



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0035777
(43) 공개일자 2025년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 11/143 (2019.01) C02F 11/13 (2019.01)
C05F 7/00 (2015.01) C05G 5/12 (2020.01)
(52) CPC특허분류
C02F 11/143 (2022.05)
C02F 11/13 (2022.05)
(21) 출원번호 10-2023-0118189
(22) 출원일자 2023년09월06일
심사청구일자 2023년09월06일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
전종록
경상남도 진주시 새평거로 75 평거휴먼시아4단지
408동 603호
옹우옌탄풍
경상남도 진주시 내동면 내동로247번길 23-1
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인위솔

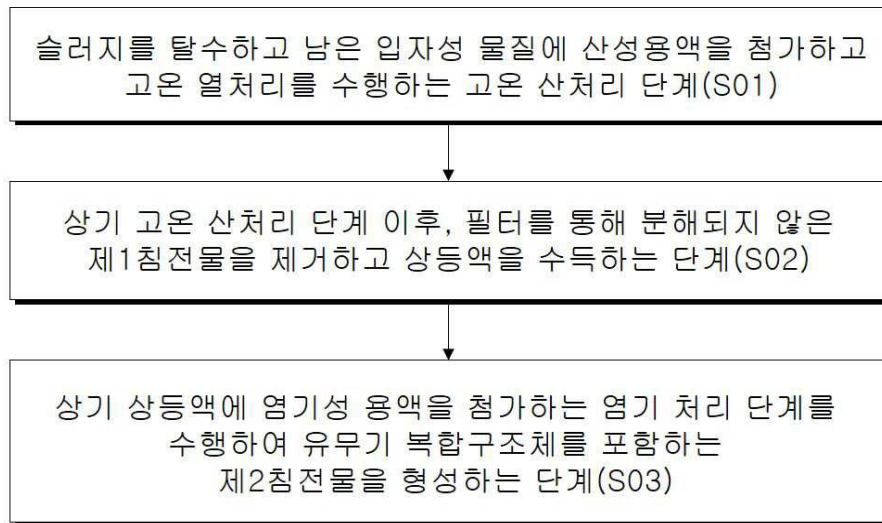
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 포함하는 생장 촉진용 조성물 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 포함하는 생장 촉진용 조성물은 종래에 퇴비화 시설을 통하거나 긴 발효시간을 거쳐 비료자원으로 일부 재활용되어 왔던 하/폐수 처리장에서 발생된 활성 슬러지를, 비교적 간단한 제조공정을 통해 킬레이트 결합을 갖는 유무기 복합 구조체를 형성하여, 식물 생장을 촉진하는 각종 무기원소들의 함량은 높이고 규제 대상인 유해 중금속 함량은 최소화하면서도 완효성 방출을 통해 지속적인 생장 자극이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C05F 7/005 (2013.01)

C05G 5/12 (2022.05)

C02F 2303/06 (2013.01)

(72) 발명자

윤호영

경상남도 함안군 칠원읍 삼호길 181, 109동 1701호
(광려천 메트로자이)

노우성

대구광역시 달서구 야외음악당로39길 54, 101동
1901호(두류동, 삼정그린빌)

김지원

경상남도 진주시 문산읍 소문길31번길 3

이예솔

경상남도 창원시 의창구 팔용로 446, 106동 1210호(팔용동, 극동아파트)

노소미

경상남도 함양군 함양읍 함양초등길 45-1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1395076590

과제번호 RD009054

부처명 농촌진흥청

과제관리(전문)기관명 농촌진흥청

연구사업명 신농업기후변화대응체계구축(R&D)

연구과제명 논 유래 메탄 생성 미생물 군집 변화에 따른 온실가스 발생량 평가 연구

기 여 율 30/100

과제수행기관명 국립농업과학원

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485019413

과제번호 ARQ201901172005

부처명 환경부

과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원

연구사업명 생태모방기반환경오염관리기술개발

연구과제명 균류-할로이사이트 복합 계층 구조에 기반한 고도 수처리용 필터 시스템 개발

기 여 율 70/100

과제수행기관명 경상국립대학교 산학협력단

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

슬러지를 탈수하고 남은 입자성 물질에 산성용액을 첨가하고 고온 열처리를 수행하는 고온 산처리 단계(S01);

상기 고온 산처리 단계 이후, 필터를 통해 분해되지 않은 제1침전물을 제거하고 상등액을 수득하는 단계(S02); 및

상기 상등액에 염기성 용액을 첨가하는 염기 처리 단계를 수행하여 유무기 복합구조체를 포함하는 제2침전물을 형성하는 단계(S03);를 포함하는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 S03 단계 이후, 원심분리하고 제2침전물을 펠렛화하여 펠렛을 형성하는 단계(S04);를 더 포함하는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고온 산처리 단계는 상기 산성용액을 첨가하고 동시에 고온 열처리를 수행하거나 또는 상기 입자성 물질에 산성용액을 첨가하고 연속하여 고온 열처리를 수행하는 것인, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고온 산처리 단계는 pH 1 내지 2 범위 내에서 수행되는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 고온 산처리 단계는 100 °C 내지 300 °C 범위 내에서 수행되는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 산성 용액은 염산(HCl), 황산(H₂SO₄) 질산(HNO₃), 과염소산(HClO₄) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나의 강산을 포함하는 수용액인, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 염기 처리 단계는 pH 10 내지 14 범위 내에서 수행되는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 염기성 용액은 수산화리튬(LiOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화루비듐(RbOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화칼슘(Ca(OH)₂), 수산화바륨(Ba(OH)₂), 수산화스트론튬(Sr(OH)₂) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어

도 어느 하나의 강염기를 포함하는 수용액인, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 상등액은 이에 용해된 무기물질 및 유기물질을 함유하고,

상기 무기물질은 무기이온으로서 인산 이온(PO_4^{3-}), 마그네슘 이온(Mg^{2+}), 칼륨 이온(K^+), 칼슘 이온(Ca^{2+}), 철(Fe^{2+}), 아연 이온(Zn^{2+}) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함하고,

상기 유기물질은 상기 활성 슬러지 내에 함유되는 미생물로부터 유래되는 것이고,

상기 무기물질 및 상기 유기물질은 상기 염기 처리 단계를 통해 반응하고 결합하여 침전되어 유무기 복합체를 형성하는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법.

청구항 10

고온 산처리가 수행된 활성 슬러지의 상등액은 이에 용해된 무기물질 및 유기물질을 함유하고,

상기 무기물질, 상기 유기물질 및 강염기가 반응하여 결합하고 침전되어 형성된, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 무기물질은 상기 활성 슬러지로부터 유래되는 무기 양이온으로서 마그네슘 이온(Mg^{2+}), 칼륨 이온(K^+), 칼슘 이온(Ca^{2+}), 철(Fe^{2+}), 아연 이온(Zn^{2+}) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상의 형태로 포함되고,

상기 유기물질은 활성 슬러지 내에 함유되는 미생물로부터 유래되는 것인, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 고온 산처리 는 pH 1 내지 2 범위 내에서 수행되는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 고온 산처리 는 100 °C 내지 300 °C 범위 내에서 수행되는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 강염기는 수산화리튬(LiOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화루비듐(RbOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 수산화바륨($\text{Ba}(\text{OH})_2$), 수산화스트론튬($\text{Sr}(\text{OH})_2$) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함하는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체.

청구항 15

고온 산처리가 수행된 활성 슬러지의 상등액은 이에 용해된 무기물질 및 유기물질을 함유하고,

상기 무기물질, 상기 유기물질 및 강염기가 반응하여 결합하고 침전되어 형성된 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 포함하는, 생장 촉진용 조성물.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 무기물질은 상기 활성 슬러지로부터 유래되는 무기 양이온으로서 마그네슘 이온(Mg^{2+}), 칼륨 이온(K^{+}), 칼슘 이온(Ca^{2+}), 철(Fe^{2+}), 아연 이온(Zn^{2+}) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상의 형태로 포함되고,

상기 유기물질은 활성 슬러지 내에 함유되는 미생물로부터 유래되는 것인, 생장 촉진용 조성물.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 고온 산처리 pH 1 내지 2 범위 내에서 수행되는, 생장 촉진용 조성물.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 고온 산처리 100 °C 내지 300 °C 범위 내에서 수행되는, 생장 촉진용 조성물.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 강염기는 수산화리튬(LiOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화루비듐(RbOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화칼슘($Ca(OH)_2$), 수산화바륨($Ba(OH)_2$), 수산화스트론튬($Sr(OH)_2$) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함하는, 생장 촉진용 조성물.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 조성물은 완효성 비료로 사용되는, 생장 촉진용 조성물.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 활성 슬러지로부터 유래되어 제조되는 유무기 복합체에 관한 것으로, 상세하게는 활성 슬러지로부터 유래되어 제조되는 유무기 복합체를 포함하는 식물의 생장 촉진용 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 하수/폐수 처리장에서 발생하는 폐기물인 활성 슬러지를 산업적으로 재활용하기 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다. 활성 슬러지는 다양한 산업 분야에서 재활용되고 있으며, 주로 시멘트 제조 연료 또는 화력 발전소의 연료로 재사용되거나, 건조 및 퇴비화 하여 비료자원으로 사용되고 있다. 그러나, 활성 슬러지를 농업 분야에서 재사용 하기 위해서는 규제 대상인 유해 중금속 함량을 포함하지 않도록 해야 하며, 퇴비화 시설에서 긴 발효시간을 거쳐야 한다는 번거로움이 있다.

[0003] 특히, 완효성 비료(CRF; Slow and controlled Release Fertilizer)는 재배식물이 필요로 하는 비료성분의 양을 작물의 생육기간 동안 내내 공급할 수 있도록 적정량씩 용출되는 비료로서, 효과 유지 기간이 짧아 웃비료를 줘야 하는 일반적인 화학비료와 비교하여 비료 사용량을 효과적으로 절감할 수 있는 환경적 이점이 있다. 완효성 비료는 국제적인 탄소 배출 규제 추세와 맞물려 주목을 받고 있으며, 활성 슬러지를 사용한 완효성 비료의 제조 기술 개발이 환경적 및 산업적으로 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 상술한 바와 같은 문제를 해결하기 위해, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 활성슬러지 기반으로 제조된 유무

기 복합 구조체를 포함하는 생장 촉진 조성물을 제공함에 있다.

[0005] 한편, 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 측면은 슬러지를 탈수하고 남은 입자성 물질에 산성용액을 첨가하고 고온 열처리를 수행하는 고온 산처리 단계(S01); 상기 고온 산처리 단계 이후, 필터를 통해 분해되지 않은 제1침전물을 제거하고 상등액을 수득하는 단계(S02); 및 상기 상등액에 염기성 용액을 첨가하는 염기 처리 단계를 수행하여 유무기 복합구조체를 포함하는 제2침전물을 형성하는 단계(S03);를 포함하는, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법을 포함할 수 있다.

[0007] 상기 S03 단계 이후, 원심분리하고 제2침전물을 펠렛화하여 펠렛을 형성하는 단계(S04);를 더 포함할 수 있다.

[0008] 상기 고온 산처리 단계는 상기 산성용액을 첨가하고 동시에 고온 열처리를 수행하거나 또는 상기 입자성 물질에 산성용액을 첨가하고 연속하여 고온 열처리를 수행하는 것일 수 있다.

[0009] 상기 고온 산처리 단계는 pH 1 내지 2 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0010] 상기 고온 산처리 단계는 100 °C 내지 300 °C 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0011] 상기 산성 용액은 염산(HCl), 황산(H₂SO₄), 질산(HNO₃), 과염소산(HClO₄) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나의 강산을 포함하는 수용액일 수 있다.

[0012] 상기 염기 처리 단계는 pH 10 내지 14 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0013] 상기 염기성 용액은 수산화리튬(LiOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화루비듐(RbOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화칼슘(Ca(OH)₂), 수산화바륨(Ba(OH)₂), 수산화스트론튬(Sr(OH)₂) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나의 강염기를 포함하는 수용액일 수 있다.

[0014] 상기 상등액은 이에 용해된 무기이온 및 유기물질을 함유할 수 있다.

[0015] 상기 무기이온은 인산 이온(PO₄³⁻), 마그네슘 이온(Mg²⁺), 칼륨 이온(K⁺), 칼슘 이온(Ca²⁺), 철(Fe²⁺), 아연 이온(Zn²⁺) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0016] 상기 유기물질은 상기 활성 슬러지 내에 함유되는 미생물로부터 유래되는 것일 수 있다.

[0017] 상기 무기물질 및 상기 유기물질은 상기 염기 처리 단계를 통해 반응하고 결합하여 침전되어 유무기 복합체를 형성하는 것일 수 있다.

[0018] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 측면은 고온 산처리가 수행된 활성 슬러지의 상등액은 이에 용해된 무기물질 및 유기물질을 함유하고, 상기 무기물질, 상기 유기물질 및 강염기가 반응하여 결합하고 침전되어 형성된, 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 무기물질은 상기 활성 슬러지로부터 유래되는 무기 양이온으로서 마그네슘 이온(Mg²⁺), 칼륨 이온(K⁺), 칼슘 이온(Ca²⁺), 철(Fe²⁺), 아연 이온(Zn²⁺) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상의 형태로 포함될 수 있다.

[0020] 상기 유기물질은 활성 슬러지 내에 함유되는 미생물로부터 유래되는 것일 수 있다.

[0021] 상기 고온 산처리는 100 °C 내지 300 °C 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0022] 상기 강염기는 수산화리튬(LiOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화루비듐(RbOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화칼슘(Ca(OH)₂), 수산화바륨(Ba(OH)₂), 수산화스트론튬(Sr(OH)₂) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0023] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 또 다른 측면은 고온 산처리가 수행된 활성 슬러지의 상등액은 이에 용해된 무기물질 및 유기물질을 함유하고, 상기 무기물질, 상기 유기물질 및 강염기가 반응하여 결합하고 침전

되어 형성된 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 포함하는 생장 촉진용 조성물을 포함할 수 있다.

[0024] 상기 조성물은 완효성 비료로 사용될 수 있다.

발명의 효과

[0025] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 포함하는 생장 촉진용 조성물은 종래에 퇴비화 시설을 통하거나 긴 발효시간을 거쳐 비료자원으로 일부 재활용되어 왔던 하/폐수 처리장에서 발생된 활성 슬러지를, 비교적 간단한 제조공정을 통해 유무기 복합 구조체를 형성하여, 식물 생장을 촉진하는 각종 무기 원소들의 함량은 높이고 규제 대상인 유해 중금속 함량은 최소화하면서도 완효성 방출을 통해 지속적인 생장 자극이 가능하다.

[0026] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 제조방법의 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 3의 제조방법으로 제조된 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 사진이다.

도 3은 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 3의 제조방법으로 제조된 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 수율을 표기한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 ICP-OES(Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy; 유도 결합 플라즈마 발광 분광법) 분석 결과이다.

도 5는 본 발명의 일 예에 따른 미처리 활성 슬러지 내의 중금속 함량 및 무기성분을 정량 분석한 ICP-OES결과이다.

도 6은 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합구조체를 적용한 식물 생장 시험의 결과를 보여주는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 적용한 식물 생장 자극 시험의 (a) 식물 사진 및 (b) 건물중(Dried weights) 결과이다.

도 8은 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 적용한 식물 생장 자극 시험 결과와 다양한 실험 비교예들의 결과이다.

도 9는 고온 산처리 공정 여부에 따라 활성 슬러지 상층액에 포함된 원소들의 함량을 측정한 ICP-OES 결과이다.

도10은 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법을 달리하고 상층액에 포함된 (a) 총 유기 탄소(TOC; Total organic carbon) 및 (b) 총 질소(TN; Total nitrogen) 측정 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0030] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

- [0031] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 물질 허용 오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에서 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [0033] 활성슬러지 유래 유무기 복합체
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 제조방법의 흐름도이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 활성 슬러지 유래 유무기 복합체의 제조방법은 먼저 슬러지를 탈수하여 물을 제거하고 남은 입자성 물질을 초저온으로 보관하는 단계가 수행될 수 있다.
- [0036] 상기 슬러지는 일반적인 하수 및 폐수 처리장에서 발생하는 활성 슬러지일 수 있으며, 도시하수의 성격에 따라 생물학적으로 처리가 곤란한 난분해성 유기물의 함량이 낮고, 대체로 생물학적 처리에 필요한 무기영양소, 예컨대 질소(N), 인(P) 등의 함량이 비료로 사용되기에 충분한 것을 준비할 수 있다. 특히, 상기 슬러지는 고상의 입자성 물질을 1 내지 10 질량%, 구체적으로 2 내지 7 질량%, 더 구체적으로 4 내지 5.5 질량%, 일 구체예에서 4.5 내지 5 질량%로 함유할 수 있으며, 상기 범위의 입자성 물질을 갖는 경우 슬러지를 물리적, 화학적으로 반응하여 처리하기에 적절한 공정상의 이점을 나타낼 수 있다. 상기 슬러지를 초저온, 예컨대 -70°C 이하에서 보관함으로써 슬러지 내에 함유되는 미생물, 예컨대 원생동물, 조류, 박테리아 등의 생물학적 활성을 제한하도록 휴면상태로 보관할 수 있으므로 시료의 장기간 보관에 용이할 수 있다.
- [0037] 이후, 상기 탈수된 입자성 물질에 산성 용액을 첨가하고 고온 열처리를 수행하는 고온 산처리 단계(S01)가 수행될 수 있다.
- [0038] 본 발명에서 '고온 산처리 단계'란, 산처리 과정과 고온 열처리 과정을 동시에 수행하거나, 혹은 산처리 과정 이후에 연속하여 고온 열처리 과정을 수행하는 것을 의미할 수 있다.
- [0039] 상기 입자성 물질에 산성 용액을 첨가하는 산처리 과정을 통해 활성 슬러지 내에 잔존하는 미생물이 사멸될 수 있으며, 상기 사멸된 미생물의 DNA로부터 원소 인(P)이 유래될 수 있다. 또한, 산성의 분위기 하에서 활성 슬러지가 산분해되는 과정을 통해 상기 활성 슬러지 내 포함되는 각종 유기물질, 무기물질 및 이들의 복합물질로부터 유래되는 다양한 원소들이 이온 형태로 변형되는 화학적 변화가 수반될 수 있다. 구체적으로, 상기 활성 슬러지 내 무기물질, 예를 들어 인(P), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 철(Fe) 및 아연(Zn) 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상이 포함될 수 있다. 상술한 산분해 과정을 통해 상기 활성 슬러지 내 무기물질은 이들의 이온 형태, 예를 들어 인산 이온(PO_4^{3-}), 마그네슘 이온(Mg^{2+}), 칼륨 이온(K^{+}), 칼슘 이온(Ca^{2+}), 철(Fe^{2+}), 아연 이온(Zn^{2+}) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함하도록 화학적 변화가 일어날 수 있다.
- [0040] 상기 산처리 과정은 산성 용액을 상기 입자성 물질에 부가하여 수행될 수 있다. 상기 산성 용액은 강산 수용액으로서, 예를 들어 염산(HCl), 브롬산(HBr), 요오드산(HI), 황산(H_2SO_4), 질산(HNO_3), 과염소산(HClO_4), 염소산(HClO_3) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나의 강산을 포함하는 수용액일 수 있다. 일 구체예에서, 상기 산성 용액은 염산(HCl) 수용액일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0041] 상기 산처리 과정은 pH 1 내지 2 범위 내에서 수행되는 것일 수 있다. 상기 범위 내의 강한 산성 분위기에서 고온 산처리 과정이 수행될 경우 활성 슬러지 내에 포함되는 미생물 및 유무기 복합물질들이 산분해가 용이하게 수행될 수 있다. 만일, pH 1 미만 또는 pH 2 초과인 경우 기대하는 미생물 및 유무기 복합물질들의 산성 용액에 의한 분해능이 저하되므로 바람직하지 않을 수 있다.
- [0042] 상기 산처리 과정과 동시에 고온 열처리 과정이 수행될 수 있다. 또는, 상기 산처리 과정 이후에 연속하여 고온 열처리 과정이 수행될 수도 있다. 이를 통해 활성 슬러지 내에 포함되는 미생물 및 유무기 복합물질들이 산분해와 열분해가 연속 내지 동시에 수행되어 양적 및 질적으로 풍부한 비료 영양물질로서 유기물질, 무기물질 및 유무기 복합구조체를 획득할 수 있다. 한편, 상기 고온 산처리 과정이 수행되지 않을 시 활성 슬러지 내의 미생물, 유기물질, 무기물질 및 유무기 복합물질들의 분해능이 대단히 저하되고 양적 및/또는 질적으로 우수한 비료 영양물질들을 획득하기 어려울 수 있다. 다른 한편, 상기 산처리 과정 또는 상기 고온 열처리 과정이 어느 하나의 단계만 선택적으로 수행될 시 두 과정이 동시에 또는 연달아 수행되는 경우와 비교하여 미생물 및 각종 유무기 복합물질들의 분해능이 저하되고 양적 또는 질적으로 우수한 비료 영양물질들을 획득하기 어려울 수 있다.

다.

- [0043] 상기 고온 열처리 과정은 반응기 내에서 고온으로, 구체적으로 100 ℃ 내지 300 ℃의 온도 범위에서 수행될 수 있다. 상기 범위의 온도에서 고온 열처리 과정을 수행할 시 활성 슬러지 내에 포함되는 미생물은 제거되고 유기물이 연소되지 않는 적절한 온도로서 유무기 복합 구조체 형태를 용이하게 제조할 수 있다. 만일, 100 ℃ 미만의 낮은 온도로 열처리를 진행할 시, 활성 슬러지 내에 포함되는 미생물이 제거되지 않고 여전히 증식하거나 유무기 복합물질들이 열분해능이 저하되는 단점이 있고, 반면 300 ℃ 초과와 높은 온도로 열처리를 진행할 시, 유기물이 연소하여 CO₂를 생성하게 되므로 유기물이 없어진 무기구조만 잔여하여 목적하는 유무기 복합 구조체 형태의 최종 산물을 제조하기가 어려울 수 있다. 구체적으로 상기 고온 열처리 과정은 110 ℃ 내지 250 ℃, 구체적으로 120 ℃ 내지 200 ℃, 더욱 구체적으로 130 ℃ 내지 180 ℃의 온도 범위에서 수행될 수 있고, 일 구체예에서 140 ℃ 내지 160 ℃의 온도 범위에서 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0044] 또한, 상기 고온 열처리 과정은 상술한 고온 열처리 온도 범위 내에서 1 내지 20 시간 동안 반응이 진행될 수 있다. 구체적으로 4 내지 15 시간 동안, 더욱 구체적으로 5 내지 10시간 동안, 일 구체예에서 7.5 내지 8.5 시간 동안 반응이 진행될 수 있다. 만일, 4 시간 미만, 구체적으로 3시간 미만, 더욱 구체적으로 1.5시간 미만의 짧은 반응 시간에서는 미생물의 효율적인 분해와 고분자 유기물의 분해 유도 반응이 제한될 수 있고, 반면 20 시간 초과와 긴 반응시간에서는 제조 공정의 에너지 효율이 떨어지는 단점이 있으므로, 상기 범위 내의 반응시간에서 수행되는 것이 바람직할 수 있다. 나아가, 상기 고온 열처리 과정은 상술한 온도 및 시간 범위 내에서 적절한 반응기, 예컨대 회분식 반응기 내에서 수행되는 것이 바람직할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0046] 상기 고온 산처리 단계 이후, 필터를 통해 분해되지 않은 제1침전물을 제거하고 상등액을 수득하는 단계(S02);가 수행될 수 있다.
- [0047] 상술한 고온 산처리가 수행된 활성 슬러지는 분해되어 형성되는 상등액 및 분해되지 않고 침전되는 고상의 제1 침전물을 포함할 수 있다. 상기 제1 침전물은, 비제화적인 예로서 활성 슬러지 내에 고온 산처리 반응으로 분해되지 않는 견고한 물리적 또는 화학적 결합을 갖는 유무기물질 또는 초고분자량의 물질일 수도 있고, 이는 고상으로서 여과 과정으로 손쉽게 제거될 수 있다. 이후의 제조 단계에서는 상기 제1 침전물은 제거되고 고상의 잔류물이 없는 상등액만을 수득하여 사용할 수 있다.
- [0048] 고온 산처리가 수행되고 고상의 제1침전물이 제거된 상등액은 무기물질 및 유기물질을 함유할 수 있다. 상기 무기물질은 상기 상등액에 용해되는 것으로, 상술한 활성 슬러지로부터 유래되는 다양한 무기이온, 구체적으로 무기 양이온, 예컨대 인산 이온(PO₄³⁻), 마그네슘 이온(Mg²⁺), 칼륨 이온(K⁺), 칼슘 이온(Ca²⁺), 철(Fe²⁺), 아연 이온(Zn²⁺) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상이 포함될 수 있다. 또한, 상기 유기물질은 상기 상등액에 용해되는 것으로, 활성 슬러지 내에 함유되는 미생물, 예컨대 원생동물, 조류, 박테리아 등의 탄소화합물로부터 유래되는 다양한 유기물질들 등을 포함할 수 있다.
- [0050] 그 다음, 상기 상등액에 염기성 용액을 첨가하는 염기 처리 단계를 수행하여 유무기 복합구조체인 제2침전물을 형성하는 단계(S03)가 수행될 수 있다.
- [0051] 상기 염기 처리 단계는 상기 무기물질 및/또는 유기물질이 강염기와 반응하여 유무기 복합 침전물을 형성하는 것으로서, 상기 상등액에 염기성 용액을 부가하여 수행될 수 있다.
- [0052] 상기 염기성 용액은, 구체적으로 수산화리튬(LiOH), 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화루비듐(RbOH), 수산화세슘(CsOH), 수산화칼슘(Ca(OH)₂), 수산화바륨(Ba(OH)₂), 수산화스트론튬(Sr(OH)₂) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나의 강염기를 포함하는 수용액일 수 있다. 일 구체예에서, 상기 염기성 용액은 수산화칼륨(KOH) 수용액일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0053] 상기 염기 처리 단계는 pH 10 내지 14 범위 내에서 수행되는 것일 수 있다. 구체적으로, 상기 pH 범위의 강염기성 조건에서는 상기 유기 침전물과 무기 침전물 간의 결합, 예컨대 킬레이트 결합이 더욱 강하게 유도된 유무기 복합체를 제조할 수 있다. 반면, 상기 염기 처리 단계가 상대적으로 약염기 조건, 예컨대 pH 7 초과 10 미만 범위의 조건에서는 유기 침전물과 무기 침전물 간의 킬레이트 결합이 용이하게 유도되지 않을 수 있다. 구체적으

로, 상기 염기 처리 단계는 pH 11 내지 13, 일 구체예에서 pH 12일 수 있으나, 이제 제한되는 것은 아니다.

[0054] 상기 상등액에 포함되는 다양한 무기물질, 구체적으로 무기이온, 더욱 구체적으로 무기 양이온이 강염기와 반응하여 고체상의 무기 침전물을 형성할 수 있다. 예컨대, 인산 이온(PO_4^{3-}), 마그네슘 이온(Mg^{2+}), 칼륨 이온(K^+), 칼슘 이온(Ca^{2+}), 철(Fe^{2+}), 아연 이온(Zn^{2+}) 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상의 무기 양이온과 강염기가 반응하여 고체상의 염을 형성할 수 있다. 따라서, 상기 pH 범위의 염기성 조건에서 형성 가능한 제2침전물은 MgOH , KOH , CaOH , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, ZnOH 및 이들의 조합 중 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0055] 또한, 상등액에 포함되는 각종 유기물질들 또한 강염기와 반응하여 고체상의 유기 침전물을 형성할 수 있다. 상기 고상의 유기 침전물을 형성하는 경우 상술한 무기 침전물과 결합, 예컨대 킬레이트 결합하여 유무기 복합구조체를 형성할 수 있다. 반면, 상기 유기물질들은 강염기와 반응하여 반드시 고체상의 유기 침전물만을 형성하는 것은 아니며, 이중 일부는 유기 침전물을 형성하지 않고 상등액 내에 용해되고 음이온성 작용기를 포함하는 유기물질 상태로 존재할 수도 있다. 상기 유기물질은, 예를 들어 휴믹산, 휴믹산 유도체 내지 휴믹 유사 물질 등을 포함할 수 있다. 휴믹 유사 물질은 카르복실기 및 페놀기와 같은 음이온성 유기작용기들을 함유하고 있으며 이들은 양이온을 띠는 무기입자의 표면에 강하게 결합할 수 있다. 상기 음이온성 유기작용기들이 산성 작용기로서 무기입자의 표면에 결합되는 경우 산도를 떨어뜨리고 무기입자를 녹여 이를 구성하는 원소들을 완효성으로 방출시키는 효과를 발생시킬 수 있다.

[0056] 따라서, 상기 염기 처리 단계를 통해 제조되는 상기 제2 침전물은 무기 침전물과 유기 침전물이 복합화된 구조, 구체적으로 화학 결합으로 복합화된 구조, 더욱 구체적으로 킬레이트 결합으로 복합화된 유무기 복합구조체의 형태를 포함할 수 있다.

[0057] 본 발명의 유무기 복합 구조체는 토양 내 식물 뿌리로부터 방출되는 삼출물에 함유된 유기산에 의해 용해도가 증가하게 되는데, 이때 단순 이온 결합의 형태가 아닌 하나의 중심 양이온에 여러 개의 유기 리간드가 결합되어 상대적으로 안정한 화합물을 형성하는 킬레이트 결합을 포함할 수 있으므로, 음이온과의 결합을 막아줌으로써 중심 양이온은 가용성 상태로 안정화되어 이동성이 향상될 수 있고, 식물에 흡수가 용이할 수 있다.

[0058] 한편, 침전되는 과정 중 유기물 등의 불순물이 함께 복합화 되어 침전되게 되므로 복합구조체 입자의 결정성(crystallinity)이 무기물질 단일로 구성된 침전물보다 감소될 수 있으며, 결정성이 떨어진 입자는 작물 삼출액에 함유된 유기산에 의해 용해도가 증가하게 되므로 영양성분의 공급이 원활할 수 있다. 따라서, 본 발명의 유무기 복합구조체는 식물이 흡수 가능한 비료 영양물질을 제공할 수 있으며, 특히 무기 양이온-유기물질 간 화학적 결합, 예컨대 킬레이트 결합을 포함하고 있으며 입자의 결정성이 감소되므로 완효성을 갖는 식물 생장 촉진용 조성물로서 사용되기에 우수한 구조를 가질 수 있다.

[0060] 상기 S03 단계 이후, 원심분리하고 침전물을 펠렛화하여 펠렛을 형성하는 단계(S04);를 더 포함할 수 있다.

[0062] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실험예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.

[0065] 실시예 1: 활성 슬러지에 고온 산처리 반응을 사용하여 유무기 복합체 제조

[0066] 하수처리장에서 확보한 하수를 침전시켜 물을 제거하고 슬러지를 1차 분리한 후, 양과망에 폐수를 다시 부어 슬러지를 2차 분리한 것(고상의 입자성 물질을 4.97 % 함유)을 -70 °C에서 보관하였다. 이후, 슬러지 입자에 36 % 농도의 HCl 20 ml 처리하여 pH 1 내지 2로 조정한 다음, 반응기 내에 위치시키고 150 °C의 고온 조건 하에서 8 시간 동안 고온 산처리 단계를 수행하였다. 그 다음, 종이 필터를 통해 고상으로 잔여하는 침전물(제1침전물)을 필터링하여 제거하고 남은 상등액을 이후의 단계에 사용하였다.

[0067] 이후, 상등액에 염기성 수용액으로 2 M농도의 KOH 수용액을 첨가하여 pH 12까지 조정하였다. 염기성 수용액을 침

가하는 동안 상등액에 포함된 다량의 무기이온 및 유기물질과 반응하여 유무기 복합구조체(제2침전물)을 형성한다(alkaline precipitation). 이후, 13,000 rpm 조건에서 5분 동안 원심분리하고 고체를 펠렛화하고 증류수로 3회 수세한 다음 75 °C의 오븐에서 건조하였다.

비교예 1: 활성 슬러지에 상온 산처리 반응을 사용하여 유무기 복합체 제조

150 °C의 고온 조건 대신에 상온에서 산처리 단계를 실시한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법을 사용하여 유무기 복합체를 형성하였다.

비교예 2: 활성 슬러지에 고온 처리하여 유무기 복합체 제조

고온 산처리 단계 대신에 150 °C의 고온 조건 하에서 8시간 동안 고온 열처리를 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법을 사용하여 유무기 복합체를 형성하였다.

비교예 3: 미처리 활성 슬러지를 사용하여 유무기 복합체 제조

고온 산처리 단계를 수행하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법을 사용하여 유무기 복합체를 형성하였다.

도 2는 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 3의 제조방법으로 제조된 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 사진이다.

도 2를 참조하면, 활성 슬러지에 고온 산처리 반응을 사용하여 유무기 복합체를 제조한 실시예 1의 시편은 갈색을 띠는 것을 확인할 수 있다. 반면, 상온 산처리를 실시한 비교예 1의 시편은 검정에 가까운 진한 고동색을 나타내며, 산처리 없이 고온처리만 수행한 비교예 2와 미처리 비교예 3은 비교적 옅은 색의 시편을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

도 3은 본 발명의 실시예 1 및 비교예 1 내지 3의 제조방법으로 제조된 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 수율을 표기한 그래프이다.

도 3을 참조하면, 활성 슬러지에 고온 산처리 반응을 사용하여 유무기 복합체를 제조한 실시예 1, 상온 산처리를 실시한 비교예 1, 산처리 없이 고온처리만 수행한 비교예 2 및 미처리 비교예 3의 순서대로 복합체 제조 수율이 높은 것을 확인할 수 있다.

도 4는 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체에 대한 ICP-OES(Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy; 유도 결합 플라즈마 발광 분광법) 분석 결과이다.

ICP-OES 분석은 시료 내에 무기 원소를 정성 및 정량 분석할 수 있는 분석 방법으로서 농업적 사용을 위하여 식물 영양 성분의 포함과 유해 중금속 불포함 여부를 확인하기 위한 것이다. 본 발명의 실시예 1의 건조된 샘플 50 mg을 왕수(질산:염산=1:3 (v/v %)) 20 ml 처리 후 200 °C에서 전처리를 실시한 후 분석하였다.

도 4를 참조하면, ICP-OES 분석 결과 본 발명의 실시예 1에 따른 유무기 복합체 내 무기 원소는 특히 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 인(P), 철(Fe) 및 칼륨(K)을 다량 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 또한 중금속으로서 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 납(Pb) 등의 함량은 0에 가까운 극미량인 것으로 측정되었다. 따라서, 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래의 유무기 복합체는 식물 영양 성분이 풍부히 함유하고 있으며 중금속을 포함하지 않으므로 농업적으로 유용히 사용 가능한 것으로 판단할 수 있다.

도 5는 본 발명의 일 예에 따른 미처리 활성 슬러지 내의 중금속 함량 및 무기성분을 정량 분석한 ICP-OES결과이다.

- [0089] 미처리 활성 슬러지를 사용하여 정량 분석하는 방법은, 먼저 양과망을 사용하여 폐수 내 슬러지를 분리한 뒤, 분리한 슬러지를 80 °C에서 1일간 완전 건조한다. 건조된 슬러지 입자(원시 슬러지) 50 mg씩 2개 정량하여, 산 습식 분해를 진행한다. 산 습식 분해를 위한 강산 용액은 36 % HCl과 70 % 질산(Nitric acid)을 3:1 (v/v%)로 혼합하여 제조하며, 강산용액 20 ml에 원시 슬러지 입자를 50 mg을 넣고 200 °C에서 가열한다. 유기물을 완전히 산화시키 후 증류수로 50 ml까지 희석하며 No. 2 종이필터로 필터링하여 ICP-OES 분석을 실시한다.
- [0090] 도 4 및 도 5를 함께 참조하면, 본 발명의 제조방법으로 제조된 유무기 복합체와 대비하여 미처리 활성 슬러지 내에 존재하는 금속계 무기원소(K, Ca, Fe, Mg 등) 및 인(P) 원소를 포함하는 모든 종류의 원소 함량이 더 낮은 것으로 파악된다. 이는 제시된 고온 및 산처리 복합 처리가 금속계 무기 원소와 인산을 단위 무게당 더 농축시키는 결과를 유도할 수 있음을 보여준다.
- [0092] 도 6은 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합구조체를 적용한 식물 성장 시험의 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0093] 식물 성장에 대한 실험 방법은, 먼저 양과망을 사용하여 폐수 내 슬러지를 분리하고, 분리된 슬러지를 80 °C에서 1일간 완전 건조한다. 완전히 건조된 슬러지 입자는(원시 슬러지, Raw로 표기) 및 실시예 1의 입자(Syn으로 표기) 각각 0.2 g을 증류수 10 ml에 완전히 분산시키고 1 M의 염산(HCl) 또는 1 M의 시트르산(citric acid)으로 pH를 4까지 조정한다. 이때 산으로 pH를 조정하지 않은 샘플은 부피 보정을 위해 추가 증류수를 투입해준다. pH 조정 후, 볼러 믹서 위에서 배양하였으며 4시간 마다 4000 rpm, 5분 조건으로 원심분리하여 상등액 10 ml를 회수한 후 증류수 10 ml를 새로 추가하고 펠렛을 분산 후 다시 1 M의 염산(HCl) 또는 1 M의 시트르산(citric acid)으로 pH를 4까지 조정한다. 상술한 단계들을 3번 반복하여 상등액을 회수하였으며 남은 잔류물 펠렛은 80 °C에서 3일간 완전 건조하여 무게를 측정한다.
- [0094] 도 6을 참조하면, 시트르산을 사용하여 pH를 조정(Syn Citric acid로 표기)한 경우 잔류하는 펠렛의 무게가 타 처리구 대비 약 2~3배 정도 작은 것을 확인할 수 있다. 이는 펠렛이 시트르산에 의해 용해되어 동시간 대비 증류수(Syn DW로 표기) 또는 염산(Syn HCl)을 처리한 경우 보다 빠르게 녹아 이온의 형태로 용해된 것으로 판단할 수 있다. 결론적으로, 본 발명의 활성 슬러지 유래 유무기 복합체는 작물 삼출액에 함유된 유기산에 의해 높은 반응성을 보이고 원시 슬러지와 대비하여 다량의 작물 영양물질들(예를 들어, 칼슘, 인, 철, 마그네슘 등)을 빠르게 방출할 수 있어 작물 성장 자극을 월등히 유도할 수 있을 것으로 유추할 수 있다.
- [0095] 본 발명의 활성 슬러지 유래 유무기 복합체는 염기의 pH 조건 하에서 침전되는 과정 중 유기물 등의 불순물이 함께 복합화되어 침전되게 되므로 침전물 입자의 결정성(crystallinity)이 떨어질 수 있다. 이와 같이 산처리 과정을 통해 결정성이 떨어진 입자는 작물 삼출액에 함유된 유기산에 의해 용해도가 증가하게 되므로 산처리를 하지 않은 구조체와 비교하여 비료 영양성분의 공급이 원활할 수 있다.
- [0097] 도 7은 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 적용한 식물 성장 자극 시험의 (a) 식물 사진 및 (b) 건물중(Dried weights) 결과이다.
- [0098] 도 7을 참조하면, 아무것도 처리하지 않은 경우(미처리로 표기), 본 발명의 실시예 1에 따른 유무기 복합체를 1.37 g 처리한 경우(1.37 g으로 표기) 및 2.0 g 처리한 경우(2.0 g으로 표기), 식물 배양기에서 약 4주간 식물을 배양한 결과, 미처리 시편 대비 유무기 복합체를 처리한 두 경우 모두 식물 생장이 월등히 증가한 것을 육안으로 확인할 수 있다(도 6(a)). 또한, 건물중(Dried weights; 어떤 생물체에서 수분을 제거한 후의 무게)을 측정한 결과, 미처리한 경우와 대비하여 유무기 복합체를 처리한 두 경우 모두 명확히 식물 성장을 증대시키는 것을 확인할 수 있다.
- [0100] 도 8은 본 발명의 실시예 1에 따른 활성 슬러지 유래 유무기 복합체를 적용한 식물 성장 자극 시험 결과와 다양한 실험 비교예들의 결과이다.
- [0101] 도 8을 참조하면, 아무것도 처리하지 않은 경우(미처리로 표기), 상업용 질소, 인산, 칼륨 비료(N.P.K)를 처리한 경우(상업용 비료로 표기), 생 슬러지를 처리한 경우(비교예 3으로 표기) 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유무기 복합체를 처리한 경우(실시예 1으로 표기)를 통해 식물 성장 자극을 비교하였다. 그 결과, 실시예 1의 경우에서 미처리 및 상업용 비료보다 식물의 생장이 월등히 우수한 것을 육안으로 확인할 수 있다. 또한, 비교예

3와 대비하여도 식물 생장이 더 우수한 것을 확인할 수 있다.

표 1

[0102]

	mg per mL of supernatant					
	Ca	Fe	K	Mg	P	Zn
No treatment	0.05	0.00	0.22	0.12	0.60	0.00
Heat	0.14	0.02	0.44	0.26	1.38	0.00
HCl	0.40	0.14	0.47	0.50	1.33	0.02
HCl-Heat	0.56	0.37	0.56	0.62	2.51	0.22

표 1은 고온 산처리 공정 여부에 따라 활성 슬러지 상층액에 포함된 원소들의 함량을 측정한 ICP-OES 결과이다.

도 9는 고온 산처리 공정 여부에 따라 활성 슬러지 상층액에 포함된 무기원소들의 함량을 측정한 ICP-OES 결과이다.

표 1 및 도 9를 참조하면, 본 발명 실시예 1의 고온 산처리 단계를 수행한 후의 상등액(HCl-Heat으로 표기), 비교예 1의 상온 산처리 단계를 수행한 후의 상등액(HCl로 표기), 비교예 2의 고온 열처리를 수행한 후의 상등액(Heat으로 표기) 및 비교예 3의 고온 산처리 단계를 수행하지 않은(미처리) 상등액(No treatment로 표기)를 준비하였다. 그 결과, 고온 산처리 단계를 수행한 후의 상등액(HCl-Heat으로 표기)의 ICP-OES 결과, 인(P), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 칼륨(K), 철(Fe) 및 아연(Zn)의 순서대로 무기원소의 함량이 많이 포함된 것을 알 수 있으며, 또한 이 수치는 상온 산처리만을 수행하거나 고온 열처리만을 수행하는 경우와 비교하여도 더 높은 수치를 나타내므로, 고온 산처리를 수행하는 공정을 거친 상등액에서 양적 및 질적으로 더 많은 무기원소들을 함유하는 것을 확인할 수 있다.

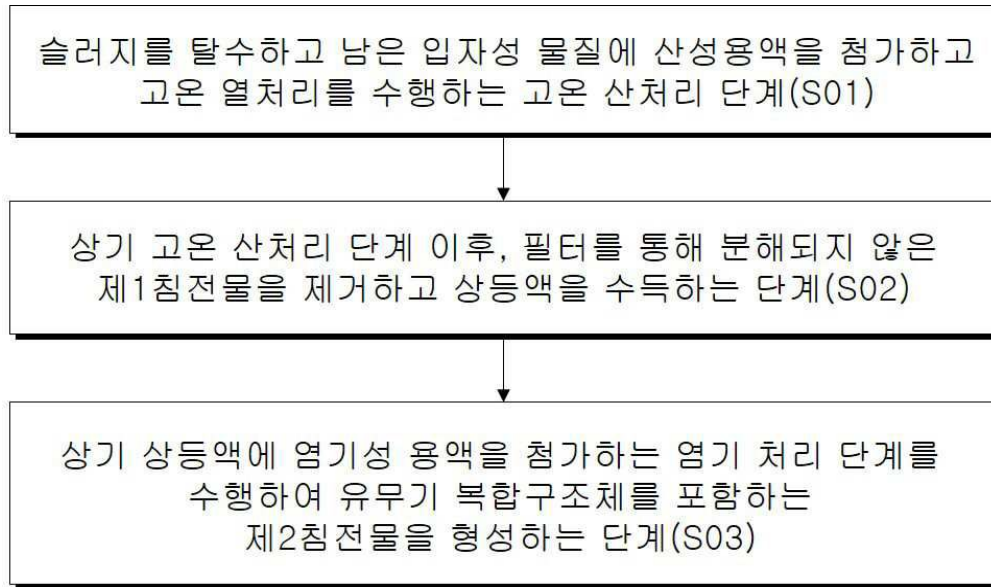
도 10은 본 발명의 일 예에 따른 활성 슬러지 유래 유기물 복합체의 제조방법을 달리하고 상층액에 포함된 (a) 총 유기 탄소(TOC; Total organic carbon) 및 (b) 총 질소(TN; Total nitrogen) 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 10을 참조하면, 본 발명 실시예 1의 고온 산처리 단계를 수행한 후의 상등액(HCl-Heat으로 표기), 비교예 1의 상온 산처리 단계를 수행한 후의 상등액(HCl로 표기), 비교예 2의 고온 열처리를 수행한 후의 상등액(Heat으로 표기) 및 비교예 3의 고온 산처리 단계를 수행하지 않은(미처리) 상등액(No treatment로 표기)를 준비하였다. 그 결과, 고온 산처리 단계를 수행한 후의 상등액(HCl-Heat으로 표기)의 TOC 및 TN 모두의 결과에서 가장 높은 수치를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 고온 산처리 단계를 수행한 상등액은 더 많은 유기탄소의 양과 질소의 양을 함유하는 것을 확인할 수 있다.

한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

도면

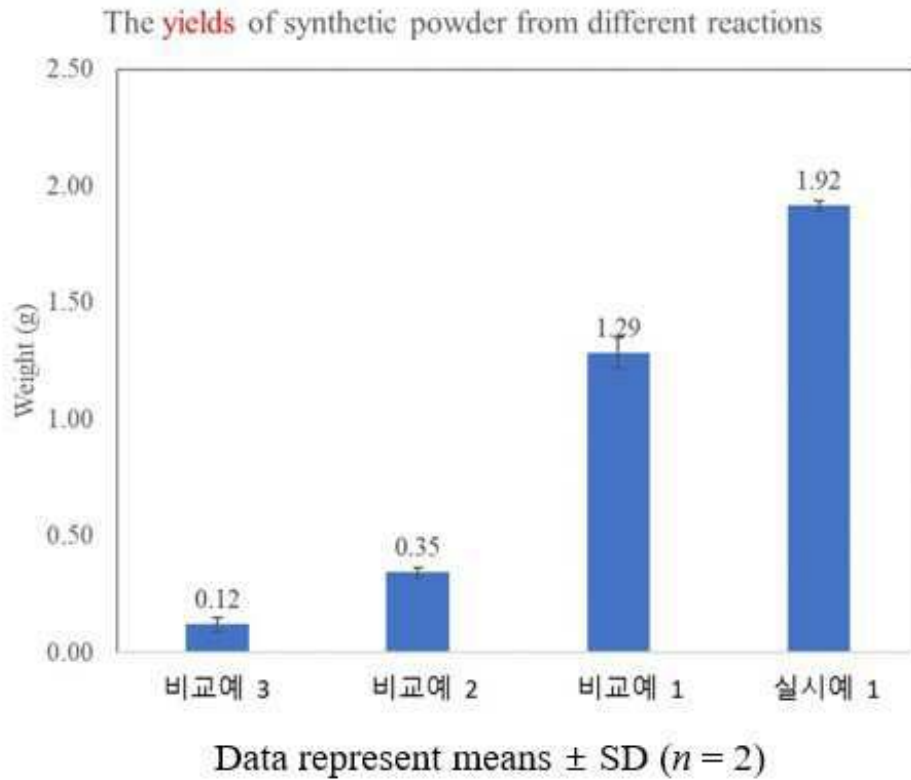
도면1



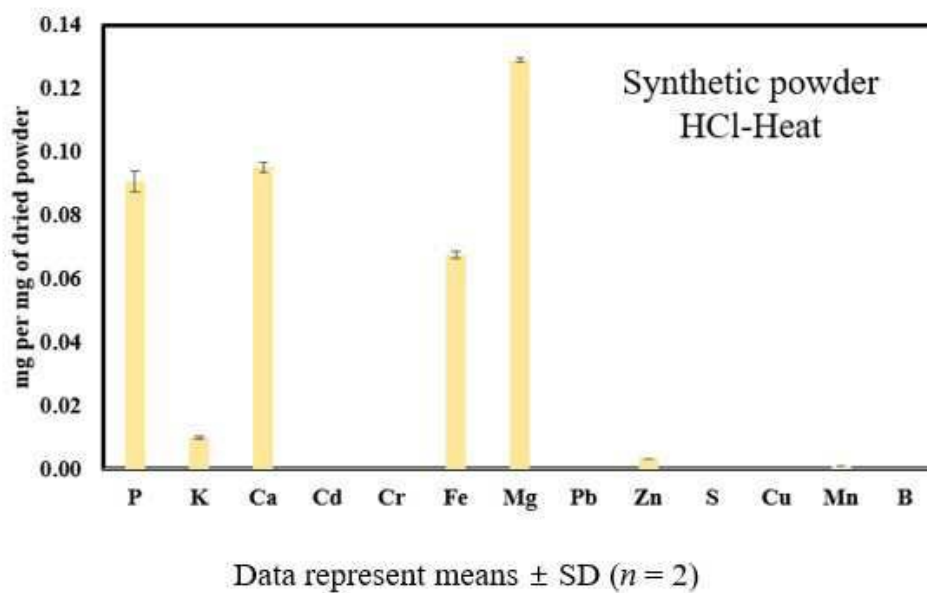
도면2



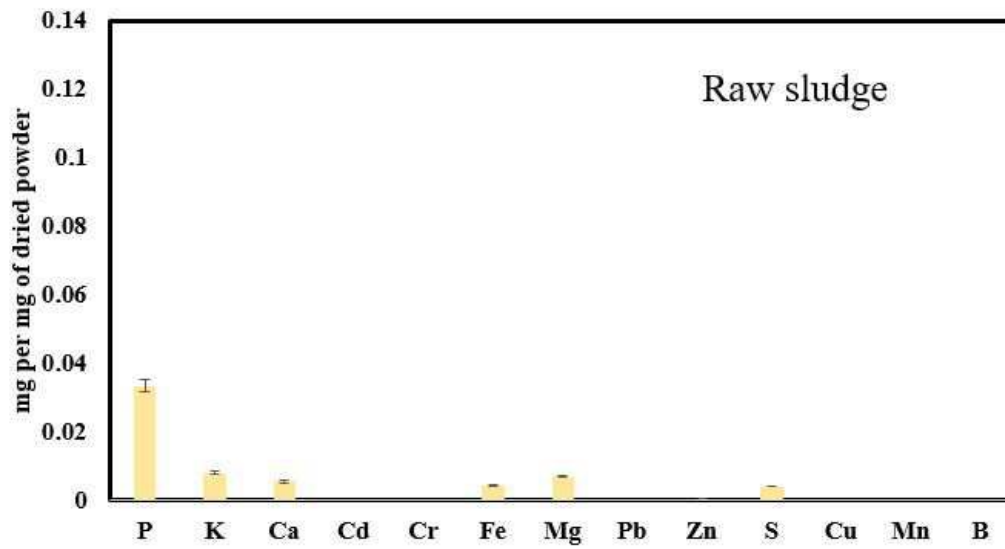
도면3



도면4

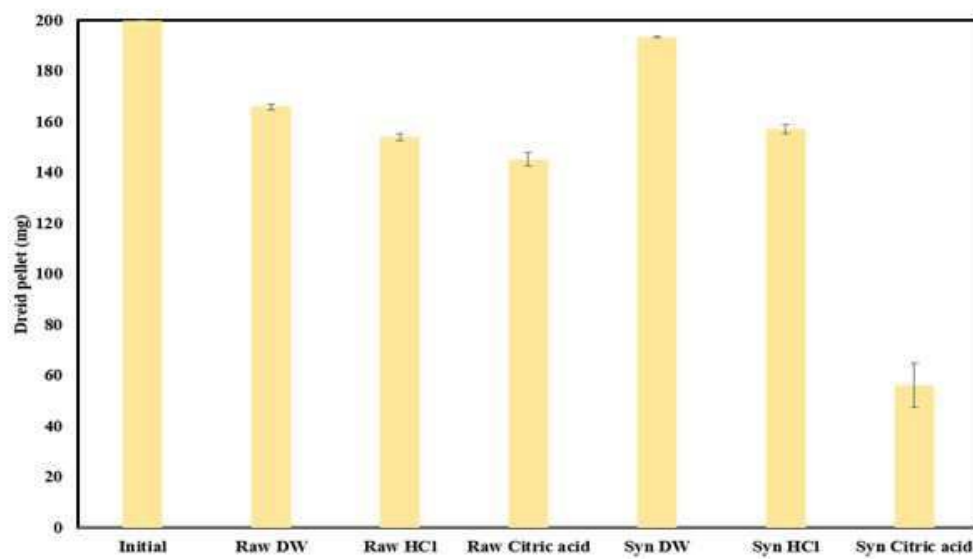


도면5



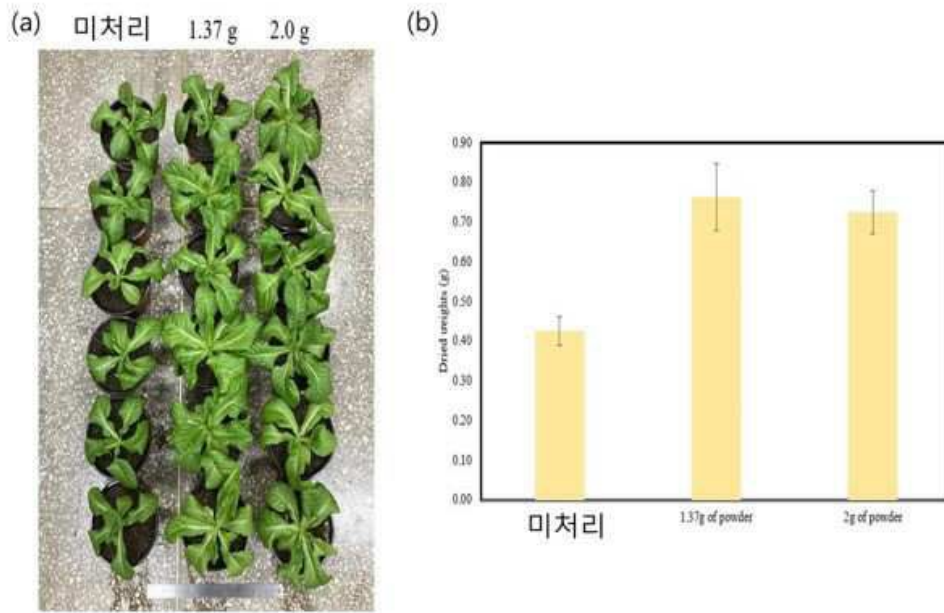
Data represent means $\pm$ SD ($n = 2$)

도면6



Data represent means $\pm$ SD ($n = 2$)

도면7

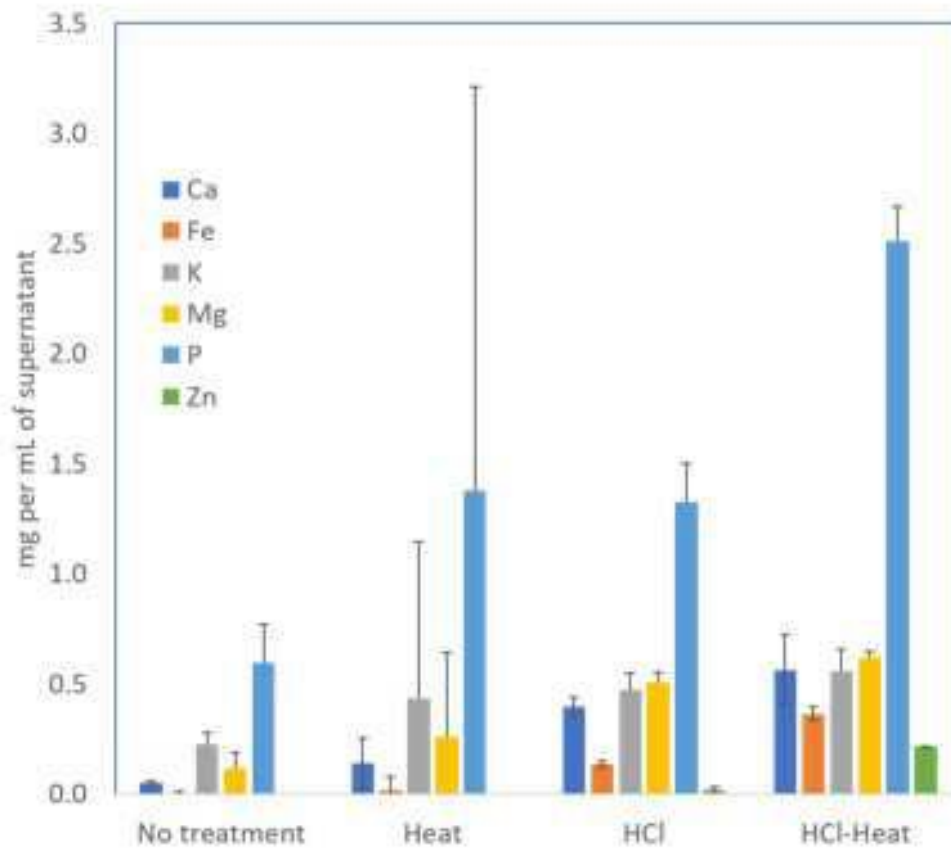


Data represent means $\pm$ SD ($n = 6$)

도면8

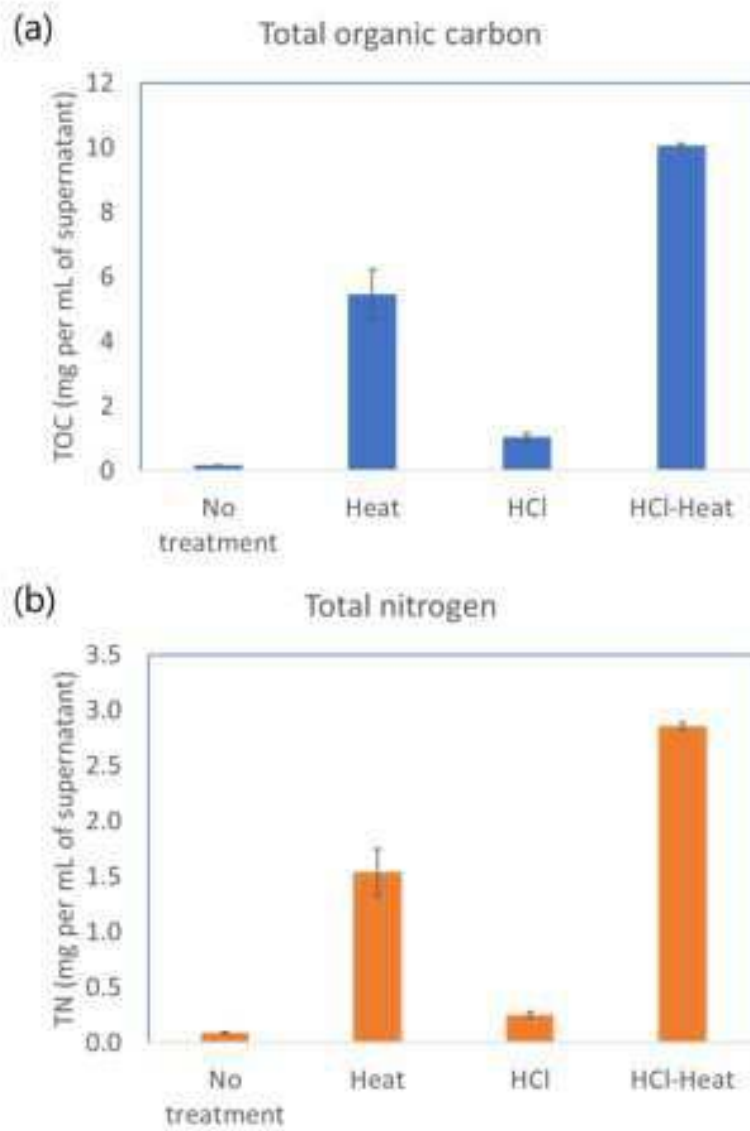


도면9



Data represent means $\pm$ SD ($n = 2$)

도면10



Data represent means $\pm$ SD ($n = 2$)