



果园水肥一体化技术研究进展

袁嘉玮, 张 健, 梁哲军, 王玉香, 张冬梅, 杨印斌, 齐宏立

(山西省农业科学院 棉花研究所, 山西 运城 044000)

摘要:在现代果园管理中,水肥一体化技术以其节水、节肥、高效、可控的特点得以快速推广及大面积应用。为推广果园水肥一体化技术,本文总结了国内外水肥一体化技术的发展进程,分析了国内外果园水肥一体化技术的现状及存在的问题,对我国果园水肥一体化技术的发展提出了建议并进行了展望。

关键词:水肥一体化;果园;研究进展

我国是世界第一水果生产大国,水果栽培面积大,总产量高。近年来,随着生活质量的提高以及对饮食健康营养的重视,水果已成为当今人们日常饮食搭配中不可或缺的重要元素,而提高水果产量、提升水果品质、降低生产成本成为当今果园生产发展的主要研究方向。大量研究表明,灌溉和施肥是影响水果品质和产量的重要因素之一^[1-5]。常规灌溉和施肥模式普遍存在过量施用的情况,我国农业灌溉水有效利用系数约为0.5,远低于发达国家水平^[6]。在目前的设施果园中,水肥一体化技术模式已逐步取代了常规施肥灌溉模式。该技术是将水肥耦合并通过可控管道系统均匀、定时定量向目标作物提供水分和养分的一种高产、高效、节水、节肥的现代化农业工程技术^[7-9]。相比常规的施肥灌溉技术,其显著提高了水和肥的利用效率^[10-11]。另外,在果园的生产应用研究中发现,水肥一体化技术在改善果园微生态环境、改善果树的光合特性^[12]以及促进果树新生枝条生长^[13]等方面具有重要作用。本文综述了果园水肥一体化技术在影响水果产量与品质、果园效益与微环境等方面的研究进展,旨在为该技术在设施果园上的推广和应用提供理论基础。

1 水肥一体化技术国内外发展进程

自1920年德国使用穿孔管灌溉技术伊始,直至20世纪中叶,各国滴灌技术的发展研究主要在穿孔系统、滴头种类等方面^[14-15]。第二次世界大

战结束后,塑料工业快速发展,以色列学者采用塑料材料作为滴灌系统管道,并研制成功长流道滴头,使滴灌技术得以迅速发展^[15]。目前,美国是世界上微灌面积最大的国家,以色列是世界上滴灌系统覆盖率最高的国家,滴灌系统覆盖面积已超过60%。

我国于1974年从墨西哥引进滴灌技术及设备,但初步应用则始于20世纪80年代初期,应用以果树为主^[16]。1980年,我国自主研制成功第一套成套滴灌设备,此后,我国对滴灌技术开始了大量理论及技术应用试验研究,水肥一体化技术得到大面积推广^[17]。经过40余年的发展研究,我国水肥一体化技术达到逐步追赶国际领先水平的快速发展阶段。

2 果园水肥一体化技术研究

同常规的漫灌方式相比较,微灌模式下的果园土壤水肥运行规律显著改变^[18]。通过微灌技术小流量、高频率、长时间、按需分配、局部灌溉的表现特点可以达到高效节水、提高肥料利用率及减少肥料污染、改善微生态环境、降低人工成本、提高果实品质和产量的作用^[18-19]。

2.1 果园生理指标研究

不同灌溉模式的影响下,水果的重量与体积有显著差异^[20]。在香蕉上应用水肥一体化技术能明显促进香蕉生长发育,增大香蕉果指长、果指围^[21];在红富士苹果上应用能显著提高单果重量,增大果肉硬度^[22]。水肥一体化技术在促进水果外观品质提高的同时,其内在品质也获得提升。Alva等^[23]研究表明,在柑橘上采用水肥一体化技术可改善柑橘品质。路永莉等^[24]研究表明,在不同生态区采用水肥一体化技术均可使苹果糖酸比显著提高,改善苹果品质。Nielsen等^[25]认为,这与果树的生长参数及叶片营养含量相关,水肥

收稿日期:2018-01-27

基金项目:山西果品交易出口平台专项资助项目(YCX2017D2308)。

第一作者简介:袁嘉玮(1994-),男,学士,研究实习员,从事资源高效利用研究。E-mail:yjwsxnky@126.com。

通讯作者:梁哲军(1973-),男,博士,研究员,从事作物高产与资源高效利用研究。E-mail:slxjz@126.com。

一体化模式下的果树生长参数及叶片营养含量较常规灌溉施肥模式显著提高,Yin 等^[26]在有关梨树施肥的研究上也有类似报道。另外,在苹果树上应用水肥一体化技术可明显改善营养状况,促进新生枝条生长,提高叶绿素含量和光合效率^[12-13]。

2.2 果园水肥利用研究

果树树体的生长参数受到果树根系状况的直接影响。水肥一体化技术高频率灌溉的特点可降低蒸发速率,促进水分和养分集中在根区,改善土壤条件,影响根系分布,促进根系生长伸长,从而能够加快根系吸收水分和养分的速度,提高水肥利用率^[27-28]。

水肥一体化技术中水分和养分的高效利用,可以达到减少水肥施用量的效果。例如,Lebese 等在南非的苹果园研究发现采用水肥一体化技术相比常规灌溉模式水资源施用量显著降低^[29],在其之后的研究中还发现在水肥一体化技术应用中使用滴灌技术比喷灌技术节水 35%^[30]。Klein 等^[31]报道,苹果园采用水肥一体化可节省约 30% 氮肥。亦有文献报道采用水肥一体化技术在香蕉上的生产应用中可节肥 30%^[32],在葡萄的生产应用中可节水 50% 且提升葡萄品质^[33]。此外,有研究表明,水肥一体化技术同时也有助于降低果园的养分流失量^[34]。黄丽华等^[35]指出,在梨园上应用水肥一体化技术可使梨单位产量的总氮流失量较常规施肥减少 45.2%~56.4%。另有研究表明,采用水肥一体化技术可在节水节肥的同时,提高作物产量。Suman 等^[20]发现在山地果园应用水肥一体化技术后与常规施肥相比,节水 40%,节肥 20%,水果产量增加 33%。

2.3 果园微生态环境研究

2.3.1 土壤微环境 使用酸性肥料会造成土壤酸化,影响土壤中生物活性,对作物造成毒害作用,而长时间使用地下水灌溉则会造成土壤板结。水肥一体化技术能够改善土壤条件,克服因灌溉造成的土壤板结,使土壤容重降低,孔隙度增加,并通过减少肥料施用量,降低土壤酸化的风险^[28,36]。很多学者认为,使用水肥一体化技术长期施用酸性肥料,仍会使土壤 pH 降低。但在 Zydlik 等^[37]和 Neilsen 等^[38]关于水肥耦合施肥对土壤 pH 影响的研究中发现,施用硝酸铵和硫酸铵不会产生酸性土壤,与对照组相比未降低 pH。Tredler^[37]认为产生这种现象的原因可能是

由于施用肥料的剂量相对较小,使用碱性的灌溉用水以及取样时间不具有代表性。

还有研究表明,在果园中使用水肥一体化技术有助于保持土壤表层结构,减少地表径流^[39],促进土壤微生物群落的多样性^[40],减少果园病虫害的发生,降低农药施用量。

2.3.2 大气微环境 N_2O 是一种重要的痕量温室气体^[41],农业生产活动是其主要排放源之一,约占全球人为总 N_2O 排放量的 84%^[42]。水肥一体化技术以其高频率的灌溉特点影响土壤中水分和养分动态,进而影响到土壤硝化一反硝化反应过程以及 N_2O 的排放^[43]。但目前对于水肥一体化技术与常规漫灌相比的 N_2O 排放影响尚不明确。2014 年有研究表明,水肥一体化比常规漫灌的 N_2O 排放量减少 36.1%^[44]。但同年以及 2016 年也有文献报道, N_2O 的排放量与灌溉频率相关^[45],果园中使用水肥一体化技术由于其高频率的灌溉特点导致其 N_2O 排放量高于常规^[43]。2014 年亦有学者在对瓜园 N_2O 排放量的研究中发现,灌溉频率与 N_2O 排放量无关^[46]。根据上述研究可以看出,农业生产活动中 N_2O 排放是一个十分复杂的过程,可能涉及多种因素的交互作用,有关水肥一体化技术对于 N_2O 排放量的影响有待进一步深入研究。

3 果园水肥一体化技术存在问题及建议

3.1 水肥一体化技术有待深入研究

我国地域辽阔,各地区地理情况、气候条件迥异,各地针对当地实际情况对于水肥一体化相关的技术机理研究还比较缺乏。例如,新疆地区针对水肥一体化技术研究主要集中在葡萄园上^[47]。并且现下大部分的研究只侧重于作物的产量、品质、水分及肥料的利用指标上,而对水肥一体化技术导致不同作物高产高效机理的研究以及对果园微生态环境影响的研究较少。

3.2 果园水肥一体化技术培训有待加强

我国目前大部分果园仍未使用水肥一体化技术,大多数农技推广人员以及果农对该技术的了解不全面是其主要原因之一。并且大部分厂家及安装单位只重视初期的水肥一体化设备安装工作,而忽视了对果农后期生产应用中的技术指导。此外,果农对于果树的认识了解也有待加强,如在南方高温多雨的情况下,怎样改变果农认为不缺水观念。针对上述情况,各地应加大对农业技

术推广的科技投入,加强水肥一体化技术的培训力度,构建水肥一体化技术信息共享平台,确保水肥一体化技术推广的可持续性,提高水肥一体化的信息化服务水平。

3.3 果园水肥一体化相关设备及原料研发有待提升

果园水肥一体化技术前期投入成本高,对于我国大部分果农而言难以承受,应加强对水肥一体化相关设备材料方面的研究,降低初始成本。除此以外,我国果园水肥一体化设备技术及质量层面还存在不少问题,如灌溉系统分流管道较细,容易堵塞,对过滤系统的要求较高;PVC 管材耐压性能差^[47],管道密封性能差;水溶性肥料在管道中易产生沉淀等^[48]。生产厂家及相关科研机构应对目前水肥一体化设备及原料应用中出现的常见问题进行针对性研究以及技术研发。

4 展望

我国人均水资源占有量仅为世界人均水平的 1/4,世界排名第 109 位,我国农业用水量占总用水量的 80%,并且我国也是世界化肥生产及消耗大国,化肥生产过程会消耗大量的资源,因此发展节水节肥型农业,推广水肥一体化技术是我国农业发展的大势所趋。此外,随着劳动力成本与现代农业集约化程度的提高,以及我国农业资源的日益紧张,全面推广水肥一体化已势在必行,也必将成为我国传统农业走向现代化农业进程中的一场具有重大历史意义的变革。

参考文献:

- [1] Suman S, Raina J N. Efficient use of water and nutrients through drip and mulch in apple[J]. Journal of Plant Nutrition, 2014, 37(12): 2036-2049.
- [2] Liu Y, Shi M, Nong M, et al. Research advances in spatio-temporal coupling of water and fertilizer in sugarcane[J]. Agricultural Science & Technology, 2015, 16(1): 131-135.
- [3] Langdon P W, Whiley A W, Mayer R J, et al. The influence of planting density on the production of 'Goldfinger' (Musa, spp. AAAB) in the subtropics[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 115(3): 238-243.
- [4] Badr M A. Spatial distribution of water and nutrients in root zone under surface and subsurface drip irrigation and Cantaloupe yield. [J]. World Journal of Agricultural Sciences, 2007, 3(6): 747-756.
- [5] Alva A K, Paramasivam S. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62(5): 1335-1342.
- [6] 康绍忠. 水安全与粮食安全[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(8): 880-885.

- [7] Neilsen D, Parchomchuk P, Nelsen G H, et al. Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple orchards[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science American Society for Horticultural Science, 1998, 123(4): 706-713.
- [8] Haynes R J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops[J]. Fertilizer Research, 1985, 6(3): 235-255.
- [9] Kipp J A. Thirty years fertilization and irrigation in Dutch apple orchards: A review [J]. Fertilizer Research, 1992, 32(2): 149-156.
- [10] 刘虎成, 徐坤, 张永征, 等. 滴灌施肥技术对生姜产量及水肥利用率的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(s1): 106-111.
- [11] Hartz T K, Hochmuth G J. Fertility management of drip-irrigated vegetables [J]. Horttechnology, 1996, 6(3): 168-171.
- [12] 孙霞, 柴仲平, 蒋平安, 等. 水氮耦合对苹果光合特性和果实品质的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 271-274.
- [13] 王进鑫, 张晓鹏, 高保山. 水肥耦合对矮化富士苹果幼树的促长促花作用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 47-50.
- [14] 高玉山, 孙云云, 刘方明, 等. 玉米膜下滴灌水肥一体化技术研究进展[J]. 玉米科学, 2016, 24(6): 155-159.
- [15] 张亚哲, 申建梅, 王建中. 地面滴灌技术的研究现状与发展[J]. 农业资源与环境学报, 2007, 24(1): 20-26.
- [16] 程先军, 许迪, 张昊. 地下滴灌技术发展及应用现状综述[J]. 节水灌溉, 1999, 8(4): 13-15.
- [17] 杨培岭, 任树梅. 发展我国设施农业节水灌溉技术的对策研究[J]. 节水灌溉, 2001, 1(2): 7-9.
- [18] 闵卓, 房玉林. 葡萄园水肥一体化研究进展[J]. 北方园艺, 2014(23): 180-183.
- [19] 李久生, 张建君, 薛克宗. 滴灌施肥灌溉原理与应用[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.
- [20] Suman S, Raina J N. Efficient use of water and nutrients through drip and mulch in apple[J]. Journal of Plant Nutrition, 2014, 37(12): 2036-2049.
- [21] 邓兰生, 颜自能, 龚林, 等. 滴灌与喷水带灌溉对香蕉生长及水肥利用的影响[J]. 节水灌溉, 2010(8): 45-48.
- [22] 孙霞, 柴仲平, 蒋平安. 滴灌条件下水氮耦合对新疆红富士苹果品质的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(5): 1042-1046.
- [23] Alva A K, Paramasivam S. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62(5): 1335-1342.
- [24] 路永莉, 白凤华, 杨宪龙, 等. 水肥一体化技术对不同生态区果园苹果生产的影响[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(11): 1281-1288.
- [25] Neilsen G, Neilsen D. Strategies for nutrient and water management of high density apple orchards on coarse-textured soils[J]. Annals of Warsaw Agricultural University-Horticulture and Landscape Architecture, 2006, 27: 181-192.
- [26] Yin X H, Bai J H, Seavert C F. Pear responses to split fertigation and band placement of nitrogen and phosphorus[J].

- Hort Technology, 2009, 19(3): 586-592.
- [27] Goldberg S D, Rinot M, Karu N. Effect of trickle irrigation intervals on distribution and utilization of soil moisture in a vineyard[J]. Soil Science Society of America Journal, 1971, 35(1): 127-130.
- [28] Sokalska D I, Haman D Z, Szewczuk A, et al. Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(6): 917-924.
- [29] Lebesse T, Stassen P, Wooldridge J. Effects of drip fertigation and micro sprinkler irrigation on yield, root growth and water use in a South African apple orchard. [J]. Sa Fruit Journal, 2010, 4(1): 37-40.
- [30] Lebesse T, Stassen P J C, Wooldridge J. Effects of water and nutrient application frequency on yield, root growth and water usage by 'Brookfield Gala' apple trees[J]. Acta Horticulturae, 2014, 1058: 185-192.
- [31] Klein I, Levin I, Bar-Yosef B, et al. Drip nitrogen fertigation of 'Starking Delicious' apple trees[J]. Plant & Soil, 1989, 119(2): 305-314.
- [32] 邱继水, 魏岳荣, 杨护, 等. 水肥耦合微喷灌溉对香蕉生长和产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(6): 99-101.
- [33] 杜太生, 康绍忠, 闫博远, 等. 干旱荒漠绿洲区葡萄根系分区交替灌溉试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 52-58.
- [34] Hagin J, Lowengart A. Fertigation for minimizing environmental pollution by fertilizers [J]. Fertilizer Research, 1995, 43(1/3): 5-7.
- [35] 黄丽华, 沈根祥, 钱晓雍, 等. 滴灌施肥对农田土壤氮素利用和流失的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 49-53.
- [36] Zhang F, Kang S, Zhang J, et al. Nitrogen fertilization on uptake of soil inorganic phosphorus fractions in the wheat root zone [J]. Soil Science Society of America Journal, 2004, 68(6): 1890-1895.
- [37] Treder W. Variation in soil pH, calcium and magnesium status influenced by drip irrigation and fertigation[J]. Journal of Fruit & Ornamental Plant Research, 2005, 13: 59-70.
- [38] Neilsen G H, Parchomchuk P, Hogue E J, et al. Response of apple trees to fertigation-induced soil acidification. [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1994, 74(2): 347-351.
- [39] 李建平, 高迎, 王鹏飞, 等. 山地果园灌溉施肥轻简技术模式研究[J]. 农机化研究, 2016, 38(8): 87-91.
- [40] 钟爽, 臧小平, 曾会才, 等. 水肥耦合对香蕉园土壤线虫群落结构及多样性的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 130-139.
- [41] Hutchinson G L, Mosier A R. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes[J]. Soil Science society of America Journal, 1981, 45(2): 311.
- [42] Smith P, Martino D, Cai Z, et al. Greenhouse gas mitigation in agriculture[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 2008, 363: 789-813.
- [43] Fentabil M M, Nichol C F, Jones M D, et al. Effect of drip irrigation frequency, nitrogen rate and mulching on nitrous oxide emissions in a semi-arid climate: An assessment across two years in an apple orchard[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2016, 235: 242-252.
- [44] Wu J, Guo W, Feng J, et al. Greenhouse gas emissions from cotton field under different irrigation methods and fertilization regimes in arid northwestern China[J]. The-ScientificWorldJournal, 2014: 407832.
- [45] Shcherbak I, Millar N, Robertson G P. Global metaanalysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N_2O) emissions to fertilizer nitrogen[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2014, 111(25): 9199.
- [46] Abalos D, Sanchezmartin L, Garciatorres L, et al. Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and NO emissions from drip-fertigated crops. [J]. Science of the Total Environment, 2014, 490: 880.
- [47] 赵吉红. 水肥一体化技术应用中存在的问题及解决对策[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [48] 路华忠. 水肥一体化技术及其应用[J]. 农业灾害研究, 2014, 4(8): 50-52.

Reaserch Progress About Water and Fertilizer Integration in Orchard

YUAN Jia-wei, ZHANG Jian, LIANG Zhe-jun, WANG Yu-xiang, ZHANG Dong-mei, YANG Yin-bin, QI Hong-li

(Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China)

Abstract: In the management of modern orchard, the technology of water and fertilizer integration is popularized and applied widely for its water saving, fertilizer saving, high efficiency and controllable characteristics. In order to promote the integrated technology of orchard water and fertilizer integration, this paper summarized the development process of water and fertilizer integration technology at home and abroad, analyzed the current situation and existing problems of water and fertilizer integration technology at home and abroad, and put forward some suggestions for the development of the integrated technology of water and fertilizer in our orchard.

Keywords: water and fertilizer integration; orchard; research progress