

2005年

中国农业工程学会
学术年会论文集

农业工程科技创新与建设现代农业

第V分册



中国农业工程学会

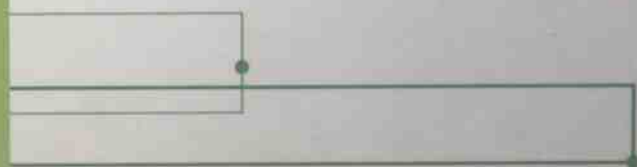
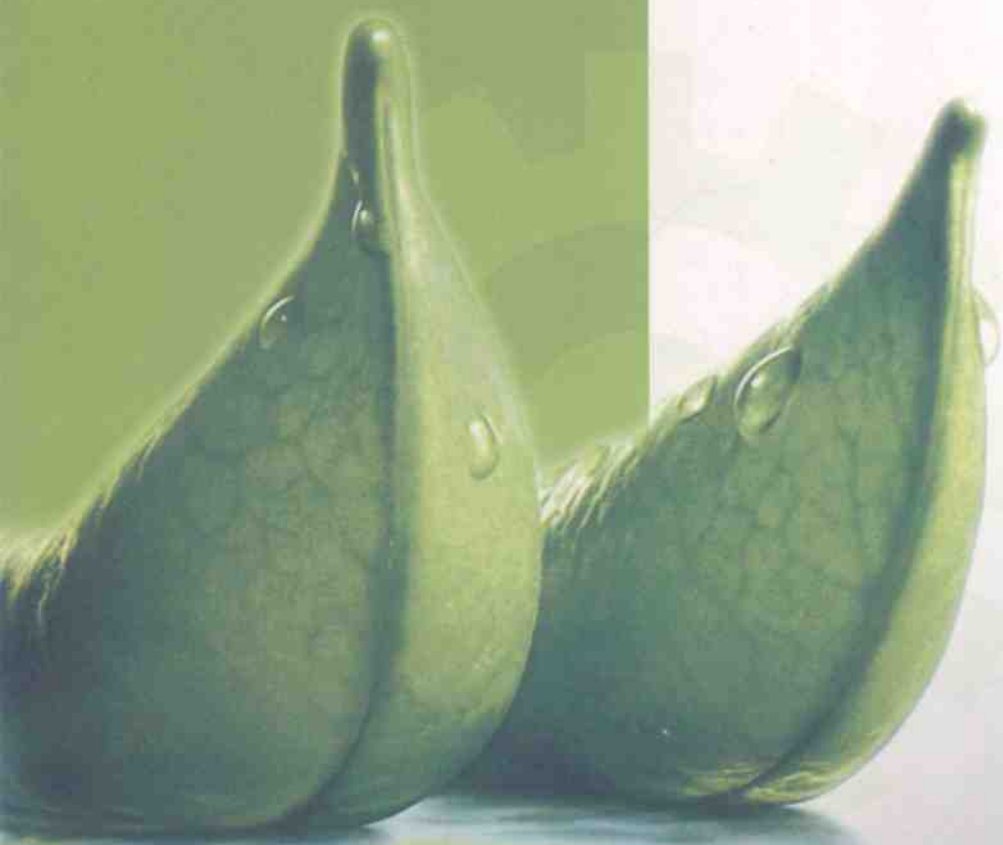
2005年12月19日—21日

主办单位：中国农业工程学会

承办单位：广东省农业厅 华南农业大学

责任编辑:马瑞峻

封面设计:汪隽



华南农业大学
《中国农业工程学会 2005 年学术年会论文集》
编辑委员会

主 任：罗锡文

编 委：(以姓氏笔划为序)

马瑞峻 区颖刚 刘 瑛 刘金艳 朱立学

李就好 张兆国 洪添胜 梁松练 蒋恩臣

简秀梅 臧 英

责任编辑：马瑞峻

封面设计：汪 隽

主办单位： 中国农业工程学会

承办单位： 广东省农业厅

华南农业大学

特别鸣谢： 中国一拖集团公司

中国农机化导报

目 录

第V分册 农业生物环境与设施农业工程

关于解决中国农业生态环境问题的初步探讨	李彦明 (1)
非点源污染对嫩江上游流域水环境的影响	马永胜 时秋月 刘庆华 (3)
漂浮栽培蕹菜、黑麦草对猪场废水的净化效果研究	汪开英 岑海燕 (7)
对不同的人工湿地基质除磷性能的研究	王媛媛 张衍林 董仁杰 (12)
中国设施农业的发展现状与展望	张晓文 杨仁全 王 纲等 (16)
温室平地漫灌育苗系统灌溉水循环利用水质分析	王永维 梁喜凤 程绍明等 (20)
互插式连栋温室的有限元优化设计	王 健 丁为民 武燕飞 (23)
大棚结构形式优化分析	吉庆丰 曹 阳 王伟光等 (29)
密闭式植物种苗工厂的设计理念与环境控制	贺冬仙 朱本海 杨 珀等 (34)
密闭式种苗工厂的嵌入网络式环境监控系统	杨 珀 贺冬仙 朱本海 (43)
华南型温室环境监控系统人机界面软件开发	马瑞峻 陈仲溥 徐永谦等 (50)
基于蜂窝无线与嵌入式网络的远程动态监控系统	贺冬仙 杨 珀 吴 华等 (56)
基于嵌入式控制器的准集散式温室环境控制系统	杨征艰 徐立鸿 (61)
相容控制及其在温室环境节能控制中的应用	杨征艰 徐立鸿 (65)
基于蓝牙技术的温室环境监测系统设计研究	李 莉 (70)
CFD 软件在温室传感器优化布置中的应用	刘雁征 滕光辉 (75)
温室环境神经网络预测控制	陈 亮 杜尚丰 (79)
营养液栽培中溶解氧的模糊神经网络控制及其仿真	戈振扬 高国涛 张云伟 (83)
基于模型的温室环境调控专家系统	李萍萍 王纪章 胡永光等 (87)
温室小气候模拟模型和能耗预测研究进展	汪小岳 丁为民 (91)
日光温室温度环境非稳态模拟求解方法初探	佟国红 李保明 David M Christopher (95)
中国连栋温室室外设计温度确定及最大热负荷分布	张亚红 陈青云 (100)
湿帘降温设备应用现状及发展潜力分析	苏 为 张天柱 (106)
温室用聚碳酸酯中空板透光性能研究	周长吉 丁小明 (109)
工厂化农业技术标准查询组件的开发	张慧娟 滕光辉 (113)
日光温室企业增收问题探讨	朱 红 李国新 张天柱 (116)
局部控水灌溉温室大棚番茄需水耗水信息研究	陈新明 蔡焕杰 单志杰等 (119)
可控环境下大豆组培苗的生根过程	鲍顺淑 贺冬仙 杨其长 (125)
无锡地区生态餐厅夏季降温措施的实验研究	李於今 张天柱 苏 为 (131)
冠层光谱植被指数评价大豆叶绿素和氮含量的优化研究	乔 欣 马 旭 (135)
基于冠层光谱特性的大豆叶片氮素含量检测技术研究	梁留锁 马 旭 乔 欣 (140)
不同氮素形态对比对基质栽培网纹甜瓜光合特性的影响	许如意 别之龙 黄丹枫 (144)
连续变光对不同品种番茄叶片细胞膜系统的影响	王 丹 须 晖 李天来等 (150)
不同遮光强度对番茄筋腐果发生的影响	齐明芳 须 晖 李天来 (154)
桐油控释复合肥在无土基质中的生产性研究	施卫省 戈振扬 王亚明 (157)
植物营养检测系统的研究与应用	朱永文 杨仁全 周增产等 (161)
植物病害预测预报方法及主要问题	熊雪梅 王一鸣 (165)
我国水产养殖工程的现状与发展	刘 鹰 苗香雯 崔绍荣 (170)

动物福利与我国规模化养猪业的对策	周道雷 施正香 席 磊等	(173)
中国畜禽养殖集约规模化发展战略研究	李保明 申茂向	(179)
我国奶牛养殖小区生产工艺与工程配套技术体系研究	施正香 许云丽 李保明	(186)
环境对家兔健康养殖的影响	张 玉 张树棣 仲家文	(194)
建设环境安全型畜禽舍	张树棣 张 玉 仲家文	(197)
我国南方舍饲养羊圈舍的建设与改进	李苏新	(200)
蛋鸡规模化健康养殖生产体系及其设备选型分析	袁正东 李传业 陈国海等	(203)
规模化养鸡场鸡粪无害化资源化处理系统研究	孙学军 叶 进	(208)
畜禽舍环境质量控制技术	张义俊 王万章 李保谦等	(213)
夏季奶牛生产降温技术研究与应用现状	许云丽 施正香 韦秀丽	(217)
南方地区公猪舍湿帘降温系统应用效果研究	田 萍 李艳芳	(223)
养猪场废水处理中温发酵温度调控策略研究	黎 强 叶 进	(229)
大中型猪场冲洗水厌氧发酵后农业资源化途径	梁仁礼 张衍林	(234)
北京地区平养育成鸡舍粉尘浓度的空间分布的测试分析初报	何玉书 李保明 程京甫	(237)
近红外技术快速测定奶牛粪便主要肥料成分含量的研究	崔兰英 杨增玲 韩鲁佳等	(242)
好氧堆肥反应器系统研究进展	张 锐 韩鲁佳	(246)
近红外光谱分析技术在堆肥研究中的应用	黄光群 韩鲁佳 樊 霞	(253)
近红外技术快速检测复合化学肥料中肉骨粉含量的研究	朱荣光 韩鲁佳 杨增玲等	(258)
快速预测畜禽粪便肥料成分含量方法的研究进展	兴 丽 韩鲁佳 樊 霞	(262)
利用 NIRS 测定肥育猪粪便中主要成分含量的研究	杨增玲 韩鲁佳 李琼飞等	(268)

学科发展

黑龙江垦区农机发展新形势下的农机教育	张 伟 汪 春 周桂霞	(273)
黑龙江农垦新形势下农业机械化工程学科的建设与发展	汪 春 张 伟	(276)

关于解决中国农业生态环境问题的初步探讨

李彦明

(山西农业大学现代教育技术学院, 山西太谷 030801)

摘要: 农业环境的破坏是制约农业可持续发展的重要因素, 因此要牢固树立科学的发展观, 建立良好的农业生态环境, 从而促进我国农业现代化的发展, 为全面建设小康社会奠定物质基础。

关键词: 农业; 农业生态环境; 可持续发展

中国是世界上人口最多的国家, 也是最大的农业国家。随着我国人口的增长, 人民生活水平的提高, 物质需求日益增加, 这对我国农业生态环境造成了巨大的压力。长期以来, 人们对农业的开发是以牺牲生态环境作为代价的, 从而导致脆弱的自然生态环境严重恶化。生态环境的不断恶化, 又极大地影响了我国农业的持续发展, 限制了广大农村社会经济的进一步提高。因此, 我们应该正视我国的农业生态环境所面临的诸多问题, 牢固树立科学的发展观, 提高生态环境意识, 建设一个有利于我国农业和农村经济可持续发展的良好生态环境, 为广大农村进入全面建设小康社会提供物质保障。

与发达国家相比, 中国广大农村的经济社会发展落后, 存在大量的贫困人口, 这就迫使广大农民围湖造田, 毁林种地, 过度放牧, 超量取水, 从而导致生态破坏, 水土流失, 沙尘暴肆虐, 泥石流横行, 水资源短缺, 土地沙化面积增加, 生物多样性严重损失, 我国的农业生产已面临严重的生态危机。所以, 我们要重视生态农业, 重视农业资源的科学开发和利用, 加强对农业生态环境的保护和改善, 为我国实现可持续发展战略奠定良好的基础。

1. 提高生态环境意识。 导致我国目前农业生态环境恶化的原因是多方面的, 但一个根本的原因则是人的思想观念中缺乏应有的生态环境意识。长期以来, 在“征服自然”、“人定胜天”等思想的影响下, 我们始终没有把农业生态环境保护放在首位, 一旦经济计划与生态环境保护发生冲突时, 往往都是环境保护规划服从经济计划。因而我们要改变过去以破坏资源和牺牲环境为代价而谋求经济发展的传统发展模式, 加强教育, 全面实施科教兴农战略, 增强人们的资源、环境意识和可持续发展观念, 促进资源、环境、经济和社会的持续发展。

2. 加强法制建设。 目前我国已经颁布了《环境保护法》、《土地法》、《水土保持法》、《水法》、《水污染防治法》、《农业法》等法律、法规, 我们应该严格执行, 依法办事, 依法管理和保护农业和农村的生态环境。特别

是各级政府在法律修改和制订新的法律政策时, 应优先考虑农业和农村环境问题。同时, 应将环境污染带来的农产品质量问题及相关农业生产方式的改变视为农业可持续发展的重大内容, 既要遵循经济规律, 还要符合生态规律。另外, 应根据各地具体情况, 我们可以本着实事求是的原则制订区域性和地方性的农业环境保护法律法规, 把法律规定的原则具体化, 增强其操作性, 逐步建立起切实可行的农业环境保护法律法规体系。

3. 控制人口数量, 提高人口质量。 我国的人口过快增长, 特别是农村人口过快增长与农村教育、医疗卫生等条件的发展不相适应, 加剧了人口数量与质量的矛盾, 造成了人口增多-贫困-资源环境恶化-经济发展减缓的恶性循环, 使人与生物资源的矛盾日益突出。我们应控制人口过快增长, 减轻就业压力, 提倡优生优育, 努力提高人口素质, 提高农民科技文化素质, 使广大农村人口走上健康富裕之路, 减轻对农业生态环境的持续破坏。

4. 加强农业环境规划, 积极发展多种经营。 首先应该充分调查我国的自然资源状况, 在此基础上本着“因地制宜”的原则, 按照各地不同的环境特点制定相应的农业发展规划。其次是坚持发展粮食生产的同时, 积极发展多种经营, 拓宽广大农民增收的渠道。要从各地的实际情况出发, 宜农则农, 宜牧则牧, 宜渔则渔, 宜林则林, 做到“靠山养山、靠田养田、靠水养水”, 同时还要对过去不适当的垦殖实行退耕还林、退耕还牧、退耕还渔等措施, 严禁破坏生态环境, 要维护生态平衡, 实现资源的永续利用。

5. 大力发展生态农业。 生态农业是依据生态学原理组织的农业生产方式; 是利用生物与环境、生物与生物之间的生态关系组建资源循环利用系统, 进而物质和能量生产的农业经营模式; 它强调社会效益、经济效益和生态效益的统一, 维护良好的农业生态环境。我国的生态农业继承和发扬了传统农业的技术精华, 并吸收现代农业科学技术, 强调农、林、牧、副、渔大系统的结构优化, 以协调人与自然的的关系、促进农业和农村的社会经济可持续发展为目标, 把农业生产与农村经济发展和生态环境治理与保护、资源培育与高效利用融为一体代表了农业的发展方向, 具有强大的生命力是未来农业的

收稿日期:

修订日期:

作者简介: 李彦明, 男, 山西人, 硕士研究生, 专业为生物化学与分子生物学。
电话: 0354-6288802。E-mail: lym.okok@163.com

发展之路。

总之, 农业是国民经济的基础, 农业的可持续发展需要一个良好的农业生态环境, 而良好的农业生态环境又可促进农业的持续健康发展。所以, 我们应该树立科学的发展观, 正确面对农业生态环境中存在的诸多问题, 科学合理地改善农业生态环境, 从而实现农业的可持续发展, 为全面建设小康生活奠定物质基础。

[参 考 文 献]

- [1] 曾昭鹏. 我国的农业生态环境问题及其治理对策[J]. 商业研究, 2003, 15: 171-172
- [2] 李允祥. 农业生态环境的问题及其解决之道[J]. 山东省农业管理干部学院学报, 2004, 20 (2): 10-12
- [3] 崔建合. 农业的可持续发展与环境建设[J]. 安阳大学学报, 2004, 4: 18-19
- [4] 崔立伟. 关于农业可持续发展的对策探讨[J]. 佳木斯大学社会科学学报, 2005, 23 (3): 25
- [5] 马定涓, 邹冬生, 喻夜兰, 等. 中国农业生态环境现状与恢复对策[J]. 湖南农业大学学报 (社会科学版), 2003, 4 (4): 5-9
- [6] 汪殿蓓. 我国农业生态环境现状及问题的几点思考[J]. 现代农业, 2003, 9: 23-25

The Main Solution of Ecological and Environmental Problems in Agriculture

Li Yan-ming

(College of Modern Education Technology, Shanxi Agricultural University, 030801)

Abstract: The destruction to the agricultural environment is an important factor of restricting the sustainable development of agriculture in China. We should set up scientific developing view and construct good ecological environment. It is not only the need to speed the development of agricultural modernization, but also the corporeal base for constructing the rural Well-off society in all-around.

Key Words: agriculture, ecological environment, sustainable development

非点源污染对嫩江上游流域水环境的影响

马永胜¹, 时秋月², 刘庆华³

(东北农业大学水利与建筑学院, 黑龙江, 150030)

摘要: 通过对嫩江上游流域农业生产活动的实际考察, 分析了嫩江流域非点源污染及其成因, 以及对尼尔基水库造成的影响, 为嫩江上游富营养化的非点源污染控制提供依据。

关键词: 水环境; 非点源污染; 控制对策; 嫩江流域

中图分类号:

0 引言

嫩江是松花江最大支流。位于中国黑龙江省中部。源出大兴安岭北麓伊勒呼里山, 南流到镇赉县, 经吉林省大安市在黑龙江省肇源县三岔河汇入松花江。长 1370 千米, 流域面积 28.3 万平方千米。嫩江上游穿行于大小兴安岭山岳地带, 直至嫩江, 河谷狭窄, 坡度大, 水流急, 嫩江中下游河漫滩宽广, 下游齐齐哈尔市河口三角洲部分演化成泛滥平原、草甸化平原和沼泽化平原, 河口一带多为湖沼平原。近些年来, 随着社会的飞速发展, 人类活动引起的环境问题日益突出, 严重制约了嫩江流域社会经济的进一步发展。流域内非点源污染呈现不断加剧的趋势, 从一定程度上不断增加水域的污染程度。上游的非点源污染, 对尼尔基水库集水区水质构成极大

的威胁, 并将引起水库淤积, 缩短水库寿命。根据实地的踏访、考察表明, 该流域的污染状况不容乐观, 事实已经显示了这一问题的严峻性和迫切性。因此, 除进一步巩固点源污染的控制效果和对水域进行污染治理以外, 还要加强对非点源污染的主要来源、形成机制及其控制措施的研究, 为非点源污染的控制提供有效的方法措施, 从而彻底地解决嫩江流域环境问题, 为实现区域社会、经济的持续发展奠定基础。

1 非点源污染的主要成因类型

嫩江源头地区流域总面积 206 万公顷, 由加格达河流域、南瓮河流域、汗诺河流域、古利库河流域、克里热河流域、那都里河流域、多布库尔河流域、甘河流域、嫩江流域的森林、沼泽、湖泊、河流共同组成, 湿地总面积 487577 公顷。嫩江源头的水质是很不错, 尤其是南瓮河流域湿地保护区成立后, 在取缔源头采金、砍伐林木、保护天然林等一系列工作后, 嫩江源头的生态条件得到一定程度的恢复, 这也保证了源头水质的良好。但是四十年来, 大兴安岭林区向国家输出了 1.1 亿立方米的木材, 相当于大兴安岭林区砍伐的林木量在 2 亿棵以上; 始于清朝时期一直未能停止的采金活动使大面积的林缘湿地遭到破坏, 再加上毁林开荒造成的生态恶化, 因此, 恢复源头地区的生态还任重道远。

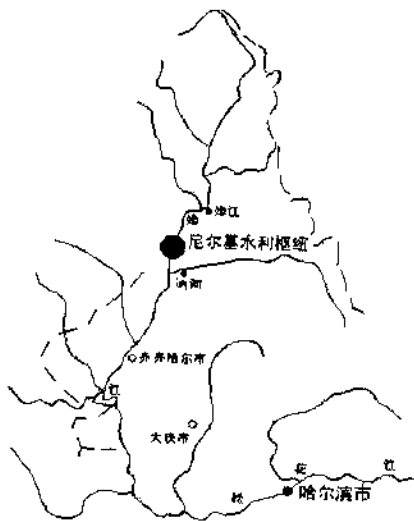


图 1 嫩江位置示意图



图 2 大兴安岭林区开荒
(生活报摄影记者: 荆天旭, 2005)

收稿日期: 修改日期:
基金项目: 黑龙江省自然科学基金 (E0335)
作者简介: 马永胜 (1949-), 男, 黑龙江人, 博士生导师, 研究方向为: 流域水土资源管理、水环境治理。通讯地址: 东北农业大学水利与建筑学院, 150030
E-mail: ysma66@163.com

1.1 生活污染

生活污染包括生活污水和生活垃圾。嫩江上游的污染主要来源于城镇生活污水和生活垃圾的污染。生活污水主要来自养殖业, 种植业。这在嫩江县和讷河市所见比较明显。实地踏访嫩江镇, 它的地形特点为东高西低, 且嫩江在嫩江镇西侧通过, 嫩江镇西区有两条汇集污水的干线由东向西平行布置, 最终由合流主干线将污水和雨水排至城镇西部的老防洪坝外, 不经任何处理汇入嫩江, 初步估计日排放量在 1 万吨到 1.5 万吨以上。嫩江镇东区的喇嘛河先流过农田后流经嫩江镇东部, 河水挟带大量泥沙、农药化肥和城东部生活污水及工厂废水排入嫩江。另外, 嫩江上游因小城镇建设中环保设施相对滞后, 所有乡镇没有污水处理能力, 生活污水不能达标排放, 未经处理和净化直接排入嫩江及其支流, 使其向非点源污染转化。



图 3 城市污水直接排入嫩江 (生活摄影记者: 荆天旭, 2005)

1.2 采矿造成水土流失、污染河水

嫩江上游有着丰富的矿藏资源, 包括大量金矿、铜矿、煤矿和石墨。其中多宝山铜矿田在我国已探明铜矿山中总储量位居第三位。多宝山铜矿田分为多宝山矿区 (简称大多宝) 和铜山矿区、三矿沟矿区 (统称小多宝)。但是在开采活动中, 一是由于大量剥离和弃土, 致使植被遭到破坏, 矿区水土流失极为严重; 二是由于综合利用水平不高, 一些矿山任意堆放废石、废土, 其中的有害、有毒物质经地表径流和雨水淋溶后对水源、土壤等产生严重的污染。

始于清朝时期的采金活动一直未能停止, 破坏了大量的河谷滩地、沼泽地、草地与林地。大兴安岭是主要砂金采区, 由于采金活动, 致使河谷植被严重破坏, 沼泽泥炭被剥离, 河床中砂砾石直接倾翻于地表, 整个河谷翻个底朝天, 废石堆积堵塞河道, 土地破坏后根本未进行任何复原工作, 满目疮痍。造成地表水系和地下水严重污染, 河谷地貌和地表植被严重破坏, 水土流失严重淤积下游河流, 造成地貌千疮百孔, 环境污染严重, 失去了生态平衡, 在近期很难恢复。目前, 嫩江上游地区淘金区域生态环境仍在恶化, 植被破坏, 河谷荒漠化加剧, 河水继续遭受污染, 水上流失依然严重。

植被破坏造成的水土流失是嫩江上游又一个重要的

非点源污染。当自然植被被人为破坏后, 耕地的土层将不能像植被那样去涵养水源, 而顺坡开荒的耕地在数年后就会被雨水冲走, 再汇流到嫩江中。泥沙成了嫩江上游遭受污染的主要原因, 这样, 嫩江的水质也就不可能达到饮用标准了。

1.3 嫩江流域农业活动与非点源污染

耕地大量使用化肥和农药造成的农田回归水, 不同程度地污染了水质。当地力下降后, 农民会更多地使用化肥和农药, 甚至会更大范围地毁林开荒、毁湿开荒, 这就会形成恶性循环, 导致更加严重的水土流失。这是嫩江面临的潜在威胁, 并且在一些区域已经开始露出苗头。

2 非点源污染的危害

由于大量泥沙及污染物进入水体, 不仅使河床、湖泊、水库水面抬高, 降低了水体容纳量, 削减其防洪、抗旱能力, 而且对水体的水质产生严重的影响。

2.1 引起水体的富营养化, 破坏水生生物的生存环境 (高贵全, 2001)

大量 N、P 元素进入水体, 造成水体的富营养化, 引起水生生物猝死, 导致局部水生生态环境失调 (朱铁群, 2000)。

2.2 污染饮用水源, 影响人体健康

农田中施用的化肥、农药及人畜粪便等, 其中的有机物、无机养分及其它污染物经淋溶作用进入地下水体或经地表径流进入饮用水源区, 可造成饮用水源的污染, 影响人体健康。现在许多农村饮用水均不达标。从表 1 可以看出, 嫩江在嫩江县段的水质环境为《地面水环境质量标准》III、IV 类水体, 枯水期水质污染严重, 可达到 V 类水体。

2.3 水体污染对尼尔基水库造成影响

尼尔基水利枢纽位于黑龙江省与内蒙古自治区交界的嫩江干流上, 坝址右岸为内蒙古自治区莫力达瓦达斡尔族自治旗尼尔基镇, 左岸为黑龙江省讷河市二克浅乡, 下距工业重镇齐齐哈尔市公路里程约 189km。它作为一项生态工程, 不仅保护了嫩江多种洄游性鱼类的生活习性, 而且将使嫩江支流水资源环境大大改善。但是由于水库上游水质遭到非点源污染的破坏, 受污染的水质汇流到水库中, 使水库遭受富营养化的冲击。其次, 上游的水土流失, 大量的雨水经地面径流流入水库, 带入大量的氮、磷等植物营养型污染物, 使得水质下降, 水库中水量将只能用于白净, 而不能提供社会服务。由于库区上游和周边地区农田和果园施用农药和化肥, 以及库区生活污染物大量排放, 对水库产生直接不利影响, 有使水体 N、P 含量呈上升的趋势。

表 1 嫩江监测断面水质监测结果统计

年度	水期	PH	氨氮 mg/L	BOD ₅ mg/L	DO mg/L	高锰酸盐指数 mg/L	汞 mg/L	石油类 mg/L
2001	枯水期	7.3	1.06	2.44	7.3	4.12	0.00003	0.11
	平水期	7.6	0.59	2.82	5.6	7.84	0.00003	0.11
	丰水期	7.8	0.65	2.03	5.4	6.80	0.00003	0.20
2002	枯水期	7.5	0.80	1.72	6.7	9.71	0.00003	0.05
	平水期	7.9	0.83	3.57	6.7	14.64	0.00088	0.24
	丰水期	7.9	0.62	0.89	5.4	6.85	0.00003	0.13
2003	枯水期	7.7	0.94	6.30	8.9	13.46	0.00003	0.14
	平水期	7.9	0.82	0.88	7.4	6.50	0.00110	0.19
	丰水期	7.5	0.17	0.76	4.3	14.40	0.00144	0.24
2004	枯水期	7.0	0.20	2.31	5.9	7.90	0.00003	0.14
	平水期	7.6	0.26	2.61	7.1	9.94	0.00003	0.16
	丰水期	7.4	0.30	2.94	6.8	6.52	0.00003	0.26
2005	枯水期	7.8	0.31	2.36	7.0	5.80	0.00003	0.075

备注：断面监测项目为 22 项，其中氰化物 (0.004mg/L)，砷 (0.002mg/L)，挥发酚 (0.002mg/L) 长年未检出铜、铅、锌、镉、氟化物、六价铬、大肠菌群、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氯化物、硬度低于国家 III 类水质标准。丰水期 (七、八月份)，平水期 (五、六、九、十月份)，枯水期 (一、二月份)。国家 III 类水质标准：PH 值 6.5-8.5，氨氮 < 0.5mg/L，BOD₅ < 4mg/L，DO > 5mg/L，高锰酸盐指数 < 8mg/L，汞 < 0.0001mg/L，石油类 < 0.05mg/L。

3 非点源污染的控制对策

3.1 植树造林, 做好水土保持工作

控制水环境的非点源污染, 作好水土保持工作是关键。进行多种形式的专群结合植树造林, 在嫩江上游河源区营造水源涵养林; 水土流失剧烈的半山区和陡坡地段营造水土保持林、经济林, 营造护田林、护岸林等, 提高森林覆盖率。继续坚持退耕还林和退耕还湿工作, 严格遵循自然界的发展规律, 恢复自然环境的本来面貌, 使生态环境实现可持续发展目标。

3.2 加强对矿区及工程项目的管理

当地政府切实执行停止采金活动的规定, 杜绝滥采滥开的非法行为, 搞好采矿、修路、建厂及水利工程等基本建设的环境评估; 保护好地表结构, 稳定边坡, 对弃土、尾矿和废渣等, 根据当地具体条件适当处理, 对造成恶果者应追究经济 and 法律责任。

3.3 加强城镇管理

保持城镇地面洁净, 减少地面污染物的存在, 是减轻城镇地表径流污染物负荷的有效途径。加强城镇空气质量监测, 控制大气污染, 以降低干、湿沉降的污染负荷。生活污水应该经过处理和净化再排入江河中, 这样既会减少对江河水质的污染, 又可减轻江河自身净化的压力。建议当地政府考虑建设生态污水处理系统, 利用生物和湿地的生态系统净化污水, 并把污水处理、中水回用和景观湿地结合起来, 既能保护好水资源又能取得较好的环境生态效益, 还可以节省大量资金。

3.4 加强全民环保意识, 保护农业生态环境

良好的农业生态环境是农业可持续发展的必要条件, 对农业环境的污染必然削弱农业综合生产力。当前, 无机肥和化学农药仍然在农业生产中占主导地位的情况下, 更注重农业环境的保护。由于经济、文化、环境等诸多原因, 农民对环境保护的认识与农村非点源污染的严峻形势极不相适应, 要大力宣传农业环境保护的重要性, 这其中需要各级政府部门和广大有识之士的不懈努力。

农业非点源污染是经济发展到一定程度的产物, 也只有随经济的进一步发展才有实力将其控制。在经济发展水平较低的农村地区进行非点源控制, 其难度可想而知。需要在资金、管理、技术和提高环境意识等方面进行全方位投入。只有这样, 农业发展才能走上可持续发展的道路, 最终实现农业与环境的双赢。

3.5 运用AGNPS模型, 实现非点源污染预测

20 世纪 90 年代以来, AGNPS (Agricultural non-point source, 农业非点源污染预测模型) 连续分布式参数机理模型应运而生。GIS 与 AGNPS 机理模型集成, 成为当今农业非点源污染研究的主要手段和方向之一, 已被广泛地应用于进行非点源污染机理过程模拟、探讨污染负荷时空分布、标识关键源区、模拟非点源管理方案, 提供最佳管理措施等。(Ake S., 2003, Baginska B., et al., 2003)

AGNPS 模型是面向事件的分布式参数模型(王海燕, 2000), 适用于估算 1~20000hm² 面积范围内流域生态系统的农业非点源污染, 能为污染控制提供有效的决策支持, 为制定流域侵蚀控制规划提供有价值的参考(赵刚, 张天柱,

陈吉宁, 2002)。模型由水文、侵蚀、泥沙和化学物质迁移四大模块组成。

4 结语

嫩江上游流域水质自上游向下逐步恶化, 农业非点源污染是嫩江上游的主要污染源, 几十年来, 农业耕地面积逐年扩大, 造成水土流失, 大量使用化肥和农药造成的农田回归水不同程度地污染了水质。其次是矿山的大量开采, 使植被严重破坏。开矿采金一方面排放大量污染物, 另一方面严重破坏植被, 使生态环境恶化。当植被被破坏后, 耕地的土层不能像植被那样去涵养水源, 而且顺坡开荒的耕地在数年后就会被雨水将表层土壤冲走, 再汇流到嫩江中。再有嫩江上游沿江城镇污水无任何治污措施直接排入嫩江及其各支流。受污染的嫩江水质直接注入到尼尔基水库中, 极大地威胁水库供水的安全性。因而, 目前嫩江上游水质堪忧, 控制农业非点源污染、恢复生态环境、治理生活污水应作为该地区重中之重。

致谢: 感谢生活报记者谭立顺、周同、荆天旭大力帮助。

[参 考 文 献]

- [1] 高贵全. 云南省水环境的非点源污染及其控制[J]. 云南农业大学. 报 2001. (6): 132~135
- [2] 朱铁群. 我国水环境农业非点源污染防治研究简述[J]. 农业生态环境 2000. (16): 56~57
- [3] Ake S, Lars P. Non-point critical area analysis in the Gisselo watershed using GIS [J]. *Environmental Modelling & Software*, 2003, 18: 887~898.
- [4] Baginska B, et al. Modelling nutrient transport in Currency Creek, NSW with AGNPS and PEST [J]. *Environment Modeling & Software*, 2003, 18: 801~808.
- [5] 王海燕. 北京密云水库非点源污染现状研究[J]. 环境科学技术 2000, (7)
- [6] 赵刚, 张天柱, 陈吉宁. 用 AGNPS 模型对农田侵蚀控制方案的模拟[J]. 清华大学学报, 2002, 42(5): 705~707

The Impact of Non-point Source to Water Environment in Nenjiang Upstream Basin

MA Yong-sheng¹, SHI Qiu-yue², Liu Qing-hua³

(School of Water Conservancy and Civil Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang, 150030, China)

Abstract: According to inspecting agricultural production activities of Nenjiang upstream basin. It shows the non-point source pollution relationship of Nenjiang basin are suggested, discussed the Nierji reservoir impacted by non-point source pollution, which will be helpful for providing necessary scientific basis for the control of non-point source pollution in Nenjiang upstream basin.

Key words: water environment; non-point source pollution; controlled countermeasure; Nenjiang basin

漂浮栽培蔬菜、黑麦草对猪场废水的净化效果研究

汪开英, 岑海燕

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州, 310029)

摘要: 本实验采用漂浮栽培方式在污水中种植蔬菜和黑麦草, 选择猪场污水的 COD_{Cr} 浓度作为试验因素, 对种植蔬菜和黑麦草的污水分别稀释为六个水平: 1200 mg·L⁻¹、1000 mg·L⁻¹、800 mg·L⁻¹、600 mg·L⁻¹、400 mg·L⁻¹、200 mg·L⁻¹ 和 3000 mg·L⁻¹、250 mg·L⁻¹、2000 mg·L⁻¹、1500 mg·L⁻¹、10 mg·L⁻¹、500 mg·L⁻¹, 每个水平重复三次。结果表明, 经漂浮栽培蔬菜和黑麦草之后污水的理化性质发生较大变化, 14d 后蔬菜对 COD_{Cr} 的去除率达到了 90% 以上, 21 后黑麦草对 COD_{Cr} 的去除率达到 70% 以上; 蔬菜对 NH₃-N 的去除率分别为: 27.4%、37.1%、64.7%、70.4%、77.1% 和 89.2%, 黑麦草对污水 NH₃-N 的去除率分别为: 32.6%、42.4%、36.3%、41.1%、54.5% 和 44.8%; 7d 时蔬菜对 TP 的去除率为: 18.5%、22.5%、32.1%、32.8%、42.7% 和 46.7%, 黑麦草对 TP 的去除率为: 14.5%、22.2%、22.6%、25.6%、27.2% 和 18.2%。而在 7d 后, 由于植物对磷吸收能力的有限性、水体表面部分水分的蒸发和水中枯死枝叶导致 TP 浓度上升, 两种植物的六个水样中的 TP 浓度都上升。基于污水中 COD_{Cr}、NH₃-N、TP 的去除率和蔬菜的长势的综合分析, 适宜漂浮栽培蔬菜和黑麦草系统净化的猪场污水 COD_{Cr} 分别为 600 mg·L⁻¹~800mg·L⁻¹ 和 500 mg·L⁻¹~2000mg·L⁻¹。

关键词: 猪场废水; 净化; 漂浮栽培; 蔬菜; 黑麦草

中图分类号: S171.1

0 引言

规模化、集约化的畜禽养殖业已经成为我国农村经济发展的一个重要支柱产业。然而随着畜禽养殖业的发展, 畜禽废弃物已成为我国农业环境污染和农村面源污染的主要因素之一, 大量未达标废水的处理与利用问题亟待解决。目前我国主要采用农田灌溉、鱼塘、人工湿地系统作为污水处理达标排放的终端处理技术, 然而农田灌溉因季节性因素不能充分回收利用, 鱼塘需要大面积水面, 且都会造成土壤和水系的二次污染。利用污水灌溉后的土壤中硝态氮的含量明显高于利用清水灌溉的土壤 (Hayes, et al., 1993)^[1], 长期灌溉可能造成对地下水的污染 (Farid, et al., 1993)^[2]。人工湿地系统占地面积大, 经稍长时间使用之后易造成人工湿地的土壤孔隙堵塞, 人工土壤的更换需花费大量的人力、物力和财力, 且人工湿地系统未能在净化污水的同时产生一定的经济效益, 加之人工湿地在低温季节的处理能力有限, 使其在规模养殖场的应用有较大的局限性。漂浮栽培和水培植物修复系统治理生活污水等富营养化水体是可行的 (戴全裕等, 1993; 戴全裕等, 1996; Karnchanawong, et al., 1995; Vaillant, et al., 2003; 刘士哲等, 2004)^{[3][4][5][6][7]}。林东教等 (2005)^[8] 研究表明漂浮栽培蔬菜、美人蕉、香根草净化低浓度的畜禽场污水效果显著, 然而对重度富营养化的畜禽污水的资源化处理及污水环境修复中的植物经济性问题 and 常年高产高效配套栽培技术等研究很

少。本文研究漂浮栽培暖季型植物蔬菜和冷季型植物黑麦草对重度富营养化猪场污水的净化效果, 为经济植物修复技术在畜禽废水处理中的应用提供技术支持。

1. 实验材料与方法

1.1 实验材料及性质

本实验采用的污水来自浙江省农科院畜禽所养殖场猪舍外沉淀池。经取样测定, 各项理化指标分别为: 化学需氧量 (COD_{Cr}) 为 6000 mg·L⁻¹, TN 为 570 mg·L⁻¹, TP 为 67 mg·L⁻¹, NH₃-N 为 543 mg·L⁻¹, pH 为 7.12。

供试植物蔬菜 (*Ipomoea aquatica*) 和黑麦草 (ryegrass) 分别取自浙江大学蔬菜研究所基地和浙江大学农业生物环境工程研究所温室。所有供试试样均选择生长整齐、旺盛的植株供试验使用。供试植株均为上培, 从上中移植出来, 用清水漂洗后移入试验的污水系统中。试验中, 挑选植株大小相近, 蔬菜和黑麦草平均株高均为 10cm, 平均根长分别为 4cm 和 13cm, 平均干重为 0.130 g/株和 0.063g/株。

1.2 试验方法

本试验在玻璃温室中进行。试验期间栽培蔬菜和黑麦草的温室平均温度分别在 29℃ 和 24℃ 左右。盛水容器为 d=26cm, h=25cm 的塑料水桶, 盛液高度 h=20cm。采用带有 6 个孔径为 2cm 的均匀定植孔聚乙烯泡沫板定植植物 6 株, 漂浮于水面, 种植面积约为水域面积的 60%。本试验采用单因素重复试验, 选择污水的浓度作为试验因素, 共分六个水平, 每个水平重复三次, 共进行 6×3=18 次试验。根据原水样的 COD_{Cr} 值来分浓度梯度, 种植蔬菜和黑麦草污水的六个浓度水平如表 1 所示。

收稿日期:

修订日期:

基金项目: 浙江省重大科技计划项目 (2002C12014)

作者简介: 汪开英 (1968-), 女 (汉族), 副教授, 博士, 主要从事畜禽环境工程与畜禽废弃物资源化利用研究。

通讯地址: 浙江大学华家池校区 3123 信箱, 310029; Email: zuskyl@zju.edu.cn, z.juskyl@zj.com

表 1 种植蔬菜和黑麦草的污水浓度水平

Table 1 Concentration level of wastewater used in experiment

浓度水平 CODcr/mg.l ⁻¹	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
蔬菜	1200	1000	800	600	400	200
黑麦草	3000	2500	2000	1500	1000	500

1.3 取样方法

本试验于 2005 年 5 月 12 日定株, 每 7d 取样测定水质, 每次取样 100ml。由于污水中存在一些固体颗粒, 取样时搅动多次使水桶中的水均匀, 分别从同一水平浓度的试样中取等量的污水混合, 作为一个水平的水样。

1.4 污水各项理化指标测定方法

化学需氧量 (CODcr, mg.l⁻¹), 重铬酸钾法; 氨氮 (NH₃-N, mg.l⁻¹), 纳氏试剂比色法; 总磷 (TP, mg.l⁻¹), 钼酸铵分光光度法; pH 值, 电极法。

2. 实验结果与分析

2.1 蔬菜和黑麦草在污水漂浮栽培系统中的生长状况

蔬菜和黑麦草在不同浓度水平的污水系统中, 均能正常生长。蔬菜生长周期短, 在 7d 后植株有了显著的变化, 表现为株高、叶片、根部的快速生长, 已可收获。而后 7d 生长相对缓慢。黑麦草生长周期较长, 在 21d 的生长周期中, 14d 后生长较为显著 (表 2)。

表 2 蔬菜和黑麦草在不同浓度的污水中各项生长指标

Table 2 Change of growth indexes of *Ipomoea aquatica* and ryegrass during experiments

		株高/cm			根长/cm			鲜重/g	干重/g	叶片颜色
		7d	14d	21d	7d	14d	21d	蔬菜 14d; 黑麦草 21d		
A ₁	蔬菜	29	31	-	5	7	-	6.426	0.462	暗绿
	黑麦草	-	-	15	-	-	13	2.152	0.240	萎焉
A ₂	蔬菜	27	32	-	6	7	-	6.761	0.520	深绿
	黑麦草	-	-	17	-	-	13	3.150	0.242	部分萎焉
A ₃	蔬菜	34	40	-	9	10	-	9.250	0.632	绿
	黑麦草	-	-	18	-	-	15	3.142	0.272	绿
A ₄	蔬菜	27	32	-	8	10	-	7.496	0.550	绿
	黑麦草	-	-	20	-	-	16	3.751	0.301	绿
A ₅	蔬菜	24	26	-	8	10	-	7.496	0.552	浅绿
	黑麦草	-	-	21	-	-	17	4.230	0.312	绿
A ₆	蔬菜	20	23	-	5	7	-	4.894	0.291	浅绿
	黑麦草	-	-	22	-	-	17	4.527	0.350	绿

由表 2 可知, 蔬菜在试验期间, 在不同浓度的污水系统中生长情况有显著的差别。试验组从 A₁-A₂ 污水的浓度逐渐降低, 蔬菜在 A₃ 组中, 长势最佳, 14d 后株高比栽培前增高了 30cm, 根长增长了 5cm, 鲜重 9.250g, 干重 0.632g, 净增干重 0.502g。在 A₅ 和 A₆ 组中, 由于污水中的 N 浓度较低, 而蔬菜在生长过程中对氮肥的需求量比较大, 导致叶片颜色泛黄。根据蔬菜在 7d 和 14d 两个阶段的株高和根长来看, 前 7d 生长比较迅速, 7d 后可采摘上市; 而后 7d, 由于随着污水中作物生长所需的元素的减少, 蔬菜的生长也变得比较缓

慢。

随着污水浓度的降低, 黑麦草的生长状况成上升趋势。CODcr 值在 3000 mg.l⁻¹、2500 mg.l⁻¹ 时, 黑麦草出现萎焉现象; 而在 2000 mg.l⁻¹ 以下, 生长都良好。其中最低浓度的 A₆ 组中, 黑麦草的株高比处理前增高 12cm, 根长增长 4cm, 鲜重 4.527g, 净增干重 0.287g。

2.2 蔬菜和黑麦草在不同浓度下对污水净化能力

2.2.1 CODcr 的变化

从图 1 可见 (图中 H 表示薹菜, Y 表示黑麦草, 以下各图一样), 薹菜对降低污水中的 COD_{Cr} 效果极显著。在不同浓度的水样 A₁~A₆ 中, 处理 7d 后, 薹菜对 COD_{Cr} 的去除率均达到 90%, 其中 COD_{Cr} 值为 600 mg.l⁻¹ 的 A₄ 水样, 去除率最高, 达到了 94%。在 14d, 随着 COD_{Cr} 值的降低, 去除率也逐渐降低。试验结果表明漂浮栽培薹菜系统对高 COD_{Cr} 的猪场污水适生性王旭明 (1997)^[9] 的研究结果要高得多。

从图 1 可知, 黑麦草对污水中的 COD_{Cr} 有比较高的耐受上限。这与孔凡德(2002)^[10]报道的有关黑麦草的研究和利用前景相符合。但在不同的污水浓度下, 黑麦草对 COD_{Cr} 的净化能力有所不同。黑麦草在 1000 mg.l⁻¹ 的 COD_{Cr} 浓度下, 对污水中的 COD_{Cr} 去除效果佳, 生长良好, 这与谢可军 (2004) 的黑麦草净化水产养殖水体的试验结果相近^[11]。比较 7d~14d 和 14d~21d 这两个阶段, 水样 A₁、A₂ 中 COD_{Cr} 的去除率后期要显著高于前阶段, 前期对黑麦草的生长有一定抑止作用。

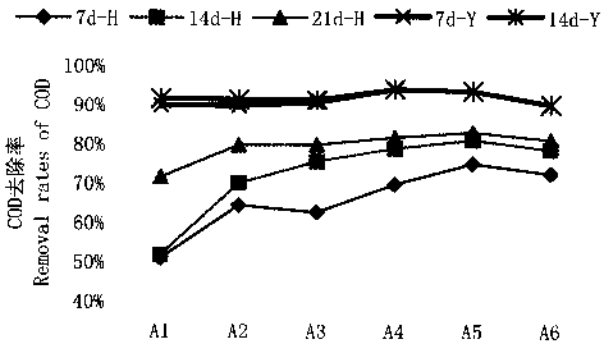


图 1 薹菜和黑麦草对污水中 COD 的去除率
Fig. 1 Removal rates of COD of wastewater by *Ipomoea aquatica* and ryegrass

2.2.2 NH₃-N 的变化

分析在六个不同浓度的水样中, 薹菜和黑麦草对水体中 NH₃-N 的净化情况 (图 2), 可以发现试验整个过程中, 薹菜对水体中的 NH₃-N 都有很好的去除效果。前 7d, 随着污水浓度的下降, 薹菜对 NH₃-N 的去除率升高, 分别为 11.6%、19.9%、30.5%、35.1%、45.3%、50.4%; 后 7d, 从 A₁-A₆ 水样, NH₃-N 的去除率也逐渐升高, 分别为 17.8%、13.1%、49.3%、54.4%、58.0%、78.2%。但比较前后两阶段, 后阶段薹菜对 NH₃-N 的去除率要明显高于前阶段, 这主要跟植物的生理特性有关, 在不同的生长阶段, 对同一物质的需求量是不一样的。

从图 2 可知, 在不同浓度水样中, 黑麦草对 NH₃-N 的去除率不同; 在不同的生长阶段, 黑麦草对污水中 NH₃-N 的去除效果也显著不同。经黑麦草 21d 处理后, A₁~A₆ 水样中 NH₃-N 的浓度分别为 183.2 mg.l⁻¹、130.4 mg.l⁻¹、115.4 mg.l⁻¹、80.0 mg.l⁻¹、50.9 mg.l⁻¹、25.0 mg.l⁻¹。后三个水样已达到畜禽养殖业 NH₃-N 最高允许排放标准, 前三个水样还需进一步处理。从试验的整个过程来看, 在 COD_{Cr} 浓度为 1000 mg.l⁻¹

的水样中, 黑麦草对 NH₃-N 的去除率达到 54.5% 的最大值。

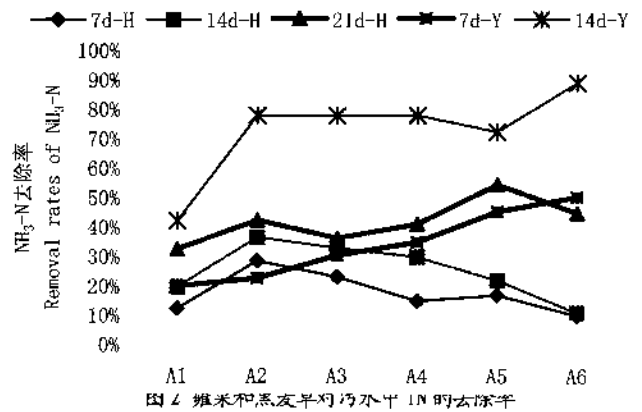


图 2 薹菜和黑麦草对污水中 NH₃-N 的去除率
Fig. 2 Removal rates of TN of wastewater by *Ipomoea aquatica* and ryegrass

2.2.3 TP 的变化

从图 3 可知, 在 1-7d 阶段, 薹菜对污水中的 TP 有明显的去除效果。从 A₁-A₆ 水样, 薹菜对 TP 的去除率分别为 18.5%、22.5%、32.1%、32.8%、42.7%、46.7%。可见, 随着污水浓度的降低, 薹菜对 TP 的去除率逐渐升高。在 7~14d 这个阶段, 六个水样中的 TP 浓度都上升。这同水体表面部分水分蒸发, 以及植物本身对 P 的吸收有限有关。

从图 3 可见, 黑麦草在 1~7d 阶段, 去污水中的 TP 有较好的去除效果, 而在后两阶段水体中 P 的含量增高, 这与水体表面水分蒸发和黑麦草对 P 的吸收有一定的上限有关。在第一个阶段, 从 A₁-A₆ 水样, 黑麦草对 TP 的去除率分别为 14.5%、22.2%、22.6%、25.6%、27.2%、18.2%, 在 A₅ 水样中, 去除率达到最大值, 即在 COD_{Cr} 浓度为 1000 mg.l⁻¹ 的水样中, 黑麦草对污水中 P 的去除效果达到最佳。

污水中 TP 的变化与洋进明等(2004)研究的 NFT 培多花黑麦草净化罗非鱼养殖循环废水^[12]、Ghate 等(1997)^[13]研究的土培百慕大草带净化鲢鱼养殖废水及 Kamchanawong 等研究的薹菜净化生活污水的高水平 TP 结果一致。

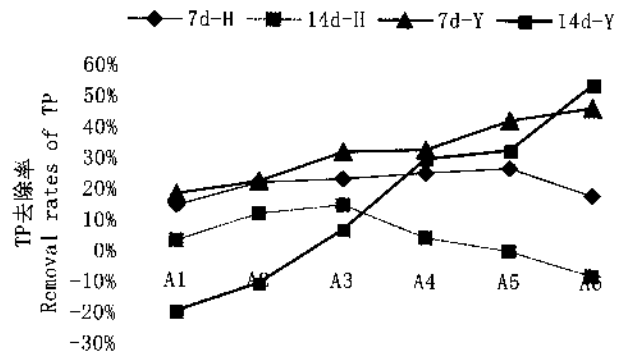


图 3 薹菜和黑麦草对污水中 TP 的去除率
Fig. 3 Removal rates of TP of wastewater by *Ipomoea aquatica* and ryegrass

2.2.4 讨论

本实验采用菹菜和黑麦草分别对猪场沉淀池的污水进行处理, 经过各自的试验期后, 污水中各项指标变化

与畜禽养殖业污水排放标准 (GB18596-2001)^[14]和污水综合排放标准 (GB8978-1996)^[15]见表 3 所示。

表 3 处理过程中污水指标变化与排放标准的比较
Table 3 Changes of COD_{Cr}, NH₃-N, TP of wastewater during experiments

污水指标		COD _{Cr} /mg.l		NH ₃ -N/mg.l ¹		TP/mg.l ¹	
排放标准		400		80		8	
污水综合排放标准		60~120		1~2		-	
菹菜 14d/黑麦草 21d		处理前	处理后	处理前	处理后	处理前	处理后
A1	黑麦草	3000	853	271.7	183.2	33.5	34.5
	菹菜	1200	100	108.7	79.0	10.9	16.0
A2	黑麦草	2500	508	226.4	130.4	27.9	33.5
	菹菜	1000	86	90.6	57.0	8.6	12.3
A3	黑麦草	2000	405	181.1	115.4	22.3	28.8
	菹菜	800	70	72.5	25.6	6.1	8.3
A4	黑麦草	1500	275	135.9	80.0	16.8	19.5
	菹菜	600	40	54.3	16.1	4.5	4.7
A5	黑麦草	1000	170	90.6	41.2	11.2	13.0
	菹菜	400	26	36.2	8.3	2.6	3.0
A6	黑麦草	500	95	45.3	25.0	5.6	8.3
	菹菜	200	20	18.1	2.0	1.2	1.0

分析上表可以发现, 对于菹菜, 本试验测定的各项指标, 包括化学需氧量(COD_{Cr})、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)基本达到国家规定的畜禽养殖业污水允许排放标准, 其中 COD 已经达到国家污水综合排放标准的一~二级。除了总磷, 由于菹菜对其吸收能力的有限性, 以及试验时水体表面部分水分的蒸发, 导致在后期处理过程中, 磷含量上升, 致使水样 A₁~A₃ 中的磷超标。污水经过黑麦草的处理后, A₄~A₆ 的 COD_{Cr}、NH₃-N 已经达到了畜禽养殖业污水允许排放的标准, A₁~A₃ 虽然还未达到排放标准, 但比较处理前水体中这两个指标的含量, 也有了很大的降幅, 可通过植物修复系统进一步处理达到规定的排放标准。本次试验中由于环境温度较高, 黑麦草的生长及对污水的净化效果都受到一定影响。

菹菜是一种耐高温的植物, 生长期为 5 月~10 月。菹菜作为一种经济作物, 既是很好的青饲料, 又是一种很好的蔓生性蔬菜, 其嫩梢、嫩叶可供食用。同时菹菜生长期长, 再生性强, 一次种植后可多次收割, 免去反

复种植的麻烦。而多花黑麦草则是一种冷性草, 全年生长期为 200 天左右, 可以耐寒越冬。黑麦草亦是一种再生能力强, 刈割后容易生长的牧草。作为畜禽的青饲料, 它是一种营养价值比较全面的饲料, 其饲料系数与菹菜饲料系数均为 20.0。新鲜的黑麦草柔嫩多汁、口感好, 易于消化, 猪对其中有机质的消化率为 40%~50%。所以利用漂浮栽培菹菜和黑麦草净化畜禽污水是可行的, 不仅能净化水体, 而且收割的菹菜和黑麦草可作为畜禽的饲料, 同时在季节上可以恰到好处地衔接起来, 实现畜禽场污水常年处理和资源循环化利用。

3. 结论

1) 漂浮栽培菹菜在 200 mg.l⁻¹~1200 mg.l⁻¹ 浓度的畜禽污水中长势均良好, 7d 即可采摘上市; 黑麦草在 COD_{Cr}2000 mg.l⁻¹ 以下, 生长良好。

2) 菹菜在 COD_{Cr} 值 200 mg.l⁻¹~1200 mg.l⁻¹ 范围内,

对 COD_{Cr} 的去除率均达到了 90% 以上, 在 600 mg·l⁻¹ 时, 去除率达到最大值 94%。基于污水中 COD_{Cr}、NH₃-N、TP 的去除率和蔬菜长势的综合分析, 适宜漂浮栽培蔬菜系统净化的猪场污水 COD_{Cr} 为 600 mg·l⁻¹~800mg·l⁻¹。黑麦草在 COD_{Cr} 值 500 mg·l⁻¹~3000 mg·l⁻¹ 范围内, 21d 后对 COD_{Cr} 的去除率达到了 70% 以上, 在 1000 mg·l⁻¹ 时, 去除率达到最大值 83%, 适宜漂浮栽培黑麦草系统净化的猪场污水 COD_{Cr} 为 500 mg·l⁻¹~2000mg·l⁻¹。

3) 蔬菜和黑麦草漂浮栽培系统对 TP 的去除在前 7d 效果显著, 而后水体中 P 的含量增高, 这与水体表面水分蒸发、水中枯死枝叶导致 TP 浓度上升及植物对 P 的吸收有一定的上限有关。

4) 由于作物在不同生长阶段对 N、P 以及其他有机质的吸收能力不同以及水样中微生物、植物生长特性、环境因素等影响, 经济植物修复系统应用于畜禽场污水的资源化处理还有待于在适宜品种筛选及其组配、净化工艺及定植与收获装置等方面作深入研究。

【参 考 文 献】

- [1] Hayes A R, Mancino C F, Pepper l L. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: I. Soil and Leachate. Water Quality[J]. Agron J, 1990, 82: 939~943.
- [2] Farid, M S, Atta S, Rashid M, et al. Impact of the reuse of domestic wastewater for irrigation on groundwater quality[J]. Water Science and Tech nology. 1993, 27(9): 147~157.
- [3] 戴全裕, 陈钊. 多花黑麦草对啤酒废水净化功能的研究[J], 应用生态学报, 1993, 4(3): 334-337.
- [4] 戴全裕, 蒋兴昌, 张珩等. 水蔬菜对啤酒及饮食废水的净化与资源化的研究[J], 环境科学学报, 1996, 16(2): 249-251.
- [5] Kamchanawong S, Sanjitt J 1995 Comparative study of domestic wastewater treatment efficiencies between facultative pond and water spinach pond[J]. Wat. Sci. Tech. 32(3): 263-270.
- [6] Vaillant N, Monnet F, Sallanon H, et al. 2003 Treatment of domestic wastewater by an hydroponic NFT system. Chemosphere. (50): 121-129.
- [7] 刘士哲, 林东教, 唐淑军等. 利用漂浮植物修复系统栽培风车草、彩叶草和茉莉净化富营养化污水的研究[J], 应用生态学报, 2004, 15(7): 1261-1265.
- [8] 林东教, 唐淑军, 何嘉文等. 漂浮栽培蔬菜和水瓶净化猪场污水的研究[J], 华南农业大学学报, 2005, 25(3): 14-17.
- [9] 王旭明. 水蔬菜在污水净化系统中的作用[J], 农业环境与发展. 1997, 51 (1): 33-34.
- [10] 孔凡德. 黑麦草的研究与利用前景[J]. 四川草原. 2002 (2). 29-31.
- [11] 谢可军. 设施养鳖废水牧草生物滤清生态工程系统的研究[D]. 杭州: 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 2004.
- [12] 洋进明 邵志鹏 苗香雯 崔绍荣. NFT 培多花黑麦草净化罗非鱼养殖循环废水[J]. 农业环境科学学报. 2004, 23(1): 148-150
- [13] Ghate, S. R., Gary J. Burtle, George Vllidis, G Larry Newton. Effectiveness of Grass Strips to Filter Catfish Pond Effluent[J]. Aquacultural Engineering, 1997, 16: 149-159.
- [14] GB18596-2001, 畜禽养殖业污染物排放标准[S].
- [15] GB8978-1996, 污水综合排放标准[S].

Purification of piggery wastewater with high COD_{Cr} by *Ipomoea aquatica* and ryegrass in a floating culture system

Wang kaiying, Cen Haiyan

(College of Bio-system Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310029, China)

Abstract: With floating culture, the study on purification of piggery wastewater with different COD_{Cr} concentration namely 1200 mg·l⁻¹, 1000 mg·l⁻¹, 800 mg·l⁻¹, 600 mg·l⁻¹, 400 mg·l⁻¹, 200 mg·l⁻¹ by *Ipomoea aquatica*, and 3000 mg·l⁻¹, 2500 mg·l⁻¹, 2000 mg·l⁻¹, 1500 mg·l⁻¹, 1000 mg·l⁻¹, 500 mg·l⁻¹ was carried out triply in glasshouse. Chemical oxygen demand(COD_{Cr}), ammonia-N (NH₃-N), total P (T-P) of the piggery wastewater were tested during the growth of plants. The results showed that the purification effects of *Ipomoea aquatica* and ryegrass on livestock wastewater were significant and the removal rates of COD_{Cr} in wastewater reached 90% by *Ipomoea aquatica*, and 70% by ryegrass, the removal rates of NH₃-N by *Ipomoea aquatica* reached 27.4%, 37.1%, 64.7%, 70.4%, 77.1% and 89.2%, respectively, and 32.6%, 42.4%, 36.3%, 41.1%, 54.5%, 44.8% by ryegrass, respectively, the removal rates of TP reached 18.5%, 22.5%, 32.1%, 32.8%, 42.7%, 46.7%, respectively, and 14.5%, 22.2%, 22.6%, 25.6%, 27.2%, 18.2% by ryegrass, respectively on 7d, however, the removal rates of TP increased after 7d. Based on the removal rates of COD, NH₃-N, TP, it was therefore suggested that the COD of influent between 600 mg·l⁻¹~800 mg·l⁻¹ and 500 mg·l⁻¹~2000 mg·l⁻¹ might have a stronger adaptation to *Ipomoea aquatica* and ryegrass floating culture system, respectively.

Key words: piggery wastewater; floating culture; purification; *Ipomoea aquatica*; ryegrass