

盐度对红树植物海莲幼苗的生长和某些生理生态特性的影响*

郑文教 林 鹏 (厦门大学环境科学研究所, 厦门 361005)

【摘要】 本文主要探讨了不同盐度海水砂培的海莲幼苗生长量和某些生理生态特性与盐度的相关效应。结果表明, 生长基盐度20‰以上, 海莲繁殖体的萌苗时间推迟, 成活率降低, 随着盐度的提高, 幼苗高生长量降低, 叶片变小; 叶片叶绿素含量随盐度提高而提高, 相反的叶片可溶性糖含量则降低, 而叶片可溶性蛋白质含量变化不明显; 叶片组织内氯含量随盐度提高而提高; 随着盐度的提高, 叶片蒸腾作用减弱, 气孔导度降低。由此表明, 海莲幼苗适宜生长的盐度范围在15‰以下, 更高的盐度表现为生态抗盐适应性生长。

关键词 红树林 海莲 生长量 生理生态 盐度

Effect of salinity on the growth and some eco-physiological characteristics of mangrove *Bruguiera sexangula* seedlings. Zheng Wenjiao and Lin Feng (Institute of Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005). -Chin. J. Appl. Ecol., 1992, 3(1):9-14.

This paper deals with the effect of seawater salinity in sand culture medium on the shoot increments of viviparous propagules and some eco-physiological characteristics of *Bruguiera sexangula* (Lour.) Poir. seedlings. The results showed that: 1) When the salinity is higher than 20‰, the shoot increment postponed and survival rate declined. 2) With increase in salinity (5-35‰), the height growth of seedlings decreased and leaf became smaller in size. 3) With increasing salinity from 5‰ to 35‰, the content of chlorophyll in leaves increased, whereas the content of soluble sugar in leaves decreased, but the soluble protein content was not significantly affected under different saline conditions. 4) The Cl content in leaves increased with increase in salinity. 5) As the salinity increased from 5‰ to 35‰, the transpiration intensity and stomatal conductance of leaves declined. The more adaptable range of salinity for *B. sexangula* seedling to grow was below 15‰ salinity.

Key words Mangrove, *Bruguiera sexangula*, Increment, Eco-physiology, Salinity.

1 引言

红树林是热带、亚热带港湾滩涂特有的木本植物群落。它在维护河口区的生态平衡、促进海洋渔业和水产养殖业的发展, 以及拒浪固滩护岸、净化水体等方面均起着重要的作

用^[1]。红树植物所处条件是“生理干旱”环境, 人们所关注的问题之一是植物如何对盐渍生境的反应、植物与环境的盐分平衡和如何从盐水中分离吸收淡水。同时, 由于多方面的影响, 使红树林分布面积日趋减少。为了保护这项珍贵生物资源和开发海滩繁荣河口区的水产渔业以及我国南疆海防林体系的建立, 已要求科学地人工引种扩种营造红树林。不同的红树植物

* 陈荣华同志协助测定水分。

本文于1990年8月7日收到。

种对盐度有着不同的反应和盐生态分布幅。相近纬度的引种主要限制因子之一是海滩的盐渍度。海莲(*Bruguiera sexangula*)是我国红树林的主要优势种之一,本文就其幼苗的生长和某些与盐生境相关的生理生态特性与盐度的关系进行研究,以探讨其生理生态适应机理和为开发海滩选种选滩引种扩种红树林提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料

成熟的海莲繁殖体(胚轴)采自海南琼山县东寨港河港村(19°51'N, 110°24'E)的海滩红树林(林地表土盐度14%)。在实验中,挑选生活力强、无病虫害且大小相近的繁殖体140个,分成7组,每组20个(4个重复)。分别栽培于盛砂的塑料网框上并套置于搪瓷盆中,每盆砂重约2600g,种植5株。浇以不同盐度5、10、15、20、25、30、35‰的海水500ml。海水取自厦门港,测定盐度后用自来水冲稀或加以NaCl至所设盐度。每周更换溶液一次,后期增施少量尿素。每日用自来水补足散失的水量。盆栽放置室内培养。光强3000lux(与幼苗所处自然林下光强相近),每日光照10小时,早晚兼有自然光斜照。每日在培养室地板浇泼自来水以保持相对湿度在60—85%左右。每日记录日最高及最低室温,1988年10—12月、1989年1—4月平均日最高/夜最低分别为26.1±1.2/19.4±1.6、23.2±1.8/16.0±1.8、20.1±1.2/12.6±1.3、19.5±2.4/11.4±2.3、18.4±2.7/11.6±1.2、19.5±3.4/12.5±2.4和24.0±2.5/16.6±2.0℃。培养期:1988年9月8日至1989年5月3日,共230天。内含物测定:培养235天后采样,并进行各项测定。

2.2 分析方法

2.2.1 叶绿素含量测定 采用混合液法^[3]。提取150mg剪碎的叶片(去中脉)加入10ml提取液(丙酮:乙醇:水=5:4:1),浸提至组织块变白。

2.2.2 可溶性蛋白质含量测定 提取500mg鲜叶片加入5ml 0.05mol Tris-HCl缓冲液(pH8.0)于冰浴下研磨,匀浆在1500转/分离心15分钟,上清液作可溶性蛋白质测定。采用Folin酚法测定^[1]。

2.2.3 可溶性糖含量测定 采用蒽酮比色法^[11]。

约70mg70℃烘干磨碎的干叶样用80%乙醇于80℃水浴下提取。

2.2.4 叶片组织氮含量测定 采用灰化(加入1/4样品重的CaO作保护剂)后,用硝酸银滴定^[2]。

2.2.5 叶片蒸腾强度、气孔导度和扩散阻力测定 用美制LI-1600型稳态气孔仪测定。

2.2.6 海水盐度测定 采用硝酸银滴定法测定^[4]。

3 结果与讨论

3.1 盐度对海莲繁殖体萌苗和成活率的影响

不同盐度海水砂培的海莲繁殖体的萌苗¹⁾和成活率见表1。从表1可以看出,繁殖体培养达30天后,成活率虽未见明显受盐度影响,但盐度20‰以上萌苗数明显随盐度的提高而减少,如盐度在20‰、25‰,萌苗率都在80%;盐度在30‰和35‰,只有55%和45%。而盐度在15‰以下,萌苗近100%。这表明高盐度对

表1 生长基盐度对海莲胎生繁殖体萌苗和幼苗成活率的影响

Tab.1 Effect of salinity in growth medium on the shoot of viviparous propagules and survival rate of *Bruguiera sexangula* seedlings

盐度 Salinity (‰)	培养30天 Culture for 30 days		培养230天 Culture for 230 days	
	萌苗数 Shoot numbers	萌苗百分数 Shoot (%)	死亡数 Dead numbers	成活率 Survival rate(%)
5	20	100	0	100
10	19	95	0	100
15	20	100	0	100
20	16	80	3	85
25	16	80	2	90
30	11	55	7	65
35	9	45	11	45

* 各组栽培20株 Each group: 20 plants.

海莲繁殖体的萌苗时间具有推迟作用。在培养达230天后,苗的成活率(包括未萌苗而死亡和萌苗后死亡之后的保苗率)同样在15‰盐度以下均为100%,而盐度20‰以上成活率明显受影响,如盐度为20‰、25‰、30‰和35‰,苗

1) 萌苗:指胎生繁殖体抽出幼苗。

成活率分别为85%、90%、65%和45%。这表明海莲种苗最适生长幅在15‰盐度以下。海莲群落主要大面积生长于海南岛东寨港、清澜港。中幼林多处于平缓的中滩,而成熟高大的林子则多处于高潮带的内滩,盐度如东寨港演丰区海滨平缓的林滩地为3.3—14.0‰。本实验的结果与野外群落自然分布的盐幅较为相近。但考虑到扩大海滩种植面积,成活率在85%以上的盐度20‰、25‰也是引种的地段,而30‰以上就不宜选择为栽培地区。

3.2 盐度对海莲幼苗高度生长和叶片大小的影响

培养230天后的幼苗高度生长和叶片大小分别见图1和表2。随着生长基盐度(5—35‰)的提高,幼苗高度生长量降低(图1)。

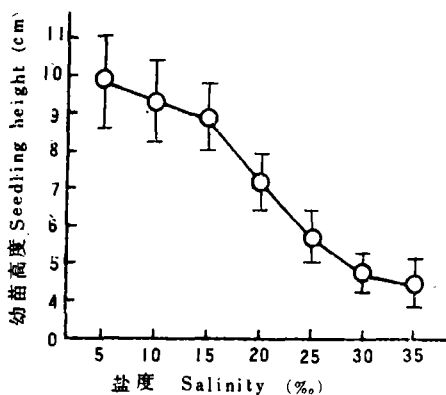


图1 盐度对海莲幼苗高度生长的影响(230天)

Fig.1 Effect of salinity on the height growth of *B. sexangula* seedlings in 230 days.

这表明了盐度对幼苗的高生长具有抑制作用。但盐度15‰以下抑制的程度较小,而20‰以上抑制程度大,如15‰盐度的高生长量比5‰的降低了10.9%,而盐度25‰和35‰则分别降低了42.8和54.6%。在叶片大小的表现上,盐度5‰至10‰之间成熟叶片的大小没有明显的差异,但盐度15‰以上则表现随盐度提高而变小,盐度越高(20‰以上)抑制越大(表2)。且在盐度30—35‰条件下,幼苗叶片有明显变厚

表2 生长基盐度对海莲幼苗叶片大小的影响(培养230天)

Tab.2 Effect of salinity in growth medium on the leaf size of *B. sexangula* seedlings in 230 days

盐度 Salinity (‰)	叶片大小* Leaf size(X±SD)		长/宽 Long/ Wide	统计叶数 N
	长Long(cm)	宽 Wide(cm)		
5	7.2±1.3	3.4±0.5	2.1	45
10	7.4±0.6	3.5±0.3	2.1	38
15	6.9±0.9	3.2±0.5	2.2	37
20	6.0±0.5	3.0±0.2	2.0	34
25	5.1±1.0	2.6±0.3	2.0	42
30	3.6±0.9	2.0±0.4	1.8	32
35	3.2±0.7	2.0±0.4	1.6	19

* 成熟叶 Mature leaves.

肉质的变态。从根系的外部形态看,培养达235天后,除在25‰盐度下细根略有减少外,盐度5—25‰根系的色相为白色,但在30—35‰盐度下幼苗的根系就明显地出现变粗变短及变褐色。

从上述结果来看,海莲幼苗较适宜生长的盐度范围在15‰以下。随着盐度的提高,植物矮化、叶片变小以致变态也说明旱生特性的提高。盐度30—35‰根系变褐色也表明此盐度范围加速根系的老化。林鹏等(1981)^[8]报道了与海莲同属红树科的植物秋茄(*Kandelia candel*)的高度生长与野外林地的土壤盐度具有抛物线关系。用不同海水砂培秋茄幼苗与野外调查结果相似,盐度15‰以下对幼苗高生长和生物量生长具有促进作用,20‰以上起抑制作用。Burchett等(1984)^[12]对红树植物白骨壤(*Avicennia marina*)盐液砂培幼苗的生物量研究与秋茄相似,表现低盐度具有促进作用。看来海莲较秋茄、白骨壤耐盐性弱,人工营造选滩定植海莲以选择盐度较小的高潮带的中内滩为宜。

3.3 叶绿素含量与盐度的关系

不同盐度海水砂培235天的海莲幼苗其叶片叶绿素含量见图2。从图2可以看出,幼苗叶片叶绿素a、b和总量(a+b)均随着盐度的提高而提高,叶绿素a和b分别是高等植物光合

作用的主要色素和辅助色素,其含量在一定程度上体现了植物光合能力的大小。海莲幼苗叶片叶绿素含量随生长基盐度的提高而提高,表明了光合能力可能也随盐度的提高而提高,是一种生态抗盐适应性的表现。这一结果也证明了红树植物在一定范围内总光合量可随盐度提高而提高^[15]。林鹏等(1984)^[9]也报道了红树植物秋茄叶片叶绿素含量随林地海滩土壤盐度提高而提高,与本实验相似。沙霍夫测定了

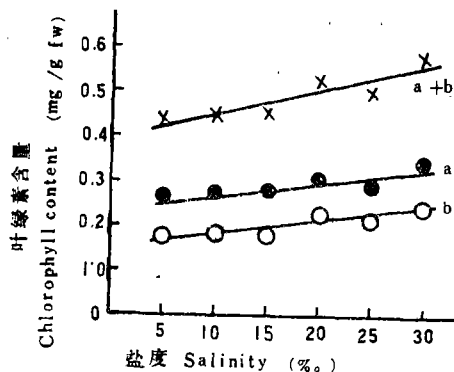


图2 海莲幼苗叶片叶绿素含量与盐度的关系

Fig.2 Relationship between chlorophyll contents in leaves of *B. sexangula* seedlings and salinity.

白杨、西伯利亚柳等,认为一定范围内光合强度有随盐度提高而加大的现象^[5]。但Stroganov等(1970)^[6]认为在盐化条件下,光合作用色素的平衡被扰乱,在比较敏感的植物中,其叶绿素受到盐度的破坏;在比较耐盐的植物中,叶绿素含量增大,可能或者是由于叶绿素a或b积累的结果。

3.4 可溶性糖、可溶性蛋白质含量与盐度的关系

生长在不同盐度海水砂基上海莲幼苗叶片可溶性糖和可溶性蛋白质含量见图3。随着生长基盐度的提高,幼苗叶片可溶性糖含量随之降低,盐度越高降低幅度越大,如盐度为20‰、25‰和30‰生长基条件下的叶片可溶性糖含量分别比盐度5‰时的降低了11.2%、19.8%和31.5%。而叶片可溶性蛋白质含量在不同的盐度下则相对稳定。从这一结果看:

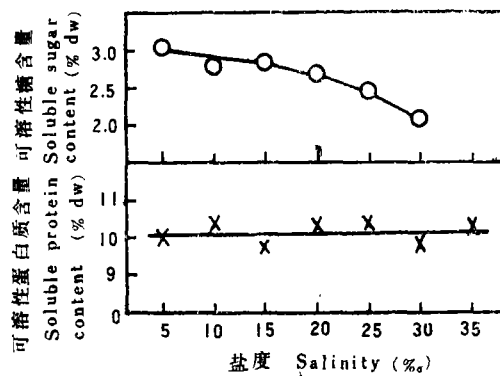


图3 海莲幼苗叶片可溶性糖、可溶性蛋白质含量与盐度的关系

Fig.3 Relationship between soluble sugar and soluble protein contents in leaves of *B. sexangula* seedlings and salinity.

(1)与幼苗随盐度提高生长量降低(图1,表2)相对应,表明叶绿素含量虽然随盐度提高而提高(总光合量提高),但光合物质积累则降低,即净光合量降低。这可能与植物对盐度的反应中,生长量与累积产量到维持生长而消耗产物之有效能量转化有关,在于植物逆着电化学位度吸收能量需要量是增大的,即呼吸量增大有关,以致于降低可溶性糖的含量和整个植物体的生长。同时也证明了红树植物在一定范围内呼吸作用随盐度提高而增强且比光合提高来得快,因而净光合量反而降低^[15]。Livne等(1967)^[14]也发现生长在盐化培养基中的豌豆根较之生长在正常培养基的对照根,具有较高的呼吸作用速度。(2)盐度的提高,叶片可溶性糖含量降低、可溶性蛋白质变化不明显也表明了植物本身不是靠累积更多的可溶性糖和蛋白质来提高植物体的组织水势以增加吸水能力。(3)林鹏等(1984)^[10]报道了红树植物秋茄和桐花树(*Aegiceras corniculatum*)叶片可溶性糖随海滩盐度提高而提高,而可溶性蛋白质含量则降低,与本实验海莲叶片可溶性糖和可溶性蛋白质与盐度相关效应不同。这表明了不同红树植物对盐渍环境特别在海滩综合环境下,其生理生态适应方式并不一致。

3.5 叶片组织内氯含量与生长基盐度的关系

不同盐度海水砂培 235 天的海莲幼苗叶片组织内氯含量见表 3。

表3 海莲幼苗叶片组织内氯含量与生长基盐度的关系

Tab.3 Relationship between Cl content in leaves of *B. sexangula* seedlings and salinity in growth medium

盐度 (%) Salinity	5	10	15	20	25	30
氯含量 (%dw) Cl content	2.55	3.47	3.87	4.26	5.96	5.72

从表 3 可以看出, 随着生长基盐度的提高, 叶氯含量随之提高, 但盐度达 30‰ 时, 叶氯含量略有降低, 如盐度为 5‰、25‰ 和 35‰ 的叶氯含量分别为 2.55%、5.96% 和 5.72% (干重)。红树植物对海滩盐分的代谢有两种适应形式^[7], 即拒盐适应和泌盐适应。拒盐植物避免吸收大量的盐分而是以超滤作用从盐水中分离淡水; 而泌盐植物则吸收了一些盐分并通过植物特有泌盐器官盐腺向外排出盐分。海莲植物不具备泌盐器官, 属拒盐植物类群, 其幼苗叶片氯含量随生长基盐度提高而提高, 表明其盐分吸收量仍有随盐度提高而提高并相应累积于叶中, 但超过一定限度, 超过 25‰ 盐度时 (即 30‰) 并不增加, 甚至略为减少。这说明植物与环境中盐分平衡具有一定调节作用。生长基盐度从 5‰ 至 30‰ 增加 5 倍, 而叶氯量只增加 2.2 倍, 这表明红树植物海莲具有一定的拒盐特性。从幼苗生长受盐抑制现象看, 叶氯含量的提高可能是一种被动而非积极的适应方式。

3.6 叶片蒸腾作用、气孔导度和扩散阻力与盐度的关系

在光强 3 000 lux、气温约 22—23℃、相对湿度 62—63% 的环境条件下, 用气孔仪测定不同盐度海水砂培的海莲幼苗成熟稳定叶片的蒸腾强度、气孔导度和扩散阻力 (即 1989 年 4 月 28 日上午 9:00—10:00 时测定, 培养期为 230 天)。每次测定叶面积为 2 cm², 各 8—14 个重复 (即各盐度级每次测一叶片, 面积 2 cm², 同

时测 8—14 片不同叶)。结果见图 4 和 5。随着生长基盐度的提高, 海莲幼苗叶片蒸腾强度 (图 4) 和气孔导度 (图 5) 随之降低, 而扩散阻力 (图 5) 则随之增大。如盐度从 5‰ 提高至

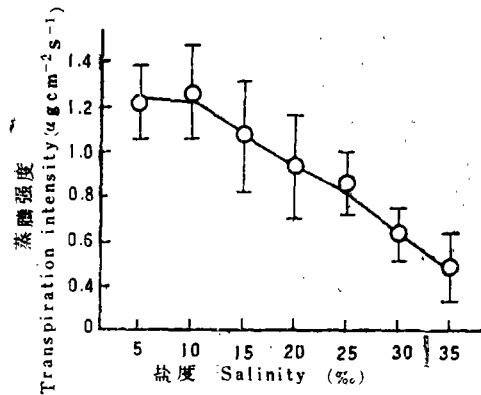


图 4 生长于不同盐度条件下海莲幼苗叶片的蒸腾差异

Fig.4 Variations of transpiration intensity of leaves of *B. sexangula* seedlings growing in various salinity conditions in 230 days.

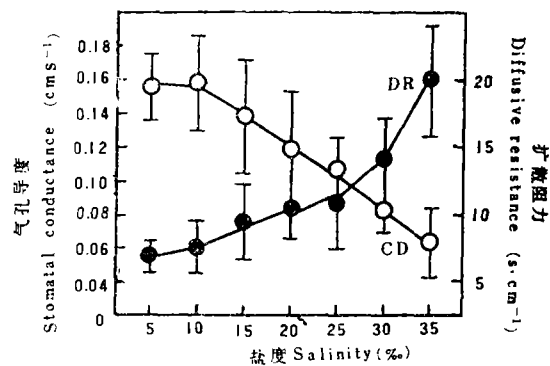


图 5 生长于不同盐度条件下海莲幼苗叶片气孔导度 (CD)、扩散阻力 (DR) 差异

Fig.5 Variations of stomatal conductance (CD) and diffusive resistance (DR) of leaves of *B. sexangula* seedlings under various salinity conditions in 230 days.

20‰ 和 35‰ 时, 蒸腾强度分别降低了 23.6% 和 59.9%; 气孔导度分别降低了 23.0% 和 59.3%; 而扩散阻力则分别提高了 52.1% 和 187.5%。这表明海莲植物保水能力相应提高。蒸腾强度的降低和扩散阻力的提高与气孔开放度有关, 更重要的在于叶片组织和气孔结构的变化以及气孔数目的减少^[7], Kaplan 等 (1972)^[13] 也

报道了盐化作用可引起地中海滨藜 (*Atriplex halimus*) 叶片蒸腾作用的降低和叶肉抵抗力和气孔抵抗力的提高。

参考文献

- 1 朱 俭等。1981。生物化学实验。上海科学技术出版社, 上海, 64—66。
- 2 吉田昌一等著(北京农业科学院作物研究所资料情报组译)。1972。水稻生理学实验手册。科学出版社, 北京, 38—38。
- 3 陈福明等。1984。混合液法测定叶绿素含量的研究。林业科技通讯, (2): 4—8。
- 4 陈国珍。1965。海水分析化学。科学出版社, 北京, 11—60。
- 5 沙霍夫。1956。植物的抗盐性。科学出版社, 北京, 162—252。
- 6 波杰科夫-梅伯.A等主编(赵可夫译)。1975。盐渍环境中的植物。科学出版社, 北京, 153。
- 7 林 鹏。1984。红树林。海洋出版社, 北京, 1—102。
- 8 林 鹏等。1981。福建亚热带红树林生态学研究。植物生态学与地植物学丛刊, 5(3): 177—184。
- 9 林 鹏等。1984。两种红树叶的几种酶的生理特性与海滩盐度的相关性初探。植物生态学与地植物学丛刊, 8(3): 222—227。
- 10 林 鹏等。1984。海滩盐度对两种红树叶的碳水化合物和含氮化合物含量的影响。海洋学报, 6(6): 851—855。
- 11 浙江农业大学主编。1980。农业化学实验。上海科学技术出版社, 上海, 92—95。
- 12 Burchett, M. D. et al. 1984. Salinity, growth and root respiration in the grey mangrove, *Avicennia marina*. Plant Physiol., 60: 113—118。
- 13 Kaplan, A. et al. 1972. Effect of sodium chloride salinity on the water balance of *Atriplex halimus*. Australian J. Biol. Sci., 25: 895—903。
- 14 Livne, A. et al. 1967. Tissue respiration and mitochondrial oxidative phosphorylation of NaCl-treated pea seedlings. Plant Physiol., 42: 407—414。
- 15 Teas, H. J. 1979. Silviculture with saline water. The Biosaline Concept, Plenum Publishing Corporation, U.S.A. 117—161。