

信息叠加法大田初步筛选镉铅低富集叶菜^①

唐明灯^{1,2}, 艾绍英^{1,2*}, 李盟军^{1,2}, 曾招兵^{1,2}, 姚建武^{1,2}, 王艳红^{1,2}

(1 广东省农业科学院土壤肥料研究所, 广州 510640; 2 广东省养分资源循环利用与耕地保育重点实验室, 广州 510640)

摘要: 为了降低 Cd、Pb 污染菜地的食物链风险, 在 Cd、Pb 全量及田间管理等不一致的广州市城郊菜地, 进行了 2 个大田小区试验来研究 29 种常见叶菜的 Cd、Pb 吸收特征, 并通过信息叠加法来筛选 Cd、Pb 低富集叶菜。结果表明, 供试叶菜地上部 Cd、Pb 含量都没有超过我国食品中污染物限量标准, Cd 在叶菜中的迁移能力较 Pb 强; 叶菜 Cd 含量呈现科属亲缘特征, 莴苣属和番薯属叶菜地上部 Cd 含量显著高于芸苔属 ($p < 0.05$)。同时筛选到 3 种低 Cd 叶菜和 6 种低 Pb 叶菜, 在广州近郊菜地种植, 其可食部分 Cd、Pb 较低。

关键词: 信息叠加法; 镉; 铅; 叶菜

中图分类号: X506

随着城市化和工业化的快速发展, 土壤重金属污染越来越严重^[1]。重金属以其在环境中的毒性和持久性、并通过食物链危害公众健康而倍受关注^[2-3], 如其中毒性较大的重金属 Cd、Pb, 在人体内富集能引起心血管、肾脏、神经及骨组织疾病^[4]。目前我国蔬菜人均占有量已经超过粮食, 但城郊蔬菜重金属 Cd、Pb 含量超标严重^[5-7], 超标率高低顺序为叶菜类蔬菜 > 根菜类蔬菜 > 瓜果类蔬菜^[8-9], 因为叶菜对 Cd、Pb 的迁移能力较强^[10]。所以, 我国城市居民面临严重的叶菜 Cd、Pb 暴露风险。

如何降低城郊叶菜重金属含量是 21 世纪以来新兴的研究热点和难点。叶菜重金属含量与土壤重金属全量正相关^[11], 但在同一污染水平土壤上, 植物吸收重金属表现出基因型和生态型差异^[12-15], 可以利用叶菜基因型差异筛选低富集重金属蔬菜品种^[6,16]。目前主要以可食部分重金属含量为指标进行筛选, 筛选方法为: 盆栽初选(常为外加重金属土壤)-大田验证^[16-19]及矿区大田直接筛选^[20]; 但以上方法很难筛选到合适的叶菜、且叶菜重金属含量在大田推广应用中出现较大变异, 这是由于土壤 pH、有机质、阳离子代换量、气温光照、灌溉水及灌溉方式、酸雨、大气沉降、施肥方式、非目标重金属的拮抗等多种因素也影响叶菜重金属含量^[4,21-24], 因而筛选到的低富集叶菜较少^[18-19,25-26]。

可见, 叶菜重金属含量就是众多因素(信息)合力的结果。如何在诸多信息中筛选由叶菜本质特性(constitutive property)决定的、对“合力”不敏感且重金属含量较低的叶菜? 根据地理信息系统中图层叠加能够筛选出共同信息的原理^[27], 本文拟以广州市常见的 29 种叶菜为体系, 以广州市郊土壤重金属含量、pH、有机质、灌溉水等不一致的 2 块菜地土壤为信息图层, 通过 2 块菜地同一叶菜地上部 Cd、Pb 含量信息叠加的屏蔽作用及同一叶菜 Cd、Pb 平均含量的比值(0.75~1.30 之间)厘定叶菜的本质特性和环境惰性, 人为设定较严格的叶菜 Cd、Pb 含量限值标准(≤ 0.05 mg/kg, 以鲜重计), 筛选受环境因素影响较小的 Cd、Pb 低富集叶菜, 从而达到高效、快速筛选 Cd、Pb 低富集叶菜种质资源的目的。

1 材料与方法

1.1 试验区概括及土壤背景

试验地位于广州市郊的白云区(23°15'16.8"N, 113°11'32.0"E)和番禺区(22°59'25.0"N, 113°17'47.2"E)。广州市自 20 世纪 80 年代改革开放以来, 城市化和工业化发展很快, 许多污染企业进驻该地, 污水灌溉、垃圾堆放及大气沉降使市郊农田土壤尤其是菜地土壤重金属出现异常, 从而导致蔬菜等作物重金属含量异常, 大大提高了市民的食物链重金属暴露风险与潜在

①基金项目: 广东省科技厅重大专项(2007A032303001、2008A030202002)、广东省农业领域重点专项项目(2009A0201005)和广东省自然科学基金项目(9451064001002909)资助。

* 通讯作者 (shaoyingai@21cn.com)

作者简介: 唐明灯(1968—), 男, 湖南武冈人, 博士, 助理研究员, 主要从事土壤重金属污染及其调控措施研究。E-mail: njautmd@163.com

的人体健康风险。

白云区供试土壤pH 6.22、Cd全量 0.48 mg/kg、Pb全量 48.3 mg/kg、DTPA-Cd 0.18 mg/kg、DTPA-Pb 8.19 mg/kg、有机C 21.3 g/kg、全 N 2.23 g/kg、碱解N 202 mg/kg、有效 P 160 mg/kg、速效 K 219 mg/kg; 菜地为深沟高畦, 沟中储水用于浇灌, 灌溉水来自流溪河。番禺区供试土壤pH 7.27、Cd全量 1.53 mg/kg、Pb全量 69.9 mg/kg、DTPA-Cd 0.21 mg/kg、DTPA-Pb 7.14 mg/kg、有机C 10.9 g/kg、全 N 1.11 g/kg、碱解 N 97.6 mg/kg、有效P 66.0 mg/kg、速效K 89.0 mg/kg; 菜地垄畦低, 旁边有储水池供菜地浇灌, 灌溉水来自混有生活污水的山沟水。可见白云区土壤Cd含量超过土壤环境质量二级标准、低于三级标准, 番禺区土壤超过三级标准; 白云区和番禺区土壤Pb含量均超过土壤一级标准, 低于二级标准(GB 15618-1995)。经抽测, 两地农田灌溉水的重金属Cd、Pb都没有超过标准(数据未显示)(GB 5084-2005)。

1.2 供试叶菜品种

供试叶菜为广州市较常见的29个品种, 购于种子门市部, 其中10个菜心品种(*Brassica campestris ssp. chinensis* Makino var. *tsai-tai* Hort: 1[#]新西兰特级31号油青四九菜心、2[#]东莞白沙油青50天甜菜心、3[#]东莞坡头油青矮脚60天菜心、4[#]东莞坡头油青矮脚70天菜心、5[#]油青甜菜心80天、6[#]45天油青菜心、7[#]天翠柳叶油青菜心、8[#]甜翠菜心、9[#]澳洲008全年油绿甜菜心、10[#]航天一号)、3个芥菜品种(*Brassica juncea* Linn. Czern. et Coss. var. *juncea*: 11[#]特选竹芥菜、12[#]香港客家芥菜、13[#]新育成香港甜竹芥菜)、5个小白菜品种(*Brassica campestris ssp. chinensis* var. *communis* Tsen et Lee: 14[#]香港矮脚大头清江白菜、15[#]大头清梗白菜、16[#]春水黑叶白菜、17[#]黄金菜、18[#]葵扇黑叶白菜)、3个苋菜(*Amaranthus albus* Linna: 19[#]香港白油苋菜、20[#]白尖叶苋菜、21[#]优良花红苋菜种 *Amaranthus cruetus* Linna.)、3个空心菜品种(*Ipomoea aquatica* Forsskal: 22[#]新选特纯油青柳叶空心菜、23[#]港种大白骨通心菜、24[#]港种白骨大叶空心菜)、3个油麦菜品种(*Lactuca sativa* Linn. var. *angustata* Irish ex Bremer: 25[#]四季高产油麦、26[#]精选高产油麦、27[#]优良种高产油麦)、2个生菜品种(*Lactuca sativa* Linn. var. *ramosa* Hort: 28[#]意大利耐抽苔生菜、29[#]全年耐抽苔生菜)。1[#]~18[#]为十字花科芸苔属, 19[#]~21[#]为苋科苋属, 22[#]~24[#]为旋花科番薯属, 25[#]~29[#]为菊科莴苣属, 共4科、4属。

1.3 试验实施及样本前处理

2009年3—5月在广州市白云区和番禺区的大田进行试验, 供试面积约300 m², 均分为29个小区, 直播叶菜种子, 由农户按自己的施肥方式和病虫害防治方式管理, 叶菜达上市期才收获样本。洗净叶菜地上部、根, 用塑料打浆机(刀片为不锈钢)匀浆制成鲜样, 称取10.00 g鲜样于三角瓶中、用10.0 ml 混酸(HNO₃: HClO₄ = 4:1)消煮, 同时设置空白、称取标准样品进行质量监控, 火焰(石墨炉)原子吸收分光光度计(Hitachi-Z5000)测定消溶液中的Pb和Cd。

1.4 数据处理和统计

数据采用Excel 2003整理, SPSS 10.0统计。

2 结果与分析

2.1 叶菜镉含量

图1可见, 大部分叶菜地上部Cd含量超过食品中Cd限量0.05 mg/kg FW卫生标准(GB 15201-1994), 但所有叶菜Cd含量均没有超过0.2 mg/kg FW食品中污染物限量标准(GB 2762-2005); 其中“东莞白沙油青50天甜菜心、东莞坡头油青矮脚70天菜心、葵扇黑叶白菜”3种叶菜在白云区和番禺区试验地Cd含量平均值都低于0.05 mg/kg, 且2试验地同一叶菜Cd平均含量比值都在0.75~1.3之间, 为筛选到的3种Cd低富集叶菜。在白云区土壤上, 莴苣属和番薯属叶菜Cd含量显著高于芸苔属叶菜(p<0.05), 在番禺区土壤上, 苋属、莴苣属和番薯属叶菜Cd含量均显著高于芸苔属叶菜(p<0.05)(图2A), 表明供试芸苔属叶菜Cd迁移能力较低, 且土壤Cd含量对叶菜Cd含量的影响较小; 叶菜地上部Cd含量随土壤Cd含量的增加而提高, T检验表明番禺区4类叶菜地上部Cd含量均显著高于白云区叶菜(p<0.05), 叶菜Cd含量与土壤Cd含量显著正相关(相关系数为0.595, n=58, p<0.01)。

供试叶菜根Cd含量具有高于地上部Cd含量的趋势, 在白云区试验地上, 莴苣属和番薯属叶菜根Cd含量显著高于芸苔属根(p<0.05), 在番禺区试验地, 莴苣属、番薯属和苋属叶菜根Cd含量显著高于芸苔属叶菜根(p<0.05)(图2B), 表明供试芸苔属叶菜根富集Cd能力比较弱。4类叶菜根Cd含量随着土壤Cd含量的增加而增加, 经T检验表明, 番禺区试验地叶菜根Cd含量均显著高于白云区叶菜根(p<0.05), 且根Cd含量与土壤Cd含量、地上部Cd含量显著正相关(相关系数分别为0.671、0.728, n=58, p<0.01)。

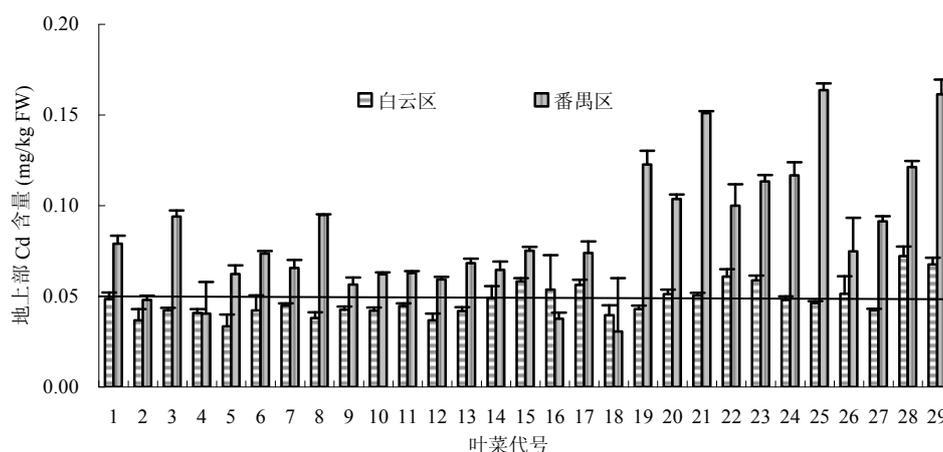
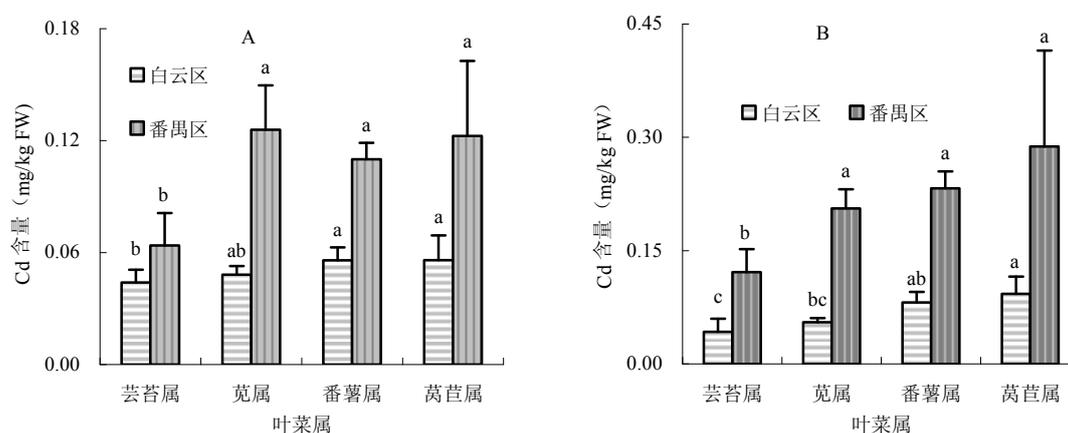


图 1 供试叶菜地上部 Cd 含量

Fig. 1 Shoot Cd contents of tested leaf vegetables



(数值为平均值±标准差, 同一区相同字母表示重金属含量平均值之间没有显著差异 ($p < 0.05$), 下同)

图 2 不同属叶菜地上部 (A) 和根 (B) Cd 含量

Fig. 2 Shoot (A) and root (B) Cd contents in leaf vegetables of different genera

2.2 叶菜铅含量

图 3 显示, 所有叶菜地上部 Pb 含量均没有超过我国食品中污染物 Pb 限值标准 0.3 mg/kg FW (GB 2762-2005), 也没有超过食品中 Pb 元素限量 0.2 mg/kg FW 卫生标准 (GB 14935-1994)。与叶菜地上部 Cd 含量相比, 地上部 Pb 含量大多低于 0.05 mg/kg , 白云区 and 番禺区试验地叶菜 Pb 含量平均值均低于 0.05 mg/kg 的有 17 种, 其中 2 试验地同一叶菜 Pb 平均含量比值在 $0.75 \sim 1.3$ 之间的有: 新育成香港甜竹芥菜、大头清梗白菜、港种大白骨通心菜、港种白骨大叶空心菜、四季高产油麦、全年耐抽苔生菜, 初步认为这 6 种叶

菜为 Pb 低富集叶菜, 由于白云区与番禺区土壤 Pb 含量、DTPA-Pb 含量比较接近, 这 6 种叶菜的 Pb 低富集特性宜进一步确定。白云区试验地的苋菜属叶菜地上部 Pb 含量显著高于芸苔属、番薯属和莴苣属 ($p < 0.05$), 而番禺区试验地苋菜属地上部 Pb 含量仅显著高于芸苔属 ($p < 0.05$), 可见供试芸苔属叶菜地上部 Cd、Pb 含量均较低 (图 2A, 4A); 经 T 检验, 与白云区试验地叶菜地上部 Pb 含量相比, 番禺区 Pb 含量有下降趋势, 其中芸苔属叶菜具有显著差异 ($p < 0.05$), 且供试叶菜地上部 Pb 含量与土壤 DTPA-Pb 含量显著正相关 (相关系数为 0.381 , $n = 58$, $p < 0.01$)。

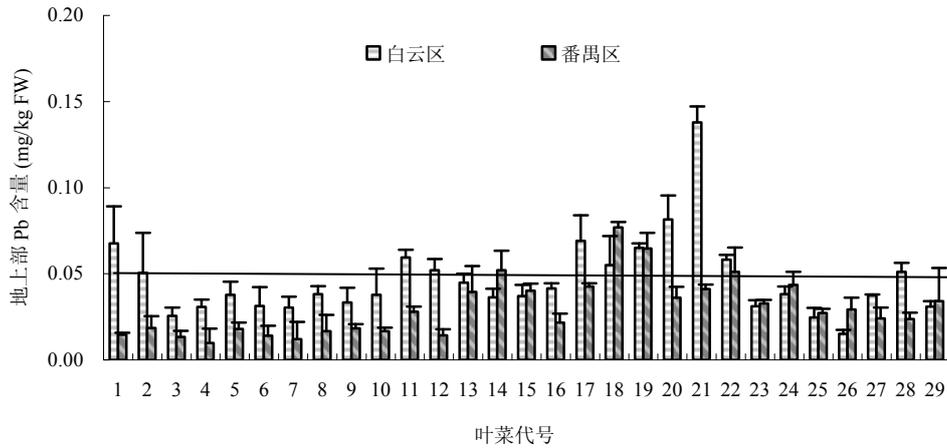


图 3 供试叶菜地上部 Pb 含量

Fig. 3 Shoot Pb contents of tested leaf vegetables

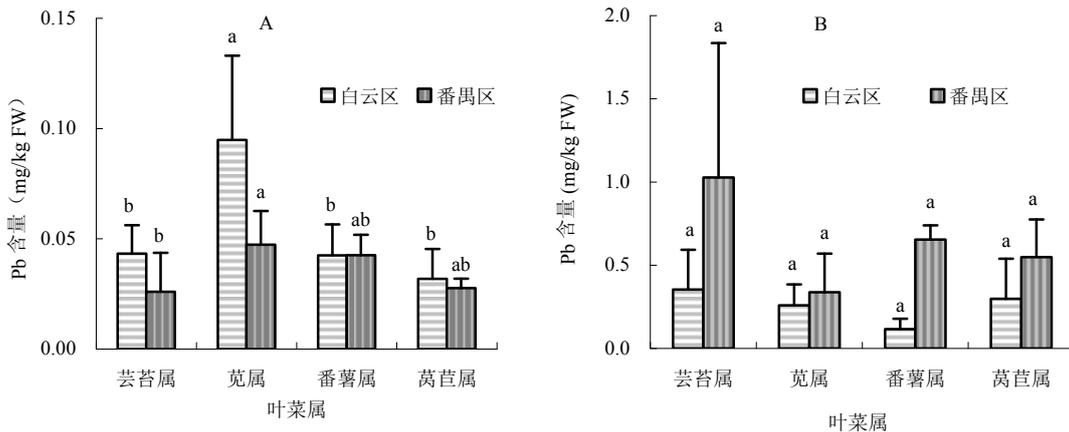


图 4 不同属叶菜地上部 (A) 和根 (B) Pb 含量

Fig. 4 Shoot (A) and root (B) Pb contents in leaf vegetables of different genera

经 T 检验发现,叶菜根 Pb 含量显著高于地上部($p < 0.05$); 在白云区或番禺区试验地上 4 类叶菜根 Pb 含量都没有显著差异 ($p > 0.05$) (图 4B)。与白云区试验地相比,叶菜根 Pb 含量具有随番禺区土壤 Pb 含量提高而增加的趋势,经 T 检验,其中番禺区芸苔属叶菜(或番薯属叶菜)根的 Pb 含量显著高于白云区(图 4B); 根 Pb 含量与土壤 Pb 含量显著正相关(相关系数为 0.462, $n = 58$, $p < 0.01$),根 Pb 含量与地上部 Pb 含量没有显著相关性(相关系数为 -0.318, $n = 58$, $p > 0.05$)。

3 讨论

目前尚没有统一的筛选植物重金属吸收特性的标

准方法^[18]。其研究的理论依据为生物多样性和遗传多样性,目前呈现 2 种研究趋势:①筛选重金属高富集乃至超富集植物,用于加快土壤重金属污染的植物修复速度,从而恢复土壤的正常功能并生产有害成分低的食物^[14];②筛选重金属低富集农作物,降低污染土壤上食品有害成分的含量并保障人体健康^[18-19]。筛选重金属高富集植物(超富集植物)常常始于矿区,经室内分析、水培及盆栽试验验证确认,因为矿区植物经过富重金属土壤的长期暴露和自然筛选。与之相比,低富集作物筛选的困难在于合理参照系和标准的选择,如朱云和杨中艺^[20]在矿区污灌土壤筛选低 Cd、Pb 富集的豆角,24 种供试豆角 Cd、Pb 含量都较低,无法初步确定低富集豆角品种。对易于富集重金属的叶菜

而言, 参照系和标准的合理选择显得尤为重要, 如张永志等^[16]根据设定的标准 (①蔬菜可食部分重金属含量与土壤重金属含量没有显著相关, ②以上两者显著相关 + 蔬菜可食部分重金属含量低于限值 (Cd: 0.05 mg/kg, Pb: 0.2 mg/kg) + 外加的较高重金属 (Pb: 300 mg/kg, Cd: 0.9 mg/kg) 处理没有显著降低生物量) 进行重金属Cd、Pb低富集蔬菜筛选, 供试叶菜地上部Cd、Pb含量都超过了限值, 结果没有筛选到Cd、Pb低富集叶菜, 另外, 供试叶菜品种少和外加Cd污染也是没有筛选到合适的Cd、Pb低富集叶菜的重要原因^[28]。Liu等^[18-19]通过外加Cd、Pb在盆栽条件筛选到大白菜, 但在Cd、Pb含量较低的大田土壤中, 部分大白菜Cd、Pb含量超过了盆栽试验。基于以上原因, 我们设计 2 处自然污染大田进行试验, 通过信息叠加, 在比较严格的 2 试验地叶菜地上部Cd、Pb含量比值及Cd、Pb限值 (0.05 mg/kg) 基础上筛选Cd、Pb低富集叶菜。理论上, 供试地土壤各组分、土壤理化性质、灌溉水、灌溉方式、酸雨、大气沉降、施肥方式等差异越大, 该方法筛选出的低富集叶菜越可靠。因此, 本文筛选到的Cd低富集叶菜比Pb低富集叶菜的金属吸收性更稳定。

植物地上部重金属含量不仅表现出基因型差异, 同时也还表现出科属亲缘特性^[12-15]。叶菜重金属含量较高^[29], 其中苋菜属、通心菜及莴苣属Cd含量更突出^[8, 30-31], 本文供试苋菜属、通心菜及莴苣属叶菜地上部Cd含量特征与此一致 (图 2A); 所以, 从苋菜属、通心菜及莴苣属筛选低Cd富集叶菜较困难, 因而本文筛选到的低Cd叶菜都属于芸苔属。Fan和Zhou^[31]从苋菜中筛选到天星米苋菜为超富集植物, 可以用于植物修复, 此外, 我们认为苋菜属、莴苣属及通心菜可以作为重金属Cd污染的菜地土壤修复效果的指示植物。土壤Pb含量相差 1 000 mg/kg条件下, 大白菜地上部Pb含量随土壤Pb含量的增加而增加^[18], 而本文两土壤Pb含量相差较小, 叶菜地上部Pb含量与土壤Pb含量显著负相关, 这是因为白云区土壤DTPA-Pb含量较番禺区土壤高。

4 小结

在供试土壤上, 29 种供试叶菜可食部分 Cd、Pb 含量都没有超过食品中污染物限量标准; 供试叶菜对 Cd 的迁移能力比 Pb 强, 且叶菜 Cd 含量表现一定的科属亲缘特性, 莴苣属和番薯属叶菜地上部 Cd 含量显著高于芸苔属 ($p < 0.05$)。基于广州市城郊菜地土壤 Cd、Pb 含量状况, 种植东莞白沙油青 50 天甜菜心、东莞

坡头油青矮脚 70 天菜心、葵扇黑叶白菜的食物链 Cd 暴露风险较低; 有 6 种供试叶菜其可食部分 Pb 含量较安全。

参考文献:

- [1] 郑茂坤, 骆永明, 赵其国, 滕应, 谭长银. 企业密集区土壤主要污染物的空间分布及其预测性初步探讨. 土壤, 2009, 41(4): 540-547
- [2] Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environmental Pollution, 2001, 114(3): 313-324
- [3] Micó C, Recatalá L, Peris M, Sánchez J. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere, 2006, 65(5): 863-872
- [4] Radwan MA, Salama AK. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44(8): 1 273-1 278
- [5] 梅惠. 城郊部分菜地土壤重金属污染简述. 地质科技情报, 2004, 23(1): 89-93
- [6] 薛艳, 沈振国, 周东美. 蔬菜对土壤重金属吸收的差异与机理. 土壤, 2005, 37(1): 32-36
- [7] 孙光闻, 朱祝军, 方学智, 陈日远, 刘厚诚. 我国蔬菜重金属污染现状及治理措施. 北方园艺, 2006(2): 66-67
- [8] Alexander PD, Alloway BJ, Dourado AM. Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. Environmental Pollution, 2006, 144(3): 736-745
- [9] 徐勇贤, 王洪杰, 黄标, 史学正, 于东升, 常青, Öborn I. 长三角工业型城乡交错区蔬菜生产系统重金属平衡及健康风险. 土壤, 2009, 41(4): 548-555
- [10] Sipter E, Rózsa E, Gruiz K, Tátrai E, Morvai V. Site-specific risk assessment in contaminated vegetable gardens. Chemosphere, 2008, 71(7): 1 301-1 307
- [11] McBride MB. Toxic metals in sewage sludge-amended soils: Has promotion of beneficial use discounted the risks? Advances in Environmental Research, 2003, 8(1): 5-19
- [12] Zhao FJ, Dunham SJ, McGrath SP. Arsenic hyperaccumulation by different fern species. New Phytologist, 2002, 156(1): 27-31
- [13] Deng DM, Shu WS, Zhang J, Zou HL, Lin Z, Ye ZH, Wong MH. Zinc and cadmium accumulation and tolerance in populations of *Sedum alfredii*. Environmental Pollution, 2007, 147(2): 381-386
- [14] Wu LH, Li N, Luo YM. Phytoextraction of heavy metal contaminated soil by *Sedum plumbizincicola* under different agronomic strategies // The Proceedings of 5th International

- Phytotechnologies Conference. Nanjing, China, 2008: 49-50
- [15] Mleczek M, Rissmann I, Rutkowski P, Kaczmarek Z, Golinski P. Accumulation of selected heavy metals by different genotypes of *Salix*. *Environmental and Experimental Botany*, 2009, 66(2): 289-296
- [16] 张永志, 郑纪慈, 徐明飞, 王钢军. 重金属低积累蔬菜品种筛选的探讨, *浙江农业科学*, 2009 (5): 872-875
- [17] 郑纪慈, 张永志, 徐明飞, 赵首萍, 王钢军. 重金属低积累/低富集蔬菜品种的筛选方法: 中国, 200810121849.9, 2009-03-25
- [18] Liu WT, Zhou QX, Zhang YL, Wei SH. Lead accumulation in different Chinese cabbage cultivars and screening for pollution-safe cultivars. *Journal of Environmental Management*, 2010, 91(3): 781-788
- [19] Liu WT, Zhou QX, An J, Sun YB, Liu R. Variations in cadmium accumulation among Chinese cabbage cultivars and screening for Cd-safe cultivars. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 173(1/3): 737-743
- [20] 朱云, 杨中艺. 生长在铅锌矿废水灌溉区的长豇豆组织中Pb、Zn、Cd含量的品种间差异. *生态学报*, 2007, 27(4): 1376-1385
- [21] Grant CA, Bailey LD, McLaughlin MJ, Singh BR. Management factors which influence cadmium concentrations in crops // McLaughlin MJ, Singh BR. Eds. *Cadmium in Soils and Plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999: 151-198
- [22] Fest EPMJ, Temminghoff EJM, Comans RNJ, van Riemsdijk WH. Partitioning of organic matter and heavy metals in a sandy soil: Effects of extracting solution, solid to liquid ratio and pH. *Geoderma*, 2008, 146(1/2): 66-74
- [23] Huynh TT, Laidlaw WS, Singh B, Gregory D, Baker AJM. Effects of phytoextraction on heavy metal concentrations and pH of pore-water of biosolids determined using an *in situ* sampling technique. *Environmental Pollution*, 2008, 156(3): 874-882
- [24] 贾劼, 解静芳, 范仁俊, 金国文, 张秋华. 酸雨和降尘污染对菠菜和生菜几种重金属含量的影响. *华北农学报*, 2008, 23(4): 213-216
- [25] 杨中艺, 王俊丽, 周轶慧, 龚玉莲, 黄白飞, 周春燕, 李海军, 袁剑刚, 辛俊亮, 李兆雄. 一种减少土壤重金属镉污染蔬菜的方法: 中国, 200710029732.3. 2008-01-16
- [26] 杨中艺, 邱丘, 袁剑刚, 周轶慧, 王宇涛, 辛俊亮. 一种减少土壤重金属镉、铅污染菜心的方法: 中国, 200910037648.5. 2009-08-12
- [27] 雷军, 包玉海, 银山, 阿拉坦图雅. 遥感与GIS多信息叠加分析法的理论与应用—以内蒙古土壤水力侵蚀评价为例. *内蒙古大学学报(自然科学汉文版)*, 2001, 30(4): 361-364
- [28] 徐明飞, 郑纪慈, 阮美颖, 王钢军, 张永志, 俞林火. 不同类型蔬菜重金属(Pb, As, Cd, Hg)积累量的比较. *浙江农业学报*, 2008, 20(1): 29-34
- [29] 师小平. 佛山市蔬菜中若干重金属元素含量调查与分析. *广东微量元素科学*, 2006, 13(7): 44-47
- [30] Wang G, Su MY, Chen YH, Lin FF, Luo D, Gao SF. Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edible parts of six vegetable species in southeastern China. *Environmental Pollution*, 2006, 144(1): 127-135
- [31] Fan HL, Zhou W. Screening of amaranth cultivars (*Amaranthus mangostanus* L.) for cadmium hyperaccumulation. *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8: 342-351

Preliminary Screening for Leaf Vegetables with Lower Cd or Pb Contents by Using Informational Superposition in Fields

TANG Ming-deng^{1,2}, AI Shao-ying^{1,2}, LI Meng-jun^{1,2}, ZENG Zhao-bing^{1,2}, YAO Jian-wu^{1,2}, WANG Yan-hong^{1,2}

(1 *Institute of Soil and Fertilizer, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;*

2 *Guangdong Key Laboratory of Nutrient Cycling and Farmland Conservation, Guangzhou 510640, China)*

Abstract: To reduce the food chain risk for vegetable soils contaminated Cd, and/or Pb, two field trials were conducted to investigate Cd or Pb uptake by 29 varieties of familiar leaf vegetables and to screen leaf vegetables with lower Cd or Pb content by using the informational superposition method under the condition of suburb vegetable soils in Guangzhou City. The results showed that the shoot Cd or Pb content of tested vegetables was lower than the national maximum levels of contaminants in foods. Cd in the tissues of leaf vegetables transported easier than Pb. Leaf vegetables within the same genus accumulated Cd to a similar extent, shoot Cd contents in the *Ipomoea* and *Lactuca* were higher significantly ($p < 0.05$) than that in the *Brassica*. 3 varieties of leaf vegetables were screened out with lower Cd content and 6 ones with lower Pb content as health vegetables for planting in the suburb of Guangzhou City.

Key words: Informational superposition method, Cd, Pb, Leaf vegetable