

硃洲马尾藻的繁殖特性及体长生物量的季节变动

谢恩义*, 贾 桢, 陈秀丽, 杨 彬

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 广东特产的硃洲马尾藻是一种具有食用、药用价值的大型褐藻, 有望开发成人工育苗栽培的新种类。2009年7月至2010年6月, 原生态定点观察周年各月其体长和生物量等季节变动情况, 结果发现, 藻体假多年生, 异株、异托。8—10月为体止期, 11月至翌年4月中旬为生长期, 4月中旬至6月初是繁殖期, 6月初至7月底为衰老期。自然种群的繁衍和维持以假根再生为主, 有性繁殖为辅。假根周年各月均可再生小苗, 拔除假根, 严重破坏种群繁衍, 保留假根的剪收可以使第二年相同面积、同一时间的同种藻体的现存生物量明显增加。分布在水深2 m以内, 宽5~10 m的潮间带岩礁上, 11月开始加速生长, 到5月上旬藻体长度生长达到最大值, 原生态藻体的生物量表现出明显的季节变化, 基本上与体长生长保持同步增长, 最大生物量可达1 280 g/m², 最大单株藻体长1.73 m, 最大单株质量可达250 g。

关键词: 硃洲马尾藻; 繁殖习性; 生物量; 生长; 季节变动

中图分类号: S 968.4

文献标志码: A

硃洲马尾藻(*Sargassum naozhouense* Tseng et Lu)是广东特有种, 最长可达170 cm以上, 分布于硃洲岛和雷州半岛等地, 隶属于褐藻门(Phaeophyta)、圆子纲(Cyclosporeae)、墨角藻目(Fucales)、马尾藻科(Sargassaceae)、马尾藻属(*Sargassum*)^[1]。高潮时生长在水深2 m以内, 大潮低潮时露出水面, 呈宽5~10 m与海岸线平行的带型分布, 是同一生境马尾藻属中潮位分布较高的一种。渔民称之为“黑菜”, 每年大量采集食用, 据说有清火、解喉毒和利尿等功效。通过营养成分测定分析, 其具有较高的食用和保健药用价值^[2], 在南方高温海区具有商业化栽培前景。硃洲马尾藻除了在食品、医药、保健及化工等方面具有开发潜力外, 在海洋生态系统中有重要作用, 也是建设人工海藻场可选用的重要物种之一^[3]。针对目前野生马尾藻资源日益衰退的现状, 开展其繁殖生物学和繁殖生态学研究对其自然资源的保护以及人工综合利用具有重要的意义。

王志芳等^[4]和 KOH 等^[5]分别报道了鼠尾藻

(*Sargassum thunbergii*) 种群结构的季节变化。ANG^[6]报道了香港4种马尾藻的生长周期和物候学, 包括藻体生长和繁殖季节变动等。DEYSHER^[7]研究了海黍子(*Sargassum muticum*)的繁殖生物学及种群的季节变更。MCCOURT等^[8]认为马尾藻生物量分配于繁殖组织生殖托和假根的比例有种的差异, 表现出繁殖策略的不同。ZHANG等^[9]报道鼠尾藻成熟藻体的比例表现出明显的季节变化。YATSUYR等^[10]报道了日本5种马尾藻生物量的季节变化。本文报道了硃洲马尾藻的繁殖习性和体长生物量的季节变动, 将有助于人工育苗栽培和增殖等研究, 为其商业化栽培打下理论基础, 对人工藻场构建和应用研究均具有参考价值。

1 材料与方 法

2009年7月至2010年6月, 硃洲马尾藻每月样本采集及野外定点周年原生态观察选择位于徐闻南山自然礁石(20°13'842"N、110°6'730")上的

收稿日期:2011-01-05 修回日期:2011-04-20

资助项目:广东省科技厅项目(2009B091300086, 2010B080703022, 2010B020201015)

通讯作者:谢恩义, E-mail:xienny@163.com

藻体。实验期间海水水温为 19.6~31.9 °C,海水盐度为 24.8~31.3。测得的最高水温在 2009 年 8 月 20 日,最低水温在 2009 年 12 月 17 日。按海洋调查规范(GB/T 12763.6-2007)^[11]中大型底栖生物调查和潮间带生物调查方法进行,在有硃洲马尾藻分布的低潮带设 3 条相距 10 m 的断面,每个断面设置 2 个 25 cm×25 cm 的样方,所有样点用 GPS 定位,各月按 GPS 座标数据在相同样点取样,样框内所有的藻体都采集带回实验室,去除附着生物后再用沙滤海水冲洗干净,并测定长度和鲜重。用钢钉和水泥在选好有该种藻分布的固定礁石上作好监测标志,以便周年各月低潮观察时快速找到目标,每个月在低潮时拍照、描述记录、测定株数和藻体生长情况等,记录水温、盐度等生态因子。野外生态照片采用 SP-350 Olympus 数码相机拍摄。

每年 5 月用剪刀从藻体基部剪收藻体,用保留假根的采集方式,连续 3 年统计在同一地点的 3 块不同面积的乱石堆上藻体的产量。

应用 Statistica 6.0 数据处理统计软件进行统计分析和绘图,结果以平均值±标准偏差(mean±SD)表示,显著性比较采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)方法,显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 繁殖生物学

形态特征 硃洲马尾藻藻叶较厚,边缘为全缘,基部藻叶呈长披针形、线形,中肋不贯顶,上部的藻叶线形或丝状,没有中肋,藻体呈灰褐色,具圆盘状固着器,雌雄异体,形成生殖托(图 1)后可区分出雌雄藻体,直接从生殖托上长出藻叶或气囊,具有叶托混生的特点。

雌雄生殖托圆柱形,光滑或分叉,单个或 2~3 个连在一起呈总状排列,表面凸凹不平,生殖窝所在地方呈突出状态,雌生殖托(图 1-a)长圆锥状,前端尖细,雄生殖托(图 1-b)明显比雌托长而细,圆柱状,前端钝圆。

生活史 硃洲马尾藻生活周期可以划为体止期、生长期、繁殖期和衰老期。8—10 月为体止期(图 2-1,2):水温高,藻体长度和生物量全年最低,生长缓慢。11 月至翌年 4 月中旬为生长期(图 2-3~6):藻体加速生长,长度和生物

量增加迅速。4 月中旬至 6 月初是繁殖期(图 2-7):开始出现生殖托,并逐渐成熟,长度和生物量最大,4 月 25 日至 5 月 25 日为繁殖盛期。6 月初至 7 月底为衰老期(图 2-8):主侧枝腐烂脱落,长度和生物量较低。

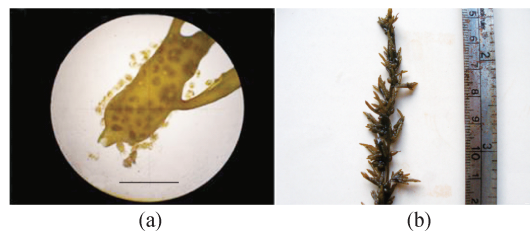


图 1 雌生殖托(带有受精卵或幼孢子体,标尺 1.25 mm)和雄生殖托
Fig. 1 A female receptacle (with fertilized eggs or embryos, scale bar 1.25 mm) and male receptacles in thallus

硃洲马尾藻藻体是二倍体的孢子体,单倍体的配子体阶段仅在产生配子时存在。其生活史可分为有性生殖阶段和无性生殖阶段。有性生殖:藻体为孢子体,产生精子囊和卵囊,囊内的母细胞通过减数分裂形成精子和卵,精子和卵结合为受精卵,萌发后形成新藻体。无性生殖:假根盘状,具有很强的再生能力,可再生出新的藻体。

有性繁殖特点 雄性生殖窝内形成椭圆形精子囊,精子囊母细胞第一次分裂为减数分裂,在囊内产生许多精子,精子很小,头部卵圆形,直径 2 μm,尾部长度 5~8 μm,具有前短后长的两条侧生鞭毛,能在水中快速游动,精子依靠鞭毛的摆动游向卵并与其结合。雄性生殖托上的生殖窝内分泌富含精子的粘液,精子从粘液中的排放是一个逐渐的过程,可以持续多天。雌生殖托发育成熟的时间和雌生殖托基本一致。

雌生殖托的形成从 4 月初开始至 5 月底结束,雌生殖托发育成熟到一定程度后,可见卵从生殖窝排出后依靠自身胶质膜的黏性粘附于托表。卵囊内的卵原细胞有 8 个细胞核,其中只有一个核有细胞质,发育成卵,其余 7 个核退化。卵子的受精是一个逐渐的过程,卵的受精可以发生在卵囊内,挂托的未受精卵仍可完成受精作用,受精卵的分裂开始于卵囊壁中。

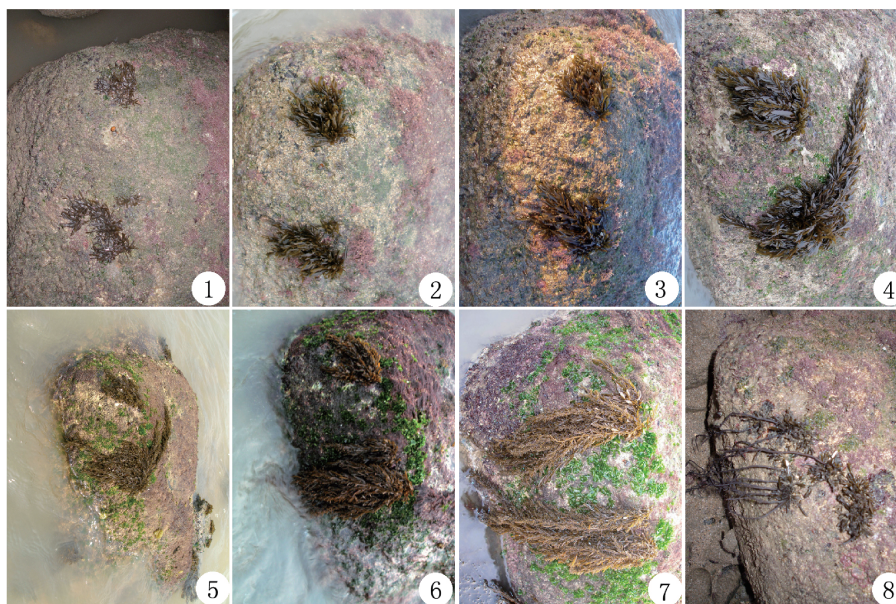


图2 原生态藻体的周年变化

1. 2009年8月20日; 2. 2009年10月22日; 3. 2009年11月7日; 4. 2010年12月17日; 5. 2010年2月26日; 6. 2010年4月2日; 7. 2010年5月1日; 8. 2010年7月23日。

Fig. 2 The anniversary variation of thalli in their natural habitat

1. Aug 28 2009; 2. Oct 22 2009; 3. Nov 7 2009; 4. Dec 17 2010; 5. Feb 26 2010; 6. Apr 2 2010; 7. May 1 2010; 8. July 23 2010.

野生硃洲马尾藻4月初从藻体中上部的生殖枝叶腋处开始形成生殖托。随着水温的升高,生殖托的生长发育加快,体积逐渐增大。繁殖盛期(4月25至5月25)生殖托发育成熟,雄托平均大小为 $0.83\text{ mm} \times 8.5\text{ mm}$,雌生殖托平均大小为 $0.97\text{ mm} \times 4.1\text{ mm}$,雌雄生殖窝孔大小相近,未排卵时为 $50 \sim 100\ \mu\text{m}$,排卵后孔径增大,最大可达 $250\ \mu\text{m}$ 。当雌、雄生殖托表面大部分的生殖窝孔已经扩大,就可见卵从生殖窝孔排出挂于生殖托基部。雌、雄生殖托均是自基部开始成熟,肉眼可见雌托最先在基部粘有少量受精卵,然后是中基部的生殖窝孔内卵子大量排放,生殖托顶端约有 $1/3$ 常光秃,未见挂卵。同一个生殖托上可见未受精卵、受精卵和不同发育阶段或细胞数目不等的多细胞胚体。挂卵的雌托为灰白色,生产上用这种挂卵的种藻采苗易于成功。6月初生殖托只有前端粘有少量的卵,中基部的生殖孔已经扩大并开始糜烂,6月中旬,全部生殖托已溃烂脱落,藻体生物量锐减。精卵排放最适水温为 $25 \sim 27\ ^\circ\text{C}$,可排放 $2 \sim 3$ 次,每次持续时间为 2 d ,主要在大潮汛期进行,采集野生种藻需在临近大潮汛前进行。

刚排出的卵圆形或椭圆形,黄褐色,大小平均

为 $120\ \mu\text{m} \times 125\ \mu\text{m}$,卵外有一层起附着作用厚 $10\ \mu\text{m}$ 的胶质膜,有较强的粘性,36 h后粘性逐渐减弱,易于从生殖托上脱落。未受精的卵子在排出后不久吸水膨胀而死亡,2~4 d后腐烂流失。

雄株每厘米生殖小枝平均有生殖托7个,每个生殖托平均有生殖窝42个。雌株每cm小枝平均有生殖托5个,每个生殖托平均有生殖窝28个,每个雌生殖托单次平均挂卵58个,则雌株每cm生殖小枝平均一次排卵数为290个。单个生殖托的首批卵子排放量取决于生殖托的大小,托大则排放量大。

无性繁殖特点 硃洲马尾藻的假根周年各月都会萌生再生苗,无性繁殖在维系自然种群繁衍方面占重要地位。2010年5月23日,把原生态已再生小苗的块状固着器进行室内常温(水温 $26.8 \sim 36\ ^\circ\text{C}$)培养,光照强度为 $32 \sim 48\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,假根培养实验表明,小苗在室内高温条件下,几乎没有生长,能耐受 $35\ ^\circ\text{C}$ 高温而存活,比成体 $27\ ^\circ\text{C}$ 时就开始腐烂死亡的水温提高了 $8\ ^\circ\text{C}$ 。假根比再生苗有更强的耐受高温的能力,在8月最高水温 $36\ ^\circ\text{C}$ 时,原生态再生的小苗逐渐死亡,继续培养至10月9日,当温度下降为 $29\ ^\circ\text{C}$,假根又可再生小苗。周年观察表明自然种群中假根再

生苗长大的藻体占90%左右,有性繁殖补充的藻体数量只占10%左右,因此硃洲马尾藻自然种群的繁衍是假根再生为主,有性繁殖为辅,假根再生在维系自然种群繁衍方面占重要地位。正是基于假根有较强的再生和耐高温能力,自然种群的维持就选择了以假根无性繁殖为主。

2.2 原生态藻体的体长、生物量和产量的变化

原生态藻体的体长生长变化 2009年7月至2010年6月,周年各月对徐闻南山自然礁石上原生态藻体调查所测定的体长生长变化结果如图3。

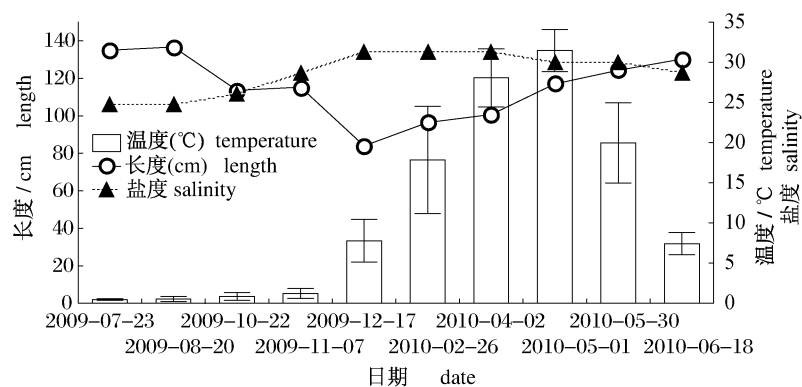


图3 2009年7月至2010年6月徐闻南山硃洲马尾藻原生态温度、盐度和平均长度的周年变化

Fig.3 Variations of water temperature, salinity and the mean length of *S. naozhouense* at habitat in Nanshan, Xuwen, from July 2009 to June 2010

图3表明水温高于26℃的7—10月硃洲马尾藻生长缓慢,当水温在每年的11月低于26℃时,硃洲马尾藻开始加速生长,从12月以后,藻体长度增加迅速,到5月上旬藻体长度生长达到最大值,平均长度达(134.8±11.2)cm,然后随着藻体的成熟繁殖,在生物量急剧减少的同时,藻体长度逐渐变短。从6月下旬开始,从次生茎到初生茎再到主茎,藻体依次变白腐烂,到最后只留下基部的盘状固着器。藻体腐烂的同时,假根就开始萌发出新的幼苗,经周年原生态观察,固着器周年各月均能不断萌发出新的幼小孢子体苗。周年内假根再生小苗相对集中期是藻体有性繁殖腐烂后的夏季,萌生后的小苗因6—10月高温(26~32℃),幼苗生长缓慢,由于自然海区流急浪大,附着生物较少,也不见植食性的蓝子鱼危害,大部分能渡过夏天。设3个温度段(<26℃, 26~29℃, >29℃)和3个盐度段(<27, 27~30, >30),单因素方差分析显示藻体长度生长与温度和盐度之间不存在显著性差异($P>0.05$),但与生长季节(春、夏、秋、冬)有显著性差异($P<0.05$)。

2009年12月17日,藻体平均长度达(33.3±11.4)cm时,大部分顶端光滑的椭圆气囊开始形成。生殖托的形成是从4月初开始至5月底结束,其间水温变化范围在23.5~29.3℃。4月25

至5月25是受精卵挂托繁殖的高峰期。

原生态藻体的生物量周年变化 徐闻南山为全日潮汐,8—10月晚上退潮,采集样本困难,这3个月的生物量没有统计。周年其余各月原生态藻体的生物量表现出明显的季节变化(图4),与体长生长保持同步增长,从水温低于26℃的11月开始,藻体生物量逐月增加,3月至5月,藻体因生长处于加速期,随着长度增加,分枝也增多,形成的气囊、生殖托等结构也不断增多,导致生物量增加显著,在繁殖盛期的5月达到最大值,平均为(654.7±121.2)g/m²,单个样方最大生物量可达1280g/m²,繁殖过后的6月生物量急剧减少,到7月达到最小值,平均生物量只有(12.8±5.4)g/m²。8月至10月因水温较高,藻体生长缓慢,藻体生物量较小,应介于7月和11月之间。生物量季节变化总的趋势是在高温结束之后和繁殖结束之前生物量不断增加,繁殖盛期达到最大后急剧减少,高温的夏秋季节生物量较小。单因素方差分析显示藻体生物量与温度和盐度之间不存在显著性差异($P>0.05$),但与生长季节有显著性差异($P<0.05$)。用统计分析软件线性回归同月份的藻体长度(X)和生物量(Y)得到回归方程: $Y = 4.6268X - 36.4670$ ($R^2 = 0.8196$, $F = 22.7150$, $P = 0.005$)。

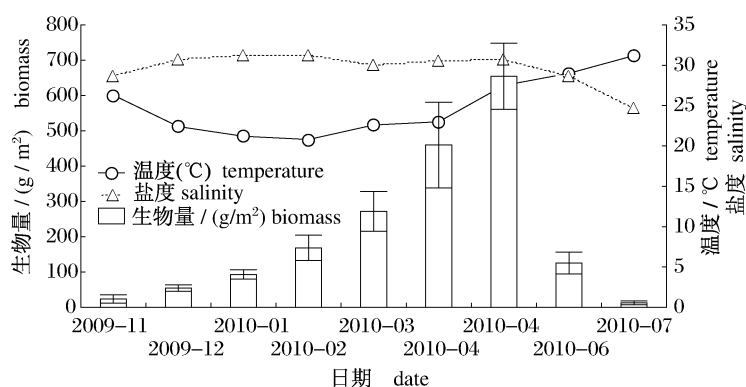


图4 2009年11月至2010年7月徐闻南山硃洲马尾藻原生态温度、盐度和生物量的季节变化

Fig. 4 Seasonal variability of water temperature, salinity and biomass of *S. naozhouense* recorded at habitat in Nanshan, Xuwen, from November 2009 to July 2010

原生态藻体产量的年度变化 徐闻南山有三块相互分开的在大潮期间露出水面的乱石堆,即采集站点1~3,2008—2010年每年的5月上旬用剪收的方法采集站点内所有的硃洲马尾藻藻

体,统计每年的藻体产量(表1)。

由表1发现,从藻体基部剪收藻体,在不破坏损失固着器的前提下,剪收可以使第二年相同面积、同一时间的同种藻体的现存生物量成倍增加。

表1 人工剪收原生态藻体增产效果

Tab. 1 The increase effect in yields of standing stock by cut harvest method kg, wet weight

	2008年5月 May 2008	2009年5月 May 2009	2010年5月 May 2010	增长率/% rate of increase
采集站点1 collecting location 1	-	58.7	91.5	155.9
采集站点2 collecting location 2	-	45.2	68.6	151.8
采集站点3 collecting location 3	62.1	97.5	170.3	157.0 (2009) 178.3 (2010)

3 讨论

马尾藻生活史中没有世代交替,二倍体的孢子体进行有性繁殖时产生单倍体的精子和卵,受精卵分裂后形成幼孢子体^[12],硃洲马尾藻的幼孢子体终年可见。硃洲马尾藻的生活周期可以划为体止期、生长期、繁殖期和衰老期,其生活史可划分为可同时进行的有性生殖阶段和无性生殖两个阶段。马尾藻基部的固着器是多年生,其萌生的藻体是一年生^[13]。硃洲马尾藻是“假多年生”海藻,具有主轴、初生茎、次生茎和侧枝的灌木状上部藻体是一年生,繁殖后不久则逐渐枯死消失,藻体基部的固着器是多年生的。鼠尾藻假根再生可周年发生^[4],硃洲马尾藻周年各月在适宜条件下均可萌发出新的幼孢子体。

如其它大型海藻一样^[6,14-15],硃洲马尾藻藻体的生长和生物量的季节变动基本保持一致。其生长与羊栖菜^[16]一样,从开始繁殖到繁殖高峰藻

体长度在继续增长,直到繁殖盛期时藻体长度生长停止。硃洲马尾藻的有性繁殖是不同步的,当一些停止生长的较大藻体成熟后,一些未成熟的较小藻体仍继续生长一些时间,除了从假根刚萌发不久的幼孢子体外,绝大部分长度很小的藻体在繁殖后期能形成生殖托参与种群繁殖。繁殖盛期是根据具有生殖托的藻体占种群的比例最大时确定的^[9],在每年5月,当水温升高至27℃以上时,硃洲马尾藻达繁殖高峰期。

马尾藻生长盛期和繁殖期在不同地方的变更主要受温度的影响^[6]。原生态调查发现,分布于不同地点的硃洲马尾藻繁殖开始的时间不一样,分布在徐闻的硃洲马尾藻比分布于硃洲岛的提早约半个月开始繁殖,即使分布在同一地点同一潮间带位置的不同马尾藻种开始繁殖的时间也是不一样的,这表明马尾藻繁殖的时间首先是由种的遗传特性决定。硃洲马尾藻在不同年度繁殖开始的时间稍有变动,温度是触动其开始繁殖的关键

因素, 作者认为如同 *S. muticum* 一样^[7], 达到度时乘积的累积积温阈值是引发其开始繁殖的机关。DE WREEDE^[17] 认为马尾藻幼孢子体最适存活温度决定了种群的繁殖季节。

硃洲马尾藻在采样点自然种群中是同生境所有马尾藻种类中分布潮位较高的一种, 样品采集时的潮高常在 1 m 左右, 高潮时常处在水深 2~3 m 的光照条件下, 耐高温, 在栽培时水温达 33.7 °C 也没有死亡, 较耐干旱, 高潮时烈日下露空时间在 4~6 h 不受影响。硃洲马尾藻在水温高于 26 °C 的 6—10 月生长极为缓慢, 生长较快的时期是 11 月初至翌年的 5 月底, 3—5 月由于气囊和生殖托的形成, 藻体生物量增加最为迅速。

正如孙修涛等^[18] 观察鼠尾藻一样, 温度、光照和干露等生态因子对硃洲马尾藻成熟有较大的影响。提高温度和光照强度, 可促使鼠尾藻^[19] 和羊栖菜^[20] 藻体提前成熟。光照较好、水流较缓的海岸带, 因水温易于提高, 因此藻体成熟较早, 潮间带分布上位干露时间长, 成熟放散反而晚, 离散性也较大; 水流通畅的岛礁或者水温较低的海区成熟最晚。硃洲马尾藻性成熟不同步现象还普遍存在于同一藻株枝条的前半段与后半段不同步, 一般表现为顶端率先成熟放散, 后半段经过 15 d 后才成熟; 同一藻株的同一生殖托也会出现前半段与后半段不同步现象, 基部先成熟放散, 7~15 d 左右中部和偏顶端再成熟, 这与羊栖菜藻体的卵子的排放是从生殖托的基部开始逐渐到中部, 顶端约 1/3 的生殖窝的卵子没有排放相同^[21]。

人工剪收原生态藻体增产效果明显, 作者认为主要原因是在繁殖期剪收藻体后, 假根较自然枯死更早再生萌发幼苗, 较早再生的幼苗在高温期到来之前有一段生长期, 对浮泥、附着物等不利条件有更好的耐受能力, 提高了生长速度和成活率, 另外可能的原因是剪收影响了有性繁殖补充自然种群苗源的数量, 种群通过增强假根的再生能力来弥补苗源的减少, 使得第二年的再生苗数量增加, 结果第二年采收的藻体产量显著增加, 剪收对利用、保护马尾藻自然资源十分有利。

参考文献:

[1] 曾呈奎, 陆保仁. 中国海藻志[M]. 第三卷(褐藻门), 第二册(墨角藻目). 北京: 科学出版社, 2000: 75-77.

- [2] 王博, 黄和, 熊皓平, 等. 硃洲马尾藻的营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(10): 195-197.
- [3] TERAWAKI T, YOSHIKAWA K, YOSHIDA G, et al. Ecology and restoration techniques for *Sargassum* beds in the Seto Inland Sea, Japan [J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 47: 198-201.
- [4] 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[J]. 中国水产科学, 2008, 15(6): 992-998.
- [5] KOH C H, KIM Y, KANG S G. Size distribution, growth and production of *Sargassum thunbergii* in an intertidal zone of Padori, west coast of Korea [J]. Hydrobiologia, 1993(1): 260-261, 207-214.
- [6] ANG P O. Phenology of *Sargassum* spp. in Tung Ping Chau Marine Park, Hong Kong SAR, China [J]. Journal of Applied Phycology, 2006(18): 629-636.
- [7] DEYSHER L E. Reproductive phenology of newly introduced populations of the brown alga, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt [J]. Hydrobiologia, 1984(116/117): 403-407.
- [8] MCCOURT R M. Reproductive biomass allocation in three *Sargassum* species [J]. Oecologia (Berlin), 1985, 67: 113-117.
- [9] ZHANG Q S, LI W, LIU S et al. Size-dependence of reproductive allocation of *Sargassum thunbergii* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Bohai Bay, China [J]. Aquatic Botany, 2009, 91: 194-198.
- [10] YATSUYA K, NISHIGAKI T, DOUKE A, et al. Seasonal changes in biomass of macrophytes stranded on Yoro Beach along a sargassacean forest in Wakasa Bay, Sea of Japan [J]. Fisheries Science, 2007, 73: 609-614.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763.6-2007 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 41-44, 48-51.
- [12] 曾呈奎, 张德瑞, 张峻甫, 等. 中国经济海藻志[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 77.
- [13] YOSHIDA T. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fucales) [J]. Journal of Faculty of Science Hokkaido University Series V (Bot.), 1983, 13: 99-246.
- [14] HWANG E K, PARK C S, BAEK J M. Artificial seed production and cultivation of the edible brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh: Developing a new species for seaweed cultivation in

- Korea [J]. Journal of Applied Phycology, 2006, 18: 251 - 257.
- [15] WONG C L, PHANG S M. Biomass production of two *Sargassum* species at Cape Rachado, Malaysia [J]. Hydrobiologia, 2004, 512: 79 - 88.
- [16] ZOU D H, GAO K S, RUAN Z X. Seasonal pattern of reproduction of *Hizikia fusiformis* (Sargassaceae, Phaeophyta) from Nanao Island, Shantou, China [J]. Journal of Applied Phycology, 2006, 18 (2): 195 - 201.
- [17] DE WREEDE R E. Growth in varying culture conditions of embryos of three Hawaiian species of *Sargassum* (Phaeophyta, Sargassaceae) [J]. Phycologia, 1978, 17: 23 - 31.
- [18] 孙修涛, 王飞久, 汪文俊. 基于有性繁殖的鼠尾藻规模化繁育试验 [J]. 渔业科学进展, 2010, 31 (3): 84 - 91.
- [19] 李美真, 丁刚, 詹冬梅, 等. 北方海区鼠尾藻大规格苗种提前育成技术 [J]. 渔业科学进展, 2009, 30 (5): 75 - 8.
- [20] PANG S J, LIU F, SHAN T F. Cultivation of the brown alga *Sargassum horneri*: sexual reproduction and seedling production in tank culture under reduced solar irradiance in ambient temperature [J]. Journal of Applied Phycology, 2009, 21: 413 - 422.
- [21] PANG S J, CHEN L T, ZHUANG D G, *et al.* . Cultivation of the brown alga *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura: Enhanced seedling production in tumbled culture [J]. Aquaculture, 2005, 245: 321 - 329.

Seasonal variation in length, biomass and reproductive property of *Sargassum naozhouense*

XIE En-yi^{*}, JIA Cheng, CHEN Xiu-li, YANG Bin

(Faculty of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: The brown macroalga *Sargassum naozhouense* is a native species of Guangdong Province, which has edible value, medicinal value and prospect to be exploited into a new cultivation species. Based on reproductive biology study from July 2009 to June 2010 in Xuwen, Zhanjiang, the seasonal variation of biomass and mean thallus length of *S. naozhouense* were investigated. *S. naozhouense* is a pseudo-permanent, dioecious species with dimorphism receptacles. The growth pattern of *S. naozhouense* may be divided into inactivity period (from August to October), growth period (from November to mid-April of next year), reproductive period (from mid-April to early-June) and senescence period (from early-June to late-July). The propagation and maintenance of field population was mainly based on regeneration seedlings of rhizoids that occurred every month in a year round, and the seedlings produced by sexual reproduction accounted for a quite low proportion. Removing holdfast suggested reducing population, but the same species' standing stock of the same area and same time increased markedly next year if it is harvested by cut method. The wild population is located on rock within 2 m depth, 5 – 10 m width of intertidal zone. After the early-November, thalli grew faster and faster and reached the largest length to early-May. Seasonal variations of length and biomass were very obvious and shared the same pattern. The highest biomass of a permanent quadrat is 1 280 g/m², the length of the maximum single plant can achieve 1.73 m, and the weight of the maximum single plant can be up to 250 g.

Key words: *Sargassum naozhouense*; reproductive property; biomass; growth; seasonal variation

Corresponding author: XIE En-yi. E-mail: xieenyi@163.com