

# 全球气候变化与红树林\*

刘小伟 郑文教\*\* 孙娟

(厦门大学生命科学学院, 厦门 361005)

**摘要** 因为红树林位于海洋与陆地之间,其可能是首先被全球气候变化影响的生态系统。红树林的分布会随着温度气温的升高而增加。全球气候变化对红树林最重要的影响是海平面的变化。随着CO<sub>2</sub>的增多,大部分的红树林有高的光合作用率、水的利用效率以及生长率。在相对低的光照条件下,红树林的光合作用率相对较高。最后提出了今后尚待加强的一些研究领域。

**关键词** 全球气候变化, 红树林, 温度, 海平面, CO<sub>2</sub>, 紫外线

中图分类号 Q14 文献标识码 A 文章编号 1000- 4890(2006)11- 1418- 03

**Global climate change and mangrove.** LIU Xiaowei, ZHENG Wenjiao, SUN Juan ( College of Life Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(11): 1418~ 1420.

Mangrove locates at the interface between land and sea, and is likely to be one of the first ecosystems to be affected by global climate change. Its distribution area would be enlarged with raising temperature. The most important effects of global climate change on it would be the rising sea levels. Most mangroves will benefit from increased CO<sub>2</sub> via higher photosynthetic rate, water use efficiency, and growth rate. At relatively low light level, the photosynthetic rate of mangroves tends to increase. The strategies to deal with these changes were put forward.

**Key words** global climate change, mangroves, temperature, sea level, CO<sub>2</sub>, UV radiation.

## 1 引言

由于全球大气中CO<sub>2</sub>和其他温室气体浓度的不断增加,引起了全球性的气候变化已是不争的事实,有预测表明全球大气温度每隔10年上升0.3℃、海平面上升6cm<sup>[18]</sup>。

红树林是热带、亚热带海岸潮间带的木本植物群落,它在维护海岸生态平衡、防风减灾、护堤保岸、环境污染净化、提供大量的动植物资源等方面都发挥着重要的作用<sup>[2]</sup>。因为红树林处在海洋与陆地的交错带,红树林可能是首先被全球气候变化影响的生态系统之一。红树林生态系统面临着包括温度上升、CO<sub>2</sub>的增多、海平面上升、紫外线增多等气候条件的变化。

## 2 全球温度升高与红树林

红树林是嗜热的植物类群,主要分布在热带和亚热带海岸地区,全球气温的上升可能对红树林有积极影响的一面,如气温升高的影响可能改变其大规模的分布、林分结构与提高原有红树林区的多样性,以及促使红树林分布范围将扩展到较高纬度盐湿地区,这会使原先没有红树林的地区变为适宜红

树林生长,而原有红树林地区的种类变得更丰富。在我国,据报道如果气温升高2℃,则白骨壤(*Avicennia marina*)的分布最北界将从福建莆田移到浙江温州<sup>[1]</sup>;另一方面,气温超过35℃,红树林根的结构、苗的发育、光合作用将受到很大的负面影响,这意味着如果温度上升过高,可能对位于赤道附近的红树林不利<sup>[9]</sup>。

## 3 海平面上升与红树林

Ellison等<sup>[8]</sup>在人工控制的条件下培育大红树(*Rhizophora mangle*)幼苗,分别用正常海平面、高的海平面、低的海平面3种条件下处理大红树幼苗并进行对比,结果表明,与生长在正常海平面的植物相比,生长在低海平面条件下的植物表现出低矮、纤细和产生较少的分枝和叶片,在高的海平面条件下生长的植物初期幼苗生长比正常海平面生长的幼苗快,然而,当它们长出第一对叶之后生长就慢了许多。在槽里生长的30个月末,相比之下正常海平面生长的植物长的最大和最快。

\* 国家自然科学基金资助项目(39370147)。

\*\* 通讯作者

收稿日期:2005-07-18 接受日期:2006-02-22

Ellison 等<sup>[10]</sup> 得出红树林被  $9\sim 12\text{ cm}\cdot 100\text{ yr}^{-1}$  的海平面上升速度所胁迫, 更快的海平面上升将严重威胁红树林生态系统。然而 Snedaker 等<sup>[7]</sup> 不同意这个观点, 他们引证了历史记录显示在海平面变化接近上述 2 倍的情况下, 红树林分布区仍然在扩张。

随着海平面的上升, 红树林分布区会朝陆地一方迁移。但此朝陆迁移情况仅仅可能发生在海滩朝陆一方没有障碍物阻挡的海滩上, 然而在我国的大部分红树林区陆岸都筑有海堤, 这必将阻挡红树林分布区的迁移。

红树林可以通过层积物的堆积来应付海平面的上升<sup>[19]</sup>。如果海平面上升的速度大于层积物堆积的速度, 则海水将会淹没红树林, 反之红树林分布区将会朝海的一侧延伸。有人发现在圭亚那(Guiana)的海岸红树林区, 由于亚马逊(Amazon)河所带来的层积的影响, 其沉积速度远远大于海平面上升的速度<sup>[12]</sup>, 这意味着红树林正朝靠海的一面扩展。Parkinson 等<sup>[15]</sup> 在研究了佛罗里达的层积物沉积后得出, 当海平面上升 8 mm 时, 泥炭只上升 1.3 mm, 这一地区红树林有可能将被淹没在海水中。相对而言, 海平面上升对有较高的层积物输入的红树林区造成的损坏较小。谭晓林等<sup>[3]</sup> 报道我国红树林沉积速率介于  $4.1\sim 57\text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ , 通过红树林沉积速率与当地相对海平面上升速率的比较, 认为海平面上升对我国大部分地区红树林不会构成严重威胁, 但对当地泥沙来源少, 红树林潮滩沉积速率较低的地区会造成严重的影响。

#### 4 大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高与红树林

红树林对 CO<sub>2</sub> 含量升高的响应是否与大多数植物一样? 据报道<sup>[11]</sup> 在 2 倍 CO<sub>2</sub> 大气浓度气体下培养大红树幼苗 1 年以上, 发现此幼苗有更大的生物量、更高的苗、更多的分枝、更大的叶面积、高的根茎比率以及相对较高的生长率和同化率。在这样的环境下, 光合作用效率增加, 而气孔导度降低。在增加的 CO<sub>2</sub> 浓度中, 叶片表皮细胞增大而气孔密度减少。非常有趣的是, 仅仅生长 1 年以后, 在这种条件下的幼苗就能繁殖, 产生气生根, 主干有广泛的木质化, 这些特征是在正常大气条件下生长的红树林所没有的。在 CO<sub>2</sub> 浓度增加的环境里, 植物通过蒸腾消耗的水分减少了, 从而提高了水分的利用效率, 因此这种条件下的红树植物有可能生长在相对干旱的

环境中。

增加的 CO<sub>2</sub> 对红树林的影响可以随着物理和化学条件的变化而变化<sup>[5]</sup>。比如正红树(*Rhizophora apiculata*) 和红海榄(*R. stylosa*) 在 CO<sub>2</sub> 浓度增加的环境下都有上述的响应, 但是在低盐的条件下对植物的刺激影响比正常条件下大得多。增加 CO<sub>2</sub> 的影响也随着分布区和种类的变化而变化。Ellison 等<sup>[10]</sup> 研究了增加 6%~34% CO<sub>2</sub> 大气浓度对佛罗里达大红树、亮叶白骨壤(*A. germinans*)、假红树(*Laguncularia racemosa*) 和直立风车子(*Conocarpus erectus*) 4 种红树林种类的影响, 表明在升高的 CO<sub>2</sub> 条件下生长, 上述 4 种红树植物都降低了气孔导度和呼吸速率, 以及显著增加水利用效率, 然而 4 种植物均未有增加净生产量, 假红树的净生产量却反而降低了。这个反应表明随着 CO<sub>2</sub> 浓度的增加, 相对于其他 3 种种类来说, 假红树处于不利的地位。

#### 5 紫外线增强与红树林

尽管红树林是生长在热带和亚热带, 暴露在强烈的阳光下, 但有证据表明, 在相对低的阳光强度下它们的光合作用率相对较大, 比如强烈阳光对白骨壤造成了胁迫, 尽管红树林能适应这些环境, 然而这些强烈的阳光损害了红树林<sup>[7]</sup>。Cheeseman 等<sup>[6]</sup> 发现如果红树林暴露在过度的阳光下, 其光合作用率下降。

强光的负面影响可能与红树林收到的紫外线 B 剂量有关<sup>[13]</sup>, 然而, 直到现在紫外线 B 对红树林的影响只有很少的研究<sup>[16]</sup>。Moorthy 等<sup>[14]</sup> 研究了红树林对紫外线 B 的反应, 他们分别采用超过 1 300 和  $0.31\text{ Wm}^{-2}$  紫外线强度来处理红树植物, 结果表明, 红树科(Rhizophoraceae) 种类比白骨壤属(*Avicennia*) 种类或其他多汁的植物更能忍受强烈的紫外线。Moorthy 等<sup>[13]</sup> 模拟分别在透过减少 10%、20%、30% 和 40% 同温层大气的紫外线照射下培育红树的苗木。在减少掉 10% 的情况下, 其净光合作用率增加了 45%, 气孔导度增加 47%; 然而, 在减少掉 40% 的情况下, 净光合作用率降低了 59%, 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度增加 73%。增加紫外线暴露也同样会产生生化变化, 小的紫外线剂量可增加氨基酸和蛋白质水平, 但在一个较高的紫外线水平, 影响就逆转过来, 紫外线 B 增加了饱和脂肪酸(最大增加 88%), 降低了不饱和脂肪酸(最大降低 26%)。从生长和生化反应显示了红树林是被高强度紫外线所胁迫。

此外,除上述大气温度的变化、大气 CO<sub>2</sub> 浓度的变化、海平面上升、紫外线辐射增强外,其它一些因素如海水盐度的变化、降水量的变化、风暴和巨浪次数的增多也将对红树林造成不同程度的影响。

## 6 研究展望

对红树林应付全球气候变化来说,应该在合适的海岸区域营造红树林,建立或扩展红树林绿化带,为海岸保护和利用提供一个天然的、自我修复的屏障,保护海岸地区的生态平衡与促进生物多样性的繁荣。

由于红树林生境的特殊性,全球气候变化对红树林的影响是全方位的、立体的。研究全球气候变化对红树林的影响有双重意义:一方面,可以了解全球气候变化对生物及湿地生态系统的影响;另一方面,对全球广大的红树林海岸国家今后的红树林引种及保护工作有较好的指导作用。

当前对全球气候变化对红树林影响的研究大多停留在对植物的影响上,而对湿地生态系统动物的影响却几乎没有涉及,事实上对红树林湿地生态系统中动物的研究可以使我们更好的、全方位的了解全球气候变化对红树林湿地生态系统这一珍贵生物资源与湿地类型的影响。

应加强历史上全球气候变化对红树林的影响的追溯性研究,由于各种原因,人们对这方面的研究较少。实际上,当前的气候变化的许多方面在历史上也曾经发生过,因此这方面的研究可以使我们更好地预测未来气候变化对其影响。

现有的预测机制大都是立足于红树林的生态位无变化的情况下,实际上,随着气候的变化,由于种间竞争的关系,会使其实际生态位发生很大的变化。因此,在全球气候变化对红树林生态系统影响的预测中,这是非常重要的因素。

## 参考文献

- [1] 陈小勇,林 鹏. 1999. 我国红树林对全球气候变化的响应及其作用[J]. 海洋湖沼通报, 2: 11~ 16.
- [2] 林 鹏. 1997. 中国红树林生态系[M]. 北京: 科学出版社, 329~ 340.
- [3] 谭晓林,张乔民. 1997. 红树林潮滩沉积速率及海平面上升对我国红树林的影响[J]. 海洋通报, 16(4): 29~ 35.
- [4] Ball MC, Cochrane MJ, Rawson HM. 1997. Growth and water use of the mangroves *Rhizophora apiculata* and *R. stylosa* in response to salinity and humidity under ambient and elevated concentrations of atmospheric CO<sub>2</sub>[J]. *Plant Cell Environ.*, 20(9): 1158~ 1166.
- [5] Ball MC, Munns R. 1992. Plant responses to salinity under elevated atmospheric concentration of CO<sub>2</sub>[J]. *Aust. J. Bot.*, 40: 515~ 525.
- [6] Cheeseman JM, Clough BF, Carter DR, et al. 1991. The analysis of photosynthetic performance in leaves under field conditions: A case study using *Bruguiera* mangrove[J]. *Photosynth. Res.*, 29(1): 11~ 12.
- [7] ElAmry M. 1998. Population structure, demography and life tables of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. at sites on the eastern and western coasts of the United Arab Emirates[J]. *Mar. Freshw. Res.*, 49(4): 303~ 308.
- [8] Ellison AM, Farnsworth EJ. 1997. Simulated sea-level change alters anatomy, physiology, growth, and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.)[J]. *Oecologia*, 112: 435~ 446.
- [9] Ellison JC. 1994. Climate change and sea level rise impacts on mangrove ecosystem[A]. In: Pemetta J, ed. Impacts of Climate Change on Ecosystems and Species: Marine and Coastal Ecosystems[C]. Gland, Switzerland: IUCN, 11~ 30.
- [10] Ellison JC, Stoddart DR. 1991. Mangrove ecosystem collapse during predicted sea level rise: Holocene analogues and implications[J]. *J. Coast. Res.*, 7: 151~ 165.
- [11] Farnsworth EJ, Ellison AM. 1996. Scale-dependent spatial and temporal variability in biogeography of mangrove-root epibiont communities[J]. *Ecol. Monogr.*, 66(1): 45~ 66.
- [12] Fromarda F, Vegaa C, Proisyb C. 2004. Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys[J]. *Mar. Geol.*, 208: 265~ 280.
- [13] Moorthy P. 1995. Effects of UV-B radiation on mangrove environment: Physiological responses of *Rhizophora apiculata* Blume[M]. New Delhi: Annamalai University, 130~ 135.
- [14] Moorthy P, Kathiresan K. 1998. UV-B induced alterations in composition of thylakoid membrane and amino acids in leaves of *Rhizophora apiculata* Blume[J]. *Photosynthetica*, 35(3): 321~ 328.
- [15] Parkinson RW, Delaune RD, White JR. 1994. Holocene sea level rise and the fate of mangrove forests within the wider Caribbean region[J]. *J. Coast. Res.*, 10: 1077~ 1086.
- [16] Smith SM, Snedaker SC. 1995. Developmental responses of established red mangrove, *Rhizophora mangle* L., seedlings to relative levels of photosynthetically active and ultraviolet radiation[J]. *Florida Sci.*, 58(1): 55~ 60.
- [17] Titus JC, Narayanan V. 1996. The risk of sea level rise[J]. *Clim. Change*, 33(2): 151~ 212.
- [18] Zhang Q, Wen X, Song C, et al. 1996. The measurement and study on sedimentation rates in mangrove tidal flats[J]. *Tropic Oceanol.*, 15(4): 57~ 60.

作者简介 刘小伟,男,1976年生,硕士生,现从事红树林生态学研究。E-mail: toojackloveyou@yahoo.com.cn  
责任编辑 王 伟