

17-24

④

兽类学报1995, 15 (1): 17-24

*Acta Theriologica Sinica*

# 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

5825

施振旦

(华南农业大学动物科学系, 广州, 510642)

G. K. Barrell

(Animal and Veterinary Sciences Group, Lincoln University, 新西兰)

A

## 摘 要

本研究探讨了甲状腺功能对雄性马鹿体重和繁殖活动季节性变化的调节作用。试验 1 从 1988 年 1 月 (夏季) 开始到 1989 年 6 月 (冬季) 结束, 对照组 5 头正常鹿体中, 血浆  $T_4$  水平具有明显的季节性变化 ( $p < 0.01$ ), 在秋季和冬季较低, 春季至秋季早期较高; 而 3 头甲状腺摘除 (THX) 鹿血浆  $T_4$  水平在 1988 年 6 月后 (冬季) 降低到不可测水平。在 1988 年 9 月以前, 二组鹿的体重、睾丸直径和血浆睾酮水平的季节性变化趋势相似。正常鹿体重在 1988 年 12 月至 1989 年 3 月 (夏秋季) 大大增加, 而 THX 鹿体重仅有少许增长。在 1988 年 9 月 (春季) 开始, 正常鹿睾丸萎缩, 血浆睾酮水平也下降至不可测水平, THX 鹿则未发生此现象, 但在 THX 鹿在秋季配种季节的睾丸直径峰值则又显著低于正常鹿的值。试验 2 从 1990 年 9 月 (春季) 开始, 对 4 头 THX 雄性马鹿补偿  $T_4$ , 另外 4 头 THX 雄性马鹿作为对照, 于 1991 年 3 月结束。在整个春夏季生长季节,  $T_4$  补偿鹿增重高于对照鹿 ( $p < 0.05$ )。补偿  $T_4$  也使 THX 鹿的睾丸在春夏季发生萎缩退化, 血浆睾酮水平在春夏季降至不可测定。两试验的结果表明, 甲状腺功能参与雄性马鹿在春夏季的体重和繁殖活动季节性变化的调节。

关键词 马鹿; 甲状腺; 体重; 繁殖活动; 季节性变化

和大多数温带动物类似, 雄性马鹿 (*Cervus elaphus*) 具有明显的季节性生长和繁殖活动。季节性生长表现为在春夏季的体重大幅度增加和在秋冬季的大幅下降 (Mitechell 等, 1978)。季节性繁殖表现为秋冬季的繁殖活跃状态和春夏季的繁殖退化状态 (Lincoln, 1971; Suttie 等, 1984)。研究表明, 动物的季节性生理活动的表达是受全年日照变化影响褪黑激素的分泌调节。动物松果腺在夜间黑暗状态下分泌褪黑色素, 全天褪黑激素分泌在秋冬季延长, 在春夏季缩短, 褪黑激素分泌的这一季节性变化, 周期性地调节一系列季节性生理活动的发生 (Lincoln 等, 1980; Karsch 等, 1984)。然而, 褪黑激素的具体调节过程至今并不明了, 特别是其中有无其它因子的参与尚待研究证实。对水貂 (*Mustela vison*)、羊 (*Ovis aries*) 和某些鸟类的研究表明, 甲状腺功能参与在春夏季发生的繁殖季节的终止, 具体表现为摘除甲状腺 (THX) 可阻止繁殖活动的季节性退化 (Nicholls 等, 1988; Jacquet 等, 1986)。对雌性马鹿的研究表明, 春夏季的繁殖退化, 与这一时期催乳

• 本文于 1994 年 5 月 2 日收到, 1994 年 10 月 25 日收到修改稿

素分泌升高有关,而与甲状腺功能的关系尚不明显(Curlewis等,1988;Loudon等,1989)。但甲状腺激素的分泌有明显的季节性并且与季节性繁殖活动呈负相关(Loudon等,1989),因而也可能参与繁殖和其它生理活动季节性变化的调节。本试验的目的,在于揭示和验证甲状腺功能的这一调节作用。

## 材料和方法

### 1. 实验动物和处理

本研究分为2个试验,均在新西兰林肯大学(南纬43°36',西经172°28')进行。第1试验中5头14月龄的雄性马鹿在1988年1月(夏季)被摘除甲状腺,另外5头同龄鹿作为对照。处理组鹿术后即被埋植20mg 甲状腺素( $T_4$ ),以使这些动物能在术后迅速恢复。试验在1989年6月(冬季)结束,其间每月称重,每2周从颈静脉采血以测定三碘甲腺氨酸( $T_3$ )和睾酮,并测定鹿站立状态时睾丸前后直径。血浆于采血后3小时内离心分离,于-18℃冷冻保存。试验2从1990年9月(春季)开始,至1991年3月(秋季)结束;其中以4头年龄不一的THX雄性马鹿作为对照,另外4头相同状况的THX鹿在1990年9月补给 $T_4$ ,开始为每天皮下注射1mg  $T_4$ ,7天后改为皮下埋植40mg  $T_4$ 。试验过程中,每周称重,从颈静脉采血,测定睾丸直径。试验所用的鹿均在户外黑麦草和三叶草的牧地上自由采食,饮水。

### 2. 激素测定

血浆睾酮的测定使用了不提取的直接放免测定法(Schanbacher等,1982),标记抗原为(1,2,6,7,-3H)睾酮(TRK402,Amersham),抗体为兔抗睾酮-11-BSA血清(#250,由科罗拉多州立大学G.D. Niswender提供)。测定灵敏度为0.15 ng/ml。批内和批间变异系数分别为6.9%和16.2%。

采用Sadler等(1975)的方法进行血浆 $T_3$ 的测定。标记抗原为L-3,5,3'-(125I)- $T_3$ (Nex100,Dupont),抗体为兔子抗 $T_3$ -BSA血清(CS<sub>3</sub>-1983,新西兰Christchurch Public Hospital)。测定灵敏度为0.05nmol/l。批内和批间变异系数分别为5.4%和3.8%。

### 3. 统计分析

用多变量方差分析法分析体重、睾丸直径、血浆睾酮和 $T_3$ 水平的季节性变化。这种方法把每个测定次数作为一个处理。血浆睾酮水平数据预先经对数转化,以降低变异程度。另外,对每次测定的数据进行单独方差分析,以分析处理效应。

## 结 果

### 1. 试验 1

(1) 血浆 $T_3$  仅有3头THX鹿被完全摘除甲状腺,血浆 $T_3$ 水平在手术后很快下降至很低,随之在1988年3月又上升至高峰,然后缓慢下降,在1988年6月降至不可测水平(图1)。其余2头的血浆 $T_3$ 为0.5 nmol/l左右,这2头鹿的体重和繁殖活动变化与对照组一致,因此对它们的数据未进行统计分析。对照组鹿血浆 $T_3$ 水平具有显著和季节性变化( $p<0.01$ ) (图1),在1988年4月(秋季)下降为夏季的一半左右,维持在这一低水平经过

冬季,于1988年8月(早春)再次上升,在1989年3月(秋季)再次下降至低水平。

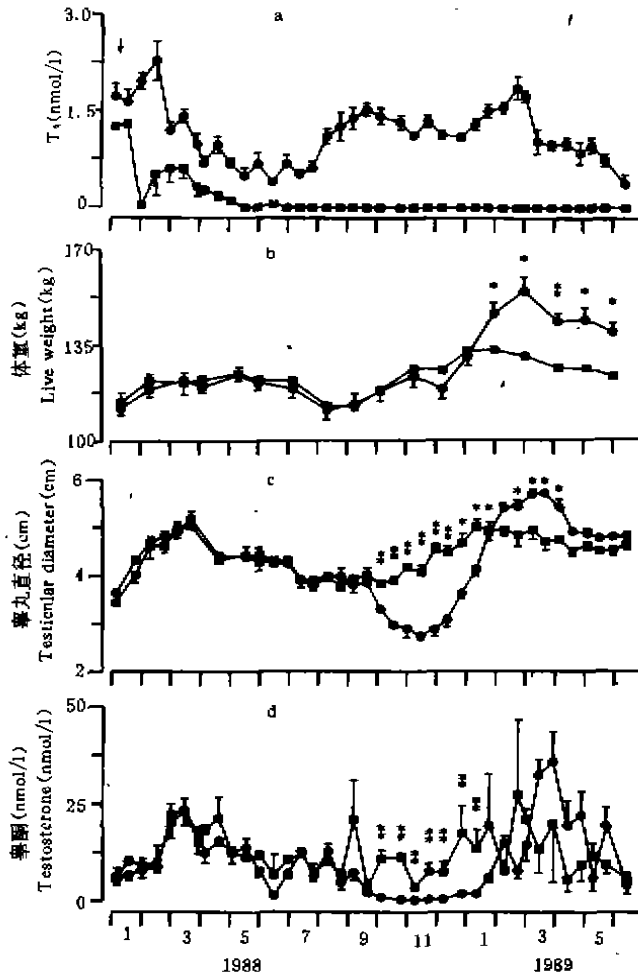


图1 试验1 THX鹿(■, n=3)和对照组(●, n=5, 睾丸直径为4)的血浆 $T_4$ 水平(A), 平均体重(B), 睾丸直径(C)和血浆睾酮水平(D)。垂直短线为标准误, 箭头表示甲状腺摘除手术。(\*,  $p<0.05$ , \*\*,  $p<0.01$ )。

Fig. 1 Mean plasma  $T_4$  concentration (a), mean live weight (b), testicular diameter (c) and testosterone concentration (d) for THX (■, n=3) and control (●, n=4 for testicular diameter, otherwise n=5) stags in experiment 1. Vertical bars represent SE, the arrow indicates thyroidectomy. (\*,  $p<0.05$ , \*\*,  $p<0.01$ ).

1月达到最高峰值(5.0 ± 0.15 cm)后缓缓回落, 全过程变化幅度比较平缓, 不象正常鹿那样出现大落大升的变化。它的特点是逐渐上升开始得较早, 到达峰值也较早, 但峰值显著低于对照组峰值( $p<0.05$ ) (图1)。

(4) 血浆睾酮 血浆睾酮水平的变化趋势, 在两组鹿都与其各自睾丸直径的变化趋势相似。对照组鹿的血浆睾酮水平在1988年10月至12月(春、夏季)降低至不可测定, 显著低于THX鹿的水平( $p<0.05$ ); 而且对照组鹿在1989年3、4月的血浆睾酮高峰也晚于THX鹿的高峰(1989年2月) (图1)。

(2) 体重 两组鹿体重1989年2月之前变化一致, 在第一年秋季略有上升, 在1988年8月(冬末)下降至最低; 然后在春季又上升。THX鹿在1989年1月(夏季)达到峰值(132.6 ± 1.0 kg), 然后下降; 对照组体重在1989年1月开始急剧上升, 于1989年3月达到峰值(154.0 ± 6.6 kg), 并从1989年2月以后显著高于THX组值( $p<0.05$ ), 于1989年3月初达到峰值(图1)。

(3) 睾丸直径 在对照组5头马鹿中, 有1头鹿睾丸直径低于其它4头平均睾丸直径的95%置信区间, 对这头鹿的睾丸直径未进行统计分析。两组鹿的平均睾丸直径, 在1988年9月之前变化趋势一致。从1988年9月(春季)起, 正常马鹿睾丸直径急剧下降, 于11月至最低(2.75 ± 0.08 cm), 然后又快速上升, 并在1989年3月(秋季)到达峰值(5.70 ± 0.15 cm)。在1989年4月性活动高峰期又开始下降, 至6月为4.80 ± 0.05 cm。试验组在1988年10月初睾丸直径为3.83 ± 0.03 cm, 然后并不下降, 而是开始上升。1989年1

## 2. 试验 2

(1) 血浆  $T_3$  在  $T_4$  处理前 (1990年9月8日), 对照组 THX 鹿的平均血浆  $T_3$  浓度为  $0.17 \pm 0.05 \text{ nmol/l}$ ,  $T_4$  补给鹿为  $0.08 \pm 0.05 \text{ nmol/l}$ 。 $T_4$  埋植后第10周 (1990年11月22日) 时, 对照组 THX 鹿中仅 1 头被测为  $0.16 \text{ nmol/l}$ , 其它 3 头中未测到;  $T_4$  补给鹿平均血浆  $T_3$  水平为  $0.94 \pm 0.23 \text{ nmol/l}$ 。

(2) 体重 两组鹿的体重在  $T_4$  补给前差异不显著 ( $p > 0.05$ ) (图 2); 处理组鹿

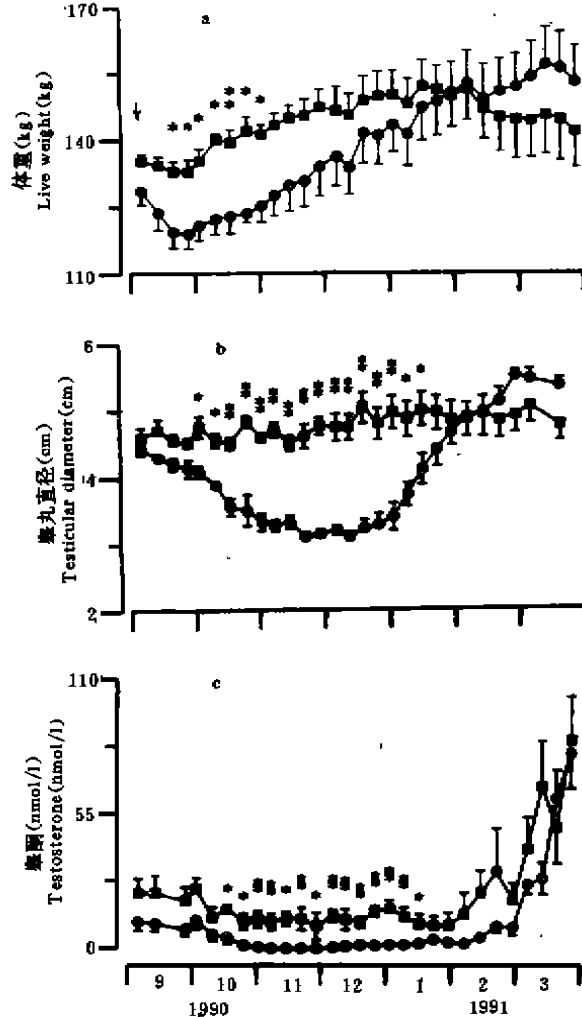


图 2 试验 2 THX 对照鹿 (■,  $n=4$ ) 和  $T_4$  补给鹿 (●,  $n=4$ ) 的平均体重 (a), 睾丸直径 (b) 和血浆睾酮水平 (c)。垂直短线为标准误, 箭头表示开始补给  $T_4$ 。(\*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ )。

Fig. 2 Mean live weight (a), testicular diameter (b) and testosterone concentration (c) for control THX (■,  $n=4$ ) and  $T_4$ -treated THX (●,  $n=4$ ) stages. Vertical bars represent SE, the arrow indicates commencement of  $T_4$  replacement. (\*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ ).

在  $T_4$  补给后, 体重即开始下降, 以至在 1990 年 9 月底至 11 月初, 体重显著 ( $p < 0.05$ ) 低于对照组 THX 鹿的值。两组鹿体重在春夏季均增加, 对照组于 1991 年 1 月达到高峰 ( $151.3 \pm 7.0 \text{ kg}$ ), 处理组体重在 1991 年 3 月达到高峰 ( $156.8 \pm 8.4 \text{ kg}$ )。虽然两组间体重峰值差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 然而秋季的高峰与春季低值之差, 即生长期的净增重, 在处理组为  $38 \pm 5.0 \text{ kg}$ , 显著 ( $p < 0.05$ ) 高于对照组的  $21.3 \pm 4.3 \text{ kg}$ 。

(3) 睾丸直径 两组鹿的平均睾丸直径, 在  $T_4$  补给前无显著差异 ( $p > 0.05$ ) (图 2)。在整个试验期间, 对照组 THX 鹿的睾丸直径无显著变化, 其范围为  $4.5 - 5.5 \text{ cm}$ 。在  $T_4$  补给的鹿中, 睾丸平均直径在  $T_4$  补给后开始下降, 于 1990 年 11 月降至最低 ( $3.1 \pm 0.1 \text{ cm}$ ), 然后又快速回升, 在 1991 年 2 月 (秋季) 达到峰值 ( $5.5 \pm 0.1 \text{ cm}$ )。从 1990 年 10 月至 12 月,  $T_4$  补给鹿的睾丸平均直径极显著低于对照组 ( $p < 0.01$ )。

(4) 血浆睾酮  $T_4$  补给鹿的血浆睾酮在 1990 年 11 月降至不可测到。同期对照鹿的血浆睾酮水平仍较高。从 1990 年 10 月至 1991 年 1 月, 两组间差异达极显著水平 ( $p < 0.01$ ) (图 2)。在 1991 年 3 月 (秋季), 两组鹿的血浆睾酮水平均急剧上升。

## 讨 论

本研究的结果验证以上假设,即甲状腺功能参与雄性马鹿体重和繁殖活动的季节性变化和调节。具体表现为,摘除甲状腺阻止了雄马鹿在春夏季的繁殖退化和季节性生长,这由试验1和2中 THX 鹿的睾丸在春季不发生萎缩,而且仍分泌睾酮,以及体重增加的抑制所证实。 $T_4$  补给则消除了这些 THX 的影响,恢复了正常的季节性繁殖和体重变化。所有这些,证明甲状腺激素、 $T_3$  或  $T_4$ , 参与雄马鹿繁殖活动和体重季节性变化的调节。

甲状腺功能对于季节性生理活动的调节,主要发生于春季和夏季日照延长时期。因而试验1的 THX 鹿,血液  $T_3$  在1988年7月(冬季)就消失,但 THX 鹿直到春季和夏季才表现出繁殖活动和体重增长异常。在春季对 THX 鹿补给  $T_4$  (试验2),起初每天注射 1 mg  $T_4$  使血浆  $T_3$  稍高于正常鹿的水平 (Shi, 1992), 随后埋植 40 mg  $T_4$  则应该使血浆  $T_3$  水平接近正常鹿在春季的水平,因为试验1中血浆  $T_3$  在埋植 20mg  $T_4$  后两个月内差不多为正常鹿春季水平的一半,而  $T_4$  补给鹿平均血浆  $T_3$  水平在  $T_4$  埋植后第10 周为 0.94 nmol 即证实这一点。参照试验 1 的结果,试验2 中埋植的  $T_4$  也将于埋植后第5个月,即1991年1月消失,但此时已接近秋季,对实验结果已不会有很大影响。

两试验中 THX 鹿仍然表现出一定程度的体重和繁殖活动的季节性变化,如体重在春夏季的上升和在秋季的下降,睾丸在夏末初秋的膨大以及春夏季睾酮分泌的相对低落和在秋季的急速上升。这些均表明,THX 鹿的生理季节性仍然存在,只是在春夏季的一部分未表达出来。THX 羊和 THX 鹿的褪黑激素的昼夜分泌模式与正常动物均无差异 (Nicholls 等, 1988; Moenter 等, 1991; Shi, 1992), 因此 THX 对春夏季繁殖退化和生长的阻断和抑制作用,不是通过改变褪黑激素的分泌造成,其作用应位于松果腺以下的部位,被推测为位于下丘脑的中枢 (Webster 等, 1991a)。除甲状腺激素外,参与调节鹿繁殖和体重季节性变化的因素还有催乳素和胰岛素样生长因子 (Bubenik 等, 1985; Curlewis 等, 1988; Shi, 1992; Suttie 等, 1991), 而 THX 鹿季节性催乳素分泌并不受影响 (Shi, 1992), 这大概也是 THX 鹿的体重和繁殖活动表现出一定的季节性变化的原因。

雄性马鹿在秋季配种期极少采食,导致体重大幅下降 (Lincoln, 1971)。THX 鹿在试验1中,尽管睾丸直径和体重峰值都低于正常鹿,但达到高峰 (1989年1月) 的时间比正常鹿 (1989年3月) 提前2个月,试验2中 THX 鹿的体重高峰比  $T_4$  补给鹿的体重高峰有类似的提前。这可能是因为 THX 鹿在春夏季睾丸没有发生退化,使得睾丸活动恢复达到高峰时间比正常鹿从退化状态恢复要短,于是使睾酮分泌高峰提前,从而采食减少和体重下降也提前发生。

试验2中  $T_4$  补给鹿在试验初体重大幅下降,这可能是因为甲状腺激素促进代谢造成;但甲状腺激素最终促进春夏季的生长,因为  $T_4$  补给鹿在春夏季的净增重高于对照 THX 鹿。但与试验1的结果不同,试验2中秋季的体重高峰在两组间差异不显著,  $T_4$  补给鹿在试验初体重下降是一原因,另一方面试验2中的鹿年龄和体重差异较大,这可能会部分掩盖两组间的差异。

鹿的季节性生理活动,是在长期自然选择下,形成的对环境季节性变化的适应,是延长其个体以及物种生命的途径,例如季节性生长在春夏季所储存的能量,是秋季繁殖

配种和顺利越冬的保证 (Loudon 等, 1992)。春季血液  $T_3$  水平的升高, 虽然并不是繁殖活动退化所必需 (Webster 等, 1991b), 但可能使繁殖退化和生长得到保证; 而冬季甲状腺功能的下降, 被推测为在严寒状况下降低能量代谢和节省身体储备的动用, 是最大限度地越冬的手段 (Ringberg, 1979)。丧失甲状腺功能使繁殖活动异常 (Chandrasekhar 等, 1985), 而且试验 1 中 THX 鹿在秋季的睾丸直径低于正常鹿, 这必将降低繁殖力。两试验中 THX 鹿在秋冬季均发生有因脂肪消耗殆尽的死亡, 主要原因可能是春夏季生长过程中的能量储备不足, 而缺乏甲状腺激素对产热的影响估计不占主要地位。因为正常鹿血浆  $T_3$  水平在冬季较低, 而且 THX 鹿在 1988 年冬季血浆  $T_3$  消失后也无死亡; 再说 THX 羊在春、夏季节就有发生死亡 (Nicholls 等, 1988), 最新研究又发现 THX 羊的能量代谢与正常羊无差异 (Parkinson 等, 1994)。由此可见, 甲状腺功能以及受其调节的季节性生理活动对维持雄马鹿生命和生存力的重要性。

## 参 考 文 献

- Bubenik G A, Schmas D, Leatherland J F. 1985. Seasonal rhythms of prolactin and its role in the antler cycle of white-tailed deer. In: Fennessy P F, Drew K R, editors. *Biology of Deer Production*. Wellington: The Royal Society of New Zealand, Bulletin 22, 185-190.
- Chandrasekhar V, Holland M K, D' Occhio M J, Setchell B P. 1985. Spermatogenesis, seminal characteristics and reproductive hormones levels in mature rams with induced hypothyroidism and hyperthyroidism. *J Endocrin*, 105: 39-46.
- Curlewis J D, Loudon A S I, Milne J A, McNeilly A S. 1988. Effect of chronic long-acting bromocriptine treatment on live weight, voluntary food intake, coat growth and breeding season in non-pregnant red deer hinds. *J Endocrin*, 119: 413-420.
- Jacquet J M, Coutant C, Maurel D, Boissin-Agasse L, Boissin J. 1986. Effects of thyroidectomy on spring and summer variations of testicular activity and plasma prolactin in the mink. *Comp Rend Acad Sci Paris, Serie III*, 367-370.
- Karsch F J, Bittman E L, Foster D L, Goodman R L, Legan S J, Robinson J E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal breeding. *Recent Prog Horm Res*, 40: 185-232.
- Lincoln G A. 1971. The seasonal reproductive changes in the red deer stags (*Cervus elaphus*). *J Zool London*, 163: 109-127.
- Lincoln G A, Short R V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptives. *Recent Prog Horm Res*, 36: 1-52.
- Lincoln G A, Klandorf H, Anderson N. 1980. Photoperiodic control of thyroid function and wool and horn growth in rams and the effect of cranial sympathectomy. *Endocrinol*, 107: 1543-1548.
- Loudon A S I, Brinklow B R. 1992. Reproduction in deer: adaptation for life in seasonal environments. In: Brown R D, editor. *The Biology of Deer*. New York: Springer Verlag, 261-277.
- Loudon A S I, Milne J A, Curlewis J D, McNeilly A S. 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 Pere David's deer (*Elaphurus davidianus*) hinds. *J Endocrin*, 122: 733-745.
- Mitchell B, McCowan D, Nicholson I A. 1976. Annual cycles of body weight and condition in Scottish red deer, *Cervus elaphus*. *J Zool London*, 180: 107-127.
- Moenter S M, Woodfill C J I, Karsch F J. 1991. Role of the thyroid gland in seasonal reproduction: thyroidectomy blocks seasonal suppression of reproductive neuroendocrine activity in ewes. *Endocrinol*, 128: 1337-1344.
- Nicholls T J, Follett B K, Goldsmith A R, Pearson H. 1988. Possible homologies between photorefractoriness in sheep and birds: the effect of thyroidectomy on the length of the ewe's breeding season. *Reprod Nutr Dev*, 28: 375-385.

- Parkinson T J, Follett B K. 1994. Effect of thyroidectomy upon seasonality in rams. *J Reprod Fert*, 101, 51—58.
- Ringberg T. 1979. The Spitzbergen reindeer—a winter dormant ungulate? *Acta Physiol Scand*, 105, 268—273.
- Sadler W A, Brownlie B E W. 1975. Triiodothyronine radioimmunoassay in the assessment of thyroid function. *NZ Med J*, 81, 328—334.
- Schanbacher B D, D'Occhio M J. 1982. Validation for a direct radioimmunoassay for testosterone in unextracted serum from five species; application to study of the hypothalamic—pituitary—gonadal axis in males. *J Androl*, 3, 45—51.
- Shi Z D. 1992. Studies on the role of thyroid gland function in seasonal physiology of red deer (*Cervus elaphus*) stags. Ph. D. Thesis, Lincoln University, New Zealand.
- Suttie J M, Lincoln G A, Kay R N B. 1984. Endocrine control of antler growth in red deer stags. *J Reprod Fert*, 71, 7—15.
- Suttie J M, White R G, Berier B H, Gluckman P D. 1991. Photoperiod associated changes in Insulin—like Growth Factor—I in reindeer. *Endocrinol*, 129, 679—682.
- Webster J R, Moenter S M, Barrell G K, Lehman M, Karach F J. 1991a. Role of the thyroid gland in seasonal reproduction; III. Thyroidectomy blocks seasonal suppression of GnRH secretion in sheep. *Endocrinol*, 129, 1635—1643.
- Webster J R, Moenter S M, Woodfill C J I, Karach F J. 1991b. Role of the thyroid gland in seasonal reproduction; II. Thyroxine allows a season—specific suppression of gonadotropin secretion in sheep. *Endocrinol*, 129, 176—183.

## INVOLVEMENT OF THYROID FUNCTION IN REGULATION OF SEASONAL CHANGES OF LIVE WEIGHT AND REPRODUCTION IN RED DEER STAGS

SHI Zhendan

(Department of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642)

Graham K. Barrell

(Animal and Veterinary Sciences Group Lincoln University, New Zealand)

### Abstract

This study investigated the role of thyroid function in the regulation of seasonal changes of live weight and reproductive activities in red deer stags. Experiment 1 observed the effects of thyroidectomy (THX) in 3 THX stags from January 1988 to June 1989, with 5 intact stags as controls. Mean plasma concentration of  $T_3$  in control stags exhibited a seasonal pattern with high levels during spring to early autumn and low levels in autumn and winter. From October 1988 (spring), control stags exhibited a marked reduction in testicular diameter, accompanied by a decrease of plasma testosterone to undetectable levels, whereas none of the THX stags expressed these changes. After reaching the nadir in November 1988, testicular diameter of control stags increased abruptly and reached the peak in March 1989 (autumn), which was significantly higher than the peak of THX stags occurring in January 1989. The substantial gain of live weight during December 1988 to March 1989 (summer to

autumn) in control stags did not occur in THX stags and these animals had lower ( $p < 0.05$ ) live weight than controls from February 1989. Experiment 2 observed the effects of supplementing  $T_4$  to 4 THX stags from September 1990 on changes in live weight and testicular activities, with another 4 THX stags as controls.  $T_4$  treated THX stags initially lost weight, but gained more weight during the growing period of spring and summer than control THX stags ( $p < 0.05$ ).  $T_4$  treated stags reduced testicular diameter in October and November 1990 (spring and summer) with plasma testosterone concentrations undetectable, but increased thereafter and reached the peak in February 1991 accompanied by a sharp rise of plasma testosterone concentrations. Testicular diameter of control THX stags had little change in the course of experiment, and these animals maintained high levels of plasma testosterone in spring and summer. Results of this study demonstrate that THX prevented the seasonal changes in live weight and reproductive activities which occur in spring and early summer, and these effects are overcome by treatment with  $T_4$ . This indicates that thyroid function is involved in regulation of seasonal changes of live weight and reproduction in red deer stags.

**Key words** Red deer stags; Thyroid function; Live weight; Reproductive activity; Seasonal change

(上接第74页)

表 4 黑线姬鼠4月份肥满度与6月份种群数量的比较

Table 4 Comparison of relative fatness in April and capture rate in June for *A. agrarius*

年份 Year	样本数 Size of sample	4月份肥满度平均值±标准差 Mean±SD of relative fatness in April	6月份捕获率(%) capture rate in June (%)	回归方程 Regression equation
1987	28	3.51±0.64	17.03	$y = 46.4909x - 146.8$
1988	21	3.45±0.67	11.67	$r = 0.9618 > r_{0.01}$
1989	11	3.59±0.80	19.29	
1991	33	3.35±0.63	9.75	

**关键词** 黑线姬鼠; 肥满度; 季节变化

**Key words** Striped field mouse (*Apodemus agrarius*); Relative fatness; Seasonal changes

杨再学 (贵州省余庆县植保站, 余庆, 564400)