

圈养川金丝猴生命表和种群动态研究

赵素芬¹, 张成林^{1,2*}, 于泽英³, 王运盛^{1,2}, 刘学锋^{1,2}, 贾婷^{1,2}, 陶玉静⁴, 夏茂华^{1,2}

(1. 圈养野生动物技术北京市重点实验室, 北京 100044; 2. 北京动物园, 北京 100044;
3. 中国动物园协会, 北京 100037; 4. 北京野生动物园, 北京 102600)

摘要: 川金丝猴 *Rhinopithecus roxellana* 是我国特有的濒危物种。通过对全世界 785 只圈养川金丝猴的年龄分布、繁殖率、性比进行统计分析, 编制圈养川金丝猴种群的生命表, 绘制死亡曲线及存活曲线, 计算川金丝猴的内禀增长能力。结果显示: 圈养川金丝猴的寿命期望值较长, 死亡率低, 种群数量波动小, 具有相对稳定的生态学特征; 净增殖率、内禀增长率和周限增长率分别为 2.674 6、0.095 28/年和 1.100 0, 说明圈养川金丝猴种群目前仍存在上升的空间, 种群结构整体上相对稳定。

关键词: 川金丝猴; 圈养; 生命表; 内禀增长能力; 种群动态

中图分类号: Q959.8 文献标志码: A 文章编号: 1000-7083(2016)05-0672-05

Life Table and Population Dynamic Analysis of Captive *Rhinopithecus roxellana*

ZHAO Sufen¹, ZHANG Chenglin^{1,2*}, YU Zeying³, WANG Yunsheng^{1,2}, LIU Xuefeng^{1,2},
JIA Ting^{1,2}, TAO Yujing⁴, XIA Maohua^{1,2}

(1. Beijing Key Laboratory of Captive Wildlife Technologies, Beijing 100044, China; 2. Beijing Zoo, Beijing 100044, China;
3. Chinese Association of Zoological Gardens, Beijing 100037, China; 4. Beijing Wildlife Zoo, Beijing 102600, China)

Abstract: The life table, mortality curve, survival curve, and innate increase capacity were estimated through analyzing the age structure, reproductive efficiency and sex ratio of 785 captive golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) from worldwide. The results showed that captive *R. roxellana* had long life expectancy, low mortality and small fluctuations of population numbers, and this suggested that captive *R. roxellana* had relatively stable ecological characteristics. Furthermore, the net reproductive rate, innate rate of increase and finite rate of increase were 2.674 6, 0.095 28/year and 1.100 0, respectively. All of those factors indicated that captive *R. roxellana* was a relatively stable population up to date.

Key words: *Rhinopithecus roxellana*; captive; life table; innate capacity of increase; population dynamic

川金丝猴 *Rhinopithecus roxellana* 隶属于灵长目 Primates 猴科 Cercopithecidae 疣猴亚科 Colobidae 仰鼻猴属 *Rhinopithecus*, 分布于四川、甘肃、陕西和湖北等山林之中(霍晟等, 2008; 吴逸群等, 2010), 为我国特有物种。滥捕滥杀以及环境的破坏使得川金丝猴成为濒危物种, 被列为国家 I 级重点保护动物(吴逸群, 刘科科, 2010)。近年来, 随着川金丝猴保护区的建立, 迁地保护措施的实施, 对群众的宣传教育以及繁殖、行为、生态等方面科研工作的开展, 部分地区的种群得到了恢复。例如, 近 20 多年来湖北神农架国家级自然保护区川金丝猴种群数量呈现出稳定增长的趋势(铁军, 2013)。那么, 川金丝猴的种群增

长能力如何? 这种川金丝猴种群绝对数量的增长能否真正反映川金丝猴种群的增长趋势? 迄今为止, 川金丝猴种群的生存模式及种群发展趋势等基本情况未见相关报道。

通过编制生命表可获得有关种群的生存和死亡模式, 分析预测种群动态趋势, 能客观地反映动物各年龄段的出生率、死亡率和存活率、生命周期等种群特征(娄安如, 2015)。生命表能够真实反映观察期间的种群动态, 但是受观察时间和观察对象数量的限制, 不能完全代表种群动态(江延安, 1998)。而种群的内禀增长能力 (innate capacity of increase) 是指种群的瞬时增长率, 是刻画种群增长能力的一个

收稿日期: 2016-04-11 接受日期: 2016-07-20

基金项目: 国家科技支撑计划课题项目 (2013BAD03B01)

作者简介: 赵素芬 (1984—), 女, 博士, 主要从事动物传染病发病与免疫机制研究、发育组织学研究, E-mail: zhaosufen111@126.com

* 通信作者 Corresponding author, 高级兽医师, 主要从事野生动物疫病防治和研究工作, E-mail: zhch6465@263.net

理想指标;由种群的生殖能力、寿命、发育速度和世代时间等多种因素决定;可以敏锐地反映出环境的细微变化,也可视为特定种群对于环境质量反应的一个优良指标;它通常由繁殖力、净增殖率(net reproductive rate, R_0)和内禀增长率(innate rate of increase, r_m)来描述(Andrewartha & Birch, 1954; 张含藻, 1992)。其中净增殖率 R_0 是指种群经过一个世代以后的净增长率,是判断种群经过一个世代以后的更新状况,它既包含种群的出生率,又包含种群的存活率(孙儒泳, 2001)。 r_m 通常是指在实验室“最适”条件下测定的种群增长率,可评估具有稳定年龄结构的种群,在食物和空间不受限制、同种其他个体的密度维持在最适水平、没有天敌的种群最大瞬时增长率,其值随环境条件的变化而变化(唐业忠, 况荣平, 1991)。周限增长率(finite rate of increase, λ)是指一定时间期限内的总增长率,是种群数量增长模型中一个很有意义的参数, λ 的计算可与 r_m 相互转换(Andrewartha & Birch, 1954)。

川金丝猴的人工饲养始于 1955 年北京动物园(于泽英, 2004),在我国已有 60 年的饲养展出历史。因圈养条件相对优越,人为排除不利的环境条件,如捕食者及疾病的影响,同时提供理想和充足的食物,接近 r_m “最适”评估条件。为此,本文根据川金丝猴国际谱系簿收集了 1955—2014 年全世界 785 只圈养川金丝猴的基础数据,在种群年龄结构研究的基础上编制了圈养川金丝猴的生命表,计算圈养川金丝猴种群内禀增长能力和反映种群增长速度的各项参数,以期进一步了解饲养条件下川金丝猴群体的动态发展趋势,为其进一步繁育保护提供参考资料。

1 材料和方法

1.1 研究材料

结合川金丝猴国际谱系簿,收集 1955—2014 年末全世界 785 只圈养川金丝猴资料,统计其性别、出生时间、死亡时间、年龄等详细信息,计算雄性和雌性个体的年龄配置(即各年龄段雄性和雌性个体数分别占总个体数的百分比)及性比($\delta : \eta$)。统计数据显示,所调查的群体最高存活年龄 28 岁,据此我们从 0 岁(刚出生或流产个体)到 28 岁共划分 29 个年龄段来评估这个统计群体的基本生物学信息;由于某些个体(尤其是 0 岁阶段的)性别不易区分而缺失了这个信息,本文将之标为“不详”;24 岁及 27

岁龄雌性个体数量为 0,无法进行性比的计算,所以使用“-”标示;22 岁及 28 岁龄雄性个体数量为 0,性比为“0”(表 1)。

1.2 研究方法

对圈养川金丝猴各年龄段内的个体总数、死亡个体总数进行统计,并编制圈养川金丝猴种群的生命表;根据生命表,使用 SigmaPlot 12.0 以川金丝猴年龄(x)为横坐标,各年龄段死亡率(q_x)和各年龄段开始时的存活数的对数($\log n_x$)为纵坐标分别绘制死亡曲线图和存活曲线图;结合基础资料计算圈养川金丝猴种群内禀增长能力,分析其种群发展趋势(Andrewartha & Birch, 1954; 江延安, 1998; 黄炎等, 2001; 孙儒泳, 2001)。

其中,生命表各参数含义及计算方法如下(孙儒泳, 2001):

x : 研究个体的年龄;

n_x : 各年龄段开始时的存活数;

l_x : 各年龄段开始时的存活分数, $l_x = n_x/n_0$;

L_x : 从 x 到 $x+1$ 岁生存个体年数, $L_x = (l_x + l_{x+1})/2$;

d_x : 各年龄段死亡个体数;

q_x : 各年龄段死亡率, $q_x = d_x/n_x$;

T_x : x 岁的个体未来累计生存个体数 $T_x = L_x + T_{x+1}$;

e_x : 生命期望平均余年, $e_x = T_x/n_x$ 。

内禀增长能力各参数含义及计算方法如下(江延安, 1998; 孙儒泳, 2001):

x : 研究个体的年龄;

N_x : 各年龄段开始的雌性个体存活数;

l_x : 各年龄段开始的雌性个体存活分数, $l_x = N_{x+1}/N_x$;

m_x : 每雌产雌率, $m_x = (x \text{ 期个体数} \times \text{性比}) / [(N_x + N_{x+1})/2]$;

R_0 : $R_0 = \sum l_x m_x$; 假设 $R_0 = 1$, 那么种群的出生率与死亡率相等, 经过一个世代以后, 正好更新其自身, 不增也不减; $R_0 > 1$, 则出生率大于死亡率, 种群数量增加, R_0 愈大, 数量增加愈多;

T : 平均世代长度, 衡量母世代到子世代生殖的平均时间, $T = \sum x l_x m_x / R_0$;

r_m : $r_m = \ln R_0 / T$,

λ : $\lambda = e^{r_m}$; $\lambda > 1$ 种群上升, $\lambda = 1$ 种群稳定, $0 < \lambda < 1$ 种群下降。

表 1 1955—2014 年圈养川金丝猴种群结构
Table 1 Population structure of captive *Rhinopithecus roxellana* during 1955—2014

年龄 Age	数量 Number/只				年龄配置 Age configuration				性比 Sex ratio (♂:♀)
	雄	雌	不详	总数	雄	雌	不详	总数	
	Male	Female	Unknown	Sum	Male	Female	Unknown	Sum	
0	51	31	10	92	0.065 0	0.039 5	0.012 7	0.117 2	1.65
1	25	25	1	51	0.031 8	0.031 8	0.001 3	0.065 0	1.00
2	29	23	0	52	0.036 9	0.029 3	0.000 0	0.066 2	1.26
3	20	29	3	52	0.025 5	0.036 9	0.003 8	0.066 2	0.69
4	27	22	0	49	0.034 4	0.028 0	0.000 0	0.062 4	1.23
5	23	20	0	43	0.029 3	0.025 5	0.000 0	0.054 8	1.15
6	20	17	0	37	0.025 5	0.021 7	0.000 0	0.047 1	1.18
7	15	21	0	36	0.019 1	0.026 8	0.000 0	0.045 9	0.71
8	16	18	0	34	0.020 4	0.022 9	0.000 0	0.043 3	0.89
9	15	14	0	29	0.019 1	0.017 8	0.000 0	0.036 9	1.07
10	14	17	0	31	0.017 8	0.021 7	0.000 0	0.039 5	0.82
11	23	15	0	38	0.029 3	0.019 1	0.000 0	0.048 4	1.53
12	10	20	0	30	0.012 7	0.025 5	0.000 0	0.038 2	0.50
13	15	17	0	32	0.019 1	0.021 7	0.000 0	0.040 8	0.88
14	10	11	0	21	0.012 7	0.014 0	0.000 0	0.026 8	0.91
15	15	9	0	24	0.019 1	0.011 5	0.000 0	0.030 6	1.67
16	12	17	0	29	0.015 3	0.021 7	0.000 0	0.036 9	0.71
17	12	9	0	21	0.015 3	0.011 5	0.000 0	0.026 8	1.33
18	13	4	0	17	0.016 6	0.005 1	0.000 0	0.021 7	3.25
19	7	8	0	15	0.090 0	0.010 2	0.000 0	0.019 1	0.88
20	10	5	0	15	0.012 7	0.006 4	0.000 0	0.019 1	2.00
21	2	8	0	10	0.002 5	0.010 2	0.000 0	0.012 7	0.25
22	0	6	0	6	0.000 0	0.007 6	0.000 0	0.007 6	0
23	4	4	0	8	0.005 1	0.005 1	0.000 0	0.010 2	1.00
24	3	0	0	3	0.003 8	0.000 0	0.000 0	0.003 8	-
25	4	1	0	5	0.005 1	0.001 3	0.000 0	0.006 4	4.00
26	1	2	0	3	0.001 3	0.002 5	0.000 0	0.003 8	0.50
27	1	0	0	1	0.001 3	0.000 0	0.000 0	0.001 3	-
28	0	1	0	1	0.000 0	0.001 3	0.000 0	0.001 3	0

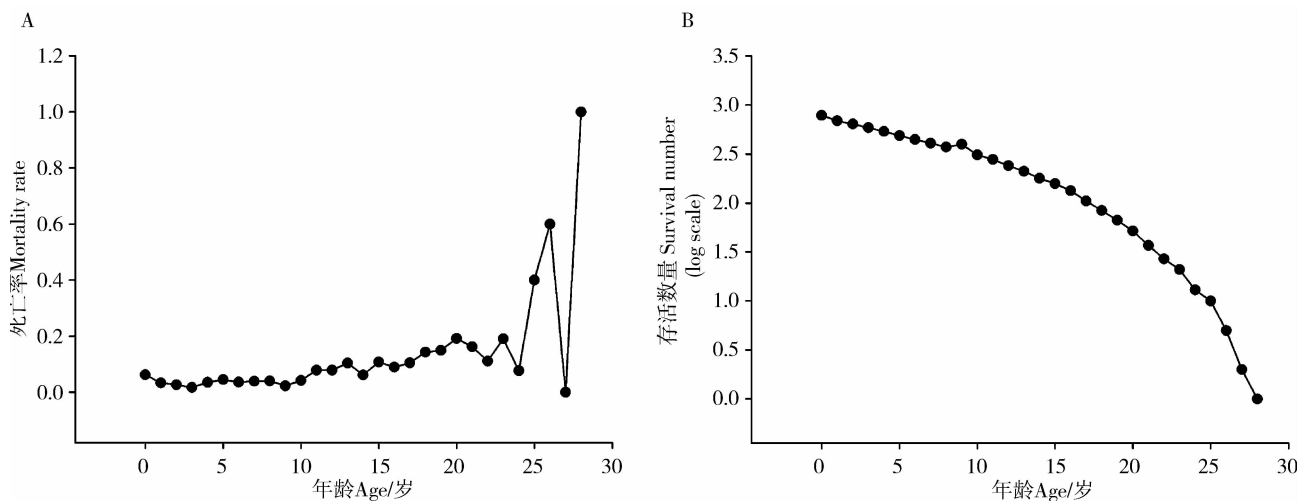


图 1 圈养川金丝猴的死亡曲线图(A)及存活曲线图(B)
Fig. 1 The mortality curve (A) and survival curve (B) of captive *Rhinopithecus roxellana*

2 结果

2.1 圈养川金丝猴种群的生命表

根据表 1 数据及基础资料数据,编制 1955—2014 年圈养川金丝猴的生命表(表 2)。e_x 结果显示:0~1 岁个体平均可再活 9.11 年,2~5 岁个体平均可再活 8.42 年,6~12 岁个体平均可再活 6.35 年,13~24 岁个体平均可再活 3.40 年,大于 25 岁的个体平均可再活 1.09 年。可见,年龄低于 12 岁的圈养川金丝猴的生命期望余年均较长;除 0 岁个体的生命期望余年略低于 1 岁外,随着年龄增长,圈养川金丝猴平均存活年龄下降,高于 25 岁的个体存活概率较小。

1~10 岁期间,死亡率相对较低,为 0.017 0~0.045 0;0 岁死亡率略有升高,为 0.062 4;11~12 岁

表 2 圈养川金丝猴的生命表
Table 2 Life table of captive *Rhinopithecus roxellana*

x/岁	n _x /只	l _x	d _x	q _x	e _x /年
0	785	1.000 0	49	0.062 4	9.06
1	693	0.882 8	23	0.033 2	9.16
2	642	0.817 8	17	0.026 5	8.83
3	590	0.751 6	10	0.017 0	8.54
4	538	0.685 4	19	0.035 3	8.27
5	489	0.622 9	22	0.045 0	8.02
6	446	0.568 2	16	0.035 9	7.72
7	409	0.521 0	16	0.039 1	7.35
8	373	0.475 2	15	0.040 2	6.99
9	399	0.508 3	9	0.022 6	5.61
10	310	0.394 9	13	0.041 9	5.95
11	279	0.355 4	22	0.078 9	5.53
12	241	0.307 0	19	0.078 8	5.29
13	211	0.268 8	22	0.104 3	4.94
14	179	0.228 0	11	0.061 5	4.71
15	158	0.201 3	17	0.107 6	4.23
16	134	0.170 7	12	0.089 6	3.88
17	105	0.133 8	11	0.104 8	3.73
18	84	0.107 0	12	0.142 9	3.48
19	67	0.085 4	10	0.149 3	3.19
20	52	0.066 2	10	0.192 3	2.92
21	37	0.047 1	6	0.162 3	2.84
22	27	0.034 4	3	0.111 1	2.63
23	21	0.026 8	4	0.190 5	2.17
24	13	0.016 6	1	0.076 9	2.04
25	10	0.012 7	4	0.400 0	1.40
26	5	0.006 4	3	0.600 0	1.20
27	2	0.002 5	0	0.000 0	1.25
28	1	0.001 3	1	1.000 0	0.50

的死亡率约为 0.079 0;除个别年龄外,13~24 岁的死亡率维持在 0.1~0.2;25 岁后,川金丝猴的死亡率大大升高(图 1:A)。圈养川金丝猴的存活曲线类似于大型哺乳动物和人类,属于 I 型曲线(Deevey, 1947),在接近生理寿命前只有少数个体死亡(图 1:B)。

圈养川金丝猴的生命表、死亡曲线及存活曲线显示:在出生后 1 年内,其死亡率略高,随后逐渐降低,老龄后死亡率迅速上升;1 岁以上至老龄前的个体寿命期望值较长,各年龄段死亡率低,种群数量波动小。

2.2 圈养川金丝猴种群的内在增长能力和种群动态结果

根据川金丝猴的繁殖特点,结合表 1 中的繁殖率、性比及各年龄段开始时的雌性个体存活数,计算最适繁殖年龄(15 岁以内)圈养川金丝猴的 m_x,列出圈养川金丝猴的内在增长能力表(表 3)。圈养川金丝猴种群的 R₀ = 2.674 6, T = 10.325 7;可见,圈养川金丝猴经过一个世代(10.325 7 年),平均每个雌性个体产 2.674 6 个雌性个体。

圈养条件下所观察到的种群增长能力可用 r_m 表示,经计算, r_m = 0.095 28,即圈养川金丝猴种群以平均每年每雌增加 0.095 28 个雌体的速度增长;周限增长率 λ = 1.100 0,即 λ > 1,可见圈养川金丝猴种群上升。

表 3 川金丝猴种群内禀增长能力
Table 3 The innate increase capacity of captive *Rhinopithecus roxellana*

x/岁	N _x /只	l _x	m _x	l _x m _x	xl _x m _x
0	374	1.000 0	0	0	0
1	343	0.917 1	0	0	0
2	318	0.927 1	0	0	0
3	295	0.927 7	0	0	0
4	266	0.901 7	0.236 4	0.212 6	0.850 6
5	244	0.917 3	0.211 3	0.193 8	0.969 2
6	224	0.918 0	0.202 6	0.185 4	1.112 6
7	207	0.924 1	0.130 1	0.120 9	0.846 5
8	186	0.898 6	0.171 0	0.153 4	1.227 5
9	168	0.903 2	0.192 7	0.174 3	1.568 8
10	154	0.916 7	0.174 7	0.160 8	1.608 4
11	137	0.889 6	0.449 0	0.400 3	4.402 9
12	122	0.890 5	0.133 9	0.119 3	1.431 2
13	102	0.836 1	0.301 2	0.252 5	3.282 3
14	85	0.833 3	0.240 4	0.200 1	2.801 5
15	74	0.870 6	0.576 7	0.501 1	7.516 0
Σ			R ₀ = Σl _x m _x = 2.674 6		27.617 4

3 讨论

自 20 世纪 80 年代以来,我国科研学者已重视使用生命表分析哺乳动物种群数量动态变化的研究,并做了大量工作(盛和林,陆厚基,1984;江海声等,1988,1989;杨赣源等,1988;黄炎等,2001)。本研究通过对圈养川金丝猴生命表的编制发现,圈养川金丝猴种群具有相对稳定的生态学特征,能够长期稳定发展,生命期望值长。这与近些年科学、医药(Saunier & Doré,2002)、饲养技术的提高及野生动物繁育保护工作的大量开展有着密切的关系。

内禀增长能力是种群增殖能力的一个综合指标(孙儒泳,2001)。本研究统计结果显示:圈养川金丝猴的 r_m 为 0.095 28,低于海南岛南湾猕猴 *Macaca mulatta* 种群(江海声等,1988),可见虽然圈养条件已排除各种不利因素的影响,但其内禀增长能力仍然低于猕猴,这可能与川金丝猴种群对环境的适应力相对较低有关。与此同时,圈养川金丝猴的 R_0 为 2.674 6, λ 为 1.100 0,二者均接近但略小于海南岛南湾猕猴的 R_0 (江海声等,1989),二者相似性的影响因素有待进一步研究。

野生川金丝猴的社会结构极为罕见,是以单雄多雌的小家庭为单位的多家庭混合体(Grueter & Zinner,2004),在其周围同时散布着由单雄组成的全雄群体(陈服官等,1983;Kirkpatrick *et al.*,1999),通常几十至几百只成群而居(任仁眉等,2000)。目前,我国圈养的川金丝猴猴群基本按照一雄一雌或一雄多雌的小家庭模式饲养,多余的雄性个体大多被隔离,单独关在一个笼舍中(铁军,2013)。本研究分析最适生育年龄(4~15岁)的种群结构发现,其有效性比(充分成熟的个体性比)接近 1(δ : η 为 203:201),该特性符合圈养珍稀物种的饲养特点,也利于种群的长期稳定发展。但各年龄段的性比并不呈 1:1,大都偏向一方。同时,本研究未做地域性比分析,建议各圈养单位加强最适生育年龄个体交流,协调年龄及地域性比。

参考文献:

陈服官,闵芝兰,罗时友,等. 1983. 秦岭地区金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)的群体行为与生态习性的观察[J]. 兽类学报, 3(2): 141-146.

黄炎,张贵权,张和民. 2001. 圈养大熊猫的繁殖特性和生命表[J]. 四川动物, 20(2): 94-96.

霍晟,肖文,向左甫,等. 2008. 仰鼻猴属的研究进展[J]. 安徽农

业科学, 36(24): 10495-10497, 10505.

江海声,刘振河,袁喜才,等. 1988. 海南岛南湾半岛野生猕猴的繁殖研究[J]. 兽类学报, 8(2): 106-112.

江海声,刘振河,袁喜才,等. 1989. 海南岛南湾猕猴(*Macaca mulatta*)种群结构研究[J]. 兽类学报, 9(4): 254-261.

江延安. 1998. 甘肃麝鼠的生命表和种群动态分析[J]. 水土保持通报, 18(3): 20-23.

娄安如. 2015. 基础生态学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社: 57-60.

任仁眉,严康慧,苏彦捷,等. 2000. 金丝猴的社会-野外研究[M]. 北京: 北京大学出版社: 37-64.

盛和林,陆厚基. 1984. 舟山及其邻近岛屿种群结构的初步研究[J]. 兽类学报, 4(3): 161-166.

孙儒泳. 2001. 动物生态学原理[M]. 北京: 北京师范大学出版社: 146-161.

唐业忠,况荣平. 1991. 一种计算哺乳动物内禀增长率(r_m)的方法[J]. 生态学杂志, 10(5): 58-61.

铁军. 2013. 神农架川金丝猴栖息地食物特性和食源植物[M]. 北京: 中国林业出版社: 9.

吴逸群,刘科科. 2010. 川金丝猴生态生物学研究进展[J]. 陕西林业科技, (6): 42-44.

杨赣源,张兰英,陈欣如. 1988. 灰旱獭生命表和繁殖的初步研究[J]. 兽类学报, 8(2): 146-151.

于泽英. 2004. 川金丝猴圈养种群现状分析[J]. 动物学杂志, 39(4): 45-49.

张含藻,胡周强,韦波,等. 1992. 黄黑小豆象种群内禀增长率的初步研究[J]. 中药材, 15(10): 11-13.

Andrewartha HG, Birch LC. 1954. The distribution and abundance of animals [M]. Chicago: The University of Chicago Press: 31-54, 782.

Deevey ES Jr. 1947. Life tables for natural populations of animals [J]. The Quarterly Review of Biology, 22: 283-314.

Grueter CC, Zinner D. 2004. Nested societies, convergent adaptations of baboons and snub-nosed monkeys [J]. Primate Report, 70: 1-98.

Kirkpatrick RC, Gu HJ, Zhou XP. 1999. A preliminary report on sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) at Baihe Nature Reserve [J]. Folia Primatology, 70(2): 117-120.

Saunier K, Doré J. 2002. Gastrointestinal tract and the elderly: functional foods, gut microflora and healthy ageing [J]. Digestive and Liver Disease, 34(9): s19-s24.