

DOI: 10.5846/stxb202105131250

张付贤<sup>1</sup>, 孟庆辉<sup>2,\*</sup>, 蒋志刚<sup>3</sup>, 孟秀祥<sup>4</sup>, 程志斌<sup>2</sup>, 宋 苑<sup>2</sup>, 白加德<sup>2</sup>, 丁玉华<sup>5</sup>, 温华军<sup>6</sup>

Zhang F X, Meng Q H, Jiang Z G, Meng X X, Cheng Z B, Song Y, Bai J D, Ding Y H, Wen H J. The vicissitudes of fate and future protection prospects of Père David's deer. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(1): 1-10.

## 麋鹿沧桑命运与未来保护展望

张付贤<sup>1</sup>, 孟庆辉<sup>2,\*</sup>, 蒋志刚<sup>3</sup>, 孟秀祥<sup>4</sup>, 程志斌<sup>2</sup>, 宋 苑<sup>2</sup>, 白加德<sup>2</sup>, 丁玉华<sup>5</sup>, 温华军<sup>6</sup>

1 长江大学动物科学学院, 荆州 434023

2 北京麋鹿生态实验中心, 北京 100076

3 中国科学院动物研究所, 北京 100101

4 中国人民大学环境学院, 北京 100872

5 江苏大丰麋鹿国家级自然保护区管理处, 大丰 224136

6 湖北石首麋鹿国家级自然保护区管理处, 石首 434402

**摘要:** 麋鹿作为中国特有的鹿科动物, 经历 129 年的保护努力, 种群数量恢复到 10000 多头。因近亲繁殖严重, 表面上看已无灭绝危险, 但仍存在巨大隐忧。通过对麋鹿种群变迁、灭绝、重引入、恢复现状及四大种群(乌邦寺、南海子、大丰、石首野化种群)的发展趋势进行追踪分析, 探究近千年来困扰麋鹿种群发展壮大的多重因素, 提出种群保护与栖息地保护并重、强化疫病监测等保护对策, 为麋鹿及其它大型陆生濒危哺乳动物突破种群发展瓶颈提供借鉴。

**关键词:** 麋鹿; 种群; 发展史; 发展隐忧; 保护对策

## The vicissitudes of fate and future protection prospects of Père David's deer

ZHANG Fuxian<sup>1</sup>, MENG Qinghui<sup>2,\*</sup>, JIANG Zhigang<sup>3</sup>, MENG Xiuxiang<sup>4</sup>, CHENG Zhibin<sup>2</sup>, SONG Yuan<sup>2</sup>, BAI Jiade<sup>2</sup>, DING Yuhua<sup>5</sup>, WEN Huajun<sup>6</sup>

1 College of Animal Science, Yangtze University, Jingzhou 434023, China

2 Beijing Milu Ecological Experiment Center, Beijing 100076, China

3 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

4 School of Environment, Renmin University of China, Beijing 100872, China

5 Administrative Office of Jiangsu Dafeng Milu National Nature Reserve, Dafeng 224136, China

6 Administrative Office of Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, Shishou 434402, China

**Abstract:** Père David's deer (*Elaphurus davidianus*), a unique species of deer in China, the population has recovered to more than 10000 in the world after more than 100 years of efforts. It seems that there is no danger of extinction due to the high levels of inbreeding in the population of Père David's deer, but there are still huge concerns. By analyzing the changes, extinction, and recovery of the population of Père David's deer and the development trend of four major populations (Woburn Abbey, Nanhaizi, Dafeng and Shishou), this paper explored the multiple factors that have been disturbing the development and expansion of the population of Père David's deer in the past thousand years. The protection measures, such as placing equal emphasis on population protection and habitat protection and strengthening disease monitoring, were put forward to provide reference for Père David's deer and other large terrestrial endangered mammals to

基金项目: 北京市自然科学基金面上项目(5212003)

收稿日期: 2021-05-13; 采用日期: 2021-09-28

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mengqinghui2006@163.com

break through the bottleneck of population development.

**Key Words:** Père David's deer; population; history and change; development of concern; protection measures

草食鹿类由赤道附近演替出来后,向两极渐进扩散,无角变有角<sup>[1]</sup>,毛色由黑变黄直至部分白色,走向温带的鹿分化为真鹿亚科(*Cervinae*),人类世之前已经绝迹的奇角鹿(*Synthetoceras tricornatus*)、并角鹿(*Syndyoceras*),至环北极圈外的分化为个头最大的巨大角鹿<sup>[2]</sup>(*Megaloceros giganteus*)而灭绝;进入北极圈的分支为驯鹿(*Rangifer tarandus*)<sup>[3]</sup>。麋鹿属(*Genus Elaphurus*)是停留在北半球平原湿地的分支,属东洋界(*Oriental Realm*)动物区系<sup>[4]</sup>,古称“四不像(*Ssu-pu-hsiang*)”<sup>[5]</sup>,其化石为亚洲特有<sup>[3]</sup>,依其分布及雄鹿角枝分叉不同分为达氏种(*Elaphurus davidianus*)、双叉种(*E. bifurcatus*)、蓝田种(*E. lantianensis*)、晋南种(*E. chinanensis*)和台湾种(*E. formosanus*),现生麋鹿为仅存的达氏种<sup>[3]</sup>。1865年被法国天主教神父 Armand David 科学发现和 Milne-Edwards 鉴定以来,经历了 1900 年的永定河洪水及英法联军的入侵,致其在中国境内灭绝,1904 年英国贝福特公爵搜集仅存与世的 18 头麋鹿繁衍至今。1985 年中国进行重引进项目<sup>[6-8]</sup>,麋鹿重回中国。截止到 2020 年 9 月,中国境内分布总计超过 8000 头麋鹿<sup>[9]</sup>,境外超过 54 个动物园或保护区内约有 1200 多头麋鹿。目前仅有四大可持续繁殖的麋鹿种群:包括乌邦寺种群、南海子种群、大丰种群、石首野化种群。本文以搜集到的这四大种群建群来源、历年发展、屡次迁地保护、数次野外放归和野化等数据,对比分析麋鹿种群恢复情况和未来发展的隐忧,以期麋鹿及其它大型陆生濒危哺乳动物突破种群发展瓶颈提供有益参考。

## 1 数据搜集

本文数据主要采用文献查阅、电话访问及实地调查搜集的资料,依次整理获得了乌邦寺麋鹿种群 7 年间建群来源的数据、87 年间的种群发展数据和 30 年间的迁出数据(Maria Boyd 遗留的资料);南海子麋鹿种群建群来源、36 年间种群发展和 33 年间迁地保护(数据来自北京麋鹿苑)的数据;大丰麋鹿种群建群来源、35 年间种群发展和 20 年间野外放归的数据;石首麋鹿种群建群来源、28 年间种群繁殖和 15 年间野外放归的数据。

## 2 麋鹿种群命运沧桑史

麋鹿在地球之子宫——滨海平原湿地演替出来至 1900 年野外灭绝,始终都没有走向高山和林地,长期的湿地生活逐渐形成了其角主干在前、分叉向后、尾巴较其它鹿类的一倍以上、蹄分叉较大的独特特征<sup>[3]</sup>。基因组数据挖掘结果表明<sup>[10-11]</sup>,麋鹿种群数量曾突破 300 万头。在长期演化和种群发展中,商周时期麋鹿的种群数量最为鼎盛;随着人类活动范围的扩大、平原湿地的缩减、麋鹿野外栖息地的丧失及主要食物的减少,汉唐宋后麋鹿种群的数量急剧下降,到元明清以后的近 1000 年内,麋鹿种群的数量始终维持在 300 头以内(图 1)。因疾病、战争、皇家狩猎等诸多原因,麋鹿种群在皇家猎苑内得以延续。1900 年因战争和洪水原因麋鹿在南苑野外灭绝,1904 年至 1985 年麋鹿在国外经历两次世界大战的劫后余生,最后在乌邦寺庄园幸存。据 1982 年调查,全世界范围内动物园中的麋鹿都是乌邦寺庄园幸存麋鹿的后代。1985 年,中国通过引进项目从英国重新引入麋鹿,并建立了南海子麋鹿苑、江苏大丰麋鹿国家级自然保护区及后来的石首麋鹿国家级自然保护区。至此,麋鹿种群在中国得到了恢复和复壮,截止 2021 年,麋鹿种群数量超过 10000 头。

## 3 麋鹿四大种群

### 3.1 乌邦寺麋鹿种群

乌邦寺(Woburn Abbey)麋鹿种群为英国 11 至 15 世贝福特公爵(Herbrand, Duke of Bedford)家族所有,经

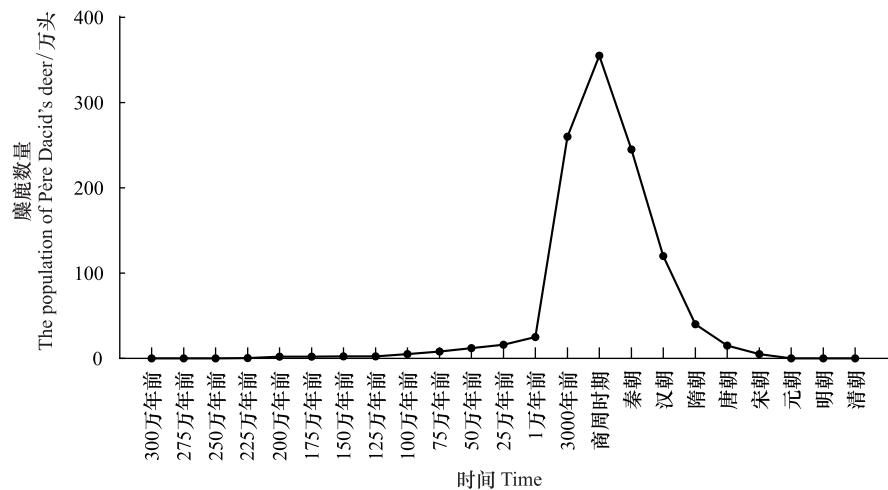


图1 麋鹿种群数量变化

Fig.1 Changes in the population of Père David's deer

数据来自盛和林的《中国鹿类动物》<sup>[12]</sup>、曹克清《麋鹿研究》<sup>[3]</sup>、丁玉华《中国麋鹿研究》<sup>[13]</sup>以及其它资料,依据分布范围内考古地质孢子粉推测植被生长状况并依据生态承载力估算当时鹿类数量

历五代人 129 年的保护至今。乌邦寺麋鹿种群起始于 1894 年 10 月至 1901 年 3 月 11 世贝福特公爵购买的残存于欧洲的 18 头麋鹿(表 1),其中只有来自巴黎的 1 头雄鹿和 6 头雌性麋鹿(包括来自柏林的 2 头亚成体)开始繁殖,其余则未繁殖<sup>[3]</sup>。由于种群数量有限,截至到 1913 年鹿群数量增加缓慢,至第一次世界大战前麋鹿种群数量达到 72 头。在第一次世界大战期间约一半的麋鹿因疾病和饥饿死亡,损失惨重。在第二次世界大战前,麋鹿数量发展到 255 头。第二次世界大战后,乌邦寺陆续输出麋鹿,从 1956 年至 1986 年间共输出 252 头(图 2)。在此期间出生麋鹿 1929 头,死亡 1867 头,特别是 1986 年出生 52 头,死亡 190 头<sup>[13]</sup>,这使得刚摆脱灭顶之灾的麋鹿又损失惨重。随后麋鹿种群得到一定的恢复,截止到 1979 年,全世界共有麋鹿 994 头,其中乌邦寺种群近 300 头(图 3)。目前世界上所有的麋鹿都是乌邦寺麋鹿种群的后裔,乌邦寺麋鹿种群为拯救麋鹿做出了卓越的贡献。

Table 1    Père David's deer population in Woburn Abbey from 1894 to 1901				
进入时间 Date	来源 Origin	雄性 Mate	雌性 Female	仔鹿 Young deer
1894 年 10 月	法国巴黎	1	1	—
1895 年 8 月		2	1	—
1896 年 9 月		—	1	—
1897 年 10 月	比利时安特卫普	—	1	—
1898 年 9 月		1	—	—
1899 年 9 月	法国巴黎	2	2	—
1900 年 4 月	来源不明	—	—	2
1900 年 11 月	德国	科隆动物园	1	—
1901 年 3 月		柏林动物园	—	—
总计进入 Total			18	
数据来源于英国牛津大学动物学系玛雅·博伊德( Maria Boyd)女士				

### 3.2 南海子麋鹿种群

北京麋鹿苑地处大兴区鹿圈乡的三海子,元朝时称“下马飞放泊”<sup>[14]</sup>,是元明清三代麋鹿在中国的唯一栖息地。1985 年经过中外学术界的努力,从乌邦寺麋鹿种群引进 20 头青年麋鹿,建立了北京南海子麋鹿种

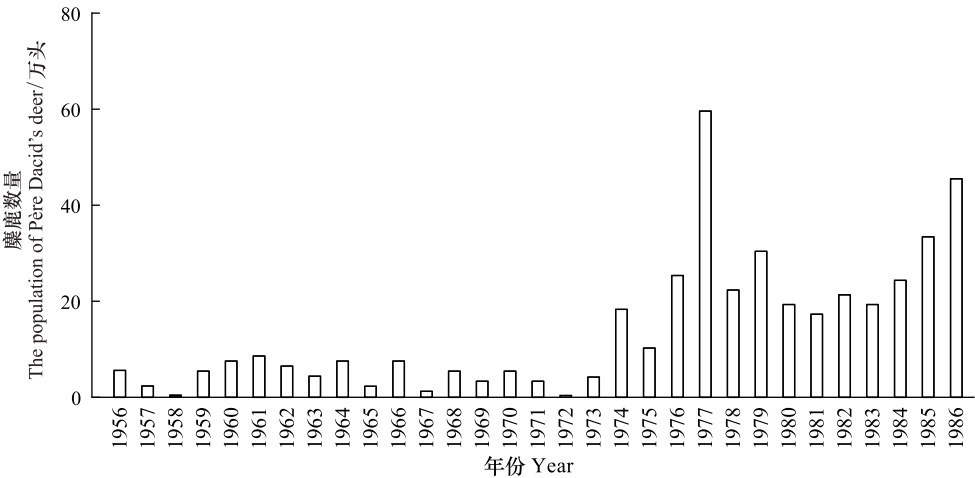


图2 乌邦寺 1956 年—1986 年输出麋鹿数据  
Fig.2 Output data of Père David's deer from year 1956 to 1986 from Woburn Abbey

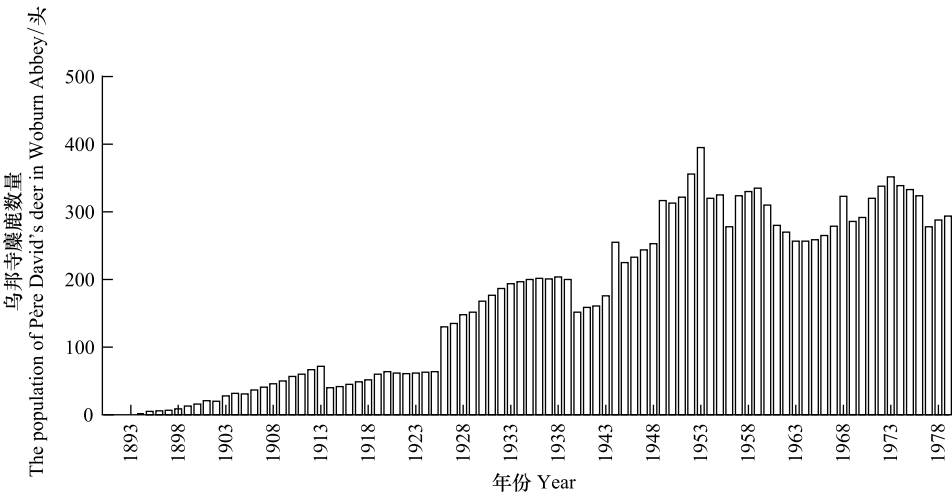


图3 乌邦寺历年麋鹿种群数量 (数据来源于英国牛津大学动物学系玛雅·博伊德女士)  
Fig.3 The population of Père David's deer in Woburn Abbey (Data from Maria Boyd, Department of Zoology, Oxford University, UK)

群;1987 年 8 月又从乌邦寺引进麋鹿 18 头,进一步扩大基础群。从种源上看:鹿群介于 14 月龄左右、体重 90 千克上下、雌雄性别比为 4:1,且五代内无亲缘关系,同父同母的后代仅引进 1 只(表 2),质量较优。

表 2 1985 年南海子麋鹿的建群种数据  
Table 2 Building species data of Nanhaizi Père David's deer in year 1985

编号 Number	性别 Gender	月龄 Month	体重/kg Weight	父本 Male parent	母本 Female parent	备注 Notes
1	♀	14	70	W7	Y126	×
2	♂	36	130	R27	Y127	未输出
3	♀	14	80	R12	Y128	√
4	♀	26	110	R25	Y129	未输出
5	♀	14	85	R13	Y130	√
6	♀	14	86	W10	Y131	√
7	♀	14	78	W9	Y132	√

续表						
编号 Number	性别 Gender	月龄 Month	体重/kg Weight	父本 Male parent	母本 Female parent	备注 Notes
8	♀	26	104	R11	Y133	✓
9	♀	14	80	R21	Y134	✓
10	♂	48	143	R26	Y135	×
11	♀	14	84	R17	Y136	未输出
12	♀	14	89	R22	Y137	✓
13	♀	26	117	R24	Y138	未输出
14	♀	14	81	R23	Y139	✓
15	♀	14	92	R19	Y140	✓
16	♀	14	84	R16	Y141	✓
17	♀	14	81	R13	Y142	✓
18	♀	14	82	R14	Y143	✓
19	♀	14	82	W4	Y144	×
20	♀	14	79	R29	Y145	×
21	♀	14	82	W5	Y146	未输出
22	♂	14	102	R32	Y147	✓
23	♂	14	89	R31	Y148	✓
24	♂	14	92	W2	Y149	✓
25	♀	14	86	R28	Y150	✓
26	♀	14	80	R30	Y151	未输出
27	♀	14	90	W1	Y152	✓
28	♂	14	93	W3	Y153	未输出
29	♂	14	99	R33	Y154	✓
30	♀		资料不详			✓
31	♀		资料不详			✓

数据来源于靳旭的《中国第一篇麋鹿科学研究文献评介》<sup>5</sup>;经与贝福特公爵家族及后人确认;W 和 R,代表来源于乌邦寺的公鹿;乌邦寺送给中国的公鹿有 W 和 R 两个编号;W 代表乌邦寺英文 Woburn Abbey(1661 年乌邦寺名叫 Well Wooded Deer Park)的首字母,表明这批麋鹿血缘最早;R 来源于十一世公爵小名 Robin 的首字母,代表乌邦寺麋鹿与其他鹿类的杂交后代命名方法;Y 代表来源于乌邦寺的母鹿;Y 是 yaa 的首字母,yaa 是十一世贝福特公爵夫人家乡语中星期四的意思;乌邦寺的第一头母鹿是周四出生的,后来母鹿都以 Y 编号

经过两次引种后,1987 年南海子麋鹿种群起步雌雄比例为 33:5,1988 年麋鹿总数达 53 头,1990 年增至 201 头(图 4)。由于北京近年来城市化进程加快,该保护区面积过小,为避免种群压力过大,从 1988 年开始不

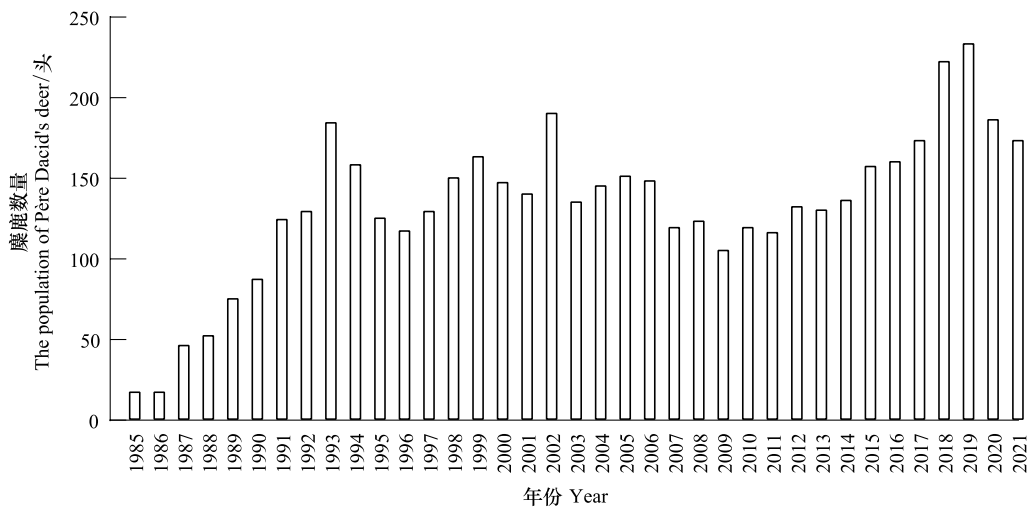


图 4 南海子麋鹿种群数量  
Fig.4 The population of Père David's deer in Nanhaizi

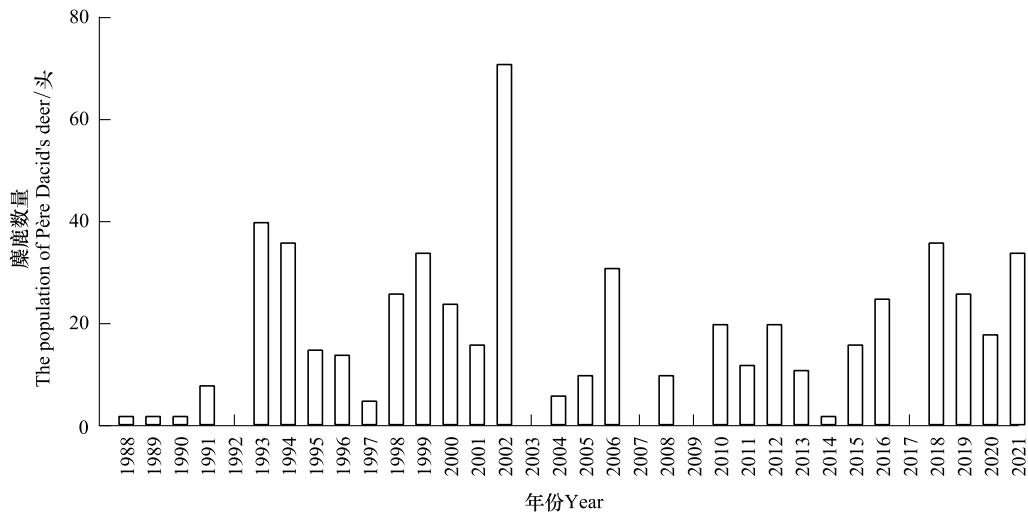


图 5 南海子麋鹿输出数据

Fig.5 Output data of Père David's deer from Nanhaizi

断向外输出麋鹿(图 5),支持并建立了湖北石首保护区。北京南海子种群则常年保持在 100—200 头左右,为中国麋鹿的种群遗传多样性和迁地保护做出了巨大贡献<sup>[15]</sup>。

3.3 大丰麋鹿种群

江苏大丰麋鹿国家级自然保护区,位于大丰东南角林场内,属于亚热带与暖温带的过渡地带,适宜喜温作物生长<sup>[16]</sup>。保护区面积由当初林场 500 hm<sup>2</sup>增加至 2666.7 hm<sup>2</sup>,实际利用滩涂面积达 5333.3 hm<sup>2</sup>。1986 年 8 月 14 日,世界自然保护联盟(IUCN)、世界自然基金会(WWF)、中国国家林业部合作,从英国伦敦动物学会的 7 家动物园挑选 39 头麋鹿(雄 13,雌 26,表 3)作为大丰种群的建群种。

表 3 1986 年大丰麋鹿种群及野生建群种数据

Table 3 Building species data of Dafeng Père David's deer in year 1986

来源 Origin		雄性 ♂ Mate	雌性 ♀ Female	仔鹿 Young deer
英国伦敦动物学会 Zoological society of London, UK	巴耐尔德鲁蒙德 Blair Drummond	—	3	—
	赤斯特 Chester	1	2	—
	格拉斯哥 Glasgow	2	5	—
	克鲁斯里 Knowsley	—	4	—
	龙利特 Longleat	2	—	—
	马维尔 Marwell	—	2	—
	回普斯奈德 Whipsnade	7	11	—
总共引进 Total		39		
野外放归 Return to wild	1998 年 11 月 5 日	1	5	2
	2002 年 6 月 27 日	2	4	—
	2003 年 10 月 26 日	6	12	—
	2006 年 10 月 18 日	7	14	—
	2016 年 10 月 16 日	10	20	—
野外总放归 Total			83	

资料来源于丁玉华的《中国麋鹿研究》<sup>[13]</sup>

经 33 年的发展,江苏大丰麋鹿国家级自然保护区麋鹿种群数量从最初的 39 头增长到 2019 年的 5016 头(图 6),数量增长了 100 多倍,表明大丰保护区的生态环境对于麋鹿是比较理想的<sup>[17]</sup>。目前,江苏大丰麋鹿国家级自然保护区是世界上最大的麋鹿种群和最大的麋鹿活体基因库,也是人类在动物及其栖息地保护历史

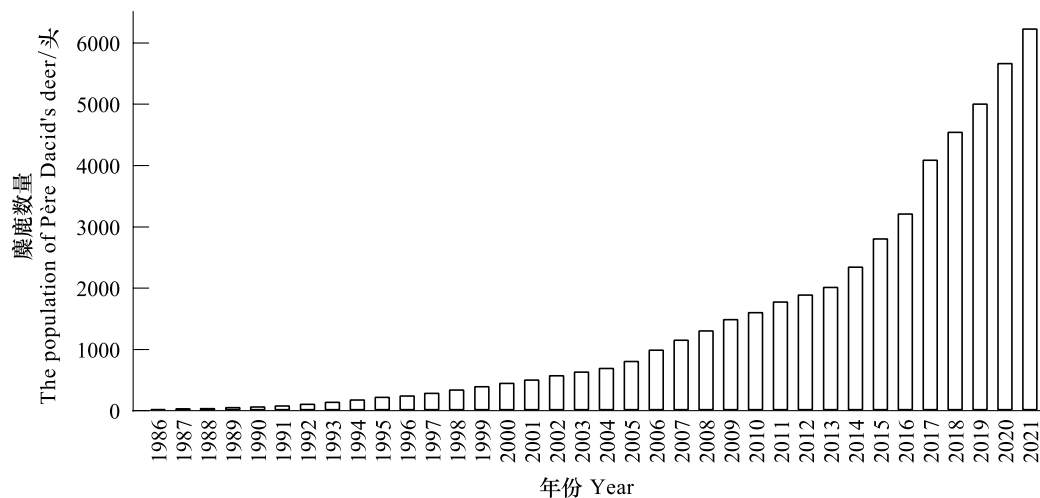


图 6 大丰麋鹿种群数量

Fig.6 The population of Père David's deer in Dafeng

上一个成功的范例。

### 3.4 石首野化麋鹿种群

石首保护区属江汉湖盆的一部分,东起天鹅洲长江故道的沙口村堤,西抵柴码头村,南至长江,北达长江故道水面,属典型的河流冲积物沉积而成的洲滩平原,亚热带季风气候<sup>[18]</sup>。

石首保护区的麋鹿来源于南海子和大丰保护区(表 4,数据来自 Maria Boyd 遗留的资料),石首麋鹿野生种群分布于三合垸,杨波坦和湖南境内洞庭湖区。截至 8 月 30 日,2019 年共产仔 187 头,种群数量也达到 1600 头(图 7),此种群为世界上第一个麋鹿野化种群<sup>[19]</sup>。

表 4 石首麋鹿种群及野外种群来源

Table 4 Building species data of the population of Père David's deer in Shishou and source of wild population

来源 Origin		时间 Date	雄性 ♂ Male	雌性 ♀ Female	仔鹿 Young deer
北京 Beijing	南海子 Nanhaizi	1993 年 10 月 31 日	8	22	—
	南海子 Nanhaizi	1994 年 12 月 31 日	10	24	—
	南海子 Nanhaizi	2002 年 10 月	10	20	—
江苏 Jiangsu	大丰 Dafeng	2016 年 3 月 3 日	5	11	—
	总计引入 Total			110	
	野化(逃逸)	1996 年 6 月 20 日	1	—	—
	Wild (Escape)	1998 年春、夏	7	29	—
		2000 年 10 月 26 日	—	12	—
野外总计放归 Total				49	

## 4 麋鹿种群发展的隐忧

### 4.1 遗传多样性趋同

现有的麋鹿种群包括我国的麋鹿均来源于英国乌邦寺种群,长期以来近交衰退的加剧,且没有外来的大量种群作为缓冲和补充,极易产生遗传漂变<sup>[20]</sup>。虽然从表观上看,麋鹿种群经过数代近亲交配后未出现明显的退化现象,但其种群性遗传多样性趋同、个体之间的遗传相似度高,影响其未来可持续发展的潜力,因此麋鹿种群遗传多样性趋同的隐忧一直存在。在人类长期的干预下,采取了包括引入其它鹿类如马鹿基因等措施<sup>[13]</sup>,使得麋鹿突破了最小种群繁殖瓶颈限制,但麋鹿种群进一步发展壮大仍需增加其种群遗传多样性。目

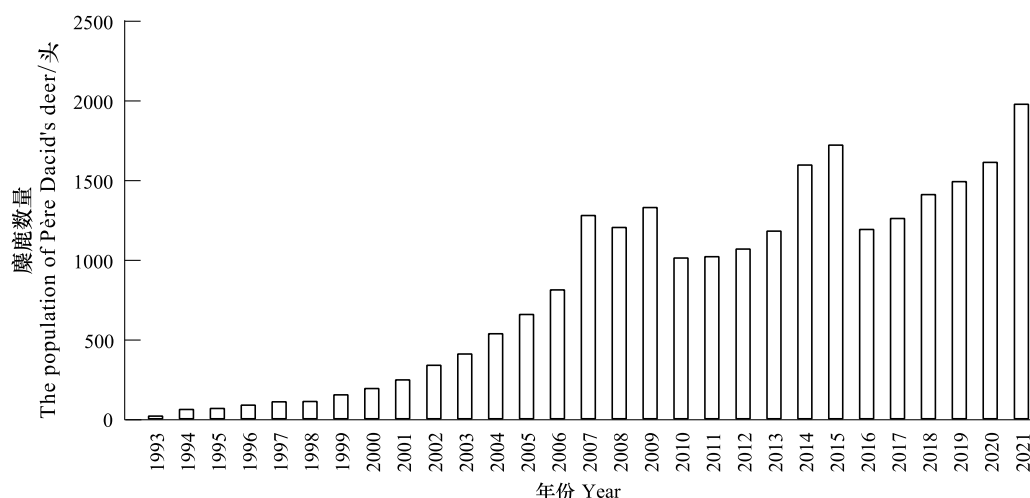


图7 石首麋鹿种群数量

Fig.7 The population of Père David's deer in Shishou

前本文对麋鹿遗传多样性的认知仍很有限,需要进一步对基因多样性进行深入系统的研究分析,对影响其遗传发展的因素进行全方位的筛查,配合麋鹿野外驯化,提升麋鹿遗传多样性<sup>[21—22]</sup>。

## 4.2 生态位压力严峻

麋鹿作为平原湿地的物种,与同域生活的其他食草类动物的采食生态位不同,主要采食牧草的尖部,而牛主要采食牧草的中间部位,羊采食牧草的根部<sup>[23]</sup>,这在一定程度上限制了其食物来源。麋鹿适应湿地的优势性状也成了其走出湿地的障碍。首先,宽大的蹄子,虽增大了与湿地的接触面积,适应湿地行走与奔跑,但也决定了麋鹿一旦走出湿地,其不具备与高山林地鹿类和其他草食动物一样奔跑速度,容易被天敌捕食<sup>[24—25]</sup>。其二,较长的尾巴是麋鹿迈向陆地后面临的又一威胁。走出湿地的鹿类面临的生态位是林缘地带,其它鹿类如马鹿、梅花鹿等则完全占领了这个生态位,麋鹿则因为尾巴较长,容易被草地或者林子牵绊,不利于躲避天敌。其三,角主干在前,分叉在后,马鹿主干在后,分叉在前;在林缘地带,鹿角的形态决定了马鹿更有竞争力,在打斗上麋鹿又败下阵来<sup>[26—29]</sup>。“四不像”特征,造就其“成也麋鹿败也麋鹿”的局面,面临着严峻的生态竞争压力。

## 4.3 生存竞争压力大

在人类帮助下,消除了麋鹿的天敌,解决了冬季食物短缺、自然灾害和控制疾病等威胁麋鹿生存的问题,但麋鹿的野外生存技能堪忧,其缺乏有效应对野外生存所必需的觅食、逃避天敌的技巧。同时,因麋鹿在皇家园囿近 1000 年的人工看护,造成了口器及消化酶的变化<sup>[30]</sup>,在一定程度上丧失了野外环境的生存本领,仅靠有限的生态记忆来勉强维系<sup>[31]</sup>。加上栖息地退化、种群密度过高、洪水、野狗咬伤、血吸虫等诸多制约因素<sup>[32]</sup>,也使得麋鹿面临严峻的疫情困扰和生存竞争压力。

## 5 麋鹿未来的发展对策

### 5.1 引种和输出并举

在全世界范围内扩大野外自然种群同时,麋鹿的引种和输出(重引入、扩散和野化)是提升麋鹿遗传多样性的重要举措。麋鹿在不同的地理、气候和生态环境中野外放养,能够最大限度地丰富和发展麋鹿基因的遗传多样性;进一步探索通过国际、区域、种群间的相互交流,提高种质资源和基因资源的互换,丰富遗传多样性,促进种群的可持续发展。在引种和输出时,尽可能要首先扩大引种距离,提高麋鹿对生态跨度的适应能力<sup>[33]</sup>;再者要兼顾老少结合,各年龄段的麋鹿都要成为引入或输出的对象,比如绝经期老年群体的存在可以加大幼龄动物的存活率(鲸鱼和大象);最后要充分考虑日照因素对麋鹿的影响<sup>[34]</sup>。麋鹿演化从热带东南方

滨海湿地向内陆沿江河湿地逐渐推进,即所受日照逐渐缩短;如引种方向与自然扩散方向应该一致,否则由北向南扩散则导致生育期缩短、发育提前<sup>[35]</sup>,会对麋鹿保护带来不利影响。

## 5.2 种群保护与栖息地保护并重

随着麋鹿数量的增多,种群的保护需要系统性的整体规划引导,才能保障麋鹿种群的种质安全和可持续增长。同时,栖息地出现不同程度超过容纳上限的现象<sup>[36]</sup>,加上保护区日益被周围成片的居民和农田分割成保护孤岛,有效的栖息面积被进一步压缩<sup>[37]</sup>。因此,一方面要加大种群数据库的建设,统筹布局区域性种群保护规划。如扩散种群的跟踪数据档案、精液和卵子冻存、生态价值和经济价值开发规划等需建立可持续性的保护和长效机制。另一方面要加强栖息地的大数据监测和数据库建设<sup>[38]</sup>。随着麋鹿种群密度上升,对有限空间资源和竞争加剧<sup>[39]</sup>,可适度考虑麋鹿降级和放归等<sup>[40]</sup>。依托数据分析,推动麋鹿国家公园建设,进行麋鹿栖息地质量改善,如自然林改造、水系改造(河道疏浚、水系整理、灌排建设)和植被恢复(牧草多样化种植、适度植树造林、围网轮牧)等,改变保护区核心区植物群落结构简单化、脆弱化和物种多样性低的局面,开展湿地修复和湿地保护,营造泥泞地,扩大湿地修复范围<sup>[24]</sup>,拓展麋鹿生存空间<sup>[41]</sup>。

## 5.3 疫病预警监测和防控并进

近年来,麋鹿种群陆续出现畸形角<sup>[42]</sup>、软角瘤、疣状角、夏季脱角、白内障鹿等异常情况<sup>[43-44]</sup>,对麋鹿可持续发展造成隐患和潜在威胁<sup>[36]</sup>。同时,随着麋鹿活动范围扩大,传染病传入的风险加大<sup>[45]</sup>;30多年来,麋鹿的遗传多样性仍然比较贫乏,加上麋鹿种群密度过大<sup>[46]</sup>,极易导致疫病的爆发<sup>[47]</sup>。因此实施在线监测,加强智能预警体系建设迫在眉睫。一方面强化麋鹿源疫病防控,提高监测预警能力,阻断麋鹿疫病传播途径<sup>[30]</sup>;开展麋鹿疫病病原调查<sup>[48]</sup>,研究传播规律和流行特点,制定诊断方法和防控措施<sup>[49]</sup>,制定麋鹿源疫病监控的长期计划<sup>[50]</sup>;开发麋鹿专属疫苗,建立麋鹿种群安全防护网。另一方面制定应急预案,建立严格的隔离措施,及时处理病死麋鹿,配合适度开展种质选育淘汰老弱病残和有害基因<sup>[51]</sup>,确保麋鹿种群的安全。

## 5.4 研究和保护并行

麋鹿保护为主题的物种保护与生物多样性保护是麋鹿与人类和谐共生的基石,建立以麋鹿为主题的监测平台和科研平台,切断鹿源疫病和微生物向其他物种及人类蔓延的途径,为其他物种安全提供可靠的防火墙。切实提升科研实力和科研合作,实现成果在线共享,以推动麋鹿保护的可持续发展<sup>[52]</sup>;坚持麋鹿与其栖息地保护优先的原则,尝试建立领养、寄养模式,为生物多样性保护和生态文明建设蓄积力量。

## 参考文献(References):

- [1] Marsh O C. A horned artiodactyle (*Protoceras celer*) from the Miocene. American Journal of Science, 1891, 3(241): 81-82.
- [2] Chritz K L, Dyke G J, Zazzo A, Lister A M, Monaghan N T, Sigwart J D. Palaeobiology of an extinct ice age mammal: stable isotope and cementum analysis of giant deer teeth. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2009, 282(1-4): 133-144.
- [3] 曹科清. 麋鹿研究. 上海: 上海科技教育出版社, 2005: 88-167.
- [4] Stirton R A. A new genus of artiodactyla from the clarendon lower Pliocene of Texas. University of California Publications, Bulletin of the Department of Geological Sciences, 1932, 21(6): 147-168.
- [5] 靳旭. 中国第一篇麋鹿科学研究文献评介. 麋鹿与生物多样性保护国际研讨会论文集. 北京: 北京市科学技术研究院, 2015: 44-57.
- [6] 蒋志刚, 李春旺, 曾岩. 麋鹿的配偶制度、交配计策与有效种群. 生态学报, 2006, 26(7): 2255-2260.
- [7] Yang D D, Song Y C, Ma J Z, Li P F., Zhang H, Price M R S, Li C L, Jiang Z G. Stepping-stones and dispersal flow: establishment of a meta-population of Milu (*Elaphurus davidianus*) through natural re-wilding. Scientific Reports, 2016, 6(1): 27297.
- [8] Zhu L F, Deng C, Zhao X, Ding J J, Huang H S, Zhu S L, Wang Z W, Qin S S, Ding Y H, Lu G Q, Yang Z S. Endangered Père David's deer genome provides insights into population recovering. Evolutionary Applications, 2018, 11(10): 2040-2053.
- [9] 绿文. 我国麋鹿种群数量超过 8000 只. 国土绿化, 2020, (11): 54-54.
- [10] Zeng Y, Jiang Z G, Li, C W. Genetic variability in relocated Père David's deer (*Elaphurus davidianus*) populations-implications to reintroduction program. Conservation Genetics, 2007, 8(5): 1051-1059.
- [11] Zhang C Z, Chen L, Zhou Y, Wang K, Chemnick L G, Ryder O A, Wang W, Zhang G J, Qiu Q. Draft genome of the milu (*Elaphurus davidianus*). Gigascience, 2018, 7(2): gix130.
- [12] 盛和林. 中国麋类动物. 上海: 华东师范大学出版社, 1992.
- [13] 丁玉华. 中国麋鹿研究. 长春: 吉林科学技术出版社, 2004.

- [14] 白加德, 张林源, 钟震宇, 董洁. 中国麋鹿种群发展现状及其研究进展. 中国畜牧兽医, 2012, 39(11): 225-230.
- [15] 张树苗, 梁兵宽, 张林源, 胡德夫. 我国圈养麋鹿种群发展面临的挑战及保护管理对策. 林业调查规划, 2011, 36(2): 128-132.
- [16] 徐安宏, 任义军, 原宝东. 大丰麋鹿种群复壮制约因素和发展策略探讨. 当代畜牧, 2017, (2): 45-48.
- [17] 安玉亭, 王立波, 解生彬, 任义军, 俞晓鹏, 杨禹治, 原宝东. 大丰麋鹿种群密度制约及资源化潜力初探. 当代畜牧, 2019, (4): 23-26.
- [18] 杨道德, 马建章, 何振, 李鹏飞, 温华军, 蒋志刚. 湖北石首麋鹿国家级自然保护区麋鹿种群动态. 动物学报, 2007, 53(6): 947-952.
- [19] 宋玉成, 李鹏飞, 杨道德, 温华军, 张玉铭, 蒋志刚. 湖北石首散养麋鹿种群的调控机制: 密度制约下种群产仔率下降. 生物多样性, 2015, 23(1): 33-40.
- [20] 于长青. 中国麋鹿遗传多样性现状与保护对策. 生物多样性, 1996, 4(3): 130-134.
- [21] 沈华, 任义军, 解生彬, 刘彬. 麋鹿的驯化. 畜牧兽医杂志, 2014, 33(2): 85-86.
- [22] 侯立冰, 孙大明, 任义军, 俞晓鹏. 麋鹿大规模驯养实践与思考. 当代畜牧, 2018, (20): 63-64.
- [23] 孟庆辉, 陈永杏, 白加德, 刘艳菊, 陶秀萍, 刘翀, 董红敏, 郭青云, 钟震宇, 朱佳伟, 孟玉萍, 陈开胜, 成振华. 放牧条件下白牦牛采食的季节性微调及其效应. 农业工程学报, 2016, 32(18): 219-224.
- [24] 杨戎生. 麋鹿回归自然与湿地生态系统的保护. 河北师范大学学报, 1996, (S1): 62-65.
- [25] 赵世臻. 麋鹿与梅花鹿、马鹿之不同. 特种经济动植物, 2009, 12(7): 5-6.
- [26] 方仲祺. 鹿角多级结构及其力学性能研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2018.
- [27] 包海鹰. 我国鹿类及各种鹿角形态特征的研究. 中医药信息, 1994, (5): 27-31.
- [28] Blob R W, LaBARBERA M. Correlates of variation in deer antler stiffness: age, mineral content, intra-antler location, habitat, and phylogeny. Biological Journal of the Linnean Society, 2001, 74(1): 113-120.
- [29] Blob R W, Snelgrove J M. Antler stiffness in moose (*Alces alces*): correlated evolution of bone function and material properties? Journal of Morphology, 2006, 267(9): 1075-1086.
- [30] Wang L, Ding J J, Yang Z S, Chen H, Yao R, Dai Q, Ding Y H, Zhu L F. Père David's deer gut microbiome changes across captive and translocated populations: Implications for conservation. Evolutionary Applications, 2019, 12(3): 622-635.
- [31] Li C W, Yang X B, Ding Y H, Zhang L Y, Fang H X, Tang S H, Jiang Z G, Matt H. Do Père David's deer lose memories of their ancestral predators? PLoS One, 2011, 6(8): e23623.
- [32] 李鹏飞, 丁玉华, 张玉铭, 杨涛, 宋玉成, 蔡家奇, 姚毅. 长江中游野生麋鹿种群的分布与数量调查. 野生动物学报, 2018, 39(1): 41-48.
- [33] 朱悦, 赵明, 钱大玮, 彭蕴如, 刘睿, 刘梦秋, 王倩, 丁玉华, 段金殿. 麋鹿资源古代利用状况与现代研究进展. 中国现代中药, 2019, 21(9): 1157-1168.
- [34] 侯立冰, 丁晶晶, 丁玉华, 任义军. 气候变化与麋鹿生存之间的关系. 北京林业大学学报, 33(S2): 11-15.
- [35] Brinklow B R, Loudon A S. Gestation periods in the Père David's deer (*Elaphurus davidianus*): evidence for embryonic diapause or delayed development. Reproduction, Fertility, and Development, 1993, 5(5): 567-575.
- [36] 张国斌. 麋鹿干扰对栖息地的影响及种群动态研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2005.
- [37] 张树苗, 白加德, 李夷平, 陈颀, 程志斌, 孟庆辉, 胡德夫, 梁兵宽. 中国麋鹿迁地保护现状保护模式及保护建议. 林业资源管理, 2017, (2): 16-22.
- [38] 张树苗, 梁兵宽, 张林源, 李坤. 中国麋鹿种群现状与潜在资源利用. 林业调查规划, 2009, 34(4): 41-45.
- [39] 丁玉华, 丁晶晶, 李鹏飞, 朱建强. 中国野生麋鹿种群发展策略探究. 江苏林业科技, 2018, 45(5): 49-51, 56-56.
- [40] 徐安宏, 俞晓鹏. 大丰麋鹿保护现状与可持续发展策略探讨. 安徽农业科学, 2019, 47(5): 107-109.
- [41] 任静. 基于 GPS 技术的洞庭湖区野外放归麋鹿种群迁移行为研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2019.
- [42] 丁玉华, 李鹏飞, 杨涛, 钟震宇, 张玉铭, 丁晶晶. 麋鹿畸形角的研究初探. 特种经济动植物, 2021, 24(4): 27-28.
- [43] 程志斌, 刘定震, 白加德, 钟震宇, 林润生, 田东晓, 王丽斌, 刘田. 麋鹿鹿角脱落、群主更替、产仔的年节律及其环境影响因子. 生态学报, 2020, 40(18): 6659-6671.
- [44] 程志斌, 白加德, 钟震宇. 麋鹿鹿角生长周期及影响因子. 生态学报, 2016, 36(1): 59-68.
- [45] 张树苗, 李夷平, 陈颀, 孟庆辉, 程志斌, 陈星, 白加德. 北京南海子麋鹿苑春季麋鹿粪样皮质醇激素变化及其指示作用. 野生动物学报, 2021, 42(2): 522-527.
- [46] 王立波, 姜慧, 安玉亭, 杨禹治, 原宝东. 中国麋鹿种群现状分析及保护对策探讨. 野生动物学报, 2020, 41(3): 806-813.
- [47] 王立波, 解生彬, 姜慧, 徐亦忻, 原宝东, 费荣梅. 中国麋鹿疾病的病例分析. 畜牧与兽医, 2020, 52(4): 135-138.
- [48] 郭青云, 白加德, 钟震宇, 倡蓉蓉, 白雪, 单云芳, 程志斌, 孟玉萍. 初生麋鹿小肠肥大细胞的形态和分布特点. 中国兽医杂志, 2020, 56(11): 63-64, 124-124.
- [49] 张树苗, 梁兵宽, 张林源, 胡德夫, 刘艳菊, 白加德, 陈星, 李夷平, 陈颀. 健康麋鹿血清总蛋白、白蛋白和球蛋白含量的分析. 天津师范大学学报: 自然科学版, 2015, 35(3): 109-111.
- [50] 朱佳伟, 李俊芳, 陈颀, 杨峥, 刘艳菊. 半散放麋鹿的粪便成分分析. 黑龙江畜牧兽医, 2017, (11): 213-214.
- [51] 李俊芳, 单云芳, 钟震宇, 程志斌, 刘田, 王丽斌, 白加德. 健康麋鹿血液生理生化指标参考值范围的建立. 黑龙江畜牧兽医, 2017, (1): 235-238.
- [52] Liu J G, Dietz T, Carpenter S R, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell A N, Deadman P, Kratz T, Lubchenco J, Ostrom E, Ouyang Z Y, Provencher W, Redman C L, Schneider S H, Taylor W W. Complexity of coupled human and natural systems. Science, 2007, 317(5844): 1513-1516.