

不同品种小白菜对镉胁迫的生理性差异

张菊平¹, 焦新菊¹, 崔文朋¹, 杜晓华²

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技学院 园林学院, 河南 新乡 453003)

摘要:以 10 个小白菜品种为试材,研究了水培条件下 5 $\mu\text{mol/L}$ 镉胁迫对其生长量及生理指标的影响,探讨镉胁迫下不同品种小白菜对镉的生理生化响应和耐受能力。结果表明:镉胁迫下,10 个品种小白菜均生长迟缓、叶片褪绿,其中对“日本华冠”的影响最小;“四季青”、“抗热 605”、“日本华冠”、“裕农一号”的 MDA 含量减少;除“四季青”、“日本华冠”外,其它品种的抗坏血酸含量都有所增加,其中“上海鸡毛菜”增加最多;除“日本华冠”外,其它品种的叶绿素含量都有所降低;“四季青”、“日本华冠”、“上海鸡毛菜”的 SOD 活性则升高;“四季青”、“平油一号”、“日本华冠”、“上海鸡毛菜”的 CAT 活性下降;“四季青”、“抗热 605”、“日本华冠”、“原种四月慢”、“上海鸡毛菜”、“裕农一号”的脯氨酸含量升高。不同品种的小白菜对镉的生理生化响应不同,其耐受能力也有差异。其中,“四季青”、“日本华冠”、“上海鸡毛菜”对镉的耐受能力较强。

关键词:镉;小白菜;生理性差异;耐性

中图分类号:S 634. 303. 4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2013)08—0009—04

有关植物对镉(Cd)胁迫的生理生化应答研究已有不少报道^[1-5]。Cd 胁迫下,代谢物质和相应生理酶活性都增加,它们均可作为植物 Cd 耐性的生理生化标记。

第一作者简介:张菊平(1968-),女,博士,教授,现主要从事蔬菜栽培育种的教学与科研工作。E-mail:jupingzhang@163.com.

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD01A7);河南科技大学博士科研启动基金资助项目(09001217)。

收稿日期:2012—12—21

可见,植物 Cd 耐性形成的生理生化过程十分复杂。该研究以城乡居民大量种植和消费的小白菜为材料,研究水培条件下 Cd 对其生长及生理生化指标的影响,以期作为低累积 Cd 生产高品质小白菜种质资源筛选提供参

1 材料与方法

1.1 试验材料

10 个小白菜品种的种子均购于河南洛阳关林农贸

[17] 崔瑾,马志虎,徐志刚,等. 不同光质补光对黄瓜、辣椒和番茄幼苗生长及生理特性的影响[J]. 园艺学报,2009,36(5):663-670.

[18] 王英利,王勋陵,岳明. UV-B 及红光对大棚番茄品质的影响[J]. 西

北植物学报,2000,20(4):590-595.

[19] 李逸尘,陈存坤,贾凝,等. 光照对采后蔬菜呼吸强度变化的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(4):1915-1916,1938.

Effects of LED Green Light Irradiation on Quality of Vegetables in Shelf Life

LIU Ran-ran¹, KOU Li-ping¹, YAN Rui-xiang²

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. National Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Freshness Protection, Tianjin 300384)

Abstract:Green light diode emitter was used as radiation source to illuminate broccoli, asparagus, green pepper in the shelf temperature. Sensory quality, chlorophyll content, VC content, soluble solids content and DPPH free radical scavenging activity of three vegetables were tested regularly in the storage period. The results showed that LED green light irradiation could restrain the decline of broccoli and asparagus chlorophyll and VC content content ($P < 0.05$), which made the two vegetables achieve a good commercial performance; the chlorophyll content of green pepper with LED green light irradiation were lower than the comparison, VC content and soluble solids content had a large range ability, sensory quality had little difference ($P > 0.05$) which were against the storage of green pepper.

Key words: LED green light; broccoli; asparagus; green pepper; quality in shelf life

市场,品种名称与编号见表1。

1.2 试验方法

小白菜苗的培育和镉处理:分别取10个品种饱满种子,用1% NaClO消毒10 min,然后用蒸馏水清洗干净后浸泡2 h。把充分吸胀后的种子用干净湿纱布包好,置于瓷盘上,于25℃恒温培养箱内,每天翻动种子2次,以利透气。将露白的种子播种在装有营养土(蛭石:珍珠岩:草炭=1:1:1)的穴盘中,每穴1株培养。15 d后挑选10个品种大小均匀一致的幼苗从穴盘中移出,小心用自来水将根部冲洗干净,放入1/2改良霍格兰培养液中预培养,2 d后转移到含有0、0.562 mg/L (5 μmol/L)重金属Cd²⁺的新鲜1/2霍格兰培养液中,2 d换1次营养液。每个处理18株,3次重复。该试验设置5 μmol/L Cd为处理浓度,约相当于土壤Cd 1 mg/kg,依据为《土壤环境质量标准》(GB15618-1995),是保障农业生产、维护人体健康的土壤限制值的最高含量设定^[6]。

表1 试验所用的小白菜品种名称及编号

Table 1 Cultivars of Chinese cabbage and theirs codes in the test

编号 No.	品种名称 Cultivars name	编号 No.	品种名称 Cultivars name
1	“四季青”	6	“日本华冠”
2	“大头·沪王青”	7	“原种四月慢”
3	“平油一号”	8	“上海五月慢”
4	“抗热605”	9	“上海鸡毛菜”
5	“绿秀”(91-1)	10	“裕农一号”

1.3 项目测定

镉处理后5、10、15 d分别观察不同品种、不同处理的植株生长状况(叶片颜色、根系发育等),所测生长量主要是叶长。按照王学奎^[7]的方法进行丙二醛(MDA)、抗坏血酸、叶绿素、脯氨酸含量以及SOD、CAT活性的测定。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2003和DPS 3.0进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 镉处理对小白菜叶长的影响

由表2可知,外源镉浓度为5 μmol/L时,10个品种小白菜移苗后4个不同生长期与同时期的对照比较都表现为抑制平均叶长的增加(除6号品种外),移苗后15 d时与对照相比,减幅分别为19.4%、18.5%、11.2%、19.1%、15.4%、7.0%、17.1%、9.6%、10.0%,6号的增幅为1.1%。

2.2 镉处理对小白菜丙二醛(MDA)含量的影响

由图1可知,小白菜幼苗经5 μmol/L Cd处理后,2号、3号、5号、7号、8号、9号品种的MDA含量都有所增加,分别是各自对照的142%、104%、132%、117%、

表2 Cd处理对不同小白菜品种平均单株叶长影响

Table 2 Effect of Cd treatment on average leaf length of individual plant in different Chinese cabbage cultivars

品种编号 Cultivars	0 μmol · L ⁻¹				5 μmol · L ⁻¹			
	0 d	5 d	10 d	15 d	0 d	5 d	10 d	15 d
1	2.05	3.17	3.82	5.37	1.99	2.78	3.07	4.33
2	2.99	4.12	4.55	5.83	2.88	3.77	3.96	4.75
3	4.46	5.54	6.05	7.69	4.18	5.14	5.56	6.83
4	4.14	5.19	5.74	7.13	3.80	4.88	5.10	5.77
5	4.94	7.38	8.25	9.14	4.70	6.57	7.28	7.73
6	4.26	5.31	5.79	6.33	3.95	5.16	5.56	6.40
7	4.72	6.33	7.07	8.11	4.73	6.13	6.73	7.54
8	4.13	5.43	6.18	7.79	3.66	4.79	5.48	6.46
9	3.23	3.81	4.09	5.30	3.14	3.80	4.01	4.79
10	3.96	5.78	6.81	7.67	3.92	5.72	6.31	6.90

116%、105%,而1号、4号、6号、10号品种的MDA含量减少,分别是各自对照的97%、78%、82%、74%。不同品种间MDA含量存在显著差异,在未加Cd条件下,6号品种的MDA显著高于1号品种,其它品种间差异未达显著水平。在5 μmol/L Cd处理条件下,2号品种的MDA含量最高,1号品种MDA含量最低,其它品种间无显著差异。

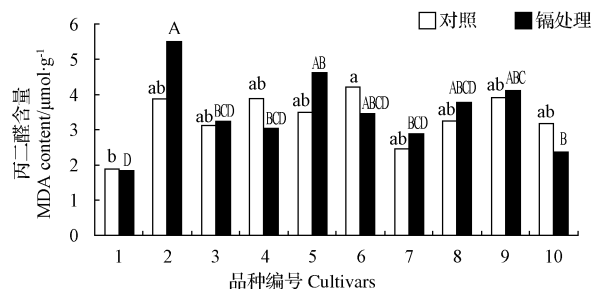


图1 镉处理对不同小白菜品种MDA含量的影响

注:不同字母表示经统计检验差异达显著水平($P < 0.05$)。小写字母代表对照差异显著水平;大写字母代表Cd处理差异显著水平。下同。

Fig. 1 Effect of Cd treatment on MDA contents in different Chinese cabbage cultivars

Note: Different letters mean significant difference by statistical test ($P < 0.05$). Small letters represent significant difference control level; capital letters represent significant difference of Cd treatment level. The same below.

2.3 镉处理对小白菜抗坏血酸含量的影响

由图2可知,小白菜幼苗经5 μmol/L Cd处理后,除1号、6号品种外,其它品种的抗坏血酸含量都有所增加,2号、3号、4号、5号、7号、8号、9号、10号品种的抗坏血酸含量分别是各自对照的136%、146%、116%、107%、122%、105%、316%、121%。不同品种间抗坏血酸含量存在显著性差异,在未加镉条件下,4号、6号、8号、10号品种的抗坏血酸含量较高,其间差异不显著,含量仅高于3号、5号、7号品种,1号、9号品种的抗坏血酸含量最低,含量仅次于2号品种。在5 μmol/L Cd处理条件下,4号、8号、10号品种的抗坏血酸含量最高,差异

不显著,高于3号、5号、7号、1号、6号品种的抗坏血酸含量最低,其含量低于2号、9号。

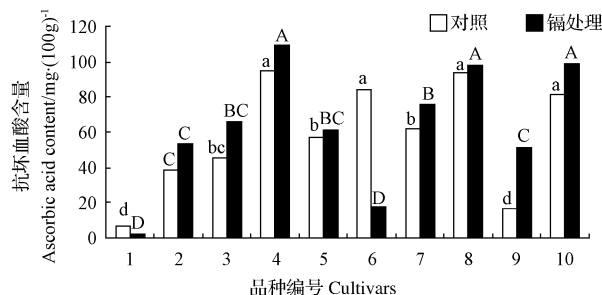


图2 镉处理对不同小白菜品种抗坏血酸含量的影响

Fig. 2 Effect of Cd treatment on ascorbic acid contents in Chinese cabbage cultivars

2.4 镉处理对小白菜超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

由图3可知,小白菜幼苗经5 $\mu\text{mol/L}$ Cd处理后,2号、3号、4号、5号、7号、8号、10号品种的SOD活性降低,分别为各自对照的85%、83%、71%、69%、90%、90%、88%;1号、6号、9号的SOD活性则升高,分别为各自对照的129%、113%、115%。不同品种间SOD活性存在显著差异,在未加Cd条件下,1号、3号、4号、5号、6号、7号、8号品种间的SOD活性差异不显著,活性小于2号、9号、10号。在5 $\mu\text{mol/L}$ Cd处理条件下,9号品种的SOD活性显著高于其它品种,1号、2号、6号、7号、8号、10号品种的SOD活性仅次于9号品种,其间差异未达到显著水平,与3号、4号、5号品种差异显著,3号、4号、5号品种的SOD活性较低,且品种间差异不显著。

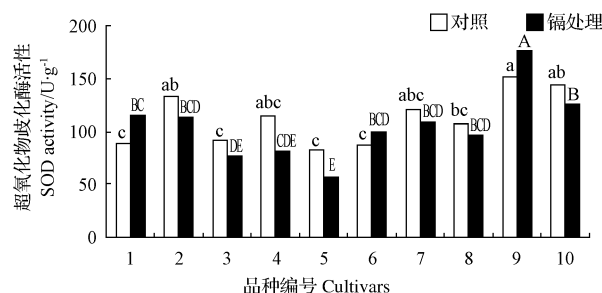


图3 镉处理对不同小白菜品种SOD活性的影响

Fig. 3 Effect of Cd treatment on SOD activity in different Chinese cabbage cultivars

2.5 镉处理对小白菜过氧化氢酶(CAT)活性的影响

由图4可知,镉处理后2号、4号、5号、7号、8号、10号品种CAT活性升高,分别为各自对照的108%、136%、121%、104%、135%、117%;1号、3号、6号、9号品种的CAT活性下降,分别为各自对照的87%、95%、57%、57%。不同品种间CAT活性存在显著差异,在未加Cd条件下,1号、2号、3号、4号、6号、8号、9号品种间CAT活性差异不显著,活性小于5号、7号、10号品

种,其间差异未达到显著水平。在5 $\mu\text{mol/L}$ Cd处理条件下,5号、7号、10号品种CAT活性最高,其间差异不显著;其次为2号、4号、8号品种,其间差异也不显著;1号、3号、6号、9号品种CAT活性较低,其间差异不显著。

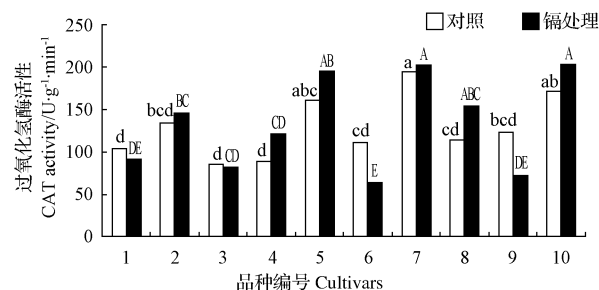


图4 镉处理对不同小白菜品种CAT活性的影响

Fig. 4 Effect of Cd treatment on CAT activity in different Chinese cabbage cultivars

2.6 镉处理对小白菜脯氨酸含量的影响

由图5可知,加镉处理后与对照相比,1号、4号、6号、7号、9号、10号品种的脯氨酸含量增加,分别为各自对照的130%、105%、106%、149%、123%、220%;2号、3号、5号、8号4个品种的脯氨酸含量降低,分别为对照的58%、71%、54%、65%。不同品种间脯氨酸含量存在显著差异。在未加Cd条件下,1号、2号、3号、7号、9号、10号品种间的脯氨酸含量差异不显著,含量小于4号、6号、8号,仅高于5号品种。在5 $\mu\text{mol/L}$ Cd处理条件下,1号、2号、3号、9号品种间的脯氨酸含量差异不显著,含量小于4号、6号、7号、8号、10号,仍高于5号品种。

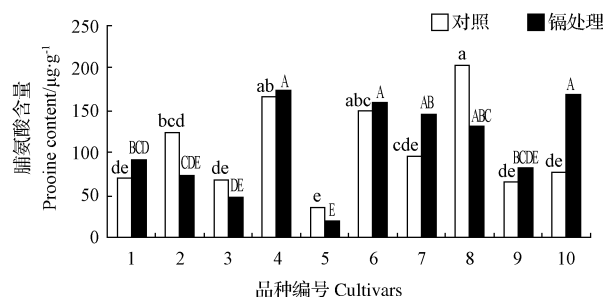


图5 镉处理对不同小白菜品种脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Effect of Cd treatment on proline contents in different Chinese cabbage cultivars

3 讨论与结论

Cd是植物非必需元素,Cd进入植物体内并积累到一定程度,就会表现出毒害症状,通常表现出生长迟缓、植株矮小、褪绿、产量下降等。在植物遭受逆境胁迫或衰老过程中,细胞内活性氧产生与清除的平衡会遭到破坏,从而引起自由基的积累和膜脂过氧化,使膜系统的结构和功能受到损伤,造成植物细胞伤害^[8]。在Cd胁迫下,自由基的产生是因为植物体内游离态Cd的增加,

细胞抗氧化防御系统未能达到平衡状态造成氧化压力所致^[9]。因而细胞中清除活性氧的能力常被用来作为植物 Cd 忍耐能力的生化指标。在 Cd 胁迫下,植物细胞要维持自由基代谢的平衡而不产生积累,除需有足够 SOD 活性及时转化 O_2^- 外,还需相匹配的分解 H_2O_2 的酶。植物在一定的低温、干旱、缺镁和重金属胁迫下,依赖于抗坏血酸的 H_2O_2 清除酶的活性增加^[10]。抗坏血酸是高等植物体内一种重要的自由基清除剂,它通过参与一系列的氧化还原反应而发挥其抗氧化剂的功能。此外,高等植物适应环境胁迫的重要生理对策之一是渗透调节,为此细胞中积累大量有机渗透调物质,脯氨酸就是最重要的渗透剂之一,其含量的提高可增加细胞渗透势和功能蛋白的数量,有助于维持细胞正常代谢,提高植物的抗逆性^[11]。植物器官在逆境条件或衰老时,往往发生膜脂过氧化作用,MDA 是其产物之一,通常用 MDA 来反映细胞膜过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱^[12]。

该试验应用形态指标和生化指标研究了 10 个小白菜品种对 Cd 的生理性差异和植株耐性,结果表明,形态学指标与生理生化指标之间存在一定关系,了解其在体内的分布特点,对合理进行蔬菜生产布局,发展绿色食品和无公害蔬菜,提高人类的健康水平具有重要的现实意义,同时为 Cd 污染土壤的植物修复和 Cd 低累积高卫生品质种质资源的筛选提供基础。

参考文献

- [1] 杜应琼,何江华,陈俊坚,等. 铅、镉和铬在叶类蔬菜中的积累及其生长的影响[J]. 园艺学报,2003,30(1):51-55.
- [2] 方晓航,曾晓雯,于方明,等. Cd 胁迫对白菜生理特征及元素吸收的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2006,25(1):25-29.
- [3] 李德明,朱祝军,钱琼秋. 白菜镉积累基因型差异研究[J]. 园艺学报,2004,31(1):97-98.
- [4] Scheifler R, Vauflery A G, Badot P M. Transfer of cadmium from plant leaves and vegetable flour to the snail *Helix aspersa*: bioaccumulation and effects[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2002, 53: 148-153.
- [5] Cuypers A, Plusquin M, Remans T, et al. Cadmium stress: an oxidative challenge[J]. Bio Metals, 2010, 23(5): 927-940.
- [6] 刘志华,伊晓云,王火焰,等. 不同品种大白菜苗期吸收积累镉的差异研究[J]. 土壤学报,2008,45(5):987-993.
- [7] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [8] Sánchez-Rodríguez E, Rubio-Wilhelmi M, Cervilla L M, et al. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants[J]. Plant Science, 2010, 178(1): 30-40.
- [9] Chen H Y, Yen G C. Free radicals, antioxidant defenses and human health[J]. Nutrition Sciences Journal, 1998, 23(1): 105-121.
- [10] 杨广东,朱祝军. 不同光照条件下缺镁对黄瓜生长及活性氧清除系统的影响[J]. 园艺学报,2001,28(5):430-434.
- [11] 刘亚云,孙红斌,陈桂珠,等. 秋茄幼苗对多氯联苯污染的生理生态响应[J]. 生态学报,2007,27(2):746-754.
- [12] Chaoui A, Mazhoudi S, Ghorbal M H. Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. Plant Science, 1997, 127(2): 139-147.

Physiological Differences of Different Chinese Cabbage Varieties on Cadmium Stress

ZHANG Ju-ping¹, JIAO Xin-ju¹, CUI Wen-peng¹, DU Xiao-hua²

(1. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003; 2. School of Horticulture and Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract: Taking ten cultivars of Chinese cabbage as materials, a hydroponic experiment was carried out to study the impact of Cd stress under $5 \mu\text{mol/L}$, to exploring the physiological and biochemical responses and cadmium resistance of different Chinese cabbage cultivars. The results showed that the growth of all the ten cultivars of Chinese cabbage were inhibited under Cd stress, of which 'Huaguan' was least affected. The MDA content of 'Sijiqing', 'Kangre 605', 'Huaguani' and 'Yunong No. 1' decreased. Except for 'Sijiqing' and 'Huaguan', the content of ascorbic acid increased in other cultivars, in which 'Shanghaijimaocai' increased the most. The chlorophyll content reduced in other cultivars, except for 'Huaguan'. SOD activity increased in 'Sijiqing', 'Huaguan' and 'Shanghaijimaocai'. CAT activity decreased in 'Sijiqing', 'Pingyou No. 1', 'Huaguan' and 'Shanghaijimaocai'. The proline content increased in 'Sijiqing', 'Kangre 605', 'Huaguan', 'Yuanzhongsiyueman', 'Shanghaijimaocai' and 'Yunong No. 1'. The physiological and biochemical response and the tolerance to Cd varied with different cultivars of Chinese cabbage. Among them the tolerance of 'Sijiqing', 'Huaguan' and 'Shanghaijimaocai' were greater.

Key words: cadmium; Chinese cabbage (*Brassica chinensis*); physiological differences; tolerance