

中国海洋红藻——御前凹顶藻 *Laurencia Omaezakiana* Masuda 的形态与结构特征^{*}

丁兰平 黄冰心 曾呈奎

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

凹顶藻类是近年来海洋红藻分类学研究的主要热点之一 (Gabary *et al.*, 1998; Nam *et al.*, 2000; Nam *et al.*, 2001; Masuda *et al.*, 1996, 1998a, 2001)。从经典分类学方面来说, 这个类群不仅形态学差异大, 而且解剖学特征也存在许多需要进一步探讨的问题, 难度较大, 所以长期以来其系统并不是十分明确。Saito (1967)提出的凹顶藻两亚属的分类系统应该说在当时是比较先进的。各国的藻类学家对此意见比较一致 (张峻甫等 1985; McDermid 1988), 虽然有些修改或补充 (张峻甫等 1985; Fumari *et al.*, 1993; GilRodríguez *et al.*, 1993), 但 Nam (1990)对此提出了不同意见, 他认为营养性生长轴产生的围轴细胞数目比其他分类特征更稳定, 因此建议修改凹顶藻类的系统鉴定特征。Nam 等 (1994)认为凹顶藻属应该划分成两个属: 凹顶藻属和拟凹顶藻属 *Osmundea Stackhouse*。随后, Gabary 等 (1998)认为新的凹顶藻属应该再划分成两个属: 凹顶藻属及软骨凹顶藻属 *Chondrophyous*。目前, 早期的凹顶藻属被划分成了 3 个属: 凹顶藻属、软骨凹顶藻属及拟凹顶藻属。作者赞同后者的观点。

长期以来, 中国凹顶藻类的研究在海藻分类学中是比较薄弱的的一个方面, 除了 Tseng (1943)、张峻甫等 (1980, 1985)对香港和西沙群岛有过较详细研究外, 其他的都比较简略。而随着国际上凹顶藻研究的不断深入, 中国于 1998 年也开始了中国凹顶藻类的系统研究工作。目前作者发现仅在黄渤海分布着一个凹顶藻新记录种, 即御前凹顶藻 *Laurencia omaezakiana* Masuda。根据最新的凹顶藻类分类系统, 此种仍然属于凹顶藻属。由于凹顶藻属物种含有丰富的次生代谢物质, 因此, 作为海藻化学研究的热点物种之一, 有必要对其进行详细的介绍。

^{*} 中国科学院生物分类区系学科发展特别支持费及中国科学院海洋研究所创新课题资助。

通讯作者: 丁兰平, 男, 研究员, 现从事海藻研究。Email: dingp@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2005 年 10 月 26 日。

一、材料与方法

1. 实验材料

作者采用标本为保存在中国科学院海洋生物标本馆 (原中国科学院海洋研究所植物标本室) 的凹顶藻类腊叶和液浸标本。

2 研究方法

外形特征描述 主要包括藻体颜色、基部情况、藻体外形轮廓、主轴、分枝方式、小枝外形、腊叶和液浸标本的质地等。

解剖特征描述 藻体表皮细胞外形、大小, 藻体横、纵切面的表皮细胞形状、大小、是否突起, 皮层细胞的形状、大小, 髓细胞的大小、形状、透镜加厚存在与否, 轴细胞与围轴细胞间的关系 (围轴细胞的数目), 内部细胞的排列方式, 端部凹陷及表皮细胞情况; 四分孢子囊形状、大小、排列方式; 囊果的形状、大小、是否存在喙状突起; 精子囊端细胞大小、细胞核位置等。

组织结构染色 利用 0.5% 苯胺兰、1% 孔雀石绿、0.5% 醋酸洋红、品红、甲基蓝等染色剂对实验材料进行组织染色, 目的是获得不同结构的明显特征。

显微制片 利用实验材料经涂手切片后染色而制成显微镜下观察的薄玻璃切片。

显微照相和绘图 根据需要, 对形态和解剖学特征进行显微摄影。显微镜和解剖镜 (体视显微镜) 自配的显微照相设备、数码照相机, 以及滤镜的正确使用。利用显微镜和解剖镜的自配测绘装置绘图并上墨。

图像处理 对手绘和显微照片在电脑上进行处理 (如 Photoshop 图像处理软件), 获得较清晰的凹顶藻外部形态和结构解剖学特征的图像资料。

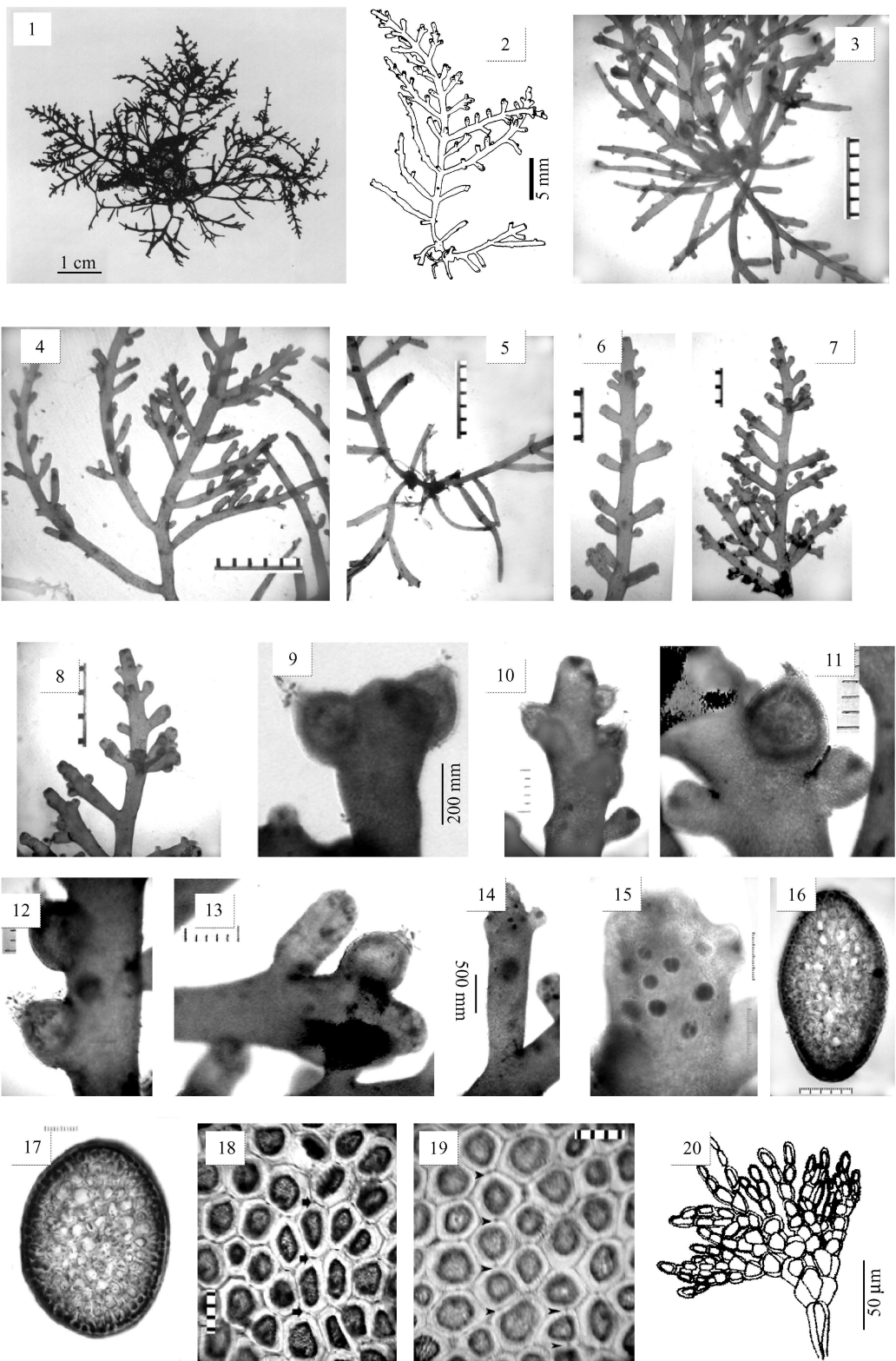
二、观 察 结 果

御前凹顶藻 *Laurencia maezakiana* Masuda

Masuda 1997: 123 ~ 131, Figs 1 ~ 24

藻体从普通小盘状的固着器及其匍匐分枝上产生多个直立轴 (图 1 ~ 图 3 图 7)。植株的基部系统彼此相互缠结 (图 1 ~ 图 3)。可育的直立藻体高达 3.5 ~ 7 cm, 黑红色, 软骨质的。每个藻体有一个及顶主轴 (图 3)。主轴圆柱状, 基部直径 0.7 ~ 1.0 mm, 向上逐渐变成扁压, 中下部宽达 1.2 ~ 2.0 mm, 然后向上再逐渐变成圆柱状, 最上部直径达 0.6 ~ 0.8 mm。

第一级分枝在主轴扁压部分二歧 (常亚对生) (图 3 图 5), 在圆柱状部分不规则螺旋分枝, 而在轴上部的分枝多歧 (图 6 图 8)。主轴中下部的第一级分枝长 1.0 ~ 3.0 cm,



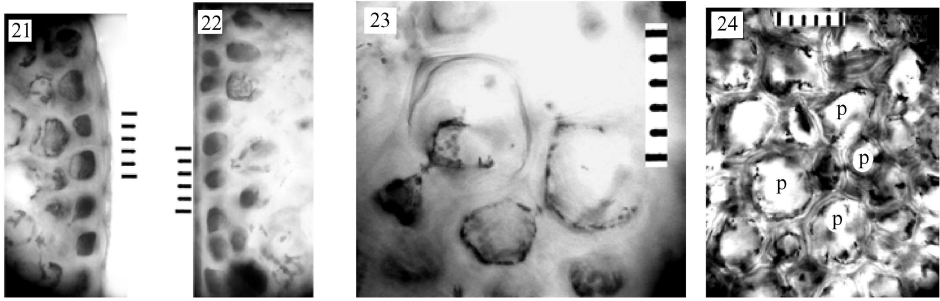


图 1~24 御前凹顶藻 *Laurencia omaezakiana*

1. 模式标本 (日本, SAP 062288); 2. 藻体; 3. 藻体基部及分枝; 4. 及顶轴的扁压中下部及分枝; 5. 藻体下部; 6. 四分孢子囊株上部; 7. 囊果株分枝; 8. 囊果分枝上部; 9. 囊果小枝上部; 10~12. 囊果; 13. 四分孢子囊与囊果混生的小枝; 14~15. 四分孢子囊末小枝 (示平排的四分孢子囊); 16. 扁压分枝横切面; 17. 亚圆柱状分枝横切面; 18~19. 分枝表皮细胞表面观 (箭头示相邻表皮细胞间的次生纹孔连结); 20. 生毛体; 21. 分枝横切面的表皮细胞; 22. 分枝纵切面之表皮细胞; 23. 分枝横切面之髓部 (示透镜增厚); 24. 分枝横切面之髓部 (示四个围轴细胞, p) (标尺说明: 图 3~图 8 为 1 mm, 图 10~图 13 为 100 μm , 图 15~图 19, 图 21~图 24 为 10 μm)

向上变短。在主轴扁压部分, 其分枝下部也是扁压的 (图 19~图 20), 并产生亚对生的次级分枝; 而在主轴圆柱状部分, 其分枝也完全为圆柱状, 并产生螺旋的次级分枝。次级分枝也沿续这种分枝方式。分枝可达六级。末小枝长达 2.5 mm, 宽 0.4~0.6 mm。附生分枝在主轴的下部常见, 大多数发育成具有附着盘的匍匐或下生分枝。它们在藻体的中上部稀少, 能产生繁殖结构。

轴细胞仅在靠近主轴和分枝端部可辨。每个轴细胞产生四个围轴细胞 (图 17) 和一个生毛体 (图 24)。表面观, 各级分枝表皮细胞多角形 (图 22~图 23)、圆形或椭圆形, 长 30~48 μm , 宽 23~40 μm 。横切面观, 表皮细胞稍放射延长但不形成明显的栅状排列 (图 15~图 21)。相邻表皮细胞间始终存在纵向的次生纹孔连结 (图 22~图 23)。分枝端部的表皮细胞稍突出。髓细胞壁存在丰富的透镜增厚 (图 16)。分枝髓部细胞直径为 40~80 μm 。皮层和髓层缺乏胞间间隙。

在四分孢子体上, 四分孢子囊在末小枝和亚末小枝及普通和附生分枝的端部形成 (图 3~图 6~图 12~图 18)。产四分孢子囊的分枝宽 500~600 μm 。四分孢子囊向顶成熟; 孢子囊与分枝轴平行排列。成熟的四分孢子囊直径 115~130 μm 。

在雌性藻体上, 囊果一般生长在第二和第三级分枝上 (图 4~图 8~图 11, 图 13~图 14), 宽卵圆形, 高 460~730 μm , 宽 400~700 μm 。孔口稍隆起, 高 80~190 μm 。雄藻体未观察到。

模式标本 SAP 062288. 模式标本产地: 日本静岡的御前崎 (Omaezaki)。模式标本保存在日本北海道大学理学部植物标本室。

习性 植株群生在潮间带下部的岩石上或浪冲海滨的潮间带中部的潮池中。

产地 中国黄、渤海沿岸。

地理分布 日本中南部的太平洋沿岸, 鹿儿岛至神奈川。

三、讨 论

御前凹顶藻 *L. omaezakiana* 是日本藻类学家 Masuda 根据日本的标本命名的。其分枝方式包括以下两种: 中下部扁压部分的为二歧分枝, 而上部圆柱状部分的为螺旋状分枝。Dawson (1963) 在 *L. estebaniana* Setchell et Gardner 和 *L. subdisticha* Dawson Neushul et Wilman 中报道了这样的分枝方式。*L. estebaniana* 不同于 *L. omaezakiana* 在于前者有明显扁压的轴, 宽为 2~4 mm, 缺乏匍匐分枝, 髓细胞壁缺乏透镜增厚 (Dawson 1963; Masuda 1997)。*L. subdisticha* 也不同于 *L. omaezakiana*, 前者缺乏匍匐分枝和透镜增厚 (Dawson 1963)。*Chondrophytus cartilagineus* 和 *C. palisada* 有与 *L. estebaniana* 和 *L. subdisticha* 相似的一个分枝方式 (Masuda 1997)。这两个种过去为凹顶藻属的种类, 现在归入了一个新属—软骨凹顶藻属 *Chondrophytus*, 都不同于 *L. omaezakiana*, 在于它们相邻表皮细胞缺乏纵向的次生纹孔连结和透镜增厚 (Saito 1967; Masuda 1997) 以及每个营养轴节存在 2 个围轴细胞 (Masuda et al., 1998; 丁兰平, 2003)。

L. chinensis Tseng 有明显扁压的轴, 其上首先产生二歧-对生分枝, 之后从相同的节点上再产生分枝, 形成一个三歧或多歧排列 (轮生) 的分枝 (Tseng 1943)。这种分枝方式与 *L. omaezakiana* 的是完全不同的。但是, 根据作者最新观察, *L. chinensis* (2001 年采自广东遮浪的标本) 存在稍突出的表皮细胞, 这一点与 Tseng (1943) 和 Zhang 等 (1988) 的不同 (丁兰平, 2003)。

分枝端部突出的表皮细胞存在或者缺乏是一个有效的种级鉴定特征。某些种, 如 *L. mariannensis* Yamada (1931)、*L. pannosa* Zanardini (Yamada 1931; Masuda 1997)、*L. pinnata* Yamada (1931)、*L. galtsoffii* Howe (1934)、*L. subcorymbosa* Dawson (1963)、*L. carolinensis* Saito (1969)、*L. dotyi* Saito (1969)、*L. majuscula* (Harvey) Lucas (Saito et al., 1974) 和 *L. xitibi* Perestenko (Masuda et al., 1993) 有明显或稍微突起的表皮细胞, 用它可区分近缘种。

3 个近缘种, *L. mariannensis* (Yamada 1931)、*L. pannosa* (Masuda 1997) 和 *L. galtsoffii* (Howe 1934) 不同于 *L. omaezakiana*, 在于它们的藻体非常纤细, 螺旋分枝。

L. pinnata 不同于 *L. omaezakiana*, 因为它的整个藻体都为二歧分枝, 缺乏透镜增厚 (Saito 1967)。*L. subcorymbosa* 不同于 *L. omaezakiana*, 因为它缺乏匍匐的俯卧分枝, 以及存在脱落的无性繁殖体 (Dawson 1963)。*L. carolinensis* 和 *L. dotyi* 不同于 *L. omaezakiana* 在于它们的相邻表皮细胞缺乏纵向的次生纹孔连结 (Saito 1969; Nam et al., 1990)。*L. majuscula* 不同于 *L. omaezakiana* 在于它既缺乏透镜增厚也没有二歧的分枝方式 (Saito et al., 1974; 张峻甫等, 1985; Masuda et al., 1997)。*L. xitibi* 也不同于 *L. omaezakiana*, 因为 *L. xitibi* 具螺旋方式分枝, 缺乏似匍匐的分枝和缺乏透镜增厚 (Saito 1967 as *L. obtusa* (Hudson) Lamouroux)。

根据 Masuda (1997) 的报道, *L. omaezakiana* 的每个表皮细胞含有 1~2 个樱桃体, 每个生毛体细胞含有 1 个樱桃体。由于我们没有采集到新鲜材料, 所以没能观察到这一结构。其樱桃体的数目与 *L. xitibi* (Masuda and Abe 1993) 的相似。然而, *L. xitibi* 可通

过透镜增厚等特征与 *L. onaezakiana* 相区分。

另据报道, *L. onaezakiana* 的化学鉴定特征为产生一个特征性的卤代次生代谢产物, enshuol (Matsuo *et al.*, 1995)。

我们的标本与日本的标本基本相似。本种在中国为首次报道, 是中国的新记录。

参 考 文 献

- 丁兰平. 2003. 中国凹顶藻类的研究. 中国科学院海洋研究所博士论文, 272
- 张峻甫, 夏邦美. 1980. 西沙群岛凹顶藻属两新种. 海洋与湖沼, **11**(3): 267~274
- 张峻甫, 夏邦美. 1985. 西沙群岛凹顶藻属的分类研究. 海洋科学集刊, **24**: 51~67
- Dawson E. Y. 1963. Marine red algae of Pacific Mexico. V. III. Ceramiales: Dasyaceae, Rhodomeleaceae. *Nova Hedvigia*, **6**: 401~481
- Fumari G., Serio D. 1993. The Reproductive Structures Of The Mediterranean Alga *Laurencia pelagosae* (Ceramiales: Rhodophyta). *Eur. J. Phycol.*, **28**(3): 141~143
- Garbary D. J., Harper J. T. 1998. A phylogenetic analysis of the *Laurencia* complex (Rhodomeleaceae) of the red algae *Cryptogamie Algol.*, **19**(3): 185~200
- Gil Rodríguez M., Haroun R. 1993. The genus *Laurencia* (Rhodomeleaceae: Rhodophyta) in the Canary Islands. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **159**: 113~117
- Have M. A. 1934. Hawaiian algae collected by Dr. Paul C. Galtsoff. *Jour. Washington Academy Sciences*, **24**(1): 32~42
- Masuda M. 1997. A new species of *Laurencia*, *L. onaezakiana* (Ceramiales: Rhodophyta), from Japan. *Phycological Research*, **45**: 123~131
- Masuda M., Abe T. 1993. The occurrence of *Laurencia xittoi* Perestenko (*L. obtusa* auct. Japon.) (Ceramiales: Rhodophyta) in Japan. *Jpn. J. Phycol.*, **41**: 7~18
- Masuda M., Abe T., Kawaguchi S., Phang S. M. 2001. Taxonomic notes on marine algae from Malaysia. VI. Five species of Ceramiales (Rhodophyceae). *Botanica Marina*, **44**(5): 467~477
- Masuda M., Abe T., Suzuki T., Suzuki M. 1996. Morphological and chemotaxonomic studies on *Laurencia composita* and *L. okamurae* (Ceramiales: Rhodophyta). *Phycologia*, **35**: 550~562
- Masuda M., Ito T., Matsuo Y., Suzuki M. 1997. Sesquiterpenoids of *Laurencia ajusuka* (Ceramiales: Rhodophyta) from the Ryukyu Islands, Japan. *Phycological Research*, **45**: 59~64
- Masuda M., Kogame K., Kanura S. 1998a. Taxonomic notes on *Laurencia mariannensis* (Rhodomeleaceae: Rhodophyta). *Phycological Research*, **46**: 85~90
- Masuda M., Kogame K., Abe T., Kanura S. 1998b. A morphological study of *Laurencia palisada* (Rhodomeleaceae: Rhodophyta). *Botanica Marina*, **41**: 133~140
- Matsuo Y., Suzuki M., Masuda M. 1995. Enshuol: a novel squalene derived pentacyclic triterpene alcohol from a new species of the red algal genus *Laurencia*. *Chem. Lett.*, **1995**: 1043~1044
- McDemid K. J. 1988. Introduction [to SECTION V. *Laurencia* (Rhodophyta: Rhodophyta)]. In: Abbott I. A. (ed.), *Taxonomy of Economic Seaweeds with special reference to some Pacific and Caribbean species. Volume II. La Jolla: California Sea Grant College Program*, 221~229
- Nam K. W. 1990. Morphotaxonomic studies of genus *Laurencia* (Rhodomeleaceae: Rhodophyta). Unpublished PhD Thesis, Hokkaido University, Hakodate, Japan, 492
- Nam K. W., Choi H. G. 2001. Morphology of *Laurencia clavata* and *L. elata* (Ceramiales: Rhodophyta) in relation to generic circumscription in the *Laurencia* complex. *Eur. J. Phycol.*, **36**(4): 285~294
- Nam K. W., Choi H. G., Lee S., *et al.* 2000. Vegetative and reproductive development of *Laurencia venusta* (Ceramiales: Rhodophyta). *Cryptogamie Algol.*, **21**(2): 97~110
- Nam K. W., Maggs C., Garbary D. 1994. Resurrection of the genus *Omundia* with an emendation of the generic delineation

- of *Laurencia* (Ceramiales: Rhodophyta). *Phycologia* **33**: 384~395
- Nam K. W., Saito Y. 1990. The morphology of *Laurencia cartikgiana* Yamada (Rhodmenelaceae: Rhodophyta). *Bull Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **41**(3): 107~120
- Saito Y. 1967. Studies on Japanese species of *Laurencia* with special reference to their comparative morphology. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, **15**(1): 1~81
- Saito Y. 1969. The algal genus *Laurencia* from the Hawaiian Islands, the Philippine Islands and adjacent areas. *Pacific Science* **23**: 148~160
- Saito Y., Womersley H. B. S. 1974. The southern Australian species of *Laurencia* (Ceramiales: Rhodophyta). *Australian Journal of Botany* **22**: 815~874
- Tseng C. K. 1943. Marine algae of Hong Kong. IV. The genus *Laurencia*. *Michigan Academy of Science, Arts and Letters* **28**: 185~208
- Yamada Y. 1931. Notes on *Laurencia* with special reference to the Japanese species. *Univ. Calif. Publ. Bot.*, **16**: 185~310 pls 1~30 text~figs 1~20 (A~T)
- Zhang J. F. (Chang C. F.), Xia B. M. 1988. *Laurencia* from China: key list and distribution of the species. In Abbott I. A. (Ed.). *Taxonomy of Economic Seaweeds with References to Some Pacific and Caribbean Species*. Vol. II. California Sea Grant College, University of California, La Jolla: 249~252

The Morphology and Anatomy on *Laurencia Omaezakiana* Masuda from the Coast of Yellow Sea, China

DING Lanping HUANG Bingxin C. K. Tseng

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT

During the study of genus *Laurencia*, a new record species *L. omaezakiana* was found from the coast of Yellow Sea, China. In the region, two laurencious species *Laurencia saitoi* (previous *L. obtusa*) and *L. okamurai* had ever been reported. The algal specimens are different to above known ones. Its thallus is composed of many erect axes given rise to general small holdfast and stolon-like branches. The branching model, morphological and anatomical characters of the Chinese specimens are almost coincident with those of *L. omaezakiana* from Japan described by Masuda. The morphology and anatomy from the Chinese specimens are observed in details with structural figures and compared with other relative species. As a distinct species with four peraxial cells and *corps en cerise*, it will be useful to marine algae chemistry for secondary metabolites.