

# 海北高寒草甸生态系统定位站的 土壤类型及其基本特点

乐炎舟 左克成 张金霞  
赵宝莲 王在模 郭建华

(中国科学院西北高原生物研究所)

海北高寒草甸生态系统定位站，位于青藏高原东北部，这里由于第三纪以来受喜马拉雅运动的影响，祁连山山体大幅度隆升，高寒生态条件增强，加之第四纪冰期，祁连山曾发生大面积冰川，目前仍有一定面积的冰川分布，以及深居内陆，季风影响微弱，高空常年为西风气流控制等原因，使其在一定的垂直层带（海拔3,000米以上），形成了与青南高原，藏北高原山原地带类似的土壤类型（何同康，1965；左克成等，1980；陈鸿昭等，1981），如高山草甸土，高山灌丛草甸土等。

## 一、土壤分布与形成特点

定位站地处祁连山主脉冷龙岭南麓，气候寒冷，温度条件甚至难以满足耐寒作物生育需求，因而属纯牧区，并以天然放牧为主，土壤大多数未经人类重大扰动，基本保持自然状态，因受当地气候、生物、地形、母质等自然因素的长期综合影响，就普遍意义而言，土壤分布与形成具有如下基本特点：

### (一) 土壤垂直分布规律

该地基面系海拔3,000米以上山区，位于北纬 $37^{\circ}29'$ — $37^{\circ}45'$ 之间，受气温降水垂直变化及纬度北移气温递减的双重影响，具有与藏北高原，青南高原类似的地理景观，垂直带谱反映出高寒层段的明显特色，土壤类型较为简单。地形因素导致发生水热重新分配作用，尤其该区积温少，降水并不充沛，局部地形、海拔、坡向、坡度往往成为制约土壤类型分布的重要因素。土壤分布具有如下特点。

大致在永安城—风匣口—盘坡一线以南，海拔3,000—3,200米的山地阳坡下部和山麓，如九龙岭、窑沟口、石圈子、三道湾、上乌兰等地气候较温暖，在线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*) 草甸下发育着厚层碳酸盐高山草甸土，此线以北，3,200—3,300米的开阔谷地、滩地和山麓一带，主要分布着土层一般较薄的碳酸盐高山草甸土、其分布多与小嵩草 (*K. pygmaea*) 草原化草甸或小嵩草、异针茅 (*Stipa aliena*) 草原化草甸植被相联系；在低平滩地，水分条件较好，这类土壤多出现在矮嵩草 (*K. humilis*)

草甸植被下。在低洼汇水处或散流区和小湖沼周围以及河流两侧的局部地段，形成沼泽土。在3,200 (3,300) —3,800 (4,000) 米冷湿的山地阴坡和半阴坡一般发育形成高山灌丛草甸土，主要为金露梅 (*Dasiphora fruticosa*) 灌丛和山地柳 (*Salix oritrepha*) 灌丛。坡地平缓处多为淋溶高山灌丛草甸土，坡地较陡处常为(普通)高山灌丛草甸土，在相同高度范围内的宽谷阳坡，主要为碳酸盐高山草甸土。3,800 (4,000) 米以上多属高山碎石带。

由此可以看出：与藏北及青海玉树地区相比同一类型的土壤分布高度由南向北渐次降低，至海北，(普通)高山草甸土分布减少，而主要由碳酸盐高山草甸土所取代，这可能与青藏高原东西向诸山系对西南季风的屏障作用以及本区北邻面临河西走廊的漠境有关，同时也与干冷西风环流常年控制本区，当其接近青藏高原后，南北分流，其强劲的北支气流流经本区有关(杨鉴初等，1960)，所以土壤类型及其垂直地带性结构较为简单。

## (二) 土壤形成特点

受历史因素及生物气候的影响，主要土类的形成具有以下特点：

1. 土壤的年青性：由于本区隆升至现代高度及脱离第四纪冰川作用较晚，高山还有一些现代山岳冰川分布，因高寒生态条件影响，成土过程中的生物及化学作用相对减弱，寒冻风化增强，从而导致土壤现代形成过程比较年青。土层较薄，粗骨性明显，淋溶淀积作用弱，甚至缺少淀积层，故风化程度低、发育程度弱。

2. 有机质分解缓慢，积累明显：本区气候特点是干冷季漫长，温湿季短暂。在温湿季高寒草甸和高寒灌丛生长旺盛，但由于这里夏季气温较低(6—8月，月均温9.1—12.3℃)并可出现负温，加之太阳辐射与紫外线强等原因，土壤微生物活动并不旺盛；漫长的干冷季，微生物活动更趋微弱，甚至停止，因而植物残落物和死亡根系，得不到充分分解，以半分解和未分解有机质的形式在土壤表层和亚表层累集，故高山草甸土中形成了根系盘结的草皮层。在草皮层之下，同高山灌丛草甸土一样也发育有暗色腐殖质层。

3. 淋溶较弱：除分布于阴坡的高山灌丛草甸土外，剖面中碳酸盐多未全部淋失，分布在开阔地形或阳坡上的土壤，常有不同程度的钙化现象，即使在花岗岩风化物上发育的土壤，亦常可发现在不深的土层出现石灰新生体，土层薄时在母岩岩片上往往有较厚的石灰膜。

4. 土体大多盐基饱和：除高山灌丛草甸土外，PH值(盐提取液)均在7以上，土壤为盐基所饱和。与藏北及玉树东南部同类土壤相比(何同康，1965；刘朝端1979；左克成等，1980；陈鸿昭等，1981)，盐基饱和度也明显地由南到北逐渐增高趋势。

## 二、土壤类型特征

### (一) 高山草甸土

该类土壤在定位站范围内分布最广，发育在各种地形和母质上。常见母质有花岗岩、紫砂岩、石灰岩等基岩的残积物和坡积残积物以及洪积物、冲积物等，植被除原生高寒

草甸外,尚有部分属次生的垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 草甸等。由于山地土壤形成条件的复杂性和多样性,导致土壤剖面形态和属性上的差异,因此在本地区大致可分为高山草甸土及碳酸盐高山草甸土两个亚类。高山草甸土生草过程明显,淋溶作用相对较强,全剖面无石灰反应或仅下部具石灰反应,剖面构成一般呈  $A_s-A_1-A_1/B-C/D$  型。这一亚类在定位站范围的分布不广。碳酸盐高山草甸土具类同的土体构型,但具有坚韧草皮层 ( $A_s$ ) 及碳酸钙聚积层,地表并常出现不规则裂缝,这是生物因素与气候因素共同作用的结果。上部的草皮层及腐殖质层有机质含量高达 6—12%,代换量多在 20 毫克当量/100 克土以上 (表 1),剖面下层有时可发现埋藏的腐殖质土层,这可能是土壤发生上受外营力作用,堆积或沉积的结果。土壤有机磷含量明显低于高山灌丛草甸土及沼泽土 (表 6)。

### (二) 高山灌丛草甸土\*

这类土壤主要分布于冷湿的山地阴坡。植被为高寒灌丛 (原生),灌丛组成中以北温带寒温性落叶阔叶灌木金露梅和青藏高原特有种山地柳 (中国植被编委会, 1980) 最占优势,植株低矮,疏密不一,灌木层下草本层,以寒冷中生草甸植物为主,草本层盖度可达 25—70% 左右 (周兴民, 本文集)。因之草本植物对本类土壤形成和属性的影响有重要作用。

通常在密集的灌丛下具有较厚的苔鲜层和枯枝落叶层,但在灌丛稀疏地段如半阴坡,低山阴坡等则出现疏松的草皮层。其下腐殖质层较厚可达 50 厘米以上,颜色深暗,松软,厚达 30 厘米以上,有机质含量达 4—20%,多在 10% 以上。代换量高达每百克土 30—64 毫克当量 (表 2)。土壤有机磷无论绝对含量或占全磷比例均高于高山草甸土及沼泽土 (表 6)。腐殖质层一般下接基岩。淋溶作用强,通层无石灰反应,或仅接近钙质母岩处,因受母岩影响,含一定量的碳酸盐。土体中有铁的移动,与下层土壤接触的基岩表面或岩隙中常可发现较厚的石灰膜和铁质胶膜和锈纹、锈斑,这可能是土壤冻结时间长、土体冷湿所造成。与西藏类同植被下土壤相比 (中国科学院土壤研究所, 1978),本定位站此类土壤剖面中部缺少棕褐色或浅棕色淀积层,而与青海玉树地区东部高寒灌丛下土壤相似。

在本区可分出高山灌丛草甸土及淋溶高山灌丛草甸土两个亚类,前者在剖面下层具明显石灰反应,后者通层无石灰反应,兼有钙与铁两者的明显淋洗。

### (三) 沼泽土

主要分布于乱海子湖滨周围低平地段及山间洼地与河漫滩或超河漫滩低湿地段。由于地形平缓低洼,气候寒冷,地下多有永久冻土层或长达半年以上的季节冻土层存在,构成不透水层,使汇水难以下渗,导致土体通湿甚至地表长期或季节性积水,并使地下水位抬高。寒湿生境下发育形成沼泽土。地表多具“塔头”,上部为泥炭层,下部为潜育层。按泥炭层厚度可分出泥炭土 (泥炭层厚度 > 50 厘米) 及泥炭沼泽土 (泥炭层厚度 30—50 厘米) 两个亚类。植被主要有华扁穗草 (*Blysmus sinocompressus*) 沼泽化草甸及

\* 以往文献把类似的本类土壤称作“亚高山灌丛草甸土”。由于“高山”与“亚高山”概念不够明确,在青海这类土壤又可上延至高山碎石带附近,因而本文称作高山灌丛草甸土。

表1 高山草甸土的化学性质  
Table 1 Chemical properties of alpine meadow soil

剖面号及地点 profile No. and locality	植 被 Vegetation	层次深度 Horizon depth (cm)	有机质 O.M. (%)	碳氮比 C/N	PH	碳酸盐 Carbo- nate (CaCO <sub>3</sub> %)	代 换 量 毫克当量/ 100克土 CEC m.e./100g soil	全氮 Total N (%)	水解氮 Hydro- lyzable N (ppm)	全磷 Total P (%)	有效磷 Available P (ppm)	全 钾 Total K (%)	速 效 钾 Available K (ppm)
76—005 无名滩 海拔: 3,200米 Wumingtang Altitude: 3,200m	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0—10	7.38	10.2	7.30	0	29.88	0.419	103.5	0.090	7.3	2.142	315.0
		10—21	7.18	10.6	7.70	0	31.02	0.392	106.8	0.088	3.6	2.075	187.3
		21—49	2.99	10.0	8.30	4.29	16.44	0.173	79.0	0.080	0.2	2.183	97.0
		49—69	1.24	11.4	8.50	4.75	4.94	0.063	32.9	0.093	7.5	2.142	70.5
		69—110	3.52	11.3	8.40	6.41	25.23	0.181	58.7	0.069	1.6	—	116.1
76—011 口门子 海拔: 3,300米 Koumenzi Altitude: 3,300 m	小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	0—10	6.84	12.0	8.00	6.42	22.68	0.332	85.2	0.075	6.2	1.768	248.5
		10—20	5.82	11.0	8.20	6.66	25.09	0.307	85.2	0.075	3.3	1.951	216.3
		20—43	5.71	15.5	8.28	11.88	21.92	0.214	94.0	0.069	2.1	1.951	127.6
		43—75	0.88	17.5	8.55	14.36	4.66	0.029	42.7	0.071	1.4	1.909	94.0
76—014 九龙岑 海拔: 3,150米 Jiulongling Altitudes: 3,150 m	线叶嵩草草甸 <i>K. capilli- folia</i> meadow	0—10	11.54	12.5	8.22	4.78	40.51	0.537	112.6	0.073	6.0	1.818	230.5
		10—25	6.31	11.8	8.45	12.28	30.87	0.310	133.8	0.061	3.2	1.594	107.1
		25—64	8.85	29.8	8.60	16.63	20.58	0.172	97.3	0.034	1.7	1.640	75.2
		64—105	6.40	74.3	9.02	15.93	6.32	0.050	55.6	0.051	1.3	1.594	59.0

表2 高山灌丛草甸土的化学性质

Table 2 Chemical properties of alpine scrubby meadow soil

剖面号 及地点 profile No. and locality	植 被 Vegeta- tion	土壤类型 Soil type	层次深度 Horizon depth (cm)	有机质 O.M. (%)	碳氮比		PH		碳酸盐 Carbo- nate (CaCO <sub>3</sub> %)	代换量 毫克当量 /100克土 CEC m. e/100 g. soil	全氮 Total N (%)	水解氮 Hydro- lyzable N (ppm)	全磷 Total P (%)	有效磷 Availa- ble P (ppm)	全 钾 Total K (%)	速效钾 Availa- ble K (ppm)
					C/N	PH										
						H <sub>2</sub> O	KCl									
76—010 口门子 海拔:3,300米 Koumenzi, Altitude: 3,300 m	<i>Salix ortrepha</i> bush	高山灌丛 草甸土 Alpine scrubby meadow soil	0—5	19.62	13.3	7.38	6.50	0	63.73	0.855	108.0	0.112	6.8	1.527	162.4	
			15—23	9.91	14.2	7.52	6.50	0	46.28	0.406	91.5	0.083	1.5	1.809	98.8	
			23—56	10.41	12.4	7.40	6.35	0	51.88	0.487	80.2	0.083	1.4	1.768	85.1	
			56以下	4.30	14.2	8.15	—	8.41	29.96	0.176	79.8	0.072	0.9	1.934	97.4	
76—015 干柴滩 海拔:3,420米 Ganchaitan Altitude: 3,420 m	<i>Dasiph- ora fruticosa</i> bush	淋溶高山灌 丛草甸土 Leached alpine scrubby meadow soil	0—15	14.04	10.8	7.40	6.40	0	57.59	0.756	116.9	0.122	8.0	1.901	210.9	
			15—30	9.83	11.9	7.70	6.60	0	44.11	0.478	88.7	0.102	3.5	1.967	107.7	
			30—70	4.66	13.7	7.65	6.60	0	30.34	0.198	68.1	0.090	0.9	2.183	85.3	

表3 沼泽土的化学性质

Table 3 Chemical properties of bog soil

剖面号 及地点 Profile No. and locality	植 被 Vegeta- tion	土壤类型 Soil type	层次深度 Horizon depth (cm)	有机质 O.M. (%)	碳氮比 C/N	PH	碳酸盐 Carbo- nate (CaCO <sub>3</sub> %)	代换量 毫克当量 /100克土 CEC m.e./100 gsoil	全 氮 Total N (%)	水解氮 Hydro- lyzable N (ppm)	全磷 Total P (%)	速效磷 Availa- ble P (ppm)	全 钾 Total K (%)	速效钾 Available K (%)
76—006 乱海子 海拔:3,180米 Luanhaizi Altitude: 3,180 m	<i>Blysmus sinocom- pessus</i> Swamp meadow	泥 炭 土 Peat soil	0—20	28.06	13.1	7.90	19.98	—	1.243	76.4	0.107	6.3	0.953	161.4
			20—40	28.10	12.4	7.80	15.93	61.52	1.310	96.7	0.084	3.9	0.959	87.4
			40—60	31.31	13.0	7.92	14.83	62.20	1.401	130.3	0.084	3.5	0.965	93.3
			60—120	21.08	13.9	7.90	16.97	66.11	0.877	71.4	0.084	3.5	1.203	109.9
76—013 永安城 海拔:3,000米 Yonganch- eng Altitude: 3,000 m	<i>Kobresia tibetica</i> Swamp meadow	泥炭沼泽土 Peat bog soil	0—20	27.81	14.3	8.00	16.86	65.02	1.126	108.2	0.114	6.8	1.087	114.6
			20—45	16.61	18.2	8.00	15.43	49.50	0.530	88.1	0.072	2.1	1.469	126.9
			45—58	13.51	17.8	8.02	24.02	39.75	0.493	21.0	0.055	2.3	1.320	134.9

藏嵩草 (*Kobresia.tibetica*) 沼泽化草甸, 并常伴生稀疏低矮的金露梅灌丛。土壤通体含碳酸盐, 呈碱性反应, 代换量高达每百克土40—60毫克当量。

### 三、土壤库营养物质的特性

#### (一) 土壤库营养物质贮量丰富

本区土壤库中有机质贮量相当丰富(表4)。高山草甸土每公顷表土(0—10cm, 以下同此)有机质贮量达63—97吨, 高山灌丛草甸土达137—189吨。

上层土壤中, 根在有机质总量中占有较大比重(表5)。其中, 沼泽土占的比重最大, 达59—67%; 高山草甸土居中, 为39—59%; 高山灌丛草甸土最少, 仅20%稍多。

土壤中氮素绝大部分以有机态存在。土壤库有机质贮量丰富, 所以氮的贮量也相应丰富。高山草甸土每公顷氮贮量3—5吨; 高山灌丛草甸土氮贮量7吨稍多。

土壤中钾素, 绝大部分以无机态存在。其贮量主要受土壤母质特性所左右。本区土壤母质含钾量丰富, 所以钾的贮量也随之增加。高山草甸土每公顷表土钾贮量16—19吨, 高山灌丛草甸土钾贮量13—19吨。

土壤中磷素的含量较低, 高山草甸土有机磷含量约占全磷的 $1/3—1/4$ ; 高山灌丛草甸土为 $1/2—1/3$ ; 沼泽土为 $1/3—1/5$ (表6)。由于土壤有机磷含量较少, 加之土壤磷质部分无机磷含量低, 所以磷的贮量远比钾、氮为少。高山草甸土每公顷表土磷贮量0.6—0.8吨; 高山灌丛草甸土磷贮量0.9—1.2吨。

氮、磷、钾贮量比例: 高山草甸土为 $5—7:1:24—26$ , 高山灌丛草甸土为 $6—8:1:14—26$ 。

#### (二) 土壤库营养物质流通缓慢

土壤库营养物质流通主要通过生物小循环进行。其中, 植物的摄取与归还土壤库营养物质转移中占有重要地位。本区土壤库中营养物质流通率低, 周转时间长。以植物地上部分每年从土壤中摄取的营养物质而论(表7), 高寒草甸每年从每公顷土壤中摄取氮素7—35公斤, 磷0.4—3公斤; 分别占贮量的3—8%与0.15—0.66%, 高山灌丛草甸土依次是, 氮14—35公斤, 磷1—3公斤; 分别占贮量的2—5%与0.16—0.77%。沼泽土依次是, 氮21—45公斤, 磷2公斤左右。

上述贮量百分率系根据0—10cm土层的营养物质贮量计算的, 如果将根系的活动层均计算在内, 则上述的百分率会更小, 通过植物地上部分吸收动用的库存量微不足道。因此, 初级生产力其所以历年变幅较大, 在一定意义上讲与土壤库中营养物质的流通率相关, 风调雨顺之年, 土壤养分释放量增加, 物质流通率高, 丰收之年较歉收之年产草量可以大幅度增加。

#### (三) 土壤库营养物质的有效率低\*

营养物质库存量与存在形式不同, 供应各具特点(表8)。

土壤中氮素的供应量包括土壤中的矿质氮和牧草生长过程中可以矿化的氮量。由于

\* 速效养分占该全部养分的百分率。

表4 高山草甸土0—10公分营养物质贮量及其比例  
 Table 4 Storage of some nutritives and their ratio in the layer  
 of 0—10 cm in alpine meadow soil

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	营养物质贮量 吨/公顷 Storage of nutritives t./ha.				Ratio N:P:K
		有机质 O.M.	N	P	K	
76—005	高山草甸土 Alpine meadow soil	63.36	3.60	0.77	18.94	4.7:1.0:24.6
76—011	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	59.86	2.91	0.65	15.84	4.5:1.0:24.4
76—014	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	97.04	4.52	0.62	15.99	7.3:1.0:25.8
76—010	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil	189.46	7.21	0.92	12.88	7.8:1.0:14.0
76—015	淋溶高山灌丛草甸土 Leached alpine scrubby meadow soil	137.07	7.42	1.20	19.20	6.2:1.0:16.0



表 5 高山土壤中根量及其占有有机质总量的百分率

Table 5 Content of roots and its percentage in total organic matter in alpine soils

剖面号 Profile No.	土壤类型 Soil type	层次深度 Horizon depth (cm)	有机质总量 Total O.M. (%)	根 量 Roots (%)	根量占有有机质总量的 百分率 % of roots in total O. M.
76-005	高山草甸土 Alpine meadow soil	0-10	12.07	4.69	39.0
		10-21	8.64	1.46	17.0
		21-49	3.09	0.10	3.2
		49-69	1.29	0.05	3.9
		69-110	3.54	0.02	0.6
76-014	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	0-10	28.50	16.93	59.0
		10-25	9.53	3.22	34.0
		25-64	9.97	1.12	11.0
		64-105	6.44	0.04	0.6
76-010	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil	0-15	25.07	5.45	22.0
		15-23	10.61	0.70	6.6
		23-56	11.50	1.09	9.5
76-015	淋溶高山灌丛草甸土 Leached alpine scrubby meadow soil	0-15	17.50	3.46	20.0
		15-30	10.93	1.10	10.0
		30-70	4.66	0.003	0.1
76-006	泥 炭 土 Peat soil	0-20	74.08	46.02	67.0
		20-40	69.17	41.07	59.0
		40-60	58.07	26.76	46.0
		60-100	25.08	4.00	16.0
76-013	泥炭沼泽土 Peat bog soil	0-20	54.99	27.18	49.0
		20-45	19.92	3.31	17.0
		45-58	16.53	3.02	18.0

注: 有机质总量% = 土壤有机质% + 根%

Total O.M. % = Soil O.M. % + roots %

表 6 高山土壤中有有机磷占全磷的百分率

Table 6 Content of organic phosphorus and its percentage in total phosphorus of alpine soil

剖面号 Profile No	土壤类型 Soil type	层次深度 Horizon depth (cm)	全 磷 Total P (%)	有 机 磷 Organic P	
				含 量 Content (%)	占全磷(%) in total P
76-005	高山草甸土 Alpine meadow soil	0-10	0.090	0.029	32
		10-21	0.088	0.027	31
		21-49	0.080	0.016	20
		49-69	0.093	0.008	9
		69-110	0.069	0.019	27
76-011	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	0-10	0.075	0.019	25
		10-20	0.075	0.026	35
		20-43	0.069	0.021	30
		43-75	0.071	0.004	6
76-010	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil	0-15	0.112	0.054	48
		15-23	0.083	0.038	46
		23-56	0.083	0.044	53
		56以下	0.072	0.022	31
76-006	泥 炭 土 Peat soil	0-20	0.107	0.033	31
		20-40	0.084	0.029	35
		40-60	0.084	0.026	31
		60-120	0.084	0.018	21

表7 植物地上部分年摄取量及占贮量的百分率

Table 7 Nutrient uptake by plant above ground parts from soil each year and their percentages in storage

植 被 Vegetation	土 壤 类 型 Soil type	摄取量 (公斤/公顷·年) Uptake quantity (kg/ha·year)		占贮量的百分率 % of storage	
		N	P	N	P
		小 嵩 草 <i>K. pygmaea</i> meadow	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	7.4	0.45
矮 草 甸 <i>K. humilis</i> meadow	高山草甸土 Alpine meadow soil	14.0	2.36	0.39	0.07
线 叶 嵩 草 <i>K. capillifolia</i> meadow	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	35.2	2.87	0.78	0.06
山 地 柳 <i>Salix oritrepha</i> bush	高山灌丛草甸土 Alpine scrubby meadow soil	34.6	2.72	0.48	0.08
金 露 梅 <i>Dasiphora fruticosa</i> bush	淋溶高山灌丛草甸土 Leached alpine scrubby meadow soil	13.8	1.17	0.19	0.02

氮素在土壤中的形态比较复杂,不同形态的氮,受外界环境条件影响,随时都在不断地互相转化。因此,测定单一的速效氮含量,往往不能确切地反映氮素的供应情况。以水解氮为例,高山草甸土氮的有效率为2—5%;高山灌丛草甸土为1—4%;沼泽土为0.05—0.2%。有效率的垂直特点是,一般土壤上层低于下层。

水解氮,除包括植物可以直接利用的速效氮外,尚包括短时间内由有机态氮可转化的部分。由于本区土壤有机质矿化速率低,因此,以水解氮作为供应标准计算的有效率值往往偏高,不符合牧草植物的实际生长状况。Ерофв (1963)指出:“土壤中NO<sub>3</sub>-N与NH<sub>4</sub>-N含量是对植物有效氮保证率的最可靠指标。”两者合计的测定结果:高山草

表8 高山土壤养分有效率与速效养分比例  
Table 8 Nutrient availability and ratios of alpine soil

剖面号 Profile No.	土类 Soil type	层次深度 Horizon depth	有效率(%) Nutrient availability			速效养分比例 Proportion of available nutrient N:P:K
			水解氮 Hydroly- zable N	速效磷 availabi- ty P	速效钾 availa- bility K	
76-005	高山草甸土	0-10	2.47	0.81	1.47	14.2:1.0:43.2
		10-21	2.73	0.41	0.90	29.7:1.0:52.0
	Alpine meadow soil	21-49	4.57	0.30	0.44	39.5:1.0:48.5
		49-69	5.22	0.81	0.33	4.4:1.0:9.4
		69-110	3.24	0.23	—	36.7:1.0:72.6
76-011	碳酸盐高山草甸土 Carbonate al- pine meadow soil	0-10	2.56	0.83	1.41	13.7:1.0:40.1
		10-20	2.78	0.44	1.11	25.8:1.0:65.5
		20-43	4.39	0.30	0.65	44.8:1.0:60.8
		43-75	14.68	0.20	0.49	30.5:1.0:67.1
76-014	碳酸盐高山草甸土 Carbonate alpine meadow soil	0-10	2.10	0.82	1.26	18.8:1.0:38.4
		10-25	4.32	0.52	0.65	41.8:1.0:33.5
		25-64	5.66	0.50	0.46	57.2:1.0:44.2
		64-105	11.13	0.25	0.37	42.8:1.0:45.4
76-010	高山灌丛草甸土 Alpine scrub- by meadow soil	0-15	1.26	0.61	1.06	15.8:1.0:23.9
		15-23	2.25	0.17	0.55	61.0:1.0:65.9
		23-56	1.65	0.17	0.48	57.3:1.0:60.8
		56以下	4.52	0.12	0.50	8.7:1.0:108.2
76-015	淋溶高山灌丛 草甸土 Leached alpine scrubby mead- ow soil	0-15	1.54	0.66	1.11	14.6:1.0:26.4
		15-30	1.86	0.34	0.55	25.3:1.0:30.7
		30-70	3.44	0.11	0.39	75.7:1.0:94.8
76-006	泥炭土 bog soil	0-20	0.06	0.59	1.69	12.1:1.0:25.6
		20-40	0.07	0.46	0.91	24.8:1.0:22.4
		40-60	0.09	0.42	0.97	20.4:1.0:26.7
		60-120	0.08	0.42	0.91	37.2:1.0:31.4
	泥炭沼泽土 Peat bog soil	0-20	0.10	0.60	1.05	12.5:1.0:13.2
		20-45	0.17	0.29	0.86	89.8:1.0:129.2
		45-58	0.05	0.42	1.02	15.2:1.0:97.2

甸土草盛期表土很少超过30ppm，一般20ppm左右；返青期多在3ppm以下，与水解氮同期（草盛期）进行比较，仅相当水解氮的1/3—1/5。以NH<sub>4</sub>-N与NO<sub>3</sub>-N合计含量评定氮素的有效率，则高山草甸土氮的有效率多在0.5%以下。牧草返青期氮素的有效率更低，仅0.05%左右。该期氮素供应极度缺乏，牧草生长非常缓慢。草盛期，植物对氮的需要量增加，有机态氮的矿化速率不能与之适应，故速效氮供不应求。

土壤钾素有效率与钾的贮量和存在形态密切相关。由于土壤中钾的贮量丰富，加之土壤有机质中钾素以离子状态存在，比较容易释放，因此，钾素供应的绝对量与有效率均大。高山草甸土有效率为0.2—1.5%；高山灌丛草甸土为0.4—1.1%；沼泽土为0.9—1.7%。有效率的变化是，一般土壤上层高于下层，速效钾动态研究结果表明，植物生长发育过程中，钾的供应都比较充足。

土壤中磷素贮量少，加之非有效磷中矿质态磷占有较大比重，因此，磷的有效率甚微。高山草甸土磷的有效率为0.03—0.83%；高山灌丛草甸土为0.11—0.66%；沼泽土为0.29—0.59%。有效率的垂直特点与钾大同小异。速效磷动态研究结果表明，植物生长发育过程中，磷的供应都比较缺乏。而且有效率变动较大，幅度多在2—3倍之间。

速效性氮、磷、钾比例：高山草甸土为14~57：1：33~67；高山灌丛草甸土为14~88：1：23~108；沼泽土为12~91：1：13~129。

#### （四）土壤库营养物质的输入与初级生产力的关系密切

根据土壤营养物质贮量及其供应特点，结合牧草植物对营养物质的需要分析，输入不同养料（化肥），根据试验结果：每斤磷素每亩增产干草61.4公斤，每斤氮素每亩增产干草12.9公斤，钾素未显示出增产效果。

## 四、小 结

海北高寒草甸生态系统研究站有三种主要土壤类型，即高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。高山草甸土主要分布在山地阳坡和谷间平地。高山灌丛草甸土分布在山地阴坡。沼泽土零星分布在湖滨及河流两侧。

在半湿润气候，土壤微生物和化学过程微弱以及寒冻风化强烈的综合影响下，上述土壤显示如下发生学特点：

1. 土壤的年青性：高山草甸土和高山灌丛草甸土普遍具土层薄，粗骨性，无明显B层等年青性的表现。

2. 土壤表层和亚表层有机质含量丰富。

3. 淋溶程度不同：高山灌丛草甸土剖面中碳酸盐已经淋失，而高山草甸土和沼泽土碳酸盐淋洗微弱，从地表或亚表层起就有碳酸盐反应。

4. PH值（盐提取液）多在7以上，说明大部分土壤为盐基所饱和。

高山草甸土具有强烈的生草过程。根系交织的草皮层（As）和软松的腐殖质层（A<sub>1</sub>）有机质含量高达6—12%，代换量在20毫克当量/100克土以上。高山灌丛草甸土有机质含量在10%以上，代换量在30—60毫克当量/100克土之间。

土壤库中N、P、K三要素贮量丰富，土壤潜在肥力高。由于营养物质多以有机态

存在,矿化过程微弱,故养分有效率低。尤其是速效性氮、磷含量少,不能满足植物生长的需要,因此,给土壤输入氮、磷速效养分能大幅度提高初级生产。土壤库是植物库的基础,因此,植物的兴盛与否直接依赖于土壤的养分供应。

### 参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤, 科学出版社。  
中国植被编委会编著, 1980: 中国植被, 科学出版社。  
左克成、乐炎舟, 1980: 青海高山草甸土的形成及其肥力评价。土壤学报, 17(4): 308—318。  
何同康, 1965: 西藏高原高山草甸土和亚高山草甸土的形成条件和发生特点。土壤学报, 13(1): 77—86。  
刘朝端, 1979: 试论西藏高原土壤的类型及三维层性分布。土壤分类及土壤地理文集, 76—97页。  
陈鸿昭、高以信、吴志东, 1981: 青藏高原隆起对高山土壤形成的影响。土壤学报, 18(2): 137—146。  
杨鉴初、陶诗言、叶笃正、顾震潮, 1960: 西藏高原气象学, 217—221页, 科学出版社。  
Еропов, B. E., 1963: (戴双林译, 1965): 生草灰化土开垦50年后有机质的变化。土壤译报, 1(1): 39—40。

### 外文摘要 (Abstract)

## SOIL TYPES AND THEIR BASIC CHARACTERISTICS AT HAIBEI RESEARCH STATION OF ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

LE Yanzhou            ZUO Kecheng            ZHANG Jinxia  
ZHAO Baolian        WANG Zaimo            GUO Jianhua

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

There are mainly three soil groups at Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station, viz. alpine meadow soil, alpine scrubby meadow soil and bog soil. Most of alpine meadow soil are found on the southern slopes of mountains and valley plains, while the alpine scrubby meadow soil generally occurs on the northern slopes of mountains, the bog soil merely exists in the lower areas around small lake or marshes and along the lower banks of streams.

Under the combine influences of cold semihumid climate, weakly soil microbial and chemical processes and intensively frost weathering, the soil

groups mentioned above generally display some genetic characteristics as follows:

1. Remaining at the infantile stage of pedogenesis: Both of the alpine meadow soil and alpine scrubby meadow soil are usually thin in soil layer and stony in texture and no adult distinct B horizon being observed. All of these indicate they are infantile.

2. Organic matter accumulated obviously in the epipedon and subsurface strata of the soil.

3. With different degree of eluviation: In alpine scrubby meadow soil carbonate has been almost thoroughly leached out of the profile but in alpine meadow soil and bog soil carbonate leached weakly even effervescence takes place from the surface or subsurface layers.

4. pH values (extracted by KCl solution) are nearly all over 7 that indicates most of soil being saturated with bases.

Among those three main soil groups the alpine meadow soil has the strongest plaggen process. Its root interweaving soddy epipedon (As) and mollic humic horizon (A<sub>1</sub>) are both high in organic matter content (6-12%) and CEC (above 20me%). Alpine scrubby meadow soil contains organic matter over 10% and its CEC ranges from 30-60me%.

Storage of three macroelements (N, P, K) in soil pool are abundant so that they are high in potential fertility. Because of a great part of nutrients existing in organic matter and the mineralization process being weak, the soil in many cases, has a low availability of nutrients, especially their available N and P are poor and can't satisfy plant growth, therefore input of available nitrogen and phosphorus to the soil could raise the primary production considerably. Since soil pool is the foundations of plant pool, whether plant pool is flourish or not, it inevitably depends upon the supply capacity of the soil pool.