

陕西省自然科学奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	黄土高原刺槐人工林水分利用过程与驱动机制
主要完成人	焦磊，吕楠，王剑，高光耀，李宗善，陈维梁
主要完成单位	陕西师范大学，中国科学院生态环境研究中心，华中农业大学

二、提名意见（适用于提各单位）

提 名 者	陕西省教育厅
<p>提名意见（不超过 600 字）：</p> <p>该项目围绕区域生态安全与水资源可持续利用的重大科学问题，开展了长期系统研究，取得了一系列创新性成果。项目依托国家林草局延安森林生态系统定位观测站，构建了不同林龄刺槐人工林长期定位观测样地与疏伐试验平台，综合应用液流监测、土壤水分观测及稳定同位素等技术，首次系统揭示了刺槐人工林蒸腾耗水规律、水分来源特征、林龄差异机制及其生物物理驱动过程。研究表明刺槐林蒸腾耗水量相对较低，水分损失主要来自林下蒸散与冠层截留；厘清了刺槐对浅层与深层土壤水分的利用格局及降雨驱动机制；揭示了不同林龄林分在水分响应与利用效率上的差异；明确了疏伐对林分水分利用效率的调控作用，为适宜林分密度与经营措施的确定提供了科学依据。</p> <p>该项目成果在理论上丰富了干旱半干旱区森林水文学与生态水文学的研究体系，在实践上为黄土高原人工林合理配置与水资源调控提供了技术支撑。相关成果发表在《Journal of Hydrology》《Agricultural and Forest Meteorology》《Forest Ecology and Management》等国际知名期刊上，已被国内外学者广泛引用和高度评价。该成果在人工林生态建设、水资源管理方面具有重要科学意义，推动了黄土高原人工林生态恢复与水资源协调利用，支撑了黄河流域生态保护和高质量发展国家战略。</p> <p>项目成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，完成人员排序无争议。</p> <p>符合陕西省自然科学奖提名条件。</p> <p>提名该项目为陕西省自然科学奖 二 等奖。</p>	
<p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。项目组与提名单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目提交后，提名等级建议不得变更。</p>	

三、项目简介

水是黄土高原社会-生态系统可持续发展和生态安全的关键限制因子和约束条件。黄土高原大规模的人工林建设在取得举世瞩目成效的同时，也出现土壤干燥化加剧、产水量下降、地表径流减少等问题，因此人工林耗水规律及其驱动机制成为优化林业建设、实现区域水资源可持续管理的关键理论问题。本项目组以黄土高原种植范围最广、面积最大的刺槐人工林为研究对象，依托国家林草局“陕西延安森林生态系统定位观测研究站”建立不同林龄刺槐人工林定位观测样地和刺槐人工林疏伐观测试验平台，开展了长达 13 年的定位观测研究，取得了一系列重要发现。

（1）准确量化了刺槐人工林的蒸腾耗水量。与普遍认为刺槐林耗水量较大的观点不同，本项目组证实了刺槐林蒸腾耗水量较小，其在林地蒸散发中的占比小于林下蒸散发和冠层截留，刺槐林水分损失的主要途径并不是林冠蒸腾。

（2）厘清了刺槐人工林蒸腾耗水的来源。刺槐蒸腾消耗的水分来自于根区不同土层，主要来自浅层和深层土壤且其占比相当（分别占 40% 左右），而中层土壤占比较少（占约 20%）；这一来源比例在不同林龄之间不存在显著差异，但会随着降雨量的增多而增加对浅层土壤水的利用；

（3）揭示了不同林龄刺槐林蒸腾耗水差异及机理。高林龄刺槐单株及林分尺度蒸腾量都大于低林龄，这与水利导度和气孔导度的调控有关；低林龄刺槐对水分条件的变化较高林龄刺槐更为敏感，随着水分条件的改善，高林龄刺槐通过改变水分利用效率来应对，而低林龄刺槐则通过改变吸水来源来应对。

（4）阐明了刺槐人工林蒸腾耗水生物物理驱动机制。刺槐林蒸腾的影响机制具有时间尺度效应，月尺度蒸腾量大小及动态变化主要受叶面积指数（LAI）的控制，而日尺度和小时尺度主要受到太阳辐射的驱动；在生长季尺度上，土壤水分对刺槐林蒸腾量产生较大影响，其对蒸腾的促进作用存在饱和阈值。

四、客观评价

本项目所取得的重要发现和成果先后被《Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America》《Global Change Biology》《Water Resource Research》《Journal of Hydrology》《Agricultural and Forest Meteorology》《Forest Ecology and Management》等国际知名期刊引用。国内外知名学者及其团队（包括朱教君院士、邵明安院士、张志强教授、刘国彬研究员、王彦辉研究员、梁顺林教授、赵西宁教授、王云强研究员、Kai Schwärzel 博士、贾晓旭研究员、金钊研究员等）对本项目的研究成果给予了积极的评价。具体而言，借鉴并应用了本项目的研究方法，肯定了本项目观测及结果数据的重要性，认可本项目的主要发现和研究成果。值得注意的是，本项目关于刺槐人工林蒸腾耗水规律、水分来源与土壤水分关系、耗水的驱动机制的重要发现，尤其得到学界的普遍关注和认可。

五、代表性论文专著目录

（不超过 8 条。其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部，应公开发表 2 年以上，即 2023 年 8 月 1 日前）

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月 日)	通讯作 者(含 共同)	第一作 者(含 共同)	国内作者	他引总 次数	检索数 据库	知识产权 是否归国 内所有
1	Determining the independent impact of soil water on forest transpiration: A case study of a black locust plantation in the Loess Plateau, China	Journal of Hydrology	Jiao Lei, Lu Nan, Fang Weiwei, Li Zongshan, Wang Jian, Jin Zhao	2019 年 572 卷 671-681 页	2019-05-01	Lu Nan	Jiao Lei	焦磊, 吕楠, 方伟伟, 李宗善, 王剑, 金朝	49	WOS	是
2	Evapotranspiration partitioning and its implications for plant water use strategy: Evidence from a black locust plantation in the semi-arid Loess Plateau, China	Forest Ecology and Management	Jiao Lei, Lu Nan, Fu Bojie, Wang Jian, Li Zongshan, Fang Weiwei, Liu Jianbo, Wang Cong, Zhang Liwei	2018 年 424 卷 428-438 页	2018-09-15	Lu Nan	Jiao Lei	焦磊, 吕楠, 傅伯杰, 王剑, 李宗善, 方伟伟, 刘见波, 王聪, 张立伟	37	WOS	是

3	Biophysical controls on canopy transpiration in a black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i>) plantation on the semi-arid Loess Plateau, China	Ecohydrology	Jiao Lei, Lu Nan, Sun Ge, Eric J. Ward, Fu Bojie	2016 年 9 卷 1068–1081 页	2015-12-03	Lu Nan	Jiao Lei	焦磊, 吕楠, 傅伯杰	45	WOS	是
4	Age-related water use characteristics of <i>Robinia pseudoacacia</i> on the Loess Plateau	Agricultural and Forest Meteorology	Wang Jian, Fu Bojie, Jiao Lei, Lu Nan, Li Jianye, Chen Weiliang, Wang Lixin	2021 年 301- 302 卷 108344 页	2021-05-15	Fu Bojie	Wang Jian	王剑, 傅伯杰, 焦磊, 吕楠, 李 建业, 陈维梁	50	WOS	是

5	Comparison of transpiration between different aged black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i>) trees on the semi-arid Loess Plateau, China	Journal of Arid Land	Jiao Lei, Lu Nan, Fu Bojie, Gao Guangyao, Wang Shuai, Jin Tiantian, Zhang Liwei, Liu Jianbo, Zhang Di	2016 年 8 卷 604-617 页	2016-04-19	Lu Nan	Jiao Lei	焦磊, 吕楠, 傅伯杰, 高光耀, 王帅, 靳甜甜, 张立伟, 刘见波, 张迪	27	WOS	是
6											
7											
8											
合 计									208		
补充说明 (视情填写):											

六、主要完成人情况表

姓 名	焦磊	排 名	1
行政职务	副院长	技术职称	副教授
工作单位	陕西师范大学	完成单位	陕西师范大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为项目的第一完成人，全程主导并深度参与了本项目的实施，负责了项目的选题、方案设计与优化，确保项目目标的精准定位与高效推进，主导了野外样地建设、仪器安装、样品采集、数据分析和论文撰写等工作，参与了本项目全部 5 项重要成果的相关工作。</p>			

姓 名	吕楠	排 名	2
行政职务	无	技术职称	研究员
工作单位	中国科学院生态环境研究中心	完成单位	中国科学院生态环境研究中心
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为项目的主要完成人，参与了本项目的实施，包括项目的选题、方案设计与优化、野外样地建设、仪器安装、样品采集、数据分析和论文撰写等工作，参与了本项目第 1、2、3、4 项重要发现成果的相关工作。</p>			

姓 名	王剑	排 名	3
行政职务	无	技术职称	副教授
工作单位	华中农业大学	完成单位	华中农业大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为项目的主要完成人，参与了本项目的实施，包括野外样地建设、仪器安装、样品采集、数据分析和论文撰写等工作，参与了本项目第 2、3、4 项重要发现成果的相关工作。</p>			

姓 名	高光耀	排 名	4
行政职务	无	技术职称	研究员
工作单位	中国科学院生态环境研究中心	完成单位	中国科学院生态环境研究中心
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为项目的主要完成人，参与了本项目的实施，包括研究方案设计、野外样地建设、数据分析和论文撰写等工作，参与了本项目第 4 项重要发现成果的相关工作。</p>			

姓 名	李宗善	排 名	5
行政职务	无	技术职称	副研究员
工作单位	中国科学院生态环境研究中心	完成单位	中国科学院生态环境研究中心
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为项目的主要完成人，参与了本项目的实施，包括野外样地建设、仪器安装、样品采集、数据分析和论文撰写等工作，参与了本项目第 2、3、4 项重要发现成果的相关工作。</p>			

姓 名	陈维梁	排 名	6
行政职务	无	技术职称	工程师
工作单位	福建省林业科学研究院	完成单位	中国科学院生态环境研究中心
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为项目的主要完成人，参与了本项目的实施，包括野外样地建设、仪器安装、样品采集、数据分析和论文撰写等工作，参与了本项目第 3、4 项重要发现成果的相关工作。</p>			

七、主要完成单位情况表

单位名称	陕西师范大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为本项目的第一完成单位，陕西师范大学为本项目的顺利完成及优异成绩的取得做出了突出贡献，主要表现为：一、组织开完成了本项目策划和实施工作。二、为本项目的顺利实施提供了人力资源与优质的工作环境。三、提供了本项目所需的仪器、耗材、图书资料和数据库等资源。陕西师范大学地理科学与旅游学院拥有植物、土壤、水等样品分析的大型试验仪器设备，为本项目的开展提供了充分的实验设备条件。四、在本项目成果完成中对第 1、3、4 项发现均做出了创造性贡献，准确量化了刺槐人工林的蒸腾耗水量，揭示了不同林龄刺槐林蒸腾耗水差异及机理，阐明了刺槐人工林蒸腾耗水生物物理驱动机制，明晰了疏伐措施对刺槐工人林蒸腾耗水的影响，与其他单位合作完成了第 2 项发现成果。</p>	
单位名称	中国科学院生态环境研究中心
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为本项目的合作单位，中国科学院生态环境研究中心为项目的顺利完成及优异成绩的取得做出了重要贡献，主要包括以下几个方面：一、为项目的顺利实施提供了野外观测平台和研究样地。二、提供了本项目所需的取样观测设备以及样品预处理、分析的实验条件。三、提供了本项目实施所需的人力资源和耗材。四、与其他单位通力协作，在项目成果完成中对全部发现均做出了创造性贡献，尤其开展了刺槐人工林蒸腾耗水动态规律、不同林龄刺槐林土壤水分和蒸腾关系等研究。</p>	
单位名称	华中农业大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>作为本项目的合同单位，华中农业大学为本项目的实施和成果取得做出了重要贡献，主要包括以下几个方面：一、提供了本项目的实施所需的取样设备、耗材和人力资源。二、完成了植物、土壤、降雨等样品稳定同位素测定和数据分析。三、与其他单位密切合作，在项目成果中对第 2 项发现做出了创造性贡献，厘清了刺槐人工林蒸腾的水分来源及其影响机制。</p>	

八、完成人合作关系说明

本成果由陕西师范大学、中国科学院生态环境研究中心、华中农业大学 3 家单位合作完成，形成了优势互补、紧密协作的研究团队。各完成人在项目实施中长期稳定合作，建立了良好的学术交流与任务分工机制。第一完成人焦磊全程主导项目设计、实施与成果凝练，承担了主要科学问题的提出与关键技术路线的组织工作；吕楠、王剑、高光耀、李宗善等分别在研究方案设计、长期定位观测、数据分析及论文撰写中发挥了重要作用；王剑、陈维梁等在样品采集、数据整理与成果发表方面做出了积极贡献。各位完成人之间通过论文合著等方式共同研究，开展了实质性合作，相关成果的共同署名与联合发表充分体现了团队成员间真实、紧密的合作关系。整体上，团队在长期协作过程中形成了优势互补、互信互助的学术氛围，确保了成果的科学性和完整性。

焦磊、吕楠、王剑、李宗善合作完成代表性论文 1 和 2，焦磊、吕楠合作完成代表性论文 3，焦磊、吕楠、王剑、陈维梁合作完成代表性论文 4，焦磊、吕楠、高光耀合作完成代表性论文 5，焦磊，吕楠，王剑，高光耀，李宗善，陈维梁共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果二等奖。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	焦磊 (1), 吕楠 (2), 王剑 (3), 李宗善 (5)	2012 年 9 月至今	Determining the independent impact of soil water on forest transpiration: A case study of a black locust plantation in the Loess Plateau, China	代表性论文 1
2	论文合著	焦磊 (1), 吕楠 (2), 王剑 (3), 李宗善 (5)	2012 年 9 月至今	Evapotranspiration partitioning and its implications for plant water use strategy: Evidence from a black locust plantation in the semi-arid Loess Plateau, China	代表性论文 2
3	论文合著	焦磊 (1), 吕楠 (2)	2012 年 9 月至今	Biophysical controls on canopy transpiration in a black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i>) plantation on the semi-arid Loess Plateau, China	代表性论文 3
4	论文合著	焦磊 (1), 吕楠 (2), 王剑 (3), 陈维梁 (6)	2012 年 9 月至今	Age-related water use characteristics of <i>Robinia pseudoacacia</i> on the Loess Plateau	代表性论文 4
5	论文合著	焦磊 (1), 吕楠 (2), 高光耀 (4)	2012 年 9 月至今	Comparison of transpiration between different aged black locust (<i>Robinia pseudoacacia</i>) trees on the semi-arid Loess Plateau, China	代表性论文 5

6	共同获奖	焦磊（1），吕楠（2）， 王剑（3），高光耀（4）， 李宗善（5），陈维梁 （6）	2012 年 9 月至今	黄土高原刺槐人工林 耗水规律及驱动机制	陕西高等学校科学技术 研究优秀成果二等 奖
---	------	--	-----------------	------------------------	-----------------------------