(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105472974 B
(45)授权公告日 2019.01.15

(21)申请号 201480045632.8
(22)申请日 2014.08.11
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105472974 A
(43)申请公布日 2016.04.06
(30)优先权数据
2013-169317 2013.08.19 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.02.17
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2014/071141 2014.08.11
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/025752 JA 2015.02.26

(73)专利权人 美比欧公司
地址 日本神奈川县
(72)发明人 吉冈浩 森有一 冈本昭弘
三浦茂树 水谷知由
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 庞东成 解延雷

(51)Int.Cl.
A01G 31/00(2018.01)
A01G 31/02(2006.01)
(56)对比文件
JP 2012170396 A,2012.09.10,
CN 103209583 A,2013.07.17,
审查员 刘昶

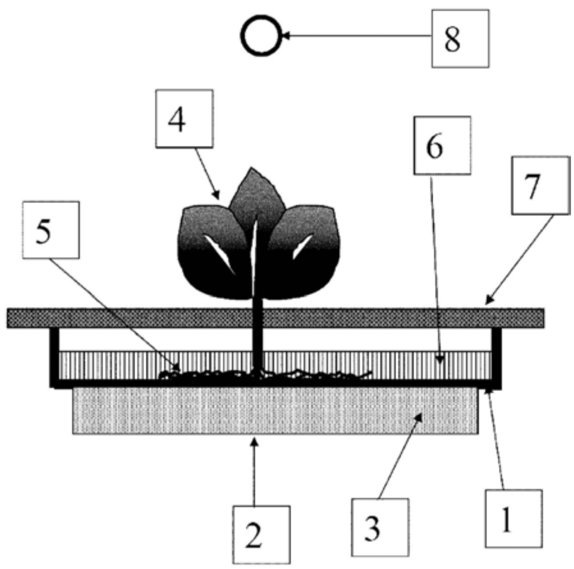
权利要求书1页 说明书15页 附图1页

(54)发明名称

植物栽培系统和植物栽培方法

(57)摘要

[技术问题]本发明的目的在于解决以下问题:当聚乙烯醇(PVA)系膜的底表面与营养液接触并且在该膜上长时间栽培植物时,植物的根会穿透该膜。[技术方案]本发明提供了一种植物栽培系统和植物栽培方法,其特征在于,PVA系膜在水(30℃)中的平衡溶胀度在125%～250%范围内,并且在水(30℃)中的平衡溶胀状态下的损耗正切值(tanδ)在0.005～0.2范围内。[工业实用性]本发明的系统和方法能够在保护植物免受微生物感染等(包括植物病害)的同时实现长时间的植物栽培,并且可用于农业和药物制造业的领域。



CN 105472974 B

1.一种植物栽培系统，其包括：

用于在其上栽培植物的聚乙烯醇膜，即PVA膜，和

与所述PVA膜的下表面接触设置的营养液保持单元，

其中，所述PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度在125％～250％范围内，并且在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的损耗正切值tanδ在0.005～0.2范围内，

其中，所述PVA膜能够通过如下获得：使水含量为5重量％～30重量％范围的PVA膜进行双轴拉伸取向处理，使得纵向拉伸比在1.5倍～5.0倍的范围内，并且横向拉伸比在1.5倍～5.0倍的范围内。

2.根据权利要求1所述的植物栽培系统，其中，所述PVA膜为双轴取向的PVA膜。

3.根据权利要求1所述的植物栽培系统，其中，所述PVA膜的干燥厚度为5μm～100μm。

4.根据权利要求1～3中任一项所述的植物栽培系统，其中，所述营养液保持单元为水耕栽培槽，其容纳与所述PVA膜的下表面接触设置的营养液。

5.根据权利要求1～3中任一项所述的植物栽培系统，其中，

所述营养液保持单元为具有不透水性表面的材料，所述不透水性表面上方设置有所述PVA膜并与所述PVA膜接触或不接触，且

其中，所述植物栽培系统进一步包括营养液供给单元，其用于将营养液持续或间断地供给至所述PVA膜与所述营养液保持单元之间的位置。

6.根据权利要求5所述的植物栽培系统，其中，所述营养液供给单元包括设置在所述PVA膜和所述营养液保持单元之间的滴灌水管。

7.一种植物栽培方法，其包括：

(1)提供植物栽培系统，其包括：

用于在其上栽培植物的PVA膜，和

与所述PVA膜的下表面接触设置的营养液保持单元，

其中，所述PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度在125％～250％范围内，并且在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的损耗正切值tanδ在0.005～0.2范围内，

其中，所述PVA膜能够通过如下获得：使水含量为5重量％～30重量％范围的PVA膜进行双轴拉伸取向处理，使得纵向拉伸比在1.5倍～5.0倍的范围内，并且横向拉伸比在1.5倍～5.0倍的范围内

(2)在所述植物栽培系统的所述PVA膜上放置植物，以及

(3)使营养液通过所述PVA膜与所述植物接触，从而在所述PVA膜上栽培所述植物。

植物栽培系统和植物栽培方法

技术领域

[0001] 本发明涉及植物栽培系统和植物栽培方法，所述系统和方法采用无孔性亲水性膜，特别是聚乙烯醇(PVA)膜。

背景技术

[0002] 本发明人已经对使用无孔性亲水性膜的营养液栽培技术进行了长时间的各式各样的研究，并且已经公开了下述的植物栽培系统和植物栽培方法：一种植物栽培设备和植物栽培方法，其均使用下述技术，其中在与营养液接触设置的无孔性亲水性膜上栽培植物，同时使所述膜与植物的根一体化(专利文件1)；一种植物栽培设备和植物栽培方法，其均使用下述技术，其中还从无孔性亲水性膜上方进行灌溉(专利文件2)；一种植物栽培系统，其使用下述技术，其中无孔性亲水性膜沿营养液持续移动并与之接触(专利文件3)；一种植物栽培系统，其使用下述技术，其中在无孔性亲水性膜上方隔空气层设置蒸发抑制材料(专利文件4)；以及一种植物栽培系统，其使用下述技术，其中营养液持续供给至无孔性亲水性膜的下表面(专利文件5)。

[0003] 专利文件1：日本再表2004-64499号公报

[0004] 专利文件2：日本特许4425244号公报

[0005] 专利文件3：日本特开2008-182909号公报

[0006] 专利文件4：日本特开2008-193980号公报

[0007] 专利文件5：日本特许4142725号公报

发明内容

[0008] <u>技术问题</u>

[0009] 然而，专利文件1～5的植物栽培系统存在以下问题，当形成强壮根的植物在其下表面与营养液接触放置的无孔性亲水性膜上栽培较长时间后，已与膜紧密接触而形成的植物的根将穿透所述膜。

[0010] 当植物的根穿透所述膜时，植物的根直接与营养液接触，并且因此暴露于已经在营养液中繁殖的细菌和病毒的感染下，由此致使其不能在健康条件下栽培植物。

[0011] 进一步，当植物的根穿透所述膜时，将在膜上形成孔洞，引起营养液穿过该膜流入其上表面，造成根部出现腐烂，由此致使其不能在健康条件下栽培植物。

[0012] 此外，当植物的根穿透所述膜时，植物的根直接与营养液接触，因此致使其不能给植物提供满意水平的水压(其为引起植物通过膜吸收水分而施加的应力)，从而造成植物品质出现下降。

[0013] 同时，如专利文件6所述，为了防止植物的根穿透所述膜，所述膜必须具有至少60μm的厚度。当膜厚度增加时，出现的问题不仅是营养液的渗透速率降低而导致植物出现生长抑制，而且也造成了膜的生产成本变高。

[0014] 专利文件6：日本特开2008-61503号公报

[0015] 技术方案

[0016] 在此情况下，本发明人为了解决上述问题而进行了广泛而深入的研究。作为结果，出乎意料地发现，通过使聚乙烯醇(PVA)膜在30℃水中测得的平衡溶胀度在125％～250％范围内，而能够实现表现出优异的水或营养液的吸收性和渗透性的PVA膜。

[0017] 进一步，除了上述性质，本发明人还关注了聚乙烯醇(PVA)膜的粘弹性，特别是其在预定温度的水中表现出的1Hz下的损耗正切值(tanδ)，并发现，通过使PVA膜在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ)在0.005～0.2范围内，能够实现表现出适于植物栽培的优异的膜强度的PVA膜。基于这些发现而完成了本发明。

[0018] 更具体而言，本发明提供以下方面。

[0019] 1)一种植物栽培系统，其包括：

[0020] 用于在其上栽培植物的聚乙烯醇(PVA)膜，和

[0021] 与所述PVA膜的下表面接触设置的营养液保持单元，

[0022] 其中，所述PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度在125％～250％范围内，并且在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ)在0.005～0.2范围内。

[0023] 2)根据上述第1方面所述的植物栽培系统，其中，所述PVA膜为双轴取向的PVA膜。

[0024] 3)根据上述第1或2方面所述的植物栽培系统，其中，所述PVA膜的干燥厚度为5μm～100μm。

[0025] 4)根据上述第1～3方面中任一方面所述的植物栽培系统，其中，所述营养液保持单元为水耕栽培槽，其容纳与所述PVA膜的下表面接触设置的营养液。

[0026] 5)根据上述第1～3方面中任一方面所述的植物栽培系统，其中，所述营养液保持单元为具有不透水性表面的材料，所述不透水性表面上方设置有所述PVA膜并与所述PVA膜接触或不接触，且

[0027] 其中，所述植物栽培系统进一步包括营养液供给单元，其用于将营养液持续或间断地供给至所述PVA膜与所述营养液保持单元之间的位置。

[0028] 6)根据上述第5方面所述的植物栽培系统，其中，所述营养液供给单元包括设置在所述PVA膜和所述营养液保持单元之间的滴灌水管(drip irrigation tube)。

[0029] 7)一种植物栽培方法，其包括：

[0030] (1)提供植物栽培系统，其包括：

[0031] 用于在其上栽培植物的PVA膜，和

[0032] 与所述PVA膜的下表面接触设置的营养液保持单元，

[0033] 其中，所述PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度在125％～250％范围内，并且在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ)在0.005～0.2范围内，

[0034] (2)在所述植物栽培系统的所述PVA膜上放置植物，以及

[0035] (3)使营养液通过所述PVA膜与所述植物接触，从而在所述PVA膜上栽培所述植物。

[0036] 技术效果

[0037] 通过使用本发明的植物栽培系统(其采用了不仅具有优异的水或营养液的吸收性和渗透性，还具有优异的膜强度的PVA膜)进行植物栽培，可以使植物的根长时间高效和稳定地吸收满意量的营养成分，同时避免引发植物病害的细菌等的感染，还防止植物的根免受引发根腐烂的氧缺乏等的影响，因此使其可以在长时间内持续显著地促进植物生长。

具体实施方式

[0038] 下文将更直观地说明本发明。

[0039] 本发明使用的PVA膜由作为原料的PVA制造。用于制造PVA的方法没有具体限制，且PVA可以通过已知方法制造。也就是，PVA可以通过包括以下方法获得，该方法包括聚合乙烯基酯化合物和使所得的乙烯基酯聚合物皂化。

[0040] 乙烯基酯化合物的实例包括甲酸乙烯基酯、乙酸乙烯基酯、三氟乙烯基乙酸酯、丙酸乙烯基酯、丁酸乙烯基酯、癸酸乙烯基酯、月桂酸乙烯基酯、叔碳酸乙烯基酯、棕榈酸乙烯基酯和硬脂酸乙烯基酯。这些乙烯基酯化合物可以单独使用或组合使用。在上述的乙烯基酯化合物中，从实践上来看，优选乙酸乙烯基酯。

[0041] 在本发明中，只要不对本发明的目的有负面影响，除了乙烯基酯化合物以外，共聚单体可以以约0.5摩尔％～约10摩尔％的量共聚。共聚单体的实例包括烯烃，如丙烯、异丁烯、α-辛烯、α-十二碳烯和α-十八碳烯；不饱和酸，如丙烯酸、甲基丙烯酸、丁烯酸、马来酸、马来酸酐和衣康酸、不饱和酸的盐和不饱和酸的单烷基酯或二烷基酯；腈类，如丙烯腈和甲基丙烯腈；酰胺类，如丙烯酰胺和甲基丙烯酰胺；烯烃磺酸，如乙撑二磺酸、烯丙基磺酸、甲代烯丙基磺酸和烯烃磺酸盐类；烷基乙烯基醚、N-丙烯酰胺甲基三甲基氯化铵、烯丙基三甲基氯化铵、二甲基二烯丙基氯化铵、二甲基烯丙基乙烯基酮、N-乙烯基吡咯烷酮、氯化乙烯、偏二氯乙烯；聚氧化烯(甲基)烯丙基醚，如聚氧乙烯(甲基)烯丙基醚和聚氧丙烯(甲基)烯丙基醚；聚氧化烯(甲基)丙烯酸酯，如聚氧乙烯(甲基)丙烯酸酯和聚氧丙烯(甲基)丙烯酸酯；聚氧化烯(甲基)丙烯酰胺，如聚氧乙烯(甲基)丙烯酰胺和聚氧丙烯(甲基)丙烯酰胺；聚氧乙烯(1-(甲基)丙烯酰胺-1,1-双甲基丙基)酯、聚氧乙烯乙烯基醚、聚氧丙烯乙烯基醚、聚氧乙烯烯丙胺、聚氧丙烯烯丙胺、聚氧乙烯乙烯胺、聚氧丙烯乙烯胺、3,4-二乙酰氧基-1-丁烯，乙烯基乙基碳酸酯和异丙烯基乙酸酯。

[0042] 对于进行聚合(或共聚)的方法没有具体限制。可以使用任何已知的聚合方法。但是，一般采用溶液聚合法，其使用醇作为溶剂，如甲醇、乙醇或异丙醇。当然，可以使用乳液聚合法或悬浮聚合法。

[0043] 聚合反应使用已知的自由基聚合催化剂进行，该催化剂例如偶氮二异丁腈、乙酰过氧化物、苯甲酰过氧化物或月桂酰过氧化物。反应温度选自35℃～200℃的范围内(更优选为50℃～80℃)。

[0044] 获得的乙烯基酯聚合物的皂化通过以下方法进行：将乙烯基酯聚合物溶解在醇或者由醇和脂肪酸酯构成的混合溶剂中，并且所述皂化反应在碱催化剂的存在下进行。醇的实例包括甲醇、乙醇和丁醇。作为溶剂的脂肪酸酯的实例包括乙酸甲酯、乙酸乙酯和乙酸丁酯。同样，其他的溶剂(如苯和己烷)可以与脂肪酸酯组合使用。在具有醇的混合物中，乙烯基酯共聚物的浓度选自20重量％～50重量％的范围内。

[0045] 作为皂化催化剂，可以使用碱催化剂，碱催化剂的实例包括碱金属氢氧化物和醇化物，如氢氧化钠、氢氧化钾、甲醇钠、乙醇钠和甲醇钾。相对于乙烯基酯共聚物，所述催化剂的用量在1毫摩尔当量～100毫摩尔当量的范围内。如果需要，皂化可以使用酸催化剂进行，该酸催化剂例如盐酸、硫酸或对甲苯磺酸。

[0046] PVA的皂化度优选为90摩尔％以上(更优选为95摩尔％以上，还更优选为99摩尔％以上)。当PVA的皂化度低于90摩尔％时，PVA的耐水性可能会不利地降低。

[0047] PVA的平均聚合度优选为1,100以上(更优选为1,300～4,500,还更优选为1,300～4,200)。当平均聚合度小于1,100时,PVA可能不会展示出满意的膜强度并且可能会不利地发生断裂等。本说明书中使用的平均聚合度为根据JIS K6726测量的平均聚合度。

[0048] 关于本发明使用的PVA,从改善耐热性和耐变色性的观点来看,优选的是将乙酸钠的含量调整为0.8重量%以下(更有利地为0.5重量%以下)。

[0049] 对于使用PVA制造膜的方法没有具体限制。所述膜可以通过已知方法制造。制造实例将在下文中进行描述,不过这些实例并不意味着限制本发明的范围。用于制造膜(成膜)的PVA溶液可以是,例如PVA含量(浓度)为5重量%～70重量%的(优选为10重量%～60重量%)的PVA水溶液。

[0050] 如果需要,上述PVA水溶液可适当地掺用常规添加剂。所述添加剂的实例包括:多元醇,如乙二醇、丙三醇、聚乙二醇、二乙二醇、和三乙二醇;抗氧化剂,如酚类和胺类;稳定剂,如磷酸酯类;着色剂、香料、填料/补充剂、消泡剂、脱模剂、紫外线吸收剂、无机粉体与表面活性剂。进一步,可以添加聚乙烯醇以外的水溶性树脂,例如淀粉、羧甲基纤维素、甲基纤维素、羟甲基纤维素。

[0051] 由此制备的PVA水溶液使用成膜机(挤出机)进行成膜。挤出机中的熔融捏合温度优选在55℃～140℃范围内(更优选为55℃～130℃)。当熔融捏合温度低于55℃时,膜表面状况会出现降低。当熔融捏合温度高于140℃时,会出现起泡。挤出的膜进行干燥。干燥温度优选在70℃～120℃范围内(更优选为80℃～100℃)。当干燥温度低于70℃时,会出现干燥需要太长时间或干燥后仍存在太多水分的问题。当干燥温度高于120℃时,膜的柔性会变差,可能导致在随后的拉伸取向步骤中出现困难。

[0052] 为了获得PVA膜,PVA水溶液可直接进行成膜。但是,如果需要,在用于成膜前,PVA水溶液可首先进行制粒或制片。然后,获得的颗粒或薄片可以供给至挤出机以进行成膜。

[0053] 通过上述方法获得的PVA膜可以用于本发明的植物栽培系统。不过,从在柔性和机械强度方面对PVA膜赋予稳定的性能的观点来看,优选的是对所述PVA膜进行拉伸取向处理。拉伸取向处理如下进行描述。

[0054] 拉伸取向处理进行的方式可以实现仅在纵向(机器方向)上的单轴取向。不过,从改善上述属性的观点出发,优选的是拉伸取向处理进行的方式可以实现纵向和横向上的双轴取向。双轴拉伸取向处理可以用相继双轴拉伸和同步双轴拉伸中的任何一种进行。在双轴拉伸取向处理的情况下,优选的是,在拉伸取向处理前,PVA膜的水含量已经调节到5重量%～30重量%范围的数值(更有利地为20重量%～30重量%)。当PVA膜的水含量不在此范围内时,拉伸比不能上升到最大水平。PVA膜的水含量的调节方法没有具体限制。PVA膜的水含量的调节可以通过下述方法进行,例如使干燥操作进行得可获得所需的水含量的方法,或者对水含量少于5重量%的PVA膜进行水浸没或在调湿气氛中处理以获得所需的水含量的方法。

[0055] 对于拉伸比没有具体限制。但是,优选的是,纵向拉伸比在1.5倍～5.0倍的范围内,更有利地为2.0倍～5.0倍,并且横向拉伸比在1.5倍～5.0倍的范围内,更有利地为2.0倍～5.0倍。当纵向拉伸比小于1.5倍时,将不能获得性质的改善(即在水中的溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ)减小)。当纵向拉伸比大于5.0倍时,可能会出现纵向裂开。当横向拉伸比小于1.5倍时,将不能获得性质的改善(即在水中的溶胀状态下测得的损耗正切值(tan δ)的减小)。当横向拉伸比大于5.0倍时,将出现膜断裂。

[0056] 在双轴拉伸取向处理步骤后,优选的是进行热固定(thermal fixing)。热固定的温度优选为以下温度,其低于聚乙烯醇的熔融温度。但是,当热固定的温度比聚乙烯醇的熔融温度低80℃以上时,将出现尺寸稳定性差和收缩变大的问题。另一方面,当热固定的温度高于聚乙烯醇的熔融温度时,膜厚度变得差异很大。例如,当聚乙烯醇为乙酸乙烯基酯均聚物的皂化产物时,热固定的温度优选在140℃～250℃的范围内,且热固定的时间优选在1秒～30秒的范围内,更优选为5秒～10秒。

[0057] 关于PVA膜,热固定的温度越高且热固定的时间越长,在水中的溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ)就越小。因此,通过适当地控制热固定的温度和时间,可以获得所需的属性值,即在水中的溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ)。热固定可以在单一步骤中进行,或在使用不同温度和不同时间的多个步骤中进行。从容易获得所需的属性值(即在水中的溶胀状态下测得的损耗正切值(tanδ))的角度来看,优选的是热固定在多个步骤中进行。

[0058] 如果需要,所获得的双轴取向的PVA膜可以用水清洗并干燥。进行清洗的方法和进行干燥的方法没有具体限制。例如,清洗和干燥可以通过下述方法进行:将PVA膜浸入适宜温度的水浴中以引起PVA膜吸水,将PVA膜从水浴中取出然后在室温或高温下吹送空气以干燥PVA膜,从而将PVA膜的水含量调节到所需值。

[0059] 优选的是,本发明使用的PVA膜具有5μm～100μm(更有利地为10μm～60μm)的厚度。当膜厚度小于上述范围时,PVA膜不能抵抗植物根的穿透。当膜厚度大于上述范围时,肥料成分渗透穿过PVA膜需要太多的时间。从工业生产性角度来看,上述范围也是有利的。

[0060] 优选的是,本发明使用的PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度在125％～250％的范围内,更有利地为150％～200％。当PVA膜的平衡溶胀度小于上述范围时,水和肥料成分穿过PVA膜的渗透变得不令人满意,由此会使植物的生长速度变慢。另一方面,当PVA膜的平衡溶胀度大于上述范围时,PVA膜在水中的强度变低,导致PVA膜不能抵抗植物根的穿透。

[0061] PVA膜在30℃水中的平衡溶胀度的测量如下。首先,从干燥状态的PVA膜上截取具有20cm×20cm正方形形状的PVA膜,测量其重量(a)(单位g)。接下来,将截取的PVA膜浸入30℃水中并停留30分钟。随后,将PVA膜从水中取出,快速除去PVA膜表面上的多余水分,并测量PVA膜的重量(b)(单位g)。平衡溶胀度通过下式计算:b/a×100％。

[0062] 本发明使用的PVA膜所需的动态粘弹性行为是这样的,在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的PVA膜的存储弹性模量(G')在5,000Pa～100,000Pa范围内,更优选为10,000Pa～80,000Pa。

[0063] 本发明使用的PVA膜所需的另一动态粘弹性行为是这样的,在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的PVA膜的损耗弹性模量(G")在100Pa～10,000Pa范围内,更优选为300Pa～8,000Pa。

[0064] 本发明使用的PVA膜所需的另一动态粘弹性行为是这样的,在30℃水中的平衡溶胀状态下测量时,PVA膜的损耗正切值(tanδ)(其为损耗弹性模量(G")与存储弹性模量(G')的比率(G"/G'))在0.005～0.2的范围内,更优选为0.01～0.1。

[0065] 当在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的PVA膜的损耗正切值(tanδ)大于上述范围时,可能出现根穿透PVA膜。另一方面,当在30℃水中的平衡溶胀状态下测得的PVA膜的损耗正切值(tanδ)小于上述范围时,所述膜的柔性变差并且可能发生脆性断裂。

[0066] 经水溶胀的PVA膜为水凝胶，并表现为粘弹性体。当对粘弹性体施加应力使其变形时，大部分所施加的应力作为内部形变能量存储，这在除去所施加的应力时转而又充当回复的驱动力。但是，部分所施加的应力通过形变导致的分子运动的内部摩擦而消耗，并最终转化为热量。指示该内部摩擦大小的值为损耗正切值(tanδ)。

[0067] 因此，经水溶胀的PVA膜具有较小损耗正切值(tanδ)的事实意味着PVA膜较强的在变型后回复其初始形状的性质。反过来说，经水溶胀的PVA膜具有较大损耗正切值(tanδ)的事实意味着，当对经水溶胀的PVA膜施加形变应力时，PVA膜本身可能发生分子运动，并且通过形变消除应力。

[0068] 据认为，植物的根穿透PVA膜以下述方法进行。与膜紧密接触放置的根为了搜寻在膜下表面的下方存在的营养成分而向下生长，而拖动膜向下移动。在这一过程中，根的生长在膜中产生应力。在PVA膜具有较大损耗正切值(tanδ)的情况下，PVA膜本身发生分子运动并且由此通过形变消除应力。具有大损耗正切值(tanδ)的PVA膜继续发生此种形变，并最终被根穿透。也就是，经水溶胀的PVA膜导致韧性断裂。

[0069] 另一方面，在PVA膜具有较小损耗正切值(tanδ)的情况下，尽管与膜紧密接触放置的植物根的生长在膜中产生应力，但大部分应力存储为内部形变能量。植物的根继续生长并为了在膜上搜寻新的接触点而扩张。当根的生长点找到并且粘附至新的接触点时，植物的根施加在PVA膜上的应力将被移除，并且所述膜通过存储的内部形变能量而回复其初始形状。因此，据认为，在水溶胀的PVA膜具有较小损耗正切值(tanδ)的情况下，避免了植物根穿透膜。

[0070] 在本发明中，PVA膜在水中的平衡溶胀状态下的动态粘弹性行为通过以下方法测量。使PVA膜在30℃水中浸泡30分钟。对由此处理的PVA膜在30℃饱和水蒸汽的环境中施加1Hz的振动，并对所述PVA膜进行存储弹性模量(G’)、损耗弹性模量(G”)和损耗正切值(tanδ)的测量。

[0071] 在本发明中，PVA膜在水中的平衡溶胀状态下的动态粘弹性行为借助应力控制类型粘弹性测量装置(流变仪AR-500，TA Instruments Japan Inc制造并销售)测量。

[0072] 测量池的形状和尺寸：具有铝制溶剂收集器的不锈钢平行圆盘(直径：4.0cm)

[0073] 测量频率：1Hz

[0074] 测量温度：30℃

[0075] 施加的应力与位移：在线性区域。具体来说，例如，所施加的压力为10Pa～200Pa，位移为10^{-6}弧度～10^{-5}弧度。

[0076] 具体程序如下。

[0077] 1)使要进行测量的PVA膜在30℃水中浸泡30分钟。

[0078] 2)将已通过上述操作达到平衡溶胀状态的PVA膜从水中取出，从其上截取直径为4cm的圆形膜，使其适应用作测量装置的不锈钢平行圆盘(直径：4.0cm)。

[0079] 3)将溶剂收集器和作为溶剂的水放在测量设备中，同时保持膜紧密接触测量设备，并将获得的体系安装在测量装置上。

[0080] 4)使测量平台升高，使要进行测量的PVA膜夹在测量设备和测量平台之间，并调节间距使膜紧密接触测量设备和测量平台。在该操作过程中，小心确保PVA膜、测量设备和测量平台之间不发生滑动，并且所述膜不被压缩。

[0081] 5)将测量平台的温度设定在30℃，并在使应力和位移处于线性区域的条件下以1Hz的测量频率测量动态粘弹性。

[0082] 在本发明中，用上述方式制造的PVA膜用于植物栽培系统以栽培植物。所述植物栽培系统和所述植物栽培方法在下文具体说明。

[0083] 〈植物栽培系统〉

[0084] 在本发明的植物栽培系统中，PVA膜是常见的构成要素。但是，根据营养液保持单元的类型，本发明的植物栽培系统大致分为2类。第1类为在营养液保持单元为容纳营养液(其与PVA膜的下表面接触设置)的水耕栽培槽的植物栽培系统。此类植物栽培系统公开于专利文件1中。

[0085] 第2类为下述植物栽培系统，其中营养液保持单元为具有不透水性表面的材料，该不透水性表面上方设置有PVA膜并与该PVA膜接触或不接触，且

[0086] 其中，所述植物栽培系统进一步包括营养液供给单元，其用于将营养液持续或间断地供给至PVA膜和营养液保持单元之间的位置。

[0087] 营养液供给单元的代表性实例为，设置在PVA膜和所述营养液保持单元之间的滴灌水管。也就是，第2类植物栽培系统具有下述多层结构，其中PVA膜直接或间接设置在用作基材层的营养液保持单元的上方，并与其接触或不接触。此类植物栽培系统公开于专利文件5中。

[0088] 图1为第1类植物栽培系统的基本实施方式实例的截面示意图。在图1的植物栽培系统中，容纳营养液(3)(其包含肥料成分)的水耕栽培槽(2)设置在本发明的PVA膜(1)下方。所述营养液(3)由PVA膜(1)吸收。植物(4)的根(5)与PVA膜(1)的上表面紧密接触放置，并且能够吸收PVA膜(1)中包含的水和肥料成分。

[0089] 如果需要，可以在PVA膜(1)的上方设置植物栽培支持体(6)(如土壤)和/或水蒸汽不透过性或半透过性的蒸发抑制材料(例如，下文所述的覆盖材料)或种植板(7)，并与其接触或不接触。通过在PVA膜(1)的上方设置植物栽培支持体(6)并与其接触或不接触，能够实现保护植物根的作用。另外，蒸发抑制材料或种植板(7)的使用使得从PVA膜(1)蒸发进入大气的水蒸气能够凝结在蒸发抑制材料的表面上或植物栽培支持体(6)的内部，从而使得植物能够利用由水蒸气凝结成的水。

[0090] 在使用本发明的植物栽培系统时，包含肥料成分的营养液(3)通过PVA膜(1)供给至植物。另一方面，在将植物根浸入水(或营养液)的传统水耕栽培法中，水或营养液的表面与大气接触，所以大气中的细菌和真菌容易侵入植物并在植物根中生长，由此严重地抑制了植物的生长或引发植物病害。

[0091] 在将植物根浸入水(或营养液)的传统水耕栽培法中，植物根吸收溶解在水中的氧，并且用于植物栽培的溶解在水中的氧量必须至少保持在一定水平。另一方面，在使用本发明的植物栽培系统时，植物根存在于PVA膜(1)上方的大气中，由此植物可以吸收大气中的氧。

[0092] 另外，如果需要，PVA膜(1)上可以提供喷雾单元(8)(例如阀)，其用于间断地喷洒水、营养液或稀释的农药溶液。使用喷雾单元(8)的有利之处在于，其能够实现间断式喷洒以下物质的自动化：特别是在夏季，喷洒冷却水；以叶面喷洒(foliar spray)的形式喷洒用于冷却环境和供给肥料成分的营养液；喷洒包含喷洒用农药的水或营养液。

[0093]　在使用本发明的植物栽培系统时，为了通过PVA膜(1)吸收营养液，在PVA膜(1)上栽培的植物的根将与PVA膜(1)基本上一体化。为了促进根与PVA膜(1)的“一体化”，优选的是将营养液供给至所述膜(1)的下表面。

[0094]　与仅将水供给至PVA膜(1)的下表面的情况相比，将营养物供给至PVA膜(1)的下表面不仅大大改善了植物生长，而且还大大改善了根与PVA膜(1)的附着强度。这表明植物通过膜吸收的不仅是水分，还有肥料成分。进一步，据认为，为了有效地通过膜吸收水分和肥料成分，根需要强力且牢固地附着至膜表面，并且该强力且牢固的附着会引起根与膜的一体化。

[0095]　在根与膜的“一体化”完成之前，当将过量的水供给至PVA膜(1)的上侧时，根从更容易吸收的膜的上侧吸收水分，因此减少了从膜的下表面吸收水分的必要性。结果，根与膜的一体化趋于变困难。所以，在根已经与膜一体化以前，优选的是避免对膜的上侧供给过量的水。另一方面，在根与PVA膜(1)一体化后，适当时可以将水/营养液供给至所述膜的上侧。

[0096]　〈植物栽培系统部件的特征〉

[0097]　下文将对本发明的植物栽培系统部件的特征做出说明。关于此种特征(或功能)，必要时可以参考本发明人的文献(专利文件1～5)的“具体实施方式”和“实施例”。

[0098]　(PVA膜)

[0099]　在本发明的植物栽培系统中，用于在其上栽培植物的PVA膜是不可缺少的。用于制造本发明所用的膜的方法和所述膜的特征性质已经在上文说明。优选的是，所述膜不仅具有上述特征性质，而且还具有下述全部特征。

[0100]　(一体化测试)

[0101]　重要的是，本发明的植物栽培系统使用的PVA膜“能够与植物根基本上一体化”。在本发明中，“能够与植物根基本上一体化”的膜是指相对于已经在其上栽培35天的植物根展现出剥离强度为10g以上的膜。用于测量膜与植物根的一体化程度的“一体化测试”如下进行。

[0102]　测量使用“滤水篮盆两件套(sieve basket-bowl set)”进行。滤水篮盆两件套包括滤水篮和盆，其中滤水篮容纳在盆中。将要测试的膜(尺寸:200mm×200mm)放在滤水篮盆两件套的滤水篮中，将150g蛭石(水含量:73％；干重:40g)放在滤水篮上的膜上，并将两个红叶生菜苗(每个具有至少一片主叶)种植在蛭石上。另一方面，将240g～300g营养液供给至滤水篮盆两件套的盆中。包含上述膜的滤水篮容纳在盆中，使得所述膜与营养液接触从而开始栽培红叶生菜苗。栽培在温室中于下述条件下进行35天，其中温度为0℃～25℃，湿度为50％RH～90％RH，并使用自然光。由此栽培的植物通过切去植物根附近的茎和叶子而从膜上移除。从膜上截取各自的宽度为5cm(长度约20cm)且附着有根的测试样本，使得植物的茎位于每个测试样本的中心。

[0103]　使商购的夹子连接在从弹簧秤垂挂的钩上，并用夹子夹住如上获得的测试样本的一端，然后记录弹簧秤所指示的重量(A克)(对应于测试样本的皮重)。随后，用手握住测试样本中心处的植物茎，轻轻地向下拉以使根与膜分离(或脱离)，同时记录弹簧秤所指示的重量(B克)(对应于外加载荷)。由该值减去皮重(即，B克减A克)得出宽度为5cm的剥离载荷。将该剥离载荷指定为膜的剥离强度。

[0104]　本发明使用的PVA膜的剥离强度优选为10g以上，更优选为30g以上，特别优选地为

100g以上。

[0105] (离子渗透性测试)

[0106] 在本发明中,作为确定PVA膜是否“能够与植物根基本上一体化”的衡量标准,可以提到离子渗透性平衡。

[0107] 当使用本发明的植物栽培系统栽培植物时,植物通过膜吸收离子形式的肥料。因此,供给至植物的肥料成分量受膜的盐(离子)渗透性影响。优选的是,使用离子渗透性为4.5dS/m以下的PVA膜,该离子渗透性以水/含盐溶液体系中的电导率(EC)差计。EC差通过以下过程确定:使水通过膜与0.5质量%的含盐溶液(其中,所述水与含盐溶液放在用膜分隔的单独隔室中)接触,在开始接触后第4天(96小时)测量水和含盐溶液各自的EC,并计算在水和含盐溶液之间的EC差。

[0108] 水/含盐溶液体系中的电导率(EC)差更优选为3.5dS/m以下,特别优选为2.0dS/m以下。使用这样的膜能够适当地将水或肥料溶液供给至根,由此容易促进根与膜的一体化。

[0109] 电导率(EC)是溶解在溶液中的盐(或离子)量的衡量标准,其也称为“比电导率”。EC表示在彼此以1cm的距离隔开且各自截面积为1cm^{2}的两个电极间的电导率。使用的单位为西门子(S),溶液的EC值表达为S/cm。但是,因为肥料溶液的EC很小,在本说明书中使用单位“mS/cm”(为S/cm的1/1000)(单位国际系统使用的单位为dS/m,其中d表示十分之一)。

[0110] 膜的离子渗透性可以如下测量。将10克商购的食盐溶解在2,000ml水中制备0.5%含盐溶液(EC:约9dS/m)。测量使用“滤水篮盆两件套”进行。滤水篮盆两件套包括滤水篮和盆,其中滤水篮容纳在盆中。将要测试的膜(尺寸:200mm～260mm×200mm～260mm)放在滤水篮盆两件套的滤水篮中,并将150g水倒在滤水篮上的膜上。另一方面,将150g如上制备的含盐溶液放入滤水篮盆两件套的盆中。将包含膜和水的滤水篮容纳在含有含盐溶液的盆中,并将整个所得系统用食物包装用树脂膜(聚偏二氯乙烯膜,商品名:Saran Wrap(注册商标),由Asahi Kasei公司制造和销售)包裹,以阻止水从系统中蒸发出。使所得系统静置在室温下,每隔24小时测量水和含盐溶液的EC值。更具体来说,使用滴管将少量的样品(即水或含盐溶液)放在电导率计的测量部(传感器部),以测量如上定义的电导率,从而测量样品的电导率。

[0111] (水/葡萄糖溶液渗透性测试)

[0112] 在本发明中,为了促进植物根通过PVA膜吸收营养物(有机物),优选的是,PVA膜还展现出特定的葡萄糖渗透性水平。优选的是,具有此种优异的葡萄糖渗透性的PVA膜展现出的在栽培温度于水和5%葡萄糖水溶液之间测定的Birx浓度(%)差为4以下,其中,Birx浓度(%)差通过下述方法测定,其包括使水和葡萄糖溶液通过膜接触(其中水和葡萄糖溶液放在用膜分隔的单独隔室中),在开始接触后第3天(72小时),测量水和葡萄糖溶液各自的Birx浓度(%),并计算水和葡萄糖溶液的Birx浓度(%)差。Birx浓度(%)差更优选为3以下,还更优选为2以下,特别优选为1.5以下。

[0113] 膜的葡萄糖溶液渗透性可以如下测量。

[0114] 使用商购的葡萄糖(右旋糖)制备5%葡萄糖溶液。使用与上述离子渗透性测试中所用相同的“滤水篮盆两件套”。将要测试的PVA膜(尺寸:200mm～260mm×200mm～260mm)放在滤水篮盆两件套的滤水篮中,并将150g水倒在膜上。另一方面,将150g如上制备的葡萄糖溶液放到滤水篮盆两件套的盆中。将包含膜和水的滤水篮容纳在包含葡萄糖溶液的碗中,

并将整个所得系统用食物包装用树脂膜(聚偏二氯乙烯膜，商品名:Saran Wrap(注册商标)，由Asahi Kasei公司制造和销售)包裹，以阻止水从系统中蒸发出。使所得系统静置在室温下，每隔24小时使用糖度计(Brix meter)测量水和葡萄糖溶液的糖含量(Birx浓度(%))。

[0115] (耐水压)

[0116] 在本发明中，优选的是，PVA膜的以耐水压计的不透水性为10cm以上。这是因为使用这样的PVA膜可促进根与膜的一体化。进一步，使用这样的PVA膜有利于容易地对根提供足够的氧供应，并有利于防止其受病原菌的污染。

[0117] 膜的耐水压可根据JIS L1092(方法B)测量。优选的是，本发明使用的PVA膜的耐水压为10cm以上，更有利地为20cm以上，还更有利地为30cm以上，特别有利地为200cm以上。

[0118] 〈植物栽培支持体〉

[0119] 在本发明的植物栽培系统中，为了保护植物的根，可以在PVA膜上设置植物栽培支持体(如土壤)。对于植物栽培支持没有具体限制。可以使用任何常用土壤或者培养介质。作为这样的土壤或者培养介质，可以提到例如用于土耕栽培的土壤和用于水耕栽培的培养介质。

[0120] 可用作植物栽培支持体的无机材料的实例包括:天然材料，如沙、砂砾和浮石砂；加工后的材料(例如高温煅烧产物)，例如岩石纤维、蛭石、珍珠岩、陶瓷和炭化稻壳。可用作植物栽培支持体的有机材料的实例包括:天然材料，如泥炭苔、椰纤维、树皮介质、外壳，泥炭(Nitan)和草炭(Sotan)；及合成材料，如颗粒状酚醛树脂。上述材料可以单独使用或任意组合使用。进一步，也可使用合成纤维制造的编织物或者无纺布。

[0121] 可以向上文说明的栽培支持体添加最小需求量的营养物(例如，肥料或微量营养成分)。对于添加到栽培支持体中的此种营养物，根据本发明人的发现，优选的是，向PVA膜上的植物栽培支持体添加的营养物的量为植物的根生长至植物能够通过PVA膜吸收水分或者营养液的程度时所必需的，换句话说，为根与膜一体化时所必需的。

[0122] 〈营养液保持单元〉

[0123] 本发明的植物栽培系统包括用于将营养液保持在PVA膜下方的营养液保持单元。作为营养液保持单元，可以使用具有用于容纳营养液的容器形状的营养液保持单元，和具有不透水性表面并起到基材功能的营养液保持层。

[0124] 对具有用于容纳营养液的容器形状的营养液保持单元没有具体限制，只要其是能够保持所需量的营养液的容器即可。作为营养液保持单元的材料，从轻量化、容易成型和节省成本的观点来看，有利的是使用通用塑料，如聚苯乙烯，聚丙烯，聚氯乙烯，聚乙烯和聚丙烯酸酯。例如，可以使用传统的水耕栽培槽。

[0125] 对营养液保持层的不透水性表面没有具体限制，只要其由不透水性材料制成即可。此种材料的实例包括合成树脂、木材、金属和陶瓷。对营养液保持层的形状也没有具体限制。例如，营养液保持层可以是膜、片、板或箱的形式。

[0126] 对营养液供给装置没有具体限制，只要其常规用于持续或间断地供给水或营养液即可。在本发明中，优选的是使用滴灌水管(也称为“滴灌管(drip tube)”)，其能够少量地(bit by bit)供给营养液。通过使用滴灌水管进行滴灌，使得以植物生长所必需的最小量供给水或肥料成为可能。

[0127] 同时，在植物栽培系统包括营养液保持层和营养液供给单元的实施方式中，吸水性材料可以设置在所述PVA膜和营养液保持层的不透水性表面之间，以辅助将营养液供给至PVA膜。对吸水性材料基本上没有具体限制，只要其能够吸收并在其中保持水分即可。例如，可使用由合成树脂制造的海绵或无纺布；编织物；植物来源的纤维，碎片和粉末；和通常用作植物栽培支持体的其他材料，如泥炭苔和苔藓。

[0128] 对可使用本发明植物栽培系统栽培的植物没有具体限制。使用本发明的植物栽培系统可以栽培在农业、林业和园艺领域中通常生长的所有植物。

[0129] 〈栽培方法〉

[0130] 本发明的栽培方法包括：

[0131] (1)提供植物栽培系统，其包括：

[0132] 用于在其上栽培植物的PVA膜，

[0133] 用于促进植物生长的营养液，所述营养液与PVA膜的下表面接触设置，及

[0134] 用于使营养液保持在PVA膜下方的营养液保持单元，

[0135] (2)在植物栽培系统的PVA膜上放置植物，以及

[0136] (3)使营养液通过PVA膜与植物接触，从而在PVA膜上栽培植物。

[0137] 待使用本发明的植物栽培系统栽培的植物可以以种子或幼苗形式设置在其中已经吸收了营养液的PVA膜上。在植物以种子形式设置在PVA膜上的情况下，必须使种子发芽和生根，为此目的而进行少量的灌溉。因为膜上存在大量的水会阻碍植物根与膜的一体化，因而灌溉量必须限制到使种子发芽和生根所必需的最小量。

[0138] 另一方面，在植物以幼苗形式设置在PVA膜上的情况下，则无需为了发芽和生根进行灌溉。但是，植物的根附近必须保持潮湿以防止植物的根在其扩展并与膜一体化以便能够从膜中吸收水分和营养成分之前干燥。

[0139] 优选的是，在膜上设置具有高水保持特性的植物栽培支持体，因为植物的根附近可容易保持潮湿，同时可阻止膜上存在大量的水。

[0140] 下文将通过参照以下实施例更详细地说明本发明。

[0141] 实施例

[0142] PVA膜制造实施例

[0143] 实施例1(F-1)

[0144] 使用恒容量泵，通过将40份PVA(平均皂化度：99.7摩尔%；平均聚合度：1,700；在25℃测得的4%水溶液粘度：40mPa·s；乙酸钠含量：0.3%)溶解在60份水中得到的聚乙烯醇水溶液供给至夹套温度为60℃～150℃的双螺杆捏合挤出机(螺杆L/D比＝40)，以在500kg/hr的排出速率下进行挤出。将获得的挤出产物立即加压送入单螺杆挤出机(螺杆L/D比＝30)中，并在85℃～140℃的温度下在其中捏合。获得的捏合产物通过T型模流延至已冷却到5℃的流延辊上，并在其上固化，从而制造冷却的膜。将冷却的膜从流延辊上剥离，随后使用10个各自温度为90℃的转动加热辊干燥30秒，从而制备水含量为25%的PVA膜。

[0145] 使用拉幅拉伸机将所述PVA膜以3倍纵向拉伸比拉伸，然后以3.5倍横向拉伸比拉伸，从而获得双轴取向的PVA膜。所述PVA膜在130℃进行8秒的热处理(第一阶段热处理)，然后在170℃进行8秒的另一热处理(第二阶段热处理)，从而获得水含量为0.8%的双轴取向的PVA膜(F-1；厚度：30μm)。

[0146] 将由此获得的厚度为30μm的膜截切为卷曲方向上为20.0cm的长度和宽度方向上为20.0cm的长度，从而获得正方形膜。对所述正方形膜的重量进行测量，结果为1.55g。将所述正方形膜浸入30℃的水中30分钟。获得的溶胀膜的重量为2.85g。PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度经计算为：(2.85/1.55)×100＝184％。

[0147] 实施例2(F-2)

[0148] 以与实施例1基本上相同的方式获得水含量为0.8％的双轴取向的PVA膜(F-2；厚度：40μm)，不同之处在于，通过将5℃流延辊和后续辊的速度改变至各自为实施例1中那些辊的0.75倍大的值，来制备水含量为25％的PVA膜。以与实施例1基本上相同的方式确定PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为183％。

[0149] 实施例3(F-3)

[0150] 以与实施例1基本上相同的方式获得水含量为0.8％的双轴取向的PVA膜(F-3；厚度：30μm)，不同之处在于，使用拉幅拉伸机获得的双轴取向的PVA膜在145℃进行8秒的热处理(第一阶段热处理)，然后在180℃进行8秒的另一热处理(第二阶段热处理)。以与实施例1基本上相同的方式确定PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为152％。

[0151] 实施例4(F-4)

[0152] 以与实施例3基本上相同的方式获得水含量为0.8％的双轴取向的PVA膜(F-4；厚度：40μm)，不同之处在于，通过将5℃流延辊和后续辊的速度改变至各自为实施例3中那些辊的0.75倍大的值，来制备水含量为25％的PVA膜。以与实施例1基本上相同的方式确定PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为152％。

[0153] 比较例1(F-5)

[0154] 将PVA(平均皂化度：99.7摩尔％；平均聚合度：1,700；在25℃测得的4％水溶液粘度：40mPa·s；乙酸钠含量：0.3％)，12份作为增塑剂的甘油，1.2份作为表面活性剂的聚氧乙烯山梨聚糖单月桂酸酯溶解在水中，以获得18％水分散液。根据流延成膜法，使用具有用不锈钢制造的环形带的成膜机，以10m/分钟的速率由上述水分散液制得膜。所述膜在120℃干燥，从而获得PVA膜(F-5；厚度：70μm)。以与实施例1基本上相同的方式确定PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为200％。

[0155] 比较例2(F-6)

[0156] 以与比较例1基本上相同的方式获得PVA膜，不同之处在于，将形成膜的速率改变为12m/分钟。厚度为60μm的PVA膜在200℃干燥60秒，从而获得经热处理的膜(F-6；厚度：60μm)。以与实施例1基本上相同的方式确定PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为127％。

[0157] 比较例3(F-7)

[0158] 使用恒容量泵，通过将40份PVA(平均皂化度：99.7摩尔％；平均聚合度：1,700；在25℃测得的4％水溶液粘度：40mPa·s；乙酸钠含量：0.3％)溶解在60份水中得到的聚乙烯醇水溶液供给至夹套温度为60℃～150℃的双螺杆捏合挤出机(螺杆L/D比＝40)，以在500kg/hr的排出速率下进行挤出。将获得的挤出产物立即加压送入单螺杆挤出机(螺杆L/D比＝30)中，并在85℃～140℃的温度下在其中捏合。获得的捏合产物通过T型模流延至已冷却到5℃的流延辊上，并在其上固化，从而制造冷却的膜。将冷却的膜从流延辊上剥离，随后使用10个各自温度为90℃的转动加热辊干燥30秒，从而制备水含量为25％的PVA膜。使用拉

幅拉伸机将所述PVA膜以3倍纵向拉伸比拉伸，然后以3.5倍横向拉伸比拉伸，从而获得双轴取向的PVA膜。所述PVA膜在165℃进行8秒的热处理(第一阶段热处理)，然后在205℃进行8秒的另一热处理(第二阶段热处理)，从而获得水含量为0.8%的双轴取向的PVA膜(F-7;厚度:25μm)。以与实施例1基本上相同的方式确定PVA膜在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为118%。

[0159] 比较例4(F-8)

[0160] 对于由美比欧公司制造并销售的“imec膜”(厚度:65μm)，以与实施例1基本上相同的方式确定其在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为148%。

[0161] 比较例5(F-9)

[0162] 对于由美比欧公司制造并销售的“imec膜2”(厚度:60μm)，以与实施例1基本上相同的方式确定其在30℃水中测得的平衡溶胀度，结果为153%。

[0163] 实施例5(动态粘弹性测量)

[0164] 将实施例1～4和比较例1～5的膜样品(F-1)～(F-9)分别浸入30℃的水中30分钟，并从各膜样品上截取直径为4cm的圆形膜。借助压力控制型粘弹性测量装置(rheometer AR-500，由TA Instruments Japan Inc.制造和销售)，对圆形膜分别进行动态粘弹性行为测量。

[0165] 测量条件如下。

[0166] 测量池的形状和尺寸:具有铝制溶剂收集器的不锈钢平行圆盘(直径:4.0cm)

[0167] 测量频率:1Hz

[0168] 测量温度:30℃

[0169] 施加的应力与位移:在线性区域。具体来说，例如，所施加的压力为10Pa～200Pa，位移为10^{-6}弧度～10^{-5}弧度。

[0170] 具体程序如下。

[0171] 将已达到平衡溶胀状态的PVA膜从水中取出，从其上截取直径为4cm的圆形膜，以适应用作测量设备的不锈钢平行圆盘(直径:4.0cm)。将溶剂收集器和作为溶剂的水放在测量设备中，同时保持膜紧密接触测量设备，并将获得的体系安装在测量装置上。接下来，使测量平台升高，使要进行测量的PVA膜夹在测量设备和测量平台之间，并调节间距使膜紧密接触测量设备和测量平台。在该操作过程中，小心确保PVA膜、测量设备和测量平台之间不发生滑动，并且所述膜不被压缩。将测量平台的温度设定在30℃，并在使应力和位移处于线性区域的条件下以1Hz的测量频率测量动态粘弹性。各样品的结果汇总在下表1中以进行比较。

[0172] 实施例6(根穿透测试)

[0173] 将600ml营养液(Otsuka House A处方EC＝2，由Otsuka Chemical Co.,Ltd.制造并销售)放置在苯乙烯树脂盘(纵向尺寸:19.5cm×横向尺寸:12.5cm×深度尺寸:5.5cm)。将实施例和比较例中制造的A4大小的各个PVA膜分别设置在营养液中，使得该膜的一个表面与营养液接触放置。将椰壳片以50g/1m^{2}的量放在PVA膜上以形成厚度为1.5cm的土壤，并将草坪草种子(被称为“黑麦草-爱神特(accent)”的西方草坪，由Snow Brand Seed Co.,Ltd.制造并销售)播种在其上。种子通过用喷洒器洒水分而充分地给水，将整个所获得的体系用半透明的聚乙烯膜(YK片，由Yoshikawa Sangyo公司制造并销售;厚度:10μm)包裹以防

止所述体系干燥。包裹的体系保持在25℃室内，并在6:00～20:00时间段使用日光灯在以下条件下栽培，该条件为从播种时刻到植物根扩展并附着在PVA膜上的时刻的阶段(第一阶段)的照明度为2,000lux，并且植物根系已扩展并附着在PVA膜后的阶段(第二阶段)的照明度为6,000lux，条件是，在第二阶段开始后，半透明的聚乙烯膜在几天内逐渐移除。测试的结果显示在下表1中以进行比较。根穿透根据下列标准评价：

[0174]　“○”(良好)：从开始栽培的第150天或150天后观察到根穿透PVA膜；

[0175]　“×”(不良)：从开始栽培的150天前观察到根穿透PVA膜；及

[0176]　“-”(不可测量)：植物生长差，根未扩展并附着至PVA膜。

[0177]　表1

[0178]

	膜厚度 (μm)	损耗正切值 (tan δ) (G''/ G')	在 30℃水中的平衡溶胀度	根穿透时的天数
实施例 1 (F-1)	30	0.072	184%	○ (150 天以上)
实施例 2 (F-2)	40	0.060	183%	○ (150 天以上)
实施例 3 (F-3)	30	0.044	152%	○ (150 天以上)
实施例 4 (F-4)	40	0.037	149%	○ (150 天以上)
比较例 1 (F-5)	70	0.234	200%	× (59 天)
比较例 2 (F-6)	60	0.220	127%	× (22 天)
比较例 3 (F-7)	25	0.048	118%	-
比较例 4 (F-8)	65	0.341	148%	× (38 天)
比较例 5 (F-9)	60	0.350	153%	× (59 天)

[0179]　在实施例1～4中，植物生长良好，植物根很好地扩展并附着到PVA膜上，并在150天以上的时间内防止根穿透PVA膜的出现。另一方面，在比较例3中，PVA膜展现出较低的营养成分渗透性，因此抑制了植物生长。在比较例1、2、4和5中，PVA膜的强度并不令人满意，因为在相对较短的时间内出现了植物根穿透PVA膜。

[0180]　工业应用性

[0181]　通过使用本发明的植物栽培系统(其采用了不仅具有优异的水或营养液的吸收性和渗透性，还具有优异的膜强度的PVA膜)进行植物栽培，可以使植物的根长时间高效和稳定地吸收满意量的营养成分，同时避免引发植物病害的细菌等的感染，还防止植物的根免受引发根腐烂的氧缺乏等的影响，因此使其可以在长时间内持续显著地促进植物生长。因此，本发明可用于许多领域中，如与植物栽培有关的领域，例如，农业、园艺和药物制造。

附图说明

[0182] 图1是本发明的植物栽培系统的基本实施方式实例的截面示意图。

[0183] 附图标记说明

[0184] 1:PVA膜;2:水耕栽培槽;3:营养液;4:植物体;5:根;6:植物栽培支持体;7:蒸发抑制材料或种植板;和8:喷雾单元。

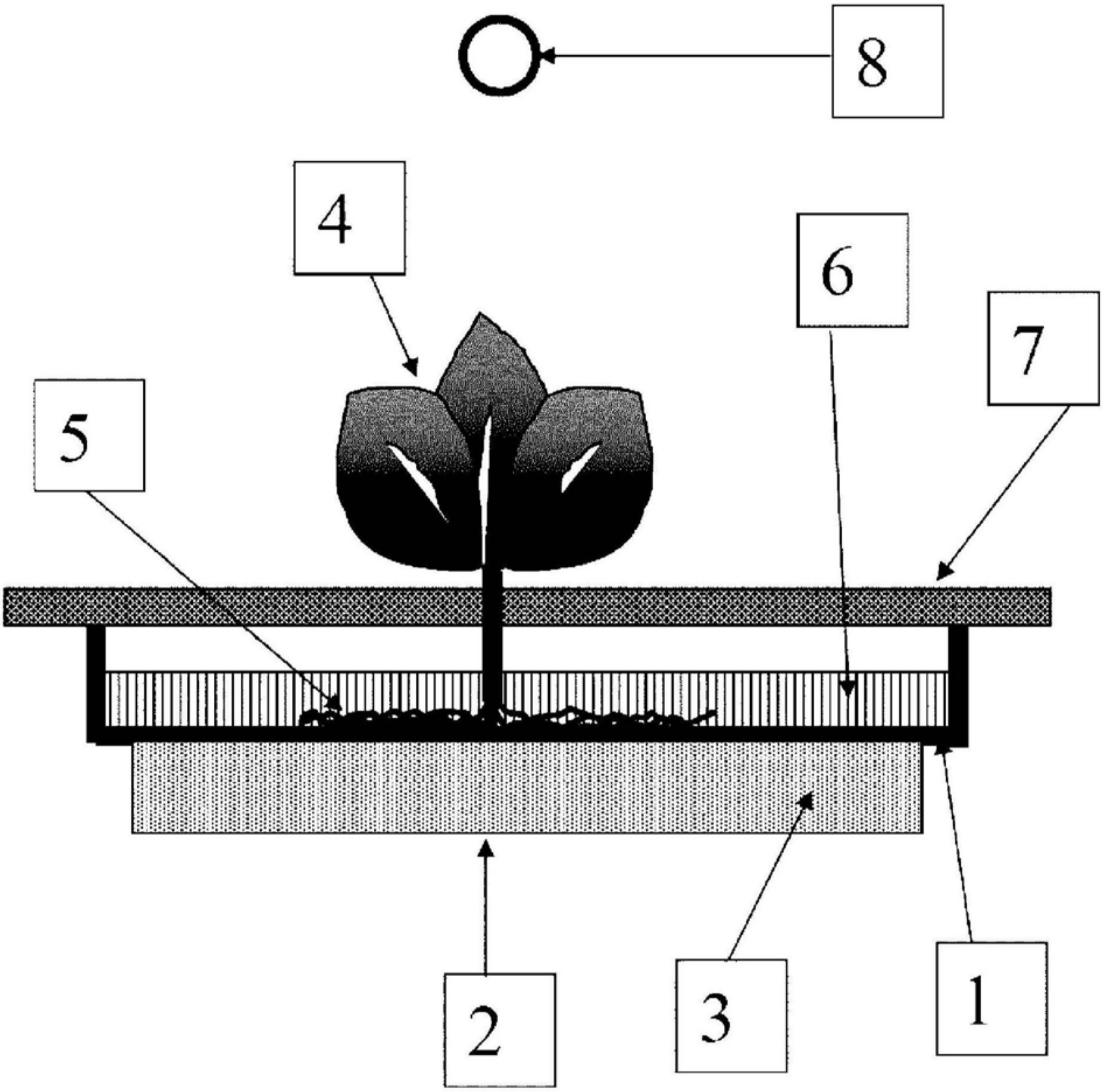


图1