

温室 CO₂ 智能释放系统的设计研究

刘中华¹, 刘珂², 李招弟²

(1. 山西农业大学城乡学院, 山西 太谷 030801; 2. 山西农业大学工学院, 山西 太谷 030801)

摘要:将温室 CO₂ 浓度控制在一定范围内可以增强光合效率, 进而提高作物产量和品质。本文通过控制液态反应物来控制反应速度设计出 CO₂ 浓度智能释放系统。参照医学药液注射器的工作原理, 设计出气密性良好的液体控制器, 即通过输液管道输入中间的产气反应装置; 中间的产气装置添加固体的碳酸盐, 与流入液态稀硫酸或稀盐酸发生反应, 产生 CO₂ 气体, 反应装置的另一侧设计有洗气装置, 将产生的 CO₂ 气体除去杂质, 然后经输气管道施向温室, 形成 CO₂ 智能释放系统。

关键词: 温室; CO₂ 浓度; 智能释放; 装置

中图分类号: S625; TP273

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)04-0055-03

Design of Intelligent Release System of CO₂ in Solar Greenhouse

LIU Zhonghua¹, LIU Ke², LI Zhaodi²

(1. College of Urban and Rural Construction, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801; 2. College of Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: Controlling CO₂ concentration in greenhouse can enhance photosynthetic efficiency and improve crop yield and quality. Refer to the equipment that is used to create chemical reaction between liquid and solid, an intelligent release system of CO₂ concentration was designed by controlling the reaction speed that is connected with liquid reactants. According to the working principle of medical liquid syringe, a liquid controller with good air gas tightness was designed. And liquid was input to the gas-producing reaction device which located in the middle of the infusion pipe. In the middle of the gas production device, solid carbonate was added, which reacts with dilute sulfuric acid or dilute hydrochloric acid flowing into the liquid to produce CO₂ gas. On the other side of the reactor is a gas washing device, which removes impurities from the CO₂ gas and then sends it to the greenhouse through a gas pipeline. Combined with the use of greenhouse CO₂ concentration detection instrument, a set of CO₂ intelligent release system is formed by intelligent control.

Key words: Greenhouse; CO₂ concentration; Intelligent release; Device

CO₂ 是植物光合作用的主要原料, 但植物光合作用的 CO₂ 需求量远大于空气中 CO₂ 含量, 所以往空气中增施 CO₂ 能显著提高作物的光合速率。以蔬菜为例, 蔬菜的 CO₂ 饱和点为 800 ~ 1 600 mL/m³, 而空气中 CO₂ 浓度在 300 mL/m³ 左右。因此, 在近年来发展迅速的农业设施中增施 CO₂ 是提高光合作用, 使农作物增产和改善品质的有效途径^[1-15]。

温室补充 CO₂ 的传统方法是二氧化碳施肥适

用法^[16-18], 这些传统的 CO₂ 补充技术, 优点是操作简单, 成本低; 缺点是 CO₂ 补充量无法进行精准控制, 不能定时定量控制, 空气中 CO₂ 含量不能满足作物需求时无法及时补充。为了解决以上问题, 山西农业大学王双喜等研制设计了射流式 CO₂ 气体补偿系统。利用 CaCO₃ 与稀 HCl、H₂SO₄、NH₄HCO₃ 的反应生成 CO₂ 气体, 通过 CO₂ 气体输送管道施向温室, 但是缺点是无法及时控制反应的进行与停止。针对以上问题, 本课题组仿照医用注射器对酸液释放系统进行改进, 得到了气密性较好的酸液释放系统。

1 工作原理

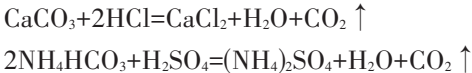
CO₂ 智能反应系统的工作原理是碳酸盐里的

收稿日期: 2019-01-27

基金项目: 山西省煤基重大科技攻关项目(FT201402); 山西农业大学引进人才科研启动项目(XB2011005)

作者简介: 刘中华(1975-), 男, 副教授, 博士, 主要从事农业设施结构工程技术与环境调控、工程力学方面的教学与研究工作。

弱酸根 CO_3^{2-} 和稀酸溶液里的 H^+ 反应生成 H_2O 和 CO_2 ^[18]。 CO_2 气体经过洗气装置除去生成气体的杂质,然后经过输气管道施向温室,为温室补充光合作用所需的 CO_2 。产生的副产品由参加反应碳酸盐的种类所决定。如:



其中作为反应物的稀 HCl 和 H_2SO_4 , 主要是 H^+ 参加反应,对酸液无特别要求,可根据市场适当选取。为了保证产气反应的效率,参加反应的 CaCO_3 尽量为粉末状或小颗粒状,以增大 CaCO_3 固体与酸液反应的有效接触面积,同时保证了未能完全反应的残渣可以顺利被排出系统之外。

市场上的 NH_4HCO_3 为小颗粒状,易溶于水,可直接参加反应。对于产气反应副产品的处理, CaCl_2 去水可以用作干燥剂和除雪剂等; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 则是优质氮肥,可作为基肥、追肥和种肥等。但考虑成本及副产品的应用,可以选取 NH_4HCO_3 与稀 H_2SO_4 反应制取 CO_2 气体,更为经济、方便。

2 系统结构

CO_2 反应系统的主体结构由酸液释放装置、产气反应装置和洗气装置三部分组成。其装置实物图如图 1,示意图如图 2。 CO_2 反应系统的主体框架由 PVC 管和相应直径的弯头、三通制作而成,其中 PVC 管可以选取 110 mm、160 mm、200 mm、315 mm 等直径作为选材。这里以 200 mm 的 PVC 管制作的 CO_2 智能释放系统为例。



图 1 装置实物图

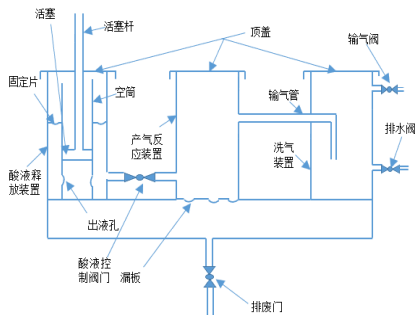


图 2 装置示意图

2.1 酸液释放装置

酸液释放装置为整个反应阶段提供稀硫酸,要求能够及时提供与停供稀硫酸。为了方便对稀硫酸的灵活控制,利用医用的注射器的工作原理,设计出能够控制稀硫酸溶液的酸液释放装置^[19-21]。该装置主要由顶盖、外筒壁、底板、手柄、活塞杆、活塞、凸柱、空筒、出液孔和固定片组成。

酸液释放装置的最外层为顶盖、外筒壁和底板三部分:顶盖由管径 200 mm 的 PVC 丝口堵帽做成;外筒壁由管径 200 mm 的 PVC 管做成;底板由 PVC 板做成,组成一个盛酸液装置,同外界隔离,为防止杂物进入设备和液体渗漏,各个连接部位用 PVC 胶密封。最内层由活塞杆、活塞、凸柱及外部的 手柄组成:手柄由 1 寸管径 PVC 管的三通做成,连接活塞杆以控制活塞上下移动;活塞杆由 1 寸管径的 PVC 管做成,穿过顶盖连接活塞和手柄,随活塞上下移动;活塞由起定型作用的两片塑料板和起密封作用的橡胶垫圈组成,橡胶垫圈夹在两片塑料板之间;位于活塞以下的是防酸蚀的塑料螺母,起到固定活塞和作为凸柱的双重作用,凸柱的作用是顶起活塞,使其位于空筒出液孔以上。中间层由空筒及固定空筒的固定片等组成:空筒由 50 mm 的 PVC 管做成,与活塞等共同作用,以控制系统内酸液量,空筒下端有 5~6 个 10 mm 出液孔,保证酸液可以出入由活塞控制的空筒;固定片介于外筒壁与中心层空筒之间,以固定中心层空筒的位置,固定片由 PVC 板做成,上边开有若干 10 mm 左右的孔,以保证操作前加酸液的操作需要。在装置后设置有控制阀门,控制流向产气反应装置的稀硫酸。

酸液释放装置的工作机理:反应前打开顶盖的丝口帽盖在外筒壁和中心层空筒之间加入稀硫酸;通过中间层的空筒和最内层的活塞等共同作用,形成一个注射器,以控制外层酸液的液面高度,进一步控制产气反应的进行与终止。

2.2 产气反应装置

CO_2 的产气反应装置是化学反应的场所,主要由管壁、顶盖、漏板、排废阀、送气管组成。管壁由管径 200 mm 的 PVC 管做成;顶盖由管径 200 mm 的 PVC 大口丝口堵帽做成;PVC 管下边安装漏板,漏板用 PVC 板做成,板上开有若干 10~15 mm 的孔,使反应后副产品可以排出;PVC 管壁下边是管径 200 mm 的三通,三通使其与另外两系统组合,形成一个整体。在整个系统的最下边安装排废阀门,控制副产品的排放。

在产气过程中,首先打开顶盖的丝口帽盖,加

入碳酸盐;通过酸液控制阀门,加入稀硫酸等,初步生产CO₂气体,经过送气管通向洗气装置。

2.3 洗气装置

洗气装置将送气管输入的CO₂去除气态杂质,再通过输气阀输入温室输气管道系统施入温室,以补充温室CO₂气体的不足。该装置主要由顶盖、管壁、底板、排水阀、输气阀组成。

洗气装置的管壁由管径200 mm的PVC管做成;顶盖由200 mm管径的丝口堵帽做成;底部为PVC板做成,且各处用PVC胶密封良好,避免漏水现象发生。在侧部最下端安装排水阀,使反应结束之后洗气液体能够放出。在洗气装置的侧部偏上部分安装输气阀,以控制CO₂气体的输出。

在洗气过程中,首先打开顶盖加入纯净水,水面高于送气管的管口,使送气管输送的CO₂气体可以经过液体,除去反应产生CO₂气体里的其它杂质,然后形成气泡,从上边的输气阀输出,通向温室输气管道系统。

2.4 其它辅助装置

CO₂反应系统的辅助装置包括系统底座、酸液控制阀门、CO₂送气管道和横向连杆。

系统的底座由PVC管加工而成,位于整个系统下方,用于支撑整个系统,以便系统在平地上摆放。酸液控制阀门用于联通酸液释放装置和CO₂的产气反应装置,同时控制参加反应的稀硫酸的释放,以控制反应是否进行。CO₂送气管道用于连接CO₂产气反应装置和洗气装置,将CO₂产气反应装置反应产生的CO₂气体送入洗气装置,将CO₂气体进行净化除杂。横向连杆位于酸液释放装置和反应装置间与反应装置和洗气装置间各一根,以方便系统装置的拿放与移动。

3 温室补充CO₂相关配套设施

温室CO₂气体补充设施,除CO₂反应系统生产CO₂之外,还需要相关的一些辅助系统,主要是温室输气管道系统和CO₂浓度检测系统等。

3.1 温室输气管道系统

温室内CO₂气体的补充设施中,输气管道系统有其重要的作用,可以保证将反应系统生产的CO₂经过各级管道施入温室内。输气管道系统包括竖管、干管、支管等各级管道。

温室输气管道系统的竖管由内径110 mm的PVC管构成,下连离心式鼓风机,为整个温室输气管道系统提供动力。在竖管的偏下部位,加入连接CO₂反应系统的管道,使CO₂智能释放系统生产

CO₂气体进入输气管道系统的竖管。竖管的上边用管径110 mm的弯头与干管相连,干管也是用110 mm的PVC管做成,干管根据温室具体情况布置,一般安装在与温室田垄垂直的过道上,位于温室内距地面4 m。支管用管径50 mm的PVC管做成,通过110 mm变50 mm的三通与干管相连,布置位置根据温室内部的具体情况,每相邻两路支管相距8~10 m,一般布置在温室内部温室承重柱所在的田垄上边,也是4 m管道,与干管处于相同高度。支管的长度一般为田垄的长度,但是为了支管末端拥有一定风速,一般每路支管长度不超过30 m。

另外,支管上每隔1 m左右打出6~8 mm口径的气孔,使得CO₂气体可以通过气孔施入温室,为了保证从气孔喷出的CO₂气体在温室大气中停留相对长的时间,根据抛体运动的规律,气孔选取角度为与干管和支管所决定的平面向上呈45°~60°的方向^[22-23]。

3.2 CO₂浓度检测系统及智能控制系统

CO₂浓度检测系统主要由CO₂传感器、电子模块和显示屏等组成。可以检测出温室内部的CO₂浓度,在显示屏上读出数据,根据温室内部植物光合作用所需CO₂浓度,通过智能控制系统调整CO₂反应系统,及时补充CO₂,使温室内部的CO₂浓度达到光合作用所需的适宜值区域。

智能控制系统主要由控制程序、电子模块、电磁阀等组成。当设施内栽培环境温度为18~32℃、光照为200~1 000 lx,CO₂浓度低于800 mL/m³时,电磁阀自动开启,系统内的CO₂进入气体输送系统,CO₂浓度高于1 000 mL/m³时,电磁阀自动关闭。

4 结 论

通过分析光合作用的原理得知适量补充CO₂可以提高作物的产量和品质。利用化学里液态的稀酸与固态碳酸盐的反应条件,通过控制液态反应物,设计出CO₂反应装置,考虑生成物的纯度问题,加入洗气设备,形成CO₂智能释放系统。

参考文献:

- [1] Silva C S, Seider W D, Lior N, et al. Exergy efficiency of plant photosynthesis[J]. Chemical Engineering science, 2015, 130: 151-171.
- [2] 潘璐,崔世茂,宋阳,等.长期加富CO₂条件下温室黄瓜光合作用对高温的应答机理[J].北方园艺,2015(16):1-6.
- [3] 袁嫚嫚,朱建国,刘钢,等.不同天气水稻光合日变化对大气CO₂浓度和温度升高的响应—FACE研究[J].生态学报,2018,38(6):1897-1907.

(下转112页)

- through correlation analysis of satellite images, unmanned aerial vehicle images with ground variable[J]. IFAC Papers OnLine, 2016, 49(16): 5-9.
- [19] Liu H, Zhu H, Wang P. Quantitative modelling for leaf nitrogen content of winter wheat using UAV-based hyperspectral data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2017, 38(8-10): 18.
- [20] 薛利红,朱 艳,张 宪,等.利用冠层反射光谱预测小麦籽粒品质指标的研究[J].作物学报,2004(10):1036-1041.
- [21] 田永超,朱 艳,曹卫星,等.利用冠层反射光谱和叶片SPAD值预测小麦籽粒蛋白质和淀粉的积累[J].中国农业科学,2004,37(6):808-813.
- [22] 周冬琴,朱 艳,姚 霞,等.基于水稻冠层光谱特征构建粳型水稻籽粒蛋白质含量预测模型[J].作物学报,2007(8):1219-1225.
- [23] 李映雪,朱 艳,田永超,等.小麦冠层反射光谱与籽粒蛋白质含量及相关品质指标的定量关系[J].中国农业科学,2005,38(7):1332-1338.
- [24] Pettersson C G, Eckersten H. Prediction of grain protein in spring malting barley grown in northern Europe[J]. European Journal of Agronomy, 2007, 27(2-4): 205-214.
- [25] 金秀良,徐新刚,李振海,等.基于新型植被指数对冬小麦蛋白质含量的估算研究[J].光谱学与光谱分析,2013,33(9):2541-2545.
- [26] 宋晓宇,王纪华,杨贵军,等.基于叶片及冠层叶绿素参数
- 的冬小麦籽粒蛋白质含量预测研究[J].光谱学与光谱分析,2014,34(7):1917-1921.
- [27] Yao X, Zhu Y, Tian Y C, et al. Exploring hyperspectral bands and estimation indices for leaf nitrogen accumulation in wheat [J]. International Journal of Applied Earth Observations & Geo-information, 2009, 12(2): 89-100.
- [28] Wright D, Rasmussen V, Ramsey R, et al. Canopy reflectance estimation of wheat nitrogen content for grain protein management[J]. GIScience & Remote Sensing, 2004, 41(4): 287-300.
- [29] 尼加提·卡斯木,师庆东,王敬哲,等.基于高光谱特征和偏最小二乘法的春小麦叶绿素含量估算[J].农业工程学报,2017,33(22):208-216.
- [30] 肖春华,李少昆,王克如,等.基于多视角反射光谱的冬小麦冠层叶片氮素营养监测研究[J].作物学报,2007(7):1141-1145.
- [31] 冯 伟,朱 艳,田永超,等.利用高光谱遥感预测小麦籽粒蛋白质产量[J].生态学杂志,2008(6):903-910.
- [32] 黄文江,赵春江,王纪华,等.红边参数在作物营养诊断和品质预报上的应用[J].农业工程学报,2004,20(6):1-5.
- [33] 贺 佳,刘冰峰,黎世民,等.不同生育时期冬小麦籽粒蛋白质含量的高光谱遥感监测模型[J].中国生态农业学报,2017,25(6):865-875.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第57页)

- [4] 景立权,赖上坤,王云霞,等.大气CO₂浓度和温度互作对水稻生长发育的影响[J].生态学报,2016,36(14):4254-4265.
- [5] 景立权,赵新勇,周 宁,等.高CO₂浓度对杂交水稻光合作用日变化的影响—FACE研究[J].生态学报,2017,37(6):2033-2044.
- [6] Jing L Q, Zhao X Y, Zhou N, et al. Effect of increasing atmospheric CO₂ concentration on photosynthetic diurnal variation characteristics of hybrid rice: a FACE study[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(6): 2033-2044.
- [7] 朱正威,赵占良.生物—分子与细胞[M].北京:人民教育出版社,2004:103-105.
- [8] 郭培国,李荣华.提高环境CO₂浓度和环境温度对植物光合作用的影响[J].广州师院学报(自然科学版),1999,20(5):51-55.
- [9] 张铂钰.高二氧化碳浓度对植物光合作用的影响[J].科技展望,2017(5):28.
- [10] 田露文.基质育苗中CO₂加富对黄瓜光合作用及生长发育的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.
- [11] 刘 洋,孙 胜,邢国明,等.不同浓度CO₂施肥对温室黄瓜生长与产量的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2018,38(2):53-58.
- [12] 张振花,孙 胜,邢国明,等.增施CO₂对温室番茄结果期叶片光合特性的影响[J].生态学报,2018,37(5):1398-1402.
- [13] 袁宏霞,孙 胜,张振花,等.日光温室CO₂加富对番茄叶片光合特性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(7):136-139.
- [14] 刘中华,李招弟,刘 珂,等.管送式温室药物气雾化装置气雾化效果的试验研究[J].东北农业科学,2019,44(3):40-44.
- [15] 刘婷婷,王立群,王 辉,等.大气CO₂浓度对水稻食味品质的影响[J].东北农业科学,2017,42(2):49-52.
- [16] 王同翠.保护地蔬菜二氧化碳施肥适用技术[J].新农业,2018(5):23-24.
- [17] 段丽丽,朱有为.大棚蔬菜增施CO₂气肥的研究与应用[J].上海农业科技,1999(1):52-53.
- [18] 张桂香.温室黄瓜生产中如何增加室内二氧化碳浓度[J].现代农村科技,2011(20):18.
- [19] 王 琪.初中化学“复分解反应”的教学研究[D].成都:四川师范大学,2015.
- [20] 柴守霞,雷美容,王春雷,等.一种新型注射器的制作与应用[J].护理研究,2016,30(18):2304.
- [21] 袁甘林.工艺参数对医用注射器注射成型结晶度与壁厚均匀性的影响[D].南昌:南昌大学,2016.
- [22] 陈泽君,程敏熙.基于tracker和python的物理建模方法—以研究抛体运动的阻力变化为例[J].大学物理实验,2015,28(3):84-87.
- [23] 赵志栋,陈光红.从抛物线的几何性质看抛体运动的射程问题[J].物理教师,2016,37(7):56-57.

(责任编辑:王 昱)