

## 调控策略对高寒退化草地中的氮、磷、钾含量、积累及转移效应的分析

王启基 周兴民 周立 沈振西 张堰青 张跃生 李英年

(中国科学院西北高原生物研究所)

### 摘 要

高寒退化草地在优化植物群落配置、松耙、封育和施肥等调控措施下,对其植物、土壤氮、磷、钾元素的含量、积累、转移特征及其效应进行研究。结果表明:植物群落地上部分的氮、磷、钾元素含量具有明显的季节性差异。它们在生长季的平均含量依次为  $SRF > SR > CK$ ; 土壤全氮、全磷、全钾在不同处理条件下的差异不明显。速效氮、速效磷、速效钾含量的差异显著;植物氮、磷、钾元素的积累量依次为  $SRF > SR > CK$ ; 氮、磷、钾元素在土壤—植物间的内循环主要由6个分室,13个通道完成。其利用率和归还率依次为  $SAF > SR > CK$ 。说明调控策略不仅能加快退化草地的恢复更新,而且能促进物质的良性循环,使经济效益和生态效益明显提高。

**关键词:** 调控策略; 高寒退化草地; 积累和转移

营养元素 (Nutrient element) 的形式、分布以及它们的相对含量等特征是生物功能发挥正常的保证。研究植物营养元素的供应、吸收、分配及在植物新陈代谢过程中的功能,对植物的生长发育、演化、生物产量的形成,植物与环境资源、消费者与生产者之间的营养平衡都有重要的意义。它不仅是饲草饲料分类、牧草营养价值评定和家畜营养状况诊断的重要依据,而且也是研究土壤—植物—大气之间物质循环和养分平衡的基础和重要内容 (Floate, 1970; Becking, 1971; Mengel and Kirkby, 1987; Mc Dowll, 1987)。

高寒草甸是青藏高原主要植被类型之一,也是重要的天然放牧场。由于青藏高原地理位置特殊、气候条件复杂,从而造成了高寒草甸生态系统的脆弱性和抗干扰能力差的特点。植物一旦遭受破坏,靠其自然恢复不仅周期长,而且极为困难。在长期忽视草地

• 中科院网络台站重点支持课题和所长择优基金资助项目。

资源的合理利用和科学管理, 超载过牧、掠夺式经营及鼠虫危害下, 草地严重退化, 生态环境遭到破坏, 生产力水平下降, 阻碍了高寒草地畜牧业生产的进一步发展和经济效益的提高。

本文通过不同调控策略, 对退化草地的植物、土壤氮、磷、钾元素含量特征及其转移规律的比较研究。探讨高寒草甸植物对高寒环境胁迫的适应机理及植被演替规律和动力。为草地资源的科学管理、预测预报和保持高寒草甸生态系统的优化结构和持续发展提供依据。

## 研究方法

本研究于 1989—1991 年在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行, 地处北纬 37°29'—37°45', 东经 101°12'—101°23', 海拔 3200 米。年平均气温 -1.7℃, 1 月平均气温 -14.8℃, 7 月平均气温 9.8℃。年降水量约 600 毫米, 主要集中在夏半年 (5—9 月), 约占年降水量的 80%, 蒸发量为 1160.3 毫米。主要植被类型有高寒草甸和高寒灌丛。土壤类型以高山草甸土和高山灌丛土为主。

本试验以严重退化的矮蒿草 (*Kobresia humilis*) 草甸 (冬春草场) 为对象, 样地面积为 33 公顷。通过松耙+补播+施肥 (SRF)、松耙+补播 (SR)、和对照 (CK) 等 9 种处理 (表 1)。

表 1 试验设计\*  
Table 1 Experimental design\*

处 理 Treatment	播种比例 Planting ratio	面积(公顷) Area(ha)
SRF1 <i>Elymus sibiricus</i> + <i>Poa crymophia</i>	1:0.6	5
SRF2 <i>E. sibiricus</i> + <i>Poa crymophia</i>	1:0.3	5
SRF3 <i>E. nutans</i> + <i>Poa crymophia</i>	1:0.1	5
SRF4 <i>E. nutans</i>	1:0.0	5
SR1 <i>E. sibiricus</i> + <i>Poa crymophia</i>	1:0.6	1
SR2 <i>E. sibiricus</i> + <i>Poa crymophia</i>	1:0.3	1
SR3 <i>E. nutans</i> + <i>Poa crymophia</i>	1:0.1	1
SR4 <i>E. nutans</i>	1:0.0	1
CK		5

\* SRF<sub>1</sub>: 松耙+补播+施肥 (处理第二年施肥)

SRF<sub>1</sub>: Scarification + Replant + Apply fertilizer (it was apply fertilizer in second year of treatment)

SR<sub>1</sub>: 松耙+补播

SR<sub>1</sub>: Scarification + Replant

CK: 对照 Contrast

播种量为 37.5 公斤/公顷

Amount of planting was 37.5kg/ha



松耙、补播后用铁丝网围栏封育,处理当年禁牧。第二年6月中旬将尿素(75公斤/公顷)和二铵(37.5公斤/公顷)按比例混合,雨前均匀撒于施肥区,秋末即可正常放牧。

在植物生长季节(5—9月)的每半月测定1次地上生物量,样方面积为50×50平方厘米,5次重复。称取鲜重后在70℃的恒温箱烘干至恒重,以5个样品的混合样为分析材料。并于生物量高峰期(8月底或9月初)采集不同调控策略下的植物地上部分、地下部分(按0—10厘米和10—20厘米二层取样)和土壤(按0—10厘米、10—20厘米和20—30厘米3层取样)的分析材料,8次重复。

研究不同调控策略对植物群落的地上、地下部分和土壤氮、磷、钾营养元素的含量特征,及其季节动态变化,可以了解植物群落的生产力,营养元素的积累以及土壤-植物间的氮、磷、钾元素内循环模式和转移速率。文中植物,土壤样品的分析由陕西省农业科学院黄土高原农业测试中心承担,植物样品氮、磷、钾含量,土壤样品全氮、全磷、全钾和速效氮、磷、钾。

## 结果与分析

### 1. 植物氮、磷、钾含量特征

在不同调控策略下,植物地上部分的氮、磷、钾元素含量的季节动态变化如图1所示。

由图1可知,植物地上部分的氮、磷、钾含量的季节变化各不相同。其中,氮含量在生长季节的变化呈单峰式曲线,高峰期在7月,SRF、SR和CK的峰值分别为2.13%、1.92%和1.81%。磷含量的季节变化,在SRF处理区呈双峰曲线,高峰期在7月和9月;峰值分别为0.328%和0.253%。SR处理区和CK区呈单峰式曲线,高峰期在7月,峰值分别为0.294%和0.288%;钾含量的季节变化呈单峰式曲线,SRF处理区的高峰期在8月,峰值为1.40%。SR处理区和CK区的高峰期在7、8月期间波动不大,峰值不明显(1.08%—1.13%和1.12%—1.17%)。这种变化规律与四川草甸草地的变化规律基本相似(任文福,1984)。在3种处理条件下,氮、磷、钾含量的平均值依次为SRF>SR>CK。其中,氮含量的平均值分别为1.68%、1.54%和1.53%;磷含量的平均值分别为0.254%、0.222%和0.211%;钾含量的平均值分别为1.02%、0.85%和0.78%。经相关分析表明,氮、磷含量呈极显著的正相关( $r=0.7914$   $P<0.01$ ),氮与钾、磷与钾呈弱正相关( $r=0.396$ 和 $r=0.1330$   $P>0.05$ )。

由表2可以看出,植物地上生物量高峰期,地上和地下部分的氮、磷、钾含量序列为氮>钾>磷,而且植物地上部分的含量大于地下部分的含量。地下部分含量随土壤深度的增加有减少趋势。3种不同调控策略相比较,SRF处理区的地上部分氮、磷、钾含量比SR处理区分别高7.75%、38.23%、63.77%,比CK区分别高8.59%、35.84%、213.89%。SR处理区比CK区分别高0.78%、-1.73%、91.69%。0—10厘米根系的氮、磷、钾含量,SRF处理区比SR处理区分别高27.27%、27.84%、70.00%,比CK区分别高48.48%、46.10%、82.14%,SR处理区比CK区分别高16.67%、14.29%、7.14%;10—20厘米

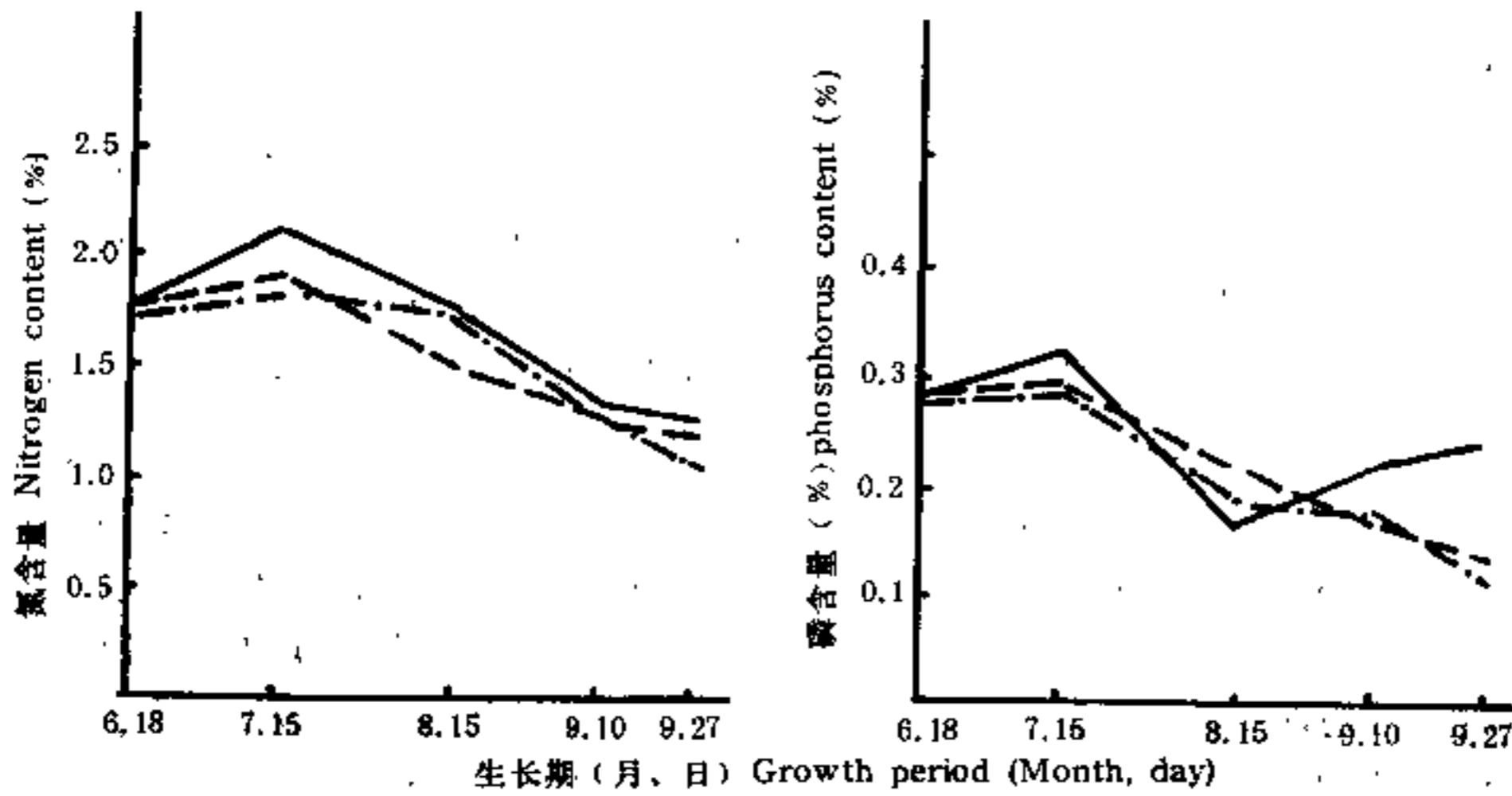
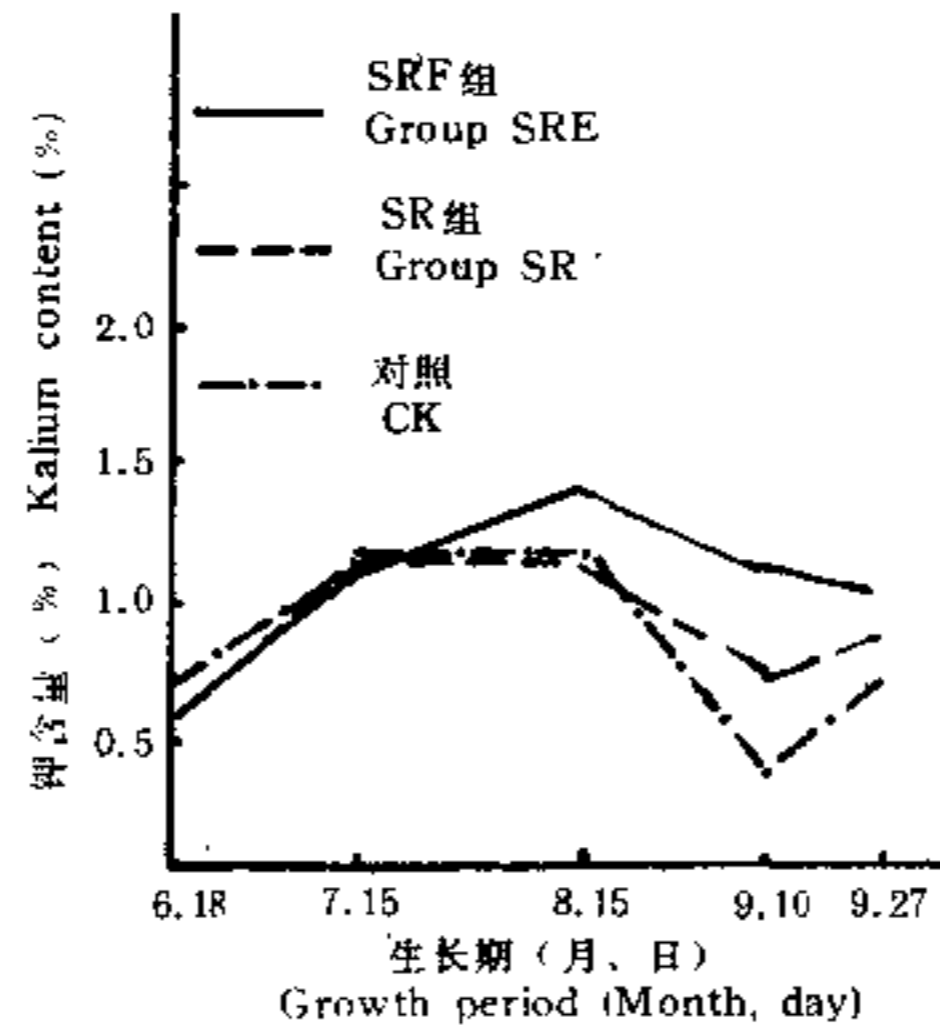


图1. 不同调控策略下植物地上部分氮、磷、钾含量的季节动态  
 Fig. 1 Seasonal dynamics of content of plant aboveground part N, P, K in different Control strategies

根系氮、磷、钾含量, SRF 处理区比 SR 区分别高24.32%、2.89%、-5.88%, 比 CK 区分别高76.92%、32.06%、23.08%, SR 区比 CK 区分别高7.14%、28.24%、30.77%。说明退化草地通过松耙、补播和施肥等措施后, 植物的氮、磷、钾含量均有明显提高, 尤其是施肥效果最为显著。

表2 不同调控措施下植物地上、地下部分 N、P、K 含量特征\*

Table 2 N、P、K content characteristics of above-belowground in different control measure(%)

处理 Treatment	地上部分 Aboveground part			地下部分(Belowground part)					
				0--10cm			10--20cm		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
SRF <sub>i</sub>	1.38	0.227	1.09	0.98	0.225	0.25	0.92	0.173	0.16
SR <sub>i</sub>	1.29	0.170	0.69	0.77	0.176	0.15	0.74	0.168	0.17
CK	1.28	0.173	0.36	0.66	0.154	0.14	0.52	0.131	0.13

\* n=8

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK 见表1

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK see table 1

## 2. 土壤氮、磷、钾含量特征

表3 不同调控措施下土壤 N、P、K 含量特征\*

Table 3. N、P、K content characteristics of soil in different control measure(%)

土壤深度(厘米) Depth of soil(cm)	全 N(%) Total N(%)			全 P(%) Total P(%)			全 K(%) Total K(%)		
	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK
	0—10	0.382	0.421	0.431	0.157	0.179	0.105	1.615	1.636
10—20	0.364	0.364	0.366	0.162	0.160	0.133	1.555	1.648	1.740
20—30	0.347	0.305	0.305	0.170	0.155	0.119	1.516	1.639	1.790
$\bar{X}$	0.364	0.363	0.368	0.163	0.165	0.119	1.562	1.641	1.760
	速效 N(ppm) Available N(ppm)			速效 P(ppm) Available P(ppm)			速效 K(ppm) Available K(ppm)		
	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK	SRF	SR	CK
	0—10	381.41	363.15	279.44	8.28	5.55	5.40	168.1	262.0
10—20	347.81	273.08	313.22	6.25	3.75	2.80	126.8	152.6	152.0
20—30	324.33	247.38	247.54	7.45	2.94	2.40	123.1	130.0	117.3
$\bar{X}$	351.18	294.54	280.07	7.33	4.08	3.53	139.3	181.5	161.9

\* n=8

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK 见表1

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK see table 1

由表3可知,土壤全氮含量均随土壤深度的增加而减少。0—10厘米土层中的含量序列为 CK>SR>SRF, 而0—30厘米土层中平均含量的差异不明显。全磷含量在 SRF 区中随土壤深度的增加而增加, SR 区则相反, CK 区无明显规律。以平均值计, SRF 区和 SR 区



的差异不明显,但明显高于CK区。全钾含量在SRF区中随土壤深度的增加而减少,SR区和CK区则无明显规律。但在3种处理条件下比较,无论是各层的含量,还是平均含量,其序列为CK>SR>SRF。

在不同处理条件下,土壤速效氮、磷、钾具有明显差异。SRF区和SR区的速效氮含量随土壤深度的增加而减少。CK区中0—10厘米土层中的含量小于10—20厘米土层中的含量。这是由于对照区的植被稀少、覆盖度小,地面裸露。一方面增加地表层速效氮的挥发,另一方面减少了10—20厘米土层中速效氮的吸收作用。经过3种处理后,土壤速效氮含量的序列为SRF>SR>CK,若以平均值计,SRF区比SR区和CK区分别高19.23%和25.39%,SR区比CK区高5.17%。土壤速效磷含量序列为SRF>SR>CK,其中0—10厘米土层中的含量最大,SRF、SR和CK区分别为8.28、5.55和5.40ppm。若以平均值计,SRF区比SR和CK区分别高79.66%和107.65%,SR区比CK区高15.58%。土壤速效钾含量序列为SR>CK>SRF。其中0—10厘米土层中的含量最大,并随土壤深度的增加而减小。若以平均值计,SRF区比SR和CK区分别低23.25%和13.96%,SR区比CK区高12.11%。经相关分析表明,土壤全磷和全钾含量呈极显著的负相关( $P<0.01$ )。速效氮与全氮和全磷呈中等程度的正相关( $P>0.05$ ),而与全钾呈中等程度的负相关( $P>0.05$ )。速效磷与全钾、全磷呈中等程度的正相关( $P>0.05$ ),与速效氮呈极显著的正相关( $P<0.01$ ),而与全钾呈显著的负相关( $P>0.05$ )。速效钾与全氮呈极显著的正相关( $P<0.001$ ),与全钾、全磷、速效氮、速效磷呈弱的正相关。

### 3. 植物地上部分氮、磷、钾积累动态

在不同调控策略下,植物地上部分氮、磷、钾在生长季节的积累动态各不相同(表4)。其中,氮的积累在SRF区和SR区中呈双峰曲线,第1个高峰期在7月中旬,第2个高峰期在8月下旬,8月初开花期较低,从9月初开始下降。CK区呈单峰曲线,高峰期在8月中旬,从8月下旬开始下降。SRF、SR和CK区在生长季节积累值分别为8.61、5.67和4.88克/米<sup>2</sup>。磷在SRF区和SR区中的积累与氮的积累相似,但它们在7月至8月的波动不大,峰值不明显,CK区的高峰期在7月。SRF、SR和CK区在生长季节的积累值分别为1.09、0.79和0.58克/米<sup>2</sup>。钾的积累随生长发育进程和生物量的增加而增大,SRF区的高峰期在8月下旬,SR区和CK区的高峰期在8月中旬。3种处理区在生长季节的积累值分别为6.85、3.56和2.44克/米<sup>2</sup>。经相关分析表明,植物地上部分氮、磷、钾积累与地上生物量的积累呈显著正相关,其回归方程为:

$$Y = 59.3335 N - 7.3054 (r = 0.9064, F = 59.85, P < 0.01)$$

$$Y = 396.9797 P + 19.7655 (r = 0.6358, F = 8.82, P < 0.05)$$

$$Y = 51.5236 K + 148.8153 (r = 0.9200, F = 71.72, P < 0.01)$$

$$Y = 19.8472 N - 0.7214 P + 35.4955 K + 93.2689$$

$$(r = 0.9249, F = 21.70, P < 0.01)$$

式中:Y为地上生物量积累值(克/米<sup>2</sup>)

N, P, K为氮、磷、钾元素的积累值(克/米<sup>2</sup>)

从以上分析可以看出,植物地上部分氮、磷、钾元素的积累有相互促进,相互制约的作

用。通过松耙和施肥增加了土壤氮和磷的有效成分含量,从而促进了植物氮、磷、钾元素的吸收和积累。在生长季节 SRF 区所积累的氮比 SR 区和 CK 区分别提高51.85%和76.43%,磷分别提高37.97%和87.93%;钾分别提高92.42%和180.74%。SR 区所积累的氮、磷、钾比 CK 区分别提高16.19%、36.21%和45.90%。

表4 不同调控措施下植物地上部分 N、P、K 积累动态(克/米<sup>2</sup>)

Table 4. Accumulation dynamics of N P and K of plant aboveground part in different control measure. (g/m<sup>2</sup>)

日期 Date		June 18/6	July 15/7	August 1/8	August 15/8	August 30/8	September 10/9
N	SRF <sub>i</sub>	4.20	6.51	6.44	8.04	8.61	6.60
	SR <sub>i</sub>	4.20	5.38	5.04	5.47	5.67	4.63
	CK	3.79	4.69	5.03	5.35	4.88	3.93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SRF <sub>i</sub>	0.68	1.00	0.83	0.79	1.09	1.07
	SR <sub>i</sub>	0.68	0.82	0.76	0.81	0.79	0.61
	CK	0.61	0.75	0.68	0.58	0.58	0.53
K	SRF <sub>i</sub>	1.27	3.27	4.09	6.35	6.85	5.21
	SR <sub>i</sub>	1.27	3.17	3.27	3.94	3.56	2.44
	CK	1.47	2.90	3.22	3.58	2.44	1.11

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK 见表1

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK see table 1

由图2可以看出,不同调控策略下植物地上部分氮、磷、钾元素积累速率的变化趋势基本相似,即呈双峰曲线。植物返青后期和成熟期的积累速率较高,开花期有所下降。植物生长期(4月21日—8月30日)的平均积累速率依次为 SRF>SR>CK。其中,氮的平均值分别为61.24、28.02、22.55毫克/(米<sup>2</sup>·天);磷的平均值分别为6.10、3.14、0.90毫克/(米<sup>2</sup>·天);钾的平均值分别为67.78、24.16、8.24毫克/(米<sup>2</sup>·天)。

#### 4. 氮、磷、钾元素在植物—土壤间的内循环

氮、磷、钾元素在植物库与土壤库间的循环方式和特征主要取决于它在水中的溶解度、挥发性和电势或化学反应度。氮和它的气态化合物是挥发性的,它的固体化合物在水中的溶解度很高,所以氮素的循环是高度动态的,并且具有很多复杂的通道和转移方式。磷化合物在水中的溶解度低,土壤全磷量中只有很小一部分出现在植物组织中。钾化合物一般都不挥发,但在水中有较高的溶解度,它的代换量比磷大,容易从土壤胶体上代换出来,因此钾素循环的复杂性介于二者之间。

由图3可知,高寒草甸退化生态系统中,氮、磷、钾元素在植物—土壤间的内循环主要由:(1)植物活根、根颈,(2)植物绿色部分,(3)立枯物,(4)凋落物,(5)腐殖质,(6)土壤有效态养分等6个主要分室,13个流动过程,即通道完成。



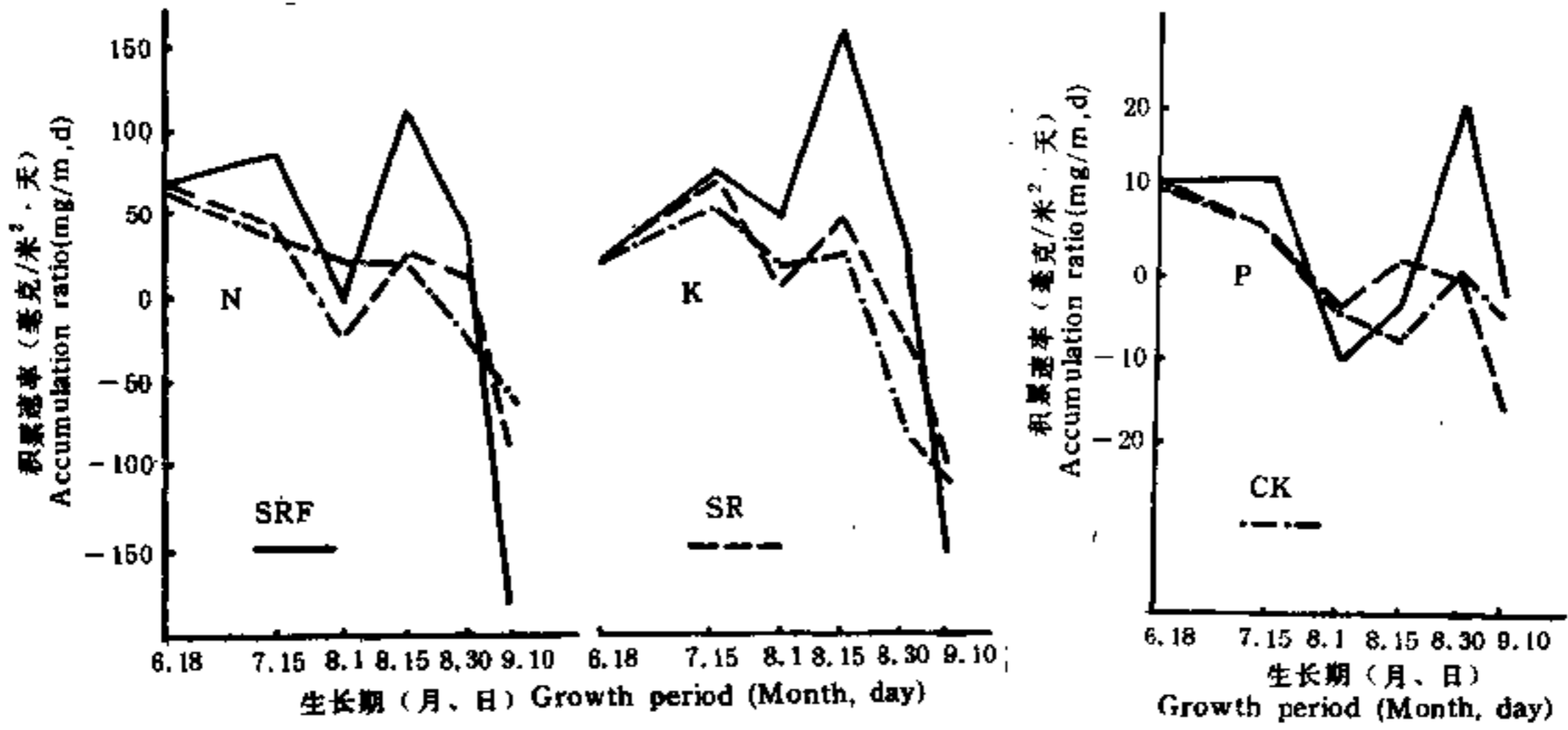


图2 不同调控策略下植物地上部分氮、磷、钾积累速率季节动态  
 Fig. 2 Seasonal dynamics of accumulation ratio of plant aboveground N, P, K in different control strategies

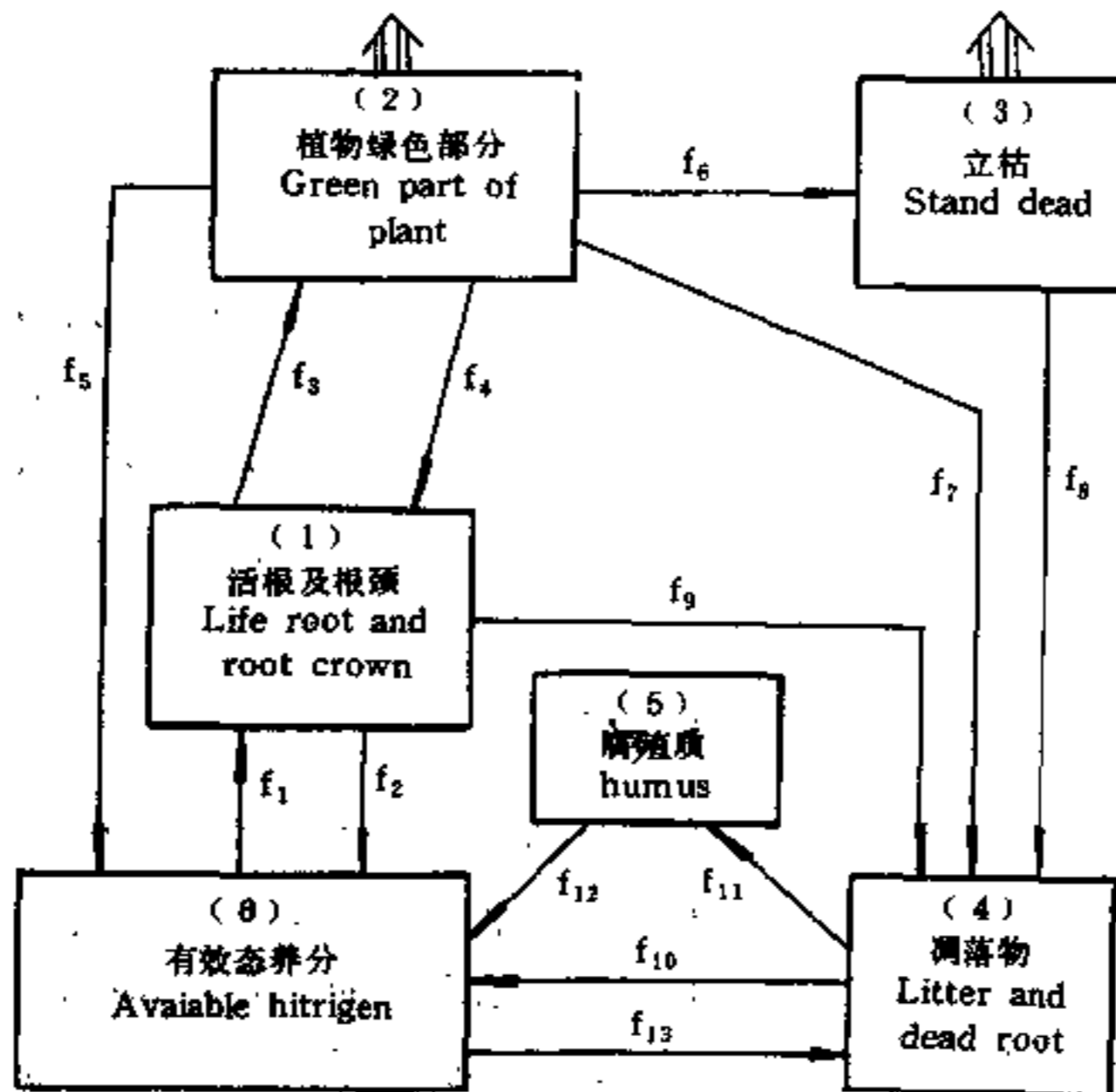


图3 高寒退化草地土壤—植物氮、磷、钾内循环模式  
 Fig. 3 The inside cycle model of N, P, K of soil-plant inside in alpine regressive pasture

其中： $f_1$ 为土壤有效养分库到活根及根颈的流动。



- $f_2$ 为从活根及根颈到矿质有效养分库的回流。  
 $f_3$ 为从活根及根颈到植物绿色部分的流动。  
 $f_4$ 为从植物绿色部分到活根及根颈的回流。  
 $f_5$ 为从植物绿色部分到矿质有效养分库的回流（主要为氮素）。  
 $f_6$ 为植物绿色部分向地上立枯物的转移。  
 $f_7$ 为绿色部分向（4）库的转移。  
 $f_8$ 为立枯物被草食动物采食后残留物向（4）库转移。  
 $f_9$ 为活根及根颈的死亡部分向（4）库的转移。  
 $f_{10}$ 为凋落物向矿质有效养分库的回流。  
 $f_{11}$ 为凋落物在微生物分解期间向腐殖质库的转移。  
 $f_{12}$ 为腐殖质向矿质有效养分库的回流。  
 $f_{13}$ 为矿质营养物向土壤微生物的流动。

表5 不同调控措施下土壤-植物内部N、P、K转移速率[克/(米<sup>2</sup>·年)]  
 Table 5 Transference ratio of N,P and K of soil-plant  
 inside in different control measure[g/(m<sup>2</sup>·year)]

肥料 Fertilizer	N 转移 N transference			P 转移 P transference			K 转移 K transference		
	SRF <sub>i</sub>	SR <sub>i</sub>	CK	SRF <sub>i</sub>	SR <sub>i</sub>	CK	SRF <sub>i</sub>	SR <sub>i</sub>	CK
$f_1$	11.67	8.36	6.81	1.73	1.41	0.91	7.53	4.13	3.15
$f_2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$f_3$	8.61	5.67	4.88	1.09	0.79	0.58	6.85	3.56	2.69
$f_4$	2.01	1.04	0.95	0.02	0.18	0.05	1.64	1.12	1.58
$f_5$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$f_6$	5.09	3.75	3.21	0.79	0.51	0.31	4.07	1.85	0.73
$f_7$	1.51	0.88	0.72	0.28	0.10	0.08	1.14	0.59	0.38
$f_8$	2.08	0.96	0.78	0.40	0.11	0.09	1.58	0.65	0.41
$f_9$	2.77	2.40	1.73	0.58	0.55	0.42	0.60	0.51	0.40
$f_{10-12}$	6.36	4.24	3.23	1.26	0.76	0.59	3.32	1.75	1.19
$f_{13}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK 见表1

SRF<sub>i</sub>, SR<sub>i</sub>, CK see table 1

由表5可知,高寒退化草地在不同调控策略下,氮、磷、钾元素的转移速率各不相同。SRF区的转移速率比对照区有明显提高,其序列依次为SRF>SR>CK。其中,氮的吸收前者比后两者分别提高39.59%和71.36%,SR区比CK区提高22.76%。磷的吸收,SRF比区SR区和CK区分别提高22.70%和90.11%,SR区比CK区提高54.95%。钾的吸收,SRF比SR和CK区分别提高82.32%和139.05%,SR区比CK区提高31.11%。氮的归

还, SRF 区比 SR 和 CK 区分别提高 50.00% 和 96.90%, SR 区比 CK 区提高 31.27%; 磷的归还 SRF 区比 SR 和 CK 区分别提高 65.79% 和 113.56%, SR 区比 CK 区提高 28.81%; 钾的归还, SRF 区比 SR 和 CK 区分别提高 89.71% 和 178.99%, SR 区比 CK 区提高 47.06%。若以有效养分库的贮量计, 在 SRF、SR 和 CK 区的不同条件下, 氮的吸收率依次为 10.94%、9.49% 和 8.24%, 磷的吸收率依次为 46.38%、56.18% 和 47.68%, 钾的吸收率依次为 16.65%、7.76% 和 6.71%, 从凋落物向有效养分库的归还率的看, 氮素分别为 5.96%、4.81% 和 3.91%, 磷素依次为 33.78%、30.28% 和 30.89%, 钾素依次为 7.84%、3.09% 和 2.53%。若以土壤库中的全量计, SRF、SR 和 CK 区的氮吸收率分别为 1.18%、0.85% 和 0.68%, 归还率分别为 0.64%、0.43%、0.32%; 磷的吸收率分别为 0.39%、0.32% 和 0.28%, 归还率分别为 0.29%、0.17% 和 0.28%; 钾的吸收率分别为 0.28%、0.09% 和 0.07%, 归还率分别为 0.08%、0.04% 和 0.03%。

此外, 高寒草甸由于低温、缺氧等原因, 土壤有效养分缺乏, 尤其是磷素。在 0—30 厘米土层中, SRF 区、SR 区和 CK 区有效氮贮量分别为 95.0、79.3 和 75.8 克/米<sup>2</sup>, 分别占全氮贮量的 9.63%、8.11% 和 7.62%。有效磷贮量分别为 2.0、1.1 和 1.0 克/米<sup>2</sup>, 分别占全磷贮量的 0.45%、0.25% 和 0.31%; 有效钾贮量分别为 37.2、49.1 和 43.8 克/米<sup>2</sup>, 分别占全钾贮量的 0.89%、1.10% 和 0.92%。特别是 SR 区和 CK 区土壤库的有效养分不足, 不仅制约了植物地上干物质的积累, 而且使植物地上、地下养分含量下降。为了生存不得不消耗植物根系所贮藏的营养物质, 而造成植物根系发育不良。随着时间的延续, 一些喜肥的优良牧草衰退, 促使草场植物群落向退化演替方向发展。由此可见, 高寒退化草地通过优化植物群落配置、松耙、施肥等调控策略, 不仅增加了土壤库有效养分的贮量, 而且提高了土壤有效养分的吸收利用和归还效率, 促进了物质的良性循环。

## 讨 论

能量流动和物质循环是生态系统的两个主要功能过程。植物库是高寒草甸生态系统的重要组成部分, 它在生态系统的能量流动和物质循环中有 5 个流动过程 (通道)。即 (1) 动物的啃食; (2) 由于自然力或人为活动而造成第一性产品的输出; (3) 植物产品遗留在地面的转移; (4) 物质从土壤有效库吸收到植物库的转移; (5) 植物从大气直接吸收造成的输入。其中植物学家最为关注的是 (3) 和 (4) (姜恕等, 1988), 也是本文要探讨的主要内容。本试验是在冬春草场实施。在植物生长季节, 除返青初期外, 其它时间不进行放牧, 家畜对植物后期的生长发育、氮、磷、钾元素的积累和转移没有直接影响。有关草食动物的采食转移和通过排泄所归还的量将另文讨论。此外, 土壤中的有机质和矿物质养分都不能被植物直接吸收利用, 只能通过分解或风化转变为有效态物质才能为植物吸收利用。对植物来讲, 它们是无效的或是缓效的。因此, 在植物—土壤之间物质小循环的研究, 以土壤库的有效态养分和植物库的 5 个分室为边界, 对动物库、土壤库的有机质、矿物质分室本文暂未作讨论。

## 参 考 文 献

- 任文福, 1984, 红原县不同类型草地牧草的矿成分含量及其季节性变化趋势, 川西北草原开发利用, 49—52, 四川民族出版社。
- 姜恕等主编, 1988, 草地生态研究方法, 156—168, 农业出版社。
- Becking J H, 1971, Biological nitrogen fixation and its economic significance. In: Nitrogen-15 in soil-plant studies. I- AEA Vienna pp. 198—222.
- Floate M J S, 1970, Mineralization of N and P from organic materials of plant animal origin and its significance in the nutrient cycle in grazed upland and hill soils. J. Br. Grass. Soc. 25: 295—302.
- Mc Dowell L R, 1987, 反刍动物矿质营养不平衡的诊断, 国外畜牧学—草食家畜 (1): 33—36。
- Mengel K, Kirkby E A, (张宜春等译), 1987, 植物营养原理, 1—10, 农业出版社。



# THE EFFECT ANALYSIS OF CONTROL MEASURE ON THE ACCUMULATION AND SHIFT OF N, P, K CONTENT IN ALPINE REGRESSIVE PASTURE

Wang Qiji   Zhou Xingmin   Zhou Li   Shen Zhenxi

Zhang Yanqing   Zhang Yaosheng   Li Yingnian

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

## Abstract

This paper discuss the effect of different control measure on the accumulation and shift of N, P, K in alpine regressive pasture. The results show that the seasonal dynamics of contents of N, P, K are an obvious different on aboveground part of plant community, the order of average content is  $SRF > SR > CK$  in growing season. The total content of soil N, P, K, are no differentia and the order of available content of soil N, P is  $SRF > SR > CK$ , the order of soil K is  $SR > CK > SRF$ . The peak period is at mid and end of August. The cycle of N, P, K element is divided into six rooms, and they are passed thirteen thoroughfares in soil-plant inside. The order is  $SRF > SR > CK$  for the utilization and return ratio of these element. It proved that control measure not only quicken the course of recover and reconditioning, promoted the fine cycle of matter, but also the economic and ecological benefit is raised obviously.

**Key words:** Control measure; Alpine regressive pasture; Accumulation and shift.