

节水灌溉的环境效应研究现状及研究重点

齐学斌 庞鸿宾

(水利部 中国农科院农田灌溉研究所)

摘 要: 对农田节水灌溉领域有关环境效应问题的国内外研究现状进行了分析, 指出其研究不足, 建议应从节水灌溉对农田生态环境影响效应的综合分析、节水灌溉条件下地表水及地下水水文循环变化规律、节水灌溉条件下地下水与土壤盐渍化关系机理、地膜覆盖节水增产机理及对环境的影响、考虑生态环境效应的节水农田水管理等方面进行重点研究。

关键词: 节水灌溉; 环境效应; 研究重点

近 20 年来, 我国灌溉农业节水取得较大进展, 从 70 年代初开始, 在自流灌区推广渠道衬砌, 提高渠系水利用率。随后推广平整土地、改大畦为小畦、改长畦为短畦、改宽畦为窄畦、改长沟为短沟、改一般沟灌为膜上灌, 改农毛沟输水灌为低压管道输水灌, 从单一提高渠系水利用率到提高灌溉水利用率。80 年代到 90 年代初, 非工程的农业节水技术获得很大发展, 取得了明显的节水增产效果。从 90 年代开始, 逐步推行灌溉工程节水与农业节水技术、管理节水技术的有机结合, 形成配套技术。据统计到 1998 年底, 我国节水灌溉工程面积已达 1 533.3 万 hm^2 , 其中防渗渠道控制灌溉面积 866.7 万 hm^2 , 输水管道灌溉面积 520 万 hm^2 , 喷灌 120 万 hm^2 , 微灌 26.7 万 hm^2 , 另外膜上灌、坐水种、小麦、水稻推广节水灌溉制度等非工程节水面积 1 333.3 万 hm^2 。各类节水灌溉措施一方面对缓解水资源供需矛盾、扩大灌溉面积、提高农业产量、促进国民经济发展以及改善农田生态环境起了重要作用。另一方面, 节水灌溉条件下农田生态环境势必发生变化, 从而对环境产生直接和间接的影响, 甚至导致环境恶化。

1 节水灌溉的环境效应

节水灌溉的实质是降低灌溉用水过程中水资源的无效损耗, 围绕节水灌溉的实质所采取的各种措施和方法, 构成节水灌溉的技术体系, 包括从水源到

田间入水口的输水环节的节水技术, 从田间入水口到作物根系的灌水环节的节水技术, 以及作物吸收利用根系层土壤水分的耗水环节的节水技术。主要有: 水资源的合理开发利用技术、节水工程技术与措施(包括喷灌技术、微灌技术、渠道防渗技术、低压管道输水技术、膜上灌技术、水稻浅湿灌溉技术、改进沟畦灌技术等)、节水农业技术(包括调整作物种植结构、改善耕作制度、改进耕作技术, 以及推广秸秆或地膜覆盖的保墒技术、化学药剂与保水剂应用技术, 限额灌溉及节水抗旱作物品种选育等)、节水管理技术(包括组织管理、工程管理、经营管理和用水管理等)。

节水灌溉过程中 3 个环节的节水技术, 实际上是对区域水循环体系中的 3 个主要因素: 作物根系层土壤含水率、地下水位和农田蒸发进行直接的人为干涉。其中输水环节的节水技术, 将直接影响渠道水对地下水的补充量; 灌水环节和耗水环节的节水技术, 将直接改变作物根系层含水率及其时空分布, 从而对水循环各要素产生直接或间接的影响, 引起整个水循环系统的改变。这种改变不仅使各要素量变化, 更使其循环周期发生变化。

如地膜覆盖对于环境的影响主要表现在 2 个方面: 一是对土地的污染问题; 二是对地区降雨径流特性的影响。目前, 地膜覆盖普遍采用的是不可降解的透明塑膜, 地膜的回收率一般为 60%~70%, 还有相当一部分残膜留在土壤中, 造成了对土地的污染。为了解决这一问题, 国内外对于可降解膜的开发研究做了大量工作, 但由于制造工艺、成本等方面的原因, 目前尚没有在生产中得到大面积推广。如 80 年

收稿日期: 2000204230

齐学斌, 副研究员 新乡市东牧村水利部 中国农科院农田灌溉研究所, 453003

代后期以来,在旱作农业地区大面积覆膜引起的农田白色污染现已日趋明显,山西省在旱作农业区小麦有 23.3 万 hm^2 覆膜,陕西省达 1.7 万 hm^2 ,甘肃省为 5.3 万 hm^2 。覆膜农田虽已安排收获后拾薄膜碎片作业,但终因费工而不尽其意。据甘肃省反映,由于牲畜食用了薄膜垃圾而造成消化道堵塞死亡现象时有发生。覆膜引发的白色污染对农业生态环境问题已产生了不可忽视的恶劣影响。

各类节水措施对农田土壤物理特性产生了影响,例如土体与近地面范围大气的水、热状况变异,这种变异长期维持引发的土壤物理、化学、生物学性质变化,近地面大气水、热状况变异导致农田腾发变化。如喷灌、滴灌对农田周围生物学环境变异、生物学多样性、微生物学变化及由此引起的农作物病虫害等有影响。水田旱作后,必然改变水田土性质,如土壤潜育层氧气还原电位变化,好气细菌、嫌气细菌活动变化,土壤有机质的加速分解及由此产生的对水稻生长、品质的正负效应,水稻田干裂后也带来雨季大量地表水下降及由此引发的地下水污染、地表水体的改变和水分自然面貌变异等。

节水灌溉措施也改变了农田水文循环变化规律。水文循环是农田生物圈内生物、地质、化学总循环中的重要一环,水资源的更新再生和可持续性存在的能力,就是靠水文循环过程来维持实现的,水文循环过程不仅提供源源不断的新鲜水,而且还起着美化自然、净化环境的作用。然而,各种节水措施对水文循环的过程都有不同程度的影响,例如渠道衬砌改变了地表水对地下水的补给量;土壤水的充分利用改变了降雨产流条件,也改变了降雨入渗和地下水补给条件;地膜覆盖技术在增温保墒的同时,由于地膜对雨水的阻隔作用,使得降雨入渗减少,一方面不利于对雨水的充分利用,另一方面加大了地表径流,大面积的地膜覆盖必然影响到地区的水循环条件,改变原来的水文特性,甚至使水资源状况发生变化等等。这些影响不仅表现在空间上也表现在时间上,它改变了原有水资源循环过程与降雨产流条件,从而形成新的水资源循环系统,这一新的水循环系统对区域内的农业生产条件、生态环境产生一定影响。因此,研究节水灌溉对区域水循环系统产生的各种影响,预测水循环过程和不同类型水资源分布状况的影响程度,以及所形成的新的水循环系统的特点等是十分必要的。

节水灌溉所产生的环境影响,对农田水管理措

施也提出了新的要求。农田水系统管理是对节水灌溉—生态环境的重新认识,是调节控制水资源—节水灌溉—生态环境—社会经济复合系统的总体能力的表现形式,也是水资源可持续利用—工农业可持续发展过程中抗干扰的稳定能力的重要方面,因此,开展与生态环境效应相一致的节水农田水管理研究极具紧迫性、现实性和必要性,对于保证灌区水资源可持续开发利用和灌溉农业可持续发展具有十分重要的意义。

2 国内外研究现状

国内外对喷、微灌对农田生态环境的影响进行了大量的研究,取得了不少成果。喷灌对环境的影响主要研究了喷灌条件下田间小气候变化规律、土壤水分运移规律。微灌对环境的影响主要对微灌条件下土壤水分运动规律进行了研究。主要成果有:滴灌条件下土壤水分运动数学模型^[1]、喷灌条件下温度及水汽压变化的计算公式^[2]、滴灌条件下土壤水分运动规律研究^[3]。考虑喷灌条件下气相和液相之间的质量、动量和热能三者间的结合问题,提出了喷头射流蒸发量及其对顺风范围内小气候影响的计算机模拟方程^[4],研究喷灌条件下均质土壤的入渗规律,建立了数学模型^[5]。喷灌条件下作物冠层温度的变化规律及对滴灌条件下土壤水分的分布规律^[6]、喷灌条件下冬小麦田间水分运移数学模型^[6]、喷灌条件下田间小气候变化规律的研究。喷灌条件下土壤水分空间分布特性及数学模型。

虽然国内外对喷、微灌条件下田间小气候变化规律、土壤水分运动规律做了不少研究,但喷、微灌条件下土壤水盐环境已经发生了变化,而有关土壤溶质运移规律的研究多局限于降水、蒸发和排水条件,喷灌条件下虽然对田间小气候的变化进行了研究,但未涉及土壤水盐环境效应的研究。滴灌条件下土壤水分运动规律中水盐的动态规律研究较少。另外,土壤长期定点滴灌,会使土壤湿润区与干燥区的交界处盐分聚集,有可能产生土壤次生盐碱化,为了解决这些问题,也必须深入研究滴灌条件下土壤水盐的动态变化规律。

近年来国内在节水农业技术和水资源开发利用对农田生态环境影响方面也作了大量工作。农业节水对水文规律变化的影响,农业生产影响条件下水文水资源评价方法等^[9];不同覆盖条件下土壤水热影响规律及计算模型;对水资源开发与生态环境问

题的研究,包括大规模开发利用地表水对水文循环过程以及河流生态功能的影响,引蓄地表径流引起的泥沙淤积,引水灌溉面积的扩大对土壤盐分的累积和土壤自然生态环境的影响,污水和废水灌溉对水环境污染的影响,以及地下水超采引起的水生态环境问题等^[11];对田间覆膜保墒技术措施的应用的研究,详细论述了地面覆盖对土壤表面水、汽、热状况的影响以及不同覆盖材料、不同覆盖方式对土壤水热运移的影响^[12];对非饱和土壤水运动的数值模拟^[13];夏玉米麦秸全覆盖下土壤水热动态的田间试验及计算模拟^[14];对水资源持续利用的框架进行了研究,重点探讨了水资源可持续性存在依据、可持续利用的支持条件、发展模式、演变控制等,给出了一个包括水资源承载能力、水资源管理的调控能力等的水资源持续利用理论和实践框架,扩展了节水灌溉和环境效应影响的研究领域。

3 应重点研究的一些问题

国内外近年来在节水灌溉及环境影响等方面成果大多偏重于对宏观水资源的可持续利用、节水灌溉的理论方法及农田节水灌溉对某些单方面的生态环境影响研究,而缺乏农田节水灌溉对环境的影响机理、农田节水与地表地下水水文循环变化规律、节水灌溉条件下地下水与土壤盐渍化关系机理,以及考虑生态环境效应的农田水管理的系统全面的研究。因此,在节水灌溉对农田生态环境的影响机理方面还需要进行深入的研究,特别是应从以下5个方面进行重点研究。这对于弥补国内外该方面研究之不足,进一步提高节水灌溉技术发展水平,促进生态环境的良性循环,保证我国水资源的可持续开发利用,实现我国国民经济可持续发展都具有十分重要的意义。

3.1 节水灌溉对农田生态环境影响效应的综合分析研究

主要包括: 实施喷灌、微灌、覆膜灌溉等节水灌溉技术后引起的土层近地面大气层水热条件的改变及对农田蒸腾的影响以及土壤物理、化学、生物学性质变化及其对农作物生长的影响机理; 长期实施节水灌溉的地区,在农田尺度内及其周边植物群落、昆虫活动等变异规律及由此产生的环境效应; 南方稻田长期实施节水灌溉技术后水稻土的物理、化学、生物学性质变化及对水稻生长的影响机理与环境演变规律; 节水灌溉对农田生态环境影响的

评价指标体系及评价、预测与决策方法; 节水灌溉条件下农田生态环境容量研究。

3.2 节水灌溉条件下地表水及地下水水文循环变化规律

主要包括: 灌溉农田实施节水灌溉技术后土壤水分、农田蒸发、植物蒸腾及地表径流等变化规律; 节水灌溉条件下地下水循环要素(包括降雨入渗补给系数、灌溉回归系数、潜水蒸发系数、越流补给系数及给水度等)时空变异规律; 节水灌溉条件下地表水、土壤水及地下水相互转化及变化规律; 干旱、半干旱地区实施节水灌溉技术后水资源承载能力研究。

3.3 节水灌溉条件下地下水与土壤盐渍化关系机理

包括 喷灌条件下中、轻度盐碱地土壤水盐动态变化规律。主要研究不同喷灌强度、灌水时间、灌水周期土壤水盐运动参数(土壤孔隙度、饱和渗透系数和水分特征曲线等)的空间变异规律,盐分在土壤中的累积及迁移规律; 喷灌条件下土壤理化特性及对作物生长的影响机理。主要研究喷灌条件下土壤理化特性的变化规律,土壤理化特性改变对作物生长及产量的影响; 滴灌条件下土壤水盐的动态变化规律。

3.4 地膜覆盖节水增产机理及对环境的影响

主要包括: 地膜覆盖条件下作物的耗水规律,土壤-覆盖层-作物-大气能量交换及水分运动机理; 膜上灌灌水技术要素确定; 无公害可降解薄膜的最适宜使用时期与方式及最优灌溉模式研究;

无公害可降解薄膜覆盖条件下的土壤水分变化规律及其模拟; 无公害可降解薄膜对土壤、作物生理等生态环境的影响机理研究; 不同气象条件、作物种植方式及灌溉条件对无公害可降解薄膜降解过程的影响及其数值模拟。

3.5 考虑生态环境效应的节水农田水管理研究

主要包括: 土壤水调控及管理技术; 劣质水(含污水、咸水、高含砂水)生态处理及高效利用技术; 地下水分层取水及限量开采技术; 多种水源联合调度及优化配置技术; 农田水分高效利用生态工程系统(包括保护地高效用水技术、不同节水灌溉方式下的优化供水模式、作物水分及生理指标实时监测及预报技术); 农业高效用水现代化管理技术(包括节水灌溉工程现代化运行管理系统、实时信息系统在作物生态用水管理研究中的应用、农业高

效用水和投入机制以及政策法规管理服务体系研究等)。

[参 考 文 献]

- [1] Brandt A, Bresler E, Diner D, et al Infiltration from a trickle source I Mathematical models Soil Sci Soc Am Proc, 1971, 35, 675~ 682
- [2] R A Kohl and J L Wright Air temperature and vapor pressure changes caused by sprinkler irrigation A J 1974, 66: 85~ 88
- [3] Taghavi S A, Marino M A, Ralston D E Infiltration from trickle irrigation source J Irrig Drain Eng 1984 331~ 341
- [4] Washington L C et al Modeling evaporation and microclimate changes in sprinkler irrigation: I Model fomulation and calibration Trans of the A S A E, 1988, 31(5): 35~ 48
- [5] 杨诗秀, 雷志栋 均质土壤降雨喷洒入渗模型的数值计算 水利学报, 1993(5): 1~ 9
- [6] A L Thompson et al A sprinkler water droplet evaporation and plant canopy model: I Model development Trans of the A S A E, 1993, 36(3): 735 ~ 741
- [7] 胡浩云 喷灌条件下冬小麦田间水分运移数值模拟 喷灌技术, 1996(1)
- [8] 李久生等 喷灌条件下土壤水分空间分布特性研究 水科学进展, 1998(1): 7~ 13
- [9] 李宝庆等 节水型灌溉对水体转换影响的试验研究 节水农业研究 北京: 科学出版社, 1992 30~ 50
- [10] 隋红建, 曾德超, 陈发祖 不同覆盖条件对土壤水热分布影响的计算机模拟 地理学报, 1992, 47(2): 27~ 35
- [11] 林 峰 水资源开发与生态环境问题 农田水利与小水电, 1994(10): 8~ 9
- [12] 张瑜芳等 田间覆盖保墒技术措施的应用与研究 水科学进展, 1995, 6(4): 219~ 223
- [13] 李光永等 地理点源非饱和土壤水运动的数值模拟 水利学报, 1996(11): 27~ 31
- [14] 沈荣开, 任 理, 张瑜芳 夏玉米麦秸全覆盖下土壤水热动态的田间试验和数值模拟 水利学报, 1997(2)
- [15] 冯尚友等 水资源持续利用的框架 水科学进展, 1997, 8(4): 301~ 307

Present Situation of Research on the Impact of Water-Saving Irrigation on Farm land Ecological Environment and Major Problems

Qi Xuebin Pang Hongbin

(Farm land Irrigation Research Institute, C A A S & M W R, X i n x i a n g 453003)

Abstract Through analyzing the present situation of research on the impact of water-saving irrigation on farm land ecological environment, this paper put forward some suggestions. The major problems should be researched as follows, comprehensive analyses of the impact of water-saving irrigation on farm land ecological environment, the transform law among surface water, ground water, soil water in water-saving irrigation, regular pattern of soil salinization in water-saving irrigation, the mechanism of output increasing and impact on environment under plastic mulch, farm land water resource management considering farm land ecological environment.

Key words: water-saving irrigation; ecological environment effect; major problems