

土壤污染现状及修复对策

郝亚琦,王益权

(西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要:从应用化学肥料、化学农药对土壤带来的负面影响角度论述了土壤污染的原因,总结了近年来有关土壤污染防治的传统物理化学方法和应用微生物学和分子生物学对污染土壤进行修复的技术。

关键词:土壤污染;防治;修复

中图分类号:X53

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)03-0249-02

Soil Pollution and Remediation

HAO Ya-qi, WANG Yi-quan

(College of Resources and Environment Science, Northwest Sci-tech
University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The authors discussed the reason of soil pollution from application of chemical fertilizer and chemical pesticide, summed up the tradition methods about soil pollution prevention and technology of using microbiology and molecule biology to remedy polluted soil.

Key words: soil pollution; prevention; remediation

土壤是人类赖以生存的基本条件。近年来,随着人口急剧增长,人类对土地资源的过度开发,导致土地质量下降、生产能力退化。而在农业生产中使用化肥与农药以及如生长激素等化学物质,土壤中某些成分含量过高,致使其物理、化学和生物学性质发生变化,土壤功能受到损害,微生物活动受到影响,土地肥力下降,影响农作物的产量与品质,威胁着人类的健康,也影响到国民经济的发展。因此,寻找高效并对环境影响小的土壤污染防治和修复方法成为当务之急。

1 土壤污染的现状

土壤污染是人类活动产生的污染物进入土壤并积累到一定程度,引起土壤环境质量恶化,对生物、水体、空气和人体健康产生危害的现象,这种恶化现象通过对各种受体的危害而体现^[1]。土壤污染主要是由于水体污染、大气污染、固体废物的任意堆放、农药和化肥的不合理使用等因素造成的。

1.1 过量使用化学肥料

大量施用的化肥成为提高土地生产力最直接的方法,可大幅度的提高农产品的数量和质量。上世纪 80 年代末中国已成为世界上化学肥料的最大使用国。目前,我国每年施用农药量达 $50 \sim 60 \times 10^7$ kg,其中约 80% 的农药直接进入环境^[2]。它既是对资源的浪费,又是造成当前生态环境严重污染的主要原因之一。例如施用化学氮肥太多时,被植物根部吸收的数量相对减少,大部分残留在土壤里,经过分解转化,变成硝酸盐,通过食物链进入体内,在体内形成强致癌物-亚硝胺。同时土壤中过多的硝酸盐成为地下水和河流的污染源。据统计,我国 72% 的人(9 亿人)喝不上达标饮用水,

其中 7 亿多人喝的是大肠杆菌超标水,1.5 亿人喝有机污染物超标水。很多河流尤其是近城郊段出现生物绝迹带。

1.2 过量使用化学农药

化学农药对提高农业生产力做出了很大的贡献,但使用农药消灭病虫害的同时,也会使有益于农业的微生物、昆虫和鸟类遭受毒害。美国加利福尼亚州的农场中的 25 种主要农业害虫中,有 17 种已经对一种或几种杀虫剂具有抗药性,而害虫的天敌数目的减少,具有抗药性的害虫每年给农业造成更大的损失。据调查,过去用稀释 2 000 倍的敌百虫可杀灭 80%~90% 菜青虫,而现在稀释 500 倍,才能起到杀死害虫的作用。我国每年大约需要施用 80~100 多万 t 化学农药^[3],而真正作用于有害生物的最多达 30%,甚至只有 10%~20%,落到地面的为 40%~60%,飘浮于大气中的为 5%~30%。这些进入环境中的化学农药会随着气流和水流,污染水、土、气等环境资源。一些难降解的化学农药几乎得不到任何分解被植物吸收,在果实茎叶和根部富集,特别是含有铅、汞、砷等元素的制剂,毒性大、残留的时间长。近年来的研究发现,许多化学农药还具有环境激素效应,其残留污染物对人和动物内分泌系统、免疫系统、神经系统产生干扰作用,影响生殖机能,造成雌性化、后代生命力退化^[4,5],威胁生物多样性,以致出现当前生物物种灭绝的速度达到自然灭绝速度的 1 000 倍的现象。

1.3 除草剂的使用

除草剂从问世以来发展迅速,被广泛应用于农作物田中,不仅节省了大量人力和机械除草作业,同时提高了农产品的产量。但除草剂和其他农药及化学品同样都含有不同程度的毒性,而且在生产过程也产生的废渣、废水、废气问

* 收稿日期:2006-04-26

基金项目:中科院农业发展项目 KZCX1-YW-N-15-04

作者简介:郝亚琦(1983-),女,在读硕士研究生,主要从事农业环境保护与食品安全研究。

题,都会对周围环境会造成一定危害,这些影响最终将不同程度的危害人类本身生存的环境。

1.4 废物对土壤的污染

土壤作为生产载体,一直在被动的接受大气和水中大量有机和无机污染物的迁移和转化。矿业、工业固体废物使附近土壤中某些有毒元素的含量超出一般土壤的含量,一些重金属在环境中不会降解、消失,只能迁移、转化,对环境和农产品的品质产生很大的影响^[6],若进入人体内,使体内的有关蛋白酶活性受到抑制,或是与体液中的某些离子及蛋白质结合发生沉淀反应,在体内得到聚集浓缩,干扰机体的正常发育,最终导致各种疾病乃至肿瘤的形成。含有各种病原菌和寄生虫的城市垃圾、养殖场的废弃物由于处理成本影响经济效益,往往随意堆放^[7],农业固体废物中含有各种腐烂有机物和残留农药等,经雨水浸淋,其渗出液会污染到土壤、河川、湖泊和地下水源。工农业生产和社会活动产生的数量极其庞大的废弃塑料——白色污染给土壤带来的危害已经到了相当严重的地步。放射性固体废物含有铀、镭、钍等放射性元素,不仅对环境造成射线辐照,还会通过环境——食物的迁移进入食物链,造成伤害更大的内辐射。另外,机动车排出的废气使公路两旁土壤中含铅量高于普通农田土壤。

1.5 废水对土壤的污染

由于我国大部分污水没有经过任何回收净化处理就排入水体,造成地表水体的严重污染。直接灌溉会将污水中的有害物质带入农田,改变土质和土壤结构,影响土壤中微生物活动,妨碍植物根系生长,影响作物产量及品质,进而危害到人类健康。据报道,在同一地区引用污水灌溉的比不用污水灌溉的农作物致使人肠胃发病率高 3 倍以上。

1.6 细菌生物对土壤的污染

土壤生物污染的污染源来自未经处理的医院废水、生活污水、屠宰场的污物等,其中医院未经消毒的污水和废物危害最大。它们含有各种病原菌,如伤寒杆菌、痢疾细菌、肝炎病毒以及蛔虫等。有些病原菌和寄生虫由于不适应土壤中的环境,可以得到自然净化消失,但有些则在土壤中继续繁殖危害土壤环境。

2 土壤污染的防治

针对以上土壤污染的现状,合理施用化肥、控制化学农药的使用、以及控制和消除废水、废物和废气的排放已成为当务之急。例如硝酸盐和磷酸盐类化肥,在合理施肥、经济用肥的基础上,同时根据土壤肥力和土质状况,有目的地进行施肥,既达到培肥土壤,保证作物营养物质的要求,防止施用过多而造成土壤污染,又不致引起硝酸盐对作物和农田的污染。对于含有毒性物质的化肥品种,要严格控制其施用范围和数量。同时,对残留量高、毒性大的农药,应控制其使用范围、使用量和次数,大力发展高效、低毒、低残留量的农药新品种,尽可能减轻农药对土壤的污染。而除草剂所带来的负面影响,社会各界已做出了许多努力和改进措施,例如有控制地施用某些除草剂、发展易降解的除草剂,通过二种除草剂的混用来增加药效及减少除草剂单用时的 $1/3 \sim 1/2$ 剂量。而除草剂颗粒、大粒剂及片剂的应用,可使除草剂避免喷药时的飘移,既方便又高效还可有缓释长效的杀草作用。在利用污水灌溉农田时,要了解污染物质的成分、含量及其动态,控制污水灌溉数量或进行必要的净化处理,以免引起土壤污染。另外,降解有机污染物,杀灭病原菌可通过高温堆肥方式进行无害化处理。对轻度污染的土壤和小面积污

染的土壤可采用深耕的办法,将上下土层翻动混合,使表层土层污染物含量降低。

3 修复对策

3.1 土壤生物修复技术

土壤生物修复技术作为近 20 年发展起来的一项用于污染土壤治理的新技术,主要是利用土壤中的微生物分泌酶降解污染物来减少其对环境的危害^[8]。它的基本原理是利用土壤中天然的微生物资源或人为的添加目的菌株,甚至用构建的特异降解功能菌株投加到受污染的土壤中,将滞留的污染物快速降解和转化成无害的物质,使土壤恢复其天然功能^[9]。生物修复可分为原位生物修复和异位生物修复。原位生物修复是指对受污染的介质(土壤、水体)不作搬运或输送,而在原位污染地进行的生物修复处理,修复过程主要依赖于被污染地自身微生物的自然降解能力和人为创造的合适降解条件;异位生物修复是指将被污染介质(土壤、水体)搬运和输送到它处进行生物修复处理^[2]。但是生物修复存在生物降解比较困难的局限性,因此,在采用生物修复技术对污染土壤进行治理之前,应充分考虑微生物、土壤环境等因素的影响^[10]。

3.2 植物修复技术

重金属污染及放射性污染是土壤环境污染的重要方面,如何消除土壤环境中的重金属以及放射性污染物已成为国际性难题。近年来,植物修复技术的出现和快速发展为我们展示了一条新的希望之路:即利用植物对重金属化合物的吸收、富集和转化能力把土壤、水体和大气中残存的重金属污染物吸收、富集到植物体内,然后收获植物,通过焚烧等方法回收重金属,由此减少进入土壤或水体中重金属的含量,实现环境修复的目标^[11]。对于放射性污染物来说,相对于传统的填埋、土壤清洗、离子交换、螯合剂浸取、絮凝技术等物理化学处理方法^[12],放射性污染植物修复技术对大面积低剂量放射性污染的去除率较高,利用植物根系吸收水分和养分的过程来吸收、转化污染体(如土壤和水)中的放射性核素,来达到清除核素、修复或治理目的^[13]。

3.3 分子生物学技术

随着分子生物学技术的发展,先进的分子生物学技术越来越多的被引入到土壤污染治理及检测的研究中。越来越多的修复性蛋白的基因正被从植物、微生物和动物中陆续分离出来。人们可以改造这些基因的结构,采用更强的启动子,或者选择生物量高的受体植物转移该修复性蛋白的基因,大幅度地提高转基因植物对重金属污染物的富集速率和最高富集程度以及抗性水平,获得具有应用价值的超富集植物。

利用基因工程技术,人们将目的基因片段转移到受体植物细胞中并表达,使受体植物具有该目的基因表达显现的特殊性状,从而达到治理污染的目的。如找到特定污染的抗性基因,转基因后获得其它抗性植株及筛选可转化污染物的植物,或开发超量积累植物进行污染土壤的生物修复。到目前为止,已分离出 100 多种重金属抗性基因——金属硫蛋白基因,这是一类在生物界广泛分布的、小分子量的、富含半胱氨酸的金属结合蛋白质。由于这类蛋白质与重金属离子具有高度稳定的结合能力,在富集金属、清除环境污染方面有着重要的应用价值。

应用基因工程技术,生产利用微生物聚酯为原料生产出来的一类可以被环境微生物降解的新型塑料,由于这类塑料进入自然界之后,便会被有关的微生物迅速降解,因而不

(下转第 253 页)

施,有林地面积大幅增加,面积比由 3.92 % 增至 5.95 %,斑块数量由 30 个减为 20 个,斑块平均面积增加 10 hm²,破碎度指数由 1996 年的 0.192 减为 2004 年的 0.156,连通性指数也由 1996 年的 0.569 增加为 2004 年的 0.672,该流域土

壤侵蚀模数由治理前的 2 500 t/(km² · a) 降到 1 000 t/(km² · a),水土流失面积减少 100 余 hm²,水土流失状况有很大改善。这充分说明了有林地保护措施得当,生态建设和水土流失治理效果显著。

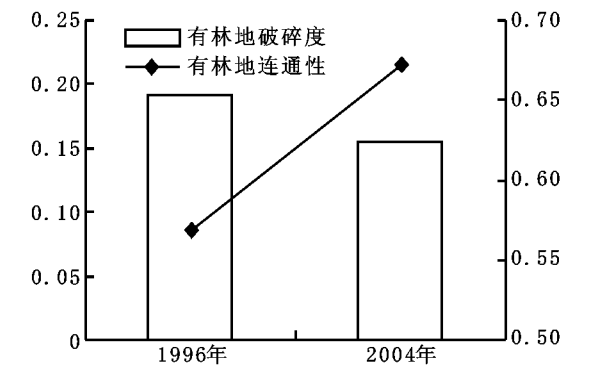


图 4 有林地斑块破碎度、连通性指数变化

该流域景观多样性指数增加,说明锦云川小流域景观格局趋于合理化,经济也走上了农、林、牧、副、渔等多种产业结构并进的合理局面。从图 5 该流域 1996 年和 2004 年产值结构变化图,可以看出产业结构趋于合理,如 1994 年,林果业仅占全部产值的 5 %,到 2000 年已经占到全部产值的 10 %,渔业由 1 % 提高到 3 %。

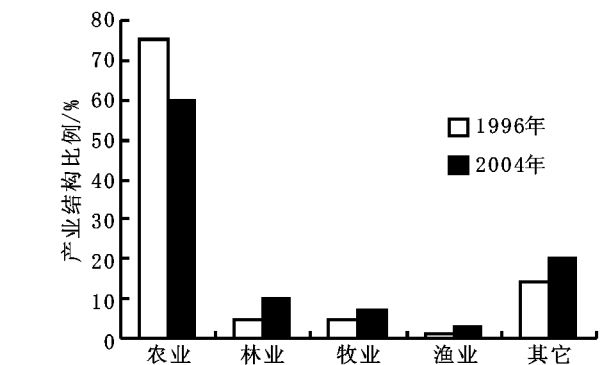


图 5 研究区产业结构变化图

但同时认识到,由于锦云川流域高程较低,受人类活动影响强烈,林地覆盖率低且破碎度较高,虽然前期生态建设和水土保持工作取得一定成效,但生态环境形势仍十分严峻。今后应加大林地,特别是有林地的培植种植力度,继续执行封山育林政策、加大水土保持工程建设力度,积极发展集水生态农业、观光农业、生态旅游业,促进小流域生态经济社会的可持续发展。

但同时认识到,由于锦云川流域高程较低,受人类活动

参考文献:

[1] 肖笃宁,布仁仓,李秀珍.生态空间理论与景观异质性[J].生态学报,1997,17(5):453-461.
[2] 张明亮,王海霞.近 10 年来临沂市 LUCC 及驱动力分析[J].济南大学学报(自然科学版),2007,21(3):252-255.
[3] 王宪礼,胡远满.辽河三角洲湿地的景观变化分析[J].地理科学,1996,16(3):260-265.
[4] 傅伯杰.黄土区农业景观空间格局分析[J].生态学报,1995,15(2):113-119.
[5] 马明国,王雪梅.基于 RS 与 GIS 的干旱区绿洲景观格局变化研究-以金塔绿洲为例[J].中国沙漠,2003,23(1):53-58.
[6] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望.地球科学[J].1997,17(4):356-363.
[7] 宋开山,张柏,于磊.基于 RS 与 GIS 的通化地区景观格局动态变化[J].山地学报 2005,23(2):234-240.

(上接第 250 页)

于给环境带来长期的污染危害。

另外,基因的序列分析可揭示出生物物种之间的关系,在污染治理研究中可用于生物基因组特殊区域或特异基因的测序。核酸探针检测技术以 mRNA 为基础的分子标记能更灵敏地反映污染条件对生物的作用,反映变异水平高^[11]。

土壤污染具有隐蔽性,潜伏性和长期性,短时间内不易被人们察觉。因此,应从根本上改善生态环境,保证土壤质量,控制与修复土壤污染,减少了农药、化肥、环境激素等污染物进入环境,保护了农田生态环境,促进了良性生态循环,进而保障了人类健康,促进农业的可持续发展。

参考文献:

[1] 夏家淇,骆永明.关于土壤污染的概念和 3 类评价指标的探讨[J].生态与农村环境学报,2006,22(1):87-90.
[2] 胡春华,邓先珍,汪茜.土壤污染修复技术研究综述[J].湖北林业科技,2005,(5):44-47.
[3] 周春梅.“入世”与中国农产品农药残留的应对措施[J].农业与技术,2001,21(6):7-10.
[4] 杨杏芬.环境雌激素污染与毒效应研究的现状与展望[J].广东卫生防疫,2001,27(1):20-24.
[5] 包国章,李向林,等.环境雌激素生态影响的研究进展[J].生态学杂志,2001,20(5):44-50.
[6] Huang Yi, Tao Shu, Chen You-jian. The role of arbuscular mycorrhiza on change of heavy metal speciation in rhizosphere of maize in wastewater irrigated agriculture soil[J]. Journal of Environment Sciences,2005,17(2):276-280.
[7] 白青云.农业生态系质量的保障——食物保证、食物安全、农业环境保护之间的关系[Z].三农问题,2006.42-46.
[8] 郭荣君,李世东,等.土壤农药污染与生物修复研究进展[J].中国生物防治,2005,21(3):129-135.
[9] 郑良永,等.污染土壤生物修复研究进展[J].广东农业科学,2006,(2):79-81.
[10] 刘娜,杨云龙.生物修复技术在污染环境修复中的应用研究[J].科技情报开发与经济,2005,15(3):173-175.
[11] 覃拥灵.分子生物学技术及其在环境污染治理中的应用研究进展[J].河池学院学报,2005,25(4):24-29.
[12] 唐秀欢,潘孝兵.植物修复-大面积低剂量放射性污染的新治理技术[J].环境污染与防治,2006,28(4):275-278.
[13] Ushenkov S. Trends in phytoremediation of radionuclides[J]. Plant and Soil,2003,249:167-175.