文章编号:1672－3317(2017)12-0042-07

温室滴灌施肥条件下土壤硝态氮的运移及分布特征

黄吴进，邓利梅，夏建国，李 兰，余晓亚，鲁顺丹

（四川农业大学 资源学院，成都 611130）

摘 要:为了揭示不同滴灌施肥方式对日光温室土壤硝态氮运移及分布的影响,以番茄为供试作物,选择漫灌为对照(CK),研究在3种施肥处理和4种灌水量条件下硝态氮的运移及在各土层的分布情况。结果表明,土壤硝态氮量随灌水量和施肥量的增加而增加,随土层深度的增加而逐渐减少。土壤硝态氮主要分布在0～40 cm土层,占试验土层总量的82%～92%。与大水高肥(W_1F_3)处理相比,节水节肥(W_4F_1)处理下土壤剖面硝态氮累积量减少了36.65%。与CK相比,节水节肥(W_4F_1)处理下40～60 cm土层硝态氮累积量减少了53.42%;与大水高肥(W_1F_3)处理相比,W_4F_1处理下40～60 cm土层硝态氮累积量减少了62.18%。在本试验条件下,较习惯施肥量减30%、灌水量减50%的处理是可行的,能够有效地提高氮肥利用率和产投比、降低土壤硝态氮的深层累积。

关 键 词:温室;滴灌施肥;番茄;硝态氮;水分

中图分类号:S274.3 **文献标志码**:A doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.12.008

黄吴进,邓利梅,夏建国,等. 温室滴灌施肥条件下土壤硝态氮的运移及分布特征[J]. 灌溉排水学报,2017,36(12):42-48.

0 引 言

随着成都地区设施农业的快速发展,一些环境问题也日益突出[1]。农户为了追求高收益,采用“大水大肥”的传统种植模式[2],导致土壤中硝态氮的累积、淋溶,造成地表水和地下水的污染以及土壤环境恶化[2-4]。加之温室栽培下的土壤长期处于相对封闭的环境中,土壤生态循环能力差,养分利用效率低,导致作物产量低、品质差和病虫害严重[4-5]。

近年来,关于设施蔬菜合理灌水施肥和硝态氮运移特征方面的研究较多。大量研究表明[6-11],灌水量和施肥量对土壤硝态氮运移及分布具有很大影响。一方面,土壤硝态氮的运移及分布与土壤湿度具有良好的相关关系[6],灌水量的增加会加剧硝态氮的运移。同时,硝态氮量随径向距离和土层深度的增加而减小[8]。滴灌量较高时,硝态氮淋失量增加,氮肥利用效率降低[9];另一方面,土壤硝态氮量与施肥量呈正相关关系[10]。肥料投入量显著影响着土壤剖面硝态氮量[11]。而作物吸氮量与化肥氮施用量呈非线性关系,过量施肥和不合理灌溉使设施菜地硝态氮产生深层累积[12-13],这部分硝态氮很难被作物再吸收利用且对浅层地下水造成严重的污染[14-17]。

因此,进一步探讨温室滴灌施肥条件下土壤硝态氮的动态变化,对于设施农业中土壤养分平衡管理和提高设施农业效益具有重要的意义。拟通过调节灌水量和施肥量,并结合滴灌技术,分析硝态氮的时空变化及分布规律,探索最佳滴灌施氮模式,为设施农业中滴灌施肥技术的发展提供基础数据,进而为实现设施菜地减肥增效、改善土壤环境和促进设施栽培的可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况

试验于2016年3－8月在成都市龙泉驿区同安镇农业示范区进行。试验区位于成都平原东缘,属四川盆地中亚热带湿润气候,四季分明,历年平均气温16.5 ℃,最冷1月平均气温5.8 ℃,最热7月平均气温

收稿日期:2016-11-29

作者简介:黄吴进(1991-),男。本科生,主要从事土壤水肥管理的研究。E-mail: 616205736@qq.com

通信作者:李兰(1980-),女。讲师,博士研究生,主要从事水资源高效利用机理和技术等方面的研究。E-mail: lilan_sicau@163.com

25.6 ℃，年总降水量平均值895 mm，年平均相对湿度81%，历年平均日照时间1 032.9 h，年平均无霜期297 d。地形平坦，土层较厚，质地以粉砂为主。0～60 cm土壤基础理化性质如表1所示。

表1 供试温室土壤基础理化性质

土层深度/cm	pH值	有机质质量分数/（g·kg^{-1}）	全氮质量分数/（g·kg^{-1}）	碱解氮质量分数/（mg·kg^{-1}）	速效磷质量分数/（mg·kg^{-1}）	速效钾质量分数/（mg·kg^{-1}）
0～10	7.05	17.30	1.57	93.80	48.45	230.31
10～20	7.20	17.02	1.35	78.40	32.54	136.88
20～30	7.35	16.39	1.13	82.60	18.96	130.36
30～40	7.18	15.36	1.05	67.20	34.77	119.50
40～60	6.16	16.91	1.42	89.60	60.60	143.40

试验大棚是土地整理后修建，棚龄为4 a，试验面积为303.8 m^2。供试作物为番茄，于2016年3月2日育苗，2016年4月7日移栽定植，2016年6月17日开始采收，2016年7月28日采收结束。栽培方式为垄栽，每垄2行，垄距为100 cm，行距为60 cm，株距为40 cm，每株留果7穗。

1.2 试验设计与管理

试验以日光温室内番茄为研究对象，选择漫灌为对照（CK），试验设施肥量（F）和灌水量（W）2个因素，各小区采用双因素完全随机区组设计。灌水量设4个水平（每个处理埋设一套表头负压计监测土壤水分，并控制滴头横向距离0 cm附近20 cm深处土壤基质至-20、-30、-40、-50 kPa开始灌水），施肥量设3个水平（即比常规施肥量少30%处理F_1，常规施肥处理F_2，比常规施肥量多30%处理F_3），2个重复，共24个小区。3种施肥处理如表2所示（其中，常规施肥量F_2参照农户实际施肥量），4种灌水处理如图1所示。前期基肥包括硝酸磷钾肥3 000 kg/hm^2、硝酸铵磷肥300 kg/hm^2、尿素150 kg/hm^2、丸壮60 kg/hm^2。

试验小区长3 m、宽2.75 m，面积为8.25 m^2，小区间设有隔离带，宽度为0.6 m。滴灌采用微孔滴灌，每个灌溉小区为1个支管单元，在支管单元入口安装有闸阀、压力表和水表，滴头间距40 cm，推荐工作压力为0.042 MPa，流量为1.38 L/（m·h）。

表2 3种施肥处理情况

处理方式	尿素施量/（kg·hm^{-2}）	KH_2PO_4施量/（kg·hm^{-2}）	KCl施量/（kg·hm^{-2}）
F_1	66.06	15.15	114.55
F_2	94.55	20.61	163.64
F_3	123.03	26.67	212.12

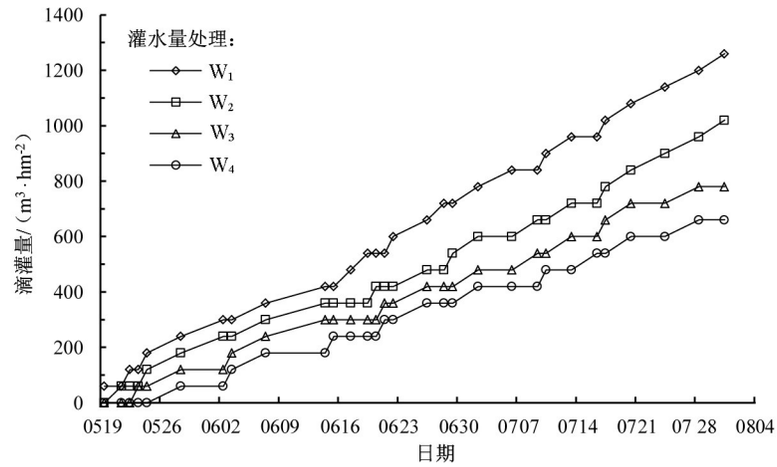


图1 不同滴灌处理下滴灌累积量

1.3 采样及项目测定

采用土钻采集土样，取样点远离小区边缘，在垄上植株之间取样。分别取0～10、10～20、20～40、40～60 cm土层土样。鲜土样取回后一部分用于测定其含水率，一部分经风干研磨混匀过2 mm筛备用。先后共采样5次，第一次在番茄移栽定植前，土样用于测定供试土壤基础理化性质；后续4次采样时间分别在番茄的苗期（5月30日）、初果期（6月19日）、盛果期（7月9日）和末果期（8月2日）进行，土样用于测定土壤含水率和硝态氮量。

土壤含水率采用烘干法测定；硝态氮采用2 mol/L KCl浸提，紫外分光光度法测定。硝态氮质量分数(mg/kg)=($C\times V\times D$)/m。式中：C为从标准曲线查得的NO_3^--N量；V为比色测定液总体积(mL)；D为分取倍数；m为鲜土样质量(g)。

1.4 数据处理与分析

数据统计分析采用Excle 2010、Origin 8.0和Surfer 13.0。

2 结果与分析

2.1 不同滴灌施肥处理对土壤含水率的影响

图2表明，在番茄生长期内，各滴灌施肥处理下同一土层含水率呈先增后减趋势。相同深度土壤含水率在5月14日(苗期)前后最高，在7月9日(盛果期)前后最低。由于番茄生育需要吸收大量的水分，导致各土层含水率在盛果期明显低于其他生长时期。40～60 cm土层含水率最高，其最大含水率为31.6%；表层土壤含水率最低，其最小含水率为10.06%，各土层间土壤含水率相差较大。常规施肥处理下，土壤含水率与灌水量和灌水频率正相关，W_1F_2处理土壤含水率明显高于其他3种灌水处理且垂直梯度分布变化最小；节肥处理下，节水节肥(W_4F_1)处理土壤含水率最高且在20 cm土层出现峰值；高肥处理下，各灌水处理土壤含水率变化差异大，土壤含水率呈现为W_3F_3处理＞W_1F_3处理＞W_4F_3处理＞W_2F_3处理。总体上，节肥处理(F_1)下土壤含水率稍高于常规施肥处理(F_2)和高肥处理(F_3)，大水处理(W_1)下土壤含水率显著高于其他灌水处理，W_2F_3处理下土壤含水率最小且明显低于其他处理，W_4F_1处理下土壤含水率最高。

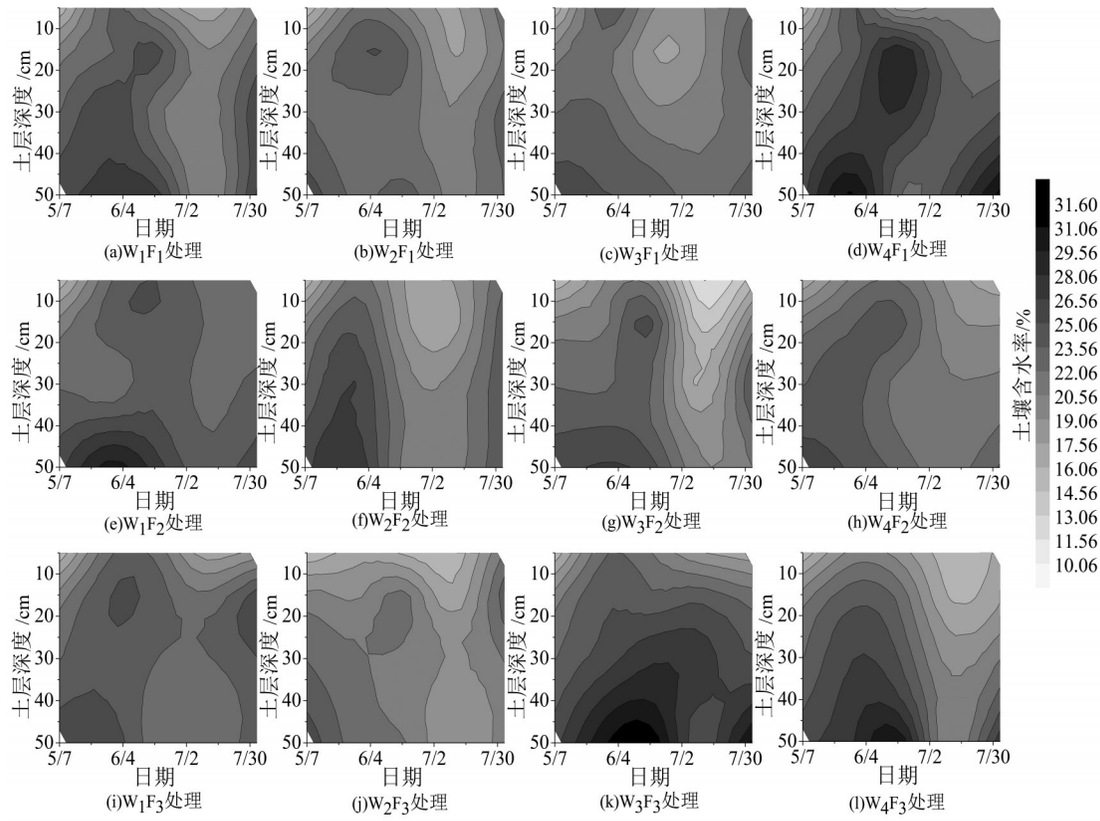


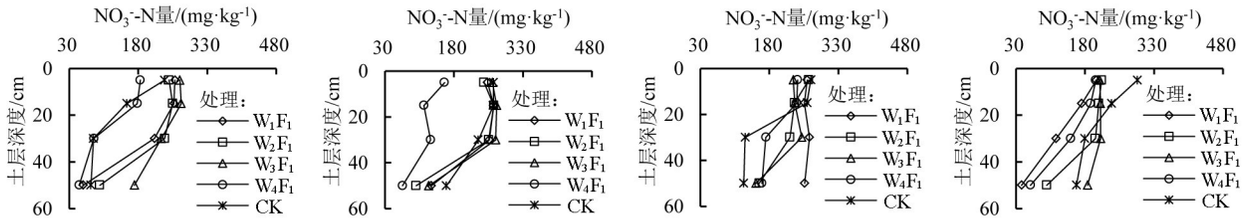
图2 滴灌施肥处理下土壤含水率的动态变化

2.2 不同灌水处理对土壤硝态氮运移及分布的影响

灌溉水分分配影响土壤硝态氮的运移，使其在土壤中重新分布。图3表明，常规施肥(F_2)水平下，苗期土壤硝态氮主要分布于0～40 cm土层，除节水(W_4F_2)处理0～10 cm土层硝态氮量低于CK，其他处理0～60 cm土层硝态氮量均高于CK。与大水(W_1F_2)处理相比，节水(W_4F_2)处理下土壤硝态氮量减少了23.64%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了4.32%。与CK相比，节水(W_4F_2)处理下土壤硝态氮量减少了11.47%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了14.13%；节肥(F_1)水平下，与大水(W_1F_1)处理相比，节水(W_4F_1)处理下土壤硝态氮量减少了27.04%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了29.53%。与CK相比，节水(W_4F_1)处理下土壤硝态氮量减少了23.71%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了34.40%；高肥

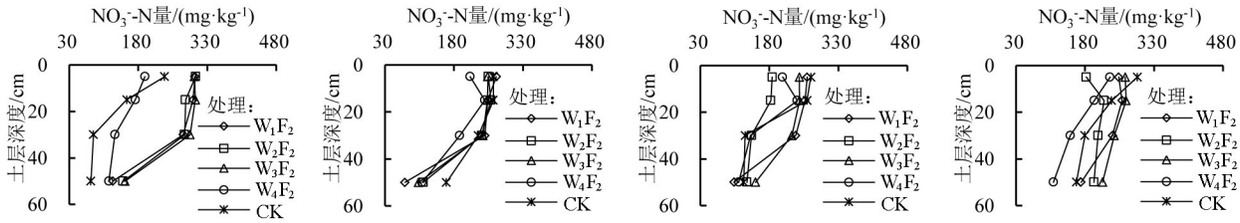
(F_3)水平下，盛果期和末果期40～60 cm土层硝态氮量高于苗期和初果期。与大水(W_1F_3)处理相比，节水(W_4F_3)处理下土壤硝态氮量减少了23.37%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了64.50%。与CK相比，节水(W_4F_3)处理下土壤硝态氮量减少了7.42%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了47.51%。总体上，同一施肥水平下，节水处理下硝态氮量低于其他处理且低于CK，特别是在末果期与其他灌水处理硝态氮量差异较大，W_1F_2处理下硝态氮量在盛果期明显高于其他处理。节水高肥处理(W_4F_3)下0～40 cm土层硝态氮量较高，能有效地保证番茄生长的养分需求，40～60 cm土层硝态氮累积量相对较少，能有效地防止地下水污染。

灌溉量过小时，硝态氮集聚范围仅在0～20 cm土层；灌溉量过大时，深层土体硝态氮量较多。节水滴灌在各生长期内对土壤硝态氮深层运移的影响最小，能有效地减少土壤硝态氮向下淋洗，有利于提高作物对土壤硝态氮的利用率和控制深层土体硝态氮的累积。



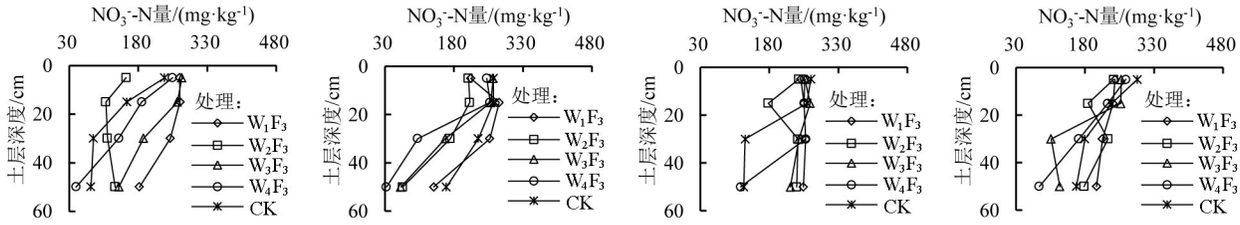
（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（1）F_1处理水平下不同施肥处理NO_3^--N动态变化



（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（2）F_2处理水平下不同施肥处理NO_3^--N的动态变化



（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（3）F_3处理水平下不同施肥处理NO_3^--N的动态变化

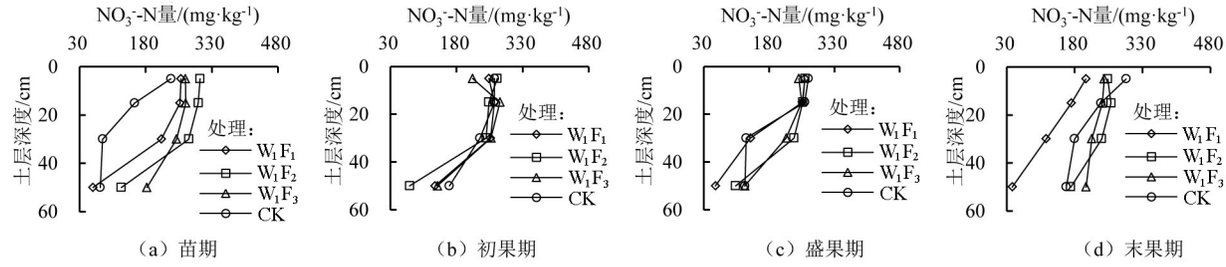
图3 不同灌水处理下土壤硝态氮的垂直分布

2.3 不同施肥处理对土壤硝态氮运移及分布的影响

由图4可知，同一土层深度，土壤硝态氮量随番茄生长呈先增高后降低的趋势。W_1处理水平下，与高肥(W_1F_3)处理相比，节肥(W_1F_1)处理下土壤硝态氮量减少了18.51%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了55.31%。与CK相比，节肥(W_1F_1)处理下土壤硝态氮量减少了5.96%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了44.96%；W_2处理水平下，W_2F_3处理土壤硝态氮量随深度的增加呈现先减少后增加再减少的趋势，且在末果期深层土体中累积较多。与高肥(W_2F_3)处理相比，节肥(W_2F_1)处理下土壤硝态氮量增加了16.78%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了20.01%。与CK相比，节肥(W_2F_1)处理下土壤硝态氮量增加了3.61%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了26.14%；W_3处理水平下，与高肥(W_3F_3)处理相比，节肥(W_3F_1)处理下土壤硝态氮量增加了14.68%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对增加了53.50%。与CK相比，节肥(W_3F_1)处理下土壤硝态氮量增加了13.92%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对增加了20.40%；W_4处理水平下，除W_4F_2处理在苗期40～60 cm土层高于CK，其他处理在各生长期40～60 cm土层中硝态氮量均小

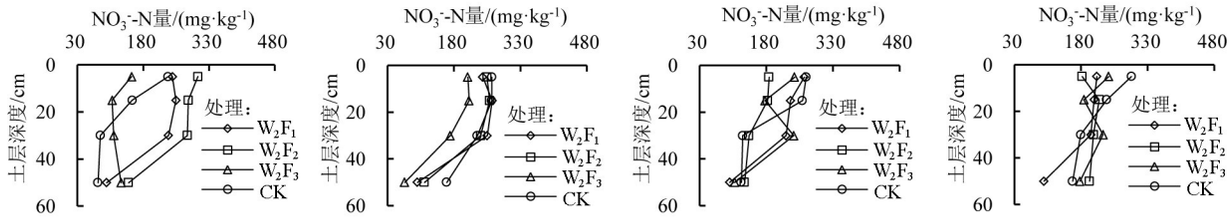
于CK。与高肥（W_4F_3）处理相比，节肥（W_4F_1）处理下土壤硝态氮量减少了16.75%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对增加了8.36%。与CK相比，节肥（W_4F_1）处理下土壤硝态氮量减少了26.91%，其中40～60 cm土层硝态氮量相对减少了53.42%。总体上，同一灌水水平下，减少施肥量能有效地降低硝态氮量。除W_3F_1、W_2F_3处理在盛果期和末果期20～40 cm土层硝态氮量增加外，其他处理在0～60 cm土层中硝态氮量均呈现随土层深度增加而递减的趋势。

在整个生长期，土壤硝态氮多分布在0～40 cm土层，相对累积量为74.94%～85.51%，这部分硝态氮能被番茄根系吸收直接利用。而在番茄根系不能到达的40～60 cm的区域，仍有14.49%～25.06%的硝态氮累积，不能被根系有效的吸收利用。各土层中累积的硝态氮必然随水分淋洗到深层土体中，致使地下水中硝酸盐增加，进而造成地下水的硝酸盐污染。



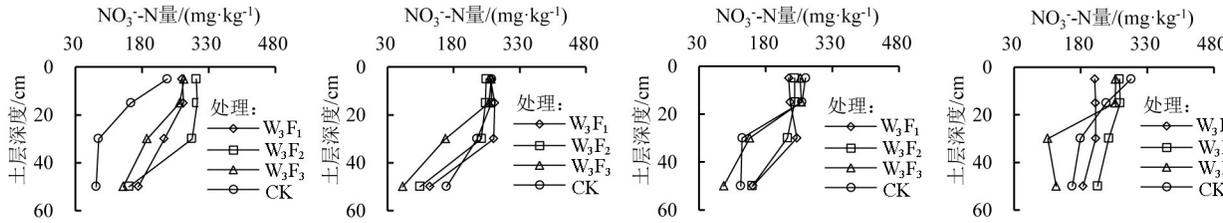
（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（1）W_1处理水平下不同施肥处理NO_3^--N的动态变化



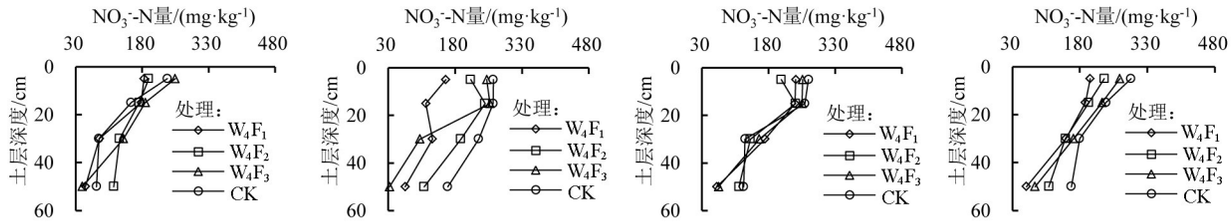
（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（2）W_2处理水平下不同施肥处理NO_3^--N的动态变化



（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（3）W_3处理水平下不同施肥处理NO_3^--N量动态变化



（a）苗期　（b）初果期　（c）盛果期　（d）末果期

（4）W_4处理水平下不同施肥处理NO_3^--N量动态变化

图4 不同施肥处理下土壤硝态氮的垂直分布

3 讨 论

3.1 滴灌施肥对土壤含水率分布的影响

大量研究表明[7-9]，土壤含水率与灌水量呈正相关关系。试验发现，土壤含水率呈现随土层深度的增加

而增加的趋势，且在同一水平剖面上随番茄生长生育呈现先增加后减少的趋势。由于番茄在不同生育期对水分需求不同，致使同一水平剖面上土壤含水率在苗期最高、盛果期最低，且盛果期土壤含水率垂直梯度变化最大。不同灌水量下，表层土壤含水率基本相同，中间层土壤含水率随入渗量的增加而增加[17]，这与本试验结果存在差异。试验结果表明，不同灌水量对土壤剖面表层含水率影响较大，但对深层土体含水率影响较小。因为灌水频率和表层蒸腾较大，所以不同灌水量下土壤表层含水率差异较大。深层土体紧密且番茄根系无法到达，致使深层土体含水率差异较小。本试验还发现，土壤含水率在初果期20 cm土层出现了峰值。

施肥量也是影响土壤含水率的重要因素。节肥处理下土壤含水率明显高于常规施肥处理和高肥处理，且节肥处理下土壤剖面土壤含水率垂直梯度变化小于其他2种施肥处理。

3.2 灌水量对土壤硝态氮运移及分布的影响

当施氮量一定时，单次灌水量越多且灌水次数越频繁，向下运动的水分所能带走的硝态氮量就越多[18]。本试验发现，硝态氮量并不完全随灌水量的增加而增加，与前者研究结果不同[18]。在苗期，4种灌水处理下土壤硝态氮量呈现为W_4处理＞W_1处理＞W_2处理＞W_3处理。在苗期，番茄根系尚未深入土层且此时番茄生长所需养分量较小，当灌水量达一定量时，土壤硝态氮量在各土层达最大值。若继续增加灌水量会加大对土壤硝态氮的淋洗，土壤硝态氮量会减少。同时试验还发现，在盛果期，大水（W_1）处理土壤硝态氮在下层土体中累积严重，且下层（20～60 cm）土壤硝态氮量明显高于上层（0～20 cm）的量。

在番茄生长期内，硝态氮量呈现先增加后减少再增加的趋势。各番茄生长期内土壤硝态氮量比较：末果期＞初果期＞苗期＞盛果期。这与番茄生长生育所需养分多少有关，末果期各土层硝态氮量差异明显，并在40～60 cm土层范围内累积严重。

3.3 施肥处理对土壤硝态氮运移及分布的影响

在水分供应一定的条件下，大部分氮素都集中在土体的上层，施氮量越高，土体硝态氮残留量也越高[19]，这与试验结果相一致。3种施肥处理下土壤硝态氮主要集中于0～40 cm土层中。试验中，同一灌水水平下，减少施肥量可以有效地降低土壤硝态氮量。除W_3F_1、W_2F_3处理在盛果期和末果期20～40 cm土层硝态氮量呈现出增加趋势外，其他处理在0～60 cm土层中硝态氮量呈现随土层深度增加而递减的趋势。与习惯施肥相比，节肥处理下土壤硝态氮量减少了18.89%，这与其他学者的研究[18,20]结论一致。所以，适量减少氮肥的施用量可以在一定程度上减少土壤硝态氮的累积量和深层淋失量。

土壤硝态氮量一般随土层深度的增加而逐渐降低[3]，这与试验结果存在差异。试验研究发现，土壤硝态氮量在初果期和盛果期0～10 cm土层中呈增加趋势，在整个生育期内硝态氮量先增加后减少，并在末果期出现了不同程度的累积。试验发现在W_2、W_3处理水平下，节肥处理土壤硝态氮量均高于CK和高肥处理。减量施肥降低了土体中硝态氮的累积，但减量施在10～40 cm土层的相对累积量均高于农民习惯施肥处理，这部分残留的硝态氮被下季作物所利用，减少了深层累积。

欧盟许多国家都要求0～90 cm土体中残留的硝态氮低于45 kg/hm^2[21]。从试验结果看出，番茄末果期0～60 cm土层中硝态氮量仍然保持较高水平，特别是40～60 cm土层硝态氮累积量高达144.86 mg/kg，远远超过了土壤环境的可承受量。

4 结 论

1）与CK相比，节水节肥（W_4F_1）处理既能满足番茄生长养分需求，又能降低土壤硝态氮的累积量。

2）土壤硝态氮量主要分布在0～40 cm土层，随番茄生长呈先增加后降低的趋势。末果期40～60 cm土层硝态氮量较苗期的增加幅度在28.45%～43.17%，底层土壤硝态氮累积明显。

3）在本试验条件下，综合考虑水肥配合，节水节肥（W_4F_1）处理模式适宜设施番茄种植生产。较农民习惯施肥量减少30%、灌水量减少50%是可行的，结合滴灌技术，能够有效地提高氮肥利用率和产投比、降低土壤硝态氮的深层累积。

参考文献：

[1] 白胜, 阳圣莹, 周霓,等. 成都地区设施农业发展现状、存在问题及对策分析[J]. 四川农业科技, 2015(4):7-9.

[2] 杨慧, 谷丰, 杜太生. 不同年限日光温室土壤硝态氮和盐分累积特性研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30 (2):240-247.

[3] 郭颖, 王俊, 吴蕊,等. 有机肥对设施菜地土壤硝态氮垂直运移的影响[J]. 土壤通报, 2009，40(4):815-819.
[4] 刘晓军, 陈竹君, 张英莉,等. 不同栽培年限日光温室土壤养分累积特性研究[J]. 土壤通报, 2009，40(2):285-289.
[5] 刘晓燕, 同延安, 张树兰. 不同施肥处理对日光温室黄瓜产量和土壤NO_3^--N含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报（自然科学版）, 2010, 38(5):131-136.
[6] 齐学斌, 亢连强, 李平,等. 不同潜水埋深污水灌溉硝态氮运移试验研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(10):188-196.
[7] 郭大应, 熊清瑞, 谢成春,等. 灌溉土壤硝态氮运移与土壤湿度的关系[J]. 灌溉排水, 2001, 20(2):66-68.
[8] 吕谋超, 蔡焕杰, 黄修桥. 同步滴灌施肥条件下根际土壤水氮分布试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(3):24-27.
[9] ZHANG L, GAO L, ZHANG L, et al. Alternate furrow irrigation and nitrogen level effects on migration of water and nitrate-nitrogen in soil and root growth of cucumber in solar-greenhouse[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 138(5):43-49.
[10] 武晓峰, 张思聪, 唐杰. 节水灌溉条件下冬小麦生长期田间氮素迁移转化试验[J]. 清华大学学报（自然科学版）, 1998,38(1):92-95.
[11] 郝小雨, 高伟, 王玉军,等. 有机无机肥料配合施用对设施番茄产量、品质及土壤硝态氮淋失的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(3): 538-547.
[12] 袁新民, 杨学云, 同延安,等. 不同施氮量对土壤NO_3^--N累积的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(1):8-13.
[13] 周光涛, 田长彦. 极度干旱区设施蔬菜地土壤硝态氮的分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(4):189-192.
[14] SOTO F, GALLARDO M, GIMENEZ C, et al. Simulation of tomato growth, water and N dynamics using the EU-Rotate_N model in Mediter ranean greenhouses with drip irrigation and fertigation[J]. Agricultural Water Management, 2014, 132(2):46-59.
[15] THOMPSON R B, MARTINEZ GAITAN C, GALLARDO M, et al. Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey[J]. Agricultural Water Management, 2007, 89(3):261-274.
[16] 左海军,马履一,王彦辉,等. 不同施肥处理条件下苗圃潮土硝态氮垂向运移特征[J]. 水土保学报, 2012, 26(2):89-94.
[17] 郑彩霞,张富仓,贾运岗,等. 不同滴灌量对土壤水氮运移规律研究[J]. 水土保持学报, 2014, 28(6):167-170.
[18] 闫鹏, 武雪萍, 华珞,等. 不同水氮用量对日光温室黄瓜季土壤硝态氮淋失的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3):645-653.
[19] 范凤翠,李志宏,张立峰,等. 日光温室番茄灌水量与根层硝态氮淋溶特征及渗漏关系研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5):1 161-1 169.
[20] 姜慧敏,张建峰,杨俊诚,等. 同氮肥用量对设施番茄产量、品质和土壤硝态氮累积的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(12):2 338-2 345.
[21] 姜慧敏, 张建峰, 杨俊诚,等. 施氮模式对番茄氮素吸收利用及土壤硝态氮累积的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12):2 623-2 630.

Transport and Distribution of Nitrate in Greenhouse Soil under Drip Fertigation

HUANG Wujin, DENG Limei, XIA Jianguo, LI Lan, YU Xiaoya, LU Shundan
(College of Resource Science, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: Taking tomato as the model plant, this paper studied transport and distribution of nitrate in greenhouse soil under different drip fertigations. The combinations of three fertilizer application rates and four irrigation amounts were examined; the control was flooding irrigation. The results showed that the nitrate content in soil increased with the increase in irrigation and fertilizer application, and the content in top soil was higher than that in the subsoil. The nitrate distributed mainly in 0～40 cm, accounting for 82%～92% of the total nitrate in the soil. Compared with high irrigation and fertigation, saving-water and saving-fertilizer treatment reduced the accumulated nitrate in he whole soil profile by 36.65% and in 40~60 cm of soil by 62.18%, while compared with CK, it reduced the accumulated nitrate in 40～60 cm of soil by 53.42%. Under the experimental condition, reducing 30% of fertilizer and 50% of water is feasible and can effectively improve the utilization efficiency of nitrogenous fertilizer and ameliorate nitrate leaching.

Key words: greenhouse; fertigation; tomato; nitrate nitrogen; water

责任编辑:陆红飞