

文章编号: 1005-0906(2005)03-0061-04

铅胁迫对玉米生理生化特性的影响

曹莹, 黄瑞冬, 曹志强

(沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

摘要: 通过盆栽研究了不同浓度铅胁迫对玉米叶片的质膜透性、丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶活性的影响。结果表明, 随铅浓度升高, 叶片的膜脂过氧化作用加剧, 质膜透性升高。低浓度铅处理对玉米生长具有一定的刺激作用, 而高浓度铅处理对玉米生长则表现为抑制作用。

关键词: 玉米; 铅; 生理生化特性

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Effects of Pb Stress on the Physiological and Biochemical Traits of Maize

CAO Ying, HUANG Rui-dong, CAO Zhi-qiang

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: Effects of lead stress on the membrane permeability, MDA, soluble sugar and protein, proline, activity of SOD, CAT and POD were studied with the maize cultured in pots. The experiment results showed that the lipid peroxidation was aggravated and the membrane permeability raised. The treatment of low concentration lead stimulated the growth of maize, however the treatment of high concentration lead hold it.

Key words: Maize; Lead; Physiological and biochemical characteristics

铅是环境中的有毒物质, 土壤受铅污染后难于消除, 并可沿食物链传递进入人体, 危害健康。土壤环境受铅污染后, 除影响作物的形态学特征外, 其体内生理生化过程也受到影响, 而有关这方面的研究一般多集中在作物苗期, 全生育期的研究报道较少。因此, 本研究以玉米为供试作物, 探讨在玉米生长发育过程中, 铅对玉米生理生化特性的影响, 为明确铅污染的伤害机理和生物监测提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及设计

选用玉米杂交种富友 1 号(丹东市农科院培育)为试材。重金属铅采用醋酸铅($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), 投放浓度(以纯铅计)分别为: 对照 0(CK)、低浓度铅处理 27 mg/kg(PL)、中浓度铅处理 270 mg/kg(PM)、高浓度铅处理 540 mg/kg(PH)。试验采用盆栽, 盆钵直径 33 cm, 高 30 cm, 盆底无孔, 铺沙砾使之形成一斜面, 上覆尼龙网, 并插一中空塑料管, 塑料管插入沙砾一端为斜面。盆土为农田草甸耕性土, 铅含量为

26.68 mg/kg, pH 值 6.3, 有机质含量 1.65%。底肥施用 K_2SO_4 每盆用量为 2 g, 磷酸二铵每盆用量为 5 g; 大喇叭口期追尿素每盆 4 g。2003 年 4 月 11 日将底肥、重金属及盆土按规定用量混匀装盆, 静置半个月后播种。试验采用试验区大垄双行配置, 株距 33 cm, 双行行距 33 cm, 大垄行距 120 cm。5 月 17 日定苗, 9 月 6 日收获。

1.2 测定方法

质膜透性采用 DDS-11A 型电导率仪测定; 丙二醛(MDA)含量、可溶性糖含量、脯氨酸含量、过氧化氢酶(CAT)活性、过氧化物酶(POD)活性测定采用张宪政方法^[1]; 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用邹琦方法^[2]; 可溶性蛋白含量按文树基方法^[3]测定。测定在 3 个生育时期进行, 即拔节期(6 月 20 日)、开花期(7 月 17 日)和蜡熟期(8 月 20 日)。

2 结果与分析

2.1 铅胁迫对质膜透性与 MDA 含量的影响

由图 1、图 2 可以看出, 在铅胁迫下叶片细胞膜透性与 MDA 含量变化呈现相同的变化趋势, 即随铅浓度的提高和处理时间的延长, 细胞膜透性依次增加, 除蜡熟期低浓度铅处理的细胞膜透性与 MDA

收稿日期: 2004-09-01

作者简介: 曹莹(1973-), 女, 讲师, 主要从事重金属逆境胁迫的研究。Tel: 13604922378 E-mail: zheng401@sohu.com

含量低于对照,其余处理均高于对照。对玉米叶片MDA含量与质膜透性进行相关分析表明,二者呈极显著的正相关($r=0.9135^{**}$)。由此可知,随铅浓度升高,膜脂过氧化加剧,最终导致膜损伤。铅使质膜透性增大的原因可能是铅与细胞膜上的磷脂作用,形成正磷酸盐、焦磷酸盐,从而改变膜的结构,或者是由于铅被细胞壁上的果胶酸吸附,而改变细胞壁的弹性和塑性,从而损害壁的生理功能,使质膜透性增大。

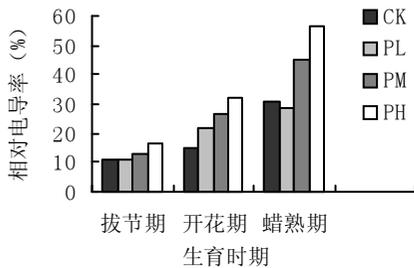


图1 铅胁迫对玉米叶片细胞膜透性的影响

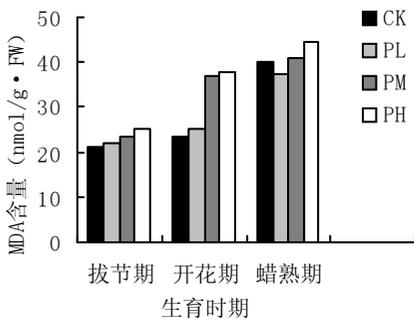


图2 铅胁迫对玉米叶片MDA含量的影响

2.2 铅胁迫对可溶性糖含量的影响

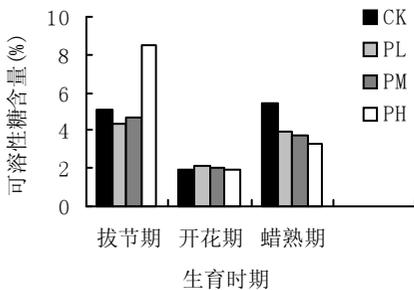


图3 铅胁迫对可溶性糖含量的影响

作物体内可溶性糖含量代表其体内碳水化合物的合成、转化与输出代谢情况。由图3可知,从整个生育时期看,各处理表现为拔节期含量高,开花期含量下降,蜡熟期含量又有所升高。这可能是由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,而后期接近成熟时,输出作用减弱,又导致可溶性糖含量升高。此外,不同浓度铅处理的结果也不同。在拔节期,

随铅处理浓度升高,可溶性糖含量呈增加趋势,这表明同化产物转化与运输速率小于合成速率,碳水化合物的转化、运输路径相对受阻。在开花期与蜡熟期,随铅处理浓度升高,可溶性糖含量呈下降趋势,这表明随铅浓度升高,同化产物的合成速率小于转化、运输速率,碳水化合物的合成路径相对受阻。

2.3 铅胁迫对可溶性蛋白含量的影响

可溶性蛋白质多为未与膜系统特异结合的酶,其含量越高,该部位的生理生化反应与代谢活动就越旺盛。由图4可见,在拔节期与开花期两个时期内,除拔节期的PL处理略低于对照外,其余处理均高于对照,这可能预示着植物在铅胁迫下,体内合成的酶种类及数量增多,从而适应逆境伤害。在蜡熟期,可溶性蛋白质含量则随铅浓度的升高而下降,并且均低于对照,反映出随植株体的衰老,铅逆境条件下的植株可溶性蛋白质含量下降幅度较对照大。在重金属逆境下,植物除合成蛋白质以络合进入体内的重金属离子,降低重金属离子对植物的伤害外,可溶性蛋白质含量的提高,还会增加细胞渗透浓度和功能蛋白的数量,有助于维持细胞正常代谢^[4]。在本试验研究中,生育中、后期各处理的可溶性蛋白含量的总体表现排序是 PL>PM>PH。

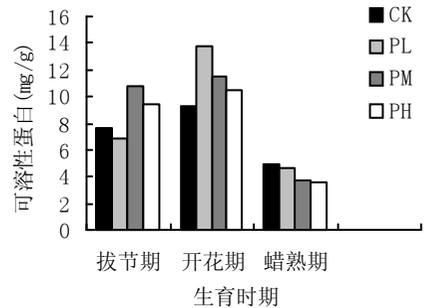


图4 铅胁迫对可溶性蛋白含量的影响

2.4 铅胁迫对脯氨酸含量的影响

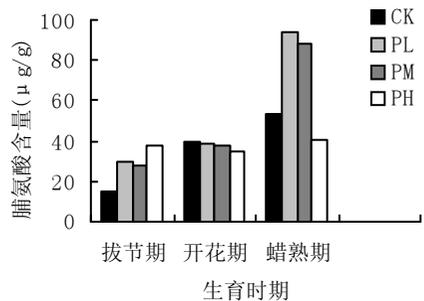


图5 铅胁迫对玉米叶片脯氨酸含量的影响

图5反映了经不同浓度铅处理后,玉米叶片内游离脯氨酸含量的变化情况。结果表明,在拔节期,随铅浓度增加,各处理均有不同程度升高,表现出对

铅胁迫的一种适应性。其中 PH 处理脯氨酸含量最高,为对照的 2.55 倍。在开花期和蜡熟期脯氨酸含量则随铅浓度增加而下降。蜡熟期 PL、PM 处理下的脯氨酸含量高于对照。

脯氨酸的累积可能是玉米对铅毒害的一种保护性适应,因为脯氨酸是植物体内的一种重要的渗透调节物质。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,本试验条件下,总体表现是低浓度铅处理的适应性强。

2.5 铅胁迫对超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶活性的影响

在许多逆境条件下,植物体内活性氧代谢系统的平衡会受到影响。活性氧的产生量增加能启动膜脂过氧化或膜脂脱脂作用从而破坏膜结构。因此,植物体内的活性氧清除剂的含量或活性水平的高低对植物抗逆境能力具有十分重要的意义。超氧化物歧化酶(SOD)是需氧生物中普遍存在的一种抗性酶,它在高等植物体内可防御活性氧对细胞膜系统的伤害、抗逆境胁迫和防止器官衰老,它的主要功能是清除超氧化物自由基。在图 6 中,3 个生育时期内,SOD 活性均随铅浓度升高而下降,除开花期的 PH 处理低于对照外,其余处理在各生育时期内表现都好于对照,这表明一定浓度的铅可提高 SOD 活性,尤以低浓度的铅处理表现明显。

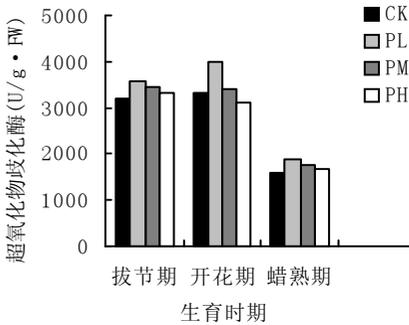


图 6 铅胁迫对超氧化物歧化酶活性的影响

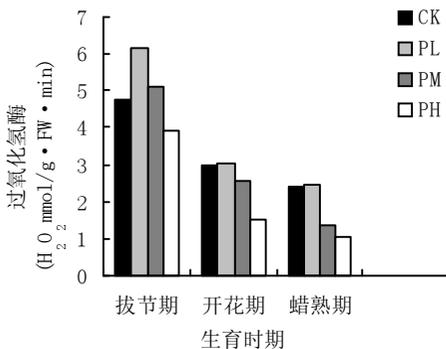


图 7 铅胁迫对过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶(CAT)是一种保护性酶,能够清除细

胞内过多的 H₂O₂, 以维持细胞内 H₂O₂ 在一个正常水平,从而保护膜结构。从图 7 可以看出,在拔节期 PL、PM 处理的 CAT 活性高,分别高于对照 29.83% 和 7.14%;在开花期和蜡熟期 PL 处理分别比对照高 1.34% 和 3.78%,表现出一定抗性。而 PH 处理在整个生育过程中,CAT 活性一直处于最低状态。从总体上看,CAT 活性随铅浓度升高而下降,说明随铅浓度升高,抑制作用加强。

过氧化物酶(POD)是一种含 Fe 的金属蛋白质,它能催化 H₂O₂ 氧化酶类的反应,使植物免于受毒害,其作用如同氢的接受体一样,是植物体内重要的代谢酶,参与许多重要的生理活动,如细胞分裂、生长发育等^[5]。同时也是植物体内抗氧化酶系统的重要组成部分,它能催化有毒物质的分解,其活性的高低能反映植物受毒害的程度。从图 8 可以看出,PL 处理的 POD 活性在 3 个生育时期内均高于对照。在各处理内,按 POD 活性大小排序为 PL>PM>PH。

大量研究表明,膜脂过氧化作用是生物自由基

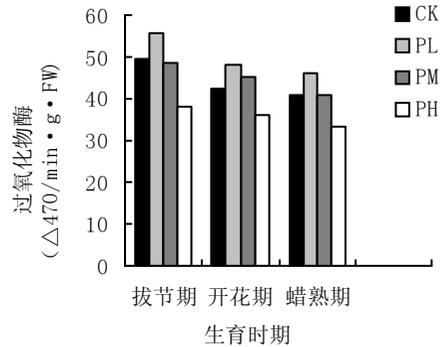


图 8 铅胁迫对过氧化物酶活性的影响

(主要是活性氧)氧化膜脂中不饱和脂肪酸而产生的有害反应,而一些保护酶系统可以清除有害的活性氧,从而保护酶系统^[6-8]。本研究通过分析铅胁迫下玉米叶片在 3 个生育时期内 SOD、CAT 和 POD 与 MDA 的关系,进一步探讨保护酶与膜脂过氧化的关系。

相关分析表明,铅胁迫下,玉米叶片在 3 个生育时期内 SOD、CAT 和 POD 与 MDA 的含量均呈显著的负相关(表 1)。说明铅胁迫诱导保护酶活性下降越大,膜脂过氧化产物 MDA 含量越高,膜脂过氧化加剧,细胞内环境恶化,使正常的生理生化反应受干扰。

表 1 玉米叶片保护酶活性与 MDA 含量的相关分析

项目	回归方程	相关系数
SOD 与 MDA	Y=-78.243x+5 327.3	R=0.799 1**
CAT 与 MDA	Y=-0.155 6x+8.129	R=0.863 1**
POD 与 MDA	Y=-0.465 3x+58.488	R=0.656 9*

3 结论与讨论

在正常条件下,植物体能有效地清除体内的活性氧自由基,使细胞免受伤害。但在逆境条件下,植物体内的活性氧自由基产生速度超过了植物清除活性氧的能力,便会引起伤害^[9-11]。

据研究,植物体内由 SOD、POD、CAT 构成的保护酶系统可清除有害的体内活性氧,从而保护膜系统^[8]。在本试验条件下,低浓度铅胁迫的 SOD、CAT、POD 活性均高于对照,但随铅浓度升高,SOD、POD 与 CAT 活性依次下降,表现为抑制作用逐渐增强。由此可以推论生物膜伤害的一个重要原因是活性氧清除系统功能的下降。

在环境诱发的活性氧自由基伤害生物膜的过程中,最重要的脂质过氧化产物是 MDA^[6,11],MDA 与蛋白质结合,引起的蛋白质分子与分子间的交联^[8]会导致膜中结构蛋白和酶进行聚合和交联,从而伤害细胞膜。细胞膜是选择透过性膜,它能调节和控制细胞内外物质的运输和交换。当玉米受到铅胁迫时,其选择透过性机能受损,透性增大,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,这可能是玉米受害的一个重要原因。

参考文献:

- [1] 张宪政. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1989.
- [2] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [3] 文树基. 基础生物化学实验指导[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1994. 50-52.
- [4] 李俊明,耿庆汉. 低温玉米不同耐冷类型自交系生理生化变化[J]. 华北农学报,1989,4(2):15-19.
- [5] 徐是雄. 种子生理研究进展[M]. 广州:中山大学出版社,1987. 45-48.
- [6] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯, 1991,27(2):84-89.
- [7] 上官周平. 高粱抗旱机理的研究进展[J]. 国外农学-杂粮作物, 1993,(1):35-38.
- [8] 陈少裕. 膜脂过氧化与植物逆境胁迫[J]. 植物生理学报,1989,6(4):211-217.
- [9] 李柏林,梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系[J]. 植物生理学报,1989,15.
- [10] Chris B, Marc V H, Dirk I. Superoxide dismutase and stress tolerance. Annu[J]. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1992, 43: 83.
- [11] Elastner E F. Oxygen activation and oxygen toxicity[J]. Ann Rev. Plant Physiol., 1982, 33: 73.