

# 设施条件下减量施氮对土壤硝态氮含量时空变化的影响

韩瑛祚<sup>1</sup>, 娄春荣<sup>1</sup>, 董环<sup>1</sup>, 刘顺国<sup>2</sup>

(1. 辽宁省农业科学院 植物营养与环境资源研究所, 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁省土壤肥料总站, 辽宁 沈阳 110034)

**摘要:**以辣椒品种“美国”为试材,通过田间试验和室内化验分析相结合的方法,研究了设施条件下不同处理(常规施肥、减氮 15%、减氮 30%、减氮 45%、不施氮肥)对土壤硝态氮含量的影响。结果表明:随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量逐渐降低,土壤 0~40 cm 土层硝态氮含量波动较大,40~100 cm 土层硝态氮含量波动较小;随着氮肥施用量的减少,土壤硝态氮含量逐渐降低,减量施肥较常规施肥在不同土层深度土壤硝态氮含量波动小。随着采样日期的增加,土壤硝态氮含量在最终达到最小值,但是土壤硝态氮含量与采样日期不呈线性关系,0~40 cm 土层硝态氮含量波动较大,40~100 cm 土层硝态氮含量波动较小。

**关键词:**保护地;减量施氮;硝态氮;时空变化

**中图分类号:**S 625.5<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0157-05

土壤中氮素的形态可分为分子态氮、有机态氮和无机态氮。土壤中的无机态氮约占土壤全氮的 1%,都易溶于水,是作物吸收利用的主要形态<sup>[1]</sup>,主要包括硝态氮和铵态氮<sup>[2]</sup>,其中硝态氮是易于移动的形态,在土壤中的含量多受肥料条件的影响<sup>[3]</sup>,影响土壤硝态氮的因素包括施氮量、施氮方式、土壤质地、降水、灌溉制度等。设施栽培条件下土壤可溶性盐含量过高是国内外设施栽培中普遍存在的问题,盲目大量施肥(尤其是超量施用化肥和偏施氮肥)及封闭的保护地环境缺少雨水淋洗和土壤高矿化度是造成土壤盐类积聚的 2 个主要原因<sup>[4-6]</sup>,大量施用氮肥造成土壤硝态氮累积,成为保护地栽培蔬菜生理障碍的主导因子<sup>[7-8]</sup>。为此,该研究拟在通过不同程度的肥料减量化施用,减少土壤高养分位置处的施肥量,以最小的肥料投入达到更高的收益,从而提高肥料的利用率,充分利用土壤生产力,改善生态环境,以期为保护地辣椒的平衡施肥提供一定的理论依据,为资源节约与环境友好型保护地生产体系的建立提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在辽宁省北镇地区农户大棚内进行,棚龄 3 年,前茬作物为茄子(*S. melongena* L.)。该试验供试作物为辣椒(*Capsicum annuum* L.),辣椒品种为“美国”。供试肥料为鸡粪、尿素、硫酸钾、过磷酸钙。供试土壤的基础肥力:碱解氮 162.5 mg/kg,速效磷 45.3 mg/kg,速效钾 162 mg/kg。

### 1.2 试验方法

辣椒定植前 1 个月,施入有机肥(鸡粪)约 4.6 m<sup>3</sup>/667m<sup>2</sup>;化肥分 2 次使用,定植时将折合氮、磷、钾总量 2/3 的化肥作为基肥施入,剩余的 1/3 于 5 月 27 日 1 次追施。试验共设 5 个处理。处理 1:常规施肥(N 15.00 kg/667m<sup>2</sup>);处理 2:减氮 15%(N 12.75 kg/667m<sup>2</sup>);处理 3:减氮 30%(N 10.50 kg/667m<sup>2</sup>);处理 4:减氮 45%(N 8.25 kg/667m<sup>2</sup>);处理 5:不施氮肥(N 0 kg/667m<sup>2</sup>)。各处理均施磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)8.20 kg/667m<sup>2</sup>,钾肥(K<sub>2</sub>O)9.20 kg/667m<sup>2</sup>。每处理重复 3 次,共 15 个小区,小区 10 m<sup>2</sup>,随机排列。辣椒于 4 月 5 日定植,行距 45 cm,株距 44 cm。

### 1.3 项目测定

该试验用土钻采取 0~100 cm 剖面土样,每 20 cm 为 1 层,采用酚二磺酸比色法测定其硝态氮含量。具体采样时间为 4 月 2 日、4 月 29 日、5 月 26 日、6 月 19 日、7 月 10 日,共 5 次。

### 1.4 数据分析

所有数据均采用 Excel 软件进行计算,分析及绘图。

**第一作者简介:**韩瑛祚(1984-),女,硕士,助理研究员,现主要从事植物营养与环境资源等研究工作。E-mail:hanyingzuo@sina.com.

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系设施蔬菜产业辽宁创新团队建设资助项目;辽宁省科学技术厅农业攻关及成果产业化资助项目(2014215016)。

**收稿日期:**2015-07-27

## 2 结果与分析

### 2.1 减量施氮对土壤硝态氮空间变化的影响

辣椒于4月5日定植,4月2日对各小区土壤硝态氮状况进行采样分析,最后得到各小区土壤硝态氮含量的平均值。由图1可以看出,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量呈下降趋势,0~20 cm土层中硝态氮的含量明显高于其它土层,是其它土层硝态氮含量的2~3倍,产生此现象的原因可能是由于在3月份对保护地土壤施入4.6 m<sup>3</sup>/667m<sup>2</sup>的有机肥作为基肥,造成表层土壤养分含量增加,从而使表层土壤的硝态氮含量升高。20~40、40~60、60~80、80~100 cm 4个土层中硝态氮含量差异并不明显。

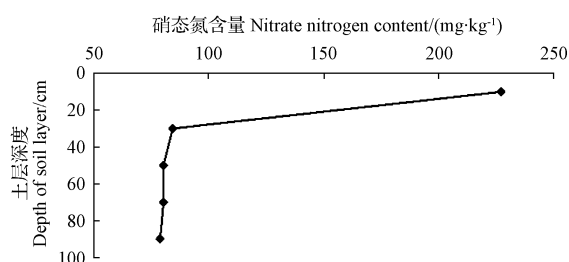


图1 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 1 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

4月29日对土壤硝态氮状况进行采样分析,得到土壤硝态氮含量。由图2可以看出,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量逐渐降低,且处理间土壤硝态氮含量差异越小,每土层(0~20 cm土层到80~100 cm土层)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差171.2、81.4、24.4、40.9、22.3 mg/kg;随着氮肥施用量的减少,土壤硝态氮含量逐渐下降,且不同土层深度之间土壤硝态氮含量差异越小,各处理不同土层深度之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差255.6、169.1、164.5、147.9、106.7 mg/kg。

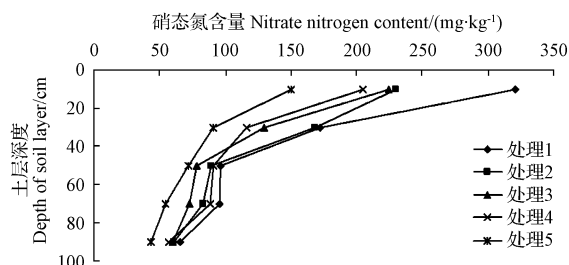


图2 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 2 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

5月26日对土壤硝态氮状况进行采样分析,得到土壤硝态氮含量。由图3可以看出,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量逐渐降低,且处理间土壤硝态氮含

量差异越小,每土层(0~20 cm土层到80~100 cm土层)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差150.8、55.7、33.7、25.4、19.7 mg/kg;随着氮肥施用量的减少,土壤硝态氮含量逐渐下降,且不同土层深度之间土壤硝态氮含量差异越小,各处理不同土层深度之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差172.3、121.6、94.2、73.8、41.2 mg/kg。

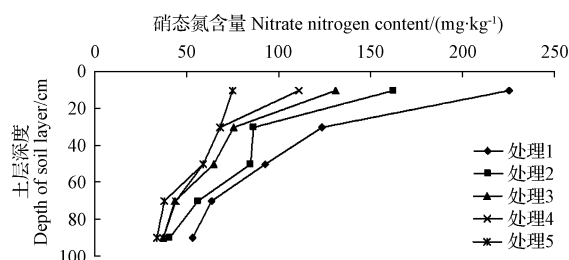


图3 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 3 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

6月19日对土壤硝态氮状况进行采样分析,得到土壤硝态氮含量。由图4可以看出,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量逐渐降低,且处理间土壤硝态氮含量差异越小,每土层(0~20 cm土层到80~100 cm土层)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差60.8、44.2、30.1、23.6、12.5 mg/kg;随着氮肥施用量的减少,土壤硝态氮含量逐渐下降,且不同土层深度之间土壤硝态氮含量差异越小,各处理不同土层深度之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差189.2、178.9、166.1、146.4、141.0 mg/kg。

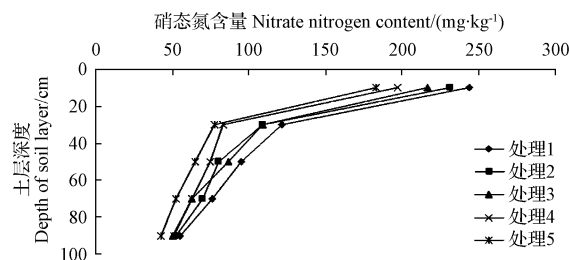


图4 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 4 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

7月10日对土壤硝态氮状况进行采样分析,得到土壤硝态氮含量。由图5可以看出,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量逐渐降低,且处理间土壤硝态氮含量差异相似,每土层(0~20 cm土层到80~100 cm土层)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差17.1、8.7、13.9、14.8、13.5 mg/kg;随着氮肥施用量的减少,土壤硝态氮含量逐渐下降,且不同土层深度之间土壤硝态氮含量差异相似,各处理不同土层深度之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差29.8、29.5、16.3、

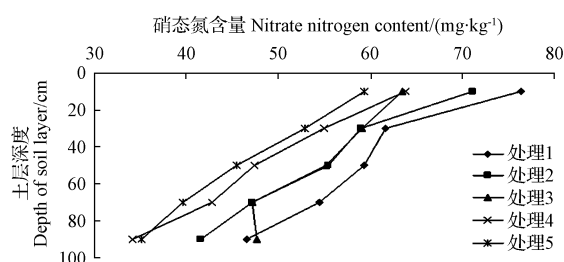


图5 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 5 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

29.7、24.3 mg/kg。

## 2.2 减量施氮对土壤硝态氮时间变化的影响

对 0~20 cm 土层土壤硝态氮状况进行采样分析, 得到土壤硝态氮含量。由图 6 可以看出, 随着采样日期的增加, 各处理土壤硝态氮含量均在收获期(7 月 10 日)获得最小值, 且处理间土壤硝态氮含量差异随采样日期的增加而逐渐减小, 每次采样(4 月 29 日至 7 月 10 日)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 171.2、150.8、60.8、17.1 mg/kg; 随着氮肥施用量的减少, 土壤硝态氮含量逐渐下降, 且与处理 1 相比不同采样日期之间土壤硝态氮含量差异较小, 各处理不同采样日期之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 244.6、160.2、163.4、163.1、167.5 mg/kg。

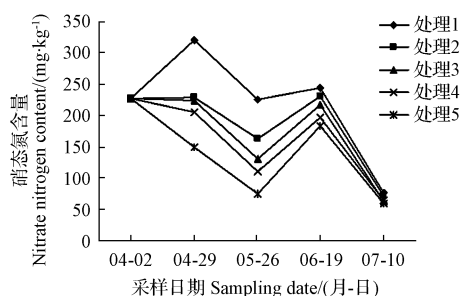


图6 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 6 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

对 20~40 cm 土层土壤硝态氮状况进行采样分析, 得到土壤硝态氮含量。由图 7 可以看出, 随着采样日期的增加, 各处理土壤硝态氮含量均在收获期(7 月 10 日)获得最小值, 且处理间土壤硝态氮含量差异随采样日期的增加而逐渐减小, 每次采样(4 月 29 日至 7 月 10 日)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 81.4、55.7、44.2、8.7 mg/kg; 随着氮肥施用量的减少, 土壤硝态氮含量逐渐下降, 且不同采样日期之间土壤硝态氮含量差异逐渐减小, 各处理不同采样日期之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 110.6、109.0、70.6、61.1、37.9 mg/kg。

对 40~60 cm 土层土壤硝态氮状况进行采样分析,

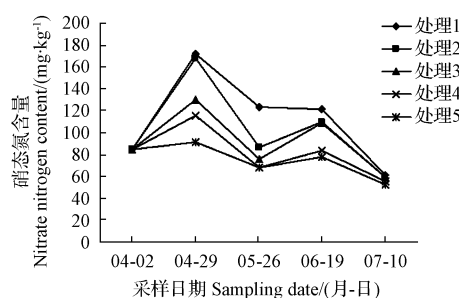


图7 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 7 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

得到土壤硝态氮含量。由图 8 可以看出, 随着采样日期的增加, 各处理土壤硝态氮含量均在收获期(7 月 10 日)获得最小值, 且处理间土壤硝态氮含量差异随采样日期的增加先增大后减小, 每次采样(4 月 29 日至 7 月 10 日)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 24.4、33.7、30.1、13.9 mg/kg; 随着氮肥施用量的减少, 土壤硝态氮含量逐渐下降。

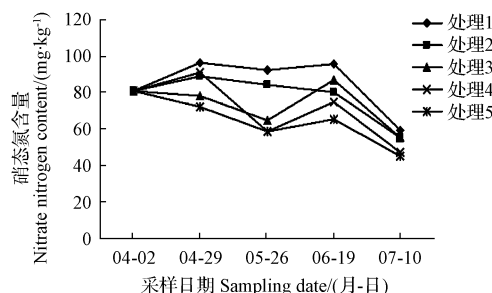


图8 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 8 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

对 60~80 cm 土层土壤硝态氮状况进行采样分析, 得到土壤硝态氮含量。由图 9 可以看出, 随着采样日期的增加, 各处理土壤硝态氮含量均在收获期(7 月 10 日)获得最小值, 且处理间土壤硝态氮含量差异随采样日期的增加而逐渐减小, 每次采样(4 月 29 日至 7 月 10 日)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 40.9、25.4、23.6、14.8 mg/kg; 随着氮肥施用量的减少, 土壤硝态氮含量逐渐下降, 且不同采样日期之间土壤硝态氮含量差异先减小后增大, 各处理不同采样日期之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 41.2、36.0、37.3、46.0、42.5 mg/kg。

对 80~100 cm 土层土壤硝态氮状况进行采样分析。由图 10 可以看出, 随着采样日期的增加, 各处理土壤硝态氮含量均呈下降趋势, 且处理间土壤硝态氮含量差异随采样日期的增加而逐渐减小, 每次采样(4 月 29 日至 7 月 10 日)处理间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 22.3、19.7、12.5、13.5 mg/kg; 随着氮肥施用量

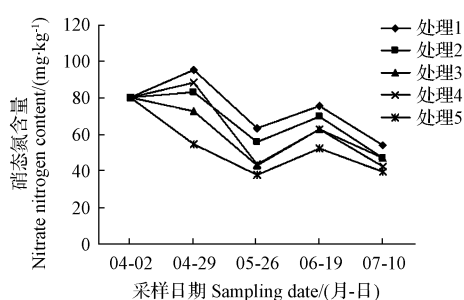


图9 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 9 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

的减少,土壤硝态氮含量逐渐下降,且不同采样日期之间土壤硝态氮含量差异呈增大趋势,各处理不同采样日期之间土壤硝态氮含量最大值与最小值分别相差 32.4、38.1、31.4、44.9、45.4 mg/kg。

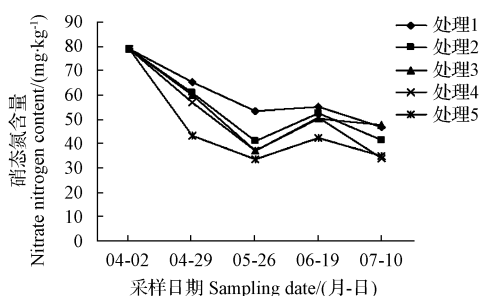


图10 减量施氮对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 10 Effect of reducing nitrogen on soil nitrate nitrogen content

### 3 讨论与结论

综上所述,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量逐渐降低,且土壤硝态氮含量与土层深度呈线性关系,土壤 0~40 cm 土层硝态氮含量波动较大,40~100 cm 土层硝态氮含量波动较小;随着氮肥施用量的减少,土壤硝态氮含量逐渐降低,且土壤硝态氮含量与施肥量呈线性关系,减量施肥较常规施肥在不同土层深度土壤硝态氮含量波动小。该研究结果与许多研究相似:土壤剖面无机氮含量与氮肥使用直接相关,随施氮量增加,剖面硝态氮含量增加,硝态氮向下层移动的趋势明显,过量施氮使硝态氮在土壤中大量累积并向下层快速移动。刘光栋等<sup>[9]</sup>对多年秸秆还田的高产农田生态系统的研究中发现,硝态氮在空间上的分布是随土层加深而降

低;刘敏超等<sup>[10]</sup>研究认为,在施氮量相同的条件下,硝态氮含量在土壤 100 cm 深度范围内从表层到深层递减;杨学云等<sup>[11]</sup>指出,对照区硝态氮含量以 0~40 cm 处最高,随土层深度增加而逐渐减少,80 cm 以下变化不大;低氮处理硝态氮含量在 0~20 cm 土层最高,随土层深度缓慢下降,高氮处理在 0~20、120~140 cm 出现 2 个累积峰,最高值出现在 120~140 cm 土层。CHANEY<sup>[12]</sup>研究表明,土壤中的硝态氮含量随施肥量的增加而增加,但并不是线性相关。

随着采样日期的增加,土壤硝态氮含量在最终达到最小值,但是土壤硝态氮含量与采样日期不呈线性关系,0~40 cm 土层硝态氮含量波动较大,40~100 cm 土层硝态氮含量波动较小。刘光栋等<sup>[9]</sup>研究认为,土体内硝态氮含量年度内波动大小与施氮量密切相关,0~40 cm 土层硝态氮含量起伏最大,60 cm 以下土层相对稳定。该试验结果与此结果相似。刘光栋等<sup>[9]</sup>认为土体内硝态氮含量在冬小麦成熟期出现峰值,在苗期到开花期则出现低谷。该试验结果与此结果相反,土体内硝态氮含量在辣椒成熟期至收获期出现低谷,在苗期至开花期出现峰值。

### 参考文献

- [1] TEN BERGE H F M, BURGERS S L G E, van DER MEER H G, et al. Residual inorganic soil nitrogen in grass and maize on sandy soil[J]. Environmental Pollution, 2006, 145(1): 22-30.
- [2] 李新鹏, 童依平. 植物吸收转运无机氮的生理及分子机制[J]. 植物学通报, 2007, 24(6): 714-725.
- [3] 王百群, 戴鸣钧. 土壤不同形态氮素在剖面中移动特征的模拟研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(4): 117-122.
- [4] 王学军. 日光温室土壤次生盐渍化分析[J]. 北方园艺, 1998(Z1): 15-16.
- [5] 程美廷. 温室土壤盐分积累、盐害及其防治[J]. 土壤肥料, 1990(1): 1-4.
- [6] 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜, 1998(4): 7-10.
- [7] 薛继澄, 毕德义, 李家金, 等. 保护地栽培蔬菜生理障碍的土壤因子与对策[J]. 土壤肥料, 1994(1): 4-9.
- [8] 刘晓宏, 田梅霞, 郝明德. 黄土旱塬长期轮作施肥土壤剖面硝态氮的分布与积累[J]. 土壤肥料, 2001(1): 9-12.
- [9] 刘光栋, 吴文良. 桓台县高产农田土壤硝态氮淋失动态研究[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 75-78.
- [10] 刘敏超, 曾长立, 王兴仁, 等. 氮肥施用对冬小麦氮肥利用率及土壤剖面硝态氮含量动态分布的影响[J]. 农业现代化研究, 2000, 2(5): 309-312.
- [11] 杨学云, 张树兰, 袁新民, 等. 长期施肥对壤土硝态氮分布、累积和移动的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(2): 134-138.
- [12] CHANEY K. Effect of nitrogen fertilizer rate on soil nitrogen content after harvesting winter wheat[J]. The Journal of Agricultural Science, 1990, 114(2): 171-176.

## Effect of Reducing Nitrogen Fertilizer on Temporal and Spatial Variation of Soil Nitrate in Greenhouse

HAN Yingzuo<sup>1</sup>, LOU Chunrong<sup>1</sup>, DONG Huan<sup>1</sup>, LIU Shunguo<sup>2</sup>

(1. Institute of Environmental Resources and Plant Nutrition, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161; 2. Soil and Fertilizer Station of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110034)



# 沈阳地区“寒富”苹果栽培新区 土壤管理及养分现状

郎冬梅, 秦嗣军, 吕德国

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁省果树品质发育与调控重点实验室, 辽宁 沈阳 110866)

**摘要:**以沈阳地区具有代表性的 8 个县、区内处于盛果期的果园为调查对象,调查果园的管理状况并用土钻采集土壤样本,研究分析了“寒富”苹果栽培新区的土壤管理及 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤的 pH 值、有机质以及速效态的 N、P、K 等养分现状。结果表明:调查的苹果园大多已由传统的土壤清耕管理模式转为自然生草模式,果园平均草种 15 种;“寒富”苹果园土壤 pH 值处于 6.01~7.69,部分果园土壤为弱酸性;土壤养分分布极不平衡且土壤养分表聚化明显,其中有机质含量为 $(1.27 \pm 0.28)\%$ ,速效氮、磷、钾含量分别为 $(54.05 \pm 12.43)$ 、 $(24.69 \pm 5.98)$ 、 $(108.34 \pm 22.87)$  mg/kg。因此,针对以上现状应及时改善沈阳地区“寒富”苹果园的管理现状,适当调整施肥策略以促进“寒富”苹果产业的健康可持续发展。

**关键词:**沈阳地区;“寒富”苹果;土壤养分

**中图分类号:**S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0161-08

抗寒优质“寒富”苹果的育成结束了沈阳地区无法栽培大苹果的历史,经过近 10 余年的发展,该地区已经迅速崛起为新的苹果产区。据沈阳地区林业局统计,截至 2013 年,沈阳地区“寒富”苹果栽植面积突破 2 400 hm<sup>2</sup>,

其中 1 000 hm<sup>2</sup> 已经进入结果期,盛果期的果树达 533 hm<sup>2</sup>,产量近 1.5 万 t<sup>[1]</sup>。由于该地区为苹果新区,栽培历史短,尚缺乏对果园土壤状况的系统评价,果农在土壤管理方面存在较大盲目性,这严重制约了“寒富”苹果在沈阳地区的发展。

土壤是果树生长的基础,是决定果树产量和果实品质的重要因素,良好理化性状和较高肥力的土壤,有利于果树根系的生长和对养分的吸收<sup>[2]</sup>。土壤有效养分含量是判断土壤肥力水平的重要指标,也是进行果园合理施肥的依据之一。因此,为了掌握沈阳地区“寒富”苹果园的土壤养分情况,该调查研究以土壤有效养分特征为核心,并分析了沈阳地区“寒富”苹果园土壤状况,评价了该地区果园的土壤肥力现状,以期对果园土壤科

**第一作者简介:**郎冬梅(1990-),女,硕士,研究方向为果树栽培与生理生态。E-mail:langdongmei1990@126.com.

**责任作者:**吕德国(1967-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为果树栽培与生理生态。E-mail:shynydxgshzp@163.com.

**基金项目:**国家现代苹果产业技术体系资助项目(CARS-28);辽宁省高等学校果树栽培与生理生态创新团队资助项目(LT2014014);辽宁省苹果科技攻关资助项目(2013204002,2014204004);辽宁省高等学校优秀人才支持计划资助项目(LJQ2014070);沈阳地区科技资助项目(F14-194-4-00,F14-115-3-09)。

**收稿日期:**2015-09-24

**Abstract:** Taking pepper ‘Meiyuan’ as test material, through the combination of field experiment and indoor laboratory analysis methods, the effect of reducing nitrogen fertilizer (conventional fertilizer, reducing nitrogen 15%, 30%, 45%, and no nitrogen) on temporal and spatial variation of soil nitrate in greenhouse were studied. The results showed that with the increase of soil depth, soil nitrate content decreased gradually, in soil layer 0—40 cm soil nitrate content waved significantly, 40—100 cm waved insignificantly; with the reduction of nitrogen fertilizer, soil nitrate content decreased gradually, nitrate content of reducing fertilizer had smaller fluctuations than conventional soil fertilization in different soil depth. With the increase of the sampling date, soil nitrate content reached the minimum in the final, but the soil nitrate content and the sampling date were not linear relationship, in soil layer 0—40 cm soil nitrate content waved significantly, 40—100 cm waved insignificantly.

**Keywords:** green house; reducing nitrogen; nitrate; temporal and spatial variation