



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월17일
(11) 등록번호 10-2352273
(24) 등록일자 2022년01월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01G 24/23 (2018.01) A01G 24/40 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A01G 24/23 (2018.02)
A01G 24/40 (2018.02)
(21) 출원번호 10-2021-0036021
(22) 출원일자 2021년03월19일
심사청구일자 2021년03월19일
(56) 선행기술조사문헌
KR101614719 B1*
KR101885094 B1*
KR1020080111707 A*
KR1020130087891 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
유가영
서울특별시 서초구 서운로 200, 롯데캐슬클래식아파트 115동 101호(서초동, 롯데캐슬클래식아파트)
서인혜
경기도 성남시 분당구 정자일로 1 (금곡동 코오롱트리폴리스 1) A동 1501호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 8 항

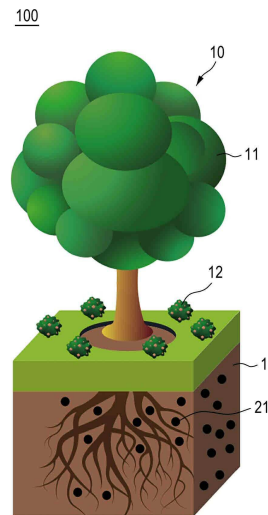
심사관 : 유진오

(54) 발명의 명칭 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법

(57) 요약

본 발명은 탄소저장량 및 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 토양식생결합 식재 모듈에 있어서, 토양에 식재되는 상층식생과 상기 상층식생 주변부에 식재되는 하층식생을 갖는 식생부; 및 식생의 뿌리분 주변 토양에 투입되는 바이오차모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정민섭

경기 용인시 기흥구 흥덕2로118번길 25 801동 150
2호

현준기

경기 용인시 기흥구 서천서로20번길 8-7 202호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20210039

과제번호 20210039

부처명 환경부

과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원

연구사업명 맞춤형 도시 생태계 복원 기술

연구과제명 도시 생태계 탄소저장능력 향상을 위한 탄소저장량 평가 기술 및 토양-식생 결합 모

둘화 공법 개발 (2/3)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 경희대학교 산학협력단

연구기간 2020.04.29 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

토양식생결합 식재 모듈에 있어서,

토양에 식재되는 교목인 상층식생과 상기 상층식생 주변부에 식재되는 관목인 하층식생을 갖는 식생부; 및

식생의 뿌리분 주변 토양에 투입되는 바이오차모듈;을 포함하고,

상기 바이오차 모듈은 생분해 섬유망 내에 밀봉되어 패킷 형태로 구성되는 바이오차 망포대이며,

교목에 대한 관목 수종 조합에 따른 탄소흡수량 데이터 DB를 구축하고, 교목에 대한 관목 조합을 통한 탄소흡수량 데이터와, 상기 식재모듈이 시공될 공간 유형과 기후 환경조건과 식재된 교목을 기반으로, 관목 조합을 선정하고,

상기 교목의 주변에 적어도 하나의 코어를 굴취하고, 상기 코어 내로 바이오차 망포대를 삽입시공한 후, 상기 교목 주변으로 선정된 상기 관목을 식재하는 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 식생부의 교목과 관목 조합은,

은행나무와 회양목, 단풍나무와 회양목, 은행나무와 사철나무, 느티나무와 사철나무, 은행나무와 죄뚝나무, 및 단풍나무와 사철나무 중 적어도 어느 하나 인 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 바이오차 모듈은 토양 100중량부에 대하여 1 ~ 5중량부의 바이오차를 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 바이오차는 목재 바이오차인 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

교목이 식재된 상태에서, 제1항, 제4항, 제5항 또는 제6항에 따른 토양식생결합 식재모듈의 시공방법에 있어서, 식재된 교목에 대한 관목 조합을 선정하는 단계;

상기 교목의 주변에 적어도 하나의 코어를 굴취하는 단계;

상기 코어 내로 바이오차 모듈을 삽입시공하는 단계; 및

상기 교목 주변으로 상기 관목을 식재하는 단계;를 포함하는, 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

교목에 대한 관목 수준 조합에 따른 탄소흡수량 데이터 DB를 구축하는 단계를 더 포함하고,

상기 선정하는 단계는,

교목에 대한 관목 조합을 통한 탄소흡수량 데이터와, 상기 식재모듈이 시공될 공간 유형과 기후 환경조건과 식재된 교목을 기반으로, 관목 조합을 선정하는 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 10항에 있어서,

상기 바이오차 모듈은 토양 100중량부에 대하여 1 ~ 5중량부의 바이오차를 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법.

청구항 14

제 10항에 있어서,

상기 바이오차 모듈은 생분해 섬유망 내에 밀봉되어 패킷 형태로 구성되는 바이오차 망포대인 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 형상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 지구 온난화에 대한 관심이 전세계적으로 확산됨에 따라 대기 중 탄소 배출에 대한 규제가 강화되고 있으며 이를 해결하기 위한 다양한 노력들이 행해지고 있다.

[0003] 대기 중 탄소 배출을 억제하기 위한 일련의 조치로서 밀림지역에서의 난개발 억제, 나무심기 운동의 확산, 탄소 배출을 억제하기 위한 기계의 사용 등 많은 노력이 이루어지고 있으나 아직까지 부족한 실정이다.

[0004] 국내의 경우 2019년 기준 세계 8위의 이산화탄소(CO2) 배출 국가로 온실가스 감축에 대한 국제적 책임감이 가중되고 있는 가운데 2020년 선언한 "탄소 중립"을 적극적으로 시행하는 것이 국가적 과제가 되었다.

[0005] 그러나 탄소 중립은 이산화탄소의 배출 저감과 흡수 증대를 동시에 고려해야 함에도 불구하고, 현재 국내에서 제안하는 정책은 전자에만 치중되어 있으며 이산화탄소 흡수량 증대를 위한 기술의 개발이 미진한 실정이므로 이를 해결하기 위한 대책이 시급하다. 대표적인 대책으로는 산림 면적 확대가 있으며 조림, 재조림, 산림 경영 등은 이미 널리 활용되고 있는 이산화탄소 흡수량 증대 전략이다. 하지만 개발 조건이나 경제 사회적인 한계로 인하여 산림 면적을 무제한적으로 확대시키기는 어렵다. 반면 도시 면적은 점점 확대되는 추세이므로 도시 내 녹지 면적을 확보하고 유지, 관리하는 것이 탄소 중립을 달성하는데 있어 중요한 역할을 할 것이다. 그러므로 도시 녹지의 탄소 저장량 및 흡수량을 증대시키는 기술이 매우 중요한데, 국내에 아직 개발된 사례가 없다.

[0006] IPCC는 2019년 토양에 바이오차를 투입하는 기술을 탄소 격리 기술로서 인정하고 이를 산정하는 가이드라인을 발표하였다. 바이오차는 제한된 산소 공급 하에서 바이오매스의 열분해에 의해 생산되는 물질을 말한다. 바이오차로 전환된 탄소는 화학적으로 매우 안정하여 미생물에 의해 분해되지 않고 오래도록 토양에 저장될 수 있다. 또한 바이오차는 토양 비옥도를 증가시키고 증금속, 유기 오염물질 및 제초제를 흡착하는 특성이 있어 토양개량제로도 활용되고 있다. 식물 유래 바이오매스, 동물 유래 바이오매스, 하수 오니 및 제지 슬러지 등 산업 유래 바이오매스 등이 바이오차의 원료로서 활용되는데, 원료 물질에 따라 다양한 특성과 효과를 나타낸다. 그러므로 바이오차의 이러한 특징은 투입 환경의 조건을 고려하여 적용되어야 한다.

[0007] 기존 도시녹지 관리 기술은 대부분 식생의 원활한 활착 및 생장에 초점을 맞추고 있으며, 수목 식재 분야에서는 우수 유출, 영양 공급, 수목의 지지를 위한 공법과 기술이다. 이는 결론적으로 바이오매스 탄소 저장량의 향상(식생 성장량 증대)으로 이어질 수 있지만, 토양-식생 간의 역동적 상호작용 및 토양의 탄소 저장량에 대해서 고려된 식생 식재 공법은 개발되지 않았다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2020-0100318호

(특허문헌 0002) 미국 등록특허 US 10870608호

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제1428552호

(특허문헌 0004) 대한민국 등록특허 제1933146호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 본 공법이 적용되는 면적에 대하여 탄소 저장량 및 흡수량을 최대화함으로써 도시 내에서 발생하는 탄소 배출을 완화하고 도시 생태계를 활성화함에 그 목적이 있다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 공법에서 활용하는 토양식생결합 모듈은 식생의 원활한 활착 및 성장량 증대와 더불어

토양 탄소 저장량을 증대시키는 효과가 있어 도시 내 탄소 저장량 및 흡수량을 동시에 높이는 공법이라고 할 수 있고 또한 식생 식재 및 시공 방법이 공간 유형별로 구분되어 있어 다양한 도시녹지 공간에 적용할 수 있는, 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 도시 내 가로수, 도시공원, 아파트 단지, 도시숲 등 다양한 공간의 탄소저장량을 효과적으로 증진시킬 수 있는 대표 기술로 활용 가능하고, 도시 행정가, 정책결정자, 조경 시공업체, 시민 등 도시 내 다양한 이해당사자들이 생태계 탄소저장 증진에 대한 깊은 과학적 이해가 없어도 모듈 시공에 관한 가이드라인을 따른다면 탄소저장 증진이 보장될 수 있는 사용자 친화적 기술로 활용 가능한, 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따르면, 본 모듈을 도시 녹지에 광범위하게 적용함으로써 국내 기후변화 대응을 선도하는 대표도시로서 브랜드화 할 수 있고, 본 모듈의 탄소 저장 및 흡수 효과를 수치화하여 보여줌으로써 모듈 사용자가 모듈의 효과를 확인할 수 있도록 하고, 본 모듈의 도입을 통해 도시계획에 있어 효율적으로 탄소 네거티브 도시를 설계할 수 있으며 시공의 모듈화를 통해 도시 녹지의 관리 비용을 절감할 수 있는, 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따르면, 토양과 식생 간의 상호작용을 충분히 고려하여 설계되어 현장 적용 시 식생의 활착 및 생장이 원활하며 현장실증을 통해 모듈을 투입하여 발생하는 탄소 저장량, 흡수량을 정량하였으므로 환경적 도시 계획의 기초자료 및 환경영향평가, 지자체 환경 보전 계획 수립 등에 폭넓게 활용될 수 있고, 공간유형별 맞춤형 적용은 탄소 저장능력 향상 이외에도 열섬효과, 우수유출완화, 경관 심미성 증대, 미세먼지 저감 등 다양한 공편익을 제공할 수 있는, 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 제1목적은, 토양식생결합 식재 모듈에 있어서, 토양에 식재되는 상층식생과 상기 상층식생 주변부에 식재되는 하층식생을 갖는 식생부; 및 식생의 뿌리분 주면 토양에 투입되는 바이오차모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소저장량 및 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈로서 달성될 수 있다.

[0016] 그리고 상기 상층식생은 교목이고, 상기 하층식생은 관목인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또한 교목에 대한 관목 수종 조합에 따른 탄소흡수량 DB에서, 상기 식재모듈이 시공될 공간 유형과 기후 환경을 고려하여 상기 교목에 대한 관목 수종 조합을 선정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 그리고 상기 식생부의 교목과 관목 조합은, 은행나무와 회양목, 단풍나무와 회양목, 은행나무와 사철나무, 느티나무와 사철나무, 은행나무와 쑥쑥나무, 및 단풍나무와 사철나무 중 적어도 어느 하나 인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 또한 상기 바이오차 모듈은 토양 100중량부에 대하여 1 ~ 5중량부의 바이오차를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 그리고 상기 바이오차는 목재 바이오차인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 또한 상기 바이오차 모듈은 생분해 섬유망 내에 밀봉되어 패킷 형태로 구성되는 바이오차 망포대인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 본 발명의 제2목적은 식생모듈의 시공방법에 있어서, 상층식생에 대한 하층식생 조합을 선정하는 단계; 바이오차모듈, 토양을 순차 교차되도록 적층하면서 상층식생을 식재하는 단계; 및 성토시 상기 하층식생을 식재하는 단계;를 포함하는, 탄소저장량 및 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법으로서 달성될 수 있다.

[0023] 제2목적에 있어서, 교목에 대한 관목 수종 조합에 따른 탄소흡수량 데이터 DB를 구축하는 단계를 더 포함하고, 상기 선정하는 단계는, 상층식생에 대한 하층식생 조합을 통한 탄소흡수량 데이터와, 상기 식재모듈이 시공될 공간 유형과 기후 환경조건을 기반으로, 상층식생에 대한 하층식생의 조합을 선정하는 것을 특징으로 할 수 있

다.

- [0024] 본 발명의 제3목적은 상층식생이 식재된 상태에서 식생모듈의 시공방법에 있어서, 식재된 상층식생에 대한 하층식생 조합을 선정하는 단계; 상기 상층식생의 주변에 적어도 하나의 코어를 굴취하는 단계; 상기 코어 내로 바이오차 모듈을 삽입시공하는 단계; 및 상기 상층식생 주변으로 상기 하층식생을 식재하는 단계;를 포함하는, 탄소저장량 및 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법으로서 달성될 수 있다.
- [0025] 제3목적에 있어서, 교목에 대한 관목 수종 조합에 따른 탄소흡수량 데이터 DB를 구축하는 단계를 더 포함하고, 상기 선정하는 단계는, 상층식생에 대한 하층식생 조합을 통한 탄소흡수량 데이터와, 상기 식재모듈이 시공될 공간 유형과 기후 환경조건과 식재된 상층식생을 기반으로, 하층식생 조합을 선정하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0026] 제2, 제3목적에 있어서, 상기 상층식생은 교목이고, 상기 하층식생은 관목인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0027] 그리고 제2, 제3목적에 있어서, 상기 바이오차 모듈은 토양 100중량부에 대하여 1 ~ 5중량부의 바이오차를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0028] 또한 제2, 제3목적에 있어서, 상기 바이오차 모듈은 생분해 섬유망 내에 밀봉되어 패킷 형태로 구성되는 바이오차 망포대인 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명의 실시예에 따르면, 본 공법이 적용되는 면적에 대하여 탄소 저장량 및 흡수량을 최대화함으로써 도시 내에서 발생하는 탄소 배출을 완화하고 도시 생태계를 활성화할 수 있는 효과를 갖는다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법에 따르면, 공법에서 활용하는 토양식생결합 모듈은 식생의 원활한 활착 및 생장량 증대와 더불어 토양 탄소 저장량을 증대시키는 효과가 있어 도시 내 탄소 저장량 및 흡수량을 동시에 높이는 공법이라고 할 수 있고 또한 식생 식재 및 시공 방법이 공간 유형별로 구분되어 있어 다양한 도시녹지 공간에 적용할 수 있는 장점을 갖는다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법에 따르면, 도시 내 가로수, 도시공원, 아파트 단지, 도시숲 등 다양한 공간의 탄소저장량을 효과적으로 증진시킬 수 있는 대표 기술로 활용 가능하고, 도시 행정가, 정책결정자, 조경 시공업체, 시민 등 도시 내 다양한 이해당사자들이 생태계 탄소저장 증진에 대한 깊은 과학적 이해가 없어도 모듈 시공에 관한 가이드라인을 따른다면 탄소저장 증진이 보장될 수 있는 사용자 친화적 기술로 활용 가능한 장점이 있다.
- [0032] 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법에 따르면, 본 모듈을 도시 녹지에 광범위하게 적용함으로써 국내 기후변화 대응을 선도하는 대표도시로서 브랜드화 할 수 있고, 본 모듈의 탄소 저장 및 흡수 효과를 수치화하여 보여줌으로써 모듈 사용자가 모듈의 효과를 확인할 수 있도록 하고, 본 모듈의 도입을 통해 도시계획에 있어 효율적으로 탄소 네거티브 도시를 설계할 수 있으며 시공의 모듈화를 통해 도시 녹지의 관리 비용을 절감할 수 있는 효과를 갖는다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈 및 그 시공방법에 따르면, 토양과 식생 간의 상호작용을 충분히 고려하여 설계되어 현장 적용 시 식생의 활착 및 생장이 원활하며 현장실증을 통해 모듈을 투입하여 발생하는 탄소 저장량, 흡수량을 정량하였으므로 환경적 도시 계획의 기초자료 및 환경영향평가, 지자체 환경 보전 계획 수립 등에 폭넓게 활용될 수 있고, 공간유형별 맞춤형 적용은 탄소 저장 능력 향상 이외에도 열섬효과, 우수유출완화, 경관 심미성 증대, 미세먼지 저감 등 다양한 공편익을 제공할 수 있는 장점이 있다.
- [0034] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0035] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 모식도,
 도 2a는 i-tree, 국립산림과학원(IPCC)의 교목과 관목에 대한 탄소 흡수량 표,
 도 2b는 교목+관목 조합별 연간 탄소 흡수량 산정 그래프,
 도 3a는 바이오차 사진,
 도 3b는 바이오 차에 의한 탄소 저장, 이산화탄배출 저감 메커니즘을 나타낸 모식도,
 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 모식도와 교목과 관목 조합 및 바이오차가 투입된 경우 탄소 저장, 흡수량,
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 바이오차 망포대의 구성도,
 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법의 흐름도,
 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 제1실시예에 따라 시공된 식재모듈의 사시도,
 도 8은 바이오차 유출량 평가를 위한 본 발명의 실험예,
 도 9는 본 발명의 제2실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 시공방법의 흐름도,
 도 10은 본 발명의 제2실시예에 따라 시공된 식재모듈의 사시도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0037] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0038] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.
- [0039] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0040] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.
- [0042] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈(100)의 구성, 기

능 및 그 시공방법에 대해 설명하도록 한다.

- [0043] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈의 모식도를 도시한 것이다.
- [0044] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈(100)은 상층식생과 복수의 하층식생을 갖는 식생부(10)와, 토양(1) 내에 구비되는 바이오차모듈을 포함하여 구성됨을 알 수 있다.
- [0045] 본 발명의 실시예에 따른 식생부(10)는 토양(1)에 식재되는 상층식생과 상층식생 주변부에 식재되는 복수의 하층식생들로 구성될 수 있다. 본 발명의 실시예에서, 상층식생은 교목(11)이고, 하층식생은 교목(11) 주변부에 다수 식재되는 관목(12)으로 구성될 수 있다.
- [0046] 즉, 본 발명의 실시예에서는 교목(11)에 대해 식재된 공간에서 최대의 탄소 흡수량, 저장량을 가질 수 있는 관목(12)의 조합을 갖도록 식생부(10)가 구성되게 된다.
- [0048] 도 2a는 i-tree, 국립산림과학원(IPCC)의 교목(11)과 관목(12)에 대한 탄소 흡수량 표를 도시한 것이다. 그리고 도 2b는 교목(11)+관목(12) 조합별 연간 탄소 흡수량 산정 그래프를 도시한 것이다.
- [0049] 도 2b에 도시된 바와 같이, 연간 탄소 흡수량이 가장높은 조합은, 은행나무와 회양목, 단풍나무와 회양목, 은행나무와 사철나무, 느티나무와 사철나무, 은행나무와 죄뚝나무, 및 단풍나무와 사철나무 순임을 알 수 있다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 따른 교목(11)과 관목(12)의 조합은, 교목(11)에 대한 관목(12) 수종 조합에 따른 탄소흡수량, 저장량 데이터 DB를 구축한 후, 이러한 DB와 식재모듈(100)이 시공될 공간 유형과 기후 환경을 기반으로 하여 탄소 흡수량이 최대가 될 수 있는 교목(11)에 대한 관목(12) 수종 조합을 선정하게 된다.
- [0052] 도 3a는 바이오차(21) 사진을 나타낸 것이고, 도 3b는 바이오 차에 의한 탄소 저장, 이산화탄배출 저감 메커니즘을 나타낸 모식도를 도시한 것이다. 바이오차(21)는 바이오매스를 산소 공급이 제한된 조건에서 열분해시켰을 때 생성되는 분산물로 화학적으로 안정하다. 이러한 바이오차(21)를 토양(1)에 투입하였을 때 탄소를 장기적으로 저장할 수 있는 CO2 배출저감전략중에 하나이다.
- [0053] 본 발명의 실시예에서는 이러한 바이오차(21)를 토양(1) 내에 투입하게 됨으로써 토양개량하고 식생의 생육환경을 개선할 뿐 아니라, 동시에 Non-Co2, GHGs 배출을 저감할 수 있게 된다.
- [0054] 또한 본 발명의 실시예에 따른 바이오차(21)는 도시녹지의 순환적 탄소저장을 위해 전정 가지를 활용할 목적으로 가지고 있으므로 목재 바이오차(21)로 구성됨이 바람직하다.
- [0055] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 바이오차 모듈은 토양 100중량부에 대하여 1 ~ 5중량부의 바이오차(21)를 포함하도록 구성된다.
- [0056] 바이오차(21)의 투입량은 바이오차의 분해율(%)에 영향을 미치지 않으나, 고농도의 바이오차(21) 투입은 기존의 SOC의 분해를 촉진시킬 우려가 있으며(priming effect), 입단형성을 감소시켜 SOC의 물리적인 보호를 저해할 수 있다. 따라서 경제성과 시공성 및 바이오차 효과를 적절히 고려하였을 때, 바이오차 모듈은 토양 100중량부에 대하여 1 ~ 5중량부의 바이오차(21)를 포함하도록 구성됨이 바람직하다.
- [0057] 또한 이러한 바이오차 모듈은 토양(1)의 심토에 투입됨이 바람직하다. 심토는 유기물의 유입원이 식물의 뿌리 삼출물(root exudates)로 제한되어 있는 토양층으로 표토에 비해 SOC storage potential이 높고, 산소 공급이 제한되어 있어 미생물에 의한 유기물의 분해가 표토보다 적을 것으로 알려져 있어 유입된 바이오차(21)의 분해 속도를 낮출 수 있게 된다.
- [0058] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈(100)의 모식도와 교목(11)과 관목(12) 조합 및 바이오차(21)가 투입된 경우 탄소 저장, 흡수량을 나타낸 것이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 식재모듈(100)은, 환경에 따른 수종변경, 교목(11)과 관목(12)의 최적조합과, 바이오차(21) 투입을 통해 단위면적당 탄소 저장량과 흡수량을 최대로 할 수 있는 효과를 갖게 됨을 알 수 있다.
- [0060] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 바이오차 망포대(20)의 구성도를 도시한 것이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 바이오차 모듈은 생분해 섬유망(22) 내에 밀봉되어 패킷 형태로 구성되는 바이오차 망포대(20)임을 알 수 있다.
- [0061] 생분해 섬유망(22)은 토양(1)에서 180일 이내로 생분해되는 친환경 섬유망에 해당하며, 이러한 형태의 섬유망

(22) 내에 토양(1)과의 질량비 4%의 바이오차(21)가 밀봉되어 패킷형태로 구성되게 된다. 2mm정도의 메쉬 사이즈로 이동 및 시공 중 바이오차(21) 손실을 최소화하며, 후에 설명되는 바와 같이, 토양층과 교차 투입하여 바이오차(21)의 우수유출을 방지할 수 있다.

- [0063] 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈(100)의 시공방법의 흐름도를 도시한 것이다. 그리고 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 제1실시예에 따라 시공된 식재모듈(100)의 사시도를 도시한 것이다. 또한 도 8은 바이오차 유출량 평가를 위한 본 발명의 실험예를 도시한 것이다.
- [0064] 본 발명의 제1실시예에 따른 식재모듈(100)의 시공방법은 새로 녹지를 조성하는 경우(수목 교체하는 경우)에 해당한다.
- [0065] 식재한 교목(11)과, 그 교목(11)에 대한 관목(12) 조합을 선정하게 된다(S1).
- [0066] 먼저, 교목(11)에 대한 관목(12) 수종 조합에 따른 탄소흡수량 데이터 DB를 구축하고, 식재모듈(100)이 시공될 공간 유형과 기후 환경조건을 기반으로 교목(11)을 선정하고, 그 교목(11)에 대해, 탄소흡수량이 최대가 될 수 있는 관목(12) 조합을 선정하게 된다.
- [0067] 그리고 바이오차모듈, 토양(1)을 순차 교차되도록 적층하면서(S2) 상층식생을 식재한다(S3). 즉, 수목 식재전에 뿌리분 주변에 바이오차-토양-바이오차-토양 순으로 바이오차 망포대(20)를 투입하게 된다.
- [0068] 그리고 성토시 하층식생인 다수의 관목(12)을 식재하게 된다(S4).
- [0069] 앞서 언급한 바와 같이, 토양층과 바이오차(21)를 교차 투입하여 바이오차(21)의 우수유출을 방지할 수 있다. 도 9에 하단쪽 사진은 침출수 실험 진행사진으로 왼쪽 사진은 실험 1의 바이오차 처리구이며, 오른쪽 사진은 좌측부터 실험 2의 대조구, 바이오차 처리구이다. 도 9에 도시된 바와 같이, 실험 1의 결과 바이오차에서 유출되는 탄소의 양은 강우 초기에 가장 많았으며, 시간에 따라 급감하였다. 총유출량은 바이오차 1g당 입자성 탄소 14.5mg, 용존성 탄소(DOC+DIC) 0.37mg이다. 실험 2의 결과 바이오차 처리구와 대조구의 입자성 탄소 유출량은 차이가 없는 것으로 보아 토양층이 바이오차 입자의 침출을 방지하는 것을 확인할 수 있다.
- [0071] 도 19는 본 발명의 제2실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈(100)의 시공방법의 흐름도를 도시한 것이다. 도 10은 본 발명의 제2실시예에 따라 시공된 식재모듈(100)의 사시도를 도시한 것이다.
- [0072] 본 발명의 제2실시예에 따른 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈(100)의 시공방법은 수목을 교체하지 않고 시공하는 경우이다.
- [0073] 식재된 상층식생에 대한 하층식생 조합을 선정하게 된다(S10).
- [0074] 앞서 언급한 바와 같이, 먼저, 교목(11)에 대한 관목(12) 수종 조합에 따른 탄소흡수량 데이터 DB를 구축한다. 그리고 DB에 저장된 상층식생에 대한 하층식생 조합을 통한 탄소흡수량 데이터와, 식재모듈(100)이 시공될 공간 유형과 기후 환경조건과 식재된 상층식생을 기반으로, 탄소 흡수량을 최대로 할 수 있는 하층식생 조합을 선정하게 된다.
- [0075] 그리고 상층식생의 주변에 적어도 하나의 코어를 굴취한다(S20). 이때 식재된 교목(11)의 뿌리가 상하지 않도록 코어를 굴취한다.
- [0076] 그리고 굴취한 코어 내로 바이오차 망포대(20)를 삽입시공하게 된다(S30).
- [0077] 그리고 교목(11) 주변으로 하층식생인 관목(12)을 다수 식재한다(S40).
- [0079] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

- [0080] 1: 토양
10: 식생부
11: 교목

12: 관목

20: 바이오차 망포대

21: 바이오차

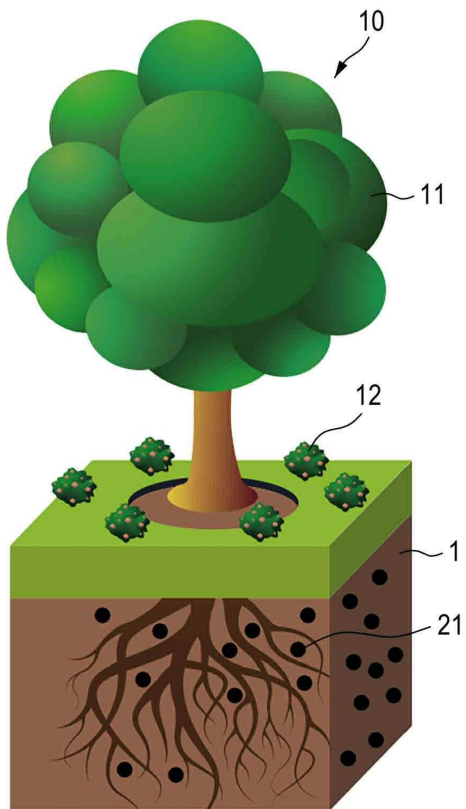
22: 생분해 섬유망

100: 탄소저장량과 흡수량 향상을 위한 토양식생결합 식재모듈

도면

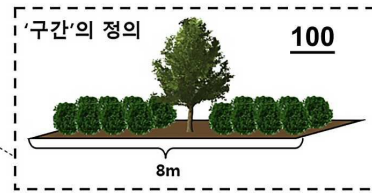
도면1

100



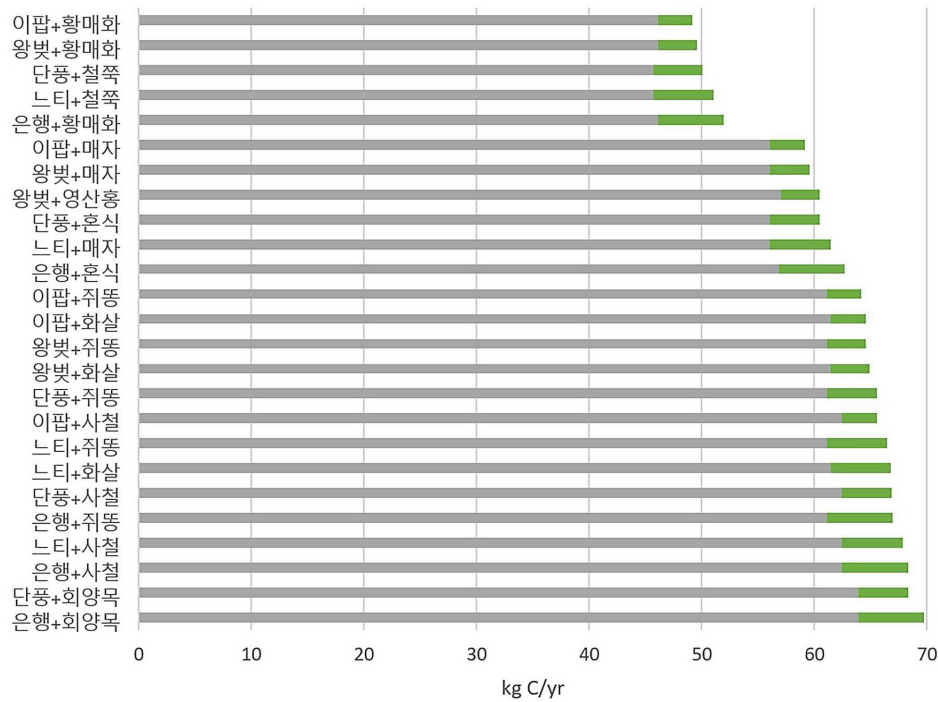
도면2a

LH시방서 기준 식재 밀도				C 흡수량				
교목	관목 (tree)	관목 (tree)	i-Tree		IPCC(국립산림과학원)			
			1 구간 당 (kg C/yr/구간)	조합 (kg C/yr)	1 구간 당 (kg C/yr/구간)	조합 (kg C/yr)		
교목			5.0		5.7			
관목	1	귀룽나무	1	77	0.8	66.9	0.8	66.0
	2	철쭉	1	63	0.7	49.1	0.8	52.9
	3	사철나무	1	79	0.8	68.2	0.8	67.3
	4	매자나무	1	77	0.7	58.8	0.8	64.0
	5	화살나무	1	77	0.8	66.4	0.8	67.1
교목			4.1		2.9			
관목	1	왕벚화	1	58	0.8	50.2	0.8	48.9
	2	매자나무	1	77	0.7	57.9	0.8	61.2
	3	귀룽나무	1	77	0.8	66.0	0.8	63.2
	4	영산홍	1	79	0.7	59.1	0.8	61.8
	5	화살나무	1	77	0.8	65.5	0.8	64.3
교목			2.9		3.3			
관목	1	매자나무	1	77	0.7	56.7	0.8	61.6
	2	사철나무	1	79	0.8	66.1	0.8	64.9
	3	귀룽나무	1	77	0.8	64.8	0.8	63.6
	4	화살나무	1	77	0.8	64.3	0.8	64.7
	5	왕벚화	1	58	0.8	49.0	0.8	49.4
교목			5.8		5.9			
관목	1	귀룽나무	1	77	0.8	67.7	0.8	66.2
	2	사철나무	1	79	0.8	69.0	0.8	67.5
	3	회양목/화살/영산홍	1	77	0.7	61.9	0.8	63.5
	4	왕벚화	1	58	0.8	51.9	0.8	52.0
	5	회양목	1	88	0.7	67.5	0.8	72.0
교목			4.4		4.4			
관목	1	중국단풍	1	88	0.7	66.1	0.8	70.5
	2	사철나무	1	79	0.8	67.6	0.8	66.1
	3	귀룽나무	1	77	0.8	66.3	0.8	64.7
	4	철쭉	1	63	0.7	48.5	0.8	51.7
	5	화살/철쭉	1	74	0.8	59.7	0.8	61.2



도면2b

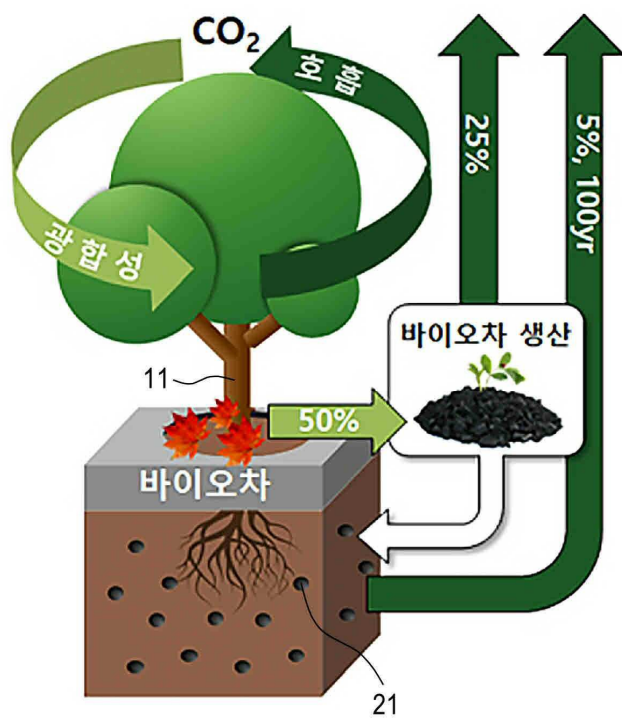
교/관목 조합 연간 탄소 흡수량



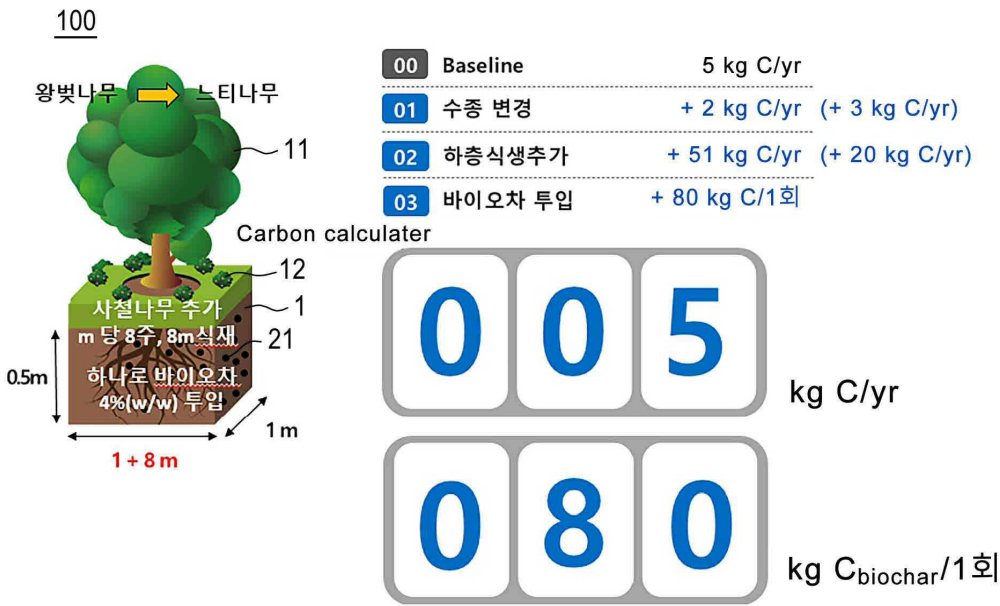
도면3a



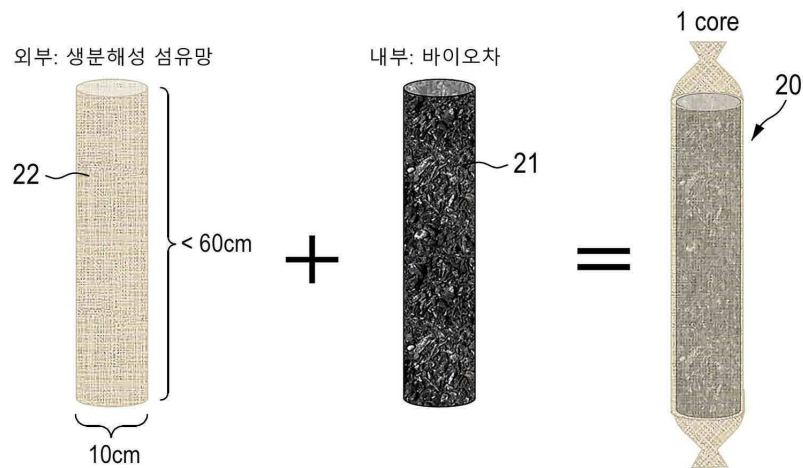
도면3b



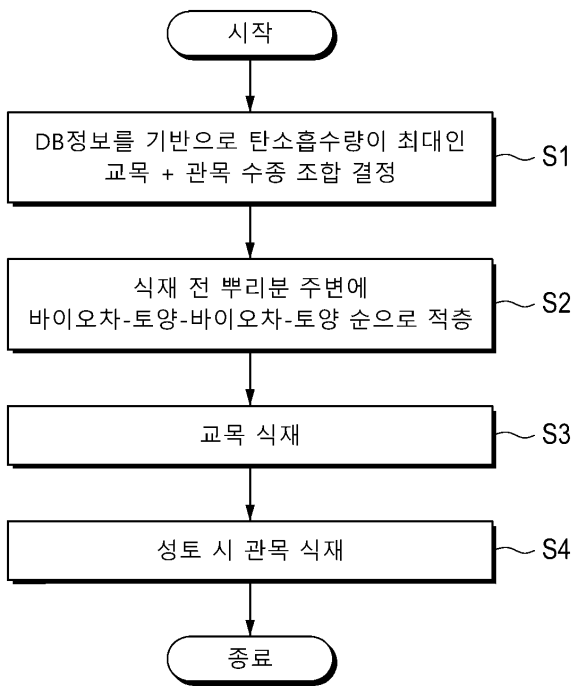
도면4



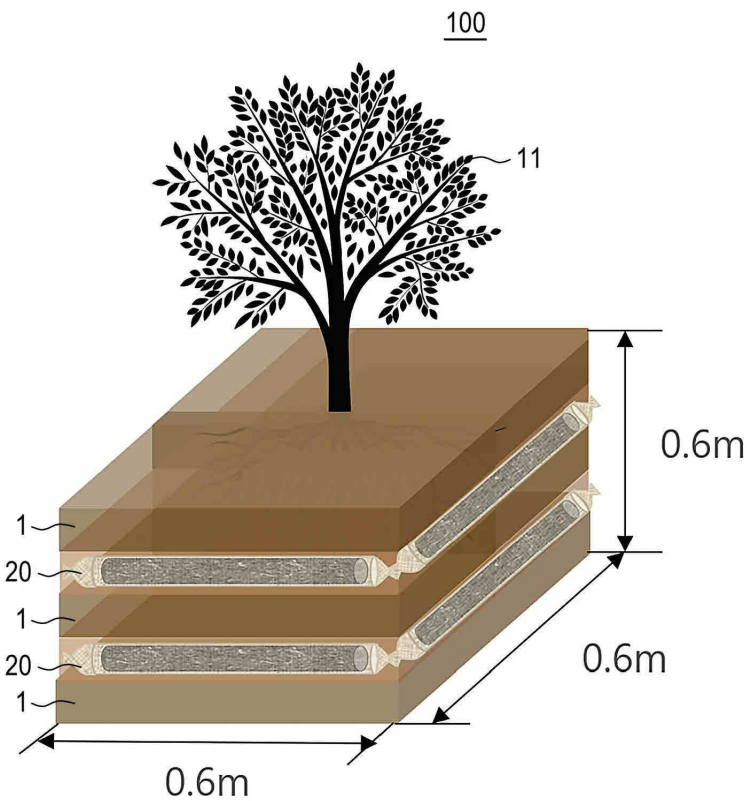
도면5



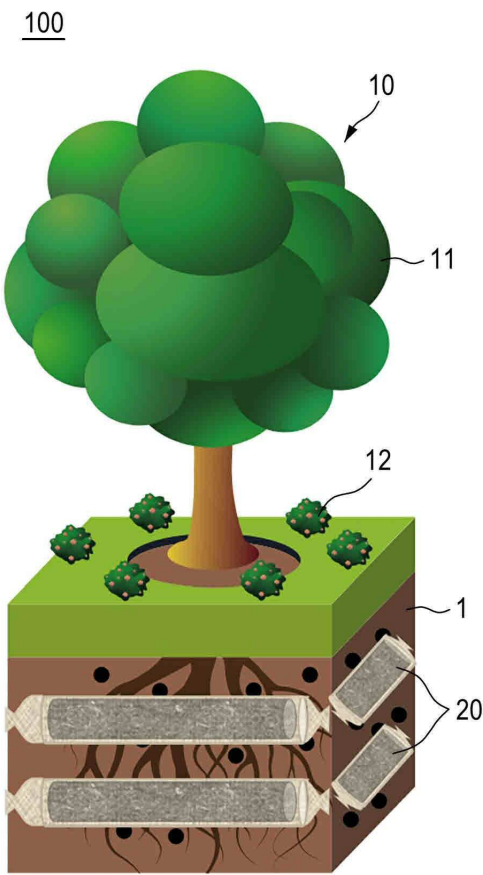
도면6



도면7a

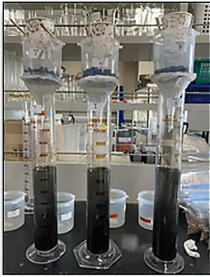


도면7b

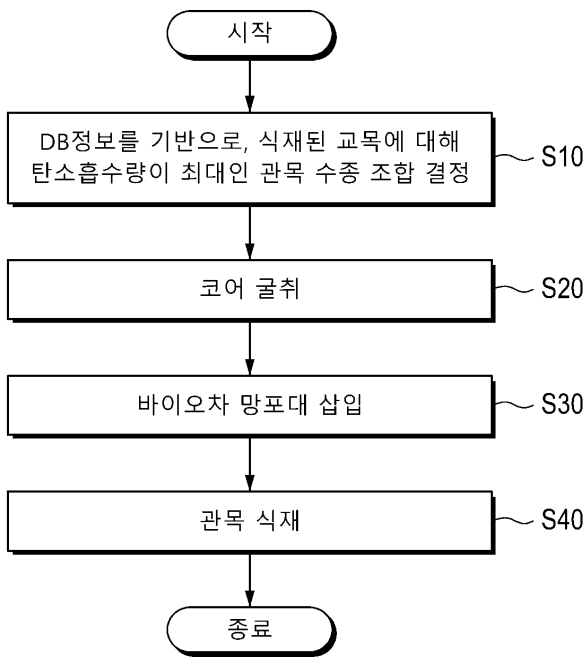


도면8

항목	실험 1	실험 2
내부 조성 방안	 → 바이오차+망	 → 가로수 토양 (표토) → 바이오차 → 가로수 토양 (심토)
처리구	1. Empty lysimeter (control) 2. 바이오차	1. Soil (control) 2. Soil+바이오차
목적	Soil Char-ger 외부로 유출되는 바이오차 탄소의 최대량 (100mm h ⁻¹ 로 강우 모사)	바이오차와 토양층이 교차로 있을 때 침출수를 통해 모듈 외부로 유출되는 바이오차 탄소의 양을 측정 (100mm h ⁻¹ 로 강우 모사)



도면9



도면10

