

# 不同年限温室土壤盐分变化及对土壤退化的影响<sup>①</sup>

张敬敏<sup>1,2</sup>, 隋申利<sup>2</sup>, 李艳玮<sup>2</sup>, 魏珉<sup>3</sup>, 赵利华<sup>2</sup>

(1 潍坊科技学院山东省高校设施园艺实验室, 山东寿光 262700; 2 山东寿光欧亚菜有限公司, 山东寿光 262704;

3 山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018)

**摘要:** 为明确种植年限与土壤盐分及土壤退化间的关系, 选择栽培模式和管理方式相近的温室, 研究其土壤盐分、pH 和交换性盐基离子随种植年限的变化趋势。结果表明: 随种植年限的增加, 土壤全盐量增加, 第 18 年达 1.833 g/kg; 土壤  $K^+$  和  $SO_4^{2-}$  含量升高,  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  和  $HCO_3^-$  含量降低; 土壤中  $Na^+$  和  $Cl^-$  增量相对较少。土壤盐离子之和占全盐百分比在第 6 年平均为 77.58%, 而至第 18 年时为 52.46%, 说明随着种植年限延长, 土壤盐离子组成已发生较大改变。土壤 pH, 第 18 年比第 6 年平均下降了 1.01 个单位, 土壤交换性盐基下降了 20.11%。因而, 随温室种植年限延长, 土壤盐渍化严重, 酸化程度加重, 交换能力下降, 土壤肥力下降。

**关键词:** 温室; 土壤; 年限; 盐分; 退化

中图分类号: S157.4 文献标识码: A

土壤盐渍化是土壤中可溶性盐类随水向表层移动, 使表层可溶性盐含量超过 1~2 g/kg 的过程, 土壤表层含盐量 2~5 g/kg 时可对植物产生不利影响。设施栽培中由于高水肥投入、高强度利用、高温高湿、无自然雨淋等特殊条件, 土壤盐渍化问题较严重。余海英等<sup>[1]</sup>通过研究辽宁新民、山东寿光、江苏常州及四川双流 4 个地区 64 个具有代表性的设施土壤, 认为研究区域内已有 40%~89% 的土壤含盐量超过了作物正常生长的临界含量。施毅超等<sup>[2]</sup>研究表明, 江苏省宜兴市 20% 的大棚土壤已发生次生盐渍化, 有些地方土壤含盐量达到 4.7~5.7 g/kg, 表层盐分含量是露地的 4 倍~5 倍。童敏等<sup>[3]</sup>研究表明, 保护地土壤的各种盐基离子是正常土壤的 4.3 倍~19.6 倍。李涛等<sup>[4]</sup>研究表明, 山东省约 39.73% 的设施菜地出现不同程度的次生盐渍化现象(轻度盐渍化为 28.64%, 中度盐渍化为 8.37%, 重度盐渍化为 2.29%)。而张绪美等<sup>[5]</sup>对江苏太仓的大棚菜地研究得出, 69.84% 的土壤盐分累积量超过安全水平(51.59% 为轻度盐土, 10.32% 为中度盐土, 5.56% 为重度盐土)。由此可看出温室土壤次生盐渍化问题的普遍性和严重性。

有关温室土壤盐分离子组成和数量的研究较多, 但由于土壤类型、施肥种类和数量、灌溉水质和种植

管理方式等不同, 盐分离子种类和数量各不相同<sup>[1-10]</sup>。陈碧华等<sup>[8]</sup>对新乡市不同种植年限大棚菜田研究表明, 大棚菜田土壤阳离子以  $K^+$ 、 $Na^+$  为主, 阴离子主要以  $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  为主; 种植年限与土壤  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  呈正相关, 与  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $HCO_3^-$  含量呈负相关, 且认为  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  是造成土壤盐渍化的重要原因。童敏等<sup>[3]</sup>研究表明, 保护地土壤阳离子以  $Ca^{2+}$ 、 $K^+$  和  $NH_4^+$  为主, 阴离子以  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  为主。杨思存等<sup>[9]</sup>研究表明, 随着种植年限的延长, 阳离子的组成始终以  $Ca^{2+}$  为主, 同时  $K^+$  和  $Na^+$  的含量大幅度增加, 阴离子的组成由以  $HCO_3^-$  为主变为以  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  为主。温室土壤盐分离子种类和数量差异, 引起土壤表面电荷的不同, 土壤 pH 和土壤交换性盐基也由此发生变化, 研究种植年限与土壤盐分变化、土壤 pH 和土壤交换性盐基的关系, 可从离子角度明确温室土壤肥力变化的原因。

山东寿光是我国最大的温室蔬菜生产基地, 其“一镇一品”蔬菜布局模式, 使小区域内种植和管理模式相近, 且不同年限的温室土壤之间具有较强的可比性, 为研究温室土壤特性提供了宝贵的实践基地。本文以山东寿光孙集镇种植和管理模式相近、年限不

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAD05B03)、山东省高校设施园艺实验室项目(2018YY003)和山东省重点研发计划(公益类)项目(2019GSF109113)资助。

作者简介: 张敬敏(1975—), 女, 山东济宁人, 博士, 副教授, 主要从事温室土壤质量调查与分析工作。E-mail: jmzhang1301@126.com

同的温室土壤为研究对象,研究土壤盐分、pH 和交换性盐基随种植年限的变化趋势,分析种植年限对盐分和土壤肥力退化的影响,为科学管理温室土壤提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验土壤样品均采自山东省寿光市孙集镇,该村蔬菜种植模式一年两茬(黄瓜-苦瓜)。不同年份,基肥穿插使用鸡粪(年用量  $75 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )或稻壳粪( $240 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )+豆饼( $3750 \text{ kg}/\text{hm}^2$ )。追肥主要为氮磷钾平衡的水溶性冲施肥(N  $\text{P}_2\text{O}_5$   $\text{K}_2\text{O}$ =20 20 20),年施用量为  $3000 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

选择不同种植年限(6、8、10、12、14、18 a)的温室土壤取样,每年限取 3 个温室,取样时间为 2016 年 7 月左右,前茬作物采收完。五点取样法,采样深度为 0~20 cm,将土样剔除石块和根系,风干备用。

### 1.2 测定项目

土壤全盐采用质量法测定; $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  含量采用火焰光度法测定; $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  含量采用 EDTA 滴定法测定; $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{HCO}_3^-$  含量采用双指示剂中和滴定法测定; $\text{SO}_4^{2-}$  含量采用容量法测定; $\text{Cl}^-$  含量采用硝酸银滴定法测定;盐离子之和由离子加和法求得。交换性盐基采用乙酸铵交换法测定。土壤酸碱度(pH)采用电位法(水土比为 5:1)测定。

### 1.3 数据处理

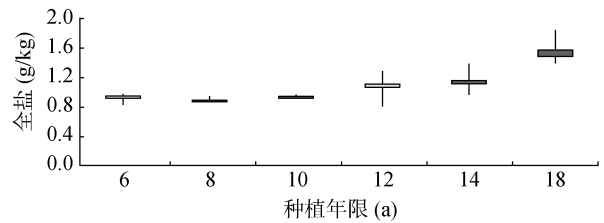
数据采用 Excel 2010 处理并制作股价图,柱形图最高最低点分别表示该指标的最高值和最低值,平均值高于中间值则是实体柱,平均值低于中间值则是空体柱。同时采用 SPSS 19.0 进行数据的差异性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤全盐量

由图 1 可见,土壤全盐量随种植年限的延长而增

加;前期全盐量增加较慢,第 6、8、10 年平均全盐量分别为 0.907、0.887 和 0.934 g/kg。随着时间的延长,全盐增加幅度变大,第 12、14、18 年的平均全盐量分别为 1.061、1.148 和 1.564 g/kg。且随种植年限的延长,同年限的不同温室间全盐量差异较大,如第 10 年时,全盐量最高为 0.960 g/kg,最低为 0.910 g/kg;而第 18 年时最高为 1.833 g/kg,最低为 1.382 g/kg,同年限温室间差异可达 0.451 g/kg,且土壤全盐量超过 1.0 g/kg,已发生次生盐渍化,对植物生长有一定的危害。



(股价图中,中间垂线最高、最低点分别表示该指标的最高值和最低值,平均值高于中间值则是实体柱,平均值低于中间值则是空体柱)

图 1 不同年限温室土壤全盐量变化

Fig. 1 Change of greenhouse soil total salt content with year

### 2.2 土壤盐离子

**2.2.1 土壤水溶性阳离子** 由表 1 可见,土壤水溶性  $\text{K}^+$  含量随种植年限的延长而增加,不同棚室之间土壤  $\text{K}^+$  差异有增加的趋势。第 6、8、10、12 年,土壤水溶性  $\text{K}^+$  含量无显著差异,随种植年限的增加,第 14 年和 18 年的温室土壤与第 6、8、10、12 年的温室土壤,存在显著差异。第 18 年时土壤水溶性  $\text{K}^+$  含量最高值为 0.140 0 g/kg,最低值为 0.080 0 g/kg。土壤水溶性  $\text{Na}^+$  含量随种植年限延长而增加,但整体较平缓,平均值在 0.062 7~0.083 7 g/kg。

土壤水溶性  $\text{Ca}^{2+}$  含量随种植年限的延长而降低,第 6 年和第 18 年分别为 0.197 3 和 0.168 7 g/kg,但整体变化较平缓,平均值介于 0.197 3~0.154 7 g/kg。随

表 1 不同种植年限温室土壤可溶性阳离子(g/kg)  
Table 1 Changes of greenhouse soil soluble cations with year

| 种植年限(a) | $\text{K}^+$         | $\text{Na}^+$        | $\text{Ca}^{2+}$    | $\text{Mg}^{2+}$     |
|---------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 6       | 0.016 0 ± 0.003 6 c  | 0.062 7 ± 0.002 5 b  | 0.197 3 ± 0.033 3 a | 0.117 3 ± 0.079 8 ab |
| 8       | 0.026 3 ± 0.002 9 bc | 0.054 3 ± 0.009 8 b  | 0.181 3 ± 0.009 2 a | 0.143 0 ± 0.045 0 a  |
| 10      | 0.031 3 ± 0.010 0 bc | 0.067 0 ± 0.006 6 ab | 0.171 0 ± 0.024 6 a | 0.089 7 ± 0.029 1 ab |
| 12      | 0.026 3 ± 0.007 6 bc | 0.063 3 ± 0.007 6 b  | 0.154 7 ± 0.018 5 a | 0.062 0 ± 0.020 4 b  |
| 14      | 0.058 3 ± 0.040 4 b  | 0.078 3 ± 0.023 1 ab | 0.168 0 ± 0.013 9 a | 0.070 3 ± 0.019 6 ab |
| 18      | 0.107 0 ± 0.030 5 a  | 0.083 7 ± 0.006 7 a  | 0.168 7 ± 0.060 1 a | 0.068 0 ± 0.012 1 b  |

注:同列不同小写字母表示不同种植年限间差异在  $P < 0.05$  水平显著,下同。

着种植年限的延长，同年限不同棚室之间差异变大，至第 18 年时，土壤水溶性  $\text{Ca}^{2+}$  含量最高为 0.238 0 g/kg，最低为 0.132 0 g/kg。

土壤水溶性  $\text{Mg}^{2+}$  含量随种植年限的延长而降低，第 6 和 8 年平均分别为 0.117 3 和 0.143 0 g/kg，第 10 年急剧降低至 0.089 7 g/kg，第 18 年平均为 0.068 0 g/kg。前期同年限温室土壤  $\text{Mg}^{2+}$  含量差异较大，在第 6 年时最高为 0.205 0 g/kg 最低为 0.048 8 g/kg；随着种植年限的增加，同年限温室之间  $\text{Mg}^{2+}$  含量差异变小，至第 18 年时，最高为 0.081 2 g/kg，最低为 0.057 0 g/kg。

表 2 不同种植年限温室土壤水溶性阴离子(g/kg)  
Table 2 Changes of greenhouse soil soluble anions with year

| 种植年限(a) | $\text{SO}_4^{2-}$     | $\text{HCO}_3^-$     | $\text{Cl}^-$       |
|---------|------------------------|----------------------|---------------------|
| 6       | 0.050 0 ± 0.010 6 bcd  | 0.239 7 ± 0.048 0 a  | 0.019 7 ± 0.002 3 a |
| 8       | 0.037 0 ± 0.012 1 d    | 0.260 7 ± 0.030 6 a  | 0.027 3 ± 0.009 6 a |
| 10      | 0.082 3 ± 0.011 6 abc  | 0.225 7 ± 0.009 8 a  | 0.024 0 ± 0.010 4 a |
| 12      | 0.055 0 ± 0.046 9 bcd  | 0.209 7 ± 0.052 3 ab | 0.019 0 ± 0.008 5 a |
| 14      | 0.068 3 ± 0.001 2 abcd | 0.148 7 ± 0.028 3 b  | 0.024 0 ± 0.006 1 a |
| 18      | 0.106 0 ± 0.017 0 a    | 0.154 0 ± 0.018 5 b  | 0.032 0 ± 0.006 0 a |

土壤水溶性  $\text{HCO}_3^-$  含量随种植年限的增加而降低，第 6、8、10、12 年平均含量分别为 0.239 7、0.260 7、0.225 7 和 0.209 7 g/kg，第 14 和 18 年平均含量分别为 0.148 7 和 0.154 0 g/kg。第 12 年时同年限土壤  $\text{HCO}_3^-$  含量差异最大，最高为 0.256 2 g/kg，最低为 0.152 5 g/kg；第 18 年时最高为 0.172 5 g/kg，最低为 0.136 0 g/kg，差异变小。这可能是因为随土壤种植年限的增加，土壤板结加重，土壤呼吸作用减弱，土壤中  $\text{HCO}_3^-$  含量也降低。

土壤水溶性  $\text{Cl}^-$  含量随种植年限的延长而稍有提高，但整体变化不大，各年限平均值分别为 0.019 7、0.027 3、0.024 0、0.019 0、0.024 0 和 0.032 0 g/kg，最高含量出现在第 18 年时，为 0.038 0 g/kg，最低含量出现在第 12 年时，为 0.010 7 g/kg。

2.2.3 水溶性盐基之和及占全盐的百分比 由图 2 可见，温室土壤盐离子之和随种植年限的增加而稍

由此可见，土壤中一价阳离子  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  含量随着温室种植年限的延长而升高，而二价阳离子  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量却随种植年限的延长而降低。 $\text{K}^+$  含量升高幅度较大， $\text{Mg}^{2+}$  含量降低幅度较大，可能是高量钾肥投入，对  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  有一定的拮抗作用。

2.2.2 土壤水溶性阴离子 由表 2 可见，土壤水溶性  $\text{SO}_4^{2-}$  含量总体随种植年限的延长而升高，第 6 年平均为 0.050 0 g/kg，第 18 年时平均为 0.106 0 g/kg。同年限不同温室的土壤  $\text{SO}_4^{2-}$  含量差异较大，第 12 年时差异最大，最高为 0.109 4 g/kg，最低为 0.025 0 g/kg。

有降低，整体差异不大，各种种植年限的平均值分别为 0.702、0.729、0.690、0.589、0.574 和 0.697 g/kg。说明土壤溶液中，这些盐分的绝对含量相对稳定。但从盐离子之和占全盐的百分比来看，其随着种植年限的延长而逐渐下降，各年限的平均值分别为 77.58%、82.20%、73.95%、58.20%、54.13% 和 46.47%，自第 12 年开始急剧降低。说明随着种植年限延长，土壤盐离子组成已发生较大改变，由于施肥量的增加，土壤中增加了许多其他盐离子。

### 2.3 土壤 pH 和交换性盐基

土壤盐渍化和土壤酸化常相伴而生。由图 3 可见，随种植年限的延长，温室土壤 pH 逐渐降低，各年限土壤 pH 平均为 8.00、7.98、7.59、7.81、7.50 和 6.99。第 6 年和第 18 年相比，土壤 pH 下降了 1.01 个 pH 单位。 $\text{H}^+$  被土壤胶体吸收后，随着阳离子交换作用的进行，盐基饱和度逐渐下降，而氢饱和度逐渐提高。

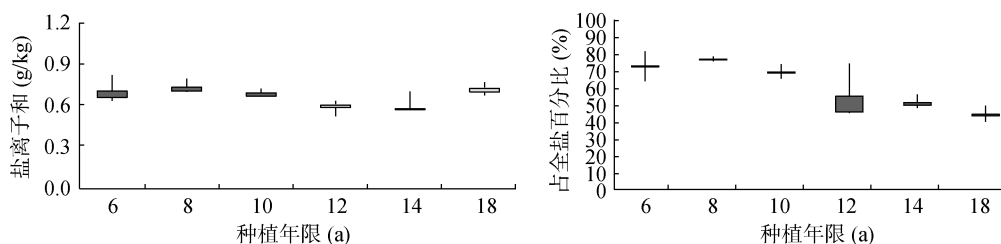


图 2 不同年限温室土壤水溶性盐基之和及占全盐的百分比  
Fig. 2 Changes of greenhouse soil total salt ions and its percentages to total salt contents with year

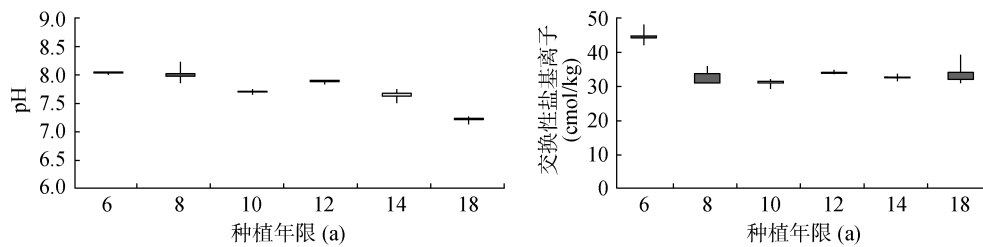


图 3 不同年限温室土壤 pH 和交换性盐基的变化  
Fig. 3 Changes of greenhouse soil pH and exchangeable base with year

交换性盐基指土壤胶体吸附的  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ ，可以反映土壤保蓄阳离子的能力，是土壤肥力水平的重要指标之一。温室土壤交换性盐基总量随种植年限延长而降低。第 6 年时，最高为 46.50 cmol/kg，最低为 41.00 cmol/kg，平均为 43.50 cmol/kg；至第 18 年时，最高为 38.50 cmol/kg，最低为 31.00 cmol/kg，平均为 34.75 cmol/kg，第 18 年较第 6 年平均降低了 20.11%。土壤交换性盐基降低，土壤矿物质营养元素流失严重，土壤肥力下降、板结，不利于植物吸收养分。

### 3 讨论

土壤次生盐渍化的发生与水肥管理措施密切相关<sup>[3-10]</sup>。有研究认为，温室种植 4 a 或 5~6 a 土壤盐分累计达到最高<sup>[1,5,8]</sup>，如山东寿光文家镇连续种植了 4 a 的设施土壤其含盐量可达 6.01 g/kg<sup>[1]</sup>，之后因采取的各种管理措施，土壤盐分趋于平缓或有所降低<sup>[5]</sup>。另有研究表明，随着种植年限的延长，日光温室耕层土壤盐分含量持续增加<sup>[3]</sup>。据本研究团队研究结果，水肥管理不当的情况下，种植 3 a 的温室土壤盐分可达高达 2.90 g/kg<sup>[12]</sup>。但在本试验中，土壤全盐量至种植第 18 年时最高含量 1.833 g/kg，发生次生盐渍化，但未达严重盐渍化程度。这一方面由于不同温室的管理和施肥量不同而造成的，另一方面是由取样时间决定的，本次取样时间为 7 月，是早春茬苦瓜生产后期，地温高用肥量少，灌水次数较多，是一年当中含盐量最低的时间段，降至 2 g/kg 以下。

土壤水溶性阳离子主要包括  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $K^+$ 、 $Na^+$ ，阴离子主要包括  $CO_3^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$  等。虽然各地菜田土壤盐分及离子组成各不相同，但仍有许多相似之处<sup>[1-12]</sup>。多数研究认为  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  是设施土壤次生盐渍化的主要特征之一<sup>[9,11,13]</sup>，有些设施土壤中阴离子则以  $Cl^-$  或  $SO_4^{2-}$  为主，阳离子以  $Ca^{2+}$  和  $K^+$  为主<sup>[14-15]</sup>。本试验中，土壤水溶性阳离子前期以  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  含量较高，随着种植年限的延长， $K^+$  和  $Na^+$  含量升高， $Mg^{2+}$  含量逐渐降低；土壤水溶性阴离子，前期以  $HCO_3^-$  含量较高，随种植年限的延

长， $HCO_3^-$  含量降低，但仍是土壤中主要的阴离子；随种植年限的增加，阴离子以  $HCO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  为主。这一方面是由于研究区钾肥多为硫酸钾，长期过量施用，必然导致土壤中  $K^+$  和  $SO_4^{2-}$  含量增高；另一方面，由于  $K^+$  与  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  间的拮抗作用，过量的钾吸附在土壤胶体表面，导致  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  的流失较重。 $Na^+$  的升高或许与土壤 pH 和土壤板结密切相关，有待进一步研究。从土壤盐离子之和逐年降低来看，土壤中新增的盐离子数量较多，盐分种类也发生较大变化。

土壤次生盐渍化与土壤酸化及交换性盐基密切相关<sup>[16-18]</sup>。多数研究认为  $NO_3^-$  和  $SO_4^{2-}$  含量在全盐含量中所占比例的不断上升是保护地土壤酸化的主要原因<sup>[15-17]</sup>。范庆锋等<sup>[16]</sup>研究了辽宁省沈阳市于洪地区保护地土壤，栽培 6 a 后土壤 pH 从 6.50 降低至 5.50 以下，认为土壤  $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  和  $Cl^-$  大大增加， $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  和  $Na^+$  相对比例的下降，是影响土壤 pH 重要的原因。张敬敏等<sup>[12]</sup>通过室内土柱淋溶试验研究了土壤盐分离子总电荷变化，认为不合理的施肥使土壤阳离子的存留量降低，可引起土壤酸化。以上研究均表明，土壤盐渍化引起的土壤阳离子的减少及阴离子的增加，是土壤酸化的根本原因。本研究也表明，随种植年限延长，土壤中  $K^+$  和  $Na^+$  含量提高幅度低于  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  含量降低幅度，土壤交换性盐基离子减少，阳离子电荷数减少，从而导致土壤酸化和供肥能力的降低。同时， $HCO_3^-$  还能水解可产生  $OH^-$ ，本研究中，随着种植年限的延长， $HCO_3^-$  含量降低，也是引起土壤酸化的重要原因之一。因此，次生盐渍化可造成土壤酸化和供肥能力的减弱，而造成土壤发生次生盐渍化的主要原因是不合理施肥和管理模式等人为外在因素，合理正确的施肥是设施园艺产业持续发展的根本。

### 4 结论

1) 随种植年限的增加，温室土壤全盐量、水溶性  $K^+$  和  $SO_4^{2-}$  含量升高，水溶性  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  和  $HCO_3^-$  含

量降低；土壤中  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  增量相对较少。土壤中  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  含量提高幅度低于  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  含量降低幅度，阳离子电荷数减少，是导致土壤酸化的原因之一。

2) 随种植年限的增加，温室土壤盐离子之和变化不大，而盐离子之和占全盐却逐渐下降，说明随着种植年限延长，土壤盐离子组成已发生较大改变，土壤中增加了许多其他盐离子。

3) 随种植年限增加，温室土壤交换性盐基含量降低，土壤矿物质营养元素流失严重。

4) 土壤 pH 随种植年限的增加而降低， $\text{H}^+$  被土壤胶体吸收后，土壤表面氢饱和度逐渐提高，盐基饱和度逐渐下降，交换能力下降，土壤肥力下降。

#### 参考文献：

- [1] 余海英, 李廷轩, 周健民. 设施土壤盐分的累积、迁移及离子组成变化特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 642-650
- [2] 施毅超, 胡正义, 龙为国, 等. 轮作对设施蔬菜大棚中次生盐渍化土壤盐分离子累积的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(3): 548-553
- [3] 童敏, 陈文海, 滕明益, 等. 海宁市保护地土壤盐渍化调查与成因分析[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(6): 955-958
- [4] 李涛, 于蕾, 吴越, 等. 山东省设施菜地土壤次生盐渍化特征及影响因素[J]. 土壤学报, 2018, 55(1): 100-110
- [5] 张绪美, 沈文忠, 胡青青. 太仓市郊大棚菜地土壤盐分累积与分布特征研究[J]. 土壤, 2017, 49(5): 987-991
- [6] 吕真真, 杨劲松, 刘广明, 等. 黄河三角洲土壤盐渍化与地下水特征关系研究[J]. 土壤学报, 2017, 54(6): 1377-1386
- [7] 缙倩倩, 韩致文, 屈建军, 等. 秦王川灌区农田土壤盐分离子特征分析[J]. 土壤, 2014, 46(1): 100-106
- [8] 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
- [9] 杨思存, 霍琳, 王成宝, 等. 兰州市日光温室土壤盐分积累及离子组成变化特征[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(8): 1541-1549
- [10] 钱晓雍. 塑料大棚设施菜地土壤次生盐渍化特征[J]. 中国土壤与肥料, 2017(5): 73-78
- [11] 黄绍文, 高伟, 唐继伟, 等. 我国主要菜区耕层土壤盐分总量及离子组成[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(4): 965-977
- [12] 张敬敏, 隋申利, 魏珉. 不同营养液对温室土壤盐渍化的影响[J]. 北方园艺, 2016(20): 175-177
- [13] 杨慧, 谷丰, 杜太生. 不同年限日光温室土壤硝态氮和盐分累积特性研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(2): 240-247
- [14] 陈竹君, 王益权, 许安民, 等. 施用不同种类氮肥对日光温室土壤溶液离子组成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 907-913
- [15] 李凤根, 张丹, 徐君, 等. 浙江省设施栽培土壤盐分的积累与组成特点[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(6): 861-863
- [16] 范庆锋, 张玉龙, 陈重. 保护地蔬菜栽培对土壤盐分积累及 pH 值的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 103-106
- [17] Wang H Y, Zhou J M, Chen X Q, et al. Interaction of NPK fertilizers during their transformation in soils: I. Dynamic changes of soil pH [J]. Pedosphere, 2003, 13(3): 257-262
- [18] Li C B, Ji G L. Interactions of  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  anions with soils as inferred from conductivity dispersion[J]. Acta Pedologica Sinica, 1999, 36(1): 54-59

## Soil Salinity Changes in Greenhouse with Years and Their Effects on Soil Degradation

ZHANG Jingmin<sup>1,2</sup>, SUI Shenli<sup>2</sup>, LI Yanwei<sup>2</sup>, WEI Min<sup>3</sup>, ZHAO Lihua<sup>2</sup>

(1 Weifang University of Science and Technology, Facility Horticulture Laboratory of Universities in Shandong, Shouguang, Shandong 262700, China; 2 Shouguang Ou-yate Vegetable Limited Company, Shouguang, Shandong 262704, China; 3 College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

**Abstract:** To understand the relationship between cropping years and soil salinity and degradation, the greenhouses with similar cultivation pattern and management but different years were selected, and variation of soil salinity, pH and exchangeable base were studied. The results showed that: with the increase of cropping years, soil total salt content increased, and reached to 1.833 g/kg in the 18<sup>th</sup> year;  $\text{K}^+$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  contents increased,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{HCO}_3^-$  contents decreased, while  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  contents slightly increased. Total salt ions percentage accounted for 77.58% in the 6<sup>th</sup> year and 52.46% in the 18<sup>th</sup> year of total salt content, indicating the composition of soil salt ions were changed. Soil pH decreased by 1.01 units and soil exchangeable base decreased by 20.11% in 18<sup>th</sup> year than the 6<sup>th</sup> year. It can be concluded that with the increase of cultivation year, soil salinization and acidification became more and more serious and ion-exchange capacity decreased in greenhouse, which caused the degradation of soil fertility.

**Key words:** Greenhouse; Soil; Years; Salinization; Degradation