

阿拉尔灌区农田排水水质水量变化规律分析

董晓梅, 杨玉辉, 李朝阳, 王兴鹏

(1. 塔里木大学 水利与建筑工程学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学 现代农业工程重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要: 农田排水资源化利用作为缓解淡水资源短缺与减小环境负面影响的有效途径已经被众多学者关注, 所以, 在农田排水资源化利用的前期就需掌握水质、水量变化规律。实验通过对阿拉尔灌区塔南总排农田排水两年采样, 监测排水量、矿化度、 Na^+ 、 Cl^- 等离子浓度并分析变化规律。结果表明: 塔南总排农田排水水量丰富且逐月变化规律明显, 2015、2016年总水量分别为 0.75×10^8 、 $0.69 \times 10^8 \text{ m}^3$; 排水全年为咸水水质, 两年平均矿化度 8.7 g/L 且矿化度变化规律与水量变化规律呈负相关; 排盐量变化规律与排水量变化规律呈正相关, 排渠两年向塔里木河排盐 $11.93 \times 10^4 \text{ t}$; 排水属 $\text{Na}-\text{Cl}$ 型水质, Na^+ 为主要阳离子, 平均占比 16.7% , 平均浓度 1.4 g/L ; Cl^- 为主要阴离子, 平均占比 35.6% , 平均浓度 3.1 g/L 。并提出了南疆农田排水资源化利用建议: 农田排水水量较大月份排水的矿化度、 Na^+ 、 Cl^- 浓度均较低, 再利用时可优先考虑。

关键词: 农田排水; 水质分析; 水量; 排水再利用; 阿拉尔灌区

中图分类号: TV213.9; S276

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2017)05-0250-05

Variation law analysis of Alar irrigated area farmland drainage quality and quantity

DONG Xiaomei, YANG Yuhui, LI Zhaoyang, WANG Xingpeng

(1. College of Water Resource and Architectural Engineering, Tarim University, Alar 843300, China;

2. Key Laboratory of Modern Agricultural Engineering, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Alar 843300, China)

Abstract: The utilization of farmland drainage water has been concerned by many scholars as an effective way to alleviate the shortage of fresh water resource and reduce the negative impact of the environment. Therefore, we need to understand the variation law of farmland drainage quality and quantity before the utilization. The experiment was carried out to monitor the displacement, mineralization degree, Na^+ , Cl^- concentration and analyze the change rule by sampling the drainage of South Tarim Drain in the Alar Irrigation District for two years. The results showed that the drainage quantity of South Tarim Drain is rich and the monthly variation law is obviously. The total drainage of 2015 was 75 million cubic metres and 2016 was 69 million cubic metres. The drainage is salt water all year round. The average TDS in two years is 8.7 g/L and TDS variation law is negatively correlated with the change of drainage quantity. The Variation law of salinity is obviously and positively correlated with the change of drainage quantity. The drainage discharged 0.119 million tons of salt to Tarim river in two years, and the quality types of drainage is $\text{Na}-\text{Cl}$. The major cation is Na^+ , of which the average percentage is 16.7% and the average concentration is 1.4 g/L . The major anion is Cl^- , of which the average percentage is 35.6% and the average concentration is 3.1 g/L . It is suggested that for farmland drainage utilize of south Xinjiang, when the drainage quantity is large and the TDS, Cl^- and Na^+ is less, we could give priority to reuse the drainage.

Key words: farmland drainage technology; drainage quality analysis; drainage quantity; drainage reuse; Alar irrigated area

收稿日期: 2017-03-24; 修回日期: 2017-06-14

基金项目: 兵团中青年科技创新领军人才计划(2016BC001); 塔里木大学重大专项培育项目(TDZKPY201501)

作者简介: 董晓梅(1989-), 女, 新疆石河子人, 本科, 助教, 主要从事环境工程方面的研究工作。

通讯作者: 王兴鹏(1978-), 男, 宁夏吴忠人, 硕士, 副教授, 主要从事极端干旱荒漠区农业水土环境方面的研究工作。

1 研究背景

新疆常年降雨极少,蒸发量大,水资源短缺,土壤盐碱化严重^[1]。大水洗盐和种稻改良导致排水量大,水资源浪费严重。在淡水资源匮乏的同时,排水并没有被有效利用,据统计,仅阿拉尔灌区每年排入塔河的排水水量达 $7.07 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[2]。农田排水资源化利用作为干旱缺水地区开发水资源利用潜力的有效途径,早已被人们所重视与采用^[3],并且有研究者指出,利用农田排水作为灌溉水源不仅提供给作物所需水分,同时对环境产生最小化影响^[4-6]。对于农田排水资源化利用技术,国内外专家做出了大量研究。刘大刚等^[7]构建了农田排水资源灌溉利用适宜性评价指标体系,体系中指出农田排水再利用适宜性与排水水质、灌排措施等多个因素有关;赖永明等^[8]提出针对特定地区的各种作物,制定相应的苦咸水灌溉技术措施,包括控制灌溉水矿化度、制定合理的灌溉制度、采用滴灌的灌溉方式等;郭凯等^[9]利用高矿化度咸水结冰灌溉对盐碱地进行漫灌压盐,咸水冻融过程中的淡化效果较好,淡化后的咸水冰对土壤盐分淋洗效果显著;王兴鹏等^[10]利用排水灌溉棉花,得出如下结论:当排水矿化度低于 3 g/L 时,能够保证棉种正常发芽而不产生危害,当矿化度超过 3 g/L 时,开始显现对棉种发芽的抑制作用,高于 5 g/L 时抑制作用强烈。作为新疆缓解水资源短缺、减小环境负面影响的有效途径,农田排水资源化利用意义重大。所以,在农田排水资源化利用前期就需掌握水质、水量变化规律。基于此,本文通过对阿拉尔灌区塔南总排农田排水的两年监测,

探索发现排水水质、水量变化规律,为新疆农田排水资源化利用提供数据参考,同时为新疆农田排水资源化利用模式的确立提供切入点。

2 材料与方法

2.1 监测点选取

实验选取阿拉尔灌区塔南总排作为监测排渠。塔南总排依伴 210 省道而行,全长 104 km,由干、支、斗排渠系组成,主要用于塔南各团场阿塔公路以南耕地压碱排水,是阿拉尔灌区标志性总排渠。监测点选取在 210 省道 192 km 处 ($40^\circ 32' 32'' \text{N}$, $81^\circ 34' 45'' \text{E}$),监测点有南北向跨桥一座,便于采样及数据测定。

2.2 样品及数据采集

2015 年 1 月至 2016 年 12 月,每间隔 7d 对监测点进行水样采集与数据测定。用采样瓶装取测点液面下 0.5 m 水深水样,过滤泥沙等杂质并 4°C 保存;用塔尺测量液面高度并利用断面图计算过流断面面积;用三点法测定排渠平均流速。

2.3 实验方法

2.3.1 水量测定 测点渠宽 28 m,由于排渠横断面为不规则形状,每间隔 0.5 m 用塔尺测量渠底距桥梁高度 H ,利用 Auto CAD 软件绘制排渠断面图,每 3 个月校准断面图;每间隔 7 d 测量排渠液面距桥梁距离 H_1 ,根据 Auto CAD 软件网格计算排渠过水断面面积;流速测点纵向分布,依据三点法定制流速测点位置,距液面高度 H_2 为 0.2 m, H_3 为 0.6 m, H_4 为 0.8 m,用流速仪测定流速,取平均值。排渠断面及待测定指标见图 1。

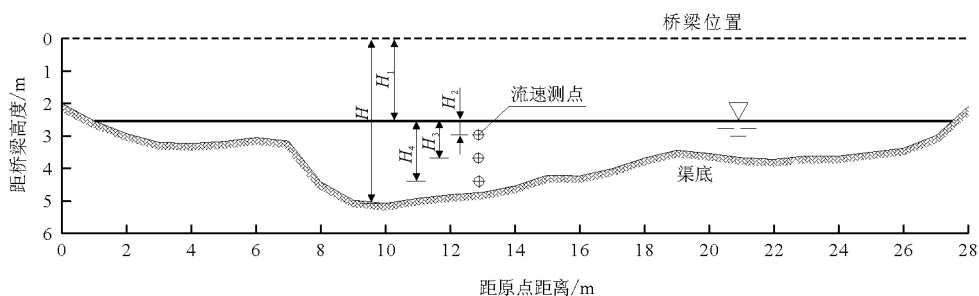


图1 塔南总排渠断面图

水量计算公式:

$$Q = V \cdot A \quad (1)$$

式中: Q 为水量, m^3/s ; V 为过水断面平均流速, m/s ; A 为过水断面面积, m^2 。

2.3.2 水质检测 包括矿化度、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 浓度。用重量法 (SL97 -

1994) 测定水样矿化度,用火焰光度计测定 Na^+ 、 K^+ 浓度,用 EDTA 滴定法测定 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓度,用摩尔法测定 Cl^- 浓度,用容量法测定 SO_4^{2-} 浓度,用酸碱滴定法测定 CO_3^{2-} 浓度。

2.3.3 排盐量计算 排盐量指向容纳排水的水体排入的盐量,亦是灌溉水从耕地中带出的盐量,是水

量与矿化度乘积。排盐量计算结果反映排入塔里木河的盐分质量。其计算公式为:

$$T = Q \cdot C \quad (2)$$

式中: T 为排盐量, kg; Q 为水量, m^3/s ; C 为矿化度, kg/m^3 。

3 结果与分析

3.1 水量变化规律分析

2015、2016 年塔南总排农田排水总水量分别为 $0.75 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $0.69 \times 10^8 \text{ m}^3$, 水量逐月变化显著(图 2)。2015 年全年水量出现 3 个峰值, 分别在 3、8 及 11 月, 其水量为 $814 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 1149×10^4 、 $554 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占全年总水量 33.5%, 最大水量为 8 月, 最小水量为 10 月; 2016 年全年水量出现 3 个峰值, 分别在 3、8 及 11 月, 峰值水量为 $898 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $937 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $1\,020 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占全年总水量 41.2%, 最大水量为 11 月, 最小水量为 10 月; 2015 年、2016 年水量较大的月份有 3、4、7、8、11 月, 水量较小的月份有 1、2、9、10 月。

对统计数据研究发现(图 2), 2015 与 2016 年塔南总排水量变化趋势相近, 两年峰值均出现在 3、8 及 11 月, 是由于排水水量与灌区耕地灌水关系较为密切, 阿拉尔垦区具有固定灌水模式, 每年 11、3 月进行农田冬春灌压盐, 排水量均会出现峰值; 而 7、8 月份是作物耗水高峰期, 灌水定额和灌水频率增加也会导致排水量增加, 并且 2015 年 8 月与 2016 年 8 月降雨量均较同年 7 月份多, 使得两年排水量 8 月大于 7 月; 两年中 1、2、9、10 月水量均较少, 9、10 月虽是农忙期, 但田间活动多为秋收, 无耕地灌溉, 1、2 月为农闲期, 无田间活动, 致使 1、2、9、10 月排水量相对较少。

3.2 矿化度变化规律分析

2015、2016 年塔南总排农田排水矿化度如图 3 所示。排水全年为咸水水质, 2015 年排水矿化度变化范围 $7.0 \sim 10.5 \text{ g/L}$, 平均矿化度 8.6 g/L ; 2016 年

排水矿化度变化范围 $6.2 \sim 10.8 \text{ g/L}$, 平均矿化度 8.7 g/L , 矿化度逐月变化明显。

分析发现, 2015、2016 年矿化度变化规律相近, 与水量变化曲线呈明显负相关, 水量在 3、8、11 月出现峰值时, 排水矿化度均达到谷值。排水量大意味着耕地灌水量多, 增加溶剂(灌溉水)量使排水矿化度降低, 但根据 2016 年 5 月与 8 月的数据对比发现, 5 月排水量为 $467 \times 10^4 \text{ m}^3$, 8 月排水量约是 5 月水量 2 倍, 但矿化度 5 月与 8 月分别是 10.8 g/L 与 8.6 g/L , 并非呈 2 倍关系, 在灌溉水量增加的同时更多溶质(盐分)被带离土壤。

两年内矿化度 $6.0 \sim 8.0 \text{ g/L}$ 的排水水量为 $6\,948 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占总水量 48.12%; 矿化度 $8.0 \sim 10.0 \text{ g/L}$ 的排水水量为 $5\,208 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占总水量 36.07%; 矿化度大于 10.0 g/L 的排水水量为 $2\,283 \times 10^4 \text{ m}^3$, 占总水量 15.81%, 矿化度相对较低的排水水量接近总水量一半。

王少丽等^[11]在农田排水再利用适宜性评价中提出, 在排水水量满足灌溉用水量前提条件下, 主要考虑 5 个方面因素: 排水水质、作物特性、土壤特性、灌排措施和水文气象。可见, 水质是农田排水再利用的重要指标。

阿拉尔灌区农田排水水质变化规律明显且与水量变化规律呈负相关, 水量较大月份排水矿化度均较低, 但目前缺乏合理的再利用运行模式, 能够避“重”就“轻”, 先对水量较大、矿化度较低时期农田排水再利用, 而后对水量较小、矿化度较高时期农田排水通过混灌或淡化加以利用。

3.3 排盐量变化规律分析

2015 与 2016 年塔南总排共向塔里木河排盐约 $11.93 \times 10^4 \text{ t}$ 。两年排盐量变化规律相近, 峰值月份均为 3、8 及 11 月(图 4), 与排水量峰值一致。2015 年月均排盐量 $5.18 \times 10^4 \text{ t}$, 累计排盐量 $62.19 \times 10^4 \text{ t}$; 2016 年月均排盐量 $4.76 \times 10^4 \text{ t}$, 累计排盐量 $57.15 \times 10^4 \text{ t}$ 。

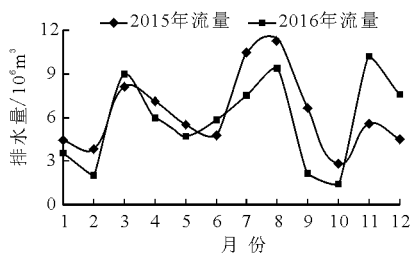


图 2 2015、2016 年排渠水量

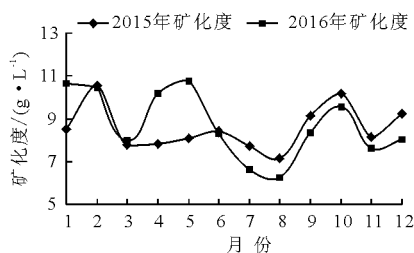


图 3 2015、2016 年排水矿化度

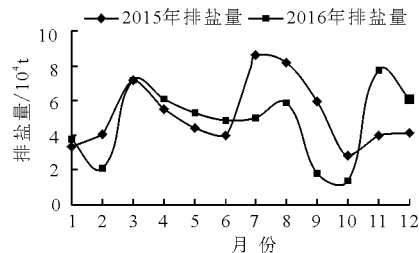


图 4 2015、2016 年排盐量

研究发现,排水量与排盐量呈正相关,水量在3、8、11月达到峰值时排盐量也达到峰值;水量与矿化度呈负相关,这说明在排盐量计算中水量占主导因素,灌溉水量大可从耕地中带出更多盐分。由此可见,2016年排盐总量较2015年低,是由于2016年排水量少于2015年。

灌区耕地中的盐经农田排水带入塔里木河,在中、下游灌溉过程中又被带入灌区,形成农田盐分污染循环,严重影响到整个塔里木河流域的用水安全与土壤盐渍化治理。农田排水已经成为当地农业生产中的“毒瘤”,实现南疆农田排水资源化利用迫在眉睫。

3.4 离子浓度变化规律分析

2015、2016年排水各离子在总盐中占比如图5、6所示, Na^+ 是排水中占比最大阳离子,两年平均占比16.7%,占比最小阳离子是 K^+ ,平均占比0.5%; Cl^- 是占比最大阴离子,两年内平均占比35.6%,

SO_4^{2-} 与 CO_3^{2-} 占比相当,达3%左右。这表明塔南总排排水属于Na-Cl型水质。

2015年塔南总排农田排水中 Na^+ 为主要阳离子,浓度变化范围0.7~2.4 g/L,平均浓度1.4 g/L,在总盐中占比7.9%~29.4%,平均占比16.1%, Na^+ 浓度曲线与矿化度曲线有一定相关性; Cl^- 为排水主要阴离子,浓度变化范围2.4~4.2 g/L,平均浓度3.2 g/L,在总盐中占比32.5%~51.5%,平均占比37.2%, Cl^- 浓度曲线与矿化度曲线相关性较好(图7)。

2016年排水中 Na^+ 为主要阳离子,浓度变化范围为0.7~1.7 g/L,平均浓度1.3 g/L,在总盐中占比8.7%~20.5%, Na^+ 浓度曲线与矿化度曲线有一定相关性; Cl^- 为排水主要阴离子,浓度变化范围2.3~3.6 g/L,平均浓度3.0 g/L,在总盐中占比29.4%~36.7%, Cl^- 浓度曲线与矿化度曲线相关性较好(图8)。

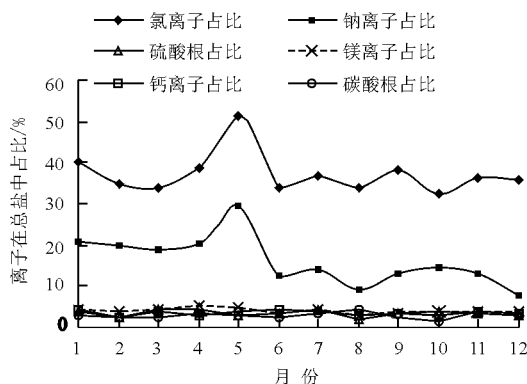


图5 2015年排水离子占比

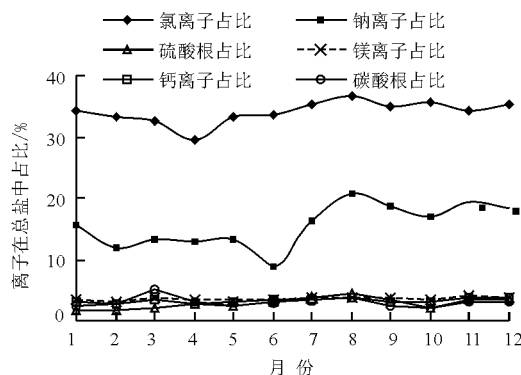


图6 2016年排水离子占比

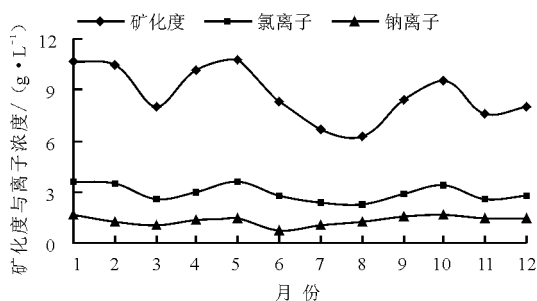


图7 2015年排水矿化度与 Na^+ 、 Cl^- 浓度

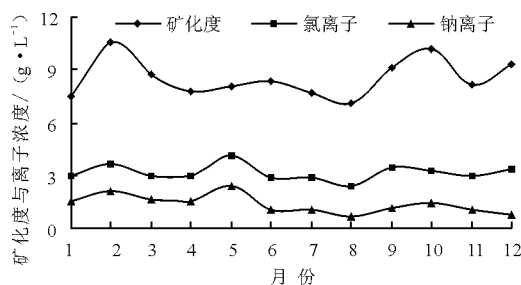


图8 2016年排水矿化度与 Na^+ 、 Cl^- 浓度

对统计数据研究发现, Na^+ 、 Cl^- 浓度变化规律与矿化度变化规律呈正相关,随着矿化升高,排水中 Na^+ 、 Cl^- 浓度也会增加,但其在总盐中占比不具有这种关系;总排农田排水为Na-Cl型水质,如对排水再利用,需考虑 Na^+ 、 Cl^- 对土壤及作物的负面影响; Na^+ 、 Cl^- 变化规律与矿化度变化规律呈正相关、与水量变化呈负相关,在排水量最大、矿化度最低时

Na^+ 、 Cl^- 对土壤及作物负面影响最小。

4 结 论

(1)塔南总排农田排水水量丰富且逐月变化规律明显,2015、2016年总水量分别为 $0.75 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $0.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,水量较大的月份有3、4、7、8、11月,水量较小的月份有1、2、9、10月。

(2)排水全年为咸水水质,矿化度逐月变化规律明显,与水量变化规律呈负相关。2015 年矿化度变化范围为 7.0 ~ 10.5 g/L,平均矿化度 8.6 g/L;2016 年矿化度变化范围为 6.2 ~ 10.8 g/L,平均矿化度 8.7 g/L。

(3)2015 与 2016 年塔南总排共向塔里木河排盐约 11.93×10^4 t,排盐量逐月变化规律明显且与排水量呈正相关。在塔里木河流域“上灌下排”的耕作模式下,农田排水已成当地农业生产中的“毒瘤”。

(4)排水属于 Na-Cl 型水质,再利用时需考虑 Na^+ 、 Cl^- 对作物及土壤的危害。 Na^+ 为主要阳离子,平均占比 16.7%,平均浓度 1.4 g/L; Cl^- 为主要阴离子,平均占比 35.6%,平均浓度 3.1 g/L。灌区农田排水量较大月份的矿化度、 Na^+ 、 Cl^- 浓度均较低,再利用时可优先考虑。

参考文献:

- [1] 苏宏超,沈永平,韩萍,等. 新疆降水特征及其对水资源和生态环境的影响[J]. 冰川冻土,2007,29(3):343-350.
- [2] 艾力江·沙吾提. 南疆水资源分布现状及开发利用对策[J]. 水利规划与设计,2015(1):31-33.
- [3] 贺新春,邵东国,刘武艺,等. 农田排水资源化利用的研究进展与展望[J]. 农业工程学报,2006,22(3):176-179.
- [4] Shannon M C, Grieve C M. Options for using low-quality water for vegetable crops[J]. Hortscience A Publication of

the American Society for Horticultural Science, 2000, 35(6):1058-1062.

- [5] Kaffka S, Oster J, Corwin D. Forage production and soil reclamation using saline drainage Water[C]//Proceedings of 2004 National Alfalfa Symposium. And 34th CA Alfalfa Symposium, 13-15 December 2004 San Diego, CA. Department of Agricultural and Range Science Cooperative Extension, UC, Davis, Davis, USA, 2004:247-253.
- [6] Qadir M, Oster J D. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture[J]. Science of the Total Environment, 2004,323(1-3):1-19.
- [7] 刘大刚,王少丽,许迪,等. 农田排水资源灌溉利用适宜性评价指标体系研究[J]. 灌溉排水学报,2013,32(2):93-96.
- [8] 赖永明,洪林,陈浩,等. 咸水灌溉影响及改善措施研究进展[J]. 节水灌溉,2012(12):55-59.
- [9] 郭凯,巨兆强,封晓辉,等. 咸水结冰灌溉改良盐碱地的研究进展及展望[J]. 中国生态农业学报,2016,24(8):1016-1024.
- [10] 王兴鹏,段爱旺,李双. 农田利用排水灌溉对土壤入渗特性及棉花生长的影响[J]. 农业机械学报,2016,47(6):100-106.
- [11] 王少丽,刘大刚,许迪,等. 基于模糊模式识别的农田排水再利用适宜性评价[J]. 排灌机械工程学报,2015,33(3):239-245.

(上接第 249 页)

参考文献:

- [1] 薛万来,牛文全,张子卓,等. 微润灌溉对日光温室番茄生长及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(6):61-66.
- [2] 于秀琴,窦超银,于景春. 温室微润灌溉对黄瓜生长和产量的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(7):159-163.
- [3] 张国祥,申丽霞,郭云梅. 基于微润灌溉技术的大棚白菜生长状况试验研究[J]. 节水灌溉,2016(7):6-8+12.
- [4] 张俊,牛文全,张琳琳,等. 微润灌溉线源入渗湿润体特性试验研究[J]. 中国水土保持科学,2012,10(6):32-38.
- [5] 褚丽妹,葛岩,潘兴辉,等. 苹果树微润灌溉技术试验研究[J]. 节水灌溉,2012(4):30-31+36.
- [6] 张俊,牛文全,张琳琳,等. 初始含水率对微润灌溉线源入渗特征的影响[J]. 排灌机械工程学报,2014,32(1):72-79.
- [7] 张立坤,窦超银,李光永,等. 微润灌溉技术在大棚娃娃菜种植中的应用[J]. 中国农村水利水电,2013(4):53-55.
- [8] 魏镇华,陈庚,徐淑君,等. 交替控水条件下微润灌溉对番茄耗水和产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2014,33

(4):139-143.

- [9] 牛文全,张俊,张琳琳,等. 埋深与压力对微润灌湿润体水分运移的影响[J]. 农业机械学报,2013,44(12):128-134.
- [10] 何玉琴,成自勇,张芮,等. 不同微润灌溉处理对玉米生长和产量的影响[J]. 华南农业大学学报,2012,33(4):566-569.
- [11] 薛万来,牛文全,张俊,等. 压力水头对微润灌土壤水分运动特性影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报,2013,32(6):7-11.
- [12] 张朝晖,张建贵,徐宝山. 微润管灌溉技术参数试验研究[J]. 灌溉排水学报,2015,34(08):63-66.
- [13] 薛万来,牛文全,罗春艳,等. 微润灌溉土壤湿润体运移模型研究[J]. 水土保持学报,2014,28(4):49-54.
- [14] 祁世磊,谢香文,邱秀云,等. 低压微润带出流与入渗试验研究[J]. 灌溉排水学报,2013,32(2):90-92.
- [15] 邱照宁,江培福,肖娟,等. 微润管空气出流及制造偏差试验研究[J]. 节水灌溉,2015(3):12-14.
- [16] 张书函,雷廷武,丁跃元,等. 微孔管渗灌时土壤水分运动的有限元模拟及其应用[J]. 农业工程学报,2002,18(4):1-5.