

有机肥对设施菜地土壤-植物系统硝酸盐迁移累积的影响

郭颖^{1,2}, 赵牧秋^{1,2}, 吴蕊^{1,3}, 王俊^{1,2}, 陈欣¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所陆地生态过程重点实验室, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 沈阳建筑大学, 辽宁 沈阳 110018)

摘要:在设施菜地条件下,研究了不同有机肥的施入量(0~60 t·hm⁻²)在黄瓜生长期对土壤-植物系统 NO₃-N 迁移累积的影响。结果表明,黄瓜生长期土壤-植物系统 NO₃-N 的迁移累积规律受黄瓜生长期和有机肥施用水平的影响。盛果期,0~40 cm 土壤各个土层的硝酸盐含量以及黄瓜叶片和黄瓜的硝酸盐含量均高于黄瓜生长的前期和后期;对于不同的施肥水平,当施肥量为 60 t·hm⁻² 时,0~40 cm 各个土层的土壤硝态氮含量均高于其他处理,且黄瓜的硝酸盐含量在黄瓜生长旺盛期超过国家安全食品标准(410 mg·kg⁻¹),当施肥量低于 20 t·hm⁻² 时,0~40 cm 土壤各个土层未出现硝态氮显著累积现象,且在黄瓜生长的各个时期,黄瓜的硝酸盐含量均未超标;适宜的有机肥施用量不会造成硝酸盐在土壤和植物体内的过量累积。

关键词:设施菜地;有机肥;硝酸盐

中图分类号:S154.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)05-1831-05

Effects of Organic Manure on Nitrate Accumulation in Soil-Cucumber System Under Protected Cultivation Condition

GUO Ying^{1,2}, ZHAO Mu-qiu^{1,2}, WU Rui^{1,3}, WANG Jun^{1,2}, CHEN Xin¹

(1. Key Laboratory of Terrestrial Ecological Process, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shenyang Jian Zhu University, Shenyang 110018, China)

Abstract: A field experiment with cucumber plant was conducted under protected cultivation condition to study the effects of different application rates (0~60 t·hm⁻²) of organic manure on the accumulation characteristics of nitrate (NO₃-N) in soil-cucumber system. The results showed that the accumulation characteristics of NO₃-N in soil and cucumber plant were affected by the growth stage of cucumber and the application rate of organic manure. At vigorous fruiting stage, the NO₃-N content in 0~40 cm soil layer was higher than that at earlier and later growth stages, and in cucumber plant comprising lamina and cucumber the NO₃-N content was also higher than that at earlier and later growth stages. When the application rate of organic manure was 60 t·hm⁻² at vigorous fruiting stage, the NO₃-N content in 0~40 cm soil layer was the highest, and the NO₃-N content in the lamina of cucumber was the highest. Cucumber at its vigorous growth stage with 60 t·hm⁻² application rate of organic manure was surpassed the standard of China foodstuff security (410 mg·kg⁻¹). When the application rate of organic manure was less than 20 t·hm⁻², no significant NO₃-N accumulation was observed in soil, and so did the lamina of cucumber, and the NO₃-N content in cucumber at its various growth stages was not surpassed the standard of China foodstuff security (410 mg·kg⁻¹). It was suggested that appropriate application rate of organic manure could not result in an over-accumulation of NO₃-N in soil-cucumber system.

Keywords: protected cultivation; organic manure; nitrate

随着设施种植业的迅速发展,蔬菜施肥问题已日益受到人们的广泛关注,过量施肥、养分比例失调等

现象相当普遍^[1]。由于硝酸盐污染的日趋加剧和化学氮肥投入量的大幅增长之间存在着某种正相关的关系,所以一般认为过量施用化学氮肥是导致硝酸盐污染的主要原因^[2]。而有机肥的施用可增强土壤肥力,在一定程度上能缓解硝酸盐污染状况^[3],有机肥的施用能够提高土壤肥力,削弱土壤中硝态氮的累积程度,改善蔬菜品质,但长期大量的施用也会造成土壤中硝态氮的累积和淋溶^[4],土壤中硝酸盐累积量随总氮量的

收稿日期:2008-03-26
基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAD17B07);中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCXZ-YW-N-037)
作者简介:郭颖(1982—),女,河北唐山人,硕士研究生,主要从事农业生态方面的研究。
通讯作者:陈欣 E-mail:chenxin@iae.ac.cn

增加而增加^[5],施用有机肥料是否能有效控制土壤-蔬菜系统硝酸盐含量,不同的研究结论不尽相同^[6]。如王立河等^[7]认为合理的有机肥施入量为 45~90 t·hm⁻²,徐福利等^[8]则认为 64~151 t·hm⁻²的有机肥施用量不会造成硝酸盐在黄瓜体内的累积。

设施蔬菜种植是一种新兴产业,具有很好的经济效益和社会效益^[9],但大量的水肥投入给农业生态环境造成了更为严重的负担,已经引起了关注^[10,11]。目前关于有机肥对设施土壤-植物系统硝酸盐在时空迁移累积影响的研究系统性不强,而硝酸盐在土壤-植物系统的时空分布规律是保证日光温室蔬菜优质高产、保护农业生态环境的合理水肥管理技术的理论基础之一^[12]。本试验进行了不同有机肥的施入量对黄瓜生长长期土壤-植物系统硝酸盐迁移累积规律影响的研究,对土壤-植物系统中硝酸盐在时空上的分布进行了描述,以期为设施栽培水肥管理技术提供全面的思路和对策。

1 材料与方法

1.1 试验设计

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(41°59′N,122°50′E),该地区属辽河冲积平原,土壤类型为耕型壤质黄土状潮棕壤。供试土壤各土层的基本理化性质见表 1。该大棚建立于 2005 年 6 月,上茬种植的蔬菜品种为叶菜类。试验的黄瓜品种为博美 69,耐低温,喜弱光。试验采用腐熟的鸡粪(有机质 25.5%,全氮 1.86%,全磷 1.22%,全钾 1.40%)作为有机肥,无机肥采用化肥撒可富(N15%,P₂O₅ 15%,K₂O15%)。

试验于 2006 年 12 月 14 日开始实施,至次年 6 月 20 日结束,棚内设 5 个试验处理。CK:不施有机肥;处理 1:施有机肥 10 t·hm⁻²(折纯氮 103 kg·hm⁻²);处理 2:施有机肥 20 t·hm⁻²(折纯氮 206 kg·hm⁻²);处理 3:施有机肥 40 t·hm⁻²(折纯氮 412 kg·hm⁻²);处理 4:施有机肥 60 t·hm⁻²(折纯氮 618 kg·hm⁻²)。其中处理 4 为该地区常规有机肥施用量。各处理均施无机肥

撒可富(折纯氮 168 kg·hm⁻²),所有有机肥和无机肥均作基肥,采用沟施方式 1 次施入。

试验小区面积为 3.6 m×5.2 m,各小区采用随机区组排列,重复 3 次,小区间隔 25 cm,设有保护行。黄瓜定植株行距为 25 cm×60 cm,田间管理按黄瓜传统生产管理统一进行。

1.2 采样与分析方法

试验整地前,分别采取试验地的 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 本底土样,5 点混合,重复 3 次,采用 MgO-代氏合金蒸发法^[13]测定其硝态氮含量。于黄瓜初花期(2007 年 2 月 28 日)、初果期(2007 年 3 月 28 日)、盛果期(2007 年 5 月 1 日)、拉秧期(2007 年 6 月 11 日),分别采取各处理的同样各土层土样(3 点混匀)以及黄瓜的叶片和果实。黄瓜叶片的硝酸盐含量按国家技术监督局发布的国家标准方法(GB/T 15401—1994)测定,土壤及有机肥的其他指标的测定按常规理化分析方法进行^[13]。田间采收后将果实直接称重,并对小区产量进行统计分析和计算。

2 结果与分析

2.1 不同有机肥处理对耕层土壤硝态氮动态变化的影响

黄瓜是浅根系蔬菜,根系主要分布在 20 cm 以内。0~10 cm 土层是主要提供生长养分的区域,在生长过程中该土层的 NO₃⁻-N 含量变化能够反映土壤 NO₃⁻-N 的动态特征。从图 1 可以看出,0~10 cm 土层 NO₃⁻-N 动态变化和黄瓜的生长发育关系密切。盛果期各处理土壤 NO₃⁻-N 含量均高于其他生长时期,土壤中 NO₃⁻-N 含量随着有机肥施用量的增加而增加,与对照均成显著性差异($P<0.05$),当有机肥的施入量为 40 t·hm⁻² 和 60 t·hm⁻² 时土壤中的 NO₃⁻-N 含量为 90 mg·kg⁻¹,增加量是对照(CK 处理)的 2 倍。这是因为盛果期尽管植物对土壤中的氮素需求量大,但此时有机肥养分释放速率也达到最大^[14],土壤中的氮素供给充足,未被植物吸收利用的 NO₃⁻-N 在土壤中得以大量的累积。拉秧期各处理土壤 NO₃⁻-N 含量明显降低,各

表 1 土壤养分含量状况
Table 1 The content of the soil nutrients

土层 Soil layer	全氮/g·kg ⁻¹ Total nitrogen	有机碳/g·kg ⁻¹ Total organic carbon	全磷/g·kg ⁻¹ Total potassium	速磷/mg·kg ⁻¹ Available phosphorus	速钾/mg·kg ⁻¹ Availablepotassium	pH
0~10 cm	1.31	12.31	1.67	52	649	7.17
10~20 cm	1.11	11.32	0.67	37	442	7.15
20~40 cm	1.09	10.05	0.51	19	255	7.21

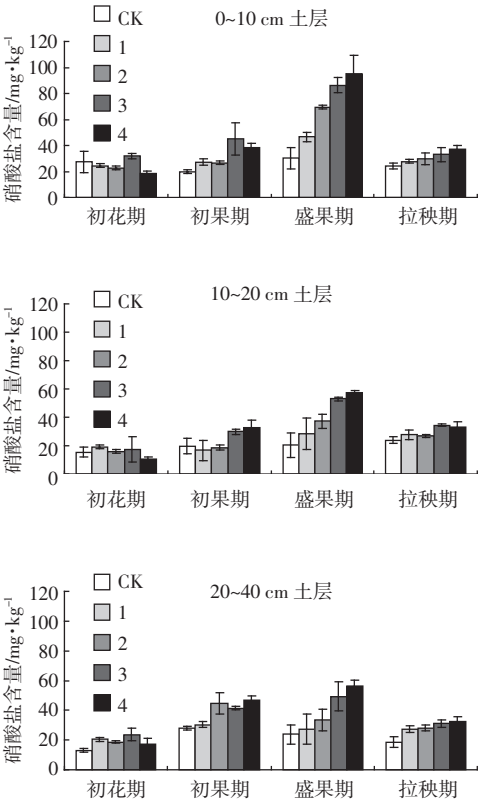


图 1 土壤硝态氮含量的动态变化

Figure 1 Accumulation of NO₃-N in soil at different growth stages

处理之间差异不显著,这与有机肥养分释放速率平缓有关,也与 NO₃-N 随灌溉水迁移至下层土体中有关^[15]。

对于 10~20 cm 土层,总的情况仍是盛果期土壤中的 NO₃-N 含量高于其他生长时期,不施用有机肥土壤 NO₃-N 含量变化波动不大,末期相对较高,可能与上层 NO₃-N 淋失较多有关。当有机肥的施入量为 10 t·hm⁻² 和 20 t·hm⁻² 时,土壤中的 NO₃-N 含量在黄瓜生长的各个时期与对照 (CK 处理) 相比无显著差异,说明有机肥的适量投入没有造成 NO₃-N 在该土层的大量累积。10 t·hm⁻² 和 20 t·hm⁻² 的有机肥施用量下,盛果期和拉秧期土壤 NO₃-N 含量有所增加,较对照 (CK 处理) 增加了 39%~44%。这主要是因为土壤中 NO₃-N 含量除与施入总氮量有关还与地上作物的吸收能力有密切关系。另外,当施入有机肥尚未达到一定值时,它的施入能显著增强土壤反硝化潜势^[16],且能增加土壤粘粒及团聚体的含量,对硝态氮有一定的固持作用^[17]。这些都对减缓土壤中硝酸根累积起到了重要作用,而当有机肥的施入量高过一定值时,有机肥的施入量与土壤中 NO₃-N 的增加量呈正比例关系,不能起到削弱土壤中 NO₃-N 累积的作用,反而促进 NO₃-N 的累积^[18]。

在研究土壤供肥能力和养分供给时,必须考虑 20~40 cm 土层中的养分含量。叶菜类,根菜类,葱蒜类,茄果类,瓜类和豆类等蔬菜的根系较浅,主要集中在 0~40 cm 的表层土壤中。因此,菜地土壤淋洗到 40 cm 以下的养分就很难再被吸收,特别是 NO₃-N 又不易被土壤吸附,会随灌水淋洗到土壤深层,污染地下水^[19]。随着有机肥施入量的增加,盛果期 20~40 cm 土层 NO₃-N 含量也随之增加,处理 1、2 较对照 (CK 处理) 无显著差别,处理 3、4 差异显著 ($P<0.05$)。与对照 (CK 处理) 相比较,处理 3 和处理 4 土壤中 NO₃-N 含量增加了 67% 和 74%,而 10~20 cm 土层 NO₃-N 含量仅增加了 39%~44%,可见 NO₃-N 在各土层的增加量不同,这与 NO₃-N 向下淋洗的程度有关。可见当施入有机肥达到一定量之后,土壤中的速效氮超过了植物可吸收利用范围,因不能为植物所利用而在植物根系周围得到累积,并随着灌溉水淋失到植物根系达不到的土层,不能为植物后期生长发育提供养分^[20]。设施菜地土壤 NO₃-N 的累积与黄瓜的生长发育过程有关,黄瓜中期土壤的 NO₃-N 含量高,易出现 NO₃-N 累积和淋洗,黄瓜生长前期,土壤中的 NO₃-N 含量较低,NO₃-N 累积和淋洗的可能性相对较小。

2.2 不同有机肥处理下黄瓜果实和叶片硝酸盐含量的动态变化

2.2.1 不同有机肥处理下黄瓜叶片硝酸盐含量的动态变化

图 2 可见,从整个生长期来看,黄瓜叶片的硝酸盐含量呈现出先降低再升高再降低的过程,从定植到开始结瓜,植株幼小,从土壤中吸收的氮素少,并且随着黄瓜的生长,氮素更多的流向黄瓜体内;黄瓜生长旺盛期,由于植物吸收能力强以及土壤中氮素供应充足等原因,叶片中的硝酸盐含量达到最高值;拉秧期随植株的老化,根系吸收养分的能力减弱,吸收氮量

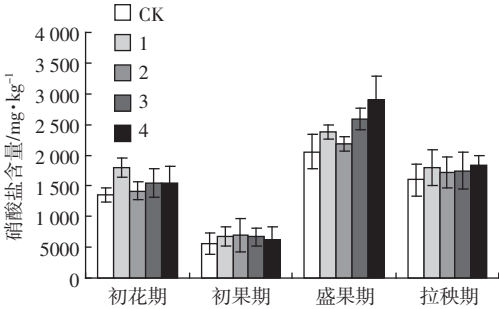


图 2 黄瓜叶片硝酸盐含量动态变化

Figure 2 Accumulation of NO₃-N in lamina of cucumber at different growth stages

减少,叶片中的硝酸盐含量有所降低^[21]。

不同施肥处理的比较,盛果期处理 3、4 叶片的硝酸盐含量显著高于其他处理,而 1、2 处理与 CK 处理相比较无显著差异。这说明,只有当施入的有机肥增加到一定量时,植物体内的硝酸盐才会得到一定量累积,总氮适中时硝酸盐不会在植物体内累积^[22],并且少量有机底肥的施入就能够满足黄瓜生长初期的需要。

2.2.2 不同有机肥处理下黄瓜的硝酸盐含量动态变化

一般的蔬菜生长旺盛期的硝酸盐含量高于生长初期和生长后期,本试验表明(图 3),黄瓜的硝酸盐含量在盛果期较高,在拉秧期含量下降^[23]。收获期黄瓜的硝酸盐含量都低于 410 mg·kg⁻¹,与盛果期相比,5 个处理硝酸盐含量降幅在 10%~28%之间,表明黄瓜的硝酸盐含量与生长期关系密切^[24]。5 个有机肥处理中,黄瓜盛果期的硝酸盐含量为处理 4>处理 3>处理 1、2 及 CK 处理,处理 3、4 与 CK 处理比较差异显著($P<0.05$),并且处理 4 黄瓜的硝酸盐含量已经高于食品安全标准(410 mg·kg⁻¹),这说明有机肥的过量施用能够导致黄瓜的硝酸盐累积,而适量的有机肥施用不会引起黄瓜的硝酸盐含量升高。

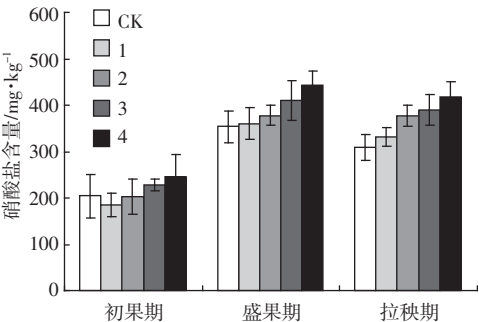


图 3 黄瓜的硝酸盐含量动态变化

Figure 3 Accumulation of NO₃-N in cucumber at different growth stages

2.3 有机肥处理黄瓜产量的影响

从表 2 可看出,处理 4 和处理 3 产量较高,比 CK 分别增产 24.1%和 22.2%,差异极显著($P<0.05$),但处理 4 和处理 3 之间差异不显著。有机肥的适量投入可以提高黄瓜的产量,但是过量的有机肥投入却达不到提高产量的效果,这说明有机肥的投入还是以适宜为最好。

表 2 有机肥对黄瓜产量的影响(t·hm⁻²)
Table 2 Effect of organic fertilizer on quantity of cucumber(t·hm⁻²)

处理	CK	1	2	3	4
产量	203a	226a	238b	248bc	252c

3 结论

(1)有机肥的施用量对土壤各个土层硝态氮含量影响较大,适量的有机肥投入能够提高土壤氮素供给能力,按黄瓜生长需肥规律提供充足的养分,并且具有减缓硝态氮在土体中的垂直迁移速度的作用。但过量的有机肥投入亦会加剧土壤中硝态氮的累积,并有可能成为硝态氮在土体中垂直迁移和淋失的隐患。

(2)本试验中,黄瓜叶片和黄瓜的硝酸盐含量随有机肥施用量的增加而有不同程度的增加,但增加量因施肥量和黄瓜生长期的不同而不同。当有机肥的投入量低于 20 t·hm⁻²时,各个生长期黄瓜叶片和黄瓜的硝酸盐含量变化不大,但当有机肥的投入量为 60 t·hm⁻²时,盛果期黄瓜的硝酸盐含量高于国家标准。

(3)适宜的有机肥施用能够提高黄瓜的产量,但是过多的有机肥却达不到相应的增产效果。

(4)由本试验可以看出,有机肥的施用量对土壤和黄瓜的硝酸盐含量颇具影响,适宜的有机肥施用能够在一定的程度上涵养土壤养分、促进植物的生长,而过量的有机肥投入非但不能提高作物的产量还会对作物品质和土壤环境造成影响。因此在施用有机肥的时候应以适宜为原则,这是提高氮肥利用率,增加作物产量及减少氮素对土壤环境污染的关键。

参考文献:

[1] 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.
ZHOU Jian-bin, ZHAI Bing-nian, CHEN Zhu-jun, et al. Nutrient Accumulations in Soil Profiles under Canopy Vegetable Cultivation and their Potential Environmental Impacts [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2004, 23(2):332-335.

[2] 张庆忠,陈欣,沈善敏. 农田土壤硝酸盐积累与淋失研究进展[J]. 应用生态学报, 2002, 13(2):233-238.
ZHANG Qing-zhong, CHEN Xin, SHEN Shan-min. Advances in Studies on Accumulation and Leaching of Nitrate in Farming Soil[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(2):233-238.

[3] 尤彩霞,陈涛,王真,等. 不同有机肥对日光温室黄瓜土壤氮运移的影响的研究[J]. 土壤肥料, 2006(2):52-55.
YOU Cai-xia, CHEN Tao, WANG Zhen, et al. Effect of Different Organic Manure Fertilizers on Soil Nitrogen Dynamic Characteristics of Cucumber in Solar-greenhouse[J]. *Soil and Fertilizer*, 2006(2):52-55.

[4] Malhi S S, Harapiak J T, Nyborg M, et al. Light Fraction Organic N, Ammonium, Nitrate and Total N in a Thin Black Chernozemic Soil Under Bromgrass after 27 Annual Applications of Different N Rates[J]. *Nutr Cycling Agroecosyst*, 2003, 65(2):201-210.

[5] X T, C L Kou, F S Zhang, et al. Nitrogen Balance and Groundwater Nitrate Contamination: Comparison among Three intensive Cropping Sys-

- tems on the North China Plain[J]. *Environmental Pollution*, 2006, 143(1):117-125.
- [6] Hartz T K, W E Bendixen, L Wierdsma. The Value of Presidedress Soil Nitrate Tesing as a Nitrogen Management Tool in Irrigated Vegetables Production[J]. *Plant and Soil*, 2000, 35(1):651-656.
- [7] 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.
WANG Li-he, ZHAO Xi-ru, WANG Xi-zhi, 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.
- [8] 徐福利, 梁银丽, 张成娥, 等. 施肥对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响[J]. 植物营养与肥料科学, 2004, 10(1):68-72.
XU Fu-li, LIANG Yin-li, ZHANG Cheng-e, et al. Effect of Fertilization on Distribution of Nitrate in Cucumber and Soil in Sunlight Greenhouse[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(1):68-72.
- [9] 李天来. 我国日光温室产业发展现状与前景[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 36(2):131-138.
LI Tian-lai. Current Situation and Prospects of Green House Industry Development in China[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2006, 36(2):131-138.
- [10] 张乃明, 李 刚, 苏友波, 等. 滇池流域大棚土壤硝酸盐累积特征及其对环境的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6):215-218.
ZHANG Nai-ming, LI Gang, SU You-bo, et al. Characteristics of Nitrate Accumulation in the Greenhouse Soil of Dianchi Basin and its Effect on the Environment[J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(6):215-218.
- [11] 李能芳, 郑万刚, 李焕秀. 不同肥料对莴笋硝酸盐含量及生长特性的影响[J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(4):351-353.
LI Neng-fang, ZHENG Wan-gang, LI Huan-xiu. Effect of Three Different Fertilizers on Lettuce Growth Character and Nitrate Content in Lettuce[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2002, 20(4):351-353.
- [12] 汤丽玲, 陈 清, 张福锁, 等. 日光温室番茄的氮素追施与反馈调控[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4):391-397.
TANG Li-ling, CHEN Qing, ZHANG Fu-suo, et al. Nitrogen Topdressing and Feedback Control in Greenhouse Tomato[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(4):391-397.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 201-213.
LU Ru-kun. Soil and Agrochemical Analytical Methods [M]. Beijing: China Agricultural Scientist Press, 2000. 201-213.
- [14] 赵 明, 赵征宇, 蔡 葵, 等. 畜禽有机肥料当季速效氮磷钾养分释放规律[J]. 山东农业科学, 2004, 10(5):59-61.
ZHAO Ming, ZHAO Zheng-yu, CAI Kui, et al. Current-year Release Patterns of Nitrogen, Phosphorous and Potassium from Animal Organic Manure[J]. *Shandong Agricultural Science*, 2004, 10(5):59-61.
- [15] 杨丽娟, 张 玉, 李晓安, 等. 灌水方法对塑料大棚土壤-植株硝酸盐分配影响[J]. 土壤通报, 2000, 31(2):43-47.
YANG Li-juan, ZHANG Yu, LI Xiao-an, et al. Effects of Irrigation Regime on Nitrate Distribution in Soil-plant System under Protected Cultivation[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(2):43-47.
- [16] 秦巧燕, 贾陈忠, 同延安, 等. 施用氮肥对设施栽培土壤硝态氮累积量的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(1):152-153.
QIN Qiao-yan, JIA Chen-zhong, TONG Yan-an, et al. Effect of Nitrogen Dose On Nitrate-Nitrogen Accumulation in Soil in Protected Cultivation[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35(1):152-153.
- [17] Hansen E M, Djurhuus J. Nitrate Leaching as Affected by Long-term N Fertilization on a Coarse Sand [J]. *Soil Use and Manage*, 2002, 12(4):199-204.
- [18] 袁新民, 杨学云. 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.
YUAN Xin-min, YANG Xue-yun. Effect of NO_3^- -N Fertilizer Rate on Soil Nitrate Nitrogen Accumulation[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2001, 19(1):8-13.
- [19] 王朝辉, 宗志强, 李生秀. 菜地和一般农田土壤主要养分累积的差异[J]. 应用生态学报, 2000, 13(3):1091-1094.
WANG Zhao-hui, ZONG Zhi-qiang, LI Sheng-xiu. Difference of Several Major Nutrients Accumulation in Vegetable and Cereal Crop Soils[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 13(3):1091-1094.
- [20] 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.
XU Fu-li, LIANG Yin-li, ZHANG Cheng-e, 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.
- [21] 刘杏认, 任建强, 刘建玲. 有机肥对油菜硝酸盐含量和土壤盐分累积的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(5):920-923.
LIU Xing-ren, REN Jian-qiang, LIU Jian-ling. Effects of Manure on Nitrate Accumulation in Rape and Salt Accumulation in Soil[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(5):920-923.
- [22] 徐坤范, 艾希珍, 张晓慧, 等. 氮素水平对日光温室黄瓜品质的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(1):162-166.
XU Kun-fan, AI Xi-zhen, ZHANG Xiao-hui, et al. Effect of Nitrogen Levels on Quality of Cucumber in Solar Greenhouse[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2005, 14(1):162-166.
- [23] 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):285-287.
LI Wen-qing, ZHANG Min, LI Hai-feng, et al. The Study of Soil Nitrate Status in Fields under Plastic House Gardening[J]. *Agric. Pedagogical Science*, 2002, 39(2):285-287.
- [24] 李会合, 王正银, 张 浩, 等. 不同有机肥料对基质栽培叶菜的营养效应[J]. 西南农业大学学报, 2003, 25(1):66-69.
LI Hui-he, WANG Zheng-yin, ZHANG Hao, et al. Effects of Organic Manures on Nutrient Quality of Foliage Vegetables Grown in Soilless Culture[J]. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2003, 25(1):66-69.