

主 编 李 继 云 副主编 陈代中

防治大骨节病的新途径

——改良低硒环境与补硒效果的研究

Se



中国科学技术出版社

89016

防治大骨节病的新途径

——改良低硒环境与补硒效果的研究

主 编 李继云

副主编 陈代中

中国科学技术出版社

C0152299



(京)新登字175号

内 容 提 要

本书是多学科合作进行的改良低硒土壤等措施防治大骨节病的研究论文汇编;系统介绍了土壤施硒、饮水加硒、食用加硒食盐和硒酵母等方法防治大骨节病的效果。经研究比较证明土壤施硒以增加粮硒含量并使无机硒转化为蛋白质形态的有机硒是最好的防治方法。硒是保护人、畜健康的重要生命元素,关于硒的研究深受国内外学者的关注。该书是国家“七·五”攻关项目的研究总结,可供医学、环境化学、土壤化学、生物学等学科领域的科研人员参考。

2486/08

* * *

防治大骨节病的新途径

——改良低硒环境与补硒效果的研究

主 编 李继云

副主编 陈代中

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市密云县印刷厂印刷

*

开本: 850×1168毫米 1/32印张: 5 插页: 0 字数: 150千字

1992年6月第一版 1992年6月第一次印刷

印数: 1—1 000册 定价: 6.70元

ISBN 7-5046-0663-4/X·19

前 言

大骨节病是一种地方性疾病，主要侵犯青少年的骨关节系统，轻者关节增粗变形，肌肉萎缩，重者因发育受障碍而短肢畸形以致残废。该病主要分布于东北的黑龙江及吉林两省、内蒙东南部及黄土高原，尤以嫩江平原、三江平原、山西北部、陕西渭北高原、陇东高原及甘南高原病区流行严重。20余年来的大量调查研究证明，该病流行地区的特点是以当地粮作为主食的病区居民体内硒水平极低，因而采用硒片或加硒食盐补充人体硒均可获良好防治效果。

经地学研究者们在不同病区的调查后认为，大骨节病是生物地球化学因素造成的疾病，是与地理环境因素与成土母质影响水土中的硒低有关。因而认为改良低硒环境对防治该病具有重要意义。通过多学科合作完成了卫生部主持的“七·五”国家攻关项目的研究，使土壤施硒防治大骨节病取得完全成功。

本书内容系介绍这一“七·五”攻关项目的成果，主要包括三个部分：一是通过农田土壤施用含硒化肥提高粮食硒含量，不仅增加了病区居民的膳食硒摄入量，而且补充了具有高营养价值的有机形态的硒，在短期内即控制了该病的新发，且有良好的治疗作用；第二部分是介绍四种不同补充人体硒的方法对大骨节病的防治效果，结果认为以农田施加硒化肥的效果最佳；第三部分是总结了在陕西永寿县坚持10年用加硒食盐防治大骨节病的效果研究。此外，书中还介绍了饮水加硒的防治研究，以及一些病区近年来病情下降与农村居民生活好转，外来食品增加，从而改善了人体硒等营养水平有关。

鉴于硒是人和动物营养的重要元素，近年来有不少资料报导，人体缺硒易产生心脏病、癌症、婴幼儿的蛋白质营养不良症，我国的克山病亦多与大骨节病流行于相同的低硒区，用硒防

治克山病亦有显效。此外，不少国家均发现低硒土壤生长的饲草和谷物会使畜、禽产生缺硒症，例如猪的肝坏死症、牛羊的白肌病、鸡的渗出性素质症等，我国的低硒地区亦有这类畜、禽疾病流行。因此，本书的出版不仅提出了防治大骨节病的新方法，更重要的是为改良我国从东北至西南涉及14个省区的低硒地带提供了简而易行的措施。为进一步研究硒在人、畜健康中的作用提供重要参考资料，从而将产生巨大的社会效益与经济效益。

目 录

对土壤施用硒肥防治大骨节病示范区的建立及防治效果的研究	李继云 陈代中 任尚学 刘务农 王秀英 樊立宏 侯军宁 贾振华 张福金 徐立强 张 暄 王久性 席存浩 (1)
对黑龙江省富裕县大骨节病区土壤施硒防病的试验研究	鞠山见 尹昭汉 张素君 张岫岚 马晓丽 崔剑波 (34)
田间施硒肥提高谷物硒含量防治大骨节病的试验研究	王志武 李连群 刘锦先 孙崇廷 王殿芝 张旭丰 宋其林 宋久成 (45)
对土壤施硒或粉煤灰以提高小麦含硒量的研究	李继云 王秀英 任尚学 刘务农 陈代中 (52)
对硒肥改土防治大骨节病的试验区与对照区居民饮食中硒等元素日摄入量的研究	徐立强 沈王兴 熊庆华 黄慧明 (60)
土壤施硒增加麦粒氨基酸和蛋白质含量的研究	樊立宏 李继云 (72)
田间施用加硒化肥对麦粒蛋白质及氨基酸含量的影响	孙崇廷 李连群 王志武 刘锦先 冯 杰 李德安 (78)
几种不同补硒方法防治大骨节病效果的研究	李连群 王志武 刘锦先 张桂琴 孙崇廷 王殿芝 冯 杰 李德安 (84)
硒盐防治大骨病10年效果的研究	梁树棠 张福金 马长安 张 暄 王延续 杨克勤 侯振杰 李增贤 蒙世新 莫光增 (97)

永寿县未用硒防治大骨节病地区病情监测报告	梁树棠 张福金 马长安 (109)
大骨节病区居民营养状况及儿童生长发育调查	陈存生 吕晓亚 (114)
大骨节病区施用磷肥对粮食和人体硒水平影响的探讨	马长安 刘惠兰 朱参胜 孙巧珍 (121)
大骨节病区儿童24小时内尿硒含量的研究	杨东霞 李连群 王志武 (124)
用三种服用硒酵母的方法喂养的大鼠组织中硒水平的研究	王志武 李春芳 李连群 朱玉桂 明志辉 (128)
饮水加硒防治大骨节病效果的研究	吴敦虎 李文理 任淑芬 张学林 王文生 王久性 杨国恩 席存浩 (133)
用肿冲催化极谱法测定食物中的硒	熊庆华 (144)

对土壤施用硒肥防治大骨节病示范 区的建立及防治效果的研究

陈代中** 任尚学 刘务农 王秀英 侯军宁

(中国科学院西北水土保持研究所)

李继云* 樊立宏

(中国科学院生态环境研究中心)

贾振华 张福金

(陕西省地方病防治研究所)

徐立强

(中国科学院上海冶金研究所)

张 暄

(陕西省咸阳市地方病防治所)

王久性 席存浩

(陕西省彬县防疫站)

大骨节病是一种原因不明的地方性骨关节病，在我国分布于从东北至西南的14个省（区）内，患者200余万，受威胁人口约9000万，临床主要表现为关节增粗，运动障碍，肌肉萎缩，重者畸形致残，多发年龄为儿童及青少年，是一种严重影响人体健康的地方性疾病⁽¹⁾。

* 专题第一负责人

** 专题第二负责人

参加工作的还有：王立志、杨玉善、杨克勤、陈存生、王延绪、熊庆华、任燕等同志。

经过医学及地学界10余年来的共同研究，现已证实该病均流行于低硒的环境之中，病区土壤、饮水、粮食等硒含量均明显低于非病区；人群和患者处于硒营养缺乏状态；对人体补硒的大量现场防治试验已取得良好防治效果⁽²⁻⁵⁾。

目前给人体补硒防治大骨节病的措施主要有：食盐加硒、口服亚硒酸钠片和富硒酵母、肌注硒代二乙酸以及对作物叶面喷硒以提高粮食含硒等。这些措施的试验和推广均取得较好防治效果，但同时也存在一定缺点，如无机态硒对人体安全性的剂量范围较小，需长期进行监测。有机硒化合物制剂的成本较高，作物喷硒则费工费时且在旱农区难以推广⁽⁶⁻⁸⁾。

本项课题成功地研究了一种补硒防治大骨节病的新方法，即对土壤施用硒肥以改良低硒土壤，其防病机理是：将硒施入土壤后，通过作物吸收而提高谷物中的硒含量并将无机态硒转化为天然的有机态硒，增加了病区居民膳食硒摄入量，改善和纠正人体的硒营养缺乏，实现外加硒由土壤→作物→食物链→人体的传输和转化，达到有效防治大骨节病的目的。4年来的示范性试验结果证明，土壤施用硒肥，既简单易行又安全经济，其防病效果优于现有硒防措施。

一、研究依据

目前研究证实，地方性大骨节病与牲畜白肌病在流行范围、特征、临床、病理生化等方面有许多类似之处，从环境生态学观点来看，这两种疾病实质上均是区域环境地球化学异常所产生的疾病，环境的硒低导致了人和动物体内的硒营养缺乏，是产生这两种疾病的重要原因。因此，对人和动物体补硒是防治这类硒缺乏症最有效的手段。

对人和动物体补硒已有多种方法。50年代国外为防治牲畜白肌病，采用了对母羊注射亚硒酸钠溶液以及对饲料添加硒等方法。

1966年新西兰Ruakura土壤和植物试验站的J. H. Watkinson等人首先提出了在缺硒土壤中施用亚硒酸钠提高牧草硒含量防治牲畜白肌病的试验结果⁽⁹⁾。以后,以防治牲畜白肌病为目的而对土壤施硒以提高牧草及饲料硒含量的试验在新西兰、丹麦、美国、英国、加拿大、印度等国相继展开。1971年丹麦Riso国家实验室的G. Gissel-Nielsen曾把这种试验总结为:随着许多国家牲畜缺硒病增加的事实,需要在生态——食物链中加入硒,他们的试验证明:每年在每公顷农田施用75g硒没有产生坏的地学影响,即使以每公顷120g硒掺入商品性磷、钾肥料中,也未在食物链及各类饲养动物中发现有积累的危险;E. E. Cary等人研究表明,在北美低硒土壤中施入2 kg/ha硒,可保证燕麦和牧草在施硒后至少4年内有足够的含硒量,而且不会使植物产生毒害结果⁽¹⁰⁻¹¹⁾。上述大量试验研究结果证明:对缺硒土壤施入一定量硒可以有效地提高牧草和饲料的硒含量,这种方法既简便经济,又安全有效。1982年4月新西兰政府批准了在牧场施硒的法令,在全国牧场上施用含硒1%的颗粒肥料,使牲畜白肌病迅速得到控制;1983年芬兰在全国范围内的农田中推广施用含硒的复合化肥,使全国居民日摄入硒量由平均50 μ g提高到100 μ g,显著增进了人体健康。此外丹麦Gissel-Nielsen、美国E. E. Cary、加拿大U. C. Gupta等人也都提出过土壤施用硒肥有效地将粮食和饲料硒含量提高到预期为0.05 μ g/g的报告⁽¹²⁻¹⁵⁾。

20余年来国内的研究已证明我国的大骨节病流行于从东北到西南的一个宽阔的低硒地带内,病区土壤全硒含量多在125ppb以下,粮食(小麦、玉米、大米)硒含量在20ppb以下,反映人体硒水平的发硒含量低于110ppb,说明病区环境及人体均处于硒低和硒极低水平。为此,我们借鉴国外对土壤施硒的方法,自1983年在陕西省永寿县重病区,开展了土壤施硒的田间试验。结果看出,对硒极低的二色土每亩施用15g亚硒酸钠,可使小麦籽粒硒含量由9.7ppb提高到100~150ppb,施硒后第3年,小麦籽粒含硒量仍保持在30~50ppb,达到并超过非病区的麦粒含硒

水平,证明一次施硒可维持较长时期,是一项简而易行的通过土壤补充食物含硒量的措施,为开展本项研究提供了可靠依据〔16-17〕。

二、试验区基本情况与试验方法

(一) 试验区基本情况

试验区设在陕西省彬县境内,该地区位于黄土高原南部的渭北黄土残塬区。地表原为深厚黄土构成的黄土台塬,由于侵蚀强烈,受到千沟万壑的切割而形成了支离破碎、起伏不平的残塬。气候干湿交替明显,年降雨量平均为564mm,主要集中在夏秋两季,冬春多干旱,年内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温约3568 $^{\circ}\text{C}$,属暖温带半干旱半湿润的森林草原地带。其地带性土壤为粘黑垆土,由于塬面长期受流水侵蚀,完整的粘黑垆土已很少保留,残塬中心较为平坦地段分布着侵蚀黑垆土,而四周的塬坡地段原有的粘黑垆土已被侵蚀殆尽,广泛分布着黄善土和二色土。

农作物种植习惯为一年一熟,冬麦面积约占耕地的80%。玉米、豆类、粟类等秋杂粮作物种植很少,经济作物主要是烤烟,基本上仍属于自给性半封闭式小农经济。当地居民膳食极为单调,仅以当地粮为主食,缺少蔬菜、肉类及其它副食,营养水平普遍较差。

该地区是我国大骨节病重发病区之一,在彬县境内除泾河谷的个别村庄外,全县各村居民均不同程度发病。1980年全县患病率为11.33%,主要发病年龄为3~15岁儿童及青少年,该病的地理流行规律是居民患病率与其居住地点及耕种的农田所处的地貌及土壤类型密切相关,生活于黄土塬面中心平坦地带的居民发病较轻,耕地土壤多为粘黑垆土,而生活于塬坡靠近沟边的居民发病较重,其耕地土壤多为侵蚀黑垆土及黄善土、二色土。

试验设置施硒肥示范区与对照区。示范区选在彬县底店乡较

为集中连片的7个自然村，人口3 759人，农田面积共12 080亩，其中塬面农田为7 563亩。这里的地貌属破碎黄土梁塬，土壤以侵蚀黑垆土和黄善土为主。

对照区设在与示范区远近不同的两个地区：其一是与示范区同处于一条塬上的张家堡村，两者相距仅3 km；另一是属于小章乡、炭店乡内的4个村庄，各村均分布在塬坡地段，土壤大多为侵蚀黑垆土和黄善土。从自然条件，包括地貌、土壤、湿度、雨量等及作物种植、生活习惯、膳食状况各方面看来，示范区与对照区的条件基本相同。经分析证明，耕种土壤的理化性质亦基本一致（表1）。

表1 示范区与对照区土壤理化性质的比较

分 组	土壤类型	pH	有机质 (%)	CaCo (%)	阳离子 交换量 (me/ 100g土)	颗粒组成 (%)			
						>0.05 (mm)	0.05~ 0.01 (mm)	0.01~ 0.005 (mm)	<0.005. (mm)
示 范 区	侵蚀粘黑 垆土	8.13~ 8.30	1.03± 0.21	7.74± 1.15	10.57± 1.31	5.9	52.6	11.6	29.9
	黄善土	8.21~ 8.36	0.939± 0.130	11.23± 1.10	9.72± 1.03	6.2	54.0	11.7	28.1
对 照 区	侵蚀粘黑 垆土	8.20~ 8.41	0.982± 0.093	8.11± 1.32	9.84± 0.86	6.0	57.0	11.0	26.0
	黄善土	8.19~ 8.38	0.940± 0.101	12.16± 1.20	8.54± 0.97	6.1	55.3	11.3	29.4

为了充分保证试验取得可靠结果，在确定示范区和对照区地点前，分析了两者的环境和人体硒水平，并进行了临床与X线病情程度检查，证明两者具有良好的相似性和可比性（表2、3）。

表 2 试验前示范区及对照区环境及人体硒水平

(单位: ppb)

分 组	含Se量 村 名	土 壤		饮 水	小 麦	人 发
		全Se	水溶Se			
示 范 区	刘 家	81.6(6)	1.86(6)	0.19(2)	5.3(9)	83.0(15)
	王 家	86.1(13)	1.87(13)	0.075(2)	4.6(9)	76.4(10)
	张 家	101.2(9)	2.41(9)	0.13(2)	6.6(10)	78.2(10)
	大 车	88.8(8)	1.92(8)	0.03(4)	5.7(9)	77.0(10)
	新庄子	87.2(11)	2.05(11)	0.04(2)	9.4(7)	97.9(10)
	韩 家	84.7(4)	2.02(7)	0.11(2)	5.5(9)	79.2(10)
	南头地	87.7(4)	1.84(4)	0.17(2)	9.2(10)	86.0(16)
	均 值	89.6	2.05	0.105	6.6	82.3
对 照 区	底 庄	86.5(5)	1.74(5)	0.16(2)	6.7(8)	60.2(11)
	留 丑	86.3(6)	1.74(6)	0.16(3)	7.6(6)	69.1(15)
	雷 村	79.0(5)	1.91(5)	0.08(1)	8.6(10)	70.2(14)
	东 务	90.5(5)	2.07(5)	0.07(2)	5.6(9)	54.1(15)
	张家堡	92.7(5)	2.18(5)	0.05(1)	7.3(10)	68.9(14)
	均 值	87.0	1.92	0.104	7.1	64.5
关 中 非 病 区		106.0(28)	2.7(28)	0.081(31)	27.6(32)	229(279)

* 括号内为样品数

从表 2 所示结果充分说明试验前示范区与对照区无论是土壤、饮水、小麦还是人发的硒含量都基本相同, 与大骨节病非病区相比, 均属环境及人体硒缺乏的地区。

从表 3 结果可看出, 试验前示范区与对照区各村庄的病情均为相对活跃的中等病区, 病情程度具有相似性和可比性。

表 3 试验前示范区与对照区大骨节病情对比

示范区	X 线 检出率 (%)	干骺端 检出率 (%)	骨 端 检出率 (%)	活跃指数*	严 重 指 数**	对 照 区	X 线 检出率 (%)	干骺端 检出率 (%)	骨 端 检出率 (%)	活跃 指数	严 重 指数
刘 家	42.9	33.9	14.3	55.0	51.2	底 庄	65.4	50.0	40.4	76.6	80.1
王 家	44.3	39.7	22.9	53.2	66.7	留 口	47.1	36.1	38.7	48.6	71.8
张 家	41.2	30.9	21.7	50.9	51.2	雷 村	47.7	45.4	20.8	62.3	71.9
大 车	38.7	28.0	20.0	56.6	51.5	东 务	48.6	26.4	40.3	29.0	65.8
新 庄	22.7	18.7	9.1	26.5	36.1	张家堡	36.3	26.3	25.3	37.8	50.3
韩 家	36.7	31.7	13.9	51.7	43.6						
南头坳	48.8	44.2	25.6	67.9	60.7						
均 值	40.2	33.4	19.2	52.7	53.7	均 值	47.4	35.3	32.9	49.0	67.9

* 病情活跃指数 = $\left(\frac{\text{干骺端病变检出人数}}{\text{受 检 人 员}} \times 100 \right) + \left(\frac{\text{干骺端病变 (+ +) 检出人数}}{\text{干骺端病变总人数}} \times 100 \right)$

** 病情严重指数 = $\left(\frac{\text{X线检出人数}}{\text{受检人数}} \times 100 \right) + \left(\frac{\text{“三联征”检出人数}}{\text{X线检出人数}} \times 100 \right)$

(二) 试验方法

1. 氮、磷、硒复合肥的制造

为了使土壤施硒防病与农业生产相结合, 便于推广应用, 该试验将硒作为一种肥料成份与氮肥、磷肥混合而制成一种新的氮、磷、硒复合肥料, 再施入农田土壤之中。

含硒复合化肥系先将尿素、过磷酸钙按一定比例混合, 粉碎后均匀喷入一定量的亚硒酸钠水溶液, 然后造粒制成颗粒复合肥, 其含氮量为12%, 含磷量10%, 含硒量0.045%。试验期间制造含硒复合肥150t, 经在化工厂制成后即采样测定, 送往田间后又抽样分析, 其含硒量均符合试验要求(表4)。

表4 含硒复合化肥的硒含量抽样分析结果

采样地点	时 间	样 数	均值±标准差 $\bar{X} \pm SD$
彬 县 化工厂	1987.2	6	0.043 ± 0.006
	1987.9	7	0.041 ± 0.007
	1988.8	4	0.044 ± 0.012
示范区 居民户	1987.2	8	0.045 ± 0.006
	1987.9	9	0.040 ± 0.008
	1988.9	11	0.043 ± 0.007

2. 施肥方法

本项试验进行时间近4年, 经历了小麦的4次生长周期, 为使试验达到满意效果, 曾两次施用硒肥。第一次在1987年2月(专题合同签订两个月后)即在小麦返青时将硒肥施入示范区农田麦行土壤中, 每亩施肥量10~15kg, 相当于每亩施入亚硒酸钠10~15g。施肥面积达6437亩, 占示范区农田面积85%, 1987年9月冬小麦播种时又对春季未施硒肥的田地补施了700余亩, 使施

硒肥面积达到示范区塬面农田总面积95%以上。经过两季小麦植株在生长期的吸收,根据对土壤和小麦含硒量的监测,为使1989年及1990年小麦含硒量仍保持在原设计50ppb以上的要求,1988年9月小麦播种时又对全部农田再次施含硒化肥,施用量为每亩5 kg,相当于每亩地再施5 g亚硒酸钠。

3. 土壤、粮食、人发硒含量监测及防治效果观察方法

对示范区和对照区的土壤、小麦含硒量每年进行一次监测,采样方法是在小麦收获时在大田内选择多个地点采集样品。

为保证示范区居民能食用到富硒的小麦,每年11月在示范区农户中抽查食用面粉的硒含量。由于硒进入粮食籽粒中主要以蛋白质的形态存在,而蛋白质又含不同的氨基酸,其中一些氨基酸对人体健康十分重要,故本项研究曾两次采集施硒与对照麦粒分析多种氨基酸的含量。此外,施硒肥前后对示范区与对照区居民膳食硒摄入量共采样3次分析硒的含量。食用硒粮后的防治效果观察,是在每年5月,对示范区和对照区各600余名3~15岁儿童定期进行手部X线拍片,以观察和判定治疗和预防效果。X线诊断及防治效果判定是按1983年中共中央地方病防治领导小组办公室组织的永寿大骨节病科学考察组制定的《大骨节病X线诊断标准》和《大骨节病防治效果X线判定标准》进行的。

每年5月在拍片的同时采集全部拍片儿童的枕部发样分析含硒量,查明人体硒营养水平的变化。

4. 分析测定方法

各类样品含硒量均用2,3-二氨基萘荧光法测定;膳食的其它元素测定则采用电感耦合等离子光谱和无焰原子吸收法,各种测试方法均通过国家级“室内分析质量控制”考核,分析测试过程中每批样品测定均带有质控标样或参考样品以保证分析结果的准确性。

小麦籽粒氨基酸含量测定,系将样品水解后用Beckman 121 MB型氨基酸自动分析仪进行分析。

三、试验结果

(一) 施用硒肥后土壤硒含量动态变化及硒在土壤中的淋溶与迁移

1. 硒肥提高了土壤全硒及有效态硒含量

将亚硒酸钠施入土壤后,不仅提高了土壤的总硒量,更重要的是提高了可供植物吸收利用的土壤有效硒含量。示范区施硒前的土壤全硒含量平均值为89.6ppb,施硒后经过小麦植株从播种至收获期的吸收后,其全硒含量平均仍达到148.8ppb,同样,施肥前土壤水溶态硒含量为1.66~2.42ppb,平均2.05ppb,施硒肥3个月后土壤水溶态硒提高到3.91ppb,增加近一倍。小麦收获后,水溶态硒含量为3.42ppb,比施硒前仍高出66%。

表5、表6和图1分别列出试验期间示范区和对照区土壤全硒和水溶态硒含量变化和两者的比较。

2. 施硒肥后硒在土壤中的淋溶与迁移

农田土壤中施入的亚硒酸盐虽可被植物吸收而提高粮食硒的含量,但是施入的硒亦可能因土壤的吸附与固定,或灌溉水及雨水引起的淋溶迁移,或因土壤理化性质以及干旱的气候条件等原因而产生部分挥发,这均会影响到不同土壤施肥后的有效性及有效时期。但多数土壤的情况,如Belling和A.L.Moxon等人通过大田土壤和室内模拟试验所得的结论:施入土壤中的亚硒酸盐会以不同形式而保存于土壤中,其淋溶量很少^[18]。为此,为了解施硒在该项研究的土壤中的淋溶与迁移,进行了以下试验。

施入土壤的硒在土壤中的迁移淋溶试验分为田间和室内模拟两部分。

(1) 田间试验设在示范区南头坳村,分设15g Na_2SeO_3 /亩、10g Na_2SeO_3 /亩和对照3组。1987年11月将硒施入土壤,半年进行一次分层取样,测定各层土壤全硒和 NaHCO_3 提取的硒含量,以观察硒在土壤中的淋溶迁移状况,结果如表7所示。