

海北藏系绵羊种群结构及其出栏方案 分季最优化的探讨

董全

皮南林

(中国科学院动物研究所, 北京) (中国科学院西北高原生物研究所: 西宁)

许新宜

孙儒泳

(中国水利水电科学院水资源研究所) (北京师范大学生物系)

摘 要

本文是作者以前(1984)最优化模型探讨的续篇。考虑到季节性草畜矛盾是藏系绵羊生产的重要限制, 为弥补以前模型之不足, 本文对该模型进行了扩充, 构造了种群季节动态模型, 并在此基础上, 以各季能量收益总和最大为目标, 以种群年间平衡态和各季牧草限制为约束条件, 构造了分季最优化的线性规划模型。种群季节动态模型形式为:

$$\begin{aligned} N_{t,s+1} &= A_s N_{t,s} - B_s U_{t,s}, \\ s &= 1, 2 \\ N_{t,1+1} &= A_s N_{t,s} - B_s U_{t,s}, \\ s &= 3 \end{aligned}$$

分季最优化的线性规划模型为:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{s=1}^3 \sum_{i=1}^7 C_{is} U_{is}^{\dagger} + \sum_{s=1}^3 \sum_{i=1}^7 d_{is} N_i^{\dagger} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^7 g_{is} N_i^{\dagger} &\leq G_s \\ A_s N_s - B_s N_s &= N_1 \\ A_1 N_1 - B_1 N_1 &= N_2 \\ A_2 N_2 - B_2 N_2 &= N_3 \end{aligned}$$

在构造模型同时, 本文阐明了分季模型同以前年模型的异同及其数学和生物学的结构关系。除了构造模型之外, 本文还使用来源与上篇相同的数据, 计算了藏系绵羊最优种群结构、最优出栏方案及收益, 并把计算结果同上篇的计算结果作了比较。从本文计算结果及其比较看, 以百分比表示的最优存栏种群结构和最优出栏方案同上篇结果完全一致, 但存栏和出栏的最优只数及收益比上篇计算结果低20%左右。这个差值是由于季节牧草不平衡和藏系绵羊本身特性, 使各季牧草不能按需均分, 从而有余有缺而形成的。因此, 在季节限制下, 上篇模型预测的存栏结构和出栏方案仍为最优, 然而其最优羊只数不能完全实现。

本文是“海北藏系绵羊种群结构及其出栏方案最优化的探讨”(董全等, 1984)一文的继续。在上篇中, 作者把全年的牧草可供食量作为最优化模型的约束条件, 没有考虑各

本文于1985年7月8日收到。

季节的草畜平衡问题。

青藏高原上, 无霜期短, 冷季干旱漫长, 暖季降水集中, 草原的季节性物候变化很激烈。草场上的牧草可供食量也随季节产生很大变化。同时, 在草场上自然放牧的藏系绵羊对草场的利用也具有季节性节律(中国植被编辑委员会, 1980)。牧草可供食量同羊的需求这两种季节性变化的不一致性, 导致了季节性草畜矛盾。这一矛盾是藏系绵羊等高原牲畜生产发展的重要限制, 是高原牧业的草畜矛盾的集中体现。

因此, 本文在上篇模型基础上扩充, 加入牧草的季节性限制和其他季节屠宰出栏的可能性, 构成一个分季最优模型, 运算并讨论其运算结果, 以期探求在牧草等条件限制下季节性养羊业的较佳方案。

一、藏羊种群季节模型

1. 种群季节动态模型

相似于董全等(1984)的模型(以下简称年模型), 各性别年龄组之季的季节动态关系模型可用分室图表示, 见图1; 或用数学公式

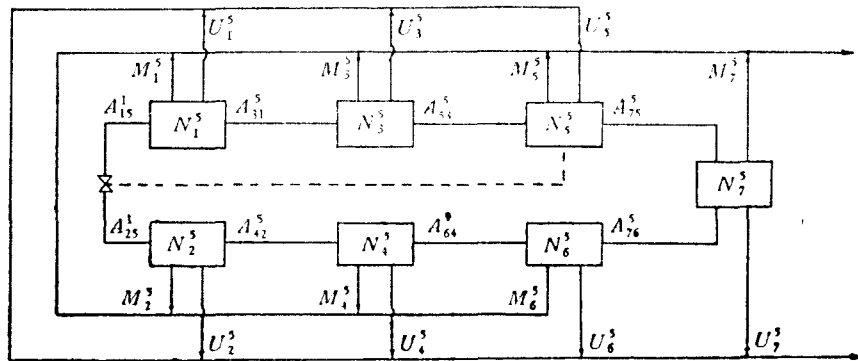


图1 藏羊种群季节动态模型分室图

Fig. 1 The compartmental model for population structure of Tibetan sheep

表示, 可以写为:

$$\begin{aligned} N_{i,t+1} &= A_i N_{i,t} - B_i U_{i,t}, \\ S &= 1, 2 \\ N_{i,t+1} &= A_i N_{i,t} - B_i U_{i,t}, \quad s = 3 \end{aligned} \quad (1)$$

模型中符号含义定义如下:

N 和 U 均为变量, 依次分别为组羊只数量和组出栏数量; a 为组间转移系数; b , 出栏对组羊只数量的影响参数; i , 组号; t , 年份; s , 季代号。其中, i, t, s 为说明变量或参数的角标。例如, 图1中, N_i^s 为第 s 季节 i 组的存栏数量; U_i^s 为第 s 季节 i 组的出栏羊只数量; M_i^s 为第 s 季第 i 组的死亡数量; A_{ij}^s 为第 s 季从第 j 组流入第 i 组的羊只数量, 且 $A_{ij}^s = a_{ij}^s N_j^s$, a_{ij}^s 为第 s 季节 j 组羊只流入第 i 组羊只的比例系数, 即转移率。

这里, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 。这同年模型不同, 因为两个羔羊组在跨季取值时刻不总是为

零,故而在模型中存在。 $s=1, 2, 3$ 。根据青藏高原草场植被的物候相,一年可分为三个季期:草枯黄期、草返青期和草生长旺盛期(夏武平,1982)。 s 为 1,代表草枯黄期,取值为秋季屠宰后,冬季产羔前,与年模型取值时间相同; s 为 2,代表草返青期,在草开始返青时取值; s 为 3,代表草生长旺盛期,在夏初羊群转场时取值。每经过三个季节,就开始新的一年。因此,不同于年模型,季模型涉及两个时间尺度:年和季,从而使季模型用两个方程表示。当 $s=1, 2$, 方程描述年内季间变动,当 $s=3, s+1=3+1$, 这时没有第 4 季存在,而是从第 t 年进入第 $t+1$ 年的第 1 季。

方程 (1) 用数学公式表示图 1, 其中 $N_{t,s}$ 和 $U_{t,s}$ 为 t 维向量,其元素分别为 $N_{t,i}$ 和 $U_{t,i}$, 外加表示年份的角标 t 。 A_s 和 B_s 为矩阵,其元素分别为 $A_{s,i}$ 和 $B_{s,i}$ 。

这个季模型虽不同于年模型,但不同模型在描述同一种群性别年龄结构及其出栏情况时,在相同取值时刻应为同构的,应能给出同样结果。下面将说明和讨论这种一致性和模型的生物学含义。

为便于讨论,先写出季间转移矩阵 A_1 、 A_2 、 A_3 以及 B_1 、 B_2 、 B_3 的具体形式:

在 A_s 中,主对角线上的元素 $a_{i,i}^s$ 均代表各组羊只经过该季后仍留在本组内的留存率。 A_s 中其他非零元素的生物学含义定义如下: $a_{1,5}^1$ 和 $a_{2,5}^1$ 分别是草枯黄期的产母羔率和产羯羊率; $a_{3,5}^2$ 和 $a_{4,5}^2$ 分别代表草开始返青时繁殖母羊和成年羯羊进入老弱淘汰育肥组(拨出集中饲养)的比例,为淘汰率; $a_{3,1}^3$ 和 $a_{4,1}^3$ 分别代表雌羯羊进入各自性别的一龄组的转移率; $a_{5,5}^3$ 和

$$A_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & a_{1,5}^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{2,5}^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{3,5}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{4,5}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{5,5}^3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{6,5}^3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{7,5}^3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} a_{1,1}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{1,1}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{3,1}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{4,1}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{5,1}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{6,1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{7,1}^2 & a_{7,6}^2 & a_{7,7}^2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{3,1}^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{4,1}^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{5,1}^3 & 0 & a_{5,5}^3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{6,1}^3 & 0 & a_{6,6}^3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{7,1}^3 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$\hat{A}$ 中, 各项元素均为三个季间转移参数的乘积, 其最前面参数的第一个下角标和最后面参数的后一个下角标表明, 该项元素是经过三个季期 (一年) 从最后面下角标标明的组转入最前面下角标标明的组的羊只占前者数量的比例。其中, $a_{3,1}^1, a_{1,1}^2, a_{1,1}^3$ 为第 5 组 (繁殖母羊) 产母羔的繁殖率同母羔年中存活率和年底升入一龄母羊组的转移率之积; $a_{2,1}^1, a_{2,1}^2, a_{2,1}^3$ 则为相应羯羊的繁殖率、存活率和转移率之积。即 $a_{3,1}^1, a_{1,1}^2, a_{1,1}^3$ 和 $a_{2,1}^1, a_{2,1}^2, a_{2,1}^3$ 分别为当年繁殖的母羊和羯羊进入一龄母羊和羯羊的比率, 这同年模型中的参数 $a_{3,1}$ 和 $a_{2,1}$ 的生物学含义分别一致。同理, $a_{3,2}^1, a_{2,2}^1, a_{2,2}^3$ 和 $a_{1,2}^1, a_{1,2}^2, a_{1,2}^3$ 分别是一龄的母羊和羯羊的各季存活率同其年底分别升入成年组的转移率之积, 这同年模型中 $a_{3,2}$ 和 $a_{1,2}$ 的生物学含义分别一致; $a_{7,1}^1, a_{7,1}^2, a_{7,1}^3$ 和 $a_{7,2}^1, a_{7,2}^2, a_{7,2}^3$ 分别是成年母羊和成年羯羊的第一季存活率同第二季因老弱而拨出的淘汰率及其在以后的第三季的存活率的乘积, 这同年模型的 $a_{7,1}$ 和 $a_{7,2}$ 的生物学含义分别一致; $a_{3,3}^1, a_{3,3}^2, a_{3,3}^3$ 和 $a_{1,3}^1, a_{1,3}^2, a_{1,3}^3$ 是成年母羊和成年羯羊的各季存活率同扣除淘汰后的留存率之积, $a_{7,1}^1, a_{7,1}^2, a_{7,1}^3$ 则是老弱羊只各季存活率的乘积, 这三项分别同年模型的 $a_{3,3}$, $a_{1,3}$ 和 $a_{7,3}$ 的生物学含义一致。

$\hat{A}$ 在结构上同年模型的转移矩阵 A 亦很相似, 相当于 A 扩充两行两列零元素, 同时 N_{t+1} 同年模型的 N_t 亦相似, 相当于 N_t 扩充两维零元素。用方程 (10) 代替年模型的方程 (2) 不会影响其模型数学结构和计算的一般性, 而且结果一致。由于这种数学结构和生物学含义的一致性, 从而可知年模型参数同季模型参数中的一些定量关系:

$$\begin{aligned} a_{3,5} &= a_{3,1}^1 a_{1,1}^2 a_{1,1}^3, \\ a_{4,5} &= a_{2,1}^1 a_{2,1}^2 a_{2,1}^3, \\ a_{5,3} &= a_{3,2}^1 a_{2,2}^1 a_{2,2}^3, \\ a_{6,4} &= a_{1,2}^1 a_{1,2}^2 a_{1,2}^3, \\ a_{7,5} &= a_{7,1}^1 a_{7,1}^2 a_{7,1}^3, \\ a_{7,6} &= a_{7,2}^1 a_{7,2}^2 a_{7,2}^3, \\ a_{5,5} &= a_{3,3}^1 a_{3,3}^2 a_{3,3}^3, \\ a_{6,6} &= a_{1,3}^1 a_{1,3}^2 a_{1,3}^3, \\ a_{7,7} &= a_{7,3}^1 a_{7,3}^2 a_{7,3}^3, \end{aligned} \quad (13)$$

年模型中转移矩阵的元素, 正是季模型中三个矩阵的元素之积, 即三个转移参数之积。同时, 两模型的状态向量 N_t 和转移矩阵 A 间数学结构和生物学含义的一致性亦决定了出栏向量 U_t 及其影响参数矩阵 B 的某种一致性和如下对应关系:

$$\begin{aligned} U_{1,t} &= a_{3,1}^1 a_{1,1}^2 U_{1,t}^1 + a_{2,1}^1 U_{2,t}^1 + U_{1,t}^1, \\ U_{2,t} &= a_{3,2}^1 a_{2,2}^1 U_{2,t}^1 + a_{1,2}^1 U_{1,t}^1 + U_{2,t}^1, \\ U_{3,t} &= a_{3,3}^1 a_{3,3}^2 U_{3,t}^1 + a_{2,3}^1 U_{2,t}^1 + U_{3,t}^1, \\ U_{4,t} &= a_{1,3}^1 a_{1,3}^2 U_{4,t}^1 + a_{7,3}^1 U_{7,t}^1 + U_{4,t}^1, \\ U_{5,t} &= a_{3,5}^1 a_{3,5}^2 U_{5,t}^1 + a_{3,5}^3 U_{3,t}^1 + U_{5,t}^1, \\ U_{6,t} &= a_{1,5}^1 a_{1,5}^2 U_{6,t}^1 + a_{1,5}^3 U_{1,t}^1 + U_{6,t}^1, \\ U_{7,t} &= a_{7,5}^1 a_{7,5}^2 U_{7,t}^1 + a_{7,5}^3 U_{7,t}^1 + U_{7,t}^1 + a_{7,1}^1 a_{7,1}^2 U_{1,t}^1 + a_{7,2}^1 a_{7,2}^2 U_{2,t}^1, \end{aligned} \quad (14)$$

方程 (14) 表明, 各组年出栏数不能表示成为各组各季出栏数的简单代数之和。由于各季各组出栏影响全群下一季的同组数量, 并通过全群状态转移变化, 影响本组和其他有关组的

下一季存栏和出栏, 在年季出栏数换算中, 要计入其他组出栏对本组出栏的影响, 并乘上各季状态转换的各组特定转换系数。实际上, 各季出栏的出栏利用方式和出栏价值均不同。

以上讨论建立了种群季节动态模型并证明了季模型同年模型在相同取值时刻的等价性。利用这个模型, 下一节将可以构造出在季牧草限制和羊群年间平衡态下的藏羊种群结构及其出栏方案的分季最优化模型。

2. 线性规划模型

假设: (1) 草场持续的年牧草可供食量和季牧草可供食量保持恒定, (2) 上一季吃剩的牧草在下一季中不能继续食用。这里假设 (1) 同年模型假设相似, 假设 (2) 反映了这样的事实, 在草返青期牧草返青后, 羊只不再采食冬季所余枯草, 当草生长旺盛期开始, 羊群转到夏季牧场放牧, 然后当草枯黄期到来时, 羊群又返回冬季草场, 不能再利用夏季牧场的余草。

在各季牧草都有恒定限制的情况下, 研究哪种恒定的羊群结构和出栏方案可使人们收益最大, 构成了以季牧草可供食量和羊群年间平衡态为约束的最优化问题。

羊群年间平衡态意味着:

$$N_{t+1,i} = N_{t,i} \quad (15)$$

把方程 (15) 代入方程 (1)、(2) 及 (8), 可以去掉这些方程中的下标 t , 用它们描述年平衡态下的各季动态。

由于以上描述约束条件的方程都是线性的, 表示人们收益的目标函数也是简单求加权和的线性函数。如同上篇文章一样, 仍可用线性规划方法求最优。

整个线性规划方程可以写出如下:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^7 C_{ij} U_{ij}^{\dagger} + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^7 d_{ij} N_{ij}^{\dagger} \\ \text{s. t. } &\sum_{i=1}^7 g_{ij} N_{ij}^{\dagger} \leq G_j \\ &A_3 N_3 - B_3 U_3 = N_1 \\ &A_1 N_1 - B_1 U_1 = N_2 \\ &A_2 N_2 - B_2 U_2 = N_3 \\ &S = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (16)$$

这里, c 是出栏羊只的收益系数, d 是存栏羊只的收益系数, g 是羊只平均采食量系数, d 中包含了羊毛和自然死亡羊只的收益, c 、 g 、 d 加下标 i 和下标 s 后, 都表示某组某季的该项系数。

方程组 (16) 就是本文为改进年模型而构造的新模型——分季最优线性规划模型。利用这个模型, 经过同年模型相似的变量替换和季参数计算, 就可以计算各季各组的最优存栏数和最优出栏数。

二、分季最优化模型的应用

运用上述模型, 使用日立 M-160 型计算机, 调用其数学副程序库 MSL II 中的修正的单纯型法的程序, 输入附录中的各项参数值, 本文分季计算了青海海北地区 10 万亩草场上年间平

衡的藏系绵羊种群的最优存栏结构（简称最优存栏）及相应的最优出栏方案（简称最优出栏）和相应的总收益。

附录中的各项数据的来源与年模型的数据来源相同（参见董全等，1984），这些数据的调查和计算本来都是分季进行的，然后合并成年数据在年模型中得到使用。

表 1、表 2 和表 3 分别列出了计算出来的各季最优存栏、各季最优出栏和各季可供食牧

表 1 最优化模型预测的各季期不同性别年龄组存栏情况

Table 1 The predicted stock-numbers for the age-sex groups at every season from optimization model

S_i		N_i	1 幼♀	2 幼♂	3 龄♀	4 龄♂	5 成年♀	6 成年♂	7 老 弱	总和
季 模 型	草返青期	只 数	2,194	2,025	2,023	0	4,985	0	0	11,227
		%	19.54	18.04	18.02	0	44.40	0	0	100
	草生长旺盛期	只 数	2,161	1,985	1,985	0	4,512	0	459	11,102
		%	19.47	17.88	17.88	0	40.64	0	4.13	100
	草枯黄期	只 数	0	0	2,128	0	5,090	0	0	7,218
		%	0	0	29.49	0	70.51	0	0	100
年模型值		只 数	0	0	2,668	0	6,380	0	0	9,048
		%	0	0	29.49	0	70.51	0	0	100

表 2 最优化模型预测的各季期不同性别年龄组的出栏情况

Table 2 The predicted slaughter-numbers for the age-sex groups at every season from optimization model

S_i		N_i	1 幼♀	2 幼♂	3 龄♀	4 龄♂	5 成年♀	6 成年♂	7 老 弱	总和
季 模 型	草枯黄期	只 数	0	0	0	0	0	0	0	0
		%	0	0	0	0	0	0	0	0
	草返青期	只 数	0	0	0	0	0	0	0	0
		%	0	0	0	0	0	0	0	0
	草 生 长	只 数	0	1,965	0	0	1,388	0	459	3,814
		旺 盛 期	%	0	100			30.83	0	100
	年出栏率	%	—	—	—	—	—	—	—	52.81
年模型值		只 数	0	2,463	0	0	1,740	0	574	4,777
		%	0	100	0	0	30.83	0	100	52.80

表 3 最优化模型预测定牧草余额

Table 3 The residual quantity of herbage predicted from optimization

	草返青期	草生长旺盛期	草枯黄期	总 和	年模型值
牧草余额（公斤/亩）	6.73	18.56	0	12.29	0

草的剩余量。对于存栏, 不仅列出了具体羊只数量, 也列出了各组占全群的百分比; 对于出栏, 则列出了具体羊只数和出栏时占本组存栏数量的百分比。为了便于同年模型比较, 在各表下方还列出了年模型的各项的最优值。

从表 1 可以看出, 在年底的相同取值时刻, 年模型和季模型以百分比表示的最优存栏是一致的; 但以羊只数目表示的最优存栏则是不同的, 季模型的各组最优存栏只数仅为年模型各组的最优存栏只数的 79.8%。在草返青期和草生长旺盛期的取值时刻, 由于羔羊已经出生, 羔羊组出现, 这使羊群数量增加, 羊群结构发生变化。

季模型的最优出栏方案和年模型的最优出栏方案, 在各组出栏比例上也显示了一致性, 在出栏数量上亦存在差别。季最优出栏方案中, 其他两季均不出栏羊只, 只是到草生长旺盛期结束时才出栏全部幼、羯羊和全部老弱羊, 以及近三分之一的成年母羊。这在出栏时间同出栏比例上都与年模型相同。季模型各组最优出栏的数量都小于年模型, 是其出栏数量的 79.8%, 但总出栏率相同, 为 52.8% (最后 1 位有计算上的进位误差)。

表 3 的可供食牧草剩余量表明, 在草返青期和草生长旺盛期分别有 30% 和 40% 左右的牧草余额, 共占全年总牧草可供食量的 20% 左右, 而草枯黄期的可供食牧草全部利用完, 余额为零。20% 的可供食牧草未得到利用似应可以解释季模型的最优存栏和最优出栏比年模型低 20% 的现象。由此造成的最终结果是季模型的总收益比年模型的总收益少 20%, 由 7.26 千千卡/亩降为 5.80 千千卡/亩。

草枯黄期牧草全部利用和其他季期牧草存在余额说明, 在季节性草畜矛盾中冬季牧草可供食量是当前藏系绵羊生产的主要限制条件, 因此, 冬季牧场载畜能力是决定生产的主要限制因素。从表 1 可以推知, 在最优结构下, 冬季草场载畜能力为 13.6 只羊/百亩。而在年模型的参照结构下, 各季草场的载畜能力为 14.0 只羊/百亩。若按参照结构分季计算, 其存栏、出栏和收益也要下降 23.46%。

三、讨 论

季模型预测出来的百分比最优存栏和百分比最优出栏同年模型预测结果的一致性, 可以进一步证明, 每年秋未出栏屠宰全部幼羯羊、全部老弱羊和一定比例的成年母羊是海北藏系绵羊生产中的很好出栏方案。因为海北藏系绵羊屠宰主要是从肉用上取得较大收益, 同时, 这种方案及时出栏幼羊也是减轻冬季草场压力和实行季节畜牧业的重要措施。

季模型的计算结果也告诉了我们: 合理调整羊群结构和实行正确的出栏方案, 虽然可以减缓季节性草畜矛盾提高生产, 但不能完全解决季节性草畜矛盾。这在某种程度上可能是因为现在海北藏系绵羊的羔羊繁活率不高, 不能生产较多羔羊利用夏季草场牧草冬季屠宰。要解决藏系绵羊生产中的季节性草畜矛盾, 应从三方面入手: (1) 打草贮草; (2) 开发新的冬季草场, 适当提高冬季草场比例或产草量; (3) 较大地提高羔肉繁活率。

由于季节性草畜矛盾不能完全解决, 部分牧草不能得以充分利用, 年模型对最优出栏数量和最优存栏数量的计算估计均偏高。季节性草畜矛盾限制会导致存栏、出栏和收益下降 20% 左右。

本文构造的季模型仅是从季节性草畜矛盾这一方面对年模型加以改进, 以期为解决季节性草畜矛盾提供一种工具。在其他方面, 季模型同年模型同构, 两者优缺点一致。但季模型

的计算及其参数的调查统计比较繁杂, 不象年模型那样简单易用。

附录: 计算所用数据

1 各季各组出栏羊只收益的热能值 C_{ij} , (千千卡)

组号 i	1	2	3	4	5	6	7
C_{i1}	39.6	45.2	62.2	72.2	102.1	98.2	97.8
C_{i2}	70.7	79.0	105.3	119.7	145.1	140.4	142.4
C_{i3}	100.6	112.6	135.5	158.6	172.2	171.9	181.4

2 各季各组存栏羊只的收益 d_{ij} , (千千卡) 和采食量 (公斤)

组号 i	1	2	3	4	5 ₁	6 ₁	5 ₂	6 ₂	7
d_{i1}	0	0	0.18	0.12	0.14	0.12	0.06	0.10	0.06
d_{i2}	1.87	1.45	3.54	5.88	5.07	5.62	3.77	6.55	3.09
d_{i3}	0.02	0.01	0.01	0.02	—	—	0.01	0.01	0
g_{i1}	0	0	339	339	382	382	445	424	488
g_{i2}	31	37	67	79	98	92	98	92	85
g_{i3}	101	110	83	92	—	—	147	129	156

3 10万亩海北草场各季牧草可供食量 G_j , (10^6 公斤)

季 期	草 枯 黄 期	草 返 青 期	草 生 长 旺 盛 期
牧 草 量	2.862	1.1236	2.209

4 各季组间转移参数 a_{ij}^k , (取值为零的未列入)

a_{ij}^k	a_{11}^1	a_{12}^1	a_{21}^1	a_{22}^1	a_{31}^1	a_{32}^1	a_{33}^1
数 值	0.431029	0.431029	0.9850	0.9850	0.950469	0.981351	0.994870
a_{ij}^2	a_{11}^2	a_{12}^2	a_{21}^2	a_{22}^2	a_{31}^2	a_{32}^2	a_{33}^2
数 值	0.397872	0.397872	0.9800	0.9900	0.979332	0.979924	0.992243
a_{ij}^3	a_{11}^3	a_{12}^3	a_{21}^3	a_{22}^3	a_{31}^3	a_{32}^3	a_{33}^3
数 值	0.973326	0.99400	0.9980	0.983323	0.84916	0.979332	0.995050
a_{ij}^4	a_{11}^4	a_{12}^4	a_{21}^4	a_{22}^4	a_{31}^4	a_{32}^4	a_{33}^4
数 值	0.995562	0.985274	0.995050	0.149746	0.979237	1	1

参 考 文 献

- 中国植被编辑委员会 1980 中国植被, 第1080—1090页. 科学出版社.
- 任继周等 1978 草原生产流程及草原季节畜牧业. 中国农业科学 (2): 87—92.
- 夏武平 1982 高寒草甸生态系统, 第44—50页、58—65页. 甘肃人民出版社.
- 董全等 1984 海北藏系绵羊种群结构及其出栏方案最优化的探讨. 生态学报 4 (2): 188—198.

SEASONAL DYNAMIC MODEL FOR OPTIMIZATION OF THE AGE-SEX DISTRIBUTION OF TIBETAN SHEEP POPULATION AND THE CORRELATED SLAUGHTER PROGRAM

Dong Quan

(Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing)

Pi Nanlin

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining)

Xiu Xinyi

(Department of Water Resource, The Water Conservancy and Hydroelectric Power
Scientific Research Institute)

Sun Ruyung

(Department of Biology, Beijing Normal University, Beijing)

This paper is the continuation of our studying optimization of the age-sex distribution of Tibetan sheep population and the correlated slaughter program (Dong Quan *et al.*, 1984). Considering the seasonal dynamics of the herbage availability in the alpine meadow, the limitation of herbage availability at different seasons had been added and the present seasonal model for dynamics of population was:

$$N_{t+1,s} = A_s N_{t,s} - B_s U_{t,s}, \quad s = 1, 2$$

$$N_{t+1,1} = A_1 N_{t,1} - B_1 U_{t,1}, \quad s = 3$$

and the present linear programming model to determine the optimal stable age-sex distribution of the population and the correlated slaughter program was:

$$\text{Max } Z = \sum_{s=1}^3 \sum_{i=1}^7 C_{i,s} U_{i,s}^* + \sum_{s=1}^3 \sum_{i=1}^7 d_{i,s} N_i^*$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^7 g_{i,s} N_i^* \leq G_s$$

$$A_3 N_3 - B_3 U_3 = N_1$$

$$A_1 N_1 - B_1 U_1 = N_2$$

$$A_2 N_2 - B_2 U_2 = N_3$$

$$s = 1, 2, 3$$

The objective of optimization is also to maximize the gains from the popula-

tion, and the constraints are both the herbage availability and the equilibrium state of the age-sex distribution as in the previous non-seasonal model. Using this model and actual field data obtained in Menyuan Country, Qinghai, China for computer simulation, the results showed that the optimal age-sex distribution and optimal slaughter program presented in percentage were the same in both previous non-seasonal and present seasonal models, but the optimal sheep numbers of existing stock and slaughters were lower in seasonal model than in non-seasonal one. This might be explained by the winter shortage of herbage availability in alpine meadow in Qinghai which had not been considered in previous non-seasonal model.