



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115417505 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 02

(21) 申请号 202211143988.8

(22) 申请日 2022.09.20

(71) 申请人 中国科学院地球化学研究所
地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72) 发明人 刘再华 柳星 赵敏 张伊
曾思博

(74) 专利代理机构 成都环泰专利代理事务所
(特殊普通合伙) 51242
专利代理师 梁红云

(51) Int. Cl.
C02F 3/32 (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01)
B01D 53/84 (2006.01)

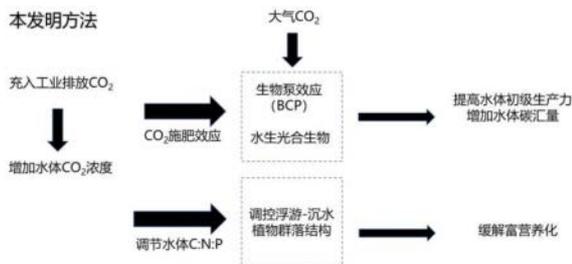
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法,包括以下步骤,培植浮游和沉水植物共生的水生生态系统;所述水生生态系统是指水生生物群落与水环境构成的生态系统;在水生生态系统的水体中充入工业废气CO₂,使水生生态系统的水体中CO₂分压至少达到570ppm;根据所述步骤一中水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例,调整CO₂的充入量和水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例,使CO₂与NO₃⁻的摩尔比大于50,CO₂与PO₄³⁻的摩尔比大于3000;进行调节浮游或沉水植物群落结构,解决了一般技术中存在固碳增汇技术成本高、见效慢、推广困难和效果不显著的问题,从而达到提高水体碳汇量和缓解水体富营养化。



1. 一种利用工业废气 CO_2 增加水体碳汇及缓解富营养化的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:培植浮游和沉水植物共生的水生生态系统;

所述水生生态系统是指水生生物群落与水环境构成的生态系统;

步骤二:在步骤一中水生生态系统的水体中充入工业废气 CO_2 ,使水生生态系统的水体中 CO_2 分压至少达到570ppm;

步骤三:根据所述步骤一中水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例,调整步骤二中 CO_2 的充入量和水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例,使 CO_2 与 NO_3^- 的摩尔比大于50, CO_2 与 PO_4^{3-} 的摩尔比大于3000;

步骤四:在进行步骤三的同时,进行调节浮游或沉水植物群落结构。

2. 根据权利要求1所述的一种利用工业废气 CO_2 增加水体碳汇及缓解富营养化的方法,其特征在于,所述步骤一包括选择沉水植物种类、控制沉水植物种植密度范围和控制浮游植物生物量;所述选择沉水植物种类为选择可以修复富营养化,可利用水体中 HCO_3^- ,可利用 CO_2 的沉水植物;所述沉水植物种植密度范围控制为200~500株/ m^3 ;所述浮游植物生物量控制为10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 以下。

3. 根据权利要求1所述的一种利用工业废气 CO_2 增加水体碳汇及缓解富营养化的方法,其特征在于,所述步骤二需要根据水体的覆盖面积、水深和流速,设置不同深度、位置和流量的 CO_2 的充入点;还需要根据每日气象条件中的气温、降雨、辐射强度和风速以及季节变化的情况,调节 CO_2 每日的充入时间。

一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水体碳汇量和水体富营养化技术领域,尤其涉及一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法。

背景技术

[0002] 化石燃料燃烧造成的CO₂排放破坏了自然界相对平衡的碳源汇过程。为应对气候变化,一方面可通过节能减排降低CO₂对气候的影响,另一方面也可通过所谓的碳捕获和储存技术Carbon Capture and Storage,CCS,增加碳捕获和储存能力,从而达到控制气候变暖的目的。除了人工CCS技术,自然界某些物理、化学和生物过程,如岩石风化作用和生物光合作用也可实现对大气CO₂的捕获和储存,可称作自然过程CCS。水体固碳增汇技术近年来受到广泛关注,其思路主要是基于生物泵、微型生物碳泵、碳酸盐泵等机制或其组合,发展相应的技术方法,如基于生物泵原理,已发展出大洋铁施肥Ocean Iron Fertilization等旨在增加海洋碳汇的地球工程技术。研究发现,水生光合生物的光合作用明显受到碳的限制,尤其是在高pH的喀斯特和富营养化水体中。高CO₂浓度能刺激水生光合固碳,提高水体碳汇量。此外,高CO₂浓度的水体环境有利于绿藻-硅藻和沉水植物的生长,能在一定程度上缓解蓝藻型富营养化的发生。

[0003] 目前,一般的技术大多考虑光照强度、温度和营养盐等因素对水生光合作用的刺激作用,这些发明技术普遍存在的问题是,光照和温度往往不是光合作用的主要限制因素,对光合作用的促进较小,且往往是与其他因素,例如营养元素,共同起作用,导致投入或产出比较低使得没有办法大面积推广;过量的营养盐会导致水体富营养化,对水质安全造成威胁。

[0004] 少数考虑碳对光合作用的刺激作用的发明技术,主要是考虑水体溶解无机碳DIC的影响,其碳增汇的过程涉及岩石风化、水循环和水生固碳等,其固碳效率受多种因素共同调控,固碳效率影响因素较多,应用场景较局限。并且此类方法往往涉及土地利用类型的变化,需均衡考虑经济、农业和环境等方面的影响,存在固碳增汇技术成本高、见效慢、推广困难和效果不显著的问题。

发明内容

[0005] 基于此,提出了一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法,解决了一般技术中存在固碳增汇技术成本高、见效慢、推广困难和效果不显著的问题,从而达到提高水体碳汇量和缓解水体富营养化。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一:培植浮游和沉水植物共生的水生生态系统;

[0009] 所述水生生态系统是指水生生物群落与水环境构成的生态系统;

[0010] 步骤二:在步骤一中水生生态系统的水体中充入工业废气CO₂,使水生生态系统的

水体中CO₂分压至少达到570ppm;

[0011] 步骤三:根据所述步骤一中水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例,调整步骤二中CO₂的充入量和水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例,使CO₂与NO₃⁻的摩尔比大于50,CO₂与PO₄³⁻的摩尔比大于3000;

[0012] 步骤四:在进行步骤三的同时,进行调节浮游或沉水植物群落结构。

[0013] 上述方案的原理:

[0014] 本发明充分利用成本较低的工业废气CO₂,将CO₂引入水生生态系统中,增加水体中的CO₂浓度,一方面,起到了CO₂施肥效应,刺激水体生产力,提高水生光合作用的碳汇量,具有重要的碳汇意义,为有效应对气候变化提供了一条经济、可行的增汇路径。另一方面,形成的高CO₂浓度,高C或N、C或P的水体环境有利于沉水植物的生长,延缓水体富营养化进程,既改善了水质条件又形成了具有景观价值的水生生态系统,水体CO₂既能促进水生光合生物的光合作用,增加水体碳汇量,又能调节水体营养元素比例,进而调控浮游或沉水植物群落结构,使水体中以沉水植物和浮游植物为主,浮游植物中以绿藻和硅藻为主。

[0015] 作为本发明优选的是,所述步骤一包括选择沉水植物种类、控制沉水植物种植密度范围和控制浮游植物生物量;所述选择沉水植物种类为选择可以修复富营养化,可利用水体中HCO₃⁻,可利用CO₂的沉水植物;所述沉水植物种植密度范围控制为200~500株/m³;所述浮游植物生物量控制为10μg/L以下。

[0016] 作为本发明优选的是,所述步骤二需要根据水体的覆盖面积、水深和流速,设置不同深度、位置和流量的CO₂的充入点;还需要根据每日气象条件中的气温、降雨、辐射强度和风速以及季节变化的情况,调节CO₂每日的充入时间。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] 1、有利于缓解富营养化进程的发展,实现碳增汇和富营养化缓解同步达成的目标,缓解富营养化,通过增加碳汇,减少碳汇成本,并改善水质状况,实现碳增汇和富营养化缓解同步达成,利用工业排放CO₂极大提高水体固碳增汇效率,解决了一般技术中存在固碳增汇技术成本高、见效慢、推广困难和效果不显著的问题,从而达到提高水体碳汇量和缓解水体富营养化。

[0019] 2、有利于确保水体中有相当数量的初级生产者,实现对CO₂的充分利用。

[0020] 3、确保水体中有充足的CO₂满足光合作用碳需求,刺激光合作用,提高水生碳汇量。

附图说明

[0021] 图1是本发明实施例中所述的一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法流程示意图;

[0022] 图2是本发明实施例中所述的金鱼藻种植密度与生物量的关系示意图;

[0023] 图3是本发明实施例中所述的穗花狐尾藻种植密度与生物量的关系示意图;

[0024] 图4是本发明实施例中所述的伊乐藻种植密度与生物量关系示意图;

[0025] 图5是本发明实施例中所述的贵州草海沉水植物生物量与浮游植物生物量关系示意图;

[0026] 图6是本发明实施例中所述的DIC溶解无机碳与有机碳汇量的关系示意图;

- [0027] 图7是本发明实施例中所述的CO₂分压与叶绿素的关系示意图；
- [0028] 图8是本发明实施例中所述的CO₂与NO₃⁻的摩尔比与蓝藻或硅藻+绿藻的关系示意图；
- [0029] 图9是本发明实施例中所述的CO₂与PO₄³⁻的摩尔比与蓝藻或硅藻+绿藻的关系示意图；
- [0030] 图10是本发明实施例中所述的CO₂与NO₃⁻的摩尔比与沉水植物的关系示意图；
- [0031] 图11是本发明实施例中所述的CO₂与PO₄³⁻的摩尔比与沉水植物的关系示意图；

具体实施方式

- [0032] 下面结合附图对本发明的实施例进行详细说明。
- [0033] 实施例：
- [0034] 一种利用工业废气CO₂增加水体碳汇及缓解富营养化的方法，包括以下步骤：
- [0035] 步骤一：培植浮游和沉水植物共生的水生生态系统；
- [0036] 所述水生生态系统是指水生生物群落与水环境构成的生态系统；
- [0037] 步骤二：在步骤一中水生生态系统的水体中充入工业废气CO₂，使水生生态系统的水体中CO₂分压至少达到570ppm；
- [0038] 步骤三：根据所述步骤一中水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例，调整步骤二中CO₂的充入量和水生生态系统水体中的氮和磷的含量以及比例，使CO₂与NO₃⁻的摩尔比大于50，CO₂与PO₄³⁻的摩尔比大于3000；
- [0039] 步骤四：在进行步骤三的同时，进行调节浮游或沉水植物群落结构。
- [0040] 本发明充分利用成本较低的工业废气CO₂，将CO₂引入水生生态系统中，增加水体中的CO₂浓度，一方面，起到了CO₂施肥效应，刺激水体生产力，提高水生光合作用的碳汇量，具有重要的碳汇意义，为有效应对气候变化提供了一条经济、可行的增汇路径。另一方面，形成的高CO₂浓度，高C或N、C或P的水体环境有利于沉水植物的生长，延缓水体富营养化进程，既改善了水质条件又形成了具有景观价值的水生生态系统，水体CO₂既能促进水生光合生物的光合作用，增加水体碳汇量，又能调节水体营养元素比例，进而调控浮游或沉水植物群落结构，使水体中以沉水植物和浮游植物为主，浮游植物中以绿藻和硅藻为主，有利于缓解富营养化进程的发展，实现碳增汇和富营养化缓解同步达成的目标，缓解富营养化，通过增加碳汇，减少碳汇成本，并改善水质状况，实现碳增汇和富营养化缓解同步达成，利用工业排放CO₂极大提高水体固碳增汇效率，解决了一般技术中存在固碳增汇技术成本高、见效慢、推广困难和效果不显著的问题，从而达到提高水体碳汇量和缓解水体富营养化。
- [0041] 作为本发明进一步优选的是，所述步骤一包括选择沉水植物种类、控制沉水植物种植密度范围和控制浮游植物生物量；所述选择沉水植物种类为选择可以修复富营养化，可利用水体中HCO₃⁻，可利用CO₂的沉水植物；所述沉水植物种植密度范围控制为200~500株/m³；所述浮游植物生物量控制为10μg/L以下，有利于确保水体中有相当数量的初级生产者，实现对CO₂的充分利用。
- [0042] 作为本发明进一步优选的是，所述步骤二需要根据水体的覆盖面积、水深和流速，设置不同深度、位置和流量的CO₂的充入点；还需要根据每日气象条件中的气温、降雨、辐射强度和风速以及季节变化的情况，调节CO₂每日的充入时间，有利于确保水体中有充足的CO₂

满足光合作用碳需求,刺激光合作用,提高水生碳汇量。

[0043] 在本发明中需要培植浮游和沉水植物共生的水生生态系统,此步骤包括沉水植物种类、控制沉水植物种植密度范围和控制浮游植物生物量;

[0044] 沉水植物种类:选择以修复富营养化的典型沉水植物为主,同时又需满足可利用水体中 HCO_3^- 又能利用 CO_2 的沉水植物,以更好的实现对水体碳增汇和富营养化缓解。例如金鱼藻、穗花狐尾藻、眼子菜或轮叶黑藻;种植密度如表1 所示;

沉水植物	建议种植密度
金鱼藻	454株/ m^3
穗花狐尾藻	227株/ m^3
苦草	227株/ m^3

[0045] 表一

[0046] 控制沉水植物种植密度范围:本发明建议将沉水植物控制在200~500株/ m^3 。

[0047] 本发明中沉水植物是极为重要的水生初级生产者,是碳汇的重要来源之一,也是缓解富营养化的关键。将沉水植物控制在一定密度,有利于水体营养物质的利用,有助于水生生态系统的稳定,然而,若沉水植物种植密度过大,导致种群竞争激烈,反而不利于生态系统的稳定。应根据选择沉水植物种类确定沉水植物的密度如图2、图3和图4所示;

[0048] 控制浮游植物生物量:本发明建议将浮游植物控制在 $10\mu\text{g}/\text{L}$ 以下。

[0049] 在水生生态系统中,特别是浅水湖泊中,浮游与沉水植物往往是存在“此消彼长”相互抑制的关系,如发明申请人课题组在贵州草海发现的浮游与沉水植物的关系,如图5所示。过多的浮游植物将导致水体透明度下降,沉水植物退化,水生生态系统由清澈、沉水植物为主的湖泊向混浊、浮游植物为主的湖泊转化。因此,建议控制浮游密度在 $10\mu\text{g}/\text{L}$ 以下,以确保沉水植物的优势生长。

[0050] 本发明水生生态系统的水体中 CO_2 分压至少达到570ppm。

[0051] 本发明充入 CO_2 的目的主要为:

[0052] 刺激水生植物光合作用,达到提高水体碳汇的作用和改变沉水-浮游植物竞争优势,从而缓解富营养化的作用。

[0053] 在我们前期研究中,发现水体中溶解无机碳与有机碳汇量存在显著的正相关性,即DIC越多,有机碳汇量越大,如图6所示,这也是本发明核心机制。尽管目前还未对 CO_2 浓度条件进行优化,但从我们的前期实验和研究进展来看, CO_2 对水生生态系统初级生产力、生物量和有机碳含量均存在明显的施肥效应,考虑碳汇经济性,建议将水体 CO_2 应大于570ppm,如图7所示。

[0054] 本发明方法调整摩尔比 $\text{CO}_2/\text{NO}_3^- > 50$,摩尔比 $\text{CO}_2/\text{PO}_4^{3-} > 3000$,如图8到图 11所示,此条件有利于降低有害藻类蓝藻在浮游植物中的比例,并增加沉水植物生物量,从而有利于碳增汇和富营养化缓解。

[0055] 本发明方法利用的 CO_2 包括但不限于工业排放的 CO_2 ,还可来自任何直接或间接可能的增加水体 CO_2 的方法,如增加水体 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 并调节pH实现水体 CO_2 浓度的增加,又如调整土地利用类型增加土壤 CO_2 ,进而影响地下水以及地表水 CO_2 的方法等。

[0056] 以上所述实施例仅表达了本发明的具体实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员

来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

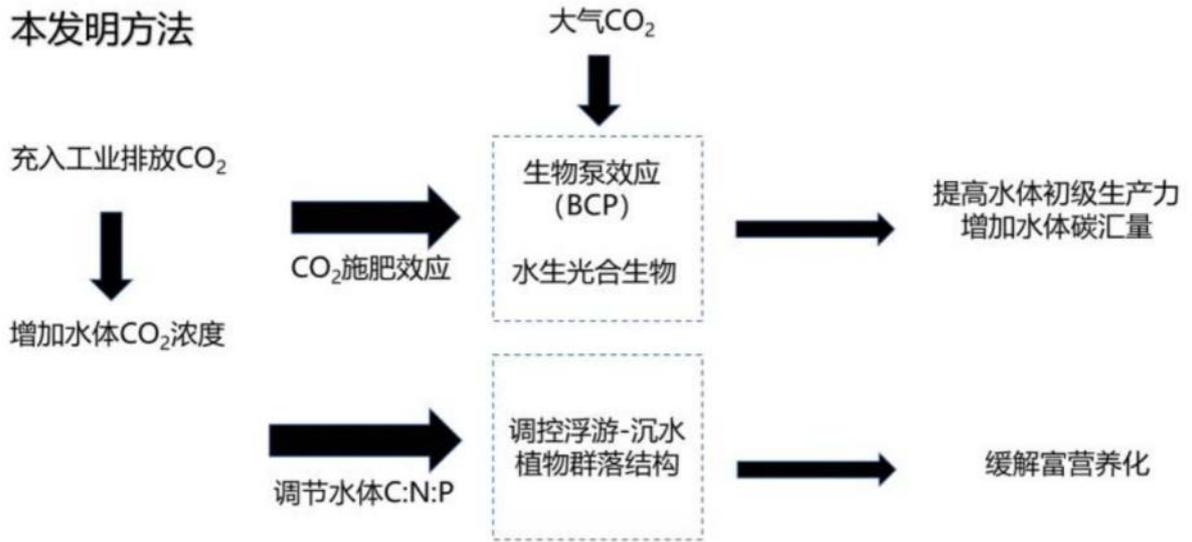


图1

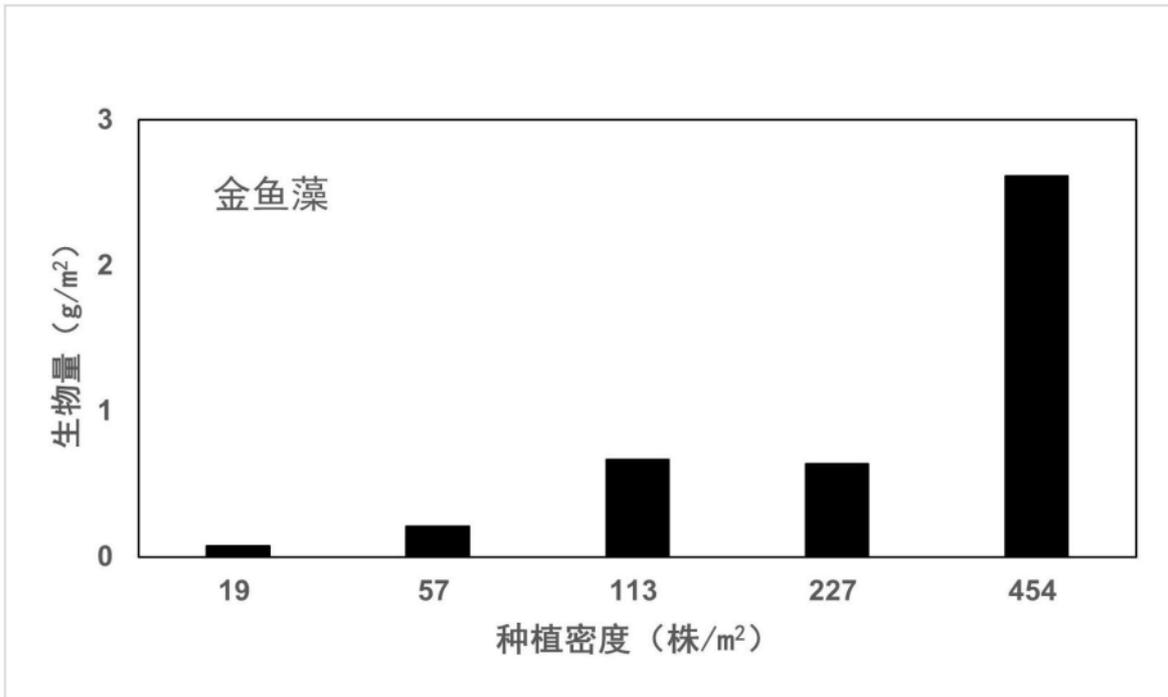


图2

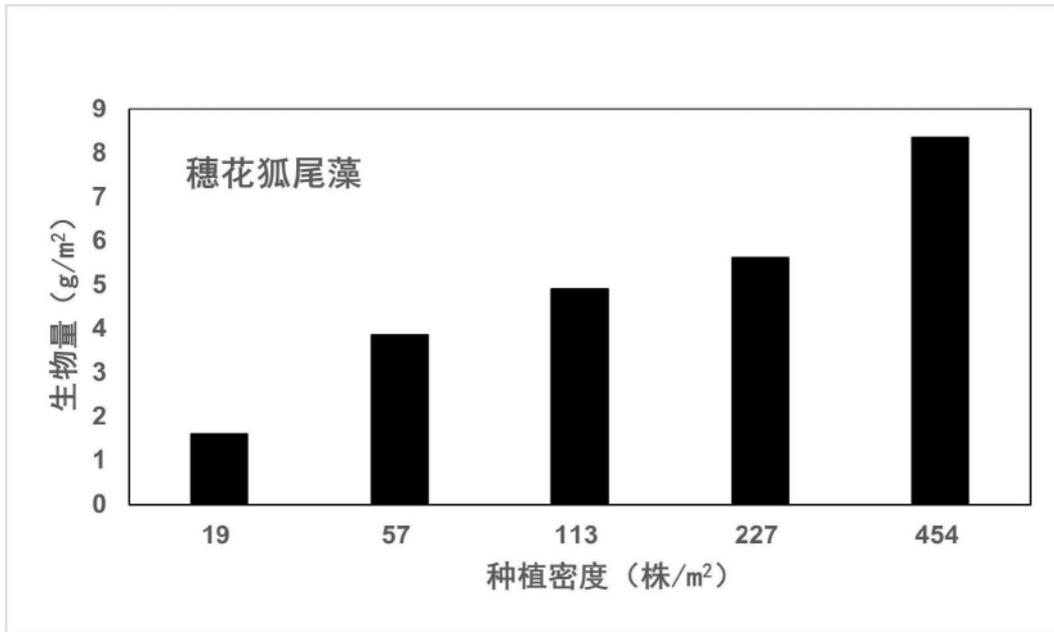


图3

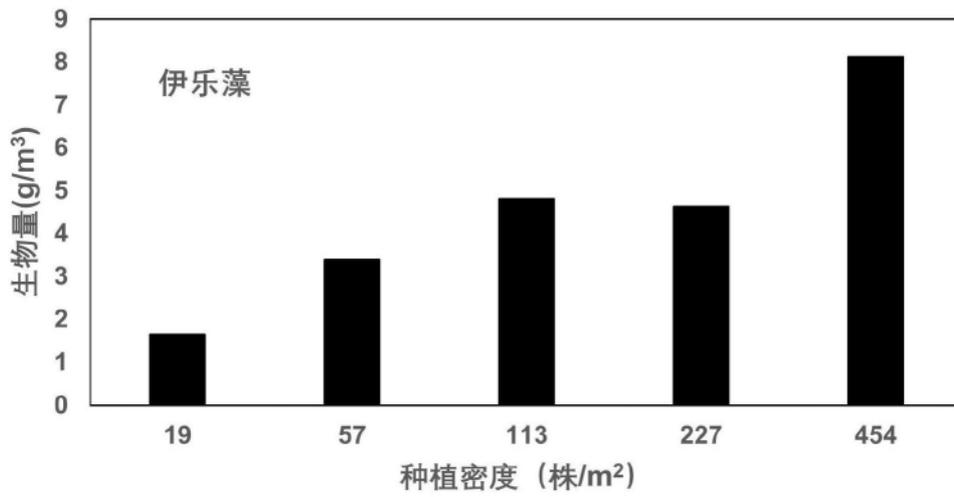


图4

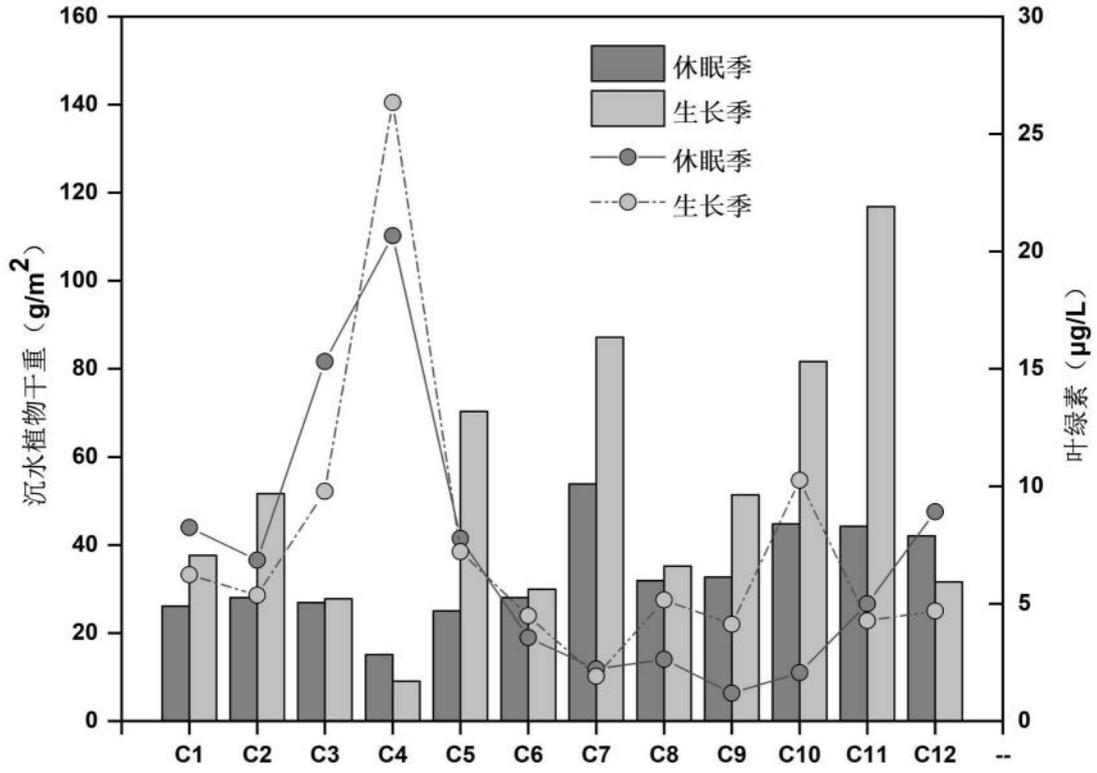


图5

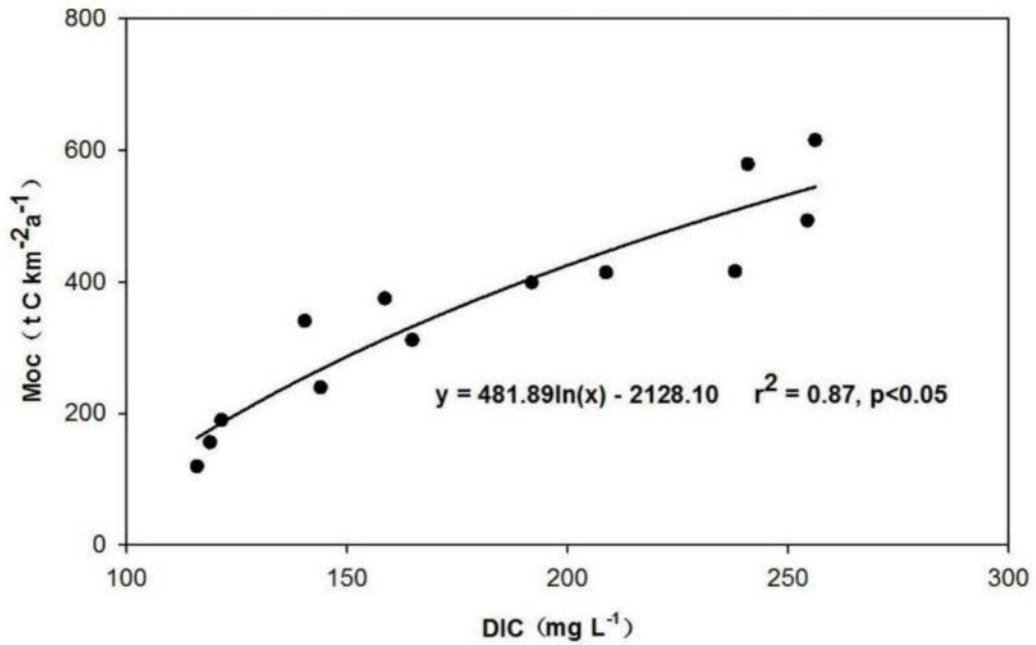


图6

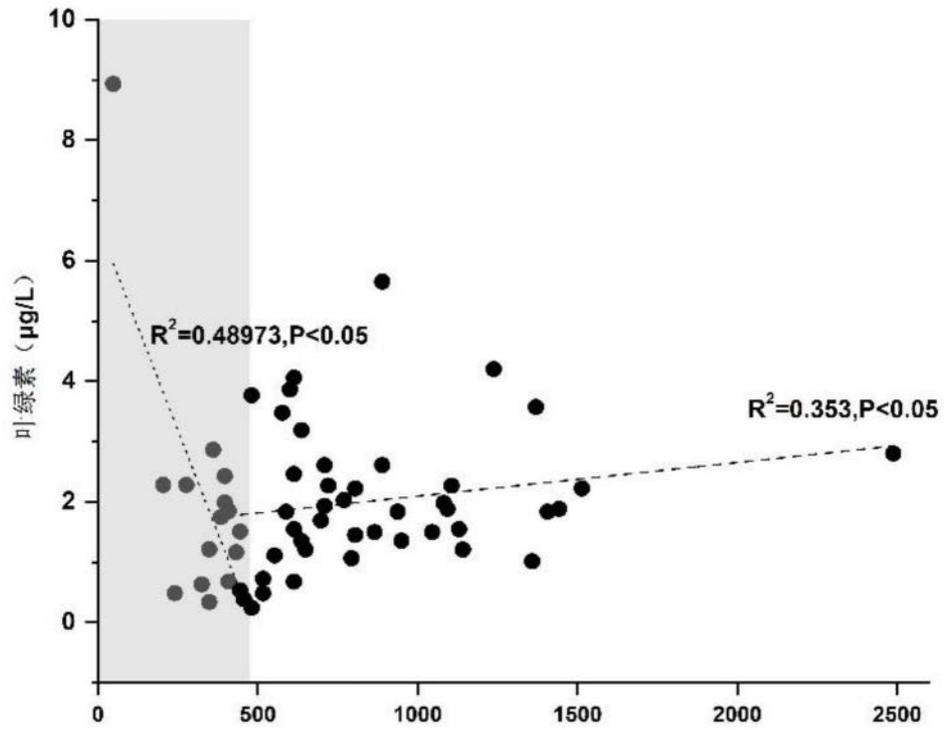


图7

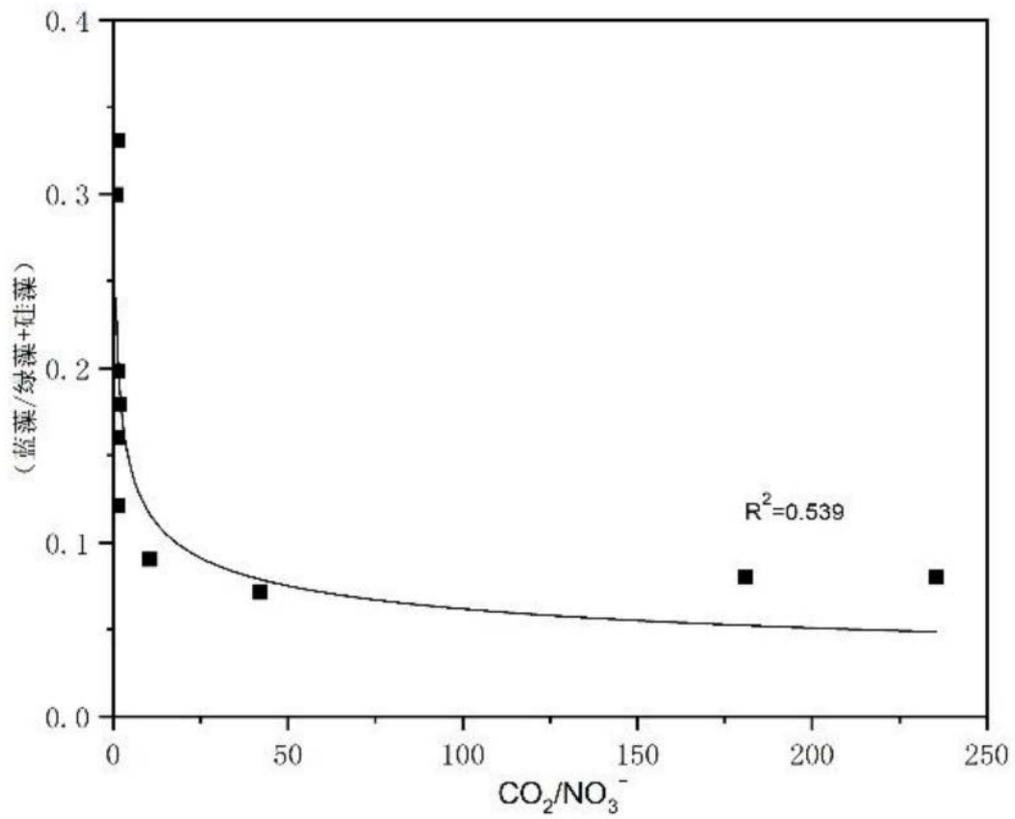


图8

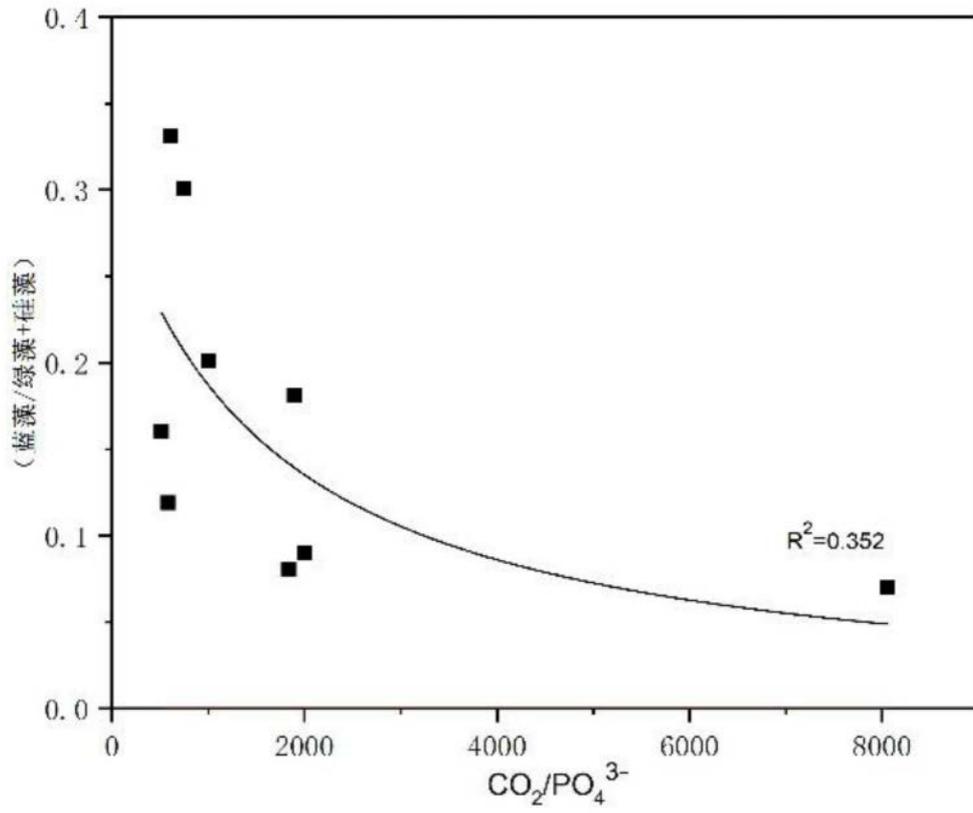


图9

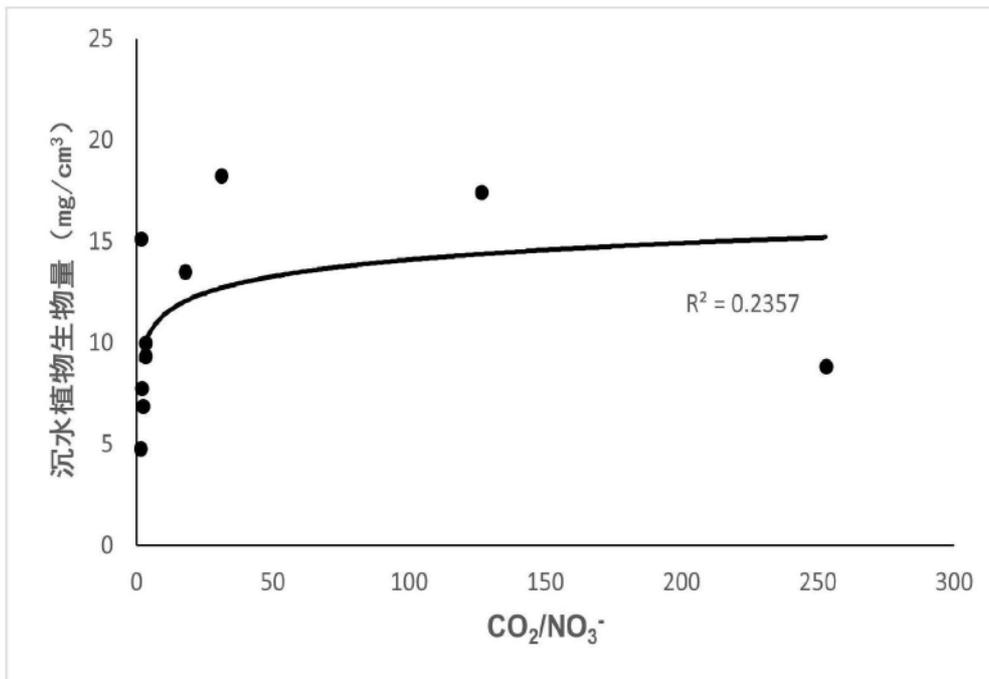


图10

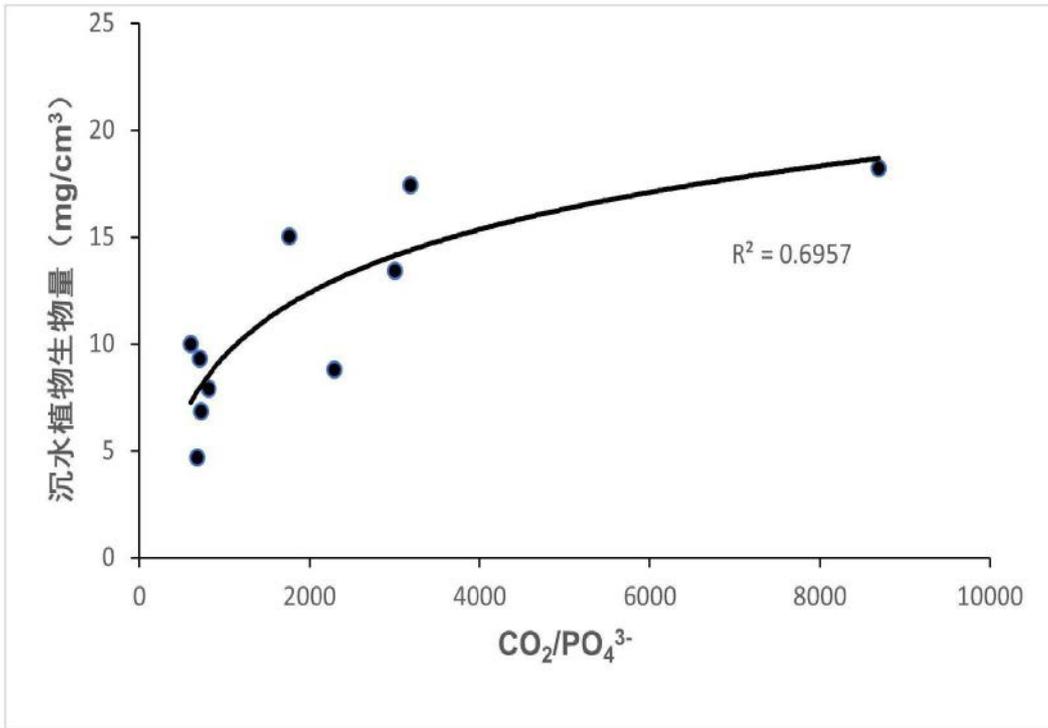


图11