



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105578870 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201480014575. 7

(22) 申请日 2014. 03. 07

(30) 优先权数据

61/784837 2013. 03. 14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 09. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/021917 2014. 03. 07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/159091 EN 2014. 10. 02

(71) 申请人 农作物壹控股公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 J. G. 约翰逊

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 周李军 刘力

(51) Int. Cl.

A01G 9/10(2006. 01)

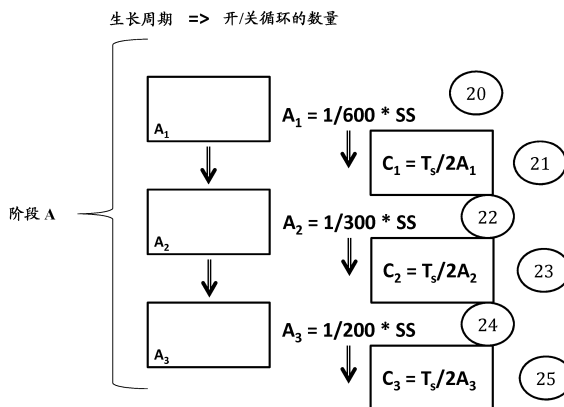
权利要求书3页 说明书23页 附图29页

(54) 发明名称

在高生长、高密度、封闭环境系统内的LED光源时间安排

(57) 摘要

本文公开了高生长、高密度、封闭环境生长系统及其方法。在生长系统中加速植物细胞生长的方法可包括根据确定的植物生长步骤调节光照。



1. 促进幼苗快速生长的生长系统,其包含:
 - 基本封闭的容器;
 - 在所述封闭的容器内的营养液;
 - 放置在所述营养液内的幼苗;
 - 生长光源;
 - 适于观察所述幼苗生长的至少一个传感器;和
 - 连接至所述生长光源和所述至少一个传感器的控制器,其适于:
 - 读取来自所述传感器的信息以确定是否发生生长;
 - 计算幼苗应激持续时间,其中所述幼苗应激持续时间在所述生长系统内放置第一幼苗时开始,并当观察到所述第一幼苗的生长时终止;
 - 将幼苗应激持续时间分为多个子阶段;
 - 基于所述第二幼苗达到哪个子阶段,基于经过的时间,确定放置在所述生长系统内的第二幼苗的子阶段因数;
 - 计算光源开/关循环的总数和各个开/关循环的持续时间,其中一个循环为将光源开启和关闭;和
 - 在所述生长系统内,控制生长光源以执行全部数量的计算光源开/关循环,在各个循环期间经过光源开启时间和光源关闭时间的计算持续时间。
2. 权利要求1的生长系统,其中所述子阶段因数通过将幼苗应激持续时间乘以分数来确定。
3. 权利要求1的生长系统,其中光源开/关循环的数量通过将子阶段内光照循环的总时间除以2倍的子阶段因数来决定。
4. 权利要求1的生长系统,其中在各个开/关循环内,光源开启的持续时间和光源关闭的持续时间通过将所述子阶段因数乘以60分钟来计算。
5. 权利要求2的生长系统,其中有三个子阶段,且第一子阶段的分数为 $1/600$ 。
6. 权利要求2的生长系统,其中有三个子阶段,且第二子阶段的分数为 $1/300$ 。
7. 权利要求2的生长系统,其中有三个子阶段,且第三子阶段的分数为 $1/200$ 。
8. 权利要求1的生长系统,其中所述生长光源为红色LED光源和蓝色LED光源的至少之一。
9. 权利要求1的生长系统,其中所述生长光源具有根据预定的植物品种选择的波长。
10. 权利要求1的生长系统,其中通过所述第一幼苗的目视分析观察所述生长。
11. 权利要求1的生长系统,其中监测植物生长的所述传感器为影像观察、激光传感器和位置/接近度传感器中的一种或多种。
12. 权利要求1的生长系统,其中通过所述第一幼苗的重量测量来测定所述第一幼苗的生长。
13. 权利要求1的生长系统,其中监测植物生长的传感器为 O_2 传感器。
14. 权利要求1的生长系统,其中通过测量营养液中养分的消耗来测定所述第一幼苗的生长。
15. 权利要求1的生长系统,其中所述生长系统为溶液培养生长系统。
16. 使放置在生长系统内营养液中的幼苗生长加速的方法,其包含以下步骤:

在多个植物成熟阶段的过程中监测幼苗生长来观察幼苗,其中:

第二植物成熟阶段在初次观察到幼苗生长时开始,和在幼苗中相对于其它叶或芽发育出完整的叶或芽时终止;

第三植物成熟阶段在第二植物成熟阶段结束时开始,和在植物中发生按植物品种确定的完全植物成熟时终止;和

第四植物成熟阶段在达到完全成熟时开始和在准备收获植物时终止;

通过将第一分数乘以给定的植物品种的按小时计的推荐光照循环,计算在第二植物成熟阶段的第一部分期间保持LED生长光源开启的小时数;

通过将第一分数乘以推荐光照循环,减去24小时,计算在第二植物成熟阶段的第一部分期间保持LED生长光源关闭的小时数;

通过将第二分数乘以按小时计的推荐光照循环,计算在第二植物成熟阶段的第二部分期间保持LED生长光源开启的小时数;

通过将第二分数乘以推荐光照循环,减去24小时,计算在第二植物成熟阶段的第二部分期间保持LED生长光源关闭的小时数;和

通过根据光源开/关循环控制生长光源,在生长系统内在计算的持续时间内执行光源开/关循环,来产生幼苗的加速生长。

17. 权利要求16的方法,其中所述第一分数为 $1/3$ 和所述第二分数为 $2/3$ 。

18. 权利要求16的方法,其进一步包含,使用推荐的光照循环用于在第三植物成熟阶段期间LED生长光源每天保持开启的小时数,和通过将推荐的光照循环减去24小时计算第三植物成熟阶段期间LED生长光源保持关闭的小时数。

19. 权利要求16的方法,其进一步包含,通过将推荐光照循环乘以 $1/2$ 来计算在第四植物成熟阶段期间LED生长光源每天保持开启的小时数,和通过将 $1/2$ 倍的推荐光照循环减去24小时计算第四植物成熟阶段期间LED生长光源保持关闭的小时数。

20. 权利要求16的方法,其中生长光源波长、温度和养分浓度的至少一个随着植物成熟阶段变化。

21. 权利要求16的方法,其进一步包含以下步骤:当植物达到第四植物成熟阶段时取出营养液。

22. 权利要求16的方法,其进一步包含以下步骤:当植物达到收获阶段时终止全部光照循环。

23. 权利要求16的方法,其进一步包含以下步骤:当植物达到第四植物成熟阶段时减少生长系统内的温度。

24. 权利要求16的方法,其中所述生长光源为红色LED光源和蓝色LED光源的至少之一。

25. 权利要求16的方法,其中所述生长光源具有根据具体的植物品种选择的波长。

26. 权利要求16的方法,其中通过所述幼苗的目视分析观察所述生长。

27. 权利要求16的方法,其中通过影像观察、激光传感器和位置/接近度传感器的一种或多种测定幼苗的生长。

28. 权利要求16的方法,其中通过测量幼苗的重量来测定幼苗的生长。

29. 权利要求16的方法,其中通过 O_2 传感器测量系统内的 O_2 输出来测定幼苗的生长。

30. 权利要求16的方法,其中通过测量营养液的浓度以测定幼苗消耗,来测定幼苗的生

长。

31. 促进幼苗快速生长的生长系统,其包含:

基本封闭的容器;

在所述封闭的容器内的营养液;

放置在所述营养液内的幼苗;

生长光源;和

连接至所述生长光源的控制器,其适于:

接收关于所述幼苗生长的信息;

计算幼苗应激持续时间,其中所述幼苗应激持续时间在所述生长系统内放置第一幼苗时开始,并在观察到所述第一幼苗生长时终止;

将幼苗应激持续时间分为多个子阶段;

基于所述第二幼苗达到哪个子阶段,基于经过的时间,确定放置在所述生长系统内的第二幼苗的子阶段因数;

计算光源开/关循环的总数和各个开/关循环的持续时间,其中一个循环为将光源开启和关闭;和

在所述生长系统内,控制生长光源以执行全部数量的计算光源开/关循环,在各个循环期间经过光源开启时间和光源关闭时间的计算持续时间。

在高生长、高密度、封闭环境系统内的LED光源时间安排

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请主张以下临时申请的权益,其每个在此通过引用以其全文并入:
2013年3月14日提交的美国临时申请61/784,837。

[0002] 背景

领域:

本文的公开内容涉及高生长、高密度、封闭环境的溶液培养系统。

[0003] 相关技术的讨论

蔬菜和其它农产品的生长和提供给大众的成本在增加。人口蔓延需要越来越多的可用于常规耕种的土地。现有的农场被不断移到远离人口中部。运输农产品的距离增加,和运输成本的增加总体上导致消费者的农产品成本的提高。因为其运输越来越长的距离,农产品也不如曾经新鲜。

[0004] 支持常规耕种的土地量缩减。因此,需要提供用于生长农产品的新系统,其可接近于人口中部以及在还不能用于常规耕种的区域实施。

[0005] 概述

本文公开的是高生长、高密度的生长系统及其方法。在一个实施方案中,高生长、高密度的生长系统为至少部分封闭的环境。在一个实施方案中,高生长、高密度的生长系统为封闭的环境。在一个实施方案中,生长系统为高生长、高密度、封闭环境的溶液培养系统(HG HD CEHS)。遍及本说明书,高生长、高密度、封闭环境的溶液培养系统可示例性地使用,但是本文描述的方法和系统的任一项可与任何生长系统一起使用。

[0006] 在生长系统中加速植物细胞生长的方法可包括以下的组合:根据生长曲线优化营养液、校准溶液的pH以优化整个生长曲线的营养吸收、控制整个生长周期和成熟时的温度、根据生长阶段调节光源、和控制二氧化碳的输送。生长系统可为封闭环境的溶液培养系统。

[0007] 在一方面,方法可包括确定光源时间安排以优化植物生长,其中利用基于植物品种变量的方程确定,其中所述变量为:幼苗应激时间(SS)、生长成熟高度、植物成熟阶段和植物生长时间。种植在溶液培养系统内的幼苗的生长开始高度,可由生长介质的基底到幼苗植物的顶端测量。可由生长介质的基底至完全成熟植物的顶端测量生长成熟高度。

[0008] 在一方面,用于在生长系统中植物生产的最佳二氧化碳富集的系统可包括挂在生长媒介托盘一侧的固定位置以形成分布点的二氧化碳管。所述系统将二氧化碳由分布点均匀分散跨越所述溶液培养生长媒介。释放的二氧化碳的最大量将跨越溶液培养生长媒介,因此允许在溶液培养系统内二氧化碳富集的全部潜力。所述系统形成了顶部负压,迫使呼出的氧下沉并回收至溶液培养系统。呼出的氧可在储水槽中再捕集,以改善养分充氧。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。

[0009] 在一方面,本文公开了其上储存有可执行程序的非暂时性的计算机可读存储介质,其中程序命令处理器实施以下步骤:测定植物生长曲线和基于植物生长曲线供应二氧化碳。

[0010] 在一方面,再捕集吸入氧的系统借助将氧鼓泡进入溶液培养养分槽的通气装置。

[0011] 在一方面,在生长环境中电力装载养分储存器以激励植物生长的系统可包括贮液器,和电力运行的液体装载装置,使得按照将液体装载至植物根部来激励的方式电力装载所述液体。液体装载装置包括防过载装置。所述系统可进一步包括两个电源。所述系统可进一步包括隔离器以防止任何电击。所述系统可进一步包括运行时间装置,用于记录所述系统已经运行的时间量。生长环境可为封闭环境溶液培养系统。

[0012] 在一方面,加热和冷却溶液培养营养液的方法可根据具有植物品种相关变量的方程,其中所述变量包括:幼苗应激时间-SS、生长成熟高度、植物成熟阶段和植物生长时间。在幼苗种植在溶液培养系统之后,可由生长介质的基底到幼苗植物的顶端测量幼苗的生长开始高度。可由生长介质的基底至完全成熟植物的顶端测量生长成熟高度。

[0013] 在一方面,植物生长的方法可包括在容器中放置植物和提供幼苗生长和成熟植物生长的条件,然后从容器移出所述成熟植物。植物生长的设备可包括在支架上的一系列堆叠搁板,各自能接收包含种子或植物的容器,各自分成许多连续的区域,在其中植物可暴露于该区域内特定生长阶段所必需的环境条件。接收植物的容器可包括具有排泄孔的溢流托盘,排泄孔安装有包括返回至储存器的管的排泄控制装置。一系列支架可共同从左至右连接,和另一系列支架可从右到左连接。搁板可一个安装在另一个之上,使得较低支架的顶部空间测量大约为等于植物成熟高度的距离。多个系列搁板一个安装在另一个之上,各个系列的搁板提供有光照装置,水和/或养分进料设备,和排出设备。各个系列倾斜支架的进料装置可沿着支架长度分成区域,使得不同的进料溶液可分配至各自的区域。各个区域可具有相关的排出系统,其可单独收集排出的进料液或将其全部返回至共用的集坑用于处置或再循环。

[0014] 在一方面,低电压生长系统可包括光照和机械系统,其连接到将高压交流电力转化为直流低压电力的降压变压器。全部的高密度溶液培养环境可通过直流电压系统供电。直流电力可供应任何系统机械。生长系统可为封闭环境的溶液培养系统。

[0015] 在一方面,植物的生长方法可包括跨越溶液培养溶液介质将营养液平均供应至植物根部,无论使用的生长介质如何。标准营养液可排出,和更高度浓缩的营养液的测量量可引入到养分供应器中。在实施方案中,营养液仅通过跨越根系一次,和将收集区中的溶液排出。传送至收集区的营养液随后进料至所述植物。营养液供应是静态的。在一方面,用于通过所述方法以溶液培养方式培养植物的设备可包括许多流动孔的管以将营养液分布经过高密度根系。所述设备还可包括根据植物品种和根生长水平调节流动孔的设备。在溶液培养的溢流托盘中部与所述系统的边缘一样,植物接收相同量的营养液。收集装置可包括漂浮在所述营养液供应器内的容器。营养液供应是静态的。所述方法可用于封闭环境溶液培养系统。

[0016] 在一方面,方法可包括通过根据植物品种变量的方程来确定营养液的pH。这些变量为:幼苗应激时间-SS、生长成熟高度、植物成熟阶段和植物生长时间和优选的平均植物pH。生长开始高度可当幼苗种植在溶液培养系统内时,从生长介质的基底测量至幼苗植物的顶端测量。生长成熟高度可按完全成熟的植物品种的高度测量。

[0017] 在一方面,系统可包括在封闭溶液培养环境中的除湿器,其为具有包含蒸发器和冷凝器的蒸汽冷凝回路的种类,并经安排使用交替的水萃取和除霜阶段运行,除湿器包括布置用以监测蒸发器工作温度的温度传感器,和用于控制水萃取和除霜阶段持续时间的控

制装置。控制装置可布置用以在水萃取阶段期间从所述传感器读取参考温度,并且当蒸发器温度达到低于参考温度的计算温度时开始除霜阶段。控制装置可布置为在预定的间隔从所述传感器取得温度读数并计算蒸发器温度的下降速率,当计算的温度下降速率超过预定数字时,开始除霜阶段。萃取的水可再循环至溶液培养的容器中的贮水槽中。

[0018] 在一方面,方法可包括控制高密度溶液培养环境中的某些环境因数以显著地减慢植物细胞的复制过程,从而延长给定植物品种的生长周期。空气、光照和养分系统经控制以调节给定植物品种的生长周期。

[0019] 在一方面,方法可包括在储存器系统中均匀混合溶液培养的营养液,基于放置的某些混合泵和设置的通气器来提供足够的混合。即使一个混合泵失效,混合泵通过混合溶液可产生失效保险设计。

[0020] 在一方面,公开了一种系统,其中独立的溶液培养搁板支架布置在封闭的容器环境中各个支架具有其自己的营养液和托盘组件。用于独立的溶液培养支架系统的光照和养分系统经控制,使得不可能跨越支架使光照或营养液互混。

[0021] 在一方面,在生长系统中的光照单元系统可包括至少一个LED光源,其中各个光源包括支撑结构,沿着所述支撑(例如搁板单元)长度的多个光发射元件,和所述支撑悬挂其上的搁板单元。光源系统设计成提供至少15瓦每平方英尺溶液培养覆盖面积的最大瓦数。至少一些光发射元件发射第一颜色的光和至少一些光发射元件发射第二颜色的光。至少一个光源可包括与另一个光照带的至少一个机械或电气连接。光照单元配置用以选择性地提供间接光分布或直接光分布的至少之一。光照单元还可包括配置用以改变光照单元光输出的控制器。支撑结构可为类似于支架搁板单元的刚性细长结构。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。

[0022] 在一方面,用于促进幼苗快速生长的生长系统可包括基本封闭的容器,在封闭的容器内的营养液,放置在营养液内的幼苗,生长光源,适于观察幼苗生长的至少一个传感器,和连接至生长光源的控制器。控制器和至少一个传感器可适于读取来自传感器的信息以测定是否发生生长,计算幼苗应激持续时间,其中幼苗应激持续时间在将第一幼苗放置在生长系统内时开始,并在观察到第一幼苗的生长时终止,将幼苗应激持续时间分成多个子阶段(subphase),基于所述第二幼苗达到哪个子阶段,基于经过的时间,确定放置在所述生长系统内的第二幼苗的子阶段因数,计算光源开/关循环的总数和各个开/关循环的持续时间,其中一个循环为将光源开启和关闭,和在所述生长系统内,控制生长光源以执行全部数量的计算光源开/关循环,在各个循环期间经过光源开启时间和光源关闭时间的计算持续时间。子阶段因数可通过将幼苗应激持续时间乘以分数来确定。光源开/关循环的数量通过将子阶段内的光照循环总时间除以2倍的子阶段因数来确定。在各个开/关循环内,光源开启的持续时间和光源关闭的持续时间通过将子阶段因数乘以60分钟计算。可能有三个子阶段,且第一子阶段的分数为1/600。可能有三个子阶段,且第二子阶段的分数为1/300。可能有三个子阶段,且第三子阶段的分数为1/200。生长光源可为红色LED和蓝色LED光源的至少之一。生长光源可具有根据预定的植物品种选择的波长。可通过第一幼苗的目视分析来观察生长。监测植物生长的传感器可为影像观察、激光传感器和位置/接近度传感器的一种或多种。可通过测量第一幼苗的重量来测定第一幼苗的生长。监测植物生长的传感器可为O₂传感器。可通过测量营养液中养分的消耗来测定第一幼苗的生长。生长系统可为溶液培

养的生长系统。

[0023] 在一方面,使放置在生长系统内营养液中的幼苗生长加速的方法可包括以下步骤:观察幼苗以监测经过多个植物成熟阶段过程幼苗的生长,其中第二植物成熟阶段当首次观察到幼苗的生长时开始,并在幼苗中相对于其它叶或芽发育出完整的叶或芽时终止,第三植物成熟阶段在第二植物成熟阶段的末尾开始,并在按植物品种所确定的在植物中发生完全植物成熟时终止,和第四植物成熟阶段在达到完全成熟时开始并当准备收获植物时终止。所述方法还可包括:通过将第一分数乘以给定植物品种的按小时计的推荐光照循环,计算在第二植物成熟阶段的第一部分期间LED生长光源保持开启的小时数,通过将第一分数乘以推荐的光照循环,减去24小时,计算在第二植物成熟阶段的第一部分期间LED生长光源保持关闭的小时数,通过将第二分数乘以按小时计的推荐光照循环,计算在第二植物成熟阶段的第二部分期间LED生长光源保持开启的小时数,通过将第二分数乘以推荐光照循环,减去24小时,计算在第二植物成熟阶段的第二部分期间LED生长光源保持关闭的小时数,和通过根据光源开/关循环控制生长光源,在生长系统中执行光源开/关循环经过计算持续时间,以产生幼苗的加速生长。第一分数可为 $1/3$ 和第二分数可为 $2/3$ 。所述方法还可包括:使用推荐光照循环用于在第三植物成熟阶段期间LED生长光源每天保持开启的小时数,和通过将推荐的光照循环减去24小时计算在第三植物成熟阶段期间LED生长光源保持关闭的小时数。所述方法还可包括通过将推荐光照循环乘以 $1/2$,计算第四植物成熟阶段期间LED生长光源每天保持开启的小时数,和通过将 $1/2$ 倍的推荐光照循环减去24小时计算第四植物成熟阶段期间LED生长光源保持关闭的小时数。生长光源波长、温度和养分浓度的至少之一可随植物成熟阶段改变。所述方法还可包括以下步骤:当植物达到第四植物成熟阶段时取出营养液。所述方法可包括以下步骤:当植物达到收获阶段时终止全部光源循环。所述方法还可包括以下步骤:当植物达到第四植物成熟阶段时减少生长系统内温度。生长光源可为红色LED光源和蓝色LED光源的至少之一。生长光源可具有根据具体的植物品种选择的波长。可通过幼苗的目视分析来观察生长。可通过影像观察、激光传感器和位置/接近度传感器的一种或多种测定幼苗的生长。可通过测量幼苗的重量来测定幼苗的生长。可通过 O_2 传感器测量系统内的 O_2 输出来测定幼苗的生长。可通过测量营养液的浓度以测定幼苗消耗来测定幼苗的生长。

[0024] 在一方面,用于促进幼苗快速生长的生长系统可包括:基本封闭的容器,在封闭的容器内的营养液,放置在营养液内的幼苗,生长光源,和连接至生长光源的控制器,所述控制器适于接收关于幼苗生长的信息,计算幼苗应激持续时间,其中幼苗应激持续时间在将第一幼苗放置在生长系统内时开始,并在观察到第一幼苗的生长时终止,将幼苗应激持续时间分成多个子阶段,基于所述第二幼苗达到哪个子阶段,基于经过的时间,确定放置在所述生长系统内的第二幼苗的子阶段因数,计算光源开/关循环的总数和各个开/关循环的持续时间,其中一个循环为将光源开启和关闭,和在所述生长系统内,控制生长光源以执行全部数量的计算光源开/关循环,在各个循环期间经过光源开启时间和光源关闭时间的计算持续时间。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。

[0025] 本公开的这些和其它系统、方法、目标、特征和优点,由优选实施方案的以下详述和附图,对本领域技术人员显而易见。

[0026] 本文提及的全部文献在此通过引用以其全文并入。提及的单数的项目应理解为包

括复数项目,反之亦然,除非另外明确声明或从上下文中清晰可知。语法上的连词是用来表示连接的从句、句子、单词等的任意和全部转折和连接的组合,除非另有说明或由上下文清晰可知。

[0027] 附图简述

本公开及其某些实施方案的以下详述可参考以下附图理解:

图1A描述了包括植物发育不同阶段的通用植物生长曲线。

[0028] 图1B描绘了幼苗应激的图。

[0029] 图2描述了用于计算具体的植物品种的时间生长曲线的变量。

[0030] 图3描述了在植物生长周期内用于阶段A的公式。

[0031] 图4描述了在植物生长周期内用于阶段B的公式。

[0032] 图5描述了在植物生长周期内用于阶段C和D的公式。

[0033] 图6为系统的侧视图。

[0034] 图7为系统的俯视透视图。

[0035] 图8为本公开的包括氧再捕集的系统侧视图。

[0036] 图9为在溶液培养环境内的电培养系统的侧视图。在溶液培养溶液的每端插入电线,然后电流传导经过溶液以在水中产生电荷。

[0037] 图10描述了对于给定的植物品种,具有推荐的溶液培养养分温度范围“R”的植物的最佳温度范围。

[0038] 图11为具有结构撑板的支架设备的顶视图,所述结构撑板将支架连接在一起。

[0039] 图12为独立支架的概略表示,其描述了图11的设备的养分供应和排出系统。

[0040] 图13为来自详述了支撑系统的俯视图的支架系统的平面图。

[0041] 图14为支架脚设计和它安装到底面或溶液培养系统的描述图。

[0042] 图15描绘了使用低压直流系统的溶液培养系统的光照和泵元件的侧视图。

[0043] 图16描绘了12伏直流系统的布线设计和逆变器箱的位置的顶视图。

[0044] 图17描绘了溶液培养生长系统的布线设计的侧视图。

[0045] 图18描绘了溢流托盘和养分从入口点流入溢流托盘至它的排出设备的顶视图和侧视图。

[0046] 图19描绘了插入溢流托盘以在成熟的根环境中产生均匀分布的设备。

[0047] 图20描述了植物生长的不同阶段和基于生长阶段的最佳pH水平。

[0048] 图21描绘了除湿系统。

[0049] 图22描绘了控制溶液培养单元的PLC。

[0050] 图23描述了决定按时间顺序要控制哪个变量的流程系统。

[0051] 图24说明了对应于植物细胞生长的期望减少的要控制的变量表。

[0052] 图25说明了用于溶液培养环境来控制植物细胞复制的环境变量。

[0053] 图26描绘了用于养分混合的系统。

[0054] 图27为由许多溶液培养搁板支架组成的溶液培养容器的侧视图。

[0055] 图28描绘了具有LED光源的单个支架。

[0056] 图29概括了每平方英尺需要的瓦数和LED光源的位置。

[0057] 详述

在一方面,描述了用于连续植物生长的高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统。系统特征为非常快速的生长,和具有低碳足迹的高的、无杀虫剂的现场生产。所述系统使得在重新整备之间由相同的幼苗能得到多次收获。所述系统使得能生产从来没有接触过或喷淋过的农产品并显示长的保存期限。在实施方案中,本文公开的不同方法和系统可单独在生长系统中使用。在实施方案中,一个或多个方法和系统可在生长系统中彼此组合使用。此外,本文公开的不同方法和系统可用于包括溶液培养系统、水产养殖系统、水培系统、无土系统、陆地系统等任何生长系统。

[0058] 在一方面,提供了调节高密度生长系统的LED光照系统时间安排的方法。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。光照系统的时间安排由基于溶液培养环境内部幼苗生长,以及功率和LED生长光源的距离的方程计算。LED光源的开启和关闭时间安排直接与标准植物生长曲线上植物的相应发展有关。通过方程表示,光源的时间安排可通过沿着植物生长曲线的许多变量决定以优化植物从第一阶段生长至第二阶段的总时间。

[0059] LED光源时间安排是溶液培养环境中植物生长的重要方面。LED光照,其可包括红色和蓝色光谱的光源,可在植物的光合反应中起作用。生长光源提供了驱动在叶绿体中的光合反应的能源,因此,植物暴露于该能源的时间安排是重要的,以便使光合反应与植物细胞构建和复制协调。优化植物中的光合反应是重要的。如果提供太少的能源(即,太少的光源),没有足够的光合反应可发生以提供细胞复制所需的糖。如果提供太多能源(即太多光源),在光合作用中未使用的能源将作为热量转移至植物细胞内,其可损害或破坏细胞。因此,方程可用于确定植物的最优生长周期,无论植物品种如何。本公开提供了通过使用时间安排光照算法,在生长系统内优化作物生产的方法。

[0060] 不同的植物成熟阶段和其它变量可在本文描述。植物成熟阶段-A,从植物放置在溶液培养系统内的时间直到植物内出现第一生长为止来确定。植物成熟阶段-B,从植物开始生长的时间直到叶或芽可发生新生长为止来确定。植物成熟阶段-C,从新叶或新芽的时间直到植物内发生按该植物品种确定的植物成熟的时间为止来确定。植物成熟阶段-D,由植物准备收获的时间确定。

[0061] 除非另有说明,“SS”是指总的幼苗应激时间,按从植物幼苗种植在溶液培养生长系统34内的时间直到发现幼苗自身的生长时间为止的总小时数来确定。生长可通过目视分析记录,但是还可通过影像观察、激光传感器或位置/接近度传感器记录。自动化的大小/生长阶段测量可通过检测以下来进行:植物的高度(例如通过影像或激光等)、植物的重量、测量空气中的O₂输出的O₂传感器、营养液的PPM浓度以测定消耗量(例如,植物消耗更多的水,元素会更浓)等。

[0062] 除非另有说明,“A_i”是指比率因数,本文中又称为子阶段因数,当开启和关闭植物栽培环境中的光源时使用。除非另有说明,否则“AT_i”是指生长光源保持开启的总分钟数,并且生长光源保持关闭的相同分钟数。除非另有说明,“T_s”是指给定阶段A_i的总时间,按小时测量。除非另有说明,“C_s”是指给定阶段A_i中光照循环的总数(即,相等时间期间AT_i的完全开和关的操作)。除非另有说明,“R”是指给定植物品种的每日推荐光照时间,按小时测量。

[0063] 参考图1A和3,植物生长曲线分为四个截然不同的生长阶段,阶段A、B、C和D,其已在本文中如前描述。阶段A为幼苗应激阶段,其中幼苗浸入生长介质中,并且在根系能够吸

收养分之前开始死亡。图1B中的数据说明了,阶段A可还描写为幼苗应激生长的三个不同子阶段。幼苗应激生长的这三个子阶段在时间安排上可相等。在一个实施方案中,幼苗应激阶段持续时间可为72小时。

[0064] 图3描写了标记为阶段A1、A2和A3的三个子阶段。

[0065] 对于阶段A1,通过将幼苗应激时间乘以1/600,如图3中描绘的方程20,来确定幼苗比率因数。为了确定该子阶段内开/关循环的总数,阶段A1中的光照循环的总时间除以2倍的光源开启/关闭的比率因数,如图3中描绘的方程21。这些开/关循环的时间间隔通过获取幼苗的比率因数并将其乘以60来计算,以确定开/关循环中的总分钟数,如图2中描绘的方程14所示。

[0066] 对于阶段A2,通过将幼苗应激时间乘以1/300,如图3中描绘的方程22,来确定幼苗比率因数。为了确定该子阶段内开/关循环的总数,阶段A2中的光照循环的总时间除以2倍的光源开启/关闭的比率因数,如图3中描绘的方程23。这些开/关循环的时间间隔通过获取幼苗的比率因数并将其乘以60来计算,以确定开/关循环中的总分钟数,如图2中描绘的方程14所示。

[0067] 对于阶段A3,通过将幼苗应激时间乘以1/200,如图3中描绘的方程24,来确定幼苗比率因数。为了确定该子阶段内开/关循环的总数,阶段A3中的光照循环的总时间除以2倍的光源开启/关闭的比率因数,如图3中描绘的方程25。这些开/关循环的时间间隔通过获取幼苗的比率因数并将其乘以60来计算,以确定开/关循环中的总分钟数,如图2中描绘的方程14所示。

[0068] 一旦新叶或芽生长在植物上,该植物进入生长周期的阶段B。该阶段限定为从新生长开始的时间直到相对于幼苗中的其它叶或芽发育出完整的叶或芽为止。

[0069] 图4说明了标记为B₁和B₂的阶段B的两个子阶段。在一个实施方案中,阶段B₁和阶段B₂的持续时间可相等。

[0070] 对于阶段B₁,通过将给定植物品种的推荐光照循环(规定为小时)乘以1/3来确定光照开启的小时量,如图4中描绘的方程26所示。通过将1/3倍的推荐光照循环减去24小时来计算关闭时间,如图4中描绘的方程27所示。在一个实施方案中,推荐的光照循环可为18小时。

[0071] 对于阶段B₂,通过将2/3乘以给定植物品种的推荐光照循环(规定为小时)来确定光照开启的小时量,如图4中描绘的方程28所示。通过将2/3倍的推荐光照循环减去24小时来计算关闭时间,如图4中描绘的方程29所示。

[0072] 现在参考图5,认为阶段C是与上述测定的植物成熟度相关的完整的叶或芽的生长。为了计算光照的时间,确定光源对于给定的植物品种的推荐时期处于开启位置,如方程30所示。通过将给定天内的推荐光照循环减去24小时以确定关闭的小时,来确定该循环内光源关闭的时间,如方程31中所示。

[0073] 对于阶段D,也在图5中显示,当植物已达到它的最终成熟状态时,通过将1/2乘以推荐的光照循环来确定光源开启的时间,如方程32中所示。通过将1/2倍的推荐光照循环减去24小时来确定光源保持关闭的时间。

[0074] 实际上,根据公式驱动的光照循环暴露幼苗可导致在初期的生长敏感阶段最小化过分暴露至光能。一个结果可能是光照曲线,例如在开始,幼苗接收1小时的轻微曝光然后

15分钟的休止,然后2小时开启和1/2小时关闭,直到幼苗准备好完全的光照循环,例如18小时的光照循环或12小时的开启/3小时的关闭。

[0075] 在实施方案中,生长系统中的光照系统可根据本文呈现的公式利用光照算法编程。因此,计算机可编程,以便基于根据计算光照循环的确定的植物生长阶段来调节光源的时间安排和持续时间。此外,红色和蓝色可见光谱的光源促进光合作用,因此计算机可编程,以便利用红色和蓝色光照混合,例如红色比蓝色为75/25,红色比蓝色为85/15等。红色/蓝色混合可根据具体的植物品种编程。该算法还可经编程以使得LED或OLED光源发射仅特定波长的光。该算法还可经编程以根据某些植物品种选择特定波长。例如,罗勒对于蓝光和430-660nm的波长有光合优选。在一个实施方案中,植物特定的LED生长光源可发射某一波长或颜色的光。选择植物特定的波长/颜色可优化生长,但是还可使得溶液培养单元的功率消耗最小化。

[0076] 为了阻止损害成熟植物并导致痛苦,当植物接近成熟/收获阶段时,可取出光能,并且暴露至营养液也应最小化。相应地,温度也可减少。减少预收获阶段内的光照与加热可降低细胞复制,并可避免过量的养分密度。

[0077] 在实施方案中,基于植物成熟度,可改变以下的一个或多个:光强度、应用的光谱、温度、营养、CO₂分压/大气混合物和湿度。在一个实施方案中,基于根系的温度调节提供的营养。在其它实施方案中,基于提供的营养,调节根系温度。在一个实施方案中,基于植物的成熟度,CO₂压力可改变。可设想变量之间相互作用的其它相似变更。

[0078] 本公开也提供了最佳二氧化碳富集的方法和系统,以及由植物产生的氧的使用,用于植物生产。该系统包括将二氧化碳管悬浮在植物媒介托盘的一侧的固定位置上。二氧化碳管还可固定至任一壁、搁板单元、浮动托盘或桶中,使得吹送二氧化碳跨越植物并允许二氧化碳相对于植物均匀分散。二氧化碳富集的系统和方法可用于任何生长系统,例如封闭环境溶液培养系统。

[0079] 当二氧化碳水平在1000-1500PPM时,植物消耗更多的光能、基础养分、水和氧,以便产生光合作用的最大速率。光合作用的该最大速率导致园丁期望的令人惊讶的植物产量。实现该目标的主要障碍为空气中二氧化碳的平均水平仅为300PPM的事实。植物由80-90%的碳和水组成,而植物中的大部分碳来自于空气中最低300PPM水平的二氧化碳。虽然室内园艺行业在光照、养分、害虫控制、无性敏殖和溶液培养上已经历令人惊异的进步,但最大化室内花园潜力的限制因素为生长室气候中可用的(和缺乏)二氧化碳的量。

[0080] 二氧化碳为植物生长所需的三种主要组分之一,但是空气中二氧化碳的水平仅为0.03%。在标准大气中,这与78%的氮、21%的氧和0.97%的微量气体形成对比。

[0081] 在空气中300PPM的这种低水平下,在溶液培养环境中,植物可容易地在几小时内消耗掉全部的二氧化碳。植物仅能在有限量的可用二氧化碳下生产,和一旦二氧化碳水平为200PPM或更低,光合作用将削弱并可能最终一起停止。

[0082] 当溶液培养环境中的二氧化碳供应停止存在,光合作用也会停止。光合作用的过程将二氧化碳和水混合以产生糖和自由氧。光合作用仅在光存在下发生,因此,使植物富集有二氧化碳在植物生产的黑暗期间(光源关闭)没有用,甚至有害。

[0083] 研究显示,增加二氧化碳将增加植物大小、产量、活力并加快生长。随着二氧化碳水平的增加,植物生长也较少地有常见的昆虫和疾病问题的倾向。通过在光源开启时间内

将二氧化碳水平增加至1000-1600PPM,研究显示二氧化碳富集可增加25-50%的产量。然而,二氧化碳浓度大于1600PPM可能导致植物气孔(植物叶片上的微小开口)部分或完全关闭,其对于光合作用是至关重要的组份。因此,在保持最佳生长环境中,小心控制环境二氧化碳水平是关键。

[0084] 二氧化碳比空气更重。在77华氏度下,二氧化碳重66盎司/3立方英尺,而相同温度下,空气重42盎司/3立方英尺。除了比空气更重以外,二氧化碳从它的分布点缓慢向下移动,并且经过扩散过程仅移动短距离。

[0085] 当执行二氧化碳富集方法时,小心规划和安置设备可保证分散的二氧化碳引导至植物区域,因此其可在最大容量下被植物吸收。在几分钟内,植物将消耗掉在它们的叶片周围的全部可用的二氧化碳。因此,需要存在一种方法和系统,其将二氧化碳从最优分布点以可控方式分散,以保证在大气中的二氧化碳最佳水平,并与光曲线一致。

[0086] 虽然有不同形式的二氧化碳富集,例如干冰、发酵和有机物质的分解,但二氧化碳富集的两个最常用的形式为燃烧发生器和压缩二氧化碳槽。

[0087] 二氧化碳发生器为燃烧燃料以产生二氧化碳的工业单元。由于这些单元会释放大量的过量热,通常建议将它们用于大于1000立方英尺的室内花园或温室操作。为了避免伴随二氧化碳发生器的升温问题,许多闭合回路溶液培养环境使用压缩二氧化碳槽和调整器作为它们的二氧化碳富集形式。

[0088] 压缩二氧化碳来自高压下的金属容器,其压力范围为1600磅/平方英寸(Psi)-2200Psi。该富集形式称为“定时释放”系统,其在定时释放速率下,从槽中释放一定量的压缩二氧化碳。“定时释放”需要压缩二氧化碳槽(20、50磅等)、槽调整器和定时器。调整器控制释放到室内花园大气中的二氧化碳的量,而定时器精确控制何时释放二氧化碳以及释放多长时间。

[0089] 管,例如乙烯管,连接于槽调整器,并放置在二氧化碳分布管中用于分散二氧化碳。该管称为“钻孔”二氧化碳管,其中二氧化碳经过在管中的小孔蒸发,并均匀分散遍及溶液培养系统。

[0090] 因为植物释放氧,同时吸收二氧化碳,这产生了稀释效应,降低二氧化碳浓度。因此,有一种方法和系统,其按一定方式布置二氧化碳管分布点,使得吸收二氧化碳,同时使呼出的氧移离植物,这将是改进。将呼出的氧从系统中去除是重要的,因为其可移动回该植物并稀释二氧化碳浓度。因此,还需要不仅从植物的附近去除氧,而且捕集它,例如利用。

[0091] 因此,需要一种方法和系统,其均匀地将二氧化碳从分布点直接从生长区域侧分散,无论溶液培养系统的设计和布局如何,以及捕集氧,使得其可在溶液培养系统的养分槽内部利用。

[0092] 图6显示了一种系统的侧视图,其中二氧化碳从二氧化碳管34分布并吹过植物,如矢量36所示。根据矢量36的二氧化碳分布通过在幼苗和植物上方产生圆形的风力运动37,导致植物上方的负压区域。这迫使植物呼出的氧飘动经过溶液培养漂浮媒介35和/或浮动托盘下落38至底面。

[0093] 图7描绘了将二氧化碳分布跨越植物的系统的顶视图。二氧化碳与氧交换,所述氧经由惯性位移去除。

[0094] 本公开的系统和方法的特征之一为以下事实,通过将二氧化碳吹过溶液培养生长

媒介,二氧化碳被氧稀释的可能性极大地减少或消除。然后该氧能回收并吹回至溶液培养养分槽中以给营养液充氧。图8描绘了系统的完整侧视图,其用于分布二氧化碳系统,以及回收氧39,并在通气溶液培养营养液中使用回收的氧。在养分槽中的鼓泡器可用于引入呼出的氧。

[0095] 为了在系统中保持最佳的二氧化碳水平,溶液培养单元可包括二氧化碳系统控制器,其与二氧化碳传感器连通。当传感器检测到二氧化碳水平已下降低于阈值时,可释放另外的二氧化碳。当传感器检测到二氧化碳水平已超过阈值时,二氧化碳分散可停止。此外,过量二氧化碳可排出。某些植物品种需要特定水平的二氧化碳以获得最佳生长,例如某些莴苣和罗勒。处理器可能用二氧化碳饱和和算法编程以控制二氧化碳水平,根据溶液培养单元中生长的品种、植物生长的生长阶段、它们的组合等。

[0096] 在实施方案中,用于二氧化碳分散的系统可部署在支架上,使得在溶液培养单元中的独立支架可各自具有局部的二氧化碳流动矢量,其导致支架上方的局部负压并在支架底部再捕集呼出的氧。

[0097] 由于植物吸收二氧化碳,得到的氧被捕集,和通过风扇施加负压以将氧推向底面。一旦氧被推至底面区域内,一种装置获取氧并将其吹进溶液培养储存槽中,因此给水充氧。氧可经回收和吸回至溶液培养养分槽中。图8为系统的完全侧视图,其用于分布二氧化碳系统以及氧回收系统39,所述氧回收系统39再捕集氧并将氧引导至溶液培养营养液中。

[0098] 在实施方案中,溶液培养系统在密封容器内,以及在该环境中利用高压CO₂(超气压的)。在实施方案中,为帮助CO₂吸收,可能有益的是,将CO₂饱和的水溶液喷在叶片上。在实施方案中,在溶液培养系统中,氮的分压可降低和CO₂的分压增加。

[0099] 本公开还涉及在溶液培养环境中,通过利用低电压电培养来优化植物细胞生长的方法和系统。这通过将正负电连接供应至溶液培养溶液的水介质中以刺激植物根系结构来进行。溶液培养水溶液中提供的能源的量根据植物品种和该植物的生长周期的时间线变化。

[0100] 电培养代表考察电力对植物的影响的研究领域。由于电荷用以调节细胞和组织内的代谢过程,将电力引导至植物结构内或其上,可进一步激励这些相同过程。在这样进行时,植物可变得更加耐低温、耐疾病和其它病原体。

[0101] 地球具有接近8Hz的自然频率。已发现,在一定频率下,例如地球的自然频率下,通过将小电流通过植物和植物根系,植物生长和产量可显著增加。

[0102] 图9描述了一种系统,其中DC变压器41用于将电流传导经过溶液培养的生长介质44,在根据植物品种和属的15-150Hz的频率周期下,使营养液通电。

[0103] 频率计45可放置在变压器41的正极42和负极43侧,以测量电流的流出和流入,来保证正确的频率周期用于特定植物品种。

[0104] 电流的时间安排可与在溶液培养系统中的光曲线和植物生长曲线的一个或多个对应,以提供根系激励的变化的量和时间安排。定时器46可连接于变压器41,以调节根系激励的时间安排。例如,在用于植物的光照开启时,电流可仅通过液体营养液。一种算法可用于将根系激励曲线与施加电流关联。

[0105] 提供了高密度闭合回路溶液培养植物生长系统的营养液的温度的调节方法。加热和冷却营养液的时间安排由基于溶液培养环境内部的幼苗生长以及生长光照的功率和距

离的方程计算。

[0106] 溶液培养方式的植物生长包括将水溶液供应至植物的根系,例如,通过将溶液喷洒在根系上或通过将它们保持浸入液体溶液。溶液主要为添加有肥料和其它养分的水。最佳的生长乃至植物的存活率可要求根系提供有富空气的溶液并保持在规定的温度范围内。通常,这是比根系以上的植物部分所需的更低的温度范围。这与自然中的情况相同,其中植物的根系在较冷的土地里,而当植物生长时,植物的上部分在通常比土地更暖的空气中。

[0107] 溶液培养的营养液不仅仅是肥料盐和水的混合物,在溶液培养系统中通常还发现有许多有机体和化合物,例如溶解氧,其对根系的健康和强度是至关重要的,并且是养分吸收所必需的。

[0108] 对于大多数生长器熟知的是,在它们的营养液中需要具有某种形式的通气,不论其是基于系统的再循环或媒介。在养分膜技术(NFT)系统中,这通常使用空气泵或通过允许养分返回至储存器而完成,因此引入氧。然而,还需要考虑溶液的温度对溶解氧水平和根系呼吸速率的影响。当营养液的温度提高时,溶液保持溶解氧的能力减小。例如,在10°C(50°F)下,完全通气的溶液的氧含量为约13ppm,但是当溶液升温至20°C(68°F)时,液体保持氧的能力下降和氧含量下降至9-10ppm。到溶液达到30°C(86°F)时,氧含量仅为7ppm。

[0109] 虽然这可能看起来不像是溶解氧量的巨大下降,但是当根系温度温热时,根系组织的呼吸速率也提高,且植物需要更多的氧。例如,在温度高至30°C(86°F)时,每升高10°C,根系的呼吸速率加倍。因此,当溶解温度在日间从20°C提高至30°C(68°F-86°F)时,对于成熟的农作物和大的根系,则情况可发展为氧的需求加倍,而溶液的携氧容量下降超过25%。这意味着溶液中的溶解氧将会快速得多地耗尽,且植物在一段时间之内可遭受氧饥饿。

[0110] 溶液培养的生长操作可能包括冷却系统,在水溶液进料到植物根系之前将其冷却。该冷却系统可与用于储存溶液的储存器分开。此外,该溶液可通气以优化植物生长,例如使用单独的通气装置。冷却系统可为放置在营养液储存器之内或与其邻接,或遍及养分分布系统的冷凝器。备选地,在溶液培养单元中的环境温度可降低。在任何情况下,温度传感器可遍及溶液培养单元部署,例如在支架上,在营养液储存器中,在溶液培养床中,在底面上,在平顶上等,以将溶液培养单元、溶液等的温度报告返回至处理器。

[0111] 图10描述了对于给定的植物品种,具有推荐的溶液培养养分温度范围“R”53的植物的最佳温度范围。

[0112] 方程47、48、49、50、51和52描述了,基于推荐的溶液培养养分温度“R”,各个植物生长阶段所需的不同的营养液温度。

[0113] 在植物生长生命周期的阶段A中,期望较冷的营养液温度,而植物调节为它的新液体环境。

[0114] 参考阶段A1中的方程47,溶液培养溶液可冷却至推荐的溶液培养养分温度R的70%的温度。

[0115] 参考阶段A2中的方程48,溶液培养溶液可冷却至推荐的溶液培养养分温度R的75%的温度。

[0116] 参考阶段A3中的方程49,溶液培养溶液可冷却至推荐的溶液培养养分温度R的80%的温度。

[0117] 参考阶段B中的方程50,溶液培养溶液可冷却至推荐的溶液培养养分温度R的100%

的温度。

[0118] 参考阶段C中的方程51,溶液培养溶液可冷却至推荐的溶液培养养分温度R的100%的温度。

[0119] 参考阶段D中的方程52,溶液培养溶液可冷却至推荐的溶液培养养分温度R的70%的温度。在实施方案中,植物可在收获之前进一步冷冻,例如以便停止或减慢细胞复制。

[0120] 在一个实施方案中,处理器可用加热时间安排算法编程,其计算方程47-53并通过加热或冷却控制营养液的温度以优化植物生长。如前所述,测定真实生长阶段可通过目视分析或不同的自动化方法完成,例如影像观察、激光传感器、位置/接近度传感器、重量测量、通过O₂传感器测量系统中的O₂输出、营养液浓度测量等。当进行最佳温度计算时,处理器可首先使用测定的生长阶段来确定植物所在的阶段。此外,基于植物品种的预测生长曲线\给出的关于何时种植的数据等,算法可能进行最佳温度计算。因此,植物生长的测量可能不需要或可用于确认最佳温度计算。

[0121] 根据溶液培养单元中改变的温度,可回收任何过量的热量。

[0122] 在实施方案中,溶液培养单元的加热和冷却系统使阳光敏感的品种能高温生长。例如,莴苣可应对高温,而非日光。在溶液培养单元中,莴苣可在使用红色和蓝色光代替日光的高温条件下生长。

[0123] 溶液培养可描述为不使用土壤的植物或其它植被生长的方法,且熟知如此。然而,目前的设备基本在间歇式系统上运行,但是在必要时将独立于外部环境运行的连续系统生产中,特别是例如动物饲料生产中,需要产生草本植物的定期和连续供应。本公开探求提供用于这种连续系统的方法和设备。

[0124] 在它的广泛方面,本公开提供了一种方法,其包括:取得期望植物的幼苗,将它们放置在高密度高生长的生长系统内部的容器中,所述生长系统提供幼苗生长和成熟植物生长的条件,然后从容器中移除成熟植物。本公开还提供了一种设备,其包括:各自能接收包含植物的容器的一系列支架,各自分成多个搁板,在其中植物可暴露于在该区域内特定生长阶段所必需的环境条件。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。现在参考图11,用于从种子或幼苗生长植物的系统包括浮动托盘系统,其为放置在其内的幼苗/种子的生长提供条件,以及从容器移除最终成熟植物之前,为最终成熟植物的生长提供条件。系统包括一系列支架55,各自能在位于浮动托盘59上的漂浮物上接收植物。系统还包括HVAC系统54。

[0125] 根据本公开,还提供了用于接收植物的容器,其包括具有排泄孔的托盘,排泄孔安装有包括排出设备和管的排出控制,其将营养液从溶液培养系统返回至储存槽。储存槽中的泵将营养液泵送升至支架的顶部,然后在那里用管向下输送并退出至溢流托盘中。此外,螺栓结合在一起的支架还与具有设计的底面板的底面螺栓结合,并用结构撑板跨越支撑。

[0126] 现在参考附图,和特别是图11和图12,说明了用于接收植物容器的支架系统。包含的溶液培养系统在容器两侧上都包含支架。支架系统包括从右到左安设的多个支架55,和从左至右倾斜的多个其它支架55(如图11所示)。支架可在支架系统的长度上横穿,支架系统按长度分成多个区域,其为图12和图13中描述的独立支架。图11中说明的设备的宽度允许在容器的两侧上的支架,但是自然地,设备的宽度可选,和其可根据需要和根据可用空间制备成更窄或更宽。

[0127] 植物容器的优选形式可为漂浮在安装有支架的托盘上的聚苯乙烯漂浮物,但是通

常,植物容器可包括能接收植物的任何托盘,其具有一定形式的排泄孔以允许去除耗尽的或过量的养分或种子。使包含幼苗的托盘进入在溢流托盘59上的设备的支架上。该设备可分成四份。每个区域的长度可容纳若干数量的植物托盘,和在许多情况下,区域可容纳相等数量的植物托盘。在支架中的间隔可以是高密度的。在一个实施方案中,生长空间之间可能有120mm,但是最佳间隔可随品种改变。例如,罗勒可间隔92mm。

[0128] 托盘可从支架抽出。托盘可按一定方式安装,使得能易于从支架移除,例如使用滑块、轮子等。对于移动式实施方案,支架可包括震动吸收器。

[0129] 图11显示了系统的顶视图,其中支架安设在容器66的两侧上,具有在一端可用作或可不用作收获生长室57的空间。每个支架可用结构梁65彼此螺栓结合在一起,结构梁65阻止支架摇摆并提供总体的支架设计的稳定性。在实施方案中,支架系统可包括HVAC系统、密封门系统56和顶端支架结构梁系统65。

[0130] 图12和图13描绘了可包含六个搁板的单个支架,在搁板上安放溢流托盘59。支架包括连接的管道设计组件61,用于将营养液泵送上升至六个搁板的每一个,从营养液储存槽进入溢流托盘。此外,来自溢流托盘的返回管道63可螺栓结合至支架的相对侧。

[0131] 现在更特别地参考图12和图13,接收植物的容器可包括多种不同类型的漂浮介质。在每个溢流托盘一端可存在中部排出孔,具有向下沿着支架延伸并进入养分储存器63的管。

[0132] 在实施方案中,如图12,溢流托盘59可为4英寸高和支架的总高度可为8英尺。

[0133] 根据正在生长的特定植物的生长周期,每个支架的营养液的量、浓度和类型可为不同的。因此,每个支架55可从养分流体储存器40的单独的槽供应,其可为纯水或在其内可具有帮助生长的养分或其它化学品。可在植物生长的每个阶段下选择条件以利于最高产量。

[0134] 二氧化碳管34可安设在支架系统上。二氧化碳可吹过搁板单元以提供增加的饱和量和,如本文描述。在管路中的二氧化碳的量和压力可根据植物品种的类型选择。

[0135] 可提供诱导生长所需的光源,例如,通过安装在搁板单元下面的荧光管或LED光源,如图15所示。备选或此外,设备可经设置,以便接收外部或穿过玻璃、透明塑料材料等的日光。

[0136] 一旦本公开的系统已经设为运行和已经种植幼苗,如图11、图12、图13和/或图14中描绘的那些设备可能产生大的产量。

[0137] 图14描绘了连接至支架的脚,其稳定整个支架系统。板测量为搁板脚宽度至少3倍的宽度和支架腿之间距离的至少1.3倍的长度。脚使用连接至底板67的L-形托架。此外,板上已钻孔以允许螺栓结合至底面69。

[0138] 不惹人注意的光照系统可提供更多的空间用于生长。在实施方案中,在高生长、高密度的生长系统中,支架基的系统可为高度可调节的,具有高密度的间隔,以便适应植物高度(例如,较高的直立莴苣和法国龙蒿)并优化光照距离。当接近成熟时,可移动支架可允许充足的高度,并能在生长开始时,输送充足的电力。移动可基于高度测量自动化,例如用激光或影像测量。例如,当幼苗中发生生长并测量时,测量传感器可反馈至用于该移动支架的控制器,使其移动远离幼苗以适应生长和/或减少光源强度。

[0139] 对于静态支架,光源到幼苗的最佳距离可计算。一个距离可为八英寸。LED光照的

最佳光照位置可在高生长、高密度的封闭环境溶液培养系统中优化植物生长。

[0140] 低电压生长系统可包括光照和机械系统,其连接到将高压交流电力转化为直流低压电力的降压变压器62。使用低压有利于太阳能板或风力发电机的使用,以便向该单元提供电能,并允许便宜的和容易可得12v电力系统和电池的使用。通常指定12伏直流低压光照和机械,用于溶液培养环境中的两个主要目的:1.固定设备和机械通常较小;和2.在可用作生长光源的灯泡中有更宽种类的光束传播。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。

[0141] 对于生长光照,可能用较小的固定设备的理由是简单的。因为在灯泡中的灯丝仅必需携带12伏特而不是120伏特,其可制作得小得多,也许1/4"长而不是120伏灯泡的1"长。因为灯丝是较小的,环绕它的玻璃灯泡或LED可制造得较小,因此固定设备也可设计成较小。

[0142] 在低压光源中可获得更多光束传播的理由是因为,小的灯丝或LED比较大的那种可精确得多地瞄准。对于光源指定在特定的点的应用,例如特定植物,这可能是重要的。灯丝产生的光线从反射体反射并进入其指定的方向。如果白炽灯丝非常小,则非常精确设计的反射体可用于定位光束。对于较大的灯丝,容易最后得到光束无差别反射。

[0143] 某些HID生长光源,例如具有窄光束传播,可用于规模大得多的应用,其中涉及植物到光源的大距离,或需要更小的精确性。

[0144] 此外,低压溶液培养机械泵、通气装置和风扇比起它们的常规交流电压对应物可靠得多,并使用更少的能源。直流机械装置的平均寿命还具有显著更长的寿命。

[0145] 用于溶液培养组件的最大电压通常为120交流伏特,但是可在110伏特和130伏特之间变化。(标准的生长光源设计成在120伏特下运行。因为120伏特是使用12直流伏光照系统的标准,需要变压器来转换电压。这通常是低压系统成本的主要部分。

[0146] 有许多不同“大小”的变压器可用。小的变压器可向单个光源供电,或大的变压器可向多个光源供电。对于变压器来说,某些额定瓦数已稍微变得标准化。

[0147] 变压器通常在它们容量的80%运行。例如,对于供电100瓦的光源,应该使用至少120瓦的额定变压器。然而,大多数主要制造者已经将它们的变压器“降级(de-rated)”。该“降级”部分由于变压器不是100%有效。变压器的一些容量在它的“转换”功能中用尽,和一些作为热量浪费掉。

[0148] 在实施方案中,对于低压来说可能有特别的线路要求,简单来说是指使用比通常用于常规线路电压系统更厚的电线。在溶液培养环境中,使用低压线路的最大优点之一是某些国家或地区法规要求电连接封装在某种金属盒中,并接地。这对低压来说也是正确的;然而,在60瓦下的线路不必满足该要求。新的变压器通常具有塑料盒,因为它们内嵌有过载和短路断路器。因此,可能不需要接地变压器的低压侧,仅进入的120伏电线需要接地。超过60瓦的任何电路应在金属盒内。

[0149] 图15描述了使用低压直流系统的溶液培养系统的光照和泵元件的侧视图,其显示了光源1500相对于溢流托盘59的位置,以及储存器40和降压变压器,所述降压变压器将高压交流电力转换为直流低压电力62。

[0150] 图16描述了12伏直流系统的布线设计和逆变器箱的位置的顶视图。12伏直流通气装置44通过12伏直流线72连接至AC-DC逆变器箱71。直流低压电力62连接至AC-DC逆变器箱71。

[0151] 图17描述了溶液培养生长系统的布线设计的侧视图。

[0152] 本公开提供了在溶液培养栽培期间,当营养液进入溶液培养系统的一端并在第二端排出时,克服根系营养耗尽的不利影响的系统和方法。

[0153] 溶液培养系统的主要问题之一是不均匀的营养液进料至溶液培养溢流托盘环境中的植物。当在水基溶液中的植物开始发育根系时,水趋向于围绕溢流托盘的中部流动并沿着溢流托盘外部的阻力最小的通道流动。因此,紧密围绕根系的营养液中植物的代谢逐渐抑制新的盐类养分、气体和水的吸收,并致使最靠近溢流托盘排水区域的植物接受较少的养分和矿物质,因此使植物“饥饿”。

[0154] 在静态营养液中,该问题不是极端的。来自紧密围绕根系的区域的吸收和新鲜养分和溶解氧至根系的供应受限于可自然获得的那些,且不会产生一些植物接收到比其它植物更少的养分的问题。该问题可通过溶液培养生长植物的方法来减轻或克服,该方法包括通过增加通往溢流托盘中部的溶液的压力和流量来将营养液供应至植物的根系。这进而会提供更多的溶液穿过植物根系最密集的溢流托盘的中部。

[0155] 营养液流量可通过毛细作用引入,和采取的形式为沿着互相连结的根系结构的表面移动的增加了的营养液流量。为了利用这种营养液供应,植物的根系自身是亲水性的,其可发展与流体的紧密接触并从它们吸取养分和水,速率与溢流托盘外边缘的植物相同。只要流动的营养液量大于根系吸收的量,就有剩余的流体穿过和越过根系。当传送至溢流托盘中部的较密集的根系区域的营养液的体积增加约100%流速和压力时,可获得该结果。

[0156] 系统的一个重要优势是其极大地减少了营养液一致平衡的要求。因为在溢流托盘中全部植物显示相同量的吸收,营养液对于控制有更好的平衡。系统的主要吸引力之一是其允许植物在长期内保持旺盛生长,即使在低充氧溶液中。

[0157] 参考图18,植物在使用多种生长媒介的溢流托盘环境中是固定的。植物74的根系73在溢流托盘的中部更密集,因此在溶液从进入点61引入时接收更少的养分。然而,使用图19的设备,管75用不同大小的小孔,例如孔76和孔80,插入溢流托盘中。溶液61的供应管线连接至管75,其提供均匀分布的环境,由此,比起泵送到侧边,更多溶液泵送经过中部植物根系。

[0158] 在设备中的孔的数量通过将孔间隔开1/2英寸来决定。因为不同的溶液培养系统具有不同的流速,不同尺寸的孔可用以发现对于特定溢流托盘环境,哪一种将提供最佳的流速和压力。

[0159] 在一个实施方案中,孔的大小和数量通过一个公式决定,其中L是称为分散棒79的设备的总长度,和较大的中孔将沿着分散棒79的总长度的一部分78设置,例如全部棒78的长度一半的部分。在分散管75的中部,孔80的直径可为在分散棒外部区域上的孔直径(S)76的4倍。在实施方案中,养分跨越根系的流动可从根尖到成熟根系。通过向根尖提供新鲜营养液,溶液培养系统模仿根尖生长进新鲜土壤的自然条件。

[0160] 托盘泵可将溶液从储存器泵送出并进入系统内。循环泵可在一侧将水抽进系统内,但是重力可将溶液从托盘中抽出并进入槽中。溶液循环系统可包括颗粒过滤器(例如0.5微米过滤器)。备选地,溶液可从一端重力给料并在另一端排出。可产生背压力使得下游植物接收到充足的养分。当根系变得更密集时,泵送溶液的阀可打开得更宽。在托盘中可包括管路或筛网系统以沿着托盘长度提供营养液。溶液可从托盘的两端进料以产生涡流。传

感器/流量计可部署在托盘中以测量溶液流量。可部署在托盘中的其它仪表/传感器包括温度传感器、碱度计、颗粒计、pH传感器、光源/UV传感器、在托盘外部或在底板上的湿度传感器以检查溢出/堵塞、硝酸根传感器、质谱仪等。这些传感器/仪表可用于监测和报告溶液培养单元中的条件。传感器还可允许对多个单元外部控制和监测和集合报告。传感器可分布在不同的水系中。

[0161] 本公开还涉及对于每个植物品种,在它的生长周期期间,最佳pH平衡的时间安排。pH是重要的,因为其影响植物生长所需的16种原子元素中的几种的可得性和吸收。这些元素的最大吸收可在pH读数为5.5-6.5时发现。当pH下降到低于该范围,许多大量元素(氮(N)、磷(P)、钾(K)等)可能具有更少的可得性和吸收,微量养分可能达到毒性水平。

[0162] 在整个植物生长周期内,通常认为植物的pH平衡应该是稳定的和不变的。用于给定植物品种的营养液的最佳pH是必需的,因为在不同的pH水平下植物将元素吸收最大化。在高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统中,在整个生长周期中变化的pH,与稳定的和不变的范例相反,可在不同的生长周期阶段促进具体元素的营养吸收。

[0163] 图20描述了植物生长的不同阶段和基于生长阶段的最佳pH水平。“P”标明为平均植物pH优选87。这通常从给定植物品种的上述文献和其它研究中确定。一旦已经确定,植物的pH可根据目前的生长阶段调节。阶段A1的最佳pH 81实际更高,和可通过将植物的pH优选乘以1来计算。阶段A2的最佳pH 82实际更高,和可通过将植物的pH优选乘以1.1来计算。阶段A3的最佳pH 83可为优选pH。阶段B的最佳pH 84实际更高,和可通过将植物的pH优选乘以0.6来计算。阶段C的最佳pH 85实际更高,和可通过将植物的pH优选乘以1.2来计算。阶段D的最佳pH 86可为优选pH。在生长周期早期的低pH可帮助幼苗阶段的磷和氮的吸收。更高的或变化的pH对于某些辅助因素和微量元素吸收是最佳的,例如在pH9的钼。网状的养分系统对于多根系植物可支持多pH灌溉。

[0164] 本公开涉及一种设备,其用于控制封闭体内空气条件,和更特别地用于控制封闭体内的空气的温度和湿度,例如用于溶液培养植物生长的密封容器。在实施方案中,湿度控制可涉及温度控制和光照控制的至少之一。

[0165] 在生长光源小时期间,生长的农产品将水蒸汽引入至空气中并从空气中提取二氧化碳。在日光小时期间,当过量的二氧化碳引入到环境中时,这些产物的生长增强。当该水蒸汽通过生长的农产品添加到水蒸汽产物中时,在容器中产生饱和或几乎饱和的条件。这种高湿度的条件对全部(除了热带)植物产生不期望的应激,并提高了植物对不同疾病的易感性,这些疾病的控制需要周期性的喷洒或其它处理。因此,在将该方法应用至植物管理中时,已遇到相当大的阻力。

[0166] 现在参考图21,在整个植物生长周期中,期望对空气除湿。然而,因为这些水被认为是无矿物质且无盐的,其可再利用作为植物营养流体储存器40中的补充水。这通过将软管组件88从HVAC系统54重定向来实现,其通常引导到溶液培养容器外部以将过量的水排出至支架储存器40之一内。气候控制器可控制除湿过程。避免过量水分抑制CO₂进入叶绿体,可积极地影响植物生长。在一个实施方案中,湿度可保持在65%。

[0167] 本公开涉及通过控制某些环境因素,减慢生长系统中植物细胞复制的过程。该过程通过以下确定:首先检查植物细胞复制减少的量作为变量(按百分比),然后使用方程来确定需要控制什么变量以获得期望的植物细胞复制减少或加速。生长系统可为封闭环境溶

液培养系统。

[0168] 现在参考图25,通过控制环境变量,细胞复制可减慢或加速。可能有6个或更多个不同的环境控制变量:两个空气温度设置、两个养分过程、两个生长光源设置等。例如,考虑变量A1 118,空气温度可减少至64 ℉。在另一个实例中,考虑变量A2 119,空气温度可减少至58 ℉。在另一个实例中,考虑变量B₁ 120,营养液可用pH7的水替代。在又一个实例中,考虑变量B₂ 121,养分温度可减少至64 ℉。在又一个实例中,考虑变量C1 122,在给定的小时/天内,给定植物品种的推荐光照循环124可减少至三分之一。在又一个实例中,考虑变量C2 123,在给定的小时/天内,给定植物品种的推荐光照循环可减少至五分之一。

[0169] 参考图24,植物细胞复制可参考生长减少的百分比在接近的范围内变慢。例如,如果期望将植物细胞复制减慢大约30-45%(115),或将80天的农作物的生长时间延伸另外的24-36天(115),使用图24提供的表格,溶液培养环境的空气温度将减少至低于64度(变量A1 118),营养液温度将减少至低于64度(变量B₂ 121),和用于给定植物品种的推荐光照循环将减少至总给定小时/天的三分之一(变量C1 122)。在一个实例中,细胞复制可在收获之前变慢。例如,如果期望将植物细胞复制减慢小于10%(113),溶液培养环境的空气温度将减少至低于64度(变量A1 118)。例如,如果期望将植物细胞复制减慢大约10-30%(114),溶液培养环境的空气温度将减少至低于64度(变量A1 118)或低于58度(变量A2 119),和用于给定植物品种的推荐光照循环将减少至总给定小时/天的三分之一(变量C1 122)。例如,如果期望将植物细胞复制减慢大约45-80%(116,117),溶液培养环境的空气温度将减少至低于64度(变量A1 118),该营养液温度将减少至低于64度(变量B₂ 121)和/或营养液可用pH7的水替代(变量B₁ 120),和用于给定植物品种的推荐光照循环将减少至总给定小时/天的五分之一(变量C2 123)。

[0170] 应注意到,因为不同的植物品种跨越一系列变量不同地反应,因此给定一个范围,但是通常提供给定参数的减少。

[0171] 图23提供了一个流程图,使得其给出指导,按其顺序,在植物细胞复制过程的调整中执行变量。逻辑流程在步骤103开始和前进到环境冷却过程A 104,养分冲洗过程B 107和/或光照过程C 110。环境冷却过程A 104前进至步骤105,在其中设置温度。逻辑流程可还进行至步骤106,在其中温度进一步设置为一个新的配置。养分冲洗过程B 107前进至步骤108,其中用水冲出营养液。逻辑流程可进一步前进至步骤109,在其中溶液的温度设置为新的配置。光照过程C 110可前进至步骤111,其中光源时间设置为推荐光照循环的1/3。逻辑流程可继续至步骤112,在其中光源时间进一步设置为推荐光照循环的1/5。

[0172] 在实施方案中,修改上述变量可用于生长系统内加速植物细胞生长的方法。根据生长曲线优化营养液、校正溶液的pH以优化整个生长曲线的营养吸收、控制整个生长周期和成熟时的温度、根据生长阶段调节光照,和控制二氧化碳的输送,这些的一种或多种的组合,在应用的时间和方向两者上,可产生优化的或加速的细胞复制以及植物生长。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。

[0173] 本公开详述了在溶液培养储存器内部混合营养液的类型和方法,以提供输送至植物的养分的正确混合物。除非在储存器中完成合适的溶液混合,否则得到的溶液在储存器的某些部分可具有更浓的浓度,和在其它部分具有更小的浓度,剥夺植物所需的重要养分。

[0174] 当溶液培养溶液分散经过植物根系时,经过溶液培养或气体培养,返回的营养液

通常具有更低的元素养分浓度,因为植物吸收了许多这些元素。当该溶液返回至储存器时,存在溶液元素不平衡,如果它们继续在系统内再循环,这可进而使植物饥饿。

[0175] 为了阻止这一点,有两种方法来修正该问题。参考图26,两个混合泵127插入在返回养分排出设备130和引导设备128的末端,营养液混合物推送至储存槽129的另一端内,朝向进料泵125,其具有至植物托盘的供应管线131。当营养液由128引导至储存槽129的另一端时,溶液通过通气装置126,所述通气装置126向溶液中提供充氧,然后其由进料泵125接收。

[0176] 该方法保证了与储存槽129中存在的营养液的完全均匀的混合物,并在营养液运输至植物之前,提供了所需的供氧。

[0177] 具有多个混合泵127和通气装置126的一个优势是,万一组件之一失效,其提供了失效保险设计。

[0178] 在一个实施方案中,营养液包括溶液培养混合物(26/5/5/15)、硝酸钙(15/5/0/0)等。营养液的较低浓度可用于幼苗,然后随后在生长周期中可使用完全浓度。钙可在生长曲线中间添加,同时去除硝酸盐。硼化铜和硼化锌可添加作为添加剂以支持细胞复制。镁和钼也可在生长曲线的不同点添加。营养液还可在系统中离子化。

[0179] 养分曲线可基于在高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统中的植物生长曲线或生长状态。

[0180] 本公开涉及溶液培养系统,其中溶液培养搁板支架为分离的,且单独系统设置在容器内以隔离和减少在溶液培养植物生产过程中可能发生的病原性和细菌性风险的可能性。

[0181] 通过对容器环境中各个支架构建连续但单独的且分开的溶液培养系统,在营养液、搁板单元或空气中细菌或病原体感染的风险减少,从而保护整个生产作物免于经受破坏。在高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统中,分布的溶液输送系统提供了对污染的隔离。

[0182] 图27为由多个溶液培养搁板支架组成的溶液培养容器的侧视图。每个支架经标记,且认为其是与其它支架133-137的每一个独立的生长系统。每个单元可具有多个支架,例如10个支架,和每个支架可容纳多个托盘,例如6个托盘。支架133以示例性的方式用于说明每个支架之间的隔离过程。

[0183] 每个支架包含在支架上的多个溢流托盘141。营养液残留在储存器143中,并经由进料泵139仅泵送至储存槽上方的溢流托盘,和泵送经过溶液培养管路138,然后营养液向下分布至每个溢流托盘141。然后,营养液被接收进入溢流托盘相对端的排泄孔,和软管140从各个支架引导向下回到储存槽143中。一旦营养液达到储存槽,一系列混合泵142将返回的营养液与槽中存在的溶液混合。

[0184] 每个支架可使用一个专用的储存器以将病原体或污染物的意外影响最小化,而且允许对每个支架接收的物质的选择性。

[0185] 在溶液培养系统中减少污染的其它方法包括,放置UV光源在储存器中、使用HEPA过滤器用于空气洗涤、在表面上使用抗微生物涂层、在底面上使用抗微生物涂料、使用电子洗涤器以电离空气并去除不支持光合作用的静电颗粒、使用醇以将系统除污、在循环泵上使用过滤器等。

[0186] 填充储存器可在活性炭过滤器的存在下完成。

[0187] 生长系统可利用LED光照。生长系统可包含容器、搁板支架和溢流托盘,其中LED光源提供特定植物品种生长所需的全部光照。生长系统可为封闭环境溶液培养系统。容器可为溶液培养容器。

[0188] 图28描绘了具有LED光源145的支架144,采用一排或箱形设计,其中光发射146向下至溢流托盘147。

[0189] 图29概括了建议的每平方英尺瓦特数(R_w)和LED光源的位置,其中对于给定的植物品种建议了红色LED相对于蓝色LED的总覆盖系数和波长。在一个实施方案中,对于红色/蓝色LED, R_w 可为25瓦。在一个实施方案中,红色LED可为640Nm-720Nm,和可占LED光的81%。在一个实施方案中,蓝色LED光可为400Nm-480Nm,和可占LED光的19%。在一个实施方案中,与蓝色LED相比,红色LED可占LED的更大比例f。

[0190] LED光源可具有防衰减外壳。该外壳可包括密封材料。该外壳可包括允许LED光透射的聚合膜树脂玻璃。抗反射涂层可减少树脂玻璃的反射。

[0191] LED可为可调暗的。LED可根据生长曲线调暗。

[0192] LED可包括基于生长阶段改变LED的光学曲线的透镜。例如,当植物成熟和生长时,镜片可改变以传播光。

[0193] 溶液培养单元可容纳在移动设备中,例如海运集装箱或货运拖挂车。这些单元可能是可放大的。这些单元可用于紧急事件和灾害响应。溶液培养单元可容纳在专用建筑中或可容纳在地下混凝土块中。单元的可移动性、可放大性使得其对于多种部署场景是有吸引力的,例如移动单元、现场生长环境例如整合到零售店或农产品市场中,等等。在一个实施方案中,虽然该单元正在运输,但植物可在其中生长。该系统也许能取代供应链中的运输要素,通过在现场或基于市场需要的战略场所生长。该单元的灵活性使得其可满足现货市场的需求。该单元可整合到食品生产系统中用于增值食品(例如,混合物;制备食品系统)。

[0194] 该单元的外部可具有反射(或PV吸收)技术,例如当部署在高UV区域时。进入和退出可紧密控制,例如通过密封门,任选地包括滑动器系统。该单元可包括控制器以跟踪随时间的密封状态。该单元可包括双门系统,例如在清洁室/保存区/锁气室中可见的。面部识别可用作进入的安全方法。条形码或UPC标签可用于在整个生命周期中跟踪植物。条形码可用于每个支架、每个搁板、每个单元、每个托盘或每个植物基底。

[0195] 溶液培养系统可用于农产品零售或市售农产品。

[0196] 搁板升降机可用于单元以提高支架上的物品。搁板脚系统可用于稳定支架。

[0197] 在一个实施方案中,可再生/清洁能源,或专用电力,例如小-或微-热电联合单元,可整合进高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统中。溶液培养系统可使用的电力系统包电网、太阳能(离网)、风能、混合系统、生物柴油发电机、小-或微-热电联合单元等。在一个实例中,需要8.5kW的功率以运行光照与加热。

[0198] 对于高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统,收获以后的重新整备方法可包括二氧化氯净化系统,然后HEPA过滤以去除二氧化氯,系统除污,例如用醇、伏特加或其它去污剂,排出水,用新的去离子水再填充,和再种植。

[0199] 现在参考图22,PLC95可使得能用控制器自动控制生长系统的全部功能,所述生长系统可为溶液培养生长系统,所述控制器例如:空气控制器97(HVAC控制、风扇控制、CO₂控

制,蒸发器控制),养分控制器98(投料控制器,pH控制器),机械控制器99(泵控制器,通气装置控制器),光照控制器100(定时器控制,功率控制),极限控制器101(灭火,停机控制器),病原体控制器102(UV控制器,电控制器),水流控制器等。控制器可由一个或多个帮助所需控制器测定的传感器获得数据。传感器可包括空气传感器89(湿度、温度、空气流量、空气速度、CO₂量、CO₂流量),养分传感器90(元素,pH,温度,总碱度),机械传感器91(泵流量,泵排量,返回输出,通气装置输出),光传感器92(时间,强度,功率计),限制传感器93(火,水,热,功率,C),病原体传感器94(养分,空气,水)等。用户界面96可用于输入优选、规则、检阅报告、检阅监测数据、调节控制器等。例如,用户也能监测多个系统,进行外部/远程监测,进行单元报告,进行集合单元报告等。基于容器和支架的报告可包括以下信息:含量、生长状态、时间、警报(例如污染,生长问题,安全)、位置、进入/退出状态、进入/退出日志、病原体报告、密封状态等。该系统可包括污染控制器和传感器、锁气室控制、病原体控制器和传感器等。控制器/传感器可与HVAC系统一起在线,且当有污染存在时,可发出警报。

[0200] 在一个实施方案中,溶液培养系统允许在高生长、高密度、封闭环境溶液培养系统中生产农产品,并在没有人手触碰且在生长、收获或运输阶段期间没有除草剂和/或农药处理的条件下输送。所得的产品可具有长的保存期限。

[0201] 可在溶液培养单元中生长的示例性植物包括萝卜叶(carrot greens)、莴苣、奶油莴苣、红长叶莴苣、直立莴苣、黑籽辛普森生菜、bistro共混物、色拉盘、橡树叶、红叶、羽衣甘蓝、红色俄国羽衣甘蓝、羽衣甘蓝叶、苦苣、白菜、大麻、时萝、法国龙蒿、薄荷、欧芹、芜荑、迷迭香、熏衣草、芥末、豆瓣菜、嫩青、罗勒、芝麻菜、菠菜、细香葱、向日葵、麦草、甜叶菊、富含抗氧化剂的植物、油料作物、大豆、海藻、亚麻、亚麻芥、两节芥、百里香、牛至、香草、花等。

[0202] 可通过系统相关的处理器执行算法,以优化生长/能量消耗,跟踪O₂移动,输送/回收水,处理营养的全部方面,利用传感器数据以控制系统功能,迭代确定控制序列例如用机器学习系统,提供基于模拟的控制,实施市场优化(价格、输入、输出),确定和执行营养计划,例如基于例如缺钙症状的计划,或基于曲线的计划。

[0203] 系统的数据可用于进行产品的价格预测。数据可输入进现货农产品市场以即时定位有效买家并商谈价格。

[0204] 系统数据可用于预测性分析(例如生长预测),生长周期分析,事件分析(失效模式,病原体监测),对整个生长周期实施在支架水平上所有受控变量的历史分析,实施生长建模和统计,产生计算机模拟模型(工具包)等。

[0205] 本文描述的方法和系统可部分或完全地通过机器部署,所述机器在处理器上执行计算机软件、程序代码和/或指令。处理器可为服务器、云服务器、客户端、网络基础结构、移动计算平台、固定计算平台或其它计算平台的部分。处理器可为任何种类的计算或处理装置,其能执行程序指令、代码、二进制指令等。处理器可为或可包括信号处理器、数字处理器、嵌入式处理器、微处理器或可直接或间接促进储存在其上的程序代码或程序指令执行的任何变体例如协处理器(数学协处理器、图形协处理器、通讯协处理器等)等。此外,处理器可使得能执行多个程序、线程和代码。线程可同时执行以提高处理器的性能且促进应用的同时操作。通过本文描述的执行、方法、程序代码、程序指令等可执行一个或多个线程。线程可产生可具有与其关联的指定优先级的其它线程;处理器可基于优先级或基于程序代码提供的指令的任何其它次序来执行这些线程。处理器可包括储存在本文和其它地方所描述

的方法、代码、指令和程序的存储器。处理器可通过界面访问存储介质,所述界面可储存在本文和其它地方所描述的方法、代码和指令。与处理器关联的用于储存能通过计算或处理装置执行的方法、程序、代码、程序指令或其它类型指令的存储介质可包括但是可不限于以下一种或多种:CD-ROM,DVD、存储器、硬盘、U盘、RAM、ROM、缓冲存储器等。

[0206] 处理器可包括可提高多处理器的速度和性能的一个或多个核。在实施方案中,该处理器可为双核处理器、四核处理器、组合两个或更多个独立的核的其它芯片级别的多处理器等(称为封装)。

[0207] 本文描述的方法和系统可部分或完全通过机器部署,所述机器执行在服务器、客户端、防火墙、网关、集线器、路由器或其它这些计算机和/或网络硬件上的计算机软件。软件程序可与服务器关联,所述服务器可包括文件服务器、打印服务器、域服务器、互联网服务器、内网服务器和其它变体例如辅助服务器、主服务器、分布式服务器等。服务器可包括以下一个或多个:存储器、处理器、计算机可读介质、储存介质、接口(物理和虚拟)、通讯装置和通过有线或无线介质能访问其它服务器、客户端、机器和装置的界面,等等。在本文和其它地方所描述的方法、程序或代码可通过服务器执行。此外,执行本申请所述的方法所需的其它装置可认为是与服务器关联的基础结构的一部分。

[0208] 服务器可提供连接至其它装置的界面,所述装置包括但不限于客户端、其它服务器、打印机、数据库服务器、打印服务器、文件服务器、通信服务器、分布式服务器、社交网络等。此外,这种偶联和/或连接可便于程序跨越网络的远程执行。这些装置的一些或全部的网络,在没有偏离本公开的范围下,可便于在一个或多个位置的程序或方法的并行处理。此外,通过界面连接于服务器的任何装置可包括能储存方法、程序、代码和/或指令的至少一个存储介质。中央储存器可提供程序指令以在不同的装置上执行。在该执行中,远程储存器可作为程序代码、指令和程序的存储介质。

[0209] 软件程序可与客户端相连,其可包括文件客户端、打印客户端、域客户端、互联网客户端、内网客户端和其它变体,例如辅助客户端、主客户端、分布式客户端等。客户端可包括以下一个或多个:存储器、处理器、计算机可读介质、储存介质、接口(物理和虚拟)、通讯装置和通过有线或无线介质能访问其它客户端、服务器、机器和装置的界面,等等。在本文和其它地方所描述的方法、程序或代码可通过客户端执行。此外,执行本申请所述的方法所需的其它装置可认为是与客户端关联的基础结构的一部分。

[0210] 客户端可提供连接至其它装置的界面,所述装置包括但不限于服务器、云服务器、其它客户端、打印机、数据库服务器、打印服务器、文件服务器、通信服务器、分布式服务器等。此外,这种偶联和/或连接可便于程序跨越网络的远程执行。这些装置的一些或全部的网络,在没有偏离本公开的范围下,可便于在一个或多个位置的程序或方法的并行处理。此外,通过界面连接于客户端的任何装置可包括能储存方法、程序、代码和/或指令的至少一个存储介质。中央储存器可提供程序指令以在不同的装置上执行。在该执行中,远程储存器可作为程序代码、指令和程序的存储介质。

[0211] 本文描述的方法和系统可部分或完全地通过网络基础结构部署。网络基础结构可包括以下要素:例如计算装置、服务器、云服务器、路由器、集线器、防火墙、客户端、个人电脑、通讯装置、路由装置和本领域已知的其它主动和被动装置、模块和/或组件。与网络基础结构关联的计算和/或非计算装置除其它组件外还可包括存储介质例如闪存、缓冲器、堆

栈、RAM、ROM等。在本文和其它地方所描述的过程、方法、程序代码、指令可通过网络基础结构要素的一个或多个来执行。

[0212] 在本文和其它地方所描述的方法、程序代码和指令可在具有多信元的蜂窝网络上执行。蜂窝网络可为频分多址(FDMA)网络或码分多址(CDMA)网络。蜂窝网络可包括移动装置、信元位置、基站、中继器、天线、塔等。蜂窝网络可为GSM、GPRS、3G、EVDO、网格网络或其它网络类型。

[0213] 在本文和其它地方所描述的方法、程序代码和指令可在移动装置上或通过移动装置执行。移动装置可包括导航装置、蜂窝式电话、移动式电话、移动式个人数字助手、膝上电脑、掌上电脑、上网本、传呼机、电子图书阅读器、音乐播放器等。这些装置除其它组件外还可包括存储介质例如闪存、缓冲器、RAM、ROM和一个或多个计算装置。与移动装置关联的计算装置可使得能执行储存在其上的程序代码、方法和指令。备选地，移动装置可配置用以与其它装置协作执行指令。移动装置可与服务器交互并配置用以执行程序代码的基站通讯。移动装置可在对等网络、网格网络或其它通信网络上通讯。程序代码可储存在与服务器关联的存储介质上，并通过嵌入在服务器内的计算装置执行。基站可包括计算装置和存储介质。存储装置可储存程序代码和指令，其通过与基站关联的计算装置执行。

[0214] 计算机软件、程序代码和/或指令可在机器可读介质上储存和/或访问，所述机器可读介质可包括：在一些时间间隔内保留用于计算的数字数据的计算机组件、装置和记录介质；被称为随机存取存储器(RAM)的半导体存储器；通常用于更长的永久存储的大容量存储器，例如光盘、磁存储形式如硬盘、磁带、磁鼓、卡片和其它类型；处理器寄存器、缓冲存储器、易消存储器、非易消存储器；光存储器例如CD、DVD；可移除介质，例如闪存器(例如USB棒或钥匙)、软盘、磁带、纸带、穿孔卡片、独立的RAM盘、压缩驱动器、可移除的大容量存储器、离线等；其它的计算机存储器，例如动态存储器、静态存储器、读写存储器、可变存储器、只读、随机存取、顺序存取、位置寻址、文件寻址、目录寻址、网络连接的存储器、存储区域网络、条形码、磁性墨水等。

[0215] 本文描述的方法和系统可将物理和/或无形项目从一种状态转换到另一种状态。本文描述的方法和系统还可将表示物理和/或无形项目的的数据从一种状态转换到另一种状态。

[0216] 本文描述和描绘的元件，包括贯穿附图的流程图和方框图中，在要素之间暗含有逻辑边界。然而，根据软件或硬件工程实践，描绘的要素和它们的功能可通过计算机可执行介质在机器上执行，所述计算机可执行介质具有能执行储存在其上的执行指令的处理器，作为整体软件结构，作为独立软件模块，或作为使用外部例行程序、代码、服务等模块，或这些的任何组合，和全部这些执行可在本公开的范围之内。这些机器的实例可包括但是可不限于，个人数字助手、膝上电脑、个人电脑、移动式电话、其它手持计算装置、医疗设备、有线或无线通信装置、转换器、芯片、计算器、卫星、平板个人电脑、电子书、小配件、电子设备、具有人工智能的装置、计算装置、网络设备、服务器、路由器等。此外，在流程图和方框图中描绘的要素或任何其它逻辑元件可在能执行程序指令的机器上执行。因此，虽然上述附图和说明阐述了本公开系统的功能方面，但不应从这些说明中推断用于执行这些功能方面的具体软件装置，除非上下文明确声明或显而易见。相似地，应理解如上所确定和描述的不同步骤可改变，并且步骤的顺序可适于本文公开的技术的具体应用。所有这些变化和改进预期

落在本公开的范围內。因此,不同步骤的顺序的描绘和/或描述应理解为对于那些步骤需要特别的执行顺序,除非具体应用需要,或上下文明确声明或显而易见。

[0217] 如上所述的方法和/或过程,和它们的步骤,可在硬件、软件或适合于具体应用的硬件和软件的任何组合下实现。硬件可包括通用计算机和/或专用计算装置,或特定计算装置,或特定计算装置的特定方面或组件。该过程可在一个或多个微处理器、微控制器、嵌入式微控制器、可编程数字信号处理器或其它可编程装置中,与内部和/或外部存储器一起实现。该过程还可,或代替地,体现在应用专用集成电路、可编程门阵列、可编程阵列逻辑、或可配置用以处理电子信号的任何其它装置或装置的组合中。还应理解,所述过程的一个或多个可通过能在机器可读介质上执行的计算机可执行代码实现。

[0218] 计算机可执行代码可使用以下产生:结构化编程语言例如C,面向对象编程语言例如C++,或可储存、汇编或编译以在以上装置以及处理器、处理器架构的异类组合、或不同的硬件和软件的组合、或能执行程序指令的任何其它机器上运行的任何其它的高级或低级编程语言(包括汇编语言、硬件描述语言和数据库编程语言和技术)。

[0219] 因此,在一方面,如上所述的每个方法和它们的组合可体现在计算机可执行代码内,当在一个或多个计算装置上执行时,其实施它们的步骤。在另一方面,所述方法可体现在实施它们的步骤的系统内,和可通过许多方式跨装置分布,或全部功能可整合到专用的独立装置或其它硬件中。在另一方面,实施与如上所述的过程有关步骤的设备可包括如上所述的任何硬件和/或软件。所有这些排列与组合预期落在本公开的范围內。

[0220] 已经在溶液培养系统的背景中描述了以上系统和方法。应理解这些系统和方法同样应用于使用土壤生长植物的方法和系统。许多这些系统和方法可将土壤结合至支撑植物的支架内,并且还产生溶液培养系统和方法所描述的益处。

[0221] 虽然已结合显示的优选实施方案公开和详细描述本公开,但对其各种改进和改善对本领域技术人员将变得显而易见。因此,本公开的宗旨和范围不受上述实例限制,而应在法律允许的最宽的意义上理解。

[0222] 本文提及的全部文献在此通过引用并入。

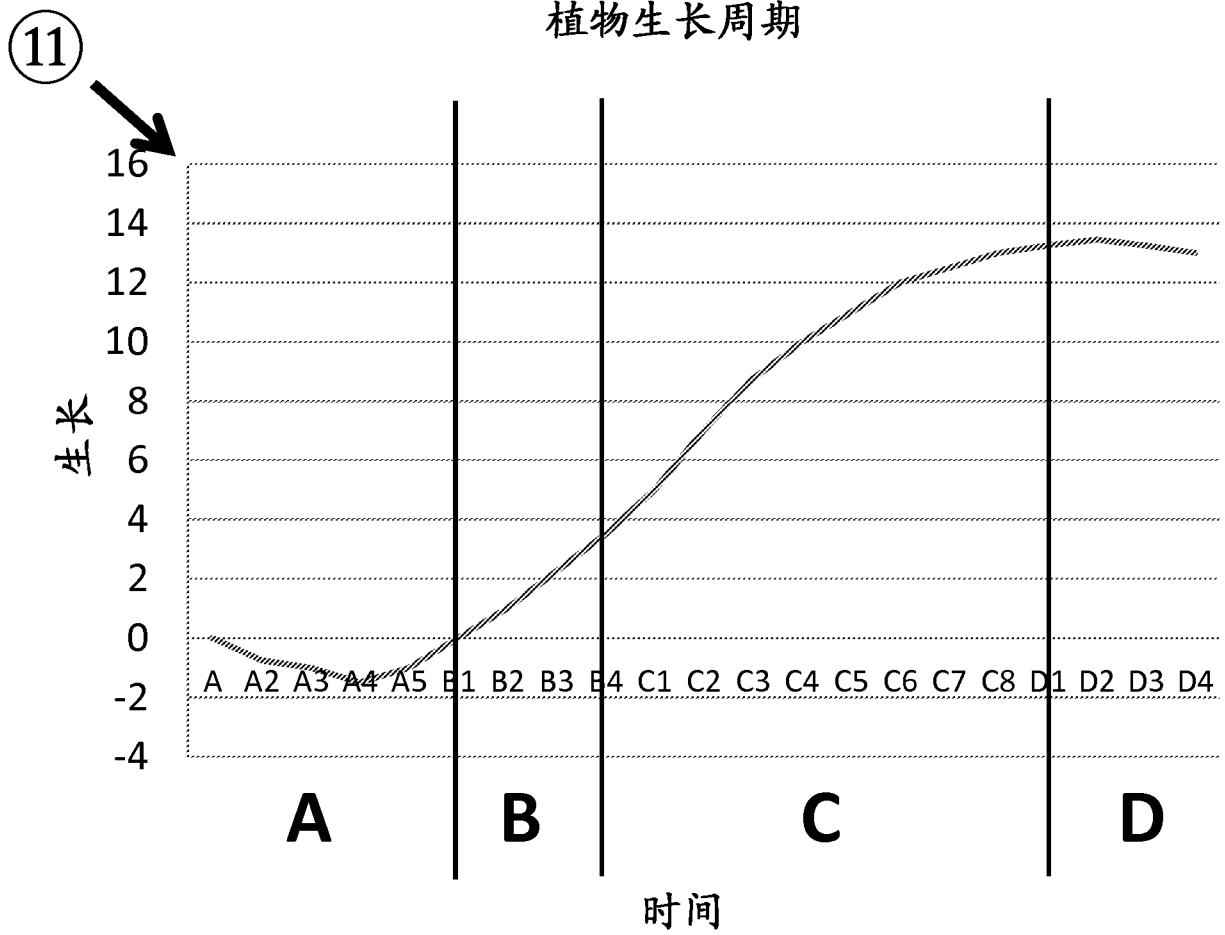


图 1A

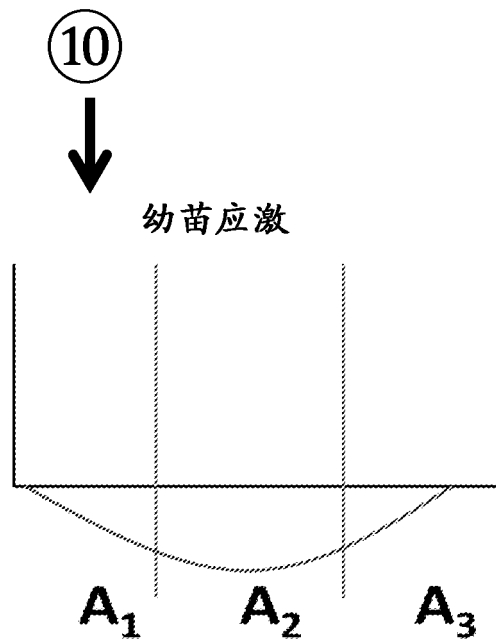
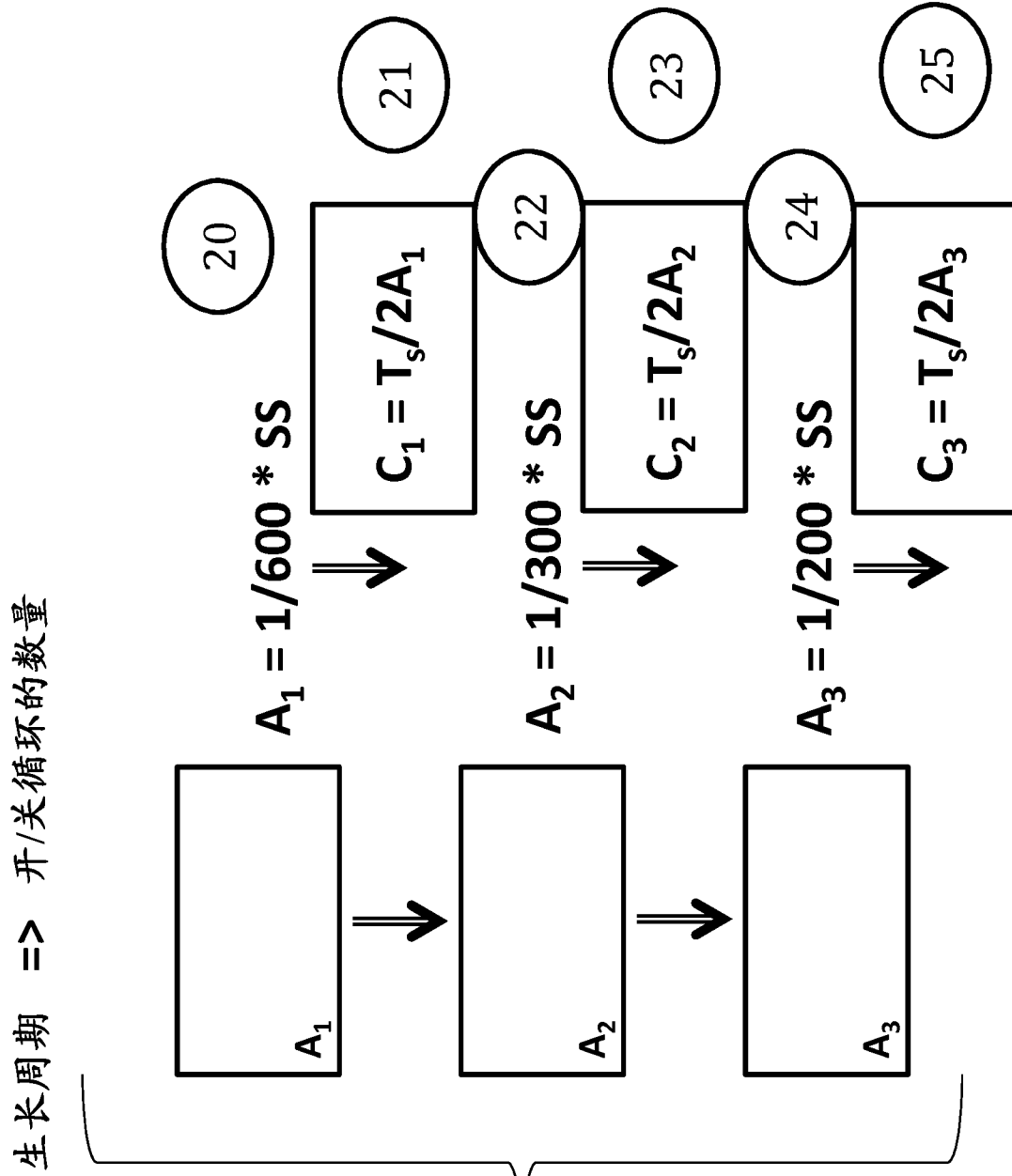


图 1B

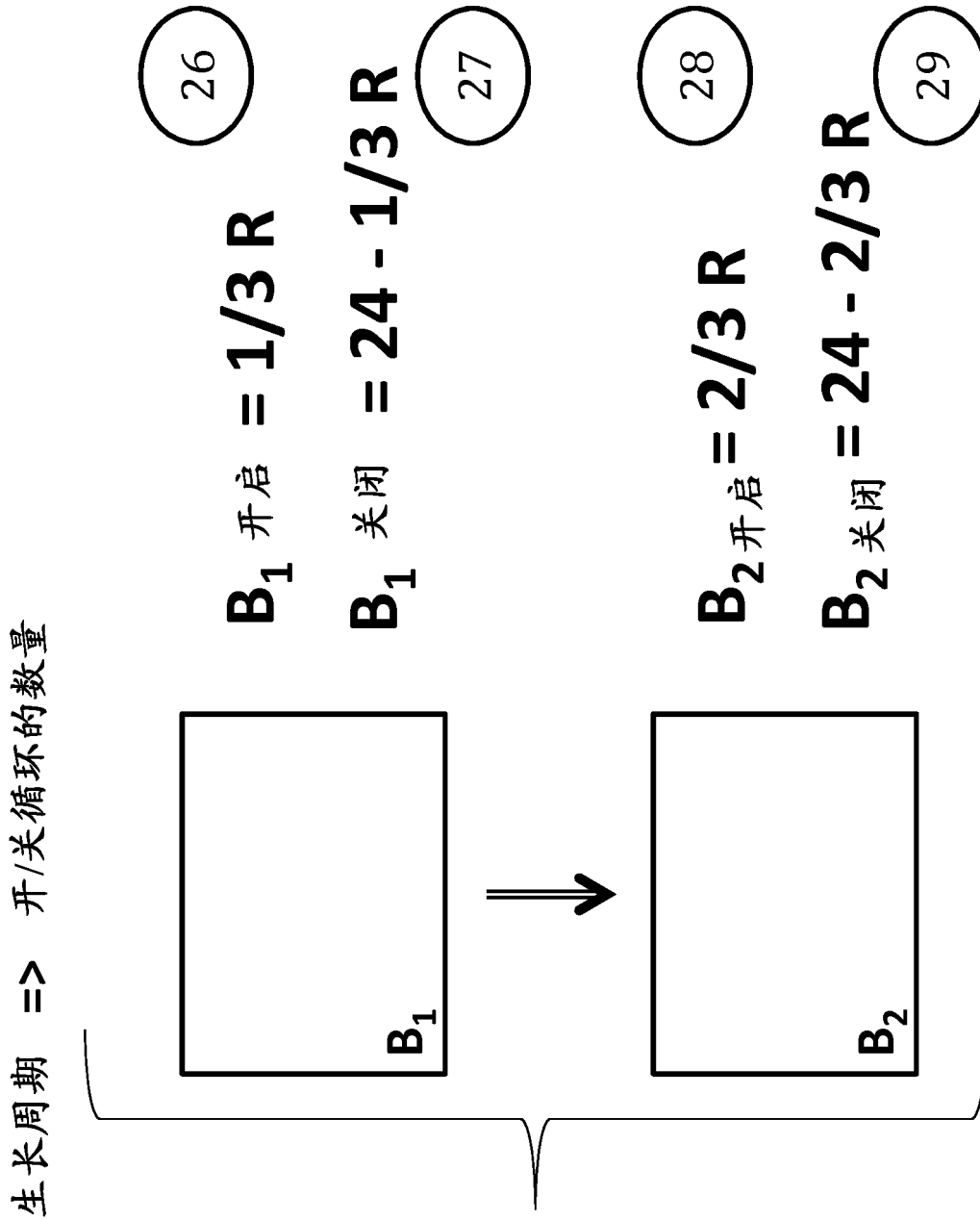
- ⑫ • $SS = \text{幼苗应激时间} \Rightarrow \text{总小时数}$
- ⑬ • $A_i = \text{光源开启和关闭的比率因数}$
- ⑭ • $AT_i = A_i * 60 \Rightarrow \text{光源开启的总分钟数, 以及光源关闭的相同分钟数}$
- ⑮ • $T_s = \text{阶段 } A_i \text{ 中光源循环的总时间}$
- ⑯ • $T_s = 1/3 SS$
- ⑰ • $C_i = \text{在给定的子阶段 } A_i \text{ 中开启和关闭循环的总数, 其中一个循环为将光源开启和关闭}$
- ⑱ • $C_i = T_s / 2A_i$
- ⑲ • $R = \text{对于给定植物品种, 在给定的小时/天内的推荐光照循环}$

图 2



阶段 A

图 3



阶段 B

图 4

生长周期 => 开/关循环的数量

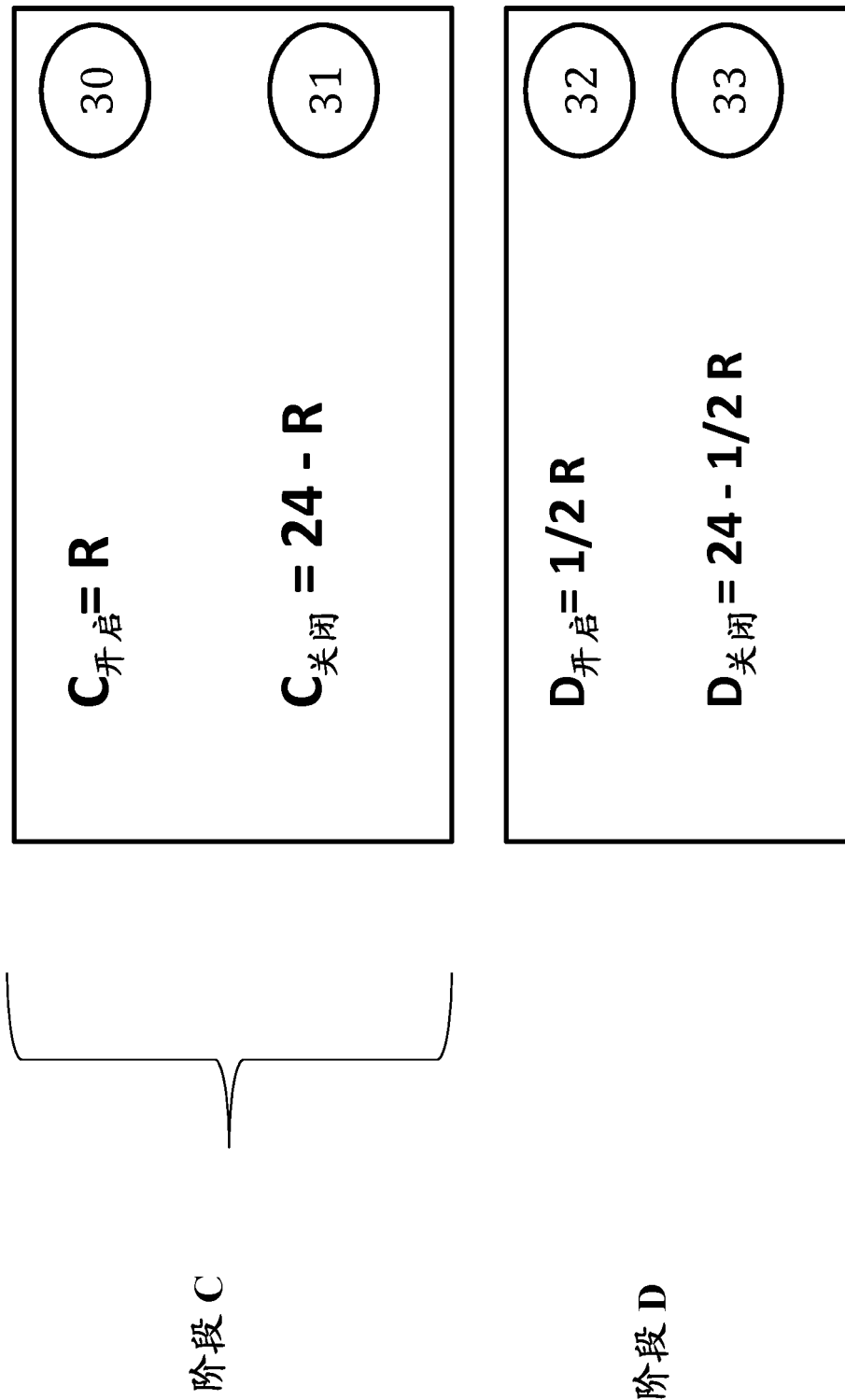


图 5

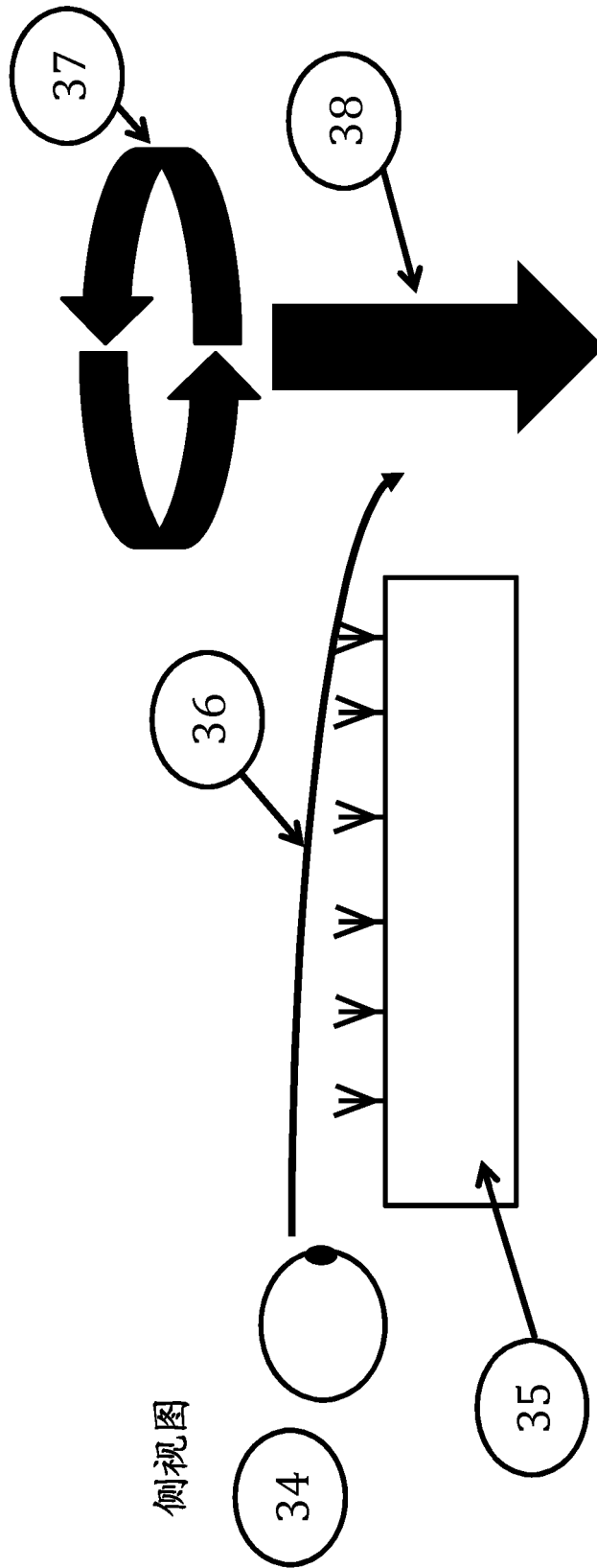


图 6

顶视图

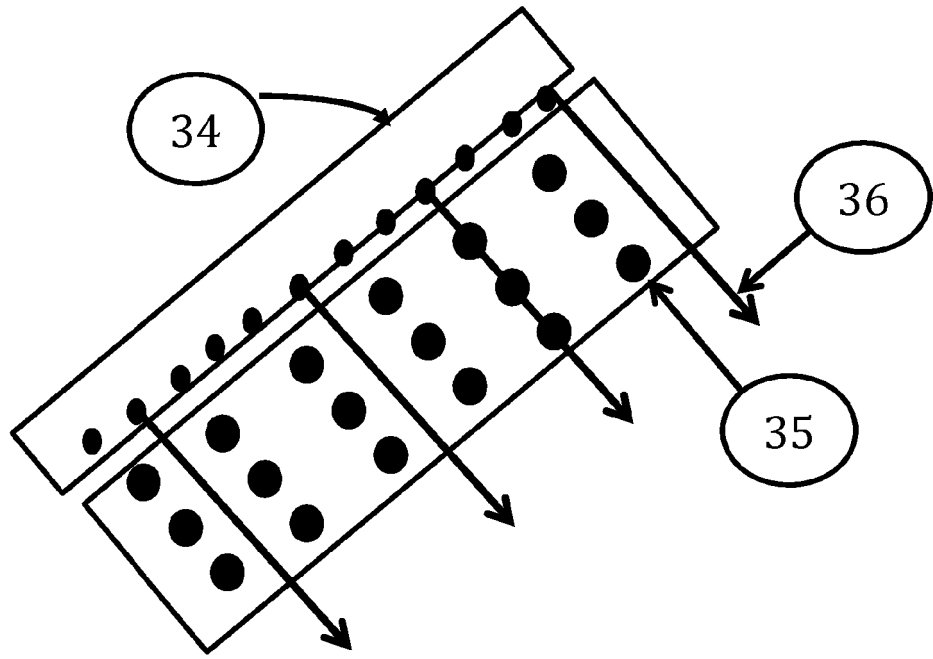


图 7

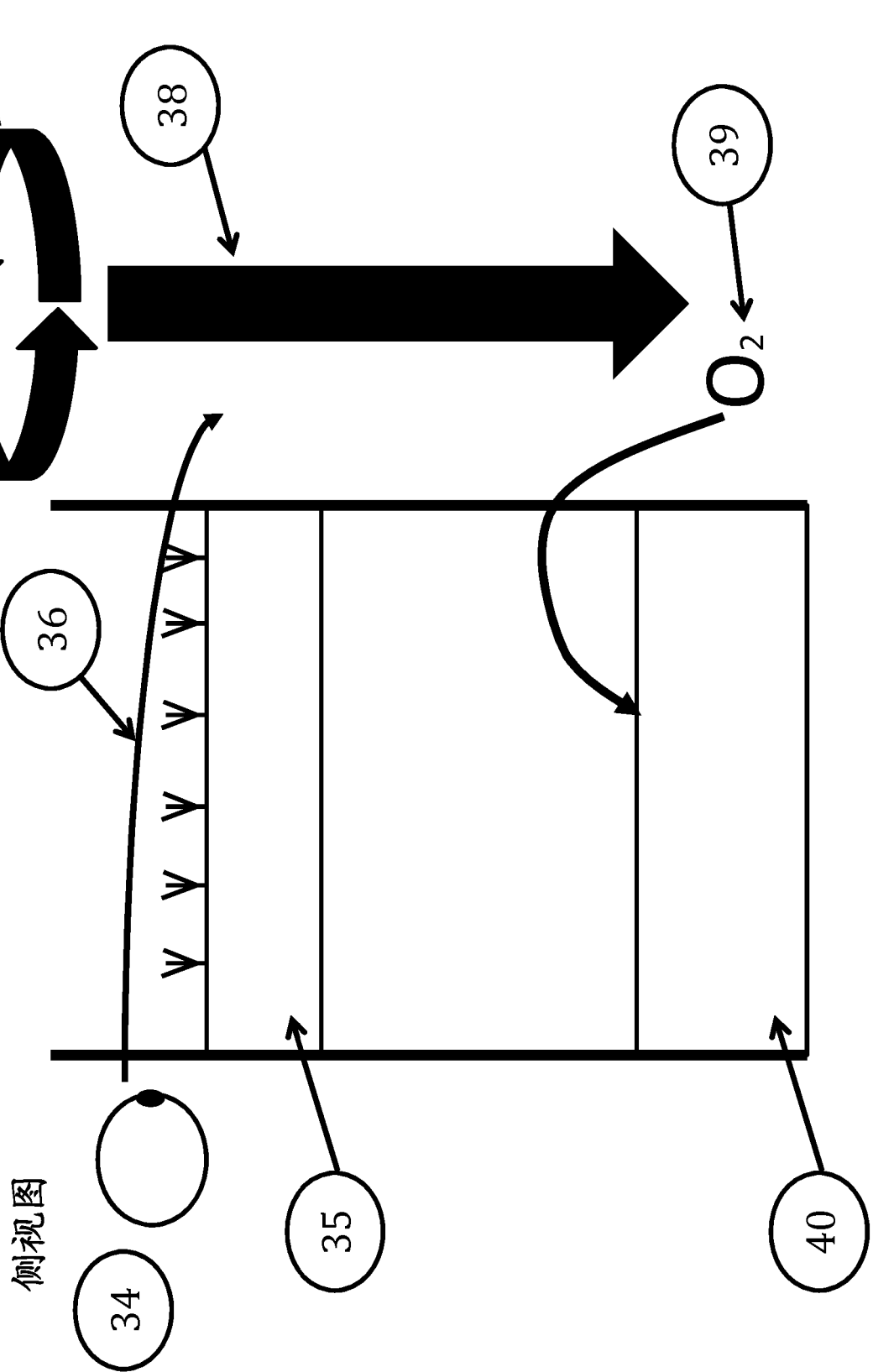


图 8

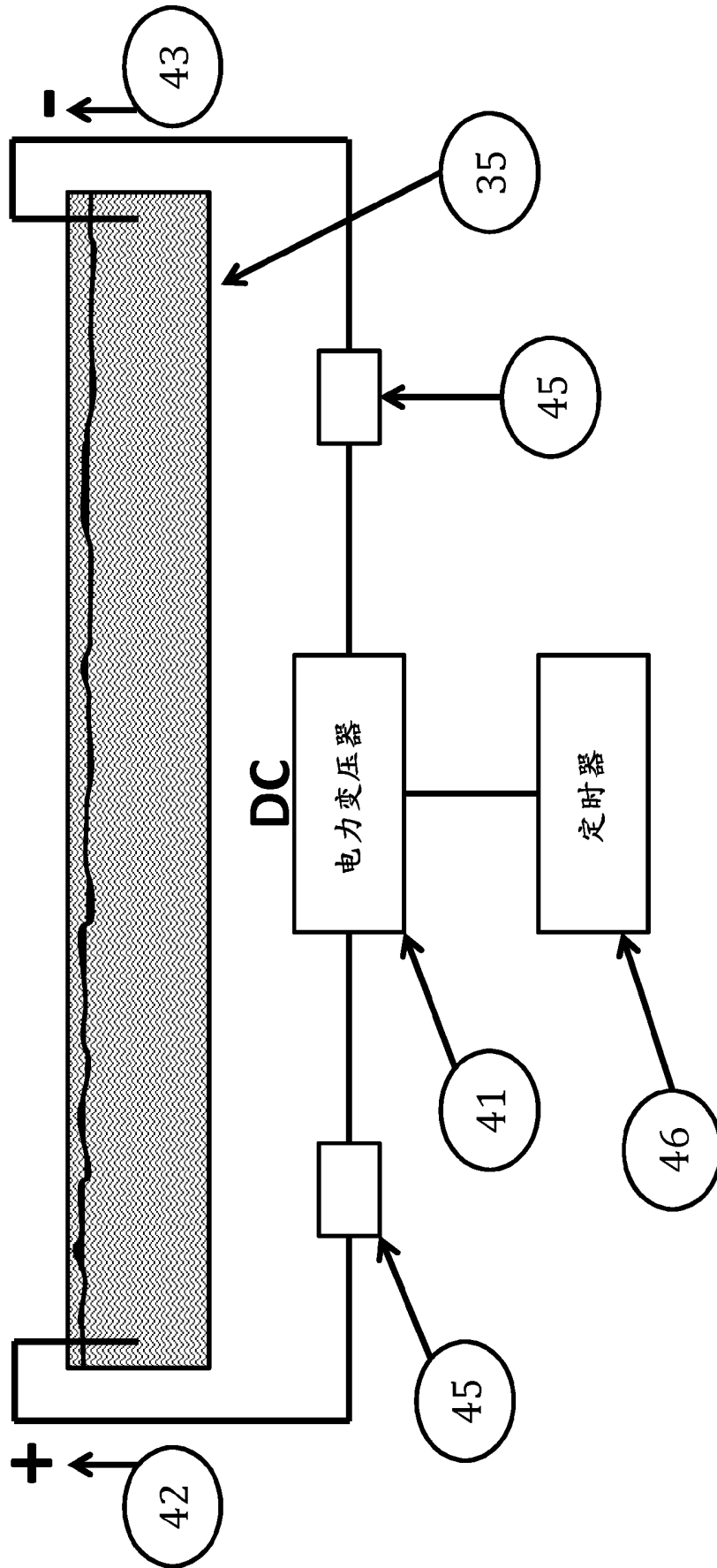


图 9

加热养分方程

- $\textcircled{53}$ R=用于特定植物品种的最佳溶液培养养分温度
- $\textcircled{47}$ 阶段 $A_1 \Rightarrow .7 * R$
- $\textcircled{48}$ 阶段 $A_2 \Rightarrow .75 * R$
- $\textcircled{49}$ 阶段 $A_3 \Rightarrow .8 * R$
- $\textcircled{50}$ 阶段 B $\Rightarrow R$
- $\textcircled{51}$ 阶段 C $\Rightarrow R$
- $\textcircled{52}$ 阶段 D $\Rightarrow .7 * R$

图 10

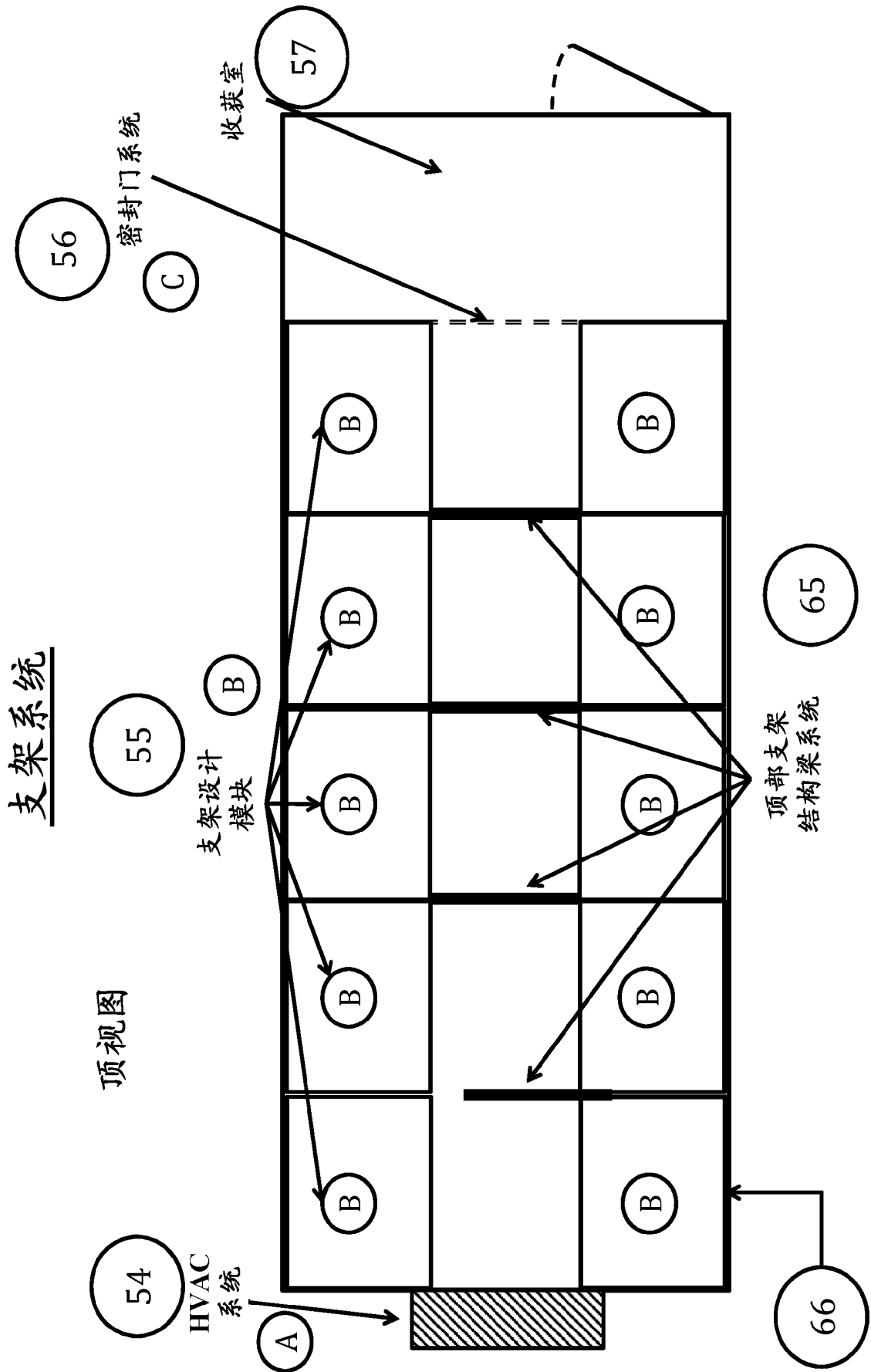


图 11

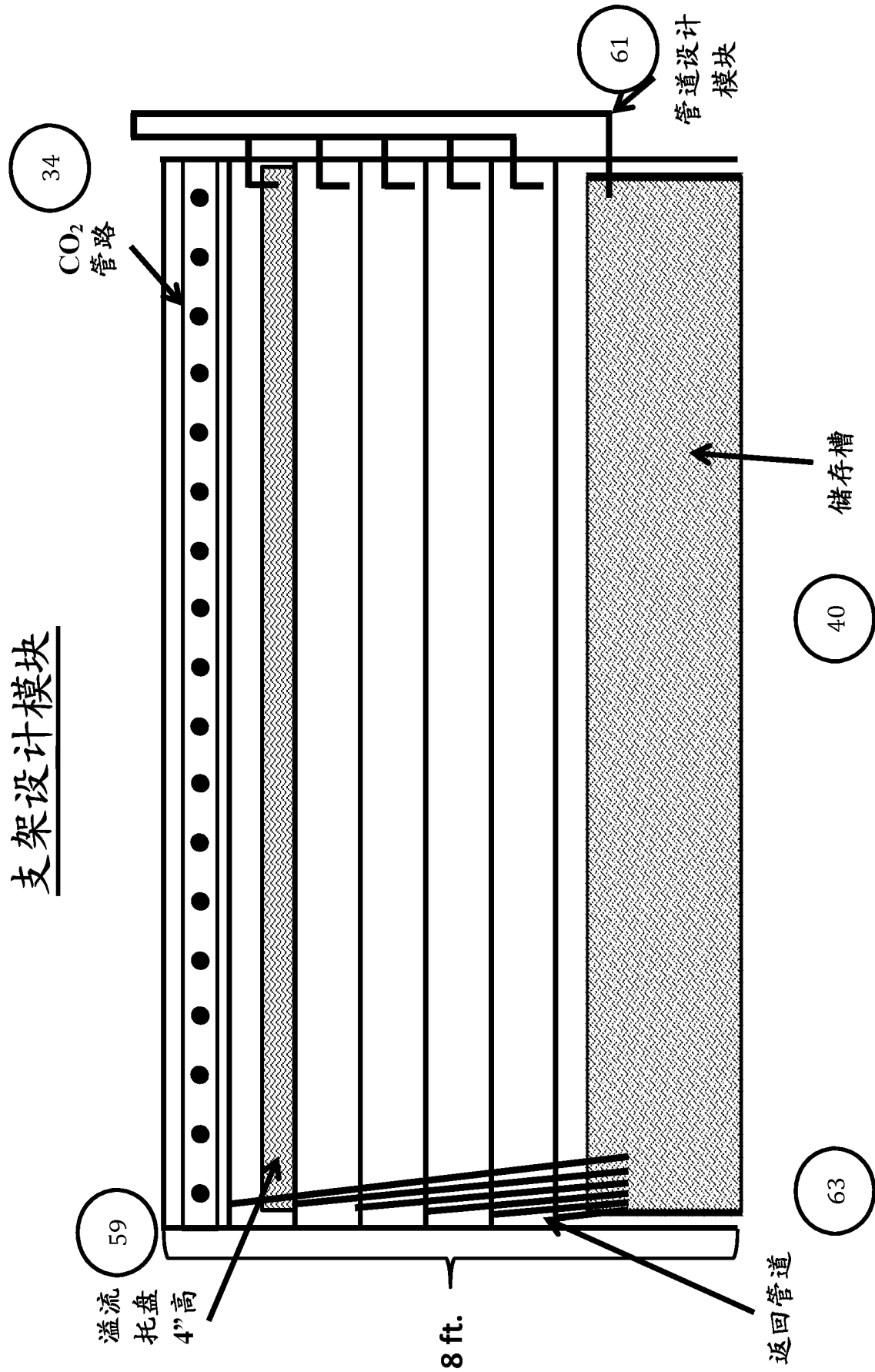


图 12

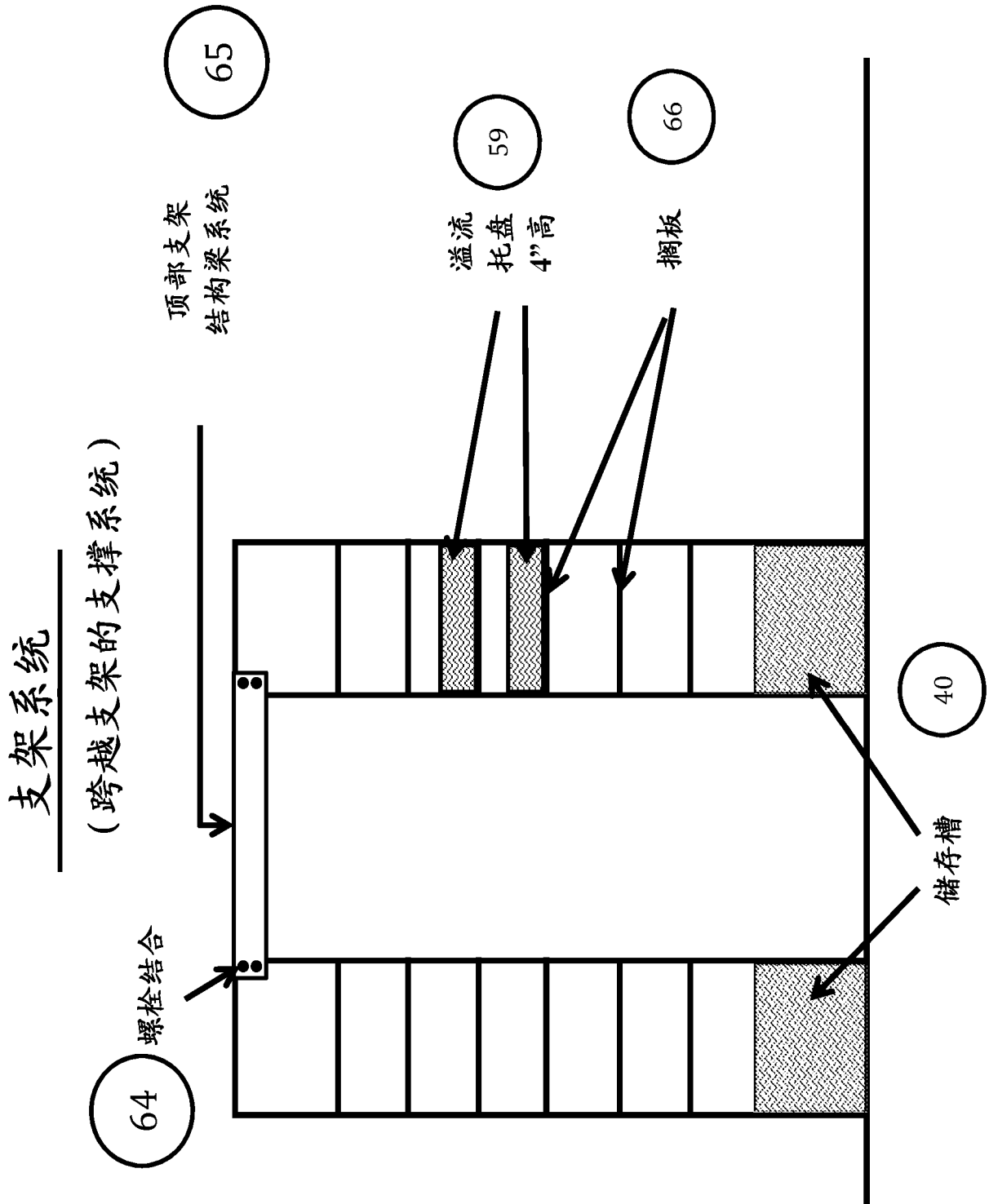


图 13

支架系统的顶视图

(脚设计)

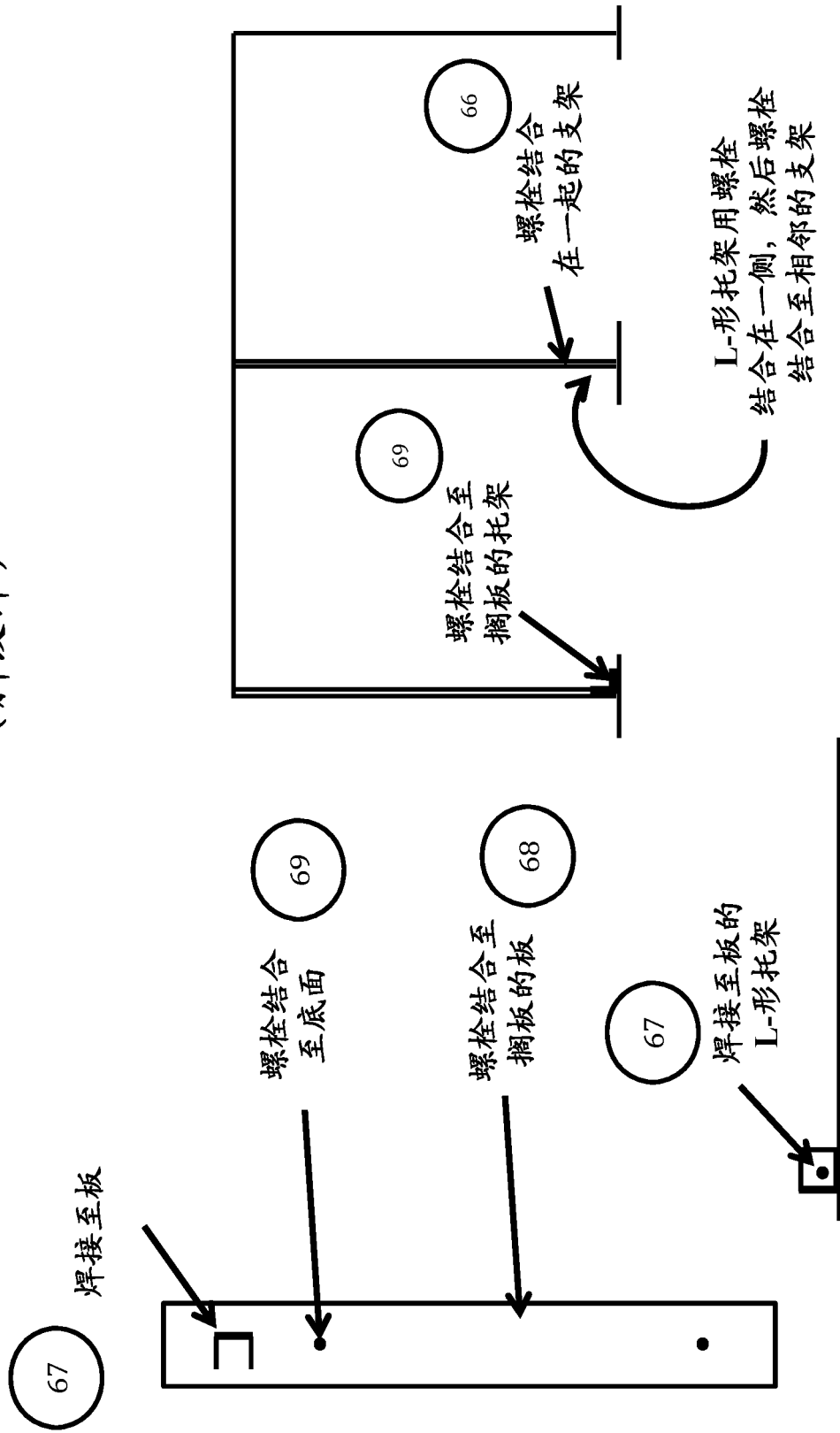


图 14

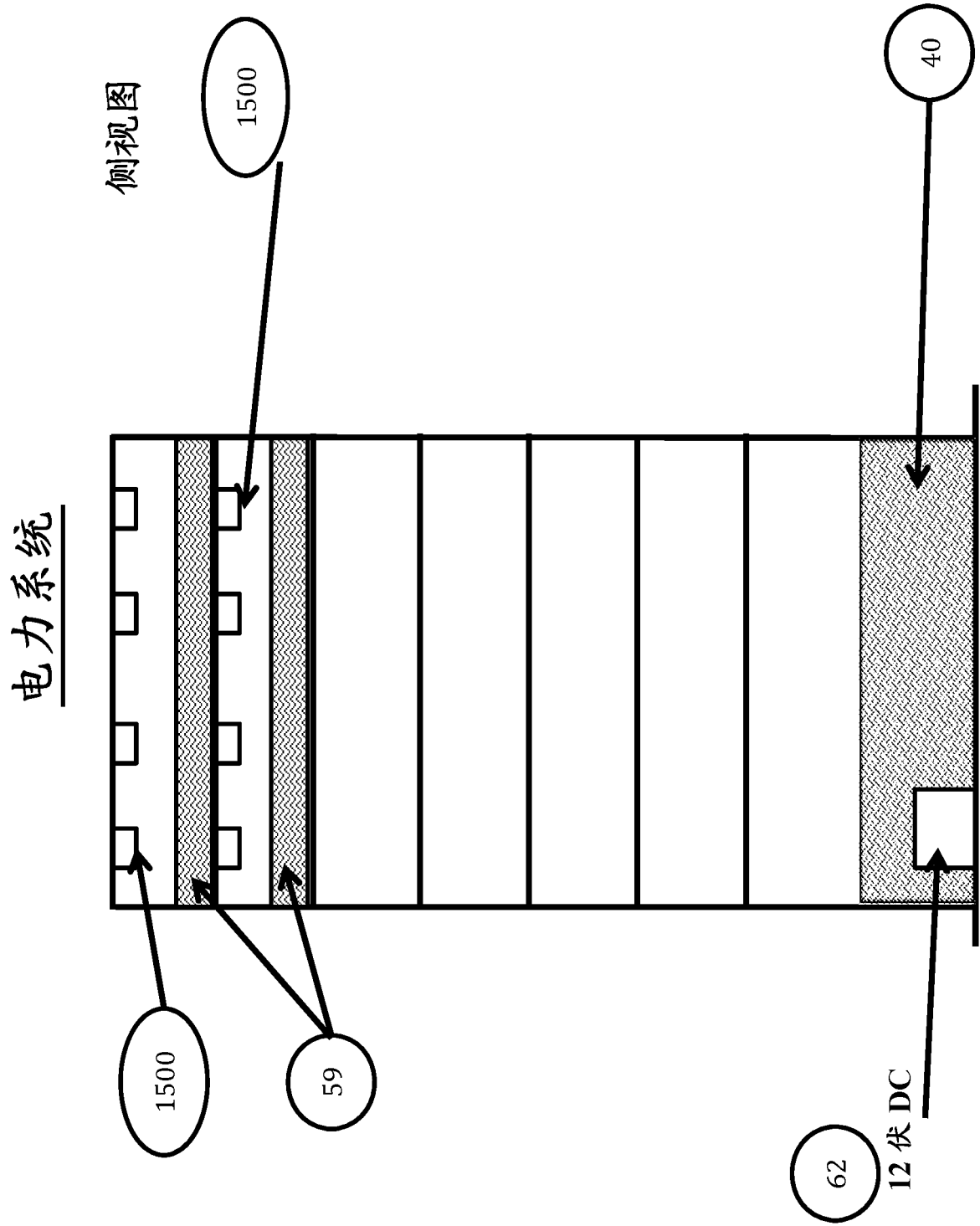


图 15

电力系统 - 顶视图

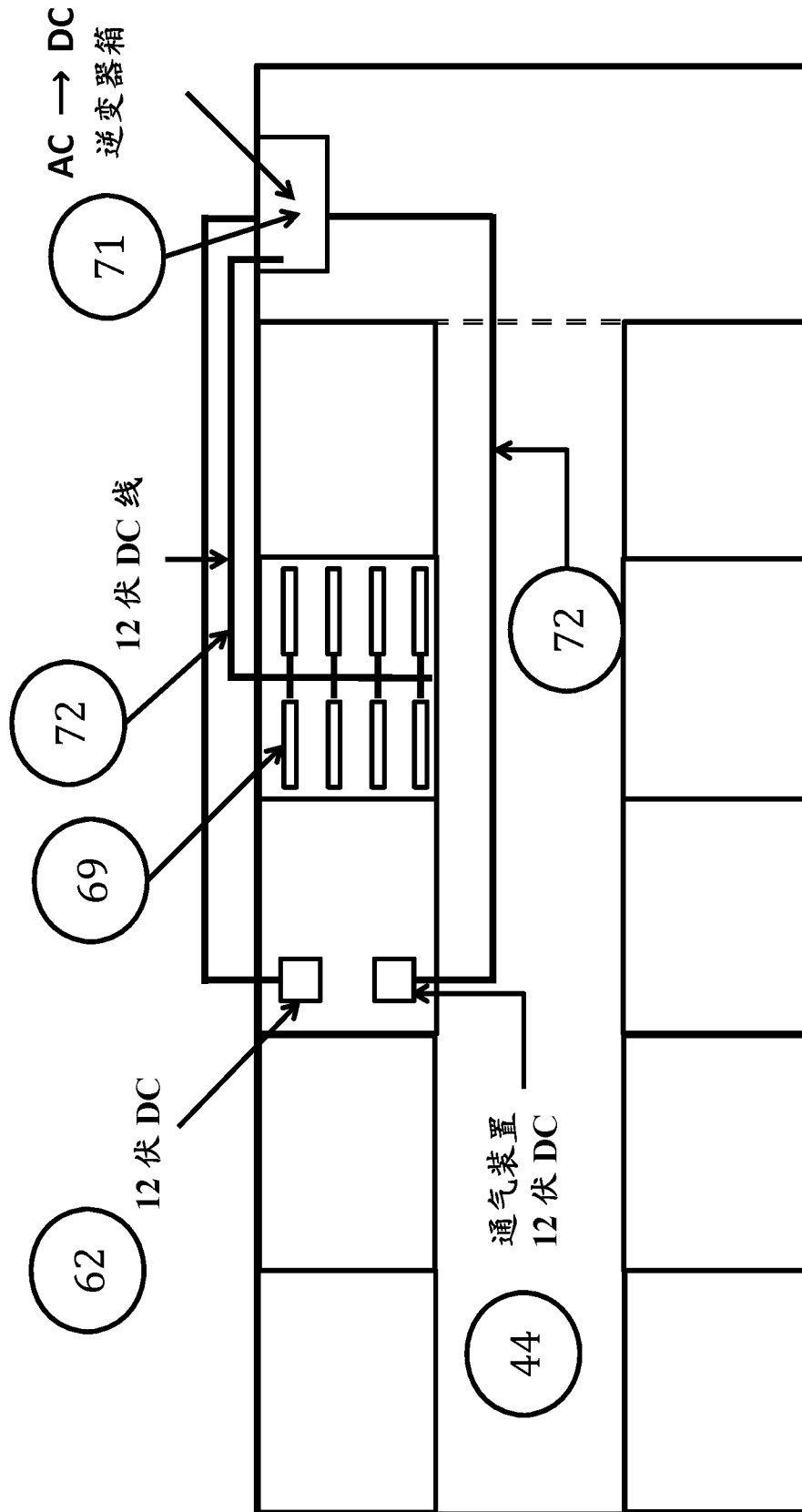


图 16

电力系统—侧视图

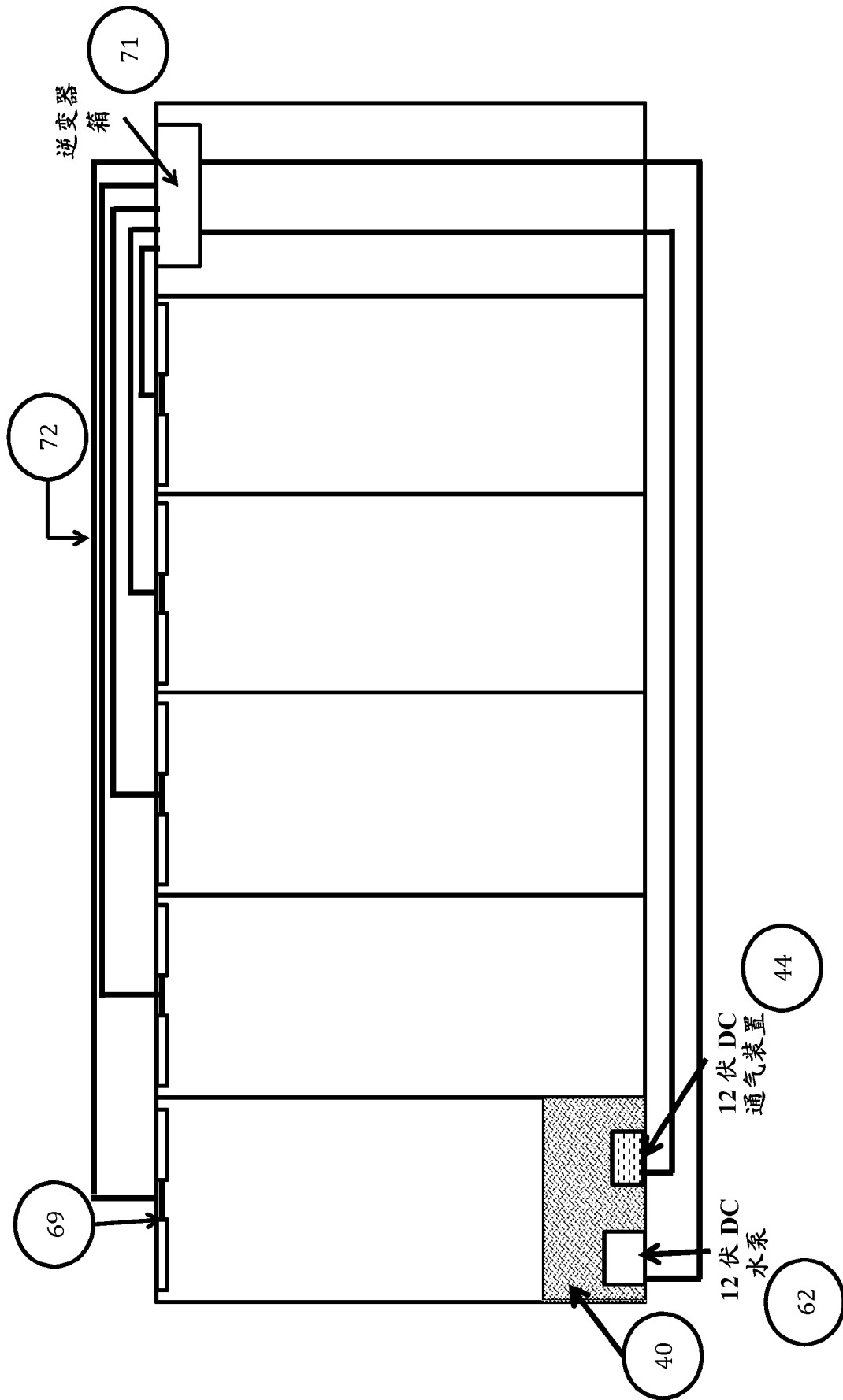


图 17

基于根系状态（完全生长）的水流方法

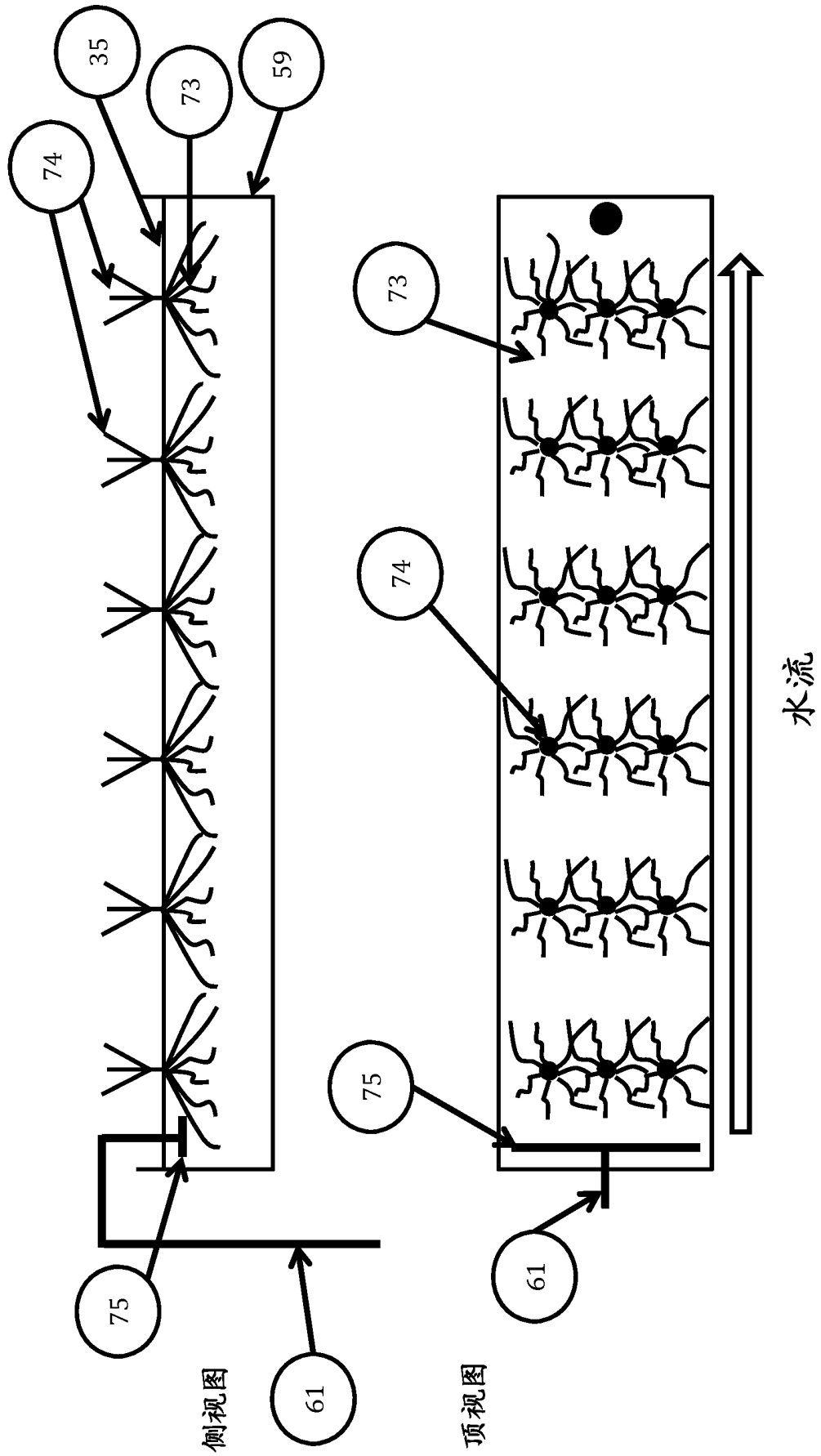


图 18

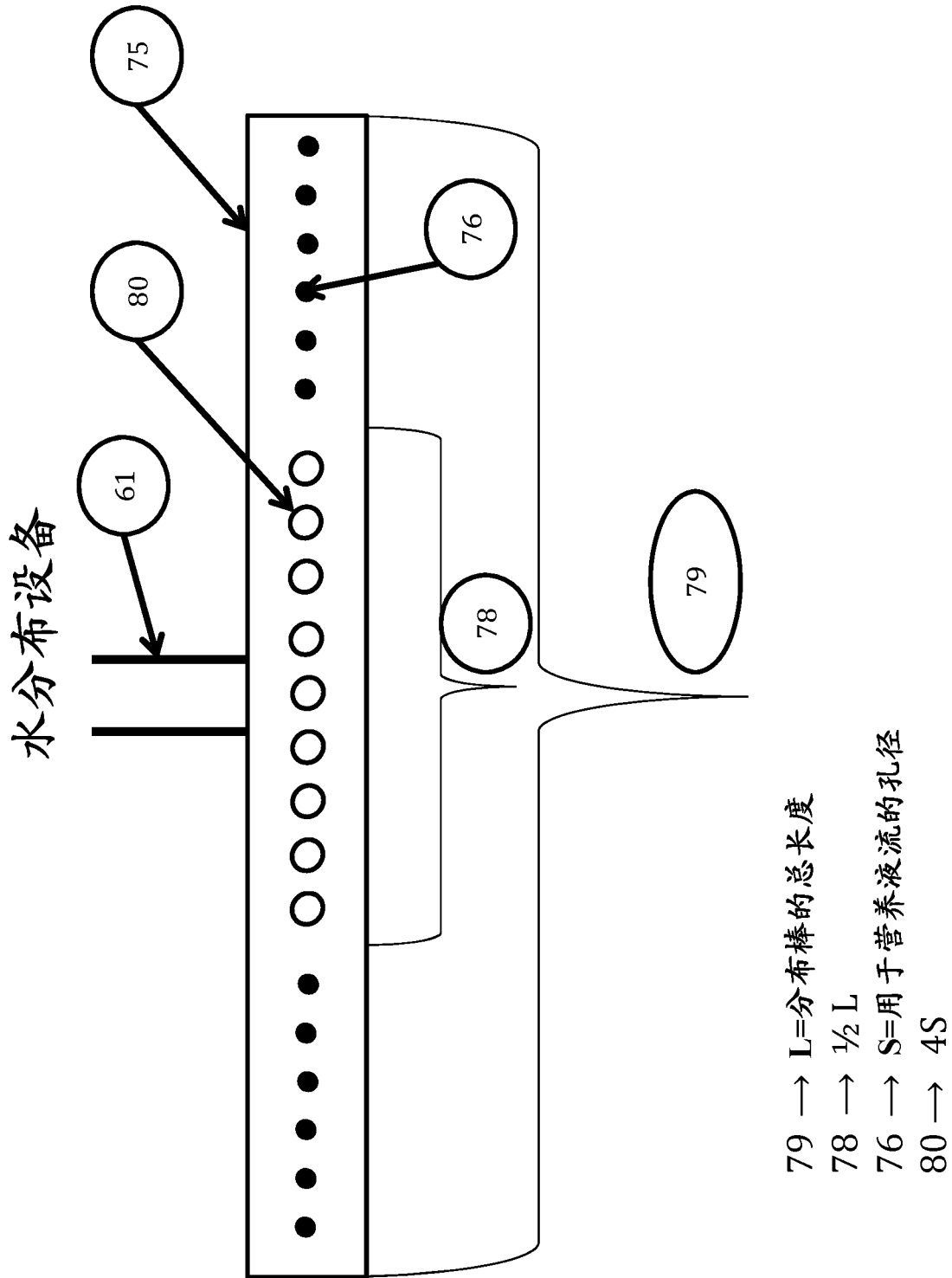


图 19

莒苳的植物生长周期的 pH 时间

81	阶段 $A_1 \Rightarrow$	$1.2 * P$
82	阶段 $A_2 \Rightarrow$	$1.1 * P$
83	阶段 $A_3 \Rightarrow$	P
84	阶段 $B \Rightarrow$	$0.6 * P$
85	阶段 $C \Rightarrow$	$1.2 * P$
86	阶段 $D \Rightarrow$	P
87	P=平均植物 pH 优选	

图 20

水再循环和除湿系统，用于在
(HG HD CEHS) 中回收吸入的水

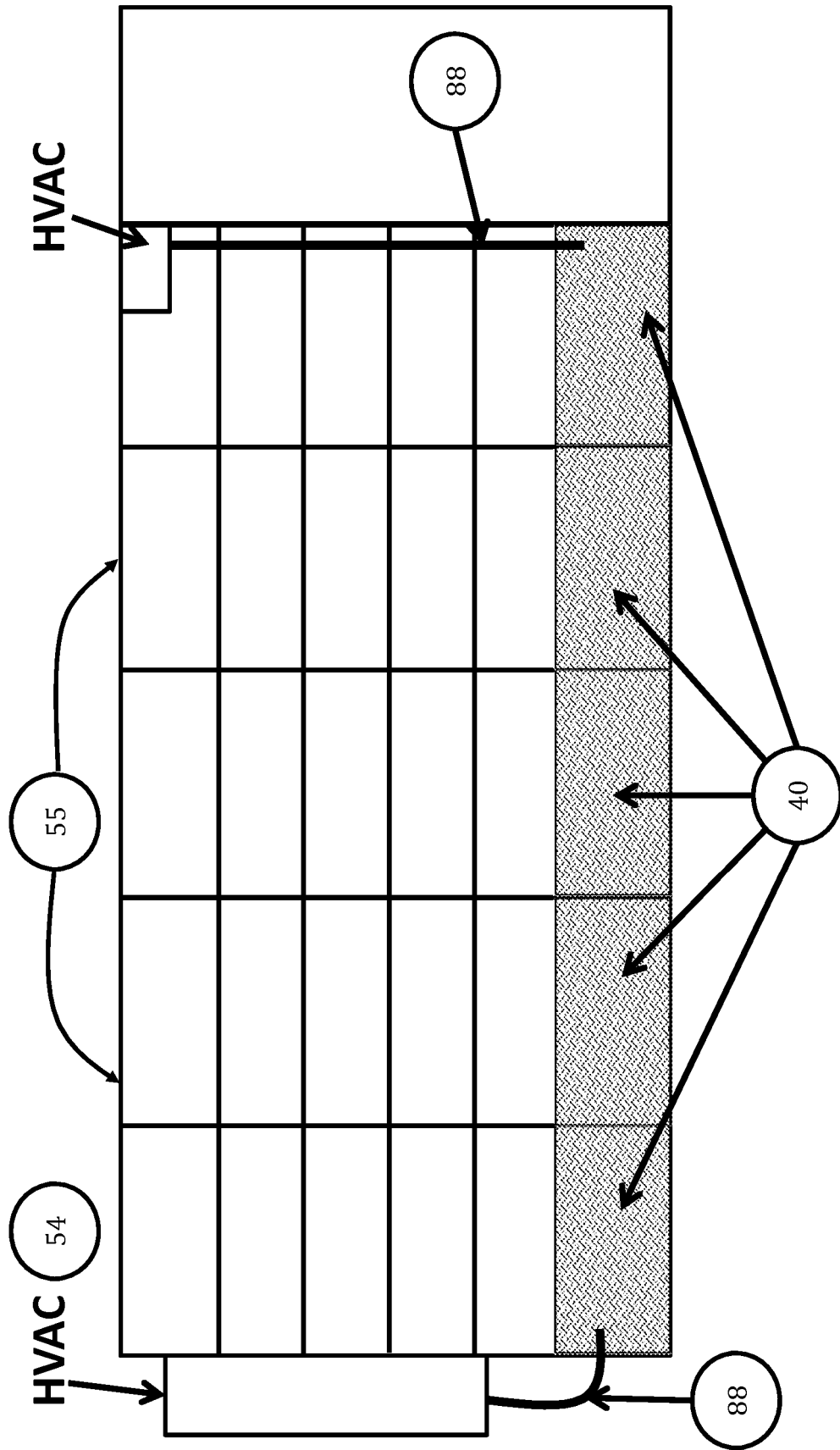


图 21

PLC 图表

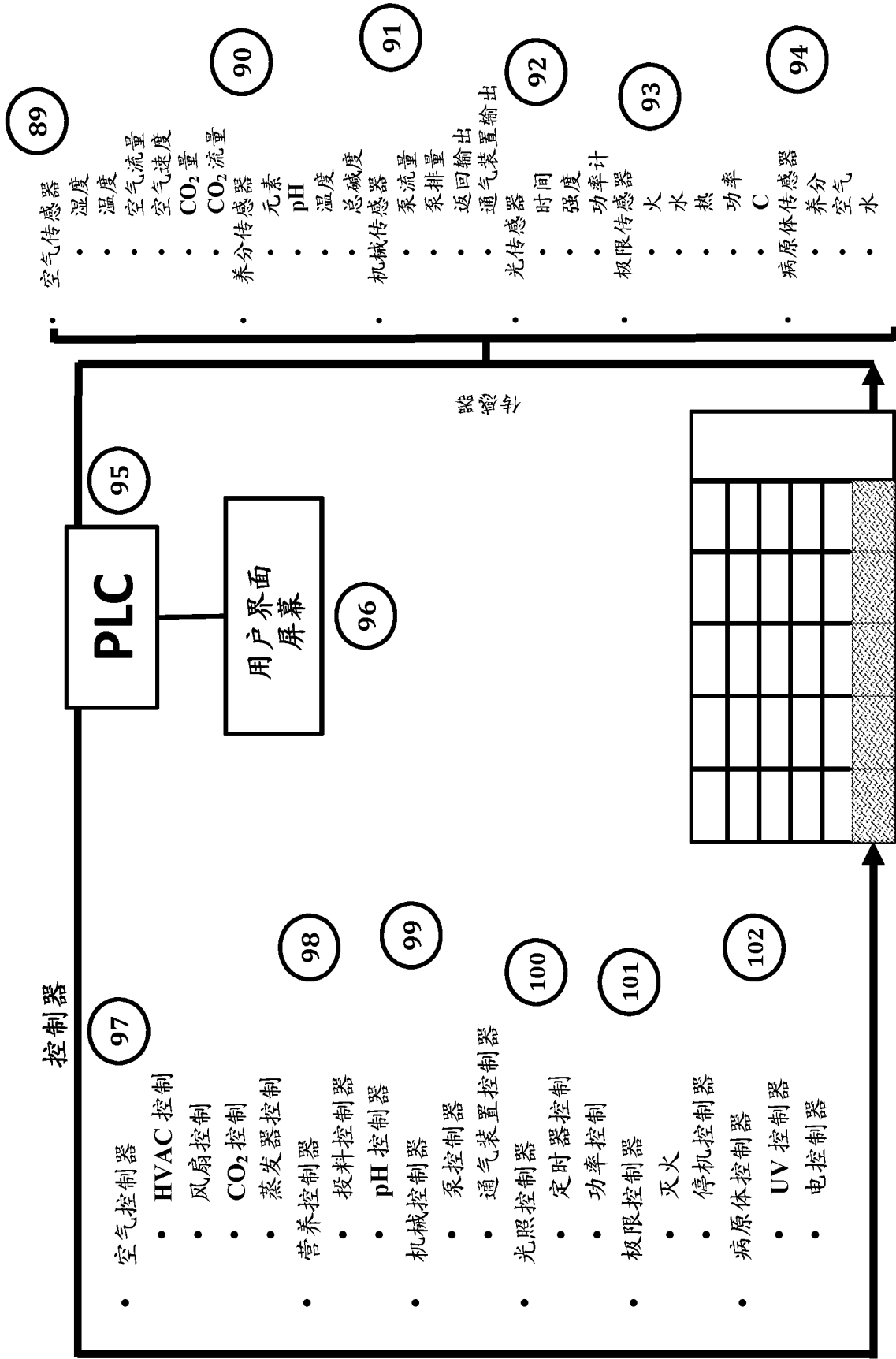


图 22

细胞复制控制

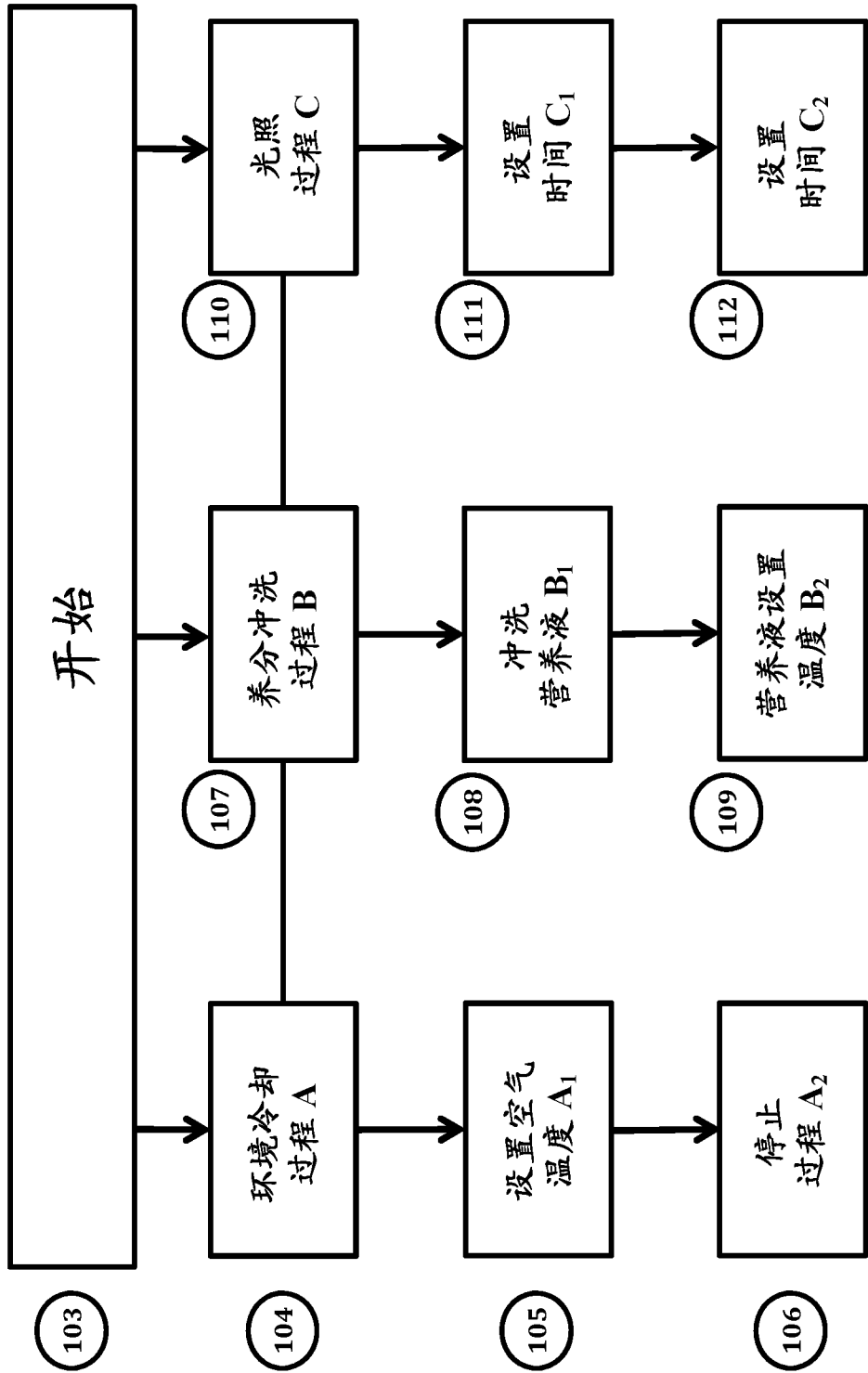


图 23

所需的细胞复制控制

适合的减少百分比	
0 - 10%	A ₁
10% - 30%	A ₁ , A ₂ , C ₁
30% - 45%	A ₁ , B ₂ , C ₁
45% - 65%	A ₁ , B ₁ , B ₂ , C ₂
65% - 80%	A ₁ , B ₁ , B ₂ , C ₂

113

114

115

116

117

图 24

细胞复制控制变量

- 118 $A_1 \Rightarrow$ 空气温度 $< 64^\circ\text{F}$
 119 $A_2 \Rightarrow$ 空气温度 $< 58^\circ\text{F}$
 120 $B_1 \Rightarrow$ 用 pH7 的水更换掉营养液
 121 $B_2 \Rightarrow$ 营养液温度 $< 64^\circ\text{F}$
 122 $C_1 \Rightarrow 1/3 * R$
 123 $C_2 \Rightarrow 1/5 * R$
 124 $R =$ 对于给定的植物品种, 在给定的小时/天内, 推荐的光照循环

图 25

营养液混合系统

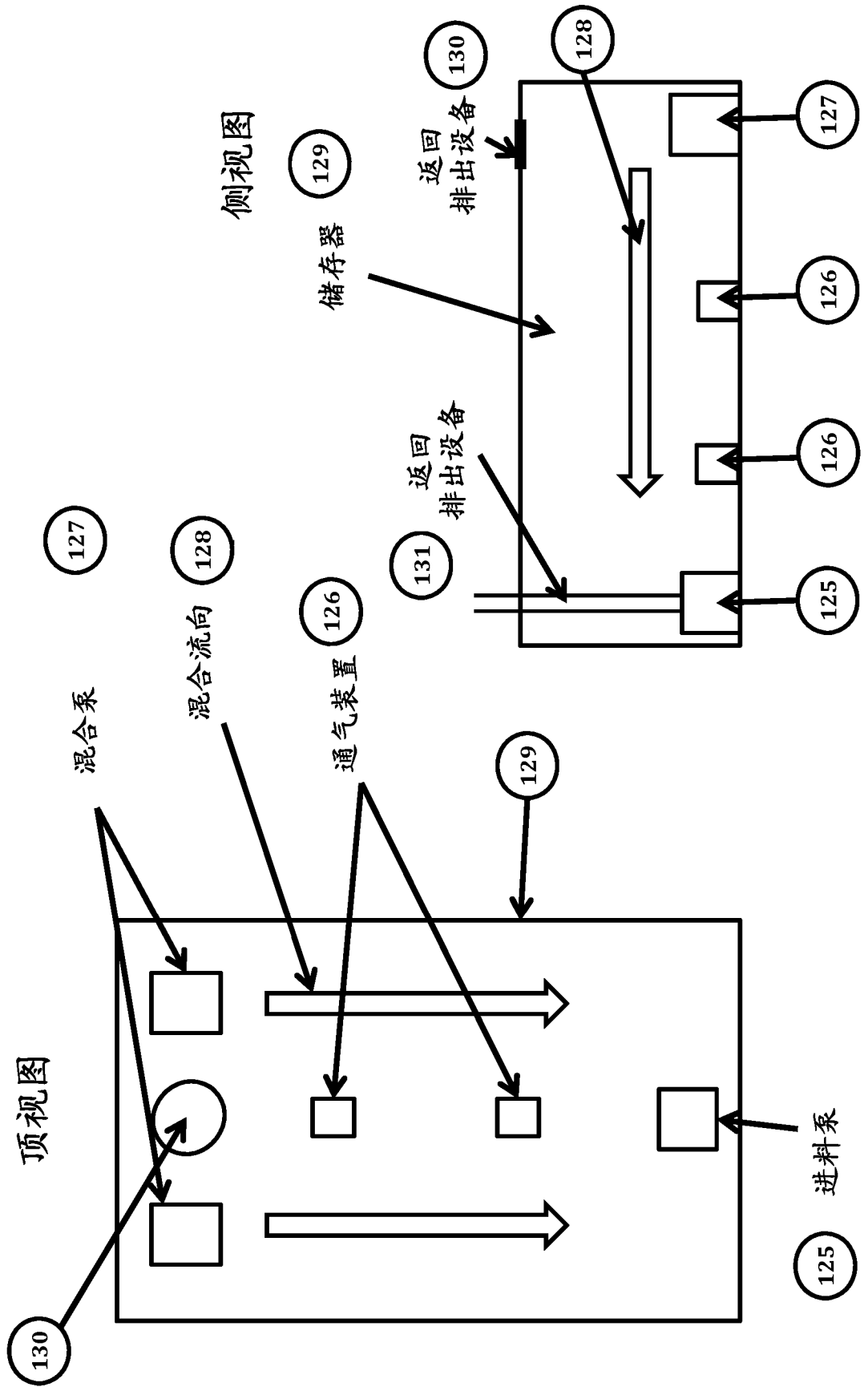


图 26

用于隔离的病原风险缓解的分布溶液培养
溶液输送系统

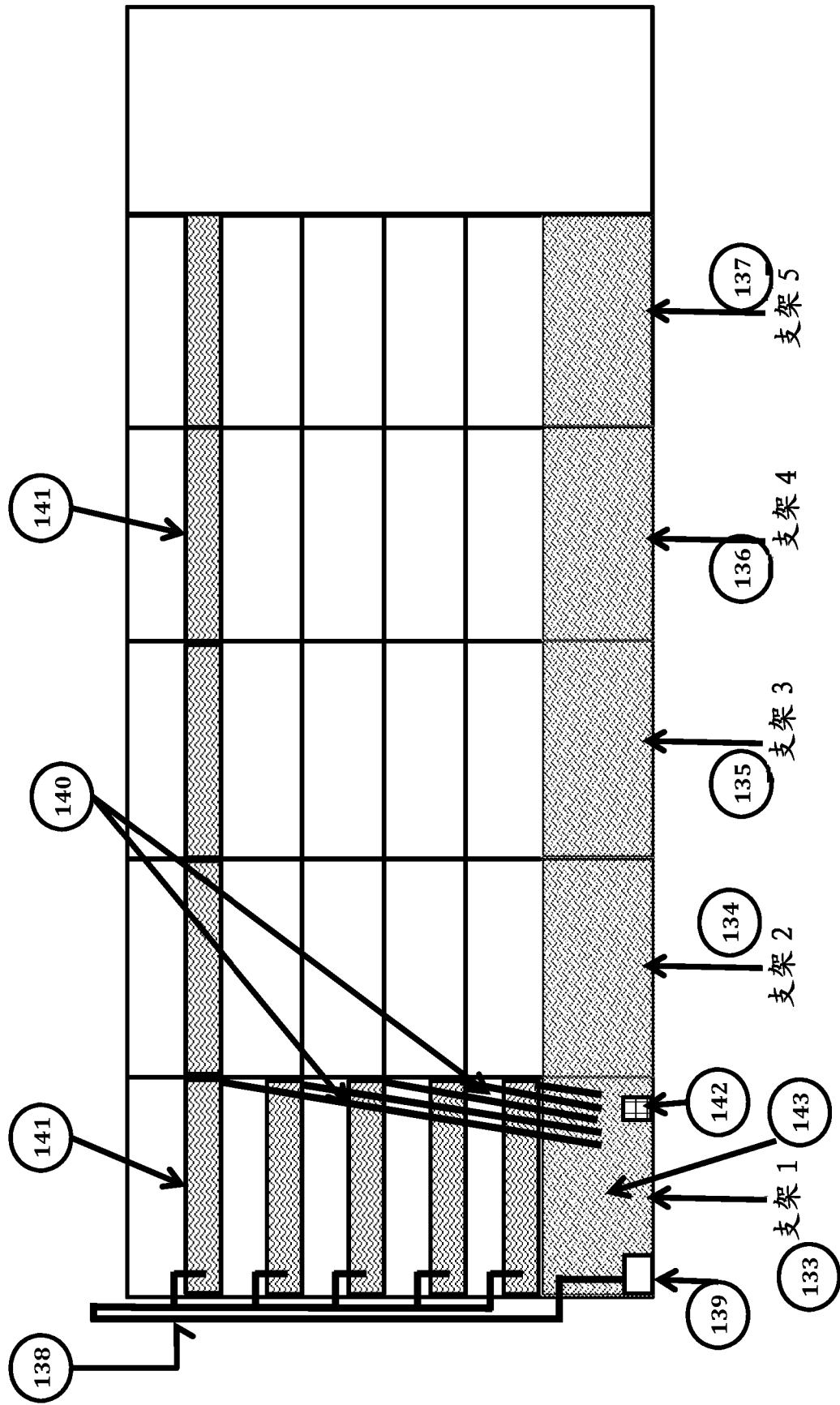


图 27

发光二极管 (LED)
在高密度溶液培养环境中的生长光源系统

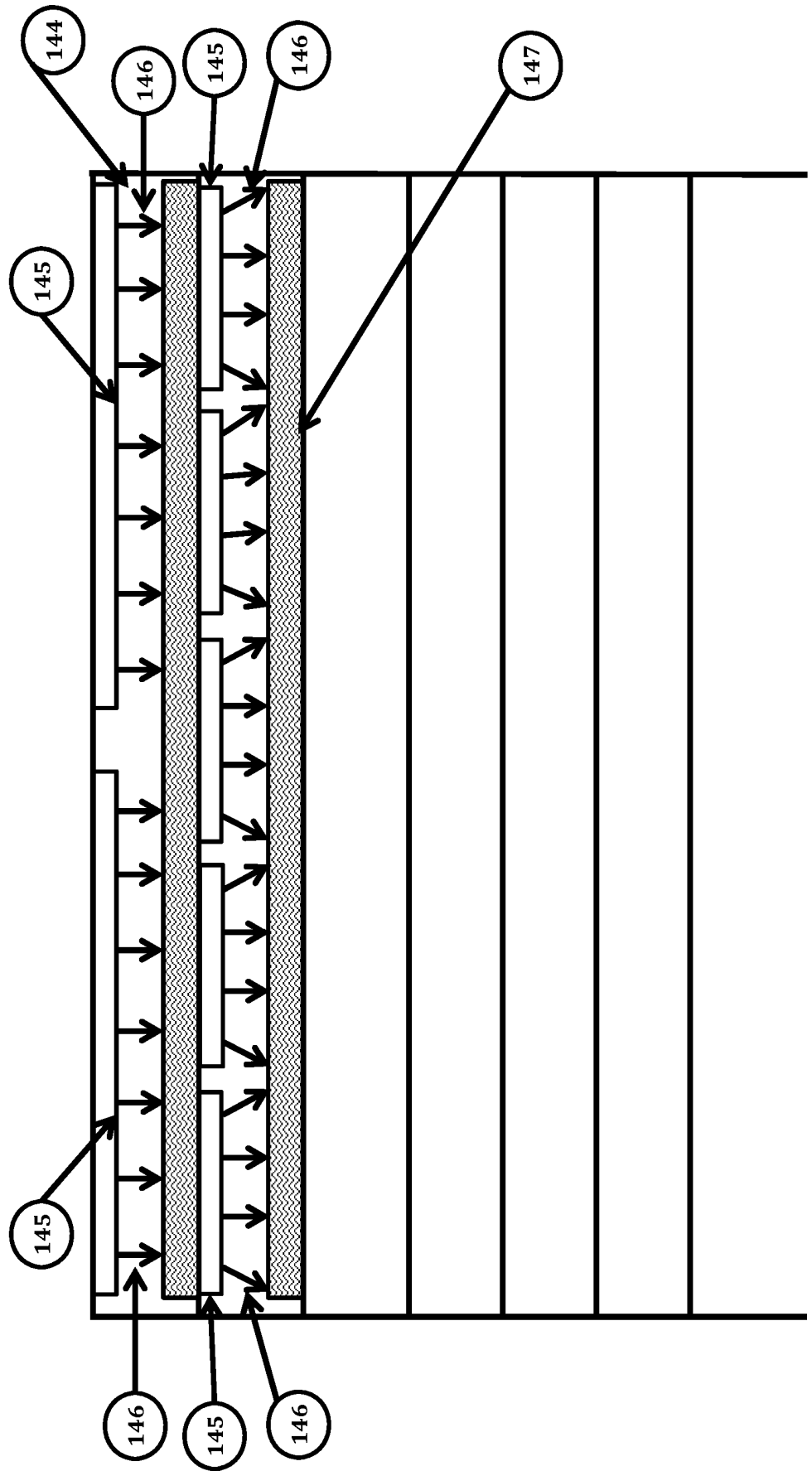
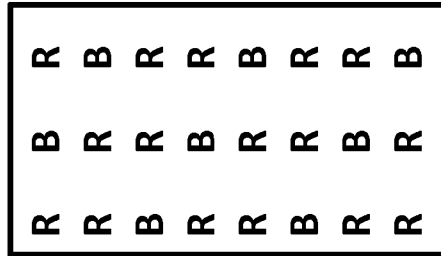


图 28

发光二极管 (LED)
红/蓝光配置

顶视图



$R_w = \text{瓦/平方英尺}$

$R_w = 25$ 瓦的红/蓝 LED

红色 LED \Rightarrow 640nm to 720nm (81%)

蓝色 LED \Rightarrow 400nm to 480nm (19%)

图 29