

# Research on Soil Moisture Retention Capacity and Soil Infiltration Property of Different Kinds of Artificial Forests in Northern Mountain of Lanzhou

Youcai Kang, Jinmei Zhao\*, Qiuyan Zhang, Junjun Kong, Guiping He, Xiaodong Li

Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu  
Email: \*zhaojm@gsau.edu.cn

Received: Dec. 30<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jan. 13<sup>th</sup>, 2016; published: Jan. 18<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper mainly studied soil moisture retention capacity and soil infiltration property of four different artificial forests, which are *Ulmus pumila* and *Robinia psudoacid*, *Populus alba* L. Var. *pyramidalis*, *Pyrus* SPP and *Platycladus orientalis* which was planted in northern mountain of Lanzhou. The results go as follows: The soil bulk density in the four different artificial forests from high to low is *Populus alba* L. Var. *pyramidalis* (1.46 g/cm<sup>3</sup>) > *Pyrus* SPP (1.40 g/cm<sup>3</sup>) > *Mixed forest* (1.28 g/cm<sup>3</sup>) > *Platycladus orientalis* (1.27 g/cm<sup>3</sup>); Total soil porosity varies dramatically with different kinds of forest land. Capillary porosity is maximum in different kinds of forest land between 0 to 20 centimeters, while non capillary porosity is maximum in different kinds of forest land between 0 to 20 centimeters. Max soil moisture capacity changes greatly in different kinds of forest land, *Platycladus orientalis* is max and *Pyrus* SPP is min. The soil infiltration characteristics is increased as time goes by between 0 to 40 centimeters, while under 40 centimeters almost steadiness. According to soil moisture capacity and soil infiltration characteristics, plants' influence on soil character of physics is focused on between 0 to 40 centimeters.

## Keywords

Northern Mountain of Lanzhou, Soil Bulk Density, Soil Moisture Retention Capacity, Soil Water Infiltration Property

---

\*通讯作者。

文章引用: 康有财, 赵锦梅, 张秋艳, 孔建军, 何桂萍, 李小东. 兰州市北山不同人工林土壤持水能力和渗透性特征研究[J]. 土壤科学, 2016, 4(1): 11-17. <http://dx.doi.org/10.12677/hjss.2016.41002>

# 兰州市北山不同人工林土壤持水能力和渗透性特征研究

康有财, 赵锦梅\*, 张秋艳, 孔军军, 何桂萍, 李小东

甘肃农业大学, 甘肃 兰州  
Email: \*zhaojm@gsau.edu.cn

收稿日期: 2015年12月30日; 录用日期: 2016年1月13日; 发布日期: 2016年1月18日

## 摘要

为了解兰州市北山不同林地土壤持水能力和渗透特性, 选取白榆和刺槐混交林地、新疆杨林地、梨树林地和侧柏林地4种林地类型, 研究不同林地土壤持水能力和渗透性。结果表明, 土壤容重为新疆杨树林地( $1.46 \text{ g/cm}^3$ ) > 梨树林地( $1.40 \text{ g/cm}^3$ ) > 混交林地( $1.28 \text{ g/cm}^3$ ) > 侧柏林地( $1.27 \text{ g/cm}^3$ ); 总孔隙度在不同林地间存在显著差异( $P < 0.05$ ); 在0~20 cm土层深度内各林地土壤毛管孔隙均最大, 在20~40 cm土层深度内各林地土壤非毛管孔隙均最大; 土壤最大持水量侧柏林地最大( $1040.87 \text{ t/hm}^2$ ), 梨树林地最小( $913.29 \text{ t/hm}^2$ ); 土壤入渗速率在0~40 cm土层深度内随时间增加而逐渐减小, 在40 cm以下基本不变。经研究分析得出, 人工林对土壤持水能力和入渗特性的影响主要集中在0~40 cm土层深度内。

## 关键词

兰州市北山, 土壤容重, 土壤持水能力, 土壤渗透性

## 1. 引言

人工生态林作为人类通过植物措施改善区域土壤的一项重要措施, 对土壤的理化性质有着最直接和深刻的影响[1] [2]。研究表明, 选择适宜的树种营造人工生态林可以改善林地土壤结构[3]。相反, 选择不适宜的树种营造人工生态林不仅使土壤与生态系统得不到有效改善, 有时甚至会扰乱该区的水量平衡[4]。土壤持水能力与水分入渗作为林地土壤的主要水文过程, 反应了林地涵养水源和水土保持的功能。因此, 研究不同林地土壤持水能力和渗透性变化, 对合理经营森林资源, 改善水环境, 实现水资源的科学管理和利用具有重要意义[5]。

兰州市北山位于我国黄土高原西端。立地区划为甘肃黄土高原陇中北部黄土丘陵、河谷盆地类型区, 由于受到多种生态因子共同作用。南北两山生态环境脆弱, 区域内植被以人工林为主体[6]。主要树种有侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)、梨树(*Pyrus* SPP)、新疆杨(*Populus alba* L. Var. *pyramidalis* Bunge)、白榆(*Ulmus pumila* L.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)等。近年来该区人工林营造过程中投入了大量的人力和物力, 但不同林地土壤保持水土和涵养水源的功能如何, 相关方面的研究很少。因此, 本研究选择混交林地、杨树林地、梨树林地和侧柏林地为研究对象, 对其持水能力和渗透性能进行研究分析, 以期为该地区的水土保持和生态恢复提供借鉴材料。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究区概况

研究区位于兰州市北山九州台区，地理位置  $38^{\circ}58'54''\sim 36^{\circ}11'20''N$ ， $103^{\circ}12'47''\sim 103^{\circ}58'09''E$ ，属北温带半干旱大陆性季风气候，年均温度  $5^{\circ}C\sim 9^{\circ}C$ ，平均海拔 1710 m，年降雨量 211 ml，年蒸发量 1446 ml。土壤为黄土母质上发展起来的灰钙土，pH 8~9。区内造林树种主要有：新疆杨、梨树、白榆、侧柏、刺槐、山桃等。

### 2.2. 样地设置

根据试验区的林地类型分布格局，同时考虑海拔、坡度等相对一致的情况下，选取白榆和刺槐混交林地、新疆杨林地、梨树林地和侧柏林地 4 种林地类型进行研究，样地详细情况见表 1。

### 2.3. 土壤性质测定

于 2015 年 7 月在每个样地内随机选取 3 个未被扰动的点挖土壤剖面，用环刀法在每个样地内按照土层深度 0~20 cm，20~40 cm 和 40~60 cm 共计 3 层取样，每层 3 次重复，所采土样带回实验室进行土壤容重和孔隙度的测定。土壤水分 - 物理性质的测定参照中华人民共和国林业行业标准《森林土壤分析方法》[7]。依据 LY/T 1215-1999，采用环刀法测定土壤容重，最大持水量、毛管持水量、非毛管持水量、毛管孔隙、非毛管孔隙和总孔隙度。土壤渗透性测定采用双环渗透法[8]。

### 2.4. 土壤持水量计算

土壤最大持水量、土壤非毛管持水量和土壤毛管持水量计算公式为[9]：

$$W_t = 10000P_t h \quad W_0 = 10000P_0 h \quad W_c = 10000P_c h$$

式中： $W_t$  为土壤最大持水量( $t/hm^2$ )； $W_0$  为土壤非毛管持水量( $t/hm^2$ )； $W_c$  为土壤毛管持水量( $t/hm^2$ )； $P_t$  为土壤总孔隙度(%)； $P_0$  为土壤非毛管孔隙度(%)； $P_c$  为土壤毛管孔隙度(%)； $h$  为土层厚度(m)。

### 2.5. 统计分析

对所测定的数据利用 Excel 和 Spass19.0 软件对数据进行统计分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同林地类型土壤容重和孔隙度变化

土壤容重和孔隙度是土壤的基本物理特性，直接影响着土壤的持水能力和土壤的渗透性能，是决定森林土壤水源涵养功能的重要因素[10]。从表 2 可以看出不同林地土壤容重的均值分别为  $1.28 g/cm^3$ 、 $1.46 g/cm^3$ 、

Table 1. General information of sample land

表 1. 样地的基本情况

林地类型	海拔高度(m)	坡向	坡度(°)	树种高度(cm)	胸径(cm)	凋落物蓄积量干重(g)
白榆 × 刺槐	1630	阳坡	18°	839	10.19	328.90
杨树	1621	阳坡	3°	1903	35.67	1918.49
梨树	1627	阳坡	3°	863	13.69	400.21
侧柏	1619	半阳坡	28°	1535	15.45	3217.68

**Table 2.** The soil bulk density and porosity under different forest land  
**表 2.** 不同林地土壤容重和孔隙度变化

林地类型	土层深度(cm)	容重(g/cm <sup>3</sup> )		总孔隙度(%)		毛管孔隙度(%)		非毛管孔隙度(%)	
		土层	均值	土层	均值	土层	均值	土层	均值
白梨 × 刺槐	0~20	1.22		53.69		47.54		6.15	
	20~40	1.31	1.28a	50.72	52.21a	42.42	44.34a	8.30	7.38a
	40~60	1.31		50.72		43.05		7.67	
新疆杨	0~20	1.51		44.12		42.59		1.53	
	20~40	1.41	1.46b	47.42	45.77b	38.63	39.88a	8.79	5.78a
	40~60	1.47		45.44		38.42		7.02	
梨树	0~20	1.37		48.74		42.97		5.77	
	20~40	1.46	1.40ab	45.77	47.26ab	38.13	40.90a	7.64	6.74a
	40~60	1.38		48.41		41.61		6.80	
侧柏	0~20	1.25		52.70		46.41		6.29	
	20~40	1.26	1.27c	52.37	52.54c	46.59	43.59a	5.78	8.46a
	40~60	1.30		51.05		37.76		13.29	

注：不同字母表示在 5%水平上差异显著(P < 0.05)。

1.40 g/cm<sup>3</sup>和 1.27 g/cm<sup>3</sup>，表现为新疆杨 > 梨树 > 混交 > 侧柏。不同林地土壤容重有显著差异(P < 0.05)，且同一林地总体变化随土层深度的增加有增大趋势。

研究区林地土壤总孔隙度在 52.04%~45.66% 范围内变化，依次为侧柏林地(52.04%) > 混交林地(51.75%) > 梨树林地(47.64%) > 新疆杨林地(45.6%)，且不同林地土壤总孔隙度有显著差异(P < 0.05)。林地土壤毛管孔隙度在 39.88%~44.34% 范围内变化，依次为混交林地(44.34%) > 侧柏林地(43.59%) > 梨树林地(40.90%) > 新疆杨林地(39.88%)，且不同林地土壤毛管孔隙度无显著差异(P > 0.05)。土壤非毛管孔隙度在 29.56%~26.59% 范围内变化，依次为混交林地(29.56%) > 侧柏林地(29.06%) > 梨树林地(27.27%) > 新疆杨林地(26.59%)，且不同林地土壤非毛管孔隙度不存在显著性差异(P > 0.05)。

### 3.2. 土壤持水能力变化

从表 3 可以得出，不同林地土壤最大持水量均值分别为 1034.27、913.29、952.88 和 1040.87 t/hm<sup>2</sup>。方差分析结果表明，新疆杨林地分别与混交林地和侧柏林地间有显著差异(P < 0.05)，梨树林地和侧柏林地间有显著差异(P < 0.05)。不同林地土壤毛管持水量均值分别为 886.73、797.60、818.07 和 871.73 t/hm<sup>2</sup>。方差分析结果显示，不同林地土壤毛管持水量无显著差异(P > 0.05)；同一林地土壤毛管持水量随土层深度减小。这说明林地凋落物对土壤持水量的影响主要集中在土壤表层(0~20 cm)。不同林地土壤非毛管持水量平均值分别为 147.53、115.69、134.82 和 169.14 t/hm<sup>2</sup>。方差分析结果显示，不同林地土壤非毛管持水量无显著差异(P > 0.05)；同一林地土壤非毛管持水量随土层深度增加，在 20~40 cm 内最大，40~60 cm 次之。这与植物根系分布深度相一致，说明土壤的非毛管持水量主要由植物根系所致。

### 3.3. 土壤渗透性变化

水分入渗过程是一个复杂的水文过程[11]，与表土结构、容重和土壤含水量等因素密切相关[12]。从表 1 可知，侧柏林地土壤初渗速率最大为 9.27 ml/min，其次是新疆杨林地(5.60 ml/min)和梨树林地(3.96

ml/min), 混交林地最小为 2.44 ml/min。土壤稳渗速率依次为侧柏林地(7.84 ml/min) > 新疆杨林地(4.94 ml/min) > 梨树林地(3.26 ml/min) > 混交林地(2.44 ml/min)。方差分析结果显示, 对于不同林地土壤稳渗速率, 侧柏林地分别与混交林地和梨树林地间有显著差异( $P < 0.05$ )。这一结果是由侧柏林地与混交林地和梨树林地土壤容重和孔隙度存在差异引起。不同林地土壤入渗速率均值依次为侧柏林地(8.18 ml/min)、新疆杨林地(5.17 ml/min)、梨树林地(3.70 ml/min)和混交林地(2.79 ml/min)。方差分析结果显示, 对于不同林地土壤平均入渗速率, 侧柏林地分别与混交林地和梨树林地间有显著差异( $P < 0.05$ )。不同林地土壤稳渗速率与平均入渗速率变化相对一致, 见图 1。

从图 2~4 可看出, 各样地入渗速率均随入渗时间的增加而逐渐减小。在 0~20 cm 的土层内, 65 min 后渗透速率比渗透开始 2 min 内的渗透速率平均下降了 23.89%, 其中侧柏林地土壤各时间段内的渗透速率最高, 混交林地最小。新疆杨和梨树林地土壤入渗速率在前 20 min 内先迅速减小后又迅速增大, 最终保持稳定。这一变化可能是由于开始入渗时表层土粒随水分下移, 使土壤孔隙被堵塞, 进而使土壤入渗速率迅速减小。随入渗的进一步进行, 孔隙中的土粒在下渗水流和自身重力的双重作用下移出孔隙, 使

Table 3. The soil moisture retention under different forest land

表 3. 不同林地持水量变化

林地类型	土层深度(cm)	最大持水量(t/hm <sup>2</sup> )		毛管持水量(t/hm <sup>2</sup> )		毛管持水量(t/hm <sup>2</sup> )	
		各层	均值	各层	均值	各层	均值
白榆 × 侧柏	0~20	1073.86		950.8		123.06	
	0~40	1014.47	1034.27a	848.4	886.73a	166.07	147.53a
	40~60	1014.47		861.00		153.47	
新疆杨	0~20	882.49		851.80		30.69	
	20~40	948.48	913.29b	772.60	797.60a	175.88	115.69a
	40~60	908.89		768.40		140.49	
梨树	0~20	974.88		859.40		115.48	
	20~40	915.49	952.88ab	762.60	818.07a	152.89	134.82a
	40~60	968.28		832.20		136.08	
侧柏	0~20	1054.07		928.20		125.87	
	20~40	1047.47	1040.87c	931.80	871.73a	115.67	169.14a
	40~60	1021.07		755.20		265.87	

注: 不同字母表示在 5% 水平上差异显著( $P < 0.05$ )。

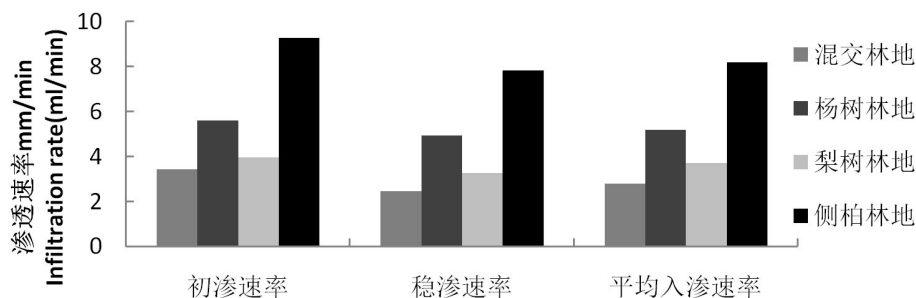


Figure 1. The soil infiltration under different forest land

图 1. 不同林地土壤渗透特性

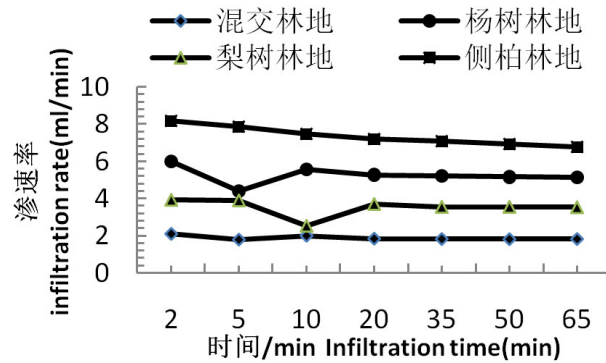


Figure 2. Infiltration of soil between 0 to 20 cm

图 2. 0~20 土层深度土壤渗透特性

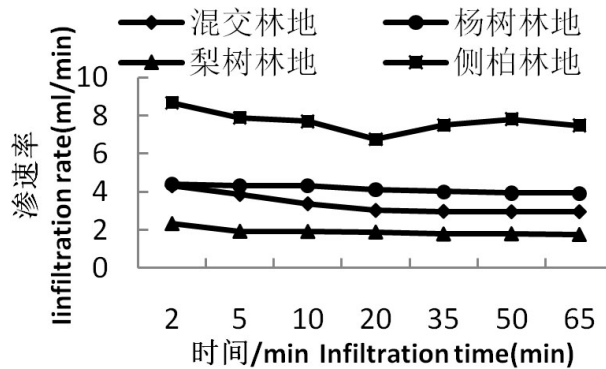


Figure 3. Infiltration of soil between 20 to 40 cm

图 3. 20~40 土层深度土壤渗透特性

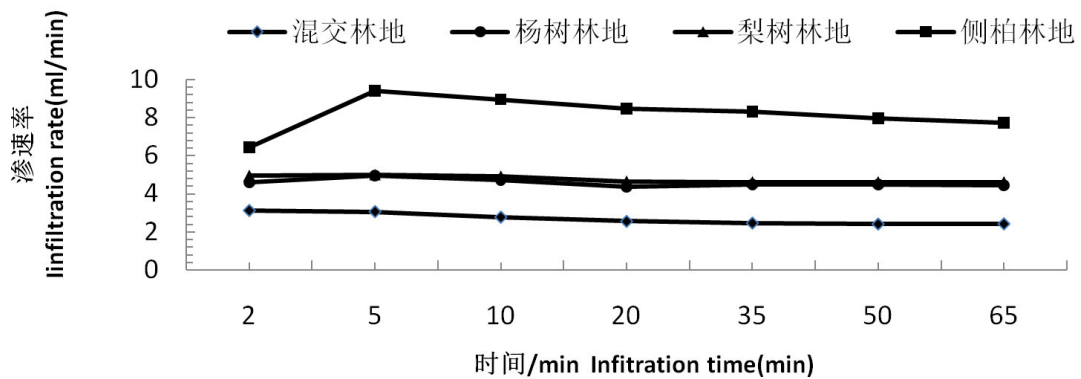


Figure 4. Infiltration of soil between 40 to 60 cm

图 4. 40~60 cm 土层深度土壤渗透特性

土壤入渗速率迅速恢复稳定。在 20~40 cm 的土层内，65 min 后渗透速率比渗透开始 2 min 内的渗透速率平均下降了 13.71%，其中侧柏林地土壤各时间段内的渗透速率最高，混交林地最小。新疆杨和梨树林地土壤的渗透速率随入渗时间的增加两者的差距逐渐增大，最终保持稳定，这一变化可能与其根系的分布有关。在 40~60 cm 的土层内，侧柏林地土壤入渗在开始 2 min 内由 6.45 ml/min 迅速升高到 9.40 ml/min，然后又逐渐减小。这一变化可能是由于最初 2 min 内土壤中的非毛管孔隙疏导水分迅速下渗，在下渗过程中土粒不断堵塞非毛管孔隙，使其渗透速率逐渐回落。杨树林地和梨树林地土壤入渗速率基本一致且基本保持不变。混交林地土壤入渗速率基本不在变化。

## 4. 结论

(1) 不同林地土壤容重有显著差异( $P < 0.05$ )。大小依次为新疆杨林地 > 梨树林地 > 混交林地 > 侧柏林地。在 0~20 cm 土层深度各林地土壤容重均最小且其随土壤深度的增加而增大。形成这一结果的原因可能是由于各林地凋落物蓄积量和分解速率不同所致。落叶乔木的新疆杨林地凋落物蓄积量干重为 1918.49 g, 梨树林地为 400.21 g, 混交林地为 328.90 g, 常绿乔木的侧柏林地为 3217.68 g。不同林地土壤总孔隙度存在显著差异( $P < 0.05$ )，在 0~20 cm 土层深度内各林地土壤毛管孔隙均最大，在 20~40 cm 土层深度内各林地土壤非毛管孔隙均最大。这一结果表明凋落物主要改善表层土壤(0~20 cm)，植物根系主要改善下层土壤(20~40 cm)，其对土壤的改良作用是同步的。

(2) 不同林地土壤最大持水量有显著差异( $P < 0.05$ )。大小依次为侧柏林地 > 混交林地 > 新疆杨林地 > 梨树林地。因为土壤持水能力与土壤孔隙度和土壤容重密切相关。植物对表层土壤容重和孔隙的影响主要通过凋落物实现。表层土壤在凋落物的覆盖和分解作用下微生物数量增加，土壤 PH 等产生影响，从而使表层土壤容重和孔隙增加[13]。在一定深度内植物对土壤孔隙的影响通过植物根系来实现。这与赵泽松等(2010) [14]研究结果相一致。所以，同一林地土壤毛管持水量随土层深度减小，土壤非毛管持水量随土层深度增加且在 20~40cm 土层深度内最大。

(3) 各林地土壤水分入渗速率均随入渗时间的增加而逐渐减小。林地表层大量的凋落物在分解过程中使表层土壤疏松，所以在 0~20 cm 土层深度内土壤水分入渗速率最快。在 20~40 cm 土层深度内植物根系广泛分布，形成大量的非毛管孔隙，所以土壤水分入渗速率仅次于土壤表层。底层土壤(60 cm 以下)熟化程度低，土壤容重大且非毛管孔隙较少，所以土壤渗透速率小且在相同条件下各林地基本保持一致。

## 基金项目

甘肃省高等学校科研项目(2014A-057); 甘肃农业大学学生科学研究训练项目(20150502)。

## 参考文献 (References)

- [1] 邱莉萍, 张兴昌. 子午岭不同土地利用方式对土壤性质的影响[J]. 自然资源学报, 2006, 21(6): 966-972.
- [2] 马群, 赵庚星. 集约农区不同土地利用方式对土壤养分状况的影响[J]. 自然资源学报, 2010, 25(11): 1834-1844.
- [3] Claudio, Z., Annalisa, C. and Franco, P. (2010) Soil Degradation by Land Use Change in an Agropastoral Area in Sardinia (Italy). *CATENA*, **83**, 46-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2010.07.003>
- [4] 刘春利, 邵明安. 黄土高原六道沟流域不同土地利用方式下土壤水力特性及其对土壤水分的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2400-2407.
- [5] 黄庆丰, 高健, 吴泽明. 不同森林类型土壤肥力状况及水源涵养功能的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 82-86.
- [6] 钟芳, 赵瑾, 孙荣高, 李正平, 王万鹏. 兰州南北两山五类乔灌木林草地土壤养分与土壤微生物空间分布研究[J]. 草业学报, 2016, 19(3): 94-101.
- [7] 孙万儒. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [8] 马雪华, 王淑远. 森林生态系统研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 213-253.
- [9] 孙艳红, 张洪江, 程金花, 等. 缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 106-109.
- [10] 孟好军, 刘贤德, 张宏斌, 等. 祁连山人工林凋落物和土壤水分特性的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(2): 12-15.
- [11] 刘贤赵, 康绍忠. 黄土高原沟壑区小流域土壤入渗分布规律的研究[J]. 吉林林学院学报, 1997, 13(4): 203-208.
- [12] 刘道平, 陈三雄, 张金池, 谢莉, 姜姜. 浙江安吉主要林地类型土壤渗透性[J]. 应用生态学报, 2007, 18(3): 493-498.
- [13] 马琳, 李学斌, 谢应忠. 草地生态系统枯落物分解及功能研究[J]. 草业与牧业, 2011(12): 7-12.
- [14] 单梦颖, 杨永刚, 吴兆录. 云南省中部 3 种森林土壤含水率、容重和细根重及其垂直分布[J]. 云南地理环境研究, 2013, 25(4): 38-42.