

宁夏黄土丘陵区人工林草植被生态水文过程与功能研究

蔡进军¹, 王天宁¹, 陈刚¹, 李维倩¹, 白阳阳¹, 吴艳¹, 刘怡彤¹

(1 宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 银川 750002)

摘 要: 合理利用水资源是黄土丘陵区生态建设的刚性约束, 优化林草植被布局, 需解决好植被用水和水资源之间的矛盾。宁夏黄土丘陵区多年来营造了大面积的人工林草植被, 取得了良好的植被恢复效果, 但也明显存在物种配置单一、植被结构不合理、部分区域人工林草已开始退化等问题, 其主要原因是植被用水和水资源的矛盾没有根本解决。探明人工林草植被的生态水文过程, 理清黄土丘陵区林草植被的生态水文过程与生态水文功能, 既能为该区进一步开展林草植被结构优化提供科学决策, 也符合黄土丘陵区生态保护和高质量发展的需求。本文以宁夏黄土丘陵区彭阳县中庄流域为研究区域, 以山杏、柠条、山桃、山杏-柠条、山杏-沙棘和山杏-山桃-苜蓿 6 种人工林草植被为研究对象, 在定位监测的基础上, 采用相关性分析、回归分析等方法, 对林冠层截留、枯落物层持水、土壤层入渗及水分变化情况水文要素进行研究, 选择 Brook90 模型模拟了人工林草植被的生态水文特征, 并用层次分析法对不同林草植被的生态水文功能进行了综合评价, 进而筛选出最优的林草植被类型。结果表明: 1) 分析了 6 种人工林草植被林冠层生态水文特征, 冠层截留率总体表现为混交林优于纯林。林冠截留率表现为山桃-山杏-苜蓿混交林最好 (3.30%), 山杏-沙棘混交林次之 (3.25%), 柠条纯林 (1.59%) 最小。多树种配置的混交林具有较高植被郁闭度, 会增加冠层截留率, 增强林冠层生态水文功能; 2) 揭示了 6 种人工林草植被枯落物层生态水文特征, 枯落物总体拦蓄能力以山杏-柠条混交林 ($7.67\text{t}/\text{hm}^2$) 和山杏纯林 ($11.08\text{t}/\text{hm}^2$) 为好。枯落物总蓄积量介于 $1.05\sim 4.01\text{t}/\text{hm}^2$ 之间, 最大持水量介于 $3.67\sim 15.75\text{t}/\text{hm}^2$ 之间, 最大持水率介于 $182.90\sim 264.65\%$ 之间。树种组成是影响枯落物蓄积量和拦蓄能力的主要因素, 山杏纯林和与山杏混交的植被类型更有利于增强枯落物层水文功能; 3) 阐明了 6 种人工林草植被土壤层生态水文特征, 混交林土壤层整体生态水文功能均优于纯林, 以山杏-柠条混交效果最好。土壤容重表现为混交林 $<$ 纯林, 土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度和总孔隙度均表现为混交林 $>$ 纯林。土壤水分变化区间介于 $5\%\sim 20\%$, 山杏-柠条混交林平均土壤含水量及储水量最高。土壤入渗性表现为山桃纯林和山杏-柠条混交林优于其他林草植被。林木混交对于改变土壤持水能力、入渗特征、土壤蒸发特征以及土壤水分特征等方面均优于纯林, 在混交林中尤其以山杏-柠条混交林最优; 4) 模拟了 6 种人工林草植被生态水文过程, 进一步验证了影响生态水文过程和降雨再分配的主要因素。选择 Brook90 模型, 结合研究区特点进行参数优化并模拟, 在降水分配过程中土壤入渗占总降水量的比例为 $79.66\%\sim 94.65\%$, 为降水的主要分配去向, 其次为植被冠层对降水的截留和地表径流。土壤含水率率定的 R^2 介于 $0.74\sim 0.91$, RMSE 介于 $1.32\%\sim 2.32\%$, NRMSE 介于 $8.15\%\sim 16.33\%$, 率定的一致性和准确性较好。利用 2022 年实测的土壤含水率数据对率定的模型进行进一步验证, 绝对误差和相对误差分别在 $\pm 5\%$ 和 $\pm 20\%$ 以内, 模拟效果较好, 说明率定模型可用于不同林草植被生态水文过程模拟; 5) 综合评价了 6 种人工林草植被生态水文功能, 混交林生态水文功能整体优于纯林, 以山杏为主的乔灌混交模式应成为研究区植

被结构优化方向。将实测数据与模型模拟数据相结合,采用层次分析法对影响黄土丘陵区不同林草植被生态水文功能进行综合评价,其综合评价量化得分表现为山杏-柠条(0.765) > 山杏(0.753) > 山杏-沙棘(0.726) > 山杏-山桃-苜蓿(0.684) > 山桃(0.622) > 柠条(0.577)。本研究结果表明,宁夏黄土丘陵区人工林草植被不同人工林草植被生态水文功能量化值介于 0.577~0.765 之间,处于较高水平,充分说明在宁夏黄土丘陵区通过林草植被恢复,能提高区域水源涵养功能,尤其营造以山杏为主的乔灌混交模式,其生态水文功能最佳,可作为该区林草植被建设和结构优化的方向。研究结果对于推进宁夏黄土丘陵区林草植被可持续管理,实现生态建设高质量发展具有重要指导意义。