

大通县退耕还白桦林枯枝落物和土壤持水效应

张更权 (青海省林业调查规划院, 青海西宁 810007)

摘要 [目的]研究大通县退耕还白桦林枯枝落物和土壤持水效应。[方法]基于野外定点观测法和采样试验分析法,以原坡耕地为对照,研究青海大通县退耕还白桦林枯枝落物及土壤持水量随退耕还林年限变化的效应关系。[结果]枯枝落物持水量随退耕还林年限的增加呈增加态势,退耕15年枯枝落物持水量为 $12\,017.149\,0\text{ kg/hm}^2$,比退耕7年的 $11\,845.271\,5\text{ kg/hm}^2$ 增长了1.4510%;土壤持水量随退耕还林年限的增加也呈增加态势,退耕15年土壤持水量为 $103\,756.000\,0\text{ kg/hm}^2$,比退耕7年的 $103\,426.000\,0\text{ kg/hm}^2$ 增长了0.3191%,而对照耕地土壤持水量维持在 $26\,254.000\,0\text{ kg/hm}^2$,稳中有降;退耕还林土壤持水量大于枯枝落物持水量,退耕还林7年、15年土壤持水量分别是枯枝落物持水量的8.73、8.63倍,随着退耕还林年限的增加,枯枝落物比土壤持水量增加快;退耕还林15年枯枝落物和土壤持水量之和为 $115\,773.149\,0\text{ kg/hm}^2$,比退耕还林7年的 $115\,271.271\,5\text{ kg/hm}^2$ 增长了0.4354%,土壤是森林生态系统持水效应的主体,退耕还林7年、15年土壤持水量分别占枯枝落物持水量和土壤持水量之和的89.72%、89.62%,随着退耕还林年限的增加,枯枝落物持水量占总持水量比例在小幅增加,而土壤持水量占总持水量比例在小幅减少;退耕还林15年枯枝落物和土壤中持水量之和是对照耕地持水量的4.41倍,退耕还林7年枯枝落物和土壤中持水量之和是对照耕地持水量的4.39倍;土壤持水量取决于土壤的非毛细管孔隙度大小,而枯枝落物有效持水量取决于枯枝落物层蓄积量及其自然含水率。[结论]该研究对于引导黄土丘陵区大通县生态环境恢复工程建设及其工程绩效考核评价具有重要意义。

关键词 大通县;退耕还林;持水效应;枯枝落物

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)31-0107-04

Hydrological-effect of Litter Mixture and Soil on Conversion from Farmland to *Betula platyphylla* Forest at Datong County

ZHANG Geng-quan (Qinghai Provincial Forest Inventory and Planning Institute, Xining, Qinghai 810007)

Abstract [Objective] To study the hydrological-effect of litter mixture and soil on conversion from farmland to *Betula platyphylla* forest at Datong County. [Method] Based on field investigation and experimental data method, contrasted with the original slope land, hydrological effect of litter and soil on conversion from farmland to *B. platyphylla* forest at Datong County was studied and with what about the year of conversion from farmland to forest. [Result] Water capacity of litter mixture increased with the increasing year of conversion from farmland to forest, water capacity of litter mixture of returning farmland to forest for 15 years was $12\,017.149\,0\text{ kg/hm}^2$, while that for 7 years was $11\,845.271\,5\text{ kg/hm}^2$, the growth rate was 1.4510%. Water capacity of soil increased with the increasing year of conversion from farmland to forest, water capacity of soil of returning farmland to forest for 15 years was $103\,756.000\,0\text{ kg/hm}^2$, while that for 7 years was $103\,426.000\,0\text{ kg/hm}^2$, the growth rate was 0.3191%, at the same time, water capacity of soil of contrasted with the original slope land kept a steady state with a slight decline, that was $26\,254.000\,0\text{ kg/hm}^2$. Water capacity of soil was greater than that of litter mixture, water capacity of soil of returning farmland to forest for 7 years, 15 years was 8.73, 8.63 times of litter mixture respectively, with the increasing year of conversion from farmland to forest, water capacity of litter mixture increased faster than that of soil. The total water capacity of litter mixture and soil of returning farmland to forest for 15 years was $115\,773.149\,0\text{ kg/hm}^2$, that for 7 years was $115\,271.271\,5\text{ kg/hm}^2$, the growth rate was 0.4354%, soil was the main part of forest ecosystem water holding effect, soil water capacity of returning farmland to forest for 7 years, 15 years was 89.72%, 89.62% respectively, with the increasing year of conversion from farmland to forest, procedure cache percent of water capacity of litter mixture was a slight increase, but procedure cache percent of soil water capacity was a slight decrease. The water capacity of soil & litter mixture was 4.41 times than that of contrastive plot for returning farmland to forest 15 years, while returning farmland to forest for 7 years was 4.39 times than that of contrastive plot. The soil water holding capacity depended on the non-capillary porosity of the soil, and the effective water holding capacity of the litter depended on the accumulation of the litter layer and the natural moisture content. [Conclusion] This study is of great significance for guiding the ecological environment restoration project construction and engineering performance evaluation of Datong County in the loess hilly region.

Key words Datong County; Conservation from farmland to forest; Hydrological effect; Litter

黄土丘陵沟壑区(简称黄土丘陵区)坡耕地是引起区域水土流失的重要来源,退耕还林(草)是黄土丘陵区生态恢复和重建的关键举措,黄土丘陵区是实施退耕还林(草)工程的重点区域^[1]。森林涵养水源功能是指森林对降水的截留、吸收、贮存及利用,是将地表水有效地转为地表径流或者地下水的作用,是森林植被对降雨量进行再次分配的复杂的物理过程,主要包括森林林冠截留水、林下枯枝落物层吸附水和林地土壤蓄水等,其中枯枝落物和土壤持水量占全部森林生态系统水源涵养功能总量的80.04%以上^[2]。森林水文系统是森林生态系统的主要组成部分之一,是森林植被恢复重建的主要基础,另外,森林植被演替直接影响到森林水文系统的发展过程^[3]。白桦是青海黄土丘陵区大通县生长较快的

落叶阔叶乔木树种,耐寒旱和耐贫瘠,适生于山地和江河两岸,是青海黄土丘陵区大通县林业发展的先锋树种和次生建群树种之一,也是青海黄土丘陵区大通县实施退耕还林工程中的优选乡土树种之一。开展青海黄土丘陵区大通县退耕还白桦林枯枝落物和土壤持水效应研究,对于引导黄土丘陵区大通县生态环境恢复工程建设及其工程绩效考核评价具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况 试验区位于青海省黄土丘陵区大通县的东峡林场,地处黄土高原与青藏高原交错地带,海拔 $2\,784\text{ m}$ 。气候属高原干旱半干旱大陆性气候,年均气温 $2.8\sim 7.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,降水量 $360\sim 540\text{ mm}$ (集中于6—9月),蒸发量 $1\,100\sim 1\,800\text{ mm}$,坡度 27° ,坡向东南,坡位中。土壤垂直性地带分布,以栗钙土为主,主要植被有青海云杉(*Picea crassifolia*)、桦树(*Betula platyphylla*)、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。

基金项目 青海省林业厅项目(青海公益林监测QHLYJC20160508)。

作者简介 张更权(1964—),男,青海民和人,高级工程师,从事林业资源调查与生态保护规划研究。

收稿日期 2018-08-27

2002年实施退耕还白桦林,2001年秋穴状整地,2002年春季造林,容器育苗(苗高16 cm),造林密度1 668株/hm²(2 m×3 m),造林2~3年补植补栽。

1.2 试验设计 基于单因素随机区组设计,在不同时空尺度状态下,通过野外定点观测和采样试验分析,研究黄土丘陵区退耕还白桦林的枯枝落物和土壤持水效应。按照20 m×20 m布设样地,在样地中再布设5个5 m×5 m的样方,分布在样地的四角和中心处位置,每个样方中心位置布设1个1 m×1 m的枯枝落叶采集框架(11月底采样收集,每次3个重复,取平均值)。样地中蛇形法采集土样,按照0~20、20~40、40~60 cm 3个土壤剖面层次采集土壤环刀样(100.00 cm³),各层土样混合均匀后取500.00 g综合样,进行土壤理化性状指标测定。选择在样地附近相同立地条件下的原坡耕地作为对照,按照当地习惯进行小麦、油菜轮作。

从2009年(退耕还林7年)开始,每隔2年监测枯枝落物和土壤水持水性1次,到2017年(退耕还林15年),共监测5次。

1.3 试验方法

1.3.1 枯枝落物蓄积量。采用烘干称重法^[4]测定枯枝落物蓄积量。样方内随机选择10个点测定枯枝落物未分解层和半分解层厚度,重复3次,取平均值,分装样品,带回室内称湿重,然后在85℃下烘干后称重,测定其干重,推算单位面积枯枝落物蓄积量。

1.3.2 枯枝落物持水性。采用浸泡法^[5]测定枯枝落物持水性。将烘干称重后的枯枝落物样品分别装入尼龙袋,清水中浸泡24 h后称重,计算枯枝落物未分解层和半分解层的自然含水率、最大持水率、最大持水量和有效持水量。在维持自然状态环境下,为准确反映枯枝落物层对降雨量的实际持水量情况,往往用枯枝落物层的有效持水率计量枯枝落物持水性,即用枯枝落物最大持水率的85.00%扣除其自然含水率求得。

$$R_0 = (G_0 - G_d) / G_d \times 100\% \quad (1)$$

$$R_{hmax} = (G_{24} - G_d) / G_d \times 100\% \quad (2)$$

$$R_{sv} = 0.85R_{hmax} - R_0 \quad (3)$$

$$W_{hmax} = R_{hmax} \times M / 10 \quad (4)$$

$$W_{sv} = R_{sv} \times M / 10 \quad (5)$$

式中, G_0 、 G_d 、 G_{24} 分别为枯枝落物样品自然状态质量、烘干状态质量和浸水24 h后质量(g); R_0 、 R_{hmax} 、 R_{sv} 分别为枯枝落物自然含水率、最大持水率、有效持水率(%); M 为枯枝落物层蓄积量(t/hm²); W_{hmax} 为最大持水量(mm); W_{sv} 为有效持水量(mm)。

1.3.3 土壤容重。采用环刀法^[6]测定土壤容重。将土壤环刀样品放入烘箱中,于(105±2)℃下烘至恒重,称重。

$$d_p = (W_{干+环} - W_{环}) / V \quad (6)$$

式中, d_p 为土壤容重(g/cm³); $W_{干+环}$ 为烘干后环刀和土质量; $W_{环}$ 为烘干后环刀质量(g); V 为环刀体积(100.00 cm³)。

1.3.4 土壤孔隙度。采用环刀称重法^[6]测定土壤孔隙度。将环刀的上盖和下盖全部取下,在一端换上带有小网孔并垫

有定性分析滤纸的底盖,再轻轻放入盛有2~4 cm厚水的瓷盘内,维持水深始终在2~3 mm,一般情况下浸入时间为8~12 h。取出用滤纸擦干环刀外的挂水并马上称重(W_1)。将环刀连同土样一起放在105℃的烘箱中烘至恒重(W_2)。

$$P_{毛} = (W_1 - W_2) / V \times 100\% \quad (7)$$

$$P_{总} = (1 - d_p / d_v) \times 100\% \quad (8)$$

$$P_{非} = 1 - P_{毛} \quad (9)$$

式中, V 为环刀容积(100.00 cm³); d_p 、 d_v 分别为土壤容重、土粒密度(g/cm³); $P_{总}$ 、 $P_{毛}$ 、 $P_{非}$ 分别为总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度(%)。

1.3.5 土壤有机质。采用重铬酸钾-硫酸溶液氧化法^[8]测定土壤有机质。

$$\text{土壤有机碳} = \frac{c \times 5}{V_0} \times (V_0 - V) \times 10^{-3} \times 3.0 \times 1.1 \times 100\% \quad (10)$$

$$\text{土壤有机质} = \text{土壤有机碳}(\%) \times 1.724 \quad (11)$$

式中, c 为重铬酸钾标准溶液(1/6K₂Cr₂O₇)的浓度(mol/L); 5 为加入重铬酸钾标准溶液的体积(mL); V_0 为空白滴定所用去的FeSO₄溶液体积(mL); V 为样品滴定所用去的FeSO₄溶液体积(mL); 3.0 为1/4碳原子的摩尔质量(g/mol); 10^{-3} 为将mL换算为L; 1.1 为氧化反应校正系数; m 为风干土样的质量(g); k 为将风干土样换算成烘干土样的系数。

2 结果与分析

2.1 枯枝落物持水效应 枯枝落叶层就是森林植物凋落物集聚在土壤表面形成的覆盖膜,也是森林植被涵养水源的主要环节之一,是森林生态系统持水效应的第2个层面^[7-9]。图1表明退耕还白桦林枯枝落物层有效持水量随着退耕还林年限的增加而稳中有增,退耕7年时枯枝落物层有效持水量为11 845.271 5 kg/hm²,退耕11年时有效持水量增长到11 953.181 0 kg/hm²,退耕15年时有效持水量增长到12 017.149 0 kg/hm²,9年间退耕还白桦林枯枝落物层有效持水量增加了171.877 5 kg/hm²,增长率为1.451 0%,9年平均枯枝落物层有效持水量为11 944.470 3 kg/hm²。由于对照原坡耕地没有枯枝落物层或枯枝落物层很少很薄,故其持水量可忽略不计。

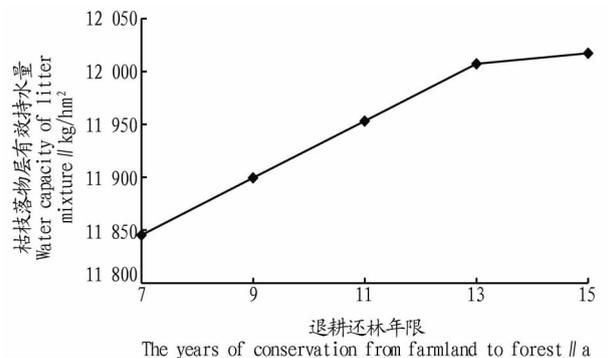


图1 退耕还林年限与枯枝落物层有效持水量

Fig. 1 The years of conservation from farmland to forest and water capacity of litter mixture

退耕还白桦林枯枝落物层的有效持水量是其自身持水量的 2.81 倍,取决于枯枝落物自身的蓄积量及其自然含水率。枯枝落物层蓄积量从 2009 年的 5 336.470 0 kg/hm² 增加到 2017 年的 5 414.390 0 kg/hm²,增长率为 1.460 1%;枯枝落物层厚度从 2009 年的 0.66 cm 增长到 2017 年的 0.72 cm,增长率为 9.090 9%。伴随着退耕还林年限的增加和森林植被的正向演替,枯枝落叶层持水性能呈现增加趋势。

2.2 土壤持水效应 土壤层是森林生态系统持水效应的第 3 个层面,是全部森林生态系统中涵养水源能力最多的作用层面,在森林生态系统的水循环中发挥着主要作用,是大气自然降雨量的重要蓄容器^[10]。图 2 表明退耕还白桦林土壤层有效持水量随着退耕还林年限的增加而增加,退耕 7 年时土壤层有效持水量为 103 426.000 0 kg/hm²,退耕 11 年时有效持水量增长到 103 612.000 0 kg/hm²,退耕 15 年时有效持水量增长到 103 756.000 0 kg/hm²,9 年间退耕还白桦林土壤层有效持水量增加了 330.000 0 kg/hm²,增长率为 0.319 1%。而对照原坡耕地土壤层持水量稳中有降,从退耕 7 年时的 26 254.000 0 kg/hm² 降到退耕 15 年时的 26 252.000 0 kg/hm²。9 年间退耕还白桦林土壤层有效持水量平均为 103 603.600 0 kg/hm²,是对照耕地(平均 26 254.000 0 kg/hm²)的 3.95 倍。

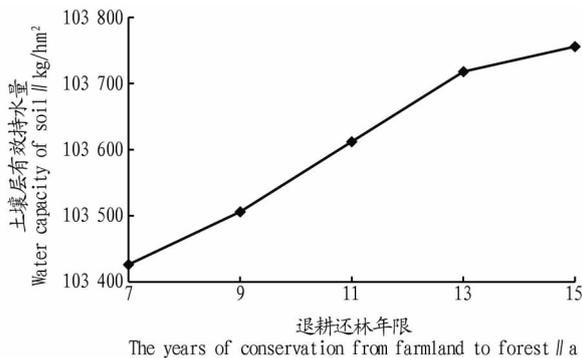


图 2 退耕还林年限与土壤层有效持水量

Fig. 2 The years of conservation from farmland to forest and water capacity of soil

植被与土壤的耦合效应直接导致土壤的时空变异性,大部分地表径流经过土壤非毛管孔隙渗入到土壤下层,土壤蓄水及渗透能力强弱主要取决于土壤非毛管孔隙度的大小、数量与分布^[11]。随着退耕还白桦林年限的增加,土壤容重减少、孔隙度增加、有机质增加;相反,对照样地土壤容重增加、孔隙度减少、有机质减少。9 年间退耕还白桦林土壤容重由退耕 7 年时的 1.18 g/cm 减少到退耕 15 年时的 1.17 g/cm,减少率为 0.847 5%,而空白对照土壤容重由原来的 1.55 g/cm 增加到 1.56 g/cm,增加率为 0.645 2%,前者是后者的 0.75 倍;9 年间退耕还白桦林土壤非毛管孔隙度由退耕 7 年时的 5.17% 增加到退耕 15 年时的 5.19%,增加率为 0.386 8%,而空白对照土壤非毛管孔隙度由原来的 1.31% 减少到 1.30%,减少率为 0.763 4%,前者是后者的 3.97 倍;9 年间退耕还白桦林土壤有机质由退耕 7 年时的 2.98% 增加到退耕 15 年时

的 3.00%,增加率为 0.671 1%,而空白对照土壤有机质由原来的 1.27% 减少到 1.26%,减少率为 0.787 4%。前者是后者的 2.37 倍。枯枝落物层作为森林生态系统中比较独特的结构成分层次,经过土壤酶及土壤微生物分解作用后就形成了腐殖质,提升了土壤有机质含量及土壤孔隙度大小,植被根系缠绕和枯枝落物层协调耦合大大增加了地表的粗糙系数、改善了土壤理化指标性质,不仅有益于森林土壤的发育和改良,而且导致其蓄水保水功能显著提高^[12-13]。

2.3 枯枝落物和土壤总持水效应 森林生态系统水源涵养能力与森林植被类型和郁闭度(或盖度)、枯枝落物构成及其蓄积量大小、土壤厚度大小以及土壤理化性质指标等紧密关联,是植被与土壤耦合作用的直接结果^[14]。图 3 表明退耕还白桦林枯枝落物层和土壤层有效持水量随着退耕还林年限的增加而增加,退耕 7 年时枯枝落物层和土壤层有效持水量为 115 271.271 5 kg/hm²,退耕 11 年时有效持水量增长到 115 565.181 0 kg/hm²,退耕 15 年时有效持水量增长到 115 773.149 0 kg/hm²,9 年间退耕还白桦林枯枝落物层和土壤层有效持水量增加了 501.877 5 kg/hm²,增长率为 0.435 4%。而对照原坡耕地枯枝落物层和土壤层有效持水量稳中有降,从退耕 7 年时的 26 254.000 0 kg/hm² 降到退耕 15 年时的 26 252.000 0 kg/hm²。退耕 15 年枯枝落物层和土壤层有效持水量是对照耕地的 4.41 倍,其中土壤层有效持水量占总持水量的 89.62%,枯枝落物有效持水量占 10.38%;退耕 7 年枯枝落物层和土壤层有效持水量是对照耕地的 4.39 倍,其中土壤层有效持水量占总持水量的 89.72%,枯枝落物有效持水量占 10.28%。9 年间退耕还白桦林枯枝落物层和土壤层有效持水量平均为 115 548.070 3 kg/hm²,是对照耕地(平均 26 254.000 0 kg/hm²)的 4.40 倍,其中土壤层有效持水量占总持水量 89.662 8%,枯枝落物有效持水量占 10.337 2%,土壤层是森林生态系统水循环的主体。

受黄土丘陵区多为超渗产流的影响和限制,表层土壤一般为 INVERSE 模型的渗吸作用过程,依靠复杂的植被根系来巩固土壤的多孔式结构,提升土壤对降水量的入渗作用,使得地表径流能够有效地转化为地下径流,进而补给地下水源^[15-16]。

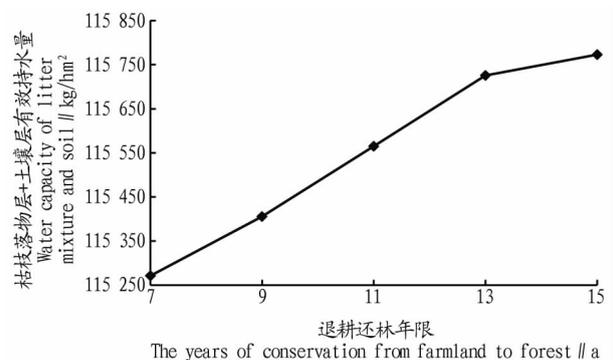


图 3 退耕还林年限与枯枝落物层和土壤层有效持水量

Fig. 3 The years of conservation from farmland to forest and water capacity of litter mixture and soil

3 结论与讨论

退耕还白桦林枯枝落物层、土壤层、枯枝落物层和土壤层有效持水量均随退耕还林年限的增加而增加,9年间退耕还白桦林枯枝落物层有效持水量增加了 171.877 5 kg/hm²,增长率为 1.451 0%,9年枯枝落物层有效持水量平均为 11 944.470 3 kg/hm²;9年间土壤层有效持水量增加了 330.000 0 kg/hm²,增长率为 0.319 1%,9年土壤层有效持水量平均为 103 603.600 0 kg/hm²,是对照耕地(平均 26 254.000 0 kg/hm²)的 3.95 倍。9年间枯枝落物层和土壤层有效持水量增加了 501.877 5 kg/hm²,增长率为 0.435 4%,9年枯枝落物层和土壤层有效持水量平均为 115 548.070 3 kg/hm²,是对照耕地(平均 26 254.000 0 kg/hm²)的 4.41 倍,其中土壤层有效持水量占总持水量的 89.66%,枯枝落物有效持水量占 10.34%,土壤层是整个森林生态系统中水循环作用的主要方面。枯枝落物层持水量取决于枯枝落物层蓄积量及其自然含水率,而土壤层持水量主要取决于其非毛细管孔隙度的多少。

由于受试验设备条件、技术力量和研究经费等因素限制,该试验在有限样本条件下,仅采用单因素随机区组设计,研究了不同退耕还白桦林年限的枯枝落物和土壤持水效应,故所得结论有一定程度的局限性。自然条件状态下,植被枯枝落物和土壤持水量同时受植被因子、立地条件和气象因子等诸多因素共同作用,需要继续关注各因素间的相关性与耦合性,以获得较为精确的持水效应。

青海省黄土丘陵区大通县实施退耕还林工程中,青海云杉、桦树及中国沙棘等乡土树种是营造水土涵养林及水土保持林的优选先锋树种,摸索适合于区域立地条件和气候因素下的造林技术及造林模式,优化区域生态恢复与重建中的乔

灌草配置和网带片配置,适地适树、适树适地,以培育混交异龄复层林为终极目标^[17]。通过“栽阔”可以提高林分的稳定性和缩短森林演替的过程,通过“促针”使得恢复地带性顶极森林有了保障。

参考文献

- [1] 苏杨,朱健,王平,等.土壤持水能力研究进展[J].中国农学通报,2013,29(14):140-145.
- [2] 董旭.青海黄土丘陵区不同退耕还林模式生态效应[J].林业资源管理,2011(4):71-75.
- [3] 赵串串,杨晶晶,刘龙,等.青海省黄土丘陵区沟壑侵蚀影响因子与侵蚀量的相关性分析[J].干旱区资源与环境,2014,28(4):22-27.
- [4] 王占礼,邵明安,雷廷武.黄土区耕作侵蚀及其对总土壤侵蚀贡献的空间格局[J].生态学报,2003,23(7):1328-1335.
- [5] 董旭.青海省湟水河流域不同退耕还林模式土壤效应[J].水土保持通报,2011,31(5):45-48.
- [6] 张学元.青海黄土丘陵区退耕还林地沙棘林生物量研究[J].林业调查规划,2011,316(4):25-27.
- [7] 刘建军.青海省门源县湿地生态系统服务功能价值估算[J].林业资源管理,2016(6):54-56,70.
- [8] 樊登星,余新晓,岳永杰,等.北京西山不同林分枯枝落物层持水特性研究[J].北京林业大学学报,2008,30(S2):177-181.
- [9] 董旭.青海湟水河流域不同退耕还林模式水文效应[J].中南林业调查规划,2011,30(4):18-21.
- [10] 赵串串,董旭,辛文荣,等.青海湟水河流域不同退耕还林模式水土保持效应[J].水土保持学报,2009,23(5):26-29.
- [11] 陈文静,祁凯斌,黄俊胜,等.川西不同树种人工林对土壤涵水能力的影响[J].生态学报,2017,37(15):1-10.
- [12] 刘小林,郑子龙,蔺岩雄,等.甘肃小陇山林区主要林分类型土壤水物理性质研究[J].西北林学院学报,2013,28(1):7-11.
- [13] 兰志龙,潘小莲,赵英,等.黄土丘陵区不同土地利用模式对深层土壤含水量的影响[J].应用生态学报,2017,28(3):847-855.
- [14] 刘小宇,隆瑞红,罗珠珠,等.甘肃省典型土壤持水特性及影响因素研究[J].干旱地区农业研究,2017,35(1):143-151.
- [15] 王波,张洪江,徐丽君,等.四面山不同人工林枯枝落物储量及其持水特性研究[J].水土保持学报,2008,22(4):90-94,99.
- [16] 蔡婷,李阿瑾,宋坤,等.黄浦江上游近自然混交林和人工纯林水源涵养功能评价[J].水土保持研究,2015,22(2):36-40.
- [17] 刘宇,郭建斌,邓秀秀,等.秦岭火地塘林区3种土地利用类型的土壤潜在水源涵养功能评价[J].北京林业大学学报,2016,38(3):73-80.
- [18] 董旭,辛文荣,董旭,等.黄土丘陵区不同退耕还林模式水土保持效应[J].水土保持学报,2009,23(5):26-29.
- [19] 宋晓青.观赏草园林应用模式研究[J].北方园艺,2011(23):85-88.
- [20] 宋希强,钟云芳,张启翔.浅析观赏草在园林中的运用[J].中国园林,2004,20(3):32-36.
- [21] ONDRA N J,著,金荷仙,林冬青,蔡宝珍,译.观赏草在美国园林中的应用[J].中国园林,2008(12):1-9.
- [22] 刘宗华,罗弦,张安才,等.观赏草的研究与应用[J].安徽农业科学,2008,36(23):9958-9960.
- [23] 赵书青,朴永吉.中国观赏草的研究进展[J].Korean journal of plant and environment,2006,9:44-50.
- [24] 陈汉斌.山东植物志:上卷[M].青岛:青岛出版社,1990:1-15.
- [25] 陈汉斌.山东植物志:下卷[M].青岛:青岛出版社,1997:1-58.
- [26] CHEN S L,LI D Z,ZHU G H,et al.Flora of China[M].Beijing:Science Press,2006.

(上接第 106 页)

参考文献

- [1] 刘建秀.草坪·地被植物·观赏草[M].南京:东南大学出版社,2001.
- [2] 高鹤,刘建秀.南京地区观赏草的种类、观赏价值及其造景配置[J].草原与草坪,2005(3):13-16.
- [3] 赵岩,戚海峰,张志国.山东省主要野生观赏草资源及其评价[J].中国农学通报,2006,22(11):263-266.
- [4] 刘坤良,袁娥.自然园林的主旋律——园艺观赏草探秘[J].园林,2002(8):22-23.
- [5] 丰会民,张志国.几种观赏草在上海园林的应用[J].安徽农业科学,2008,36(22):9470,9551.
- [6] 武菊英,滕文军,王庆海,等.多年生观赏草在北京地区的生长状况与观赏价值评价[J].园艺学报,2006,33(5):1145-1148.
- [7] 朱莉,李延成,张敬东.济南地区地被植物及野生地被资源的调查与应

科技论文写作规范——作者

论文署名一般不超过 5 个。中国人姓名的英文名采用汉语拼音拼写,姓氏字母与名字的首字母分别大写;外国人姓名、名字缩写可不加缩写点。