

东北梅花鹿与东北马鹿 最佳种群结构的数学模型

李春义 郑兴涛 刘彦 宋建华

(中国农业科学院特产研究所)

摘 要

为了使东北梅花鹿 (*Cervus nippon hortulorum*) 和东北马鹿 (*Cervus canadensis*) 在现有数量的基础上获得最大的经济收益, 本文用系统分析法对其种群结构进行了研究。所得种群结构状态的矩阵模型为, $X_{t+1} = A \cdot X_t - C$ 。其中, $A X_t$ 为鹿群自然变动情况; C 为人为控制量; 所得线性规划模型为:

$$Y_{m,x} = \sum B_m X_m + \sum B_x U_x + \sum B_p C_p$$

$$s.t. \sum X_i \leq N + \Delta N$$

$$\geq N - \Delta N$$

$$X = A X - C$$

根据对典型鹿场多年调查所获数据, 利用本线性规划模型, 得出了这两种鹿的最佳种群结构。该结构与现行相比, 每1000头的鹿场年增加净收益, 梅花鹿为117675.35元; 马鹿为127080.64元。若全国范围内应用本结构, 其经济收益相当可观。

关键词 梅花鹿, 马鹿, 鹿茸, 模型

我国养鹿业的目的主要在于获取珍贵的保健药材鹿茸。近年来由于人们生活水平的提高和国际市场对鹿茸需求量的增大, 鹿茸出现了供不应求的势头。因此, 如何尽快增加鹿茸产量是养鹿业目前亟待解决的问题。我们通过系统分析, 发现我国鹿场现行的鹿群结构不甚合理, 所以调整其达到最佳状态是解决这一问题的有效方法之一。但迄今为止还未见有关报道。仅见有绵羊的报道^[1]。为此, 我们对典型鹿场的鹿群结构进行了全面调查, 在此基础上, 借助系统分析和线性规划手段, 建立了我国的主要茸用鹿种——东北梅花鹿与东北马鹿最佳种群结构的数学模型, 以使现有数量的鹿群获得最大的经济收益。

数学模型的建立

一、种群动态模型 驯养条件下东北梅花鹿种群周转情况见框图1。图中各符号的意义: X_m ($m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) 依次为: 仔母鹿数, 育成母鹿数, 成年母鹿数 (3~13岁), 仔公鹿数, 育成公鹿数, 产茸公鹿数 (3~15岁); $A_{12}, A_{23}, A_{3(i-1)i}, A_{45}, A_{56}, A_{6(i-1)i}$ 分别为: 仔母鹿到育成母鹿, 育成母鹿到成年母鹿, 成年母鹿不同年龄间, 仔公鹿到育成公鹿, 育成公鹿到成年公鹿, 成年公鹿不同年龄间的转移率; β 是繁

* 本文于1989年8月10日收稿。

殖成活率; C_p ($p = 1 \sim 3$) 分别为: 人为淘汰的初生仔母鹿数, 老龄母鹿数, 老龄公鹿数; U_n ($n = 1, 2, 3i, 4, 5, 6j$) 分别表示各不同性别年龄鹿组间转移时自然淘汰的鹿数。

若用 t 表示时间, 单位为年; $X_{i,t}$ 表示第 t 年 第 i 组鹿的头数, 则上述框图可用下列方程组表示^[2, 3]:

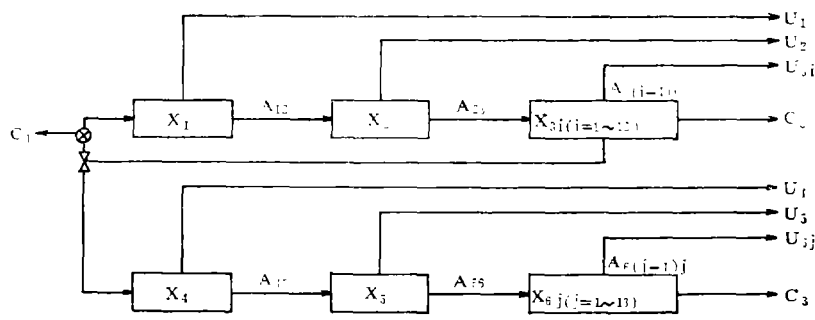


图1 东北梅花鹿种群周转框图

$$X_{1,t+1} = \frac{1}{2}\beta(1+\alpha)\sum X_{3i,t} - C_1$$

$$X_{2,t+1} = A_{12}X_{1,t}$$

$$\sum X_{3i,t+1} = A_{23}X_{2,t} + \sum A_{3(i-1)i}X_{3i,t} - C_2$$

$$X_{4,t+1} = \frac{1}{2}\beta(1+\alpha)\sum X_{3i,t}$$

$$X_{5,t+1} = A_{45}X_{4,t}$$

$$\sum X_{6i,t+1} = A_{56}X_{5,t} + \sum A_{6(j-1)j}X_{6j,t} - C_3$$

(其中 α 为双胎率)

引入矩阵表达式, 则上述方程组可写成: $X_{t+1} = AX_t - C$, 其中: X_t 为整个鹿群状态; A 是状态转移矩阵; AX_t 为鹿群本身周转情况; C 为人为控制量。

驯养条件下, 东北马鹿鹿群周转情况与东北梅花鹿的基本相同, 但在马鹿群中, 由上年仔母鹿转移过来的育成母鹿, 在下一年只有 20~30% 的能够转入正常的繁殖母鹿群, 余者还要再持续一年才能完成, 所以马鹿的鹿群动态模型多一个中间环节:

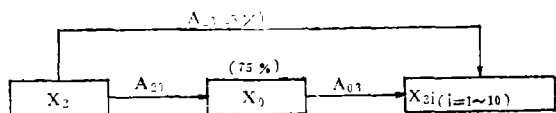


图2 东北马鹿母鹿由育成到成年的框图

上述框图可由下列方程组表示:

$$X_{0,t+1} = 75\% A_{20}X_{2,t}$$

$$\sum X_{3i,t+1} = 25\% A_{23}X_{2,t} + 75\% A_{03}X_{0,t}$$

其中, X_0 为 75% 的育成母鹿转移到次年母鹿 (作者自定义名) 的数量; A_{20} , A_{03} 分别为: 育成母鹿到次成年母鹿, 次成年母鹿到成年母鹿的转移率。

二、线性规划模型 由于本研究的目的是在现有数量鹿群的基础上提高产茸量以获得最大经济收益, 所以固定的鹿群数量就构成了线性规划的第一个限制条件^[4], 此外, 一定数量的鹿群在周转中要处于动态平衡, 构成第二个限制条件。优化目标是最大的经济收益, 所得线性规划的模型为:

$$Y_{max} = \sum B_m X_m + \sum B_n U_n + \sum B_p C_p$$

$$s.t. \sum X_i \leq N + \Delta N$$

$$\geq N - \Delta N$$

$$X = AX - C$$

其中, B_m 是第 m 组鹿只带来的收益系数; N 是固定的鹿群总数; ΔN 是鹿群总数的变动范围; B_n 是各组鹿间转移时淘汰鹿只所带来的经济收益系数; B_p 是人工淘汰的初生仔母鹿、老龄母鹿和老龄公鹿所带来的收益系数。 B_m 的计算方法为: 1~12 锯别 (3~15 岁) 公鹿组 B_m 值等于各自总的产茸量乘以茸的价格, 再减去各自总的饲养管理成本; 仔公鹿、育成公鹿、仔母鹿、育成母鹿、次成年母鹿 (马鹿)、成年母鹿的各自 B_m 值分别等于各自所花费的饲养管理成本的负值。 B_n 的计算方法为: 在鹿群周转过程中自然淘汰的仔母鹿、仔公鹿以出售的乳鹿膏 (马仔鹿不做) 的价格作为其 B_n 值; 淘汰的育成母、成年母、育成公, 分别以其出售的肉、皮、心、鞭、筋、血和尾的价格的总和作为各自的 B_n 值。 B_p 的计算方法为: 人为淘汰的初生仔母鹿的 B_p 值等于其做成的鹿胎膏的价格; 人为淘汰的老龄母鹿和老龄公鹿分别以各自出售的肉、心、鞭、筋、血和尾的价格总和作为各自的 B_p 值。

线性规划模型的应用

一、数据来源

(一) 鹿群周转参数: 梅花鹿的数据来源于吉林省 12 个典型国营鹿场; 马鹿的数据来源于 6 个重点国营鹿场, 见表 1、2。

表1 鹿群周转参数 (I)

种 别	调查年度	调查母鹿数 (头)	繁殖成活率 (%)	幼鹿育成率 (%)	二胎率 (%)
梅花鹿	1958~1984	9 185	79.0	90~95	2.0
马 鹿	1961~1987	1 263	47.3	65~70	0.1

表2 鹿群周转参数 (I)

种 别	调查年度	调查鹿数 (头)	死亡率 (%)	淘汰率 (%)				砍头率 (%)
				成公	成母	育成母	仔母	
梅花鹿	1981~1987	27 200	5~7	3	10	5	67~100	0.6
马 鹿	1981~1987	5 200	3~4	2	8	2	50~100	—

(二)鹿茸产量:梅花鹿和马鹿都以三叉茸干重为准,见表3。

表3 鹿茸产量

锯 别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
梅花鹿	样本数(头)	88	893	1063	943	761	646	468	299	196	107	60	55
	产茸量(克/头)	493	664	856.7	1003	1104.7	1160	1171.7	1122	1024.3	1000.3	1027.3	996
马鹿	样本数(头)	139	137	68	62	54	77	68	46	39	21	66	54
	产茸量(克/头)	476.3	718.7	920	1129.3	1310	1476	1490	1534	1792	1649	1562.7	1619

(三)饲养管理成本及鹿产品售价:都来源于1974年中国农业科学院特产研究所茸鹿试验场,见表4、5。

表4 鹿饲养管理成本

单位:元

鹿 别	公 鹿			母 鹿		
	仔	育成	成年	仔	育成	成年
梅花鹿	56.55	247.18	295.99	56.55	180.25	209.44
马鹿	82.24	328.77	480.45	82.24	234.49	348.70

表5 自然淘汰鹿只的售价(B_n系数值)

单位:元

鹿 别	仔 鹿*		育成鹿		成年及老龄鹿**	
	公	母	公	母	公	母
梅花鹿	96.00	96.00	50.97	31.55	79.55	57.10
马鹿	0	0	79.55	57.10	146.00	91.00

* 梅花仔鹿做乳鹿膏,故售价96.00元,马仔鹿不做,没有售价,人为淘汰的初生仔母鹿制成的鹿胎膏售价为96.00元(为B_p值)。

**老龄鹿指人为淘汰(B_p值)

(四)各组鹿只对总的经济收益所做的贡献,见表6。每克干茸的售价为1元。

二、计算结果

鹿群最佳结构及其与现行结构的比较见表7、8。计算结果表明,鹿群最佳结构与现行结构比较,公鹿在鹿群中的比例有了较大提高(梅花鹿:70.5%→77.63%;马鹿:50%→66.33%)。由于鹿茸是公鹿的副性征,所以公鹿在鹿群中所占比例升高,必然导致鹿茸产量的升高。例如,在一个1000头鹿的鹿场中,最佳结构比现行结构在鹿茸产量和经济收益上都有显著的提高,见表8。

目前,仅吉林省就驯养东北梅花鹿8.6万头,东北马鹿0.3万头,如果将现行的鹿群结构调整至最佳结构,每年梅花鹿可多获收益10 120 080.10元;马鹿381 241.92元。如果全国范围内采用这种最佳结构,多获的经济收益将非常显著。另外,本研究若采用近两年的鹿饲养管理成本、鹿茸及鹿其他产品的售价,则多获得的收益数还要增加若干倍

表6 各组鹿对总经济目标的贡献 (Bm系数)

表6 各组成对总经济目标的贡献 (Bm系数)																单位: 元																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Bm 鹿种	B ₁	B ₂	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₅	B ₅	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B ₆	B

表7 最佳鹿群结构组成及与现行结构比较 (%)

鹿种	组成结构		仔母	育成母	成母	仔公	育成公	1 犏	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	公/母
	现	行	29.46		70.54															2.39 : 1	
梅花鹿	最	构成	2.04	1.65	18.41	7.43	7.04	6.74	6.47	6.15	5.97	5.70	5.61	5.44	4.90	4.74	4.48	4.11	2.80		
	佳	合计	22.37		77.63															3.74 : 1	
马鹿	现	行	50.0		50.0															1 : 1	
	最	构成	2.93	2.75	2.59	6.35	5.97	5.73	5.33	5.17	4.96	4.70	4.62	4.48	4.17	4.00	3.84	3.48	2.70	1.21	
	佳	合计	33.67		66.33															1.97 : 1	

(因数据不全故未用)。因为近两年鹿茸的售价比1974年增加了将近3.5倍;鹿其他产品增加的倍数更高;而饲养管理费用仅增加了约0.3倍。再者通过对从现场获得的大量数据的分析,新生仔鹿的公母比例并不是最佳结构所采用的各占50%,而是公仔鹿约占52%,母仔鹿约占48%。如果最佳结构采用这一比例,则鹿群中公鹿的比例还会升高,产茸量还会增加,多获的经济收益会进一步增多。从社会效益看,鹿茸又是医疗保健珍品,鹿茸产量的提高必将使更多的人受益,在提高人们健康水平方面做出贡献。

表8 鹿群最佳结构与现行结构比较

鹿种	项目 结构	产茸量 (kg)	年饲养成本 (元)	产投比	获净收益 (元)	多获收益 (元)
梅花鹿	现行	476.05	236 364.15	1.972	229 685.85	
	最佳	538.09	251 628.80	2.380	347 361.20	117 675.35
马鹿	现行	550.00	372 681.24	1.475	177 318.76	
	最佳	681.32	376 920.60	1.806	304 399.40	127 080.64

本研究还需进一步建立其他产茸鹿种的鹿群最佳结构模型,完成鹿群扩大或缩小的最优逼近的模型。

参 考 文 献

- [1] 董全等, 1984, 海北藏系绵羊种群结构及出栏方案最优化的探讨. 生态学报, 4(2): 188~199.
- [2] 谢正祥等译, 1987, 生物学中的Basic微计算机模型, 258~259. 科学技术文献出版社.
- [3] 刘忠源等, 1986, 关于种群结构模型的改进. 2: 35~42. 农业系统科学与综合研究.
- [4] 中国人民大学数学教研室编, 1981, 线性规划, 3~13. 中国人民大学出版社.

THE MATHEMATICAL MODELS OF THE OPTIMAL AGE-SEX
DISTRIBUTIONS OF SIKI DEER (CERVUS NIPPON HORTULORUM)
AND WAPITI (CERVUS CANADENSIS)

Li Chunyi, Zheng Xingtao, Liu Yan, Song Jianhua

(Institute of Special Wild Economic Animal and Plant,

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Jilin Province)

Abstract

The optimum age-sex distributions of Sika deer and Wapiti were established by means of the system analysis method to obtain the largest economic benefits on the basis of fixed number of deer population. A matrix model was set up to discuss the state of the population age-sex distribution: $X_{t+1} = AX_t - C$. Among the formula, AX_t represents the natural tendency of the population; C , the measures of artificial

control, A model-linear programming set up was,

$$Y_{max} = \sum B_m X_m + \sum B_u U_u + \sum B_p C_p$$

$$s.t. \sum X_i \leq N + \Delta N$$

$$\geq N - \Delta N$$

$$X = AX - C$$

Basing on the data gained from actual deer farms and using the model-linear programming, the optimum age-sex distributions of Sika deer and Wapiti calculated were as follows respectively: sika deer, 18.41% reproductive does; 2.04% infant does; 1.95% puberty does; 77.63% buck deer. Wapiti, 25.40% reproductive does; 2.93% infant does; 5.34% puberty does; 66.33% buck deer. Comparing the optimum age-sex distribution with the present, the optimum can gain 117 675.35 RMB more than the present in Sika deer, 127 080.64RMB more than the present in Wapiti, in a population of 1000.

Key words Sika deer, Wapiti, Antler, Model