

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第3期 Vol.34 No.3 **2014**

中国生态学会  
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 34 卷 第 3 期      2014 年 2 月    (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 灾后生态恢复评价研究进展 ..... 刘孝富,王文杰,李 京,等 (527)
- 基于生态能量视角的我国小水电可持续性分析 ..... 庞明月,张力小,王长波 (537)

### 个体与基础生态

- 北部湾北部海域夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力 ..... 马 璐,曹文清,张文静,等 (546)
- 鲶鱼和胡子鲶的两性异形与雌性个体生育力 ..... 樊晓丽,林植华,丁先龙,等 (555)
- 环境温度对白头鹎代谢产热和蒸发失水的影响 ..... 林 琳,曹梦婷,胡益林,等 (564)
- 灌溉对沙拐枣幼苗生长及氮素利用的影响 ..... 黄彩变,曾凡江,雷加强,等 (572)
- PAHs 污染土壤植物修复对酶活性的影响 ..... 朱 凡,洪湘琦,闫文德,等 (581)
- 基于修正 RISKE 模型的重庆岩溶地区地下水脆弱性评价 ..... 魏兴萍,蒲俊兵,赵纯勇 (589)
- 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测 ..... 潘延鑫,罗 纨,贾忠华,等 (597)

### 种群、群落和生态系统

- 高寒退化草地不同海拔梯度狼毒种群分布格局及空间关联性 ..... 高福元,赵成章,卓马兰草 (605)
- 捕食者对空心莲子草叶甲种群的生物胁迫 ..... 刘雨芳,李 菲,桂芳艳,等 (613)
- 夏、冬季南海北部浮游植物群落特征 ..... 马 威,孙 军 (621)
- 磨盘山天然次生林凋落物数量及动态 ..... 范春楠,郭忠玲,郑金萍,等 (633)
- 持续干旱对樱桃根际土壤细菌数量及结构多样性影响 ..... 刘方春,邢尚军,马海林,等 (642)
- 随机森林算法基本思想及其在生态学中的应用——以云南松分布模拟为例 ..... 张 雷,王琳琳,张旭东,等 (650)
- 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究 ..... 侯 鹏,申文明,王 桥,等 (660)
- 华北低丘山地人工林蒸散的控制因子 ..... 黄 辉,孟 平,张劲松,等 (667)
- 新疆天山高寒草原不同放牧管理下的 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 通量特征 ..... 贺桂香,李凯辉,宋 韦,等 (674)

### 景观、区域和全球生态

- 宁夏生态足迹影响因子的偏最小二乘回归分析 ..... 马明德,马学娟,谢应忠,等 (682)
- 引黄灌区土壤有机碳密度剖面特征及固碳速率 ..... 董林林,杨 浩,于东升,等 (690)
- 自养微生物同化 CO<sub>2</sub> 的分子生态研究及同化碳在土壤中的转化 ..... 吴小红,简 燕,陈晓娟,等 (701)

### 资源与产业生态

- 基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析 ..... 孙玉峰,郭全营 (710)

基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例 ..... 苏盼盼,叶属峰,过仲阳,等 (718)

### 城乡与社会生态

基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析 ..... 李春林,刘 淼,胡远满,等 (727)

### 研究简报

陕西省不同生态区大气氮素干湿沉降的时空变异 ..... 梁 婷,同延安,林 文,等 (738)

不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响 ..... 刘小勇,李红旭,李建明,等 (746)

长白山苔原带土壤动物群落结构及多样性..... 王振海,殷秀琴,蒋云峰 (755)

最大可允许填海面积模拟——厦门西海域案例研究 ..... 林琛琛,饶欢欢,刘 岩,等 (766)

### 学术信息与动态

2013 年水文土壤学与自然资源可持续利用国际学术研讨会述评 ..... 张 骁,赵文武 (774)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 252 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 29 \* 2014-02



**封面图说:** 云南松树冠——云南松为松科松属裸子植物,多生长在海拔 1000—3500m 的高山,喜光、耐干旱、耐瘠薄,适应酸性的红壤、黄壤,在其他树种不能生长的贫瘠石砾地或冲刷严重的荒山坡分布,易于天然更新。主要分布于四川西南部、云南、西藏东南部、贵州西部、广西西部,常形成大面积纯林,尤以云南分布最广,故有云南松之称。云南松树高可达 30m,胸径达 1m,树皮呈灰褐色,叶通常 3 针一束,鲜有两针,球果圆锥状卵圆形,种子近卵圆形或倒卵形。树干通直,木质轻软细密,是优质造纸、人造板原料,富含松脂是云南松的重要特点之一。

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

DOI: 10.5846/stxb201307261948

潘延鑫, 罗纨, 贾忠华, 刘文龙, 李山, 武迪. 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测. 生态学报, 2014, 34(3): 597-604.

Pan Y X, Luo W, Jia Z H, Liu W L, Li S, Wu D. Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 597-604.

## 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测

潘延鑫, 罗 纨\*, 贾忠华, 刘文龙, 李 山, 武 迪

(西安理工大学教育部西北水资源与环境生态重点实验室, 西安 710048)

**摘要:**为了查明盐碱地排水沟蓄水条件下农田与排水沟之间的水盐交换,基于两年现场观测试验数据,分析了农田与排水沟的水位响应以及电导率变化规律。研究发现:研究区排水沟蓄水条件下,相邻排水沟水位与农田地下水位变化基本一致,作物生长期较为强烈的蒸发蒸腾作用进一步降低了田间地下水位;排水沟水位变化可以直接或间接地影响周围农田的地下水位和水质状况,在无外界来水干扰的情况下,农田地下水和排水沟水样的电导率变化趋势一致,当排水沟受到外来淡水补给时,沟内浓缩的盐分得到稀释,电导率明显低于农田地下水。研究结果可为类似地区盐碱地治理和生态环境保护提供参考依据。

**关键词:**盐碱地;排水沟;电导率;地下水埋深;农田

### Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity

PAN Yanxin, LUO Wan\*, JIA Zhonghua, LIU Wenlong, LI Shan, WU Di

Northwest Key Laboratory of Water Resource and Environment Ecology, Ministry of Education Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China

**Abstract:** The fast population growth and rapid urban development in China have made it necessary to develop marginal lands for agricultural use. One approach to meet such land requirement is to reclaim the existing salinized wasteland through engineering measures through artificial drainage. As salt content in soils poses potential threat to crop growth, understanding the relationships of salt and water exchange between farmland and drainage ditches is of great importance for salinity control in the saline agricultural environment. In this paper, we present a 2 year monitoring study on salt and water dynamics in a reclaimed salt affected farmland area in Shaanxi, China. In 2 strip fields of 100×400m, we observed water table depth and measured electrical conductivity (EC) of water samples taken from monitoring wells, those wells were installed at 1, 2 and 3 m in depth in a cluster in each field; in the mean time, we measured the depth to water level in drainage ditches along the strip fields and sampled the ditch water for their salinity levels. Weather data analysis showed that the rainfall during the monitoring period was close to the long term average values. Rainfall pattern in the study area is generally in accordance with the potential evapotranspiration, making irrigation only necessary when prolonged dry period appears during the growing season. The monitoring data showed that the drainage ditches have effectively controlled the water table in the crop fields: the depth to water table varied between 1.69 to 2.27 in field A and between 1.24 and 2.18 in field B, while the depth to water level in drainage ditches varied between 1.84 and 2.05 by the field A and between 1.16 and 2.0 by the field B. The salinity of the groundwater in the fields, however, was less variable than that in the drainage ditches: the EC in groundwater varied between 4.72 and 7.51ms/cm in field A and between 6.58 and 11.4 in field B, while the EC in drainage ditches varied between 4.86 and 8.69 by the field A and between 1.9 and 14.75 by the field B. The greater variability of EC

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51079122, 51279159)

收稿日期:2013-07-26; 修订日期:2014-01-20

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wluo@mail.xaut.edu.cn

in the drainage ditches was caused by the dilution effect of freshwater recharge in the end of the irrigation season, when a large amount of irrigation return flow from an upstream irrigation district was discharged to the study area due to its lower elevation. The elevated water level in the drainage ditches had no significant impact on field water table depth due to the short duration. When no additional freshwater recharge is available, salinity in the drainage ditches increased with time due to evaporation concentration. Findings from this research may provide technical guidance for salinity management in the similar salt affected agricultural regions.

**Key Words:** salinity; drainage ditch; electrical conductivity (EC); water table depth; farmland

排水系统作为农田水利基础设施的最主要功能就是及时将田间过多的水分排出农田,起到排涝降渍<sup>[1]</sup>、维持灌区水盐平衡<sup>[2-4]</sup>和控制土壤盐渍化<sup>[5-7]</sup>的作用。近年来,大量研究成果<sup>[8-10]</sup>显示许多灌区现有的排水系统存在着排水过度问题,这不仅造成下游受纳水体的污染<sup>[11-13]</sup>而且还浪费了宝贵的水资源<sup>[14-16]</sup>。如何通过工程和管理措施来调控农田水盐均衡,从而实现农业生产的可持续发展是当前我国经济发展和环境保护中亟待解决的科学问题。

在一些半干旱、半湿润灌区内,排水沟由于排水出路受阻,并受到灌溉水或降水、以及来自上游或周边水源的补给,使得排水沟周期性的保持较高水位运行,形成了排水沟蓄水条件,此时区域水盐平衡受到影响<sup>[17-18]</sup>,农田土壤是否会发生积盐而影响作物正常生长成为关注的焦点。例如,美国加州 San Joaquin Valley 灌区因排水中含有硒元素致使排水出路被封堵后,科研人员开展了大量关于作物在较高地下水位情况下生长的水盐平衡研究<sup>[19-21]</sup>。部分研究结果已表明,灌区排水系统运行模式改变后,适当的农田水位管理措施可以满足农业生产可持续发展的要求。

位于陕西省富平县境内的卤泊滩灌区在历史上曾为古湖泊洼地,盐分累计较多,近代被开垦为农田,但盐渍化问题一直很严重。1999年,当地有关部门通过土地平整和健全灌排系统措施,实施了卤泊滩盐碱地深度治理。在治理过程中,受到经济因素和环境保护要求限制,通往滩外的排水干沟未能完成,灌溉季节的排水只能滞留在排水沟和下游一片洼地内。由于地势较低,卤泊滩排水沟系统除了负担本区内的灌溉排水以外,还受到两个上游引黄灌区在灌溉季节退水的影响,沟内水位周期性的升高,形成了排水沟蓄水条件。近10年来,区内未发生大面积的盐渍化,种植的玉米、棉花等农作物生长基本

正常。为了查明排水沟蓄水条件下农田与排水沟之间水盐运动的基本情况,在陕西省卤泊滩盐碱地改良区开展了两年水盐监测的试验工作,根据这些实地监测数据,研究了灌区农田与排水沟之间的水盐动态变化关系,以便探讨农田水文过程变化对盐分运移以及农业生产的影响,成果可为类似区域盐碱地治理与生态环境保护提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区气象条件

根据陕西富平县气象部门提供的数据,卤泊滩盐碱地改良区多年平均降雨量为498mm,降雨多集中在7—9月,占全年降雨量的49%,其他季节较干旱。全年蒸发量1000—1300mm,是降雨量的2—2.3倍。年平均气温13.4℃,夏季最高气温41.8℃。研究区多年平均月降雨以及气温和蒸发量如图1所示。

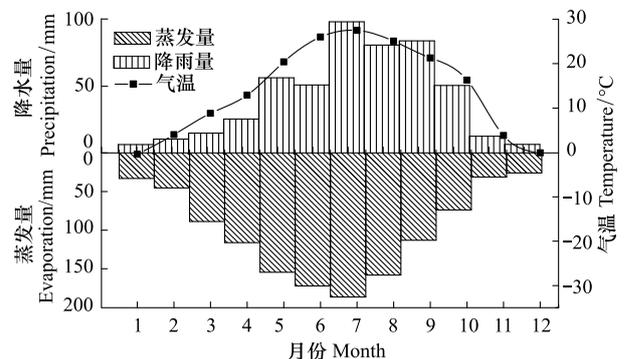


图1 研究区气象资料

Fig.1 The long term average monthly weather data in the study area

### 1.2 监测点布置

如图2所示,在卤泊滩盐碱地改造一期项目区的上游地段选取了两块400m×100m农田进行观测。

2009 年 6 月到 2010 年 10 月的观测时段内,田块 A 种植棉花,田块 B 种植玉米。在每个田块中间布置了观测断面,每个断面上各布置 3 组观测井,每组分别有深度为 1m,2m,3m 的 3 个井(图 2),用来观测地下水位和不同埋深处的水质。同时两个观测断面农田一侧的排水水沟里安装了水尺,并确定了水质取样点,以便同时观测排水沟水位与田间地下水位

以及水质的变化。此外,在研究区内 3 条排水干沟(图 2 中 P、N、M 沟)上从上游到下游依次布置了监测点,与农田断面 A、B 同时进行水质与水位监测。图 2 中箭头代表水流方向,上游灌区退水自西边进入卤泊滩,流入 M 沟,水量较大时,部分水量沿相反方向进入 N 沟与 P 沟。本文研究内容仅限于对农田与两侧排水沟水盐动态关系的分析。

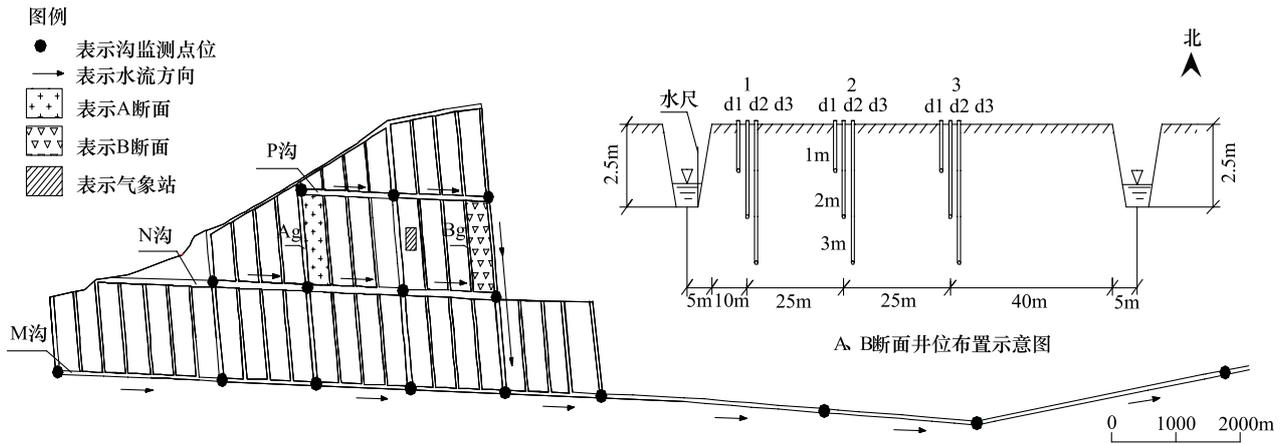


图 2 研究区监测断面及监测点布设图

Fig.2 Layout of the monitoring fields and sampling locations in the study area

### 1.3 监测项目与分析方法

为了监测研究区的水文气象情况,在现场安装了一个小型气象站,实时记录当地降雨量、温度等气象数据。水位测量与水质取样每 2—3 周进行 1 次,同时下载气象数据。对于地下水观测,每次取样过程中,首先用自制水位测量仪记录观测井中的水位,然后用汲水桶将井中的积水排空,待井中水面再现后,提取水样带回实验室。排水沟水位、水质测量与地下水观测过程同步进行。根据研究目标,水质测量指标仅限于盐分含量。所采集水样在实验室用美国哈西 Sension156 测量仪测定电导率。

## 2 结果与分析

### 2.1 监测期内研究区月降雨及潜在腾发量

图 3 显示 2009 年 6 月 25 日到 2010 年 10 月 18 日期间,在研究区内实测的月降雨量以及根据气温、湿度、风速等气象资料按 FAO-56 推荐的 Penman-Monteith 公式计算潜在腾发量。与图 1 显示的多年平均结果相比,监测期内降水与蒸散状况可以代表研究区的正常气候状况,对观测农田水分蒸散和地下水水位的影响比较典型。

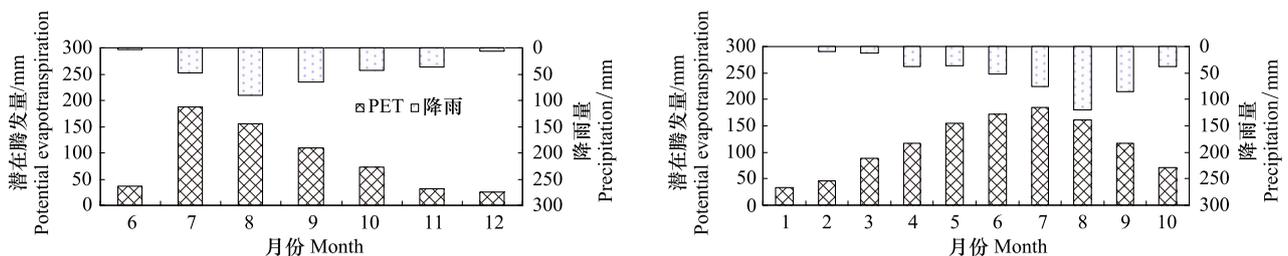


图 3 试验期 2009 年 6 月 25 日—2010 年 10 月 18 日蒸发与降雨量

Fig.3 Monthly PET and precipitation during the monitoring period

### 2.2 农田地下水与排水沟水位监测结果分析

观测期内, A、B 田块观测井组 1m 井中一直没有水, 2m 井中有少量水, 3m 井中水较多。说明在此期间农田地下水埋深保持在 2m 左右。3 组观测井中同一深度井中的水位基本一致, 表明田间地下水水面平坦, 上下波动一致。因此 A、B 田块中地下水埋深分别取 3m 井观测结果的平均值, 与降雨量一起绘于图 4、图 5 中。

图 4 显示 2009 年 6 月至 2010 年 10 月间 A 断面农田地下水埋深以及相邻排水沟 (Ag) 内水面深度变化情况。由图可见, 农田地下水与排水沟水位波

动基本一致。虽然两个生长季内都有多次降雨过程, 但因气温较高、蒸发蒸腾作用强烈、且非饱和土层深度接近 2m, 降雨未能形成对地下水的有效补给。2009 年观测到的 A 断面最大埋深为 2.2m, 此时排水沟内水位高于田间约 20cm; 2010 年观测到的 A 断面最大埋深为 2.3m, 而此时排水沟内水位高于田间约 30cm。观测期有大量来自上游灌区的退水进入研究区内的排水沟系统, 但因 A 断面田块所处的位置与其他干沟的水力连通性较差, 排水沟及农田地下水水位未受到明显影响。

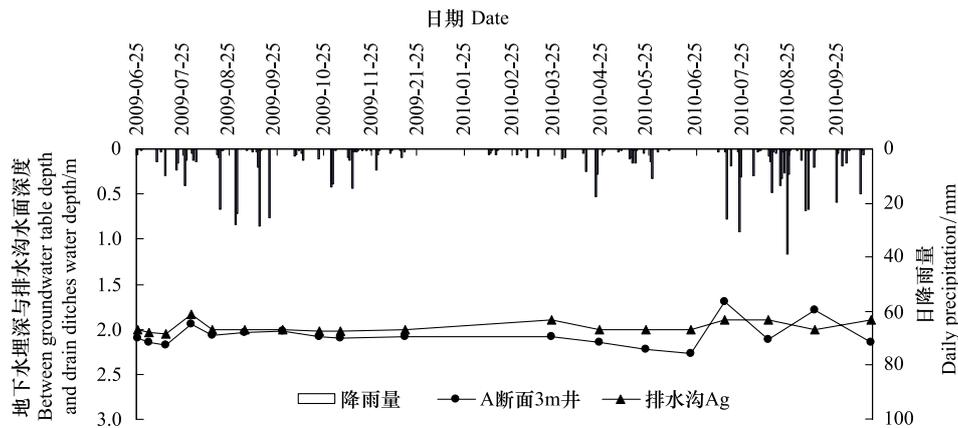


图 4 A 断面排水沟水位及农田地下水埋深变化图  
Fig.4 Depth to water table in field A and its drainage ditch Ag

图 5 显示 B 断面地下水埋深及相邻排水沟 (Bg) 内水面变化情况。受到区域地下水以及相邻排水干沟的影响, B 断面地下水埋深较 A 断面浅, 且波动较大。与 A 断面水位变化类似, 2009 年 6 月初到 7 月中旬期间, 因无明显降雨过程, 排水沟与农田地下水水位均处于下降趋势, 降至最低点 2.2m, 之后受降雨及

灌溉水量补给, 水位抬升。与 A 断面不同的是, B 断面农田一侧的排水沟受来自上游灌区的退水影响较大。如 2009 年 8 月中旬, 有部分水量进入 B 断面农田一侧的排水沟 (Bg), 使得沟水位上升, 农田地下水水位上升滞后于排水沟。与 A 断面不同的是, 排水沟水位始终高于农田地下水水位约 15cm。

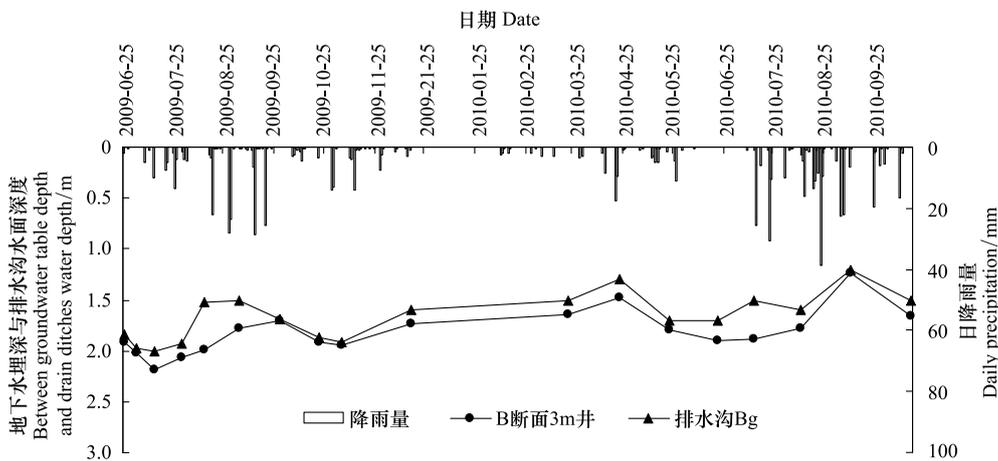


图 5 B 断面排水沟水位及农田地下水埋深变化图  
Fig.5 Depth to water table in field A and its drainage ditch Bg

表 1 显示出农田 A、B 断面地下水埋深的变异系数较小,表明其地下水位相对稳定。其中排水沟 Bg 水位变异系数明显大于沟 Ag。由图 5 可见,排水沟

Bg 所处的位置使其更易受到自干沟流入的上游灌区退水影响,致使其水位变化较大;而排水沟 Ag 内水位的变异系数较小,表明其受到退水的影响很小。

表 1 农田地下水与排水沟水位监测数据统计一览表

Table 1 Depth to water table measurements in monitoring fields and drainage ditches

监测位置 Monitoring location	最大值/m Maximum value	最小值/m Minimum value	均值/m Average value	标准偏差/m Standard deviation	变异系数 Variable coefficient
农田 A 断面 Monitoring A field	2.27	1.69	2.06	0.14	0.07
农田 B 断面 Monitoring B field	2.18	1.24	1.79	0.22	0.12
排水沟 Ag Drainage ditch (Ag)	2.05	1.84	1.98	0.06	0.03
排水沟 Bg Drainage ditch (Bg)	2.00	1.16	1.65	0.23	0.14

排水沟与农田地下水位监测及统计分析结果显示二者之间存在一定的水力联系。尤其是 B 断面,排水沟与农田地下水位的变化表现出了良好的一致性。由于地势和沟深等缘故使得两断面地下水位变化趋势和幅度略有不同,但总的来看,监测断面地下水埋深都维持在 2m 左右。

根据盐碱化地区潜水蒸发规律,埋深愈浅,蒸发愈大,积盐也就愈快。观测结果表明,研究区农田地下水埋深始终保持在 2m 左右,观测期间,农田蒸散作用将田间地下水埋深最低降至 2.2m。农田中积盐现象不甚明显,表明在研究区的水文气象条件下,高矿化度地下水中的盐分没有随毛管水上升到耕作

层中。

### 2.3 农田地下水与排水沟电导率监测结果分析

在观测水位的同时,对农田 A、B 断面 2m、3m 井以及排水沟的电导率进行了取样分析,测定其电导率(图 6,图 7)。因为 2m 井中经常取不到水样,且有限的数据显示 2m 与 3m 井水电导率差异不大,所以图中显示的是 3m 井和排水沟水样的电导率监测结果。由图可见,两块农田的地下水含盐量电导率值在 4—12ms/cm 之间,均为不宜灌溉的劣质水。A 断面(图 4)农田排水沟 Ag 内水样电导率与农田地下水电导率几乎没有差别,说明二者具有密切的水力联系。

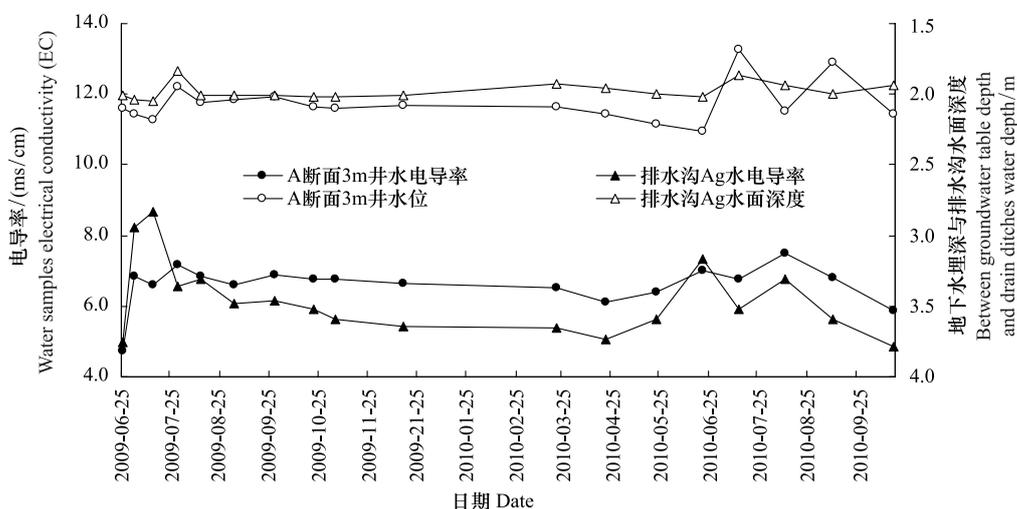


图 6 A 断面 3m 监测井及排水沟 Bg 水样电导率变化图

Fig.6 Measured EC of groundwater from 3m monitoring wells in field A and drainage ditch Ag

图 7 显示 B 断面农田排水沟 Bg 内的盐分浓度受降雨、退水的影响变化明显,2009 年 8 月中旬退水期间,排水沟中水盐分浓度急剧下降,电导率由 12.5ms/cm 下降到 1.9ms/cm,下降了 84.8%。此后

随着沟水位逐渐回落,Bg 沟中水的电导率值略有增高,但仍明显低于农田地下水。虽然水位监测结果显示 B 断面农田地下水位在退水期有一定升高,但监测结果显示盐分却未受到地下水水位上升的显著

影响。自9月以后观测到了2m深井内的水样电导率状况,其中A断面2m井水的电导率略高于3m井,B断面2m井水的电导率则略低于3m井,但二者都没有显著的差别,说明2m到3m之间地下水含盐量无明显变化。2010年A断面3m井与排水沟水样的电导率具有同步变化的趋势,且3m井的水样电导率值高于排水沟,除6月下旬的一次农田灌溉使得

农田土壤盐分被淋洗导致排水沟盐分浓度略高于农田3m井。而B断面受春灌退水的影响,4月下旬地下水位上升,而水样电导率值降低,之后到7月底由于作物耗水和干旱,地下水位逐渐上升,电导率相应升高。8—10月份由于降雨充沛,地下水位明显抬升,其电导率值显著降低。图中还显示排水沟水样电导率值始终低于农田。

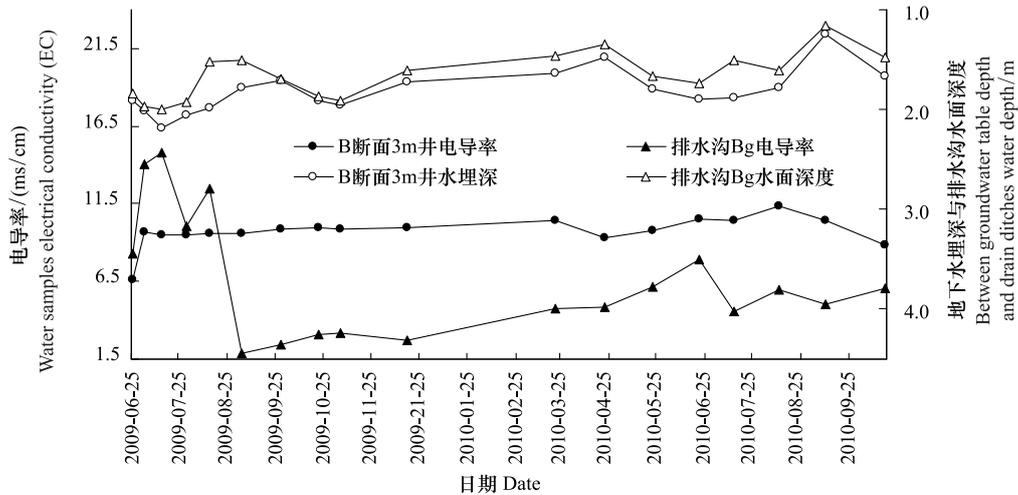


图7 B断面3m监测井及排水沟Bg水样电导率变化图

Fig.7 Measured EC of groundwater from 3m monitoring wells in field B and drainage ditch Bg

表2显示,农田监测断面地下水电导率均值高于排水沟水样的电导率均值,在0.05的显著性水平上,A断面的差别不显著,B断面的差别显著。农田A、B断面地下水电导率的变异系数较小,表明其含盐量变化不大。B断面排水沟水样电导率的变异系数最大,为0.59,说明观测期间该沟内水体的含盐量

发生了较大的变化,这主要是因为B断面排水沟受到外来淡水的补给,使沟内盐分浓度得到稀释的原因;而A断面排水沟受到外来水补给的量很小,沟内水样电导率的变化不大,且与农田地下水电导率变化基本保持一致。

表2 农田地下水与排水沟电导率监测数据统计一览表

Table 2 Salinity measurements in monitoring fields and drainage ditches

监测位置 Monitoring location	水样电导率单位/(ms/cm)						t-统计值	p值 ( $\alpha=0.05$ )	显著性 Statistical significance
	最大值	最小值	均值	标准偏差	变异系数				
A断面3m井 3m well in A field	7.51	4.72	6.55	0.60	0.09	1.83	0.092	不显著	
排水沟 Ag Drainage ditch (Ag)	8.69	4.86	6.32	1.15	0.18				
B断面3m井 3m well in B field	11.40	6.58	9.66	0.97	0.10	3.32	0.003	显著	
排水沟 Bg Drainage ditch (Bg)	14.75	1.90	7.05	4.14	0.59				

### 3 结论

本文的研究对象陕西省富平县卤泊滩盐碱地改良区位于一个低洼地带,地下水运动滞缓,受区域排水以及气候条件的影响,农田潜在盐渍化威胁。排

水沟蓄水条件不仅改善了农田小气候,而且调节了农田土壤水分分布,达到抑制土壤盐分、提高作物对水分利用效率的目的。通过对研究区连续两年的水盐监测资料进行分析,得到以下结果:

(1)在排水沟蓄水条件下卤泊滩盐碱地改良区

农田地下水位基本稳定在 2m 左右,相邻排水沟水位与农田地下水位变化基本一致,在有上游灌区退水进入排水沟的情况下,农田一侧排水沟水位明显高于田间地下水位。

(2)对两块农田地下水与排水沟电导率监测结果表明,在无外界来水干扰的情况下,农田地下水和排水沟水样的电导率变化趋势一致,排水沟蓄水条件能够有效地控制农田水盐运动;当排水沟受到外来淡水补给时,沟内浓缩的盐分得到稀释,电导率明显低于农田地下水。

#### References:

- [ 1 ] Wang S L, Qu X Y. Dynamic control of drainage and calculation method of drainage spacing based on the idea of combining the control of salinization with subsurface waterlogging. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2008, 39(11): 1204-1211.
- [ 2 ] Zhang W Z, Zhang Y F. Knowledge of water-and-salt balance and control of soil saline-and-water-logging in Irrigation District. *China Rural Water and Hydropower*, 2003, (8): 13-18.
- [ 3 ] Chen X B, Yang J S, Yang Z H, Hu S J, Liu G M. Irrigation-drainage management and hydro-salinity balance in Weigan River Irrigation District. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(4): 59-65.
- [ 4 ] Pan Y X, Luo W, Jia Z H, Li J, Chen Y. Experiment on salt exchange between sediments and ponding water in drainage ditches of saline farmland. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(2): 81-87.
- [ 5 ] Jiao Y P, Kang Y H, Wan S Q, Sun Z Q, Liu W, Dong F. Effect of soil matric potential on the distribution of soil salt under drip irrigation on saline and alkaline land in arid regions. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(6): 53-58.
- [ 6 ] Pan Y X, Luo W, Jia Z H, Li J, Chen Y. Salinity variation in water and the sediments of drainage ditches in a saline agricultural environment. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2012, 26(5): 182-185.
- [ 7 ] Sun X J, Wang Z C, Zhao C W, Xu L, Dong Y. Impact assessment of saline-sodic agricultural drainage on water quality invented area of Chagan Lake. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(9): 214-219.
- [ 8 ] Luo W, Jia Z H, Skaggs R W, Xi W Y, Zhang Y F. Rice fields drainage process simulation in Yinnan irrigation district with DRAINMOD model. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(9): 53-57.
- [ 9 ] Sun J S, Kang S Z. Present situation of water resources usage and developing countermeasures of water-saving irrigation in China. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2000, 16(2): 1-5.
- [ 10 ] Guitjens J C, Ayars J E, Grismer M E, Willardson L S. Drainage design for water quality managements overview. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1997, 123(3): 148-153.
- [ 11 ] Skaggs R W, Chescheir G M. Effects of subsurface drain depth on nitrogen losses from drained lands. *American Society of Agricultural Engineers*, 2003, 46(2): 237-244.
- [ 12 ] Luo W, Jia Z, Fang S, Wang N, Liu J, Wang L, Tian S, Zhang Y. Outflow reduction and salt and nitrogen dynamics at controlled drainage in the Yinnan Irrigation District, China. *Agricultural Water Management*, 2008, 95(7): 809-816.
- [ 13 ] Li Q K, Hu Y W, Sun J, Li H E. Loss characteristics of agricultural non-point source pollutants under controlled drainage. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26(Suppl 2): 182-187.
- [ 14 ] Han J C, Xie J C, Zhu J W, Wang T. Comprehensive method for treatment of saline lands. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2009, 40(3): 327-377.
- [ 15 ] Pan Y, Xie J C, Zhu J W, Han J C. Assessment system for harmonious ecosystem of saline land. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2009, 40(3): 492-497.
- [ 16 ] Han J C, Xie J C, Wang T, Luo L T, Zhu M L, Ye X F. Experimental observation of saline alkali of soil in saline land after changing drainage to impoundment in Lubotan of Shaanxi Province. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(6): 59-65.
- [ 17 ] Jia Z, Luo W, Xie J, Pan Y, Chen Y, Tang S, Liu W. Salinity dynamics of wetland ditches receiving drainage from irrigated agricultural land in arid and semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 2011, 100(1): 9-17.
- [ 18 ] Ayars J E, Christen E W, Hornbuckle J W. Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*, 2006, 86(1/2): 128-139.
- [ 19 ] Ayars J E, Christen E W, Soppe R W, Meyer W S. The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review. *Irrigation Science*, 2006, 24(3): 147-160.
- [ 20 ] Doering E J, Benz L C, Reichman G A. Shallow-water-table concept for drainage design in semiarid and subhumid regions// *American Society of Agricultural Engineers (eds). Advances in drainage, proceedings of the fourth national drainage symposium. St Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1982, 34-41*
- [ 21 ] Evans R O, Skaggs R W, Gilliam J W. Controlled versus conventional drainage effects on water quality. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1995, 121(4): 271-276.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 王少丽, 瞿兴业. 盐渍兼治的动态控制排水新理念与排水沟

- (管) 间距计算方法探讨. 水利学报, 2008, 39(11): 1204-1211.
- [ 2 ] 张蔚榛, 张瑜芳. 对灌区水盐平衡和控制土壤盐渍化的一些认识. 中国农村水利水电, 2003, (8): 13-18.
- [ 3 ] 陈小兵, 杨劲松, 杨朝晖, 胡顺军, 刘广明. 渭干河灌区灌排管理与水盐平衡研究. 农业工程学报, 2008, 24(4): 59-65.
- [ 4 ] 潘延鑫, 罗纨, 贾忠华, 李进, 陈远. 盐碱地排水沟蓄水后底泥与水体盐分交换试验. 农业工程学报, 2013, 29(2): 81-87.
- [ 5 ] 焦艳平, 康跃虎, 万书勤, 孙泽强, 刘伟, 董锋. 干旱区盐碱地滴灌土壤基质势对土壤盐分分布的影响. 农业工程学报, 2008, 24(6): 53-58.
- [ 6 ] 潘延鑫, 罗纨, 贾忠华, 李进, 陈远. 农田排水沟水体与底泥中盐分迁移研究. 水土保持学报, 2012, 26(5): 182-185.
- [ 7 ] 孙晓静, 王志春, 赵长巍, 徐璐, 董燕. 盐碱地农田排水对查干湖承泄区的水质影响评价. 农业工程学报, 2011, 27(9): 214-219.
- [ 8 ] 罗纨, 贾忠华, Skaggs R W, 席伟彦, 张永锋. 利用 DRAINMOD 模型模拟银南灌区稻田排水过程. 农业工程学报, 2006, 22(9): 53-57.
- [ 9 ] 孙景生, 康绍忠. 我国水资源利用现状与节水灌溉发展对策. 农业工程学报, 2000, 16(2): 1-5.
- [ 13 ] 李强坤, 胡亚伟, 孙娟, 李怀恩. 控制排水条件下农业非点源污染物流失特征. 农业工程学报, 2010, 26(增刊2): 182-187.
- [ 14 ] 韩霁昌, 解建仓, 朱记伟, 王涛. 陕西卤泊滩盐碱地综合治理模式的研究. 水利学报, 2009, 40(3): 372-377.
- [ 15 ] 潘宜, 解建仓, 朱记伟, 韩霁昌. 陕西省卤泊滩盐碱地和谐生态系统评价体系. 水利学报, 2009, 40(4): 492-497.
- [ 16 ] 韩霁昌, 解建仓, 王涛, 罗林涛, 朱满林, 叶校飞. 陕西卤泊滩盐碱地“改排为蓄”后盐碱指标试验观测. 农业工程学报, 2009, 25(6): 59-65.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.3 Feb., 2014 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Research advances and prospects of post-disaster ecological restoration assessment .....  
..... LIU Xiaofu, WANG Wenjie, LI Jing, et al (527)
- The sustainability analysis of small hydropower plants in China based on ecological energetic accounting .....  
..... PANG Mingyue, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (537)

**Autecology & Fundamentals**

- An ecological study on zooplankton in the northern Beibu Gulf V: the effects of microzooplankton grazing on phytoplankton in summer .....  
..... MA Lu, CAO Wenqing, ZHANG Wenjing, et al (546)
- Sexual size dimorphism and female individual fecundity of *Silurus asotus* and *Clarias fuscus* .....  
..... FAN Xiaoli, LIN Zhihua, DING Xianlong, et al (555)
- Effect of environmental temperature on thermogenesis and evaporative water loss in Chinese bulbuls (*Pycnonotus sinensis*) .....  
..... LIN Lin, CAO Mengting, HU Yilin, et al (564)
- Effects of irrigation on plant growth and nitrogen use characteristics of *Calligonum caput-medusae* Schrenk seedlings .....  
..... HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (572)
- Enzymatic activity during phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon impacted soil .....  
..... ZHU Fan, HONG Xiangqi, YAN Wende, et al (581)
- Assessment of karst groundwater vulnerability in Chongqing based on revised RISKE model .....  
..... WEI Xingping, PU Junbing, ZHAO Chunyong (589)
- Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity .....  
..... PAN Yanxin, LUO Wan, JIA Zhonghua, et al (597)

**Population, Community and Ecosystem**

- Spatial distribution and spatial association of *Stellera chamaejasme* population in the different altitude in degraded alpine grassland .....  
..... GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang, ZHUO MA Lancao (605)
- Biotic stress of predators on population of alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Col.: Chrysomelidae) .....  
..... LIU Yufang, LI Fei, GUI Fangyan, et al (613)
- Characteristics of phytoplankton community in the northern South China Sea in summer and winter .....  
..... MA Wei, SUN Jun (621)
- The amount and dynamics of litterfall in the natural secondary forest in Mopan Mountain .....  
..... FAN Chunnan, GUO Zhongling, ZHENG Jinping, et al (633)
- Effects of continuous drought on soil bacteria populations and community diversity in sweet cherry rhizosphere .....  
..... LIU Fangchun, XING Shangjun, MA Hailin, et al (642)
- The basic principle of random forest and its applications in ecology: a case study of *Pinus yunnanensis* .....  
..... ZHANG Lei, Wang Linlin, ZHANG Xudong, et al (650)
- Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance .....  
..... HOU Peng, SHEN Wenming, WANG Qiao, et al (660)
- Stomatal and environmental control on evapotranspiration in a plantation in the lower mountain areas of North China .....  
..... HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (667)
- The fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in alpine grassland of the Tianshan Mountains, Xinjiang .....  
..... HE Guixiang, LI Kaihui, SONG Wei, et al (674)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Analysis the relationship between ecological footprint (EF) of ningxia and influencing factors: Partial Least-Squares Regression (PLS) ..... MA Mingde, MA Xuejuan, XIE Yingzhong, et al (682)
- Profile distribution patterns of soil organic carbon and the rate of carbon sequestration in Ningxia Irrigation Zone ..... DONG Linlin, YANG Hao, YU Dongsheng, et al (690)
- Molecular mechanism on carbon dioxide assimilation of autotrophic microorganism and carbon translocation in agricultural soils ..... WU Xiaohong, JIAN Yan, CHEN Xiaojuan, et al (701)

**Resource and Industrial Ecology**

- Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach ..... SUN Yufeng, GUO Quanying (710)
- Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan ..... SU Panpan, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (718)

**Urban, Rural and Social Ecology**

- Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression ..... LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (727)

**Research Notes**

- Spatial-temporal variability of dry and wet deposition of atmospheric nitrogen in different ecological regions of Shaanxi ..... LIANG Ting, TONG Yan'an, LIN Wen, et al (738)
- The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area ..... LIU Xiaoyong, LI Hongxun, LI Jianming, et al (746)
- Structure and diversity of soil fauna communities in the tundra of the Changbai Mountains, China ..... WANG Zhenhai, YIN Xiuqin, JIANG Yunfeng (755)
- Modeling the total allowable area for coastal reclamation: a case study of Xiamen, China ..... LIN Chenchen, RAO Huanhuan, LIU Yan, et al (766)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,280 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 34 卷 第 3 期 (2014 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 3 (February, 2014)

**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

**主 编** 王如松

**主 管** 中国科学技术协会

**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

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂

**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@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局

**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

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**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

**Editor-in-chief** WANG Rusong

**Supervised** by China Association for Science and Technology

**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China

**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



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 90.00 元