

祁连山高寒牧区甘肃马鹿产茸量的分析

侯扶江¹, 安玉峰²

(¹ 兰州大学草地农业科技学院/ 中国农业科学院草原生态研究所/ 甘肃草原生态研究所, 兰州 730020;

² 肃南裕固族自治县马鹿养殖场, 肃南 744000)

摘要: 对祁连山北坡高寒牧区放牧甘肃马鹿产茸情况的分析表明, 甘肃马鹿的鲜茸单产随年龄增长逐渐增加, 11岁产茸量最高, 此后产茸量下降。甘肃马鹿茸根围、眉枝长、冰枝基围、冰枝长、中枝长、中枝至茸端的距离等6个茸尺性状与茸干重呈显著正相关, 采用眉枝长、冰枝长和中枝长3个性状建立综合评定指数, 可有效评价该马鹿产茸量。灰色关联分析显示, 各气候因子在不同季节对产茸的影响有所差异, 其中5~6月是气候因素影响当年产茸量的关键时期, 这一时期日照时数对当年鹿茸产量影响最大, 总体而言气温与鹿茸产量的关系最为密切。4岁马鹿的产茸量与上一年平均气温呈显著负相关, 甘肃马鹿鹿群数量与产茸量之间呈线性正相关, 可用于该鹿场产茸量预测。肃南鹿场现有甘肃马鹿鹿群及鹿茸的增加空间有限, 须采取有效措施扩增鹿群。

关键词: 甘肃马鹿; 产茸量; 气候; 鹿群规模

Analysis on the Production of Young Pilose Antler of Gansu Wapiti (*Cervus elaphus kansuensis* Pocock) in Alpine Pastoral Area of Qilianshan Mountain

HOU Fur-jiang¹, AN Yu-feng²

(¹ College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University / Grassland Ecological Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences / Gansu Grassland Ecological Research Institute; Lanzhou 730020;

² Deer Farm of Sunan Yugu Minority Autonomous County, Sunan 744000)

Abstract: Investigation and analyses of Gansu wapiti (*Cervus elaphus kansuensis* Pocock) grazed on northern slope of Qilianshan Mountain showed that yield of both fresh and dry antler per deer increased like a parabola with age, fresh antler yield of 11 years old deer was the highest and then decreased. There were significantly positive correlation between the dry weight of antler and the diameter of antler base, length of first branch, the diameter of base and length of the second branch, the length of the third branch, the length between the third branch and top. The comprehensive index consisted of the length of the first branch, the second branch and the third branch could effectively estimate the antler productivity of wapiti. Grey correlation analyses showed that there were different effects of climatic factors on the antler yield between different climatic factors. The length of solar radiation time in May and June played the most important role in the production of deer antler in all climatic factors of 3 stages. Further analyses indicated that May and June was the key period for climate to influence the antler yield and there was the closest correlation between air temperature and antler yield while all climatic factors as a whole. Linear regression reflected that there were significantly negative correlation between the annual average temperature of last year and the antler yield of 4-year old deer and significantly positive corre-

收稿日期: 2000-02-28

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(39630250)和国家自然科学基金重大研究计划资助项目(90102011)

作者简介: 侯扶江(1971-), 男, 河南扶沟人, 助研, 博士, 主要从事放牧生态学研究。Tel: 0931-8674034; Fax: 0931-8497553; E-mail: renban@public.lz.gs.cn

lation between the total yield of antler and the number of deer population. The above results could be used to forecast the yield of antler for Sunan Deer Farm based on the test and verify. Proper measures should be taken to increase the number of deer population because the population number and antler yield of Gansu wapiti basically approach to the theoretic maximum in Sunan Deer Farm at present.

Key words: *Cervus elaphus kansuensis* Pocock; Young pilose antler; Climate; Population

我国养鹿历史可溯源至新石器时代。至商代,鹿成为重要的田猎对象,西周开始在苑囿中养鹿以供观赏和狩猎^[1],以经济利用为目的的饲养则始于18世纪。1949年以来,我国养鹿业迅速发展,目前饲养总量超过40多万头,年产鹿茸100t左右^[2]。养鹿能获得较高的经济价值。伴随社会进步,人们逐步认识到,科学适度地开发保护动物产品是珍贵动物资源可持续利用的有效模式。我国养鹿业目前以舍饲为主,主要收取鹿茸,鹿科动物的放牧管理没有得到应有的发展^[3]。

马鹿(*Cervus elaphus*)为偶蹄目(Artiodactyla)、鹿科(Cervidae)、鹿属(*Cervus*)动物,广泛分布于欧亚大陆的寒温带和北美等地,属于受保护的野生动物。野生马鹿是中国国家二级保护动物。我国有7~8个马鹿亚种,野生的甘肃马鹿(*C. elaphus kansuensis* Pocock)亚种自然分布于祁连山海拔2400~3800m的山地草甸草原带、针叶林带和高山灌丛带,近40多年来随着马鹿的驯养和饲养业兴起,其饲养和试养范围已扩大到海拔1100~2000m的河西走廊绿洲农耕区。

肃南鹿场拥有我国最大的甘肃马鹿饲养群之一,是国内较大的以放牧为主要饲养方式的马鹿养殖场之一,也是尚未与其它马鹿亚种进行杂交改良的大型马鹿养殖场之一,因此,肃南鹿场及其甘肃马鹿饲养群在我国养鹿业中较为典型。分析其茸产量

情况,可以为优化甘肃马鹿饲养群结构和生产管理模式,实现该资源的可持续利用提供有益借鉴。

1 材料与方 法

1.1 肃南鹿场概况

肃南裕固族自治县马鹿养殖场(简称肃南鹿场)位于祁连山北坡高山之间的坡谷地带,海拔2700~3000m,地理坐标38.8°N,99.6°E附近。常年平均气温3.6℃,5~9月平均气温超过10℃,11月至来年3月在0℃以下。年均降水量253.0mm,86.4%集中在5~9月。年均蒸发量1784.6mm,其中5~9月占63.2%。年均日照时数2683.0h,年均日照百分率60.0%。年平均相对湿度47%,其中6~8月平均为57%,明显高于其它月份。

该场有3个季节性放牧草地(表1),其中,春秋牧场和冬季牧场属针茅(*Stipa* spp.)草原,夏季牧场属高山落叶阔叶灌丛^[4]。牧草5月开始返青,6月中旬进入生长旺盛期,9月中旬开始枯黄(冬季草场8月下旬开始枯黄),10月中旬所有牧草基本枯黄。

甘肃马鹿每年4~5月脱盘,6月底开始收茸,7月为集中收茸期,8月中旬结束,配种前收再生茸。3岁以上马鹿收四杈茸。头茬茸生长80~100d。鹿茸生产周期有3个明显阶段(表1):第1阶段,上年8~9月,马鹿在夏秋季牧场放牧采食青绿牧草,生

表1 肃南鹿场放牧地概况

Table 1 Condition of grazing grassland in Sunan Deer Farm

季节放牧地 Seasonal grazing grassland	海拔 Altitude (m)	面积 Area (ha)	放牧利用时期 Grazing period	主要牧草 Main herbage	每公顷可食牧草产量 Yield of herbage (kg DW)
春秋牧场 Spring & Autumn	2750~2800	275	5月下旬~6月,8月下旬~9月 20 May - June, 20 August - September	短花针茅 ¹⁾ 、赖草 ²⁾ 、 二裂委陵菜 ³⁾	892~3472
夏季牧场 Summer	2800~3000	585	7月~8月 July - August	金露梅 ⁴⁾ 、箭叶锦鸡儿 ⁵⁾ 、嵩草 ⁶⁾ 、 珠芽蓼 ⁷⁾ 、鹅绒委陵菜 ⁸⁾	169~606
冬季牧场 Winter	2700~2750	160	1~2月,11~12月 January - February, November - December	短花针茅、扁穗冰草 ⁹⁾ 、 赖草、早熟禾 ¹⁰⁾ 、冷蒿 ¹¹⁾	479~748

¹⁾ *Stipa breviflora*, ²⁾ *Leymus secalinus*, ³⁾ *Potentilla bifurca*, ⁴⁾ *Dasuohora fruticosa*, ⁵⁾ *Cara gana jubata*, ⁶⁾ *Kobresia* spp., ⁷⁾ *Polygonum viviparum*, ⁸⁾ *P. Bifuca*, ⁹⁾ *Agropyron cristatum*, ¹⁰⁾ *Poa* spp., ¹¹⁾ *Artemisia frigida*

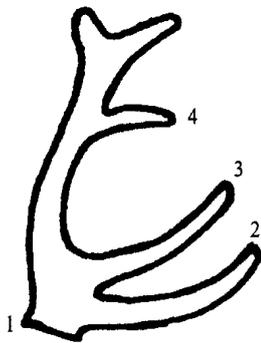
长再生茸;第2阶段,上年10月至当年4月,马鹿在冬季牧场采食枯草,其中10~11月下旬因发情配种而舍饲,近年因冬季草场牧草匮乏,2~5月中旬也以舍饲为主;第3阶段,当年5月下旬至7月,在春秋牧场放牧为主,为当年鹿茸主要生长期。因再生茸产量小,茸型差,本文不作分析。

1.2 研究内容与方法

1.2.1 不同年龄甘肃马鹿的产茸特征 分别称取2~12岁各龄马鹿的332副鲜茸重,其中3岁以上的为锯四杈茸。

1.2.2 茸重与茸尺性状的相关性分析 肃南鹿场马鹿茸的加工程序:锯下的鲜茸经60℃温水浸泡10 min,80℃恒温烘2h,如此反复数次,然后于80℃恒温烘24h,自然风干。

随机取左右支干茸(四杈茸)各15支,测量较稳定的鹿茸茸尺性状,如图1所示,包括茸根围(X_1)、锯口与眉枝之间的距离(X_2)、眉枝基围(X_3)、眉枝长(X_4)、冰枝基围(X_5)、冰枝长(X_6)、中枝基围(X_7)、中枝长(X_8)、眉冰间距(X_9)、中枝至茸端的距离(X_{10})和茸主干长(X_{11})。



1. 茸根 Antler base, 2. 眉枝 The first branch, 3. 冰枝 The second branch, 4. 中枝 The third branch

图1 甘肃马鹿的四杈茸

Fig. 1 Young pilose antler with 4 branches of Gansu wapiti

t 检验表明,甘肃马鹿左右茸枝之间只有 X_1 和 X_2 两个性状分别在 0.01 和 0.05 水平差异显著,其余性状差异不显著 ($P > 0.05$)。因此将左右茸枝的 X_{3-11} 数据混合,分析茸尺性状与干重之间的相关性。

1.2.3 茸产量气候因素的灰色关联度分析 一年中甘肃马鹿有7个月左右在草地放牧采食,气候因子既可以通过影响马鹿的放牧行为(如采食、游走、卧息等)和消化代谢,进而影响鹿茸生长,也可以通过作用于牧草和土壤而影响鹿茸生长。譬如,光照不

仅影响牧草生长,而且可能通过动物内分泌机制调控马鹿生长和繁殖周期^[5];山地降水天气对马鹿采食行为也有明显影响。为此选择对牧草生长、马鹿采食和生理活动有重要作用的降水量(P, mm)、气温($T, ^\circ C$)、日照百分率($R, \%$)、日照时数(H, h)和降雨天数(D, d)等5个气候因子,结合牧草生长、鹿茸生产和气候因素的周期性,将其划分为3个时段:时段1为上年7~9月,时段2为上年10月至当年4月,时段3为当年5~6月。 P_i, T_i, R_i, H_i 和 D_i 分别表示时段 i ($i=1, 2, 3$) 的各气候因子。以马鹿鲜茸单产($kg \cdot head^{-1}$)为指标变量,求算它与各气候因子之间的绝对值关联度,数据初值化采用每个数据列中的第1个数值除以该列其它数据,分辨系数0.1^[6]。

1.2.4 马鹿生产群特征与产茸关系分析 1963年以后,肃南鹿场的甘肃马鹿主要靠自群繁殖扩大生产群,基本不进行人工淘汰。因此,以1963年以后较为完整的生产记录分析甘肃马鹿鹿茸产量和生产群数量之间的关系。以上数据截止1999年底,相关分析通过统计检验。

2 结果与分析

2.1 不同年龄马鹿的产茸量

随着年龄增长,甘肃马鹿的鲜茸单产逐渐增加,11岁左右产茸量最高,然后产茸性能开始下降,而且3岁以前产茸量在个体间的变异较大(表2)。与我国其它马鹿亚种相比^[2],甘肃马鹿的产茸量与塔里木马鹿(*C. elaphus yarkandensis*)和天山马鹿(*C. elaphus songaricus*)相近,高于东北马鹿(*C. elaphus xanthopygus*);产茸量达到最高时的年龄与东北马鹿相同,分别比天山马鹿和塔里木马鹿晚1年和2年。

2.2 茸尺性状分析

相关性分析表明(图2), X_1, X_4, X_5, X_6, X_8 和 X_{10} 这6个茸尺性状与鹿茸干重呈显著正相关,其中 X_6 与茸干重的相关性在 0.01 水平显著,其余在 0.05 水平显著。

根据单一生长性状判定产茸性能的高低容易出现偏差,为此尝试建立综合评定指数(comprehensive index, CI), $CI = (X_4 + X_6 + X_8) / 3$ 。为方便生产运用,设3个性状的对茸重的权重系数为1,取得较好的回归分析结果:甘肃马鹿干茸重随 CI 增加线性上升($P < 0.01$, 图3)。

表 2 不同年龄甘肃马鹿的鲜茸产量¹⁾

Table 2 Fresh antler yield of Gansu wapiti with different age

	年龄(岁) Age(Year)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	24	67	49	44	18	23	18	29	21	19	20
X (kg)	0.54	1.54	2.86	3.61	5.30	5.62	5.73	5.92	6.38	7.21	6.41
Sx	0.20	0.38	0.41	0.29	0.90	0.81	0.84	0.73	0.86	0.84	0.76
C. V. (%)	37.04	24.83	14.18	8.00	16.89	14.34	14.61	12.41	13.45	11.67	11.84

¹⁾n: 样本数 Sample number, X: 产茸量 Fresh antler yield

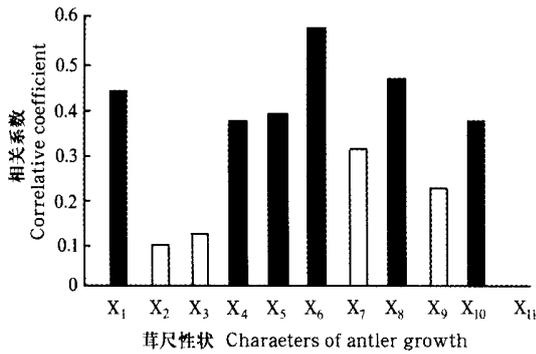


图 2 鹿茸干重与茸尺性状之间的相关性(黑色方条表示显著相关)

Fig. 2 Correlativity between dry weight (DW) and growth characters (C) of antler (Black block showed significant correlativity.) n = 28

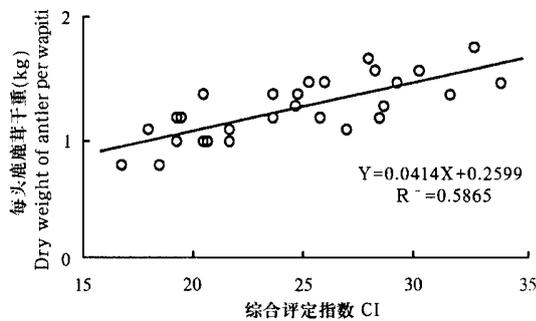


图 3 综合评定指数(CI)与鹿茸干重(DW)之间的关系
Fig. 3 Correlativity between comprehensive index (CI) and dry weight (DW) of antler

甘肃马鹿 2.5 岁以后性成熟,3 岁以上以收取四杈茸为主,因此,分析鹿茸的眉枝、冰枝和中枝的茸尺情况,根据 CI 值高低综合评定马鹿产茸量是可行的。如果根据 CI 还无法得到满意结果,可以再结合 X₁、X₅ 和 X₁₀ 等因素加以考虑。

2.3 气候因素对甘肃马鹿产茸量的影响

灰色关联分析表明,各个时段气候因素与鹿茸单产的关系密切程度,由高到低依次为: H₃ > T₃ > T₂ > R₂ > R₃ > H₂ > T₁ > H₁ > P₃ > R₁ > D₃ > P₁ > D₁ > D₂ > P₂ (图 4)。说明 5~6 月的日照长短对当年

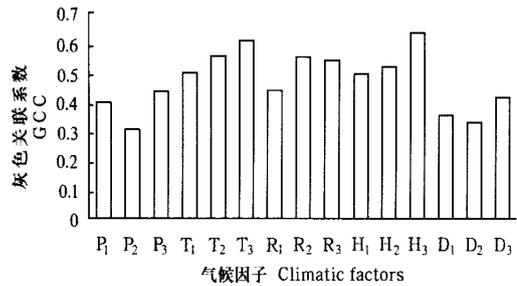


图 4 气候因子与鹿茸单产的灰色关联系数(GCC)

Fig. 4 Grey relative coefficient (GCC) between the antler yield per deer and climatic factors

鹿茸生长有重要影响。

影响鹿茸产量的气候因素排序,在第 1 时段为:气温 > 日照时数 > 日照百分率 > 降水量 > 降水天数,第 2 时段为:气温 > 日照百分率 > 日照时数 > 降水天数 > 降水量,第 3 时段为:日照时数 > 气温 > 日照百分率 > 降水量 > 降水天数。结果显示,上年 7 月至当年 4 月,气温与甘肃马鹿茸产量关系较为密切。

3 个时段气候因素对鹿茸产量总的影响排序为:第 3 时段(0.53) > 第 2 时段(0.46) > 第 1 时段(0.44),括号内数值为每个时段内的 5 个气候因子数据初值化后的平均值与鹿茸产量的灰色关系数。表明 5~6 月是气候因素影响当年鹿茸生长的关键时期。

整个鹿茸生产周期中,各气候因子与鹿茸产量的密切程度排序为:气温(0.56) > 日照时数(0.55) > 日照百分率(0.51) > 降水量(0.39) > 降水天数(0.37),括号内数值为上年 7 月至当年 6 月的各气候因子与鹿茸产量的灰色关联系数。虽然 5~6 月的日照长短对当年鹿茸的生长影响最大,但在整个鹿茸生产周期中气温是影响鹿茸产量的关键气候因子。为此,用生产记录较为完整的 4 岁甘肃马鹿鲜茸单产与上一年的平均气温回归(用上一年气候数据作产量预测有利于生产实践),结果表明,

两者呈线性负相关($P < 0.05$)(图 5),回归关系式可以为肃南鹿场预测来年鹿茸产量提供参考。1998 年,统计 10 只 4 岁马鹿的平均鲜茸单产为(3.18 ± 0.10) kg,根据关系式计算所得的理论产量为 3.13 kg,相差 1.57%,在误差允许范围之内,说明回归结果可信。

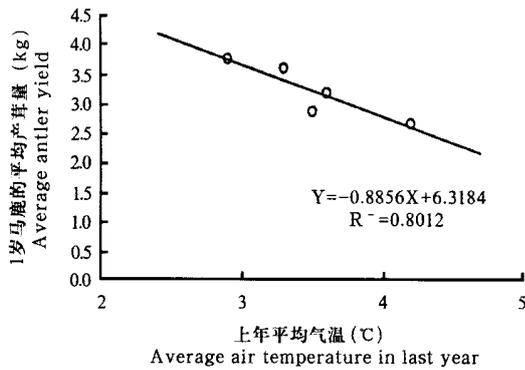


图 5 4 岁甘肃马鹿鲜茸单产与上一年平均气温的关系
Fig. 5 Relationship between fresh antler yield of 4 years old deer and average air temperature in last year

据笔者观测,甘肃马鹿在夏季牧场的活动时间平均为 13.5h·d⁻¹,其中采食和卧息反刍时间分别占 51.8%和 22.2%,在冬季牧场的活动时间平均为 8.0h·d⁻¹,采食和卧息反刍时间分别占 76.5%和 11.8%,表明气候因素对马鹿采食行为有重要影响。然而,当夏季牧场气温降至 6.5℃以下时,马鹿基本停止采食,但山地夏季降温常伴随大风和降雨,因此,根据本文研究结果,尚难以精确地分析单个气候因子对甘肃马鹿茸生长的作用机制。在干旱半干旱地区,降水对牧草生长至关重要,而牧草生长又直接影响马鹿的营养状况,但降水与鹿茸产量的关系相对不如气温和日照密切(图 4),也反映出气候因子对鹿茸生产较为复杂的作用机制。

2.4 甘肃马鹿鹿群动态与产茸量的关系

作为自繁群,甘肃马鹿鹿群数量与其总产茸量之间呈强正相关($P < 0.0001$)(图 6)。1998 年该场马鹿群数量 408 只,其中 3 岁以上马鹿 326 只,共产鲜茸 532.4kg,计算所得的理论产茸量为 520.6kg,相差 2.3%,说明这个回归模型可信度较高,可以用于产茸量预测。

进一步分析还发现,肃南鹿场甘肃马鹿的鹿群增长符合 Logistic 方程:

$$N = 420 / (1 + e^{2.1463 - 0.1731t}), r = 0.9048, P < 0.001$$

式中, N 为鹿群数量, t 为时间序号,起始年份为 1963 年。理论上,这个甘肃马鹿鹿群的最大数量在

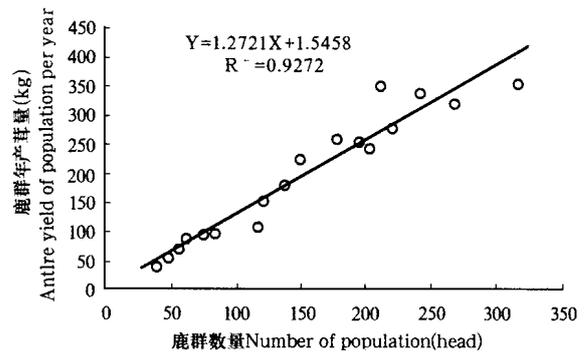


图 6 甘肃马鹿鹿群数量与产茸量关系
Fig. 6 Relationship between the number of population and the yield of fresh antler of wapiti

420 只左右,据此预测该鹿场最大鲜茸产量为 535.8 kg·a⁻¹。事实上,肃南鹿场近 10 年来鹿群始终保持在 400 ~ 450 头之间,虽然鹿场不断改进生产管理,但鹿茸产量一直徘徊在 500kg·a⁻¹左右,说明这个分析结果具有一定的可信度。同时还表明,目前肃南鹿场甘肃马鹿鹿群的数量和产茸量增加空间有限,可能受某些内在机制的控制,而自群繁殖不可避免地导致近亲繁殖可能是限制因素之一。

根据上述分析,综合考虑肃南鹿场甘肃马鹿的气候、鹿群结构等因素,可以建立有效的鹿茸生产预测模型。

3 讨论

3.1 延长甘肃马鹿的产茸利用年限

据对肃南鹿场调查,祁连山野生甘肃马鹿一般寿命 15 ~ 20 岁,也有 30 岁以上者^[7]。而驯养后,公鹿的寿命最长为 16 岁,一般 12 岁左右。由于取茸,其寿命缩短了 20% ~ 40%。因此,从改良鹿种、改进收茸技术和改善管理等,延长马鹿寿命,提高鹿茸产量显得尤为必要。

3.2 改善环境因素,提高鹿茸产量

气候因素对鹿茸产量有直接或间接影响,目前肃南鹿场的甘肃马鹿 1 年有 5 个月左右的舍饲期,可以尝试改善鹿舍小气候来增加鹿茸的产量。也可以尝试在每天放牧鹿群归牧后,根据不同季节的关键气候因子,调控鹿舍内的小气候达到增产鹿茸之目的。

本文虽然初步分析了气候因素与甘肃马鹿茸产量之间的关系,然而气候因素的作用机理并不十分清晰,有关产茸与生理代谢之间的关系尚需深入研究。因为鹿茸是雄性马鹿的第二性征,因此,此类研

究应与激素代谢研究相结合。此外,气候因素、放牧管理与鹿茸品质的关系也亟待研究。

3.3 采取有效措施,扩大鹿群规模

40多年来,肃南鹿场的马鹿虽经养殖户改善其栖息环境,并帮助其抵御疾病和自然灾害,但鹿群增长一直依赖自群繁殖。因此近亲繁殖引起的基因频率变化可能是影响该鹿群增长的主要随机因素。根据 Wright-Fisher 模型^[8],肃南鹿场甘肃马鹿有效鹿群数量至少为 396 头,若考虑性比因素,数量还要大,目前鹿群数量和产茸量基本接近自繁鹿群的理论极值,从保护物种、提高社会和经济效益的角度,扩大养殖群规模迫在眉睫。为此,可以仿效东北马鹿的做法,引进鹿茸优质高产的新疆马鹿 3 个亚种进行少部分杂交改良,但是,都这样做或做得过多则不利于保持甘肃马鹿亚种独特的遗传多样性,因此捕获野生甘肃马鹿来改良人工饲养群较为稳妥。在具体操作过程中,可以考虑使用在牛、羊等传统家畜上运用较为成功的一些分子遗传技术。同时在改良育种过程中,还可根据肉用、茸用等不同的利用目的,优化甘肃马鹿的鹿群结构。

3.4 根据市场发展,确定育种方向

鹿肉与传统畜禽肉相比,蛋白质和矿物质含量高,糖分、脂肪和热量少^[9],符合发达地区的消费者和人类未来对肉食的要求,国内外市场潜力巨大。饲养的甘肃马鹿公母鹿的屠宰率分别能达到 54.8%和 56.0%^[7],与羊相近,具有发展成为肉用型或肉茸兼用型畜种的潜力,可以作为马鹿育种的主要方向之一。

3.5 因地制宜发展马鹿放牧饲养

马鹿是山地灌丛草地和森林-草原类草地生态系统的动物组分,与传统家畜相比,具有耐粗饲、耐粗牧、适应性和抗病力强、食物生态位宽、饲料转换率高等优点^[3]。放牧管理既可使马鹿在粗饲料方面得到全价营养,从而可提高鹿茸产量和品质,又可大幅度降低饲养成本,同时适宜的放牧可维护草地生态系统健康,适合在我国的山地草地和灌丛草地大力提倡。为此宜开展相关研究,譬如放牧马鹿营养和能量代谢与产茸关系,马鹿与其它家畜混合放牧系统的优化管理等等,以对甘肃马鹿实施更加有效的增茸综合技术。

致谢:甘肃草原生态研究所李琪教授鉴定植物标本,谨致谢忱!

References

- [1] Liang J M. *Manuscript of Science and Technology History of Chinese Agriculture*. Beijing: Agriculture Press, 1989: 46 - 96. (in Chinese)
梁家勉. 中国农业科学技术史稿. 北京: 农业出版社, 1989: 46 - 96.
- [2] Zhao S Z, Shen G. *General Feeding Deer in China*. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1998: 1 - 8. (in Chinese)
赵世臻, 沈广主编. 中国养鹿大成. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1 - 8.
- [3] Hou F J, An Y F. Progress in deer grazing ecology during the last ten years. *Acta Prataculturae Sinica*. 2000, 9(1): 1 - 8. (in Chinese)
侯扶江, 安玉峰. 近 10 年鹿放牧生态研究进展. 草业学报, 2000, 9(1): 1 - 8.
- [4] Wu Z Y. *Chinese Vegetation*. Beijing: Science Press, 1979: 430 - 582. (in Chinese)
吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1979: 430 - 582.
- [5] Jiang Z G, Hudson R J. Seasonal food intake and growth rhythm in northern ungulates, an example from the wapiti (*Cervus elaphus nelsoni*). *Lectures of Modern Ecology*. Beijing: Science Press, 1995: 55 - 64. (in Chinese)
蒋志刚, Hudson R J. 北方野生有蹄类动物摄食量与生长季节性规律-来自美洲马鹿(*Cervus elaphus nelsoni*)的研究报告. 现代生态学讲座. 北京: 科学出版社, 1995: 55 - 64.
- [6] Li Z Z, He J H. Model of ecological risk evaluation and decision and its application, an example from exploitation of desert and oasis in Hexi Corridor. *Journal of Lanzhou University*. 1999, 35(3): 149 - 156. (in Chinese)
李自珍, 何俊红. 生态风险评价与风险决策模型及应用——以河西走廊荒漠绿洲开发为例. 兰州大学学报(自然科学版), 1999, 35(3): 149 - 156.
- [7] Tan F A, Bian S X, Dou Y Q, Zhu Y. Report of domesticating white-stern deer and white-lip deer. Gansu Poultry and Veterinary Institute: *Investigation Report Collection of Livestock and Poultry Variety Resources in Gansu Province*, 1984: 353 - 362. (in Chinese)
谭富安, 边树信, 豆应泉, 朱义. 白臀鹿、白唇鹿的驯养报告. 甘肃省畜牧兽医研究所: 甘肃省畜禽品种资源调查报告汇编, 1984: 353 - 362.
- [8] Biodiversity Committee, Chinese Academy of Sciences. *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994: 69 - 82. (in Chinese)
中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 69 - 82.
- [9] Horace J. *Feeding and Management of Deer*. Taipei: Five Continents Press, 1983: 119 - 126. (in Chinese)
Horace J 著, 钟慧芸译. 鹿的饲养与管理. 台北: 五洲出版社, 1983: 119 - 126.