高寒草甸牧场最优放牧强度的研究*

Ⅲ. 最大利润放牧强度

周　立　王启基　赵　京
（中国科学院西北高原生物研究所）
周　琪
（吉林市职工大学）

摘　要

本文从经济学角度建立轮牧、非轮牧牧场的经济优化模型。探讨该非线性无约束最优化问题的求解方法，并给出解的表达式。证明牧场最大利润放牧强度永远不超过最大生产力放牧强度。确定在现有价格体系之下高寒草甸牧场的最大经济收益放牧强度。研究当价格结构发生波动时最大经济收益放牧强度的变化趋势和经营对策。为提高牧业生产经济效益、防止草场退化和制止盲目追求牲畜头数，向政策制定和管理部门提出某些生态经济策略建议。

关键词：牧场经济优化模型；最大利润放牧强度；最大粗收益放牧强度；非线性无约束最优化问题；高寒草甸牧场

受传统观念的影响，在畜牧业生产中人们往往更注重牲畜的数量。但片面地追求牲畜头数必将导致草场的过度开放利用，进而草场退化，迫使牧业生产环境日趋恶化。实际上牲畜数量只能表示财产、现存量或者生产资本的多少，并不能表征牧场的生产性能。牧业生产的目标是持续地提供尽可能多的畜产品和获取最大利润。因此，生产性能才是估价牧场成效的最重要指标之一。但许多牧业经营者有一种信念，即牲畜数量越多其生产力越高，经济收益也越大。事实上，无论采用连续放牧还是轮牧方式，每个牧场都有其最大生产力放牧强度。低于该强度时，随着牲畜数量增加，生产力增高，尽管增长的速度递减。若牲畜数量超过该放牧强度，家畜生产力不但不会增高反而降低。而且降低的速度递增（周立等，1995）。牧场的经济收益与生产力相似，也表现了类似的规律。

最佳放牧强度的确定，是牧场管理中最基本重要的问题。本文在放牧强度生物学优化模型的基础上，从经济学角度建立牧场经济优化模型，探讨经济上最优的放牧强度。作为

* 国家自然科学基金和中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站基金资助项目。

China

实例，确定在现有价格体系之下，高寒草甸牧场的最大经济收益放牧强度。利用优化模型解的表达式证明，最大利润放牧强度永远不超过最大生产力放牧强度。研究当价格结构发生变化时，最大经济收益放牧强度的变化趋势，以澄清某些错误的经营思想。为牧场经济管理的科学决策和提高经济效益提供理论、方法和依据。也为抑制过牧现象和保护草地资源向政策制定和管理部门提供某些生态经济对策。

经济优化模型

不论是什么类型的牧场和什么样的放牧制度，在很大的放牧强度范围内，家畜生产力与放牧强度之间存在着一种抛物线关系（Jones 等，1974；Jones，1981；周立等，1995）：

$$Z_i = a_i X_i - b_i X_i^2 \qquad a_i, b_i > 0 \qquad (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{1}$$

式中 Z_i 表示实行轮牧制度牧场第 i 个轮牧草场的家畜生产力，以单位面积家畜活增重（公斤/公顷）来度量，X_i 表示放牧强度（只/公顷），a_i，b_i 是放牧某种类型家畜各轮牧草场特有的参数，分别表示其营养水平和空间稳定性、恢复力（周立等，1995），通过放牧强度试验确定之；n 表示牧场的轮牧草场的个数。对于实行连续放牧制度的牧场，可视为轮牧牧场的特例，即 $n=1$的情形。因此，以下仅就一般的轮牧牧场进行探讨。

若以 L 表示放牧家畜活增重的平均市场价格（元/公斤），则在每个轮牧草场上家畜生产的粗收益（gross income）（元/公顷）为

$$GI_i = L \cdot Z_i = L(a_i X_i - b_i X_i^2) \qquad (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{2}$$

显然，对每个轮牧草场而言，最大粗收益放牧强度（$X_i^{(G)}$）与最大家畜生产力放牧强度是相同的

$$X_i^{(G)} = \frac{a_i}{2b_i} \qquad (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{3}$$

在各轮牧草场轮牧一次之后，于牧场每公顷面积上的平均粗收益（AGI）（元/公顷）为

$$AGI = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot GI_i = L \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot Z_i \tag{4}$$

式中 R_i 为每只家畜在第 i 轮牧草场占地面积与在整个牧场累计占地面积之比

$$R_i = \frac{\frac{1}{x_i}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{x_j}} = \frac{\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} x_j}{\sum_{k=1}^{n} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n} x_j} \qquad (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{5}$$

以下假定在轮牧过程中畜群数量相对稳定。于是，R_i 也是第 i 轮牧草场面积占牧场总面积的比例。若按面积平均计算，在每公顷的牧场面积中第 i 轮牧草场占有 R_i 公顷草地，显然 $\sum_{i=1}^{n} R_i = 1$。

如果我们的目标是通过调整各轮牧草场的放牧强度 $X_i(i=1,2,\cdots,n)$ 使牧场的总产值（即总粗收益）达到最大，它等价于使单位面积产值 AGI 达到最大，那么此时还存在着各轮牧草场放牧强度的整体最佳配置问题。各轮牧草场的最佳匹配放牧强度未必与各自的最大粗收益放牧强度（$X_i^{(G)}$）相重合（周立等，1995b）。由于牧场平均生产力函数 $\sum_{i=1}^{n} R_i \cdot Z_i$ 与 AGI 只相差一个常数 L，最大产值（粗收益）的放牧强度配置必定与最大生产力的放牧强度配置相同，均为（周立等，1995b）

$$X_n^{(b)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{2\left(\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{b_i \cdot b_n} + b_n\right)}$$

$$X_i^{(b)} = \sqrt{\frac{b_n}{b_i}} X_n^{(b)} \tag{6}$$

$$(i = 1,2,\cdots,n-1)$$

众所周知，总产值（产出）中包含着生产成本（投入），它并不能真正反映牧场生产的经济效益和生产效率。面利润（净货币收益）以及相关的经济效率才能真正反映牧场经营的经济效果，是评价牧场经营水平的最直接指标，也是经营者追逐的目标。

利润（profit）是粗收益（产值）与成本（cost）之差。成本分为固定成本（fixed cost）和变动成本（variable cost）。固定成本指固定资产的投资（例如围栏等草场建设开支，草地租金），它一般不随放牧家畜头数的增减面变化。而变动成本（例如每头家畜的纳税、防疫费等）随着家畜头数的增减而同步变化。固定资产以折旧的形式摊入固定成本。为了计算方便，我们将面定资产的折旧费平摊到牧场的每公顷草地，即每公顷草地的固定成本，以 FC（元/公顷）表示。若以 VC_i（$i=1, 2, \cdots, n$）表示第 i 轮牧草场上每头家畜的变动成本（元/只），则在每公顷的第 i 轮牧草场面积上，生产总成本 CS_i（元/公顷）为

$$CS_i = VC_i \cdot X_i + FC \tag{7}$$

$$(i = 1,2,\cdots,n)$$

其利润（净货币收益）NI_i（元/公顷）为

$$NI_i = GI_i - CS_i \tag{8}$$

$$(i = 1,2,\cdots,n)$$

在各轮牧草场轮牧一次之后，于牧场每公顷面积上的平均利润 ANI（元/公顷）为

$$ANI = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot NI_i$$

$$= \sum_{i=1}^{n} R_i[(L \cdot a_i - VC_i)X_i - L \cdot b_i \cdot X_i^2] - FC \tag{9}$$

China

令

$$L \cdot a_i - VC_i = Ci, L \cdot b_i = d_i \tag{10}$$

则

$$ANI = \sum_{i=1}^{n} R_i(C_i \cdot X_i - d_i \cdot X_i^2) - FC \tag{11}$$

$b_i>0$，所以 $d_i>0$。a_i 表示当放牧强度趋于0时，每头家畜的个体增重，即最大可能个体增重。它由牧场的营养水平和家畜的种类唯一决定（周立等，1995a）。于是，$L \cdot a_i$ 表示每头家畜可能带来的最大个体粗收益（产值）。根据市场经济调节规律，它应该远超过每头家畜的变动成本

$$L \cdot a_i > VC_i$$

或

$$C_i > 0 \tag{12}$$

$$(i = 1, 2, \cdots n,)$$

因为活劳力的机会成本永远是正值，如果（12）式不被满足，社会上将没有人从事放牧业。

牧场经营者的经济目标是通过调整各轮牧草场的放牧强度来获取最大利润。即 ANI 达到最大。用数学语言描述，就是求解下述最优化问题

$$\text{Max } ANI = \sum_{i=1}^{n} R_i(C_i X_i - d_i X_i^2) - FC$$

$$x_i > 0 \tag{13}$$

$$(i = 1, 2, \cdots n,)$$

我们称（13）式为牧场经济优化模型。这是一个非线性无约束最优化问题。

牧场利润最大的放牧强度

对于第 i 个轮牧草场，根据经典经济学理论，其最大利润放牧强度出现在边际粗牧益与边际成本相等之处，即

$$\frac{dGI_i}{d\,X_i} = \frac{d\,CS_i}{d\,X_i} \tag{14}$$

$$(i = 1, 2, \cdots n,)$$

解方程（14）式得

$$X_i = \frac{L \cdot a_i - VC_i}{2L \cdot b_i} = \frac{C_i}{2d_i} \tag{15}$$

试与最大粗收益或最大生产力放牧强度（（3）式）相比较，永远有

$$0 < X_i \leqslant X_i^{(G)} \tag{16}$$

$$(i = 1, 2, \cdots, n)$$

只有当成本 $VC_i=0$时，（16）式右端才能成为等式。

对于整个牧场，各轮牧草场轮牧一次，利润最大的放牧强度配置，恰是经济优化模型（13）式的解。因为固定成本 FC 是一常数，从而问题（13）式与问题

China

$$\text{Max } F = \sum_{i=1}^{n} R_i(C_i \cdot X_i - d_i X_i^2)$$
$$x_i > 0 \tag{17}$$
$$(i = 1, 2, \cdots, n)$$

的解相同。于是，我们转而求解问题（17）式来获得各轮牧草场放牧强度的最佳配置。周立等（1995b）在本项研究Ⅱ中就形如（17）式的非线性无约束最优化问题，给出解的存在与唯一性定理和解的表达式，现转述如下。

定理（解的存在与唯一性）：函数 F 在区域 $R_+^n = \{(X_1, X_2, \cdots, X_n) \mid X_i > 0, i = 1, 2, \cdots, n\}$ 内存在唯一的稳定点。它必定是个极大值点。并且是函数 F 在 R_+^n 上的严格最大值点。

问题（17）式即问题（13）式的解为

$$X_n^{(*)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{2\left(\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{d_i \cdot d_n} + d_n\right)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (L \cdot a_i - VC_i)}{2L\left(\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{b_i b_n} + b_n\right)}$$
$$X_i^* = \sqrt{\frac{d_n}{d_i}} X_n^{(*)} = \sqrt{\frac{b_n}{b_i}} X_n^{(*)} \tag{18}$$
$$(i = 1, 2, \cdots, n-1)$$

从最大利润放牧强度表达式可以看出如下几个特点：

1. 一般说来，牧场整体最大利润的各轮牧草场放牧强度最佳配置 $X_i^{(*)}$，并不与它们各自的最大利润放牧强度 X_i（(15) 式）相重合，除非满足 $\sqrt{\frac{d_i}{d_n}} = \frac{C_i}{C_n}$，即 $\sqrt{\frac{b_i}{b_n}} = \frac{L \cdot a_i - VC_i}{L \cdot a_n - VC_n}$ $(i=1, 2, \cdots, n)$，$X_i^{(*)}$ 分布在 X_i 的左侧或右侧。

2. 各轮牧草场自身最大利润放牧强度 X_i 永远不超过最大粗收益（生产力）放牧强度 $X_i^{(G)}$ (3) 式。仅当每头家畜的变动成本 $VC_i = 0$ 时，两者才能相等。牧场整体最大利润的最佳放牧强度配置 $X_i^{(*)}$，永远不超过其最大粗牧益（生产力）的放牧强度配置 $X_i^{(b)}$（(6) 式）。仅当所有的 VC_i 均为0时，两者才能重合。总之，最大利润放牧强度不超过最大生产力放牧强度。

3. 当家畜活重的市场价格 L 上升（下降），而变动成本 VC_i 保持不变时，最大利润放牧强度 X_i 或 $X_i^{(*)}$ $(i=1, 2, \cdots, n)$ 也随之增大（减小）。

4. 当家畜活重价格 L 保持不变，而变动成本 VC_i 上升（下降）时，最大利润放牧强度 X_i 或 $X_i^{(*)}$ 随之减小（增大）。若 $VC_i \to 0$，则 $X_i \to X_i^{(G)}$，$X_i^{(*)} \to X_i^{(b)}$ $(i=1, 2, \cdots, n)$。

5. 无论 L 和 VC_i，FC 如何变化，最大粗收益（生产力）放牧强度 $X_i^{(G)}$ 或 $X_i^{(b)}$ 保持不变。

6. 固定成本 FC 的变化只影响利润值，并不影响其最佳放牧强度。

高寒草甸牧场最大利润放牧强度

高寒草甸牧场施行两季草场轮牧制度，每年秋季出栏一次。因此，在两次出栏之间的

China

年度内是一个连续的生产过程，两季草场的家畜数量相对稳定。按着实际轮牧时间分配，通过放牧强度试验已获得夏秋、冬春草场藏羊生产力关于放牧强度的定量关系（周立等，1995a）。

$$\begin{aligned} Z_1 &= 13.46\,X_1 - 0.9549\,X_1^2 \quad (\text{夏秋}) \\ Z_2 &= 2.873\,X_2 - 1.118\,X_2^2 \quad (\text{冬春}) \end{aligned} \tag{19}$$

即参数 $a_1=13.46$，$b_1=0.9549$，$a_2=2.873$，$b_2=1.118$。夏秋、冬春草场的最大负载能力分别为14.10只/公顷和1.56只/公顷。最大粗收益（生产力）放牧强度（$X_i^{(G)}$）分别为7.05只/公顷和0.78只/公顷。年度藏羊生产最大粗收益（生产力）的两季轮牧草场放牧强度最佳配置为夏秋草场 $X_1^{(b)}=4.1076$只/公顷，冬春草场为 $X_2^{(b)}=3.7962$只/公顷。

经济管理体制改革以来，家庭承包牧场大量涌现，已成为牧场经营管理的基本单位。下面以家庭牧场为例核算其年度经营成本。若以1987年畜产品收购价为基准，羊肉（酮体）价为2.28元/公斤，活重价为肉价的71%，即活重价 $L=1.62$元/公斤。牧场的年度变动成本包括每头藏羊的管理费（纳税）和防疫费两项。如果冬季补饲，还应计入每头的补饲费。由于生产力函数（（19）式）是在不补饲条件下野外试验的结果，即为不补饲的生产力。若有补饲，生产力 Z_2还会增大，故这里只考虑冬季不补饲的情况。牧场的年度固定成本包括牧工工资和围栏投资折旧。由于目前的纳税方式是以头数税代替草场租金，故没有草地租金这部分固定成本。对于家庭牧场，并不支付家庭劳动力工资，而是把牧场的经营利润全部返回到家庭活劳力。因此，除非额外雇佣劳动力，固定成本中也没有工资部分。围栏投资应按其使用年限折旧，将年度折旧费平摊到每公顷草地。由于各牧户围栏投资差异很大，即使围栏也只有冬春草场，并且围栏投资的数额并不影响最大利润或最大粗收益的放牧强度，计算收益时，只须扣出这部分折旧费即可。故这里将围栏投资取为0，即牧场的固定成本为0。每只藏羊的管理费为3.24元/年，按其每年在夏秋、冬春草场上放牧时间比（7:5）分配给每季草场。每只羊的防疫费为0.50元/年，只在夏秋草场上支出。这样，每只羊的变动成本 $VC_1=1.85$元（夏秋草场），$VC_2=1.89$元（冬春草场）。

令 $n=2$，将上述各参数分别代入（15）式和（18）式，立即获得两季轮牧草场的各自最大利润放牧强度（夏秋：6.45只/公顷，冬春：0.76只/公顷）和年度最大利润两季轮牧草场的放牧强度配置（夏秋：3.53只/公顷，冬春：3.26只/公顷）。为了便于比较，将不同优化目标的最佳放牧强度分别列于表1和表2。表1是两季草场各自的最佳放牧强度，其最大粗收益和最大利润分别按（2）式和（8）式计算。表2是年度两季草场放牧强度的最佳配置，年度最大粗收益和年度最大利润分别按（4）式和（9）式计算。

从表1可以看出，由于利用起始时间和持续利用时间长度的不同，两季草场的最大负载能力以及各优化目标的最佳放牧强度和相应的目标函数值差异悬殊。表2显示，在两季草场差异悬殊的情况下，为了使年度目标函数值达到最大，两季草场放牧强度的最佳配置中冬春草场的放牧强度已超过其最大负载能力。因而在冬春草场上无论是家畜生产力还是货币收益均为负值。这就决定了天然高寒牧场的低经济效益和低生产力。从表2还可以发现，各种优化目标的最佳放牧强度配置均满足 $R_1=\dfrac{X_2}{X_1+X_2}\approx 0.48$，$R_2=\dfrac{X_1}{X_1+X_2}$

China

≈ 0.52。即各种优化目标下，两季草场占牧场总面积之比基本相同。高寒草甸牧场夏秋、冬春轮牧草场的最佳面积匹配为1.0:1.1。

表1 两季草场不同优化目标下各自最佳放牧强度

Table 1 Respective optinum stocking intensities for different optimization objective in two seasonal grasslands

草场 Grasslands	最大负载能力（只/公顷） MCC (animal/ha)	最大生产力放牧强度（只/公顷） SMPD (animal/ha)	最大生产力（公斤/公顷） MPD (Kg live wt. /ha)	最大粗收益放牧强度（只/公顷） SMGI (animal/ha)	最大粗收益（元/公顷） MGI (Yuan/ha)	最大利润放牧强度（只/公顷） SMPF (animal/ha)	最大利润（元/公顷） MPF (Yuan/ha)
夏秋草场 Summer-Autumn grassland	14.10	7.05	47.43	7.05	76.84	6.45	64.35
冬春草场 Winter-Spring grassland	1.56	0.78	1.85	0.78	3.00	0.76	1.06

MCC: Maximum carrying capacity. SMPD: The stocking intensity to maximize production.
MPD: Maximum production. SMGI: The stocking intensity to maximize gross income.
MGI: Maximum gross income. SMPF: The stocking intensity to maximize profit, MPF: Maximum profit.

表2 不同优化目标下年度两季草场放牧强度最佳配量

Table 2 The optimum combinations of stocking intensities in two seasonal grasslands in a year for different optimization objective

草场 Grasslands	最大生产力配量（只/公顷） GSMPD (animal/ha)	生产力（公斤/公顷） PD (Kg live wt. /ha)	最大粗牧益配量（只/公顷） CSMGI (animal/ha)	粗收益（元/公顷） GI (Yuan/ha)	最大利润配量（只/公顷） CSMPF (animal/ha)	利润（元/公顷） PF (Yuan/ha)
夏秋草场 Summer-Autumn grassland	4.11	39.18	4.11	63.47	3.53	51.17
冬春草场 Winter-Spring grassland	3.80	−5.21	3.80	−8.44	3.26	−10.24
年度 Yearly	1.97	16.11	1.97	26.10	1.69	19.24

GSMPD: The combination of stocking intensities to maximize yearly production.
PD: production. CSMGI: The combination of stocking intensities to maximize yearly gross income.
GI: gross income. CSMPF: The combination of stocking intensities to maximize yearly profit. PF: profit.

China

讨　论

过牧以及伴随的草场退化和低经济效益现象，在世界各地的不发达国家中普遍存在(Danckwerts 等，1986；Workman 等，1986)。这实际上是经济-生态知识不足和缺乏经济刺激的结果。当放牧强度低于最大利润放牧强度时，随着家畜头数的增加尽管边际利润率(放牧强度增加1个单位所带来的利润）越来越小。但增加家畜头数还是能带来利益，家畜生产力也表现出类似的规律。此外，家畜作为牧业生产的资本，似乎数量越多所带来的利润越大。因此，利润或生产力与家畜头数正相关的信念被许多人接受，成为一种经营经验。事实上，牧业生产的发展受到牧场生态资源的限制，可再生牧草资源并非取之不尽、用之不竭、能持续地供给任何数量家畜的采食。殊不知任何可再生生物资源的现存量和再生能力都受到开发利用程度的影响。当开发利用超过某一限度时，生产或经济效率开始下降，不但经济上变得不上算，甚至有时还可能破坏资源本身。牧场的最大利润放牧强度就是这样一个限度指标。当放牧强度超过它时，粗货币收益（产值）的增加速度（边际粗收益）低于成本的增加速度（边际或本)，边际利润变为负值，利润下降。并且随着家畜头数的增加两者的差距越来越大，亦即成本比粗收益增加得更快，因而利润下降得也越来越快。也就是说，任何牧场都存在一个获利最大的家畜数量水平，如果家畜数量超过这个水平，随着家畜数量的增加，利润不但不能增加，反而以递增速度下降。

在商品经济社会中，牧场的变动成本不会为0，因而最大利润放牧强度永远低于最大生产力放牧强度。所以，人们不必担心普及牧场这种经济-生态规律会引起草场的破坏。恰恰相反，在目前普遍过牧的情况下，它能避免由于无知而一味地追求牲畜数，减轻草场的压力，并且能够提高牧场的经济效益。由于最大利润放牧强度必然低于最大生产力放牧强度，因而最大利润放牧强度的生产力也必然低于牧场的最大生产力，某些生态学家也许会认为这是牧草资源的浪费。但是注意，受气候等外界因素的扰动，草场的最大生产力放牧强度会发生相对移动。在环境恶劣的年份草场负载能力降低，若仍以特定的最大生产力强度放牧可能引起草场过载和退化。而以较低的最大利润强度放牧，即使在这样的年份引起草场退化的危险也较小。

当市场价格体系或每头家畜纳税额发生变化时，利润和最大利润放牧强度也会相应地移动。而对这种或本——价格结构的变化，应该如何调整牧场的家畜数量（放牧强度)，使得利润仍能达到最大?这是牧场经营者和政策制定者最关心的问题，也是变化的世界中必然发生的事情。当畜产品价格（以活重价表示）下降，而变动成本保持不变时，人们往往认为应该增加牧场的牲畜数量（放牧强度)，以弥补单价下降所引起的利润损失，这恰恰是一种错误的认识。由（15）式和（18）式容易看出，当 L 减小、VC_i 不变时，最大利润放牧强度（X_i 或 $X_i^{(*)}$，$i=1, 2, \cdots, n$）均随之减小。也就是说，此时应减少家畜数量方可获得最大利润。反之，若畜产品价格上升，则应增加家畜数量。如果畜产品价格保持不变，而变动成本上升时，也会给人们造成应增加家畜数量、弥补利润损失的错觉。实际上此时应减少家畜数量才能获得最大利润［（15）式和（18）式］。

China

建国以来，我国的畜牧业有了很大的发展，牲畜总头数增长3倍多。但草场的生态环境也随之日益恶化，有近$\frac{1}{3}$的天然草场已呈现明显的退化现象。针对目前的状况，为了因地制宜地合理利用草场和避免草场过载、制止草地的进一步恶化，也为了提高畜牧业生产的经济效益，综上所述特提出以下建议供畜牧业政策制定和管理部门参考。

1. 应以每公顷草地或每头家畜生产利润的多少作为一个牧场经济效益的考核指标，避免采用总产值（粗牧益）这类不能反映效益的指标。由此诱导经营者向较轻的最大利润放牧强度调整。

2. 受天然草地负载能力的限制，主要靠增加草地投入来增大负载能力，继而增加牲畜头数。因此，应以草地建设的发展和牧业生产利润的增长来衡量畜牧业生产的发展。避免采用牲畜头数的增加来度量其发展，防止盲目追求牲畜数量，忽视生产性能和导致草地退化。

3. 适当提高每头家畜的纳税额，发放草地建设低息贷款，使科学经营者获利、片面追求数量者失利，通过经济杠杆抑制牧场过牧和促进草地建设的发展。

4. 普及牧场科学管理知识，提高经营者素质，改变无知状态和落后的传统观念。建立一定数量的示范牧场，提供科学经营的实例，待条件成熟时可推行集约化经营方式。

参 考 文 献

周　立、王启基、赵　京、周　琪，1995a，高寒草甸牧场最优放牧强度的研究 I. 藏羊最大生产力放牧强度，高寒草甸生态系统第4集，科学出版社。

周　立、王启基、赵　京、周　琪，1995，高寒草甸牧场最优放牧强度的研究 II. 轮牧草场放牧强度的最佳配置，高寒草甸生态系统第4集，科学出版社。

Danckwerts, J. E., Aucamp A. J., 1986, The role of economic incentive in underdeveloped pastoral agriculture. in Rangeland: A resource under siege (Joss, R. J., Lynch, P. W. and D. B. williams eds.). Cambridge Univ. New York.

Jones, R. J., Sandland R L, 1974, The relation between animal and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. J. Agric. Sci. 83: 335～342.

Jones, R. J. 1981 Interpreting fixed stocking rate experiments. in Forage evaluation: concepts and techniques (Wheeler, L. and R. D. Mochrie eds.). CSIRO, Melbourne.

Workman, J. P., Fowler J. M., 1986, Optimum stocking ratebiology vs. economics. in Rangeland: a resource under siege (Joss, R. J., Lynch, P. W. and D. B. Williams eds.). Cambridge Univ. New York.

China

STUDIES ON OPTIMUM STOCKING INTENSITY IN PASTURELANDS OF ALPINE MEADOW

Ⅲ. STOCKING INTENSITY TO MAXIMIZE PROFIT

Zhou Li Wang Qiji Zhao Jing

(Northwest Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

Zhou Qi

(Labour Worker University of Jielin City)

Abstract

Determination of optimum stocking intensity is a primary problem in range management. Range ecologists usually suggest this optimum in term of the stocking intensity corresponding to maximum sustained yield of forage or livestock. This paper constructs the optimization models of stocking intensities for rotational or continuous grazing pasturelands from economics to maximize gross income or net return (profit) and demonstrates how to calculate the economic optimum stocking intensities using livestock gain data in the pasturelands of alpine meadow in Qinghai-Tibetan plateau.

The maximization of gross income and profit after a cycle of rotational grazing in a pastureland is mathematically described as the problems of nonlinear optimization without constrainted:

$$\text{Max AGI} = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot GI_i = L\sum_{i=1}^{n} R_i \cdot Z_i \qquad X_i > 0 \quad (i = 1,2,\cdots,n) \tag{1}$$

and

$$\text{Max ANI} = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot NI_i = \sum_{i=1}^{n} R_i(C_iX_i - d_iX_i^2) - FC \qquad X > 0 \quad (i = 1,2,\cdots,n) \tag{2}$$

respectively. Where AGI and ANI denote average gross income and profit per hectare in whole pastureland(Chinese Yuan/ha), respectively; GI_i and NI_i denote grass income and profit per hectare in ith rotational grazing land (Chinese Yuan/ha), respectively; $Z_i = a_i \cdot X_i - b_i \cdot X_i^2$ ($a_i > 0$, $b_i > 0$), the production function of livestock on stocking intensity X_i (sheep/ha) in ith rotational grazing land, is measured on sheep gain per hectare (kg/ha); $R_i = \frac{\frac{1}{x_i}}{\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{x_j}}$, ratios of occupying area in ith rotational land to accumulative occupying area per head; $c_i = L \cdot a_i - VC_i > 0$, $d_i = L \cdot b_i > 0$, L denotes the sheep price of live weight

(Yuan/kg) and VC_i denotes variable cost per head in ith rotational land (Yuan/sheep), FC denotes average fixed cost per bectare in whole pastureland; n is the number of rotational lands in the pastureland, in special, for continuous grazing, n=1.

It has been proved that the solutions of the problems (1) and (2) are existential and unique. The solution of the problem (1)

$$X_n^{(b)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{2\left(\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{b_i b_n} + b_n\right)} \tag{3}$$

$$X_i^{(b)} = \sqrt{\frac{b_n}{b_i}} X_n^{(b)}$$

$$(i = 1, 2, \cdots, n-1)$$

is the same as the solution of the problem that maximizes sheep production, and the solution of the problem (2) is

$$X_n^{(*)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{2\left(\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{d_i d_n} + d_n\right)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (L \cdot a_i - VC_i)}{2\left(\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{b_i b_n} + b_n\right) \cdot L}$$

$$X_i^{(*)} = \sqrt{\frac{d_n}{d_i}} \; X_n^{(*)} = \sqrt{\frac{b_n}{b_i}} \; X_n^{(*)}$$

$$(i = 1, 2, \cdots, n-1)$$

These two combinations of stocking intensities are not tbe same and the maximum profit always occurs at a lower stocking intensities than does the maximum production or gross income, i. e. $X_i^{(*)} \leqslant X_i^{(b)}$ (i=1, 2, ⋯, n). That the economic optimum (maximum profit) equals the biological optimum (maximum animal production) only is when each variable cost VC_i (i=1, 2, ⋯, n) is zero.

The economic optimum stocking intensities ($X_i^{(*)}$) will decrease when the price of animal products decreases and variable costs are constants or when the price is constant and variable costs increase, and they, however, will increase when the price increases and variable costs are constants or when the price is constant and variable costs decrease. But the optimum stocking intensities ($X_i^{(b)}$) that maximize gross income or animal production of the pastureland will not variate with the variation of the price and costs. The variation of fixed cost affects only profit and not both economic and biological optimum combinations of stocking intensities.

For the pasturelands of alpine meadow in Qinghai-Tibetan plateau, seasonal grazing has been performed, and has divided a pastureland into Summer-Autumn and Winter-Spring grazing grassland in a year. The optimum combination of stocking intensities that is the solution of the problem (1) and maximizes gross income is ($X_1^{(b)}$) =4. 11 and $X_2^{(b)}$=3. 80 Tibetan sheep/ha, however, the optimum combination that is the solution of the problem (2) and maximizes profit is $X_1^{(*)}$=3. 53 and $X_2^{(*)}$=3. 26 Tibetan sheep/

China

ha. In general, the stocking intensity in the optimum combination does not coincide with the respective optimum in each seasonal grazing land.

Key words: Economic optimization model for pasturelands; Stocking intensity to maximize profit; Stocking intensity to maximize gross income; Nonlinear optimization problem without constrainted; Pasturelands of alpine meadow

China