



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115316252 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 31

(21) 申请号 202211235560.6

(22) 申请日 2022.10.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115316252 A

(43) 申请公布日 2022.11.11

(73) 专利权人 中国科学院昆明植物研究所  
地址 650201 云南省昆明市盘龙区茨坝街  
道蓝黑路132号

(72) 发明人 李爱荣 罗燕 李艳梅

(74) 专利代理机构 北京隆达恒晟知识产权代理  
有限公司 11899

专利代理师 李中强

(51) Int. Cl.

A01G 31/00 (2018.01)

A01G 31/02 (2006.01)

A01G 7/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106718192 A, 2017.05.31

CN 110527647 A, 2019.12.03

CN 210900555 U, 2020.07.03

CN 209572543 U, 2019.11.05

CN 101502220 A, 2009.08.12

田玉清等. 土壤氮素异质性分布和马先蒿寄生对长芒棒头草生长发育及根系分布的影响.

《广西植物》. 2020, 第40卷 (第12期), 1838-1848.

马国华等. 檀香幼苗半寄生性初步研究. 《热带亚热带植物学报》. 2005, 第13卷 (第03期), 52-57.

Hu, XJ等. Effect of temperature and moist conditions on seed dormancy cycling of two sympatric limestone species, *Begonia guishanensis* and *Paraisometrum mileense*, in southern China. 《SEED SCIENCE RESEARCH》. 2020, 第30卷 (第1期), 29-36.

张尔贤等. 不同栽培条件对小麦根系发育的影响. 《兰州大学学报 (自然科学版)》. 1960, (第01期), 37-50.

李爱荣等. 马先蒿引种栽培问题的探讨. 《园艺学报》. 2007, 第34卷 (第04期), 251-255.

周秀杰等. 局部根区水分胁迫下氮形态与供给部位对玉米幼苗生长的影响. 《应用生态学报》. 2010, 第21卷 (第08期), 2017-2024.

李艳梅等. 蔗糖对列当科两种根部半寄生植物吸器发生的促进作用. 《广西植物》. 2022, 第42卷 (第5期), 811-819. (续)

审查员 徐可心

权利要求书1页 说明书8页 附图1页

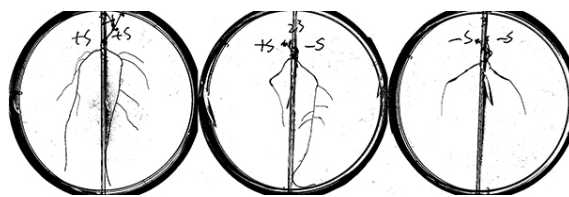
(54) 发明名称

一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法

(57) 摘要

本发明申请是关于一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法, 涉及植物皿内培养技术领域, 旨在解决根部半寄生植物根系行为研究过程中缺乏有效分根系统的问题。本发明在充分了解草本根部半寄生植物根系发育特点的基础上, 通过选择合理的幼苗类型、切根位置和培养时间等条件, 获得理想的分根材料, 利用二分格培养皿的物理阻隔, 建立有效的皿内分根系

统。该方法解决了草本根部半寄生植物分根过程中分隔两侧根系分布不均匀的问题, 提高了研究的准确性和可靠性, 为研究草本根部半寄生植物幼苗的根系行为提供了便捷的方法和体系。



CN 115316252 B

[转续页]

[接上页]

(56) 对比文件

Tian YuQing等.《Effects of soil nitrogen heterogeneity and parasitism by Pedicularis species on growth and root spatial distribution of Polypogon

monspeliensis.》.《Guangxi Zhiwu / Guihaia》.2021,第40卷(第12期),1838-1848.

陈燕等.氮磷供给对两种马先蒿根系形态建成的影响.《植物分类与资源学报》.2014,第36卷(第1期),56-64.

1. 一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 采集成熟度好的种子并进行种子表面消毒,在光温培养箱中萌发种子,获得健壮的无菌幼苗;

(2) 将幼苗沿根茎结合处切去全部主根,于光温培养箱中培养11天,获得切根幼苗,所述的幼苗是子叶未突破种皮、胚根长度0.5-1 cm的幼苗;

(3) 选择重新发出2条长势均匀新根、且暂无侧根长出的切根幼苗,作为建立皿内分根系统的分根材料,所述的新根长度为1-1.5 cm;

(4) 将分根材料转移至装有培养基的分根装置内,使2条新根铺展于隔板两侧,建立分根系统;

(5) 根据试验目的,分根装置两侧可加入相同或不同配比的固体培养基,或设置不同的生物组合,以考察不同非生物因素及生物因素对根系生长发育的影响。

2. 根据权利要求1所述的建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于:步骤(1)中所述的成熟度好的种子是指果壳变成灰褐色、颗粒饱满的种子。

3. 根据权利要求1所述的建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于:步骤(1)中所述的种子表面消毒的方法为:将种子放在70 %酒精中震荡消毒5 min,随后用RO水冲洗至无酒精味,再于5wt%次氯酸钠中震荡消毒10 min,在超净台内用无菌水冲洗5遍以上,直至没有消毒剂味道。

4. 根据权利要求1所述的建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于:步骤(4)中所述的分根装置是一次性无菌二分格塑料平皿。

5. 根据权利要求1所述的建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于:步骤(5)中所述的固体培养基所用的凝胶剂包括琼脂、结冷胶或卡拉胶。

6. 根据权利要求1所述的建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于:步骤(5)中所述的非生物因素,包括营养元素、植物激素以及吸器诱导化合物,所述营养元素包括氮、磷、钾、钙,所述植物激素包括生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯、独脚金内酯,所述吸器诱导化合物包括DMBQ、蔗糖、香草醛、香草酸、对香豆酸、对羟基苯甲醛、丁香酸、丁香醛、山奈酚和槲皮素。

7. 根据权利要求1所述的建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,其特征在于:步骤(5)中所述的生物因素,包括对根部半寄生植物有明显影响的寄主植物和微生物,所述寄主植物包括豆科寄主植物白三叶和苜蓿、禾本科寄主植物水稻和二穗短柄草、十字花科寄主植物拟南芥,所述微生物包括丛枝菌根真菌和根瘤菌。

## 一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法

### 技术领域

[0001] 本发明申请型涉及植物学技术领域,具体涉及一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法。

### 背景技术

[0002] 根部半寄生植物是自身具有绿色叶片并保留一定光合能力,但在根部形成寄生器官(吸器)从寄主获取养分等资源的寄生植物。根部半寄生植物是寄生植物中的主要类群,世界范围内一半以上的寄生植物是根部半寄生植物,而在我国,这个比例高达75%。一部分根部半寄生植物是重要的资源植物,但也有部分种类是恶性杂草,生态和经济影响巨大。但因对根部半寄生植物的寄生过程和调控机制缺乏系统了解,在寄生性杂草防控和资源性根部半寄生植物的利用方面均较为被动。由于根部半寄生植物的寄生过程发生在地下,其根系行为直接影响寄生关系的建立和寄生强度。因此,研究根部半寄生植物的根系行为,包括根系对各种生物及非生物环境因素的响应过程和相关调控机制,是解析其与寄主寄生关系建立和调控过程的基础,可为寄生性杂草高效防控和资源性根部半寄生植物的合理利用提供科学指导。

[0003] 在植物根系行为研究中,分根系统的应用非常广泛。分根系统是按照实验需求将根系分别置于不同隔室中,各隔室之间存在物理隔离,在共享同一个地上部分的条件下对不同部分的根系进行独立处理,以便模拟研究自然生长状态下根系对异质土壤环境的响应。早在20世纪40年代,分根系统就被用于植物代谢和发育研究中,尤其在辨别某种响应是受局部影响还是系统性调控方面发挥重要作用。大多数须根系植物分根比较容易,但对直根系植物而言,建立分根系统相对困难,尤其是对于要求分根较为均匀的实验处理更难以操控。根部半寄生植物均为直根系植物,多数种类难以独立存活,根系生长缓慢,且均匀分根困难。吸器是根部半寄生植物的特征器官,也是根部半寄生植物根系行为研究中的关注重点。因此,在建立根部半寄生植物分根系统的过程中,除确保分根均匀外,保留根系产生吸器的能力也十分关键。截至目前,尚未有成功建立根部半寄生植物分根系统的报道,导致根部半寄生植物根系行为研究受限。

[0004] 为解决根部半寄生植物根系行为研究中缺乏有效分根系统的问题,有必要针对根部半寄生植物的根系发育特性开展深入和系统的研究,在此基础上提出适合根部半寄生植物的根系发育特性的分根系统建立方法。这对于研究根部半寄生植物的根系行为及响应机制具有重要意义。

### 发明内容

[0005] 为解决相关技术中存在的问题,本发明申请提供一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法。本发明通过优选成熟度好的种子并合理储存、消毒,适时促萌获得健壮无菌幼苗,通过选择合理的幼苗类型、切根位置和培养时间等条件,获得理想的分根材料,建立有效的皿内分根系统,解决目前缺乏草本根部半寄生植物有效分根系统的技术问题。

[0006] 本发明申请提供了一种建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 采集成熟度好的种子并进行种子表面消毒,在光温培养箱中萌发种子,获得健壮的无菌幼苗;

[0008] (2) 将幼苗切去主根,于光温培养箱中培养,获得切根幼苗;

[0009] (3) 选择重新发出2条长势均匀新根的切根幼苗,作为建立皿内分根系统的分根材料;

[0010] (4) 将分根材料转移至装有培养基的分根装置内,使2条新根铺展于隔板两侧,建立分根系统;

[0011] (5) 根据试验目的,分根装置两侧可加入相同或不同配比的固体培养基,或设置不同的生物组合,以考察不同非生物因素及生物因素对根系生长发育的影响。

[0012] 进一步的,步骤(1)中所述的成熟度好的种子是指果壳变成灰褐色、颗粒饱满的种子。

[0013] 进一步的,步骤(1)中所述的种子表面消毒的方法为:将种子放在70%酒精中震荡消毒5 min,随后用R0水冲洗至无酒精味,再于5wt%次氯酸钠中震荡消毒10 min,在超净台内用无菌水冲洗5遍以上,直至没有消毒剂味道。

[0014] 进一步的,步骤(2)中所述的幼苗是子叶未突破种皮、胚根长度0.5-1 cm的幼苗。

[0015] 进一步的,步骤(2)中切根位置是在根茎结合处,切根程度为切除全部主根。

[0016] 进一步的,步骤(3)中所述的新根长度为1-1.5 cm。

[0017] 进一步的,步骤(3)中所述的新根上暂无侧根长出。

[0018] 进一步的,步骤(4)中所述的分根装置是一次性无菌二分格塑料平皿。

[0019] 进一步的,步骤(5)中所述的固体培养基所用的凝胶剂包括琼脂、结冷胶或卡拉胶。

[0020] 进一步的,步骤(5)中所述的非生物因素,包括营养元素氮、磷、钾、钙,植物激素生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯、独脚金内酯,吸器诱导化合物DMBQ、蔗糖、香草醛、香草酸、对香豆酸、对羟基苯甲醛、丁香酸、丁香醛、山奈酚和槲皮素。

[0021] 进一步的,步骤(5)中所述的生物因素,包括对根部半寄生植物有明显影响的寄主植物和微生物,所述寄主植物包括豆科寄主植物白三叶和苜蓿、禾本科寄主植物水稻和二穗短柄草、十字花科寄主植物拟南芥,所述微生物包括丛枝菌根真菌和根瘤菌。

[0022] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本发明申请。

[0023] 本发明的有益技术效果:

[0024] 本发明可将草本根部半寄生植物幼苗均匀分根并保留其根系产生吸器的能力,在较短时间内建立稳定可靠的分根系统。利用该方法建成的分根系统中,根系形态和吸器发生水平会对培养基的养分供应变化、吸器诱导物质添加或生物环境改变作出明显响应,且响应趋势与未分根的整根系统表现一致;该分根系统可明确区分在整根系统中难以辨别的根系行为调控模式。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明申请中展示利用皿内分根系统有助于辨别添加蔗糖对甘肃马先蒿根系形态的系统性调控行为。

## 具体实施方式

[0026] 下面将参照附图更详细地描述本发明申请的可选实施方式。虽然附图中显示了本发明申请的可选实施方式,然而应该理解,可以以各种形式实现本发明申请而不应被这里阐述的实施方式所限制。相反,提供这些实施方式是为了使本发明申请更加透彻和完整,并且能够将本发明申请的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0027] 在本发明申请使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的,而非旨在限制本发明申请。在本发明申请和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式,除非上下文清楚地表示其他含义。还应当理解,本文中使用的术语“和/或”是指并包含一个或多个相关联的列出项目的任何或所有可能组合。

[0028] 以下结合附图对本发明申请建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法进行详细说明,具体如下:

[0029] 本发明申请中建立草本根部半寄生植物皿内分根系统的方法,包括以下步骤:

[0030] (1) 采集成熟度好的种子并进行种子表面消毒,在光温培养箱中萌发种子,获得健壮的无菌幼苗;

[0031] (2) 将幼苗切去主根,于光温培养箱中培养,获得切根幼苗;

[0032] (3) 选择重新发出2条长势均匀新根的切根幼苗,作为建立皿内分根系统的分根材料;

[0033] (4) 将分根材料转移至装有培养基的分根装置内,使2条新根铺展于隔板两侧,建立分根系统;

[0034] (5) 根据试验目的,分根装置两侧可加入相同或不同配比的固体培养基,或设置不同的生物组合,以考察不同非生物因素及生物因素对根系生长发育的影响。

[0035] 本发明基于对草本根部半寄生植物特性的了解,通过优选种子获得健壮幼苗,并选择适合分根的幼苗类型、切根位置和培养时间,获得分根均匀并能产生吸器的幼苗,通过比较分根系统与未分根(即整根)系统的根系形态响应,确认该皿内分根系统的有效性和稳定性,解决目前缺乏草本根部半寄生植物有效分根系统的技术问题。

[0036] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(1)中所述的成熟度好的种子是指果壳变成灰褐色、颗粒饱满的种子。

[0037] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(1)中所述的种子表面消毒的方法为:将种子放在70%酒精中震荡消毒5 min,随后用R0水冲洗至无酒精味,再于5wt%次氯酸钠中震荡消毒10 min,在超净台内用无菌水冲洗5遍以上,直至没有消毒剂味道。

[0038] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(2)中所述的幼苗是子叶未突破种皮、胚根长度0.5-1 cm的幼苗。

[0039] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(2)中切根位置是在根茎结合处,切根程度为切除全部主根。

[0040] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(3)中所述的新根长度为1-1.5 cm。

[0041] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(3)中所述的新根上暂无侧根长出。

[0042] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(4)中所述的分根装置是一次性无菌二分格塑料平皿。

[0043] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(5)中所述的固体培养基所用的凝胶剂包括琼脂、结冷胶或卡拉胶。

[0044] 在本发明申请的一种实施方式中,步骤(5)中所述的非生物因素,包括营养元素氮、磷、钾、钙,植物激素生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯、独脚金内酯,吸器诱导化合物DMBQ、蔗糖、香草醛、香草酸、对香豆酸、对羟基苯甲醛、丁香酸、丁香醛、山奈酚和槲皮素。

[0045] 进一步的,步骤(5)中所述的生物因素,包括对根部半寄生植物有明显影响的寄主植物和微生物,所述寄主植物包括豆科寄主植物白三叶和苜蓿、禾本科寄主植物水稻和二穗短柄草、十字花科寄主植物拟南芥,所述微生物包括丛枝菌根真菌和根瘤菌。

[0046] 为更清楚起见,下面以列当科马先蒿属一种草本根部半寄生植物甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis*)分根系统的建立和实验验证为例,对本发明实施例中的技术方案进行详细描述。需要指出的是,这里所描述的细节仅为本发明的部分实施例。基于本发明的实施例,任何人在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,均属本发明的保护范围。

[0047] 实施例1 甘肃马先蒿幼苗皿内分根系统的建立

[0048] 建立草本根部半寄生植物甘肃马先蒿分根系统的方法,包括如下步骤:

[0049] (1) 种子准备与萌发:2019年9月中旬于新疆巴音布鲁克草原采集成熟、饱满的甘肃马先蒿种子,室温条件下自然晾干,清除杂质后备用。种子萌发前进行种子表面消毒处理。将甘肃马先蒿的种子于70%酒精中震荡消毒5 min,随后用RO水冲洗至无酒精味,再于5%次氯酸钠中震荡消毒10 min,在超净台内用无菌水冲洗5遍以上,后将种子置于滤无菌纸上。待种子表面水分吹干后,用无菌镊子逐颗接种于添加0.8 wt%的水琼脂培养基上,每皿40-50颗种子。将装有种子的培养皿用3 M膜封好置于25/18°C(日/夜)光温培养箱中萌发,光照强度为 $22.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,12h光照和12h黑暗。

[0050] (2) 切根幼苗的培养:种子萌发后第9天,选择胚根长0.5-1 cm、但子叶未突破种皮的幼苗,在超净工作台中切去全部主根(在根茎交界处切断),再将幼苗转移至0.8%水琼脂培养基中,置于光温培养箱中培养11天。

[0051] (3) 分根幼苗的筛选:从切根幼苗中选择那些重新发出长势均匀的2条新根、新根长度1-1.5 cm、且在新发根上暂无侧根长出的幼苗,作为分根材料,建立皿内分根系统。

[0052] (4) 皿内分根系统的建立:在超净工作台中,将新根长度1-1.5 cm(培养11天)的甘肃马先蒿分根幼苗转移至装有培养基的一次性无菌二分格塑料平皿内,将幼苗放于二分格平皿的隔板上,并使2条新根铺展于隔板两侧,建立分根系统。

[0053] 对比例1-1 幼苗类型对甘肃马先蒿分根效果的影响

[0054] 对比例1-1严格按照实施例1条件来完成,区别仅在于对比例1-1中选择的幼苗为子叶未突破种皮但胚根长1-1.5 cm的幼苗或子叶突破种皮的胚根长1-2 cm的幼苗。

[0055] 对比结果显示,实施例1中获得均匀分根材料的比例达36%,明显高于对比例1-1中的幼苗(表1)。

[0056] 表1 幼苗类型对甘肃马先蒿分根效果的影响

□	幼苗类型□	获得理想分根幼苗的比例□
实施例 1□	子叶未突破种皮且胚根长 0.5-1 cm 的幼苗□	36%□
[0057] 对比例 1-1□	子叶未突破种皮但胚根长 1-1.5 cm 的幼苗□	27%□
	子叶突破种皮、胚根长 1-2 cm 的幼苗□	30%□

[0058] 对比例1-2 切根位置对甘肃马先蒿分根效果的影响

[0059] 对比例1-2严格按照实施例1条件来完成,区别仅在于对比例1-2中选择的切根位置分别在根系伸长区(根茎交接处下方约0.5 cm)或分生区(根茎交接处下方约1 cm,接近根尖)。

[0060] 对比结果显示,实施例1中在根茎结合处切去全部主根,获得均匀分根材料的比例可达35%,显著高于对比例1-2中在根系伸长区或分生区切根获得的理想分根材料占比(表2)。此外,切根位置距离根茎交接处越远,幼苗后续产生的侧根数越多,根系分布越复杂,均匀分根效果越差。由此可见,在根茎结合处切去全部主根更容易获得分根均匀的幼苗。

[0061] 表2 切根位置对甘肃马先蒿分根效果的影响

□	切根位置□	获得理想分根幼苗的比例□
实施例 1□	根茎结合处(切除全部主根)□	35%□
[0062] 对比例 1-2□	伸长区(根茎结合处下 0.5 cm)□	5%□
	分生区(根茎结合处下 1 cm)□	1%□

[0063] 对比例1-3 切根幼苗培养时间对甘肃马先蒿分根效果的影响

[0064] 对比例1-3严格按照实施例1条件来完成,区别仅在于对比例1-3中切根后培养时间分别为7天、15天和20天,以确定最适合分根操作的切根苗培养时间。

[0065] 对比结果显示,理想分根的幼苗比例随着切根幼苗培养时间的延长而降低(表3)。虽然第7天均匀分根幼苗的比例最高,但因新生根系太短不利于根系接触分隔两侧的培养基,15天后新生根系则过长,容易相互缠绕,均不方便分根操作,而在培养11天时新生根系长度约1.5 cm,处于比较理想的分根状态。

[0066] 表3 切根幼苗培养时间对甘肃马先蒿分根效果的影响



	培养天数	获得理想分根幼苗的比例
[0067] 实施例 1	11 天	36%
对比例 1-3	7 天	37%
	15 天	31%
	20 天	27%

[0068] 综上所述,在建立甘肃马先蒿分根系统时,宜选择子叶未突破种皮且胚根长0.5-1 cm的幼苗,在根茎交接处进行全部切根处理,将新根长度约1.5 cm(培养11天)的切根幼苗进行分根操作效果最好。

[0069] 实施例2 分根系统辨别蔗糖对甘肃马先蒿根系形态和吸器发生调控的不同模式

[0070] 为探讨蔗糖对甘肃马先蒿根系生长发育及吸器发生的影响是局部效应还是系统调控作用,按照实施例1的步骤建立甘肃马先蒿的分根系统,在二分格平皿的隔板两侧设置不同蔗糖处理,分别是:(1)在左右两侧均添加2%蔗糖(+S,+S);② 在一侧添加2%蔗糖但另一侧不添加(+S,-S);③左右两侧均不添加蔗糖(-S,-S)。每个处理30皿,每皿1株分根幼苗。在培养温度25 °C、光周期12 h光照/12 h黑暗、光照强度120  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的条件下培养,14天后于体视显微镜下观察记录吸器数和侧根数,根系扫描后用WinRHIZO分析软件获得总根长数据。开展三次独立试验。

[0071] 对比例2 整根系统无法辨别蔗糖对甘肃马先蒿根系形态和吸器发生调控的不同模式

[0072] 对比例2严格按照实施例2条件来完成,区别仅在于对比例2中不进行分根处理,保留完整根系,试验在没有分隔的同规格平皿中进行。

[0073] 对比结果显示,无论是在实施例2的分根系统中还是在对比比例2的整根系统中,相对于不添加蔗糖的处理,添加蔗糖后,甘肃马先蒿的吸器数、侧根数和总根长都显著增加(表4),说明添加蔗糖能够有效诱导甘肃马先蒿吸器和侧根的发生,也能促进其总根长的增加。尽管因为切除主根导致分根系统中吸器和侧根的数量和总根长均比整根系统中的少,但分根系统中根系能正常产生吸器,且对添加蔗糖的响应规律与整根系统一致,说明利用该分根系统开展的实验结果能准确反映甘肃马先蒿根系响应行为。

[0074] 表4 甘肃马先蒿分根系统中吸器和根形态对蔗糖的响应规律与整根系统中表现一致

[0075]

处理	吸器发生率	平均吸器数 (个/株)	平均侧根数 (条/株)	总根长
两侧均不加蔗糖 (-S, -S)	0	0	3.78±0.73	10.00±0.53
一侧添加2%蔗糖 (+S, -S)	5.33±1.67**	3.33±0.88*	6.14±0.83*	13.81±0.64*
两侧均添加2%蔗糖 (+S, +S)	10.67±3.42***	3.33±0.33**	7.37±0.82*	16.19±0.76*
对比例2 (整根系统)	不添加蔗糖	0	10.30±1.17	9.08±0.51
	添加2%蔗糖	40.80±5.34***	4.80±1.45**	16.36±2.04* 19.21±1.17***

[0076] 注:\*表示该组实验添加蔗糖的处理与不加蔗糖对照在 $P<0.05$ 水平有显著差异,\*\*表示该组实验添加蔗糖的处理与不加蔗糖对照在 $P<0.01$ 水平有显著差异,\*\*\*表示该组实验添加蔗糖的处理与不加蔗糖对照在 $P<0.001$ 水平有显著差异。

[0077] 在实施例2的分根系统中,当分隔两侧的处理相同时,两侧的根无论在吸器发生水平还是根系形态指标上均无显著差异(表5),说明该方法建立的分根系统分根均匀,结果稳定可靠。在对比例2的整根系统中仅能观察到吸器发生和根系形态对蔗糖的明显响应,但无法判断蔗糖对吸器和根系形态的影响是局部效应还是系统性效应。在实施例2的分根系统中,可以看出蔗糖对甘肃马先蒿的吸器发生与根系形态调控的模式不同。蔗糖在吸器发生方面发挥明显的诱导效应,且通过局部诱导和系统调控共同发挥作用,因为在甘肃马先蒿分根系统的一侧添加2%蔗糖会引发该侧(+S侧)的根系产生吸器,同时也会诱导不添加蔗糖的另一侧(-S侧)根系产生吸器,即蔗糖会通过根-茎-根的长距离信号途径来系统诱导吸器发生;而在调控根系形态方面,蔗糖的影响效应则表现出不同趋势。当根系两侧局部处理不相同(+S, -S)时,分根系统两边的侧根数和总根长存在极显著差异。其中,+S侧的侧根数与总根长与(-S, -S)处理中的相近,说明在(+S, -S)处理中,+S侧会显著抑制本侧的侧根数和总根长,但会极显著地促进无蔗糖一侧的根系生长。利用该分根系统,后期辅以分子检测和生化分析手段,可就蔗糖对吸器和根系形态不同调控模式背后的相关机制开展深入研究。

[0078] 表5 甘肃马先蒿分根系统中不同根室内吸器发生和根系形态对蔗糖处理的响应

[0079]

分根系统中蔗糖添加情况 <sup>□</sup>		吸器发生 率% <sup>□</sup>	平均吸器 数 <sup>□</sup> (个/根 室) <sup>□</sup>	平均侧根 数 <sup>□</sup> (条/根 室) <sup>□</sup>	总根长 (cm) <sup>□</sup>
两侧均不加蔗 糖 <sup>□</sup> (-S, -S) <sup>□</sup>	-S(左) <sup>□</sup>	0 <sup>□</sup>	0 <sup>□</sup>	1.78± 0.37 <sup>□</sup>	5.07± 0.31 <sup>□</sup>
	-S(右) <sup>□</sup>	0 <sup>□</sup>	0 <sup>□</sup>	2.00± 0.44 <sup>□</sup>	4.92± 0.32 <sup>□</sup>
一侧添加 2%蔗 糖 <sup>□</sup> (+S, -S) <sup>□</sup>	+S <sup>□</sup>	7.33± 3.18 <sup>□</sup>	2.00± 1.00 <sup>□</sup>	1.44± 0.26 <sup>□</sup>	4.72± 0.34 <sup>□</sup>
	-S <sup>□</sup>	3.33± 1.86 <sup>□</sup>	1.25± 0.25 <sup>□</sup>	<b>4.69±</b> <b>0.64***</b> <sup>□</sup>	<b>9.09±</b> <b>0.46***</b> <sup>□</sup>
两侧均添加 2% 蔗糖 <sup>□</sup> (+S, +S) <sup>□</sup>	+S(左) <sup>□</sup>	10.33± 2.03 <sup>□</sup>	1.50± 0.22 <sup>□</sup>	3.39± 0.40 <sup>□</sup>	8.52± 0.55 <sup>□</sup>
	+S(右) <sup>□</sup>	11.00± 5.03 <sup>□</sup>	2.13± 0.61 <sup>□</sup>	3.98± 0.55 <sup>□</sup>	7.67± 0.35 <sup>□</sup>

[0080] 注：\*\*\*表示该组实验分根两侧的指标在 $P < 0.001$ 水平有显著差异。

[0081] 以上已经描述了本发明申请的各实施例，上述说明是示例性的，并非穷尽性的，并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择，旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对市场中的技术的改进，或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。

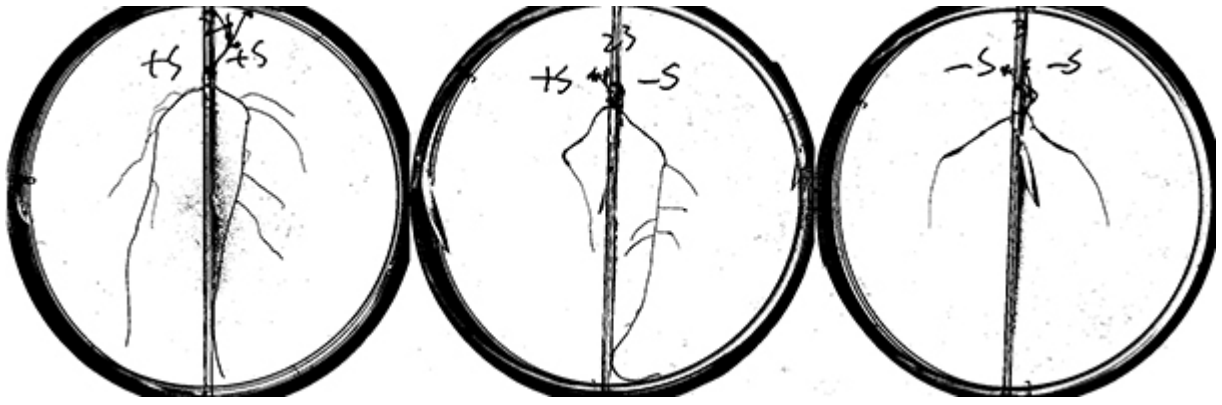


图1