



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0086819
(43) 공개일자 2022년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C05G 5/30 (2020.01) C05B 13/00 (2006.01)
C05G 3/80 (2020.01)
(52) CPC특허분류
C05G 5/30 (2022.05)
A01N 59/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0176943
(22) 출원일자 2020년12월17일
심사청구일자 2020년12월17일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
전종록
대전광역시 유성구 송강로42번길 61, 512동 1109호(송강동, 청솔아파트)
윤호영
경상남도 함안군 칠원읍 삼호길 181, 109동 1701호(광려천 메트로자이)
(74) 대리인
최규환

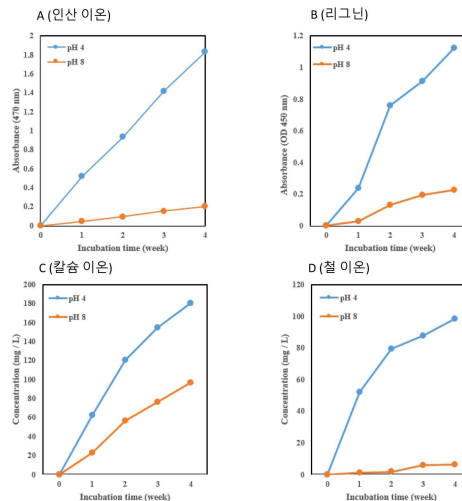
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물 및 이의 용도

(57) 요약

본 발명은 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물 및 이의 용도에 관한 것으로, 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 환경 스트레스에 노출된 식물체의 뿌리에서 분리되는 삼출물(exudate)에 반응하여 식물의 영양 물질과 생장 자극 물질을 동시에 공급할 수 있으므로, 다양한 환경 스트레스에 노출된 작물의 품질 향상 및 농가 소득을 증가시킬 수 있는 농업용 비료 개발을 위해 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

A01N 59/26 (2013.01)
A01N 61/00 (2013.01)
C05B 13/00 (2013.01)
C05D 9/00 (2013.01)
C05F 11/10 (2013.01)
C05G 3/80 (2020.02)
C09K 17/40 (2013.01)

정희정

부산광역시 사상구 대동로 84, 203동 803호(학장동, 학장무학아파트)

(72) 발명자

권수민

경상남도 창원시 마산합포구 교방서5길 46-1(교방동)

조은남

경상남도 진주시 호탄길13번길 9, 202호(호탄동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711109624
과제번호	2019R1C1C1008313
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	휴믹 거주 미생물의 동정 및 작물 자극 능력 평가: 휴믹 작물 자극 능력의 새로운

관점 제시

기 여 율	6/10
과제수행기관명	경상대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1395063068
과제번호	PJ013195012020
부처명	농촌진흥청
과제관리(전문)기관명	농촌진흥청
연구사업명	차세대바이오그린21(R&D)
연구과제명	식물계 바이오매스 유기 구조 변화 추적 및 다방향족 물질의 휴믹화를 위한 발효법

개발

기 여 율	3/10
과제수행기관명	경상대학교
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1485016781
과제번호	ARQ201901172002
부처명	환경부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	생태모방기반환경오염관리기술개발(R&D)
연구과제명	균류-할로이사이트 복합 계층 구조에 기반한 고도 수처리용 필터 시스템 개발
기 여 율	1/10
과제수행기관명	경남과학기술대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 환경 스트레스는 염 스트레스 또는 고온 스트레스인 것을 특징으로 하는 조성물.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 따른 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 식물 식재 토양에 처리하는 단계를 포함하는 식물의 환경 스트레스에 대한 내성을 증진시키는 방법.

청구항 4

리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 비료 조성물.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 식물이 받는 환경 스트레스 상황을 인지하고 이에 능동적으로 반응하여 식물의 바이오매스를 증가시킴으로써 식물에게 환경 스트레스에 대한 내성을 부여하는 것을 특징으로 하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 비료 조성물.

청구항 6

리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 토양 개량제.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물 및 이의 용도에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 식물은 고착생활을 하면서 다양한 환경 스트레스에 노출되고 있으며, 환경 스트레스는 다른 생물체에 의해 일어나는 생물적(병·충해, 바이러스 등) 스트레스와 물리적 또는 화학적 환경의 변화에 의해 일어나는 비생물적(건조, 염해, 냉해, 고온, 공해물질 등) 스트레스로 구분된다. 이러한 환경 스트레스는 식물의 생육과 발달에 큰 영향을 미치고 있다.

[0003] 환경 스트레스는 식물의 성장을 저해하고 농업 분야에서 수확물의 생산성을 제한하는 요소로서 수분(건조) 스트레스, 저온 스트레스, 염 스트레스 등이 있다. 고염에 노출된 식물은 세포 내 Na^+ 이온의 축적으로 인한 세포 내 이온농도의 불균형(ionic imbalance)과 삼투압의 불균형(osmotic imbalance)이 일어나게 되며, 이와 함께 영양장애, 대사장애, 광합성 장애 등이 일어나게 된다.

[0004] 환경 스트레스에 대한 식물의 적응 능력은 농업 생산성과 직결되기 때문에, 이에 대한 연구는 인간이 농경 생활을 시작하면서부터 꾸준히 관심을 가져온 중요한 연구 주제이다. 식물이 생산할 수 있는 총 생산량을 100%로 보았을 때 실제 생산량은 21%에 불과하고, 그 중 대부분은 가뭄, 냉해, 염해 등을 비롯한 환경 스트레스에 의하여 손실되게 되며 이는 작물 총 생산량의 약 69%에 달한다. 이 중 고염 스트레스에 영향을 받는 지역은 전 세계 농경지 면적 중 20%에 달하며, 물을 필요로 하는 관계농업 면적의 약 40% 이상이 염류에 영향을 받고 있다. 따라

서 식물 환경 스트레스 저항성 및 염류 저항성 관련 핵심물질 확보를 통하여 이러한 손실을 단 1%만 줄일 수 있다고 하더라도 미래 인류가 당면할 식량문제를 획기적으로 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

[0005] 한편, 한국등록특허 제1973558호에 '리그닌의 오존 처리 산화물을 유효성분으로 함유하는 식물의 발아 촉진 및 염 스트레스 내성 증진용 조성물 및 이의 용도'가 개시되어 있으나, 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물 및 이의 용도에 대해서는 기재된 바가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 요구에 의해 도출된 것으로서, 본 발명자들은 수용성의 크라프트 리그닌과 철의 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 제조한 후, pH 조건에 따라 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석에서 용출되는 식물의 영양물질(인산, 칼슘 및 철)과 생장 자극 물질(리그닌)의 양을 측정한 결과, pH 8 보다 pH 4 조건에서 인산, 칼슘 및 철 이온과 리그닌 입자의 용출량이 증가한 것을 확인하였다. 또한, 상기 제조된 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 포함하는 상토에 식물체를 식재하고 염 스트레스 또는 고온 스트레스를 처리한 후 식물체의 바이오매스를 측정한 결과, 무처리 대조구와 수산화인회석 단독 처리구에 비해 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 처리구에서 식물체의 생중량 및 건중량이 증가한 것을 확인함으로써, 본 발명을 완성하였다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 제공한다.

[0008] 또한, 본 발명은 상기 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 식물 식재 토양에 처리하는 단계를 포함하는 식물의 환경 스트레스에 대한 내성을 증진시키는 방법을 제공한다.

[0009] 또한, 본 발명은 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 비료 조성물을 제공한다.

[0010] 또한, 본 발명은 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 토양 개량제를 제공한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 환경 스트레스에 노출된 식물체의 뿌리에서 분리되는 삼출물(exudate)에 반응하여 식물의 영양 물질인 인산, 칼슘 및 철과 식물 생장 자극이 가능한 리그닌을 동시에 공급할 수 있으므로, 다양한 환경 스트레스에 노출된 작물의 품질 향상 및 농가 소득을 증가시킬 수 있는 농업용 비료 개발을 위해 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석과 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석을 육안(A)과 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM; B)으로 관찰한 사진이다. A 및 A': 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석, B 및 B': 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석.

도 2는 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 대상으로 SEM-EDS(Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectrometer)를 수행한 결과이다. Control: 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석, Capsule: 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석.

도 3은 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 대상으로 열중량 분석(Thermogravimetric analysis, TGA)을 수행한 결과이다. A: 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석, B': 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석. Weight(%): 온도 증가에 따른 샘플의 질량 감소비.

도 4는 pH 4 또는 pH 8 조건에서 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석으로부터 용출된 식물 영양물질(인산, 칼슘 및 철)과 식물 생장 자극 물질(리그닌)의 양을 측정한 결과이다.

도 5는 염 스트레스에 노출된 옥수수 식물체에 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 처리한 후

식물체의 지상부(stem+leaf) 및 지하부(root)의 생중량(A)과 건중량(B)을 측정된 결과이다. Y1: 무처리 대조구 (염 스트레스만 처리), Y2: 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석 처리구, Y3: 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 처리구.

도 6은 고온 스트레스에 노출된 옥수수 식물체에 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 처리한 후 식물체의 지상부(stem+leaf) 및 지하부(root)의 생중량(A)과 건중량(B)을 측정된 결과이다. Y1: 무처리 대조구(고온 스트레스만 처리), Y2: 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석 처리구, Y3: 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 처리구.

도 7은 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석이 환경 스트레스에 노출된 식물체의 근권 상태에 반응하여 식물 영양물질(인산, 칼슘 및 철)과 식물 성장 자극 물질(리그닌)을 방출하는 과정을 나타낸 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 조성물에 있어서, 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 크라프트 리그닌 분말과 물의 혼합물을 초음파 처리하고 원심분리하여 상등액(수용성 리그닌)을 수득한 후, 상기 수득한 상등액에 철과 수산화인회석을 혼합하고, 수산화나트륨 용액으로 pH 7~9로 조절한 다음 원심분리하고 상등액을 제거하여 침전된 펠렛(리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석)을 수득하여 제조된 것이다.
- [0015] 본 발명의 조성물에 있어서, 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 pH 감응형이다. 본 발명의 상기 리그닌-철 혼합물은 pH 변화에 따라 킬레이트(chelate)화가 가역적(reversible)으로 일어나게 되는데, pH 8의 염기성 조건일 경우 리그닌과 철이 킬레이트 결합을 형성하여 리그닌-철 혼합물의 안정성이 유지될 수 있지만, pH 4의 산성 조건에서는 리그닌과 철 간의 킬레이트화 반응이 일어나지 않거나 약해져서 리그닌-철 혼합물 구조의 안정성이 감소될 수 있다. 따라서, pH 4 조건에서는 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석으로부터 식물의 영양물질(인산, 칼슘 및 철)과 성장 자극 물질(리그닌)의 용출량이 증가하지만, pH 8 조건에서는 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석으로부터 식물의 영양물질(인산, 칼슘 및 철)과 성장 자극 물질(리그닌)의 용출량이 pH 4 조건에 비해 감소할 수 있다.
- [0016] 본 명세서의 용어 '환경 스트레스'는 식물체의 성장 또는 생산성을 저하시키는 외부적인 요인을 의미하며 고농도의 염, 가뭄(건조), 저온, 고온 및 산화 스트레스 등이 포함된다. '환경 스트레스 내성'이란 상기와 같은 환경 스트레스에 의한 식물체의 성장 저하 또는 생산성의 저하가 억제되거나 지연되는 형질을 말한다.
- [0017] 본 발명의 조성물에 있어서, 상기 환경 스트레스는 바람직하게는 염 스트레스 또는 고온 스트레스일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0018] 본 발명은 또한, 상기 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 식물 식재 토양에 처리하는 단계를 포함하는 식물의 환경 스트레스에 대한 내성을 증진시키는 방법을 제공한다.
- [0019] 상기 '처리'는 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 함유하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 시비하는 것으로, 식물에 침지하여 수행할 수 있다. 침지하는 방법의 경우, 조성물을 식물체 주변의 토양에 붓거나 또는 종자를 조성물에 담가둘 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0020] 본 발명의 일 구현 예에 따른 방법에 있어서, 상기 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 조성물을 식물 식재 토양에 처리할 경우 환경 스트레스에 노출된 식물체의 환경 스트레스 저항성을 증진시킬 수 있다.
- [0021] 본 발명은 또한, 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 비료 조성물을 제공한다.
- [0022] 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 식물이 받는 환경 스트레스 상황을 인지하고 이에 능동적으로 반응하여 식물의 바이오매스를 증가시킴으로써 식물에게 환경 스트레스에 대한 내성을 부여하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 본 명세서의 용어 '비료'는 식물이 정상적으로 생육하기 위하여 필요한 원소의 하나 혹은 그 이상을 공급하는 모든 물질을 의미하며, 유기비료(분해되는 식물/동물 물질로 이루어짐)와 무기비료(화학 물질 및 무기 물질로

이루어짐) 등으로 구분될 수 있다.

- [0024] 본 발명에 따른 비료 조성물은 일반적인 제형기를 사용하여 적당한 크기의 액상, 분말, 펠렛 또는 과립 등의 다양한 형태로 제형화 될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 상기에서 제형화된 본 발명의 비료 조성물은 그대로 사용되거나 또는 실온에서 풍건하거나 동결 건조 또는 고온 건조 방법으로 건조시켜 사용할 수 있다. 액상 형태의 비료 조성물을 농가에서 적절히 사용하기 위해서는 작물에 사용 가능한 pH 범위로서 침전이 되지 않아야만 한다. 이는 사용하는 원료의 pH, 용해도를 고려하여 배합비를 선정하여야만 한다.
- [0025] 본 발명의 비료 조성물에 있어서, 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 환경 스트레스에 노출된 식물의 뿌리에서 방출된 pH 3-5의 삼출액과 반응하여 식물의 환경 스트레스 내성을 증가시킬 수 있는 능동 반응형 스마트 나노비료일 수 있다.
- [0026] 본 발명은 또한, 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 유효성분으로 포함하는 식물의 환경 스트레스 내성 증진용 토양 개량제를 제공한다.
- [0027] 본 명세서의 용어 '토양 개량제(soil conditioner)'는 토양의 물리화학적 성질을 식물생육에 알맞게 개선하여 생산성을 높이기 위해 사용되는 물질을 의미하며, 상기 토양개량제는 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 단독 또는, 기존의 화학비료, 벤토나이트(bentonite), 제올라이트(zeolite), 버미큘라이트(vermiculite), 암모늄, 석회염, 벚짚, 보릿짚, 들풀로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상과 혼합하여 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0028] 상기 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 포함하는 토양 개량제를 사용할 경우 환경 스트레스에 노출된 식물체의 저항성을 증가시키는 효과가 있다.
- [0030] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0032] 제조예 1. 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석의 제조

- [0033] 크라프트 리그닌 분말(kraft lignin powder, 0.5 g; (SIGMA ALDRICH, CAS No: MKCG9481)과 증류수(20 ml)를 1:40의 비율로 섞어 1분 동안 불텍싱하고 초음파 처리한 후 3,000 rpm으로 5분 동안 원심분리하여 약 20 ml의 상등액만 분리하여 수용성 리그닌 용액을 수득하였다. 50 ml 코니칼 튜브에 수용성 리그닌 용액 20 ml, 염화철(Iron Chloride) III(대정화금, CAS No: 7705-08-0) 125 mg 및 수산화인회석(OCI Co. Ltd., CAS No: 1306-06-5) 0.5 g을 넣고 1분 동안 불텍싱한 후, 1 N 수산화나트륨(NaOH) 용액 2 ml을 사용하여 pH를 8까지 조절하고, 3,000 rpm으로 5분 동안 원심분리하여 상등액을 제거한 다음 침전된 펠렛만 수득하였다. 수득된 펠렛을 증류수 20 ml로 녹이고 3,000 rpm으로 5분 동안 원심분리하는 세척 과정을 3번 반복한 후 최종적으로 펠렛만 수득함으로써, 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석을 제조하였다. 상기 제조된 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 70℃에서 건조시켜 분말 형태로 제조한 후 식물 생장 테스트에 사용하였다.

[0035] 실시예 1. 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석의 입자 분석

- [0036] 상기 제조된 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석과 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석을 육안으로 관찰한 결과, 수산화인회석은 흰색을 나타낸 반면, 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 갈색과 같은 다소 어두운 색을 나타낸 것을 확인하였다(도 1A). 또한, 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석의 표면은 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope)을 통해 관찰하였다(도 1B).
- [0037] 또한, 수산화인회석 표면에 수많은 탄소로 구성된 리그닌과 철의 혼합물이 제대로 코팅되었는지 확인하기 위해 SEM-EDS(Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectrometer) 방법을 수행하였다. 간단히 말해서 EDS 검출기를 SEM에 부착하고 시료 표면에 전자빔을 조사하면 원자 내 전자가 에너지를 흡수하여 들뜬 상태가 된다. 들뜬 전자가 다시 안정화되면서 특정 X선을 방출하는데, 이때 방출되는 X선은 물질마다 고유한 에너지 값을 가지므로, 검출기를 이용하여 X선을 수집한 후 수집된 X선을 세기 별로 분류하여 샘플에 대한 정성 분석 및 표면 분석이 가능하다.

- [0038] SEM-EDS 분석 결과, 아무것도 코팅되지 않은 수산화인회석(대조구)과 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석에서 탄소(C) 성분 대 신호가 모두 나타났고, 특히 대조구에 비해 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석에서 탄소 성분 대 신호가 더 강하게 나타난 것을 확인하였다. 또한, 대조구에서는 철(Fe) 성분 대 신호가 거의 나타나지 않은 반면, 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석에서는 철(Fe) 성분 대 신호가 0.4 정도로 나타난 것을 확인하였다(도 2). 이를 통해, 수산화인회석 표면에 리그닌-철 혼합물이 제대로 코팅되었음을 알 수 있었다.
- [0039] 또한, 리그닌-철 혼합물이 수산화인회석에 제대로 코팅되었는지 확인하기 위해 열중량 분석(Thermogravimetric analysis, TGA)을 수행하였다. TGA 방법은 온도 변화에 따라 고분자를 포함한 유기 물질 및 무기 물질의 무게 변화를 측정하여 분석하는 것으로, 200℃까지는 샘플에 포함된 수분이 증발되어 무게가 감소하고, 200~600℃ 구간에서는 탄소가 구성된 유기물들이 이산화탄소로 산화되면서 무게가 감소하는 경향을 나타내며, 600℃ 이후부터는 유기물들이 모두 산화되어 이산화탄소의 형태로 변하여 무기물만 남게 되므로, 샘플의 유/무기물의 함량을 계산할 수 있다.
- [0040] 열중량 분석 결과는 하기 도 3에 나타난 바와 같다. 도 3의 그래프에서 Y축에 표시된 Weight(%)는 온도 증가에 따른 샘플의 질량 감소비를 의미하는 것으로, 샘플의 처음 무게를 100%로 가정하였을 때 열에 의해 샘플을 구성하고 있는 수분과 유기물이 증발된 후의 샘플 무게를 나타낸 것이다.
- [0041] 즉, 수산화인회석에 코팅된 리그닌의 함량은 유기물이 산화되는 200~600℃ 구간에서 200℃의 Y축 값과 600℃의 Y축 값 간의 차이를 계산함으로써 확인이 가능하므로, 200℃의 Y축 값은 약 94.5%이고, 600℃의 Y축 값은 약 90.5%인 것을 통해 수산화인회석에 코팅된 유기물(크라프트 리그닌)의 질량이 약 4%인 것을 알 수 있다. 상기 4%의 유기물 질량을 정량적으로 계산하면, 본 발명에서 사용된 크라프트 리그닌의 양이 0.5 g이므로(제조에 1참고), 실질적으로 수산화인회석에 코팅된 크라프트 리그닌의 함량은 0.02 g($0.5\text{ g} \times 0.04$)인 것을 알 수 있다. 따라서, 상기와 같은 결과를 통해 수산화인회석의 표면이 리그닌-철의 킬레이팅으로 인해 코팅되었음을 알 수 있었다.
- [0043] **실시예 2. pH 조건에 따른 유용 물질의 용출 패턴 확인**
- [0044] 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 0.5 g을 증류수 20 mL과 섞어 20초간 볼텍싱한 후 0.1 M 수산화나트륨(NaOH)과 0.1 M 시트르산 용액(citric acid solution, SIGMA ALDRICH)을 사용하여 각각 pH 8, pH 4로 조정하고, 롤러믹서 위에서 배양한 다음 1주일 단위로 식물 영양물질인 인산, 칼슘 및 철 이온과 식물 생장 자극이 가능한 리그닌 입자의 용출 패턴을 확인하였다. 인산은 몰리브데이트-바나데이트(molybdate-vanadate) 발색법을 통해 측정하였고, 철과 칼슘은 ICP-OES 분석을 통해 정량화하였으며, 리그닌은 자외-가시광선 분광법(UV-Vis Spectrometry)를 사용하여 450 nm의 흡광값을 측정하였다.
- [0045] 그 결과, pH 4로 조정된 용액에서는 시간이 지남에 따라 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석으로부터 인산, 칼슘, 철 및 리그닌이 천천히 용출되는 반면, pH 8로 조정된 용액에서는 인산, 칼슘, 철 및 리그닌이 pH 4에 비해 제대로 용출되지 않음을 확인하였다(도 4). 이를 통해, 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 pH 4 조건에서 식물의 영양 물질과 생장 자극 물질을 서서히 방출시켜 비료 효율을 높일 수 있을 것으로 예상되었다.
- [0047] **실시예 3. 염 스트레스 내성 증진 효과 확인**
- [0048] 흙 1 kg과 NaCl 2 g을 섞어 실험용 포트에 담은 후 표토로부터 약 5 cm 정도 깊이 수산화인회석 92.25 mg 또는 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 92.25 mg을 각각 넣고 옥수수 모종을 옮겨 심은 다음, 1일 단위 물을 100 mL씩 주면서 식물 배양기에서 배양하였으며, 2주 뒤 수확하여 지상부와 지하부의 생중량과 건중량을 측정하였다.
- [0049] 그 결과, 염 스트레스 환경에서 생장한 옥수수 식물체의 지상부 및 지하부 모두 무처리 대조구(Y1)와 수산화인회석 처리구(Y2)에 비해 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 처리구(Y3)에서 생중량(도 5A)과 건중량(도 5B)이 증가한 것을 확인하였다.

[0051] 실시예 4. 열(고온) 스트레스 내성 증진 효과 확인

[0052] 실험용 포트에 흙 1 kg을 담은 후 표토로부터 약 5 cm 정도 깊이로 수산화인회석 92.25 mg 또는 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 92.25 mg을 각각 넣고 옥수수 모종을 옮겨 심은 후, 2주간 배양하면서 3일에 한 번씩 모든 식물체를 42℃의 건조 오븐(dry oven)에 넣어 20분씩 열(고온) 스트레스를 처리한 다음, 2주 뒤 수확하여 지상부와 지하부의 생중량과 건중량을 측정하였다.

[0053] 그 결과, 고온 스트레스 환경에서 성장한 옥수수 식물체의 지상부 및 지하부 모두 무처리 대조구(Y1)와 수산화인회석 처리구(Y2)에 비해 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석 처리구(Y3)에서 생중량(도 6A)과 건중량(도 6B)이 증가한 것을 확인하였다.

[0054] 상기 내용을 종합하면, 식물이 환경 스트레스에 노출될 경우 뿌리에서 유기산이 포함된 삼출물(pH 4의 산성)을 분비하게 되는데(Canadian Journal of Soil Science, 2012, 92(3), 501-507), 본 발명의 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석은 pH 4 조건에서 식물의 영양물질(인산, 칼슘 및 철)과 생장 자극 물질(리그닌)을 효과적으로 용출시킬 수 있으므로, 이러한 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석이 식물이 받는 환경 스트레스 상황을 인지하고 이에 능동적으로 반응하여 식물의 바이오매스를 증가시킴으로써 식물에게 환경 스트레스에 대한 내성을 부여할 수 있을 것으로 사료되었다(도 7).

도면

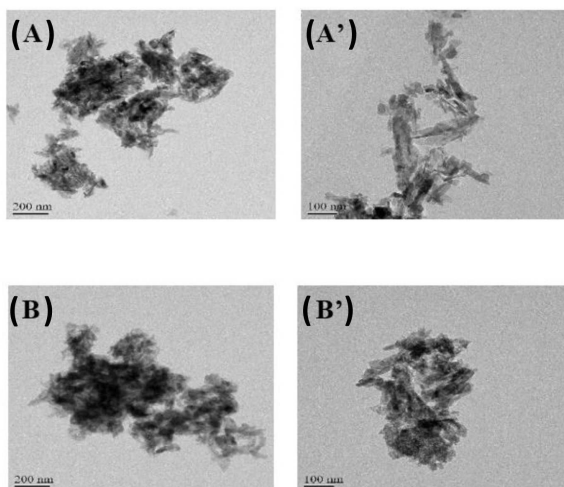
도면1

A

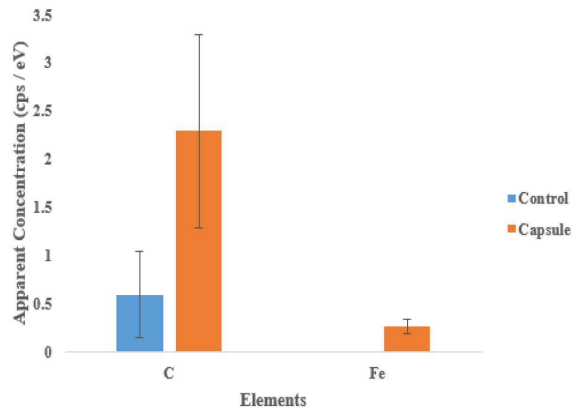
수산화인회석 리그닌-철 혼합물이 코팅된 수산화인회석



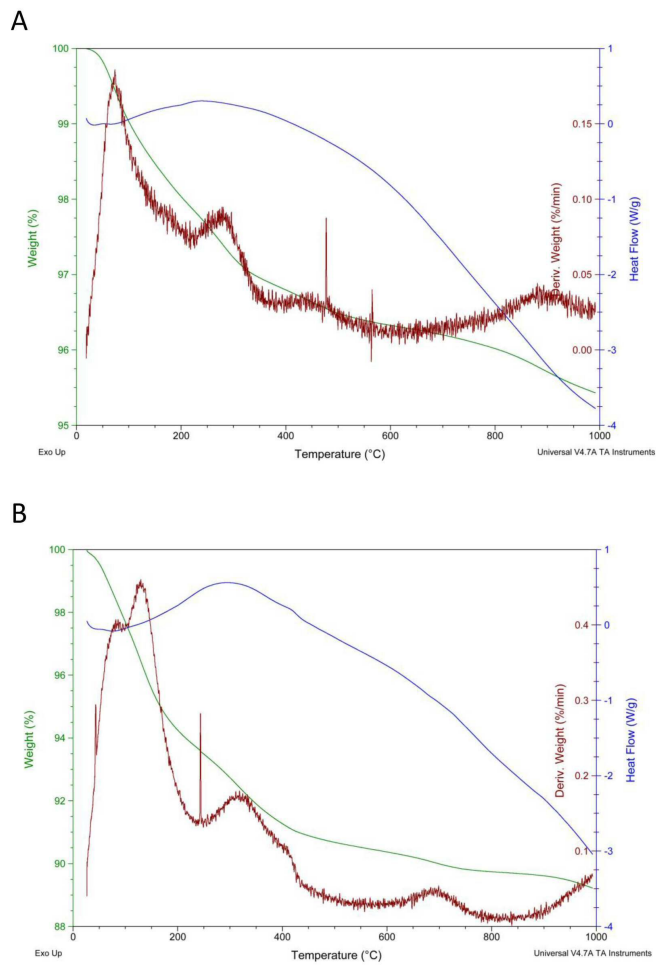
B



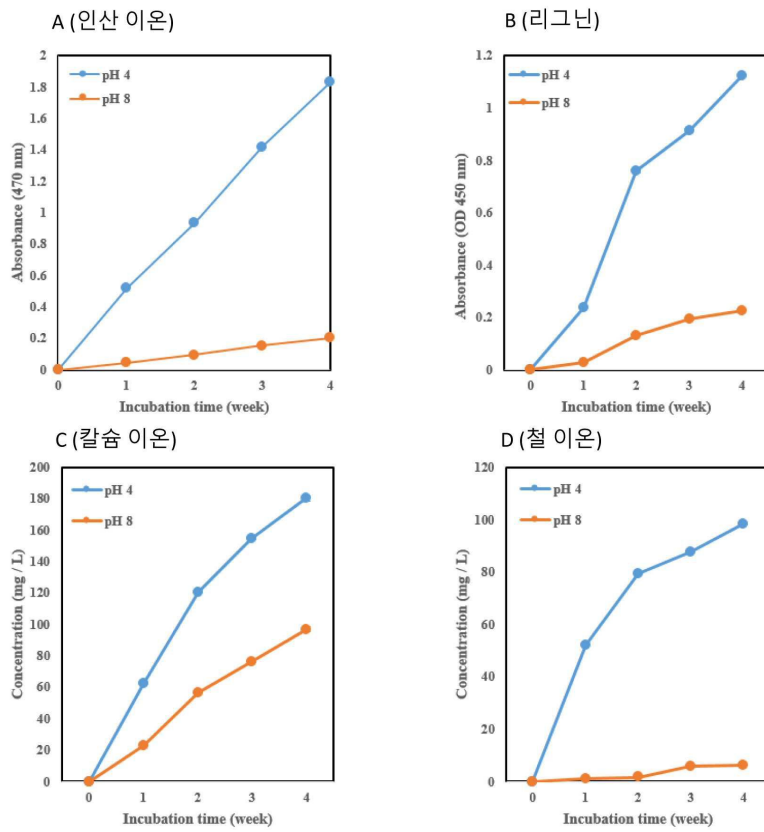
도면2



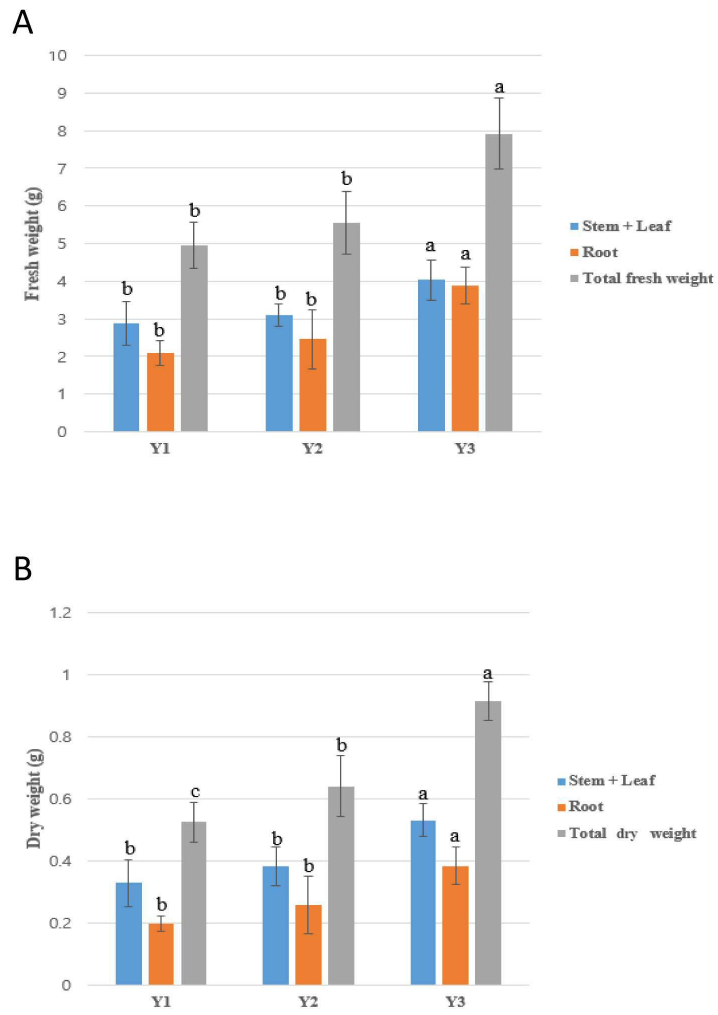
도면3



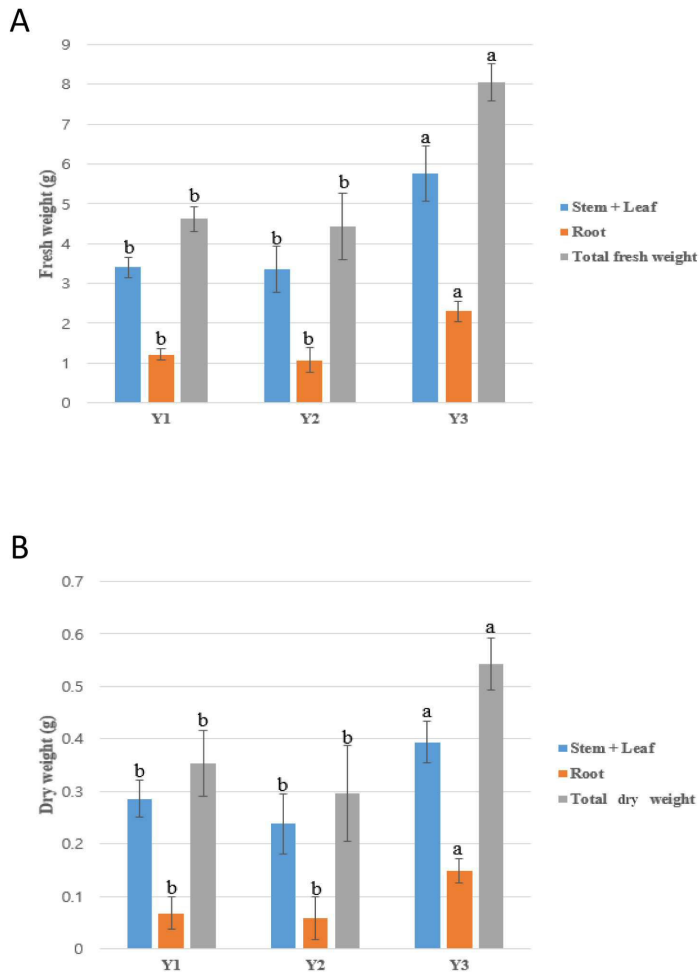
도면4



도면5



도면6



도면7

