钟泽兵，周国英，杨路存，等. 柴达木盆地几种荒漠灌丛植被的生物量分配格局[J]. 中国沙漠，2014，34(4)：1042－1048. [Zhong Zebing，Zhou Guoying，Yang Lucun，et al. The biomass allocation patterns of desert shrub vegetation in the Qaidam Basin，Qinghai，China[J]. Journal of Desert Research，2014，34(4)：1042－1048.]. doi：10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00406.

柴达木盆地几种荒漠灌丛植被的生物量分配格局

钟泽兵[1,2]，周国英[1]，杨路存[1]，刘何春[1,2]，宋文珠[1]

（1. 中国科学院西北高原生物研究所，青海 西宁 810001；2. 中国科学院大学，北京 100049）

摘要：选择柴达木盆地的 8 种荒漠灌丛为研究对象，利用样方收获法对生物量及其分配格局进行了研究。结果表明：柴达木盆地荒漠灌丛生物量的空间分布具有高度异质性，介于 11.11～58.63 t·hm^{-2}，平均为 27.15 t·hm^{-2}。灌木层生物量是整个荒漠生态系统最重要的生物量组分，占总生物量的 92.71%。灌木层地上生物量的变幅为 7.93～46.10 t·hm^{-2}，地下生物量的变幅为 1.15～25.64 t·hm^{-2}。地上生物量远大于地下生物量，根冠比介于 0.07～2.45。几种荒漠植被的生物量在各个器官间分配格局为：枝生物量＞根生物量＞叶生物量，分别占建群种生物量的比例为 38.05%、34.92%、27.03%。影响柴达木生物量及其分配的因子主要是灌木的高度及土壤含水量。

关键词：柴达木盆地；荒漠植被；生物量；分配格局

文章编号：1000-694X(2014)04-1042-07　　**doi**：10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00406

中图分类号：Q948.15　　**文献标志码**：A

1 引言

生物量是生态系统物质循环的重要载体，是生态系统获取能量能力的主要体现，对于生态系统结构的形成和功能具有十分重要的影响[1]。生物量也是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]。生物量的地上-地下分配关系反映了植物的生长的策略[3-4]，是生态系统碳循环的基础，也是理解生态系统中碳的分配与存储的关键[5-6]。近年来，国内外学者对生物量的估算和分配的研究给予了高度的关注，对森林[7-8]、草原[9-10]、湿地[11]等陆地生态系统或群落的生物量分布及格局进行了详细的研究，但关于灌丛生态系统的生物量分配格局的研究相对较少[12-14]，对干旱、半干旱区的荒漠植被生物量分配格局研究更少[15-16]。荒漠生态系统类型是发育在降水稀少、蒸发强烈的极端干旱环境下的植物群落稀疏的生态系统类型[17]。灌木作为群落优势植物生活型是干旱荒漠系统区别于半干旱草原或草地生态系统的最显著的特征之一[18]，它在维持荒漠生态系统生物多样性、生态服务功能及稳定性方面具有重要作用[19-20]。灌木生物量是评价荒漠生态系统功能和进行碳循环研究的基础，分析荒漠生态系统中优势种生物量分配策略，对深入理解碳在植物各器官间的分配过程和储藏比例、碳素在地上-地下的分配格局以及估算植物根系中有机碳的存储量具有重要的理论意义[21-22]。荒漠是世界陆地生态系统的重要组成部分，约占陆地总面积的 18.5%[23]，在碳循环过程中，植物的生物量积累是荒漠生态系统中的主要碳汇，虽然全球荒漠地区的平均生物量较低（约 7 Mg·hm^{-2}），但在全球变暖的背景下，其在世界碳循环中的重要地位逐渐引起各国科学家和研究学者的重视[24]，北美的 Sonoran 沙漠面积约占世界荒漠面积的 1%，而生物量却占 4.4%，表现出了较强的碳汇集能力[25]。全球范围内荒漠地区的总面积约为 2.8×10^{7} km^{2}，总碳存储量约为 10×10^{13} kg[26]。目前，中国的荒漠化土地面积有 2.64×10^{6} km^{2}，占国土面积的 27%，而且有进一步扩大的趋势[27]。因而研究荒漠地区植被的生物量的空间分布特征对了解和揭示荒漠系统的碳储量具有重要意义，同时对于了解区域尺度上生物多样性现状以及生态系统稳定性具有一定的作用。灌木是中国干旱荒漠区的主要的优势植物生活型，其在群落的存在有益于退化荒漠生态系统的恢复和重建。柴达木盆地地处青海

收稿日期：2013-05-16；**改回日期**：2013-07-09

基金项目：国家重点基础研究发展计划项目(2012CB026105)；中国科学院战略性先导科技专项(XDA0505030304)资助

作者简介：钟泽兵(1987—)，男，湖北十堰人，硕士研究生，主要从事高寒灌丛碳储量及其动态研究。Email：zhuobufanzzb@gmail.com

通讯作者：周国英(Email：zhougy@nwipb.cas.cn)

省西北部，面积约 2.75×10^5 km^2，是中国地势最高的内陆盆地，盆地内的植被属荒漠半荒漠植被类型，旱生和盐生是其突出的生态特性[28]，荒漠植被占植被总面积的 63%，以具有高度抗旱能力的灌木、半灌木和草本为主。本研究旨在探明该地区主导灌木物种的生存适宜机制，进而为干旱荒漠区生物多样性的维持、退化荒漠系统的生态恢复，实现区域经济可持续发展提供科学基础。

2　材料与方法

2.1　研究区概况

柴达木盆地（35°00′—39°20′N、90°16′—99°16′E，海拔2 676～6 860 m）地处青海省西北部，面积约 2.75×10^5 km^2，地势自西北向东南缓倾，是中国地势最高的内陆盆地。柴达木盆地属干旱、多风的大陆性气候，年蒸发量大于降水量，终年干燥少雨，以干旱为主要特点[29]。盆地内自然环境恶劣，年气温 1.2～4.3 ℃，年降水量自东南部的 200 mm 递减到西北部的 15 mm（集中在 6—9 月），由东至西蒸发量2 088.8～3 297.9 mm[30]。盆地主要土类为盐化荒漠土和石膏荒漠土，盆地内植被覆盖率小于 5%，森林覆盖率为 0.84%[31]，盆地内植被稀疏，种类单纯，不足 200 种，属荒漠、半荒漠植被，荒漠植被占植被总面积的 63%，以具有高度抗旱能力的灌木、半灌木和草本为主，分布于砾石戈壁、洪积平原沙漠带[29]。植被结构简单，约有 3/5 的群丛由一个或几个种组成。在山麓洪积扇和冲积－洪积平原上以膜果麻黄（*Ephedra przewalskii*）、梭梭（*Haloxylon ammodendron*）和红砂（*Reaumuria songarica*）等灌木所组成的荒漠植被群落为主；在盐性沼泽及盐湖、河流沿岸，莎草科密生形成草丘，盐湖与沼泽外围以芦苇（*Phragmites australis*）与赖草（*Leymus secalinus*）为主。

2.2　研究方法

柴达木盆地内的植被主要以唐古特白刺（*Nitraria tangutorum*）、盐爪爪（*Kalidium foliatum*）、猪毛菜（*Salsola collina*）、合头草（*Sympegma regelii*）等荒漠灌木种为主要优势种和建群种。按照试验样地的具体情况和试验的需求，综合考虑地形、物种分布，于 2011 和 2012 年 8 月至 9 月在柴达木盆地进行样地设置及样方调查，在地势平坦、物种群落结构特征明显、未受到强干扰的条件下，沿着东西方向随机布置 19 个样地，这些条件保证了选择的样地具有较强的代表性。样地位置选好后，在有代表性的位置设置 10 m×10 m 的样方，每个地点样地重复 3 个，重复样地边缘两两之间最小距离 5 m，最大距离不超过 50 m。在每个 10 m×10 m 的样方内，对全部灌木进行分种调查，将每种灌木按其最大高度划分高度级，对于每一高度级的同一灌木种，记录其种名、高度、冠幅，并记录其群落生长期等。灌木层生物量由收获法获得，在每个样方中，选取 1 m×1 m 代表性样方，对生物量进行收割，并将优势种、分种、分部分称重（根、茎、叶）并取样，带回实验室烘干称量。在每个样方中，选取 1 m×1 m 的代表性样方，将生物量进行收割，并将优势种分种、分部分取样并称鲜质量，带回实验室烘干称量。在样地内每个样方外邻近样方的位置选取 1 个 1 m×1 m 的小样方，在每个样方内收集全部地表凋落物，分别称量后装入样品袋中，做好标记。带回实验室，将取回的灌木和凋落物于 80 ℃下烘干至恒定得其干质量，换算得到单位面积生物量。土壤水分由土壤水分测定仪（TDR）测定。采样区的主要情况如表 1。

表 1　样点分布地区主要情况

Table 1　The situation of the sampling plots

群落类型	纬度（N）	经度（E）	海拔/m	坡度/（°）	土壤湿度/%
唐古特白刺（*Nitraria tangutorum*）	37°13′18.36″	97°30′48.10″	2 869	0	18.38
盐爪爪（*Kalidium foliatum*）	36°59′28.30″	98°12′11.44″	2 961	8	3.96
驼绒藜（*Ceratoides latens*）	37°15′48.88″	97°24′40.16″	2 894	0	2.56
膜果麻黄（*Ephedra przewalskii*）	36°11′07.33″	94°46′53.08″	3 091	0	4.72
沙蒿（*Artemisia desertorum*）	36°52′10.77″	98°32′40.72″	2 964	0	5.45
蒿叶猪毛菜（*Salsola abrotanoides*）	36°24′47.95″	98°40′17.66″	3 642	3	19.96
合头草（*Sympegma regelii*）	35°53′25.47″	94°42′57.50″	2 869	0	13.98
猪毛菜（*Salsola chinghaiensis*）	36°00′14.14″	97°42′40.12	2 894	0	8.04

2.3 数据分析

数据处理使用SPSS软件，对不同灌木种地上、地下、凋落物量和总生物量的特征，每种灌木地上部分各器官之间以及地下-地上生物量的分配特征进行单因素方差分析。利用Excel软件辅助作图。数据结果以平均值±标准差表示。

3 结果与分析

3.1 荒漠灌丛植被群落结构特征

柴达木盆地内植被稀疏，以具有高度抗旱能力的灌木、半灌木和草本为主，盐生植被较多。本研究设置了19个荒漠灌丛样地，共涉及到8个群系类型，17个灌丛物种。柴达木盆地荒漠灌丛种群构成单一，偶有伴生种。灌丛群落建群种和优势种以唐古特白刺、盐爪爪、膜果麻黄、猪毛菜为主，伴生种主要有中亚紫菀木（*Asterothamnus centrali-asiaticus*）、红砂、刺叶柄棘豆（*Oxytropis aciphyila*）等，草本植被稀疏，常见的有芦苇和赖草等。群落盖度11%～76%，蒿叶猪毛菜灌丛的群落盖度最大，最小的是驼绒藜灌丛。为了适应盆地内的恶劣环境，盆地内的荒漠植被植株普遍矮小，灌丛高度0.1～0.9 m，平均0.4 m。盆地内荒漠植被的形态和群落特征如表2所示。

表2 柴达木盆地内荒漠灌丛群落结构特征

Table 2 Characteristics of desert shrub community structure in the Qaidam Basin

群落类型	伴生种	盖度/%	高度/m
唐古特白刺	—	32.33	0.88
盐爪爪	—	76.12	0.10
驼绒藜	猪毛菜	71.14	0.13
膜果麻黄	—	49.50	0.31
沙蒿	蒿叶猪毛菜，红砂等	38.00	0.16
蒿叶猪毛菜	西伯利亚白刺	29.30	0.50
合头草	猪毛菜，中亚紫菀木	20.67	0.67
猪毛菜	中亚紫菀木，刺叶柄棘豆	11.30	0.41

3.2 柴达木盆地主要类型灌丛生物量

柴达木盆地的草本植物稀疏，草本层植物层片受到极端干旱气候条件、风蚀、过度放牧及沙埋等因素的胁迫，在整个群落中所占比例非常小，因此，草本植被生物量忽略不计。本文所指的生物量是灌木层和凋落物层生物量之和。由表3可知，柴达木盆地不同类型灌丛的生物量差异较大，在所调查的8种类型灌丛中，荒漠灌丛的生物量介于11.11～58.63 t·hm^{-2}，平均为27.15 t·hm^{-2}。这与水热条件、地形特征、土壤及灌丛类型的分布有关。唐古特白刺灌丛的生物量最大，达到58.63 t·hm^{-2}，该灌丛具有叶簇生、肉质、根系发达等适应干旱环境生长的特点。其次是蒿叶猪毛菜灌丛和沙蒿灌丛，生物量分别达37.89 t·hm^{-2}和34.20 t·hm^{-2}。这两种灌丛类型的生长密度比较大，持水能力较强。合头草灌丛的生物量最小，为11.11 t·hm^{-2}，该类型的灌丛虽然整体盖度较大，但植株矮小，分布不均，生活史较短，从而导致了群落生物量的积累也较少。导致不同类型的灌丛生物量差异的主要原因是不同灌丛群落间的建群种和优势种类型的不同。群落生物量较高的灌丛类型其建群种和优势种往往是植株体积和盖度比较大的灌木，如唐古特白刺、蒿叶猪毛菜、沙蒿等，而生物量较低的灌丛类型的建群种和优势种往往是小灌木或半灌木，这类植被生长稀疏，植株个体矮小，如合头草、猪毛菜灌丛。在柴达木盆地荒漠植被中，灌木层生物量的比例占总生物量的比例高达92.91%，凋落物层仅占总生物量的7.09%。

表3 柴达木盆地几种荒漠植被的生物量

Table 3 The desert ecosystem biomass of different shrubs in the Qaidam Basin

群落类型	生物量/(t·hm^{-2})		
	灌木层	凋落物层	总体
唐古特白刺	55.67±6.28^{a}	2.96±0.23^{a}	58.63±6.51^{a}
盐爪爪	36.09±1.41^{bc}	1.80±0.08^{b}	37.89±1.48^{b}
驼绒藜	9.27±0.71^{d}	1.84±0.17^{b}	11.11±0.88^{c}
膜果麻黄	11.20±1.21^{cd}	1.74±0.17^{b}	12.94±1.38^{c}
沙蒿	17.42±0.89^{cd}	0.76±0.14^{c}	18.17±1.03^{c}
蒿叶猪毛菜	32.12±0.91^{c}	2.08±0.04^{b}	34.20±0.95^{bc}
合头草	29.74±1.74^{cd}	3.19±0.05^{a}	32.93±1.79^{bc}
猪毛菜	10.34±1.82^{cd}	1.0±0.01^{c}	11.36±1.83^{c}

注：不同小写字母表示不同物种之间的差异显著（$p<0.05$）。

3.3 不同类型灌丛的建群种生物量及其分配

建群种是群落优势种中的最优者，在群落结构的形成和发展中占据着重要的地位，其生物量的分配决定着整个群落的生物量分配格局。由表3和表4可见，在所调查的荒漠灌丛类型中，各个群落建群

表 4　柴达木盆地荒漠灌丛建群种生物量的分配

Table 4　Biomass allocation of the desert shrub types in the Qaidam Basin

群落类型	生物量/(t·hm^{-2})					根冠比
	叶	枝干	地下	地上	总体	
唐古特白刺	18.59±2.79^{a}	27.51±2.96^{a}	9.57±0.52^{a}	46.10±5.75	55.67±6.51^{a}	0.21
盐爪爪	2.59±0.24^{b}	7.86±0.18^{c}	25.64±0.99^{b}	10.45±0.42	36.09±1.48^{bc}	2.45
驼绒藜	2.62±0.24^{b}	5.50±0.45^{d}	1.15±0.02^{c}	8.12±0.69	9.27±0.88^{d}	0.14
膜果麻黄	2.82±0.21^{b}	5.10±0.90^{d}	3.27±0.09^{c}	7.93±1.11	11.20±1.37^{cd}	0.41
沙蒿	7.39±0.63^{b}	4.40±0.18^{d}	5.62±0.08^{c}	11.80±0.81	17.42±1.03^{cd}	0.48
蒿叶猪毛菜	2.42±0.10^{b}	14.36±0.66^{c}	15.34±0.14^{bc}	16.78±0.76	32.12±0.95^{c}	0.91
合头草	14.27±1.01^{a}	7.60±0.33^{b}	7.86±0.41^{c}	21.88±1.34	29.74±1.79^{cd}	0.36
猪毛菜	3.84±1.17^{b}	4.47±0.61^{d}	2.04±0.04^{c}	8.30±1.78	10.34±1.84^{cd}	0.25

注：不同小写字母表示不同物种之间的差异显著($p<0.05$)。

种的生物量介于 9.27～55.67 t·hm^{-2}，平均为 25.23 t·hm^{-2}，占整个灌丛群落总生物量的比例介于 84.43%～94.46%。建群种生物量最大的是唐古特白刺灌丛，为 55.67 t·hm^{-2}，最小的是合头草灌丛，为 9.27 t·hm^{-2}，地上和地下生物量相差 6 倍多。建群种生物量分配与灌丛类型的总生物量分配特征一致，表明灌木层是整个荒漠灌丛生态系统生物量的主要组成部分。生物量在各个器官间的分配比例和关系是植被生产力的重要体现，柴达木盆地荒漠灌丛的建群种生物量主要集中在地上部分，地上生物量介于 7.93～46.10 t·hm^{-2}，地下生物量介于 1.15～25.64 t·hm^{-2}，根冠比为 0.14～2.45。建群种各个器官生物量按大小顺序是枝干>根>叶，其占建群种生物量的比例分别为 38.05%、34.92%、27.03%。

3.4　生物量与环境因素的关系

植被的生物量的变化是多种环境因素共同作用的结果，干旱、半干旱地区主要的气候特征是干旱少雨，因此有效的水分成为影响植被分布的主要因素[32-33]。海拔、温度、降水、土壤水分含量是影响生物量分配的关键因子，为了探寻影响柴达木盆地内荒漠植被生物量分配格局的因子，本研究主要分析了群落总生物量与海拔和土壤水分含量间及群落结构间的关系。海拔主导着一个地区的温度和降水，在干旱区，降水稀少，植物生存所依赖的唯一水源是地下水，在一定程度上土壤水分含量决定了植物种群的发育和群落演替。

由图 1 可知，灌木的高度与生物量间呈现出一种多项式关系。其中，灌木高度对地上生物量的影响最大，R^2 高达 0.9741($p<0.01$)，而和地下生物量的关系却不是很明显，R^2 只有 0.0827 ($p>0.05$)。这说明在荒漠地区，植被的高矮决定着其地上生物量的大小，地上生物量随着植株高度的增高而增大，对地下生物量却不是很明显。

从土壤水分与荒漠灌丛生物量之间的关系(图 2)可以看出，土壤水分影响着植被生物量的分布，土壤水分含量与地上生物量呈现出一种正相关关系，R^2 达到 0.5337($p<0.05$)，而与地下生物量、凋落物生物量和总生物量间呈现出一种多项式函数关系。在荒漠地区，降水稀少，植被生存更加依赖地下水。此外，为了更加明确地解释影响生物量的因子，本研究还分析了植被生物量与海拔、植被盖度以及植被密度间的相关性。结果表明，植被生物量与海拔和盖度之间的相关性并不显著。李卫红等[15]认为在干旱区，降水稀少，植物生存所依赖的唯一水源是地下水，在一定程度上，地下水埋深浅决定着植物种群的发育和群落的演替。此外，崔夺等[34]对北方荒漠及荒漠化地区草地地上生物量空间分布特征研究表明，水分条件是导致北方典型荒漠及荒漠化地区植被生物量空间分布的重要因素。土壤的理化性质如土壤 pH 值、土壤营养元素含量以及柴达木盆地的日照强度和蒸散量、植被的年龄、生活史等都可能对植被的生物量产生影响，人类社会活动(如放牧)等社会因素对植被生物量分布也有一定的作用。

4　讨论

柴达木盆地植被稀疏，物种结构单一，以抗旱、耐盐的荒漠灌丛植被类型为主，柴达木盆地的灌丛植被生物量介于11.11～58.63 t·hm^{-2}，平均为

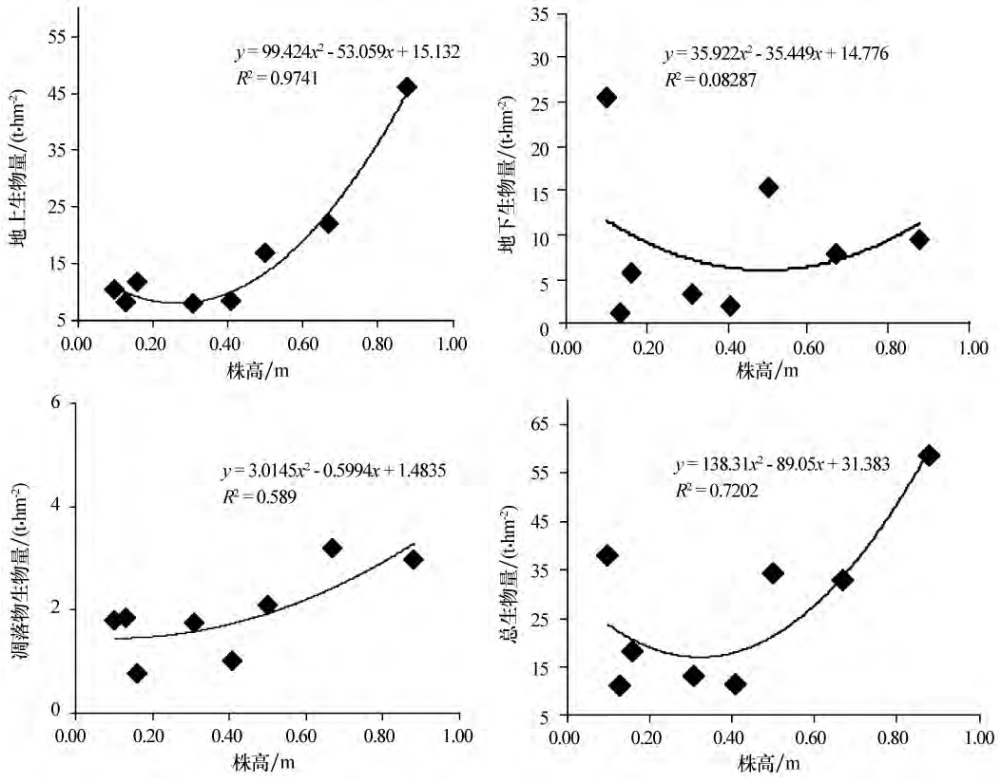

图 1 植株高度与生物量的关系

Fig. 1 The relationship between shrub height and biomass

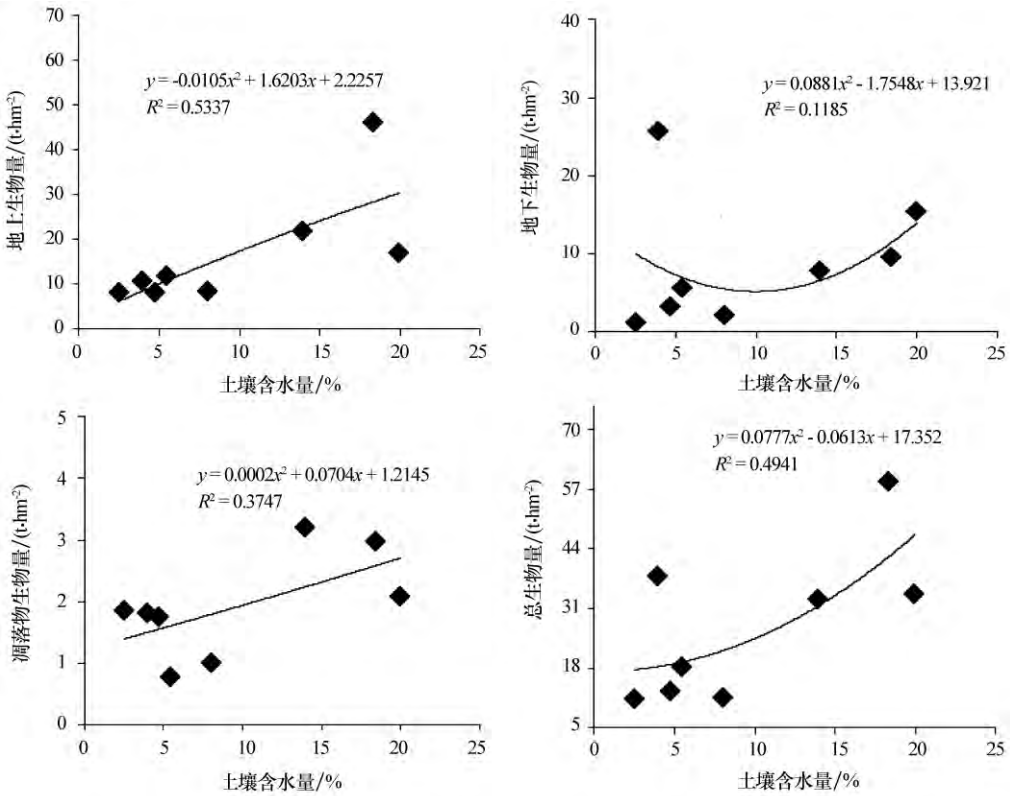

图 2 土壤含水量与生物量的关系

Fig. 2 The relationship between soil water content and biomass

27.15 t·hm^{-2}。植被生物量主要集中在地上，根冠比介于 0.14～2.45，这与 Jin 等[35]对内蒙古鄂尔多斯荒漠灌丛生物量的研究结果相似，其研究结果表明，荒漠灌丛地上生物量占总生物量的 55%～

80%，根冠比 0.25～0.82[35]。出现这种现象主要可能由于：(1)柴达木盆地内的主要灌丛植被植株矮小，在地下的根系辐射的距离范围有限；(2)地下生物量的取样深度有限。本文中荒漠灌丛的地下生物量取样深度只到 1 m，有可能地下生物量没有取尽，导致地下生物量与地上生物量相比小得多。

盆地内典型优势植被类型唐古特白刺、蒿叶猪毛菜和沙蒿灌丛群落具有较高的生物量。影响该地区生物量分配格局的因素很多，灌木的群落结构特征如灌丛的形态和植株高度等对灌丛的生物量有重要影响，土壤为植物生长提供了必须的水分，土壤水分与荒漠灌丛的生物量呈现出一种正相关关系，土壤含水量的大小直接关系到植被生长的状况。年均温、年降雨量对该地区灌木植被的影响机制尚不清楚，但降水的季节分配对植物的生长和植被的生产力形成有重要影响，特别是在干旱和半干旱的荒漠地区。柴达木盆地内的降水主要集中在夏季(7—9月)，其他季节几乎没有降水，也导致了植被生长不均。将来应该集中在更加详细地研究气候变化以及人为活动对柴达木盆地荒漠植被生物量分配模式机理方面。

参考文献：

[1] 李文华. 森林生物生产量的概念及其研究的基本途径[J]. 自然资源，1978，(1)：71－92.

[2] 鄢燕，张建国，张锦华，等. 西藏那曲地区高寒草地地下生物量[J]. 生态学报，2005，25(11)：2818－23.

[3] Bazzaz F A，Grace J. Plant Resource Allocation[M]. New York，USA：Academic Press，1997.

[4] Shipley B，Meziane D. The balanced-growth hypothesis and the allometry of leaf and root biomass allocation[J]. Functional Ecology，2002，16(3)：326－331.

[5] Coupland R T. Natural Grasslands：Introduction and Western Hemisphere[M]. New York，USA：Elsevier Science Publishers，1992.

[6] Litton C M，Raich J W，Ryan M G. Carbon allocation in forest ecosystems[J]. Global Change Biology，2007，13(10)：2089－2109.

[7] 曹光球，吴淑芳. 几个树种枝叶水浸液处理杉木 6 年后其生物量及分配[J]. 西北植物学报，2002，22(4)：894－899.

[8] 潘辉，洪伟，陈国荣，等. 相思人工林生物量分配格局与林下植被多样性分析[J]. 福建林业科技，2008，35(1)：6－10.

[9] 杨允菲，张宝田. 松嫩平原蒙古蒿种群无性系分株的生长与生物量分配规律[J]. 草业学报，2003，12(1)：11－7.

[10] 王娓，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)：90－7.

[11] 李红丽，智颖飙，雷光春，等. 不同水位梯度下克隆植物大米草的生长繁殖特性和生物量分配格局[J]. 生态学报，2009，29(7)：3525－3531.

[12] 雷蕾，刘贤德，王顺利，等. 祁连山高山灌丛生物量分配规律及其与环境因子的关系[J]. 生态环境学报，2011，20(11)：1602－1607.

[13] 巩合德，程希平，马月伟. 云南杨梅灌丛生物量的分配特征[J]. 经济林研究，2012，30(4)：106－108.

[14] 纪晓林，刘乐乐，李强，等. 燕山北部山地绣线菊灌丛生物量研究[J]. 河北林果研究，2012，27(2)：206－209.

[15] 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.

[16] 杨昊天，李新荣，刘立超，等. 荒漠草地 4 种灌木生物量分配特征[J]. 中国沙漠，2013，33(5)：1340－1348.

[17] 倪永明，欧阳志云. 新疆荒漠生态系统分布特征及其演替趋势分析[J]. 干旱区资源与环境，2006，20(2)：7－10.

[18] 李新荣，谭会娟，何明珠，等. 阿拉善高原灌木种的丰富度和多度格局对环境因子变化的响应：极端干旱荒漠地区灌木多样性保育的前提[J]. 中国科学：D 辑，2009，39(4)：504－515.

[19] 周志宇，颜淑云，秦彧，等. 阿拉善干旱荒漠区灌木多样性的特点[J]. 干旱区资源与环境，2009，23(9)：146－150.

[20] Garner W，Steinberger Y. A proposed mechanism for the formation of fertile islands in the desert ecosystem[J]. Journal of Arid Environments，1989，16(3)：257－262.

[21] 程军回，张元明. 水分胁迫下荒漠地区 2 种草本植物生物量分配策略[J]. 干旱区研究，2012，29(3)：432－439.

[22] 单玲. 芦苇生物量及其土壤碳氮垂直分布规律性的研究[D]. 乌鲁木齐：新疆大学，2007.

[23] Houghton R A，Hall F，Goetz S J. Importance of biomass in the global carbon cycle[J]. Journal of Geophysical Research，2009，114：1－113.

[24] Cramer W，Bondeau A，Woodward F I. Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO_2 and climate change：results from six dynamic global vegetation models[J]. Global Change Biology，2001，7(4)：357－373.

[25] Búrquez A，Martínez-Yrízar A，Núñez S，et al. Aboveground biomass in three Sonoran Desert communities：variability within and among sites using replicated plot harvesting [J]. Journal of Arid Environments，2010，74(10)：1240－1247.

[26] Chapin III F S，Matson P A，Mooney H A. Principles of terrestrial ecosystem ecology[M]. New York，USA：Springer-Verlag，2002.

[27] 吴波，苏志珠，陈仲新. 中国荒漠化潜在发生范围的修订[J]. 中国沙漠，2007，27(6)：911－917.

[28] 杜庆，孙世洲. 植物生态学. 柴达木地区植被及其利用[M]. 北京：科学出版社，1990.

[29] 刘燕华. 柴达木盆地水资源合理开发利用与生态环境保护[M]. 北京：科学出版社，2000.

[30] 赵串串，胡慧，董旭，等. 柴达木盆地土地荒漠化生态安全评价[J]. 林业调查规划，2009，34(4)：22－25.

[31] 于海洋，张振德，张佩民. 青海土地荒漠化评价及动态监测[J]. 干旱区研究，2007，24(2)：153－158.

[32] Pallard Y S. Closely related woody plants[M]//Kozlowski T

T. Water Deficits and Plant Growth. New York, USA: Academic Press, 1981, 6.

[33] Chapin iii F S, Autumn K, Pugnaire F. Evolution of suites of traits in response to environmental stress[J]. American Naturalist, 1993: 78－92.

[34] 崔夺, 李玉霖, 王新源, 等. 北方荒漠及荒漠化地区草地地上生物量空间分布特征 [J]. 中国沙漠, 2011, 31(4): 868－872.

[35] Jin Z, Qi Y C, Dong Y S. Storage of biomass and net primary productivity in desert shrubland of Artemisia ordosica on Ordos Plateau of Inner Mongolia, China[J]. Journal of Forestry Research, 2007, 18(4): 298－300.

The Biomass Allocation Patterns of Desert Shrub Vegetation in the Qaidam Basin, Qinghai, China

Zhong Zebing[1,2], Zhou Guoying[1], Yang Lucun[1], Liu Hechun[1,2], Song Wenzhu[1]

(1. *Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining* 810001, *China*; 2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: Investigation of spatial distribution of biomass of shrub in desert and desertified regions is essential to evaluate carbon storage in desert ecosystem. In this paper, spatial patterns of desert shrub biomass were studied based on data from sites in the Qaidam Basin, by using quadrat harvest method. We found that spatial distribution of desert shrub biomass is highly spatial heterogeneous in desert regions of the basin, which ranges from 11.11 $t \cdot hm^{-2}$ to 58.36 $t \cdot hm^{-2}$, with an average of 27.15 $t \cdot hm^{-2}$. The shrub layer biomass is the most important component of the total biomass in the terrestrial ecosystem, which accounts for 92.91% of the total biomass. The aboveground biomass is much larger than the belowground biomass, the aboveground biomass is 7.93－46.10 $t \cdot hm^{-2}$, and the belowground biomass is 1.15－25.46 $t \cdot hm^{-2}$, and the ratio of root to shoot ranges from 0.07 to 2.45. The vegetation biomass in desert varies in different organs, generally speaking, the biomass in branch and stem were larger than in root, and the biomass in foliage is the smallest (38.05%, 34.92%, 27.03%, respectively). The main factors that affect the vegetation biomass and its allocation are shrub height and soil moisture.

Key words: desert vegetation; biomass; spatial distribution; Qaidam Basin