

## 粤东地区3种红树植物生长对滩面高程的响应

吴悦宏<sup>1</sup>,朱晓武<sup>1</sup>,肖泽鑫<sup>1\*</sup>,陈文浩<sup>2</sup>,费小睿<sup>2</sup>,范镇贞<sup>1</sup>

(1. 汕头市林业科学研究所,广东 汕头 515041;2. 汕头市自然资源测绘院,广东 汕头 515047)

**摘要:**为了研究红树植物在粤东地区适宜生长的滩面高程,以桐花树、秋茄和木榄3个树种为研究对象,开展不同滩面高程(梯度分别为0—10,10—20,20—30,30—40,40—50,50—60 cm)下的造林试验,4 a后,分别统计各树种不同高程的存活率、生长(树高、地径和冠幅)及叶片叶绿素SPAD值。结果表明:(1)桐花树在0—10 cm无法生长,在10—20 cm生长较差,存活率较低。当滩面高程达到20 cm后,存活率大于30%,尤其在30—60 cm,保存率达到70%。在0—50 cm高程范围内,随着梯度的升高,树高生长先下降再增加,地径生长先增加后下降再增加,冠幅生长则逐渐增加。当高程达到50 cm,随着滩面高程的上升,树高生长和冠幅生长反而略微下降。叶片叶绿素SPAD值则随高程的上升逐渐增加;(2)秋茄在30 cm以下无法生长,在30—40 cm保存率较低。当高程达到40 cm,保存率大于30%,树高生长、地径生长、冠幅生长及叶片叶绿素SPAD值随着滩面高程的上升逐渐增大;(3)木榄在滩面高程30 cm以下无法生长,在30—60 cm保存率较低,但树高生长、地径生长、冠幅生长和叶片叶绿素SPAD值随着高程的上升逐渐增大;(4)3个树种的生长(存活率、树高、地径和冠幅)及叶片叶绿素含量等受滩面高程的影响,表现出一定的相关性。根据试验结果综合分析,3个树种适宜造林的滩面高程不同,桐花树适宜在20 cm以上,尤其在30 cm以上生长较好;秋茄适宜50 cm以上;木榄则在60 cm以下生长均较差。建议桐花树造林滩面高程不低于20 cm,秋茄种植高程不低于50 cm。

**关键词:**红树林;滩面高程;生长;叶片叶绿素SPAD值;响应

中图分类号:Q948.113;S718.53

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2022.04.004

## Response of growth of three mangrove species to different tidal elevations in eastern Guangdong

Wu Yuehong<sup>1</sup>, Zhu Xiaowu<sup>1</sup>, Xiao Zexin<sup>1\*</sup>, Chen Wenhao<sup>2</sup>, Fei Xiaorui<sup>2</sup>, Fan Zhenzhen<sup>1</sup>

(1. Shantou Forestry Research Institute, Shantou 515041, China;

2. Shantou Natural Resources Surveying and Mapping Institute, Shantou 515047, China)

**Abstract:** To learn the suitable tidal elevations of mangrove species growth in eastern Guangdong, we took *Aegiceras corniculatum*, *Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza* as research objects, different tidal elevations gradients (0—10, 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—60 cm) were set to carry out their afforestation experiments. Four years later, conservation rate, leaf chlorophyll SPAD value and growth including tree height, ground diameter and crown width at different elevation were determined respectively. The results showed that: (1) *A. corniculatum* could not grow at 0—10 cm gradient, grew poorly and had a low conservation rate at 10—20 cm. When the tidal elevation reached 20 cm, the conservation rate could be more than 30%, especially at 30—60 cm, reaching 70%. With the elevation rising at 0—50 cm, the tree height growth showed the tendency decreasing at the beginning and increasing late, the ground diameter growth increased first and then decreased and again increased, and the crown width growth gradually increased. When 50 cm elevation reached, the tree height growth and crown width growth decreased slightly with the tidal elevation increase. The leaf chlorophyll SPAD

收稿日期:2022-06-08;修回日期:2022-06-27

基金项目:广东省科技专项资金项目“粤东地区红树林资源调查研究”(210729106900480)

作者简介:吴悦宏(1974—),男,广东汕头人,高级工程师,大学本科毕业。主要从事森林培育及森林生态研究。E-mail: zhuxw0831@163.com

\* 通信作者:肖泽鑫(1977—),男,广东汕头人,副研究员,大学本科毕业。主要从事红树林恢复研究。E-mail: 411196796@qq.com

value increased with the elevation rise; (2) *K. candel* could not grow below 30 cm elevation. At 30—40 cm, the conservation rate was low and the growth was inhibited. When the elevation reached more than 40 cm, the conservation rate could exceed 30%. And the growth in tree height, ground diameter, crown width, and leaf chlorophyll SPAD value gradually increased with the elevation increase; (3) *B. gymnorhiza* could not grow below 30 cm elevation either. At 30—60 cm, the low conservation rate and the inhibited growth presented. And the growth in tree height, ground diameter, crown width and chlorophyll SPAD value gradually increased with the elevation increase; (4) The growth and leaf chlorophyll contents of research objects were affected by the tidal elevation, showing a certain correlation. Comprehensive analysis revealed that 3 tree species could be acclimatized to the different tidal elevation, i. e. *A. corniculatum* suitable to grow above 20 cm, especially above 30 cm; *K. candel* to grow above 50 cm, but *B. gymnorhiza* poorly grown below 60 cm. It is commended that the planting elevation of *A. corniculatum* should not be less than 20 cm and that of *K. candel* should not be less than 50 cm.

**Key words:** Mangrove; Tidal elevation; Growth; Leaf chlorophyll SPAD value; Response

红树植物是分布在热带、亚热带海岸潮间带的适应海岸带和海涂生长环境的木本植物<sup>[1]</sup>。红树林的生长和分布受到温度、盐度、潮汐、底质、波能、洋流和岸坡等因素极大的影响<sup>[2]</sup>。过去几十年,由于经济发展、人口压力、水产养殖、木材需求等原因,导致红树林的面积急剧减少<sup>[3]</sup>,然而过去大面积的红树林大部分已改为农、渔及其他行业用地,现存的多为退化次生林,生产力低、生态脆弱,天然更新极为缓慢,必须依靠人工造林辅以保护管理才能恢复<sup>[4]</sup>。

我国的红树林造林历史已有近百年,大量的红树林造林实践表明,潮汐浸淹时间通常是影响红树林造林成败的关键限制因素<sup>[5]</sup>。张乔民等<sup>[6]</sup>通过研究红树林生长与潮汐水位的关系发现红树林生长于平均海平面与大潮高潮位之间的潮滩面。尽管国内外关于红树植物对不同滩面高程的适应性研究已有较多<sup>[7-11]</sup>,然而不同红树植物以及同种红树植物对滩面高程的适应程度因地域差异而表现出差异性<sup>[12]</sup>。粤东地区海岸线长,红树林种植潜力大,然而受深水位等因素的影响,无法自然更新,需要人工造林促进红树林植被恢复<sup>[13]</sup>。而目前,有关粤东地区适宜红树林生长的滩面高程定量研究较少,本研究通过分析汕头地区桐花树、秋茄、木榄等几种红树植物在不同滩面高度下的生长变化情况,旨在为粤东地区红树林的人工林恢复提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验位于广东省汕头市金平区牛田洋湿地(116°39'7" E, 23°21'2" N),北回归线从汕头市区北部区域通过,属南亚热带海洋性气候。温和湿润,

阳光充足,雨水充沛,无霜期长,冬无严寒,夏无酷暑。年降雨量 1 300—1 800 mm,干湿明显,4—9 月为雨季,降雨量占全年的 80% 左右。多年平均蒸发量 1 596—1 883.4 mm,略高于降水量。年平均气温 21—22 °C,最低气温为 0.4 °C,最高气温为 38.6 °C,最冷冬季偶有短时霜冻。沿海潮汐属不规则半日潮,最高潮位 4.65 m,平均高潮位 1.89 m,平均低潮位 0.86 m,最低潮位 -0.3 m。

### 1.2 研究方法

试验地为牛田洋内海湾泥质滩涂,种植的树种为桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandelia candel*)和木榄(*Bruguiera gymnorhiza*) 3 个树种,苗木选用 3 年生(苗高 80 cm、地径 3.0 cm、冠幅 40 cm)的顶芽饱满、无病虫害、健壮的一级营养袋苗。种植地为养殖鱼塘,种植区域为 9 个大小不一的块状,2018 年 7 月,3 个树种分别按照 1.5 m×1.0 m 的株行距随机小块状种植在 9 块种植区,种植面积 8 hm<sup>2</sup>。

利用无人机 M300 RTK+D2 PSDK 获取整个试验区高分辨率滩涂红树林影像,在试验区布设像片控制点并测量,利用专业软件对试验区高分辨率影像进行空三解算,像控点平差,生成实景三维模型,利用 CASS 3D 软件从实景三维模型上获取每块植块的滩面高程(1985 国家高程标准)。最终根据整个种植区域的测算结果,将 3 个树种按照 0—10, 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—60 cm 梯度划分,并做上梯度划分标记,同时,记录每个树种在每个梯度范围内的株数并做上标记。于 2022 年 4 月分别测量不同树种在不同梯度滩面高程下的保存的株数、树高、地(胸)径和冠幅等生长情况,并在每个高程梯度选择各树种不同方位的成熟叶片 5—10 片,用叶绿素仪测定叶片的叶绿素 SPAD 值,分析不

同树种在不同滩面高程下的生长差异。

1.3 数据处理

调查的数据采用 Excel 2010 和 SPSS 22.0 等统计软件进行分析处理,采用单因素方差分析比较不同树种在不同梯度下的生长情况差异,采用 Person 相关分析判断高程对 3 个树种生长的影响。

2 结果与分析

2.1 各树种在不同滩面高程的保存率

种植 4 a 后,各树种保存率见表 1。从表 1 中可看出,随着滩面高程的上升,3 个树种的保存率均逐渐上升,在各高程范围下以桐花树的保存率最高,其次是秋茄,木榄最低。其中,桐花树在 0—10 cm 高程范围保存率为 0,说明在此范围下桐花树无法存活,高程达到 10—20 cm 后,桐花树虽然能存活,但保存率较低,仅有 9.2%。当滩面高程上升到 30—40 cm 后,保存率均超过 70%,且在高程 50—60 cm 时最大,保存率达到 74.0%;在高程为 10—30 cm 生长区域,秋茄和木榄保存率均为 0,无法生长。在 30—40 cm 时,木榄和秋茄的保存率均较低,分别为 8.0%和 14.1%。在高程达到 40 cm 后,秋茄的保存率能达到 30%,木榄的保存率能超过 10%,但不足 30%。

表 1 各树种保存率

滩面高程/cm	桐花树/%	秋茄/%	木榄/%
0—10	0	0	0
10—20	9.2	0	0
20—30	40.4	0	0
30—40	71.1	14.1	8.0
40—50	72.6	30.2	13.3
50—60	74.0	45.4	28.4

2.2 桐花树在不同滩面高程上的生长差异

由表 2 可知,经过 4 a 后,不同高程下桐花树的生长情况表现出一定程度的差异性。随着高程的上升,树高先下降再上升,高程达到 30 cm 后,各处理间的树高差异不明显( $P>0.05$ );地径则随着滩面高程的上升表现出先上升后下降再上升规律,在 30—40 cm 时最低,20—30 cm 时最高;分枝数随着高程的上升先显著增加,高程达到 30 cm 后,分枝数稳定;冠幅也表现出跟分枝数相似的规律。桐花树在高程 30—60 cm 时,树高、地径和冠幅均最大,生长表现最好;在 10—30 cm 时,生长最差。高冠比随着滩面高程的升高,先降低再趋于稳定。

表 2 不同滩面高程下对桐花树生长的影响

高程/cm	树高/m	地径/mm	分枝数	冠幅/m
10—20	1.19±0.07 b	39.00±7.09 ab	1 c	0.63±0.11 e
20—30	1.14±0.06 b	42.34±9.98 a	7 b	0.76±0.13 d
30—40	1.35±0.10 a	36.17±7.18 b	29 a	1.44±0.09 a
40—50	1.38±0.08 a	38.02±4.79 ab	30 a	1.46±0.18 a
50—60	1.37±0.11 a	40.75±8.00 a	28 a	1.43±0.14 a

注:同列数据后不同字母表示在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。

2.3 秋茄在不同滩面高程上的生长差异

根据表 3 可看出,秋茄在不同滩面高程上生长表现出明显的差异( $P<0.05$ )。从各生长指标来看,随着滩面高程的上升,树高、地径和冠幅均逐渐增大,在 30—40 cm 时,树高、地径和冠幅最小,分别为 1.07 m,58.78 mm 和 1.03 m,在 50—60 cm 时,树高、地径和冠幅最大,分别为 1.68 m,97.46 mm 和 1.84 m,分别是 30—40 cm 时的 157%,166% 和 179%。高冠比则表现为先升高后降低的趋势。

表 3 不同滩面高程对秋茄生长的影响

高程/cm	树高/m	地径/mm	冠幅/m	高冠比
30—40	1.07±0.07 c	58.78±9.97 c	1.03±0.19 c	1.07
40—50	1.46±0.12 b	66.22±14.53 b	1.37±0.16 b	1.08
50—60	1.68±0.27 a	97.46±19.46 a	1.84±0.16 a	0.92

注:同列数据后不同字母表示在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。

2.4 木榄在不同滩面高程上的生长差异

由表 4 可知,随着滩面高程的上升,木榄的树高、地径和冠幅显著增大( $P<0.05$ ),在 30—40 cm 是,树高、地径和冠幅最低,分别为 1.24 m,39.00 mm和 0.66 m,在 50—60 cm 时,树高、地径和冠幅最大,分别是 30—40 cm 的 136%,166% 和 229%。尤其当滩面高程上升到 40—50 cm 时,冠幅增长较为明显,为 30—40 cm 时冠幅的 171%。地径则 30—40 cm 与 40—50 cm 高程下无明显差异( $P>0.05$ ),当滩面高程为 50—60 cm 时,地径明显增大。高冠比随滩面高程的上升逐渐降低。

表 4 不同滩面高程对木榄生长的影响

高程/cm	树高/m	地径/mm	冠幅/m	高冠比
30—40	1.24±0.10 c	39.00±3.36 b	0.66±0.16 c	1.99
40—50	1.45±0.11 b	41.52±9.82 b	1.13±0.15 b	1.30
50—60	1.70±0.21 a	64.73±13.92 a	1.51±0.15 a	1.14

注:同列数据后不同字母表示在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。



2.5 不同树种在不同滩面高程上的叶绿素 SPAD 值差异

研究<sup>[14-16]</sup>表明,植物叶片叶绿素含量 SPAD 值与叶绿素 *a*、叶绿素 *b*、总叶绿素含量呈显著正相关关系,即叶片叶绿素含量 SPAD 值可以很好地反应整个植物的叶绿素含量水平。从表 5,6 中可看出,桐花树、秋茄和木榄 3 个树种均随着滩面高程的上升叶绿素 SPAD 值表现为逐渐上升的趋势,并且各处理间表现出一定程度的差异。桐花树在 10—20 cm 高程梯度,SPAD 值最低,在 50—60 cm 时最高,且在 40—60 cm 高程下 SPAD 值显著高于 40 cm 以下;秋茄在 30—40 cm 时最低,50—60 cm 最高,且各处理间叶绿素 SPAD 值差异显著;木榄在 30—40 cm 时最低,50—60 cm 时最高,且在 50—60 cm 高程下 SPAD 值显著高于 40 cm 以下。

表 5 不同滩面高程对叶绿素含量的影响

滩面高程 /cm	叶绿素 SPAD 值		
	桐花树	秋茄	木榄
10—20	51.60±4.57 c	—	—
20—30	54.97±3.41 bc	—	—
30—40	59.17±4.81 b	54.90±2.96 c	56.87±4.53 b
40—50	66.47±5.29 a	66.23±4.08 b	65.93±5.20 ab
50—60	71.33±6.41 a	71.90±6.30 a	69.70±5.88 a

注:同列数据后不同字母表示在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。

2.6 不同树种在不同滩面高程上的生长相关性分析

由表 7 可知,除了桐花树的高程与地径不相关外,不同滩面高程与 3 个树种的树高、地径、冠幅以及叶绿素 SPAD 值呈极显著或显著相关,这说明滩面高程的不同对 3 个树种的生长具有明显的影响,尤其对 3 个树种的树高和冠幅的影响较大。并且滩面高程的变化对 3 个树种的叶片叶绿素 SPAD 值的影响较大,进而影响红树植物的光合作用。

表 6 各树种滩面高程与生长指标的相关分析

因素	桐花树	秋茄	木榄
	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
高程与树高	0.797 **	0.934 **	0.894 **
高程与地径	0.219	0.512 *	0.698 *
高程与冠幅	0.957 **	0.891 **	0.915 **
高程与叶绿素	0.948 **	0.949 **	0.712 *

注:\*\*表示极显著相关;\*表示显著相关。

3 讨论与结论

在红树林造林实际中,通常把滩面高程作为宜

林临界线的重要参考指标。本次研究中不同滩面高程显著影响了桐花树、秋茄和木榄 3 个树种的生长,尤其是树高和冠幅,说明红树植物具有其适宜生长的滩面高程。滩面高程反映了潮汐浸淹的时间跟频率,高程越低,也就意味着红树植物受到淹浸的时间越久,频率越高。红树植物是生长在海岸潮间带的植被,其生长需要一定的潮汐浸淹作用,而浸淹时间过长则会抑制红树植物生长<sup>[17]</sup>。

本次研究结果也表明,桐花树(<10 cm)、秋茄(<30 cm)和木榄(<30 cm) 3 个树种均在低于一定滩面高程下,无法生长;随着滩面高程的上升,3 个树种生长受到的抑制程度随滩面高程的上升而减小,且保存率亦是如此。此范围内,滩面高程上升,叶片叶绿素含量增加,光合作用增强,植物生长也越来越好。直至达到每个树种的适生高程,保存率较高,长势也较好。研究<sup>[18-19]</sup>表明,当红树植物受到潮汐浸淹胁迫下,其植株生物量及其分配反映对淹水胁迫响应的能力,总生物量和根系生物量显著下降,这是因为滩面高程较低时(叶片淹没时间长),植株叶片光合作用和根系的呼吸作用减弱,导致干物质的积累减少,总生物量和根系生物量下降,但在一定范围内,红树植物为了更好地适应淹浸胁迫,随着淹浸时间的增加(即随着滩面高程的降低),叶片光合色素含量增加,叶绿素 *a/b* 比值增加,光合作用增强,但叶片数量、叶片保存率和叶面积随着淹浸时间的增加而急剧下降,因而抵消了光合能力的轻微提升<sup>[20]</sup>。同时,SOD(超氧化物歧化酶)和 POD(过氧化物酶)等酶类是植物保护酶<sup>[21]</sup>,在长时间淹水下,植物为了应对长时间缺氧环境的伤害,SOD 等酶活性增加,但需要付出物质和能量的代价,也就使得用于生长的物质和能量减少,这也就导致每种红树植物的适生滩面高程(耐浸淹时间)不同。何斌源等<sup>[22]</sup>发现,在相同高程下,无论是叶片还是根系中,桐花树的 SOD 和 POD 等酶类活性数倍高于白骨壤,说明桐花树的耐浸淹能力较强;叶勇等<sup>[23]</sup>发现秋茄比木榄的 SOD 和 POD 活性更强,说明秋茄比木榄更耐水淹能力,这也与本研究结果较一致。而本研究中,木榄和秋茄的生长(树高、地径和冠幅)随着滩面高程的上升而显著增长,高径比逐渐降低,这是由于在淹水胁迫下,红树植物对茎生长具有促进作用,茎的伸长一方面可减少叶片被淹没的时间,通过茎叶将 O<sub>2</sub> 输送到根系,另一方面也可通过增加叶片的光照时间来促进光

合作用。而桐花树高生长先降低再增长直至稳定,高径比先下降后趋于稳定,分析可能是随着高程的上升达到适生的高程,桐花树可以正常生长,地径出现同样的变化规律则是随着高程上升分枝数增多。

同一种红树植物在不同地区,同一地区不同种红树植物之间的宜林滩涂高程均不同<sup>[24]</sup>。刘亮等<sup>[12]</sup>通过对广西北部湾4种红树天然生境高程进行调查,认为桐花树、秋茄和木榄的最适滩涂高程分别为0.27,0.67,0.78 m;何斌源等<sup>[22]</sup>对桐花树的耐淹性研究发现桐花在360—380 cm(当地潮高基准面在平均海面下359 cm)全株生物量较大,生长较好;金川等<sup>[25]</sup>通过研究秋茄和桐花树对不同滩位高程的生态响应,表明桐花树适应中、低滩位,而秋茄适应中、高滩位;陈玉军等<sup>[7]</sup>指出秋茄适应的滩面高度至少在24 cm以上。而本次研究结果显示,桐花树在滩面高程20 cm以上能正常生长,尤其在30 cm以上,生长较好,秋茄在高程50 cm以上,生长较好,木榄则在滩面高程60 cm以下均生长较差,与上述研究规律基本表现一致。

综上所述,3个树种适宜生长的滩面高程不同。桐花树适宜生长滩面高程高于20 cm,在30—60 cm生长较好,建议种植高程不低于20 cm;秋茄适宜生长的滩面高程需高于50 cm,种植高程不低于50 cm;木榄在60 cm以下均生长较差,不建议种植在60 cm以下。由于本次研究滩面高程梯度范围设置有限,因而无法明确3个树种的适宜生长滩面高程的上限,后续的造林试验将进一步确定3个树种的上限范围,同时还将进一步结合不同滩面高程对红树植物生理指标的影响以及不同底质土壤类型、理化性质等因子对红树植物生长的影响。本次研究在粤东地区红树林造林宜林地的选择和种植滩涂的改造上,对于提高造林成活率具有重要的指导意义。

#### 参考文献:

- [1] 赵萌莉,林 鹏.红树植物多样性及其研究进展[J].生物多样性,2000,8(2):192-197.
- [2] 廖宝文,张乔民.中国红树林的分布、面积和树种组成[J].湿地科学,2014,12(4):435-440.
- [3] 彭逸生,周炎武,陈桂珠.红树林湿地恢复研究进展[J].生态学报,2008,28(2):786-797.
- [4] 郑德璋,李 玫,郑松发,等.中国红树林恢复和发展研究进展

- [J].广东林业科技,2003,19(1):10-14.
- [5] 林 鹏,张宜辉,杨志伟.厦门海岸红树林的保护与生态恢复[J].厦门大学学报(自然科学版),2005,44(6):1-6.
- [6] 张乔民,郑德璋.红树林生长带与潮汐水位关系的研究[J].生态学报,1997,17(3):258-266.
- [7] 陈玉军,廖宝文,郑松发,等.红树植物对不同海滩面高度的适应性研究[J].生态科学,2006,25(6):496-500.
- [8] 陈文沛,郑松发,黎锐成,等.番禺地区引种植红树林的研究[J].林业科学研究,2001,14(3):307-314.
- [9] YOUSSEF T, SAENGER P. Anatomical adaptive strategies to flooding and rhizosphere oxidation in mangrove seedlings[J]. Australian Journal of Botany, 1996, 44(3): 297-313.
- [10] ELLISON A M, FAMSORTH E J. Simulated sea level change alters anatomy, physiology, growth, and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) [J]. Oecologia, 1997, 112(4): 435-446.
- [11] 廖宝文,郑松发,陈玉军,等.红树林湿地恢复技术的研究进展[J].生态科学,2005,24(1): 61-65.
- [12] 刘 亮,范航清,李春干.广西西端海岸四种红树植物天然种群生境高程[J].生态学报,2012,32(3): 690-698.
- [13] 林文欢,詹潮安,郑道序,等.粤东沿海前沿深水潮汐困难地带营造红树林试验[J].中南林业科技大学学报,2014,34(11): 67-70.
- [14] 李 田,韩 霞,肖 龙,等.桃树叶片叶绿素含量与 SPAD 值的相关性分析[J].经济林研究,2018,36(4): 99-103.
- [15] 刘洪波,白云岗,张江辉,等.喷水时长对葡萄叶片 SPAD 值和叶绿素含量的影响[J].中国农学通报,2019,35(12): 107-111.
- [16] 王 瑞,陈永忠,陈隆升,等.油茶叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关分析[J].中南林业科技大学学报,2013,33(2): 77-80.
- [17] 陈鹭真,王文卿,林 鹏.潮汐淹水时间对秋茄幼苗生长的影响[J].海洋学报,2005,27(2): 141-147.
- [18] 罗美娟.红树植物桐花树幼苗对潮汐淹水胁迫的响应研究[D].北京:中国林业科学研究院,2012.
- [19] 廖宝文.三种红树植物对潮水淹没与水体盐度适应能力的研究[D].北京:中国林业科学研究院,2010.
- [20] 赖廷和,何斌源.木榄幼苗对淹水胁迫的生长和生理反应[J].生态学报,2007,26(5): 650-656.
- [21] 刘泽茂,晏 昕,吴 文,等.氯化锌控根处理对榉树容器苗生长及生理特性的影响[J].中南林业科技大学学报,2022,42(3): 72-79.
- [22] 何斌源,赖廷和,陈剑锋,等.两种红树植物白骨壤(*Avicennia marina*)和桐花树(*Avicennia marina*)的耐淹性[J].生态学报,2007,27(3): 1130-1138.
- [23] 叶 勇,卢昌义,谭凤仪.木榄和秋茄对水渍的生长与生理反应的比较研究[J].生态学报,2001,21(10): 1654-1661.
- [24] 成家隆,吕瑜良,陈玉军,等.水东湾红树林不同生长位置生长差异性研究[J].生态科学,2015,34(6): 30-35.
- [25] 金 川,王金旺,郑 坚,等.3种浙江人工红树林造林树种对滩位高程的生态响应[J].浙江林业科技,2011,31(5): 45-49.