



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 106916723 B

(45)授权公告日 2019.11.26

(21)申请号 201511001157.7

C12R 1/89(2006.01)

(22)申请日 2015.12.28

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106916723 A

CN 102224236 A,2011.10.19,

CN 2257291 Y,1997.07.02,

CN 204550578 U,2015.08.12,

(43)申请公布日 2017.07.04

CN 104893978 A,2015.09.09,

(73)专利权人 国投生物科技投资有限公司

CN 102296022 A,2011.12.28,

地址 100034 北京市西城区西直门南小街
147号

CN 102482634 A,2012.05.30,

Sushanta Kumar Saha等.Effect of

(72)发明人 胡强 李晓旭 韩丹翔

various stress-regulatory factors on

biomass and lipid production in microalga

(74)专利代理机构 北京永新同创知识产权代理
有限公司 11376

Haematococcus pluvialis.《Bioresource

Technology》.2012,第128卷第118-124页.

代理人 栾星明 程大军

审查员 马妍妍

(51)Int.Cl.

C12M 1/00(2006.01)

C12N 1/12(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种雨生红球藻培养方法及培养装置

(57)摘要

本申请涉及微藻工业应用领域,具体而言,涉及一种雨生红球藻培养方法及培养装置。更具体而言,本申请公开了一种层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述层叠式薄板雨生红球藻培养装置包括在竖直方向上层叠布置的多个薄板,所述多个薄板被支撑使得相邻的薄板之间间隔一预定距离,各薄板沿水平方向延伸,具有相反的上表面和下表面,并且在外围设有从相应薄板的上表面向上延伸的围堰部,各薄板的上表面和围堰部的内表面形成用于容纳雨生红球藻培养液的空间,其中所述围堰部高出相应薄板的上表面1.5mm-4.5mm。

1. 一种层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述层叠式薄板雨生红球藻培养装置包括在竖直方向上层叠布置的多个薄板,所述多个薄板被支撑使得相邻的薄板之间间隔一预定距离,各薄板沿水平方向延伸,具有相反的上表面和下表面,并且在外围设有从相应薄板的上表面向上延伸的围堰部,各薄板的上表面和围堰部的内表面形成用于容纳雨生红球藻培养液的空间,其中所述围堰部高出相应薄板的上表面1.5mm-4.5mm,其中各薄板之间的间距相同或不同。

2. 权利要求1的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,上下方向相邻的薄板之间设置多个支撑柱,所述支撑柱用于支撑上面的薄板。

3. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述围堰部与相应薄板一体地形成,或者单独形成之后被附接到相应薄板。

4. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述支撑柱与相应薄板一体地形成,或者单独形成之后被附接到相应薄板的下表面。

5. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述围堰部相对于相应薄板的上表面成大于或等于90度的倾角。

6. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述围堰部由与薄板相同或不同的材料制成,和/或所述支撑柱由与薄板相同或不同的材料制成。

7. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述支撑柱是具有圆形、长方形或方形横截面的柱或管的形式。

8. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述薄板由透光的玻璃或透光率高的塑料制成。

9. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述薄板由下述材料之一制成:玻璃,GPPS,透明ABS,AS(苯乙烯丙烯腈),PVC、PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯),PC(聚碳酸酯),PS(聚苯乙烯)。

10. 权利要求1的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述薄板由平板玻璃制成,并且所述围堰部是附接到薄板的胶条。

11. 权利要求10的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其中所述胶条为透明胶条。

12. 权利要求1的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述薄板由有机材料制成,并且所述围堰部与薄板一体成型。

13. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,相邻薄板之间的间距为4.5mm-9.5mm或10.5mm-15.5mm。

14. 权利要求1或2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述薄板的规格为长度12cm×宽度6cm。

15. 权利要求2的层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其特征是,所述支撑柱上形成光能够透过的孔。

16. 一种雨生红球藻培养方法,其中包括在厚度为0.5mm-2.5mm的薄层液体培养基中静态培养所述雨生红球藻,其中雨生红球藻培养在权利要求1-15中任一项的层叠式薄板雨生红球藻培养装置中进行。

17. 权利要求16的方法,其中所述雨生红球藻是雨生红球藻K-0084藻株。

18. 权利要求16或17的方法,其中所述培养在20-30℃下进行。

19. 权利要求16或17的方法,其中所述培养在 $1-600\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强下进行。
20. 权利要求16或17的方法,其中所述培养基是BG11培养基。
21. 权利要求16或17的方法,其中所述培养在80-99%的湿度下进行。
22. 权利要求16或17的方法,其中雨生红球藻的初始接种的密度是 $0.1-0.30D_{750}$ 。
23. 权利要求16的方法,其中多个层叠式薄板雨生红球藻培养装置在水平方向被布置成阵列,其中在阵列的一侧布置有光源。

一种雨生红球藻培养方法及培养装置

发明领域

[0001] 本申请涉及微藻工业应用领域,具体而言,涉及一种雨生红球藻 (*Haematococcus pluvialis*) 培养方法及培养装置。

[0002] 发明背景

[0003] 虾青素已经被证实可以提高机体免疫力,防止紫外线 (UV-A) 对细胞的损伤,抑制癌细胞生长,延滞衰老过程,预防心血管疾病,因此具有巨大的医疗应用前景 (Han D, Li Y, Hu Q. *Astaxanthin in microalgae: pathways, functions and biotechnological implications*. *Algae*, 2013, 28: 131-147)。另外,虾青素也是大马哈鱼 (Salmon) 的色素的主要成份。对于人工养殖的大马哈鱼等,需要在饲料中添加虾青素以保证鱼肉的鲜红色泽。随着这类经济水产动物养殖业的迅速发展,市场对虾青素的需求量也迅速增长。2013年,虾青素作为鱼饲料添加剂的销售额已达五亿美元。

[0004] 雨生红球藻是天然虾青素含量最高的生物,在特定条件下,虾青素含量可占雨生红球藻细胞干重的1%-3%以上,因此雨生红球藻被认为是天然虾青素最好的生物来源。

[0005] 目前培养雨生红球藻的方法主要采用液体浸没法,典型的代表有开放式跑道池以及平板式、管道式、立柱式等其他的透明容器等构成的封闭式光生物反应器。浸没法是将藻浸没在大量的培养基中,通过搅拌机或循环设备或鼓泡设备使培养基持续处于运动状态,使每个藻细胞可均匀地接受光照和吸收CO₂。然而,这些培养方法和培养装置具有能耗大、细胞密度低(细胞干重得率不足1g/L)、污染源内部传播速度快、光利用效率低、占用空间大、用水量大、单位体积空间产率低等缺点。

[0006] 现有的另一种雨生红球藻培养方法是半干法,即将藻附着在片状吸水性材料表面,通过给这些吸水性材料供给培养液,使附着的藻类似青苔一样生长。这些吸水性材料可以一定间距竖直悬挂,并在侧向放置一光墙以提供光照。半干法的好处是无需搅拌培养液,相对浸没法能够节省能耗;占用空间小,在一个单位空间内可以挂许多片状吸水性材料;且藻细胞附着于吸水性材料表面,可直接利用空气中的CO₂,无需人工通入CO₂。然而,半干法的吸水材料(如帆布、棉布等)表面非常容易长霉。这是因为霉菌的生长环境与吸水性材料膜片所在的环境非常吻合,霉的生长速度甚至超过藻的速度。一旦染上霉菌,整块吸水性材料都会会在一段时间内发生变质变性甚至腐烂破碎。目前没有对藻无毒害残留的霉菌处理方法。此外,半干法培养方式需要连续或间断地将培养液泵到吸水性材料顶端往下喷洒,也有不小的能耗需求。

[0007] 因此,本领域仍然需要新的雨生红球藻培养方法和装置。

发明内容

[0008] 在一方面,本发明提供了一种层叠式薄板雨生红球藻培养装置,包括在竖直方向上层叠布置的多个薄板,所述多个薄板被支撑使得相邻的薄板之间间隔一预定距离,各薄板沿水平方向延伸,具有相反的上表面和下表面,并且在外围设有从相应薄板的上表面向上延伸的围堰部,各薄板的上表面和围堰部的内表面形成用于容纳雨生红球藻培养液的空

间,其中,所述围堰部高出相应薄板的上表面1.5mm-4.5mm。

[0009] 在一些实施方式中,上下方向相邻的薄板之间设置多个支撑柱,所述支撑柱用于支撑上面的薄板。

[0010] 在一些实施方式中,所述围堰部与相应薄板一体地形成,或者单独形成之后被附接到相应薄板。

[0011] 在一些实施方式中,所述支撑柱与相应薄板一体地形成,或者单独形成之后被附接到相应薄板的下表面。

[0012] 在一些实施方式中,所述围堰部相对于相应薄板的上表面成大于或等于90度的倾角。

[0013] 在一些实施方式中,所述围堰部由与薄板相同或不同的材料制成,和/或所述支撑柱由与薄板相同或不同的材料制成。

[0014] 在一些实施方式中,所述支撑柱是具有圆形、长方形或方形横截面的柱或管的形式。

[0015] 在一些实施方式中,所述薄板由透光的玻璃或透光率高的塑料制成。

[0016] 在一些实施方式中,所述薄板由下述材料之一制成:玻璃,GPPS,透明ABS,AS(苯乙烯丙烯腈),PVC、PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯),PC(聚碳酸酯),PS(聚苯乙烯)。

[0017] 在一些实施方式中,所述薄板由平板玻璃制成,并且所述围堰部是附接到薄板的胶条,优选为透明胶条,即在该平板玻璃的四周粘接一圈透明胶条形成一个培养液的容纳空间。

[0018] 在一些实施方式中,所述薄板由有机材料制成,并且所述围堰部与薄板一体成型。

[0019] 在一些实施方式中,上下方向各薄板之间的间距相同或不同。

[0020] 在一些实施方式中,相邻薄板之间的间距为4.5-9.5mm或10.5mm-15.5mm。

[0021] 在一些实施方式中,所述薄板的规格为长度12cm×宽度6cm。

[0022] 在一些实施方式中,所述支撑柱上形成光能够透过的孔。

[0023] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养装置的侧面设置有光源。

[0024] 在另一方面,本发明提供了一种雨生红球藻培养方法,其中包括在厚度为0.5mm-2.5mm的薄层液体培养基静态培养所述雨生红球藻。在一些实施方式中,所述雨生红球藻是雨生红球藻K-0084藻株。

[0025] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中使用的环境温度为22-28℃。

[0026] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中使用的光强为 $1-600\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

[0027] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中使用的培养基是BG11培养基。

[0028] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中的环境湿度范围是80-99%。

[0029] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中雨生红球藻初始接种的密度是 $0.1-0.30D_{750}$ 。

[0030] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养在本发明的层叠式薄板雨生红球藻培养装置中进行。在一些实施方式中,多个层叠式薄板雨生红球藻培养装置可以在水平方向被布置成阵列,其中在阵列的一侧布置有光源。

[0031] 附图简述

[0032] 图1是根据本发明优选实施例的层叠式薄板雨生红球藻培养装置的立体图;

[0033] 图2是图1的正视图;以及

[0034] 图3是沿图2中A-A的剖视图。

[0035] 图4A是本发明装置阵列的俯视图,其中左侧设置 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的光源,沿光线传播方向设置10排本发明的装置。

[0036] 图4B是传统平板容器型反应器的俯视图,其中左侧设置 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的光源。

[0037] 图5示出不同支撑柱高度下本发明装置阵列各排培养基表面的光强值和最终收获的雨生红球藻生物量。

[0038] 图6示出不同支撑柱高度下雨生红球藻的单位面积光源产率。

[0039] 发明详述

[0040] 本发明提供了一种雨生红球藻培养方法,其中包括在厚度为 0.5mm – 2.5mm 的薄层液体培养基静态培养所述雨生红球藻。在一些实施方式中,所述雨生红球藻是雨生红球藻K-0084藻株,其获得自丹麦哥本哈根大学的Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa。

[0041] 由于本发明的方法中培养基的厚度足够小(0.5mm – 2.5mm),因此不需要搅拌混合等均质化操作,仍然能够保证培养液内的雨生红球藻细胞可以较为均匀地获得光照(在光线向水下传递的有效距离内)。并且通过使用本发明所述的培养基厚度(0.5mm – 2.5mm),使得雨生红球藻细胞能够通过气体交换从培养液的液面直接获得光合作用所需要的 CO_2 并排放对光合作用产生抑制的 O_2 ,因此不需要向培养液进行通气操作。

[0042] 藻体收获和干燥是藻类培养的重要步骤,其能耗大,效率低。然而,根据本发明的方法,使用薄层液体培养基静态培养雨生红球藻,在藻生长至成熟的时候(一般大约8–10天),培养基通常也接近完全消耗。此时,细胞干重已达较高比值,非常有利于藻体收获、干燥。在本发明的培养基厚度范围内(0.5mm – 2.5mm),可以根据雨生红球藻接种量、光强、湿度和温度等因素对培养基的厚度进一步进行调整,使得培养基的量恰好可供藻生长到成熟期而不会有过多的富余。此外,由于藻体一直处于薄层培养液中,较不易生霉菌。

[0043] 本发明的方法中所使用的培养基厚度可以为大约 0.5mm 、大约 0.7mm 、大约 0.9mm 、大约 1mm 、大约 1.5mm 、大约 2mm 、大约 2.5mm ,或所述任意值之间的范围。

[0044] 在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养方法中使用的温度为 22 – 28°C 。在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中使用的光强为 1 – $600\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中使用的培养基是BG11培养基。在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中的环境湿度范围是 80 – 99% 。在一些实施方式中,所述雨生红球藻培养中雨生红球藻初始接种的密度是 0.1 – 0.30D_{750} ,其中 OD_{750} 是 750nm 波长下测定的吸光度。 0.1 – 0.30D_{750} 对应初始接种生物量 $0.16\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ – $0.54\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

[0045] 本发明的雨生红球藻培养方法采用薄层静态培养的方式,其实质是介于浸没法和半干法之间的一种新型雨生红球藻培养方法,如上所述,具有节约能耗,降低培养成本,减少霉菌污染风险的优势。

[0046] 在另一方面,本发明还提供了一种层叠式薄板雨生红球藻培养装置,其包括在竖直方向上层叠且呈预定间距布置的多个薄板,所述多个薄板沿水平方向延伸,每个薄板具有用于放置雨生红球藻培养液的上表面和相反的下表面,每个薄板的外围设有从相应薄板伸出的倾斜于相应薄板的上表面向上延伸的围堰部,所述围堰部高出相应薄板的上表面

1.5mm-4.5mm。

[0047] 图1至3示出了根据本发明优选实施例的层叠式薄板雨生红球藻培养装置100。

[0048] 从图中可以看出,层叠式薄板雨生红球藻培养装置100包括在竖直方向上层叠布置的多个薄板20和位于相邻的薄板之间的多个支撑柱40。各薄板20沿水平方向延伸,并且具有用于放置雨生红球藻培养液的上表面22和相反的下表面24。每个薄板20的外围设有从相应薄板20伸出的倾斜于相应薄板20的上表面22向上延伸的围堰部26。

[0049] 各薄板20形成培养装置的培养板,即,各薄板20的上表面22、薄板20的围堰部26的内表面限定盛纳雨生红球藻培养液的空间30。

[0050] 形成培养装置的薄板20可采用由玻璃材料或有机材料制成的透明平板。相对于管状的、槽状的、或罐状的培养装置而言,根据本发明的由平板构成的雨生红球藻培养装置加工制造简单、成本低,而且能够做到单个培养板的培养面积较大,厚度也可以相对较薄,透明度可以更高。所述薄板的长度例如可以是10cm-10m,宽度例如可以是5cm-1m。一些实施方式中,所述薄板的规格为长度12cm×宽度6cm。

[0051] 各薄板20在竖直方向上层叠布置,使结构集成化,单位占地空间的有效培养面积最大化。

[0052] 由于各薄板20的材料为透明度高的材质,在雨生红球藻的培养初期,由于各薄板20上的雨生红球藻还未形成深色的生物膜,故来自外部的光可以透过各层薄板20上表面达到相邻的下层薄板的培养液面上,同样也可以从各层薄板20的下表面到达上层薄板的培养液面上,光照效率较高。光源从薄板20的上表面直接照射上面的藻细胞并且透过薄板20而照射到在下面的薄板20的上表面22上培养的细胞,所以受光面积大,光利用效率非常高。

[0053] 利用本结构的雨生红球藻培养装置,使用的水体少,所以雨生红球藻的培养无需搅拌,节省能耗。另外,由于水量少,收获时可以减少工序因而降低收获成本。因而,利用本结构的雨生红球藻培养装置培养雨生红球藻为静止培养,培养过程中无需输送气体或提供搅拌动力,又能很好地获得光照。

[0054] 根据本发明,各薄板20的围堰部26可以与薄板20一体形成,也可以单独形成之后附接到薄板20。

[0055] 在薄板20由玻璃材料制成时,围堰部26可以是粘接到薄板20外围的一圈胶条,优选透明胶条。对于有机材料的薄板20来说,围堰部26可以与薄板20一体成型。

[0056] 形成薄板20的材料可以为玻璃或透光率高的塑料,如GPPS,透明ABS,AS(苯乙烯丙烯腈),PVC、PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯),PC(聚碳酸酯),PS(聚苯乙烯)等。形成围堰部26的材料可以是与薄板20相同的材料,也可以用其它透明材料,如胶条、玻璃胶等。

[0057] 围堰部26与薄板20的上表面22成大于或等于90度的角度,以便于在上表面22上培养的雨生红球藻被以高压水/气吹出至薄板20外,从而实现雨生红球藻的收获;较佳地是围堰部26与薄板20的上表面22成大于90度的角度并且在两者结合处之间形成圆角,防止形成收获死角或清洁死角。可选地,所述围堰部26高出相应薄板20的上表面22的距离为1.5mm、2.5mm、3.5mm、4.5mm,或上述任意值之间的范围。例如,所述距离可以是1.5mm-4.5mm。

[0058] 各薄板20之间的间距(相邻两个薄板下表面之间垂直距离,或相邻两个薄板上表面之间垂直距离)根据光源布置、雨生红球藻的培养和收获要求来确定。例如,各薄板20之间的间距为4.5mm、5.5mm、6.5mm、7.5mm、8.5mm、9.5mm、10.5mm、11.5mm、12.5mm、13.5mm、

14.5mm或15.5mm,或上述任意值之间的范围,例如4.5–9.5mm或10.5mm–15.5mm。

[0059] 支撑柱40的形状、材料、数量、间距以及布置方式可以没限制,只需支撑柱40具有一定强度,足够支撑在上面堆叠的薄板20及其上表面22上的培养液。优选地,支撑柱40采用透明材质,如玻璃、亚克力、PC等材质。支撑柱40可具有任何适宜的形状,包括但不限于圆柱形、圆管形、方形、长条形等。

[0060] 在图示实施例中,支撑柱40被成排布置。另外可选地,支撑柱40上设置有用于使光能够透过的孔。

[0061] 对于玻璃薄板20而言,支撑柱40可以用玻璃柱,也可以是非玻璃柱。支撑柱40可以与上面和下面的薄板20都分离,也可以粘接于上面薄板20的下表面24。

[0062] 对于由有机透明材料制成的薄板20而言,支撑柱40可以与薄板20一体成型。

[0063] 本发明的层叠式薄板雨生红球藻培养装置还可进一步设置能够向各薄板20补充培养液的培养液滴注装置50,培养液滴注装置50在图3中示意性地示出了,以及可选地,可配置测量各薄板20的精准液位的液位监测器(未示出)。另外在图3中示出了光源60。光源可以布置在本发明层叠式薄板雨生红球藻培养装置一侧。

[0064] 另外可选地,本发明的层叠式薄板雨生红球藻培养装置可还包括将层叠式薄板雨生红球藻培养装置包封起来的透光膜罩,为其内部的层叠式薄板雨生红球藻培养装置提供恒定温度、空气湿度的氛围。这可以减少水分的蒸发,给雨生红球藻的培养创造最为适宜的生长条件,如此可在雨生红球藻的培养周期内,无需再补充供应培养液。

[0065] 除了上述示例的层叠式薄板雨生红球藻培养装置外,所述各薄板20还可分别放置在具有数根横杆的支架上,通过该支架来分散各薄板20以及培养液的重力;同样可以达到与前述实例相同的技术效果。

[0066] 本发明前述的雨生红球藻培养方法可以在本发明的层叠式薄板雨生红球藻培养装置中进行,使得可以规模化,低成本地培养雨生红球藻。

[0067] 在所述雨生红球藻培养方法一些实施方式中,多个层叠式薄板雨生红球藻培养装置可以在水平方向被布置成阵列。在一些实施方式中,其中在阵列的一侧布置有光源。多个培养装置水平布置成阵列,由于围堰部将各薄板隔开,可以使得培养中可能出现的污染被限制在较小的范围。

[0068] 使用本发明的培养装置对雨生红球藻进行高密度层叠培养,由于每层之间具有间隙,可供光线传播至较远的距离,因此,在光线可及的范围内都能用来培养雨生红球藻。因此直接增大了单位面积光源的生物物质产量,大大提高了光能利用率。

[0069] 使用本发明的装置培养雨生红球藻,假定层间距为4.9mm–11.9mm,培养液厚度为0.5mm–2.5mm,那么在1m高度空间下可以叠起84–204层。若在每一层薄板的围堰内培养雨生红球藻,则1m高度范围内能够养殖的生物量相当可观。在本发明如下实施例中可达到细胞干重416g/m³,净增长量达到309g/m³,单位光源面积净产率达29.4–30.9g/m²/d,单位质量的雨生红球藻的能耗仅为约213–405kJ/g。

实施例

[0070] 为了进一步显示本发明的培养方法和培养装置的有益技术效果,以下实施例对“单位体积产量”“单位面积光源净产率”“单位质量藻粉能耗”“单位质量藻粉耗水量”等因

素进行了考察。

[0071] 实验组：

[0072] 采用布置成阵列的本发明的培养装置培养雨生红球藻K-0084藻株(也命名为CW316)。该阵列俯视图见图4A。

[0073] 左侧为长度为1m、高度为1m的光源,光强 $600\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。右侧为若干本发明培养装置组成的阵列。与光源垂直的方向上布置了10排培养装置。其中,每个薄板(玻璃板)规格为 $120\text{mm} \times 60\text{mm}$,层间距分别是11.9mm、6.8mm和4.9mm,在垂直方向上层叠至1m。围堰的高度为大约1.5mm。每个薄板都铺满雨生红球藻培养液。每个薄板表面可容纳的藻液量为大约10ml。环境温度控制25度左右,相对湿度80%-99%。每个薄板上的初始接种 $\text{OD}_{750}=0.2$,对应接种量 $0.35\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。培养在完全遮蔽自然光的环境中进行,排除自然光干扰。

[0074] 经光强检测仪检测,从距离灯源最远的第10排至最近的第1排培养装置中培养基表面的光强示于图5。从图5可以看出,由于层叠的薄板之间有支撑柱,层与层之间存在大量细小的间距,光线可以通过层间的间隙往远侧连续传递过去,越远的地方光强越弱。图5各幅图中从左到右依次是第10排、第9排……第1排培养基表面的光强值和各排最终收获的雨生红球藻生物量。

[0075] 而经观察,第1排的玻璃薄板由于接近光源,生长状况最好,越远离光源灯板生长状况越差,第10排的生长情况最差。待培养大约6天之后进行收获,统计各排雨生红球藻总生物量,生长情况如图5所示。从中可以看的是,第10排的雨生红球藻虽然生长情况较差,但依然可以获得光源并生长。与光源垂直的方向上布置的排数可以根据光源强度进行调整以获得合适的雨生红球藻生长。

[0076] 对照组：

[0077] 完全遮蔽自然光的环境中进行使用传统平板容器型反应器(金鱼缸式反应器)的雨生红球藻培养。如图4B的俯视图所示, 1m^2 的光源照射传统的平板容器型反应器的一个侧面,平板容器侧面为 1m^2 ,容器宽度为5cm。传统平板容器型反应器需要搅拌和专门的 CO_2 高压罐供气。

[0078] 光线穿过5cm藻液后的光强测定几乎为0,光线无法进一步传播,导致 1m^2 的光源仅能供照射一排平板型容器内的雨生红球藻生长。平板容器的容积为 $1\text{m}^2 \times 0.05\text{m} = 50\text{L}$ 。

[0079] 结果比较：

[0080] 如上所述使用本发明的层叠式薄板雨生红球藻培养装置与传统的平板容器型反应器培养雨生红球藻的结果总结如下表1(均以 1m^2 光源为参考对象)：

[0081] 表1

[0082]

	本发明	平板式光生物反应器
单位体积产量	1.01g/L	0.73g/L
单位面积光源净产率	29.4-30.9g/m ² /d	3.65-7.25g/m ² /d
单位质量藻粉耗水量	0.99L/g	1.37L/g
单位质量藻粉能耗	213-405kJ/g	1717kJ/g

[0083] 图6显示在层间距为11.9mm、6.8mm、4.9mm时使用本发明的装置的单位面积光源产率分别为10.83g/m²/d,15.44g/m²/d,19.46g/m²/d。可见使用本发明的培养装置,上述层间

距下,单位面积的产率高于传统的平板型容器。不过如果间距过小,藻液易粘连上一层的玻璃薄板,影响雨生红球藻的生长,合适的间距应不小于4.5mm。

[0084] 可见,本发明的雨生红球藻培养方法和装置显著优于现有技术的方法和装置。此外,本发明培养方法和装置是以静态的方式培养,期间无需供高压CO₂实现气浮式搅拌,也无需循环泵、搅拌桨等设备,进一步减少了能耗。另外,本发明使用薄层培养,收获的雨生红球藻已处于半湿状态,进一步减少了浓缩干燥的能耗。

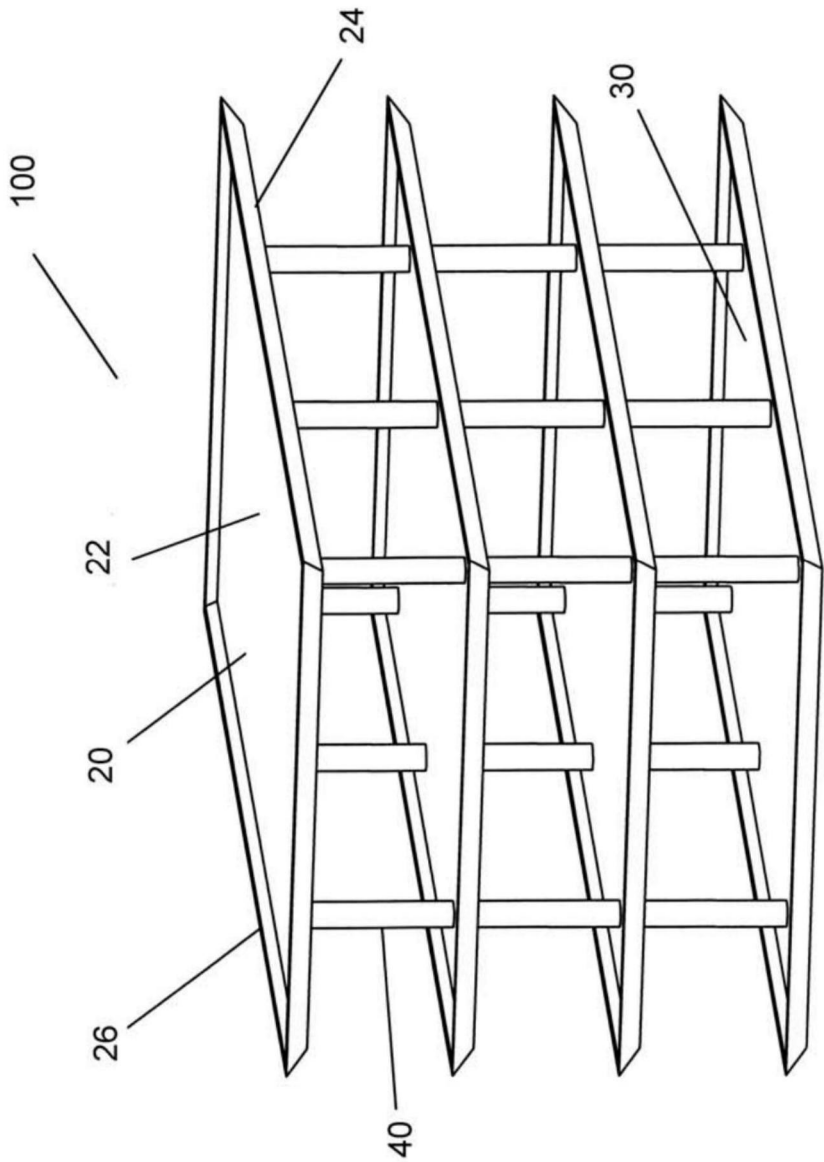


图1

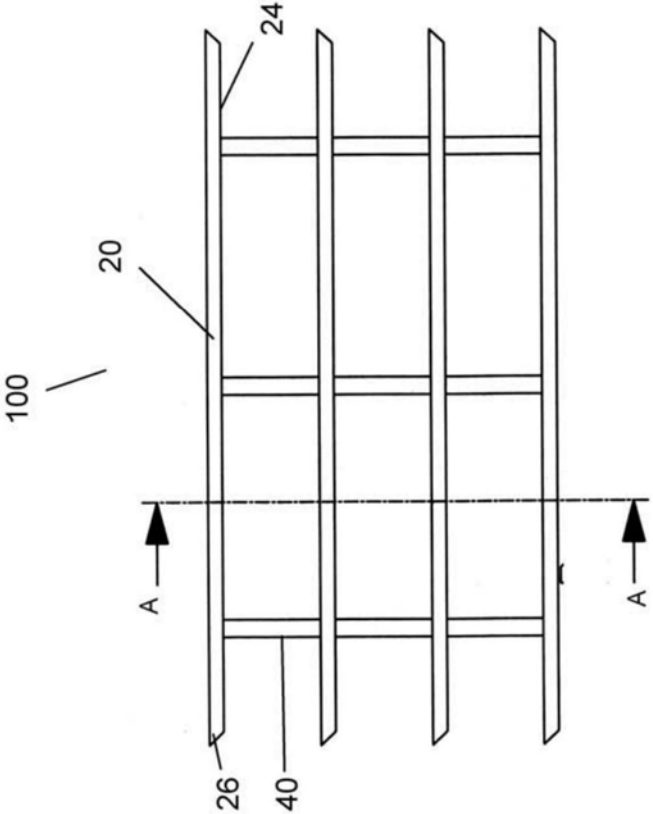


图2

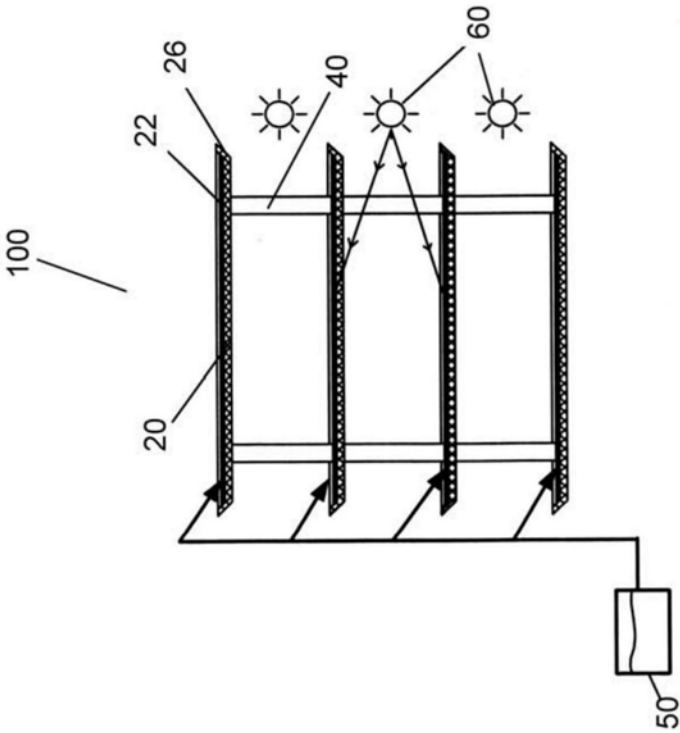


图3

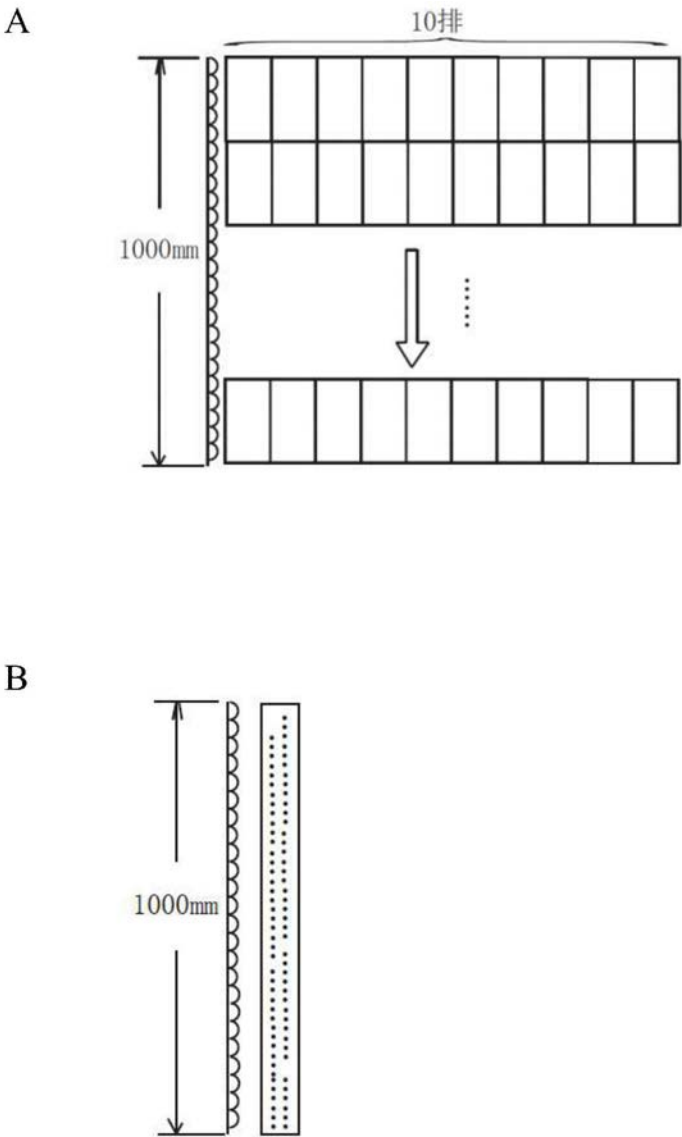


图4

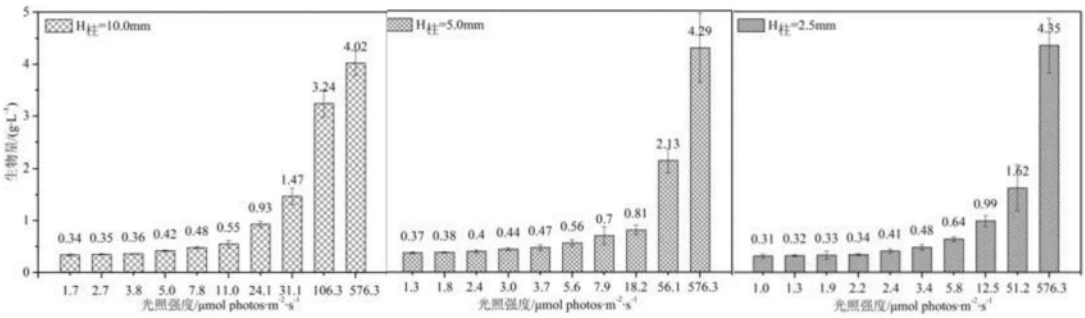


图5

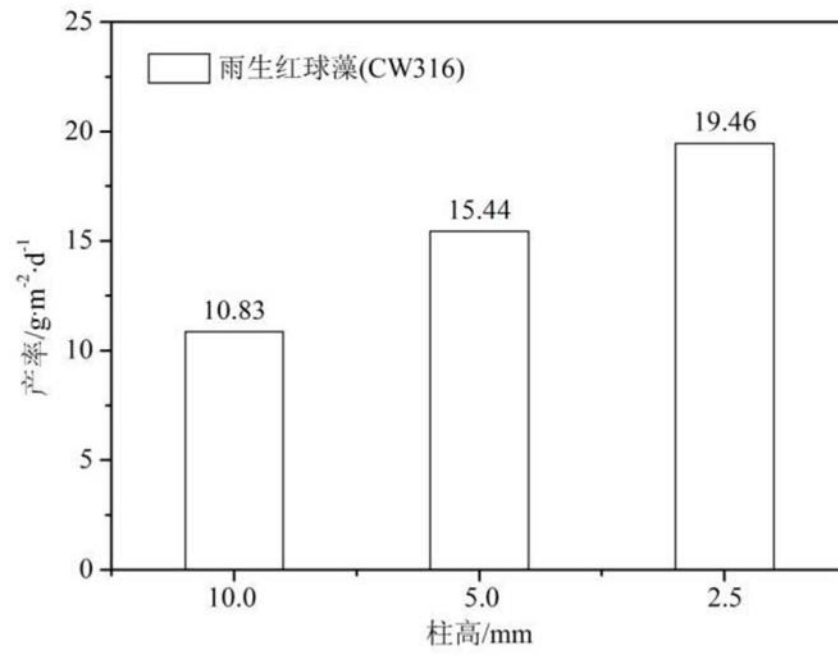


图6