

河西走廊中段荒漠草地地上生物量 分布特征及其与环境因子的关系

车卓^{1,2}, 石菁², 徐德亮³

(1. 甘肃省种子管理局, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070; 3. 临泽县水务局, 甘肃 临泽 734200)

摘要: [目的] 揭示河西走廊中段荒漠草地地上生物量的空间分布特征及其与环境因子的关系, 为区域草地生态系统碳库及其变化评估提供基础资料。[方法] 利用从 52 个样点获得的样方调查数据, 进行统计分析。[结果] (1) 河西走廊中段荒漠草地单位面积地上生物量的范围为 11.17~523.76 g/m², 平均值为 149.67 g/m², 大致表现为西北高, 东南低的分布特征; (2) 调查中共出现 15 种优势植物群落, 地上部生物量黑果枸杞群落最小, 为 49.88±7.42 g/m², 叉枝鸦葱群落最大, 为 201.69±98.48 g/m²; (3) 地上生物量与经度呈显著的负相关关系, 与海拔呈显著的正相关关系; (4) 土壤环境因子能够解释地上生物量 39.8% 的空间变异, 其中土壤类型、土壤容重和土壤有机质的影响较显著, 而土壤含水量的影响相对较弱。[结论] 河西走廊荒漠草地地上生物量趋势为由西北至东南逐渐降低; 海拔和土壤环境因子是影响分布格局的关键因子。

关键词: 荒漠草地; 地上生物量; 空间分布; 环境因子; 河西走廊

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)04-0193-04

中图分类号: Q948.1

文献参数: 车卓, 石菁, 徐德亮. 河西走廊中段荒漠草地地上生物量分布特征及其与环境因子的关系[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 193-196. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.034

Aboveground Biomass Distribution of Desert Grasslands and Its Responses to Environmental Factors in Middle Regions of Hexi Corridors

CHE Zhuo^{1,2}, SHI Jing², XU Deliang³

(1. Gansu Plant Seed Administrative Station, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. Linze Water Affairs Bureau, Linze, Gansu 734200, China)

Abstract: [Objective] Spatial distribution of aboveground biomass and its relationship with environmental factors were studied in desert grassland in the middle part of Hexi Corridor to provide a reliable data for the assessment of grassland ecosystem carbon stock, and to illustrate its change at regional scale. [Methods] The present study, based on a total of 52 sampling sites in desert grasslands in the middle region of Hexi Corridors, illustrated the regional distribution pattern of aboveground biomass and its response to environmental factors were investigated. [Results] The results showed that aboveground biomass of desert grasslands ranged from 11.17~523.76 g/m², with an average of 149.67 g/m², and increased from the southeast to the northwest in the survey area. There were 15 communities with dominant species appeared in these 52 sampling. Average aboveground biomasses of *Lycium ruthenicum* and *Scorzonera divaricate* community were 49.88±7.42 g/m² and 201.69±98.48 g/m², respectively, which were also the minimum and maximum of aboveground biomass among the 15 communities. Aboveground biomass was significantly and negatively correlated with longitude, and was significantly and positively correlated with elevation. 39.8% of the spatial variation of aboveground biomass can be interpreted by soil factors. Among which, soil type, soil bulk density and soil organic matter were significantly affected aboveground biomass distribution of desert grassland, while the effects of soil moisture on aboveground biomass was weak. [Conclusion] Aboveground biomass in

desert grassland of Hexi Corridor increased from the southeast to the northwest. Altitude and soil environmental factors are the key factors affecting the distribution pattern.

Keywords: desert grasslands; aboveground biomass; spatial pattern; environmental factors; Hexi Corridors

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,在全球碳循环和气候调节中起着重要作用^[1]。掌握草地生态系统生物量大小及空间分布特征、揭示其与环境因子之间的关系,不仅对了解区域尺度上畜牧业发展潜力、生物多样性现状及生态系统稳定性有积极的作用,对准确评估草地生态系统碳库及其变化、评估 CO₂ 源汇功能、预测草地生态系统与全球变化的动态关系也具有重要的意义^[2-3]。在中国天然草地分布广阔,总面积约 4.0 × 10⁸ hm²,是个巨大的碳库,在中国陆地生态系统碳循环中扮演着重要角色^[4]。近年来,随着对草地生态系统在全球碳循环过程中重要性的认识,准确评估草地生态系统碳库及其变化成为了近年来的研究热点^[5],因此,草地生物量分布及其影响因素开始受到国内外学者的广泛的关注。如朴世龙等^[6]基于中国草地资源清查资料和遥感影像的模型估测我国草地植被总地上生物量为 146.16 TgC;Jian^[7]通过 74 个样地的监测数据分析得出我国北方地上生物量平均值为 325.3 g/m²;王妮等^[8]得出中国北方天然草地的根冠比高于全球草地的中值和世界其他区域,并随年降雨量增加而显著降低。

在我国北方地区西部包括新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙西部等的沙漠前沿、平原绿洲外缘、山地平原等地区,荒漠草地是主要的草地类型,其面积约占北方草地总面积的 47.4%,是重要的生态屏障和农牧业基地^[9]。近年来针对荒漠草地也开展了一些生物量分布空间分布等方面的研究,如张杰等^[10]基于 EOS/MODIS 资料,采用光能利用率算法分析了我国西北荒漠草原生物量及其空间分布;马文红等^[11]利用实际观测的 113 个地面数据得出,温带荒漠草地上生物量受气候、土壤质地、草地类型等因素的影响,但降水是其最主要的限制因子。针对不同尺度的荒漠草地开展实地调查,通过实测数据准确认识荒漠草地的生物量空间分布格局,对草地生态系统碳库及其变化准确评估极为重要。河西走廊位于甘肃省中部祁连山以北地区,荒漠草地总面积约 5.43 × 10⁶ hm²^[12],目前,针对该区域荒漠草地地上生物量及其分布特征的研究报道仍较缺乏。因此,本研究利用 2011 年野外实地调查资料,采用多元统计分析等手段,揭示河西走廊中段荒漠草地地上生物量的空间分布特征,并对其环境影响机制进行初步探讨。

1 材料和方法

1.1 研究地区概况

研究区位于甘肃省河西走廊中段金昌市、张掖市及酒泉市境内,所属辖区包括金川、永昌、甘州、民乐、山丹、临泽、高台、金塔、肃南等区县,行政区划面积约 7.34 × 10⁴ km²。该地区属温带大陆性干旱气候类型,年均气温在 5~10 ℃ 之间,年降雨量 36~200 mm 之间,年均蒸发量在 1 624~2 466 mm 之间。分布有灰棕漠土、灰钙土、风沙土等土壤类型,局部水位较高的河床地常出现不同程度的盐化现象。调查区西南部为祁连山北坡冲积物、洪积物形成的隔壁平原,东北部为巴丹吉林沙漠边缘的风积地貌,地形自东向西,由南向北倾斜,海拔在 1 400~2 900 m^[13]。调查的荒漠草地主要分布在祁连山北麓的冲积、洪积平原,由于近年来农业绿洲规模不断扩张,导致荒漠草地呈现出不连续分布状况。荒漠草地分布的主要优势物种有合头草 (*Sympegma regelii*)、红砂 (*Reamuria soongorica*)、珍珠猪毛菜 (*Salsola passerina*)、骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia*) 等草原化荒漠植被。

1.2 野外样地调查

在全国草地分布图上确定调查样地的位置(经度和纬度),于 2011 年 7—9 月,分别在研究区域内用全球定位系统(GPS)找到样地所处的实际位置,共选择样地 52 个。在样地内,依据典型性原则,选择能够代表整个草原植被、地形及土壤特征的地段,按一定方向设置 100 m 样线,每隔 20 m(灌木样方)或 10 m(草本样方)布设一个样方。每个样地设置灌木样方 5 个,草本样方 10 个进行地上生物量的调查。其中,样方面积为灌木 5 m × 5 m,草本 1 m × 1 m。对草本 10 个样方、灌木 5 个样方测定获得的地上生物量调查数据求平均值,得到每处样地的地上生物量。将每个行政区域所有样方地上生物量数据求平均值,对各行政区域单位面积地上生物量值进行比较。在调查的同时,记录各样地的海拔高度、地貌及土壤类型等环境因子。每块样地间隔一个样方用环刀采集 0—20 m 土层土壤样品,每个样方取 5 个重复,环刀样品带回实验室称重后在 105 ℃ 烘干,称重后计算土壤含水量及土壤容重值,取平均值估算每块样地土壤容重及含水量。在容重测定的每个样方内用土钻采集混

合土壤样品,风干后带回实验室,用重铬酸钾氧化—容量法测定土壤有机质含量,取各样方平均值估算每个样土壤有机碳含量。

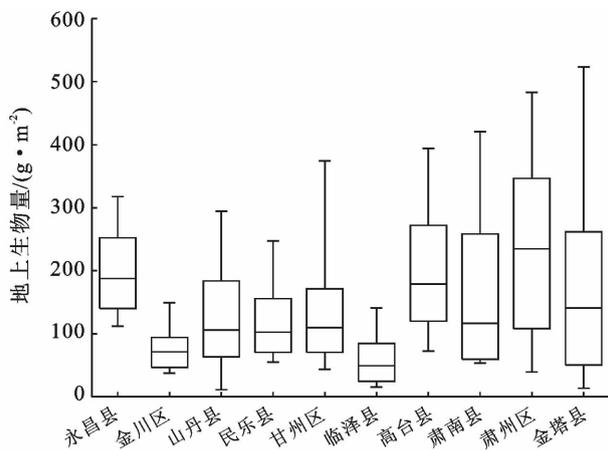
1.3 数据的统计分析

将已测定的经纬度、海拔、土壤容重、含水量和土壤有机碳含量作为主要的环境影响因子,评估其对地上生物量空间分布的影响。利用一般线性模型(GLM, general linear model)来分析不同环境因子对地上生物量影响的显著性,及其对地上生物量空间变异性的解释率;通过回归分析分析环境因子与地上生物量之间相互依赖的定量关系。采用 SPSS 统计分析软件(SPSS 19.0 for Windows, Chicago, USA)进行数据相关及其它统计分析。

2 结果与分析

2.1 荒漠草地地上生物量分布区域特征

通过分析 52 个样地地上生物量数据的对比发现,河西走廊中段荒漠草地单位面积地上生物量的范围为 11.17 ~ 523.76 g/m²,平均地上生物量为 149.67 g/m²。从行政区域间的比较来看,地上生物量大小顺序呈:肃州区 > 永昌县 > 高台县 > 金塔县 > 山丹县 > 甘州区 > 肃南县 > 民乐县 > 金川区 > 临泽县的变化趋势(图 1),大致表现为西北地区高,东南地区低的分布特征。其中生物量 < 100 g/m² 的样地 21 个,占 40.4%;介于 100 ~ 200 之间的样地 19 个,占 36.5%;高于 200 的样地 12 个,占 20.1%。



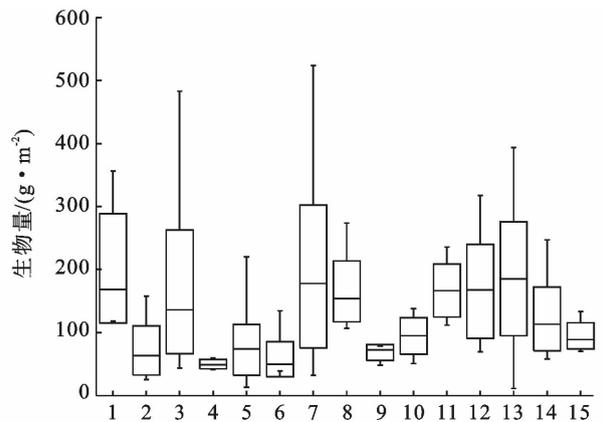
注:图中箱体内的短横线表示数据算数平均值,长横线表示数据众数,箱体表示数据标准差,上下短横线分别为数据的最大值和最小值。下同。

图 1 不同行政区域间荒漠草地地上生物量的分布

2.2 典型植物群落地上生物量比较

图 2 给出了河西走廊中段荒漠草地的优势植物群落地上生物量变异特征,在此次调查中共出现 15

个优势物种,分别包括叉枝鸦葱(*Scorzonera divaricata*)群落、钝叶独行菜(*Lepidium obtusum*)群落、合头草群落、黑果枸杞群落(*Lycium ruthenicum*)、红砂群落、猪毛蒿群落(*Artemisia scoparia*)、芦苇(*Phragmites australis*)群落、骆驼刺群落、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)群落、苔草(*Carex tristachya*)群落、茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)群落、针茅(*Stipa capillata*)群落、珍珠猪毛菜、紫菀木(*Asterothamnus alyssoides*)群落、醉马草(*Achnatherum inebrians*)群落。地上部生物量平均值最小为黑果枸杞群落(49.88 ± 7.42 g/m²),最大的为叉枝鸦葱群落(201.69 ± 98.48 g/m²)。其中,地上部生物量平均值低于 100 g/m² 的植物群落有钝叶独行菜、黑果枸杞、红砂、猪毛蒿、泡泡刺、苔草、醉马草群落,介于 100 ~ 200 g/m² 之间的植物群落为合头草、骆驼刺、茵陈蒿、针茅、珍珠、紫菀木群落,大于 200 g/m² 的有叉枝鸦葱、芦苇群落。



注:1 叉枝鸦葱群落;2 钝叶独行菜群落;3 合头草群落;4 黑果枸杞群落;5 红砂群落;6 猪毛蒿群落;7 芦苇群落;8 骆驼刺群落;9 泡泡刺群落;10 苔草群落;11 茵陈蒿群落;12 针茅群落;13 珍珠猪毛菜群落;14 紫菀木群落;15 醉马草群落。

图 2 15 种优势荒漠植物群落类型地上生物量比较

2.3 环境因子对荒漠草地地上生物量分布的影响

从 GLM 模型(表 1)和简单回归分析结果可以看出,在整个研究区域内,荒漠草地地上生物量随经度的增加而降低,随纬度和海拔的升高而增加。相关分析显示,河西走廊荒漠草地地上生物量与经度之间呈显著的负相关关系($R^2 = 0.088, p < 0.05$),与海拔高度呈显著的正相关关系($R^2 = 0.030, p < 0.05$),而与纬度间的相关不显著($R^2 = 0.015, p > 0.05$)。土壤环境因子中的土壤类型、土壤含水量、土壤容重和土壤有机质含量分别解释了河西走廊地上生物量 13.0%, 0.6%, 11.7% 和 14.4% 的空间变异。其中地上生物量的空间分布受土壤类型、土壤容重

($R^2=0.230, p<0.01$)和土壤有机质含量($R^2=0.031, p<0.01$)的影响较显著,而受土壤含水量的影响相对较弱($R^2=0.018, p>0.05$)。

表 1 土壤因子对河西走廊中段荒漠草地地上生物量变异的解释

变异来源	自由度	均方	F 值	显著性	解释率/%
土壤类型	4	17 383.4	3.29	0.02	13.0
土壤含水量	1	1 168.5	0.24	0.63	0.6
土壤容重	1	27 458.5	5.68	0.02	11.7
土壤有机质含量	1	35 356.0	7.31	0.01	14.5

3 讨论

根据本项目调查研究的结果,与其他国家和地区的温带草地相比较,河西走廊中段荒漠草地地上生物量平均值 149.67 g/m^2 , 低于全球水平 (378.4 g/m^2), 而与马文红等估算的内蒙古温带草地地上生物量 (135.3 g/m^2) 较为接近^[10]。马文红等^[10]认为, 内蒙古温带草地较低的生物量与我国北方的干旱气候条件和长期强烈的人为活动有关。河西走廊中段与内蒙古西南部相邻, 气候类型及人为活动方式相似, 因此, 干旱的气候条件和长期强烈的人为活动也是影响河西走廊中段荒漠草地生物量整体水平的主要因素。

从本研究的数据可以看出, 河西走廊中段地区地上生物量的分布与地理位置有显著的关系, 表现为在经向上逐渐减少, 在纬向上逐渐增加。这与崔夺等^[13]的研究结果不一致, 其主要原因可能与研究范围的较大差异有关, 崔夺等的研究区域西自塔里木盆地西端, 东至浑善达克沙地东端, 其研究结论为广大北方荒漠及荒漠化草地的整体生物量分布趋势, 而本研究结论为仅适合河西走廊中段地区的局部生物量分布趋势。朴世龙等^[6]的研究表明, 在 $1\ 350\sim 3\ 750 \text{ m}$ 这一海拔梯度内, 随海拔的升高草地单位面积地上生物量增加, 本研究样点海拔高度介于 $1\ 160\sim 2\ 560 \text{ m}$, 研究结果也符合随海拔高度的升高生物量增加的变化趋势。多数研究均表明, 气候(尤其是降水)是影响草地地上生物量分布差异的主要原因^[5], 河西走廊中段为位于东经、北纬之间的狭长区域, 地形为自东向西, 由南向北倾斜, 这种地形和地理分布造成的区域气候差异可能是造成荒漠草地地上生物量空间分布差异的主要原因。另外一些研究则指出, 土壤因子也是影响草地地上生物量的主要因素^[14], 本研究主要关注了土壤环境因子对河西走廊荒漠草地空间分布差异的影响。从研究结果可以看出, 土壤类型、土壤含水量、土壤容重和土壤有机质含量的总

体解释率将近 40%, 这意味着土壤环境因子是影响河西走廊荒漠草地地上生物量空间分布的关键因子之一。其他研究中也有关于土壤环境因子对荒漠草地地上生物量分布影响的报道, 如安尼瓦尔·买买提等^[15]报道了新疆地区荒漠草地地上生物量与土壤含水量、土壤总氮含量正相关。在本研究中, 尽管土壤含水量对地上生物量空间分布的解释率尽管只有 0.6%, 但随土壤含水量的增加地上生物量增加的变化趋势则与安尼瓦尔·买买提等的研究结论相似。从上述的讨论可以看出, 尽管近年来针对荒漠草地生物量分布格局开展了大量的研究, 但由于研究方法和数据来源方面存在较大差异, 导致研究结果存在一定的差异。基于目前的情况, 仍需在采用统一调查方法的基础上获取大量的实测数据以提高荒漠草地生物量估算和草地生态系统碳库变化评估的精度和准确性。

4 结论

河西走廊中段荒漠草地单位面积地上生物量的范围为 $11.17\sim 523.76 \text{ g/m}^2$, 平均地上生物量为 149.67 g/m^2 , 低于全球水平 (378.4 g/m^2), 而与马文红等^[11]估算的内蒙古温带草地地上生物量 (135.3 g/m^2) 较为接近。其分布与地理位置有显著的关系, 与经度之间呈显著的负相关关系, 而与纬度间的相关不显著, 趋势大致为由西北至东南逐渐降低。地上生物量与海拔高度呈显著的正相关关系, 表现出随海拔的升高而增加。土壤环境因子是河西走廊荒漠草地地上生物量分布格局影响的关键因子之一, 土壤环境因子中的土壤类型、土壤含水量、土壤容重和土壤有机质含量分别解释了河西走廊地上生物量 13.0%, 0.6%, 11.7% 和 14.4% 的空间变异, 表明土壤类型、土壤容重和土壤有机质含量对其空间分布有显著的影响, 而土壤含水量的影响相对较弱。

[参 考 文 献]

- [1] Scurlock J M O, Johnson K, Olson R J. Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamics measurements[J]. *Global Change Biology*, 2002, 8(8): 736-753.
- [2] Ni Jian. Carbon storage in grassland of China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2002, 50(2): 205-218.
- [3] Esteban G J, Osvaldo E S. Controls of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(2): 541-549.

旱的影响。因此,结合实际区域的情况,进一步考虑综合植被、土壤相对湿度、连续无雨日、降雨日数、地形等指标对重庆地区的干旱演变特征进行深入全面地研究。

[参 考 文 献]

- [1] 高阳华,冉荣生,唐云辉,等.重庆市干旱的分类与指标[J].贵州气象,2001,25(6):16-18,30.
- [2] 郭跃,王建华.重庆市特大旱灾的自然与社会机制分析[J].环境科学与技术,2007,30(8):47-50.
- [3] 李克让.中国干旱灾害研究及减灾对策[M].河南郑州:河南科学技术出版社,1999.
- [4] 任尚义.干旱概念的探讨[J].干旱地区农业研究,1991,9(1):78-80.
- [5] Dawmh G. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions[J]. Water International, 1985,10(3):111-120.
- [6] 李维京,赵振国,李想,等.中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究[J].干旱气象,2003,21(4):1-5.
- [7] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等.基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近58年演变特征[J].农业工程学报,2010,26(7):50-59.
- [8] 王莺,赵福年,姚玉璧,等.基于Z指数的石羊河流域干旱特征分析[J].灾害学,2013,28(2):100-106.
- [9] 杨晓华,杨小利.基于Z指数的陇东黄土高原干旱特征分析[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):248-253.
- [10] 马柱国,符淙斌.中国北方干旱区地表湿润状况的趋势分析[J].气象学报,2001,59(6):737-746.
- [11] 王越,江志红,张强,等.用Palmer湿润指数作西北地

区东部冬小麦旱涝评估[J].应用气象学报,2008,19(3):342-349.

- [12] 姚玉璧,董安祥,王毅荣,等.基于帕默尔干旱指数的中国春季区域干旱特征比较研究[J].干旱区地理,2007,30(1):22-29.
- [13] Hayes M J, Svoboda M D, Wilhite D A, et al. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2010,80(3):429-438.
- [14] 翟禄新,冯起.基于SPI的西北地区气候干湿变化[J].自然资源学报,2011,26(5):847-857.
- [15] 周扬,李宁,吉中会,等.基于SPI指数的1981—2010年内蒙古地区干旱时空分布特征[J].自然资源学报,2013,28(10):1694-1706.
- [16] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等.基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近58年演变特征[J].农业工程学报,2010,26(7):50-59.
- [17] 包云轩,孟翠丽,申双和,等.基于CI指数的江苏省近50年干旱的时空分布规律[J].地理学报,2011,66(5):599-608.
- [18] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[C]// Proceedings of the 8th conference of applied climatology. California Anaheim: American Meteorological Society, 1993.
- [19] 国家气候中心. GB/T20481-2006 气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [20] 吴建峰.基于TRMM和MODIS卫星数据的重庆市干旱监测模型构建[D].重庆:重庆师范大学,2015.

(上接第196页)

- [4] Kang Le, Han Xingguo, Zhang Zhibin, et al. Grassland ecosystems in China: Review of current knowledge and research advancement[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 2007, 362(1482): 997-1008.
- [5] 方精云,杨元合,马文红,等.中国草地生态系统碳库及其变化[J].中国科学:生命科学,2010,40(7):566-576.
- [6] 朴世龙,方精云,贺金生,等.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.
- [7] Jian Ni. Estimating net primary productivity of grasslands from field biomass measurements[J]. Plant Ecology, 2004, 174(2): 217-234.
- [8] 王妮,彭书时,方精云.中国北方天然草地的生物量分配及其对气候的响应[J].干旱区研究,2008,25(1):90-97.
- [9] 许鹏,安沙舟.荒漠草地生态优化的调控原则和总体模式[J].植物生态学报,1996,20(5):389-396.
- [10] 张杰,张强,何金梅,等.荒漠草原牧草生物量的遥感估

算及空间分布[J].生态学报,2007,27(6):2294-2301.

- [11] 马文红,杨元合,贺金生,等.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:生命科学,2008,38(1):84-92.
- [12] 刘金荣,张芬琴,谢晓蓉.试论河西走廊干旱荒漠化草地生态危机与畜牧业可持续发展[J].干旱地区农业研究,2002,20(3):114-116.
- [13] 崔夺,李玉霖,王新源,等.北方荒漠及荒漠化地区草地上生物量空间分布特征[J].中国沙漠,2011,31(4):808-813.
- [14] Yang Yuanhe, Fang Jingyun, Ji Chengjun, et al. Above-and belowground biomass allocation in Tibetan grassland[J]. Journal of Vegetation Science, 2009,20(1):177-184.
- [15] 安尼瓦尔·买买提,杨元合,郭兆迪,等.新疆草地植被的地上生物量[J].北京大学学报:自然科学版,2006,42(4):521-526.