

# 长期镉胁迫对玉米 CT38 生长和生理特性的影响

惠俊爱<sup>1</sup>, 党志<sup>2\*</sup>

1. 仲恺农业工程学院园艺园林学院, 广东 广州 510225; 2. 华南理工大学, 广东 广州 510006

**摘要:** 研究了模拟条件下外源镉胁迫长期作用下对盆栽玉米CT38生长和生理特性的影响。通过向土壤中添加不同浓度的镉, 设定1, 5, 15, 50, 100 mg·kg<sup>-1</sup>等5种镉质量分数, 研究不同镉质量分数长期处理下对玉米CT38生长发育的影响。实验结果表明: 处理90 d时玉米植株高度、鲜质量镉处理质量分数1, 5, 15, 50, 100 mg·kg<sup>-1</sup>在处理90 d时株高分别比对照下降了7.7%, 10.3%, 18.2%, 56.1%, 59.8%, 鲜质量分别比对照下降了9.2%, 31.7%, 53.3%, 66.9%, 77.9%。高质量分数镉(100 mg·kg<sup>-1</sup>)胁迫下玉米叶片细胞膜透性、游离脯氨酸含量明显增加。叶片MDA含量随镉处理质量分数升高而增加, 高质量分数浓度镉处理则含量下降, 镉胁迫导致膜脂过氧化发生, 处理浓度越高, 则膜脂过氧化越强, 当镉胁迫质量分数超过玉米耐受范围玉米自身受害。可溶性蛋白变化趋势随镉胁迫质量分数升高呈单峰曲线, 低质量分数镉胁迫刺激其含量升高, 提高叶片功能, 高质量分数镉胁迫则降低其含量, 加速叶片衰老。

**关键词:** 镉胁迫; 玉米 CT38; 生长; 生理特性

**中图分类号:** X171.5; S513.01

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2013) 07-1226-05

**引用格式:** 惠俊爱, 党志. 长期镉胁迫对玉米 CT38 生长和生理特性的影响[J]. 生态环境学报, 2013, 22(7): 1226-1230.

HUI Junai, DANG Zhi. Long-term effects of cadmium stress on the growth and physiological characteristics of maize CT38 [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(7): 1226-1230.

随着城市化、工业化进程, 重金属镉污染已经成为土壤污染的一个重要方面。因其隐蔽性、不可逆性和长期性的特点, 对生态系统构成潜在的巨大威胁。镉被公认为仅次于黄曲霉毒素和砷(As)的主要食品污染物并通过食物链影响人体健康<sup>[1-2]</sup>。镉是植物生长过程中的非必需元素<sup>[3]</sup>, 大量的镉进入环境影响农作物的产量和质量, 目前认为重金属对植物的主要伤害途径是造成植物体内的过氧化胁迫, 导致其体内的代谢失调, 从而造成生物大分子和膜脂的过氧化<sup>[4]</sup>, 使植物受到伤害。破坏生物细胞膜的结构与功能造成植株氧化胁迫、糖及蛋白质合成受阻、养分失调, 以及其他一系列生理代谢紊乱<sup>[5]</sup>, 最终导致生长量和产量的下降。对于干旱、温度及施肥等环境因子影响下的植物的光合特性, 已经有不少学者进行了研究<sup>[6-7]</sup>。抗氧化指标在植物抵抗重金属胁迫中的作用, 已从一些植物中得到证实<sup>[8-10]</sup>。我国耕地重金属中度污染现象严重, 以经济植物取代超积累植物对中度污染土壤可以达到边生产边修复的目的。

超甜玉米 (*Zea Mays* L.var.saccharata Sturt.)

又称蔬菜玉米, 禾本科, 玉米属, 因其具有丰富的营养、甜、鲜、脆、嫩的特色而成为深受各阶层消费者青睐主要蔬菜之一。玉米 CT38 (超甜玉米38简称) 是科研工作者培育的超甜玉米, 主要在珠三角地区种植。在前期实验中我们发现重金属镉对玉米 CT38的光合特性影响较复杂, 低浓度镉促进了玉米光合特性, 高浓度处理降低了其光合特性<sup>[11]</sup>。目前对于植物整个生长周期中其相关的生理变化情况少见报道, 大多资料仅限于其生长的某个阶段。玉米 CT38作为珠三角地区的主要种植蔬菜之一, 且珠三角地区农田受镉污染较严重, 有必要对其生理特性进行了解。本文基于盆栽试验, 以玉米 CT38为研究对象, 揭示了在不同浓度镉胁迫下, 玉米在生长发育时期的一些主要生理指标的动态变化规律, 从生理生化角度揭示镉对植物生长抑制的机理, 为研究重金属对植物伤害的机理和植物监测提供参考。

## 1 材料方法

### 1.1 材料

试验所用土壤为水稻土, 取自广东省广州市增城区。基本理化性质如下: pH6.42, 有机质质

**基金项目:** 国家自然科学基金重点项目 (40730741); 863 项目 (2007AA0610-01); 广东省自然科学基金团队项目 (9351064101000001); 华南理工大学自然科学基金项目 (E5090550)

**作者简介:** 惠俊爱 (1978 年生), 女, 讲师, 博士, 研究方向为逆境生理生化。E-mail: jahui78@126.com

\*通讯作者

**收稿日期:** 2013-04-14

量分数 1.63%，总镉 (Cadmium, Cd) 质量分数  $0.32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，N 质量分数 0.09%，速效 P 质量分数 0.05%，速效 K 质量分数 0.04%。土壤风干过 2 mm 筛，以溶液形式加入  $\text{CdCl}_2\cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ ，镉质量分数为 1, 5, 15, 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，以不加镉土壤作为对照 (CK)。土壤加入镉溶液，充分混匀，保持水量的 70% 平衡 14 d 后，风干，土壤重新磨碎混匀，装盆，每盆盛土 3.0 kg。每盆施复合肥 (N 15%，P 15%，K 15%) 1 g。

本试验所用植物为玉米超甜 38 (CT38)，种子购于广东农科院，选取籽粒饱满完整的 CT38 种子进行催芽，催芽后每盆种植 10 粒，幼苗长至 2 cm 高时，间苗至每盆留 3 株。实验进行期间每天浇入适量水分使土壤含水量维持在田间持水量的 65%~70%。选取生长健壮的同叶位 (从顶部叶数第 3 片叶) 功能叶。在镉处理玉米 30, 60, 90 d 时取材进行相关指标测定。

## 1.2 方法

1.2.1 质膜透性采用 DDS-11A 型电导率仪测定。

1.2.2 丙二醛 (MDA) 含量、可溶性糖含量、脯氨酸 (Pro) 含量测定采用邹琦<sup>[12]</sup>方法。

## 1.3 数据处理

所有数据用 Microsoft Excel 和 SPSS 软件统计分析和处理。

## 2 结果分析

### 2.1 镉胁迫对玉米株高 (表 1)、植株鲜质量 (表 2) 的影响

处理 30 d 时玉米植株株高在 CK 下约为镉质量分数 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理下的 2.1, 2.8 倍; 同期玉米植株鲜质量在 CK 下约为镉质量分数 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理下的 2.9, 3.2 倍。随镉处理质量分数的增加, 玉米植株鲜质量也呈下降趋势。处理 90 d 时玉米植株株高在 CK 下约为镉质量分数 50, 100

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理下的 2.3, 2.5 倍; 同期植株鲜质量在 CK 下约为镉质量分数 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  处理下的 3.0, 4.5 倍。镉处理质量分数 1, 5, 15, 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  在处理 90 d 时株高分别比对照下降了 7.7%, 10.3%, 18.2%, 56.1%, 59.8%; 鲜质量分别比对照下降了 9.2%, 31.7%, 53.3%, 66.9%, 77.9%。

### 2.2 镉胁迫对玉米叶片质膜透性的影响

镉胁迫下细胞原生质膜中的不饱和脂肪酸会发生过氧化作用产生丙二醛, 丙二醛伤害质膜系统, 使其选择性被破坏, 细胞质内电解质外渗量增加, 透性变大, 植物组织外渗液中的电解质含量就会比正常组织升高, 通过测定外渗液电导率的增大, 可反映出质膜受损伤的程度<sup>[13]</sup>, 即质膜透性可表示膜受伤害或变性程度。在镉胁迫下, 随着浓度的增加和处理时间的延长, 玉米叶片细胞膜透性越来越大, 并且随着时间的延长, 膜透性也依次增加。相对电导率在处理 90 d 时镉处理质量分数为 1, 5, 15, 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  时分别比同期对照增加了 12.5%, 18.8%, 31.3%, 65.6%, 143.8% (图 1A)。膜透性的增加使细胞内一些可溶性物质外渗, 破坏了细胞内酶及代谢作用原有的区域性。

### 2.3 镉胁迫对可溶性糖含量的影响

镉处理的可溶性糖含量表现为处理 30, 60 d 含量下降, 90 d 含量又有所升高 (图 1B)。处理 90 d 时镉处理质量分数为 1, 5, 15, 50,  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  分别比同期对照降低了 12.5%, 25.0%, 12.5%, 43.8%, 52.5%。这可能是由于处理 30 d 时临近开花期, 处理 60 d 时处于开花期玉米体内代谢旺盛, 光合作用合成的可溶性糖转化为碳架的速率快, 所以可溶性糖含量减少, 而 90 d, 接近成熟时, 输出作用减弱, 又导致可溶性糖含量升高。

表 1 镉对玉米株高的影响 (cm)  
Table 1 Effect of Cd on the height of maize

处理时间/d	镉处理质量分数/( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )					
	CK	1	5	15	50	100
30	93.2±10.5a	85.5±8.5a	82.3±5.6a	65.5±3.5b	43.5±4.2c	33.8±3.5c
60	118.8±18.3a	97.5±10.5b	90.5±7.8b	85.8±5.5b	65.5±5.8c	50.5±5.5d
90	165.6±22.5a	152.8±18.5b	148.6±12.5b	135.5±8.5b	72.8±6.5c	66.5±3.5c

不同字母表示不同 Cd 浓度间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同

表 2 镉对玉米植株鲜质量的影响 (g)  
Table 2 Effect of Cd on the weight of maize

处理时间/d	镉处理质量分数/( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )					
	CK	1	5	15	50	100
30	18.8±1.5a	14.4±1.8b	12.5±1.3b	9.1±0.8c	6.3±0.6d	5.9±0.4d
60	46.5±5.5a	36.2±4.5ab	28.5±3.5b	20.5±4.3bc	14.3±1.5c	9.2±1.3c
90	97.5±9.5a	88.5±6.5a	66.6±6.2b	45.5±3.5c	32.2±4.5d	21.5±5.5e

2.4 镉胁迫对丙二醛含量的影响

MDA 含量是反映脂质过氧化作用强弱的一个重要指标, 而电解质渗漏又是膜损伤的直接证据。MDA 是膜质过氧化最重要的产物, 从各浓度重金属镉胁迫下 MDA 含量来看 (图 1C), 有类似变化趋势: 即 CK 到 100 mg·kg<sup>-1</sup> 处理质量分数

下 MDA 含量升高, MDA 含量上升, 没有出现明显的降低趋势, 这可能与叶片中各种酶系统存在并发生作用有关, 相对低质量分数处理 (CK-15 mg·kg<sup>-1</sup>) 激起植物自身保护酶系统活性, 并加强对体内氧化作用的抵抗, 致使 MDA 含量随镉质量分数的增加而升高缓慢, 但在 50, 100 mg·kg<sup>-1</sup>

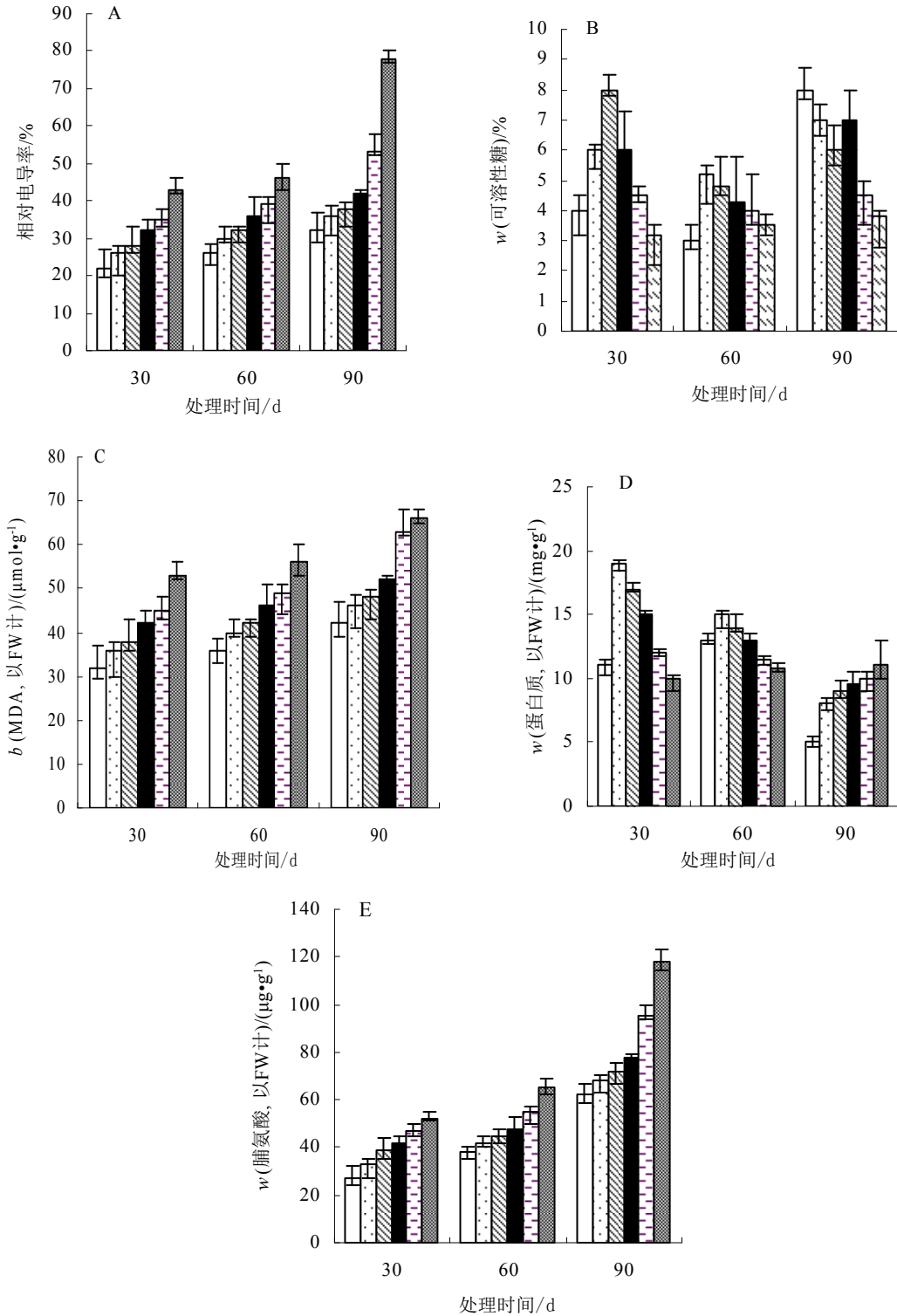


图1 不同镉浓度对叶片质膜透性 (A), 可溶性糖 (B), MDA (C), 可溶性蛋白 (D) 及脯氨酸 (E) 含量的影响  
 Fig.1 The effect of different concentration of cadmium on the relative conductivity (A), soluble sugar (B), malonaldehyde (C), soluble protein content (D), and proline (E) of leaves

时只能对抗一部分氧化, 致使 MDA 含量增加迅速, 这与叶片一直处于高质量分数胁迫环境有关。

### 2.5 镉胁迫对可溶性蛋白含量的影响

从图 1-D 中可知, 在处理 30 d 时镉处理质量分数为 1, 5, 15, 50  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  时可溶性蛋白含量分别比同期对照增加了 72.7%, 54.6%, 36.4%, 9.1% (图 1D), 当镉处理质量分数再升高时可溶性蛋白含量却下降, 这同徐君等<sup>[22]</sup>的研究是一致的。处理 60 d 时镉处理质量分数为 1, 5  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  时分别比同期对照增加了 15.4%, 7.7%, 随生育期推进, 可溶性蛋白含量呈单峰曲线变化趋势, 峰值含量出现在开花期左右。镉胁迫处理使可溶性蛋白含量高于对照, 不同浓度的镉处理表现不同后期高浓度镉处理的可溶性蛋白含量变化相对较为缓和, 导致可溶性蛋白含量变化呈现了随镉处理浓度增加而升高的趋势。

### 2.6 镉胁迫对脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物体内水溶性最大的氨基酸, 具有较强的水合能力, 是理想的渗透调节物质。而渗透调节被认为是植物适应逆境的主要生理调节机制脯氨酸的积累参与了渗透调节。镉处理使玉米叶片中游离脯氨酸含量明显升高 (图 1E), 在处理 90 d 时镉处理质量分数为 1, 5, 15, 50, 100  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  时分别比同期对照增加了 9.68%, 16.1%, 25.8%, 53.2%, 90.3%。表明镉胁迫导致玉米叶片中游离脯氨酸大量积累, 镉处理下玉米游离脯氨酸含量均稍高, 可降低水势, 维持植物体内水分平衡, 保持植物正常生长, 脯氨酸的累积可能是玉米对镉毒害的一种保护性适应。

## 3 讨论

### 3.1 对植株株高、鲜重影响

随镉处理浓度的增加, 玉米植株株高呈下降趋势。随镉浓度的增加, 植株生长状况发生改变, 有明显的重金属毒害现象, 表现为新展开的叶片变小变窄。叶片黄化、边缘卷曲、植株矮小、茎节短小。我们在玉米生长整个过程中也发现镉处理质量分数为 50, 100  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  时玉米发芽后其植株生长一直很缓慢, 即使到了生长后期即 90 d 时整个植株还是很矮小, 叶片呈现绿色, 顶端没有开花, 只长出一两条玉米须状物, 植物直径在 1~2 cm, 植株没有结穗。

### 3.2 镉胁迫引起膜脂过氧化与膜功能改变

质膜是细胞与环境之间的界面, 各种逆境对细胞的影响首先作用于质膜, 逆境胁迫对质膜结构和功能的影响通常表现为选择透性的丧失, 电解质和某些小分子有机物大量渗漏。有关逆境胁迫对植物细胞质膜透性的影响已有大量报道。

Simon 指出, 膜脂过氧化引起膜透性增加的直接原因可能是磷脂性质的改变, 间接的原因可能是膜蛋白在过氧化过程中受到伤害。本实验的测定结果表明, 重金属镉胁迫能显著影响玉米叶片细胞膜透性, 即导致质膜透性的增高。同时镉处理下玉米游离脯氨酸含量均稍高, 可降低水势, 维持植物体内水分平衡, 保持植物正常生长。

植物在逆境条件下会产生大量的活性氧, 活性氧容易导致植物细胞膜脂发生过氧化作用或脱脂作用, 而丙二醛 (MDA) 则是细胞原生质膜中的不饱和脂肪酸会发生过氧化或脱脂作用产物, 它是一种高活性的脂质过氧化产物, 能交联脂类、核酸、糖类及蛋白质, 破坏膜的结构, 导致细胞质膜受损伤, 电解质渗漏严重<sup>[14-15]</sup>。MDA 是脂质过氧化作用的产物, 它的表现与膜透性的表现构成一对矛盾的统一体<sup>[16]</sup>, 膜透性直接反映膜受伤害的程度, MDA 间接表示膜受损伤状况并兼有反馈作用<sup>[17]</sup>。MDA 伤害质膜系统, 使其选择性被破坏, 细胞质内电解质外渗量增加, 严重地损伤细胞的生物膜<sup>[18]</sup>; 同时, 膜脂过氧化还能影响植物的光合作用和呼吸作用, 使光合作用和呼吸作用中的电子传递链发生改变, 导致大量活性自由基的产生, 进一步引起膜脂过氧化, MDA 含量可用来反映膜脂被氧化的程度<sup>[19-20]</sup>。随镉浓度的提高和处理时间的延长, 丙二醛含量增加, 均高于对照, 细胞膜在镉浓度升高处理下破坏程度逐渐增加, 细胞膜透性增加。随镉浓度的提高和处理时间的延长, 丙二醛含量增加, 均高于对照, 细胞膜在镉浓度升高处理下破坏程度逐渐增加, 细胞膜透性增加。

### 3.3 重金属镉胁迫引起可溶性蛋白变化

可溶性蛋白在植物体内是多种活性酶的总称, 其含量高低反映根叶活性、养分代谢及有机物合成能力等<sup>[21]</sup>。可溶性蛋白变化水平反映叶片功能蛋白功能的变化<sup>[22]</sup>, 可溶性蛋白含量多少代表叶片生活力高低。从图 1-D 中我们可以看出。叶活性及代谢能力随重金属胁迫浓度提高的变化趋势。在叶中, 随重金属胁迫浓度升高, 可溶性蛋白含量先升后降, 表现出代谢活性。可溶性蛋白存在于细胞中由多种酶系构成的非膜结合蛋白体系, 其含量越高, 该部位的生理生化反应与代谢活动就越旺盛。重金属镉使玉米植株内可溶性蛋白总量增加, 为玉米对抗重金属胁迫提供生理基础, 对抗重金属胁迫影响。镉处理浓度越高则可溶性蛋白含量增量越大。镉处理下可溶性蛋白随玉米生育时期推进总体变化规律与对照相同。后期处理可溶性蛋白含量下降加速可能与后期玉

米叶片衰老加速有关。

#### 4 结论

镉胁迫对玉米CT38生长产生明显影响,并且低质量分数镉(0~5 mg·kg<sup>-1</sup>)胁迫下的耐受能力强,在较低Cd<sup>2+</sup>质量分数下,玉米CT38可通过增加可溶性糖含量等生理特性增强对镉的抵御能力;而在较高Cd<sup>2+</sup>质量分数下,玉米CT38可通过增加丙二醛(MDA)、可溶性蛋白、脯氨酸含量来缓解镉对植物体的危害。在中低质量分数镉污染的土壤中种植CT38可给珠三角地区的农民带来经济收入,同时改善重金属环境,达到边修复边生产的目的。

#### 参考文献:

- [1] 黄辉,李升,郭娇丽. 镉胁迫对玉米幼苗抗氧化系统及光合作用的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(2): 211-215.
- [2] 宋玉芳,许华夏,任丽萍,等. 土壤重金属对白莱种子发芽与根伸长抑制的生态毒性效应[J]. 环境科学, 2002, 11(3): 103-107.
- [3] 范庆,吕秀军,杨柳,等. 镉胁迫对矮牵牛种子萌发幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 植物研究, 2010, 30(6): 685-691.
- [4] 葛才林,杨小勇,金阳,等. 重金属胁迫对水稻不同品种超氧化物歧化酶的影响[J]. 核农学报, 2003, 17(4): 286-291.
- [5] 谷巍,施国新,巢建国,等. Hg<sup>2+</sup>、Cd<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup>污染对鱼草细胞膜系统的毒害作用[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 1138-1143.
- [6] 董桃杏,蔡昆争,曾任森. 茉莉酸甲酯(MeJA)对干旱胁迫下水稻幼苗光合作用特性的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1872-1876.
- [7] 李兴,程满金,勾芒芒,等. 黄土高原半干旱区覆膜玉米土壤温度的变异特征[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1): 218-222.
- [8] 汤叶涛,关丽捷,仇荣亮,等. 镉对超富集植物苜蓿菜抗氧化系统的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(2): 324-332.

- [9] 沈吉红,梁文斌,薛生国,等. 镉胁迫对垂序商陆叶片抗氧化系统的影响[J]. 贵州科学, 2009, 27(3): 58-61.
- [10] 朱启红,黄婷,夏红霞. 镉胁迫对粉叶蕨生长和生理特性的影响[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(2): 48-50.
- [11] 惠俊爱,党志,叶庆生. 镉胁迫对玉米光合特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(2): 205-209.
- [12] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 72-795.
- [13] Gechev T, Willekens H, Montagu M V, et al. Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress[J]. Journal of Plant of Physiology, 2003, 160(5): 509-515.
- [14] 周瑞莲,赵哈林. 高寒山区草本植物的保护酶系统及其在低温生长中的作用[J]. 西北植物学报, 2002, 22(3): 566-573.
- [15] Singh S, Eapen S, D Souza S F. Cadmium accumulation and its influence on lipid peroxidation and anti-oxidative system in an aquatic plant *Bacopamonnieri* L. [J]. Chemosphere, 2006, 62(2): 233-246.
- [16] Singh R P, Tripathi R D, Sinha S K, et al. Response of higher plants to lead contaminated environment[J]. Chemosphere, 1997, 34(11): 2467-2493.
- [17] 杨楠,王进鑫,周芙蓉,等. 铅胁迫对刺槐和紫穗槐抗氧化酶活性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(3): 168-172.
- [18] 许祥明,叶和春,李国风. 植物抗盐机理的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 6(4): 379-387.
- [19] 李兆君,马国瑞,徐健民,等. 植物适应重金属Cd胁迫的生理及分子生物学机理[J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 235-237.
- [20] 王云一,陈尧,钱亚如,等. 镉胁迫对不同品种小麦幼苗生长和生理特性的影响[J]. 生态学杂志, 2008, 27(5): 767-770.
- [21] 刘素纯,萧浪涛,廖柏寒,等. 铅胁迫对黄瓜幼苗抗氧化酶活性及同工酶的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 300-304.
- [22] 徐君,贾荣,施国新,等. 镉在水花生叶片中的亚细胞分布及其毒理学[J]. 应用生态学报, 2012, 23(4): 1070-1076.

## Long-term effects of cadmium stress on the growth and physiological characteristics of maize CT38

HUI Junai<sup>1</sup>, DANG Zhi<sup>2\*</sup>

1. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. South China University of Technology, Guangzhou 510006, China

**Abstract:** The pot experiment was conducted to study the effects of added cadmium (Cd) on growth and physiological characteristics of *Zea Mays* L. CT38. By adding different concentration in the soil cadmium, set 1, 5, 15, 50, 100 mg·kg<sup>-1</sup> 5 Cd concentration, to study the effect of different concentration of cadmium long-term treatment on the growth and development of maize CT38. The results showed that height, fresh weight of cadmium concentration 1, 5, 15, 50, 100 mg·kg<sup>-1</sup> 90 d processing plant height when compared against the fallen 7.7%, 10.3%, 18.2%, 56.1%, 59.8%, fresh weight, respectively dropped against 9.2%, 31.7%, 53.3%, 66.9%, 77.9%. High concentrations of cadmium (100 mg·kg<sup>-1</sup>) free stress on maize leaf membrane permeability. Protine content increased significantly. Contents of MDA in leaves increased with elevated cadmium concentration, high concentration of cadmium concentration, cadmium stress leading to membrane lipid peroxidation occurs, higher concentration, membrane lipid peroxidation stronger, when a range of cadmium concentrations exceed the tolerance of maize corn itself injured. Change trend with higher cadmium concentrations of soluble protein was a unimodal curve, low concentrations of cadmium stress stimulate the rise in its content, increase blade features, high concentrations of cadmium stress reducing its content, accelerated leaf senescence.

**Key words:** cadmium; corn CT38; growth; physiological characteristics