村环境学报,2010,26(4):306-312.
- [11] 刘骄.福建海坛岛主要防护林树种的生物生产力研究和土壤养分特征分析[D].福建福州:福建师范大学,2011.
- [12] 王晓丽,王媛,石洪华,等.山东省长岛县南长山岛黑松和刺槐人工林的碳储量[J].应用生态学报,2013,24(5):1263-1268.
- [13] 池源,郭振,石洪华,等.南长山岛草本植物多样性及影响因子[J].华中师范大学学报:自然科学版,2015,49(6):967-978.
- [14] 庄树宏,陈礼学,孙力.南长山岛岩岸潮间带底栖藻类群落结构的季节变化格局[J].海洋科学进展,2003,21(2):194-202.
- [15] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998:356.
- [16] 雷志栋,杨诗秀,许志荣,等.土壤特性空间变异性初步研究[J].水利学报,1985(9):10-21.
- [17] 叶诺楠,沈娜娉,商天其,等.浙江瑞安公益林群落结构及其与环境的相关性[J].植物学报,2017,52(4):496-510.