

黄土丘陵半干旱区人工沙棘林水文特性及效益

陈云明¹, 刘国彬¹, 焦锋¹, 张卫²

(1. 中国科学院水利部西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 青海省水土保持局, 西宁 810007)

摘 要: 沙棘是黄土丘陵半干旱区的主要生态—经济型树种, 在生态环境建设中有重要作用。利用野外长期观测资料, 系统分析了该区人工沙棘林的水文作用。结果表明: 7~10 a 沙棘林冠平均年截留率为 8.5%, 林冠截留率(I)与郁闭度(C)关系式为 $I = -1.59 + 0.018 C^{1.439}$ 。5~10 a 沙棘林枯枝落叶层单次降雨可截留 0.89 mm 降水。林地土壤入渗速率大于荒坡, 其稳渗速率为 1.5 mm/min。林地土壤水分随季节变化明显, 5 月末 0~500 cm 土层平均含水率为生长季最低, 10 月末最高。0~100 cm 土层是沙棘利用水分的主要层次, 100 cm 土层是沙棘抵御持续干旱的主要层次。和荒坡比较, 2~3 a 沙棘幼林减少产流的作用较小, 产流量占荒坡的 90.8%~99.5%, 从 4 a 起, 产流量迅速减少, 占荒坡的 35.5%, 10 a 沙棘林地的产流量为 2.74 t/hm², 仅占荒坡的 5.3%。林地产流量(R_S)与降雨量(P)和最大 30min 雨强(I_{30})密切相关, 关系式为 $R_S = 0.094 P^{0.603} I_{30}^{0.610}$ 。

关键词: 黄土丘陵半干旱区; 人工沙棘林; 水文特性; 水文效益

中图分类号: S157.5

文献标识码: A

沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)具有耐旱、耐寒、耐瘠薄的特点。黄土高原地区是其分布的中心区域, 可在该区的森林带、森林草原带和典型草原带生长^[1]。沙棘也是黄土丘陵半干旱区用于水土保持造林的主要生态经济型树种, 随着“山川秀美”工程深入实施, 沙棘林面积还将进一步扩大, 并在该区生态环境建设和农村经济发展中占据日益重要的地位。因此, 系统研究沙棘林的水文特性和效益, 对于充分发挥沙棘林水文生态作用, 科学管理和利用沙棘资源具有重要意义。

沙棘林水文特性与效益研究是正确评价沙棘水文生态作用的基础。国内有关沙棘研究的报道很多, 且集中在沙棘引种、繁育、栽培、生理生化、加工和利用等方面^[2], 而对沙棘水文作用的研究则相对薄弱, 存在研究地域分散、短期、单项研究分析居多的缺陷^[3-5], 难以全面认识和正确评价沙棘林在半干旱黄土丘陵区生态作用。本项研究以近 10 a 的小区观测资料为基础, 补充测定了沙棘水文作用

机理资料, 较全面、系统地分析了沙棘从栽植到成林阶段的水文效应。为认识和掌握黄土丘陵区人工沙棘水文作用提供理论依据。

1 研究地区与方法

1.1 自然概况

试验以中国科学院安塞水土保持野外站的人工沙棘林为主要研究对象。地理位置为 109°19'E, 36°51'N, 属典型梁卯状丘陵沟壑区。土壤类型为黄绵土, 且在 50~100 m 深度范围内质地均一。沟壑密度 4.2~8.0 km/km², 海拔 1 010~1 431 m。气候属暖温带半干旱气候, 多年平均降水量 497.0 mm, 存在着明显的旱季和雨季之分。其中 6~9 月为雨季, 多年平均降雨量 362.4 mm, 占全年降水量的 72.9%(图 1)。干燥度 1.48, 年平均气温 8.8℃。植被地带属森林草原区, 天然森林已全遭破坏, 灌木呈零星分布, 形成以中旱生草本植物群落占绝对优

收稿日期(Received date): 2004—03—11; 改回日期(Accepted): 2004—06—20。

基金项目(Foundation item): 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1—06—01—03)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3—SW—334—3—1)和黄土高原林木培育实验室资助。[Founded by Kew Project of CAS(KZCX1—06—01—03, KZCX3—SW—334—3—1)and Loess Plateau Forest Fostering Laboratory.]

作者简介(Biography): 陈云明(1967—), 男, 汉, 陕西澄城人, 副研究员, 博士, 从事森林水文和生态方面的研究 [Chen Yunming(1967—), male, Han, Shaanxi Chengcheng, Associate Prof. Study field is forest hydrology and ecology E-mail: ymchen@ms.iswc.ac.cn]

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

势的植被。

供试验的小区垂直投影面积为 $5 \times 20 (\text{m}^2)$, 边墙采用钢筋混凝土预制板埋入地下 35 cm, 地表外露 10 cm。每种试验设计均有一个重复。小区内沙棘为 1992 年建造。不同林龄沙棘林分别布设在同一集水区的东坡, 其基本情况见表 1。

1. 2 研究方法

1. 2. 1 林冠截留量

林冠截留量采用雨量筒收集法, 选择有代表性的林分, 在林下放置 10 个雨量筒, 同时作为对照, 在林外空旷地安放雨量筒。每次降雨后, 同时测算林内林外雨量。

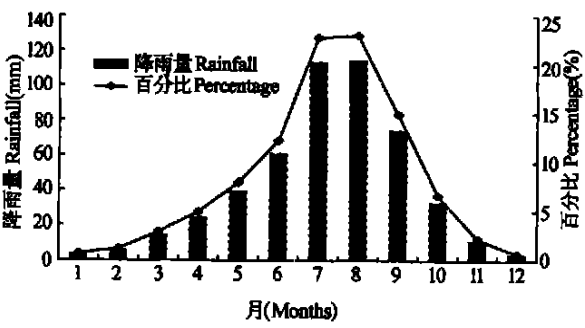


图 1 1970—2000 年安塞县平均降水量的月变化
Fig. 1 Monthly change of average rainfall from 1970 to 2000 in Ansai County

表 1 试验小区植被基本情况

Table 1 Basic data of vegetation in experimental plots

植被类型 Types of vegetation	地貌部位 Location	坡向 Direction of slope	坡度 Slope degree	林龄 Age (a)	盖度 Coverage	平均基径 Mean basal diameter (cm)	平均高 Mean height (m)	初植密度 Density (株/hm)	干物质量 Dry biomass (kg/hm)
荒坡 Waste slope	沟坡	东坡	23°		0.45		0.31		601.5
沙棘 Hippophae rhamnoides	沟坡	东坡	23°	7	0.90	5.41	3.5	6667	23767.0

注: [1] 为主要树种; [2] 为次要树种

1. 2. 2 枯落物持水量

选择不同林龄的林分, 林内收集 2~3 个面积为 $1 \text{m} \times 1 \text{m}$ 的枯枝落叶, 采样后, 一部分烘干求其干重, 计算林地蓄积量, 另一部分在清水中浸泡 24 h, 求其饱和持水率和持水量。

1. 2. 3 土壤入渗特性: 采用双环入渗法测定^[6]。

1. 2. 4 径流量测定

采用径流桶收集法, 每次产流后, 测定径流总体积, 并取均匀径流样, 测定泥沙体积, 计算纯清水径流量。

1. 2. 5 土壤含水率测定

采用土钻取样, 烘干法测定, 测定深度 400 cm 或 500 cm, 每隔 20 cm 土层深度取土样一次, 一个重复。测定日期为生长季(4~10 月)的每月 25~28 日。

2 结果分析

2. 1 冠层水文作用

落到林冠上的降水, 受到林冠的截留作用, 被分为林内降水、树干茎流、林冠截留三部分。由于所测定的沙棘为灌木林, 树干茎流很小, 可忽略不计。因

此, 林冠截留量在数值上可表示为

$$I = P - P_1 \tag{1}$$

式中 I 为林冠截留量 (mm); P 为林外降雨量 (mm); P_1 为林内降雨量 (mm)。

根据对 10 块不同林龄的沙棘林测定表明^[7]: 7~10 a 沙棘林冠年截留率变化为 6.9%~9.8%, 平均为 8.5%。这表明, 经过林冠的截留后, 有 91.5% 的降水可到达林地表层。进一步分析认为, 对于处于郁闭阶段的幼龄沙棘林, 林冠截留率随郁闭度变化明显, 对林冠截留率与林分郁闭度进行的回归分析表明

$$I = -1.59 + 0.018C^{1.439} \quad R^2 = 0.999 \tag{2}$$

式中 I —林冠截留率 (%); C —郁闭度 (%)。

从式(2)中的 R^2 可以看出, 林冠截留率与郁闭度密切相关, 说明该函数式可以作为沙棘林冠截流量的预测方程。并因式中的 C 值与沙棘生长有关, 和通常以林外降水量为自变量的预测方程比较, 该式具有更好的应用价值。

2. 2 枯枝落叶层水文作用

黄土丘陵半干旱区沙棘林 5~6 a 开始郁闭, 并在林下积累了一定数量的枯枝落叶层, 这些枯落物势必对林地水文循环发挥作用。表 2 资料表明: 5~

表 2 5~10 a 沙棘及其混交林枯落物蓄积量及持水特性

Table 2 Water retention of litter layer of 5~10 a *Hippophae rhamnoides* and its mixed stands

林分类型 Types of stands	林龄 Age (a)	郁闭度 Canopy density (%)	枯落物蓄积量 Storage of litter (t/hm ²)	干重吸水量 Water absorption capacity of dry litter (kg/kg)	持水容量 Water holding capacity (t/hm ²) (mm)	
沙棘×油松 <i>Hippophae rhamnoides</i> × <i>Pinus tabulaeformis</i>	5	75	4.15	2.05	8.55	0.86
沙棘×小叶杨 <i>Hippophae rhamnoides</i> × <i>Populus sibirica</i>	5	80	4.8	2.25	10.80	1.08
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	6	35	3.10	2.37	7.37	0.74
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	7	45	2.52	2.40	6.06	0.61
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	7	70	3.22	2.16	6.98	0.70
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	8	40	2.24	2.58	5.78	0.58
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	8	90	3.32	2.84	9.44	0.94
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	9	93	4.75	2.50	11.88	1.19
沙棘×油松 <i>Hippophae rhamnoides</i> × <i>Pinus tabulaeformis</i>	9	80	4.15	2.20	8.72	0.87
沙棘×小叶杨 <i>Hippophae rhamnoides</i> × <i>Populus sibirica</i>	9	85	4.8	2.03	11.04	1.10
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	10	85	4.02	2.90	11.63	1.16

10 a 沙棘林枯枝落叶层的最大持水容量为 5.78~11.88 t/hm², 平均 8.93 t/hm², 说明这一地区沙棘林地枯枝落叶层平均次降雨最大可截留 0.89 mm 的降水。

2.3 增强土壤的入渗性能

沙棘林具有增加土壤入渗的作用。一是沙棘生长迅速, 林郁闭快, 枯枝落叶积累快, 避免了地表结皮的形成及土壤表层硬化。而且由于枯枝落叶的分解, 增加了土壤有机质含量, 改善了土壤理化性质。二是根系的穿透和腐烂作用, 增加了土壤孔隙度, 改善了土壤结构。这两种作用使沙棘林地土壤容重减小, 孔隙度增加。从而增强了土壤的入渗性能^[7, 8]。

由图 2 可以看出: 在积水下渗条件下, 沙棘林地的入渗速率在整个测定时段均高于荒坡, 其差值在入渗初期最大, 随着入渗时间的延长, 差值逐渐减小。

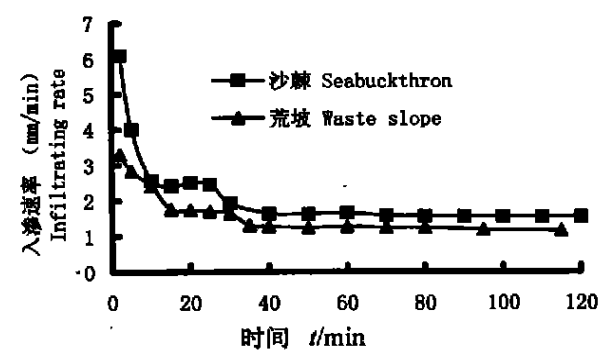


图 2 沙棘林土壤入渗性能随时间变化

在初始入渗时, 沙棘林地和荒坡的入渗速率均很高, 但沙棘林地达 6.1 mm/min, 荒坡为 3.3 mm/min, 沙棘林地表层的入渗能力远强于荒坡。随着入渗时间的延长, 地表土壤水饱和, 土壤粘粒膨胀, 堵塞了土壤孔隙, 使土壤的入渗速率减小, 并逐渐趋于一个定值, 即土壤稳渗速率, 其中沙棘林地土壤稳渗速率为 1.5 mm/min, 荒坡为 1.2 mm/min。

2.4 沙棘林地的土壤水文特征

沙棘根系的吸水作用, 对土壤水文环境具有显著的影响^[9]。图 3 为 9 a 人工沙棘林生长季的土壤水分变化情况。测定当年 4~10 月降水量为 353.7 mm, 为该区降水较丰年。4~5 月是该区旱季。4 月为生长季初期, 林地土壤水分消耗较少且集中在浅层(0~100 cm), 从 5 月开始沙棘生长旺盛, 林分蒸腾耗水量大, 5 月末测定的 0~500 cm 土层平均含水率达全年最低, 仅 5.1%。6 月该区降水逐渐增多, 7~9 月为雨热同季, 0~100 cm 土层水分因补充、

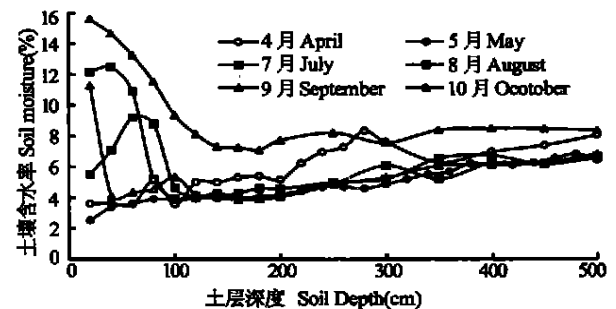


图 3 沙棘林土壤水分季节变化

消耗而变化剧烈,但深层土壤水分并未得到补充恢复。9月中下旬,沙棘停止生长,林地土壤水分进入补偿、恢复期。加之当年10月的降水较多,林地0~500 cm土层平均含水率为生长季最高,达8.8%。由图3还可看出,在整个生长季,沙棘林地0~100 cm的水分易得到补充、消耗,属沙棘生长利用水分的主要层次,100 cm以下土层,雨季对土壤水分的补偿次数很少,主要依赖沙棘生长停止后及冬春雨雪补偿,这也是沙棘抵御持续干旱的主要层次。但从整个剖面分析,沙棘林地土壤含水率较低,土壤水

文循环水平较低,不利于沙棘的生长和抗旱。

沙棘林龄不同,其利用水分的强度不同(表3)。随林龄的增加,沙棘耗水量急剧增加。5~6 a段,沙棘林耗水量为341.6~479.9 mm,小于年降水量;7~8 a阶段,耗水量为664.9~733.8 mm,大于年降水量。8 a沙棘林年消耗土壤贮水231.2 mm,500 cm土层剩余的有效贮水量仅35.7 mm,平均土壤含水率为5.6%。“土壤水库”调节水分的能力很小,遇到持续干旱年份就会出现枯死现象。因此,8 a沙棘林应进行平茬,以减少林分对土壤水分的消耗。

表 3 不同林龄沙棘林对土壤水分的利用状况(每年11月20日测定)

Table 3 Soil water use of *Hippophae rhamnoides* of different ages

林龄 <i>Hippophae rhamnoides</i> age (a)	5	6	7	8
年降水量 Rainfall(mm)	540.4 (1991年)	548.1 (1992年)	569 (1993年)	502.6 (1994年)
5 m 土层土壤含水率 Average soil moisture of 5 m layer(%)	9.79	10.9	9.34	5.58
5 m 土层总贮水量 Storage of 5 m layer(mm)	602.1	670.3	574.4	343.2
年耗水量 Annual consumption(mm)	341.6	479.9	664.9	733.8
5 m 土层剩余有效贮水量 Residual effective water of 5 m layer(mm)	294.6	362.8	266.9	35.7

2.5 沙棘林地产流分析

2.5.1 产流量与林龄的关系

由图4可以看出,与荒坡比较,沙棘林具有明显的减少产流作用,而且随着沙棘林龄的增加而逐渐增大。2~3 a为沙棘幼林阶段,减少产流的作用较小,林地产流量变化在71.8~94.3 t/hm²,占荒坡的90.8%~99.5%。从4 a起,沙棘开始根蘖繁殖,生长加快,林地产流量迅速减少,当年产流量仅为18.0 t/hm²,占荒坡的35.5%。5~9 a沙棘林地的产流率变化缓慢,基本保持在平稳状态,占荒坡产流

量的19.7%~58.2%;10 a沙棘林地的产流量为2.74 t/hm²,仅占荒坡的5.3%。沙棘林地产流量受多种因子的影响,但随林龄增加总体呈减少的趋势,这是由于林地径流量的变化不仅与林分状况有关,而且受年降水量和降水特性的影响,随着林龄的增加,林分理水的作用能力增强,使在同样降水条件下产生径流的机会和径流量减少。

2.5.2 产流量与降水的关系

黄土高原的降水并不每次都产生径流,而能够发生径流的主要是较大雨强的降水,即侵蚀性降水^[10]。图5给出了不同林龄沙棘林和荒坡地表产流量与侵蚀性降水量的比率。由图5可以看出,不同林龄沙棘林地发生地表径流的降水量不同,随着林龄的增加,沙棘林产流量与产生径流的降水量的比率呈逐渐减小的趋势,2~4 a的幼林阶段,其比率为5.4%~6.43%;5 a以后比率迅速减小,仅为1.11%;沙棘林削减地表径流的作用非常6~10 a阶段,比率变化在0.19%~2.43%。与荒坡植被相比较,2~3 a时,其比率与荒坡差别很小,二者减小侵蚀性降水危害的作用基本相同,从4 a开始,沙棘林的比率明显大于荒坡,只是不同年份二者的差值不同,其差值变化范围为1.75%~11.69%,进一步显示出了沙棘林良好的削减径流作用。

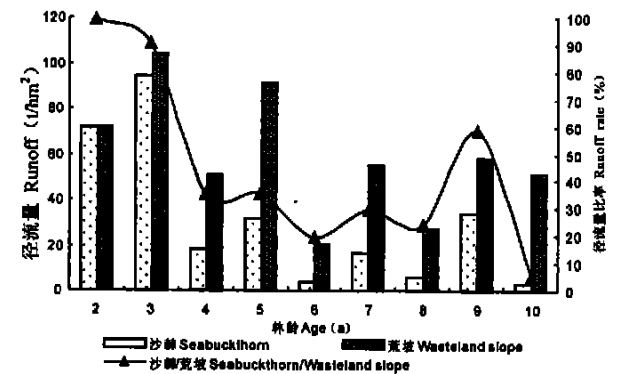


图 4 沙棘林内径流量随林龄的变化

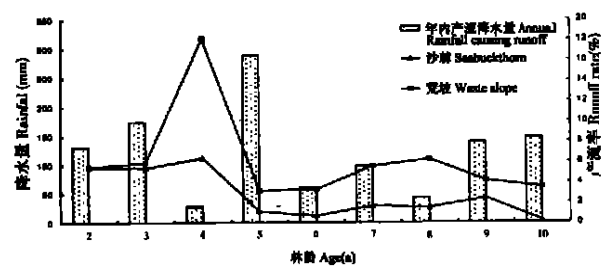


图 5 不同年龄沙棘林地地表产流率变化
Fig. 5 Change of surface runoff rate in seabuckthorn forests of different ages

表 4 单次降水对沙棘林产流量的影响
Table 4 Effect of single rainfall on runoff of seabuckthorn forest

P (mm)	I (mm/min)	I ₃₀ (mm/min)	R _S (mm)	R _H (mm)
10.8	0.29	0.36	0.24	1.01
13.8	0.35	0.44	0.31	1.05
20	0.05	0.18	0.43	1.7
20.7	0.15	0.57	0.31	0.96
21.8	0.02	0.15	0	0.50
25.5	0.031	0.16	0.09	0.47
31.3	0.035	0.12	0.09	0.22
35.3	0.04	0.26	0.26	1.19
38.8	0.2	0.6	0.763	1.78
42.1	0.06	0.32	0.45	1.57
66	0.08	0.19	0.59	1.54
105.4	0.04	0.71	1.22	1.66

由表 4 可看出,沙棘林地产流不仅与降雨量有关,而且与降雨雨强关系密切。降雨量相似而雨强不同时,沙棘林和荒坡的径流深不同,且随着雨强增大而呈增加趋势。进一步对单次降水中的降雨量(P)、平均雨强(I)、最大 30 min 雨强(I_{30})与沙棘林地径流深(R_S)的关系进行相关分析表明,沙棘林径流深与雨量和最大 30 min 雨强(I_{30})在 0.01 水平上显著相关。对沙棘林和荒坡径流深与降雨量和最大 30 min 雨强进行回归分析的结果则得方程如下

$$R_S=0.094P^{0.603}I_{30}^{0.610} \quad R^2=0.971 \quad (3)$$

$$R_H=0.824P^{0.204}I_{30}^{0.315} \quad R^2=0.948 \quad (4)$$

式中 R_S —沙棘林径流深,mm; R_H —荒坡径流深,mm; P —单次降雨量,mm; I_{30} —最大 30min 雨强,mm/min。

由复相关系数 R_2 值表明:方程式(3)和(4)的模拟效果很好,可以作为该地区沙棘成林和荒坡预测径流的方程。

3 结论

1. 7~10 a 沙棘林冠年截留率变化为 6.9%~9.8%,平均为 8.5%。林冠截留率和郁闭度的关系为 $I=-1.59+0.018C^{1.439}$ 。5~10 a 沙棘林枯枝落叶层平均次降雨最大可截留 0.89 mm 的降水。

2. 沙棘林地的土壤入渗速率在整个入渗时段均大于荒坡,其差值随时间延长而减小。达稳定入渗时,沙棘林地土壤入渗速率为 1.5 mm/min,荒坡为 1.2 mm/min。

3. 沙棘林地的土壤水分随季节变化明显,4 月土壤水分消耗较少且集中在浅层(0~100 cm),5 月末 0~500 cm 土层平均含水率达全年最低,仅为 5.1%,10 月末整个剖面平均含水率为生长季最高,达 8.8%。在整个生长季,0~100 cm 土层的水分易于得到补充、消耗,属沙棘生长利用水分的主要层次,100 cm 以下土层主要依赖沙棘生长停止后及冬、春雨雪补偿,是沙棘抵御持续干旱的主要层次。沙棘林龄不同,其利用水分的强度不同,5~6 a 段,沙棘林耗水量小于年降水量;7~8 a 段,耗水量大于年降水量。8 a 沙棘开始平茬,有利于更新。

4. 随着林龄的增加,沙棘减少径流的作用明显。2~3 a 沙棘幼林减少产流的作用较小,林地产流量占荒坡的 90.8%~99.5%,从 4 a 起,产流量迅速减少,占荒坡的 35.5%,10 a 沙棘林地的产流量为 2.74 t/hm²,仅为荒坡的 5.3%。沙棘林地产流量不仅与降雨量有关,而且与降雨雨强,特别是最大 30 min 雨强关系密切。对沙棘林地径流深与降雨量和最大 30 min 雨强进行回归所得关系式为 $R_S=0.094P^{0.603}I_{30}^{0.610}$,可以作为该地区沙棘成林预测径流的方程。

参考文献(References):

[1] Wang, Yifeng. Vegetational resources and its rational utilization in the region of loess plateau[M]. Beijing: Chinese Scientific Technique Press, 1991, 46~51. [王义凤. 黄土高原地区植被资源及其合理利用[M]. 中国科学技术出版社, 1991, 46~51.]
[2] Yu Zhuode, Ao Fu, Lian Yongshan. Discussion of the problems of origin, classification, community and resource of seabuckthorn in China[A]. Proceedings of International Symposium on Seabuckthorn[C]. Xian, China, October 1989, 21~30.
[3] Wei Tianxing, Yu Xinxiao, Zhu Jinzhao. Study on forest litter intercepting rainfall in loess region of the southwestem Shanxi province[J]. Beijing For Univ, 1998, 20(6): 1~6. [魏天兴, 余新

- 晓, 朱金兆. 山西西南部黄土区林地枯落物截持降水的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(6): 1~6.]
- [4] Hu Jianzhong, Wang Yuanchang. 1998. Hydrological effect of artificial seabuckthorn forest in loess hill and gully region [A]. Sustainable Development of Soil and Water Conservation [C]. Beijing: China Forestry Press. 340~346. [胡建忠, 王愿昌. 1998. 黄土丘陵沟壑区沙棘人工林的水文作用 [A]. 见: 水土保持持续发展 [C]. 北京: 中国林业出版社. 340~346.]
- [5] Zhang Yan, Tang Denui. Preliminary study on hydrological effect of artificial seabuckthorn forest in loess hill and gully reigon of Shaanxi province [A]. Tang Derui: Soil and Water Conservation and Construction of Forest Protection System in the Middle Reaches of the Yellow River [C]. Xi'an: Northwest University Press. 2000. 7, 141~147. [张燕, 唐德瑞. 陕西黄土高原丘陵沟壑区沙棘人工林水文效应初探 [A]. 见: 唐德瑞: 黄河中游防护林体系建设与水土保持 [C]. 西安: 西北大学出版社. 2000. 7, 141~147.]
- [6] Wang Zhanmeng. Effect of seabuckthorn on soil quality improvement, soil and water conservation and the ecological environment [J]. *Seabuckthorn*, 1994, 7(3): 14~18. [王占孟. 沙棘改良土壤、保持水土、改善生态环境的效应 [J]. *沙棘*, 1994, 7(3): 14~18.]
- [7] Chen Yunming, Chen Yongqin. Mechanical study on hydrological and soil and water conservation of artificial seabuckthorn forest [J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.* 2003, 23(8): 1357~1361. [陈云明, 陈永勤. 2003. 人工沙棘林水文水土保持作用机理研究 [J]. *西北植物学报*, 2003, 23(8): 1357~1361.]
- [8] Wu Q. X., Zhao H. Y. Soil and water conservation functions of seabuckthorn and its role in controlling and exploiting loess plateau [J]. *Frestry Studies in China*. 2000, 2(2): 50~56.
- [9] Chen Yunming, Liu Guobin, Hou Xilu. Analysis on soil moisture and soil and water conservation of artificial seabuckthorn woodland in loess semi-arid region. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(11): 1389~1393. [陈云明, 刘国彬, 侯禧录. 黄土丘陵半干旱区人工沙棘林水土保持和土壤水分生态效益分析 [J]. *应用生态学报*, 2002, 13(11): 1389~1393.]
- [10] Wang Wanzhong, Jiao Juying. Sediment Discharge of the Yellow River and sediment production by rainfall erosion on Loess Plateau [M]. Beijing: China Science and Technology Press. 1996. [王万中, 焦菊英. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙 [M]. 北京: 科学技术出版社. 1996.]

Hydrological Characteristics of Artificial Seabuckthorn Forest in Semi-Arid Loess Hilly Region

CHEN Yunming¹, LIU Guobin¹, JIAO Feng¹, ZHANG Wei²

(1. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Northwest*

Sci-Tech University of Agriculture and Forest, Yangling, Shaanxi 712100;

2. *Qinghai Bureau of Soil and Water Conservation, Xining, 810007*)

Abstract: Seabuckthorn is a main econo-ecological tree species of loess semi-arid region and has important effect on eco-environmental construction. On the basis of long-term measured data, hydrology of artificial seabuckthorn forest in the region has been analyzed. The results are as follows. Annual mean interceptive rate of seabuckthorn canopy in 7~10 ages is 8.5% and the relation between canopy interceptive rate (I) and closure (C) is $I = -1.59 + 0.018C^{1.439}$. Litter layers of 5~10 ages seabuckthorn forest can intercept 0.89mm rainfall in a single rain. Soil infiltrating rate of woodland is bigger than waste slope and its stable infiltrating rate is 1.5 mm/min. Soil moisture of woodland has an obvious change with season, mean soil moisture of 0~500 cm layer in end of May is the lowest of the whole growing season and the highest in October. The depth of 0~100 cm is the main layer of seabuckthorn using soil water and the depth of 100~500 cm is the main layer for seabuckthorn holding out against drought. Compared with waste slope, young seabuckthorn forest in 2~3 a has a little effect on runoff decrease and the runoff is 90.8%~99.5% of waste slope. Beginning from 4 a, seabuckthorn forest reduces runoff rapidly and the runoff accounts for only 35.5% of waste slope, runoff in 10 a seabuckthorn woodland is 2.74 t/hm² and account for only 5.3% of waste slope. Runoff (R_s) in woodland has a close correlation with rainfall (P) and 30 min maximum rain intensity (I_{30}) and the equation is $R_s = 0.094P^{0.603}I_{30}^{0.610}$.

Key words: Semi-arid loess hilly region; artificial seabuckthorn forest; hydrological characteristics; hydrological effect