

再生水滴灌对黄瓜地土壤特性的影响

裴亮¹, 孙莉英¹, 张体彬²

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所 陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;

2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:再生水滴灌是解决水资源短缺的有效途径之一。采用大田试验方法,以地下水滴灌为对照,分析研究了滴灌条件下不同再生水水质对黄瓜根际土壤特性的影响。结果表明:在土壤理化性状方面,再生水滴灌情况下,黄瓜地土壤 pH 与对照相比无显著差异;再生水滴灌处理土壤 EC 值高于地下水滴灌;在土壤养分方面,与对照相比,碱解氮、有效磷、速效钾含量差异不显著;再生水浓度越大,对土壤呼吸的增强效应越明显。

关键词:再生水滴灌; 黄瓜; 土壤特性; 养分

中图分类号: S274.2; S155.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)06-0173-04

Effect of Drip Irrigation with Reclaimed Water on Soil Properties in Cucumber Field

PEI Liang¹, SUN Liying¹, ZHANG Tibin²

(1. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of

Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Reclaimed water drip irrigation is one of the effective measures to deal with the scarcity of water resources. Through field experimental method and taking irrigation with tap water as control treatment, the influence of drip irrigation with different water quantity on soil properties of cucumber rhizosphere was investigated. The results indicated that for the aspect of physical and chemical characteristics of soil, the influence of drip irrigation with reclaimed water on the pH value of soil was not obvious, but the influence of drip irrigation with reclaimed water on the EC value of soil was much higher than the control treatment; for the aspect of soil nutrients, the difference of the contents of alkaline hydrolytic nitrogen, available phosphorus and rapidly available potassium was not obvious. Higher concentration of the reclaimed water leads to higher simulation effect of soil respiration.

Keywords: drip irrigation with reclaimed water; cucumber; soil property; nutrient

随着淡水资源供需矛盾的日益突出,增辟灌溉水源也成为各国解决水资源危机普遍关注的问题^[1]。再生水灌溉一方面能避免利用污水直接灌溉所引起的严重的面源污染问题,并为植物生长提供重要的养分,增加土壤有机质从而提高土壤肥力和生产力水平^[2]。另一方面,再生水中过量养分、有毒化学物质和病原体同时输入环境生态系统,也会造成一定程度的环境污染^[3-4],有可能危害环境和人类健康。滴灌是一种可以根据作物的需水需肥规律,将水和液体肥料小流量、长时间、高频率地供应到作物根系分布范围土壤中的现代灌溉技术,具有节水、增产、省肥、省

工、节能、对地形和土壤适应性强、提高水分和养分利用效率,减少农业面源污染,使作物达到优质高产等优点。滴灌对灌水时间、灌水量和土壤湿润范围高度控制的特点,使其可以根据土壤物理性质、作物根系分布和作物耗水量来调节土壤水分和养分^[5]。利用滴灌技术进行再生水利用可以提高再生水中的氮、磷等养分物质的利用效率,节肥、节水、增产的同时又减少了多余污染物输入环境生态系统,对我国水资源危机的缓解、农业面源污染防治和促进循环经济发展有重要意义^[6-9]。本试验在其他条件相同的情况下研究比较了再生水与清水对黄瓜根际土壤特性的影响。

收稿日期: 2014-12-17

修回日期: 2014-12-31

资助项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)(2011AA100507); 国家自然科学基金青年基金(41471229, 51109197)

第一作者: 裴亮(1982—), 男, 江苏南京人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事土壤生态学方面的研究。E-mail: peiliang@igsrr.ac.cn

通信作者: 孙莉英(1978—), 女, 河北灵寿人, 博士, 助理研究员, 主要从事土壤生态学方面的研究。E-mail: sunliying@igsrr.ac.cn

1 材料与amp;方法

1.1 试验地概况

研究区为中国科学院地理科学与资源研究所和国务院南水北调办公室政策及技术研究中心共同建立的“南水北调中线水源区农业面源污染控制综合示范区”,地处十堰市茅箭区南部山区,属北亚热带季风气候区,四季分明,冬长夏短,春季升温迅速,秋雨连绵,冬季少雨雪,冬暖少严寒,全年太阳辐射量为 446.01 kJ/cm²,生理辐射 210.87 kJ/cm²,年均日照时数达 1 925.8 h;多年平均气温 15.3℃,极端最低气温 -14.9℃,极端最高气温 41℃。全年≥10℃的积温为 4 936.5℃;全年无霜期 246 d;多年平均降水量 855 mm,降雨量年际变化大,汛期(5 月 1 日至 10 月 20 日)降雨量占年降雨量的 58%~62%,且强度大,历时短,入渗有限,容易冲刷侵蚀地表。土壤容重变化在 1.56~1.71 g/cm³。

1.2 试验布置

试验在 2011 年黄瓜的生长季进行。黄瓜的栽培方式采用垄作,垄肩宽 60 cm,两垄中心间距 140 cm,垄高 15 cm,垄上种植 2 行,株距 40 cm。分为 5 个灌

溉水质处理,分别标记为 T₁(100%再生水灌溉)、T₂(70%再生水灌溉)、T₃(50%再生水灌溉)、T₄(20%再生水灌溉)和 C(对照,100%地下水灌溉),如表 1,再生水的水质见表 2。每个处理重复 3 个小区,每小区包括 3 条垄,4 m 长,即每个小区面积为 4 m×4 m。灌溉采用重力滴灌的方式进行,每垄中心铺设一条滴灌带,滴头间距为 20 cm,与株距等距,滴头流量 2.7 L/h,即每株黄瓜根部均有一滴头供水。每个处理(包括 3 个重复小区)由 1 个桶(容积 240 L)供水,桶放置在试验区距地面约 1.2 m 高的位置。每个处理的第二个试验小区内,在滴头下 20 cm 深度处安装 1 组负压计,当负压计指示的土壤水势低于 -25 kPa 时即进行灌溉,每次灌水量为 5 mm,生育期内共灌水 7 次,共 35 mm。

表 1 再生水滴灌试验处理

序号	处理	灌溉水质
1	T ₁	100%再生水
2	T ₂	70%再生水+30%地下水
3	T ₃	50%再生水+50%地下水
4	T ₄	20%再生水+80%地下水
5	C	100%地下水

表 2 水质指标、测定方法及其与国家相关标准之间的比较

项目	地下水	生活污水	再生水	分析方法	农田灌溉水质标准(GB5084—2005)—蔬菜 ^[10]
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	3.21~5.83	450~730	68~112	重铬酸盐法测定	100
NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	0.08~0.17	73~108	14~29	纳氏试剂法测定	—
浊度(NTU)	0.4~2	20~113	21~98	浊度仪测定	—
SS/(mg·L ⁻¹)	2~10	60~190	30~60	重量法	60
温度/℃	10~20	14~38	14~38	温度计测定	—
pH	7~8	6~9	6~9	玻璃电极法测定	6~9
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	1.2~2.33	179~271	28~47	稀释接种法	40
DO/(mg·L ⁻¹)	0.21~0.14	2.9~5.7	2.0~4.8	便携式溶解仪	≥0.5
TN/(mg·L ⁻¹)	0.99~2.03	53~79	17~37	紫外分光光度法	≤30
TP/(mg·L ⁻¹)	0.08~0.22	4.9~10.4	4.1~9.3	钼酸按分光光度法	≤30

在黄瓜种植前,每平方米施磷酸二铵复合肥 30 g,在试验处理期间,含再生水灌溉的处理(T₁, T₂, T₃和 T₄)不再追施肥料,全部地下水灌溉(C)处理每次灌溉前,将 100 ml 30%尿素溶液,磷酸二氢钾 26.5 g,硫酸钾 9.1 g 添加于灌溉水桶中,随水施入。

1.3 测定项目与方法

于黄瓜生长季末,在滴头正下方用土钻取土,取样深度为 0—20 cm 和 20—40 cm,每个处理 3 个重复。土样经自然风干、磨碎后,过 1 mm 筛。土壤 pH 值和电导率(EC)由土水比 1:5 混合液测定;土壤碱解氮采

用碱解扩散法测定;土壤有效磷由 0.5 M NaHCO₃(pH 8.5)提取、钼锑抗法测定;速效钾由 NH₄OAc 浸提、火焰光度计法测定;土壤有机质由重铬酸钾法测定;土壤呼吸采用鲜土培养,碱液吸收法测定^[6]。

2 结果与分析

2.1 再生水滴灌对土壤 pH 和 EC 的影响

土壤 pH 值是表示土壤酸碱性的指标,也是影响土壤中微量元素临界值的指标之一,农业土壤理想 pH 值范围是 7.5~8.4^[11]。一般认为,再生水灌溉

一般不会导致土壤 pH 值上升^[7]。本研究中,在 0—20 cm 的土层中,随灌溉水中加入再生水比例的增加,土壤 pH 值呈现逐渐降低的趋势,但除 100% 再生水灌溉处理中土壤 pH 值与对照差异略大外,其他处理和对照差异不显著(图 1),而在下层土壤中,各处理土壤 pH 的变化规律不明显,以上分析表明,与对照处理的全部地下水灌溉相比,再生水滴灌对土壤 pH 值的影响并不显著。

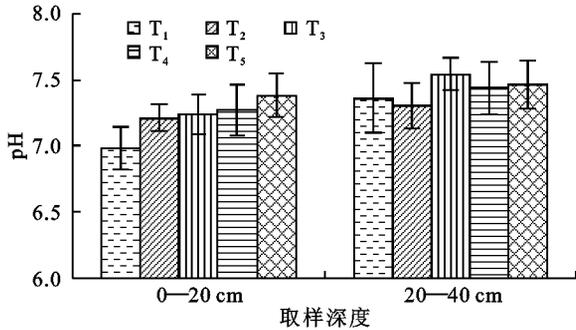


图 1 再生水滴灌对土壤 pH 的影响

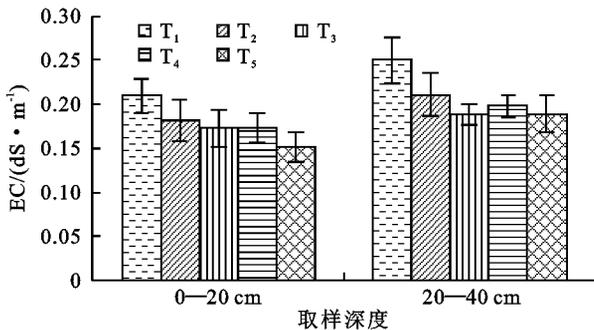


图 2 再生水滴灌对土壤电导率(EC)的影响

土壤 EC 值是表示土壤溶液中可溶性盐含量的指标,高浓度的可溶性盐类易造成生理干旱而使植物受到损伤或根系的死亡。由图 2 可以看出,农业生活污水再生水灌溉对土壤 EC 影响较大。与地下水滴灌相比,100% 再生水滴灌处理下无论上层还是下层土壤中,EC 均显著高于地下水滴灌对照,但 20% 和 50% 再生水滴灌下的土壤 EC 升高幅度较小,特别是在下层土壤中二者和对照的差异不显著。以上分析表明再生水灌溉明显提高土壤 EC 值^[12]。

2.2 再生水滴灌对土壤养分含量的影响

土壤有机质是评价土壤肥力的一项重要指标,与土壤养分状况相关,同时对土壤持水供水能力、孔隙度和团聚体等物理性质有重要的影响。如图 3 所示,表层 0—20 cm 深度土壤有机质含量高于下层土壤,且随灌溉水中加入再生水比例的增加,土壤有机质含量逐渐增加。100% 再生水滴灌处理和 70% 再生水滴灌处理的黄瓜根际土壤有机质均高于其他处理,且差异显著,表明再生水灌溉提高了土壤有机质含量。

图 4 为不同比例再生水滴灌对土壤碱解氮、有效

磷和速效钾含量的影响。如图所示,与对照处理相比,再生水滴灌处理对黄瓜根际土壤的碱解氮含量影响不显著,原因可能是再生污水中氮含量促进黄瓜吸收土壤有机质,加快植株生长速率而促进土壤氮消耗,使处理间氮含量差异不显著。原污水和再生水滴灌黄瓜根际土壤有效磷含量均略高于地下水滴灌,说明再生水滴灌对土壤有效磷含量提高有一定作用。100% 再生水滴灌和 70% 再生水滴灌的土壤速效钾含量高于地下水滴灌,其他处理与地下水灌溉差异不显著。总体来说,再生水滴灌对黄瓜土壤中速效钾含量的影响不大^[12]。

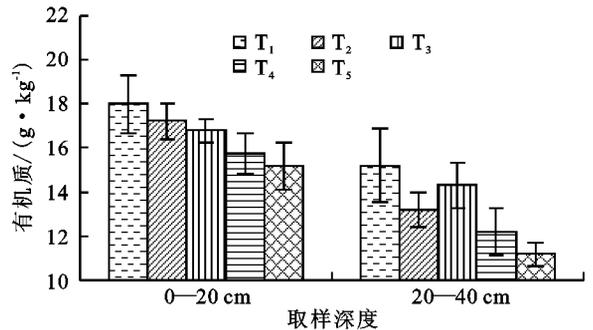


图 3 再生水滴灌对土壤有机质的影响

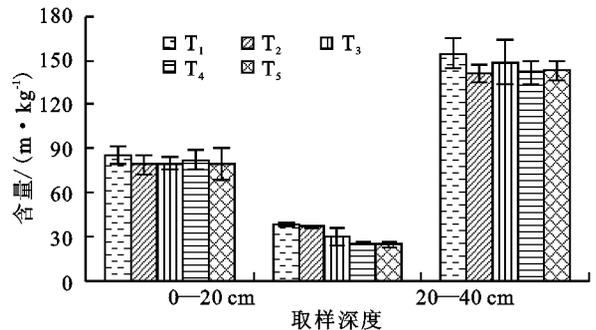


图 4 再生水滴灌对 0—40 cm 土壤养分的影响

由以上结果可知,由于受植物根系的生理活动、各种农艺管理措施的实施、气候条件的变化等各种内外因素的共同作用,和全部采用地下水滴灌的对照处理相比,全部使用偏碱性(pH > 7)的再生水滴灌黄瓜后,土壤 pH 显著降低,由 7.4 下降到 6.9 左右,说明土壤的酸性增强。不断增强的土壤酸性加快了土壤有机质的腐殖化过程和土壤中氮、磷、钾等养分元素的自由化与离子化进程,使之成为容易随水流失或被植物吸收利用的活化状态。因此再生水滴灌条件下,就不会出现氮、磷、钾等大量元素在土壤中富集的现象,也不会出现植物因有害元素富集而生长异常甚至大面积死亡的现象^[13]。

2.3 再生水滴灌对土壤呼吸的影响

土壤呼吸作用,是指土壤微生物生命活动中释放出 CO₂ 的过程。土壤微生物利用土壤中的有机物作为能源物质,对其逐步分解,最终以 CO₂ 和矿质养分

的形式释放出来,从而为作物提供了可利用的营养,并对碳氮的生态平衡起协调作用。因此,土壤呼吸作用是反映土壤肥力特征的一个重要指标^[14-16]。再生水灌溉将对土壤呼吸作用有一定的影响。图5为不同浓度再生水滴灌对土壤呼吸作用的影响。由图5可知,再生水污染物浓度越大,对土壤呼吸的激活作用越明显。

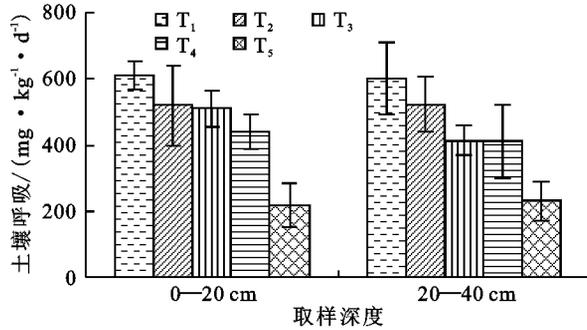


图5 再生水滴灌对土壤呼吸的影响

3 结论

本研究通过对再生水滴灌后土壤中 pH、EC、有机质、氮、磷、钾等养分含量以及土壤呼吸的测定,结果表明,使用再生水滴灌种植黄瓜之后,土壤 pH 值有所降低,但对 EC 的影响差异不显著。再生水滴灌能够在一定程度上促进土壤有机质含量的增加,且再生水比例越高,土壤呼吸作用增加越明显。本研究中并没有发现因采用再生水灌溉而造成土壤中有害元素的富集,从而植物的生长发育出现异常变化现象,但这种污染物富集对植物生长发育的影响肯定是存在的,其影响还需继续通过长期试验作更进一步的观察和验证。

参考文献:

- [1] 刘昌明,陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [2] 住房和城乡建设部. 2007年城市、县城和村镇建设统计公报[R]. 2007.
- [3] Rusan M J M, Hinnawi S, Rousan L. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters[J]. *Desalination*, 2007, 215(1): 143-152.
- [4] Oron G, Campos C, Gillerman L. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities [J]. *Agricultural Water Management*, 1999, 38: 223-234.
- [5] Vazquezmontiel O, Horan N J, Mara D D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation[J]. *Water Science and Technology*, 1996, 33(10/11): 355-362.
- [6] 刘洪禄,吴文勇,师彦武,等. 北京市再生水利用潜力与配置方案研究[J]. *农业工程学报*, 2006(S2): 289-291.
- [7] 吴文勇,刘洪禄,郝仲勇,等. 再生水灌溉技术研究现状与展望[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(5): 302-306.
- [8] 刘洪禄,丁跃元,郝仲勇,等. 现代化农业高效用水技术研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
- [9] Paranychianakis N V, Nikolantonakis M, Spanakis Y. The effect of recycled water on the nutrient status of Soultanina grapevines grafted on different root stocks [J]. *Agricultural Water Management*, 2006, 81(1/2), 185-198.
- [10] 国家环境保护总局. 农田灌溉水质标准[S]. GB5084-2005.
- [11] 崔超,韩烈保,苏德荣. 再生水绿地灌溉水质标准德比较研究[J]. *再生资源研究*, 2004(1): 28-31.
- [12] 焦志华,黄占斌,李勇,等. 再生水灌溉对土壤性能和土壤微生物的影响研究[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(2): 319-323.
- [13] 王祥林. 再生水对土壤理化性质影响的研究[J]. *山东林业科技*, 2009(4): 1-4.
- [14] 刘兆荣,陈忠明,赵广英,等. 环境化学教程[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [15] 张海燕,张旭东,李军,等. 土壤微生物量测定方法概述[J]. *微生物学杂志*, 2005, 25(4): 96-101.
- [16] 杨青华,韩锦峰. 棉田不同覆盖方式对土壤微生物和酶活性的影响[J]. *土壤学报*, 2005, 42(2): 348-353.