

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2013-0152

天山北坡草地生物量分布特征及影响因子

王德旺¹, 盛建东¹, 刘耘华¹, 查向浩^{1,2}, 门学慧¹

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 喀什师范学院, 新疆 喀什 844006)

摘要:以天山北坡草地为研究对象,通过调查采样对不同类型草地的生物量水平进行估算,揭示其空间分布特征以及生物量在地上与地下的分配规律,并对生物量与环境因子间的关系做了探究。结果表明,研究区各类型草地总生物量由大到小依次为温性山地草甸、温性草甸草原、高寒草甸、低地盐化草甸、温性草原、温性荒漠草原、温性草原化荒漠、温性荒漠;同一类型草地,地上和地下生物量空间变异程度不同;不同类型草地,低地盐化草甸的地上生物量与其他草地差异显著($P < 0.05$),温性山地草甸与温性荒漠的地下生物量和总生物量差异均显著($P < 0.05$);各类草地根冠比为 3.2~20.0;草地地上生物量与年降水量和人类利用程度具有显著相关性,地下生物量则与年降水量、年均温、地形具有极显著相关性($P < 0.01$)。

关键词:天山北坡;草地生物量;分布特征;根冠比;影响因子

中图分类号:S812;Q945.79

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2014)01-0125-07^{*1}

Analysis of grassland biomass characteristics and its impact factors in north slope of Tianshan

WANG De-wang¹, SHENG Jian-dong¹, LIU Yun-hua¹, ZHA Xiang-hao^{1,2}, MEN Xue-hui¹

(1. College of Pratacultural and Environment Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Kashgar Normal College, Kashgar 844006, China)

Abstract: The distribution of grassland biomass and impact factors in north slope of Tianshan were analyzed in this study. The biomass of different types of grassland was estimated to reveal the spatial distribution of aboveground and underground biomass and the relationship between biomass and environmental factors. The results showed that grassland biomass decreased in the order of temperate mountain meadow > temperate meadow steppe > alpine meadow > low saline meadow > temperate steppe > temperate desert steppe > temperate steppe desert > temperate desert. There was no significant variation for spatial distribution of aboveground and underground biomass within the same grassland. The aboveground biomass of lowland saline meadow was significantly higher ($P < 0.05$) than that in other types of grassland. For underground biomass and total biomass, there was significant difference between temperate mountain meadow and other types of grassland ($P < 0.05$). The root-shoot ratios of each type of grassland were mainly between 3.2 and 20.0. The aboveground biomass was correlated with annual precipitation and the extent of human using, however, the underground biomass correlated with annual precipitation, annual average temperature and landform.

Key words: the north slope of Tianshan Mountains; grassland biomass; distribution; root-shoot ratio; impact factor

Corresponding author: SHENG Jian-dong E-mail: sjd_2004@126.com

* 收稿日期: 2013-03-27 接受日期: 2013-06-25

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题(XDA05050400)”

第一作者: 王德旺(1986-), 男, 河北枣强人, 在读硕士生, 研究方向为土壤生态学。E-mail: wang_dewang@sina.com

通信作者: 盛建东(1970-), 男, 甘肃秦安人, 教授, 博导, 博士, 研究方向为土壤质量空间变异和养分资源高效利用。

E-mail: sjd_2004@126.com

草地生态系统是陆地生态系统中最重要、分布最广的生态系统类型之一,全球草地面积约占地球陆地面积的 20%,对于全球碳循环和气候调节起重要的作用^[1]。生物量是草地生态系统最基本的数量特征,是认识生态系统结构和功能的基础^[2],其与环境因子的关系是草地生态研究的热点问题和重要内容之一^[3]。阐明草地生物量与环境因子的关系对于评估其 CO₂ 源汇功能、预测草地生态系统与全球变化的动态关系以及草地资源的管理和合理利用具有重要意义^[4-5]。鉴于此,围绕草地生物量及其与环境因子的关系,国内外学者近年来开展了广泛的研究^[6-8]。相关研究表明,影响草地生物量的主要影响因素,包括自然因素(海拔、地形、土壤、植被等)与人为因素(放牧等)^[9]。

天山北坡大部与气流方向吻合,处于迎风坡,受夏季盛行西风携带的大西洋水汽与冬季西北季风携带北冰洋水汽的交互影响,形成地形雨,是干旱区中的湿岛。山地草地垂直带发育较完整,从低到高呈现荒漠—草原化荒漠—荒漠草原—典型草原—草甸草原—山地草甸—高寒草甸的垂直地带性分布,区域的局部还发育有高寒草原和低地盐化草甸;自西向东大致呈温性荒漠—温性草原化荒漠—温性荒漠草原的水平地带性分布^[10]。天山北坡的不同类型草地在调节气候、涵养水源、保持水土和畜牧养殖等方面发挥着巨大的生态作用。本研究以天山北坡各

草地野外调查采样数据为基础,分析海拔、地形等因素对该区域草地生物量状况的影响。

1 研究区概况

天山北坡是指由横贯新疆中部的天山山脉发育的河流向北流经的区域^[11]。它位于 79°53′—96°06′ E,42°50′—46°12′ N,是一条狭长区域,东西绵延 1 300 km 以上,宽度在 30~300 km,海拔高度在 200~4 500 m。由于位于亚欧大陆腹地,远离海洋,属于典型的大陆性气候,其特点是冬季寒冷漫长,夏季炎热,气温年、日较差大,春秋季节气温变化剧烈,降水量和热量区域分布不均,年均降水量在 10~650 mm,年均温在 -6.5~11℃。研究区自东向西具体分布着伊吾、巴里坤、木垒、奇台、吉木萨尔、阜康市、乌鲁木齐市、五家渠市、昌吉市、呼图壁、玛纳斯、石河子市、沙湾、奎屯、克拉玛依、乌苏、精河、博乐、温泉 19 个县(市)级行政单元(图 1)。

2 研究方法

2.1 生物量调查

以草地型(草地型指主要层片的优势种或共优种相同、生境条件相似、利用方式一致的草地)为基本单元,在天山北坡共设置了 124 个样地,共有 8 种草地类型,包含 27 个草地型。采样于 2011 年和 2012 年两年的 7 月中旬至 8 月下旬植物生长的高峰

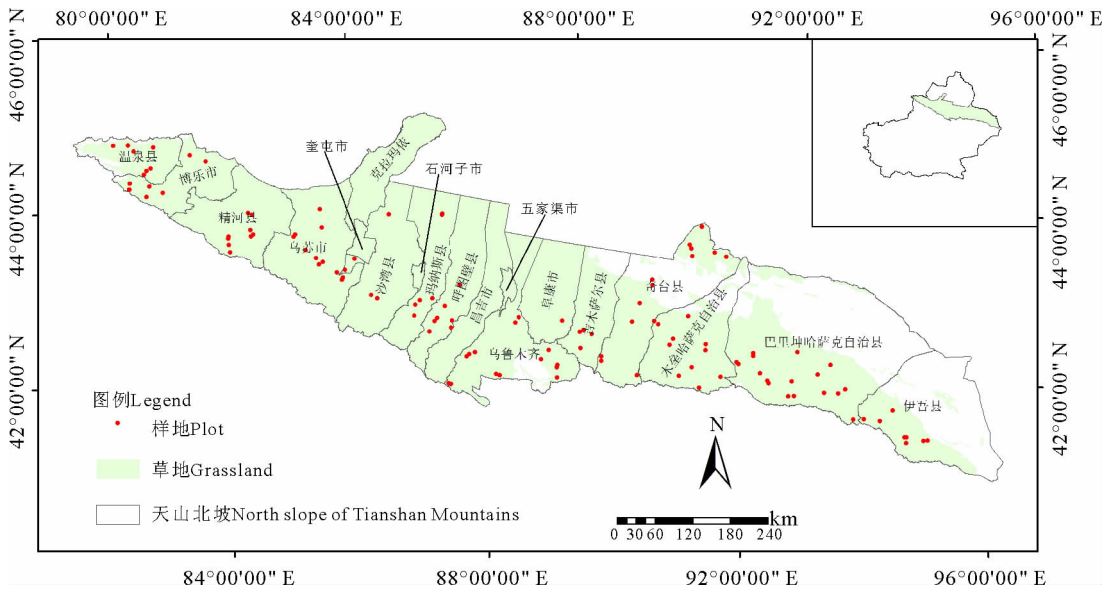


图 1 天山北坡样地分布图

Fig. 1 Distribution map of samples in north slope of Tianshan Mountains

峰期进行,在每个样地选择 100 m×100 m 区域,在其对角线上设置一条 100 m 样线,沿样线设 10 个 1 m×1 m 草本样方(草甸草地因植被茂密,样方大小调整为 50 cm×50 cm)。其中,奇数样方为草本不分种样方,偶数样方为草本分种样方。如果有灌木,则以偶数草本分种样方的一角为起点布置,大小为 5 m×5 m。同时调查记录草本和灌木样方内出现物种的高度、盖度、株数及样地经纬度、海拔、坡度、坡向、人类利用强度(指草原上刈割和家畜放牧对草原植被的破坏程度)等信息。

将草本不分种样方内所有植物的绿色部分用剪刀齐地面剪下,并按样方分别装进信封袋,65℃烘干后称干质量。将灌木样方内的所有植物按物种将其绿色部分用剪刀齐地剪下后,按样方编号和物种分类分别装进信封袋。带回实验室后将每株灌木按新枝、老枝和叶片分为 3 部分,分别装入信封袋,65℃烘干后称干质量。当样方内某一物种数量较多时,可以将该物种按株(丛)直径分为小(<0.5 m)、中(0.5~1 m)、大(>1 m)3 种。小株(丛)取 10 株,地面以上部分全取;中株(丛)取 5 株,可以按照株(丛)冠幅取全株的 1/2,取样部分烘干按照比例折算出全株(丛)干质量;大株(丛)取 3 株,可以按照株(丛)冠幅取全株的 1/4。样方内每种灌木的大、中、小株(丛)数量分别低于 3、5、10 株(丛)的,取样时以实际数量为准。将草本不分种样方和灌木样方内立枯物和当年的凋落物捡起,去掉附着的细土粒,按样方分别装入信封内,65℃烘干后称干质量。

不分种的草本样方取样之后,按 0—5、5—10、10—20、20—30、30—50、50—70、70—100 cm 分层,用打钻法(根钻直径为 7 cm,每层取 3 至 5 钻混合样)或切块法(土壤含砾石较多,打钻取样难度大时使用)采集地下生物,若土层较薄取至岩石裸露即可;采集的样品装入尼龙网袋(孔径 0.3 mm),经漂洗干净后,装入信封,在 65℃烘干后称干质量。

2.2 数据分析

将样地 10 个草本样方和 5 个灌木样方的地上生物量干质量分别求均值,并换算为单位面积值(1 m²),得到样地地上生物量;将各样方根系干质量换算为单位面积值(1 m²),再计算样方均值,得到样地地下生物量。

以上计算在 Excel 里完成,数据的统计分析采用 SPSS 19.0 软件进行,以 1:100 万新疆草地类型

图和行政区划图^[12]为基础图件,在 ARCGIS 9.3 中完成研究区确定和样地布设;并从 1961—2010 年新疆地区气温和降水量的栅格图层提取天山北坡及样地的气温、降水数据。研究中将 124 个样地中利用程度大及受风蚀和水蚀影响很大的部分样地排除在统计之外,实际采用 119 个样地的数据。

3 结果与分析

3.1 天山北坡各类型草地生物量

研究区草地地上、地下生物量及总生物量在不同类型草地间(以地带性和气候特征的相似度为草地类型划分的依据)差异不同(表 1)。总生物量的大小顺序为温性山地草甸>温性草甸草原>高寒草甸>低地盐化草甸>温性草原>温性荒漠草原>温性草原化荒漠>温性荒漠。最大地上生物量以低地盐化草甸与其它类型差异显著($P<0.05$),其它类型草地间差异不显著($P>0.05$);温性山地草甸的地下生物量和总生物量明显高于其它草地类型,其它类型草地间差异不显著($P>0.05$)。

另外,从变异系数^[13]来看,同一类型草地地上、地下生物量与总生物量空间变异较大。温性荒漠草原的地上生物量变异系数为 109.2%,空间变异性强,其它类型草地地上生物量变异系数在 16.9%~84.9%,空间变异处于中等水平;温性荒漠地下生物量和总生物量变异系数分别为 179.1%和 150.7%,空间变异性强,其它类型草地地下生物量和总生物量空间变异均处于中等水平。朴世龙等^[14]基于归一化植被指数(NDVI)对中国草地植被生物量分布的研究表明,气候、土壤和草地类型的分布决定了草地生物量的空间异质性。天山北坡深居内陆,受大陆性气候的作用强烈,同时高大地形的阻挡容易在该区域产生地形雨;区域间降水条件、气温和地形等因素复杂多样,共同制约着草地生物量的空间分布。

3.2 地上生物量与地下生物量分配

根冠比即植物地下部分和地上部分生物量的比值,是植物体光合作用产物分配的重要体现。研究区不同草地类型的根冠比存在差异,属于非正态分布(图 2),所以中值比平均值更适合表示天山北坡草地生物量在天上、地下的分配关系^[15];不同草地类型的根冠比主要集中在 3.2~20.0(图 3),占调查样地的 61%,调查样地 39%的根冠比在 3.2 以下或 20.0 以上。不同类型草地根冠比大小顺序为温

表 1 天山北坡草地生物量

Table 1 Grassland biomass in north slope of Tianshan Mountains

草地类型 Grassland type	样本数 Sample size	地上生物量		地下生物量		总生物量	
		Aboveground biomass		Underground biomass		Total biomass	
		Mean/g · m ⁻²	CV/%	Mean/g · m ⁻²	CV/%	Mean/g · m ⁻²	CV/%
温性山地草甸 Temperate mountain meadow	12	158.3±134.4b	84.9	2 573.8±1 742.4a	67.7	2 696.7±1 791.8a	66.4
温性草甸草原 Temperate meadow steppe	9	91.2±36.1b	39.6	1 885.4±1 022.1ab	54.2	1 973.8±999.2ab	50.6
高寒草甸 Alpine meadow	5	142.8±61.8b	43.3	1 784.2±1 392.5ab	78.0	1 917.8±1 418.1ab	73.9
低地盐化草甸 Lowland saline meadow	2	363.4±61.6a	16.9	1 175.4±729.5ab	62.1	1 538.8±791.1ab	51.4
温性草原 Temperate steppe	11	90.5±72.6b	80.2	1 397.8±820.8ab	58.7	1 485.8±838.1ab	56.4
温性荒漠草原 Temperate desert steppe	33	122.5±133.8b	109.2	1 148.9±829.3ab	72.2	1 269.3±870.4ab	68.6
温性草原化荒漠 Temperate steppe desert	8	75.1±49.4b	65.8	861.0±714.3ab	83.0	936.1±720.9ab	77.0
温性荒漠 Temperate desert	39	131.8±81.1b	61.5	651.7±1 167.0b	179.1	786.9±1 186.2b	150.7

注:同列不同小写字母表示不同草地类型间差异显著($P<0.05$)。Mean,均值。

Note:Different lower case letters within the same column indicate significant difference among different grassland type at 0.05 level.

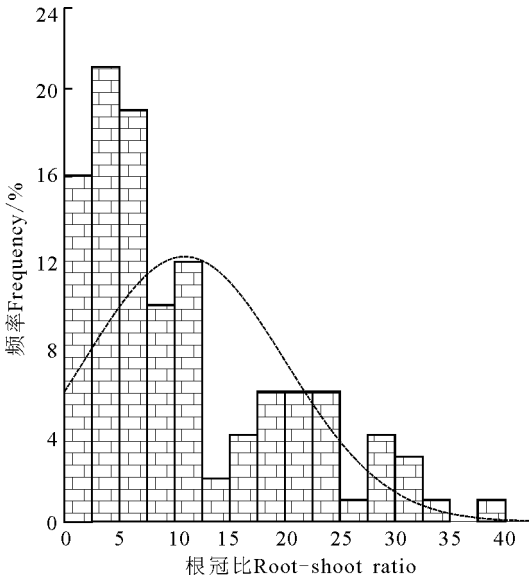


图 2 不同类型草地根冠比的频率分布

Fig. 2 Frequency distribution of root-shoot ratios in different types of grassland

性山地草甸>温性草原>温性草甸草原>温性荒漠草原>高寒草甸>温性草原化荒漠>温性荒漠>低

地盐化草甸。温性山地草甸、温性草原、温性草甸草原根冠比相对比较大,分别为 19.5、16.4 和 15.2;温性荒漠草原、温性草原化荒漠根冠比中等,分别是 10.6 和 5.6;低地盐化草甸和温性荒漠根冠比最小,分别是 3.2 和 3.5。

3.3 草地生物量的影响因子

3.3.1 地上生物量空间分异影响因子 本试验数据分析显示,草地地上生物量随年降水量增加而逐渐增加,随人类利用程度的增大而逐渐减少(图 4)。地上生物量与年降水量极显著正相关($P<0.01$),与人类利用强度显著负相关($P<0.05$),而与地形(其中平原和盆地地势平坦,环境条件有相似性,因此分为一类研究)和年均温无显著相关性($P>0.05$)。

3.3.2 地下生物量空间分异影响因子 草地地下生物量随降水量增加而极显著增加,随温度升高而极显著减少(图 5)。不同坡向,草地生物量也有变化,由阴坡→半阳坡→半阴坡→阳坡→平原变化,其有逐渐减小的趋势,对应的地下生物量样地平均值

分别为 1 737. 7、1 400. 2、1 315. 5、1 289. 9 和 791. 82 g · m⁻²。地下生物量与年降水量、年均温和坡向均存在极显著相关性($P<0. 01$),而与人类利用强度相关性小($P>0. 05$)。

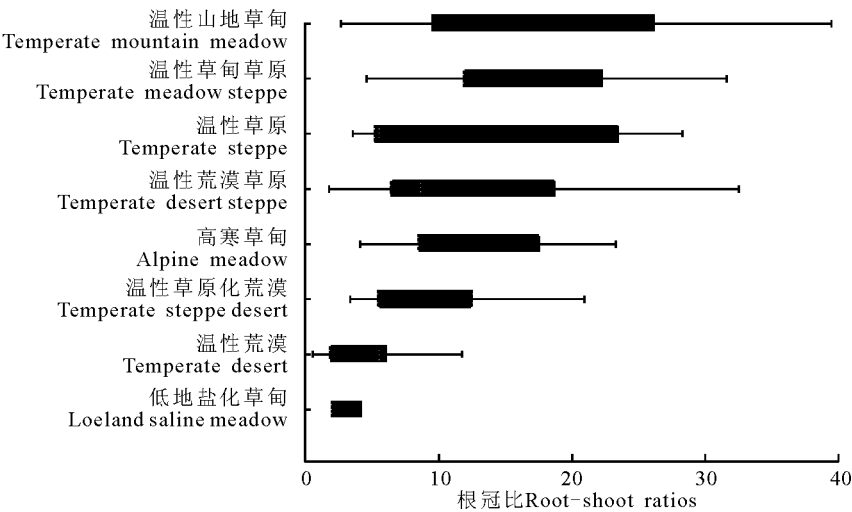


图 3 不同类型草地的根冠比
Fig. 3 Root-shoot ratios in different types of grassland

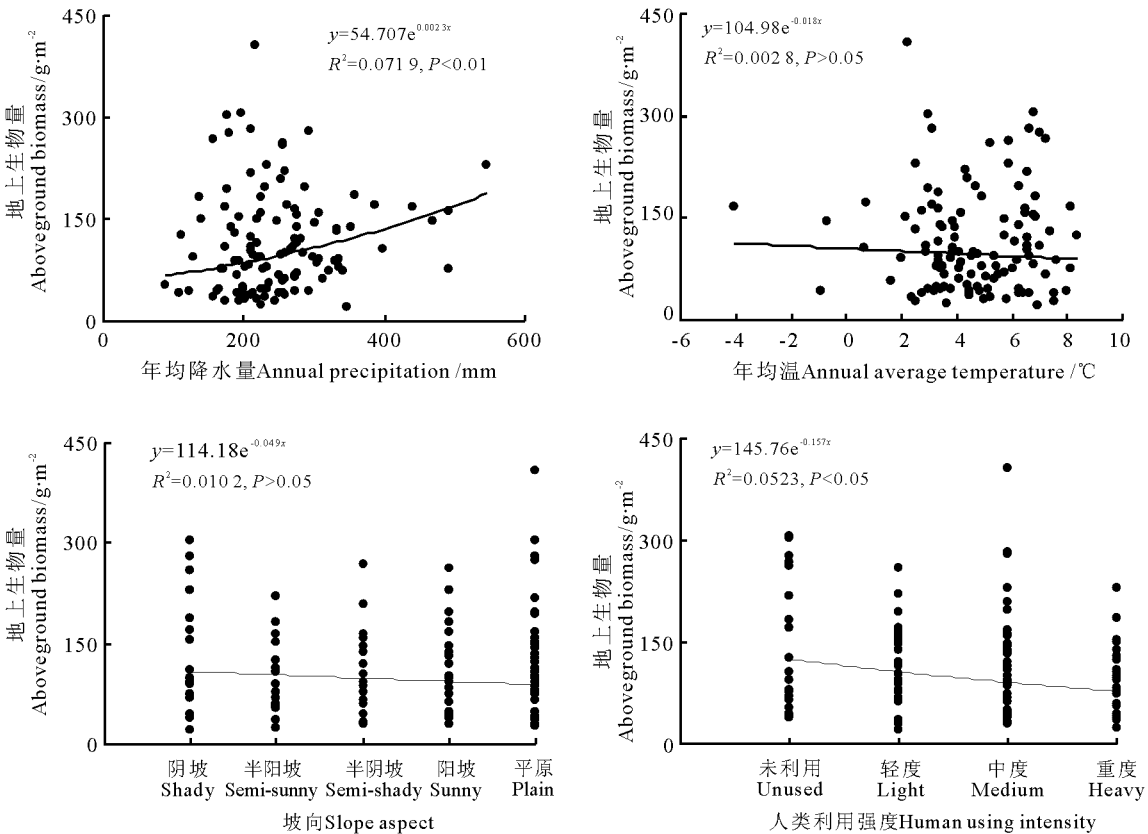


图 4 地上生物量与环境因子关系
Fig. 4 Relationship between aboveground biomass and environment factors

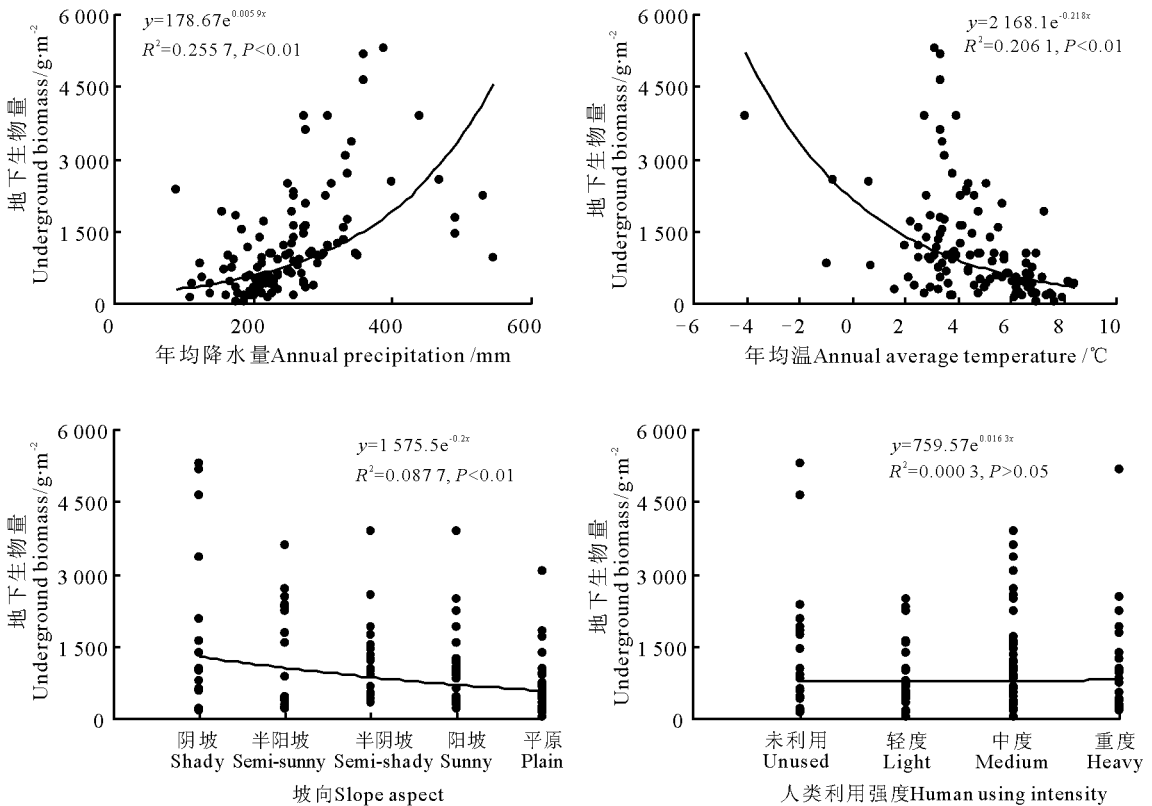


图5 地下生物量与环境因子关系

Fig. 5 Relationship between underground biomass and environment factors

4 讨论与结论

4.1 草地生物量的分布特征

天山北坡各类型草地总生物量由大到小依次为温性山地草甸 ($2696.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、温性草甸草原 ($1973.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、高寒草甸 ($1917.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、低地盐化草甸 ($1538.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、温性草原 ($1485.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、温性荒漠草原 ($1269.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、温性草原化荒漠 ($936.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)、温性荒漠 ($786.9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)，呈现出草甸类 > 草原类 > 荒漠类的变化趋势；其中，低地盐化草甸地上生物量显著高于其它类型草地 ($P < 0.05$)；温性山地草甸与温性荒漠的地下生物量及总生物量均差异显著 ($P < 0.05$)。草地生物量状况及其空间差异可能与天山北坡垂直带的水热分布和土壤条件等有关，高山地区草甸分布广泛，海拔较高，受大陆气候影响小，降水量大，同时草甸类草地受外界环境影响小，植被的凋落物容易进入土壤转化为有机质，能促进植物生长，因而植被生物量较大；准噶尔盆地的腹地多分布着温性荒漠、草原化荒漠与荒漠草原，该区域海拔低受大陆气候影响强烈，降水量小，同时易受放牧、刈割等人类活

动影响，植被生长受抑制，导致植被生物量很小。

同一类型草地的地上、地下生物量及总生物量在空间变异方面没有一致性。温性荒漠草原的地上生物量空间变异最大，温性荒漠的地下生物量和总生物量空间变异最大，表明不同草地类型的地上、地下生物量受环境因子的作用程度有区别。地下生物量不同于地上生物量，它处于土壤载体中，受人类放牧等活动影响较小，是维持植物生命活动的基础。而锡林图雅等^[16]在内蒙古草原的放牧试验表明，放牧对地下生物量的影响主要发生在土壤表层 0—30 cm，由于本研究对天山北坡的研究主要是基于空间范围的研究，未发现人类利用强度对地下生物量的影响。

4.2 草地生物量在地上与地下的分配

研究区各类型草地根冠比大小顺序为温性山地草甸 > 温性草原 > 温性草甸草原 > 温性荒漠草原 > 高寒草甸 > 温性草原化荒漠 > 温性荒漠 > 低地盐化草甸，主要集中在 3.2~20.0。不同草地类型根冠比的差异与所处地带水热状况、土壤质地和养分条件、地形以及人类活动强度等有关。内蒙古温带草

原的放牧试验研究表明,地上与地下生物量随放牧率的增大都有减小的趋势,并且地下生物量与地上净初级生产力的比例随放牧率的增大而减小,而地下地上生物量比例随放牧率增大而增大^[16-17]。可见,放牧率会改变草地生物量在地上和地下的分配。

4.3 草地生物量与环境因子的关系

草地地上生物量与年降水量极显著相关,与人类利用强度显著相关,与年均温和地形条件相关性不显著。马文红等^[18]对内蒙古温带草地生物量的研究表明,年降水量可以解释内蒙古温带草原地上生物量 43.2%~56.6%的空间变异,本研究中年降水量对草地地上生物量解释率仅为 7.2%。

草地地下生物量与年降水量、年均温和地形条件极显著相关,与人类利用强度相关性不显著。地形对生物量会产生影响的原因在于天山北坡大部处于迎风坡,降水多来自地形雨,阴坡比阳坡降水条件好,能够促进植物根系的生长发育;半阳坡、半阴坡降水条件适中;而平原或盆地降水条件差,不利于植被生长。地形条件会通过改变降水量的二次分配间接作用于植物生长,导致地下生物量的空间变异。

综上所述,降水量是研究区草地生物量空间变异最重要的影响因子,另外草地生物量还可能受其它因素影响,如土壤质地、pH 和养分等。

参考文献

- [1] Scurlock J M O, Hall D O. The global carbon sink: A grassland perspective[J]. *Global Change Biology*, 1998, 4: 229-233.
- [2] 李士美, 谢高地, 张彩霞. 典型草地地上现存生物量资产动态[J]. *草业学报*, 2009, 18(4): 1-8.
- [3] 陈生云, 赵林, 秦大河, 岳广阳, 任贾文, 李元寿, 赵拥华. 青藏高原多年冻土区高寒草地生物量与环境因子关系的初步分析[J]. *冰川冻土*, 2010, 32(2): 405-413.
- [4] Jobbágy E G, Sala O E. Controls of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(2): 541-549.
- [5] Garnett M H, Ineson P, Stevenson A C, Howard D C. Terrestrial organic carbon storage in a British moorland[J]. *Global Change Biology*, 2001, 7(4): 375-388.
- [6] 普宗朝, 张山清. 气候变化对新疆天山山区自然植被净第一性生产力的影响[J]. *草业科学*, 2009, 26(2): 11-18.
- [7] Fan J W, Wang K, Harris W, Zhong H P, Hu Z M, Han B, Zhang W Y, Wang J B. Allocation of vegetation biomass across a climate-related gradient in the grasslands of Inner Mongolia[J]. *Journal of Arid Environments*, 2009, 73: 521-528.
- [8] Yang Y H, Fang J Y, Ma W H, Guo D L, Mohammad A. Large-scale pattern of biomass partitioning across China's grasslands[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, 19(2): 268-277.
- [9] 方精云, 杨元合, 马文红, 安尼瓦尔·买买提, 沈海花. 中国草地生态系统碳库及其变化[J]. *中国科学 C 辑: 生命科学*, 2010, 40(7): 566-576.
- [10] 中国科学院新疆地理研究所. 新疆综合自然区划概要[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1-91.
- [11] 新疆维吾尔自治区畜牧厅. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993: 10-31.
- [12] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中国植被图集[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [13] 卢响军, 武红旗, 张丽, 盛建东, 李美婷. 不同开垦年限土壤剖面盐分变化[J]. *水土保持学报*, 2011, 25(6): 229-232.
- [14] 朴世龙, 方精云, 贺金生, 肖玉. 中国草地植被生物量及其空间分布格局[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(4): 491-498.
- [15] Mokany K, Raison R J, Prokushkin A S. Critical analysis of root: Shoot ratios in territorial biomass[J]. *Global Change Biology*, 2006, 12(1): 84-96.
- [16] 锡林图雅, 徐柱, 郑阳. 不同放牧率对内蒙古克氏针茅草原地下生物量及地上净初级生产力的影响[J]. *中国草地学报*, 2009, 31(3): 26-29.
- [17] 王艳芬, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原地下生物量的影响[J]. *草地学报*, 1999, 7(3): 198-203.
- [18] 马文红, 杨元合, 贺金生, 曾辉, 方精云. 内蒙古温带草地生物量及其与环境因子的关系[J]. *中国科学 C 辑: 生命科学*, 2008, 38(1): 84-92.