

# 不同基因型大白菜镉和铅含量差异研究

井彩巧

(兰州市农业科学研究所, 兰州 730000)

**摘要:** 选用 38 个大白菜品种, 在春夏和秋季种植于大田, 进行植株地上可食部分 Cd 和 Pb 含量差异研究。结果表明, 不同大白菜品种间 Cd、Pb 含量均存在显著差异, 且两季节结果基本相同。

**关键词:** 大白菜; 镉; 铅

中图分类号: S 634.1 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 02-0402-03

## Studies on Cd and Pb Contents of Different Chinese Cabbage Genotypes

Jing Caiqiao

(Lanzhou Institute of Agricultural Science, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** A total of 38 Chinese cabbage [*Brassica campestris* ssp. *Pekinensis* (Lour.) Olsson] were selected and planted in field in spring and autumn respectively for studying the different accumulations of Cd and Pb among the species. The results showed that the quantity of accumulations of Cd and Pb between two species was significant. The results were respectively obtained in spring and autumn were the same.

**Key words:** Chinese cabbage; Cd; Pb

### 1 目的、材料与方法

目前国内外对重金属镉 (Cd) 和铅 (Pb) 污染的研究已相当广泛、深入<sup>[1~3]</sup>。但对大白菜 [*Brassica campestris* ssp. *Pekinensis* (Lour.) Olsson] 不同品种间 Cd、Pb 含量差异的研究则很少有报道。大白菜是对 Cd 和 Pb 累积的蔬菜种类之一, 而且又是南北方地区最大众化的蔬菜。因此, 降低大白菜中 Cd 和 Pb 的含量有着重要意义。对目前生产中的大白菜品种进行 Cd 和 Pb 含量的测定与筛选, 可为低含量 Cd 和 Pb 的大白菜品种的选择提供理论依据。

收集了国内外在本地种植的 38 份大白菜品种, 于 2004 年 5~7 月 (春夏茬) 和 2004 年 8~10 月 (秋茬) 在兰州市湟水大通河灌溉区的红古区种植, 土壤中 Cd 总含量为  $0.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  干土, Pb 总含量为  $52.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  干土, 以露地栽培方式进行品种比较试验。小区面积  $8 \text{ m}^2$ , 每品种一小区起垄点播两行, 行距 40 cm, 株距 40 cm, 每小区 50 株, 随机排列, 3 次重复。每茬开始试验时都取土样分析, 土壤农化性状基本稳定。田间各项栽培管理与生产实际相同。

播种后 40 d (植株全部开始抱茎) 采样分析测定, 取样时间均为 9:00~9:30。每小区每次重复测定 3 次, 每测定取样 5 株, 以后每隔 10 d 取样测定 1 次, 每个季节的试验均取样测定 3 次, 各得到 9 个测定数据。分析所用数据均为测定平均值。于室内用去离子水冲洗干净、风干、磨细。加  $\text{HNO}_3$ 、 $\text{HClO}_4$ 、HF 消煮后用石墨炉原子吸收分光光度法 (AFS) 测定 Cd、Pb 含量, 数据采用 Excel 软件进行统计分析。

### 2 结果分析与讨论

#### 2.1 不同品种 Cd 含量的差异

春夏季栽培试验所得结果 (表 1) 表明, 大白菜各品种间 Cd 含量存在着显著差异, 丰源 2 号、

收稿日期: 2005-06-11; 修回日期: 2005-09-18

旺春白菜、惊春、丰抗 80、丰抗 70等的 Cd含量水平较高, 均在  $0.0407 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  以上, 显著高于其它品种 ( $P < 0.05$ ), 属于高 Cd含量品种类群; 而黄芯娃娃菜、黄芯 48、菊锦、阳春结球、阳春 Cd含量较低, 均在  $0.0103 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  以下, 显著低于其它品种 ( $P < 0.05$ ), 属于低 Cd含量品种类群。

秋茬试验的结果进一步证实白菜品种间 Cd含量存在着显著差异 (表 1), 各品种 Cd含量, 仍以丰源 2号、旺春白菜、惊春、丰抗 80、丰抗 70等的 Cd含量较高, 在  $0.0397 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  以上, 显著高于其它品种; 而黄芯娃娃菜、黄芯 48、菊锦、阳春结球、阳春 Cd含量较低, 均在  $0.0117 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  以下, 显著低于其它品种。经 *t* 测验, 38个品种中只有旺春白菜、药膳春、极品 3个品种两个栽培季节的结果差异显著, 其它品种差异均不显著。

表 1 两个茬口 38个大白菜品种植株可食部分镉和铅含量

Table 1 Cd and Pb contents in the shoots of 38 cultivars of Chinese cabbage in 2 growth seasons ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$ )

序号 品种 Code Cultivars	Cd				Pb			
	春夏 Spring and summer		秋季 Autumn		春夏 Spring and summer		秋季 Autumn	
	均值 $\pm$ SE	CV (%)	均值 $\pm$ SE	CV (%)	均值 $\pm$ SE	CV (%)	均值 $\pm$ SE	CV (%)
1 丰源 2号 Fengyuan 2	0.0480 $\pm$ 0.0005 a	6.25	0.0487 $\pm$ 0.0013 a	16.48	0.0310 $\pm$ 0.0002 f	3.23	0.0273 $\pm$ 0.0001 h	2.11
2 旺春白菜 Wangchun Pakchoi	0.0447 $\pm$ 0.0002 b	3.42	0.0480 $\pm$ 0.0002 a	2.08	0.0223 $\pm$ 0.0001 k	2.59	0.0300 $\pm$ 0.0001 fg	1.49
3 惊春 Jingchun	0.0447 $\pm$ 0.0007 b	10.10	0.0440 $\pm$ 0.0004 b	6.01	0.0227 $\pm$ 0.0001 k	2.55	0.0230 $\pm$ 0.0002 fj	4.35
4 丰抗 80 Fengkang 80	0.0443 $\pm$ 0.0006 b	7.92	0.0407 $\pm$ 0.0006 c	9.31	0.0347 $\pm$ 0.0006 d	10.13	0.0387 $\pm$ 0.0000 c	0.00
5 丰抗 70 Fengkang 70	0.0407 $\pm$ 0.0002 c	3.76	0.0383 $\pm$ 0.0004 d	2.91	0.0330 $\pm$ 0.0002 e	10.93	0.0320 $\pm$ 0.0002 f	3.12
6 四季王 Sijiwang	0.0383 $\pm$ 0.0004 d	6.57	0.0383 $\pm$ 0.0026 d	5.25	0.0230 $\pm$ 0.0006 jk	15.68	0.0207 $\pm$ 0.0005 k	13.97
7 高冷地 Gaolengdi	0.0383 $\pm$ 0.0004 d	6.57	0.0397 $\pm$ 0.0003 cd	5.38	0.0177 $\pm$ 0.0004 i	14.24	0.0213 $\pm$ 0.0002 jk	7.16
8 裕日强力 Yuri Qiangli	0.0377 $\pm$ 0.0004 d	6.68	0.0387 $\pm$ 0.0003 cd	41.44	0.0410 $\pm$ 0.0006 a	8.79	0.0590 $\pm$ 0.0016 a	16.95
9 裕日 Yuri	0.0377 $\pm$ 0.0005 d	8.11	0.0397 $\pm$ 0.0002 cd	6.57	0.0283 $\pm$ 0.0004 g	8.88	0.0283 $\pm$ 0.0007 gh	15.91
10 四季全能 50 Siji Quanneng 50	0.0357 $\pm$ 0.0010 e	18.03	0.0360 $\pm$ 0.0004 ef	7.35	0.0240 $\pm$ 0.0004 j	11.02	0.0203 $\pm$ 0.0007 k	36.91
11 高山娃娃菜 Gaoshan Wawacai	0.0343 $\pm$ 0.0005 ef	9.36	0.0330 $\pm$ 0.0004 fg	1.67	0.0157 $\pm$ 0.0002 m	9.75	0.0253 $\pm$ 0.0009 hi	21.74
12 四季黄 Sijihuang	0.0330 $\pm$ 0.0004 f	8.02	0.0347 $\pm$ 0.0001 f	2.94	0.0357 $\pm$ 0.0006 cd	9.85	0.0483 $\pm$ 0.0005 b	6.32
13 药膳春 Yaoshanchun	0.0323 $\pm$ 0.0005 fg	9.94	0.0240 $\pm$ 0.0002 ij	4.54	0.0217 $\pm$ 0.0001 k	2.66	0.0203 $\pm$ 0.0002 k	7.51
14 春大将 Chundajiang	0.0320 $\pm$ 0.0013 fg	24.80	0.0340 $\pm$ 0.0002 f	8.02	0.0313 $\pm$ 0.0002 f	4.88	0.0313 $\pm$ 0.0002 fg	4.88
15 鲁白 2号 Lubai 2	0.0310 $\pm$ 0.0003 g	6.45	0.0283 $\pm$ 0.0001 h	6.57	0.0267 $\pm$ 0.0002 hi	5.73	0.0270 $\pm$ 0.0004 hi	9.80
16 极品 Jipin	0.0300 $\pm$ 0.0004 gh	8.82	0.0230 $\pm$ 0.0003 ij	11.21	0.0303 $\pm$ 0.0003 f	6.86	0.0353 $\pm$ 0.0007 de	11.44
17 晚抽天福 Wanchou Tianfu	0.0297 $\pm$ 0.0003 gh	7.02	0.0317 $\pm$ 0.0003 g	6.90	0.0257 $\pm$ 0.0004 i	9.80	0.0280 $\pm$ 0.0002 gh	3.57
18 寒夏 Hanxia	0.0287 $\pm$ 0.0002 h	5.33	0.0290 $\pm$ 0.0003 h	2.04	0.0377 $\pm$ 0.0004 b	6.68	0.0387 $\pm$ 0.0006 c	9.08
19 丰源 3号 Fengyuan 3	0.0283 $\pm$ 0.0012 h	26.96	0.0337 $\pm$ 0.0002 fg	3.57	0.0327 $\pm$ 0.0005 e	9.35	0.0320 $\pm$ 0.0002 f	3.13
20 春秋全能 50 Chunqiu Quanneng 50	0.0283 $\pm$ 0.0009 h	19.44	0.0253 $\pm$ 0.0006 i	13.86	0.0270 $\pm$ 0.0002 gh	4.22	0.0260 $\pm$ 0.0007 hi	16.76
21 丰源 1号 Fengyuan 1	0.0277 $\pm$ 0.0005 h	11.62	0.0253 $\pm$ 0.0001 i	2.28	0.0327 $\pm$ 0.0003 e	6.37	0.0230 $\pm$ 0.0007 j	18.95
22 天福 75 Tianfu 75	0.0273 $\pm$ 0.0002 h	5.59	0.0280 $\pm$ 0.0002 h	4.17	0.0283 $\pm$ 0.0005 g	10.78	0.0297 $\pm$ 0.0015 g	30.40
23 高原将军 Gaoyuan Jiangjun	0.0250 $\pm$ 0.0004 i	10.58	0.0220 $\pm$ 0.0002 j	8.70	0.0250 $\pm$ 0.0004 ij	10.58	0.0253 $\pm$ 0.0004 hi	9.93
24 小杂 60 Xiaozha 60	0.0227 $\pm$ 0.0007 j	20.38	0.0313 $\pm$ 0.0003 g	4.35	0.0350 $\pm$ 0.0005 d	8.57	0.0360 $\pm$ 0.0004 d	7.35
25 春秋 54 Chunqiu 54	0.0220 $\pm$ 0.0002 j	4.55	0.0230 $\pm$ 0.0010 ij	4.55	0.0247 $\pm$ 0.0007 ij	16.38	0.0150 $\pm$ 0.0004 m	17.64
26 名家春 Mingjiachun	0.0213 $\pm$ 0.0003 j	9.76	0.0213 $\pm$ 0.0015 j	7.16	0.0147 $\pm$ 0.0002 mn	10.41	0.0173 $\pm$ 0.0005 i	17.63
27 强势 Qiangshi	0.0197 $\pm$ 0.0012 k	36.78	0.0160 $\pm$ 0.0070 k	41.72	0.0333 $\pm$ 0.0002 e	4.58	0.0337 $\pm$ 0.0002 ef	4.54
28 耐病天福 Naibing Tianfu	0.0160 $\pm$ 0.0004 l	16.54	0.0157 $\pm$ 0.0067 k	76.47	0.0257 $\pm$ 0.0004 i	9.80	0.0263 $\pm$ 0.0004 hi	9.56
29 绿星 58 L üxing 58	0.0160 $\pm$ 0.0006 l	25.00	0.0160 $\pm$ 0.0069 k	43.75	0.0270 $\pm$ 0.0006 i	13.35	0.0250 $\pm$ 0.0003 i	8.00
30 迎春 Yingchun	0.0140 $\pm$ 0.0007 m	31.13	0.0127 $\pm$ 0.0015 l	43.30	0.0140 $\pm$ 0.0002 n	10.66	0.0127 $\pm$ 0.0009 n	43.48
31 鲁白 6号 Lubai 6	0.0130 $\pm$ 0.0006 mn	30.77	0.0127 $\pm$ 0.0090 l	42.50	0.0153 $\pm$ 0.0003 mn	13.58	0.0160 $\pm$ 0.0010 ln	38.02
32 快春白菜 Kuai Chun Pakchoi	0.0123 $\pm$ 0.0006 mn	4.68	0.0207 $\pm$ 0.0086 j	12.06	0.0273 $\pm$ 0.0003 gh	7.62	0.0280 $\pm$ 0.0006 gh	12.88
33 春夏王 Chunxiawang	0.0120 $\pm$ 0.0001 n	16.67	0.0170 $\pm$ 0.0130 k	70.76	0.0133 $\pm$ 0.0002 n	11.46	0.0150 $\pm$ 0.0005 m	35.28
34 阳春 Yangchun	0.0103 $\pm$ 0.0003 o	14.78	0.0117 $\pm$ 0.0012 i	9.90	0.0143 $\pm$ 0.0002 n	10.66	0.0107 $\pm$ 0.0001 no	5.41
35 阳春结球 Yangchun Jieqiu	0.0083 $\pm$ 0.0002 p	13.86	0.0110 $\pm$ 0.0026 i	24.05	0.0113 $\pm$ 0.0002 o	10.19	0.0120 $\pm$ 0.0003 no	16.67
36 菊锦 Jujin	0.0043 $\pm$ 0.0002 q	35.25	0.0057 $\pm$ 0.0038 m	66.81	0.0153 $\pm$ 0.0003 mn	13.58	0.0153 $\pm$ 0.0004 ln	16.41
37 黄芯 48 Huangxin 48	0.0043 $\pm$ 0.0002 q	35.25	0.0050 $\pm$ 0.0030 m	60.00	0.0107 $\pm$ 0.0003 o	19.52	0.0103 $\pm$ 0.0013 o	75.17
38 黄芯娃娃菜 Huangxin Wawacai	0.0040 $\pm$ 0.0002 q	25.00	0.0047 $\pm$ 0.0038 m	81.13	0.0203 $\pm$ 0.0002 i	7.57	0.0200 $\pm$ 0.0012 k	37.75

注: 单因素方差分析,  $\alpha = 0.05$ , 不同字母表示差异显著。

Note: One-way ANOVA,  $\alpha = 0.05$ , Different letters indicate significant differences

不论春夏茬还是秋茬, 大白菜不同品种可食部分 Cd含量差异较大, 品种间变化在  $0.0040 \sim 0.0487 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  之间, 最高值与最低值相差 12倍以上。且各品种间 Cd含量高低的排列顺序春夏季与秋季试验相似, 充分显示在大白菜不同品种间 Cd含量存在着可供选择的差异较大 (图 1)。

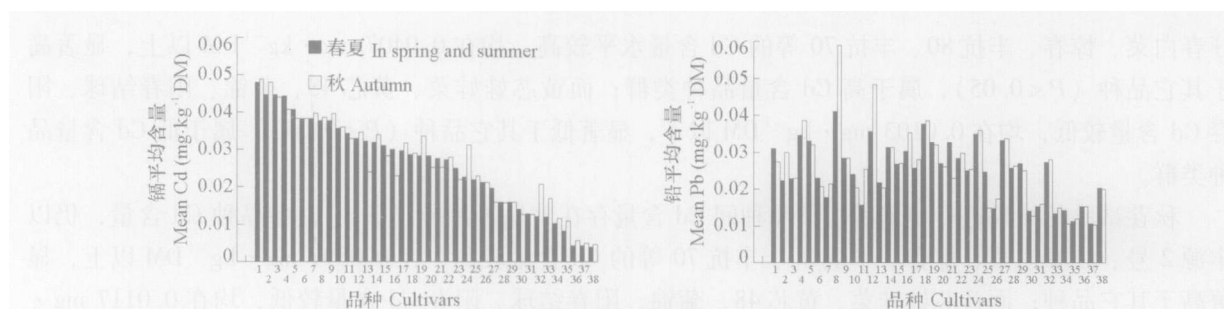


图 1 38 个大白菜品种春夏、秋不同季节 Cd 和 Pb 含量的变化

Fig. 1 Changes in content of Cd and Pb of 38 cultivars of Chinese cabbage

## 2.2 不同品种 Pb 含量的差异

春夏季试验结果 (表 1) 表明, 大白菜不同品种间 Pb 含量存在显著差异, 裕日强力、寒夏、四季黄、小杂 60、丰抗 80 等的 Pb 含量较高, 均在  $0.0347 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  以上, 显著高于其它品种 ( $P < 0.05$ ), 属于高 Pb 含量品种类群; 而黄芯 48、阳春结球、春夏王、迎春、阳春 Pb 含量较低, 均在  $0.0143 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  以下, 显著低于其它品种 ( $P < 0.05$ ), 属于低 Pb 含量品种类群, 其余品种居于两个类群之间。

秋茬试验结果 (表 1) 同样表明大白菜不同品种间 Pb 含量差异显著。经 *t* 测验, 38 个品种中只有旺春白菜、丰源 1 号、春秋 54、阳春等 4 个品种两个栽培季节结果差异显著, 其它品种差异均不显著。

两个栽培季节大白菜不同品种的可食部分 Pb 含量变化于  $0.0100 \sim 0.0590 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DM}$  之间, 最高值高于最低值 5 倍以上, 且各品种间 Pb 含量高低的排列顺序秋季与春夏季试验相似 (图 1), 显示在大白菜不同品种间 Pb 含量低的品种选择上也有比较大的空间。

大白菜的两个栽培季节的品种比较试验中, 大多数品种两个季节的 Cd、Pb 含量差异不显著, 可能与春夏茬和秋茬两个生长季节的有效积温、光照、水分等气候因素基本相同有关, 两次试验所用地块、肥料、品种、田间管理基本一致。

本研究试验中土壤的 Cd、Pb 重金属含量处于大白菜主动应激耐受范围, 对大白菜的生长发育影响不大, 但 Cd、Pb 含量在品种间具有显著差异, 且含量高低的排列顺序两个季节的表现基本一致, 说明大白菜不同品种的可食部分对 Cd 和 Pb 的吸收能力均存在显著差异, 含量低的品种对 Cd、Pb 的吸收可能通过两种途径: 一是对重金属离子吸收少, 即选择性吸收机制严格; 二是已吸收的重金属离子参与了细胞正常的代谢调控, 游离含量并不积累。

以上研究结果说明, 通过品种选择降低大白菜可食部分 Cd 和 Pb 含量是一种非常有效的途径, 可以大幅度地降低食用部分 Cd 和 Pb 的含量。本研究只阐明了不同基因型大白菜之间 Cd 和 Pb 含量存在有差异, 关于大白菜 Cd 和 Pb 积累及其对大白菜生长特性的影响和有关机理还有待深入研究。

## 参考文献:

- 王 艳, 王金达, 刘汝海, 李仲根, 杨继松. 土壤铅的浓度与油菜生长相互影响的研究. 农业环境科学学报, 2004, 23 (1): 47~50  
Wang Y, Wang J D, Liu R H, Li Z G, Yang J S. Commutative influences of concentration of lead in soil and growth of cole. Journal of Agro-Environment Science, 2004, 23 (1): 47~50 (in Chinese)
- 杜应琼, 何江华, 陈俊坚, 魏秀国, 杨秀琴, 王少毅, 何文彪. 铅、镉和铬在叶类蔬菜中的积累及其生长的影响. 园艺学报, 2003, 30 (1): 51~55  
Du Y Q, He J H, Chen J J, Wei X G, Yang X Q, Wang S Y, He W B. Effects of heavy metals of Pb, Cd and Cr on the growth of vegetables and their uptake. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30 (1): 51~55 (in Chinese)
- 李德明, 朱祝军, 钱琼秋. 白菜镉积累基因型差异研究. 园艺学报, 2004, 31 (1): 97~98  
Li D M, Zhu Z J, Qian Q Q. Investigation of genotypic difference of cadmium contents in shoots of *Brassica campestris* ssp. *chinensis*. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31 (1): 97~98 (in Chinese)