

# 舞三毛金藻的分类和生物学\*

王云祥 王玉佩

(天津市水产研究所, 300221)

## 提 要

采用光镜和电镜对引起我国养殖鱼类中毒并造成大批死亡的三毛金藻进行了详细观察, 系统地研究了其特殊运动方式, 形态结构, 繁殖方法, 孢囊, 鳞片形式及纹饰, 两种鞭毛的结构和功能, 并对其生物学等也进行了调查研究, 证明在天津地区引起鱼类中毒的是舞三毛金藻 (*Prymnesium saltans* Massart et Conrad, 1926)。同时认为鳞片结构可作为属的特征之一, 但不能作为种的唯一特征。本文对舞三毛金藻亚显微结构及孢囊形态描述, 进一步补充和完善了种的鉴定特征。

**关键词** 舞三毛金藻, 生物学, 分类

三毛金藻属至今已报道 8 种<sup>[5, 8-10, 12, 16, 18]</sup>, Massart, J.<sup>[15]</sup>于 1900 年在比利时首次发现舞三毛金藻, 1926 年正式命名<sup>[10, 16]</sup>, 1941 年 Conrad<sup>[11]</sup>对舞三毛金藻的形态、特殊运动方式、生活史、孢囊形态结构进行了更详尽的补充描述, 并肯定了过去的鉴定, 1978 年 Hennig<sup>[13]</sup>观察了该藻的特殊运动方式及其发生地的水化学特征后, 列出了鉴定三毛金藻属不同种的检索表。1937 年 Carter, N.<sup>[9]</sup>报道了小三毛金藻 (*P. parvum*), 1963 年 Mantton, I. 和 Leedal, G.F.<sup>[17]</sup>利用以色列的标本, 首次用电镜对小三毛金藻进行了微细结构观察, 发现藻体外覆盖着一些薄而纤细的椭圆形鳞片, 而且鳞片背面纹饰结构比较稳定, 所以近年来有以纹饰排列特征为主要定种的倾向。但对舞三毛金藻亚显微结构的研究尚未见报道。

舞三毛金藻和小三毛金藻都能分泌毒素引起鱼类大批死亡<sup>[1, 2, 6, 11, 14]</sup>, 具有重要的经济意义, 但是在我国引起养殖鱼类中毒的是舞三毛金藻还是小三毛金藻? 尚有争论。笔者通过对产毒三毛金藻的显微和亚显微结构以及生物学的详细研究, 证明在天津地区引起鱼类死亡的是舞三毛金藻。

## 材 料 和 方 法

材料来源系 1983—1984 年采自天津北郊青光农场的发病池水及西郊鸭淀水库, 盐度 2—4‰。分离培养采用微细管和试管多次移植的方法进行, 用 f/z 改良培养液进行纯

\* 承蒙中国科学院水生生物研究所倪达书教授、天津医学院白景文教授、天津师范大学生物系郝泗成副教授给予热情指导, 水生所冯淑娟同志帮助查印文献, 在此一并致谢。

1989 年 12 月 7 日收到。

化培养。自 1983 年至今,已形成稳定的舞三毛金藻品系。

用我国重庆产研究显微镜和日本奥林巴斯研究显微镜观察并进行测量;用日本 100 cx 和日立 H-600 型透射电镜和 S-25 型扫描电镜观察鳞片纹饰和鞭毛结构等,以 LKB-V 型超薄切机超切,观察藻细胞内部结构和鳞片切面,标本制备方法参照 Green, J. C. 等<sup>[12]</sup>的方法进行。

## 结 果

### 光学显微镜观察

**舞三毛金藻形态** 游泳藻体形态经常变化,常呈椭圆形、鞋底形、不规则长方形;静止或游动缓慢的藻体为椭圆形或卵圆形;游泳藻体稍扁平,前端呈斜截面形或圆形,前端略宽于后端,后端锥形或圆形;游泳细胞长 10—15  $\mu\text{m}$ , 宽 5—10  $\mu\text{m}$ ; 细胞亚前端的凹陷处着生 3 条鞭毛,有两条略等长而异动态的长鞭毛(运动鞭毛),长 12.5—20.0  $\mu\text{m}$ , 两条长鞭毛中间着生一根短而不运动的附着鞭毛(Haptoneema),又称定鞭,长 5.0—7.5  $\mu\text{m}$ , 定鞭一般很直,固定后有时略弯曲,但不卷绕。接种不久的个体,常可在鞭毛基部附近看到一个伸缩泡,但收缩缓慢,有的则看不到伸缩泡;在细胞两侧各有一个叶状、黄褐色或黄绿色的叶绿体;在活体后部,常见许多作布朗运动的微粒,药物固定后则消失(图版 I:1, 2)。长期培养的藻体(约在 7 周以后),叶绿体显著缩小,常集中于细胞前端的 1/2—1/3 处,有些老化藻体在叶绿体之间的中后部,有一至数个不透明黄褐色的圆形团块,这可能是金藻昆布糖(Chrysolaminarin),它有时排出体外,拖挂在后部。老化藻细胞后部膨大而透明,微粒消失。在压平的活细胞中,隐约可见位于叶绿体之间中部的细胞核。

**孢囊** 在盐度 30‰ 培养 6—8 个月的沉淀物中,看到大量未萌发的孢囊(图版 I:3, 4)以及放空的孢囊壳(图版 I:5)。孢囊圆球形或略呈卵圆形,长略大于宽,或长宽相等,其长度与游泳藻体长度约相同;孢囊壁厚而透明,略带浅褐色,外壁有极浅的细纹;在孢囊前端或亚前端有一明显的扁圆帽状孢塞(Plug);孢囊内有一团圆形浓密的黄褐色细胞质,活体孢质内有一折光而不透明的小圆球体,多位于孢质边缘内侧。据 23 个孢囊测量结果,孢囊长(包括孢塞) 9.8—15.6  $\mu\text{m}$ , 宽 7.8—14.3  $\mu\text{m}$ ; 孢塞宽 3.9—6.5  $\mu\text{m}$ , 高 1.3—2.6  $\mu\text{m}$ 。空囊壳圆球形,有的长略大于宽,孢塞已脱落,孢囊孔明显,孢壳长 9.1—12.4  $\mu\text{m}$ , 孢囊孔直径 2.6—3.9  $\mu\text{m}$ 。

**运动方式** 绝大多数个体以反时针方向绕身体纵轴旋转前进,但也有少数顺时针方向转动。在新采到或培养不久的藻体中,可见它游泳一段距离后,突然向左侧停顿倾斜,类似“跳跃”或“前端向左后方急拉”(Jerky movements) 动作,再旋转前进,以后又不断地重复这种动作,但这种动作并不是连贯等距离的(图版 I:6)。在过去发表的资料中<sup>[3, 4]</sup>,称这种特殊运动方式为“S”形前进路线,因为这种动作很难描述,就以“S”符号形象化说明。当对照了 Massart<sup>[16]</sup> 和 Conrad<sup>[10, 11]</sup> 的图像和文字描述后,与之符合。但同一批标本中也有少数个体是直线前进的,这可能与藻龄有关,因长期培养老化的藻体这种特殊运动方式就消失了。

因鞭毛较透明,波动很快,在显微镜下跟踪观察其运动状态十分困难,经过长期观察,

藻体游动时两条长鞭毛是异动态的，游动时一根长鞭毛在体前侧以快速螺旋状“抽打”的方式带动藻体的旋转，另一根长鞭毛沿藻体一侧向后方迅速摆动，推动藻体前进，而中间的定鞭则不摆动，指向前方。藻体“向左侧急拉”式的突然倾斜，与在前方“抽打”的长鞭毛突然停顿有关，同时由于另一长鞭毛向前的推动力和惯性作用，导致藻体向一侧“摆头”倾斜，当恢复螺旋式“抽打”时，又继续旋转前进。因为“摆头”速度快、时间短，又常重复这种动作，于是出现在光镜下见到的所谓“跳跃”、“舞蹈”、“向后急拉”的特殊行为。小三毛金藻只是径直旋转前进，而无上述的特殊动作，这是 Carter<sup>[9]</sup> 提出的两种藻之间的重要区别之一。藻体缓慢游动或静止时，两根长鞭毛则沿身体两侧同动态大波幅地向后缓慢摆动，中间的定鞭仍不摆动。有时可见定鞭固着在玻片上，后部翘起，原地转动。

**繁殖方式** 舞三毛金藻主要以纵分裂为二和孢囊进行繁殖，纵分裂是大量繁殖的主要方法，在环境恶劣条件下形成孢囊。分裂先从有鞭毛一端开始，最后在体后端分离成两个形状和大小相同的藻体(图版 I:7)，在培养液中可见各种分裂相。在老培养液中能找到两个尾部融合在一起的细胞<sup>[7]</sup>，可能是该藻即将分离的两个新个体。分裂多在夜间进行，白天难以看到分裂现象，但培养不久的年青藻体或经 0.7 ppm 以下浓度硫酸铜刺激的藻体，白天也能看到不同时期的分裂相。没有见到如 Conrad<sup>[11]</sup> 所描述的根足样、变形虫样和胶群体样细胞。

**趋光性** 年青藻体有明显的趋光性，老化细胞趋光性减弱以至消失。当取一滴培养不久的藻液在靠窗一侧用自然光源显微镜镜检时，藻体迅速地游向光的一侧，沿向光侧的水滴边缘藻体拥挤不堪，甚至边缘水份干燥后也不离去，直至死亡，而背光面几乎见不到藻体。经测定，这种情况多在两侧光照强度相差较大时(1300—59001x)发生。

### 电子显微镜观察

藻体呈圆筒形，体表凹凸不平，有明显的两条纵沟。三根鞭毛都是从细胞亚前端凹陷处长出(图版 I:8)；长鞭毛不卷绕，略弯曲；附着鞭毛呈现直的、弯曲和卷绕的三种形态；三根鞭毛的梢端都细尖如针芒，无附属物(图版 I:9—11)。鞭毛横切面观：长鞭毛中央有两根分离的微管，外围环绕有 9 对两联微管 (Doublet)，为 (9+2) 图形；定鞭的中轴略偏于一侧有 7 个微管(图版 I:12)。鞭毛纵切面观：三根鞭毛的基体 (Basal body) 不在一个纵面上，定鞭基体位于两根长鞭毛基体之间，前后交错排列；在鞭杆 (Shaft) 与基体之间，有一明显的过渡区(图版 II:13)。

藻体外覆盖着三层(个别处为 4 层)椭圆形鳞片，交错重叠排列，鳞片的大小为  $0.31 - 0.41 \times 0.17 - 0.30 \mu\text{m}$ 。鳞片有两种类型：1. 内层鳞片较小，向背面弯成浅弧形，背面中央有突起，鳞片凸缘较宽大并向内折弯，与背面形成小夹角；2. 外层鳞片较大，一般平直，背面中央无突起，凸缘狭窄，向内强烈折弯，紧贴鳞片背面(图版 II:14、15)，这两种鳞片本身背、腹面的纹饰明显不同，如腹面由 43—46 条纤维状脊呈辐射排列，四周无凸缘；鳞片背面有一些同心圆形和棱形不规则纤维状脊与放射脊交织排列成不规则环形，四周有宽的凸缘(图版 II:16, 17)。

**鳞片平切面观** 在与鳞片表面平行的切面中，鳞片内部花纹排列极清晰。鳞片多为椭圆形，少数为圆形，有明显宽边，从鳞片中央发出 46 条纤维线呈辐射状排列，约 5—8

条环状纤维线呈同心圆排列,与辐射线交织环绕,构成精巧美丽的图案(图版 II:18)。

**胞内亚微结构** 两个大的叶绿体位于藻体两侧,浅裂片状,由许多类囊体(Thylakoid)组成,每个叶绿体各有一个埋生的淀粉核(Pyrenoid)。细胞核大,位于叶绿体之间细胞中央,核膜清晰,核内有许多深染的染色体,胞核中央有一大而明显的核仁,高尔基体位于细胞前端的核和毛基体之间,椭圆形、圆形或梨形的线粒体多分布于细胞前部和中部,许多液泡多集中于细胞后部,产胶体(Muciferous body)位于细胞周围(图版 II:19)。

### 舞三毛金藻引起鱼类发病的水质状况

1983—1986年天津地区鱼类发病的池塘和水库水质理化因子变幅如下:水色为浅黄绿或浅黄褐色;透明度25—30cm;水温4—28°C;盐度2.0—5.0‰;溶解氧9.0—14.0mg/L;pH8.0—9.0;Cl<sup>-</sup>1000.0—2113.0mg/L;SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>113.8—324.7mg/L;Ca<sup>++</sup>78.6—239.7mg/L;Mg<sup>++</sup>108.9—207.2mg/L;Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>24.2—53.3me/L;碱度3.76—18.1me/L;水型Cl<sub>HCO</sub><sup>Na</sup>

### 舞三毛金藻生存的水环境

盐度在0.4‰盐水中经一个月培养,数量由82%下降到2%,并很快消失,在0.6—2.0‰盐度中,藻体数量随含盐量的增加而增加,呈正相关关系。在30—70‰盐度中培养生长旺盛。试验表明,舞三毛金藻能在0.6—70.0‰盐度中生长(70‰盐度以上未试验)。

**温度** 舞三毛金藻可在零下2—4°C水温中生长,并能造成危害。室内30—34°C水温能度夏,但在30°C以上生长不稳定,极易死亡。在2—5‰低盐度中,历经4个月高温季节(28—34°C)只有少数个体存活,而在高盐度(30‰)水中夏季生长稳定,藻体活泼。舞三毛金藻能生存温度为2—34°C。

**pH** 据野外调查,此藻生长繁殖水体的pH值为8.0—9.0,实验pH降到6.5或升至9.5,可长期存活。

**舞三毛金藻与浮游生物之间相互抑制和共生关系** 通过对发病或不发病鱼池的浮游生物调查,有的尽管是舞三毛金藻占优势,但总是和其它浮游生物混杂出现,至今未见舞三毛金藻单一存在的水体。舞三毛金藻和蓝藻及绿藻的一些不具鞭毛的种类,既能互相抑制又能长期共存,如能和蓝藻门的色球藻(*Chroococcus* sp.)、平裂藻(*Merismopedia* sp.)、粘球藻(*Gloeocapsa* sp.);绿藻门的顶棘藻(*Chodatella* sp.)、被刺藻(*Franceic* sp.)、栅藻(*Scenedesmus* sp.)、针联藻(*Ankistrodesmus* sp.)、新月藻(*Closterium* sp.)共存。当舞三毛金藻占优势,则上述蓝、绿藻被抑制,沉于培养瓶底部,而舞三毛金藻分布在中上层,反之,舞三毛金藻受抑制,数量逐渐减少,但仍能长期存活。铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)、颤藻(*Oscillatoria* sp.)则能强烈抑制舞三毛金藻存活。硅藻门的小环藻(*Cyclotella* sp.)在培养液中常形成优势种,抑制舞三毛金藻繁殖而逐渐消亡。甲藻门的后沟藻(*Katodinium* sp.)在培养液中出现后约6d,舞三毛金藻全部消失。这和在野外鱼池中的观察结果相一致,如1985年5月芦北口养鱼场两个只有一堤之隔的2号池无后沟藻,鱼种发生大量死亡;而1号池有大量后沟藻,鱼种正常,四天后舞三毛金藻消失,但相邻2号池的舞三毛金藻数量仍未减少。

浮游动物消灭舞三毛金藻的作用更明显,如臂尾轮虫(*Brachionus* spp.)、钟形虫

(*Vorticella* spp.) 及变形虫 (*Amoeba* spp.) 等, 都能捕食舞三毛金藻, 尤以轮虫和纤毛虫捕食速度最快, 约培养 10d 左右, 舞三毛金藻全部消失。以上初步观察结果, 为采用施肥法预防鱼类中毒提供了依据。

## 讨 论

对三毛金藻属 *Prymnesium* 种的鉴定, 近年来有以鳞片纹饰作为依据的倾向, 固然鳞片及纹饰是较稳定的性状, 可作为属性的补充, 是否能成为种的依据尚有待更多种的了解才能决定, 如 *P. papillatum* 新种<sup>[3]</sup>, 主要以两条长鞭毛上各有一个乳头状突起为依据的, 这是否能成为“种”的特征, 有待今后更多学者来评述, 但我们认为难以成立。此外, 未采用已广泛应用的三毛金藻为中文学名, 容易造成混乱。

近年来, 我国对于舞三毛金藻和小三毛金藻的定种问题争论激烈。根据 Carter (1937)<sup>[1]</sup> 定名的小三毛金藻和 Conrad(1941)<sup>[11]</sup> 对舞三毛金藻的描述, 这两种产毒藻的主要区别是藻体大小、游泳方式和孢囊结构的不同。自 1984 年以来, 我们对天津地区产毒舞三毛金藻进行了全面研究, 首次用电镜对舞三毛金藻进行补充研究和描述, 使这个种的分类特征更趋完善, 并与特征相近的小三毛金藻进行全面比较。

1. 天津地区舞三毛金藻的大小为  $10-15 \times 5-10 \mu\text{m}$ , 定鞭长  $5-7.5 \mu\text{m}$ , 与 Conrad (1941) 对舞三毛金藻描述的范围相符合, 而大大超过了 Carter (1937) 对小三毛金藻描述的量度。近年来, 一些研究报告常将藻体长度超出小三毛金藻范围的并能引起鱼类中毒的三毛金藻, 都定名为小三毛金藻, 所以 Manton 等人 (1963) 和 Heyning (1978) 都曾指出这种人为倾向性所造成的混乱。

2. 天津地区舞三毛金藻的“跳跃”式特殊游动方式, 已用光学显微镜和显微录像所证实, 与 Massart(1920)、Conrad(1926, 1941) 对舞三毛金藻的描述和图像完全符合, 而与 Carter(1937) 描述的小三毛金藻“径直前进”的游泳方式不同。

3. 孢囊是三毛金藻生活史的重要阶段, 其形态结构特征非常稳定, 是分类定种的重要依据。舞三毛金藻的孢囊有明显的帽状孢塞, 而小三毛金藻孢囊没有孢塞, 这是两者的重要区别, 我们的观察结果与前者相同。陈椒芬等<sup>[4]</sup>、郭明新等<sup>[7]</sup>都没有看到孢囊, 后者又没有看到活藻的游泳方式及测量活藻的大小, 在定种依据资料欠缺的情况下即将天津材料鉴定为小三毛金藻, 故其正确性实属可疑。

4. 天津舞三毛金藻的鳞片大小为  $0.31-0.40 \times 0.17-0.30 \mu\text{m}$ , 与 Green 等 (1982) 及陈椒芬等 (1986) 描述的小三毛金藻鳞片大小基本相同, 天津舞三毛金藻鳞片背、腹两面的纹饰, 与 Manton 等、Green 等、陈椒芬和郭明新等对小三毛金藻鳞片纹饰的描述也基本相同。因此认为, 鳞片特征是三毛金藻的属性之一, 但不能成为种的唯一特征。

1963 年, Manton 等利用以色列的标本首次用电镜研究了小三毛金藻的大小、鞭毛和鳞片, 缺乏对游泳状态和孢囊的描述, 我们根据其大小推断, 很可能是舞三毛金藻而非小三毛金藻。

## 参 考 文 献

- [1] 大连水产专科学校养殖系生物教研组, 1974。一种半咸水害藻——小三毛金藻在我国的出现和防治。动物学杂志,(3): 26—28。
- [2] 中国科学院水生生物研究所鱼病学研究室, 1981。鱼病调查手册(第二版)。255—257页。上海科学技术出版社。
- [3] 王云祥, 王玉珮, 刘玉敏, 1985。养殖鱼类的舞三毛金藻 (*Prymnesium Saltans* Massart) 毒素中毒症的调查研究。淡水渔业,(2): 1—4。
- [4] 王云祥, 王玉珮, 刘玉敏, 1985。舞三毛金藻引起鹤淀水库鱼类大量死亡的观察。水库渔业,(2): 32—36。
- [5] 陈淑芬, 曾呈奎, 1986。华北两种普林藻。海洋与湖沼,(5): 394—399。
- [6] 龚长达, 1986。硫酸铵杀灭舞三毛金藻的效果。淡水渔业,(5): 20—22。
- [7] 郭明新、王志余、姜静颖, 1988。中国小三毛金藻的显微、亚显微结构。大连水产学院学报,(3—4): 1—6。
- [8] Billard, C., 1983. *Prymnesium zebrinum* sp. nov. et *P. annuliferum* sp. nov. deux nouvelles espèces apparentées à *P. parvum* Carter (Prymnesiophyceae). *Phycologia*, 22(2): 141—151.
- [9] Carter, N., 1937. New or interesting algae from brackish water. *Arch. protistenk.*, (90): 1—68.
- [10] Conrad, W., 1926. Recherches sur les Flagellates de nos eaux saumâtres. 2<sup>e</sup> partie: Chrysomonadines. *Arch. protistenk.*, (56): 167—231.
- [11] Conrad, W., 1941. Notes protistologiques. XXI. sur les Chrysomonadines à trois fouets. Aperçu synoptique. *Bull. Mus. r. Hist. nat. Belg.*, (17): 1—16.
- [12] Green, J. C., Hibberd, D. J. and Pienaar, R. N., 1982. The taxonomy of *Prymnesium* (Prymnesiophyceae) including a description of a new cosmopolitan species, *P. patellifera* sp. nov., and further observations on *P. parvum* N. Carter. *Br. Phycol. J.* (17): 363—382.
- [13] Heyning, V. H., 1978. *Prymnesium saltans* Massart (Chrysophyceae) in Gewässern des Bezirks Halle (DDR). *Arch. protistenk.*, (120): 222—228.
- [14] Libert, F. & Deerns, W. M., 1920. Onderzoek naar de oorzaak van een vischsterfte in den polder Worckumer-Nieuwland, nabij Workum. *Verh. Rijksinst. visschonderv.*, (1): 81—93.
- [15] Massart, J., 1900. Liste des flagellates observés aux environs de Coxyde et de Nieuport. *Ann. soc. belge microsc.*, (27): 75—83.
- [16] Massart, J., 1920. Recherches sur les organismes inférieurs. VIII. Sur la motilité des flagellates. *Bull. Acad. r. Belg. cl. sci. sér.*, (5,6): 116—141.
- [17] Manton, I. and Leedale, G. F., 1963. Observation on the fine structure of *Prymnesium parvum* Carter. *Arch. Mikrobiol.*, (45): 285—303.
- [18] Starmach, K., 1968. Chrysophyta I. Chrysophyceae zlotowiciowic. In *Flora słodkowodna polski* (Starmach, K., ED), Tom. 5. Warszawa.

## BIOLOGY AND CLASSIFICATION OF *PRYMNESIUM SALTANS*

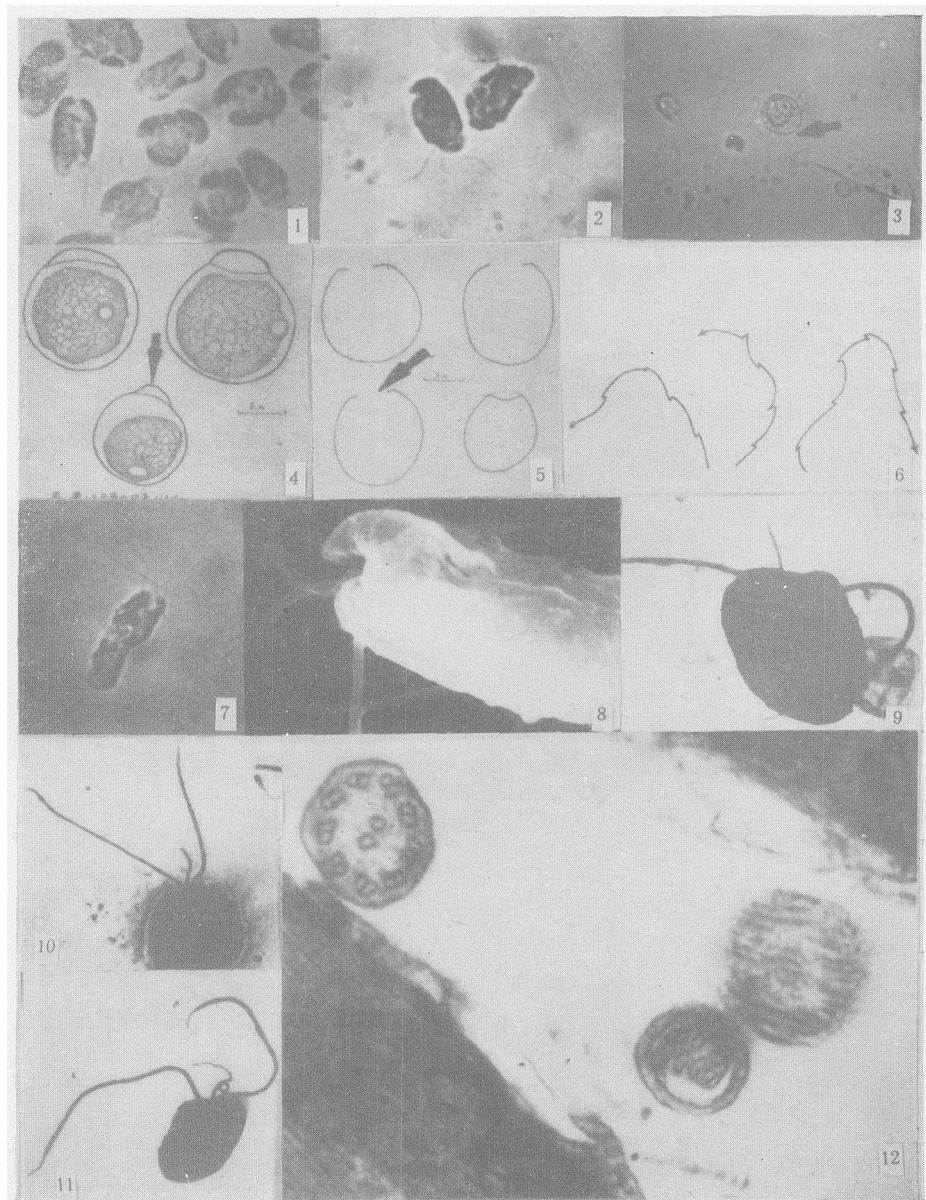
Wang Yunxiang and Wang Yupei

(Tianjin Fishery Research Institute, 300221)

### Abstract

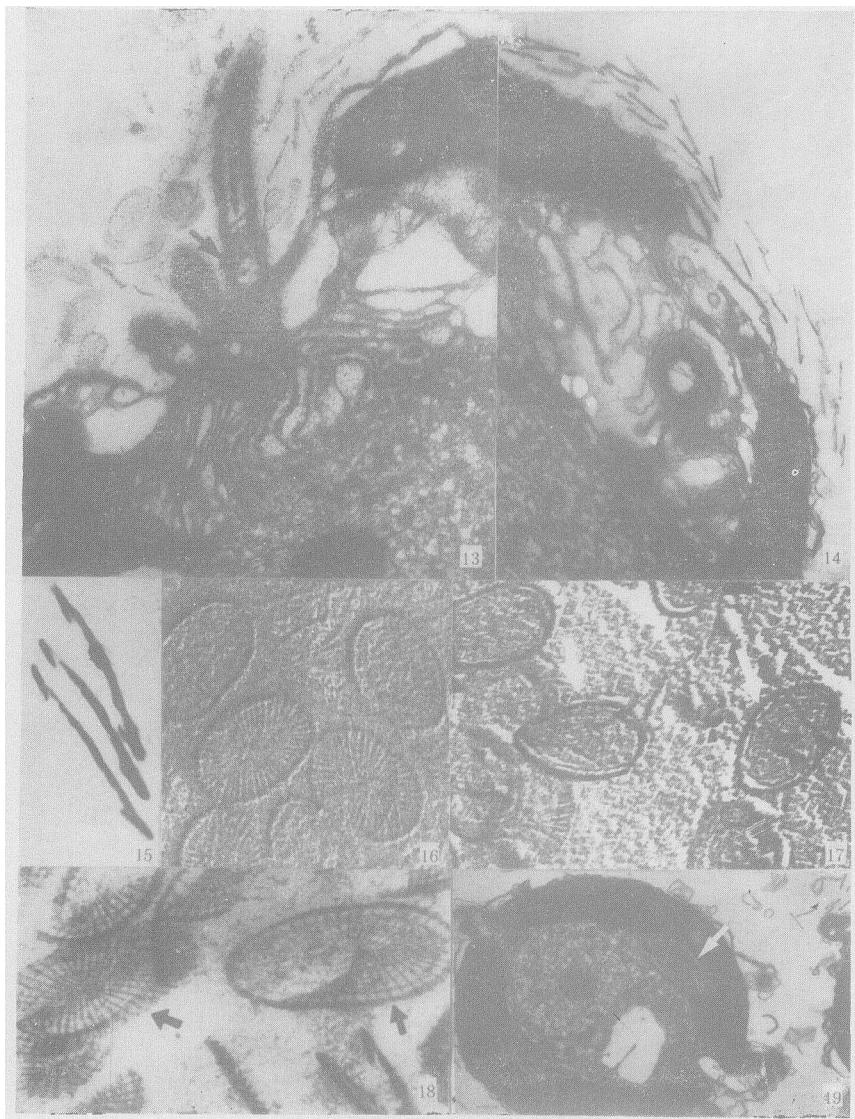
Both *Prymnesium saltans* and *Prymnesium parvum* can secrete toxins and cause fish mortality. There was controversy on whether it was *Prymnesium saltans* or *Prymnesium parvum* that caused fish mortality in China. *Prymnesium parvum* has been examined by electron-microscopy; some reports suggest that the pattern of scales provides grounds for classification. So far, *Prymnesium saltans* has not been observed by electronmicroscopy. It's difficult to differentiate between *Prymnesium saltans* and *Prymnesium parvum*. Since 1984, we have systematically studied the peculiar mode of swimming, body form, cyst, propagation, pattern of the scales, and structure and function of the flagella of *Prymnesium saltans* by light and electronmicroscopy and also the biology and other aspects of this species. We have proved that it was *Prymnesium saltans* instead of *P. parvum* that caused fish mortality in TianJin region. It has also been proved that the scale can be regarded as one of the characteristics of the genus, but not of the species.

**Key words** *Prymnesium saltans*, Biology, Classification



1—2.活藻细胞的形态结构, $\times 1000$ ; 3—4.孢囊示孢塞(↑), $3: \times 400, 4: \times 1000$ ; 5.放空的孢囊示孢囊前端孢孔(↑), $\times 1000$ ; 6.示跳跃的运动方式; 7.示纵二分裂, $\times 1000$ ; 8.从亚前端长出的三根鞭毛及藻细胞体表结构, $\times 10000$ ; 9—11.二根长鞭毛及附着鞭毛的形态, $\times 5000$ ; 12.横切面示长鞭毛及附着鞭毛的微管, $\times 33000$

1—2. The morphology and structure of living cells,  $\times 1000$ ; 3—4. Cysts showing the plug(↑), 3:  $\times 400$ , 4:  $\times 1000$ ; 5. The empty cysts showing the anterior pore(↑),  $\times 1000$ ; 6. The jerky pattern of swimming movements; 7. The longitudinal binar fission,  $\times 1000$ ; 8. The three flagella arising sub-apically from a groove and the surface structure of a cell,  $\times 10000$ ; 9—11. The morphology of the two long flagella and the short haptoneima,  $\times 5000$ ; 12. Transverse sections showing the microtubules in long flagella and the haptoneima,  $\times 33000$



13. 鞭毛纵切片示鞭毛基体和过渡区(↑), $\times 12000$ ; 14. 示细胞的鳞片层, $\times 20000$ ; 15. 鳞片切片示体鳞片的排列情况, $\times 70000$ ; 16. 示鳞片腹面的辐射状纹饰, $\times 33000$ ; 17. 示鳞片背面的同心圆状纹饰, $\times 33000$ ; 18. 鳞片平切面示辐射状纹饰 $\times 33000$ ; 19. 示细胞内部结构及埋生的淀粉核(↑), $\times 8000$

13. Longitudinal section showing the basal body and transition zone(↑).  $\times 12000$ ; 14. Section showing the scale layers of a cell.  $\times 20000$ ; 15. Section showing the arrangement of body-scales.  $\times 70000$ ; 16. The pattern of radial fibrils on the proximal face of scales.  $\times 33000$ ; 17. The pattern of concentric fibrils on the distal face of scales.  $\times 33000$ ; 18. Planar section of scales showing the pattern of radial fibrils.  $\times 33000$ ; 19. The internal structure and immersed Pyrenoid(↑).  $\times 8000$