

不同施肥方式对蔬菜富集铅特性的影响

赵海香, 袁 丁, 贾艳霞, 刘海萍, 赵海超, 杜士杰

(河北北方学院 理学院化学系, 河北 张家口 075131)

摘 要:以菠菜、油麦菜、油菜、韭菜、白菜、白萝卜、马铃薯、胡萝卜、甘蓝为试材, 采用田间试验的方法, 研究了施用有机肥和喷施叶面肥对 9 种蔬菜富集重金属铅的影响。结果表明: 在试验设计范围内, 2 种施肥方式均能降低蔬菜中的铅含量, 但是不同蔬菜作用效果不同, 其中以甘蓝降低最为明显, 分别为 85.38% 和 62.34%。由于铅在植物体内迁移能力较弱, 接球(果实)内铅含量低于整株铅含量。并对试验地区生产的部分蔬菜中铅含量进行抽样调查, 表明菠菜存在铅污染风险。该试验结果也说明了菠菜对铅的富集能力大于其它蔬菜。

关键词:有机肥; 叶面肥; 蔬菜; 铅

中图分类号:S 63 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)11-0008-04

随着社会经济的不断发展, 生活水平的提高, 人们对蔬菜品质的要求也越来越高, 蔬菜的质量安全成为关注的焦点。近年来, 有机蔬菜、绿色蔬菜, 要求生产者在生产过程中保证蔬菜质量, 特别是注意蔬菜中重金属及有毒矿物的含量。施肥是蔬菜增产增收的重要手段, 近年来蔬菜生产中广泛使用有机肥和叶面肥来调节产量、控制蔬菜上市时间, 进而获得好的经济效益。尤其是在根际施肥不能完全满足作物优质高产需求的前提下, 往往是通过叶面喷施营养元素或活性物质来补充作物养分、调控作物生长、影响作物养分吸收利用效率而达到增加作物产量、改善作物品质之目的^[1]。研究表明, 不同施肥方式在增产的同时, 也会增加土壤中的重金属含量^[2-3], 同时也有研究表明施肥可以降低蔬菜对重金属的吸收^[4-5]。

张家口地区是京津地区反季节蔬菜的主要供应地。现采用田间对比试验, 研究张家口地区主要种植的 9 种蔬菜在施用精制有机氮肥和喷施微量元素叶面肥时, 对重金属铅的吸收特性。同时对当地生产的 4 种蔬菜进行抽样调查, 旨在对张家口地区的蔬菜生产和质量保障提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

蔬菜品种选择当地普遍种植的 9 种蔬菜, 包括油菜、甘蓝、白菜、菠菜、油麦菜、韭菜、白萝卜、胡萝卜和马铃薯, 种子从张家口市坝下农科所购得。试验土壤为张

北坝上典型的灰钙土, pH 为 8.57, 有机质 30.3 g/kg, 碱解氮为 41.83 g/kg, 速效磷为 69.02 g/kg, 速效钾为 223.65 g/kg。供试土壤、肥料及灌溉用水中铅含量的测定方法和含量见表 1。依据 GB 15618-1995 土壤环境质量标准的规定, 对于蔬菜地, 当土壤 pH \geq 7.5 时, 土壤中总铅的允许值为 350 mg/kg。试验供试土壤的 pH 为 8.57, 铅含量为 14.61, 低于允许值, 证明试验用地的未受铅污染。同样依据 NY 1110-2006 水溶肥料汞、砷、镉、铅、铬的限量及其含量测定的规定, 试验中所用有机肥、叶面肥中的铅含量也远远小于限量值, 未受铅污染。试验用水为地下水, 依据所用方法未检测出铅, 未受铅污染。由此, 试验所用原料均未受铅污染。

1.2 试验设计

试验设 3 个处理, 即 CK(不施用任何肥料)、OF(施用有机肥)和 FF(施用叶面肥)。每个小区的面积为 6 m²(宽 1.5 m \times 长 4 m), 3 次重复。有机肥为精制有机氮肥(氨基酸配方型), 其中含氮 \geq 16%、含氨基酸 \geq 10%, 含有机质 \geq 20%。叶面肥为“顶点 6+1”, 有效成分含赋活基因、防落剂、生根剂、增效剂 \geq 10.5%, Cu+Mn+Zn+B+Mo \geq 10%, N+P₂O₅+K₂O \geq 18%。

1.3 试验方法

1.3.1 肥料处理 每个小区施有机肥 250 g, 作为底肥种植时施于根部。叶面肥施用方法: 叶菜类蔬菜生长期, 每周喷洒 300 倍液 1 次, 至 60 d 采收, 共喷洒 4 次; 白萝卜、胡萝卜、马铃薯自苗期开始喷施 300 倍液, 每 10 d 喷 1 次, 至采收前 10 d 停止。

1.3.2 样品采集与制备 叶菜类蔬菜种植 60 d 后采收, 白萝卜、胡萝卜、马铃薯、甘蓝等成熟后采收。取样方法采用“S”形, 获取样品量不小于 10 株。所取得的蔬菜样品经过挑选, 选用可食部分, 有泥土的样品先洗去

第一作者简介:赵海香(1969-), 女, 内蒙古赤峰人, 博士, 副教授, 研究方向为食品安全分析。E-mail: xzhaoh@126.com。

基金项目:张家口市科技局资助项目(0801073C)。

收稿日期:2011-03-25

泥土,并在阴凉处风干除去蔬菜表面多余的水分。样品切取不同部分,获得 2 kg 实验室样品,样品匀浆混匀后,按“四分法”获取 500 g 测试样品,称取 5~10 g 样品进行前处理。

1.3.3 样品分析 土壤 pH、有机质、有效磷、速效钾和有效氮的含量等按文献^[6]方法测定。蔬菜样品中铅含

量的测定依据 GB/T5009.12-2003 食品中铅的测定-石墨炉法测定,即样品采用混酸 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ (4:1) 消解处理。处理好的样品溶液中铅用 TAS-990 型原子吸收分光光度计测定,测定采用石墨炉法,测定波长 283.3 nm,光谱带宽 0.4 nm,灯电流 2.0 mA,光源为 Pb 空心阴极灯,石墨炉原子化升温过程见表 2。

表 1 土壤、肥料和水中铅含量
Table 1 The content of lead in soil, fertilizers and water

样品 Sample	测定方法依据 Method based on measurements	Pb 含量 Content of Pb/mg · kg ⁻¹	限量值 Limited value/mg · kg ⁻¹
土壤 Soil	GB/T 17141-1997 土壤质量铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	14.61	350
有机肥 Organic Fertilizer	NY 1110-2006 水溶肥料汞、砷、镉、铅、铬的限量及其含量测定	0.78	50
叶面肥 Foliage fertilizer		0.75	
灌溉用水 Irrigation water	GB/T 7475-1987 水质铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法	—	0.05

注:“—”表示没有检出。Note: “-” indicates not detected.

表 2 原子化升温过程
Table 2 The process of atom temperature

原子化过程 The process of atom	温度 Temperature/℃	升温时间 Time/s	保持时间 Keep time/s	内气流量 Air flow
干燥 Dry	110	5	20	大
灰化 Ashing	700	10	10	大
原子化 Atomization	1 800	1	4	关
清残 Cleaning residue	2 000	1	1	大

1.4 数据处理

数据应用 Excel 软件处理,平行样间误差小于 5%。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方式对蔬菜铅富集的影响

不同施肥方式下种植的 9 种蔬菜中总铅的含量见图 1。不同处理各种蔬菜铅含量在 0.03~0.59 mg/kg。根据 GB/T 2762-2005 食品中污染物限量标准的规定,叶菜类和球茎类蔬菜中铅的限量值为 0.3 mg/kg,由试验结果可知,除菠菜外,其它 8 种蔬菜在 3 种处理状态下,铅含量均低于限量标准。CK 处理 9 种蔬菜从环境中富集铅的能力由高到低的顺序是:菠菜>油麦菜>油菜>韭菜>白菜>白萝卜>马铃薯>胡萝卜>甘蓝。表明叶菜类蔬菜对铅的富集能力高于根菜类和地下茎菜类,可能因为叶是作物的生长及物质转化中心,根吸收的矿物

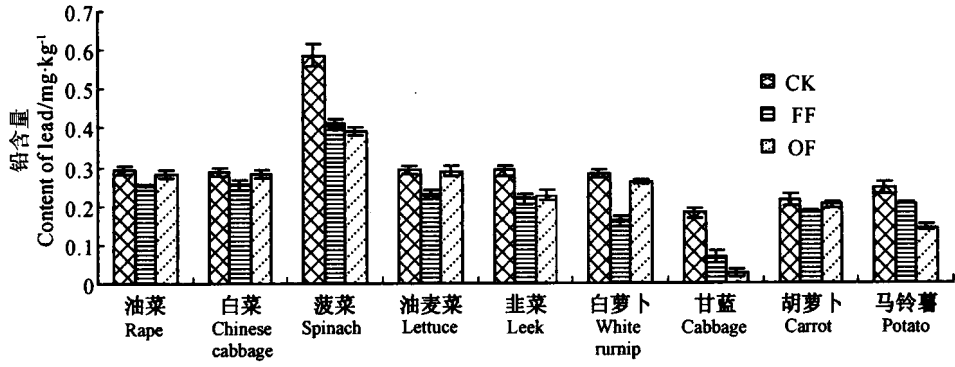


图 1 9 种蔬菜中总铅含量
Fig. 1 The content of lead in nine vegetables

质经过茎转运至叶内进行转化利用,另一方面叶片可以从空气中吸收沉降颗粒内的金属离子,而近年来由于社会经济的发展,致使空气污染加剧,特别是铅污染比较严重。甘蓝的富集能力小于其它叶菜类,是由于甘蓝的功能叶和可食的球形叶分离,矿质元素主要富集在功能

叶中。
由图 1 可知,施用有机肥与对照组相比,9 种蔬菜中铅含量均有所降低,降低幅度在 5%~85.38%之间,其中结球甘蓝降低达 85.38%以上,菠菜降低近 68.07%,马铃薯降低 41.35%,韭菜降低也在 22.80%,其它蔬菜

的降低率在 5%~10%。表明施用有机肥可以减少蔬菜对重金属铅的富集作用。因为重金属以多种化学形态存在于土壤中,而植物吸收的只是某些形态的重金属^[7-8],施用有机肥的土壤中,有机质、氨基酸含量增高,有机质中腐殖质的羧基(-COOH)、羟基(-OH)、羰基(-C=O)和氨基(-NH₂)等能与重金属发生螯合和络合,使重金属在土壤溶液中失去活性,降低土壤中有效态重金属含量^[9-10],从而不被作物吸收,进而使蔬菜中铅含量降低。另一方面,增施有机肥可以改善土壤环境增加土壤中原生动物及微生物的活动,增加生物对土壤中重金属的转化和利用,从而降低土壤中重金属的含量。

由图 1 可知,施用叶面肥均能降低蔬菜中铅的含量,不同蔬菜降低幅度不同,降低幅度在 10%~62%之间,其中甘蓝和白萝卜降低最为明显,分别为 62.34%和 43.36%。试验施用的叶面肥中含有微量元素 Cu、Mn、Zn、B 和 Mo,以及营养物质 N、P₂O₅ 和 K₂O,这些元素会通过叶面渗透等作用被蔬菜叶片吸收,增加叶片中营养物质的含量,这样蔬菜对于从根部运输的营养需求就相对减少,而蔬菜中的铅主要来源于土壤,并通过根系吸收而转移到蔬菜的可食部分,所以会降低蔬菜中铅含量;另外由于微量元素和氮、磷、钾等营养元素通过叶面进入叶片组织细胞,增加了细胞液中盐浓度,也进一步抑制了根部及叶片对土壤和空气中金属离子的吸收,降低对铅等金属离子的富集。有研究表明,施用叶面肥可以提升蔬菜的品质,主要是提高了葡萄糖和维生素 C 的含量,不同蔬菜其变化不同^[11]。华瑞^[12]研究了喷施有机叶面肥对鲜食葡萄产量和品质的影响,结果表明,单独喷施有机叶面肥可以使葡萄果实中的总糖、维生素 C、微量元素的含量增加,但可溶性固形物、钙和镁含量降

低,产量也有降低的趋势。喷施有机营养型专用叶面肥可以提高豆角收获物维生素 C 和可溶糖含量,提高收获部位的氮、磷、钾干物养分含量^[13]。通过研究叶面肥对苗期油菜生长特性的影响,发现生物活性物质、微量元素和氮、磷、钾等物质从不同方面促进油菜植株营养生长^[14]。由于施用叶面肥可以提高作物中营养的转化,从而增加作物的干物质重,进而降低作物体内重金属含量,同时细胞内有机物质的变化,可以影响细胞对金属离子的吸收和转化,具体影响需进一步研究。

由图 1 可知,油菜、白萝卜、油麦菜、韭菜、胡萝卜和白菜,叶面肥比有机肥降低铅含量明显。甘蓝、菠菜和马铃薯,施用有机肥比喷施叶面肥能明显降低铅含量。不同施肥方式对不同蔬菜中铅含量的影响不同。具体原因可能与不同蔬菜对各种营养元素的吸收转运特性有关,应对多种肥料进行试验加以验证。

2.2 蔬菜不同生长期对铅的富集作用

蔬菜在不同生长期对养分的吸收和需求不同。对于甘蓝,在生长期为 60 d 时,采摘整个植株作为检测对象;90 d 时,采集可食的球状部分为检测对象;二者比较结果见图 2。结果发现,3 种处理可食球中铅含量均远低于整株,3 种处理大小顺序均为 CK>FF>OF。表明果实(接球)中重金属含量小于整株,叶面肥和有机肥均能较果实中的重金属铅的含量低。因为重金属在作物体内的迁移能力相对较弱,在旺盛生长期,功能叶作为生长中心使营养物质大量富集,当作物结实(甘蓝接球)后功能叶中的营养物质转化成糖类、氨基酸等重新分配到果实中,而重金属物质则大部分残留在枯死的功能叶内。因此甘蓝可食球部分对铅的富集量最低。



图 2 甘蓝不同生长期铅含量变化

Fig. 2 The change of content of lead in different growing period

2.3 市场销售蔬菜中铅含量调查

为了进一步对试验地区周围蔬菜产地生产的蔬菜中铅水平进行评估,选择春季大面积种植的 4 种蔬菜(韭菜、白菜、菠菜和油菜)进行调查,结果如表 3 所示。除了在产地采集的菠菜样品中铅含量为 0.3392 mg/kg,超出国家标准限量 0.3 mg/kg 外,其它样品中铅含量均小于国家标准限量值。这与模拟试验结果相一致。当地出产的韭菜、白

菜和油菜不存在铅污染风险,是安全的。通过以上研究表明,菠菜对铅的富集能力较强,而调查中又有阳性样品出现,其它 3 种蔬菜对铅的富集能力相对较弱。表明该市菠菜存在铅污染风险,对于菠菜,应该广泛采样,并连续跟踪调查,以获得足够多的数据。菠菜对铅的富集能力较强可能与菠菜的根系分泌物的特性,及其体内铅离子的迁移转化有关,具体原因应进一步研究。

表 3

张家口市部分蔬菜产地蔬菜中铅含量

Table 3

The content of lead for vegetable in Zhangjiakou

产地 Origin place	蔬菜 Vegetables	铅含量 Content of lead/mg · kg ⁻¹	产地 Origin place	蔬菜 Vegetables	铅含量 Content of lead/mg · kg ⁻¹
产地 1 Origin Place 1	韭菜 Leek	0.1610±0.0053	产地 3 Origin Place 3	韭菜 Leek	0.1261±0.0039
	白菜 Chinese cabbage	0.2133±0.0132		白菜 Chinese cabbage	0.1731±0.0092
	菠菜 Spinach	0.3392±0.0109		菠菜 Spinach	0.2104±0.0102
	油菜 Rape	0.1512±0.0086		油菜 Rape	0.1127±0.0056
产地 2 Origin Place 2	韭菜 Leek	0.1456±0.0092	产地 4 Origin Place 4	韭菜 Leek	0.1049±0.0076
	白菜 Chinese cabbage	0.0792±0.0045		白菜 Chinese cabbage	0.1635±0.0089
	菠菜 Spinach	0.1500±0.0054		菠菜 Spinach	0.1915±0.0043
	油菜 Rape	0.1217±0.0067		油菜 Rape	0.1021±0.0063

3 结论

采用有机肥做底肥和喷施叶面肥 2 种不同的处理方式,均能够降低蔬菜中铅的含量,减少蔬菜对铅的富集作用,其中有的蔬菜降低作用明显,高达 85%。不同蔬菜 2 种施肥方式的影响不尽相同,油菜、白萝卜、油菜菜、韭菜、胡萝卜和白菜,叶面肥比有机肥降低铅含量明显;甘蓝、菠菜和马铃薯,施用有机肥比喷施叶面肥能明显降低铅含量。

蔬菜不同生育时期对铅的富集能力不同,果实(接球)中重金属铅的含量低于整株铅含量。表明蔬菜中重金属铅的迁移能力较弱。

通过对试验地生产的 4 种蔬菜中铅含量的调查,蔬菜中铅含量高于国家标准限量,存在铅污染风险,应进行跟踪调查。通过试验表明,菠菜对铅的富集能力较强,具体机理应进行进一步深入研究。

参考文献

- [1] 张丕方,赵庆华. 叶面肥在农业上的应用[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1990.
- [2] 胡伟,王兴祥,黄国勤,等. 不同施肥方式对菜园土壤环境质量及作物产量的影响[J]. 江西农业学报,2006,18(2):80-83.
- [3] 马智宏,李吉进,潘立刚,等. 不同有机肥处理对土壤及芹菜中重金属残留的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(21):9181-9183.

- [4] 黄明,林华,张学洪,等. 施肥对大白菜吸收电镀污染土壤中重金属的影响[J]. 生态与农村环境学报,2009,25(3):104-108.
- [5] 孔文杰,倪吾钟. 有机无机肥配合施用对土壤—油菜系统重金属平衡的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(3):32-35.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [7] Iyengar S S, Martens D C, Millerw P. Distribution and Plant Availability of Soil Zinc Fractions [J]. Soil Science Society of American Journal, 1981,45(3):735-739.
- [8] 祖艳群,李元,陈海燕,等. 蔬菜中铅镉铜锌含量的影响因素研究[J]. 农业环境科学学报,2003,22(3):289-292.
- [9] 李波,青长乐,周正宾,等. 肥料中氮磷和有机质对土壤重金属的影响及在治污中的应用[J]. 重庆环境科学,2000,22(6):37-40.
- [10] 黄明,林华,张学洪,等. 施肥对大白菜吸收电镀污染土壤中重金属的影响[J]. 生态与农村环境学报,2009,25(3):104-108.
- [11] 李俊红,丁志强,张洁,等. 叶面肥在生产中的应用效果研究[J]. 耕作与栽培,2008,40(6):52-53.
- [12] 华瑞. 喷施有机叶面肥对鲜食葡萄产量和品质的影响[J]. 陕西农业科学,2004(6):17-19.
- [13] 杨少梅,操君喜,彭智平,等. 喷施有机营养型专用叶面肥对豆角产量和品质的效应[J]. 广东农业科学,2007(2):6-7.
- [14] 李瑞海,徐大兵,黄启为,等. 叶面肥对苗期油菜生长特性的影响[J]. 南京农业大学学报,2008,31(3):91-96.

(注:该文作者还有闫早婴,单位同第一作者。)

Effect of Different Fertilizing Modes on the Content of Lead of Vegetable

ZHAO Hai-xiang, YUAN Ding, JIA Yan-xia, LIU Hai-ping, ZHAO Hai-chao, DU Shi-jie, YAN Zao-ying

(Department of Chemistry, College of Science, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000)

Abstract: The nine vegetables (included spinach, lettuce, rape, leek, Chinese cabbage, white turnip, potato, carrot and cabbage) were selected as the research materials in this study. Effects of different fertilizing modes included organic fertilizer and foliar-fertilizer on the content of lead of nine vegetables were studied through field experiment. The results showed that two different fertilizing modes could decrease the heavy metal pb absorption capacity of nine vegetables, but the decreased degree was different of nine vegetables. The decreased degree of cabbage was obvious and they were 85.38% and 62.34%. The lead content of fruit was lower than the whole vegetables, for the power of plant migration to lead was weak. The content of lead of vegetables in the same city was investigated and showed the spinach was a risk of lead pollution. This experiment results showed that the enriched capacity of spinach to lead was more than other vegetables.

Key words: organic fertilizer; foliar-fertilizer; vegetable; lead