

有机肥替代氮肥及节水对设施番茄和辣椒菜田氮淋溶的影响

骆晓声¹, 吕宏伟², 寇长林^{1*}

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002;

2. 新野县农村能源站, 河南 新野 473500)

摘要: 降低设施菜田的氮素淋溶对于缓解菜区农业面源污染具有重要意义。通过有机肥替代氮肥及节水研究了设施番茄和辣椒菜田氮素淋溶变化特征。试验设置: 化肥 (HF) 处理、有机肥替代化学氮肥 40% (TDN) 处理、有机肥替代化学氮肥 40%+ 节水 30% (TDN+JS) 处理。研究表明: 两个监测年度不同蔬菜季所有处理淋溶液硝态氮平均浓度为 70.4 ~ 202.4 mg/L。一个番茄辣椒轮作周期 HF、TDN 和 TDN+JS 硝态氮平均淋溶量分别为 130.9、116.2 和 97.2 kg/hm²。TDN 处理硝态氮淋溶量比 HF 处理平均降低 11.4%。TDN+JS 处理硝态氮淋溶量比 HF 处理显著降低 25.9%。硝态氮淋溶是氮淋溶的主体, 占总氮淋溶的 69.1% ~ 73.1%, 可溶性总氮占总氮淋溶的 77.2% ~ 79.3%。两季番茄产量为 33.0 ~ 50.8 t/hm², 辣椒产量为 17.6 ~ 19.8 t/hm², 不同处理之间差异不显著。说明有机肥替代氮肥及适当节水灌溉是降低设施菜田氮素淋溶的有效途径。

关键词: 有机肥替代氮肥; 节水; 氮淋溶; 番茄; 辣椒

中国是世界上蔬菜种植大国, 播种面积和产量均居世界第一位。随着社会经济的发展, 设施蔬菜种植模式发展迅速, 中国设施蔬菜种植面积超 386.7 万 hm², 产值占蔬菜总产值的一半以上^[1]。设施蔬菜种植追求高产量、高效益, 农户过量氮肥投入的现象较为普遍, 如在北京郊区菜田年氮肥投入量可达 1700 kg/hm²^[2]。高量的氮肥投入及不合理的灌溉导致设施菜田高氮素淋失, 使氮肥利用率大大降低^[3]。氮素的淋溶导致地下水硝酸盐浓度超标, 威胁居民身体健康^[4-5]。有机肥以农业废弃物为主, 含有各种营养元素, 有机肥施用对于提高作物产量和品质有积极意义^[6-7]。有机肥替代化学氮肥能够降低农田硝态氮的淋溶^[8-9]。设施菜田水分管理对硝态氮淋溶有较大影响, 通过节水灌溉可以降低氮素淋溶^[10-11]。因此, 在设施蔬菜种植区, 开展菜田有机肥替代氮肥及节水灌溉, 是降低菜田氮素淋溶的有效手段。

番茄和辣椒是人民生活较为常用的蔬菜消费品, 也是中国设施栽培的主要作物类型, 其在生产

中存在的施肥不合理现象较为普遍^[12]。通过水肥管理降低番茄和辣椒种植产生的氮素淋溶对于缓解菜区农业面源污染具有重要意义。本研究通过有机肥替代氮肥及滴灌条件下的节水, 研究设施番茄和辣椒菜田氮素的淋溶特征及蔬菜产量变化, 以期为设施番茄和辣椒的氮肥优化管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验点位于河南省新野县城郊乡郭湖村。试验大棚为连栋温室大棚, 棚龄为 6 年。试验地土壤类型为黄褐土。土壤基础理化性状为: 有机质 14.5 g/kg, 全氮 0.77 g/kg, 硝态氮 58.4 mg/kg, 全磷 0.54 g/kg, 有效磷 54.5 mg/kg, 速效钾 192.7 mg/kg, pH 值 6.8。试验区属北亚热带大陆性季风气候, 年平均气温 15.1℃; 年平均降水量 721.0 mm。

1.2 试验设计

试验设置 3 个处理, 分别为纯施化肥氮 (HF), 有机肥替代化肥氮 40% (TDN), 有机肥替代化肥氮 40%+ 节水 30% (TDN+JS)。每个处理 3 个重复, 小区面积 40 m²。HF 处理番茄季氮磷钾 (N、P₂O₅、K₂O) 养分投入量分别为 378、336、564 kg/hm²; 辣椒季氮磷钾 (N、P₂O₅、K₂O) 养分投入量分别为 342、321、435 kg/hm²。不同处理具体施肥量见表 1。番茄季和辣椒季

收稿日期: 2020-02-05; 录用日期: 2020-03-05

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0800101、2017YFD0800401); 河南省农业科学院优秀青年科技基金 (2020YQ22)。

作者简介: 骆晓声 (1983-), 男, 河南南阳人, 助理研究员, 博士, 研究方向为农业环境。E-mail: luoxiaosheng630@163.com。

通讯作者: 寇长林, E-mail: koucl@126.com。

的氮肥均分为基肥和追肥施用,基肥均施用 N:P₂O₅:K₂O=17:17:17 的复合肥 1800 kg/hm²,折合氮磷钾养分分别为 306、306、306 kg/hm²。追肥为 N:P₂O₅:K₂O=12:5:43 的复合肥,番茄季追肥 4 次,每次 150 kg/hm²;辣椒季追肥 2 次,每次 150 kg/hm²。TDN 处理及 TDN+JS 处理番茄季和辣椒季有机肥氮均替代 HF 处理当季总化肥氮的 40%。TDN 和 TDN+JS 处理追肥方法和 HF 处理一致。有机肥为猪粪,氮、磷、钾(N、P₂O₅、K₂O)养分含量分别为 2.13%、1.37%、0.96%,含水量为 35.8%。番茄季有机肥施入量为 11.0 t/hm²;辣椒季有机肥施入量为 10.0 t/hm²。2017 年番茄季和辣椒季基肥施用日期分别为 2 月 25 日和 7 月 26 日,追

肥日期为 6 月 12 日、6 月 20 日、7 月 2 日、7 月 17 日、8 月 10 日、9 月 23 日。2018 年番茄季和辣椒季基肥施用日期分别为 3 月 5 日和 7 月 26 日,追肥日期为 5 月 25 日、6 月 10 日、6 月 20 日、7 月 3 日、8 月 17 日、9 月 19 日。番茄品种为欧蓝德,辣椒品种为优选国宝。2017 年番茄 3 月 4 日移栽,7 月 12 日清茬;辣椒 7 月 20 日种植,12 月 23 日清茬。2018 年番茄 3 月 20 日移栽,7 月 20 日清茬;辣椒 8 月 11 日移栽,12 月 18 日清茬。行距为 0.63 m,株距为 0.3 m。灌溉方式为滴灌, HF、TDN 处理番茄、辣椒 2017 年灌水量分别为 124.9、148.5 mm,2018 年分别为 156.6、152.0 mm,节水灌溉处理灌水量减少 30%。

表 1 不同处理番茄季和辣椒季施肥量

(kg/hm²)

作物季	处理	基肥						追肥		
		化肥			有机肥			化肥		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
番茄	HF	306.0	306.0	306.0	0.0	0.0	0.0	72.0	30.0	258.0
	TDN	154.8	209.3	238.2	151.2	96.7	67.8	72.0	30.0	258.0
	TDN+JS	154.8	209.3	238.2	151.2	96.7	67.8	72.0	30.0	258.0
辣椒	HF	306.0	306.0	306.0	0.0	0.0	0.0	36.0	15.0	129.0
	TDN	169.2	218.0	244.4	136.8	88.0	61.6	36.0	15.0	129.0
	TDN+JS	169.2	218.0	244.4	136.8	88.0	61.6	36.0	15.0	129.0

1.3 样品采集及分析

淋溶水的采集采用田间渗漏池装置,渗漏池深 0.9 m。每次灌溉后试采集淋溶水样品。番茄和辣椒的产量采用每个小区标记 10 株,每次收获称重并记录产量。淋溶水总氮、可溶性总氮的测定采用碱性过硫酸钾消解、紫外分光光度法;NO₃⁻-N 的测定采用离子色谱法;铵态氮的测定采用靛酚蓝比色法。

1.4 氮淋溶量计算及数据处理分析

氮淋溶量由小区产流体积乘以淋溶液氮浓度获得。数据作图用 Sigmaplot 10.0 完成,数据显著性检验采用 SPSS 13.0 软件分析完成。图表中显著性差异为不同处理之间的比较,不同字母代表差异达 5% 显著水平。

2 结果与分析

2.1 不同处理番茄和辣椒季土壤淋溶液硝态氮浓度

2017 年监测期,番茄季土壤淋溶液硝态氮浓

度为 191.3 ~ 202.4 mg/L,不同处理之间没有显著差异(表 2)。辣椒季土壤淋溶液硝态氮浓度为 70.4 ~ 97.3 mg/L,TDN+JS 和 TDN 处理分别比 HF 处理显著降低 27.6% 和 25.9% (P<0.05)。2018 年度番茄季 TDN+JS 和 TDN 处理土壤淋溶液硝态氮浓度分别比 HF 降低 3.1% 和 6.4%。辣椒季 TDN+JS 和 TDN 处理淋溶液硝态氮浓度分别比 HF 处理降低 7.1% 和 9.1%。番茄季土壤淋溶液硝态氮浓度明显高于辣椒季。

表 2 试验期不同处理淋溶液的硝态氮浓度 (mg/L)

年度	作物季	处理		
		HF	TDN	TDN+JS
2017	番茄	202.4a	191.3a	192.5a
	辣椒	97.3a	72.1b	70.4b
2018	番茄	133.5a	125.0a	129.3a
	辣椒	89.9a	81.7a	83.5a

注: 同列数据后不同字母表示处理间差异显著 (P<0.05)。下同。

2.2 不同处理番茄和辣椒季硝态氮淋溶量

表3为试验期间不同蔬菜季硝态氮淋溶量。2017年度,番茄季不同处理硝态氮淋溶量为57.4 ~ 63.9 kg/hm²,不同处理之间差异不显著。辣椒季不同处理硝态氮淋溶量为29.7 ~ 56.3 kg/hm²,TDN和HF处理硝态氮淋溶量没有显著性差异,TDN+JS处理硝态氮淋溶量比HF处理显著降低47.2% ($P<0.05$)。2017年度番茄和辣椒季硝态氮总淋溶量为87.1 ~ 120.2 kg/hm²。全年TDN+JS处理硝态氮淋溶量比HF处理显著降低27.5%。

表3 不同处理番茄和辣椒季的硝态氮淋溶量 (kg/hm²)

年度	作物季	处理		
		HF	TDN	TDN+JS
2017	番茄	63.9a	62.9a	57.4a
	辣椒	56.3a	41.3ab	29.7b
	合计	120.2a	104.2ab	87.1b
2018	番茄	88.6a	77.3a	70.6a
	辣椒	52.9a	50.9a	36.7b
	合计	141.5a	128.2a	107.3b

2018年度,番茄季硝态氮淋溶量为70.6 ~ 88.6 kg/hm²,TDN+JS处理最低,不同处理之间差异不显著。辣椒季TDN+JS处理硝态氮淋溶量比HF

和TDN处理显著降低。综合2个蔬菜季,TDN+JS处理比HF和TDN处理硝态氮淋溶量分别降低24.2%和16.3%。

2.3 不同形态氮素淋溶特征

表4为2018年各处理土壤淋溶液不同氮形态的淋溶量。不同处理总氮淋溶量为155.2 ~ 194.4 kg/hm²,TDN+JS处理比HF处理显著降低20.2%。可溶性总氮淋溶量为119.8 ~ 152.6 kg/hm²,TDN+JS处理比HF和TDN处理显著降低21.5%和13.9%。硝态氮淋溶量占总氮淋溶量的69.1% ~ 73.1%,可溶性总氮占总氮淋溶量的77.2% ~ 79.3%。铵态氮淋溶比率较小,在不同处理中占总氮淋溶比率为0.15% ~ 0.19%。

2.4 不同处理灌水量及灌溉水氮素输入特征

表5为试验期间每季蔬菜灌溉水量及氮素输入量。监测期间2018年取4次灌溉水样品,硝态氮平均含量为35.9 mg/L,总氮平均含量为38.1 mg/L。根据灌溉水氮的平均含量及灌水量计算灌溉氮输入量。2017年番茄和辣椒季HF和TDN处理灌水量为273.4 mm,TDN+JS处理为191.4 mm。2018年HF和TDN处理灌水为308.7 mm,TDN+JS处理为215.8 mm。2017和2018年不同处理灌溉水年输入总氮量为72.9 ~ 117.6 kg/hm²,硝态氮年输入量为68.6 ~ 110.7 kg/hm²。

表4 2018年两个蔬菜季不同形态氮淋溶特征

氮形态	淋溶量 (kg/hm ²)			占总氮比 (%)		
	HF	TDN	TDN+JS	HF	TDN	TDN+JS
总氮	194.4a	175.4a	155.2b	—	—	—
可溶性总氮	152.6a	139.1ab	119.8b	78.5	79.3	77.2
硝态氮	141.5a	128.2a	107.3b	72.8	73.1	69.1
铵态氮	0.37a	0.32a	0.24b	0.19	0.17	0.15

表5 试验期不同处理灌溉水量及氮输入量

年度	蔬菜季	灌水量 (mm)		输入总氮 (kg/hm ²)		输入硝态氮 (kg/hm ²)	
		HF/TDN	TDN+JS	HF/TDN	TDN+JS	HF/TDN	TDN+JS
2017	番茄	124.9	87.5	47.6	33.3	44.8	31.4
	辣椒	148.5	104.0	56.6	39.6	53.2	37.3
	合计	273.4	191.4	104.1	72.9	98.0	68.6
2018	番茄	156.6	109.4	59.7	41.7	56.2	39.2
	辣椒	152.0	106.4	57.9	40.5	54.5	38.1
	合计	308.7	215.8	117.6	82.2	110.7	77.4

2.5 不同处理番茄和辣椒产量

图1为2017和2018年度不同处理番茄和辣椒产量。2017年不同处理番茄产量为49.6 ~ 50.8 t/hm², 2018年不同处理番茄产量为33.0 ~ 33.7 t/hm², 各处理之间差异不显著。2017年不同处理辣椒产

量为17.6 ~ 18.7 t/hm², 2018年不同处理辣椒产量为19.6 ~ 19.8 t/hm², 不同处理辣椒产量没有显著差异。番茄和辣椒的产量表现出年度差异, 2018年番茄产量整体降低, 而2018年辣椒产量比2017年略有提高。

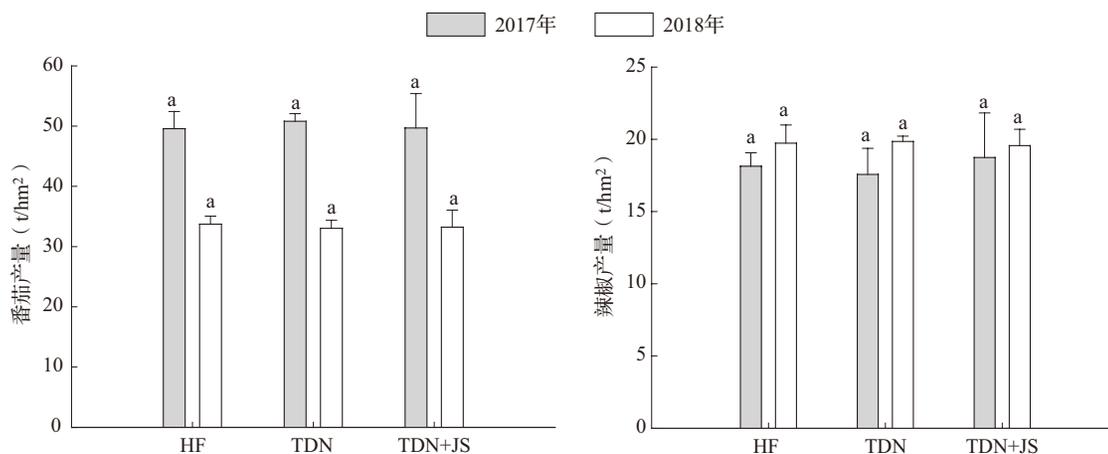


图1 2个年度不同处理番茄和辣椒产量

3 讨论

设施蔬菜种植追求高的产量和经济效益, 农户习惯增加水肥投入, 从而造成菜田土壤硝态氮残留量高, 进而增加淋溶风险^[13]。本研究2个年度番茄和辣椒轮作不同处理硝态氮年淋溶量为87.1 ~ 141.5 kg/hm², 低于一些设施菜田硝态氮淋溶的研究报道。山东寿光设施蔬菜农田的研究表明, 1 m深度土壤淋溶液硝态氮的淋溶量为152.0 ~ 347.0 kg/hm²。在江苏宜兴番茄-黄瓜-芹菜轮作模式硝态氮年淋溶量达163.4 ~ 249.2 kg/hm²^[14-15]。一些蔬菜种植区氮肥长期过量施用, 其灌溉水输入的氮素不可忽视, 在华北地区较多的研究表明, 菜区农村地下灌溉水硝态氮含量较高, 山东寿光部分水井灌溉水硝态氮含量最高超200 mg/L^[16-17]。试验点灌溉水总氮年输入量为68.6 ~ 110.7 kg/hm², 一方面反映了菜区地下水硝态氮污染严重, 另一方面, 灌溉水中的氮输入增加了菜田氮养分输入, 加剧了设施菜田的氮素淋溶, 灌溉水氮素养分的输入需要在养分管理中考虑。随着设施大棚种植年限的增加, 蔬菜大棚土壤硝态氮的累积会不断增加^[18-19], 而其硝态氮淋溶量也会不断增加。2018年度硝态氮平均淋溶量比2017年增加21.1%, 也初步说明随着种植年限的增加, 设施

番茄和辣椒菜田硝态氮的淋溶风险会增加。本研究硝态氮淋溶量占总氮淋溶量的69.1% ~ 73.1%, 低于习斌等^[8]在北京昌平玉米农田的研究结果, 两个玉米生长周期不同处理硝态氮占总氮淋溶比率平均分别为89.9%和78.7%。张宏威等^[20]研究表明, 设施菜田土壤0 ~ 180 cm可溶性有机氮含量范围为29.1 ~ 88.9 mg/kg, 占可溶性总氮的27% ~ 50%。高的土壤有机氮含量可能是导致设施菜田土壤硝态氮淋溶比率较低的原因之一。

有机肥含有一定比例的氮素, 在高量施用条件下, 会增加菜田土壤硝态氮残留及硝态氮淋溶风险^[21-22]。有机肥替代化学氮肥能够降低氮素的各种损失, 而不同的替代比率对氮损失特征及作物产量也有影响。郝小雨等^[9]研究3/4化肥+1/4有机肥设施番茄经济效益最高, 有机肥替代氮肥处理硝态氮淋溶量比化肥处理也显著降低。本研究在设施番茄和辣椒季, 均用40%有机肥氮替代化肥氮, 监测期土壤淋溶液总氮、可溶性总氮、硝态氮、铵态氮淋溶量均有所降低, 其中硝态氮淋溶量平均降低11.4%。有机肥替代氮肥处理番茄和辣椒的产量相比于化肥处理, 产量没有降低, 说明在40%有机替代氮肥条件下, 实现了畜禽废弃物的资源化利用及菜田化学氮肥投入的降低。

滴灌施肥可以提高水分和肥料的利用效率, 与

覆膜结合还可以减少水分蒸发损失,降低温室内湿度和温室蔬菜的病害,提高蔬菜的品质。在滴灌施肥方式下,增加灌水量可以提高黄瓜的株高、叶面积、干物质量和产量^[23]。番茄和辣椒在有机替代氮肥基础上,通过滴灌节水30%,氮素淋溶量比化肥处理显著降低,2个年度硝态氮淋溶量平均降低25.9%,说明在本地区设施番茄和辣椒菜田,通过有机肥替代氮肥及适当节水灌溉,能够有效降低菜田氮素淋溶,同时保持蔬菜产量。

4 结论

经过2个年度设施番茄和辣椒菜田的研究表明,不同试验处理硝态氮年淋溶量为87.1~141.5 kg/hm²,硝态氮淋溶量占总氮淋溶量的69.1%~73.1%。通过有机肥替代氮肥40%及滴灌条件下的节水灌溉,2个年度硝态氮淋溶量平均降低25.9%。2个年度不同处理番茄和辣椒的产量没有显著差异,说明有机肥替代氮肥及适当的节水灌溉能有效降低本地区设施番茄和辣椒农田的氮素淋溶。

参考文献:

- [1] 黄绍文,唐继伟,李春花,等.我国蔬菜化肥减施潜力与科学施用对策[J].植物营养与肥料学报,2017,23(6):1480-1493.
- [2] 张春霞,文宏达,刘宏斌,等.优化施肥对大棚番茄氮素利用和氮素淋溶的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5):1139-1145.
- [3] 姜慧敏,张建峰,李玲玲,等.优化施肥模式下设施菜地氮素的利用及去向[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5):1146-1154.
- [4] 叶灵,巨晓棠,刘楠,等.华北平原不同农田类型土壤硝态氮累积及其对地下水的影响[J].水土保持学报,2010,24(2):165-178.
- [5] 陈云增,陈志凡,马建华,等.沙颍河流域典型癌病高发区土壤硝态氮对地下水和蔬菜硝酸盐积累的影响[J].环境科学学报,2016,36(3):990-998.
- [6] 邢月华,包红静,蔡广兴,等.连续施用不同量有机肥对土壤肥力及玉米产量的影响[J].河南农业科学,2016,45(4):66-70.
- [7] Zhang M, Li B, Xiong Z Q. Effects of organic fertilizer on net global warming potential under an intensively managed vegetable field in southeastern china: a three-year field study [J]. Atmospheric Environment, 2016, 145: 92-103.
- [8] 习斌,翟丽梅,刘申,等.有机无机肥配施对玉米产量及土壤氮磷淋溶的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(2):326-335.
- [9] 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.
- [10] 范凤翠,张立峰,李志宏,等.日光温室番茄控制土壤深层渗漏的灌水量指标[J].农业工程学报,2010,26(10):83-89.
- [11] 廖上强,陈延华,李艳梅,等.减量灌溉条件下缓释肥料对番茄产量、品质及硝态氮淋溶的影响[J].中国土壤与肥料,2015(6):70-75.
- [12] 李银坤,郭文忠,薛绪掌,等.不同灌溉施肥模式对温室番茄产量、品质及水肥利用的影响[J].中国农业科学,2017,50(19):3757-3765.
- [13] 郝晓然,彭亚静,张丽娟,等.根层调控措施对甜玉米-黄瓜设施蔬菜轮作体系土壤硝态氮的影响[J].中国农业科学,2015,48(12):2390-2400.
- [14] Song X Z, Zhao C X, Wang X L, et al. Study of nitrate leaching and nitrogen fate under intensive vegetable production pattern in northern China [J]. Comptes Rendus Biologies, 2009, 332(4): 385-392.
- [15] Min J, Zhang H L, Shi W M, et al. Optimizing nitrogen input to reduce nitrate leaching loss in greenhouse vegetable production [J]. Agricultural Water Management, 2012, 111(4): 53-59.
- [16] 刘兆辉,江丽华,张文君,等.设施菜地土壤养分演变规律及对地下水威胁的研究[J].土壤通报,2008,39(2):293-298.
- [17] 高兵,任涛,李俊良,等.灌溉策略及氮肥施用对设施番茄产量及氮素利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(6):1104-1109.
- [18] 高伟,朱静华,高宝岩,等.天津市设施蔬菜不同种植年限土壤及地下水养分特征[J].华北农学报,2010,25(2):206-211.
- [19] 李艾芬,章明奎.浙北平原不同种植年限蔬菜地土壤氮磷的积累及环境风险评价[J].农业环境科学学报,2010,29(1):122-127.
- [20] 张宏威,康凌云,梁斌,等.长期大量施肥增加设施菜田土壤可溶性有机氮淋溶风险[J].农业工程学报,2013,29(21):99-107.
- [21] 张迪,赵牧秋,牛明芬,等.有机肥对设施土壤硝态氮垂直分布的影响[J].土壤通报,2011,42(5):1148-1152.
- [22] 肖辉,程文娟,王立艳,等.不同有机肥对日光温室土壤剖面硝态氮含量动态变化的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(1):106-114.
- [23] 方栋平,张富仓,李静,等.灌水量和滴灌施肥方式对温室黄瓜产量和品质的影响[J].应用生态学报,2015,26(6):1735-1742.

Effects of mineral nitrogen substitution by organic fertilizer nitrogen and water saving on nitrogen leaching in tomato and pepper greenhouse vegetable fields

LUO Xiao-sheng¹, LÜ Hong-wei², KOU Chang-lin^{1*} (1. Institute of Plant Nutrition, Resources and Environmental Sciences, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan 450002; 2. Xinye County Rural Energy Station, Xinye Henan 473500)

Abstract: Reducing nitrogen leaching in vegetable fields is of great significance for reducing non-point source pollution in vegetable growing area. The characteristics of nitrogen leaching in tomato and pepper greenhouse vegetable fields were studied by using organic manure substitution for chemical fertilizer and water saving. The treatments were set up: Chemical fertilizer (HF) treatment, organic manure substitution for chemical nitrogen fertilizer 40% (TDN) treatment, organic manure substitution for chemical nitrogen fertilizer 40% and water saving 30% (TDN+JS) treatment . The results showed that the average nitrate nitrogen concentration of all treatment solutions in different vegetable seasons was 70.4 ~ 202.4 mg/L in the two monitoring years. The average nitrate nitrogen leaching rates of HF, TDN and TDN+JS treatments were 130.9, 116.2, 97.2 kg/hm², respectively. Compared with the HF treatment, the nitrate nitrogen leaching of TDN was slightly decreased by 11.4% on average. Compared with the HF treatment, TDN+JS treatment significantly reduced nitrate leaching by 25.9% on average. Nitrate leaching is the main part of nitrogen leaching, accounting for 69.1% to 73.1% of total nitrogen leaching, and soluble nitrogen accounting for 77.2% to 79.3% of total nitrogen leaching. The yield of tomato was 33.0 ~ 50.8 t/hm² and that of pepper was 17.6 ~ 19.8 t/hm² in two years, and there was no significant difference among different treatments. It is indicated that the combination of organic manure substitution for chemical fertilizer and appropriate water saving is a good way to reduce nitrogen leaching in greenhouse field.

Key words: organic manure substitution for chemical nitrogen fertilizer; water saving; nitrogen leaching; tomato; pepper