

Effects of Different Organic Manure Rate and Planting Years on Nitrate Accumulation in Greenhouse Soil

Mingfen NIU¹, Di ZHANG^{1,2}, Shaojun WANG^{1,2}, Muqiu ZHAO²

¹Shenyang Jian Zhu University, Shenyang, China, 110168

²Key Laboratory of Pollution Ecology and Environment Engineering, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, China, 110016

Email: zhangdihj@126.com

Abstract: A field experiment was conducted in Xinmin suburb to study the effects of different applying organic manure rate ($0\sim 60\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$) and planting years on nitrate accumulation in greenhouse soil. Five treatments were installed. The results showed that the nitrate content in the soils had significant positive correlations with different organic manure rate and planting years ($P<0.05$). When the application rate of organic manure was less than $20\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, no significance was found between fertilizations and comparison treatment in different planting years, nitrate accumulation was not observed in soil. When the organic fertilizations were $60\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, the nitrate content in $0\sim 40\text{ cm}$ soil layer was the highest, and had significant with the other treatments. All soil layers had different levels accumulation on nitrate. Under different fertilizations, nitrate content in all soil layers for 3 years was higher than 2 years, especially in $0\sim 20\text{ cm}$.

Keywords: Greenhouse soil; Planting years; Organic manure rate; Nitrate

不同施肥量和种植年限对设施土壤硝酸盐累积的影响

牛明芬¹, 张迪^{1,2}, 王少军^{1,2}, 赵牧秋²

¹沈阳建筑大学市政与环境工程学院, 沈阳, 中国, 110168

²中科院沈阳应用生态研究所污染生态与环境生态工程研究中心, 沈阳, 中国, 110016

Email: zhangdihj@126.com

摘要: 以辽宁省新民市某设施蔬菜生产基地不同种植年限的土壤为研究对象, 通过设置 5 个不同有机肥处理的实验小区, 系统研究了不同有机肥施入量 ($0\sim 60\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$) 和种植年限对设施土壤硝酸盐累积的影响。结果表明, 土壤硝酸盐累积量与施肥量和种植年限均呈显著正相关关系 ($P<0.05$)。当施肥量低于 $20\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时, 种植年限不同的土壤各土层硝酸盐含量与对照相比差异不显著, 未出现硝酸盐积累现象; 当施肥量为 $60\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时, $0\sim 40\text{ cm}$ 土层土壤硝酸盐含量显著高于其它各处理, 各土层出现不同程度的硝酸盐累积。在不同的施肥条件下, 种植 3a 的温室土壤各土层硝酸盐含量均高于种植 2a 的, 尤其是 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层增加量最显著。

关键词: 设施土壤; 种植年限; 施肥量; 硝酸盐

1 引言

设施栽培是玻璃温室、塑料大棚、日光温室等保护地栽培的总称。近年来, 设施栽培产业迅猛发展, 成为我国农业生产中最有活力的新产业, 具有明显的经济、社会和生态效益^[1]。随着保护地蔬菜生产的发展, 土壤盐分障碍问题也随之而来, 设施菜地特殊的

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BADA7B08); 国家自然科学基金(30970479)

生态环境及其高强度、高水肥的种植, 导致土壤性状发生很大的变化^[2]。大量研究表明, 设施菜地土壤质量恶化的主要原因是过量施肥造成的土壤硝酸盐累积^[3]。目前设施蔬菜的氮素管理主要集中在化肥上, 对如何管理有机肥少有报道, 但有机肥的施用具有明显的累积效应, 直接影响后季作物的氮素管理^[4-5], 因此确定合理的有机肥施用量对保护土壤环境的可持续利用具有重要的意义。本研究以辽宁省新民市大民屯镇方巾牛村设施蔬菜种植基地的土壤为研究对象, 通过设置

不同的施肥处理, 研究不同种植年限的设施土壤硝酸盐累积量的变化, 为设施大棚土壤氮素养分管理, 提高肥料利用率, 减少土壤硝酸盐污染等提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 研究区概况

试验地点设在辽宁省新民市大民屯镇方巾牛村设施蔬菜种植基地(122°50'E, 41°59'N), 该地区位于辽河东岸, 属于辽河冲积平原, 土壤类型为耕型壤质黄土状潮棕壤, 土地肥沃, 灌溉条件优越, 是沈阳最大的绿色无公害蔬菜生产基地, 发展大规模温室蔬菜生产已有 10 余年历史。截至 2007 年, 方巾牛村 9302 亩耕地中, 已开发棚菜 7600 亩, 高峰期日产棚菜 200 多吨, 被誉为“东北蔬菜生产第一村”。

2.2 试验设计

该试验从 2009 年 1 月开始至 6 月结束, 分别在 2 个种植年限不同的温室大棚内进行, 1 号为种植 2 年的大棚, 2 号为种植 3 年的大棚。每个大棚均设 5 个施肥处理, 3 次重复, 随机区组排列, 试验小区面积为 3.6m×5.2m。5 个处理有机肥用量分别为: CK: 不施有机肥; 处理 1: 施有机肥 10 t·hm⁻² (含氮 94 kg·hm⁻²); 处理 2: 施有机肥 20 t·hm⁻² (含氮 188 kg·hm⁻²); 处理 3: 施有机肥 40 t·hm⁻² (含氮 376 kg·hm⁻²); 处理 4: 施有机肥 60 t·hm⁻² (含氮 564 kg·hm⁻²); 其中处理 4 为该地区常规有机肥施用量。供试有机肥采用腐熟鸡粪(其中含有机碳 250.0g·kg⁻¹, 全氮 14.3g·kg⁻¹, 全磷 16.2g·kg⁻¹, 全钾 13.7g·kg⁻¹), 无机肥采用复合肥撒可富(N 15%, P₂O₅ 15%, K₂O 15%), 各处理均施同等数量的无机肥(含氮 168 kg·hm⁻²)。有机肥和化肥均用作基肥, 采用沟施方式在黄瓜种植前一次施入, 植物的浇水采用沟灌方式, 根据土壤干湿度和植株长势每 5~7d 浇水一次, 田间管理按植物传统生产管理统一进行。

2.3 样品采集与分析方法

土壤样品采集: 采用土钻取土法, 试验整地前, 在每个大棚的实验小区内随机选取 5 点, 按照 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 3 个深度采集混合土样, 测定本底土样的基本理化性质, 见表 1。施肥后按照黄瓜生长期分别采取 2 个大棚各处理的同样各土层土样, 3 点混合, 重复 3 次, 测定土壤硝酸盐含量。

测定方法: 所有土样硝酸盐含量均采用 MgO-代氏合金蒸馏法测定; 土壤全氮采用开氏蒸馏法测定; 全磷采用 H₂SO₄-HClO₄ 消煮-钼锑抗比色法; 土壤速效磷用 0.5 mol·L⁻¹ 的 NaHCO₃ (pH=8.5) 浸提-钼锑抗比色法; 速效钾采用乙酸铵提取-火焰光度计法; 有机碳采用 TOC-5000A 有机碳分析仪测定。有机肥中全氮采用蒸馏法测定; 全磷采用钒钼黄比色法测定^[6]。

Table 1. Principal chemical properties of tested soil

表 1. 供试土壤的基本理化性质

项目	有机碳 (g·kg ⁻¹)	全 P(g·kg ⁻¹)	速 P(mg·kg ⁻¹)	速 K(mg·kg ⁻¹)	全 N(g·kg ⁻¹)
2a 温 室	10.15	0.83	39	311	1.06
3a 温 室	11.97	1.04	54	374	1.31

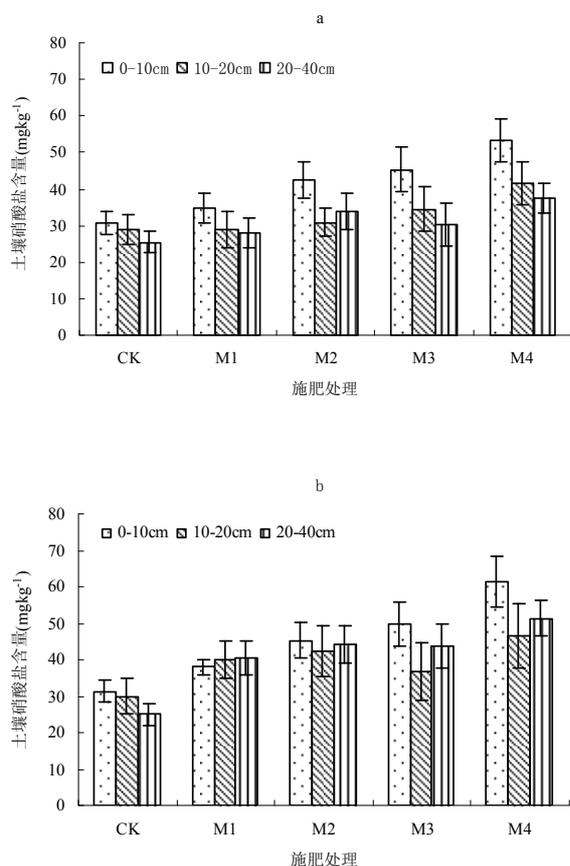
2.4 数据处理

数据的方差分析和回归分析是采用 SPSS16.0 软件完成的, 文中各图均是通过 Excel 2003 完成, 并且表示了多次重复实验的算术平均值和标准误差。

3 结果与分析

3.1 不同施肥处理下表层土壤硝酸盐累积情况

图 1 所示是不同施肥处理对种植不同年限的设施大棚表层土壤硝酸盐含量的影响。从图中可以看出, 在本研究的 5 种施肥条件下, 不同施肥水平的土壤硝酸盐含量均比不施肥处理有不同程度的增加, 种植 2a 和 3a 的温室土壤硝酸盐累积量都是随着施肥量的增加而增加, 处理 M4 土壤硝酸盐累积量最高, 与对照相比(处理 CK)呈显著性差异(P<0.05), 说明施肥是土壤硝酸盐累积的重要因素。无论种植年限是多少, 在施入低量有机肥条件下, 各土层土壤硝酸盐含量均较接近, 与对照相比虽有一定增加但差异不显著; 在中高量有机肥处理下, 硝酸盐得到大量积累, 尤其是当施肥量为 60 t·hm⁻² 时, 各土层硝酸盐含量均较高。每一土层中硝酸盐的含量也随着施肥量的增加而显著上升, 0~10cm 土层增加量最大, 处理 M4 硝酸盐累积量高达 62 mg·kg⁻¹。在该土壤肥力条件下, 当施



(a. Nitrate content in 2-year greenhouse soil; b. Nitrate content in 3-year greenhouse soil)

(a. 2a 温室土壤硝酸盐含量; b. 3a 温室土壤硝酸盐含量)

Figure 1. Effects of different fertilizations on the accumulation of nitrate in soil

图 1. 不同施肥处理对表层土壤硝酸盐含量的影响

肥量为60 t · hm⁻²时, 各土层硝酸盐累积量较对照均呈显著性差异 (P<0.05), 由于施肥量为60 t·hm⁻²是当地常规田间施肥量, 因此为减少土壤硝酸盐的累积应采取一定的改善措施, 适当降低有机肥的投入量。王立河等对中等肥力的黄潮土进行实验得出: 在生产中, 不宜大量施用有机肥, 合理的有机肥施入量应控制在45~90 t·hm⁻²之间^[7]; 徐福利等则认为合理的有机肥施用量为64~151 t·hm⁻²^[8]。由于设施种植过程中不同肥力的土壤对有机肥的需求量不同, 加上农民的耕作习惯和其它外界影响因素等, 对于合理的有机肥施用量不能一概而论。本研究的土壤肥力条件下, 建议有机肥的施用量应略低于60 t·hm⁻²。

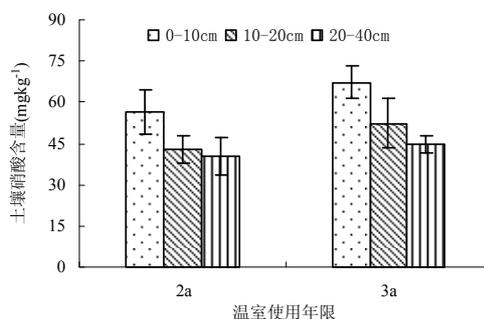


Figure 2. Contents of nitrate in different greenhouse soil

图 2. 使用年限不同的温室土壤硝酸盐累积情况

3.2 不同施肥年限下土壤硝酸盐累积情况

种植2a和3a的设施大棚不同土层土壤硝酸盐累积情况如图2所示。3a棚土壤硝酸盐含量最高为67 mg·kg⁻¹, 2a棚土壤为55 mg·kg⁻¹, 极差达12 mg·kg⁻¹, 且3a棚土壤硝酸盐平均含量也高于2a棚, 这说明土壤硝酸盐累积与施肥年限呈正相关关系。党菊香等人的研究也表明大棚土壤硝酸盐的累积量与棚龄呈一定的正相关关系, 棚龄愈长, 土壤硝酸盐累积总量愈多^[9]。该试验中, 3a棚土壤0~10cm和10~20cm土层硝酸盐含量较2a棚分别增加20%和22%, 20~40cm土层硝酸盐增加量为10%, 且随着土壤深度的增加, 硝酸盐含量呈现降低趋势, 由此可知人为因素的影响也是导致土壤硝酸盐累积的重要原因。同时有机肥本身也可产生硝酸盐累积, 大量施用有机肥会造成土壤氮素含量的增加, 且随着棚龄的延长增加显著, 当C/N较低时分解有机物质的土壤微生物会更多的利用有机肥料氮, 且伴随着氨的释放, 在通气良好的土壤中, 化能自养的硝化微生物可以很快的将铵态氮转化为硝态氮而在土壤中大量积累^[10-11]。

3.3 土壤硝酸盐累积量与试验相关因子的关系

表2对设施土壤硝酸盐累积量与各试验相关因子的回归分析和检验结果表明, 土壤硝酸盐含量与有机肥施用量、施肥年限和土层深度呈现出一定的数量关系。土壤硝酸盐累积量与施肥量的相关系数最高, 为0.985, 回归系数F=33.03, P<0.05, 表现为显著相关; 与种植年限也呈显著相关(P<0.05); 与土壤深度的相关系数为0.880, F检验值为50.07, 概率值P>0.05, 表现为不相关, 说明土壤硝酸盐累积量与施肥量的关系最密切, 其次是种植年限, 与土层深度的关系较弱。

Table 2. Regression analysis on nitrate accumulation and correlative factors

表 2. 硝酸盐累积量与各试验相关因子的回归分析

相关因子	回归方程	F	R	P
施肥量	$Y=19.104+0.282X-0.002X^2$	33.03*	0.985	<0.05
种植年限	-	-	-	<0.05
土层深度	$Y=-3.8\ln x+39.73$	50.07	0.880	>0.05

Note: *means difference is significant at the 0.05 level; X were correlative factors; Y was nitrate accumulation in soil.

注: 表中*表示显著差异 (P<0.05); X 为各相关因子; Y 为土壤剖面硝酸盐含量。

4 结论

(1)在设施蔬菜生产中有机肥的施用不仅对保证蔬菜的生长和高产起着重要的作用,对土壤硝酸盐累积的影响也很大,适量的有机肥投入能够提高土壤氮素供给能力和土壤肥力,利于保存土壤养分,但过量施肥会加剧土壤中硝态氮的累积,甚至对地下水环境造成严重的危害,因此控制好有机肥施用量对抑制氮素损失,减少土壤硝酸盐污染等具有重要的意义。

(2)本实验中,土壤硝酸盐累积量与施肥量和种植年限关系密切。当施肥量低于20 t·hm⁻²时,种植年限不同的土壤各土层硝酸盐含量与对照相比差异不显著,未出现硝酸盐积累现象;当施肥量为60 t·hm⁻²时,0~40cm土层土壤硝酸盐含量显著高于其它各处理,出现硝酸盐显著积累现象(P<0.05)。在不同的施肥处理下,种植3a的温室土壤各土层硝酸盐含量均高于种植2a的,尤其是0~20cm土层,增加量高于20~40cm土层。

(3)设施土壤硝酸盐累积量与各试验相关因子的回归分析表明,土壤硝酸盐累积量与有机肥施用量和种植年限均呈显著相关(P<0.05);与土层深度虽有一定的数量关系,但相关性较弱。

(4)由本实验可以看出,当有机肥施入量为60 t·hm⁻²时,种植2a和3a的温室土壤硝酸盐累积量均较高,因此既为了满足植株的生长发育需求,又尽可能的减少土壤硝酸盐污染,实际生产中该温室的有机肥投入量应低于60 t·hm⁻²。

References (参考文献)

- [1] LI Qingwen, ZHANG Min, LI Haifeng, *et al.* The Study of Soil Nitrate Status in Fields under Plastic House Gardening [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39(2):283-287.
李庆文, 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.
- [2] Pechova B, Prugar J, Medved M, *et al.* Process of Nitrate Accumulation in Vegetable crops [J]. *Scientia Agricultural Bohemica*, 2003, 29(2):93-118.
- [3] LIU Lijun, YAN Shuangxiong, DU Huiping. Study on Nitrogen Transformation of Various Fertilities Soil in Greenhouse [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2009, 37(2): 32-35.
刘利军, 闫双雄, 杜慧平. 不同肥力水平大棚土壤氮素转化的研究[J]. *山西农业科学*, 2009, 37(2):32-35.
- [4] Yasutaka Kano, Hideyuki Goto. Relationship between the Occurrence of Bitter Fruit in Cucumber and the Contents of Total Nitrogen, amino Acid Nitrogen, Protein and HMG-CoA Reductase Activity [J]. *Scientia Horticulturae*, 2003, 11(98):1-8.
- [5] Liu Fangchun, Nie Junhua, Liu Chunsheng, *et al.* Effect of Manure Application on Vertical Distribution of NO₃⁻-N in Soil Depth Profile[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(1):50-53.
刘方春, 聂俊华, 刘春生, 等. 不同施肥措施对土壤硝态氮垂直分布的特征影响 [J]. *土壤通报*, 2005, 36(1):50-53.
- [6] LU Rukun. *Chemical Analysis of Soils and Agriculture*[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.
鲁如坤. *土壤农业化学分析方法*[M]. 中国农业出版社, 2000.
- [7] WANG Lihe, ZHAO Xiru, WANG Xizhi, *et al.* Effect of Co-application of Organic and Nitrogen Fertilizer on Nitrate Content of Cucumber and Soil in Greenhouse [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(3): 472-476.
王立河, 赵喜茹, 王喜枝, 等. 有机肥与氮肥配施对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响[J]. *土壤通报*, 2007, 38 (3): 472-476.
- [8] XU Fuli, LIANG Yinli, ZHANG Chengze, *et al.* Nitrate Distribution Characteristics in Soil at Fertilization on Cucumber at Sunlight Greenhouse in Loess Plateau [J]. *Acta Bot. Boreal. Occident. Sin*, 2003, 23(10): 1762-1767.
徐福利, 梁银丽, 张成娥, 等. 施肥对日光温室土壤硝酸盐分布特征的影响[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(10): 1762 -1767.
- [9] DANG Juxiang, GUO Wenlong, GUO Junwei, *et al.* Study of the Regularity of the Salt Accumulation of Topsoil and NO₃⁻-N Migration in Greenhouse Soil and Years of Vegetables Cultivation[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2004, 20(6):189-191.
党菊香, 郭文龙, 郭俊伟, 等. 不同种植年限蔬菜大棚土壤盐分累积及硝态氮迁移规律[J]. *中国农学通报*, 2004, 20(6):189-191.
- [10] Guo R. Y., Li X. L., Christie P., *et al.* Seasonal Temperatures Have More Influence than Nitrogen Fertilizer Rates on Cucumber Yield and Nitrogen uptake in a Double Cropping System [J]. *Environmental Pollution*, 2008, (151): 443-451.
- [11] Alvarez Gonzalez, Carlos Enrique, Gil E, *et al.* Water Leachates of Nitrate Nitrogen and Cations from Poultry Manure Added to an Alfisol Udalf Soil [J]. *Water Air and Soil Pollution*, 2009, 202(1-4):273-288.