

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 22 期
Vol.30 No.22
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 22 期

2010 年 11 月 (半月刊)

目 次

高温对水稻叶片蛋白质表达的影响·····	曹云英,段 骅,王志琴,等 (6009)
茶园间作柑桔杨梅或吊瓜对叶蝉及蜘蛛类群数量和空间格局的影响·····	叶火香,崔 林,何迅民,等 (6019)
鼠尾藻生长与生殖的权衡·····	张树宝,唐永政,王志芳,等 (6027)
不同氮素水平下超高产夏玉米冠层的高光谱特征·····	陈国庆,齐文增,李 振,等 (6035)
近 100 年植被破坏侵蚀环境下土壤质量退化过程的定量评价 ·····	郑粉莉,张 锋,王 彬 (6044)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤养分的空间异质性·····	邱开阳,谢应忠,许冬梅,等 (6052)
CO ₂ 浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗膜脂过氧化及抗氧化系统的影响 ·····	李清明,刘彬彬,艾希珍 (6063)
小兴安岭阔叶红松林粗木质残体空间分布的点格局分析·····	刘妍妍,金光泽 (6072)
光照对鄂东南 2 种落叶阔叶树种幼苗生长、光合特性和生物量分配的影响 ·····	杨 莹,王传华,刘艳红 (6082)
不同耕作和覆盖方式对紫色丘陵区坡耕地水土及养分流失的影响·····	林超文,罗春燕,庞良玉,等 (6091)
黄土残塬沟壑区流域次生植被物种分布的地形响应·····	王盛萍,张志强,张建军,等 (6102)
农村土地经营权流转对区域景观的影响——以北京市昌平区为例·····	刘 同,李 红,孙丹峰,等 (6113)
基于农户响应的北方农牧交错带生态改善策略·····	徐建英,柳文华,常 静,等 (6126)
滨岸不同植物配置模式的根系空间分布特征·····	仲启铖,杜 钦,张 超,等 (6135)
三江平原小叶章湿地剖面土壤微生物活性特征·····	杨桂生,宋长春,宋艳宇,等 (6146)
不同水分处理对湿地松幼苗生长与根部次生代谢物含量的影响·····	李昌晓,魏 虹,吕 茜,等 (6154)
生活污水慢渗生态处理对土壤及杨树生长的影响·····	白保勋,杨海青,樊 巍,等 (6163)
玉米连作及其施肥对土壤微生物群落功能多样性的影响·····	时 鹏,高 强,王淑平,等 (6173)
茶园 4 种半翅目主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	周夏芝,毕守东,柯胜兵,等 (6183)
采煤塌陷地不同施肥处理对土壤微生物群落结构的影响·····	李金岚,洪坚平,谢英荷,等 (6193)
典型区域果园表层土壤 5 种重金属累积特征·····	杨世琦,刘国强,张爱平,等 (6201)
工业园区氮代谢——以江苏宜兴经济开发区为例·····	武娟妮,石 磊 (6208)
公路绿化带对路旁土壤重金属污染格局的影响及防护效应——以山西省主要公路为例·····	王 慧,郭晋平,张芸香,等 (6218)
奥运期间北京 PM _{2.5} 、NO _x 、CO 的动态特征及影响因素 ·····	曾 静,廖晓兰,任玉芬,等 (6227)
新疆绿洲农田土壤-棉花系统 9 种矿质元素生物循环特征 ·····	韩春丽,刘 娟,张旺锋,等 (6234)
甘肃省黄土高原旱作玉米水分适宜性评估·····	姚小英,蒲金涌,姚茹莘,等 (6242)
基于粪便 DNA 的马鹿种群数量和性比 ·····	田新民,张明海 (6249)
专论与综述	
水生态功能分区研究中的基本问题·····	唐 涛,蔡庆华 (6255)
土壤水分遥感监测研究进展·····	杨 涛,官辉力,李小娟,等 (6264)
中国北方气候暖干化对粮食作物的影响及应对措施·····	邓振镛,王 强,张 强,等 (6278)
问题讨论	
城市物质流分析框架及其指标体系构建·····	陈 波,杨建新,石 焱,等 (6289)
研究简报	
湖南会同不同退耕还林模式初期碳密度、碳贮量及其空间分布特征 ·····	田大伦,尹刚强,方 晰,等 (6297)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 32 * 2010-11

鼠尾藻生长与生殖的权衡

张树宝, 唐永政, 王志芳, 鲁志成, 初少华, 张全胜*

(烟台大学海洋学院, 山东烟台 264005)

摘要: 2009年7月初至2009年9月中旬对烟台长岛县望福礁附近水域鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)进行了生态学调查。实验设立固定采样地点通过随机采样以及现场标记测量的方法观测了鼠尾藻的生长与生殖情况。结果表明:(1)鼠尾藻生殖始于7月初,8月初为高峰期,此间87%的藻体产生生殖托;(2)藻体长度对成熟比例和生殖力均有显著的影响,藻体成熟具有大小依赖性;(3)营养组织生物量大的鼠尾藻群体生殖组织生物量也相对较大,生殖期间营养组织生长和生殖组织生长呈异速关系;(4)成熟藻体在有性生殖高峰期过后,生长率下降,而始终未成熟的藻体则持续生长(生长率>0)。以上结果表明,在鼠尾藻的生活史中存在着生长与生殖的权衡。

关键词: 鼠尾藻; 权衡; 生殖; 大小依赖; 生长

Trade-off between growth and reproduction of *Sargassum thunbergii*

ZHANG Shubao, TANG Yongzheng, WANG Zhifang, LU Zhicheng, CHU Shaohua, ZHANG Quansheng*

Ocean School, Yantai University, Yantai 264005, China

Abstract: *Sargassum thunbergii* is a characteristic plant in the rocky intertidal zone along the coast of China, Japan and Korea. This alga plays important roles in the maintenance of a healthy coastal ecosystem due to its large biomass and high productivity. Market demand for this alga is growing because of its high economic value in nutrition, pharmacy and aquaculture. Recently, the cultivation of *Stichopus japonicus* is rapidly developing in China. As its irreplaceable feed, utilization of *S. thunbergii* has been increasing, which has resulted in the severely damage of natural resources along the coast of China. Large-scale culture of this alga is the ultimate way for the conservation and sustainable utilization of the resource. Based on an ecological demography conducted from July 2009 to September 2009 in Wangfu Reef, Changdao, Yantai, the resource allocation trade-off between growth and reproduction of *S. thunbergii* was investigated. Three permanent quadrats at the same depth were set up, of which all thalli in a plot of 30 cm × 30 cm was sampled once a week. Thalli inside the quadrats were randomly removed, bagged, and carried to the laboratory to estimate the relationships between maturation and the length, and the relationships between vegetative and reproductive tissue biomass. At the same time, thirty fertile and thirty sterile thalli were selected to investigate the effects of maturity on growth status, using repeated measures ANOVA. The results showed the following. Reproduction initiated at the beginning of July and peaked at the beginning of August (87% fertile thalli). The percentage of fertile thalli exhibited a statistically significant temporal variation. The population investigated in present study is markedly different from those growing on the coast of Pingtan Island, which results from the differences of photoperiod and seawater temperature. Temperature is the critical factor which induced *S. thunbergii* to translate from vegetative growth to reproduction. During reproduction period, the percentage of fertile individuals had a significant hierarchical variation, and the length of thalli played very important roles in the percentage of fertile thalli and reproduction effort. Thalli must achieve a critical size before maturation. This suggested the maturation was size-dependent. One underlying assumption in life-history theory is that the trade-off between growth and reproduction can explain this phenomenon: larger plants may take in more resources than smaller ones, which can generate

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31070376); 山东省攻关计划(2009GG10005008)

收稿日期: 2010-01-30; **修订日期:** 2010-05-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangqs@ytu.edu.cn

a greater number of reproductive meristems per unit of vegetative biomass. At the peak of fertility, the individuals with greater vegetative biomass were characterized by higher reproductive output, but the different increment speeds between vegetative and reproductive tissue biomass were found. The energy accumulation and growth center varied with growth period indicating that the reproduction meristems growth relies on vegetative tissue and there is a trade-off between reproduction and vegetative growth. Because of partition of resource, senescence and rupture, after the peak of fertility, fertile thalli showed a pronounced negative growth rate while sterile individuals still exhibited a positive growth rate. These results indicate that a trade-off between growth and reproduction exists in the population of *S. thunbergii*. This life history trait is the result of adjusting to the stressful conditions of intertidal habitats.

Key Words: *Sargassum thunbergii*; trade-off; reproduction; size-dependence; growth

植物生长的基本活动就是从环境中获取资源、利用资源,并对资源进行配置。资源分配是指植物将同化的资源分配于不同功能器官的比例^[1]。生活史理论认为,可供植物生长的资源是有限的,相对立的功能器官之间会竞争这些资源^[2]。在资源一定的情况下,对某器官投入的增加,必然导致对另一器官投入的减少,即权衡。因此,植物生长发育的过程,也就是不断优化自身的资源分配(尤其是营养与繁殖生长之间的资源分配)来提高适合度以适应环境变化的过程^[3-4]。故资源分配模式在很大程度上反映了植物的生态适应对策^[5]。权衡关系在高等植物中研究的较多,它普遍存在于同一构件的数量和大小之间,即 $N \propto E/S$ (E 为可供生产的能量或资源, S 为投入到每个子代的能量或资源, N 为子代的个体数)^[6],个体水平上重复生产结构的数量与大小之间的权衡关系在花序生产、花生产、种子生产等研究中已得到证实^[7-9]。研究还表明,同一构件,如种子、花粉、花序的大小与数量间也存在着明显的权衡关系^[7,10]。

鼠尾藻 (*Sargassum thunbergii*), 隶属褐藻门 (Phaeophyta)、墨角藻目 (Fuciales)、马尾藻科 (Sargassaceae)、马尾藻属 (*Sargassum*), 为我国沿海常见的潮间带优势海藻^[11], 雌雄异株, 有性生殖和营养生殖共系。鼠尾藻含有丰富的褐藻多酚、多糖类活性物质, 因而具有较高的工业、营养和药用价值^[12-15]。近年来刺参 (*Apostichopus japonicus*) 养殖业发展迅速, 鼠尾藻被大量采收, 造成了许多地方物种资源的枯竭。因此, 开展鼠尾藻生态学研究对自然资源的保护以及人工开发利用都具有重要意义。

同陆地植物一样, 许多海藻也具有构件结构, 但是资源权衡问题在海藻中尤其是构件水平上的研究却远远落后于高等植物。海藻的生长、生殖和衰退的季节变换与有性生殖周期之间存在的密切关系, 被许多学者看作是资源的权衡, 即生长-生殖、生殖-生存的权衡^[16-17]。基于权衡理论, Dewreede 和 Klinger^[18]提出: (1) 机体只有获得一定的大小才能够生殖; (2) 由于资源的分割, 机体在生殖开始时生长下降或者是停止; (3) 机体在生殖过后可能会死亡。关于海藻生长和生殖资源权衡问题的研究非常有限。本文重点研究了鼠尾藻生殖的大小依赖性以及对藻体生长率的影响, 以期揭示鼠尾藻生长和生殖的资源分配规律, 了解其生态适应对策, 为鼠尾藻生态保护及人工开发利用提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料

定点调查样地位于山东烟台长岛县南北岛之间望福礁附近水域 (37°95'N; 120°73'E)。此处为岩礁质海岸, 无淡水注入, 水质良好。实验设立 3 个处于同一潮位水平的固定样地, 2009 年 7 月初, 在样地内根据藻体的成熟情况, 选定成熟和未成熟藻体各 30 株, 用编号标记, 由于每一个藻株都有特定的编号与其他藻株区分, 所以丢失的藻株在下次测量时可以用新标记的个体来代替。在整个实验过程中, 藻株丢失很少 (<5%); 同时于 2009 年 7 月至 2009 年 9 月鼠尾藻生殖期间, 在 3 个样地内远离标记植株的区域每周取样一次, 取样时用 30 cm × 30 cm 的方框随机选取小样方, 将小样方内的鼠尾藻带固着器完全铲下, 样品装进塑料袋带回实验室。

1.2 测定方法

1.2.1 成熟藻体的判断

有生殖托的视为成熟藻体,无生殖托为未成熟藻体。

1.2.2 鼠尾藻分株长度的测量

测量每个小样方内所有鼠尾藻分株以及样方中标记的鼠尾藻分株长度(从固着器到顶点)。

1.2.3 成熟藻体和未成熟藻体大小级分布

将每个小样方内所有鼠尾藻的分株长度分为 11 个长度级(5cm 区间),以描述成熟藻体和未成熟藻体长度的大小级分布。

1.2.4 生殖组织和营养组织生物量的测量方法

将每个小样方内所有鼠尾藻分株长度测量后,以固着器为单位,挑选出其中的成熟藻株,将生殖组织(即带有生殖托的侧枝部分)与营养组织(藻体除去带生殖托的侧枝以及固着器的剩余部分)分离,参照 McCourt^[19]的方法,分别放入烘箱,在 104℃ 条件下烘干 48 h,在分析天平上称其干重。

1.2.5 生殖力(reproduction effort)^[20]的计算

以固着器为单位,对于其中成熟个体,生殖组织的生物量占藻体总生物量(生殖组织 + 营养组织)的比例为生殖力。

1.2.6 样方中标记藻株生长率的计算

参照 De Ruyter van Steveninck、Breeman 和 Viejo、Åberg^[21-22]的方法,对样方中标记的藻株,采用绝对生长速率(absolute growth rate, *AGR*)和相对生长速率(relative growth rate, *RGR*)来评估藻体的生长。海藻两个连续生长时期的长度差异为绝对生长速率($t_1 - t_2$),相对速率采用下面公式计算: $RGR = [\ln(t_2) - \ln(t_1)] / [t_2 - t_1]$ 。

1.3 数据分析

采用 SPSS 统计分析软件,以时间和长度为自变量,生殖比例为因变量,进行两因素方差分析,验证生殖比例的时间变化和大小依赖性;采用重复测量方差分析判断藻体成熟情况对生长率的影响,藻体的成熟情况和时间作为自变量,生长率为因变量。以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 藻体成熟比例的时间变化

调查样地鼠尾藻 7 月初开始有性生殖,8 月初达到生殖高峰,有性生殖持续时间达 1 个月(图 1)。有性生殖期间,随着时间的推移,成熟比例逐渐上升,生殖高峰期有 87% 的藻体产生了生殖托,方差分析表明,时间变化对藻体成熟比例有显著影响(表 1)。在整个有性生殖期间,有少量的藻体始终未产生生殖托。

2.2 藻体成熟的大小依赖

生殖期间,在较大长度区间的植株中,成熟藻体所占的比例比较小长度区间中成熟藻体所占的比例高;生殖期间始终未产生生殖托(未成熟)的个体仅分布在较小的长度等级中;所有藻株中,长度小于 5cm 的个体在整个生殖期间均没有产生生殖托,而所有大于 35cm 的个体在生殖期间均产生了生殖托(图 2)。在生殖高峰期,生殖力与成熟藻体平均长度的对数存在着显著的正相关关系(相关系数, $R = 0.7491$, $P < 0.0001$),线性方程为 $y = -29.0411 + 64.5290x$ ($F = 60.1125$,

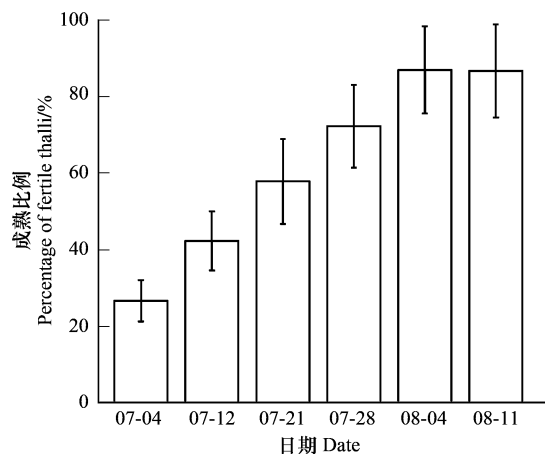


图 1 鼠尾藻成熟比例的时间变化

Fig. 1 Temporal variations in percentage of fertile thalli in *Sargassum thunbergii*

$P < 0.0001$), 其中 y 代表生殖力, x 代表固着器上成熟藻体平均长度的对数 (图 3)。方差分析表明生殖期间长度对藻体成熟比例的影响是显著的 (表 1)。这意味着长度的大小等级在鼠尾藻的生殖中扮演着重要角色, 鼠尾藻的成熟具有大小依赖性。

表 1 两因素方差分析分析时间和长度对成熟比例的影响

Table 1 Two-Way ANOVA of the effects of time and length on percentage of fertile thalli

误差来源 Source	自由度 df	均方 Mean square	F	P
时间 Time	3	0.024	7.958	<0.001
长度 Length	6	0.611	205.407	<0.001
误差 Error	18	0.003		
总数 Total	27			

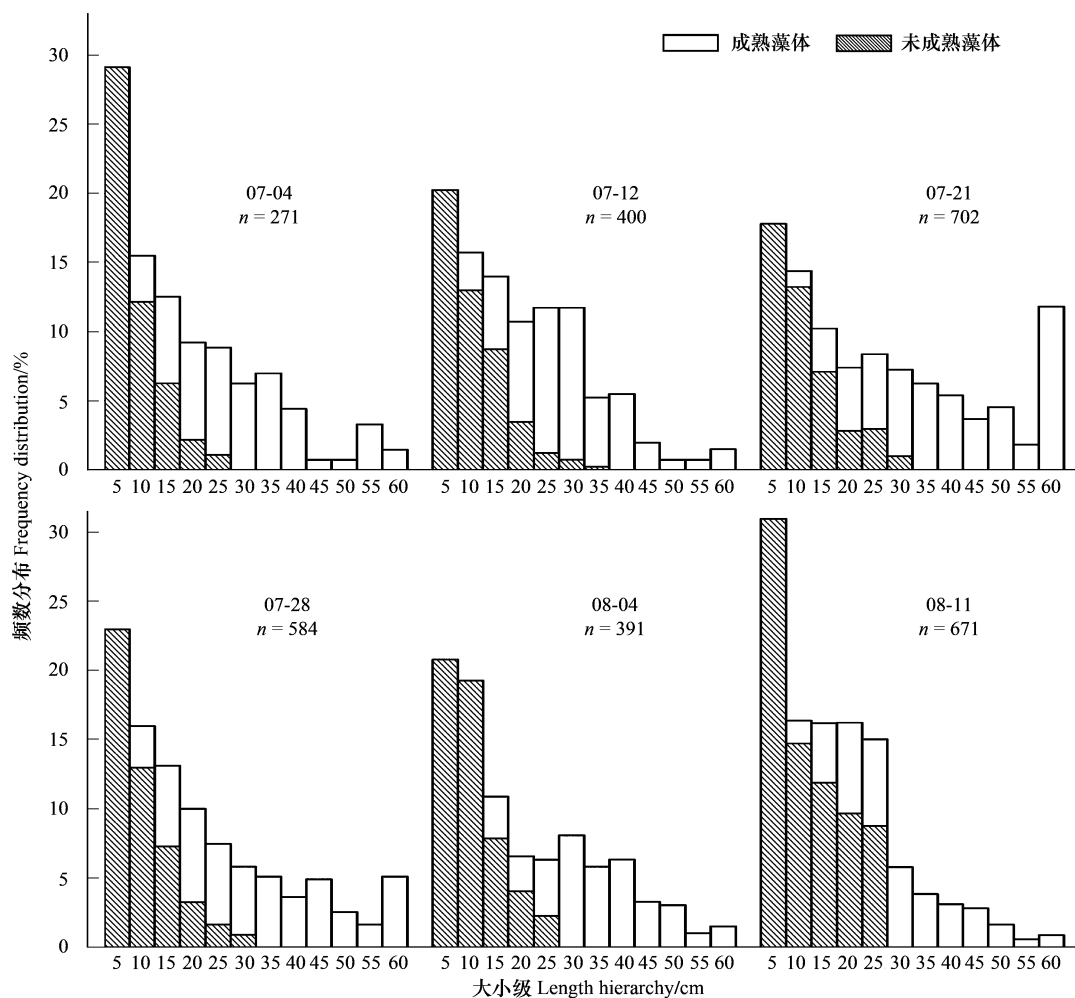


图 2 生殖期间鼠尾藻藻株长度的频数分布

Fig. 2 Frequency distributions of thalli length during reproduction period in *Sargassum thunbergii*

2.3 生殖组织生长与营养组织生长的关系

生殖高峰期, 生殖组织的生物量与营养组织的生物量呈显著的正相关 (图 4) ($R = 0.7921$, $P < 0.0001$), 线性关系为 $y = -1.2327 + 1.6835x$ ($F = 90.906$, $P < 0.0001$), 其中 y 代表生殖组织生物量, x 代表营养组织生物量。这表明营养生长旺盛的藻株生殖组织的发育也相对较好。图 5 折线的斜率反映了生殖期间, 营养组织和生殖组织的生长趋势, 从图中可以看出生殖期间, 鼠尾藻营养组织和生殖组织的生物量均有所增加, 但

生殖组织的增加速率明显高于营养组织的增加速率。

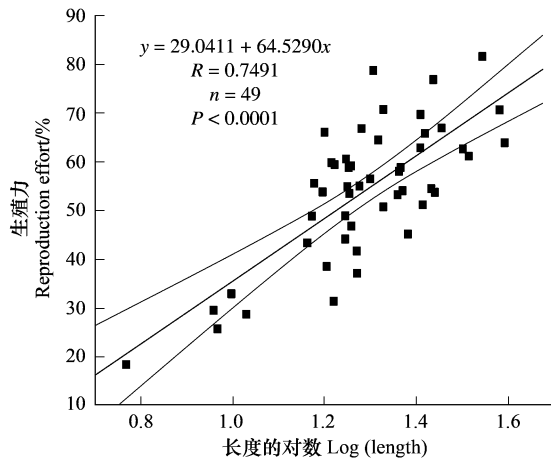


图3 生殖高峰期生殖力与成熟藻体平均长度的线性关系

Fig.3 Linear relationship between reproductive effort and mean length of fertile thalli at the peak reproduction

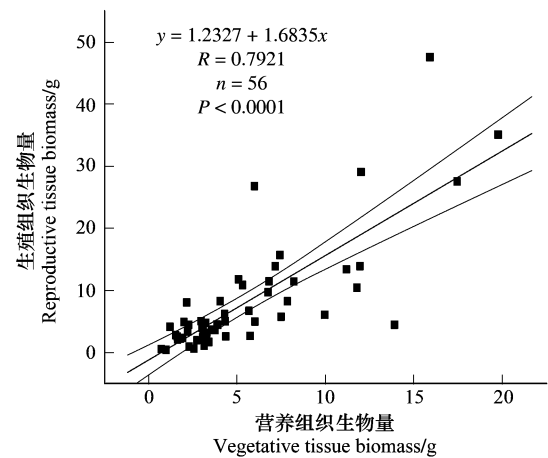


图4 生殖组织生物量与营养组织生物量的线性关系

Fig.4 Linear relationship between reproductive tissue biomass and vegetative tissue biomass

2.4 藻体成熟与否对生长的影响

从图6、图7中成熟藻体和未成熟藻体生长率曲线可以看出,在生殖高峰期(8月初)到来之前成熟藻体和未成熟藻体均表现出一定的生长(由图可见8月初之前藻体的相对生长率和绝对生长率均 >0),在生殖高峰期过后,成熟藻体和未成熟藻体的生长率都表现出下降趋势,但未成熟藻体始终处于生长状态(整个过程中,生长率始终 >0),而成熟藻体则表现出急剧的衰退现象(8月初生殖高峰期过后,生长率 <0),这暗示了藻体成熟与否对生长率可能具有影响。重复测量方差分析表明:成熟与否对藻株的绝对生长率和相对生长率均有显著的影响($AGR: F = 37.330, P < 0.01$; $RGR: F = 24.576, P < 0.01$)。

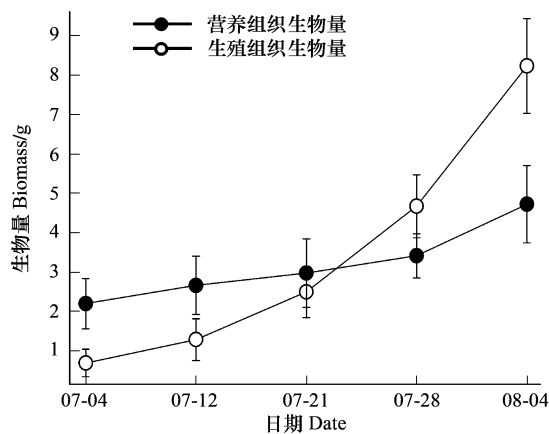


图5 生殖组织生物量与营养组织生物量的增长速率(平均值 $\pm$ 标准差)

Fig.5 Growth rates of reproductive tissue biomass and vegetative tissue biomass (mean $\pm$ SD)

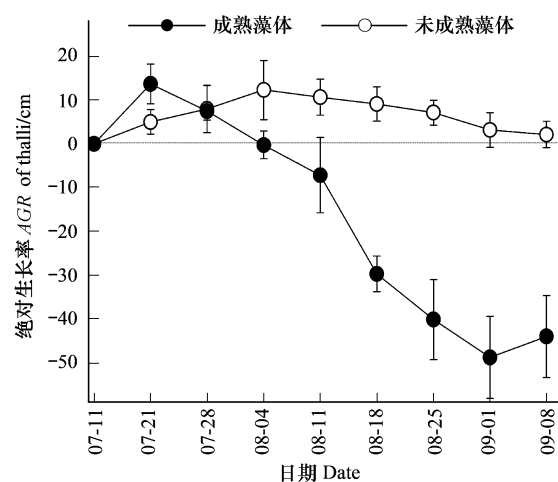


图6 藻体的平均绝对生长率(平均值 $\pm$ 标准差)

Fig.6 Mean AGR of thalli (mean $\pm$ SD)

3 讨论

资源分配是生活史问题的重要方面,是指个体把资源进行分割,在不同器官间进行分配,以满足生长、维持和生殖的需要^[23]。资源分配理论指出:植物能够利用的资源是有限的,对其中一个过程的分配是以牺牲另

一个过程的投资为代价的^[24]。生殖活动在资源分配中处于中心地位,生殖期间,植物对生殖活动投入的资源增加,对营养组织的投入就相对减少,进而会影响个体的生长和存活。植物的不同器官之间必须权衡这些有限的资源,最常用的关于权衡的研究多集中在生长和成熟的适合度以及成熟和衰退的相关性方面^[3-5]。

许多研究已表明繁殖分配具有大小依赖性^[16-18]。Weiner^[25]认为植物必须生长到一定的大小才会繁殖,即能够繁殖的植物个体大小有一个阈值。本研究表明,鼠尾藻的成熟比例具有显著的大小依赖性,生殖力与藻体长度呈现显著的正相关,支持 Weiner^[25]的理论。关于生殖的大小依赖性在其他褐藻中也有报道,例如瑞典西北部的球形褐藻(*Ascophyllum nodosum*)^[26],西班牙北部的海黍子(*Sargassum muticum*)^[27]和中国汕头的羊栖菜(*Hizikia fusiformis*)^[28]。然而,对于那些1a进行多次有性繁殖的种类,如:*Fucus distichus*; *Turbinaria triquetra*却没有发现成熟的大小依赖性^[16,29]。原因可能是,生殖时间贯穿全年和生殖时期较长的海藻,藻体大小对生殖比例的影响会因发育的差异而减弱^[16]。相反,生殖不连续的海藻,生殖分配的大小依赖性则较为明显。生活史理论指出:资源的有效性、竞争和遗传差异是造成种群个体大小差异的主要原因,并产生繁殖分配强烈的大小依赖性;而这种依赖性归因于内在影响即资源获取和繁殖分配在植株内的生理权衡。生殖的大小依赖性植物本身的一种资源调节机制,因为个体大小对生殖、营养资源的分配存在塑造作用^[5],生殖活动的进行需要消耗大量的资源,长度较大的藻株在资源分配和生物量的占有上相对于长度较小的藻株有一定的优势。所以藻体在生殖之前必须达到足够的长度以储备足够的资源来支撑即将来临的生殖时期,这可能是藻体为了达到最大的繁殖输出而形成的生态适应对策。

鼠尾藻的生物学和生态学国内外均有报道^[30-32]。本文调查发现,鼠尾藻生殖始于7月初,8月初达到高峰期,与曾怡报道的生殖周期存在明显的地区差异^[31]。导致这种现象的直接原因被认为是光周期、温度等因素的影响,其中温度是调控植物由营养生长向生殖生长转换的最主要因子^[33]。从权衡理论的角度也可以解释该差异:本研究结果表明,鼠尾藻必须获得一定的大小才能够生殖,不同纬度地区,由于温度的差异,藻体生长状况不同,使得藻体达到生殖的大小阈值所需要的时间有先后,高纬度地区藻体达到阈值的时间相对较晚,因而出现了生殖周期的地区差异。

资源分配在植物器官之间普遍存在着权衡关系^[3],除生殖的大小依赖外,生殖组织和营养组织之间对资源的占有也存在着权衡。已有研究表明,某些植物的繁殖输出随营养器官生物量的增加而增加^[4,25,34],鼠尾藻也属于这种情况。对此可能的解释是:营养器官的生长使藻体截获资源的能力增强,可以为生殖托的充分发育提供足够的资源;同时,大量生长状况较好的侧枝也可以为生殖托的着床提供物质基础。生殖生长对营养生长的这种正相关性从另一个侧面也反映了植物在资源摄取方面“源”与“库”之间的协调关系,即作为“库”的生殖组织对作为“源”的营养组织的依赖性。实验结果还表明,生殖过程开始后,生殖生长对营养生长产生了胁迫作用,生殖组织对能量的占有强度显著高于营养组织,因而导致了生殖生长和营养生长的异速现象,生殖生长的速率明显高于营养生长的速率。这证明了鼠尾藻的生长和生殖在资源分配上存在着权衡。

关于海藻在生殖高峰过后生长终止的现象已有所报道^[26,28]。本研究发现:生殖高峰期过后,成熟藻体的相对生长率和绝对生长率均明显低于未成熟藻体,此时能够持续生长的大多是未成熟藻体,成熟藻体则表现出一定程度的脱落。权衡理论指出:一个有限的资源库,对繁殖活动投入加大,对营养活动的投入必然会减少,进而影响个体的存活和生长。在生殖期间,成熟藻体所吸收的资源产生了分割,一部分用于营养器官的生

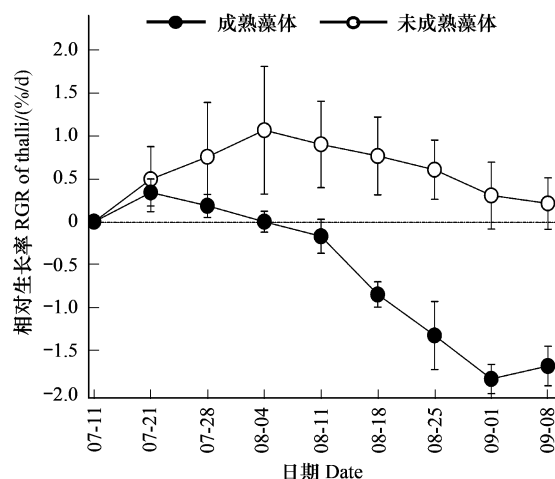


图7 藻体的平均相对生长率(平均值±标准差)

Fig. 7 Mean RGR of thalli (mean ± SD)

长,而绝大部分用于生殖器官的生长;而始终未产生生殖器官的个体,所吸收的资源则全部用于自身的营养生长,这就使成熟藻体和未成熟藻体的生长率产生了明显差异。进一步证明了生长和生殖在资源分配上存在着权衡。然而,在对一些多年生的草本植物,如 *Calathea ovandensis* 的研究中并没有发现生殖与生长之间的权衡关系^[35],原因可能是这些植物的生长和生殖分别受限于不同的资源,二者对资源的占有不存在竞争;其次,环境异质性以及植物在资源获取能力上的遗传变异也可能会掩盖生长和繁殖之间的权衡。

本研究结果表明了在鼠尾藻中存在着生长与生殖的权衡。这种权衡可能是其在潮间带特殊的环境压力下长期适应的结果,是种群获得最大生殖力的一种生活史对策,对于种群拓殖新生境以及保持遗传多样性有重要意义。但是资源分配除了受个体大小依赖、器官间权衡等个体特征的影响外,还受到种内竞争等生物学和生境条件以及空间异质性^[5,34]等非生物学因素的制约或影响;同时,在个体水平上,植物为了提高对环境的适合度,在生殖和生存之间以及有性生殖和无性生殖之间也存在着权衡关系^[18,36]。因此,关于鼠尾藻群体中存在的资源权衡问题,尚需进一步的研究。

References:

- [1] Zhang D Y. Researches on Theoretical Ecology. Beijing: China Higher Education Press, 2000: 32-41.
- [2] Charnov E L. The Theory of Sex Allocation. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1988: 202-216.
- [3] Bazzaz F A, Chiariello N R, Coley P D, Pitelka L F. Allocating resources to reproduction and defense. *BioScience*, 1987, 37(1): 58-67.
- [4] Yao H, Tan D Y. Size-dependent reproductive output and life-history strategies in four ephemeral species of *Trigonella*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(6): 954-960.
- [5] Liu Z J, Du G Z, Chen J K. Size-dependent reproductive allocation of *Ligularia virgaurea* in different habitats. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(1): 44-50.
- [6] Smith C C, Fretwell S D. The optimal balance between the size and number of offspring. *The American Naturalist*, 1974, 108(962): 499-506.
- [7] Worley A C, Barrett S C H. Evolution of floral display in *Eichhornia paniculata* (Pontederiaceae): genetic correlations between flower size and number. *Journal of Evolutionary Biology*, 2001, 14(3): 469-481.
- [8] Tomimatsu H, Ohara M. Evolution of hierarchical floral resource allocation associated with mating system in an animal-pollinated hermaphroditic herb, *Trillium camtschaticense* (Trilliaceae). *American Journal of Botany*, 2006, 93(1): 134-141.
- [9] Simons A M, Johnston M O. Variation in seed traits of *Lobelia inflata* (Campanulaceae): sources and fitness consequences. *American Journal of Botany*, 2000, 87(1): 124-132.
- [10] Mehlman D W. Seed size and seed packaging variation in *Baptisia lanceolata* (Fabaceae). *American Journal of Botany*, 1993, 80(7): 735-742.
- [11] Zeng C K. Seaweeds in Yellow Sea and Bohai Sea of China. Beijing: Science Press, 2009: 363-372.
- [12] Hang Y L, Zheng T L. Studies on polysaccharides from marine organism, a review. *Marine Sciences*, 2004, 28(4): 58-61.
- [13] Zhang E X, Yu L J, Fan Y H. Studies on physiological activity and biochemical characters of alcohol extracts from *Sargassum thunbergii*. *Pharmaceutical Biotechnology*, 1994, 1(1): 30-34.
- [14] Park P J, Heo S J, Park E J, Kim S K, Byun H G, Jeon B T, Jeon Y J. Reactive oxygen scavenging effect of enzymatic extracts from *Sargassum thunbergii*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2005, 53(17): 6666-6672.
- [15] Wei Y X, Li J, Zhao A Y, Wang C Y, Yu S G, Cong P J. Preliminary studies on the preparation of polysaccharide from *Sargassum thunbergii* Kuntze (PST) and its anticoagulation activity. *Chinese Journal of Marine Drugs*, 2006, 25(2): 41-44.
- [16] Ang P O Jr. Cost of reproduction in *Fucus distichus*. *Marine Ecology Progress Series*, 1992, 89(1): 25-35.
- [17] Gillespie R D, Critchley A T. Reproductive allocation and strategy of *Sargassum elegans* suhr and *Sargassum incisifolium* (Turner) C. Agardh from Reunion Rocks, KwaZulu-Natal, South Africa. *Botanica Marina*, 2001, 44(3): 231-235.
- [18] De Wreede R E, Klinger T. Reproductive strategies in algae//Doust J L, Doust L L. *Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies*. New York: Oxford University Press, 1988: 267-284.
- [19] McCourt R M. Reproductive biomass allocation in three *Sargassum* species. *Oecologia*, 1985, 67(1): 113-117.
- [20] Reekie E G, Bazzaz F A. Reproductive effort in plants. 1. Carbon allocation to reproduction. *The American Naturalist*, 1987, 129(6): 876-896.
- [21] De Ruyter van Steveninck E D, Breeman A M. Population dynamics of a tropical intertidal and deep water population of *Sargassum polyceratum* (Phaeophyceae). *Aquatic Botany*, 1987, 29(2): 139-156.
- [22] Viejo R M, Åberg P. Effects of density on the vital rates of a modular seaweed. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, 221: 105-115.

- [23] Sharma N, Koul A K, Kaul V. Pattern of resource allocation of six *plantago* species with different breeding systems. *Journal of Plant Research*, 1999, 112(1): 1-5.
- [24] Arizaga S A, Ezcurra E. Propagation mechanisms in *Agave macroacantha* (Agavaceae), a tropical arid-land succulent rosette. *American Journal of Botany*, 2002, 89(4): 632-641.
- [25] Weiner J. The influence of competition on plant reproduction//Doust J L, Doust L L. *Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies*. New York: Oxford University Press, 1988: 228-245.
- [26] Åberg P. Patterns of reproductive effort in the brown alga *Ascophyllum nodosum*. *Marine Ecology Progress Series*, 1996, 138(1/3): 199-207.
- [27] Arenas F, Fernández C. Ecology of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) on the north coast of Spain III. reproductive ecology. *Botanica Marina*, 1998, 41(1/6): 209-216.
- [28] Zou D H, Gao K S, Ruan Z X. Seasonal pattern of reproduction of *Hizikia fusiformis* (Sargassaceae, Phaeophyta) from Nanao Island, Shantou, China. *Journal of Applied Phycology*, 2006, 18(2): 195-201.
- [29] Ateweberhan M, Bruggemann J H, Breeman A M. Seasonal module dynamics of *Turbinaria triquetra* (Fucales, Phaeophyceae) in the southern Red Sea. *Journal of Phycology*, 2006, 42(5): 990-1001.
- [30] Deysher L E. Reproductive phenology of newly introduced populations of the brown alga, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Hydrobiologia*, 1984, 116-117(1): 403-407.
- [31] Zheng Y, Chen Z H. The seasonal growth and reproduction of *Sargassum thunbergii* (Pheophyta) in Pingtan Island, Fujian Province. *Journal of Fujian Normal University*, 1993, 9(1): 81-85.
- [32] Wang Z F, Zhang Q S, Pan J H. Seasonal variation of population structure in *Sargassum thunbergii*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(6): 992-998.
- [33] Wang L L, Pang J L, Hu J Q, Liang H M. Effect of temperature on flowering. *Chinese Bulletin of Botany*, 2002, 19(2): 176-183.
- [34] Li F R, Zhang A S, Duan S S, Kang L F. Patterns of reproductive allocation in *Artemisia halodendron* inhabiting two contrasting habitats. *Acta Oecologica*, 2005, 28(1): 57-64.
- [35] Horvitz C C, Schemske D W. Demographic cost of reproduction in a neotropical herb: an experimental field study. *Ecology*, 1988, 69(6): 1741-1745.
- [36] Zhang Y F, Zhang D Y. Asexual and sexual reproductive strategies in clonal plants. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(1): 174-183.

参考文献:

- [1] 张大勇. 理论生态学研究. 北京: 高等教育出版社, 2000: 32-41.
- [4] 姚红, 谭敦炎. 胡卢巴属 4 种短命植物个体大小依赖的繁殖输出与生活史对策. *植物生态学报*, 2005, 29(6): 954-960.
- [5] 刘左军, 杜国祯, 陈家宽. 不同生境下黄帚橐吾 (*Ligularia virgaurea*) 个体大小依赖的繁殖分配. *植物生态学报*, 2002, 26(1): 44-50.
- [11] 曾呈奎. 中国黄渤海海藻. 北京: 科学出版社, 2009: 363-372.
- [12] 黄益丽, 郑天凌. 海洋生物活性多糖的研究现状与展望. *海洋科学*, 2004, 28(4): 58-61.
- [13] 张尔贤, 俞丽君, 范益华. 鼠尾藻醇提取物的生理活性和若干生化性质研究. *药物生物技术*, 1994, 1(1): 30-34.
- [15] 魏玉西, 李敬, 赵爱云, 王长云, 于曙光, 丛培江. 鼠尾藻多糖的制备及其抗凝血活性的初步研究. *中国海洋药物研究*, 2006, 25(2): 41-44.
- [31] 郑怡, 陈灼华. 鼠尾藻生长和生殖季节的研究. *福建师范大学学报*, 1993, 9(1): 81-85.
- [32] 王志芳, 张全胜, 潘金华. 烟台芦洋湾鼠尾藻种群生物量结构的季节变化. *中国水产科学*, 2008, 15(6): 992-998.
- [33] 王利琳, 庞基良, 胡江琴, 梁海曼. 温度对植物成花的影响. *植物学通报*, 2002, 19(2): 176-183.
- [36] 张玉芬, 张大勇. 克隆植物的无性与有性繁殖对策. *植物生态学报*, 2006, 30(1): 174-183.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 22 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 22 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元