

不同年龄麋鹿角的脱落时间与形态特征比较

张智, 李坤*, 张林源, 陈颀, 杨萌, 陈星, 钟震宇

(北京麋鹿生态实验中心, 北京 100076)

摘要: 鹿角是大部分鹿科动物的第二性征。麋鹿仅雄性具角, 且角枝向后分枝, 呈多回分支状, 形态特征与其他鹿科动物不同。针对麋鹿的脱落时间、角型特征、外部形态与年龄关系等问题, 2008 年 12 月 ~ 2009 年 3 月在北京麋鹿苑对麋鹿角进行了标记、收集与测量。结果表明: 解角期持续时间长短与种群年龄结构有关; 麋鹿角的重量、角基周长、主干长度、后枝长和角宽 5 个变量与年龄显著线性相关, 其中重量和角基周长与年龄的相关性最显著。麋鹿角并不完全是每增加 1 岁就增加 1 个分枝, 依据鹿角分枝数只能对年龄进行大致判断。

关键词: 麋鹿; 鹿角; 形态特征; 年龄

中图分类号: Q959.8; Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2010)06-0868-06

Comparison of Shed Time and Morphology on Age-specific Antlers of Père David's Deer (*Elaphurus davidianus*)

ZHANG Zhi, LI Kun*, ZHANG Lin-yuan, CHEN Qi, YANG Meng, CHEN Xing, ZHONG Zhen-yu

(Beijing Center of Milu Ecological Researcher, Beijing 100076, China)

Abstract: Antler development is a secondary sexual character for most male cervids. In Père David's deer (*Elaphurus davidianus*), antlers develop only in the males and the antler morphology is different from other cervids because the tines branch backwards. To understand the occurrence pattern in antler shedding and age-specific variation in antler size, marking antlers before shed, antler collection and measurements were conducted in Beijing Milu Park from December 2008 to March 2009. The results show that the duration of antler casting relates to the age structure of the population. Age-specific antlers weight, burr circumference, beam length, and length of backward branch and width were significantly linearly related to ages, and the relationships for weight and burr circumference to age were most significant. Additionally, the pattern "Each additional year-old, one tine more branched" was not identified completely, and the antler size was not stable when they were more than six years old. Therefore, using antler size to determine exact age is an inaccurate method of age determination.

Key words: *Elaphurus davidianus*; antler; age-specific morphology; age

鹿角是大部分鹿科 Cervidae 动物的第二性征 (Bubenik, 1982)。它是雄鹿保卫领域资源、发情交配期进攻和防御竞争对手的武器, 也起着向其他雄性个体展示自己力量和战斗能力的作用。此外, 鹿角也是雌性个体选择配偶时衡量雄性交配能力和遗传质量的依据 (Geist, 1966; Vanpé *et al.*, 2007)。由于鹿角是哺乳动物中唯一每年都可以进行全部更新的器官, 因此它是骨骼生物学中一个非常有趣的研究模型 (Price *et al.*, 2005; Landete-Castillejos *et al.*, 2007)。近年来, 许多学者选择马鹿 *Cervus elaphus*、驯鹿 *Rangifer tarandus*、草原鹿 *Ozotoceros bezoarticus* 等为研究对象, 对鹿角形态特征、影响其生长发育的

生态因子和生理因素、左右角枝波动对称性 (fluctuating asymmetry) 及其与繁殖成功率之间的关系等展开了研究 (Barrette & Vandal, 1990; Schmidt *et al.*, 2001; Bartoš & Bahbouh, 2006; Gaspar-López, 2008)。但是关于麋鹿角枝的研究报道还不多。

麋鹿 *Elaphurus davidianus* 俗称“四不像”, 隶属于鹿科麋鹿属, 仅雄性具角, 角的形态特征与其他鹿科动物不同, 角枝向后分枝, 呈多回分支状, 发育完整的麋鹿角能倒置于地面不倒 (丁玉华等, 2005; 李坤等, 2006)。在鉴定化石和现生麋鹿时, 麋鹿角枝是重要的依据, 因此曹克清 (1983) 在前人文献的基础上, 提出了关于麋鹿角统一描述方法和术语的建

收稿日期: 2009-10-09 接受日期: 2010-03-06

作者简介: 张智 (1980 ~), 男, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 保护生物学和动物生态学, E-mail: zhangzhicas@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: beaver@milupark.org.cn

致谢: 鹿角收集过程中, 北京麋鹿苑的张宏斌、赵永生、陶树美等给予大力支持; 文章撰写过程中, 夏经世研究员和王文研究员等提出了许多宝贵建议。

2.3 数据分析

同一个体的鹿角,由于左右枝之间的不完全对称,在重量、角基周长、主干长度等方面可能存在差异。为了探讨群体水平下每一变量在左右枝之间的差异性,本文将上述变量按左右枝分成配对组,使用配对 *t* 检验 (Paired samples *t* test) 进行检验。配对 *t* 检验的原假设为“左右枝之间没有差异性”,显著水平为 0.05,当 $P > 0.05$,接受原假设。还分别对重量、角基周长、主干长等变量与年龄进行了线性回归分析。在比较鹿角的重量、角基周长、主干长等变量在不同年龄之间是否存在差异时,如果数据符合正态分布,使用单因素方差 (Oneway-ANOVA),不符合正态分布时进行 Krushkal-wallis *H* 检验 (Gundale & DeLuca, 2006)。日期数据参与运算时,把解角起始日定义为 0,特定个体的解角时间以解角当天距离起始日的天数代表。若无特殊说明,各变量平均值以 $\bar{x} \pm s$ 表示。有关的统计分析使用 SPSS for Windows 13.0,图表制作在 Excel 2003 中完成。

3 结果

在 12 月初对麋鹿角进行标记时,北京麋鹿苑半散养区内的麋鹿种群数量为 121 头,其中雄性成体 34 头,标记雄鹿 27 头。2008 年 12 月 ~ 2009 年 3 月,共捡到鹿角 56 具,左右可以配对且年龄信息准确的角有 23 对,其余的角年龄信息不详或不能配对 (表 1)。有些鹿角在麋鹿日常生活中,由于争斗、机械损伤等,鹿角受到不同程度损毁时,只对部分测量指标进行分析。经 Kolmogorov-Smirnov 检验表明,鹿角重量 ($Z = 0.59, P = 0.88$)、角基周长 ($Z = 0.71, P = 0.70$)、主干长 ($Z = 0.93, P = 0.35$)、后枝长 ($Z = 0.75, P = 0.63$)、角宽 ($Z = 1.17, P = 0.13$) 5 个变量的数据符合正态分布,进行了单因素方差分析。

表 1 2008 ~ 2009 冬季麋鹿角的收集情况
Table 1 Antler collection of Père David's deers during winter season of 2008 ~ 2009

年龄 (岁) Age (Years)	角枝数量 Numbers of antlers	成对 Paired antlers
2	4	0
3	8	4
4	10	5
5	6	3
6	8	4
7	6	3
8	4	2
9	4	2
不详	6	0
总计	56	23

3.1 脱落时间

2008 年 12 月 19 日,一头 9 岁和一头 8 岁个体开始解角,到 2009 年 3 月 5 日,最后一头鹿的笔杆角脱落,整个解角期持续了 76 天。在所有年龄鹿角中,笔杆角最晚脱落,总体趋势是年老个体先解角,年轻个体后解角,解角时间与年龄呈明显的线性负相关 ($y = -8.41x + 64.97, R^2 = 0.86, P < 0.01$, 其中 *y* 代表解角时间, *x* 代表年龄)。但也有例外,如 7 岁麋鹿比 8 岁个体先解角 (图 2)。由于笔杆角体积小,脱落后不易发现,其准确的脱落时间难以确定,因此未将其列入左右角脱落时间的对比分析,其余各年龄组个体的双角脱落时间无明显差异 (Paired Samples *t* test, $P = 0.724 > 0.05, df = 22$)。

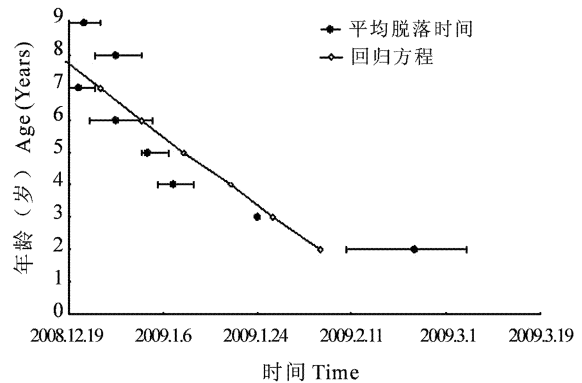


图 2 不同年龄个体的解角时间
(误差线左侧为最早脱落时间,右侧为最晚脱落时间)
Fig. 2 Shed time of age-specific Père David's deers antler
(Error bar is from the earliest shed time to the latest)

3.2 左右角枝对称性

为了检验鹿角左右枝的对称性,检验了鹿角左右枝的重量等 8 项配对指标 (Paired samples *t* test) (表 2)。除角宽之间存在显著差异外,其余 7 项指标左右枝之间差异不显著。特别是在分枝数量、后枝瘤突数和后枝小枝数等指标方面,左右枝之间存在差别,如左右角的分枝总数不同,后枝上瘤突和小枝的数量不同。

3.3 鹿角随年龄的变化

当雄性麋鹿生长到 12 ~ 13 月龄时,麋鹿角基开始萌生茸芽,并缓慢生长成初生角,呈笔杆状,角基无珍珠盘。笔杆角长度平均为 $14.06 \text{ cm} \pm 2.62 \text{ cm}$ ($df = 33$),角基周长平均为 $6.97 \text{ cm} \pm 0.62 \text{ cm}$ ($df = 33$),平均重量为 $34.49 \text{ g} \pm 9.36 \text{ g}$ ($df = 33$)。

方差分析结果表明,不同年龄段的鹿角重量之间存在极显著差异 ($F = 80.91, P < 0.01, df = 45$);多重比较 (LSD 法)表明,鹿角重量在 8 岁和 9 岁个体 ($P = 0.13, df = 7$)、7 岁和 8 岁个体之间差异不显

表 2 配对指标检验的结果
Table 2 Results of paired samples *t* test in Père David's deer antlers

变量 Variables	右角平均值 $\bar{x} \pm s$ of right antler	左角平均值 $\bar{x} \pm s$ of left antler	检验结果 Result of paired samples <i>t</i> test
重量 Weight(g)	1939.63 ± 938.74	1944.28 ± 966.85	$df = 19, P = 0.92 > 0.05$
角基周长 Burr circumference(cm)	19.54 ± 4.68	19.48 ± 4.92	$df = 21, P = 0.56 > 0.05$
主干长 Beam length(cm)	61.16 ± 11.17	61.27 ± 11.35	$df = 18, P = 0.94 > 0.05$
后枝长 Length of backward tine(cm)	55.28 ± 13.06	55.25 ± 14.28	$df = 21, P = 0.96 > 0.05$
角宽 Antler width(cm)	45.25 ± 10.77	47.97 ± 11.98	$df = 20, P = 0.01 < 0.05^*$
分枝数 Number of tines(个)	4 ± 1	4 ± 1	$df = 21, P = 0.07 > 0.05$
后肢瘤突数 Number of pearls(个)	2 ± 3	3 ± 3	$df = 20, P = 0.82 > 0.05$
后枝小刺数 Number of thorns(个)	2 ± 2	2 ± 2	$df = 20, P = 0.80 > 0.05$

著($P = 0.58, df = 9$)。对 3 岁以上个体的鹿角重量与年龄进行的线性回归分析表明,随着年龄增加,鹿角重量呈线性增加($y = 512.11x - 1069.52, R^2 = 0.89, P < 0.01, df = 42$, 其中 y 代表重量, x 代表年龄)(图 3), 9 岁时鹿角最重可达 4005 g。

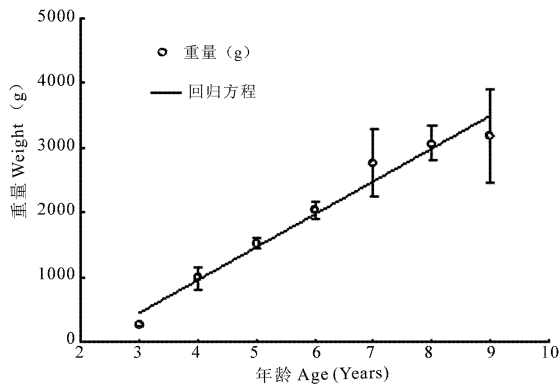


图 3 不同年龄鹿角的重量(误差线为 S. D)
Fig. 3 Weight of age-specific Père David's deers antler (Error bar is S. D)

对角基周长进行的方差分析结果表明,不同年龄鹿角的角基周长之间存在极显著差异($F = 165.81, P < 0.01, df = 45$)。多重比较表明,7 岁、8 岁和 9 岁个体的角基周长差异不显著(图 4)。线性回归分析表明,3 岁以上个体鹿角的角基周长与年龄呈线性正相关($y = 2.31x + 6.84, R^2 = 0.86, P < 0.01, df = 45$, 其中 y 代表角基周长, x 代表年龄), 8 岁个体的角基周长最大, 达 26.4 cm。

对主干长度进行的方差分析结果表明,不同年龄鹿角的主干长度之间存在极显著差异($F = 36.93, P < 0.01, n = 42$)。线性回归分析表明,3 岁以上个体鹿角的主干长与年龄呈线性正相关($y = 5.75x + 26.44, R^2 = 0.60, P < 0.01, df = 42$, 其中 y 代表主干长, x 代表年龄)(图 5), 9 岁个体的主干最长, 达 79.00 cm。

3 岁以上个体的鹿角开始向后分枝, 方差分析

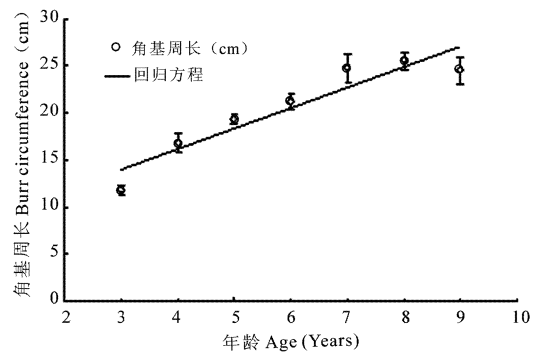


图 4 不同年龄鹿角的角基周长(误差线为 S. D)
Fig. 4 Burr circumference of age-specific Père David's deers antler (Error bar is S. D)

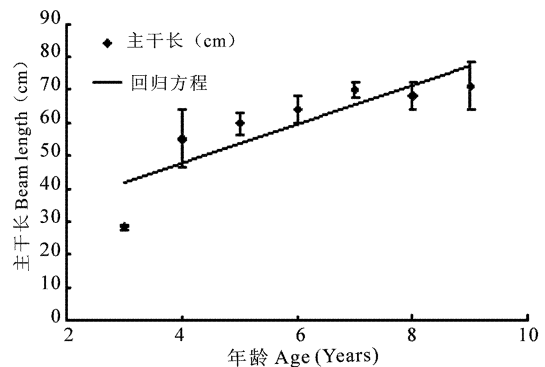


图 5 不同年龄鹿角的主干长度(误差线为 S. D)
Fig. 5 Beam length of age-specific Père David's deers antler (Error bar is S. D)

结果表明,不同年龄鹿角的后枝长度之间存在极显著差异($F = 156.54, P < 0.01, n = 43$)。线性回归分析表明,3 岁以上个体鹿角的后枝长度与年龄呈线性正相关($y = 6.70x + 18.14, R^2 = 0.82, df = 43$, 其中 y 代表后枝长度, x 代表年龄)(图 6)。9 岁个体的后枝最长, 达 76.0 cm。

此外,对角宽的方差分析结果表明,不同年龄鹿角的角宽之间存在极显著差异($F = 14.25, P < 0.01, df = 43$)。线性回归表明,角宽与年龄的关系符合线性正相关($y = 4.31x + 23.60, R^2 = 0.57, P < 0.01, df = 43$, 其中 y 代表角宽, x 代表年龄)。

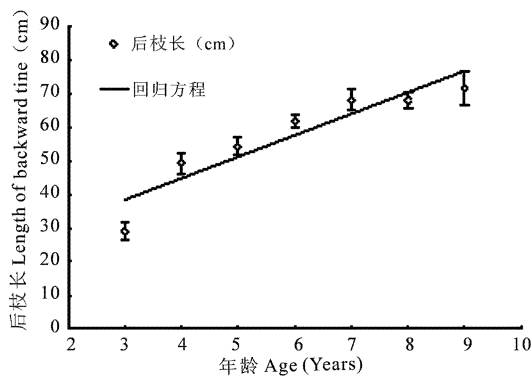


图 6 不同年龄鹿角的后枝长度(误差线为 S. D)

Fig. 6 Backward tine length of age-specific Père David's deers antler (Error bar is S. D)

麋鹿角的分枝随麋鹿年龄增长而趋复杂,年龄相同时,鹿角分枝数也不尽相同,甚至同一个体左右角的分枝数也有差别。本次共收集 8 具 3 岁个体的鹿角,其中分枝数为 3 个的有 7 具,分枝数为 2 个的有 1 具,有 1 头麋鹿左右角的分枝数不同。4 岁个体的鹿角也表现出类似情况,本次共收集 10 具 4 岁个体鹿角,分枝数为 3 个的有 4 具,其余分枝数为 4 个,有 2 头麋鹿其左右角的分枝数不同。本次所收集到的 5 岁个体的鹿角其分枝数都为 4 个。6 岁、7 岁、8 岁和 9 岁个体的分枝数更为复杂,既有 4 个分枝的,也有 5 个或 6 个分枝的。

此外,随着年龄的增加,鹿角表面的光滑程度开始发生变化,3~4 岁的鹿角表面光滑,后枝上无瘤突和小枝。5~9 岁个体鹿角主干出现纵沟和瘤突,后枝上生出许多并排的小杈。

3.4 不同年份的笔杆角

经 Kolmogorov-Smirnov 检验表明,不同年份笔杆状鹿角的重量 ($Z = 0.70, P = 0.71$)、长度 ($Z = 0.57, P = 0.905$)、周长 ($Z = 0.84, P = 0.49$) 的测量数据(表 3)符合正态分布,可进行单因素方差分析。对 7 年间收集的笔杆状鹿角进行的方差分析表明,不同年份鹿角的重量 ($F = 2.02, P = 0.09, n = 33$)、长度 ($F = 1.97, P = 0.11, n = 33$) 和角基周长 ($F = 1.58, P = 0.19, n = 33$) 差异不显著。

4 讨论

4.1 解角时间

对马鹿角研究表明,马鹿角的脱落与更替主要受睾丸激素控制,还受到其他生理因素和光照等影响(Landete-Castillejos & García, 2008)。每年 12 月到次年 1 月为麋鹿脱角长茸期(丁玉华等,1995;张

表 3 笔杆角的测量结果

Table 3 Results on the measurement of spike-antler

年份 Year	数量 Number	重量(g) Weight	长度(cm) Length	角基周长(cm) Burr circumference
1993	6	41.92 ± 4.14	15.23 ± 2.30	7.20 ± 0.28
1994	3	24.50 ± 2.02	10.93 ± 1.63	6.47 ± 0.31
1995	3	27.33 ± 4.23	12.60 ± 2.31	6.73 ± 0.31
1997	2	32.00 ± 3.00	14.30 ± 0.14	6.40 ± 0.00
1998	9	33.61 ± 2.63	14.62 ± 2.89	6.91 ± 0.65
1999	7	34.57 ± 3.88	13.11 ± 2.25	6.97 ± 0.90
2008	4	39.25 ± 4.11	16.05 ± 2.50	7.55 ± 0.34

林源等,2006),角枝脱落的高峰在 12 月下旬至 1 月中旬。麋鹿角脱落的时间和麋鹿的年龄、体况、光照、气候条件有关。在相同条件下,随着年龄的增加,机体发育成熟,其解角时间会逐渐提前(李坤等,2006)。本研究发现,麋鹿角脱落时间与年龄关系密切,总体趋势是年龄大的个体先解角,笔杆状角最后解角,但是年龄大于 7 岁的个体,其解角时间不符合整体趋势,有些相对年轻个体其解角时间较早,这可能与个体体况差异有关。解角较晚的年老个体,它们的膘情不如年轻个体肥硕,比较消瘦。由于受标记起始时间的影响,目前还缺少麋鹿生理寿命的相关资料,还不能准确判断 9 岁个体属于生命周期中的哪个阶段。从本研究对鹿角的分析来看,9 岁个体可能是中年向老年过渡的一个时期。

本次解角期从头年 12 月开始到次年 3 月 5 日结束,持续 76 天,比以往资料报道的时间长。解角期持续长短与种群年龄结构有关,其最终与麋鹿个体的年龄有关。种群年轻个体多时,解角较晚,解角期延长。种群个体年龄较大时,解角较早,解角期也相对较短。

4.2 左右枝对称性

麋鹿角枝间变异较大,就是同一头鹿的左右角也不尽对称(丁玉华,2004)。本次测量发现,在分枝数量、后枝上瘤突数量和小枝数量、主干上的光滑程度等方面,左右角枝存在不同程度的差异。瘤突和小枝等主要形成于茸质角阶段,茸质角在个体间打斗、树林中行走、树枝刮蹭、寄生虫叮咬等情况下易受损坏,很容易长出瘤突(丁玉华,2004)。

4.3 鹿角形态特征与年龄的关系

李坤等(2006)对鹿角生长指标进行的相关性分析表明,重量、主干长、高度、角基周长和后枝长 5 项生长指标之间呈显著相关。本文在参考李坤等研究的基础上,分析了这些生长指标与年龄之间的关系。

重量、角基周长、主干长、后枝长和角宽都与年龄呈显著线性相关,年龄是影响这些生长指标最根本的原因。这些指标与年龄的关系中,重量和角基周长与年龄的相关性最显著。

麋鹿在 12~13 月龄时,开始长笔杆状角,满 2 岁以后开始分枝,以后每增加 1 岁,分叉就增加 1 个。在麋鹿满 6 岁,角形基本固定成四叉角以后,分枝规律与年龄不再吻合(曹克清,1983;丁玉华等,1995;李坤等,2006)。本次研究发现,6 岁个体的鹿角其分枝数量并不稳定,并且 3~5 岁个体的分枝数量与年龄的关系也并不完全是“每增加 1 岁,分枝增加 1 个”。

4.4 不同年份的笔杆角

对 1 岁马鹿角开展的研究表明,出生日期和体重对其长度有较大影响(Schmidt *et al.*, 2001; Landete-Castillejos & García, 2008)。鹿角的生长发育与自身获得的营养有很大关系(Landete-Castillejos & García, 2008)。本研究中 7 年间收集的麋鹿笔杆状角在重量、长度和角基周长 3 项生长指标之间差异不显著。但是考虑到本文研究方法与上述研究的方法不同,在收集笔杆鹿角时,有些已折断或磨损,很难将其与正常鹿角区分,因此不同年份笔杆角是否存在差异有待进一步研究。

5 参考文献

- 曹克清. 1983. 关于麋鹿角枝的研究[J]. 兽类学报, 3(2): 157~164.
- 丁玉华, 任义军, 徐安宏, 等. 2005. 半散养麋鹿角的特征及其脱落生境选择[J]. 南京师大学报(自然科学版), 28(2): 79~82.
- 丁玉华. 1995. 现生麋鹿角的形态及其价值的研究[A]. 见: 张洁. 中国兽类生物学研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社: 390~393.
- 丁玉华. 2004. 中国麋鹿研究[M]. 长春: 吉林科学技术出版社: 242~244.
- 李坤, 张林源, 夏经世, 等. 2006. 麋鹿角与年龄的关系研究[A]. 见: 夏经世主编. 麋鹿还家二十周年国际学术交流研讨会论文集[C]. 北京: 北京出版社: 43~46.
- 汪松. 1998. 中国濒危动物红皮书(兽类卷)[M]. 北京: 科学技术出版社.
- 杨戎生, 张林源, 唐宝田, 等. 2003. 中国麋鹿种群现状调查[J]. 动物学杂志, 38(2): 76~81.
- 张林源, 王银章, 张灿如, 等. 2006. 麋鹿茸的开发及应用技术研究[A]. 见: 夏经世主编. 麋鹿还家二十周年国际学术交流研讨会论文集[C]. 北京: 北京出版社: 25~29.
- 钟震宇, 张林源, 夏经世, 等. 2005. 北京南海子麋鹿种群半散养饲养管理[J]. 经济动物学报, 9(1): 50~53.
- Barrette CD, Sparring V. 1990. Relative antler size, and assessment in male caribou[J]. Behav Ecol Sociobiol, 26: 383~387.
- Bartoš TR, Bahbouh. 2006. Antler size and fluctuating asymmetry in red deer (*Cervus elaphus*) stags and probability of becoming a harem holder in rut[J]. Biological Journal of the Linnean Society, 87: 59~68.
- Bubenik GA. 1982. The endocrine regulation of the antler cycle[A]. In: Brown RD. Antler Development in Cervidae[M]. Kingsville, TX: Caesar Kleberg Wildlife Research Institute; 73~107.
- Gaspar-López E, Gallego TLL, García AJ. 2008. Antler growth rate in yearling Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*)[J]. Eur J Wildl Res, 54: 753~755.
- Geist V. 1966. The evolution of horn-like organs[J]. Behaviour, 27: 175~214.
- Gundale M, DeLuca T. 2006. Temperature and source material influence ecological attributes of ponderosa pine and Douglas-fir charcoalp[J]. Forest Ecology and Management, 231(1-3): 86~93.
- IUCN. 2009. IUCN Red List of Threatened Species[J/LO]. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Accessed at 05 July, 2009.
- Jiang Z, Feng Z, Yu C, *et al.* 2000. Reintroduction and recovery of Père David's deer in China[J]. Wildlife Society Bulletin, 28: 681~687.
- Landete-Castillejos T, Currey JD, Estevez JA, *et al.* 2007. Influence of physiological effort of growth and chemical composition on antler bone mechanical properties[J]. Bone, 41: 794~803.
- Landete-Castillejos, García. 2008. antler growth rate in yearling Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*)[J]. Eur J wild Res, 54: 753~755.
- Price JS, Fauchaux C, Althnaian T, *et al.* 2005. Deer antlers: a zoological curiosity or the key to understanding organ regeneration in mammals? [J]. J Anat, 207: 603~618.
- Schmidt KT, Stien A, Albon SD, *et al.* 2001. Antler length of yearling red deer is determined by population density, weather and early life-history[J]. Oecologia, 127: 191~197.
- Vanpé CG, Kjellander P, *et al.* 2007. Antler size provides an honest signal of male phenotypic quality in Roe deer[J]. The American naturalist, 169(4): 481~493.