

4. 蚕豆根尖和叶尖细胞的微核效应间有良好的相关性

将洪湖市郊各土样盆栽试验中,同一土壤内生长的蚕豆幼苗根尖和叶尖细胞出现的MCN%平均值的资料进行回归和相关分析,结果表明根、叶细胞微核率间呈高度正相关,其直线回归方程为 $\hat{y} = 1.0896 + 0.916x$, 相关系数 $r = 0.919$ 。对相关系数作显著性测验 $P < 0.01$ ($n = 10$)。这说明蚕豆根尖、叶尖细胞对不同农业土壤污染物的综合遗传毒性效应是一致的^[12],二者微核率的高低均可作为监测农业土壤污染程度的相对指标。由于盆栽时根部与土粒粘连较紧,如不小心则易损伤根尖,特别是较难保存初生根尖,而叶尖细胞取材、制片比根尖细胞更为方便,因此,用盆栽法进行土壤监测时,可考虑只检测叶尖细胞的微核率,以节省更多的时间和人力。

综上所述,蚕豆叶尖和根尖细胞微核技术,

是监测土壤污染的一种新的遗传毒理学测试系统,它具有快速、简便、经济、可靠等特点,便于推广应用。

致谢 本研究得到湖北省洪湖市、应城市环境保护局和监测站的大力协助,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 Schmid W et al. *Humangenetik*. 1971, 11: 103
- 2 Heddle J A. *Mutate Res.* 1973, 18: 187
- 3 陈光荣等. 中国环境科学. 1985,5(4): 2
- 4 陈光荣等. 中国环境科学. 1986,6(2): 60
- 5 国家环境保护局. 生物监测技术规范(水环境部分). 1986: 75-78
- 6 陈光荣等. 中国环境科学. 1988,8(5): 3
- 7 金波等. 城市环境与城市生态, 1989,(2): 7
- 8 金波等. 华中师范学报. 1984,(2): 101
- 9 奚旦立等. 环境监测. 北京: 高教出版社, 1987: 164
- 10 南京农学院. 田间试验和统计方法. 北京: 农业出版社, 1979: 91
- 11 郑玉瑛等. 中国环境科学. 1988,8(3): 53
- 12 Guangrong C, Jin Bo et al. *China Environmental Science*. 1989, 1(1): 62

环境样品放射性测量数据的实用统计处理

韩 寿 岭

(辽宁省劳动卫生研究所, 沈阳 110005)

摘要 本文就环境样品放射性核素含量测量中存在的数据处理问题进行了综合性讨论与分析。结合数据统计分析新理论提出一些实用的数据统计分析方法,包括测量结果的判断、探测限和测定限、极低水平环境样品放射性测量数据处理和测量结果总不确定度估计等。

关键词 环境样品,放射性测量,数据统计分析。

环境样品放射性含量测量较困难,一因放射性元素衰变事件具有随机性,在测量时间内某个原子可能衰变,也可能不衰变;二因测量仪器和条件的不稳定性;三因环境样品中放射性核素比活度一般都很低。因此,测量数据的正确统计处理就显得格外重要。

数据统计分析是很复杂的。就环境样品放射性核素分析来说有时很难找到现成的简单实用的数据处理方法。本文从简单实用观点出发,综合一些文献资料,试图提出一些关于环境样品放射性测量数据的简单处理方法,以供同

行参考。

一、测量结果的判断

一组测量结果获得后,测量者应首先判断测得的数据是否真正反映出客观实际。尤其在低水平环境样品测量中有时放射性水平与本底相近,统计涨落可引起对样品中是否有放射性的错误判断。在应用某种方法对测量结果进行可疑数据的取舍判断后^[1,2],还应进行被测样品中

有无放射性的判断。

判断限 (Decision limit) 是样品中有无放射性的衡量。它与判断结果有时产生第一类错误的概率有关 (实际样品中无放射性而错断为有放射性, 概率用 α 表示)。公式为

$$L_c = \frac{K_\alpha}{t_b} \sqrt{\left(1 + \frac{t_b}{t_s}\right) B} \quad (s^{-1})$$

若用样品放射性表示则为

$$L_c = \frac{K_\alpha}{t_b \cdot \eta} \sqrt{\left(1 + \frac{t_b}{t_s}\right) B} \quad (Bq)$$

式中, K_α 是与 α 有关的置信度因子, 通常取 α 等于 0.05, 置信度 $(1-\alpha)$ 为 95%, $K_\alpha=1.645$ 。B 为测量时间 t_b 内的本底计数, t_s 为测量样品的时间, t_b, t_s 单位为秒, η 为仪器探测效率。当 $t_b = t_s = t$ 时, 上式变为

$$L_c = \frac{2.33}{t} \sqrt{B} \quad (s^{-1})$$

或

$$L_c = \frac{2.33}{t \cdot \eta} \sqrt{B} \quad (Bq)$$

判断限 L_c 只用于定性判断测量数据在统计学意义上是否区别于本底, 不能用作报告水平。测得的样品净计数率(计数 $\cdot s^{-1}$) 或放射性大于 L_c 时才认为有放射性存在。

二、探测限和测定限

1. 探测限 L_D (Detection limit) 是对测量装置探测能力的估计。它与判断测量结果时产生两类错误的概率 (即样品中无放射性错判为有放射性的概率和样品中有放射性而错判为无放射性的概率, 分别用 α 和 β 表示) 都有关, 其数学表达式为^[3,4,5]

$$L_D = \frac{K_\alpha + K_\beta}{2} \left[\frac{K_\alpha}{t} + \sqrt{\frac{K_\alpha^2}{t^2} + \frac{8B}{t^2}} \right] \quad (s^{-1})$$

或

$$L_D = \frac{K_\alpha + K_\beta}{2\eta} \left[\frac{K_\alpha}{t} + \sqrt{\frac{K_\alpha^2}{t^2} + \frac{8B}{t^2}} \right] \quad (Bq)$$

式中, $t = t_s = t_b$, 假设测量样品和测量本底的时间相同, K_α 定义同前, K_β 是与 β 有关的置信度因子, 通常取 $\alpha = \beta = 0.05$, 对应的置

信度 $(1-\alpha)$ 和检出能力 $(1-\beta)$ 都为 95%, 其 $K_\alpha = K_\beta = K = 1.645$, 测量时间 $t(s) \gg K$, 所以上式变为

$$L_D = \frac{2K}{t} \sqrt{2B} = 2L_c \quad (s^{-1})$$

或

$$L_D = \frac{2K}{t \cdot \eta} \sqrt{2B} = \frac{2}{\eta} \cdot L_c \quad (Bq)$$

探测限 L_D 只用于定性说明装置的探测能力, 不能用于判断样品中有无放射性。

2. 测定限 L_Q (Determination limit) 是在小于指定的相对标准偏差下能够定量测定的放射性强度。它与判断结果时产生的两类错误无关, 只由标准偏差和预定的相对标准偏差决定。计算公式为 $L_Q = \frac{\sigma_Q}{K_Q}$, K_Q 为预先指定的相对标准偏差。代入本底计数后 L_Q 变为

$$L_Q = \frac{1}{2K_Q^2} [1 + \sqrt{1 + 8K_Q^2 B}]$$

或

$$L_Q = \frac{1}{2K_Q^2 \cdot \eta \cdot t} [1 + \sqrt{1 + 8K_Q^2 B}] \quad (Bq)$$

上边第一式表示在某测量时间内, 样品的净放射性计数必须等于或大于 L_Q 值, 测量值的相对标准误差才不会超过预定的 K_Q 值。第二式则表示样品的放射性强度必须等于或大于 L_Q 值才满足要求。

三、极低水平环境样品放射性测量数据处理

日本山越和雄将信号与噪声之比 $S/N \leq 0.01-0.1$ 的信号水平定义为极低水平^[6]。环境样品放射性测量中有时净计数率为零甚至为负值, 这就应属于极低水平, 实际上净计数率淹没在本底的涨落之中。

1. 净计数率小于或等于判断限 L_c 的数据对于净计数率小于或等于判断限 L_c 的数据 ($R \leq L_c$) 应使用小于水平 L_r 报告结果, L_r 为该样品中产生的最大计数率或最大放射性。其表达式为

$$L_t = R + \frac{K}{t} \sqrt{2B} \quad (s^{-1})$$

或

$$L_t = \frac{1}{\eta} \left(R + \frac{K}{t} \sqrt{2B} \right) \quad (\text{Bq})$$

式中 R 为样品净计数率, 其他符号同前。

2. 净计数率和本底都等于零的数据

由零计数概率等于在测量时间内样品未发生放射性衰变的概率和发生放射性衰变但未被探测到的概率之和推导出 $P \cong e^{-\lambda N_0 t \eta}$ 。 P 为测量时间 t 内的零计数概率, N_0 为样品中测量开始前放射性原子数目, λ 为衰变常数, η 为仪器探测效率。当置信度取 95% 时, 零计数概率应为 0.05 ($P = 0.05$), 由此可估计出样品中放射性上限值为

$$A_0 = \lambda N_0 = -\frac{1}{t \cdot \eta} \ln 0.05 = \frac{3}{t \cdot \eta} \quad (\text{Bq})$$

例如某实验室用低本底 α 谱仪测定 ^{232}Th , 在 $3 \times 10^5 \text{ s}$ 测量时间内, 3.9 MeV α 特征道区样品和本底计数均为零, 探测效率 $\eta = 30\%$, 用此法估计被测样品中 ^{232}Th 含量 $\leq 3.3 \times 10^{-5} \text{ Bq}$ 。

四、测量结果总不确定度估计

不确定度是由测量误差等造成的测量值不能肯定的程度, 用以表征包括真值在内的测量值的范围。原则上测量结果的总不确定度应含有用统计方法计算的标准偏差(称为 A 类)和用其他方法估计出的非统计性质的“标准偏差”(称为 B 类)^[1]。总不确定度公式为

$$E_a = K_a \sigma$$

$$\sigma = \sqrt{\sum s_i^2 + \sum u_j^2}$$

式中, s_i 为 A 类不确定度, 它包括样品计数、本底计数、仪器效率、化学回收率等造成的不确定度; u_j 为 B 类不确定度, 它包括样品采集、样品处理、称重、分离纯化、测量中样品和标准源之间位置重复性等产生的不确定度。 K_a 为置信度因子, E_a 为具有置信度 $(1 - \alpha)$ 的总不确定度。若取 $K_a = 1$, 则 E_a 就表示 1σ 的总不确定度, 即 $\sqrt{\sum s_i^2 + \sum u_j^2}$ 。此处所讨论的仅为

A 类和 B 类所有各误差之间互相独立或无关的简单情况, 未考虑各误差之间的协方差关系。

通常在放射性测量结果的不确定度估计中, 人们往往把注意力集中在分析测量中所产生的不确定度上面, 而忽视其他环节上所产生的不确定度。这种认识是不够全面的, 有时样品采集和仪器刻度不准确会产生很大的系统误差^[8]。这不仅需要在实验中谨慎处理, 还应在结果数据处理中加以考虑。无论采用哪些分量做为测量结果的不确定度, 都应在文中加以说明。

五、测量结果的报告

1. 评价性报告

首先用判断限 L_c 检验样品净计数率或放射性^[9]。若净计数率 $R > L_c$, 则结果表示为 $R \pm K\sigma$ (s^{-1}) 或 $\frac{1}{\eta} (R \pm K\sigma)$ (Bq), σ 为净计数率的标准偏差 (等于 $\frac{1}{t} \sqrt{s + B}$, 此处 s 为测量时间 t 内样品加本底总计数), 取 95% 双侧置信度时 $K = 1.960$ 。若 $R \leq L_c$, 则结果表示为 $< R + K\sigma$ 或 $< \frac{1}{\eta} (R + K\sigma)$, 取 95% 单侧置信度 (上限置信度) 时 $K = 1.645$ 。这种结果表示样品中净计数率或放射性强度的上限值。

当 $R < -K\sigma$ 时, $R + K\sigma < 0$, 这种情况还没有公认的处理方法。对于净计数率 $R \leq 0$ (本底不为零) 的测量结果, 美国保健与安全实验室惯用小于或等于净放射性的标准偏差来表示^[7], 即: $\leq \frac{1}{t\eta} \sqrt{2B}$ (Bq)。

对于净计数率和本底均为零的测量结果, 可按公式 $A = \frac{3}{t \cdot \eta}$ 求得样品在 95% 置信水平下的放射性含量上限值 (Bq , t 以秒为单位), 即结果表示为 $\leq \frac{3}{t \cdot \eta}$ (Bq)。

2. 数据资料报告

如对测量结果做数据资料报告或求平均值

等运算时,则不论测量值为正值、负值或零值,都应使用本值,并附上标准偏差,以便了解这些数据的特征或做进一步统计检验使用。

六、小 结

环境样品放射性测量数据的合理统计处理,是放射性分析工作中不可缺少的一部分.数据统计处理时应注意以下几点:

1. 对一组等权测量结果首先应剔除可疑数据,再进行其他统计处理。

2. 明确三个限值(判断限 L_C 、探测限 L_D 和测定限 L_Q) 的意义。 L_D 和 L_Q 只用于评价测量装置特性, L_C 才是判断被测样品中有无放射性的一个界限。 L_C 和 L_D 都属于定性分析,只有 L_Q 才是在预定精度下定量分析的

最小样品净计数或最小放射性。

3. 用判断限 L_C 对测量结果进行检验,然后按上述要求报告结果。

参 考 文 献

- 1 肖明耀. 误差理论与应用. 北京: 计量出版社, 1985: 169—177
- 2 柴之芳. 活化分析基础. 北京: 原子能出版社, 1980: 315—317
- 3 李星洪. 辐射防护基础. 北京: 原子能出版社, 1982: 322—327
- 4 高玉堂. 环境监测常用统计方法. 北京: 原子能出版社, 1980: 168—171
- 5 张景源 诸洪达. 中国食品放射性及所致内剂量. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 30—34
- 6 山越和雄. *Radioisotopes*. 1977, 26: 491
- 7 沙连茂. 辐射防护通讯. 1990, 3: 1
- 8 宋绍仪等. 环保通讯. 1985, 3: 1
- 9 Lochamy J C. *The Minimum Detectable Activity Concept*. NBS 75th Anniversary Symposium, 1981

《环境科学》第四届编辑委员会成立

《环境科学》第四届编辑委员会成立大会于1992年4月10日在北京召开。

本届编委会由51名委员组成,他们都是在环境科学领域里有较高学术水平,从事科研、教学、工程技术和管理等并热心刊物工作者。中国科学院学部委员欧阳远研究员任主编,清华大学环境工程系李国鼎教授、北京市环境保护科学研究所李宪法研究员和中国科学院生态环境研究中心黄骏雄研究员任副主编。编

辑委员名单见封二。

会议听取了编辑部的工作汇报,讨论通过了“《环境科学》第四届编辑委员会简章”,并就办刊宗旨、选题组稿方向、开展问题讨论和提高编辑加工质量等问题进行了热烈认真讨论,提出具体意见。

会议开得较成功,达到了预期目的。

本刊讯

全球海洋油污染下降

据国际海事组织(IMO)最近披露的一份报告估计,过去10年(1981—1989)中,全球海洋油污染下降了60%。这在很大程度上归功于《国际船舶防污公约》(Marpol 73/78)的公布与实施。这份报告是专为今年早些时候美国国家研究委员会海洋委员会在华盛顿所组织召开的一次专题讨论会而准备的。目前,全球85%以上的商船都遵守这个公约,因而使运输活动所造成的油污染大为减少。Marpol 73/78严格控制船舶洗舱、压舱作业产生的废油的处置,这些活动必须采用特殊清洗方法,例如原油冲洗。所有港口都应该有特殊接收设施,但很多港口未提供这些设施,致使船只难以在所有时候履行该公约。据该报告估计,1981年全球因海运业而溢入海洋的油总量为147万吨(其中油轮运输70万吨,事故性泄漏42万吨,舱底油污及

燃料油30万吨,其他5万吨);而1989年溢油总量则下降为56.88万吨(其中油轮作业15.8万吨,事故性泄漏12.1万吨,舱底油污及燃料油25.26万吨,其它3.66万吨)。

以前的一些调查表明,油轮作业是海洋油污染的主要来源。1989年这份报告将重点转向包括非油轮在内的所有船舶产生的燃料油淤泥。该报告说,在港口的接收设施得到改善以及剩余的15%的商船被迫履行Marpol 73/78以前,要进一步减轻海洋油污染是很困难的。船员们也将需要通过培训来达到Marpol 73/78的要求。

韦兴平 编译自 *Mar. Poll. Bull.*,
1991, 22(6): 262

or maceration was obviously higher than that of the cells treated with control soil ($F > F_{0.01}$, $P < 0.01$). The results show the pollution of the land in the suburbs of the two cities.

Key words: micronucleus test, *vicia faba* cell, soil pollution.

Pragmatized Statistics for Data Processing in Radioactivity Measurement of Environmental Samples. Han Shouling (Liaoning Institute of Lab-our and Hygiene, Shenyang.): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 77—80

Comprehensive discussions and analysis were performed on the processing of data from the determination of the content of radioactive nuclid in environmental samples, including the judgement of experimental results, detection limit, treatment of the data for samples with extremely low levels of radioactivity and the uncertainty of the measurement results. Taking the new theories for data treatment and analysis into consideration, the paper proposed several functional data processing approaches.

Key words: radioactivity determination, statistical analysis.

Environmental Quality Assessment and Countermeasures for Pollution Control, Fluoring Pollution Sources in Shanghai Zhu Wenjiang, Zhang Yongming, Pan Liangyin (Shanghai Agricultural College, Shanghai): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 81—85

Fluorine contents of atmosphere, river water, soil, and plants were surveyed in the surrounding areas of fourteen major fluorine pollution sources in Shanghai. All the data obtained from the survey were treated with statistical method, the reasonable weighted values calculated based on the serial complex method, and the environmental quality was classified according to the index range. By using the figure of comprehensive assessment of environmental quality, the extent of influence of each major pollution source on its surrounding area were evaluated. The results show that the sequence of the extent of pollution of the sources are freon-producing chemical works, iron and steel works and enamelware factory, glass factory, and phosphorus fertilizer works with the last one having mildest environmental impacts. As for the brick and tile factories, some had severe and some had mild influence on their surrounding environment. Therefore, the countermeasures for pollution control for each pollution

source should be varied according to its own pollution conditions. These counter measures include moving the factory away, stopping the manufacture of old product, reducing the amount of pollutants, reforming production processes, enforcing environmental management, and improving the distribution of agriculture.

Key words: fluorine Pollution, environmental quality assessment, environmental quality control.

Analysis of Factors Affecting Background Values of Hg in soils of Dalian. Wang Xin (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 86—88

The paper mainly discusses different environmental factors, such as soil type, parent rocks, texture, organic matter, land-use types and landform, which affect background values of mercury in soils of Dalian. Through calculation of variable coefficient of each environmental factor, it was found that the background values of Hg in soils are mainly affected by land-use type and parent rock. The natural background values of Hg in soils of Dalian was also obtained. The background values of Hg in soils of Dalian are higher than those in Liaohe River Plain because of different parent rocks and industrial or agricultural activities.

Key words: background values in soil, Hg, Dalian.

A Study on Manufacturing Manure with Fine Coal Ash in Power Station. Cheng Shuiyuan, Bai Tianxiang, Sun Yusheng (Department of Environmental Engineering, Hebei Institute of Chemical Technology and Light Industry, Shijiazhuang), Zhao Ying (Electricity and Trial Institute of Hebei Province): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(3), 1992, pp. 89—90

A feasibility study on manure manufacturing with fine coal ash was performed. After the apatite fluxing agent and additives were mixed with fine coal ash in appropriate proportion and melted, non-dissoluble components in the mixture were changed into dissoluble elements which could be absorbed by plants. The formulation of materials and technological conditions were screened through hundreds of fusion experiments and the optimal burden parameters and technological conditions were obtained. The content of the fine coal ash in the studied manure could reach to 40%. The manure has the function of compound manure and therefore has good effect on plant growth.

Key words: fine coal ash, manure, fusion, apatite.

(上接第 93 页)

图。在该图中，关键是有有一个得力的执法部门按照总量控制实施流程行使监督和管理权力，并能作到秉公

执法。在我国，这样的行政管理机构就是各级环境保护局。