

大青山主要植被类型土壤物理特性的研究

陈晓燕, 田有亮, 包志刚, 何炎红, 郭连生

(内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要: 对大青山 5 种主要植被类型土壤物理特性进行了研究。结果表明, 在 0—100 cm 土层范围内, 土壤石砾含量(粒级 1 mm)、土壤容重均随土层深度增加而增加; 土壤总孔隙度、田间持水量和最大持水量均随土层深度增加而减小。除辽东栎—虎榛子混交林外, 乔木林地土壤石砾含量、土壤容重较灌木林地小, 土壤总孔隙度、田间持水量和最大持水量较灌木林地大。土壤饱和和导水率平均值排序为: 虎榛子灌丛林 > 山杨天然林 > 白桦天然林 > 油松人工林 > 辽东栎—虎榛子混交林。0—60 cm 土层饱和和蓄水量山杨天然林最大达 3 550.36 t/hm², 辽东栎—虎榛子混交林和虎榛子灌丛林较小, 分别为 2 319.85 t/hm² 和 2 271.87 t/hm²。

关键词: 大青山; 植被类型; 土壤物理特性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0030-05

中图分类号: S714.2

Soil Physical Characteristics of Main Vegetation Types in Daqing Mountains

CHEN Xiao-yan, TIAN You-liang, BAO Zhi-gang, HE Yan-hong, GUO Lian-sheng

(College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: The soil physical characteristics of five main vegetation types in Daqing Mountains were studied. Results indicated that in 0—100 cm soil layer, gravel content (particle fraction 1 mm) and soil bulk density increased with the increase in soil depth; and soil total porosity, field capacity, and maximum moisture capacity decreased with the increase in soil depth. Besides the mixed forest of *Quercus liaotungensis* and *Ostryopsis davidiana*, gravel content and soil bulk density in arbor forest were less than those in shrub land. Soil total porosity, field capacity, and maximum moisture capacity in arbor forest were higher than those in the shrub land. The order of vegetation types, in terms of the average saturated soil hydraulic conductivity, was: *Ostryopsis davidiana* shrubs > *Populus davidiana* natural forest > *Betula platyphylla* natural forest > *Pinus tabulaeformis* plantation > mixed forest of *Quercus liaotungensis* and *Ostryopsis davidiana*. The maximum water storage in 0—60 cm soil layer in *Populus davidiana* natural forest was the highest among the five vegetation types and its value reached 3 550.36 t/hm². The mixed forest of *Quercus liaotungensis* and *Ostryopsis davidiana* and *Ostryopsis davidiana* shrubs had the lower values of 2 319.85 and 2 271.87 t/hm², respectively.

Keywords: Daqing Mountains; vegetation type; soil physical characteristics

土壤是 SPAC(土壤—植被—大气连续体)系统的重要组成部分,是林木生存的重要物质基础。由于母岩、气候、地形、植被等众多成土过程影响因素的时空异质性,不但土壤类型分布是丰富多样的,在相同土壤类型区内土壤理化性质也有巨大的空间变化^[1]。土壤物理性质是土壤的结构状况、养分状况、持水性能、保水能力及渗透能力的综合反映。良好的土壤物理性质对涵养水源、保持水土、增强土壤抗蚀、抗冲性能有重要的意义^[2]。土壤物理性质也是研究水分在

土壤中传输的基础和前提^[3]。土壤物理性质的变化规律直接影响到土壤中的水分运动方式及途径。大青山区是黄河中上游和华北地区的一道重要生态屏障,是控制风沙侵袭京津两地的重要防线,同时也是呼和浩特市重要的水源涵养带。本文以大青山区 5 种植被类型为研究对象,探讨不同植被类型和不同土层深度土壤物理性质的差异,森林植被类型与土壤之间的关系,进而为大青山森林生态系统的更新、恢复与重建提供依据。

收稿日期:2008-12-16

修回日期:2009-01-13

资助项目:内蒙古自治区高等学校科学研究重点项目(NJ2207041)

作者简介:陈晓燕(1982—),女(汉族),内蒙古乌兰察布市人,博士研究生,主要研究方向为森林培育理论与技术。E-mail:chenxiaoyanhu@huhhot@yahoo.cn。

通信作者:田有亮(1957—),男(汉族),内蒙古包头市人,硕士生导师,主要研究方向森林培育理论与技术。E-mail:tianyouliang2008@yahoo.com.cn。

1 试验地概况

试验地位于内蒙古大青山石质山区古路板林场的水磨作业区,地理坐标 111°50′40″—111°50′59″E, 40°58′12″—40°58′20″N,为大青山前山中山区阴坡,海拔高 1 307—1 437 m 之间。该区地处内陆北纬中温带,属于典型的大陆性半干旱季风气候。冬季漫长而寒冷,少雨雪,多晴少云;夏季温和,雨量集中,多雷雨天气;春季风多雨少,回暖快,温差大,气候干燥;秋季短而凉爽,气温剧降,雨量骤减。全年光照充足,热量资源较丰富。降水少而集中,日温差大。年平均降

水量为 350~450 mm,年蒸发量 1 800~2 300 mm,湿润度 0.3~0.6。全年主导风向为西北风,年平均风速为 1.8 m/s,年平均气温 6℃,10℃积温 2 200~2 800℃,无霜期 120 d。土壤主要为栗钙土,质地多为砂壤和轻壤土,pH 值在 7.0 左右。

该区主要森林植被类型有白桦 (*Betula platyphylla*) 天然次生林、山杨 (*Populus davidiana*) 天然次生林、辽东栎 (*Qercus liaotungensis*)—虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*) 混交林、虎榛子灌木林和油松 (*Pinus tabulaeformis*) 人工林。试验地各植被类型基本情况见表 1。

表 1 试验地各植被类型基本情况

植被类型	平均胸径或基径/cm	平均树高或枝长/cm	林龄/a	坡度/(°)	海拔/m
辽东栎—虎榛子混交林	7.00	390	24	25	1 437
山杨天然林	8.51	749	26	27.5	1 403
油松人工林	9.50	549	21	16	1 307
虎榛子灌丛林	0.64	85	7	38	1 378
白桦天然林	8.73	784	19	37.5	1 407

注:表中辽东栎—虎榛子混交林平均胸径、树高等指标指辽东栎。

2 研究方法

根据不同植被类型的生长状况选取生长良好的林分设置标准地,在各标准地中心挖一个 100 cm 深的土壤剖面,按照距地表的垂直深度记为:0 cm(即表层),20,40,60,80 cm 以及 100 cm 层,分层取土后进行土壤石砾含量、容重、孔隙度以及持水量的测定。土壤石砾含量的测定采用筛分法进行数据处理使用 EXCEL 和 SAS 数据分析软件。

2.1 土壤容重和总孔隙度

(1) 土壤容重。采用环刀法测定。即在挖取的土壤剖面上,采用定容积的环刀(100 cm³),取原状土样,每层两个重复,至 100 cm,土样带回室内,在 105℃烘箱内烘干至恒重,待冷却后称其干重,计算土壤容重。

$$\text{土壤容重} = \frac{\text{土样烘干重}(g)}{\text{土样体积}(cm^3)}$$

(2) 土壤总孔隙度计算公式:

$$\text{土壤总孔隙度}(\%) = (1 - \frac{\text{容重}}{\text{比重}}) \times 100;$$

土壤密度使用 2.65 g/cm³[4]。

2.2 土壤最大持水量、田间持水量、土壤饱和导水率和土壤饱和蓄水量

(1) 土壤持水量测定。利用环刀法取原状土样(取样方法同土壤容重),根据常规分析方法[5],测定

土壤最大持水量和田间持水量。

(2) 土壤饱和导水率。每个样地中心附近设 3~5 个样点,使用 Gelp permeameter(2800 K1)测定和计算不同土壤深度(20 cm,40 cm,60 cm)饱和导水率。

(3) 土壤饱和蓄水量。采用下式计算出土壤饱和蓄水量:

$$W = 10\ 000 \times P \times h$$

式中:W——土壤饱和蓄水量(t/hm²);P——土壤总孔隙度(%);h——土层厚度(m)[6]。

3 结果与分析

3.1 不同植被类型土壤石砾含量

图 1 为试验地不同植被类型下 0—100 cm 层土壤石砾(粒径 1 mm)百分含量,从图 1 可以看出,除油松人工林外,其余各林地土壤石砾含量均随土层深度增加而增加,表层土壤石砾含量最低。各林地类型土壤石砾含量均值为:油松人工林(3.66%)<山杨天然林(11.60%)<白桦天然林(23.90%)<辽东栎—虎榛子混交林(26.81%)<虎榛子灌丛林(39.05%)。

3.2 不同植被类型土壤容重和总孔隙度

3.2.1 土壤容重 土壤容重说明土壤的松紧程度及孔隙状况,反映土壤的透水性、通气性和根系生长的阻力状况,是土壤物理性质的一个重要指标[7]。土壤容重越小,孔隙度越大,说明土壤发育良好,利于水分的保持与渗透[8]。将不同植被类型林地土壤容重变

化绘于图 2,可知各林地类型土壤容重均为表层最小,随着土层加深,土壤容重随之增大。其中山杨天然林土壤容重最小,其各层土壤容重变化范围在 $0.88 \sim 1.23 \text{ g/cm}^3$ 之间,辽东栎—虎榛子混交林各层土壤容重最大,其各层土壤容重变化范围在 $1.05 \sim 1.74 \text{ g/cm}^3$ 之间。对不同深度土层容重进行方差分析($\alpha=0.05$)结果表明,土壤表层和 100 cm 土层容重分别与 20,40,60 以及 80 cm 土层容重差异极显著($P<0.001$),而 20,40,60 和 80 cm 各土层深度之间无明显差异。同时对各林地类型土壤容重进行方差分析($\alpha=0.05$)结果表明,山杨天然林地土壤容重与其它 4 种林地类型差异极显著($P<0.001$),白桦天然林与油松人工林两者无明显差异,虎榛子灌丛林和辽东栎—虎榛子混交林两者无显著差异。各林地土壤容重均值为:山杨天然林(1.08 g/cm^3) $<$ 白桦天然林(1.24 g/cm^3) $<$ 油松人工林(1.34 g/cm^3) $<$ 虎榛子灌丛林(1.47 g/cm^3) $<$ 辽东栎—虎榛子混交林(1.50 g/cm^3)。除辽东栎—虎榛子混交林外,乔木树种林地土壤容重较灌木林地小。

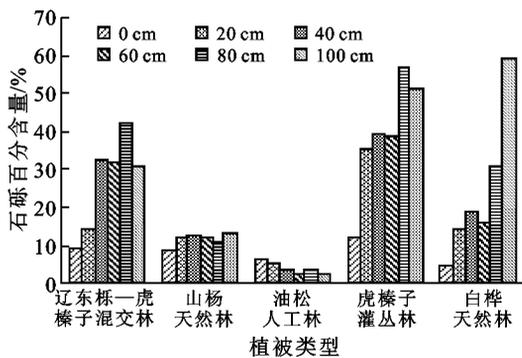


图 1 不同植物类型林地土壤石砾百分含量

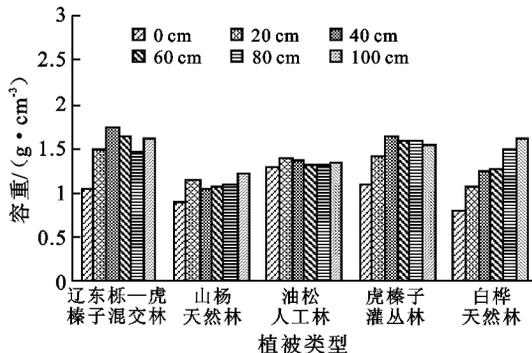


图 2 不同植物类型林地土壤容重

3.2.2 土壤总孔隙度 土壤孔隙的大小直接影响土壤中的水分状况,从而影响了林木的生长。土壤孔隙度大,土壤的通气性就好,有利于植物根系的生长,同时高的孔隙度使土壤具有高的水分渗透性,增加了土壤的蓄水能力。图 3 为各林地土壤总孔隙度的变化情况,可知表层土壤总孔隙度最大,随土层深度增加呈减

小趋势。对不同深度土层的总孔隙度进行方差分析($\alpha=0.05$)结果表明,表层和 20 cm 土层总孔隙度分别与 40,60,80 以及 100 cm 土层总孔隙度有极显著差异($P<0.001$),而 40,60,80 和 100 cm 土层之间无明显差异。对各林地类型土壤总孔隙度做方差分析($\alpha=0.05$)结果表明,山杨天然林与其它 4 种林地类型土壤总孔隙度有极显著差异($P<0.001$),白桦天然林和油松人工林两者之间无显著差异,虎榛子灌丛林和辽东栎—虎榛子混交林两者之间无明显差异。各林地土壤总孔隙度平均值依次为:山杨天然林(59.39%) $>$ 白桦天然林(53.04%) $>$ 油松人工林(49.41%) $>$ 虎榛子灌丛林(44.59%) $>$ 辽东栎—虎榛子混交林(43.41%)。除辽东栎—虎榛子混交林外,乔木树种林地土壤总孔隙度较灌木林地大,说明乔木树种林地土壤的通气性较好,有利于植物根系的生长。

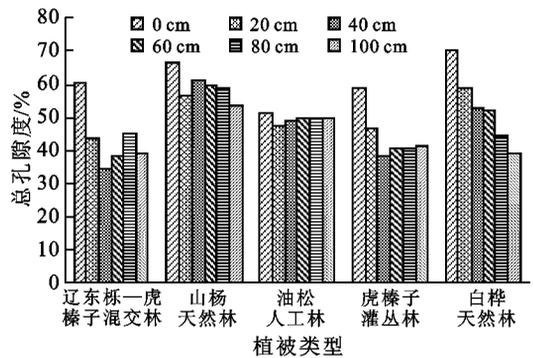


图 3 不同植被类型林地土壤总孔隙度

3.3 土壤田间持水量和最大持水量

田间持水量和最大持水量是评价土壤涵养水源及调节水分循环的重要指标。其中田间持水量是土壤中所能保持最大数量的毛管悬着水,它是土壤中对植物有效水的上限,田间持水量大,从而扩大有效含水范围^[9]。对不同植被类型林地土壤田间持水量和最大持水量进行分析,结果表明,除油松人工林外,各林地土壤田间持水量和最大持水量均为表层最大,且随着土层深度的增加两者均呈减小趋势。对不同土层深度田间持水量做方差分析($\alpha=0.05$),表层和 20 cm 土层分别与 40,60,80 以及 100 cm 土层田间持水量呈极显著差异($P<0.001$),而 40,60,80 和 100 cm 土层之间无明显差异。最大持水量方差分析结果具有相似规律:表层最大持水量分别与 20,40,60,80 和 100 cm 土层差异极显著($P<0.001$),20—100 cm 各层之间无显著差异。同时对各林地类型土壤田间持水量和最大持水量做方差分析($\alpha=0.05$),两项指标所得结果一致,均为山杨天然林与其它 4 种林地类型呈极显著差异($P<0.001$),而其它 4 种林地类型彼此间差异不显著。田间持水量从大到小依次为:山杨

天然林(27.07%) > 白桦天然林(18.00%) > 辽东栎—虎榛子混交林(17.16%) > 油松人工林(16.51%) > 虎榛子灌丛林(15.20%)。最大持水量从大到小依次为:山杨天然林(53.18%) > 白桦天然林(39.94%) > 油松人工林(35.98%) > 虎榛子灌丛林(34.00%) > 辽东栎—虎榛子混交林(33.09%)。两者规律基本相似,均为山杨天然林的最大,虎榛子灌丛林的较小。且除辽东栎—虎榛子混交林外,灌木林地田间持水量和最大持水量小于乔木林地的,一定程度上说明乔木林地有较好的涵养水源能力。

3.4 土壤渗透性

将试验地不同植被类型土壤饱和导水率(20, 40, 60 cm)绘于图4,随土层深度增加,山杨天然林、虎榛子灌丛林地饱和导水率均呈下降趋势,辽东栎—虎榛子混交林和白桦天然林地饱和导水率随土层深度增加呈先减小后增加的趋势,油松人工林地土壤饱和导水率随深度增加呈增加趋势。对各林地类型土壤饱和导水率进行方差分析($\alpha=0.05$),结果表明,虎榛子灌丛林地土壤饱和导水率与其它4种林地类型差异显著($P<0.05$),其它4种林地类型之间无显著差异。土壤饱和导水率均值依次为:虎榛子灌丛林(41.06 mm/h) > 山杨天然林(23.35 mm/h) > 白桦天然林(19.81 mm/h) > 油松(15.83 mm/h) > 辽东栎—虎榛子混交林(15.36 mm/h)。

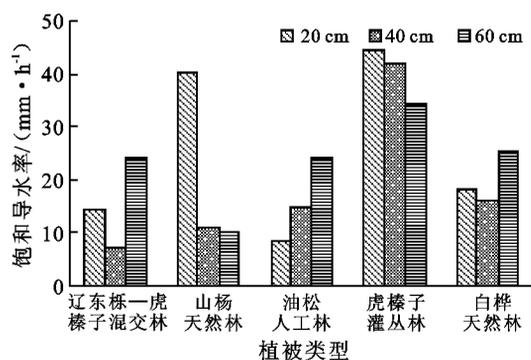


图4 不同植被类型林地土壤饱和导水率

3.5 不同植被类型土壤蓄水能力

土壤蓄水能力是评价水源涵养、调节水循环的主要指标之一^[10]。如图5所示,不同林地土壤饱和蓄水量(0—60 cm)变动范围为2 319.85~3 550.36 t/hm²,在 $\alpha=0.05$ 的置信度下,对0—60 cm深土壤饱和蓄水量做方差分析并进行多重比较(图中误差线代表各林地类型测定值的标准差,a,b,c,d为多重比较差异性标志,如字母相同无显著差异),除虎榛子灌丛林和辽东栎—虎榛子混交林两者间无显著差异外,其它3种林地类型彼此间均有极显著差异($P<0.001$)。0—60 cm深度土壤饱和蓄水量均值从大到小依次为:山杨天然

林(3 550.36 t/hm²) > 白桦天然林(3 288.64 t/hm²) > 油松人工林(2 917.16 t/hm²) > 虎榛子灌丛林(2 359.62 t/hm²) > 辽东栎—虎榛子混交林(2 319.85 t/hm²)。山杨天然林最大,混交林最小,说明山杨天然林土壤贮蓄水分和调节水分的潜在能力较高。土壤蓄水性能高能使土壤接纳雨水的较大,可有效渗蓄降水,防止水土流失和山洪暴发。

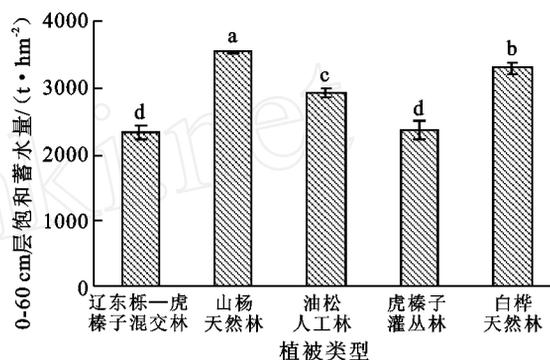


图5 不同植被类型0—60 cm层土壤饱和蓄水量

4 结论

(1) 本研究中各林地土壤石砾(粒级 1 mm)百分含量、容重均随土层深度增加而增加,土壤总孔隙度随土层深度增加而减小。这是由于森林土壤受到森林凋落物、树根以及依存于森林植被下特殊生物种群的影响,有机质和腐殖质一般都集中在土壤表层,随着土层的加深,其含量逐渐减少,矿质成分比例相应增加。试验地各植被类型中,油松人工林地土壤石砾含量最小,平均为3.66%。虎榛子灌丛的最大,为39.05%。土壤容重具有相似规律,山杨天然林土壤容重均值最小,为1.08 g/cm³,虎榛子灌丛林和辽东栎—虎榛子混交林的较大,分别为1.47 g/cm³和1.50 g/cm³。土壤总孔隙度山杨天然林的最大,达到59.39%,虎榛子灌丛林和辽东栎—虎榛子混交林的较小,分别为44.59%和43.41%。综合各植被类型土壤石砾百分含量、容重和总孔隙度,除辽东栎—虎榛子混交林外,乔木林地土壤石砾含量、土壤容重较灌木林地小,土壤总孔隙度较灌木林地大。

(2) 本研究中各林地类型平均土壤饱和导水率从大到小依次为:虎榛子灌丛林 > 山杨天然林 > 白桦天然林 > 油松人工林 > 辽东栎—虎榛子混交林。其中灌木林地的饱和导水率最大,这可能是由于其土层厚度较薄、石砾含量较多,土壤大孔隙占比例较大,增加了土壤的透水性。在各乔木林地中,山杨天然林地饱和导水率最大,说明其土壤渗透性能强,可以保证较多的降水渗入土壤中贮存或形成壤中流或地下径流,减少地表径流损失。

(3) 不同林地类型由于土壤物理性质差异明显,其土壤的持水性能和蓄水量亦明显不同。试验地各林地类型田间持水量和最大持水量变化规律基本一致,均随土层深度增加而减小。山杨天然林的最大,虎榛子灌丛林和辽东栎—虎榛子混交林的较小。各林地间土壤饱和蓄水量(0~60 cm)差别较大($P < 0.001$),变动范围为 2 319.85~3 550.36 t/hm²,其中山杨天然林的最大,辽东栎—虎榛子混交林最小。说明山杨天然林土壤有较强持水和贮蓄水分的能力。

[参 考 文 献]

- [1] 王政权,王庆成. 森林土壤物理性质的空间异质性研究[J]. 生态学报,2000,20(6):945-950.
- [2] 李红云,李焕平,杨吉华,等. 4种灌木林地土壤物理性状及抗侵蚀性能的研究[J]. 水土保持研究,2006,20(3):13-16.
- [3] 杜阿朋. 六盘山叠叠沟小流域土壤物理性质及其水文功能研究[D]. 保定:河北农业大学,2006:1-12.
- [4] 北京林业大学. 土壤学(上册)[M]. 北京:中国林业出版社,1982:130-134.
- [5] 张万儒,许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京:中国林业出版社,1986:30-34.
- [6] 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.
- [7] 王燕,王兵,赵广东,等. 江西大岗山3种林型土壤水分物理性质研究[J]. 水土保持学报,2008,22(1):151-153.
- [8] 李德生,张萍,张水龙,等. 黄前库区流域植被水源涵养功能及植被类型选择的研究[J]. 水土保持学报,2003,17(4):128-131.
- [9] 王孟本,柴宝峰,李洪建,等. 黄土区人工林的土壤持水力与有效水状况[J]. 林业科学,1999,35(2):7-14.
- [10] 张光灿,夏江宝,王贵霞,等. 鲁中花岗岩山区人工林土壤水分物理性质[J]. 水土保持学报,2005,19(6):44-48.

欢迎订阅 2010 年《水土保持学报》

《水土保持学报》创刊于 1987 年,中国科学院主管,中国土壤学会和中国科学院水利部水土保持研究所共同主办,是我国水土保持与土壤侵蚀领域具有一定影响的学术性期刊。

《水土保持学报》主要刊登有关水土保持、土壤侵蚀方面的基础研究和应用研究——水土流失和荒漠化防治,土壤侵蚀(水蚀、风蚀等)过程及模型,水土流失预防监督与管理,流域植被修复与生态环境建设,区域水土保持与农业可持续发展,土地利用、退化(荒漠化、沙化、石化)与评价,土壤水分与养分的变化特征,水土保持生物、工程措施及其综合治理效益与评价,泥石流、滑坡、洪涝等灾害的防治与监测,以及与之有关的交叉、边缘学科和高新技术(RS, GIS, GPS 等)在水土保持方面的最新研究成果。

《水土保持学报》为中国自然科学核心期刊和中文核心期刊、中国科技核心期刊。连续多年为影响因子和被引频次最高的中国科技期刊 100 名之一,在全国水土保持类期刊中一直名列第一,影响因子最高达 1.709。现被《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计与分析》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中国学术期刊全文数据库》作为来源期刊,并被英国的《Center for Agriculture and Bioscience International》和《英联邦农业局文摘》(CAB),以及《中国期刊全文数据库》、《ChinaInfo(万方)数据库》、《维普中文期刊数据库》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》、《中国核心期刊数据库》、《中国农业资源环境文摘》、《中国生物学文摘》、《中国林业文摘》、《中国地质文摘》、《中国地理科学文摘》、《环境科学文摘》、《中国学术期刊文摘(中文版、英文版)》等权威性文摘和数据库收录。2005 年荣获“国家期刊奖提名奖”,2002—2007 年多次被评为“中国百种杰出学术期刊”,2001 年入选中国期刊方阵“双效”期刊,2000 年荣获中国科学院优秀期刊三等奖,1999 被评为陕西省十佳期刊和陕西省优秀期刊一等奖。

《水土保持学报》读者对象:主要为国内外从事水土保持、土壤侵蚀及其相关学科的科研人员、高等院校师生和有关管理者等。《水土保持学报》双月刊,A4 开本,216 页/期,定价 25 元/期,全年订价 150 元。国际刊号 ISSN 1009-2242,国内刊号 CN 61-1362/TV,国内邮发代号 52-150,国外发行代号 4722QR。

地址:陕西省杨凌区西农路 26 号 中国科学院 水利部 水土保持研究所

邮编:712100

电话:(029)87012707

E-mail:journal@ms.iswc.ac.cn

http://www.iswc.ac.cn