



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월28일
(11) 등록번호 10-1943209
(24) 등록일자 2019년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01G 9/18 (2006.01) A01G 9/24 (2006.01)
B01D 53/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A01G 9/18 (2013.01)
A01G 9/246 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0092015
(22) 출원일자 2017년07월20일
심사청구일자 2017년07월20일
(56) 선행기술조사문헌
JP2001333639 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
장동순
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 306동 1302호
(전민동, 엑스포아파트)
신미수
대전광역시 동구 현암로 45 (삼성2동 351-1)
(74) 대리인
길준연

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 박철호

(54) 발명의 명칭 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치

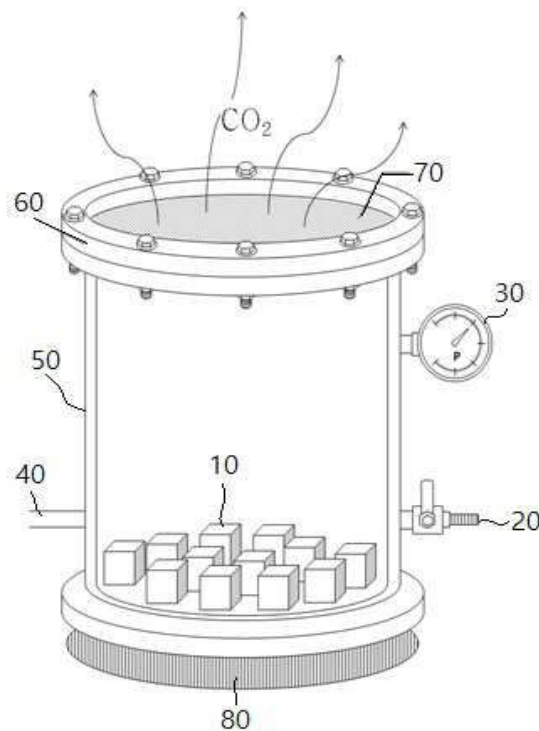
(57) 요약

본 발명은 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치에 관한 것으로 더욱 구체적으로는 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치에 관한 것이다.

본 발명은 시설하우스 등에 이산화 탄소를 공급하는 장치로,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



용기(50), 배출막(70)을 포함하여 구성된 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.

또한 본 발명은 용기(50) 내부에 드라이 아이스(10)가 실장된 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.

또한 본 발명은 용기 내부에 실장된 드라이 아이스(10), 이산화탄소배출밸브(20), 압력계기(30), 이산화탄소 공급 라인(40), 상부캡(60), 가열패드(80)가 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.

또한 본 발명은 배출막(70)으로 실리콘 러버를 사용하되,

실리콘 러버는 그 두께가 $0.1 \mu\text{m} \sim 1000 \mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하여 일정 시간 동안 안정적으로 정량적인 양의 이산화탄소가 일정한 농도로 시설하우스에 공급되는 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.

(52) CPC특허분류

B01D 53/228 (2013.01)

Y02C 10/10 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020100125499 A

KR1020110013608 A*

W02009067625 A1

US20120213683 A1

KR101379600 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

시설하우스에 이산화 탄소를 공급하는 장치로,

용기(50), 배출막(70)을 포함하여 구성되고,

상기한 용기(50) 내부에 드라이 아이스(10)가 실장되어 있고,

상기한 배출막(70)은 상기한 용기(50)의 상단부에 형성되어 있으며 용기 내부의 드라이 아이스가 승화된 이산화 탄소 가스가 배출되게 하는 기능을 수행하고,

상기한 배출막(70)으로 실리콘 러버를 사용하되,

상기한 실리콘 러버는 그 두께가 10 μm ~ 1000 μm 이고, 이산화탄소의 투기도(GPU)가 3.25 내지 325인 것을 특징으로 하여 일정 시간 동안 안정적으로 정량적인 양의 이산화탄소가 일정한 농도로 시설하우스에 공급되는 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

용기 내부에 실장된 드라이 아이스(10), 이산화탄소배출밸브(20), 압력계기(30), 이산화탄소 공급 라인(40), 상부캡(60), 가열패드(80)가 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치.

청구항 4

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치에 관한 것으로 더욱 구체적으로는 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 농림축산부가 2014년 7월에 발표한 대한민국 “2013 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적” 자료에 의하면 전국적으로 노지 및 시설하우스 총 면적은 25만 ha 정도이며 이 중 시설하우스 면적은 6만 ha 를 상회한다. 국내 외 문헌이나 현장 자료에 의하면 이산화탄소 강화농법은 1 ha(10,000 m²) 면적 당 일일 0.5~1 톤 정도의 이산화탄소가 필요하며 이 경우 생산량이 최소 20~30%에서 최대 2배 정도로 증가시키는 것으로 알려져 있다. 이산화탄소 강화농법을 시도하는 시설하우스 농가는 고가의 이산화탄소 (액화탄산은 톤당 30만원, 드라이아이스는 톤당 150만원)를 사용하거나 산성 가스(NO_x 또는 SO_x)나 매연 등의 처리가 완전하지 못하거나 비용이 많이드는 대기오염제어장치를 설치한 보일러 배기가스를 온실 난방용과 이산화탄소 공급용으로 직접 공급하는 방법을 선택하고 있다. 이렇게 가격이 비싸거나 오염물질이 많은 배기가스를 처리하는 방법으로 시설하우스에 사용하는 이유는 국내외적으로 저렴하고도 깨끗한 이산화탄소 공급이 원활하지 않다는 점이다.

[0005] 석탄 화력발전소에서는 1 MW 당 일일 20톤의 이산화탄소가 발생한다. 그러므로 500MW 급의 대용량 석탄 화력발

전소에서는 일일 1 만 톤의 이산화탄소가 대량으로 방출되고 있다. 이렇게 대량으로 배출되는 이산화탄소를 포집하는 방법이 값싸게 이산화탄소를 얻는 공정이기에는 하나 대표적인 기술인 아민 습식법은 톤 당 포집 비용이 5~10만원인데다가 독성이 강한 흡수물질처리에서 성공을 거두고 있지 못하고 있다. 이러한 문제점 때문에 이산화탄소 강화 농법에 대한 인식이 일반화 되지 않은 상황이며 이러한 문제점에도 불구하고 국내외적으로 이산화탄소 강화농법에 대한 소득 증대의 사례가 2010년 이후 매스컴에 다양하게 회자되고 있다. 현재 국내에서 사용되고 있는 농작물 시비용 CO₂는 석유화학공정이나 주정공장에서 발생하는 CO₂를 회수하여 순도 99.99%이상 고순도로 액화·정제하여 사용 중이다, 농작물에 살포하는 이산화탄소이므로 휘발성물질로 인한 부작용 방지를 위하여 음용수 수준의 고순도 이산화탄소를 만들어 사용 중이며 현재 CO₂ 투입은 주로 대규모 농장에서 파프리카, 토마토, 오이, 딸기 농장 등에서 주로 사용하고 있다. 그러나 효율적인 청정 이산화탄소 포집과 살포 방법이 가능해지면, 시설하우스 이산화탄소 강화농법은 매우 넓은 면적으로 확산될 것으로 예상된다. 이산화탄소 강화농법 기술 분야에서 이산화탄소 강화농법에서 배경이 되는 기술은 크게 세 가지로 분류하여 언급할 수 있다.

- [0006] 첫 번째는 온실과 같은 시설하우스에 이산화탄소가 필요한 이유이고, 두 번째는 양질의 이산화탄소를 경제적으로 분리하여 포집하는 방법이며, 세 번째는 포집한 고농도의 기체 상태의 이산화탄소나 액체탄산 그리고 드라이아이스를 적절한 농도로 온실내부에 시간과 위치에 따라 적절하게 살포하는 방법이다.
- [0008] 이와 관련된 선행 기술로 등록특허 10-1379600호(배기 가스로부터 회수한 이산화탄소를 온실에 공급하기 위한 장치 및 방법)는 "배기 가스 탱크, 열교환기, 필터, 분리막 모듈, 저장 탱크를 포함하는 장치를 통해 배기 가스로부터 이산화탄소를 고농축으로 분리하고, 이를 온실로 공급하는 장치 및 방법"을 제공한 바 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 앞서 설명한 바처럼 종래의 시설하우스 등에 이산화탄소를 공급하는 방법이나 장치는 연소식, 액체탄산이나 고압기체 분산방법 그리고 드라이아이스와 같은 승화 방법 등이 사용되고 있으나 비용이 많이 들거나 비효율적인 요소가 많은 것으로 알려져 있다.
- [0011] 따라서 본 발명에서는 이산화탄소의 투과성능이 매우 우수한 실리콘 고무 분리막을 사용하여 일정한 양의 이산화탄소가 일정한 공간에 주입되게 함으로써 액체분무나 고압기체의 확산 그리고 자유로운 승화에 의한 비효율적인 이산화탄소의 공급 방법을 개선하고자 하는 것이며 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공하고자 한다.
- [0012] 또한 본 발명은 일정한 용기에 실리콘 고무 분리막으로 카버를 하여 실리콘 고무 분리막(두께 10~1,000 μm)을 통하여 시설하우스나 기타 공개된 농지에서 이산화탄소가 필요한 장소에서 일정한 양의 이산화탄소가 정량적으로 공급하는 방법과 그 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명은 상기한 목적 및 요구를 해결하기 위하여,
- [0015] 시설하우스 등에 이산화 탄소를 공급하는 장치로,
- [0016] 용기(50), 배출막(70)을 포함하여 구성된 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.
- [0017] 또한 본 발명은 용기(50) 내부에 드라이 아이스(10)가 실장된 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.
- [0018] 또한 본 발명은 용기 내부에 실장된 드라이 아이스(10), 이산화탄소배출밸브(20), 압력계기(30), 이산화탄소 공급 라인(40), 상부캡(60), 가열패드(80)가 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.
- [0019] 또한 본 발명은 배출막(70)으로 실리콘 러버를 사용하되,
- [0020] 실리콘 러버는 그 두께가 0.1 μm ~ 1000 μm 인 것을 특징으로 하여 일정 시간 동안 안정적으로 정량적인 양의 이산화탄소가 일정한 농도로 시설하우스에 공급되는 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따른 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치의 효과는 시설하우스 등에 이산화탄소를 공급함에 있어서 매우 간단한 용기에 실리콘 고무로 된 분리막 커버를 설치함으로써 높은 압력의 저장탱크나 분무장치 등이 필요하지 않다는 것이다.
- [0023] 또한 본 발명에 따른 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치는 드라이 아이스나 액체탄산 또는 고압의 이산화소 기체를 해당 용기에 주입하기만 하면 일정한 시간 분리막을 통한 투과 이후 자연 대류에 의하여 일정 공간에 분포하게 됨으로써 소기의 탄소강화농법의 목적으로 달성하게 하는 효과가 나타난다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치의 일실시예.
- 도 1b는 이산화탄소 상평형도.
- 도 1c 드라이아이스가 비커에 담겨진 상온과 상압에서 승화하는 사진.
- 도 2는 실리콘 러버 두께에 따른 투과성능.
- 도 3a는 온실 내부 CO₂ 효율적인 살포 연구를 위한 도식도.
- 도 3b는 온실 내부 CO₂ 효율적인 살포 연구를 위한 격자생성.
- 도 4a는 온실 내부 분사에 따른 내부 유동 해석 결과(3-D)
- 도 4b는 온실 내부 분사에 따른 내부 유동 해석 결과(Front View)
- 도 4c는 온실 내부 분사에 따른 내부 유동 해석 결과(side View)
- 도 4d는 온실 내부 분사에 따른 내부 유동 해석 결과(Top View)
- 도 4e는 온실 내부 분사에 따른 내부 유동 해석 결과의 기준표.
- 도 5a는 온실 내부 분사에 따른 내부 CO₂ 질량농도 분포(3-D)
- 도 5b는 온실 내부 분사에 따른 내부 CO₂ 질량농도 분포(Front View)
- 도 5c는 온실 내부 분사에 따른 내부 CO₂ 질량농도 분포(side View)
- 도 5d는 온실 내부 분사에 따른 내부 CO₂ 질량농도 분포(Top View)
- 도 5e는 온실 내부 분사에 따른 내부 CO₂ 질량농도 분포의 기준표.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하 본 발명을 도면을 참고하여 상세히 설명하고자 한다.
- [0028] 본 발명은 시설하우스 등에 이산화 탄소를 공급하는 장치로 용기(50), 배출막(70)을 포함하여 구성된 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.
- [0030] 여기서 시설하우스 등이라 함은 하훼, 농작물 등을 재배하기 위한 비닐하우스 등과 같은 시설 장치 또는 구조물을 의미한다.
- [0032] 본 발명은 용기 내부에 실장된 드라이 아이스(10), 용기(50), 배출막(70)을 포함하여 구성된 실리콘 러버를 이용한 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.
- [0034] 도 1에서 보는 것처럼 본 발명의 용기(50)는 내부에 공간이 형성되어 있는 것으로 기상 또는 액상의 이산화 탄소, 또는 드라이 아이스를 내부에 실장하기 위한 장치 또는 수단을 의미한다.
- [0036] 본 발명의 배출막(70)은 상기한 용기(50)의 상단부에 형성되어 있으며 용기 내부의 드라이 아이스가 승화되어 배출되는 막을 의미한다.

- [0038] 본 발명의 상기한 드라이 아이스(10)는 고체 이산화탄소를 의미하는 것으로 용기(50)의 내부에 유입되어 있어 기체로 승화하게 된다.
- [0040] 본 발명의 기술적 특징은 상기한 드라이 아이스(10)가 용기(50)의 내부에 실장되어 있어 드라이 아이스가 승화된 가스인 CO₂ 가스가 배출막(70)을 통하여 용기 외부로 배출되게 되는 것이다.
- [0042] 본 발명은 용기(50), 배출막(70)의 구성에 이산화탄소배출밸브(20), 압력계기(30), 이산화탄소 공급 라인(40), 상부캡(60), 가열패드(80)가 부가되어 구성될 수 있다.
- [0044] 도 1에서 보는 것처럼 또한 본 발명은 세부적으로 용기 내부에 실장된 드라이 아이스(10), 용기(50), 배출막(70)의 구성에 이산화탄소배출밸브(20), 압력계기(30), 이산화탄소 공급 라인(40), 상부캡(60), 가열패드(80)가 부가되어 구성될 수 있다.
- [0046] 본 발명의 상기한 이산화탄소배출밸브(20)는 용기 내부에 존재하는 이산화탄소를 배출하기 위한 장치 또는 수단을 의미한다.
- [0048] 본 발명의 상기한 압력계기(30)는 용기 내부에 존재하는 가스의 압력을 측정하는 장치 또는 수단을 의미한다.
- [0050] 본 발명의 상기한 이산화탄소 공급 라인(40)은 상기한 용기 내부에 실장된 드라이 아이스(10)가 다 소진되는 경우 또는 없을 경우에 기상 또는 액상의 이산화탄소를 용기 내부로 공급하기 위한 장치 또는 수단을 의미한다.
- [0052] 본 발명의 상기한 상부캡(60)은 용기(50)의 상부를 덮거나 여는 기능을 수행하는 마개 등을 의미하는 것으로서 상부캡(60)은 상기한 배출막(70)을 부착하고 있는 것이 바람직하다.
- [0054] 도 1에서 보는 것처럼 배출막(70)은 상부캡(60)에 부착되어 있어서 상부캡(60)을 열고 드라이 아이스를 용이하게 용기 내부로 넣은 후 닫아서 배출막(70)을 통하여 드라이 아이스가 승화된 이산화탄소 가스를 배출하게 되는 작용을 하게 되는 것이다.
- [0056] 본 발명의 상기한 가열패드(80)는 용기에 열을 전달하는 장치 또는 수단을 의미하는 것으로 일사량 부족 등의 원인으로 용기에 필요한 열을 공급할 때 사용하는 특징을 갖는다.
- [0058] 본 발명의 기술적 특징은 상기한 용기(50)의 내부에 드라이 아이스(10)가 실장되어 있는 점이다.
- [0060] 높은 품질과 생산량 제고에 의한 수익 증대를 위한 시설하우스에서 생육에 필요한 광합성의 양은 빛의 광도와 온도 그리고 이산화탄소의 농도 등의 함수로 주어진다.
- [0061] 시설 하우스 내에 이산화탄소의 농도는 아침에 해가 떠서 광합성이 시작되면 급격히 감소하는데 일반적으로 50~120ppm 정도가 되면 광합성이 거의 일어나지 않게 된다.
- [0062] 반대로 밤에는 식물호흡과 토양호흡에 의하여 시설하우스 내 이산화탄소의 농도는 1,000 ppm 이상으로 높아지면서 아침에는 광합성의 속도가 크게 증가한다. 그러나 이산화탄소의 농도가 작물에 따라 포화점 이상이 되면 더 이상 광합성의 속도는 증가하지 않는다. 또한 필요한 이산화탄소의 포화농도도 작물에 따라 크게 차이를 보이고 있다.
- [0063] 다음 표에는 시설하우스 내 적절한 이산화탄소의 농도를 나타내었다.(최병철 외, 2014) 시설과채류 재배용 연소형 CO₂ 발생기및 축열/난방 복합시스템 개발, 농림축산식품부 제출보고서, 11-1543000-000665-01, 2014)

표 1

구분	이산화탄소의 최적 농도 범위(ppm)
엽채류	1,500 - 2,500
근채류	1,000 - 3,000
과채류	500 1,500
오이, 피망, 가지, 강낭콩	800 1,500
토마토, 멜기, 딸기	500- 800

[0066] 표 1. 작물작황에 필요한 최적이산화탄소 농도(최병철 외, 2014)

[0068] 따라서 시설하우스나 또는 노지에서 이산화탄소가 부족한 경우에는 일정량의 이산화탄소를 공급하는 것이 필요하며 다양한 공급 방법이 시도되고 있다.

- [0069] 구체적으로 시설하우스에서 이산화탄소를 공급하는 방법은 연료의 연소에 의한 방법을 필두로 하여 액화탄산가스를 분무하는 방법과 고체 드라이아이스를 승화시켜 공급하는 방법 등이 있다.
- [0070] 연소 방법에 의한 이산화탄소 공급방법은 이산화탄소 공급 뿐 만아니라 시설하우스에 열을 공급하는 역할도 겸한다. 그러나 이 경우 연소 후 배기가스에 포함된 공해물질의 처리 문제와 함께 연소가스에 포함된 이산화탄소의 농도가 10~15% 정도로 높지 않다는데 문제가 있다.
- [0071] 또한 액화탄산가스나 드라이아이스 공급방법에서 액화탄산은 액화탄산 저장용기에 높은 압력이 필요하다는 점과 분무에 의한 공급방법에서 시설비가 많이 요구되는 단점이 있다.
- [0072] 드라이아이스 승화 방법은 시설하우스 내에서 아이스박스와 같은 밀폐되지 않은 저장용기에 드라이아이스를 담아 직접적으로 승화시켜 공급하는 방법이다.
- [0073] 이산화탄소는 물과 같이 지구상에서 고체, 액체, 기체 상태로 존재하는 물질로서 이산화탄소의 효과적인 공급을 위해서는 이산화탄소 세 가지 상태에 대한 지식이 필요하다.
- [0074] [도 1b], [도 1c] 에 드라이아이스가 비커에 담겨진 상온과 상압에서 승화하는 사진과 이산화탄소 상평형도를 제시하였다.
- [0076] 이산화탄소가 액체, 고체 그리고 기체의 삼상이 동시에 존재하는 삼중점은 5.11기압에 56.6 °C 이므로 상온에서 5.11 기압보다 높은 압력으로 드라이아이스를 보관하게 되면 드라이아이스는 상온에서 열을 받아 고체에서 액체를 거쳐 기체로 상변화를 일으킨다.
- [0077] 그러나 만약에 드라이아이스를 삼중점의 압력보다 낮은 압력 즉 대기압과 같은 환경에 방치하게 되면 이산화탄소의 농도는 대기압으로 상승하게 되며 이 경우 드라이아이스는 영하 78.5 °C에서 직접 기체로 승화하게 된다.
- [0078] 상온에서 액화탄산을 이용하여 기체 상태로 분무한다면 액체탄산의 저장을 위하여 최소 5.11 기압 이상의 저장용기가 필요하게 된다.
- [0079] 반면에 드라이아이스 승화 방법은 액화탄산 분무방법에 비하여 공급방법은 간단하나 지극히 비효율적이어서 톤당 150만원하는 고가의 드라이아이스의 손실이 많다.
- [0080] 이와 같은 사실에 비추어볼 때 어떠한 방법을 택하든지 간에 시설하우스나 이산화탄소가 부족한 노지에서 생산량 제고를 위해서는 이산화탄소의 경제적이고 효율적인 공급이 필요함을 알 수 있다.
- [0082] 본 발명의 기술적 특징은 상기한 배출막(70)이 실리콘 러버(실리콘 고무)로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0084] 특히 본 발명은 상기한 배출막(70)의 재질이 실리콘 러버로 된 것이며, 바람직하게는 그 두께가 0.1 μm ~ 1000 μm 인 점이다.
- [0086] 더욱 바람직하게는 실리콘 고무의 두께가 10 μm ~ 1000 μm 인 점이다.
- [0088] 본 발명은 액체탄산이나 드라이아이스를 사용하여 시설하우스나 노지 작물에 이산화탄소를 공급함에 있어서 이산화탄소 압력과 실리콘 고무 분리막의 두께에 따른 투과성능을 이용하여 이산화탄소를 효율적이고 정량적으로 공급하는 장치에 관한 것이다.
- [0089] 일반적으로 기체 분리막은 혼합기체에서 기체 간에 존재하는 분리도의 차이를 이용하여 특정한 기체를 선별적으로 투과시켜 분리하는 용도로 사용되어 왔다.
- [0090] 그러나 본 특허는 이러한 분리막이 가진 투과성능을 혼합기체에서 이산화탄소를 분리하는 용도 대신에 이산화탄소를 정량적으로 공급하는 방법으로 사용하고자 하는 것이다.
- [0091] 만일 이러한 드라이아이스를 페트병과 같은 밀폐된 용기에 넣게 되면 드라이아이스는 외부의 온도는 상온인 20 C 이고 드라이아이스는 1기압의 압력에서 영하 78.5C 에서 승화하게 되므로 $20 - (-78.5) = 108.5$ °C 로서 100도 이상의 온도차가 주어진다.
- [0092] 따라서 페트병에 담긴 드라이아이스는 매우 빠르게 승화하여 매우 높은 압력이 되므로 페트병이 폭발하는 현상으로 나타난다.
- [0093] 구체적인 예를 들어 한 변이 3 cm (40.5 g, 밀도 1.5 g/cm³)인 드라이아이스 큐브(27cm³)를 2 리터짜리 페트병에 투입한 후 모두 승화될 때 페트병 내에 온도를 0 C 로 가정하면 압력상승은 10.3기압이 되어 절대압력은

11.3기압이 되므로 일반적인 페트병은 10기압 이상의 압력을 견디지 못하므로 파열된다.

[0095] 그러나 페트병의 상부를 잘라낸 후 상부를 투과성이 높은 분리막으로 카버를 씌운다면 승화하는 이산화탄소는 압력이 상승하는 것에 비례하여 분리막을 통하여 외부로 방출될 것이다.

[0096] 만일 2리터짜리 페트병의 상단부를 자르면 페트병의 직경이 9.2 cm 정도이므로 66.4 cm^2 가 된다. 그러므로 절대압력이 2 기압이고 실리콘 고무의 두께가 $10 \mu\text{m}$ (300 GPU 투기도)인 분리막을 사용한다면 1시간당 투과되는 이산화탄소 양은 아래와 같이 11 리터가 된다.

[0097]
$$1.38 \times 300 \text{ GPU} \times 10^{-6} \text{ cm}^3 / \text{cm}^2 \text{ cmHg} \times 2 \times 76 \times 66.4 \times 3,600 = 11 \text{ 리터}$$

[0099] 이산화탄소의 용량 11 리터는 $2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ m}^3$ 의 공간을 이산화탄소의 농도 1,375 ppm으로 채울 수 있는 실질적인 양이 된다. 이 경우 승화하는 이산화탄소의 양은 물론 가열속도에 따라 달라질 것이나 승화열(hfg, 571 kJ/kg)아래와 같은 간단한 식으로 표시할 수 있다.

[0100]
$$\frac{dm}{dt} \simeq \frac{UA\Delta T}{hfg}$$

[0101] 그러나 위의 식에서 정량적인 이산화탄소의 승화속도를 구하는 것은 매우 복잡하므로 실험적인 방법에 의존하기로 한다.

[0102] 그러나 일반적으로 시설하우스등의 실내온도가 높고 태양의 일사량이 좋은 경우에 액화탄산이나 드라이아이스와 외부온도와 온도차기 크므로 이산화탄소의 승화나 기화는 비교적 매우 빠르게 발생한다.

[0104] 분리막 재질 중에서 실리콘 고무는 다른 분리막 재질에 비하여 같은 두께의 경우 이산화탄소의 투과성이 몇 백 배 이상 우수한 것으로 알려져 있다.

[0106] 본 발명에서 투과성이 좋은 분리막 재질로 선택한 실리콘 고무의 투과성능을 살펴보기로 하자. 우선 아래 표 2에 제시한 바와 같이 $0.1 \mu\text{m}$ (0.001mm)의 두께를 가진 실리콘 고무의 경우 27,000 GPU라는 매우 높은 투기도를 나타낸다.(Nunes and Peinemann,2001).

[0107] 구체적으로 실리콘 고무는 다른 분리막 물질들에 비하여 질소와의 분리도에서는 상대적으로 성능이 떨어지지만 투기도에서는 200~600 정도 투과 성능이 좋음을 알 수 있다.

[0108] 또한 이산화탄소의 투기도(GPU)를 투과율(Barrer)단위로 환산하면 2,700 Barrer이 됨을 알 수 있다. 이러한 투과율은 일반적으로 알려진 실리콘 고무의 투과율 3,250 Barrer 정도가 되는 것과 잘 일치하는 값이라 할 수 있다.

표 2

[0110]

polymer	CO ₂ flux 투기도(GPU)*	CO ₂ /N ₂ selectivity (분리도)
polyimide(폴리이미드)	110	34
polysulfone(폴리설펜)	56	22
Cellulose acetate(셀룰로스 아세테이트)	63	29
Silicone rubber(실리콘 고무)	27,000	11
Brominated polycarbonate(브롬폴리카본)	42	23
Generon polycarbonate(제네론 폴리카본)**	70	35
1 GPU = $10^{-6} \text{ cm}^3 / (\text{cm}^2 \text{ sec cmHg})$ (STP condition)		

[0111] 표 2. 실리콘 고무를 포함한 다양한 분리막 투기도와 분리도 자료

[0113] 앞에서 언급한 바와 같이 본 발명에서는 이러한 실리콘 고무를 혼합기체에서 이산화탄소를 분리하는 용도로 사용하는 것이 아니고 그 반대로 시설하우스 탄소강화농법에서 이산화탄소를 정량적으로 공급하는 용도로 사용하여 고자하는 것이다. 이때 시설하우스 일정공간으로 공급되는 이산화탄소의 양은 아래와 같은 변수에 영향을 받는다.

- [0115] 1. 저장용기에 투입된 드라이아이스의 양
- [0116] 2. 투과 분리막의 두께와 넓이
- [0117] 3. 시설하우스 내에 온도나 태양 복사열의 강도 등에 따른 저장용기내의 드라이아이스로의 열 전달량에 따른 드라이아이스 승화량
- [0119] 구체적으로 시설하우스에 사용되는 이산화탄소(CO₂) 강화농법은 밀폐된 온실에서 탄소동화작용에 필요한 이산화탄소 부족분을 외부에서 공급하여 생산량을 증대시키는 방법이다.
- [0120] 대표적인 예의 하나로서 이산화탄소 농도를 500~1,000 ppm 이상으로 증가시킬 경우 이에 비례하여 광합성 작용이 50~100% 증가하는 것으로 보고하고 있다.
- [0121] 반면에 온실과 같이 밀폐된 공간에서는 이산화탄소의 농도가 200ppm 아래로 낮아질 경우 급격하게 식물의 성장에 영향을 준다.
- [0122] 또한 이산화탄소의 농도가 1,500~2000 ppm 이상으로 크게 증가할 경우에는 오히려 식물이나 인간에게 모두 해로운 것으로 보고되고 있다.
- [0123] 따라서 시설하우스에 이산화탄소농도가 특히 광합성 작용이 활발한 오전 시간에 이산화탄소의 농도가 일정농도 이하로 떨어질 경우 생산량 증대를 위하여 액체탄산이나 고압의 기체상태의 이산화탄소를 노즐을 통하여 분무한다.
- [0124] 만일 고체 드라이아이스를 사용할 경우 일정 용기에 고체 드라이아이스를 승화시켜 공급한다. 또는 연소로에서 발생하는 오염물질을 저감 처리한 연소가스를 공급할 수 있다. 여기서 어떤 방법을 사용하든지간에 공통적으로 중요한 사항중의 하나는 온실 내부에 이산화탄소 농도를 시공간적으로 적절한 농도를 유지하여야 한다는 점이다.
- [0125] 그러나 위에서 언급한 바와 같이 액체탄산이나 고압의 이산화탄소 기체 또는 드라이아이스의 승화를 통한 이산화탄소의 공급 방법은 일반적으로 분무나 확산과정에서 이산화탄소의 농도가 시공간적으로 시설하우스 내에서 심한 불균형한 분포를 나타내고 있다는 점이다.
- [0126] 결론적으로 요약하면 기존의 고가의 액체탄산이나 드라이아이스를 사용한 이산화탄소 강화농법은 효율적인 광합성의 제고 차원이나 또는 고농도 이산화탄소에 따른 실내공기 오염의 관점 등에서 많은 문제점을 노출하고 있다. 본 발명은 이러한 점을 개선하기 위한 것이다.
- [0128] 구체적으로 본 발명은 드라이아이스나 액체탄산을 담은 용기를 이산화탄소의 투과성이 좋은 실리콘 고무로 두껍 부위를 덮어서(도2 참조) 실리콘 고무막을 통하여 이산화탄소가 일정 시간 동안 안정적으로 정량적인 양의 이산화탄소가 시설하우스 일정한 공간에 일정한 농도로 공급하게 하는 방법 및 장치에 관한 기술이다.
- [0129] 일반적으로 실리콘 러버와 같은 분리막 재질은 이산화탄소의 투과성이 질소기체에 비하여 10 배 이상 높다.
- [0130] 본 발명의 구체적인 구성은 상기한 바와 같이 도 1에서 보는 바와 같다.
- [0132] 본 발명의 기술적 특징은 상기한 배출막(70)의 재질이 실리콘 러버로 된 것이며, 바람직하게는 그 두께가 0.1 μm ~ 1000 μm 인 점이다.
- [0134] 더욱 바람직하게는 실리콘 고무의 두께가 10 μm ~ 1000 μm 인 점이다.
- [0136] 실리콘 고무에 의한 이산화탄소 공급량을 산정하기 위해서는 일차적으로 실리콘 고무 두께에 따른 투과도를 알아야 한다.
- [0137] 실리콘 재질을 가진 고무 (이하 실리콘 고무로 칭함) 앞에 표2에 제시한 바와 같이 0.1 μm (0.001mm)의 두께를 가진 경우 27,000 GPU 라는 매우 높은 투기도를 나타낸다.
- [0138] (Nunes and Peinemann,2001) [표 2] 에 나타난 자료에 기초하면 실리콘 고무는 다른 분리막 물질들에 비하여 질소와의 분리도에서는 상대적으로 성능이 떨어지지만 투기도에서는 200~600 배 정도 투과 성능이 좋음을 알 수 있다.
- [0139] 이러한 실리콘 고무의 다른 기체에 대한 상대적인 투기도는 PermSelect 사의 자료를 이용하여 아래 [표 3]에 제시하였다.

표 3

기체	분자식	실리콘 고무 투과율 (Barrer)
질소	N ₂	280
일산화탄소	CO	340
산소	O ₂	600
일산화탄소	CO ₂	3,250
수증기	H ₂ O	36,000

표 3. 가스의 종류에 따른 실리콘 고무 투과율 (<http://www.permselect.com/membranes>)

위의 표 3에 나타난 자료에 기초하면 실리콘 고무의 이산화탄소의 투과율이 3,250 Barrer 이다.

기체 투과율의 단위는 투기도(permeance)를 나타내는 GPU(gas permeation unit)와 Barrer 이라는 단위를 사용한다. 여기서 GPU는 단위면적(cm²), 단위시간(sec) 그리고 단위 압력당(cmHg) 통과하는 기체의 부피(cm³)를 뜻한다.

그러나 Barrer은 투과율(permeability)를 나타내는데 이 단위는 GPU에 사용한 분리막의 두께를 “cm” 단위로 곱하여 얻는 값이다.

여기서 사용한 분리막의 두께를 곱하여주는 이유는 두께가 다른 분리막을 가지고 같은 투과량을 얻었다면 두께가 두꺼운 분리막의 투과성능이 얇은 분리막 보다 당연히 높을 것이기 때문이다. 예를 들어 같은 투과량을 얻었는데 두 분리막의 두께가 하나는 1 mm 이고 다른 하나는 10 mm 이라면 당연히 10mm 분리막의 투과율이 10배 크게 나타난다.

투과율을 나타내는 Barrer 이라는 단위를 사용하는 이유는 GPU 단위는 분리막의 두께를 고려하지 않고 투과된 절대량을 나타내므로 분리막의 두께가 얼마인지가 알수 없다. 그러나 Barrer 은 분리막의 두께가 투과성능에 영향을 미치는 효과를 고려하기 위한 것이다.

구체적으로 $1 \text{ GPU} = 10^{-6} \frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}}$ 이고 $1 \text{ Barrer} = 10^{-10} \frac{\text{cm} \cdot \text{cm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}}$ 이 된다.

그러므로 3,250 Barrer 로 나타난 이산화탄소의 투과율을 GPU단위로 환산하면 되므로 위의 자료를 얻은 0.1 μm 두께의 분리막에 경우로 환산하면 3,250 Barrer을 0.1 μm 로 나누어 주고 GPU 단위로 맞추면 된다. $3,250 \times 10^{-10} \frac{\text{cm} \cdot \text{cm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}} / 0.1 \mu\text{m} = 32,500 \text{ GPU}$ 가된다.

이 값은 앞의 표2의 이산화탄소 투기도 27,000 GPU와 정성적으로 거의 일치하는 값이라 할 수 있다.

그리고 일반적으로 투과량은 일정한 범위에서 두께가 증가함에 따라 거의 선형적으로 감소하는 경향을 보인다. 그러므로 본 발명에서는 실리콘 고무의 투과율을 3,250 Barrer을 기준으로 하여 사용하기로 한다.

[실리콘 재질 분리막의 두께에 따른 투과도]

실리콘 고무의 이산화탄소의 투과 능력은 탁월하며 일관성이 있는 자료를 보이는 것으로 여러 문헌에 제시되고 있다. 여기서 실용적인 관점에서 중요한 자료중 하나는 실리콘 러버의 두께가 증가함에 따라 이산화탄소의 투과성능이 얼마나 감소하는가에 있다.

구체적으로 언급하면 실리콘 고무의 두께(x 축)이 증가하면 일반적으로 투과성능은 선형적으로 감소하여 제로가 될 것이라는 것이 일반적인 생각이다.

도 2에서 보는 것처럼 그러나 실리콘 러버는 다른 플라스틱이나 고무재질에 비하여 투과성능이 100~1,000배 정도 높을 뿐만 아니라 재질의 두께에 따른 투과성능은 Barrer 단위로 주어지는 투과율(permeability)식과 같이 선형적으로 감소하지 않고 두께가 일정한 두께에 이르는 동안에도 지수적인 감소를 할 것이라는 것이 자연현상에 대한 물리적인 판단이다.

그렇게 때문에 본 발명에서는 실리콘 고무가 두께에 따라 그 투과율이 어떤 형태로 감소하며 두꺼운 분리막의

경우에도 현실적용이 가능한 실용적인 수준의 투과성능을 가졌는지를 확인 하고자 한다.

[0162] 우선 이산화탄소의 투과율은 3,250 Barrer 로 주어졌다. 앞에서 언급한 미국특허 2,966,235에 의하면 4~15 mil (참고로 1 mil = 1/1,000 inch)(0.1mm~0.38 mm)의 경우 3,150 Barrer로 제시하고 있다. 그러므로 실리콘 러버의 투과율은 0.1 μm 에서부터 100 마0.1 μm 이상의 범위에서 3,000 Barrer 정도의 투과율을 보임을 알 수 있다.

[0164] 앞의 [표 3]에 나타난 자료에 기초하면 실리콘 고무의 이산화탄소의 투과율이 3250 Barrer 로서 1 GPU = $10^{-6} \frac{cm^3}{cm^2 \cdot s \cdot cmHg}$ 이고 1 Barrer = $10^{-10} \frac{cm \cdot cm^3}{cm^2 \cdot s \cdot cmHg}$ 이 되므로 위의 자료를 얻은 10 μm 두께의 분리막에 경우로 환산하면 $3,250 \times \frac{10^{-10} \frac{cm \cdot cm^3}{cm^2 \cdot s \cdot cmHg}}{10 \mu m \times 10,000 \mu m/1cm} = 325 GPU$ 가 되어 일정한 범위에서 두께가 증가함에 따라 거의 선형적으로 감소하는 경향을 보인다.

[0165] 즉 투과율을 나타내는 Barrer 이란 단위는 실제 투과량에 분리막의 두께를 곱해서 일정한 투과값을 얻어서 사용한 값이다. 구체적인 설명을 하면 위의 실리콘 고무의 투과율이 3,250 Barrer 이라면 두께에 따른 실제 투기량(permeance, 단위 GPU)은 아래 [표 4]와 같다.

표 4

[0167]

두께 (μm)	투기도(GPU)
1 μm(0.0001mm)	3,250
10 μm(0.01 mm)	325
100 μm(0.1mm)	32.5
1,000 μm (1 mm)	3.25

[0168] 표 4. 실리콘 고무 두께에 따른 투과량

[0170] 여기서 흥미로운 관점은 실리콘 러버의 분리막이 3,000 Barrer 정도의 투과율을 가진다면 두께에 따라 선형적으로 감소할 경우 절대적인 투과량의 변화를 살펴보자. 단순히 선형적으로 감소한다면 3,000 Barrer 의 경우 분리막의 두께가 1mm 라면 투기도는 3 GPU 정도로서 거의 투과가 되지 않은 것으로 나타난다.

[0171] 그러나 두꺼운 실리콘 러버를 이용한 투과도 성능시험에서 대한민국 특허 등록번호 10-1354680 (실리콘 분리막을 이용한 이산화탄소 분리장치, 2014년 1월6일)에 의하면 분리막의 두께에 따른 이산화탄소의 투과량은 두께가 0.1mm 보다 두꺼운 영역에서는 투과량의 감소가 선형적으로 변화하지 않고 지수함수적인 형태로 서서히 감소하는 양상을 나타내었다.

[0172] 그러나 분리막의 두께가 더 증가할 경우 이러한 많은 자연현상이 그리하듯이 보통 투과도와 두께의 관계는 투과도는 두께가 증가할수록 선형적으로 감소하는 것이 아니라 지수적(e^{-x})으로 감소하는 것이 물리법칙의 특성이 다. 만일 작은 두께에서 매우 큰 투과량을 보인 물질이 두께에 따라 선형적으로 감소한다면 ($y = -ax + b$) 두께가 어느 정도 증가한다면 투과량은 거의 제로에 가까운 값을 보일 것이다. 그러나 만일 지수적으로 감소한다면 지수함수는 두께가 증가하게 되면 처음에는 기하급수적으로 감소하나 어느 정도 이상으로 두께가 증가하게 된다면 더 이상 크게 감소하지 않는 것이 특징이다. 아마도 국제적인 연구그룹들은 이러한 실리콘 러버의 두께에 따른 투과도의 지수 함수적인 특성을 간과함으로써 두꺼운 분리막을 가지고 압력강하가 매우 적은 매우 실용적인 대용량 분리막을 개발할 수 있는 재질을 스스로가 포기한 것으로 보인다.

[0173] 기본적인 과학지식이나 물리이론의 중요성을 나타내는 예라 할 수 있다. 이에 대하여 보다 자세히 살펴보자.

표 5

[0175]

실리콘 분리막 두께 (mm)	투과량 (cc/sec)		선택도(CO ₂ /N ₂)
	CO ₂	N ₂	
0.1	8.2	0.64	13
0.5	3.3	0.25	13

2.0	2.2	0.17	13
-----	-----	------	----

[0176] 표 6. 실리콘 고무 두께에 따른 이산화탄소와 질소 투과량

[0177] (대한민국 특허 10-1354680, 2014)

[0179] 상기 표에서 보듯이 만일 두께에 따라 이산화탄소의 농도가 선형적으로 변화하였다면 두께 0.1mm 즉 100 마이크론의 두께의 경우에 비하여 2 mm 의 경우는 1/20 정도의 투과량을 보여야 하나 2mm 경우 투과량은 0.1 mm 의 경우에 비하여 27% 라는 실질적인 투과량을 나타내고 있음을 알 수 있다.

[0181] 이를 확인하기 위하여 실리콘 러버와 드라이아이스를 이용한 자체 실험(장동순, 대전자원순환단지 바이오가스 경제적 분리 및 4공단 소각로 이산화탄소분리 및 활용을 위한 튜브형 분리막 연구, 환경부 지정 대전 녹색환경 지원센터 2016년도 최종 보고서 16-06-2-01-0-17, 2016년 12월)에서도 0.5mm 두께의 실리콘 러버를 사용하였을 때 상압에서 100% 이산화탄소 농도에서 통과 유량 속(flux) 가 $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ sec}$ 가 되었다.

[0182] 만일 투과되는 양단의 이산화탄소 농도차이가 1기압(76cmHg)으로 가정하면 투기도는 $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ sec} = 10 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \text{ sec}$ $100/76 \text{ cmHg} = 1,000/76 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \text{ sec cmHg} = 13 \text{ GPU}$ 가 된다.

[0183] 이 값은 위에서 설명한 실리콘 고무의 전반적인 투기도와 그 경향이 잘 일치한다고 할 수 있다.

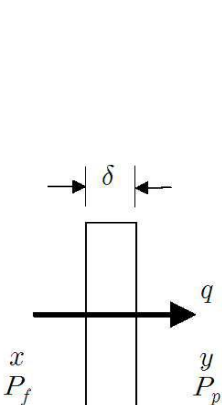
[0185] 본 발명은 상기한 바처럼 일정한 용기에 실리콘 고무 분리막으로 카버를 하여 실리콘 고무 분리막(두께 10~1,000 μm)을 통하여 시설하우스나 기타 공개된 농지에서 이산화탄소가 필요한 장소에서 일정한 양의 이산화탄소가 정량적으로 공급되는 장치에 관한 것이다.

[0187] 이때 공급되는 이산화탄소의 양은 분리막의 두께와 넓이, 용기에 투입되는 액체, 고체, 기체 이산화탄소의 양이나 압력, 용기의 공기갭이나 기타 복사열전달 조절과 같은 열전달 계수의 조절에 의하여 조절할 수 있다.

[0189] 본 발명은 시설하우스나 노지에서 작물의 생육을 제고하기 위하여 이산화탄소를 정량적으로 공급함에 있어서 실리콘 고무의 분리막 두께에 따른 이산화탄소의 투과성능을 이용한 것이다.

[0190] 이산화탄소의 단위면적 단위시간당 투과량(J)은 주어진 투과율 $P_{CO_2}^*$ 에 대하여 다음과 같은 식에 의하여 결정된다.

[0191]



P_f : feed side pressure
 P_p : permeate side pressure
 x : CO_2 mole fraction in feed side
 y : CO_2 mole fraction in permeate side
 q : volumetric flow rate across membrane
 J : flux

[0193]

$$J_{CO_2} = P_{CO_2}^* \frac{xP_f - yP_p}{\delta}$$

[0194]

[0195] 즉 단위면적 단위시간당 투과되는 이산화탄소의 양은 용기의 내부와 외부의 기체 상태의 이산화탄소 분압 농도차이에 비례한다.

[0196] 이 때 비례상수는 분리막의 종류와 두께로 주어지는 투과율이 된다.

[0198] 따라서 본 발명의 주된 내용은 실리콘 고무나 실리콘 고무의 조합으로 만든 재질로 시설하우스나 노지에서 이산

화탄소를 정량적으로 공급하는 용도로 사용할 수 있는 특징을 가지게 된다.

- [0204] <실시예>
- [0205] 본 발명에 따른 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치에 의한 이산화탄소 투과량이 시설하우스에 필요한 이산화탄소 농도를 만족시키는지 확인하였으며 이산화탄소가 용기에서 분출된 후 분자량 효과에 따른 자연 대류에 효과적으로 일정한 공간에 확산되는지를 전산해석을 통하여 확인하였다.
- [0207] 도 3a는 온실 내부 CO₂ 효율적인 살포 연구를 위한 도식도이고 도 3b는 온실 내부 CO₂ 효율적인 살포 연구를 위한 격자생성 도면을 보여준다.
- [0209] 도 4a 내지 도 4e는 온실 내부 분사에 따른 내부 유동 해석 결과를 보여주고 있으며 기준치[도 4e]에서 보는 바와 같이 온실 내부에 일정하게 파란색 분포도를 보여주는바 매우 효율적이라는 것을 알 수가 있다.
- [0211] 또한 도 5a 내지 도 5e는 온실 내부 분사에 따른 내부 CO₂ 질량농도 분포를 결과를 보여주고 있으며 기준치[도 5e]에서 보는 바와 같이 온실 내부에 일정한 농도인 0.496~0.542 사이의 농도[질량 분율, mass fraction] 분포도를 보여주는바 이는 매우 효율적이라는 것을 알 수가 있다.
- [0213] 본 발명의 효과는 시설하우스 등에 이산화탄소를 공급함에 있어서 매우 간단한 용기에 실리콘 고무로 된 분리막 커버를 설치함으로써 높은 압력의 저장탱크나 분무장치 등이 필요하지 않다는 것이다.
- [0214] 또한 드라이 아이스나 액체탄산 또는 고압의 이산화소 기체를 해당 용기에 주입하기만 하면 일정한 시간 분리막을 통한 투과이후 자연 대류에 의하여 일정공간에 분포하게 됨으로써 소기의 탄소강화농법의 목적으로 달성하게 된다.
- [0216] 본 발명은 상기한 구성과 기능으로 이루어진 시설하우스 이산화탄소 안정적 정량 공급 장치를 제공한다.

산업상 이용가능성

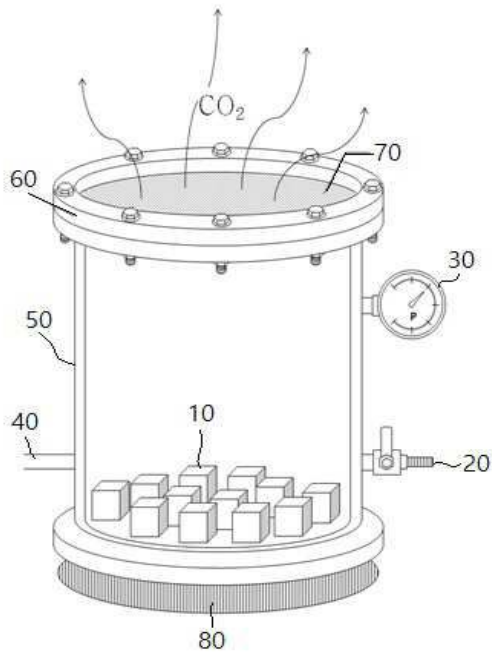
- [0218] 농림축산부가 2014년 7월에 발표한 대한민국 “2013 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적 ” 자료에 의하면 전국적으로 노지 및 시설하우스 총 면적은 25만 ha 정도이며 이 중 시설하우스 면적은 6만 ha 를 상회한다. 국내외 문헌이나 현장 자료에 의하면 이산화탄소 강화농법은 1 ha(10,000 m²) 면적 당 일일 0.5~1 톤 정도의 이산화탄소가 필요하며 이 경우 생산량이 최소 20~30%에서 최대 2배 정도로 증가시키는 것으로 알려져 있다.
- [0219] 이산화탄소 강화농법을 시도하는 시설하우스 농가는 고가의 이산화탄소 (액화탄산은 톤당 30만원, 드라이아이스는 톤당 150만원)를 사용하거나 산성 가스(NO_x 또는 SO_x)나 매연 등의 처리가 완전하지 못하거나 비용이 많이 드는 대기오염제어장치를 설치한 보일러 배기가스를 온실 난방용과 이산화탄소 공급용으로 직접 공급하는 방법을 선택하고 있다.
- [0220] 이렇게 가격이 비싸거나 오염물질이 많은 배기가스를 처리하는 방법으로 시설하우스에 사용하는 이유는 국내외적으로 저렴하고도 깨끗한 이산화탄소 공급이 원활하지 않다는 점이다.
- [0221] 그러므로 본 발명은 영세 시설하우스 농가에서 대단위장치를 필요하지 않는 경우에도 매우 유효적절하게 사용할 수 있다.

부호의 설명

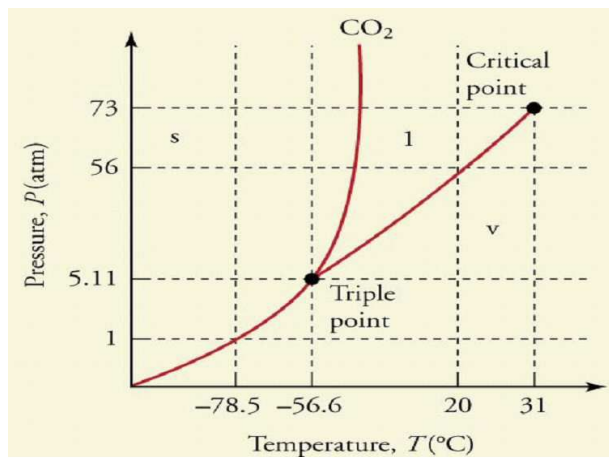
- [0223] 드라이 아이스(10),
이산화탄소배출밸브(20), 압력계기(30), 이산화탄소 공급 라인(40), 용기(50), 상부캡(60), 배출막(70),가열패드(80)

도면

도면1



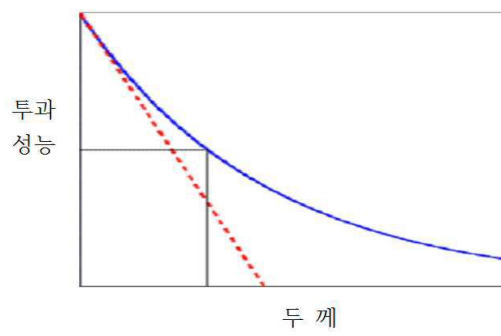
도면1b



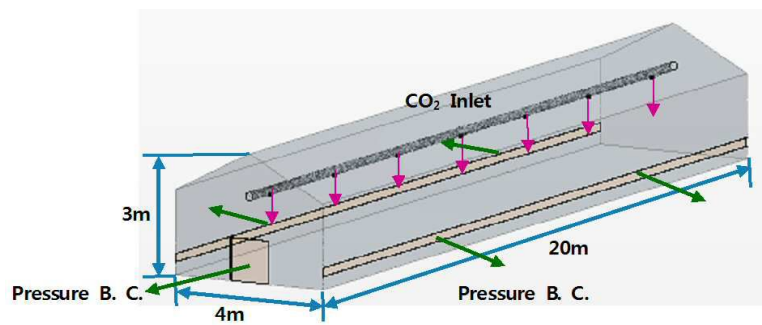
도면1c



도면2



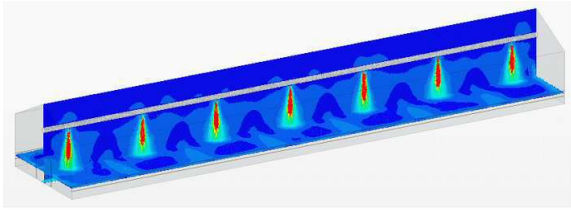
도면3a



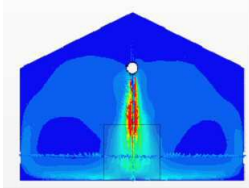
도면3b



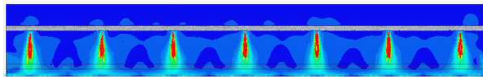
도면4a



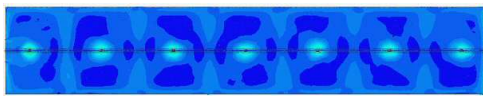
도면4b



도면4c



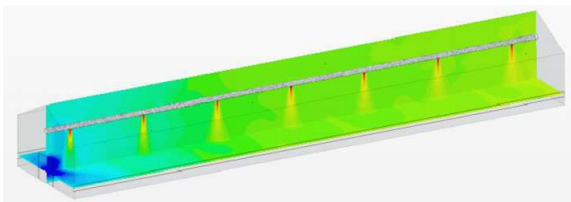
도면4d



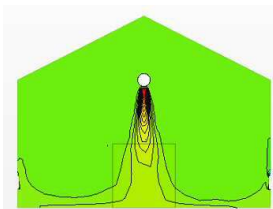
도면4e



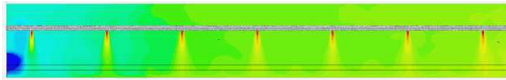
도면5a



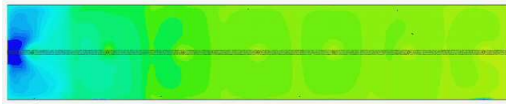
도면5b



도면5c



도면5d



도면5e

