

正颤蚓的生长发育及繁殖生物学的研究

李仁熙

(辽宁师范大学生物学系, 大连 116029)

摘要: 在实验室饲养的条件下, 研究了正颤蚓在 15℃、20℃、25℃ 水温的生长发育和繁殖过程。结果表明正颤蚓从其受精卵在蚓茧内发育, 孵出生长到产卵, 在 15℃ 水温需 100—123d, 在 20℃ 水温需 70—90d, 在 25℃ 水温需 48—64d。蚓自蚓茧内孵出后的 165d 生长期, 其 15℃、20℃、25℃ 水温的体重生长回归方程分别是: $W = 6.87 / [1 + 136.48 \cdot \exp(-0.0612 \cdot t)]$; $W = 5.99 / [1 + 118.8 \cdot \exp(-0.0918 \cdot t)]$; $W = 6.82 / [1 + 135.28 \cdot \exp(-0.1389 \cdot t)]$ 。其 15℃、20℃、25℃ 水温的体长生长回归方程分别是: $L = 58.3 / [1 + 13.58 \cdot \exp(-0.0384 \cdot t)]$; $L = 51.3 / [1 + 11.83 \cdot \exp(-0.0566 \cdot t)]$; $L = 54.4 / [1 + 12.6 \cdot \exp(-0.0872 \cdot t)]$ 。其 15℃、20℃、25℃ 水温的体重与体长关系的回归方程分别是: $W = 3.1072 \cdot L^{1.9486}$; $W = 2.9228 \cdot L^{1.9781}$; $W = 2.6725 \cdot L^{1.9875}$ 。

关键词: 寡毛纲; 水栖寡毛类; 正颤蚓

中图分类号: Q959.193 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2001)01-007

正颤蚓 (*Tubifex tubifex* Muller) 属寡毛纲 (Oligochaeta), 水栖寡毛类 (Aquatic Oligochaeta), 颤蚓科 (Tubificidae)。其分布为世界性的, 是淡水底栖动物群的优势种之一, 也常为严重污染区的优势种, 在污水自净和水质污染监测中有重要意义。正颤蚓与其它水栖寡毛类是鱼类的优质天然饵料, 进行生产可提供廉价的动物性蛋白质^[1]。由于正颤蚓在水环境中具有重要地位, 因此对其研究受到许多学者重视^[2]。近来, 在正颤蚓生活史的研究中, 采用实验室饲养研究的新方法, 获得大量的在自然条件下研究难以取得的准确数据。此类研究国内尚未见报道, 在国外诸研究中, Kosiorek 对该地区正颤蚓在 24℃ 水温的蚓茧内发育及性成熟期间的生长发育进行了实验室饲养研究^[3], Paoletti 采用 Kosiorek 的方法研究了水温与正颤蚓的产茧, 蚓茧的孵化时间, 胚胎死亡率和生长速度的关系^[4]。本研究在以上作者的基础上, 改进了饲养方法, 研究本地区正颤蚓在 15℃、20℃ 和 25℃ 水温的生长发育及繁殖过程及其与水温的关系。

1 材料和方法

1.1 材料 成熟正颤蚓采自鸭绿江边淤泥, Chekanovskaya^[5] 的方法分类, 放养于直径 150mm、高 25mm 的培养皿中, 用脱脂棉制成细小而松软的基质, 放入皿中 10mm 厚, 基

收稿日期: 1998-12-24; 修订日期: 2000-02-20

基金项目: 辽宁师范大学科研基金资助项目 (5310109)

作者简介: 李仁熙 (1945—), 男, 山东临朐县人; 副教授; 从事环节动物水栖寡毛类方面的研究

质表面水高 10mm, 水用去氯自来水, 溶氧量为 6—8mg/L, pH= 6。喂以比例为 1: 1 的大豆粉和面粉混合发酵食物及适量莴苣。每天换水一次, 换水量为原皿中水的一半, 水温与试验皿中的水相同。蚓每天适量喂食一次。

1.2 方法 实验蚓分三组, 每组 30 例, 分别放入 15℃、20℃、25℃恒温箱中产茧、孵化和育成。每组实验重复 3 次。首先每皿放入 500 条蚓, 产蚓茧 1d 后, 将产蚓茧的蚓取出, 保留所产茧进行孵化, 每天观察, 记录孵出幼蚓时间, 将较早孵出的少量幼蚓取出, 待大量孵出时每皿保留 100 条刚孵出幼蚓, 并把未孵出的蚓茧取出放入另一皿中继续观察孵出时间。此时, 每组选 10 例每 5d 进行一次体重和体长的测量, 每组其余 20 例用于同步喂养, 以补充测试皿的蚓的损耗。

用 kosiorek 的方法测量蚓的体重和体长, 从每个测试皿中任取一蚓, 每组共 10 条蚓, 放于一个圆形铝箔上, 铝箔用外科手术针穿几个小孔, 把放蚓的铝箔放在吸水纸上, 将附水吸干, 用精确到 0.01mg 的分析天平称重。用很少量乙醚将蚓麻醉, 放在解剖镜下测体长。用 SJG- 203 型溶解氧分析仪测定水的溶氧量。蚓的成熟期以蚓体出现环带为准, 成熟产卵期以体内出现卵并有蚓茧产出为准。

2 结果

2.1 蚓茧内的发育和性成熟

正颤蚓的蚓茧形成并排出后, 其受精卵在蚓茧内发育成幼蚓, 幼蚓自蚓茧内孵出后, 生长发育到性成熟并开始产茧。此发育时期经过蚓茧内发育、未成熟和成熟 3 个阶段。蚓茧内发育阶段是从蚓茧产出到幼蚓自蚓茧内孵出的胚胎发育过程, 未成熟阶段是从幼蚓孵出到蚓体出现环带的生长发育过程, 成熟阶段是从蚓体出现环带到第一个蚓茧产出的发育过程。在 15℃、20℃、25℃水温, 此发育期及其各阶段所需时间是不相同的, 其所需时间随水温升高而缩短(表 1)。

表 1 正颤蚓在蚓茧内、未成熟阶段和成熟阶段的发育时间(d)

Tab. 1 The time of *T. tubifex* development inside cocoon, in immature and mature stages

水 温(℃)	蚓茧内发育	未成熟阶段	成熟阶段
Water temperature	Inside cocoon	Immature stage	Mature stage
15	16—25	66—74	18—24
20	12—22	49—53	9—15
25	9—15	34—40	5—9

从表 1 中可以看出: 正颤蚓从其蚓茧产出后, 其受精卵在蚓茧内发育, 孵出生长到产茧, 在 15℃水温需 100—123d, 在 20℃水温需 70—90d, 在 25℃水温需 48—64d。

2.2 生长发育

正颤蚓由蚓茧孵出时, 其幼蚓体重为 0.05mg, 体长为 4mm。从幼蚓孵出开始生长到生长停止, 15℃水温需 130—144d, 20℃水温需 90—116d, 25℃水温需 73—91d。此时蚓体重为 5.9—6.8mg, 体长为 50—54mm。在此发育期内蚓的生长呈现为逻辑斯谛增长(Logistic growth)。

15℃水温蚓的体重自然生长方程: $W = 6.87/[1 + 136.48 \cdot \exp(-0.0612 \cdot t)]$ 。

20℃水温: $W = 5.99/[1 + 118.8 \cdot \exp(-0.0918 \cdot t)]$ 。

25℃水温: $W = 6.82/[1 + 135.28 \cdot \exp(-0.1389 \cdot t)]$ 。

W 表示体重, 单位是 mg, t 表示生长天数, 其生长的理论极限各是 6.87, 5.99 和 6.82。

据各水温蚓的体重自然生长方程, 做出各水温蚓的体重生长曲线(图 1)。

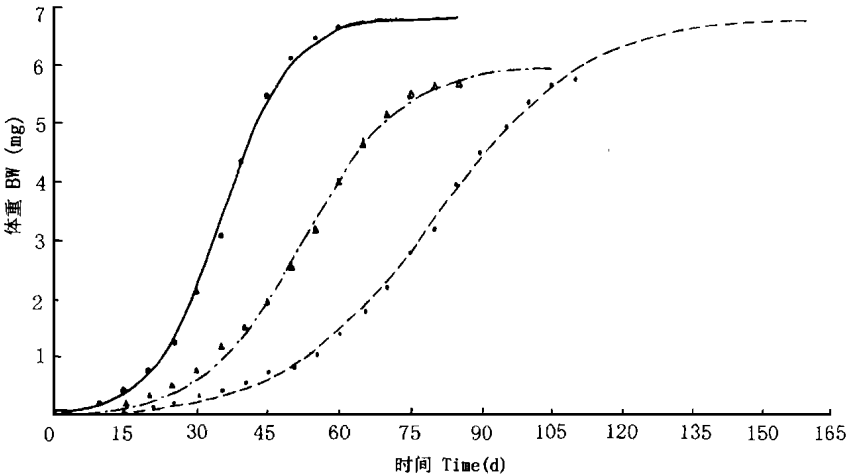


图 1 正颤蚓的体重生长曲线

Fig. 1 Growth curves of body weight for *T. tubifex*
———25℃ —•••••20℃ - - - - -15℃

15℃水温蚓的体长自然生长方程: $L = 58.3/[1 + 13.58 \cdot \exp(-0.0384 \cdot t)]$

20℃水温: $L = 51.3/[1 + 11.83 \cdot \exp(-0.0566 \cdot t)]$

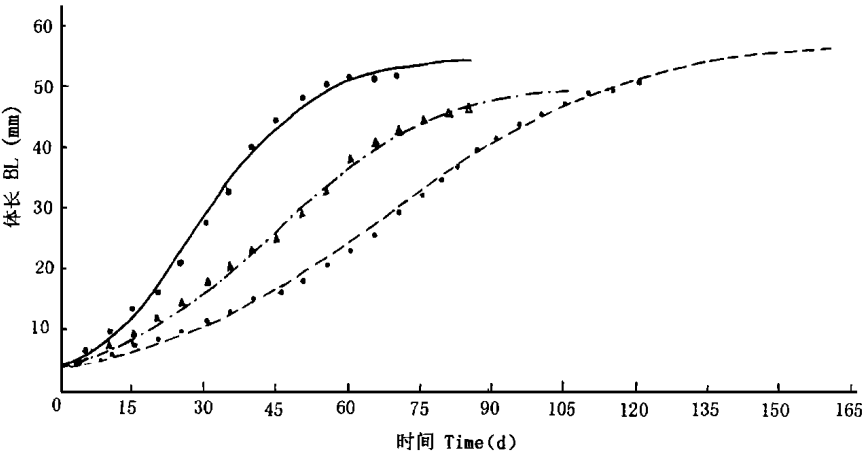


图 2 正颤蚓的体长生长曲线

Fig. 2 Growth curves of body length for *T. tubifex*
———25℃ —•••••20℃ - - - - -15℃

25℃水温: $L = 54.4 / [1 + 12.6 \cdot \exp(-0.0872 \cdot t)]$

L 表示体长, 单位是 mm, t 表示生长天数, 其生长的理论极限分别是 58.3、51.3 和 54.4。

据各水温蚓的体长自然生长方程, 做出各水温蚓的体长生长曲线(图 2)。

在此生长发育期间, 蚓的体重和体长的关系用方程式 $W = a \cdot L^b$ 来表示。

W 表示体重, 单位是 μg , L 表示体长, 单位是 mm, b 为相对生长系数。

15℃水温: $W = 3.1072L^{1.9486}$; 20℃水温: $W = 2.9228L^{1.9781}$; 25℃水温: $W = 2.6725L^{1.9875}$

据各水温体重与体长的关系式, 做出各水温蚓的体重与体长关系曲线, 三者趋于重合(图 3)。

在正颤蚓孵出后的生长过程中, 孵出初期生长较慢, 在蚓开始形成环带到产蚓茧开始时生长速度显著加快, 蚓开始产蚓茧后生长减慢。蚓从孵出到产蚓茧有一个生长发育较快的生长高峰期, 从幼蚓孵出算起, 15℃水温为 50—90d, 20℃水温为 30—60d, 25℃水温为 20—40d(图 4, 图 5)。

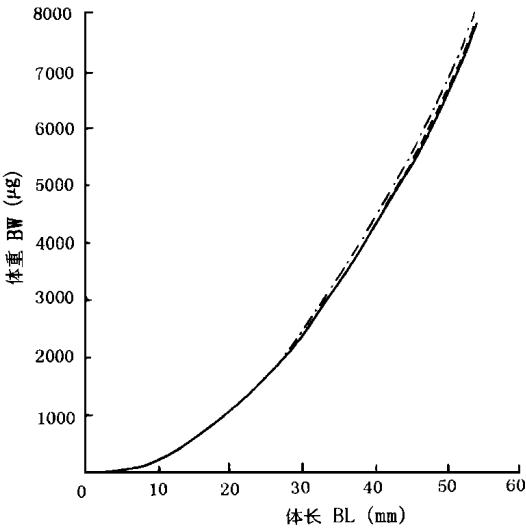


图 3 正颤蚓体长与体重的关系

Fig. 3 Length—weight relationship of *T. tubifex*
—————25℃ —•—•—•—20℃ — — — —15℃

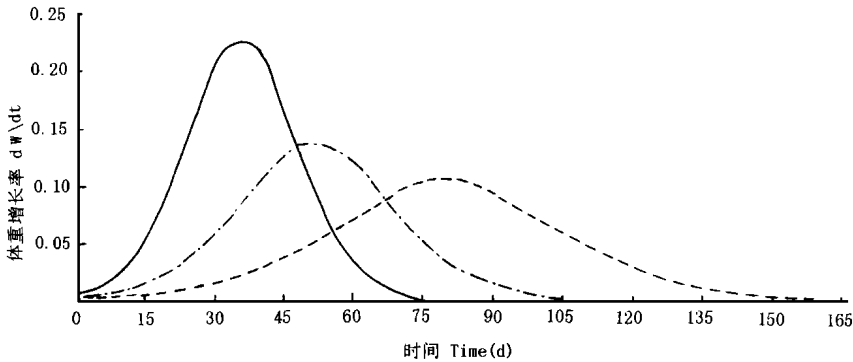


图 4 正颤蚓的体重生长速度曲线

Fig. 4 Curves of the growth rate in *T. tubifex* body weight
—————25℃ —•—•—•—20℃ — — — —15℃

在 15℃、20℃ 和 25℃ 水温正颤蚓从幼蚓孵出后的 165d 内, 均呈现从开始生长到生长停止的发育过程, 只是水温不同其所需时间各有差异。把幼蚓孵出开始生长到生长停止做为一个发育历期, 则其发育所需日数随水温升高而呈双曲线的减少。以此发育历期的倒数做为发育速度, 则发育速度随水温增高而呈线性的加快(图 6)。

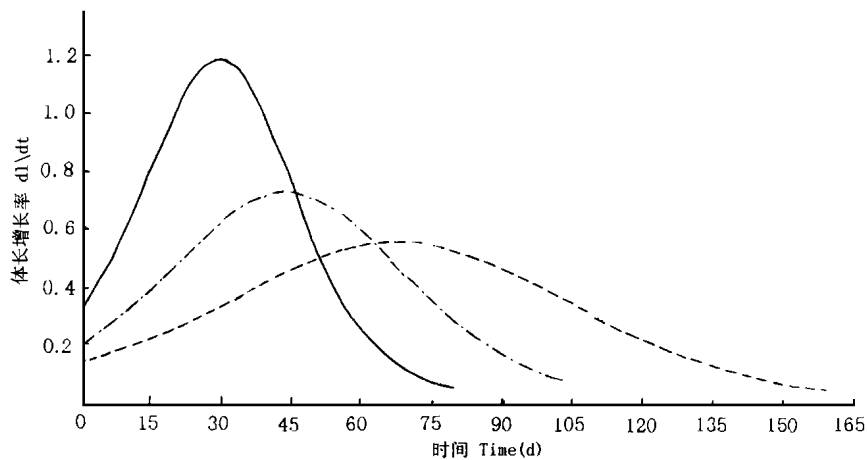


图 5 正颤蚓的体长生长速度曲线

Fig. 5 Curves of the growth rate in *T. tubifex* body length

—————25℃ —•••••20℃ - - - -15℃

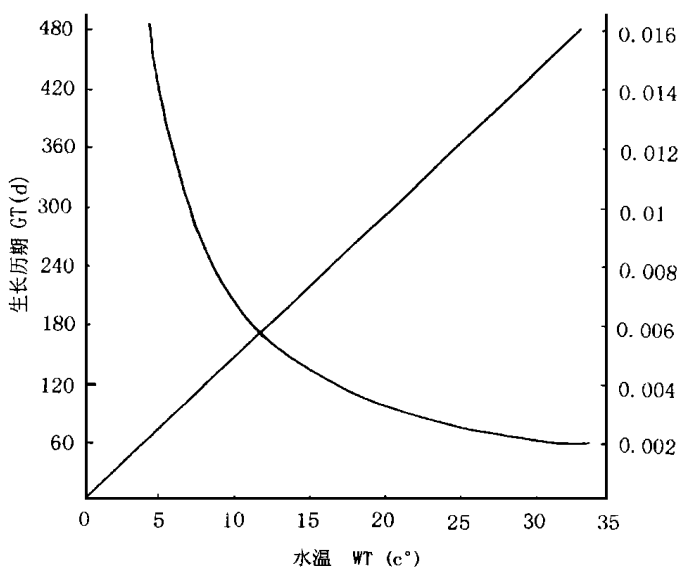


图 6 正颤蚓的生长历期、生长速度与水温的关系

Fig. 6 The growth period and growth rate versus water temperature

3 讨论

3.1 许多作者饲养正颤蚓时用淤泥或沙子为基质, Ivlev 用自然水池中富于有机质的淤泥^[6]; Poddubnaya 用淤泥混合酵母菌加干伊乐藻类(*Elodea canadensis*)^[7]; Bimkkurst, kennedy 用沙子和消毒的淤泥为基质, 喂以秋天的榆树叶和少量刚毛藻和水蚤(*Cladophoro glomerata* 和 *Daphnia obtusa*)^[8]; Kajak 用 Lisunie 湖底沉淀物为基质, 喂以

煮熟的土豆泥^[9]; Kosiorek 用消毒的沙子为基质, 喂以莴苣; 以后许多作者采用了他的方法。本实验采用脱脂棉制成细软基质, 适量喂以淀粉和大豆粉混合发酵食物和莴苣。此法不仅使蚓正常产蚓茧、孵化和生长发育, 而且以透明度较高的乳白色基质代替了较黑较暗的基质, 更便于实验观察和测试。

3.2 Poddubnaya 指出在自然条件下正颤蚓在蚓茧内发育至少需 240 度日^[10]。在实验室饲养条件下, 正颤蚓在蚓茧内发育, 15℃水温需 16—25d, 20℃水温需 12—22d, 25℃水温需 9—15d。自然条件与实验室饲养相比较, 二者的结果是相似的。但是 Bonacina 和 Thorauge 认为水温相同而产地不同的正颤蚓在蚓茧内发育时间是不完全相同的^[11, 12]。因此正颤蚓在蚓茧内发育所需时日可能会因产地不同而有差异。

3.3 Bonacina 认为正颤蚓生长到 1mg 后, 其生长速度显著加快。在实验室饲养的正颤蚓在 15℃, 20℃和 25℃水温, 当蚓体重为 1mg 时, 分别是其孵出后 52d, 34d 和 22d, 这正是其体重加快生长的时间。此外也看出当蚓体重为 1mg 时, 实验中各水温的蚓的体长分别是 19.5mm, 19mm 和 20mm。由此推断正颤蚓生长到 20mm 后, 其生长速度会显著加快。

3.4 体重与体长的相互关系式 $W = a \cdot L^b$ 中的 b 可以表示出有机体生长的类型特点。对于一般动物, 其系数 b 为 3, 即体重生长是其体长的三次幂。而水栖寡毛类的相对生长系数 b 的数值较低, Kamlyuk, Koval'chuk 测得仙水虫科杆吻虫属 *Stylariia lacustris* 为 $2 \cdot 10^{[13]}$; Poddubnaya 测得颤蚓科 *Ischaetides newaenensis* 为 $1 \cdot 8^{[14]}$; 正颤蚓在 15℃, 20℃和 25℃水温分别为 1.9486, 1.9781 和 1.9875。从其相对生长系数 b 的数值较低, 可以看出水栖寡毛类动物在其生长过程中, 在体长生长较一般动物更为显著。

3.5 近来, 许多研究者指出正颤蚓正常发育的最低水温是 0℃, 其最高水温是 34℃^[15, 16]。正颤蚓发育历期和生长速度与水温的关系的有效水温范围是 0℃—34℃。在一定的有效水温范围内, 水温对正颤蚓的生长发育及繁殖具有很大影响, 同时对其分布和数量变动也具有重要作用。因此在对正颤蚓的研究中, 深入分析水温与其生长发育及繁殖的关系, 不仅对其生长发育及繁殖规律的研究是必要的, 而且有助于其分布和数量变动的研究。

参考文献:

- [1] Bougenec V. Oligochaetes (Tubificidae and Enchytraeidae) as food in fish rearing: a review and preliminary tests[J]. *Aquaculture*, 1992, **102**: 201—217
- [2] Bonacina C, et al. Population analysis in mass cultures of *Tubifex tubifex* [J]. *Hydrobiologia*, 1989, **180**: 127—134
- [3] Kosiorek D. Development cycle of *Tubifex tubifex* Muller in experimental culture[J]. *Pol. Arch. Hydrobiol*, 1974, **21**: 411—422
- [4] Paoletti A. Cohort cultures of *Tubifex tubifex* forms[J]. *Hydrobiologia*, 1989, **180**: 143—150
- [5] Chekanovskaya O V. Aquatic Oligochaeta of the Soviet Union. Moskva, Izdat, Akad. Nauk SSSR opredeliteli po faune SSSR, 1962, No. 78
- [6] Ivlev V S. Transformation of energy by aquatic animals. Coefficient of energy consumption by *Tubifex tubifex* (Oligochaeta) *Int. Revue ges*[J]. *Hydrobiol. Hydrograph*, 1939, **38**: 449—458
- [7] Poddubnaya T L. Some data on the reproduction of Tubificidae. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1958, **120**, 422—424
- [8] Brinkhurst R O, Kennedy C R. Studies on the biology of the Tubificidae (Annelida, Oligochaeta) in a polluted stream [J]. *J. anim. Ecol*, 1965, **34**, 429—443

- [9] Kajak Z. Remarks on the causes of the scarcity of benthos in Lake Lisunie[J]. *Ekol. Pol. Ser. A* , 1965, **13**: 23—32
- [10] Poddubnaya T L. Life cycles of mass species of Tubificidae[A]. In: Brinkhurst, R. O. & D. G. Cook(Eds.) *Aquatic Oligochaete Biology*[M]. New York: Plenum Press 1980, 175—184
- [11] Thorhaug F. Reproduction of *Potamothenix hammoniensis* (Tubificidae, Oligochaeta) in Lake Esrom, Denmark. A field and laboratory study[J]. *Arch. Hydrobiol.* 1975, **76**: 499—474
- [12] Bonacina C, et al. Progress in cohort cultures of aquatic Oligochaeta[J]. *Hydrobiologia* , 1987, **155**: 163—169
- [13] Kamlyuk L V, Koval' chuk M M. Some data on number, growth and production on Stylaria Lacustris L. (Naididae, Oligochaeta) in the Lake Naroch littoral[C]. In: *Vodnye maloshchetinkovye chervi. Materialy vtorogo vsesoyuzn. Simp Borok* 1972, 148—151, Yaroslavl' , Izdat. Akad. Nauk SSSR
- [14] Poddubnaya T L. Quantitative changes and production of the population of Isochaetides newaensis Mich. (Oligochaeta) [C]. In: *Vodnye maloshchetinkovye chervi. Materialy vtorogo vsesoyuzn. Simp. Borok* 1972, 134—147, Yaroslavl' , Izdat. Akad. Nauk SSSR
- [15] Birtwell I K, Arthur D R. The ecology of tubificids in the Thames estuary with particular reference to *Tubifex Costatus* [M] (Claparede). In R. O. Brinkhurst & D. G. Cook (eds) *Aquatic Oligochaete Biology*, New York: Plenum Press, 1980, 331—381
- [16] Chapman P M, Brinkhurst R O. Hair today, gone tomorrow: induced chaetal changes in tubificid oligochaetes[J]. *Hydrobiologia* , 1987, **155**: 45—55

STUDIES ON THE GROWTH AND REPRODUCTION OF *TUBIFEX* *TUBIFEX* MÜLLER

LI Renxi

(Department of Biology, Liaoning Normal University, Dalian 116029)

Abstract: The growth and reproduction of *Tubifex tubifex* have been studied in laboratory cultures at different water temperatures (15°C, 20°C, 25°C). The life cycle of *T. tubifex*, takes 100 to 123 days in experimental culture at 15°C, 70 to 90 days at 20°C and 48 to 64 days at 25°C. During the experimental period (165 days as maximum observed), the regression formula describing the growth of weight of animals at 15°C is: $W = 6.87 / [1 + 136.48 \cdot \exp(-0.0612t)]$, at 20°C: $W = 5.99 / [1 + 118.8 \cdot \exp(-0.0918t)]$ and at 25°C: $W = 6.82 / [1 + 135.28 \cdot \exp(-0.1389t)]$. The regression formula describing the growth of length of animals at 15°C is: $L = 58.3 / [1 + 13.58 \cdot \exp(-0.0384t)]$, at 20°C: $L = 51.3 / [1 + 11.83 \cdot \exp(-0.0566t)]$ and at 25°C: $L = 54.4 / [1 + 12.6 \cdot \exp(-0.0872t)]$. The regression formula describing the relationship between weight and length of animals at 15°C is: $W = 3.1072L^{1.9486}$, at 20°C: $W = 2.9228L^{1.9781}$ and at 25°C: $W = 2.6725L^{1.9875}$. In addition, the relationship between growth of animals and water temperature was discussed.

Key words: Oligochaeta; Aquatic Oligochaeta; *Tubifex tubifex*