

鼠算还是天算——鼠的繁殖策略

姚蔚 王德华

动物在长期的自然选择过程中，演化出了特别的繁殖策略以适应多变的环境。对于数量众多的鼠来说，什么影响了它们的繁殖策略？是自然界的光周期，还是全球变暖的气候因素，抑或是实际的水热和食物供给条件？

鼠作为陆生哺乳动物的一大类群，其物种数占现有哺乳动物种类的42%。对鼠来说，天算（自然界的光周期变化是其繁殖的信号）保证了季节性繁殖的稳定性。而鼠算（生活中的实际水热和食物条件）也促使鼠适时调整自身的繁殖，可使其繁殖时有更大的灵活性。繁殖策略的灵活转换对于鼠适应变化剧烈的气候十分重要。

光周期与感光通路

地球的自转使得白天和黑夜交替进行，而地球的公转则导致昼长与夜长比例的季节变化，由此形成光周期。长期以来，光周期保持着稳定的年度变化，是值得信赖的时间标尺，为鼠的季节性繁殖提供了可靠的时间信号。

鼠是如何感知并响应光周期变化的呢？近年来，鼠的感光通路已

被科学家逐渐揭示。其中，在鼠的视网膜上存在一种新的感光蛋白，扮演着光周期感受者的角色。再者，在鼠的丘脑附近存在一豆状物体，称为松果体。它是光周期信号的执行者，能够分泌褪黑素。这种激素的分泌在有光的条件下减少，在黑暗的环境中则增加，改变褪黑素含量能够调节鼠的繁殖状态。比如说，经过连续一段时间的褪黑素灌注后，雄鼠睾丸重量明显减轻，精子数目减少，雄激素含量降低，机体进入休情状态。

鼠繁殖策略的可变性

有的鼠在地上生活，有的鼠在地下生活。大部分在地上生活鼠的视觉通路都较为完整，对光的变化相对敏感，能够在光周期的调节下进行季节性繁殖。而生活在地下的鼠，它们从视网膜到视觉中枢的通

路发生了不同程度的退化，有的地下鼠种可以感知外界光信号的变化，有的已完全丧失了这种感光能力。即使能够感知光周期，地下鼠的繁殖策略与地上鼠也存在差异。

举例来说，大多数在地上生活的鼠，如布氏田鼠、小毛足鼠、金色仓鼠和黑线毛足鼠等，它们的妊娠期相对较短，仅3周左右的时间。当春季日长逐渐变长时，它们开始婚配，之后的妊娠和哺乳过程在早夏之前就可以完成。由此，确保了后代能够在水草丰美、条件适宜的季节茁长成长。自秋季开始，日长逐渐变短，鼠体内的褪黑素含量也逐渐增多。对鼠来说，这些信号意味着冬季的来临。为了避免后代在严酷环境下大量死亡，鼠需要停止繁殖。这种繁殖的抑制在实验中已被证明。例如，雄性黑线毛足鼠在短光照的环境下待8周后，其



左：在地上生活的布氏田鼠
右：对光不敏感的长爪沙鼠
(王德华 供图)

睾丸发生萎缩；金色中仓鼠经过 10 周的短光照处理后也进入休情期。

地下鼠就是终年在地下洞穴坑道内活动的鼠。在长期的黑暗环境中，其视觉系统发生了不同程度的退化，表现为眼球缩小、眼肌减少和视力衰退。但是，弱化的视器并不代表感光性完全消失。研究发现，部分地下鼠感受光周期的视觉通路依旧发达，也进行季节性的繁殖。例如，独居于阿根廷沿海草原的栉鼠，它们进行季节性繁殖。但与地上鼠不同，它们的妊娠期长达 95 天，故而选择在秋末日长逐渐变短时交配。另外，雄性栉鼠全年都可以维持高的性活力，而雌性栉鼠的性功能却受到光周期的调节。

当然，也有一些地下鼠的感光能力退化严重，对光周期的变化没有反应，其繁殖也不再具有季节性，如非洲鼯鼠。

特立独行的鼠

科学家在实验中发现，有一些鼠对外界的光周期变化无动于衷。有趣的是，即使在一些光敏感性的鼠中，这种反应也时有发生。例如，极少数黑线毛足鼠在短光照处理时依旧我行我素，既不萎缩性腺，也不降低性活力，短光照的繁殖抑制效应在它们身上似乎不起作用。

另外，对光周期响应的鼠类个体在经受同一光周期的长期处理后也会出现不响应的情况。例如，10 周的短光驯化能够抑制金色中仓鼠的性活力，但当这种驯化延长至 20 周左右时，仓鼠的性活力会自行复苏。

为什么短光照对繁殖的抑制作用不能长久保持呢？科学家分析，可能是因为季节的长短和变化已经在长期的进化过程中被“刻录”到鼠的基因里了，使它们知道一年四季总是在交替往复的，冬季不会无限制的持续。

事实上，鼠已经进化出调控繁

殖的年生物钟，节律性表达的神经递质调节着繁殖的周期性变动。因此，即使切除了松果体、去除了褪黑素的影响，并将鼠在恒定的光周期下饲养，它们仍会表现出发情与休情的年度变化。

而对于那些生活在气候剧烈变化环境中的鼠来说，进化可能让它们有更灵活的繁殖策略，只要外界的水热和食物条件允许，它们就可以无视光周期的异常而直接启动繁殖。

生活在内蒙古干旱和半干旱草原的长爪沙鼠就是一种光不敏感性鼠。无论是 7 周的短光照驯化还是 4 周的短光照加低温的共同处理，实验条件下的长爪沙鼠都能保持稳定的体重和基础代谢率。10 周的短光照驯化也没有抑制其繁殖，无论雌性沙鼠还是雄性沙鼠其繁殖器官都没有萎缩，性激素也没有下降。在内蒙古寒冷的冬季甚至还可能看到新生幼崽。那么，一个季节性繁殖的物种是如何做到无视光周期的变化？相关的机理还有待科学家进一步研究。

其他影响因素

随着工业化进程的加速，在过去的 140 年间，全球气温上升了约 0.6℃；高温天气的出现频率和持续时间明显增加；降水量也较 20 世纪初增加了 2%，并且降水异常天气的比例大大增加。

温度的上升引发了春季以每十年 2.3 天的幅度提前，植物提早开花也使动物的食物资源过早出现。为了确保后代的存活，动物的繁殖策略也不得不做出改变，不再一味地依赖稳定变化的光周期。否则，物候的不匹配将会引发种群数量的大波动。

例如，生活在北极地区的北美驯鹿（*Rangifer tarandus*）按照光周期变化进行一年一度的迁徙和产崽，而它们赖以生存的植被却与当地的气温密切相关。从 1993—2008

年，西格陵兰岛的气温上升了 4℃，植物生长日期提前。保持产崽日期不变的驯鹿错过了食物最丰富的时节，食物的骤减造成北美驯鹿幼崽大量死亡。

相对于驯鹿，鼠在与物候的匹配上显示出较强的灵活性，其繁殖模式逐渐挣脱了光周期的束缚。全球变暖引发北美洲春季温度上升，促进了加拿大地区云杉的生长，以云杉种子为食的欧亚红松鼠的分娩日期在十年间提前了 18 天。与此类似，栖息于落基山脉的黄腹旱獭出眠时间（冬眠结束的时间）也比 28 年前提前了 38 天。旱獭的繁殖是在出眠后立即进行的，因此，其繁殖也相应地提前了。但是，在气温上升的同时当地的降雪量也在逐年增加，厚厚的积雪层使旱獭的觅食变得更加困难。因此，冰雪的消融时间成为影响黄腹旱獭繁殖的另一个重要因素。

由此可见，食物资源在鼠的季节性繁殖中意义重大。光周期可以作为季节的预测信号，但是鼠机体的能量状态却能凌驾于光周期之上。当机体处于严重的能量负平衡时，即使出现刺激性的繁殖信号，鼠也不会响应。限食可以抑制雌鼠排卵的实验证明了这一观点。同样，食物信号也有可能先于光周期诱发繁殖。我们给非繁殖期的山地田鼠喂食 2 周的新鲜草可以促使其启动繁殖；增加冬季食物也可以增加长爪沙鼠早春的繁殖率。全球变暖后，食物资源的提前供应促使了鼠提前繁殖。

综上所述，无论是依赖于光周期的天算式繁殖，还是综合实际水热和食物条件的鼠算式繁殖，都显示出鼠繁殖策略的灵活性。鼠对环境调节的有效把握和相对较快的传代速度使其更有可能进化出新的适应策略。

（作者单位：中国科学院动物研究所）