

番茄膜下滴灌下土壤水分及硝态氮运移规律试验研究

周美玲¹, 赵强²

(1. 江西省水投生态环境有限公司, 江西 南昌 330000; 2. 江西省水利水电开发有限公司, 江西 南昌 330001)

摘要:针对甘肃省石羊河流域农业灌溉水分利用率低,盲目施用氮肥造成环境污染的问题,以大田试验为基础,研究了3种膜下滴灌措施及沟灌对土壤水分和硝态氮运移的影响。研究表明,膜下滴灌下土壤水分主要分布于0~60 cm深度,与番茄根系所在层吻合度较高,有利于作物根系对土壤水分的吸收;滴灌条件下土壤中NO₃-N含量随时间变化小,沟灌条件下土壤中NO₃-N含量随时间变化大;土水势为-30 kPa滴灌措施下0~40 cm深度范围内NO₃-N含量高,40 cm以下NO₃-N含量低,土水势为-50 kPa、-20 kPa这两种滴灌措施下NO₃-N随深度分布规律不明显;土水势为-30 kPa滴灌措施下对作物根系层NO₃-N的吸收及防止NO₃-N的深层流失效果最好。因此,采用土水势为-30 kPa的膜下滴灌灌溉措施,有利于提高土壤水分及肥料利用效率,可以减小氮肥对环境的污染。

关键词:水分运移;土壤含水率;硝态氮;土水势

中图分类号:TV93 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4701(2018)01-0000-05

0 引言

我国是一个干旱缺水严重的国家,淡水资源总量约为 2.81×10^4 亿m³,居世界第六位,但人均水资源总量仅为2300 m³,是世界平均水平的1/4^[1]。然而,农业生产用水量占国民经济总用水量的80%以上,干旱缺水已成为我国农业发展的主要制约因素之一^[2]。据权威部门的预测结果,在不增加现有农田灌溉用水量的情况下,2030年全国缺水高达 $1.3 \times 10^3 \sim 2.6 \times 10^3$ 亿m³,其中农业缺水500~700亿m³^[3]。我国各灌区灌溉水利用率只达到53.2%,而发达国家灌溉水利用率高达80%~90%^[4]。除此之外,在我国露地蔬菜栽培中氮肥过量施用的问题仍较普遍,有些地方氮肥施用量甚至超1200 kg/hm²^[5]。硝态氮淋洗是土壤氮素淋失的主要途径,又是引起地下水污染的主要原因。氮肥用量过大,灌水过多等产生的氮素损失对环境的影响日益引起人们的关注。如何提高农业水分利用效率,减少农业氮肥污染已经成为了一个新的研究课题。膜下滴灌是目前干旱缺水地区最有效的一种节水灌溉方式,该措施下灌溉水利用率可达95%。土壤中硝态氮的运移必须在有水的条件下进行,硝态氮运移的数量、速率和深度既

可能有利于作物吸收,也可能对作物无效,还可能减轻或加重对地下水的污染,而饱和水流会引起氮的淋失^[6]。滴灌和施肥以及两者之间的相互作用对提高水分利用效率及硝态氮的运移产生深刻影响。因此研究滴灌下土壤水分及硝态氮运移规律,不仅有助于理解滴灌的节水机理,而且对加强氮素管理,保护环境有着重要的理论和实践意义。本文通过甘肃省石羊河流域开展膜下滴灌田间试验,研究番茄种植条件下土壤水分及硝态氮运移规律,为提高石羊河流域农田灌溉水分利用效率,防止硝态氮污染提供一定的技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验概况与方法

本试验于2013年4月~10月在甘肃省武威市灌溉试验重点站进行,该试验站位于甘肃省武威市凉州区(102°52'E,37°52'N),处于石羊河流域中游区域。多年平均降水量和蒸发量分别为164.4 mm与2000 mm,研究区地下水位深度达48 m^[7]。试验在大田中进行,试验地的理化性质见表1所示。

供试作物品种为“世纪红冠”的番茄。在种植方式,种植密度,肥料施用量,田间管理等均相同的条件

下,采用滴灌方式进行灌溉,试验设有3个滴灌处理,分别为T1、T2和T3处理,1个沟灌对照即T4处理,每个处理有3组重复,共12个小区,采用随机排列方式布置。各处理灌溉水处理措施见表2所示。每个小区面积为 6.00 m^2 ($1.20\text{ m} \times 5.00\text{ m}$),每个小区覆 1.40 m 宽的地膜1行,按畦面宽 120 cm ,两边分别压土 10 cm ,种植密度为行距 45 cm ,株距 45 cm ,番茄移栽时间为4月20日,番茄收获时间为9月15日。试验所用的淡水为当地地下水,利用负压计控制灌溉水,沟灌每5天灌水一次,灌水定额为 $375\text{ m}^3/\text{hm}^2$,作物种植前施有机

肥,施肥量按磷酸二铵 $525\text{ kg}/\text{hm}^2$,尿素 $300\text{ kg}/\text{hm}^2$,钾肥 $225\text{ kg}/\text{hm}^2$ 的标准,7月13日采用滴灌追施一次无机肥,其他农艺措施均参照当地实际情况进行。

1.2 试验测定项目

在番茄生育期内每10天通过土钻取土获取土样,每个取样点取6层,分别为 $0\sim 10\text{ cm}$, $10\sim 20\text{ cm}$, $20\sim 40\text{ cm}$, $40\sim 60\text{ cm}$, $60\sim 80\text{ cm}$ 和 $80\sim 100\text{ cm}$ 。土壤含水率采用烘干法测定(将土样在 105°C 下烘8个小时);留部分土样采用流动分析仪测定硝态氮。

表1 土壤基本理化性质

土层深度/cm	砂粒/%	粉粒/%	黏粒/%	土壤容重/ (g/cm^3)	饱和含水率/ $(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$	田间持水量/ $(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$	有机质/ (g/kg)
0~20	51.5	45.8	2.8	1.57	0.35	0.22	11.76
20~40	43.5	53.3	3.2	1.60	0.33	0.22	7.12
40~100	18.4	78.0	3.6	1.62	0.32	0.19	5.48

表2 各处理灌溉水处理措施 kPa

处理	T1	T2	T3	T4
生育期	全生育期滴灌			沟灌
幼苗期 (4.20-5.15)	-20	-30	-50	每隔5天灌水
开花坐果期 (5.16-6.10)	-20	-30	-50	每隔5天灌水
果实膨大期 (6.11-8.5)	-20	-30	-50	每隔5天灌水
成熟期 (8.6-9.15)	-20	-30	-50	每隔5天灌水

2 结果与分析

2.1 滴灌下土壤水分运移规律分析

图1为各处理不同时间段土壤水分分布规律。 -20 kPa 、 -30 kPa 、 -50 kPa 滴灌条件下控制3种不同初始土壤含水率,沟灌为滴灌的对照试验。其中图1-a为幼苗期灌溉后第三天的土壤含水率;图1-b为开花坐果期灌溉后第一天的土壤含水率;图1-c为果实膨大期灌溉后第二天的土壤含水率;图1-d为成熟期灌溉后第四天的土壤含水率。滴灌灌水时间长,流量小,作物与非作物区土壤湿润程度不同,导致滴灌措施下土壤水分在土壤中的分布、运移有其独特的规律。由图1-a、1-b可看出,土壤中初始含水率的大小对土壤水分运移有影响, -20 kPa 土水势下进行滴灌有利于水分向深层迁移,3种滴灌措施下土壤各层含水率变化

较大,并且 $0\sim 40\text{ cm}$ 深度土壤含水率变化幅度大于 $40\sim 100\text{ cm}$ 深度。膜下滴灌过程中,滴头附近土壤含水率较大,土壤含水率随深度先减小,再增大。 40 cm 深处土壤含水率最小,这和该深度处番茄根系分布有关。由图1还可以看出,滴灌下各层土壤含水率随时间变化较小,基本上不变化。而沟灌措施下的土壤含水率随时间变化较大,这说明滴灌措施下水在土壤中的运移容易被土壤所吸附。由图1-b可以看出,在沟灌后第一天土壤质量含水率与 -20 kPa 滴灌下的土壤质量含水率差别不大,而沟灌后第二天至下次沟灌前,沟灌下的土壤含水率与 -20 kPa 滴灌下的土壤含水率差别越来越大,这进一步说明沟灌措施下的土壤水分极易流失。这无疑可以从一方面说明滴灌有利于提高灌溉水利用效率。 60 cm 深层以下土壤含水率在 -30 kPa 土水势时滴灌基本不变,大量水分停留在作物根系层,有利于作物对水分的吸收。另外,我们还可以发现,沟灌 60 cm 以下土壤含水率在灌水两天内变化较大,这是沟灌后超过田间持水率的部分土壤水分向深层土层入渗的结果。这种土壤水分向深层土层入渗容易导致土壤内部环境的破坏,不利于作物的生长。并且部分土壤水分往土壤深层入渗容易造成水资源的浪费,并可能引起地下水的污染。由以上分析可知,滴灌下土壤水分主要分布于 $0\sim 60\text{ cm}$ 深度,有利于作物根系对水分的吸收。该措施下的水分易被土壤吸附,有利于提高水的利用效率。土水势为 -30 kPa 时进行滴灌,优于另外两种滴灌措施。

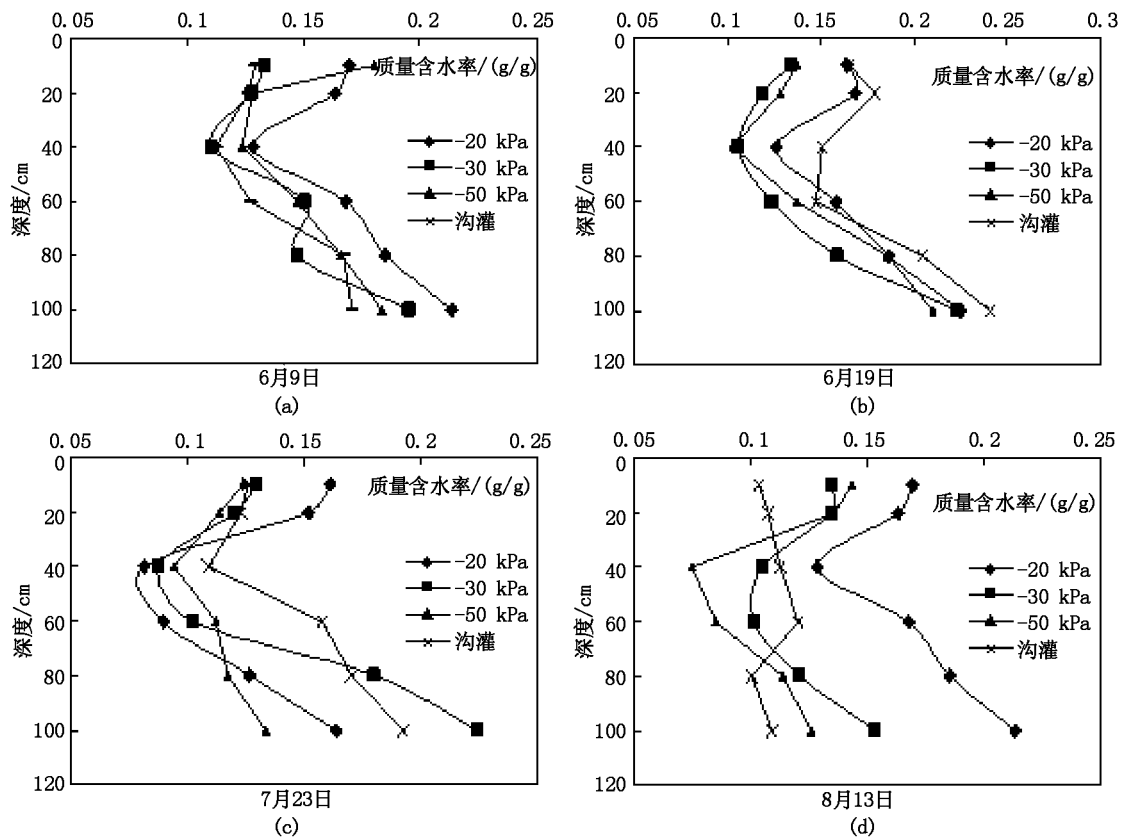


图1 不同时段土壤含水率分布规律

2.2 滴灌下硝态氮运移规律分析

由图2可以看出,滴灌下土壤中 NO_3-N 含量随时间变化小,而沟灌下土壤中 NO_3-N 含量随时间变化大,并集中于施肥前后。这说明沟灌下土壤中的 NO_3-N 淋失量大。由图2-c,图2-d中沟灌下的硝态氮变化曲线可以看出,7月23日到8月23日这三十天内,土壤20 cm深度处 NO_3-N 含量减少33 mg/kg,而-20 kPa滴灌下的 NO_3-N 含量减少1 mg/kg,相对-20 kPa滴灌下的 NO_3-N 淋洗量多32 mg/kg。从追肥不久的图2-c中还可以看出,沟灌措施下100 cm处 NO_3-N 含量高于滴灌措施下该深度处 NO_3-N 含量的2倍,沟灌引起 NO_3-N 的淋失。这同时也说明了滴灌能减小硝态氮的淋失,进而说明滴灌对减少硝酸盐方面的环境污染作用重大。另外可以发现,即便均采用滴灌灌溉,不同初始土水势也会造成土壤中 NO_3-N 含量不同。由图2可以看出,滴灌措施下土壤中 NO_3-N 含量在追肥前后没有大的变化,并且该含量随时间变化小。而土壤中90%的氮都以有机形式存在,这说明滴灌有利于土壤中有机氮的矿化。研究表明长期采用滴灌灌溉不但有利于表层土壤中氮矿化势的增大,也有利于矿化有

机氮的形成,使耕层土壤有机氮的品质得到改善^[8]。从3种不同滴灌处理下土壤中 NO_3-N 含量变化规律分析得到,-30 kPa滴灌措施下0~40 cm深度范围内 NO_3-N 含量高,40 cm以下 NO_3-N 含量低。这不但有利于作物对 NO_3-N 的吸收,也能有效防止 NO_3-N 向土层深处迁移。而-50 kPa,-20 kPa这两种滴灌措施下 NO_3-N 随深度分布规律没有-30 kPa滴灌措施下的明显,并且-50 kPa下土壤中 NO_3-N 含量偏少,不利于作物对 NO_3-N 的吸收。由以上的分析可以看出,沟灌容易引起 NO_3-N 的淋失,滴灌不易引起 NO_3-N 向土壤深层流动。当土水势达到-30 kPa时进行滴灌,对作物根系层 NO_3-N 的吸收及防止 NO_3-N 的深层流失效果最好。滴灌有利于提高土壤中有机氮的矿化势。因此,采用土水势为-30 kPa的膜下滴灌灌溉措施,有利于提高土壤水分及肥料利用效率,可以减小氮肥对环境的污染。

3 结论

通过在甘肃省石羊河流域开展番茄滴灌试验,研究

了膜下滴灌下土壤水分及硝态氮运移规律,主要结论 为:

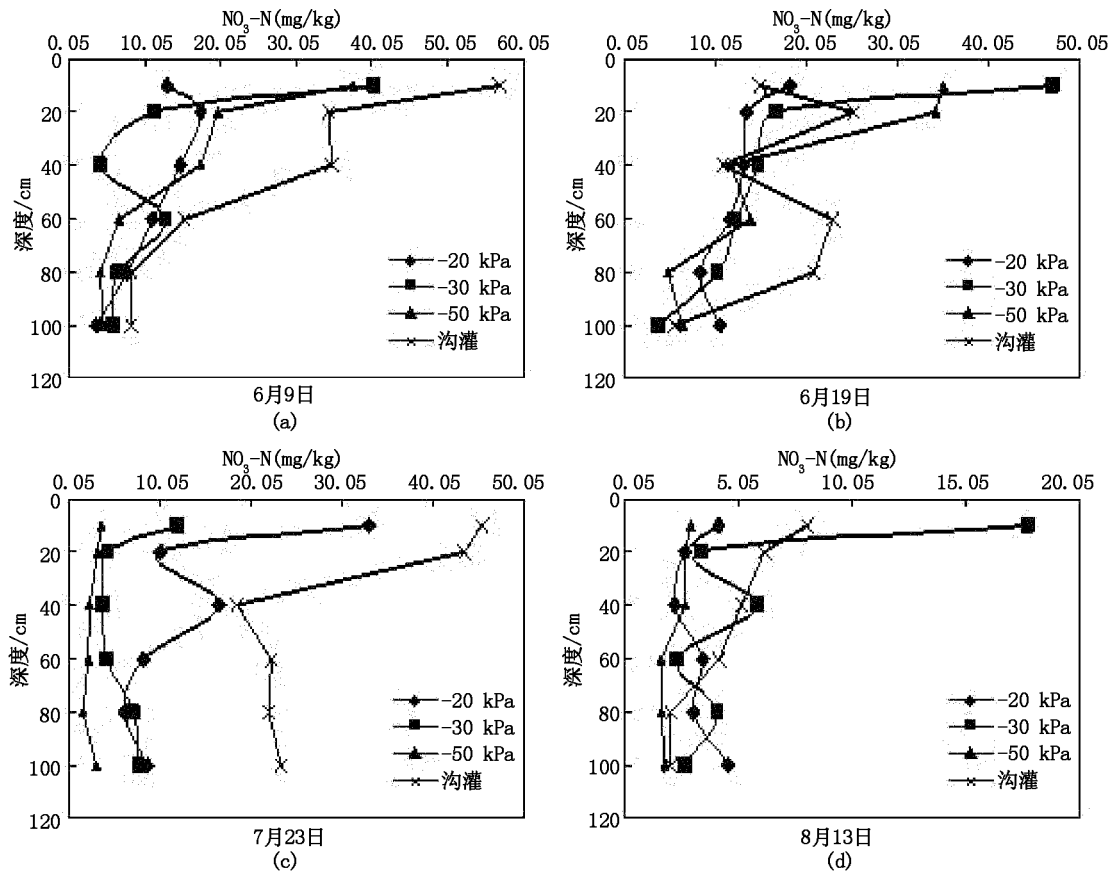


图2 不同时段硝态氮含量分布规律

(1)滴灌下土壤水分运移规律分析表明:膜下滴灌下土壤水分主要分布于0~60 cm 土层深度,与番茄根系所在层吻合度较高,有利于作物根系对土壤水分的吸收,而沟灌土壤水分容易入渗至60 cm 土层以下,造成土壤水资源的浪费;当土水势达到-30 kPa 时进行滴灌时,作物对土壤水分吸收的效果优于土水势为-50 kPa、-20 kPa 两种措施。

(2)滴灌下硝态氮运移规律分析表明:滴灌条件下土壤中 NO_3-N 含量随时间变化小,沟灌条件下土壤中 NO_3-N 含量随时间变化大;土水势为-30 kPa 滴灌措施下0~40 cm 深度范围内 NO_3-N 含量高,40 cm 以下 NO_3-N 含量低,而土水势为-50 kPa、-20 kPa 这两种滴灌措施下 NO_3-N 分布规律不明显;土水势为-30 kPa 滴灌措施下对作物根系层 NO_3-N 的吸收及防止 NO_3-N 的深层流失效果最好。因此,采用土水势为-30 kPa 的膜下滴灌灌溉措施,有利于提高土壤水分及肥料利用效率,可以减小氮肥对环境的污染。

参考文献:

- [1] 王熹,王湛,杨文涛,等. 中国水资源现状及其未来发展方向展望[J]. 环境工程,2014(7):1~5.
- [2] 胡劲红,何迅,谢军,等. 我国农业用水与粮食安全[J]. 湖北农业科学,2013,52(21):5174~5177.
- [3] 李含琳. 国内外农业生产的水成本评价及宏观决策意义[J]. 中国农村水利水电,2012(2):137~141.
- [4] 彭世彰,高晓丽. 提高灌溉水利用系数的探讨[J]. 中国水利,2012(1):33~35.
- [5] 刘琳琳,张明培,于立芝,等. 氮肥施用量对菜豆前期产量和土壤碱解氮的影响[J]. 山东农业科学,2013,45(10):92~94.
- [6] 邢文刚,李志忠,陈泰雄,等. 滴灌对番茄生长及产量的影响[J]. 节水灌溉,2010(5):24~32.
- [7] 王增丽,朱兴平,温广贵,等. 垄作沟灌条件下灌溉定额对土壤盐分布和制种玉米耗水的影响[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(1):50~54.
- [8] 姬景红,张玉龙,张玉玲,等. 灌溉方法对保护地土壤有机氮矿化特性的影响[J]. 土壤学报,2009,46(5):869~877.

编辑:张绍付

Research on soil water content and nitrate nitrogen transport to tomato with drip irrigation under plastic film

ZHOU Meiling¹, ZHAO Qiang²

- (1. Jiangxi Water Investment Ecological Environment Limited Corporation, Nanchang 330000, China;
2. Jiangxi Provincial Hydraulic and Hydropower Development Limited Corporation, Nanchang 330001, China)

Abstract: In view of the situation of the low agricultural irrigation water utilization rate and the problem of environmental pollution caused by blind application of nitrogen fertilizer, a field experiment was conducted to study on the effects of soil water content and nitrate nitrogen transport under three kinds of drip irrigation with plastic film and furrow irrigation in Shiyang River basin of Gansu province. The research results showed that soil water content was mainly distributed in 0 – 60 cm layer, which was in good agreement with the root layer of tomato under drip irrigation with plastic film. It was beneficial to the absorption of soil water content by tomato roots. The nitrate nitrogen content changed little over time in drip irrigation and the nitrate nitrogen content changed large over time under furrow irrigation. The nitrate nitrogen content was higher in the depth range of 0 – 40 cm under drip irrigation with the soil water potential of – 30 kPa and the nitrate nitrogen content was lower below 40 cm. The distribution of nitrate nitrogen content was not obvious under drip irrigation with the soil water potential of – 50 kPa and – 20 kPa. The way of absorption of nitrate nitrogen in the crop root layer and preventing the deep loss of nitrate nitrogen were best under drip irrigation with the soil water potential of – 30 kPa. Therefore, the irrigation practice of drip irrigation under plastic film with soil water potential of – 30kPa can help improve soil water and fertilizer use efficiency, and also can reduce the environmental pollution caused by nitrogen fertilizer.

Key words: Soil water transport; Soil water content; Nitrate nitrogen; Soil water potential

翻译:周美玲