

# 毛乌素沙地4种灌木地上构件生物量和碳分布特征

周毅<sup>1</sup>, 王林和<sup>1</sup>, 张国盛<sup>2</sup>, 冯玉军<sup>3</sup>, 高达布希拉图<sup>4</sup>,  
高占成<sup>3</sup>, 哈斯牧人<sup>3</sup>, 边良<sup>3</sup>

(1.内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古呼和浩特 010019; 2.内蒙古农业大学林学院, 内蒙古呼和浩特 010019;  
3.鄂尔多斯市乌审旗林业局, 内蒙古嘎鲁图 017300; 4.鄂尔多斯市乌审旗沙地柏自然保护区, 内蒙古嘎鲁图 017300)

**摘要:**采用收割法、烘干法、湿烧法对毛乌素沙地4种灌木地上构件的生物量、含水率、含碳率进行了测量, 结果表明, 4种灌木地上构件含水率差异较大; 4种灌木的主枝含碳率均较低, 构件含碳率分布具有随机性, 由植物自身生理生态特性控制; 4种灌木构件生物量密度和碳密度大于草本植物, 含碳率大于杨柳类阔叶乔木; 4种灌木均表现为主枝生物量和碳分配最大, 主枝是4种灌木储存碳的主要构件和构成种群的主要构件。4种灌木构件生物量和碳分布特点反映了植物在干旱环境中能够很好地吸收固定二氧化碳, 在干旱半干旱地区应以臭柏等耐旱、含碳率高的灌木为主要树种进行碳汇林建设。

**关键词:**毛乌素沙地; 灌木; 构件; 生物量; 碳分布

中图分类号: Q584

文献标识码: A

文章编号: 1004-874X(2013)01-0154-04

## Distribution characteristics of biomass and carbon of aboveground modules of four shrubs in Mu Us sandy land

ZHOU Yi<sup>1</sup>, WANG Lin-he<sup>1</sup>, ZHANG Guo-sheng<sup>2</sup>, FENG Yu-jun<sup>3</sup>, GAO Da-bu-xi-la-tu<sup>4</sup>,  
GAO Zhan-cheng<sup>3</sup>, HASI Mu-ren<sup>3</sup>, BIAN Liang<sup>3</sup>

(1. College of Ecological and Environmental Science of Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, 010019, China;  
2. Forestry College of Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; 3. Wushenqi Forestry Bureau of Ordos City, Galutu 017300, China; 4. Wushenqi Sabina Vulgaris Nature Reserve of Ordos City, Galutu 017300, China)

**Abstract:** The biomass, rate of water content, carbon content rate of aboveground modules of four shrubs in Mu Us sandy land were measured respectively by harvesting, oven drying, potassium dichromate-sulfuric acid oxidation. There were four results as follows: (1) The water content rate among aboveground modules of four shrubs had significant differences and were in line with the general law of plants water. (2) The carbon content rate of main breaches were low, randomness carbon content distribution among modules were controlled by eco-physiological characteristics of plant. (3) The biomass density and carbon density of four shrubs were more than herbaceous species, rate of carbon content than trees like poplar and willow. (4) The main breach of four shrubs all had more rate of biomass and carbon than other modules, so that it was the main module that stores carbon and constitutes population. Characteristics of biomass and carbon distribution of four shrubs reflected that plants in arid and semi arid regions distribute biomass reasonably to get the maximum resources and space for population living. For this, the shrubs with high carbon content rate such as Sabina vulgaris should be the main trees for carbon sink forests construction.

**Key words:** Mu Us sandy land; shrub; module; biomass; carbon distribution

生物包括个体生物和构件生物, 大部分高等植物和低等动物都属于构件生物<sup>[1]</sup>。构件生物由重复的构建单位组成, 它们由构件结构反复形成实现生长发育<sup>[2]</sup>。植物构件的反复形成和生长直观表现为生物量的增加, 生物量的测定在生态系统研究中具有重要意义, 它可以为了解生物量的积累动态、生态系统的物质循环和能量流动提供基础资料。因此国内外对构件生物量的研究比较广泛, 对乔灌木植物均有研究<sup>[3-7]</sup>。

毛乌素沙地是我国四大沙地之一, 地理位置特殊, 地处多个自然地带交汇处, 最近几年生态环境明显改善。灌木是毛乌素沙地的优势种<sup>[8]</sup>, 对毛乌素沙地的沙害治理和自然环境改善起到关键性作用。至今对毛乌素沙地灌木种群构件的研究比较少, 只有李根前等<sup>[9]</sup>对毛乌素沙地沙棘构件种群的数量动态进行过研究。

植物构件含碳率各不相同, 构件数量和生物量分布不尽相同, 若仅用一种含碳率来计算多种形式的植物种群碳储量有不合理之处。郑帷婕等<sup>[10]</sup>研究了陆地高等植物碳含量及其特点, 认为不同构件含碳率有显著性差别, 不同植物中构件间碳分布不尽相同。因此, 本试验研究毛乌素沙地灌木构件生物量以及碳储量的分配特点, 探究灌木与乔木、草本植物生物量和碳分配方面的差异, 为半干旱区碳汇造林提供参考和指导。

收稿日期: 2012-12-02

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201104061)

作者简介: 周毅(1987-), 男, 在读硕士生, E-mail: zhisibuyu1@sohu.com

通讯作者: 王林和(1949-), 男, 博士, 教授, E-mail: wlinhe@hotmail.com

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

毛乌素沙地位于 37°27.5'~39°22.5' N、107°20'~111°30'E, 海拔多为 1 100~1 300 m, 西北部稍高, 达 1 400~1 500 m, 个别地区可达 1 600 m 左右。沙区年均温度 6.0~8.5℃, 1 月均温 -12~-9.5℃, 7 月均温 22~24℃, 无霜期 134~169 d, 年降水量 250~440 mm, 集中在 7~9 月, 由东南向西北逐渐减少, 年均蒸发量 2 300 mm。毛乌素沙地处于几个自然地带的过渡带, 植被和土壤的分布都具有过渡特性, 主要分布有沙生植被、草甸植被、盐生植被和沼泽植被等隐域性植被。沙生植被是毛乌素沙地植被的主体, 以灌木、半灌木为优势种。沙生植被中以沙蒿 (*Artemisia ordosica*) 群落和沙蒿-柠条 (*Caragana korshinskii*) 群落分布最广, 在局部流动沙地还出现沙米 (*Agriophyllum squarrosum*)、沙竹 (*Psammochloa villosa*) 等群落, 在固定、半固定沙地分布有麻黄 (*Ephedra sinica*)、臭柏 (*Sabina vulgaris*)、沙柳 (*Salix psammophila*) 等群落<sup>[1]</sup>; 在丘间低地上分布有乌柳 (*Salix cheilophila*) 以及多种草本植物和杨柳类乔木等植物群落。

### 1.2 试验材料

臭柏、油蒿、沙柳和乌柳均于 2012 年 6 月采自毛乌素沙地研究中心北试验地。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 样方设置与生物量测试方法** 臭柏样地选择 5 个坡面, 每个坡面分别在坡底、坡中、坡顶设置 1 个 1 m×1 m 标准样方, 共计 15 个样方。油蒿设置 3 个 10 m×10 m 样地, 以灌丛为样方, 每个样地沿对角线选取 5 个灌丛, 采用收割法获取整个灌丛生物量。乌柳和沙柳随机选取 3 个 10 m×10 m 样地, 每个样地沿对角线选取灌丛 5 个, 再从灌丛中选取 10 个直径、高度、重量有代表性的枝条, 测量所选枝条各个部分重量, 统计符合标准的枝条数量, 标准枝重量乘以标准枝数量即得到灌丛生物量鲜重。地上部分生物量按照主枝、细枝、嫩枝、叶分别测量。野外称量样品均采用金诺 TD-A 型 (精度 0.01 g) 电子天平。

**1.3.2 含水率测验方法** 将地上部分按构件分为叶、嫩枝 (一年生枝条)、细枝 (两年生枝条)、主枝 (多年生枝条), 分开采样, 每个构件采集 5 个重复, 共计 80 个样品。样品采集后称取鲜重, 用自封袋保存, 带回实验室使用 JC-9076A 型电热鼓风恒温干燥箱 85℃烘干至恒重。

**1.3.3 含碳率测验方法** 5 个重复样品混合粉碎, 过 0.25 mm 筛, 储存备用。分析前在 65℃的干燥箱中烘干 1 h, 放入干燥器中保存待测。有机碳测定方法为湿烧法, 具体为重铬酸钾-浓硫酸氧化水合加热法。3 次重复, 取其平均值为测试数据。

**1.3.4 碳密度计算方法** 将各构件鲜重根据含水率换算为干重, 再根据含碳率计算单位面积各构件碳储量即为

碳密度。

**1.3.5 数据处理方法** 所有数据均采用 Excel 和 DPS 软件进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 构件特征

臭柏构件生物量和碳分布均为主枝>叶>嫩枝>细枝 (图 1、图 2); 臭柏生物量比例和碳分配细枝和嫩枝没有差异, 二者和主枝、叶之间差异显著 (表 1、表 2)。油蒿构件生物量和碳分布为主枝>细枝>叶>嫩枝 (图 1、图 2); 油蒿叶与细枝、嫩枝生物量比例和碳分布差异不显著, 主枝、叶与细枝、嫩枝构件之间差异显著 (表 1、表 2)。乌柳生物量和碳密度为主枝>嫩枝>细枝>叶, 沙柳构件生物量和碳密度为主枝>叶>细枝>嫩枝 (图 1、图 2)。沙柳和乌柳构件生物量所占比例和碳密度差异显著性一致, 主枝和嫩枝、细枝、叶差异性显著, 嫩枝、细枝、叶之间没有显著差异 (表 1、表 2)。

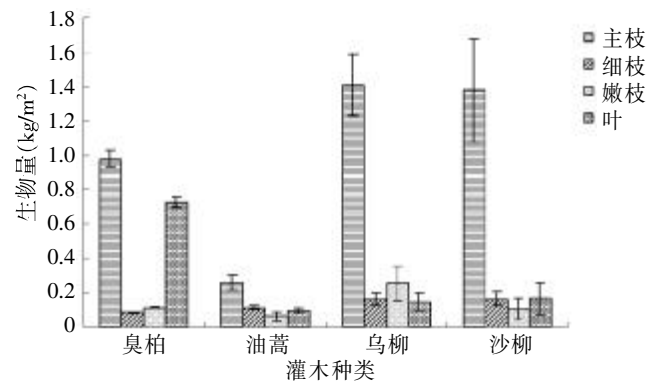


图 1 4 种灌木地上构件生物量

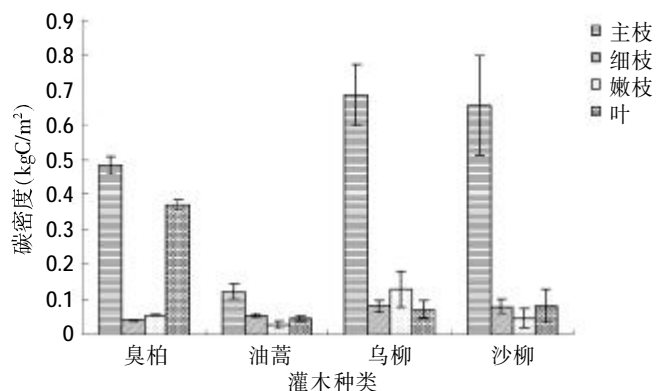


图 2 4 种灌木地上构件碳密度

表 1 4 种灌木地上构件生物量比例 (%)

| 灌木种类 | 主枝          | 细枝          | 嫩枝          | 叶            |
|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 臭柏   | 51.54±2.29a | 4.51±0.21c  | 5.88±0.28c  | 38.06±1.80b  |
| 油蒿   | 48.17±5.79a | 21.38±1.77b | 12.19±5.09c | 18.26±3.08bc |
| 乌柳   | 71.11±7.39a | 8.23±1.64b  | 13.10±5.23b | 7.56±2.92b   |
| 沙柳   | 75.23±2.06a | 9.26±2.82b  | 6.04±3.72b  | 9.47±5.61b   |

注: 同行数据后小写英文字母不同者表示差异显著, 表 2~表 4 同。

表 2 4 种灌木地上构件碳分配 (%)

| 灌木种类 | 主枝           | 细枝          | 嫩枝          | 叶            |
|------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 臭柏   | 50.82±2.29a  | 4.54±0.21c  | 5.81±0.27c  | 38.83±1.81b  |
| 油蒿   | 48.05±5.65a  | 21.94±1.81b | 11.55±4.84c | 18.46±3.14bc |
| 乌柳   | 70.38±7.51a  | 8.51±1.69b  | 13.55±5.38b | 7.56±2.91b   |
| 沙柳   | 75.00±12.11a | 9.49±2.89b  | 5.71±3.51b  | 9.80±5.80b   |

由以上分析可知,4种植物构件碳分布差异性和生物量差异性一致,分配比例也具有一致的大小关

系。

## 2.2 含水率

4种灌木地上部分构件含水率(表3)表明,4种植物构件含水率差异显著,种间变异系数变化范围为8.34%~12.56%,种内变异系数变化范围为13.01%~25.89%。主枝含水率最低,叶含水率最高。含水率从小到大依次为主枝<细枝<嫩枝<叶。植物种间含水率大小顺序为油蒿(0.5913)>沙柳(0.5774)>臭柏(0.5602)>乌柳(0.5348)。

表 3 4 种灌木地上部分构件含水率 (%)

| 灌木种类 | 主枝          | 细枝          | 嫩枝           | 叶           | 全株    | 变异系数  |
|------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------|
| 臭柏   | 45.78±3.84c | 56.63±1.13b | 59.97±1.48ab | 61.71±0.83a | 56.02 | 12.76 |
| 油蒿   | 38.16±3.34c | 50.74±0.92b | 74.75±0.54a  | 72.88±0.92a | 59.13 | 29.99 |
| 乌柳   | 45.23±1.57c | 50.60±1.24b | 54.30±1.56b  | 63.79±3.28a | 53.48 | 14.62 |
| 沙柳   | 45.20±1.34c | 53.91±6.51b | 65.74±1.28a  | 66.10±0.57a | 57.74 | 17.49 |
| 变异系数 | 8.33        | 5.44        | 13.70        | 7.34        |       |       |

## 2.3 含碳率

4种植物地上部分构件含碳率结果见表4,从变异系数可以看出,无论是种间还是种内,变异系数均较小,不同物种同一构件含碳率差距微小,同一物种不同构件间含碳率差异也不大。表明4种植物含碳率在构件中分布比较集中。臭柏各构件含碳率变异系数最小、含碳率在构件中分布最集中,其次是乌柳、沙柳,油蒿各构件含碳率变异系数最大。整株含碳率大小依次为

臭柏(51.21%)>乌柳(50.91%)>沙柳(49.27%)>油蒿(48.46%)。

臭柏主枝和叶构件之间含碳率差异性显著,细枝嫩枝和主枝、叶之间差异性不显著,细枝和嫩枝之间没有差异性。油蒿各构件之间含碳率差异性均显著。乌柳和沙柳主枝和叶之间以及细枝和嫩枝之间含碳率差异性均不显著,主枝和叶分别与细枝和嫩枝之间含碳率差异性显著。

表 4 4 种灌木地上构件含碳率 (%)

| 灌木种类 | 主枝          | 细枝           | 嫩枝           | 叶           | 全株    | 变异系数 |
|------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------|------|
| 臭柏   | 50.46±1.12b | 51.53±0.41ab | 50.60±1.09ab | 52.24±0.67a | 51.21 | 1.63 |
| 油蒿   | 48.58±0.35c | 49.96±0.22a  | 46.07±0.20d  | 49.24±0.21b | 48.46 | 3.49 |
| 乌柳   | 49.63±0.32b | 51.87±0.27a  | 51.92±0.30a  | 50.20±0.45b | 50.91 | 2.29 |
| 沙柳   | 47.91±0.46b | 50.39±0.30a  | 50.79±0.34a  | 47.99±0.45b | 49.27 | 3.11 |
| 变异系数 | 2.29        | 1.78         | 5.18         | 3.59        |       |      |

## 3 讨论

不同树种各构件含碳率分布具有随机性,没有一致的规律,由于这4种植物样品采集于同一地区,自然环境无差别,树种各构件含碳率分布取决于树种自身生理生态特性。这一结论和唐宵等<sup>[12]</sup>得出的结论相似。徐小静等<sup>[13]</sup>认为针叶乔木树种各构件含碳率普遍大于阔叶乔木树种。毛乌素沙地分布最多的乔木是柳树和杨树,二者均是阔叶树种,杨树和旱柳含碳率小于臭柏<sup>[14]</sup>,碳密度却大于臭柏<sup>[15]</sup>。杨树和旱柳过分依赖地下水,种植初期不易成活,臭柏耐旱性强,扦插易成活<sup>[16]</sup>。干旱区造林应该选择耐旱节水的植物,即使杨柳类乔木含碳率、生物量密度和碳密度比臭柏大,也不适合用于大面积造林。4种灌木是毛乌

素沙地常见的几种耐旱灌木,其中臭柏的含碳率和碳密度最大。因此,从含碳率方面来看,臭柏是最适合用于毛乌素沙地碳汇林建设的树种。

生物量动态是反映植物与环境相互作用的重要标志,是植物生长发育规律的体现<sup>[17]</sup>。茎是植物的一个巨大能量贮藏库和调节器<sup>[18]</sup>,叶的多少决定植物的光能利用率<sup>[4,19]</sup>,因此这两个构件分配到的生物量较大<sup>[20]</sup>。但是沙柳和乌柳是直立茎,主要是向上生长获取更大的空间接受更多的光照资源,但是干旱环境限制了生长高度,不可能在垂直方向上积累太多的生物量。臭柏是匍匐植物,可以通过横向扩展种群来获取更多的生存空间<sup>[21]</sup>。同时枝条获取空间后需要更多的叶来获取光资源和二氧化碳以维持生长。这证明了臭柏叶分配的生物量比较大的合理之处,

臭柏比其他 3 种灌木更能有效利用光资源和二氧化碳资源,具有更强的固碳能力。

安尼瓦尔·买买提等<sup>[22]</sup>研究新疆地区草原生物量后得出多种草原碳密度范围为 34.9~117.4 gC/m<sup>2</sup>,毛乌素沙地 4 种灌木碳密度均大于新疆地区草原碳密度,这说明灌木储存碳的能力比草本强。草本大多为 R-对策植物,需要更多的物质和能源用于种群繁衍,因此花和果实的比例比灌木和乔木大,草本更多的生物量分配在叶、花和果实<sup>[20]</sup>。乔木为 K-对策生物,需要更大的体积和空间来争夺光照资源。灌木介于二者之间,灌木生物量和碳分配更接近于乔木<sup>[6]</sup>,灌木更多生物量的分配在枝干,通过基部主枝数量的增长来获取生存空间。由于碳分配规律和生物量分配一致,因此灌木碳分配特点也和乔木、草本有明显不同。4 种灌木主枝所占比例甚至比乔木树种大头茶茎所占比例还大<sup>[7]</sup>,胡会峰等<sup>[23]</sup>认为中国主要灌丛碳密度在 59.2~170 gC/m<sup>2</sup> 之间。本研究测量的 4 种灌丛碳密度均超过了该范围,说明这 4 种灌木储存有机物的能力比其他地区灌木储碳能力强,其中臭柏是适应干旱环境中储存碳能力最强的。

综上所述,无论是在含碳率还是生物量、碳密度方面,在半干旱区这 4 种灌木相比于草本、其他地区灌木、旱柳等乔木有更强的储碳能力,尽管毛乌素沙地有比臭柏固碳能力强的植物,但是考虑到抗旱性和成活率等因子对造林的限制,臭柏应该作为在毛乌素沙地碳汇造林的首选植被。

#### 参考文献:

- [1] Harper J L, Bell A D. The population dynamics of growth form in organisms with modular construction. In: Population dynamics [M]. Oxford: Blackwell, 1979: 29-52.
- [2] Harper J L. The concept of population in modular organisms. In: Practical Ecology: Principles and Applications [M]. 2ed Edition. Oxford: Blackwell, 1981: 11-25.
- [3] 韩忠明, 韩梅, 吴劲松, 等. 不同生境下刺五加种群构件生物量结构与生长规律[J]. 应用生态学报, 2006, 17(7): 1164-1168.
- [4] 张炜银, 王伯荪, 李鸣光, 等. 台湾相思林和芒草草丛中薇甘菊枝构件的分枝格局及其生物量[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 346-350.
- [5] 李雪华, 李晓兰, 蒋德明, 等. 科尔沁沙地 70 种草本植物个体和构件生物量比较研究[J]. 干旱区研究, 2009, 26(2): 200-205.
- [6] 张文辉, 李红, 李景侠, 等. 秦岭独叶草种群个体和构件生物量动态研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 530-534.
- [7] 殷淑燕, 刘玉成. 大头茶构件种群生物量及叶面积动态[J]. 植物生态学报, 1997, 21(1): 83-89.
- [8] 白岗栓, 李志熙, 张占山. 毛乌素沙地高、等植物资源[J]. 草地学报, 2006, 14(2): 170-180.
- [9] 李根前, 赵粉侠, 李秀寨, 等. 毛乌素沙地中国沙棘种群数量动态研究[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 180-184.
- [10] 郑帷婕, 包维楷, 辜彬, 等. 陆生高、等植物碳含量及其特点[J]. 生态学杂志, 2007, 26(3): 307-313.
- [11] 李志熙, 廖允成, 白岗栓. 毛乌素沙地植被特征与建设[J]. 水土保持通报, 2005, 25(5): 66-74.
- [12] 唐宵, 黄从德, 张健, 等. 四川主要针叶树种含碳率测定分析[J]. 四川林业科技, 2007, 28(2): 20-23.
- [13] 徐小静, 朱向辉, 汪方德, 等. 毛竹等 11 种浙江省碳汇造林树种含碳率分析[J]. 竹子研究汇刊, 2009, 28(1): 21-24.
- [14] 马俊青, 李高阳, 田丽. 河南省主要造林树种含碳率比较研究[J]. 河南农业科学, 2012, 41(9): 131-132.
- [15] 杨晓菲, 鲁绍伟, 饶良懿, 等. 河南省西平县杨树人工林碳贮量及其分配特征研究[J]. 林业资源管理, 2012(2): 38-42.
- [16] 张国盛, 李玉灵, 王林和, 等. 半干旱地区臭柏造林初步研究[J]. 内蒙古林学院学报(自然科学版), 1999, 21(1): 21-25.
- [17] 刘金平, 张新全, 游明鸿. 扁穗牛鞭草人工种群构件及生物量动态变化[J]. 草地学报, 2006, 14(4): 310-314.
- [18] 杨利平, 周晓峰. 细叶百合的生物量和营养分配[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 138-142.
- [19] 王宁, 刘济明. 顶坛花椒生长状况及其构件种群研究[J]. 贵州林业科技, 2004, 32(3): 26-31.
- [20] 刘佩勇, 张庆灵, 杨允菲. 松嫩平原朝鲜碱茅无性系种群构件生物量结构及相关模型分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 543-548.
- [21] 张国盛, 董智, 王林和. 臭柏生物生态学特性及生长繁殖的研究综述[J]. 内蒙古林学院学报(自然科学版), 1997(2): 69-75.
- [22] 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.
- [23] 胡会峰, 王志恒, 刘国华, 等. 中国主要灌丛植被碳储量[J]. 植物生态学报, 2006, 30(4): 539-544.