

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

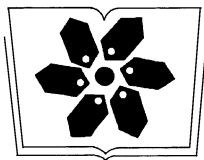
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 23 期 Vol.32 No.23 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 23 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

中国石龙子母体孕期调温诱导幼体表型:母体操纵假说的实验检测	李 宏,周宗师,吴延庆,等 (7255)
同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响	申 圳,董 钟,曹令立,等 (7264)
曝气充氧条件下污染河道氨挥发特性模拟	刘 波,王文林,凌 芬,等 (7270)
贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响	杨延峰,张国钢,陆 军,等 (7280)
青藏高原多年冻土区积雪对沼泽、草甸浅层土壤水热过程的影响	常 娟,王根绪,高永恒,等 (7289)
长沙城市斑块湿地资源的时空演变	恭映璧,靖 磊,彭 磊,等 (7302)
基于模型数据融合的干烟洲亚热带人工林碳水通量模拟	任小丽,何洪林,刘 敏,等 (7313)
农田氮素非点源污染控制的生态补偿标准——以江苏省宜兴市为例	张 印,周羽辰,孙 华 (7327)
用 PFU 微型生物群落监测技术评价化工废水的静态毒性	李朝霞,张玉国,梁慧星 (7336)
京郊农业生物循环系统生态经济能值评估——以密云尖岩村为例	周连第,胡艳霞,王亚芝,等 (7346)
基于遥感的夏季西安城市公园“冷效应”研究	冯晓刚,石 辉 (7355)
海南岛主要森林类型时空动态及关键驱动因子	王树东,欧阳志云,张翠萍,等 (7364)
不同播种时间对吉林省西部玉米绿水足迹的影响	秦丽杰,靳英华,段佩利 (7375)
黄土塬区不同品种玉米间作群体生长特征的动态变化	王小林,张岁岐,王淑庆,等 (7383)
密植条件下种植方式对夏玉米群体根冠特性及产量的影响	李宗新,陈源泉,王庆成,等 (7391)
沙地不同发育阶段的人工生物结皮对重金属的富集作用	徐 杰,敖艳青,张璟霞,等 (7402)
增强 UV-B 辐射和氮对谷子叶光合色素及非酶促保护物质的影响	方 兴,钟章成 (7411)
不同产地披针叶茴香光合特性对水分胁迫和复水的响应	曹永慧,周本智,陈双林,等 (7421)
芦芽山林线华北落叶松径向变化季节特征	董满宇,江 源,王明昌,等 (7430)
地形对植被生物量遥感反演的影响——以广州市为例	宋巍巍,管东生,王 刚 (7440)
指数施肥对楸树无性系生物量分配和根系形态的影响	王力朋,晏紫伊,李吉跃,等 (7452)
火烧伤害对兴安落叶松树干径向生长的影响	王晓春,鲁永现 (7463)
山地梨枣树耗水特征及模型	辛小桂,吴普特,汪有科,等 (7473)
两种常绿阔叶植物越冬光系统功能转变的特异性	钟传飞,张运涛,武晓颖,等 (7483)
干旱胁迫对银杏叶片光合系统 II 荧光特性的影响	魏晓东,陈国祥,施大伟,等 (7492)
神农架川金丝猴栖息地森林群落的数量分类与排序	李广良,丛 静,卢 慧,等 (7501)
碱性土壤盐化过程中阴离子对土壤中镉有效态和植物吸收镉的影响	王祖伟,弋良朋,高文燕,等 (7512)
两种绣线菊耐弱光能力的光合适应性	刘慧民,马艳丽,王柏臣,等 (7519)
闽楠人工林细根寿命及其影响因素	郑金兴,黄锦学,王珍珍,等 (7532)
旅游交通碳排放的空间结构与情景分析	肖 潇,张 捷,卢俊宇,等 (7540)
北京市妫水河流域人类活动的水文响应	刘玉明,张 静,武鹏飞,等 (7549)
膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析——以新疆玛纳斯河流域棉花为例	范文波,吴普特,马枫梅 (7559)
高温胁迫及其持续时间对棉蚜死亡和繁殖的影响	高桂珍,吕昭智,夏德萍,等 (7568)
桉树枝瘿姬小蜂虫瘿解剖特征与寄主叶片生理指标的变化	吴耀军,常明山,盛 双,等 (7576)
西南桦纯林与西南桦×红椎混交林碳贮量比较	何友均,覃 林,李智勇,等 (7586)
长沙城市森林土壤 7 种重金属含量特征及其潜在生态风险	方 晰,唐志娟,田大伦,等 (7595)
专论与综述	
城乡结合部人-环境系统关系研究综述	黄宝荣,张慧智 (7607)
陆地生态系统碳水通量贡献区评价综述	张 慧,申双和,温学发,等 (7622)



封面图说: 麋鹿群在过河——麋鹿属于鹿科,是中国的特有动物。历史上麋鹿曾经广布于东亚地区,到 19 世纪时,只剩下在北京南海子皇家猎苑内一群。1900 年,八国联军攻陷北京,麋鹿被抢劫一空。1901 年,英国的贝福特公爵用重金从法、德、荷、比四国收买了世界上仅有的 18 头麋鹿,以半野生的方式集中放养在乌邦寺庄园内,麋鹿这才免于绝灭。在世界动物保护组织的协调下,1985 年起麋鹿从英国分批回归家乡,放养到北京大兴南海子、江苏省大丰等地。这是在江苏省大丰麋鹿国家级自然保护区放养的麋鹿群正在过河。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 380 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 38 * 2012-12

DOI: 10.5846/stxb201204070486

范文波, 吴普特, 马枫梅. 膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析——以新疆玛纳斯河流域棉花为例. 生态学报, 2012, 32(23): 7559-7567.

Fan W B, Wu P T, Ma F M. Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(23): 7559-7567.

膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析 ——以新疆玛纳斯河流域棉花为例

范文波^{1,2}, 吴普特^{1,*}, 马枫梅³

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 杨凌 712100;

2. 石河子大学水利建筑工程学院, 石河子 832003; 3. 石河子统计局, 石河子 832003)

摘要: 利用 2000、2004、2006 和 2009 年玛纳斯河流域的调查数据, 以棉花为例, 从生态、经济和社会可持续发展三个角度对比分析了膜下滴灌技术的应用效果。生态效益主要表现为, 采用膜下滴灌比沟灌平均节水 41.92%, 流域内农业节约水量约为多年河道来水的 9.34%, 基本满足河道最小生态需水; 采用膜下滴灌比沟灌节约化肥用量 18.38%, 节约农药用量 17.00%。经济效益主要表现为, 采用膜下滴灌棉花(籽棉)单产提高 23.15%, 水分利用效率(WUE)提高 70.70%。社会效益主要表现为, 采用膜下滴灌农业管理效率提高 3—4 倍, 节约了农业劳动力。采用 Bossel 理论综合评价膜下滴灌技术的社会可持续性, 结果为良好。总体分析结果表明, 采用膜下滴灌技术有利于区域社会经济的发展和生态环境的保护。本文的研究结果可为今后膜下滴灌技术的推广应用提供参考。

关键词: 膜下滴灌技术; 棉花; 可持续分析; Bossel 理论; 玛纳斯河流域

Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China

FAN Wenbo^{1,2}, WU Pute^{1,*}, MA Fengmei³

1 College of Water Conservancy and Architecture Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China

2 College of Water Conservancy and Architecture Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China

3 Shihezi Statistic Bureau, Shihezi 832003, China

Abstract: Under-film drip irrigation technology is currently one of the main agricultural technologies used for water conservation and has been widely used in Xinjiang, China. In this study, we evaluated the ecological, economic, and social benefits of under-film drip irrigation technology based on survey data of four years (2000, 2004, 2006, and 2009) of cotton growth in the Manas River Basin in Xinjiang. In terms of the ecological benefits of under-film drip irrigation, results showed that this technology increased water conservation by 41.92%, and the amount of water conserved through the use of under-film drip irrigation accounted for 9.34% of river runoff. The annual flow of the Manas River is $12.42 \times 10^8 \text{ m}^3$ and the minimum ecological water requirement for this river is $1.24 \times 10^8 \text{ m}^3$. Thus, the conserved water could contribute to maintaining the minimum ecological water requirement. Under-film drip irrigation also reduced fertilizer and pesticide use by 18.38% and 17.00%, respectively, compared with furrow irrigation. The economic benefit of under-film drip irrigation was based on the fact that it increased water conservation by 39.60%, 40.80%, 42.00%, and 45.27% in 2000, 2002, 2006, and 2009, respectively, with an average increase of 41.92%. The yield per unit area for cotton increased by 19.

基金项目: 国家自然科学基金项目(30900865); 国家科技支撑计划项目(2011BAD29B09)

收稿日期: 2012-04-07; **修订日期:** 2012-11-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gjzwpt@vip.sina.com

63% , 10.28% , 25.00% , and 26.47% in 2000, 2002, 2006, and 2009, respectively, with an average yield increase of 23.15%. Based on the market price of cotton, the net profit from cotton increased by 658, 1083, 2024, and 4605 yuan per hm^2 in 2000, 2002, 2006, and 2009, respectively. Furthermore, water use efficiency increased by 98.06% , 88.89% , 47.06% , and 48.79% in 2000, 2002, 2006, and 2009, respectively, with an average increase of 70.70%. Social benefits generated from the use of under-film drip irrigation included the fact that agricultural management efficiency increased and human resources were preserved. Under-film drip irrigation technology was good for labor transfer and has changed the type of work required by reducing the need for weeding, modification of the sub lateral canal, and ridging, among others. The technology has not only led to reduced labor intensity as well as the number of workers required, it has also increased work efficiency and management quota. For conventional cotton cultivation, each worker can only manage an area of 1.67 hm^2 , but each worker can manage an area of $5.33\text{--}8.00 \text{ hm}^2$ using under-film drip irrigation. This represents a 3—4 fold increase. In 1997, the population involved in agriculture accounted for 43.10% of the total population; this percentage decreased to 13.65% in 2009, reduced 29.45%, providing conditions for the transfer of agricultural population. In addition, an assessment based on Bossel theory showed that under-film drip irrigation technology was good for social sustainability. Our results indicated that under-film drip irrigation cropping patterns were good for social and economic development and for environmental protection in the Manas River Basin region. The results presented here provide helpful information for future applications of under-film drip irrigation technology.

Key Words: Under-film drip irrigation; cotton; sustainable assessment; bossel theory; Manas River Basin

新疆是中国缺水最严重的地区之一,水资源量为 $884 \times 10^8 \text{ m}^3$,按照国土面积 $166.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 计算,水资源占有量为 $532 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,而农业用水量占行业用水的 80% 以上^[1]。传统的灌溉方式水资源利用率很低,浪费严重^[2]。对于干旱缺水的地区,如何实施节水灌溉技术成为政府和学者关心的焦点^[3]。2000 年以来,农业节水灌溉技术在新疆地区得到了迅速发展,其中膜下滴灌技术于 1996 年在玛纳斯河流域开始试验和推广,到 2009 年流域滴灌面积占灌溉面积的比例约为 62.01%,在新疆推广面积超过 $95 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。灌溉作物类型也从棉花发展到小麦、玉米、番茄和葡萄等主要农作物及经济林果上。近年来,膜下滴灌技术在内蒙古、黑龙江等地区也得到广泛应用^[4]。

关于节水灌溉技术效益的评价,国内外有许多研究^[5-6]。对于评价内容分为单项评价和工程综合效益评价,对于评价指标既有定性描述也有定量计算,对于评价方法多采用模糊综合评判、灰色关联投影法、层次分析法、投影寻踪、加速遗传算法等理论^[7-13]。由于不同学者对节水灌溉研究侧重点不同,得出的结果差异较大^[14-15]。

目前膜下滴灌已形成以滴灌技术、覆膜种植、管道供水、机械作业和智能管理构成的种植技术体系。从 1996 年至今,膜下滴灌技术只有 10 余年的发展历史,还有许多问题需要深入研究,尤其对技术应用效果的评价,前人的研究主要集中于经济效应分析与评价,很少从膜下滴灌技术所产生的生态、经济和社会效应进行综合系统地分析,对技术体系的可持续性评价也存在不足^[16-17]。节水灌溉技术的应用对农业生产、环境保护和社会经济有重要的影响,因此,从生态、经济、社会三方面综合评价节水技术尤为必要。Bossel 理论在可持续评价方面具有较好的效果^[18-19],因此,本文以 Bossel 理论为指导,探讨膜下滴灌技术产生的生态、经济和社会效益,为技术进一步推广应用提供指导。

1 玛纳斯河流域概况

玛纳斯河流域是干旱地区具有典型性的内陆河流域之一,流域农业生产和灌溉技术应用在新疆具有很强的代表性和引领性。流域位于天山北坡中段,准噶尔盆地南缘,东经 $85^{\circ}00'\text{--}86^{\circ}46'$,北纬 $43^{\circ}05'\text{--}45^{\circ}38'$,总面积 $2.655 \times 10^4 \text{ km}^2$,灌溉面积 $36.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。流域属温带大陆性气候,年平均气温 7.2°C ,日照时数 2318—2732 h,无霜期 147—191 d,年降水量 110—200 mm。玛纳斯河流域是典型的灌溉农业区,是新疆棉花

的主产区之一。玛纳斯河流域 2009 年滴灌面积占新疆全区的 18.31%,总播种面积占新疆全区的 7.45%,棉花种植面积占新疆种植面积的 13.78%,产量占新疆总产量的 18.72%。玛纳斯河流域水资源主要来自玛纳斯河,河流源于天山,终于玛纳斯湖;多年径流量为 $12.42 \times 10^8 \text{ m}^3$,径流季节性变化大^[20]。60 余年的农田水利建设,在流域中上游修建了 14 座大中型水库,河水天然流道发生了改变,形成由河道—水库—农田或者河道的路径。

玛纳斯河流域包括石河子市、玛纳斯县和沙湾县,其中石河子是流域内最大的行政区,面积约 7529 km^2 ,人口 72×10^4 人,2009 年滴灌面积占灌溉面积的 75.02%。

2 方法与评价指标

2.1 调查方法

通过调查数据对比分析社会效益评价、生态评价和经济评价。调查地点在玛纳斯流域。调查分为问卷调查、座谈询问、随机走访农户等方式。与统计部门座谈了解整体种植情况;与当地水利部门座谈,了解调查地区的水资源分配情况;与农业林业部门了解生态情况、基本种植情况、产量等;与农户调查种植意愿、化肥农药使用量。共发放调查问卷 132 份,回收有效问卷 118 份。

2.2 评价指标

2.2.1 生态效益评价

膜下滴灌技术推广应用既影响绿洲农业生态等人工生态,也影响荒漠生态、河岸生态等自然生态。但限于监测数据,目前只能选择数据完整的指标,主要研究对河道需水和农田环境的影响。膜下滴灌技术应用后对河道水环境安全状况的影响本文采用河道最小生态需水量作为研究指标;对农田环境的影响本文采用用农药、化肥用量的节约率作为研究指标。

(1) 河道最小生态需水量

Tennant 法计算简便,能够反映河道最小生态需水量,应用普遍,故本文使用此方法计算河道最小生态需水量^[21]:

$$Q_{\text{河道最小生态需水量}} = 10\% Q_{\text{河道多年平均流量}} \quad (1)$$

式中, $Q_{\text{河道最小生态需水量}}$ 为河道最小生态需水量 (10^8 m^3); $Q_{\text{河道多年平均流量}}$ 为河道多年平均流量 (10^8 m^3)。

(2) 化肥节约率

$$\text{化肥节约率}(\%) = 100 \times (T_1 - T_2) / T_1 \quad (2)$$

式中, T_1 为沟灌作物化肥用量 (kg/hm^2); T_2 为膜下滴灌作物化肥用量 (kg/hm^2)。

(3) 农药节约率

$$\text{农药节约率}(\%) = 100 \times (T_1 - T_2) / T_1 \quad (3)$$

式中, T_1 为沟灌作物农药用量, kg/hm^2 ; T_2 为膜下滴灌作物农药用量 (kg/hm^2)。

2.2.2 经济效益评价

对于经济效益评价本文以实物比较为主,从节水效果、增产效果和 WUE 三个方面,采用节水率、产量提高率和 WUE 提高率 3 个指标对比分析膜下滴灌与沟灌灌溉的效益差异。具体计算方法如下:

(1) 节水率

$$\text{节水率}(\%) = 100 \times (M_1 - M_2) / M_1 \quad (4)$$

式中, M_1 为沟灌灌溉定额 (m^3/hm^2); M_2 为膜下滴灌灌溉定额 (m^3/hm^2)。

(2) 产量提高率

$$\text{产量提高率}(\%) = 100 \times (Y_1 - Y_2) / Y_2 \quad (5)$$

式中, Y_1 为膜下滴灌作物单产 (kg/hm^2); Y_2 为沟灌作物单产 (kg/hm^2)。

(3) WUE 提高率

$$\text{WUE 提高率}(\%) = 100 \times (WUE_1 - WUE_2) / WUE_2 \quad (6)$$

式中, WUE_1 为膜下滴灌作物水分利用效率 (kg/m^3); WUE_2 为沟灌作物水分利用效率 (kg/m^3)。

2.2.3 可持续性评价

可持续性评价主要采用 Bossel 理论进行分析。Bossel 理论用 7 个基本定向指标(存在、效率、选择、安全、适应、共存、心理)反映系统的发展特点^[21-22]。指标对社会系统属性的贡献用 0 至 4 的等间隔(1 为间隔)表示。可以认为 0—1 表示社会系统的属性处于完全不满意状态, 1—2 处于危险的状态, 2—3 处于较好的状态, 3—4 处于优良的状态。

3 结果与分析

3.1 生态效益评价

3.1.1 灌溉水量消减对河道生态用水量的影响

玛纳斯河流域年降水量 110—220 mm, 年潜在蒸发量 1500—2500 mm, 农业依靠于灌溉。从 1950 年开始大规模开荒造田和引水灌溉。由于上游过量引水, 导致河流断流, 地下水位下降, 自然生态植被退化^[23]。玛纳斯河尾间的玛纳斯湖是新疆著名的湖泊, 在 1957 年水域面积为 550 km^2 , 因为上游拦蓄在 1972—1975 年期间干涸。此后, 直到 1998 年和 1999 年由于连续出现洪水, 河道下游开始有水源补给。2000 年以后随着膜下滴灌技术的应用, 水资源灌溉利用率不断提高, 灌溉用水量开始减少, 几乎每年都有水库弃水进入河道, 对河道生态环境有较大改善, 并在河道尾间形成约 100 km^2 的湿地^[24]。

本文采用 Tennant 法计算河道最小生态需水量, 1957—2009 年平均河道来水量为 $12.42 \times 10^8 \text{ m}^3$, 则玛纳斯河流域最小生态需水量为 $1.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。与前人采用最小连续 30 d 平均流量法和 7Q10 法计算河道最小生态需水量接近^[25]。在实际调查中, 2000—2009 年玛纳斯河平均弃水量为 $1.16 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占多年河道来水量的 9.34%。10a 平均弃水量为最小生态需水量的 93.55%, 即 10a 平均弃水量接近最小生态需水量。

从 2000—2009 年玛纳斯河平均弃水量约为最小生态需水量的事实来看(图 1), 说明采用膜下滴灌技术后, 总体农业用水数量有所减少, 基本上能够满足生态需水要求, 即膜下滴灌技术的应用对河道生态环境改善有积极作用。

3.1.2 化肥农药施用量减少对农田环境的影响

化肥农药是作物高产的保证, 但是过量使用化肥农药是造成农田土壤污染的主要来源^[26-27]。在滴灌技术中肥料被配置成溶液, 随水滴入植物根区土壤, 最终被植物吸收, 避免了沟灌因开沟追肥造成的挥发损失或者因随灌溉渗漏造成的损失, 从而提高肥料利用率。农药随水施用也避免了浪费和对空气的污染。膜下滴灌技术也具有滴灌技术施肥施药的特点。表 1 中显示 2000 年、2002 年、2006 年和 2009 年膜下滴灌比沟灌节约化肥量 155.89、64.50、80.09 kg/hm^2 和 107.93 kg/hm^2 , 化肥节约率为 19.60%、9.23%、20.83% 和 23.86%; 4a 平均节约化肥量 102.11 kg/hm^2 , 平均节约率为 18.38%。2000、2002、2006、2009 年膜下滴灌比沟灌节约农药施用量分别为 2.28、0.55、0.98、1.50 kg/hm^2 , 农药节约率分别为 37.92%、7.29%、10.30% 和 12.50%; 4a 平均节约农药量 1.33 kg/hm^2 , 平均节约率为 17.00%。可见, 采用膜下滴灌后既减少了化肥农药的使用量, 又保护了土壤环境、减轻了对农产品的潜在污染。

表 1 中显示 2000 年、2002 年、2006 年和 2009 年膜下滴灌比沟灌节约化肥量 155.89、64.50、80.09 kg/hm^2 和 107.93 kg/hm^2 , 化肥节约率为 19.60%、9.23%、20.83% 和 23.86%; 4a 平均节约化肥量 102.11 kg/hm^2 , 平均节约率为 18.38%。2000、2002、2006、2009 年膜下滴灌比沟灌节约农药施用量分别为 2.28、0.55、0.98、1.50 kg/hm^2 , 农药节约率分别为 37.92%、7.29%、10.30% 和 12.50%; 4a 平均节约农药量 1.33 kg/hm^2 , 平均节约率为 17.00%。可见, 采用膜下滴灌后既减少了化肥农药的使用量, 又保护了土壤环境、减轻了对农产品的潜在污染。

3.2 经济效益评价

3.2.1 节水效益分析

采用膜下滴灌后亩均灌溉用水量明显减少, 具体见表 2。2000、2002、2006、2009 年棉花膜下滴灌平均灌溉水量为 4443.75 m^3/hm^2 , 沟灌平均灌溉水量为 7646.25 m^3/hm^2 , 膜下滴灌灌溉水量比沟灌减少 3202.5 $\text{m}^3/$

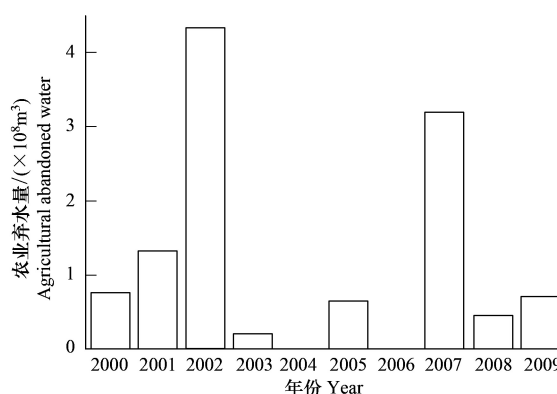


图 1 农业灌溉弃水量

Fig. 1 Agricultural abandoned water in Manas river

hm²。2000、2002、2006、2009 年节水率分别为 39.60%、40.80%、42.00% 和 45.27%，平均节水率为 41.92%。

表 1 棉花滴灌与沟灌化肥农药施用量比较

Table 1 Comparison of the amount of fertilizer using between drip irrigation and furrow irrigation										
年 Year	2000		2002		2006		2009		平均 Average	
	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌
	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation
化肥用量/(kg/hm ²) The amount of fertilizer used	639.41	795.30	634.51	699.01	304.36	384.45	344.47	452.40	480.69	582.79
化肥节约率/% The saving amount of fertilizer	19.60		9.23		20.83		23.86		18.38	
农药用量/(kg/hm ²) The amount of pesticide used	3.72	6.00	6.95	7.50	8.53	9.51	10.51	12.01	7.43	8.76
农药节约率/% The saving amount of pesticide	37.92		7.29		10.30		12.50		17.00	

3.2.2 增产效益分析

由表 2 可以看出,2000、2002、2006、2009 年 4a 中膜下滴灌较沟灌籽棉单产均有不同程度增加,增产率分别为 19.63%、10.28%、25.00% 和 26.47%。4a 数据平均后,籽棉单产膜下滴灌为 4981 kg/hm²,沟灌为 4043kg/hm²,膜下滴灌比沟灌籽棉单产提高了 23.15%,增产效果明显。

表 2 膜下滴灌与沟灌条件下棉花节水效果比较

Table 2 Water-saving effect comparison between under-film irrigation and furrow irrigation								
项目 Items	2000		2002		2006		2009	
	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌	滴灌	沟灌
	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation	Drip irrigation	Furrow irrigation
灌溉水量/(m ³ /hm ²) Irrigation quota	4500	7450	4875	8235	4350	7500	4050	7400
节水率/% Water-saving rate	39.60		40.80		42.00		45.27	
单产籽棉/(kg/hm ²) Cotton yield per unit area	4552	3805	4127	3743	5250	4200	5805	4590
产量提高率/% Increase rate of yield	19.63		10.28		25.00		26.47	
WUE(kg/m ³) WUE 提高率/% Increase rate of WUE	1.01	0.51	0.85	0.45	1.03	0.70	1.14	0.77
毛效益/(元/hm ²) Gross benefit	15933	13318	14033.25	12725.01	23625	18900	34924.5	27081
毛效益差/(元/hm ²) Difference value of gross benefit	2615		1306		4725		7169	2615
成本/(元/hm ²) Cost	12784	10828	11112	10889	18790	16089	22268	19704
成本差/(元/hm ²) Difference value of cost	1956		223		2701		2564	
净效益/(元/hm ²) Net benefit	3148	2490	2920	1837	4835	2811	11982	7377
净效益差/(元/hm ²) Difference value of net benefit	658		1083		2024		4605	
效益增幅/% Increase rate of benefit	26.44		58.95		72.00		62.42	

3.2.3 增收效益分析

由于受每年的生产成本、农产品价格影响,每年种植棉花的收益效果差异较大。分别按 2000、2002、2006、2009 年市场价格计算生产成本和农产品收益。在 2000、2002、2006、2009 年膜下滴灌比沟灌净效益增加 658、1083、2024、4605 元/hm²。说明膜下滴灌比沟灌有较好的增收作用。

整体比较而言,随着灌溉技术和管理水平的提高,膜下滴灌和沟灌技术都在不断发展。但因膜下滴灌技术均采用管道输水,从水源到田间的滴灌带,很少出现类似沟灌形成的深层渗漏和大量棵间蒸发,因此节水增产效果明显。综合分析,膜下滴灌比沟灌节水 39.60%—45.27%,产量提高率 10.28—26.47%,WUE 提高率 47.06%—98.06%。

3.3 社会效益评价

依据系统属性细分理论对玛纳斯河流域膜下滴灌技术评价的结果,见表 3。从整体情况来看,玛纳斯河流域膜下滴灌技术社会可持续性的评价结果为“较好”,7 个基本属性评价结果的平均值是 2.80。存在、效率、选择存在和心理需要的评价结果为 3—4,处于优良的状态;安全、适应、共存的评价结果为 2—3,处于较好的状态。总体平均数值为 2.80,处于较好状态。

表 3 膜下滴灌技术社会评价结果

Table 3 Social assessment results of under-film drip irrigation technology		
指标 Indicators	指标对应问卷 Indicators questionnaire	评价结果 Assessment results
存在 Existence	采用膜下滴灌后亩均水资源量是否满足生产需求 Whether the production needs could be met by per hectare water resources after the implementation of under-film drip irrigation	3.07
效率 Efficiency	单方水生产能力(WUE)是否提高 Whether the ability of WUE could be improved	3.11
选择 choice	膜下滴灌经济投入能否接受 Whether the economic input of under-film drip irrigation could be accept	3.10
安全 Security	抵抗自然灾害的能力是否提高 whether the ability to resist natural disaster could be improved	2.50
适应 Adaptability	膜下滴灌技术培训能否接受 Whether the technical training of under-film drip irrigation could be accept	2.76
共存 Coexistence	生产用水与生态环境用水比例是否合适 Whether the ratio between production water and ecological water is appropriate	2.04
心理 Psychological satisfaction	是否愿意推行目前的模式 Whether people would like to implement the current model	3.01
评价均值 Mean assessment value		2.80

4 讨论与结论

4.1 膜下滴灌技术应用对区域生态环境的影响

在使用现代灌溉技术时,如果不考虑水量平衡而盲目扩大灌溉农田面积,同样会出现严重的缺水和生态问题。玛纳斯河流域地处干旱内陆区,在以往的农业生产中应盲目开荒和水资源不足导致的撂荒教训深刻,因此,在走访和调研中发现当地水利和农业部门以及农业生产者,总体对此问题有清晰的认识。也对随意开垦采取了一些列监管措施,与历史相比较遏制了大规模的盲目开荒,当然也存在少数违规现象。

在目前水利条件和灌溉面积约束下,采用膜下滴灌后,单位面积农业用水量明显减少,调查数据显示,膜下滴灌平均灌溉水量比沟灌减少 3202.5 m³/hm²,节水率为 41.92%。在现实中由于农业灌溉水量的减少,水库水量也出现相对过剩现象。2000—2009 年由水库向中下游河道排放的水量为 1.16×10⁸ m³,计算表明多年平均弃水量为最小生态需水量的 93.55%,即多年平均弃水量接近最小生态需水量。如果水利部门长期坚持每年向河道排放 1.16×10⁸ m³ 的水量,从理论上讲可以维持河道生态安全。

2000、2002、2006 和 2009 年 4a 膜下滴灌比沟灌平均节约化肥量 102.11 kg/hm^2 , 平均节约率为 18.38%。膜下滴灌比沟灌平均节约农药量 1.33 kg/hm^2 , 平均节约率为 17.00%。采用膜下滴灌以后农药化肥的使用量比沟灌明显减少, 减少了对农田环境的潜在污染。总体上, 采用膜下滴灌以后农田土壤环境污染量减少, 河道用水得到很好的补充。

但是如同传统的地膜覆盖种植一样, 一方面覆膜种植方式提高了作物产量^[28-29], 另一方面产生的残膜给农业生产带来了严重的影响^[30]。玛纳斯河流域采用膜下滴灌的棉田耕层中平均残膜量为 300.7 kg/hm^2 , 最高达 381.1 kg/hm^2 , 而且随着覆膜年限越长, 污染越严重^[31]。此外, 采用膜下滴灌种植打破了传统的灌溉模式, 农田有灌无排, 洗盐用水量得不到满足, 土壤盐分出现累积现象, 造成作物一定程度受盐碱危害^[32]。这些问题还需要进一步研究与解决。

4.2 膜下滴灌技术应用对作物种植管理的影响

膜下滴灌种植技术的应用改变了土地经营和管理模式, 出现了以家庭为单位的农场经营模式, 种植规模一般在 $66.67\text{—}100 \text{ hm}^2$, 与传统每户承包种植 $5\text{—}10 \text{ hm}^2$ 的规模相比, 有利于发挥规模效应。根据目前流域内滴灌单系统应用效果来看, 规模控制在 100 hm^2 左右, 既能发挥滴灌系统的运行效率, 又有利于作物经营管理, 这为今后流域农业土地资源管理提供了参考。

滴灌技术的应用推动了种植结构的调整。膜下滴灌种植技术相比沟灌作物经济收益明显增加。大幅度的节水增产效果, 促使当地农民广泛采用膜下滴灌技术种植棉花、小麦、加工番茄、葡萄、大枣等各作物, 促进了种植结构的调整。

4.3 膜下滴灌技术应用对农业劳动力的影响

膜下滴灌技术有利于农业劳动力转移。膜下滴灌技术改变了传统的农业生产田间管理工序, 减少了放苗、覆土、锄草、打埂、修毛渠等作业环节, 既减轻了农工的劳动强度, 又为充分解放劳动力提供了技术条件, 还提高了劳动效率和管理定额。常规灌溉条件下种植棉花, 每个劳动力只能管理 1.67 hm^2 , 膜下滴灌种植棉花, 每个劳动力可管理 $5.33\text{—}8.00 \text{ hm}^2$, 管理定额提高 3—4 倍。调查结果表明绝大多数农工对滴灌技术非常认可, 被调查者中积极采用滴灌技术的农工占 54%, 模仿别人的占 36%, 不愿采用滴灌技术的占 10%。在玛纳斯河流域的石河子垦区, 1997 年滴灌面积为 41 hm^2 , 仅占灌溉面积的 0.03%, 到 2009 年就发展为 $14.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占灌溉面积的 75.02%。1997 年农业人口占总人口的比例为 43.10%, 2009 年农业人口口占总人口的比例为 13.65%, 下降了 29.45%。说明膜下滴灌技术的应用为农业人口转移提供了条件。

总之, 对玛纳斯河流域膜下滴灌技术从社会、经济和生态三个方面进行评价。采用膜下滴灌种植提高了管理效率, 单个劳力管理面积增加, 有利于劳动力转移, 社会可持续性的评价结果为“较好”。膜下滴灌对比沟灌种植棉花单产增加、节水明显、WUE 有较大幅度提高。采用膜下滴灌后, 多年平均灌溉弃水量基本满足河道最小生态需水量。总体上, 采用膜下滴灌技术对于当地生态稳定、经济收入增加和社会发展有积极作用。

References:

- [1] Deng M J, Wang S J, Dong X G, Zhang S M. Water Resources and Sustainable Utilization in Xinjiang Uygur Autonomous Region. Beijing: China Water Power Press, 2005: 8-13.
- [2] Qian Z Y. Studies on water resources allocation, sustainable development strategy of ecological environment improvement in the Northwest region: Comprehensive Volume. Beijing: Science Press, 2004: 69-72.
- [3] Zhang J H, Bai Y G, Zhang S J, Dong X G. Development of water-saving technologies and focused issues on Xinjiang Agricultural. Xinjiang Water Resources, 2010, (1): 33-39.
- [4] Yang J Q. The Prospect and Application of Under-Film Drip Irrigation in food Security Respects // Proceedings of China Agricultural Water Conservation and National Food Ssecurity. Beijing: China Rural Water and Hydropower Press, 2009: 95-102.
- [5] CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering. CIGR handbook of agricultural engineering volume I: Land and Water Engineering. 1999: 297-379.
- [6] Hou W D, Xu N R. Structure of comprehensive evaluation model of the WISW project. Journal of Hehai University, 2000, 28(3): 90-94.

- [7] Zhou W B, Li P C. Study on integrated benefit of water resources in arid and semi-arid irrigated district. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18 (3): 288-293.
- [8] Gao F, Lei S L, Pang H B. Model of fuzzy nervous network integrated assessment of water-saving irrigation projects. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2003, 19(4): 84-87.
- [9] Zhu X Z, Li Y H, Cui Y L, Chen Z M. Application of grey relation method for comprehensive evaluation of irrigation scheme. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2004, 23(6): 44-48.
- [10] Fu Q, Liu D, Wang Z B. Economic benefit analysis of water-saving rice cultivation patterns with PPE model. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2003, 22(2): 65-68.
- [11] Jin J L, Wei Y M, Ding J. Fuzzy comprehensive evaluation model based on improved analytic hierarchy process. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004, 35(3): 65-70.
- [12] Yao J, Guo Z L, Lu Q. Comprehensive principal components analysis on technical and economic index of water saving reform for irrigation area. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004, 35(10): 106-111.
- [13] He Y G, Fu Q, Feng Y, Zhao X Y, Li L. The grade of comprehensive benefit of water-saving agriculture in semi-arid and anti-drought irrigating region of Northeast China. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2006, 25(6): 57-60.
- [14] Wu J S, Kang S Z, Wang J L, Huang X Q. Research advances in evaluation of comprehensive effects of water-saving irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2003, 22(5): 42-46.
- [15] Wang J L, Wu J S, Qi X B, Yang B Z, Zhao H, Pan X Y. Advances in water saving irrigation evaluation. *Advances in Water Science*, 2002, 13 (4): 521-525.
- [16] Wang L H, Ye H C, Chen J S, Chen J. Analysis of the mechanism and benefit of water-saving and production-increase of under-mulch drip irrigation for cotton. *China Rural water and Hydropower*, 2002, (10): 9-12.
- [17] Wang X C, Tang L, Yan Y S. The analysis and evaluation on economic benefit of cotton with under-film drip irrigation. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2004, 22(2): 112-117.
- [18] Bossel H. The human actor in ecological-economic models: policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development. *Ecological Economics*, 2000, 35(3): 337-355.
- [19] Bossel H. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. International Institute for Sustainable Development, 1999: 8-84.
- [20] Water Resources Department of the Xinjiang Uygur Autonomous Region, Xinjiang Association of Water Conservancy. *Xinjiang Rivers Hydrology and Water Resources*. Xinjiang Sci-Tech and Health Press, 1999: 302-310.
- [21] Merritt D. Instream Flow Methodologies: An Evaluation of the Tenant Method for Higher Gradient Stream in the National Forest System Land in the Western U. S. Colorado: Science Colorado State University, 2006: 26-30.
- [22] Wang H F, Wang Z J, Lei Z D, Liao L J, Zhang T L. An ecological warning line of oasis evolvement and its application in arid inland basins. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2006, 25(4): 34-39.
- [23] Cheng W M, Zhou C H, Liu H J, Zhang X, Jiang Y, Zhang Y C, Yao Y H. The oasis expansion and ecoenvironment change over the last 50 years in Manas river valley. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2005, 35(11): 1074-1086.
- [24] Wang S. Manas wetlands: back to life at the edge of desert. *Guang Ming Daily*, 2006-8-4(03).
- [25] Zhao Q, Liu J J, Wang J, Wei P. Calculation of minimum ecological runoff in Manas river. *Arid Land Geodraphy*, 2005, 28(3): 292-294.
- [26] FAO. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 17. Fertilizer use by crop. Rome, 2006: 2-4.
- [27] Yang J J, Wahafu · Halike, Shi D W. Research of fertilizer inputs and grain yield potential in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45 (2): 302-306.
- [28] Mbah C N. Physical properties of an ultisol under plastic film and no-mulches and their effect on the yield of Maize. *Journal of American Science*, 2009, 5(5): 25-30.
- [29] Singh A K, Kamal S. The effect of soil mulching with black plastic sheets on soil temperature and tomato yield in mid hills of Garhwal Himalayas. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2012, 4(4): 78-80.
- [30] Yan C R, Mei X R, He W Q, Deng S H. Present situation of residue pollution of mulching plastic film and controlling measures. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(11): 269-272.
- [31] Yan C R, Wang X J, He W Q, Ma H, Cao S L, Zhu G F. The residue of plastic film in cotton fields in Shihezi, Xinjiang. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3470-3484.
- [32] Yin B, Liu Y T. Spatial distribution and accumulation pattern of soil salinity with long term drip irrigation under plastic mulching. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27(6): 227-231.

参考文献:

- [1] 邓铭江, 王世江, 董新光, 章曙明. 新疆水资源及可持续利用. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 8-13.
- [2] 钱正英. 西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究: 综合卷. 北京: 科学出版社, 2004: 69-72.
- [3] 张江辉, 白云岗, 张胜江, 董新光. 新疆农业高效节水技术发展现状与重点研究的问题. 新疆水利, 2010, (1): 33-39.
- [4] 杨金麒. 膜下滴灌技术在粮食安全中的应用和前景 // 中国农业节水与国家粮食安全论文集. 北京: 中国水利水电出版社, 2009: 95-102.
- [6] 侯维东, 徐念榕. 井灌节水项目综合评价模型及其应用. 河海大学学报, 2000, 28(3): 90-94.
- [7] 周维博, 李佩成. 干旱半干旱地域灌区水资源综合效益评价体系研究. 自然资源学报, 2003, 18(3): 288-293.
- [8] 高峰, 雷声隆, 庞鸿宾. 节水灌溉工程模糊神经网络综合评价模型研究. 农业工程学报, 2003, 19(4): 84-87.
- [9] 朱秀珍, 李远华, 崔远来, 陈忠民. 运用灰色关联法进行灌区运行状况综合评价. 灌溉排水学报, 2004, 23(6): 44-48.
- [10] 付强, 刘东, 王忠波. 基于参数投影寻踪模型的水稻节水栽培经济效益分析. 灌溉排水学报, 2003, 22(2): 65-68.
- [11] 金菊良, 魏一鸣, 丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型. 水利学报, 2004, 35(3): 65-70.
- [12] 姚杰, 郭宗楼, 陆琦. 灌区节水改造技术经济指标的综合主成分分析. 水利学报, 2004, 35(10): 106-111.
- [13] 贺延国, 付强, 冯艳, 赵小勇, 李林. 东北半干旱抗旱灌区节水农业综合效益等级评价模型. 灌溉排水学报, 2006, 25(6): 57-60.
- [14] 吴景社, 康绍忠, 王景雷, 黄修桥. 节水灌溉综合效应评价研究进展. 灌溉排水学报, 2003, 22(5): 42-46.
- [15] 王景雷, 吴景社, 齐学斌, 杨保中, 赵辉, 樊向阳. 节水灌溉评价研究进展. 水科学进展, 2002, 13(4): 521-525.
- [16] 王立洪, 叶含春, 陈江山, 陈军. 棉花膜下滴灌节水、增产的机理与效益分析. 中国农村水利水电, 2002, (10): 9-12.
- [17] 汪希成, 汤莉, 严以绥. 膜下滴灌棉花生产的经济效益分析与评价. 干旱地区农业研究, 2004, 22(2): 112-117.
- [20] 新疆维吾尔自治区水利厅, 新疆水利学会. 新疆河流水文水资源. 维吾尔自治区: 新疆科技卫生出版社, 1999: 302-310.
- [22] 王海锋, 王忠静, 雷志栋, 廖丽君, 张铁林. 干旱内陆河区绿洲演化警戒线及其应用研究. 水力发电学报, 2006, 25(4): 34-39.
- [23] 程维明, 周成虎, 刘海江, 张昫, 蒋艳, 张一驰, 姚永慧. 玛纳斯河流域 50 年绿洲扩张及生态环境演变研究. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2005, 35(11): 1074-1086.
- [24] 王瑟. 玛纳斯湿地: 沙漠边缘重现生机. 光明日报, 2006-8-4(3).
- [25] 赵琪, 刘建江, 王均, 魏萍. 玛纳斯河最小生态径流计算. 干旱区地理, 2005, 28(3): 292-294.
- [27] 杨晋娟, 瓦哈甫·哈力克, 史帝文. 新疆化肥投入量与粮食增产潜力的研究. 新疆农业科学, 2008, 45(2): 302-306.
- [30] 严昌荣, 梅旭荣, 何文清, 郑盛华. 农用地膜残留污染的现状与防治. 农业工程学报, 2006, 22(11): 269-272.
- [31] 严昌荣, 王序俭, 何文清, 马辉, 曹肆林, 祝光富. 新疆石河子地区棉田土壤中天膜残留研究. 生态学报, 2008, 28(7): 3470-3484.
- [32] 殷波, 柳延涛. 膜下长期滴灌土壤盐分的空间分布特征与累积效应. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 227-231.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 23 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Maternal thermoregulation during gestation affects the phenotype of hatchling Chinese skinks (<i>Eumeces chinensis</i>): testing the maternal manipulation hypothesis	LI Hong, ZHOU Zongshi, WU Yanqing, et al (7255)
Effects of conspecific and interspecific interference competitions on cache site selection of Siberian chipmunks (<i>Tamias sibiricus</i>)	SHEN Zhen, DONG Zhong, CAO Lingli, et al (7264)
Characterization of ammonia volatilization from polluted river under aeration conditions: a simulation study	LIU Bo, WANG Wenlin, LING Fen, et al (7270)
Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese <i>Anser indicus</i> wintering at Caohai Lake of Guizhou, China	YANG Yanfeng, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (7280)
Impacts of snow cover change on soil water-heat processes of swamp and meadow in Permafrost Region, Qinghai-Tibetan Plateau	CHANG Juan, WANG Gengxu, GAO Yongheng, et al (7289)
Spatial-temporal changes of urban patch wetlands in Changsha, China	GONG Yingbi, JING Lei, PENG Lei, et al (7302)
Modeling of carbon and water fluxes of Qianyanzhou subtropical coniferous plantation using model-data fusion approach	REN Xiaoli, HE Honglin, LIU Min, et al (7313)
Ecological compensation standard for controlling nitrogen non-point pollution from farmland: a case study of Yixing City in Jiang Su Province	ZHANG Yin, ZHOU Yuchen, SUN Hua (7327)
Static toxicity evaluation of chemical wastewater by PFU microbial communities method	LI Zhaoxia, ZHANG Yuguo, LIANG Huixing (7336)
Emergy evaluation of an agro-circulation system in Beijing suburb: take Jianyan village as a case study	ZHOU Liandi, HU Yanxia, WANG Yazhi, et al (7346)
Research on the cooling effect of Xi'an parks in summer based on remote sensing	FENG Xiaogang, SHI Hui (7355)
The dynamics of spatial and temporal changes to forested land and key factors driving change on Hainan Island	WANG Shudong, OUYANG Zhiyun, ZHANG Cuiping, et al (7364)
Impact of different sowing dates on green water footprint of maize in western Jilin Province	QIN Lijie, JIN Yinghua, DUAN Peili (7375)
The dynamic variation of maize (<i>Setaria mays</i> L.) population growth characteristics under cultivars-intercropped on the Loess Plateau	WANG Xiaolin, ZHANG Suiqi, WANG Shuqing, et al (7383)
Effect of different planting methods on root-shoot characteristics and grain yield of summer maize under high densities	LI Zongxin, CHEN Yuanquan, WANG Qingcheng, et al (7391)
Heavy metal contaminant in development process of artificial biological Soil Crusts in sand-land	XU Jie, AO Yanqing, ZHANG Jingxia, et al (7402)
Effects of enhanced UV-B radiation and nitrogen on photosynthetic pigments and non-enzymatic protection system in leaves of foxtail millet (<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.)	FANG Xing, ZHONG Zhangcheng (7411)
Photosynthetic response of different ecotype of <i>Illicium lanceolatum</i> seedlings to drought stress and rewating	CAO Yonghui, ZHOU Benzhi, CHEN Shuanglin, et al (7421)
Seasonal variations in the stems of <i>Larix principis-rupprechtii</i> at the treeline of the Luya Mountains	DONG Manyu, JIANG Yuan, WANG Mingchang, et al (7430)
Influence of terrain on plant biomass estimates by remote sensing: a case study of Guangzhou City, China	SONG Weiwei, GUAN Dongsheng, WANG Gang (7440)
Effects of exponential fertilization on biomass allocation and root morphology of <i>Catalpa bungei</i> clones	WANG Lipeng, YAN Ziyi, LI Jiyue, et al (7452)
Effects of fire damages on <i>Larix gmelinii</i> radial growth at Tahe in Daxing'an Mountains, China	WANG Xiaochun, LU Yongxian (7463)
A model for water consumption by mountain jujube pear-like	XIN Xiaogui, WU Pute, WANG Youke, et al (7473)
Specificity of photosystems function change of two kinds of overwintering broadleaf evergreen plants	ZHONG Chuanfei, ZHANG Yuntao, WU Xiaoying, et al (7483)

- Effects of drought on fluorescence characteristics of photosystem II in leaves of *Ginkgo biloba* WEI Xiaodong, CHEN Guoxiang, SHI Dawei, et al (7492)
- Numerical classification and ordination of forest communities in habitat of Sichuan Snub-nosed Monkey in Hubei Shennongjia National Nature Reserve LI Guangliang, CONG Jing, LU Hui, et al (7501)
- Impact of inorganic anions on the cadmium effective fraction in soil and its phytoavailability during salinization in alkaline soils WANG Zuwei, YI Liangpeng, GAO Wenyan, et al (7512)
- Photosynthetic adaptability of the resistance ability to weak light of 2 species *Spiraea* L. LIU Huimin, MA Yanli, WANG Baichen, et al (7519)
- Fine root longevity and controlling factors in a *Phoebe Bournei* plantation ZHENG Jinxing, HUANG Jinxue, WANG Zhenzhen, et al (7532)
- Analysis on spatial structure and scenarios of carbon dioxide emissions from tourism transportation XIAO Xiao, ZHANG Jie, LU Junyu, et al (7540)
- The hydrological response to human activities in Guishui River Basin, Beijing LIU Yuming, ZHANG Jing, WU Pengfei, et al (7549)
- Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China FAN Wenbo, WU Pute, MA Fengmei (7559)
- Effects of pattern and timing of high temperature exposure on the mortality and fecundity of *Aphis gossypii* Glover on cotton GAO Guizhen, LÜ Zhaozhi, XIA Deping, et al (7568)
- Physiological responses of *Eucalyptus* trees to infestation of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle WU Yaojun, CHANG Mingshan, SHENG Shuang, et al (7576)
- Carbon storage capacity of a *Betula alnoides* stand and a mixed *Betula alnoides* × *Castanopsis hystrix* stand in Southern Subtropical China: a comparison study HE Youjun, QIN Lin, LI Zhiyong, et al (7586)
- Distribution and ecological risk assessment of 7 heavy metals in urban forest soils in Changsha City FANG Xi, TANG Zhijuan, TIAN Dalun, et al (7595)
- Review and Monograph**
- The relationship between humans and the environment at the urban-rural interface: research progress and prospects HUANG Baorong, ZHANG Huizhi (7607)
- Flux footprint of carbon dioxide and vapor exchange over the terrestrial ecosystem: a review ZHANG Hui, SHEN Shuanghe, WEN Xuefa, et al (7622)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 23 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 23 (December, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csbg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csbg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元