

孙祥卿 编著

土地处理法 与渗灌施肥技术



上海科学技术文献出版社

土地处理法与渗灌施肥技术

孙祥卿 编著

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字301号

土地处理法与渗灌施肥技术

孙祥卿 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 6.5 字数 157,000
1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷

印数: 1—500

ISBN 7-5439-0319-9/S·052

定价: 10.25元

《科技新书目》305-267

前 言

随着大规模集约化畜禽饲养的发展和人类卫生设施的改善，大、中型畜禽养殖场的排泄物和城市生活污水的污染矛盾也日趋严重，引起各方面的关注。搞好粪尿的处理和利用，控制由粪尿传播的疾病，保护水源和公众的健康，是人们的共同要求。

几年来，在上海市科学技术委员会、上海市环境保护局等领导部门的支持与关怀下，我们开展了沼液、粪尿浅土渗灌施肥生产洁净蔬菜技术、化粪池液浅土渗透自然净化处理技术等方面的试验研究，都取得了综合的效果。本书为我们试验研究的成果，有助于粪尿的处理利用和环境的保护。

本书的第八章和第三章的第四节由上海市卫生防疫站张振农主任医师编写，其余的由负责试验研究的上海市浦东新区严桥乡人民政府的孙祥卿农艺师编写。曾一起进行项目研究工作的王志勇、许文君、吴振中、张健、朱亚萍等同志参加了本书编写提纲的讨论、资料的收集或校对。张振农主任医师、赵炳魁高级工程师审阅了全稿，并提出了宝贵的修改意见。本书在编写过程中，还得到有关方面领导和专家的热情帮助，在此一并表示感谢。

限于水平，本书编写中会有很多不足之处，恳切希望读者提出批评指正。

编者 1993年3月

目 录

前言

第一章 土地处理系统和粪尿的处理……………(1)

第一节 土地处理系统……………(2)

一、土地处理系统的概念、发展历史和现状……………(2)

二、污水土地处理系统的主要工艺类型……………(4)

第二节 人、畜禽粪尿的污染……………(22)

一、粪尿污染的形成……………(22)

二、人、畜禽粪尿污染的影响……………(23)

第三节 人、畜禽粪尿的土地处理……………(26)

第二章 土壤的特征和净化功能……………(28)

第一节 土壤的组成和理化特性……………(28)

一、土壤的矿物质……………(28)

二、土壤的有机质……………(30)

三、土壤的吸收功能……………(32)

第二节 土壤微生物的净化功能……………(35)

一、土壤细菌的净化功能……………(36)

二、土壤放线菌的净化功能……………(39)

三、土壤真菌的净化功能……………(40)

第三节 土壤动物的作用……………(42)

一、生物残体的粉碎……………(43)

二、土壤的耕耘与搅拌……………(44)

第四节 植物的净化功能……………(45)

一、植物的吸收作用·····	(45)
二、植物有集中养分的能力·····	(49)
第三章 主要污染物在土壤中的转化机制·····	(51)
第一节 不含氮有机物的转化·····	(51)
一、土壤有机物的组成和存在形式·····	(51)
二、有机物在土壤中的转化·····	(52)
三、影响土壤有机物转化的因素·····	(53)
第二节 氮素在土壤中的转化·····	(54)
一、有机氮化物的矿质化·····	(54)
二、氨态氮在土壤中的转化·····	(56)
三、硝态氮在土壤中的转化·····	(58)
第三节 磷化物在土壤中的转化·····	(60)
第四节 病原生物在土壤中的转化·····	(62)
第四章 土地处理法的应用原则·····	(66)
第一节 农牧结合、自净平衡原则·····	(66)
一、土地处理系统的特点和利用·····	(66)
二、农牧结合,保持自净平衡·····	(67)
三、必须重视农业区划·····	(68)
第二节 处理与利用相结合原则·····	(71)
一、粪尿的组分·····	(71)
二、粪尿的综合开发利用·····	(72)
三、坚持粪尿还田·····	(75)
第三节 无害化原则·····	(76)
一、粪尿中的病原生物及危害·····	(76)
二、无害化处理方法·····	(81)
三、无害化监测的主要指标·····	(84)
四、粪尿土地处理时的无害化·····	(87)

第五章 沼气前处理工程	(91)
第一节 沼气和沼气发酵	(91)
一、沼气.....	(91)
二、沼气发酵.....	(91)
三、沼气发酵的基本条件.....	(93)
第二节 棚池结合自流化沼气集中供气工程	(95)
一、棚池结合自流化沼气集中供气工程的特点.....	(95)
二、棚池结合自流化沼气集中供气工程的设计.....	(96)
三、棚池结合自流化沼气发酵的环保卫生学效果.....	(101)
四、棚池结合自流化沼气集中供气工程的投资效果.....	(102)
第三节 沼气处理新技术	(103)
一、第一代沼气发酵池.....	(103)
二、第二代沼气发酵池.....	(106)
三、高效沼气发酵池设计时应注意的问题.....	(107)
第六章 渗灌系统的设置和使用	(109)
第一节 沼液浅土渗灌施肥自然净化处理技术的依据	(110)
第二节 固、液分离贮存池	(113)
一、固、液分离贮存池的功能.....	(114)
二、固、液分离贮存池的设计.....	(114)
三、固、液分离贮存池的效果和日常管理.....	(116)
第三节 渗灌网络的设置和应用	(117)
一、渗灌网络的材料.....	(118)
二、渗灌网络的布置.....	(118)
三、渗灌网络的施工.....	(120)

第四节	渗灌技术的应用	(122)
第七章	应用渗灌技术的效果	(125)
第一节	沼液、粪尿浅土渗灌自然净化效果	(125)
一、	施入量	(125)
二、	土壤养分变化情况	(128)
三、	1m 潜层水环保指标值的消长	(132)
第二节	渗灌技术应用对作物产量的影响	(139)
第三节	产品洁净效果	(145)
一、	细菌总数检验结果	(146)
二、	大肠菌群检测结果	(147)
三、	蛔虫卵检验结果	(148)
四、	理化指标检验结果	(148)
第四节	消除设施土壤盐渍化的效果	(150)
第五节	渗灌技术的投资回收期	(151)
一、	项目的直接投资	(151)
二、	项目投入试用后的经济效益	(152)
第八章	浅土净化技术在人粪尿处理上的运用	(153)
第一节	浅土净化技术应用于卫生净化户厕	(153)
第二节	卫生净化户厕的建设	(154)
第三节	卫生净化户厕的卫生学评价	(158)
第四节	浅土净化技术在生活污水处理上的 应用	(162)
附录 一、	粪便无害化卫生标准(GB7959—87) ...	(165)
附录 二、	农田灌溉水质标准(GB5084—85)	(189)
附录 三、	渔业水质标准(GB11607—89)	(191)
附录 四、	生活饮用水卫生标准(GB5749—85) ...	(193)
参考文献		(194)

第一章 土地处理系统和粪尿的处理

水是生物生存和人类社会经济发展的最基本的资源之一。当前，水污染和水资源不足已成为许多国家和地区共同面临的重大问题，对于发展中国家，尤其如此。

传统的污水人工处理技术已有上百年的发展历史。从工艺流程来说，一级处理通过格栅拦截，能去除大部分粗大的沉砂、沉淀固体和悬浮物；二级生物处理可进一步去除悬浮物、降低生物化学需氧量，但基建投资大，日常运行费用高、耗能多，对氮、磷等营养物质去除率较低，经处理后的出水排入水体将引起“富营养化”等环境问题；三级深度处理更进一步解决了上述问题，但费用昂贵，一般难以推广。事实使人们逐渐认识到，单纯依靠传统的污水人工处理技术并不能从根本上解决水污染问题，只可能延缓水污染的发展趋势，即使在二级生物处理厂普及率较高的国家和地区，仍然有相当多的河流受到不同程度的污染。因此，美、日等发达国家，在研究水污染人工处理技术的同时，也广泛地开展了土地处理技术的研究运用。对发展中国家来说，在学习和引进发达国家传统的污水人工处理技术的同时，更需要开阔思路，兼收并蓄各家之长，根据本国的国情，探索解决水污染和水资源不足问题的有效途径。

我国现在污水的年排放总量已达 360 亿 m^3 ，工业废水的年处理率为 24.3%，城市污水处理率只有 4%，大城市郊区畜、禽粪尿流入河沟也普遍存在。大量未经处理的污水排入各种水体，引起水环境不同程度的污染，水生生态系统遭受破坏，人民的

健康受到威胁。据统计,我国54条主要河流中有27条被污染,44个城市中有41个地下水源受污染,绝大部分城镇处在污水包围之中,这种触目惊心的状况正在受到全社会的关注和忧虑。

常见的水体污染源有工业废水、生活污水和农业污水。我国当前城市污水都是生活污水与工业废水的混合流。农村生活污水和畜禽粪尿都是独立流。工业污水常含有害物质,应在产生污水的单位就地人工处理,原则上做到有害物质的零排放。生活污水和粪尿都含有植物营养元素,应尽可能采用处理和利用相结合的方法——土地处理法,即使是城市污水,也应创造条件,逐步做到生活污水与工业废水分流,生活污水利用土地处理法处理。农村生活污水应就近利用土地处理系统自然净化。畜禽粪尿、人粪尿更应采用土地处理法处置,把处理和利用有机地结合起来,推进有机农业的发展,使生态环境效益、社会效益和经济效益获得统一。

第一节 土地处理系统

一、土地处理系统的概念、发展历史和现状

土地处理系统是一项常年性生态系统,该系统利用土壤—微生物—植物系统的陆地生态系统的自我调控机制和对污染物的综合净化功能来处理污物污水,同时通过营养物质和水分的生物地球化学循环,促进绿色植物生长,实现废水污物资源化与无害化。

污水土地处理系统中,由于处理净化过程与利用水肥资源是密切相关的,因此,可称为污水生态工程土地处理利用系统。

从古代开始,人类就有把污染物埋入土中的习惯,这是最实际的处置方法,包括人死亡后,土葬为主要的处置形式。根据历史记载,早在公元前,雅典就有污水灌田的习惯。16世纪

在德国出现了污水灌溉农业。19世纪初英国已盛行利用土地处理污水及污泥，19世纪70年代这种方法传播到了美国。采用上述措施的目的主要是为了方便处置污物，或者只是为了取得季节性的暂时的农业生产利益，其共同弊病是很少或者根本不考虑对污染物进行科学的处理，并严加监督和管理。它们既缺乏对环境的周密调查，又不掌握该系统对污染负荷和水力负荷的承受能力，因此这些措施可以概括地称为土地处置法。这些土地处置法在实施过程中往往由于不符合公共卫生等方面的要求而被淘汰，或因其他原因以失败而告终。本世纪70年代，由于人口、资源、能源和环境的挑战，人们对一次投资大、运行费用高、能耗多的人工处理方法进行反思，如何利用简单有效的自然处理系统又成为感兴趣的问题。如澳大利亚维多利亚州的威里比牧场，土地处理系统经受广泛实践和考验重新引起重视，给土地处理法带来新的机遇。美国目前正在运行的土地处理系统有1180个，日本还成立了毛管净化研究会，专门从事土壤净化法的研究、技术开发和推广普及。土地处理法已开始载入环境工程学教科书和技术手册，并已发展成为可替代二级处理，甚至三级深度处理的重要水处理途径之一。

几千年来，我国习惯利用人粪尿、厩肥以及有机垃圾等施到农田作肥料并净化环境。全国解放后，在利用轻工业部门的造纸、食品加工厂等废水灌溉农田方面，也取得了丰硕成果。随着城市与工农业生产的发展，我国已先后开辟了十多个大型污水灌区，灌溉面积达到2000余万亩。特别在我国北方，由于干旱和缺肥，污水灌溉对利用水肥资源，发展农业生产，确有明显的效果。但是，在有些污水灌区，由于预处理没把关，场地选址不当，设计不合理，管理不善，已出现了土壤、农作物甚至地下水的严重污染。近年来，全国已开展大规模污灌区环

境质量综合评价工作，进一步研究与制定污水灌溉与污泥施用于农田的各项环境标准与规定。但总的说来，离开土地处理系统的要求还有很大的距离。如何解决水污染和环境问题方面遇到的严重挑战，如何完成由传统的污灌向科学的污水生态工程土地处理利用系统的转变，有大量的工作需要去做。

二、污水土地处理系统的主要工艺类型

污水土地处理系统是由若干部分组成的整体。一个完整系统可包括预处理、水量调节与贮存、配水和布水、土地处理田、植物、排水以及监测等7个部分。其中土地处理的核心部分是土地处理田，处理的主要过程就在这里发生。纵观国内外污水土地处理系统的发展历史，经历了漫长而曲折的过程，由于目标要求、条件、布水系统设置方式等不同，污水土地处理系统可分为7种类型。

（一）慢速渗滤处理系统

慢速渗滤处理系统是将污水投配到种有作物的土壤表面，污水在流经表层土壤——植物系统时得到充分净化的一种土地处理工艺类型。在慢速渗滤处理系统中，投配的污水一部分被作物吸收，一部分渗入地下。一般要求流出处理场地的污水量为零。污水的投配方式可根据场地条件和工艺目标选择畦灌、沟灌及可升降的或可移动的喷灌系统，如图1-1。

慢速渗滤处理系统的工艺目标是：处理污水，利用水和营养物质生产商品性农作物；在干旱地区，用污水代替清洁水进行灌溉，以节约清洁水；开发荒地，发展草地和林地。在一个系统中一般都要以一个目标为主进行安排。

在慢速渗滤处理系统中，投配污水的负荷低，污水通过土壤的渗滤速度慢，在含有大量微生物的表层土壤中停留时间长，所以水质净化效果非常好。沈阳市西部污水慢速渗滤处理系统

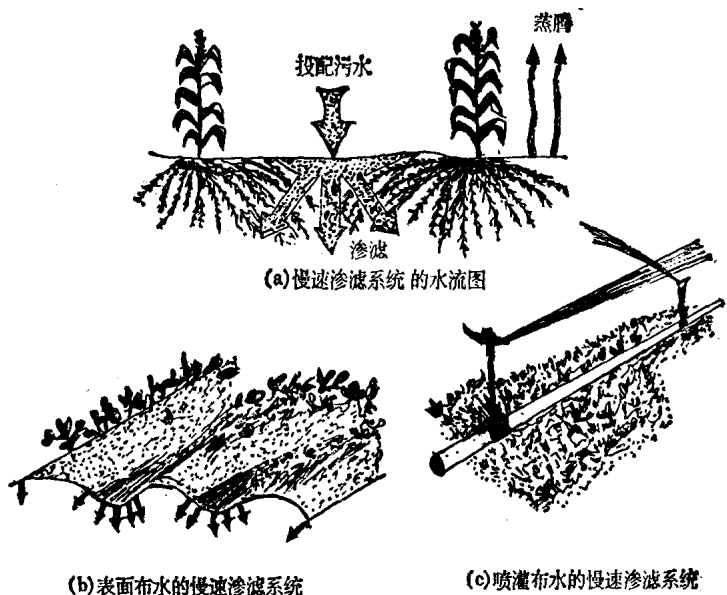


图1-1 慢速渗滤系统

净化效果如表1-1, 美国 4 个慢速渗滤系统的 BOD_5 (生物化学需氧量) 去除率如表1-2, 大肠菌去除率如表1-3。

(二) 快速渗滤处理系统

快速渗滤处理系统是将污水有控制地投配到具有良好渗滤性能的土壤表面, 污水在向下渗透过程中, 由于生物氧化、硝化、反硝化、过滤、沉淀、氧化和还原等一系列作用而得到净化的一种污水土地处理工艺类型。

快速渗滤处理系统是淹水与干燥交替运行, 以便使渗滤池表面在干燥期恢复好氧环境中得到再生, 也有利于水的下渗和排除。快速渗滤场地的水文条件较其它土地处理工艺类型更为严格, 净化后的水可回收再用, 所以, 快速渗滤处理系统的设

表 1-1 沈阳市 西部污水慢速渗滤土地处理系统净化功能表
(1988.5.28~1989.9.1) (mg/L)

项 目	总进水 (No.1)	贮存池出水 (No.3)	净化率, % (No.1+No.3)	鱼池出水	总净化率, %
BOD ₅	85.1	52.4	38.4	2.0	97.7
COD	68.5	128.5	23.8	20.6	87.8
SS*	62.7	54.2	13.5	28.4	54.7
TOC	45.1	36.1	19.8	7.2	84.1
TOC/BOD	0.53	0.69	0.51	3.66	0.86
TKN	16.0	14.5	9.0	1.4	91.5
NH ₃ -N	11.9	10.9	8.6	0.5	95.8
NO ₃ ⁻ -N	0.70	0.42	40.0	3.88	-82.0
NO ₂ ⁻ -N	0.08	0.04	50.0	0.06	25.0
T-P	1.55	1.38	11.0	0.06	96.1

* 分析结果表明SS主要由土壤颗粒组成

表 1-2 美国 4 个慢速渗滤系统的BOD₅去除资料

地 点	年污水 负荷率 cm/a	表 层 土 壤	BOD ₅			
			投配的 污水浓 度, mg/L	处理水的 浓度, mg/L	去 除 率, %	取 样 深 度, m
美国北达科他州	140	砂质壤土和壤土质砂	42	<1	>98	<5
美国新罕布什尔州	130~780	砂质壤土和粉砂质壤土	40~92	0.9~1.7	96~98	1.5
美国密执安州	130~260	砂土和壤土质砂土	24	1.3	94	4
美国新墨西哥州	80	粉砂粘土壤土	42	<1	>98	<30

计常包括污水处理和再生水回收利用, 如图1-2. 再生水的利用途径包括: 补给地下水; 用地下暗管或竖井收集、回收再生水,

表 1-3 美国某些慢速渗滤系统的大肠菌数据

地 点	预处理	大肠菌	投配污水中的浓度 MPN/ 100mL	渗滤水或地下水中的浓度 MPN/ 100mL	传输距离 m	未投配水前地下水中的浓度 MPN/ 100mL
加利福尼亚州	活性污泥和消毒	大肠菌总数	57×10^3	7	0.5	4
				29	1.0	47
		大肠菌	220	<2	0.5	<2
北达科他州	曝气塘和消毒			<2	1.0	4
		大肠菌总数	TNTC	12	30—150	1
		大肠菌	TNTC	0	30—150	0
新罕布什尔州	一级处理	大肠菌	1.2×10^4 — 3.1×10^5	0—1	1.5	—
亚利桑那州	滴滤池	大肠菌总数	3.09×10^6	<2	0.5	20
				9	1.0	60
		大肠菌	1.05×10^5	<2	0.5	<2
新墨西哥州	滴滤池和消毒			9	1.0	25
		大肠菌总数	TNTC	TNTC	<6	—
		大肠菌	TNTC	52	<6	—

注：表中MPN是最大可能的数量；TNTC指太多、数不清。

供再利用或补给地下水，利用地形或通过人工拦截地下水，使再生水从地下进入地表水体供再利用。

在快速渗滤处理系统中，渗滤作用可去除几乎全部的BOD、SS和大肠杆菌等组分。表1-4、表1-5分别反映了快速渗滤处理系统BOD₅和粪便大肠菌去除效果。当采用适当的水力负荷和干湿周期时，污水的硝化过程也是可靠的。如果投配污水中的C/N $\geq$ 3，并采用较低的水力负荷时，可通过反硝化去除大量的氮。快速渗滤处理对磷的去除也很有效。

(三) 地表漫流处理系统

地表漫流处理系统是将污水有控制地投配到多年生牧草、坡度和缓、土壤渗透性低的坡面上，污水在地表以薄层沿坡面

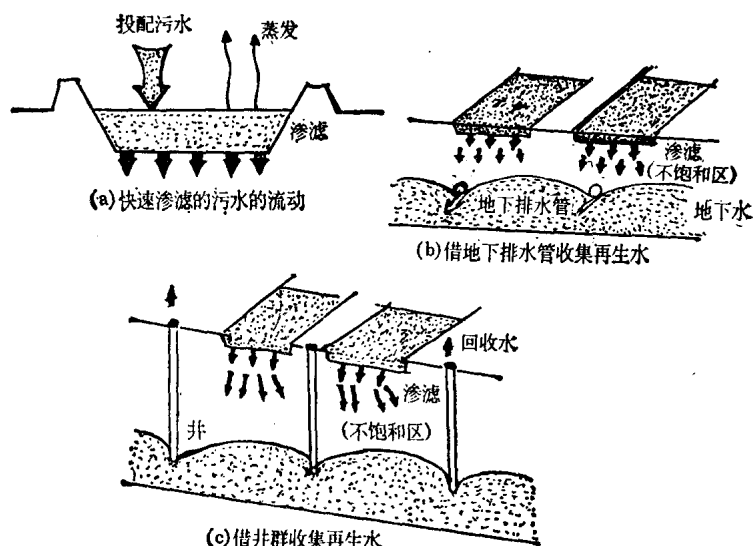


图1-2 快速渗滤系统

表 1-4 典型快速渗滤处理系统的BOD₅去除

地 点	污 水 负 荷, m/a	BOD ₅ , mg/L		取样深度, m
		进 水	出 水	
美国亚利桑那州 Phoenix	61	15	0—1.0	6—9
美国加利福尼亚州 Hollister	15.2	220	8.0	8
美国纽约州 Lake George	43	38	1.2	3
北京市昌平试验场*	50.7	112.7	5.9	3.8
一般值		120	2	

* 北京市昌平试验场的规模为每日处理500m³城镇污水

缓慢流动过程中得到净化的一种污水土地处理工艺类型。

地表漫流处理系统是以处理污水为主，兼有生长牧草功能的污水处理利用系统。它对预处理程度要求低，出水以地表径

表 1-5 快速渗滤处理系统去除粪便大肠菌

地 点	土壤类型	粪便大肠菌群		污水迁移距离 m
		投配污水 $\times 10^5$ 个/L	渗 滤 水 $\times 10^2$ 个/L	
美国加利福尼亚州	砂土	6	1.1	2
美国纽约州	砂土	35.9	7.2	2
		35.9	0	7
美国亚利桑那州	砂土	24.4	10.4	30
		24.4	0	96
美国新泽西州	砂土和砾石	满视野	0	6—7
北京市昌平试验场	砂土	7.4	3.8	3.8

流收集为主，对地下水的影响较小。在处理过程中，只有少部分水量因蒸发和入渗地下而损失掉，大部分径流水汇入集水沟。典型的地表漫流处理系统场地和水流途径如图1-3。

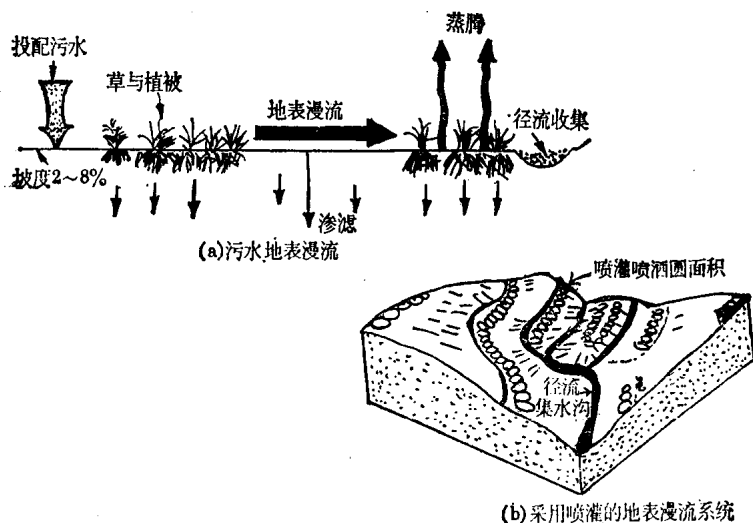


图1-3 地表漫流系统