

# 强潮差海域秋茄生长的宜林临界线<sup>\*</sup>

仇建标<sup>1</sup> 黄丽<sup>1,2</sup> 陈少波<sup>1\*</sup> 池伟<sup>1</sup> 丁文勇<sup>1</sup> 周朝生<sup>1</sup> 郑春芳<sup>1</sup> 王文卿<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江温州 325005; <sup>2</sup>厦门大学生命科学学院, 福建厦门 361005)

**摘要** 以国内最大潮差值的乐清湾西门岛海域为研究地点, 选定黄零为 1.96、1.66、1.35 和 1.03 m 4 个高程断面, 对各高程上 1 年生和 3 年生秋茄 (*Kandelia candel*) 幼苗的成活率、生长指标以及污损生物 (藤壶) 等因子进行了统计分析. 结果表明: 不同高程内, 1 年生和 3 年生秋茄幼苗的生长存在显著性差异; 秋茄幼林植株上附生有白脊藤壶 (*Balanus albicostatus*) 和纹藤壶 (*Balanus amphitrite amphitrite*) 2 种藤壶, 其中优势种白脊藤壶在黄零 1.35 m 的高程对秋茄的污损最为严重. 西门岛秋茄的宜林线为黄零 1.66 m, 即不低于当地平均海平面以上 1.29 m, 每个潮水周期平均淹水时间小于 3.65 h 的潮滩. 藤壶、强潮和极端天气是该地区秋茄宜林线明显高于当地平均海平面的主要原因.

**关键词** 红树林 强潮海域 宜林线 秋茄 造林

**文章编号** 1001 - 9332(2010)05 - 1252 - 06 **中图分类号** S728.6 **文献标识码** A

**Critical tidal level for *Kandelia candel* forestation in strong tidal range area.** QIU Jian-biao<sup>1</sup>, HUANG Li<sup>1,2</sup>, CHEN Shao-bo<sup>1</sup>, CHI Wei<sup>1</sup>, DING Wen-yong<sup>1</sup>, ZHOU Chao-sheng<sup>1</sup>, ZHENG Chun-fang<sup>1</sup>, WANG Wen-qing<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, Zhejiang, China; <sup>2</sup>School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2010, 21(5): 1252 - 1257.

**Abstract:** Taking Ximen island of Yueqing bay, the biggest tidal range area among the coasts of China, as study site, an investigation was made on the survival rate, growth characteristics, and attached barnacles of 1- and 3-year old *Kandelia candel* seedlings at the elevations 1.96, 1.66, 1.35, and 1.03 m above the zero tidal level of Yellow Sea. Significant differences were observed in the survival rate and growth situation of the seedlings among the elevations. There were two barnacle species, *Balanus albicostatus* and *Balanus amphitrite amphitrite*, and *B. albicostatus* was the major species which attached *K. candel* most seriously at elevation 1.35 m. The critical tidal level for *K. candel* in the site was 1.66 m above the zero tidal level, i.e., at least 1.29 m higher than the local mean sea level, and the flooding time per tide cycle being less than 3.65 h. Barnacle, strong tide, and extreme weather event were the main reasons for the higher critical tidal level.

**Key words:** mangrove; strong tidal range area; critical tidal level for forestation; *Kandelia candel*; forestation

浙江省地处我国东南沿海, 是强潮差海域, 也是海洋灾害频繁发生区. 与广东和福建省相比, 浙江省更容易出现巨型超强台风. 21 世纪以来, 影响浙江省的台风呈增多、增强趋势, 并且随着全球气候的变化, 海平面上升等问题对强潮差海域的影响将会更大. 而红树林的防灾、减灾效益已被国内外许多正、反两方面的实例所证实<sup>[1]</sup>, 尤其是 2004 年的东南亚

海啸发生后, 世界自然基金会 (World Wide Fund for Nature, WWF) 建议沿海国家加强红树林的种植和保护. 因此, 红树林生态恢复造林是浙江省当前一项非常重要而紧迫的任务, 也是浙江沿海防护林体系建设的需要. 此外, 红树林在净化水体、保护生物多样性、改善滨海环境等方面都有显著的作用, 其恢复造林具有十分深远的意义<sup>[2]</sup>.

大量研究表明, 红树林宜林临界线的确定是红树林造林成败的关键<sup>[3-5]</sup>. 2001 年国家林业局的调查表明, 浙江省红树林宜林地面积达 5195.6 hm<sup>2</sup>, 并且 82.4% 集中于浙南的温州市<sup>[6]</sup>. 以上结果是通

\* 海洋公益性行业科研专项 (200805072)、浙江省科技计划项目 (2008F1009)、温州市科技计划项目 (S20060037) 和浙江省科技厅创新团队建设与人才培养项目 (2009F20009) 资助.

\*\* 通讯作者. E-mail: chenshaobo@hotmail.com  
2009-10-19 收稿, 2010-02-26 接受.

过平均海平面这一指标计算而来,而红树植物实际的宜林潮滩高程因各地的潮汐特点(潮汐类型、潮差、潮汐日不等现象)不同而有很大的差别。浙江温州沿海地区属于不规则的半日潮区,拥有国内最大的潮差值。但迄今为止,适合于浙江温州沿海地区红树林造林的宜林线还未见报道。为此,本文以乐清湾西门岛红树植物——秋茄(*Kandelia candel*)为对象,研究了不同树龄秋茄生长随高程的变化特征,以及藤壶的附着程度对秋茄生长的影响,并提出适合温州地区气候和潮汐特点的秋茄造林临界淹水时间和宜林临界线,旨在为浙江沿海的红树林生态恢复提供科学依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

乐清湾西门岛海洋特别保护区位于我国东南沿海亚热带北缘,是乐清湾北部中心岛屿,地理坐标 121°09'22" — 121°12'13" E, 28°19'50" — 28°21'33" N, 平均气温 17.7℃, 最冷月平均气温 7.4℃, 极端最低气温 -5.1℃, 年均海水温度 18.9℃, 无霜期 252 d, 平均降水量 1532 mm。乐清湾是半封闭的葫芦型海湾,最大潮差 8.34 m, 平均潮差 5.15 m。海水盐度 21.7‰。土壤淤泥质,盐度 9.3 ~ 17.4<sup>[2]</sup>。乐清湾沿岸常受热带气旋侵袭,几乎每年都受台风影响。

秋茄是我国境内天然分布最广且纬度最高的红树植物,也是我国东南沿海的主要造林树种<sup>[7]</sup>。1957年,该种被成功引种至浙江省乐清湾,目前成林面积 0.2 hm<sup>2</sup>,群落呈复层结构,天然更新良好,是中国分布最北的红树林。本试验选用的秋茄是 2006年(3年生)和 2008年(1年生)从福建引种的秋茄植株。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样地设置** 2009年6月,在乐清湾西门岛选择有代表性的滩涂。从人工堤岸到离岸 50 m 外的秋茄林带前缘,沿堤岸垂直方向拉一条样线。根据离岸距离和秋茄的生长情况,沿样线设置 4 个高程水准测量横断面,分别用 A、B、C、D 代表 4 个高程。退潮时,使用标志杆标记并记录各高程的水位高度和退潮时间,根据连通器原理进行测量,得到离岸 0 ~ 50 m 样地滩涂的高程(黄零标准),并计算全天淹水时间和最大水深等。样地的基本概况见表 1。

**1.2.2 引种成活率与藤壶污损调查** 在每个高程内,分别设有 5 m × 5 m 1 年生和 3 年生秋茄的重复样方 3 个,统计各样方中幼苗成活株和死亡株的数量,计算成活率。

表 1 西门岛滩涂秋茄样方的背景值

Tab 1 Characters of different sample plots in the intertidal zone of Ximen Island (2009-06)

高程序号 Elevation number	离岸水平 距离 Distance to the bank (m)	滩面高程 (黄零) Elevation, upper the zero tidal level of Yellow Sea (m)	每个潮水 周期平均 淹水时间 Waterlogging time per- tide-cycle (h)	水深 Depth of waterlogging (m)
5 ~ 10		1.96	3.18	1.04
15 ~ 20		1.66	3.65	1.40
25 ~ 30		1.35	4.07	1.70
45 ~ 50		1.03	4.70	2.01

藤壶污损调查中发现,样地秋茄上附着藤壶分别为白脊藤壶(*Balanus albicostatus*)和纹藤壶(*Balanus amphitrite amphitrite*),前者是大型藤壶,后者个体较小。98%以上的藤壶附着在茎干和枝条(以下简称茎枝)上,而叶片上只有零星分布。随机分别采集附着于茎枝上的两种藤壶 50 ~ 100 个,从中选出直径由大到小排前 20 位的藤壶,其直径代表了所有附着藤壶中最大部分个体的平均直径。最后选取具有平均直径的藤壶个体,用剪纸衡重法测定藤壶基底面积,求其平均值,分别代表两种藤壶基底面积。由于两种藤壶基底面积差别较大,为方便试验数据间的比较,在计算和统计茎枝藤壶覆盖面积时,不对藤壶种类进行区分。藤壶附着面积 = 单个藤壶基底面积 × 藤壶数量 / 茎枝总表面积。

**1.2.3 样品采集与测量** 2009年6月,在各样方内分别选择标准木 6 株,记录株高、基径、分枝数、冠幅、叶片数、叶片存留比率等生长指标。并在各个高程内随机挖取 1 年生和 3 年生秋茄植株各 3 株,记录植株的生长指标,并测定根、茎和叶片各部位的鲜生物量。

### 1.3 数据处理

相同 4 个高程不同秋茄树龄各形态和生长指标的差异采用单因素方差分析(one-way ANOVA),S-N-K 方法检验差异显著性。用双因素方差分析(two-way ANOVA)检测高程和树龄的相互作用。4 个高程间幼苗成活率的差异则用  $\chi^2$  检验来分析。控制藤壶覆盖面积为协变量进行协方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 西门岛滩涂不同高程秋茄幼苗的成活率

由表 2 可以看出,在高程为 1.96 ~ 1.03 m 的滩涂上,1 年生秋茄幼苗成活率均在 80% 以上;而 3 年

表 2 西门岛滩涂不同高程秋茄幼苗的成活率

Tab 2 Survival rates of *Kandelia candel* in the elevation zones of Ximen Island (%)

树龄 Plant age	高程 (黄零) Elevation, upper the zero tidal level of Yellow Sea			
	1.96 m	1.66 m	1.35 m	1.03 m
1年生 1-year old	81 ±3.5a	83 ±3.0a	84 ±1.7a	84 ±4.1a
3年生 3-year old	83 ±1.9a	79 ±2.4a	36 ±2.3b	0c

不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ) Different letters meant significant difference at 0.05 level 下同 The same below.

生秋茄成活率随高程的降低而明显降低, 差异显著 ( $P < 0.05$ ), 尤其是在高程 1.35 m 时, 其成活率降至 36%, 比 1 年生的成活率下降了 57%, 至 1.03 m 时, 则降低为 0.

2.2 不同高程秋茄幼苗的生长情况

1 年生秋茄幼苗的主干尚无分枝. 由表 3 可以看出, 高程为 1.96 ~ 1.35 m 时, 其株高、基径和茎生物量差异不显著, 而叶片数、根生物量和叶片生物量之间存在显著差异 ( $P < 0.05$ ). 黄海高程为 1.96 m 时, 秋茄幼苗生长状况最好, 1.66 ~ 1.35 m 次之, 1.03 m 较差. 但是 1.35 m 处的株高却明显高于其他高程. 与 1 年生秋茄相比, 3 年生秋茄在各高程的生长情况差异明显. 随着滩涂高程的降低, 植株高度、基径、冠幅、分枝数及其生物量显著降低 ( $P < 0.05$ ), 至 1.03 m 高程时, 秋茄全部死亡.

秋茄各生物量最大值出现在 1.96 m 高程处. 随

表 3 滩涂高程对西门岛 1 年生和 3 年生秋茄幼苗生长的影响

Tab 3 Effects of elevation on the growth of 1- and 3-year old *Kandelia candel* seedlings in Ximen Island

树龄 Plant ages	高程 (黄零) Elevation, upper the zero tidal level of Yellow Sea (m)	株高 Height (cm)	基径 Base diameter (cm)	冠幅 Range of tree-crown (cm <sup>2</sup> )	叶片数 Leaf numbers	根生物量 Root biomass (g)	茎生物量 Stem biomass (g)	叶生物量 Leaf biomass (g)
1年生 1-year old	1.96	44.5 ±1.7a	1.3 ±0.1a	9 ×7	20.6 ±0.9a	17.4 ±0.5a	20.0 ±2.7a	14.3 ±0.9a
	1.66	46.4 ±0.7a	1.2 ±0.1a	8 ×7	12.3 ±2.1b	8.4 ±0.7b	19.8 ±1.5a	10.0 ±1.2b
	1.35	53.6 ±1.5b	1.2 ±0.1a	9 ×6	10.8 ±3.3bc	7.5 ±0.9b	21.4 ±1.0a	6.3 ±0.6c
	1.03	46.4 ±2.4a	0.8 ±0.1b	6 ×6	6.7 ±1.6c	4.7 ±0.7c	12.5 ±4.5b	4.6 ±1.4c
3年生 3-year old	1.96	98.3 ±4.4a	6.1 ±0.5a	78 ×65	187.3 ±8.3a	550.3 ±26.3a	815.0 ±17.0a	438.4 ±19.0a
	1.66	84.0 ±3.1b	4.2 ±0.5b	63 ×52	93.7 ±14.0b	120.0 ±4.6b	314.0 ±15.4b	151.3 ±11.4b
	1.35	65.7 ±2.3c	2.4 ±0.2c	33 ×27	35.7 ±6.0c	46.7 ±3.1c	84.7 ±6.0c	29.7 ±8.5c
	1.03	-	-	-	-	-	-	-

- 秋茄已死亡 All *Kandelia candel* seedlings were dead

表 4 高程和树龄对秋茄生长参数的双因素方差分析

Tab 4 Two-way ANOVAs of effects of elevation and plant age on the growth of *Kandelia candel* seedlings

因素 Factor	株高 Height (cm)	基径 Diameter (cm)	叶片数 Leaf numbers	根生物量 Root biomass (g FM)	茎生物量 Stem biomass (g FM)	叶生物量 Leaf biomass (g FM)
高程 Elevation	ns	***	***	***	***	***
树龄 Plant age	***	***	***	***	***	***
高程 × 树龄 Elevation × plant age	**	***	***	***	***	***

ns: 不显著 No significant; \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ . 下同 The same below.

着高程的降低, 1 年生幼苗较多的生物量分配至茎部, 而向叶片和根部的分配减少, 至 3 年生幼苗, 其分配变化相对不明显.

2.3 高程与树龄对秋茄生长的影响

在 1.96 ~ 1.66 m 的高程内, 1 年生和 3 年生秋茄的生长状况均随高程降低而变差, 而且 3 年生秋茄中的变化更为显著, 表明不同树龄秋茄对高程的反应各异.

不同高程秋茄的株高、基径、叶片数和各生物量均随树龄的增长而显著增加, 而且高程和树龄的相互作用显著 (表 3, 表 4). 这是因为较高高程的滩涂上秋茄的生长指标比低高程滩涂增加得快. 如在 1.96、1.66 和 1.35 m 的高程中, 秋茄从 1 年生到 3 年生, 株高分别增加 2.2、1.8 和 1.2 倍, 基径分别增加 4.7、3.5 和 2.0 倍, 叶片数分别增加 8.9、7.8 和 3.2 倍. 各生物量的增幅更加明显: 根生物量分别增加 32.4、14.3 和 6.3 倍, 茎生物量分别增加 40.8、15.7 和 4.0 倍, 叶片生物量分别增加 31.3、15.1 和 4.8 倍.

2.4 藤壶附着对秋茄生长的影响

2.4.1 藤壶数量对秋茄生长的影响 对 1 年生和 3 年生秋茄植株两种藤壶数量的统计结果如图 1 所示. 在较高高程 (如 1.96 m) 的滩涂, 秋茄植株被藤壶附着的程度均较低. 其中, 个体较小的纹藤壶仅出

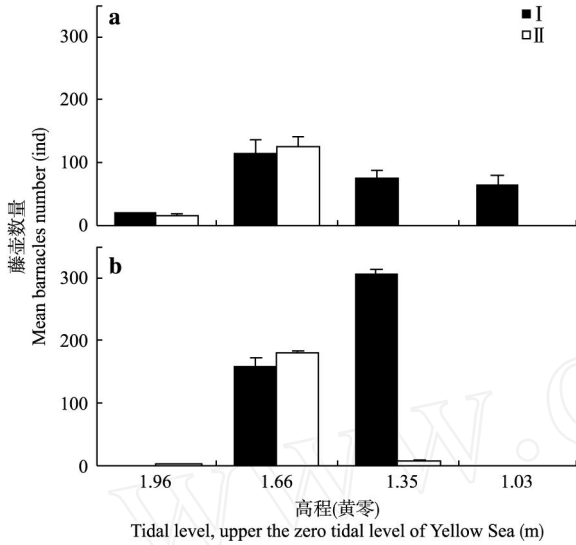


图 1 不同高程秋茄 1 年生 (a)、3 年生 (b) 单株上藤壶数量  
 Fig 1 Number of barnacles on 1-and 3-year old *Kandelia candel* plants at different elevations (mean ±SE).

白脊藤壶 *Balanus albicostatus*; 纹藤壶 *Balanus amphitrite amphitrite* 高程 1.03 m 处 3 年生秋茄死亡 All *Kandelia candel* seedlings were dead on elevation 1.03 m. 下同 The same below.

现在 1.96 ~ 1.66 m 高程, 而个体较大的白脊藤壶多在 1.66 ~ 1.03 m 高程中出现。

2.4.2 藤壶覆盖面积对秋茄生长的影响 由图 2 可见, 高程为 1.96 m 时, 藤壶在秋茄茎枝上的覆盖面积较小, 污损程度最轻; 随着滩涂高程的降低, 藤壶的污损程度增加, 至高程 1.35 m 处, 污损最为严重, 秋茄植株茎枝几乎被藤壶完全覆盖; 而高程 1.03 m 时, 附着程度反而有所下降。这与该高程秋茄个体较

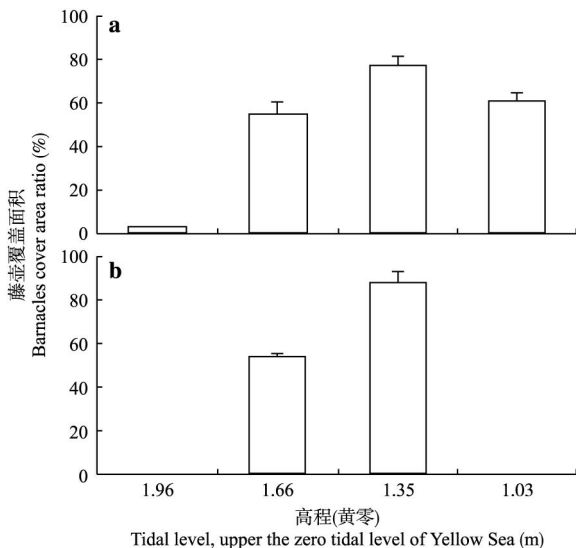


图 2 不同高程内 1 年生和 3 年生秋茄茎枝上藤壶的覆盖面积比

Fig 2 Barnacle covered area ratios on 1-and 3-year old *Kandelia candel* seedlings at different elevations

小、长势较差, 不易被藤壶附着有关。此外, 虽然 1 年生秋茄在 1.66 m 高程中的藤壶数量最多, 但是秋茄个体较大, 所以藤壶覆盖面积相对比 1.35 m 高程小 (图 1)。

协方差分析结果 (表 5) 显示, 对藤壶进行校正后, 各高程秋茄的生长指标与单因素方差分析结果一致, 除了 1 年生秋茄的株高没有差异外, 两个树龄的其他各项指标在 4 个高程内仍然差异显著。

表 5 消除藤壶因素影响的不同高程秋茄各参数的协方差分析结果

Tab 5 Analysis of covariance (with barnacle cover area ratio as covariate factor) on growth parameters of *Kandelia candel* seedlings

因素 Factor	株高 Height (cm)	基径 Diameter (cm)	叶片数 Leaf numbers	根生物量 Root bimass (g)	茎生物量 Stem bimass (g)	叶生物量 Leaf bimass (g)
1 年生 1-year old	NS	**	**	***	*	***
3 年生 3-year old	**	***	***	***	**	**

模型中的协方差按照 44.6% 藤壶覆盖面积为计算 Covariates appearing in the model were evaluated at the following values: Barnacles cover area ratio = 44.6%.

### 3 讨 论

#### 3.1 西门岛秋茄宜林线分析

一直以来, 评价造林成效主要以当年造林成活率为指标, 成活率 85% 以上为成效造林, 成活率在 41% ~ 85% 需补植造林, 成活率 40% 以下则不计入当年造林面积<sup>[8]</sup>。研究表明, 各地秋茄造林的当年成活率一般均在 65% 以上<sup>[9-10]</sup>。从当年成活率来看, 本文所研究的 4 个高程均在宜林线以上。但是, 3 年生秋茄在高程 1.35 m 时成活率明显减低至 36%, 至高程 1.03 m 时植株则全部死亡。因此, 从长远造林成效来看, 西门岛滩涂秋茄宜林临界线应该为黄海高程 1.66 m, 其中最适的宜林高程应为 1.66 ~ 1.96 m。

在 1.35 m 高程, 藤壶污损是秋茄生长的典型特征。虽然因素的协方差分析显示各高程内藤壶对秋茄各生长指标的影响没有显著性差异, 但是由于藤壶附着比较紧密, 且不容易脱落, 随高程的降低, 藤壶数量增加, 而且其质量分布的中心向幼苗顶端移动, 这是导致高程 1.35 m 处秋茄倒伏的主要原因。如果解决了藤壶的附着问题, 西门岛秋茄宜林线可能会降低至高程 1.35 m。黄零 1.03 m 的滩面高程最低, 潮水浸淹时间为 4.70 h, 1 年生秋茄幼苗的生长已经受到影响; 到生长后期, 由于海水浸淹时间过

长和藤壶的覆盖,对秋茄正常的光合呼吸等生理需要产生严重影响,导致苗木全部死亡.所以高程 1.03 m 的滩面已经低于秋茄的宜林临界线,不适合在此高程造林.

### 3.2 西门岛秋茄宜林线明显高于当地海平面

红树林在潮滩上的浸淹程度取决于潮汐 高程复合因素<sup>[11]</sup>,红树林宜林地的造林成效也因潮汐而异.张乔民等<sup>[12-13]</sup>研究指出,红树林只能生长在平均海平面之上,平均海面线可作为红树林的宜林临界线.莫竹承<sup>[14]</sup>认为,广西的红树林宜林临界线大约与平均海面重叠,但个别地方可能会低于或高于平均海面.由于受潮汐的制约,各地红树林造林宜林临界线标准不尽统一.深圳赤湾的秋茄林潮滩基面高程应高于 1.30 m,即不低于当地平均海平面以下 22 cm<sup>[15]</sup>;而海南东寨港的秋茄宜林滩涂潮汐基面高程大于 1.05 m,不低于当地平均海面以上 25 cm<sup>[15]</sup>;厦门地区秋茄宜林滩面高程应不低于黄零 1.31 m.而本文中秋茄宜林线应不低于黄零 1.66 m,即不低于当地海平面上 1.29 m(当地平均海平面约为黄零高程 37 cm).与其他地区相比,本文中秋茄的宜林线要明显高于当地的平均海平面,是与当地的强潮差分不开的.

此外,极端天气现象造成的强波浪和风暴潮危害很大,热带气旋和飓风产生的波浪对红树林可以产生负面影响甚至是毁灭性的打击.1992年飓风“Andrew”袭击了美国佛罗里达,摧毁了该州南部的红树林,并严重伤害了幼苗和幼树,导致飓风过后几个月内红树植物持续死亡<sup>[16-17]</sup>.波浪能量也是控制红树林在海岸带能否生长的必要环境条件<sup>[18]</sup>.美国佛罗里达州 St Lucie 河的波浪高能区造林后,7个月内苗木全部死亡,在中能区造林 1年内的保存率不足 10%,而夏洛特港低能区造林 1年的保存率达 85%~90%,在美国东海岸低能区造林 4年的保存率仍达 90%<sup>[19]</sup>.因此,波浪能量也是控制本地区秋茄能否在海岸生长的一个必要条件,这也是此处宜林线显著高于平均海平面的原因之一.

### 3.3 秋茄生长与淹水时间的关系

在潮间带滩涂,红树植物的生长与浸淹程度及其物理和化学过程是分不开的<sup>[20-21]</sup>.黄零 1.96和 1.66 m 处于中高潮带,植物的淹水时间最短分别为 2.81和 3.65 h,最适合秋茄生长.这一结果与秋茄淹水模拟试验得到的秋茄幼苗适应于 2~4 h 的淹水结果较为一致<sup>[22]</sup>.高程为 1.35 m 时,植株的株高显著高于其他高程,证明在水深较深和淹水时间较

长的环境条件下,植株通过加快茎的伸长生长减缓茎的径向生长,使茎最大限度地伸出水面.而至高程 1.03 m 时,植株并没有随淹水时间的加长而增加茎增长,说明此高程的淹水时间超过了植物的耐受范围.此外,对该地区 1957年引种的秋茄调查发现,在黄零 2.35~2.62 m 处,平均每个潮水周期淹水时间为 2.07 h,50年生秋茄生长状况良好,因此此高程也在秋茄宜林区域内.

### 参考文献

- [1] World Wide Fund for Nature (世界自然基金会). Save Environment is to Save Our Human Being [EB/OL]. (2005-01-28) [2010-01-15]. [http://www.wwfchina.org/wwfpress/presscenter/pressdetail\\_shtm?id=237](http://www.wwfchina.org/wwfpress/presscenter/pressdetail_shtm?id=237)
- [2] Wang W-Q (王文卿), Wang M (王 璿). The Mangroves of China. Beijing: Science Press, 2007 (in Chinese)
- [3] Lin P (林 鹏), Fu Q (傅 勤). Environmental Ecology and Economic Utilization of Mangroves in China. Beijing: Higher Education Press, 1995 (in Chinese)
- [4] Fan H-Q (范航清), Li G-Z (黎广钊). Effect of sea dike on the quantity, community characteristics and restoration of mangrove forest along Guangxi coast. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1997, 8 (3): 240 - 244 (in Chinese)
- [5] Wang W-Q (王文卿), Zhao M-L (赵萌莉), Deng C-Y (邓传远), et al. Species and its distribution of mangroves in Fujian coastal area. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), 2000, 19 (4): 534 - 540 (in Chinese)
- [6] Du Q (杜 群), Chen Z-H (陈征海), Sun M-J (孙孟军), et al. Investigation on Mangrove Resource and Development Plan in Zhejiang Province. *Survey and Planning of Forestry* (林业调查规划), 2004, 29 (3): 9 - 12 (in Chinese)
- [7] Lin P (林 鹏). Mangrove Ecosystem in China. Beijing: Science Press, 1997 (in Chinese)
- [8] Chen Y-C (陈粤超). Techniques for planting mangrove trees. *Wetland Science & Management* (湿地科学与管理), 2008, 4(1): 48 - 51 (in Chinese)
- [9] Chen L-Z (陈鹭真), Yang Z-W (杨志伟), Wang W-Q (王文卿), et al. Critical tidal level for planting *Kandelia candel* seedlings in Xiamen. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, 17 (2): 177 - 181 (in Chinese)
- [10] He B-Y (何斌源), Lai Y-H (赖延和), Wang W-Q (王文卿), et al. Growth and physiological response of

- Kandelia candel* L. Druce seedlings to gradients of waterlogging stress in the diurnal sea area *Marine Science Bulletin* (海洋通报), 2007, **26**(2): 42 - 49 (in Chinese)
- [11] Grindrod J, Rhodes EG. Holocene sea-level history of a tropical estuary: Missionary Bay// Thom BG, ed Coastal Geomorphology in Australia. Sydney: Australian Academic Press, 1984: 151 - 178
- [12] Zhang Q-M (张乔民), Sui S-Z (隋淑珍), Zhang Y-Q (张叶春), et al. Marine environmental indexes related to mangrove growth *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2001, **21**(9): 1427 - 1437 (in Chinese)
- [13] Zhang Q-M (张乔民), Yu H-B (于红兵), Chen X-S (陈欣树), et al. The researches on relationship between mangrove zone on tidal flats and tidal levels *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1997, **17**(3): 258 - 265 (in Chinese)
- [14] Mo C-Z (莫竹承). Preliminary study on mangrove site types of Guangxi *Guangxi Forestry Science* (广西林业科学), 2002, **31**(3): 122 - 127 (in Chinese)
- [15] Liao B-W (廖宝文), Zheng D-Z (郑德璋), Zheng S-F (郑松发), et al. Studies on the cultivation techniques of mangrove *Kandelia candel*// Wong YS, Tam NFY, eds Mangrove Research of Guangdong, China. Guangzhou: South China University of Technology Press, 1997: 479 - 486 (in Chinese)
- [16] Smith T, Robblee M, Wanless H. Mangroves, hurricanes, and lightning strikes *Biological Science*, 1994, **44**: 256 - 262
- [17] Davis R. Geologic impact of hurricane Andrew on everglades coast of southwest Florida *Environmental Geology*, 1995, **25**: 143 - 148
- [18] Othman MA. Value of mangrove in coastal protection *Hydrobiologia*, 1994, **285**: 277 - 282
- [19] Hamilton LS, Snedaker SC. Trans. Zheng Y-S (郑义水), Kang D-W (康代武). Handbook for Mangrove Area Management. Beijing: Ocean Press, 1992 (in Chinese)
- [20] Smith TJ. Forest structure// Robertson A I, Alongi DM, eds Tropical Mangrove Ecosystems. Washington DC: American Geophysical Union, 1992: 101 - 136
- [21] Snedaker SC. Trans. Zheng D-Z (郑德璋), Zheng S-F (郑松发), Liao B-W (廖宝文). The Mangrove Ecosystem: Research Methods. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1994 (in Chinese)
- [22] Chen L, Wang W, Lin P. Influence of water logging time on the growth of *Kandelia candel* seedlings *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, **23**: 149 - 158

---

作者简介 仇建标,男,1963年生,硕士,高级工程师.主要从事海洋生态学及海水增养殖技术研究.发表论文 20余篇.  
E-mail: qiujb@163.com

责任编辑 李凤琴

---