

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7083.2011.04.009

增温对人工养殖东北林蛙生长曲线的影响

杨名赫^{1,3}, 佟庆^{2,3*}, 高利³, 刘红¹, 李琪², 王洪斌³

(1. 黑龙江农业职业技术学院, 黑龙江佳木斯 154007; 2. 黑龙江省合江林业科学研究所, 黑龙江佳木斯 154002;

3. 东北农业大学动物医学学院, 哈尔滨 150030)

摘要:2009 年 5~9 月对东北林蛙增温和正常条件下的生长情况进行了初步研究。将一龄和二龄林蛙随机分成两组, 一组在大棚内增温条件下饲养, 另一组在围栏中常温条件下饲养, 大棚内的平均温度较围栏中提升了 3.17℃。2009 年 9 月在大棚中饲养一龄林蛙和二龄雌性林蛙体重分别达到 (6.30 ± 2.62) g 和 (36.55 ± 11.79) g, 较围栏中提高了 85.54% 和 56.60%。利用 Gompertz、Logistic 和 Von Bertalanffy 非线性模型拟合了一、二龄东北林蛙的 0~16 周龄体重, 拟合度 R^2 均在 0.98 以上。Gompertz 模型分析显示, 大棚中饲养的一龄林蛙达生长拐点时间在 9.747 周左右, 较围栏组延长 5.012 周; 大棚中饲养的二龄林蛙达生长拐点时间在 6.896 周左右, 较围栏组延长 1.264 周。研究表明, 增温有效地延长了林蛙的生长期, 对林蛙的发育具有极大的促进作用。

关键词: 生长曲线; 东北林蛙; 增温; 模型

中图分类号: Q959.5; Q958.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2011)04-0537-04

Warming Effect on the Growth Curve of Artificial Breeding *Rana dybowskii*

YANG Ming-he^{1,3}, TONG Qing^{2,3*}, GAO Li³, LIU Hong¹, LI Qi², WANG Hong-bin³

(1. Heilongjiang Agricultural Vocational and Technical College, Jiamusi, Heilongjiang Province 154007, China; 2. Heilongjiang

Province Institute of Hejiang Forestry, Jiamusi, Heilongjiang Province 154002, China; 3. College of Veterinary Medicine,

Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The growth and development of brown frog (*Rana dybowskii*) under normal and warmer conditions were studied from May to September in 2009. The brown frogs of one and two years old were randomly divided into two groups. One group were fed in greenhouse where temperature increased, the other group were fed in the fence keeping the normal temperature. Temperatures of the greenhouse are 3.17℃ higher than in the fence. The weight of one year old brown frog and two years old female brown frog fed in the greenhouse is (6.30 ± 2.62) g and (36.55 ± 11.79) g in September 2009, which increased 85.54% and 56.60% than in the fence. A linear model of one year old brown frog 0~16 weeks body weight was fit by Gompertz, Logistic and Von Bertalanffy, goodness of fit R^2 is above 0.98. Gompertz model analysis showed that the age of growth inflexion time of one year old brown frog keeping in greenhouse is 9.747 weeks or so, 5.012 weeks later than the fence group; the age of growth inflexion time of two years old brown frog keeping in greenhouse is 6.896 weeks or so, 1.264 weeks later than the fence group. The results showed that: warmer conditions effectively extend the growing period of brown frog, and have a great role in promoting the development of brown frog.

Key words: growth curve; *Rana dybowskii*; warming; model

动物生长曲线的分析和拟合是研究动物生长规律的主要方法之一, 可以描述动物随年龄增加而发生的规律性和连续性变化过程(杨运清, 缪尧源, 1992)。而 Logistic 模型和 Gompertz 模型等不仅对畜禽生长曲线拟合效果好, 而且其中的参数具体估计值能够反映不同种群在生长率、最大体重方面的

差异, 具有实际参考意义, 所以在家畜家禽的研究中被广泛采用, 以指导饲养管理和育种实践(戴国俊等, 2006; 林家栋等, 2008)。

东北林蛙 *Rana dybowskii* 原来被认为是中国林蛙 *Rana chensinensis* 的东北种群, 近年来有研究认为东北林蛙是一个独立的种(谢锋等, 1999)。东北林

收稿日期: 2010-10-29 接受日期: 2011-03-17

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目资助(C200948); 黑龙江省省属科研院所专项基金项目资助

作者简介: 杨名赫(1978~), 讲师, 硕士, E-mail: ymhybc_1978@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: lxixl@163.com

蛙是集药品、补品和食品为一体的珍贵蛙种。本文利用围栏圈舍模拟林蛙适宜林下生境,并利用大棚的增温作用与之比较增温对林蛙生长发育的影响。运用 3 种典型的非线性生长曲线模型对养殖状态下的东北林蛙进行曲线拟合,揭示了增温对东北林蛙生长发育的影响,并利用生长曲线模型对林蛙在常温和增温条件下的生长情况作比较分析,以期在生态环境保护 and 东北林蛙开发利用方面提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料和饲养条件

本实验于 2009 年 5~9 月在黑龙江省佳木斯市江口林蛙养殖场进行。种蛙来自于吉林省桦甸市某半人工养殖场。实验中的一、二龄东北林蛙为外购种蛙所繁育的后代。本文中所指的一龄林蛙是指蝌蚪变态后到第二年出蛰的生长阶段,二龄林蛙是指一龄林蛙出蛰到第三年出蛰的生长阶段。

实验对一龄林蛙和二龄林蛙设置了两种环境处理组,分别是常温环境组和增温环境组。变态的蝌蚪和出蛰的林蛙随机分组饲养于常温环境组和增温环境组中。常温环境处理在围栏圈舍中实现,增温环境处理在大棚圈舍中实现。

围栏圈舍即用围栏围一块土地,上面架设遮阴网,安置喷水设备,种植树木和低矮植被,中间设置一个用于蝌蚪变态的变态饲养池。大棚圈舍用钢筋骨架和聚氯乙烯无滴膜构建,大棚跨度 8 m 左右,屋脊高 2.5 m 以上,大棚地面种植稀疏的植被,大棚里面设置水循环设备及喷雾设备和遮阴网,在大棚的中间设置变态饲养池。

大棚圈舍在林蛙整个生长期最高气温和最低气温均高于围栏圈舍。大棚中日平均温度(21.90 ± 3.11) $^{\circ}\text{C}$ 显著高于对照围栏组(18.73 ± 3.73) $^{\circ}\text{C}$ ($F_{1,274} = 58.491, P < 0.0001$)。大棚平均最高气温(28.16 ± 3.14) $^{\circ}\text{C}$ 显著高于对照围栏组(24.36 ± 3.40) $^{\circ}\text{C}$ ($F_{1,274} = 93.033, P < 0.0001$)。但大棚中的最高温度超过 35 $^{\circ}\text{C}$ 很少,这与采取的通风和喷水管理有关,以防止温度应激对林蛙产生影响。大棚平均最低气温(15.63 ± 4.04) $^{\circ}\text{C}$ 显著高于对照围栏组(13.10 ± 4.29) $^{\circ}\text{C}$ ($F_{1,274} = 25.397, P < 0.001$)。大棚中平均相对湿度为(85.68 ± 13.67)% 显著高于对照围栏组(75.99 ± 17.18)% ($F_{1,274} = 98.243, P < 0.0001$)。空气温度影响空气相对湿度的变化,温度

越高,空气相对湿度就越低。最高气温和最低湿度出现在 13:00 左右,最低气温出现在 4:00 左右。但围栏和大棚湿度变化基本一致。都是从一段时间空气相对湿度维持在 95% 左右,然后先下降再升高。但是大棚圈舍空气相对湿度维持 95% 的时间较围栏多 3 h。大棚圈舍空气相对湿度最低点在 60% 左右,围栏圈舍在 40% 左右。

全人工养殖的东北林蛙,5~9 月为其生长期,到 9 月 15 日气温降低,基本停止进食。饲料以家蝇 *Musca domestica* 幼虫为主,配合黄粉虫 *Tenebrio molitor*。每天 8:00 和 16:00 各投喂一次,投喂时把活体饵料均匀撒在蛙圈内,供林蛙自由取食。

1.2 实验方法

实验对一龄和二龄林蛙设置了两种环境处理组,分别是常温环境组和增温环境组。

常温环境组的一龄林蛙,每个常温环境处理为 1 个围栏圈舍,每个围栏圈舍 100 m^2 。在围栏圈舍中随机投放一龄林蛙,密度为 150 只/ m^2 ,共 15 000 只,设 6 个重复,即 6 座围栏。增温环境组的一龄林蛙,每个增温环境处理为 1 个增温大棚,每座大棚面积约 60 m^2 ,在大棚圈舍中随机投放一龄林蛙,密度为 150 只/ m^2 ,共有林蛙 9000 只,设 3 个重复,即 3 座大棚。实验时间为 6 月 1 日至 9 月 15 日。

常温环境组的二龄林蛙,每个常温环境处理为 1 个围栏圈舍,每个围栏圈舍 100 m^2 ,二龄林蛙密度为 60 只/ m^2 ,共 6000 只,设 3 个重复,即 3 座围栏。增温环境组的二龄林蛙,每个增温环境处理为 1 个增温大棚,每座大棚面积约 60 m^2 ,二龄林蛙密度为 60 只/ m^2 ,共有林蛙 3600 只,设 4 个重复,即 4 座大棚。

分别于 0、2、4、6、8、10、12 和 14 周用电子天平(余姚市金诺天平仪器有限公司)随机测量 30~40 只一龄、二龄林蛙体重,精确度 0.01 g。随机测量的一龄东北林蛙包括雌性和雄性林蛙,而测量二龄林蛙是雌性东北林蛙。实验时间为 5 月 15 日至 9 月 15 日。

温度和相对湿度的测定,采用泽大 ZDR20 温湿度自动记录仪对大棚和围栏圈舍的空气温度和空气相对湿度进行测量,探头距地面 30 cm,位于大棚中央,每小时自动测量温度和湿度 6 次,温度测量范围为 -40~100 $^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度测量范围为 0~100%。

1.3 统计方法和模型表达式

采用 SPSS17.0 软件对数据进行分析处理,所采用的算法为 Levenbeg-Marquardt 迭代法。利用不同

周龄、体重资料拟合计算出模型的最优估计值 A、B、K, 根据拟合度评价生长模型, 各参数表达式见表 1。

表 1 用于拟合的 3 种曲线模型
Table 1 Three kinds of nonlinear growth model for animal

| 模型 Model | 表达式 Expression | 拐点体重 Weight of inflexion | 拐点日龄 Day of inflexion |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Gompertz | $Y = Ae^{-b \exp(-kt)}$ | A/e | (lnB)/K |
| Logistic | $Y = A/(1 + Be^{-kt})$ | A/2 | (lnB)/K |
| Von Bertalanffy | $Y = A(1 - Be^{-kt})^3$ | 8A/27 | (ln3B)/K |

注: A. 最大体重, K. 瞬时增长速度, B. 参数, t. 周龄
Note: A. maximum weight, K. instantaneous growth rate, B. parameter, t. weeks

2 结果与分析

2.1 增温对物候日期的影响

同在 5 月 1 日出蛰的林蛙, 在大棚中只要经过 7 d

的休眠期就可以进食, 而在围栏里则要经过 23 d 的休眠后才能进食, 9 月后食欲均下降, 大棚增温对林蛙食欲影响不大, 进入 10 月份基本停止进食。林蛙蝌蚪 6 月初变态, 到 9 月后在大棚内的林蛙食欲正常, 体重仍有增加, 在围栏里的林蛙食欲下降, 体重基本不增加。通过大棚的保温作用, 林蛙进食和生长时间都被延长。

2.2 增温对体重的影响

2.2.1 各周龄林蛙体重 通过各周龄林蛙体重的变化(表 2)可以看出, 大棚圈舍的林蛙长势比围栏圈舍的要好。各月在大棚里养殖的林蛙体重都比相应的在围栏圈舍的林蛙体重要高。5 月份林蛙出蛰, 因为环境条件恶劣, 体重增加较少。

表 2 各周龄林蛙体重
Table 2 Rana weight of different week

| 日期 Date | 二龄林蛙体重(g) 2 years old Rana weight | | 一龄林蛙体重(g) 1 year old Rana weight | |
|------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| | 围栏圈舍 | 大棚圈舍 | 围栏圈舍 | 大棚圈舍 |
| | Enclosure sheds | Greenhouses shed | Enclosure sheds | Greenhouses shed |
| 05-15 | 4.25 ± 1.45 | 4.27 ± 1.36 | — | — |
| 06-01 | 5.21 ± 1.28 | 6.53 ± 2.73 | 0.67 ± 0.16 | 0.65 ± 0.18 |
| 06-15 | 7.23 ± 2.62 | 10.57 ± 4.60 | 0.87 ± 0.45 | 0.98 ± 0.64 |
| 07-01 | 12.12 ± 3.37 | 15.32 ± 5.86 | 1.34 ± 0.80 | 1.56 ± 0.78 |
| 07-15 | 16.37 ± 4.00 | 21.76 ± 6.48 | 1.90 ± 0.86 | 2.32 ± 1.11 |
| 08-01 | 19.34 ± 4.56 | 30.91 ± 9.35 | 2.42 ± 0.89 | 3.59 ± 1.23 |
| 08-15 | 21.35 ± 4.72 | 34.29 ± 10.08 | 2.98 ± 0.96 | 4.55 ± 1.96 |
| 09-01 | 23.34 ± 5.61 | 36.65 ± 11.79 | 3.25 ± 1.22 | 5.45 ± 2.37 |
| 09-15 | — | — | 3.39 ± 1.81 | 6.30 ± 2.62 |

在大棚的增温作用下, 雌性二龄东北林蛙的平均体重达到了(36.65 ± 11.79) g, 是围栏饲养的二龄雌性东北林蛙平均体重的 1.57 倍。大棚内一龄蛙平均体重达到(6.30 ± 2.62) g, 是围栏一龄蛙体重的 1.85 倍。

2.2.2 林蛙生长模型拟合分析 Gompertz、Logistic 和 Bertalanffy 三种生长曲线模型对林蛙的生长发育规律进行数学模拟的拟合参数估计值及拟合度(R^2)的结果见表 3 和表 4。三种模型都能很好地模拟林蛙的生长曲线, 其拟合度在 0.98 以上。就三种模型而言, Logistic 曲线模型的拟合效果最好, 一龄林蛙的拟合度(R^2)分别为 0.998(大棚)、0.997(围栏), 二龄林蛙的拟合度(R^2)分别为 0.994(大棚)、0.993(围栏), 都高于其他两种曲线模型(图 1、图 2)。

通过大棚的保温作用, 温度被提高后, 一龄林蛙的拐点周龄延后, 拐点体重增加, 最大体重增加。Gompertz 模型分析显示, 大棚中饲养的一龄林蛙达

生长拐点时间在 9.747 周左右, 滞后围栏 5.012 周(表 3)。二龄林蛙的拐点周龄延后, 拐点体重增加, 最大体重增加。Gompertz 模型分析显示, 大棚中饲养的二龄林蛙达生长拐点时间在 6.896 周左右, 滞后围栏 1.264 周(表 4)。

3 讨论

林蛙是两栖动物, 气温的高低影响着其出蛰、生殖、进食、休眠和冬眠等生理活动(齐银等, 2007)。通过大棚的保温作用, 林蛙出蛰后进食的时间被提前, 秋季停食的时间被延后, 而在自然界中由于气候变暖导致其物候期提前(李世忠等, 2010)。在自然界中气候变化(特别是温度急剧变化)使林蛙的出入蛰、产卵和进、停食都会发生变化, 也会导致其他动植物物候期的改变, 而这种改变并不一定是同步的, 如果其中一方骤然增加, 尤其是作为消费者的林蛙数量突然增加或减少时, 必然打破原有的平衡, 可

表 3 一龄林蛙生长曲线参数估计值和拟合度
Table 3 Growth curve of one year old frogs and the goodness of fit parameter estimates

| 模型 Model | | A | B | K | R^2 | 拐点体重(g) Weight of inflexion | 拐点周龄 Day of inflexion |
|-------------|------------------------|--------|--------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------|
| Gompertz | 大棚 Greenhouses shed | 11.692 | 3.128 | 0.117 | 0.997 | 4.301 | 9.747 |
| | 围栏 Enclosure sheds | 4.395 | 2.123 | 0.159 | 0.992 | 1.617 | 4.735 |
| Logistic | 大棚 Greenhouses shed | 7.823 | 11.868 | 0.277 | 0.998 | 3.912 | 8.931 |
| | 围栏 Enclosure sheds | 3.763 | 5.609 | 0.293 | 0.997 | 1.882 | 5.885 |
| Bertalanffy | 大棚 Greenhouses shed | 18.272 | 0.703 | 0.062 | 0.996 | 5.414 | 12.036 |
| | 围栏 Enclosure sheds | 4.948 | 0.529 | 0.113 | 0.989 | 1.466 | 4.087 |

表 4 二龄林蛙生长曲线参数估计值和拟合度
Table 4 Growth curve of two years old frogs and the goodness of fit parameter estimates

| 模型 Model | | A | B | K | R^2 | 拐点体重(g) Weight of inflexion | 拐点周龄 Day of inflexion |
|-------------|------------------------|--------|--------|-------|-------|--------------------------------|--------------------------|
| Gompertz | 大棚 Greenhouses shed | 52.836 | 2.912 | 0.155 | 0.988 | 19.437 | 6.896 |
| | 围栏 Enclosure sheds | 31.291 | 2.367 | 0.153 | 0.987 | 15.511 | 5.632 |
| Logistic | 大棚 Greenhouses shed | 41.695 | 11.010 | 0.324 | 0.994 | 20.848 | 7.404 |
| | 围栏 Enclosure sheds | 25.677 | 7.007 | 0.303 | 0.993 | 12.839 | 6.425 |
| Bertalanffy | 大棚 Greenhouses shed | 65.945 | 0.656 | 0.098 | 0.985 | 19.539 | 6.908 |
| | 围栏 Enclosure sheds | 36.979 | 0.573 | 0.103 | 0.984 | 10.957 | 5.260 |

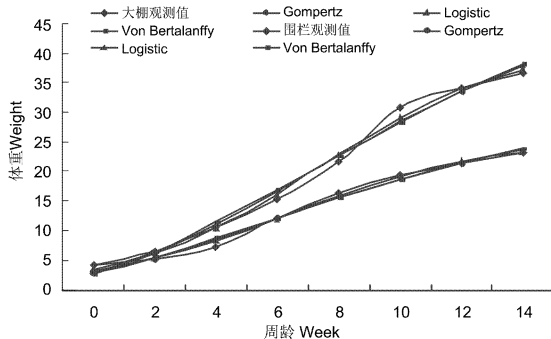


图 1 二龄东北林蛙生长与 3 种拟合曲线的比较
Fig. 1 Comparison between growth curve and three fitting curve models in two-year old *Rana dybowskii*

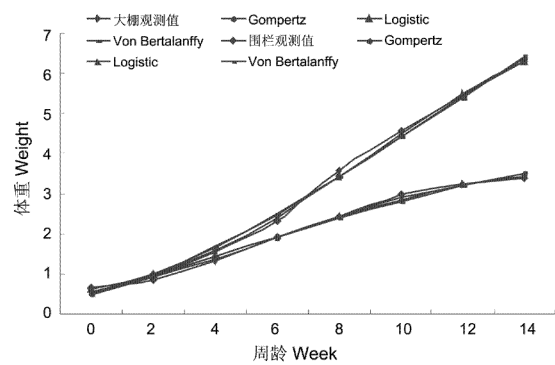


图 2 一龄东北林蛙生长与 3 种拟合曲线的比较
Fig. 2 Comparison between growth curve and three fitting curve models in one-year old *Rana dybowskii*

能会对整个食物链甚至生态系统带来毁灭性的影响。

在自然条件下,野生林蛙体重为 15 ~ 20 g。在养殖条件下,林蛙体重要高于野生林蛙。在大棚中的雌性林蛙体重达到 36.65 g,而雌蛙一般 25 g 以上体重就能达到性成熟,野生林蛙一般 3 年性成熟(黄孝明等,2008),在大棚中生活的林蛙性成熟也随之提前,2 年即可性成熟。在林蛙养殖过程中每天供应充足的食物,而在自然界中林蛙生长受到很多因素的制约,如环境、食物和天敌等。林蛙饲料营养与林下野生林蛙相比有所不同,会对其生长发育带来

一定影响(柏永明等,2009;佟庆等,2010)。林蛙饲养等相关研究时间不长,受营养、温度、湿度和其他各种环境因素及人为因素的影响,其生长的效果可能会有所不同。在大棚内模拟林下林蛙适宜生境时,也需要在温度、湿度、植被、郁闭度、通风和微生物等多方面进行考虑。

Logistic 模型曲线拟合表明,围栏中林蛙在一龄和二龄生长曲线拐点分别为 5.885 周和 6.425 周,即在 7 月 15 日左右,体重增长速度达到最大,出现

(下转第 543 页)

弯曲来适应臀突;背面观上、下缘凹陷,侧缘较直。臀节(图,5、6)侧面观三角形,窄、长;背面观的长宽比大约为 1.8:1。臀突狭长。阳基侧突(图,6、7)侧面观具向后延伸的圆尖,上缘近中部具一背部指向的黑尖突起,近亚中部具一腹部指向钩状突起;腹面观中域具较粗壮刚毛。阳茎(图,8~10)细长,端部具一对与阳茎基结膜相连、不均匀对称的细突,端部骨化且带颜色。阳茎基骨化带有颜色,宛如一套子包裹在阳茎外面,端部成球状,细纹修饰。

寄主:杂草、蕨类。

分布:中国(贵州)。

正模: δ , 贵州贵阳森林公园,2006-VI-25,张培采;副模:3 ♀ ,信息同正模;2 $\delta\delta$,3 $\text{♀}\text{♀}$,贵州绥阳县宽阔水,2010-VI-5,张培采;2 $\delta\delta$,4 $\text{♀}\text{♀}$,贵州绥阳县宽阔水,2010-VI-3,张斌采;1 ♀ ,贵州绥阳县宽阔水,2010-VI-5,王颖娟采。

词源:新种以希腊词“*saccus*”命名,意指阳茎基端部呈囊形突。

新种与瘤鼻象蜡蝉 *S. fulgoroides* (Walker,

1858)相似,主要区别表现在阳茎基的结构上,前者阳茎基宛如一套子包裹在阳茎外面,后者阳茎基从侧面看,端部背面具一背部延伸的叶状突起,腹面具小叶状突起。

3 参考文献

- Liang AP, Song ZS. 2006. Revision of the Oriental and eastern Palaearctic planthopper genus *Saigona* Matsumura, 1910 (Hemiptera: Fulgoroidea: Dictyopharidae), with descriptions of five new species [J]. *Zootaxa*, 1333: 25~54.
- Liang AP. 2001. Taxonomic notes on Oriental and Easter Palaearctic Fulgoroidea (Hemiptera) [J]. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 73(4): 235~237.
- Matsumura S. 1910. Monographie der Dictyophorinen Japans [J]. *Transactions of the Sapporo Natural History Society*, 3: 99~113.
- Matsumura S. 1941. New species of Dictyophoridae (Homoptera) from Formosa [J]. *Insecta Matsumurana*, 15(4): 162~163.
- Melichar L. 1912. Monographie der Dictyophorinen (Homoptera) [M]. *Abhandlungen der K. K. Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*: 1~221. [In German]
- Nast J. 1972. Palaearctic Auchenorrhyncha (Homoptera). An annotated check list [M]. Warszawa: Polish Scientific Publishers: 550.

(上接第 540 页)

生长旺盛的高峰。在森林里,此时气候温暖、昆虫大量滋生,适宜林蛙的生长。性别和繁殖状态均会对生长模型产生重要影响(宛新荣,钟文勤,2001)。一般而言,林蛙在第一年的生长期中,雄性林蛙生长较快,而在第二年的生长期中,雌蛙生长较快。而由于生殖产卵雌蛙体重明显降低。

利用大棚进行适当的增温可以促进林蛙的生长发育。环境温度明显影响变温动物的生理过程,如酶的作用及代谢、食物同化和动物的运动速度、生长等整体生理表现。在 5 月和 6 月初以及 9 月,林蛙所处自然界中的环境温度低于适宜温度,大棚的增温作用能够使环境温度以及蛙体温度升高,温度升高使体内各个生理过程反应速率加快,并影响到林蛙的生理过程,促进营养物质的积累以及加快林蛙生长发育。在不同的热环境中,变温动物可以通过行为、生理等方式调节体温。在 7 月和 8 月大棚中的平均温度超高于林蛙生长的适宜温度(而围栏中温度更适宜林蛙的生长),面对环境温度的变化,林蛙通过更换栖息地、调整活动节律和日晒时间等使个体体温维持在最适温度附近。大棚的增温作用同时也会延长林蛙有效生长期,在温度等小气候条件

适宜、食物供应充足情况下,林蛙的体重与生长期之间存在显著的关联性。

4 参考文献

- 柏永明,田秀华,沈广爽. 2009. 人工养殖东北林蛙生长与发育规律的初步研究 [J]. *野生动物*, 30(2): 93~96.
- 戴国俊,王金玉,杨建生,等. 2006. 应用统计软件 SPSS 拟合生长曲线方程 [J]. *畜牧兽医*, 38(9): 28~30.
- 黄孝明,徐艳春,应璐,等. 2008. 半人工养殖条件下东北林蛙变态后的生长规律 [J]. *东北林业大学学报*, 36(1): 63~65.
- 李世忠,谭宗琨,夏小曼,等. 2010. 桂北动物物候气候变暖响应 [J]. *气象科技*, 38(3): 377~382.
- 林家栋,郭宏宇,张万发. 2008. 贵州省纳雍糯谷猪的生长发育测定 [J]. *四川动物*, 27(4): 697~699.
- 齐银, Zachary Felix, 戴强,等. 2007. 四川省若尔盖季节性水塘周边高原林蛙夏秋季活动特征 [J]. *动物学研究*, 28(5): 526~530.
- 佟庆,李琪,崔立勇,等. 2010. 人工养殖东北林蛙曲线拟合与分析 [J]. *经济动物学报*, 14(2): 113~116.
- 宛新荣,钟文勤. 2001. 生长模型的误差函数及其数学特征 [J]. *生物数学学报*, 16(2): 192~197.
- 谢锋,叶昌媛,费梁,等. 1999. 中国东北地区林蛙属物种的分类学研究(两栖纲:蛙科) [J]. *动物分类学报*, 24(2): 224~231.
- 杨运清,缪尧源. 1992. 动物生长曲线拟合方法的探讨 [J]. *畜牧兽医学报*, 23(3): 219~224.