

准,仅使土壤受到轻微污染。只是由于集中施用污泥,使部分地区土壤的环境容量被占去四分之一,镉的污染才形成较为严重的问题。对这一问题,可提出如下四种供选择的防治方法。

1. 污泥不入农田,污水处理厂的污泥可进一步处理(如焚烧)。但这一方案将损失肥源,浪费能源,加重大气污染。

2. 污水处理厂的污泥分散到远离处理厂的地区分散使用,若连续使用,最高用量不得超过 1000 斤/亩。这一方案可能因用量较低、分散较远而失去农民使用的积极性。

3. 处理厂附设肥料厂。将污泥加入适量氮、磷、钾制成高效无机有机混合肥料经销,供农民使用。这一方案的污泥使用量较少,既可达到分散、安全使用污泥的目的,又可起到综合利用之效。

4. 北京化工厂的镉排放量占全区总排放量的 65%。若将这个污染源重点进行厂内治理,并达到满意结果,则高碑店污水处理厂的污泥可安全使用。

以上四种方案,除第一种外,都是可行的措施。它们既没有在目前就完全杜绝重金属的排放,也不需要花费很大的财力、物力进行范围广泛的厂内治理,而且还能达到污水再利用的目的。

参 考 文 献

[1] Friberg, L. et al., Cadmium in the Environment. Chem. Rubber Co. Press, Cleveland Ohio, 1971.
 [2] Lagewerff, J. V. et al., *Environ. Sci. Technol*, 4, 583—586, (1970).
 [3] Buchauer, M. J. et al., *Environ. Sci. Tech*, 7, 131—135 (1973).
 [4] Lieber, M. et al., *J. Amer. Works Ass.* 46, 541—547 (1954).
 [5] Bingham, F. F. et al., *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 40 (5), 715—718 (1976).
 [6] 浅见辉男, 日本土壤肥科学杂志, 43(9), 339—343 (1972).
 [7] 园田洋次, 岐阜大学农学部研究报告, 33, 113—120 (1972).
 [8] Riccardo Riffaldi et al., *Water. Air. and Soil. Pollution*, 5(2), 176—184 (1975).
 [9] 矢野、雄幸, 海洋科学, 89, 33—36 (1977).
 [10] 西村肇, 海洋科学, 87, 42—45(1977).

低硒环境和人体血清维生素 E 与大骨节病的关系

——大骨节病病因研究

侯少范 朱振源

(中国科学院地理研究所)

低硒和维生素 E(V_E) 不足是否会引起人体疾患,近年在一些专著中已有论及^[1-3]。本文作者曾论证了低硒和 V_E 不足与动物白肌病、人体克山病和大骨节病的关系,并建议开展用亚硒酸钠和 V_E 预防治疗大骨节病的

实验研究^[4]。继上述研究,主要报告我国大骨节病区人体硒营养的环境背景、人群硒- V_E 营养状态和服用亚硒酸钠- V_E 治疗大骨节病的效果,为预防治疗和改善低硒环境中人体硒营养状态提供依据。

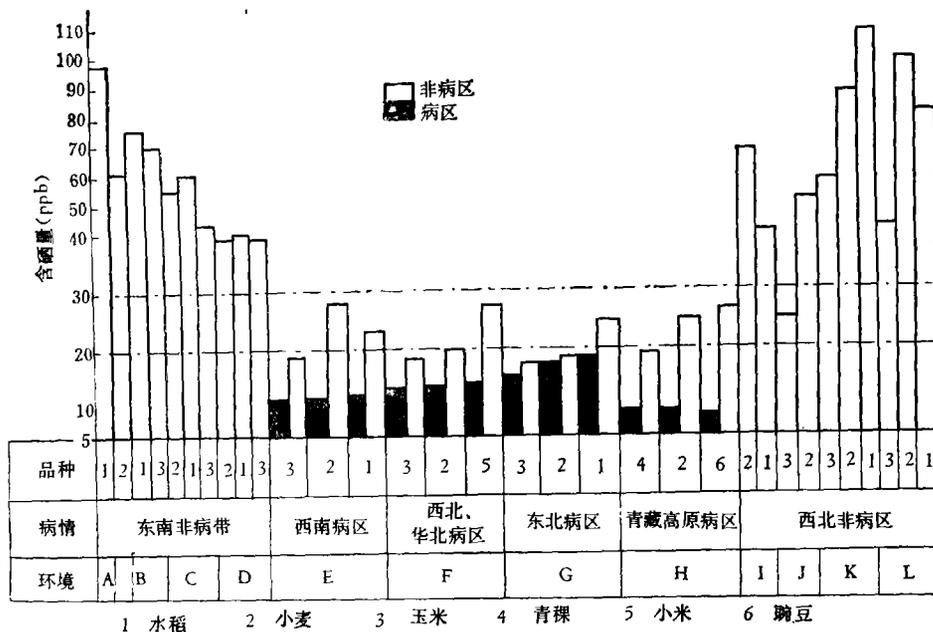


图 1 我国不同地理环境中粮食含硒量
(图中应用了本所化学地理研究室、地方病组部分数据)

A——热带雨林、季雨林地带 B——暖亚热带常绿阔叶林地带 C——中亚热带常绿阔叶林地带
D——凉亚热带落叶阔叶与常绿阔叶林地带 E——中亚热带常绿阔叶林地带 F——暖温带半干性落叶阔叶林地带暖温带草原地带;中温带草原地带淡栗钙土亚地带 G——中温带针叶阔叶混交林地带;中温带森林草原地带;中温带湿草原地带 H——藏东暖温带山地针叶林地带;藏南中温带山地灌丛草原与高山草原地带藏北寒温带草甸草原与草甸地带(阿坝) I——温带半荒漠地带
J——温带山前半荒漠地带 K——温带荒漠地带 L——暖温带荒漠地带

一、病区人体硒营养的环境背景

我国大骨节病区与克山病、动物白肌病病区基本上相互重叠^[4], 主要分布在我国东南湿润地带向西北干旱、半干旱地带的过渡地带内的一些山区、半山区和丘陵地区, 自东北向西南间断延伸, 大致为东北—西南向的带状区域, 可称该带状区域为病带, 此外, 台湾省也有零星分布。病带由地理环境比较接近的、低硒程度不等的多个自然地带(包括垂直地带)所组成*, 土壤一般为中性或微酸性环境。我们测定了病带内主要土壤类型的总硒量, 其值在 0.088—0.360ppm 之间。大骨节病区与克山病区一样, 有两种不同的自然成因类型: 一种是地带性成因类型(如黑垆土、黑土、暗棕壤等低硒环境类型), 另一种是非地带性成因类型(如沼泽、草甸土、酸性紫色

土等低硒环境类型)。习惯上按病区的地理位置划分为东北、西北、华北、西南、青藏高原和台湾病区。

病带东南向和西北向两侧之广大地区为两个非病带: 东南非病带主要是我国热带雨林、季雨林地带和亚热带常绿阔叶林地带, 为酸性土壤环境, 主要土壤类型的总硒量在 0.513ppm 以上; 西北非病带主要是我国温带、暖温带荒漠、半荒漠和草原地带, 为碱性土壤环境, 硒对植物的有效性很高。富硒地区往往分布于该土壤环境内。

我们就上述三个地带进行了地理流行病学调查, 并按不同地理环境采集了当地居民食用的主要粮食样品 1069 份, 分析了含硒量

* 中国科学院地理研究所环境保护室地方病组; 粮食中微量元素与克山病关系的探讨(一) 硒与克山病(1974); 克山病与硒——地理环境(1976)。

(见图 1)。

由图 1 可见,两个非病带主要粮食的含硒量均值因品种和环境的不同有较大差异,但都高于 30ppb,只有西北温带山前半荒漠地带的玉米略低于该值。该采样点是甘肃省天祝县三千公尺左右的地区,离甘肃省大骨节病区不远,是病区向非病区过渡的环境类型。该地带小麦的含硒量远高于 30ppb,造成这一现象的原因显然是各种作物对硒的利用率不同的结果,病带内粮食的含硒量均低于 30ppb(尽管品种之间略有差别),而病带内病区的含量则更低,都在 20ppb 以下。

粮食含硒量的这种环境差异是与上述土壤中总硒量的环境差异相一致。很明显病区

人体硒营养的环境背景是以低硒为主要特征的。

二、病区人体硒- V_E 的营养状况

国际上评价人体的硒营养状况,目前一般采用全血的含硒量和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-px)的活性为指标,近年亦有主张采用血清(或血浆)硒者。国内有人认为可用发硒^[5]。我们计算了 405 例不同年龄和性别的人群发硒含量与血硒含量的相关性,相关系数 $r = 0.8016$,表明在一般情况下可以用发硒作为评价指标。

表 1, 2, 3 是我国一些病区与非病区人群的血硒含量的平均值及其频率分布。

表 1 西北典型病区与非病区不同年龄组与性别人群血硒含量(微克/毫升)

病 情	非病区			病 区			
	少年组 (男)	少年组 (男)	少年组 (女)	少年组 (男)	成年组 (男)	少年组 (男女混合)	成年组 (男女混合)
含硒量*	0.065±0.018 (10)	0.027±0.014 (10)	0.022±0.010 (11)	0.019±0.007 (5)	0.018±0.008 (7)	0.014±0.006 (13)	0.015±0.003 (22)

* 表中所列数字为 $\bar{x} \pm SD$, 括号内为例数,下同。

表 2 不同病区 211 例血硒的频率分布

含量范围($\mu\text{g}/\text{ml}$)	<0.010	0.011—0.020	0.021—0.030	0.031—0.035	>0.035
%	6.2	62.6	25.1	2.4	3.7

表 3 不同非病区 194 例血硒的频率分布

含量范围($\mu\text{g}/\text{ml}$)	<0.035	0.036—0.040	0.041—0.065	>0.065
%	9.5	1.0	22.7	75.8

表 1 的结果表明,病区人群血硒含量显著低于非病区人群 ($p < 0.001$),也低于邻近病区的非病点,但无显著差异。血硒含量由病区经非病点到非病区逐步升高。就全国范围而论,这一规律亦十分明显。如东北地区典型病区的平均值为 0.015 ± 0.008 微克/毫升,非病点为 0.032 ± 0.001 微克/毫升,而非病区为 0.064 ± 0.012 微克/毫升。

表 2、表 3 表明:病区人群中 94% 的血硒含量低于 0.031 微克/毫升,高于 0.035 微克/毫升者仅占 3.7%,约 68% 的血硒低于 0.021 微克/毫升,这一百分数大体与大骨节病重病区的患病率相当。非病区人群中 99% 以上的血硒高于 0.035 微克/毫升,其中高于 0.040 微克/毫升者占 98.5%。

图 2 是我国不同环境中的 1833 例发硒

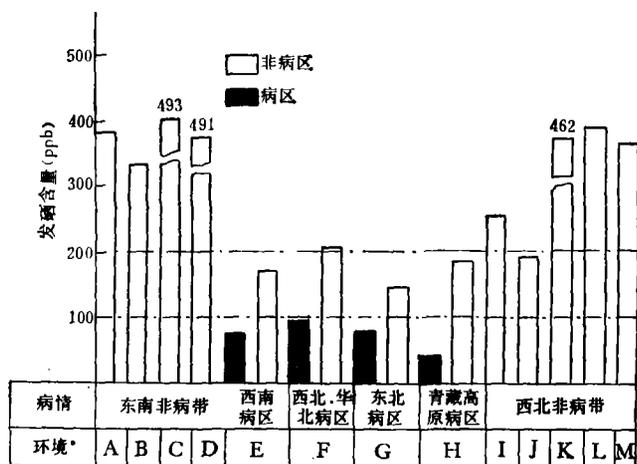


图 2 我国不同地理环境中人群发硒含量
(图中应用了本所化学地理研究室地方病组的部分数据)

注: 环境命名同图 1, M 为藏北寒温带草甸草原与草甸地带(那曲)

样品含量及其地带分布。

由图 2 可见, 我国大骨节病区人群的发硒均值最低, 在 100ppb 以下, 病带内非病区居中, 在 100—200ppb 之间, 非病带最高, 在 200ppb 以上。统计结果, 病区与非病区之间、病带与非病带之间差异显著 ($p < 0.05$) 或非常显著 ($p < 0.01$)。

表 4 列出了病带内一些典型病区与非病区(或点)的发硒含量。病区与非病区之间差

表 4 典型病区与非病区人群发硒含量 (ppb)

地区	病情	性别	含硒量
西北、华北	非病区	男	363±67 (21)
		女	143±62 (10)
	邻近病区之非病点	男	134±43 (9)
		女	143±62 (10)
病区	男	92±53 (33)	
	女	88±38 (18)	
东北	非病区	男女混合	292±51 (33)
	邻近病区之非病点	男女混合	156±66 (20)
	病区	男女混合	73±34 (27)
西南	非病区	男女混合	311±10 (21)
	邻近病区之非病点	男女混合	170±62 (18)
	病区	男女混合	73±19 (16)

异显著 ($p < 0.05$) 或非常显著 ($p < 0.01$), 而病区与非病点之间无显著差异。发硒的这一分布规律与血硒含量非常吻合。这证明不同环境之间, 发硒和血硒的区域差异也是逐渐加深的, 其间并无明显的分界线。这同由病区向非病区移行中间往往存在过渡病区(或非病点)的规律是一致的。

比较图 1 和图 2, 可看出我国不同环境中发硒的分布规律与粮食含硒量的分布规律呈明显的平行关系。这证明了环境-食物-人体系统中硒循环通量的一致性。我国大骨节病区均分布于远离城市之农村,

居民主要食用当地生产的农副产品, 极少海产品和其它外来食物, 且饮食非常单调, 尤其在冬春季节更甚。因此可以得出结论: 病区低硒营养链使当地人体的硒营养状态处于最低水平, 可能在最低需要量的临界值上下, 所以易感硒缺乏症。

动物实验证明: 足量的 V_E 将能延缓硒缺乏时脂质过氧化物对细胞膜的损伤, 反之则可加剧。因此 V_E 和硒对细胞膜的协同保护作用在大骨节病研究中引起人们的关注。某些地区不同季节人体血清 V_E 的含量列于表 5, 由表可见, 人体血清 V_E 含量在人群性别和年龄之间以及地区间均无明显差异, 季节之间亦无变化。

三、硒- V_E 治疗大骨节病的效果

1979 年 7 月至 1980 年 6 月我们与河南省防疫站等在河南灵宝县进行了口服亚硒酸钠- V_E 治疗大骨节病的研究^[6], 41 例干骺端病变的病人经治疗后修复者 36 例, 无变化者 5 例。对照组 36 例中修复者 21 例, 无变化者 15 例, 两组差异非常显著 ($p < 0.005$)。

由 X 线动态观察所见, 干骺端病变在服药四个月后即可显示骨质修复作用, 服药 11

表 5 不同季节、不同地区人群血清 V_E 含量(微克/毫升)

时间	地区	病情	非病区		邻近病区之非病点		病 区		
			男	男	女	少年组	成 年 组		
							男	女	
春 季	西北、华北		7.61±1.21 (9)	6.07±0.63 (9)	7.28±0.79 (9)	6.50±1.07* (8)	7.18±0.83 (10)		
	东 北*		7.83±1.68 (32)			6.78±1.25 (30)			
夏 季	西北、华北		6.71±1.27 (18)			7.38±1.23* (13)	7.96±1.54 (9)	8.15±2.74 (13)	

* 系男女混合统计结果

表 6 三种类型修复过程与发硒含量的关系

修 复 过 程		治 疗 前	治 疗 四 个 月 后	治 疗 十 一 个 月 后
X 线影象特征	I 型	先期钙化带凹陷,伴有轻度硬化.	凹陷变平,先期钙化带变薄,原先期钙化带处留有生长障碍线.	先期钙化带变为正常,所留生长障碍线变薄.
	II 型	先期钙化带呈弯曲波状纹(锯齿状)并伴有硬化征象.	先期钙化带变整齐,密度变薄.	先期钙化带恢复正常.
	III 型	先期钙化带增厚和硬化	先期钙化带变薄,密度减低,于原先期钙化带处留有生长障碍线.	先期钙化带整齐,生长障碍线将被吸收.
发硒含量 (ppb)		92±53	316±33	322±67

个月后可完全修复。根据 X 线影象特征修复过程可分为三种类型(表 6)。发硒动态观察证明,修复过程是随着人体硒营养状况的提高而发生的。服药一个月后发硒由 92ppb 上升到 175ppb(相当于非病点水平);服药两个月后上升到 324ppb(相当于非病带水平);以后稳定在此含量上。服药四个月后第二次拍 X 线片即显现骨质有修复作用。至二十个月时,对照组和服药组人体全血 GSH-px 活力分别为 74.3 ± 12.8 和 94.0 ± 11.5 单位,组间差异非常显著 ($p < 0.01$)。

四、讨 论

J. Kubota^[7] 指出: 用含硒量 300—500ppb 的饲料长期饲养牲畜,可产生慢性硒

中毒症。相反用低于 50ppb 的饲料长期饲养牲畜则产生缺硒综合症,饲料中硒的安全含量为 50—100ppb。K. A. Winter^[8] 报道在一些严重低硒土壤上生长的大麦含硒量为 16ppb,燕麦为 21ppb,牧草为 10ppb。我国大骨节病非病带主要粮食含硒量均高于 30ppb,一般在 50—100ppb 之间;病带低于 30ppb,而病区则更低,在 20ppb 以下,可见大骨节病区粮食的含硒量与世界上严重低硒地区粮食含硒量十分一致。据报道^[9],我国低硒地区(克山病、大骨节病地区)人群每日的硒摄入量儿童为 10.8 ± 3.1 微克,成人为 16.1 ± 3.3 微克—17.3 微克,非病区儿童为 22.8 ± 3.6 微克,成人为 30.4 ± 6.9 微克—84.1 微克。这同每人每日平均食用一公斤粮食的含量相

当。所以,当采用提高硒在环境中的循环通量作为防病和治病的措施时,可考虑将粮食中的含硒量提高到 30ppb 作为适宜量的下限。

我国非病区人群血硒含量 75% 以上大于 0.065 微克/毫升, 22.7% 在 0.041—0.065 微克/毫升之间。与 M. F. Robinson^[10] 报道的新西兰低硒地区正常人群的血硒含量 (0.060±0.012 微克/毫升) 基本一致,而病区远低于此值,绝大部分低于 0.030 微克/毫升。我国病区人群血硒含量之低,为世界各地所罕见。因此,在流行病学调查时,如果发现人群的血硒含量低于 0.030 微克/毫升时,应引起注意。

从全国范围的平均值来看,我国病区人群发硒含量一般低于 100ppb,病带内非病区在 100—200ppb 之间,非病带高于 200ppb,但就具体地区来看,有的病区发硒可在 100—150ppb 之间,而与邻近的非病区无明显差别,但调查证明^[11],在这种情形下非病区人群的血硒含量与 GSH-px 酶活力均高于病区。因此,以发硒作为评价人体硒营养状态指标时,应注意发硒与血硒不一致的情形,同时这也可能提示:似有某种因素影响毛发中硒的代谢过程,查明这种因素,可能对阐明硒在人体内的生物化学作用及其生理意义有一定价值。

综上所述,我国大骨节病区位于低硒环境,病区人体处于低硒营养状态,补充硒- V_E 对干骺端大骨节病变有显著疗效,发硒动态观察表明病变修复过程是随着人体硒营养状态的改善而发生的。因此作者认为病区人体

摄取硒不足是大骨节病流行的基本原因。其致病过程可能是人体硒营养水平的降低,导致谷胱甘肽过氧化物酶活力的下降,从而机体内脂质过氧化物累积,造成细胞膜系统的损伤和细胞坏死,机体代谢异常(如肌酸尿等),最终出现一系列继发性的大骨节病症状和体征。

本研究曾得到河南省防疫站、黑龙江省防疫站等大力协助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Burk, R. F. in Trace Elements in Human Health and Disease, p. 105 A. S. Prasad, Ed., Academic Press, New York, 1976.
- [2] Shamberger, R. J., Proc. Symp. Selenium-Tellurium in Environment, p. 532, Industrial Health Foundation Inc. Pittsburgh, USA, 1976.
- [3] National Research Council, Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants-Selenium. National Academy of Sciences, Washington D. C., USA, 1976.
- [4] 朱振源等, 地方病通讯, 2, 16, (1980).
- [5] 中国医学科学院克山病防治科研小分队, 克山病科研资料汇编(第一辑), 30, 1977.
- [6] 河南省卫生防疫站等, 河南医药, 5(5), 4(1980).
- [7] Kubota, J. et al, Geographic Distribution of Trace Element Problems in Micro Nutrients in Agriculture, J. J. Mortvedt et al. Eds. (Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1972).
- [8] Winter, K. A. et al., Can. J. Anim. Sci., 59, 107, 1979.
- [9] 西安医学院克山病研究室, 西安医学院学报, 2, 35, (1975).
- [10] Robinson, M. F., Am. J. Clin. Nutr., 32 (7), 1477 (1979).
- [11] 西安医学院克山病研究室, 西安医学院学报丛刊, pp. 9, 32 (1980).