



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115812563 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 21

(21) 申请号 202211727355.1

(22) 申请日 2022.12.30

(71) 申请人 石家庄益康农科技发展有限公司
地址 050000 河北省石家庄市新华区新华路563号1711室

申请人 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心
石家庄慧农仪器仪表有限责任公司

(72) 发明人 邵立威 赵军 周宝元 郑树宇
张喜英 陈素英

(74) 专利代理机构 石家庄轻拓知识产权代理事务所(普通合伙) 13128
专利代理师 张培元

(51) Int. Cl.
A01G 25/00 (2006.01)

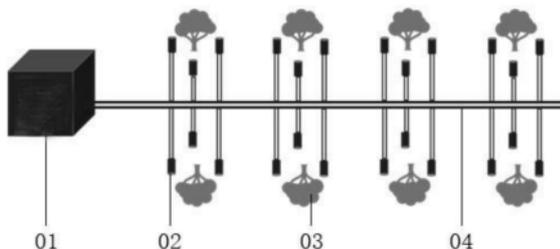
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

一种用于山区林木、园林园艺及设施农业的节水灌溉方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于山区林木、园林园艺及设施农业的节水灌溉方法,包括步骤a:将原位负压灌溉装置与灌水器集成为一体;步骤b:在果树周围的根层土壤中埋设若干个集成一体的原位负压灌溉装置和灌水器;步骤c:在原位负压灌溉装置周围设置若干个土壤水分传感器;步骤d:通过支管将各原位负压灌溉装置与输水主管连接起来,然后与灌溉水源连接起来;步骤e:通过灌溉水源向原位负压灌溉装置进行补水,通过原位负压装置向果树给水,通过土壤水分传感器对灌溉效果进行持续监测;步骤f:对果树产品质量进行检测。本发明在合理利用灌溉水避免无效浪费的同时,能够持续保持果树根层土壤适宜水分状态,保证果树生长需求,适用于灌溉技术领域。



1. 一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤a:将原位负压灌溉装置与灌水器集成为一体,使之具有稳定的负压差控制功能;

步骤b:在果树周围的根层土壤中埋设若干个集成一体的原位负压灌溉装置和灌水器,并使灌水器与根层土壤充分接触;

步骤c:在原位负压灌溉装置周围设置若干个土壤水分传感器,用于对灌溉效果的持续监测;

步骤d:通过支管将各原位负压灌溉装置与输水主管连接起来,然后将输水主管与灌溉水源连接起来;

步骤e:通过灌溉水源向原位负压灌溉装置进行补水,通过原位负压装置向果树给水,通过土壤水分传感器对灌溉效果进行持续监测;

步骤f:对果树产品质量进行检测。

2. 根据权利要求1所述的一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于:所述原位负压灌溉装置包括由上而下依次设置的补水箱和储水箱,补水箱通过输水主管和支管与灌溉水源相连通,补水箱和储水箱之间通过负压差稳定管相连,灌水器设置于补水箱和储水箱之间并包覆于负压差稳定管周围,储水箱通过灌水器在土壤基质吸力作用下向果树主动给水。

3. 根据权利要求2所述的一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于:所述负压差稳定管顶部与补水箱底部的出水孔相连,负压差稳定管底部延伸至储水箱内,且负压差稳定管底部设有向储水箱供水的进水孔,所述负压差稳定管的口径远远大于补水箱出水孔和储水箱进水口孔的孔径。

4. 根据权利要求1所述的一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于:所述原位负压灌溉装置数量为3个,3个原位负压灌溉装置呈等边三角形安装埋设于果树周围。

5. 根据权利要求4所述的一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于:所述原位负压灌溉装置与果树之间距离为40cm,安装深度为30cm。

6. 根据权利要求1所述的一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于:所述土壤水分传感器数量为三组,每组土壤水分传感器的数量为3个,三组土壤水分传感器由上而下等距离设置于原位负压灌溉装置周围。

7. 根据权利要求6所述的一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,其特征在于:所述三组土壤水分传感器之间距离为10cm,同组土壤水分传感器以及距离果树最近的土壤水分传感器距离均为7cm,测定该灌水器水平和垂直方向21cm×20cm范围的土壤水分动态变化,果树灌溉效果的监测时间为一个生长周期。

8. 一种缺水区域园林绿化节水灌溉方法,其特征在于:采用原位负压灌溉装置和灌水器,每一定绿化面积的树苗,配有一个简易“水包”(灌溉水源)、每棵树苗配置简易的原位负压灌溉装置和灌水器,并使两者与“水包”相连,对整个关系树苗成活的关键时期持续的灌水。

9. 一种园艺花卉节水灌溉方法,其特征在于:针对盆栽园艺花卉,尤其针对庭院式盆栽园艺花卉,以单组盆栽为最小化单位,依次分别配置一组原位负压灌溉装置和灌水器,原位负压灌溉装置接上足够的灌溉水源,为各单组盆栽进行持续给水。

10. 一种设施和大田灌溉农业节水灌溉方法,其特征在于:针对设施和大田灌溉农业,每一定种植面积的农业作物,配有一组原位负压灌溉装置和灌水器,将多组原位负压灌溉装置和灌水器与灌溉水源相连,对农业作物的生长时期持续的灌水。

一种用于山区林木、园林园艺及设施农业的节水灌溉方法

技术领域

[0001] 本发明属于灌溉技术领域,具体的说,涉及一种用于山区林木、园林园艺及设施农业的节水灌溉方法。

背景技术

[0002] 植物的正常生长离不开地下根层适宜的土壤水分条件,满足植物地上冠层部分光合与蒸腾过程耗水的需求。植物的根层土壤含水量降低到不能满足植物根系吸收利用土壤水分的阈值时,灌溉成为维持植物正常生长的重要保障。灌溉的主要目的就是为了保持根层土壤适宜的水分条件,避免根层发生干旱胁迫,影响植物正常光合代谢。相对植物本身内在的生理生态耗水与需水过程来说,通常的灌溉是人为主动对植物的被动“给”水,与植物本身的需水总是发生时空错位,在灌溉水大量浪费的同时还时常发生干旱胁迫。通常的灌溉不论采取何种灌溉技术,包括最常用的大水漫灌(地面灌溉)、喷灌、滴灌等,外界水进入土壤变成土壤水的过程完全取决于人为主动的泼、浇、滴、压等动作或者自然水头差,这些进入土壤的水只有部分进入根层土壤并为植物根系吸收和冠层光合与蒸腾所利用,另一部分通过土壤的渗漏和蒸发等成为植物的无效水,在造成大量灌溉水浪费的同时还不能持续保持根层土壤适宜的水分状态。

[0003] 在现有技术中,为解决传统灌溉系统进行植物灌溉,造成大量灌溉水浪费的同时还不能持续保持根层土壤适宜的水分状态的问题,也有部分植物采用负压灌溉技术。

[0004] 植物的根系从土壤中吸收水分,土壤中的水分向根际运动、水分从根际土壤进入植物的根系、根系吸收的水分通过植物的茎部运输到地上冠层部分,经植物的地上冠层部分蒸腾进入大气,形成了连续的植物水分传输过程(SPAC)。随着植物地上冠层部分蒸腾耗水,根层土壤含水量下降,水势降低,负压灌溉就是利用根层土壤自身的基质吸力,通过水分势能差的驱动,主动将外界负压水运移到植物根层土壤,使根层土壤持续保持适应的土壤含水量并满足植物正常生理生态过程中光合与蒸腾作用耗水的需求。负压灌溉基于植物田间生理生态的水分过程驱动、主动从外界要水,具有节水效果好、水资源利用率高、调节能力强、能使土壤始终保持适宜植物生长的含水率等优点,负压灌溉技术的基础研究,主要体现在负压形式、压力维持技术、负压渗水材料(渗水器的渗水材料)以及这些因素的不同组合而形成的整体负压灌溉系统等方面,所以,负压灌溉技术在发展与应用过程中依然受到一些关键问题的困扰。

[0005] 实现负压灌溉的基本条件为:1)根层土壤非饱和性;2)外界水保持恒定水势并与根层土壤保持稳定的负压差;3)外界水与根层土壤距离的有效性;4)透气不透水的水势能高效转化界面。

[0006] 由此可见,基于田间土壤、植物和大气连续体(SPAC)的水分运移与蒸腾过程和规律,负压灌溉技术通过植物根层土壤的基质势能对外界水主动吸收利用,通过土壤基质吸力,将水自行抽吸到高处而后灌溉的方式,避免了普遍应用的各种正压灌溉技术容易引发的灌溉水浪费与干旱胁迫相矛盾问题。

[0007] 但是,现有技术中普通的负压灌溉受负压差稳定技术和外部环境的限制,在负压灌溉的灌溉水源与灌水器灌溉过程中常遇到气栓阻塞难题,无法保证持续的水源供应,且传统灌水器受到“透水不透气”特性限制对渗水材料要求较高。稳定的压力系统和灌水器透水不透气使负压灌溉技术应用的门槛提高,也增加了负压灌溉系统的综合成本,不同程度制约了负压灌溉技术的广泛应用。

发明内容

[0008] 本发明提供一种用于山区林木、园林园艺及设施农业的节水灌溉方法,用于解决现有技术中,采用传统灌溉系统进行植物灌溉,造成大量灌溉水浪费的同时还不能持续保持根层土壤适宜的水分状态的问题,以及采用普通的负压灌溉时,受负压差稳定技术和外部环境的限制,在负压灌溉的灌溉水源与灌水器灌溉过程中常遇到气栓阻塞难题,无法保证持续的水源供应,且传统灌水器受到“透水不透气”特性限制对渗水材料要求较高,稳定的压力系统和灌水器透水不透气使负压灌溉技术应用的门槛提高,也增加了负压灌溉系统的综合成本,不同程度制约了负压灌溉技术的广泛应用的问题。

[0009] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案如下:

[0010] 一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,包括如下步骤:

[0011] 步骤a:将原位负压灌溉装置与灌水器集成为一体,使之具有稳定的负压差控制功能;

[0012] 步骤b:在果树周围的根层土壤中埋设若干个集成一体的原位负压灌溉装置和灌水器,并使灌水器与根层土壤充分接触;

[0013] 步骤c:在原位负压灌溉装置周围设置若干个土壤水分传感器,用于对灌溉效果的持续监测;

[0014] 步骤d:通过支管将各原位负压灌溉装置与输水主管连接起来,然后将输水主管与灌溉水源连接起来;

[0015] 步骤e:通过灌溉水源向原位负压灌溉装置进行补水,通过原位负压装置向果树给水,通过土壤水分传感器对灌溉效果进行持续监测;

[0016] 步骤f:对果树产品质量进行检测。

[0017] 进一步的,所述原位负压灌溉装置包括由上而下依次设置的补水箱和储水箱,补水箱通过输水主管和支管与灌溉水源相连通,补水箱和储水箱之间通过负压差稳定管相连,灌水器设置于补水箱和储水箱之间并包覆于负压差稳定管周围,储水箱通过灌水器在土壤基质吸力作用下向果树主动给水。

[0018] 进一步的,所述负压差稳定管顶部与补水箱底部的出水孔相连,负压差稳定管底部延伸至储水箱内,且负压差稳定管底部设有向储水箱供水的进水孔,所述负压差稳定管的口径远远大于补水箱出水孔和储水箱进水口孔的孔径。

[0019] 进一步的,所述原位负压灌溉装置数量为3个,3个原位负压灌溉装置呈等边三角形安装埋设于果树周围。

[0020] 进一步的,所述原位负压灌溉装置与果树之间距离为40cm,安装深度为30cm。

[0021] 进一步的,所述土壤水分传感器数量为三组,每组土壤水分传感器的数量为3个,三组土壤水分传感器由上而下等距离设置于原位负压灌溉装置周围。

[0022] 进一步的,所述三组土壤水分传感器之间距离为10cm,同组土壤水分传感器以及距离果树最近的土壤水分传感器距离均为7cm,测定该灌水器水平和垂直方向21cm×20cm范围的土壤水分动态变化,果树灌溉效果的监测时间为一个生长周期。

[0023] 本发明还公开了一种缺水区域园林绿化节水灌溉方法,采用原位负压灌溉装置和灌水器,每一定绿化面积的树苗,配有一个简易“水包”(灌溉水源)、每棵树苗配置简易的原位负压灌溉装置和灌水器,并使两者与“水包”相连,对整个关系树苗成活的关键时期持续的灌水。

[0024] 本发明还公开了一种园艺花卉节水灌溉方法,针对盆栽园艺花卉,尤其针对庭院式盆栽园艺花卉,以单组盆栽为最小化单位,依次分别配置一组原位负压灌溉装置和灌水器,原位负压灌溉装置接上足够的灌溉水源,为各单组盆栽进行持续给水

[0025] 本发明还公开了一种设施和大田灌溉农业节水灌溉方法,针对设施和大田灌溉农业,每一定种植面积的农业作物,配有一组原位负压灌溉装置和灌水器,将多组原位负压灌溉装置和灌水器与灌溉水源相连,对农业作物的生长时期持续的灌水。

[0026] 本发明由于采用了上述的灌溉方法,其与现有技术相比,所取得的技术进步在于:

[0027] (1) 将若干个原位负压灌溉装置埋设于果树根层土壤位置,灌溉水源通过输水管与若干个原位负压灌溉装置相连通,果树的根系从土壤基质中吸收水分用于光合与蒸腾作用,原位负压灌溉装置在土壤基质的吸力作用下,经灌水器将内部的负压水运输到土壤基质中实现向果树稳定且持续的主动给水,避免灌溉水大量浪费的同时不会发生干旱胁迫,通过原位负压灌溉装置进行主动给水,在合理利用灌溉水避免无效浪费的同时,还能够持续保持果树根层土壤适宜的水分状态,保证果树正常生长需求;

[0028] (2) 通过原位负压灌溉装置将外界灌溉水源的水通过补水箱、负压差稳定管和储水箱集成为供水、灌水和控压一体化的负压差控制系统,不会再有气栓阻塞情况的出现,实现了供水、负压差控制系统和灌水器集成,使灌溉水头、灌溉水源、灌水器原位负压灌溉的全程灌水过程不再受气栓阻塞影响,大大降低了压力势差-果树主动式土壤供水的控压系统的成本和应用条件。

[0029] (3) 通过与灌溉水源连接的原位负压灌溉装置和灌水器,对缺水区域园林绿化、园艺花卉以及设施和大田灌溉农业进行持续的水分补给,保证了植物对水源的生长需求,提高成活率的同时保证植物正常生长。

附图说明

[0030] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。

[0031] 在附图中:

[0032] 图1为本发明的系统结构示意图;

[0033] 图2为本发明实施例中原位负压灌溉装置的工作原理图;

[0034] 图3为本发明实施例中原位负压灌溉装置的结构示意图;

[0035] 图4为本发明实施例中原位负压灌溉装置的使用状态图;

[0036] 图5为本发明实施例中土壤水分传感器分布图;

[0037] 图6为本发明实施例中土壤水分传感器测定的根层土壤含水量变化曲线图;

[0038] 图7为本发明实施例中原位负压灌溉装置中单个灌水器灌水量变化曲线图。

[0039] 标注部件:01-灌溉水源,02-原位负压灌溉装置,21-补水箱,211-进水口,212-浮子开关,213-出水孔,22-负压差稳定管,221-进水孔,23-储水箱,24-灌水器,241-透水网,242-灌水材料,03-果树,04-输水管,05-土壤水分传感器。

具体实施方式

[0040] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明。应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0041] 实施例1

[0042] 一种用于山区和半山区果树的节水灌溉方法,包括如下步骤:

[0043] 步骤a:将原位负压灌溉装置02与灌水器24集成为一体,使之具有稳定的负压差控制功能;

[0044] 步骤b:在果树03周围的根层土壤中埋设若干个集成一体的原位负压灌溉装置02和灌水器24,并使灌水器24与根层土壤充分接触;

[0045] 步骤c:在原位负压灌溉装置02周围设置若干个土壤水分传感器05,用于对灌溉效果的持续监测;

[0046] 步骤d:通过支管将各原位负压灌溉装置02与输水主管连接起来,然后将输水主管与灌溉水源01连接起来;

[0047] 步骤e:通过灌溉水源01向原位负压灌溉装置02进行补水,通过原位负压装置向果树03给水,通过土壤水分传感器05对灌溉效果进行持续监测;

[0048] 步骤f:对果树03产品质量进行检测。

[0049] 作为一个优选的实施例,所述原位负压灌溉装置02包括由上而下依次设置的补水箱21和储水箱23,补水箱21通过输水主管和支管与灌溉水源01相连通,补水箱21和储水箱23之间通过负压差稳定管22相连,灌水器24设置于补水箱21和储水箱23之间并包覆于负压差稳定管22周围,储水箱23通过灌水器24在土壤基质吸力作用下向果树03主动给水。所述负压差稳定管22顶部与补水箱21底部的出水孔213相连,负压差稳定管22底部延伸至储水箱23内,且负压差稳定管22底部设有向储水箱23供水的进水孔221,所述负压差稳定管22的口径远远大于补水箱21出水孔213和储水箱23进水口211孔的孔径。

[0050] 作为一个优选的实施例,所述果树03选用山地果园的果树03作为试验对象。所述果树03灌溉效果的监测时间为一个生长周期。所述原位负压灌溉装置02数量为3个,3个原位负压灌溉装置02呈等边三角形安装埋设于果树03周围。所述原位负压灌溉装置02与果树03之间距离为40cm,安装深度为30cm。所述土壤水分传感器05数量为三组,每组土壤水分传感器05的数量为3个,三组土壤水分传感器05由上而下等距离设置于原位负压灌溉装置02周围。所述三组土壤水分传感器05之间距离为10cm,同组土壤水分传感器05以及距离果树03最近的土壤水分传感器05距离均为7cm,测定该灌水器24水平和垂直方向21cm×20cm范围的土壤水分动态变化,果树03灌溉效果的监测时间为一个生长周期。

[0051] 实施例2

[0052] 本发明还公开了一种用于上述节水灌溉方法的灌溉系统,如图1所示,包括灌溉水源01和若干个具有稳定负压差控制功能的原位负压灌溉装置02,所述若干个原位负压灌溉

装置02均匀分布于果树03根层土壤位置,保证了外界水与根层土壤距离的有效性,灌溉水源01通过输水管04与若干个原位负压灌溉装置02相连通,每个负压灌溉装置包括灌水器24,所述原位负压灌溉装置02周围布置有若干个用于测定根层土壤水分及负压灌溉效果的土壤水分传感器05。果树03的根系从土壤基质中吸收水分用于光合与蒸腾作用,原位负压灌溉装置02在土壤基质的吸力作用下,经灌水器24将内部的负压水运输到土壤基质中实现向果树03稳定且持续的主动给水。将若干个原位负压灌溉装置02埋设于果树03根层土壤位置,灌溉水源01通过输水管04与若干个原位负压灌溉装置02相连通,果树03的根系从土壤基质中吸收水分用于光合与蒸腾作用,原位负压灌溉装置02在土壤基质的吸力作用下,经灌水器24将内部的负压水运输到土壤基质中实现向果树03稳定且持续的主动给水,避免灌溉水大量浪费的同时不会发生干旱胁迫,在合理利用灌溉水避免无效浪费的同时,还能够持续保持果树03根层土壤适宜的水分状态,保证果树03正常生长需求。

[0053] 负压灌溉的核心问题是稳定的负压差和水源到灌水器24之间持续的输水保障(不形成气栓堵塞)。普通的负压灌溉系统中的负压差主要是利用水头差,水头式负压差是将存放灌溉水的储水器上方的空气压力调控在1个大气压以下,从而形成灌溉水的负压,因为无法排除灌溉水水柱变化的影响,负压在一定范围内波动,水头差式负压差的最大优点就是设备简单,但缺点也很明显:一是需要将果树03置于比水源高的地方,田间运用很不方便;二是能够维持的负压比较小,由于负压下溶解在灌溉水中的空气会逃逸出来,逐渐累积在灌水器24内或输水管04道内易形成气栓,致使灌溉水断流、灌水过程中断。针对水头式负压差的缺点,水头差式负压差逐渐被气压式负压差所取代,气压式负压差是将具有马氏瓶原理的储水器下方进气孔的空气压力调控在1个大气压以下,从而形成与灌溉水水柱高低无关的恒稳负压,并进一步研发了气压式负压差灌溉系统。在气压式负压差作用下,水源可以放置在比灌水器24高的位置,在田间运用就如传统的滴灌一样方便,从灌溉水中逃逸出来的空气将自动汇集到储水器,不会停留在灌水器24和连接管道中。同时,为了排除悬挂水柱法中因为气栓阻断灌溉水流的情况,设计了负压泵持续抽气法,即采用负压泵持续抽气、并保持灌溉水循环的方法维持负压。目前这些技术仍然采用水柱形成负压,在体积、质量、空间占用等方面和水头差技术上并没有更大优越性。因此,利用在灌溉水与土壤水之间势能差的驱动下自发循环的静压力来维持负压,需要研发性能更加高效、体积更加小巧、质量更加轻盈的负压控制系统。

[0054] 稳定的负压差-果树03根系主动利用根层土壤水的控压系统不稳定和成本高。负压灌溉中灌水器24透水不透气的特性,对材料的选择有着严格的要求,更对输水过程中的负压差与灌水连续性的保持提出了更高的要求,同时,在实践应用中负压灌溉系统建设成本较高,需要研发性能更加高效、体积更加小巧、质量更加轻盈的负压控制系统与装置。

[0055] 作为一个优选的实施例,如图3所示,所述原位负压灌溉装置02包括由上而下依次设置的补水箱21和储水箱23,补水箱21与灌溉水源01相连通,补水箱21和储水箱23之间通过负压差稳定管22相连,灌水器24设置于补水箱21和储水箱23之间并包覆于负压差稳定管22周围,储水箱23通过灌水器24在土壤基质吸力作用下向果树03主动给水。所述补水箱21顶部设有进水口211,进水口211通过输水管04与灌溉水源01相连,进水口211设有浮子开关212,补水箱21底部设有出水孔213,出水孔213与负压差稳定管22的顶部相连。所述负压差稳定管22顶部与补水箱21底部的出水孔213相连,负压差稳定管22底部延伸至储水箱23内,

且负压差稳定管22底部设有向储水箱23供水的进水孔221。所述负压差稳定管22的口径远远大于补水箱21出水孔213和储水箱23进水口211孔的孔径。

[0056] 该系统包括补水箱21、储水箱23和连接补水箱21与储水箱23的负压差稳定管22。核心结构设计为：第一，补水箱21在上，储水箱23在下，二者保持稳定的重力势能差；第二，负压差稳定管22连接补水箱21和储水箱23，使补水箱21内的水通过重力势能经过负压差稳定管22进入储水箱23；第三，负压差稳定管22的管径远远大于补水箱21的出水孔213和储水箱23的进水口211孔的孔径。

[0057] 该系统实现稳定负压差的核心技术工作原理为：1) 补水箱21和储水箱23的稳定重力势能差；2) 负压差稳定管22大小孔径设计的“透水不透气”特性。如图2所示，灌溉水源01从进水口211涌入补水箱21，重力势能驱动补水箱21内的水通过小口径的出水孔213进入大口径的负压差稳定管22并经过小口径的进水孔221滴入储水箱23；补水箱21由于进水口211的进水量远大于出水孔213的出水量，负压差稳定管22从上部补水箱21的进气通道很快被水封死；从补水箱21经过负压差稳定管22滴下的水，经过进水孔221进入储水箱23，补水箱21通过负压差稳定管22向储水箱23进行水补给，随着储水箱23内部水位上升，负压差稳定管22下部储水箱23的进气通道也很快也被水封死，因此，负压差稳定管22内被封入了当时大气环境条件的空气，形成“空压”，即，在负压差稳定管22内存在一定压力的空气，该一定压力的空气形成补水箱21向储水箱23补水的空压补水通道，空压补水通道上下两头分别被补水箱21和储水箱23的水封死，使得负压差稳定管22始终保持“透水不透气”的状态，形成稳定的负压差控制系统，用于外界水保持恒定水势并与根层土壤保持稳定的负压差。

[0058] 随着进水口211外界水涌入的水量大于出水孔213的出水量，补水箱21水位迅速上升，通过浮子开关212设计，自动控制补水箱21的水位；当水位上升到一定高度，浮子开关212自动关闭进水口211处灌溉水源01的进水；①储水箱23的水位随着补水箱21的不断补给，水位持续上升，负压差稳定管22内部的空气持续压缩，使得负压差稳定管22内部的气压较外界大气压持续增高；②由于出水孔213呈现为孔径很小的微型孔，气液相不能发生交换（液体滴落同时气体上逸）；③基于气-液界面上的“贾敏效应”，液体要通过微小孔道时，首先必须发生形变，此形变过程对应为克服液相流体的表面张力做功，因此会产生阻力对抗液相流体继续向下滴落；并且，孔道的内径越小对应产生的比表面积形变越大（水滴的粒径越小，其比表面积越大），则对抗滴落变形做功的阻力越大，最终使得滴落现象终止，使得补水箱21内的水不再从出水孔213向下滴落，补水箱21停止向储水箱23补水。负压差稳定管22的关键作用就是，通过其长期保持“透水不透气”状态，利用补水箱21和储水箱23重力势能，持续保持补水箱21向储水箱23持续补水，通过负压差稳定管22实现二者压力平衡，形成一个动态的补水过程。

[0059] 普通的负压灌溉，连接水源和灌水器24的输水管04容易出现气栓阻塞，影响水源的持续供水灌溉，难以保持水源和灌水器24稳定的负压差，成为负压灌溉应用过程中重大的技术难题。通过该设计，外界灌溉水源01的水通过补水箱21、浮子开关212、负压差稳定管22和储水箱23实现了供水、灌水和控压一体化的负压差控制系统，不会再有气栓阻塞情况的出现。

[0060] 在供水、灌水和控压一体化的负压控制系统的基础上，将灌水器24集成到该系统，从而形成了本发明中埋设于根层土壤的“原位负压灌溉装置02”的系统设计。如图3所示，在

图2供水、灌水与稳定负压控制系统的一体化设计基础上,将灌水器24设置在负压差稳定管22周围,并伸入储水箱23水位以下,形成了供水、稳定负压和灌水器24集成的根层土壤原位负压灌溉装置02。当根层土壤从灌水器24内吸收水分,灌水器24的水势低时,其从储水箱23中吸收水分,随着储水箱23水位降低,受重力势能驱动补水箱21为储水箱23补水;随着补水箱21水位降低,浮子开关212打开,外界灌溉水源01开始进入补水箱21,并通过负压差稳定管22向储水箱23进行水源补给;当灌水器24接触的根层土壤达到水分饱和,不再从储水箱23吸收水分,补水箱21停止向储水箱23补水,浮子开关212关闭。从而,与补水箱21、负压差稳定管22和储水箱23集成的灌水器24,实现了供水、负压差控制和灌水对作物根层土壤“原位负压灌溉”,其负压灌溉过程不再受以往负压灌溉水源01、输水管04、灌水器24和压力控制系统的各种不确定因素的影响,尤其是气栓堵塞问题。

[0061] 将原位负压灌溉装置02直接埋入需要灌溉果树03的根层土壤,接上灌溉水源01即可实施果树03的原位负压灌溉。如图4所示,当果树03根层土壤含水量下降、土壤水势降低,受土壤的基质势驱动,根层土壤开始从灌水器24吸收水分,灌水器24便从储水箱23吸水,直到灌水器24和其所接触土壤的水势达到饱和,灌水器24、储水箱23和补水箱21又达到上述的平衡,根层土壤饱和时,水分停止补给,根层土壤不饱和时,通过灌水器24向外界储水箱23要水,不再受到根层土壤非饱和性因素的制约。当果树03根系对土壤水的吸收利用下降到不能满足光合与蒸腾需求,果树03根层土壤从外界主动“要”水,就可以避免一般灌溉弊端的发生。通过果树03光合与蒸腾耗水生理活动的驱动,变人为的果树03被动“给”水为果树03本身的主动“要”水,将位于根土层外界水变成持续适宜的土壤水、继而供果树03吸收利用,本发明提供的原位负压灌溉装置02就是实现这一过程的主要技术途径,果树03根层土壤从外界主动要水,就是通过灌水器24主动向原位负压灌溉装置02的储水箱23要水,在储水箱23通过灌水器24向土壤基质供水的同时,外界通过补水箱21和负压差稳定管22向补水箱21进行水补给,从而实现了对果树03根层土壤持续的灌溉,保证果树03跟层土壤适宜水分状态,保证长期保障了适宜的根层土壤含水量状态和果树03正常生长对水分的需求,同时使得灌溉水源01得到充分的合理利用,避免传统灌溉方式造成灌溉水的无效浪费。

[0062] 基于负压差控制系统,本发明将供水、负压差稳定管22和灌水器24集成一体的埋设于果树03根层土壤的原位负压灌溉装置02,通过对果树03根层土壤的原位负压灌溉,稳定负压差不再受输水管04线和灌水器24材质影响,消除了以往负压灌溉水源01、输水和灌水等过程的各种不利限制因素。

[0063] 作为一个优选的实施例,所述储水箱23、补水箱21和负压差稳定管22采用PVC材料制成。所述灌水器24包括灌水材料242,灌水材料242填充于储水箱23内部,并通过透水网241包覆于负压差稳定管22周围。所述灌水材料242采用渗水性能良好和耐用的渗水材料。所述灌溉水源01采用水肥一体化功能的灌溉水源01,可以更加方便果树03的养分补给,保证果树03茁壮生长。

[0064] 上述发明中将供水、灌水、负压差控制系统和灌水器24集成的埋设于果树03根层土壤处的原位负压灌溉装置02,经过相应的设计与工艺,通过采购市场上常用灌水器24的渗水材料,研制成功了相对成熟的原位负压灌溉的装置。如图3所示,上部为进水口211、补水箱21和浮子控水阀的一体化集成,下部为储水箱23,中间为负压差稳定管22与灌水器24集成,最后并通过负压差稳定管22将上下联部分集成到一体。将该装置直接埋入到需要灌

溉果树03适宜位置的根层土壤,接通任何可供灌溉的水源,即可实施果树03根层土壤的原位负压灌溉。

[0065] 灌水器24是负压灌溉最重要的装置,灌水器24的材料要求透水不透气,当前普通的灌水器24材料通常采用陶瓷材料加工而成,受生产过程烧结工艺的制约,制造出几米以上长度的陶瓷灌水器24很难。陶瓷灌水器24韧性差、易碎、成本高昂,其成本至少要占整个系统总成本的90%以上,而且其微孔堵塞问题还未得到有效解决,其他材料有纤维、聚乙烯醇缩甲醛泡沫塑料(PVFM)等,这些材料相对陶瓷有一定的优势,所制作的灌水器24渗水性能好,亦不易破碎。这些新材料比陶瓷灌水器24优良很多,但其在土壤中的时间耐久性和环保性能、防堵性能等还没有得到充分验证,而且只是在实验室进行了手工模具法生产,能否实现工厂化大规模生产还有待实证;水泥基混凝土是高亲水性微孔材料,不需要进行烧结,很容易制造出5米甚至更长的管材,而且原料广泛、价格便宜,理论上可用来制作负压灌水器24,然而现有水泥基混凝土的发泡方法、发泡剂主要是用来形成保温、阻燃、防渗、隔音的建筑与装饰材料,其孔隙往往是100 μm 以上的闭孔,如何得到具有高渗水性、微米级的开孔结构、适合负压灌溉的水泥基发泡混凝土,还需要较多研究。低成本、耐久性和普遍适用性的灌水器24缺乏。灌水器24是将外界水转化成土壤水的界面,是影响负压灌水速率的重要因素,高性能的负压渗水材料是负压灌溉技术研究的核心内容。传统的负压渗水材料是陶土头,无柔韧性、易碎、加工性差、价格高,对渗水器材料的改进,开发廉价、易生产、具有普遍适用性的新灌水器24,实现负压灌溉大规模应用。固,研发价格便宜的高亲水性、低反渗透压力和输水速率、输水高度俱佳的毛管材料等高效的势能转化界面材料,是关系到灌水器24性能、压差与输水和负压灌溉系统成本的重要方面。

[0066] 所以,需要进一步说明的是,正是因为本发明有了负压差稳定管22的“透水不透气”性能,原位负压灌溉装置02的灌水器24材料不再受“透水不透气”性能的制约,可以根据使用环境和成本核算实际,选择市场上各种可用渗水材料,可以用最原始的石英砂,也可以用常用的陶瓷,还可以用更先进的新材料,均可以形成透气不透水的水势能高效转化界面,图3本实施例中的灌水器24的渗水材料采用的是陶瓷。该装置补水箱21和储水箱23的大小、水位(H和h)、负压差稳定管22与灌水器24的长度等,均可根据农业生产实际做出各种适应性优化设计与组合,满足不同田间灌溉条件的需求。本发明公开了透水不透气的负压差稳定管22和补水箱21与储水箱23通过重力驱动的稳定的负压差控制系统,彻底解决了以往负压灌溉的灌溉水源01供水与灌水器24灌溉过程中气栓阻塞难题,能够保证灌溉水源01地的持续供应。

[0067] 综上所述,本发明提供的节水灌溉系统具有如下特点:

[0068] 1、原位负压灌溉装置02实现了供水、负压差控制系统和灌水器24集成,使灌溉水头、灌溉水源01、灌溉器的原位负压灌溉的全程灌水过程不再受气栓阻塞影响,大大降低了压力势差-果树03主动式土壤供水的控压系统的成本和应用条件。

[0069] 2、原位负压灌溉装置02通过负压差控制系统和供水与灌水器24一体化设计,从而实现了果树03根层土壤的原位负压灌溉,使负压灌溉不再受水头高低影响,在有适合灌溉水源01的地方就能实现负压灌溉,大大提高了负压灌溉的广泛适用性。

[0070] 3、原位负压灌溉装置02降低了灌水器24对渗水材料较高要求。本发明提供的原位负压灌溉装置02在降低负压灌溉成本的同时,彻底改变了普通负压灌溉的田间应用局限,

使原位负压灌溉在田间应用更加灵巧、多样、多变,适应不同田间条件,成本大幅降低、应用更加广泛、耐性更加可靠。

[0071] 4、负压差控制系统降低了以往负压灌溉对灌水器24材料限制,原位负压灌溉装置02消除了以往灌溉水源01、输水和灌水器24过程经常发生气栓阻塞的负压灌溉弊端,降低了以往负压灌溉对环境条件的要求门槛,改变了负压灌溉的未来应用场景和设计思路。

[0072] 5、本发明提供了高时效性与耐久性的负压灌溉运行系统-节水灌溉系统。当前所有的负压灌溉研究从试验方法上看大致可以分为三类:室内试验、盆栽试验和田间试验,室内试验的研究内容大多不包括果树03的影响,然而后两者研究时都选取的是生长周期短的果树03,缺乏对负压灌溉系统长期运行状态的验证。负压灌溉技术要想得到应用推广,整个系统运行的耐久性和适应性是必然要求。

[0073] 实施例3

[0074] 为了验证原位负压灌溉技术的实际应用效果,本发明对原位负压灌溉装置02在果园进行了灌溉试验。果树03是灌溉农业重要的耗水果树03,河北省是水果种植大省,2021年全省果园面积为783万亩。河北省果园单产水平多年保持较高水平,也是水果生产大省,平均亩产达到1353kg/亩,总产达到1000万吨以上的水平。果园高水平产能的保持,得益于灌溉的支撑。同时果树03作为高耗水果树03,随着全省地下水压采的实施,减少灌溉水资源用量、提高灌溉水利用效率和水分生产效率,是果园生产面临的必然要求。我们对原位负压灌溉装置02在河北省典型苹果园开展了试验和示范,对原位负压灌溉装置02的灌溉效果、节水性、产量与品质、稳定性、耐久性等进行了全面的验证。

[0075] (一)应用区概况与试验设计

[0076] 河北省果园分布主要为两大典型类型,一是主要位于西部太行山区的山地果园,二是东部平原区的平原果园。其中山地果园灌溉水资源更加短缺,灌溉技术的应用条件更差。因此,本发明提供的原位负压灌溉装置02的应用试验,选择了在灌溉条件更为苛刻的山地苹果园,开展了长期的试验与示范。苹果园位于石家庄市井陘县银铃农业开发有限公司,为典型的山地苹果园。试验从2002年早春开始,2022年苹果生长季为3月-10月,原位负压灌溉试验苹果园面积为1亩,品种为国光,果树03行距和棵间距为3m×4m种植。对照苹果园面积也为1亩,品种和种植条件与原位负压灌溉试验苹果园相同,灌溉方式为当地传统的应用最为普遍的地面大水漫灌(普通负压灌溉成本较高,受各方面技术因素和环境条件制约,且应用条件有限,固本发明以应用最为普遍的大水漫灌作为对照试验)。

[0077] 原位负压灌溉试验苹果园设计如图1所示,输水管04包括主输水管04和支管,灌溉水源01出来进入果树03行间的主输水管04,每棵果树03通过支管与主输水管04连接至原位负压灌溉装置02,每棵果树03设计了3个原位负压灌溉装置02,保证了外界水与根层土壤距离的有效性。原位负压灌溉装置02在苹果园的实际应用场景如图1所示。以果树03为中心,3个原位负压灌溉装置02呈等边三角形安装埋设于果树03周围。每个原位负压灌溉装置02安装在距离树干40cm处,安装深度为30cm。

[0078] (二)原位负压灌溉装置02灌溉效果监测

[0079] 原位负压灌溉装置02在灌溉期灌水时土壤水分的渗水过程,也就是果树03根层土壤的灌溉效果,如图5所示,通过原位负压灌溉装置02周围布置土壤水分传感器05,进行了灌溉效果的持续监测。如图6所示,通过测定灌水器24渗水过程和根层土壤含水量变化,

对原位负压灌溉的效果进行了验证。在原位负压灌溉试验苹果园中随机选取一个原位负压灌溉装置02,在该装置的灌水器24中心位置沿水平方向以7cm为间距依次安装4、5、6号土壤水分传感器05;在4、5、6号土壤水分传感器05平移上方10cm处依次安装1、2、3号土壤水分传感器05,平移下方10cm处依次安装7、8、9号土壤水分传感器05。通过9个土壤水分传感器05,测定该灌水器24水平和垂直方向21cm×20cm范围的土壤水分动态变化。从2022年6月1日到30日,进行了连续30天的测定,每天16点定时采集传感器测量数据。

[0080] 1、根层土壤水保持效果

[0081] 通过对原位负压灌溉装置02的灌水器24水平距离21cm和深度为20cm根层土壤水分监测,对灌溉效果进行了精准测定,结果如图6所示。从2022年6月1日到30日,所有土壤水分传感器05测定的土壤水分均表现出稳定状态,表明原位负压灌溉装置02可以持续、稳定地为根层土壤实施灌溉。距离灌水器2414cm之内的1、4、7和2、5、8传感器,土壤含水量始终保持较高水平,均在接近35%土壤体积含水量及以上,土壤含水量接近田间持水量。距离灌水器2421cm的3、6、9传感器,土壤水分明显降低到约25%-30%土壤体积含水量,约为70%田间持水量。不同深度之间土壤含水量变化不大。上述结果表明:原位负压灌溉装置02表现出了明显的灌溉器灌水的持续性和稳定性;距离灌水器2420cm距离土壤含水量明显降低,因此,灌水器24之间40cm的距离可实现根层土壤水分保持田间持水量水平。

[0082] 对每棵果树03的3个灌水器24每天的灌溉量进行了测定,测定时间为6月1日到30日,如图7所示,每棵果树03每天灌水量的变化幅度为2500-3500ml。受降水、气温、日照等天气因素对蒸腾的影响,果树03每天蒸腾耗水量不同,对应的每天灌水量也发生波动。结果表明,原位负压灌溉装置02每天的灌水需求量,真实地表现出了果树03每天蒸腾耗水规律,反映了原位负压灌溉果树03主动“要水”过程。

[0083] 2、节水效果

[0084] 从苹果园开始早春管理的3月20日开始,到落果的10月25日为止,对原位负压灌溉试验苹果园和传统大水漫灌对照苹果园的灌水量进行了测定。传统大水漫灌的对照苹果园每次灌溉计量的同时,测定该时段内原位负压灌溉试验苹果园的灌水量,结果见下表1。

[0085] 表1原位负压灌溉试验苹果园与对照苹果园灌水量对照表

日期	原位负压灌溉灌水量(方/亩)	对照灌水量(方/亩)
2022.3.20	--	40
2022.5.20	10.9	40
2022.7.18	11.8	30
2022.9.10	9.5	30
2019.10.25	9.0	--
合计	41.2	140

[0087] 同样生育时期的时间段,传统大水漫灌的对照苹果园的灌水量是原位负压灌溉试验苹果园灌水量的3-4倍。整个一年生育时期,原位负压灌溉试验苹果园的灌水量为41.2方/亩,传统大水漫灌的对照苹果园灌水量为140方/亩,为原位负压灌溉试验苹果园的3.4倍。与对照相比,原位负压灌溉装置02节省了70.6%的灌溉水。

[0088] 3、产量和品质效果

[0089] 在原位负压灌溉试验苹果园和对照苹果园随机取10株果树03、30个果实,对苹果

的产量、单果重、含糖量进行测量,结果见下表2。

[0090] 表2原位负压灌溉试验苹果园与对照苹果园的产量和品质对照表

[0091]	单果重 (kg)	产量 (kg/亩)	糖度 (%)
原位负压灌溉	0.256	2570.3	16.7
CK (漫灌)	0.251	2489.5	18.0
比CK提高率 (%)	5.50	3.25	7.70

[0092] 结果表明,对照组产量为2489.5公斤/亩,试验组产量为2570.3公斤/亩,增产3.25%;对照组含糖量16.7%,试验组含糖量18.0%,增加7.7%;对照组单果重0.251公斤,试验组单果重0.265公斤,增加5.5%。原位负压灌溉装置02均不同程度地提高了苹果的产量、单果重和含糖量,一定程度利于苹果产量与品质的改善。

[0093] 本发明将原位负压灌溉装置02直接置于灌溉果树03根层土壤,突破了以往负压灌溉应用中存在的各种技术难题和环境局限,降低了负压灌溉技术的应用成本,扩展了负压灌溉技术的应用场景,并在山区苹果园取得了很好的试验和示范效果。将供水、控压和灌水集成为一体的原位负压灌溉装置02,其本身可根据应用场景的变化具有更大的优化空间,同时这种原位负压灌溉技术一定程度上改变了以往负压灌溉应用的设计思路。原位负压灌溉技术除了在各种灌溉果园应用中将会表现出越来越明显的优势,在以下几方面存在更具潜力的前景。

[0094] 实施例4

[0095] 一种缺水区域园林绿化节水灌溉方法,采用原位负压灌溉装置02和灌水器24,每一定绿化面积的树苗,配有一个简易“水包”(灌溉水源01)、每棵树苗配置简易的原位负压灌溉装置02和灌水器24,并使两者与“水包”相连,对整个关系树苗成活的关键时期持续的灌水。

[0096] 目前我国广大山区绿化、植树造林等园林与绿化工程面临的主要问题就是,因种植树苗缺水导致的成活问题,严重影响了成活率和绿化效果。通过传统的灌溉不但成本高、难度大,有些地方就无法实施,尤其在山坡上,即便能够灌溉一次,其有效性很短。通过本方法,可以在树苗从种植到成活和成长过的各个时期进行持续给水,在降低灌溉人力、物力成本的同时,保障了成苗率,提高了绿化效果。

[0097] 实施例5

[0098] 一种园艺花卉节水灌溉方法,针对盆栽园艺花卉,尤其针对庭院式盆栽园艺花卉,以单组盆栽为最小化单位,依次分别配置一组原位负压灌溉装置02和灌水器24,原位负压灌溉装置02接上足够的灌溉水源01,为各单组盆栽进行持续给水。

[0099] 园艺花卉很多都是盆栽,对每个盆栽水分管理也是一项很繁琐的工作,总是受灌水太多或太少的困扰。尤其园艺和花卉越来越多地进入庭院,经常因为没人适时照顾浇水而造成园艺花卉死亡。每个盆栽的园艺花卉,只要配上适宜的原位负压灌溉装置02和灌水器24,接上足够的灌溉水源01,保证园艺花卉的水源得到持续供给,一切都变为万事无忧,省心、省力、便捷。

[0100] 实施例6

[0101] 一种设施和大田灌溉农业节水灌溉方法,针对设施和大田灌溉农业,每一定种植面积的农业作物,配有一组原位负压灌溉装置02和灌水器24,将多组原位负压灌溉装置02

和灌水器24与灌溉水源01相连,对农业作物的生长时期持续的灌水。

[0102] 随着水资源短缺加剧,对设施和大田农业的灌溉用水情况也越来越严峻,传统正压灌溉的喷灌、滴灌、渗灌等已经开始在上述两个领域推广应用。通过对原位负压灌溉装置02及灌水器24和灌溉水源01进一步小型化、灵巧化、耐久化等优化设计与组合,能够长久埋入20cm以下土壤,代替传统的地下滴灌、渗灌对设施和大田农业进行灌溉给水,大大降低传统正压灌溉能耗,具有更加广阔的应用前景。

[0103] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明权利要求保护的范围之内。

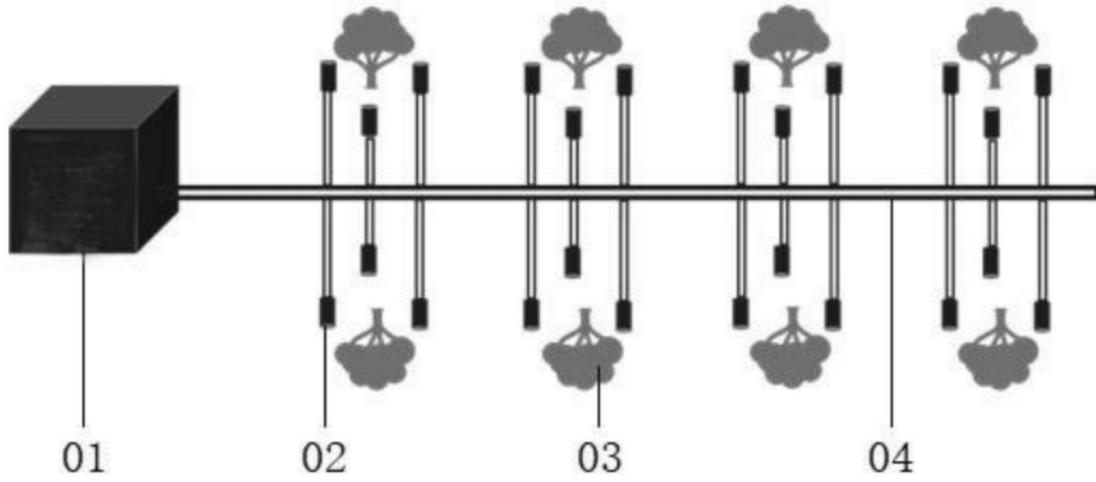


图1

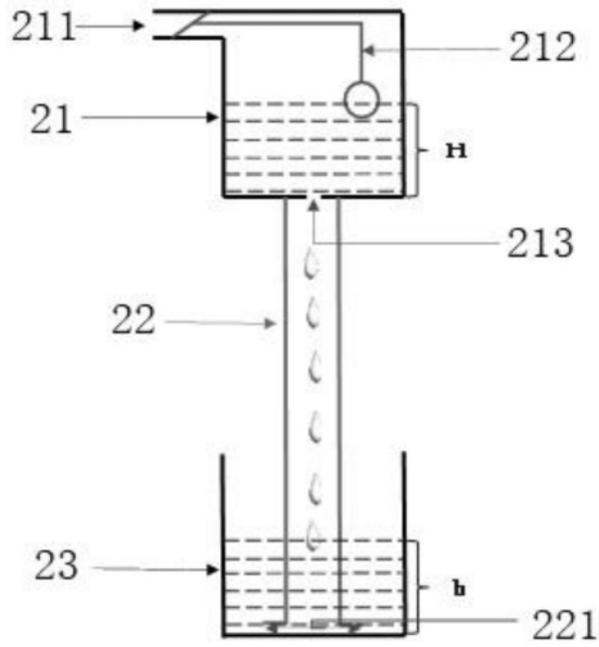


图2

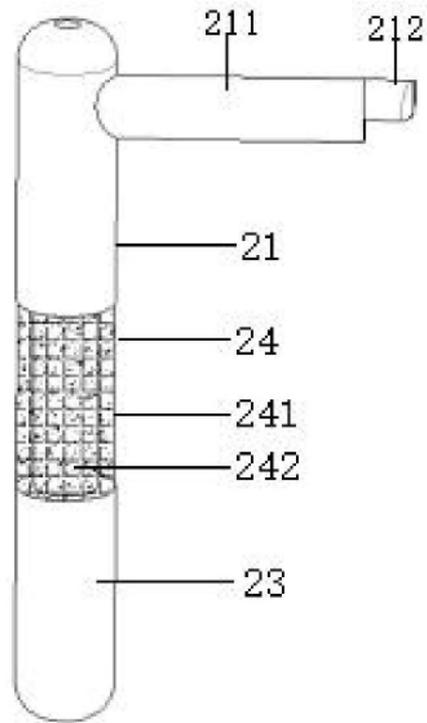


图3

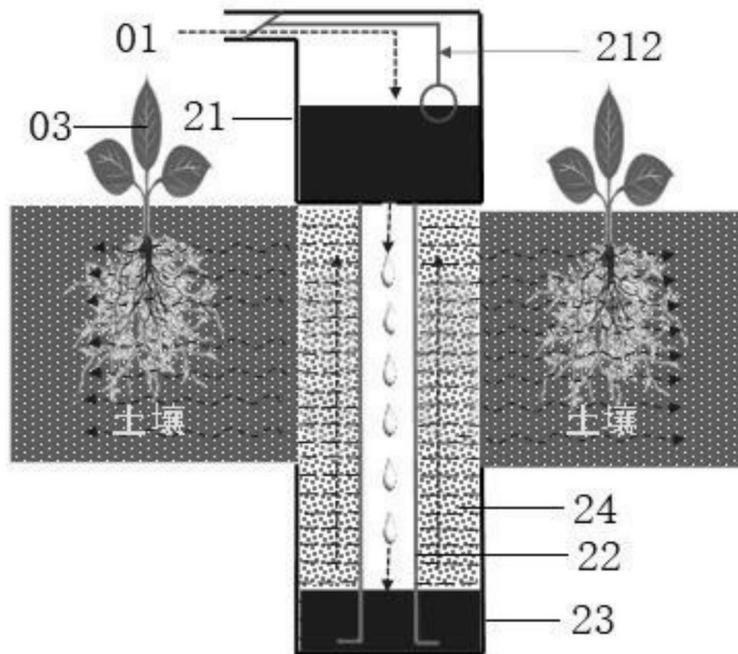


图4

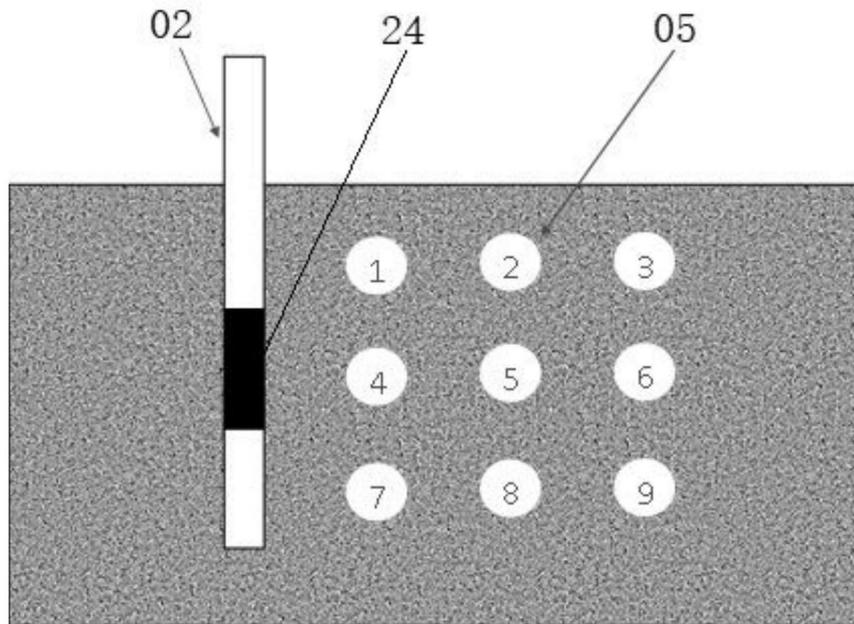


图5

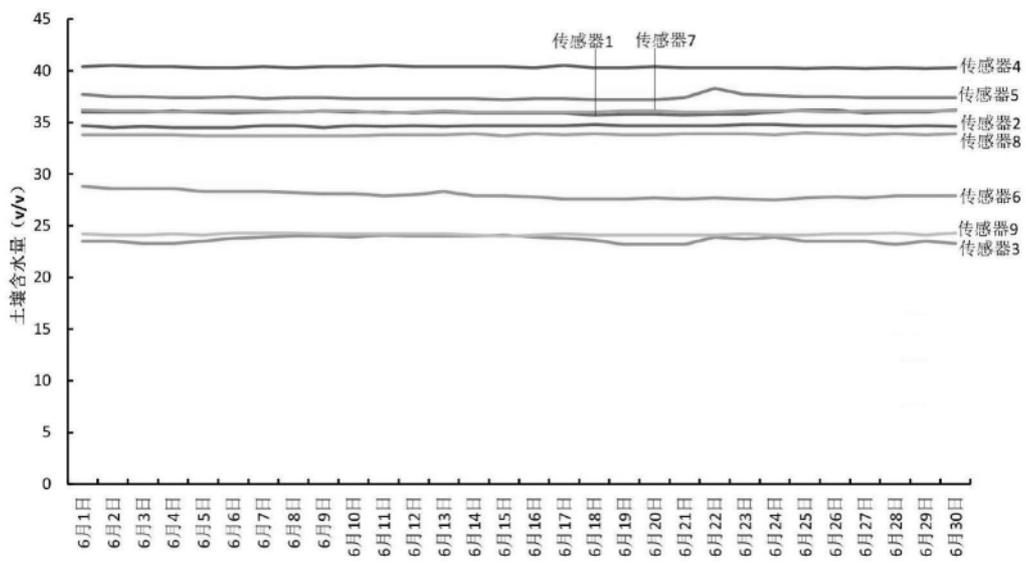


图6

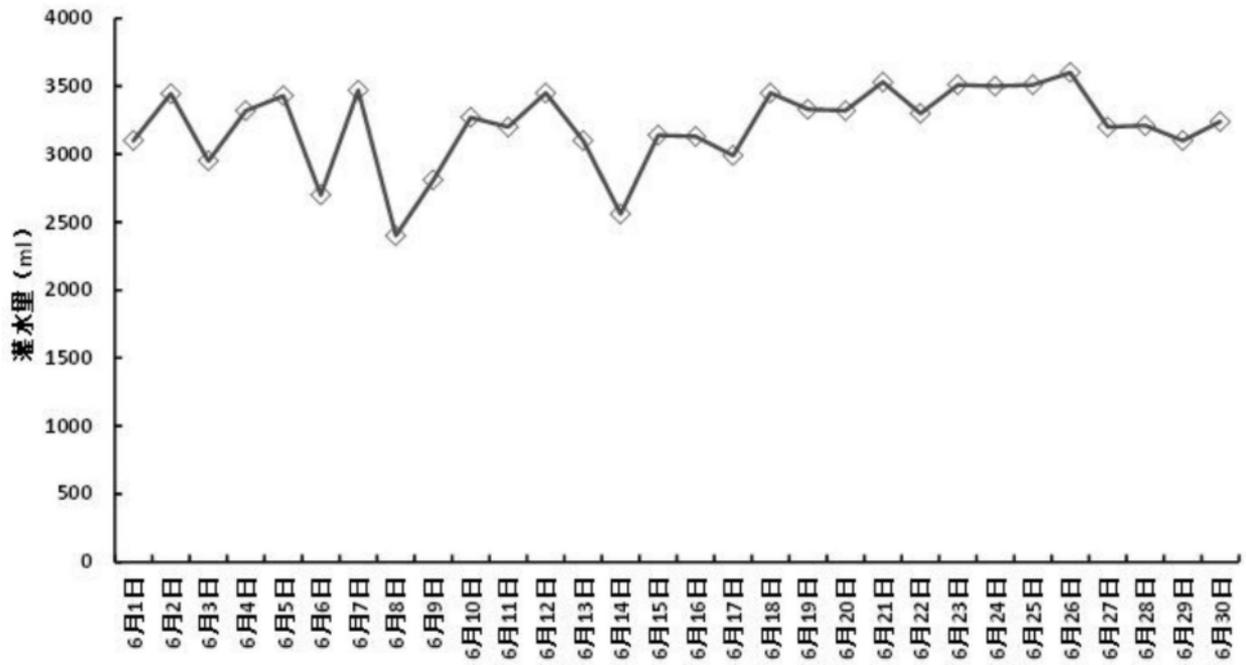


图7