

李书幻,温祝桂,陈亚茹,等.我国蔬菜重金属污染现状与对策[J].江苏农业科学,2016,44(8):231-235.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.066

我国蔬菜重金属污染现状与对策

李书幻¹,温祝桂²,陈亚茹¹,陈亚华^{1,3}

(1.南京农业大学生命科学学院,江苏南京 210095; 2.江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224002;

3.江苏省有机固体废物资源化协同创新中心/农村土地资源利用与整治国家地方联合工程研究中心,江苏南京 210095)

摘要:近年我国蔬菜重金属污染问题日益严峻,现汇总国内近20年所发表的100余篇与蔬菜重金属污染相关的文献,对不同地区蔬菜重金属污染程度以及不同蔬菜对重金属的富集差异分别进行比较;并对主要重金属污染元素和蔬菜重金属污染成因进行统计分析。结果表明:铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)等重金属是我国蔬菜主要重金属污染物;工业发达地区的蔬菜重金属污染程度较严重;叶菜类蔬菜比根茎类和果实类蔬菜较易被重金属污染。同时,阐述了防控蔬菜重金属污染的相应对策,指出我国须要加大对叶菜类蔬菜重金属的防控与检测,以及合理选择非重金属污染土壤进行蔬菜生产的重要性,为全面了解我国蔬菜重金属污染现状以及防控措施提供了参考依据。

关键词:重金属污染;蔬菜;防控措施;现状;对策

中图分类号: X171.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0231-04

重金属是指密度大于 5.0 g/cm^3 的金属元素,约有40余种,近年来我国农田土壤重金属污染问题日益严重。周辉等研究发现,蔬菜的重金属污染是食品污染物中的一个重要环节,重金属在蔬菜中的富集累积,可通过食物链危害人类健康和生命安全^[1]。据世界卫生组织等报道,重金属在人体内的过量累积可诱发心血管、肾、神经和骨骼等器官病变甚至癌变^[2-17]。因此,对我国蔬菜重金属污染状况进行全面了解并提出具有建设性的防控措施具有重要的实际意义。

1 我国不同地区蔬菜重金属污染情况分析

根据“维普中文科技期刊数据库1989—2015年,核心期刊”数据库,共检索到与蔬菜重金属污染相关文献100余篇,其中文献涉及较多的省份为包括江苏省(26篇)、山东省(25篇)、湖南省(23篇)、广东省(22篇)、辽宁省(22篇)、浙江省(20篇)、安徽省(20篇);其次为上海市、北京市、贵州省、四川省、江西省、重庆市、河南省、吉林省、河北省等地区(10~15篇);而西藏自治区、宁夏回族自治区、广西省、山西省等经济欠发达地区研究关注度较低(2~4篇)。

在所检索文献中,研究关注度较高的蔬菜依次为:黄瓜(36篇)、茄子(28篇)、白菜(23篇);其次为萝卜、西红柿、辣椒、青菜等(各15~20篇)。研究关注度较高的重金属为:Pb、Cd、Cr(约90%),其次为As、Hg(70%~80%)以及Cu、Zn(50%~60%)。

2 不同种类蔬菜重金属污染情况

不同种类蔬菜由于外部形态及内部结构不同,吸收重金属元素的生理生化机制各异,所以其重金属元素的积累量差异较大。由表1可知不同地区4种蔬菜(茄子、黄瓜、菠菜、芹菜)的重金属含量,并对其进行平均值与限量标准值的比较(比值越接近1,越接近污染),结果发现,蔬菜中最容易出现Pb、Cd污染(比值分别为1.02、0.68);其次为Hg、Cr、As(比值分别为0.41、0.25、0.13);Cu最不容易达到污染水平(比值为0.08)。对蔬菜种类进行重金属污染分析发现,污染茄子的重金属从大到小依次为 $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Cu} = \text{Hg} = \text{As}$;污染黄瓜的重金属从大到小依次为 $\text{Pb} > \text{Hg} > \text{Cd} > \text{As} > \text{Cr} = \text{Cu}$;污染菠菜的重金属从大到小依次为 $\text{Cd} > \text{Pb} > \text{Hg} = \text{Cr} > \text{As} = \text{Cu}$;污染芹菜的重金属从大到小依次为 $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Hg} > \text{Cr} > \text{Cu} = \text{As}$ 。表1显示,叶菜类菠菜和芹菜中Pb、Cd、Cr平均含量均高于果实类蔬菜黄瓜和茄子,说明叶菜类最容易出现这3种元素污染;而叶菜类和果实类蔬菜As、Hg、Cu污染相近。

以广东省珠海市^[18]和贵州省^[19]为例,分析了几种蔬菜中重金属的污染程度和不同种类蔬菜重金属元素平均含量(表2、表3),结果与上述结论一致:在几类新鲜蔬菜中,叶菜类蔬菜的重金属污染程度高于其他种类蔬菜,这与叶菜类蔬菜的重金属吸附能力成正相关。国内关于各区域不同种类蔬菜对重金属吸附能力的研究较多:刘景红等发现重庆市不同种类蔬菜的Cd污染程度从强到弱依次是叶菜类>茄果类豆类>瓜果类,说明叶菜类容易积累Cd^[20];魏秀国等研究发现,广东省广州市各蔬菜的重金属吸附能力从强到弱依次为叶菜类>根茎类>茄果类>豆类,而叶菜类中菠菜、芹菜和白菜重金属吸附能力最强,萝卜对Pb的吸附能力最弱^[21];岳振华等研究发现,湖南地区叶菜类对Cu、Zn、Cd、Pb的吸收能力一般均大于果类和根菜类,在叶菜类中苋菜、白菜的富集能力较强,而结球甘蓝较弱^[22]。因此,在蔬菜生产和销售过程中,应该加大力度对叶菜类蔬菜重金属污染的防控与检测。

收稿日期:2015-11-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:41571307);江苏省重点研发计划(编号:BE2015680);江苏省农业三新工程(编号: SXGC[2015]320);江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(14)2095];江苏省科技计划(编号:BE2014742)。

作者简介:李书幻(1988—),女,黑龙江绥化人,硕士研究生,研究方向为重金属污染的植物修复。E-mail:2014116008@njau.edu.cn。

通信作者:陈亚华,博士,教授。E-mail:yahuachen@njau.edu.cn。

表 1 不同地区 4 种代表性蔬菜重金属含量

蔬菜	地区	重金属含量(mg/kg)						参考文献
		Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu	
茄子	蚌埠市	0.031 1	0.024 5	0.011 0	0.007 1	0.000 4		[8]
	太原市	0.150 0	0.0002 1	0.096 0				[9]
	合肥市	0.143 5	0.004 8	0.095 4			0.610 3	[10]
	西安市	0.550 00	0.000 83	0.032 00	0.022 00	0.000 44	0.966 00	[11]
	平均值	0.218 70	0.007 60	0.058 60	0.014 60	0.000 42	0.788 20	
	平均值/限量标准值	0.73	0.15	0.12	0.03	0.04	0.08	
黄瓜	蚌埠市	0.047 1	0.002 1	0.014 5	0.008 5	0.000 2		[8]
	武汉市	0.567 0	0.001 0		0.460 0	0.017 0		[12]
	合肥市	0.140 1	0.002 9	0.083 5			0.815 9	[10]
	济南市	0.012 0	0.003 0				0.300 0	[13]
	新乡市	0.384 2	0.121 1	0.038 1			0.357 8	[14]
	西安市	0.240 0	0.000 1	0.018 0	0.023 0	0.000 42	0.470 0	[11]
	太原市	0.240 00	0.004 83	0.056 00				[9]
	平均值	0.232 9	0.021 7	0.042 0	0.163 8	0.005 9	0.485 9	
	平均值/限量标准值	0.78	0.43	0.08	0.33	0.59	0.05	
菠菜	武汉市	0.965 0	0.014 0		0.105 0	0.009 0		[12]
	深圳市	0.125 0	0.173 0	0.336 0	0.037 0	0.002 0		[15]
	济南市	0.022 0	0.028 0				0.710 0	[13]
	中山市	0.160 0	0.099 0	0.080 0	0.004 1	0.004 7		[16]
	新乡市	0.919 3	0.059 1				0.784 1	[14]
	温州市	0.072 30	0.048 40		0.049 60	0.003 73		[17]
	平均值	0.377 3	0.070 3	0.208 0	0.048 9	0.004 9	0.747 1	
	平均值/限量标准值	1.26	1.41	0.42	0.10	0.49	0.07	
芹菜	武汉市	0.009 0	0.002 0		0.004 0	0.009 0		[12]
	深圳市	0.146 0	0.088 0	0.308 0	0.061 0	0.001 0		[15]
	合肥市	0.353 0	0.005 9	0.144 2			1.264 8	[10]
	新乡市	1.375 5	0.086 9	0.138 9			0.951 0	[14]
	西安市	0.340 00	0.002 30	0.099 00	0.051 00	0.004 95	1.694 00	[11]
	太原市	0.160 00	0.002 32	0.246 00				[9]
	平均值	0.397 3	0.037 0	0.187 2	0.038 7	0.005 0	1.303 3	
	平均值/限量标准值	1.32	0.74	0.37	0.08	0.50	0.13	
4 种蔬菜	总平均值	0.306 6	0.034 2	0.124 0	0.066 5	0.004 1	0.831 1	
	平均值/限量标准值	1.02	0.68	0.25	0.13	0.41	0.08	
限量标准值(≤)		0.30	0.05	0.50	0.50	0.01	10.00	

注:蔬菜中 Cu 的限量标准参照 GB 15199—1994《食品中铜限量卫生标准》。其他重金属限量标准参照 GB 2762—2005《食品中污染物限量》和 GB 18406.1—2001《农产品安全质量无公害蔬菜安全要求》。

表 2 珠海市不同种类蔬菜重金属元素平均含量

蔬菜种类	重金属含量(mg/kg)					
	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu
叶菜类	0.064	0.045	0.002 5	0.020	0.209	0.666
茄果类	0.011	0.009	0.001 3	0.019	0.100	0.585
豆类	0.018	0.003	0.002 0	0.010	0.033	0.825
根茎类	0.032	0.003	0.001 7	0.010	0.018	0.806

同一种蔬菜不同器官对于重金属的累积量也不相同。楼根林等对 Cd 在土壤和几种蔬菜中累积规律进行研究,结果显示:供试蔬菜品种中除萝卜外均以根部吸收富集 Cd 的能力最强,而叶大于茎;萝卜则叶大于根;青椒果实和豇豆豇荚中 Cd 的残留量少于其他部位^[23]。潘静娴等研究发现,茭蒿不同器官 Cd 含量从多到少依次依次为根>茎>叶^[24]。阮美颖等研究发现,南瓜根中 As、Pb 和 Hg 含量均高于叶片^[25]。王晓芳等研究结果显示,萝卜叶片中 Pb 和 As 的平均含量是根中的 10 倍^[26]。

表 3 贵州省几种蔬菜中 Pb、Cd、Hg、As 的污染情况

蔬菜类别	蔬菜品种	重金属含量(mg/kg)			
		Pb	Cd	Hg	As
叶菜类	大白菜	0.080	0.157	0.033	0.023
	茼蒿	0.068	0.041	0.020	0.023
	生菜	0.045	0.145	0.038	0.047
	芹菜	0.038	0.019	0.119	0.073
	平均值	0.057 8	0.090 5	0.052 5	0.041 5
茄果类	辣椒	0.015	0.050	0.008	0.022
	茄子	0.030	0.005	0.043	0.006
	平均值	0.022 5	0.027 5	0.025 5	0.014 0
豆类	豇豆	0.012	0.023	0.001	0.007
	棒豆	0.028	0.095	0.002	0.017
	平均值	0.020 0	0.059 0	0.001 5	0.012 0
根茎类	萝卜	0.042	0.126	0.055	0.013
	胡萝卜	0.058	0.012	0.049	0.009
	平均值	0.050 0	0.069 0	0.052 0	0.011 0

3 我国不同地域蔬菜重金属污染情况

统观全国范围内各大城市中蔬菜重金属污染研究工作可发现,部分城市中已存在不同程度的蔬菜重金属污染现象。任艳军等研究发现,河北省秦皇岛市 12.2% 的蔬菜样品重金属含量超过限量标准,Cd 和 Cr 是主要的污染元素^[27]。周根娣等研究发现,上海市蔬菜重金属污染以 Cd 和 Pb 为主,超标率分别为 13.3% 和 12.0%,其次是 Cr 和 Hg,超标率分别为 4.6% 和 1.5%^[28]。马往校等研究发现,陕西省西安市郊区蔬菜主要污染元素为 Pb,超标率 48.0%,最高超标 6.9 倍^[29]。沈彤等研究发现,湖南省长沙市各主要蔬菜基地生产的 13 个蔬菜种类 Pb 和 Cd 污染严重,超标率分别为 60% 和 51%^[30]。唐书源等研究发现,重庆市蔬菜重金属污染程度从强到弱依次为 Cd > Pb > Hg^[31]。刘树庆等研究发现,河北省保定市蔬菜中 Cd 的检出超标率为 89.3%^[32-33]。杨红霞研究发现,山西省大同市蔬菜受 Hg、As、Pb、Cd 污染极其严重,在其检测的蔬菜中,Hg 的总检出率为 100%,平均含量为 0.007 5 mg/kg,白菜超标率最大,其最大超标 4.92 倍;As 的总检出率为 100%,平均含量为 0.338 5 mg/kg;Pb 的总检出率为 100%,平均含量为 0.408 mg/kg;该地主要污染来源为污水灌溉^[34]。王丽凤等研究发现,辽宁省沈阳市蔬菜重金属污染综合超标率为 36.1%^[35]。张永志等研究发现,浙江省温州市蔬菜中的主要污染元素是 Cd,某些品种超标率高达 50%,蔬菜含量超过国家标准最高的 1.7 倍^[17]。陈同斌等研究发现,北京市蔬菜 Pb 含量的综合超标率为 9.2%^[36]。综上所述,我国大部分城市中重金属元素在蔬菜中的积累现象是明显存在的,一部分蔬菜中重金属含量甚至已经超过了食品卫生安全标准。由于各城市进行蔬菜重金属污染的评价标准不同,所以评价结果可能有一定的偏差。但从统计中也可以看出,工业发达地区的蔬菜重金属污染程度比其他城市严重,如广东省深圳市市售菠菜和芹菜中 Cd、Cr 的污染程度相较于其他城市明显偏高;湖北省武汉市市售黄瓜和菠菜中的 Pb、As 的污染程度相较于其他城市也明显偏高(表 1)。

4 蔬菜重金属污染成因分析

土壤是蔬菜通过根部吸收重金属的主要介质,其重金属含量直接影响蔬菜对该元素的吸收和累积,所以土壤重金属污染是蔬菜重金属污染的重要原因。

4.1 工业化污水和生活用水灌溉

在中国部分地区,会有大量未经处理或处理未达标的工业污水、城市生活用水直接排放到菜地中,导致菜地土壤重金属超标。如西安污灌土中的重金属含量明显高于正常土,其重金属累积强度系数在 1.11 ~ 10.59 之间^[37]。苏振旺等发现,河北邢台污灌区中心区域的菜地土壤 Cd 平均含量已超过国家标准数倍^[38]。

4.2 化学农药以及有机肥料的滥用

磷肥中含有多种微量元素,其中一些为有害元素,Cd 是情况较为严重的一种。何振立的研究结果表明,在人类活动对土壤 Cd 的贡献中,磷肥占 54% ~ 58%^[39]。磷肥在生产过程中磷矿石内金属杂质难以挥发,任何生产工艺都不可能完全消除重金属,这样长期施用磷肥会使有毒重金属进入土壤,进而在植

物体内富集。张树清等发现,有机肥中也常含有一定量的重金属^[40];刘荣乐等对中国 8 省(市)商品有机肥的调查显示,有机肥中各种重金属均出现了不同程度的超标^[41]。

4.3 采矿、冶炼、造纸和城市垃圾的施用

采矿、冶炼、造纸等活动产生的废弃未经处理或不达标排放,均将最终进入土壤和水体,并造成土壤或水体重金属含量超标^[42]。许炼烽等在天津市以施用城市垃圾肥料为主的菜田,检出土壤中的 Cu、Pb、Cd、As 含量高于背景值的 0.3 ~ 1.0 倍,Hg 含量甚至高出 30 多倍^[43]。刘芳等研究大型炼锌厂周边土壤及蔬菜的汞污染情况时发现,炼锌厂周边土壤样品 Hg 的超标率为 78%,其中污染最严重区域土壤中的汞含量是背景点土壤的 29 倍,已达到重度污染;所有蔬菜样品的 Hg 含量超过无公害蔬菜重金属限量指标,最大超标 64.5 倍,说明炼锌厂 Hg 排放对其周边土壤和蔬菜的 Hg 污染均有显著影响^[44]。

4.4 畜禽粪便

随着现代畜牧业的发展,饲料添加剂应用越来越广泛,而其中往往含有一定量如 Cu、Zn 等重金属。这些重金属随着畜禽粪便排出而污染环境,这些肥料中的重金属也会积累在土壤中,成为一种污染源。柳开楼等研究发现,红壤性水稻土施用猪粪 30 年后,Cu、Zn、Cr、As 含量显著增加^[45]。李影等进行盆栽试验时发现,牛粪、鸡粪与化肥配施使黑土中 Cu、Zn、Pb、Cd 不同程度地朝有效态比例增加^[46]。

4.5 大气污染

工矿活动、交通运输等排入大气中的重金属一方面可通过沉降进入土壤,在相应的区域内形成累积,造成土壤重金属污染^[47]。李其林等研究发现,公路运营会造成路侧土壤及作物的重金属污染^[48]。汽车排放废气中的 Pb 沉降造成公路两侧的土壤及种植地的蔬菜受到 Pb 污染^[49]。吴长年等研究发现,宁连高速公路两侧 200 m 范围内的土壤和小麦受到不同程度的重金属污染,其中土壤中 Pb、Cu、Ni 的最大累积系数分别为 1.94、1.82、1.69^[50]。土壤受到重金属污染的同时,蔬菜作物也会通过叶片从空气中吸收重金属元素造成自身重金属污染^[51-52]。

5 防控措施

5.1 选择性种植

由于不同种类的蔬菜对重金属富集能力具有差异性,所以在重金属污染的土壤中可以选择种植对污染元素富集能力低的蔬菜。李雪芳等研究发现,在 Cu 含量超标的土壤上建议种植芹菜、四季豆,在 Pb 含量超标的土壤上建议种植菠菜和芹菜,在 Cd 含量超标的耕地上建议种植胡萝卜、芹菜、茄子、豇豆、茼蒿和丝瓜^[53];韩峰等研究发现,在 Hg 含量超标的土壤上建议种植豇豆、棒豆和辣椒。通过充分利用蔬菜对重金属吸收能力的差异和合理安排作物布局,使蔬菜最大限度地适应现存污染环境,这也是以后充分利用有限耕地的解决途径之一。选择种植对重金属富集能力较弱的蔬菜,不但能保证蔬菜食用的安全性,还可使土壤向蔬菜转移重金属的能力大大降低。

5.2 合理规划与控制

可以从污染源方面考虑采取相应措施避免重金属污染的发生。如做好城市蔬菜生产基地的选址,远离高速路或工业区^[54];制订出一系列的相关环境法规,严格控制工业上“三

废”的排放;控制菜园地的污水灌溉和污泥施用,对污泥、污水的重金属浓度以及土壤的重金属残留状况进行定期的监测;对存在严重重金属污染的菜田,要改为他用,不能继续种植;谨慎使用固体废弃物,在采用工业废渣做改土剂时,要检测其中重金属的含量工业废弃物与生活垃圾分开处理、堆放,施用的垃圾肥要经无害化处理;合理施用化肥,尽多施用无害的有机肥料,提高土壤的有机质含量,增强土壤对重金属的吸附能力,在酸性土壤上,可通过施石灰等措施提高土壤 pH 值降低重金属离子活性^[55-56]。

5.3 生物修复

对重金属污染土壤采取合理物理、化学及生物措施进行修复。这 3 种修复方法中,物理方法投资大,适合于小面积污染的治理;化学方法操作简单,但容易导致土壤肥力的下降和土壤理化性质的改变;生物修复是利用特定的动、植物或微生物吸收或钝化土壤重金属,以达到净化土壤或钝化土壤重金属(减少生物有效性)的目的^[57]。目前,如何应用各种修复方法解决土壤重金属污染问题,使其具有实践性和可操作性,已经成为我国环境保护工作者和科研工作者今后工作的重要内容。只有用于蔬菜生产的农田土壤没有重金属污染,才能从根本上保证蔬菜的生产安全。

参考文献:

- [1] 周辉,张志转. 中国蔬菜农业污染现状、污染源及污染防控[J]. 农业灾害研究,2013,3(5):27-38,50.
- [2] WHO. Cadmium:environmental health criteria[R]. Geneva:WHO, 1992:134.
- [3] WHO. Lead:environmental health criteria[R]. Geneva:WHO, 1995:165.
- [4] IARC. Beryllium,cadmium,mercury and exposures in the glass manufacturing industry. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans[R]. Lyon:International Agency for Research on Cancer,1993,58:444.
- [5] Jarup L. Hazards of heavy metal contamination[J]. British Medical Bulletin,2003,68:167-182.
- [6] Steenland K,Boffetta P. Lead and cancer in humans:where are we now? [J]. American Journal of Industrial Medicine,2000,38:295-299.
- [7] Oskarsson A,Widell A,Olsson I M,et al. Cadmium in food chain and health effects in sensitive population groups[J]. Biomaterials,2004,17(5):531-534.
- [8] 朱兰保,盛蒂,戚晓明,等. 蚌埠市蔬菜重金属含量及食用安全性评价[J]. 食品工业科技,2014,35(7):260-263,271.
- [9] 白红娟. 太原市蔬菜中铅、铬和镉含量分析及安全性评价[J]. 中国安全科学学报,2004,14(12):78-81.
- [10] 李学德,花日茂,岳永德,等. 合肥市蔬菜中铬、铅、镉和铜污染现状评价[J]. 安徽农业大学学报,2004,31(2):143-147.
- [11] 赵锁劳,段敏,马往校,等. 西安市蔬菜中重金属污染调查研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):112-115,162.
- [12] 余忠,胡学玉,刘伟,等. 武汉市城郊蔬菜种植区重金属积累特征及健康风险评价[J]. 环境科学研究,2014,27(8):881-887.
- [13] 王淑娥,冷家峰,刘仙娜. 济南市蔬菜中硝酸盐及重金属污染[J]. 环境与健康杂志,2004,21(5):312-313.
- [14] 王学锋,冯颖俊,林海,等. 新乡市部分市售蔬菜中重金属污染状况与质量评价[J]. 河南师范大学学报:自然科学版,2006,34(3):120-123.
- [15] 颜治,王丙涛,丁晶,等. 深圳市市售叶类蔬菜中五种重金属污染调查及评价[J]. 中国卫生检验杂志,2013,23(9):2162-2164.
- [16] 周日东,吴惠刚,黄诚,等. 中山市市售蔬菜中汞、铅、镉、砷、铬含量调查[J]. 中国卫生检验杂志,2002,12(5):582-583.
- [17] 张永志,李劲峰,王钢军. 温州市市场蔬菜、水果重金属元素污染调查研究[J]. 浙江农业学报,2005,17(6):384-387.
- [18] 胡小玲,张瑰,陈剑刚,等. 珠海市蔬菜重金属污染的调查研究[J]. 中国卫生检验杂志,2006,16(8):980-981.
- [19] 韩峰,高雪,陈海燕. 不同种类蔬菜对土壤重金属的富集差异[J]. 贵州农业科学,2014,42(6):129-132.
- [20] 刘景红,陈玉成. 中国主要城市蔬菜重金属污染格局的初步分析[J]. 微量元素与健康研究,2004,21(5):42-44.
- [21] 魏秀国,何江华,王少毅,等. 广州市菜园土和蔬菜中镉含量水平及污染评价[J]. 土壤与环境,2002,11(2):129-132.
- [22] 岳振华,张富强,胡瑞芝,等. 菜园土中重金属和氟的迁移积累及蔬菜对重金属的富集作用[J]. 湖南农学院学报,1992,18(4):929-936.
- [23] 楼根林,张中俊,伍钢. 镉在成都壤土和几种蔬菜中积累规律的研究[J]. 农村生态环境,1990,2:40-44.
- [24] 潘静娟,李新国,沈健,等. Cd 污染下萎蒿生长和 Cd 蓄积特征的研究[J]. 土壤,2006,38(2):181-185.
- [25] 阮美颖,徐明飞,张永志,等. 南瓜对重金属 As,Pb,Cd,Hg 的吸收及其积累规律[J]. 浙江农业学报,2008,20(5):358-361.
- [26] 王晓芳,罗立强. 铅锌银矿区蔬菜中重金属吸收特征及分布规律[J]. 生态环境学报,2009,18(1):143-148.
- [27] 任艳军,马建军. 秦皇岛市蔬菜中重金属污染状况及健康风险分析[J]. 安全与环境学报,2013,13(2):79-84.
- [28] 周根娣,汪雅谷. 上海市农畜产品有害物质残留调查[J]. 上海农业学报,1994,10(2):45-48.
- [29] 马往校,段敏,李岚. 西安市郊区蔬菜中重金属污染分析与评价[J]. 农业环境保护,2000,19(2):96-98.
- [30] 沈彤,刘明月,贾来,等. 长沙地区蔬菜重金属污染初探[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(1):87-90.
- [31] 唐书源,李传义,张鹏程,等. 重庆蔬菜的重金属污染调查[J]. 安全与环境学报,2003,3(6):74-75.
- [32] 刘树庆. 污灌区土壤酶活性与土壤重金属污染关系研究[J]. 河北环境学报,1993,4(2):76-84.
- [33] 谢建治,刘树庆,王立敏,等. 保定市郊土壤重金属污染现状调查及其评价[J]. 河北农业大学学报,2002,25(1):38-41.
- [34] 杨红霞. 大同市污水灌溉对农作物影响的研究[J]. 农业环境与发展,2002,19(4):18-19.
- [35] 王丽凤,白俊贵. 沈阳市蔬菜污染调查及防治途径研究[J]. 农业环境保护,1994,13(2):84-88.
- [36] 陈同斌,宋波,郑袁明,等. 北京市菜地土壤和蔬菜铅含量及其健康风险评估[J]. 中国农业科学,2006,39(8):1589-1597.
- [37] 庞奖励,黄春长,孙根年. 西安污灌土中重金属含量及对蔬菜影响的研究[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版,2001,29(2):87-91.
- [38] 苏振旺,刘保丰. 邢台污灌区土壤中重金属污染评价[J]. 环境监测管理与技术,1996,8(4):25-26.
- [39] 何振立. 污染及有益元素的土壤化学平衡[M]. 北京:中国环境科学出版社,1998:129-130.
- [40] 张树清,张夫道,刘秀梅,等. 高温堆肥对畜禽粪中抗生素降解和重金属钝化的作用[J]. 中国农业科学,2006,39(2):337-343.

姜立娜,赵一鹏,郑光辉,等. 不同 NaCl 浓度对菜用大黄种子萌发与幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):235-237.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.067

不同 NaCl 浓度对菜用大黄种子萌发与幼苗生长的影响

姜立娜,赵一鹏,郑光辉,邵珠田

(河南科技学院园艺园林学院,河南新乡 453003)

摘要:以菜用大黄种子为试材,根据国际标准采用纸培法,在培养箱(25 ± 1) °C 条件下分析 0 (CK)、50 mmol/L (A1)、100 mmol/L (A2)、150 mmol/L (A3)、200 mmol/L (A4)、250 mmol/L (A5) 等 6 个 NaCl 溶液浓度梯度处理对菜用大黄种子的电导率、发芽率、发芽势、幼苗茎粗、茎高、鲜质量以及幼苗叶片中叶绿素含量和丙二醛含量的影响。结果表明,当 NaCl 溶液浓度为 100 mmol/L 时,菜用大黄种子的发芽率、发芽势最高,说明菜用大黄种子有一定的耐盐特性;随着 NaCl 浓度的升高,菜用大黄种子的电导率、发芽率、发芽势、幼苗茎粗、茎高、幼苗叶片鲜质量、叶绿素含量和丙二醛含量分别呈不同的变化趋势。

关键词:NaCl 浓度;菜用大黄;种子萌发;幼苗生长;耐盐性

中图分类号:S649.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)08-0235-03

菜用大黄 (*Rheum raphaniticum* L.) 是蓼科 (Polygonaceae) 大黄属 (*Rheum*) 的一个种,为多年生草本植物,叶柄粗大多汁,富含营养,是理想的保健类芳香蔬菜。菜用大黄作为一种绿色保健蔬菜,以营养价值高、保健功能强、风味独特而被誉为“新兴特色蔬菜”,发展前景非常广阔^[1-3]。盐胁迫是影响植物产量及质量的主要非生物因素之一,通过渗透胁迫、离子胁迫以及由此引起的营养不均衡影响植物的生长和发育^[4],破坏植物的生理生化功能,最终导致植物死亡。因此,探究盐胁迫对植物的影响以及盐害机理从而提高盐渍土的植物产量及质量具有重要的理论和现实意义^[5]。目前,有关菜用大黄

的研究主要在核型分析、不定芽增殖能力等方面^[6],而对菜用大黄发芽特性、生长生理特性的研究并不多,因此本试验研究不同浓度 NaCl 溶液处理下,菜用大黄种子的发芽特性及生长生理特性,为菜用大黄的栽培育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用菜用大黄种子由河南科技学院园艺园林学院菜用大黄引种课题组提供,于 2014 年 6 月采自河南新乡古固寨试验基地。经测定,试验所用菜用大黄种子净度为 93.81%,千粒质量为 13.5 g。

1.2 方法

选择大小均匀一致、健康饱满的菜用大黄种子,置于 50 ~ 55 °C 的温水中消毒 15 min,其间不断搅拌,直到温度降

收稿日期:2015-06-30

基金项目:河南省科技厅基础前沿项目(编号:122300410134)。

作者简介:姜立娜(1985—),女,山东淄博人,博士,讲师,主要从事园艺植物遗传育种与生物技术研究。E-mail:linajiang85@163.com。

[41] 刘荣乐,李书田,王秀斌,等. 我国商品有机肥料和有机废弃物中重金属的含量状况与分析[J]. 农业环境科学学报,2005,24(2):392-397.

[42] Nriagu J O, Pacyna J M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace - metals [J]. Nature, 1988,333(6169):134-139.

[43] 许炼烽,郝兴仁,冯显湘. 城市蔬菜的重金属污染及其对策[J]. 生态科学,2000,19(1):80-85.

[44] 刘芳,王书肖,吴清茹,等. 大型炼锌厂周边土壤及蔬菜的汞污染评价及来源分析[J]. 环境科学,2013,34(2):712-717.

[45] 柳开楼,李大明,黄庆海,等. 红壤稻田长期施用猪粪的生态效益及承载力评估[J]. 中国农业科学,2014,47(2):303-313.

[46] 李影,吴景贵,陈猛. 不同有机物料与化肥配施对黑土重金属各形态的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):178-182.

[47] 张乃明. 大气沉降对土壤重金属累积的影响[J]. 土壤与环境,2001,10(2):91-93.

[48] 李其林,刘光德,魏朝富,等. 重庆市蔬菜区重金属污染现状[J]. 土壤通报,2005,36(1):104-107.

[49] 李波,林玉锁,张孝飞,等. 宁连高速公路两侧土壤和农产品

中重金属污染的研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24(2):266-269.

[50] 吴长年,王勇,赵磊,等. 沪宁高速公路(镇江段)重金属污染的形态特征[J]. 环境化学,2004,23(4):465-466.

[51] 郑路,常江. 合肥市菜园蔬菜和土壤的铅污染调查[J]. 环境污染与防治,1989,11(5):33-37.

[52] 边伟,鄂勇,胡振帮,等. 重金属在施污土壤中分布及被大豆植株的吸收[J]. 东北农业大学学报,2009,40(8):37-43.

[53] 李雪芳,王林权,尚浩博,等. 小白菜和小青菜对镉、汞、砷的富集效应及影响因素[J]. 北方园艺,2014,1:16-21.

[54] 龚梦丹,顾燕青,王小雨,等. 杭州市菜地蔬菜重金属污染评价及其健康风险分析[J]. 浙江农业学报,2015,27(6):1024-1031.

[55] 陈玉梅,和苗苗,宁皎莹,等. 蔬菜地重金属镉污染植物修复研究进展[J]. 上海农业学报,2015,31(1):110-117.

[56] 靳辉勇,齐绍武,赵世浩,等. 我国蔬菜重金属污染现状及研究进展[J]. 安徽农业科学,2015,43(6):255-257.

[57] 李雪芳,王文岩,上官宇,等. 西安市郊菜地土壤重金属污染及其与蔬菜重金属质量分数的相关性[J]. 西北农业学报,2014,23(8):173-181.