

影响人体硒低的环境因素——

陕西渭北高塬大骨节病区的调查*

李 继 云

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

陈代中 任尚学 刘务农

(中国科学院西北水土保持研究所, 陕西杨陵镇 712100)

摘要 对陕西渭北高塬的调查研究证明, 大骨节病发病率不同的相邻村庄内, 居民发中的 9 种重要生命元素, 唯硒的含量与各村民患病率呈极显著的负相关。同时, 该病流行地点的人发中各元素含量唯硒低于国内外健康人的发硒水平。通过对病区内不同地貌环境的土壤及饮水类型分布等项研究, 阐明了重、中、轻病村交错分布的人体硒低的原因, 这对大骨节病的产生与环境通过食物链导致人体硒低有关又再次提出一些新的依据。

关键词 微量元素, 微域环境, 微地貌, 食物链, 硒。

大骨节病的产生与环境通过食物链导致人体硒营养不足有关已被大量研究结果证实^[1-4], 硒盐及其他补充人体硒的防治措施已在广大病区取得明显防治效果^[5-7], 特别是采用土壤施用少量硒的方法以增加粮食中蛋白质形态的硒, 更是简而易行的良好防治方法^[8]。但是对环境影响人体硒低是否是致病的重要因素仍存在不同看法。有人认为, 如果该病与硒低有关, 为何在低硒病区内有非病地点。另有人认为, 某些病区内不同地点的人群患病率与发硒含量无相关性。为弄清此等问题, 笔者曾在陕西渭北高塬的永寿县及长武县选择重、中和轻病村采集水、土、粮和人发分析多种生命元素, 研究其含量高低与患病率的关系。该项研究中关于硒与患病率的关系已作过初步报道, 但是将其他元素与硒进行比较, 以及与病情关系的研究, 则本文是首次介绍, 以期对当前涉及硒与大骨节病关系的某些疑点获得解释。

一、方 法

在对不同村庄的居民患病率进行临床诊断的基础上, 选择了两个不同地域环境, 先详查各

村庄的地貌特征及其影响下的土壤分布类型, 主副食种类等, 然后采集水、土和粮分析硒等元素的含量, 并采集儿童发样测定了 9 种重要生命元素含量。最后通过各元素含量与患病率的关系, 重、中和轻病村儿童与国内外健康儿童发中各元素的含量比较, 从而对人体硒低是否与大骨节病有关提出解释。

土样采集方法是在不同村庄按土壤类型分别采集多个农田耕层 0—30cm 深的样品, 水样采集当地居民的饮用水, 粮样则是在小麦收获前从田间采集麦粒, 又另在居民户采集磨细的面粉, 发样则是在不同村庄至少各选择 10 名 5—13 岁的男性儿童剪取其枕部的头发。

元素测定方法是: 土壤、饮水、粮食和发硒均用“荧光分光光度法”测定, 发中的钙、镁、铜、锌、锰、铁是先将洗净后在 60℃ 烘干的样品在 500℃ 干灰化, 再用原子吸收分光光度法测定, 发中含硫量是将样品用硝酸和高氯酸的混合酸消化, 然后用“比浊法”测定。

* 陕西省地方病防治研究所的梁树棠、张福金和高凤鸣同志参加了此工作。

收稿日期: 1991 年 10 月 23 日

二、结 果

(一) 地貌等环境因素与患病率的关系

大骨节病的分布及病情轻重与地貌等环境因素有密切关系, 这在我国不同病区具有普遍性。例如, 黑龙江、吉林的山地丘陵病区, 病点多分布于山坡地及碟形洼地; 四川河坝的高塬大骨节病区, 病点多分布在高塬的边缘向高山峡谷的过渡地带, 而黄土高原病区的地貌特点是梁塬丘陵地貌。在陕西渭北高塬病区内, 不同地点的居民患病率与微地貌的变化更有密切关系, 重病村多位于塬边或塬坡, 轻病村多位于平坦的塬面上, 病情极轻或无病人的村庄则多在山前洼地, 宽阔的山间盆地或河谷地带。最引人注意的是: 重、中、非病村往往交错分布于微地域环境内, 甚至重、非病村紧相毗邻。

1. 第一微区域环境

在渭北高塬永寿县永平公社内中低山区的相邻两村, 总面积 2.8km^2 。调查结果为: 其中的蒋家山村居民患病率极低, 当地称之为“健康岛”, 相邻的北门村居民患病率很高。两村居民饮用同一水源的泉水, 主食中小麦占 $2/3$, 玉米 $1/3$, 副食极为单调而近似。“健康岛”村的居民多住在较潮湿的黄土窑洞内, 而重病村居民多住干燥的房屋。这一情况与主张大骨节病多流行于居住潮湿而粮食易霉变的环境是不同的。两村环境的实际差别是地貌影响下的农田土壤类型差异。“健康岛”村位于山坡下的小盆地, 山梁上的水土长期流失而淤积于下, 形成多种类型的土壤, 其中部分农田是坡上土壤侵蚀及元素淋溶而下形成的沉积区。重病村虽紧邻于东, 但农田分布于山坡地, 表层的黄土已侵蚀殆

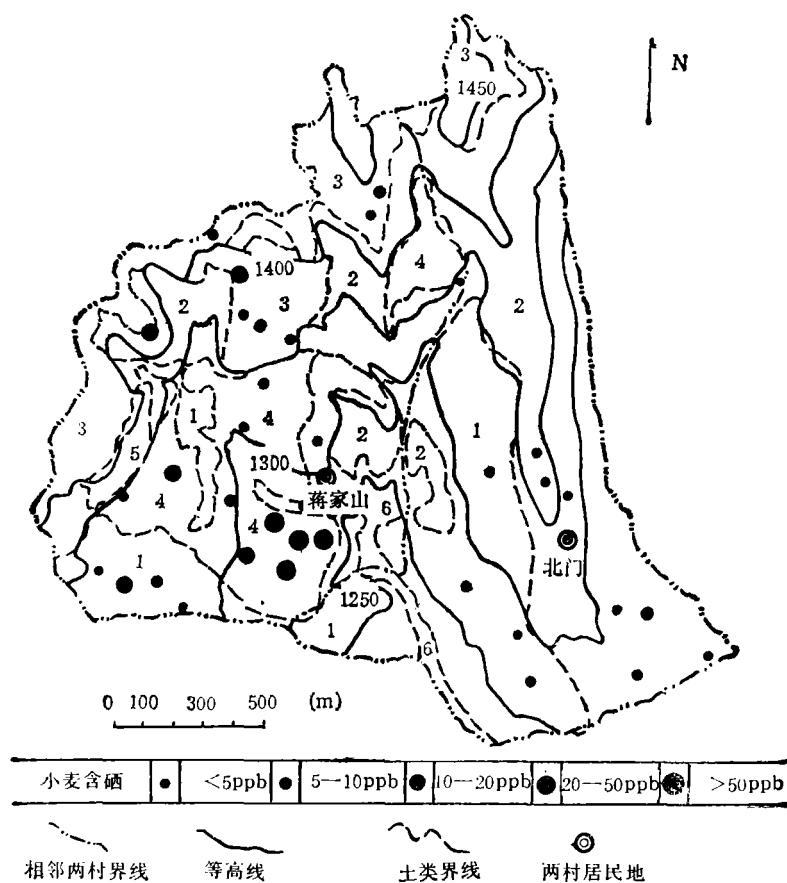


图1 第一微域环境的土壤分布类型及其生长的小麦含硒量

1.黄善土 2.二色土 3.硬黄土 4.黑坂渣土 5.黑炉土 6.草甸沼泽土 7.裸土

尽, 含大量碳酸钙结核的老黄土和红土层出露地表, 农田基本均属于元素淋溶区(图 1)。

2. 第二微区域环境

指长武县境内的塬心至塬边, 再下至泾河边总长 12km 的斜坡地貌区域。塬心地势平坦, 农田为保存完好的粘黑垆土, 居民患病率极低。近塬边的村庄, 上层土壤被侵蚀, 农田为侵蚀黑垆土, 患病率较高。塬边坡地的村庄, 土壤被严重侵蚀, 多为二色土, 部分为侵蚀黑垆土, 料姜

石出露地表, 居民患病率最高。下至泾河边, 农田多为河滩砂土(图 2)。因河滩地少, 居民耕种的大部分农田位于塬坡上。上述各村居民均以本地粮为主食, 小麦占 2/3、玉米占 1/3, 但其饮水来源不同, 塬心村庄的居民饮用深井水, 塬坡的居民饮用深井水及自掘的浅井接纳降雨的窖水, 河滩地的居民则饮用泾河水及河边的浅井水, 在该区域内唯有河滩地村庄的居民无大骨节病患者(表 1)。

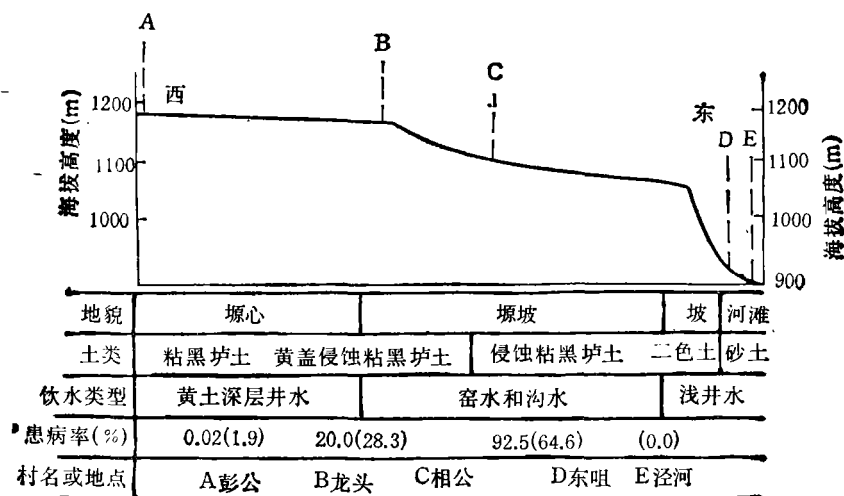


图 2 第二微域环境的地貌、土壤、饮水和各村儿童的大骨节病患病率

* 患病率为 X 线检出 B 分数, 括号外为 1979 年数, 括号内为 1983 年数据

表 1 两微域环境内各村儿童患病率

微域环境	村 名	诊断日期	X 线诊断结果	
			总检出率 (%)	干骺端病变率 (%)
I	蒋家山	1979.10	11.5	0.0
		1981.5	13.0	4.5
	北 门	1979.10	92.0	76.6
		1981.5	90.9	81.8
II	彭 公	1979.10	0.0	0.0
		1983.5	1.9	1.9
	龙 头	1979.10	20.0	—
		1983.5	28.3	13.3
	相 公	1979.10	92.5	—
		1983.5	64.6	47.9
	东 咀	—	—	—
		1983.5	0.0	0.0

(二) 人发中多种元素含量与患病率的关系

早有研究指出, 人发中的元素能反映环境通过食物链影响人体内的元素在一定时期的代谢变化, 并与骨骼中的元素具有良好的相关性^[9-12], 笔者曾于 1978 年采集渭北高塬大骨节病区与关中平原非病区各百余例儿童的发样进行对比分析, 看出病区显著低于非病区的元素是硒。接着又对陕西全省近千名儿童发样分析, 提出病区和非病区儿童发硒界线值为 110ppb, 再与医学合作进行永寿县大骨节病考察, 发现不同地点的儿童发硒含量与其患病率呈显著负相关。这均是在较大的地理区域内多个地点采样对比研究的结果。后通过调查发现微域环境内相邻村庄的患病率极不相同, 这

是否亦与人体硒水平有关? 这又是何因素影响而致的差异呢? 为了弄清这一问题, 选择两个微域环境, 在其中的 6 个村庄各采集 10—15 名

5—13 岁男性儿童发样, 测定了对人体健康具有重要作用的 9 种元素含量, 结果见表 2 与表 3。

表 2 第一微域环境相邻两村的儿童发中 9 种元素含量比较

元 素 \ 地 点	蒋 家 山 (健康岛)	北 门 (重病村)	蒋家山/北门	t 检 验 (P)
硒 (ppb)	139±35.4	44±19.2	3.15	0.001
铜	7.1±0.84	7.4±1.2	0.95	—
锌	149±32.2	117±24.7	1.27	—
铁	36.3±19.0	26.3±6.9	1.38	—
锰 (ppm)	5.3±3.8	8.2±4.9	0.65	—
钼	0.12±0.04	0.17±0.12	0.71	—
钙	436±17.9	512±20.1	0.85	—
镁	165±5.3	125±50	0.82	—
硫 (%)	4.9±0.14	4.7±0.11	1.04	0.05

“—”表示差异不显著

表 3 第二微域环境相邻村庄儿童发中的 9 种元素含量及其与患病率的关系

元 素 \ 村 名	彭 公	龙 头	相 公	东 嘴	元素含量与 x 线 检出率的相关性	t 检 验
					r	P
硒 (ppb)	92±14	52±13	49±9.6	93±8.4	-0.821	<0.01
铜	7.7±0.9	6.3±7.3	8.2±1.2	8.0±1.2	—	—
锌	136±18	147±18	151±21	133±23	+0.803	<0.01
铁	53±3.0	36±1.7	70±2.7	27±2.6	—	—
锰 (ppm)	8.7±4.7	2.9±0.5	9.0±5.9	6.7±2.5	—	—
钼	0.1±0.002	0.07±0.02	0.22±0.29	0.18±0.10	—	—
钙	1026±79	433±74	913±42	494±147	—	—
镁	286±28	139±38	214±8.8	142±40	—	—
硫 (%)	5.0±1.1	4.8±2.6	4.7±2.1	4.9±2.5	-0.899	<0.05
x 线检出率 (%)	1.9	28.3	64.6	0.0		

“—”表示差异不显著

结果看出, 第一微域环境中患病率极低的村庄比重病村儿童发硒的平均值高 2 倍以上, 差异极显著, 而发硫含量差异极小, 其他元素差异不显著。第二微域环境 4 个村庄的儿童发中各元素与患病率的相关分析结果是: 硒、硫含量与患病率呈显著的负相关, 锌与患病率呈显著正相关, 其他元素与患病率关系不显著。

由于环境通过食物链影响人体元素的高低及其与健康的关系是一极复杂的问题, 即使统

计学证明两组人群发中某元素有显著性差异, 也不能简单的判定该元素在患者发中含量高或低就是与致病有关的因素, 尚需注意: ① 应在广大病区与非病区验证其是否具有普遍性; ② 应将病人发中含量显著高于或低于非病区人发含量的元素与国内外健康人的发中含量进行比较。为此, 将分析结果与陕西关中平原非病区儿童及国外公认的健康儿童发中相同元素含量范围值分别进行比较(表 4), 结果看出: 唯

表 4 重、轻和极轻病村儿童和国内外健康儿童发中各重要元素含量比较

元 素	地 点	重 病 村 (北 门)	轻 病 村 (龙 头)	极 轻 病 村 (蒋 家 山)	陕西关中平原 非病区儿童	国外健康儿童
硒 (ppb)		44±19	46±8	139±35	196±72	290—4 800
铜		7.4±1.2	6.3±0.8	7.1±0.8	9.5±2.3	3—37.0
锌		117±2.5	147±18	149±32	131±18	40—470
锰		8.2±4.9	2.8±0.5	5.3±3.8	5.7±2.7	2.4—8.6
铁 (ppm)		26±6.9	36±1.7	36.3±19	36.9±13	8.2—100
钼		0.17±0.12	0.01±0.02	0.12±0.14	0.05±0.01	0.05—0.27
钙		512±20	433±7.4	436±18	518±174	85—1 650
镁		125±50	139±4	103±53	75.8±32	50—3 400
硫 (%)		4.7±0.11	4.8±2.6	4.9±0.14	4.9±0.4	2.7—5.0

有硒这一元素显著低于健康人体的含量,其他元素均在国内外正常人的发中含量范围以内^[11-12],这就说明除硒外的元素与大骨节病无直接关系,但是其含量过高或过低是否影响人体对硒的吸收及代谢是另一尚需研究的问题。

三、相邻村庄人体硒水平 差异的环境因素

为了查明影响相邻村庄人体硒水平有显著差异的环境因素,对两微环境进行了详细勘察及采集大量样品分析水、土、粮中的硒含量,结果如下。

1. 第一微环境人体硒水平差异的环境因素

该微环境内两村居民饮用相同水源的饮水,硒含量极低,仅 0.02ppb,但是地貌因素影响两村庄的土壤类型及不同土壤分布面积却有较大差异。“健康岛”蒋家山村有近 20% 的农田为山前洼地,深厚黄土层上覆盖较厚的古淤积物,形成黑板渣土,含硒高,土壤和麦粒硒均达到陕南的硒含量为中等的非病区水平。另有 4% 农田分布在梁顶平地,系黄土层混有砾岩风化物,形成黑垆土型石渣土,该土壤及其生长的小麦含硒亦达到非病区水平。但是重病村只有 5% 的农田分布于梁顶平地,含硒稍高,其余田地的土、粮硒均为极低水平(表 5、6)。结果看出蒋家山村的居民所食麦粉含硒为 35±23ppb,其最低值亦达到非病区的含量。然而重病村北门的麦粉含硒仅为 5.2±1.3ppb,各户的麦粉含

硒均极低。显然,相邻两村的土壤和粮食含硒的极大差异是造成人体硒水平高低悬殊的原因,这又与患病率差异有密切关系。

2. 第二微域环境内各村人体硒水平差异的环境因素

塬心因地势平坦,分布深厚的粘黑垆土,土壤及粮食含硒稍高于塬坡,故病情很轻。由塬心至塬边,村庄内的居民患病率随土壤类型变化,土、粮硒含量下降而增加。然而在塬下泾河滩地的非病村,因为河滩地的面积积极小,当地居民的绝大部分农田仍在塬坡上,土壤与小麦含硒亦很低,但当地居民饮用的是河边的浅井水或河水,含硒 2.1ppb,比塬坡重病村的饮水含硒高三十余倍,属于含硒较高的饮水,以每人每日饮用 3 L 水计算,可摄入 6.4μg 硒/d,再加上从粮、菜摄入的硒,至少每天摄入硒量可达十几微克。根据徐立强等于 1985 和 1988 年五月份两次采集与这一长武塬的地貌相似,地理位置相距几十公里的相邻彬县所辖南北两塬上的病村居民的膳食,测定硒后以儿童每日摄入粮菜为 500g 干物计算,每日摄入硒 4.2—6.8μg,而同期对西安市郊(绝对非病区)的农户居民膳食测定,计算其每日摄入硒量为 10.5—11.0μg^[6]。说明前述的泾河滩地村庄居民每日从饮水与粮食摄入的硒量已不低于非病区,这可能是河滩地含硒高的饮水可明显补充人体的硒,因而该村居民无大骨节病流行。

关于不同患病率村庄的小麦中其他元素含

表 5 不同患病率村庄居民主食小麦的各元素含量($\mu\text{g/g}$)

元 素	地 点	第一微域环境		第二微域环境			
		蒋家山村	北 门 村	彭 公	龙 头	相 公	东 嘴
硒*		32.6	7.2	9.4	7.6	6.8	6.9
钼		0.61	0.76	0.48	0.49	0.57	0.67
锌		27.2	22.4	28.7	24.5	26.4	34.5
锰		30.5	33.2	32.4	32.8	30.0	34.0
铁		31.7	31.5	29.5	30.7	34.5	36.0
铜		8.2	7.7	6.5	6.2	5.6	7.5
钙		500	510	392	420	430	512
镁		1 200	1 220	1 160	1 040	1 105	1 202

* 硒含量为 ppb, 麦粒为收麦前选有代表性的数农田采样混合后测定

表 6 第一微域环境不同地貌及其影响下的土类分布面积与水、土、粮硒含量(ppb)

村 名	地 貌	土壤类型及分布面积			土壤硒含量		小麦含硒	饮水含硒
		土 类	面积(亩)	(%)	全 硒	水溶态硒		
蒋 家 山 (健康岛)	山前洼地	黑板渣土	449.3	19.0	340	8.1	139.9	0.02
	梁顶及沟头	黑炉土型石渣土	87.0	3.7	134	3.5	21.8	
	梁顶及上坡	硬 黄 土	571.5	24.1	71	1.2	5.8	
	中 坡	二 色 土	487.0	20.5	78	2.2	2.6	
	坡 下	黄 土	450.0	19.0	74	1.6	4.0	
	沟 边	淤 土	140.0	5.9	74	2.0	2.8	
	中坡凹地	复石灰黑板渣土	186.0	7.8	70	1.0	—*	
北 门 (重病村)	梁上及中坡	二 色 土	917	42.6	71	1.9	3.2	0.02
	缓 坡	黄 土	712	33.1	76	1.6	2.3	
	上 坡	红土及二色土	383	17.8	74	2.2	7.1	
	梁 顶	硬 黄 土	106.5	5.0	71	2.8	11.2	
	沟 底	淤 土	30.8	1.5	76	2.1	—	

* 草荒地

表 7 第二微域环境的地貌、土壤类型及水、土、粮硒含量(ppb)

村名及其病情	地 貌	土壤类型	土壤含硒		小麦含硒	饮水类型	饮水含硒
			全 硒	水溶态硒			
彭 公 (极轻病村)	平坦塬面	粘黑炉土	98	2.6	9.4	黄土深层井水	0.38
龙 头 (轻病村)	塬缓坡	黄盖侵蚀 粘黑炉土	97	2.2	7.6	黄土层井水	0.24
相 公 (重病村)	塬 坡	侵蚀黑炉土	85	1.8	6.8	窖 水	0.06
东 嘴 (非病村)	河滩地	砂 土	70	1.3	6.9	河滩浅井水	2.13

量是否有差异,经选择了数个对人体营养有重要影响的元素进行测定,则未见与患病率有关。这与前述各村的发硒含量基本一致。

四、讨 论

本研究证明,在微地域环境内受地形地貌、土壤类型等多种因素的影响,不同地点的水、土、粮含硒量可能产生较大差异,导致相邻地点居住的、以当地粮为主食的人们摄入体内的硒量差异较大。并证明水、粮含硒量与病情呈显著负相关,这就从硒营养缺乏而致病的观点对病情不同的村庄往往交错分布以及重、非病村相邻的原因获得解释。

值得研究的是在粮硒低而水硒较高的无大骨节病流行的地点,人体的发硒往往低于粮硒较高而水硒低的轻病或非病地点。例如,第二微地域环境内河滩地的东嘴村,小麦含硒极低,但其饮水含硒远高于一般饮水含硒,为 2.1ppb。在该村内未检出大骨节病患儿,而发硒却仍属于病区儿童的含量范围,为 $93 \pm 8.4\text{ppb}$ 。此外,位于塬面的彭公村病情极轻,其水硒较居民患病率轻的龙头村高出 58%,较重病村高 5.3 倍,儿童发硒为 $92 \pm 14\text{ppb}$ 。这两村的儿童发硒却低于大骨节病区与非病区的发硒界线值 (110ppb)^[13]。笔者亦曾调查发现,永寿县的“许许沟”原为病村,但是自从改用了含硒 0.96ppb 的“基岩承压水”为饮用水,其病情逐年下降以至消失,但是该村儿童的发硒仍然稍低于界线值,平均含量为 102ppb。这些调查结果提示我们

应该进一步研究:从粮食摄入人体的有机态硒与从饮水摄入的无机硒在体内的代谢及发中的贮存量可能不同。因此,如果发现个别非病地点或某一非病区的人发含硒比一般非病区低,尚不能否定环境影响人体的硒低与大骨节病的产生确实有关,应该查明这些地点的人们摄入的硒主要是来自粮食,或是从饮水亦作了大量的补充。此外亦应调查居民膳食中是否有外来食品,因为如果食用了非病区的食物,发硒亦会增加,病情亦会下降。在查清人体摄入硒的数量及其不同来源后,终将证实大骨节病的产生与环境通过食物链而导致人体硒低确有密切关系。

参 考 文 献

- 1 李继云等. 地方病通讯. 1979,2: 1
- 2 李继云等. 环境科学. 1981,2(5): 18
- 3 侯少范等. 环境科学. 1981,2(3): 29
- 4 永寿大骨节病科学考察队环境专题组. 环境科学学报. 1985,5(1): 1
- 5 李崇正等. 中华医学杂志. 1979,59: 169
- 6 王治伦等. 中国地方病学杂志. 1983,2: 171
- 7 梁树棠等. 中国地方病学杂志. 1982,1: 145
- 8 李继云等. 中国地方病学杂志. 1991,2: 69
- 9 William H Strain et al. Trace Substances in Environmental Health-V. Columbia. Missouri, U.S.A. 1971: 383—387
- 10 Amers Chattapadhy et al. Trace Substances in Environmental Health-VIII Columbia Missouri. U.S.A. 1974: 31—34.
- 11 David Olatunbosin et al. Trace Substances in Environmental Health-X. Columbia. Missouri, U. S. A. 1976:383—388
- 12 Dee H Barker et al. Trace Substances in Environmental Health-X. U.S.A. 1976:71—81
- 13 李继云等. 环境科学学报. 1982,2(2): 91

(上接第 10 页)

程度上降低苯酚的降解速度,随着微生物对苯酚的逐渐适应,这种影响可被消除;

3. 动态土柱试验模拟污水在饱水细砂土层中迁移转化的实际过程,又采用污水配制含苯酚水样,较接近实际情况,实验测得的参数具有实用意义。

参 考 文 献

- 1 W. 金士博,杨汝均等译. 水环境数学模型. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987: 346—353
- 2 刘兆昌等. 地下水系统的污染与控制. 北京: 中国环境科学出版社, 1991: 226—230,298—333
- 3 Wan Namkoong Raymond, C Loehr Joseph. F Meline. JWPFCF. 1989, 61 (2):242

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

Water Pollution Detected by the Ultra-weak Luminescence Measurement Technique from Zebra Fish.

Wang Yingyan et al. (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection 100037), Ma Yuqin, Zhang Yuejing, Li Xinyuan (Institute of Biophysics, Academia Sinica, Beijing 100080): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.2—5
It is successful that the water pollutions were detected using the ultraweak luminescence measurement technique from Zebra fish. The results show the following three points: (1) The intensity of ultra-weak luminescence from Zebra fish, which were treated by the investigated samples the water from different area, is parallel with both of physico-chemical indices and their pollution classes on water quality. (2) It could be identified the difference between pollution and nonpollution of water samples easily. (3) The changes of intensities of ultra-weak luminescence are related to the type of physico-chemical indices, namely, in oil-chemical industrial area the intensity is inclose relationship with the oil components in the water, whereas in general industrial area it is in greater relationship with the organic compounds. In conclusion, the technique menthioned above is worth recommending to apply to the field of environmental monitoring.

Key words : ultraweak luminescence, Zebra fish, water pollution.

Research on Transport and Transformation of Phenol in the Saturated Vaclose Water Zone.

Zhu Wanpeng, Wen Donghui, Yang Zhibua (Dept. of Environmental Engineering, Tsinghua University Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(4), 1992, pp.6—10
The transport and transformation of phenol in saturated fine-sand soil were studied. The study included static adsorption, static degradation and dynamic soil column experiments. Longitudinal dispersion coefficient (D), adsorption coefficient (K_d) and biodegradation coefficient (K_1) were obtained through curve fitting and parameter estimation. The results indicate that phenol is hard to be adsorbed by the fine-sand but readily biodegraded in the soil.

Aerobic condition can fasten the degradation process. The existence of other organic compounds retarded the degradation, but this effect disappeared once the microorganisms became adapted to phenol.

Key words : phenol, transport equation, dispersion, adsorption, degradation.

Study on the Reactivity and Temperature-Characteristic of Colcium-Based Sulfur Sorbent.

Huang Xingyi, Li Zhijiang, Zhang Xuyi (Thermal Engineering Department, Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.11—15

The reactivity and temperature-characteristic of sorbent are two critical factors affecting sulfur-capture efficiency in the process of fluidized bed combustion of coal. The synthetic sorbent developed by the authors, although mainly consisting of limestone fines, possesses higher reactivity than the limestone itself and could be used in a wider range of temperature up to 1100°C. In order to study the phenomenon, experiments were conducted by using a fixed bed reactor, a mercury porosimeter and a scanning electronic micro-scope etc. Two kinds of synthetic sorbents (with and without sulfur-retentive ash) and limestone were used in the study. Results demonstrate that large pores in the synthetic sorbents, wick were formed in the process of agglomeration, enhanced the diffusion of SO_2 and O_2 and, therefore, led to the high reactivity of the sorbent. In the meantime, sulfur-retentive ash deferred the occurrence of sintering and thus made the optimum temperature shift to a high level.

Key words : fluidized bed boiler, fluized bed combustion, sulfur dioxide, desulfurization, limestone, synthetic sorbent.

Environmental Factors Causing the Low Level of Se in Human Body—A Survey on the Kaschin Beck Disease Region in Loess Plateau, Shanxi Provice.

Li Jivun (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica Beijing, 100085): *chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.16—22
It has been demonstrated from the results of survey and study in the Kaschin-Beck disease occurring

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

region, loess plateau, Shanxi province, that only the content of Se, one of the nine essential elements detected by X-ray in the children's hair shows a significant negative correlation with the percentage of incidence of the disease among neighbouring villages. The average Se content in human hair of disease point is lower than that of the people living in disease free areas at home and abroad. through the study on different types of soil and water in the environment of various topography, the cause for the distribution of light, medium and severe points of incidence and the low Se level in human body were explained. All of the results mentioned above provide a new scientific basis for the hypothesis that the incidence of K. B. D is related to the low level of Se resulted from the low Se environment through food chain.

Key words: micro-environment, micro-topography, food-chain, selenium, Kaschin-Beck disease.

Study on the Fundamental Characteristics of Activated Sludge fortified with Powdered Activated Carbon. Zhu Hui, Zhang Lindi et al. (Environmental Protection Research Institute, Shanghai Petrochemical Complex 200540): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.23—28

The results of experiments on the fundamental characteristics of activated sludge (AS) fortified with powdered activated carbon (PAC) are presented. PAC does not adsorb ammonia-nitrogen and COD adsorptive capacity of PAC is only 0.0148—0.2305g COD/gPAC. However the reaction rate coefficient K of AS-PAC system is 2.33 times as great as that of PAC and 1.4 times as great as that of AS. respectively. The absolute amount of COD removed in AS-PAC is more than the sum of that in AS and PAC, so the removal rate of organics in biological treatment system is improved remarkably. In addition, 1mg PAC and absorb 0.5—0.75mg dissolved oxygen. When the ratio between PAC concentration and AS concentration is 1 to 2, sludge volume index (SVI) can be reduced from 389ml/g for AS to less than 200ml/g. After being coagulated with alkali aluminum chloride the sludge containing 1.5g/L

PAC shows only 25% specific resistance and a doubled filtration yield as compared with sludge without PAC. Various advantages brought by the addition of PAC in AS provide the basis for the development of treatment process and its practical application.

Key words: activated sludge, powdered activated carbon, COD removal, biological treatment.

A Study on Mathematical Modeling for Biological Rotating Contactor. Liu Changsong, Zhou Chunsheng (Jilin Architectural and Civil Engineering Institute Chang Chun 130021): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.29—33 Based on material balance and Monod's relation, an expression, $A/Q(L_{n-1} - L_n) = 1/p + k_i/pL_n$, is derived to actually represent the mathematical model and the related parameters for biological rotating contactor (BRC). Kinetic parameters, $p, k_i, Y, \mu_{max}, X_f$, etc. were decided by the experimental data of treatment of biological product wastewater using four stage BRC. Moreover, the derived expression and parameters are evaluated in this paper. It is suggested that the expression, which reveals the theory and related factors of BRC process, and the parameters be used for the design of BRC for biological product or similar wastewater treatment.

Key words: biological rotating contactor (BRC), mathematical model, kinetic parameter.

Effect of Influent Strength on Granulation of Sludge in UASB Reactor. Zhu Jianrong, Xia Xiaohong et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.33—38 Using synthetic glucose wastewater, the effect of influent strength on granulation of sludge in UASB reactor was investigated. Results show that granulation could be well achieved in an operational period of 2 months or more, when UASB reactor was directly fed with high strength influent of 9000 mg/L COD. The granular sludge were 1.0—2.5mm (mostly 2.0mm) in diameter, SVI 16.03ml/g. The organic loadings of UASB reactor reached 30.8kg