

# 不同缺素培养对玉米叶片脂质过氧化及 保护酶活性的影响

苏中军<sup>1</sup>, 于龙凤<sup>2</sup>, 安福全<sup>3</sup>

(1. 五常市种子管理站, 黑龙江五常 150200; 2. 东北农业大学生命科学学院, 黑龙江哈尔滨 150030;  
3. 五常市职教中心, 黑龙江五常 150200)

**摘要:** 主要以玉米品种金玉 1 号为试材, 用水培法在苗期进行缺素(N、P、K、Ca、Mg、Fe)处理培养, 缺素症状出现后对其生理指标进行测量, 结果表明: 在不同缺素培养下玉米叶片的丙二醛(MDA)含量显著增加, 产生的活性氧物质诱导超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性以及过氧化氢酶(CAT)活性下降, 植株的叶绿素含量、蛋白质含量降低。

**关键词:** 玉米; 缺素; 细胞膜透性; 保护酶

中图分类号: S513      文献标识码: A      文章编号: 1002-2767(2009)02-0062-03

## Effect of Lacking Different Chemical Elements on Maize Leaf's Lipid Peroxidation and Protective Enzyme

SU Zhong-jun<sup>1</sup>, YU Long-feng<sup>2</sup>, AN Fu-quan<sup>3</sup>

(1. Wuchang Seed Management Station, Wuchang, Heilongjiang 150200; 2. Life Sciences College of Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030; 3. Wuchang Occupation Schooling Center of Heilongjiang Province, Wuchang, Heilongjiang 150200)

**Abstract:** Maize variety Jinyu No. 1 as experiment material was used in the study. We used culture solution to deal with the offspring and made them separately lacking N, P, K, Ca, Mg, Fe. We measured physiology index when the symptoms of lacking chemical element occurred. The results showed: when the offspring lacked chemical element, MDA content obvious increased, SOD activity, POD activity, CAT activity, chlorophyll content and solubility proline content all decreased.

**Key words:** maize; lack of chemical element; cell membrane permeability; protective enzyme

植物叶片中的叶绿素含量、可溶性蛋白含量、过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性常作为评价叶片衰老程度、抗性大小和产量高低的指标<sup>[1]</sup>。目

前, 植物在逆境条件下的膜脂过氧化反应和保护酶系统超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性的变化已广泛用于植物对逆境机理的研究<sup>[2]</sup>, 但多是关于保护酶系统与植株抗病机理研究的报道。玉米(Zea mays)是我国的主要粮食作物, Duncan<sup>[3]</sup>已对玉米一生中光合作用作了大量研究。为了提高玉米的产量和品质, 在农业栽培技术和作物育

收稿日期: 2008-10-17  
第一作者简介: 苏中军(1969-), 男, 黑龙江省五常市人, 中级农艺师, 从事农业技术推广工作。 Tel: 13936143350; E-mail: suzhongjun2005@163.com

[16] 史常青, 王百田, 贺康宁, 等. 林用保水剂应用技术[J]. 林业实用技术, 2007(4): 41-43.

[17] 邓裕, 邓湘雯, 李芳, 等. 保水剂对高羊茅生长和水分利用效率的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(1): 53-57.

[18] 陈宝玉, 关楠, 黄选瑞, 等. 水分胁迫下保水剂对爬山虎和廊坊杨苗木水分生理生态特性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(4): 7-11.

[19] 李建龙. 城市生态绿化工程技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

[20] 汪亚峰, 李茂松, 卢玉东, 等. 20种保水剂吸水特性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 167-170.

[21] 宫辛玲, 高军侠, 尹光华, 等. 四种不同类型土壤保水剂保水性能的比较[J]. 生态学杂志, 2008, 27(4): 652-656.

[22] 黄麟, 叶建仁, 朱云峰. 保水剂及其在农林业中的应用[J]. 林业科技开发, 2007, 21(3): 12-15.

[23] 崔维佳, 刘忠阳, 王丹, 等. 客土技术在治理公路边坡中的应用[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(1): 28-31.

[24] 潘树林, 王丽, 辜彬. 论边坡生态恢复[J]. 生态学杂志, 2005, 24(2): 217-221.

[25] 章梦涛, 付奇峰, 吴长文. 岩质坡面喷混快速绿化新技术浅析[J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 66-75.

种上开展各种研究的同时, 掌握作物个体发育对外界环境条件营养物质需要极为重要。关于玉米一生各时期所需要的营养和缺素症状也已有大量的报道<sup>[46]</sup>, 但多偏重于地上叶器官形态及某些生理特性的研究。而缺素情况下对玉米叶片脂质过氧化程度的研究鲜有报道 为了深入全面掌握玉米生长发育对各元素需要, 本文拟以 6 种必需元素, 利用营养液培育方法, 在系统观察比较缺素形态特征基础上, 侧重对其脂质过氧化及酶活性进行研究, 以补充和完善对缺乏各类元素症状的认识, 为更有效地掌握玉米生产中营养管理提供科学依据。

## 1 材料与 方法

### 1.1 材料

玉米品种: 金玉 1 号(材料由东北农业大学植物生理实验室提供)。

### 1.2 方法

1.2.1 试验材料培育 种子消毒后, 进行 1 d 的浸泡处理, 再将其放入 25℃温箱中处理 3 d。待玉米苗长出两片真叶, 将水倾出换入 1/4 完全培养液培养, 直至幼苗长出 3 片叶时, 去掉胚乳, 再进行缺素培养。

1.2.2 缺素处理方法 参照郝再彬, 苍晶《生理实验》<sup>[7]</sup> 所示, 配制出完全培养液和缺素营养液(见表 1), 分别装入 500 mL 的培养缸内, 选择发育一致的玉米幼苗移入各缸内培养, 每 7 d 更换一次培养液, 观察完全液(对照)和缺素液玉米的生长和发育, 培养时经常调整 pH 和充气, 待缺素症状出现后(17 d)对其进行生理指标测定。

表 1 完全培养液和各种缺素培养液配置

贮备液	培养液						完全
	- N	- P	- K	- Ca	- Mg	- Fe	
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5	0.5
KNO <sub>3</sub>	—	0.5	—	0.5	0.5	0.5	0.5
MgSO <sub>4</sub>	0.5	0.5	0.5	0.5	—	0.5	0.5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.5	—	—	0.5	0.5	0.5	0.5
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.5	0.1	—	—	—	—	—
CaCl <sub>2</sub>	0.5	—	—	—	—	—	—
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	—	—	0.5	—	—	—	—
NaNO <sub>3</sub>	—	—	0.5	0.5	—	—	—
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	—	—	0.5	—	—
EDTA-Fe	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—	0.5
微量元素	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

注: 每 100 mL 培养液中贮备液的用量/mL; -N 表示培养液中缺少该种元素, 其它相同。

1.2.3 测定方法 参照郝再彬, 苍晶《生理实验》<sup>[7]</sup>。叶绿素含量测定: 722-分光光度计-丙酮法; 水溶性蛋白含量测定——考马斯亮蓝 G-250 法; 超氧化物歧化酶

(SOD)测定——NBT(氮蓝四唑)法; 过氧化氢酶活性测定——紫外吸收法; 过氧化物酶活性测定——愈创木酚法; 丙二醛(MDA)含量测定——硫代巴比妥酸(TBA)显色反应。

## 2 结果与分析

### 2.1 培养液缺素培养时植株表现的 症状

培养液缺氮时玉米植株矮小, 生长缓慢, 叶片由下而上从叶尖沿中脉向基部黄枯; 缺磷时幼苗叶尖和叶缘呈紫红色, 老叶变黄, 茎秆细小, 生长缓慢; 缺钾时老叶边缘枯焦、发褐, 幼叶变黄, 植株矮小; 缺镁时下部叶片平行叶脉间呈现淡黄色条纹, 进一步扩展到整个叶片纵向变黄, 甚至发白, 最后其边缘呈紫红色; 缺钾老叶从尖端沿着叶缘向叶鞘逐渐变褐而枯焦, 并逐渐由叶缘向叶的中心扩展; 缺钙的玉米植株幼叶变黄枯萎, 植株矮小; 缺铁时新生叶片出现失绿, 脉间失绿, 发展至整个叶片淡黄或发白, 植株瘦小, 生长缓慢。

### 2.2 培养液缺素培养时玉米叶片叶绿素、蛋白质含量的变化

由表 2 可知 营养液中缺少某一种元素叶绿素含量都有不同程度的降低, 其中缺氮、缺镁、缺铁下降显著, 这可能与氮、镁是叶绿素的组成成分以及铁能促进叶绿素的生物合成有关。其它缺素造成叶绿素含量降低, 可能是由于这些元素都不同程度的参与叶绿素的合成所致。缺氮、缺铁培养的营养液较用完全培养液蛋白质的含量下降显著, 其它缺素培养均有不同程度降低, 因为氮、铁是蛋白质合成的组成成分, 其它元素不同程度地促进植物对氮的吸收, 当磷、钾、镁缺少时, 导致氮循环不畅, 进而引起蛋白质合成受阻<sup>[8]</sup>。相关性分析表明: 在叶绿素含量测定方面, 缺氮处理与完全培养液培养表现为极显著相关; 在蛋白质测定方面, 缺磷、缺钾处理分别与完全培养液培养呈极显著相关, 缺镁处理与完全培养液培养呈显著相关。

### 2.3 缺素对 MDA 含量的影响

MDA 是膜质过氧化的产物, 其含量的多少可代表膜损伤程度的大小<sup>[9]</sup>。由表 2 看出, 各缺素处理下, 丙二醛(MDA)的含量均高于完全培养液培养的植株, 这可能是不同缺素培养使叶片内自由基产生速率增加, 细胞质膜相对透性增大所致, 导致膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)含量增多。

### 2.4 缺素对 3 种保护酶活性的影响

SOD、POD、CAT 是植物在逆境条件下的三大主要保护酶系统。这些活性氧在植物体内不断生成, 同时又被 SOD、CAT 和 POD 等保护酶系统清除, 由于缺素造成植物营养不良, 进而对植物造成伤害, 所以, 这 3 种酶活性的大小可作为衡量作物抗逆性强弱的指标<sup>[1]</sup>。而 SOD、CAT 和 POD 活性表现为(见表 2), 缺

素培养液培养植株的生理指标略低于用完全培养液培养的植株,这可能是缺素培养后,引起生物体膜脂过氧化程度增高,导致生物体内自由基的产生与消除的平衡被迫坏,加速植株早衰。相关性分析表明,缺镁处理

与完全培养液培养超氧化物歧化酶(SOD)活性表现极显著相关;在过氧化酶活性(CAT)方面,缺氮、缺钾、缺镁处理分别与完全培养液培养呈极显著相关,缺铁处理与完全培养液培养呈显著相关。

表2 不同缺素培养生理指标变化

培养液	MDA 含量 / $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$	SOD 总活性 / $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$	过氧化酶活性 / $\text{U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$	过氧化氢酶活性 / $\text{U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$	叶绿素含量 / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$	蛋白质含量 / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
—N	1.24±0.08	31.40±0.86	34.28±0.93	25.41±0.99**	2.57±0.37**	0.84±0.06
—P	0.96±0.10	33.59±0.86	38.18±0.98	23.57±0.73	3.34±0.36	1.13±0.12**
—K	1.25±0.06	32.43±0.86	52.53±0.93	28.43±1.35**	3.49±0.43	0.88±0.06**
—Ca	0.84±0.06	32.22±0.83	39.34±0.81	28.46±0.60	2.50±0.32	0.98±0.10
—Mg	0.68±0.08	32.53±0.87**	40.26±0.86	24.38±1.20**	2.44±0.46	1.10±0.08*
—Fe	0.68±0.07	33.14±1.17	44.36±0.79	19.39±1.42*	2.35±0.46	0.81±0.11
完全	0.19±0.02	34.37±0.72	64.02±1.17	29.64±1.79	3.77±0.15	1.27±0.09

注: \*代表 0.05 水平显著相关 \*\*代表 0.01 水平相关

3 讨论

植物除了从土壤中吸收水分外,还要从中吸收矿质营养和氮素,以维持正常的生命活动。作物缺乏某种必须元素时,便会引起生理和形态上的变化。如:氮、磷是蛋白质、核酸、磷脂的主要成分,缺氮、磷时,蛋白质、核酸、磷脂等的物质合成受阻,同时叶绿素合成受限。钾在碳水化合物代谢、呼吸作用及蛋白质代谢中起重要作用,生物体缺钾还会间接地影响光合作用。钙离子可作为磷脂中的磷酸与蛋白质的羧基间联结的桥梁,具有稳定膜结构的作用。镁在核酸和蛋白质代谢中起重要作用。铁是合成叶绿素所必需的,它又是许多酶的辅基,如细胞色素、细胞色素氧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶等<sup>[10]</sup>。所以当培养液中缺少某种元素时均会使生物体蛋白质代谢降解加速,含量降低;叶片绿色逐渐消失,光合速率下降。又由于生物膜是由磷脂和蛋白质组成的连续的片层结构,呈流动镶嵌模式。在膜上还存在有许多酶。缺素培养后,膜失去适应力,胞内物质发生泄漏,膜功能受损,使细胞中活性氧增多,导致膜发生相变,膜脂过氧化程度增高,膜脂过氧化产物还会产生自由基,如O<sub>2</sub><sup>-</sup>参与启动膜脂过氧化或膜脂肪脱脂作用<sup>[11]</sup>。通常,细胞内产生的活性自由基会受到其植物体产生的保护酶调节与控制,在逆境胁迫下和衰老过程中这些保护酶可清除过量的自由基(如O<sub>2</sub><sup>-</sup>由SOD清除,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>由CAT和POX等清除),维持代谢平衡,保护细胞的正常结构,因而植物能在一定程度上忍耐、减缓和抗御逆境胁迫,延缓植物器官的衰老过程<sup>[12]</sup>,本研究在缺素培养过程中,SOD、POD、CAT活性降低,说明植物体存在大量的自由基未来得及清除,细胞膜受损,导致植物体加速衰老<sup>[13]</sup>。所以合理施肥,对延长玉米光周期、增加玉米产量具有重要的

意义。

参考文献:

[1] 李茂富,李绍鹏,赵维峰.壳聚糖提高香蕉幼苗抗冷性的效应[J].植物生理学通讯,2005,41(4):464-466.

[2] Bowler C, Van Montagu M, Inze D. Snperoxide dismutase and stress toleranc[J]. Annu Rev Plant Mol Biol. 1992, 43: 86-116.

[3] Duncan W G, Hesketh J D. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 rates of maize grown at eight temperature[J]. Crop Science, 1968, 8: 670-764.

[4] 昆明植物研究所土壤组. 锌与玉米花白叶病[J]. 植物杂志, 1978 (3): 5.

[5] 韦安阜编译. 植物营养贫乏病的识别[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1961: 65-68, 164-169.

[6] 褚天铎. 玉米缺锌的形态解剖表现[J]. 北京农业科学, 1986 (4): 11.

[7] 郝再彬, 苍磊, 徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.

[8] 廖红, 严小龙. 高级植物营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 157-170.

[9] 王利军, 黄卫东, 李家永, 等. 水杨酸对葡萄幼苗叶片膜脂过氧化的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(9): 1076-1080.

[10] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 80-85.

[11] 刘华山, 孟凡庭, 杨青华, 等. 土壤渍涝对芝麻根系生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯[J]. 2005, 41(1): 45-47.

[12] 雷春, 陈劲枫, 钱春桃, 等. 不同倍性黄瓜的形态和一些生理生化指标比较[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(4): 471-474.

[13] 韩碧文. 植物生长与分化[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 256-263.

