

硒对植物的毒害作用

台培东, 李培军

(中国科学院应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110015)

摘要:采用室内培养的方法,研究了硒对小麦、黄瓜等植物的毒害作用。结果表明,低浓度的 Na_2SeO_3 能够促进植物体内叶绿素前体物质 ALA (δ – aminolevalinic acid) 的合成,有利于植物的生长发育;但浓度较高时 (0.1 mmol) 会导致植物抗逆境反应物质 ABA 的增加,抑制 ALA 的合成,影响植物的正常生长发育;浓度达到 1.0 mmol 时,ABA 含量开始下降,植物出现毒害症状。同时也发现,外源 6BA 对硒的毒害有明显的拮抗作用。

关键词:硒; ALA; ABA; 6BA; 毒害作用; 植物

中图分类号:X503.231 **文献标识码:**A **文章编号:**1000 – 0267(2002)06 – 0496 – 03

Phyto – Toxicity of Selenium on Plants

TAI Pei-dong, LI Pei-jun

(Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, China)

Abstract: It has been discovered that Na_2SeO_3 at low concentration can promote the biosynthesis of ALA (δ – aminolevalinic acid), a precursor of chlorophyll in plants, which is beneficial to plant growth. But at high concentration, it can lead to an increase of the stress – resistance substance ABA, and inhibit ALA biosynthesis, which influence plant growth negatively. When the concentration is 1.0 mmol, the content of ABA begins to decrease, and some phyto – toxic symptom appears. It is also found that exotic 6BA can significantly antagonize the toxic effects of selenium on the plants studied.

Keywords: selenium; ALA; ABA; 6BA; phyto – toxicity; Plants

硒是动物和一些微生物生长必需的极微量元素,对于动物的肿瘤细胞的生长具有很强的抑制作用,硒在植物矿质营养分类中被归入有益元素,其对高等植物是否具有必要性,尚无定论。目前,普遍认为硒能促进累积硒的植物的生长,但对敏感的不积累硒的植物则有毒害作用^[1]。

关于硒对植物的毒害作用研究,已有许多报告^[2]。Haid – Karrer 通过对硒培养的不同作物的根茎中总硒量、总硫量的分析,观察到了硒与硫含量的平行关系。1978 年 Sign M 和 Singh N 对硒影响下的植物生长,植物体内 N、P、S、Se 等元素,含硫氨基酸,叶绿素的含量,核酸、蛋白质的含量的变化进行了具体的研究,并得出结论:硒导致植物中的普遍抑制作用降低了植物的产量,而磷在一定的范围内有解毒作用^[3]。

植物对不良的外界环境有着自身的调节及适应能力,一个很重要的指标就是其体内 ABA 含量的增

加。本文分析了 Na_2SeO_3 处理对小麦幼苗生长和黄瓜离体子叶中 ALA、ABA 含量的影响,及外源 6 – BA 与 Na_2SeO_3 的拮抗关系,以初步探讨硒对植物的影响及其作用机制。

1 材料与方法

1.1 小麦幼苗的培养

取冬小麦“农大 139”(*Triticum aestivum* L. cv Nongda 139) 种子,温水浸种 2 h 后,用各种浓度的 Na_2SeO_3 溶液处理浸种后的小麦种子,25 ℃ 光下培养,观察记录其生长情况。

1.2 黄瓜黄化子叶的培养

取黄瓜 (*Cucumis sativus* 津研 4 号) 种子,清水浸种 2 h,再用 5% 安替福明消毒 10 min,清水洗至中性,在 0.7% 洋菜培养基上,27 ℃ 暗培养 3 d。

1.3 ALA 含量的测定

取出 3 d 龄的黄化幼苗,暗室绿光下切下其子叶,每次称取 2 g 摆入各种浓度处理液 (20 mmol 的乙酰丙酸和不同浓度的亚硒酸钠混合液或 20 μmol 6 – BA, 20 mmol 的乙酰丙酸和不同浓度的亚硒酸钠混合

收稿日期: 2001 – 12 – 13

基金项目:中国科学院知识创新工程资助项目 (KZCX – 401);重要方向项目 (KZCXZ – SW – 416)

作者简介: 台培东 (1964—),男,博士,副研究员,主要从事污染生态学和恢复生态学研究。

液。乙酰丙酸为 ALA 水解酶抑制剂)的培养皿中,在暗中预培养 2 h,25 ℃,光照一定时间后取出,加 5 mL 5% 的三氯乙酸固定,作 ALA 含量的分析。

取待测材料,匀浆,离心,上清液用 1 mol 的 NaOH 调至 pH4—5(4.6),通过 DoweX50(200—400 目)柱交换后,无离子水洗至中性,0.5 molNaAc 洗脱,定容到 10 mL,加 0.2 mL 乙酰丙酮,混匀,沸水加热 10 min,冷却后加等体积的 Ehrlich—Hg 试剂显色,10 min 后测 553 nm 的光密度。

1.4 ABA 含量的测定

基本按沈镇德、丁静^[4]的方法分离和提纯,ABA 衍生物为甲酯化衍生物,采用配有 ECD 检定器的岛津 GC—7A 型色谱仪及毛细管柱进行测定。

2 结果与讨论

2.1 硒对小麦生长的影响

Na₂SeO₃ 对小麦幼苗生长具有双重作用。低浓度(0.01 mg·L⁻¹)时,不仅对小麦种子的发芽率和幼苗死亡率没有影响,而且能显著促进小麦的生长(P=0.05)。而当 Na₂SeO₃ 溶液浓度达到 0.1 mg·L⁻¹ 时,对小麦种子的发芽率和幼苗生长有明显影响,这种影响随着 Na₂SeO₃ 浓度的增加而加强,表现为发芽率降低,植株生长减慢,死亡率不断提高(见图 1)。这一实验结果与 Elmore 等(1989)对蕨类愈伤组织的实验结果十分相似,但蕨类愈伤组织在 Na₂SeO₃ 溶液浓度达到 0.01 mg·L⁻¹ 时,生长就受到抑制,其对硒毒的抵抗能力比小麦要低。

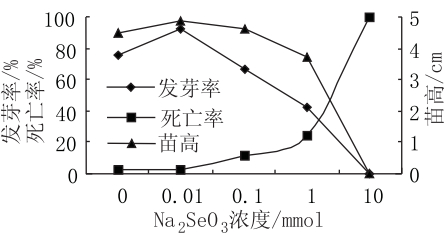


图 1 Na₂SeO₃ 对小麦生长的影响

Figure 1 Effect of selenium on wheat growth

2.2 硒对黄瓜幼苗组织中 ALA 生物合成的影响

ALA 是叶绿素合成中的前体物质,所以是叶绿素合成途径的限速步骤,Sign M 等曾报道硒对植物叶绿素的合成有抑制作用^[3,5],那么硒是否对 ALA 的生物合成也有抑制作用呢? 从本实验结果(见图 2)可以看出,用高浓度的 Na₂SeO₃(0.1—1.0 mmol)处理黄瓜黄化离体子叶,显著抑制其 ALA 的生物合成。浓度越大,抑制作用也越强。但用 0.01 mmol 的 Na₂SeO₃ 处理

时,发现在黄化子叶光照转绿的某一阶段(8 h)其 ALA 含量显著增加(P=0.05),从而表现为对 ALA 生物合成的促进作用。

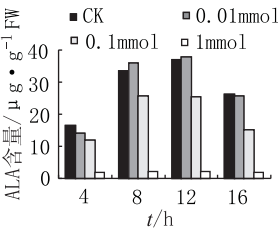


图 2 Na₂SeO₃ 对 ALA 生物合成的影响

Figure 2 Effects of selenium on ALA biosynthesis

2.3 硒对黄瓜幼苗组织中 ABA 生物合成的影响

不同浓度的 Na₂SeO₃ 处理下的黄瓜幼苗组织中 ABA 含量变化如下:低浓度(0.01 mmol)的硒明显抑制植物体内 ABA 的合成;在抑制生长的浓度范围内(0.1 mmol),Na₂SeO₃ 对 ABA 的合成有着明显的促进作用;但当硒浓度超过一定浓度时(如 1.0 mmol),则体内 ABA 的含量开始下降(见图 3)。已有大量实验表明,ABA 能拮抗生长素和细胞分裂素的许多正常的生理效应,这或许是植物适应不良环境的一种反应。但是,当硒浓度进一步增加时(高于 1.0 mmol),就会产生严重的毒害,由实验看出,植物体内 ABA 含量反而下降,说明这种毒害已超出了植物的耐受范围,甚至影响到植物本身的调节机能,即影响了植物用以抗逆境的 ABA 的合成。

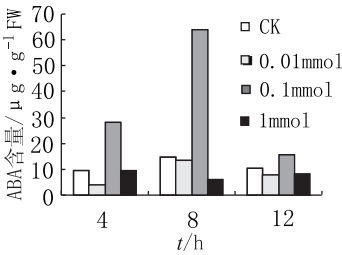


图 3 Na₂SeO₃ 对 ABA 生物合成的影响

Figure 3 Effects of selenium on ABA biosynthesis

2.4 硒与 6-BA 对 ALA 生物合成的拮抗作用

6-BA 对 ALA 生物合成有促进作用,当 6-BA 的浓度在 20 μmol 时促进效果达到最好^[6]。用浓度为 20 μmol 的 6-BA 和不同浓度的亚硒酸钠混合,处理黄化的黄瓜子叶。实验结果表明(见图 4),Na₂SeO₃ 能程度不同地抑制 6-BA 对 ALA 生物合成的促进作用。尽管低浓度的(0.01 mmol)能促进 ALA 的生物合成,但当与 6-BA 混合处理时,不但没有表现出协同作用,反而对 6-BA 的促进作用稍有抑制,而当

Na_2SeO_3 的浓度较高时 (0.1—1.0 mmol), 则显著抑制 6-BA 对 ALA 生物合成的促进作用。

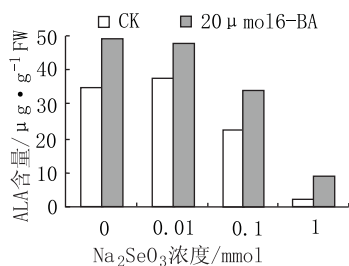


图 4 硒与 6-BA 对 ALA 生物合成的拮抗作用

Figure 4 Antagonistic effect of selenium plus 6-BA on ALA biosynthesis

根据黄海等人的研究, ABA 对 ALA 的生物合成有明显的抑制作用, 而 6-BA 对这一作用又有逆转能力^[7], 那么高浓度硒抑制 ALA 生物合成的机制可以作如下解释:

一方面, 硒的作用促进了植物 ABA 的合成, 而高浓度的 ABA 又抑制了 ALA 的生物合成, 这在上面所做的 6-BA 与硒对 ALA 生物合成的拮抗作用的实验中得到了进一步的证明, 即 6-BA 逆转了硒促进的 ABA 对 ALA 合成的抑制作用。这里硒对 ABA 合成的促进作用, 第一, 可能代替了植物体内的硫而影响酶及其它代谢环节; 第二, 它可能独立作为一种逆境因子而诱导 ABA 的合成。

另一方面, 不能否定的是, 硒可能直接作用于 ALA 合成的过程。

3 结论

(1) 低浓度的硒对植物生长有一定的促进作用, 但较高浓度的硒 ($> 0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 则抑制植物的生长, 甚至使植物中毒死亡。

(2) 低浓度的 Na_2SeO_3 能够促进植物体内叶绿素前体物质 ALA 的合成, 有利于植物的生长发育; 但浓度较高时 (0.1 mmol) 会导致植物抗逆境反应物质 ABA 的增加, 抑制 ALA 的合成, 影响植物的正常生长发育; 浓度达到 1.0 mmol 时, ABA 含量开始下降, 植物出现毒害症状。

(3) 外源 6BA 对硒的毒害有明显的拮抗作用。

参考文献:

- [1] 王远亮. 生物 Se 的研究进展[J]. 生物化学与生物物理进展, 1987 (6): 27-29.
- [2] Tielease S F. Se as a stimulating and possibly essential element for indicator plant[J]. *Am J Bot*, 1938, 35: 372-380.
- [3] Sign M and Singh N. Seleniun toxicity in plants and its detoxification by phosphorus[J]. *Soil Science*, 1978, 126: 255-262.
- [4] 丁静, 沈镇德. 植物内源激素的提取分离和生物鉴定[J]. 植物生理学通讯, 1997, (2): 27-39.
- [5] Marel E and Klein S. Light dependent formation of δ -aminolevalinic acid in dtiolnted of higher plants[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 1972, 49: 364-370.
- [6] Tanada T. Indoleacetic acid and abscisic acid antagonism[J]. *Plant Physiology*, 1973, 51: 150-153.
- [7] 黄海. ABA 和 6-BA 对离体小麦叶片 ALA 形成的调节作用[J]. 植物生理学报, 1984, (10): 347-350.

(上接第 495 页)

参考文献:

- [1] Yirchenko Ye P, Agapkina G I. Organic radionuclide compounds in soils surrounding the Chernobyl Nuclear Power Plant[J]. *Eurasian Soil Science*, 1993, 25: 12, 51-59.
- [2] Virchenko E P, Agapkina G I. Radionuclide organic compounds in soils near the Chernobyl Nuclear Power Station[J]. *Pochvovedenie*, 1993, 1: 13-19.
- [3] Mosulishvili L M, Shoniya N I, et al. Environmental radionuclide distribution in the Republic of Georgia after the Chernobyl catastrophe[J]. *Zhurnal Analiticheskoi Khimii*, 1994, 49: 1, 135-139.
- [4] Kruglov S V, Vasil'yeva N A, et al. Distribution of radionuclides from Chernobyl fallout with regard to fractions of the soil-particle distribution of sod-podzolic soils[J]. *Eurasian Soil Science*, 1996, 28: 7, 26-35.
- [5] 陈寿椿. 重要无机化学反应(第三版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994. 1 018-1 036.
- [6] 赵希岳, 史建君, 刘立丽, 等. 放射性核素 ^{90}Zr 在土壤中吸附的研究[J]. 农业环境保护, 2001, 20(5): 305-307.
- [7] 王寿祥, 张永熙, 胡秉民, 等. 镉-89 在模拟水稻田的动力学行为[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 207-211.
- [8] 王云, 等. 土壤环境元素化学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 74-90.
- [9] 熊毅, 等. 土壤胶体-第三册: 土壤胶体的性质[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [10] 库兹涅佐夫. 蔡著先译. 水质放射性污染净化原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1980. 236-239.
- [11] F. Ward Whicker, Vincent Schultz. Radioecology: Nuclear Energy and the Environment, Volume II[M]. CRC Press, Inc. 1982, 155.
- [12] Galeriu D, Niculac C, Mateescu Gh. Radioecological model for radio-caesium in shallow Lakes[J]. *Radiation Protection Dasimetry*, 1997, 73 (1-4): 177-180.
- [13] Kirchner G. Applicability of compartmental models for simulating the transport to radionuclides in soil[J]. *Journal of Environmental Radioactivity*, 1998, (3): 339-352.
- [14] Thiessin K M, Hoffman F O, Rantavaara A, Hossain S. Environmental models undergo intemational test[J]. *Environmental Science & Technology*, 1997, 31(8): 358A-363A.