



我国设施蔬菜产地土壤环境 质量问题及管理对策*

文 / 黄标¹ 胡文友¹ 虞云龙² 沈根祥³ 滕应¹ 何跃⁴

1 中国科学院南京土壤研究所/土壤环境和污染修复重点实验室 南京 210008

2 浙江大学农业与生物技术学院 杭州 310058

3 上海市环境科学院 上海 200233

4 环境保护部南京环境科学研究所 南京 210042

【摘要】 由于设施蔬菜生产复种指数高、农用投入品投入量大、产地环境封闭等特点,易造成污染物在土壤中积累及有效性增加,带来生态环境风险。研究表明,设施蔬菜土壤中农药、剩余养分、重金属、酞酸酯、抗生素等污染物积累明显高于一般大田蔬菜,其环境与安全风险比常规农田明显要高。土壤性质改变和污染物积累,可降低土壤的生态功能,提高作物污染物含量,影响水体质量,给设施蔬菜生产系统生态环境安全和人体健康带来风险。其原因与农用投入品投入量过大、生产经营落后、法律法规和标准不适应管理需求、监管缺失等有关。未来需要加强农用投入品使用的监管和指导,完善适应设施生产的环境质量评价标准体系,建立设施蔬菜产地环境监管和指导机制,加大环保科技投入,以保证设施蔬菜生产得到可持续发展。

【关键词】 设施农业,土壤环境质量,管理对策

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.Z1.013

我国设施蔬菜产业的发展始于20世纪70年代末,90年代后发展迅速,2010年设施蔬菜播种面积已达467万公顷,分别占我国设施栽培面积的95%和世界设施园艺面积的80%,成为世界上设施面积最大的国家,

且仍以每年约10%的速度增长。设施蔬菜播种面积占蔬菜总播面的比例从1990年的2.5%增加至2010年的25%,是全国蔬菜生产总规模扩大的主要贡献因素,已成为我国许多区域的农业支柱产业^[1]。设施蔬菜总产量超过1.7亿吨,占蔬菜总产量的25%,人均设施蔬菜占有量已达200 kg以上,全国农民人均增收接近800元,占农民人均纯收入的

* 基金项目:环保公益性行业科研专项(201109018, 201409044),国家自然科学基金项目(41473073)
修改稿收到日期:2015年6月2日



中国科学院

16%,为解决城乡居民菜篮子需求、促进农民增收发挥了巨大作用。

据预测,未来我国对蔬菜的需求不断增加,到2050年,人均蔬菜消费将增长50%,需求增长75%。我国设施蔬菜生产的发展潜力巨大^[2]。然而,设施蔬菜生产复种指数高,农药、化肥、有机肥、农膜等投入量大,封闭或半封闭的设施环境温度高、湿度大、无雨水淋洗等特点,明显不同于露天蔬菜产地生态环境,易造成污染物在土壤中积累及有效性增加,从而对设施蔬菜产地土壤生态环境及人体健康造成一定的负面影响。在综合目前已有资料^[3,4]和作者大量调查研究的基础上,本文对设施蔬菜产地土壤环境质量问题及其原因进行了系统分析,并提出环境管理对策,其目的是为设施蔬菜生产的可持续发展提供重要决策依据。

1 我国设施蔬菜产地存在的主要土壤环境问题

1.1 土壤污染物积累趋势比一般农田生态系统严重

相对封闭的设施蔬菜生产环境降低了农药的光降解、隔离了雨水对农药的淋溶、减少了农药的挥发等,导致设施土壤中农药持久性明显高于露地环境,如百菌清、多菌灵等杀菌剂在设施土壤中的消解半衰期是露天环境的1.29—2.40倍。加之施用频率高,可导致一些非持久性农药也可在设施菜地环境中的积累形成“假持久”现象,农药积累量可达大田蔬菜生产的3—6倍^[5]。

较高的肥料投入和复种指数,导致设施蔬菜产地土壤氮磷养分累积严重,如硝态氮和全磷含量可达露天蔬菜产地的2—3倍。封闭的环境条件,导致土壤次生盐渍化问题凸显,约有40%的设施蔬菜土壤面积存在盐渍化^[6]。土壤全盐含量是露天蔬菜产地的3—4倍,大大超过现行《温室蔬菜产地环境质量评价标准(HJ/T333-2006)》^[7]中的全盐量限值。

由于设施土壤中残膜回收率低,残留率可高

达20%左右,严重影响土壤通气、透水等性质。农膜使用及残留也导致设施土壤中酞酸酯积累明显。如在多地设施蔬菜基地的调查发现,设施土壤中6种酞酸酯含量为0.93—2.45 mg/kg,最高可达10 mg/kg以上,高于露地的3—5倍,部分酞酸酯含量超过了美国控制标准^[8-10]。

土壤重金属随种植年限增加而增加已成普遍现象。研究发现,南方城郊设施蔬菜基地种植5年以上,重金属Cu、Cd、Zn等即出现明显积累,积累量可达背景的1.5倍以上。而北方日光温室土壤中Cd、Cu、Zn、Hg含量随种植年限增加的趋势更为明显,Cd、Cu、Zn、Hg的平均累积速率分别为68、5 100、9 300和7 g/公顷/年。某些地方种植10年左右的设施蔬菜产地土壤Cd含量最高可比露天菜地土壤高出5倍多^[11,12]。

设施蔬菜产地土壤中主要抗生素——四环素和喹诺酮类检出率都在80%以上;土壤中出现抗生素积累,抗生素浓度明显高于一般的大田土壤,可超出周边大田土壤6—10倍不等^[13]。

1.2 环境与安全风险比常规农业高

设施蔬菜土壤中农药残留积累明显影响了土壤生物学功能,农药积累后,揭棚1年才能恢复微生物结构和功能多样性,同时还导致蔬菜作物对农药的吸收量增加。农药持久性的增加,导致施药后设施蔬菜农药残留是同期露地蔬菜的1.3—2.1倍,进一步增加了农药对蔬菜的危害效应。

氮磷在设施蔬菜产地土壤中的高量积累严重影响到了周围水体和田间蔬菜的质量。南方设施蔬菜生产中不合理的灌水或揭棚洗盐方式,使得氮磷向地表水的排放负荷超出露天蔬菜产地2—3倍。而北方设施蔬菜种植区大量积累的氮磷通过较砂的土壤进入地下水,大部分地下水硝态氮平均含量均超过了我国《生活饮用水卫生标准(GB5749-2006)》^[14]中限值,远远高于大田区。此外,设施蔬菜硝酸盐含量也显著高于露地蔬菜,如叶菜类硝酸盐最高可达蔬菜硝酸盐最高限量标准的1.4倍。

土壤中酞酸酯会直接被蔬菜根系吸收并向地上部运移,或挥发至空气中后被蔬菜吸收。典型设施蔬菜产地调查结果表明,6种酞酸酯在蔬菜可食部分的积累量可达0.79—7.30 mg/kg,是露天蔬菜中的2—3倍。其中具有类雌激素作用的邻-苯二甲酸二辛酯浓度出现高于欧盟食品最高限制浓度(1.5 mg/kg)的情况^[8]。

随着设施土壤重金属的累积,超标问题比较严重。不少设施蔬菜基地发现土壤某些重金属含量超过《温室蔬菜产地环境质量评价标准(HJ/T333-2006)》^[7]。局部地区设施蔬菜产地Cd的平均含量可超过标准10倍以上。即使未超标,但随着设施蔬菜土壤高强度利用条件下土壤理化性质的剧烈变化,如土壤pH值明显降低、有机质积累、土壤盐分含量明显升高等,明显提高了土壤中重金属的生物有效性和作物对重金属的吸收。导致设施蔬菜中一些重金属含量普遍高于露天蔬菜,甚至出现超过《食品中污染物的限量(GB 2762-2005)》^[15]的现象,尤其叶菜类蔬菜超标较多。而设施蔬菜产地周边的露天蔬菜中则较少出现超标^[11, 12]。

土壤抗生素的积累可引起周围地表水或地下水的污染,其生态风险不容忽视。对南京周边地区设施蔬菜土壤抗生素污染调查发现,一些设施蔬菜产地周边河流和水塘的水体中监测到高含量、与土壤中抗生素类型一致的抗生素类药物。明显高于一般河流淡水中的抗生素浓度,高出一般淡水中的3—15倍。此外,长期施用畜禽粪便的土壤中可诱导产生70%的抗生素抗药性菌株,有可能给环境生物、人类健康产生不利影响。

2 我国设施蔬菜产地环境问题的主要成因

可分为直接原因和间接原因两方面,前者指农用投入品生产和使用上的问题,后者

则贯穿于经营管理的各个环节。

2.1 设施蔬菜产地农用投入品普遍高投入导致污染物大量积累

大量调查表明,设施蔬菜杀菌剂农药施用频率高,如黄瓜、番茄等,病害高发期2—5天即施用一次,总投入量很大。施用时常2—3种农药混用,有的多达5种甚至10余种农药混用。农药高频、高剂量、多品种混用导致农药积累和持久性增加^[16]。

设施蔬菜生产过程中片面追求高产而不合理地过量施用肥料已经成为普遍现象。据多地区设施蔬菜产地调查显示,肥料年施用量约为露天蔬菜产地的2倍,其养分投入量远远超过了作物的养分需求量^[17-19]。

有机肥料的过量施用也带来了大量重金属和抗生素等污染物。据调查,我国主要商品有机肥和有机废弃物的重金属含量状况,鸡粪中以As、Cd、Cu超标为主;猪粪中以Cu、Zn、Cd超标为主;牛粪中以Cd、Zn超标为主;以鸡粪、猪粪为原料的有机肥中抗生素普遍残留。可见,有机肥大量施用是形成设施蔬菜土壤重金属、抗生素污染的直接原因。

由于设施蔬菜生产复种指数高,地膜和棚膜使用量高于露天蔬菜生产数倍。而目前使用的地膜大多较薄,稳定性较差,废弃农膜多采用落后的人工方式回收,易残留。农膜大量使用和残留导致酞酸酯逐渐释放到土壤及大棚空气中,加剧设施生产环境的污染,并在蔬菜中积累。同时,土壤中清理出的地膜,常被焚烧和丢弃,设施基地附近地膜随意乱扔的现象较为普遍,导致污染物二次扩散和蔓延,严重影响设施农业生产环境。

2.2 设施蔬菜生产经营、环保意识、污染控制技术总体落后

从设施蔬菜生产经营规模看,尽管生产



中国科学院

基地大多较为集中,但生产经营方式80%以上还是以小规模个体农户经营为主,即使存在一些合作社组织或公司,但与生产者之间在生产方式、经营品种、技术指导等方面互动薄弱,难以形成规模经营。

同时,在经济发达地区,绝大部分生产者均为异地务工人员承租土地经营,迫于经济利益的压力、承租土地的短期性、社会保障体系的缺乏等因素,大多生产者不愿意保护性投入,所以经营方式较为粗放。加之异地生产者对当地生活环境缺乏认同,导致他们对生态环境的保护意识不强^[20]。

目前,人们普遍重视设施蔬菜生产中栽培、施肥、管理、品种改良等技术的研发和应用,然而有关污染控制与修复技术研发相对滞后,即使有也只是与提高蔬菜产品品质相关的技术较多,而对土壤质量与生态环境保护相关的污染控制与修复技术较少甚至缺乏。这些技术的推广应用则更少,推广应用的主体主要是政府部门主管的设施蔬菜基地,且以示范为主。

2.3 法律法规缺失、环境质量标准不适应管理需求

设施蔬菜生产是一个特殊农业产业,对生态环境影响是其他农业生产活动所无法比拟的。因此,应该有专门的法律法规约束和规范这一产业的健康发展。然而,目前的有关法律法规,如《土地管理法》、《环境保护法》、《水污染防治法》、《农产品质量安全法》等缺乏针对性。仅关注点源污染排放的防治和农产品安全,无法适应设施农产品产地环境管理。对于设施蔬菜生产活动中污染物总量控制缺乏规范,使得污染物进入农田生态系统的控制处于无序状态。管理过程中,如何控制污染物缺乏法规依据。

从已颁布的设施蔬菜产地环境质量标准《无公害食品设施蔬菜产地环境条件》和《温室蔬菜产地环境质量评价标准》^[7]看,在污染物种类、标准值、评价方法等方面均有欠缺之处。目前设施农业出现的农药、农膜残留与酯酸脂和抗生素等污染物均未做出限定。土壤重金属只限制了全量,

没有针对不同设施条件下重金属生物有效性的变化确定土壤重金属限定值。与肥料投入有关的指标只有全盐量一项,缺乏设施蔬菜产地肥料高投入对水体影响的土壤环境质量指标。

农用投入品是设施蔬菜生产过程污染物的主要来源,控制农用投入品的污染物含量是源头控制的关键步骤。然而,至今尚无针对性与适用性强的设施农业农用投入品污染物控制标准,如设施环境中农药、农膜、有机肥等安全使用与污染控制的技术标准与使用导则。

2.4 设施蔬菜生产规划和监测监管缺失、体系机制职责不明

我国部分区域发展设施蔬菜生产时,往往忽视设施农业发展与资源环境间的协调性,缺乏整体规划。不顾自然环境的承载能力而盲目发展。主要体现在:(1)资源利用极不合理。如北方局部地区设施蔬菜生产完全依赖地下水灌溉,严重影响地下水资源的可持续利用;(2)发展较多考虑产品质量安全,较少考虑设施生产对环境影响的特殊性,导致生态环境质量严重下降。

体制机制方面,(1)我国目前尚未建立起完善的设施农产品产地环境安全监管体系,缺乏相应监管制度与技术依据。设施农产品产地的环境管理与其他各类农产品产地类似,主要由农业部门根据无公害、绿色、有机食品产地认证要求,带动农产品产地环境安全建设,无专门的环境监管手段和机制。由于标准、方法采用不规范,加上标准有所欠缺,评价结果往往不能全面、确切表征产地土壤环境的实际状况;(2)环境监测监管手段和机制缺失。现行标准的应用与管理接口尚不明确,对各级超标土壤的环境适宜性及超标后的土壤不能及时进行有效控制与监管,标准的管理效能无法有效发挥。

3 我国设施蔬菜产地环境管理与污染防治对策

3.1 加强设施蔬菜产地农用投入品使用的监管和



指导

由于设施土壤和作物中农药消解慢,滞留期长,因此,有必要对设施作物用药安全间隔期做出严格限定。同时,加强农药销售商的监管和指导,制定生物农药和环境友好型农药助剂、农药减量化栽培种植管理技术等的使用导则。

设施蔬菜生产中污染物来源较为单一,即肥料是污染物的主要来源。源头控制是实施环境管理的关键。应在畜禽养殖业饲料添加剂、有机肥原料、商品肥料等各个农用投入品生产环节建立污染物限值标准,加强污染物含量监测。同时,在肥料投入环节建立各种污染物投入总量控制标准,实施总量控制。

根据农膜使用在源头和末端两个环节问题较多的实际:通过制定严格农膜生产质量标准来规范农膜生产企业的生产,杜绝不合格农膜上市流通;政府部门可通过免税或补贴政策倡导企业生产可降解地膜;在农膜末端处置环节,建设废旧农膜回收站和田间垃圾回收点,建立废旧农膜回收、处置及资源化利用技术导则。

3.2 着力提高设施蔬菜从业人员的环保意识

为了提高从业人员的环保意识,政府应通过环保基金计划减轻一线生产者的经济压力,同时通过通俗易懂的方式对低教育水平生产者进行环保知识和科学生产的宣传教育与示范,让生产者意识到自己的生产方式对环境产生的影响。尤其要加强设施蔬菜生产企业环保意识的引导。在目前形势下,企业产品质量和产地环境质量的提高有利于提高企业的社会形象,可明显增强企业的社会责任感。政府部门在实施提高蔬菜产量和质量安全的各种生产措施时,应兼顾环境质量的改善。如目前农业部门实施的

“减化肥、减农药”,“保产量、保质量、保增收”的农业生产措施,可以根据污染物的积累和效应确定减量和保证的目标。同时,引导设施蔬菜生产系统内各个利益群体之间加强互动,通过互动的信息交流,提高环保意识。

3.3 加强设施农业相关环境质量的修订

我国设施农业土壤环境质量的更新已严重滞后,修订和完善现行设施土壤环境质量标准势在必行。首先,要尽快通过设施蔬菜生产基地土壤重金属积累状况调查和重金属在设施土壤中的环境化学行为、迁移转化规律等修订现行的设施土壤重金属环境质量标准。其次,针对目前缺乏反映设施农业农药、肥料和农膜高投入污染的土壤环境质量指标,要尽快完善设施农业中常规使用农药、氮磷养分、农膜与酞酸酯残留、抗生素等污染物的含量限值。最终,根据设施蔬菜生产体系的特点,还应规范相应的土壤环境质量评价方法。

在设施农业农用投入品方面,尽快构建设施农业条件下农用投入品生产、安全使用规范与污染物控制限量标准,尤其是针对目前商品有机肥标准的不健全,如未列入监管的抗生素及Cu、Zn等元素、农膜中尚未制定酞酸酯的限定标准等,完善相应的标准体系,为设施农业土壤环境质量管理提供依据。

3.4 建立合理可行的设施蔬菜产地环境监管体系

可以尝试建立以环保部门负责的环境监管职能部门,统筹设施蔬菜生产系统环境管理制度、环境监测标准、环境监测监管手段、土壤环境评价、土壤环境生态补偿确定和实施等制度,使设施蔬菜生产的环境管理落实到实处。开展设施土壤环境质量状况

的系统调查与定位监测,逐步建立设施产地土壤环境质量监测与评价体系,实时了解区域设施土壤污染的特征与程度,及时反馈规划和决策部门。

3.5 开展设施蔬菜产地环境风险评估与调控

目前,国家对污染场地的生态风险评估做了大量工作,形成了一系列规范和导则,构成了完善的风险评估框架体系。然而,污染场地的风险评估主要关注废弃工业污染场地再开发利用对人体健康和生态环境的风险,并没有关注设施蔬菜生产基地土壤污染风险。因此,建议制定设施蔬菜生产基地土壤污染的风险评估技术和土壤修复技术导则,开展设施蔬菜产地污染土壤对环境和人体健康的风险评估。

对于设施蔬菜产地土壤污染物累积与污染问题,应采取以防为主,防治结合的原则。对于未出现污染物超标的设施蔬菜产地,坚持源头控制,严格监管和限制污染物进入环境。对于有一定污染物累积但未形成风险的设施蔬菜产地,可通过筛选、组装和推广土壤污染调控关键技术进行污染物累积过程阻断。对于已出现污染物累积超标的,可采取多种修复手段结合的方法,实现污染的末端治理。

3.6 加强设施蔬菜产地的区域宏观调控

建议环保部根据国家各个地区的资源和区位优势,制订有指导性的设施农业污染防治规划,明确设施农业发展的优势区域、重点领域和重要项目。各地区环保部门应参与到设施农业的发展规划中,进行监管和指导,把节约资源和保护生态环境的理念落实在设施农业发展的各个环节。

为了保障一个地区的资源合理利用,在合理规划的基础上制定设施产地的准入、退出制度,保护区域土壤资源合理利用。

3.7 加大国家对设施农业的环保科技投入

关于设施农业发展和环境间的协调关系,目前的研究基础还很薄弱。应深入研究设施农业高投入和设施规模不断扩张对土壤生态环境和地下水资源的影响,评估设施农业生产区土壤和水资

源利用潜力及区域的环境承载力。

国内外的先进经验表明,实施农业生产的生态补偿是改善一个地区生态环境切实有效的重要途径。而结合各地区设施农业特点,如何制定设施农业生态补偿计划;如何设立补偿专项资(基)金;如何建立补偿标准和监督评估机制;如何提高农民组织化程度,推进设施农业产业化进程和生态补偿机制的有效运行。这些问题都有待进行深入研究。

目前设施农业生产中有关环境保护和治理的关键技术依然存在瓶颈,如设施农业减少环境影响装备的更新与改造、环境友好型农药的研发与推广、先进的精准施肥技术、节水灌溉技术、土壤污染控制与修复技术等有待深入研究。有待开发出具有自主知识产权的设施农业环境技术设备和污染控制技术。

参考文献

- 1 秦海生,贾宝军.我国设施农业发展研究.农机市场,2013,(2):20-22.
- 2 中国科学院农业领域战略研究组.中国至2050年农业科技发展路线图.北京:科学出版社,2009.
- 3 张真和.我国设施蔬菜发展中的问题与对策.中国蔬菜,2009,(1):1-3.
- 4 郭世荣,孙锦,束胜,等.我国设施园艺概况及发展趋势.中国蔬菜,2012,(18):1-14.
- 5 Wu X W, Cheng L Y, Cao Z Y, et al. Accumulation of chlorothalonil successively applied to soil and its effect on microbial activity in soil. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2012, 81: 65-69.
- 6 郭文忠,刘声锋,李丁仁,等.设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望.土壤,2004,36(1):25-29.
- 7 国家环境保护总局. HJ/T333-2006 温室蔬菜产地环境质量评价标准.北京:中国环境科学出版社,2006.
- 8 汪军,骆永明,马文亭,等.典型设施农业土壤酞酸酯污染特征及其健康风险.中国环境科学,2013,33(12):2235-2242.
- 9 Wang J, Luo Y M, Teng Y, et al. Soil contamination by phthalate esters in Chinese intensive vegetable production systems with different modes of use of plastic film. Environmental Pollution, 2013,

180: 265-273.

10 滕应, 骆永明. 设施土壤酚酯污染与生物修复研究. 北京: 科学出版社, 2014.

11 Yang L Q, Huang B, Hu W Y, et al. The impact of greenhouse vegetable farming duration and soil types on phytoavailability of heavy metals and their health risk in eastern China. *Chemosphere*, 2013, 470-471: 1140-1150.

12 Chen Y, Huang B, Hu W Y, et al. Assessing the risks of trace elements in environmental materials under selected greenhouse vegetable production systems of China. *Science of the Total Environment*, 2014, 470-471: 1140-1150.

13 尹春艳, 骆永明, 滕应, 等. 典型设施农业土壤抗生素污染特征与积累规律研究. *环境科学*, 2012, 33(9): 335-341.

14 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB5749-2006 生活饮用水卫生标准. 北京: 中国标准出版社, 2006.

15 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员

会. GB2762-2005 食品中污染物的限量. 北京: 中国标准出版社, 2005.

16 张博, 高新昊, 李长松, 等. 山东省保护地蔬菜农药使用现状及建议. *农学学报*, 2012, (9): 1-5.

17 陈永, 黄标, 胡文友, 等. 设施蔬菜生产系统重金属积累特征及生态效应. *土壤学报*, 2013, 50(4): 693-702.

18 毛明翠, 黄标, 李元, 等. 我国北方典型日光温室蔬菜生产系统土壤重金属积累趋势. *土壤学报*, 2013, 50(4): 835-841.

19 刘苹, 李彦, 江丽华, 等. 施肥对蔬菜产量的影响-以寿光市设施蔬菜为例. *应用生态学报*. 2014, 25(6): 1752 - 1758.

20 杨岚钦, 黄标, 毛明翠, 等. 南京设施蔬菜生产系统的可持续性研究-基于经济和社会管理层面. *土壤*, 2014, 46(4): 737-741.



中国科学院

Problems of Soil Environmental Quality and Their Management Strategies in Greenhouse Vegetable Production of China

Huang Biao¹ Hu Wenyou¹ Yu Yunlong² Shen Genxiang³ Teng Ying¹ He Yue⁴

(1 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2 College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

3 Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233, China;

4 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China)

Abstract Lately, the greenhouse vegetable production (GVP) is being developed rapidly, the planting area was dramatically increased from 15,000 hectare in 1983 to 4,667,000 hectare in 2013. It has become an important food source for public consumers and incomes for farmers. It is estimated that the vegetable consumption will increase 50% and the demands will increase 75% in 2050. Obviously, the GVP will continue to grow in the future. However, high crop indexes, a large amount of agricultural inputs, and very close space easily result in the accumulation of pollutants and increase of their availability in soil, which bring up the ecological risks of environment. It is necessary to illuminate the problems of soil environmental quality, analyze the reasons of the problems, and put forward the management strategies. The researches and surveys on the changes of soil properties, the accumulation of pollutants, the assessment of pollutant environmental risks, and social-economic and management situations in GVP distributed in most of China were conducted in the past years. Generally, soil

pH was increased and salts were accumulated because of intensive utilization over cultivation duration and close space in GVP system. The nutrients in soil were not balanced because of overload of nitrogen (N) and phosphorus (P). The pollutants such as pesticides, remaining nutrients, heavy metals, phthalic ester, and antibiotics are more accumulated in GVP soil than open field vegetable production, whereas soil and their environmental risk are greater in the former soil than in the latter soil. The changes of soil properties such as decreased soil pH, increased soil organic matter, and accumulated pollutants degrade soil ecological function, increase the levels of pollutants in crops, limit crop growth, and deteriorate surrounding water quality through accumulation of N, P, and soluble organic components, bringing up the ecological risks for environmental safety and human health. The reason analysis shows that there are four dominant reasons resulting in the above phenomena. Firstly, the heavy application of agricultural inputs such as pesticides, chemical and organic fertilizers, and plastic mulching film cause the changes of soil properties and the soil accumulation of pollutants, which result in increased availability of pollutants in soil and uptakes in crops. Secondly, the producers' outmoded production capacity and technologies determined that the producer excessively depends on the heavy application of agricultural inputs. Thirdly, present regulations and standards do not meet environmental management needs, for example, some pollutants are not included in the state soil safety standard system. Lastly, up to now, there is no specific sector to take charge of monitoring and managing GVP system under the circumstances of such a rapid development, which is not inadapted of public's aspiration to safety foods. In the future, in order to assure sustainable development of GVP, (1) supervision to agricultural input uses and agricultural input reduction technology application would be emphasized; (2) improvement of production capacity could gradually be achieved via increased investment and transformation from present small-scale operation to large-scale operation; (3) the system of environmental quality assessing standards being suitable for GVP would be established, including supplement of the standards of specific pollutants, amendment of present standards, and establishment of the regulations on controlling agricultural inputs; (4) monitoring and management to soil environment of GVP would be reinforced through setting up the monitoring and supervising sector and its operating mechanism for GVP by government; (5) investment in research and development of GVP environmental protection would be increased, in order to study in depth the effects of high inputs and quick sprawling in GVP on soil ecological environment and groundwater resources, and to evaluate the utilized potential and environmental carrying capacity. Therefore, the decision-making supporting system on the environmental risk assessment and control is established.

Keywords changes of soil properties, accumulation of pollutants, environmental effects, safety risks, environmental management

黄标 中科院南京土壤所研究员, 博士生导师, 中国矿物岩石地球化学学会理事, 中国土壤学会土壤发生、分类与土壤地理专业委员会副主任。SCI源期刊 *Geoderma*、*Human and Ecological Risk Assessment* 编委。研究内容主要集中在土壤生物地球化学与健康的关系, 土壤环境演变与生态效应, 土壤质量评价与空间表达等。曾主持或参与过国家自然科学基金项目, 国家科委科技攻关项目, 科技部重大基础研究(“973”)项目、科技支撑计划项目、国家科技基础专项, 中科院“九五”攻关项目、知识创新工程方向性项目、重大农业项目, 欧洲联盟和德国国际合作项目、环保部环保公益性项目、农业部农业公益性项目、国土资源部地质调查实施项目、各种地方支持项目等多项。发表学术论文160余篇, 其中SCI论文50余篇, 国家发明专利1项。E-mail: bhuang@issas.ac.cn

Huang Biao, working for the Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences as a doctoral supervisor. He is a member of the council of the Mineralogy, Petrology, Geochemistry Society of China, Deputy director of the specialized council of the soil genesis, classification, soil geography belonging to Soil Science Society of China. He is also the members of the editorial boards of two academic international journals, *Geoderma* and *Human and Ecological Risk Assessment*. Prof. Huang's research interests include the relationships between soil biogeochemistry and human health, soil environmental evolution and its ecological effect, and soil quality assessment and its spatial mapping. He took or is taking charges of the projects from miscellaneous sources including Natural Science Foundation of China programs; Science and Technology research programs, the Major Key Basic Research Development Programs of China, National Key Technology Support Programs, and National Science and Technology Basic Work Special Programs from Ministry of Science and Technology of China; The Major Programs during the 9th Five-Year Plan Period, Knowledge Innovation Programs, Major Agricultural Programs from Chinese Academy of Sciences; International collaboration programs from Europe Union and German; The Public Service Special Programs of the Environmental Protection from Ministry of Environmental Protection; The Public Service Special Programs of the Agriculture from Ministry of Agriculture; Geological Survey Programs from Ministry of Land and Resources; the programs from local governments. Up to now, he has published about 160 academic papers, among which 50 papers were published in the international academic journals indexed by SCI and obtained a China invention patent. E-mail: bhuang@issas.ac.cn



中国科学院