

# 设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望

郭文忠<sup>1</sup> 刘声锋<sup>1</sup> 李丁仁<sup>1</sup> 赵顺山<sup>2</sup>

(1 宁夏农林科学院蔬菜花卉研究所 银川 750002; 2 宁夏中卫县林业局 中卫 751700)

**摘要** 本文综述了近年来国内外关于设施蔬菜土壤次生盐渍化发生的现状,以及盐渍化条件下蔬菜的危害程度,生理生化反应,特别是设施蔬菜土壤盐渍化与土壤和蔬菜硝酸盐含量的关系,并就设施蔬菜土壤次生盐渍化的主要研究方向进行了探讨和分析。

**关键词** 设施蔬菜; 次生盐渍化; 研究现状; 研究方向

**中图分类号** S153

设施蔬菜土壤次生盐渍化是指在设施蔬菜作物生产过程中,由于不合理肥料使用、栽培管理措施不当、地下水上升等因素影响保护地土壤含盐量增加,特别是硝酸盐含量增加,引起栽培蔬菜作物的生长发育受到抑制,产量和品质降低。产品农药残留量过高,硝酸盐、亚硝酸盐含量上升。蔬菜生产者的收益下降,不合格产品危害了人们的身体健康。

## 1 设施蔬菜土壤次生盐渍化的发生现状

保护地的土壤次生盐渍化是国内外设施栽培中普遍存在的技术难题<sup>[1]</sup>。因此,关于保护地土壤次生盐渍化国内外学者进行了大量的研究。日本在70年代,蔬菜保护地土壤就已经发生比较严重的盐分积累问题。土壤可溶性盐分浓度在10.0~16.0 g/kg的保护地面积占保护地总面积的40%以上,适宜蔬菜生长的保护地土壤面积仅占设施蔬菜栽培面积的20%~30%。因此,蔬菜保护地土壤可溶性盐分含量过量是设施蔬菜生产中普遍存在的现象,已经成为设施蔬菜生长的主要限制因子<sup>[2]</sup>。高丽红报道<sup>[3]</sup>,种植黄瓜的温室土壤含盐量为0.27%~0.62%,已达中高度盐渍化程度,对黄瓜的生长产生了不良影响。山东寿光是我国蔬菜的主产区之一,但由于大量施肥,也导致土壤次生盐渍化、土壤酸化、蔬菜硝酸盐含量高、地下水硝酸盐污染等<sup>[4]</sup>。尤其是一些肥料如硝酸钙、硝酸钾、氯化钾等溶解在土壤中,一方面提高了土壤溶液的浓度,另一方面又引起土

壤pH值降低,使Fe、Mn、Al等元素的可溶性提高,从而使土壤盐溶液的浓度进一步提高,更加剧了土壤次生盐渍化的发展<sup>[5]</sup>。宁夏属内陆省区,引黄灌区的大部分农业基本农田土壤以灰钙土为主,其土壤偏碱性,pH 7.5~8.46,含盐量较高,一般在1.3~3.59 g/kg<sup>[6]</sup>。据化验<sup>[6]</sup>,地下水矿化度一般在1.876~3.015 g/L。盐离子中Cl<sup>-</sup>占离子总数的23.43%~31.4%,Na<sup>+</sup>占离子总数的19.94%~20.35%。目前蔬菜地主要使用的农家肥是畜禽肥。过去,人们主要考虑农家肥的营养含量,很少注意农家肥的含盐量,由于在饲养畜禽的过程中,在饲料中一般都添加0.3%~0.5%的食盐,故畜禽粪便中含盐量为6.9~41.2 g/kg<sup>[7]</sup>。农家肥的含盐量较高,成分主要以NaCl为主。菜农每年向保护地施入农家肥75~150 t/hm<sup>2</sup>,有些菜农还施入更多,相当于施入盐类物质515.57~6177.96 kg/hm<sup>2</sup>。通过计算,保护地土壤接受以上由于土壤母质和上述农艺措施带来的Cl<sup>-</sup>,Na<sup>+</sup>离子含量大约占10%~30%。表现为土壤含盐量升高,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N超过露地的30~60倍,土壤碱化,有些温室已经不能进行果菜类蔬菜的生产,只能种植耐盐的叶菜类蔬菜。土壤母质、灌溉用水和农家肥中NaCl导致温室土壤盐分积累也是设施蔬菜生理障碍不可忽视的影响因素。由此可见,保护地土壤次生盐渍化是国内外设施蔬菜生产区普遍发生和存在的问题,这种现象严重影响了蔬菜的可持续发展,影响蔬菜生产者的经济效益,农产品品质低下,污染的

蔬菜产品危害了消费者的身体健康。

## 2 设施蔬菜土壤次生盐渍化的危害

### 2.1 设施蔬菜土壤次生盐渍化对蔬菜生长发育的危害

在次生盐渍化发生的保护地,蔬菜作物从种到收的全生育期中出现的情况,产生死苗的原因<sup>[8]</sup>:

盐分浓度高,作物吸水困难;根系生长不良,甚至烂根;土壤障害引起蔬菜作物抗逆性减弱,病菌侵袭引起猝倒或青枯死苗。含盐量高的保护地主要危害的敏感蔬菜作物是黄瓜和番茄等果菜类蔬菜,具体表现是在黄瓜和番茄定植后缓苗慢,叶色变深,叶片变小,缓苗后生长速度也较正常土壤慢。积盐严重时黄瓜叶片边缘干枯“镶金边”状,龙头有“花打顶”症状,黄瓜有明显的苦味。番茄叶片变小,呈灰绿色、落花及“僵果”率明显增加。甜椒植株矮小,叶色深绿。少光泽,落花严重。黄瓜番茄,西葫芦甜椒作物在 3 年以上的保护地内栽培每年产量降低 10%~20%。病害逐年严重<sup>[9]</sup>。

### 2.2 设施蔬菜土壤次生盐渍化对蔬菜的生理伤害

盐分过多对植物的危害主要有 3 个方面<sup>[10]</sup>:生理干旱。土壤中可溶性盐类过多,由于渗透势增高而使土壤水势降低,引起植物根细胞吸收土壤水分困难或者是脱水。因此,盐害的通常表现是干旱,尤其是在高温强光照、大气相对湿度低的情况下,盐害表现严重。在保护地环境中,需要经常灌水,但经常灌水造成保护地空气湿度加大,容易诱发病害。离子的毒害作用。由于盐分中离子不均衡,植物吸收某种离子过多而排斥对另一些营养元素的吸收。如  $\text{Na}^+$  过多会影响植株对  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等离子的吸收。 $\text{Cl}^-$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  吸收过多,也可降低对  $\text{HPO}_4$  吸收,这种不平衡的吸收,不仅造成营养失调,抑制生长,同时造成单盐毒害作用。卢丽萍等<sup>[11]</sup>研究发现,随着土壤含盐量增加,番茄苗期每株植物对各营养元素吸收量减少,当含盐量 3.0 g/kg 时,养分吸收量剧减,K 和 Ca 的表现明显。这是由于在低盐量下,K 优先被根吸收,不受 Na 的抑制,而 K 却总抑制 Na 的进入,当高盐量下,离子的选择吸收性能差,Na 对 K 的抑制大于 K 对 Na 的抑制;当根系中 Na 浓度增加时,Ca 的活性降低,植物对 Ca 的吸收减少;牟咏花等<sup>[12]</sup>发现在 NaCl 胁迫下番茄植株生长速率和营养元素积累均下降,但根冠比没有改变,且不同品种之间有差异。100 mol/L NaCl

处理下, $\text{K}^+$  积累与植株生长速率呈显著正相关, $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的积累与生长速率相关性不显著。破坏正常生理代谢。盐分过多可抑制叶绿素的合成与光合器官中各种酶的发生,影响光合作用。张恩平等<sup>[13]</sup>研究了 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗子叶膜脂过氧化的影响。结果表明,盐胁迫下细胞的膜脂过氧化程度明显增加,丙二醛(MDA)含量显著增加,过氧化物酶(POD)活性上升,超氧化物歧化酶(SOD)活性明显下降。MDA 含量及 POD, SOD 活性可以作鉴定黄瓜幼苗耐盐性的生理指标,而且在不同品种之间的耐盐性有差异。薛应龙<sup>[14]</sup>研究认为盐胁迫下,植物细胞体内活性氧产生和清除失衡,膜脂过氧化产物 MDA 积累,最终导致膜系统完整性丧失,相对电导率增加,破坏细胞的区隔化作用,导致代谢功能紊乱,最终抑制植物生长。盐分过多对植物的影响在多数情况下是呼吸作用降低,个别情况下反而有提高呼吸的效应,但总的趋向是呼吸消耗多,净光合生产率低,不利于生长。盐分过多对蛋白质代谢的影响比较明显,抑制合成提高分解,这是盐害的主要特征。

从植物生理角度来看,干旱和盐碱对植物产生的胁迫作用有着共同的生理基础,它们均引起植物失水和体内渗透压的增加,从而影响植物代谢和光合作用的正常进行。试验证明,体内叶绿素荧光动力学对植物水分亏缺和盐碱均十分敏感,是一种理想的监测手段<sup>[15]</sup>。在完全满足植物生长诸条件时,植物的生物产量和农业产量将主要由生长过程中光合产物的形成和积累多少所决定,而后者又取决于光能转换效率。叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  比值表示 PS 原初光能转换效率,其比值的大小可以衡量叶片光合产物的形成和积累。因此,可以预计,它可能成为早期预测作物增产潜力的有效手段,可以考虑作为快速,简便地预测作物增产潜力的一种相对的生理指标。目前对于盐胁迫下气孔导度的降低,越来越多的证据表明<sup>[16]</sup>盐胁迫下气孔开度的降低,不是由水分关系决定,而是由盐刺激根系所形成的物理或化学信号物质诱导。Long, S 等<sup>[17]</sup>认为盐胁迫下,光合速率的降低有两方面原因所致,一是供应叶肉细胞  $\text{CO}_2$  减少,二是叶肉细胞同化  $\text{CO}_2$  的能力降低。对于盐生植物来说,在没有达到相对较高的盐胁迫时,同化作用不会被抑制,甚至在较低盐胁迫时还会被促进。孙国荣等<sup>[18]</sup>指出在高盐碱胁迫下光合速率降低可能主要是由于叶肉细胞同化  $\text{CO}_2$  的

能力降低所致。moff N 等<sup>[19]</sup>研究认为  $O_2$  同化之间可能存在着还原力和 ATP 的竞争, 午间强光作用下由于气孔关闭,  $CO_2$  浓度降低, 净  $CO_2$  同化速率下降到最低。因此,  $CO_2$  和  $NO_3^-$  对光化学能的竞争最弱,  $NO_3^-$  还原处于最活跃状态。午间较强的 N 素可以部分消耗过多的光化学能, 降低光抑制的损害。

### 2.3 设施蔬菜土壤次生盐渍化与土壤和蔬菜硝酸盐含量的关系

保护地土壤盐类物质积累最快、数量最多的是硝酸盐。其实早在 20 世纪 40 年代, 硝酸盐就被作为 N 污染提出来<sup>[20]</sup>。李先珍等<sup>[21]</sup>也研究认为, 硝酸根是保护地土壤盐渍化增加最多的成分, 形成了多种硝酸盐, 从而提高了土壤溶液的盐浓度和渗透压。与大田土壤比较, 不管利用年限如何, 大棚土壤硝酸盐含量均显著增加, 硝酸盐随施肥的增加而增加, 盐分随着硝酸盐含量的增加而增加<sup>[22]</sup>。硝酸盐的增加是由于施入了大量的有机无机肥料<sup>[23, 24]</sup>。温室、大棚盐分中, 阳离子以  $Ca^{2+}$  为主, 阴离子则以  $NO_2^-$  为主, 约占阴离子总量的 67% ~ 76%, 而且  $NO_2^-$  的含量随全盐量的增加而增加<sup>[25]</sup>。吴凤芝<sup>[26]</sup>对哈尔滨郊区不同连作年限、不同栽培方式的大棚土壤的盐分含量、EC 值和  $NO_2^-$  含量进行了测定, 结果表明, 大棚土壤总盐量高于露地 2.1~13.4 倍, 硝酸盐的积累与总盐量的积累有相同的趋势。增施化肥比增施有机肥盐量积累快。因此保护地土壤次生盐渍化的特点是硝酸盐积累。由于保护地土壤硝酸盐含量升高, 温室、大棚土壤中硝化细菌和反硝化细菌数量比露地高, 并有一定的  $NO_2^-$  和  $N_2O$  积累。这往往与蔬菜的长势呈负相关的趋势。设施土壤全盐量与电导率、硝酸根与电导率有显著的相关性, 可以通过电导率推算全盐量和硝酸根的含量。盆栽试验表明<sup>[27]</sup>, 硝酸钙添加 0.5% 以上, 辣椒难以立苗, 这是因为土壤溶液盐浓度过高, 渗透压增大, 蔬菜生理失水, N 素正常代谢失调, 造成植株死亡。温室、大棚  $NO_2^-$  积累远远超过这一数量, 可能是造成蔬菜生长受抑制的重要原因之一。高秀兰<sup>[28]</sup>等施入  $NO_2^-$ -N 浓度在 0 ~ 5000 mg/kg 土处理中, 番茄产量最高安全浓度 750 mg/kg 土处理, 临界浓度 1250 mg/kg 土处理; 毒害浓度 1500 mg/kg; 致死浓度为 3000 mg/kg 土处理。随着  $NO_2^-$ -N 浓度的增加, 番茄株高、茎粗、座果数明显降低, 幅度为 25% ~ 50%。且品质下降。保护地中施尿素 375 kg/hm<sup>2</sup>, 番茄产量最高, 施 2250 kg/hm<sup>2</sup> 则减产 19%, 过量施入 N

肥不仅导致了植株体内  $NO_2^-$ -N 含量增高, 而且, 影响植株对 Ca、Mg 的吸收, 导致 Ca 生理病害加重。

刘志媛等<sup>[29]</sup>研究发现, 等渗的 NaCl 和  $Ca(NO_3)_2$  溶液对番茄幼苗的胁迫方式不同。较高浓度  $Ca(NO_3)_2$  主要通过渗透胁迫 (水份亏缺) 影响植株生长, 而 NaCl 主要通过离子胁迫破坏质膜结构、抑制  $K^+$  吸收, 从而抑制植株生长。Ca 浓度过高, 抑制了根系生长, 从而使  $K^+$  吸收减少。此外, 由于 Ca 与 Mg 间存在离子拮抗现象, Ca 浓度过高会影响 Mg 的吸收<sup>[30]</sup>。薛继澄等<sup>[27]</sup>认为 2.50 g/kg 硝酸盐处理造成辣椒生长受到影响可能是由于 Mn 浓度较高发生 Mn 中毒引起的。过高的盐分浓度则直接影响了辣椒的生长。

保护地的硝酸盐含量过高, 不仅危害了蔬菜作物的生长, 而且, 在蔬菜产品中大量积累。刘明池等人研究指出<sup>[31]</sup>, N 肥达到一定施肥量后, 黄瓜产量并不随施肥量的增加而增加, 而果实的硝酸盐含量随施肥的增加而增加。据有关报道<sup>[32]</sup>, 在 N 肥用量等同时, 不同的 N 肥形态, 可导致不同的  $NO_2^-$  累积量。这种差异影响的最大因素是  $NH_4^+$ -N 和  $NO_3^-$ -N 的比例, 当  $NH_4^+$ -N 和  $NO_3^-$ -N 的比例越小时, 蔬菜体内的  $NO_2^-$  含量就越高。在次生盐渍化发生的土壤中,  $NH_4^+$ -N 施入土壤后, 很快被细菌氧化成  $NO_3^-$ -N, 在一定范围内  $NO_3^-$ -N 含量和蔬菜产量随 N 施用量的增加而增加。在超过某一临界值, 产量则会下降, 而  $NO_3^-$  仍有上升趋势<sup>[33, 34]</sup>。

李海云等<sup>[35]</sup>认为化肥的不同阴离子对黄瓜生长的抑制作用是  $Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^-$ , 土壤中阴离子浓度越大, 抑制作用越明显。无论施用含有何种阴离子的化肥, 随着施肥量的增加, 土壤的 EC 值上升, 而 pH 值下降, 不同离子影响顺序同样也是  $Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^-$ 。表现出 3 种阴离子对土壤化学性状的影响程度不同。原因是作物对它们的吸收量不同, 它们与土壤胶体之间的吸附能力也不同。因此, 关于设施土壤的次生盐渍化问题, 我们不能仅仅只关注  $NO_3^-$  对蔬菜作物的危害, 还要关注土壤中的  $SO_4^{2-}$  及  $Cl^-$ , 因为它们对作物的危害程度要比  $NO_3^-$  严重得多<sup>[36]</sup>。

据报道<sup>[37]</sup>, 目前全国不少大中城市出现 80% 以上蔬菜硝酸盐含量超标。有报道指出<sup>[38]</sup>, 人体摄入硝酸盐的主要来源, 81.2% 来自蔬菜。亚硝酸盐降低血液运输氧的能力, 引起亚硝酸盐中毒, 造成人体缺氧<sup>[39]</sup>。人体摄入的硝酸盐在细菌的作用下可还原成亚硝酸盐, 吸收到血液中与血红蛋白反应, 使

血红蛋白的  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 形成高铁血红蛋白, 从而高铁血红蛋白, 出现青紫病; 另一方面, 亚硝酸盐可与人和动物摄取的其它食品、医药品、残留农药成分中的次级胺反应, 在胃腔中形成强力致癌物—亚硝胺, 从而诱发人和动物消化系统癌变<sup>[40]</sup>。世界卫生组织 (WHO) 和联合国粮农组织 (FAO) 制定了食品中硝酸盐的限量标准, 以 ADI 值为基础, 提出蔬菜可食部分中硝酸盐含量的卫生标准为 432 mg/kg (鲜样), 亚硝酸盐每日允许摄取量为 0.13 mg/kg (体重), 每人每日容许量为 7.8 mg。硝酸盐日允许量 0 ~ 5 mg/kg (体重)。由于蔬菜在加工熟化过程中, 约有 60% ~ 70% 的硝酸盐挥发掉, 因此有人提出, 人体可能中毒的蔬菜中硝酸盐浓度为 3100 mg/kg<sup>[41]</sup>。蔬菜产品硝酸盐积累是目前蔬菜产品污染的主要因素, 应引起生产者的重视。

### 3 研究方向分析

有关蔬菜设施土壤、地下水、蔬菜硝酸盐积累的原因、发生规律、对蔬菜的生长发育的影响以及控制措施正在得到广泛深入的研究<sup>[42]</sup>。尽管前人对保护地次生盐渍化的形成和防治措施提出诸多可行的研究结果, 但对于次生盐渍化的发展规律、消长状况、土壤和蔬菜硝酸盐积累的特点、动态变化、发生和消亡的过程以及治理措施; 设施环境条件下, 土壤盐渍化对蔬菜生长关系的影响; 化肥和农家肥的施用对蔬菜设施土壤含盐量的贡献率和消减率, 与蔬菜生长的关系; 保护地土壤养分的演变规律, 盐-肥交互关系, 盐分条件下蔬菜的养分吸收特性, 在植株体内的分配规律, 肥料利用率, 在生产过程中的积累和消耗问题; 水-盐交互关系, 盐分条件下蔬菜对水分需求特性, 水分吸收特性等等都可能是研究的主要方向。

### 参考文献

- 1 李廷轩, 张锡洲, 王昌全, 何艳, 保护地土壤次生盐渍化研究进展. 西南农业学报, 2001, (增刊): 103 ~ 105
- 2 [日]内海修一. 保护地园艺—环境与作物生理. 北京: 农业出版社, 1984
- 3 高丽红. 保护地土壤次生盐渍化对主要蔬菜生长发育的影响. 南京农业大学学报, 1998, 12 (3): 69 ~ 71
- 4 陈晓红, 邹志荣. 温室蔬菜连作障碍研究现状及防治措施. 陕西农业科学, 2002, (12): 16 ~ 17, 20
- 5 鲁如坤, 土壤—植物营养学原理和施肥. 北京; 化学工业出版社, 1998
- 6 宁夏农业勘查设计院编著. 宁夏土壤. 银川: 宁夏人民出版社, 1990
- 7 郭文忠, 李丁仁. 宁夏保护地土壤次生盐渍化发生原因及治理. 长江蔬菜, 2003, (4): 39 ~ 40
- 8 葛晓光主编. 菜田土壤与施肥. 北京: 中国农业出版社, 2002, 101 ~ 105
- 9 王学军. 保护地土壤次生盐渍化分析. 北方园艺, 1998, (3, 4): 12 ~ 13
- 10 江苏农学院主编. 植物生理学. 北京: 农业出版社, 1984, 312 ~ 317
- 11 卢丽萍, 高贤彪, 李彦等. 盐渍土番茄苗期养分吸收特性的研究. 植物营养与肥料学报, 2000, 6 (增刊): 83 ~ 86
- 12 牟咏花, 张德威. NaCl 胁迫下番茄苗的生长和营养元素积累(简报). 植物生理学通讯, 1998, 34 (1): 14 ~ 16
- 13 张恩平, 张淑红, 司龙亭, 庞金安, 马德华. NaCl 胁迫对黄瓜幼苗子叶膜脂过氧化的影响. 沈阳农业大学学报, 2001, 32 (6): 446 ~ 448
- 14 薛应龙主编. 植物生理学试验手册, 上海: 上海科学技术出版社, 1985, 67 ~ 70
- 15 林世青, 许春辉, 张其德等. 叶绿素荧光动力学在植物抗性生理学、生态学和现代农业中的应用. 植物学通报, 1992, 9 (1): 1 ~ 16
- 16 Munns R, Termaat A. Whole-plant response to salinity. Aust. plant physiol., 1986, 43 ~ 160
- 17 Long SP and Baker NK. Saline terrestrial environment. In: Baker NR and Long SP. eds. Photosynthesis in contrasting environment. Elsevier Science Publishers B.V (Biomedical Division), 1986, 63 ~ 102
- 18 孙国荣, 阎秀峰. 盐胁迫对星星草幼苗光合特性的影响. 植物研究, 1996, 16 (3): 346 ~ 350
- 19 Rnoff N, Stewart GR. Nitrate assimilation and translocation by higher plants: comparative physiology and ecological consequences. Physiol. Plant, 1985, 64: 133 ~ 140
- 20 李俊良, 催德杰, 孟祥霞, 李晓林, 张福锁. 山东寿光设施蔬菜施肥现状及问题的研究. 土壤通报, 2002, 33 (2): 126 ~ 128
- 21 李先珍, 王耀林, 张志斌等. 设施蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究初报. 中国蔬菜, 1993, (4): 15 ~ 17
- 22 李文庆, 张民, 李海峰, 咎林生. 大棚土壤硝酸盐状况研究. 土壤学报, 2002, 39 (2): 283 ~ 287
- 23 李文庆. 大棚生态系统物流能流分析及效益评价. 生态

- 农业研究, 1996, (3): 53 ~ 55
- 24 谢建昌等. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 73 ~ 75
- 25 薛继澄, 毕德义, 李家金, 殷永娴, 吴志行. 保护地栽培蔬菜生理障碍的土壤因子与对策. 土壤肥料, 1994, (1): 4 ~ 9
- 26 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 栾非时, 王伟, 刘元英. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响. 中国蔬菜, 1998, (4): 5 ~ 6
- 27 薛继澄, 李家金, 毕德义, 马爱军, 程平娥. 保护地栽培土壤硝酸盐积累对辣椒生长和锰含量的影响. 南京农业大学学报, 1995, 18 (1): 53 ~ 57
- 28 高秀兰, 肖千明, 娄春荣, 孙文铸, 郝建军, 肖训刚, 张晓君. 日光温室栽培番茄引起生理障碍的  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度的研究. 辽宁农业科学, 1997, (1): 8 ~ 12
- 29 刘志媛, 朱祝军, 钱亚榕, 喻景权. 等渗  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{NaCl}$  对番茄幼苗生长的影响. 园艺学报, 2001, 28 (1): 31 ~ 35
- 30 范双喜, 伊东正. 钙素对叶用莴苣营养吸收和生长发育的影响. 园艺学报, 2002, 29 (2): 149 ~ 152
- 31 刘明池, 陈殿奎. 氮肥用量与黄瓜产量和硝酸盐积累的关系. 中国蔬菜, 1996, (3): 26 ~ 28
- 32 庄舜尧, 孙秀廷. 氮肥对蔬菜硝酸盐积累的影响. 土壤学进展, 1995, 23 (3): 29 ~ 35
- 33 王艳, 王竟华, 许福明. 锌肥对日光温室西芹硝酸盐及营养品质研究. 生态学报, 2001, 24 (4): 681 ~ 683
- 34 任祖淦, 邱孝煊, 蔡元呈, 李贞合, 王琳. 氮肥施用与蔬菜硝酸盐积累的相关研究. 生态学报, 1998, 18 (5): 23 ~ 528
- 35 李海云, 王秀峰, 魏珉, 邢禹贤, 崔秀敏. 不同阴离子化肥对黄瓜生长及土壤 EC、pH 的影响. 山东农业科学, 2002, (2): 16 ~ 18
- 36 李成保, 季国亮. 用电导频散法研究  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  阴离子与土壤的相互作用. 土壤学报, 1999, 36 (1): 54 ~ 59
- 37 郑光华. 蔬菜无土栽培与绿色食品生产. 中国蔬菜, 1996, 40: 1 ~ 3
- 38 Jackson TL, Wastermanu DT and Moore DP. The effect of chloride and lime on the manganese uptake by bush bean and sweet corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1966, 30: 70 ~ 73
- 39 郭志凯. 氮素肥料问题. 农业环境保护, 1987, 6 (4): 25 ~ 27
- 40 王宪泽, 程炳高, 张国珍. 蔬菜中硝酸盐及其影响因子. 植物学通报. 1991, 8 (3): 34 ~ 37
- 41 蒋德富, 易江, 申玉熙等. 乌鲁木齐市郊蔬菜硝酸盐氮及亚硝酸盐氮污染状况调查及评介. 农业环境保护, 1998, 8 (3): 34 ~ 38
- 42 杨丽娟, 张玉龙. 保护地菜田土壤硝酸盐积累及其调控措施的研究进展. 土壤通报, 2001, 32 (2): 66 ~ 70

## MECHANISM OF SOIL SALINIZATION IN PROTECTED CULTIVATION

GUO Wen-zhong<sup>1</sup> LIU Sheng-feng<sup>1</sup> LI Ding-ren<sup>1</sup> ZHAO Shun-shan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Vegetable Institution of Ningxia Academy of Agro-forestry Science Yinchuan 750002;

<sup>2</sup> Forestry Bureau of Ningxia Zhongwei County, Zhongwei 751700)

**Abstract** A review is presented in this paper of progresses in the study on occurrence of soil salinization in protected cultivation, effects of soil salinization on growth and physiological and biochemical responses of the vegetable crops, and especially relationship between soil salinization and nitrate content in the vegetable. On such a basis the author discusses and analyzes orientation of the research on soil salinization in protected cultivation.

**Key words** Protected cultivation, Soil salinization, Research progress, Orientation of the research