

## 干旱内陆河灌区灌溉条件下土壤水盐运移规律分析

张书兵<sup>1</sup>, 王 俊<sup>2,3</sup>, 姜卉芳<sup>2</sup>, 肖 俊<sup>3</sup>

(1. 伊犁州喀什河管理处, 新疆 伊犁 835000; 2. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 3. 新疆水利水电勘测设计研究院, 乌鲁木齐 830000)

**摘 要:** 利用中子水分仪和负压计对干旱内陆河灌区田间土壤水、盐及地下水动态进行监测, 结果表明: 在全生育期里, 积盐脱盐交替频繁, 交替周期与灌水周期对应; 超大水量冬灌方式是导致灌区土壤盐渍化恶性循环的主要原因; 对农田土壤盐分的定点实时监测, 能够定量表征农田生态环境状况优劣; 地下水位埋深变化, 可警示农田盐渍化的演变, 对调整灌溉定额采取预防措施有指导意义。

**关键词:** 干旱内陆河灌区; 水盐监测; 水盐运移

**中图分类号:** S157.2; S274

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2008)02-0151-03

## Analysis of Water and Salt Transport in Soil Under Irrigation Condition in Arid Inland River Irrigation Region

ZHANG Shu-bing<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>2,3</sup>, JIANG Hui-fang<sup>2</sup>, XIAO Jun<sup>3</sup>

(1. Yili Canton Kashi River Basin Office, Yili, Xinjiang 835000, China; 2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 3. Xinjiang Water Conservation Water and Electricity Survey Design Research Institute, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** According to dynamic analysis of monitoring experiment for soil water-salt and ground water transport in soil in arid inland river irrigation region with neutron machine and ensiometer. It is concluded that during the whole growth, salt desalination changes frequently, alternating cycles with the water cycle counterparts and winter irrigation with exceedance water is the main reason for making vicious circle of soil salinization. Regular monitoring in same point for soil salt in field can quantitative show state of ecology environment changing; Groundwater fluctuation can warn development of agricultural field salinization. It can help leader adjust irrigation quota and adopt preventing measure.

**Key words:** arid inland river irrigated region; water-salt monitoring; water-salt transport in soil

干旱半干旱的新疆地区蒸发量大, 降雨稀少, 干旱指数大于 20。新疆灌区现有不同程度的次生盐渍化面积达  $10.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 约占全区灌溉面积的  $1/3^{[1]}$ , 土壤次生盐渍化的发展已成为威胁绿洲经济发展的重要环境因素<sup>[2]</sup>, 严重影响着农业生产的进一步发展。为此, 国内外研究者在水盐运移规律方面做了大量工作<sup>[3-11]</sup>, 并取得了一定的成果。随着西部大开发进程的不断深入, 人们逐渐认识到大水漫灌的危害, 各农区开始逐步推广节水灌溉技术。通过对改进地面灌状态下农田土壤水盐动态监测, 研究和分析干旱内陆河灌区土壤水盐运移规律, 为合理灌溉和防止土壤次生盐渍化提供科学依据, 为当地农业生产作出指导, 具有一定的现实意义。

### 1 研究方法

#### 1.1 研究区概况

研究区地处塔里木盆地西北边缘阿瓦提县西南部, 东经  $80^\circ 12' - 80^\circ 20'$ , 北纬  $40^\circ 20' - 40^\circ 38'$ , 海拔高程 1 041~1 054

m。西侧为艾西曼湖等低洼地与荒漠区, 南临阿克苏河、叶尔羌河、和田河三河冲积平原交汇区, 是典型的干旱内陆河灌区。年平均降水量仅 25~80 mm, 蒸发量却高达 1 700~2 900 mm, 蒸发与降水比在 24 以上, 空气湿度只有 40%~58%。年平均气温  $10.4 \sim 11.5^\circ\text{C}$ , 7 月气温最高, 1 月较低, 极端最高气温  $39.4^\circ\text{C}$ , 极端最低气温  $-27^\circ\text{C}$ , 气温年较差  $32 \sim 34^\circ\text{C}$ , 年平均日较差在  $15^\circ\text{C}$  以上, 年平均降雨量 47.8 mm, 主要集中在 6~8 月, 约占全年降雨量的 60%, 年蒸发量 1 905.2 mm, 全年无霜期为 205~211 d, 最大冻土深度 62 cm, 平均日照时数为 7~8 h, 日照长、温差大, 丰富的光热资源有利于农业生产。地下水埋深 2 m 左右, 地下水总硬度为  $1\,013.01 \sim 2\,494.79 \text{ mg/L}$ , 矿化度大于  $10^\circ\text{g/L}$ 。

#### 1.2 研究内容及方法

研究区供试品种为长绒棉“新海 14”。在整个生育期, 采用 TQ-2 型土壤水取样器定时定点提取土壤水样进行土

收稿日期: 2007-03-07

基金项目: 国家“863”计划 (2002AA2Z4201)

作者简介: 张书兵 (1968—), 男, 工程师, 主要从事农田水利工程管理工作。

通信作者: 姜卉芳 (1957—), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事水文水资源研究。E-mail: freebrid1120@126.com

壤水盐动态监测,分析土壤水盐运移规律;采用 CNC503DR 型中子水分仪定时定点进行土壤水分动态监测,分析土壤水分变化规律;同时布设地下水位井,对地下水位变化进行监测。其布置见图 1,土壤特性见表 1。结合试验区当地的情况,在棉花的整个生育期内,共灌水 5 次。分别为 6 月 18 日,7 月 3 日,7 月 20 日,8 月 5 日,8 月 31 日;灌水定额分别为 1 500,1 800,1 800,1 800,1 200  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ;灌溉定额为 8 100  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

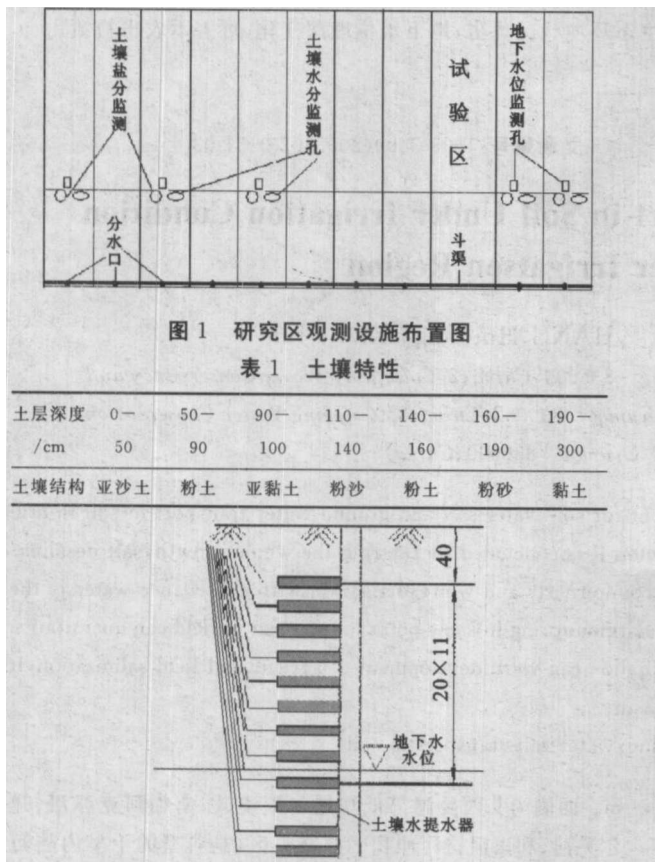


图 1 研究区观测设施布置图  
表 1 土壤特性

图 2 土壤盐分变化监测设备布置结构

### 1.3 分析方法

滴灌前后,利用 TQ-2 型土壤水取水器定时提取土壤水样,其设备布置见图 2,通过电导仪以电导法测试不同土层土壤水原液电导值,用烘干法对应分析土壤水样矿化度,建立土壤水盐电导率与矿化度的相关方程,然后对土壤水电导率测试数据进行土壤水盐分动态分析;根据 33 组土壤水矿化度  $M(\text{g/L})$  和电导率  $EC(\text{S/cm})$  测定结果,示范区内土壤水矿化度  $M$  与电导率  $EC$  之间存在极显著相关性,回归方程为:  $M = 861.87EC$  ( $r = 0.9716, n = 33, r_{0.01} = 0.442$ );利用 CNC503DR 型中子水分仪进行土壤水分定点监测,采用取土烘干法测试对应土层重量含水量,同时测试各土层土壤容重,对中子水分仪的中子读数进行滤定,建立土壤各层体积分含水量的相关方程,对实验区土壤含水量测试数据进行土壤水分动态变化分析,地下水位采用测尺法检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤盐分动态变化特征

盐随水来,又随水去。从图 3 可以看出,在棉花生育期

灌溉过程中,100 cm 土层深度范围内,土壤水电导率主要集中在 4~7  $\text{S/cm}$ (土壤水矿化度在 3.45~6.03  $\text{g/L}$ )之间,灌溉后土壤中的盐分明显减少,随着蒸散发和作物的消耗,土壤水分逐渐减少,盐分逐渐增加,从灌前的 6.03  $\text{g/L}$  降低到灌后的 3.45  $\text{g/L}$ ,土壤水矿化度降低 42.8%。在棉花根系生长深度(100 cm)范围内,处于安全稳定的水盐平衡状态下。土壤中的易溶盐在灌溉期间被淋洗到土层深度 2 m 以下,越深盐分越大,土壤水矿化度最大可达 10.34  $\text{g/L}$ 。

### 2.2 土壤水分动态变化对盐分的影响

在棉花灌溉期,土壤水分动态变化对土壤盐分有很大的影响;由图 5 可看出,改进地面灌示范区棉花灌溉前后,灌溉湿润土壤有效深度可达 120 cm,能够满足棉花根系的生长发育。在作物生育期灌溉季节,土层 100 cm 深度范围内土壤水分变化较强烈,灌水后土壤含水量增大很快,土壤中盐分的淋洗也较充分;灌水后由于地下水位的上升,深层土壤(2.0 m 左右)至地下水位处,土壤含水量接近饱和状态。

定期灌溉能使土壤水分在作物生育期一直保持在适宜作物生长的水平,其垂直变化受灌水量、土壤质地、作物生长状况和气候等因素的影响。作物强烈蒸腾作用使土壤水分表现为上升运动,灌溉改变了这一过程<sup>[12]</sup>。实际灌溉量的下渗影响深度在 100 cm 范围之间较明显,在棉花生育期根系发育主要深度(20—40 cm)内土壤体积分含水量的变幅为 20.1%~35.4%。同时也表明示范区的改进地面灌溉方式能把土壤中的盐分压迫到地面 60 cm 以下,这样就为棉花生产创造了一个稳定的安全生长空间,土壤环境有了保障。

### 2.3 地下水埋深与土壤盐分的关系

由图 5 可以看出,研究区田间土壤盐分变化与地下水位变化关系密切,具体表现为:

(1)灌溉季节(6 月初至 8 月底)洗盐脱盐,尤其在根层(100 cm)范围内,积盐脱盐频繁,在持续规律的灌溉状态下,可保持根层土壤盐分含量在一个安全的范围内变化,满足农业生产。

(2)冬灌时,地下水位急剧上升至土壤浅层,土壤深层的母质盐分和高盐量的地下水,通过地下水的上升被带到土壤浅层,第二年春季至头水前,随着气温升高,蒸发日渐加强,地下水埋深下降,盐分滞留在土壤浅层,表现为积盐。

同时从图 5 还可以看出,在棉花生育期的主要灌水期间(6 月 18 日至 8 月 18 日),地下水埋深一直维持在 2.5 m 左右,水位变幅很小,这说明一方面灌溉季节灌水量较大,地下水位埋深较浅;另一方面也间接表明,灌区内的排水系统不完善,排水不畅,致使地下水位埋深在短期内迅速升高。

## 3 结论

(1)在干旱内陆河灌区,漫灌有明显的压盐、抑盐作用,无排水条件下,干排盐作用明显。

(2)在地下水潜埋区,灌溉期间,上层土壤表现为脱盐,下层土壤表现为积盐。不灌溉期间,上层土壤表现为积盐,下层土壤表现为脱盐。在全生育期里,积盐脱盐交替频繁,交替周期与灌水周期对应。

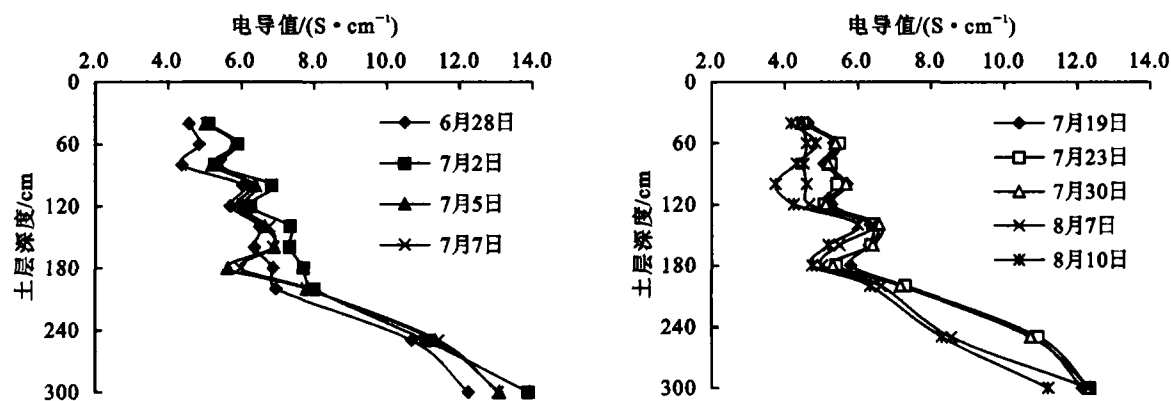


图3 纵向盐分动态变化

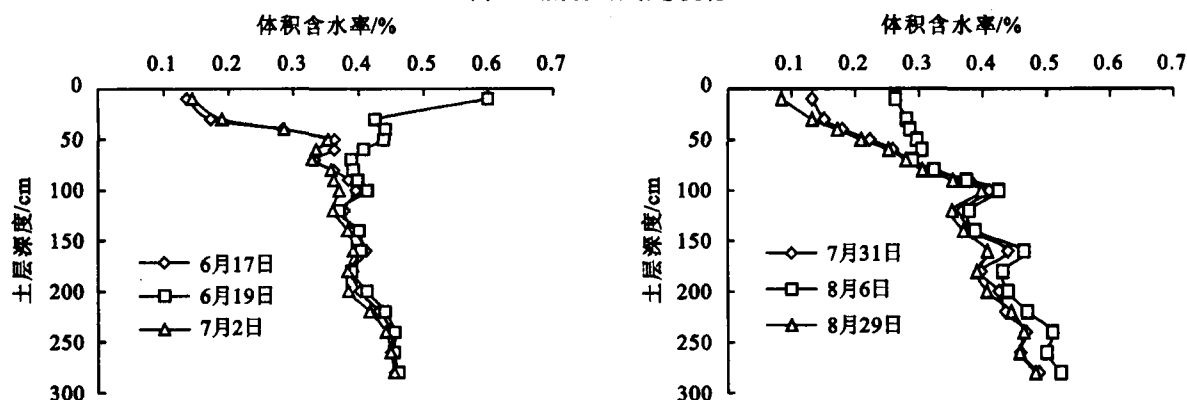


图4 横向盐分动态变化

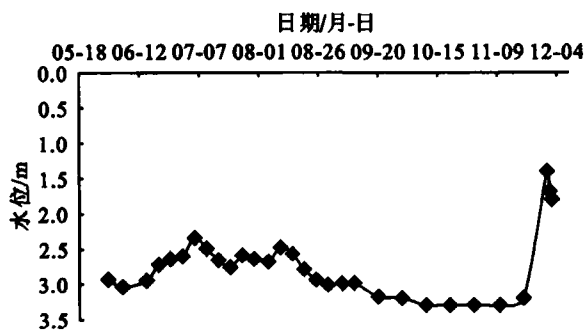


图5 灌水前后土壤盐分变化

(3)通过对土壤盐分变化的观测分析,可以知道何时需要灌水何时不需要灌水,一定程度上避免了水资源的浪费,达到高效用水的目的,同时也为农业灌溉作出指导,具有一定的现实意义。

(4)地下水位埋深变化,可预示农田盐渍化的演变,对调整灌溉定额采取预防措施有指导意义。

#### 参考文献:

- [1] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 顾峰雪, 施庆东, 张远东, 等. 准噶尔盆地南缘阜康绿洲水盐空间特征的初步分析[J]. 新疆大学学报: 自然科学版, 2002(1): 117-122.
- [3] Nadine Brisson, Alain Perrier. A semiempirical model of bare soil evaporation for crop simulation models[J]. Water Resour. Res., 1991, 27: 719-727.
- [4] Bachmann J, Horton R, der Ploeg R R. Isothermal and nonisothermal evaporation from four sandy soils of different water repellency[J]. Soil. Sci. Soc. Am. J., 2001, 65: 1599-1607.
- [5] Fritton D D, Don Kirkham, Shaw R H. Soil water evaporation, isothermal diffusion, and heat and water transfer[J]. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 1970, 34: 183-189.
- [6] Gardner W R. Solutions of the flow equation for the drying of soils and other porous media[J]. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 1959, 23: 183-187.
- [7] Gardner H R, Gardner W R. Relation of water application to evaporation and storage of soil water[J]. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 1969, 33: 192-196.
- [8] Milly P C D. A simulation analysis of thermal effects on evaporation from soil [J]. Water Resour. Res., 1984, 20: 1087-1098.
- [9] Lascano R J, van Bavel C H M. Simulation and measurement of evaporation from a bare soil[J]. Soil. Sci. Soc. Am. J., 1986, 50: 1127-1133.
- [10] Mahrer Y, Naot O, Rawitz E, et al. Temperature and moisture regimes in soils mulched with transparent polyethylene [J]. Soil. Sci. Soc. Am. J., 1984, 48: 362-367.
- [11] 高峻, 黄元仿, 李保国. 农田土壤颗粒组成及其剖面分层的空间变异分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 151-157.
- [12] 王水献, 周金龙, 董新光. 地下水浅埋区土壤水盐试验研究[J]. 新疆农业大学学报, 2004(3): 52-56.