

# 设施蔬菜连作障碍及调控措施研究进展

陈天祥, 孙 权, 顾 欣, 王 锐

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**设施蔬菜生产中的连作障碍普遍存在, 主要因素包括土壤的营养平衡被打破、次生盐渍化、生物学特性改变、化感物质的毒害作用等。调控措施包括轮作和间作套种、生物防治、增施有机肥料、选育抗性品种、嫁接栽培、添加吸附剂、合理灌水和施用化肥、土壤消毒处理等。现概述了设施蔬菜连作障碍成因和缓解措施研究成果, 以期对调控设施蔬菜连作障碍提供借鉴, 并对未来亟需研究解决的问题进行展望。

**关键词:**设施蔬菜; 连作障碍; 调控措施

**中图分类号:**S 626 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)10-0193-05

设施蔬菜生产需要局部的、相对可控制的环境条件, 由于对水分、养分、光照、温度等环境因素的特殊需求, 使其具有高度集约化、复种指数高和种类单一等特点, 连续种植易造成土壤环境恶化、蔬菜病虫害严重等障碍问题。障碍因素包括: ①土壤物理性状改变, 土壤酸化和次生盐渍化程度加剧, 营养平衡被打破; ②土壤微生物群落结构发生严重变化, 土壤酶活性紊乱, 土传病害加剧; ③化感物质对植株的毒害效应。设施蔬菜连

作障碍问题被重视已久, 有关发生机理和调控措施的研究已有相当进展, 而距根本解决设施蔬菜连作障碍仍有一定距离。

## 1 设施蔬菜连作障碍的成因

### 1.1 设施土壤物理性状的变化

土壤物理性状的变化主要表现在土壤结构上。在设施内通常随着连作年限的增加, 微团粒存在向大团粒转化的趋势, 0.5~1.0 mm 和 0.25~0.50 mm 粒径的水稳性团聚体数量增加<sup>[1-2]</sup>。但由于设施内温度高、湿度大, 土壤粘化作用明显, 细颗粒组分较高, 加之设施栽培的精细管理下, 频繁的踏踩镇压造成土壤板结, 容重增大; 土壤有效孔隙减少, 通气透水性也随之变差<sup>[3]</sup>。由此可见, 设施土壤物理性质恶变主要是人为管理所引起

**第一作者简介:**陈天祥(1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向为干旱区土壤资源管理。E-mail:1282896413@qq.com.

**责任作者:**孙权(1965-), 男, 博士, 教授, 现主要从事干旱区土壤资源高效利用等研究工作。E-mail:sqnxu@sina.com.

**基金项目:**2015年宁夏农业科技支撑资助项目(nxnz-08)。

**收稿日期:**2016-02-14

## Research Progress of HKT Transport Protein Gene

LI Ping<sup>1</sup>, FENG Zizhou<sup>2</sup>, CHEN Yongsheng<sup>1</sup>, WANG Yun<sup>2</sup>, ZHANG Jixing<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028042; 2. Agricultural College, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, Inner Mongolia 028042)

**Abstract:** The HKT transport protein is a kind of ion transporter, which exists on plasmalemma. It is ubiquitous and responsible for Na<sup>+</sup> transport and K<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> symport. It belongs to transmembrane protein. HKT is subject to its family gene expression regulation. The over-expressing HKT family gene could improve plants' Na<sup>+</sup> transport and K<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> symport, letting Na<sup>+</sup> recycle and reducing its concentration. At the same time it plays an important role in maintaining K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio and keeping the normal physiological function, thus improving salt tolerance. The article summarized the discovery and clone of HKT family gene, moreover, it introduced the interaction between HKT family gene and SOS, NHX. After knowing its function and mechanism of action, laid the foundation for genetic engineering of plants tolerance and getting haloduric transgenic plant.

**Keywords:** HKT transport protein; HKT gene; salt tolerance

的,频繁踩踏和漫灌后的干湿交替都会致使土壤耕层发生不同程度的板结,土壤团粒结构及毛管系统遭到破坏,耕层土壤环境严重恶化,造成了某些土壤障碍问题。而连续栽培在一定程度上提高了土壤水稳性团聚体含量,土壤物理性能有所改善。

## 1.2 设施土壤化学性质的变差

1.2.1 土壤次生盐渍化与酸化 植物生长过程中对土壤盐基离子具有选择性吸收。常年连作使某些盐基离子在耕层(0~25 cm)大量累积,导致设施内土壤总盐 and 同层土壤电导率分别高出露地 1.6~3.3 倍和 215~517 倍,且盐分通常具有表聚性<sup>[4-6]</sup>,密闭的环境条件使得气温常年高于外界,导致水分沿毛细管向土表转移,加剧了土壤矿化,表土层盐浓度升高。过量使用化肥和灌溉水中盐基离子含量高也是盐分积累的重要原因。氮素( $\text{NO}_3^-$ -N 和  $\text{NH}_4^+$ -N)的累积易导致土壤酸化,设施土壤一般使用 5 年就会导致显著酸化<sup>[5,7-9]</sup>。连作导致电导率增加继而降低 pH。过量施用生理酸性肥料,尤其是铵态氮肥也是促进土壤酸化的一个重要原因<sup>[10]</sup>。

1.2.2 营养平衡被打破 良好的土壤营养结构是设施蔬菜高产优质的保证,不同蔬菜吸收土壤中营养元素的种类、数量及比例各不相同,长期种植同种或同科蔬菜,其吸收养分的能力总是停留某一水平上,必然会导致土壤中某些元素缺乏、其不需要或需要较少的元素积累过多,导致土壤养分分布不均衡。设施蔬菜对品质要求严格,广大菜农对钾肥投入的不足及对微量元素的忽视导致中微量元素的相对缺乏,造成养分不均衡,降低作物抗逆性,引发设施蔬菜生理病害,加剧病虫害发生,继而影响产量和品质<sup>[11]</sup>。研究发现设施耕层土壤有机质、碱解 N、速效 P、有效 Cu、有效 Fe、有效 Mn 含量均高于大田土壤,而有效 Ca、Mg、Si、B 表现亏缺<sup>[11]</sup>。

## 1.3 设施土壤微生物区系和酶活性紊乱

设施蔬菜长期连作使土壤微生物活性、群落结构稳定性、多样性指数、丰富度及其均匀度指数降低,土壤微生物总量、细菌(包括氨化细菌、硝化细菌等)、放线菌数呈倒“马鞍”形变化,真菌数量呈增长趋势,土壤 B/F 值降低<sup>[12-14]</sup>。番茄连作 20 年明显改变了设施土壤土著细菌的群落结构,导致新出现的土壤真菌优势种群增加显著<sup>[15]</sup>。连作后根际土壤过氧化氢酶、过氧化物酶、脲酶、蛋白酶的活性降低<sup>[8,13]</sup>。原有利于培肥土壤的微生物种群大量减少,而不利于改良土壤微生态的微生物群落却大量繁衍,土壤微生态平衡被打破。

## 1.4 化感物质的毒害效应

化感物质通过植株地上部分挥发和淋溶、植株残茬分解、根系分泌等过程进入土壤,直接或间接对自身或其它植物生长发育造成影响。根系分泌物的化感效应

与根系分泌化感物质的强度、化感物质的浓度和本身的特性以及土壤对化感物质的吸附和降解能力有关<sup>[16]</sup>。茄子连作使土壤中酚酸严重累积,其中香草醛和肉桂酸对辣椒种子萌发表现出低促高抑的化感效应<sup>[17-18]</sup>。肉桂酸对番茄种子发芽和幼苗生长的抑制作用随浓度增加而增强<sup>[19]</sup>。在 50~250  $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  范围内,苯丙烯酸、对羟基苯甲酸强烈地抑制黄瓜根系脱氢酶、根系 ATP 酶、硝酸还原酶、超氧化物歧化酶的活性,抑制作用随着浓度的增大而增强<sup>[20]</sup>。枯萎病发病越重的黄瓜残茬腐解物对黄瓜枯萎病菌孢子的促萌发作用越强,高浓度病株残茬腐解物较健株残茬腐解物显著促进病菌产孢量增加<sup>[21]</sup>。连作使设施耕层土壤根系分泌物严重累积,不同的化感物质对不同蔬菜的作用存在差异。过高的化感物质浓度影响土壤酶活性和植物细胞膜透性,抑制了根系活力,改变了根系吸水吸肥特性,进而影响作物代谢。

## 2 设施蔬菜连作障碍调控措施

### 2.1 轮作和间作套种

轮作和间作套种能显著增加基质中微生物总量和细菌数量,降低真菌数量,土壤微生态得到极大改善,对减轻连作障碍效果显著<sup>[22-23]</sup>。大蒜与瓜类轮作可显著减轻连作造成的瓜类枯萎病害<sup>[24]</sup>;黄瓜和番茄交替种植能显著提高黄瓜根际细菌和放线菌的数量<sup>[25]</sup>。番茄轮作能降低黄瓜连作土壤容重和电导率,提高土壤 pH,增加碱解 N、有效 P 和有效 K 的含量<sup>[26]</sup>。由此可见,合理的轮作和间作套种对改善土壤微生物群落结构作用明显,可减少病原真菌数量,优化土壤微生物区系结构和土壤理化性状,提高土壤中有效养分含量,使土壤环境向有利于作物生长的方向发展。

### 2.2 生物防治

通过向土壤中引入有益微生物,使之与病原微生物竞争生存空间和营养源,或拮抗有害微生物的生长,或分泌某些物质而形成根际生物屏障,减轻病原微生物产生的危害,控制病害的发生<sup>[27-33]</sup>。寡雄腐霉(*Pythium oligandrum*)发酵液对番茄灰霉病的防治效果良好<sup>[30]</sup>。施用 EM(effective microorganisms)菌剂可有效抑制黄瓜和茄子连作病害,减轻黄瓜枯萎病,提高土壤微生物活性和生物总量<sup>[34]</sup>。Ha8 ( $\geq 10^6$  cfu  $\cdot$  g<sup>-1</sup> 干有机肥)处理后可有效缓解肉桂酸对黄瓜生长的抑制作用<sup>[35]</sup>。向辣椒育苗基质中添加微生物菌剂,可改善根际环境,促进根系对水分和养分的吸收,提高光合电子传递效率和植株净光合速率<sup>[33]</sup>。施用富含线虫拮抗菌的生物有机肥对土壤线虫群落结构影响显著<sup>[36]</sup>。土壤生物学特性是多因素共同作用的结果,而土壤微生态的平衡是植物根系、土壤生物和土壤之间良性互动的关键,是保证植株健康生长的重要条件。

### 2.3 增施有机肥料

有机肥料富含生理活性物质,施用后能提高黄瓜根际土壤和根系酶活性,提高有机质和土壤速效养分含量,促进根系生长和对养分的吸收,还可以提高连作黄瓜土壤微生物活性,减轻自毒作用<sup>[37]</sup>。增施有机物料可有效提高土壤微生物生物量碳、氮和土壤酶活性,同时可减少设施甜瓜土壤中根结线虫二龄幼虫的密度和根中卵块的数量,直接或间接提高防治根结线虫的效果<sup>[36,38-39]</sup>。辣椒结果期施用有机肥可显著降低果实中硝酸盐的含量<sup>[40]</sup>。施用专用微生物肥后,连作番茄土壤的有机质、全 N、速效 P、速效 K 均有提升<sup>[41]</sup>。增施有机肥不仅可改善根系生长状况,提高土壤速效养分含量,增加根际土壤微生物含量,改善土壤微生物区系,减轻根结线虫危害,提高作物抗性。

### 2.4 选用抗性品种

利用生物技术进行抗性育种,深入揭示寄生线虫与作物间互作的分子机制,被认为是最有前景的抗线虫策略<sup>[42]</sup>。针对设施蔬菜的凋萎病、黄萎病、黑腐病、根结线虫等问题,可以通过选育有针对性和抗性的蔬菜品种,用于消除其危害。盐渍化较严重的设施土壤,可选种菠菜、芹菜、韭菜、茄子、番茄和茼蒿等强耐盐能力的蔬菜<sup>[11]</sup>,而对南方根结线虫发病率较高的设施番茄可引种筛选高抗线虫的品种<sup>[43]</sup>。不同作物、同一作物的不同品种对连作障碍的抗性和耐性差异较大,黄瓜、番茄和辣椒等蔬菜的抗连作品种已经在生产实践中发挥作用,所以选育抗性品种也是解决设施蔬菜连作障碍的重要途径。

### 2.5 嫁接栽培

嫁接栽培对防治茄果类和瓜类黄萎病、枯萎病、青枯病、根腐病、根结线虫等土传病害效果良好,26℃条件下“线虫绝”系列番茄砧木对根结线虫和根腐病有较好抗性,其抗青枯病砧木嫁接苗比自根苗增产明显<sup>[44-47]</sup>。嫁接可促进连作黄瓜根系对土壤养分的吸收,降低黄瓜根际土壤电导率,减轻次生盐渍化危害,显著提高茄子和黄瓜根际土壤微生物数量及活性同时提高保护酶活性,改变内源激素相对含量,改善植株根系对养分和水分的吸收特性,从而增强蔬菜的抗性<sup>[46-49]</sup>。嫁接栽培技术的关键在于砧木的选择。通过生理生化指标与田间自然鉴定相结合,加速高抗砧木的筛选是蔬菜砧木品种开发研究的必然趋势。

### 2.6 添加土壤吸附剂

吸附剂有巨大的比表面积,可吸附土壤中某些化感物质和体量较小的微生物,适当缓解连作障碍。常用的吸附剂有碳化玉米芯、凹凸棒、活性炭等。添加了碳化玉米芯的土壤,细菌数量增加,真菌数量减少,促进了过氧化氢酶的活性,抑制了土壤脲酶的活性,降低了保护

酶活性变化的幅度和番茄幼苗体内丙二醛的含量,提高了幼苗的生物量、光合作用指标及叶绿素 b 含量<sup>[50-52]</sup>。向设施土壤中施加生物炭、凹凸棒、活性炭等可提高酸性土壤 pH,改善土壤水热条件,提升土壤肥力和作物产量,高量的活性炭对降低土壤容重,提高孔隙度作用明显,少量活性炭在不改变土壤水分入渗规律的同时能在一定程度上提高土壤入渗能力<sup>[53-54]</sup>。

### 2.7 合理灌水和施用化肥

合理的水肥措施是缓解连作障碍的重要手段。设施土壤无法获得充分的雨水淋溶,及时灌水能够将盐分从土表引入土壤深层,减轻耕层盐渍化程度。但灌水并非解决次生盐渍化的根本手段。过量施用化肥是设施土壤连作障碍的重要诱因,应打破传统施肥观念,控制化肥用量,精准施肥,平衡施肥,配方施肥,并采用水肥一体化高效栽培技术,该技术不仅能显著提高番茄土壤中 B/F 值,减轻土壤酸化程度同时还能降低土壤含盐量和土壤剖面中硝态氮含量<sup>[55]</sup>。水肥一体化技术能够极大提高有限水、肥资源的利用率,对连作障碍缓解效果明显。

### 2.8 设施土壤消毒处理

土壤消毒可减轻设施土壤连作障碍,夏季高温天气通过高温消毒,在灌水后高温闷棚,温度可达 50℃ 以上杀虫灭菌,也可采用日光消毒的方式于夏季休茬期撤掉棚膜,深翻土壤,利用紫外线消毒;在冬季撤膜后采用低温消毒,深翻土壤,利用冬季的低温冻死病虫及虫卵;在密闭条件下也可采用利用硫磺粉熏蒸杀菌;通过清除初染病株和携带病菌的残茬,防止病害蔓延和植株残体分解产生的化感物质进入土壤,并配合增施氰胺类肥料也能有效防治地下害虫和土传病害;土壤病虫害过度严重,且在经济条件允许条件下可以采用健康土壤替换耕层土壤,改善土壤理化性状,减轻耕层土壤病虫害。

## 3 设施土壤连作障碍研究展望

国内外在有关设施蔬菜连作障碍方面的研究取得了长足进展,获得了良好的经济效益、社会效益和生态效益。然而,连作障碍是多种因素综合作用的结果,有关机理及调控措施仍存在不少问题,需要进一步探索和研究。

### 3.1 设施土壤连作障碍的机理

我国自然条件多样,各地耕作习惯不尽相同,连作障碍发生情况较为复杂。目前,连作障碍的发生机理仍是研究的首要问题,包括设施土壤养分变化与植株生理病害的关系、水肥管理与土壤酸化和次生盐渍化之间的关系、微生物群落的演变规律、病虫害的发生规律等。发生机理的明确可为连作障碍的调控提供坚实的理论基础。近年来,国内外学者对根际分泌物开展了广泛研究,目前研究重点是模拟根际分泌物的分解途径及其与



一些微生物之间的深层作用机理,这对明确连作障碍发生机理和调控自毒作用有重要意义。

### 3.2 设施土壤化肥的平衡施用

近些年来,测土配方施肥技术的推广取得了良好收益,精准施肥、平衡施肥的理念得到大力推广,新型肥料、绿色生产资料的研发有了很大进展,肥料利用效率明显提高。但设施蔬菜施肥仍存在很大盲区,广大菜农对科学施肥的概念比较模糊。如何根据设施土壤的肥力特征和蔬菜的需肥规律,确定合理施肥量和高效施肥方法,仍是今后需要研究的重点。我国地貌特征多样,土壤环境条件差异明显,使得不同设施发生次生盐渍化和酸化的原因有所不同,探索产生次生盐渍化和酸化的原因,提出切实可行的调控对策,也是设施蔬菜生产中急需解决的问题。

### 3.3 设施土壤质量的评估

根据地貌差异和环境特征,建立有自身特色的设施土壤质量协作研究网络,通过比较不同地区设施土壤连作障碍的主导因素,研究制定一套科学合理的设施土壤质量评价体系和研究方法,深入探索设施土壤质量退化成因,并分析演变机理和规律,开发新的调控措施和方法;加大科技成果产品化力度;广泛设立设施土壤质量演变长期监测点,拓展并创新信息技术和生物技术等新技术在设施农业土壤研究和管理中的运用。

### 3.4 设施土壤不同调控措施的侧重点评估问题

不同连作年限、不同蔬菜品种或种类的设施土壤理化性状和生物学特性有所不同。近年来,有关某种单一调控措施的研究已有很多,但该种调控措施主要改良了土壤理化性状,还是主要优化了土壤生物学特性并没有充分分析。如:凹凸棒是一种矿物材料,除了良好的吸附作用外,向设施土壤中添加该种材料是否通过影响土壤养分状况改良了土壤,有待进一步研究。因此,今后应对不同调控措施影响设施土壤的主要侧重点进行分析和评估,对类似改良效果的调控措施进行归类,从而形成统一规范的对策体系。

### 3.5 设施土壤连作障碍调控措施的综合应用

连作障碍是土壤物理、化学、生物学特性联合作用的结果,其发生机理具有复杂多样性。就目前设施土壤的调控手段而言,广大设施菜农多倚重单一的调控措施,其局限性已现端倪。针对我国不同地区的设施土壤,应通过连作障碍机理研究、土壤质量评估等综合手段分析探明连作障碍主导因素和次要因素,根据设施蔬菜生育期的土壤环境状况,科学选择适宜的调控措施,综合运用改良和调控技术,从而提高效率。

### 参考文献

[1] 吴凤芝,刘德. 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):5-8.

[2] 范小峰,俞诗源,范亚娜,等. 黄土高原大棚黄瓜不同年限连作对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国土壤与肥料,2006,6(1):20-22.

[3] 王绪奎,陈光亚. 设施农业中的土壤问题及对策[J]. 江苏农业科学,2001(6):39-42.

[4] 范亚娜,赵国栋. 陇东地区设施蔬菜连作土壤性质变化趋势[J]. 水土保持通报,2008,27(6):116-119.

[5] 邹长明,张多妹,张晓红,等. 蚌埠地区设施土壤酸化与盐渍化状况测定与评价[J]. 安徽农学通报,2006,12(9):54-55.

[6] 童有为,陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J]. 园艺学报,1991,18(2):159-162.

[7] 刘来,孙锦,郭世荣,等. 大棚辣椒连作土壤养分和离子变化与酸化的关系[J]. 中国农学通报,2013(16):100-105.

[8] 曾路生,崔德杰,李俊良,等. 寿光大棚菜地土壤呼吸强度、酶活性、pH与EC的变化研究[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(4):865-870.

[9] 万欣,董元华,王辉,等. 不同种植年限番茄大棚土壤理化性质的演变[J]. 土壤,2013,45(3):477-482.

[10] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968):1008-1010.

[11] 何文寿. 设施农业中存在的土壤障碍及其对策研究进展[J]. 土壤, 2005(3):12-19.

[12] 宋蒙亚,李忠佩,吴萌,等. 不同种植年限设施菜地土壤微生物量和群落结构的差异[J]. 中国农业科学,2015,48(18):3635-3644.

[13] 吴凤芝,王学征. 设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系[J]. 中国农业科学,2007,40(10):2274-2280.

[14] 周宝利,徐妍,尹玉玲,等. 不同连作年限土壤对茄子土壤生物学活性的影响及其嫁接调节[J]. 生态学杂志,2010,29(2):290-294.

[15] 马宁宁,李天来. 设施番茄长期连作土壤微生物群落结构及多样性分析[J]. 园艺学报,2013,40(2):255-264.

[16] 王延平,王华田. 植物根分泌的化感物质及其在土壤中的环境行为[J]. 土壤通报,2010,2(2):501-507.

[17] 陈绍莉,周宝利,尹玉玲,等. 茄子自毒物质胁迫下嫁接对其生长及土壤生化特性的影响[J]. 园艺学报,2010,37(6):906-914.

[18] 李夏,周宝利,陈绍莉,等. 茄子自毒物质对辣椒种子萌发及枯萎菌的化感效应[J]. 生态学报,2009,29(2):960-965.

[19] 王茹华,曲光峰,张启发,等. 肉桂酸对番茄的化感效应研究[J]. 中国蔬菜,2014(3):29-32.

[20] 吕卫光,张春兰,袁飞. 化感物质抑制黄瓜生长的作用机理[J]. 中国农业科学,2002,35(1):106-109.

[21] 庄敬华,杨长成,高增贵,等. 黄瓜枯萎病病原株残茬对黄瓜的化感效应[J]. 植物保护学报,2008,35(4):317-321.

[22] 李威,程智慧,孟焕文,等. 轮作不同蔬菜对大棚番茄连作基质中微生物与酶及后茬番茄的影响[J]. 园艺学报,2012,39(1):73-80.

[23] 周新刚. 不同间作模式对设施黄瓜生长及土壤环境的影响[J]. 中国蔬菜,2009,16(16):8-13.

[24] PATTERSON D T. Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological responses of soybean (*Glycine max*) [J]. Weed Science, 1981; 53-59.

[25] 李刚,文景芝,吴凤芝,等. 连作条件下设施黄瓜根际微生物种群结构及数量消长[J]. 东北农业大学学报,2006,37(4):444-448.

[26] 王涛,乔卫花,李玉奇,等. 轮作和微生物菌肥对黄瓜连作土壤理化性状及生物活性的影响[J]. 土壤通报,2011,42(3):578-583.

[27] KUIJIKEN R C P, SNEL J F H, HEDDES M M, et al. The importance of a sterile rhizosphere when phenotyping for root exudation[J]. Plant and Soil, 2015, 387(1-2):131-142.

- [28] 张晓玲,潘振刚,周晓峰,等. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报, 2007,38(4):781-783.
- [29] MAGNUSSON J,STRÖM K,ROOS S,et al. Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria[J]. FEMS Microbiology Letters,2003,219(1):129-135.
- [30] 赵健,黄建国,袁玲,等. 寡雄腐霉发酵液对番茄生长的影响及对灰霉病的作用[J]. 生态学报,2014,34(23):7093-7100.
- [31] HAGE-AHMED K,MOYSES A,VOGLGRUBER A,et al. Alterations in root exudation of intercropped tomato mediated by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and the soilborne pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*[J]. Journal of Phytopathology,2013,161(11-12):763-773.
- [32] 常志州,马艳,黄红英,等. 辅助拮抗菌的有机肥对辣椒疫病病生防效果的研究[J]. 中国土壤与肥料,2005(2):28-30.
- [33] 王其传,孙锦,束胜,等. 微生物菌剂对日光温室辣椒生长和光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报,2012,35(6):7-12.
- [34] 孙红霞,武琴,郑国祥,等. EM对茄子、黄瓜抗连作障碍和增强土壤生物活性的效果[J]. 土壤,2001(5):264-267.
- [35] 喻国辉,谢银华,陈燕红,等. 利用微生物缓解苯丙烯酸对黄瓜生长的抑制[J]. 微生物学报,2006,46(6):934-938.
- [36] 陈芳,肖同建,朱震,等. 生物有机肥对甜瓜根结线虫病的田间防治效果研究[J]. 植物营养与肥料学报,2011(5):1262-1267.
- [37] 张雪艳,田蕾,高艳明,等. 生物有机肥对黄瓜幼苗生长、基质环境以及幼苗根系特征的影响[J]. 农业工程学报,2013,29(1):117-125.
- [38] OKA Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments; A review[J]. Applied Soil Ecology,2010,44(2):101-115.
- [39] 曹丹,宗良纲,肖峻,等. 生物肥对有机黄瓜生长及土壤生物学特性的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(10):2587-2592.
- [40] 要晓玮,梁银丽,曾睿,等. 不同有机肥对辣椒品质和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(10):157-162.
- [41] 耿士均,刘刊,商海燕,等. 专用微生物肥对不同连作障碍强度土壤上番茄生长的影响[J]. 湖北农业科学,2013,51(22):5008-5011,5033.
- [42] 牛俊海,卜祥霞,薛慧,等. 植物根结线虫基因组学研究进展[J]. 植物病理学报,2010,40(3):225-234.
- [43] 陈振德,王佩圣,周英,等. 筛选抗南方根结线虫的番茄品种[J]. 中国蔬菜,2010(18):56-59.
- [44] 陈元生. 设施园艺土壤消毒技术措施探讨[J]. 现代园艺,2010(1):21-22.
- [45] 梁新安,梁芳芳,张慎璞,等. 线虫绝系列番茄砧木的抗病性及嫁接效果研究[J]. 河南农业科学,2014,43(6):85-88.
- [46] 吕卫光,张春兰,袁飞,等. 嫁接减轻设施黄瓜连作障碍机制初探[J]. 华北农学报,2000(15):153-156.
- [47] 梁朋,陈振德,罗庆熙. 南方根结线虫对不同砧木嫁接番茄苗活性氧清除系统的影响[J]. 生态学报,2012,32(7):2294-2302.
- [48] 唐中彦. 嫁接对薄皮甜瓜光合特性、伤流液激素和产量的影响[J]. 湖北农业科学,2007,46(6):944-947.
- [49] 齐红岩,刘轶飞,李丹,等. 嫁接对薄皮甜瓜养分吸收、伤流液中激素含量和产量的影响[J]. 植物生理学报,2006(2):199-202.
- [50] 衣宁宁,张恩平,李亮亮,等. 碳化玉米芯对加入酚酸土壤微生物及酶活性影响[J]. 土壤通报,2010(5):1053-1056.
- [51] 李亮亮,李天来,张恩平,等. 碳化玉米芯缓解邻苯二甲酸对番茄幼苗生长和酶活性的抑制作用[J]. 中国蔬菜,2011(16):50-55.
- [52] 李亮亮,李天来,臧健,等. 生物碳对加入外源肉桂酸土壤酶活性、微生物结构及土壤养分的影响[J]. 华北农学报,2013,3(3):210-216.
- [53] LEHRMANN J,SILVA J P D,STEINER C,et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. Plant and Soil, 2003,249(2):343-357.
- [54] 王桂苓,马友华,江云,等. 凹凸棒土在土壤改良和新型肥料开发上的应用[J]. 磷肥与复肥,2008(23):77-78.
- [55] 宋卓琴,焦晓燕. 不同水肥管理对土壤生态及番茄生长的影响[J]. 山西农业科学,2012,40(1):48-52.

## Research Progress of Continuous Cropping Obstacles of Amenities Vegetable and Its Control Measures

CHEN Tianxiang,SUN Quan,GU Xin,WANG Rui

(College of Agriculture,Ningxia University,Yinchuan,Ningxia 750021)

**Abstract:** Continuous cropping obstacles has existed widely for amenities vegetable production. The main factors include soil nutrient balance broken, secondary salinization, variety of biological characteristics and allelopathic autotoxicity, etc. The control measures include crop rotation and intercropping, biocontrol, adding organic fertilizer, breeding resistant varieties, adding adsorbents, grafting cultivation and reasonable irrigation and fertilization, disinfection measures and new technology development and application, etc. This article reviewed the recent causes of continuous cropping obstacles at home and abroad for research and mitigation measures, provided a reference in order to alleviate continuous cropping obstacles and analyzed to solve urgent problems in the future.

**Keywords:** amenities vegetable; continuous cropping obstacles; control measures