

# 渭河上游长期设施种植对土壤盐渍化及硝态氮含量的影响

俄胜哲<sup>1</sup>, 黄涛<sup>1</sup>, 袁洁<sup>2</sup>, 姚嘉斌<sup>2</sup>, 袁金华<sup>1</sup>, 杨东明<sup>3</sup>, 郭永杰<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 酒钢集团吉瑞再生资源开发有限责任公司, 甘肃 嘉峪关 735100; 3. 甘肃新明生物科技有限公司, 甘肃 兰州 730060)

**摘要:** 通过田间采样方法, 以不同种植年限的温室和露地表层土壤为研究对象, 分析了长期连作蔬菜对温室土壤 pH、全盐和硝态氮含量的影响。结果表明, 不同种植年限温室菜地土壤 (0~20 cm) pH 都明显低于露地, 且随种植年限的延长 pH 逐渐降低, pH 与种植年限显著负相关, 年均降低 0.05 个单位; 土壤全盐含量与种植年限呈显著正相关, 年均增加 0.18 百分点。连续 14 a 种植蔬菜的温室, 土壤已出现轻微的盐渍化现象, 土壤全盐含量达到 3.4 g/kg, 是露地土壤的 6.35 倍, 应考虑采用深翻、覆盖及灌溉排盐等措施控制盐渍化。

**关键词:** 渭河上游; 设施栽培; 土壤盐渍化; 影响; 武山县

**中图分类号:** S158.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)08-0019-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.08.007

## Effect of Long-term Greenhouse Cultivation on Soil Nitrate Nitrogen Content and Salinization in Wei River Upstream

E Shengzhe<sup>1</sup>, HUANG Tao<sup>1</sup>, YUAN Jie<sup>2</sup>, YAO Jiabin<sup>2</sup>, YUAN Jinhua<sup>1</sup>, YANG Dongming<sup>3</sup>, GUO Yongjie<sup>1</sup>

(1. Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agricultural, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Jirui Renewable Resources Development Co., Ltd, JISCO group, Jiayuguan Gansu 735100, China; 3. Gansu Xinming Biological Technology Co., Ltd, Lanzhou Gansu 730060, China)

**Abstract:** The study of the effects of long-term continuous cultivating greenhouse vegetables on pH, total salt and nitrate nitrogen content of top soil (0~20 cm) is carried out through sampling top soil of open field and different cultivating years greenhouse in Wushan county of Tianshui city of Wei River upstream. The result shows that soil pH of different cultivating years greenhouse vegetable field top (0~20 cm) all significantly lower than that of open field, and with the extension of cultivating years, the soil pH declined significantly, moreover, it significantly negatively related with cultivating years, every year declined 0.05 units pH. In contrast, the soil total salt content significantly positively reached related to cultivating years and increased by 0.18 percent point per year. Continuous cultivating greenhouse vegetables for 14 years, soil has mild salinization phenomenon and soil total salt content 3.4 g/kg, equivalent to 6.35 times of the open field salt content. Consideration should be given deep tillage, covering and irrigation drainage salinity and other measures to control soil salinization.

**Key words:** Wei River upstream; Greenhouse cultivation; Soil salinization; Effect; Wushan county

设施栽培打破了传统露地生产的季节性限制, 大幅度提高了土地利用效率和农民的收入, 在我

收稿日期: 2015-06-03

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2012BAD05B06); 酒钢集团吉瑞再生资源开发有限责任公司项目“酒钢固废农业资源化利用技术研究”; 甘肃新明生物科技有限公司项目“果蔬专用骨粉有机肥的研制与应用”

作者简介: 俄胜哲 (1978—), 男, 甘肃庆阳人, 博士, 助理研究员, 主要从事植物营养与土壤生态等方面研究。E-mail: eshengzhe@163.com

通讯作者: 姚嘉斌 (1962—), 男, 陕西西安人, 高级工程师, 主要从事冶金固废循环利用等方面的工作。E-mail: yaojiabin@jiugang.com

### 参考文献:

- 64-66.
- [1] 杜彦斌, 王立军. 食用向日葵品种比较试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2010(8): 22-23.
  - [2] 何礼民, 再生斌. 食用向日葵品种主要经济性状与产量的关联度分析[J]. 甘肃农业科技, 2009(11): 10-12.
  - [3] 袁政祥, 蔡立群, 徐峰. 甘肃向日葵栽培中存在的技术问题及改进措施[J]. 甘肃农业科技, 2011(6):
  - [4] 柴福山. 古浪灌区玉米全膜覆盖栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2009(5): 61-62.
  - [5] 臧宁. 覆盖方式对旱地马铃薯产量和水分利用效率的影响[J]. 甘肃农业科技, 2010(9): 11-13.

(本文责编: 陈珩)

国广大地区迅速发展,已成为我国农业中最有活力的新兴产业之一。高效节能日光温室是我国设施蔬菜的主导生产形式。目前我国设施蔬菜种植面积已逾 270 万  $\text{hm}^2$ ,产量达 1.68 亿 t,年产值超过 4 000 亿元,成为世界上设施蔬菜栽培面积最大的国家<sup>[1-2]</sup>。设施蔬菜栽培的特点是高投入、高产出、高效益。在利益驱动下,菜农片面的追求高产,长期过量施肥,导致土壤养分,特别是硝态氮大量积累,致使蔬菜品质下降、土壤污染加剧、土壤质量退化等问题凸显<sup>[3]</sup>。已有诸多研究表明,长期设施栽培可导致土壤酸化、次生盐渍化、硝态氮大量累积及土壤质量退化等问题,部分种植年限较长的温室已不能进行蔬菜生产<sup>[4-7]</sup>。由此可见,如何有效应对设施土壤次生盐渍化,实现设施土壤的可持续利用,是设施生产亟待解决的问题。

天水市武山县位于甘肃省的东南部、渭河上游,以渭河流域为主的河谷川道地区地势平坦、水源充足、光照条件好、气候温和,设施蔬菜生产发展较快,已成为农民增收、农业增效的支柱产业。目前武山县全县蔬菜种植面积已达到 21.0 万  $\text{hm}^2$ ,年产量 63.6 万 t,年总产值超过 4.1 亿元,占农业总收入的 40%以上<sup>[8-9]</sup>。然而,目前有关此区域长期栽培设施蔬菜对土壤盐渍化的报道鲜见。我们以武山县马力镇北顺村不同种植年限的温室菜地和露地为研究对象,探讨了设施菜地的长期高强度耕作和大量施肥对土壤盐渍化和硝态氮含量影响,以期为该区域设施蔬菜的科学施肥、土壤管理和设施蔬菜产业的可持续发展提供支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

供试土样采于天水市武山县马力镇北顺村无公害蔬菜生产基地,东经  $105^{\circ} 08'$ ,北纬  $34^{\circ} 57'$ ,土壤类型为黄绵土。属大陆性半湿润半干旱季风性气候,海拔 2 370 m,年均降水量 530 mm 左右,年均气温  $8.9^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 160 d,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的有效积温为 3 400  $^{\circ}\text{C}$ 。日光温室多为干打垒土温室,建棚前主要农作物轮作模式为小麦—玉米轮作。建温室后,温室内种植的蔬菜种类多为黄瓜,轮作模式为黄瓜连作。生产期一般为每年 10 月底至翌年 6 月底,7—10 月休闲晒田。温室菜地施用的化肥主要为氮磷钾复合肥(N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  比为 15 : 15 : 10),年投入量平均为 5  $\text{t}/\text{hm}^2$  左右,最高可达 8  $\text{t}/\text{hm}^2$  左右。氮磷钾复合肥中,氮源为尿素,磷源

多为磷酸二氢铵,钾源多为硫酸钾,少数复合肥钾源为氯化钾。有机肥多为纯腐熟动物粪便,平均用量为 25  $\text{t}/\text{hm}^2$ (干重),最高达 50  $\text{t}/\text{hm}^2$ 。大田主栽作物是小麦和玉米,一年一熟。小麦施肥用量为 N 150  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  100  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,玉米施肥量是小麦的 2 倍左右,不施钾肥。小麦秸秆直接粉碎还田,玉米秸秆用作饲料。

### 1.2 样品采集与处理

2013 年 12 月 20 日,在天水市武山县马力镇北顺村无公害蔬菜生产基地选择连续设施栽培年限分别为 2、6、11、14 a 日光温室和露地,同种植年限选 3 个栽培管理措施相近的日光温室和露地地块。每个温室和每块露地按照“S”型采样路线,共 5 个点,采集 0~20 cm 表层土壤,5 个采样点的土样混合均匀后,采用四分法留样约 1.0 kg,装入聚乙烯塑料自封袋,标记密封,带回实验室风干。去掉植物根系、落叶、石块等,过相应的土壤筛后,用于测定分析<sup>[10]</sup>。

### 1.3 分析测定

pH 采用电位法(水、土比为 2.5 : 1)测定,水溶性盐含量采用测定用电导法(水、土比为 5 : 1)测定,硝酸盐采用 2 mol/L 氯化钾浸提(液、土比为 5 : 1),流动注射分析仪(Skalar San<sup>+</sup>)测定。

### 1.4 统计与分析

图表绘制采用 Excel 2007。数据统计分析采用 SPSS11.0,多重比较采用 LSD 法。图中不同的小写字母表示处理间在  $P < 0.05$  水平上差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤 pH 及全盐含量随年限变化

通过图 1 可以看出,不同种植年限(2、6、11、14 a)的设施菜地耕作层土壤(0~20 cm)pH 明显低于露地大田耕作层土壤,连续设施种植 2 a 的土壤 pH 与露地大田相比差异不显著,而连续种植 6、11、14 a 的设施土壤的 pH 显著低于露地大田。设施菜地土壤随种植年限的延长,土壤 pH 逐渐降低。连续种植 2、6、11 a 的设施土壤 pH 存在显著性差异,而 11 a 与 14 a 差异不显著。如将露地视为设施菜地种植年限为 0 年,设施菜地土壤 pH 随种植年限变化可用  $y = -0.05x + 8.19$  较好的拟合,拟合度达极显著水平( $R^2 = 0.99^{**}$ ,  $P < 0.01$ ),由此得出,设施土壤的 pH 年均降低 0.05。

不同种植年限的设施土壤全盐含量也显著高于露地土壤。露地土壤(0~20 cm)全盐含量为 0.5

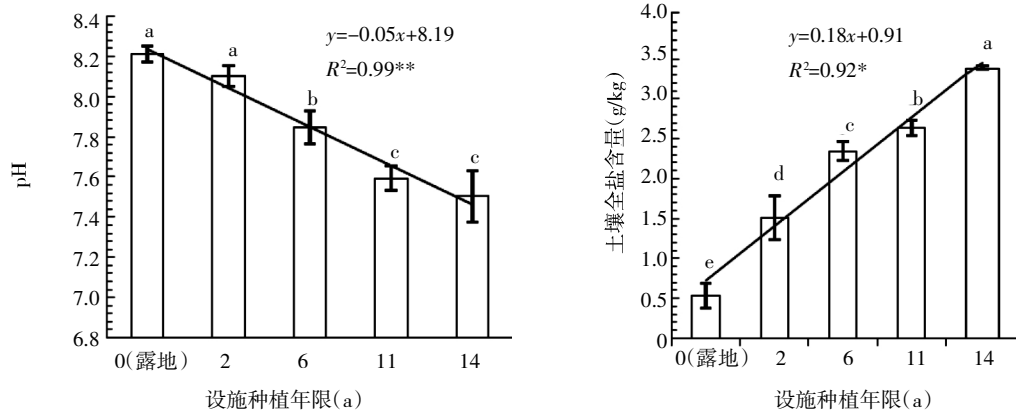


图 1 设施土壤 pH 和全盐随种植年限的变化

g/kg, 连续设施种植 14 a 后土壤全盐含量达到 3.4 g/kg, 是露地土壤的 6.35 倍。设施土壤的全盐含量随种植年限延长逐渐增加, 如视露地为设施菜地种植年限 0 年, 土壤全盐含量随种植年限的变化可由线性模型  $y=0.18x+0.91$  拟合,  $R^2=0.92^*$ ,  $P<0.05$ 。不同种植年限间设施土壤全盐含量的差异也达到显著水平。

### 2.2 土壤硝态氮含量随年限变化

由图 2 可以看出, 设施菜地土壤硝态氮显著的高于露地土壤, 露地土壤硝态氮含量仅为 23 mg/kg, 而设施栽培 2、4、11、14 a 后, 土壤硝态氮含量分别为 196、262、302、335 mg/kg, 分别为露地土壤 8.5、11.3、13.1、14.6 倍。随设施蔬菜栽培年限的延长, 土壤硝态氮含量先逐渐增加, 然后逐渐稳定。2、4、11、14 a 设施土壤硝态氮含量差异达到显著水平。如果视露地为设施菜地种植年限 0 年, 硝态氮含量随设施栽培年限变化可用  $y=3.1x^2+62.5x+55.6$  很好的模拟, 拟合度达到极限值水平( $R^2=0.91$ ,  $P<0.05$ )。

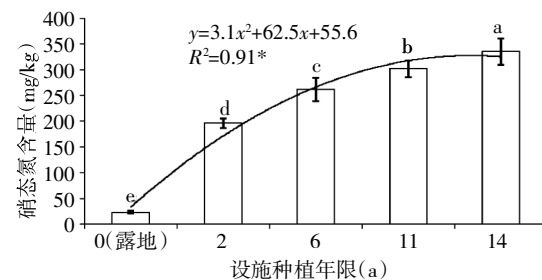


图 2 设施土壤硝态氮含量随种植年限的变化

### 2.3 全盐、硝态氮与 pH 间的关系

由图 3 可以看出, 不同种植年限设施土壤 (0~20 cm) 的全盐含量与 pH 存在显著负相关关系, 而全盐含量与土壤硝态氮含量显著正相关。由此表明, 长期设施栽培显著增加土壤致酸盐基离子, 如硫酸根、硝酸根、氢离子等, 而导致碱性盐基离子, 如碳酸根和碳酸氢根离子则明显降低, 这可能是由于设施菜地长期过量施肥, 氮磷钾和有机质等养分大量累积所致。

### 3 小结与讨论

1) 陇东南渭河上游设施菜地土壤 pH 随种植年限

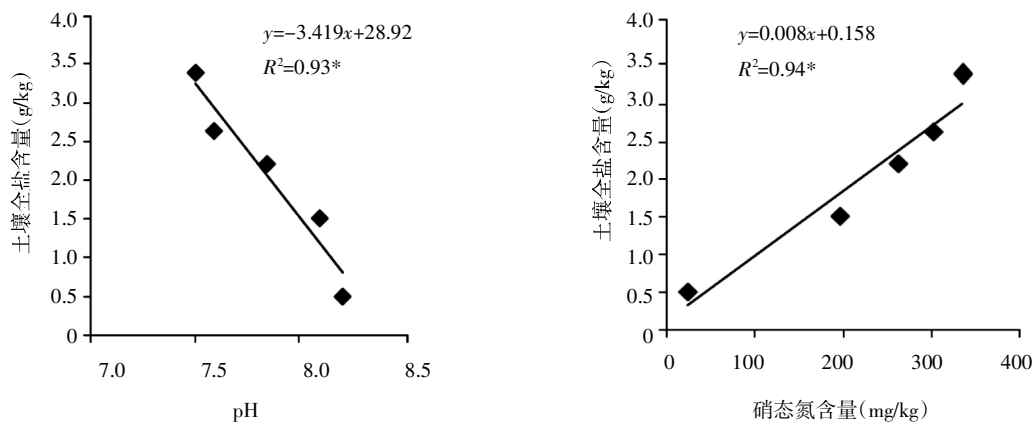


图 3 土壤全盐与硝态氮和 pH 间的关系

逐渐降低, 年均降低 0.05 个单位, 而全盐含量逐渐增加, 年均增加 0.18 百分点。土壤硝态氮显著的高于露地土壤, 且随设施蔬菜栽培年限的延长, 土壤硝态氮含量先逐渐增加, 然后逐渐稳定。全盐含量与土壤 pH 存在显著负相关关系, 而与土壤硝态氮含量显著正相关。

2) 长期不合理地大量投肥是造成设施菜地土壤次生盐渍化和土壤 pH 降低的主要原因。连续种植设施蔬菜 14 a 后, 土壤已出现轻微的盐渍化现象, 全盐含量达到 3.4 g/kg, 土壤质量变差, 蔬菜产量降低, 应考虑采用深翻、覆盖及灌溉排盐等措施控制盐渍化。

3) 本研究表明, 设施土壤的施肥量是普通大田的数十倍(设施土壤年均化肥施用量为 5 t/hm<sup>2</sup>, 有机肥 25 t/hm<sup>2</sup>), 其土壤 pH 随种植年限逐渐降低, 可能与长期过量施有机肥和化肥有关, 有机肥经过微生物的降解和氨化作用产生大量的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 无机氮肥(尿素、磷酸二铵)也含有大量的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 其中一部分 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 被土壤胶体吸附和植物吸收, 绝大部分则是在硝化细菌的作用下转化为 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 同时释放出 H<sup>+</sup> [6]。李粉茹等研究报道, 安徽黄潮土菜地和黑姜土设施菜地 pH 年均降低 0.05 ~ 0.06 个单位 [11], 与本研究结果基本一致。

4) 日光温室内高温、高湿和强蒸发的环境条件促进了土壤盐分的积累和表聚, 同时也促进土壤固相物质的快速分解与盐基离子释放 [4]。但长期大量投肥是造成设施菜地土壤次生盐渍化的重要原因 [7]。设施菜地化肥的投入远远超过了蔬菜正常生长需要的量而逐渐在土壤中积累, 从而导致了土壤全盐含量的升高 [12-13]。本研究表明, 长期设施栽培显著增加土壤致酸盐基离子, 如硫酸根、硝酸根、氢离子等, 而致碱性的盐基离子, 如碳酸根和碳酸氢根离子则明显降低。陈碧华等在新乡潮土上研究发现, 设施土壤水溶性盐总量上升幅度与种植年限极显著相关, 连续种植 30 a 后, 可溶性盐含量达 1.2%, 而且 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的含量均与土壤水溶性盐总量呈极显著相关, 表明 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 是造成土壤含盐总量随种植年限增加的重要原因 [4]。但伊田等在陕西杨凌地区研究结论与本研究则不同, 设施土壤电导率在 1 ~ 3 a 迅速上升, 3 ~ 10 a 趋于平稳, 研究结论的差异可能与土壤理化性状、种植制度及施肥量不同有关 [3]。杜新民等研究指出,

黄瓜、番茄、辣椒的生育障碍临界点分别为 1.2、1.5、1.5 ms/cm, 临汾市种植 8 a 的日光温室土壤盐分累积量达到 4.71 g/kg, 土壤电导率 1.08 ms/cm, 已接近黄瓜的生育障碍临界点 [14]。本研究区域温室菜地最大种植年限为 14 a, 土壤全盐含量为 3.4 g/kg, 虽在生育障碍临界点以下, 但已出现轻微的盐渍化现象, 应考虑通过深翻, 灌溉排盐等措施, 控制盐渍化的进一步发展。

#### 参考文献:

- [1] 刘伟, 武美燕, 胡学玉, 等. 设施栽培地土壤富营养化及其潜在的环境影响[J]. 环境科学与技术, 2011(5): 20-23.
- [2] 史静, 张乃明, 包立. 我国设施农业土壤质量退化特征与调控研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013(7): 787-794.
- [3] 伊田, 梁东丽, 王松山, 等. 不同种植年限对设施栽培土壤养分累积及其环境的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(7): 111-117.
- [4] 陈碧华, 杨和连, 李亚灵, 等. 不同种植年限大棚菜田土壤水溶性盐分的变化特征[J]. 水土保持学报, 2012, 26(1): 241-245.
- [5] 曾希柏, 白玲玉, 苏世鸣, 等. 山东寿光不同种植年限设施土壤的酸化与盐渍化[J]. 生态学报, 2010(7): 1853-1859.
- [6] 沈灵凤, 白玲玉, 曾希柏, 等. 施肥对设施菜地土壤硝态氮累积及 pH 的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012(7): 1350-1356.
- [7] 张金锦, 段增强. 设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类与分级标准的研究进展[J]. 土壤, 2011(3): 361-366.
- [8] 郭万明. 武山县蔬菜产业发展现状、存在问题及对策[J]. 现代农业, 2007(8): 49-50.
- [9] 汪云霞. 武山县蔬菜生产与营销现状及对策[J]. 甘肃农业, 2014(14): 15-16.
- [10] 张生瑞, 韩梅, 袁正祥, 等. 基于 GIS 的不同种植模式下凉州区日光温室土壤养分分析[J]. 甘肃农业科技, 2015(1): 21-24.
- [11] 李粉茹, 于群英, 邹长明. 设施菜地土壤 pH 值、酶活性和氮磷养分含量的变化[J]. 农业工程学报, 2009(1): 217-222.
- [12] 刘建霞, 马理, 李博文, 等. 不同种植年限黄瓜温室土壤理化性质的变化规律[J]. 水土保持学报, 2013(5): 164-168.
- [13] 陈碧华, 杨和连, 李亚灵, 等. 不同种植年限大棚菜田土壤水溶性盐分的变化特征[J]. 水土保持学报, 2012(1): 241-245.
- [14] 杜新民, 吴忠红, 张永清, 等. 不同种植年限日光温室土壤盐分和养分变化研究[J]. 水土保持学报, 2007(2): 78-80.

(本文责编: 陈伟)