

重金属镉污染对黄瓜幼苗生理生化特性的影响

姚晓惠

(商丘师范学院 生命科学系, 河南 商丘 476000)

摘要: 通过水培试验, 研究重金属镉(Cd^{2+})污染对黄瓜生理生化特性的影响。结果表明, 随着 Cd^{2+} 污染浓度的升高, 黄瓜幼苗叶绿素含量以及叶绿素 a/b 比值明显下降, 叶片细胞膜透性大幅增大, 丙二醛(MDA)含量显著升高, 超氧化物歧化酶(SOD)活性先升高后降低, 而过氧化物酶(POD)活性则表现为逐渐升高的趋势。

关键词: 黄瓜; 镉污染; 生理生化特性

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2007)10-0081-03

Effects of Heavy Metal Cadmium Pollution on Physiological and Biochemical Characteristics of Cucumber Seedlings

YAO Xiao-hui

(Department of Life Science, Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000, China)

Abstract: This paper studied the effects of cadmium pollution on physiological and biochemical characteristics of cucumber by hydroponic solutions culture. The results showed that the content of chlorophyll and the ratio of chlorophyll-a and chlorophyll-b in cucumber seedlings decreased significantly, the cell membrane permeability of leaves increased substantially, the content of malondialdehyde(MDA) increased significantly, and the activity of superoxide dismutase(SOD) rised firstly and fell laterly, but the activity of peroxidase(POD) increasted gradually.

Key words: Cucumber; Cadmium pollution; Physiological and biochemical characteristics

随着工农业生产的发展, 重金属对土壤和农作物的污染问题越来越突出, 特别是城市周围菜田的污染日益严重。蔬菜受重金属污染后, 不仅严重影响其产量和品质, 而且会进一步通过食物链进入人体, 危及人类健康。镉(Cd)是重金属污染的首要元素之一^[1]。具有很强的生物毒性和较强的化学活性, 易被植物吸收。当其浓度超过一定限度时, 会影响植物的正常代谢, 乃至死亡^[2]。近年来, 国内外有关 Cd 对水稻、小麦、玉米等农作物的种子萌发、生理生化的影响已有不少报道^[3~8], 但对茄果类蔬菜影响的研究鲜见报道。本试验以黄瓜为材料, 研究不同浓度的 Cd^{2+} 对黄瓜生理生化特性的影响, 旨在探讨 Cd 对茄果类蔬菜毒害的机理, 为蔬菜生产中

早期预报和环境监测中评价重金属 Cd 的污染以及消除其毒害提供一定的科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为津研 7 号, 购自商丘市种子公司商店。

1.2 材料处理

黄瓜种子经 10% NaClO 溶液消毒 10min, 用蒸馏水冲洗 3 次后, 放入纱布内, 用湿毛巾轻轻包住, 于 26 °C 培养箱内催芽。把催芽后长出根的黄瓜种子播种于装有蛭石基质的培养钵中。用 1/2 Hoagland 培养液浇灌, 待长出 1 片真叶后, 选择长势一

收稿日期: 2007-07-09

基金项目: 河南省教育厅科技攻关项目(200510483005)

作者简介: 姚晓惠(1970-), 女, 四川仁寿人, 讲师, 主要从事生物技术教学与研究。

致的幼苗, 移栽至装有 2 L 1/2 Hoagland 培养液的塑料桶中在常温、10 000~14 000 lx 光照下培养, 每天光照 12 h, 间歇性通气 4~6 h, 每 2 d 更换一次培养液。10 d 后转移到含有 0, 5, 10, 50 和 100 mg/L CdCl₂ 的新鲜 1/2 Hoagland 培养液中, 再培养 5 d 后开始采样测定各项指标。

1.3 测定方法

叶绿素含量采用 80% 丙酮浸提法测定^[9]; 丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法^[10]; 质膜透性采用 DDS-11A 电导仪测定^[10], 以相对电导率(%)表示; 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用王爱国等^[11]的方法, 以抑制氮蓝四唑(NBT)光氧化还原的 50% 酶量为 1 个活力单位; 过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[12], 以每分钟内 A_{470nm} 变化 0.01 为 1 个酶活单位。各项指标测定时做 3 个重复, 取平均值。

2 结果与分析

2.1 Cd²⁺ 污染对黄瓜幼苗叶绿素含量和组成的影响

叶绿素是植物进行光合作用的色素, 其含量高低可以在一定程度上反映光合作用水平。叶绿素含量降低, 光合作用减弱, 会导致植物生长受抑制, 生物量下降。从表 1 可以看出, 随着 Cd²⁺ 污染浓度的升高, 无论是叶绿素 a、叶绿素 b 的含量, 还是叶绿素总量都呈下降的趋势。同时发现叶绿素 a/b 比值随着 Cd²⁺ 污染浓度的增高而降低。说明 Cd²⁺ 污染可以使黄瓜叶片叶绿素含量明显降低, 且对叶绿素 a 的影响小于对叶绿素 b 的影响。

表 1 不同浓度的 Cd²⁺ 污染对黄瓜叶绿素含量的影响

Cd ²⁺ 浓度 (mg/L)	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	叶绿素总量 (mg/g)	叶绿素 a/b
0	1.58±0.26	0.575±0.031	2.155	2.75
5	1.48±0.29	0.551±0.041	2.031	2.69
10	1.40±0.30	0.528±0.041	1.913	2.65
50	1.01±0.14	0.404±0.053	1.414	2.50
100	0.75±0.19	0.358±0.038	1.108	2.09

2.2 Cd²⁺ 污染对黄瓜幼苗叶片细胞膜透性和 MDA 含量的影响

植物在逆境环境中, 细胞原生质膜中的不饱和脂肪酸会发生过氧化作用产生 MDA, 使质膜系统受到伤害, 其选择性受到破坏, 细胞质内电解质外渗量增加, 因而 MDA 含量可反映膜脂过氧化作用的强弱, 质膜透性可表示膜伤害或变性程度^[13]。从表 2 可以看出, 随着 Cd²⁺ 污染浓度的升高, 细胞膜透

性及 MDA 含量均呈逐渐递增的趋势。当 Cd²⁺ 浓度低于 10 mg/L 时, 无论是质膜透性还是 MDA 含量的增幅都较小; 但当 Cd²⁺ 浓度达到 50 mg/L 时, 二者的增幅都明显增大, 当 Cd²⁺ 浓度为 100 mg/L 时, 质膜透性和 MDA 含量分别增至对照的 1.77 倍和 1.83 倍。说明, 黄瓜对低浓度的 Cd²⁺ 具有一定的耐受能力, 而高浓度的 Cd²⁺ 对黄瓜具有明显的毒害作用。

表 2 不同浓度的 Cd²⁺ 污染对黄瓜叶质膜透性和 MDA 含量的影响

Cd ²⁺ 浓度(mg/L)	质膜透性(%)	MDA 含量(μmol/g)
0	8.80±1.35	18.25±2.35
5	9.55±1.55	20.11±2.65
10	10.55±1.05	22.53±1.98
50	12.96±1.60	28.18±2.12
100	15.57±1.45	33.33±3.05

2.3 Cd²⁺ 污染对黄瓜幼苗 SOD 和 POD 活性的影响

SOD 是重要的活性氧清除酶, 当外来胁迫导致大量活性氧产生时, 它能及时有效清除自由基, 保护细胞免受活性氧胁迫的伤害^[14], 而 POD 是植物体内重要的抗氧化酶, 能有效的清除 H₂O₂。从表 3 可以看出, 当 Cd²⁺ 浓度为 0~50 mg/L 时, 随着 Cd²⁺ 胁迫浓度的提高, 黄瓜幼苗 SOD 活性逐渐升高, Cd²⁺ 浓度达 50 mg/L 时, SOD 活性达到最大(为对照的 1.46 倍)。然后随着 Cd²⁺ 浓度的继续提高, SOD 活性明显降低。这一结果与郑世英等^[9]、章秀福等^[3]用 Cd²⁺ 分别处理玉米、水稻所发现的结果类似, 但与张利红等^[3]用 Cd²⁺ 处理小麦幼苗所得结论不尽相同, 这可能与研究的植物不同有关。从表 3 还可以看出, POD 活性则是随着 Cd²⁺ 浓度的提高而逐渐上升, 当 Cd²⁺ 浓度为 100 mg/L 时, POD 活性为对照的 1.69 倍。这一结果与文献 [5], [6], [8] 报道的结果基本一致。

表 3 不同浓度的 Cd²⁺ 污染对黄瓜叶片 SOD 和 POD 活性的影响

Cd ²⁺ 浓度(mg/L)	SOD 活性(U/g)	POD 活性[U/(g·min)]
0	27.1±1.8	270.5±17.9
5	31.8±2.5	330.5±17.6
10	33.1±1.3	340.1±20.8
50	39.6±2.1	414.1±25.4
100	19.3±3.1	456.8±22.2

3 讨论

研究结果表明, Cd²⁺ 污染使黄瓜叶片叶绿素含量显著降低, 并影响其组成。Cd²⁺ 导致叶绿素含量

下降,可能是由于镉与相关酶作用,抑制叶绿素前体的合成,促进叶绿素分解,或直接破坏叶绿体结构,从而降低叶绿素含量^[15]。关于重金属 Cd²⁺ 污染对叶绿素组成的影响,本试验结果表明,叶绿素 a/b 值随着处理浓度的升高而降低,这与王林等^[16] 用镉、铅及其复合物处理辣椒所得到的结论类似,但与周青等^[17]、李元等^[18] 的研究结论不尽相同,这可能与所研究的植物不同有关。有学者认为,叶绿素 a/b 值随着叶片衰老而下降,可以作为叶片衰老的指标^[19]。说明 Cd²⁺ 污染具有加速叶片衰老的作用。

植物生长在自然环境条件下,不可避免地受到多种逆境胁迫,如重金属、干旱、盐、高温、低温、高辐射、紫外线、养分缺乏和大气污染。这些非生物胁迫均会产生次级胁迫,使植物直接或间接地形成过量的活性氧自由基(ROS),而 ROS 对细胞膜系统、脂类、蛋白质和核酸等大分子具有强烈的破坏作用^[20~22]。相应的,植物体内也有一套复杂的活性氧清除系统,其中 SOD、POD 是植物体内酶促防御系统的 2 个重要保护酶,它们协同起来可以保护植物细胞免受活性氧的损伤。本研究结果显示,随着 Cd²⁺ 污染浓度的增加,黄瓜幼苗的细胞膜透性及 MDA 含量逐渐增大,SOD 活性先升高而后降低,而 POD 活性持续升高。高浓度 Cd²⁺ 胁迫下 SOD 活性的降低可能是由于镉胁迫产生过量的 ROS 对酶蛋白的破坏所致。而 POD 活性升高表明其对镉胁迫的适应性比较强,暗示 POD 活性在抗镉胁迫的过程中起关键性的作用。但综合起来看,在低浓度 Cd²⁺ 污染时,黄瓜幼苗的 SOD、POD 活性明显增加,说明黄瓜对低浓度的 Cd²⁺ 具有一定的抵抗作用。但在高浓度 Cd²⁺ 胁迫下保护酶的活性还是很低的,保护酶系统对活性氧的清除能力已大大削弱,已不能阻止自由基在细胞内的积累,使膜发生膜脂过氧化,MDA 积累,膜透性增加,导致膜功能受损,从而引起细胞的衰老和死亡,对植物产生抑制效应甚至毒害作用。

参考文献:

- [1] 仲维科,樊耀波,王敏健.我国农作物的重金属污染及其防治对策[J]. 农业环境保护,2001,20(4):270—272.
- [2] 董克虞,陈家梅.镉对作物生长的影响及镉吸收和积累间的关系[J]. 环境科学,1982,3(4):31—33.
- [3] 章秀福,王丹英,储开富,等.镉胁迫下水稻 SOD 活性和 MDA 含量的变化及其基因型差异[J]. 中国水稻科学,2006,20(2):194—198.

- [4] 杨双春,张洪林.镉胁迫对玉米生理特性的影响[J]. 中国生态农业学报,2006,14(1):57—59.
- [5] 张利红,李培军,李雪梅,等.镉胁迫对小麦幼苗生长及生理特性的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(4):458—460.
- [6] 郑世英,王丽燕,商学芳,等. Cd²⁺ 胁迫对玉米抗氧化酶活性及丙二醛含量的影响[J]. 江苏农业科学,2007(1):36—38.
- [7] 郑世英,张秀玲,王丽燕,等. Pb²⁺, Cd²⁺ 胁迫对棉花保护酶及丙二醛含量的影响[J]. 河南农业科学,2007(8):43—45.
- [8] 王志坤,廖柏寒,黄运湘,等.镉胁迫对大豆幼苗生长影响及不同品种耐镉差异性研究[J]. 农业环境科学学报,2006,25(5):1143—1147.
- [9] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.
- [10] 汤章城.现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [11] 王爱国,罗广华,邵从本,等.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J]. 植物学报,1983,9(1):77—84.
- [12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:165—167.
- [13] 孙文越,王辉.外来甜菜碱对干旱胁迫下小麦幼苗膜脂过氧化作用的影响[J]. 西北植物学报,2001,21(3):487—491.
- [14] 张玉秀,柴团耀, Gérard Burkard.植物耐重金属机理研究进展[J]. 植物学报,1999,41(5):453—457.
- [15] Vallee B L, Ulmer D D. Biochemical effects of mercury, cadmium, and lead[J]. Annu Rev Biochem, 1972, 41:91—128.
- [16] 王林,史衍玺.镉、铅及其复合物污染对辣椒生理生化特性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(1):107—112.
- [17] 周青,黄晓华,彭方晴,等.镉—甘氨酸配合物对 Cd 伤害小白菜的影响[J]. 环境科学,1999,20(1):91—94.
- [18] 李元,王焕校,吴玉树.镉、铁及其复合污染对烟草生理的影响[J]. 生态学报,1990,10(4):494—500.
- [19] 余苹中,廖柏寒,宋稳成,等.模拟酸雨和 Cd 对小白菜、四季豆生理生化特性的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):43—46.
- [20] Kanazawa S. Changes in antioxidative in cucumber cotyledons during natural senescence: comparison with those during dark induced senescence[J]. Physiol Plant, 2000, 109:211—216.
- [21] Noctor C, Foyer C H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control[J]. Annu Rev Plant Mol Biol, 1998, 49:249—279.
- [22] Becana M. Reactive oxygen species and antioxidants in legume nodules[J]. Physiol Plant, 2000, 109:372—381.