

雷军,杨道虎,刘红梅,等.黑河流域中游荒漠典型区域植被生物量及其影响因素[J].中国沙漠,2021,41(1):203-208.

黑河流域中游荒漠典型区域植被生物量及其影响因素

雷 军, 杨道虎, 刘红梅, 赵玉红, 范菊萍, 郭彩霞

(甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000)

摘要:以黑河流域中游荒漠区地表植被和土壤水分2008—2016年长期定位监测数据为依据,深入分析了试验区植被高度、盖度、密度和土壤水分变化对植被地上生物量的影响,确定了各相关因子的贡献率,为黑河流域荒漠化区生态治理提供数据支撑。结果表明:龙首荒漠区9年间的生物量变幅 $85.8\text{—}214.6\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,2015年的群落平均盖度和生物量最大,分别为33.7%和 $214.6\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,群落密度对生物量的年际变化贡献大,贡献率27%,群落高度、10—20 cm层次土壤水分对生物量的年际变化贡献次之,贡献率14%;西洞荒漠区生物量变幅 $55.1\text{—}109.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,群落盖度、植株密度和高度等生物因子对其生物量的年际变化影响较小,而0—40 cm层次土壤含水量的变化对西洞荒漠区生物量年际变化的贡献较大,为20%以上。

关键词:荒漠植被;生物量;变化特征;影响因素;黑河流域

文章编号: 1000-694X(2021)01-203-06

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00099

中图分类号: Q948.15

文献标志码: A

0 引言

生物量是生态系统的基本数量特征,是认识系统结构与功能的基础^[1]。生物量常被用来评价植被群落生产力的高低,是研究生态系统物质循环和能量流动的基础,也是表征种群功能强弱的重要指标^[2-4]。同时,植被生物量作为陆地生态系统碳库的重要组成部分,是全球碳循环研究的重要内容^[5-6]。植被地上生物量的动态变化直接影响到植物群落的生产力及其分解过程,对碳循环有重要作用^[7-8];而地下生物量是土壤有机碳库的重要来源^[9-10],也是连接生态系统地上与地下过程的纽带。因此,生态系统生物量和生产力一直是植物生态学的重要研究方向^[11]。植被生长状况是干旱荒漠区生态环境的重要指示指标。可见,准确地掌握荒漠区植被生物量长期变化规律,可以准确把握荒漠区植被的动态发展过程,对揭示荒漠草地生态系统结构和功能的变化规律具有重要意义,并可为荒漠区植被应对全球变化提供数据支撑。

荒漠生态系统中水分是影响植物生长发育的关键因素^[12],而大气降水是荒漠区土壤水分的主要来源^[13]。沙地土壤水分的变化同时受沙土机械组成、地形和植被的影响^[14],土壤水分还对降水格局有很强的依赖性^[15]。许多研究表明,短期干旱胁迫通过影响土壤水分可以减少植物蒸腾和光合固碳速率,致使植物萎蔫,而且还会减弱植物的生理功能和抗病能力^[16-18],从而改变植被群落的高度、盖度和密度等。但是,植被群落对于环境因子和生物因子的年际变化响应敏感,年降水量会直接改变群落特征,对荒漠生态系统的结构和功能产生较大影响^[19-22]。

河西地区现有各类荒漠化土地 21.3万 km^2 ,占甘肃省荒漠化土地面积的75.3%,荒漠化呈现局部好转、整体不断增加的趋势,并且类型由单一的沙质荒漠化向沙化、盐碱化、土地退化等多种类型发展^[23]。黑河流域中游位于河西走廊中段,近年来荒漠化治理取得了可喜的成绩,流域内的荒漠化面积逐年减少。根据赵文智等^[24]提出的荒漠化防治要

收稿日期:2020-07-08; 改回日期:2020-09-16

资助项目:国家林业和草原局荒漠化定位监测项目(2019062048)

作者简介:雷军(1976—),男,甘肃高台人,硕士,副研究员,主要研究方向为荒漠生态治理。E-mail: lejun0121@163.com

通信作者:杨道虎(E-mail: 66620742@qq.com)

考虑气候、土壤、地下水等环境因素的综合作用的结论,本研究利用黑河流域中游荒漠区龙首和西洞两地植被变化长期定位观测资料(2008—2016年),关注两地植物地上生物量年际变化特征,评价植被高度、盖度、密度和土壤水分变化对两地植被地上生物量的影响,揭示荒漠植被生态系统的长期变化规律,为黑河流域荒漠化生态治理提供数据支撑。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

黑河中游是指黑河出山口莺落峡至正义峡之间的地区($37^{\circ}28'—39^{\circ}57'N$, $97^{\circ}20'—102^{\circ}12'E$, 海拔1 200—1 700 m, 图1), 研究区位于黑河中游的龙首和西洞两地。龙首荒漠区海拔1 680 m, 西洞荒漠区海拔1 550 m, 均属温带干旱大陆性荒漠气候, 年均气温 $7.4—8.5^{\circ}C$, 1月平均气温 $-10^{\circ}C$, 7月平均气温 $29.5^{\circ}C$, 极端最高气温 $38.6^{\circ}C$, 极端最低气温 $-31.0^{\circ}C$, $\geq 10^{\circ}C$ 的活动积温 $2\ 870^{\circ}C$ 。年均降水量 $108.3—150\text{ mm}$, 降水集中在6—9月, 占全年降水量的70%—80%, 年蒸发量 $1\ 340.7—2\ 388.0\text{ mm}$, 干旱指数高达10.3, 大气干燥度为4.9。年平均相对湿度52%, 全年日照时数为3 085 h, 太阳辐射年总量 $147.99\text{ kCal}\cdot\text{cm}^{-2}$, 生理辐射年总量为 $72.51\text{ kCal}\cdot\text{cm}^{-2}$, 无霜期156 d^[25]。该区人口聚集, 人类活动对自然生态系统的干扰最为剧烈, 土地受人为活动影响也最显著。

试验区为平坦的荒漠区, 土壤非常贫瘠, 有机质含量较低, 含盐量高, 天然植被稀疏, 主要有白刺

(*Nitraria tangutorum*)、红砂(*Reaumuria songarica*)、木本猪毛菜(*Salsoal arbuscula*)和泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)等旱生植物, 地带性土壤为灰漠土、灰钙土和灰棕漠土, 非地带性土壤有风沙土、草甸土、沼泽土、盐渍土和灌淤土等。总的特点是土壤贫瘠、有机质缺乏、质地较粗、含盐量高, 属荒漠土类, 生态地域复杂, 具有平原荒漠植被的特征, 在植被地理规律和地理时空分布上分异明显, 有古老和现代特征。地貌景观类型有流动、半流动、固定、半固定沙丘以及丘间低地。

1.2 野外调查

在龙首和西洞两个试验区内分别设置 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ 的固定样地, 于2008—2016年每月15日09:00—12:00开展植物和土壤水分调查。每个样地内采用对角线法设置5个 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的样方, 调查荒漠植被的盖度、高度、密度, 每个样地内采用随机抽样法测定5个 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的样方内植被生物量和土壤含水量。生物量测定: 利用收割法, 将地上生物量收割。盖度(%)计算: 样方内植物覆盖总面积与样方面积之比 $\times 100$ 。平均密度为植物种的个体总数/样方面积。测定地表以上植株高度。利用环刀取土样, 取样深度分别为0—10、10—20、20—40 cm, 以烘干法测定质量含水量。

1.3 数据计算与分析

野外调查基础数据的整理及分析利用Excel软件处理, 群落生物量与各因子分别进行相关、多元线性回归等统计分析, 并进一步计算了线性模型中不同因子的相对贡献率, 统计分析使用SPSS26.0软件(SPSS 26.0 Software, IBM, Armonk, NY, USA)。

2 结果与分析

2.1 生物量年季变化规律

2008—2016年龙首和西洞荒漠区生物量年际变化较大, 龙首的生物量均高于西洞($P=0.038$, 图2)。龙首荒漠区自2008年开始连续两年, 生物量逐渐增大, 而到2011年生物量下降, 2011—2013年3年内生物量均维持在相对较低的水平, 2011年龙首生物量最低, 为 $85.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。从2014年开始, 龙首生物量迅速增加, 达到 $214.6\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 在随后的2年内, 基本维持在一个较高水平。而西洞荒漠区生物量相对

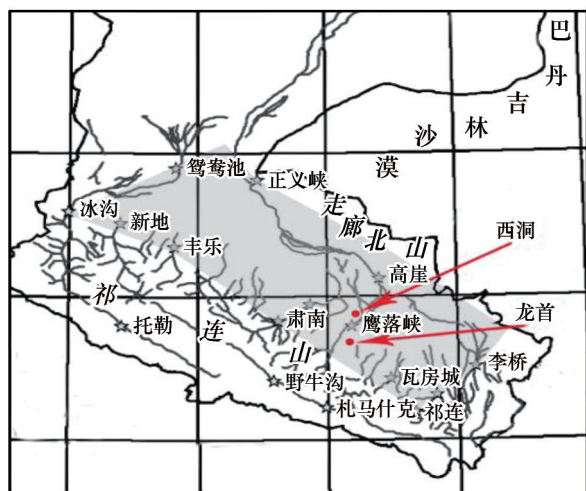
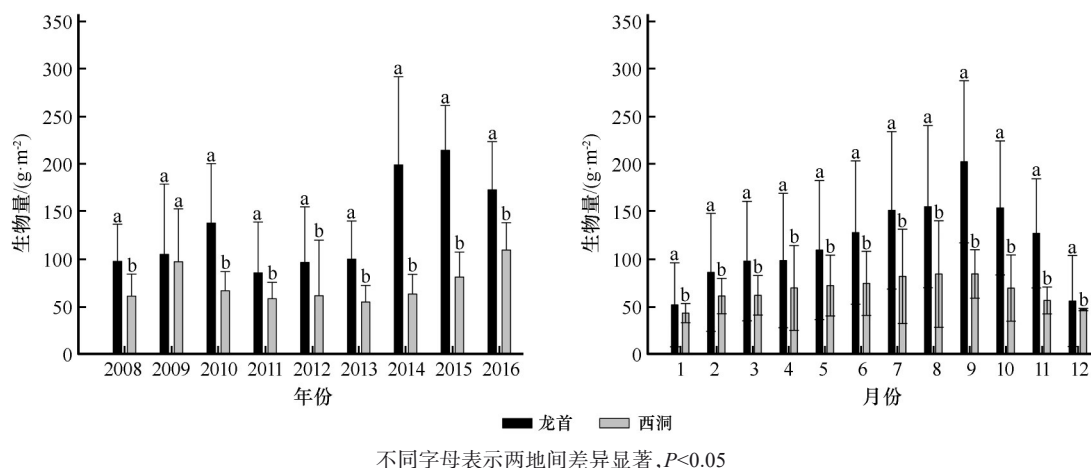


图1 研究区位置

Fig.1 The studied area



不同字母表示两地间差异显著, $P < 0.05$

图2 龙首、西洞荒漠区生物量

Fig.2 Annual (A) and monthly (B) changes of vegetation biomass in Longshou and Xidong

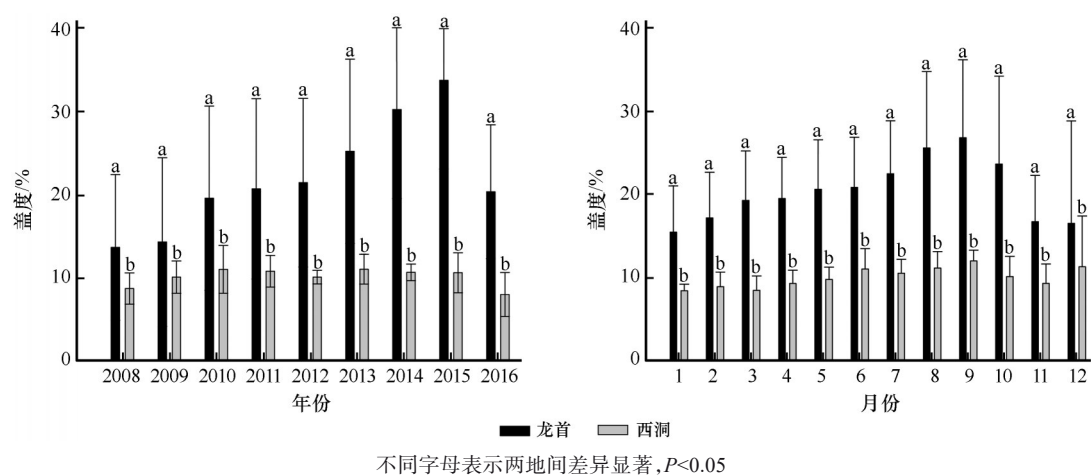
于龙首荒漠区,年际变化较小,分别在2009年和2016年出现两个较高值,2016年最高,为 $109.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

龙首、西洞荒漠区多年平均植被生物量月变化特征相似,均为从1月开始增加,9月达到最高,随后从10月逐渐降低。龙首荒漠区9月多年平均生物量最大,为 $203.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,1月多年平均生物量最低,为 $52.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最高月为最低月的4倍。而西洞荒漠区多年平均月生物量变化相对较小,最低为1月的

$44.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最高出现在9月,为 $85.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,最高月份约为最低月份的2倍。

2.2 植被特征与环境因子的关系

龙首荒漠区植被的平均盖度从2008年开始,直到2015年均是逐年升高,2015年平均盖度为33.7%,2016年下降。而西洞荒漠区9年的平均盖度差异不大,维持在10%左右(图3)。



不同字母表示两地间差异显著, $P < 0.05$

图3 龙首、西洞荒漠区植被平均盖度

Fig.3 Annual (A) and monthly (B) variations of vegetation coverage in Longshou and Xidong

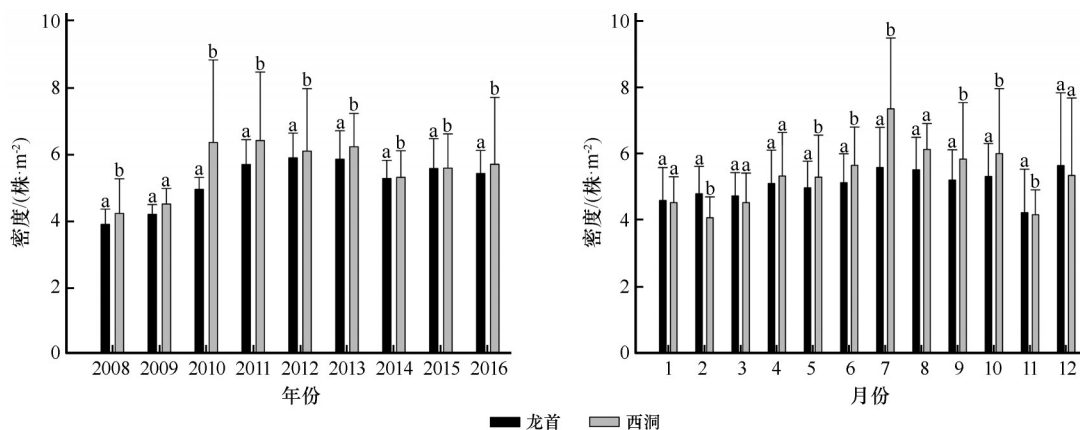
龙首荒漠区植株密度从2008年开始逐渐升高,在2011—2013年基本维持在 $5.7—5.9 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ 。西洞荒漠区的植株密度均高于龙首荒漠区($P=0.041$)。2010年西洞荒漠区的植株密度最大,为 $6.3 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ (图4)。

龙首荒漠区植株平均高度大都高于西洞荒漠区。自2013年开始,龙首荒漠区植株平均高度显著高于西洞荒漠区。2015年龙首荒漠区的植株平均

高度最高,为 12.9 cm (图5)。

对于土壤含水量来说,龙首荒漠区不同层次土壤含水量的年际变化波动较大,而西洞荒漠区的土壤含水量年际波动相对较小。2009年龙首荒漠区0—10 cm土壤含水量最高,约为9%;2016年为最低,约为3.0%(图6)。

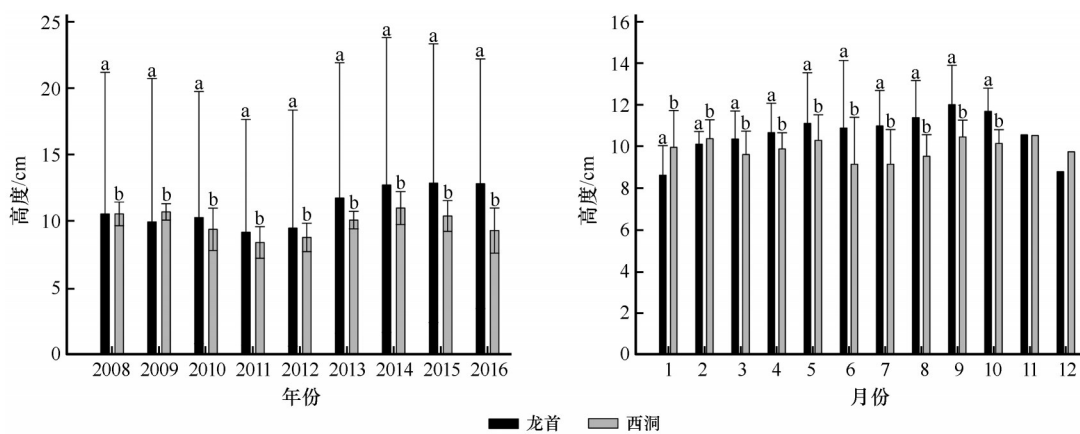
龙首荒漠区生物量年季变化主要受群落密度影响,其次是植株高度(表1)。不同层次土壤含水



不同字母表示两地间差异显著, $P < 0.05$

图4 龙首、西洞荒漠区植株平均密度

Fig.4 Annual (A) and monthly (B) variations of plant density in Longshou and Xidong



不同字母表示两地间差异显著, $P < 0.05$

图5 龙首、西洞荒漠区植株平均高度

Fig.5 Annual (A) and monthly (B) variations of plant height in Longshou and Xidong

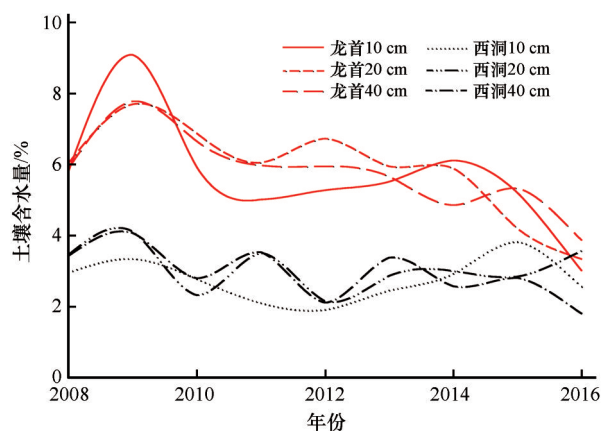


图6 2008—2016年龙首、西洞荒漠区土壤含水量变化

Fig.6 Variations of soil water contents of Longshou and Xidong desert areas in 2008–2016

量中, 10—20 cm 土壤含水量的年季变化贡献最大。而西洞荒漠区, 生物因子中的植株平均高度贡献率较大。土壤含水量的变化对西洞荒漠区生物量的

表1 龙首和西洞生物量年季变化各影响因子的
相对贡献率(%)

Table 1 Relative contribution rate of different major factors to biomass change in Longshou and Xidong (%)

因子		龙首	西洞
群落密度		27**	4**
植株高度		14**	14*
土壤含水量	0—10 cm	1*	27*
	10—20 cm	14**	29*
	20—40 cm	1*	23*

*表示参数在 0.05 水平上存在显著差异, **表示在 0.01 显著性水平上存在差异。

年季变化贡献均较大。

3 讨论

龙首荒漠区 9 年间的生物量年际变化波动较

大,2011年生物量下降,这主要是因为土壤含水量下降。在干旱和半干旱地区,水分是限制植物生长的关键因子^[2]。土壤水分下降会严重限制植被生长,即植物的高度、叶面积、叶片数量等性状会降低,进而影响植物的生物量积累^[4]。龙首荒漠区生物量在2015年最大,而2015年的群落平均盖度也最大。通过统计分析,龙首荒漠区的群落平均盖度对生物量的年际变化贡献较大,群落高度较大。另一方面,植被盖度对土壤含水量的影响较大。从2012—2015年,龙首荒漠区植物盖度随着土壤含水量的逐渐升高而逐渐增加,两者互相影响。较高的植被盖度有利于降水对土壤水分的补给^[12],而较高的土壤含水量又有利于荒漠区植被生物量的积累和增加^[25]。而0—10 cm层土壤含水量在经历了2010—2013年相对较低的时期后,2014年0—10 cm土壤含水量升高,植物水分利用效率较高,2015年生物量达到最高,表明龙首荒漠区植物可以充分利用土壤表层水分,水分利用效率较强,从而提高整个群落的生物量。

相对于龙首荒漠区,西洞荒漠区9年间的生物量年季变化波动较小,群落平均盖度、植株密度和高度等生物因子对生物量的年际变化影响较小,说明土壤水分直接影响该区植物地上部分生长发育的影响不明显。相反在干旱或半干旱环境下,植物会将更多的生物量分配到地下以增加根系的数量和生物量,从而让根系在更深土层中获取所需的水分^[2,9-10]。而不同层次土壤含水量的变化对西洞荒漠区生物量年季变化的贡献相对较大,不同层次土壤含水量表现为隔年升高和降低的波浪式变化规律,相对应的生物量变化也出现类似变化特征,这是由植物根系分布和土壤层次的水分状况共同决定的^[10,24-25]。2016年西洞荒漠区0—10 cm土壤含水量达到最高,而此时的生物量也为最大。

本研究主要关注了荒漠区植物群落的生物量年季变化特征及其同生物与非生物因子的关系,而对于物种多样性与群落生物量的探讨尚需进一步加强,尤其是在干旱半干旱区。不同植物种的水分利用策略不同,势必影响其不同年份间或同一年份不同季节的水分利用效率等的差异,从而影响整个植物群落的生物量变化^[22,25]。群落生物量与生物和非生物因子的关系不是简单的统计线性关系,而是植物和土壤等因素综合作用的结果。今后继续进行长期定位监测研究,关注植物群落的变化,充分

考虑土壤异质性和植被可塑性,利用同位素示踪技术探究土壤水分的来源与去向,为准确评价荒漠区植物的生产力水平提供科学依据。

参考文献:

- [1] 刘旻霞,王刚,盛红梅.高寒草甸阳坡-阴坡梯度上环境因子特征及其与地上生物量和物种丰富度的关系[J].兰州大学学报(自然科学版),2013,49(1):76-81.
- [2] Chapin III F S, Matson P A, Mooney H A. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology [M]. New York, USA: Springer-Verlag, 2002.
- [3] Krassilov V A. Terrestrial Paleocology and Global Change [M]. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers, 2003: 286-292.
- [4] 郑晓翾,赵家明,张玉刚,等.呼伦贝尔草原生物量变化及其与环境因子的关系[J].生态学杂志,2007,26(4):533-538.
- [5] Hobbie S E, Chapin F S. The response of tundra plant biomass, aboveground production, nitrogen, and CO₂ flux to experimental warming [J]. Ecology, 1998, 79(5): 1526-1544.
- [6] 刘纪远,于贵瑞,王绍强,等.陆地生态系统碳循环及其记录研究的地球信息科学初探[J].地理研究,2003,22(4):397-405.
- [7] Apps M J, Price D T. Forest Ecosystems, Forest Management and Global Carbon Cycle [M]. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1996.
- [8] Chave J, Condit R, Lao S, et al. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama [J]. Journal of Ecology, 2003, 91: 240-252.
- [9] Jackson R B, Canadell J, Ehleringer J R, et al. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes [J]. Oecologia, 1996, 108(3): 389-411.
- [10] Schenk H J, Jackson R B. The biogeography of roots [J]. Ecol Monogr, 2002, 72(3): 311-328.
- [11] 方精云,刘国华,徐嵩龄.我国森林植被的生物量和净生产量[J].生态学报,1996,16(5):479-508.
- [12] 李卫红,周洪华,杨晓明,等.干旱荒漠区草地植物群落地上生物量时空分布对地下水的响应[J].草业学报,2010,19(5): 186-195.
- [13] 刘冰,赵文智,常学向,等.黑河流域荒漠区土壤水分对降水脉动响应[J].中国沙漠,2011,31(3):716-722.
- [14] 魏雅芬,郭柯,陈吉泉.降雨格局对库布齐沙漠土壤水分的补充效应[J].植物生态学报,2008,32(6):1346-1355.
- [15] 何志斌,赵文智.半干旱地区流动沙地土壤湿度变异及其对降水的依赖[J].中国沙漠,2002,22(4):359-362.
- [16] 陈敏,陈亚宁,李卫红,等.塔里木河中游地区3种植物的抗旱机理研究[J].西北植物学报,27(4):747-754.
- [17] 郝兴明,李卫红,陈亚宁.新疆塔里木河下游荒漠河岸(林)植被合理生态水位[J].植物生态学报,2008,32(4):838-847.
- [18] 贾瑞丰,徐大平,杨曾奖,等.干旱胁迫对降香黄檀幼苗光合生理特性的影响[J].西北植物学报,2013,33(6):1197-1202.
- [19] 吴泽民,何云核,孙启祥.安徽长江滩地农林复合系统草本植物群落特征研究[J].安徽农业大学学报,2001,28(1):27-31.

- [20] 李清河, 杨立文, 周金星. 北京九龙山植物群落物种多样性特征对比分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1065–1068.
- [21] 郑奕. 塔里木河上游与下游地区天然植被群落特征对比分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(1): 152–156.
- [22] 贺金生, 陈伟烈, 江明喜, 等. 长江三峡地区退化生态系统植物群落物种多样性特征[J]. 生态学报, 1998, 18(4): 399–407.
- [23] 高志海, 丁峰, 魏怀东. 甘肃河西地区土地荒漠化的现状、成因及其防治[J]. 自然灾害学报, 2001, 11(4): 70–75.
- [24] 赵文智, 刘鹄. 荒漠区植被对地下水埋深响应研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2702–2708.
- [25] 牛赞, 李秉新, 苗毓鑫, 等. 黑河中游盐碱地植物生长与水分变化关系分析[J]. 生态环境学报, 2015, 24(12): 1969–1975.

The characteristics of desert vegetation biomass and its influencing factors in the middle reaches of the Heihe River

Lei Jun, Yang Xiaohu, Liu Hongmei, Zhao Yuhong, Fan Juping, Guo Caixia

(Academy of Water Resources Conservation Forest of Qilian Mountains of Gansu Province, Zhangye 734000, Gansu, China)

Abstract: Through the long-term positioning monitoring on aboveground vegetation and soil water contents of 0–40 cm layer in the middle Heihe River Basin from 2008 to 2016, we researched the effects of vegetation height, coverage, density and soil water variations on aboveground vegetation biomass in different desert areas, and confirmed contribution rates of different influencing factors to biomass. We hoped the result can provide the data support to ecological management of desertification in the region. The results showed that the interannual variations of biomass in Longshou desert area fluctuate greatly from $85.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ to $214.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. In 2015, the coverage of plants community and biomass were the largest and reached to 33.7% and $214.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, respectively. The density of community had a great contribution with a rate of 27% to interannual changes of biomass. Then those of the community height and soil water content in 10–20 cm layer were also higher and up to 14%. In Xidong desert area, the interannual variations of biomass were $55.1\text{--}109.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, having small fluctuation range. The community coverage, plant density and height had little effects on the interannual variations of biomass. However, the changes of soil water contents in 0–40 cm layers contributed more than 20% rates to the changes of biomass.

Key words: desert vegetation; biomass; variation characteristics; influencing factors; Heihe River Basin