第 21 卷第 1 期　　兽 类 学 报　　Vol. 21, No. 1
2001 年 2 月　　Acta Theriologica Sinica　　Feb., 2001

光周期对环青春期雄性根田鼠繁殖发育的作用与光周期信息的母体传递模式

刘力宽　刘季科*　苏建平
(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘要: 在实验室条件下, 采用析因设计, 分别以长光照及短光照水平, 测定根田鼠母体怀孕期、哺乳期及幼体断乳期光周期信息对环青春期雄性子代繁殖发育的作用, 探讨雄性子代对光周期信息的反应及光周期信息的母体传递模式。检验的特定假设为, 光周期能刺激和调节田鼠类动物雄体的繁殖发育; 在其亲代与子代间存在光周期信息的母体传递。研究结果表明, 在根田鼠亲代母体与子代幼体间具有光周期信息的母体传递。雄体的繁殖发育, 不仅受母体传递光周期信息的作用, 亦受断乳期光周期的影响。断乳后的光周期信息是影响雄体繁殖发育的主要信息。在长期的适应和进化过程中, 根田鼠对高寒环境形成特殊的光周期信息传递格局和繁殖策略。

关键词: 光周期; 信息传递; 根田鼠; 环青春期; 繁殖发育
中图分类号: Q958.122.3　**文献标识码**: A　**文章编号**: 1000-1050 (2001) 01-0057-10

哺乳动物的繁殖是其与食物、物理和社会条件协调一致的复杂过程。自然选择使哺乳动物具有丰富的信号系统 (*signaling system*), 而每一信号系统则以适当的神经内分泌反应 (*neuroendocrine responses*) 与某些环境变量相耦合[1]。在影响繁殖的诸多环境因素中, 光周期不但是调节脊椎动物繁殖的重要因子之一, 更是植食性动物种群选择最佳繁殖投入, 调节个体繁殖性能及适合度的重要环境信号 (*environmental cue*)[2,3]。

由于植物可利用性与光周期的季节变化密切相关, 因此, 存活时间较长的动物能利用光周期预测其食物的可利用性, 并协调繁殖活动的开始和终止[1,3~6]。现已证明, 光周期对 *Microtus. montanus* 及 *M. ochrogaster* 的繁殖投入时间具有明显的调节作用[3,6~10]。在自然条件下动物除直接受光周期的作用外, 亲代母体的光周期经历也能影响其繁殖发育。大量的研究证明, 哺乳期的 *Microtus. montanus*, *M. ochrogaster* 以及黑线毛足鼠 (*Phodopus sungorus*) 母体具有向子代传递光周期信息的功能[6,11~15]。

根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 是分布于北半球高山草甸及冻原地带的小型植食性哺乳动物, 又为中亚青藏高原草甸特殊条件下的优势种类, 其实验室最长寿命为 963.5 d, 平均寿命为 280 d[6]。剧烈变动的生存条件, 以及根田鼠特定的生命统计特征, 使之具有特殊的繁殖性能。本文在实验室条件下, 分别于成年雌性根田鼠怀孕期、哺乳期及幼体断乳期, 测定不同光周期处理水平对环青春期雄体繁殖发育的作用; 探讨其对光

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (38970149); 中国科学院院长基金资助项目
作者简介: 刘力宽 (1969-), 男, 硕士, 主要从事动物繁殖及生理生态学研究.
收稿日期: 2000-03-15; **修回日期**: 2000-07-04
*现工作单位: 浙江大学生命科学院

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

周期信息母体传递的反应模式。

1 材料与方法

用于本实验的成年根田鼠于 1995 年 5 月植物萌发期捕自中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区（海拔 3 200 m，37°29′～37°45′N，101°12′～101°33′E）的金露梅（*Potentilla fruticsa*）灌丛，该地区全年日照为 2 672.6 h。在对照光照（control day light，CDL）及室温 20～22 ℃的条件下，按性别置于 TPX-CP-4（464 mm ×314 mm ×200 mm^3）聚丙烯饲养笼（苏州塑料一厂）驯养，建立实验群体。驯养期间，供给充足的饲料和饮水，以木屑和脱脂棉作为巢。

以本文假设，采用 2 ×2 ×2 析因设计，于成年雌性根田鼠怀孕期（gestational period，GP）、哺乳期（lactional period，LP）及幼体断乳期（Postweaning period，PP），分别以长光照（long day light，LDL）、短光照（short day light，SDL）处理，以测定不同光照周期对环青春期雄性根田鼠繁殖发育的作用，共设立 GP+/LP+/PP+、GP+/LP+/PP-、GP+/LP-/PP+、GP+/LP-/PP-、GP-/LP+/PP+、GP-/LP+/PP-、GP-/LP-/PP+ 及 GP-/LP-/PP 8 个处理组。其中，GP 为亲体婚配至幼体出生的持续时间，LP 为母体分娩后哺乳至幼体 18 日龄断乳的时期，PP 为幼体断乳后独立觅食的时期；LDL 每日光照为 16 h（16L：8D），SDL 每日光照为 8 h（8L：16D）；+ 为 LDL 处理，- 为 SDL 处理。

为控制光照，光照处理由 LDL，SDL 及 CDL 分室组成。采用电子程控时钟（青海师范大学电子仪器厂）控制各分室的光照时间。以 13：00 为光照时间中点，LDL 分室光照时间为 05：00～21：00，SDL 分室为 09：00～17：00，CDL 为 07：00～19：00。每光照室的养鼠笼均置放在活动式分层笼架上，笼层间以不透明纤维板相隔，每层顶部安置 1 只 40W 荧光灯应用控温仪（上海医用仪器厂）控制每光照室的温度，使之保持在 20～22 ℃。

实验开始 3 周前，将根田鼠随机分为两组，由 CDL 室移入 LDL 室及 SDL 室进行光照适应。然后选择健康雄体（24～26 g）及雌体（20～22 g）进行婚配，在怀孕期分别经上述光照处理，使之产仔。为保证各种光照处理具有足够的样本数，每光照室维持 30 对配对个体。幼体出生后，立即分离出雄性亲体。以幼体出巢觅食活动，粪便颜色的变化，以及母体乳腺的萎缩程度，在 18 日龄除去母体，对其断乳，此时母体与幼体同时接受光照。实验期间，动物饲以繁育型兔颗粒饲料（北京曙光饲料厂），并采用微型铝制数字号码耳标加以标记。

由于 40～60 日龄根田鼠处于繁殖器官迅速发育的亚成体阶段[1]，即环青春期发育时期，因此，在不同光照处理条件下，选择 50 日龄幼体作为测定繁殖发育参数及生理生化指标的样本。实验取样均在 50 日龄的 14：30 时进行。

对不同处理的取样个体进行解剖，分离性腺及其附属腺体，应用光电分析天平（±0.1 mg）测定其重量。测定项目为，对睾丸（paired testes，PT）、对附睾（paired epididymys，PE）及对附睾脂肪垫（paired epididymal fat-pad，PEF）。所测腺体均以性腺指数（腺体重 mg/体重 g）表示。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

通过计数对附睾的成熟精细胞数获得对附睾精子数 (paired epididgmal sperm counts, PESC)。在研钵中加 2 ml 0.9 % NaCl 溶液, 将切碎的对附睾组织研磨混匀成浆液, 静置 30～45 s, 取其浆液样品于光学显微境 (10 ×40) 下, 用血细胞计数板统计浆液样品中的成熟精细胞数, 每个样本重复测定 2 次。

以 100 μl 医用肝素钠 (12 500 单位/ml) (苏州生物化学制药厂) 作为抗凝剂, 从颈总动脉获取血液样品。在室温条件下, 将血样 3 500 rpm 离心 5 min, 分离血浆, 置入液氮, 在 - 20 ℃下冷存。采用酶标免疫 (enzyme immunoasay) 法测定血浆睾酮 (testosterone, TSO) 含量。其中, 测定药盒系意大利 BIODATA 生产。

采用变量总体分析, 比较不同光照处理环青春期雄性根田鼠各种繁殖发育参数及血浆 TSO 含量的平均值。应用多因素方差分析 (multiple analysis of variance, MANOVA) 测定 3 个时期不同光照处理的主效应及交互作用对各种繁殖发育参数、血浆 TSO 含量的统计学意义, 分析光周期信息母体传递的主要时期, 所有计算程序来自 STATGRF5.0 统计软件包。

2　结果

2.1　光周期处理对雄性根田鼠繁殖发育的作用

在各种光照处理条件下, 环青春期雄性根田鼠不同繁殖发育参数的平均值 (表 1) 明显不一致, 说明光周期对环青春期雄性根田鼠的繁殖发育具有重要意义。在 PP 的 LDL　4 种处理 (GP + / LP + / PP +, GP + / LP - / PP +, GP - / LP + / PP +, GP - / LP - / PP +) 条件下, PT、PE、PEF 指数及 PESC 的平均值显著大于同一时期 SDL 4 种处理 (GP + / LP + / PP -, GP + / LP - / PP -, GP - / LP + / PP -, GP - / LP - / PP -) 的相应平均值。以成对比较, 对 PT, PE, PEF 指数及 PESC 的平均值进行 students T 检验, 4 个对比的差异均极显著 ($P < 0.01$)。表明在 PP, LDL 能明显刺激和促进雄体的繁殖发育, 而 SDL 则显示出强烈的抑制作用。

MANOVA 的结果 (表 2) 表明, 雄性根田鼠的各种繁殖发育参数对不同光周期处理的反应各异; 同时, 在 GP、LP 及 PP, 各种光周期处理水平对不同繁殖发育参数的影响亦有所差异。

如表 1 所示, 在 GP + / LP + / PP + 处理条件下, PT 指数的平均值最大 (10.79 mg/g), 而 GP - / LP + / PP - 处理者最小 (1.85 mg/g), 前者为后者的 5.83 倍。在 PP, 光周期处理的主效应对 PT 指数的作用显著 ($P = 0.00 < 0.01$) (表 2), LDL 能显著促进 PT 的增长, 其指数的平均值为 10.62 mg/g, 而 SDL 则能抑制其增长, 其指数的平均值为 3.00 mg/g。而在 GP 和 LP, LDL 对 PT 的增长有一定的抑制作用, SDL 对 PT 的增长则有一定的促进作用。说明在其断乳前期及断乳后期, 同一光周期水平对 PT 发育的作用产生逆转。在光周期处理的交互作用中, 仅 LP ×PP 对 PT 指数的作用接近显著水平 ($P = 0.527$)。在 GP/PP 及 LP/PP 组合中, 于 PP LDL 处理的 PT 指数平均值 (10.80 mg/g, 10.40 mg/g, 10.80 mg/g, 10.50 mg/g) 明显大于同一时期相应的 SDL 处理者 (2.503 mg/g, 3.46 mg/g, 2.10 mg/g, 3.809 mg/g)。

在所有的光周期处理中, GP + / LP + / PP + 处理者 PE 指数的平均值最大 (0.73

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

mg/g)，GP-/LP+/PP-处理者最低（0.18 mg/g）（表1）。如表2所示，在GP、LP及PP光周期的主效应中，PP的光周期处理对PE指数的作用极为显著（$P=0.0013<0.01$）。而光周期处理的交互作用，仅GP×PP处理对PE指数的作用达到显著水平（$P=0.047<0.05$）。在PP的LDL处理条件下，PE指数的平均值（0.62 mg/g）明显大于SDL处理者（0.33 mg/g）。在GP/PP及LP/PP组合中，于PP LDL处理的PE平均指数（0.62 mg/g，0.60 mg/g，0.68 mg/g，0.55 mg/g）均大于SDL处理者（0.40 mg/g，0.26 mg/g，0.39 mg/g，0.27 mg/g）。

如表2所示，在GP、LP及PP光周期处理的主效应中，PP的光周期处理对PEF指数的作用显著（$P=0.049<0.05$）；在交互作用中，GP×LP的光周期处理对PEF指数的作用达到显著水平（$P=0.021<0.05$）。在PP的LDL处理条件下，PEF指数的平均值（11.01 mg/g）显著地大于SDL处理者（7.87 mg/g）；在GP/LP光周期处理组合中，GP-/LP+光周期处理的PEF指数平均值（8.16 mg/g）最小，而GP+/LP+处理者最大（11.30 mg/g）。

如表1所示，在不同时期各种光周期处理中，GP+/LP+/PP+处理的PESC平均值最高（$248.25\times2\times10^5$），GP-/LP+/PP-处理者最低（$2.17\times2\times10^5$），前者为后者的91.79倍。MANOVA的结果（表2）说明，在GP、LP及PP光周期处理的主效应中，PP的光周期处理对PESC平均值的作用极为显著（$P=0.000<0.001$）；在光周期的交互作用中，GP×LP及GP×LP×PP对PESC平均值的作用极显著，P值分别为0.003及0.002，均小于0.01；而LP×PP光周期对PESC平均值的作用则仅达到显著水平（$P=0.026<0.05$）。在PP的LDL处理条件下，PESC的平均值（$160.16\times2\times10^5$）显著地大于SDL处理者（$9.12\times2\times10^5$）。在GP/LP、GP/PP及LP/PP组合中，除GP-/LP+处理者（$64.27\times2\times10^5$）与GP-/LP-处理者（$97.38\times2\times10^5$）相近外，GP+/LP+（$126.43\times2\times10^5$）、GP+/PP+（$171.70\times2\times10^5$）、GP-/PP+（$148.63\times2\times10^5$）、LP+/PP+（$187.04\times2\times10^5$）及LP-/PP+（$133.29\times2\times10^5$）均显著大于GP+/LP-（$50.49\times2\times10^5$）、GP+/PP-（$5.22\times2\times10^5$）、GP-/PP-（$13.02\times2\times10^5$）、LP+/PP-（$3.66\times2\times10^5$）及LP-/PP-处理者（$14.58\times2\times10^5$），亦即在这些光周期处理的组合中，于LP及PP，LDL处理对PESC有刺激作用，而SDL对PESC则有抑制作用。

2.2 光周期处理对雄性根田鼠血浆TSO含量的作用

在不同光周期处理条件下，环青春期雄性根田鼠血浆TSO含量的平均值具有明显变化（表1）。PP，LDL 4种光照处理的TSO含量平均值高于LDL 4种处理的平均值。以成对students T检验，4个对比的差异达到显著（$P<0.05$）或极显著（$P<0.01$）。说明PP，LDL能提高环青春期雄性根田鼠血浆TSO含量，而SDL对其则有抑制作用。MANOVA的结果（表2）表明，PP，光周期处理的主效应对TSO含量的作用极为显著（$P=0.00<0.01$）。光周期对TSO的主效应在断乳前后发生逆转。GP及LP，LDL处理对TSO显示一定的抑制作用，GP+处理（140.0 ng/ml）及LP+处理（148.63 ng/ml）的TSO含量明显小于GP-处理(179.16 ng.ml)及LP-处理(171.44 ng/ml)；

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　各种光照处理条件下环青春期雄性根田鼠繁殖参数及血浆睾酮含量($\bar{X}\pm$ SE)

Table 1　Mean values of peripubertal reproductive parameters and testosterone level of male root voles in different photoperiodic treatments($\bar{X}\pm$ SE)

处理 Treatment	样本数 Sample size	对睾丸相对重量 Paired testes relative weight(mg/g)	对附睾相对重量 Paired epididymis relative weight(mg/g)	对附睾脂肪垫相对重量 Paired epididymal fat-pad relative weight (mg/g)	对附睾精子数 Paired epididymal sperm counts($\times 2\times 10^5$)	血浆睾酮含量 Testosterone level(ng/ml)
GP+/LP+/PP+	8	10.79±0.61	0.72±0.05	12.57±1.06	248.250 ±3.11	174.56±6.74
GP+/LP+/PP−	9	2.35±0.42	0.60±0.01	10.02±0.34	4.60±0.60	29.50±2.34
GP+/LP−/PP+	8	10.72±0.35	0.52±0.04	10.20±1.24	95.14±6.50	322.16±9.58
GP+/LP−/PP−	7	2.69±0.04	0.20±0.07	6.18±0.44	5.83±0.83	21.30±1.75
GP−/LP+/PP+	8	10.75±0.68	0.63±0.03	10.79±1.04	125.83±8.25	243.95±3.16
GP−/LP+/PP−	8	1.85±0.02	0.17±0.04	5.52±0.31	2.71±0.71	21.56±1.69
GP−/LP−/PP+	8	10.22±0.58	0.57±0.06	8.86±0.34	171.42±9.03	276.14±3.45
GP−/LP−/PP−	10	5.08±0.24	0.33±0.04	11.92±1.31	23.33±2.72	44.11±2.90

表 2　环青春期雄性根田鼠繁殖参数的多因素方差分析*

Table 2　An MANOVA of peripubertal reprotluctive parameters for male root voles

方差来源 Source of Variation	*df*	PT			PE			PEF			PESC			TSO		
		MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
主效应 Main effects																
A:GP	1	1.51	0.41	0.52	0.09	1.02	0.31	2.99	0.19	0.66	777.34	0.29	0.59	19871.57	0.63	0.43
B:LP	1	7.35	2.00	0.16	0.21	2.30	0.13	2.54	0.16	0.69	6124.76	2.29	0.13	7070.07	0.22	0.64
C:PP	1	777.30	212.14	0.00	1.08	11.65	0.00	64.22	4.16	0.04	304692.12	114.12	0.00	648389.72	20.62	0.00
交互作用 Interaction																
A×B	1	4.93	1.34	0.25	0.39	4.25	0.04	95.15	6.17	0.01	39700.99	14.87	0.00	7618.78	0.24	0.62
A×C	1	4.85	1.32	0.25	0.05	0.57	0.46	15.80	1.02	0.31	3182.32	1.19	0.28	49.22	0.00	0.96
B× C	1	14.47	3.95	0.05	0.00	0.01	0.89	39.26	2.54	0.11	13969.02	5.23	0.02	378.68	0.01	0.91
A× B× C	1	9.33	2.54	0.11	0.14	1.55	0.21	80.33	5.21	0.02	26839.76	10.05	0.00	45.94	0.00	0.97
残差 Residual	46	3.66			0.09			15.40			2669.75			31430.33		
合计 Total	54															

* 处理符号见正文 The treatment codes are in text

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

然而，PP，LDL 处理对 TSO 含量则产生显著促进作用，PP + 处理的 TSO 含量为 269.29 ng/ml，而 PP - 处理者仅为 50.80 ng/ml。

3 讨论

上文结果充分验证了本文提出的光照周期能刺激和调节环青春期田鼠类动物雄体的繁殖发育，以及在其亲代与子代间存在光周期信息母体传递的总假设。证明了雄性根田鼠的繁殖发育不仅受母体光周期信息传递的作用，亦受断乳期光周期的影响。

3.1 植食性小哺乳动物繁殖发育对光照周期的反应及其光周期信息的传递

光周期对植食性小哺乳类繁殖发育作用的研究，多集中于雄体繁殖发育参数对光周期处理的反应，以及光周期信息母体传递规律的探讨。在母体怀孕期，光周期对雄性 *Microtus. montanus* 蒙大拿田鼠、雄性 *M. pennsylvanicus*，雄性 *M. ochrogaster* 及雄性黑线毛足鼠的睾丸发育和生长具有明显的刺激作用[6,10,14,17～20]，说明母体在妊娠期能向雄性子代传递光周期信息，亦即雄性子代个体的繁殖发育能对母体怀孕期传递的光周期信息作出反应[11～13]。然而，这些研究尚未阐明母体怀孕期、哺乳期、幼体断乳期及其组合条件下各种光周期处理对动物繁殖发育的影响，因之，不能准确地反映光周期信息的传递时期及变化规律。

本文应用析因实验原理，以 2 ×2 ×2 因子设计，模拟光周期在季节内或季节间的短期变化规律，在更接近自然条件下，分析环青春期根田鼠多种繁殖发育指标对怀孕期、哺乳期、幼体断乳期及其组合条件下各种光周期处理的反应格局；并以 MANOVA 的结果深入探讨根田鼠繁殖发育对光周期反应的主要时期，以及光周期信息的母体传递模式。

本文结果显示，环青春期雄性根田鼠繁殖发育参数及血浆睾酮水平，对断乳期的光周期处理具有极显著的反应（表 2）。说明断乳期是环青春期雄性根田鼠对光周期信息反应的主要时期。

在 3 个时期光周期处理的主效应中，长光照对附睾精子数始终具有促进作用，且不存在光周期作用的逆转（表 2）。在怀孕期与断乳期、哺乳期与断乳期以及怀孕期断乳期及断乳期的光周期交互作用，对附睾精子数均有显著或极显著的影响，其 MANOVA 的 F 值分别为 $F_{GP \times LP} = 14.871$、$F_{LP \times PP} = 5.232$ 及 $F_{GP \times LP \times PP} = 10.053$，三者的总和仅为断乳期光照周期主效应 F 值（$F_{PP} = 44.971$）的 1/2（表 2）。说明在怀孕期及哺乳期附睾精子数存在显著的光周期信息传递，即怀孕期与哺乳期，哺乳期与断乳期光周期交互作用的信息可通过断乳期直接影响附睾精子数，并且在怀孕期/哺乳期及 LP/PP 的组合中，长光照较之短光照对附睾精子数更具有刺激作用；从 F 值可知，在断乳期，长光照对精子数仍有重要的作用，反之，在短光照条件下，雄体进行繁殖的可能性很小。

与睾丸、附睾及精子数一样，贮存繁殖能量的附睾脂肪垫，在断乳期，对光周期处理亦有极显著的反应，且对怀孕期与断乳期之间光周期交互作用的反应亦达到显著水平（表 2）。说明在怀孕期，对附睾脂肪垫表现出光周期信息的母体传递，且能与断乳期直接接受的光周期信息进行比较。在类似冬季的不利条件（GP - /LP - ）下，对附睾脂肪

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

垫有较大的能量贮存；通过信息比较，在类似春季植物萌发期的有利条件（GP - / LP +）下，其贮存的能量则有减少之趋势，即在哺乳期、断乳期或哺乳期/断乳期，雄性个体可进行信息比较。当环境条件不利时，可将摄入的有限能量用于繁殖发育。光周期对附睾脂肪垫的作用不存在逆转，长光照对其始终呈现促进作用，而短光照对其则有抑制作用，说明由于光照信息的传递，雄体能充分利用有利的光照信息，促成其能量的最大贮存，以适应变动的环境条件。

总之，在断乳期光照条件有利时，环青春期雄性根田鼠能结合亲代母体传递的光照信息，进行大量的繁殖投入，始终接近或处于繁殖状态，这是一种显著的遗传优势(genetic advantage)[1]。

3.2　植食性哺乳动物光周期信息传递的机制与进化意义

在季节性繁殖的哺乳动物中，松果体通过光制神经内分泌传导者（photoneuroendocrine transducer）——褪黑激素（melatonin，MLT）作为媒介传递光周期信息[21,22]。在子代光感神经机制成熟之前，妊娠大鼠能促成胎儿的生物钟发育[23]。Davis 等的研究也显示，母体能促成幼体在断乳前形成本身的生理节律[24]。环青春期黑线毛足鼠及其成体松果腺和 MLT 对光周期反应的研究说明，MLT 可透过母体与胎儿间的胎盘阻隔，使胎儿血浆 MLT 浓度与母体的 MLT 浓度一致[25～34]。

在光周期信息传递的研究中，通常以雄体诱导雌体动情为依据，主要探讨光周期传递对雄体的作用[6,11～13,35,36]。雄体据环境及母体传递的光周期信息调节其繁殖发育，而雌体仅对雄体发生反应[6]。雄性 *M. ochrogaster* 通过与能育性相关的激素制约（androgen-dependent）化学敏感信号，诱导雌体进入动情期[10,37]。说明雄体能接受来自母体传递的光周期信息以及环境中的光周期信息，并对二者进行比较和判断，若环境条件有利，不仅能迅速进行繁殖投入，又能诱导雌体迅速进入动情期，最终使雄体与雌体的繁殖发育耦合，形成种群的繁殖成功。

在长期的进化过程中，根田鼠为适应青藏高原剧烈变动的环境条件，形成了特有的繁殖策略和机制。由于特殊的生存条件，母体传递的光周期信息，全部来自怀孕期、哺乳期及断乳期之间光照的交互作用。在断乳期中，长光照对雄性睾丸、附睾及附睾精子数的发育以及睾酮水平均有显著或极显著的作用。光周期对睾酮水平的作用，在断乳前后发生逆转，亦即在断乳前的怀孕期和哺乳期，长光照对其有抑制作用，而在断乳期，长光照对其则有显著的促进作用。说明环青春期雄性根田鼠的繁殖发育，主要受断乳后环境中光周期信息的作用。为弥补环境中光周期信息的不足，长光照始终对附睾脂肪垫及附睾精子数具有促进作用，从而缩短其精子发生时间，以利于繁殖投入；同时，又可积累充足的能量，以抵御变动的环境条件。因之，怀孕期、哺乳期及断乳期不同光周期的交互作用，可使雄体在较大的时间尺度内，准确地判断断乳后的生存条件，并在有利的环境条件下，迅速进行繁殖投入。

就整体而论，在类似春季和夏季的长光照条件下，雄体能迅速达到性成熟；在类似秋季和冬季的短光照条件下，仅于断乳后，通过环境的光周期信息，修正其繁殖发育，并储备能量。总之，在长期的适应和进化过程中，栖息于青藏高原环境条件下的根田鼠具有特殊的光周期信息传递模式，以及不同于其它植食性小哺乳类繁殖发育的格局和繁

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

殖策略。

参考文献:

[1] Bronson F H. Mammalian reproduction: An ecological perspectve [J]. *Biol Reprod*, 1985, 32: 1 - 26.

[2] Turek F W, Campell C S. Photoperiodic regulation of neuroendocrine-goandal activity [J]. *Biol Reprod*, 1979, 20: 32 - 50.

[3] Bronson F H. Mammalian reproductive biology [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1989. 325.

[4] Negus N C, Berger J P. Mammalian reproductive physiology: adaptive responses to changing environments [J]. *Curr Mammal*, 1987, 1: 149 - 173.

[5] Nelson R J, Badura L L, Goldman B D. Mechanisms of seasonal cycles of behavior [J]. *Annu Rev Psychol*, 1990, 41: 81 - 108.

[6] Nelson R J, Blom J M. 6 - MBOA and photoperiod: prenatal and postnatal influences on reproductive development in prairie voles (*Microtus ochrogaster*) [J]. *Can J Zool*, 1993, 71: 776 - 789.

[7] Pinter A J. Effects of diet and light on growth, maturation, and adrenal size of *Microtus montanus*. *Am J Physiol*, 1968, 215: 461 - 466.

[8] Petterborg L J. Effect of photoperiod on body weight in the vole, *Microtus montanus* [J]. *Can J Zool*, 1978, 56: 431 - 435.

[9] Nelson R J. Photoperiod influences reproduction in the prairie vole, *Microtus ochrogaster* [J]. *Biol Reprod*, 1985, 33: 596 - 602.

[10] Moffatt C A, Bennet S A, Nelson R J. The effects of photopreiod and 6 - methoxy - 2 - benzoxazolinone on induced estrus in Prairie voles [J]. *Physiol Behav*, 1991, 49: 27 - 31.

[11] Horton T H. Growth and maturation in *Microtus montanus*: effects of photoperiods before and after wearing [J]. *Can J Zool*, 1984a, 62: 1741 - 1746.

[12] Horton T H. Growth and reprotuctive development in male *Microtus montanus* is affected by the pronatal photoperiod [J]. *Biol Reprod*, 1984b, 31: 499 - 504.

[13] Horton T H. Cross-fostering of voles demonstrates in utero effect of photoperiod [J]. *Biol Reprod*, 1985, 33: 934 - 934.

[14] Stetson M H, Elliott J A, Goleman B D. Maternal transfer of photoperiodic information influences the photoperiodic response of peripubertal Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus sungorus*) [J]. *Biol Reprod*, 1986, 34: 664 - 669.

[15] Elliot J A, Goldman B D. Rception of photoperiod information by fetal Siberian hamster: role of the mather's pineal gland [J]. *J Exp Zool*, 1989, 252: 237 - 244.

[16] **梁杰荣, 孙儒泳. 根田鼠生命表和繁殖的研究** [J]. **动物学报**, 1985, **31** (2): 170 - 177.

[17] Elliot J A, Goldman B D. Seasonal reproduction, photoperiodism and biological clocks [J]. *Biol Reprod*, 1986, 34 (suppl. 1): 221.

[18] Lee T M, Zucker I. Vole infant development is influenced perinatally by maternal photoperiodic history [J]. *Am J Physiol*, 1988, 255R: 831 - 838.

[19] Weaver D R, Keohan J T, Repert S M. Definition of prenatal sensitive period for maternal-fetal communication of day length [J]. *Am J Physiol*, 1987, 253: E701 - E704.

[20] Weaver D R, Reppert S M. Maternal melatonin communicates daylength to the fetus in Djungarian hamsters [J]. *Endocrinology*, 1986, 119: 2861 - 2863.

[21] Goldman B D. The physioloty of melatonin in mammals [J]. *Pineal Res Rev*, 1983, 1: 145 - 178.

[22] Tamarkin L, Baird C J, Almeida O F X. Melatonin: a coordinating signal fo mammalian reproduction [J]? *Science* (Washington, D. C.), 1985, 227: 714 - 720.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[23] Reppert S M, Schwartz W J. Maternal coordination of the fetal biological clock in utero [J]. *Science*, 1983, 220: 969 - 971.

[24] Davis F C, Gorski R A. Development of hamster circadian rhythms. 1. Within-litter synchrony of mother and pup activity rhythms at weaning [J]. *Biol Reprod*, 1985, 33: 353 - 362.

[25] Brackmann M, Hoffmann K. Pinealectomy and photoperiod influence testicular development in the Djungarian hamster [J]. *Naturwissenschaften*, 1977, 64: 341.

[26] Carter D S, Goldman B D. Antigonadal effects of timed melatonin infusion in pinealectomized male Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus sungorus*): duration is the critical parameter [J]. *Endocrinology*, 1983a, 113: 1261 - 1267.

[27] Carter D S, Goldman B D. Progonadal role of the pineal in the Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus sungorus*): Mediation by melatonin [J]. *Endocrinology*, 1983b, 113: 1268 - 1273.

[28] Goldman B D, Darrow J M, Yogev L. Effects of timed melatonin infusion on reproductive development in the Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus sungorus*) [J]. *Endocrinology*, 1984, 114: 2074 - 2083.

[29] Hoffmann K, Ilnerova H, Vanacek J. Effect of photoperiod and one minute light at night time on the pineal rhythm on N-acctyltransferase activity in the Djungarian Hamsters (*Phodopus sungorus*) [J]. *Biol Reprod*, 1981, 24: 551 - 556.

[30] Hoffmann K, Kuderling I. Pinealectomy inhibits stimulation of testicular development by long photoperiods in a hamster (*Phodopus sungorus*) [J]. *Experientia* (Base), 1975, 31: 122 - 123.

[31] Hoffmann K, Kuderling I. Antigonadal effects of melatonin in pinealectomized Djungarian hamsters [J]. *Naturwissenschaften*, 1977, 64: 339 - 340.

[32] Duncan M J, Goldman B D. Physiological doses of prolactin stimulate pelage pigmentation in Djungarian hamster [J]. *Am J Physiol*, 1985, 248R: 664 - 667.

[33] Klein D C. Evidence for the placental transfer of 3 H - acetyl melatonin [J]. *Nature* (New Biology), 1972, 237: 117.

[34] Reppert S M, Klein D C. Transport of maternal melatonin to suckling rats and the fate of melatonin in the neonatal rat [J]. *Endocrinology*, 1978, 102: 587 - 588.

[35] Horton T H, Ray S L, Stetson M H. Maternal transfer of photoperiodic information in Siberian hamsters. 3. Melatonin injections program postnatal reproductive development expressed in constant light [J]. *Biol Reprod*, 1989, 41: 34 - 39.

[36] Stetson M H, Ray S L, Creyaufmiller N, Horton T H. Maternal transfer of photoperiodic information in Siberian hamsters [J]. *Biol Reprod*, 1989, 40: 458 - 465.

[37] Carter C S, Getz L L, Gavish M, Arnold P. Male-related pheromones and the activation of female reproduction in the prairie vole (*Microtus ochrogaster*) [J]. *Biol Reprod J*, 1980, 23: 1038 - 1045.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

EFFECTS OF PHOTOPERIODS ON THE PERIPUBERTAL REPRODUCTIVE DEVELOPMENT AND THE PATTERNS OF MATERIAL TRANSFER OF PHOTEPERIODIC INFORMATION IN ROOT VOLES (MICROTUS OECONOMUS)

LIU Likuan LIU Jike SU Jian ping

(*Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining*, 810001)

Abstract: The effects of photoperiodic information on peripubertal reproductive development of root voles (*Microtus oeconomus*), are determined by using a factorial experiment which is designed from long and short day light levels in the gestational, lactational and postweaning periods, and the juvenile responsive patterns to the maternally derived photoperiodic information is studied. The specific hypotheses tested are, that photoperiodic information can stimulate and regulate the reproductive development and growth of root voles; and that the transfer of photoperiodic information exists between the female parents and their offsprings. The results from eight experimental treatments general supported the above mentioned hypotheses, and indicated that the transfer of photoperiodic information indeed exists between the female parents and their offsprings. The reproductive development of male offspring is influenced not only by the maternally derived photoperiodic information, but also by the environmental photoperiod during postweaning period; the reproductive development of female offspring is particularly influenced by the transfer of photoperiodic information of gestational and/or lactational period before weaning, That is, the maternally derived photoperiodic information is the main information which affects the reproductive development of the female offspring.

Key words: Photoperiod; Information transfer; Root voles (*Microtus oeconomus*); Peripuberty; Reproductive development

(上接第 34 页)

6. 为方便对外交流，应扩充英文摘要的内容，图表做详细的英文说明。

7. 为提高作者投稿的质量，应尽快修改补充投稿须知。

8. 编辑部和编委要主动约稿，要有意识地引导兽类学的发展，使《兽类学报》成为引导学术前沿的刊物。

9. 加强审稿人审稿意见的保密工作。

10. 加强同国外期刊的交换工作。

11. 提高刊物的印刷装帧质量。在经费允许的情况下，可提高纸张质量。

12. 改变现有的期刊封面，考虑设计一个比较美观大方的封面图案。

13. 争取每年召开一次编委会，研究期刊编辑工作中存在的重大问题。

14. 逐步增加英文稿件的数量，在条件成熟时可考虑改英文版。

在各位编委的积极支持下，第五届编委会第一次会议开得圆满成功。我们坚信，在各位编委和编辑部的共同努力下，《兽类学报》一定会越办越好，一定会以更快的速度走向世界。

本刊编辑部

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net