

· 争鸣与讨论 ·

编者按:本刊 2015 年 31 卷第 6 期刊登了“‘痕量灌溉’理论支撑与技术特点的质疑”一文,引发了针对近几年发展起来的“痕量灌溉新技术”的讨论。编辑部曾收到一篇对“质疑”回应的论文,终因作者坚持不按专家审稿意见修改,没有达到发表要求而未能刊出,深表遗憾。近期,收到对该问题讨论的又一篇论文,该文作者通过生产实地调查、结合理论分析论述了对痕量灌溉的一些认识和思考。认为理论和实践都证明:痕量灌溉的“超低流量供水”实现不了“与植物自然需水规律相匹配”。论文经过专家审核和作者的多次修改,最后通过审核,予以刊登,欢迎各位专家学者参与讨论,希望在讨论和争鸣中推动节水技术的健康发展。

借此机会征集争鸣与讨论的观点及论文,有关该论文及其他涉及本刊内容
争鸣与讨论的文稿请发送至王柳邮箱: wangliu@tcsae.org

“痕量”无法灌溉 ——对“痕量灌溉”的思考

张志新

(新疆维吾尔自治区水利厅 水利水电规划设计管理局, 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 该文从为什么要灌溉、灌溉水的来源、作物的需水(耗水)规律、土壤在灌溉中的作用、灌溉系统的任务这五个问题出发,谈及对“痕量灌溉”的思考。笔者认为痕量灌溉器无法满足大田作物高峰需水期的需水要求,在大田作物需水高峰期痕量灌溉系统无法将水输送到植物根区,而在大田作物非需水量高峰期又有可能供水过量。哈密痕量灌溉试验本质上是小流量地下滴灌。哈密痕量灌溉试验的初步结论可以看出:痕量灌溉灌水器流量太小不能满足枣树需求且不具备自适应能力;水分利用率的算法及试验设计不科学。理论和实践都证明:痕量灌溉的“超低流量供水”实现不了“与植物自然需水规律相匹配”。对痕量灌溉不能实现“自适应灌溉”原因进行了分析。

关键词: 灌溉; 痕量灌溉; 地下滴灌; 新疆

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.001

中图分类号: S275.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-18-0001-04

张志新. “痕量”无法灌溉——对“痕量灌溉”的思考[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 1—4.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.001 <http://www.tcsae.org>

Zhang Zhixin. ‘Trace quantity irrigation’ is impossible: Thinking about ‘trace quantity irrigation’[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(18): 1—4. (in Chinese with English abstract)

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.001 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

灌溉是一门涉及多种学科的交叉学科和边缘学科,是系统工程。一名称职的灌溉科技工作者应该对以下问题有比较清醒的认知:为什么要灌溉;灌溉水的来源;作物的需水(耗水)规律;土壤在灌溉中的作用;灌溉系统的任务。这些问题看似简单,真正了解和掌握并不容易。

第一个问题。为什么要灌溉?当然是作物缺水呗!这种回答只对了一半,要知道还有施肥灌溉、压碱洗盐灌溉等等,现代化的灌溉具有多功能性。

第二个问题。水从哪来?当然必须有水源呗!这种

回答只对了一半,因为还必须有灌溉系统把水从水源输送到作物根部附近土壤中。

第三个问题。作物的需水(耗水)规律?完全正确的回答得靠植物生理学家,但称职的灌溉科技工作者一定知道一年生作物从种到收,多年生作物从苗期到衰老期以及每年从春到冬,不同时间他们生长所需要的水量是不一样的,其规律呈正态分布;严格讲一天 24 小时的需水(耗水)也是不一样的。需水(耗水)量则不仅与气候有关,还与作物种类及作物品种有关。

第四个问题。除了设施农业中的水培、基质培等,作物都必须栽培在土壤中,灌溉必然与土壤打交道。大家知道微灌是局部灌溉,特别是微灌中最节水的滴灌,只湿润作物根系附近土壤,是灌溉作物而不是灌溉土壤,但作物仍然必须从土壤中吸取水分和养分,离不开土壤。在灌溉中土壤可起到水的存储作用(土壤水库——将毛

收稿日期: 2015-08-21 修订日期: 2015-09-09

作者简介: 张志新, 陕西宁强人, 研究员, 中国水利学会原微灌学组副组长, 新疆维吾尔自治区专家顾问, 主要从事节水灌溉技术的研究与推广。新疆乌鲁木齐市黑龙江路 77 号新界大厦 A 座 1301 室, 830000。

Email: 3302356402@qq.com

管水存储在土壤中供作物利用)。因此,农田水利专业的学生不但要学作物栽培,还必须学习土壤学。土壤是由固体、液体和气体三相物质组成的非常复杂的疏松多孔体。土-水-植物关系是土壤、水分、植物、大气诸因素之间相互作用、反馈影响的结果,构成一个由土壤到大气的相互反馈连续系统。土壤水是由土水势高的向土水势低的地方流动。总土水势由基质势、溶质势、重力势、压力势和温度势组成。土壤吸力是指土壤水基质势和溶质势之和,实际上一般只计入基质势。因为基质势和溶质势均为负值,为使用方便故把基质势和溶质势的负值定义为基质吸力和溶质吸力。土壤吸力越大作物吸水越困难。没有土壤水动力学深厚根基的人是说不清土壤-水-作物-大气之间的关系的。

第五个问题。灌溉系统的任务?灌溉系统的任务是将作物需要的水(或可溶性营养物)从水源输送到作物根系附近土壤中供作物吸收利用。

本文将从这五个问题出发谈一些对“痕量灌溉”的思考,对“痕量”是否能实现灌溉进行分析。

1 痕灌灌水器流量无法满足大田作物高峰需水期的需水要求

在滴灌发展实践中灌水器有向小流量发展的趋势,采用小流量灌水器的确带来一系列好处:滴灌带(管)

铺设距离长,减少支管及相应的管件数量,管网造价低,管理方便等等;但有前提:必须满足作物高峰耗水时的需水要求,不是越小越好^[1]。

吐鲁番地区是新疆最早试验并推广滴灌的地区,2007 年以前除个别从苗期即开始采用滴灌技术的外,全部以失败告终,其核心问题就是设计日耗水强度太小。多年实践经验证明吐鲁番地区葡萄灌溉,设计日耗水强度必须大于 8 mm/d;以此推算,每平方米日灌水量不得低于 $8\text{ mm}\times 1\text{ m}^2=0.008\text{ m}\times 1\text{ m}^2=0.008\text{ m}^3$,即 $8\text{ L}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$,假设滴灌系统 24 h 工作,其最小灌水器流量应为: $8\text{ L}/(24\text{ h}\cdot\text{m}^2)=0.3333\text{ L}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 。为安全考虑,设计上对于每平方米布置一个滴头的情况,灌水器流量至少应选择 0.4 L/h 的灌水器。哈密市的气候条件与吐鲁番基本相同。哈密痕量灌溉试验区南北长 500 m,东西宽 36 m,为 6 年生枣园,行距 3 m,株距 2 m。

据称痕量灌溉不需安装过滤器,哈密试验实际安装了离心+网式过滤器。2015 年痕量灌溉地在继续运行,从项目区相关负责同志处得知 2015 年有相当多控水头不出水。从新疆水利水电科学研究院 2014 年负责哈密痕量灌溉的同志处得知,哈密试验区痕量控水头流量的确偏小(该试验地立有灌溉系统参数的标牌,数据如表 1 所示)作物确实受旱。哈密试验实际上进行的是利用痕量控水头为灌水器的小流量地下滴灌试验。

表 1 哈密痕量灌溉试验布置及测试结果

Table 1 Experimental arrangement and test results of trace quantity irrigation in Hami region

灌溉方式 Irrigation mode	处理 Treatment	布置方式 Arrangement mode	工作压力 Operation pressure/m	灌溉定额 Total irrigation quota/ ($\text{m}^3\cdot(666.7\text{ m}^2)^{-1}$)	毛管长度 Drip line length/m	一次灌水时间 Irrigation time per time/($\text{h}\cdot\text{d}^{-1}$)	痕控头流量 Flow rate/ ($\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$)	均匀度 Uniformity/%
痕量灌溉 Trace quantity irrigation	1	单向	10	335	500	13.5	0.12	65
	2	单向	7.5	366	250+150	24.0	0.10	92
	3	单向	5	319	250+250	13.5	0.13	95
	4	双向	7.5	416	300+200	24.0	0.14	95

注:地形坡度 1/240,沙壤土;资料来源于试验地所立标牌。
Note: Topographic slope was 1/240, sandy loam; data was obtained from scutcheon in the test field.

2013 年 5 月,笔者去南疆五地州讲课,受邀与自治区水利厅农牧水利处副处长张明义同志专程去痕量灌溉工程现场进行了考察并录了像。现场是一个国有企业单位大院,面积 2.7 hm^2 (40 亩),栽植果树也因根本满足不了作物需水正在拆除痕量灌溉系统安装新的微喷灌系统。这是笔者首次见到的痕量灌溉失败的现场,我们都很遗憾,不知道“痕量灌溉”名称的含义。听说新疆还有几处痕量灌溉工程,估计命运都差不多。

2 大田作物需水高峰期痕量灌溉系统无法将水输送到植物根区

痕量灌溉所称的“自适应灌溉”,其含义是:“出水量可以和植物的需水量相匹配”的自适应,即灌水系统能适时适量地按作物需水规律供水,并及时送达植物根区,实现作物耗水与需水的完全吻合,这的确是我们追求的目标,但实践证明这种假设法是行不通的。其一,植物需

水耗水多与少,痕灌控水头的出水量并无变化;其二,植物高峰耗水期所需要的水根本就无法输送到植物根区去。笔者见到的痕量灌溉系统面积 2.7 hm^2 (40 亩),输配水管网主管为直径 25 mm 的 PE(聚乙烯)管与地角一个高约 3 m 容积 3 m^3 左右的小水塔相连,是有一个低压水头的。

3 痕量灌溉在大田作物非需水量高峰期又有可能供水过量

图 1 是 2015 年 6 月 29 日拍摄的试验区照片。笔者从照片湿润情况分析可能是以下几种情况所致:因为系 24 小时不停地灌水,非高峰耗水期灌水必然太多;痕灌管理设偏浅或管下有不透水土层;痕灌管理设位置不在作物主要根系区。当然从照片看蒸发损失不会太小,特别是哈密地区;也说明痕量灌溉根本不具有自适应能力,哈密试验实际上进行的是利用痕量控水头为灌水器的小流量地下滴灌试验。

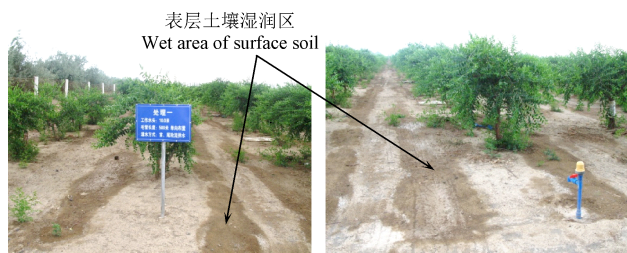


图 1 实拍哈密地区痕量灌溉试验地照片 (2015-06-29)

Fig.1 Photograph of trace quantity irrigation experimental field in Hami region

4 哈密痕量灌溉试验初步结论

新疆水利水电科学研究院“极端干旱区痕量灌溉技术适宜性试验研究”试验分析报告主要内容如下：“痕量灌溉在前期（6月15日之前）用滴灌进行了3次灌溉，约20 d灌一次水，共用水 $165 \text{ m}^3/(666.7 \text{ m}^2)$ ；从6月15日至8月15日使用痕量灌溉，每天供水 $13.5 \sim 24 \text{ h}$ ，处理3和处理4分别用水155与 $195 \text{ m}^3/(666.7 \text{ m}^2)$ ，处理3和处理4总用水量分别为320与 $360 \text{ m}^3/(666.7 \text{ m}^2)$ （表2）；滴灌大田从4月初至8月12日， $10 \sim 20 \text{ d}$ 灌一次水，总灌水量为 $521.5 \text{ m}^3/(666.7 \text{ m}^2)$ （表3）。^[2]”

表 2 哈密痕量灌溉实施表^[2]Table 2 Schedule of Hemi trace irrigation^[2]

处理 Treatment	灌水量 Irrigation amount / ($\text{m}^3 \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1}$)				管长度 Length of tube/m	说明 Introduction
	前期 Earlier stage 04—06-15	中期 Middle stage 06-16—07-10	后期 Later stage 7-11—08-15	合计 Total		
处理 3 Treatment 3	165	90	65	320	250+250	顺坡单侧供水
处理 4 Treatment 4	165	90	105	360	300+200	双侧供水

注：报告中没有处理 1 和处理 2 的资料。

Note: There were no data about treatment 1 and treatment 2 in the report.

表 3 滴灌（对照）灌溉制度表^[2]Table 3 Drip-irrigation (control) schedule^[2]

序号 No.	时间 Time	面积 Area/ 666.7 m^2	用水量 Water amount/ m^3	灌水定额 Irrigation quota/ $(\text{m}^3 \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1})$	灌溉定额 Total irrigation quota/ $(\text{m}^3 \cdot (666.7 \text{ m}^2)^{-1})$
1	04-02—04-13		16 003	71.1	
2	04-24—05-01		12 272	54.5	
3	05-16—05-21		9 925	44.1	
4	06-02—06-12		17 365	77.2	
5	06-16—06-26	225	7 763	34.5	521.5
6	06-28—07-09		13 590	60.4	
7	07-11—07-20		13 643	60.6	
8	07-23—08-02		14 950	66.4	
9	08-04—08-12		11 835	52.6	

从报告中数据（表 2、3）及报告内容可得出以下初步结论：

1) 痕量灌溉灌水器出流量太小，不能满足枣树需水要求；滴灌枣树长势旺盛，痕量灌溉的枣树生长势弱，明显受旱。

2) 试验处理 3 系 24 h 连续供水，并有 10 m 的工作

水头压力，枣树仍然受旱。说明痕量灌溉不具备自适应能力，即使存在所谓的纤维束与土壤毛细管相连，也不能满足作物所需要的水分供应。

3) 整个报告回避敏感的枣子产量和品质问题，从枣树的长势表现推断，有可能痕量灌溉的产量比滴灌低，品质比滴灌差。

4) 水分利用率系按实际灌水量算出与行业算法不一致（根据表 2、表 3 直接差减计算）该算法的科学性值得推敲，所以得出滴灌水分利用率较低，痕量灌溉水分利用率较高的错误结论（痕量灌溉较滴灌节水 31%~38.6%^[2]）；而且，完全不考产量及产品质量空谈节水无意义，极端例子是不灌溉最节水。

5) 所选择的对照是一个设计、施工、管理都较差的滴灌系统^[2]，该对照不能代表滴灌；严格地讲，应选用设计、施工、管理良好，灌溉制度合理的小流量灌水器滴灌系统才具备典型性，作为对照才有意义。

6) 痕量灌溉控水头的测试流量与厂家给出要求的流量差异很大；痕灌管铺设 500 m（地形坡度 1/240，工作压力 10 m 水头）流量偏差达 54%^[2]，不满足节水灌溉灌水均匀度的基本要求。

5 痕量灌溉是一种小流量地下滴灌

从痕量灌溉系统供水形式看，非常赞同张国祥同志的意见，“应该肯定：痕量灌溉对更小流量供水和膜过滤在地下滴灌系统中的应用做了有益的尝试。痕量灌溉应归属于地下滴灌，只是用了膜过滤和纤维束结构的滴头。”^[3]

“痕量是一个化学的量级概念，是微量的 1/1 000，将痕量的概念引入到节水灌溉领域，来表明痕量控水头单位时间出水量的量级是滴灌的 1/1 000。”^[2]

微量灌溉的流量单位是 L/h，滴灌灌水器特别是小流量滴灌带，每米流量小于 1 L/h，而每米有 3 个出口很常见。痕量灌溉灌水器（痕量控水头）流量如果是滴灌的 1/1 000，根本无法实施灌溉。痕量灌溉控水头一般都在 100 mL/h（0.1 L/h）以上，根本不存在数量级上的差别，痕量灌溉的提法既不科学也无必要。出流量 100 mL/h（0.1 L/h）左右的灌水器用于家庭养花及小面积温室可能可以，大农业绝对不行。

既然属于地下滴灌，在没有充分的证据说明痕量灌溉不会产生堵塞的情况下，就必然具备地下滴灌所具有的优点和问题。应用技术必须经过较长一段时间的实践检验，特别是地下滴灌，仅有一两年的试验结果是说明不了问题的。一般说，地下灌溉需要用 4~5 年的试验资料来验证其抗堵塞、节水和增产效果，才比较可信。

6 痕量灌溉不能实现“自适应灌溉”原因分析

1) 土壤水的来源

土壤水来源于地下水、降水或灌溉。

2) 土壤水的消耗

土壤的消耗途径有两个，一是土壤蒸发；二是植物根系吸取利用。

3) 土壤水的运移规律

土壤水是由土水势高的向土水势低的地方流动。当土壤表层蒸发或植物根系层土壤水被植物吸取利用后,其土水势降低,土壤水便从水土水势高的地方向土壤表层或植物根系层流动。

4) 植物根系对土壤水有量的要求

植物的耗水是有规律的,如果所补充水量能满足植物耗水,植物就能正常生长;反之植物将受旱。土壤水向植物根系补充水分流量的大小取决于根系周围土壤的含水总量。

5) 痕量控水头毛细管束太小

即使具有微细孔隙材料的灌水器与土壤充分接触与土壤微小孔隙实现无缝连接,但由于痕量控水头下层具有微细孔隙材料通量小(控水头很小),不能给土壤没有接触微细孔隙材料的其他土壤补充水量,无法满足植物耗水需求;供水管加大压力其灌水器具有微细孔隙材料受挤压可能形成压力流孔道加大对土壤的供水量,但这种水绝不是毛管水,而主要是压力水给土壤的供水。

6) 加大控水头出水量的方法

一是加大上下两层透水材料的过流面积增加通量,使其有足够的毛细管给土壤供水,这种方法可能很难做到;二是加大灌水器工作压力增加控水头出水量,这和一般地下滴灌灌水器没有区别。

理论和实践都证明:痕量灌溉的“超低流量供水”实现不了“与植物自然需水规律相匹配”。

[参 考 文 献]

- [1] 张志新,等. 灌溉工程规划设计原理与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2007.
- [2] 北京普泉科技有限公司, 华中科技大学痕量灌溉研究中心, 新疆水利水电科学研究院. 极端干旱区痕量灌溉适宜性实验资料汇编[R]. 新疆哈密, 2014-8.
- [3] 张国祥, 赵爱琴. 痕量灌溉理论支撑与技术特点的质疑[J]. 农业工程学报, 2015, 31(6): 1-7.
Zhang Guoxiang, Zhao Aiqin. Query about theory and technical properties of trace quantity irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(6): 1-7. (in Chinese with English abstract)

‘Trace quantity irrigation’ is impossible: Thinking about ‘trace quantity irrigation’

Zhang Zhixin

(Administration Bureau of Water Resources and Hydropower Planning and Design,
Xinjiang Uygur Autonomous Region Water Resources Department, Urumqi 830000, China)

Abstract: The paper analyzed trace quantity irrigation from five aspects including: reasons for irrigation, the source of irrigation water, crop demand for water, the role of soil during irrigation process, and functions of irrigation system. The author thinks that trace quantity irrigation is unable to meet the water requirement of crop in field at the demand peak because trace quantity irrigation system is unable to transport water to root zone of plant. During period other than peak demand, the water supplied by emitters of trace quantity irrigation system may be much more than that required by crops. In fact, trace quantity irrigation in Hami city is nothing but the subsurface drip irrigation with low flow rate, and results of the experiments showed that the flow amount of trace irrigation emitter was so small that it was unable to meet the water requirement of jujube trees, it did not have the self-adaptive ability, whose algorithms and experimental design were unreasonable. Theory and practice showed that the trace quantity irrigation with super low flow rate could not match with the water requirement of plant. This paper also explored the reasons why trace quantity irrigation could not achieve ‘self-adaptive irrigation’.

Key words: irrigation; trace irrigation; underground drip-irrigation; Xinjiang