

半干旱区人工林生长与水分生态研究

张益望¹, 程积民², 贺学礼¹

(1. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 对黄土高原半干旱区 5 种主要造林树种生长状况及土壤水分变化规律进行了研究分析, 比较了 5 种人工林的生长与水分适应性。结果表明: (1) 不同人工林生长受坡向、坡位等立地因子影响; 几种主要人工林总体生长水平, 乔木林山杏> 小叶杨, 灌木林山桃> 沙棘> 柠条; (2) 不同立地条件下, 土壤含水率变化特点为阳坡< 半阳坡< 半阴坡; 不同立地土壤含水率呈现出相同的变化趋势, 即随坡位上升土壤水分呈下降趋势, 0~ 200 cm 为主要的水分利用层, 200 cm 以下土壤含水率均为逐渐上升, 说明植物根系对水分的吸收在逐渐减弱; (3) 不同人工林土壤平均含水率为 8% 左右, 表现出土壤干旱的特点。不同人工林对土壤水分的利用可分为 2 种情况, 山杏、沙棘和柠条, 属于对水分利用强度大的树种, 而小叶杨和山桃属于水分利用强度较低的树种, 水分利用强度由大到小为: 柠条> 沙棘> 山杏> 小叶杨> 山桃。

关键词: 半干旱; 不同立地; 植物生长; 土壤水分

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0018-05

中图分类号: S714.7

Study on Plant Growth and Water Ecology of Some Artificial Forests in Semi-arid Region of Loess Plateau

ZHANG Yi-wang¹, CHENG Ji-min², HE Xue-li¹

(1. School of Life Science, Northwest University of Agriculture and

Forestry, Yangling 712100, Shannxi Province, China; 2. Institute of Soil and water Conservation,

Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shannxi Province, China)

Abstract: The growth and soil water status of five dominate forests in the semi-arid region of Loess Plateau were studied. The analysis of the data showed that (1) the growth status of five dominate forests was: *Prunus armeniaca*> *Populus simonii*; *Prunus davidiana*> Seabuckthorn> *Caragana korshinskii*. (2) The analysis of different site types showed that soil water content among different site types was: semi-shady> semi-sunny> sunny. Different slope directions had a similar changing trend. Soil water content descended with the rise of slope. Soil water content descended below 200 cm, which showed that root absorbing was decline. (3) The average soil water content of different artificial forests was about 8%, which showed the arid characteristic of soil. Totally speaking, soil water content of different artificial forests can be divided into two types. *Prunus armeniaca*, Seabuckthorn and *Caragana korshinskii* had a higher usage of soil water, but *Populus simonii* and *Prunus davidiana* was lower. The strength of soil water usage was *Caragana korshinskii*> Seabuckthorn> *Prunus armeniaca*> *Populus simonii*> *Prunus davidiana*.

Keywords: semi-arid region; different sites; plants growth; soil moisture

黄土高原地区由于大部分处于半干旱地带, 严重的土壤侵蚀、频繁的干旱和脆弱的生态环境是其主要特征^[3]。由于该地区独特的地理位置和自然气候特点, 植被的生长发育主要受水分条件的制约, 因而, 水分和植物生长的相互关系研究已成为研究的热点问题^[7-12]。前人对不同立地条件人工林生长期的土壤水分均有较多的研究, 结果表明: 不同人工林对土壤水分的利用程度不同^[7,9]; 在不同立地条件下, 由于

受坡向、坡位的影响土壤含水量均差异显著, 一般为阳坡< 半阳坡< 半阴坡< 阴坡, 坡上部< 坡下部^[8-9]; 不同生长时期土壤含水量变化的速度不同, 生长末期表层和深层土壤水分都有回升, 但水分利用层一般很难恢复^[8,11]。

小叶杨 (*Populus simonii*)、山杏 (*Prunus armeniaca*)、山桃 (*P. davidiana*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、柠条 (*Caragana korshinskii*) 是黄土高

收稿日期: 2005-06-13

资助项目: “十五”国家科技攻关计划项目(2004BA508B16); 中国科学院水土保持研究所知识创新领域前沿项目(SW04103); 国家自然科学基金重点项目(30230290); 国家林业局荒漠化监测专项资助

作者简介: 张益望(1979-), 男(汉族), 陕西省杨凌区人, 在读硕士生, 研究方向: 生态学。E-mail: gyzjcm@ms.iswc.ac.cn。

原半干旱区常见耐旱植物,是半干旱区重要的水土保持和固沙造林树种^[2]。本文通过对半干旱区几种乔灌木植物地上部分的生长调查和土壤水分测定,研究植物在不同立地条件下的生长情况及其抗旱适应性,为黄土高原半干旱区植被恢复建设与布局提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验区位于宁夏回族自治区彭阳县中北部半干旱区的王洼乡,包括姚岔和姬阳洼 2 个小流域,位于王洼乡的北侧,西与王洼镇相邻,东经 $106^{\circ}32'45''$ — $106^{\circ}33'15''$,北纬 $36^{\circ}04'30''$ — $36^{\circ}09'36''$ 。示范区属黄土丘陵沟壑区第二副区。南北长 7.8 km,东西平均宽 2.7 km,总面积 18.5 km²。海拔高程 1 684~1 890 m,相对高差 206 m,平均沟壑密度 0.68 km/km²,沟道比降 5%。坡面组成为:< 5°坡面占 9%,5°~15°坡面占 47%,15°~25°坡面占 26%,25°~35°坡面占 14%,> 35°坡面占 4%。年均气温 7.2℃,多年平均蒸发量 1 400 mm,无霜期 140 d,多年平均降水量 450 mm,多集中于 7—9 月,占全年平均降雨量的 60%以上,且常以暴雨形式出现。土壤为湘黄土和黑垆土。属典型草原植被类型区。

1.2 试验设计

在试验区内选取具有代表性的小叶杨、山杏、山桃、沙棘、柠条等植物作为测定对象,按照不同立地类型分别调查 5 种植物的生长状况,并测定不同立地条件下的土壤水分,结合气候因素分析几种植物的抗旱适应性。根据当地自然条件及植被分布情况选择了 4 种典型立地类型(见表 1)。

表 1 4 种立地类型基本情况

立地类型	坡度/ (°)	坡向	坡位	土壤类型	海拔高度/m
半阴坡	20	西坡	东山下坡	黄绵土	1720
半阴坡	20	西坡	东山上坡	黄绵土	1780
半阳坡	25	东坡	西山下坡	黄绵土	1710
阳坡	—	—	西山山顶	黄绵土	1740

1.3 测定项目及方法

1.3.1 气象数据的获得 主要有降雨量、月平均气温等,由试验区气象站提供。

1.3.2 土壤水分测定 采用土钻烘干法测不同立地与不同人工林土壤水分^[1],测定深度 300 cm,每 20 cm 为一层取样,两次求平均值。称湿重(W_f)后,在 105℃烘干至恒重,称其干重(W_d),计算土壤含水率。

1.3.3 植物生长状况调查^[6] 乔木样地面积为 50 m × 50 m,在样地内随机调查,重复 5 次。调查内容:树龄、树高、枝下高、胸径、地径、冠幅等,采用常规方法测量;灌木样地面积为 10 m × 10 m,在样地内随机调查,重复 5 次。调查内容:植物种数、覆盖度、生物量等;同时调查林下草本植物,样地面积为 1 m × 1 m,在样地内随机调查,重复 5 次。调查内容:植物种数、覆盖度、生物量等。生物量测定:灌木采用刈割法,选择具有代表性植株砍伐地上部后,烘干称重;草本植物地上生物量采用刈割法在林下选取 1 m × 1 m 样地 5 个,测定最后取平均值。

1.3.4 数据分析 采用 SPSS 软件进行相关数据的分析。

2 结果与分析

2.1 试验区降水与土壤水分季节变化特点^[12]

试验区属于典型的半干旱区,雨水资源缺乏,降雨量主要集中在 4—10 月份,占全年降雨量的 90%左右,特别是 7—8 月的降雨量约占全年降雨量的 45%以上,降雨量年分布很不均匀,历年平均降雨量为 413 mm,属于水分缺乏区,干旱年的(2004 年)年总降水量仅有 314 mm,比历年平均降雨量几乎降低 100 mm,属于严重缺水年。由于降雨量的季节和年际分配不平衡,严重影响了植物的生理生态过程,抑制了植物的正常生长,使不同立地条件下的乔灌木形成了“小老树或低产林”。

该区降雨的季节性分布比较明显,使植物的土壤水分也呈现季节性变化,5 月底由于降水少,植物生长初期消耗水分,土壤平均含水率最低。6—9 月为雨热同季,降水量大植物消耗也多,因此,表层土壤水分变化十分剧烈,深层土壤水分变化不大。到生长末期,植物水分消耗量降低,雨水也较为充足,使得表层土壤水分会有一定程度的恢复,但深层土壤水分仍然没有恢复。

2.2 不同人工林的生长状况^[4-5]

5 种人工林的生长情况由表 2 可以看到,乔木林整体生长状况。30 a 树龄山杏最好,其次为小叶杨,最后为 20 a 树龄山杏。胸径、地径、冠幅等生长指标,30 a 树龄山杏要明显优于小叶杨,仅树高低于小叶杨,这可能是由于不同树种的差异。可见在相同的缺水条件下,山杏的适应性明显要强于小叶杨;树高、胸径、地径、冠幅等生长指标进行比较,可看到 30 a 生,位于阳坡的山杏生长状况明显优于 20 a 半阴坡的山杏,除了树龄差异外,可看到坡向对植物生长有着很大影响,即阳坡山杏生长要优于阴坡,这同时也

反映了山杏喜阳的特性。从表 2 也可以看到, 30 a 生山杏林下草本植物覆盖度明显高于其它树种, 说明其整体生态效应较好。

表 2 2 种乔木植物的生长情况比较

树种	分枝/个	树高/m	胸径/cm	地径/cm	枝下高/cm	冠幅/cm	树龄/a
山杏 1	4	5.28	13.31	16.60	1.31	3.10	30
山杏 2	5	3.66	8.03	11.23	0.73	2.11	20
小叶杨	7	5.68	12.24	15.42	1.24	2.24	20

注: 山杏 1 为峁顶(阳面)生长, 树龄 30 a, 山杏 2 为西坡(半阴面)生长, 树龄 20 a。

从表 3 可以看出, 坡位对灌木林的生长有着较大影响, 在相同气候条件下, 3 种灌木的生长指标, 从整体上看, 山桃的株高、地径、冠幅、生物量均高于沙棘和柠条, 这可能是由于山桃位于坡下部, 水分较其它树种充足, 因此, 生长要好一些。沙棘和柠条由于生长立地相同, 水分状况也相近, 通过生长指标比较可以看到, 柠条由于分枝较多, 生物量高于沙棘, 但总体上沙棘好于柠条, 3 种灌木生长情况排序为: 山桃 > 沙棘 > 柠条。

从表 4 可以看出不同人工林下草本植物的生长情况。林下主要优势植物主要有本氏针茅 (*S. bungeana* Trin)、野苜蓿 (*M. falcata* L.)、多裂萎陵菜 (*P. multifida* L.) 等, 不同人工林下草本植物种类变化不大。

林下草本植物的生长情况以山杏林下草本植被覆盖度最高, 达到 70%, 生物量也较高, 因为山杏生长年限长, 且位于半阴面, 水分较充足, 比较适合草本植物生长; 其次为沙棘林下草本植物, 覆盖度和生物量都较高, 生长也比较旺盛, 柠条林和小叶杨林下的植物种类及覆盖度均较低。

表 5 不同坡位 30 a 山杏林的生长状况

坡位	立地类型	分枝/个	树高/m	胸径/cm	地径/cm	枝下高/cm	冠幅/cm	树龄/a
东坡下部	半阴坡	3.90	5.25	13.39	16.61	1.33	3.31	30
峁顶	阳坡	3.67	5.39	14.25	17.33	1.26	2.88	30

表 6 不同坡位 20 a 山杏林的生长状况

坡位	立地类型	分枝/个	树高/m	胸径/cm	地径/cm	枝下高/cm	冠幅/cm	树龄/a
西坡下部	半阳坡	5.03	3.42	7.26	10.16	0.63	1.86	20
西坡上部	半阳坡	4.70	5.33	13.85	16.70	1.55	3.51	20

2.4 不同立地条件下水分状况

据当地植被生长及自然条件选择了 4 种立地类型^[8-9], 分别测定不同立地土壤水分变化(见图 1)。

表 3 3 种灌木植物的生长情况比较

树种	分枝/个	平均株/m	最高株/m	地径/cm	冠幅/cm	树龄/a	生物量(kg·株)
沙棘	2	1.55	1.65	3.43	2.50	18	0.44
柠条	19	1.41	1.59	1.85	1.21	18	1.56
山桃	3	2.48	2.88	6.16	2.09	18	5.40

表 4 不同人工林下草本植物生长情况

不同人工林	林下主要草本植物	覆盖度/%	平均株高/cm	生物量/(g·m ⁻²)
山杏林	本氏针茅、野苜蓿、星毛委陵菜	70	6.8	128
小叶杨	厚穗冰草、无径萎陵菜	40	15.7	80
沙棘	本氏针茅、苦苣菜、阿尔泰狗娃花、茵陈蒿	65	9.7	172
柠条	本氏针茅、多裂萎陵菜、荻草	55	6.3	88

2.3 不同立地条件下山杏林的生长状况

根据试验区的自然条件及山杏林的分布情况, 选取 4 个典型立地类型, 按不同树龄分别比较研究不同坡位对山杏生长的影响。由表 5—6 中可看到 2 种不同树龄的山杏, 其中位于峁顶的 30 a 的山杏生长情况明显优于东坡下部的同龄山杏, 同样西坡上部 20 a 的山杏生长情况也优于坡下部的同龄山杏, 这充分说明坡向和坡位对山杏的影响明显, 即阳坡位于坡上部的山杏生长最好, 此结果与山杏喜阳特性相一致; 经 SPSS 软件进行单因素方差分析(分别选择 LSD 和 SNK 显著性检验法, $\alpha=0.05$), 东坡下部和峁顶的 30 a 山杏、西坡下部和上部 20 a 山杏在树高、胸径、地径、枝下高、冠幅几方面均存在显著性差异, 既 30 a 山杏生长明显优于 20 a 山杏。

由图 1 可以看到, 不同立地土壤含水率平均为 6.5%~9%, 充分表明土壤干旱的特点, 随着土壤深度的增加土壤含水率总体上呈现下降趋势, 0—200

cm 土壤水分变化较大, 200 cm 以下土壤含水率有上升趋势, 说明 0—200 cm 为水分利用层; 不同坡向土壤含水率大小为: 阳坡(峁顶) < 半阳坡(东山上部、下部) < 半阴坡(西山下部), 不同坡位土壤含水率大小为: 上坡 < 下坡; 东西山不同坡位水分变化趋势基本上一致, 即随着海拔上升, 水分均呈下降趋势, 其中西山峁顶的土壤含水率最低, 西山下部最高。经 SPSS 软件进行单因素方差分析(分别选择 LSD 和 SNK 显著性检验法, $\alpha = 0.05$) 表明, 4 种不同立地类型土壤含水率差异显著。

2.5 不同人工林土壤水分状况

由图 2 可以看到, 不同人工林土壤含水率均很低, 平均仅 8% 左右, 表明土壤严重干旱的特点。总体上不同人工林土壤含水率随土壤深度增加均呈下降趋势, 5 种人工林对水分的利用程度不同: 小叶杨和山桃的土壤含水率变化趋势较平缓, 山杏、沙棘和柠条 0—200 cm 水分变化较大, 到 200 cm 以下又有上升趋势, 说明 0—200 cm 为其主要水分利用层, 200 cm 以下林木根系对土壤水分吸收逐渐减弱, 但总体上土壤含水率低限制了植物对水分的吸收利用。

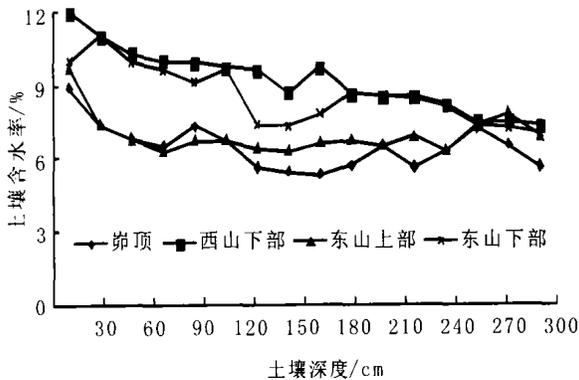


图 1 不同立地土壤水分变化

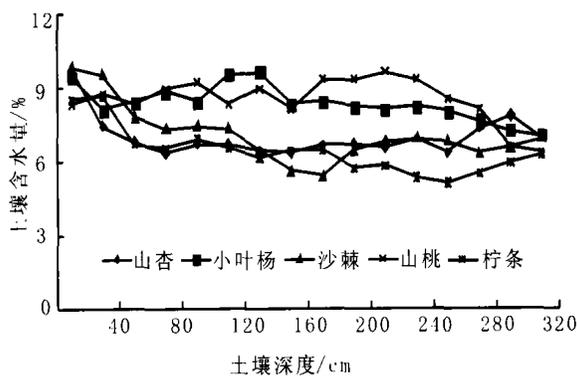


图 2 不同人工林土壤含水量

总体上看, 不同人工林对土壤水分的利用可分为 2 种情况, 一种为山杏、沙棘和柠条, 属于对水分利用强度大的树种; 小叶杨和山桃属于水分利用强度较小

的树种。水分利用强度由大到小为: 柠条 > 沙棘 > 山杏 > 小叶杨 > 山桃。经 SPSS 软件进行单因素方差分析(分别选择 LSD 和 SNK 显著性检验法, $\alpha = 0.05$) 也表明小叶杨和山桃与另外 3 种人工林(山杏、沙棘和柠条) 差异显著。

3 结论和讨论

3.1 不同人工林生长状况分析

由以上分析可知, 相同的缺水情况下, 不同人工林的生长受坡向、坡位等立地因子影响, 差异显著; 几种主要人工林总体生长情况: 乔木林, 山杏 > 小叶杨; 灌木林, 山桃 > 沙棘 > 柠条; 不同人工林下草本植物生长情况山杏最好, 沙棘次之, 柠条林和小叶杨林下的植物种类及覆盖度均较低。不同立地下的同一树种生长情况差异明显, 阳坡的山杏优于阴坡, 坡上的优于坡下。

3.2 不同立地条件下土壤含水率变化

由以上分析可知, 不同立地土壤平均含水率仅为 6.5% ~ 9%, 表明该区土壤较干旱的特点; 0~ 200 cm 为山杏的水分利用层, 200 cm 以下植物根系对水分的吸收逐渐减弱, 土壤含水率上升; 阳坡、半阳坡土壤含水率高于阴坡, 不同坡向土壤含水率呈现相同的变化趋势, 但随坡度上升土壤水分呈下降趋势; 不同坡向土壤含水率大小为: 阳坡 < 半阳坡 < 半阴坡。不同坡位土壤含水率大小为: 坡上部 < 坡下部。

3.3 不同人工林下土壤含水率变化

由以上分析可看到, 不同人工林下土壤含水率仅 8% 左右, 充分反映土壤干旱的特点; 不同人工林土壤水分变化不同, 小叶杨和山桃的土壤含水率变化趋势较平缓, 水分利用层次较深, 山杏、沙棘和柠条 0—200 cm 土壤水分变化较大, 为其水分利用层; 不同人工林对土壤水分的利用可分为 2 种情况, 一种为山杏、沙棘和柠条, 属于对水分利用强度大的树种, 小叶杨和山桃属于水分利用强度较小的树种, 水分利用强度由大到小为: 柠条 > 沙棘 > 山杏 > 小叶杨 > 山桃。SPSS 分析也表明小叶杨和山桃与另外 3 种人工林的土壤含水率(山杏、沙棘和柠条) 差异显著。

3.4 不同人工林生长与水分的相互作用关系

以上研究表明, 不同人工林对水分的利用程度不同, 同样其适宜生长的立地条件也各不相同; 以上几种人工林, 在同样的干旱情况下, 山杏、柠条在很低的土壤水分下却有很好的生长状况, 而小叶杨却生长较差, 这说明不同树种对干旱环境的适应性有较大的差异, 我们在半干旱区造林时要注意当地的自然条件和气候条件, 选择适应性强的树种。

[参 考 文 献]

- [1] 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 《中国森林》编辑委员会. 中国森林第四卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. 2225—2231.
- [3] 程积民, 万惠娥. 中国黄土高原植被建设与水土保持[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [4] 台培东, 贾宏宇, 等. 不同人工林在草原露天矿区排土场边坡的水土保持效益及其环境影响[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 27—30.
- [5] 杨会蒲. 黄土丘陵区油松人工林水分生态效益研究[J]. 水土保持研究, 2002, 9(4): 74—79.
- [6] 杨勤, 高清竹, 李国强, 等. 皇甫川流域几种主要植物水分生态特征[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2387—2394.
- [7] 杨会蒲, 侯喜禄. 黄土丘陵区主要人工林水保及其土壤水分生态效益研究[J]. 陕西林业科技, 2004(1): 24—29.
- [8] 郝文芳, 韩蕊莲, 单常卷, 等. 黄土高原不同立地条件下人工刺槐林土壤水分变化规律研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(6): 964—968.
- [9] 韩蕊莲, 侯庆春. 延安试区刺槐林地不同立地条件下土壤水分变化规律[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(1): 74—76.
- [10] 原焕英, 许喜明. 黄土高原半干旱丘陵沟壑区人工林土壤水分动态研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 5—8.
- [11] 陈云明, 刘国彬, 侯喜禄. 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.
- [12] 徐炳成, 山仑. 半干旱黄土丘陵区沙棘和柠条水分利用与适应性特征比较[J]. 应用生态学报, 2004, 15(11): 2025—2028.

(上接第 9 页)

研究表明, 国家的退耕还林草政策对雨水就地拦蓄入渗是非常有效的, 是一项非常英明远见的保护黄土高原的措施。但同时需要指出的是, 减沙效益是气候因素和水土保持措施共同作用的结果, 上述观测适逢 2004—2005 年小雨强, 长历时降雨雨型偏多年份, 很少有大到暴雨。因此, 该项研究还在继续。

[参 考 文 献]

- [1] 傅伯杰, 邱扬, 等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 718—721.
- [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆盖变化国际研究动向[J]. 地理学报, 1995, 51(6): 553—558.
- [3] 柳长顺, 齐实, 史明昌. 土地利用变化与土壤侵蚀关系的研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 11—13.
- [4] 唐克丽, 蔡庆. 黄土高原土壤侵蚀过程和生态环境演变的关系[A]. 见: 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集(第一集)[C]. 北京: 地质出版社, 1991. 62—73.
- [5] 张胜利, 等. 黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998. 10—120.
- [6] 张仁, 丁联臻. 黄河水沙变化的成因分析方法[A]. 见: 黄河水沙变化研究论文集(第二卷)[C]. 1993. 188—237.
- [7] 刘昌明, 等. 黄河下游断流的径流序列分析[J]. 地理学报, 2000(3): 257—265.
- [8] 程义. 延河洪水输沙特征分析[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 35—40.
- [9] 张胜利. 略论黄河中游水沙变化及水土保持减沙效益[J]. 水土保持通报, 1994, 14(3): 8—10.
- [10] 陈浩. 流域系统水沙过程变异规律研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 102—107.
- [11] 曾庆华. 泥沙研究进展综述[J]. 泥沙研究, 1999(1): 74—80.
- [12] 柯克比, 摩根(译). 土壤侵蚀[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987. 34—35.
- [13] 贾绍凤, 梁季阳. 黄土高原、径流、产沙相互关系的研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 42—47.
- [14] 刘卉芳, 等. 黄土坡面不同土地利用与覆盖方式的产流产沙效应[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 137—141.