

养殖条件下 3 种锦蛇甲状腺相关激素和生长的比较研究

张冰^① 李丕鹏^{①*} 陆宇燕^{①*} 薛伯强^② 陶思源^①

① 沈阳师范大学两栖爬行动物研究所 辽宁省生物进化与生物多样性重点实验室 沈阳 110034;

② 沈阳思纳可蛇类养殖有限公司 沈阳 110171

摘要: 为深入了解人工饲养条件下棕黑锦蛇 (*Elaphe schrenckii*)、赤峰锦蛇 (*E. anomala*) 和王锦蛇 (*E. carinata*) 生长情况及与甲状腺相关激素的关系, 本研究在蛇类非冬眠时期的 5 月、7 月和 9 月, 以尾静脉采血获得 3 种锦蛇的血清, 检测其血清中促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量, 并记录观察期间 3 种蛇的体重和体长的增长以及进食量。检测结果, 王锦蛇的促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量均低于其他 2 种锦蛇, 3 种锦蛇促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 含量最高值均出现在 7 月份; 除了赤峰锦蛇外, 棕黑锦蛇和王锦蛇的甲状腺素 (T_4) 含量最高值也出现在 7 月份, 与蛇类快速生长的时间相一致。另外, 棕黑锦蛇甲状腺素 (T_4) 含量与进食量的相关系数高于赤峰锦蛇和王锦蛇, 而其饲料的转化率也高于后两者, 其间存在的关系还需要深入研究。由上述结果可以看出, 3 种锦蛇促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量和变化趋势有着明显的差别, 且血清甲状腺素 (T_4) 含量与蛇的进食量、生长和饲料转化率之间有密切的关系。

关键词: 锦蛇; 养殖; 甲状腺; 促甲状腺激素释放激素; 促甲状腺激素; 甲状腺素

中图分类号: Q451, Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 05-758-07

Comparative Studies of the Correlation between Thyroid-related Hormones and Growth in Three Species of Ratsnake at Captivity

ZHANG Bing^① LI Pi-Peng^{①*} LU Yu-Yan^{①*} XUE Bai-Qiang^② TAO Si-Yuan^①

① Institute of Herpetology and Liaoning Key Laboratory of Evolution and Biodiversity, Liaoning Province, Shenyang Normal University,

Shenyang, 110034; ② Shenyang Snake Snake Breeding Co., Ltd., Shenyang 110171, China

Abstract: In order to study the relationship between growth situation and thyroid-related hormones in Amur rat-snake (*Elaphe schrenckii*), Southern Amur rat-snake (*E. anomala*) and Keeled rat-snake (*E. carinata*) at captivity, we obtained the serum of these three species by drawing blood from the tail vein in the non-hibernation period of snakes in May, July and September, detected the thyrotropin-releasing hormone

基金项目 国家林业局珍稀濒危物种野外救护与人工繁育项目 (No. 2130211);

* 通讯作者, E-mail: lipipeng@yahoo.com; luyuyan1962@163.com;

第一作者介绍 张冰, 男, 硕士研究生; 研究方向: 细胞生物学; E-mail: jinanzhangbing@qq.com。

收稿日期: 2015-03-03, 修回日期: 2015-08-23 DOI: 10.13859/j.cjz.201505012

(TRH), thyroid-stimulating hormone (TSH), thyroid hormone (T_4) levels and recorded their body weight, length and food intake. The data were analyzed by covariance analysis taking body weight as a covariate for multiple comparisons between groups with LSD method (ANCOVA) and Pearson correlation coefficient with SPSS STATISTICS, Version 17.0. Results were presented as mean \pm standard deviation (SD) and statistical significance was declared at $P < 0.05$. The results showed that TRH, TSH and T_4 peaks of all three species appeared in July (except for the thyroid hormone of *E. anomala*) (Table 2). Analysis of covariance revealed that TRH, TSH and T_4 contents in three sampling time points were not significantly different in all three species ($P > 0.05$). Multiple comparisons between groups revealed that there existed difference in TRH, TSH and T_4 contents at different sampling time points in three species ($P < 0.05$). Analysis of covariance revealed the difference in TRH, TSH and T_4 contents of three species in the same sampling point was not significant ($P > 0.05$), but multiple comparisons between groups revealed that the TRH, TSH and T_4 contents of *E. carinata* were significantly lower than those of *E. schrenckii* and *E. anomala* (except for the TRH in May) ($P < 0.05$); the difference between any two species of ratsnakes in TRH, TSH and T_4 contents in Sep was significant ($P < 0.05$, Table 2). In addition, the correlation coefficient between *E. schrenckii*'s T_4 content and food intake was 0.946, higher than in *E. anomala* and *E. carinata* (Table 3) and the feed conversion rate was 13.16% in *E. schrenckii*, higher than in *E. anomala* and *E. carinata* (Table 1). Summary: There is obvious difference in TRH, TSH and T_4 contents in different snakes in the non-hibernation period, and there is a close correlation between T_4 content, growth, food intake and feed conversion rate in snakes.

Key words: Ratsnake; Captivity; Thyroid; Thyrotropin-releasing hormone; Thyroid-stimulating hormone; Thyroid hormone

甲状腺是脊椎动物体内最大且分化较早的内分泌腺体之一 (Dickhoff et al. 1983)。甲状腺激素在动物的生长发育、蜕皮、蛰眠、繁殖和新陈代谢等方面起着重要的调节作用 (Rivera et al. 2008, Mullur et al. 2014)。目前对脊椎动物甲状腺结构及其激素变化已有大量报道 (施振旦 1996, Zamiri et al. 2005, Boggs et al. 2011), 而对蛇类的研究仅见对眼镜蛇 (*Naja naja*) (吴瑞敏等 1995)、草蛇 (*Natrix natrix*) (Binyon et al. 1965) 和灰鼠蛇 (*Ptyas korros*) (Maderson et al. 1970) 的研究。对于不同蛇种之间甲状腺激素季节性变化, 尤其人工饲养条件下, 蛇甲状腺激素的季节性变化尚未见报道。

棕黑锦蛇 (*Elaphe schrenckii*)、赤峰锦蛇 (*E. anomala*) 和王锦蛇 (*E. carinata*) 是我国北方地区常见蛇种, 3种锦蛇均有体形大、生长快, 具有一定的营养和保健价值的特点, 故近年来被作为人工养殖蛇类的重要蛇种。为了更

好的了解3种锦蛇非冬眠期间甲状腺激素含量以及与蛇体重增加之间的关系, 本实验对3种锦蛇生长期 (5~9月份) 血清促甲状腺激素释放激素 (thyrotropin-releasing hormone, TRH)、促甲状腺激素 (thyroid-stimulating hormone, TSH)、甲状腺素 (thyroid hormone, T_4) 含量进行了检测, 同时, 记录此期间3种锦蛇体重、体长和进食量的数据, 并进行比较分析。旨在为蛇类人工养殖提供具有科学参考价值的相关数据, 同时也丰富蛇类研究的生物学基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用棕黑锦蛇、赤峰锦蛇和王锦蛇均为实验室孵化和饲养 2 年以上的健康成体, 每种蛇均为 5 条, 雌雄兼用。养殖室温度为 (27 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 喂食周期是 5~7 d, 给每条蛇分别喂以孵化的鹌鹑 (*Coturnix coturnix*) 雏鸟, 直至停

止摄食后,记录进食量。一年中4个月为冬眠期,即12月至翌年3月,此期间蛇被安置在铺垫有湿润刨花的整理箱中,整理箱上半部分箱壁钻有直径5 mm的通气孔若干,再将整理箱置于温度控制在 $(8 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的人工气候箱内。

1.2 研究方法

2013年,选取5月份、7月份和9月份3个时间点进行采血,以适量乙醚在干燥器中麻醉实验用蛇,并测量体重、体长,尾静脉采血1 ml,对伤口进行消毒、观察,无碍后恢复正常饲养。所取血浆以6 000 r/min离心10 min (TGL-16G-C型高速冷冻离心机,上海安亭科学仪器),取上清液,保存于 -86°C (DW-HL540型超低温冷冻储存箱,中科美菱)待用。测定甲状腺系列激素(促甲状腺激素释放激素、促甲状腺激素和甲状腺素)的酶联免疫吸附试剂盒为北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司的鼠抗试剂盒,按说明书操作,用TECAN infinite F50型酶标仪在450 nm波长下测定蛋白含量。

采用SPSS17.0软件,以体重为协变量对同种蛇不同取材时间点或不同蛇相同取材时间点的甲状腺激素含量进行协方差分析(ANCOVA),

并选择LSD多重组间比较,显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。另外,对每种锦蛇的3种激素含量、体重、体长和进食量等6个变量相互之间进行Pearson相关分析。进食量和食物转化率参考谢祥等(2012)的方法,进食量 = 食物投入重 - 食物剩余重,食物转化率 = 体重的总增重/总进食量。描述性统计值用平均值 \pm 标准差表示。

2 结果

2.1 3种锦蛇体重、体长和进食量

以蛇开始正常进食的5月份体重、体长和进食量为基数,从5月至9月3种锦蛇体重在生长期均呈稳定增长的趋势,赤峰锦蛇和王锦蛇的生长速度基本相当,而棕黑锦蛇的生长速度较赤峰锦蛇和王锦蛇快,分别是两者的123.24%和121.39%;体长增长,棕黑锦蛇和王锦蛇基本相当,分别是赤峰锦蛇的177.30%和159.57%;进食量,棕黑锦蛇最少,仅为赤峰锦蛇和王锦蛇的77.47%和62.46%;食物转化率,棕黑锦蛇最高,平均值为13.16%,分别是赤峰锦蛇和王锦蛇的151.44%和165.53%(表1)。

表1 3种锦蛇体重、体长和进食量统计

Table 1 The body weigh, length and food intake in three species of ratsnakes

指标和统计时间 Index and statistical time	棕黑锦蛇 <i>Elaphe schrenckii</i>	赤峰锦蛇 <i>E. anomala</i>	王锦蛇 <i>E. carinata</i>	
体重 (g) Body weigh	5月 May	393.97 \pm 11.91	448.67 \pm 80.04	582.90 \pm 60.66
	7月 Jul.	466.27 \pm 26.22	510.90 \pm 89.87	652.10 \pm 81.52
	9月 Sep.	480.23 \pm 26.95	521.10 \pm 93.01	666.43 \pm 79.18
	总增重 Total gain	89.26 \pm 19.54	72.43 \pm 13.29	83.53 \pm 18.54
体长 (cm) Body length	5月 May	105.83 \pm 0.29	110.03 \pm 5.71	115.33 \pm 10.20
	7月 Jul.	111.77 \pm 1.96	113.17 \pm 2.06	123.97 \pm 5.75
	9月 Sep.	115.83 \pm 1.76	115.67 \pm 6.11	124.33 \pm 10.37
	总增长 Total growth	10.00 \pm 1.50	5.64 \pm 0.78	9.00 \pm 0.50
进食量 (g) Food intake	5月 May	191.37 \pm 25.76	239.55 \pm 48.53	292.77 \pm 39.59
	7月 Jul.	257.97 \pm 28.77	331.68 \pm 27.64	403.81 \pm 26.95
	9月 Sep.	207.30 \pm 27.64	276.40 \pm 36.56	354.71 \pm 55.85
	总进食量 Total food intake	656.66 \pm 30.38	847.63 \pm 89.92	1 051.29 \pm 29.80
食物转化率 (%) Food conversion rate	13.16 \pm 3.12	8.69 \pm 2.42	7.95 \pm 1.82	

2.2 3 种蛇甲状腺相关激素

3 种锦蛇血清促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量测定结果显示 (表 2), 7 月份是各激素含量峰值出现的时间点 (除了赤峰锦蛇的甲状腺素)。以体重为协变量的协方差分析显示, 3 种锦蛇各自的促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量在 3 个取材时间点之间的变化均差异不显著 ($P > 0.05$)。但多重组间比较分析结果显示, 棕黑锦蛇促甲状腺激素释放激素 (TRH) 仅 7 月份和 9 月份之间差异显著 ($P < 0.05$); 王锦蛇 9 月份与 5 和 7 月份之间均差异显著 ($P < 0.05$)。棕黑锦蛇 TSH 含量 7 月份与 5 月和 9 月份之间均差异显著 ($P < 0.05$), 赤峰锦蛇 3 个取材时间点血清促甲状腺激素 (TSH) 含量之间均差异显著 ($P < 0.05$)。赤峰锦蛇和王锦蛇的甲状腺素 (T_4) 含量, 9 月份与 5 月和 7 月份之间均差异显著 ($P < 0.05$)。

在 3 个取材时间点, 王锦蛇血清促甲状腺

激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量均是 3 种锦蛇中最低的, 协方差分析显示, 相同取材时间点 3 种锦蛇的血清促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量均差异不显著 ($P > 0.05$)。但组间多重比较分析的结果显示, 9 月份 3 种锦蛇之间同种激素含量均差异显著 ($P < 0.05$); 7 月份王锦蛇的 3 种激素含量与棕黑锦蛇、赤峰锦蛇之间均差异显著 ($P < 0.05$), 5 月份王锦蛇的促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量与棕黑锦蛇、赤峰锦蛇之间均差异显著 ($P < 0.05$), 但 5 月份王锦蛇的促甲状腺激素释放激素 (TRH) 含量仅与赤峰锦蛇之间差异显著 ($P < 0.05$)。

血清促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T_4) 含量及体重、体长和进食量的相关性分析 (表 3), 促甲状腺激素释放激素 (TRH) 与促甲状腺激素 (TSH) 含量, 棕黑锦蛇和赤峰锦蛇均呈显著相关 ($P < 0.05$), 而王锦蛇的这两种激素不相

表 2 3 种锦蛇生活期血清促甲状腺激素释放激素、促甲状腺激素和甲状腺素含量

Table 2 The content of thyrotropin-releasing hormone, thyroid-stimulating hormone and thyroid hormone in serum of three species of ratsnakes in life period

激素 Hormone	检测时间 Testing time	棕黑锦蛇 <i>Elaphe schrenckii</i>	赤峰锦蛇 <i>E. anomala</i>	王锦蛇 <i>E. carinata</i>
促甲状腺激素释放激素 ($\mu\text{IU/L}$) Thyrotropin-releasing hormone (TRH)	5 月 May	1 156.50 \pm 140.18 ^{ABab}	1 407.43 \pm 166.84 ^{Aa}	537.91 \pm 93.00 ^{Ab}
	7 月 Jul.	1 647.53 \pm 129.93 ^{Aa}	1 816.67 \pm 180.07 ^{Aa}	666.20 \pm 48.11 ^{Ab}
	9 月 Sep.	879.83 \pm 61.47 ^{Bb}	1 575.89 \pm 137.19 ^{Aa}	286.95 \pm 47.02 ^{Bc}
促甲状腺激素 (pg/ml) Thyroid-stimulating hormone (TSH)	5 月 May	46.06 \pm 3.05 ^{Ba}	51.74 \pm 4.37 ^{Ca}	15.25 \pm 3.20 ^{Ab}
	7 月 Jul.	112.92 \pm 11.67 ^{Aa}	134.75 \pm 8.42 ^{Aa}	20.99 \pm 3.83 ^{Ab}
	9 月 Sep.	73.16 \pm 5.30 ^{Bb}	114.27 \pm 9.11 ^{Ba}	17.31 \pm 1.73 ^{Ac}
甲状腺素 ($\mu\text{g/L}$) Thyroid hormone (T_4)	5 月 May	426.72 \pm 25.87 ^{Aa}	480.67 \pm 41.01 ^{Ba}	222.01 \pm 27.07 ^{Ab}
	7 月 Jul.	540.13 \pm 28.94 ^{Aa}	609.35 \pm 76.30 ^{Ba}	273.13 \pm 27.90 ^{Ab}
	9 月 Sep.	470.59 \pm 20.70 ^{Ab}	724.88 \pm 53.89 ^{Aa}	148.74 \pm 10.84 ^{Bc}

表示显著性的上角标是由协方差分析中的组间多重比较计算得来。同种激素间同一列不同大写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同大写字母表示差异不显著; 同一行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同小写字母表示差异不显著。

The letters on the corner which indicate significance were calculated by multiple analysis of covariance. The differences are significant indicated by different capital letters in the same column; The differences are significant indicated by different lowercase letters in the same row.

表 3 3 种锦蛇相关指标的相关系数

Table 3 Pearson correlation coefficient of related indexes in three species of ratsnakes

物种 Species	指标 Index	促甲状腺激素 Thyroid-stimulating hormone (TSH)	甲状腺素 Thyroid hormone (T ₄)	体重 Body weigh	体长 Body length	进食量 Food intake
棕黑锦蛇 <i>Elaphe schrenckii</i>	促甲状腺激素释放激素 Thyrotropin-releasing hormone (TRH)	0.749*	0.730*	0.101	0.099	0.786*
	促甲状腺激素 Thyroid-stimulating hormone (TSH)		0.957**	0.669*	0.492	0.872**
	甲状腺素 Thyroid hormone (T ₄)			0.697*	0.457	0.946**
	体重 Body weigh				0.849**	0.637*
	体长 Body length					0.342
赤峰锦蛇 <i>E. anomala</i>	促甲状腺激素释放激素 Thyrotropin-releasing hormone (TRH)	0.774*	0.478	0.588*	0.302	0.842**
	促甲状腺激素 Thyroid-stimulating hormone (TSH)		0.731*	0.526*	0.249	0.780*
	甲状腺素 Thyroid hormone (T ₄)			0.714*	0.682*	0.517*
	体重 Body weigh				0.626*	0.780*
	体长 Body length					0.272
王锦蛇 <i>E. carinata</i>	促甲状腺激素释放激素 Thyrotropin-releasing hormone (TRH)	0.353	0.683*	0.133	0.162	0.370
	促甲状腺激素 Thyroid-stimulating hormone (TSH)		0.858**	0.779*	0.830**	0.857**
	甲状腺素 Thyroid hormone (T ₄)			0.645*	0.713*	0.871**
	体重 Body weigh				0.925**	0.776*
	体长 Body length					0.824**

* 表示数据间显著相关 ($P < 0.05$), ** 表示数据间极显著相关 ($P < 0.01$)。

* Indicate different correlations ($P < 0.05$), ** indicate extremely different correlations ($P < 0.01$).

关 ($P > 0.05$); 促甲状腺激素释放激素 (TRH) 与甲状腺素 (T₄) 含量, 棕黑锦蛇和王锦蛇均呈显著相关 ($P < 0.05$), 而赤峰锦蛇的这两种激素不相关 ($P > 0.05$)。促甲状腺激素 (TSH) 与甲状腺素 (T₄) 含量, 棕黑锦蛇和王锦蛇均呈极显著相关 ($P < 0.01$), 赤峰锦蛇呈显著相关 ($P < 0.05$)。

进食量与促甲状腺激素释放激素 (TRH)、促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T₄) 含量的相关性分析显示, 棕黑锦蛇和王锦蛇的进食量与促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T₄) 之间均呈极显著相关 ($P < 0.01$), 而与促甲状腺激素释放激素 (TRH) 之间分别呈显著相关 ($P < 0.05$) 和不相关 ($P > 0.05$)。赤峰锦蛇进

食量与促甲状腺激素释放激素 (TRH) 呈极显著相关 ($P < 0.01$)、与促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T₄) 均呈显著相关 ($P < 0.05$)。

进食量与 3 种锦蛇的体重增加之间均呈显著相关 ($P < 0.05$), 而与体长之间王锦蛇为极显著相关 ($P < 0.01$), 棕黑锦蛇和赤峰锦蛇却均不相关 ($P > 0.05$)。

体重与促甲状腺激素 (TSH) 和甲状腺素 (T₄) 之间, 3 种锦蛇均呈显著相关 ($P < 0.05$); 体重与促甲状腺激素释放激素 (TRH) 之间, 赤峰锦蛇呈显著相关 ($P < 0.05$), 而棕黑锦蛇和王锦蛇均不相关 ($P > 0.05$)。体重和体长之间, 棕黑锦蛇和王锦蛇呈极显著相关 ($P < 0.01$), 赤峰锦蛇呈显著相关 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 3 种锦蛇甲状腺激素的周期变化

甲状腺结构、功能及其相关的激素调节在哺乳动物中已经有了广泛而深入的研究, 明确了下丘脑释放的促甲状腺激素释放激素(TRH)可促进腺垂体促甲状腺激素(TSH)的合成与释放, 甲状腺功能的活跃程度主要是由促甲状腺激素(TSH)调节, 故血清促甲状腺激素(TSH)含量可作为甲状腺功能活跃程度的指示器(Sue et al. 2012), 而甲状腺滤泡大小和滤泡上皮细胞高度也可作为评价蛇甲状腺功能的指标之一(Rivera et al. 2008)。

Girons等(1962)对2种蟒蛇(*Vipera*)的研究, 以及Chiu等(1969)对中国南方的眼镜蛇研究结果显示, 甲状腺滤泡上皮细胞高度在一年中呈现两个高峰, 分别出现在5月和10至11月间, 而Binyon等(1965)对游蛇(*Natrix*)的研究却显示, 第二个峰值出现在10月至翌年1月份。在温度较高的7、8月份, 蟒蛇和游蛇的甲状腺机能均呈较低的状态。然而吴瑞敏等(1995)对眼镜蛇的研究结果显示, 虽然甲状腺滤泡上皮高度的峰值也出现在5月份, 但其年周变化仅为单峰曲线, 缺失了第二个峰值。另外, 在吴瑞敏等(1994)的研究中眼镜蛇血清甲状腺素(T_4)含量峰值出现时间与本研究的3种锦蛇一致, 均出现在7月份。但3种锦蛇的促甲状腺激素(TSH)含量峰值也出现在7月份, 并非像眼镜蛇那样促甲状腺激素(TSH)含量峰值较甲状腺素(T_4)含量峰值提前2个月出现。3种锦蛇的促甲状腺激素释放激素(TRH)的峰值也在7月份出现, 即3种锦蛇甲状腺轴上的相关激素含量峰值出现的时间是一致的。而这样的结果是否提示了纯粹野生蛇和人工养殖蛇之间的差异, 还是不同蛇种之间遗传上就存在着明显的差异; 另外本实验周期较短, 采样时间点也较少, 因此还需要通过延长实验周期, 增加采样时间点等进一步进行对比研究。

3.2 甲状腺激素与蛇体重及进食量的关系

血清甲状腺激素含量与采食量有着密切的关系(Korhonen 1987), 大多数自主采食的野生动物进食量均表现出春夏季升高和秋冬季降低的趋势(Korhonen 1987, Loudon et al. 1989), 施振旦(1995)对雄性马鹿(*Cervus elaphus*)体重与甲状腺激素关系的研究指出, 正常马鹿血清三碘甲腺原氨酸(T_3)水平在春季到秋季早期较高, 秋冬季较低; 在夏秋季马鹿的体重显著的增加; 而摘除了甲状腺的马鹿, 在冬季已经无法测得三碘甲腺原氨酸(T_3)的含量, 体重也仅少量增加。但对摘除了甲状腺的雄性马鹿补充外源性甲状腺素(T_4)后, 其体重的增加明显高于正常马鹿。说明甲状腺功能对其体重有着很好的调节作用。本实验结果与上述实验结果相似, 在5~11月份的生活期中, 3种锦蛇的甲状腺素(T_4)与其体长、体重和进食量之间均存在密切的关系, 证实了爬行类血清甲状腺素(T_4)含量直接影响其进食量、体重和体长的增长, 而且甲状腺素(T_4)与三者的相关系数的大小与其饲料转化率之间也存在着一定的关系。但由于实验用蛇的数量有限, 实验周期也仅为一年的生活期, 是否具有普遍性, 以及人工养殖条件和自然条件下是否具有一致性还需要进一步深入探讨。

3.3 甲状腺素与饲料转化率

饲料转化率是衡量一种养殖动物效益的核心指标, 影响因素很多, 在养殖动物健康和管理适当的情况下, 最主要的就是饲料营养配比是否适合动物生长的需要(谢祥等 2012)。虽然在野外自由生活时, 3种锦蛇均偏好鼠类、小型鸟类等食物(季达明 1987), 但在相同的人工养殖条件下, 喂以相同的饲料, 棕黑锦蛇的饲料转化率最高。提示刚孵化出来的鹌鹑仔所含的营养成分对于棕黑锦蛇是比较适当的, 而对于赤峰锦蛇和王锦蛇而言, 并不能满足其生长发育所需要的全部营养成分。另外, 在动物的新陈代谢中甲状腺素(T_4)有着重要的调节作用(Mullur et al. 2014), 故其含量对养殖动物的进食情况也就有着一定程度的影响。对甲

甲状腺素 (T₄) 与进食量的相关性分析结果也提示, 棕黑锦蛇的相关性系数是最高的, 是否在这两个实验数据之间存在着一定的隐含关系, 也需要进行深入的探究。

参 考 文 献

- Binyon E J, Twigg G I. 1965. Seasonal changes in the blood and thyroid of the Grass Snake, *Natrix natrix*. *Nature*, 207(4998): 779–780.
- Boggs A S P, Hamlin H J, Lowers R H, et al. 2011. Seasonal variation in plasma thyroid hormone concentrations in coastal versus inland populations of juvenile American alligators (*Alligator mississippiensis*): Influence of plasma iodide concentrations. *General and Comparative Endocrinology*, 174(3): 362–369.
- Chiu K W, Phillips J G, Maderson P F A. 1969. Seasonal changes in the thyroid gland in the male cobra, *Naja naja* L. *Biological Bulletin*, 136(3): 347–354.
- Dickhoff W W, Darling D S. 1983. Evolution of thyroid function and its control in lower vertebrates. *American Zoologist*, 23(3): 697–707.
- Girons H S, Duguay R. 1962. Données histologiques sur le cycle annuel de la glande thyroïde chez les vipères. *General and Comparative Endocrinology*, 2(4): 337–346.
- Korhonen H. 1987. Relationship between seasonal energy economy and thyroid activity in farm-raised raccoon dogs. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 87(4): 983–988.
- Loudon A S I, Milne J A, Curlewis J D, et al. 1989. A comparison of the seasonal hormone changes and patterns of growth, voluntary food intake and reproduction in juvenile and adult red deer (*Cervus elaphus*) and Père David's deer (*Elaphurus davidianus*) hinds. *Journal of Endocrinology*, 122(3): 733–745.
- Maderson P F A, Chiu K W, Phillips J G. 1970. Changes in the epidermal histology during the sloughing cycle in the rat snake *Ptyas Korros* Schlegel, with correlated observations on the thyroid gland. *Biological Bulletin*, 139(2): 304–312.
- Mullur R, Liu Y Y, Brent G A. 2014. Thyroid hormone regulation of metabolism. *Physiological Reviews*, 94(2): 355–382.
- Rivera S, Lock B. 2008. The reptilian thyroid and parathyroid glands. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 11(1): 163–175.
- Sue M, Hayashi M, Kawashima A, et al. 2012. Thyroglobulin (Tg) activates MAPK pathway to induce thyroid cell growth in the absence of TSH, insulin and serum. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 420(3): 611–615.
- Zamiri M J, Khodaei H R. 2005. Seasonal thyroidal activity and reproductive characteristics of Iranian fat-tailed rams. *Animal Reproduction Science*, 88(3/4): 245–255.
- 季达明. 1987. 辽宁动物志 两栖类 爬行类. 沈阳: 辽宁科技出版社, 111–119.
- 施振旦. 1995. 甲状腺功能对调节雄性马鹿体重和繁殖活动季节性变化的研究. *兽类学报*, 15(1): 17–24.
- 施振旦. 1996. 甲状腺功能的季节性变化及其意义. *动物学杂志*, 31(6): 50–53.
- 吴瑞敏, 高晨, 董大海, 等. 1995. 眼镜蛇甲状腺结构的年周期变化律. *动物学研究*, 16(3): 247–254.
- 吴瑞敏, 周瑞祥, 施东捷. 1994. 眼镜蛇血浆 T₃ T₄ T_sH 浓度的年周期变化律. *动物学研究*, 15(1): 59–64.
- 谢祥, 赵锋. 2012. 生猪养殖场饲料转化率低的原因及解决对策. *中国畜牧杂志*, 48(6): 65–66.