



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103395886 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201310314544. 0

(22) 申请日 2013. 07. 24

(73) 专利权人 中国科学院亚热带农业生态研究所

地址 410125 湖南省长沙市芙蓉区远大二路
644 号

(72) 发明人 李裕元 吴金水 刘锋 肖润林

(74) 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所 42001
代理人 王敏锋

(51) Int. Cl.

C02F 3/32 (2006. 01)

审查员 陈琳

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种生态沟处理面源污染物的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种生态沟处理面源污染物氮磷的方法,其步骤:A. 建生态沟:在集水区出口构建生态沟渠,沟渠边坡和沟底均为土质,并将生态沟分为多级,挡水坎材料用砖混结构;B. 分段种植水生植物和放养泥鳅:在生态沟内种植水生植物,利用水生植物的拦截和吸收作用消纳水体中的面源污染物氮磷;在生态沟中下部位放养泥鳅,增加生态沟的经济效益;C. 生态沟的管理:定期收割水生植物,结合收获泥鳅进行生态沟的清淤,重新栽种水生植物和放养鳅苗;D. 生态沟的管理与维护:1)沟内植物的刈割与利用;2)清淤;3)生态沟的维护。本发明成本低、操作简单,容易被群众接受,对面源污染物氮、磷具有极好的处理效果,在长江中下游亚热带丘陵区有很好的推广应用前景。

1. 一种生态沟处理面源污染物的方法,其特征在于,其步骤是:

A、生态沟的断面设计与施工:在汇水区面积 1-1.2km²、有小规模 <50-80 头猪养殖的集水区下游出口,选取一段沟渠,总的比降 <5/1000,基流流量为 10-20m³/小时以下,断面排水标准比普通排水沟渠提高 20-30%,在增加沟渠排水能力的同时降低水深,为沟内栽种的水生植物构建良好的生长环境,将自然排水沟渠建成 10-15 级生态沟渠湿地;

生态沟部位的设计方案,包括:

(1) 生态沟横断面:设计为倒梯形,口宽 200-250cm,底宽 100-150cm,深度为 80-100cm,采用自然边坡或卵石坡,坡度为 <45°,沟底为土底;

(2) 挡水坎:在生态沟中每间隔 15-20m 设置一个挡水坎,挡水坎高度为 10-20cm,跌水下端设置 140-160cm 长混凝土坎基,挡水坎材料用砖混结构;

B、生态沟的植物配置:生态沟中水生植物的配置是生态沟设计的核心,在沟内不同部位栽种不同的水生植物,总体上分为如下三段:

前段:位于生态沟上游,长度为 30-40m,水深 5-10cm,配置株高在 80cm 的稀植丛生型水生植物,栽植密度为 6-8 丛/m²;

中段:位于生态沟中上部位,长度 30-40m,水深 10-15cm,该段栽植高度 50-80cm 的密集丛生挺水植物,栽植密度为 10-20 丛/m²;

后段:位于生态沟中下部位,长度为 120-140m,水深 10-20cm,种植密度大、生物量高的匍匐型浅水性沉水或者浮水植物绿狐尾藻,栽植密度以水面完全郁闭为准;

C、生态沟中放养泥鳅:在栽植水生植物以后,在中段以下 150m 长的生态沟中放养泥鳅,泥鳅对底泥的扰动增加泥沙与水体的接触,增加其对水体中养分的吸持和固定,减少流失;

D、生态沟的管理与维护:对生态沟要定期维护,包括:

1) 沟内植物的刈割与利用:生态沟的管理将生态沟中生长的水生植物定期进行收割,将水生植物从泥沙和水中吸收的氮磷移出沟外,刈割的频率根据水生植物的不同差异,黑三棱每年收割 2 次,美人蕉、梭鱼草每年 3-4 次,对狐尾藻每年收割 5-7 次,收割的水生植物材料用于绿肥直接还田或覆盖到茶园、果园,实现氮磷养分的循环利用;

2) 清淤:生态沟水生植物和挡水坎对泥沙有拦截效果,进行定期清淤,一方面是清除泥沙,保持沟道排水通畅,另一方面维持生态沟的氮磷消纳效果,每年 9-10 月份结合收获泥鳅,进行沟底清淤,不同沟段淤泥的组成有所差异,前段的淤泥含沙量较高,质地较粗,集中堆放处理,中段以下的淤泥质地较细,养分含量较高,作为有机肥用于旱地农田或者茶园;

3) 生态沟的维护:生态沟定期巡查和维护,防止水草与杂物堵塞沟道和及时发现挡水坎漏水或边坡垮塌,并及时修复,保证生态沟的正常运行;

所述的挺水植物为美人蕉、茭瓜、梭鱼草、黑三棱其中的一种或一至四种的任意组合;

所述的水生植物为美人蕉、茭瓜、梭鱼草、黑三棱、绿狐尾藻其中的一种或一至五种中的任意组合。

一种生态沟处理面源污染物的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农业环境领域,更具体涉及一种分布有农田和小型养殖户分布的小型集水区下游面源污染物的处理方法,尤其适用于长江以南亚热带丘陵区面源污染的治理,实现水质改善和达标排放。

背景技术

[0002] 随着种植业化肥投入的增加和小型养殖业的快速发展,广大农村地区的农业面源污染物排放导致的环境问题日渐突出。根据 2010 年全国污染源普查的结果,我国每年农业来源的主要水污染物排放量分别为:化学需氧量(COD) 1324.09 万吨、总氮 270.46 吨,总磷 28.47 万吨,其中种植业是总氮排放的主要来源(59.1%),而畜禽养殖业是 COD(95.8%)和总磷(56.3%)排放的主要来源。国际上发达国家对于农田面源污染主要通过制订养分最佳管理措施(Best Management Practices, BMPs)等途径进行肥料投入的规范化管理,从而从最大程度上降低养分流失造成的环境污染。我国也在推行配方施肥等科学施肥技术以降低化肥投入和提高肥料利用率,以期减少农田氮磷的流失的环境影响。对水体富营养化的治理我国目前采取的措施主要以工程措施为主,如清除湖泊淤泥,开展生活污水处理等、土壤处理(通过土壤过滤、吸附、沉淀、离子交换、微生物转化和植物吸收等作用来净化污水)等。国内几个大型湖泊及其周边区域的地方政府尽管花费了大量的人力物力采用工程措施治理富营养化,但是经过 1-2 年以后又会恢复原状,总体上治理效果欠佳,究其原因主要是污染物的源头没有得到有效控制。以集水区或小流域为单元,从源头上拦截消纳面源污染物氮磷,减少其向下游水体的氮磷输送,对于水体富营养化的治理将会起到事半功倍的效果。

发明内容

[0003] 本发明的目的是在于提供了一种小型集水区下游面源污染物的集中处理方法,该处理方法因地制宜利用自然排水沟渠,建成深度 80-120cm、倒梯形断面的生态沟,生态沟内种植水生植物和养殖泥鳅,以吸收和消纳上游汇水区产生的农业面源污染物(氮磷),沟道末端排放水中氮和磷的含量控制在国家环境保护总局于 2002 颁布实施的《中华人民共和国地表水环境质量标准》(GB 3838 - 2002)IV 类水质标准以内。收获的植物可用作有机肥或者饲料,养殖泥鳅可以产生直接经济效益。该方法建设和运行成本低,操作方便,且产生一定的经济效益,适宜在中国长江中下游以南的广大亚热带丘陵地区应用。

[0004] 一种生态沟处理面源污染物的方法,其步骤是:

[0005] A、生态沟的断面设计与施工:在汇水区面积 1-1.2km²、有小量(<50-80 头猪)养殖规模的小型集水区下游出口,选取一段沟渠,总的比降 <5/1000,基流流量为 10-20m³/小时以下,断面排水标准要比普通排水沟渠适当提高约 20-30%,在增加沟渠排水能力的同时要适当保持较浅的水深(10-20cm),为沟内栽种的水生植物创造一个良好的生境,将自然排水沟渠建成多级(10-15 级)生态沟渠湿地。

[0006] 生态沟关键部位的设计方案主要包括:

[0007] (1)生态沟横断面:一般设计为倒梯形(见图1),口宽200-250cm,底宽100-150cm,深度为80-100cm,采用自然边坡或卵石坡,坡度为 $<45^{\circ}$,沟底为土底。

[0008] (2)挡水坎:挡水坎是生态沟设置的关键环节。在生态沟中每间隔15-20m左右设置一个挡水坎,目的主要是通过相对降低沟道坡降以防止冲刷,并保护沟内相对稳定的湿地环境以适合水生植物和软体动物的定居,也可拦蓄部分径流泥沙。挡水坎高度为10-20cm,跌水下端设置100-150cm长混凝土坎基,以保护挡水坎不被掏蚀。挡水坎要嵌入两侧沟岸各20cm,以防止挡水坎两端的水流冲刷沟岸。挡水坎材料用砖混结构,其它部分用混凝土材料。挡水坎的空间布局见图2a,断面设计图见图2b。

[0009] B、生态沟的植物配置:生态沟中水生植物的合理配置是生态沟设计的核心,综合考虑生态沟不同部位的水流特征和水生植物的生物学特性,对生态沟的水生植物选择要求具有以下特点:多年生、生物量大、再生能力强,在沟内不同部位栽种不同的水生植物,总体上分为如下三段:

[0010] 前段:位于生态沟上游,长度为30-40m,水深5-10cm,主要配置株型高大(一般要求在80cm以上)、栽植密度较小(<10 丛/ m^2)的稀植丛生型水生植物,适宜的水生植物主要有美人蕉、茭瓜等,栽植密度一般为6-8丛/ m^2 。

[0011] 中段:位于生态沟中上部位,长度30-40m,水深10-15cm。该段一般栽植高度中等(50-80cm)的密集丛生挺水植物,如梭鱼草(*Pontederia cordata*)、黑三棱(*Sparganium stoloniferum*)等其中的一种或二种,栽植密度一般为10-20丛/ m^2 。

[0012] 后段:位于生态沟中下部位,长度为120-140m,水深10-20cm,主要种植密度大(完全郁闭整个水面)、生物量高(年干生物量 $>3\text{kg}/m^2$)的匍匐型浅水性沉水或者浮水植物绿狐尾藻,栽植密度一般以最大程度地郁闭水面为准。

[0013] C、生态沟中放养泥鳅:在栽植水生植物以后,在中段以下约150m长的生态沟中可放养泥鳅等,泥鳅对底泥的扰动可以增加泥沙与水体的接触,从而增加其对水体中养分(尤其是磷)的吸持和固定,减少流失。由于沟内不断有养殖废水流入,加上水生植物繁茂,沟中水体内的浮游生物十分丰富,为泥鳅创造了一个良好的生存环境,根据初步的试验结果,150m长的生态沟每年可产泥鳅200-250kg,扣除种苗和管护等成本,每年可以获得净利润2500-3000元。

[0014] D、生态沟的管理与维护:为了保持生态沟具有较好的废水处理效果,对生态沟要定期维护。主要包括:

[0015] 1)沟内植物的刈割与利用:生态沟管理的关键在于将生态沟中生长的水生植物定期进行收割,将水生植物从泥沙和水体中吸收的氮磷移出沟外,避免生物质在沟中腐烂产生二次污染。刈割的频率根据水生植物的不同也有所差异,黑三棱等每年可收割2次(5-6月份1次,9-10月份1次);美人蕉、梭鱼草每年3-4次,5-11月每2个月左右可以收割一次;而生长相对较快的狐尾藻每年可收割5-7次,在4-11月份每1.5-2个月收割一次。收割的水生植物材料主要用于绿肥直接还田或覆盖到茶园、果园等,实现氮磷养分的循环利用,有些水生植物材料,如美人蕉、绿狐尾藻等则可直接用作猪、牛、羊的青饲料。此外,沟边的杂草在每年的5月、8月和11月份要刈割一次,防止其影响沟内水生植物的正常生长。

[0016] 2)清淤:生态沟植物和挡水坎对泥沙有很好的拦截效果,但要进行定期清淤,目的方面是清除泥沙,保持沟道排水通畅,另一方面可以维持生态沟较好的氮磷消纳效果。每

年 9-10 月份结合收获泥鳅,进行沟底清淤。不同沟段淤泥的组成有所差异,前段的淤泥一般含沙量较高,质地较粗,可以集中堆放处理,而中段以下的淤泥质地较细,养分含量较高,可作为有机肥用于旱地农田或者茶园,但因淤泥为含有较多的田螺、蚌壳等,一般不适合用于水田。

[0017] 3) 生态沟的维护:生态沟要定期巡查和维护,主要目的在于防止水草与杂物堵塞沟道和及时发现挡水坎漏水或边坡垮塌,以便及时修复,以保证生态沟的正常运行。

[0018] 所述的挺水植物为美人蕉、茭瓜、梭鱼草、黑三棱其中的一种或一至四种的任意组合;

[0019] 所述的水生植物为美人蕉(*Canna generalis*)、茭瓜(*Zizania caduciflora*)、梭鱼草(*Pontederia cordata*)、黑三棱(*Sparganium stoloniferum*)和绿狐尾藻(*Myriophyllum elatinoides*)中的一种或一至五种的任意组合。

[0020] 上述四个步骤相互之间的关系作进一步详细描述:

[0021] 步骤 A:将生态沟的断面设计为倒梯形,并在沟内分段设置挡水坎,目的在于将普通的排水沟渠建成适宜于水生植物生长的沟渠湿地,以利于处理上游的面源来源的农田排水、生活污水、以及少量畜禽(折合 50 头存栏猪以下)养殖废水排放所携带的氮磷污染物质的消纳处理,降低对下游水体的污染负荷,对 COD、总氮总磷的去除率总体上可达 70% 以上。根据 2002 年颁布的国家地面水水质标准(GBGB3838 — 2002),该生态沟处理废水的方法可明显改善沟渠内水体的水质(见表 1),其中化学需氧量(COD)从入口的劣 V 类(65mg/L)水提高到 II 类,总氮从劣 V 类(3.42mgN/L)提高到 IV 类(0.98mgN/L),进水的磷浓度虽然相对较低(达到 III 类水质标准),但生态沟处理以后也提高到了 II 类水质(0.033mgP/L)。

[0022] 表 1 生态沟的面源污染物处理效果

[0023]

指标	与进水口的距离 (m)						去除率%
	0	40	80	120	160	200	
COD (mg/L)	65	-	-	-	-	15	77
总氮 (mgN/L)	3.420	2.540	1.910	1.650	1.330	0.980	71
总磷 (mgP/L)	0.107	0.076	0.061	0.050	0.037	0.033	70
沟内植物		美人蕉	美人蕉 梭鱼草	黑三棱 狐尾藻	梭鱼草 狐尾藻	狐尾藻	

[0024] 步骤 B、在生态沟不同部位配置不同的水生植物,目的在于利用水生植物对水体的物理拦截作用(降低流速、延长流水在生态沟内的滞留时间)以及水生植物及微生物对氮磷的直接吸收固定作用,逐渐消纳水体中各种形态的氮磷,从而对水体起到净化作用。在生态沟前段主要配置相对高大的水生植物,主要原因在于高大的植物可在洪水期降低水流流速以减小水流对河道的冲刷,拦截随洪水流下的杂草、树枝等杂物,同时植物可以吸收水体和泥沙中的氮磷。由于生态沟设计断面比自然排水沟渠排水能力增大了 20-30%,因此栽种水生植物也不会造成沟渠上游洪水的拥堵。在生态沟的中、下部位栽种相对密集和生物量高

的植物,主要是是拦截径流中的细颗粒泥沙和吸收水体中的氮磷,植物生长过程吸收水体和泥沙中的氮磷,从而减少氮磷向下流的迁移。水生植物本身的通气组织也会向水下泌氧,增加水体中的溶解氧含量和促进溶解态有机质的降解(即降低 COD)。该面源污染物处理方法所选的水生植物生长量均比较大,干生物量平均可达 324kg/100m²,水生植物直接吸收的总氮和总磷分别达到 4.3kg/100m²和 1.0kg/100m²。这些生物质收获以后可以作为有机肥直接用于茶园、果园的覆盖,替代正常的施肥,不仅减少了化肥的投入,而且可明显提高茶叶和果品的产量和质量,200m 长的生态沟可以满足 1-2 亩茶园的肥料需求,净经济效益 1000 元左右。

[0025] 表 2 生态沟植物的年生物量(干)与氮磷年吸收量

	年收获次数	生物量 (kg/100m ²)	总氮 (kg/100m ²)	总磷 (kg/100m ²)
[0026] 黑三棱	2	155	1.6	1.4
美人蕉	3	498	5.7	0.7
梭鱼草	3	240	5.6	1.0
狐尾藻	5	405	4.1	0.9
平均	2.7	324	4.3	1.0

[0027] 步骤 C、在生态沟中放养泥鳅,目的在于利用生态沟良好的水体环境和丰富的饵料资源,为当地群众带来直接的经济效益,同时泥鳅对底泥的反动还增加了其透气性和底泥和水体的接触,从而增加底泥对氮磷的吸附和固定,减少氮磷向下流的迁移。

[0028] 步骤 D、对生态沟生长的水生植物进行定期收割、底泥清淤以及日常检查维护等,目的在于保持生态沟处于良好的运行状态,从而最大限度地消纳沟渠上游随水迁移下来的氮磷污染物,并且利用水生植物的收获及养殖泥鳅等进行废弃物的资源化利用,实现生态效益与经济效益的有机结合。

[0029] 与已有的污染治理方法相比,本发明具有以下优点和效果:

[0030] ①在面源污染治理方法上具有一定的创新性:对于水体污染的治理目前已经有很多的方法,但主要以工程措施治理高浓度污染物的技术措施为主,如沼气池、氧化塘、瀑气池等,而针对以种植业来源为主的低浓度农业面源污染物的治理还没有合适的方法。本发明针对亚热带丘陵区多水的特点,利用自然排水沟渠稍加改造即可建成生态沟,并通过种植适合本地生长的水生植物以拦截吸收水体中的氮磷,从而有效减少农业面源污染物氮磷向下游水体的迁移,降低农业面源污染的危害。

[0031] ②建设成本低:以建设汇水区 1.2km²、200m 长的生态沟渠为例,本发明最主要的建设成本包括三部分,即沟渠拓宽整治 2 万元、挡水坎材料及施工 1.2 万元、栽种水生植物 1.3 万元,合计成本 4.5 万元,多数部门(水利、农业、农村集体)均可以接受。

[0032] ③运行成本低、操作简单,且有一定的经济效益:现有污水处理技术中多数需要电力等能源,而本处理方法主要利用自然坡降的驱动力,水体在生态沟内自流净化,不需要任何外加动力;平常的维护也仅仅是割草(每年平均 4-5 次)和清淤(每年 1 次),操作十分简单;沟内收割的植物作为有机肥或者饲料加以资源化利用,利用生态沟养殖泥鳅也有一定

的经济效益,这些废弃物资源化利用途径也为生态沟的可持续运行奠定了良好的基础。

[0033] ④治理效果好:本面源污染物处理方法通过生态沟内湿地植物的拦截和吸收可有效降低污染水体的 COD 和氮磷含量,沟内的水质可从入口的劣 V 类改善至 IV 类以上的水质(COD<20mg/L,总氮<1mgN/L,总磷<0.1mgN/L)。

附图说明:

[0034] 图 1 为一种生态沟断面设计图(1 口宽 200-250cm;2 底宽 100-150cm;3 挡水坎高度 10-20cm;4 沟深 80-100cm)。

[0035] 图 2a 为一种挡水坎的空间布局设计图(生态沟纵断面设计图,1 挡水坎间距 15-20m)。

[0036] 图 2b 为一种挡水坎设计图(2 挡水坎顶宽 16-20cm;3 挡水坎底宽 36-40cm;4 沟底;5 挡水坎高 10-20cm;6 混凝土坎基长度 140-160cm;7 混凝土坎基厚度 18-22cm)。

具体实施方式

[0037] 实施例 1:

[0038] 一种 1-1.2km² 集水区面源污染物的处理方法(以湖南省长沙县为例),它包括下列步骤:

[0039] A、在集水区出口建 200m 长的生态沟:在枯水期(2-3 月份)施工,生态沟规格如下:口宽 2.5m,底宽 1.5m,深 1m,分为 10 段(1-10 级),每段 20m 长,上段与下段之间建挡水坎,坎高 10-20cm。

[0040] B、在生态沟中种植水生植物:在 1-2 级种植美人蕉,在 3-5 级别种植梭鱼草和狐尾藻,在 6-10 级种植狐尾藻。

[0041] C、放养泥鳅:待水生植物成活以后 1 个月左右,在 4 级以下放养泥鳅,总放养量:中鳅(90 尾/kg) 100kg,或者小鳅(300 尾/kg) 70kg。为防止泥鳅逃逸,在每级挡水坎部位安装防护网。

[0042] D、水生植物的收割与利用:对生态沟内生长的植物进行定期收割,春季 3-4 月份种植的绿狐尾藻,在 6、7、8、9、11 月各收获一次,收获方式采用间隔收获法,即每隔 1m 收获 1m,以便水草快速恢复郁闭,下次收割上次预留的部分。美人蕉和梭鱼草可在 6、8、11 月份各全面收获一次,但是留茬高度要在 20cm 以上,防止植株浸水死亡。生态沟一年收获的生物物质总量约为 1100kg(干),其中含总氮、总磷分别为 14.6kg 和 2.7kg,生物物质可作为 1.5 亩茶园的有机肥,经济效益约 1000 元。

[0043] E、收获泥鳅与清淤:在秋季(10 月份),结合泥鳅收获进行生态沟清淤,从上往下逐段进行,清淤之后要重新栽种水生植物使其继续生长,然后接着再放鳅苗,待来年收获。当年可收获泥鳅 200-250kg,扣除鳅苗和管理成本可以产生净利润 2500-3000 元,第二年以后的收益可达 4000 元以上。

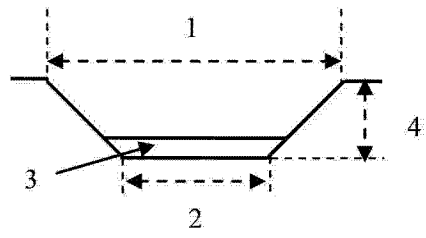


图 1

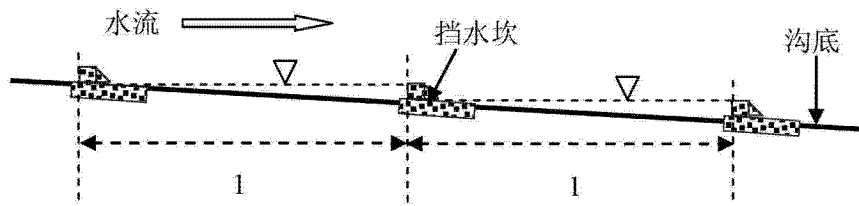


图 2a

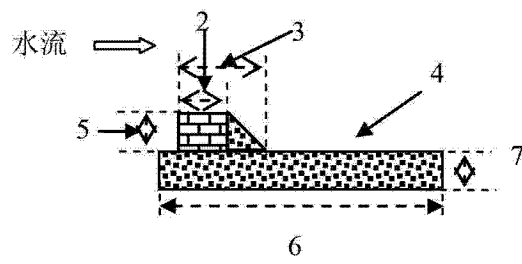


图 2b