

黄土高原地区草场效益多目标评价

程 积 民 张 文 军

(中国科学院水利部西北水土保持研究所) (西北农业大学)

提 要

本文从整个黄土高原地区草场的现状与发展战略的角度,运用多目标优化方法,对黄土高原11类草场资源进行综合评价,为合理有效地利用天然草场,发展畜牧业提供科学依据。

关键词: 草场资源 质量效益 自然效益 综合效益

黄土高原是一个引人注目的自然地理资源,同时又是草场资源利用不合理、生态环境失调、水土流失严重的地区。它脆弱的生态条件不仅直接影响区内的农业生产,而且危及黄河中下游人民的生产和安全。从农业现代化这一战略目标出发,黄土高原的草场资源急待建设和合理开发利用。本文的目的就在于分析和评价黄土高原的草场资源,探讨草场资源的合理利用。

一、草场资源现状及评价指标

本文评价的对象为11类草场,各草场诸指标的统计数据见表1。由表可见,11类草场的指标覆盖面较大,数量较多,各指标间不完全存在一致的关系,部分指标甚至互相矛盾,而且各指标间的公度性很差,因此运用多目标优化方法进行评价比较合理,11类草场的12个指标可分为三大类:一类是反映草场目前质量的质量效益指标,包括1 m²株数、草高、覆盖度、产草量及载畜量;第二类是自然效益指标,包括海拔、降雨量、气温及干燥度,这类指标决定了草场的质量,也包含了草场质量之自然潜力的内容,因此由这类指标的分析也可明确提高草场质量的潜力;第三类指标为利用效益指标,包括草场总面积、可利用面积及草场利用率,这类指标与前两类指标无关,将它们和前两类指标结合分析可综合地评价草场。由此,根据所选的指标类型,相应地将评价分为三种:草场质量效益评价、自然效益评价和总体效益评价。

二、多目标最优化原理

已知 $y_i (i = 1 \dots n)$ 为 n 个属性的值,令 $y = (y_1 \cdot y_2 \dots y_n)$,设一偏好结构可用某个价值函数 V 表示,且各属性之间满足偏好独立性条件,则价值函数 $V(y)$ 为:

$$V(y) = \sum_{i=1}^n R_i V_i(y_i)$$

式中 $V_i(y_i)$, $i = 1, 2 \dots, n$ 为第 i 个属性的价值函数, $R_i (i = 1, 2 \dots n)$ 为标度常数,

$\sum_{i=1}^n R_i = 1$, 我们的目的是估计分量价值函数 V_i 和标度常数 $R_i (i = 1, 2 \dots n)$ 。

现在先估计分量价值函数 V_i , 令最差的 $y_i = y_i^p$, 最好的 $y_i = y_i^q$, $i = 1 \dots n$,

表1 11类草场各指标的统计数据

类	草地总面积 (万亩)	可利用面积 (万亩)	海拔 (m)	雨量 (mm)	气温 (℃)	干燥度	1 m ² 株数 (个)	草高 (cm)	覆盖度 (%)	产草量 (kg/亩)	草地利用率 (%)	载畜量 (亩/羊单位)
1	91.53	67.60	2 117.33	603.00	5.18	1.0717	33.7333	46.0667	78.20	351.3333	65.60	5.5133
2	1 290.80	922.60	1 927.33	411.20	7.12	2.9933	22.0667	29.1333	58.30	135.0000	58.53	14.9400
3	2 490.70	2 301.00	1 806.66	253.33	8.64	4.0267	15.5333	26.5000	39.56	83.3333	53.93	20.8267
4	393.00	341.80	1 843.33	268.00	8.72	3.9133	12.3333	16.9000	25.13	105.8000	47.20	26.1533
5	82.90	67.10	1 744.00	232.66	8.76	3.8867	14.4000	19.9000	26.73	80.9333	47.86	28.5933
6	48.80	41.15	1 803.33	454.00	8.44	3.3667	22.8667	43.2333	79.33	350.6667	55.33	6.1067
7	53.30	44.40	2 384.00	638.66	6.05	1.3767	23.4000	59.2333	86.80	662.8667	60.06	3.4867
8	13.70	4.50	1 805.33	326.60	8.04	3.5333	21.2000	60.9667	64.06	537.4000	23.66	5.6933
9	18.20	16.08	2 479.33	593.46	6.07	1.1000	22.5333	25.9333	20.66	427.8667	51.40	5.5600
10	264.30	230.60	1 931.00	453.06	6.62	1.9600	21.0667	19.6333	57.00	259.9333	52.00	10.1000
11	10.90	9.39	2 036.66	425.33	6.57	1.6633	16.8000	24.9667	50.80	336.0000	52.20	7.5400

注: 1.草甸草原草场类 2.干草原草场类 3.荒漠草场类 4.草原化荒漠草场类 5.干旱荒漠草场类 6.低湿地草甸草场类 7.山地草甸草场类

8.沼泽草场类 9.灌丛草甸草场类 10.灌丛草原草场类 11.疏林草场类

且令 $V_i(y_i^p) = 0, V_i(y_i^q) = 1, i = 1, 2 \dots n$, 先求 $V_i(y_i^{0.5}) = 0.5$ 中的 $y_i^{0.5}$, 使满足:

$$(y_1, y_2, \dots, y_i^p, \dots, y_n) \sim (y'_1, y'_2, \dots, y_i^{0.5}, \dots, y'_n)$$

$$(y_1, y_2, \dots, y_i^{0.5}, \dots, y_n) \sim (y'_1, y'_2, \dots, y_i^q, \dots, y'_n)$$

式中 $y_i (i = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n)$ 和 $y'_i (i = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n)$

为第 i 个属性 ($i = 1, 2 \dots, i-1, i+1, \dots, n$) 的两组不同的值。求到 $y_i^{0.5}$ 后可运用区间 $(y_i^p, y_i^{0.25})$ 和 $(y_i^{0.25}, y_i^{0.5})$ 用类似的差值等价法求得 $y_i^{0.25}$, 经过多次计算, 就可求得 $V_i(y_i), i = 1, 2, \dots, n$ 的图线和函数。

现在讨论标度常数 R_i 的估计。令 T 为包括最优值的那些属性集, W_j 和 b_j 分别为第 j 个属性的最劣值和最优值, 例如 $T = i, j', R$, 则有 $y^T = (w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, j', \dots, w_n)$, 由于 $V_i(w_i) = 0, V_j(b_j) = 1$, 故有 $V(y^T) = \sum_{j \in T} R_j$, 若 T 取单个目标, 则有 $V(y^{(j)}) = R_j$

不妨可设 $y^{(j)} > y^{(1, 2, \dots, \theta-1, \theta+1, \dots, n)}$, 则有 $R_j > 0.5$, 求 y^Q 使满足:

$$(w_1, w_2, \dots, y_\theta, \dots, w_n) \sim y^{(j)} \quad (j = 1, 2 \dots Q-1, Q+1, \dots, n)$$

得到 $n-1$ 个等式 $R_\theta V_\theta(y_\theta) = R_j$ 及 $\sum_{i=1}^n R_i = 1, j = 1, 2, \dots, \theta-1, \theta+1, \dots, n$, 利用这 n 个等式就可求得 n 个标度参数 R_i 。

得到上述结果后, 就可把所有方案各属性的值带进总价值函数 $V(y)$ 中去, 计算每个方案价值函数的值, 就可排列得到各方案的优劣次序来。

三、结果与分析

(一) 草场质量效益评价

我们选取草场质量效益指标 ($n = 5$ 个属性) 评价草场质量, 此时有:

$$\begin{aligned} V_1(12.3333) = 0 & \quad V_2(16.9) = 0 & \quad V_3(20.6667) = 0 & \quad V_4(80.9333) = 0 \\ V_5(28.5933) = 0 & \text{和} & \quad V_1(33.7333) = 1 & \quad V_2(60.9667) = 1 & \quad V_3(86.8) = 1 \\ V_4(662.8667) = 1 & & \quad V_5(3.4867) = 1 & & \end{aligned}$$

式中, $V_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ 分别为 $1m^2$ 株数, 草层高度、覆盖度、产草量及载畜量的价值函数, 在求 $y_i^{0.5}$ 和 $y_i^{0.25}$ 时, 我们采用了如下方法:

$$(y_1^p, y_2, y_3, y_4, y_5) \sim (y_1^{0.5}, y'_2, y'_3, y'_4, y_5)$$

$$(y_1^{0.5}, y_2, y_3, y_4, y_5) \sim (y_1^q, y'_2, y'_3, y'_4, y'_5)$$

这里 y_1, y_2, y_3 和 y_4 均为效益性属性, y_5 为成本性属性, 对第一个等式有:

$$A = \sum_{i=1}^4 y_i^p \cdot y_i / y'_i + y_1^p \cdot y_5 / y'_5$$

对第二个式有: $B = \sum_{i=2}^4 y_1^q \cdot y'_i / y_i + y_1^q \cdot y_5 / y'_5$, 则得到:

$$y_i^{0.5} = (A + B)/2$$

将 $y_i^{0.5}$ 代入原等式分析，若符合实际则采纳，否则在 $y_i^{0.5}$ 附近继续寻找合适的值，直到找到满意的 $y_i^{0.5}$ 为止。类似地可以求得 $y_i^{0.25}$ ， $y_i^{0.5}$ 及 $y_i^{0.25}$ ($i = 2, 3, 4, 5$) 的值，具体计算如下：

1. 1m²株数 $V_1(y_1)$

$y_1^{0.5}$ 由草场 4 与 3 差值等价求得， $y_1^{0.25}$ 由草场 7 与 9 差值等价求得，认为 4、3、7、

9 类草场 $y_1^{0.5} = 25.0766$ $y_1^{0.25} = 20.9507$ 与 $V_1(12.3333) = 0$ 及 $V_1(33.7333) = 1$ 结合可求得价值函数为： $V_1(y_1) = 0.047236y_1 - 0.65004$ ($r = 0.98436$)

2. 草层高度 $V_2(y_2)$

4、3、8、9 类草场： $y_2^{0.5} = 44.55138$ $y_2^{0.25} = 31.10447$

$$V_2(y_2) = 0.021911y_2 - 0.39684 \quad (r = 0.99094)$$

3. 覆盖度 $V_3(y_3)$

9、2、10、11 类草场： $y_3^{0.5} = 50.3421$ $y_3^{0.25} = 38.78$

$$V_3(y_3) = 0.015253y_3 - 0.31216 \quad (r = 0.997277)$$

4. 产草量 $V_4(y_4)$

10、11、8、9 类草场： $y_4^{0.5} = 395.8253$ $y_4^{0.25} = 214.8042$

$$V_4(y_4) = 1.693045E - 0.3y_4 - 0.135777 \quad (r = 0.998303)$$

5. 载畜量 $V_5(y_5)$

1、4、6、9 类草场： $y_5^{0.5} = 10.0265$ $y_5^{0.25} = 20.1576$

$$V_5(y_5) = -0.037293y_5 + 1.018010 \quad (r = -0.966610)$$

由于 $(12.3333, 16.9, 20.6667, 80.9333, 3.4867) > (33.7333, 60.9667, 86.8, 662.8667, 28.5933)$ ，故有： $y^{(5)} > y^{(1, 2, 3, 4)}$

具体方法为专家评价后，但初步估计为 $(12.3333 + 16.9 + 20.6667 + 80.9333)/3.4867 = 37.52353 > (33.7333 + 60.9667 + 86.8 + 662.8667)/28.5933 = 29.53023$ 。

由此可知 $R_5 > 0.5$

用已介绍的方法可知 $R_1 = 0.120787148R_5$ ， $R_2 = 0.144356369R_5$ ，

$$R_3 = 0.15478116R_5, \quad R_4 = 0.185704997R_5,$$

代入 $\sum_{i=1}^5 R_i = 1$ ，计算得：

$$R_1 = 0.075227276 \quad R_2 = 0.08990639 \quad R_3 = 0.09639904 \quad R_4 = 0.115658672$$

$$R_5 = 0.622808619$$

现在可用各 $V_i(y_i)$, $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 结合 R_i , $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 代入总价值函数式，将表中 11 个草场的数据分别代入得各草场的价值分别为：

$$\textcircled{1}0.769996084 \quad \textcircled{2}0.404608109 \quad \textcircled{3}0.201813619 \quad \textcircled{4}0.038449083$$

$$\textcircled{5}0.01500945 \quad \textcircled{6}0.713553701 \quad \textcircled{7}0.879934752 \quad \textcircled{8}0.766284694$$

$$\textcircled{9}0.619543954 \quad \textcircled{10}0.517309264 \quad \textcircled{11}0.577893258$$

由此得各草场质量效益的优劣次序为:

$7 > 1 \geq 8 > 6 > 9 > 11 > 10 > 2 > 3 > 4 > 5$ 即: 山地草甸草场类 > 草甸草原草场类 \geq 沼泽草场类 > 低湿地草甸草场类 > 灌丛草甸草场类 > 疏林草场类 > 灌丛草原草场类 > 干草原草场类 > 荒漠草场类 > 草原化荒漠草场类 > 干荒漠草场类。

(二) 草场自然效益评价

我们选取草场自然效益指标 ($n=4$ 个属性) 评价草场的自然潜力, 此时有:

$$V_1(1744) = 0 \quad V_2(232.6667) = 0 \quad V_3(8.7667) = 0 \quad V_4(4.0267) = 0$$

$$V_1(2479.3333) = 1 \quad V_2(638.6667) = 1 \quad V_3(5.18) = 1 \quad V_4(1.0717) = 1$$

式中, $V_i(i=1, 2, 3, 4)$ 分别为海拔、雨量、气温及干燥度的价值函数。气温和干燥度根据相关性分析为成本性属性, 因此其极端值如上。

计算结果为:

1. 海拔 $V_1(y_1)$

$$6、2、5、3 \text{ 类草场: } y_1^{0.5} = 2153.387784 \quad y_1^{0.25} = 1955.914692$$

$$V_1(y_1) = 1.362911636E - 03y_1 - 2.40116156 \quad (r = 0.99782981)$$

2. 降雨量 $V_2(y_2)$

$$9、7、3、4 \text{ 类草场: } y_2^{0.5} = 421.7087853 \quad y_2^{0.25} = 328.4783395$$

$$V_2(y_2) = 2.457347353E - 03y_2 - 0.55865979 \quad (r = 0.999277559)$$

3. 气温 $V_3(y_3)$

$$11、10、1、9 \text{ 类草场: } y_3^{0.5} = 6.920031816 \quad y_3^{0.25} = 7.91307058$$

$$V_3(y_3) = -0.27702379y_3 + 2.430672502 \quad (r = -0.99968881)$$

4. 干燥度 $V_4(y_4)$

$$3、4、9、1 \text{ 类草场: } y_4^{0.5} = 2.583471436 \quad y_4^{0.25} = 3.337090072$$

$$V_4(y_4) = -0.33681207y_4 + 1.365329823 \quad (r = -0.99981753)$$

由分析得 $y^{(2)} > y^{(1, 3, 4)}$ 故 $R_2 > 0.5$

$$\text{由计算得 } R_1 = 0.093438918R_2 \quad R_3 = 0.145043872R_2 \quad R_4 = 0.53857229R_2$$

故 $R_1 = 0.052580766 \quad R_2 = 0.562728759 \quad R_3 = 0.081620358 \quad R_4 = 0.303070116$, 由此得11个草场的价值分别为:

$$\textcircled{1}0.930581967 \quad \textcircled{2}0.411572501 \quad \textcircled{3}0.044919981 \quad \textcircled{4}0.077444277$$

$$\textcircled{5}0.024578042 \quad \textcircled{6}0.393908959 \quad \textcircled{7}0.948133265 \quad \textcircled{8}0.210070678$$

$$\textcircled{9}0.92025434 \quad \textcircled{10}0.58666312 \quad \textcircled{11}0.587227696$$

由上述结果可得11个草场自然效益的优劣次序为:

$$7 > 1 > 9 > 11 \geq 10 > 2 > 6 > 8 > 4 > 3 > 5$$

比较质量评价与自然效益评价的结果可以看出, 两种评价的结论大致相同, 说明自然因素为草场质量的重要决定因素。从总体上看, 各草场质量效益的自然潜力得到了较充分的挖掘, 然而两种评价的结果也有不同之处, 6与8类草场降为较次的草场, 2类草场升为中等草场, 因此相对来看, 3、4、5、6、8类草场的自然潜力已得到充分的挖掘, 1、7、9、11类草场仍有相当的自然潜力, 而2类草场的自然潜力很大。因此, 在提高草场质量方面, 2、1、7、9、11类草场具有较大的优势。

(三) 草场综合效益评价

除选用前述9个属性外,另选利用效益指标(属性)共3个,其极端价值函数为:

$$V_1(10.9) = 0 \quad V_2(4.5) = 0 \quad V_{11}(23.6667) = 0$$

$$V_1(2490.7) = 1 \quad V_2(2301) = 1 \quad V_{11}(65.6) = 1$$

1. 草场总面积 $V_1(y_1)$

$$7、1、3、4类草场: y_1^{0.5} = 1271.978604 \quad y_1^{0.25} = 544.0598645$$

$$V_1(y_1) = 3.980217113E - 04y_1 + 0.007659254676 \quad (r = 0.80611361)$$

2. 可利用面积 $V_2(y_2)$

$$10、11、9、1类草场: y_2^{0.5} = 1138.22662 \quad y_2^{0.25} = 998.2988541$$

$$V_2(y_2) = 4.432378464E - 04y_2 - 0.05471845 \quad (r = 0.976413506)$$

3. 海拔 $V_3(y_3)$

$$8、11、6、7类草场: y_3^{0.5} = 2439.70616 \quad y_3^{0.25} = 2393.327946$$

$$V_3(y_3) = 9.203847767E - 04y_3 - 1.64633567 \quad (r = 0.751267794)$$

4. 降雨量 $V_4(y_4)$

$$3、2、4、10类草场: y_4^{0.5} = 488.219387 \quad y_4^{0.25} = 469.9185914$$

$$V_4(y_4) = 2.352499308E - 03y_4 - 0.63845753 \quad (r = 0.927227218)$$

5. 气温 $V_5(y_5)$

$$1、7、7、6类草场: y_5^{0.5} = 7.414841728 \quad y_5^{0.25} = 8.576066848$$

$$V_5(y_5) = -0.25349452y_5 + 2.33475494 \quad (r = -0.97866349)$$

6. 干燥度 $V_6(y_6)$

$$8、9、6、7类草场: y_6^{0.5} = 3.377471982 \quad y_6^{0.25} = 3.98661823$$

$$V_6(y_6) = -0.29053706y_6 + 1.34270382 \quad (r = -0.94901586)$$

7. $1m^2$ 株数 $V_7(y_7)$

$$2、3、3、11类草场: y_7^{0.5} = 24.66162254 \quad y_7^{0.25} = 21.66767506$$

$$V_7(y_7) = 0.047361088y_7 - 0.65649256 \quad (r = 0.978591982)$$

8. 草层高度 $V_8(y_8)$

$$1、7、2、3类草场: y_8^{0.5} = 40.4761141 \quad y_8^{0.25} = 30.68584837$$

$$V_8(y_8) = 0.02298439y_8 - 0.4188317 \quad (r = 0.997534398)$$

9. 覆盖度 $V_9(y_9)$

$$4、10、8、11类草场: y_9^{0.5} = 73.157315 \quad y_9^{0.25} = 55.76622398$$

$$V_9(y_9) = 0.013818865y_9 - 0.37916125 \quad (r = 0.925526181)$$

10. 产草量 $V_{10}(y_{10})$

$$1、7、2、3类草场: y_{10}^{0.5} = 320.1583206 \quad y_{10}^{0.25} = 213.5081977$$

$$V_{10}(y_{10}) = 1.706166926E - 03y_{10} - 0.10739278 \quad (r = 0.995157003)$$

11. 草场利用率 $V_{11}(y_{11})$

$$6、7、9、11类草场: y_{11}^{0.5} = 56.09585723 \quad y_{11}^{0.25} = 40.55282077$$

$$V_{11}(y_{11}) = 0.022146581y_{11} - 0.5918475 \quad (r = 0.953453782)$$

12. 载畜量 $V_{12}(y_{12})$

$$2、3、8、11类草场: y_{12}^{0.5} = 16.82461049 \quad y_{12}^{0.25} = 26.47249778$$

$$V_{12}(y_{12}) = -0.03677912y_{12} + 1.130576083 \quad (r = -0.98615722)$$

由分析可得 $y^{(1)} > y^{(2, 3 \dots 12)}$

由此:

$$\begin{aligned} R_2 &= 0.213274857R_1 & R_3 &= 0.012163985K_1 & R_4 &= 0.012685919K_1 \\ R_5 &= 0.012270781R_1 & R_6 &= 0.01308518K_1 & R_7 &= 0.012682036K_1 \\ R_8 &= 0.013026097R_1 & R_9 &= 0.013259779K_1 & R_{10} &= 0.014833563K_1 \\ R_{11} &= 0.012696506R_1 & R_{12} &= 0.014837662K_1 \end{aligned}$$

由计算得:

$$\begin{aligned} R_1 &= 0.743595948 & R_2 &= 0.158590319 & R_3 &= 0.009045089959 \\ R_4 &= 0.009433197967 & R_5 &= 0.009124503032 & R_6 &= 0.009730086829 \\ R_7 &= 0.009430310584 & R_8 &= 0.009686152949 & R_9 &= 0.009859917937 \\ R_{10} &= 0.011030177 & R_{11} &= 0.009441070417 & R_{12} &= 0.011033225 \end{aligned}$$

代入得11个草场的价值为:

$$\begin{aligned} &①0.1040938 & ②0.48230015 & ③0.91301439 & ④0.146516399 \\ &⑤0.034289242 & ⑥0.06189384457 & ⑦0.0962923099 & ⑧0.0447726474 \\ &⑨0.0605536058 & ⑩0.135109898 & ⑪0.04672234856 \end{aligned}$$

因此, 总体效益的排序为: $3 > 2 > 4 > 10 > 1 > 7 > 6 > 9 > 11 > 8 > 5$, 而可利用面积的排序为: $3 > 2 > 4 > 10 > 1 > 5 > 7 > 6 > 9 > 11 > 8$, 两者相似。

四、结 论

草场效益的多目标最优化评价, 是发展畜牧业, 充分挖掘草场资源潜力研究中的一个重要课题。上述的分析结果表明, 黄土高原地区11类草场的质量效益, 自然效益和综合效益的评价结果是:

1. 草场质量效益评价 草甸草原草场类、低湿地草甸草场类、山地草甸草场类、沼泽草场类为优等草场; 灌丛草甸草场类、灌丛草原草场类、疏林草场类为中等草场; 干草原草场类、荒漠草场类、草原化荒漠草场类、干荒漠草场类为劣等草场。

2. 草场自然效益评价 与质量效益评价结论大致相同, 说明自然因素为草场质量的重要决定因素。同时对草场的开发利用、建设、改良提供了依据。黄土高原的荒漠草场类、草原化荒漠草场类、干荒漠草场类、低湿地草甸草场类、沼泽草场类, 由于放牧利用, 自然潜力已得到充分挖掘。因此在草场建设中, 首先就得以改良天然草场补播优良牧草为主。干草原草场类、草甸草原草场类、山地草甸草场类、灌丛草甸草场类、疏林草场类, 虽已放牧利用, 但草场生产潜力较大, 因此在草场建设中, 首先以封育、恢复天然草地植被为主。

3. 草场总体效益评价 通过这一综合评价, 掌握黄土高原地区草场由于放牧利用过度而退化严重的类型, 为草场进一步合理利用提供依据。即荒漠草场类、干草原草场类、草原化荒漠草场类、灌丛草原草场类, 放牧利用过度, 退化严重; 草甸草原草场类、干荒漠草场类、山地草甸草场类、低湿地草甸草场类、灌丛草甸草场类、疏林草场类、沼泽草场类放牧利用较合理为中等退化草场。

(下转第61页)

4. 目前, 各级经费都较紧张, 各地一定要管好用好省上下拨的一点经费, 不得挪用, 应充分发挥自立更生精神, 主要依靠群众的力量, 多渠道集资, 把这项措施尽快推广到陕南、陕北和关中面上去。

On the utilization of ridge

Xiang Li

(Soil and Water Conservation Bureau of Shaanxi Province)

Abstract

Through the investigation it is thought that there are great potentiality in the utilization of ridge in Shaanxi province except few counties and communes the ridges on the farmland of most districts are bare. To mitigate the contradiction between man and land, among forest, grain and fruit, the full and rational use of ridge land is important. The paper expounds the obvious effects of rational use of ridge to increase the benefits in ecology, economy and society with examples.

Key words: ridge land use

(上接第56页)

参 考 文 献

1. 阳含熙、卢泽愚: “植物生态学的数量分类方法”, 科学出版社, 1981年。
2. E·C·皮洛著, 卢泽愚译: “数学生态学”, 科学出版社, 1988年。
3. 陈兰荪著: “数学生态学模型与研究方法”, 科学出版社, 1988年。
4. Worz-Busehros. A. 1978, Global stability in ecological systems with continuous time delay SIAM J. APPL. Math., 35, 123~124.
5. Robert E. Redman 1975; Production ecology of grassland Plant communities in western North Dakota. Ecological Monographs. Vol. 45, No. 1, 421~442.

Multiple objectives evaluation on the benefit of grass field in the loess plateau

Cheug Jimin Zhang Wenjun

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation
under the Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water Conservancy)*

Abstract

The main content studied in the paper is evaluating eleven kinds of grass fields with optimization of multi-objectives from the strategic points of view of current grass field and its development on the entire loess plateau, providing scientific evidence for rational and efficient utilization of the natural grass field and the development of husbandry.

Key words: resource of grass field quality benefit natural benefit comprehensive benefit