

# 安塞人工沙棘林地上部生物量和净初级生产量

阮成江<sup>1</sup>, 李代琼<sup>2</sup>

(1. 盐城工学院, 江苏 盐城 224003; 2. 中国科学院·水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 采用收获法测定安塞沙棘人工林不同林龄林分的地上部生物量, 分析沙棘人工林发育过程中地上部生物量和净初级生产量的变化趋势, 建立沙棘单株地上部各器官分量的回归模型。结果表明: 沙棘人工林 4~5 a 即可郁闭, 郁闭度为 0.8~0.9。1~8 龄内, 地上部生物量随林龄增加而增加, 8~11 龄增加缓慢, 11~13 龄趋于稳定, 13 龄的沙棘人工林地上部生物量为 1 151 g/m<sup>2</sup>, 地上部生物量的器官分配为: 主茎 410 g/m<sup>2</sup> (占 35.6%), 枝 478 g/m<sup>2</sup> (占 41.5%), 叶 215 g/m<sup>2</sup> (占 18.8%), 果 20 g/m<sup>2</sup> (占 0.02%), 枯枝 28 g/m<sup>2</sup> (占 0.02%)。8 龄沙棘人工林的净初级生产量为 600 g/(m<sup>2</sup>·a), 此林龄后需采取林中间种油松 (*Pinus tabulaeformis* Carr.)、杨树 (*Populus* sp.) 等树种及牧草或平茬复壮等措施对林分进行改造。

**关键词:** 沙棘; 人工林; 地上部; 生物量; 净初级生产量

**中图分类号:** S793.6; Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)02-0038-04

**Biomass and net primary productivity of above-ground parts of artificial *Hippophae rhamnoides* L. stand in Ansai** RUAN Cheng-jiang<sup>1</sup>, LI Dai-qiong<sup>2</sup> (1. Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, The Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(2): 38-41

**Abstract:** The harvest method was used to study the biomass of above-ground parts of artificial *Hippophae rhamnoides* L. stand of different ages. The dynamics on the biomass and net primary productivity of above-ground parts in the course of development were analyzed in detail. The optimum regression models of biomass of different organs of above-ground part of *Hippophae rhamnoides* L. were built. The results show that artificial *Hippophae rhamnoides* stand crowned closer after 4~5 years, crown density 0.8~0.9. Biomass of above-ground parts in 1~8 year-stand increased with age of stands, 8~11 year-stand slowly increased, 11~13 year-stand trended to stable. Biomass of above-ground parts of 13 year-stand was 1 151 g/m<sup>2</sup>, and its allocation was: main stem 410 g/m<sup>2</sup> (accounted for 35.6%), branch 478 g/m<sup>2</sup> (accounted for 41.5%), leaf material 215 g/m<sup>2</sup> (accounted for 18.8%), fruit 20 g/m<sup>2</sup> (accounted for 0.02%) and dry-branch 28 g/m<sup>2</sup> (accounted for 0.02%). Net primary productivity of 8 year-stand was 600 g/(m<sup>2</sup>·a), after this age of stands the measures of inter-planting tree species, herb species or flat cutting may be used to reform the stand.

**Key words:** *Hippophae rhamnoides* L.; artificial stand; above-ground parts; biomass; net primary productivity

沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 为胡颓子科 (Elaeagnaceae) 沙棘属 (*Hippophae* L.) 多年生落叶灌木或小乔木<sup>[1]</sup>。主产我国西北部和西南部, 黄土高原半干旱区有成片的单优势群落或混生于其他灌乔林中的天然林和人工林<sup>[2-4]</sup>。沙棘适应性强, 生长迅速, 能保持水土、防风固沙、固氮改良土壤, 目前已成为我国西北、华北、东北, 特别是半干旱黄土丘陵区改善生态环境的主要造林树种, 并已在山东和江苏滩涂引种成功, 至 1999 年底, 全国沙棘资源总面积已达 150 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 并正以平均每年 6 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>

的速度发展<sup>[5-7]</sup>。本文对半干旱黄土丘陵区安塞人工沙棘林地上部生物量和净初级生产量进行分析, 旨在为沙棘的造林、经营管理和林分改造提供理论依据。

**收稿日期:** 2000-09-20

**基金项目:** 国家科技部中俄国际合作资助项目; 水利部“948”引进资助项目(975154)

**作者简介:** 阮成江(1972-), 男, 河南新县人, 硕士, 讲师, 主要从事植物水分生理生态、耐盐植物引种、选育等方面的教学和科研工作。

## 1 材料与方法

供试沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)林为中国科学院安塞水土保持综合试验站1983年栽植。该站位于陕西省安塞县,东经109°19',北纬36°51'。居黄土高原腹地,属典型的梁峁状丘陵沟壑区。暖温带半干旱气候,年平均降雨量535 mm,降雨量年际差异较大,年内分布不均。干燥度1.48,年平均气温8.8℃,平均无霜期160 d。年总辐射量为132 kJ/cm<sup>2</sup>,植被属森林草原区,土壤类型为黄绵土。

采用抽样法在沙棘人工林内每年选择5个有代表性的5m×5m标准样方,对样方内的植株运用全收获法测定地上部生物量,收获时用分层切割法将样树分成主茎、枝、叶、果、枯枝落叶几个部分,并称其鲜重。同时对样方内的杂草进行收获,在对照荒山上选择5个有代表性的5m×5m的标准样方,测定样方的地上部净初级生产量。

1998年10月在试验区沙棘林内以随机方法抽样选取50株(丛)沙棘作为样树,分别观测树高、地径、冠幅、树龄、小乔木的胸径、一年生枝长、多年生枝长、株型及分枝数,然后将全部样树伐倒,将地上部生物量分为叶、枝、枯枝、主茎4个部分进行收获。1999年在沙棘林内依上述方法取10株样树测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 沙棘人工林的群落特征

沙棘人工林外貌深绿,林冠整齐、连续,郁闭度约为0.8~0.9。可划分为乔灌层和草本层2个层次,乔灌层基本由单一的沙棘构成,平均树高2.7~4.3 m,平均冠幅2.3 m,小乔木平均胸径3.86 cm,平均地径6 cm。试验区荒山造林前分布的主要植物为长芒草(*Stipa bungeana* Trin.)、细裂叶莲蒿(*Artemisia gmelinii* Web. et Stechm.)、白羊草[*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng]、委陵菜(*Potentilla chinensis* Ser.)等种类,草本植物种类和数量均较少。乔灌层植被恢复后,该群落灌层草本植物的种类和数量发生了根本性改变,有更多的种类入侵。现林下草本植物较多,除上述各种外,主要还有华北米蒿(*A. giraldii* Pamp.)、达乌里胡枝子(*Lespedeza dahurica* Schindl.)、狗尾草(*Setaria viridis* Beauv.)、沙蓬

(*Salsola collina* Pall.)、马先蒿(*Pedicularis resupinata* L.)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides* Willd.)、狗娃花[*Heteropappus hispidus* (Thunb.) Less.]、细叶远志(*Polygala tenuifolia* Willd.)、黄鼠草(*Lactuca chinesis* L.)等草类。

沙棘由于生长迅速,竞争力强,具根蘖繁殖,第3~4年即形成茂密的单优势群落,第4~5年即可郁闭;8龄沙棘林密度达最大值(28 500株/hm<sup>2</sup>),此后沙棘通过自然稀疏,密度和高生长趋于平稳,13年生沙棘,密度为11 010株/hm<sup>2</sup>,株高为2.7~4.3 m,形成了较合理的群落结构,林内天然草类生长繁茂,形成覆盖度达80%以上的灌木-草本群落。沙棘根系发达,在黄土高原半干旱区坡面和沟坡生长的沙棘,根系主要密集于地表1 m上层,形成根系网<sup>[8]</sup>。这样沙棘林形成茂密的林冠层,林下草本层和发达的根系层,为其自身的生长发育创造了良好的水分生态环境。同时能保护地表不直接遭雨滴打击、拦截降雨、阻缓暴雨强度、缓减径流流速、拦截泥沙、增强土壤渗透性、抗蚀性和抗冲性。测定结果表明:2、3和4龄沙棘较天然荒地减少径流量分别为66.2%、66.9%和78.2%;减少土壤侵蚀量为39.0%、37.8%和47.0%;在5龄以上沙棘林下,一般无侵蚀沟和滑坡发生。

沙棘具根瘤,能固定空气中的氮补充氮素,与此同时,枯枝落叶的分解,植株的淋溶作用及根系自身的穿透、挤压、胶结和死根的腐烂等作用,改善了土壤结构,使营养元素返回到土壤中,以维持土壤养分的平衡。测定2~13龄沙棘年平均氮积累量为82.65 kg/hm<sup>2</sup>,年平均磷积累量为8.25 kg/hm<sup>2</sup>,7龄沙棘氮和磷积累量分别为149.4 kg/hm<sup>2</sup>和15.75 kg/hm<sup>2</sup>,13龄沙棘氮和磷积累量分别为195 kg/hm<sup>2</sup>和20.85 kg/hm<sup>2</sup>。沙棘叶含氮2.38%~3.3%,含磷0.193%~0.263%,茎含氮1.08%~1.36%,含磷0.142%~0.206%,根含氮0.03%~2.0%,含磷0.109%~0.198%。5年生沙棘林出现黑色腐殖质层,0~60 cm土层内土壤肥力有较大增加,8~9龄沙棘的根瘤总量可达81.6~151.7 kg/hm<sup>2</sup>,土壤的全氮量可由农地、草地的0.05%~0.1%提高到0.2%。

### 2.2 沙棘人工林群落的地上部生物量及其分配

2.2.1 沙棘人工林群落的地上部生物量 测定结果表明,安塞13龄沙棘地上部生物量为1 151

g/m<sup>2</sup>,其器官分配为:主茎410g/m<sup>2</sup>(占35.6%),枝478g/m<sup>2</sup>(占41.5%),叶215g/m<sup>2</sup>(占18.8%),果20g/m<sup>2</sup>(占0.02%),枯枝28g/m<sup>2</sup>(占0.02%)。沙棘地上部各器官生物量的比例为:主茎:枝:叶:果:枯枝=14.6:17.1:7.7:0.71:1.0,这些比例与11龄时的研究结果近似。上述结果表明沙棘地上部生物量的积累主要在枝和主茎,其次为叶、枯枝落叶,而果实最少,这主要是因为枯枝和叶均不断凋落,而主茎和枝仅少量皮会凋落,因而主茎和枝的积累最多。在枝、枯枝、叶中由于叶的更新最快,因而积累最少;从果实在地上部生物量中的比重最小看出,选育优

良品种,提高果实产量是有待进一步研究解决的重要问题;同时从沙棘地上部各器官生物量的分配比例也可看出沙棘的灌木或小乔木特征。

1998年通过对50株标准株的树高、地径、冠幅、树龄、小乔木的胸径、一年生枝长、多年生枝长、株型和分枝数测定及叶、枝、主茎、枯枝的全收获。应用主成分分析和多元回归分析方法,依据最优子集和最小残差平方和的优选原则,筛选出具有最优性质的沙棘地上部各器官生物量的估测模型(表1),并于1999年伐10株样树,测定后对估测模型进行修正。

表1 沙棘地上部各器官生物量回归模型<sup>1)</sup>

Table 1 Regression models of biomass of different organs of above-ground part of *Hippophae rhamnoides* L.<sup>1)</sup>

模型类型 Model-type	回归模型 Regressive model	R <sup>2</sup>	F	P
树高、地径、树龄结合模型 Combined model of height, basal diameter and forest age	Lg=0.001 2h+0.130 1r-0.075 5t-0.060 8 Bg=0.001 3h+0.456 3r-0.101 6t-0.443 1 Dg=0.000 6h+0.105 8r-0.048 7t-0.127 8 Sg=0.003 1h+0.522 9r-0.161 2t-0.642 8	0.825 6 0.916 6 0.710 5 0.925 1	143.1 167.1 98.7 169.2	** ** ** **
地径、冠幅、多年生枝长结合模型 Combined model of basal diameter, crown diameter and length of vivacious branch	Lg=0.999 9r+0.000 8c-0.000 5sl-0.077 6 Bg=0.483 0r+0.221 8×10 <sup>-4</sup> c-0.002 6sl-0.443 1 Dg=0.173 1r-0.001 0c-0.002 1sl-0.467 5 Sg=0.805 7r-0.003 6c-0.006 3sl-0.513 8	0.790 3 0.912 2 0.751 1 0.932 7	125.4 157.9 116.3 176.3	** ** ** **

<sup>1)</sup> Lg:叶重 weight of leaves(kg);Bg:枝重 weight of branches (kg);Dg:枯枝重 weight of dry-branches (kg);Sg:主茎重 weight of main stem (kg);h:树高 height of tree (cm);r:地径 basal diameter (cm);t:树龄 age of tree (年);c:冠幅 crown diameter (cm);sl:多年生枝长 length of vivacious branches (cm);\*\* :P<0.001

2.2.2 沙棘人工林群落发育过程中的地上部生物量动态变化 沙棘人工林地上部生物量历年测定结果如图1。在1~8龄内,沙棘的地上部生物量随着年龄的增加而增加较快,8~11龄的地上部生物量增长则相对较缓,11~13龄趋于稳定。其地上部生物量趋稳的机理是:8龄时,沙棘密度达最大,此后由于对光、热、水、土及生存空间的竞争,沙棘林通过自然稀疏以适应生态环境条件,并维持较合理的群落结构和较高初级生产量。由于沙棘人工林在1~8龄期间,地上部生物量增长迅速,为一快速生长期,而8~13龄的地上部生物量增长相对较慢并趋稳,为一慢速生长期。表明沙棘是一个速生树种,适合做半干旱黄土丘陵区的先锋树种,同时进行林冠结构研究表明,4~5龄沙棘已基本郁闭成林,地上部生物量与林冠结构分析表明,以沙棘为先锋群落,应以8龄为限,超过这一年限地上部生物量增加效果不明显,可间播油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、杨树(*Populus* sp.)等树种及牧草或平茬复壮以改造沙棘林。

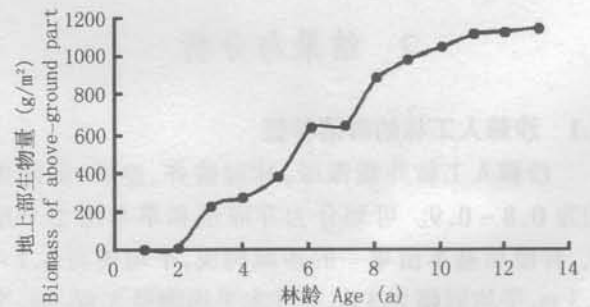


图1 沙棘人工林发育过程中地上部生物量的变化

Fig. 1 The dynamic of biomass of above-ground part of artificial *Hippophae rhamnoides* L. stand in the course of development

多元回归分析表明:沙棘地上部生物量与林龄间有极显著的相关关系,回归方程为:

$$W = \frac{6.8925}{1 + 23.5565 e^{-0.329t}}$$

对上式求导得沙棘地上部生物量增长率方程:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{53.4175 e^{-0.329t}}{(1 + 23.5565 e^{-0.329t})^2}$$

### 2.3 沙棘人工林生态系统的净初级生产量

净初级生产量是绿色植物通过光合作用固定太阳辐射能所积累的干物质生产量,它是除植物本身生命活动消耗外所剩余的有机物或固定的太阳能<sup>[7]</sup>。

图2所示为1~13龄沙棘人工林地上净初级生产量。1~8龄沙棘人工林地上净初级生产量随林龄增加而增长较明显。8龄沙棘林净初级生产量为600 g/(m<sup>2</sup>·a),8~11龄地上净初级生产量有减少趋势,11~13龄有所增加并趋稳。8~11龄地上净初级生产量减少与沙棘林的自然稀疏的自我调节功能有关。3~6龄沙棘林平均地上净初级生产量为294.25 g/(m<sup>2</sup>·a),是荒山植被的5.3倍。

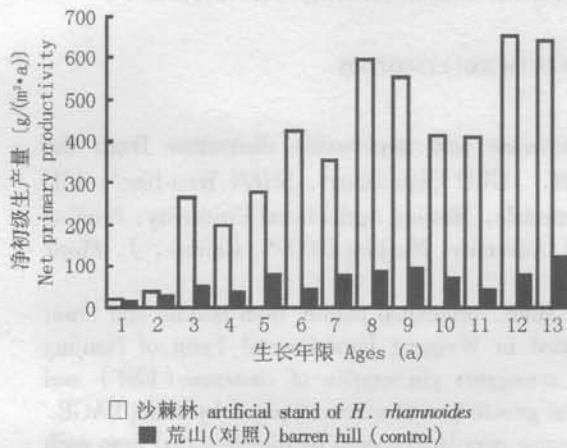


图2 1~13龄沙棘人工林地上净初级生产量  
Fig.2 Above-ground net primary productivity of 1~13-year artificial stand of *Hippophae rhamnoides* L.

### 3 小结

(1) 沙棘人工林4~5年即形成林茂草丰的灌木-草本群落,郁闭度为0.8~0.9。13龄的沙棘人工林地上部生物量为1151 g/m<sup>2</sup>,其器官分配为:主茎

410 g/m<sup>2</sup>(占35.6%),枝478 g/m<sup>2</sup>(占41.5%),叶215 g/m<sup>2</sup>(占18.8%),果20 g/m<sup>2</sup>(占0.02%),枯枝28 g/m<sup>2</sup>(占0.02%)。

(2) 在1~8龄内,沙棘人工林的地上部生物量随林龄的增加而增加,8~11龄增加较缓,此后趋稳。

(3) 沙棘是一个速生树种,具有较高的生态、经济和社会效益,适合作半干旱黄土丘陵区先锋树种,但以沙棘作先锋树种应以8龄为限,此后可间种油松、杨树等树种及牧草或平茬复壮进行林分改造。8龄时沙棘林的地上净初级生产量为600 g/(m<sup>2</sup>·a),且8龄的沙棘人工林林地已固定相对较多的养分,并形成良好的水分生态条件,为营造其他树种及草种提供了有利条件。

### 参考文献:

- [1] 刘占德,刘增文.沙棘柠条的生物量及立地因子分析[J].西北农业学报,1994,3(2):92-96.
- [2] 宋西德,白立强,刘天毅.沙棘人工幼林生物量的研究[J].陕西林业科技,1991,(3):30-33.
- [3] 毕君,黄则舟,王振亮.刺槐单株生物量动态研究[J].河北林学院学报,1993,8(4):278-285.
- [4] 阮成江,李代琼.黄土丘陵区沙棘地上部生物量估测模型[J].陕西林业科技,1999,(2):5-9.
- [5] 王沙生,高荣孚,吴贯明.植物生理学[M].北京:中国林业出版社,1981.102-135.
- [6] 王佑民.黄土高原沟壑区综合治理及其效益研究[M].北京:中国林业出版社,1990.41-70.
- [7] 李代琼,丛心海.飞播沙棘成林特点及经营管理[J].沙棘,1988,1(1):36-40.
- [8] 丛心海,梁一民,李代琼.黄土高原半干旱区沙棘林根系特性与土壤水分动态研究[J].水土保持通报,1990,10(6):98-103.

(责任编辑:惠红)