

土壤卫生科研资料选编

中国预防医学中心
卫生研究所

一九八三年九月

前 言

土壤是人类环境的基本要素(空气、水、土壤)之一,是人类赖以生存和进行生产活动的物质基础,它对城乡环境卫生和人体健康有着深远的影响。尽管土壤对于进入其中的各种污染物具有较大的缓冲容量和自净能力,但是一旦造成严重污染,治理就非常困难。因此,搞好土壤卫生防护工作,对工农业生产的发展和卫生防病都有重要意义。近十年来,国外对土壤和固体废物卫生问题的研究日趋重视,发展较快。在国内,土壤卫生工作也逐步得到了加强,并根据卫生部下达的重点科研项目规划进行科学研究。从1975年以来,我们组织了土壤、废渣卫生标准和监测检验方法科研协作组,先后召开了五次科研协作会议,研制了《工业废渣监测检验方法》和《土壤卫生监测检验方法》,开展了土壤污染现状、有毒废渣排放情况调查和土壤中镉、六六六及废渣中镉的卫生标准研究;在国际饮水供应和环境卫生十年卫生技术研究方面,我们进行了城乡生活废弃物处理背景情况调查,沼气发酵法处理粪便效果的卫生评价,研究和提出了《粪便无害化卫生标准》的送审稿;同时,正在开展污灌卫生问题的研究,以促进污水灌溉农田事业的发展。

鉴于目前国内已有许多省、市卫生防疫站(或环境卫生监测站)的环境卫生专业已建立土壤卫生组,加上以往关于土壤卫生专题科研资料较少,为了利于交流,因此,我们把土壤卫生和固体废物方面的部分资料汇编成册,供作参考。为了更好地学习各省、市、自治区卫生防疫站的工作经验,希望你们将有关土壤卫生的资料寄给我组。

中国预防医学中心卫生研究所

环境卫生研究室土壤卫生组

1983年8月~1~

目 录

1. 污水灌溉的卫生问题和研究动态..... 蔡诗文 (1)
2. 关于《国际供水供应和环境卫生十年》问题..... 潘顺昌等 (17)
3. 病原体的生存和有关的疾病危险..... 蔡诗文译 (27)
4. 粪便无害化卫生评价标准 (征求意见稿) (37)
5. 关于土壤中有毒物质的卫生标准问题..... 潘顺昌 (39)
6. 土壤中镉的卫生标准验证研究 (摘要) 潘顺昌等 (51)
7. 制订土壤中除草剂扑草净最高容许浓度的卫生依据
..... 潘顺昌译 (56)
8. 有害废弃物管理设施的环境考虑..... 刘远译 (63)
9. 苏联工业固体废物 (废渣) 的排放问题..... 蔡诗文 (79)
10. 日本工业废弃物的处理及评价标准..... 潘顺昌 (85)
11. 铬渣浸出液对鱼的 TLM 毒试验 (摘要) 李士英等 (99)
12. 关于铬渣砖固化减毒效果的卫生评价..... 靳启增等 (103)
13. 铬渣中水溶性六价铬的试验观察 (摘要) 祝学礼等 (109)
14. 铬渣砖中水溶性六价铬测定方法的研究..... 靳启增等 (111)

污水灌溉的卫生问题和研究动态

中国医学科学院卫生研究所 蔡诗文

污水灌溉，在污水净化系统工程中，是利用土地对污水进行补充处理，减轻污水直接排入水系的污染负荷；在农田生态系统物质循环中，是利用污水的水、肥物质，也是污水中某些成分通过水—土壤—植物进入食物链的重要环节；它对环境卫生和人体健康有着深远的影响，因而引起有关科研部门的重视。

用于灌溉农田的污水，必须经过一定的处理，决不是任何污水都可以直接灌溉。如果严格按照污灌水质标准和卫生管理办法，加强科学管理，合理利用土壤的自净能力，使污水得到充分净化，可以减轻污灌对环境的污染。

但是事实上，在一些灌区出现了比较严重的环境污染。原因在于：工厂废水大部分未经处理而排放；城市污水处理设施不足，尤其医院污水几乎没有处理设施；农民只顾生产不顾污染，盲目使用含有大量致病微生物和重金属毒物的原污水和污泥；污灌的科研工作跟不上生产发展的需要。因此，污灌存在的主要问题是管理不善和科研工作跟不上。

一、污灌的卫生问题

除了灌区一般卫生状况可能恶化外，主要有生物性污染和化学性污染两大类问题。环境生物性污染导致人群中肠道传染病的传播；有机、无机化合物在环境中的积累，通过食物链对人群产生长期效应。此外，如果采用喷灌技术，还存在着喷雾产生的气溶胶直接作用于灌区周围居民呼吸道的问题。

1. 污灌的生物性污染：生物性污染包括细菌、病毒和寄生虫卵，

其主要污染源来自城市生活污水、医院污水、工业化生产方式的家畜和家禽饲养厂的污水、屠宰场的污水等。

污水中的肠道致病菌有**志贺氏菌**、**沙门氏菌**、**霍乱弧菌**和**感染性腹泻致病菌**：**产肠毒大肠菌**、**致病性大肠菌**、**侵袭性大肠菌**、**副溶血弧菌**、**空肠弯曲菌**、**小肠结肠炎耶氏菌**。污水中的消化道致病病毒有**甲型肝炎病毒**、**埃可病毒**、**柯萨奇病毒**、**脊髓灰质炎病毒**和引起**感染性腹泻**、**胃肠炎**和**呼吸道疾病**的病毒：**诺瓦克因子**、**轮状病毒**、**腺病毒**、**呼吸道肠道病毒**、**冠状病毒**、**星状病毒**、**嵌杯病毒**等。这些病原微生物能在污水、土壤、蔬菜中存活相当一段时间。(1 2 3)

污水中还存在着对环境因子抵抗力很强的寄生虫卵，主要是必需在土壤中发育到侵袭期的土壤性蠕虫：**蛔虫**、**鞭虫**和**钩虫**。此外，与污水养鱼有关的还有**肝吸虫**问题。

我国在五十年和六十年代，有些灌区的卫生部门调查过污灌区土壤、蔬菜和地下水中**大肠菌**、**肠道致病菌**和**蛔虫卵**的污染状况，认为污灌的污染程度不比使用粪肥污染显著。限于当时实验室技术水平，环境中致病菌检出率不高。至于环境中消化道致病病毒的检测，时至今日，不论在技术上和设备上都存在一定的困难。

由于近年来对**重金属**造成环境的污染，引起了广泛的研究，因而放松了环境生物性污染问题，很不利于肠道传染病的控制。至于人群中高的蛔虫感染率，已经司空见惯，人们对此采取漠视的态度，而蛔虫病的严重性在于发生虫蚴移行性肺炎和成虫所致的急腹症。

2.污灌的化学性污染：化学性污染包括**重金属**以及相近的化学元素和有机化合物，其主要污染源来自各类工厂的废水、矿山采掘和选矿的尾矿水等。

污水中的重金属和类金属物质有镉、汞、砷、铬、铅、铍、钼、铜、锌等，有机物有油、苯并(a)芘、酚、氰、苯、三氯乙醛、丙烯醛等⁽⁴⁾。污水中有毒有害物质在农田中积累，通过食物链影响人体，导致机体各系统和实质性器官的慢性中毒损害，尤其污水中含有致突变性和胚胎毒物质，其致癌和致畸胎效应受到人们普遍的关注。

在我国，污灌引起的化学性污染，从七十年代开始注意这个问题，已经发现一些灌区环境有不同程度的污染。至于化学性污染对灌区人群所产生的影响，尚在研究观察阶段，一时很难做出定论。有些有机物污染可造成农产品产生异味，影响食用价值，或使蔬菜瓜果易于腐烂，难以保存等。

在污水灌溉中，除难以降解的人工合成物质外，一般有机毒物在自然界是不稳定的，最终能被分解而达到净化；而无机重金属则较为稳定，能在自然界造成蓄积危害。在污灌历史较久的地区，重金属在土壤中的累积，已达到相当的水平。我国人民赖以生存的耕地有限，土壤对重金属的环境容量也是有限，一旦积累达到容量极限，土壤是很难改造和复原的。从卫生观点来看，将处理污水中重金属的希望寄托在土壤的环境容量上，这种做法是不可取的。

3. 污水喷灌的气溶胶污染：现代农业普遍采用喷灌技术，而污水喷灌可产生大量含致病微生物的气溶胶。小于2微米的微粒可直接进入呼吸道的深部，2~5微米的小滴则阻留在上呼吸道而被吞咽入消化道。喷灌时约0.1~1%的液体转变为气溶胶，30%气溶胶微粒在可吸入范围(<5微米)，它取决于喷雾装置的类型、压力和风速，形成的含微生物的气溶胶能迁移相当距离。

据国外报导，气溶胶最远播散至25公里。喷灌田下风向的空气，

350米处检出大肠菌,60米处检出沙门氏菌,40~100米处检出肠道病毒。使用污水喷灌的农村居民的伤寒、沙门氏菌病、志贺氏菌病、传染性肝炎发病率比非污灌区农村居民高2~4倍。(1)

喷头类型不同,气溶胶播散距离不同。使用短程、中程、远程喷头时,含菌气溶胶扩散距离分别为250米、450~500米、600米;含沙门氏菌等肠道致病菌扩散距离分别为200米、250~300米、400米。除了喷头类型外,还取决于气象因素和原污水含菌量。(5、6)

三国内外污灌的不同特点和现状

在国外有不少国家采用土地处理污水系统工程,美国51个州中有45个州采用污灌,至少有两千多个污水的土地处理系统,25%污水用于灌溉;苏联50%污水用于灌溉。英国、法国、意大利、日本、澳大利亚、保加利亚、丹麦、德国、印度、墨西哥、新西兰、西班牙、罗马利亚、匈牙利、波兰等国也采用土地处理污水系统工程。1978年在澳大利亚墨尔本召开过“土地处理和污水利用”的国际会议。(7、8、9)

在经济发达国家,污水处理厂普及率高,而土地处理仅作为污水进一步处理的补充手段,主要是放在二级处理之后,以土地处理代替三级(高级)处理构筑物。其目的在于去除过多的氮、磷和无机、有机盐类,解决地面水富营养化问题。灌溉对象在农业以牧草、饲料作物、果树为主,在林业中用于材林、防护林的灌溉,此外用于公园、运动场、飞机场、公路两旁绿化草坪的灌溉。(10)

可见,国外污灌的特点是,污水经过处理后灌溉,在农业中不是以粮食和蔬菜作物为主要灌溉对象。当前,我国污灌的特点,实际上

处于自流状态，对污水的处理与利用没有专门的管理机构和统一的管理制度。城建、农业和卫生等部门彼此脱节。污水数量大、成分复杂、有毒物质多，一般都未经适当处理而任意排放，引污灌溉基本上是直接利用原污水，污灌对象主要是粮食作物和蔬菜，所以问题比较多。

我国污灌开始于五十年代，污灌面积由六十年代的60多万亩和七十年代初的100多万亩，发展到八十年代的500万亩。(11) 城建总局统计的全国城市污水总量为4400万吨，水利部门估算的全国污水量为7780万吨，农业部门估算全国污水总量近1亿吨。(9, 12, 13) 我国城市污水处理仅有36座，而美国22,600座、西德6,048座、法国6000座、英国5000座、瑞典1540座、日本318座。我国与国外污水处理技术发展水平的差距很大，说明绝大部分污水未经任何处理即排放。(14)

1976年农业部环保研究所主持了对全国多个城市污灌区化学性污染普查，从全国大面积污灌区来看，尚未发现有大的污染，有些地方，某些项目已有污染，有的问题还比较严重。(8)

在污灌区环境中镉、汞、铅、铬、砷等都有不同程度的污染，其中以镉的污染比较突出，全国有19处污染区的土壤含镉量在1.5 ppm以上，总面积约16万亩。其中有16处个别地块生产的大米含镉量在0.2—1.0 ppm以上。汞的污染也比较普遍，有几个灌区土壤中汞含量比对照区高出好多倍，小麦、水稻糙米含汞量超标，白菜、黄瓜、豆角含汞量也比对照区高好几倍。

污水中普遍含有酚和氰化物，由于它们容易挥发和被微生物分解，不易在土壤和粮食中积累。有些灌区土壤中苯并(a)芘有一定积累，但作物中积累不明显。

大多数灌区地下水受到一定程度的污染，地下水中可检出氟、锰、铬、锌、汞、铜、种、铅、镉、酚、氰，而且多数超过饮用水卫生标准。

三我国污灌污染研究的近况

1. 生物性污染的研究 (15)

伤寒 1972年北京城区和近郊区的伤寒发病有所增加，出现局部地区流行，而且流行季节比往年提前。经过几年的调查，排除了水型污染、苍蝇传播和日常生活接触等因素。

1978~1979年间发现伤寒多发地区蔬菜来自污灌区，而且认为与生吃小萝卜关系最大，因为小萝卜不但用污水灌溉，而且上市之前用污水洗泥。还发现伤寒发病季节与小萝卜上市季节相吻合，伤寒疫区随供应污灌区蔬菜地区变动而变动。

经过流行病学调查和实验室检验，蔬菜伤寒沙门氏菌检出率，污灌区为40.4%，非污灌区为17.7%；居民伤寒发病率，食用污灌区蔬菜的为0.06%，食用非污灌区蔬菜的为0.03%。

2. 重金属污染的研究 (16, 17, 18, 19, 20)

铜 (1)沈阳张士灌区(1977~1979)使用的污水含铜10~40ppm，污泥含铜40~100ppm，污灌面积42,000余亩，受不同程度铜污染的面积占83%。污水中悬浮物是铜的载体，悬浮物在流经各级渠道过程中沉降于底泥，它吸收铜42—160ppm。

污水中的铜被农田土壤胶体吸收代换而积累，土壤含铜0.2~9.25ppm。铜富集于0~20厘米耕层，保持率90%，很少向下淋洗。由于灌溉年限的增长，土壤逐渐酸化，所以约66~96

%的镉处于可给态。

不同的作物和作物的不同部位吸收、富集镉有所不同，水稻的地上部分吸收镉占17%，其余则集中于地下部分。大米含镉0.02—3.70 ppm，与土壤中可给态镉显著相关。蔬菜含镉以叶菜类最高（0.8~3.0毫克/公斤鲜重），果菜次之，根菜及豆角类不太明显。

污灌区居民尿镉1.755~2.232微克/升，发镉0.331~0.723微克/克，尿低分子蛋白阳性率33.3~34.9%；而对照区居民的上述指标相应为0.126~0.180微克/升，0.154微克/克和10.5~11.5%。

(2)江西大余灌区（1979~1981）使用的钨矿选矿废水含镉0.07~0.11 ppm，污灌面积82,460亩。农田土壤0.04~5.05 ppm，大米含镉0.03~4.75 ppm，产含镉大米的污灌农田面积约1万亩。尾矿废水中尚有铅、铜、锌、铬、砷、铍、钼、汞等。受废水污染的水库里，鱼类发生畸变。灌溉田沟边草含镉132 ppm，耕牛吃草发生镉中毒。当地居民肝肿大和肾结石多见。

与沈阳铁岭灌区相比较，可以发现北方土壤pH高，土壤含镉多而大米含镉相对地少；南方土壤pH低，土壤含镉少而大米含镉相对地多。

(3)上海蚂蚁浜地区灌溉田（1977~1978）使用电镀厂向浜内排放的含镉废水，灌溉水含镉最高达5.4 ppm，均值0.581 ppm。63%面积（4百多亩）受不同程度污染，土壤可溶性镉21.48 ppm，土壤表层污染最重，40厘米以下未受

污染。浜底底质含镉5,800ppm,平均1,455ppm,用浜底淤泥施肥的土壤,污染严重。灌区浅层地下水含镉0.03ppm,地面水受镉污染严重。

污染区各类蔬菜含镉量中位数均明显高于对照区。叶菜与根菜类高于瓜茄类,其中位数比为瓜茄:根茎:叶菜=1:2.8:3.2。含镉最高的为鸡毛菜3,825ppm,其次为辣根2,282ppm,毛豆1,04ppm。当地居民每周由蔬菜摄入镉量为8.98~205.80微克/公斤体重,超出了FAO/WHO暂定人对镉可耐受量每周6,7~8,3微克/公斤体重的限度。

汞 北京东南郊污灌区(1976~1977)使用的污水含汞0.0083~0.0688ppm,污水处理厂污泥含汞47.1ppm,受汞污染面积6.36万亩,占灌区总耕地面积14%。农田土壤样品47%受污染,含汞最高为4,550ppm,平均0.528ppm;水稻样品49%受污染,含汞0.0126ppm;小麦样品40%受污染,含汞0.0034ppm;玉米样品17%受污染,含汞0.0033ppm;白菜样品35%受污染,含汞0.0011ppm;萝卜样品13%受污染,含汞0.0003ppm。农作物汞与土壤汞密切相关,水稻比蔬菜、小麦、玉米更易吸收汞;大米光泽不好,粘性差,味不正。

3. 有机物污染的研究 (21, 22, 23, 24, 25, 26)

苯并(a)芘 沈阳石油污水灌区(1977—1979)使用的污水有一半是石油厂废水,含油量30~180ppm,灌田面积11.7万亩。石油污染给稻田带来多环芳烃物质,以苯并(a)芘为代表。苯并(a)芘在水中很难溶解,溶解度为0.01ppb,但它受污水中

大量悬浮物固体吸附而沉降。苯并(a)蒽在灌渠底泥中为1,200~12,700 ppb,田间沉淀池底泥为900—4,540 ppb。

农田土壤苯并(a)蒽含量:污灌区28、5—545 ppb,清灌区26、4—115、4 ppb,非工业污染清灌区5~10 ppb。当土壤苯并(a)蒽在<10—545 ppb范围内时,水稻精白米苯并(a)蒽均<1 ppb。经014—苯并(a)蒽示踪观察在水稻不同部位的分布,发现18%留在根部,82%转化为其它含碳化合物,很难转到籽实中。

对当地居民健康调查表明,污灌区居民慢性胃炎22、2%,肝肿大106、1%,白血球增多133、6%,而对照区居民的上述指标分别为2,2%,4,2%,32,0%,有显著差别,被认为与污灌区环境污染有关。

酚 茂名市石油污水灌区(1977)使用的污水以油页岩炼油厂废水为主,含有酚、油、吡啶、芳烃、氰化物、硫化物、砷、铁等。灌区农田土壤含酚0、003~0、03 ppm,大米含酚0、2—0、35 ppm,河水含酚0、6 ppm,饮用水含酚0、008 ppm。

经实验,用炼油厂原污水灌种出来的大米喂大白鼠,结果孕鼠吸收胎率36,84%,死胎率13,3%,胎鼠骨骼发育迟缓44,33%;而对照组的上述指标分别为11,76%、0,53%、15,38%。说明石油污水通过食物链表现为胚胎毒性和影响骨骼发育,其原因尚待进一步探讨。

四污灌的卫生研究必须加强

污水农业利用,有发展农业生产、节约用水、降低污水处理成本

减轻河流污染等经济效果和环境效果。由于污水水质的复杂性，盲目的、不合理的灌溉必然造成危害农作物、污染地下水、恶化土壤、影响环境卫生等不良后果。所以，如何充分利用污水的有利因素并限制其不利影响，是污灌方面的重要技术问题。

有关部门围绕着污水灌溉这个对象进行着不同目的的研究。城建部门为节约大批的污水处理构筑物的基建投资和运转养护费用，防止次生污染，研究利用土地处理污水的工程问题；农业部门为合理利用污水的水肥资源，保证农田生物学质量，防止农作物受害，研究污染对农业生态系统的长远影响，以及土壤—植物—微生物系统对污染物质的净化功能机理。

近年来，城建和农业部门对污灌进行大量研究，取得了不少成绩，而这些部门则迫切要求卫生部门对污灌的卫生问题作出回答。面对当前污灌发展的形势，卫生方面的研究则显得很不够，应当以积极的态度组织力量加以深入的研究。

卫生部门的科研单位、医学院校和卫生防疫站曾经对污水灌溉农田中有关卫生方面的问题，断断续续地进行过调查研究，积累了一些基本的卫生状况评价资料。对于回答污水灌溉造成的环境污染对人体健康的影响和危害程度有多大这个问题，则缺乏科学的、有说服力的证据。（27）

污水灌溉对于污水处理和农业利用来说，被认为是一项战略性的技术措施；而对于预防疾病和保护人体健康来说，则是一项从长计议的环境卫生问题，牵涉面广，影响深远。卫生部门终究必须回答污灌的一系列卫生问题，在证明污灌与肠道传染病、肠寄生虫病之间的关系方面，在揭示污灌所构成的有害化学物质进入食物链的特殊生态环

境及其对人体健康的危害方面，都需要进行大量的调查研究和较长时间的观察。

污灌卫生研究在方法学和检测技术方面，还要做许多工作。污灌环境中肠道病毒和新的肠道病原体的检测尚属空白，应积极研究检测方法。由于缺乏土壤、粮食和蔬菜中几种主要的重金属元素等有害物质的卫生标准，目前评价污灌污染无标准依据，迫切需要制定这些标准。污灌的化学性污染通过食物链对人体健康影响的规律和观察指标，都需要研究确定。各个污灌区居民的流行病学调查，要有一个统一的方法。

污灌的卫生研究是综合性的，不仅从专业上要求多学科协同，而且有必要由全国各主要污灌区的卫生部门组成一个研究协作组，按统一的规划、步骤、方法和时间进行调查研究；在近期内集中力量进行重点研究，说明一两个污灌的卫生问题，并且努力把污灌的卫生研究推向新的阶段。此外，应对1963年制定的《污水灌溉农田卫生管理试行办法》进行必要的修订，以适应新的情况。

一九七七年中国科学院赴澳大利亚污灌考察组在考察报告中指出，污灌中当前最大的问题是担心公共卫生与对人体健康问题。希望围绕我国的污灌问题，今后应多方面协同作战，开展科学研究。卫生部所属医学及卫生科研机构应大力加强污灌污染环境微量污染物对人体长期效应的研究，早日提供科研成果。并且建议在全国范围酝酿成立跨部门、多学科的有关污水处理与利用相结合的咨询机构，由卫生部门任主席。（28）

在污灌问题上，不但城建和农业部门对卫生部门寄予殷切的希望，而且从环境卫生建设出发，也非常有必要加强对污灌卫生问题的研究。环

境卫生科研在工农业总产值实现翻两番中，对于如何保证污灌区的人民健康，是一项重要的课题。

一九八三年五月

参 考 文 献

1. WHO Scientific Group : Human viruses in water, waste water and soil. WHO Technical report series 639, Geneva, 1979.
2. Barua, D. : Public health aspects of night soil utilization. Paper for the national, seminar on hygienic treatment and use of nightsoil, 1981, Beijing.
3. Dunlop, S. G. : "Survival of pathogens and related disease hazards", Presented at the symposium on the use of sewage effluent for irrigation, Louisiana Polytechnic Institute, Ruston, 1968.
4. 全国十一城市污水灌区农业环境质量普查科研协作组：我国十一个城市污水灌区农业环境质量普查总结，农业环境保护，1(1-9) 1980.
5. Ваубинас А. К. и др. : Гигиеническая оценка метода дождевания сточными водами на земледельческих полях орошения. Гиг. и сан., 4 (13), 1979.
6. Ваубинас А. К. и др. : Бактериальное загрязнение атмосферного воздуха при дождевании полей орошения сточными водами животноводческих комплексов. Гиг. и сан., 1(66), 1981.
7. 农业部环境保护科研监测所：在保护环境促进生产的前提下积极

慎重地发展污水灌溉的建议，全国污水灌溉和环境学术讨论会论文选集，1982。

8、农业部环境保护科研监测所：我国污水灌溉的现状和今后意见，全国污水灌溉和环境学术讨论会论文选集，1982。

9、王宏康：污染的展望，北京农业大学，1980。

10、蔡思义：关于我国污染与环境问题研究方向探讨，农业部环境保护科研监测所，1981。

11、姚永让：污水在农业上的综合利用，农业部环境保护科研监测所，1981。

12、城建总局市政工程局：要重视城市污水的处理，国家城市建设总局编《城市建设简报》第28期，1980。

13、水利部水文局：我国的水资源问题，1980。

14、北京市市政设计院、上海市市政工程设计院：国内外城市污水处理技术发展水平和差距，全国污水灌溉和环境学术讨论会论文选集，1982。

15、刘瑞琴等：北京市城区污水灌溉与伤寒发病的关系，中华流行病学杂志，2(1)，1981。

16、张学询等：沈阳市张士灌区重金属污染规律及其治理途径，全国污水灌溉和环境学术讨论会论文选集，1982。

17、大余县污水灌区农业环境质量普查工作队：大余县“四矿一厂”重金属污染田农业环境质量评价，1981。

18、蔡诗文：江西大余县污水灌区重金属污染考察报告，中国医学科学院卫生研究所，1982。

19、周其山等：蚂蚁浜地区蔬菜镉污染情况的调查，中华预防医学杂志