

节水控氮对黄河上游地区设施菜田氮素时空分布的影响

曲继松¹, 张丽娟¹, 冯海萍¹, 杨冬艳¹, 郭文忠¹, 王彩玲²

(1. 宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002; 2 灵武市农业局, 宁夏 灵武 751400)

摘要:为了探索黄河上游地区日光温室节水控氮对氮肥利用效率及氮素运移规律的影响,以不同施氮量和灌水量为试验处理,采用随机区组处理方式,通过在西芹不同生长阶段、0~160 cm 土壤剖面获取土壤氮素的动态变化信息,以评价日光温室栽培条件下土壤氮素运移规律和硝态氮的淋溶情况。试验表明:在耕层土壤(0~60 cm)内全氮质量分数变化较大且规律明显;硝态氮质量分数变化在整个生长周期内呈规律性明显变化,且土壤中硝态氮质量分数变化与灌水量呈负相关关系,与施氮质量分数呈正相关关系,节水控氮能够有效减轻土壤中上层中(0~60 cm)硝态氮淋洗,降低土壤硝态氮积累量,有效减轻对农田周围水体污染。

关键词:黄河上游地区;日光温室;节水减氮;氮素运移;时空分布

中图分类号:S 158.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)04-0037-04

宁夏回族自治区在“十一五”期间大力发展设施农业,目前设施温室大棚面积已达到 5.33 万 hm^2 ^[1],合理的灌溉与施肥是作物增产的主要途径^[2],从水肥对作物的生理生长影响过程来看,这 2 个因子在很大程度上既相互影响,又互相制约。氮素是蔬菜生长所必需的大量元素,土壤中氮素的丰缺直接影响着作物的生长。为提高土壤的氮素水平,人们广泛大量施用氮素肥料,目前

我国农业生产中氮素的生产效率趋于下降,而带来的农业环境污染则趋于加重^[3-4];同时过量施用氮肥及有机肥导致硝态氮在土壤剖面过量累积^[5],累积的硝态氮不易被土壤胶体吸附,易随水移动而流失,不但造成资源和资金的极大浪费,而且极易进入水体,引起地下水污染^[6-8]。国内研究主要集中在氮肥对蔬菜硝酸盐含量的影响方面^[9-13]。该研究以黄河上游灌区设施土壤为材料,通过节水减氮处理方式,分析土壤中氮素运移和时空变化,分析了节水减氮对土壤氮素时空分布的影响,旨在明确氮素在黄河灌区设施土壤中的运动规律,以期为设施菜田清洁生产和节水灌溉提供一定的理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

宁夏灵武市地处宁夏中部,属于典型的大陆性季风气候,其特点为:春迟秋早,四季分明、日照充足、热量丰富、蒸发强烈、气候干燥、晴天多、雨雷少,全年日照时数

第一作者简介:曲继松(1980-),男,吉林永吉人,硕士,助理研究员,现主要从事设施环境调控和蔬菜栽培生理研究工作。E-mail: qujs19@126.com。

责任作者:郭文忠(1970-),男,宁夏中卫人,博士,研究员,现主要从事设施蔬菜栽培生理和设施园艺工程技术研究工作。E-mail: guowzh70@163.com。

基金项目:国家重大专项资助项目(2009ZX07212-004-2);宁夏回族自治区科技攻关资助项目(KGZ-170706);国家科技支撑计划资助项目(2007BAD57B01)。

收稿日期:2011-12-05

investment was ensured with multi-level and multi-channel, forms of financing way. All kinds of professional cooperation economic organization or association were improved their internal operation mechanism and cultivated and strengthened the marketing leading enterprise. To strengthen technical training and technical service work, to do well in the innovation of new technology research and development work; To speed up the existing mature technology of summary and promotion; To Improve the product quality, steady promotion pollution-free vegetables and green vegetable production to create famous brand, to promote market access system, to ensure the excellent countermeasures was discussed in this paper.

Key words: Hexi corridor; sunlight greenhouse; development present situation; existing issue; countermeasures

3 080.2 h, 平均无霜期 157 d, 年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3 351.3 $^{\circ}\text{C}$, 年平均气温 8.8 $^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 206.2~255.2 mm。试验在宁夏灵武农场日光温室(银川一代温室)进行, 位于北纬 38 $^{\circ}$ 06'45.96", 东经 106 $^{\circ}$ 17'57.23", 海拔 1 190 m, 温室长 50 m, 净跨 6.5 m, 脊高 3.5 m, 墙体基部厚度为 1.4 m, 冬季加盖草帘保温, 供试土壤为砂质壤土, 土壤肥力中等, 灌排水方便(表 1、2)。

表 1 土壤养分状况

pH	全盐质 量分数 /g·kg ⁻¹	有机质 质量分数 /g·kg ⁻¹	全氮 质量分数 /g·kg ⁻¹	速效氮 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
7.42	1.21	10.34	0.94	63	115.3	363.3

注: 数据为土层 0~160 cm 综合土样。

表 2 土壤机械组成

2.0~0.25 mm	0.25~0.05 mm	0.05~0.02 mm	0.02~0.002 mm	<0.002 mm
68	344	303	165	120

g·kg⁻¹

1.2 试验材料

供试材料为宁夏黄河上游地区日光温室(2003 建)内土壤。供试肥料: 尿素(N: 46%), 过磷酸钙(P₂O₅: 43%), 硫酸钾(K₂O: 50%)。

1.3 试验方法

试验设置 7 个处理, 3 次重复, 采用随机区组设计, 小区面积为 6 m×2.2 m, 每小区四周均以垂直深埋 80 cm 的双层塑料相隔以防肥水横向运移。以经验施氮量 65 kg/667m² 为对照施氮量, 按每小区 15.0 kg 圈肥、0.93 kg 过磷酸钙(P₂O₅ 43%)和 2.4 kg 硫酸钾(K₂O 50%)为底肥, 同时按表 2 的尿素(N 46%)用量将肥料按基施追施于土中, 其中 40% 为基肥, 60% 追施, 追肥平均分 2 次追施, 分别在营养生长初期、盛期施入。供试芹菜于 2009 年 9 月 18 日定植, 定植株行距为 15 cm×25 cm。灌溉采用大水浇灌, 用水表控制灌水, 精确记录灌水量, 各处理按表 3 的灌溉量统一浇水。全生育期浇水 6 次, 其它管理措施相同。

表 3 各处理灌水量(m³)与 N 肥(尿素)用量(kg)

处理号	1	2	3	4	5	6	7
N 肥基施量	0.520	0.520	0.443	0.365	0.520	0.443	0.365
N 肥追施量 1	0.390	0.390	0.332	0.274	0.390	0.332	0.274
N 肥追施量 2	0.390	0.390	0.332	0.274	0.390	0.332	0.274
每次灌水量	1.0	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6

注: 常量水以第 1 次浇透水的灌水量为标准, 即 1 m³/(小区×次)。

1.4 指标测定方法

土壤样品采集采用多点取土, 采集 0~160 cm 土壤剖面样品时每个处理随机采 3 个样点, 按 0~20、20~40、40~60、60~80、80~120、120~160 cm 土层分别取土。土壤化学指标分析检测依据为 LY/T1239-1999、LY/T1251-1999、LY/T1121.6-2006、LY/T1228~1229-1999、

LY/T1233-1999、LY/T1236-1999, 主要仪器为: Delta320 型酸度计、DDS-307 型电导率仪、1030 全自动凯氏定氮仪、TU-1800 紫外分光光度计; 数据统计采用 Excel 软件和 DPS 软件分析。

2 结果与分析

2.1 节水减氮对土壤中全氮质量分数变化的影响

从图 1、2、3 可看出, 在芹菜整个生长周期内, 土壤中全氮质量分数变化主要发生在 0~40 cm 土层内, 在定植期(图 1), 0~20 cm 处均大于 20~40 cm 土层中全氮质量分数; 在同一施氮量下, 0~20 cm 处随着灌水量的减少, 土层中全氮质量分数逐渐增加(处理 1<处理 2<处理 5), 20~40 cm 和 40~60 cm 土层中全氮质量分数逐渐减小(处理 1>处理 2>处理 5), 在生长期和采收期内, 各处理 60 cm 以下土层中全氮量变化不大, 而且在生长期随着时间的推移, 深层(60~160 cm)土壤中全氮质量分数逐渐增加, 说明土壤全氮质量分数有向下运移增加的趋势。

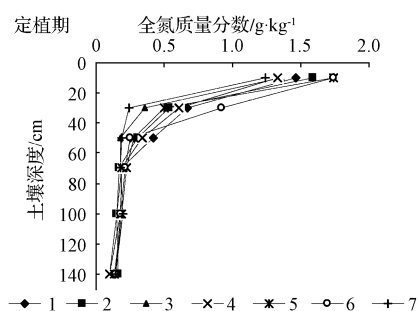


图 1 定植期土壤各层中全氮质量分数变化

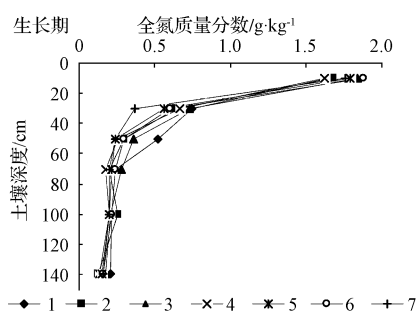


图 2 生长期土壤各层中全氮质量分数变化

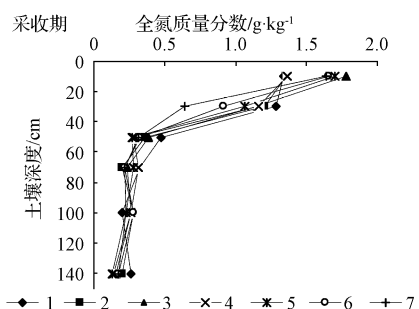


图 3 采收期土壤各层中全氮质量分数变化

2.2 节水减氮对土壤中硝态氮质量分数变化的影响

由图 4、5、6 可看出,在芹菜整个生长周期内,硝态氮质量分数在各土层中变化比较明显,且呈现规律性变化。在定植期(图 4),各处理土层中硝态氮质量分数变化趋势基本一致,即 0~40 cm 土层中,硝态氮质量分数逐渐减少,40~160 cm 土层中硝态氮质量分数逐渐递增,而且在同一施氮量水平上,随着灌水量的减少,0~40 cm 土层中,硝态氮质量分数逐渐减少(处理 1>处理 2>处理 5),40~160 cm 土层中硝态氮质量分数逐渐递增(处理 1<处理 2<处理 5);在同一灌水条件下,随着施氮量的减少,各土层无明显规律性变化;在生长期(图 5),各处理之间差异较为明显,在同一施氮量水平上,随着灌水量的减少,0~60 cm 土层中,硝态氮质量分数逐渐递增(处理 1<处理 2<处理 5),60~160 cm 土层中硝态氮质量分数逐渐减少(处理 1>处理 2>处理 5)。在采收期(图 6),各处理之间差异显著,而且随着土层深度的增加,各处理之间差异逐渐加大,随着土层深度的增加,土壤中硝态氮质量分数呈先减少(0~40 m)后增加(60~160 cm)的变化趋势,并且在同一施氮量水平上,随着灌水量的减少,各土层中硝态氮质量分数逐渐递增(处理 1<处理 2<处理 5),0~20 cm 土层内处理 2(节水 20%)的硝态氮质量分数为处理 1(CK)的 1.44 倍,处理 5(节水 40%)为处理 1 的 1.5 倍,20~40 cm 土层内处理 2 的硝态氮质量分数为处理 1 的 1.5 倍,处理 5 为处理 1 的 1.58 倍,40~60 cm 土层内处理 2 的硝态氮质量分数为处理 1 的 3.58 倍,处理 5 为处理 1 的 5.75 倍,60~80 cm 土层内处理 2 的硝态氮质量分数为处理 1 的 2.33 倍,处理 5 为处理 1 的 4.6 倍,80~120 cm 土层内处理 2 的硝态氮质量分数为处理 1 的 1.77 倍,处理 5 为处理 1 的 3.23 倍,120~160 cm 土层内处理 2 的硝态氮质量分数为处理 1 的 1.51 倍,处理 5 为处理 1 的 2.51 倍。

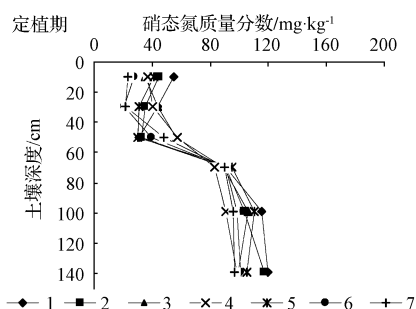


图 4 定植期土壤各层中硝态氮质量分数变化

在同一灌水量水平上(图 6),随着施氮量的减少,0~40 cm 土层中硝态氮含量逐渐增加(处理 2<处理 3<处理 4、处理 5<处理 6<处理 7),40~160 cm 土层中硝态氮质量分数逐渐减少(处理 2>处理 3>处理 4、处理 5>处理 6>处理 7),说明土壤中硝态氮质量分数变化与灌水量呈负相关关系,与施氮质量分数呈正相关关系,

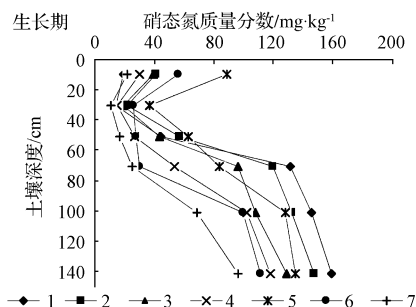


图 5 生长期土壤各层中硝态氮质量分数变化

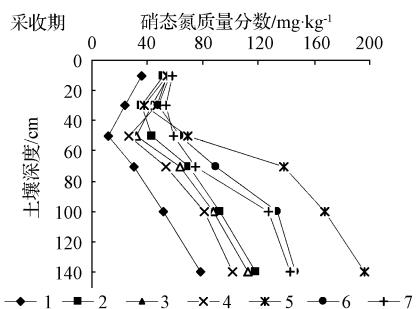


图 6 采收期土壤各层中硝态氮质量分数变化

施氮质量分数减少,土壤中硝态氮质量分数逐渐减少,且随着灌水量的减少,土壤中硝态氮质量分数逐渐增加,硝态氮淋洗较轻,对周围水体污染相对减轻。

3 结论

在黄河上游地区日光温室内,全氮质量分数变化为:在同一施氮量下,0~20 cm 处随着灌水量的减少,土层中全氮质量分数逐渐增加(处理 1<处理 2<处理 5),20~40 cm 和 40~60 cm 土层中全氮质量分数逐渐减小(处理 1>处理 2>处理 5),在耕层土壤(0~60 cm)内全氮质量分数变化较大且规律明显;在生长周期内,各处理 60 cm 以下土层中全氮质量分数变化不大,而且在生长周期内随着时间的推移,同一处理的同一土层(60~160 cm)土壤中全氮质量分数逐渐增加,说明土壤中全氮质量分数有向下运移的趋势。

同一灌水量水平上,各处理之间差异表现不明显(处理 2、处理 3、处理 4 为同一灌水量;处理 5、处理 6、处理 7 为同一灌水量),不同土层深度各处理数据成不规则变化,但各处理随着土层深度的增加,全氮质量分数逐渐减少,说明全氮质量分数变化受施氮量影响较大。

我国北方蔬菜种植中农民习惯采用大水大肥的种植方式,过量的施用氮肥导致土壤中氮素残留量过高^[14-15],在水分供应有限的条件下,大部分氮素都集中在土体上层,施氮量越高,土体 $\text{NO}_3\text{-N}$ 残留量也越高^[16-17]。灌水量越高,淋洗量也就越大^[18],而且过量的灌溉还会引起 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的直接淋洗^[19]。该试验得出,硝态氮质量分数变化在整个生长周期内呈规律性明显变

化,且土壤上层中硝态氮质量分数变化与灌水量呈负相关关系,与施氮质量分数呈正相关关系。节水控氮能够有效减轻土壤中、上层中(0~60 cm)硝态氮淋洗,降低土壤硝态氮积累量,有效减轻对农田周围水体污染。

参考文献

- [1] 曲继松,郭文忠,张丽娟,等. 柠条粉作基质对西瓜幼苗生长发育及干物质积累的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(8):291-295.
- [2] 谢森传,惠士博. 高产高效冬小麦节水喷灌模式研究[J]. 灌溉排水,1997,16(1):14-18.
- [3] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [4] Lin D X, Fan X H, Hu F, et al. Ammonia volatilization and nitrogen utilization efficiency in response to urea application in rice fields of the Taihu Lake region, China [J]. Pedosphere, 2007, 17(5): 639-645.
- [5] Ünlu K, Özenirler G, Yurteri C. Nitrogen fertilizer leaching from cropped and irrigated sandy soil in Central Turkey [J]. European Journal of Soil Science, 1999, 50(4): 609-620.
- [6] 周建斌,翟丙年,陈竹君,等. 设施栽培菜地土壤养分的空间累积及其潜在的环境效应[J]. 农业环境科学学报,2004,23(2):332-335.
- [7] 李文庆,张民,李海峰,等. 大棚土壤硝酸盐状况研究[J]. 土壤学报,2002,39(2):283-287.
- [8] 周建斌,陈竹君,唐莉莉,等. 日光温室土壤剖面矿质态氮的含量、累积及其分布特性[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):675-680.
- [9] 高强,巨晓棠,张福锁. 几种新型氮肥对叶菜硝酸盐累积和土壤硝态氮淋洗的影响[J]. 水土保持学报,2007,21(1):9-13.
- [10] 杨晓英,杨劲松. 氮素供应水平对小白菜生长和硝酸盐积累的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(1):160-163.
- [11] 甄英肖,刘淑君,刘书起. 钼肥对莴苣油菜菜硝酸盐含量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2007(1):51-53.
- [12] 罗金葵,陈巍,张攀伟,等. 小白菜适当增铍下硝酸盐累积机理研究[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(6):800-803.
- [13] 蒋卫杰,余宏军,李红. 不同有机肥种类对生菜硝酸盐含量的影响[J]. 中国蔬菜,2005(8):10-12.
- [14] 黄元仿,曹兵,胡克林,等. 不同施肥条件下菜地土壤无机氮动态及其淋洗污染潜力[J]. 土壤通报,1997,28(4):175-177.
- [15] 王朝辉,宗志强,李生秀,等. 蔬菜的硝态氮累积及菜地土壤的硝态氮残留[J]. 环境科学,2002,23(3):79-83.
- [16] 吕殿青,同延安,孙本华. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(1):8-15.
- [17] 范丙全,胡春芳. 灌溉施肥对壤质潮土硝态氮淋溶的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1998(1):16-21.
- [18] 栗岩峰,李久生,李蓓. 滴灌系统运行方式和施肥频率对番茄根区土壤氮素动态的影响[J]. 水利学报,2007,38(9):857-865.
- [19] 张学军,赵营,陈晓群,等. 滴灌施肥中施氮量对两年蔬菜产量、氮素平衡及土壤硝态氮累积的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(11):2535-2545.

Effect of Water Saving and Nitrogen Controlling on Nitrogen Temporal and Spatial Distribution in Greenhouse Vegetable Fields of Upstream Area of the Yellow River

QU Ji-song¹, ZHANG Li-juan¹, FENG Hai-ping¹, YANG Dong-yan¹, GUO Wen-zhong¹, WANG Cai-ling²

(1. Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002; 2. Bureau of Lingwu Agriculture, Lingwu, Ningxia 751400)

Abstract: In order to explore effect of water saving and nitrogen controlling on nitrogen use efficiency and nitrogen transport law, adopting randomized block designs, to obtain dynamic change information on soil nitrogen to evaluate soil nitrogen transport law and nitrate leaching in different growth stages of celery, in 0~160 cm soil profiles in greenhouse in the upper reaches of the Yellow River. The results showed that at the same nitrogen application rate, soil total nitrogen gradually increased (treatment 1 < treatment 2 < treatment 5) in 0~20 cm and soil total nitrogen gradually decreased (treatment 1 > treatment 2 > treatment 5) in 20~40 cm and in 40~60 cm, with the decrease of irrigation quota, total nitrogen mass fraction, and the law was changed greatly in the topsoil (0~60 cm); NO₃-N changed regularly, which was a negative correlation with irrigation quantity, which was a positive correlation with nitrogen application rate during growing periodicity

Key words: the upper stream of the Yellow River; solar greenhouse; water saving and nitrogen controlling; nitrogen migration; temporal and spatial distribution