



등록특허 10-2642306



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월28일

(11) 등록번호 10-2642306

(24) 등록일자 2024년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C10B 57/02 (2006.01) C09K 17/02 (2006.01)

C10B 47/44 (2006.01) C10B 53/02 (2006.01)

C10B 57/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C10B 57/02 (2013.01)

C09K 17/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0124459

(22) 출원일자 2023년09월19일

심사청구일자 2023년09월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020220082341 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 3 항

(73) 특허권자

충남대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

성용주

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 509동 1402호
(전민동, 엑스포아파트)

이명호

대전광역시 유성구 대학로76번안길 39, 101호 (궁동)

(74) 대리인

최규환

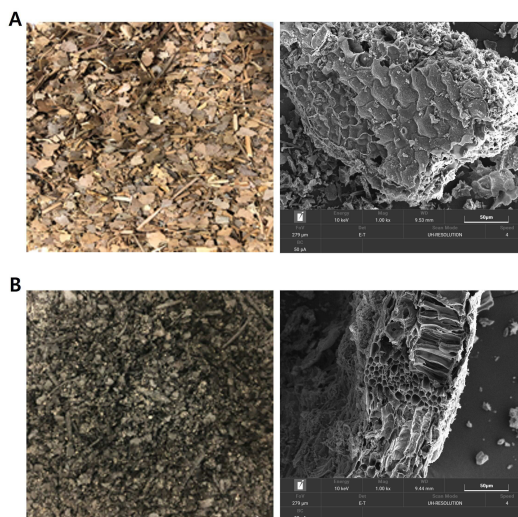
심사관 : 하금률

(54) 발명의 명칭 연속식 탄화장치를 이용한 낙엽 바이오차의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 낙엽 바이오차

(57) 요약

본 발명은 연속식 탄화장치를 이용한 낙엽 바이오차의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 낙엽 바이오차에 관한 것으로, 본 발명에 따른 낙엽 바이오차의 제조방법은 불균일한 낙엽 원료의 수분 함량을 탄화시 발생되는 폐열로 균일하게 전처리함으로써 열효율과 에너지효율이 높고, 생산성 및 경제성이 우수하다. 또한, 본 발명의 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차는 전기전도도(electrical conductivity)가 낮고 비표면적이 높아 토양 개량제로 유용하게 사용될 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

C10B 47/44 (2013.01)
C10B 53/02 (2013.01)
C10B 57/10 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

Junna Sun et al, Effects of pyrolysis temperature and residence time ~ of different biochar types, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 67:1, 12~22 쪽, 2016.8.4. 온라인 공개*

JP2001192668 A

KR101453326 B1

KR1020150021610 A

KR200237405 Y1

KR101733224 B1

김소현 등, 가로수 낙엽의 탄화 조건에 따른 특성 변화, J. of Korea TAPPI 55 (4) 49~56쪽, 2023.8.30.공개

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1405005416
과제번호	2020217B10-2222-AC01
부처명	산림청
과제관리(전문)기관명	한국임업진흥원
연구사업명	목재자원의고부가가치첨단화기술개발
연구과제명	도시 발생 지엽폐기물의 도시녹화용 기능성 소재화 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

상부에 원료가 투입되는 투입구가 형성되고, 내부에는 투입구를 통해 투입된 원료를 타측으로 이송시키도록 모터에 의해 회전되는 스크류가 형성되는 전처리존과;

상기 전처리존의 타측 끝단부 하부와 연통되어 전처리존에서 이송되어 전달된 원료를 일측으로 이송시키도록 모터에 의해 회전되는 스크류가 형성되고, 상기 스크류에 의해 원료가 이송시, 원료를 가열하여 탄화시키도록 외부면에 가열장치가 부착되는 탄화존과;

상기 탄화존의 일측 끝단부 하부와 연통되어 탄화존에서 탄화되어 전달된 원료를 타측으로 이송시키도록 모터에 의해 회전되는 스크류가 형성되고, 상기 스크류에 의해 원료가 이송시, 탄화된 원료를 냉각시키도록 외부면에 냉각장치가 부착되며, 타측 끝단부 하부에는 냉각된 원료를 외부로 배출하는 배출구가 형성되는 냉각부와;

상기 전처리존의 상부와 연통되어 원료를 탄화시키고 발생한 배기가스가 전달되고, 상기 전달된 배기가스를 정화시켜 외부로 배출하는 정화부;를 포함하여 구성되고,

상기 전처리존, 탄화존 및 냉각부가 연결되어 있어 원료를 연속적으로 탄화시킬 수 있는 것을 특징으로 하고,

상기 전처리존은 낙엽의 수분을 조절하고 건조하고, 탄화존에서 발생하는 열분해가스가 향류식으로 유입되며, 80~150℃의 온도를 유지하는 것을 특징으로 하는 연속식 탄화장치에 가로수 낙엽을 투입하는 단계를 포함하며, 상기 탄화는 300~400℃의 온도로 1~20분 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는, 전처리 무처리군 대비 전기전도도(electrical conductivity)가 감소되고, 비표면적 및 탄소 함량이 증가된 낙엽 바이오차의 제조방법.

청구항 9

제8항의 제조방법으로 제조되며, 전처리 무처리군 대비 전기전도도(electrical conductivity)가 감소되고, 비표면적 및 탄소 함량이 증가된 것을 특징으로 하는, 낙엽 바이오차.

청구항 10

삭제

청구항 11

제9항의 낙엽 바이오차를 유효성분으로 함유하는 토양 개량제.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연속식 탄화장치를 이용한 낙엽 바이오차의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 낙엽 바이오차에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 바이오차(biochar)는 나무와 같은 바이오매스(biomass)를 산소가 없는 제한된 조건에서 열분해하여 만들어진 숯(charcoal) 형태의 신개념 친환경 물질로, 공기 또는 토양 내 탄소를 포집함으로써 온실가스 저감에 기여한다고 알려져 있다. 또한, 바이오차를 토양 개량제로 사용하면 토양 내 염류 농도를 조절할 수 있다. 토양이 염류화되면 전기전도도(electrical conductivity)가 0.4 dS/m 이상으로 높아지며, 토양 속 높은 삼투압으로 인해 작물은 기공을 폐쇄하고 수분 흡수를 중지함으로써 작물의 성장이 저해된다. 따라서, 토양 개량제로 사용하는 바이오차의 염류 농도가 높으면 토양을 염류화시키게 되어 작물의 성장이 저해되므로 바이오차의 낮은 전기전도도는 토양 개량제로서 중요한 품질 요소라고 할 수 있다.

[0003] 한편, 도시발전에 따라 도심 내 미세먼지 저감 및 도시 경관 개선 등에 대한 중요성이 지속적으로 증대됨에 따라 가로수 정비와 도시숲 조성 등의 도시 녹지 사업이 점차 확대되고, 이에 따라 도심 내 낙엽의 발생량도 지속적으로 증가하고 있다. 대체로 평균 수령의 한 그루 가로수에서 약 50~100 kg 정도의 낙엽이 발생하는 것으로 추산되어 매년 전국적으로 상당량의 낙엽이 도심을 중심으로 발생되고 있어 이에 대한 수거 및 처리가 중요한 이슈가 되고 있다. 산림에서 발생하는 낙엽의 경우에는 산림 내에서 부숙을 통해 토양에 환원되고 임목에 직접적인 양분을 공급해 질적·양적 성장촉진 등 다양한 효과를 가져와 산림생태계의 양분 순환과정에 긍정적인 영향을 미치는 것과 달리, 도심에서 발생하는 가로수 낙엽의 경우에는 도심 미관을 해치고 하수구를 막아 우수범람의 원인이 되기도 하며 장기간 방치되는 경우 미세먼지 발생 등의 문제를 일으킬 수 있어 시급한 처리의 대상이 된다. 이러한 이유로 가을철 집중적으로 수거되는 가로수 낙엽은 생활폐기물로 수거된 이후 대부분 소각 또는 매립되고 있지만, 소각장 및 매립장의 감소에 따라 처리 비용이 증가하고 있고 처리 과정 중에 환경 오염을 초래하므로 적절한 대안 확보가 시급하다. 이에, 낙엽 퇴비 제조 기술에 관한 연구가 많이 진행되고 있으나, 낙엽을 퇴비화하기 위해서는 부숙에 많은 시간과 에너지가 소요되며, 수종, 시기, 위치 등에 따라 발생하는 물성 차이로 인해 균질한 품질의 낙엽 퇴비 생산에 어려움이 있어 낙엽 퇴비에 대한 선호도 및 활용도가 매우 낮은 실정이다. 또한, 낙엽을 자원화하는 방안에 관한 다양한 기술이 개발되고 있지만 아직까지 상용화되지 못하고 있어 실용적인 기술 개발이 필요한 상황이다.

[0004] 한편, 한국공개특허 제2023-0030941호에는 '리그닌 바이오차를 포함하는 토양 개량제 및 이의 제조방법'이 개시되어 있고, 한국등록특허 제2018188호에는 '하이브리드 바이오차 및 그 제조 방법'이 개시되어 있으나, 본 발명의 '연속식 탄화장치를 이용한 낙엽 바이오차의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 낙엽 바이오차'에 대해서는 기재된 바가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 요구에 의해 도출된 것으로서, 본 발명자들은 연속식 탄화장치의 전처리존에 낙엽을 투입하여 탄화존에서 향류식으로 이송된 열분해가스로 전처리한 후, 탄화존으로 이송하여 350℃에서 10분 동안 연속식으로 탄화한 후, 냉각하여 낙엽 바이오차를 제조하였다. 이후, 상기 낙엽 바이오차의 전기전도도(electrical conductivity)가 전처리 무처리구 대비 감소하고, 비표면적이 시판 바이오차 제품 대비 증가한 것을 확인함으로써, 본 발명을 완성하였다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 낙엽을 전처리존과 탄화존으로 이루어진 연속식 탄화장치에 투입하는 단계를 포함하는, 낙엽 바이오차의 제조방법을 제공한다.
- [0007] 또한, 본 발명은 상기 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차를 제공한다.
- [0008] 또한, 본 발명은 상기 낙엽 바이오차를 유효성분으로 함유하는 토양 개량제를 제공한다.

발명의 효과

- [0009] 본 발명은 연속식 탄화장치를 이용한 낙엽 바이오차의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 낙엽 바이오차에 관한 것으로, 본 발명에 따른 낙엽 바이오차의 제조방법은 불균일한 낙엽 원료의 수분 함량을 탄화시 발생하는 폐열로 균일하게 전처리함으로써 열효율과 에너지효율이 높고, 생산성 및 경제성이 우수하며, 2중 다단의 설비를 이용한 연속식 공정으로 장치의 크기가 작아 설치 및 운전이 용이하다. 또한, 본 발명의 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차는 전기전도도(electrical conductivity)가 낮고, 비표면적이 높으므로 토양 개량제로 유용하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명에서 사용한 연속식 탄화장치의 모식도이다.
- 도 2는 건조 전처리 하지 않고 350℃에서 탄화하여 제조한 낙엽 바이오차 및 건조 전처리 후 350℃에서 탄화하여 제조한 낙엽 바이오차의 탄화처리 시간에 따른 pH를 측정한 결과이다.
- 도 3은 아무것도 처리하지 않고 분쇄한 낙엽(A) 및 건조 전처리 후 350℃에서 10분 동안 탄화하여 제조한 낙엽 바이오차(B)를 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM)으로 미세 구조를 관찰한 사진이다. 스케일 바(scale bar)=50 μm.
- 도 4는 아무것도 처리하지 않고 분쇄한 낙엽(대조군) 및 건조 전처리 후 350℃에서 10분 동안 탄화하여 제조한 낙엽 바이오차의 요오드 흡착능을 측정한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 낙엽을 전처리존과 탄화존으로 이루어진 연속식 탄화장치에 투입하는 단계를 포함하는, 낙엽 바이오차의 제조방법을 제공한다.
- [0012] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 낙엽은 가로수, 도시숲, 공원 등지에서 발생하는 낙엽으로 바람직하게는 가로수 낙엽일 수 있는데, 상기 가로수는 플라타너스, 은행나무, 포플러, 벚나무, 메타세콰이어, 느티나무, 버드나무, 이팝나무 및 단풍나무로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가로수일 수 있고, 바람직하게는 플라타너스, 벚나무 또는 은행나무의 낙엽일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0013] 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 전처리존은 탄화존에서 발생하는 열분해가스가 향류식으로 유입되어 80~150℃의 온도를 유지함으로써 낙엽의 수분을 조절하고 건조하는 곳일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0014] 또한, 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 탄화존은 전처리된 낙엽의 탄화가 이루어지는 곳이며, 상기 탄화는 300~400℃의 온도로 1~20분 동안 이루어지는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0015] 또한, 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 상기 연속식 탄화장치는 도 1에 도시한 바와 같이, 상부에 원료가 투입되는 투입구가 형성되고, 내부에는 투입구를 통해 투입된 원료를 타측으로 이송시키도록 모터에 의해 회전되는 스크류가 형성되는 전처리존(10)과;
- [0016] 상기 전처리존의 타측 끝단부 하부와 연통되어 전처리존에서 이송되어 전달된 원료를 일측으로 이송시키도록 모터에 의해 회전되는 스크류가 형성되고, 상기 스크류에 의해 원료가 이송시, 원료를 가열하여 탄화시키도록 외부면에 가열장치가 부착되는 탄화존(20)과;
- [0017] 상기 탄화존의 일측 끝단부 하부와 연통되어 탄화존에서 탄화되어 전달된 원료를 타측으로 이송시키도록 모터에 의해 회전되는 스크류가 형성되고, 상기 스크류에 의해 원료가 이송시, 탄화된 원료를 냉각시키도록 외부면에 냉각장치가 부착되며, 타측 끝단부 하부에는 냉각된 원료를 외부로 배출하는 배출구가 형성되는 냉각부(30)와;

- [0018] 상기 전처리존의 상부와 연통되어 원료를 탄화시키고 발생한 배기가스가 전달되고, 상기 전달된 배기가스를 정화시켜 외부로 배출하는 정화부(40);를 포함하여 구성되고,
- [0019] 상기 전처리존, 탄화존 및 냉각부가 연결되어 있어 원료를 연속적으로 탄화시킬 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0020] 보다 구체적으로, 상기 연속식 탄화장치는 크게 전처리존(10)과, 탄화존(20)과, 냉각부(30)와, 정화부(40)로 구성되고, 상기 연속식 탄화장치에 원료가 투입되면 연속적으로 전처리존(10)에서 탄화존(20)으로, 탄화존(20)에서 냉각부(30)로 이송되면서 최종 낙엽 바이오차를 제조한다.
- [0021] 상기 전처리존(10)은 원료의 수분을 조절하고 건조하는 곳으로 외부에서 원료가 투입되도록 일측 끝단부 상부에 투입구(11)가 형성되고, 상기 전처리존(10)의 내부에는 투입구(11)를 통해 투입된 원료를 타측으로 이송시키도록 스크류가 형성된다.
- [0022] 여기서, 상기 전처리존(10)의 스크류는 외부에 설치되는 모터와 연결되어 회전되는데, 상기 스크류는 원료를 이송시키는 동시에 일부 원료를 파쇄하면서 이송시킨다.
- [0023] 그리고, 상기 전처리존(10)에서는 탄화존(20)에서 생성되는 열분해가스의 복사열이 향류식으로 전처리존(10)으로 역이송되어 전처리존(10)의 내부를 80~150℃의 온도로 유지하여 원료를 건조시킴으로써, 전처리존이 형성되는 것이다.
- [0024] 상기 탄화존(20)은 가열장치(21)에 의해 실제 탄화가 이루어지는 곳으로 전처리존(10)의 하부에 위치하는데, 상기 전처리존(10)의 타측 끝단부 하부와 연통구에 의해 연통되어 전처리존(10)에서 이송된 원료가 전달되고, 상기 탄화존(20)의 내부에는 전처리존(10)에서 전달된 원료를 일측으로 이송시키도록 스크류가 형성된다.
- [0025] 여기서, 상기 탄화존(20)의 스크류는 외부에 설치되는 모터와 연결되어 회전되는데, 상기 스크류는 원료를 일부 파쇄하면서 이송시킨다.
- [0026] 또한, 상기 탄화존(20)의 외부면에는 스크류에 의해 원료가 이송시, 원료를 가열하여 탄화시키도록 전기발열장치 등의 가열장치(21)가 부착 설치되고, 상기 가열장치(21)의 원료 가열에 의해 발생한 열분해가스의 복사열이 향류식으로 전처리존(10)으로 역이송된다.
- [0027] 그리고, 상기 전처리존(10)에서 건조시킨 원료를 탄화존(20)으로 낙하시켜 텀블링 효과를 통해 균일한 탄화가 일어날 수 있게 함으로써, 탄화존이 형성되는 것이다.
- [0028] 상기 냉각부(30)는 탄화존(20)의 일측 끝단부 하부와 연통구에 의해 연통되어 탄화존(20)에서 탄화되어 원료가 전달되고, 상기 냉각부(30)의 내부에는 탄화존(20)에서 전달된 원료를 타측으로 이송시키도록 스크류가 형성된다.
- [0029] 여기서, 상기 냉각부(30)의 스크류는 외부에 설치되는 모터와 연결되어 회전되는데, 상기 스크류는 원료를 일부 파쇄하면서 이송시킨다.
- [0030] 또한, 상기 냉각부(30)의 외부면에는 스크류에 의해 원료가 이송시, 탄화된 원료를 냉각시키도록 냉각장치(31)가 부착 설치되고, 상기 냉각부(30)의 타측 끝단부 하부에는 냉각된 원료(낙엽 바이오차)를 외부로 배출하는 배출구(32)가 형성된다.
- [0031] 그리고, 상기 냉각부(30)는 배출구(32)를 통해 제조된 낙엽 바이오차가 용이하게 배출되도록 경사지게 형성되고, 상기 냉각부(30)는 배출구(32) 측이 아래쪽으로 향하도록 경사지게 형성된다.
- [0032] 상기 정화부(40)는 전처리존(10)의 상부와 연통되어 원료를 탄화시키고 발생한 배기가스가 전달되고, 상기 전달된 배기가스를 정화시켜 외부로 배출하며, 상기 전처리존(10)의 상부에 배기관(50)이 연통되어 정화부(40)와 연결되고, 상기 배기관(50)을 통해 배기가스가 정화부(40)로 이송된다. 이때, 상기 전처리존(10)에 연결되는 배기관(50)의 내측에는 배기가스 이외에 이송하는 원료가 전처리존(10)으로 유입되는 것을 방지하도록 방지망(51)이 더 설치된다.
- [0033] 여기서, 상기 정화부(40)는 배기관(50)을 통해 이송된 배기가스를 응축시키는 증기 응축기(41)와, 상기 증기 응축기(41)에서 응축되고 남은 공기 내의 가스를 전기로 집진하여 정화시키는 전기 집진기(42)와, 상기 전기 집진기(42)와 연결되어 배기가스 또는 정화된 공기를 흡입하여 외부로 배출하는 배출팬(43)으로 구성된다. 이때, 상기 증기 응축기(41)는 내부에서 응축한 응축수(초액)를 외부로 배출한다.

- [0034] 본 발명의 일 구현 예에 따른 제조방법에 있어서, 상기 낙엽은 이물질질을 제거하여 정선한 후, 2~4 mesh 이하의 크기로 분쇄한 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0035] 본 발명은 또한, 상기 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차를 제공한다.
- [0036] 본 발명에 따른 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차는 전처리 무처리군(동일 조건으로 탄화만 진행) 대비 전기 전도도(electrical conductivity)가 감소되고, 비표면적이 증가된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0037] 본 발명은 또한, 상기 낙엽 바이오차를 유효성분으로 함유하는 토양 개량제를 제공한다.
- [0038] 본 발명에 따른 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차는 전기전도도가 낮고, 비표면적이 높으므로, 친환경 토양 개량제로 매우 유용하게 사용될 수 있다.
- [0039] 본 발명에 따른 제조방법으로 제조된 낙엽 바이오차는 바람직하게는 전기전도도가 0.2~0.4 dS/m이고, 비표면적이 $1.6\sim 1.8\text{ m}^2/\text{g}$ 일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0040] 본 발명에서 용어 "토양 개량제(soil conditioner)"는 토양의 물리화학적 성질을 식물생육에 알맞게 개선하여 생산성을 높이기 위해 사용되는 물질을 의미한다
- [0041] 또한, 본 발명의 토양 개량제는 상기 유효성분 외, 식물성잔재물, 세라믹스(ceramics) 또는 비료 성분 등을 추가로 포함할 수 있으나, 이로 한정되는 것은 아니며, 본 발명에 따른 토양 개량제의 토양 개량 및 식물체의 생육 촉진 효과에 영향을 주지 않는 범위에서 토양 개량제에 이용되는 통상적인 광물질 등도 포함될 수 있다.
- [0042] 상기 식물성잔재물은 식품공장에서 생산하고 남은 잔재물을 의미하는 것으로, 착즙, 발효가공, 주정, 제과, 제빵, 제면 등의 부산물 또는 한약잔재 등이 포함될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0043] 또한, 상기 세라믹스는 원적외선을 방출하여 공진현상을 일으켜 분자의 활성화를 유도할 수 있다. 상기 세라믹스는 수소원자에 변각, 병진, 회전, 신축운동을 유발하여 산소원자와 수소원자간의 수소결합을 유지시키고, 물 분자 활성화로 산소, 질소 등 기체분자를 받아들여 오염된 물을 활성수로 만들어주는 정화작용을 할 수 있다.
- [0044] 또한, 상기 세라믹스는 식물의 영양분 흡수력을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 열매의 당도 향상, 식물의 색상 유지, 식물 생육 촉진, 식물의 병충해예방 및 갈변방지를 효과를 나타낼 수 있다. 또한, 상기 세라믹스는 악취 제거, 수분증발억제, 식물의 모세관 수축작용의 활성화 효과를 나타낼 수 있을 뿐만 아니라, 상기 세라믹스는 토양 내 유기물의 발효를 촉진할 수 있다.
- [0045] 또한, 상기 비료 성분은 화학비료, 아미노산 또는 그 혼합물일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0046] 또한, 본 발명에 따른 토양 개량제는 분말제형 또는 입상제형 등 다양한 제형으로 사용될 수 있으며, 오랜 기간 동안 시비효과를 높이기 위해 각주상 또는 원통형 또는 입상화된 토양 개량제의 표면에 플라스틱 필름(plastic film), 수지(resins), 왁스(wax), 라텍스(latex), 황(sulfur) 및 콩기름 중 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상이 코팅될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0048] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0050] **재료 및 방법**
- [0051] **1. 연속식 탄화장치를 이용한 건조 전처리 및 탄화**
- [0052] 본 발명에서는 연속식 탄화장치(도 1)를 제작하여 낙엽 바이오차를 제조하였다. 구체적으로, 본 발명의 연속식 탄화장치는 크게 전처리존, 탄화존, 냉각부 및 정화부로 구성되고, 상기 연속식 탄화장치에 원료가 투입되면 연속적으로 전처리존에서 탄화존으로, 탄화존에서 냉각부로 이송되면서 최종 낙엽 바이오차를 제조한다. 구체적으로, 전처리존은 원료의 수분을 조절하고 건조하는 곳이고, 탄화존은 가열장치에 의해 실제 탄화가 이루어지는 곳이다. 탄화존에는 전기발열장치가 설치되어 있고, 탄화존에서 생성되는 열분해가스의 복사열이 향류식으로 전처리존으로 역이송되어 전처리존은 80~150℃의 온도를 유지함으로써 원료를 건조시킨다. 전처리존에서 건조시킨 원료를 탄화존으로 낙하시켜 텀블링 효과를 통해 균일한 탄화가 일어날 수 있게 하였으며, 탄화가 완료된 원료는 냉각부로 이송하여 최종 낙엽 바이오차를 제조하였다.
- [0054] **2. 낙엽 바이오차의 특성 분석**
- [0055] 낙엽 바이오차의 pH와 전기전도도(electrical conductivity)는 시료와 증류수를 1:10 비율로 혼합하여 12시간

동안 침지시킨 후 pH 측정기(Orion Star™ A211, Thermo Fisher Scientific)와 전기전도도 측정기(CM-31P-W, Toadakk)를 사용하여 측정하였고, 회분 함량은 TAPPI T211 om-12에 의거하여 측정하였고, 원소 함량은 자동원소 분석기(FLASH 2000, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 측정하였으며, 수율은 하기 식에 따라 계산하였다.

수율(%)=(탄화 후 원료의 무게/탄화 전 원료의 무게)X100

실시예 1. 탄화 온도에 따른 낙엽 바이오차의 특성 평가

가로수 플라타너스 낙엽을 수거하고 비중분리기 및 육안적 선별을 통해 이물질을 제거한 후, 3 mesh 이하의 크기로 분쇄하였다. 이후, 연속식 탄화장치(도 1)의 탄화존만을 작동시켜 250℃, 350℃ 또는 450℃에서 10분 동안 탄화를 수행한 후, 수율, pH, 전기전도도(EC) 및 회분 함량을 측정하였다.

그 결과, 250℃ 또는 350℃에서 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 전기전도도(EC)가 탄화 무처리군 또는 450℃에서 탄화 처리한 낙엽 바이오차 대비 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 250℃ 또는 350℃에서 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 pH가 탄화 무처리군 또는 450℃에서 탄화 처리한 낙엽 바이오차 대비 중성 pH를 나타내는 것을 확인하였다. 또한, 250℃에서 탄화 처리한 낙엽 바이오차에는 탄화가 충분히 이루어지지 않은 낙엽들이 존재하는 것을 확인하였다(표 1).

표 1

탄화 온도에 따른 낙엽 바이오차의 특성

구분	탄화 무처리	250℃	350℃	450℃
육안적 성상				
수율	-	71.2%	64.3%	48.2%
pH	5.48	6.98	6.96	9.57
EC(dS/m)	0.360	0.343	0.318	0.452
회분 함량	9.1%	16.9%	21.0%	28.8%

상기 결과를 통해 낙엽 바이오차를 제조를 위한 탄화 온도 조건은 전기전도도(EC)가 가장 낮고 미탄화 낙엽이 발생되지 않는 것으로 확인된 350℃가 가장 바람직한 것으로 판단되었다.

실시예 2. 건조 전처리에 따른 낙엽 바이오차의 특성 평가

가로수 플라타너스 낙엽을 수거하고 비중분리기 및 육안적 선별을 통해 이물질을 제거한 후, 3 mesh 이하의 크기로 분쇄하였다. 이후, 연속식 탄화장치(도 1)의 탄화존만을 작동시켜 350℃에서 1분, 5분 또는 10분 동안 탄화를 수행하거나(무전처리군), 전처리존과 탄화존을 둘다 작동시켜 건조 전처리 후, 350℃에서 1분, 5분 또는 10분 동안 탄화를 수행하여(전처리군) 낙엽 바이오차를 각각 제조하였다. 이후, 각 낙엽 바이오차의 pH, 전기전도도(EC) 및 원소 함량을 측정하였다.

그 결과, 건조 전처리 후 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 pH가 건조 전처리하지 않고 탄화 처리한 낙엽 바이오차보다 중성 pH인 것을 확인하였다(도 2).

또한, 건조 전처리하지 않고 탄화 처리한 낙엽 바이오차 또는 건조 전처리 후 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 전기전도도(EC)는 아무것도 처리하지 않은 대조군보다 감소하는 것을 확인하였고, 건조 전처리 후 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 전기전도도(EC)는 건조 전처리하지 않고 탄화 처리한 낙엽 바이오차보다 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 전처리 여부와 상관없이 탄화 시간이 증가함에 따라 전기전도도(EC)도 감소하는 것을 확인하였다(표 2).

표 2

[0068]

건조 전처리에 따른 낙엽 바이오차의 전기전도도(EC) 측정

공정 조건		전기전도도(dS/m)			
전처리	탄화	대조군(무처리)	탄화 1분	탄화 5분	탄화 10분
X	350℃	0.360	0.354	0.342	0.318
0	350℃		0.345	0.320	0.281

[0070]

또한, 아무것도 처리하지 않은 대조군보다 건조 전처리하지 않고 탄화 처리한 낙엽 바이오차 또는 건조 전처리 후 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 탄소의 함량이 증가하고 산소의 함량이 감소하는 것을 확인하였고, 건조 전처리하지 않고 탄화 처리한 낙엽 바이오차보다 건조 전처리 후 탄화 처리한 낙엽 바이오차의 탄소의 함량이 증가하고 산소의 함량이 감소하는 것을 확인하였다(표 3).

표 3

[0071]

건조 전처리에 따른 낙엽 바이오차의 원소 함량 측정

공정 조건		탄화시간	탄소(C) (%)	수소(H) (%)	산소(O) (%)	질소(N) (%)
전처리	탄화					
X	X	-	48.20	5.31	35.87	1.15
X	350℃	1분	48.42	5.29	34.18	0.94
		5분	51.14	4.68	31.20	1.00
		10분	54.01	4.00	24.50	1.13
0	350℃	1분	48.46	5.16	34.69	0.96
		5분	52.02	4.59	29.07	1.12
		10분	56.08	3.10	21.64	1.23

[0073]

상기 결과를 바탕으로, 건조 전처리 과정에 의해 원료의 균질성과 반응성이 향상되어 안정적인 중성 pH를 나타내고, 전기전도도(EC)가 감소하며, 탄소의 함량이 증가하는 낙엽 바이오차를 제조할 수 있음을 알 수 있었다.

[0075]

실시예 3. 본 발명의 낙엽 바이오차의 비표면적 분석

[0076]

비표면적은 바이오차의 물리적 특성에서 중요한 역할을 하며 토양 개량제로 이용되었을 때 토양의 용적 밀도를 감소시키고, 통기성, 수분 보유력을 증가시킴으로써, 보습력 및 보비력 등의 향상에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이에 본 발명에 따른 방법으로 제조된 낙엽 바이오차의 비표면적을 분석하였다.

[0077]

구체적으로, 가로수 플라타너스 낙엽을 수거하고 비중분리기를 이용하여 이물질을 제거한 후, 3 mesh 이하의 크기로 분쇄하였다. 이후, 연속식 탄화장치(도 1)를 이용하여 건조 전처리 및 350℃에서 10분 동안 탄화를 수행하여 낙엽 바이오차를 제조한 후, BET(Brunauer, Emmett, Teller) 비표면적 분석장치(Surface Area Analyzer I ASAP2420, Micromeritics)를 이용하여 비표면적을 측정하였다. 현재 시중에서 판매되고 있는 목질 바이오차 제품과 비목질 바이오차 제품을 비교군으로 이용하였다.

[0078]

그 결과, 본 발명의 낙엽 바이오차의 비표면적은 시판 바이오차 제품보다 높은 것을 확인하였다(표 4).

표 4

[0079]

낙엽 바이오차의 비표면적 측정

	BET 비표면적(m ² /g)
본 발명의 낙엽 바이오차	1.7460±0.0154
시판 목질 바이오차 제품	1.5351±0.0132
시판 비목질 바이오차 제품	0.9386±0.0049

[0081]

또한, 본 발명의 낙엽 바이오차의 형태적 변화를 측정하기 위하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM, CLARA, TESCAN)을 이용하여 미세 구조를 관찰하였다. 아무것도 처리하지 않은 낙엽을 대조군으로 이용하였다.

[0082] 그 결과, 아무것도 처리하지 않은 낙엽은 표면의 기공들이 막혀있고 불균일한 구조 특성을 가지는 것을 확인한 반면, 본 발명의 낙엽 바이오차는 다양한 크기의 미세공극과 기공이 존재하는 것을 확인하였다(도 3).

[0084] 실시예 4. 본 발명의 낙엽 바이오차의 요오드 흡착능 분석

[0085] 바이오차의 흡착능은 탄화물의 활용성과 품질특성 평가 시 고려되는 주요 지표중 하나이다. 이에 본 발명에 따른 방법으로 제조된 낙엽 바이오차의 흡착능을 평가하기 위하여 활성탄 시험방법(KSM 1802:2021)에 의거한 요오드 흡착량을 측정하였다.

[0086] 구체적으로, 가로수 플라타너스 낙엽을 수거하고 비중분리기를 이용하여 이물질을 제거한 후, 3 mesh 이하의 크기로 분쇄하였다. 이후, 연속식 탄화장치(도 1)를 이용하여 건조 전처리 및 350℃에서 10분 동안 탄화를 수행하여 낙엽 바이오차를 각각 제조하여 시료로 이용하였다. 아무것도 처리하지 않은 낙엽을 대조군 시료로 이용하였다. 이후, 시료 0.5 g과 0.05 M 요오드 용액 50 ml을 혼합하여 2000 rpm으로 5분 동안 원심분리를 실시한 후 수득한 상등액 10 ml에 0.1 M 싸이오황산소듐(sodium thiosulfate, Na₂S₂O₃) 용액으로 적정하면서 용액이 담황색이 되었을 때 1%(v/v) 전분 용액 1 ml을 첨가한 후, 다시 용액의 청색이 없어지는 종말점까지 0.1 M 싸이오황산소듐 용액으로 적정하였다. 이후, 적정에 사용한 싸이오황산소듐 용액의 양을 산출하여 하기식에 대입하여 요오드 흡착량을 계산하였다.

[0087] □ □ □

[0088] $I = \{(10 \times f' - K \times f) / (S \times 10 / 50)\} \times 12.69$

[0089] I: 요오드 흡착량(mg/g)

[0090] S: 시료 첨가량(g)

[0091] K: 적정에 사용한 싸이오황산소듐 용액의 양(ml)

[0092] f: 싸이오황산소듐 용액의 농도 계수

[0093] f': 싸이오황산소듐 용액에 대응하는 0.05 M 아이오딘 용액의 농도 계수

[0094] 12.69 : 0.1 M 싸이오황산소듐 용액 1 ml의 요오드 상당량(mg)

[0096] 그 결과, 본 발명의 낙엽 바이오차의 요오드 흡착량은 아무것도 처리하지 않은 낙엽보다 약 10배 증가하는 것을 확인하였다(도 4).

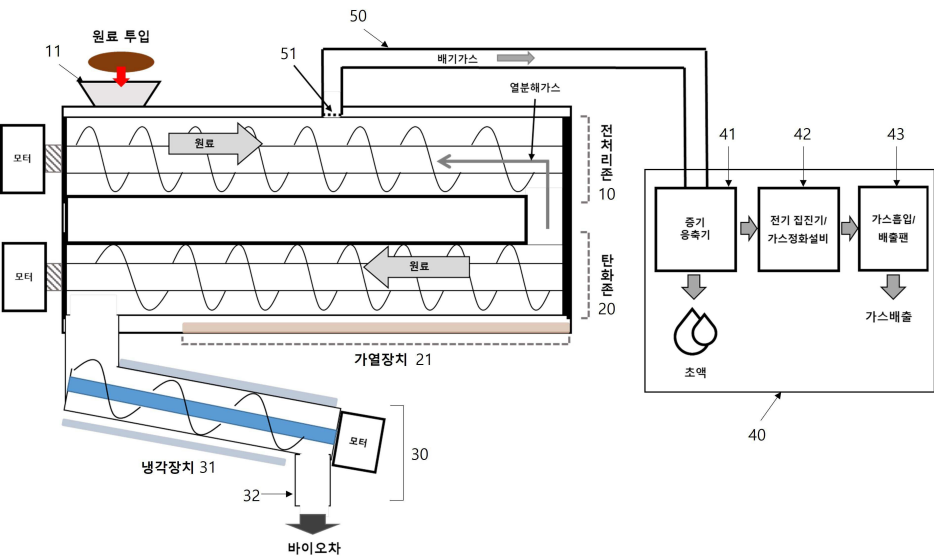
[0098] 상기 결과를 통해, 본 발명에 따른 방법으로 제조한 낙엽 바이오차는 비표면적이 높고, 미세공극과 기공이 증가하여 요오드 흡착능이 증가한 것임을 알 수 있었다.

부호의 설명

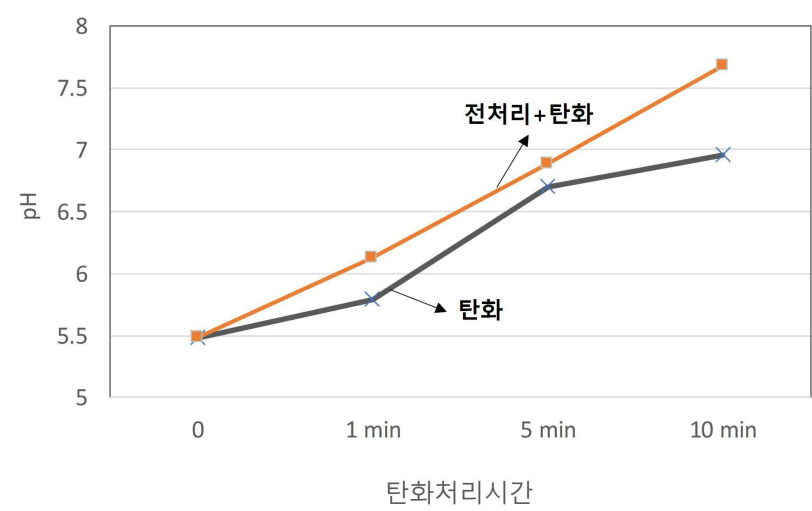
[0099] 10 : 전처리존	11 : 투입구
20 : 탄화존	21 : 가열장치
30 : 냉각부	31 : 냉각장치
32 : 배출구	
40 : 정화부	41 : 증기 응축기
42 : 전기 집진기	43 : 배출팬
50 : 배기관	51 : 방지망

도면

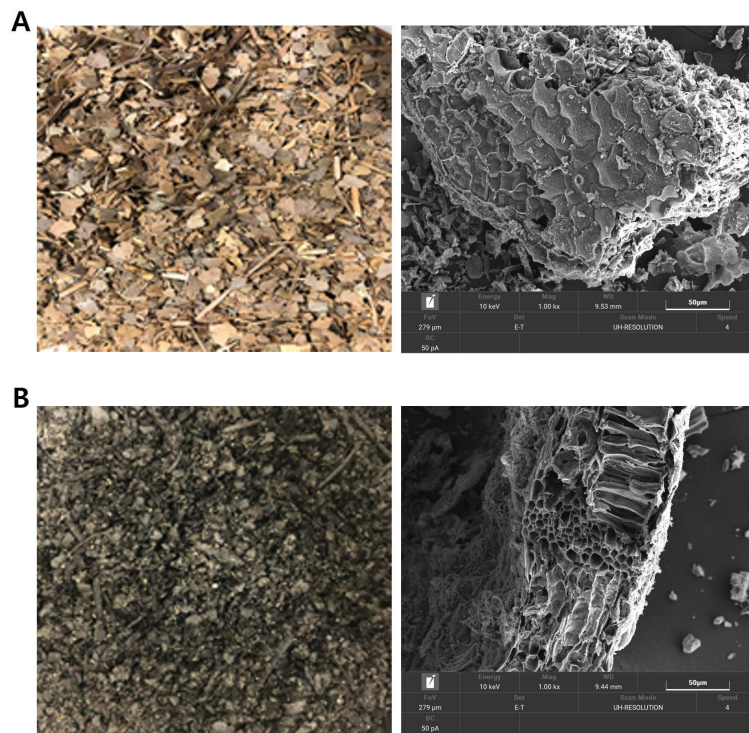
도면1



도면2



도면3



도면4

