



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109526614 B

(45) 授权公告日 2021.05.25

(21) 申请号 201811600414.2

A01G 7/00 (2006.01)

(22) 申请日 2018.12.26

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101067148 A, 2007.11.07

申请公布号 CN 109526614 A

CN 105842443 A, 2016.08.10

CN 106717973 A, 2017.05.31

(43) 申请公布日 2019.03.29

CN 108181437 A, 2018.06.19

(73) 专利权人 中国科学院地球化学研究所

CN 105621616 A, 2016.06.01

地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

CN 103125281 A, 2013.06.05

吴沿友. 喀斯特适生植物固碳增汇策略. 《中国岩溶》. 2011, 第30卷(第4期), 第461-465页.

(72) 发明人 吴沿友 姚凯 吴沿胜 方蕾

吴沿友. 喀斯特适生植物固碳增汇策略. 《中国岩溶》. 2011, 第30卷(第4期), 第461-465页.

苏跃 梁小兵

赵宽等. 不同浓度重碳酸盐对诸葛菜和油菜叶绿素荧光参数的影响. 《安庆师范学院学报(自然科学版)》. 2016, 第22卷(第4期), 第85-88页.

(74) 专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所

52100

代理人 刘艳

审查员 李星

(51) Int. Cl.

A01G 22/00 (2018.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法,属于农作物栽培、生态环境治理以及农作物节水灌溉领域。将处在岩溶干旱逆境下生长的喀斯特适生植物,在其培养基质中添加不同浓度的重碳酸盐,通过测定不同施天数叶片的生理生化以及抗逆指标,选择合适浓度的重碳酸盐,即为能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度。本发明可以便捷、精确、可靠地筛选出喀斯特地区植物生长的适宜的重碳酸盐浓度,为喀斯特地区植被修复和农作物生产提供科学数据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供技术支撑。

1. 一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法,其特征在于:

将处在岩溶干旱逆境下生长的喀斯特适生植物,在其培养基质中添加重碳酸盐进行培养,即提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力;通过测定叶片的生理生化以及抗逆指标,选择合适浓度的重碳酸盐,即为能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度;所述的叶片的生理生化以及抗逆指标包括净光合速率、磷酸果糖激酶活性、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性以及丙二醛含量;通过测定叶片的生理生化以及抗逆指标来选择合适浓度的重碳酸盐是指将不同浓度下的不同施用天数叶片的生理生化以及抗逆指标与无重碳酸盐处理的这些指标进行比较,选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐处理浓度为合适浓度;选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐处理浓度为合适浓度的具体方法为:对于净光合速率来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的净光合速率仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度选定为重碳酸盐合适浓度;对于磷酸果糖激酶活性来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的磷酸果糖激酶活性仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度选定为重碳酸盐合适浓度;对于葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度选定为重碳酸盐合适浓度;对于丙二醛含量来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的丙二醛含量仍低于无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度选定为重碳酸盐合适浓度;能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度是综合考虑生理生化以及抗逆指标选择确定能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度;添加的重碳酸盐水平具有一定的范围,从无到有,从低到高,且浓度不超过10mM。

2. 根据权利要求1所述的一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法,其特征在于:所述的喀斯特适生植物是指能够适应喀斯特生境的植物。

一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法,属于农作物栽培、生态环境治理以及农作物节水灌溉领域。特别是涉及一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法,可以便捷、精确、可靠地筛选出喀斯特地区植物生长的适宜的重碳酸盐浓度,为喀斯特地区植被修复和农作物生产提供科学数据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供技术支撑。

背景技术

[0002] 喀斯特即岩溶,是水对可溶性岩石(碳酸盐岩、石膏、岩盐等)进行以化学溶蚀作用为主,流水的冲蚀、潜蚀和崩塌等机械作用为辅的地质作用,以及由这些作用所产生的现象的总称。全球喀斯特分布面积近2200万km²,约占陆地面积的15%。集中连片的喀斯特主要分布在欧洲南部、北美东部和中国西南地区。中国西南地区的喀斯特以其连续分布面积最大、发育类型最齐全、景观最秀丽和生态环境最脆弱而著称于世。在以云贵高原为中心的滇、黔、桂、湘、粤、川、渝、鄂等省(区、市)451个县(市)的107.14万km²地域范围内,碳酸盐岩分布面积达45.08万km²,占土地总面积的42.08%。

[0003] 碳酸盐岩以化学溶蚀作用为主,也包含冲蚀、潜蚀和崩塌等机械作用,在长期的气候、地形变化和生物活动的影响下,形成的土壤为石灰土。由于碳酸钙或碳酸镁弱酸性水溶液发生了水解反应:

$$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$$
,
$$\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$$
,
$$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$$
 被溶蚀,释放出 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- ,因此石灰土具有高钙镁离子、高碳酸氢根离子和高pH等特征。

[0004] HCO_3^- 对植物生长发育有多重影响,这与不同植物种类对 HCO_3^- 的适应能力不同有关。抑制植物生长发育:首先,重碳酸盐环境会使植株周边环境pH值偏高,阻碍了植物对 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+} 和 K^+ 等金属离子的吸收,阻碍植物正常生长发育。如不断增加 HCO_3^- 浓度使大麦、高粱、玉米三种作物根部有机酸含量显著聚集而出现Fe缺乏症,但高粱和玉米比大麦表现更为敏感;其次,重碳酸盐会影响植物蛋白质合成和呼吸,从而降低植物对营养的吸收,抑制植物生长,有些植物甚至会出现如叶片萎黄等病状;再者,重碳酸盐会限制植物对某些营养元素吸收的基因表达,从而抑制植物正常生长发育等;另外,重碳酸盐会增加土壤溶液的渗透势,间接引起植物生理干旱,抑制植物的正常生长发育;最后,重碳酸盐会产生离子毒害,抑制植物生长发育等等。但重碳酸盐对植物生长发育有促进作用。首先, HCO_3^- 是光系统II水氧复合物的重要组成成分并参与电子传递,因此在光系统II的功能和稳定性方面起重要作用;其次,碳酸氢根离子可为光合作用过程提供无机碳源和水分来应对气孔关闭时的光合器官二氧化碳和水分的不足;最后,重碳酸盐改变糖酵解途径与磷酸戊糖途径的占比,增加代谢活力,使碳流更多的从糖酵解途径转移到磷酸戊糖途径,造成更多的代谢底物被提供给磷酸戊糖途径使用以保证植物能够产生足够的还原力和产生更多的生物合成的前体化合物。重碳酸盐对植物生长发育的促进作用,必然导致植物抗逆能力的增加,也就是说适量的重碳酸盐有利于提高植物抗逆能力。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是,提供一种提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的方法,是一种仿自然的增加植物抗逆境方法,有效地解决了植物生产过程中的抗逆和高产相统一的技术难题,克服了常规技术中因增施肥料带来的成本增大和环境污染增加的缺陷。为喀斯特地区植被修复和农作物生产提供科学数据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供技术支撑。

[0006] 本发明采取以下技术方案:其特征在于:

[0007] 将处在岩溶干旱逆境下生长的喀斯特适生植物,在其培养基质中添加不同浓度的重碳酸盐,通过测定不同施用天数叶片的生理生化以及抗逆指标,选择合适浓度的重碳酸盐,即为能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度。这里的喀斯特适生植物是指能够适应喀斯特生境的植物。这里叶片的生理生化以及抗逆指标包括净光合速率、磷酸果糖激酶活性、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性以及丙二醛含量。

[0008] 进一步,添加的重碳酸盐水平具有一定的范围,从无到有,从低到高,且浓度不超过10mM。

[0009] 进一步,通过测定叶片的生理生化以及抗逆指标来选择合适浓度的重碳酸盐是指将不同浓度下的不同施用天数叶片的生理生化以及抗逆指标与无重碳酸盐处理的这些指标进行比较,选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐处理浓度为合适浓度。

[0010] 进一步,选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐处理浓度为合适浓度的具体方法为:对于净光合速率来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的净光合速率仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度;对于磷酸果糖激酶活性来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的磷酸果糖激酶活性仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度;对于葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度;对于丙二醛含量来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的丙二醛含量仍低于无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度。

[0011] 进一步,能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度是综合考虑生理生化以及抗逆指标选择确定能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度。

[0012] 发明原理

[0013] 重碳酸盐对植物的生长发育有多重作用,既有促进作用,又有抑制作用。对于喀斯特适生植物来说,当它们遇到岩溶干旱时,光合机构利用来自于根部吸收的重碳酸盐进行光合作用,解决了因气孔关闭二氧化碳得不到进入,电子传递、光合磷酸化却仍然发生,光合机构因“空载”而破坏的危机,减少了膜脂的过氧化,解除了光抑制,增加了植物的抗干旱能力;植物这种利用重碳酸盐的能力是通过碳酸酐酶来实现的。碳酸酐酶催化重碳酸盐转化成水和二氧化碳,又改善了光合器官的水分状况,气孔又再次张开,光合机构又开始利用空气的二氧化碳,也就是说植物在利用重碳酸盐的时候,也增加了对空气二氧化碳的利用,也即植物利用重碳酸盐,增加了抗干旱能力,提高了同化空气二氧化碳的能力。植物同化空气二氧化碳的能力可以用叶片的净光合速率来表征。

[0014] 重碳酸盐是光系统II水氧复合物的重要组成成分,它能活化光系统II,增加光系统II的稳定性,对内囊体膜的稳定具有促进作用,因而,在岩溶干旱时,重碳酸盐也能起到保护光合机构的作用,减少膜的伤害。膜的伤害情况可以用叶片的丙二醛含量来表征。膜伤害得越大,丙二醛含量越高。

[0015] 重碳酸盐增加糖酵解途径以及提高糖酵解途径与磷酸戊糖途径的占比,增加代谢活力,使植物有更多的能力来应对岩溶干旱,同时,又使碳流更多的从糖酵解途径转移到磷酸戊糖途径,造成更多的代谢底物被提供给磷酸戊糖途径使用以保证植物能够产生足够的还原力和1,5-二磷酸核酮糖的再生,增加了光合同化能力,促进了岩溶干旱下植物的光合生长力。代谢能力可以用糖酵解途径中的磷酸果糖激酶活性来表征,植物的光合生长力可以用糖酵解途径与磷酸戊糖途径的占比以及净光合速率来表征。由于喀斯特地区降雨间隔大多是7-15天,因此,一周以上的生理活性和抗逆能力的保持是植物对岩溶干旱的抵抗所必需的。本发明就是对一周以上的不同重碳酸盐施用浓度下叶片的生理生化以及抗逆指标进行比较,选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐施用浓度为能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐合适浓度。为喀斯特地区植被修复和农作物生产提供科学数据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供技术支撑。

[0016] 本发明的优点如下:

[0017] 1) 本发明能够获取不同植物适应的基质中的重碳酸盐浓度,可以依据本发明提高植物的抗岩溶干旱能力。

[0018] 2) 本发明仅调控基质中的重碳酸盐浓度,而无需增施肥料等其他化学物质,因此成本低廉,并能降低常规技术中的增施肥料的成本和减少环境污染。

[0019] 3) 本发明是一种仿自然的增加植物抗逆境方法,实现了植物生产过程中的抗逆和高产相统一。

[0020] 4) 本发明步骤简单,实施方便。为喀斯特地区植被修复和农作物生产提供科学数据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供技术支撑。

具体实施方式

[0021] 本发明的实施例:将处在岩溶干旱逆境下生长的喀斯特适生植物,在其培养基质中添加不同浓度的重碳酸盐,通过测定不同施用天数叶片的生理生化以及抗逆指标,选择合适浓度的重碳酸盐,即为能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度。这里的喀斯特适生植物是指能够适应喀斯特生境的植物。这里叶片的生理生化以及抗逆指标包括净光合速率、磷酸果糖激酶活性、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性以及丙二醛含量。

[0022] 进一步,添加的重碳酸盐水平具有一定的范围,从无到有,从低到高,且浓度不超过10mM。

[0023] 进一步,通过测定叶片的生理生化以及抗逆指标来选择合适浓度的重碳酸盐是指将不同浓度下的不同施用天数叶片的生理生化以及抗逆指标与无重碳酸盐处理的这些指标进行比较,选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐处理浓度为合适浓度。

[0024] 进一步,选择持续表现为生理活性和抗逆能力强的重碳酸盐处理浓度为合适浓度的具体方法为:对于净光合速率来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的净光合速率仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度;对于磷酸果糖激酶活

性来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的磷酸果糖激酶活性仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度;对于葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性仍超过无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度;对于丙二醛含量来说,与无重碳酸盐处理相比较,一周以上的丙二醛含量仍低于无重碳酸盐处理值的重碳酸盐浓度可选定为重碳酸盐合适浓度。

[0025] 进一步,能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度是综合考虑生理生化以及抗逆指标选择确定能提高喀斯特适生植物抗岩溶干旱能力的重碳酸盐施用浓度。

[0026] 详细实施过程及内容如下:

[0027] 本次实验所用的材料为喀斯特适生植物的木本模式植物构树。构树种子收集于位于贵州省贵阳市的中国科学院地球化学研究所老所园区。选取籽粒饱满的种子,置于盛有一定体积的珍珠岩的育苗盒中,种子上覆盖珍珠岩的薄层,育苗盘的盛水盒中注入一定量的蒸馏水,以不浸泡种子为宜,保持培养室温度处于25℃、12h的光照。约12天左右,种子开始萌发,待幼苗出现4片叶片时,选取生长茁壮的幼苗移植到12孔育苗盒中,每个育苗盒栽培2株幼苗并保持适当间距以保证幼苗生长至合适实验大小时不互相遮盖光照。移苗后,将种植有植株的育苗盒置于人工气候室内,设置光周期为12h,光照强度为 $300\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD,日间气温保持为25℃,夜间气温保持为20℃,相对湿度为55%-65%。水培方式培养,以1/2浓度的改进的霍格兰营养液为植物幼苗提供营养和水分。

[0028] 待植物生长到6周后,在营养液中加入 50g L^{-1} PEG6000模拟岩溶干旱胁迫,随后分别加入不同水平的重碳酸盐到培养液中,重碳酸盐浓度设置4个水平,分别为:0、3、6、9mM NaHCO_3 ,处理液的pH调为7.8。分别在1、4、7、10天时测定不同处理植物叶片的净光合速率、磷酸果糖激酶活性、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性以及丙二醛含量。

[0029] 表1表示的是不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的净光合速率($\text{Pn}, \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)。表2表示的是不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的磷酸果糖激酶活性($\text{PFK}, \text{NADHmin}^{-1}\text{mg}^{-1}\text{Pr}$)。表3表示的是不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性($\text{G6PDH}, \text{NADPHmin}^{-1}\text{mg}^{-1}\text{Pr}$)。表4表示的是不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的丙二醛含量($\text{MDA}, \mu\text{molg}^{-1}\text{FW}$)。

[0030] 表1不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的净光合速率($\text{Pn}, \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)

处理 天数	0 g L ⁻¹ PEG / 0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG / 0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG / 3 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG / 6 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG / 9 mM HCO ₃ ⁻
1	6.22	6.07	6.23	6.18	6.11
4	6.04	3.72	4.07	3.53	1.91
7	6.23	3.64	4.28	3.18	1.12
10	6.18	3.77	4.35	2.42	0.93

[0032] 表2不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的磷酸果糖激酶活性($\text{PFK}, \text{NADHmin}^{-1}\text{mg}^{-1}\text{Pr}$)

处理 天数	0 g L ⁻¹ PEG /0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /3 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /6 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /9 mM HCO ₃ ⁻
[0033] 1	399.38	256.47	295.96	221.39	207.56
4	381.74	287.85	303.47	239.33	165.71
7	385.45	271.04	307.17	227.67	119.03
10	397.37	281.28	311.52	219.51	122.13

[0034] 表3不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性 (G6PDH, NADPH min⁻¹mg⁻¹Pr)

处理 天数	0 g L ⁻¹ PEG /0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /3 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /6 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /9 mM HCO ₃ ⁻
[0035] 1	175.35	245.88	375.01	425.43	575.83
4	197.51	272.57	371.37	373.90	491.72
7	169.03	223.61	423.52	387.73	355.93
10	191.36	238.38	382.07	367.3	57.28

[0036] 表4不同处理下构树叶片在1、4、7、10天时的丙二醛含量 (MDA, μmol g⁻¹FW)

处理 天数	0 g L ⁻¹ PEG /0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /0 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /3 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /6 mM HCO ₃ ⁻	50 g L ⁻¹ PEG /9 mM HCO ₃ ⁻
[0037] 1	89.19	97.24	87.19	117.49	141.04
4	84.05	101.49	96.12	133.00	180.32
7	79.32	109.71	99.83	152.02	169.09
10	85.77	105.66	96.73	155.73	184.48

[0038] 本发明的实施效果如下:

[0039] 从表1的结果可以看出,在50g L⁻¹PEG6000的模拟岩溶干旱胁迫下,添加3mM碳酸氢钠,能持续地使净光合速率显著地恢复,而6、9mM碳酸氢钠,则使净光合速率有显著的下降,并随处理天数的增加,下降得越多。从表2的结果可以看出,岩溶干旱能使磷酸果糖激酶活性显著下降,同时,在50g L⁻¹PEG6000的模拟岩溶干旱胁迫下,添加3mM碳酸氢钠,能持续地使磷酸果糖激酶活性显著地恢复,而6、9mM碳酸氢钠,则使磷酸果糖激酶活性有显著的下降;尤其在9mM碳酸氢钠处理下,磷酸果糖激酶活性下降得迅速,并随处理天数的增加,下降的幅度增大。从表3的结果可以看出,岩溶干旱能使葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性显著上升,在50g L⁻¹PEG6000的模拟岩溶干旱胁迫下,添加3、6mM碳酸氢钠,能持续地使葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性显著地增加,而在9mM碳酸氢钠处理下,葡萄糖-6-磷酸脱氢酶活性随着处理的天数增加显著下降,到第10天下降不足未添加碳酸氢钠处理的25%。从表4的结果可以看出,岩溶干旱能使丙二醛含量显著上升,同时,在50g L⁻¹PEG6000的模拟岩溶干旱胁迫下,添加3mM碳酸氢钠,能持续地使丙二醛含量显著地恢复,而6、9mM碳酸氢钠,则使丙二醛含量有显著的上升,说明添加3mM碳酸氢钠能持续地减少膜的伤害。综合表1、表2、表3和表4可以看出,添加3mM碳酸氢钠能使构树的抗岩溶干旱能力增强。而喀斯特地区,植物根际土壤的重碳酸盐浓度大多处在3mM左右,这是植物长期适应的结果,与实际相符。但是,在一些特殊情况下,需要调节根际土壤的重碳酸盐浓度达到3mM左右,才能实现植物生产过程中的抗逆和高产相统一。

[0040] 上述虽然结合实施例对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员

不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。