

File No. 38

耕地土壤的重金属污染和肥料的关系

日本在第 2 次世界大战后，随着经济的快速发展，国民生活在 1970 年代就达到了富裕水平，迈进了先进国家的行列。现在，国民不再担忧因粮食不足带来的饥荒，反而是食品安全成了最关心的事情之一。食品安全涉及到食品的生产，加工，流通，烹调等许多方面，其中最重要的前提就是在农作物的生产阶段就要确保收获物的安全。

耕地是粮食和蔬菜，果实等的生产基盘，也是维持自然生态机能的一个重要因素。耕地一旦被重金属污染后，就很难消除其有害影响。这是因为重金属元素不会分解，能够长期残留在土壤里，农作物从土壤中吸收养分的同时也会吸收土壤中的重金属。重金属不仅会阻害作物生长，造成减产减收，还会通过收获物进入到人体内，有可能给国民健康带来危害。明治时代发生的枥木县足尾铜矿和宫崎县土吕久矿山的矿毒事件，昭和时代的经济高度发展期出现的富山县神通川流域的镉污染，新泻县阿贺野川的有机水银中毒等就是重金属污染造成的大规模的人体健康被害事例。由于政府和企业对公害污染进行的一系列有效的对策和努力，1970 年代后期开始再也没有发现因为工矿业活动造成的新耕地土壤污染，反而肥料含有的重金属类对耕地造成的土壤污染可能性更受到重视。

肥料属于化学物质，不管是化肥还是有机肥料都有可能混入有害成分，这是避免不了的。在 20 世纪 20 年代之前，日本基本上没有化肥工业，使用的还是人粪尿和落叶，杂草等为主的堆肥，当然没有人会注意和考虑到耕地土壤的污染问题。

1909 年，德国的哈伯开发出了合成氨方法，开创了化肥的新时代。日本大量施用化肥是 1950 年代以后的事情。当时已经有人指责大量施用化肥会使土壤劣化，还有可能会间接地损害人体的健康。为了抵制对化肥的悬念，日本在 1950 年成立了肥料取缔法，专门对包括化肥在内所有肥料的生产，流通，销售和使用进行严格的管理。肥料取缔法成立后，随着科学技术的进步和时代的要求，共对其进行 25 次修订。与此相比，美国和欧洲联盟（EU）没有专门针对肥料管理的法律，而是将肥料放在有关其他化学物质或食品安全的法律中一起进行综合性的管理。

按照日本的「根据肥料取缔法对普通肥料的公定规格等的规定」之法令（法律是国会通过成立的，法令则是中央政府部门颁布的对法律进行补充解释的命令），对肥料进行管制的有害成分共 11 种。其中 4 种是有机物质（硫氰氧化物，氨基磺酸，亚硝酸，双缩脲），7 种是重金属元素（砷，镉，水银，镍，铬，铅，钛）。

在这些有害成分中，有机类有害成分主要是直接对植物生长产生不良影响，表现出叶的黄化和白化，立枯，根腐烂等症状，但基本上不会残留在果实和子实等收获物里。并且进入到耕地里的有机类有害成分通常在数天内，最多在数月内就会被土壤微生物完全分解成无机物质，不会长期残留在土壤里。与此相比，重金属元素不会也不能被分解，一旦进入到土壤后，若没有流失的话，数 10 年～数 100 年都不会消失。这些重金属元素在作物吸收养分时会随着养分一起吸收到作物体内，浓缩积储在收获物里。食用了含有高浓度重金属的农作物，进入

到人体内的重金属有可能对人体健康产生危害。特别是重金属浓度不足以对作物生长产生明显的不良影响，不被注意的情况下更容易出现上述的危害。

鼓吹有机农业的人士多把化肥作为耕地土壤污染的主角来进行批判。但是，事实上不符合标准的有机肥才是污染耕地土壤的罪魁祸首，化肥反而是受了冤枉的一方。

化肥原料，特别是磷肥用的磷矿石含有重金属，在生产过程中也有可能受到外界重金属的污染或生成一些有害成分。例如尿素长时间的高温加热会生成双缩脲，硫酸铵在合成反应时会生成微量的硫氰氧化物，磷矿石中的一部分镉和砷会转移到磷肥产品里。但是，随着技术的进步，在化肥生产阶段产生的有害成分可以被抑制到最低限度，来自原料的有害物质也可以在生产工序上清除出去。加上厂家在产品出厂前进行的质量检查，保证了不会将有害成分含量超出法律规定基准的产品出厂流通到市场上销售。由于化肥企业的努力，日本从 1980 年代起再也没有从国产化肥中检查出超过法律规定基准的重金属和有害成分的事例。因此，即使是长期施用化肥，其中的重金属也没有可能积储在耕地土壤里达到能够危害农作物生长和人体健康的水平，更不用说化肥中的有机类有害成分了。

另一方面，有机肥料的原料中通常含有各种成分不明的物质，特别是城镇生活废水和家禽家畜粪尿为主要成分的污泥系肥料和堆肥含有的成分不明物质种类多，含量也高。因为有机肥料中的有机类有害成分种类和含量难以特定，所以日本的肥料取缔法只是对有机肥料中的重金属含量进行管理，对有机类有害成分则无法管理限制。即使是这样，有机肥料也因为原料中的重金属含量高，容易出现问题。表 1 是 20 多年前对堆肥中的重金属含量进行分析测定的数据。虽然是旧数据，但仍有一定的参考作用。

表 1. 各种堆肥中的重金属含量 (ppm, 按干物重换算)

元素	下水道污泥发酵堆肥	城镇垃圾发酵堆肥	牛粪堆肥	猪粪堆肥	鸡粪堆肥
砷(As)	0.6~24.4	0.54~2.15	0.07~0.1	0.1~1.6	0.3~2.2
镉(Cd)	0.61~5.9	0.42~1.52	0.1~0.54	0.05~2.1	0.4~2.8
铜(Cu)	108~380	18.7~127	12.8~46.4	50.1~639.5	30~60
水银(Hg)	0.31~4.9	0.05~1.07	0.01~0.21	0.005~0.13	nd~0.06
铅(Pb)	15~122	3.35~45.6	0.79~13.9	0.5~18.2	tr
锌(Zn)	350~3300	71.6~350	49~189	56.5~1564	300~500

nd : 检出下限以下, tr : 痕迹

引自：土和食粮的「土和环境」，日本土壤肥料学会编（1998 年出版）

有机肥料，特别是污泥系肥料和生活垃圾堆肥含有相当高浓度的重金属，这是因为在生态系的食物链过程里重金属受到了生物浓缩。生物浓缩是指生物从周围环境吸取蓄积某种元素或化合物，使其在体内的浓度超过环境中的浓度的现象。污泥系肥料和城镇垃圾堆肥的原料是生活排水和生活垃圾，已经经历了多次的生物浓缩，所以其中的重金属含量远远超出了耕

地土壤和灌溉水。

在日本生产污泥肥料和生活垃圾堆肥的基本上是中小企业和家庭企业，因设备和技术力量不足，难以对有机肥的质量进行完善监管。加上有机肥的有效养分含量低，施用量大，更有可能出现有机肥的重金属等有害成分对耕地土壤的污染问题。日本政府农林水产省对污泥系肥料进行的质量抽检中就常有发现重金属超标的问题。表 2 是 2003~2008 年公布的一些污泥肥料中重金属超标的事例。

表 2. 2003~2008 年对污泥肥料抽检时发现重金属含量超标的事例

公布年月日	肥料种类	使 用 原 料	超标重金属
2003 年 5 月 20 日	下水道污泥肥料	下水道污泥 100%	Hg 87.0ppm
2003 年 5 月 28 日	粪尿污泥肥料	粪尿污泥 100%	Hg 7.0ppm
2003 年 8 月 15 日	污泥发酵肥料	下水道污泥 30%， 焚烧灰 10%， 废弃物发酵物 60%	Pb 560ppm Cd 9.0ppm
2003 年 8 月 15 日	污泥发酵肥料	食品工业污泥 25%， 植物性原料 25%， 动物性原料 20%， 粪尿污泥和下水道污泥 12.8%	Ni 600ppm
2003 年 9 月 26 日	粪尿污泥肥料	粪尿及净化槽污泥	Hg 2.7ppm
2004 年 11 月 20 日	粪尿污泥肥料	净化槽污泥 98.7%， 凝集剂 1.3%	Cd 6.0ppm
2004 年 12 月 22 日	粪尿污泥肥料	粪尿及生活杂排水	Hg 2.7ppm
2006 年 7 月 27 日	烧成污泥肥料	粪尿污泥 100%	Cd 6.0ppm
2006 年 11 月 24 日	污泥发酵肥料	粪尿及净化槽污泥 90%， 食品加工残渣 10%	Hg 2.6ppm
2007 年 5 月 18 日	粪尿污泥肥料	粪尿及净化槽污泥 100%	Hg 6.0ppm
2007 年 6 月 19 日	烧成污泥肥料	粪尿及净化槽污泥 100%	Cd 9.9ppm
2007 年 10 月 18 日	烧成污泥肥料	粪尿， 净化槽污泥， 生活杂排水	Pb 180ppm
2008 年 6 月 26 日	下水道污泥肥料	下水道污泥 100%	Hg 3ppm
2008 年 7 月 15 日	污泥发酵肥料	粪尿污泥（农业村落的排水污泥）100%	Hg 6ppm

引自： 日本农林水产省安全局农产安全管理科资料

不仅是日本生产的污泥系肥料和堆肥，从进口有机肥料中也有检查出重金属超标的事例。最有名的事例是 2005 年，日本全国农业联合会的子公司组合贸易从中国进口的 2 种有机-无机复合肥中检查出镉超标 22.5 倍，进口肥料全部回收销毁，造成了很大损失。

与化肥相比，有机肥料具有改善土壤物理性，化学性和生物性的效果，是造土养地和削减化肥使用量的有效武器。特别是堆肥能够促进土壤团粒结构的形成，增加土壤的透水性和保水性，还可以促进土壤微生物的增殖，改善土壤微生物相，是非常有用的肥料。没有必要因为重金属等有害成分

含量高的理由而排斥污泥系肥料和堆肥的施用。只要有机肥料的有害成分含量不超标，就可以放心使用。与此相反，对于认为只要是有机肥料，不管其原料来源和质量如何都是安全的，可以放心施用之类的有机肥料神话的宣传更应该注意，不要轻信上当。

从防止耕地土壤污染的观点来看，要减少污泥肥料和堆肥的重金属等有害成分含量，防止重金属对耕地土壤的污染，就应该遵守以下 3 项原则。

1. 按照肥料取缔法的规定，遵守有机肥料的质量标准，保证产品的有害成分不超标。
2. 不要单独长期大量地施用污泥肥料和堆肥，尽量与化肥协调并用，发挥出化肥和有机肥各自的长处。
3. 对于用有害成分多的原料生产出的污泥肥料和堆肥，尽管有害成分不超标，施用对象也应选择花木等非食用作物，尽量避开在蔬菜和粮食作物上施用。