第8卷 第3期 水生生物学集刊 Vol. 8, No. 3
1984年9月 ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA Sept., 1984

大茨藻的碎屑形成过程

林婉莲 刘鑫洲
（中国科学院水生生物研究所）

提 要

在实验室条件下，大茨藻（*Najas major*）死亡前后的形态变化可分为如下几个阶段：临界期或死亡前期；细胞核变色期；细胞质收缩期和胶体形成期。作者把细胞核变色期定为大茨藻的碎屑开始期．同时，还考察了天然条件下大茨藻死亡后形态的降解情况。

大茨藻（*Najas major* Allioni）是沉水单子叶植物，属茨藻科（Najadaceae），是草鱼的食物。1978及1979年，大茨藻在武汉东湖汤林湖区沉水维管束植物中占优势地位，每到冬季，植株凋谢。本研究的目的，在于了解大茨藻死亡后的具体形态变化，为东湖各湖区有机碎屑的定性及定量工作提供依据。

材料与方法

用铁铗从湖中夹取植物体，用清水洗净，放入冰箱中（—3℃）3—4天，然后移入烧杯中，用经双层25号筛绢滤过的东湖湖水泡浸，再用纱布封着烧杯口，置室温下（28—30℃）定时进行显微镜观察。同时另从洗净的植物体分别剪取根、茎、叶各几片，放凹玻片上，滴入滤过的东湖湖水，放在同样的室温下，经过一段时间，此等植物体细胞便会自然死亡。

又在实验室内用大茨藻的种子，放入滤过的东湖湖水，为之提供营养，便可培养出大茨藻的幼苗。幼苗长出后，白天给以适当的光照，幼苗叶片细胞便会逐渐出现叶绿体。当水中营养耗尽，加上阳光不足，此种幼苗便会逐渐死亡。

在活体情况下，东湖大茨藻根、茎的细胞核不易观察到。在高倍镜下（×400），也只能隐约看到叶细胞核的轮廓。用徒手切片法，或在显微镜下用解剖针挑除一部分细胞表面的附生藻类，再用戴氏液（Delafield's alum-hematoxylin）染色，可清晰地观察到叶细胞核的形状。在实验室内培养出的大茨藻幼苗，其体表的附生生物甚少或无，叶绿体数量也少，色泽不深，在不染色的情况下，也可见无色透明象个小水泡的叶细胞核。因此，用实验室培养出来的大茨藻幼苗，更便于观察整个降解过程。

在实验室条件下，在上述温度范围的高限内，20天左右便可观察幼苗降解的全过程。

编辑部收到稿件日期：1982年8月30日。

结 果

大茨藻为一年生沉水单子叶植物，茎圆柱形，节间具有尖锐短刺，叶腋处也往往长出同样具刺的叉状分枝。叶对生，边缘每侧有 6—11 个粗齿，叶的背面也有数个粗齿。叶鞘圆阔，无齿。雌雄异株。雌花具柱头 2—3 个。花腋生。果实长椭圆形[1]。东湖汤林湖区的大茨藻，有许多周丛藻类附生于其体表。

在显微镜下 (10 × 10)，分别测量出活体的根、茎、叶表皮细胞的大小范围如下：

根表皮细胞，一般长约 65—195 微米，宽 26—39 微米。细胞长筒形、棕色或稍带红色。

茎表皮细胞，一般长约 91—390 微米，宽约 39—78 微米。细胞长多角形，排列规则；靠近刺处的细胞近似网状或方形。

叶表皮细胞，一般长约 65—156 微米，宽约 39—78 微米。呈不规则多角形。齿细胞呈梭形或菱形，棕红色，无叶绿体。

活的大茨藻呈鲜绿色。叶细胞核透明无色，因叶面被附生藻类覆盖，只能隐约见之。叶细胞内叶绿体是均匀分布的，但在突然受到强光刺激（例如采样后马上曝晒于强烈阳光下，或在显微镜下受强灯光照射），其叶绿体便迅速向细胞核移动，把细胞核包围起来，构成一个很明显的亮点。待强光刺激减弱，此等叶绿体又重新慢慢分散。当植物体衰老时，茎叶逐渐变成紫红色，其细胞核更不易见，但其叶绿体移动情况仍能看到。

大茨藻的降解过程，可概括为：临界死亡期（死亡前期）；细胞核变色期；细胞质收缩期及胶体形成期。

1. 临界死亡期（死亡前期）

冷冻致死或在室温下自然死亡初期的大茨藻，茎、叶呈暗绿色或黑色，根仍呈黄褐色，整株植物体已变软。茎、叶表皮细胞内颗粒状叶绿体分布不规则，多数叶绿体包围着一个中空的圆形或椭圆形透明无色的亮点，这一般是细胞核所在处，用戴氏液染色后，该处可显出细胞核的形状。在强光刺激下，叶绿体不移动，静置弱光下，叶绿体也不分散。

在此阶段中，细胞内一般没有明显的细菌活动，但局部细胞壁表面有少量杆菌。

2. 细胞核变色期

从临界死亡期到细胞核变色期，历时 3—5 天。这时细胞核逐渐变成深黄褐色，颗粒状叶绿体也逐渐变成黄绿色，部分细胞内已有细菌活动。凹玻片上的样品，水中有数量不等的纤毛虫（多为草履虫 *Paramecium* spp.）。不易见有连成链状的杆菌沾附于植物体表。烧杯中的样品，植物体上往往沾附着许多连成链状的杆菌。

3. 细胞质收缩期

细胞核变色后一天左右，细胞质出现明显的收缩现象，但细胞核仍保持黄褐色，无进一步变化。部分颗粒状叶绿体已游离于细胞外，并往往互相粘附成团块，但不融合，颗粒

形态仍可见，其色泽进一步变黄。

此时细胞内细菌活动明显增加。凹玻片“培养”的样品中，原先的草履虫逐渐为膜袋虫（*Cyclidium* spp.）及斜管虫（*Chilodonella* spp.）所代替，且甚活跃。

4. 胶体形成期

细胞质收缩期历时 10 天左右进入胶体形成期，此时细胞间界线变得模糊，本来排列很紧密的细胞彼此有互相脱离的趋势，内含物有粘稠感。黄褐色细胞核色泽已变淡，但其形状仍依稀可辨。

在纤毛虫活动或其他外力作用下，细胞质往往脱落于细胞之外。脱落后的细胞质块，有些仍带着完整的细胞膜，有些细胞膜则残缺不全，其中有些细胞核仍隐约可见。随后，这些脱落的细胞质逐渐变得有粘稠感。部分叶绿体在细胞质脱落前即游离而出，后来与脱落的细胞质块结成不定形的胶体团块，完全失去其原有形状。残余的植物体其他部分成为无内含物的残片。经 2—3 个月后，多数残片也变成粘稠状的胶体，少数残片仍保持着无内含物的细胞壁形态；维管束后来变成纤维：叶片的齿的形态往往经久不变。

在胶体形成的初期，胶体量多，胶体体积一般也较大，细菌活动相当明显。随着时间的延续，胶体团块的体积及数量却逐渐下降，到了一定时间，胶体便不再有大的变化，进入相对稳定期。此时，明显的细菌活动也不见了。

烧杯中的样品，在室温下（28—35℃），5—6 个月后，多数胶体已消失，但齿的形态仍清晰，余下的胶体已无大变化，水中也看不到明显的细菌及纤毛虫活动。

讨　　论

水生维管束植物是高等水生植物，长期适应于水这样的生活环境，植物体产生了各种不同的特化结构。植物体死亡时，这些结构的变化便可能各不相同，不便作为水生植物死亡的一般标志。但是，不管水生维管束植物有多大的适应变异，其细胞核的生理机能是相对稳定的，且高等植物的细胞核，一般较大而易观察。当植物体死亡时，必然要反映在细胞核的形态和生理机能的变化上。因此，水生维管束植物的死亡标志，以细胞核的变质为依据是合适的。

活的大茨藻，在突然的强光刺激下，其叶绿体朝着细胞核迅速移动（在冷冻刺激下也观察到叶绿体包围细胞核的现象）：在排除上述强光刺激后，叶绿体又慢慢重新分散，这是其生命活动的一种自身保护机制。这种现象，在其他水生维管束植物如聚草（*Myriophyllum spicatum*）及苦草（*Vallisneria spiralis*）的叶细胞也可观察到。但不能说叶绿体不移动，细胞的新陈代谢便停止了，因为大多数种类的活的植物体是没有这种现象的。因此，大茨藻在临界死亡期，植物体体色虽有改变，叶绿体分布情况也有异，同时在强光刺激下并不移动，然而，其细胞核的形态并未发生变化，此时期的细胞未真正死亡，因此称之为临界死亡或假死亡。这时细胞内外细菌活动不明显。

在细胞核变色时，显示出其生理机能已发生根本性改变，与此同时，同一株植物体上，部分细胞内随即出现明显的细菌活动，细胞外细菌也增多，此时是植物体的真正死亡期，

也是碎屑开始期。

继细胞核变色后出现的细胞质收缩、叶绿体从细胞内游离而出，细菌明显增多，污水性纤毛虫活跃，都显示出碎屑已形成。本文关于碎屑开始期的标准，与 Golterman 的藻类矿化概念[2]及 Harrison 和 Mann 对大叶藻碎屑形成过程的描述[3]是基本上一致的。

在一个天然水体中，互相制约的因子是复杂的，且大茨藻是多细胞植物，在同一时刻内，所有的细胞不可能同时发生同样的变化。只要局部细胞内观察到细菌活动，且细胞核已变色，或只见细胞核已变色而细菌活动不明显，都可把这部分植物体看作是碎屑的开始期。

在东湖汤林湖区调查中，1979 年十月至十二月，大茨藻植株多处于假死状态，其茎和叶虽然基本上完整，但整株植物体已变软，色已变黄黑。1980 年一月底到二月中，汤林湖水柱中及湖底沉积物内，都可以见到细胞核变色期这个时相。二月份以后，汤林湖区的常见大茨藻碎屑形态多为不定形的胶体团块。

参 考 文 献

[1] 裴鉴、单人骅，1952。华东水生维管束植物。14—16页。科学出版社。

[2] Golterman, H. L. 1972. The role of phytoplankton in detritus formation. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 29 (Suppl.): 89—103.

[3] Harrison, P. G. and K. H. Mann. 1975. Detritus formation from eelgrass (Zostera marina L.): The relative effects of fragmentation, leaching, and decay. *Limnol. Oceanogr.*, **20**(6): 924—933.

DETRITUS FORMATION FROM A SUBMERSED MACROPHYTE, *NAJAS MAJOR* ALLIONI

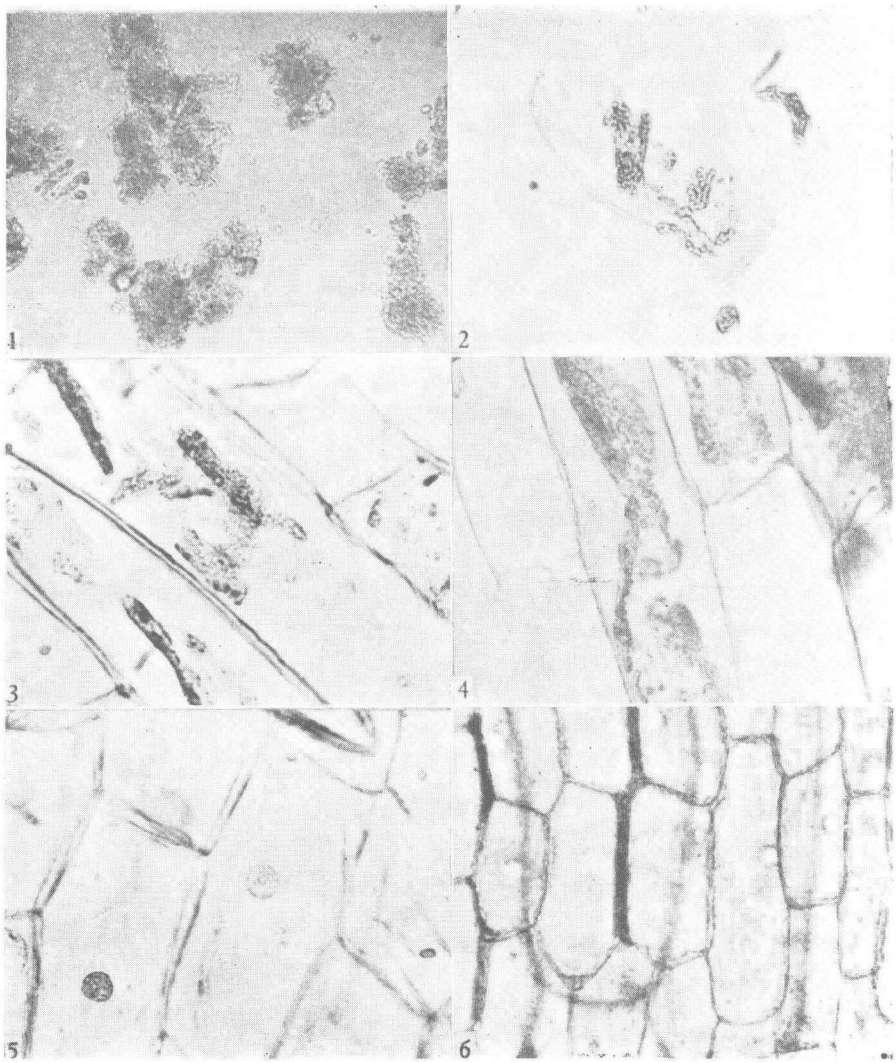
Lin Wanlian and Liu Xinzhou

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica*)

Abstract

Najas major Allioni is a submersed monocotyledonous plant of the family Najadaceae. It serves as a natural food of the grass carp. In 1978 and 1979, this macrophyte was predominant over other submerged vascular plants in the Tanglinhu area of the Donghu Lake, Wuhan. The plant dies off every winter. The purpose of this study is to understand the morphological degradation during detritus formation, so as to provide knowledge for the recognition and quantification of organic detritus at various areas in the Lake.

Under laboratory condition, the observed morphological changes may be referred to the following phases: 1. Critical or Premortal Stage, 2. Stage of color change in the nucleus, 3. Stage of cytoplasmic plasmolysis, and 4. Stage of jellylike consistency. The authors take the stage of color change in the nucleus as the initial step of detritus formation. Besides laboratory observation, natural condition of the detritus suspended in water and deposited as sediment in the Tanglinhu area has also been investigated.



大茨藻碎屑形成过程的形态特点：

图 1　活体时细胞核形态．　图 2　细胞核变色；　图 3　细胞质收缩；
图 4　细胞质收缩后的细菌入侵；　图 5　细胞质脱落；　图 6　不定形碎屑。

Morphological characteristics in detritus formation from *Najas major* Allioni

Fig. 1　Fresh plant cells and the state of their nuclei
Fig. 2　Color change of nucleus (from colorless to brown) in a moribund cell
Fig. 3　Cytoplasmic plasmolysis
Fig. 4　The invasion of bacteria after cytoplasmic plasmolysis
Fig. 5　Cytoplasm fallen out of the cell
Fig. 6　Amorphous detritus of the stage of jellylike consistency