

辽宁海城设施蔬菜土壤重金属污染评价研究

陈晓云¹, 张亚文², 詹德江¹, 陈芳¹, 韩静¹

(1. 辽宁省农业科学院 开放实验室, 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁水利职业学院, 辽宁 沈阳 110122)

摘要:对采集于辽宁省海城市典型设施种植基地 1~10 a 土壤及周边陆地大田种植作物土壤进行营养元素、重金属元素含量的检测;并对该地区设施蔬菜土壤采用《无公害蔬菜产地环境要求》及《绿色食品产地环境质量标准》等标准进行了评价。结果表明:重金属元素含量之间多呈正相关关系,其中 Hg、Cd、Cu 元素之间相关性达到了显著水平($P < 0.05$),除 As、Cr 元素外,其它重金属含量均与大棚使用年限呈正相关关系;与棚外露地土壤相比,棚内土壤重金属元素含量明显高于自然背景值,部分年限的蔬菜大棚土壤 Hg、Cd、Cu 元素含量出现超标的现象;超标的重金属 Hg、Cd、Cu 含量与土壤有机质、全氮、全磷含量呈正相关关系,且均达到极显著水平($P < 0.01$),证明了大量施肥可能是导致蔬菜大棚土壤中重金属元素含量升高的主要原因。

关键词:设施蔬菜;土壤;重金属;使用年限;施肥

中图分类号:S 151.9⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0165-05

辽宁省是我国蔬菜生产的大省,从辽宁省农委获悉,到 2012 年底,辽宁省设施农业总面积突破 73.33 万 hm^2 。全省蔬菜总产量达到 4 013 万 t,其中设施蔬菜产量达到 2 998 万 t,占蔬菜总产量的 74.7%,比 2011 年提升 5%。成为全省畜牧、蔬菜、水产、粮食四大产业中的第二大产业。随着生活水平的逐渐提高,人们对蔬菜的品质越来越重视,对营养无污染放心菜的需求也随之提高。因此,这就要求蔬菜生产基地,特别是占主导地位的设施蔬菜,实现从土壤到餐桌的全程无公害和绿色生产。由于设施大棚处于半封闭状态,具有温度高、湿度大、蒸发量大、无雨水淋洗、肥料投入量大等特点,极易造成重金属污染^[1]。李德成^[2]在 2003 年研究了江苏省盐城市郊区蔬菜大棚 0~40 cm 土壤中重金属元素 As、Cd、Co、Cr、Cu、Hg、Fe、Mn、Mo、Ni、Pb 和 Zn 的含量及其随大棚使用年限的延长这些重金属元素含量的变化趋势;刘苹^[3]在 2008 年对寿光市蔬菜生产基地的 0~20 cm 表层大棚土壤进行了重金属 Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Zn、Ni 含量的抽样调查分析;于彩莲^[4]于 2010 年测定了哈尔滨市部分设施大棚 0~20 cm 表层土壤重金属元素 Cu、Zn、Cd 含量,探索了大棚土壤中重金属元素含量之间及与大棚使用年限间的相关性,并按照《土壤环境质量标准》(GB15618~1995)及《内梅罗综合污染指数法》等相关标

准及评价方法进行评价。由于这些标准污染限量要求比较宽泛,土壤的重金属污染预警可能会放松,土壤的清洁度易受损,进而影响土壤的可持续利用。因此,为了与目前高品质的食品安全要求相适应,现对辽宁省设施蔬菜发源地之一的海城市进行不同年限不同土层设施土壤营养元素、重金属含量的检测,并采用《无公害蔬菜产地环境要求》^[5](NY5010-2002)和《绿色食品产地环境质量标准》^[6](NY/T391-2000)等的标准进行评价。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

辽宁省海城市位于辽宁省南部,辽河下游之左岸,辽东半岛之北端。地处东经 $122^{\circ}18'$ ~ $123^{\circ}08'$,北纬 $40^{\circ}29'$ ~ $41^{\circ}11'$ 。全境气候温和,年平均气温 10.4°C ,降雨量 691.3 mm,处于暖温带季风气候区。四季分明、雨量充沛,太子河、浑河、大辽河纵横南北;海城河、五道河、三通河、杨柳河、八里河横贯东西,地下水资源极为丰富,为蔬菜生产提供了丰富的水资源。供试的当地温室大棚主要种植蔬菜品种是黄瓜、樱桃番茄、芸豆,每年 9 月份定植,第 2 年 6 月底结束,7~8 月设施大棚休闲,休闲期不种植任何蔬菜。每年种植 2 茬蔬菜,前茬栽种黄瓜,后茬是樱桃番茄或芸豆。施用腐熟的有机肥(猪粪:鸡粪=1:1,或鸡粪稍多一些),有机肥的施肥量也有一些差异,调查的每个温室大棚面积是 0.1 hm^2 ,每年约施有机肥 10 或 20 t(按新鲜有机肥计,含水量在 50%~65%),化肥的施用量各棚差异不大,约在 $3\,000 \text{ kg/hm}^2$ 。温室大棚周围露地主栽作物是玉米,不施有机肥,每年施化肥 750 kg/hm^2 。

第一作者简介:陈晓云(1964-),女,研究员,现主要从事农业生态和农产品质量安全等研究工作。E-mail:chenxy308@sohu.com.

基金项目:辽宁省科技攻关资助项目(2010215003)。

收稿日期:2013-09-26

1.2 试验材料

用专业土钻采集了 1~10 a 棚龄的 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 土层土壤样品 150 个,周围陆地相同土层土壤 5 个作对比试验。

1.3 试验方法

2011 年 7 月中旬,在海城市中小镇后山村进行了实地调研,采集的样品自然风干后用玛瑙研钵研细,过 18 目(1 mm)、100 目(0.149 mm)尼龙筛,样品经 $\text{HCl-HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$ 消解后,按照国标法,用原子吸收分光光度计(瓦里安,220 型)测定总镉、总铅(石墨炉法)、总铬、总铜(火焰法)含量;用 1:1 王水水浴 2 h 后,采用原子荧光光谱方法(北京海光产仪器,AFS3100)测定总汞和总砷含量;土壤 pH 测定采用电位法;同时按照国家标准进行营养元素的测定。

重金属环境质量的评价方法及标准:采用国家标准《无公害蔬菜产地环境要求》(GB/T18407.1-2001)和农业部《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T391-2000)进行评价。该评价标准依据污染指标的毒理学特性和蔬菜吸收、富集能力将评价指标分为严格控制指标和一般控制指标 2 类,严格控制指标依据各单项质量指数进行评价,一般控制项目参与各要素综合质量指数评定。土壤中的重金属 Cd、Hg、As、Pb、Cr 含量在无公害蔬菜生产中属于严格控制指标,而《绿色食品产地环境质量标准》在 Cd、Hg、As、Pb、Cr 基础上 Cu 元素也规定为严格控制指标。各指标评价标准见表 1。

表 1 绿色食品无公害蔬菜产地
土壤环境质量要求限值

项目	含量限值		
	pH<6.5	pH 6.5~7.5	pH>7.5
镉	0.30	0.30	0.40
汞	0.25	0.30	0.35
砷	30	25	20
铅	50	50	50
铬	120/150 ^a	120/200 ^a	120/250 ^a
铜 ^b	50	60	60

注:a:绿色食品限值/无公害食品限值;b:绿色食品独有限值。

单项质量指数=单项实测值/单项标准值,单项质量指数 ≤ 1 ,表明未污染,判定为合格;单项质量指数 ≥ 1 ,表明已污染,并且越大,污染越严重,不分等级。

1.4 数据分析

根据蔬菜大棚的种植年限,将 3、5、8、10 a 和露地 5 个不同的种植年限段进行分析。试验数据采用 Excel 及 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限不同土层土壤 pH 的变化情况

从图 1 可以看出,不同种植年限土壤与露地剖面土壤的 pH 值比较,0~20 cm 土层呈现出随着种植年限的增加土壤 pH 值逐年下降趋势,其中种植年限为 8、10 a

的土壤 pH 值有明显降低的趋势;除种植年限为 3 a 的 pH 值有所增高外,其它各年限 20~40 cm 土层的 pH 值有逐年降低的趋势,以种植年限为 8 a 的土壤 pH 值降低最明显;40~100 cm 土层土壤 pH 值随种植年的增加而有所下降,同样以种植 8 a 的最明显,但种植年限为 10 a 的土壤 pH 值高于种植年限为 8 a 的。这表明 0~40 cm 土层的土壤 pH 值随种植年限的增加呈逐年下降的趋势。

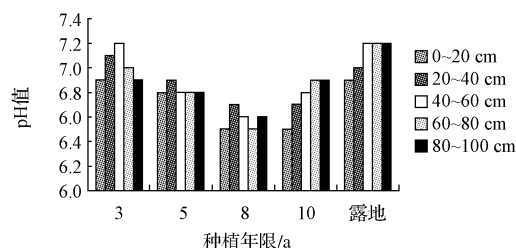


图 1 不同种植年限不同土壤剖面中 pH 的变化

2.2 不同种植年限不同土层重金属元素含量的变化情况

从图 2a 可以看出,种植年限为 3、5、8、10 a 的土壤中 Hg 含量分别与露地的相比:0~20 cm 土层的土壤中 Hg 含量分别增加了 11.5%、31.6%、27.8%、447.7%,其中种植 10 a 的土壤 Hg 含量增加显著;20~40 cm 土层的土壤中 Hg 含量分别增加了 22.1%、73.3%、867.4%、347.9%,除种植 8 a 土壤的 Hg 含量极高外,20~40 cm 土层的土壤中 Hg 含量也呈现出逐年增加的规律;40~60 cm 土层土壤中 Hg 含量分别增加了 6.45%、12.4%、509.6%、135.5%。60~80 cm 土层除种植 3 a 的土壤 Hg 含量与露地持平外,其它种植年限的土壤 Hg 含量均高于露地;80~100 cm 土层土壤 Hg 含量与露地持平。同一年限各土层除 8 a 的 20~60 cm 外,均呈现出随着土壤深度的增加,Hg 含量降低的趋势。结果证明,Hg 含量随着种植年限的增加,逐渐积累,并存在一定程度的由表层向下层迁移的趋势。

由图 2b 可知,种植 3、5、8、10 a 的土壤中 Pb 含量分别与露地的相比:0~20 cm 土层的土壤中 Pb 含量分别增加了 0%、1.9%、9.5%、20.0%;20~40 cm 土层的土壤中 Pb 含量分别增加了 14.3%、19.8%、31.9%、34.1%;40~60 cm 土层的土壤中 Pb 含量分别增加了 5.3%、12.6%、29.5%、28.4%;随着种植年限的增加,土壤中 Pb 含量均高于露地,并有逐渐增高的趋势,60~100 cm 土层 Pb 含量与露地持平。说明设施土壤 Pb 含量在 0~60 cm 土层随着种植年限的增加逐渐积累,并存在一定程度的由表层向下层迁移的趋势。

由图 2c 可知,种植 3、5、8、10 a 的土壤中 Cd 含量分别与露地的相比:0~20 cm 土层的土壤中 Cd 含量分别增加了 0%、40.0%、768.6%、877.1%;20~40 cm 土层的

土壤中 Cd 含量分别增加了 4.2%、70.8%、429.2%、825.0%;40~60 cm 土层的土壤中 Cd 含量分别增加了 8.7%、26.1%、13.0%、100.0%;0~60 cm 土层的 Cd 含量呈现出逐年增加的趋势,其中种植 8、10 a 的土壤 Cd 含量增加显著。这说明设施土壤 Cd 随种植年限的增加逐渐积累,同时存在一定程度的由表层向下层迁移的趋势。

图 2d 表明,种植 3、5、8、10 a 的土壤中 Cu 含量分别与露地的相比:0~20 cm 土层的土壤中 Cu 含量分别增加了 6.7%、156.4%、481.0%、251.3%,呈现出逐年增加的趋势,其中种植 8 a 的土壤 Cu 含量增加显著;20~40 cm 土层的土壤中 Cu 含量分别增加了 8.9%、186.7%、86.7%、28.0%;40~60 cm 土层的土壤中 Cu 含

量分别增加了 18.8%、88.8%、33.0%、37.2%;60~80 cm 土层的土壤中 Cu 含量分别增加了 39.9%、53.2%、58.5%、53.2%;80~100 cm 土层的土壤中 Cu 含量分别增加了 29.1%、23.3%、23.3%、29.1%。20~100 cm 土层的土壤中 Cu 含量虽然未呈现出随种植年限的增加逐渐上升的趋势,但均高于露地同层土壤含量。同一年限各土层间,也未呈现出随着土壤深度的增加,Cu 含量降低的趋势,但存在一定程度的由表层向下层累计迁移的趋势。

同样由表 2e、2f 可以看出,种植 3、5、8、10 a 土壤的 As、Cr 含量与露地相比,未呈现出随种植年限的增加逐渐上升的趋势。

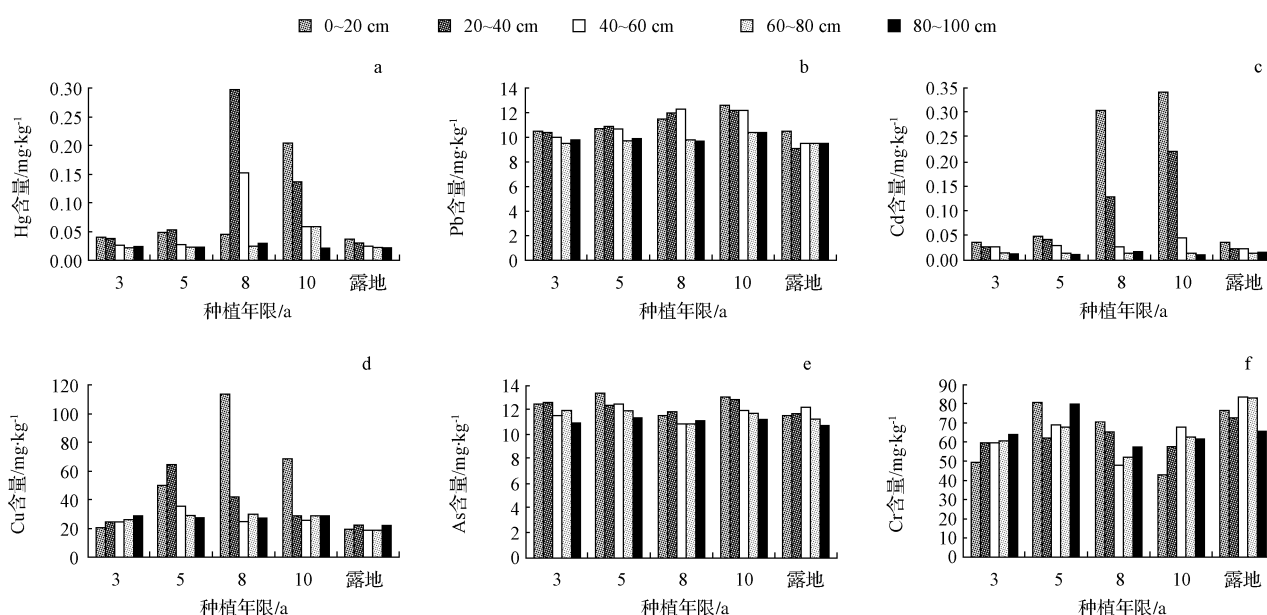


图 2 不同种植年限不同土壤剖面中重金属元素含量

2.3 不同种植年限不同土层重金属含量变化的因素

2.3.1 土壤重金属含量与土壤有机质含量的相关性

将不同种植年限、不同土层深度下土壤中重金属元素的含量与有机质含量间进行相关分析发现,土壤中 Hg、Cd、Cu 3 种重金属元素的含量均与土壤有机质含量有显著的相关性(图 3),土壤中 Hg、Cd、Cu 含量与有机质含量的相关系数 r 分别为 0.314、0.340、0.435,均为显著正相关。其原因可能是设施菜地大量施用鸡粪、猪粪等有机肥,在使土壤有机质含量增加的同时^[7],也使相应的重金属元素在土壤中累积^[8],而这 3 种重金属也是有机肥中含量相对较高的元素^[9]。

2.3.2 土壤重金属含量与土壤全氮、全磷含量的相关性分析 将不同种植年限、不同土层深度下土壤中重金属的含量与土壤全氮、全磷含量进行相关分析,结果表明,土壤全氮含量与重金属 Hg、Cd、Cu 含量间均存在正相关, r 分别为 0.442、0.613、0.805,且均为极显著($P <$

0.01)正相关;土壤中全磷含量也与重金属 Hg、Cd、Cu 存在正相关关系, r 分别为 0.400、0.764、0.889,均为极显著($P <$ 0.01)正相关,表明土壤重金属的累积可能在一定程度上与化肥,特别是磷肥的施用有关^[10]。

2.3.3 不同土层土壤重金属之间相关性分析 土壤中 Hg 含量与 Cd、Cu 含量存在极显著($P <$ 0.01)、显著($P <$ 0.05)的相关关系,这说明具有相关性的重金属之间可能存在某种程度的同源性。Hg、Cd、Cu 元素的累积是基本同步的,说明其在来源上也可能存在较强的相似关系。

2.3.4 不同土层土壤重金属含量变化的原因 露地大田土壤的耕作层一般为 0~20 cm,但蔬菜大棚土壤的耕作层一般为 0~40 cm,人为扰动频繁,这可能是重金属元素含量在 0~20 cm 和 20~40 cm 之间差异不大的主要原因。与对照露地大田土壤相比,在该研究中,设施菜地中重金属出现了一定的累积趋势,尤以耕层土壤(0~

40 cm)的累积较严重,且各种重金属的含量均有随种植年限增加而逐步升高的趋势,这与以往的诸多研究结果是一致的^[11-12]。导致土壤中重金属含量增高的原因一般是施肥、农药、污灌以及农用薄膜残留等,但该研究地区目前水体无污染,且蔬菜大棚生产对农药限制也非常严格,因此灌溉和农药并非导致该地区蔬菜大棚土壤中重金属含量升高的根本原因。从2.3.1和2.3.2的相关分析可以看出,大量施用的家禽粪便和含钙镁磷肥等成分的复合肥中均可能含有一定的重金属元素,这可能是引起蔬菜大棚土壤中重金属元素含量增加的主要原因。大量施肥导致土壤中重金属元素含量增加的现象在世界各地均有发生^[13]。

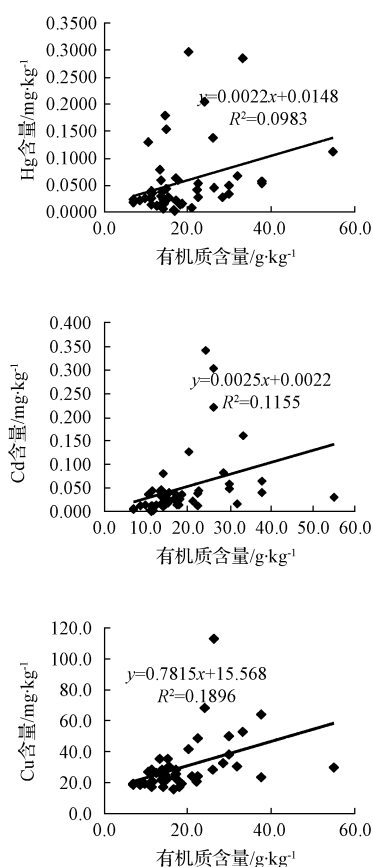


图3 土壤重金属元素 Hg、Cd、Cu 含量与土壤有机质含量的相关关系

2.4 土壤重金属的环境质量评价

从采集的1~10 a 设施种植及周边露地大田土壤的检测结果可以看出,土壤的pH值均在6.5~7.2之间,土壤的评价应该在pH 6.5~7.5限量标准内进行(表1)。由图2可以看出,设施内种植8 a的20~40 cm土层中Hg含量为0.297 mg/kg,已达到超标限量值(0.30 mg/kg),种植8 a的0~20 cm土层土壤的Cd、Cu含量分别为0.304、113.3 mg/kg,已超过超标限量值(0.30、60 mg/kg),种植

10 a的0~20 cm土壤的Cd、Cu含量分别为0.342、68.5 mg/kg,已超过超标限量值(0.30、60 mg/kg),证明种植8、10 a的设施土壤不符合无公害和绿色食品产地环境质量标准要求。

3 结论

该试验结果表明,与周边露地土壤对照比较,设施菜地0~100 cm土层中重金属存在一定的累积趋势,从剖面分布看,0~40 cm土层重金属含量明显增高,随着土层深度的增加,其含量呈现出不断降低的趋势;除As、Cr元素外,相同土层设施土壤中重金属含量明显增高,0~40 cm土层中,重金属的含量随种植年限的增加呈现出累积的趋势,相关分析表明,重金属Hg、Cd、Cu的含量与种植年限具有显著正相关关系,同时与土壤有机质、全氮、全磷含量间也具有显著正相关性,其结果在一定程度上表明猪粪、鸡粪、化肥大量施用可能影响着设施菜地重金属的积累。随着种植年限的增加,在一定程度上给地下水安全带来污染风险,并且在种植8~10 a的0~40 cm土壤重金属Hg、Cd、Cu含量已经达到污染程度,不符合无公害、绿色食品产地标准。如果继续采用粗放的施肥方式进行设施蔬菜种植,重金属污染会越来越重,地下水污染的风险也会越来越大。为了食品安全和农业的可持续发展,蔬菜大棚土壤中重金属污染问题必须引起高度重视。

参考文献

- [1] 程美廷. 温室土壤盐分积累盐害及防止[J]. 土壤肥料, 1990(1): 1-4.
- [2] 李德成. 不同使用年限蔬菜大棚土壤重金属含量变化[J]. 农村生态环境, 2003, 19(3): 38-41.
- [3] 刘苹. 寿光市蔬菜大棚土壤重金属含量的环境质量评价[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 66-71.
- [4] 于彩莲. 哈尔滨市蔬菜大棚土壤重金属污染评价[J]. 北方园艺, 2010(18): 61-63.
- [5] 中华人民共和国农业行业标准无公害食品蔬菜产地环境条件[S]. 中华人民共和国农业部, 2002.
- [6] 中华人民共和国农业行业标准绿色食品产地环境质量标准[S]. 中华人民共和国农业部, 2000.
- [7] 周建斌, 翟丙年, 陈竹君. 设施栽培菜地土壤养分的空间累积及其潜在的环境效应[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2): 332-335.
- [8] 李莲芳, 曾希柏, 白玲玉. 不同农业利用方式下土壤铜和锌的累积[J]. 生态学报, 2008, 28(9): 4372-4380.
- [9] 张树清, 张夫道, 刘秀梅. 规模化养殖畜禽粪主要有害成分测定分析研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 822-829.
- [10] 陈芳, 董元华, 安琼. 长期肥料定位试验条件下土壤中重金属的含量变化[J]. 土壤, 2005, 37(3): 308-311.
- [11] 寇长林, 巨晓棠, 高强. 两种农作体系施肥对土壤质量的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2548-2555.
- [12] 李见云, 侯彦林, 王新民. 温室土壤剖面养分特征及重金属含量演变趋势研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(3): 43-45.
- [13] Tayler M D. Accumulation of cadmium derived from fertilizers in New Zealand soil[J]. Sci Total Environ, 1997, 208(1): 123-126.

不同施肥措施对猕猴桃叶片营养状况及果实品质与产量的影响

陈永安, 刘艳飞, 陈鑫, 杨宏

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以“海沃德”猕猴桃和“红阳”猕猴桃为试材,研究了不同施肥措施对猕猴桃叶片营养状况、果实品质与果实产量的影响,以确定新配方肥的可行性。结果表明:新推配方施肥显著提高了“海沃德”、“红阳”猕猴桃叶片营养成分的含量,丰富了“海沃德”、“红阳”猕猴桃叶片的营养成分;促进了猕猴桃果实的生长发育、提高了猕猴桃果实的品质、耐贮性和产量,说明新推配方肥在秦岭北麓的“海沃德”和“红阳”猕猴桃果园实施是完全可行的。

关键词:猕猴桃;不同施肥措施;叶片营养状况;果实品质;产量

中图分类号:S 663.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0169-05

猕猴桃属于猕猴桃科(Actinidiaceae)猕猴桃属(*Actinidia*)多年生藤本落叶果树,全世界发现猕猴桃种66个,种下分类118个(变种、变型),我国现有62个种,种质资源非常丰富^[1]。截至2010年,陕西省猕猴桃栽培面积达4.5万hm²,占全国猕猴桃栽培面积的60%,约

占世界栽培面积的40%。陕西省猕猴桃总产量为63万t,是全国总产量的70%,是世界总产量的36%。目前,陕西省猕猴桃栽培面积,猕猴桃产量均居全国首位,世界第一。但是在陕西省猕猴桃栽培果园猕猴桃生产中,只重视单一土粪或无机化肥、重产量轻质量、粗放管理等现象仍然存在,给猕猴桃的品质带来了很大的影响。因此,合理施肥以提高果品质量已成为生产中亟待解决的问题。众多猕猴桃栽培的研究者和种植者根据多年的经验,研究出了一套适合我国猕猴桃生产的施肥标准^[2],并于2006年开始在中国猕猴桃主产区秦岭北麓地区大面积推广应用,截至2010年,推广面积已达

第一作者简介:陈永安(1957-),男,陕西富平人,副研究员,现主要从事果树育种与栽培技术研究及示范推广等工作。E-mail: cya8585@163.com.

基金项目:中国农业部“948”资助项目(2012-Z27)。

收稿日期:2013-09-13

Study on Evaluation of Soil Heavy Metal Pollution of Greenhouse Vegetable in North China

CHEN Xiao-yun¹, ZHANG Ya-wen², ZHAN De-jiang¹, CHEN Fang¹, HAN Jing¹

(1. Open Laboratory, Liaoning Academy of Agricultural Science, Shenyang, Liaoning 110161; 2. Liaoning Career School of Water Conservancy, Shenyang, Liaoning 110122)

Abstract: With 1~10 cultivation years soil from Liaoning typical facilities planting base and the surrounding crop field as samples, the content of the nutrient and the heavy metal in them were determined, and it were evaluated by Pollution-free Vegetable Production Requirements and Environmental Quality of Green Food. The results showed that there was positive correlation among the content of heavy metals, especially among Hg, Cd, Cu ($P < 0.05$). Except for As and Cr, the content of other heavy metal elements had positive correlation with cultivation years of greenhouse. Compared with soil outside the greenhouse, the content of heavy metal elements in the greenhouse soil were all significantly higher than that of the natural background value. Hg, Cd, Cu in the greenhouse soil with several years significantly exceeded the standard and had significantly positive correlation with the content of the organic matter, nitrogen and phosphorus, reaching significant difference at 0.01 level. It was proved that heavy fertilizing may be the main cause of the increasing heavy metal content in the greenhouse soil.

Key words: protected vegetable; soil; heavy metal; cultivation years; fertilizing