

Research Status and Prospect of Regeneration and Rejuvenation of *Populus euphratica* in the Middle and Lower Reaches of the Tarim River Basin

Weihong Du^{1,2*}, Wenke Guan^{3#}, Aidi Huo^{1,2}, Hong Wei^{1,2}, Xiaolu Zheng^{1,2}, Xiaofan Wang^{1,2}, Cheng Jiang^{1,2}

¹School of Environmental Science & Engineering, Chang'an University, Xi'an Shaanxi

²Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effects in Arid Region, Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an Shaanxi

³Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi Xinjiang

Email: *17691347977@163.com, #455468441@qq.com

Received: May 10th, 2018; accepted: May 24th, 2018; published: May 31st, 2018

Abstract

Due to climate change, dramatic increase in population, and irrational use of natural resources, the area of *Populus euphratica* forest in the middle and lower reaches of the Tarim River Basin has been declining sharply, and its major ecological service functions have also been greatly reduced. Ecological restoration is urgently needed. In this paper, the research status of the renewal and rejuvenation of *Populus euphratica* forests at home and abroad is reviewed and summarized. Taking the middle and lower reaches of the Tarim River Basin in Xinjiang as an example, the prospects for the future research and development of *Populus euphratica* forest renewal and rejuvenation are presented. It is believed that the regeneration and regeneration of *Populus euphratica* need not only the study of the root system and soil of *Populus euphratica*, but also the combination of changes in soil salinity after flooding every year, and the effects of riverbed water law on the renewal of *Populus euphratica*, using the temperature of the water in the sediment of the river bed with depth and time. The continuous monitoring provides a series of profiles to study the effect of temperature parcels on the renewal of *Populus euphratica* in the interaction process between surface water and groundwater, and to discuss the optimal soil and water conditions for regeneration and regeneration of *Populus euphratica*. The research results can lay a scientific foundation for future research on the regeneration and rejuvenation of *Populus euphratica*.

Keywords

Populus euphratica, Regeneration and Rejuvenation, Soil and Water Conditions, Water Law, Tarim River Basin

*第一作者。

#通讯作者。

塔里木河流域中下游胡杨林更新复壮的研究现状及展望

杜伟宏^{1,2*}, 管文轲^{3#}, 霍艾迪^{1,2}, 韦红^{1,2}, 郑小路^{1,2}, 王小帆^{1,2}, 姜程^{1,2}

¹长安大学环境科学与工程学院, 陕西 西安

²长安大学旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室, 陕西 西安

³新疆林业科学院, 新疆 乌鲁木齐

Email: *17691347977@163.com, #455468441@qq.com

收稿日期: 2018年5月10日; 录用日期: 2018年5月24日; 发布日期: 2018年5月31日

摘要

由于气候变化、人口剧增和对自然资源的不合理利用, 塔里木河流域中下游胡杨林的面积日益锐减, 其主要的生态服务功能也大大减弱, 急需生态恢复。本文对国内外胡杨林更新复壮的研究现状进行了梳理和总结, 以新疆塔里木河流域中下游为例, 对未来胡杨林更新复壮的研究发展进行了展望。认为胡杨林的更新复壮不仅需要研究胡杨的根系、土壤, 还要结合每年泛洪之后土壤盐分的变化以及河床来水规律对胡杨更新的影响, 利用河床沉积物中水的温度随深度和时间的连续监测提供一系列的剖面, 研究温度包裹面对地表水与地下水相互作用过程对胡杨更新影响, 探讨胡杨林更新复壮的最佳水土条件。研究结果可为今后的胡杨林更新复壮研究工作奠定科学基础。

关键词

胡杨林, 更新复壮, 水土条件, 来水规律, 塔里木河流域

Copyright © 2018 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

1. 引言

胡杨是杨柳科杨属中最古老、最原始的本木植物, 分布在亚、欧、非大陆等地区。在我国, 胡杨主要分布在新疆维吾尔自治区南部, 额济纳绿洲以及柴达木盆地等地, 其中 90%以上的胡杨资源集中在新疆的塔里木河流域。据 1935 年在新疆库车千佛洞和甘肃敦煌铁匠沟发现的胡杨化石推断, 距今约有 300~600 万年的历史[1]。世界上的胡杨林大部分分布在我国, 主要集中在新疆的塔里木河流域(表 1)。作为生长在荒漠地区的特殊资源, 胡杨耐高温、抗热、耐盐碱抗干旱, 其显著的特点是分布区的不连续和沿河流两岸呈走廊状天然林带。它是干旱大陆性气候条件下的树种, 是中国荒漠区绿洲唯一能自然形成大面积森林的乔木树种, 也是维护旱区生态系统的重要组成部分[2]。它对于防风固沙、遏制沙漠化、水土保持、改善小气候及保护生物多样性及人工绿洲的农业生产等具有重要意义[3]。

塔里木河中下游实地勘察报告指出[4], 上个世纪 50 年代末塔河干流胡杨林总面积为 34×10^4 ha,

Table 1. Distribution of *Populus euphratica* in China and the world [1]**表 1.** 胡杨林在我国和世界的分布情况[1]

胡杨林的世界分布情况			胡杨林的中国分布情况		
国家	面积/hm ²	%	分布地区	面积/hm ²	%
中国	395,200	61	塔里木盆地	352,200	89.1
中亚	200,000	30.8	准格尔盆地	8000	2
伊朗	20,000	3.1	内蒙古	20,000	5.1
伊拉克	20,000	3.1	甘肃	5000	3.8
叙利亚	5818	0.9	青海, 宁夏	很少	
土耳其	4900	0.8			
巴基斯坦	2800	0.4			
西班牙	<1	-			
总面积	648,719	100	总面积	395,200	100

1979年胡杨林面积减少了58.4%，面积为 14.13×10^4 ha。即使上个世纪80年代开始植树造林，基本上逆转了胡杨衰退的趋势。近年来，由于人口的增长、气候的变化，对水资源的不合理利用以及毁林开荒和人类工程的修筑，全世界的胡杨林面积大幅度减少。因此，为了有效地减少胡杨林的衰退，胡杨林的更新复壮越来越受到国内外学者和政府部门的广泛关注。当前，国内外对胡杨林的研究主要体现在胡杨的根系及土壤水盐条件等方面[5]-[10]，为胡杨的更新复壮提供了科学依据，但河床来水规律、地表水与地下水相互作用作为影响胡杨更新关的键因子，研究比较少。

胡杨自身的更新复壮是塔里木河生态恢复的一个重要组成部分,而对于塔里木河中下游的胡杨更新复壮方面的研究较少，还需要进一步深入地探索。本文针对胡杨林退化的原因及更新复壮方面的研究现状进行了梳理，总结现状的同时对未来的发展提出一些建议，为今后的胡杨林更新复壮研究及塔河生态恢复工作奠定基础。

2. 胡杨林更新复壮的研究现状

2.1. 胡杨生物特性研究

目前，针对胡杨林的更新复壮，主要是在胡杨的生物特性、生长土壤条件及树轮水文学等方面的研究，这些领域已有不少成果。司建华、冯起等[5]对极端干旱区荒漠河岸胡杨林的吸水根系空间分布特征进行研究，结果表明在水平方向上，胡杨根长密度分布呈抛物线型，吸水根根量主要集中在0~350 cm；在垂直方向上，胡杨根长密度分布呈典型的负指数型，吸水根根量主要集中在0~80 cm。苏里坦等[11]利用土壤水分特征曲线的分形结合胡杨根系分布函数的方法，对根区土壤水分和根长根系吸水关系进行了研究，确定了土壤水分特征曲线和非饱和土壤导水率，并基于二维改进的Feddes模型，建立了胡杨根系吸水的二维数学模型。叶茂等[12]在塔里木河下游阿拉干断面胡杨根系空间分布规律研究中采用根系质量、密度、削弱系数和表面积等指标对塔里木河流域下游主要群种胡杨根系空间分布特征进行定量研究，为塔河下游受损天然胡杨林的恢复提供依据。胡杨的更新主要是无性生殖，依靠根蘖萌生幼苗。在根蘖苗萌生方面，田永祯等[6]以额济纳荒漠绿洲中的胡杨为例，依据多年的试验数据对荒漠河岸胡杨残林更新复壮效果进行了分析。通过试验表明，利用胡杨根蘖能力强的特点，通过开沟即打破土壤表皮板结层，疏松土壤，有利于根蘖苗萌生，试验结果表明以距母树5 m间距开沟为最佳，根蘖苗数量多、长势好。

以上学者研究从胡杨的根系特征为出发点,为胡杨的蘖新起到了很大的推动作用,但在胡杨林的更新复壮研究中,胡杨的生物特性应只是作为研究胡杨蘖新的一部分,水分在蘖新过程中起着非常关键的作用。研究胡杨根系与土壤水分关系的同时,要考虑不同温度下的地表水与地下水相互作用过程对胡杨根系的影响,探讨胡杨根系在不同地下水环境的更新状况,提出对胡杨根系蘖新更有效建议。

2.2. 来水规律与胡杨林更新复壮研究

我国很多学者将树轮水文学与胡杨林的更新复壮联系在一起。树轮水文学是指根据树木生长的水文要素研究过去长期水文现象的科学[13],它注重理解水文变量(降水、径流、地下水等)和树木对水文变量影响的生物响应。美国是最早开始研究树轮水文学且获得成果较多的国家,20世纪30年代中期,美国学者首次在美国内华达州 Truckee 河利用树木年轮资料延长了河流的年径流量,由此形成了树轮水文学,随后欧洲诸国如等均开始对树轮水文学进行研究[14]。王建刚等[7]通过对塔里木河下游的胡杨林对生态响应的研究发现,随着塔河流域地下水埋深增加,胡杨枯枝比增加,优势胡杨百分比降低,另外,输水后萌蘖更新胡杨的树高、冠幅和地径均随离河距离增加而降低,表明了水是制约塔里木河下游胡杨生长与恢复的关键因子。之后,王建刚等[15]对塔里木河下游应急输水前后的胡杨生长量进行分析,研究表明,应急输水明显地促进了胡杨的生长与恢复,可作为判定胡杨恢复效果的定量指标之一。邵慈[16]、肖春生[17]等经研究发现胡杨生长主要限制因子是地下水,且胡杨径向生长与地下水位变化呈正相关。刘普幸[8]以额济纳旗河岸胡杨林为研究对象,应用树轮水文学研究了额济纳旗树木年轮水文学—气候响应模型与机制,发现额济纳旗胡杨主要依赖地下水生长,在水充足的情况下,胡杨生长主要受温度因子限制,与降水量无关。中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员以漫溢干扰实验、植被观测资料和生态输水为依据,提出了适宜胡杨幼苗生存的优化干扰模式,构建了不同地下水埋深与树轮宽度指数之间的定量关系模型,确定了遏制不同胸径等级胡杨林衰败的胁迫地下水位[18],这不仅为塔里木河流域实现可持续的生态输水提供了技术支撑,更为世界其它相似区域的胡杨林恢复和保护提供科学借鉴和理论指导。

在胡杨林更新复壮的研究中,水文条件是胡杨更新复壮的重要因素,受塔河上游水库的影响,尤其是1972年,大西海子水库修建之后,对库区周边的水文生态产生了很大的影响,总体水资源量的下降,人类工程活动不断增加,输水调水等使胡杨生长的水环境发生改变。相关学者指出[19][20],利用MODIS卫星遥感数据,采用遥感-数学-模型学融合的研究方法,可以有效地监测沙漠化地区地下水埋深的监测模型,所以在研究来水规律对胡杨更新复壮影响的同时,要结合近些年塔里木河流域的遥感影像与相应人类工程的修建,研究在人类程活动的影响下胡杨林生长区域地下水埋深的变化情况。与此同时,选择胡杨生长较好的季节,以温度示踪法连续观测地表水与地下水的相互作用,分析两者之间的相互作用对胡杨生长的影响。地表水与地下水相互作用的温度示踪技术不仅可以预测地下水位的变化,为生态需水量的确定及生态保护提供依据件,还可以为胡杨林更新复壮提供更好的输水条件。

2.3. 土-水特征对胡杨林更新复壮的影响

为探究胡杨生长最适合的土壤条件,大量科学研究中以胡杨生长地区的土壤为研究对象,以室内室外试验相结合,分析土壤条件对胡杨生长的影响。Philip *et al.* [9][10]分析了塔里木河中游胡杨林生命力与其立地条件之间的关系,发现地下水与土壤含盐量是影响塔河中游胡杨林生长发育更重要的限制因子。曹立国等[21][22]以甘肃民勤绿洲天然胡杨林为研究区域,采用经典统计学与地统计学方法研究民勤绿洲天然胡杨林生长季的土壤水盐变化特征,揭示了该地区天然胡杨林下土壤盐分在生长季期间的时空变化特征及规律。刘普幸[23],[24]通过疏勒河中下游胡杨林研究,发现该地区胡杨林土壤含水量随深度而增加,土壤全盐量变化相反,不同生态环境及不同树龄的土壤水盐含量差异也比较明显。程智[25],[26]通

过研究内蒙古阿拉善盟额济纳旗境内胡杨,在不同龄级的胡杨土壤中,土壤含水量有明显差异,不同龄级胡杨林土壤含水量关系为:中龄胡杨大于幼龄胡杨大于老龄胡杨;盐分含量和渗透压相的关系为幼龄胡杨大于中龄胡杨大于老龄胡杨。木巴热克·阿尤普[3]通过分析不同生长状况下胡杨林土壤和地下水特征及其各特征参数与胡杨林郁闭度之间的定量关系,对于天然胡杨林的保护、更新、人工胡杨林的培养与科学施肥及其充分利用塔里木河流域水土资源条件,扩大胡杨林面积方面提供一定的科学依据。

以上学者以正常条件下的土壤为研究对象,选择三类代表不同生长状况的胡杨林样地,对土壤的理化性质进行实验室分析,另外,在研究中还考虑到每年泛洪之后土壤盐分是否发生变化,以及该变化是否对胡杨成活及演替存在影响,对每年塔里木河流域泛洪前后进行土壤采样,通过野外和室内实验,研究有利于胡杨生长的最佳水土条件。

3. 胡杨林退化的主要原因

3.1. 水质不断恶化

自上个世纪50年代以来,由于工矿和农业过度开发、盐碱地开发,排水渠排出的盐碱水排放到塔河,塔里木河流域中下游的矿物度不断增加,枯水时期的最高含盐量为5.5 g/l,超过了胡杨正常生长的水质条件;地下水的矿物度最高达3 g/l,含氟量高达2.6 mg/l,这也对胡杨的生长产生了巨大的影响。作为一条曾经的淡水流域,由于水质的不断恶化,已经对流域周围的植被及农业带来了巨大的影响。

3.2. 河道干涸,地下水位下降

由于上游超采地表水与地下水,造成河道干涸,地下水位随之下降。因此河道来水的减少及地下水位的降低不能满足胡杨对水分的需求,以胡杨为主的“荒漠走廊”急剧退化,造成了胡杨林面积锐减的严重后果,进而导致该地区生态环境失衡。

3.3. 地下环境稳定层被破坏

根是汲取养分供胡杨生长的主要器官。近年来,由于塔里木河流域其他植被的种类不断减少,河流断流造成下游地区大量农田被遗弃,胡杨生长区域的地面裸露面积不断增加。随着地面的裸露面积的增大,以及风的侵蚀作用,导致胡杨的根部逐渐靠近地表,致使胡杨生长的地下环境稳定层被破坏,最终胡杨林开始退化。

3.4. 人口剧增,人类活动导致生态环境失衡

随着人口的急剧增加,大规模的退林造田,相继建立大量的农垦团场及水利工程。为了满足农业的发展,修建水库、开渠引水以及对水资源的不合理利用造成了河流断流,湖泊干涸,导致生态失衡,破坏了胡杨的原有生长环境,致使胡杨林退化。

以上表明,胡杨林退化的主要原因是由于人口剧增以及人类工程活动的不断增加,造成水质不断恶化,水资源消耗日益严重,导致大多数河道干涸、地下水位下降,胡杨生长所需的地下稳定层遭到破坏,无法满足胡杨生长所需要的养分。

以上对胡杨林退化原因的分析,可为胡杨林更新复壮的研究提供一定的参考。

4. 解决胡杨林退化的措施

4.1. 加强流域管理

针对目前塔里木河流域胡杨林的退化,要加强环境保护、胡杨林对当地生态宣传的力度,提高广大

群众保护环境意识；要落实中央在重要湖泊实行河长制的决定，建设和合理利用水利工程，合理蓄水、蓄水、调水，针对胡杨缺水、需水季及时输水，满足胡杨正在生长所需要的水分。还可以实行围栏封预，为胡杨的更新提供更好的生长条件。

4.2. 控制地下环境稳定层的变化

在胡杨林的更新复壮研究中，保护现有胡杨也是重中之重。要在保护现有胡杨资源的前提下，大力植树种草，增加植被覆盖度，注意并监测胡杨生长地下环境稳定层的各种物理化学指标的变化，结合监测结果与胡杨的生长状况对胡杨的生长趋势进行预测。

4.3. 加强胡杨萌孽更新工作的研究

定量分析塔河流域胡杨林资源时空格局，采取人工保护机制，对现有胡杨进行围栏封预。根据胡杨的生物特性进行引水灌溉，根据胡杨幼苗的生长特性开展幼苗培育技术，促进胡杨的更新复壮。

5. 胡杨林更新复壮研究展望

胡杨作为维系塔里木流域荒漠生态系统的主体，它的更新复壮与塔里木河流域水资源和生态环境息息相关。在胡杨的更新复壮技术研究中，需根据导致胡杨林退化的主要影响因子开展研究。

1) 在胡杨生物特性研究方面不仅要从胡杨的根系出发，研究胡杨根系与土壤水分的关系，还要考虑不同温度下的地表水与地下水相互作用过程对胡杨根系的影响，以更为准确的研究胡杨生物特性在不同地下水环境的更新状况。

2) 针对来水规律与胡杨林更新复壮的关系，不仅要研究地下水埋深、输水规律与胡杨的关系，更要结合遥感影像与人类工程的修建情况，观察胡杨林面积的变化，选取胡杨生长最好的季节，即控制气候对胡杨生长的影响因素，以对比胡杨植被群落时空格局与变化规律。选择塔里木河流域中下游不同生长状况的胡杨林区域，利用温度示踪方法，对地表水与地下水相互作用过程进行刻画，结合胡杨林的生长状况、塔里木河流域的水文要素，建立流域水文模型，研究塔里木河来水规律与灌溉调节和胡杨萌孽更新的关系，探讨河床来水及地下水位变化规律对胡杨更新的影响。

3) 在土水特征对胡杨林更新复壮的影响方面，不仅要研究胡杨的根系、地下水、土壤特征以及不同苗龄胡杨的耐盐等进行研究，还要考虑洪泛后土壤盐分变化的演替研究和胡杨成活的关系，结合无人机、GIS 等高新技术对胡杨林生态变化情况进行实时监测，对土壤环境与盐碱环境等微环境进行观测，研究不同苗龄胡杨的需水曲线、生长函数，探索不同土壤类型对胡杨生长的促进作用和最佳灌溉调节条件，为胡杨的人工更新提供新的技术。

综上所述，在塔里木河流域中下游胡杨林更新复壮的研究中，要从胡杨群落、植物多样性等方面对保护成效进行监测和评估，从胡杨的生物特性、胡杨生长区域的水土条件及来水规律进行实验研究，然后对胡杨林的生态环境进行评价，研究并探索目前状态下胡杨林的最优生长条件，为胡杨林更新复壮提供新的技术支持，改善塔里木河流域的生态环境。

基金项目

塔里木河中下游胡杨生态修复研究与示范：塔里木河中下游水土资源时空变化规律对胡杨更新影响研究(HY-1)。

参考文献

- [1] Wang, S., Chen, B. and Li, H. (1996) Euphrates Poplar Forest. China Environment Science Press.

- [2] 张楠. 土壤条件对胡杨幼苗生长的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [3] 木巴热克·阿尤普. 河岸胡杨林不同生长状况下的土壤、地下水特征研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2007.
- [4] 刘宴良. 塔里木河中下游实地踏勘报告[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000: 445.
- [5] 司建华, 冯起, 李建林, 赵健. 荒漠河岸胡杨林吸水根系空间分布特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(1): 1-4.
- [6] 田永祯, 司建华, 程业森, 赵菊英, 白莹. 荒漠河谷胡杨残林复壮更新试验研究[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(9): 155-159.
- [7] 王建刚, 李霞, 陈敬峰. 塔里木河下游应急输水前后胡杨生长量分析——以喀尔达依断面为例[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 74-79.
- [8] 刘普幸. 额济纳旗胡杨径向生长的水文气候因子研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [9] Thapa, P.P. (2005) The Ecological Amplitude of *Populus euphratica* at the Middle Reaches of the River Tarim. *Western China*.
- [10] Huo, A., Chen, X., Li, H., Hou, M., Hou, X. (2011) Development and Testing of a Remote Sensing-Based Model for Estimating Groundwater Levels in Aeolian Desert Areas of China. *Canadian Journal of Soil Science*, **91**, 29-37. <https://doi.org/10.4141/cjss10044>
- [11] 苏里坦, 古力米热·哈那提, 刘迁迁. 塔里木河下游胡杨林根系吸水模型[J]. 干旱区地理, 2017, 40(1): 102-107.
- [12] 叶茂, 徐海量, 王晓峰, 申瑞新. 塔里木河下游阿拉干断面胡杨根系空间分布规律研究. 西北植物学报, 2011, 31(4): 801-807.
- [13] Loaiciga, H.A., Laura, H. and Joel, M. (1993) Dendrohydrology and Long-Term Hydrologic Phenomen. *Reviews of Geophysics*, **31**, 151-171.
- [14] 刘普幸, 勾晓华, 张齐兵, 陈发虎. 国际树轮水文学研究进展[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 720-728.
- [15] 王建刚, 李霞, 石瑞花, 张绘芳. 塔里木河下游胡杨对输水的生态响应[J]. 自然资源学报, 2008, 23(4): 619-625.
- [16] 邵蕊, 王乃昂, 史坤博, 路俊伟. 胡杨树轮记录的乌兰布和沙漠腹地地下水位变化[J]. 国土与自然资源研究, 2013(6): 93-96.
- [17] 肖生春, 肖洪浪, 彭小梅. 黑河下游胡杨季节尺度径向生长变化研究[J]. 冰川冻土, 2012, 34(3): 706-712.
- [18] Ling, H., et al. (2015) How to Regenerate and Protect Desert Riparian *Populus euphratica* Forest in Arid Areas. *Scientific Reports*, **5**, 81-89. <https://doi.org/10.1038/srep15418>
- [19] 管文轲, 霍艾迪, 吴天忠, 等. 塔里木河中游沙漠化地区地下水位遥感监测[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 245-249.
- [20] Huo, A.-D., Li, J.-G., Jiang, G.-Z. and Yang, Y. (2013) Temporal and Spatial Variation of Surface Evapotranspiration Based on Remote Sensing in Golmud Region, China. *Applied Mathematics*, **7**, 519-524. <https://doi.org/10.12785/amis/072L21>
- [21] 曹立国, 刘普幸, 王洪岩, 卓玛兰草. 民勤绿洲天然胡杨林生长季土壤水盐动态[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(1): 47-53.
- [22] Huo, A., Li, H., Hou, M. and Qiao, C. (2011) Relations between Surface Evapotranspiration and Water Table: A Case Study Base on Remote Sensing. *African Journal of Agricultural Research*, **6**, 6653-6660.
- [23] 刘普幸, 姚晓军, 张克新, 霍华丽. 疏勒河中下游胡杨林土壤水盐空间变化与影响[J]. 水科学进展, 2011, 22(3): 359-366.
- [24] Huo, A., Peng, J., Chen, X., Deng, L., Wang, G. and Cheng, Y. (2016) Groundwater Storage and Depletion Trends in the Loess Areas of China. *Environmental Earth Sciences*, **75**, 1167. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5951-4>
- [25] 程智. 额济纳不同龄级胡杨与土壤的水盐关系研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [26] Huo, A.-D., Dang, J., Song, J.-X., Chen, X.H. and Mao, H.-R. (2016) Simulation Modeling for Water Governance in Basins Based on Surface Water and Groundwater. *Agricultural Water Management*, **174**, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.027>

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2330-1724，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojs@hanspub.org