

研究工作

硒和砷对明亮发光杆菌 T_3 变种的作用 ——生物体中的硒砷相互作用

周召银* 苏 嫦 孙 杰

(华中工学院化学系, 武汉)

提 要

本文利用硒和砷对明亮发光杆菌 T_3 变种的作用, 观察到硒砷的毒性可相互抑制, 其相互作用由于浓度因素的影响既可表现出协同效应也可表现为拮抗作用。硒砷两微量元素共存也存在类似 Bertrand 关于单个元素的最适营养浓度。此外, 还进一步分析了硒砷相互作用可能存在的途径。

硒和砷是生命体内的两个重要微量元素^[1,2]。它们可能与人类心血管病, 癌症等严重疾病有关, 从而引起人们广泛的重视。尽管这两个元素都被认为是为生命体所必需的^[3,4], 但超过一定的量又都会引起中毒^[5,6]。自从 1938 年 Moxon 首次报告砷可抑制含硒麦的毒性以来^[7], 运用动物实验等手段, 主要就砷的毒性进行了研究, 但是, 对于砷引起的中毒, 能否用硒来抑制, 目前尚未见有系统的研究。

本文采用明亮发光杆菌 T_3 变种进行实验。这种细菌是从澳洲鱼 *Tripteryphycis intermedus* 中分离得到的。有报告指出, 该菌的发光度与多种有毒污染物的毒性有关,^[8,9] 这样, 通过观察硒和砷对 T_3 菌发光度的影响, 能够比较方便地, 在较大浓度范围内获取硒砷相互作用的信息。

材 料 和 方 法

(1) 材料 明亮发光杆菌 T_3 变种。硒和砷分别为亚硒酸钠和亚砷酸钠, C.P. 级, 用去离子水配制。

(2) 仪器 GDJ-2 型生物发光光度计(中国科学院南京土壤研究所制)。

(3) 发光度的测定 在比色管内预先加入 2ml 硒或砷或硒、砷混合液, 以及 2.5ml 5.4% 的 NaCl 溶液。再将 1ml T_3 摇瓶菌液加入到 200ml 3% 的 NaCl 溶液中。在电磁搅拌器上搅拌, 然后尽快把 0.5ml 上述 T_3 稀菌液加入到系列硒砷样品比色管中, 摇匀, 静置半小时, 放入仪器中测定其发光度, 与对照组(即 T_3 稀菌液)的发光度比较。用指标 R

$$R = \frac{\text{对照组发光度} - \text{样品菌液发光度}}{\text{对照组发光度}} \times 100\%$$

来表示硒与砷对这种细菌的毒性作用。可以看到, R 实即为样品加入后发光度降低的百分数。 R 值愈小, 则样品菌液的发光度愈大, 即表明其样品的毒性愈小, 反之亦然。样品测定的温度为 $20^\circ\text{C} \pm 2$ 。

结 果 与 讨 论

硒和砷单独存在时的作用

* 现在中国人民解放军第二军医大学药理学系无机化学教研室(上海)。

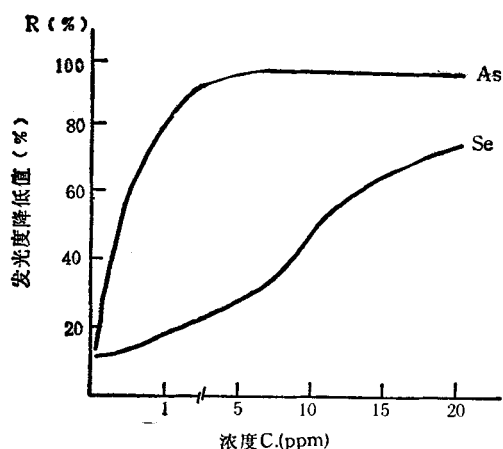


图1 硒和砷分别对 T_3 菌的作用

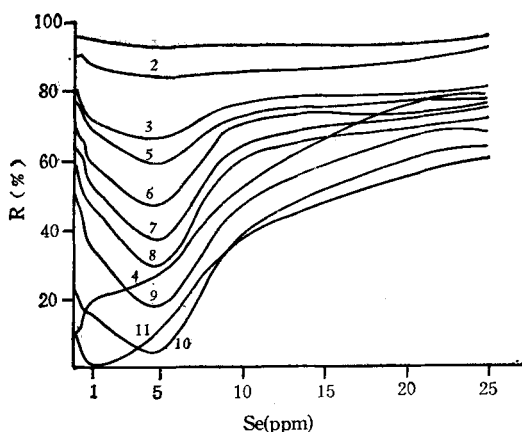


图2 硒及加入不同剂量砷对 T_3 菌的作用

(1) Se + 5ppmAs (2) Se + 2ppmAs (3) Se + 1ppmAs
(4) Se (5) Se + 0.9ppmAs (6) Se + 0.7ppmAs (7)
Se + 0.6ppmAs (8) Se + 0.5ppmAs (9) Se + 0.4ppm
As (10) Se + 0.2ppmAs (11) Se + 0.1ppmAs

由图1看到,硒和砷对 T_3 菌的影响是不同的。随着砷浓度的增加,发光度显著下降,毒性明显增加。而硒随浓度的增加,发光度也依次减弱但毒性增加较慢,表现的生物毒性与浓度的关系成“S”型曲线。显然,与砷相比, T_3 发光菌对硒的耐受量要大得多。

硒和砷混合存在时对 T_3 发光菌的作用

由图3可见砷的毒性随浓度的增加而递增,当加入0.5ppm, 1ppm, 5ppm的硒后,整个曲线下移, T_3 菌发光度明显提高,显示出了硒对砷的毒性的抑制,两者呈现出拮抗作用的情形。同时亦看到,当加入的硒的浓度较大时,反

而使发光度降低,呈现出硒与砷的协同效应。由此看到,硒与砷的相互作用由于浓度的不同,既可表现为拮抗作用,也可以表现为协同效应。

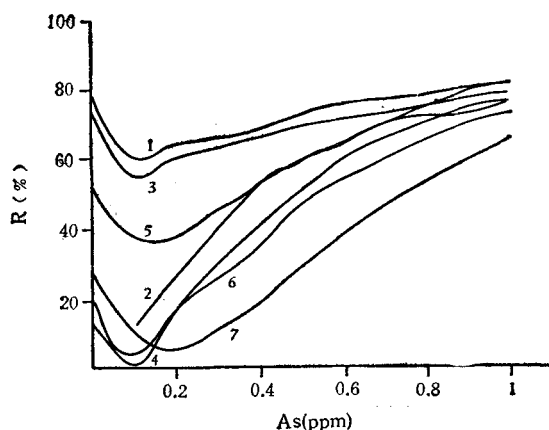


图3 砷及加入不同剂量硒对 T_3 菌的作用

(1) As + 25ppmSe (2) As (3) As + 20ppmSe (4)
As + 0.5ppmSe (5) As + 10ppmSe (6) As + 1ppmSe
(7) As + 5ppmSe

硒和砷单独存在时,其曲线随浓度的变化单调上升,而其余的曲线均存在一个波谷,而且图2的波谷要比图3深一些,宽一些,反映了用硒抑制砷的毒性的程度比用砷抑制硒毒性的程度要大,效果要明显,也要安全。值得注意的是,波谷所在的位置基本不变,表明硒砷两微量元素共存也存在一个对细菌生长的最适营养浓度范围,这与 Bertrand 提出的关于单个元素的最适营养浓度定律相似^[10]。这个情况对于生物微量元素的理论研究是有一定启发意义的。

我们看到,生物体内硒砷相互作用的情形比较复杂,而对于它们作用的微观机理目前尚不清楚。在这里,运用因子分析的方法对实验数据进行处理,分别得到硒对砷毒性影响和砷对硒毒性影响的主因子数,计算结果如表1所示。

由表1看到,硒对砷毒性作用的主因子数为1,其积累百分方差已达92.4% $[(6.4660/7) \times 100\%]$,而砷对硒毒性作用的主因子数为2,积累百分方差达95.4% $[(8.2068+2.2917)/11] \times 100\%$ 。由此推测,硒对砷毒性的影响可能是通过一种途径实现,而砷对硒毒性的影响,则可能

表 1 硒砷相互作用的因子分析

毒性的影响 砷对砷	相关矩阵 的本征值	序 号	1	2	3	4	5	6	7				
		本征值	6.4660	0.4708	0.0435	0.0151	0.0026	0.0012	0.0008				
	主因子数	1											
毒性的影响 砷对砷	相关矩阵 的本征值	序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		本征值	8.2067	2.2917	0.3948	0.0632	0.0292	0.0108	0	0	0	0	0
	主因子数	2											

有两种机制在起作用。

Schrauzer 等认为生物体内硒和砷存在着直接的化学结合^[11], Shamberger 则进一步认为硒和砷在生物体内可能形成了解毒共轭物——硒代亚砷酸盐^[12]。这种硒和砷之间直接的化学结合代表了硒砷相互作用的一种机制。从这里的计算结果来看,提示砷对硒毒性的作用还可以通过另外一种途径实现。

曾蒙中国科学院南京土壤研究所顾宗藻、谢思琴等同志的帮助和指导,在此致谢。

参 考 文 献

- [1] 徐辉碧:《生物微量元素——硒》,华中工学院出版社,1984年第1版。

- [2] 世界卫生组织 (1981, 姚佩佩、牛胜田译)《砷的环境卫生标准》,人民卫生出版社,1985年第1版。
[3] Anke, M. et al.: *Micronutrient News*, 5(1), 3, 1984.
[4] Awasthi, Y. C. et al.: *J. Biol. Chem.*, 250, 5144, 1975.
[5] Leonárd, A. et al.: *Mut. Res. Rev. Genet. Toxicol.*, 75(1), 49, 1980.
[6] 高木和男:《国外医学》(医学地理分册), 116—121, 1984.
[7] Moxon, A. L.: *Science*, 88, 81, 1938.
[8] 顾宗藻等:《环境科学》, 4(5)30, 1983.
[9] Tchan, Y. T. et al.: *Soil Biol. Biochem.*, 7 30, 1974.
[10] 施罗德, H. A. (1973, 陈荣三等译):《痕量元素与人》,科学出版社,1979年第1版。
[11] Schrauzer, G. N. et al.: *Bioinorg. Chem.*, 9, 245, 1978.
[12] Shamberger, R. J.: *Biochemistry of Selenium*, 1983.

[本文于 1986 年 9 月 22 日收到]

(上接第13页)

- [3] Sternberg, M. J. E.: In *Computing in Biological Science* ed. Geisow & Barrett, Elsevier Biomedical Press, 1983.
[4] Schulz, G. E. and Schirmer, R. H.: *Principles of Protein Structure*, New York: Springer, 1979.
[5] Levitt, M.: *Ann. Rev. Biophys. Bioeng.*, 11, 251, 1982.
[6] Go, N.: *Ann. Rev. Biophys. Bioeng.*, 12, 183, 1983.
[7] Kuntz, I. D. et al.: *Biopolymers*, 18, 939, 1979.
[8] Anfinsen, C. B. and Scheraga, H. A.: *Adv. Protein Chem.*, 29, 205, 1975.
[9] Sternberg, M. J. E. and Thornton: J. M.: *Nature*, 271, 15, 1978.
[10] Guzzo, A. V.: *Biophys. J.*, 5, 809, 1965.
[11] Rackovsky, S. and Scheraga, H. A.: *Acc. Chem. Res.*, 17, 209, 1984.
[12] Rackovsky, S. and Scheraga, H. A.: *Macromol.*, 11, 1168, 1978.
[13] Rackovsky, S. et al.: *J. Mol. Biol.*, 115, 135, 1979.
[14] Rackovsky, S. and Scheraga, H. A.: *Macromol.*, 13, 1440, 1980.
[15] Rackovsky, S. and Scheraga, H. A.: *Macromol.*, 14, 1259, 1981.
[16] Louie, A. H. and Somorjai, R. L.: *J. Theor. Biol.*, 98, 189, 1982.
[17] Louie, A. H. and Somorjai, R. L.: *J. Mol. Biol.*, 168, 143, 1983.
[18] Louie, A. H. and Somorjai, R. L.: *Bull. Math. Biol.*, 46, 745, 1984.
[19] Davydov, A. S.: *Int. J. Quantum Chem.*, 16, 5, 1979.
[20] Scott, A. C.: *Phys. Rev. Sect. A*, 26, 578, 1982.

[本文于 1986 年 10 月 28 日收到]