

淡水涡虫研究进展

韩志泉

(首都师范大学生物系 北京 100037)

关键词 分类 繁殖 再生

淡水涡虫研究,可追溯到 1890 年,从本世纪 70 年代以来,研究日趋深入,本文拟从四个方面予以回顾。

1 组织形态

涡虫形态学如今已向微观世界纵深发展,这方面 Baguna 等^[1]用组织分离液,将 *Dugesia mediterranea* 进行离析,结果发现,涡虫个体长度与体积,长度与细胞总数量之间,有着明确的回归直线关系,而且他们还从细胞定性定量研究中发现,涡虫身体是由 13 种细胞组成,它们是未分化细胞、神经细胞、上皮细胞、实质细胞、肠上皮细胞、杯状细胞、杆状细胞、肌肉细胞、色素细胞、焰细胞、嗜碱性细胞、嗜酸性细胞、条纹细胞。这中间以未分化细胞与实质细胞为最多,分别要占到细胞总数量的 23% 与 20.5%,说明它们在机体的功能上必有突出的价值。

2 分类

全世界淡水三肠亚目共有 4 科 35 属 387 种^[2]。我国截至今经鉴定已有 3 科 5 属 13 种^[2]。Teshirosi 等^[3]从日本全国 18 个地点采到 *Polycelis auriculata* 29 份样品,个体间在色泽、眼点数目存在不少差异,他们为了探讨差异处于何种水平,把 *P. auriculata* 和另一个种 *P. schmidti* 分别作了染色体核型和蛋白质凝

胶光密度等测定,结果发现 *P. auriculata* 核型上虽有 $2n=6$ 、 $2n=10$ 、 $2n=10+1B$ 、 $2n=11+1B$ 、 $2n=12+2B$ 、 $2n=12$ 等 11 种,但从光密度测定图形显示(见图 1),多处采来的 *P. auriculata* 蛋白质成分有惊人的相同性,与 *P. schmidti* 截然不同,说明 *P. auriculata* 仍同作为一种,差异水平在种内,只不过带有明显的多型现象 (Polymorphism)。

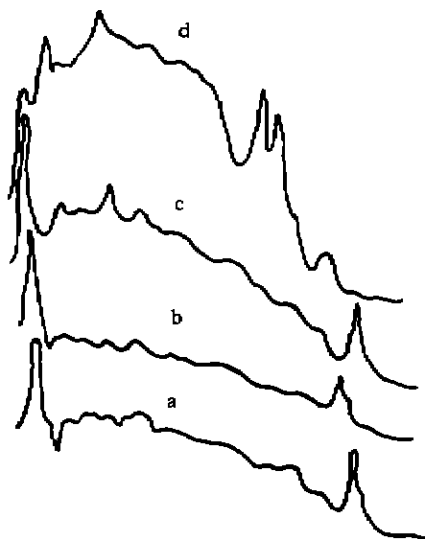


图 1 两种涡虫蛋白质凝胶光密度图形

- a. Sakunami
- b. Tashirota 采到 *P. auriculata*
- c. Zatoishi
- d. Rishiri 岛采到 *P. schmidti*

3 种群繁殖

淡水涡虫是适宜山川溪流等处生活的低等动物,习性上有着明显的隐蔽性,喜欢在石块反面聚集,只要饵料丰富(蜉蝣、石蛾幼虫等)、天敌很少(石蛭等),气候适中,它们就可以通过繁殖,保持着种群一定的密度(图 2)。

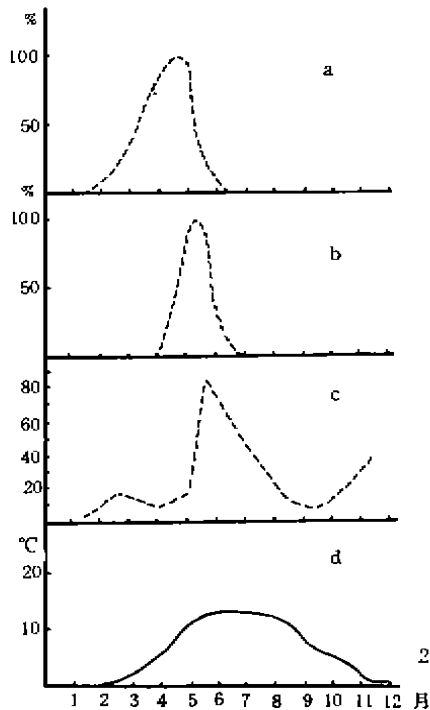


图 2 涡虫 (*D. lacteum*) 繁殖与密度变化
(瑞典南部)

a 卵茧数量与月产最高数量之间相比的百分率;
b 卵茧孵化数量与月卵茧孵化最高数量之间相比的百分率;c 虫口密度(个/每采集面);d 水温

据英国 Reynoldson^[4]对 6 种淡水涡虫有性生殖种类生活史研究证实,绝大多数一年一代,只有 *Polycelis nigra*,也可以一年基本上完成两代。除此他还在总结 11 种涡虫繁殖情况时发现,有 7 种只进行有性生殖,有 2 种只进行无性生殖,只有 2 种,是有性生殖和无性生殖兼之。关于涡虫有性生殖季节、一条涡虫产多少卵茧、孵化率高、一个卵茧能孵出多少幼体, Herrmann^[5, 6]1979—1986 年对瑞典南部的 *D. lacteum* 研究,他确认,这种涡虫在瑞典一

年只有一次有性生殖过程,卵茧产出的高峰是 5 月份(水温 12℃),卵茧孵化与种群密度最高峰均落在 6 月份(图 2)。经实验研究,每条涡虫可产 8.3—9.8 个卵茧,卵茧孵化率在 89—96% 之间,一个卵茧能孵出 12.1—13.8 条小涡虫,如按 13 条幼体计算,这样一条涡虫平均经有性生殖,可繁殖子代 96—122 条。我们再来对比一下涡虫无性生殖情况,美国 Best^[7]1968 年在实验室内,把 *D. dorotocephala* 400 条集中饲养在一起,经 78 天,虫口达到 765 条,也就是在 2、6 月内平均每条涡虫横裂了一次,如果假说一年能繁殖 3 次,这样一年一条涡虫会变成 8 条子代,表面上看,有性以 1:100 速度在增加,无性以 1:8 速度增加,实际从图 2 可知,有性初孵幼体会 92% 个体不能存活,如一条涡虫平均按繁殖子代 100 条计,那么最后存活也只有 8 条,如何看待这两个“8”字呢? 生物学理论告诉我们,有性过程所剩的 8 条,是经过基因重组,并经残酷的优胜劣汰的,而无性过程的 8 条,充其量仅仅是亲代基因重复再现而已,从活力角度分析,自然有性生殖后代要远远超过无性生殖后代,从英国所产 11 种涡虫,竟有 7 种只进行有性生殖就说明了这一点,当然生物进化事实又提示我们,像 *Phagocata vitta*、*Crenobia alpina* 和东亚三角头涡虫 (*D. japonica*),它们既能进行有性生殖又能进行无性生殖,从质、数两个方面,相辅相成、相得益彰,从生物进化的历史长河看,可能是今后涡虫生殖发展的总趋势。

4 再生

涡虫再生之迹谜,向来吸引人们的关注,实验也层出不穷,如今奥妙初显端倪。

4.1 再生时细胞的来源问题 这一问题存在着两种理论。第一种理论叫胚胎原种细胞学说 (*Embryonic stock cell theory*) 是由 Curtis 等^[8]1934 年提出的,此论也称未分化细胞理论 (*Neoblast theory*),这一学说强调当动物再生时,涡虫体内保存的那些未分化细胞,会在再生刺激下,大量的分裂并再经迁移、分化,使那些

失去的部分重新构建,使之恢复原貌,这一学说有大量实验给予支持^[9],并体现出未分化细胞具有的全能性(Totipoten)。第二种理论叫反分化理论(Dedifferentiation theory),是由1923年Bartsch提出的,他强调未分化细胞来源于其它器官上的细胞,经反分化而形成的,这一学说也有实验予以支持,尤以Teshirogi^[10]1986年工作最为精彩,他发现涡虫一旦遭到切割,涡虫肠上皮的吞噬细胞,有些就会发生反分化,并朝实质方向又增殖又延伸,延伸部分逐渐呈现海绵样(Sponge live)或似阿米巴样结构,最终形成的未分化细胞彻底与肠上皮脱离,并继用伪足作运动,朝再生处聚集、分化,最后将缺失部分再生出来。以上两派似乎水火不容,事实并非如此,连胚胎原种细胞理论倡导者Curtis1934年在提出他的理论同时,就提出有些分化细胞(Differentiated cell),可能会经反分化,从而能化为未分化细胞,一直最终完全再生,今天看来,再生的两种机制可能都存在,似乎以前者为主,后者为辅,协同相助,互为补充,促进再生的完成。

4.2 再生的生化机理 缺失部分的最终长出,首先意味着细胞的大量供应,其本质是大量蛋白质合成问题,可喜的是这方面研究有长足进展。Moraczewski和Martelly等^[11, 12]通过研究涡虫胺类神经荷尔蒙(Amnerigic neurohormone)发现,当涡虫人工切割后第1小时,5-羟色胺浓度,会比正常下降近25%,可是到第2小时,其浓度一下子比正常值又提高近25%,之后4小时,虽有所下降,但仍比正常多15%,这一现象表明,再生发生时,大量神经细胞要旺盛地进行分泌,并持续一个较长时间。但是5-羟色胺与再生是否真有必然的联系,Martelly等用细胞培养方法加以证实,他发现如果逐日人工添加5-羟色胺,浓度适宜,细胞有丝分裂的百分率会随着5-羟色胺的添加而相应地提高,证明5-羟色胺是利于细胞分裂增殖的激素之一(见图3)。进一步事实又告诉人们,这种催化路线是从激活细胞膜内表现的腺苷酸环毛酶开始的(见图4),通过这种酶

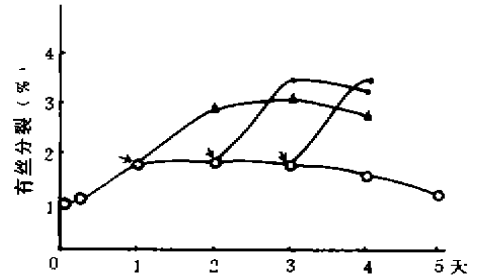


图3 涡虫细胞培养下,细胞分裂率与添加5-羟色胺关系

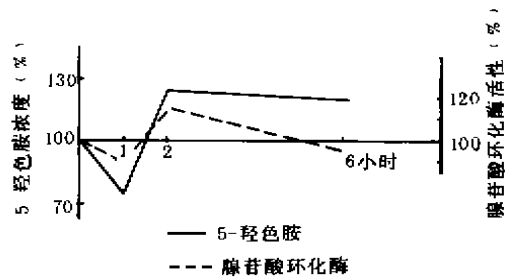


图4 涡虫再生中,5-羟色胺与腺苷酸环化酶动态变化

再去激活ATP,使之转变为环腺苷酸(CAMP),再由CAMP在钙离子参与下,去激活蛋白激酶(见图5),从图3与图5明显看到,这一系列变化,都是在再生2—6小时连锁式发生的,正是这种生化路线,才导致DNA的合成在再生后第12小时达到高峰(见图6),进而又促使RNA在再生后第18小时,也出现第一次高峰,RNA翻译结果,使蛋白质合成在再生后第24小时,引发出第一次高峰(见图7)。蛋白质大量增加,就为未分化细胞在再生后第1天大量形成,提供了可靠的物质保证。另外5-羟色胺大量释放,还有利于动物发生嗜睡,提高痛阈值,无疑对动物减轻痛感,也是一种很好的保护性反映,以上催化路线与高等动物,乃至人类,有着惊人的相似性,足见生物进化体现出鲜明地一脉相承性。

4.3 再生中组织器官的分化 这是一个更为复杂的问题,目前研究仅仅起步,离答案全部解

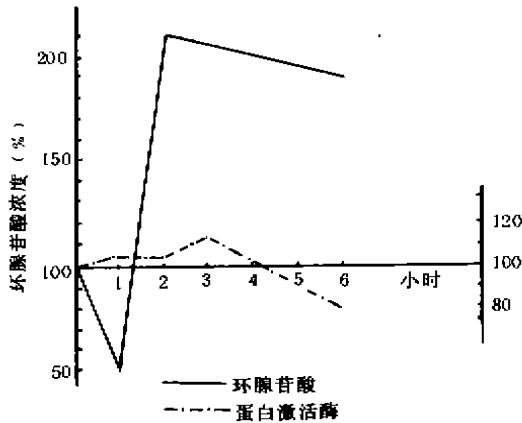


图5 涡虫再生中,环腺苷酸与蛋白激活酶最初几小时动态变化

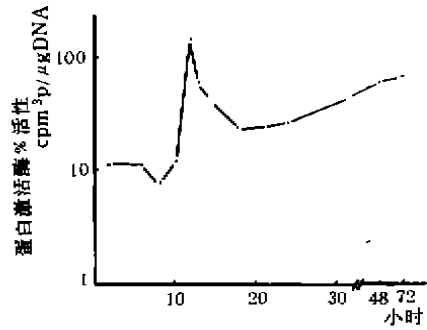


图6 涡虫再生中,DNA合成动态变化

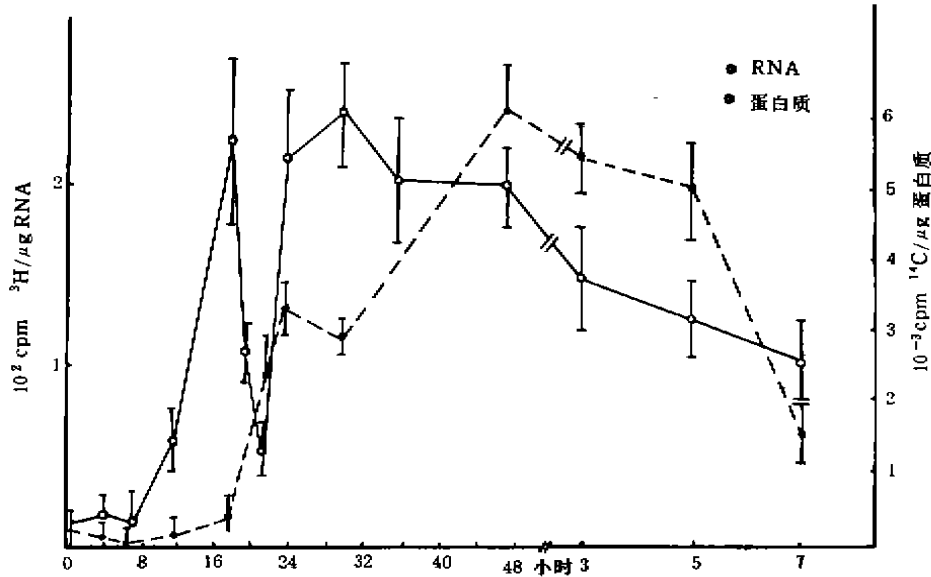


图7 涡虫再生中,RNA和蛋白质合成动态变化

出相距甚远。国外研究偏于两个方面,一个是极性,一个是脑的控制问题。所谓极性,指的是涡虫细胞和其它动物细胞一样,“似乎始终记得它的位置”,如将涡虫横切,前端多半再生出尾部,后端也多半再生出头部,这方面实验极多,不必赘述。所谓脑在控制再生的作用问题,Rudnick 1962年发现^[9],他将人工切头的涡虫,放在含有磨碎头的匀浆中培养,一段时间后,涡虫虽有带眼的头长出,但头内却没有新脑出现。即便把匀浆加热到 60℃,也不影响这种效果,

另外这种抑制物没有特异性,用含 *D. lugubris* 或 *D. gonocephala* 磨碎头的匀浆,去培养切去头的 *P. nigra*,照样不出新脑,说明带有头的涡虫体内,必含有一种物质,监控着自身,它本能地不允许体内有第二个神经中枢再现,这一现象说明,动物唯一的神经系统主宰全身,调节一系列生理活动,与外界环境相协调,使动物能更好地生存。再有 Chirardell 1965 也发现,如果把 *D. lugubris* 的头部纵切,30 天后它就会长出一个联体的涡虫,经查,它们有各自的脑和

雌雄生殖系统,只是梯型神经系统中,内侧纵神经索是新长出的,外侧纵神经索仍是旧有的,如果这时再把联体中的一个涡虫头连卵巢一并去掉,再把这一失去一个头的联体放在能抑制头再生的 0.0005% 苯异丙胺溶液内培养 (Phenylisopropylamine solution),过 8 天后人们惊奇发现,未切头那侧的涡虫,生殖系统无任何变化,而切头又被抑制头再生的另侧涡虫,精巢全部消失,以上两个试验均暗示,头的有无,实质是脑的有无,对组织或器官的出现与维持,起着重要的控制作用。发育分子学进展证实,之所以动物形态结构有序,再生也是按照区域编码程序进行^[13],本质是基因作用和不同基因产物组合的结果,可惜这方面未见有涡虫再生的具体实质性报道,相信随着科学不断深入,必有成果层出不穷。

参 考 文 献

- 1 Baguna, J. and R. Romero. Quantitative analysis of cell types during growth degrowth and regeneration in the Planarians *Dugesia mediterranea* and *dugsia tigrina*. *Hydrobiologia*. 1981, **84**: 181—194.
- 2 刘德增. 中国淡水涡虫. 北京师范大学出版社 1993, 147—153.
- 3 Teshirogi, W. and S. Ishida. Studies on the speciation of Japanese freshwater Planarian *Polycelis auriculata* based

- on the analysis of its karyotypes and constitutive protein. *Hydrobiologia*. 1981, **84**: 69—77.
- 4 Reynoldson, T. B. A keytto British species of freshwater triclads. *Freshwater Biological Association sci publ.* 1975, No.23, 2nd. 31.
- 5 Herrmann, J. Temperature dependence of repecoduction in *Dendrocoelum lacteum*: a experimental approach. *Oikos*. 1985, **44**: 268—272.
- 6 Herrmann, J. Reproductive ecology of *Dendrocoelum lacteum* in a rapid stream in southern sweden and comparisous with a lake population. *Hydrobiologia* 1986, **132**: 273—277.
- 7 Best, J. B. Hand, S. and R. Rosenfold Mitosis in normal and regenerating Planarians. *Journal Experiment Zoology*. 1968, **168**: 157—168.
- 8 Curtus, W. C and L. M. schulze. Studies upon regeneration. *Journal of Morphology*. 1934, **55**: 477—513.
- 9 Budnick, D. Regeneration the Rondld press company New York 1962, 53—84
- 10 Teshirogi, W. Onthe origin of neoblasts in freshwater Planarians. *Hydrobiologia*. 1986, **132**: 207—216.
- 11 Moraczewski, J. Cell activation during regeneration of Planaria. *Hydrobiologia*. 1981, **84**: 203—207.
- 12 Martelly, L. Franquinet, R. and A. Moigne Relationship between variator of cAMP, neuromediators and the stimulation of nucleic acid synthesis during Planarian regeneration. *Hydrobiologia*. 1981, **84**: 195—201.
- 13 王家治, 刘希文. 再生的信息与控制. 自然杂志, 1985, **8** (2): 127—131.