

潮汐灌溉技术的研究进展

刘宏久, 高艳明, 李建设

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:潮汐灌溉是一种高效、节水、环保的新型灌溉技术, 目前, 已成为温室花卉种植和蔬菜育苗的主要灌溉方式。该文介绍了潮汐灌溉的原理和应用现状, 分析和总结了潮汐灌溉条件下节水省肥、作物生长和植物病虫害 3 个方面的研究现状, 讨论了潮汐灌溉技术存在的问题和发展趋势。

关键词:潮汐灌溉; 灌溉方式; 节水省肥; 病虫害

中图分类号:S 275 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)10-0174-03

1 潮汐灌溉系统

潮汐灌溉是针对盆栽植物的营养液栽培和容器育苗所设计的底部给水的灌溉方式^[1]。因为灌溉方法与海水的涨潮落潮相似, 所以将这种灌溉方式称为潮汐灌溉。潮汐灌溉是一种高效、节水、环保的灌溉技术, 其基本原理是使灌溉水从栽培基质底部进入, 依靠栽培基质的毛细管作用, 将灌溉水供给植物^[2]。根据栽培池类型的不同, 潮汐灌溉分为植床式潮汐灌溉和地面式潮汐灌溉。植床式潮汐灌溉是指在温室中修建的高出地面一定高度的栽培床等空中栽培设施中实施的潮汐灌溉。地面式潮汐灌溉是指在温室地面上修建的栽培池等在地面栽培设施中实施的潮汐灌溉^[3]。

潮汐灌溉系统主要由栽培池、营养液循环系统(清水池、循环水泵、施肥机、消毒机等)、计算机控制系统和栽培容器 4 个部分组成^[2,4]。以植床式潮汐灌溉为例, 阐述潮汐灌溉系统的工作原理和组成(图 1)^[2]。

2 潮汐灌溉技术的发展历程和国内外应用现状

潮汐灌溉技术起源于 20 世纪 90 年代, 北美、欧洲等设施栽培技术发达的国家^[5-6]。1994 年, Rigsby 等^[7]在美国申请了潮汐灌溉系统的专利。随后几年, 人们对潮汐灌溉系统进行了优化设计, 并且对潮汐灌溉技术的研究主要集中在潮汐灌溉对节水省肥和作物生长等方面^[8-10]。进入 21 世纪以来, 国外学者对潮汐灌溉条件下

病原菌的发生与繁殖规律做了大量的研究工作^[11]。同时, 对潮汐灌溉设备的设计与研发也卓有成效, 在荷兰、美国和英国已成立了多家潮汐灌溉设备的生产公司^[12]。目前, 荷兰潮汐灌溉已成为温室花卉种植和蔬菜工厂化育苗的主要灌溉方式^[13]。

我国的潮汐灌溉技术发展起步较晚, 潮汐灌溉设备也是以从国外直接引进的方式为主。例如, 2006 年昆明市安祖园艺公司育苗中心所配置的潮汐灌溉系统就是直接从荷兰引进的^[12]。2010 年, 我国自主研发的潮汐灌溉系统落户银川贺兰园艺产业园^[14]。2013 年, 由农业部发行的《温室灌溉系统安装与验收规范》, 对潮汐灌溉技术进行了系统的规范^[15]。近两年来, 我国的科研工作者还对潮汐灌溉的设备设计, 灌溉的灌水指标和节水省肥等方面做了较多的工作, 尤其是对潮汐灌溉条件下花卉种植的研究方面^[16-17]。

3 潮汐灌溉条件下节水省肥, 作物生长和植物病虫害方面的研究进展

3.1 潮汐灌溉条件下水肥利用和作物生长的研究进展

潮汐灌溉具有灌溉效率高, 促进作物生长、节水省肥、减少病虫害发生频率等优点^[18]。最早对潮汐灌溉的研究是在 1990 年, Elliott^[19]研究表明, 与常规的上部喷水的灌溉方式相比, 潮汐灌溉可以节约水肥。随后, Holcomb 等^[20]研究又发现了, 在常春藤的种植过程中, 与常规的上部喷水的灌溉方式相比, 采用潮汐灌溉可以节约 40% 的水肥; 但是在亚洲百合的种植过程中, 潮汐灌溉和滴灌在水肥利用率上无差异。Morvant 等^[21]对不同灌溉方式下天竺葵根系生长的研究得出了 3 个结论: 一是根系组织的电导率值和氮的含量与根系数量呈负相关的关系, 最佳的根系生长标准是根系中电导率值和氮的浓度最低; 二是相比其它灌溉方式, 潮汐灌溉条件下天竺葵根系数量最多且根系中可溶性盐和氮素的

第一作者简介:刘宏久(1987-), 男, 天津人, 硕士, 现主要从事设施蔬菜栽培生理等研究工作。E-mail: liured9@163.com.

责任作者:李建设(1963-), 男, 河北藁城人, 博士, 教授, 现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。E-mail: jslinxen@163.com.

基金项目:农业科技成果转化资金资助项目(2013GB2G300494); 国家星火计划课题资助项目(2012GA88002)。

收稿日期:2014-01-27

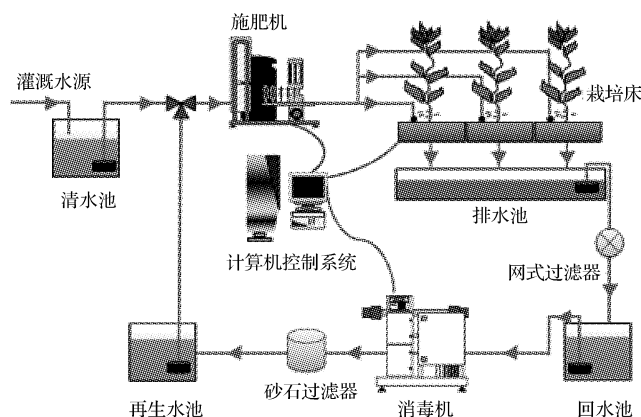


图1 潮汐灌溉系统的工作原理

Fig.1 Working principal picture of ebb-and-flow irrigation system

浓度最低,根系生长最佳;三是潮汐灌溉条件下,天竺葵需水量最少和径流量最小。这是对潮汐灌溉条件下,作物生长势强和节水省肥的进一步的科学论证。Wilson等^[22]也研究得出了潮汐灌溉条件下水肥利用率高,并且潮汐灌溉条件下鼠尾草的生物量积累也最多。2010年,研究人员对潮汐灌溉条件下蔬菜育苗进行了研究,证实了潮汐灌溉在蔬菜育苗上可节水40%,同时与上部喷水的灌溉方式相比,潮汐灌溉条件下黄瓜、辣椒和西葫芦的幼苗的生长势和光合作用均最强,壮苗的数量也最多^[23-25]。张黎等^[17]在盆栽八仙花潮汐灌溉栽培试验初探的研究中得出,八仙花潮汐灌溉栽培比滴灌栽培节水且生长迅速,花品质好。马福生等^[26]研究了潮汐灌溉对基质和红掌生长发育的影响,发现了潮汐灌溉处理的基质比滴灌处理的含水率明显偏高,但灌水周期和耗水量均增加,同时也得出了潮汐灌溉的营养液深是花盆高的1/5,灌水周期为3~5d时,红掌观赏品质最优。在蔬菜育苗方面苗妍秀等^[27]发现了比潮汐灌溉更有优势的漂浮式供液育苗,得出了漂浮式供液下的辣椒苗的质量更高。总之,在节水省肥和作物生长方面,潮汐灌溉方式要优于上部喷水的灌溉方式,并且在一定条件下,也优于滴灌的灌溉方式。

3.2 潮汐灌溉条件下植物病虫害的研究进展

潮汐灌溉是底部给水,相比常规的上部喷水的灌溉方式,它创造出了相对湿度低的微环境,可以减少作物病虫害的发生和传播。但是,Latimer等^[28]最早的研究发现了潮汐灌溉有传播病虫害的能力,原因是潮汐灌溉的水肥循环利用设备等消毒不彻底。1999年,Latimer等^[29]在藿香的种植过程又发现了,与常规的上部喷水的灌溉方式相比,潮汐灌溉可减少病原菌和害虫的生物数量和传播速率。其原因是潮汐灌溉所形成的相对干燥的微环境。随着潮汐灌溉技术的发展,人们越来越重视消毒环节,因为水肥的循环利用会造成病原菌的产生和

传播^[30]。Stanghellini等^[11]研究发现了在潮汐灌溉循环的水肥营养液中加入一种表面活性剂可明显减少疫霉属病菌的产生和传播,从而使植株健康生长。van der Gaag等^[31]则研究了潮汐灌溉条件下隐地疫霉病菌的发生和繁殖规律,对其科学的防治提供了理论依据。牛庆伟等^[32]发现上部喷水的灌溉方式有利于细菌性果斑病菌的传播,而潮汐灌溉则能有效地控制细菌性果斑病的发生与扩散。由此可见,人们对潮汐灌溉条件下病原菌发生和繁殖的研究还不是很深入,只是证明潮汐灌溉可以减少几种作物病害的传播。

4 潮汐灌溉技术存在的问题和发展趋势

虽然人们对潮汐灌溉技术有了较多的研究,但其仍存在问题。首先,潮汐灌溉系统的价格较为昂贵,在我国温室中应用较少,需要大力地研发和推广使用^[33]。其次,对潮汐灌溉的灌水高度,灌水频率以及适宜的栽培基质研究较少,实际应用中缺少科学理论的指导,出现了不合理的潮汐灌溉。最后,对潮汐灌溉条件下病虫害控制理论的研究较少,这样容易加大作物病虫害发生的频率,造成不必要的经济损失。

结合潮汐灌溉研究现状和存在的问题,潮汐灌溉技术有以下几个发展趋势。一是潮汐灌溉系统设计理论的研究。根据我国农业设施发展的现状,适合我国农业设施的潮汐灌溉设备的研发与推广势在必行^[34]。二是对潮汐灌溉灌水指标的更深层次研究,尤其是灌水高度和时间。三是潮汐灌溉对栽培基质和作物生长的影响将会成为今后的研究热点。只有清楚潮汐灌溉条件下栽培基质性质的变化,水分和养分在栽培基质中的分布与运移情况以及作物根系的分布与生长状况,才能够科学合理的应用潮汐灌溉。四是潮汐灌溉条件下植物病虫害发生的分子水平上的研究和消毒设备的研发。生态环境的安全是作物高效,优质,高产的重要前提。

参考文献

- [1] 周长吉,张学军,杨振声,等. 温室灌溉原理与应用[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
- [2] 美克里斯·贝茨(Chris Beytes)著. 温室及设备管理[M]. 原著第17版. 齐飞,译. 周新群,主审. 北京:化学工业出版社,2009.
- [3] Yoshioka H, Sato F, Fujiwara T, et al. Development of low-cost, labor-saving and mass production nursery system of cabbage plug seedling by Ebb and Flow irrigation[J]. Horticultural Research, 2002(1):175-178.
- [4] 蒋卫杰. 营养液 EC 和 pH 的调节及增氧措施[J]. 中国蔬菜, 1992(S1):1.
- [5] 周长吉. 温室灌溉[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [6] 张书谦,刘卫明. 荷兰温室园艺技术的新发展[J]. 农业技术与装备, 2009(1):18-19.
- [7] Rigsby R W. EBB and flood irrigation system [P]. U. S. Patent 5,307,589. 1994-5-3.
- [8] Poole R T, Conover C A. Fertilizer levels and medium affect foliage plant growth in an ebb and flow irrigation system[J]. J Environ Hort, 1992, 10(2):81-86.
- [9] James E, van Iersel M. Ebb and flow production of petunias and begonias as affected by fertilizers with different phosphorus content [J]. HortScience, 2001, 36(2):282-285.
- [10] Neal C A, Henley R W. Water use and runoff comparisons of greenhouse irrigation systems[C]. Proc Fla State Hort Soc, 1992, 105:191-194.
- [11] Stanghellini M E, Nielsen C J, Kim D H, et al. Influence of sub-versus top-irrigation and surfactants in a recirculating system on disease incidence caused by *Phytophthora* spp. in potted pepper plants[J]. Plant Disease, 2000, 84(10):1147-1150.
- [12] 杨仁全,卓杰强,周增产,等. 潮汐式灌溉系统在温室中的应用研究[C]//纪念中国农业工程学会成立30周年暨中国农业工程学会2009年学术年会论文集,2009.
- [13] 辜松,杨艳丽,张跃峰,等. 荷兰蔬菜种苗生产装备系统发展现状及对中国的启示[J]. 农业工程学报, 2013, 14:25.
- [14] 白燕. 潮汐灌溉节能技术落户我区[N]. 宁夏日报, 2010-8-19.
- [15] 丁小明. 行业标准《温室灌溉系统安装与验收规范》和《蔬菜清洗机耗水性能测定方法》通过评审[J]. 农业工程技术·温室园艺, 2013(9):74.
- [16] 张晓文,田真,刘文玺,等. 潮汐式灌溉系统的研发与推广[J]. 农业工程, 2011, 1(1):80-84.
- [17] 张黎,王勇. 盆栽八仙花潮汐灌溉栽培试验初探[J]. 北方园艺, 2011(20):29.
- [18] 张学军,段静,张月红,等. 温室床式潮汐灌技术及其设计方法的研究[J]. 节水灌溉, 2012(2):12.
- [19] Elliott G. Reduce water and fertilizer with ebb and flow[J]. Greenhouse Grower, 1990, 8(6):70-72.
- [20] Holcomb E J, Gamez S, Beattie D, et al. Efficiency of fertigation programs for Baltic Ivy and Asiatic Lily[J]. Hort Technology, 1992, 2(1):43-46.
- [21] Morvant J K, Dole J M, Allen E. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium[J]. HortTechnology, 1997, 7(2):156-160.
- [22] Wilson S B, Stoffella P J, Graetz D A. Compost amended media and irrigation system influence containerized perennial salvia[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2003, 128(2):260-268.
- [23] 李建设,高艳明,韩艳霞. Skygel 保水剂与供水方式对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 西北农业学报, 2010(6):134-138.
- [24] 李建设,高艳明,李志鹏. 保水剂与供水方式对辣椒幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2010(15):99-104.
- [25] 包长征,曹云娥,卢纯,等. 不同保水剂和供水方式对西葫芦幼苗生长的影响[J]. 长江蔬菜, 2010(16):58-60.
- [26] 马福生,刘洪禄,杨胜利,等. 无土盆栽红掌潮汐灌溉技术[J]. 农业工程学报, 2012, 28(24):115-120.
- [27] 苗妍秀,曲梅,李伟,等. 植物工厂中不同供液方式对辣椒育苗的影响[J]. 长江蔬菜, 2012(6):10.
- [28] Latimer J G, Oetting R D. Brushing reduces thrips and aphid populations on some greenhouse-grown vegetable transplants[J]. HortScience, 1994, 29(11):1279-1281.
- [29] Latimer J G, Oetting R D. Conditioning treatments affect insect and mite populations on bedding plants in the greenhouse[J]. HortScience, 1999, 34(2):235-238.
- [30] Hoitink H A J, Fynn R P, McMahon R W, et al. Transmission of plant pathogens in an ebb and flood system[J]. Foliage Digest, 1992, 15(4):4-6.
- [31] van der Gaag D J, Kerssies A, Lanser C. Spread of *Phytophthora* root and crown rot in Saintpaulia, Gerbera and Spathiphyllum pot plants in ebb-and-flow-systems[J]. European Journal of Plant Pathology, 2001, 107(5):535-542.
- [32] 牛庆伟,蒋薇,孔秋生,等. 带菌砧木种子和灌溉方式对西瓜嫁接苗细菌性果斑病(BFB)发生的影响[J]. 长江蔬菜, 2013(14):30-34.
- [33] 马学良,赵其恒. 国内外设施农业节水灌溉设备技术现状与发展[J]. 节水灌溉, 1999(2):4-6.
- [34] 黄丹枫. 创新应用信息技术促进蔬菜种苗产业发展[J]. 长江蔬菜, 2012(2):1-7.

Research and Development on Ebb-and-flow Irrigation Technique

LIU Hong-jiu, GAO Yan-ming, LI Jian-she

(School of Agricultural, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Ebb-and-flow irrigation is a kind of high-efficient, water-saving and environment-friendly irrigation technique. In recently, ebb-and-flow irrigation has become the main irrigation way in flower planting and vegetable seedling which are in greenhouse. Ebb-and-flow irrigation principle and application status quo were introduced in this paper, water and fertilizer saving, crop growing and plant diseases and pests under ebb-and-flow irrigation were analyzed and summarized, the existing problems and future research direction in ebb-and-flow irrigation technique were discussed.

Key words: ebb-and-flow irrigation; irrigation way; water and fertilizer saving; plant diseases and pests