

辽西半干旱区典型人工林生态系统的水土保持功能*

姜萍^{1,2,3} 郭芳⁴ 罗跃初⁵ 魏晶¹ 孙晓伟⁶ 吴钢^{1**}

(¹ 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; ² 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; ³ 中国科学院研究生院, 北京 100039; ⁴ 河南农业大学, 郑州 450002; ⁵ 中国地质环境监测院, 北京 100081; ⁶ 辽宁省朝阳市林木种苗管理站, 辽宁朝阳 122000)

摘要 从森林生态系统地表径流和土壤侵蚀角度对辽西半干旱区5种人工林生态系统的水土保持功能进行了定量研究. 结果表明: 不同类型人工林生态系统可以有效地减少地表径流及土壤侵蚀. 油松纯林、油松-沙棘混交林、沙棘林、小叶杨纯林和小叶杨-沙棘混交林6—9月的月平均地表径流系数分别为荒山(对照)的10.1%、6.5%、2.3%、8.6%和5.3%, 土壤侵蚀量分别为荒山的2.65%、0.96%、0.15%、2.32%和0.69%. 5种人工林生态系统中, 沙棘林的地表径流量和土壤侵蚀量最小, 水土保持功能最佳.

关键词 辽西半干旱区 人工林 水土保持 地表径流 土壤侵蚀

文章编号 1001-9332(2007)12-2905-05 中图分类号 S718 文献标识码 A

Water and soil conservation function of typical plantation forest ecosystems in semi-arid region of Western Liaoning Province. JIANG Ping^{1,2,3}, GUO Fang⁴, LUO Yue-chu⁵, WEI Jing¹, SUN Xiao-wei⁶, WU Gang¹ (¹State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; ²Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; ³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; ⁴Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; ⁵China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China; ⁶Chaoyang Station of Forest Tree Seed and Seedling, Chaoyang 122000, Liaoning, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2007, 18(12): 2905-2909.

Abstract: From the aspects of surface runoff and soil erosion, this paper quantitatively studied the water and soil conservation function of five plantation forest ecosystems in semi-arid region of Western Liaoning Province. The results showed that various types of test plantation forest ecosystems were all able to reduce surface runoff and soil erosion effectively. In June - September, the monthly mean surface runoff coefficient of *Pinus tabulaeformis* forest ecosystem, *P. tabulaeformis* - *Hippophae rhamnoides* forest ecosystem, forest ecosystem, *P. simonii* forest ecosystem, and *P. simonii* - *H. rhamnoides* forest ecosystem was 10.1%, 6.5%, 2.3%, 8.6% and 5.3% of that of barren hill, respectively, and the soil erosion quantity was 2.65%, 0.96%, 0.15%, 2.32% and 0.69% of that of barren hill, respectively. Among the five forest ecosystems, *H. rhamnoides* forest ecosystem had the least surface runoff and soil erosion, being the best in water and soil conservation function.

Key words: semi-arid region of Western Liaoning Province; plantation forest; water and soil conservation; surface runoff; soil erosion.

1 引言

植被状况影响地表径流是实现森林水文功能的关键环节^[15], 地表径流是洪水流量的主要成分和地

表水蚀的主要源动力之一^{—[3,17]}, 也是造成水土流失和土壤侵蚀的一个重要因素^[6]. 土壤侵蚀是一个多因子相互作用的、极其复杂的变化过程^[12]. 它是自然因素和人为因素综合影响的结果, 导致土层浅薄、土壤退化、土地破碎, 最终破坏生态平衡^[7,11]. 因此, 探讨不同生态系统的地表径流特征及其规律, 对于消洪减灾、水资源开发利用、森林涵养水源效益评价及退化生态系统恢复具有重要意义.

* 国家自然科学基金项目(40473054)和国家科技部农业科技成果转化基金资助项目(05EFN216600446).

** 通讯作者. E-mail: wug@cees.ac.cn

2006-12-29 收稿 2007-09-12 接受.

国内外有关森林水土保持功能一般是将森林分成冠层、地被物层和根层等层次加以研究^[2,6,8]。我国以往的研究主要以植被覆盖度的单一指标来评价其水土保持能力的强弱,不能完全地反映植被水土保持功能的差异。随着植被水土保持机理研究的深入,需要用多个指标来进行综合评价^[9,18]。其中以地表径流和土壤侵蚀指标最为直观、有效。辽西地区的人工林90%以上为纯林^[4],树种单一,林分结构简单,加之土壤氮贫瘠,导致水土流失严重,生物多样性大大减少,生产力水平低。为此,蔡大为等^[1]和杜晓军等^[4-5]提出了有效控制水土流失的基本理论和生产技术措施,在林种配置、树种选择、造林技术和特殊侵蚀部位的治理等方面进行了探索研究。本文仅对5种人工林生态系统的水土保持功能进行定量研究,旨在为该地区人工林生态系统服务功能的恢复和保育提供参考依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 自然概况

辽西半干旱区位于辽宁省西部(40°21'—43°26'N, 118°53'—123°00'E),包括朝阳、阜新、锦州和葫芦岛4个市,总面积50 111.3 km²。其中,山地丘陵面积33 346.3 km²,占总面积的66.54%^[11]。该地区年均降水量400~600 mm,降雨多集中在7—9月,年均蒸发量1 500~2 350 mm。无霜期在125 d左右。植被类型为华北植物区系、蒙古植物区系及长白植物区系的交叉地带,植物种类较为丰富。土壤多为褐土,占总面积的90%以上^[11]。

2.2 样地选择

试验地位于辽西朝阳市建平县太平沟小流域,为低山丘陵区。该流域位于辽河上游老哈河支流的崩河流域,土地总面积10.64 km²。森林植被主要有油松(*Pinus tabulaeformis*)、小叶杨(*Populus simonii*)、刺槐(*Robinia pseudo-acacia*)、山杏(*Prunus sibirica*)和沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。选取油松纯林、油松-沙棘混交林、沙棘林、小叶杨纯林及小叶杨-沙棘混交林5种人工林生态系统作为研究对象。每一林型设置有代表性的标准地3块,面积均为400 m²,以荒山作为对照。标准地的立地条件均为碳酸盐褐土,土层瘠薄,有机质含量低^[13],海拔720~730 m,坡度为3°~5°,坡向南坡。对各标准地进行常规调查,基本概况见表1。

表1 标准地基本概况

Tab.1 General situation of different forest ecosystems

林分类型 Type	林龄 Age of forest (a)	密度 (trees · hm ⁻²)	平均胸径 ^{a)} Average DBH (cm)	平均树高 Average tree height (m)	郁闭度 Canopy density
I	28	2825	6.9	4.7	0.75
II	28 ^{b)}	1790	9.8	6.6	0.85
	11 ^{c)}	3650	2.6	1.6	
III	11	8950	4.3	1.9	0.90
IV	22	2645	7.3	4.9	0.70
V	22 ^{d)}	1425	10.1	7.1	0.80
	11 ^{c)}	3460	2.7	1.6	

I:油松纯林 *P. tabulaeformis* forest; II:油松-沙棘混交林 *P. tabulaeformis* - *H. rhamnoides* mixed forest; III:沙棘林 *H. rhamnoides* forest; IV:小叶杨纯林 *P. simonii* forest; V:小叶杨-沙棘混交林 *P. simonii* - *H. rhamnoides* mixed forest. a)沙棘为平均地径 Basal diameter for *H. rhamnoides*; b)油松 *P. tabulaeformis*; c)沙棘 *H. rhamnoides*; d)小叶杨 *P. simonii*. 下同 The same below.

2.3 研究方法

实验小区设计:分别于2002年6—9月和2003年6—7月,在不同人工林生态系统内选择标准地进行调查^[10]。地表径流采用径流小区观测方法;在每一种植被类型内各建立1个20 m × 5 m的径流小区,长边顺坡垂直于等高线,短边与等高线平行,边墙高35 cm,地上部分20 cm,地下部分15 cm。在小区下方设置接流槽,下设圆形接流池,为防止小区外的雨水进入小区,小区边墙顶部做成里直外斜的形状。墙外设排水沟,接流槽和接流池都设有盖板。

在每一次降雨结束、地表径流终止后,揭开接流槽盖板,将其中的泥沙、水扫入接流池中,然后量测接流池内水深,推算径流总量^[9]。土壤侵蚀研究采用泥沙含量测定方法。取水样前,先将池内水充分搅拌均匀,分层取出水样2~3个,总量在1~3 L,混合后从中取出500~1 000 ml水样,静置12 h待测,清水用量筒量测,泥沙烘干测定含沙率,计算土壤侵蚀量。

分别用Excel(2000)和SPSS(10.0)统计分析软件对数据进行整理。

3 结果与分析

3.1 不同人工林生态系统的地表径流量

由表2可以看出,在相同降雨作用下,不同生态系统小区内径流量有所不同,从大到小依次为油松纯林>小叶杨纯林>油松-沙棘混交林>沙棘林。且随雨强的增大变幅增大。油松纯林、油松-沙棘混交林、沙棘林、小叶杨纯林、小叶杨-沙棘混交林2002年雨季(6—9月)的月均地表径流系数分别为荒山的10.1%、6.5%、2.3%、8.6%和5.3%。2003年6、

7 月分别为 8.3%、6.4%、3.3%、7.9% 和 6.3%。说明各人工林生态系统能显著地减少地表径流,荒山则由于缺少乔、灌木及枯落物层的拦蓄截留,加之土壤结构较差,缺少水稳性团粒结构,降水直接冲击土体,降低了土壤的渗透率,从而增加了地表径流^[16-17]。

表 2 不同时期人工林生态系统地表径流和土壤侵蚀量
Tab.2 Surface runoff and soil erosion of the different forest ecosystems from 2002 to 2003

日期 Date	降雨量 Precipitation (mm)	林分类型 Stand type	径流 系数 Runoff coefficient (%)	径流量 Runoff (m ³ · hm ⁻²)	径流深度 Flow depth (mm)	含沙量 Sand content (kg· m ⁻³)	土壤 侵蚀量 Soil erosion (t· km ⁻²)
2002.06	138.1	I	1.22	16.84	1.684	4.78	8.05
		II	0.71	9.81	0.981	2.08	2.04
		III	0.31	4.28	0.428	1.15	0.49
		IV	1.11	15.33	1.533	4.81	7.37
		V	0.62	8.56	0.856	2.22	1.90
		CK	12.32	170.14	17.014	18.01	306.42
2002.07	78.9	I	1.11	8.76	0.876	3.98	3.49
		II	0.79	6.23	0.623	2.81	1.75
		III	0.21	1.66	0.166	0.98	0.16
		IV	0.91	7.18	0.718	3.76	2.70
		V	0.60	4.73	0.473	2.17	1.03
		CK	9.76	77.01	7.701	15.53	119.60
2002.08	74.3	I	1.14	8.47	0.847	4.73	4.01
		II	0.88	6.54	0.654	2.85	1.86
		III	0.27	2.01	0.201	1.25	0.25
		IV	0.93	6.91	0.691	5.13	3.54
		V	0.66	4.90	0.490	2.35	1.15
		CK	10.95	81.36	8.136	20.12	163.70
2002.09	17.7	I	0.42	0.74	0.074	1.18	0.09
		II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		IV	0.38	0.67	0.067	0.98	0.07
		V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		CK	10.12	17.91	1.791	8.32	0.15
2002.06—09	309.0	I	1.13	34.81	3.481	4.49	15.64
		II	0.73	22.58	2.258	2.50	5.65
		III	0.26	7.95	0.795	1.13	0.90
		IV	0.97	30.09	3.009	4.54	13.68
		V	0.59	18.19	1.819	2.24	4.08
		CK	11.21	346.42	34.642	17.03	589.87
2003.06	221.5	I	1.22	27.02	2.702	5.12	13.83
		II	0.79	17.50	1.750	3.01	5.27
		III	0.41	9.08	0.908	1.09	0.99
		IV	1.17	25.92	2.592	4.37	11.33
		V	0.78	17.28	1.728	2.99	5.17
		CK	15.20	336.68	33.668	23.82	801.97
2003.07	60.6	I	0.25	1.52	0.152	1.19	0.18
		II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		IV	0.27	1.64	0.164	1.21	0.20
		V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		CK	6.38	38.66	3.866	7.24	27.99
2003.06—07	282.1	I	1.01	28.54	2.854	4.91	14.01
		II	0.79	17.50	1.750	3.01	5.27
		III	0.41	9.08	0.908	1.09	0.99
		IV	0.97	27.56	2.756	4.18	11.53
		V	0.78	17.28	1.728	2.99	5.17
		CK	12.24	375.34	37.534	22.11	829.96

由图 1 可以看出,在各人工林生态系统中,沙棘林的地表径流量最少,减流效率最佳(97.65%),其它依次为小叶杨-沙棘混交林(95.08%)、油松-沙棘混交林(94.40%)、小叶杨纯林(91.96%)和油松纯林(91.18%)。这主要是由于各人工林生态系统的树冠层、枯枝落叶层和土壤层的综合效能差异决定的。

由表 3 和表 4 可以看出,不同类型生态系统的地表径流量与降水量均呈显著的线性相关关系。林

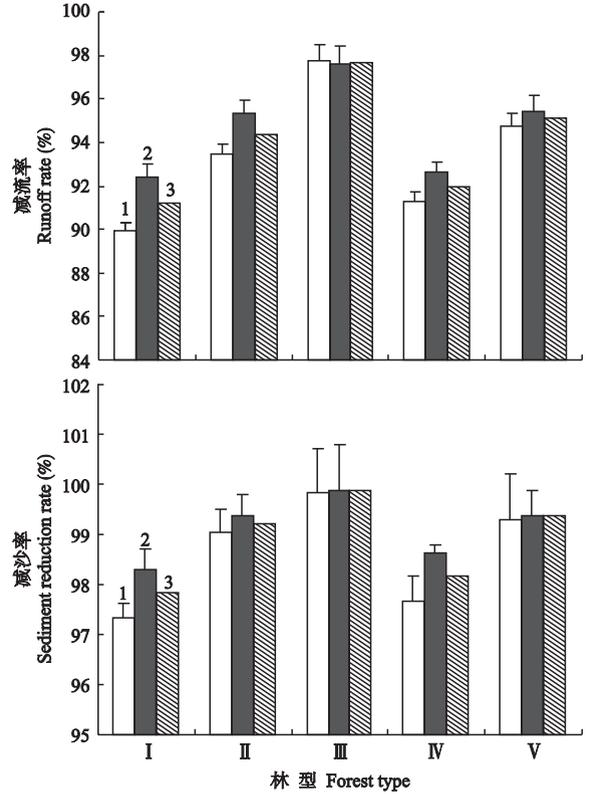


图 1 不同人工林生态系统的减流率和减沙率
Fig.1 Rate of decreased runoff and sediment by different planted forest ecosystems.
I : 油松纯林 *P. tabulaeformis* forest ; II : 油松-沙棘混交林 *P. tabulaeformis* - *H. rhamnoides* mixed forest ; III : 沙棘林 *H. rhamnoides* forest ; IV : 小叶杨纯林 *P. simonii* forest ; V : 小叶杨-沙棘混交林 *P. simonii* - *H. rhamnoides* mixed forest. 1) 2002.06—2002.09 ; 2) 2003.06—2003.07 ; 3) 平均 Average.

表 3 不同人工林地表径流量(y)与降水量(x)的回归方程
Tab.3 Regression equations of surface runoff (y) and rainfall (x) by different forest ecosystems

类型 Type	回归方程 Regression equation	R ²
I	$y = -1.3604 + 0.1161x$	0.9648
II	$y = -0.9926 + 0.0745x$	0.9412
III	$y = -0.7733 + 0.0340x$	0.9022
IV	$y = -1.5244 + 0.1078x$	0.9675
V	$y = -1.2369 + 0.0684x$	0.9406
CK	$y = -17.192 + 1.3366x$	0.9562

表4 不同人工林地地表径流量(y)与林地枯落物量和土壤物理性质(x)的回归方程

Tab. 4 Regression equations of surface runoff(y) with litter biomass and soil physical properties(x)

项目 Item	回归方程 Regression equation	R^2
枯落物量 Litter mass	$y = 7136.2 - 156.91x$	0.8422
土壤容重 Bulk density	$y = 0.9743 + 0.0072x$	0.9312
土壤非毛管孔隙度 Non-capillary porosity	$y = 12.02 - 0.12740x$	0.9330
土壤稳渗速率 Stable infiltration	$y = 3.8693 - 0.0466x$	0.7823

地地表径流量与林地枯落物量、土壤非毛管孔隙度、土壤稳渗速率呈显著负相关;与土壤容重呈显著正相关。

3.2 不同人工林生态系统土壤侵蚀量

由表2可以看出,各人工林生态系统对土壤侵蚀的作用非常明显。2002年雨季(6—9月)油松纯林、油松-沙棘混交林、沙棘林、小叶杨纯林、小叶杨-沙棘混交林的土壤侵蚀量分别为荒山的2.65%、0.96%、0.15%、2.32%和0.69%;2003年6—7月分别为1.69%、0.63%、0.11%、1.39%和0.60%。其中,沙棘林的土壤侵蚀量最少,减沙效率为99.87%,小叶杨-沙棘混交林为99.36%、油松-沙棘混交林为99.21%、小叶杨纯林为98.15%、油松纯林为97.83%。从水土保持效益来看,沙棘林>小叶杨-沙棘混交林>小叶杨纯林>油松-沙棘混交林>油松纯林。

森林植被通过植被冠层及地被物的截留作用,使地表径流速率减小,土壤的流失量也相应减少^[19-20],从而发挥涵养水源,改善生态环境的作用。不同人工林生态系统土壤侵蚀量显著减少可能与以下因素有关:1)人工林生态系统通过树冠截留降雨、枯落物持水和土壤蓄水等有效地减少了地表径流量,降低了地表径流的侵蚀力和对泥沙的搬运能力^[16-22]2)人工林生态系统庞大,植物密集根系对土壤有固持作用^[21]3)各人工林生态系统通过其特有枯枝落叶、根系和土壤生物群落对土壤理化性质和土壤结构起到良好的改良作用,增强了土壤的抗侵蚀能力^[14]。

4 结 语

各人工林生态系统能显著地减少地表径流。在同一降雨作用下,不同生态系统小区的径流量不同。随着林分郁闭度增大,树冠对降水有明显的截留作用,加之各人工林生态系统枯落物对降水的拦截作

用,地表径流产流开始时间较迟,地表径流系数低,其中,沙棘林的地表径流量最少,减流效率为沙棘林>小叶杨-沙棘混交林>油松-沙棘混交林>小叶杨纯林和油松纯林。其地表径流量与降雨量均呈显著的线性相关关系;与土壤容重呈显著正相关,与林地枯落物量、土壤非毛管孔隙度和土壤稳渗速率呈显著负相关。

各人工林生态系统能显著地减少土壤侵蚀。同一雨强下,不同植被类型的土壤侵蚀量有所不同。其中,沙棘林的土壤侵蚀量最少,减沙效率最佳(99.87%),小叶杨-沙棘混交林为99.36%、油松-沙棘混交林为99.21%、小叶杨纯林为98.15%、油松纯林为97.83%。

退化生态系统的恢复主要是植被和其它生物在一定区域内的恢复生存及对生存环境的改善,而植被恢复的首要任务是构建优良的植被群落。本研究结果表明,沙棘林在蓄留水分、减少地表径流和抗土壤侵蚀等方面表现出较好的水文功能,沙棘林复合林生态系统对于辽西干旱、半干旱地区涵养水源、水土保持有一定的作用。

参考文献

- [1] Cai D-W(蔡大为), Huang Y(黄毅), Wang Z(王政). 2002. Soil erosion and ecological construction of partial dryland hill in western Liaoning Province. *Scientific and Technical Information of Soil and Water Conservation* (水土保持科技情报), (3): 40-42 (in Chinese)
- [2] Deng K-M(邓坤枚), Shi P-L(石培礼), Xie G-D(谢高地). 2002. Water conservation of forest ecosystem in the upper reaches of Yangtze River and its benefits. *Resources Science* (资源科学), 24(6): 68-73 (in Chinese)
- [3] Ding L-X(丁琳霞), Mu X-M(穆兴民). 2004. The effects of soil and water conservation on temporal change of the surface runoff in watersheds. *Journal of Arid Land Resources and Environmen* (干旱区资源与环境), 18(3): 103-106 (in Chinese)
- [4] Du X-J(杜晓军), Jiang F-Q(姜凤岐), Jiao Z-H(焦志华). 2004. Vegetation restoration in western Liaoning hilly region: A study based on succession theory and degradation degree of ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 15(9): 1507-1511 (in Chinese)
- [5] Du X-J(杜晓军), Jiang F-Q(姜凤岐), Zeng D-H(曾德慧), et al. 1999. Approach to sustainable management on pure plantation of *pinus tabulaeformis* in Western Liaoning province. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 18(5): 36-40 (in Chinese)
- [6] Dunne T. 1998. Critical data requirements for predic-

- tion of erosion and sedimentation in mountain drainage basins. *Journal of the American Water Resources Association*, **34**(4):795-808
- [7] Hao Z-Q (郝占庆), Wang L-H (王力华). 1998. Water conservation capacities of soils with major forest types in mountainous regions of east Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **9**(3):237-241 (in Chinese)
- [8] Jiang Z-L (姜志林). 1984. Function of water and soil conservation of forest ecosystems. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **3**(3):61-64 (in Chinese)
- [9] Liu S-Y (刘士余), Zou C-Q (左长清). 2005. A review of vegetation impacts on runoff. *Territory & Natural Resources Study* (国土与自然资源研究), (1):42-44 (in Chinese)
- [10] Luo Y-C (罗跃初), Han S-H (韩单恒), Wang H-C (王宏昌), et al. 2004. Water conservation functions of several artificial forest ecosystems in semiarid regions of western Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **15**(6):919-923 (in Chinese)
- [11] Nan Q-J (南秋菊), Hua L (华 珞). 2003. Recent progress of the soil erosion in the world. *Journal of Capital Normal University* (Natural Science) (首都师范大学学报·自然科学版), **24**(2):86-95 (in Chinese)
- [12] Renard KG, Forster GR. 1983. *Soil Conservation: Principle of Erosion by Water*. Oxford:Perfamon Press
- [13] Shen H (沈 慧), Jiang F-Q (姜凤岐), Du X-J (杜晓军). 2000. Benefit evaluation on soil improvement by the water and soil conservation forest. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **20**(5):753-758 (in Chinese)
- [14] Shen H (沈 慧), Jiang F-Q (姜凤岐), Du X-J (杜晓军). 2000. Evaluation on soil anti-erodibility of soil and water conservation on forest. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **11**(3):345-348 (in Chinese)
- [15] Shen W-J (申卫军), Zhou G-Y (周国逸), Peng S-L (彭少麟). 1999. Surface runoff in five ecosystems of Heshan subtropical hilly land. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **7**(4):273-281 (in Chinese)
- [16] Song X-D (宋西德). 2001. Function on soil and water conservation of forest vegetation on the loess plateau. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University* (Natural Science) (内蒙古农业大学学报·自然科学版), **22**(2):7-11 (in Chinese)
- [17] Sun G (孙 阁). 1989. Study on the surface flow of forest. *Journal of Soil and Water Conservation* (水土保持学报), **3**(2):52-55 (in Chinese)
- [18] Wei H-B (韦红波), Li R (李 锐), Yang Q-K (杨勤科). 2002. Research advances of vegetation effect on soil and water conservation in China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **26**(4):489-496 (in Chinese)
- [19] Xu M-X (许明祥), Liu G-B (刘国彬), Bu C-F (卜崇峰), et al. 2002. Experimental study on soil infiltration characteristics using disc permeameter. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (农业工程学报), **18**(4):54-58 (in Chinese)
- [20] Yang H-L (杨海龙), Zhu J-Z (朱金兆), Bi L-D (毕利东). 2003. Soil permeability capability research on Yangtze River Three Gorges Reservoir Area forest watershed ecosystem. *Journal of Soil and Water Conservation* (水土保持学报), **17**(3):63-65 (in Chinese)
- [21] Yu D-P (于大炮), Liu M-G (刘明国), Deng H-B (邓红兵), et al. 2003. Analysis of soil anti-erodibility in western Liaoning. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **22**(5):10-14 (in Chinese)
- [22] Zhao H-Y (赵鸿雁), Wu Q-X (吴钦孝), Liu G-B (刘国彬). 2003. Studies on soil and water conservation functions of litter in Chinese pine stand on Loess Plateau. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **39**(1):168-172 (in Chinese)

作者简介 姜 萍,女,1965年生,博士研究生,助理研究员.主要从事森林生态与生态恢复方面的研究,发表论文20余篇. E-mail:jiangp@iae.ac.cn

责任编辑 李凤琴
