



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110002705 A

(43)申请公布日 2019.07.12

(21)申请号 201910284114.6

(22)申请日 2019.04.10

(71)申请人 中国科学院南京地理与湖泊研究所
地址 210008 江苏省南京市玄武区北京东路73号

(72)发明人 刘成 杜奕衡 陈开宁

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 徐蓓 邵林

(51)Int.Cl.

C02F 11/02(2006.01)

C02F 101/16(2006.01)

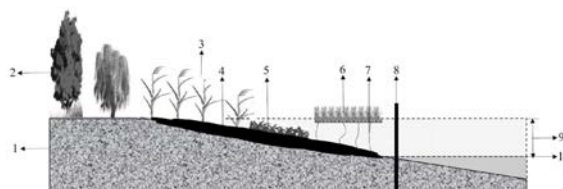
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法

(57)摘要

本发明公开一种基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,根据湖滨带水位波动状况,通过对原位富营养底泥或疏浚后富营养底泥进行自然裸露、翻耕、暴晒、氧化降解,重塑湖滨带缓坡基底,在重塑后的基底上打造挺水-沉水-浮叶多系列水生植物系统,构建湖滨带底泥内源氮负荷削减体系,从而降低底泥中氮向上覆水体的释放量及再悬浮量,改善水体富营养状况。本技术实施简单、成本较低,既可用于削减湖滨带水域原有富营养底泥内源氮负荷,也可用于临近水域疏浚后富营养底泥的湖滨带低成本处置工作,可有效削减富营养底泥内源氮的释放通量,抑制富营养底泥的再悬浮,适用于底泥及水体富营养化问题突出、水位波动剧烈的湖滨带水域。



1. 一种基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:获取底泥的内源氮通量及周年水位波动特征,内源氮通量 >0 ,并且周年水位波动幅度在 $0.5\sim 2\text{m}$ 范围内的区域为目标区域;

步骤2:目标区域处于低水位时裸露出富营养底泥,在自然光照下进行翻耕、暴晒、氧化降解操作;所述低水位为底泥淹没深度在 10cm 以下;

步骤3:目标区域处于高水位下淹没富营养底泥后,构建多系列水生植物系统;所述多系列水生植物系统包括自湖滨带岸边往湖心方向依次设置的挺水植物、沉水植物和浮叶植物;所述高水位为底泥淹没深度在 0.5m 以上;同时,在所述多系列水生植物系统的湖心方向一侧建立防浪墙。

2. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,步骤1所述获取底泥的内源氮通量在每年6月至10月期间进行。

3. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,步骤2所述的翻耕、暴晒、氧化降解操作共持续25天。

4. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,所述步骤2中,所述富营养底泥为湖滨带原有富营养底泥,或附近水域经环保疏浚后难以处置的富营养底泥。

5. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,步骤2于每年2月至4月期间进行。

6. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,在步骤2所述翻耕、暴晒、氧化降解操作的同时对湖滨带 200m 内基底高程进行重塑,使基底坡度降至 15° 以下。

7. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,步骤3所述挺水植物的种植宽度为 100m ,种植密度为 $10\text{株}/\text{m}^2$,挺水植物盖度为 100% ;所述沉水植物的种植宽度为 50m ,种植密度为 $10\sim 15\text{株}/\text{m}^2$,沉水植物盖度在 80% 以上;所述浮叶植物的种植宽度为 50m ,种植密度为 $4\sim 6\text{株}/\text{m}^2$,浮叶植物盖度在 50% 以上。

8. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,步骤3所述挺水植物为芦苇或香蒲;所述沉水植物带为穗状狐尾藻、马来眼子菜或苦草;所述浮叶植物为荇菜或睡莲。

9. 根据权利要求8所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,所述穗状狐尾藻的种植密度 $15\text{株}/\text{m}^2$,所述马来眼子菜的种植密度 $10\text{株}/\text{m}^2$,所述苦草的种植密度为 $10\text{株}/\text{m}^2$;所述荇菜的种植密度为 $6\text{株}/\text{m}^2$,所述睡莲的种植密度为 $4\text{株}/\text{m}^2$ 。

10. 根据权利要求1所述的基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,其特征在于,步骤3中,所述防浪墙距离所述多系列水生植物系统 10m 。

基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法

技术领域

[0001] 本发明属于水体生态恢复领域,具体涉及一种基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法。

背景技术

[0002] 水体富营养化是目前全世界正面临的环境难题。水体富营养化的最主要原因是水体中氮、磷的过量累积,导致蓝藻等浮游植物大量增殖,造成水华及水体缺氧,严重时可致使鱼虾死亡。水体中过量的氮、磷通常有外源负荷及内源负荷两大主要来源,其中外源负荷主要包括生活污染排放、工业污染排放、农业等面源污染排放等;内源负荷则主要指底泥中氮、磷元素向上覆水体的释放、再悬浮以及水体自生的浮游植物增殖等。已有大量研究表明(Köhler et al.2005,Nürnberg et al.2012,Søndergaard et al.2003),若无法抑制底泥中内源氮、磷的释放及再悬浮,即使外源负荷被削减,水体的富营养化及藻华依然无法得到有效控制。因此,控制及削减底泥内源负荷对于水体富营养化整治及藻华削减具有重要的意义。

[0003] 氮是导致水体富营养化及藻华的主要元素之一,其中氨氮又是藻类能够优先利用的主要氮形态(Glibert et al.2016,Paerl&Downes 1978)。富营养底泥由于通常含有较高的有机质,其降解导致底泥通常处于厌氧状态并呈现黑色,致使底泥中氨氮含量上升。底泥中过量累积的氮可通过扩散、溶解的形式进入上覆水体中,也可在风浪、底栖或人为扰动下,通过再悬浮形式以颗粒态进入上覆水体中,加剧水体富营养化状况。目前,底泥疏浚是去除底泥内源氮的最主要技术之一(CN 101962961 B),但底泥疏浚耗费的人力、物力成本极高,且疏浚后的富营养底泥依然存在难以处置的问题。因此,对于底泥内源氮负荷的原位控制在经济、社会及环境上均具有重要意义。目前对底泥内源负荷的控制以原位钝化或覆盖技术为主(CN 101811811 B,CN 202284288 U,CN 103469762 B),原位钝化或覆盖技术在控制以沉积型循环为主的底泥内源磷负荷方面具有显著的作用,然而,在控制底泥内源氮负荷方面,鉴于底泥氮循环中硝化反硝化、厌氧氨氧化等多种反应的存在,使得该方法对于底泥内源氮负荷控制的效果不如对磷负荷的控制。另外,在一些浅水湖泊及河道中,风浪、水流、航运、渔业等认为扰动作用将对表层底泥造成极大地扰动,由此导致的表层底泥扰动及再悬浮将使得覆盖及固化材料失去应有的作用,并导致富营养的松散底泥再悬浮至上覆水体中,对上覆水体构成威胁,这一现象在常年风浪扰动剧烈的湖滨带区域尤为突出。

[0004] 针对目前已公开的专利或文献的报道,对底泥内源氮释放及再悬浮的控制及削减依然存在较大不足,尚未能在较低经济及社会成本下有效解决底泥内源氮释放及再悬浮对水体富营养化的威胁,亦未能有效解决异位处置过程中大量底泥中高赋存氮的处置问题。

发明内容

[0005] 鉴于已有技术在底泥内源氮负荷控制方面的不足,本发明旨在提供一种基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,根据湖滨带水位波动状况,通过对原位富营养底

泥或疏浚后富营养底泥进行自然裸露、翻耕、暴晒、氧化降解,充分提升底泥氧化环境,降低其含水率及孔隙率,提升其稳固性,并通过基底重塑,形成湖滨带缓坡基底。在重塑后的基底上打造挺水-沉水-浮叶多系列水生植物系统,构建湖滨带底泥内源氮负荷削减体系,从而降低底泥中氨氮、总氮向上覆水体的释放量,改善水体富营养状况。

[0006] 本发明旨在通过简单的技术方案、较低的经济成本、有效的底泥内源氮负荷削减效果,削弱或解决底泥内源氮污染对水体富营养化构成的威胁,并解决疏浚后大量高氮赋存底泥的处置难题。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法,包括如下步骤:

[0009] 步骤1:获取底泥的内源氮通量及周年水位波动特征,内源氮通量 >0 ,并且周年水位波动幅度在 $0.5\sim 2\text{m}$ 范围内的区域为目标区域;内源氮通量 >0 时,表示底泥中氨氮或总氮向上覆水中释放,需要对释放通量进行控制;反之,则上覆水中氨氮或总氮向底泥中汇集。水位波动过低时,无法满足滨岸带底泥裸露及基底重塑需求;水位波动过高时,无法满足湖滨带底泥内源氮负荷削减体系的构建。

[0010] 步骤2:目标区域处于低水位时裸露出富营养底泥,在自然光照下进行翻耕、暴晒、氧化降解操作;所述低水位为底泥淹没深度在 10cm 以下;

[0011] 步骤3:目标区域处于高水位下淹没富营养底泥后,构建多系列水生植物系统,稳固并降解污染底泥;所述多系列水生植物系统包括自湖滨带岸边往湖心方向依次设置的挺水植物、沉水植物和浮叶植物;所述高水位为底泥淹没深度在 0.5m 以上;同时,在所述多系列水生植物系统的湖心方向一侧建立防浪墙,防止风浪对污染底泥的扰动及再悬浮。最终,形成水位波动下湖滨带底泥内源氮负荷削减体系。

[0012] 进一步的,所述步骤1中,所述内源氮通量为氨氮或总氮向上覆水体的释放通量。

[0013] 进一步的,步骤1所述获取底泥的内源氮通量在每年6月至10月(夏季至秋季,通量较高)期间进行。

[0014] 进一步的,所述步骤1中,所述内源氮通量使用静态释放的方法获取(范成新等,海洋与湖沼,2002)。即,将原位采集的柱状底泥样品上覆水抽去后,沿底泥柱样侧壁缓慢、无扰动的加入原位采集的水样,水样深度为 20cm ,在 25°C 下恒温水浴培养 72h ,分别在 $0、12、24、36、48、60$ 和 72h 取上覆水样品,每次取 50mL 上覆水样品并补充 50mL 原位水样,随后,通过下述公式计算底泥内源氮释放通量:

$$[0015] \quad r = \left[V(C_n - C_0) + \sum_{j=1}^n V_{j-1}(C_{j-1} - C_a) \right] / (A \cdot t)$$

[0016] 式中: r 为氮释放通量,量纲为 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$; V 为氮释放通量获取过程中底泥柱样中上覆水总体积,量纲为 L ; $C_n、C_0$ 和 C_{j-1} 分别为第 n 次、初始和 $j-1$ 次采样时上覆水中氮的浓度,量纲为 mg/L ; C_a 为添加的原水样中氮的浓度,量纲为 mg/L ; V_{j-1} 为第 $j-1$ 次采样体积(50mL),量纲为 L ; A 为底泥柱样中泥水界面的面积,量纲为 m^2 ; t 为释放实验进行的时间,量纲为 d 。

[0017] 进一步的,步骤2和步骤3中,所述的底泥淹没深度为底泥的基底高程与水面的距离差。

[0018] 优选的,步骤2所述的翻耕、暴晒、氧化降解操作共持续25天。

[0019] 优选的,所述步骤2中,在所述的翻耕、暴晒、氧化降解操作期间,每隔5天将 $10\text{cm}\sim$

50cm处的厌氧底泥翻耕至表层,并充分混匀,在自然光照下氧化降解。

[0020] 进一步的,所述步骤2中,所述富营养底泥为湖滨带原有富营养底泥,或附近水域经环保疏浚后难以处置的富营养底泥。

[0021] 优选的,步骤2于每年2月至4月期间进行,以满足湖滨带底泥内源氮负荷削减体系的构建。

[0022] 优选的,在步骤2所述翻耕、暴晒、氧化降解操作的同时对湖滨带200m内基底高程进行重塑,使基底坡度降至 15° 以下。

[0023] 步骤2中,低水位下富营养底泥经过裸露、翻耕、暴晒、氧化降解后,底泥含水率可降至50%以下,底泥孔隙率降至0.7以下。底泥由黑色转变为灰色再转变为黄褐色,在底泥表层形成5mm至10mm的过饱和氧化层。

[0024] 优选的,步骤3所述挺水植物的种植宽度为100m,种植密度为10株/ m^2 ,挺水植物盖度为100%;所述沉水植物的种植宽度为50m,种植密度为10~15株/ m^2 ,沉水植物盖度在80%以上;所述浮叶植物的种植宽度为50m,种植密度为4~6株/ m^2 ,浮叶植物盖度在50%以上。所述种植宽度为种植区域在自滨岸带大型挺水植物种植区往湖心方向上的距离。

[0025] 优选的,步骤3所述挺水植物为芦苇或香蒲。

[0026] 优选的,所述沉水植物带为穗状狐尾藻、马来眼子菜或苦草。

[0027] 优选的,所述穗状狐尾藻的种植密度15株/ m^2 ,所述马来眼子菜的种植密度10株/ m^2 ,所述苦草的种植密度为10株/ m^2 。

[0028] 优选的,所述浮叶植物为荇菜或睡莲。

[0029] 优选的,所述荇菜的种植密度为6株/ m^2 ,所述睡莲的种植密度为4株/ m^2 。

[0030] 优选的,所述浮叶植物使用粗毛竹框架和聚乙烯缆绳稳固于底泥中,防止风浪及人为扰动。

[0031] 进一步的,所述缆绳长度大于水位波动幅度50cm,以应对水位波动。

[0032] 进一步的,步骤3中,所述防浪墙距离所述多系列水生植物系统10m。

[0033] 优选的,所述防浪墙由联排杉木桩构成,杉木桩间距10cm。

[0034] 优选的,所述杉木桩直径为15cm,长3.5m,其中,扎入底泥中长度为1m,高水位下露出水面部分长20cm以上。

[0035] 进一步的,所述基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法还包括对多系列水生植物系统中各水生植物的管理和浮叶植物的加固。

[0036] 进一步的,所述水生植物的管理为在植物种植后半年内,进行补种,以保证水生植物盖度达到要求。

[0037] 进一步的,所述水生植物的管理,包括在每年11月份,对挺水及浮叶植物残体进行收割,以降低其残体对水质的影响。

[0038] 进一步的,所述基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法还包括:在所述基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法实施后的三年内,每年3月及11月对浮叶植物进行两次检查及维护,三年后,所述多系列水生植物系统内植物可自行演替。

[0039] 本发明的有益效果在于:

[0040] 本技术可通过简单易行的实施方法解决湖滨带富营养底泥内源氮负荷对水体富营养化的影响,并恢复湖滨带湿地生态系统。适用于底泥及水体富营养化问题突出、水位波

动剧烈、风浪扰动强烈的湖滨带水域。本技术既可用于原位削减滨岸带水域原有富营养底泥内源氮负荷,也可用于临近水域疏浚后富营养底泥的湖滨带低成本处置工作,一方面可以在较低经济及社会成本下有效解决湖滨带底泥内源氮释放及再悬浮对水体富营养化的威胁,另一方面也可有效解决大量高赋存氮疏浚底泥的处置难题。本发明的应用将有助于对水体富营养底泥氮的处置及水体富营养的整治。

附图说明

[0041] 图1是基于水位波动的湖滨带底泥内源氮负荷削减方法示意图。

[0042] 其中,1是湖泊护岸带,2是湖滨护岸带上陆生植物,3是大型挺水植物带,4是低水位下露出的富营养底泥经过处置和重塑后形成的基底,5是沉水植物带,6是浮叶植物带,7是浮叶植物固定缆绳,8是防浪墙,9是水位波动范围,10是最低水位下水面位置。

[0043] 图2是具体实施区域周年常水位波动状况;

[0044] 图3是低水位下经过处置后的底泥与未经处置的底泥中酸可挥发性硫(AVS)含量变化;

[0045] 图4是低水位下经过处置后的底泥与未经处置的底泥中氨氮释放通量变化;

[0046] 图5是低水位下经过处置后的底泥与未经处置的底泥中总氮释放通量变化;

[0047] 图6是水位波动下湖滨带底泥内源氮负荷削减体系内与未经处置的底泥中氨氮扩散通量长期变化。

[0048] 图7是水位波动下湖滨带底泥内源氮负荷削减体系内与未经处置的底泥中总氮扩散通量长期变化。

具体实施方式

[0049] 下面结合具体实施案例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施案例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围。

[0050] 在巢湖西北部湖滨带,针对湖滨带富营养底泥,构建了基于水位波动的底泥内源氮负荷削减体系,对底泥内源氮释放通量及再悬浮进行了削减。同时,在临近的区域,设置了对照区域,具体实施方案如下:

[0051] (1) 富营养底泥内源氮通量评估及周年水位波动特征获取

[0052] 在6月至10月份,持续对目标区域及对照区域进行底泥氮释放通量评估,使用静态释放的方法得出底泥中氨氮及总氮向上覆水体的释放通量均在 $115\text{mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 以上,底泥内源氮释放污染突出,威胁上覆水体水质,底泥呈现黑臭及厌氧状态。

[0053] 调研目标区域(巢湖西北部湖滨带)常年水位数据,得出该区域周年常水位波动状况如图2所示,周年常水位波动幅度约为2m。

[0054] (2) 低水位下裸露出富营养底泥,并在自然光照下进行反复翻耕、暴晒、氧化降解工作:

[0055] 根据图2所示目标区域周年常水位波动状况,在4月水位最低时,水位为8.5m,此时水位达到图1中10所示位置,湖滨带富营养底泥4充分裸露,宽度为200m。对充分裸露的湖滨带富营养底泥4进行25天的反复翻耕、暴晒、氧化降解,期间,每隔5天将10cm~50cm处的厌氧底泥翻耕至表层,并充分混匀,在自然光照下氧化降解。低水位下对富营养底泥4裸露、翻

耕、暴晒、氧化降解过程中,对湖滨带200m内基底高程进行重塑,使基底坡度降至15°。

[0056] 同时,临近的对照区域由于坡度较大,污染状况相同的黑臭底泥始终处于淹水状态,不作任何处置。

[0057] 湖滨带富营养底泥4经过25天的裸露、翻耕、暴晒、氧化降解,底泥含水率由75%降至40%,底泥孔隙率降至0.65。同时,经过处置的湖滨带富营养底泥4中指示底泥黑臭的酸可挥发性硫(AVS)含量在处置过程中持续降低(图3),显著低于未做处置的对照底泥,经处置后的湖滨带富营养底泥4由黑色转变为灰色再转变为黄褐色。

[0058] 湖滨带富营养底泥4经过25天的裸露、翻耕、暴晒、氧化降解,底泥氨氮及总氮释放通量持续降低(图4、图5),由原来的 $115\text{mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 以上将至0以下,底泥由氮的释放转为氮的吸收。

[0059] (3) 构建多系列水生植物系统及防浪墙:

[0060] 在4月份低水位时,湖滨带富营养底泥4经过25天的裸露、翻耕、暴晒、氧化降解后,首先在重塑后的基底上自湖滨带岸边往湖心方向设置挺水植物挺水植物为芦苇和香蒲,形成挺水植物带3,种植宽度为100m,种植密度为10株/ m^2 。

[0061] 进入5月份,水位开始上升,重新淹没重塑后的湖滨带基底4,随后,自挺水植物带3往湖心方向设置沉水植物带5,宽度为50m。沉水植物包括穗状狐尾藻、马来眼子菜和苦草,穗状狐尾藻种植密度15株/ m^2 ,马来眼子菜种植密度10株/ m^2 ,苦草种植密度为10株/ m^2 。

[0062] 在沉水植物带5种植的同时,自沉水植物带5往湖心方向设置50m宽的浮叶植物,包括6株/ m^2 的荇菜、4株/ m^2 的睡莲,形成浮叶植物带6,浮叶植物使用10cm粗毛竹框架和聚乙烯缆绳7稳固于底泥中,缆绳7长度为2.5m。

[0063] 在多系列水生植物系统往外10m处,使用联排杉木桩构建防浪墙,杉木桩直径为15cm,长3.5m,其中,扎入底泥中长度为1m,高水位下露出水面部分50cm,杉木桩间距10cm。

[0064] 同时,临近的对照区域不作任何处置。

[0065] (4) 水位波动下底泥内源氮负荷削减体系的维护。

[0066] 在5月至10月,持续对水位波动下湖滨带底泥内源氮负荷削减体系内挺水、沉水及浮叶等各类型水生植物进行补种及维护,经过自然生长后,挺水植物带3盖度达到100%,沉水植物带5盖度达到85%,浮叶植物盖度达到55%。

[0067] 在水位波动下底泥内源氮负荷削减体系构建完成的两年内,持续对底泥内源氮释放通量及底泥扰动再悬浮状况进行观测,结果表明,在水位波动下底泥内源氮负荷削减体系下,底泥主要内源氨氮及总氮释放通量持续保持在0以下,说明底泥表现为氮的吸收状态。而未经处理的底泥中氨氮及总氮的释放通量持续保持在高值。此外,分别对水位波动下底泥内源氮负荷削减体系以及临近的对照体系中底泥再悬浮状况进行了调研,结果发现,在水位波动下底泥内源氮负荷削减体系内,底泥再悬浮量长期保持在 $30\text{g}/\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 以下,而在临近未经处理的对照区域,底泥再悬浮量长期保持在 $1000\text{g}/\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 左右,说明根据本发明构建的水位波动下底泥内源氮负荷削减体系不仅有效削减了湖滨带底泥内源氮释放通量,还有效降低了污染的再悬浮,有效降低了湖滨带富营养底泥内源氮负荷,为湖泊富营养化控制作出了贡献。

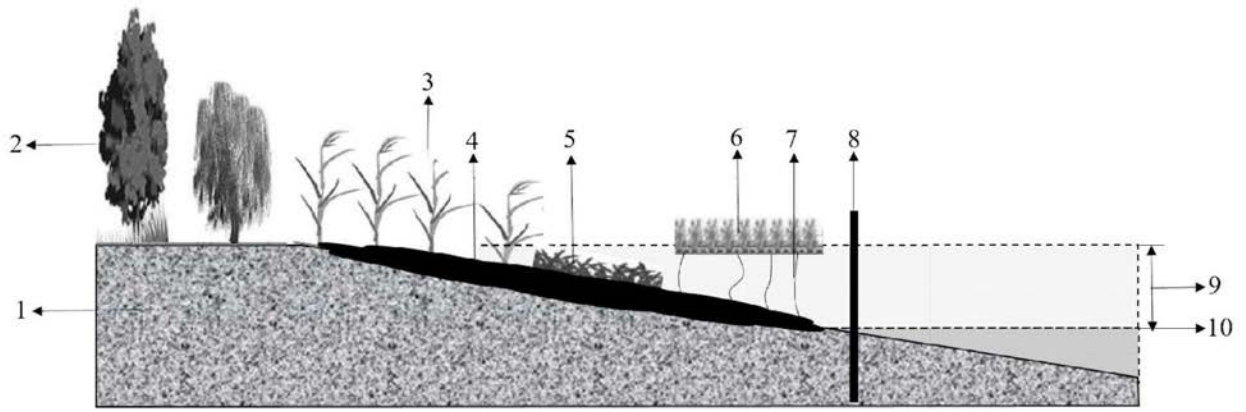


图1

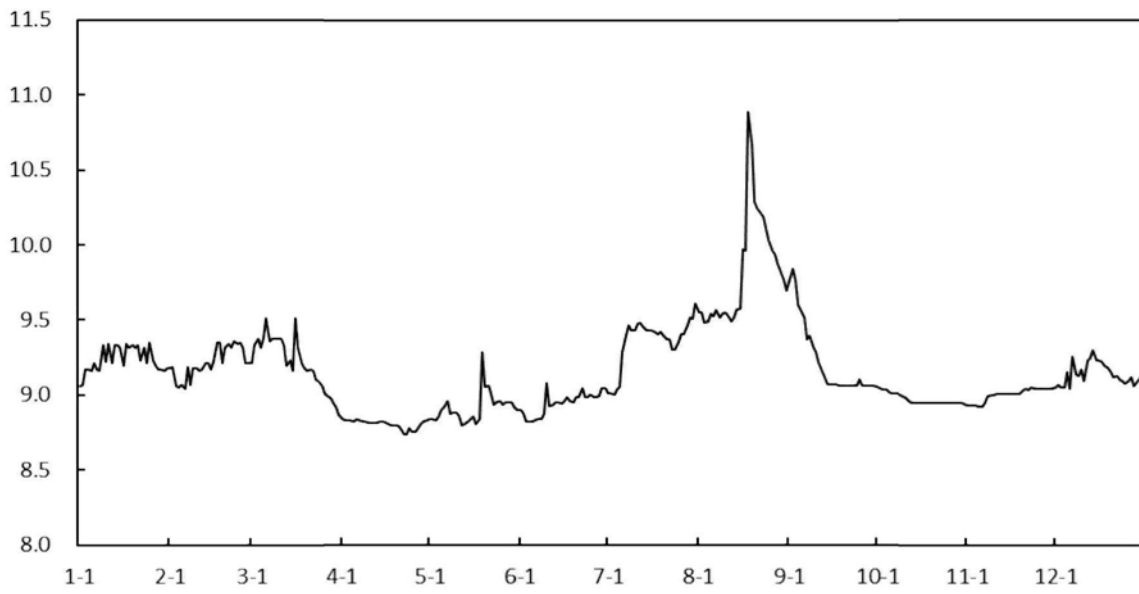


图2

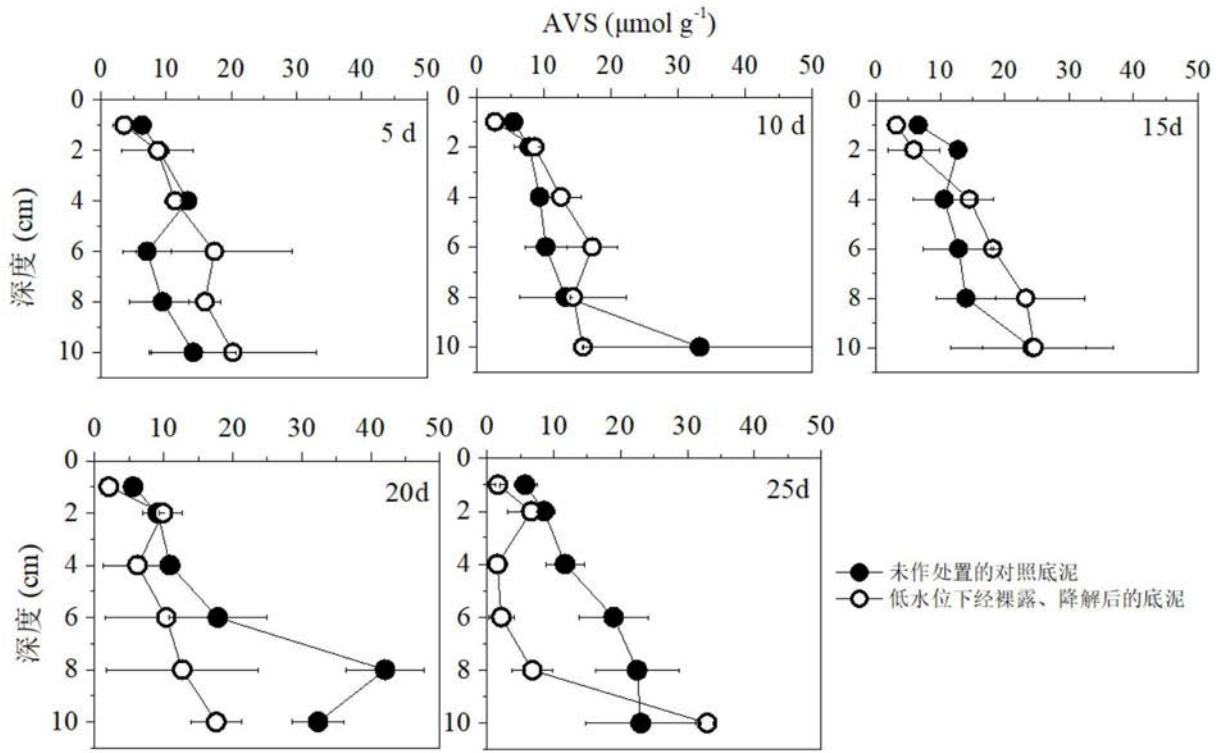


图3

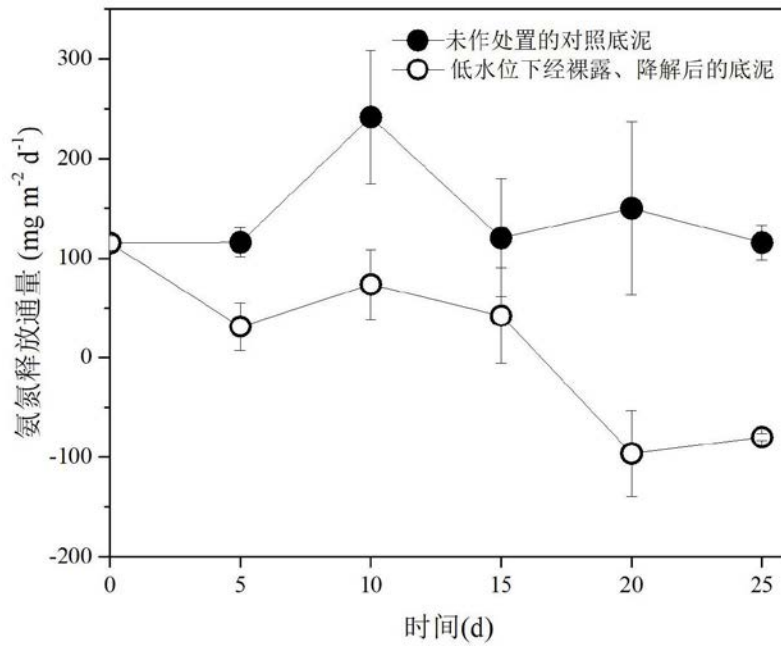


图4

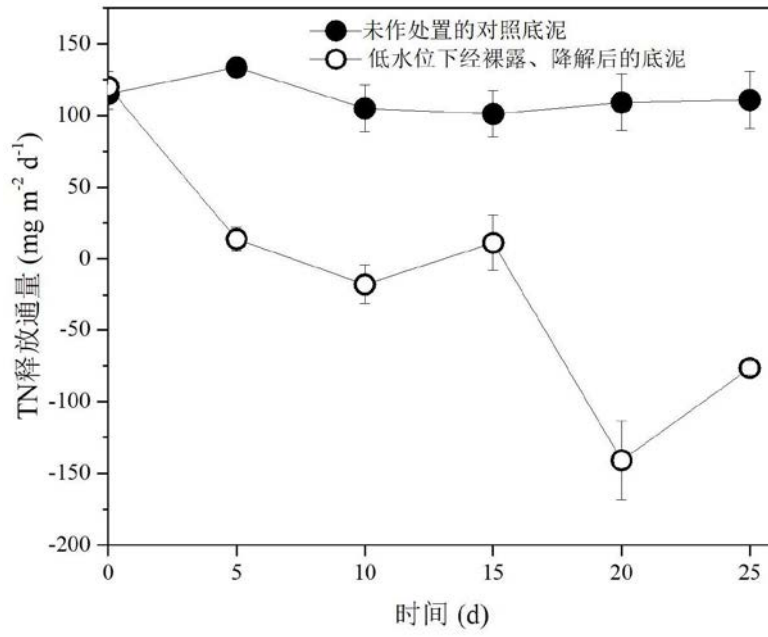


图5

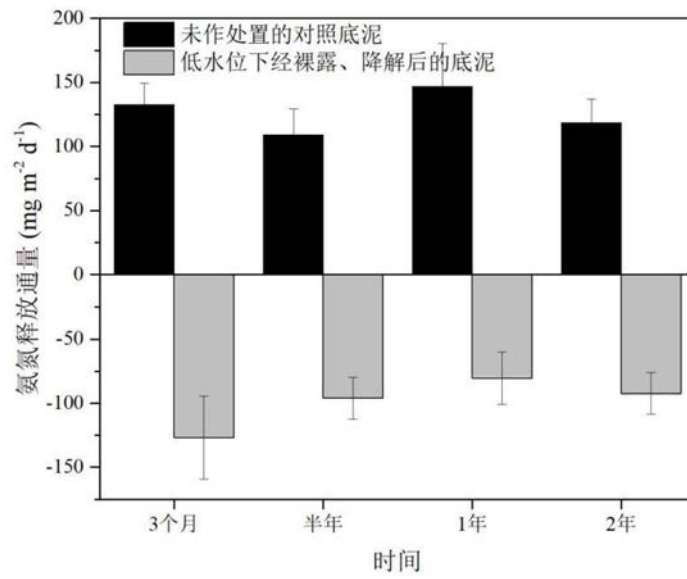


图6

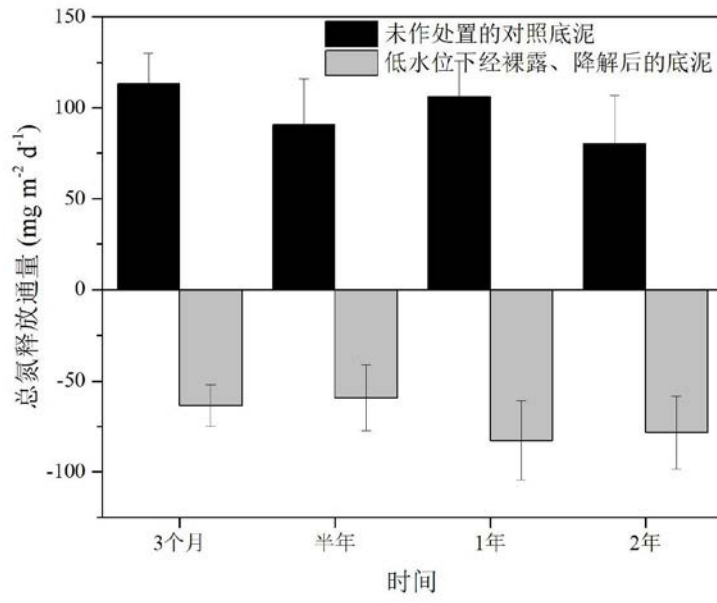


图7