

园艺作物连作障碍的研究进展

耿士均, 刘 刊, 商海燕, 权俊娇, 陆小平, 王 波

(苏州大学 园艺系, 江苏 苏州 215123)

摘 要:随着中国农村经济结构的调整,设施栽培正走向规模化和产业化,但在利益的驱动下局限于栽培经济效益高的单一作物,引发了大面积的连作障碍,限制了农业可持续发展,为此针对中国现阶段园艺作物连作障碍现状,分析其严重的危害性。从土壤理化性状的改变、土壤生态环境的破坏、植物自毒作用和客观因素等角度阐述了连作障碍产生的机理;总结了土壤改良和田间管理、种植制度和种植方式的优化、抗病虫害品种选育和嫁接技术的利用、化学防治和生物防治等调控措施,并指出未来发展方向,为从根本上解决这一生产难题提供参考和指导。

关键词:园艺作物;连作障碍;形成机制;调控措施

中图分类号:S 604 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)07-0190-06

园艺作物连作障碍是指同科或者同缘作物在同块土壤上连续种植后,在正常的栽培管理条件下,出现生长发育不良、长势变弱、产量和品质降低、病虫害加重的现象^[1-2]。连作障碍是世界性难题,特别是随着园艺产业规模化集约化的发展和科技水平的提高,传统农业逐步走向现代化,但在追求经济效益的同时却出现了日益加剧的连作障碍。在栽培面积大的发达国家,可以用现代化农业科技手段进行防治,而中国由于劳动者对连作障碍缺乏认识,种植方式和管理制度相对落后,使连作障碍逐渐成为限制农业可持续发展的一个瓶颈^[3]。以往对连作障碍的研究主要集中在生理性病害,但都未从根本上揭示连作障碍的产生机制,近年来学者们转向研究环境友好型、资源优化型的生物防治,提出从根际微生态角度综合防治连作障碍的新思路,并认为根际微生态失调可能是连作障碍发生的主要原因^[4]。

连作障碍形成及加重的原因是复合因素相互作用的结果,带来的危害及造成的经济损失是巨大的,必须深入分析原因找到合理解决问题的推广方案。为此,课题组从土壤理化性状改变、土壤生态环境的破坏、植物自毒作用和连作障碍的调控措施等角度,综述了园艺作物连作障碍方面的最新研究成果,以期为我国农业生产解决这一难题提供理论和实践指导。

第一作者简介:耿士均(1987-),男,安徽蚌埠人,在读硕士,现主要从事园艺植物栽培与生理等研究工作。

责任作者:王波(1965-),男,江苏宝应人,博士,副教授,现主要从事植物营养生理等方面的研究工作。

收稿日期:2012-02-01

1 园艺作物连作障碍的危害

园艺作物的设施生产存在品种单一化的特点,连作条件下的病虫害和连作障碍问题尤为严重,造成的危害因作物的生长发育时期和连作年限不同存在差异^[5],主要表现在:作物长势变弱、产量和品质下降、根系自毒作用增强、根系活力下降;土壤理化性质变劣、酸化和次生盐渍化、土壤养分亏缺或失衡、有害微生物的大量繁殖,形成恶性循环;植物的抗逆能力下降,土壤病虫害加剧,化学农药使用量超标、有毒物质富集^[5-7]。吕卫光等^[8]认为连作黄瓜根系活力、光合速率和产量显著降低并随连作年限增长而加剧;马海燕等^[9]认为连作非洲菊土壤细菌、放线菌数量和脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶、中性磷酸酶活性都下降,连作障碍较明显;张鸿雁等^[10]认为连作人参须根脱落,根周皮烂红色长满病疤,使地上部分死亡甚至全部绝苗,连作三七病多产量低,根腐病的发病率高且随着连作年限增加发病越重,表现为植株基本死亡;甄文超等^[11]认为连作草莓生物量显著下降、根系的抗病能力降低、生育期延迟,严重减产。

2 连作障碍成因分析

连作障碍的产生涉及到作物、土壤、环境等生物和非生物诸多因素,是作物-土壤-微生物及其环境内部诸多因素综合作用的外观表现^[12],目前普遍认为土壤养分亏缺或失衡、土壤生态环境的破坏、根系分泌物及前茬作物残留物的毒害是连作障碍产生的重要原因^[7]。

2.1 土壤理化性质的改变

2.1.1 土壤酸化、物理性状不良 农民盲目追求效益,大量施用化肥,特别是生理酸性肥料,使土壤的缓冲能力和离子平衡能力遭到破坏,造成土壤中酸根离子积累严重,导致土壤酸化、pH下降。Mubyana T等^[13]认为土

壤 pH 随种植年限的增加呈下降的趋势,在连续栽培 5 a 后,土壤 pH 下降 1.7。随着种植年限增加,土壤容重增大、总孔隙度变小、有机质含量下降、土壤板结通透性差、土壤熟化慢^[14]。

2.1.2 营养元素失衡 由于种植的植物根系分布范围及深浅一致,对肥料和养分会选择性吸收,特别是对其中某些中、微量元素有着特殊需求,长期连作往往造成施肥具有相对固定性,易造成土壤养分的不均衡,从而致使作物体内各种养分比例失调而出现生理和功能性障碍。马云华等^[15]认为日光温室中随着黄瓜连作年限增加,土壤理化性质发生重大改变,有效 Mn、有效 Cu、有效 Zn 等微量元素含量降低。

2.1.3 土壤次生盐渍化 设施栽培中,肥料投入量超出植物的利用量,导致养分有较明显的表聚现象,在无雨淋洗的同时,加上地表温度较高,产生土壤次生盐渍化,加重了生理病害。Egamberdieva D 等^[16]认为土壤盐类积累后,造成土壤溶液浓度增加,使土壤的渗透势加大,影响土壤化学特性和微生物群落分布,导致作物生长发育不良,产量和品质下降。

2.1.4 施肥量和施肥方法不合理 由于缺乏科学知识的农民相信多施肥即可多产出,导致施肥量过大,超过作物的实际吸收量,使土壤微生物活动受到抑制,植物生长发育不良。同时施肥方法不当,施未经腐熟的有机肥、无机肥和有机肥的比例不平衡、微量元素的肥料,这些不科学的做法使植物长势较差^[17]。

2.2 土壤生态环境的破坏

2.2.1 微生物种群密度的改变 园艺作物在连作栽培中由于种植制度和管理方法的重复,定向影响着土壤及根际微生物的生长发育和繁殖,造成微生物种群多样性降低和数量的改变,从而打破了土壤微生物种群原有的动态平衡^[18]。Janvier C 等^[19]认为长期连作能够导致土壤中微生物群落多样性降低及有害微生物种群的增加,Yao H Y 等^[20]认为微生物多样性的降低能够引起土壤微生物群落对外界抵抗力的下降,吴艳飞等^[21]、吴凤芝等^[22]认为土壤中有益微生物种群密度降低,病原微生物数量增加,使根际土壤微生物区系由高肥力的“细菌型”向低肥力的“真菌型”土壤转化。

2.2.2 土传病虫害的加剧 园艺作物的连作为根系病原菌提供了寄生和繁殖场所,造成病原菌积累,再加上化肥使用过量带来土壤中病原菌拮抗菌的减少和过度使用农药病原菌的抗药性增加,使农业生态环境恶化,容易引发严重的病理性重茬病虫害^[23]。土传虫害主要是以病原线虫寄生于植物的根部形成根结线虫病害。时立波等^[24]认为番茄根围土壤根结线虫的数量随种植年限的增加而上升,西瓜、甜瓜等瓜类连作后,根结线虫病等病害发生严重。

2.2.3 土壤酶活性的改变 土壤酶活性是农业管理实践中土壤质量演变的生物活性指标,对生态系统的物质转化、能量流动及土壤肥力的形成起着重要作用,可作为评价土壤肥力的重要指标反映出不同时间、不同条件下土壤质量的状况,随着连作年限的增加土壤酶活性受显著影响^[25-26]。Jiao X 等^[27]、董艳等^[28]认为设施种植年限和栽培制度对土壤微生物多样性和土壤酶活性产生显著影响,随着连作年限增加,土壤酶活性降低,土壤生态环境恶化。

2.3 植物自毒作用

自毒作用是指在连作条件下,土壤生态环境特别是病原微生物的代谢产物同植物残体及根系分泌的一些物质对植物生长产生抑制作用的现象,包括植株水浸液的自毒作用、植株残体腐解物的毒害作用、根系分泌物的化感作用等^[29]。Yoneyama K 等认为自毒物质是有机酸、水杨酸、醛类芳香酸、香豆素、醌类、生物碱和类萜等植物根系次生代谢产物及其分解产物,通过影响植物养分代谢、光合作用、酶活性等多种途径直接导致作物连作障碍,影响植物生长^[30-32]。也已证实番茄、茄子、辣椒、西瓜、甜瓜、黄瓜、草莓、桃、苹果、菊花、西洋参等多种园艺作物极易产生自毒作用^[5,33-35]。

2.4 客观因素

在实际农业生产过程中,由于受作物的地域品牌效应、种植习惯和种植技术的掌握程度、市场需求、经济收入、交通水利设施等客观条件的制约,导致各地园艺作物的连作种植^[33]。

3 连作障碍综合治理技术

3.1 土壤改良和田间管理

3.1.1 土壤消毒和改良 土壤蒸汽消毒和土壤日晒消毒可以有效地控制土传病原物,不污染环境;石灰氮消毒对防治地下害虫线虫和土传病害具有一定的作用^[36-37];高温闷棚技术的应用可有效灭除致病微生物及部分地下害虫,获得局部生态防治的良性效应^[37];土壤调理剂能够有效改善土壤理化性状、增强作物抗病抗旱能力、激活土壤原有拮抗菌的作用、提高作物品质和产量^[38];土壤电处理技术和酒精处理可以改善土壤的理化性状、减轻土壤污染^[39]。土壤化学消毒常用的措施是硫磺粉熏蒸、福尔马林拌土、嗅甲烷和 1,3-二氯丙烯灭菌等来防止土传病害的发生,但是这些药剂可能会带来环境污染,引起有益生物的死亡,破坏生态平衡^[37]。

3.1.2 加强田间养分管理 不同园艺作物养分需求有很大差异,所以应根据作物需肥规律和土壤供肥特性与肥料性能,合理施肥,补充微量元素,调整土壤酸碱度。推广测土配方施肥,合理搭配无机肥和有机肥;增施有机肥、秸秆和微生物肥,改善土壤微生态环境,增强土壤肥力,提高作物根系活力;采用滴灌沟灌技术,有利于土

壤有机碳、微生物生物量碳的增加^[40]。郭修武等^[41]认为在连作葡萄中增施稻草豆秸可以减弱土壤硝化与反硝化作用,增进土壤中各类群生物活性,提高土壤肥力,有效减轻土壤次生盐渍化,许永利等^[42]、张俊英等^[43]研究指出蚯蚓粪可以显著改善黄瓜和番茄的生长状况,提高根际土壤的肥力,明显减轻连作障碍问题,沈宝云等^[17]认为合理配施有机肥、腐植酸铵、微生物肥可以在一定程度上减轻连作障碍的影响。

3.1.3 土地管理方式的优化 传统的土地管理方式会影响土壤肥力状况和作物的生长发育,容易产生连作障碍,宋尚成等^[44]在传统的基础上进行了改进提出了免耕、清耕、深耕翻土和生草、覆草、秸秆还田两大主导的管理方式。前者有利于对土层的保护,增加了土壤通透性和微生物的活动,提高对土壤有机养分的吸收和利用,促进作物生长减缓连作障碍^[45]。后者显著提高了水土保持作用,改善土壤结构,增加土壤有机质含量,增加地温丰富土壤微生物群落结构,对减轻连作障碍有着非常积极的作用^[46]。

3.2 种植制度和种植方式的优化

3.2.1 合理选择土壤质地和园艺作物的栽培时期 化感物质,进入土壤环境中通过影响根系的生长发育,进而导致植株生长受到抑制,因而土壤质地对连作障碍引起的化感效应有直接影响^[47]。粘质土的通透性差,自毒物质容易积累,产生较强的抑制作用;沙土中有毒物质很容易流失,前作的残体反而具有施用有机肥料的效果。在农业生产中,土壤传染病害具有季节性和时限性,所以可以考虑在发病间歇期或者发病期前做预防处理来种植作物以防止病害的发生。

3.2.2 调整栽培制度,合理轮作与间种套作 轮作可避免作物的长期连作,协调不同作物之间养分吸收的局限性,通过根系分泌的变化减少自毒作用,改善根围微生物群落结构,有效调节土壤微生物区系定向发展,提高土壤酶活性,从而减轻园艺作物发生病害的几率。Nanjappa H V等^[48]研究发现,不同日照强度处理花生与辣椒轮作的土壤,其产量和效益明显不同,光线越强,花生和辣椒的产量和效益就越高。Alvey S^[49]、Zhu Y等^[50]认为不同基因型品种轮作、亲缘关系远轮作、水旱轮作或“他感作物”与相应农作物进行轮作更能降低连作障碍的危害。此外,轮作还可以改善土壤结构、充分利用土壤养分及减少化学农药的使用,但是要考虑到植物间的化感作用^[51]。间作套种主要依靠非寄主根系分泌物的化感作用来抑制病原菌以及线虫的发育和繁殖,改善栽培环境的生态功能,增加单位面积生物多样性,通过相互匹配作物的不同组合,构成多种作物、多层次、多功能的作物复合群体,可有效地发挥土地与空间等有限农业资源的生产潜力^[5,33]。但是间作套种体系需要有大量的研究来

筛选合适的植物搭配组合。

3.2.3 混合的种植结构模式 农业生产应因时因地制宜,选择多种作物混合种植结构,实行轮作和间作并举的复合种植模式,年间和年内轮作配合生长季内间作,在单位时间和空间内尽量增加植物多样性,增加土壤有益微生物群落多样性和土壤微生物群落结构稳定性,有效降低连作障碍从而促进作物的生长^[5]。西瓜-蔬菜-水稻“二年三熟”模式、双季茭-长豇豆水旱轮作栽培模式、大棚甜瓜-油菜单晚“二年四作”高产栽培模式、农林复合系统的经营模式等在浙江地区取得很好的效果。

3.2.4 无土栽培 无土栽培是一种人工创造良好的根系生长发育和吸收水肥环境条件的栽培方法,主要有基质滴灌栽培、营养液膜栽培和深液流栽培等^[44]。生产中以基质栽培为主,水培次之,雾培和基质与水培结合的立体栽培很少出现。由于每茬都可更换栽培基质或进行消毒处理,种植设施也易于清洗和消毒,可以有效地避免作物连作障碍。近年来无土栽培逐步向有机生态型、环保型复合有机基质、对有机废弃物的再利用等方向发展,以期建立有机生态和资源高效利用的可持续现代农业生产模式。

3.3 抗病虫害品种选育和嫁接技术的利用

3.3.1 抗病虫害品种的选育 不同作物及同一作物的不同品种抗性和耐性有很大的差异,所以选择抗病虫品种和抗自毒品种对克服作物连作障碍有促进作用。随着园艺植物生物技术发展到分子水平,利用基因工程技术及作物遗传育种技术选育抗病虫害品种来克服作物连作障碍渐渐成为热点,业已在蔬菜作物R基因克隆、编码产物结构和功能分析等方面取得了一些重要进展,但是因为难度大很多研究还在摸索中^[52]。选育抗耐病虫害品种时,通过科学处理种子切断病虫害侵染流行环节,也可以减轻连作的危害。值得注意的是即使是抗性品种,也不能够保证完全不发病。

3.3.2 嫁接技术的利用 嫁接通过改善植株根系吸收特性和内源激素含量,提高植株光合能力和保护酶活性,来解决土传病害问题和作物根系自毒问题^[33]。采用抗性砧木进行嫁接栽培,能有效防治多种土传病虫害,增加抗性和产量,改进果实品质^[53]。随着技术水平的提高,近年来又形成新型双砧木嫁接法、离体嫁接法、斜切针接法,其中利用不同品种砧木之间长势和抗性差异特点进行互补的双砧木嫁接在黄瓜生产中应用增产作用明显^[53-54]。

3.4 化学防治

化学防治主要是利用农药以拌种、灌根、叶面喷施等方式进行防治,其中多菌灵、百菌清、代森锰锌等多种农药对真菌性病害均具有良好的防治效果,对镰刀菌防治更有效^[6]。但是因为农药存在有效期短、有残留带来

的环境污染、容易使病原菌产生抗药性等问题使其使用受到限制,无法从根本上解决问题。

3.5 生物防治

3.5.1 近缘野生种的利用 园艺植物的近缘野生种都较相应的栽培种有更好的抗性,可能是因为根际存在降解化感自毒物质和拮抗病原菌的有益微生物,所以充分利用近缘野生品种进行驯化与栽培品种采用混植的方式,或者从近缘野生种根际土壤分离生防菌来缓解连作障碍^[5-6]。

3.5.2 接种根际有益微生物 根际有益微生物生活在土壤或附生于植物根际和茎叶上,通过联合固氮作用、合成激素类生物活性物质,用于防治有害真菌、细菌、病毒引起的病害,从而促进作物的生长。植物根际接种的有益微生物通过拮抗、竞争、重寄生、诱导系统抗性生防机制产生不利于病原物生存的微生态环境^[5,10,55]。生防细菌主要是内生细菌假单胞菌属,生防真菌主要是木霉、生防放线菌主要是能产生抗生素等活性物质的链霉菌^[23]。接种菌根菌可在根际形成生物屏障、降解土壤中有毒有机物、修复退化和污染土壤、稳定有益微生物群落结构和种群数量、增加植物抗逆性、提高产量和品质^[5,55]。Enwall K等^[56]、Cardinale B J等^[57]认为合理的土壤微生物群落结构、丰富的多样性和较高的微生物活性能缓解或消除连作障碍,维持土壤系统稳定性和可持续性,中国农业大学植物生态工程研究所的专利产品“增产菌”,通过青贮玉米的拌种发芽试验、大田观测和叶面喷施试验等,证明了其增产效果^[58]。

3.5.3 引入或激活拮抗菌 拮抗菌与病原菌有着相似的生态适应性,通过调节农业生态环境,分泌一种或多种抗生素类活性物质来抑制病原微生物,促进有益菌的生长繁殖,起到防病增产的目的^[5]。设施条件下,将培养好的拮抗微生物以一定方式施入土壤中,或是通过在土壤中加入有机肥、微生物肥等方式提高原有的拮抗微生物的活性,从而降低土壤中病原菌的密度,抑制病原菌的活动,减轻病害的发生^[33,51]。南京农业大学资源与环境学院固体有机废弃物资源化利用高技术重点实验室研制拮抗菌生物有机肥和微生物肥,在防治粮油和蔬菜作物土传病害上获得良好的抗病效果^[58-62]。

3.5.4 化学他感原理和抗性原理的运用 植物和微生物释放一些化学物质来促进或抑制同种或异种植物及微生物生长的现象称为化学他感作用^[63]。利用农作物间的化学他感作用原理或从土壤中筛选能降解自毒物质的微生物进行有益组合,可以提高作物产量,减少根部病害;利用抗性原理接种致病菌的弱毒植株,使幼苗产生免疫机能提高抗逆性或者利用转基因手段产生抗性蛋白来消灭有害物质^[61]。Lee S C等^[64]认为,十字花科作物分解过程中会产生含硫化物能减轻连作植物

根部病害的发生,在黄单胞菌无毒株 Bv5-4a 感染的辣椒叶片中,从中分离出具有广谱抗细菌和抗真菌抗性的 CaAMP1 蛋白基因。

4 展望

连作障碍是现阶段农业产业结构调整的产物,是困扰现代种植业的一大难题,虽然国内外已经有良好的研究基础,而且研究的内容已经从传统单因子拓展到多因子^[65-66],但是由于连作障碍影响因素多、形成机理复杂使克服技术体系尚未成熟,所以今后的研究需多方面、多角度和多领域措施的相互结合^[3,5]。

目前尚未找到根治连作障碍的方法,但可以通过农业防治、生物防治等措施来缓解。随着人们环保意识的加强,绿色调控技术将会成为今后连作障碍调控技术的发展趋势^[6]。近年来相关报道的总结发展方向有,研究不同植物产生连作障碍的阈值,阐明各影响因素的内在关系及与连作障碍的相关系数,提出全面解释连作障碍现象的广适理论^[6];挖掘生物自身遗传潜力,基于基因组学分析和分子育种方法选育抗病、低能耗和高养分利用率的品种,研发环境友好型土壤消毒技术和园艺作物有害生物综合防治技术,结合多层次的耕作制度和管理制度,充分发挥植物的多样性^[5];从分子水平研究微生物区系的变化和微生物多样性,再考虑各因素如植被、土壤肥力等对土壤微生物的影响,找到最佳的条件组合,达到土壤生态平衡^[58];有益微生物和拮抗微生物的最佳组合,复合生防制剂的筛选,结合有机肥料、微生物菌肥、微量元素配合施用的技术^[58-62]。随着科学技术的发展和研究的深入,连作障碍问题必将会得到解决,使农业生产达到经济效益、生态效益和社会效益的和谐统一。

参考文献

- [1] Hoestra H. General remarks on replant disease[J]. Acta Horticulture, 1988, 233: 11-16.
- [2] Uren N C, Reisenauer H M. The role of root exudates in nutrient acquisition[M]. In: Tinker B, Lauchli A. (eds). Advances in Plant Nutrition Vol.3. Praeger Publishers New York, 1988: 79-114.
- [3] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2011(2): 11-23.
- [4] 邱立友, 戚元成, 王明道, 等. 植物次生代谢物的自毒作用及其与连作障碍的关系[J]. 土壤, 2010, 42(1): 1-7.
- [5] 段峰, 王秀云, 高志红. 园艺作物连作障碍发生原因及防治措施[J]. 江西农业学报, 2011, 23(3): 34-39.
- [6] 张子龙, 王文全. 植物连作障碍的形成机制及其调控技术研究进展[J]. 生物学杂志, 2010, 27(5): 69-72.
- [7] Nguyen M T, Ranamukhaarachchi S L. Soil-borne antagonists for biological control of bacterial wilt disease caused by Ralstonia Solana ceorum in tomato and pepper[J]. Edizioni ETS, Journal of Plant Pathology, 2010, 92(2): 395-406.
- [8] 吕卫光, 张春兰, 袁飞, 等. 化感物质抑制连作黄瓜生长的作用机理[J]. 中国农业科学, 2002, 35(1): 106-109.

- [9] 马海燕,徐瑾,郑成淑,等. 非洲菊连作对土壤理化性状与生物性状的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(18): 3733-3740.
- [10] 张鸿雁,薛泉宏. 人参连作障碍防治研究进展[J]. 江西农业学报, 2010, 22(6): 68-71.
- [11] 甄文超,曹克强,代丽,等. 利用药用植物源土壤添加物控制草莓再植病害的研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 730-735.
- [12] Ogwenio J O, Yu J Q. Autotoxic potential in soil sickness are examination[J]. Allelopathy J, 2006, 18(1): 93-101.
- [13] Mubyana T, Krah M, Totolo O, et al. Influence of seasonal flooding on soil total nitrogen, organic phosphorus and microbial populations in the Okavango Delta, Botswana[J]. Journal of Arid Environments, 2003, 54: 359-369.
- [14] Mari G R, Ji C Y, Zhou J. Effects of soil compaction on soil physical properties and nitrogen, phosphorus, potassium uptake in wheat plants[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1): 74-79.
- [15] 马云华,魏氓,王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1005-1008.
- [16] Egamberdieva D, Renella G, Wirth S, et al. Secondary salinity effects on soil microbial biomass[J]. Biology Fertilizer Soils, 2010, 46: 445-449.
- [17] 沈宝云,余斌,王文,等. 腐植酸铵、有机肥、微生物肥配施在克服甘肃干旱地区马铃薯连作障碍上的应用研究[J]. 中国土壤与肥料, 2011(2): 68-70.
- [18] 吴凤芝,周新刚. 不同作物间作对黄瓜病害及土壤微生物群落多样性的影响[J]. 土壤学报, 2009(5): 899-906.
- [19] Janvier C, Villeneuve F, Alabouvette C, et al. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(1): 1-23.
- [20] Yao H Y, Jiao X D, Wu F Z. Effects of continuous cucumber cropping and alternative rotations under protected cultivation on soil microbial community diversity [J]. Plant and Soil, 2006, 284: 195-203.
- [21] 吴艳飞,张雪艳,李元,等. 轮作对黄瓜连作土壤环境和产量的影响[J]. 园艺学报, 2008, 35(3): 357-362.
- [22] 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.
- [23] 赵真真,左广胜,徐振同. 重茬障碍的研究现状[J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 186-190.
- [24] 时立波,王振华,吴海燕,等. 连作年限对番茄根围土壤根结线虫二龄幼虫与自由生活线虫数量的影响[J]. 植物病理学报, 2010, 40(1): 81-89.
- [25] Hamel C, Vujanovic V, Jeannotte R, et al. Negative feedback on a perennial crop: fusarium crown and root rot of asparagus is related to changes in soil microbial community structure [J]. Plant and Soil, 2005, 268(1): 75-87.
- [26] Kpkoriony L R, Fusao M. Peach seedling grow thin replant and non-replant soils after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006, 38: 2536-2542.
- [27] Jiao X, Liang W, Chen L, et al. Effects of slow-release urea fertilizers on urease activity, microbial biomass, and nematode communities in an aquic brown soil [J]. Sci China Ser C: Life Sci, 2005, 48(S2): 26-32.
- [28] 董艳,董坤,郑毅. 种植年限和种植模式对设施土壤微生物系和酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 527-532.
- [29] 张晓玲,潘振刚,周晓锋. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 781-787.
- [30] Yoneyama K, Natsume M. Allelochemicals for plant-plant and plant-microbe interactions [J]. Comprehensive Natural Products II, 2010, 4(13): 539-561.
- [31] Huang X, Bie Z L, Huang Y. Identification of autotoxins in rhizosphere soils under the continuous cropping of cowpea[J]. Allelopathy Journal, 2010, 25(2): 126-132.
- [32] Zhao X S, Zhen W C, Qi Y Z, et al. Coordinated effects of root autotoxic substances and *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. fragariae on the growth and replant disease of strawberry[J]. Frontiers of Agriculture in China, 2009, 3(1): 34-39.
- [33] 郝永娟,刘春艳,王勇,等. 设施蔬菜连作障碍的研究现状及综合调控[J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 396-398.
- [34] Zhao Y J, Wang Y P, Shao D, et al. Autotoxicity of *Panax quinquefolium* L. [J]. Allelopathy J, 2005(1): 67-74.
- [35] Wu F Z, Chen Y J, Zhou X G. Review on autotoxicity of watermelon [J]. Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), 2010, 17(3): 53-61.
- [36] 张树生,杨兴明,茆泽圣,等. 连作土灭菌对黄瓜生长和土壤微生物区系的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1809-1817.
- [37] 吴玉光,肖强. 蔬菜连作障碍的防控技术[J]. 长江蔬菜, 2010(7): 23-25.
- [38] 杨旭,张源,青国华. 土壤调理剂对大棚西葫芦产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(31): 13603-13604.
- [39] 陈伯清,葛敏敏,潘国庆. 蔬菜设施栽培土壤障碍修复技术研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(30): 16878-16881.
- [40] 韩琳,张玉龙,金烁,等. 灌溉模式对保护地土壤可溶性有机碳与微生物量碳的影响[J]. 中国农业科学, 2010(8): 1625-1633.
- [41] 郭修武,张立恒,李坤,等. 施入有机物料对葡萄连作土壤速效养分及微生物的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 147-151.
- [42] 许永利,张俊英,袁跃广. 设施番茄连作土壤的改良措施研究[J]. 北方园艺, 2010(5): 60-62.
- [43] 张俊英,许永利,刘志强. 蚯蚓粪缓解大棚黄瓜连作障碍的研究[J]. 北方园艺, 2010(4): 58-60.
- [44] 宋尚成,李敏,刘润进. 种植模式与土壤管理制度对作物连作障碍的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 231-235.
- [45] Tawainga K, William J C, Harold van Es. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics [J]. Agronomy Journal, 2002, 94: 299-304.
- [46] 邓丰产. 果园生草的生态效应及在果树上的应用[J]. 北方园艺, 2009(1): 133-136.
- [47] 赵尊练,杨广君,巩振辉,等. 克服蔬菜作物连作障碍问题之研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(12): 278-282.
- [48] Nanjappa H V, Soumya T M, Ramachandrapa B K, et al. Productivity and economics of transparent polyethylene for soil solarization in groundnut (*Arachis hypogaea*)-bell pepper (*Capsicum annuum*) sequence [J]. Indian Society of Agronomy, New Delhi, India, Indian Journal of Agronomy, 2008, 53(2): 125-128.
- [49] Alvey S. Legume rotation effects on rhizosphere bacterial community structure in west African soils [J]. Biology and Fertility of Soils, 2003, 37(2): 73-82.
- [50] Zhu Y, Fox R H. Corn-soybean rotation effects on nitrate leaching [J]. Agronomy Journal, 2003, 95: 1028-1033.
- [51] 李彦斌,刘建国,谷冬艳. 植物化感自毒作用及其在农业中的应用[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊): 347-350.
- [52] 叶雪凌,谢华,曹鸣庆,等. 蔬菜作物抗病基因研究进展[J]. 农业生物技术学报, 2008, 16(5): 898-904.
- [53] 罗爱华,李建设,高艳明. 番茄嫁接新方法—斜切针接法[J]. 长江蔬菜, 2010(9): 18.
- [54] 储昭胜,陈海丽,吴震. 双砧木嫁接对温室黄瓜生长、产量和品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2010(8): 14-20.

- [55] Camprubi A, Estaun V, Nogales A, et al. Response of the grapevine rootstock Richter 110 to inoculation with native and selected arbuscular mycorrhizal fungi and growth performance in a replant vineyard [J]. Mycorrhiza, 2008, 18(4): 211-216.
- [56] Enwall K, Nyberg K, Bertilsson S, et al. Long-term impact of fertilization on activity and composition of bacterial communities and metabolic guilds in agricultural soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(1): 106-115.
- [57] Cardinale B J, Srivastava D S, Duffy J E, et al. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems [J]. Nature, 2006, 443: 989-992.
- [58] 王学翠, 童晓茹, 温学森. 植物与根际微生物关系的研究进展[J]. 山东科学, 2007, 20(6): 40-44.
- [59] 王飞, 李俊华, 赵思峰, 等. 拮抗菌和生物有机肥防治棉花黄萎病及其对土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(3): 584-588.
- [60] 朱震, 陈芳, 肖同建, 等. 拮抗菌生物有机肥对番茄根结线虫的防治作用[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 1033-1038.
- [61] 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, 17(5): 1262-1267.
- [62] 何欣, 郝文雅, 杨兴明, 等. 生物有机肥对香蕉植株生长和香蕉枯萎病防治的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 978-985.
- [63] 李寿田, 周健民, 王火焰, 等. 植物化感作用研究概况[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 68-70.
- [64] Lee S C, Hwang I S, Choi H W, et al. Involvement of the pepper antimicrobial protein CaAMP1 gene in broad spectrum disease resistance [J]. Plant Physiology, 2008, 148(10): 1004-1020.
- [65] Ding J, Sun Y, Xiao C L, et al. Physiological basis of different allelopathic reactions of cucumber and figleaf gourd plants to cinnamic acid [J]. Exp Bot, 2007, 58: 3765-3773.
- [66] Ye S F, Zhou Y H, Sun Y, et al. Cinnamic acid causes oxidative stress in cucumber roots, and promotes incidence of Fusarium wilt [J]. Environ Exp Bot, 2006, 56(3): 255-262.

Research Progress of Continuous Cropping Obstacle in Horticultural Plants

GENG Shi-jun, LIU Kan, SHANG Hai-yan, QUAN Jun-jiao, LU Xiao-ping, WANG Bo

(Department of Horticulture, Soochow University, Soochow, Jiangsu 215123)

Abstract: With the adjustment of rural economics structure in our country, cultivation is turning to the scale and industrialization, but in the pursuit of interests cultivation is confined to the high economic benefit of a single crop, causing a large area of the continuous cropping obstacles, restricting the sustainable development of agriculture. The current situation and serious harm of continuous cropping obstacle in horticultural crops were discussed. The mechanism of continuous cropping obstacles was reviewed in the sight of the change of physical and chemical property of soil, the destruction of the ecological environment, self-toxicity of plants and objective factors; summarized control measures, such as the soil improvement and field management, the optimization of cropping system and planting pattern, screening and cultivation superior varieties to resist pest and disease and the using of grafting technique, chemical controls and biological controls, and pointed out the development direction of this study in the future, in order to overcome the production obstacles fundamentally to provided reference and guidance.

Key words: horticultural plants; continuous cropping obstacle; mechanism; control measures

夏季用农药 四招可借鉴

1. 选用速效性、内吸性农药

如速灭杀丁、灭扫利、速克灵、甲霜灵、久效磷、灭多威等,这类农药作用强、击倒快,用后 4~5 h,有 80%以上有效成分被作物吸收,即使下雨仍可把害虫、病菌杀死。

2. 在水剂、可湿粉剂中加入粘着剂

配制农药时,每 100 kg 药液中加入 100~150 g 大豆粉或洗衣粉,能增加农药在作物、害虫体表的附着力,提高农药使用效果。

3. 用清水、河水稀释农药

井水一般含矿物质多,稀释农药易产生化合作用,形成沉淀降低药效。污水含杂质多,配制农药除易堵塞喷头外,还会破坏药剂的悬浮性,降低农药活力。

4. 不穿化纤衣服喷药

化纤衣服渗透性强,吸水性差,抗污能力差,易发生感染性中毒。因此,在夏季喷药以穿棉织品的衣服为宜,并戴好口罩、手套等防护用品。