

拉萨蔬菜生产基地土壤重金属状况初探

刘青海, 邱城*, 张飞龙, 李继荣, 潘崇双, 黄利英, 明玛卓嘎

(西藏自治区农牧科学院农业质量标准与检测研究所, 西藏 拉萨 850032)

摘要: 研究西藏拉萨地区蔬菜生产基地土壤中重金属的污染状况。从拉萨4县(区)7个蔬菜生产基地采集43个土壤样品, 分别使用电感耦合等离子体质谱法、原子荧光法对土壤样品中5种重金属进行检测分析, 采用单项污染指数和内梅罗综合污染指数评价方法进行土壤环境质量评价研究。结果发现拉萨地区蔬菜基地, 除达孜区、城关区蔬菜基地土壤不同程度受到镉(Cd)污染外, 铅(Pb)、汞(Hg)重金属对其污染较轻或未受污染。从综合污染指数评价来看, 拉萨市蔬菜生产基地土壤总污染率较低, 个别样点汞、铅、镉存在不同程度污染, 污染率分别为23.3%, 2.3%, 25.5%, 砷(As)和铬(Cr)没有污染。

关键词: 拉萨; 蔬菜生产基地; 土壤重金属; 单因子指数法; 内梅罗指数法

中图分类号: S151.9

文献标志码: A

Preliminary Study on Soil Heavy Metals in Vegetable Production Base of Lhasa

LIU Qing-hai, QIU Cheng*, ZHANG Fei-long, LI Ji-rong, PAN Chong-shuang, HUANG Li-ying, Mingmazhuoga

(Institute of Agricultural Product Quality Standard and Testing, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract: Taking Lhasa as the research area, the pollution status of soil heavy metals in vegetable production base were discussed. 43 soil samples were collected from seven vegetable production bases in four counties (districts) of Lhasa. Five kinds of heavy metals in soil samples were detected and analyzed by ICP-MS and AFS. The pollution indices were calculated to assess pollution extent by adopting both the single factor index method and Nemerow multi-factor index method. The results showed that the soil of vegetable base in Dazi and Chengguan were polluted by Cd in different degrees, and the soil of vegetable base in Lhasa was slightly polluted or unpolluted by the heavy metals Pb and Hg. According to the comprehensive pollution index evaluation, the total pollution rate of vegetable production bases in Lhasa is low. Some points were polluted by Hg, Pb and Cd in different degrees and the pollution rates of Hg, Pb and Cd are 23.3%, 2.3% and 25.5%, respectively, while not polluted by As and Cr.

Key words: Lhasa; vegetable production base; heavy metals in soil; single factor index method; Nemerow multi-factor index method

目前农田土壤重金属污染已经引起国际社会的广泛关注, 根据《全国土壤污染状况调查公报》显示, 我国农田土壤点位超标率为19.4%, 污染物以镉、镍、铜、砷等最为突出。造成土壤重金属污染有很多来源, 其中施肥是农田重金属污染的主要原因之一^[1]。有研究表明, 我国设施菜地土壤重金属含量与全国土壤背景值相比出现了明显的富集累积现象^[2], 土壤中重金属的富集不但会造成土壤污

染, 影响蔬菜产量与品质, 而且可通过食物链危害人类的生命健康^[3], 国内已有很多研究者发现长期施肥下会出现农田土壤重金属元素的累积富集情况^[4], 为了追求高产量, 设施蔬菜基地长期处于高水肥状态, 重金属元素更容易在土壤中积累富集, 严重影响蔬菜生长和产品品质, 最终造成设施蔬菜栽培的经济效益降低^[5],

拉萨作为西藏的省会城市, 随着城市化步伐加快, 蔬菜种植也逐步向规模化、产业化方向发展, 到2018年全市各类蔬菜种植面积已达4 400 hm², 品种已超过100种, 其中高效日光温室面积达到1 266.67 hm², 年产各类蔬菜稳定在25万吨以上。在确保蔬菜高产高收的同时, 化肥、农药等农业投入品的使用量也在逐步加大。因此, 本文选择拉萨

收稿日期: 2020-10-21

基金项目: 西藏自治区重点研发及转化计划项目(XZ-2019-NK-NS-002)

作者简介: 刘青海(1985-), 男, 助理研究员, 主要从事农业环境方面的研究, E-mail: 17199551@qq.com, *为通信作者: 邱城(1982-), 男, 副研究员, 主要从事农业环境方面的研究, E-mail: chengqiu_2006@163.com。

地区设施蔬菜基地土壤为研究对象,测定土壤重金属含量,评价其重金属污染状况,以期为该区域蔬菜安全生产提供依据,实现设施农业可持续发展。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

拉萨作为西藏自治区首府城市,是西藏政治、文化、经济、宗教中心,也是西藏地区人口最多、经济最发达的地区,同时也是蔬菜需求量最大的地区。本文根据拉萨河谷区设施农业基地分布情况,选取城关区、曲水县、达孜区和堆龙德庆区种植面积较大的7个蔬菜生产基地,也是拉萨和周边地区蔬菜主要供给基地作为研究样地。

1.2 样品采集及前处理

根据拉萨河谷区设施蔬菜基地分布情况,分别从拉萨曲水县、城关区、达孜区和堆龙德庆区4县(区)7个蔬菜生产基地采集43个土壤样品(包括食用菌培养基地),按照基地种植不同种类蔬菜采集对应的土壤样品,采集基地土壤对应种植的蔬菜不重复,蔬菜生产基地土壤样品采集与评价参照HJ 333-2006《温室蔬菜产地环境质量评价标准》^[6],温室内土壤监测采样其他规定参照NY/T395-2012《农田土壤环境质量监测技术规范》^[7]中的第4条规定进行,用竹铲在蔬菜生长期内直接采取土壤样品,采用对角线或S型取样方法(5个点混合为1个样点),每个基地取5~7个样点,土壤样品取0~20 cm耕作层土壤,混合后多余部分用四分法弃去,土壤取样量约1 kg,经室内风干后剔除异物,过20目及100目尼龙筛,备用。

1.3 测定指标及质量控制

土壤pH值采用NY/T 1377-2007方法^[8]测定,土壤全量Pb、Cd含量采用GB/T 17141-1997方法^[9]测定,土壤全量Cr含量采用HJ 491-2019方法^[10]测定,土壤全量As含量采用GB/T 22105.2-2008方法^[11]测定,土壤全量Hg含量采用GB/T 22105.1-2008方法^[12]测定,测定时加入空白样品及标准土壤样品GBW07408进行质量分析。

1.4 评价标准及方法

1.4.1 评价标准

选用评价点土壤pH值的国家标准《温室蔬菜产地环境质量评价》^[6](HJ 333-2006)作为评价指标(表1),用中国常用的单项污染指数法和内梅罗综合污染指数法评价研究区蔬菜产地土壤重金属的环境质量状况。

表1 温室蔬菜产地土壤环境质量标准限值

mg·kg ⁻¹					
土壤pH值	Pb	Cd	Cr	As	Hg
<6.5	50	0.30	150	30	0.25
6.5~7.5	50	0.30	200	25	0.30
>7.5	50	0.40	250	20	0.35

1.4.2 单项污染指数法

单因子指数法是目前国内普遍采用的方法之一,其计算公式为

$$P_i = C_i/S_i \quad (1)$$

式(1)中, P_i 为土壤中污染物的环境质量指数; C_i 为污染物的实测值(mg/kg); S_i 为污染物的评价标准(mg/kg)。

$P_i > 1$ 表示污染, $P_i \leq 1$ 表示未污染,且 P_i 值越大,则污染越严重。

1.4.3 内梅罗综合污染指数法

为全面反映各污染物对土壤的不同作用,突出高浓度污染物对环境质量的影响,采用内梅罗综合污染指数法。计算公式为

$$P_{综} = \{[(C_i/S_i)_{max}^{2m} + (C_i/S_i)_{ave}^2] / 2\}^{1/2} \quad (2)$$

式(2)中, $(C_i/S_i)_{max}$ 为所有土壤污染物中污染指数的最大值; $(C_i/S_i)_{ave}$ 为所有土壤污染物污染指数的平均值。

与内梅罗综合污染指数($P_{综}$)相对应的土壤污染水平分级标准见表2。

1.5 数据处理

文中数据采用Excel 2007和SPSS 17.0进行统计及方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同蔬菜基地土壤pH值特征

土壤pH值主要取决于土壤溶液中的H⁺含量,

表2 土壤污染水平分级标准

等级划分	$P_{综}$	污染等级	污染水平
1	$P_{综} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{综} \leq 1$	警戒级	尚清洁
3	$1 < P_{综} \leq 2$	轻污染	土壤轻污染作物开始受到污染
4	$2 < P_{综} \leq 3$	中污染	土壤作物均受中度污染
5	$P_{综} > 3$	重污染	土壤作物均受污染已相当严重

是评价土壤中对植物有益或有害元素释放的潜在可能性指标。由表3可知,拉萨市城关区蔬菜基地土壤pH值较低,一般在4.80~6.70之间,偏酸性,个别土壤酸性较强,为4.80,在pH值较低的情况下,水溶态重金属被大幅度重新释放,增强植物吸收^[13];达孜区、堆龙德庆区、曲水县pH值平均值在6.79~7.14之间,偏中性。

有研究发现蔬菜生产基地的施肥一定程度上改善了土壤肥力,增加了产量,但导致了土壤酸化及重金属Zn,Cd的积累^[14]。氮肥施入土壤后,改变土壤的pH值,影响重金属砷的活性,当植物根系吸收 NH_4^+ 和 NO_3^- 时,植物周围土壤的pH值会发生改变,影响植物根系对重金属砷的吸收^[15]。

2.2 拉萨地区蔬菜生产基地土壤重金属含量分布特征

在拉萨地区4县(区)7个蔬菜生产基地,分别采集43个土壤样品,从土壤重金属总体含量水平分析(表4)可知,Pb,As,Hg,Cr平均含量均低于温室蔬菜生产土壤限量标准,只有Cd平均值略超过限量值,比限量值高14.3%;除As,Cr外,个别取样点Pb,Hg,Cd都存在不同程度超标,其中Pb的超标率达51.2%,Hg,Cd超标率分别为23.3%和25.6%;在所有采样点中Hg,Cd含量的变幅范围最大,分别为139.31%和142.61%,极大值含量也远远超过限量标准,表明拉萨地区蔬菜基地个别采样点Hg,Cd污染严重。与拉萨农田土壤背景值^[16]相比,拉萨地区蔬菜基地土壤中Hg,Cd含量偏高,其余重金属含量平均值都低于背景值。

自然条件下,土壤中重金属含量仅与成土母质和残留的腐败生物物质有关^[17],在高强度人为农业

活动的情况下,土壤中的重金属被带入其中,造成含量较高的状况^[18]。同一地区5种金属元素变化范围较大,测定变异系数较高的原因可能是由于各区域所用灌溉水源、施用农药肥料以及土壤中残留的各种重金属含量不同所致^[19-21]。拉萨温室土壤中的铅、镉和汞超标率较高表明,人类的活动已经对蔬菜生产基地重金属含量产生了明显的影响。

虽然拉萨蔬菜基地个别点位土壤中铅、汞、镉含量较高,存在明显的累积和超标现象,但从总体上来看,除镉平均值超标外,其他重金属平均值均未超标,低于《温室蔬菜产地环境质量评价》限量值标准,因此拉萨的温室大棚总体状况适合种植蔬菜和农产品。同时,农产品质量安全监管部门应对一些重金属超标蔬菜基地引起高度关注,并积极研究治理对策。

2.3 拉萨地区设施蔬菜基地土壤重金属污染状况评价

以温室蔬菜产地土壤环境质量标准限量值作为评价标准对拉萨市各蔬菜生产基地土壤进行单因子评价,并在此基础上运用内梅罗(N.L.Nemerow)污染综合指数进行综合污染评价,得出拉萨不同蔬菜基地土壤重金属质量现状(表5)。

由表5可知,拉萨地区蔬菜生产基地砷 P_i 值均小于1,砷含量在所有采样点均表现为清洁,清洁率为100%,表示拉萨蔬菜基地土壤未受到砷污染;汞 P_i 值有10个采样点超过1,其中8个采样点汞属于轻污染,轻度污染率为18.6%,1个基地的蕃茄大棚存在汞中度污染,中度污染率仅为2.3%,1个韭菜采样点存在汞重度污染,重度污染率为2.3%,清洁率为76.7%;铅 P_i 值有1个温室大棚大于1,城关

表3 不同蔬菜基地土壤pH值分布状况

	不同蔬菜基地	均值	极小值	极大值	标准差	方差	偏度
拉萨	达孜区	6.79	5.70	7.40	0.50686	0.257	-1.191
	城关区	5.94	4.80	6.70	0.49102	0.241	-0.607
	堆龙德庆区	7.14	6.20	8.30	0.63211	0.400	0.882
	曲水县	7.05	6.80	7.70	0.43589	0.190	1.932

表4 拉萨蔬菜基地土壤中重金属含量分布

项目	样本数	极小值 $/(mg \cdot kg^{-1})$	极大值 $/(mg \cdot kg^{-1})$	均值 $/(mg \cdot kg^{-1})$	标准差	偏度	变异系数 /%	限量值 $/(mg \cdot kg^{-1})$	超标率 /%	拉萨农田土壤背景 值(实测) $/(mg \cdot kg^{-1})$
As	43	0.00	18.22	5.50	3.91	1.323	71.22	25	0	20.0
Hg	43	0.00	1.09	0.161	0.22	2.123	139.32	0.30	23.3	0.024
Pb	43	10.77	79.71	31.7	10.58	2.230	33.39	50	51.2	31.9
Cd	43	0.08	2.82	0.343	0.49	4.341	142.61	0.30	25.6	0.12
Cr	43	12.28	51.70	34.0	7.00	-0.590	20.60	200	0	42

表5 拉萨蔬菜基地不同采样点土壤重金属污染评价

不同蔬菜基地	蔬菜-T	单项污染指数 P_i					综合污染指数 $P_{综}$	综合污染等级
		As	Hg	Pb	Cd	Cr		
堆龙德庆区	黄瓜-T	0.04	1.27	0.32	0.98	0.18	0.98	警戒级
	萝卜-T	0.21	0.64	0.34	0.80	0.17	0.64	安全
	西葫芦-T	0.50	0.41	0.62	0.74	0.14	0.62	安全
	丝瓜-T	0.63	1.18	0.49	0.33	0.10	0.92	警戒级
	平菇-T	0.09	0.10	0.22	0.56	0.06	0.42	安全
	叶用莴苣-T	0.33	0.42	0.65	0.52	0.11	0.54	安全
	结球甘蓝-T	0.45	1.67	0.70	0.62	0.13	1.28	轻污染
	番茄-T	0.73	1.20	0.54	0.90	0.14	0.98	警戒级
	菜豆-T	0.31	1.41	0.49	0.46	0.15	1.08	轻污染
	大白菜-T	0.32	1.47	0.52	0.65	0.14	1.13	轻污染
	辣椒-T	0.31	1.08	0.53	0.60	0.14	0.85	警戒级
	芹菜-T	0.40	0.00	0.52	0.85	0.14	0.66	安全
	普通白菜-T	0.10	0.10	0.52	0.48	0.12	0.41	安全
	香菇-T	0.00	0.00	0.97	1.38	0.17	1.04	轻污染
达孜区	豇豆-T	0.17	0.31	0.48	0.69	0.17	0.55	安全
	菜豆-T	0.13	0.17	0.62	0.59	0.17	0.50	安全
	结球甘蓝-T	0.15	0.54	0.64	1.32	0.19	1.02	轻污染
	萝卜-T	0.17	0.00	0.56	0.75	0.19	0.58	安全
	番茄-T	0.19	2.14	0.60	0.80	0.20	1.61	轻污染
	西葫芦-T	0.14	0.00	0.92	6.99	0.22	5.08	重污染
	普通白菜-T	0.11	0.00	0.74	1.41	0.18	1.05	轻污染
	黄瓜-T	0.09	0.17	0.71	1.16	0.21	0.89	警戒级
	茄子-T	0.12	0.74	0.65	1.31	0.20	1.02	轻污染
	韭菜-T	0.13	0.00	0.63	1.56	0.19	1.16	轻污染
土豆-T	0.14	0.00	0.59	1.71	0.19	1.26	轻污染	
城关区	小白菜-T	0.10	1.48	0.72	0.69	0.26	1.14	轻污染
	芹菜-T	0.08	0.46	0.83	9.39	0.21	6.82	重污染
	辣椒-T	0.06	0.00	0.60	1.10	0.18	0.83	警戒级
	四季豆-T	0.08	0.00	0.50	0.30	0.18	0.38	安全
	丝瓜-T	0.09	0.42	0.51	0.69	0.18	0.55	安全
	萝卜-T	0.10	0.80	0.59	1.07	0.19	0.85	警戒级
	黄瓜-T	0.11	0.00	0.71	0.83	0.19	0.64	安全
	茄子-T	0.15	0.31	0.53	0.50	0.18	0.44	安全
	西葫芦-T	0.33	0.00	0.57	0.61	0.17	0.49	安全
	豇豆-T	0.21	0.00	0.96	0.63	0.17	0.73	警戒级
	番茄-T	0.22	0.00	1.59	0.67	0.17	1.19	轻污染
	普通白菜-T	0.37	0.70	0.59	0.80	0.18	0.68	安全
	结球甘蓝-T	0.29	0.29	0.68	0.96	0.21	0.76	警戒级
韭菜-T	0.29	3.63	0.57	0.28	0.20	2.66	中污染	
曲水县	豇豆-T	0.36	0.00	0.75	0.47	0.16	0.58	安全
	韭菜-T	0.29	0.00	0.73	0.78	0.16	0.62	安全
	茄子-T	0.27	0.00	0.70	0.33	0.16	0.53	安全
	土豆-T	0.11	0.00	0.55	0.93	0.17	0.70	安全

区番茄采样点存在轻度污染,轻度污染率为2.3%,土壤铅含量在所有采样点清洁率为97.7%。土壤镉含量在2个点为重度污染,重度污染率为4.6%,

9个点为轻度污染,轻度污染率为20.9%,其余采样点为清洁,清洁率为74.4%。铬 P_i 值均小于1,表示未受到铬污染,土壤铬含量在所有采样点均表现为

清洁,清洁率为100%。

由表6可知,达孜区、城关区蔬菜基地 $P_{综}$ 大于1,判定为轻污染,达孜区、城关区土壤轻污染作物开始受到污染,堆龙德庆区和曲水县没有重金属污染。达孜区和城关区温室蔬菜基地重金属污染主

要是镉,因而要分别采取不同的控制修复措施,确保蔬菜安全生产。堆龙德庆区和曲水县 $P_{综}$ 小于0.7,属于清洁状态,土壤未受重金属污染,适合进行蔬菜安全生产。

从综合污染指数评价分析上看,拉萨市蔬菜基

表6 不同区县蔬菜基地土壤重金属综合污染指数

不同区县	$(Ci/Si)_{max}$	$(Ci/Si)_{ave}$	综合因子 $P_{综}$	综合污染等级	污染水平
堆龙德庆区	0.78	0.49	0.65	安全	清洁
达孜区	1.66	0.60	1.25	轻污染	土壤轻污染作物开始受到污染
城关区	1.32	0.60	1.03	轻污染	土壤轻污染作物开始受到污染
曲水县	0.68	0.35	0.54	安全	清洁

地43个温室土壤采样点,其中2个重污染区域,12个轻污染区域,总污染率为32.6%,9个采样点达到警戒级,占总采样数的20.9%,采样点土壤重金属污染综合评价达安全等级为46.5%。

3 结论

拉萨地区4县(区)蔬菜基地,除达孜区、城关区蔬菜基地土壤不同程度受到镉污染外,铅、汞重金属对其污染较轻或未受污染。从综合污染指数评价来看,拉萨市蔬菜基地温室土壤总污染率较低,个别样点汞、铅、镉存在不同程度污染,污染率分别为23.3%,2.3%,25.5%,砷和铬没有污染。堆龙德庆区和曲水县蔬菜基地土壤重金属 $P_{综}$ 小于0.7,属于清洁状态,土壤未受重金属污染,适合进行蔬菜安全生产。

参考文献:

[1] 李杰,祝凌,仝利红,等.蔬菜温室长期种植下土壤重金属累积风险评价[J].农业环境科学学报,2018,37(10):2159-2165.

[2] 曾希柏,李莲芳,梅旭荣.中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J].中国农业科学,2007,40(11):2507-2517.

[3] 顾继光,周启星,王新.土壤重金属污染的治理途径及其研究进展[J].应用基础与工程科学学报,2003,11(2):143-151.

[4] 高军侠,党宏斌,郑敏,等.郑州市郊农田土壤重金属污染评价[J].中国农学通报,2013,29(21):116-120.

[5] 焦晓燕,王立革,张东玲,等.山西省日光节能温室蔬菜施肥现状、存在问题及建议[J].山西农业科学,2010,38(4):37-41.

[6] 国家环境保护总局.温室蔬菜产地环境质量评价标准:HJ/T 333—2006[S].北京:中国环境科学出版社,2007.

[7] 中华人民共和国农业部.农田土壤环境质量监测技术规范:NY/T 395—2012[S].北京:中国农业出版社,2012.

[8] 中华人民共和国农业部.土壤pH的测定:NY/T 1377—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.

[9] 国家环境保护总局.土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法:GB/T 17141—1997[S].北京:中国标准出版社,1997.

[10] 生态环境部.土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法:HJ 491—2019[S].北京:中国环境出版社,2019.

[11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第2部分:土壤中总砷的测定:GB/T 22105.2—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.

[12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第1部分:土壤中总汞的测定:GB/T 22105.1—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.

[13] 蔡奎,段亚敏,栾文楼,等.石家庄农田区土壤重金属Cd、Cr、Pb、As、Hg形态分布特征及其影响因素[J].地球与环境,2014,42(6):742-749.

[14] 孙曦,刘合满,周通,等.林芝河谷地区典型农田土壤主要性质及重金属状况初探[J].土壤,2016,48(1):131-138.

[15] 高雪.土壤砷生物有效性影响因素的研究综述[J].西藏农业科技,2019,41(1):68-70.

[16] 成杭新,李括,李敏,等.中国城市土壤化学元素的背景值与基准值[J].地学前缘,2014,21(3):265-306.

[17] 王慧敏,汪丙国,靳孟贵,等.冲积与湖积成因土壤重金属的空间分布特征及其来源——以安徽当涂县为例[J].安全与环境工程,2018,25(5):55-63.

[18] ZHUANG P, ZOU H L, SHU W S. Biotransfer of Heavy Metals along a Soil-Plant-Insect-Chicken Food Chain: Field Study [J]. Journal of Environmental Sciences, 2009, 21(6): 849-853.

[19] 鲁洪娟,马友华,樊霆,等.有机肥中重金属特征及其控制技术的研究进展[J].生态环境学报,2014,23(12):2022-2030.

[20] XIAO Q, ZONG Y T, LU S G. Assessment of Heavy Metal Pollution and Human Health Risk in Urban Soils of Steel Industrial City (Anshan), Liaoning, Northeast China [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2015, 120: 377-385.

[21] 孙全平.拉萨市典型区域农田土壤重金属空间分布及生态风险评价[J].北方园艺,2018(22):124-129.