

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 21720091152219

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

红树植物秋茄叶片性状和光合能力
的纬度差异

Latitudinal Variation in Leaf Traits and Photosynthesis
Capacity of Mangrove Plant *Kandelia obovata* in China

史小芳

指导教师姓名: 王文卿 副教授

专 业 名 称: 植 物 学

论文提交日期: 2012 年 5 月

论文答辩时间: 2012 年 5 月

学位授予日期: 2012 年 6 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2012 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(国家自然科学基金重点项目“外来植物影响下红树林生态系统服务功能的维持机制”)的研究成果,获得(国家自然科学基金重点项目 No.30930017)经费的资助,在(滨海湿地生态系统教育部重点实验室)完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目 录

摘要	I
Abstract.....	III
第一章 前言.....	1
1 红树植物纬度差异研究概述.....	1
1.1 红树植物形态和叶片性状的纬度差异	2
1.2 纬度对红树植物光合能力的的影响	2
1.3 红树植物营养元素利用效率的纬度差异	3
2 秋茄的分类学特征和分布现状.....	4
3 全球气候变暖对红树植物的影响.....	5
4 本研究科学问题及意义.....	6
第二章 材料与方 法	7
1 研究地点概况.....	7
2 野外调查.....	8
2.1 野外调查及采样时间	8
2.2 不同纬度秋茄群落参数测定	9
2.3 光合参数测定	9
2.4 荧光参数测定	9
2.5 淹水对高纬度地区秋茄生长的影响	10
3 样品采集.....	11
4 样品分析.....	11
4.1 样品前处理	11
4.2 秋茄叶片和沉积物元素含量测定	11
4.3 秋茄叶片解剖结构数量特征的测定	12
4.4 沉积物机械组成的测定	12
4.5 沉积物盐度测定	12

5 统计分析.....	12
第三章 结果	13
1 不同纬度秋茄生境环境因子测定结果.....	13
1.1 沉积物元素含量结果	13
1.2 沉积物物理特性	14
2 秋茄形态结构的纬度差异.....	15
2.1 秋茄高度的纬度差异	15
2.2 秋茄叶片形态的纬度差异	16
2.3 秋茄叶片解剖结构数量特征的纬度差异	18
3 秋茄叶片光合能力的纬度差异.....	23
3.1 秋茄叶片最大光化学效率的纬度差异	23
3.2 秋茄叶片快速光曲线拟合结果的纬度差异	24
3.3 秋茄叶片气体交换参数的纬度差异	27
4 秋茄叶片营养元素含量的纬度差异.....	30
4.1 秋茄叶片 C、N、P 元素含量的纬度差异	30
4.2 秋茄叶片 N/P 和 C/N 的纬度差异	32
4.3 秋茄叶片营养元素内吸收率的纬度差异	33
5 淹水对高纬度秋茄的影响.....	34
5.1 淹水对高纬度秋茄生长的影响	34
5.2 淹水对高纬度秋茄高度的影响	35
第四章 讨论	36
1 纬度对秋茄高度、叶片性状和光合能力的影响.....	36
1.1 纬度对秋茄高度的影响	36
1.2 纬度对秋茄叶片性状的影响	37
1.3 纬度对秋茄叶片光合能力的影响	37
1.4 纬度对秋茄叶片营养元素含量和内吸收率的影响	38
2 季节对秋茄叶片性状和光合能力的影响.....	38

3 温度对秋茄分布和生长的影响	39
3.1 高温对低纬度秋茄生长的影响	39
3.2 低温对高纬度秋茄生长的影响	39
4 全球气候变暖对红树林的影响	40
第五章 结论与展望	43
1 结论	43
1.1 九龙江口 (24°23'N) 是秋茄最适生长纬度	43
1.2 冬季低温是高纬度秋茄生长的限制因子	43
1.3 夏季低纬度秋茄明显受到光抑制	43
1.4 气温和水温共同决定了高纬度秋茄的生存现状	43
2 展望	44
参考文献	45
致谢	51

Content

Abstract (in Chinese)	I
Abstract (in English)	III
Chapter 1 Preface	1
1 The study overview of mangrove latitudinal variation	1
1.1 Latitudinal variation of mangrove stature and leaf traits.....	2
1.2 The effect of Latitude on mangrove photosynthesis capacity.....	2
1.3 Latitudinal variation of nutrient use efficiency of mangrove.....	3
2 The taxonomic characteristics and distribution status of <i>Kandelia obovata</i> .	4
3 The influence of global warming on mangrove	5
4 Purpose and main content of present study	6
Chapter 2 Material and Methods	7
1 Study site characteristics	7
2 Filed measurements	8
2.1 Field investigation and sampling time.....	8
2.2 Community parameters of <i>Kandelia obovata</i> measuring at different latitudes	9
2.3 Measurement of gas exchange.....	9
2.4 Measurement of chlorophyll fluorescence parameters	9
2.5 The influence of waterlogging on the growth of mangrove at high latitude ..	10
3 Sampling	11
4 Analysis methods	11
4.1 Preparation.....	11
4.2 Measurement of elements of leaf of <i>Kandelia obovata</i> and sediment	11

4.3 Measurement of properties of leaf anatomical structure	12
4.4 Measurement of sediment partical composition	12
4.5 Measurement of sediment salinity	12
5 Statistical analysis.....	12
Chapter 3 Rusults	13
1 The results of habitat factors at different latitudes	13
1.1 Element content of sediment	13
1.2 Physical charateristics of sediment.....	14
2 Latitudinal variation of morphology of <i>Kandelia obovata</i>	15
2.1 Latitudinal variation of tree height	15
2.2 Latitudinal variation of leaf morphology.....	16
2.3 Latitudinal variation of properties of leaf anatomical structure	18
3 Latitudinal variation of photosynthesis of <i>Kandelia obovata</i>	23
3.1 Latitudinal variation of F_v/F_m	23
3.2 Latitudinal variation of fitting results of Ripid Light Curve	24
3.3 Latitudinal variation of gas exchange parameters	27
4 Latitudinal variation of leaf nutrient elements content.....	30
4.1 Latitudinal variation of Carbon, Nitrogen and Phosphorus content.....	30
4.2 Latitudinal variation of N/P ratio and C/Nratio.....	32
4.3 Latitudinal variation of nutrient resorption efficiency	33
5 The influence of waterlogging on mangrove at high latitude.....	34
5.1 The influence of waterlogging on growth of <i>Kandelia obovata</i> at high latitude	34
5.2 The influence of waterlogging on tree height of <i>Kandelia obovata</i> at high latitude	35
Chapter 4 Discussion	36

1 The influence of latitude on growth of <i>Kandelia obovata</i>.....	36
1.1 Influence of latitude on tree height.....	36
1.2 Influence of latitude on leaf traits.....	37
1.3 Influence of latitude on photosynthesis capacity of leaf	37
1.4 Influence of latitude on nutrient content and resorption efficiency of leaf	38
2 The influence of season on growth of <i>Kandelia obovata</i>	38
3 The influence of temperature on growth of <i>Kandelia obovata</i>	39
3.1 Influence of heat on <i>Kandelia obovata</i> at low latitude.....	39
3.2 Influence of chilling <i>Kandelia obovata</i> at high latitude	39
4 The influence of global warming on mangrove	40
Chapter 5 Conclusion and Expectation	43
1 Conclusion	43
1.1 Jiulongjiang estuary is the latitudinal distribution center for <i>Kandelia obovata</i>	43
1.2 Low temperature is the limiting factor for mangrove growth at high latitude	43
1.3 <i>Kandelia obovata</i> at low latitude suffers photoinhibition in summer	43
1.4 Air and seawater temperature together make the current situation of mangrove at high latitude	43
2 Expectation	44
Reference	45
Acknowledgement.....	51

摘要

秋茄 (*Kandelia obovata* Sheue, Liu et Yong) 是红树科秋茄属木本植物, 是北半球分布纬度最高的红树植物种类。在中国分布广泛, 广东、广西、福建、台湾、海南、香港和澳门均有天然分布, 浙江也有人工引种。但不同地点秋茄生长和分布情况并不相同。秋茄在福建和广东整体长势较好, 而在红树植物繁盛的海南岛整体长势较差, 主要表现为: 分布面积减少, 植株高度下降, 基本无纯林。在高纬度地区由于低温的限制, 高度一般在 2m 左右。秋茄在福建九龙江口 (24°23'N, 117°55'E) 生长状况最好, 平均高度 8.1m, 最高可达 10m。

秋茄因其可以分布在其它红树植物不能分布的较高纬度地区, 而被认为具有较强的抗寒性。对于秋茄在低纬度地区长势差的原因大家归结为竞争不过当地优势红树植物, 但并未对其原因进行详细探讨。低温是造成高纬度地区红树植物低矮的主要原因, 而导致红树植物秋茄在低纬度的海南地区生长不好的原因以及作用机制仍值得探讨。为此, 我们展开了本次实验。对不同纬度红树植物秋茄的叶片性状、光合能力及营养元素利用效率等生理生态指标进行了测定, 以期在全球气候变暖大背景下, 探讨温度对红树植物生长的影响。为预测全球气候变暖对红树植物的影响提供理论依据。主要结论如下:

1、不同纬度秋茄生境沉积物特性虽然存在一定差异, 但对秋茄的纬度变化趋势影响不大。秋茄高度、单叶面积、光合能力和营养元素利用效率均随着纬度的增高先上升后下降。福建九龙江口 (24°23'N) 秋茄无论是单叶面积、单叶重量、单位面积叶片净光合速率、叶片 N 含量和 P 内吸收率在不同纬度中均为最高, 说明九龙江口秋茄生长能力最强, 群落发育程度和叶片性状结果表明福建九龙江口是秋茄的分布中心。

2、冬季低温对高纬度地区的秋茄影响显著。(1) 低温导致叶片非正常衰老, 叶片大量脱落, 阻断了营养元素的再次吸收利用, 给处于营养匮乏的高纬度红树植物增加了生存压力。(2) 秋茄叶片不得不积累大量的营养元素以抵御寒冷。(3) 最大光化学效率 F_v/F_m 降至 0.3 左右, 电子传递速率和最小饱和光强都显著降低, 低温导致高纬度秋茄受到严重的光抑制, 光合能力降低, 甚至光合结构遭到破坏。

3、夏季高温对低纬度秋茄光合作用有明显的抑制作用。纬度较低的海南儋

州和广东雷州秋茄叶片最大电子传递速率 $rETR_{max}$ 和最小饱和光强 E_k 都显著低于纬度较高的其它地点，光合能力下降。儋州和雷州秋茄生长受到抑制。

4、气温和水温共同决定了高纬度秋茄生存的现状。低温对冠层的修剪作用导致高纬度秋茄高度受到限制，高纬度地区很难营造出高大的红树林。淹水在一定程度上降低了低温对高纬度红树植物的影响。

以上结果说明，温度是造成秋茄纬度差异的主要原因。九龙江口冬季低温和夏季高温对秋茄的生存和生长都没有产生显著影响，所以秋茄在九龙江口发育最好，冬季低温是高纬度地区秋茄生长的限制因子，而夏季高温则在一定程度上抑制了低纬度地区秋茄的生长。全球气候变暖将给红树植物的生存带来巨大挑战。

关键词：纬度；秋茄；高温；低温；全球气候变暖

Abstract

Mangrove plant *Kandelia obovata* Sheue, Liu et Yong is a woody plant in Rhizophoraceae family and *Kandelia* genus. It has a widespread distribution in China. Guangdong, Guangxi, Fujian, Taiwan, Hainan, Hongkong and Macao are all of *Kandelia obovata* natural distribution places. Zhejiang province also has introduced *Kandelia obovata* in 1957. Though *Kandelia obovata* can successfully self-renew and reproduce in all of these places, it shows an obvious latitudinal variation, reaching its maximum development in Fujian and Guangdong provinces. Different from other mangrove species, it grows not well in Hainan where the biodiversity of mangrove plants is most in China, main characteristics are little distribution area, limited tree height and few pure forest. At higher latitude, because of the chilling damage, the tree height of *Kandelia obovata* is usually limited to 2 meters or so. *Kandelia obovata* in Jiulongjiang estuary (24°23'N, 117°55'E), Fujian province is developed best, reaching average height to 8.1 meters, and highest height to 10 meters.

Owing to having northmost distribution at higher latitude where other mangrove species are not able to occur, *Kandelia obovata* is recognized as the highest cold-tolerant species in the northern hemisphere. For its bad growth in Hainan, most scholars believed that the reason is *Kandelia obovata* can not compete with local dominant mangrove species, but little discussion in detail. Low temperature is the main factor limiting the tree height of mangrove at higher latitude, while the reason that mangrove plant *kandelia obovata* grows not well at lower latitude and the mechanism are still in need of discussion. For these reasons, we completed this study. The primary objective was to study the effect of temperature on growth of mangrove plants and provide theoretical guides for forecasting that how global warming will affect the growth and distribution of mangrove plants by comparing the latitudinal variation of ecophysiological properties such as tree stature, leaf morphology characteristics, leaf photosynthesis capacity and nutrient use efficiency of *Kandelia obovata* in different season. Main conclusions are as follow:

1. Though there was significant difference in sediment nutrient contents of *Kandelia obovata* habitat among different latitude, little effect on the latitudinal variation trend for *Kandelia obovata*. Tree height, area per leaf, photosynthesis capacity and leaf nutrient contents of *Kandelia obovata* showed first rising and then reducing trend along latitude and most of these parameters were highest in Jiulongjiang estuary (24°23'N), showing that Jiulongjiang estuary is best fit for *Kandelia obovata* living and also is the latitudinal distribution center for *Kandelia obovata*.

2. Chilling in winter had obvious impairment on *Kandelia obovata* at higher latitude. (1) Low temperature resulted in leaf scorch, defoliation and bud withering. Abnormal defoliation disturbed nutrient resorption during leaf senescence. Massive leaf fall caused by frost added pressure to mangrove under nutrient limitation at their latitudinal limits. (2) Leaf had to accumulate plenty of nutrients in order to overcome the chilling damage. (3) *Kandelia obovata* at higher latitude was subjected to severe low-temperature photoinhibition. Maximum quantum yield of PSII (F_v/F_m) decreased to 0.3 or so, Maximum relative electron transport rate ($rETR_{max}$) and minimum saturating irradiance (E_k) were also significantly reduced. Photosynthesis capacity reduced and even more photosynthesis apparatuses were destroyed.

3. High temperature in summer had obvious suppression on photosynthesis of *Kandelia obovata* at lower latitude. $rETR_{max}$ and E_k were much lower in Danzhou, Hainan Province and Leizhou, Guangdong Province than in other places, the photosynthesis capacity was limited and the growth of *Kandelia obovata* was inhibited by high temperature and/or high irradiance at lower latitude.

4. Air and seawater temperature together made the current situation of *Kandelia obovata* at higher latitude. Waterlogging partially prevents *Kandelia obovata* from low temperature damage.

In conclusion, temperature is the main factor that results in the latitudinal variation of mangrove plant *Kandelia obovata*. *Kandelia obovata* developed best in Jiulongjiang estuary is because chilling damage in winter and heat stress in summer didn't affect the normal growth of *Kandelia obovata* there. While chilling damage in

winter is the main factor limiting mangrove growth at higher latitude, heat stress in summer suppresses the growth of *Kandelia obovata* at lower latitude. Global warming will be a great challenge of mangrove survival.

Key words: Latitude; *Kandelia obovata*; heat stress; chilling damage; global warming

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 前言

红树林是分布在热带亚热带海岸潮间带的木本植物群落^[1-3]。温度是形成红树植物世界分布格局的主要因素。由于温度随纬度梯度下降,在全球气候变暖大背景影响下,研究植物纬度差异可以为预测全球气候变暖对生态系统的影响提供依据^[4]。红树林处于海陆交界地带,属于生态脆弱敏感区域,全球气候变暖势必对其产生严重影响^[5]。除海平面上升外,全球气温升高对红树植物的影响也不容忽视^[6]。

红树植物秋茄主要分布在中国和日本^[7],属耐寒广布种^[8]。在低纬度地区由于竞争不过当地优势物种而分布较少^[9],但对其原因并未进行深入探讨。秋茄在我国分布广泛,从福建福鼎沙埕湾到海南儋州新英港均有天然分布,浙江乐清也有人工引种^[8,10]。秋茄在其分布区均可以很好地自我更新和繁殖,但生长和分布表现出了明显的纬度差异,在低纬度地区和高纬度地区高度和生长能力均有降低的趋势^[8]。多数学者认为,温度是造成这种差异的主要原因,但温度如何影响秋茄的生长和分布?全球气候变暖的大背景下,秋茄是否存在北移的可能?研究红树植物秋茄的纬度差异对理解温度对秋茄以及红树植物的生长和分布的影响以及全球气候变暖影响下未来红树植物的发展方向都具有指导意义。

1 红树植物纬度差异研究概述

全世界的红树林大致分布在南北回归线之间,在 25°N 至 25°S 之间达到发育最好水平^[2,11]。红树植物的种类分布随纬度的升高和平均温度的下降而减少,这也是中国红树林分布的主要特点之一^[8]。

温度是影响植物分布和生长的最重要因素之一^[12],也是导致红树林纬度差异的主要因素。低温被广泛认为是限制红树林向更高纬度分布的主要因素^[2,11,13-17]。由于低温对高纬度地区红树植物花期和繁殖体定植的影响,红树林只能分布在泛热带区域^[2,18]。红树植物在其纬度分布极限常遭受冻害侵袭^[19,20]。对某一特定红树植物种类而言,在其纬度分布极限,冰冻导致的空穴效应会使其丧失水分输导能力^[16]。气温和表层海水温度是红树植物生长和分布的主要限制因子^[21]。

^{22]}, 而 Tomlinson ^[2] 认为不是气温而是海水表层温度决定了红树植物的纬度分布。红树林的纬度分布极限在最冷月气温 16 °C 等温线以及水温没有超过 24 °C 的霜冻发生临界位置^[23]。

由于不同纬度气候环境条件的差异, 红树植物分布和生长状况随纬度发生了规律性的变化。植株形态、叶片性状和光合能力、营养元素利用率等反映植物生长状况的指标大都被报到与纬度具有显著的相关性。

1.1 红树植物形态和叶片性状的纬度差异

随着纬度的增加, 由于温度下降和降雨减少, 树的高度和叶片形态会发生系统性的变化^[4]。干旱和寒冷地区树的高度由于木质部水分运输阻力更大而受到限制^[24], 个体大小和生长速率都有降低^[25, 26]。墨西哥湾红树植物的物种多样性、密度、树高和叶面积均随纬度升高而降低^[27-29]。植物功能性状如叶比重和树高可以用来建立植物应对全球气候变化的响应模型^[30], 尤其是以红树林为优势种的热带亚热带海岸区域^[31]。

1.2 纬度对红树植物光合能力的影响

植物光合作用将无机物质转化为有机物, 同时固定太阳光能, 是地球上最重要的化学反应, 也是绿色植物对各种内外因子最敏感的生理过程之一。植物光合生理对某一环境的适应性, 很大程度上反映了植物在该地区的生存能力和竞争能力。红树林生境以高盐、高温和强辐射为特点, 并且还受高盐海水的周期性浸淹^[2, 8]。而红树植物的光合能力与陆地 C3 植物并无显著差异, 这都是红树植物经过长期的自然选择和进化适应, 在生理生化以及形态方面形成了一系列适应机制的结果^[2, 22, 32]。

温度是植物光合生产力的一个主要的环境决定因素。在植物生命活动正常进行的温度范围内, 温度每升高 10 °C, 许多酶促反应速率几乎增加一倍^[33]。温度不仅影响许多生理生化过程, 而且也影响植物体内的物质扩散过程。同一种常绿植物的光合最适温度会随季节的变化而变化, 冬季低, 夏季高^[34]。由于温度随纬度逐渐降低, 植物的光合能力也会随纬度发生显著变化, 光合作用的最适温度因物种和生长条件的不同而不同, 所以植物生长的最适纬度也因物种和生长条件

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库