

恢复生态系统主要植物种群氮、磷、钾含量及其相关性分析*

王启基 周兴民 沈振西 邓自发

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

本文对高寒退化草场在松耙、补播、施肥；松耙、补播和对照3种调控措施下，14种植物的地上、地下部分和土壤中N、P、K含量，植物种群的生长发育及其相关性进行了研究。结果表明：不同调控措施下，植物种群的N、P、K含量的序列为 $N > K > P$ 。而且地上部分含量大于地下部分含量。经松耙、施肥处理后的植物地上、地下部分N、P、K含量和土壤速效N、P、K含量均大于对照组。植物地上、地下部分N、P、K含量呈极显著的正相关($P < 0.01$)，植物地上部分N、P、K含量与土壤速效N、P、K含量也呈极显著的正相关($P < 0.01$)，植物种群个体生物量不仅与其地上部分N、P、K含量呈正相关($P < 0.05$)，而且与土壤全N，速效N呈极显著的正相关($P < 0.01$)。

关键词：恢复生态系统；植物种群；N、P、K含量；相关性分析

植物种群作为初级生产者的基本单位，是生态系统的—个重要组成部分。它们的营养状况及其空间分布格局、数量动态等均与生态系统的结构、功能密切相关。研究植物营养元素的供应、吸收、分配以及在植物新陈代谢过程中的功能，对植物的生长发育和演化、生物量的形成、消费者与生产者之间的营养平衡均具有重要的意义。它不仅是研究土壤—植物—大气之间物质循环和营养平衡的基础和重要内容，而且是饲料分类、牧草营养价值评定和家畜营养状况诊断的重要依据(黄德华等, 1985; Beeking, 1971; Floate, 1970; Mc Dowell 等, 1987; Menge and Kirkby, 1987)。

有关植物营养生态学的研究，特别是几项国际合作研究计划，如国际生物圈计划(IGBP)、人与生物圈计划(MBP)和国际地圈—生物圈计划(IGBP)等对人类生存环境中物质循环的研究均给以高度重视(Barret, 1990; Morrision 等, 1980; Nowakowski, 1962)。在我国此类研究多见于农作物营养分析，天然植物的研究较少。其中，著名生态学

* 中国科学院网络台站重点支持课题和海北开放实验站基金课题。

家侯学煜先生对指示植物营养元素特征的研究始于40年代,他在该领域的研究成果和许多新概念、新观点,对我国在植物与植被元素化学特征的研究具有深远的指导意义。但较为系统的报道则在80年代(林厚萱等,1957;侯学煜,1982;任文福,1984;陈佐忠等,1984;陈佐忠、黄德华,1989;莫大伦、吴建学,1988;黄德华,陈佐忠,1989)。有关高寒草甸及其恢复生态系统植物营养元素含量特征及其相互关系的研究报道较少。

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。有关该站的自然环境和试验设计已有报道(王启基等,1995),在此不再赘述。

此项试验有3个处理,Ⅰ.松耙表土1遍,补播老芒麦(*Elymus sibiricus*)和冷地早熟禾(*Poa crymophia*)然后再松耙1遍。播种量为37.5公斤/公顷,二者的比例为1:0.6。补播第2年(1990年)6月中旬雨前撒施尿素和磷酸二胺,每公顷施肥量分别为75公斤和37.5公斤。Ⅱ.只进行松耙、补播(同处理Ⅰ),不施肥。Ⅲ.对照组不施加任何措施。1990年7月下旬,在3个处理区采集主要植物(14种植物)分析样品。取样时,首先将生长正常的植株连同根系一起挖出(约20厘米深),按种仔细分离,清除泥土后冲洗干净,然后按植物地上部分和根系剪开,在70℃的恒根箱内烘干,待分析。在采集植物样品的同时,分层采集0—10厘米,10—20厘米的土壤样品(植物和土壤样品均以10个点的混合样品为准),并于8月底测定3种处理条件下植物群落的种类组成及其特征值(盖度、频度、株高),个体生物量(10—50枝,株的平均值)。除禾本科、莎草科植物外,其它植物归杂类草。本试验的分析测试由陕西省农科院黄土高原农业测试中心承担。测试项目为植物样品的N、P、K含量,土壤样品的全N、全P、全K和速效N、P、K含量。用凯氏法测定N,钼锑抗比色法测定P,火焰光度法测定K。

结 果 与 分 析

1. 不同处理条件下的植物地上、地下部分N、P、K含量

由表1、表2可知,高寒草甸植物中的N、P、K 3元素含量序列为 $N > K > P$ 。若以主要经济类群相比较,在处理Ⅰ中,植物地上部分的N含量序列为禾草类>杂类草>莎草类。P和K含量序列为杂类草>禾草类>莎草类。地下部分N、P、K含量序列为杂类草>禾草类>莎草类。处理Ⅱ中,植物地上部分的N、P、K和地下部分的N、K含量序列为杂类草>禾草类>莎草类,地下部分P含量序列为禾草类>杂类草>莎草类。对照组中,植物地上部分的N、P含量序列为杂类草>禾草类>莎草类。K含量序列为杂类草>莎草类>禾草类;地下部分N、K含量序列为杂类草>禾草类>莎草类;P含量序列为杂类草>莎草类>禾草类。

表 1 不同调控策略下主要控物种地上部分 N、P、K 含量特征

Table 1 The content characteristics of above ground part N, P, K on main plant population in different control strategies

植物种群 Population of plant	N(%)			P ₂₀₅ (%)			K(%)		
	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	2.32	2.01	2.30	0.342	0.246	0.310	1.13	1.54	1.80
老 芒 麦 <i>E. sibiricus</i>	3.08	2.93	—	0.372	0.404	—	1.31	2.16	—
高原早熟禾 <i>Poa alpigena</i>	2.19	2.02	1.78	0.382	0.332	0.300	0.92	0.76	0.47
藏异燕麦 <i>Helictotrichon tibeticum</i>	2.13	—	1.42	0.154	—	0.166	0.63	—	0.31
紫 羊 茅 <i>Festuca rubra</i>	1.73	1.72	1.53	0.232	0.216	0.186	1.31	0.52	0.66
\bar{x}	2.29	2.17	1.76	0.296	0.300	0.241	1.06	1.25	0.81
矮 嵩 草 <i>Kobresia humilis</i>	1.63	1.55	1.53	0.208	0.184	0.154	0.46	0.95	1.17
黑 褐 苔 草 <i>Carex atro-fusca</i>	2.07	1.81	1.65	0.200	0.184	0.208	0.47	0.89	0.76
\bar{x}	1.85	1.68	1.59	0.204	0.184	0.181	0.47	0.92	0.97
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	2.32	2.36	2.68	0.514	0.420	0.492	3.13	3.34	3.95
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	1.63	1.63	1.87	0.310	0.250	0.328	2.49	2.74	2.01
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	2.94	2.78	2.75	0.382	0.300	0.346	2.19	2.26	1.58
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	1.98	2.37	2.13	0.336	0.262	0.300	1.67	1.18	1.22
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	2.52	2.52	2.71	0.382	0.362	0.376	0.55	0.70	0.77
雅 毛 茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	2.21	2.03	2.09	0.512	0.320	0.420	1.93	1.83	1.60
钝叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	1.75	1.81	2.01	0.366	0.288	0.254	1.91	1.80	1.15
\bar{x}	2.12	2.21	2.32	0.400	0.315	0.359	1.98	1.98	1.75
平 均 Average	2.18	2.12	2.01	0.335	0.290	0.295	1.42	1.60	1.29

I: 松耙+补播+施肥; II: Scarification+Replant+Apply fertilizer

II: 松耙+补播; I: Scarification+Replant, CK: 对照 CK: Control

表 2 不同调控策略下主要植物种群地下部分 N、P、K 含量特征

Table 2 The content characteristics of belowground part N, P, K on main plant population in different control strategies

植物种群 Population of plant	N(%)			P ₂₀₅ (%)			K(%)		
	I*	I	CK	I	I	CK	I	I	CK
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	1.13	1.11	1.20	0.138	0.192	0.138	0.35	0.98	1.02
老 芒 麦 <i>E. sibiricus</i>	1.38	1.60	—	0.216	0.262	—	0.41	0.59	—
高原早熟禾 <i>Poa alpigena</i>	1.09	1.06	0.89	0.200	0.170	0.132	0.27	0.21	0.33
藏异燕麦 <i>Helictotrichon tibeticum</i>	0.72	—	0.79	0.104	—	0.116	0.24	—	0.20
紫 羊 茅 <i>Festuca rubra</i>	0.95	1.04	0.84	0.116	0.166	0.104	0.32	0.39	0.31
\bar{x}	1.05	1.20	0.93	0.155	0.198	0.123	0.32	0.54	0.47
矮 嵩 草 <i>Kobresia humilis</i>	0.61	0.75	0.58	0.134	0.100	0.174	0.17	0.26	0.33
黑 褐 苔 草 <i>Carex atro-fusca</i>	0.82	0.77	0.51	0.134	0.124	0.126	0.16	0.24	0.34
\bar{x}	0.72	0.76	0.55	0.134	0.112	0.150	0.17	0.25	0.34
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	1.64	1.57	1.40	0.330	0.208	0.262	1.77	1.97	1.67
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	0.88	0.84	1.04	0.164	0.062	0.100	0.22	0.59	0.54
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	1.52	1.42	1.25	0.220	0.154	0.142	2.09	1.98	0.92
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	1.37	1.57	1.29	0.232	0.178	0.156	1.25	0.60	0.65
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	1.36	1.51	1.55	0.172	0.162	0.208	0.22	0.32	0.21
雅 毛 茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	1.58	1.45	1.31	0.254	0.184	0.258	1.59	1.44	1.29
钝叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	1.47	1.50	—	0.338	0.198	—	1.61	1.45	—
\bar{x}	1.40	1.41	1.31	0.244	0.164	0.188	1.25	1.19	0.88
平均 Average	1.18	1.25	1.05	0.197	0.166	0.160	0.76	0.85	0.69

* I: 松耙+补播+施肥 I; Scarification+Replant+Apply fertilizer

I: 松耙+补播 I; Scarification+Replant, CK: 对照 CK; Control

在3个处理的40个被测植物地上部分的样品中, N含量的平均值为2.10%, $\geq 2.10\%$ 的有9个种, 18个样品, 占被测总数的45.0%。其中, 处理 I 的14个种中 $\geq 2.10\%$ 的有8种, 占57.14%; 处理 II 的13个种中有5种, 占38.46%; 对照组的13个种中有5种, 占38.46%。在39个被测植物地下样品中, N含量的平均值为1.16%, $\geq 1.16\%$ 的有8个种, 24个样品, 占被测总数的51.28%。其中, 处理 I 中有7种, 占50.0%; 处理 II 中有7种, 占53.81%; 对照组中有6种, 占50.0%。地上部分 P 含量的平均值为0.307%, $\geq 0.307\%$ 的有10个种, 21个样品, 占被测总数的52.50%。其中, 处理 I 中有10种, 占71.43%; 处理 II 中有5种, 占38.46%; 对照组中有6种, 占46.15%。地下部分 P 含量的平均值为0.174%, $\geq 0.174\%$ 的有11个种, 17个样品, 占被测总数的43.59%。其中, 处理 I 中有7种, 占50.0%; 处理 II 中有6种, 占46.15%; 对照组中有4种, 占33.33%。地上部分 K 含量的平均值为1.44%, $\geq 1.44\%$ 的有9个种, 18个样品, 占被测总数的45.0%。其中, 处理 I 中有6种, 占42.86%; 处理 II 中有7种, 占53.85%; 对照组中有5种, 占38.46%。地下部分 K 含量的平均值为0.77%, $\geq 0.77\%$ 的有6个种, 14个样品, 占被测总数的35.90%。其中, 处理 I 中有5种, 占35.71%; 处理 II 中有5种, 占38.46%; 对照组中有4种, 占33.33%。

侯学煜先生在我国最先指出:“一种植物的化学成分在一定程度上正是表现着该种植物在历史发育过程中所形成的新陈代谢类型的特征, 因而它们的化学成分就与分类系统有着一定的联系……。”(林厚萱等, 1957), 由于植物种群在历史演化和长期生态适应过程中所形成的生理-生态学特性, 选择吸收化学元素能力的差异以及化学元素在植物种群间分布的不均匀性, 使同一元素在相同环境条件下, 种群之间化学元素含量的差异明显。如老芒麦地上部分的 N 含量, 无论在施肥或不施肥条件下都最高(2.93%—3.08%), 矮嵩草(*Kobresia humilis*)最低(1.53%—1.63%), 前者为后者的1.9倍。蒙古蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)的 P、K 含量最高(0.420%—0.514%和3.13%—3.95%), 藏异燕麦(*Helictotrichon tibeticum*)最低(0.154%—0.166%和0.31%—0.63%)。前者分别为后者的3倍和7.4倍。蒙古蒲公英地下部分的 N、P、K 含量最高(1.40%—1.64%、0.208%—0.330%和1.67%—1.97%), 矮嵩草 N 含量最低(0.58%—0.75%), 前者为后者的2.4倍; 藏异燕麦的 P、K 含量最低(0.104%—0.116%和0.20%—0.24%), 前者为后者的2.4倍和8.2倍。

2. 植物 N、P、K 含量的相关分析

通过松耙、补播、施肥3项措施处理和松耙、补播2项措施处理以及不作任何处理的对照区中14种植物39个样品的 N、P、K 含量之间的相分析表明, 植物地上部分和地下根系的 N、P、K 营养元素间具有密切的关系(表3)。在15对元素中, 相关性极显著者($P < 0.01$)有12对, 占80%; 显著者($P < 0.05$)有2对, 占13.3%; 不显著者($P > 0.05$)只有1对, 占6.7%。其中, 植物地上部分的 N、P、K 含量与根系 N、P、K 含量呈极显著的正相关($r_N = 0.7087$, $r_P = 0.7426$, $r_K = 0.7495$)。它们之间的关系可由如下直线回归方程表示。

$$N_{\text{上}} = 0.9534 N_{\text{下}} + 1.0058 \quad (F = 37.35 \quad F_{38}^{0.01} = 7.35 \quad P < 0.01)$$

$$P_{\text{上}} = 1.6622 P_{\text{下}} + 0.1053 \quad (F = 45.52 \quad P < 0.01)$$

$$K_{\pm} = 1.0556 K_{\mp} + 0.6602 \quad (F = 47.43 \quad P < 0.01)$$

表3 植物地上、地下部分N、P、K含量及生物量相关矩阵

Table 3 The correlation matrix of content of plant above-belowground part N, P, K and biomass

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	1						
X2	0.6321 **	1					
X3	0.3114	0.6226 **	1				
X4	0.7087 **	0.7987 **	0.4984 **	1			
X5	0.4125 *	0.7426 **	0.4733 **	0.7077 **	1		
X6	0.3670 *	0.5847 **	0.7459 **	0.6582 **	0.6108 **	1	
X7	0.4157 *	0.4162 *	0.5599 **	0.2965	0.2658	0.1827	1

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

X1、X2、X3 为植物地上部分 N、P₂O₅和 K

X1, X2, X3: The content of plant aboveground part N, P₂O₅ and K

X4、X5、X6 为植物地下部分 N、P₂O₅和 K

X4, X5, X6: The content of plant belowground part N, P₂O₅ and K

X7 为地上生物量 X7: Aboveground biomass

通过3种不同处理, 植物种群的地上、地下部分N、P、K含量的直线回归分析(表4)可以清楚地看到, 对照组N、K的相关性最高, P居中。而且地上地下部分的N、P、K元素, 回归方程的斜率最大, 说明退化天然草地土壤中N、P、K的速效养分缺乏, 导致N、P、K元素的供需矛盾突出。土壤中速效养分的不足, 不仅影响植物的生长发育

表4 植物地上、地下部分N、P、K含量的回归分析

Table 4. The regressive analysis matrix of content of plant above-belowground part N, P, K

处理 Treatment	回归方程 Regressive equation	相关系数 r	F值 F Value	F _{0.05}	P
I	$N(i) = 1.3522 + 0.7002 N(j)$	0.533	4.356	$F_{1, 1}^{0.05} = 3.74$	$P < 0.05$
I	$N(i) = 0.8342 + 1.0311 N(j)$	0.764	15.456	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.70$	$P < 0.01$
CK	$N(i) = 0.6977 + 1.2700 N(j)$	0.867	30.392	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.93$	$P < 0.01$
I	$P(i) = 0.1113 + 1.1383 P(j)$	0.7828	18.997	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.51$	$P < 0.01$
I	$P(i) = 0.1208 + 1.0168 P(j)$	0.6679	8.363	$F_{1, 1}^{0.05} = 6.70$	$P < 0.01$
CK	$P(i) = 0.0842 + 1.3441 P(j)$	0.7126	30.392	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.93$	$P < 0.01$
I	$K(i) = 0.7795 + 0.8440 K(j)$	0.7327	13.912	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.51$	$P < 0.01$
I	$K(i) = 0.7661 + 0.9718 K(j)$	0.7316	12.970	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.70$	$P < 0.01$
CK	$K(i) = 0.1931 + 1.7902 K(j)$	0.8675	30.434	$F_{1, 1}^{0.01} = 6.93$	$P < 0.01$

i: 植物地上部分 j: Plant aboveground part

j: 植物地下部分 j₁: Plant belowground part

I, I, CK see table 1

和地上生物量,而且也影响了植物地上,地下部分营养元素的含量。高寒草甸特有的坚实而富有弹性的草皮层和低温的影响,使土壤有机质分解速率和 N、P、K 元素的矿化速率降低。通过松耙改善了土壤的通气、透水条件,提高了土壤温度,土壤微生物的活性相对增强,使土壤库中的速效养分增加。施肥措施直接投入速效 N、P,使植物有较充足的养分供应,可缓解植物对 N、P、K 元素的供需矛盾。

3. 土壤 N、P、K 含量特征及其相关性分析

高寒退化草地经松耙+补播+施肥(I)和松耙+补播(II)以及对照3种调控处理后的土壤全 N 含量的平均值分别为 0.4073%、0.4087%和 0.3922%。处理 I、II 比对照组分别增加 3.85% 和 4.20%;速效 N 含量的平均值分别为 406.69ppm、338.80ppm 和

表 5 植物地上、地下部分 N、P、K 含量与土壤 N、P、K 含量相关分析
Table 5 Correlation analysis of N,P,K content of above-belowground part of plant and soil

项 目 Item	土壤全 N Total N of soil			土壤速效 N Available N of soil		
	0—10cm	10—20cm	0—20cm	0—10cm	10—20cm	0—20cm
植物地上部分 N 含量 Content of aboveground N	0.9809*	0.8730	0.9081	0.9691*	0.8032	0.8931
植物地下部分 N 含量 Content of belowground N	0.6191	0.9804*	0.9623	0.5761	0.2234	0.3864
	土壤全 P Total P of soil			土壤速效 P Available P of soil		
	0—10cm	10—20cm	0—20cm	0—10cm	10—20cm	0—20cm
植物地上部分 P 含量 Content of aboveground P	-0.5852	-0.3151	-0.8862	1.0000**	0.4096	0.8727
植物地下部分 P 含量 Content of belowground P	-0.3634	-0.5427	-0.9740*	0.9681*	0.6251	0.9672*
	土壤全 K Total K of soil			土壤速效 K Available K of soil		
	0—10cm	10—20cm	0—20cm	0—10cm	10—20cm	0—20cm
植物地上部分 K 含量 Content of aboveground K	-0.8264	-0.8159	-0.8520	0.0927	0.9976**	0.5432
植物地下部分 K 含量 Content of belowground K	-0.8145	-0.8277	-0.8409	0.0720	0.9960**	0.5256

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$; 0—10cm, 10—20cm, 0—20cm is three different depth of soil layer

318.10ppm, 处理 I、II 比对照组分别增加27.85%和6.51%。处理 I、II 和对照组土壤中全 P 含量的平均值分别为0.110%、0.120%和0.126%, 处理 I、II 比对照组分别减少12.70%和4.76%; 速效 P 的平均值分别为2.5ppm、1.6ppm 和1.0ppm, 处理 I、II 比对照组分别增加150%和60%, 土壤中 K 含量无明显的规律。

经植物地上、地下部分 N、P、K 含量与土壤中全 N、全 P、全 K 和速效 N、P、K 含量的相关分析表明(表5), 植物地上部分的 N 含量与土壤全 N 和速效 N 含量呈正相关。其中, 与0—10厘米土壤 N 含量的相关性最显著 ($P < 0.05$)。植物地下部分 N 含量与土壤全 N 和速效 N 含量呈正相关。植物地上、地下部分 P 含量与土壤全 P 含量呈负相关, 与土壤速效 P 含量呈正相关。其中, 与0—10厘米土壤速效 P 含量的相关性最显著 ($P < 0.05$)。植物地上、地下部分 K 含量与土壤全 K 含量呈负相关, 而与土壤速效 K 含量呈正相关。其中, 与10—20厘米土壤速效 K 含量的相关性极为显著 ($P < 0.01$)。由此可见, 土壤速效 N、P、K 含量比土壤全 N、全 P、全 K 含量对植物 N、P、K 含量的影响更为重要。

4. 植物个体生物量与植物、土壤 N、P、K 含量的相关分析

由表6可知, 处理 I、II 和对照组的条件, 使植物的个体生物量具有明显差异, 其平均个体生物量分别为0.326克, 0.275克和0.233克。处理 I 比处理 II 和对照组分别提高18.55%和39.91%, 处理 II 比对照组提高18.03%。其中, 禾本科植物的增产效益最明显。处理 I 比处理 II 和对照组分别提高37.50%和175%, 处理 II 比对照组提高100%。莎草科植物则相反。杂类草植物因在群落当中所处的位置和接受光强度的差异而有所不同。通过植物地上、地下部分、土壤 N、P、K 含量与植物个体生物量的相关分析表明(表3), 植物个体生物量与植物地上部分 N、P、K 含量呈显著正相关 ($P < 0.05$), 而与植物地下部分 N、P、K 含量呈不显著的正相关 ($P > 0.05$)。植物地上、地下部分 N、P、K 含量与植物个体生物量之间的逐步回归方程如下。 ($F = 8.98, F_{38}^{0.01} = 4.34, P < 0.01$)

$$W = 0.1651N_1 + 0.2136K_1 - 0.2145K_2 - 0.2254$$

式中: W 为植物个体生物量 (克/枝·株)。

N_1 为植物地上部分 N 含量。

K_1, K_2 为植物地上、地下部分 K 含量。

通过土壤全 N、全 P、全 K 和速效 N、P、K 含量与植物个体生物量之间的相关分析表明, 植物个体生物量与土壤全 N, 速效 N 呈正相关。其中, 与0—10厘米土壤全 N, 速效 N 含量呈极显著的正相关 ($P < 0.01$)。与土壤速效 P、K 含量呈不显著的正相关 ($P > 0.05$), 与土壤全 P、全 K 含量呈弱正相关或负相关。从上述分析可以看出, 植物个体生物量不仅与其自身的 N、P、K 含量有关, 而且与土壤全 N、速效 N、P、K 含量有关。松耙、施肥对植物生长发育和干物质积累有明显效益, 尤其对禾本科牧草的效果更佳。

5. 调控策略对控物种群分布格局的影响

由表6可知, 不同调控策略使恢复生态系统主要植物种群在群落中的分布格局和特

表6 不同调控策略下主要植物种群的特征值

Table 6 The value of characteristics of plant population in different control strategies

植物种群 Population of plant	相对盖度 Relative coveragery			相对频度 Relative frequency			相对株高 Relative height			重要值 Important value			个体生物量 Biomass (g/branch)		
	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	7.82	9.01	8.58	3.82	4.37	5.41	6.94	6.56	5.90	6.20	6.65	6.63	0.58	0.47	0.29
老芒麦 <i>E. sibiricus</i>	41.30	23.79	—	6.37	4.92	—	5.51	5.52	—	17.73	11.44	—	0.90	0.50	—
高原早熟禾 <i>Poa alpigena</i>	2.97	3.75	0.65	3.82	4.38	1.62	4.89	5.57	5.40	3.89	4.57	2.56	0.17	0.14	0.08
藏异燕麦 <i>Helictotrichon tibeticum</i>	0.22	—	—	0.64	—	—	5.87	—	—	2.24	—	—	0.31	—	0.23
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	4.40	4.34	1.73	0.64	3.28	2.70	4.85	5.77	6.41	3.30	4.46	3.68	0.25	0.16	0.05
合计 Total	56.71	40.89	10.96	15.29	16.95	9.73	28.06	23.42	17.76	33.36	27.12	12.87	(0.44)	(0.32)	(0.16)
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	0.99	3.05	6.06	1.91	2.19	3.78	1.06	1.92	1.61	1.32	2.39	3.82	0.09	0.11	0.08
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i>	0.99	3.75	1.59	1.91	1.64	1.62	3.81	2.43	3.14	2.24	2.61	2.12	0.10	0.19	0.22
合计 Total	1.98	6.80	7.65	3.82	3.83	5.40	4.78	4.35	4.75	3.56	5.00	5.94	(0.10)	(0.15)	(0.15)
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.55	0.43	3.89	2.55	1.64	4.86	3.71	2.92	3.85	2.14	1.66	4.20	0.64	0.55	0.75
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	1.10	2.63	—	1.27	2.19	—	3.14	2.61	—	1.84	2.47	—	0.41	0.45	0.54
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	4.07	2.57	11.18	5.10	4.37	4.32	1.26	0.75	1.31	3.48	2.56	5.60	0.19	0.19	0.12
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	6.39	4.77	11.83	5.71	4.92	5.41	1.15	1.14	1.45	4.42	3.61	6.23	0.36	0.32	0.15
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	1.10	1.23	3.10	3.18	3.28	4.32	1.18	1.04	0.78	1.82	1.85	2.73	0.23	0.25	0.18
雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	0.33	0.96	1.15	1.27	1.64	2.16	2.76	2.95	3.80	1.46	1.85	2.37	0.20	0.10	—

续表6 cont. Table 6

植物种群 Population of plant	相对盖度 Relative coveragay			相对频度 Relative frequency			相对株高 Relative height			重要值 Important value			个体生物量 Biomass (g/branch)		
	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK	I	II	CK
纯叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	0.11	0.48	0.22	0.64	2.19	1.62	2.56	2.46	2.45	1.10	1.71	1.43	0.13	0.15	0.11
合计 Total	13.65	13.03	31.37	19.74	20.23	22.71	15.76	13.87	13.64	16.26	15.70	22.56	(0.31 0.87 0.30)		

括号内的数为平均值 The number in parenthesis are average value.

I: 松耙+补播+施肥 II: Scarification+Replant+Apply fertilizer

III: 松耙+补播 IV: Scarification+Replant, CK: 对照, CK: Control

征值发生明显变化。在3种处理条件下,禾本科植物的相对盖度、相对频度,相对株高和重要值的大小依次为处理 I > 处理 II > 对照组;莎草科植物的相对盖度,相对频度和重要值的大小依次为对照组 > 处理 II > 处理 I;杂类草植物依次为对照组 > 处理 I 和处理 II。松耙和施肥对补播牧草老芒麦的生长发育有明显的促进作用,其相对盖度,相对频度,重要值和个体生物量比处理 II 显著增大,成为群落的优势种。而且植物群落形成明显的两层结构。由于老芒麦的充分发育使原有的垂穗披碱草等种群的相对盖度、相对频度和重要值有所下降,成为该群落的次优势种。而在对照组条件下,垂穗披碱草仍为优势种,植物群落的层次分化不明显。在处理 I 条件下,由于禾本科植物充分发育直接影响了喜光的莎草科植物和杂类草植物的生长发育,通过光资源、养分的种间竞争,抑制了它们的生长发育,使其相对盖度、相对频度和重要值明显下降,如矮嵩草、黑褐苔草 (*Carex atrofusca*)、细叶亚菊 (*Ajania tenuifolia*)、二裂委陵菜 (*Potentilla bifurca*) 等,而这些植物在处理 II 或对照组条件下,由于群落层次分化不明显,光资源丰富,因而发育较好。由此可见,调控策略的实施,可以改变植物群落的微环境条件和养分供应,使植物的 N、P、K 营养元素含量提高,并促进其生长发育和竞争能力,提高优良牧草在群落中的作用和地位,加快了退化草地的恢复。同时也改善了生态环境,提高了经济效益。

参 考 文 献

- 王自基、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多样性分析, 高寒草甸生态系统 (4), 科学出版社。
- 任文福, 1984, 红原县不同类型草地牧草的矿质成分含量及其季节性变化趋势。川西北草原开发利用研究, 49—52, 四川民族出版社。
- 林厚萱、章慧麟、侯学煜, 1957, 中国境内酸性、钙质土和盐碱土指示植物的化学成分。土壤学报, 5 (3)。
- 陈佐忠、黄德华、张鸿芳, 1984, 内蒙古栗钙土典型草原地带122种植物化学元素含量的水平及其分组。植物学报, 26 (2): 209—215。
- 陈佐忠、黄德华, 1989, 自然条件下大针茅草原几种主要植物氮、磷、钾、铁含量的季节动态, 植物生态学与地植物学学报, 13 (4): 325—331。
- 侯学煜, 1982, 中国植被地理及优势植物化学成分。科学出版社。
- 莫大伦、吴建学, 1988, 海南岛86种植物化学成分特点及元素间的关系研究。植物生态学与地植物学学报, 12 (1): 51—

62.

- 黄德华、陈佐忠、张鸿芳, 1985, 克斯针茅草原主要植物种化学元素含量的季节变化. 草原生态系统研究, (1): 132—137. 科学出版社.
- 黄德华、陈佐忠, 1989, 沙地草场植物根系化学元素含量的特征, 植物生态学与地植物学学报, 13 (14): 372—378.
- Beeking J H, 1971, Biological nitrogen fixation and its economic significance. In. Nitrogen-15 in Soil-Plant studies. IAEA, Vienna 189—222.
- Barret G W, 1990, Long-term effects of nutrient enrichment on the trajectory of succession. Abstracts of Vth IN-TECOL, Japan 91.
- Floate M J S. 1970, Mineralization of N and p from organic materials of plant and animal origin and its significance in the nutrient cycle in grazed and hill soils. J. Br. Grassld, Soc., 25; 295—302.
- Mc Dowell L R, 1987, 反刍动物矿质营养平衡的诊断, 国外畜牧学—草食家畜 (1): 33—36.
- Menge K, Kirkby E. A (张宜春等译), 1987, 植物营养原理, 1—10. 农业出版社.
- Morrision J, Jackson M V Sparrow P E, 1980, The response of perennial ryegrass to fertilizer nitrogen in relation to climate and soil. Technical Report No. 27, Grassland Research Institute, Hurley.
- Nowakowsk T Z, 1962, Effects of nitrogen fertilizers on total nitrogen, soluble nitrogen and soluble carbohydrate contents of grass. J. agric. Sci., Camb., 59; 387—92.

THE CONTENTS OF N, P, K AND ITS CORRELATIVE ANALYSIS FOR MAIN PLANT POPULATION IN RESUMPTION ECOSYSTEM

Wang Qiji Zhou Xingmin Shen Zhenxi Deng Zifa

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

Abstract

This work was carried out at the Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem during the growing seasons of plant in 1990.

This paper discussed the contents of N, P, K elements of aboveground part and belowground of main plant species and that of soil, and growth of plant population and their correlation in three different control strategies: scarification+replant+apply fertilizer (I), scarification+replant (II) and control (CK). The results showed that the order of N, P, K elements of plant population was $N > K > P$ in different control strategies, and the N, P, K contents of aboveground part is higher than that of belowground part; after scarification and apply fertilizer, the contents of N, P, K of plant above-ground part and the available content of soil N, P, K are higher than that of the control (CK). The contents of N, P, K of aboveground part were highly significant positive correlation ($P < 0.01$) with that of belowground part; there are highly significant positive correlation ($P < 0.01$) between the plant aboveground part contents of N, P, K and the available contents of soil N, P, K. The individual biomass of plant population was positive relation with the plant aboveground contents of N, P, K ($P < 0.05$) and the contents of soil total N and available N ($P < 0.01$).

Key words: Resumption ecosystem, Plant population, Contents of N, P, K element, Analysis of correlation