

# 云南拉市海灰鹤的越冬行为初步观察

李学友<sup>1, °</sup> 杨洋<sup>»</sup> 杨士剑<sup>1, °, \*</sup> 江望高<sup>»</sup> 彭贵鸿<sup>¼</sup>

(<sup>1</sup> 生物能源持续开发利用教育部工程中心 昆明 650092; <sup>°</sup> 云南师范大学生命科学院 昆明 650092;

» 云南大学生命科学学院 昆明 650091; <sup>¼</sup> 拉市海省级自然保护区管理局 丽江 674107)

**摘要:** 2004年10月~2005年3月初步观察了云南拉市海保护区灰鹤(*Grus grus*)的越冬行为。灰鹤在拉市海的越冬期为175~180 d。10月初至11月下旬为灰鹤在拉市海的/迁入期,11月底至12月底为/过境停留期,1月初至3月中旬为/稳定越冬期,3月中下旬为/迁出期。越冬期日间活动以取食为主,占据了75.53%左右的时间,其次为警戒14.66%、护理5.05%、休息4.49%,4种行为的时间分配在各时间段之间差异极显著。在越冬个体中,家庭单位中的成鹤和幼鹤都是比集群中的个体利用更少的时间取食和更多时间警戒,说明较大的群体规模可以降低个体面临的捕食风险。

**关键词:** 灰鹤; 越冬行为; 时间分配; 拉市海; 云南

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0252-3263(2008)03262-06

## Preliminary Observation on the Wintering Behavior of Eurasian Crane in Lashihai Lake, Yunnan

LI Xue2You<sup>1, °</sup> YANG Yang<sup>»</sup> YANG Shi2Jian<sup>1, °, \*</sup> JIANG Wang2Gao<sup>»</sup> PENG Gui2Hong<sup>¼</sup>

(<sup>1</sup> Engineering Center of Ministry Education of Bioenergy Sustainable Development and Utilization, Kunming 650092;

<sup>°</sup> College of Life Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092;

» College of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091;

¼ Nature Reserve of Lashihai Plateau Wetland, Lijiang 674107, China)

**Abstract:** During October 2004 to March 2005, we studied the population dynamics in wintering period of Eurasian Cranes (*Grus grus*) and daily time budget in Lashihai Lake, Yunnan Province. Eurasian Crane wintered in the Lashihai Lake for 175- 180 d. The duration could be classified into four phases: immigration phase (early October to late November), migrating stopover phase (end of November to end of December), steady2going wintering phase (early January to middle of March) and emigration phase (late March). Eurasian Crane spent 75.53% of total daily time in feeding about, 14.66% of their time in vigilance, 5.05% in preening and 4.49% in resting. The time budget in each of the four activities was fairly significantly difference in each of the four phases (immigration, migrating stopover, steady2going wintering, and emigration). Individuals, no matter adults or juveniles with in flocks devoted less time in to vigilance and more time in to feeding than the family members.

**Key words:** Eurasian Crane; Wintering behavior; Time budget; Lashihai Lake; Yunnan

灰鹤(*Grus grus*)属于鹤形目鹤科,国家0级重点级保护野生动物,被列入濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录0中。据国际鹤类基金会(International Crane Foundation, ICF)2003年的最新统计显示,全世界灰鹤的数量大

基金项目 云南省自然科学基金项目(No. 2003C0031M)资助;

\* 通讯作者, E-mail: bioearth@sina.com;

第一作者介绍 李学友,男,硕士研究生;研究方向:保护生物学; E-mail: bioconservation@126.com.

收稿日期:20071202, 修回日期:20080306

约在 22 万~ 25 万只左右<sup>[1]</sup>。灰鹤在中国广泛分布, 繁殖于新疆的天山及内蒙北部<sup>[2]</sup>, 后有报道指出新疆、青海、甘肃、宁夏、四川、内蒙古、黑龙江和吉林也有繁殖记录<sup>[3]</sup>, 其中, 见于天山巴音布鲁克盆地的灰鹤是我国目前发现的最大的繁殖种群<sup>[4]</sup>; 冬季南迁大致在从辽东半岛向西南经北京、山西、四川至云南一线以南, 包括陕西、山东、河南、江苏、安徽、湖北、湖南、江西和浙江等地区越冬<sup>[5]</sup>, 丽江拉市海地区接近灰鹤越冬地的最南限。

由于在繁殖区和越冬区均缺乏各地同步调查的数据, 只能根据有限的资料估计在中国境内繁殖和越冬的灰鹤分别约为 10 000 只<sup>[5]</sup> 和 12 000 只<sup>[6]</sup>。

灰鹤的越冬地虽然广阔, 过去在山西河津<sup>[7]</sup>、贵州草海<sup>[8]</sup> 和云南个旧<sup>[9]</sup> 对其越冬生态有报道, 但近些年来十分罕见。研究拉市海越冬灰鹤的数量变化及行为, 对湿地环境条件的评估和探讨灰鹤越冬种群的变化具有重要的意义。2004 年 10 月到 2005 年 3 月, 作者对拉市海灰鹤的越冬行为进行了初步观察。

## 1 研究地点与方法

**111 研究地点** 本研究主要在丽江拉市海高原湿地省级自然保护区进行, 该保护区位于滇西北玉龙纳西族自治县中部, 100° 05' ~ 100° 13' E 和 26° 44' ~ 27° 00' N, 总面积 6 523 hm<sup>2</sup>, 海拔 2 400~ 2 900 m, 有 2 个天然高原湖泊(拉市海和文海) 及 2 个水库(文笔水库和吉子水库)。拉市海是保护区的核心区, 水面面积约 1 000 hm<sup>2</sup>, 是保护区内最大的水体。年平均气温 11.18 e, 最高月 7 月平均气温 18 e, 最低为 1 月, 平均气温为 3.19 e, 属山地暖温带气候类型, 年降水量 900~ 1 200 mm<sup>[10]</sup>。研究区域包括浅水滩、草地和混合农作物区域。

**112 灰鹤的数量统计** 以自然周(星期一到星期日)为时间单位。根据灰鹤的分布, 环湖设置了 5 个观察计数区, 每两个区之间以附近的河流、公路或人工建筑(渔场、湿地公园)为分界, 以避免重复计数。从 2004 年 10 月初到 2005 年

3 月底, 每天 08: 00~ 10: 00 时, 分别由 5 人在各个观察区域内沿固定路线行走, 运用 TASC0 10 倍双筒望远镜对本区内的灰鹤进行同步计数并汇总。以每周所统计到的灰鹤数量的平均值作为这一周的灰鹤数量。

**113 群体类型划分** 拉市海灰鹤的活动包括孤鹤(singleton)和群体(group)两种方式, 整个观察期间只有 7 次见到完全独立于群体外活动的孤鹤, 因为数量太少而不纳入统计。

越冬灰鹤的群体活动方式包括两种, 2 只配对成体携带 1 或 2 只幼鹤单独活动的家庭和不定数量的家庭加上若干无后代成体组成的群体<sup>[11]</sup>, 在拉市海还观察到仅 2 只成体单独活动的家庭形式。本工作将群体划分为家庭(family)和集群(flock)两大类型, 定义 2 只成体携带 0~ 2 只幼鹤单独活动为家庭, 个体数量大于或等于 5 的群体为集群。

**114 行为变量的定义** 参考李凤山等<sup>[12]</sup>对鹤类行为的描述, 本研究将越冬期灰鹤的行为定义为 6 类, 包括警戒行为(alert)、取食行为(foraging)、护理行为(maintenance)、休息行为(resting)、运动行为(locomotion)及其他行为(other behavior, 包括排泄 excretion、争斗 struggling 等)。在本次研究中, 运动行为和其他行为的时间分配所占比例不到 1%, 故略去。

表 1 越冬期灰鹤的行为描述

Table 1 Behavior description for the wintering Eurasian Crane

行为类别 Categories	行为描述 Description
警戒 Alert	四周张望, 倾听, 行走时伸颈
取食 Foraging	攫取食物, 吞咽, 饮水
护理 Maintenance	梳理羽毛, 涂脂, 伸展, 洗澡, 洗头, 抖动等
休息 Resting	头插于翼下睡觉, 站立不动, 卧地而息
运动 Locomotion	奔跑, 跳跃, 飞翔
其他 Others	排泄, 鸣叫, 争斗

**115 行为取样** 2005 年 1~ 3 月, 运用(16~ 50) @的单筒变焦望远镜(PANDA), 对灰鹤的行为进行记录, 取样时间为 08: 00~ 19: 00 时, 尽量对任何时间内正常活动的灰鹤群体进行记录, 受人为活动和家畜的干扰而长时间集体警

戒时不进行记录。

采用扫描取样法,按照从左至右的顺序记录整个群体中所有个体的瞬时行为,两次取样的间隔为 5 min; 不定次数地在两次扫描的时间间隔内进行焦点取样,记录 5 min 内个体 4 种行为的具体时间。对个体进行焦点取样时,采用 Alonso<sup>[1]</sup>对越冬灰鹤的取样方法,尽量对每个群体取样 1~ 10 只成体和 1~ 5 只幼体,取样个体数大致与群体规模成比例,同一群体沿着群的直径和同一方向保持一定距离分别取样,避免个体的位置和等级造成偏差。

数据整理利用 Excel 软件进行,利用 SPSS 12.10 软件单因素方差分析 4 种行为的时间分配在各时间段之间差异显著性。文中数值均以 Mean ± SE 表示, P < 0.05 表示差异显著。

## 2 结果与分析

**2.1 灰鹤的数量波动** 在一周内,用每天的灰鹤数量计算出本周的数量平均值来表示该周的种群数量,得出种群的数量变化曲线(图 1)。10 月 8 日(第 1 工作周),在拉市海首次观察到 4 只越冬灰鹤,第 2 到第 4 工作周灰鹤的数量缓慢增长,从第 5 周显著增加,并在第 6 工作周出现第一个差异显著点,到 11 月 20 日(第 7 工作周)灰鹤数量到达峰值(432 只)。第 8 周灰鹤数量显著下降,9~ 13 周无较大波动,在第 14 工作周又出现了一个差异显著点,此周灰鹤的最大数量仅统计到 42 只(1 月 8 日),第 15 工作周数量有所回升,从第 16 到 24 工作周内数量无显著变化,25 周以后数量显著下降,26 周仅有 3 只幼体灰鹤在拉市海停留,估计是被遗弃或与家庭走散后无法迁走的幼体。

**2.1.2 灰鹤的行为时间分配** 拉市海越冬灰鹤的取食行为所占比例最高(75.156% ± 0.199%),警戒(14.166% ± 0.151%)和护理(5.105% ± 0.134%)次之,用来休息(4.149% ± 0.141%)的时间最少。从总体上看,取食行为占越冬灰鹤日活动的绝大部分时间。

**2.1.3 行为日节律** 方差分析显示,4 种行为的时间分配在各时间段之间差异极显著(取食、警

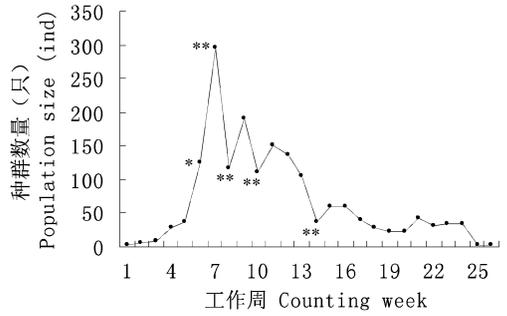


图 1 灰鹤的数量动态

Fig. 1 The population dynamic of Common Crane  
\*, \*\* 分别表示该周的种群数量平均值与前一周差异显著(P < 0.05)和差异极显著(P < 0.01)。  
\*, \*\* Denote that the average population size of one week is significantly.

戒、护理、休息: F = 81962.41 626, 81006.111 618, df = 10 805, P < 0.001), 各个时间段 4 种行为时间分配的平均值如图 2 所示。

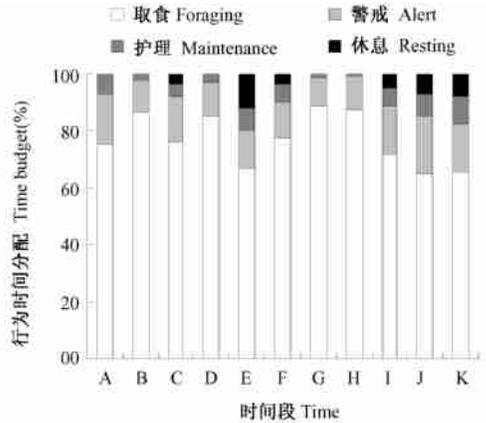


图 2 行为日节律

Fig. 2 Daily rhythm of activity

- A. 08: 00~ 09: 00; B. 09: 00~ 10: 00; C. 10: 00~ 11: 00; D. 11: 00~ 12: 00; E. 12: 00~ 13: 00; F. 13: 00~ 14: 00; G. 14: 00~ 15: 00; H. 15: 00~ 16: 00; I. 16: 00~ 17: 00; J. 17: 00~ 18: 00; K. 18: 00~ 19: 00

在一天中,拉市海越冬灰鹤的行为时间分配会随着时间而发生显著的改变。08: 00~ 09: 00 时,警戒行为与护理行为的分配较高,09: 00 时以后直至 12: 00 时以前,取食行为基本保持一个较高的时间分配值,相应地,警戒与护理的分配明显地降低。13: 00 时以后,取食活动会

再次增加,而护理和休息的时间则持续减少,直到 14:00 时;警戒行为在 09:00~ 16:00 时持续低分配值,之后,开始出现增长,并在 17:00~ 18:00 时之间达到一天中的第二次高峰,而护理和休息行为的时间分配也在 16:00 时以后增长(图 2)。

**214 家庭与集群及成体与幼鹤的个体行为比较** 利用焦点取样数据(成鹤 219 次、幼鹤 115 次),采用非参数 Mann-Whitney U 检验对家庭与集群、成鹤与幼鹤个体的取食和警戒两种行为时间分配进行比较。结果显示,家庭中的成鹤和幼鹤与集群中的个体比较,都以更少的时间取食并以更多的时间警戒;集群中成幼体之间行为的时间分配差异不显著,在家庭中幼鹤用于警戒的时间比成鹤少 ( $Z = -31.074, P = 0.01002$ )。家庭与集群之间,成鹤及幼鹤的两类行为都具有显著差异(表 2)。

表 2 取食、警戒时间分配(%)的家庭与集群及成鹤与幼鹤比较

Table 2 Comparison of time budget on feeding and vigilance between cranes within flock and in family

	集群 Flock		Z	P
	成鹤 Adult (n= 163)	幼鹤 Juvenile (n= 66)		
取食 Feeding	731.97? 21.30	691.62? 31.53	- 01.990	0.322
警戒 Vigilance	191.55? 11.55	211.09? 21.34	- 01.482	0.630

	家庭 Family		Z	P
	成鹤 Adult (n= 163)	幼鹤 Juvenile (n= 66)		
取食 Feeding	381.86? 41.34	461.88? 61.09	- 11.191	0.233
警戒 Vigilance	411.82? 31.05	281.39? 31.41	- 31.047	0.002

	成鹤 Adult		Z	P
	集群 Flock (n= 163)	家庭 Family (n= 56)		
取食 Feeding	731.97? 21.30	381.86? 41.34	- 61.810	0.000
警戒 Vigilance	191.55? 11.55	418.182? 31.05	- 61.581	0.000

	幼鹤 Juvenile		Z	P
	集群 Flock (n= 66)	家庭 Family (n= 49)		
取食 Feeding	691.62? 31.53	461.88? 61.09	- 31.582	0.000
警戒 Vigilance	211.09? 21.34	281.39? 31.41	- 21.182	0.029

### 3 讨论

**311 种群数量波动** 拉市海是灰鹤在云南的一个越冬地,也是部分个体在迁徙途中的一个停歇地(stopover site),即迁入的灰鹤中有一部分个体秋季南迁时在拉市海稍作停歇后继续迁徙。从图 1 的数量动态上看,在第 7 周(2004 年 11 月 15 日~ 11 月 21 日)出现了一个相应的峰值,当周与前后两周的种群数量相比均有极显著的差异,此外再无同样情况(图 1),说明第 7 周的种群数量是 2004~ 2005 年冬季灰鹤在拉市海惟一的一个数量峰值。单峰型的数量波动意味着过境(passage migrant)的那一部分灰鹤在春季返回繁殖地的时候并没有再经过拉市海,而是选择了另一条迁徙路线。候鸟南北迁徙采用不同路线可以更充分地享受食物丰富度因地域不同而带来的利益<sup>X</sup>,但也有研究指出,针对灰鹤这一特定物种,春季北迁路线并非由食物资源决定,而是与气候条件有关<sup>[13]</sup>。这个峰值的出现和迅速下降很可能是因为一部分灰鹤在此停歇后飞离迁往其他越冬场所。但由于未能进行拉市海与邻近水域的同步调查,因此这一部分灰鹤的去向不能确定。

**312 行为时间分配** 拉市海越冬灰鹤的日活动以取食行为为主,投入了大量时间来搜寻、获得并摄取食物。这可能是因为灰鹤的嗉囊不甚发达而盲肠较为发达,贮食能力稍弱,不耐饥饿<sup>[14]</sup>,因此,频繁地进食对于越冬灰鹤抵御严寒的能量需求显得十分重要。越冬灰鹤的取食行为时间约占日活动的 75.56%,而休息行为仅占 41.49%。这种时间分配方式除了因为不耐饥饿的生理原因之外,还可能与其食性有关,越冬灰鹤以植食为主,单位时间内从食物中摄取的能量可能要低于肉食性鸟类。其他一些鹤类,例如草海的黑颈鹤(*G. nigricollis*)<sup>[15]</sup>和崇明东滩的白头鹤(*G. monacha*)<sup>[16]</sup>在冬季也具有类似的行为时间分配方式。

X 权锐昌. 丽江拉市海高原湿地越冬水禽行为生态研究. 昆明: 中国科学院昆明动物研究所博士学位论文, 2003.

灰鹤的警戒行为和护理行为的时间分配相对比较低, 分别占 141.66% 和 51.05% 左右, 可能是因为频繁地警戒和护理都会对能量贮备不利, 在对外界危险、环境资源以及种间信息进行监视时, 灰鹤会中断取食的动作, 这样便降低了个体的取食效率; 灰鹤的护理主要是梳理羽毛, 在各种鸟类中, 护理行为的时间分配普遍偏低, 平均仅为 91.2% 左右<sup>[17]</sup>。因此, 从节约能量支出的角度上讲, 较低警戒和护理时间分配才可能对越冬灰鹤比较有利。

**3.13 行为日节律** 研究表明, 越冬期灰鹤的觅食行为时间分配呈现早、中、晚 3 个高峰, 这可能是因为灰鹤的夜宿地与觅食地相互分离, 每天只选择 3 个时间段在觅食地活动。另外, 鸟类的取食活动总是避开温度较高、湿度较低而光照较强的中午<sup>[18]</sup>, 12:00 时以后, 光照较为强烈, 温度较高, 灰鹤的取食活动减少, 出现了午间(12:00~13:00 时)休息行为和护理行为的高峰。研究表明, 警戒行为呈现早、晚 2 个高峰。早上的高峰(8:00~9:00 时)可能说明越冬灰鹤在早上到达觅食场所后会先对周围环境安全程度进行判断, 护理行为则可能是在警戒中附带的动作。护理和休息行为的分配在 16:00 时以后增长, 这一点与不丹的越冬黑颈鹤相似。在不丹 Boomthang 越冬的黑颈鹤于 17:00 时后出现护理行为的高峰, 作用在于为飞往夜栖地做准备<sup>[15]</sup>。拉市海越冬灰鹤护理和休息行为的时间分配在 16:00 时以后的增长可能与之具有相同的意义, 在下午的取食高峰使身体达到饱食状态后, 投入部分时间用于身体护理、休息以及对环境和同伴动向进行张望。

### 3.14 家庭和集群、成体与幼体的个体行为比较

拉市海越冬灰鹤家庭单位中的成鹤和幼鹤与集群中的个体相比, 更少的时间用于取食, 更多时间用于警戒。家庭单位中成鹤取食和警戒行为时间分配都与集群中成鹤的行为时间分配差异极显著(表 2), 这可能是因为, 集群比家庭拥有更大的群体规模, 对于发现潜在的危险有更早或更大的可能性, 降低了个体的捕食风险<sup>[19]</sup>, 因此, 集群的鹤类往往比单独家庭中的

个体拥有更低的警戒投入和更多的取食时间。在家庭中, 拉市海幼体灰鹤尽管用于警戒的时间比成体少, 却没有比成体多的取食时间(表 2), 这归结于幼鹤对双亲抚育行为的依赖性, 在家庭中, 高度警戒和取食行为的损失均由成鹤承担<sup>[11, 21]</sup>。在集群中, 拉市海灰鹤成体与幼体之间取食和警戒两种行为的时间分配差异并不显著(表 2), 原因可能是, 本次研究并未能对集群成鹤中的亲鸟和非亲鸟做到辨别, 而是笼统地归为了一类。集群中存在未繁殖或繁殖未成功的配对成体, 在理论上, 这种成体与已有后代的成体应该存在固有的行为差异, 这种差异因承担亲代抚育压力而导致, 但不因集群规模不同而改变<sup>[11, 21]</sup>, 本次研究将两种成体归为一类, 使得集群中成鹤与幼鹤的行为差异显得比较模糊, 在今后的研究中应注意避免。

## 参 考 文 献

- [1] Ellis DH, Gee GF, Mirand C M(张金国主译). 鹤类生物学及饲养管理与保护. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [2] 杨岚, 文贤继, 韩联宪等. 云南鸟类志 上卷 非雀形目. 昆明: 云南科技出版社, 1995.
- [3] 王岐山, 杨兆芬. 中国鹤类研究进展. 见: 中国鸟类学会, 台北市鸟类学会, 中国野生动物保护协会主编. 中国鸟类学研究. 北京: 中国林业出版社, 2000, 56~63.
- [4] 王有辉, 王虹. 中国灰鹤的现状与研究进展. 贵州科学, 2004, 22(3): 65~71.
- [5] 钱法文, 楚国忠, 江红星. 中国鹤类分布和保护现状. 见: 李凤山, 杨晓君, 杨芳主编. 云贵高原黑颈鹤的现状 & 保护. 昆明: 云南民族出版社, 2005, 14~43.
- [6] 王岐山, 杨兆芬. 中国鹤类研究和保护进展. 见: 李凤山, 杨晓君, 杨芳主编. 云贵高原黑颈鹤的现状 & 保护. 昆明: 云南民族出版社, 2005, 7~13.
- [7] 杨德华. 灰鹤的冬季生态观察. 动物学杂志, 1982, 30(3): 22~27.
- [8] 王有辉. 草海灰鹤越冬生态初步研究. 见: 黑龙江省林业厅主编. 国际鹤类保护与研究. 北京: 中国林业出版社, 1990, 36~38.
- [9] 张龙胜. 山西河津市黄河滩涂灰鹤越冬数量调查. 山西大学学报(自然科学版), 1998, 21(2): 183~187.
- [10] 彭贵鸿. 拉市海湿地冬季水禽种群数量变化分析. 林业调查规划, 2005, 30(3): 22~27.
- [11] Alonso J A, Alonso J C. Age-related differences in time budgets and parental care in wintering Common Cranes. The Auk,

- 1993, 110(1): 78~ 88.
- [12] 李凤山, 马建章. 越冬黑颈鹤个体行为生态的研究. 生态学报, 2000, 20(2): 293~ 298.
- [13] Alonso J A, Alonso J C, Bautista L M. Carrying capacity of staging areas and facultative migration extension in common cranes. *Journal of Applied Ecology*, 1994, 31(2): 212~ 222.
- [14] 路纪琪. 灰鹤消化系统的形态学观察. 四川动物, 2001, 20(2): 88~ 89.
- [15] 李凤山, 马建章. 越冬黑颈鹤的时间分配、家庭和集群利益的研究. 野生动物, 1992, (3): 36~ 41, 29.
- [16] 敬凯, 唐仕敏, 陈家宽等. 崇明东滩白头鹤的越冬生态. 动物学杂志, 2002, 37(6): 29~ 34.
- [17] Walker B A, Clayton D H. Elaborate ornaments are costly to maintain: evidence for high maintenance handicaps. *Behavioral Ecology*, 2005, 16(1): 89~ 95.
- [18] 杨晓君, 文贤继, 王淑珍等. 笼养大紫胸鸚鵡取食活动. 动物学研究, 2000, 21(2): 115~ 120.
- [19] Roberts G. A real-time response of vigilance behavior to changes in group size. *Animal Behavior*, 1995, 50: 1 371~ 1 374.
- [20] Avil s J M. Time budget and habitat use of the Common Crane wintering in Dehesas of southwest Spain. *Canadian Journal of Zoology*, 2003, 87(7): 1 233~ 1 238.

## 淡水海绵、水螅和涡虫的常年培养

以金鱼藻、浮游动物、淡水针海绵 (*Spongilla lacustris*)、水螅 (*Hydra*)、涡虫等材料建立室内小型水体生态环境, 以大草履虫 (*Paramecium caudatum*) 培养废弃液或小麦粒为食物链的基础能量, 不需换水、充氧, 可以连续数年维持一定数量的上述动物。

**1 水体生态环境设置** 取容量 30~ 40 L 的水族箱置于向阳的近窗处, 注满清水, 3 d 后植入水草, 水底放几块扁形石块, 供涡虫藏身用。一周后, 临时捕捞适量浮游生物和 4~ 6 只螺投入水体。水体 pH 7.0~ 7.5, 之后把备好的水螅、日本三角涡虫 (*Dugesia japonica*) 和管大口涡虫 (*Macrostomum tuba*) 投入水体。在水族箱外壁玻璃上标记水位。待水体环境稳定后 (约 2 个月), 把临时采集的淡水针海绵移入水族箱。

**2 水螅、涡虫的快速繁殖与收集** 三角涡虫: 取一薄片猪肝, 用细线绑在载玻片上, 沉入水族箱底, 线的另一端留在水族箱口, 半小时左右, 玻片上爬满涡虫。约 1 h 后涡虫离开玻片, 拉出剩余猪肝丢弃, 每隔一天喂食一次, 一个月后, 可增殖出许多三角涡虫。收集涡虫时, 把爬满玻片的三角涡虫于培养皿内摆洗即可。水螅: 每周往水族箱内投放适量浮游动物 2 次, 一个月后缸壁上的大口涡虫和水螅明显增多。大口涡虫: 通常在水族箱玻璃壁上活动, 早晨、傍晚、阴天相对较多, 晚上更多, 用吸管直接轻推涡虫将其吸出。其他水生动物: 取水底沉渣, 用 13 号浮游生物网过滤, 滤下液放在直径为 9 cm 的培养皿, 放入 3 粒小麦粒, 18~ 24℃ 室温下, 一周后可获得许多草履虫等各种原生动物以及多种轮虫动物。用 13 号浮游生物网可以直接在水族箱水体中捕捞各种水蚤。

**3 常年管理** 经多年反复测试, 阳光充足时, 水体 pH 高达 10.0, 连续阴雨 pH 降至 7.0 以下。由于涡虫的杆状体和水螅的刺丝囊均呈碱性, 偏酸性环境不利于涡虫、水螅的生长, 可用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  调节水体 pH 至 7.5 以上。每月需修剪水草一次, 控制其所占水体空间不超过 1/5 为宜。每半个月倒入 50 ml 草履虫培养液沉渣, 或每月投入 50 粒麦粒, 或一元硬币大小的馒头, 以此补充食物链最基层的水体微生物的营养。如果每周用猪肝喂食三角涡虫 2 次, 或投放水蚤 2 次, 不必考虑其他动物的饵料问题。每月及时补充因蒸发减少的水分, 不必换水。室温控制在 5~ 26℃。本实验室水族箱已经有 3 年多没有换水, 所有物种一直生长良好。

**4 小结** 以往涡虫、水螅的培养方法需要经常喂食、换水, 虫体密度过高时, 需要使用氧气泵充气。本文培养方法管理简便, 可以长期不换水。在不需要实验动物的季节, 只需每月观察一次, 确保一定的水位, 修剪多余的水草, 即可常年保种。当科研或教学需要时, 可用本文方法即可获得大量水螅和涡虫, 从水族箱水底沉渣内获得草履虫等多种原生动物和轮虫等。

陈仲钊<sup>1</sup> 林炼宇<sup>1</sup> 汪安泰<sup>°</sup>\*

(<sup>1</sup> 深圳大学生命科学学院 深圳 518060; <sup>°</sup> 深圳大学生命科学实验中心 深圳 518060)

\* 通讯作者, E-mail: wang118@szu.edu.cn