

中国科学院水生生物研究所编辑

水生生物学集刊

ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA

第 8 卷

第 3 期

Vol. 8

No. 3

1984

科学出版社

中国科学院植物研究所

水生生物学集刊

第 1 卷 第 1 期 1984 年 1 月

总第 1 期

1984 年 1 月

1984

• • • • •

H164

水生生物学集刊编辑委员会

刘建康 (主编) 王德铭 丘昌强 朱元鼎 伍献文 余先觉 何碧梧
 (秘书) 陈宏溪 饶钦止 郑 重 胡鸿钧 费鸿年 倪达书 高尚荫
 曹文宣 谢仲屏 廖翔华 黎尚豪



Editorial Commission of Acta Hydrobiologica Sinica

Liu Jiankang (Liu Chien-kang, Editor-in-chief) Wang Deming (Wang Teh-ming)
 Qiu Changqiang (Chiu Chang-chiang) Zhu Yuanding (Chu Yuen-ting) Wu Xian-
 wen (Wu Hsien-wen) Yu Xiangjue (Yu Hsiang-chueh) He Biwu (Ho Pi-wu,
 Secretary) Chen Hongxi (Chen Hong-shi) Rao Jinzhi (Jao Chin-chih) Zheng Zhong
 (Cheng Chung) Hu Hongjun (Hu Hung- chuen) Fei Hongnian (Fei Hung-nien)
 Ni Dashu (Nie Da-shu) Gao Shangyin (Kao Shang-yin) Cao Wenxuan (Tsao
 Wen-shuan) Xie Zhongbing (Hsieh Chong-ping) Liao Xianghua (Liao Hsiang-hua)
 Li Shanghao (Ley Shang-hao)

水生生物学集刊 第8卷 第3期

Acta Hydrobiologica Sinica, Vol. 8 No. 3

编辑者	水生生物学集刊编委会 (中国科学院水生生物研究所)
出版者	科 学 出 版 社 北京朝阳门内大街137号
印刷者	中 国 科 学 院 印 刷 厂
总经售	新 华 书 店

印数: 1,850 1984年9月出版

统一书号: 13031·2763

本社书号: 4023·13-6

科技新书目: 86-40

定价: 2.10元

水生生物学集刊 第8卷 第3期

(1984年)

目 录

大茨藻的碎屑形成过程·····	林婉莲 刘鑫洲 (253)
六六六对大型溞生态学的影响·····	庄德辉 梁彦龄 孙美娟 (259)
银鲷性腺发育和胚胎发育的观察·····	王宾贤 范至刚 唐伯连 (271)
鲢鱼冷休克及其死亡的某些生化因素·····	冯祖强 王祖熊 (289)
太湖乔氏短吻银鱼的生物学·····	张开翔 (301)
湘华鲮(♂)×鲢鱼(♀)杂交一代与其双亲染色体组型的比较研究·····	
·····	张锦霞 刘肖芳 王祖熊 靳光琴 (313)
武汉东湖颗粒有机碎屑现存量的测定·····	林婉莲 刘鑫洲 (323)
武汉东湖大茨藻群落的研究·····	陈洪达 (331)
波纹盘肠溞(甲壳纲、双甲目)的重新描述及其生态学资料·····	陈受忠 (341)
武汉东湖浮游动物数量和生物量变动的研究·····	
·····	黄祥飞 陈雪梅 伍焯田 胡春英 (345)

简 报

过滤螺旋鱼腥藻清液养鱼试验·····	石志中 (359)
--------------------	-----------

综 述

鱼类内分泌学研究的动向·····	林浩然 (363)
------------------	-----------

ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA, Vol. 8, No. 3

(1984)

CONTENTS

Detritus Formation from a Submersed Macrophyte, <i>Najas major</i> Allioni.....	
..... Lin Wanlian and Liu Xinzhou (256)	
Ecological Effects of BHC on <i>Daphnia magna</i> Straus	
..... Zhuang Dehui, Liang Yanling and Sun Meijuan (269)	
Observation on the Gonadal Development and Embryonic Development of <i>Xenocypris argentea</i> Günther	
..... Wang Bingxian, Fan Zhigang and Tang Bailian (282)	
Some Biochemical Factors of Cold-shock and Death in the Mud Carp (<i>Cirrhinus molitorella</i>) ...	
..... Feng Zuqiang and Wang Zuxiong (297)	
On the Biology of <i>Salangichthys (Neosalanx) jordani</i> in Lake Taihu	
..... Zhang Kaixiang (310)	
A Comparative Study on the Karyotypes among the Hybrid Fish (<i>Sinilabeo decorus tungting</i> ♂ × <i>Cirrhinus molitorella</i> ♀) and its Parental Fishes	
..... Zhang Jinxia, Liu Xiaofang, Wang Zuxiong and Jin Guangqin (320)	
The Particulate Organic Detritus Content in Lake Donghu, Wuhan	
..... Lin Wanlian and Liu Xinzhou (330)	
Study on <i>Najas major</i> All. Community of Lake Donghu, Wuhan	
..... Chen Hongda (340)	
Redescription of <i>Chydorus undulatus</i> Chiang (Crustacea, Cladocera) and Note on its Ecology ...	
..... Chen Shouzhong (344)	
Studies on the Changes in Abundance and Biomass of Zooplankton in Lake Donghu, Wuhan	
..... Huang Xiangfei, Chen Xuemei, Wu Zhuotian and Hu Chunying (358)	
Short Communication	
Fishculture Experiment with the Filtrate of <i>Anabaena spiroides</i>	
..... Shi Zhizhong (359)	
Review	
The Trends in the Research of Fish Endocrinology	
..... Lin Haoran (363)	

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

用铁钎从湖中夹取植物体,用清水洗净,放入冰箱中(-3°C) 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浸泡,再用纱布封着烧杯口,置室温下($28-30^{\circ}\text{C}$)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($\times 400$),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。

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—14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后即游离而出,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 MACRO-PHYTE, *NAJAS MAJOR ALLIONI*

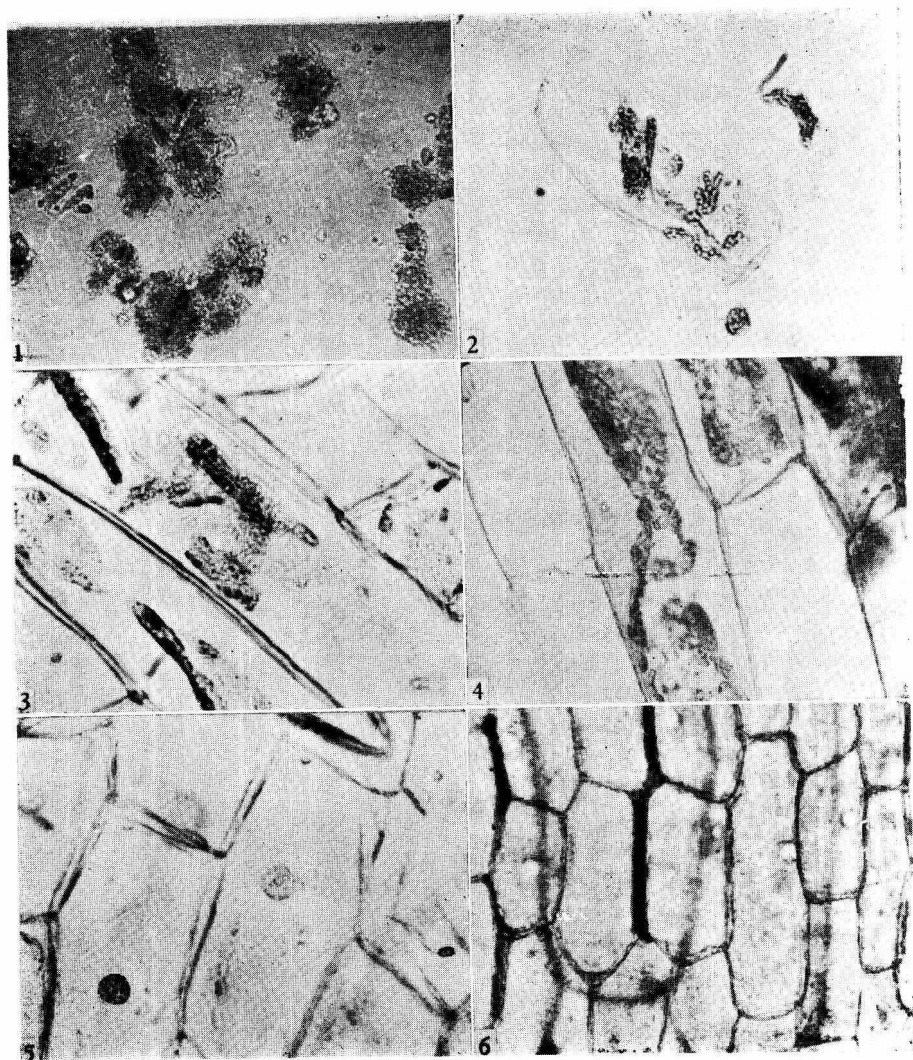
Lin Wanlian and Liu Xinzhou

(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

六六六对大型溞生态学的影响*

庄德辉 梁彦龄 孙美娟

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

在实验室条件下,测定了六六六对大型溞 (*Daphnia magna* Straus) 存活、生长和生殖的影响。

在 25℃ 时,以心跳停止为死亡标准,六六六(以丙体计)对大型溞 48 小时 LC_{50} 及其 95% 可信限为 1.32 ± 0.30 ppm。以存活、生长和生殖为毒性标准,未觉察反应浓度 (NOEC) 为 150 ppb,最低觉察反应浓度 (LOEC) 为 200 ppb,其应用因子在 0.11—0.15 之间。内禀增长能力 (r_m) 是更为敏感的指标,六六六浓度要降低至 50 ppb 才无明显影响。

六六六是我国目前使用最为广泛的杀虫剂。喷洒在自然界中的六六六通过各种途径会进入水体,对水生生物造成直接的或潜在的危害。研究六六六对水生生物的影响,对于控制六六六使用,防止六六六污染无疑是很重要的。

溞类是淡水生物的重要类群,它对许多毒物很敏感,早在 100 多年前就有人用它来检验药物的毒性^[13]。溞类的世代周期短,性成熟快、产仔量多,是一类很好的试验生物。而且,这些试验项目使用的参数在个体间相对恒定,为试验结果统计学处理提供方便^[15]。加之试验装置简单,省人力,故在水毒理学研究上广为应用。大型溞 (*Daphnia magna* Straus) 是溞属中个体最大的种类。美国公共卫生协会等编著的《水和废水标准检验法》第十四版已将大型溞作为毒性试验的标准生物^[13]。

大型溞在国外已作过大量研究,国内宋大祥 (1962)^[4] 也进行过培养研究。有关六六六对溞类的毒性问题,在国外,Matida 等 (1958)^[17] 研究过丙体六六六对隆线溞 (*Daphnia carinata* King) 的毒性, Mălăcea (1967)^[16] 比较了鱼和溞对丙体六六六的敏感性,田中二良 (1978)^[12] 罗列了各种剂型六六六对溞 3—6 小时的急性试验结果。在国内,尹文英 (1955)^[2] 和史若兰 (1956)^[3] 在用六六六杀灭鱼池害虫的研究中,作过对溞的毒性试验。我们在用溞类监测农药污染水体的初步试验中,也做过对隆线溞的毒性试验^[7]。此外, Canton (1975)^[14] 研究过甲体六六六对大型溞的毒性及其在食物链中的积累和消除。在国内,六六六对溞类的慢性毒性尚未见报道。本文介绍六六六对大型溞存活、生长和生殖影响的试验结果。

* 本文承王德铭、丘昌强、陈受忠副研究员审阅,葛店化工厂检验科帮助分析六六六样品,闵万新同志协助试验工作,在此一并致谢。

编辑部收到稿件日期: 1982 年 9 月 17 日。

材 料 和 方 法

1. 材料 试验用大型蚤采自哈尔滨市郊区。试验前经3个月室内驯养, 纯系培养。用于试验的幼蚤系同一个母体的后代, 蚤龄 6 ± 6 小时。正式试验共用蚤 27, 825 个。蚤饲以蛋白核小球藻 (*Chlorella pyrenoidosa*)。小球藻用水生四号培养基培养^[1]。藻类培养后经 3000 转/分离心 5 分钟, 弃上清液, 沉淀藻类细胞悬浮在蚤培养液中避免藻类培养液对蚤类的毒性。

2. 药物 丙体六六六是六六六的主要杀虫成份, 故试验以丙体含量计算^[1,3,11]。本试验用六六六系武汉葛店化工厂原粉, 含丙体六六六 13.5%, 实测含量相近(甲体 63.11%、乙体 12.41%、丙体 14.09% 和丁体 6.89%), 故试验时仍按原标明的丙体含量配制。六六六难溶于水, 以丙酮为溶剂, 加 5% 吐温-80 乳化剂乳化, 先配成母液再加入到试验液中。

3. 条件 试验用的自来水经活性炭过滤、曝气, 静置 24 小时以上使用。水中溶解氧 6.8—11.0 毫克/升, pH7.0—7.1, 总硬度(德国度) 7.49, 电导率 295—310 微欧/厘米, 总六六六平均 0.3294 ppb (其中甲体 0.1214, 乙体 0.0045, 丙体 0.1912, 丁体 0.0123 ppb)。水温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 。照度 3, 000—3, 300 勒克司 (lx), 每天光照时间 9—10 小时。

4. 方法 参照美国公共卫生协会等编著的《水和废水标准检验法》进行^[13]。急性试验用 150 毫升烧杯盛 100 毫升试验液, 置蚤 10 个, 两个平行, 重复两次。试验液不予更换。慢性试验用 250 毫升烧杯, 盛 200 毫升试验液, 置蚤 5 个, 每个浓度 3 个平行。试验液两天更换一次。换水时加入小球藻维持 60—80 万个细胞/毫升。每天检查存活数和产仔数, 并将死亡个体及幼体移出。在试验期间, 头 10 天每天测量体长, 以后隔天测量, 20 天以后 4—7 天测量一次。试验蚤心跳停止为死亡标志。

5. 统计学处理 急性试验用概率单位——对数图解法求 24 小时和 48 小时的 LC_{50} 及其 95% 可信限^[8]。慢性试验用郭祖超^[5]和 C. W. 斯奈迪格^[10]介绍的方差分析方法比较各个浓度的平均寿命、生长和生殖。按照梁彦龄等^[6]计算内禀增长能力的方法, 用 $R_0 = \int_0^\infty l_x m_x \delta x$ 公式先求净增殖率 (R_0), 再用 $\sum_0^\infty e^{-r_m x} l_x m_x = 1$ 公式求内禀增长能力 (r_m)。世代平均周期 (T) 用公式 $T = \frac{\log e R_0}{r_m}$ 计算。周限速率 (λ) 用公式 $\lambda = e^{r_m}$ 求出。

结 果

1. 急性试验

六六六(以丙体计)对 6 ± 6 小时蚤龄的大型蚤的 LC_{50} 值及其 95% 可信限如下: 24 小时为 $2.40 \pm 0.40 \text{ ppm}$, 48 小时为 $1.32 \pm 0.30 \text{ ppm}$ 。

2. 慢性试验

(1) 存活

试验自蚤出生 6 ± 6 小时开始至全部自然死亡结束。在浓度 5—450 ppb 及对照共 11

组试验中, 平均寿命在 15.20 ± 7.36 天 (450 ppb) 至 46.67 ± 9.68 天 (对照组) 之间 (表 1)。绝对最短寿命从 450 ppb 2 天至对照组 32 天。绝对最长寿命从 450 ppb 26 天至对照组 67 天。在浓度 150 ppb 和 200 ppb 之间有明显的界限。

为检验不同浓度下平均寿命差异的显著性, 曾进行方差分析^[5], 结果各组均数间有显著差异 (表 2)。

表 1 六六六不同浓度对大型溞寿命的影响

Tab. 1 Effect of BHC (as γ -BHC) on longevities (days) of *Daphnia magna*

浓度 (ppb) Concentrations	平均寿命士标准差(天) Longevities (mean $\pm$ SD)
对照 Control	46.67 ± 9.68
5	46.33 ± 13.27
50	46.00 ± 15.62
100	46.67 ± 10.79
150	43.00 ± 13.66
200	23.00 ± 13.73
250	20.13 ± 8.83
300	17.93 ± 7.40
350	18.53 ± 5.58
400	16.27 ± 7.57
450	15.20 ± 7.36

表 2 大型溞的平均寿命在六六六不同浓度中的方差分析

Tab. 2 Analysis of variances of longevity of *Daphnia magna* Straus at different BHC (as γ -BHC) concentrations

变异来源 Source of variation	自 由 度 D. f.	离均差平方和 Sum of squares	均 方 Mean square
总变异 Total	164	50,110.93	
组间变异 Treatment	10	30,895.93	3,089.59
组内变异 Group	154	19,215.00	124.77
$F = 24.76$		$F_{0.05} = 1.89$	

在平均数间作全部比较的检验是通过一个差数 D 的计算来进行的^[10]。 D 是在 5% 水准处有显著性的差数。即:

表3 在六六六不同浓度中大型溞平均寿命组间均数差异的比较

Tab. 3 Comparison of mean longevity of *Daphnia magna* at different BHC (as γ -BHC) concentrations

浓度 (ppb) Concentrations	$\bar{x}$	$\bar{x}-15.20$	$\bar{x}-16.27$	$\bar{x}-17.93$	$\bar{x}-18.53$	$\bar{x}-20.13$	$\bar{x}-23.67$	$\bar{x}-43.00$	$\bar{x}-46.00$	$\bar{x}-46.33$	$\bar{x}-46.67$
对照 Control	46.67	31.47 (+)	30.40 (+)	28.74 (+)	28.14 (+)	26.54 (+)	23.00 (+)	3.67 (-)	0.67 (-)	0.34 (-)	0.00 (-)
100	46.67	31.47 (+)	30.40 (+)	28.74 (+)	28.14 (+)	26.54 (+)	23.00 (+)	3.67 (-)	0.67 (-)	0.34 (-)	
5	46.33	31.13 (+)	30.06 (+)	28.40 (+)	27.80 (+)	26.20 (+)	22.66 (+)	3.33 (-)	0.33 (-)		
50	46.00	30.80 (+)	29.73 (+)	28.07 (+)	27.47 (+)	25.87 (+)	22.33 (+)	3.00 (-)			
150	43.00	27.80 (+)	26.73 (+)	14.26 (+)	24.47 (+)	22.87 (+)	19.33 (+)				
200	23.67	8.47 (-)	7.40 (-)	5.74 (-)	5.14 (-)	3.54 (-)					
250	20.13	4.93 (-)	3.86 (-)	2.20 (-)	1.60 (-)						
350	18.53	3.33 (-)	2.26 (-)	0.60 (-)							
300	17.93	2.73 (-)	1.66 (-)								
400	16.27	1.07 (-)									
450	15.20										

+表示差异显著;-表示差异不显著。

$$D = QS_x$$

Q 是两均数相差显著时其差数需为标准误的若干倍。

在 11 个处理组和 $f = 154$ 的情况下,查表得 $Q \approx 4.64$ 。

$$S_x (\text{平均数标准误}) = \sqrt{124.77/15} = 2.884$$

$$\text{故: } D = 4.64 \times 2.884 = 13.38$$

以平均寿命长短顺序列出组间均数差异比较表(表3)。若差异数 $> D$ 值(13.38)为差异显著。从表上可以看出对照组与 5、50、100 及 150ppb 各组无显著差异;而对照组与 200、250、300、350、400 及 450ppb 各组有显著差异。

(2) 生长

在试验浓度范围内,随着六六六浓度升高,大型溞的平均体长逐渐减小(图 1)。对照组平均体长最大达 4.12 ± 0.218 毫米,而 450ppb 组平均体长最小只 2.43 ± 0.377 毫米。绝对最大体长对照组为 4.30 毫米,450ppb 组为 2.60 毫米。绝对最小体长对照组为 3.76 毫米,450ppb 组为 1.49 毫米。就以绝对体长而论,生活在 450ppb 浓度中的溞终末最大体长(2.60 毫米)还达不到对照组终末最小的体长(3.76 毫米)。

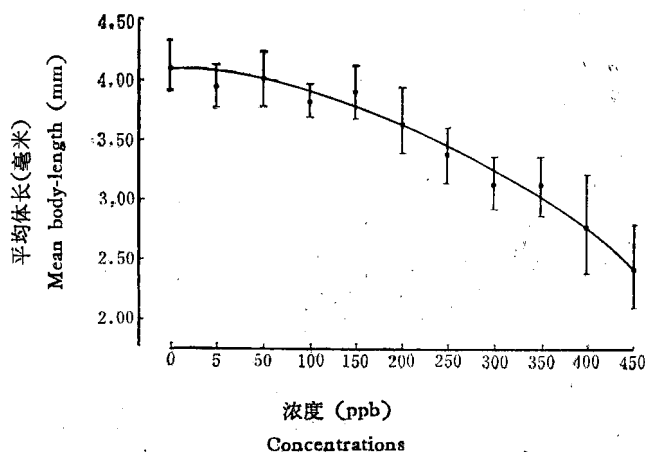


图 1 大型溞的平均体长与六六六浓度的关系

Fig. 1 Mean length of *Daphnia magna* at the end of life at different BHC (as γ -BHC) concentrations.

从各个浓度组的生长曲线(图 2)可以看出,随着浓度逐渐升高,体长增长速度和终末体长均逐渐减小。

表 4 大型溞的平均体长在六六六不同浓度中的方差分析

Tab. 4 Analysis of variances of mean body-length of *Daphnia magna* at different BHC (as γ -BHC) concentrations.

变异来源 Source of variation	自由度 D. f.	离均差平方和 Sum of squares	均 方 Mean square
总 变 异 Total	164	58.58	
组 间 变 异 Treatment	10	47.39	4.739
组 内 变 异 Group	154	11.19	0.073
F = 64.92		F _{0.05} = 1.85	

为检验不同浓度下体长增长的显著性,仍用上述方法进行方差分析。从表 4 得知组间差异显著。再用差数 D 值检验组间差异状况。

$$D = QS_{\bar{x}} = 4.64 \times \sqrt{0.073/15} = 0.324$$

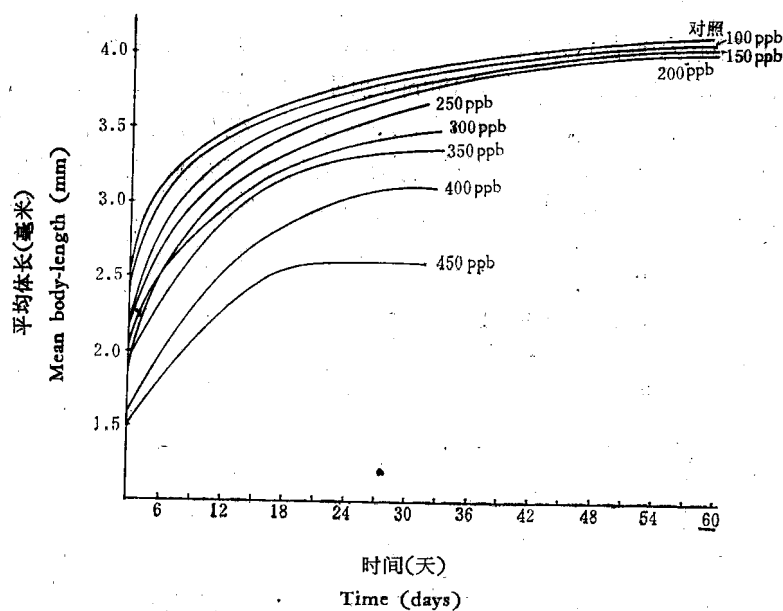


图2 六六六不同浓度对大型溞生长的影响(每个浓度以15个试验溞计算)。

Fig. 2 Effect of BHC (as γ -BHC) on growth of *Daphnia magna*. Each curve is based on an initial cohort of 15 animals.

以 D 值衡量平均体长组间均数差异状况,即可得知5、50、100及150ppb各组与对照组之间无显著差异;而200、250、300、350、400及450ppb各组与对照组有显著差异。

(3) 生殖

从图3可以看出,六六六对大型溞生殖量的影响。当六六六浓度在200ppb以上时,

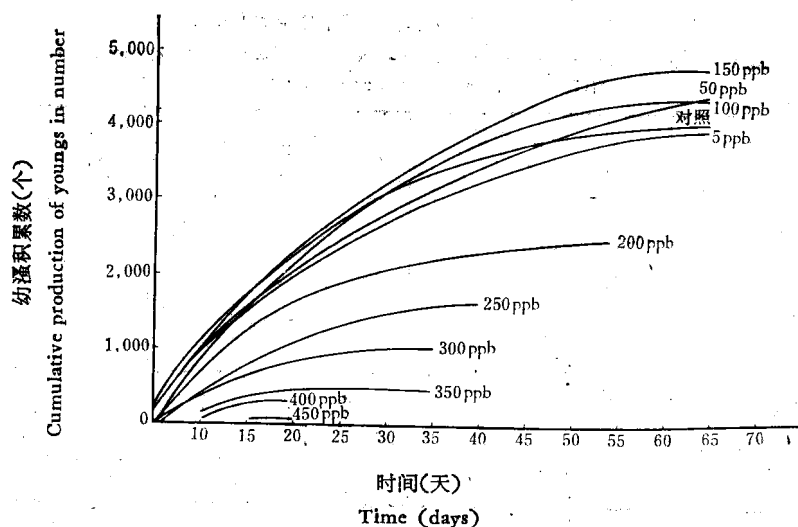


图3 大型溞在六六六不同浓度下生殖量累计数(每个浓度组以15个试验溞所产幼体计算)

Fig. 3 Curves of cumulative production of youngs of *Daphnia magna* at different BHC (as γ -BHC) concentrations. Each curve is based on an initial cohort of 15 animals.