

雷州马尾藻 *Sargassum leizhouense*(Fucales, Phaeophyta)形态结构及分类研究*

赵素芬¹ 孙会强² 刘东超¹

(1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524025; 2. 广东海洋大学实验教学部 湛江 524088)

摘要 本研究通过对产于雷州半岛的雷州马尾藻(*Sargassum leizhouense*)形态结构进行研究,结合形态解剖、分类学特征等观察,比较了与同类组中其他 3 种马尾藻的特征差异,澄清了其分类地位,并修改了雷州马尾藻的检索表。结果表明,雷州马尾藻属于马尾藻属、真马尾藻亚属、叶托混生组、拟叶托混生亚组;尽管雷州马尾藻与该组的瓦氏马尾藻(*S. vachellianum*)、鳞茎马尾藻(*S. bulbiferum*)及滑托组的亨氏马尾藻(*S. henslowianum*)形态有许多相似之处,但其与上述 3 种马尾藻的主要差异在于球芽及分裂叶的有无。本研究不仅修改了雷州马尾藻分类地位,也为将来开展该马尾藻的人工繁育及养殖、加工提供帮助。

关键词 雷州马尾藻; 形态; 结构; 分类

中图分类号 Q949.28 doi: 10.11693/hyhz20121028002

雷州马尾藻隶属于褐藻门(Phaeophyta),褐藻纲(Phaeophyceae),墨角藻目(Fucales),马尾藻科(Sargassaceae),马尾藻属(*Sargassum*)。马尾藻属最早由 Agardh(1820)建立。目前,该属大约有 1000 种(包括同物异名种),其中约 300 多种被公认(Mattio *et al.*, 2011; 赵素芬等, 2012)。Agardh(1848, 1889)根据藻体的叶片、气囊、生殖托等特征将该属分为 5 个亚属:叶枝亚属(*Phyllotrichia*)、裂叶亚属(*Schizophycus*)、反曲叶亚属(*Bactrophyucus*)、节叶亚属(*Arthrophyucus*)及真马尾藻亚属(*Sargassum*),其后该属的经典分类研究均是在此基础上修改并完善的。Womersley(1954)认为叶枝亚属(*Phyllotrichia*)和裂叶亚属(*Schizophycus*)的差异是分枝和气囊顶端小叶的发育程度,不足以作为亚属的划分标准,建议合并成叶枝亚属(*Phyllotrichia*)。曾呈奎等根据反曲叶亚属(*Bactrophyucus*)种类生殖托既有单性、又有复合体的特点,建议将其与节叶亚属(*Arthrophyucus*)合并(Tseng, 1985; 曾呈奎等, 2000)。目前,马尾藻属的分类主要

以叶枝亚属、反曲叶亚属、节叶亚属和真马尾藻亚属为参考依据。

由于富含膳食纤维、褐藻淀粉、矿物质和维生素等组分(王博等, 2010),马尾藻一直是藻胶、食品、医药和饲料等领域的重要原料(李来好等, 1997; 刘东超等, 2006a; Ye *et al.*, 2009)。近几年来,随着浅海马尾藻的过度采集,全球环境气候变化,以及潮间带海藻栖息环境的改变,导致马尾藻资源量急剧下降(Sun *et al.*, 2010),因此,大力开展马尾藻的人工繁育及增殖尤为迫切(刘东超等, 2006b; Xie *et al.*, 2013)。雷州马尾藻是雷州半岛潮间带常见的一种典型褐藻(曾呈奎等, 1959, 2000),由于该马尾藻藻体大,被用作鲍鱼饵料之一,并被大量采集作为饲料等工业原料,近五年其资源量明显减少(赵素芬等, 2006),因此,迫切需要开展该马尾藻的形态学研究、人工繁育及增殖工作,以改善浅海生态环境,构建藻场,为渔业资源的修复发挥重要作用。

本研究旨在通过海藻采集,结合藻体形态特征

* 广东省科技计划项目, 2009B080701048 号; 广东海洋大学引进人才科研启动费项目, 1112386 号。赵素芬, 副教授, E-mail: sufzhao@126.com

通讯作者: 刘东超, 副教授, E-mail: dongchaoliu696@hotmail.com

收稿日期: 2012-10-28, 收修改稿日期: 2013-01-24

观察及记录,对我国雷州马尾藻进行形态特征、内部结构定量描述,重新对该马尾藻形态特征与分类地位进行研究,为其他马尾藻分类提供方法借鉴,也为开展雷州马尾藻的人工繁育、养殖及加工利用提供基础。

1 材料与方法

1.1 材料

雷州马尾藻取自湛江徐闻北港(20°13.855'N, 110°6.725'E),在退潮时间隔 1—5m 随机采集 30—50 棵,生长繁盛期与生殖期藻体分别采自 2010 年 3 月和 2011 年 4 月。采集后的藻体可直接用于数据测定和显微观测,或者暂养保存。实验室暂养条件为:海水温度 20°C,海水盐度 33,光照强度 40—60 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光照周期 12L:12D,充气培养。

1.2 方法

1.2.1 外部形态观测 将完整的藻体平均分为 3 段,分别称基部、中部和顶端。肉眼观察并结合标尺测量,每组数据皆采用 30—50 个样本进行统计分析,主要记录马尾藻的藻体颜色,固着器、主干、初生分枝、次生分枝、叶片、生殖托和气囊等的形状与大小,分枝、生殖托和气囊的生长与分布特征,共计 20 多个指标。

1.2.2 内部结构观测 从生长藻体中随机取 10 棵,从其中取 30 个次生分枝,切下顶端 10cm 小段,进行徒手切片,用 L1100A 型生物电光显微镜观察藻体的内部结构;分别取 10 个发育早期(雌托长(2.71±0.70)mm,雄托长(3.68±1.21)mm)、中期(雌托长(4.57±0.80)mm,雄托长(6.64±1.85)mm)和晚期(雌托长(5.78±1.27)mm,雄托长(15.71±4.62)mm)的雌、雄生殖托序,从中分别取 30—50 个生殖托,进行切片,然后在光学显微镜(OLYMPUS BH-2)下观察,记录藻体生殖托顶端 1cm 内的横切面结构特征。

1.2.3 数据分析 实验数据用 SPSS 13.0 数据处理系统进行统计分析,结果以平均值±标准误差表示。

1.2.4 形态与分类分析 根据雷州马尾藻的外部形态与内部结构特征进行统计分析,参照马尾藻属海藻的分类检索表(曾呈奎, 2000),对雷州马尾藻的分类特征进行对比检验,对其分类地位进行修订。

2 结果

2.1 外部形态特征

2.1.1 生长期 藻体黄褐色至褐色,多生长在低

潮带及潮下带 1—2m 深处(图 1),藻体长达 3m 以上,由固着器、主干、初生分枝、球芽、叶片、次生分枝和气囊组成(图 2)。固着器盘状。主干圆柱形,表面瘤状。初生分枝数条,由主干顶部长出,呈辐射状排列,下部(约占藻体长度的 2/3)扁压或扁平,上部(约占藻体长度的 1/3)圆柱形或亚圆柱形,表面光滑。初生分枝基部分布有 2—5 个椭圆形球芽,表面光滑。叶片长披针形,有一个短柄,基部略楔形,顶端尖细。叶上中肋明显,并延伸至叶尖,中肋两侧多毛窝,叶片边缘全缘或有锯齿,锯齿或多或少,或深或浅。藻体中下部叶片常分叉,近基部叶片常见 1—3 个,少数 4—7 个叉,中部叶片偶见 1 个,而顶端叶片无分叉。次生分枝圆柱形,由初生分枝的叶腋生出。气囊球形、椭圆形或卵形,具圆柱形、亚圆柱形或叶状细柄,柄或长或短,顶端圆钝或具小刺状突起,偶见叶状,表面多毛窝,由叶腋生出。此时藻体已多见生殖托,但尚不易肉眼识别雌雄。生殖托圆柱形,顶端尖,表面光滑,疣状,由叶腋生出。



图 1 潮间带自然栖息的雷州马尾藻
Fig.1 *S. leizhouense* inhabitant in intertidal area

结果表明,藻体在同一固着器上的主干数为(6.00±2.96)个,同一主干的初生分枝数为(3.11±0.96)个,生殖托分枝(2.50±0.51)回(表 1)。

2.1.2 生殖期 雷州马尾藻藻体可明显区分雌、雄个体(图 3),雌、雄异体,生殖托呈复总状托序,具一短柄。雌生殖托(图 4a)短,基部圆柱形,顶端多为二叉形,偶见三叉形,末端尖细,表面疣状,无刺,分枝 1—3 回。雄生殖托(图 4b)呈长圆柱形,顶端无分枝,末端尖细,表面疣状,无刺,分枝 3—4 回。雌、雄体出现生殖托的位置距初生分枝基部的距离分别为(11.81±4.85)cm和(17.24±10.88)cm,雌、雄体次生分

表 1 雷州马尾藻的外部形态特征统计结果
Tab.1 Statistical results of morphological observations to *S. leizhouense*

特征	大小(mm)		
	基部	中部	顶端
藻体长	1047.39±508.97		
固着器	14.75±5.96×11.8±5.05		
主干(长度×直径)	17.14±8.02×3.58±0.61		
初生分枝直径	2.81±0.45	1.82±0.47	1.30±0.38
次生分枝长	56.07±31.60		
次生分枝直径	1.13±0.29	0.82±0.18	0.43±0.13
叶长	80.00±16.90	61.09±16.24	28.51±11.55
叶宽	11.63±2.36	11.36±1.01	7.12±1.88
气囊(长×直径)	5.59±0.85×3.79±0.64		
气囊柄(长×直径)	5.08±1.17×0.43±0.13		
生殖托序长	63.18±19.27		
生殖托(长×直径)	10.26±4.04×0.75±0.18		
生殖托柄(长×直径)	2.26±1.01×0.39±0.12		
球芽(长×宽×厚)	10.74±2.93×6.04±1.32×3.77±0.93		

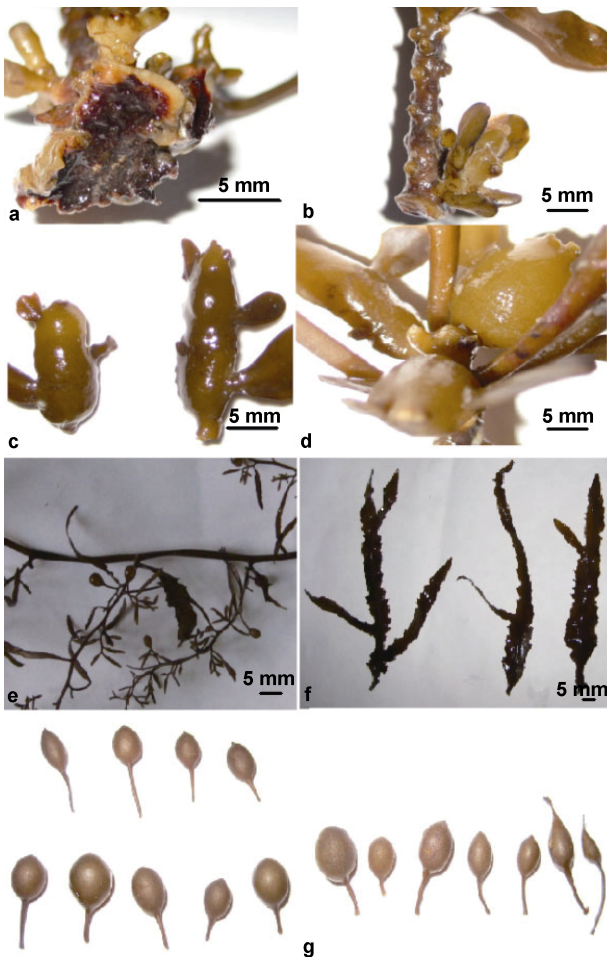


图 2 雷州马尾藻各部位的形态观察

Fig.2 Morphological observations of different parts of *S. leizhouense*

a: 固着器; b: 主干; c: 球芽; d: 初生分枝基部; e: 次生分枝; f: 基部叶片; g: 气囊

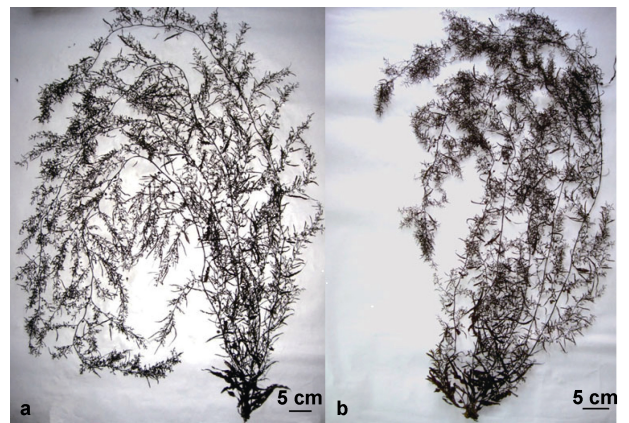


图 3 雷州马尾藻的雌体(a)与雄体(b)

Fig.3 Female (a) and male (b) individual of *S. leizhouensis*

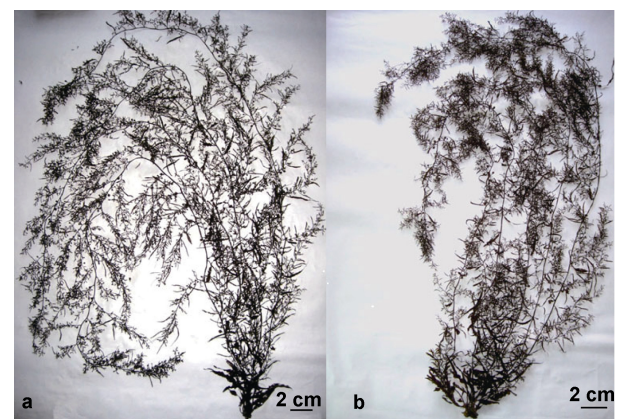


图 4 雷州马尾藻的雌生殖托(a)与雄生殖托(b)

Fig.4 Female (a) and male (b) receptacles on *S. leizhouensis*

枝上托枝数分别介于 16—39 个和 17—35 个之间, 平均分别为 27.95±6.21 个与 25.94±5.01 个。

结果表明(表2), 雷州马尾藻的雄性个体比雌性个体重。虽然雌体的初生分枝较宽, 次生分枝较长、藻体中下部枝间距较小, 球芽、藻叶与气囊皆较大,

但由于其生殖托较小, 成熟雄性生殖托长度平均为雌性的2.48倍, 托柄长平均为雌性的2.24倍, 单棵雄性藻体比雌性藻体重18.7%。

表 2 雷州马尾藻藻体的外部形态特征统计结果
Tab.2 Statistics of morphological features of male and female thalli of *S. leizhouense*

特征	雌体			雄体		
	基部	中部	顶端	基部	中部	顶端
生物量(g/m ²)	548.64±323.36			902.36±227.4		
单棵重(g/株)	69.58±55.34			82.60±59.57		
初生分枝长(cm)	96.60±47.80			97.42±41.89		
初生分枝直径(mm)	2.55±0.43	1.81±0.20	1.27±0.21	2.38±0.38	1.90±0.23	1.28±0.22
次生分枝长(cm)	13.68±8.99	14.11±7.06	5.30±1.70	12.79±5.34	11.90±5.10	7.21±3.03
次生分枝直径(mm)	1.42±0.20	1.25±0.20	0.97±0.15	1.41±0.17	1.17±0.17	0.84±0.14
次生分枝枝间距(cm)	1.81±1.11	2.58±1.26	1.30±0.52	3.32±2.00	3.18±1.35	0.64±0.35
叶长(mm)	125.79±37.59	75.19±11.46	51.25±15.71	98.68±26.28	71.04±9.75	49.62±12.46
叶宽(mm)	15.24±3.29	6.54±2.38	4.73±1.22	12.67±2.62	6.20±1.93	4.01±0.97
叶柄长(mm)	3.09±1.79	3.05±0.68	3.56±1.03	2.63±2.98	2.93±1.12	3.09±0.92
叶柄宽(mm)	1.55±0.26	0.88±0.11	0.78±0.15	1.38±0.33	0.91±0.13	0.71±0.17
气囊长(mm)	7.18±1.03	7.26±1.05	5.71±1.19	6.66±0.94	6.87±0.66	5.20±0.74
气囊直径(mm)	5.30±0.59	5.26±0.85	3.98±0.82	5.15±1.00	5.01±1.01	3.50±0.72
气囊柄长(mm)	4.78±1.76	4.98±1.63	5.14±2.64	4.19±1.47	5.30±1.86	4.88±1.32
气囊柄直径(mm)	0.71±0.34	0.64±0.12	0.80±0.44	0.66±0.15	0.72±0.17	0.65±0.13
生殖托长(mm)	7.96±1.84			19.78±5.80		
生殖托宽(mm)	0.99±0.11			1.00±0.17		
生殖托柄长(mm)	1.07±0.43			2.40±1.03		
生殖托柄宽(mm)	0.42±0.09			0.41±0.09		
生殖托分枝数(mm)	3.3±1.06			3.5±0.54		
生殖窝孔(μm)	197.17±39.85 × 170±36.3			65.49±20.18 × 44.05±10.60		
球芽长(mm)	11.09±3.34			10.62±3.32		
球芽宽(mm)	6.24±0.93			5.23±0.91		
球芽厚(mm)	4.62±0.90			3.92±0.89		

2.2 内部结构观察

2.2.1 营养体切面观察 雷州马尾藻分枝的横切面结构由表皮层、皮层和髓部三部分组成(图 5)。表皮层由 1—3 层含色素的细胞组成, 细胞长多角形, 大小为(13.56±4.01)μm×(10.54±2.39)μm; 皮层细胞排列不甚规则, 由 10.80±1.99 层圆形、椭圆形或多角形细胞组成, 大小不一, 甚至相差悬殊, 平均为(37.50±16.74)μm×(28.68±11.33)μm; 髓部细胞比表皮细胞略大, 切面观近圆形, 大小为(17.23±5.06)μm×(14.31±3.98)μm。藻体外被胶质层, 厚(9.55±3.36)μm。

2.2.2 生殖托切面观察 雌、雄生殖托的横切面结

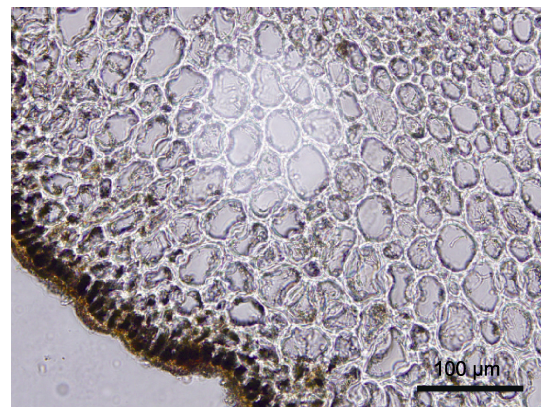


图 5 雷州马尾藻分枝的横切面观
Fig.5 The transverse section of *S. leizhouense* branches

构中,表皮细胞都是由一层近方形细胞组成,雄托早期表皮细胞比雌性略小,而后期略大;皮层部位形成许多生殖窝,雌窝比雄窝大,窝外皮层细胞较营养期少,而窝内多见滋养丝细胞,发育早期雄性

的滋养丝细胞较雌性的约大 17%,而中、后期分别是雌性的 57.6%和 57.2%;髓部面积较营养期小,细胞数目少(表 3,图 6)。雌性生殖托的胶质层比雄性的厚 18.7%。

表 3 雷州马尾藻生殖托的横切面结构特征统计结果
Tab.3 Statistics of transverse section of *S. leizhouense* receptacles

生殖托特征	雌性	雄性
胶质层厚(μm)	(8.38 \pm 1.56)—(15.69 \pm 1.57)	(7.05 \pm 1.50)—(10.90 \pm 1.48)
发育早期表皮细胞(μm^2)	(19.56 \pm 2.47) \times (13.14 \pm 2.92)	(18.40 \pm 2.77) \times (12.64 \pm 2.21)
发育中期表皮细胞(μm^2)	(11.42 \pm 2.11) \times (11.33 \pm 3.79)	(14.15 \pm 6.59) \times (12.15 \pm 2.70)
发育后期表皮细胞(μm^2)	(14.10 \pm 2.17) \times (11.40 \pm 2.42)	(14.71 \pm 2.93) \times (11.80 \pm 2.13)
发育早期生殖窝大小(μm^2)	(207.76 \pm 26.63) \times (139.79 \pm 27.69)	(195.50 \pm 59.67) \times (159.98 \pm 47.57)
发育中期生殖窝大小(μm^2)	(290.38 \pm 10.54) \times (204.25 \pm 10.62)	(283.46 \pm 36.39) \times (194.85 \pm 22.66)
发育后期生殖窝大小(μm^2)	(313.00 \pm 72.66) \times (235.46 \pm 61.97)	(309.44 \pm 52.46) \times (215.56 \pm 58.17)
发育早期滋养丝细胞(μm^2)	(25.09 \pm 9.30) \times (11.90 \pm 2.30)	(29.36 \pm 11.13) \times (13.97 \pm 2.76)
发育中期滋养丝细胞(μm^2)	(39.22 \pm 12.47) \times (16.50 \pm 3.75)	(22.58 \pm 1.66) \times (15.32 \pm 2.53)
发育后期滋养丝细胞(μm^2)	(46.70 \pm 5.14) \times (14.55 \pm 2.31)	(26.73 \pm 6.64) \times (16.18 \pm 2.22)



图 6 雷州马尾藻雌、雄生殖托的横切面观

Fig.6 The transverse section of female and male receptacles in *S. leizhouense*

a: 雄生殖托; b: 雌生殖托; c: 雌生殖托放大

2.3 雷州马尾藻的分类地位讨论

通过雷州马尾藻形态结构、生殖托(有一短柄,柄部长出小藻叶或小气囊)的观察,以及相关文献对比分析(曾呈奎等, 2000),我们建议雷州马尾藻属于马尾藻属、叶托混生组(Section *Zygocarpicae* Setchell)、拟叶托混生亚组(Subsection *Pseudozygocarpicae* Setchell)。

3 讨论

3.1 雷州马尾藻的形态结构

曾呈奎等(2000)在《中国海藻志》中对我国马尾藻属的分类依据是藻体的外部形态,主要包括固着器形状,主干长度、分叉与否、表面光滑与否,分枝数目、形状、长度、间隔,叶的形状、是否分叉、长度、宽度、中肋、毛窝与边缘形状,气囊的形状、大小、顶端形状与表面毛窝多少,生殖托的形状、长度、

表面光滑与否,生殖托与叶、气囊着生方式,雌雄同体或异体等来判断,但并未涉及藻体内部结构,并且所有特征描述均缺乏统计分析。Mattio 等(2008)研究了法国产的马尾藻形态并进行统计分析,但仅用叶子(长度 \times 宽度)、气囊(直径)和生殖托(长度)3个参数的平均值。Wong 等(2004)也采用统计学方法对棒托马尾藻(*S. bacularia*)与匍枝马尾藻(*S. polycystum*)的部分形态特征进行了分析。虽然 Yoshida 等(1983)对日本产的 1 种马尾藻,以及 Noiraksar 等(2008)对泰国产的 10 种马尾藻的生殖托进行了横切面观察,但仅有图片,未有统计结果。由此可见,马尾藻的形态结构研究既有定性描述也有定量研究,相关结果虽可相互参考,但相关的形态分类标准还需要讨论与统一。

3.2 雷州马尾藻分类地位的讨论

曾呈奎等(2000)将我国马尾藻属划分为 3 个亚属,

其中叶枝亚属有4个种,反曲叶亚属16个种,真马尾藻亚属110个种,其后该方面未见新种报道。根据雷州马尾藻茎、藻叶有无明显分化,茎扁压、亚圆柱形和圆柱形,藻叶扁平,基部分枝或藻叶一般不向下反曲,从生殖托的基部长出小藻叶或小气囊等特征,我们认为雷州马尾藻属于真马尾藻亚属、叶托混生组、拟叶托混生亚组。

雷州马尾藻雌、雄异株,生殖托表面光滑,藻叶较厚,表面具有毛窝,应与瓦氏马尾藻(*S. vachellianum*)接近,但其形态特征又与瓦氏马尾藻的描述有较大出入,主要依据是:1. 曾呈奎等(2000)未明确后者的初生分枝数,一般认为一个主干上仅有一个初生分枝;王伟定(2003)描述“主枝2—3条”,而雷州马尾藻同一主干上辐射状分布有2—4个初生分枝;2. 瓦氏马尾藻无球芽,而雷州马尾藻有;3. 瓦氏马尾藻中、下部藻叶无分叉,而雷州马尾藻有;4. 瓦氏马尾藻生殖托为典型的圆锥花序,且雌、雄生殖托外形相似,而雷州马尾藻为总状托序,并且雌、雄生殖托除长短差异外,外形也明显不同。

通过对比分类地位相同的相关种类,我们发现雷州马尾藻与鳞茎马尾藻(*S. bulbiferum*)外形比较相似,二者同属于真马尾藻亚属、叶托混生组、拟叶托混生亚组,鳞茎马尾藻的特征描述与本种也极相近,但雷州马尾藻属于雌、雄异体,而鳞茎马尾藻属于雌、雄同体。

曾呈奎等(2000)将雷州马尾藻按生殖托序内没有小气囊或小藻叶归为滑托组(Section *Malacocarpicae*),根据其生殖托总状排列,托柄无生殖窝,小枝表面光滑,生殖托较长,表面多缢缩,归为总状托序亚组(*Racemosae*),荚托系(*Series Siliquosae*)。滑托组、荚托系的亨氏马尾藻(*S. henslowianum*)在中国南海分布较广(曾呈奎等,2000),并且相关研究较多(李春莲,2011¹⁾; Zou *et al*, 2011; Wei *et al*, 2012)。我们通过对比发现,雷州马尾藻与亨氏马尾藻的形态差异较大,主要表现为:1. 雷州马尾藻有球芽,而亨氏马尾藻无;2. 雷州马尾藻的初生分枝中、下部扁压或扁平,而亨氏马尾藻的呈圆柱状;3. 雷州马尾藻基部的藻叶多呈分裂状,而亨氏马尾藻的不分裂;4. 雷州马尾藻的生殖托顶端常分叉,而亨氏马尾藻的多单生。因此我们认为曾呈奎等(2000)将雷州马尾藻归为滑托组欠准确,因为本种生殖托的基部明显有小气囊或小藻叶,建议修改、完善该种的分类地位。

通过统计分析我们也发现,《中国海藻志》中对

雷州马尾藻形态特征的描述欠妥。主要体现在藻体及各组成部分的大小方面。因为本研究观测到的数据明显比前期记载的大,所采集的雷州马尾藻个体长达3m以上,而记载“雷州马尾藻藻体高至50cm”(曾呈奎等,2000);两者从主干上生出初生分枝和一些芽,所记载的“芽较短,高约1cm,直径为3—5mm”。本研究中雷州马尾藻的芽长达1.4cm,比记载的高40%,直径达7.2mm,约是记载的2倍;其他特征如藻叶、气囊和生殖托大小等的描述也有出入,书中记载的雷州马尾藻初生分枝圆柱状,藻叶较小,藻叶较薄等特征与研究的雷州马尾藻形态特征明显不符,本种的初生分枝中、下部皆扁压或扁平,顶部呈圆柱状;基部藻叶长可达16.3cm,宽可达1.9cm,且明显较厚。综上所述,我们认为曾呈奎等(2000)所述的雷州马尾藻标本特征与采集样本的数量及地点有关,这可能与当时海藻样本采集量少有关,缺乏统计结果。另外,曾呈奎等(2000)所采集的标本是二十世纪七、八十年代的,经过近三、四十年潮间带各种条件的变化,雷州马尾藻的形态等各方面也可能发生较大的变化。曾呈奎等(2000)描述的标本采自广东硃洲岛海域,而本种采自徐闻海域,两地海面相距约86海里,两地的同种马尾藻是否存在地理差异,还需进一步研究。

4 结论

4.1 雷州马尾藻形态特征描述

藻体呈黄褐色至褐色,由固着器、主干、初生分枝、球芽、叶片、次生分枝、气囊和生殖托组成,单生或丛生,长达3m以上。固着器盘状,大小为(14.75±5.96)mm×(11.8±5.05)mm。主干圆柱形,表面瘤状,长(17.14±8.02)mm,直径(3.58±0.61)mm。初生分枝2—4条,由主干顶部长出,呈辐射状排列,下部(约占藻体长度的2/3)扁压或扁平,直径(1.82±0.47)—(2.81±0.45)mm,上部(约占藻体长度的1/3)圆柱形或亚圆柱形,表面光滑,直径(1.30±0.38)mm。初生分枝基部分布有2—5个椭圆形球芽,表面光滑,长(10.74±2.93)mm,宽(6.04±1.32)mm,厚(3.77±0.93)mm。叶片长披针形,具一短柄,基部略楔形,顶端圆钝或尖细,叶长(28.51±11.55)—(80.00±16.90)mm;叶宽(7.12±1.88)—(11.63±2.36)mm。叶上中肋明显,并延伸至叶尖,中肋两侧多毛窝,叶片边缘全缘或有锯齿,锯齿或多或少,或深或浅。藻体基部叶片常分叉,近基部叶片常见1—3个,少数4—7个,中部及顶端叶片偶见1个分叉。次生分枝圆柱形,由

初生分枝的叶腋生出, 长(56.07±31.60)mm, 直径(0.43±0.13)—(1.13±0.29)mm。气囊球形、椭圆形或卵形, 具圆柱形、亚圆柱形或叶状细柄, 柄或长或短, 顶端圆钝或具小刺状突起, 偶见叶状, 表面多毛窝, 由叶腋生出, 长(5.59±0.85)—(7.18±1.03)mm, 直径(3.79±0.64)—(5.30±0.59)mm, 柄长(5.08±1.17)—(5.30±1.86)mm, 柄径(0.43±0.13)—(0.80±0.44)mm。雌雄异体, 生殖托呈复总状托序, 具一短柄。雌生殖托短, 基部圆柱形, 顶端多为二叉形, 偶见三叉形, 末端尖细, 表面疣状, 无刺, 分枝1—3回, 长(7.96±1.84)mm, 宽(0.99±0.11)mm, 托柄长(1.07±0.43)mm, 宽(0.42±0.09)mm。雄生殖托长圆柱形, 通常顶端无分枝, 末端尖细, 表面疣状, 无刺, 分枝3—4回, 长(19.78±5.80)mm, 宽(1.00±0.17)mm, 托柄长(2.40±1.03)mm, 宽(0.41±0.09)mm。雌、雄体出现生殖托的位置距初生分枝基部的距离分别为(11.81±4.85)cm和(17.24±10.88)cm, 雌、雄体次生分枝上托枝数分别介于16—39个和17—35之间, 平均分别为(27.95±6.21)个与(25.94±5.01)个。多生长在低潮带及潮下带1—2m深处。

4.2 雷州马尾藻及相近种检索表

1. 藻叶扁平, 气囊从叶腋中长出(马尾藻属 *Sargassum*).....2
2. 基部分枝或藻叶一般不向下反曲(真马尾藻亚属 *Sargassum*).....3
3. 从生殖托的基部长出小藻叶或小气囊(拟叶托混生组 *Pseudozygocapicae*).....4
3. 生殖托序内没有小藻叶或小气囊, 生殖托表面光滑(滑托组 *Pseudozygocapicae*).....7
4. 藻体雌雄同株, 基部有鳞茎.....鳞茎马尾藻 *S. bulbiferum*
4. 藻体雌雄异株.....5
5. 生殖托表面光滑.....6
6. 藻叶较厚, 基部藻叶不分裂, 初生分枝基部无球芽.....瓦氏马尾藻 *S. vachellianum*
6. 藻叶较厚, 基部藻叶常常分裂, 初生分枝基部有球芽.....雷州马尾藻 *S. leizhouense*
7. 生殖托总状排列、较长, 初生分枝圆柱状, 藻叶较小、不分裂.....亨氏马尾藻 *S. henslowianum*

参 考 文 献

- 王伟定, 2003. 浙江省马尾藻属和羊栖菜属的调查研究. 上海水产大学学报, 12(3): 227—232
- 王 博, 黄 和, 熊皓平等, 2010. 碓洲马尾藻的营养成分分析与评价. 食品研究与开发, 31(10): 195—197

- 刘东超, 赵素芬, 2006a. 马尾藻—具有人工栽培前景的大型经济海藻. 海洋与渔业, 11: 18—20
- 刘东超, 赵素芬, 谢青明, 2006b. 马尾藻池塘人工养殖技术初步研究. 中国水产, 1: 63—64
- 李来好, 杨贤庆, 吴燕燕等, 1997. 马尾藻的营养成分分析和营养学评价. 青岛海洋大学学报, 27(3): 319—325
- 李春莲, 2011. 低分子量亨氏马尾藻岩藻聚糖硫酸酯的制备及抗肿瘤活性研究. 湛江: 广东海洋大学硕士论文, 1—74
- 赵素芬, 孙会强, 袁振江等, 2006. 碓洲岛春季底栖海藻资源. 上海水产大学学报, 15(3): 321—327
- 赵素芬, 罗世菊, 孙会强等, 2012. 海藻与海藻栽培学. 北京: 国防工业出版社, 178—222
- 曾呈奎, 张俊甫, 1959. 关于几种褐藻在中国沿岸的不连续分布. 海洋与湖沼, 2(2): 86—92
- 曾呈奎, 陆保仁, 2000. 中国海藻志. 第三卷 褐藻门, 第二册 墨角藻目. 北京: 科学出版社, 12—124
- Agardh C A, 1820. Species Algarum Rite Cognitae, Cum Synonymis, Differentiis Specificis et Descriptionibus Succinctis. vol. 1. Berling, Lund: 168
- Agardh J G, 1848. Species Genera et Ordines Algarum, Seu Descriptiones Succinctae Specierum, Generum et Ordinum, Quibus Algarum Regnum Constituitur. Algas Fucoideae Complectens, vol. 1. Gleeurp, C W K, Lund: 363
- Agardh J G, 1889. Species Sargassorum Australiae descriptae et dispositae. Öfversigt af Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, 23: 1—133
- Mattio L, Payri C E, 2011. 190 years of *Sargassum* taxonomy, facing the advent of DNA phylogenies. The Botanical Review, 77(1): 31—70
- Mattio L, Payri C E, Stiger-Pouvreau V, 2008. Taxonomic revision of *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) from French Polynesia based on morphological and molecular analyses. Journal of Phycology, 44(6): 1541—1555
- Noiraksar T, Ajisaka T, 2008. Taxonomy and distribution of *Sargassum* (Phaeophyceae) in the Gulf of Thailand. Journal of Applied Phycology, 20(5): 513—527
- Sun J Z, Ning X R, Le F F *et al*, 2010. Long term changes of biodiversity of benthic macroalgae in the intertidal zone of the Nanji islands. Acta Ecologica Sinica. 30(2): 106—112
- Tseng C K, 1985. *Sargassum* section *Phyllocystae* sect. nov., a new section of *Sargassum* subgenus *Batrophycus*. In: Abbot I A, Norris J N eds. Taxonomy of Economic Seaweed: With Reference to Some Pacific and Caribbean Species. vol. 1. California Sea Grant, La Jolla, CA: 15
- Wei M Y, Li S D, Chen J X *et al*, 2012. Chemical constituents of the brown alga *Sargassum henslowianum* collected from the south China Sea. Chemistry of Natural Compounds, 48(4): 677—678
- Wong C L, Gan S Y, Phang S M, 2004. Morphological and molecular characterisation and differentiation of *Sargassum baccharia* and *S. polycystum* (Phaeophyta). Journal of Applied Phycology, 16(6): 439—445
- Womersley H B S, 1954. Australian species of *Sargassum*, subgenus *Phyllotrichia*. Australian Journal of Botany, 2(3): 337—354
- Xie E Y, Liu D C, Liu C *et al*, 2013. Artificial seed production and cultivation of the edible brown alga *Sargassum naozhouense* Tseng *et al*. Journal of Applied Phycology,

- 25(2): 513—522
- Ye H, Zhou C H, Sun Y *et al*, 2009. Antioxidant activities in vitro of ethanol extract from brown seaweed *Sargassum pallidum*. Europe Food Research Technology, 230(1): 101—109
- Yoshida T, Konno T, 1983. Taxonomic study on *Sargassum sagamianum* Yendo and related species (Phaeophyta, Fucales). The Botanical Magazine, 96(3): 145—157
- Zou D H, Gao K S, Chen W Z, 2011. Photosynthetic carbon acquisition in *Sargassum henslowianum* (Fucales, Phaeophyta), with special reference to the comparison between the vegetative and reproductive tissues. Photosynthesis research, 107(2): 159—168

TAXONOMIC RE-EXAMINATION ON *SARGASSUM LEIZHOENSE* (FUCALES, PHAEOPHYTA) IN MORPHOLOGICAL ATTRIBUTES

ZHAO Su-Fen¹, SUN Hui-Qiang², LIU Dong-Chao¹

(1. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China;
2. Education Example Center, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract *Sargassum leizhouense* inhabiting in Leizhou Peninsula, South China was re-examined in taxonomy in morphology and anatomic details. Differences between *S. leizhouense* and other three *Sargassum* species were compared; and the taxonomic keys and positions revised. It is showed that *S. leizhouense* belonged to *Sargassum*, Subgenus *Sargassum*, Section *Zygocarpicae*, Subsection *Pseudozygocarpicae*. Although *S. leizhouense* shared many morphological characters with *S. vachellianum*, *S. bulbiferum* in *Zygocarpicae* Section and *S. henslowianum* in *Malacocarpicae* section, we believe that the main differences between *S. leizhouense* and other species are in terms of bulbil and furcated basal leaves. The taxonomic revision on *S. leizhouens* shall be instructive to the culture and seedling nursery of the species.

Key words *Sargassum leizhouense*; morphological characters; structural characters; taxonomic position