

不同调控策略下退化草地植物群落结构及其多样性分析*

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

本研究于1989—1992年在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放试验站进行。在退化天然草地中采用松耙、补播、施肥3项措施和松耙、补播2项措施以及对照等调控策略,使退化草地尽快得到恢复,并成为优化结构的半人工草场。结果表明:退化天然草地经过人为调控作用,其植物群落种的丰富度和多样性指数均有增加。禾本科植物的相对资源位增大,莎草科植物和杂类草的相对资源位减少。地上净生产量可提高23.65%—71.60%。生物量的空间生态位宽度增大,有利于光能资源的利用。

关键词: 调控策略; 退化草地; 群落结构; 多样性指数; 均匀度指数

高寒草甸草场广泛分布于青藏高原东部及其周围山地,约有0.7亿公顷,约占青藏高原可利用草场的50%。由于青藏高原海拔高、气候条件恶劣、生态环境严酷,加之人口和家畜的急剧增长,使青藏高原的资源、生态和环境问题日趋严峻。长期以来,对高寒草甸生态系统的结构、功能缺乏了解,忽视了草地资源的科学管理和合理利用,采取掠夺式经营,超载过牧,草畜矛盾日益突出,生态系统平衡失调,导致草地生态环境恶化,生产力下降,严重阻碍了青藏高原草地畜牧业的持续发展。因此,深入系统地研究青藏高原可再生资源 and 生态环境的现状、退化趋势以及优化管理模式。不仅为草地资源的合理利用、保护、环境治理及提高畜牧业经济效益具有重要的现实意义,而且对研究全球气候变化及其人类活动对生态系统结构功能的影响均具有长远的战略意义。

本文通过采用松耙、补播和施肥等调控策略,对高寒退化草地植物群落的种类组成、数量特征、物种多样性变化规律,以及主要植物类群资源位,植物地上、地下生物量的

* 本项研究系中科院网络台站重点支持课题和中科院重大项目《中国不同类型生态系统结构、功能与提高生产力途径研究》基金资助。

时空分布格局的研究,揭示人类活动对高寒退化草地的结构、功能和物种多样性的影响,进而为高寒退化草地的恢复、重建及草地生产力的提高和持续利用提供科学依据。

试验区自然概况

本研究于1989—1992年在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放试验站地区进行(北纬 $37^{\circ}29'$ — $37^{\circ}45'$,东经 $101^{\circ}12'$ — $101^{\circ}33'$,海拔3200米)。气候属典型的高原大陆性气候类型。年平均气温为 -1.7°C ,1月平均气温为 -14.8°C ,极端最低气温 -31.5°C 。7月平均气温 9.8°C ,极端最高气温 27.5°C 。年降水量约600毫米,蒸发量约1160毫米。主要植被有高寒草甸、高寒灌丛和沼泽化草甸。土壤以高山草甸土、高山灌丛土和沼泽土为主。

研究方法

本研究主要以退化天然草地为对象,通过松耙、群落配置、封育和施肥等调控策略,建立刈牧兼用、优化结构的半人工草地。并探讨在人类调控作用下,退化天然草地的恢复途径及建立稳定、高产、结构合理的人工或半人工植物群落优化模式。试验样地设在退化较为严重,地势平坦、植被较均匀的矮嵩草草甸草场(冬春草场)。样地总面积为33.0公顷,选用疏丛禾草(上繁草)垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、老芒麦(*E. sibiricus*)和密丛禾草(下繁草)冷地早熟禾(*Poa crymophila*)等品种,按不同播种量比例设置松耙、补播、施肥(Scarification, Replant and Apply fertilizer, SRF)、松耙、补播(Scarification and Replant, SR)以及对照(Contrast, CK)3种处理,计9个小区(表1)。

试验开始当年(1989)5月,首先用铁牛-55型拖拉机牵引的圆盘耙在试验区(除对照区)松耙1遍,深度约2—5厘米,然后按试验设计将补播种子按比例混合均匀,人工撒播,再用圆盘耙松耙一遍,最后用铁丝网围栏封育,补播当年禁牧。第2年(1990年)6月,将尿素(75公斤/公顷)和二胺(37.5公斤/公顷)按比例混合,雨前均匀撒于施肥区,到秋季即可正常放牧。

每年在植物生长季(5—9月),每月月底测定不同处理条件下的地上生物量。样方面积为50厘米×50厘米,每个小区5次重复,计20个样方。并按禾草类、莎草类、杂草类和枯枝落叶分类。在生物量高峰期(8月底)测定植物群落地上、地下部分生物量的垂直分布,每10厘米为1层,地上部分测到小于10厘米为止,地下部分测到30厘米深。同时测定植物群落的种类组成及其特征值,分盖度和频度测定样方面积为25厘米×25厘米,每个小区10次重复,计40个样方。植物高度每个小区随机测定10—20株。地上生物量测定齐地面剪割,称取鲜重后在 80°C 的恒温箱内烘干至恒重,文中生物量以烘干重计。

根据重要值概念(姜恕等,1988)、Shanon-Wiener函数为多样性指数及均匀度指数(皮洛, E. C., 1988; 考克斯, G. W., 1979)的公式计算每个植物种群的重要值、多样性指数及均匀度指数。

表1 试验设计*

Table 1. Experimental design*

项 目 Item	处 理 Treatment	播种比例 Sowing ratio	面积(公顷) Area(ha)
SRF ₁	<i>Elymus sibiricus</i> + <i>Poa crymophila</i>	1:0.6	5
SRF ₂	<i>E. sibiricus</i> + <i>Poa crymophila</i>	1:0.3	5
SRF ₃	<i>E. nutans</i> + <i>Poa crymophila</i>	1:0.1	5
SRF ₄	<i>E. nutans</i>	1:0.0	5
SR ₁	<i>E. sibiricus</i> + <i>Poa crymophila</i>	1:0.6	1
SR ₂	<i>E. sibiricus</i> + <i>Poa crymophila</i>	1:0.3	1
SR ₃	<i>E. nutans</i> + <i>Poa crymophila</i>	1:0.1	1
SR ₄	<i>E. nutans</i>	1:0.0	1
CK			5

* SRF₁: 松耙+补播+施肥(处理第二年施肥)SRF₁: Scarification + Replant + Apply fertilizer (it was apply fertilizer in second year of treatment)SR₁: 松耙+补播SR₁: Scarification + Replant

CK: 对照

CK: Contrast

播种量为 37.5 公斤/公顷

Amount of sowing was 37.5kg/ha

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i)$$

$$J' = H' / \ln S$$

式中: H' ——多样性指数 S ——群落中植物的种数 P_i ——第 i 种植物的重要值 J' ——均匀度指数

结果与分析

1. 植物群落结构特征

退化天然草地在松耙、补播、封育和施肥等调控作用下,植物群落的种类组成及其特征值随时空格局的变化具明显差异(表2)。

由表2可知,处理当年(1989年),松耙、补播的植物群落由34—39种植物组成,平均值为36种,比对照区(34种)增加5.88%。在SR₁、SR₂条件下形成以老芒麦(*Elymus sibiricus*) + 第绒委陵菜(*Potentilla ansterina*) + 垂穗披碱草(*E. nutans*) + 微药羊茅

表2 不同调控策略下植物丰富度及其年际动态
Table 2 The abundances and yearly dynamics of plant species
in different control strategies

年度 Yearly	处理 Treatment										
	SRF ₁	SRF ₂	SRF ₃	SRF ₄	\bar{X}	SR ₁	SR ₂	SR ₃	SR ₄	\bar{X}	CK
1989	—	—	—	—	—	39	35	35	35	36	34
1990	46	43	40	41	42.50	43	41	40	41	41.25	38
1991	47	45	44	44	45.00	43	42	40	41	41.50	38

SRF and SR, CK see Table 1

(*Festuca nitidula*) 为主的群落类型。SR₃、SR₄ 形成以垂穗披碱草+鹅绒委陵菜、矮火绒草 (*Leontopodium nanum*) + 微药羊茅为主的群落类型。CK 形成以鹅绒委陵菜+异针茅 (*Stipa aliena*) + 垂穗披碱草+矮火绒草+微药羊茅为主的群落类型。第二年 (1990 年) SRF 的植物群落由 40—46 种植物组成, SR 由 40—43 种植物组成, 平均值分别为 42.50 和 41.25 种。CK 由 38 种植物组成。SRF 比 SR 和 CK 分别增加 3.03% 和 11.84%, SR 比 CK 增加 8.55%。在 SRF₁、SRF₂ 条件下形成以老芒麦+垂穗披碱草+鹅绒委陵菜+早熟禾 (*Poa* spp.) 为主的群落类型。SRF₃、SRF₄ 形成以垂穗披碱草+老芒麦+鹅绒委陵菜+早熟禾为主的群落类型。SR₁、SR₂ 形成以老芒麦+垂穗披碱草+早熟禾+紫羊茅 (*F. rubra*) 为主的群落类型, SR₃、SR₄ 形成以垂穗披碱草+鹅绒委陵菜+细叶亚菊 (*Ajania tenuifolia*) + 柔软紫菀 (*Aster flaccidus*) 为主的群落类型。CK 形成以垂穗披碱草+鹅绒委陵菜+细叶亚菊+微药羊茅+矮火绒草为主的群落类型。第三年 (1991 年), SRF 的植物群落由 44—47 种植物组成, SR 由 40—43 种植物组成, 平均值分别为 45.0 和 41.5 种。CK 由 38 种植物组成。SRF 比 SR 和 CK 分别增加 8.43% 和 18.42%, SR 比 CK 增加 9.21%。在 SRF₁、SRF₂ 条件下形成以老芒麦+垂穗披碱草+早熟禾+紫羊茅+鹅绒委陵菜为主的群落类型。SRF₃、SRF₄ 形成以垂穗披碱草+鹅绒委陵菜+早熟禾+老芒麦为主的群落类型。SR₁、SR₂ 形成以老芒麦+鹅绒委陵菜+细叶亚菊+垂穗披碱草为主的群落类型, SR₃、SR₄ 形成以垂穗披碱草+鹅绒委陵菜+矮火绒草+细叶亚菊为主的群落类型。CK 形成以鹅绒委陵菜+柔软紫菀+垂穗披碱草+矮火绒草为主的群落类型。在 SRF、SR 和 CK 条件下, 第三年的植物种类组成比第一年分别增加 25.0%、15.28% 和 11.76%。按三年平均计算, SRF、SR 比 CK 分别增加 19.35% 和 7.50%。由此可见, 退化天然草地经过人为调控处理, 不仅使植物群落的种类组成有所增加, 而且使植物种群的特征值发生显著变化 (表 3)。

由表 3 可知, 在 SRF 条件下补播牧草老芒麦的重要值明显增大, 1990 年、1991 年的重要值分别为 12.035 和 9.185, 平均值为 10.610; SR 分别为 7.612 和 4.568, 平均值为 6.090。SRF 比 SR 增加 74.22%, 在 SRF₁ (17.196)、SRF₂ (16.666) 条件下更为明显。垂穗披碱草在 SRF 条件下, 1990 年、1991 年的重要值分别为 12.384 和 11.828, 平均值为 12.106; SR 分别为 10.737 和 6.961, 平均值为 8.849; CK 分别为 6.630 和 6.231, 平均值为 6.431。SRF 比 SR 和 CK 分别增加 36.81% 和 88.24%; SR 比 CK 增加 37.60%,

表3 不同调控策略下主要植物种群重要值变化

Table 3 The changes of important value of main plant population in different control strategies

植物种群 Plant population	SRF			SR			CK		
	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	—	12.384	11.828	7.741	10.737	6.961	5.842	6.630	6.231
老芒麦 <i>E. sibiricus</i>	—	12.035	9.185	4.021	7.612	4.568	0.000	0.000	0.000
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	—	2.916	3.440	3.330	3.661	2.812	3.046	3.630	3.416
微药羊茅 <i>F. nitidula</i>	—	2.913	2.239	4.706	3.178	1.257	5.024	4.744	2.247
早熟禾 <i>Poa</i> ssp.	—	4.538	4.526	3.563	3.517	2.906	1.764	2.558	2.965
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	—	1.235	1.718	3.759	2.266	2.160	7.353	2.626	2.077
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	—	1.300	1.833	3.394	3.687	1.926	2.414	3.816	2.730
黑褐苔草 <i>Carex atro-fusca</i>	—	1.618	1.592	2.333	2.524	1.939	3.392	2.117	2.368
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	—	6.092	5.724	7.067	4.778	6.045	10.178	6.228	10.191
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	—	2.600	2.644	4.390	2.108	3.251	3.396	2.734	2.149
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	—	1.277	1.010	2.054	2.129	2.670	1.256	0.982	1.010
青瓣风毛菊 <i>S. kokonoresis</i>	—	0.269	0.994	3.346	0.451	1.641	3.511	0.999	2.438
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	—	2.949	2.782	1.272	3.209	3.407	1.596	4.350	3.430
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	—	1.600	3.345	5.104	2.628	4.569	5.452	4.697	3.562
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	—	3.738	3.733	3.317	3.555	4.730	4.970	5.606	6.151
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	—	0.538	0.989	2.750	1.631	2.035	2.550	2.177	1.131
摩荻草 <i>Morina chinensis</i>	—	2.396	2.329	3.252	1.842	3.039	2.906	3.012	2.737
宽叶羌活 <i>Notopterygium forbesiide</i>	—	1.311	2.234	1.782	0.942	1.933	2.738	3.987	2.709
海如草 <i>Glauz maritima</i>	—	2.301	2.034	2.224	1.925	3.078	2.894	2.480	3.056
西北利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	—	2.265	2.514	2.559	0.990	2.154	2.794	1.679	3.681
紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	—	1.294	2.152	1.055	1.504	2.773	1.718	0.571	3.964

在SRF3 (17.523)、SRF4 (17.491) 条件下更为明显。早熟禾在SRF条件下, 1990年

1991年的重要值分别为4.538和4.526,平均值为4.532;SR分别为3.517和2.906,平均值为3.211;CK分别为2.558和2.965,平均值为2.761。SRF比SR、CK分别增加41.14%和64.14%,SR比CK增加16.30%。莎草科植物的矮蒿草在SRF条件下,1990年、1991年的重要值分别为1.300和1.833,平均值为1.567;SR分别为3.687和1.926,平均值为2.806;CK分别为3.816和2.730,平均值为3.273。SRF比SR和CK分别减少44.16%和52.12%;SR比CK减少14.27%。鹅绒委陵菜在SRF条件下,1990年、1991年的重要值分别为6.092和5.724,平均值为5.908;SR分别为4.778和6.045,平均值为5.412;CK分别为6.228和10.191,平均值为8.210。SRF和SR比CK分别减少28.04%和34.08%。由此可见,由于人类生产活动的影响,使植物种群在时间和空间的分布格局发生变化,并通过种间和种内竞争,导致植物种群的资源位重新分配(图1)。

由图1可知,退化草地经松耙、补播和施肥等调控处理,禾本科植物的相对资源位明显增大。1989年(处理当年),SR和CK条件下禾本科植物的相对资源位分别为31.75%和25.70%。1990年(施肥当年),SRF、SR和CK的相对资源位分别为42.42%、37.17%和25.72%;1991年(施肥第二年)的相对资源位分别为38.22%、24.48%和21.17%。1990年、1991年的平均值分别为40.32%、30.83%和23.45%。SRF比SR和CK分别提高30.78%和71.94%,SR比CK提高31.47%。在SRF条件下,1990年、1991年比1989年分别提高33.61%和20.37%,SR分别提高17.07%和-22.90%,CK分别提高0.07%和-17.63%。而莎草科植物和杂类草则与禾本科植物相反,它们的相对资源位随着禾本科植物的增加均有不同程度的下降。在SRF、SR和CK条件下,1990年、1991年莎草科植物相对资源位的平均值分别为5.02%、6.13%和8.22%。SRF比SR和CK分别下降18.11%和38.93%,SR比CK下降25.43%。在SRF、SR和CK条件下,1990年、1991年杂类草(17科)相对资源位的平均值分别为54.60%、63.04%和68.34%。SRF比SR和CK分别下降13.39%和20.11%,SR比CK下降7.76%。在SRF条件下,1990年、1991年比1989年分别下降13.72%和9.25%;SR条件下,1990年比1989年下降9.91%,1991年比1989年提高14.12%;CK条件下,1990年比1989年下降3.54%,1991年比1989年提高3.49%。结果表明,松耙、补播和施肥对禾本科植物有明显的促进作用,即使在春季干旱、低温的年份(1991年)也有较好的效果。它在时间和空间的分布格局影响了其它种群的生长发育和分布格局,尤其对环境资源位(光照、水分和土壤养分等)的利用形成具有明显的优势,使种间竞争加剧。一些植株矮小、喜光的莎草科和双子叶植物的生长发育受到抑制,相对资源位减少,甚至造成个别种群的衰退。根据不同处理条件下主要植物科属计算的多样性表明,SR的多样性指数($H' = 1.935$)和均匀度指数($J' = 0.881$)最大,CK居中($H' = 1.903$, $J' = 0.866$),SRF最小($H' = 1.767$, $J' = 0.805$)。

2. 生物量在时间和空间的分布格局

初级生产者所合成的有机物质和贮存的太阳能是高寒草甸生态系统的物质基础和能量的基本来源,其生产力本平在很大程度上制约着生态系统各营养层的结构、功能以及物质的迁移、能量转换效率和方向。因此,优化植物群落结构是获取最大光能利用率和

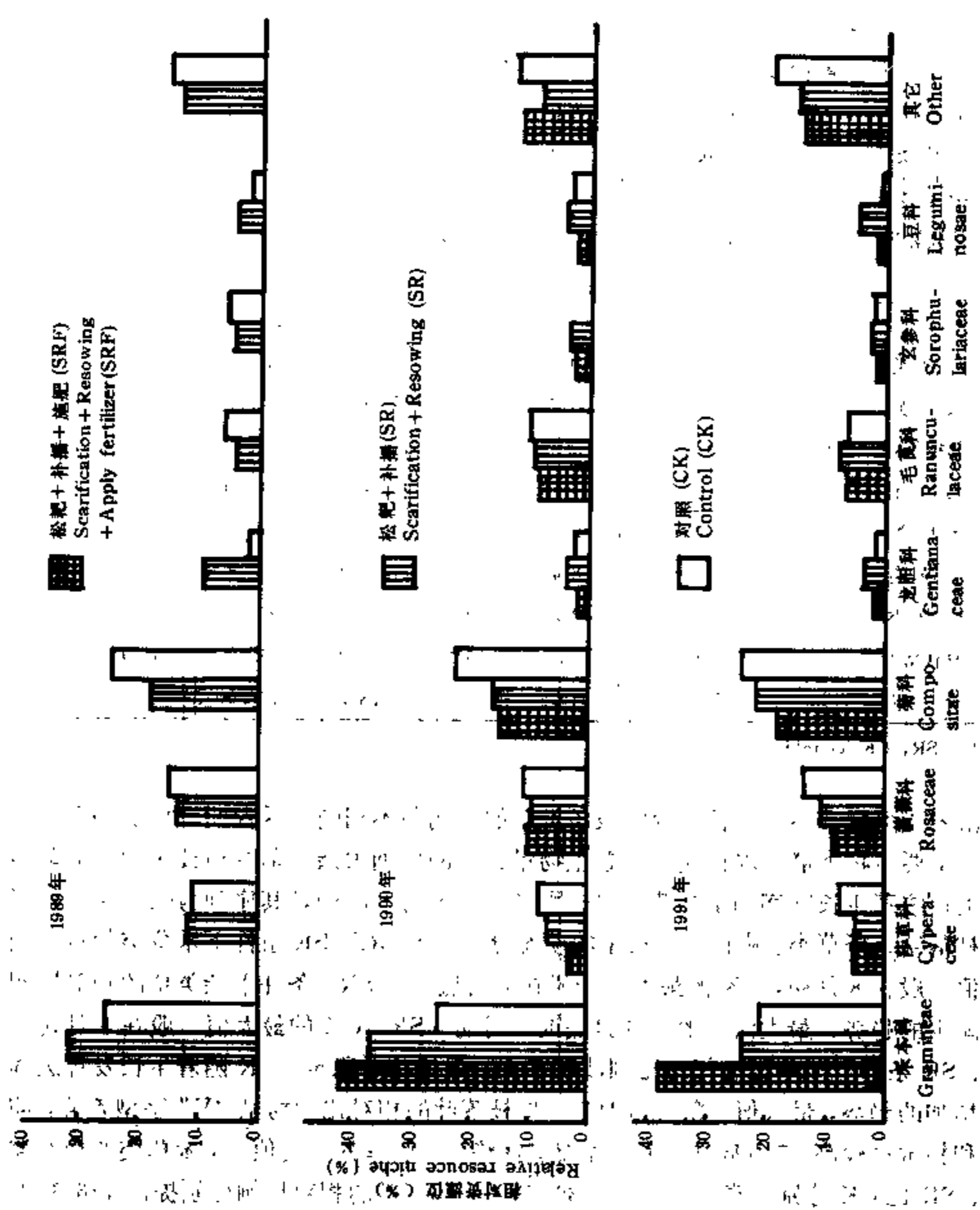


图1 不同调控策略下主要植物类群相对资源谱
 Fig. 1 The spectrum of relative resource of main plant group in different control strategies

持续生产的关键。退化天然草地通过松耙、补播和施肥等调控策略所建立的半人工草地，不仅使生物生产量有明显的提高（表4，表5），而且能使生物量的空间分布格局更为合理。

表4 不同调控策略下主要植物类群生物量季节分配

Table 4 Seasonal allocation of biomass of main plant in different control strategies

时间 Date		1990. 6. 18		1990. 8. 1		1990. 8. 30	
植物类群 Plant group		生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%
SRF	禾草类 Grasses	53.3	22.59	106.9	32.38	176.1	32.13
	莎草类 Sedges	25.9	11.00	32.3	9.80	53.2	11.71
	杂草类 Forbs	101.3	42.94	136.5	41.35	194.6	35.50
	枯枝落叶 Litter	55.3	23.47	54.3	16.47	113.3	20.66
	合计 Total	235.8	100.00	330.0	100.00	548.2	100.00
SR	禾草类 Grasses	54.3	23.02	94.8	32.18	128.2	31.79
	莎草类 Sedges	24.6	10.45	27.0	9.17	39.3	9.74
	杂草类 Forbs	91.2	38.69	123.5	41.93	164.5	40.79
	枯枝落叶 Litter	65.7	27.84	49.3	16.72	71.2	17.68
	合计 Total	235.8	100.00	294.6	100.00	405.2	100.00
CK	禾草类 Grasses	25.1	11.43	69.2	24.47	84.6	26.37
	莎草类 Sedges	8.4	3.84	11.5	4.08	18.8	5.86
	杂草类 Forbs	130.2	59.41	174.2	61.57	152.5	47.53
	枯枝落叶 Litter	55.5	25.32	27.9	9.88	64.9	20.24
	合计 Total	219.2	100.00	282.8	100.00	320.8	100.00

SRF, SR, CK see table 1

由表4可知,不同生长发育阶段各类草的比例各不相同,返青期(4月20日—6月18日)主要植物类群的现存量所占总生物量比例的序列为杂类草>枯枝落叶>禾草类>莎草类;牧草生长旺盛期至枯黄期(6月19日—8月30日),其序列为杂类草>禾草类>枯枝落叶>莎草类。从整个生长季的动态分析,在SRF、SR条件下禾草类相对比例的最大值一般在8月初,CK的最大值一般在8月底。在SRF条件下杂类草的相对比例有逐渐减少的趋势,最大值一般在6月底或7月初;SR、CK的最大值一般在8月初。在SRF、SR条件下莎草类的相对比例波动不大,保持相对稳定;CK随着生长发育进程有逐渐增加的趋势,最大值一般在8月底。枯枝落叶的相对比例均呈“V”字型趋势,即返青期和枯黄期较高,7月底或8月初最低。就整个生长季的平均值计,禾草类的相对比例SRF、SR比CK分别提高39.84%和39.70%;莎草类的相对比例分别提高136.17%和113.29%;杂类草的比例分别下降28.91%和27.95%;枯枝落叶的相对比例分别提高9.31%和12.28%。据1990年6月18日、8月1日和8月30日测定的平均值计算,禾草类的生物量SRF比SR、CK分别提高16.09%和91.99%,SR比CK提高68.29%。莎草类的生物量SRF比SR和CK分别提高19.89%和190.73%,SR比CK提高145.56%。杂类草的生物量SRF比SR提高14.03%,SRF比CK下降5.36%,SR比CK

下降 17.00%。说明松耙、补播和施肥对禾本科、莎草科植物均有明显的增产效应,尤其对禾本科植物的效果更佳。由于禾本科植物的充分发育,形成群落的优势种,抑制了杂类草的生长发育,不仅改变了草地植物群落的组成成分,提高了牧草品质和使用价值,而且达到了生物防治毒杂草的目的。

从表 5 可知,经过人为调控作用,植物群落地上净生产量均有提高。以 1990—1992 年的平均值计算,SRF 比 SR 和 CK 分别提高 38.76%和 71.60%,SR 比 CK 提高 23.65%。此外,从地上净生产量、养分动态分析可以看出,松耙、补播和施肥可提高植物、土壤养分含量(王启基等,1995)和保墒能力,减少了气候对产量的影响。试验表明一次施肥可在 2—3 年内有促进植物生长发育和增产效果。

表 5 不同调控策略下地上生物量年间动态

Table 5 Annual dynamics of aboveground net production in different control strategies

时间 Date	处理 Treatment					处理 Treatment					
	SRF ₁	SRF ₂	SRF ₃	SRF ₄	\bar{X}	SR ₁	SR ₂	SR ₃	SR ₄	\bar{X}	CK
1989.9.06	—	—	—	—	—	301.6	208.8	260.0	260.0	272.6	227.0
1990.8.30	528.0	524.0	549.6	591.2	548.2	403.2	390.4	411.2	416.0	405.2	320.8
1991.8.30	445.4	426.8	362.7	403.6	409.6	294.7	276.1	275.8	293.4	285.0	227.9
1992.9.02	356.0	262.0	262.0	272.0	289.0	222.0	208.0	180.0	232.0	210.5	176.0
\bar{X}	407.7	370.4	358.5	381.7	379.6	305.4	285.8	281.8	300.3	293.3	237.9

不同调控策略下,植物群落地上、地下生物量空间分布均呈典型金字塔模式(图 2)。生物量主要分布在 0—10 厘米的空间范围,SRF、SR 和 CK 在 0—10 厘米冠层中的生物量分别占地上总生物量的 43.72%、66.59%和 85.62%; 10—20 厘米冠层中分别占 21.13%、16.14%和 7.14%。0—10 厘米草皮层中的生物量分别占地下总生物量的 86.18%、89.54%和 85.89%, 10—20 厘米草皮层中分别占 8.78%、6.86%和 9.20%。地下、地上生物量的比值分别为 1.88、2.78 和 3.25。

由图 2 可以看出,通过松耙、补播和施肥使植物地上生物量的空间生态位宽度明显增大。SRF 条件下的株高可达 90 厘米以上,SR 达 80 厘米,而且 10 厘米以上空间所占生物量的比例明显增大,而 CK 的株高仅达 60 厘米。经地上生物量空间生态位分布格局的多样性指数和均匀度指数的计算表明,SRF 的多样性指数 ($H' = 1.678$) 和均匀度指数 ($J' = 0.764$) 最大,SR 居中 ($H' = 1.552$, $J' = 0.554$),CK 最小 ($H' = 0.605$, $J' = 0.338$)。SRF 和 SR 地上生物量的空间分布格局有利于光能资源的充分利用。Quinn (1987) 和 Archer (1991) 的研究指出,控制放牧强度可增加植物群落水平的多样性,降低群落优势种在竞争中压抑其它种的能力,并可创造物理空间有利于光、水分和营养的更好利用。由此可见,人为调控策略也能起到同样的效果。

3. 植物群落多样性及其稳定性分析

物种多样性是反映生物群落功能的组织特征,它是群落中关于丰富度和均匀度的一

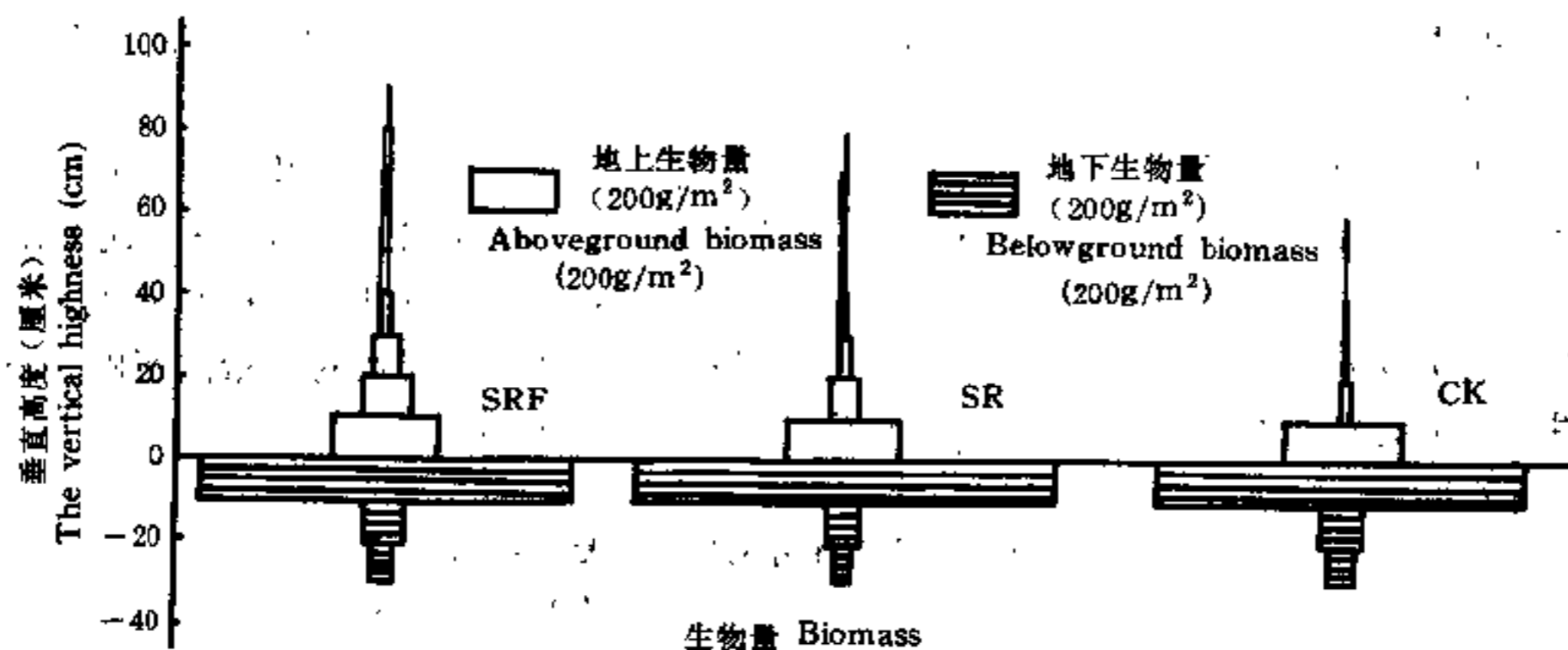


图2 不同调控策略下植物群落生物量空间格局

Fig. 2 The space pattern of biomass of plant community in different control strategies

个函数,可作为生态学上的一个灵敏度指标。用多样性指数可定量地分析群落的结构特征,稳定性和生产力。随着群落生态学研究的不断深入,物种多样性的研究成为当代生态学研究热点,引起更多专家、学者们的关注(朱守谦,1987;杜国桢等,1991;高宝嘉等,1992;Pielou,1966、1975;Stolzeberg,1992;Holden,1992)。

表6 不同调控策略下植物群落多样性指数(H')和均匀度指数(J')动态

Table 6 The dynamics of diversity index(H')and evenness index(J') of plant community in different control strategies

处 理 Treatment	1989		1990		1991	
	H'	J'	H'	J'	H'	J'
SRF ₁	—	—	3.4401	0.8985	3.5633	0.9255
SRF ₂	—	—	3.3610	0.8930	3.4876	0.9162
SRF ₃	—	—	3.2850	0.8905	3.3980	0.8979
SRF ₄	—	—	3.3173	0.8933	3.3426	0.8833
\bar{X}	—	—	3.3509	0.8940	3.4479	0.9057
SR ₁	3.4796	0.9498	3.5383	0.9407	3.6114	0.9602
SR ₂	3.3882	0.9530	3.4419	0.9286	3.5268	0.9438
SR ₃	3.3644	0.9463	3.3934	0.9199	3.4288	0.9295
SR ₄	3.3644	0.9463	3.5018	0.9439	3.5707	0.9615
\bar{X}	3.3992	0.9489	3.4689	0.9326	3.5223	0.9487
CK	3.3275	0.9436	3.4839	0.9578	3.4006	0.9349

SRF, SR, CK see table 1

经计算,不同调控策略下的植物种多样性指数和均匀度指数的年间动态如表6所示。由表6可知,SRF、SR和CK的多样性指数按3年的平均值计,依次为SR(3.464) > CK(3.404) > SRF(3.400);均匀度指数依次为CK(0.945) > SR(0.943) > SRF

(0.900)。在SRF、SR条件下,植物种多样性指数随时间的延续均有增加的趋势。形成上述分布格局和年间动态变化,说明退化天然草地通过调控作用,不仅增加了种的丰富度,而且使群落结构的复杂程度有所提高,从而使群落多样性指数增加。而CK条件下多样性指数的变化多受环境条件的影响较大。经相关分析表明种的丰富度与多样性指数呈显著的正相关($n=23, r=0.433, p<0.05$);多样性指数与均匀度指数呈极显著的正相关($n=23, r=0.565, p<0.01$)。由于SRF条件下,施肥促进了补播牧草老芒麦种群和垂穗披碱草种群的生长发育,其数量特征值(频度、盖度和株高)明显增大,在群落组成中占绝对优势,从而抑制了杂类草的生长发育。虽然种的丰富度较大,但是种间差异明显,从而使多样性指数和均匀度指数下降。这种变化规律充分显示了退化草地在实施调控策略以前,植物群落结构简单,种类组成较少,呈现了多样性指数较低的趋势。经松耙、补播、封育和施肥等调控策略,使土壤有效养分增加,植物种间竞争以及外来种的不断侵入,资源和空间生态位的再分配,使群落内部的容纳量增大,群落结构逐步复杂化,从而导致多样性指数增大。同时也显示了退化草地次生植被的恢复演替过程。多样性指数的增加意味着群落稳定性增大。高寒退化草地植物群落多样性变化规律与亚高山草甸弃耕地演替群落多样性变化规律相一致,表明在植被次生演替过程中,种多样性由演替初期的先锋群落中的低值向演替后期的较高值发展(杜国桢等,1991)。有关高寒退化草地在恢复演替过程中需要多长时间才能使多样性指数达到最高值,有待于进一步研究。

此外,在SRF条件下,种多样性指数比SR和CK低,说明补播牧草施肥后得到充分发育,使种间竞争和种内竞争加剧,造成群落稳定性降低。这种多样性指数的变化,定量地揭示了以往单播的多年生人工或半人工草地,由于结构简单、多样性指数和均匀度指数较低,群落稳定性差,造成草场利用3—5年后开始退化。而SR由于植物群落的多样性指数和均匀度指数较高,群落的容纳量增大,种间竞争和种内竞争相对减弱,群落稳定性提高。这种信息提示,今后在恢复和重建人工或半人工草地,不仅要考虑水平结构的多样性,而且也要考虑空间结构的多样性,只有这样才能保证群落的稳定性和持续发展。

参 考 文 献

- 王启基、周兴民等,1995,恢复生态系统主要植物N、P、K的含量特征及其相关性分析,高寒草甸生态系统(4),科学出版社。
- 皮洛, E. C. (卢泽恩译), 1988, 数学生态学研究方法, 第二版, 308—331。
- 考克斯, G. W. (蒋有绪译), 1979, 普通生态实验手册, 26—31, 科学出版社。
- 朱守谦, 1987, 贵州部分森林群落物种多样性初步研究, 植物生态学与地植物学学报, 11(4): 278—295。
- 杜国桢、王刚, 1991, 亚高山草甸弃耕地演替群落的种多样性及种间关系分析, 草业科学, 8(4): 51—57。
- 姜恕, 1988, 草地生态研究方法, 36—38, 农业出版社。
- 高宝嘉, 1992, 封山育林对植物群落结构及多样性的影响, 北京林业大学学报, 14(2): 46—53。
- Archer, S. A., Smeins, F. M., 1991, Ecosystem-level processes, p. 109—139. In: R. K. Heischmidt and J. W. Stuth (eds.) *Grazing management: An ecological perspective*. Timber Press, Portland, Ore.
- Holden, C., 1992, A call for action on the Alala. *Science*. 256: 1136.
- Quinn, J. F. Robinson, G. R., 1987, The effects of experimental subdivision on flowering plant diversity in a California annual grassland. *J. Ecol.* 75: 837—856.

Pielou, E. C., 1966, Species-diversity and pattern-diversity in study of ecological succession. *J. Theor. Biol.* 10; 370-383.

Pielou, E. C., 1975, *Ecological Diversity*, Wiley, New York.

Stolzeberg, W., 1992, The Heritage Network: detectives of diversity. *Nature Conservancy*. Jan, P. 23-27.

ANALYSIS ON THE STRUCTURE AND DIVERSITY OF PLANT COMMUNITY IN DEGRADED PASTURE UNDER CONTROL STRATEGIES

Wang Qiji Zhou Xingmin Shen Zhenxi Chen Bo

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

Abstract

This study was carried out at the area of Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem, the Chinese Academy of Sciences, from 1989 to 1992. Depending on degraded natural pasture, we set up the half-artificial pasture of the optimum structure and restore and reestablish the degraded grassland by the control techniques of scarification, resowing and fertilizing (SRF), scarification and resowing (SR), and control (CK).

The results showed that the abundance and diversity of plant community rose under control strategies, the relative resource state increased in *Gramineae* and decreased in *Cyperaceae* and forbs; the net production of aboveground increased 23.65%—71.60%, these methods could make spatial niche breadth increased bigger and a beneficial to light resource was utilization. Their diversity index were $SR > CK > SRF$ in different treatments, and their evenness index were $CK > SR > SRF$. The diversity index was increased with temporal continuum.

Key words: Control strategies, Degraded pasture, Community structure, Diversity index, Evenness index