



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107683087 B

(45) 授权公告日 2021. 02. 26

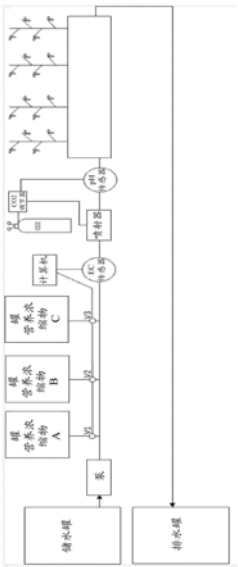
(21) 申请号 201680031729.2
(22) 申请日 2016.05.10
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 107683087 A
(43) 申请公布日 2018.02.09
(30) 优先权数据
 2015901731 2015.05.13 AU
(85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2017.11.30
(86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/AU2016/000157 2016.05.10
(87) PCT国际申请的公布数据
 W02016/179633 EN 2016.11.17
(73) 专利权人 佰欧卡布股份有限公司
 地址 澳大利亚西澳大利亚州
(72) 发明人 P·J·基廷

(74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所
 11313
 代理人 张臻贤 李够生
(51) Int.Cl.
 A01G 22/00 (2018.01)
 C05C 5/02 (2006.01)
 C05C 5/00 (2006.01)
 C05C 7/00 (2006.01)
 A01G 24/10 (2018.01)
(56) 对比文件
 CN 104211499 A, 2014.12.17
 CN 104211499 A, 2014.12.17
 JP 2011188841 A, 2011.09.29
 US 3197302 A, 1965.07.27
 US 5433766 A, 1995.07.18
 CN 1564654 A, 2005.01.12
 US 5285595 A, 1994.02.15
 审查员 尚万

权利要求书1页 说明书17页 附图11页

(54) 发明名称
 营养系统

(57) 摘要
 一种用于植物生长的替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼,锌或铜,并且/或者以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。



1. 一种用于植物生长的替代盐营养混合物,包括:

i) 1g/L至250g/L的碳酸钾;

ii) 30g/L至100g/L的硝酸镁;

iii) 作为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:铵、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜;和

iv) 作为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:铵、钙、铁、锰、硼、锌或铜,

使得当所述替代盐营养混合物和二氧化碳溶解在水性载体中以形成植物生长溶液时, pH保持在5.2和7.0之间。

2. 如权利要求1所述的替代盐营养混合物,其用于选自以下的灌水系统中:封闭灌水系统、半封闭灌水系统或开放灌水系统。

3. 如权利要求1所述的替代盐营养混合物在植物生长溶液中的用途,其中所述替代盐营养混合物溶解在水性载体中以形成植物生长溶液。

4. 如权利要求3所述的用途,其中二氧化碳溶解到所述植物生长溶液中。

5. 一种使用包含替代盐营养混合物的植物生长溶液的方法,包括:

i) 1g/L至250g/L的碳酸钾;

ii) 30g/L至100g/L的硝酸镁;

iii) 作为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:铵、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜;和

iv) 作为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:铵、钙、铁、锰、硼、锌或铜,

所述方法包括以下步骤:

a) 通过封闭灌水系统、半封闭灌水系统或开放灌水系统循环包含替代盐营养混合物的所述植物生长溶液;

b) 将二氧化碳溶解到所述植物生长溶液中,

其中当二氧化碳溶解到包含所述替代盐营养混合物的植物生长溶液中时, pH保持在5.2和7.0之间。

6. 一种植物生长溶液,其包含:

a) 替代盐营养混合物,包括:

i) 1g/L至250g/L的碳酸钾;

ii) 30g/L至100g/L的硝酸镁;

iii) 作为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:铵、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜;和

iv) 作为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:铵、钙、铁、锰、硼、锌或铜;

b) 水性载体;以及

c) 溶解的二氧化碳,

使得当所述替代盐营养混合物和所述二氧化碳溶解在所述水性载体中以形成所述植物生长溶液时,所述植物生长溶液的pH保持在5.2和7.0之间。

营养系统

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及溶解的二氧化碳用于增加植物生长和/或作物生产的用途,并且涉及包含替代盐营养混合物的植物生长溶液。

背景技术

[0002] 为了加快植物的生长过程并且为消费者提供全年供应,许多蔬菜完全或部分与外部环境隔离地(例如在温室和玻璃房中)生长。由此可严密调节植物生长的条件,并且仔细控制诸如温度、水分、营养成分、光等参数。

[0003] 许多温室和玻璃房使用封闭系统(诸如水培,特别是再循环水培系统),以提高植物生长。在再循环水培系统,尤其是使用由反渗透产生的非常纯净的水的那些系统中,诸如钾、钠、钼、磷酸盐、硝酸盐等的营养物通常溶解在水中来施加。虽然这可被小心地控制,但不可避免地需要从系统中释放一些水分,主要是为了去除多余的营养物并且恢复营养平衡。这导致要求将营养系统的一部分排放到废物中。一般来说,由于在水培系统中提供的营养物的性质,硫酸盐在这种过量的水中是多余的。

[0004] 传统上,过量的含营养水被排放到环境中。然而,由于释放水的不利环境影响,将水排放到环境中已成为不利的选择。不利的环境影响包括由于营养物溶解导致的水道富营养化以及农药溶解的影响。从再循环水培系统排放多余的水还导致浪费有价值的溶解营养物。

[0005] 可选地,再循环水培系统中的水可被处理以去除营养物。然而,这在设备和能源成本两个方面均是昂贵的。

[0006] 减少释放过量营养水的需要通常将具有以下优点:减少净化大量的水以便引入水培系统的需要;保存珍贵的淡水资源;限制营养物和农药释放对环境的影响;并且/或者由保留昂贵的营养物来节约成本。

[0007] 植物光合作用的速率以及因此植物生长的速率和生产能力由许多变量决定,包括温度、水分可用率、矿物质营养物可用率、光强度和叶绿体内的二氧化碳浓度。在密集的园艺条件下(诸如在温室和玻璃房中),可精确地控制影响光合速率的变量。当光强度较高时,通过向温室和玻璃房中引入二氧化碳来加速植物生长。增加大气二氧化碳的引入引起植物的形态改变,从而导致更厚更深的叶子,以及营养生长与果实生产之间的比例改变。

[0008] 然而,将二氧化碳应用于温室和玻璃房的气氛中需要此类结构相对密封,否则这种施加的二氧化碳将损失到大气中。这增加了与温室运行和维护相关的成本。

[0009] 替代生长系统包括施肥,其中肥料、土壤改良剂或其他水溶性产品通过灌溉系统施加于基质(诸如土壤);以及传统作物在开放的田野和牧场中生长。用于植物生长的这些替代系统也将受益于输入受控的营养物和另外的二氧化碳。

[0010] 背景技术的以上讨论仅旨在便于理解本发明。所述讨论并不是确认或承认,所引用的任何材料在本申请的优先权日期时现在是或曾经是公共常识的一部分。

[0011] 发明概述

[0012] 提供了一种用于植物生长的替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:氮(例如铵)、镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为碳酸盐的镁和/或钾。

[0013] 还提供了一种用于植物生长的替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:氮(例如铵)、镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为硝酸盐的镁。

[0014] 本发明进一步提供一种植物生长溶液,其包含(i)替代盐营养混合物,其包含:碳酸钾、硝酸镁,和(ii)溶解的二氧化碳。溶解的二氧化碳可溶解在水性载体(水或再循环营养液)中。

[0015] 优选地,将植物生长溶液用于封闭灌水系统(诸如水培系统)、半封闭灌水系统(诸如肥料系统)或开放灌水系统(诸如开放的田野或广阔的英亩田野的灌溉或喷洒灌水)。优选地,在灌水系统中使用的植物生长溶液还含有溶解的二氧化碳。

[0016] 本发明还提供了一种用于植物生长的封闭、半封闭或开放灌水系统,所述封闭、半封闭或开放灌水系统包括植物生长溶液,所述植物生长溶液包含替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜,并且/或者以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。

[0017] 本发明提供了增加可用于植物生长的二氧化碳的方法,其包括以下步骤:

[0018] a)提供一种包含替代盐营养物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜,并且/或者以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜;以及

[0019] b)将二氧化碳溶解在植物生长溶液中。

[0020] 本发明还提供了一种用于生长植物的方法,其中所述方法包括施用包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜,并且/或者以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。

[0021] 附图简述

[0022] 将参照附图进行描述,其中:

[0023] 图1是典型水培植物生产系统的示意图。水从储水罐中被抽出并且泵入输送管。独立的罐含有浓缩的营养液,所述营养液以受控的速率被引入输送管。通常,输送管中的传感器测量电导率,并且浓缩营养液的引入速率由阀1和阀2控制以实现特定的电导率。通常,输送管中的另一个传感器测量溶液pH;并且酸(诸如磷酸)或碱性溶液(诸如氢氧化钾)的引入速率由阀3控制以实现特定的pH。

[0024] 图2是使用根据本发明的三部分替代盐营养混合物形成植物生长溶液的水培植物生产系统的示意图。水从储水罐中被抽出并且泵入输送管。独立的罐含有根据本发明的浓缩的替代盐营养液,所述营养液以受控的速率被引入输送管。输送管中的传感器测量电导率,并且浓缩营养液的引入速率由阀1、阀2和阀3控制以实现特定的电导率。输送管中的另

一个传感器测量溶液pH,并且二氧化碳气体的引入速率被控制以实现特定的pH。

[0025] 图3是使用将如图1的典型营养混合物与根据本发明的替代盐营养混合物组合的六部分营养系统的水培植物生产系统的另一个实施方案的示意图。水从储水罐中被抽出并且泵入输送管。独立的罐在罐A、罐B和罐C中盛放根据本发明的浓缩的替代盐营养液,而典型营养液盛放在罐D和罐E中,并且在罐F中盛放pH调节混合物。营养浓缩混合物的任何组合以受控的速率被引入输送管。种植者可随时选择在作物发育的特定时间和阶段处最佳的二氧化碳生长促进的量。如果种植者选择不使用二氧化碳增强,则系统以类似于图1的方式,通过从罐D和罐E输送营养浓缩物和从罐F调节pH来操作。如果种植者选择使用完整的二氧化碳增强,则系统以类似于图2的方式,通过使用罐A、罐B和罐C并且通过引入二氧化碳调节pH来操作。种植者可通过改变从罐A、罐B和罐C输送的营养物与从罐D、罐E和罐F输送的那些的比例来改变二氧化碳增强的量。

[0026] 图4是当将二氧化碳引入含有典型营养混合物的植物生长溶液时,pH变化的图。当溶解的二氧化碳达到平衡时,形成的碳酸意味着溶液的pH下降到4,这不利于最佳的植物生长。

[0027] 图5是当将二氧化碳引入含有本发明替代盐营养混合物的组分碳酸钾的植物生长溶液时,pH变化的图。溶解的二氧化碳水平达到平衡,并且溶液的pH值约为8.3,这表明另外的二氧化碳已溶解到溶液中,从而形成大致相等部分的碳酸根和碳酸氢根离子。

[0028] 图6是当在低至中等浓度的总营养物下,将二氧化碳引入含有本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液时,pH变化的图。二氧化碳水平在pH 6.3处达到平衡并将类似pH保持约6小时。这是植物生长的优选pH。

[0029] 图7是当在中等至高浓度的总营养物下,将二氧化碳引入含有本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液时,pH变化的图。二氧化碳水平在pH 6.3处达到平衡并将类似pH保持约6小时。这是植物生长的优选pH。

[0030] 图8是在典型营养液的存在下在玻璃房中生长的辣椒的重量范围相比于在包含本发明替代盐营养混合物和溶解的二氧化碳的植物生长溶液中生长的辣椒的重量范围的图。

[0031] 图9是在典型营养液的存在下在玻璃房中生长的莴苣的生长相比于在包含本发明替代盐营养混合物和溶解的二氧化碳的植物生长溶液中生长的莴苣的生长的图。

[0032] 图10是在典型营养液的存在下在玻璃房中生长的英国菠菜的生长相比于在包含本发明替代盐营养混合物和溶解的二氧化碳的植物生长溶液中生长的英国菠菜的生长的图。

[0033] 图11是在典型营养液的存在下在玻璃房中生长的番茄的重量相比于在包含本发明替代盐营养混合物和溶解的二氧化碳的植物生长溶液中生长的番茄的重量的图。

[0034] 图12是在典型营养液的存在下在玻璃房中生长的番茄的质量相比于在包含本发明替代盐营养混合物和溶解的二氧化碳的植物生长溶液中生长的番茄的质量的图。

[0035] 发明描述

具体实施方式

[0036] 植物种植者已知多年的典型植物生长营养混合物可包含以下营养物:

[0037] 表1:两部分典型营养混合物

[0038]	A部分	B部分
	硝酸铵钙	硝酸钾
	硝酸钾	磷酸二氢钾
	EDTA铁	硫酸镁
	硼酸	硫酸钾
		硝酸铵
		硫酸锰
		硫酸锌
		钼酸钠
		硫酸铜

[0039] A部分和B部分的组分在独立的容器中溶解于水中。当需要植物诸如在水培灌水系统中生长时,将两个部分混合在水性载体(诸如水或再循环营养液)中以形成在灌水系统中使用的植物生长溶液。典型营养混合物具有健康生产性植物生长所需的主要和微量营养元素。然而,由于使用硫酸盐,因此硫酸盐超过健康植物的需求。硫酸盐是通常使用的,因为它们的成本低廉并且能够将含有硫酸盐的营养混合物保持在接近植物生长(包括水培植物生长)的最佳pH。

[0040] 替代盐营养混合物

[0041] 与典型营养混合物相反,本发明提供了一种用于植物生长溶液的替代盐营养混合物,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为至少部分地以其他矿物盐的形式提供。优选地,矿物盐是碳酸盐和/或硝酸盐。然后,为其他矿物盐形式的营养物的存在将允许通过使用溶解的二氧化碳将无机碳引入使用替代盐营养混合物制成的植物生长溶液中。

[0042] 包含本发明替代盐营养混合物(其可以两个或更多个部分提供)的本发明的植物生长溶液可溶解在水性载体(诸如水或再循环营养液)中。然后可将植物生长溶液用于灌水系统,诸如封闭灌水系统、半封闭灌水系统或开放灌水系统。无机碳优选地通过使用碳酸盐和通过将气态二氧化碳溶解在植物生长溶液中而引入植物生长溶液。

[0043] 通过将二氧化碳溶解在包含替代盐营养混合物的植物生长溶液中来刺激植物生长。因为溶解的二氧化碳以由具体的盐营养物浓度和pH决定的比例形成碳酸、碳酸氢根和碳酸根离子,因此这种溶解需要对典型营养混合物进行改良(其针对不同植物物种进行特别优化),以便保持用于营养溶解、植物吸收和植物生长的最佳pH。

[0044] 先前,由于许多碳酸盐的不溶性质,其沉淀导致植物可用的营养物不平衡以及再循环和喷洒设备堵塞,因此不认为可对植物生长溶液进行引入溶解二氧化碳的此类改进。此外,不认为溶解的二氧化碳的使用是有利的,因为碳酸使pH降低到植物生长可能受损的水平。

[0045] 虽然传统上认为二氧化碳仅在较低阶速率限制(温度、水分可用率、营养物可用率、光强度)饱和或接近饱和时速率限制光合作用,但令人惊奇地发现,通过增加植物根部可用的二氧化碳的量,在各种条件下均可获得增加的生长。因此,虽然传统上在定量灌水系统(诸如温室)中的植物生长通过改变温度、光强度、水和营养物可用率来控制,以及在田野和“半开放”灌水系统中的植物生长通过改变水和营养物可用率来控制,但本发明提供了另一种植物生长控制来源,其基于通过经由向含有替代盐营养混合物的改进植物生长溶液中

加入二氧化碳气体来增加碳向植物根部的输送从而提高碳可用率,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为大部分以其他矿物盐的形式提供。

[0046] 不受任何具体理论的限制,认为由本发明植物生长溶液产生的生长促进来源于Ru bisco酶(核酮糖-1,5-二磷酸羧化酶/加氧酶,通常已知缩写为RuBisCO)。当二氧化碳浓度高时,ruibisco酶是羧化酶,并且当二氧化碳浓度低时是加氧酶。在高二氧化碳的条件下,1,5-二磷酸核酮糖产生两个3-磷酸甘油酸(PGA)分子,而在高氧的条件下,仅产生一个PGA分子以及一个磷酸甘油酸分子。磷酸甘油酸不能参与卡尔文循环形成糖,而是参与光呼吸。因此当二氧化碳浓度降低时,光合效率(由吸收的每个光能单位形成的糖的量)下降。因此,如果植物暴露的二氧化碳浓度可增加,则光合效率将增加。

[0047] 本发明提供了一种易于输送和可控的二氧化碳源,其形式为(i)包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,所述替代盐营养混合物包含大部分以除硫酸盐以外的盐形式提供的营养物,和(ii)溶解的二氧化碳。包含替代盐营养混合物和溶解的二氧化碳的植物生长溶液将通过光合作用增加糖的产生,从而增加植物生长。

[0048] 因此提供了一种替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为碳酸盐的镁和/或钾。

[0049] 还提供了一种替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为硝酸盐的镁。

[0050] 先前,认为不可能提供为碳酸盐形式的营养物,因为碳酸盐的存在影响溶液的pH,并且许多阳离子的碳酸盐通常比等价硫酸盐难溶。例如碳酸钙和碳酸镁是相对不溶的,碳酸铜和碳酸锌也是相对不溶的。

[0051] 本发明优选地提供一种用于植物生长的替代盐营养混合物,其包含碳酸钾和硝酸镁。

[0052] 优选地,所有营养物以与其将提供于用于灌水系统(诸如封闭灌水系统(例如,水培灌水系统))的典型营养混合物中的相同化学计量比提供。典型营养混合物中的单个营养物的精确化学计量比是不同的,并且根据在水培溶液中生长的植物类型进行优化。每种不同的植物或作物类型对于典型营养混合物中的营养物具有不同的需求。然而,本领域技术人员清楚知道每种植物和作物类型的优选条件和最佳营养混合物,并且能够很好地确定化学计量比,以将例如已知的水培典型营养混合物从典型公式转化成目前要求保护的替代盐营养混合物。因此,例如,可用化学计量当量的碳酸钾取代全部或部分的硫酸钾,并且/或者可用化学当量的硝酸镁取代全部或部分的硫酸镁。

[0053] 优选地,本发明的替代盐营养混合物由以下营养物中的一种或多种组成:硝酸铵钙;硝酸钾;EDTA铁;硼酸;硝酸钾;磷酸二氢钾;磷酸二氢铵;磷酸;硝酸镁;硫酸镁;硫酸钾;碳酸钾;硝酸铵;硫酸锰;硫酸锌;钼酸钠;和硫酸铜。

[0054] 替代盐营养混合物可以两部分提供,如下:

[0055] 表2:两部分替代盐营养混合物

[0056]

A部分	B部分
硝酸铵钙	硝酸钾
硝酸钾	磷酸二氢钾
EDTA铁	硝酸镁
硼酸	碳酸钾
	硝酸铵
	硫酸锰
	硫酸锌
	钼酸钠
	硫酸铜

[0057] 在A部分或B部分中使用的硝酸钾的量可与来自使用硝酸镁(而不是硫酸镁)的硝酸盐的增加以及来自使用碳酸钾的钾的增加成比例地减少。

[0058] 碳酸钾在溶解于水性载体中时形成碱性溶液。在典型营养混合物中,加入碳酸钾将导致相对不溶的碳酸盐(诸如碳酸镁)的沉淀。然而,通过将二氧化碳溶解到本发明的替代盐营养混合物中,实现了pH的显著降低。可通过将二氧化碳溶解在混合物中来降低目前要求保护的替代盐营养混合物的B部分溶液的pH,由此使碳酸盐变成更可溶的碳酸氢盐形式。作为能够在包含替代盐营养混合物的植物生长溶液中使用二氧化碳的替代方案,碳酸钾可自身溶解在称为C部分的第三溶液中。优选地,在将二氧化碳气体溶解在植物生长溶液中之后和之前,将含有碳酸钾的C部分加入到植物生长溶液中。可选地,在将三个部分与水性载体混合以形成植物生长溶液之前,可将二氧化碳溶解在碳酸钾溶液(C部分)中。

[0059] 因此,替代盐营养混合物可以三部分提供,如下:

[0060] 表3:三部分替代盐营养混合物

[0061]

A部分	B部分	C部分
硝酸铵钙	硝酸钾	碳酸钾
硝酸钾	磷酸二氢钾	
EDTA铁	硝酸镁	
硼酸	硝酸铵	
	硫酸锰	
	硫酸锌	
	钼酸钠	
	硫酸铜	

[0062] 替代盐营养混合物的A部分和B部分(和C部分)组分可在独立的容器中溶解于水中。当需要植物生长溶液时,可将这些部分与水性载体(水或再循环营养液)混合以形成含有用于植物生长的最佳比例营养物的植物生长溶液。

[0063] 对于在含有替代盐营养混合物的植物生长溶液存在下生长的每种植物类型,本发明的替代盐营养混合物具有主要营养元素氮、钾、磷、钙、镁、硫;以及以与健康植物干燥叶组织中存在的相同比例存在于替代盐营养混合物中的微量元素铁、锰、硼、锌、铜和钼。

[0064] 表4中提供了用于不同作物的合适的本发明替代盐营养混合物的实例。提供了常规的典型营养混合物(“典型的”),以及本发明的示例性替代盐营养混合物(“CO₂”)的组分。本发明的替代盐营养混合物使用碳酸钾和硝酸镁而具有相等的营养物比率。这些制剂中的每一种还具有作为微量组分添加的六种微量元素;然而,在本发明的替代盐营养混合物中,这些微量组分的比率没有显著改变。

[0065]

表4: 营养混合物的组分

组分(g/L)	芸苔		番茄		芜菁		辣椒		莴苣	
	典型的	CO ₂	典型的	CO ₂	典型的	CO ₂	典型的	CO ₂	典型的	CO ₂
硝酸钙	250	250	150	150	150	150	188	188	150	150
硝酸钾	90	55	172	105	120	77	184	167	60	31
硝酸铵	12	12	39	39	12.5	12.5	0	0	18	18
磷酸二氢钾	33	33	73	73	30	30	40	40	45	45
硫酸镁	100	60	130	70	100	53	90	70	85	45
碳酸钾	0	23	0	53	0	61	0	40	0	67
硫酸钾	20	0	10.4	0	42.5	0	40	0	55	0
硝酸镁	0	40	0	63	0	52	0	23	0	40

[0066] 因此,本发明提供了一种替代盐营养混合物,其包含为以下范围的以下营养物中的一种或多种:为130-280g/L的硝酸钙、为20-200g/L的硝酸钾、为10-50g/L的硝酸铵、为20-80g/L的磷酸二氢钾、为20-150g/L的硫酸镁、为1-250g/L的碳酸钾、为30-100g/L的硝酸镁。更优选地,替代盐营养混合物包含为1-250g/L的碳酸钾和/或为30-100g/L的硝酸镁。替代盐营养混合物优选地包含为1-250g/L的碳酸钾和为30-100g/L的硝酸镁。

[0067] 熟悉本领域的人员清楚,使用替代矿物盐可实现类似的营养元素组成。

[0068] 存在将二氧化碳、碳酸盐和碳酸氢盐溶解到植物生长溶液中的许多替代方法:

[0069] • 在添加营养物之前可将二氧化碳溶解在淡水中;

[0070] • 在包含替代盐营养混合物的植物生长溶液在排水管中被捕获并且再循环用于重复使用的情况下,可将二氧化碳在重新使用之前和调节营养水平之前溶解在再循环的水中;

[0071] • 可将二氧化碳溶解在碳酸钾溶液(C部分)中,于是C部分的pH将降低,并且其将变成碳酸钾和碳酸氢钾的平衡混合物;

[0072] • 在添加A部分、B部分和C部分之后在将其施加于植物之前,可将二氧化碳溶解到植物生长溶液中。

[0073] 还可通过增加或减少引入植物生长溶液(例如在替代盐营养混合物的C部分中)的碳酸钾的量,并且相应地改变将灌水系统中的植物生长溶液保持在最佳pH所需的二氧化碳气体的量来改变植物生长溶液中的总无机碳的量。

[0074] 因此,本发明提供了一种灵活的方法,用于直接和容易地控制植物生长溶液中无机碳的量和形成以及生长期间施加于植物的无机碳的量。

[0075] 溶解在向大气开放的水性植物生长溶液中的二氧化碳量将最终达到与大气二氧化碳的平衡值。溶解的二氧化碳的确切量及其形式(例如为溶解的气体、碳酸、碳酸氢根离子或碳酸根离子)取决于许多因素,包括水性植物生长溶液的温度和pH,以及溶解在水性植物生长溶液中的各种盐物种的性质和浓度。

[0076] 然而,对于二氧化碳浓度、pH和溶解的盐在水性植物生长溶液中的任何给定组合,在溶解二氧化碳的水平基本上与大气平衡之前所花费的时间由水相与气相之间界面的表面积决定。

[0077] 因此,如果将二氧化碳气体暴露于水性植物生长溶液,则二氧化碳将溶解到水性植物生长溶液中的速率将取决于暴露于二氧化碳的水性植物生长溶液的表面积。它还将与二氧化碳的压力成比例。因此,通过将水性植物生长溶液暴露于极其微小的二氧化碳气泡,暴露于水性植物生长溶液的二氧化碳的表面积非常大,并且二氧化碳的溶解是非常快速的。这种效果可通过增加二氧化碳的压力来增加。因此,通过向植物生长溶液中引入小的高压二氧化碳气泡,可将大量的二氧化碳快速溶解到植物生长溶液中。

[0078] 此外,如果在植物生长溶液与大气之间具有小界面的系统(诸如封闭水培系统、半封闭施肥系统或优选地使用大液滴的开放滴灌或灌水系统)中使用含有超过大气平衡值的溶解二氧化碳的植物生长溶液,则因此暴露于大气的植物生长溶液的表面积很小。这将导致溶解的二氧化碳从植物生长溶液中缓慢地逸出,并且植物生长溶液与大气中的二氧化碳水平之间的平衡将非常缓慢地达到。因此,二氧化碳将留在水性植物生长溶液中相当长的时间。

[0079] 因此容易理解的是,如果将压力下的二氧化碳气体溶解在植物生长溶液中(例如使用产生微米大小气泡的烧结喷射器),则二氧化碳将或多或少瞬间溶解到溶液中。如果管理这种二氧化碳浸渍的植物生长溶液,使得它不形成暴露于大气的细雾,而是被引入到灌水系统(诸如封闭水培系统、半封闭施肥系统或使用大液滴的开放滴灌或喷洒灌水系统),则在所述灌水系统中的植物生长溶液将含有浓度高于大气的二氧化碳,并且将在相当长的时间内继续含有这种高水平的二氧化碳,从而能够将二氧化碳运送至植物根部以供这些植物根部吸收。

[0080] 取决于他们将产品投放市场的计划和时间表,种植者可能偏好用于种植作物的植物生长溶液中的二氧化碳量更高或更低。通过使用包括常规典型水培养营养混合物和本发明替代盐营养混合物的营养混合物浓缩物系统,并且按照他们认为合适的比率将此类混合物共混到植物生长溶液中,溶解在用于灌水系统中的最终植物生长溶液中的二氧化碳的量可在0至高达5,000ppm范围内。

[0081] 因此,本发明提供了一种植物生长溶液,其包含:

[0082] a) 一种替代盐营养混合物,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼,锌或铜,并且/或者其中以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜;

[0083] b) 水性载体;以及

[0084] c) 溶解的二氧化碳。

[0085] 通过将替代盐营养混合物A部分和B部分(和C部分)与水性载体混合获得的植物生长溶液的pH通常高于水培植物生长的最佳pH。这种高的pH通常将导致微量元素(诸如铜和锌(其碳酸盐是相对不溶的))的沉淀。然而,二氧化碳在植物生长溶液中的溶解将pH降低到种植者所需的水平,但优选地在约5.2与7.0、5.5与6.5、6.0与6.6、5.8与6.7、6.0与6.5之间,或更优选地到大约6.2、6.3或6.4。最优选地,pH是6.3。通过将二氧化碳溶解在本发明的植物生长溶液中,能够将大量溶解的无机碳并入植物生长溶液中,以便在诸如水培系统的灌水系统中使用。因为植物生长溶液的近似最佳pH通常与碳酸氢盐解离常数(pK_a 6.3)相同,所以水合的溶解二氧化碳的一半是碳酸氢盐形式并且一半是碳酸形式。因此,不存在碳酸盐,并且因此微量元素不被锁定为不溶性碳酸盐。

[0086] 据信,在植物生长溶液中输送二氧化碳的净效应与通过增强大气二氧化碳提供的生长刺激的性质和程度相当。

[0087] 在其中二氧化碳被加入到大气中的温室和玻璃房中发现,对于每种不同的作物均存在最佳的二氧化碳浓度。随着太阳光强度的增加和减少,这个量在一天和一年中的不同时段可改变,并且可能由于植物生长的特定发育阶段而改变。

[0088] 包含本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液允许容易和方便地增加或减少溶解在植物生长溶液中的总无机碳的量,以便在多种灌水系统中使用。由于以多种方式将溶解的无机碳输送到植物生长溶液,因此能够对溶液中溶解的无机碳的总量进行非常精确的控制,同时任何或全部封闭灌水系统、半封闭灌水系统和开放灌水系统中保持最佳pH和营养物浓度。

[0089] 优选地,将植物生长溶液保持在约5.2与7.0之间的pH。更优选地,将pH保持在约5.5与6.5之间,最优选在约6.0与6.6之间。最优选地,将pH保持在约 6.3 ± 1 或6.3。这些pH在

任何或全部封闭灌水系统、半封闭灌水系统和开放灌水系统中是优选的。

[0090] 本发明还提供了一种用于植物生长的封闭灌水系统(诸如水培灌水系统),所述封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中通常以硫酸盐形式提供的一些或全部营养物改为以其他矿物盐的形式提供。优选地,矿物盐是碳酸盐和/或硝酸盐。通过将二氧化碳溶解在植物生长溶液中来调节包含替代盐营养混合物的植物生长溶液的无机碳水平和pH。

[0091] 因此提供了一种用于植物生长的封闭灌水系统,所述封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为碳酸盐的镁和/或钾。

[0092] 还提供了一种用于植物生长的封闭灌水系统,所述封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为硝酸盐的镁。

[0093] 本发明优选地提供一种用于植物生长的封闭灌水系统,所述封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,所述替代盐营养混合物包含碳酸钾和硝酸镁。

[0094] 当使用包含本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液建立封闭灌水系统(诸如水培系统)时,可能在灌水系统的喷嘴和其他部件上积聚沉淀的碳酸盐。这个问题可通过以三个部分提供替代盐营养混合物来克服。优选地将所述三个部分混合以形成植物生长溶液,它们仅在封闭灌水系统的水性载体中被稀释一次。优选地,如果替代盐营养混合物以三个部分提供,则在将二氧化碳气体溶解在植物生长溶液之后和之前,将含有碳酸钾的C部分加入到植物生长溶液中。

[0095] 本发明还提供了一种用于植物生长的半封闭灌水系统,所述半封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为以其他矿物盐的形式提供。优选地,矿物盐是碳酸盐和/或硝酸盐。通过将二氧化碳溶解在植物生长溶液中来调节包含替代盐营养混合物的植物生长溶液的碳水平和pH。

[0096] 因此提供了一种用于植物生长的半封闭灌水系统,所述半封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为碳酸盐的镁和/或钾。

[0097] 还提供了一种用于植物生长的半封闭灌水系统,所述半封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为硝酸盐的镁。

[0098] 本发明优选地提供一种用于植物生长的半封闭灌水系统,所述半封闭灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,所述替代盐营养混合物包含碳酸钾和硝酸镁。

[0099] 优选地,半封闭灌水系统是施肥系统,诸如在由滴灌管灌溉的户外生长床的顶部

上包括塑料覆盖膜(或其他覆盖层类型)的系统。

[0100] 本发明还提供了一种用于植物生长的开放灌水系统,所述开放灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为以其他矿物盐的形式提供。优选地,矿物盐是碳酸盐和/或硝酸盐。通过将二氧化碳溶解在植物生长溶液中来调节包含替代盐营养混合物的植物生长溶液的碳水平和pH。

[0101] 因此提供了一种用于植物生长的开放灌水系统,所述开放灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为碳酸盐的镁和/或钾。

[0102] 还提供了一种用于植物生长的开放灌水系统,所述开放灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为硝酸盐的镁。

[0103] 本发明优选地提供一种用于植物生长的开放灌水系统,所述开放灌水系统包括:包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,所述替代盐营养混合物包含碳酸钾和硝酸镁。

[0104] 优选地,开放灌水系统是在广阔的英亩田野或开放的田野中灌溉或喷洒灌水作物。

[0105] 本发明还提供了一种增加可用于植物生长的二氧化碳的方法,其包括以下步骤:

[0106] a) 提供包含替代盐营养混合物的植物生长溶液,所述替代盐营养混合物包含通常以其他矿物盐形式的硫酸盐形式提供的营养物;以及

[0107] b) 将二氧化碳溶解在植物生长溶液中。

[0108] 优选地,本发明提供了增加可用于植物生长的二氧化碳的方法,其包括以下步骤:

[0109] a) 提供一种包含替代盐营养物的植物生长溶液,其中以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜,并且/或者以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜;以及

[0110] b) 将二氧化碳溶解在植物生长溶液中。

[0111] 本发明还提供了一种使用植物生长溶液的方法,所述植物生长溶液包含替代盐营养混合物,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为以其他矿物盐的形式提供,所述方法包括以下步骤:

[0112] a) 通过水培系统再循环包含替代盐营养混合物的植物生长溶液。

[0113] 本发明还提供了一种使用植物生长溶液的方法,所述植物生长溶液包含替代盐营养混合物,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为以其他矿物盐的形式提供,所述方法包括以下步骤:

[0114] a) 通过半封闭灌水系统再循环包含替代盐营养混合物的植物生长溶液。

[0115] 本发明还提供了一种使用植物生长溶液的方法,所述植物生长溶液包含替代盐营养混合物,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为以其他矿物盐的形式提供,所述方法包括以下步骤:

[0116] a) 通过开放灌水系统再循环包含替代盐营养混合物的植物生长溶液。

[0117] 在以上方法中,替代盐营养混合物中的矿物盐优选是碳酸盐和/或硝酸盐。

[0118] 优选地,以下营养物中的一种或多种以碳酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为碳酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为碳酸盐的镁和/或钾。

[0119] 优选地,以下营养物中的一种或多种以硝酸盐存在:氮(例如铵)、钾、钙、镁、铁、锰、硼、锌或铜。优选地,替代盐营养混合物提供为硝酸盐的以下营养物中的一种或多种:镁、钾、锰、锌或铜。最优选地,替代盐营养混合物包含为硝酸盐的镁。

[0120] 总则

[0121] 本领域技术人员将了解本文所述的本发明可以进行除明确描述的那些以外的变化和修改。应理解,本发明包括所有所述变化和修改。本发明也包括说明书中个别或共同提及或指示的所有步骤、特征、组合物和化合物以及步骤或特征的任何和所有组合或步骤或特征中的任何两个或更多个。

[0122] 本发明在范围上不受限于本文所述的具体实施方案,所述实施方案仅意图用于例示性目的。功能等效产物、组合物和方法明确在如本文所述的本发明的范围内。

[0123] 本文引用的所有出版物(包括专利、专利申请、期刊文章、实验室手册、书籍或其他文件)的整个公开内容据此以引用的方式并入本文。不承认任何参考文献构成先前技术或是本发明所涉及领域的技术人员的公知常识的一部分。

[0124] 本文中引用的每篇文件、参考文献、专利申请或专利均通过引用明确地并入本文,这意味着读者应将其作为此文本的一部分来阅读和考虑。本文中引用的文件、参考文献、专利申请或专利在本文中不再重复仅仅是出于简明的原因。

[0125] 本文提及的任何产品或在此处以引用的方式并入的任何文件的任何厂商说明书、描述、产品说明书和产品清单,据此以引用方式并入本文,并且可用于实行本发明。

[0126] 如本文中所用的,术语“来源于”和“源于”应意味指示指定的整数可从特定的来源来获得,即使不一定直接来自所述来源。

[0127] 因此,除非上下文另外明确指出,否则如在本文中使用,单数形式“一个(种)”和“所述”包括多个指示物。

[0128] 在整篇本说明书中,除非上下文另外需要,否则词语“包含(comprise)”或变化形式(诸如“comprises”或“comprising”)将被理解成暗示包括一个所述整数或一组整数,但不排除任何其他整数或任何其他组整数。

[0129] 除了在操作实施例或另外指出的地方,否则本说明书和权利要求书中所用的表示成分的量、反应条件等的所有数字应理解为在所有情况下都由术语“约”来修饰。因此,除非有相反的指示,否则本说明书和权利要求书中所阐述的数值参数为近似值,其可根据本发明要寻求获得的所需性质而变化。因此,“约80%”意指“约80%”和“80%”。无论如何,每个数值参数应依照有效数字的数值和常用的四舍五入方法来理解。

[0130] 尽管阐述本发明宽泛范围的数值范围和参数是近似值,但在特定示例中所阐述的数值尽可能精确地加以报告。然而,任何数值固有地包含必然由它们各别测试测量值中出现的标准偏差所产生的某些误差。

[0131] 本文使用的选定术语的其他定义可在具体实施方式内找到并且贯穿始终适用。除非另外定义,否则本文所用的所有其他科学和技术术语均具有与本发明所属领域普通技术

人员通常所理解含义相同的含义。

[0132] 以下实施例用来更充分地描述使用上述发明的方式,以及提出预期用于实现本发明的各个方面的最佳方式。应理解这些方法决不是用来限制本发明的真实范畴,而是为了说明性目的而提供。

[0133] 实施例

[0134] 实施例1:碳在CO₂植物生长溶液中的溶解度

[0135] 通过用两升典型植物生长溶液或含有本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液喷射工业级二氧化碳来研究二氧化碳放气对植物生长溶液的pH的影响,其中通常以硫酸盐形式提供的营养物改为大部分以其他矿物盐的形式提供。植物生长溶液组成如下:

组分 (g/L)	典型的	CO ₂
硝酸钙	150	150
硝酸钾	60	31
硝酸铵	18	18
磷酸二氢钾	45	45
硫酸镁	85	45
碳酸钾	55	0
硫酸钾	0	67
硝酸镁	0	40

[0137] 通过水族箱石块引入二氧化碳。将气体喷射40分钟,然后关闭。图4、图6和图7显示,虽然典型植物生长溶液(图4)和含有本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液(图6和图7)两者均达到二氧化碳含量和pH的平衡,但典型植物生长溶液的pH为约4.5,不适于最佳的植物生长。相比之下,含有本发明营养混合物的植物生长溶液达到二氧化碳含量和pH的平衡,其中pH值为约6.3,这适于植物生长。将此平衡保持至少140分钟。

[0138] 在开始放气之前用校准的pH探针测量溶液的pH,然后定期进行直到达到pH平衡。

[0139] 使用两种不同浓度的本发明替代盐营养混合物(图6和图7)进行实验。制成营养液,并且然后以如上示出浓度或所述浓度的一半加入到反渗透纯化水中。使用水族箱石块将二氧化碳气体鼓泡通入溶液中。溶液的pH快速下降到6.3,此时关闭气体。记录接着6小时的pH。

[0140] 可看出,根据本发明的植物生长溶液可将作为溶液的二氧化碳保持足够的时间以使用滴管或喷洒器将植物生长溶液施用于植物。

[0141] 实施例2:使用CO₂植物生长溶液的辣椒生长

[0142] 在七周的周期内测量使用石棉作为生长基质的温室中的辣椒的生长,其中通过滴灌喷洒器灌溉每株植物,其中植物在包含本发明替代盐营养混合物(CO₂)或典型营养混合物(典型的)的植物生长溶液存在下生长;具有以下配方:

组分 (g/L)	典型的	CO ₂
硝酸钙	188	188
硝酸钾	184	167
磷酸二氢钾	40	40
硫酸镁	90	70

碳酸钾	—	40
硫酸钾	40	—
硝酸镁	—	23

[0144] 在典型和CO₂营养混合物中使用的微量元素盐是相同的。将两种营养液均保持在1.5mS cm⁻¹的电导率。

[0145] 温室中含有一定量的大气二氧化碳,所述量在清晨通常是380ppm,并且到了中午,通常下降到300ppm。包含本发明替代盐营养混合物的植物生长溶液含有1200ppm溶解的无机碳,通过在营养混合物中使用碳酸钾引入并且将二氧化碳气体溶解到植物生长溶液中直到pH为6.3。

[0146] 在商业辣椒生长期间,连续地修剪和管理植物,其中留下成熟的叶子,但在每个“节点”(新的叶子和花朵起源的分枝)处将新芽修剪掉,留下几朵花。将使用的植物培养成各自生长两个茎。

[0147] 每周收获每株植物的成熟果实并且称重(表5,图6)。需注意,在播种种子62天后的第一次收获的是绿色果实。这种去除第一个绿色果实的做法过早地调节了藤随后的生长和发育。结果显示,当植物在本发明营养混合物存在下生长时,收获的果实数量增加了88%。收获的果实重量也增加了111%。由于辣椒的溢价是从大的重果实获得的,因此植物在本发明营养混合物中生长有利地提供优质果实产品的增加(表6)。

[0148]

表5: 辣椒产量

	周产量				累积产量				数量差(%)	重量差(%)
	CO ₂				CO ₂				对照	
种植种子后的天数	果实的数量	重量(g)	果实的数量	重量(g)	果实的数量	重量(g)	果实的数量	重量(g)	果实的数量	重量(g)
62	83	13293	83	12391						
72	3	607	0	0						
80	8	1466	14	2490	11	2074	14	2490	-79	-83
86	33	7014	18	3535	44	9087	32	6026	138	151
93	27	6143	26	5341	71	15231	58	11366	122	134
100	18	3926	8	1426	89	19156	66	12792	135	150
107	37	8041	17	3341	126	27197	83	16133	152	169
114	56	12394	14	2655	182	39592	97	18788	188	211

表6: 每个重量级别中的辣椒果实数量

重量级别	CO ₂	对照
<100	9	6
100-120	14	19
120-140	12	26
140-160	22	23
160-180	33	18
180-200	28	30
200-220	38	30
220-240	42	19
240-260	26	9
>260	27	4

[0149] 实施例3:使用CO₂植物生长溶液的莴苣生长

[0150] 使用营养膜技术 (NFT) 使结球莴苣品种的莴苣“Summer Gold”在露天生长。使用“典型”水培营养物操作一个 (对照) NFT床。使用改进的营养配方操作另一个 (CO₂) NFT床。在 NFT溶液中稀释营养浓缩物以产生1.0mS cm⁻¹的电导率。

[0151]

莴苣		
组分 (g/L)	典型的	CO ₂

硝酸钙	150	150
硝酸钾	60	31
硝酸铵	18	18
磷酸二氢钾	45	44
硫酸镁	85	25
碳酸钾	0	67
硫酸钾	55	0
硝酸镁	0	40

[0152] 每种处理加入相同的微量元素盐。

[0153] 将营养液盛放在200升的塑料桶中。在每个桶中使用小的水族箱泵以每分钟将1升营养液输送到每个NFT床中的6个PVC通道中的每个。通道长12m,由钢框架支撑,并且具有1:50的倾斜度。将从端部排出的水收集到营养桶中。CO₂处理的床在泵之后立即将CO₂注入灌水管线中,其中通过由在线pH电极控制的电磁线圈来调节施用体积。总溶解无机碳为800ppm。

[0154] 将莴苣种子在含有珍珠岩培养基的塑料罐中发芽。在试验开始时,将幼苗放置在NFT沟中。从种植的第三周开始,通过从每张床取出20株植物,并且从珍珠岩罐中切下整株植物,然后称量每株植物来每周测量莴苣植物的鲜重。

[0155] 如图9所示,到第6周,CO₂处理的莴苣的重量变得显著更高,并且到第8周完全收获,处理的莴苣更重33%。

[0156] 实施例4:使用CO₂植物生长溶液的英国菠菜生长

[0157] 英国菠菜在与实施例3相同的NFT系统中生长。使用“典型”水培营养物操作一个(对照)NFT床。使用改进的营养配方操作三个(CO₂) NFT床。稀释营养浓缩物以产生1.5mS cm⁻¹的电导率。一个CO₂床(CO₂2)在1.25的EC下运行,并且另一个(CO₂3)在1.75的EC下运行。在CO₂处理中,总溶解无机碳为1200ppm。

[0158]

菠菜		
组分(g/L)	典型的	CO ₂
硝酸钙	150	150
硝酸钾	120	77
硝酸铵	12.5	12.5
磷酸二氢钾	30	30
硫酸镁	100	53
碳酸钾	0	61
硫酸钾	42.5	0
硝酸镁	0	52

[0159] 在将幼苗放置在NFT床上3、5和6周后,从每种处理取出20个杯子,并且切下整个顶部并称重。

[0160] 图10显示,到第4周,所有CO₂处理的床更重34%,而到第5周,菠菜比对照更重95%-128%。

[0161] 实施例5:使用CO₂植物生长溶液的番茄生长

[0162] 使用NFT方法使F1“Firestick”品种的番茄在温室中生长。

[0163] 将营养液盛放在沉入地下的200升的塑料桶中。在每个桶中使用小的水族箱泵以每分钟将1升营养液输送到不用CO₂处理的2个NFT通道和用CO₂处理的2个NFT通道中的每个。通道是矩形的(100x 50mm) PVC,长12m,躺在温室地板上,并且具有1:50的倾斜度。水从端部排出进入营养桶2。CO₂处理的沟在泵之后立即将CO₂注入灌水管线中,其中通过由在线pH电极控制的电磁线圈来调节施用体积。CO₂处理的沟中的总溶解无机碳为1500ppm。

[0164]	番茄		
	组分(g/L)	典型的	CO₂
	硝酸钙	150	150
	硝酸钾	172	105

[0165]	硝酸铵	39	39
	磷酸二氢钾	72.8	72.8
	硫酸镁	130	70
	碳酸钾	0	53
	硫酸钾	10.4	0
	硝酸镁	0	63

[0166] 对于“典型”对照和CO₂处理系统,在4.5mS cm⁻¹的EC下操作所述系统。将番茄植株培养为单个藤,并且每周修剪侧枝。开花的桁架在7周后开始生长,并且在10周时,收获成熟的番茄,将其称重并且通过将每个番茄分到4个组中的一个中来评估质量:变形的、小或裂开的、中等的和大的。

[0167] 图11中的结果显示,在每次收获时,CO₂处理导致番茄重量通常增加30%。图12显示,在生长试验中,用CO₂处理的小或裂开的番茄的数量较少,并且中等和较大的番茄的数量要高得多。

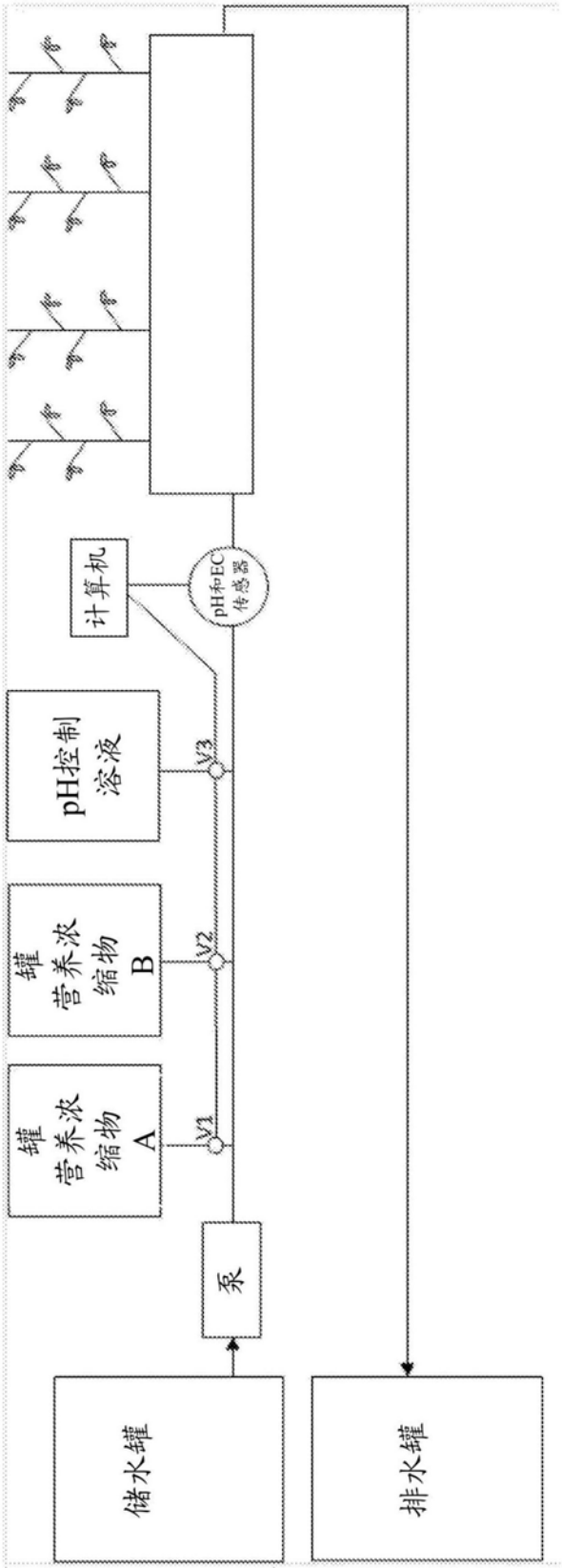


图1

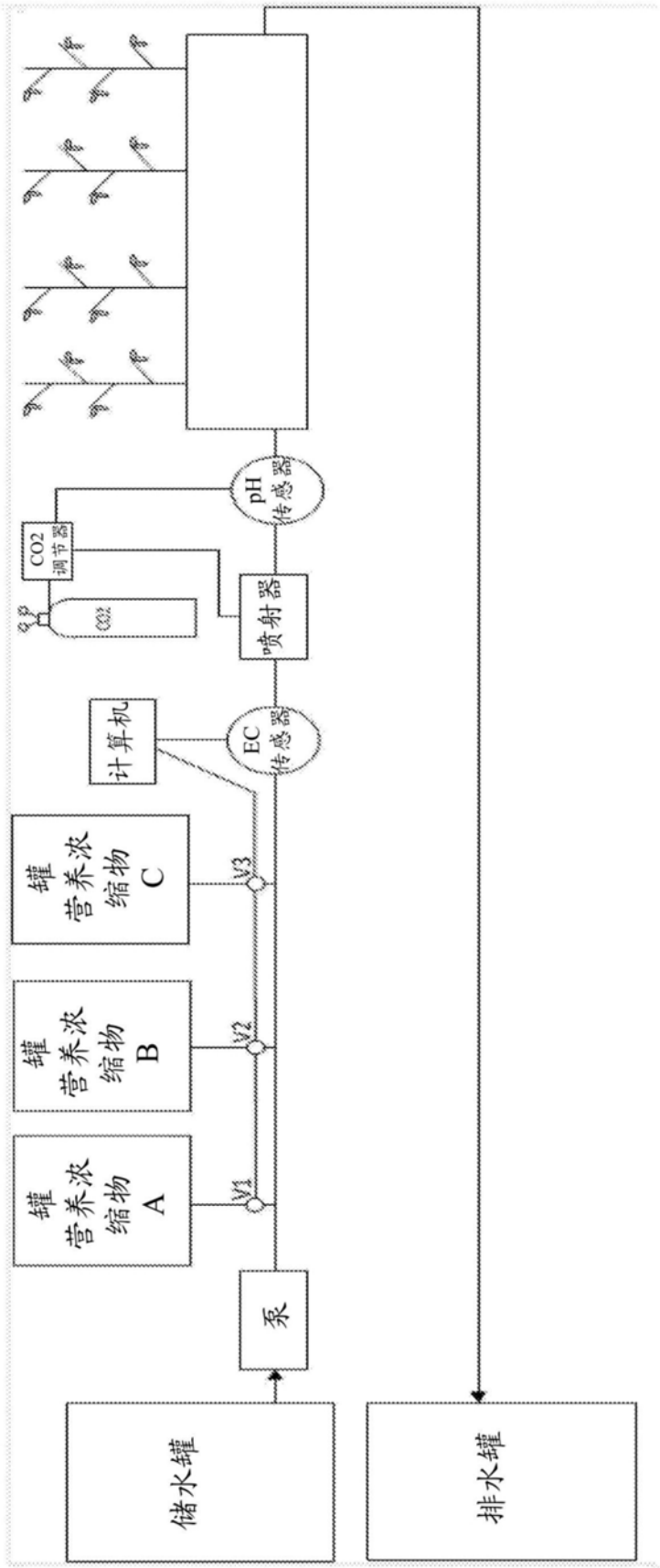


图2

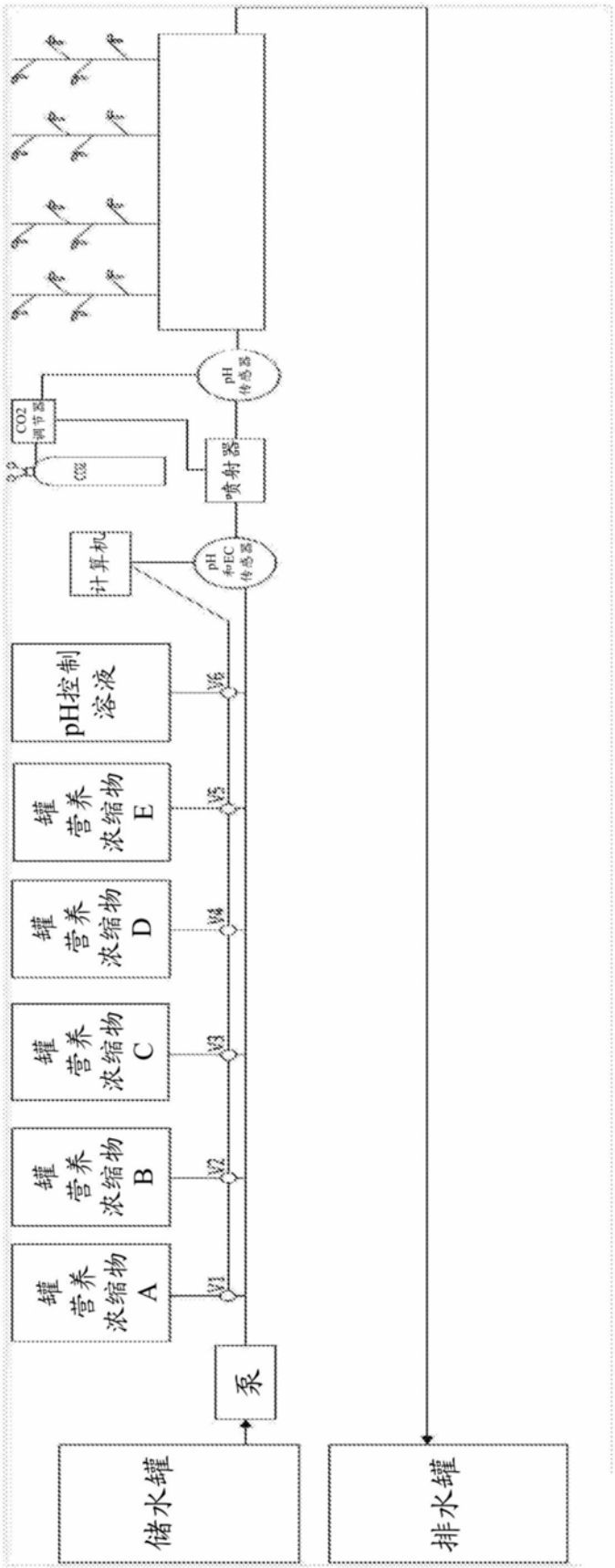


图3

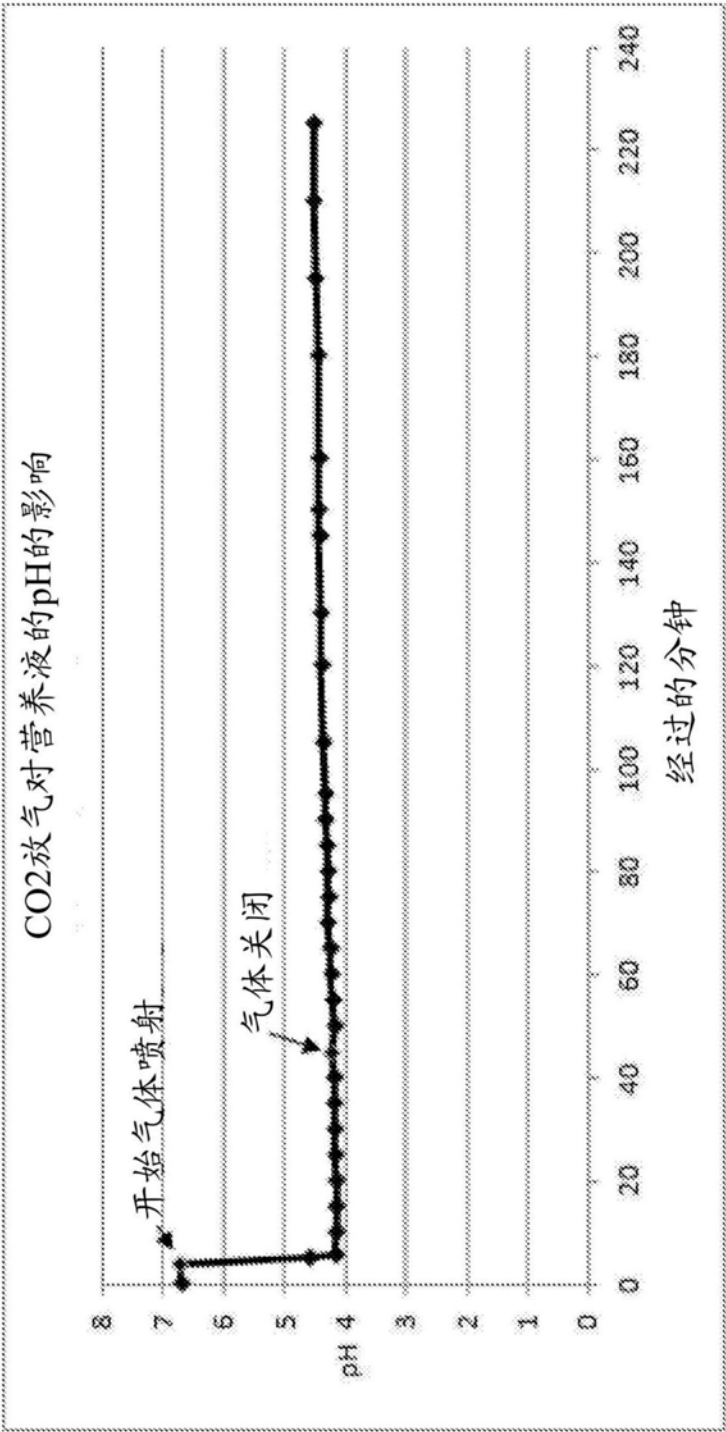


图4

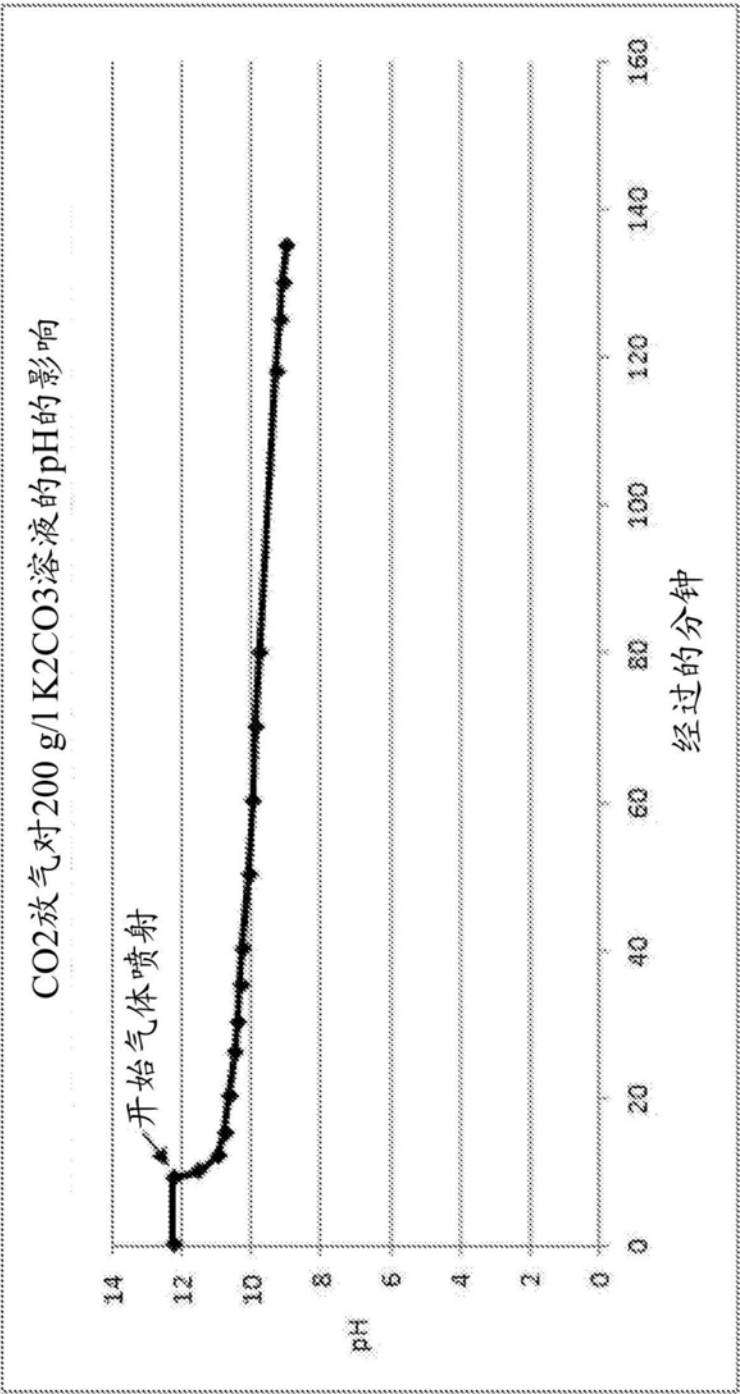


图5

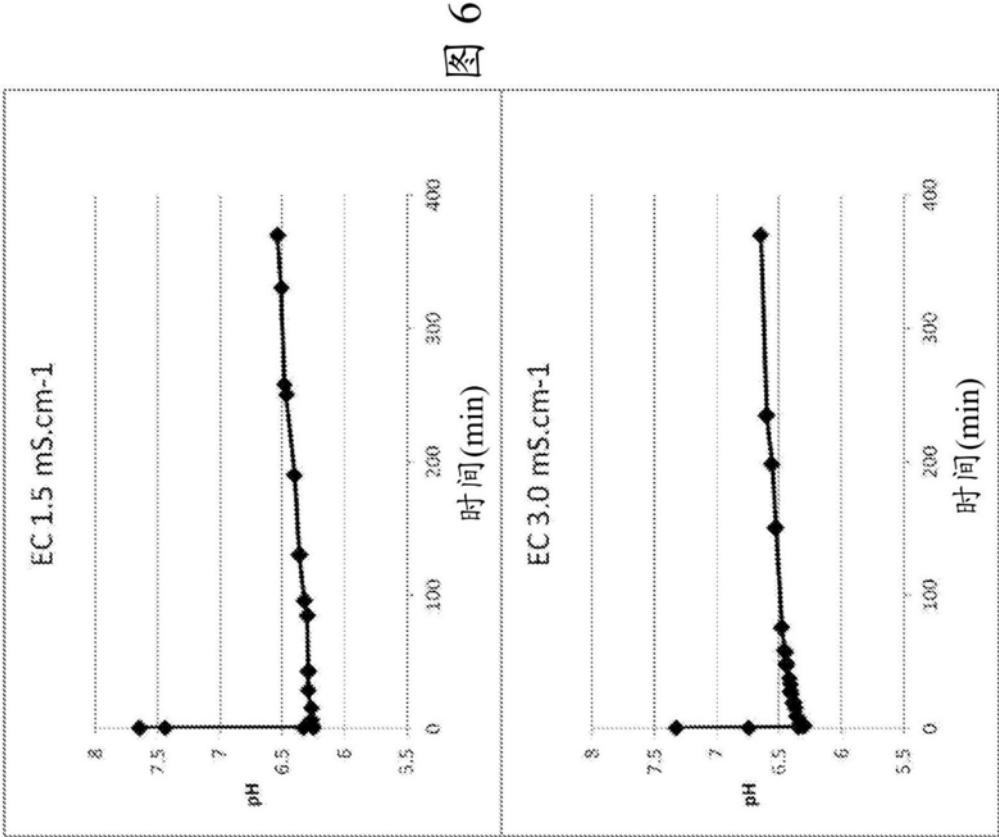


图 7

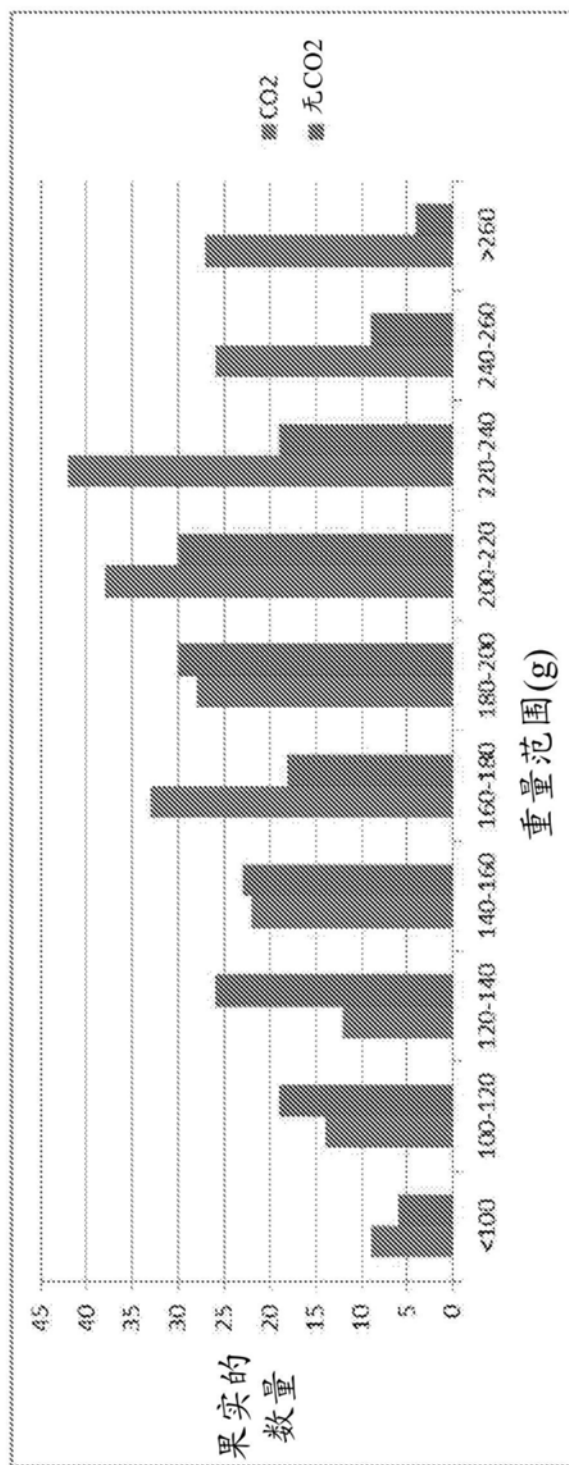


图8

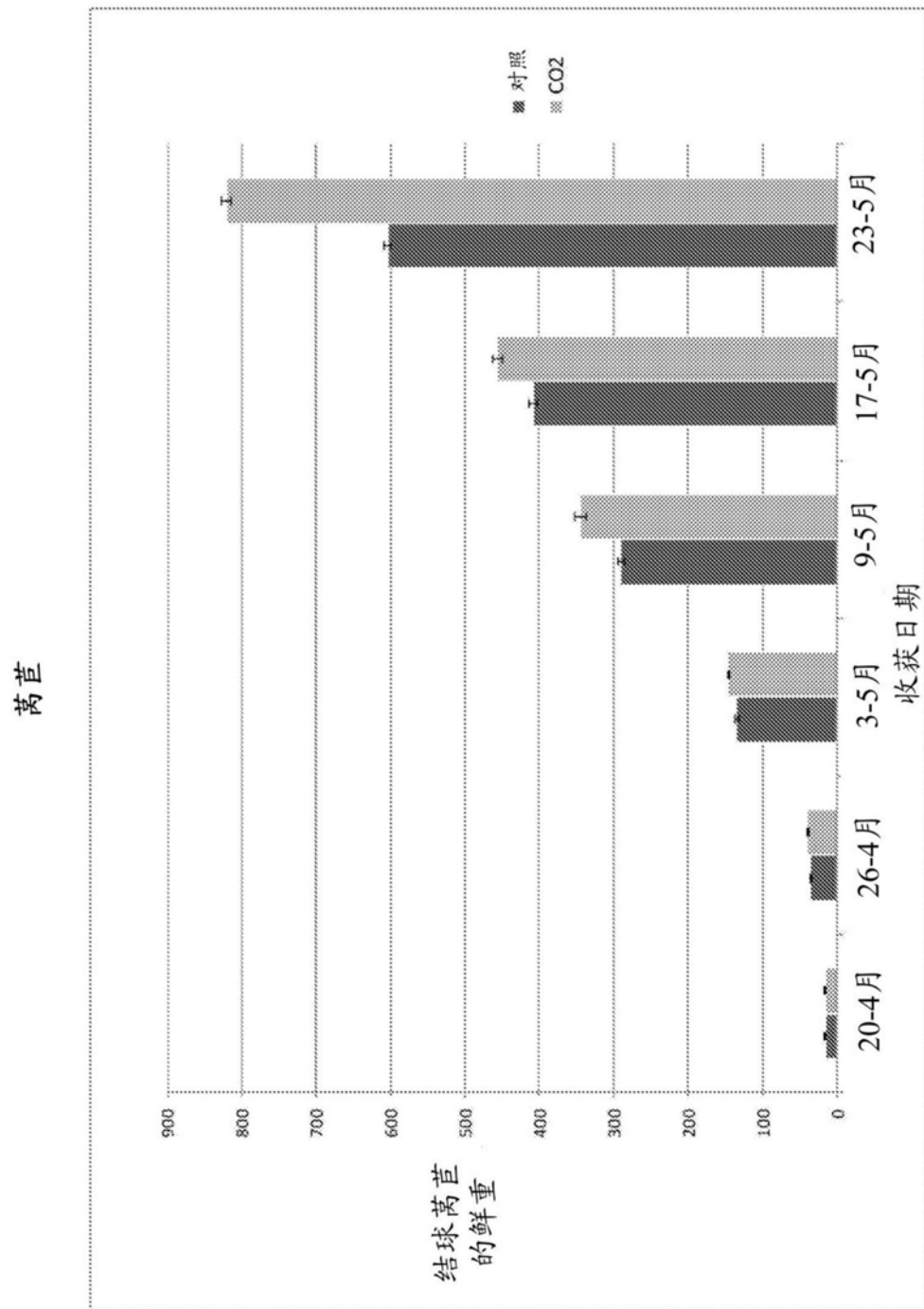


图9

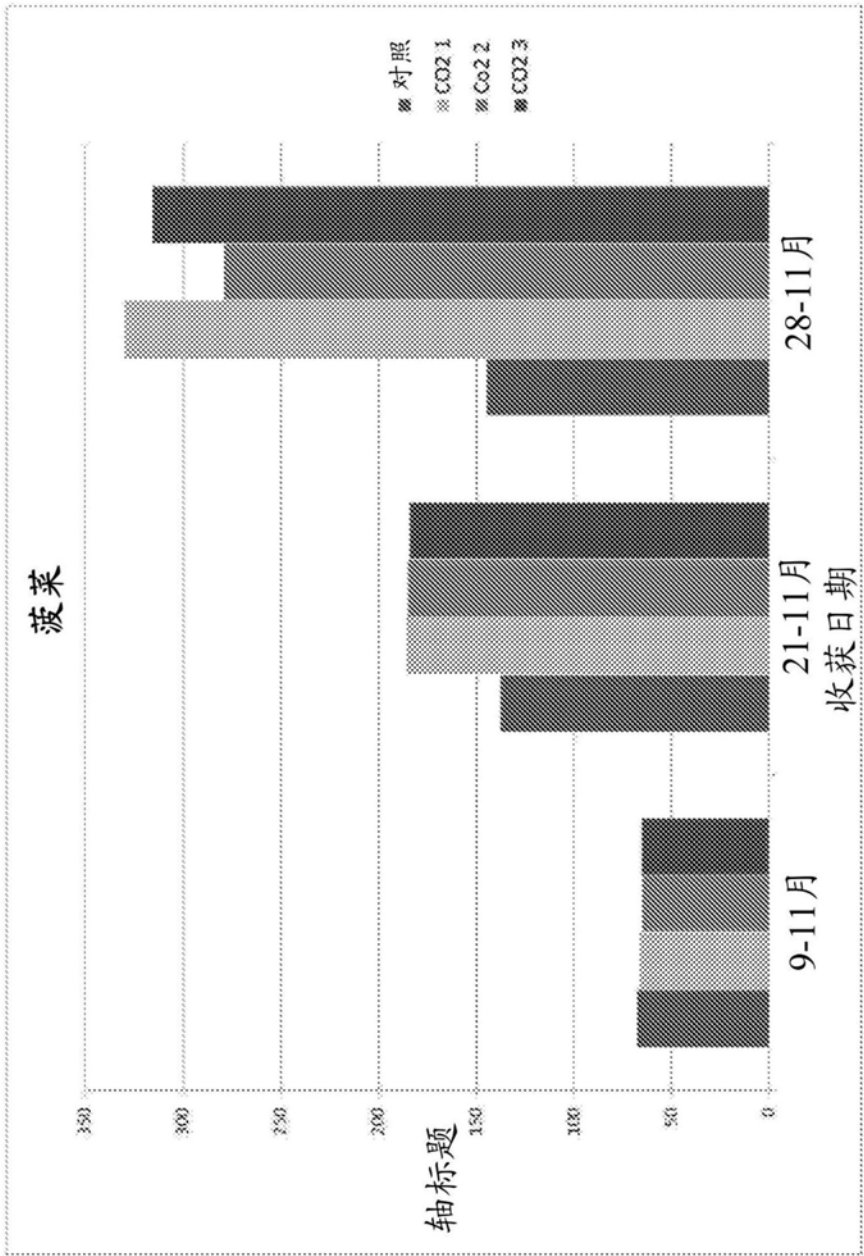


图10

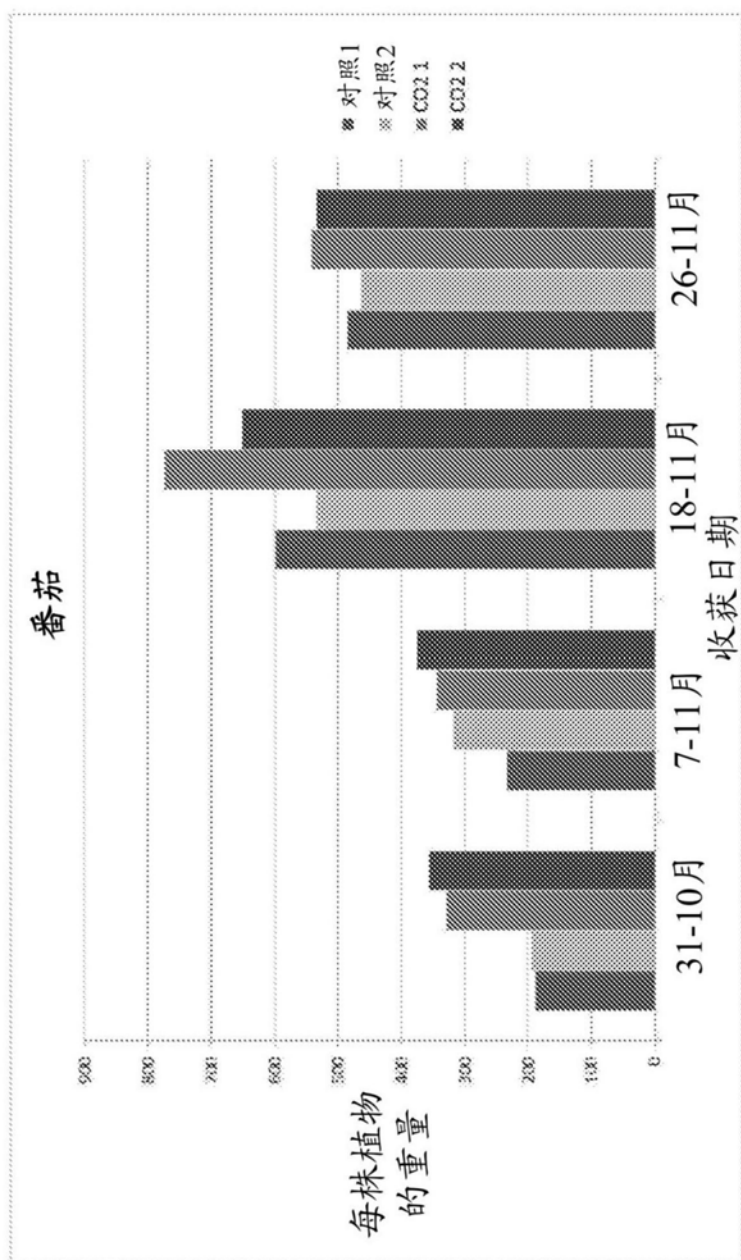


图11

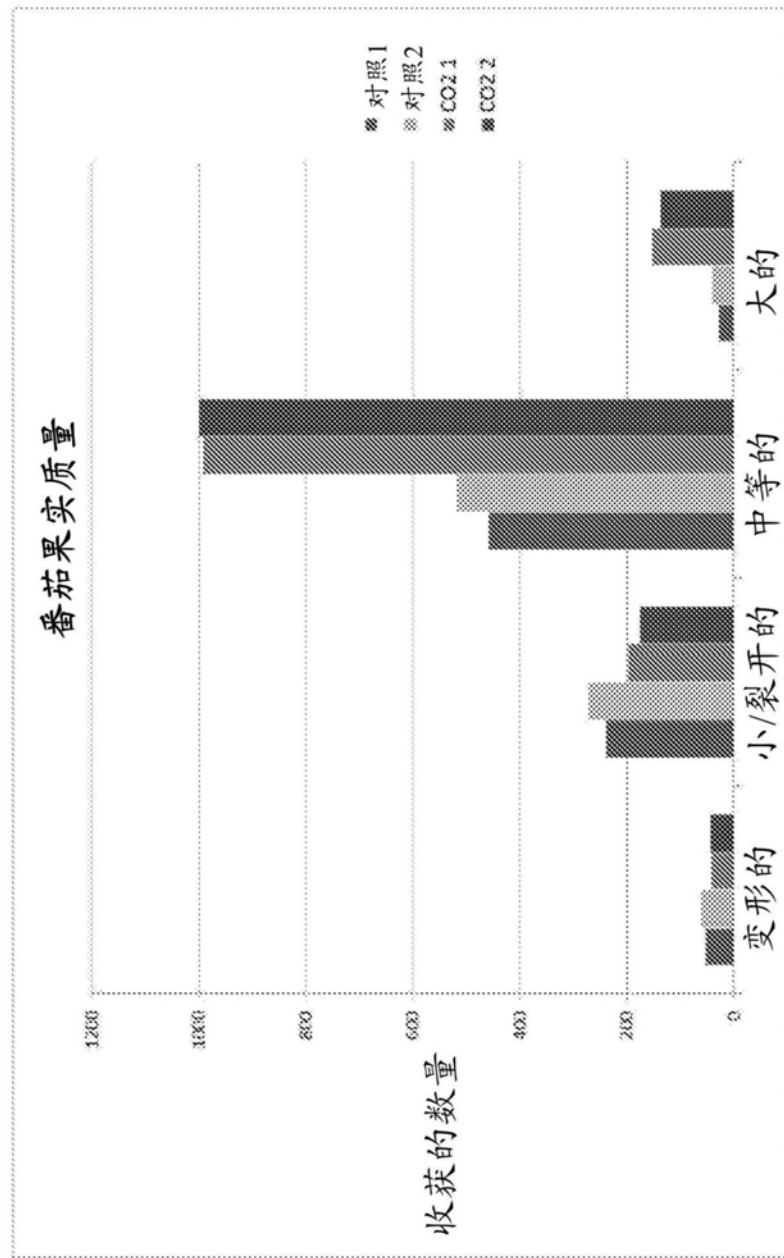


图12