

文章编号: 1007-0435(2006)01-0077-07

三种高寒草甸植被类型植物群落结构 及其土壤环境因子研究

杨时海¹, 李英年^{2*}, 蒲继延³, 马玉寿¹, 赵亮², 周华坤², 王长庭²

(1. 青海畜牧兽医科学院草原研究所, 青海西宁 810016; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001;
3. 青海大学农牧学院草业科学系, 青海西宁 810016)

摘要: 对海北定位站地区分布的金露梅灌丛草甸、矮嵩草草甸和沼泽化藏嵩草草甸3种高寒植被类型群落及土壤环境因子的观测结果表明: 3种植被类型地上年净生产量依次为矮嵩草草甸($339\ 594\ \text{g}/\text{m}^2$) > 沼泽化藏嵩草草甸($339\ 358\ \text{g}/\text{m}^2$) > 金露梅灌丛草甸($278\ 299\ \text{g}/\text{m}^2$); 光能利用率为矮嵩草草甸(0.099%) > 沼泽化藏嵩草草甸(0.091%) > 金露梅灌丛草甸(0.075%); 植被群落的种类组成为矮嵩草草甸(54种) > 金露梅灌丛草甸(47种) > 沼泽化藏嵩草草甸(24种)。观察矮嵩草草甸和金露梅灌丛草甸0~20 cm土壤温湿度表明, 矮嵩草草甸土壤温度 > 金露梅灌丛草甸, 土壤湿度则相反, 其中矮嵩草草甸土壤温度较高, 土壤湿度较低, 金露梅灌丛草甸则是高土壤湿度和低土壤温度, 而沼泽化藏嵩草草甸土壤湿度达饱和甚至超饱和状态, 土壤温度显得更低。

关键词: 植被类型; 地上年净生产量; 土壤温湿度; 光能利用率

中图分类号: S812 文献标识码: A

Investigation of the Plant Community and Soil Environmental Factors of Three Alpine Vegetation Types

YANG Shi-hai¹, LI Ying-niang^{2*}, PU Jiryan³, MA Yu-shou¹,
ZHAO Liang¹, ZHOU Hua-kun², WANG Chang-ting²

(1. Grassland Institute of Qinghai Academy of Animal and Veterinary Science, Xining, Qinghai Province 810016, China;

2. Northwest Institute of Plateau Biology, CAS, Xining, Qinghai Province 810001, China;

3. Grassland Department of Agriculture and Husbandry College of Qinghai University, Xining, Qinghai Province 810016, China)

Abstract: Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station with the Chinese Academy of Sciences conducted an investigation of the plant community and soil environment factors of a *Potentilla fruticosa* shrub meadow, a *Kobresia humilis* meadow and a swamp meadow. Results show that the annual above-ground biomass of the *K. humilis* meadow reached $339\ 594\ \text{g}/\text{m}^2$, that of the swamp meadow, $339\ 358\ \text{g}/\text{m}^2$, and of the *P. fruticosa* shrub meadow, $278\ 299\ \text{g}/\text{m}^2$. The rate of solar energy utilization of the *K. humilis* meadow was 0.099%, of the swamp meadow, 0.091%, and of the *P. fruticosa* shrub meadow, 0.075%. There were 54 species in the plant community of the *K. humilis* meadow, 47 species in the community of the *P. fruticosa* shrub meadow, and 24 species in the swamp meadow. The soil temperature within 0~20 cm depth of the *K. humilis* meadow was higher than that of the *P. fruticosa* shrub meadow at the same depth, but the soil humidity density of the two was the reverse. To sum up, the soil of *K. humilis* meadow boasted higher temperature and lower humidity than those of the *P. fruticosa* shrub meadow, while the soil of the swamp meadow had the highest humidity of saturation but the lowest temperature.

Key words: Vegetation types; Above-ground net biomass; Soil temperature and soil moisture; Rate of solar energy utilization

收稿日期: 2005-02-02; 修回日期: 2005-11-21

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01-01A); 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412501)

作者简介: 杨时海, (1981-), 男, 甘肃临洮人, 硕士研究生, 主要从事草地生态研究工作; * 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: ynli@nwpb.ac.cn

土壤温湿度作为土壤环境的重要指标,不仅影响土壤发生发展方向和发育速率,而且在植被分类、生物生产力形成和植物群落结构、种群稳定和演替,营养物质迁移等过程占据重要地位。受环境条件的限制,同一地区不同地形部位,植被蒸散,土壤水分的侧渗和下渗等物理过程错综复杂,因而表现出土壤温湿度时空分布差异较大时,植被类型分布发生相应变化。因此,国内学者对于植被类型的地理分布规律,以及植被类型不同下的土壤温湿度的研究工作较多^[1-2]。

高寒草甸是青藏高原隆升后,长期受高寒气候环境条件影响所形成的高原地带性植被类型^[3],多以寒冷湿中生多年生草本植物群落为主。中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)附近,因不同地形部位虽然大气环境基本处于相同属性,但土壤温湿度受地下水、植被形态、土壤性状等的综合影响,导致高寒草甸在不同地形部位植被类型差异很大,不仅如此,其生物生产力也有较大的区别。为此,王启基于1991年^[4]、1995年^[5,6]、1998年^[7]分别报道过矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸、金露梅灌丛(*Potentilla fruticosa*)草甸、小嵩草(*K. parva*)草甸、高山嵩草(*K. pygmaea*)草甸等不同植被类型植物地上和部分地下生物量的分布特征及其变化规律。周华坤^[8]于2002对金露梅灌丛草甸地下生物量形成规律给予了研究分析。但由于气候年景的不同,不同植被类型虽植被类型群落结构在短时间尺度上变化不大,但植被生物量变化差异明显,特别是随气候变暖的状况下,变化规律更为复杂。本文调查了海北站三种高寒植被类型即金露梅灌丛草甸、矮嵩草草甸、沼泽化藏嵩草(*K. tibetica*)草甸的植物群落及环境因子。这对深入探讨环境胁迫下的不同植被类型分布、环境特征以及生物生产力的变化研究提供了很大的便利,从而不仅能揭示高寒草甸各生态系统的结构、功能、生物生产力形成机制等生态过程,而且就如何对高寒草甸草甸的开发、利用、管理及可持续发展等方面具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

海北站地处青藏高原东北隅祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地的大通河谷西段(37°29′~37°45′N, 101°12′~101°23′E),海拔3200~3600 m。具明显的高原大陆性气候,季风微弱,气温极低,无明显四季之分,仅有冷暖二季之别,干湿季分明;年均气温-1.7℃,最暖的7月和最冷的1月平均气温9.8℃和-14.8℃;年降水量580 mm左右,主要集中于5—9月,占年的80%。相对无霜期约为20 d左右,在最热的7月仍可出现霜冻、结冰、降雪(雨夹雪)等冬季所能有的天气现象。表

现出冷季寒冷、干燥、漫长,暖季凉爽、湿润、短暂^[9,10]。

1.2 研究点基本情况及资料

研究对象选择在海北站地区分布较广的金露梅灌丛草甸、矮嵩草草甸和沼泽化藏嵩草草甸。2002年采用CpT-10、CL M A T I C 测温计和时域反射仪(TDR, CS615, CSD)对不同植被类型0~20 cm的土壤温度和湿度进行每30 min的连续观测^[11]。于2003年9月初随机设置面积为25 cm × 25 cm的样地,10个重复,分别调查了3种植被类型具有代表性地段的植物种类组成及其特征值(高度、盖度)。由于在高寒草甸中植株的无性繁殖比较强烈,所以只测定其群落的盖度而未测密度。在整个植物生长期,利用50 cm × 50 cm的样方,每月15日和30日前后测定不同植被类型的生物量。生物量测定取6~10个重复,齐地面用剪刀剪取地上植株,然后放在65℃烘箱中烘至干重在电子天平上称重,单位取g/m²。土壤环境因子(土壤温度、土壤湿度)的采用测温计(CpT-10, CL M A T I C)和时域反射仪(TDR, CS615, CSD)分别测定0~20 cm的平均值,数据记录的时间间隔为15 min,全年观测,笔记本电脑下载数据。

2 结果与分析

2.1 3种不同植被类型植物群落调查结果

2.1.1 金露梅灌丛草甸多分布在山地阴坡、半阴坡,土壤湿度较高的平缓滩地以及沿河边缘地带。本实验取在海北站附近夏秋放牧草场与冬春草场交错区域,离海北站东北方约7 km的“干柴滩”,37°36′N, 101°19′E,海拔约3258 m;金露梅灌丛草甸是高寒落叶灌木的典型代表,其群落外貌高低不等,一般由2层群落层组成,除上层金露梅灌丛组成木本植物群落外,下部生长有多种优良的牧草,构成了下层植物群落。在进行金露梅灌丛草甸的调查中,对其群落结构分上下层分别进行。

2.1.2 金露梅灌丛株高在30~40 cm之间,最高可达60 cm,其盖度为60%~70%。随着海拔的升高,气候变得愈加寒冷,植株逐渐变得低矮。其下的草本植物种类因生境和灌木层高度、盖度分布的影响,种类组成、盖度等差异较大。就调查地段来看,草本层中主要有47种植物组成(见表1),隶属15科37属,群落的总盖度为91%,草本叶层平均高约为8~16 cm。从表1看到,金露梅灌丛草甸中其草本层的主要优势种有异针茅(*Stipa aliena*)、藏异燕麦(*Helictotrichon tibeticum*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、次优势种有羊茅(*Festuca ovina*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)、线叶嵩草(*Kobresia capilli-folia*),伴生种有柔软紫菀(*Aster flaccidus*)、山地早熟禾(*Poa orinosa*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochro-*

cephala)、瑞苓草(*Saussurea nigrescens*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、尖叶龙胆(*Gentiana aristata*)、野青茅(*Deuxia arundinacea*)、花苜蓿(*Medicago ruthenica*)、摩苓草(*Morina chinensis*)等。

2.1.3 矮嵩草草甸多在平缓滩地和山地阳坡等地带出现,广布于青藏高原及其周围山地,约占青藏高原可利用草场的 25%。矮嵩草草甸的调查地点选择在海北站东南 1km 的北滩冬春放牧草场,37°36'4N,101°18'E,海拔高度为 3218m。实验区草地曾于 20 世纪 60 年代初被开垦,次后因不宜农作物生长而撩荒,随时间进程逐渐恢复为矮嵩草草甸(至目前还未完全恢复)。矮嵩草草甸类型植物群落外貌整齐、均匀,植被的总盖度

为 93%,主要有 54 种植物种类组成,隶属 19 科 40 属(表 1)。因该类草甸区受 60 年代的垦殖影响,土质较原生真草甸植被类型松软,杂草类植物种子易扎根生长,故植物群落的种类组成上杂草类比例比原生矮嵩草草甸(比如海北站综合实验地的矮嵩草草甸)大。

2.1.4 矮嵩草草甸草层高度为 10~20cm,除以矮嵩草为建群种外,从重要值分析结果来看(表 1),该群落的主要优势种为异针茅,次优势种有麻花苳(*Gentiana straminea*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)、紫羊茅(*Festuca rubra*),伴生种有瑞苓草(*Saussurea nigrescens*)、青海凤毛菊(*Saussurea kokonorensis*)、垂穗披碱草等。

表 1 3 种植物群落变化

Table 1 Investigation of plant community of the three vegetation types

物种名 Species	金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub				矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow				沼泽化藏嵩草草甸 Swamp meadow			
	RH (%) Relative height	RC (%) Relative coverage	RW (%) Relative weight	重要值 Important value	RH (%) Relative height	RC (%) Relative coverage	RW (%) Relative weight	重要值 Important value	RH (%) Relative height	RC (%) Relative coverage	RW (%) Relative weight	重要值 Important value
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	8.66	9.10	13.90	10.55	6.88	6.79	8.30	7.32	18.61	3.92	3.61	8.71
异针茅 <i>Sipha aliena</i>	10.56	10.79	26.44	15.93	7.84	13.60	28.59	16.68				
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	3.21	2.69	6.71	4.20	4.49	4.17	7.88	5.51	34.78	1.55	0.33	12.22
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	3.21	2.69	6.71	4.20	6.60	10.41	15.83	10.95				
洽草 <i>Koeleria cristata</i>	6.50	2.72	2.32	3.85	4.54	2.26	2.11	2.97	6.76	1.70	0.23	2.90
山地早熟禾 <i>Poa orinosa</i>	9.90	4.09	5.13	6.37	5.91	4.33	3.28	4.51	11.89	3.32	1.60	5.60
青藏苔草 <i>C. moorcrofti</i>	2.88	2.52	3.78	3.06	3.67	2.87	2.13	2.89	7.76	22.13	24.85	18.25
帕米尔苔草 <i>Carex Pamirensis</i>									62.36	63.21	53.46	59.68
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>					2.47	7.52	6.19	5.39	19.13	35.25	68.90	41.09
藏嵩草 <i>Kobresia tibetica</i>									21.88	47.83	58.83	42.85
美丽凤毛菊 <i>Saussurea superba</i>	2.27	3.59	1.05	2.30	2.35	2.08	6.76	3.73				
青海凤毛菊 <i>Saussurea kokonorensis</i>	3.78	4.18	2.48	3.48	4.65	7.12	11.69	7.82				
星状凤毛菊 <i>Saussurea stilla</i>									1.93	18.58	14.53	11.68
白花蒲公英 <i>Taraxacum leucanthum</i>	5.65	3.39	2.23	3.76	2.56	1.94	1.19	1.90				
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>					2.11	1.52	2.17	1.93				
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	3.12	9.91	6.45	6.49	3.90	6.45	4.54	4.96	2.12	6.04	0.53	2.90
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	1.25	7.05	7.94	5.41	0.83	2.48	1.46	1.59				
尖叶龙胆 <i>Gentiana aristata</i>	4.03	7.69	2.08	4.60	3.44	1.19	0.47	1.70				
线叶龙胆 <i>Gentiana farreri</i>					2.34	1.42	1.71	1.82				
鳞叶龙胆 <i>Gentiana spathulifolia</i>					2.51	1.02	0.50	1.34				
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	2.69	3.92	3.35	3.32	1.79	1.41	0.86	1.35				
青海黄芪 <i>Astragalus tanguticus</i>	3.07	1.97	1.49	2.18	2.97	1.17	0.79	1.64				
雪白萎陵菜 <i>Potentilla nivea</i>	2.07	4.66	3.80	3.51	1.82	1.42	0.28	1.17				
鹅绒萎陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	1.90	3.45	3.01	2.79	2.64	1.59	0.51	1.58				
二裂萎陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	2.16	1.41	0.48	1.35	2.35	1.11	0.71	1.39				
二柱头鹿草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	5.37	1.26	0.34	2.32	4.68	2.22	5.89	4.26	7.05	6.04	1.76	4.95
繁缕 <i>Stellaria media</i>	2.79	1.16	0.45	1.47	2.12	0.59	0.41	1.04	1.55	4.70	0.04	2.10
蓬子菜 <i>Galium verum</i>	5.78	2.06	1.35	3.06								
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	5.91	5.53	5.30	5.58								
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>					3.41	0.87	0.55	1.61	2.19	0.69	0.26	1.05
雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	6.95	3.30	0.34	3.53	2.71	1.29	0.79	1.60	1.13	1.21	0.07	0.80

续表 1

物种名 Species	金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub				矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow				沼泽化藏嵩草甸 Swamp meadow)			
	RH (%) Relative height	RC (%) Relative coverage	RW (%) Relative weight	重要值 Important value	RH (%) Relative height	RC (%) Relative coverage	RW (%) Relative weight	重要值 Important value	RH (%) Relative height	RC (%) Relative coverage	RW (%) Relative weight	重要值 Important value
三裂叶毛茛 <i>Halepistes tricuspis</i>					3.14	0.42	0.13	1.23				
长裂叶碱毛茛 <i>Halepistes ruthenica</i>	2.82	1.61	0.25	1.56	2.72	0.53	0.36	1.53				
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	1.62	1.60	0.61	1.28	2.34	5.13	1.51	2.99				
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>	2.40	1.06	0.46	1.31	4.52	11.88	21.09	12.50				
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	2.87	1.94	1.43	2.08	3.13	1.67	0.44	1.75				
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	3.31	1.94	1.19	2.15	1.91	0.86	0.40	1.06	0.99	8.05	0.46	3.17
斑唇马先蒿 <i>Pedicularis longiflora</i> var. <i>tubiflora</i>									9.17	21.63	26.91	19.24
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>	4.35	6.66	7.67	6.23	2.85	6.98	6.78	5.54				
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>					4.64	8.10	24.45	12.40				
花苜蓿 <i>Medicago ruthenica</i>	3.10	2.84	7.04	4.33	2.49	5.06	6.77	4.77				
喉毛花 <i>Comastoma pulmonarium</i>									19.04	0.50	0.08	6.54
乳白香青 <i>Anaphalis lacteal</i>	2.65	3.67	3.66	3.33	1.61	2.08	0.82	1.50				
直立唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	2.03	0.98	0.07	1.03	2.45	0.71	0.18	1.11				
摩荇草 <i>Morina chinensis</i>	6.74	3.56	1.94	4.08								
宽叶羌活 <i>Notopterygium forbesioides</i>	2.59	2.83	2.70	2.71	1.34	1.19	0.09	0.87				
线叶嵩草 <i>Kobresia capillifolia</i>	4.50	8.07	12.22	8.26								
藏异燕麦 <i>Helyctotrichon tibeticum</i>	15.84	6.41	20.03	14.09								
婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	1.81	0.76	0.31	0.96	1.95	0.44	0.13	0.84				
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	0.72	3.78	2.79	2.43	0.78	1.32	1.06	1.05				
紫花地丁 <i>Purplea yedoensis</i>	0.55	0.85	0.29	0.56	0.44	1.13	0.76	0.78	0.62	11.75	0.87	4.41
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	3.79	3.58	4.65	4.01					34.18	30.34	23.12	29.21
钝叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	1.85	3.43	1.46	2.45	2.19	3.45	1.90	2.51				
甘青老鹳草 <i>Geranium pylowianum</i>	4.40	2.58	1.86	2.95	2.14	0.80	0.08	1.01				
祁连獐芽菜 <i>Swertia przewalskii</i>									2.90	1.55	0.70	1.72
獐牙菜 <i>Swertia tetraptera</i>	5.99	2.30	2.12	3.47	5.70	2.47	1.16	3.11	19.04	6.04	0.47	8.52
小米草 <i>Euphrasia tatarica</i>	5.02	2.43	1.58	3.01	5.95	3.59	1.87	3.80				
瑞荇草 <i>Saussurea nigrescens</i>	4.10	7.61	5.22	5.64	3.28	10.17	14.81	9.42				
海乳草 <i>Glaux maritima</i>	1.92	0.14	1.58	1.21	1.84	0.80	0.13	0.92				
野青茅 <i>Deschampsia arundinacea</i>	9.48	2.19	1.75	4.47	4.58	1.56	1.37	2.50				
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>					6.40	5.24	2.03	4.56				
四叶律 <i>G. bungei</i> Steud.					0.74	0.07	0.01	0.27				
西藏忍冬 <i>Lonicera tibetica</i>					1.65	1.33	1.65	1.54				
三脉梅花草 <i>Parnassia trinervis</i>					2.30	2.37	0.64	1.77	9.03	0.70	0.33	3.35
鸢尾 <i>Iris potaninii</i>					4.58	1.11	1.29	2.33				
杉叶藻 <i>Hippuris vulgaris</i>									26.43	12.94	17.06	18.81

2.1.5 沼泽化藏嵩草甸主要分布在土壤通透性差的河畔、湖滨、盆地,以及坡麓潜水溢出和高山冰雪下缘等地带,是在过湿或多水的生境下形成的,以湿生植物为建群种的植被类型。青藏高原高寒沼泽化藏嵩草甸主要分布于川西若尔盖、藏北高原、青南高原的莫云滩、星宿海、黄河长江上游的发源地,以及北部祁连山大通河上游地区。海北站的此种植被类型主要分布在东南0.8 km的“乱海子”沼泽地,“乱海子”是一个山间凹地,地下水露头汇集于中央,上游2 km处为一面积约为3 km²的湖泊,年内有地表径流水的补给。其植物群落的组成比较单一,结构简单,总盖度高,可达95%左右。其中央地带植物群落更为单一、简单,有较高的高度,主要植物优势种与边缘地带不同,中央地带

以帕米尔苔草(*Carex Pamirensis*)为主要植物建群种,而边缘地带以藏嵩草为主要建群种。

2.1.6 群落调查样带是从中央开始到边缘地带结束,其总的趋势是中央地带植被高、种类组成少;边缘区植被高度低,物种比中央地带丰富。从中央到边缘的样地调查表明,主要有24种植物组成,隶属10科20属。草群高为10~50 cm。从重要值分析,群落的优势种为帕米尔苔草,次优势种有华扁穗草(*Blysmus sinocampresus*),藏嵩草,伴生种有为杉叶藻(*Hippuris vulgaris*)、斑唇马先蒿(*Pedicularis longiflora* var. *tubiflora*)、祁连獐芽菜(*Swertia przewalskii*)等。在边缘带还有大量的矮嵩草,且有增多的趋势,说明沼泽地植物群落正在发生演替^[12],向较为干燥的植被类型过渡。

2 2 三种植被类型的地上生物量及光能利用率

2 2 1 地上生物量是指地上绿色植物干重量。通过 2003 年植物生长期的 5 到 10 月地上生物量调查结果见图 1。

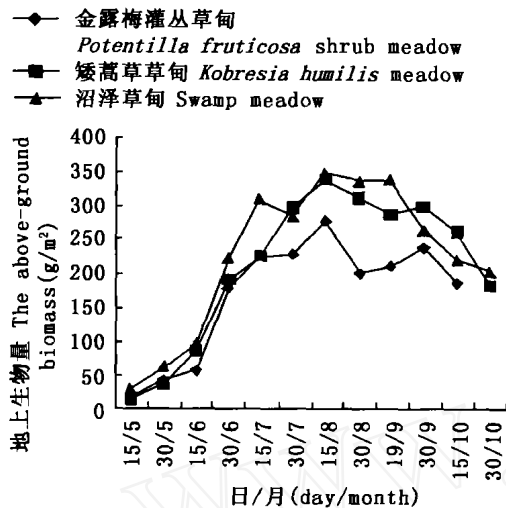


图 1 三种植被类型的地上生物量季节变化

Fig 1 Seasonal dynamics of the above-ground biomass of the three vegetation types

图 1 看到, 三种植被类型的地上生物量动态变化自牧草萌动发芽开始, 可分为萌动发芽、返青、强度生长、稳定、折损减少等 5 个阶段。4 月下旬当日平均气温稳定 0 开始, 牧草萌动发芽, 植物进入初期营养生长阶段, 地上生物量有所积累, 但环境条件因仍然处在较为恶劣的天气气候状态下, 地区常受冷空气南下影响, 加之受高海拔因素的影响, 日最低气温常在 - 0 以下, 甚至在 - 10 左右, 致使地上生物量积累缓慢, 也很低。这种天气维持到 5 月中旬, 日均气温稳定达到 3 时, 牧草才有开始进入返青阶段; 自 5 月下旬后期到 8 月中旬左右, 日均气温稳定 5 以上, 此时太阳高度角大, 太阳辐射在年内最为强烈, 平均气温达全年最高, 7 月平均为 9.8, 7 月下旬到 8 月上旬初可出现几天日均气温 10 的天气。6~ 8 月期间降水量也是最为丰沛时期, 3 个月合计可达 320 mm 左右, 占全

年总量的 55%, 此时叶面积最大, 蒸腾蒸散强烈, 光合有效辐射利用率最高。有利的水热条件, 促使植物生长旺盛, 干物质积累迅速。8 月底到 9 月初, 牧草成熟, 地上生物量达年内最高时期, 以后随气温开始降低, 降水逐渐减少, 土壤表层冻融交替出现, 受低温少降水的影响, 牧草开始逐渐达枯黄初期, 生物量不再积累, 并表现出 8 月底到 9 月初将相对稳定一段时间。从 9 月中下旬日均气温 5 结束, 随时间推移气温继续降低, 大多数牧草停止生长, 并逐渐枯萎。日均气温稳定达到 0 以下, 期间日最低气温 < - 10, 牧草完全停止生长, 土壤冻结, 植被完全枯黄, 进入冬季休眠状态。

2 2 2 从 3 种不同植被类型生物量的季节变化看到 (图 1), 其地上生物量累计最高值出现时间基本一致, 但进入枯黄时期具有一定的不一致。通过 2003 年植物生长期的观测并比较, 3 种植被类型年地上净生产量 (表 2) 表现出矮蒿草草甸与沼泽化藏蒿草草甸处于基本同一水平, 而在金露梅灌丛较低, 分别为 339.594 g/m², 339.358 g/m², 278.299 g/m²。

一般对光合产物中固定的物化能与光合作用可利用的太阳辐射能之比称为光能利用率。光能利用率的计算有多种形式。本文采用吸收太阳总辐射 E_g 来评价高寒草甸 3 种植被类型光能利用率状况, 其形式取如下:

$$\eta = q \cdot M / E_g$$

2 2 3 其中 η 为光能利用率; q 为植物的发热率 (热值含量), 对于高原, 植物生长在较为恶劣的生物环境, 其群落热值含量将高于湿润、温暖等环境条件适宜下的热值含量, 且在生长期季节变化明显。杨福国等^[13]、王启基等^[5, 14]曾报道高寒草甸地区植物群落地上部分生物量, 干物质去灰分热值含量平均为 19.37×10^3 J/g; M 为植物群落生物学产量 (g/m²), 按 2003 年 3 种植被地上年净生产量测定值来定; 对 3 种植被类型分别取植被萌动发芽开始时期到停止生长阶段所固定的太阳总辐射能 E_g (见表 2)。

表 2 三种植被类型植物年净生产量及光能利用率

Table 2 Annual above-ground net biomass and rate of solar energy utilization of the three vegetation types

植被类型 Vegetation type	金露梅灌丛草甸 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub meadow	矮蒿草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	沼泽化藏蒿草草甸 Swamp meadow
年地上净生产量 (g/m ² · a) A above-ground biomass	278.299	339.594	339.358
每克干物质灰分值 (MJ/g) Value of dry material ash per gram	0.0178	0.0194	0.0177
固定的太阳能数 (MJ/m ² · a) Value of solar energy accumulation	4.953	6.588	6.007
太阳总辐射量 (MJ/m ² · a) Gross radiation of solar	6637.02	6637.02	6637.02
光合作用效率 (%) Efficiency of photosynthesis effect	0.075	0.099	0.091

2 2 4 通过以上参量得出海北高寒草甸地区不同 3 种植物群落地上部分对太阳总辐射能的光能利用率。

植物生长期矮蒿草草甸、金露梅灌丛草甸、沼泽化藏蒿草草甸 3 种植被类型的光能利用率分别为 0

099%、0.075% 和 0.091%。表现出高寒草甸植物群落用于光合作用的光能辐射仅是所吸收的极小部分。而且矮嵩草草甸 > 沼泽化藏嵩草草甸 > 金露梅灌丛草甸。

2.3 不同植被类型的土壤温度和土壤湿度变化特征及与植被类型的对应

2.3.1 对 2003 年土壤温湿度环境因素的调查情况见图 2。这里需要说明的是：因条件限制未进行沼泽化藏嵩草草甸的土壤温湿度观测；另外，土壤湿度的观测系 0~20 cm 土层的平均状况，在冬季因土壤表层受气候环境影响，土壤表层形成了一定厚度的干土层，故冬季土壤湿度较低，失真性大，这里仅只能说明其动态的变化情况。

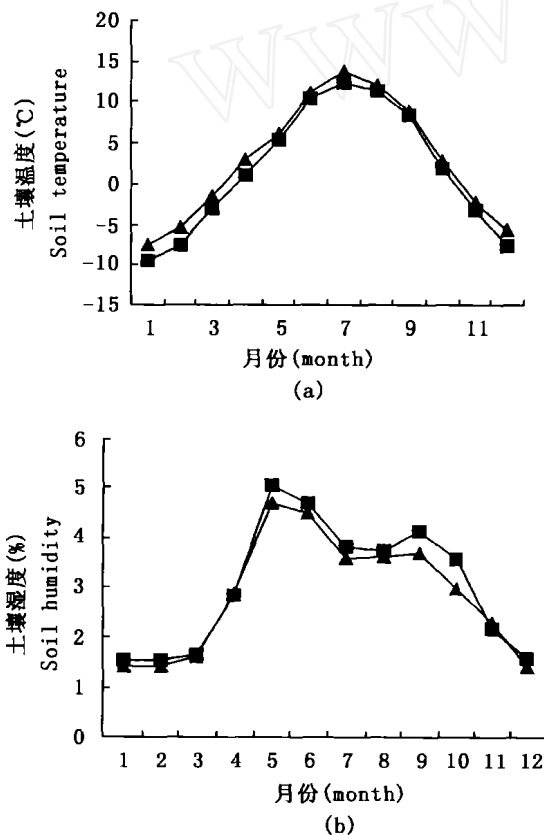


图2 二种植被类型土壤温度和湿度(0~20 cm)

Fig. 2 Comparison on soil temperature and humidity (0~20 cm) of two vegetation types

— — 矮嵩草草甸 *Kobresia humilis* meadow
 - - - 金露梅灌丛草甸 *Potentilla fruticosa* shrub meadow

2.3.2 图 2a 看到，在矮嵩草草甸、金露梅灌丛草甸 2 种不同植被类型区其土壤 0~20 cm 的平均温度状况有：矮嵩草草甸的土壤温度大于金露梅灌丛草甸，其年平均温度分别为 3.15 和 1.85，矮嵩草草甸区的土壤温度比金露梅灌丛草甸年平均高 1.30。在植物旺盛生长的 5~9 月矮嵩草草甸和金露梅灌丛草甸平均

温度分别为 10.63 和 9.78。表现出矮嵩草草甸区所对应的土壤温度较高，多分布在山地阳坡或平缓滩地；而金露梅灌丛草甸分布区土壤温度相对较低，故金露梅灌丛草甸多分布于山地阴坡及土壤湿度较高的滩地，其植被类型分布与温度的分布有一定的对应关系。

2.3.3 图 2b 中列出了矮嵩草草甸和金露梅灌丛草甸的 0~20 cm 土壤湿度的月变化情况。统计发现其年平均湿度分别为 28.59% 和 30.37%，冬季因降水少，对土壤水分的补给也很低，同时因测定条件限制，我们仅测定了土壤 0~20 cm 土层的水分，经冬季风吹等气候因素影响，地表形成一定的干土层，故 2 种植被类型土壤水分变化似乎一致，而且其数量也是等同的。但在植物生长期中，受地理环境等综合因素的影响，其土壤水分在 2 种植被类型区差异明显。如：在 5~9 月间，矮嵩草草甸和金露梅灌丛草甸，其土壤湿度平均分别为 40.35% 和 42.97%，明显表现出金露梅灌丛草甸的土壤湿度大于矮嵩草草甸。说明植被类型的不同分布不仅与所处区的土壤温度有明显对应关系，而且与土壤湿度，特别是植物生长期内的土壤湿度具有很好的对应关系，即矮嵩草草甸所对应的土壤环境是较高的土壤温度和相对较低的土壤湿度，而金露梅灌丛草甸所对应的土壤环境是较高的土壤湿度和相对较低的土壤温度。在沼泽化藏嵩草草甸因地表常年积水，土壤具有非常高的湿度，而且常处在饱和和超饱和状态，温度条件处在较低的水平^[15]。李英年^[16]于 1997 年 9 月-1998 年 12 月年观察沼泽 40~80 cm 土壤温度发现，在 40 cm 土层年平均温度 0.9，在植物生长期为 2.2。经与矮嵩草草甸和金露梅灌丛草甸比较，平均温度分别低 2.25 和 0.95。说明沼泽化藏嵩草草甸所对应的土壤环境有明显的高湿和低温环境。

2.3.4 土壤温度和湿度是植物生长的重要因素，土壤温度和湿度不仅影响土壤物理形态的变化，也影响着土壤微生物及植物的生命活动。因此土壤温度与湿度的变化对植被生物生产力有着积极的影响作用。在矮嵩草草甸区因植被高度相对金露梅灌丛草甸低矮，加之均为草本植物，当受到太阳辐射的作用后土壤温度上升迅速，其植物的早期萌动发芽开始较早，另外受冬春季土壤冻结影响，在土壤融冻期有较高的土壤含水量，这样在植物萌动发芽期间，就是有冷空气活动导致环境温度较低时，也可进入正常的营养生长阶段，就是在整个植物生长期中，矮嵩草草甸地区均有较高的温度条件(图 2a)，致使该地区植物年净生产量较高。金露梅灌丛草甸区一般分布在山地阴坡或土壤较湿的滩地，在这些地区温度条件较矮嵩草草甸地区差，其植物的初期营养生长阶段较矮嵩草草甸区来得迟，植物生长停止也来得早，物候期缩短，从而对生物生产力的提

高有一定的不利影响, 终久导致金露梅灌丛草甸的净生产量较矮嵩草草甸地区低。由图2看到, 矮嵩草草甸和金露梅灌丛草甸土壤湿度的变化及水分含量基本一致, 但温度条件差异明显。从而可认为, 在距离相近但植被类型不同时, 因温度条件的差异, 将导致植物生物生产力有很大的不同, 即温度条件在高寒草甸地区是植物生产力形成的主要影响因素。

3 讨论与结论

3.1 金露梅灌丛草甸植被类型的土壤温度低, 湿度高的环境条件; 矮嵩草草甸植被类型区的土壤温度较高和湿度较低; 而沼泽化藏嵩草草甸因土壤湿度处于饱和状态, 土壤温度更低, 多以湿生植物种类建群种的植被类型。

3.2 在3种植被类型中, 矮嵩草草甸的光能利用率最高(0.099%), 金露梅灌丛草甸最低(0.075%), 沼泽化藏嵩草草甸居中(0.091%), 从而认为矮嵩草草甸它具有营养价值高, 草质柔软, 是良好的放牧草场。在草地畜牧业发展中占据重要的作用。

3.3 3种植被类型中年地上生物量依次是矮嵩草草甸 > 沼泽化藏嵩草草甸 > 金露梅灌丛草甸, 分别为 339.594、339.358 和 278.299 g/m²。

3.4 3种植被类型的种类组成是矮嵩草草甸(54种) > 金露梅灌丛草甸(47种) > 沼泽化藏嵩草草甸(24种)。

参考文献

[1] 杨梅学, 姚檀栋, 王绍令, 等. 藏北高原土壤的温湿特征[J]. 地理科学, 1999, 18(3): 312-317

- [2] 仇化民, 邓振镛, 方德彪. 甘肃省东部旱作区土壤水分变化规律的研究[J]. 高原气象, 1996, 15(3): 334-34
- [3] 周兴民, 李健华. 海北高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布规律[A]. 高寒草甸生态系统[C]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1982. 9-18
- [4] 王启基, 周兴民. 高寒矮嵩草草甸禾草种群的生长发育节律及环境适应性[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(2): 168-176
- [5] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 青藏高原金露梅灌丛的结构特征及其生物量[J]. 西北植物学报, 1991, 11(4): 333-340
- [6] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 高寒小嵩草草原化草甸植物群落结构特征及其生物量[J]. 植物生态学报, 1995, 19(3): 225-235
- [7] 王启基, 王文颖, 邓自发. 青海海北地区高山嵩草草甸植物群落生物量动态及能量分配[J]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 222-230
- [8] 周华坤, 周立, 赵新全, 等. 金露梅灌丛地下生物量形成规律的研究[J]. 草业学报, 2002, 11(2): 59-65
- [9] 赵亮, 古松, 杜明远, 等. 海北高寒草甸辐射能量的收支及植物生物量季节变化[J]. 草地学报, 2004, 12(1): 66-69
- [10] 李英年, 赵新全, 曹广民, 等. 海北高寒草甸生态系统定位站气候、植被生产力背景的分析[J]. 高原气象, 2004, 22(4): 558-567
- [11] 李英年, 王勤学, 古松, 等. 高寒植被类型及其植物生产力的监测[J]. 地理学报, 2004, 59(1): 40-48
- [12] 李英年, 赵新全, 赵亮, 等. 祁连山海北高寒湿地气候变化及植被演替分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(3): 243-249
- [13] 杨福国, 陆国泉, 史顺海. 高寒矮嵩草草甸结构特征及其生物量[A]. 高原生物学集刊第4集[C]. 北京: 科学出版社, 1985. 4(4): 49-56
- [14] 王启基, 周兴民, 沈振西, 等. 高寒藏嵩草沼泽化草甸植物群落结构及其利用[A]. 高寒草甸生态系统第4集[C]. 北京: 科学出版社, 1995
- [15] 李英年, 鲍新奎, 曹广民. 青藏高原正常有机土与草毡寒冻锥形土地温观测的比较研究[J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 145-152
- [16] 李英年, 鲍新奎, 曹广民. 祁连山海北高寒湿地40-80cm土壤温度状况观测分析[J]. 冰川冻土, 2000, 22(2): 153-158

(责任编辑 孙彦)