(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203683528 U
(45)授权公告日 2014.07.02

(21)申请号 201420050209.4

(22)申请日 2014.01.26

(73)专利权人 武汉凯迪工程技术研究总院有限公司
地址 430223 湖北省武汉市江夏区庙山开发区江夏大道特一号

(72)发明人 龚豪 罗志相 赵亮

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
代理人 唐万荣

(51)Int.Cl.
C12M 1/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

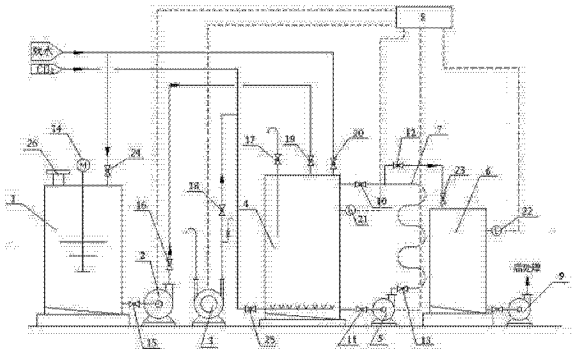
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)实用新型名称

微藻高密度连续培养装置

(57)摘要

本实用新型属于微藻生物技术领域，具体涉及一种微藻高密度连续培养装置。本实用新型装置包括光生物反应器循环单元、营养液补料单元、通气补碳单元、及微藻采收单元。利用本实用新型所述装置进行微藻高密度连续培养的方法包括如下步骤：(1)微藻接种；(2)微藻增殖；(3)微藻采收；(4)培养基补料；(5)重复上述步骤(2)~(4)。本实用新型通过及时的采收和补料来调控微藻细胞的增殖速率，使得光生物反应单元中的微藻细胞处于对数生长期的时间更长，实现了微藻的高密度连续培养，可以获得产率更高的微藻产品，相比微藻产业传统的批次培养产率可增加30%以上；同时本实用新型中的装置控制阀可采用电磁阀，可以实现规模化集中控制。



CN 203683528 U

1. 一种微藻高密度连续培养的装置，其特征在于，包括：

光生物反应器循环单元，其包括光生物反应器、循环罐、循环泵和排气装置，所述光生物反应器的顶端与所述循环罐侧壁连接，所述光生物反应器的底端与所述循环泵出口连接，所述循环泵的进口与所述循环罐的底端连接，所述排气装置设置于所述循环罐的顶端；

营养液补料单元，其包括营养液配液罐和营养输送泵，所述营养液配液罐与所述营养输送泵的进口连接，所述营养输送泵的出口与所述循环罐连接；

通气补碳单元，其包括通气补碳通道，所述通气补碳通道的出口与所述循环罐的底端连接，所述通气补碳通道还与鼓风机通过支路管道连接；

及微藻采收单元，其包括收获罐和收获泵，所述收获罐的顶端与所述光生物反应器的顶端连接，所述收获罐的底端与所述收获泵的进口连接，所述收获泵的出口与外界连接。

2. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述装置还包括软水补给单元，其包括两条软水补给通路，一条软水补给通路与所述循环罐连接，另一条软水补给通路与所述营养液配液罐连接。

3. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述所有连接均为管道连接，所述所有管道上均设置有控制阀。

4. 根据权利要求 3 所述装置，其特征在于，所述控制阀为电磁阀。

5. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述循环罐上设置有用于监测循环罐内的温度、pH 和溶氧的监测探头，所述收获罐上设置有用于监测液位的液位监测探头。

6. 根据权利要求 5 所述装置，其特征在于，所述输送泵、鼓风机、循环泵、循环罐上的监测探头和收获罐上的液位监测探头是由控制单元统一控制。

7. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述光生物反应器为管道式光生物反应器或气升式光生物反应器。

8. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述排气装置包括用于排气、取样或接种的排气孔。

9. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述循环泵为隔膜泵、离心泵或螺杆泵。

10. 根据权利要求 1 所述装置，其特征在于，所述光生物反应器与所述循环罐的体积比为 0.8~5；所述循环罐的体积与底面积的比值为 2~10。

微藻高密度连续培养装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于微藻生物技术领域，具体涉及一种微藻高密度连续培养装置。

背景技术

[0002] 微藻不仅富含蛋白质、脂肪和碳水化合物这三大类人类所必需的物质，还含有各种氨基酸、维生素、抗生素、高不饱和脂肪酸以及其它多种生物活性物质，将是人类获取食品、药品、生化试剂、精细化工产品、燃料以及其它材料的一种重要途径。随着全球性资源短缺压力的日益增加，微藻的开发利用将是解决人类食品资源与能源的重要途径之一。

[0003] 目前微藻的培养主要采用开放式，其构建简单、成本低廉及操作简便。但开放式光生物反应器仍存在诸多不足：(1) 易受外界环境影响，难以保持较适宜的温度与光照；(2) 会受到灰尘、昆虫及杂菌的污染，不易保持高质量的单藻培养；(3) 光能及 CO_2 利用率不高，无法实现高密的单藻培养；这些因素都将导致细胞培养密度偏低，使得采收成本较高，而且能适应大池培养的微藻藻种必须是在极端环境下能快速生长的藻种，如螺旋藻、小球藻和盐藻。对于种群竞争能力较弱的微藻，则只能采用封闭式光生物反应器培养。封闭式反应器培养条件稳定，可无菌操作，易进行高密度培养，已成为今后的发展方向。CN101353619A 公开了一种藻类微生物光合反应系统，相比开放式培养设计出密闭的光合单元，可使藻液在密闭空间中生产，不直接暴露于空气中；CN1721523A 公开了一种微藻规模培养的管道光生物反应器，对光生物反应器的直接利用阳光光照部分，管道排列方式，给出概念性的设计；上述设计均提出了密闭管道方式的培养模式，并定义了其中的光合单元，明确了与开放培养的理念差别。但是，封闭式培养很难实现微藻高密度规模化连续生产。

[0004] 综上所述，现有技术中，微藻的规模化连续培养存在生产系统占地面积大、易受天气影响、产率不高以及采收成本高的问题。

发明内容

[0005] 本实用新型针对现有技术的不足，目的在于提供一种微藻高密度连续培养装置，本实用新型通过调控微藻细胞的增值速率， 通过将补料装置、培养装置和采收装置有效的整合，可以实现微藻的规模化连续生产，所述培养装置占地面积小，培养获得的微藻产品产率高。

[0006] 为了达到上述目的，本实用新型的技术方案为：

[0007] 一种微藻高密度连续培养的装置，包括：

[0008] 光生物反应器循环单元，其包括光生物反应器、循环罐、循环泵和排气装置，所述光生

[0009] 物反应器的顶端与所述循环罐侧壁连接，所述光生物反应器的底端与所述循环泵出口连接，所述循环泵的进口与所述循环罐的底端连接，所述排气装置设置于所述循环罐的顶端；

[0010] 营养液补料单元，其包括营养液配液罐和营养输送泵，所述营养液配液罐与所述

营养输送泵的进口连接，所述营养输送泵的出口与所述循环罐连接；

[0011] 通气补碳单元，其包括通气补碳通道，所述通气补碳通道的出口与所述循环罐的底端连

[0012] 接，所述通气补碳通道的入口与补碳气源连接，所述通气补碳通道还与鼓风机通过支路管道连接；

[0013] 及微藻采收单元，其包括收获罐和收获泵，所述收获罐的顶端与所述光生物反应器的顶端连接，所述收获罐的底端与所述收获泵的进口连接，所述收获泵的出口与外界连接。

[0014] 上述方案中，还包括软水补给单元，其包括两条软水补给通路，一条软水补给通路与所

[0015] 述循环罐连接，另一条软水补给通路与所述营养液配液罐连接。

[0016] 上述方案中，所述所有连接均为管道连接，所述所有管道上均设置有控制阀。

[0017] 上述方案中，所述控制阀为电磁阀。

[0018] 上述方案中，所述循环罐上设置有用于监测循环罐内的温度、pH 和溶氧的监测探头，

[0019] 所述收获罐上设置有用于监测液位的液位监测探头。

[0020] 上述方案中，所述营养输送泵、循环泵、鼓风机、循环罐上的监测探头和收获罐上的液

[0021] 位监测探头是由控制单元统一控制。

[0022] 上述方案中，所述光生物反应器为管道式光生物反应器或气升式光生物反应器。

[0023] 上述方案中，所述排气装置包括排气孔，所述排气孔可用于排气、取样或接种。

[0024] 上述方案中，所述循环泵为隔膜泵、离心泵或螺杆泵。

[0025] 上述方案中，所述光生物反应器与循环罐的体积比为 0.8~5，优选值为 0.25。

[0026] 上述方案中，所述循环罐的体积与底面积的比值为 2~10。

[0027] 一种利用上述装置进行微藻高密度连续培养的方法，包括如下步骤：

[0028] (1)微藻接种：在营养液配液罐中配制好培养基，通过营养输送泵将培养基输送至循环罐内，通过循环罐上的排气孔将微藻细胞接种至培养基中；

[0029] (2)微藻增殖：向循环罐底端通气补碳，启动循环泵，使藻液在循环罐与光生物反应器之间循环流动，所述藻液为培养基和微藻细胞，所述微藻细胞在循环流动的过程中逐渐增殖；

[0030] (3)微藻采收：取样检测循环罐中微藻细胞浓度，当微藻细胞浓度达到收获值时，通过循环泵将部分藻液输送至收获罐用作后处理，同时在循环罐和光生物反应器内保留部分藻液用以继续增殖培养；

[0031] (4)培养基补料：将营养液配料罐中的培养基通过营养输送泵输送至循环罐，使得此时在循环罐和光生物反应器内的微藻细胞，其浓度处于微藻的指数增长期浓度；

[0032] (5)重复上述步骤(2)~(4)，实现微藻高密度连续培养。

[0033] 上述方案中，步骤(2)所述通气补碳为通入空气－二氧化碳混合气体或者含二氧化碳的

[0034] 烟道气。

[0035] 上述方案中，步骤（2）所述循环流动的流动速率为 0.2m/s-2m/s。

[0036] 上述方案中，所述微藻增殖的过程中，当光生物反应器充满藻液时，循环罐中的藻液体积与循环罐体积的比值为 0.10 ～ 0.72。

[0037] 上述方案中，所述微藻细胞浓度的收获值为 1.0~2.0g/L。

[0038] 本实用新型的有益效果：

[0039] （1）本实用新型所述培养装置占地面积小，利用所述装置进行微藻高密度培养时，通过及时的采收和补料来调控微藻细胞的增殖速率，使得光生物反应器单元中的微藻细胞处于对数生长期的时间更长，实现了微藻的高密度连续培养，可以获得产率更高的微藻产品，相比微藻产业传统的批次培养，微藻产率可增加 30% 以上；

[0040] （2）本实用新型中，循环罐的体积与底面积的比值大，因此可以提供较高的液位深度，循环罐底部通入的二氧化碳溶解在藻液后，能够快速进入光生物反应器，可以有效的增加二氧化碳的利用效率，减少直接通入后的逸出浪费；

[0041] （3）本实用新型中的装置控制阀可采用电磁阀，可以实现规模化集中控制。

附图说明

[0042] 图 1 为本实用新型装置示意图；

[0043] 图 2 本实用新型得到的微藻高密度连续培养 33 天过程中循环罐内微藻生物量与天数的关系图。

[0044] 图中符号说明

[0045] 1 营养液配液罐

[0046] 2 营养输送泵

[0047] 3 鼓风机

[0048] 4 循环罐

[0049] 5 循环泵

[0050] 6 收获罐

[0051] 7 光生物反应器

[0052] 8 控制单元

[0053] 9 收获泵

[0054] 10 光生物反应器安全阀

[0055] 11 循环阀

[0056] 12 收获控制阀

[0057] 13 光生物反应器底阀

[0058] 14 搅拌电机

[0059] 15 营养液配液罐出口控制阀

[0060] 16 营养液输送泵出口控制阀

[0061] 17 排气装置 / 取样口 / 接种口

[0062] 18 鼓风机通气入口控制阀

[0063] 19 循环罐营养入口控制阀

[0064] 20 软水入口控制阀

[0065] 21 监测探头(温度、PH、溶氧)

[0066] 22 液位监测探头

[0067] 23 收获罐入口控制阀

[0068] 24 营养液配液罐软水入口控制阀

[0069] 25 混合气体入口控制阀

[0070] 26 营养液配液罐固体添加口。

具体实施方式

[0071] 为了更好地理解本实用新型,下面结合实施例、附图和附表进一步阐明本实用新型的内容,但本实用新型的内容不仅仅局限于下面的实施例。

[0072] 参见图 1,一种微藻高密度连续培养的装置,包括 :

[0073] 光生物反应器循环单元,其包括光生物反应器 7、循环罐 4、循环泵 5 和排气装置 17,

[0074] 所述光生物反应器 7 的顶端与所述循环罐 4 侧壁通过光生物反应器安全阀 10 连接,所述光生物反应器 7 的底端与所述循环泵 5 出口通过光生物反应器底阀 13 连接,所述循环泵 5 的进口与所述循环罐 4 的底端通过循环阀 11 连接,所述排气装置 17 设置于所述循环罐 4 的顶端 ;

[0075] 营养液补料单元,其包括营养液配液罐 1 和营养输送泵 2,所述营养液配液罐 1 与所述营养输送泵 2 的进口通过营养液配液罐出口控制阀 15 连接,所述营养输送泵 2 的出口与所述循环罐 4 通过管道连接,管道上设置有营养液输送泵出口控制阀 16 和循环罐营养入口控制阀 19 ;

[0076] 通气补碳单元,其包括通气补碳通道,所述通气补碳通道的出口与所述循环罐 4 的底端

[0077] 通过混合气体入口控制阀 25 连接,所述通气补碳通道的入口与补碳气源连接,所述通气补碳通道还与一鼓风机 3 通过支路管道连接,管道上设置有鼓风机通气入口控制阀 18 ;

[0078] 微藻采收单元,其包括收获罐 6 和收获泵 9,所述收获罐 6 的顶端与所述光生物反应器 7 的顶端通过管道连接,管道上设置有收获控制阀 12 和收获罐入口控制阀 23,所述收获罐 6 的底端与所述收获泵 9 的进口连接,所述收获泵 9 的出口与外界连接 ;

[0079] 及软水补给单元,其包括两条软水补给通路,一条软水补给通路与所述循环罐通过软水

[0080] 入口控制阀 20 连接,另一条软水补给通路与所述营养液配液罐通过营养液配液罐软水入口控制阀 24 连接。

[0081] 上述营养液配液罐 1 上还设置有营养液配液罐固体添加口 26 和搅拌电机 14 ;上述循环罐上还设置有用于检测温度、PH 和溶氧的监测探头 21 ;上述收获罐上还设置有液位监测探头 22。

[0082] 上述营养输送泵 2、循环泵 5、鼓风机 3、循环罐上的监测探头 21 和收获罐上的液位监测探头 22 是由控制单元 8 统一控制。

[0083] 一种微藻高密度连续培养的方法,具体操作如下 :

[0084] 参阅图 1，循环罐体积为 2m^3，循环罐的体积与底面积的比值为 5，光合反应区体积 5m^3，用下述培养基培养蛋白核小球藻。微藻高密度连续培养的具体操作步骤为：(1)开启软水入口控制阀 20、光生物反应器底阀 13、光生物反应器安全阀 10，循环阀 11 和循环泵 5，关闭收获控制阀 12，向光生物反应器循环单元通入软水，当光生物反应器 7 中充满水(5m^3)，循环罐 4 中水量达 0.5m^3 即可关闭软水入口控制阀；在营养液配液罐 1 中配置浓度为所述培养基浓度 50 倍的培养基母液 500L，打开营养液配液罐出口控制阀 15、营养液输送泵出口控制阀 16 和循环罐营养入口控制阀 19，通过营养输送泵 2 将 110L 培养基母液输送至循环罐；打开鼓风机 3、鼓风机通气入口控制阀 18 和混合气体入口控制阀 25，向循环罐通入二氧化碳和空气的混合气体，利用二氧化碳流量控制调节循环罐中培养基 pH 值为 7~8，通气循环 30 分钟后，通过接种口 17 将小球藻细胞浓度为 2.8g/L 的藻种 150 升接种至循环罐中的培养基中，所述藻种通过一个 150L 的平板反应器培养获得；(2) 微藻培养：关闭收获控制阀 12，开启循环泵 5、循环阀 11、光生物反应器底阀 13 和光生物反应器安全阀 10，使藻液在循环罐与光生物反应器之间以 1m/s 速率循环流动，微藻细胞逐渐增殖，此时循环罐和光生物反应器的藻液总体积为 5.76m^3，所述藻液包括培养基和微藻细胞，其中，光生物反应器充满藻液(5m^3)，循环罐内的藻液体积与循环罐总体积的比值为 0.38；同时微藻培养过程中一直开启鼓风机、鼓风机通气入口控制阀和混合气体入口控制阀，在循环罐底部通入二氧化碳和空气的混合物，通过曝气使藻液混匀；(3) 微藻采收：每 10h 通过取样口取样检测小球藻细胞增殖情况，监测到小球藻细胞浓度大于 1.6g/L 即可采收，采收时的操作为：打开软水入口控制阀 20，开启循环泵 5、循环阀 11、光生物反应器底阀 13、收获控制阀 12 和收获罐入口控制阀 23，关闭光生物反应器安全阀 10，通过循环泵将光反应区和循环罐内的藻液输送到收获罐 6 中，当收获罐中微藻的采收体积达到 5m^3 时，关闭收获控制阀和收获罐入口控制阀，停止采收；(4) 培养基补料：开启循环泵 5、光生物反应器安全阀 10，软水入口控制阀 20、循环阀 11 和光生物反应器底阀 13，继续向循环罐内通软水，待软水充满光反应区(5m^3)，且循环罐内的体积达 1.0m^3，即总体积约 6m^3，关闭软水入口控制阀，再开启循环罐营养入口控制阀 19、营养液输送泵出口控制阀 16、营养液配液罐出口控制阀 15，通过营养输送泵 2 将营养液培养罐中的 60L 培养基母液输送入循环罐中；(5)重复上述操作(2)~(4)，其中步骤(2)微藻培养过程中，循环罐和光生物反应器的藻液的体积为 6.06m^3，所述藻液包括培养基和微藻细胞，光生物反应器充满藻液(5m^3)，循环罐内的藻液体积与循环罐总体积的比值为 0.53，得到微藻高密度连续培养 33 天过程中循环罐内微藻生物量与天数的关系(见图 2)。

[0085] 本实施例中，微藻高密度连续培养 33 天，分 5 批次采收，每个批次微藻培养时间约为 5.5d，各批次微藻的产率为：第一个批次：产率 = (5m^3*1.6g/L) / (5.76 m^3*5.5d) =0.25 g/ (L??d)；第二个批次：产率 = (5m^3*1.6g/L) / (6.06 m^3*5.5d) =0.24 g/ (L??d)；第三个批次：产率 = (5m^3*1.6g/L) / (6.06 m^3*5.5d) =0.24 g/ (L??d)；第四个批次产率 = (5m^3*1.6g/L) / (6.06 m^3*5.5d) =0.24 g/ (L??d)；第五个批次：产率 = (5m^3*1.6g/L) / (6.06m^3*5.5d) =0.24 g/ (L??d)；微藻每批次的平均产率为 0.242g/ (L??d)，所述每批次产率的计算方式为：Σ收获藻液量 * 藻液干重 / 藻液总体积 ?? 天数。

[0086] 现有技术中，传统的微藻分批次培养的产率一般为 0.15 g/(L??d)，本实用新型与现有技术中传统的微藻分批次培养方法相比，通过及时的采收和补料来调控微藻细胞的增

殖速率，使得光生物反应器单元中的微藻细胞处于对数生长期的时间更长，本实施例中，微藻每批次的平均产率为 0.242g/(L??d)，与现有技术的微藻分批次培养方法相比，微藻的产率提高了 50% 以上。

[0087] 表 1 培养基各组分配比

[0088]

KNO_3	8g/L
葡萄糖	28g/L
KH_2PO_4	0.7g/L
Na_2HPO_4	1.4g/L
$MgSO_4$	0.40g/L
$CaCl_2$	0.15g/L
$FeSO_4$	0.006g/L
微量元素	1ml

[0089] 表 2 微量元素各组分配比

[0090]

H_3BO_3	11.5g/L
$ZnSO_4$	5.0g/L
$MnCl_2$	1.3g/L
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0.5g/L
$CuSO_4$	1.0g/L
$Co(NO_3)_2$	0.3g/L

[0091] 显然，上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的实例，而并非对实施方式的限制。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而因此所引申的显而易见的变化或变动仍处于本实用新型创造的保护范围之内。

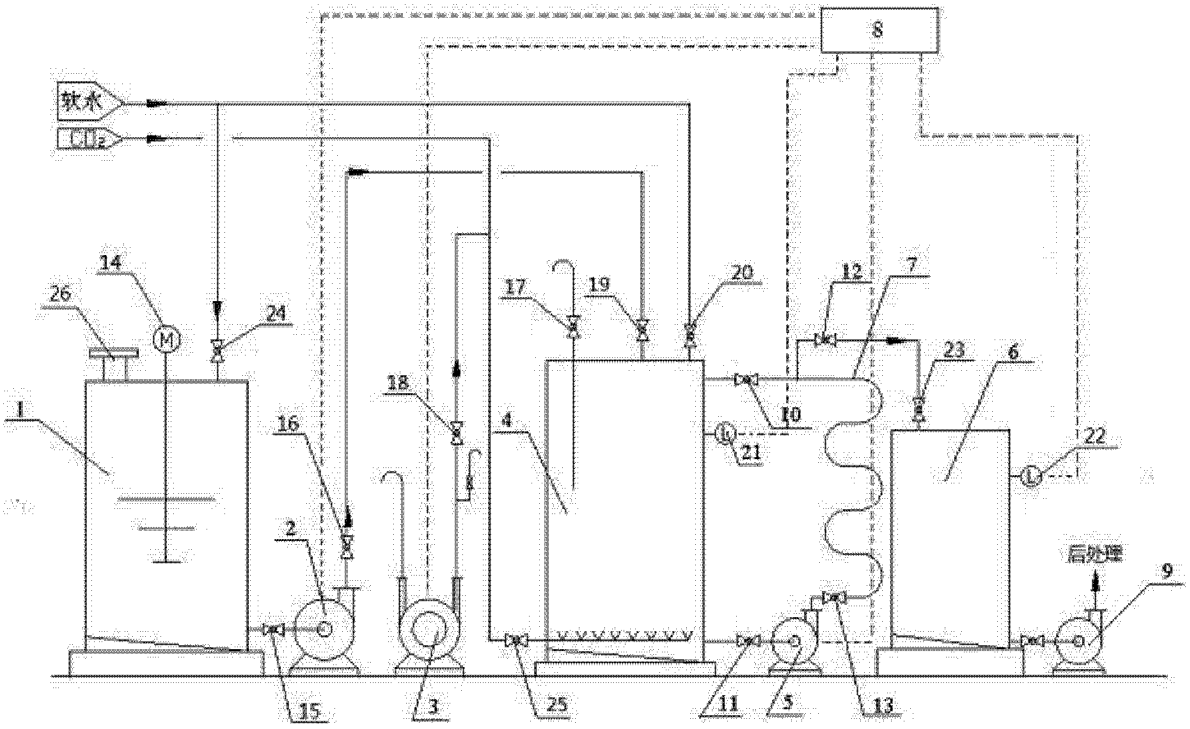

8
软水
Cl_2
14
26
24
17
19
20
12
7
23
6
18
16
4
10
21
22
1
2
后处理
9
15
3
25
11
5
13

图 1

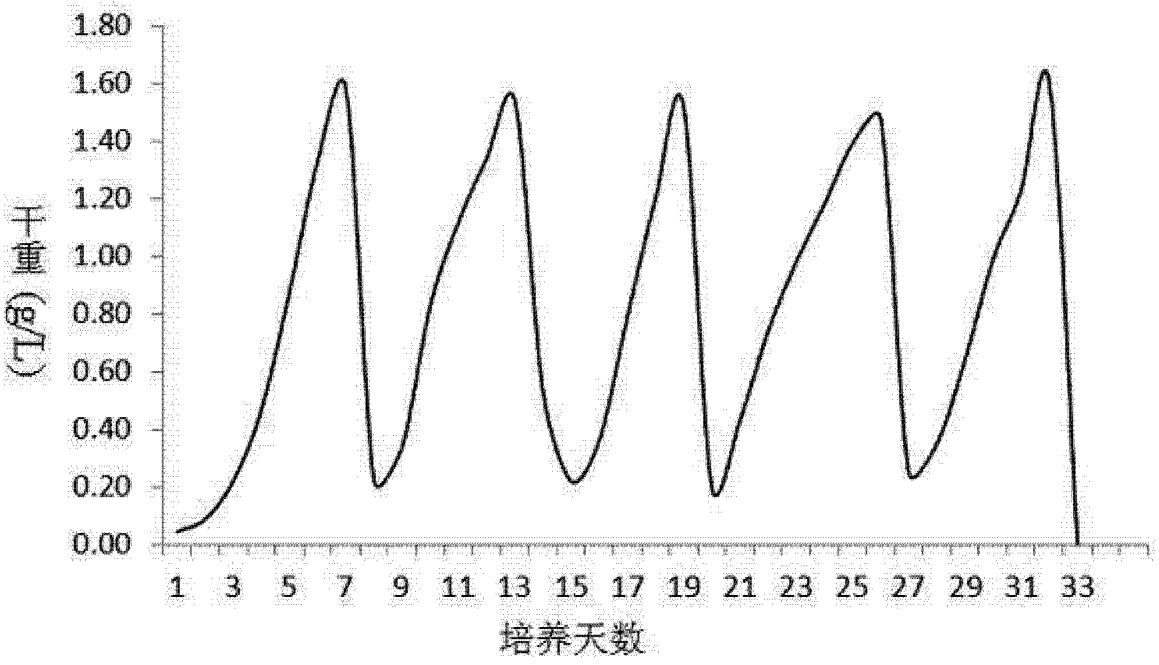

1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
干重 (g/L)
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33
培养天数

图 2