



曾庆昌, 黄敏华, 缪绅裕, 等. 广州南沙湿地 4 种红树植物底泥特性的差异[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(1): 103-108.

广州南沙湿地 4 种红树植物底泥特性的差异

曾庆昌, 黄敏华, 缪绅裕, 陶文琴, 龙连娣, 陈伟霖
(广州大学 生命科学院, 广东 广州 510006)

摘要:【目的】比较外来红树植物(无瓣海桑 *Sonneratia apetala*、拉关木 *Laguncularia racemosa*)和本地红树植物(桐花树 *Aegiceras corniculatum*、卤蕨 *Acrostichum aureum*)的底泥特性,了解外来植物对湿地生态环境潜在的影响。【方法】采用仪器原位测定及土壤常规测定法分析广州南沙湿地公园 4 种植物林下底泥的温度、pH、氧化还原电位(Eh)、电导率、有机质和营养元素(N、P、K)含量及机械组成。【结果】外来植物底泥温度(无瓣海桑 15.59℃、拉关木 16.85℃)比本地植物(桐花树 15.18℃、卤蕨 15.06℃)的高;外来植物底泥 pH(无瓣海桑 6.97、拉关木 6.54)小于本地植物(桐花树 7.21、卤蕨 7.09);拉关木底泥的 Eh(30.16 mV)显著高于其他 3 种植物(无瓣海桑 -5.02 mV、桐花树 -11.99 mV、卤蕨 -4.85 mV)。外来植物底泥有机质质量分数(无瓣海桑 8.41%、拉关木 8.75%)显著低于本地植物(桐花树 10.22%、卤蕨 10.25%)。无瓣海桑底泥为砂质黏壤土,可能导致有效 K 含量有显著降低,其他 3 种植物底泥均为壤质黏土。【结论】外来红树植物和本地红树植物的底泥生态因子有明显差异。外来植物生长迅速,可能加快了有机质分解与物质循环过程,从而改变了底泥的特性。

关键词:湿地; 红树植物; 底泥特性; pH; Eh
中图分类号:S153.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2017)01-0103-06

Characteristic differences of the sediment under four mangrove species in Nansha Wetland, Guangzhou

ZENG Qingchang, HUANG Minhua, MIAO Shenyu, TAO Wenqin, LONG Liandi, CHEN Weilin
(School of Life Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract:【Objective】To compare the sediment characteristics under exotic mangrove species (*Sonneratia apetala*, *Laguncularia racemosa*) and native mangrove species (*Aegiceras corniculatum*, *Acrostichum aureum*), so as to better understand the potential ecological impacts of exotic species on the wetland environment.【Method】The temperature, pH, redox potential (Eh), conductivity, contents of organic matter and nutrients (N, P, K), and texture of sediments under these four species in Nansha Wetland, Guangzhou were measured by using *in situ* measurement instruments and the common analysis methods of soil.【Result】The sediment temperatures of exotic species (*S. apetala* 15.59℃, *L. racemosa* 16.85℃) were higher compared to native species (*A. corniculatum* 15.18℃, *A. aureum* 15.06℃). The sediment pH of exotic species (*S. apetala* 6.97, *L. racemosa* 6.54) were lower compared to native species (*A. corniculatum* 7.21, *A. aureum* 7.09). The sediment Eh of *L. racemosa* (30.16 mV) was significantly higher compared to other three species (*S. apetala* -5.02 mV, *A. corniculatum* -11.99 mV, *A. aureum* -4.85 mV). The contents of organic matter in the sediments under exotic species (*S.*

收稿日期:2016-02-25 优先出版时间:2016-12-28
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20161228.0922.012.html>
作者简介:曾庆昌(1989—),男,硕士,E-mail: 490945935@qq.com;通信作者:缪绅裕(1965—),男,教授,博士,E-mail: miaoshy@gzhu.edu.cn
基金项目:国家自然科学基金(31270526)

apetala 8.41% , *L. racemosa* 8.75%) were significantly lower compared to native species (*A. corniculatum* 10.22% , *A. aureum* 10.25%). The sediment under *S. apetala* was sandy clay loam, which could be related to its significantly low effective K content since the sediments under other three species were all loamy clay. 【Conclusion】There are evident differences in the ecological factors of sediments between extotic and native mangroves. Fast growing of exotic mangroves may accelerate the decomposition of organic matter in sediments and cycling of substances, and therefore lead to changes in sediment characteristics.

Key words: wetland; mangrove; sediment characteristic; pH; Eh

红树林是生长在热带亚热带潮间带的木本植物群落,具很高的观赏和科研价值^[1-2]。作为地球上最重要的湿地生态系统之一,其底泥是红树林湿地的重要组成部分,其中许多研究涉及湿地系统的特征与功能^[3-7]。近年来,关于广州南沙红树林湿地的研究主要有环境与生物多样性^[1];无瓣海桑 *Sonneratia apetala* 土壤的动态变化^[8];无瓣海桑、拉关木 *Laguncularia racemosa*(又称假红树或拉贡木)、桐花树 *Aegiceras corniculatum* 的生理生态特性^[9];湿地现状与保护对策^[10];湿地恢复的环境效益^[11]及小气候效应^[12];人工红树林凋落物组成与季节变化等^[13]。无瓣海桑 1985 年引自孟加拉国,拉关木 1999 年从墨西哥引种,分别于 2000、2003 年起在南沙湿地种植;南沙湿地尚有人工种植的红树植物海桑 *Sonneratia caseolaris* 和本地种桐花树、卤蕨 *Acrostichum aureum*、秋茄 *Kandelia obovata*、木榄 *Bruguiera gymnorrhiza*、老鼠簕 *Acanthus ilicifolius* 等^[1]。为更好地了解外来植物在广州南沙湿地的生态适应性及其对环境的影响,本文研究了其中 2 种外来植物(拉关木和无瓣海桑)和 2 种本地植物(卤蕨和桐花树)的底泥理化性质差异,为探讨外来植物对底泥多种因子的影响及潜在的生态风险提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地自然条件概况

广州南沙湿地公园(N22°37'027"、E113°38'361", 海拔约 5 m)地处北回归线以南,属亚热带海洋性季风性气候,年均气温 21.9 ℃,最冷 1 月 13.3 ℃,最热月 7 月 29 ℃,年无霜期 346 d,年均降水量 1 650 mm,相对湿度 81%,年均日照 2 000 h^[8];年蒸发量 750 mm。潮汐属不正规半日潮;土壤主要由海湾沉积形成,属滨海海涂土壤^[1]。试验地选择在靠近 18 涌的人工栈道旁的人工种植红树林区域,所测定的 4 种红树植物同时种植于 2009 年,无瓣海

<http://xuebao.scau.edu.cn>

桑、桐花树和卤蕨相互间距约 10 m,而拉关木与它们相距约 50 m,因此底泥各指标的本底值基本一致。野外测定时这 4 种红树植物群落的郁闭度,无瓣海桑和拉关木林约为 0.95,略高于桐花树和卤蕨的 0.85。

1.2 试验材料

于 2016 年 1 月 6 日在南沙湿地公园内的无瓣海桑(高约 10 m)、拉关木(高约 5 m)、桐花树(高约 2 m)和卤蕨(高约 1 m)种群相对优势的生长地,在野外原位测定工作完成后,在每种植物距主干 10 cm 处的 4 个角方位各选 1 个点,采集距地面 10 cm 深处的底泥(每个样湿质量 1 kg),用密封袋保存运回实验室风干。每种植物底泥采 4 个样作为重复;4 种植物底泥样品共计 16 个。

1.3 底泥特性的测定

1.3.1 野外温度、pH、氧化还原电位(Eh)、电导率测定 对南沙 4 种红树林湿地的底泥表土上层(距土表 5 cm 处)、表土下层(距土表 15 cm 处)及底泥之上的覆盖水温度、pH、Eh 和电导率,分别用美国 Spectrum Technologies 公司生产的便携式 pH/氧化还原电位/温度仪(型号 IQ150)和土壤电导率仪(型号 2265FS)直接进行野外原位测定,选择每种植物距离植株主干 10 cm 处的 4 个角处的覆盖水和底泥,每个层次各测定 4 个数据作为重复。

1.3.2 土壤有机质、各营养元素含量以及土壤机械组成测定 风干后的松散底泥样品根据所测指标分别过筛,用于测定有机质含量(过 0.147 mm 筛)、营养元素含量(过 0.147 mm 筛)和机械组成(土壤质地)(过 2 mm 筛)。其中,土壤有机质含量、营养元素(铵态 N、速效 P 和有效 K)含量用浙江托普公司生产的 TPY-6A 智能土壤养分测试仪测定。凯氏 N 含量用上海沛欧公司生产的 SKD-08S 红外智能 8 孔消化炉先消化,然后用 SKD-100 自动凯氏定氮仪测

定。土壤机械组成利用甲种密度计法测定,每次测定后根据实际液温对密度计读数进行校正。

1.3.3 数据处理 所有数据用 Excel 2003 统计分析,计算平均值和标准差;用 SPSS 17.0 版本软件按 Duncan's 法进行多重比较差异显著性。

2 结果与分析

2.1 温度

土壤温度对植物根系的生长以及植物衰亡分解过程中释放的 N、P、K 的含量有一定影响。土壤温

度不同,植物衰亡后分解释放的 N、P、K 量不同。所测定的底泥及其上层覆盖水温度结果见表 1。除拉关木以外,其他 3 种植物底泥均为土层越深,温度越高。覆盖水温度中,拉关木显著高于其他 3 种植物 ($P < 0.05$);表土上层温度为拉关木 > 无瓣海桑、卤蕨 > 桐花树;表土下层温度,4 者间无明显差异。拉关木各层次的温度均高于其他 3 种植物,特别是覆盖水温和表土温度都表现出显著差异。3 层次平均温度表明,外来植物(拉关木和无瓣海桑)底泥的各层次温度均高于本地红树植物(桐花树和卤蕨)。

表 1 不同红树植物湿地底泥及其覆盖水温度¹⁾
Tab.1 The temperatures of wetland sediments and their cover water under four mangrove species ℃

树种	覆盖水	表土上层	表土下层	平均值
无瓣海桑	14.74 ± 0.05a	15.62 ± 0.13b	16.40 ± 0.28a	15.59
拉关木	16.95 ± 0.06b	16.76 ± 0.09c	16.83 ± 0.05a	16.85
桐花树	14.63 ± 0.06a	14.87 ± 0.06a	16.03 ± 0.06a	15.18
卤蕨	14.17 ± 0.12a	15.03 ± 0.12b	15.97 ± 0.15a	15.06

1) 同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示不同树种间差异不显著($n = 4$, $P > 0.05$, Duncan's 法)。

2.2 pH

土壤酸碱性是影响土壤肥力的重要因素,不仅直接影响植物的生长,而且与土壤中元素的转换以及有效性密切相关^[14]。所测定的底泥及其覆盖水 pH 结果见表 2。4 种植物底泥的层次越深,酸度越大。除拉关木表土下层 pH 为 5.84(属微酸性)外,其余均在 6.5 ~ 7.5 范围内(均为中性)。4 种植物间

覆盖水、表土上层 pH 均无显著差异;桐花树的表土下层 pH 显著高于其他 3 种红树植物($P < 0.05$),而拉关木的表土下层 pH 显著低于其他 3 种红树植物。从 3 层次平均值看,外来红树植物(拉关木和无瓣海桑)底泥 pH 比本地红树植物(卤蕨和桐花树)低,酸性较强。

表 2 不同红树植物湿地底泥及其覆盖水 pH¹⁾
Tab.2 The pH values of wetland sediments and their cover water under four mangrove species

树种	覆盖水	表土上层	表土下层	平均值
无瓣海桑	7.03 ± 0.26a	6.95 ± 0.02a	6.93 ± 0.02b	6.97
拉关木	7.19 ± 0.29a	6.60 ± 0.12a	5.84 ± 0.04a	6.54
桐花树	7.46 ± 0.03a	7.15 ± 0.10a	7.01 ± 0.01c	7.21
卤蕨	7.32 ± 0.08a	7.03 ± 0.04a	6.91 ± 0.02b	7.09

1) 同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示不同树种间差异不显著($n = 4$, $P > 0.05$, Duncan's 法)。

2.3 Eh

所测定的覆盖水和底泥 Eh(表 3)变动范围较大,4 种植物生境 Eh 均表现为表土下层 > 表土上层 > 覆盖水,这与一般随土壤深度加大,Eh 越低的规律不同,一方面可能是因为所测定的底泥深度不够大,另一方面可能与红树植物为了适应湿地环境,根际能产生一定 O₂ 有关。覆盖水 Eh 从高到低依次是拉关木、无瓣海桑、卤蕨、桐花树;表土上层和下层 Eh 值,从高到低依次均为拉关木、卤蕨、无瓣海桑、桐花树。从 3 层次平均值看,外来红树植物拉关木的底

泥 Eh 值最高,本地红树植物桐花树的底泥 Eh 最低,表明拉关木的底泥氧化性更强,有利于有机质分解和根系吸收。

2.4 电导率

描述土壤盐分状况,常用土壤浸提液电导率作为常用直接的指标^[15]。所测的各底泥电导率结果见表 4。4 种植物底泥覆盖水的电导率差异不显著,底泥越深差异越明显,其中表土下层差异最显著,表土上层和下层的电导率及 3 层次的平均值均为拉关木 > 卤蕨 > 桐花树 > 无瓣海桑。

表 3 不同红树植物湿地底泥及其覆盖水 Eh¹⁾

Tab. 3 The Eh values of wetland sediments and their cover water under four mangrove species mV				
树种	覆盖水	表土上层	表土下层	平均值
无瓣海桑	-7.08 ± 2.49c	-6.93 ± 0.97a	1.63 ± 1.20b	-5.02
拉关木	-3.10 ± 1.25d	29.83 ± 6.83c	71.90 ± 3.17d	30.16
桐花树	-27.33 ± 1.60a	-7.93 ± 5.72a	-0.70 ± 0.65a	-11.99
卤蕨	-18.83 ± 4.38b	-1.23 ± 1.73b	5.50 ± 1.42c	-4.85

1) 同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示不同树种间差异不显著($n=4, P>0.05$, Duncan's 法)。

表 4 不同红树植物湿地底泥及其覆盖水电导率¹⁾

Tab. 4 The conductivities of wetland sediments and their cover water under four mangrove species mS · m⁻¹				
树种	覆盖水	表土上层	表土下层	平均值
无瓣海桑	5.15 ± 0.15a	2.24 ± 0.49a	1.30 ± 0.12a	2.90
拉关木	5.90 ± 0.05a	4.60 ± 0.66c	6.01 ± 1.07d	5.50
桐花树	5.77 ± 0.02a	3.24 ± 0.28b	2.89 ± 0.10b	3.97
卤蕨	5.89 ± 0.01a	4.35 ± 0.07c	5.50 ± 0.07c	5.25

1) 同列数据后凡具有一个相同小写字母,表示不同树种间差异不显著($n=4, P>0.05$, Duncan's 法)。

2.5 有机质及各营养元素含量

土壤有机质指的是存在于土壤中的所有含碳的有机化合物,基本可反映土壤肥力水平的高低^[16]。所测定的 4 种植物底泥有机质含量和营养元素含量结果见表 5。4 种红树植物林下底泥的有机质质量分数,卤蕨和桐花树的很接近(10.22%和 10.25%),均显著高于无瓣海桑和拉关木($P<0.05$)。说明本地红树植物的底泥有机质含量比外来红树植物的

高。卤蕨底泥凯氏 N、铵态 N 和速效 P 含量均显著高于其他 3 种植物底泥的相应值;但有效 K 含量以拉关木为最高,显著高于其他 3 种植物底泥。对于铵态 N 和速效 P 含量,除本地植物卤蕨外,外来植物无瓣海桑和拉关木与本地植物桐花树之间虽有显著差异,但含量高低的变化规律不太一致,可能与不同植物对各种营养元素的利用效率不同有关。

表 5 不同红树植物湿地底泥的有机质与营养元素含量¹⁾

Tab. 5 Contents of organic matter and nutrients of the sediments under four mangrove species					
树种	<i>w</i> /%		<i>w</i> (mg · kg ⁻¹)		
	有机质	凯氏 N	铵态 N	速效 P	有效 K
无瓣海桑	8.41 ± 0.52a	1.82 ± 0.08a	25.40 ± 6.43b	6.13 ± 1.06c	86.33 ± 8.58a
拉关木	8.75 ± 0.20a	1.61 ± 0.22a	27.33 ± 2.74c	4.73 ± 0.57a	248.00 ± 5.72d
桐花树	10.22 ± 0.54b	1.33 ± 0.07a	20.07 ± 1.72a	5.07 ± 1.00b	238.67 ± 25.25c
卤蕨	10.25 ± 0.35b	4.84 ± 0.24b	63.87 ± 2.96d	7.07 ± 0.84d	137.67 ± 19.94b

1) 同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示不同树种间差异不显著($n=4, P>0.05$, Duncan's 法)。

2.6 土壤机械组成

所测定的 4 种植物底泥的机械组成结果见表 6。其中无瓣海桑底泥属于砂质黏壤土;其他 3 种植物的底泥均为壤质黏土,这种土壤质地类型上的差异,可能是导致无瓣海桑底泥有效 K 流失,从而其有效 K 含量显著低于其他 3 种植物底泥的原因之一。除有效 K 外,不同形态营养元素在本地植物与外来植物间的差异与它们底泥的不同质地关联性不大。

表 6 不同红树植物湿地底泥的机械组成

Tab. 6 Textures of the sediments under four mangrove species				
树种	<i>w</i> /%			质地类型
	砂粒	粉粒	黏粒	
无瓣海桑	61.24	22.01	16.75	砂质黏壤土
拉关木	45.27	23.14	31.59	壤质黏土
桐花树	35.03	33.43	31.54	壤质黏土
卤蕨	35.61	28.29	36.10	壤质黏土

3 讨论与结论

本文测定的4种红树林湿地的上层覆盖水1月温度为14.17~16.95℃,略低于南沙湿地平均水温的17.1℃^[1],可能因为测定日的气温偏低。研究认为南沙红树林的保温效果非常显著,秋冬季林内温度变幅小于林外^[12],珠海淇澳红树林林内气温一直低于林外无林地^[17]。本文测定的结果除拉关木上层覆盖水温度最高外,其他种类均为覆盖水<表土上层<表土下层,主要是1月份水温受较低的气温影响,而土壤具一定的保温作用,土层越深其温度越高。外来红树植物(拉关木、无瓣海桑)的林下覆盖水和表土温度均略高于本地红树植物(桐花树、卤蕨),可能与它们群落郁闭度大小有关,因为前者约0.95,后者约0.85。

有学者从土壤的pH、全硫含量以及形态角度把现代红树林发育下的土壤定义为红树林酸性潮滩土^[18],而红树林植物残体分解出的单宁酸就是土壤酸性物质的来源之一^[19]。2010年南沙湿地无瓣海桑纯林下土壤(0~15 cm)的pH为7.84,低于2005年的8.22;而2010年测定的本地种秋茄下土壤pH为8.17则高于2005年测定的8.10;6龄无瓣海桑土壤pH小于4龄无瓣海桑土壤,红树林土壤pH不仅受红树植物生长时间的影响,也受植物种类的影响^[1]。本文测定的拉关木、无瓣海桑、桐花树和卤蕨表土上层和下层pH均明显低于上述文献数据,因为随着红树林的生长(测定期比文献更晚,植物生存时间更久),其土壤pH逐渐降低,且外来种的土壤pH相对本地种降低幅度更明显。

由于Eh受溶液温度、pH及化学反应可逆性等因素影响,因此所测定的Eh结果变幅较大,其中拉关木的表土平均Eh为50.87,显著高于无瓣海桑的-2.65、桐花树的-4.32和卤蕨的2.14。由于海潮的长期淹没,通气条件差,红树林土壤通常为还原状态,除了表层颜色较浅的氧化层以外,其余土壤均水分饱和,土壤空气容量低,主要是土壤中的氧含量低造成Eh低,还原物质含量高^[19]。本文的拉关木表土Eh相对较高,可能与其根系表层的氧化层有关。

南沙湿地土壤质地主要是沙质土和壤质土类型^[1],本研究测定的底泥质地类型与之一致,未见随着植物的生长而发生显著变化。南沙湿地土壤有机质、总N质量分数分别为24.45、1.34 g·kg⁻¹^[1];本研究测定的有机质、凯氏N质量分数分别为8.41%~10.25%、1.33%~4.84%,显示出有机质含量低而凯氏N含量高。随着植被从寒害后的恢复,南沙湿

地各类型植被上层(0~15 cm)土壤黏粒(<0.002 mm)的有效P、速效K的含量均有明显上升趋势,其中有效P质量分数在9.00~44.08 mg·kg⁻¹之间^[8]或18.45 mg·kg⁻¹^[1],速效K质量分数在78.49~165.51 mg·kg⁻¹之间^[8]或225.15 mg·kg⁻¹^[1]。本研究测定的速效P质量分数在4.73~7.07 mg·kg⁻¹之间,低于文献报道值,而速效K质量分数在86.33~248.00 mg·kg⁻¹之间,接近文献报道值,这些营养元素的含量变化也可能与植物生长有关。红树林土壤黏粒的多少反映了有机质含量的多少,且pH、N、P、K含量都直接或间接地受到黏粒大小的影响^[20]。土壤有机质、凯氏N、全P和速效K含量均为6龄>4龄,说明红树林群落有利于土壤有机质增加,不同群落的影响不同,随着年龄的增长有机质积累增多。如果土壤pH>7,可能发生氨的挥发,造成N的损失^[21]。加上红树林土壤常处于还原状态,残留物分解较慢且不完全,进而大量累积在土壤中,故有机质含量较光滩高^[1]。以往研究还显示,外来种无瓣海桑和拉关木有较高的净光合速率、总光合速率、净光合速率、蒸腾速率和较低的呼吸速率,有机物积累较多,生长快,环境适应性强,而本地种桐花树净光合速率较低、呼吸速率较高,生长相对较缓^[9],因此这些外来植物的快速生长,显著改变了湿地中底泥的某些特性,值得予以关注。

参考文献:

- [1] 廖宝文, 吴敏, 粟娟, 等. 南沙湿地环境与生物多样性[M]. 广州: 广东科技出版社, 2013.
- [2] 黄丽, 王琨, 王文卿. 红树林名称与红树林湿地保护[J]. 湿地科学与管理, 2010, 6(1): 45-48.
- [3] NOBREGA G N, FERREIRA T O, SIQUEIRA N M, et al. Edaphic factors controlling summer (rainy season) greenhouse gas emissions (CO₂ and CH₄) from semiarid mangrove soils (NE-Brazil) [J]. Sci Total Envir, 2015, 542: 685-693.
- [4] CHEN G C, LU C Y, LI R. Effects of foraging leaf litter of *Aegiceras corniculatum* (Ericales, Myrsinaceae) by *Parasesarma plicatum* (Brachyura, Sesamididae) crabs on properties of mangrove sediment: A laboratory experiment [J]. Hydrobiologia, 2016, 763(1): 125-133.
- [5] CHEN J, ZHOU H C, WANG C. Short-term enhancement effect of nitrogen addition on microbial degradation and plant uptake of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in contaminated mangrove soil [J]. J Hazard Mater, 2015, 300: 84-92.
- [6] 田应兵, 宋光煜, 艾天成. 湿地土壤及其生态功能[J]. 生态学杂志, 2002, 21(6): 36-39.

[7] LEE S Y, DUNN R J K, YOUNG R A. Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands [J]. Urban Ecosyst, 2004, 7(2): 89-106.

[8] 张晓君, 管伟, 朱宁华, 等. 广州南沙人工林海桑属群落及土壤的动态变化[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(9): 103-106.

[9] 缪绅裕, 李德宁, 邓鸿英, 等. 广州南沙 3 种红树植物生理生态特性的比较[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2011, 10(1): 31-36.

[10] 许文安, 胡喻华, 曾绮微, 等. 广州南沙区湿地现状和保护策略[J]. 湿地科学与管理, 2009, 5(3): 41-43.

[11] 白晓燕, 郑康振, 陈桂珠. 广州南沙红树林湿地恢复的环境效应[J]. 广州化工, 2011, 38(7): 220-221.

[12] 管伟, 廖宝文, 林梨扬, 等. 广州南沙人工红树林湿地小气候效应研究[J]. 生态科学, 2008, 27(2): 95-100.

[13] 朱可峰, 廖宝文, 章家恩. 广州南沙人工红树林凋落物组成与季节变化的研究[J]. 华南农业大学学报, 2011, 32(4): 119-121.

[14] 胡启山. 土壤的酸碱性对土壤肥力及作物生长的影响[J]. 农事顾问, 2010(10): 63.

[15] 刘广明, 杨劲松, 姚荣江. 影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 247-252.

[16] 武天云, 李凤民, 钱佩源, 等. 土壤有机质概念和分组技术研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 717-722.

[17] 武锋, 郑松发, 陆钊华, 等. 珠海淇澳岛红树林的温湿效应与人体舒适度[J]. 森林与环境学报, 2015, 35(2): 159-164.

[18] 张希然, 罗旋, 陈研华. 红树林和酸性潮滩土[J]. 自然资源学报, 1991(1): 55-62.

[19] 徐海, 陈少波, 张素霞, 等. 红树林土壤基本特征及发展前景[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1496-1497.

[20] 蓝福生, 李瑞棠, 陈平, 等. 广西海滩红树林与土壤的关系[J]. 广西植物, 1994, 11(1): 54-59.

[21] 郑德璋, 郑松发, 廖宝文. 红树林生态系统研究方法[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 191-193.

【责任编辑 庄 延】

欢迎订阅 2017 年《华南农业大学学报》

《华南农业大学学报》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物。本刊主要报道农业各学科的科研学术论文、研究简报、综述等,涵盖动物科学与兽医学、农学、园艺学、土壤肥料、植物保护、生物学、林业科学、农业工程与食品科学等学科。本刊附英文目次和英文摘要。读者对象主要是农业院校师生、农业科研人员和有关部门的专业干部。

本刊为《中文核心期刊要目总览》综合性农业科学核心期刊,《中国科学引文数据库(CSCD)》、《中国科技论文统计源(中国科技核心期刊)》及《中国学术期刊综合评价数据库》等来源期刊,并排列在中国科学引文数据库被引频次最高的中国科技期刊 500 名以内。为美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、英国《CABI》、英国《动物学记录》、英国《食品科技文摘》、《中国生物学文摘》、日本科学技术振兴机构数据库及国内农业类文摘期刊等多家国内外著名文摘固定刊源。

双月刊,逢单月上旬出版,A4 幅面。定价 15.00 元/册,全年 90.00 元。自办发行,参加全国非邮发报刊联合征订发行,非邮发代号:6573。国内外公开发售,欢迎订阅!

订阅款邮汇至: 300381 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱,全国非邮发报刊联合征订服务部。

《华南农业大学学报》编辑部