



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114916423 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 18

(21) 申请号 202210650424.7

审查员 吴艳艳

(22) 申请日 2022.06.06

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114916423 A

(43) 申请公布日 2022.08.19

(73) 专利权人 北京航空航天大学  
地址 100089 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 孙素蓉 陈菲 郑宇航 王海兴  
于千惠 刘昌裕 王超

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务  
所(特殊普通合伙) 11463  
专利代理师 张伟

(51) Int. Cl.  
A01G 31/02 (2006.01)  
A01G 7/04 (2006.01)

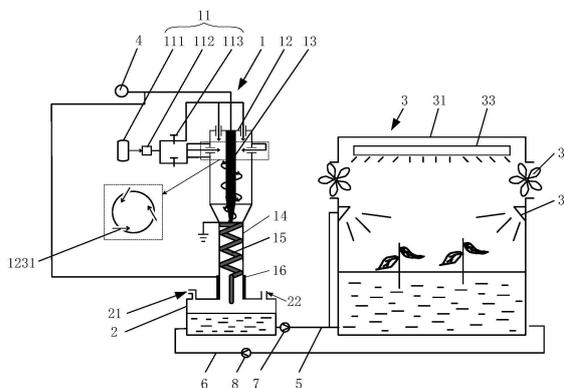
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

组合放电等离子体辅助植物生长系统

## (57) 摘要

本发明提供了一种组合放电等离子体辅助植物生长系统,涉及农业工程技术领域,本发明提供的组合放电等离子体辅助植物生长系统包括组合放电装置、水箱和植物培养装置,组合放电装置与水箱连接,以使组合放电装置产生的等离子体与水箱中的水相互作用形成等离子体活化水,植物培养装置与水箱连通形成循环水路。本发明提供的组合放电等离子体辅助植物生长系统通过形成等离子体活化水为植物提供肥料,节约了化学肥料,摆脱了土壤、地区、气候等约束,等离子体活化水还具有杀菌作用,不仅降低换水频次,也减少细菌对作物的危害。



1. 一种组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,包括组合放电装置(1)、水箱(2)和植物培养装置(3),所述组合放电装置(1)与所述水箱(2)连接,以使所述组合放电装置(1)放电所形成的等离子体与所述水箱(2)中的水相互作用形成等离子体活化水,所述植物培养装置(3)与所述水箱(2)连通形成循环水路;

所述组合放电装置(1)包括供气机构(11)以及与所述水箱(2)连接的放电机构,所述放电机构具有轴向进气口(1221)和切向进气口(1231),所述供气机构(11)与所述轴向进气口(1221)以及所述切向进气口(1231)连通;

所述放电机构包括进气件(12)、第一电极(13)、石英管(14)、第二电极(15)和第三电极(16);

所述进气件(12)内部具有进气通道(121),所述进气件(12)的顶部开设有与所述进气通道(121)连通的所述轴向进气口(1221),所述进气件(12)的侧壁开设有与所述进气通道(121)连通的所述切向进气口(1231);

所述进气通道(121)上与所述轴向进气口(1221)相连通的部位高于所述进气通道(121)上与所述切向进气口(1231)相连通的部位;

所述进气通道(121)由上至下包括依次连通的第一圆柱通道(1211)、第二圆柱通道(1212)和倒锥形通道(1213);所述第一圆柱通道(1211)的顶端与所述轴向进气口(1221)连通;所述第二圆柱通道(1212)的直径大于所述第一圆柱通道(1211)的直径,且所述第二圆柱通道(1212)与所述切向进气口(1231)连通;所述倒锥形通道(1213)沿远离所述第二圆柱通道(1212)的方向直径逐渐减小;

所述第一电极(13)至少部分插装于所述进气通道(121)内,所述第一电极(13)用于连接交流高压电源(4)的高压端;

所述石英管(14)与所述进气件(12)的底部连接,所述石英管(14)与所述进气通道(121)连通,所述第二电极(15)安装于所述石英管(14)内,所述第二电极(15)用于接地;

所述第三电极(16)套装于所述石英管(14)的外部,所述第三电极(16)用于连接交流高压电源(4)的高压端。

2. 根据权利要求1所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述进气件(12)包括轴向进气盖(122)、切向进气筒(123)和法兰(124),所述轴向进气盖(122)与所述法兰(124)分别连接于所述切向进气筒(123)的两端并形成所述进气通道(121);

所述轴向进气盖(122)开设有所述轴向进气口(1221),所述轴向进气口(1221)与所述进气通道(121)之间通过轴向通道(1222)和径向通道(1223)连通;

所述切向进气筒(123)开设有所述切向进气口(1231),所述切向进气口(1231)与所述进气通道(121)之间通过切向通道(1232)连通;

所述石英管(14)背离所述水箱(2)的一端夹设于所述切向进气筒(123)与所述法兰(124)之间。

3. 根据权利要求1所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述供气机构(11)包括通过管道依次连接的空气压缩机(111)、稳压阀(112)和调节阀组(113),所述调节阀组(113)通过管道与所述轴向进气口(1221)和所述切向进气口(1231)连接,所述调节阀组(113)用于调节进入所述轴向进气口(1221)以及进入所述切向进气口(1231)的气体流量。

4. 根据权利要求1所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述水箱(2)具有出气孔(21)和进水孔(22)。

5. 根据权利要求1所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述水箱(2)与所述植物培养装置(3)之间连接有进水管组(5)和出水管(6)。

6. 根据权利要求5所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述进水管组(5)上安装有用于将所述水箱(2)内的水泵入所述植物培养装置(3)内的第一水泵(7),所述出水管(6)上安装有用于将所述植物培养装置(3)内的水泵入所述水箱(2)内的第二水泵(8)。

7. 根据权利要求5所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述植物培养装置(3)包括培养箱(31)以及安装于所述培养箱(31)内的喷洒机构(32),所述喷洒机构(32)与所述进水管组(5)连通,所述进水管组(5)还与所述培养箱(31)的底部连通。

8. 根据权利要求7所述的组合放电等离子体辅助植物生长系统,其特征在于,所述植物培养装置(3)还包括安装于所述培养箱(31)内的补光灯(33)和风扇(34)。

## 组合放电等离子体辅助植物生长系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及农业工程技术领域,尤其是涉及一种组合放电等离子体辅助植物生长系统。

### 背景技术

[0002] 传统的农业种植受到土壤、肥料及自然环境等条件的限制,提高作物产量主要依赖于化学肥料,而化肥的频繁使用会导致土壤退化,增加成本,降低农产品质量,同时还会污染环境,危害作物,影响人类健康。因此,发展省肥、清洁无污染的种植技术迫在眉睫。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种组合放电等离子体辅助植物生长系统,通过形成等离子体活化水为植物提供肥料,节约了化学肥料,减少细菌对作物的危害,摆脱了土壤、地区、气候等约束。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供以下技术方案:

[0005] 本发明提供一种组合放电等离子体辅助植物生长系统,包括组合放电装置、水箱和植物培养装置,所述组合放电装置与所述水箱连接,以使所述组合放电装置放电所形成的等离子体与所述水箱中的水相互作用形成等离子体活化水,所述植物培养装置与所述水箱连通形成循环水路。

[0006] 进一步地,所述组合放电装置包括供气机构以及与所述水箱连接的放电机构,所述放电机构具有轴向进气口和切向进气口,所述供气机构与所述轴向进气口以及所述切向进气口连通。

[0007] 进一步地,所述放电机构包括进气件、第一电极、石英管、第二电极和第三电极;

[0008] 所述进气件内部具有进气通道,所述进气件的顶部开设有与所述进气通道连通的所述轴向进气口,所述进气件的侧壁开设有与所述进气通道连通的所述切向进气口;

[0009] 所述第一电极至少部分插装于所述进气通道内,所述第一电极用于连接交流高压电源的高压端;

[0010] 所述石英管与所述进气件的底部连接,所述石英管与所述进气通道连通,所述第二电极安装于所述石英管内,所述第二电极用于接地;

[0011] 所述第三电极套装于所述石英管的外部,所述第三电极用于连接交流高压电源的高压端。

[0012] 进一步地,所述进气件包括轴向进气盖、切向进气筒和法兰,所述轴向进气盖与所述法兰分别连接于所述切向进气筒的两端并形成所述进气通道;

[0013] 所述轴向进气盖开设有所述轴向进气口,所述轴向进气口与所述进气通道之间通过轴向通道和径向通道连通;

[0014] 所述切向进气筒开设有所述切向进气口,所述切向进气口与所述进气通道之间通过切向通道连通;

[0015] 所述石英管背离所述水箱的一端夹设于所述切向进气筒与所述法兰之间。

[0016] 进一步地,所述供气机构包括通过管道依次连接的空气压缩机、稳压阀和调节阀组,所述调节阀组通过管道与所述轴向进气口和所述切向进气口连接,所述调节阀组用于调节进入所述轴向进气口以及进入所述切向进气口的气体流量。

[0017] 进一步地,所述水箱具有出气孔和进水孔。

[0018] 进一步地,所述水箱与所述植物培养装置之间连接有进水管组和出水管。

[0019] 进一步地,所述进水管组上安装有用于将所述水箱内的水泵入所述植物培养装置内的第一水泵,所述出水管上安装有用于将所述植物培养装置内的水泵入所述水箱内的第二水泵。

[0020] 进一步地,所述植物培养装置包括培养箱以及安装于所述培养箱内的喷洒机构,所述喷洒机构与所述进水管组连通,所述进水管组还与所述培养箱的底部连通。

[0021] 进一步地,所述植物培养装置还包括安装于所述培养箱内的补光灯和风扇。

[0022] 本发明提供的组合放电等离子体辅助植物生长系统能产生如下有益效果:

[0023] 在使用上述组合放电等离子体辅助植物生长系统时,组合放电装置会使得空气击穿放电,放电产生的 $\text{NO}_x$ 等活性基团进入水箱,与水箱中的水相互作用形成含有 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 等氮氧活性粒子的等离子体活化水,水箱内的等离子体活化水进入植物培养装置,可为植物提供氮肥,植物培养装置中的水也可以返回水箱,不断产生新的等离子体活化水,循环利用,为植物生长提供适宜环境。

[0024] 相对于现有技术来说,本发明提供的组合放电等离子体辅助植物生长系统通过形成等离子体活化水为植物提供肥料,节约了化学肥料,摆脱了土壤、地区、气候等约束,等离子体活化水还具有杀菌作用,不仅降低换水频次,也减少细菌对作物的危害。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明的具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为本发明实施例提供的一种组合放电等离子体辅助植物生长系统的结构示意图;

[0027] 图2为本发明实施例提供的一种放电机构的三维结构示意图。

[0028] 图标:1-组合放电装置;11-供气机构;111-空气压缩机;112-稳压阀;113-调节阀组;12-进气件;121-进气通道;1211-第一圆柱通道;1212-第二圆柱通道;1213-倒锥形通道;122-轴向进气盖;1221-轴向进气口;1222-轴向通道;1223-径向通道;123-切向进气筒;1231-切向进气口;1232-切向通道;124-法兰;13-第一电极;14-石英管;15-第二电极;16-第三电极;2-水箱;21-出气孔;22-进水孔;3-植物培养装置;31-培养箱;32-喷洒机构;33-补光灯;34-风扇;4-交流高压电源;5-进水管组;6-出水管;7-第一水泵;8-第二水泵。

## 具体实施方式

[0029] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例

例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0030] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0031] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0032] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明,并不用于限制本发明。

[0033] 本实施例在于提供一种组合放电等离子体辅助植物生长系统,如图1所示,包括组合放电装置1、水箱2和植物培养装置3,组合放电装置1与水箱2连接,以使组合放电装置1放电所形成的等离子体与水箱2中的水相互作用形成等离子体活化水,植物培养装置3与水箱2连通形成循环水路。

[0034] 上述组合放电等离子体辅助植物生长系统摆脱了传统使用化肥来为植物提供养分的方式,通过组合放电装置1放电产生的等离子体射流直接与水箱2内的水相互作用,形成液态肥料,促进植物的生长,同时植物培养装置3与水箱2形成了循环水路,可将植物培养装置3中长时间使用后的低浓度活性粒子的水输送到水箱2,使其与放电等离子体相互作用,循环使用为植物提供养分。

[0035] 在一些实施例中,如图1所示,组合放电装置1包括供气机构11以及与水箱2连接的放电机构,供气机构11用于为放电机构提供空气,放电机构具有轴向进气口1221和切向进气口1231,供气机构11与轴向进气口1221以及切向进气口1231连通。

[0036] 可以理解的是,上述轴向进气口1221沿平行于放电机构轴向的方向进气,起到增加等离子体射流长度的作用。切向进气口1231沿平行于放电机构切向的方向进气,即如图1所示,通过切向进气口1231进气可在放电机构的横截面上形成旋流,增加气体放电区域。

[0037] 上述实施例中,放电机构采用了轴向进气配合切向进气的形式,轴向进气口1221的进气与切向进气口1231的进气在放电机构内交汇,可通过分别控制轴向和切向进气流量,定向产生不同的螺旋气流,同时也可以分别输入不同的气体类型,实现对废气的利用。

[0038] 轴向进气口1221以及切向进气口1231可以配置为一个也可以配置为两个、三个等多个。

[0039] 在至少一个实施例中,轴向进气口1221以及切向进气口1231分别配置为两个和三个。

[0040] 在一些实施例中,如图2所示,放电机构包括进气件12,进气件12内部具有进气通道121,进气件12的顶部开设有与进气通道121连通的轴向进气口1221,进气件12的侧壁开设有与进气通道121连通的切向进气口1231,轴向进气口1221与切向进气口1231共同向进

气通道121内进气,形成螺旋气流。

[0041] 进气件12的材料可以为聚四氟乙烯。

[0042] 为保证气流的螺旋效果,如图2所示,进气通道121上与轴向进气口1221相连通的部位高于进气通道121上与切向进气口1231相连通的部位,即沿进气通道121内气流的流向,轴向进气口1221的进气位于切向进气口1231进气的上游,轴向气流与切向气流交汇后,能够辅助推动切向气流向螺旋流动。

[0043] 如图2所示,放电机构还包括第一电极13、石英管14、第二电极15和第三电极16,第一电极13至少部分插装于进气通道121内,石英管14与进气件12的底部连接,石英管14与进气通道121连通,第二电极15安装于石英管14内,第三电极16套装于石英管14的外部。

[0044] 在使用时,第二电极15接地,空气通过轴向进气口1221和切向进气口1231进入进气通道121内。第一电极13和第三电极16接通交流高压电源4的高压端,第一电极13和第二电极15之间产生高压,强电场导致空气击穿,形成电弧,在轴向气流和切向气流的共同作用下,电弧向下游滑动,同时,第二电极15和第三电极16之间的高压也会使得空气击穿放电,有效增加放电区域,放电产生的活性氮氧基团 $\text{NO}_x$ 等进入装有水的水箱2,与水相互作用形成含有 $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ 等氮氧活性粒子的等离子体活化水。

[0045] 其中,第一电极13可以为锥形电极,锥形电极与进气件12可拆卸连接,避免工作时间过长导致锥形电极烧蚀而影响放电;第二电极15可以为螺旋棒状电极;第三电极16可以为金属圆筒电极。

[0046] 上述放电机构将滑动电弧放电区域和介质阻挡放电区域相结合,有效增加放电区域并且放电均匀性增强,气体利用率提高,活性基团在放电装置中分布均匀,增大反应物发生化学反应的几率,大大提高了固氮效率。同时也可以通过调节石英管14管径、长度及第二电极15螺距等放电参数来提高活性氮氧粒子的浓度,获得最优的固氮效率,更好的促进植物生长,形成省肥、高效、安全、清洁的植物生长装置。

[0047] 在上述实施例的基础上,如图2所示,进气件12可以包括轴向进气盖122、切向进气筒123和法兰124,轴向进气盖122与法兰124分别连接于切向进气筒123的两端并形成进气通道121,具体可以通过螺钉等连接件进行连接。

[0048] 其中,如图2所示,轴向进气盖122开设有轴向进气口1221,轴向进气口1221与进气通道121之间通过轴向通道1222和径向通道1223连通。空气可自轴向进气口1221直接进入轴向通道1222,随后进入与轴向通道1222连通的径向通道1223,最后进入进气通道121。

[0049] 切向进气筒123开设有切向进气口1231,切向进气口1231与进气通道121之间通过切向通道1232连通,切向通道1232的延伸方向与进气通道121的径向之间具有夹角,以使得自切向通道1232排入进气通道121的空气能够在进气通道121内形成旋流。

[0050] 如图2所示,进气通道121由上至下包括依次连通的第一圆柱通道1211、第二圆柱通道1212和倒锥形通道1213;第一圆柱通道1211的顶端与径向通道1223连通;第二圆柱通道1212的直径大于第一圆柱通道1211的直径,且第二圆柱通道1212与切向通道1232连通,以充分接收径向通道1223以及切向通道1232送入的空气,并形成螺旋气流;倒锥形通道1213沿远离第二圆柱通道1212的方向,直径逐渐减小,以将螺旋气流快速导向至石英管14。

[0051] 为便于石英管14的连接,石英管14背离水箱2的一端夹设于切向进气筒123与法兰124之间。切向进气筒123与法兰124之间形成有安装环槽,石英管14背离水箱2的端部具有

法兰凸台,法兰凸台夹设于安装环槽内,法兰124与切向进气筒123可拆卸连接,以实现石英管14的拆装。

[0052] 石英管14可以插装于水箱2的盖子上,使得放电产生的等离子体射流直接与水相互作用,形成液态肥料。

[0053] 具体地,等离子体射流可以释放至水面以上,也可以释放于水面以下。优选为释放于水面以下,加快等离子体射流与水体的相互作用。

[0054] 在一些实施例中,如图1所示,供气机构11包括通过管道依次连接的空气压缩机111、稳压阀112和调节阀组113,空气压缩机111能够将空气压缩输送至稳压阀112,经过稳压阀112将空气稳定输送至调节阀组113,调节阀组113通过管道与轴向进气口1221和切向进气口1231连接,调节阀组113能够调节进入轴向进气口1221以及进入切向进气口1231的气体流量。

[0055] 具体地,调节阀组113包括第一调节阀和第二调节阀,第一调节阀通过管道连接于稳压阀112与轴向进气口1221之间,以调节空气进入轴向进气口1221的流量,第二调节阀通过管道连接于稳压阀112与切向进气口1231之间,以调节空气进入切向进气口1231的流量。

[0056] 在一些实施例中,如图1所示,水箱2具有出气孔21和进水孔22,出气孔21和进水孔22均位于水箱2的盖子上,水箱2的盖子上还设有用于匹配石英管14的插装孔。

[0057] 在一些实施例中,如图1所示,为使得水箱2与植物培养装置3之间形成循环水路,水箱2与植物培养装置3之间连接有进水管组5和出水管6,进水管组5用于将水箱2内的水体输送至植物培养装置3,出水管6用于将植物培养装置3内的水体输送回水箱2。

[0058] 在上述实施例的基础上,为了加快水体的流动,进水管组5上安装有用于将水箱2内的等离子体活化水泵入植物培养装置3内的第一水泵7,出水管6上安装有用于将植物培养装置3内的等离子体活化水泵入水箱2内的第二水泵8,将植物培养装置3中经过长时间的低浓度活性粒子的水输送到水箱2,使其与放电等离子体相互作用,循环使用为植物提供养分。

[0059] 在一些实施例中,如图1所示,植物培养装置3包括培养箱31以及安装于培养箱31内的喷洒机构32,喷洒机构32与进水管组5连通,进水管组5还与培养箱31的底部连通。第一水泵7一方面用于将水箱2中的等离子体活化水通过喷洒机构32喷洒到植物叶子,另一方面用于将水箱2中的等离子体活化水输送培养箱31底部,为植物叶子以及根部提供养分。

[0060] 上述喷洒机构32可以包括喷洒头,喷洒头可以配置为多个,如图1所示,喷洒头配置为两个,两个喷洒头左右布置。

[0061] 在一些实施例中,为创造更好的植物培养环境,植物培养装置3还包括安装于培养箱31内的补光灯33和风扇34。

[0062] 补光灯33可以固定于培养箱31的顶部,为植物定时补光;通风扇34可以安装于培养箱31的侧方,配置为一个或多个,加速培养箱31内空气的流动,为植物生长提供适宜环境。

[0063] 培养箱31内还可以设有供植物根部的生长和固定的种植棉,培养箱31的顶部可以设有通风保护罩,用来提供恒温恒湿的植物生长环境。

[0064] 综上所述,上述实施例所提供的一种组合放电等离子体辅助植物生长系统的使用过程如下:

[0065] 启动空气压缩机111,空气通过稳压阀112和调节阀组113分别进入轴向进气口1221和切向进气口1231。接通交流高压电源4,第一电极13和第二电极15之间产生高压,强电场导致空气击穿,形成电弧,在轴向气流和切向气流的共同作用下,电弧向下游滑动,同时,第二电极15和第三电极16之间的高压也会使得空气击穿放电,有效增加放电区域,放电产生的 $\text{NO}_x$ 等活性氮氧基团也进入装有水的水箱2,与水相互作用形成含有 $\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{O}_2$ 等氮氧活性粒子的等离子体活化水。接通第一水泵7时,水箱2中的等离子体活化水通过管道进入培养箱31,同时为植物的根部提供氮肥和通过喷洒机构32将等离子体活化水喷洒到植物叶子。开启补光灯33和风扇34,为植物生长提供适宜环境。经过一段时间,培养箱31中的培养液的氮氧活性粒子浓度降低,打开第二水泵8,使种植培养箱31中的水再返回到水箱2,重新与放电等离子体相互作用,产生新的等离子体活化水,循环利用,分别为植物根部和叶子提供肥料。

[0066] 上述系统的工作方式为组合放电装置1边放电,活化水边循环。在另一种工作方式中,也可以组合放电装置1先放电一段时间,随后再进行水循环。也就是说,系统的放电过程和水循环过程可以同时进行也可以交替进行,可根据实际需要选择任意一种工作方式。

[0067] 另外需要说明的是,根据植物在不同的生长时期需要的养分不同,系统放电强度和液态氮肥水循环时间也要相应调节。

[0068] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

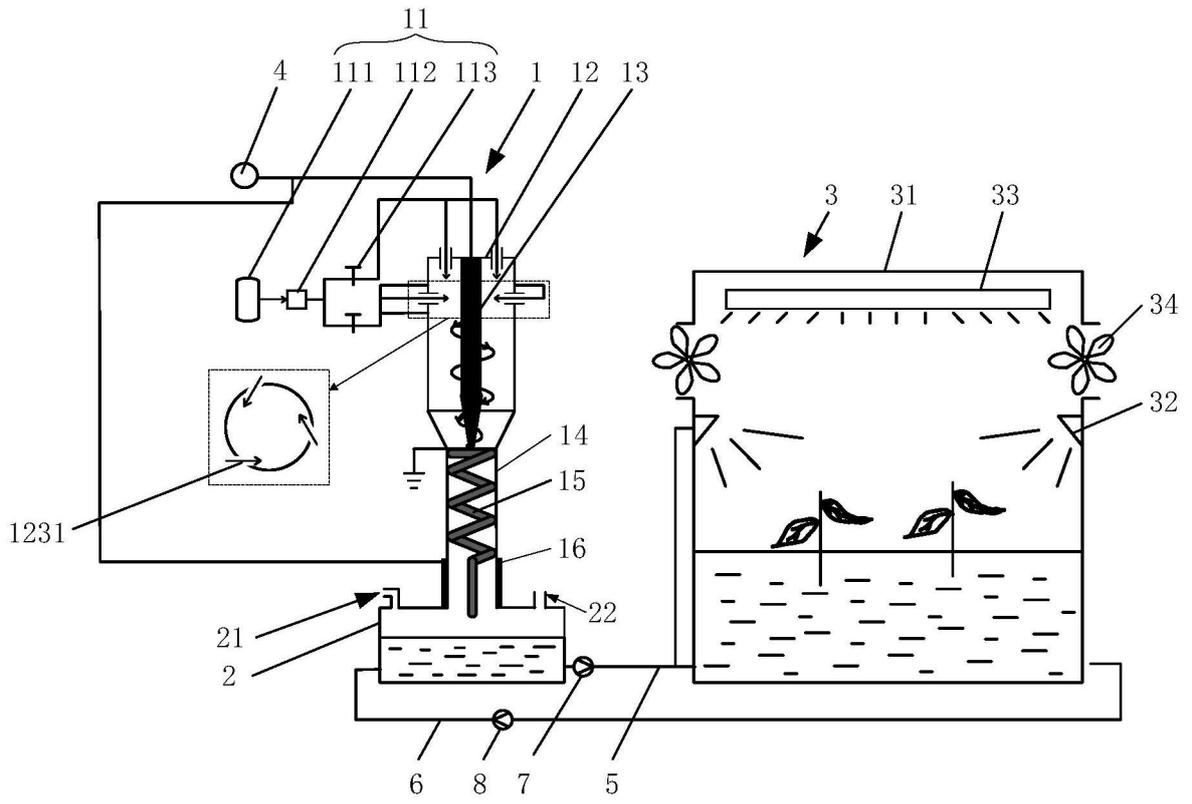


图1

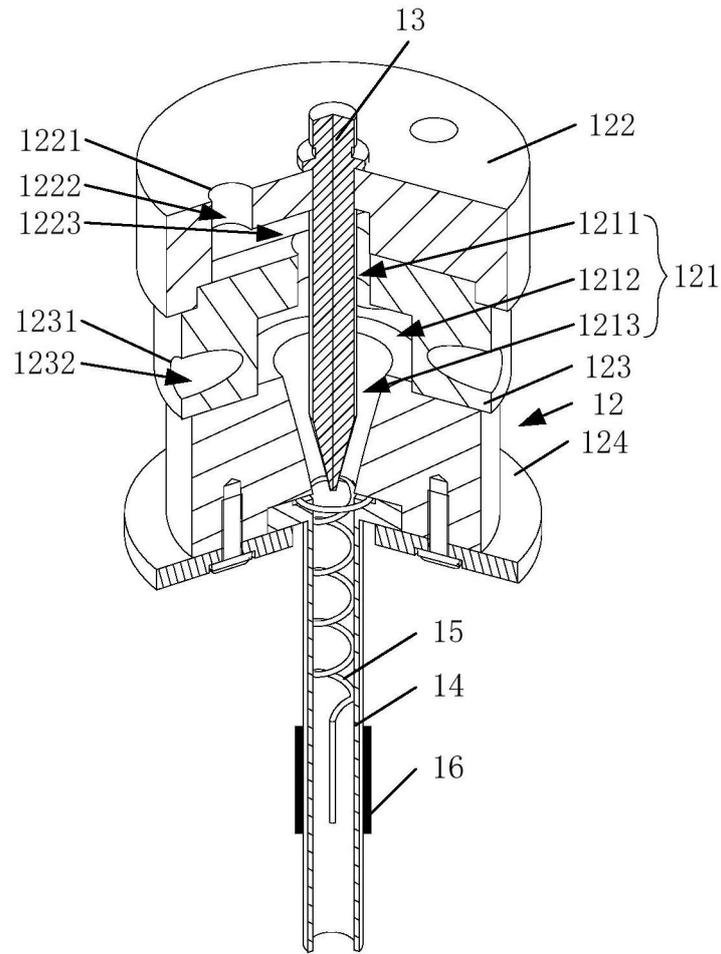


图2