

不同调控策略下退化草地恢复与重建的效益分析*

王启基 周兴民 沈振西 陈波

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

退化草地通过各种调控策略,其地上净生产量和产值有明显提高,其中,松耙+补播+施肥处理比松耙+补播处理、对照1(封育)和对照2分别提高38.77%、71.60%和77.28%。2项处理比对照1组和对照2组分别提高23.82%和27.87%。对照1组比对照2组提高3.34%。3项处理组的生产效益和投资效益最大,2项处理组居中,对照1组最小,松耙、补播、封育和施肥不仅能改善草地的生态环境,提高草地的光能利用率,而且使植物群落的种类组成、覆盖度、优良牧草的比例和土壤有效养分含量明显增大。提高植物对N、P、K等元素的吸收利用率和归还率,促进物质的良性循环。

关键词: 调控策略; 退化草地; 效益分析

天然草地是宝贵的可更新资源。在我国草地畜牧业生产中占有重要地位。但是,高寒草甸地区的畜牧业生产和经营管理却很落后。由于历史的原因,至今仍大多采用传统的、逐水草而居、靠天养畜,单一经营的方式。在草地投入产出比例严重失调的状况下,超载过牧,鼠虫危害,进一步加剧草地的退化和沙化,使草地生态环境问题日趋严重。据调查,青藏高原约有退化草地3亿亩。近年来,通过草地农业系统工程、草地畜牧业优化模式等项目的研究,运用生态学原理、生物营养信息、化学信息、物理信息、能流和价值流规律,探讨高寒退化草地在松耙+补播+封育+施肥(Scarification+Replant+Alpny fertilizer, SRF)、松耙+补播+封育(Scarification+Replant, SR)、封育(Fenced Contrast, CK₁)和对照(Contrast, CK₂)等不同调控策略下,植物群落的结构、功能的变化规律和退化草地恢复与重建及其提高生产力途径,为发展草地畜牧业、改善草地生态环境提供科学依据。

* 中国科学院重大项目《中国不同类型生态系统结构、功能与提高生产力途径研究》的子课题“人类活动对高寒草地生产力长期影响研究”。

经济效益分析

1. 地上净生产量及其产值

高寒退化草地经松耙、补播、封育和施肥等措施后，其地上净生产量和单位面积产值均有明显提高(表1)。其中，1990、1991、1992年SRF比CK₂分别提高78.23%、82.61%、71.01%，平均每年提高77.28%。比CK₁分别提高70.88%、79.77%、64.20%，平均每年提高71.60%。比SR分别提高35.29%、43.72%、37.29%，平均每年提高38.77%。SR比CK₂分别提高31.73%、27.06%、24.56%，平均每年提高27.87%。比CK₁分别提高26.31%、25.55%、19.60%，平均每年提高23.82%。CK₁比CK₂分别提高4.29%、1.60%、4.14%，平均每年提高3.34%。

表1 不同调控处理条件下地上净生产量及价值动态
Table 1 The dynamics of aboveground net production and value
in different control measure

时间 Date	地上净生产量(公斤/公顷) Aboveground net production(kg/ha)				价值(元) Productive value(Yuan)			
	SRF	SR	CK ₁	CK ₂	SRF	SR	CK ₁	CK ₂
	1990	5482.0	4052.0	3208.0	3076.0	1096.4	810.4	641.6
1991	4096.0	2850.0	2279.0	2243.0	819.2	570.0	455.8	448.6
1992	2890.0	2105.0	1760.0	1690.0	578.0	421.0	352.0	338.0
\bar{X}	4156.0	3002.3	2415.7	2336.3	831.2	600.5	483.1	467.3

注：SRF：松耙+补播+施肥+封育 Scarification+Replant+Apply fertilizer+Fenced area
SR：松耙+补播+封育 Scarification+Replant+Fenced area
CK₁：封育 Fenced area
CK₂：对照 Control(Not fenced area)

如果以CK₂作为气候产量或SR作为基础产量，则SRF、SR、CK₁和单纯施肥(SRF-SR)等条件下的生产效益和投资效益如表2所示。

由表2可知，SRF的生产效益最大，平均每公顷每年可增产草干重1819.7公斤，产值为363.93元；其次为单纯施肥处理，平均每公顷草地每年增产干草1153.7公斤，产值为230.73元。SR居中，平均每公顷草地每年增产干重666.0公斤，产值为133.20元；CK₁最小，平均每公顷草地每年仅增产干重79.3公斤，产值为15.97元。若以每公顷草地上的投资效益相比较，单纯施肥的效益最大，每公斤化肥可增产干草30.76公斤，产值为6.15元，即等元投资可增产干草33.21公斤，产值为6.64元。其次为SRF，每元投资可增产干草20.53公斤，产值为4.10元；SR居中，每元投资可增产干草12.34公斤，产值为2.47元；CK₁最小，每元投资仅增产干草5.53公斤，产值为1.10元。即每公顷草地投入1元，单纯施肥、SRF、SR、CK₁可分别增产干草33.21公斤、20.52公斤、12.34公斤、5.53公斤。新增产值分别为6.64元、4.10元、2.47元、1.10元。由此可见，在严重退化的草地实施松耙、

补播（优化群落配置）、封育和施肥等综合配套技术后均能得到较好的经济效益。尤其是在松耙、补播的第二年进行施肥，其效果更佳，投资效益最大。即便在春季干旱、低温的条件下（如1991、1992年）也能达到增产增收的目的。值得注意的问题是，当退化草地植被未得到恢复仅单纯进行封育依靠自然恢复，不仅速度缓慢，而且经济效益不明显。其投入产出比仅为1.10，投资效益比为0.10。

表2 不同调控处理条件下生产效益和投资效益比较

Table 2 The compare of benefit of production and input in different control measure

项 目 Item		1990	1991	1992	Σ	\bar{X}
生产效益 Production benefit	SRF (kg/ha)	2406.00	1853.00	1200.00	5459.00	1819.7
	(Yuan/ha)	481.20	370.60	240.00	1091.80	363.93
	SR (kg/ha)	976.00	607.60	415.00	1998.60	666.00
	(Yuan/ha)	195.20	121.40	83.00	399.60	133.20
	CK ₁ (kg/ha)	132.00	36.00	70.00	238.00	79.30
	(Yuan/ha)	26.40	7.20	14.00	47.60	15.89
投资效益 Input benefit	SRF (kg/ha)	27.13	20.89	13.53	61.55	20.53
	(Yuan/Yuan)	5.43	4.18	2.71	12.32	4.10
	SR (kg/Yuan)	18.09	11.25	7.69	37.03	12.34
	(Yuan/Yuan)	3.62	2.25	1.54	7.41	2.47
	CK ₁ (kg/ha)	9.21	2.51	4.88	16.60	5.53
	(Yuan/Yuan)	1.84	0.50	0.98	3.32	1.10
施肥效益 Benefit of apply fertilizer	(kg/ha)	1430.00	1246.00	785.00	3461.0	1153.70
	(Yuan/ha)	286.00	249.20	157.00	692.2	230.73
	(kg/kg)	38.13	33.23	20.93	92.29	30.76
	(Yuan/kg)	7.63	6.64	4.19	18.46	6.15
	(kg/Yuan)	41.17	35.87	22.60	99.64	33.21
	(Yuan/Yuan)	8.23	7.17	4.52	19.92	6.64

2. 投入产出分析

本研究在严重退化的冬春草场进行，样地面积为33公顷，按SRF（4个小区）、SR（4个小区）、CK₁和CK₂4种处理，计10个小区。试验区松耙、补播后用铁丝网围栏封育，当年禁牧（CK₂不封育保护），第2年6月中旬下雨前人工撒施化肥（尿素75公斤/公顷、二铵37.5公斤/公顷），到秋季开始正常放牧。为了便于区组间的比较，我们采用单位面积（1公顷）3年的投入、产出的价值或能量值进行核算。33公顷草地共用铁丝网围栏2300米，平均每公顷草地用69.3米，每米单价4元，计277.20元。按20年折旧，平均每公顷每年投入13.86元，3年累计41.58元。种子、化肥、农机具等1次投入按3年有效期计算。有机物质的输入以放牧家畜的排泄物和采食后的留茬为主。不同调控处理条件下的投入、产出如表3

所示。

由表3可知, SRF区3年共投入266.07元, 热能值为 $188\ 374.26 \times 10^6$ 千焦耳; 产出为2 493.60元, 热能值为 357.15×10^6 千焦耳。SR区3年共投入161.86元, 热能值为 $188\ 330.52 \times 10^6$ 千焦耳; 产出为1 801.40元, 热能值为 308.48×10^6 千焦耳。CK₁3年共投入43.02元, 热能值为 $188\ 324.22 \times 10^6$ 千焦耳; 产出为1 449.40元, 热能值为 266.03×10^6 千焦耳。CK₂没有人为的直接投入, 其能量主要来自太阳能、家畜排泄物和植物留茬, 热能值为 $188\ 323.89 \times 10^6$ 千焦耳; 产出为1 401.90元, 热能值为 236.09×10^6 千焦耳。

根据投资效益率公式:

$$\text{投入产出比} = \frac{\text{投入增加的产值}}{\text{投入}} \quad (1)$$

$$\text{效益比} = \frac{\text{投入增加的利税}}{\text{投入}} \quad (2)$$

计算结果为 SRF、SR、CK₁的投入产出比依次为4.10、2.47、1.10, 投资效益比依次为3.10、1.47、0.10。SRF、SR、CK₁和CK₂的能量转换效率分别为0.19%、0.16%、0.14和0.13%。其中, SRF的能量转换效率比CK₂、CK₁、SR分别提高46.15%、35.71%、18.75%; SR比CK₂、CK₁分别提高23.08%、14.28%; CK₁比CK₂提高7.69%。若以光合有效辐射占总辐射的41% (贲桂英等, 1991) 计算, SRF、SR、CK₁、CK₂的能量转换效率依次为0.46%、0.40%、0.34%、0.31%。其中, SRF的能量转换效率比CK₂、CK₁、SR分别提高48.39%、35.29%、15.0%。SR比CK₂、CK₁分别提高29.03%、17.65%; CK₁比CK₂提高9.68%。由此可见, 在自然环境条件严酷、生态系统结构简单而又脆弱的高寒草甸地区, 要尽快恢复退化草地的植被, 提高其生产力水平, 必须提高投资强度。针对高寒草甸植物以无性繁殖为主的特点, 开展松耙、补播、封育和施肥等综合措施, 建立结构优化, 稳定性较好的半人工植物群落, 只有这样才能达到事半功倍的效果。

生态效益分析

1. 植物群落结构及其变化

高寒退化草地在人为调控作用下, 不仅能提高草地生产力, 而且能使植物群落的种类组成、特征值 (王启基等, 1995) 和结构发生变化。

由表4可知, 在不同调控处理下, 植物群落的种类组成, 总盖度和多样性指数随时间的延伸均有不同程度的增加。其中, SRF、SR、CK₁1991年比1989年植物群落的种类组成分别增加25.00%、15.28%、11.76%; 总盖度分别增加17.77%、2.61%、23.60%; 多样性指数分别增加1.43%、3.62%、2.70%。从植物的种类组成看, SRF比CK₁、SR分别增加19.35%、10.61%, SR比CK₁增加7.90%; 群落总盖度, SRF比CK₁、SR分别增加46.85%、17.30%, SR比CK₁增加25.18%。植物群落的多样性指数以SR最高(3.4635), 其次为CK(3.4040)、和SRF(3.3994)。均匀度指数CK最高(0.9454)、SR居中(0.9434)、SRF最低(0.8999)。这是由于SRF在施肥作用下补播的禾本科牧草得到充分发育, 使群落的多样性指数和均匀度指数下降, 造成植物种间和种内在营养、环

表3 不同调控处理条件下每公顷草场3年的投入、产出比较

Table 3 The compare of input and output of 3 years per hectare pasture in different control measure

项 目 Item	数 量 Number			价 值(元) Value(Yuan)			能 量($\times 10^4$ 千焦耳)Energy($\times 10^4$ KJ)		
	SRF	SR	CK ₁ CK ₂	SRF	SR	CK ₁ CK ₂	SRF	SR	CK ₁ CK ₂
投入 Input									
太阳能 Solor energy									
种子 Seed	37.5kg	37.5kg	0	93.00	93.00	0	0.25	0.25	0
尿素 Urea	75.0kg	0	0	61.88	0	0	4.39	0	0
二铵 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	37.5kg	0	0	41.25	0	0	2.20	0	0
羊粪 Sheep feces	1257	990	868	—	—	—	21.03	16.56	14.52
围栏 Net pen	69.3	69.3	0	41.58	41.58	0	0.32	0.32	0
留茬 Stubble	4702	2369	2098	—	—	—	65.85	33.18	29.37
农机具 Farm machinery	2.45h	2.45h	0	23.40	23.40	0	0.18	0.18	0
人力 Man power	1.24	0.97	0.36	4.96	3.88	1.44	0.04	0.03	0.01
合计 Total				266.07	161.86	43.02	188374.26	188330.52	188324.22
产出 Output									
地上净生产量(公斤) Aboveground net production(kg)	12468	9007	7247	2493.60	1801.40	1449.40	221.18	159.78	128.56
地下净生产量(公斤) Belowground net production(kg)	9710	10619	9817	—	—	—	135.97	148.70	137.47
小计 Total				2493.60	1801.40	1449.40	357.15	308.48	266.03
									236.09

境资源位上的竞争加剧,从而使群落稳定降低。多样性指数和均匀度指数的这种变化规律提示我们在配置人工植物群落时不仅要注意水平结构,而且也要考虑空间结构,以提高群落的多样性指数、均匀度指数和群落的稳定性。

表4 不同调控处理条件下植物群落的结构特征

Table 4 The characteristics of structure of plant community in different control measure

时间 Date	种类组成 Species compose			总盖度(%) Total coveragey(%)			多样性指数 Diversity index		
	SRF	SR	CK ₁	SRF	SR	CK ₁	SRF	SR	CK ₁
1989	—	36.0	34.0	—	70.75	50.00	—	3.3992	3.3275
1990	42.5	41.3	38.0	84.38	71.10	59.50	3.3509	3.4689	3.4839
1991	45.0	41.5	38.0	83.32	72.60	61.80	3.4479	3.5223	3.4006
\bar{X}	43.8	39.6	36.7	83.85	71.48	57.10	3.3994	3.4635	3.4040

通过松耙、补播和施肥不仅提高了植株高度,而且使生物量垂直分布更加合理(表5),有利于提高光能利用率。SRF的株高可达90厘米以上,SR达80厘米左右,CK小于60厘米。SRF、SR、CK在0—10厘米冠层中的生物量分别占地上总生物量的43.49%、66.59%、85.62%,10—20厘米冠层中的生物量分别占21.13%、16.14%、7.14%。SRF、SR、CK₁和CK₂植物地上部分3年所固定的太阳能分别为 221.18×10^6 千焦耳/公顷、 159.78×10^6 千焦耳/公顷、 128.56×10^6 千焦耳/公顷、 124.32×10^6 千焦耳/公顷,分别占太阳总辐射

表5 不同调控处理条件下植物地上、地下生物量垂直分布(%)

Table 5 The vertical distribution of plant above-belowground biomass in different measure (%)

高度(厘米) Height (cm)	地上部分 Aboveground part			地下部分 Belowground part		
	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK
0—10	43.49	66.59	85.62	86.18	89.59	85.89
10—20	21.13	16.14	7.14	8.78	6.82	9.20
20—30	12.26	5.68	2.96	5.04	3.66	4.91
30—40	6.52	3.26	1.65			
40—50	4.27	2.23	0.77			
50—60	3.38	1.98	1.86			
60—70	4.14	3.41				
70—80	3.92	0.65				
>80	0.94					

能值的0.1175%、0.0849%、0.0683%、0.0660%，分别占光合有效辐射能值的0.2865%、0.2070%、0.1665%、0.1611%。SRF的光能利用率比CK₂、CK₁、SR分别提高77.84%、72.07%、38.41%；SR比CK₂、CK₁分别提高28.49%、24.32%；CK₁比CK₂提高3.35%。

2. 主要植物类群优势度及植物N、P、K含量

由表6可知，不同处理条件下禾本科牧草的优势度依次为SRF(40.32%)>SR(31.13%)>CK(24.18%)；莎草科植物的优势度依次为CK(7.42%)>SR(6.25%)>SRF(5.05%)；杂类草植物的优势度依次为CK(68.40%)>SR(62.62%)>SRF(54.66%)。由此可见，松耙、补播和施肥不仅能提高优良牧草在植物群落中的比例，而且使牧草中的N、P、K元素含量有所提高(表7)。其中，SRF植物地上部分N含量比CK、SR分别提高7.81%、6.98%，SR比CK提高0.78%；SRF的P含量比CK、SR分别提高31.21%、0.89%，SR比CK提高30.06%；SRF的K含量比CK、SR分别提高202.78%、57.97%，SR比CK提高91.67%。SRF植物地下部分N含量比CK、SR分别提高61.02%、26.67%，SR比CK提高27.12%。SRF的P含量比CK、SR分别提高39.16%、15.70%，SR比CK提高20.28%，SRF的K含量比CK、SR分别提高50.00%、31.25%；SR比CK提高14.29%。

表6 不同调控处理条件下主要植物类群优势度变化

Table 6 The changes of dominance of main plant group in different control measure

时间 Date	禾草类 grasses			莎草类 Desges			杂草类 Forbs		
	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK
1989	—	31.75	25.70	—	6.50	5.81	—	61.75	68.49
1990	42.42	37.17	25.72	4.30	7.20	8.49	53.28	55.63	65.79
1991	38.22	24.48	21.11	5.74	5.05	7.95	56.04	70.49	70.94
\bar{X}	40.32	31.13	24.18	5.02	6.25	7.42	54.66	62.62	68.40

表7 不同调控处理条件下植物N、P、K含量特征(%)

Table 7 The content characteristics of N,P,K of plant in different control measures(%)

项目 Item	N			P			K		
	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK
地上部分 Aboveground	1.38	1.29	1.28	0.227	0.225	0.173	1.09	0.69	0.36
地下部分 Belowground	0.95	0.75	0.59	0.199	0.172	0.143	0.21	0.16	0.14

3. 改善了生态环境、促进物质的良性循环

通过不同调控处理，对土壤的坚实度和N、P、K元素含量的测定结果表明。松耙、施

肥和封育后的土壤坚实度明显下降。SRF、SR、CK₁和CK₂土壤坚实度的平均值(20—80个随机点)分别为0.48公斤/厘米³、1.76公斤/厘米³、3.89公斤/厘米³、5.21公斤/厘米³。

在不同处理条件下的土壤全N含量差异不明显,其含量随土壤深度的增加而减少。平均值依次为CK(0.368%)、SRF(0.364%)、SR(0.363%)。SRF的全P含量随土壤深度的增加而增加,SR则相反,其平均值依次为SR(0.165%)、SRF(0.163%)、CK(0.119%)。全K含量的平均值依次为CK(1.760%)、SR(1.641%)、SRF(1.562%)。土壤速效N、P含量的平均值依次为SRF(351.18 ppm、7.33 ppm)、SR(294.54 ppm、4.08 ppm)、CK(280.07 ppm、3.53 ppm)。其中,SRF的速效N含量比SR、CK分别提高19.23%、25.39%;SR比CK提高5.17%。SRF的速效P含量比SR、CK分别提高79.66%、107.65%,SR比CK提高15.58%。速效K含量的平均值依次为SR(181.5 ppm)、CK(161.9 ppm)、SRF(139.3 ppm)。土壤速效N、P、K元素含量的垂直分布除CK的速效N,SRF的速效P外,均随土壤深度的增加而减少。这种分布规律与人为调控作用、土壤环境和植物的吸收利用有关(王启基等,1995)。如SRF施入P肥后,部分多余的P随时间而淋溶下沉,而20—30厘米土层中植物根系分布稀少,相应减少了吸收利用,造成20—30厘米土层中速效P含量大于10—20厘米土层的含量。又如CK组,由于植被稀少,覆盖度小,地而裸露,一方面造成表土速效N的挥发,另一方面减少了10—20厘米土层中速效N的吸收利用,而形成0—10厘米土层中速效N含量小于10—20厘米土层中的含量。由此可以看出,通过松耙、补播、施肥等调控策略,不仅增加了土壤速效养分含量,而且提高了植物对N、P、K元素的吸收利用和归还,促进了物质的良性循环。根据测定的结果表明,N的吸收利用,SRF比SR、CK分别提高39.59%、71.36%,SR比CK提高22.76%。P的吸收利用,SRF比SR、CK分别提高22.70%、90.11%;SR比CK提高54.95%。K的吸收利用,SRF比SR、CK分别提高82.32%、139.05%;SR比CK提高31.11%。仅通过枯枝落叶、留茬和死根分解归还的N素,SRF比SR、CK分别提高50.00%、96.90%,SR比CK提高31.27%。归还的P素,SRF比SR、CK分别提高65.79%、113.56%;SR比CK提高28.81%。归还的K素,SRF比SR、CK分别提高89.71%、178.99%;SR比CK提高47.06%。若以有效养分库的贮量计,N的吸收率,SRF比SR、CK分别提高15.28%、32.77%;SR比CK提高15.17%。归还率SRF比SR、CK分别提高23.91%、52.43%;SR比CK提高23.02%。P的吸收率,SRF比SR、CK分别降低17.44%、2.64%;SR比CK提高17.93%。归还率,SRF比SR、CK分别提高11.56%、9.36%;SR比CK降低1.97%。K的吸收率,SRF比SR、CK分别提高114.56%、148.14%;SR比CK提高15.65%。归还率,SRF比SR、CK分别提高123.10%、190.12%;SR比CK提高30.04%。若以土壤中N、P、K元素的全量计,N的吸收率,SRF比SR、CK分别提高38.82%、73.53%;SR比CK提高25.00%。归还率,SRF比SR、CK分别提高48.84%、100.00%;SR比CK提高72.00%。P的吸收率,SRF比SR、CK分别提高21.88%、39.29%;SR比CK提高14.29%。归还率,SRF比SR、CK分别提高70.59%、61.11%;SR比CK降低5.56%。K的吸收率,SRF比SR、CK分别提高211.11%、300.00%;SR比CK提高28.57%。归还率,SRF比SR、CK分别提高100.00%、166.67%,SR比CK提高33.33%。

此外,通过松耙、补播、施肥,不仅能改善植物群落微气候条件,而且有减少病虫害的作用。如SRF、SR、CK条件下,地表温度分别为17.9℃、19.3℃、21.3℃,0—10厘米冠层内的温度分别为19.2℃、18.0℃、17.5℃,10—20厘米冠层内的温度分别为18.8℃、17.6℃、16.2℃。由于植物冠层温度的提高有利于植物光合作用和生长发育,而地表温度的降低可减少土壤水分的蒸发。

据1992年的调查结果,SRF每平方米有草原毛虫15.05头,SR有16.55头,CK有18.50头(每种处理采用50×50厘米²的40个随机样方)。这种变化趋势说明,通过人为调控作用,不仅能改变植物群落结构和微气候条件,而且还能起到生物防治草原毛虫的效果。由此可见,增加高寒退化草地的投入,实现综合配套生产措施,对提高草地生产力和畜牧业经济效益,改善草地生态环境具有重要作用,为促进物质的良性循环和草地畜牧业生产持续发展奠定基础。

参 考 文 献

- 王启基、周兴民、沈振西、陈波,1995,不同调控策略下退化草地植物群落结构及其多样性分析,高寒草甸生态系统(4),科学出版社。
- 王启基、周兴民等,1995,调控策略对退化草地氮、磷、钾元素含量、积累及转移效应的分析,高寒草甸生态系统(4),科学出版社。
- 贾桂英、韩发,1991年,高寒草甸生态系统微气候和植物的生理生态反应I.定位站地区太阳辐射特征及植物冠层对辐射吸收的分析,高寒草甸生态系统(3):39—40,科学出版社。

BENEFIT ANALYSIS OF RESTORATED DEGENERATION GRASSLAND BY DIFFERENT CONTROL MEASURE

Wang Qiji Zhou Xingmin Shen Zhenxi Chen Bo

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Science)

Abstract

This study undertook at Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station from 1989 to 1992.

The experiment area was divided into four types, Scarification+Replant+Apply fertilizer+Fence (SRF), Scarification+Replant+Fence (SR), Fence contrast1 (CK₁) and contrast2 (CK₂).

The results showed that the aboveground net production and its yield rose evidently by the artificial control, Among which SRF increased 38.77%, 71.60% and 77.28% than SR, CK₁ and CK₂, respectively; SR increased 23.82% and 27.87% than CK₁ and CK₂, respectively; CK₁ increased 3.34% than CK₂. Production and investment benefit of SRF was the biggest among them, SR was mediate and CK₁ least, their ratio of output to input were alternately 4.10, 2.47 and 1.10, and their ratio of investment benefit were alternately 3.10, 1.47 and 0.10. Energy transformation efficiency of SRF, SR, CK₁ and CK₂ were 0.19%, 0.16%, 0.14% and 0.13%, respectively.

Scarification, replant, enclosing and fertilizing could not only improve grassland ecological environment and raise light energy utilization efficiency, but it increased obviously in species components, total coverage and the ratio of high quality grasses in plant community. At the same time, it also improved absorption utilization and return of Nitrogen, Phosphorus and Kalium elements from soil bank and accelerated matter in good cycling of alpine meadow ecosystem.

Key words: Degeneration grassland; Control measure; Benefit analysis