(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0108009
(43) 공개일자 2021년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C05G 3/00 (2020.01) *C05C 11/00* (2006.01)
C05F 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C05G 3/00 (2013.01)
C05C 11/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0022651
(22) 출원일자 2020년02월25일
심사청구일자 2020년02월25일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
양재경
경상남도 진주시 강변길 31, 103동 402호 (가좌동, 가호 에일린의 뜰 아파트)
최지원
경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 중리상곡로 134, 201동 903호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **열처리된 목재 칩, 질소원 및 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 작물 재배용 인공토양 조성물**

(57) 요 약

본 발명은 열처리된 목재 칩, 질소원 및 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 작물 재배용 인공토양 조성물에 관한 것으로, 상기 열처리된 참나무 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 또는 상기 혼합물과 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 조성물은 참외 종자의 발아율 및 엽수를 증가시키고 초장 및 근장의 생장을 향상시키는 효과를 나타내는 것이 확인됨에 따라, 상기 조성물은 일반 토양 및 인공사료를 대체할 수 있는 작물 재배용 인공토양으로 제공될 수 있다.

대 표 도 - 도24



(52) CPC특허분류
C05F 5/00 (2013.01)
C05G 1/00 (2013.01)
(72) 발명자
박재현
경상남도 진주시 숙호산로 8, 1203호 (이현동, 우신파크맨션)
정지영
경상남도 진주시 진주대로 501
하시영
경상북도 구미시 형곡서로 11-15, 102동 1507호 (형곡동, 형곡시영아파트)
이동환
경상남도 진주시 진주대로879번길 19, A동 1305호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2019EG021010102
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 사회맞춤형 산학협력선도대학(LINC+) 육성사업
연구과제명 [산학공동기술개발과제]리그노셀롤로오직 바이오매스를 원료로 하는 참외 재배를 위한 복합 기능성토양 제조 기술
기 여 율 1/1
과제수행기관명 경상대학교
연구기간 2019.07.01 ~ 2020.01.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

열처리된 목재 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 및 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 열처리된 목재 칩은 50 내지 110℃에서 50 내지 70분간 열처리 되는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 목재 칩은 소나무 칩 및 참나무 칩으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 인공토양 조성물은 열처리된 목재 칩 80-95 중량% 및 질소원 5 내지 20 중량%로 혼합된 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 질소원은 효모추출물, NH_4HCO_3 또는 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 발효볏짚은 볏짚과 가축분이 건조중량 기준 6:4 내지 9:1 비율로 혼합되는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 발효볏짚은 25 내지 35℃에서 5 내지 12일간 발효되는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 인공토양 조성물은 조성물 100 중량부에 대하여, 열처리된 목재 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 85 내지 95 중량부 및 발효볏짚 5 내지 15 중량부로 이루어진 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 인공토양 조성물은 작물의 발아율 및 엽수를 증가시키고, 작물 모종의 초장 및 근장의 생장을 향상시키는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 상기 작물은 감자, 고추, 피망, 토마토, 오이, 수박, 참외, 배추, 상추, 무, 양배추, 유채, 딸기, 벼, 보리, 옥수수 및 인삼으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 인공토양 조성물은 소나무 열수 추출물을 추가로 더 포함하는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 소나무 열수 추출물은 인공토양 조성물 100 중량%에 대하여, 1 내지 3 중량%로 포함되는 것을 특징으로 하는 작물 재배용 인공토양 조성물.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 열처리된 목재 칩, 질소원 및 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 작물 재배용 인공토양 조성물을 제공하고자 한다.

배 경 기 술

[0002] 현재 가정이나 종묘장에서 작물의 재배에 사용되는 토양은 자연상태에서 얻어지는 일반 토양을 화분이나 육모판 위에 깔고 그 위에 작물을 심어 재배하고 있는 실정이다. 이와 같은 일반 토양은 살균되어 있지 않으므로 작물이 병해충으로부터 해를 입게되어 생장에 방해가 되고, 또한 수분을 공급하기 위해 매일 뿌려지는 물에 의해 유기질비료성분 등의 영양분 손실이 커 지력이 약해지며, 특히 관상과 채소의 재배를 위해 가정의 정원이나 아파트 베란다에서 키우는 작물재배의 경우에는 물에 의해 흙탕물이 흐르거나 흙먼지가 바람에 날리게 되어 환경을 오히려 악화시키는 문제점이 있다.

[0003] 한편, 농작물, 작물, 수목과 같은 식물자원(plant resource)에 대해 성장 촉진, 과실 증대 및 병충해로부터 보호하기 위해 비료를 사용하고 있다. 이러한 비료는 상기 식물자원이 토양으로부터 흡수하는 영양성분이 부족하기 때문에 부족한 영양성분을 보충하기 위해 포함하고 있다. 비료에 함유되어 있는 영양성분은 질소, 인, 칼륨, 무기질, 수분 등 다양하며, 특히 질소, 인, 칼륨 등의 성분을 강화하는 것이 많다.

[0004] 현재 사용되고 있는 화학비료는 대부분이 속효성(速效性)으로 물에 녹아 식물이 흡수하며 비료흡수량보다 과량의 비료를 시비하므로 비료가 과다 용출되는 경향이 많다. 또한, 시비 직후 식물이 비료성분을 일시에 흡수하여 이용할 수 없기 때문에 시비된 비료는 산사태, 홍수, 산불등의 여러 가지 자연현상에 의해 유실량이 많을 뿐만 아니라, 유실된 비료는 토양에 흡착되거나 또는 토양 내의 지하수로 스며들어 토양 및 지하수의 오염을 증가시키는 원인이 되기도 한다.

[0005] 이러한 문제점을 해결하기 위해 화학비료의 영양 성분을 함유하면서 일반 토양을 대체할 수 있는 새로운 작물 재배용 인공토양에 대한 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1766452호 (2017.08.02. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 작물의 성장에 필요한 영양 성분을 함유하는 목재 칩 혼합물을 제공하여, 인공사료에 의한 환경문제를 개선하고, 일반 토양을 대체할 수 있는 기능성 인공토양으로 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 열처리된 목재 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 및 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 작물 재배용 인공토양 조성물을 제공한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 따르면, 열처리된 참나무 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 또는 상기 혼합물과 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 조성물은 참외 종자의 발아율 및 엽수를 증가시키고 초장 및 근장의 생장을 향상시키는 효과를 나타내는 것이 확인됨에 따라, 상기 조성물은 일반 토양 및 인공사료를 대체할 수 있는 작물 재배용 인공토양으로 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 소나무 및 참나무 목분의 열처리 온도에 따른 탄질비 (C/N ratio) 변화를 확인한 결과로, 도 1A는 소나무 목분의 결과이며, 도 1B는 참나무 목분의 결과이다.

도 2는 소나무 및 참나무 목분의 열처리 온도에 따른 EC (Electrical capacity) 변화를 확인한 결과로, 도 2A는 소나무 목분의 결과이며, 도 2B는 참나무 목분의 결과이다.

도 3은 소나무 목분 및 참나무 목분의 열처리 온도에 따른 pH 변화를 확인한 결과로, 도 3A는 소나무 목분의 결과이며, 도 3B는 참나무 목분의 결과이다.

도 4는 열처리 온도에 따른 GI (germination index) 분석 결과로, 도 4A는 소나무 목분의 결과이며, 도 4B는 참나무 목분의 결과이며, control은 대조구(증류수)이며, untreated는 열처리하지 대조구이다.

도 5는 열처리 시간에 따른 탄질비(C/N ratio)를 확인한 결과로, 도 5A는 소나무 목분의 결과이며, 도 5B는 참나무 목분의 결과이다.

도 6은 열처리 시간에 따른 EC(Electrical capacity)를 확인한 결과로, 도 6A는 소나무 목분의 결과이며, 도 6B는 참나무 목분의 결과이다.

도 7은 열처리 시간에 따른 pH를 확인한 결과로, 도 6A는 소나무 목분의 결과이며, 도 6B는 참나무 목분의 결과이다.

도 8은 열처리 시간에 따른 GI (germination index) 분석 결과로, 도 8A는 소나무 목분의 결과이며, 도 8B는 참나무 목분의 결과이며, control은 대조구(증류수)이며, untreated는 열처리하지 대조구이다.

도 9는 질소공급원으로 효모추출물 (Yeast extract), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w) 첨가에 따른 탄질율을 확인한 결과이다.

도 10은 질소공급원으로 효모추출물 (Yeast extract), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w) 첨가된 열처리 참나무 목분에 참외 종자를 파종 후 발아율(%)을 확인한 결과이다.

도 11은 질소공급원으로 효모추출물 (Yeast extract), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w) 첨가된 열처리 참나무 목분에 참외 종자를 파종 후 초장 생장(mm)을 확인한 결과이다.

도 12는 질소공급원으로 효모추출물 (Yeast extract), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w) 첨가된 열처리 참나무 목분에 참외 종자를 파종 후 근장 생장(mm)을 확인한 결과이다.

도 13은 질소공급원으로 효모추출물 (Yeast extract), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w) 첨가된 열처리 참나무 목분에 참외 종자를 파종 후 엽장(mm)을 확인한 결과이다.

도 14는 볏짚과 계분 혼합물의 탄질율(C/N ratio)을 확인한 결과이다.

도 15는 볏짚과 계분 혼합물의 EC를 확인한 결과이다.

도 16은 볏짚과 계분 혼합물의 pH를 확인한 결과이다.

도 17은 볏짚과 계분 혼합물의 미생물 활성을 확인한 결과이다.

도 18은 볏짚과 계분 혼합물의 발효기간 경과에 따른 EC를 확인한 결과이다.

도 19는 볏짚과 계분 혼합물의 발효기간 경과에 따른 pH를 확인한 결과이다.

도 20은 볏짚의 발효 온도에 따른 미생물 활성 결과를 확인한 결과이다.

도 21은 볏짚의 발효 기간 경과에 따른 미생물 활성 결과를 확인한 결과이다.

도 22는 목질원료, 질소공급원 및 볏짚의 혼합비율에 따른 포름알데히드 방출량을 확인한 결과이다.

도 23은 목질원료, 질소공급원 및 볏짚의 혼합비율에 따른 이산화탄소 방출량을 확인한 결과이다.

도 24는 제조된 기능성 토양을 이용한 참외 모종 생장을 확인한 결과이다.

도 25는 질소원이 혼합된 열처리 목분과 발효 볏집 혼합 비율에 따른 참외 모종의 줄기 길이를 확인한 결과이다.

도 26는 제조된 기능성 토양에 이식한 참외 모종의 뿌리 길이를 확인한 결과이다.

도 27은 발효볏짚 및 질소원이 혼합된 열처리 참나무 목분으로 제조된 기능성 토양에 이식한 참외 모종의 엽수를 확인한 결과이다.

도 28은 참외 모종의 최대 초장(stem length) 생장을 위한 열처리 목분, 질소원 및 발효볏짚 혼합 비율을 확인한 반응표면분석 결과로, A는 열처리 목분; B는 질소원; C는 발효볏짚이다.

도 29는 RSM(Response suface method)을 수행하여 예상치와 실제 데이터 값의 일치성을 확인한 결과이다.

도 30은 참외 모종의 최대 근장(root length) 생장을 위한 열처리 목분, 질소원 및 발효볏짚 혼합 비율을 확인한 반응표면분석 결과로, A는 열처리 목분; B는 질소원; C는 발효볏짚이다.

도 31은 RSM(Response suface method)을 수행하여 예상치와 실제 데이터 값의 일치성을 확인한 결과이다.

도 32는 소나무 열수 추출물의 제조과정을 나타낸 모식도이다.

도 33은 열처리 목분/질소원/발효볏짚 혼합물에 소나무 열수추출물을 투입한 후 참외 모종의 줄기 생장을 확인한 결과이다.

도 34는 열처리 목분/질소원/발효볏짚 혼합물에 소나무 열수추출물을 투입한 후 참외 모종의 뿌리 생장을 확인한 결과이다.

도 35는 참외 재배를 위한 복합기능성 토양 제조 공정을 나타낸 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

[0012] 본 발명은 열처리된 목재 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 및 발효볏짚을 유효성분으로 함유하는 작물 재배용 인공토양 조성물을 제공할 수 있다.

[0013] 상기 열처리된 목재 칩은 50 내지 110℃에서 50 내지 70분간 열처리된 것일 수 있으며, 상기 목재 칩은 소나무 칩 및 참나무 칩으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있으며, 보다 바람직하게는 100℃에서 60분간 열처리된 참나무 칩일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0014] 본 발명의 열처리된 목재 칩의 열처리 과정 중 상기 온도 조건 미만으로 열을 가할 경우, 작물재배에 악영향을 미치는 페놀성분이 목재에 잔존하는 문제점이 나타날 수 있으며, 상기 온도 조건을 초과하여 열을 가할 경우, 공극이 과다하게 발생하고 유기물이 침출되는 문제점이 나타날 수 있다.

[0015] 상기 인공토양 조성물은 열처리된 목재 칩 80-95 중량% 및 질소원 5 내지 20 중량%로 혼합된 것일 수 있으며, 보다 바람직하게는 열처리된 목재 칩 90 중량% 및 질소원 10 중량%로 혼합된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0016] 상기 질소원은 효모추출물, NH_4HCO_3 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 보다 바람직하게는 효모추출물일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0017] 본 발명의 질소원은 생물체에 중요한 단백질이나 핵산의 원료가 되는 질소화합물로, 상기 질소원의 함량 범위 미만으로 포함될 경우, 질소기아가 발생하여 작물에 영양생장이 저하되고 잎의 갈변현상이 일어나는 문제점이 나타날 수 있으며, 상기 함량 범위를 초과하여 포함될 경우 질소가 토양 중에 축적되어 꽃눈의 분화가 미미해지는 문제점이 나타날 수 있다.

[0018] 상기 발효볏짚은 볏짚과 가축분이 건조중량 기준 6:4 내지 9:1 비율로 혼합되는 것일 수 있으며, 보다 바람직하게는 볏짚과 가축분이 건조중량 기준 7:4 비율로 혼합되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0019] 상기 발효볏짚은 25 내지 35℃에서 5 내지 12일간 발효되는 것일 수 있으며, 보다 바람직하게는 30℃에서 10일간 발효되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0020] 상기 인공토양 조성물은 조성물 100 중량부에 대하여, 열처리된 목재 칩과 질소원으로 이루어진 혼합물 85 내지 95 중량부 및 발효볏짚 5 내지 15 중량부로 이루어지는 것일 수 있다.

[0021] 본 발명의 발효볏짚은 작물 생장에 유용한 미생물 증대 역할을 하며, 상기 인공토양 조성물 중 발효볏짚이 함량 범위 미만으로 포함될 경우, 유용 미생물의 부족으로 인하여 영양공급이 불리하고 인산 가용화, 질소고정 등이 원활하지 못한 문제점이 나타날 수 있으며, 함량 범위를 초과하여 포함될 경우, 양분의 과다집적과 토양 산성화 등의 문제점이 나타날 수 있다.

[0022] 상기 인공토양 조성물은 작물의 발아율 및 엽수를 증가시키고, 작물 모종의 초장 및 근장의 생장을 향상시키는 것일 수 있다.

[0023] 상기 작물은 감자, 고추, 피망, 토마토, 오이, 수박, 참외, 배추, 상추, 무, 양배추, 유채, 딸기, 벼, 보리, 옥수수 및 인삼으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.

[0024] 상기 인공토양 조성물은 소나무 열수 추출물을 추가로 더 포함할 수 있다.

[0025] 상기 소나무 열수 추출물은 인공토양 조성물 100 중량%에 대하여, 1 내지 3 중량%로 포함되는 것일 수 있으며, 보다 바람직하게는 인공토양 조성물 100 중량%에 대하여, 소나무 열수 추출물 분말을 2 중량%로 투입하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0027] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 들어 상세하게 설명하기로 한다. 다만 하기의 실시예는 본 발명의 내용을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0029] **<실시예 1> 기능성 토양 제조를 위한 목질원료 제조**

[0030] **1. 다양한 열처리 조건에 따른 목질원료 제조**

[0031] 국내 침엽수·활엽수 목부를 이용한 기능성 토양 개발을 위해, 소나무 칩 및 참나무 칩을 이용하여 톱밥을 제조하였다.

[0032] 경상대학교 학술림으로부터 제공받은 소나무 칩 및 참나무 칩을 파쇄하고, 4 mm 체(sieve)를 이용하여 4 mm pass 크기의 목분으로 제조하였다.

[0033] 준비된 4 mm pass 크기의 소나무 및 참나무 목분의 전건중량 30g을 증류수 600mL과 1:20 (w/v)비율로 혼합한 후, 60, 80, 100 및 120℃ 온도로 15분간 열처리하였다.

[0034] 열처리된 혼합물을 No.2 filter paper(150 mm, Advantec)을 사용하여 감압여과한 후 잔사를 105℃에서 24시간 건조하여 실험 재료로 사용하였다.

[0036] **2. 목질원료의 열처리 조건에 따른 화학적 특성 확인**

[0037] 다양한 온도의 열처리 조건이 적용된 목질원료의 화학적 특성(탄질비, EC 등) 분석을 통하여 기능성 토양 원료로써의 잠재력을 확인하기 위해, 15분간 60℃, 80℃, 100℃ 및 120℃로 열처리된 소나무 목분 및 참나무 목분의 화학적 특성을 확인하였으며, 대조구로는 열처리하지 않은 소나무 및 참나무 목분을 사용하였다.

[0039] 2-1. 탄질비 (C/N ratio, carbon-nitrogen ratio) 확인

[0040] 분쇄기(Grinder)를 이용하여 실험 재료를 분쇄한 후, 80 mesh 체로 분급하여 시료로 사용하였다. 시료를 건조시

킨 후, 미량원소분석기(Flash 2000, Thermo Scientific)를 이용하여 TC(Total carbon) 및 TN(Total nitrogen)을 측정하고, 하기 계산식 1로 탄질비를 확인하였다.

[0041] [계산식 1]

[0042] C/N ratio = TC/TN

[0043] 그 결과, 도 1과 같이 미처리, 60℃, 80℃, 100℃ 및 120℃로 열처리한 소나무 목분의 탄질비는 각각 142, 208, 196, 186 및 168이었으며, 미처리, 60℃, 80℃, 100℃ 및 120℃로 열처리한 참나무의 탄질비는 각각 70, 78, 79, 71 및 73으로 나타났다.

[0044] 또한, 소나무 및 참나무 목분에서 60℃ 및 80℃ 온도로 열처리했을 때 미처리 목분보다 탄질비가 증가되는 것으로 확인되었으며, 100℃ 및 120℃에서는 탄질비가 감소하는 것으로 확인되었다.

[0045] 참외 생장에 적합한 토양의 탄질비는 30으로, 소나무와 참나무 목분 모두 적정 탄질비를 초과하는 것으로 확인되었으며, 적정 탄질비를 초과할 경우 영양분의 급격한 분해로 인해 작물의 질소기아 (질소 부족 현상)를 유발시키므로 추후 탄질비 개선을 위한 질소원 투입이 필요한 것이 확인되었다.

[0047] 2-2. 전기용량 (Electrical capacity, EC) 확인

[0048] EC (Electrical capacity)는 전기전도도로써 식물에 대한 염류장애를 판단하는데 중요한 지표이며, 참외 재배에 적합한 토양의 EC는 1dS/m(1000μS/cm) 이하이다.

[0049] 실험 재료를 분쇄기로 분쇄한 후, 20 mesh 체 및 80 mesh 체를 이용하여 분급하였다. 20 mesh를 통과하고 80 mesh를 통과하지 않은 목분을 시료로 사용하였다. 시료 1 g과 증류수 5 ml을 1:5 (w/v)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, EC meter (HI8733, HANNA)로 측정하였다.

[0050] 그 결과, 도 2와 같이 소나무 및 참나무 목분은 미처리보다 열처리했을 때 EC가 감소하는 것으로 확인되었으며, 모든 열처리 온도조건에서 소나무 및 참나무 목분의 EC는 적합 범위내에 포함되는 것으로 확인되었다.

[0051] 상기 결과로부터 식물에 대한 염류장애는 일어나지 않을 것으로 판단되었다.

[0053] 2-3. pH 확인

[0054] pH는 토양 용액의 수소 이온 농도를 의미하고 산성 및 염기성을 나타내는 지표가 되며, 참외 재배에 적합한 토양의 pH는 6.0-6.5로 약산성이다.

[0055] 실험 재료를 grinder로 분쇄한 후, mesh 체로 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 목분을 시료로 사용하였다.

[0056] 시료 1 g과 증류수 5 ml를 1:5 (w/v)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, pH meter (HI1295, HANNA)로 측정하였다.

[0057] 그 결과, 도 3과 같이 소나무 목분의 pH는 열처리 유무에 따른 유의성이 나타나지 않았으며, 참나무 목분은 열처리 온도가 증가할수록 pH가 감소하는 경향을 나타내었다.

[0058] 상기 결과로부터 참나무 목분이 소나무 목분보다 적정 pH 수치와 근접하므로 참나무 목분이 소나무 목분보다 참외 재배에 적합한 것으로 확인되었다.

[0060] 2-4. 양이온 (K, Ca, Mg, P) 함량 확인

[0061] Grinder를 이용하여 실험 재료를 분쇄 후, mesh 체를 이용해 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 목분을 시료로 사용하였다.

[0062] 250 mL 둥근 플라스크에 전건중량 1 g의 시료를 투입하고, 습식분해액 (HNO_3:H_2SO_4:$HClO_4$, 10:1:4) 25 mL를 첨가한 후 Heating mantle을 이용하여 medium 온도로 시료가 완전히 분해될 때까지 진탕한 다음 No. 2 filter paper를 사용하여 중력 여과하였다.

[0063] 여과액으로 증류수를 사용하여 100 mL까지 투입하고 ICP spectrometer (OPTIMA 4300DV, PerkinElmer) 분석기를 사용하여 희석된 여과액의 K, Ca, Mg 및 P 함량을 표 1 및 표 2와 같이 확인하였다.

[0064] 칼륨 (potassium, K)은 식물의 생리작용 조절에 관여하고 결핍 시 식물 생장이 불량하게 된다. 참외 생육에 필요한 토양의 K 적정범위는 토양 100 g당 19.5-31.3 mg이다. 표 1 및 표 2를 참고하면 소나무 목분을 열처리 하였을 때 K의 함량이 감소하여 참외 생육에 필요한 토양의 적정 범위에 도달하는 것으로 확인되었다. 또한, 참나무 목분은 열처리 온도가 높아질수록 K의 함량이 적정 범위에 근접해지는 것으로 확인되었다.

[0065] 칼슘 (calcium, Ca)은 세포벽의 성분으로 결핍 시 식물 뿌리의 생장이 불량해진다. 참외 재배에 적합한 토양의 Ca 함량 범위는 토양 100 g당 200-240 mg이다.

[0066] 표 1 및 표 2를 참고하면 열처리된 소나무 목분 또는 미처리 소나무 목분은 토양 Ca 함량의 적정 범위보다 낮은 것으로 확인됨에 따라, 참외 뿌리의 생장이 원활하지 못할 것으로 판단되었다.

[0067] 한편, 열처리된 참나무 목분 또는 참나무 목분은 토양 Ca 함량의 적정 범위를 초과하는 것으로 확인되었으며, 초과된 토양 Ca 함량은 참외가 흡수하지 않기 때문에 참외 재배에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

[0068] 마그네슘 (magnesium, Mg)은 엽록소의 구성 성분으로서 결핍 시 잎이 누렇게 변색되며, 참외 재배시 필요한 토양의 Mg 함량 범위는 토양 100 g당 36-48 mg이다.

[0069] 표 1 및 표 2를 참고하면 소나무 목분 및 참나무 목분은 열처리 온도가 높아질수록 Mg 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 반면, 참나무 목분이 소나무 목분보다 참외 재배 시 필요한 토양의 Mg 범위에 근접하게 나타났다.

[0070] 인 (Phosphorus, P)은 작물의 생육 전반에 영향을 미치며 결핍 시 식물의 영양생장이 감소하며, 참외 생육에 적합한 토양의 P 적정범위는 토양 100 g당 2.5-3.0 mg이다.

[0071] 표 1 및 표 2를 참고하면 소나무 목분 및 참나무 목분은 열처리 온도가 높아질수록 P 함량이 감소하는 경향을 나타났다. 특히 소나무 칩을 60 ℃로 열처리했을 때 식물 생장에 적합한 P의 함량에 근접하였으며, 참나무 목분은 100 ℃로 열처리했을 때 적정 P의 함량에 가장 근접하는 것으로 확인되었다.

표 1

[0072] 열처리 온도에 따른 소나무 목분의 양이온 함량 (mg/100g)

열처리 온도	K	Ca	Mg	P
Untreated	167.0 ± 2.7a	113.5 ± 1.9a	17.6 ± 0.3a	12.9 ± 0.1a
60 ℃	19.7 ± 0.2d	90.1 ± 0.3d	13.3 ± 0.1c	4.0 ± 0.0b
80 ℃	29.6 ± 0.6b	89.9 ± 1.1d	13.7 ± 0.1b	0.0 ± 0.0
100 ℃	22.3 ± 0.0c	95.0 ± 0.3c	13.4 ± 0.1c	0.0 ± 0.0
120 ℃	17.7 ± 0.4d	100.1 ± 0.8b	12.8 ± 0.1d	0.0 ± 0.0

표 2

[0074] 열처리 온도에 따른 참나무 목분의 양이온 함량 (mg/100g)

열처리 온도	K	Ca	Mg	P
Untreated	65.2 ± 0.7a	568.8 ± 9.9a	34.1 ± 0.2a	8.6 ± 0.4 a
60 ℃	59.9 ± 0.7b	463.4 ± 9.3d	31.4 ± 0.3b	6.0 ± 0.1b
80 ℃	47.7 ± 0.7c	542.2 ± 11.7bc	33.7 ± 0.2a	4.9 ± 0.0c
100 ℃	36.4 ± 1.1d	554.2 ± 8.4ab	30.9 ± 0.5b	4.1 ± 0.1d
120 ℃	30.1 ± 1.0e	526.7 ± 10.2c	29.7 ± 0.9c	0.7 ± 0.1e

[0076] **3. 참외 재배 조건에 적합한 목질원료의 열처리 온도 확인**

[0077] 3-1. GI (germination index) 분석

[0078] 소나무 칩 및 참나무 칩을 15분간 60℃, 80℃, 100℃ 및 120℃로 각각 열처리하고 여과된 소나무 칩 및 참나무 칩 잔사의 전건중량 20 g과 증류수 200 mL (1:10, w/v)를 500 mL 삼각플라스크에 투여하여 shaking incubator 25 ℃, 100 rpm에서 1시간 혼합하였다.

[0079] 혼합물을 No.2 filter paper(150 mm, Advantec)를 사용하여 감압여과 후, 미처리 및 다양한 열처리를 한 소나무 칩과 참나무 칩 증류수 추출액을 이용하여 GI 분석을 수행하였다.

[0080] 90 × 15 mm 페트리 디쉬에 페이퍼 티슈 2장을 깔고 시판 참외 종자(금노다지은천참외, ㈜농우바이오) 20립을 치상하였다. 7일 동안 소나무 칩과 참나무 칩 증류수 추출물을 1일 1회 3 mL를 투입하였으며, 24℃ 항온배양기에서 발아시켰다. 대조구로는 증류수를 투입하였다.

[0081] 실험 기간 종료 후 참외 종자가 1 mm 이상 생장한 개수를 측정하였으며, 발아한 참외 종자의 근장(뿌리)을 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하여 하기 계산식 2를 이용하여 GI(%)를 계산하였다.

[0082] [계산식 2]

[0083]
$$GI(\%) = \frac{\text{시험구 발아 개수} \times \text{시험구 평균 근장}}{\text{대조구(증류수)발아 개수} \times \text{대조구(증류수)평균 근장}} \times 100$$

[0085] 그 결과, 도 4와 같이 열처리 온도에 따른 소나무 칩 중 가장 높은 GI를 가진 온도는 60℃ 였으며, 열처리된 참나무 칩 중 가장 높은 GI를 가진 온도는 100℃ 였다. 대조구를 기준으로 GI가 70% 이상이면 식물생장에 독성이 없다고 판단되므로, 미처리 및 열처리 온도에 따른 소나무 칩과 참나무 칩은 참외생장에 독성이 없는 것으로 확인되었다.

[0086] 상기 결과로부터 60℃에서 열처리한 소나무 칩은 EC 및 양이온 함량에서 참외 생장에 적합한 화학적 특성을 나타내었으며, 가장 높은 GI 분석의 결과를 나타내는 것으로 확인됨에 따라, 60℃가 소나무 칩에 가장 적합한 온도로 확인되었다.

[0087] 또한, 100℃에서 열처리한 참나무 칩은 탄질비, EC 및 양이온 함량에서 참외 생장에 적합한 화학적 특성을 나타내었으며, GI 분석에서 높은 수치를 나타내는 것으로 확인됨에 따라, 100℃가 참나무 칩에 가장 적합한 온도임이 확인되었다.

[0089] **4. 참외 재배 조건에 적합한 목질원료의 열처리 시간 확인**

[0090] 4-1. 열처리 시간에 따른 목질원료 준비

[0091] 4 mm pass 크기의 소나무 칩 및 참나무 칩의 전건중량 30 g과 증류수 600 mL을 1:20 (w/v)비율로 혼합한 후, autoclave를 이용하여 소나무 칩은 60℃에서 15분, 30분, 60분 및 120분간 열처리하였으며, 참나무 칩은 100℃에서 15분, 30분, 60분, 120분으로 열처리 하였다.

[0092] 혼합물은 No.2 filter paper(150 mm, Advantec)를 사용하여 감압여과한 후, 잔사는 105℃에서 24시간 건조하여 실험 재료로 사용하였으며, 대조구로 열처리하지 않은 소나무 칩 및 참나무 칩을 사용하였다.

[0094] 4-2. 화학적 특성 분석을 통하여 기능성 토양 원료로써의 잠재력 확인

[0095] 4-2-1. 탄질비(C/N ratio, carbon-nitrogen ratio) 확인

[0096] 상기 다양한 시간으로 열처리된 소나무 칩 및 참나무 칩과 대조구를 Grinder를 이용하여 분쇄 후, 80 mesh 체로 분급하여 80 mesh pass를 시료로 사용하였다.

[0097] 상기 시료를 완전 건조시킨 후, 미량원소분석기(Flash 2000, Thermo Scientific)를 이용하여 TC(Total carbon) 및 TN(Total nitrogen)을 측정하고, 계산식 1을 이용하여 탄질비를 확인하였다.

[0098] 그 결과, 도 5와 같이 소나무 칩은 열처리 시간 30분 이상부터 탄질비가 절반 이상 감소하나, 여전히 식물 생장에는 적합하지 않은 탄질비를 지니고 있으므로 이를 30전후 탄질비로 개선하기 위해 질소원을 추가로 투입하는

과정이 필요한 것으로 확인되었으며, 참나무 칩 역시 열처리 시간이 증가할수록 탄질비가 감소하는 경향을 나타내었다.

[0099] 소나무 칩과 참나무 칩 열처리 시간 120분의 탄질비를 비교하였을 때, 소나무 칩의 탄질비는 105.0이고 참나무 칩의 탄질비는 57.8로써 약 1.8배의 탄질비가 차이가 났으며, 소나무 칩 및 참나무 칩의 높은 탄질비를 개선하기 위하여 질소원 추가투입 과정이 필요한 것으로 나타났다.

[0101] 4-2-2. 전기용량 (Electrical capacity, EC) 확인

[0102] 상기 다양한 시간으로 열처리된 소나무 칩 및 참나무 칩과 대조구를 Grinder를 이용하여 분쇄 후, 20 mesh sieve, 80 mesh sieve를 이용하여 분급하고 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 목분을 시료로 사용하였다. 시료 1 g과 증류수 5 ml 1:5 (w/v)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, EC meter(HI8733, HANNA)로 측정하였다.

[0103] 그 결과, 도 6과 같이 소나무 칩 및 참나무 칩은 열처리시 EC가 감소하지만 소나무 칩과 달리 참나무 칩은 미처리재와 유의성을 나타내지 않았으며, 소나무 칩 및 참나무 칩의 EC는 모두 적정범위 내에 존재하는 것으로 확인되었다.

[0104] 상기 결과로부터 우드칩 내의 염류로 인해 식물생장에 영향을 끼치지 않을 것으로 판단되었다.

[0106] 4-2-3. pH 확인

[0107] 상기 다양한 시간으로 열처리된 소나무 칩 및 참나무 칩과 대조구를 Grinder를 이용하여 분쇄 후, mesh sieve로 분급한 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 목분을 시료로 사용하였다. 시료 1 g과 증류수 5 ml를 1:5 (w/v)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, pH meter(HI1295, HANNA)로 측정하였다.

[0108] 참외 생장에 적합한 토양의 적정 pH는 6.0-6.5로 약산성으로, 도 7과 같이 소나무 칩의 pH는 미처리 4.8, 15분 4.7, 30분 4.7, 60분 4.8, 120분 4.9로써 강산성을 나타내는 것으로 확인됨에 따라, 열처리 시간에 따른 유의성은 확인되지 않았으나, 60분 열처리한 참나무 칩의 pH는 5.6으로써 열처리 시간 중 유일하게 약산성토양 범위에 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

[0110] 4-2-4. 양이온(K, Ca, Mg, P) 함량 확인

[0111] 상기 다양한 시간으로 열처리된 소나무 칩 및 참나무 칩과 대조구를 Grinder를 이용하여 분쇄 후, mesh sieve를 이용해 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 목분을 시료로 사용하였다.

[0112] 250 mL 둥근 플라스크에 시료 전건 중량 1 g을 투입하고, 습식분해액 (HNO_3:H_2SO_4:$HClO_4$ =10:1:4) 25 mL를 첨가한 후 Heating mentle을 이용하여 medium 온도로 시료가 완전히 분해될 때까지 진탕한 다음 No. 2 filter paper를 사용하여 중력 여과하였다. 여과액은 증류수를 사용하여 100mL까지 mass up하고, ICP spectrometer (OPTIMA 4300DV, PerkinElmer) 분석기를 사용하여 희석된 여과액의 K, Ca, Mg 및 P를 표 3 및 표 4와 같이 측정하였다.

[0113] 표 3 및 표 4를 참고하면, 참외 생육에 필요한 토양의 K 적정범위는 토양 100 g당 19.5-31.3 mg으로, 소나무 칩의 열처리 시간이 30분 이상 증가하였을 때 적정 범위 이상의 K의 함량을 포함하였으며, 참나무 칩은 100℃의 모든 열처리 시간 조건에서 토양의 K 적정함량 범위에 적합한 것으로 확인되었다.

[0114] 참외 재배에 적합한 토양의 Ca 범위는 토양 100 g당 200-240 mg으로 소나무 칩은 토양의 Ca 적정 범위에 근접한 값을 지니는 대조구 및 시험구가 확인되지 않았으며, 모두 미달인 것으로 나타났다. 참나무 칩은 토양의 Ca 적정 범위에 근접한 값을 지니는 대조구 및 시험구가 없으며 과량의 Ca가 잔존하는 것으로 확인되었다.

[0115] 참외 재배시 필요한 토양의 Mg 범위는 토양 100 g당 36-48 mg으로, 소나무 칩은 참외 재배시 필요한 토양의 Mg 범위에 미달되나 참나무 칩은 토양의 적정 범위와 근접한 Mg 함량을 나타내었다.

[0116] 또한, 참외 생육에 적합한 토양의 P 적정범위는 토양 100 g당 2.5-3.0 mg으로, 15분 열처리한 소나무 칩을 제외하고는 모두 기준의 2배 이상 초과한 P 함량이 잔존하며, 참나무 칩은 열처리 시간에 따른 4가지 조건 중 15분,

30분 및 60분 처리시 적정 P 함량과 근접한 값을 함유하는 것으로 확인되었다.

표 3

[0117] 열처리 시간에 따른 소나무 칩의 양이온 함량 (mg/100g)

Treatments	K	Ca	Mg	P
Optimum range	19.5 - 31.3	200 - 240	36 - 48	2.5-3.0
미처리 소나무	167.0 ± 2.7a	113.5 ± 1.9a	17.6 ± 0.3a	12.9 ± 0.1a
소나무 15분, 60 ℃	19.7 ± 0.2d	90.1 ± 0.3c	13.3 ± 0.1c	4.0 ± 0.0d
소나무 30분, 60 ℃	92.9 ± 1.9b	85.5 ± 1.5d	13.6 ± 0.2bc	8.7 ± 0.0b
소나무 60분, 60 ℃	71.1 ± 1.1c	98.9 ± 1.8b	13.3 ± 0.2c	6.6 ± 2.4c
소나무 120분, 60 ℃	70.5 ± 1.5c	111.5 ± 1.7a	13.8 ± 0.2b	9.0 ± 0.1b

표 4

[0119] 열처리 시간에 따른 참나무 칩의 양이온 함량 (mg/100g)

Treatments	K	Ca	Mg	P
Optimum range	19.5 - 31.3	200 - 240	36 - 48	2.5-3.0
미처리 참나무	65.2 ± 0.7a	568.8 ± 9.9c	34.1 ± 0.2a	8.6 ± 0.4a
참나무 15분, 100 ℃	36.4 ± 1.1b	554.2 ± 8.4c	30.9 ± 0.5a	4.1 ± 0.1bc
참나무 30분, 100 ℃	28.6 ± 0.5c	619.0 ± 14.3b	33.1 ± 0.1a	3.9 ± 0.0bc
참나무 60분, 100 ℃	26.2 ± 0.6d	665.4 ± 6.7a	29.8 ± 0.3a	3.7 ± 0.0c
참나무 120분, 100 ℃	25.2 ± 0.3e	619.3 ± 9.5b	31.3 ± 0.2a	4.1 ± 0.0b

[0121] **5. 다양한 조건으로 열처리된 목질원료의 추출물 제조 및 독성 평가를 위한 GI (germination index) 분석**

[0122] 60℃에서 15분, 30분, 60분 및 120분 autoclaving하여 열처리한 소나무 칩, 100℃에서 15분, 30분, 60분, 120분 autoclaving하여 열처리한 참나무 칩 및 대조구로 열처리하지 않은 소나무 칩 및 참나무 칩의 잔사를 각각 전건중량 20 g으로 증류수 200 mL(1:10, w/v)와 500 mL 삼각플라스크에 투여하여 shaking incubator 25℃, 100 rpm에서 1시간 혼합하였다.

[0123] No.2 filter paper(150 mm, Advantec)를 사용하여 감압여과 후, 미처리 및 열처리를 시간을 달리한 소나무 칩과 참나무 칩 증류수 추출액을 이용하여 독성평가를 위한 GI 분석을 수행하였다.

[0124] 90 × 15 mm 페트리 디쉬에 페이퍼 티슈 2장을 깔고 시판 참외 종자(금노다지은천참외, ㈜농우바이오) 20립을 치상 후, 24℃ 항온배양기에서 발아시켰다.

[0125] 7일 동안 소나무 칩과 참나무 칩 증류수 추출물을 1일 1회 3 mL를 투입하였으며, 대조구로는 증류수를 투입하였다.

[0126] 실험 기간 종료 후 참외 종자가 1 mm 이상 생장한 개수를 측정하고, 발아한 참외 종자의 근장(뿌리)을 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하여 상기 계산식 2를 이용하여 GI(%)를 계산하였다.

[0127] 그 결과, 도 8과 같이 열처리 시간에 따른 소나무 칩 중 가장 높은 GI를 가진 열처리 시간은 60℃에서 60분으로 나타났으며, 참나무 칩 중 가장 높은 GI를 가진 열처리 시간은 100℃에서 15분과 60분으로 확인되었다.

[0128] 대조구를 기준으로 GI가 70% 이상이면 식물생장에 독성이 없다고 판단되므로 미처리 및 열처리 시간에 따른 소나무 칩과 참나무 칩은 참외생장에 독성이 없는 것으로 확인되었다.

[0129] 상기 결과로부터 60분간 열처리한 소나무 칩은 EC에서 참외 생육에 적합한 화학적 특성이 확인되었으며, 가장 높은 GI 분석의 결과가 나타남에 따라 가장 적합한 시간임이 확인되었으며, 60분간 열처리한 참나무 칩 역시 pH, EC 및 양이온 함량에서 참외 생장에 적합한 화학적 특성이 확인되었으며, GI 분석에서 높은 수치가 나타남에 따라 가장 적합한 시간으로 확인되었다.

[0131] **6. 기능성 토양 제조에 적합한 목질원료의 열처리 조건**

[0132] 앞선 실험에서 확인된 바와 같이 소나무 칩의 최적 열처리 조건은 60℃에서 60분간 열처리한 것으로, EC에서 참외 생육에 적합한 화학적 특성을 가지고 있고 가장 높은 GI 분석의 결과가 확인되었다. 또한, 참나무 칩의 최적 열처리 조건은 100 ℃에서 60분간 열처리한 것으로, pH, EC 및 양이온 함량에서 참외 생장에 적합한 화학적 특성이 나타났으며, GI 분석에서 높은 수치가 확인되었다.

[0133] 60℃에서 60분간 열처리한 소나무 칩의 탄질비는 125.0를 나타내었고, 100℃에서 60분간 열처리한 참나무 칩의 탄질비는 62.7로써 약 2배의 탄질비 차이가 확인되었으며, 이를 참외 생육에 적합한 탄질비인 30 전후로 맞춰주기 위하여 질소원 추가 투입과정이 필요한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 참나무 칩을 이용할 경우, 소나무 칩에 질소원을 혼합하는 양의 2배를 줄여서 사용할 수 있으므로 질소원 사용을 줄이기 위하여 참나무 칩이 기능성 토양 제조에 적합한 목질원료인 것으로 확인되었다.

[0134] 또한, 참외 생육에 적합한 토양의 pH는 6.0-6.5로 약산성 토양으로, 60℃에서 60분간 열처리한 소나무 칩의 pH는 4.8으로 강산성을 띄고 100℃에서 60분간 열처리한 참나무 칩의 pH는 5.6으로 확인됨에 따라, 참외 생육에 적합한 토양의 pH보다는 다소 낮으나 약산성을 나타내는 참나무 칩이 기능성 토양 제조에 적합한 목질원료인 것으로 확인되었다.

[0135] 양이온 함량에 있어서 소나무 칩은 P를 제외한 양이온(K, Ca, Mg)함량이 참외 생육에 적합한 양이온 함량범위보다 미달되는 것으로 확인된 반면, 참나무 칩의 양이온은 과량의 Ca를 제외한 K, Mg, P는 참외 생육에 적합한 양이온 함량 범위 내 존재하거나 근접한 값을 함유하므로 참나무 칩이 기능성 토양 제조에 적합한 목질원료인 것으로 확인되었다.

[0136] 상기 결과로부터 탄질비, pH 및 양이온함량이 참나무 칩에서 더 우세하게 나타는 것으로 확인됨에 따라, 참외 재배를 위한 복합 기능성 토양 제조에 적합한 목질원료로 100℃에서 60분간 열처리한 참나무 칩이 적합한 것으로 확인되었다.

[0138] **<실시예 2> 탄질비 (C/N비) 개선을 위한 질소원 확인**

[0139] 1. 열처리된 목질원료와 다양한 질소원 혼합

[0140] 질소원으로 효모추출물 (Yeast extract, Difco, USA), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate, DAEJUNG, Korea) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w)을 열처리된 참나무 칩(100 ℃, 60분) 목질원료에 첨가하여 베이스 원료를 제조하였다.

[0141] 열처리된 참나무 칩(100℃, 60분)을 grinder로 분쇄 후, 2 mm sieve를 이용하여 2 mm pass로 분급된 목분을 시료로 사용하였으며, 분급된 열처리 참나무 칩과 효모추출물, NH_4HCO_3, 효모추출물+NH_4HCO_3을 각각 7:3 (w/w) 비율로 혼합하였다.

[0143] 2. 탄질율 개선을 위한 질소원 확인

[0144] 다양한 질소공급원 첨가에 따른 열처리된 목질원료의 탄질율을 확인하였다.

[0145] 열처리된 참나무 칩을 grinder로 분쇄 후, mesh sieve를 이용하여 분급하여 얻은 80 mesh pass 목분과 질소원으로 효모추출물 (Yeast extract, Difco, USA), NH_4HCO_3 (Ammonium Bicarbonate, DAEJUNG, Korea) 및 효모추출물+NH_4HCO_3 (1:1,w/w) 질소원을 7:3 (w/w)로 혼합하고 이를 완전 건조시킨 후, 미량원소분석기(Flash 2000, Thermo Scientific)를 이용하여 TC(Total carbon) 및 TN(Total nitrogen)을 측정하였으며, 대조구로 질소원을 투입하지 않은 열처리된 참나무 칩(100℃, 60분)을 사용하였다.

[0146] 상기 측정된 TC와 TN을 이용하여 계산식 1로 탄질비(C/N ratio)를 확인하였다.

[0147] 그 결과, 도 9와 같이 대조구의 탄질비는 62.7, 효모추출물을 혼합한 열처리 참나무 칩의 탄질비는 4.0, NH_4HCO_3을 혼합한 열처리 참나무 칩의 탄질비는 28.1, 효모추출물+NH_4HCO_3(1:1, w/w)를 혼합한 열처리 참나무 칩의 탄질

비는 4.2로 확인되었다.

[0148] 상기 결과로부터 대조구인 열처리된 참나무 칩보다 효모추출물을 혼합한 열처리된 참나무 칩이 약 16배 낮은 탄질비를 나타내었으며, NH_4HCO_3을 혼합한 열처리 참나무 칩의 탄질비는 28.1로써 참외 재배에 가장 적합한 탄질비인 30 전후에 가장 근접한 값이나, 효모추출물은 천연원료이며, 소량으로도 열처리된 참나무 칩의 탄질비를 조절할 수 있고, 효모추출물을 혼합하여 열처리 참나무 칩으로 기능성 토양을 제조할 경우, 다른 질소원 사용보다 약 7배 적은 양을 사용하므로 제품의 단가를 낮추는 요소가 될 수 있으므로, 탄질비 개선을 위한 질소원으로는 효모추출물을 선택하였다.

[0150] 3. 열처리된 목질원료의 탄질비 최적화 확인

[0151] 3-1. 질소원으로 효모추출물을 이용한 열처리된 목질원료의 탄질화 최적화 확인

[0152] 열처리된 참나무 칩(100℃, 60분)을 grinder로 분쇄 후, mesh sieve로 분급하여 80 mesh pass된 목분을 시료로 사용하였으며, 효모추출물 역시 mesh sieve를 이용하여 분급된 80 mesh pass를 사용하였다.

[0153] 상기 80 mesh pass된 열처리된 참나무 칩과 효모추출물을 99:1, 96:4, 93:7, 91:9, 89:11 및 86:14(w/w) 비율로 혼합하고 이를 완전 건조시킨 후, 미량원소분석기(Flash 2000, Thermo Scientific)를 이용하여 TC(Total carbon) 및 TN(Total nitrogen)을 측정하였다.

[0154] 대조구는 질소원을 투입하지 않은 열처리된 참나무 칩(100 ℃, 60분)을 사용하였으며, 상기 측정된 TC와 TN을 이용하여 계산식 1로 탄질비(C/N ratio)를 확인하였다.

[0155] 작물의 질소기아(질소부족현상)를 방지하기위해 탄질비를 30전후로 조절되어야 하므로, 표 5와 같이 열처리된 참나무 칩과 효모추출물을 91:9(w/w)로 혼합하였을 때, 참외 재배를 위한 토양으로써 가장 적합한 탄질비인 29.4가 확인됨에 따라, 상기 조건에서 질소부족현상이 나타나지 않을 것으로 판단되었다.

표 5

[0156] 효모추출물 혼합 비율에 따른 열처리된 참나무 칩의 탄질비

Heat treated oak wood:yeast extract (w/w)	Total carbon (%)	Total nitrogen (%)	C/N ratio
100:0	48.4 ± 0.4	0.3 ± 0.0	145.3 ± 2.3a
99:1	48.3 ± 1.1	0.6 ± 0.1	75.7 ± 7.6b
96:4	47.7 ± 0.5	0.8 ± 0.2	57.6 ± 10.3c
93:7	48.7 ± 0.4	0.9 ± 0.1	57.0 ± 7.3c
91:9	48.2 ± 0.4	1.7 ± 0.3	29.4 ± 6.0d
89:11	48.6 ± 0.8	1.5 ± 0.7	25.6 ± 5.2d
86:14	48.7 ± 0.3	1.9 ± 0.1	26.2 ± 1.9d

[0158] 3-2. 참외 종자를 이용한 생육 평가 실험을 통하여 열처리된 목질원료의 탄질화 최적화 확인

[0159] 열처리된 참나무 칩(100℃, 60분)은 2 mm sieve를 이용하여 분급한 뒤, 2 mm pass된 목분을 시료로 사용하였으며, 상기 목분 시료에 효모추출물을 93:7, 91:9 및 89:11(w/w) 비율로 혼합하여 베이스 원료로 사용하였다.

[0160] 4 cm × 4 cm × 4 cm cell 크기의 36구 플러그 트레이를 이용하였으며, 시판 상토(푸르미, ㈜서울바이오) 및 미처리 참나무 칩를 대조구로 사용하고 열처리된 참나무 칩(100℃, 60분), 열처리된 참나무 칩과 효모추출물 혼합 베이스 원료(93:7, 91:9, 89:11(w/w))를 참외 종자를 이용한 생육 평가를 위한 시험구로 사용하였다.

[0161] 플러그 트레이 한 구(plot)당 1립의 시판 참외 종자(금노다지은천참외, ㈜농우바이오)를 파종하였으며, 시험구가 마르지 않도록 1일 1회 두상관수하며 평균 온도 25℃에서 14일간 생육평가를 수행하였다. 실험은 플러그 트레이 한 구(plot)로 5반복 진행하였다.

[0162] 생육평가는 발아율, 초장 생장, 근장 생장, 엽장을 측정하였으며 초장 생장, 근장 생장, 엽장은 발아율 측정이 끝난 후 측정하였다.

[0164] 1) 발아율 확인

[0165] 발아율은 유근이 길이 1 ㎜ 이상 자란 것으로 판정하며 하기 계산식 3을 이용하여 발아율(%)을 확인하였다.

[0166] [계산식 3]

$$\text{발아율}(\%) = \frac{\text{발아한 참외 종자 수}}{\text{파종한 참외 종자 수}} \times 100$$

[0167]

[0168] 그 결과, 도 10과 같이 열처리 하지 않은 참나무 칩을 제외한 대조구 및 시험구는 모두 발아하였으며, 대조구인 상토와 시험구인 열처리된 참나무 칩(100℃, 60분) 및 열처리된 참나무 칩과 효모추출물 혼합 베이스 원료(91:9, w/w)에서 모든 참외 종자가 발아하여 발아율 100%로 확인된 반면, 열처리하지 않은 참나무 칩의 발아율이 0%임이 확인되면서, 참나무 칩의 열처리 필요성이 확인되었다.

[0169] 특히, 참외 생육에 가장 적합한 탄질비에 근접한 수치를 가진 열처리된 참나무 칩과 효모추출물 혼합 베이스 원료(91:9, w/w)에서 발아율이 가장 높게 나타남에 따라, 열처리된 참나무 칩과 효모추출물 혼합 베이스 원료(91:9, w/w)가 가장 최적의 조건으로 판단되었다.

[0171] 2) 초장 생장(stem length) 확인

[0172] 초장 생장은 기반으로부터 식물의 가장 끝이 되는 지점을 기준으로 버니어 캘리퍼스를 이용하여 측정한 다음 평균값을 계산하였다.

[0173] 그 결과, 도 11과 같이 시험구 중 열처리된 참나무 칩과 효모추출물 혼합 베이스 원료(91:9, w/w)에서 가장 높은 초장 생장의 값이 확인되었다.

[0174] 상기 결과로부터 참나무 칩과 효모추출물을 91:9(w/w)로 혼합한 베이스 원료가 가장 최적의 조건으로 판단되었다.

[0176] 3) 근장 생장(root length) 확인

[0177] 근장 생장은 기반으로부터 식물 뿌리의 끝이 되는 지점을 버니어 캘리퍼스를 이용하여 측정한 다음 평균값을 계산하였다.

[0178] 그 결과, 도 12와 같이 상토, 열처리된 참나무 칩 및 열처리된 참나무칩 효모추출물 혼합 베이스 원료(93:7, 91:9, w/w)는 모두 유의성을 나타내었으나, 열처리된 참나무 칩과 효모추출물을 혼합한 시험구중 91:9(w/w)비율로 혼합한 혼합물이 가장 높은 근장 생장이 확인되었다.

[0179] 상기 결과로부터 참나무 칩과 효모추출물을 91:9(w/w)로 혼합한 베이스 원료가 가장 최적의 조건으로 판단되었다.

[0181] 4) 엽장(leaf length) 확인

[0182] 엽장은 정단부로부터 5 ㎝ 이내에서 가장 큰 잎의 길이를 버니어 캘리퍼스를 이용하여 측정한 다음 평균값을 계산하였다.

[0183] 그 결과, 도 13과 같이 시험구 중 열처리된 참나무 칩과 효모추출물을 혼합한 시험구 91:9(w/w)에서 가장 긴 엽장이 확인됨에 따라, 참나무 칩과 효모추출물을 91:9(w/w)로 혼합한 베이스 원료가 가장 최적의 조건으로 판단되었다.

[0185] 상기 결과들로부터 초장 생장, 근장 생장, 엽장에서 가장 긴 값이 확인된 참나무 칩과 효모추출물을 91:9(w/w)

로 혼합한 베이스 원료가 가장 최적의 조건인 것으로 확인되었다.

[0187] **<실시예 3> 원료 볏짚의 미생물활성 증대를 위한 발효 기술**

[0188] **1. 발효볏짚 제조를 위한 볏짚과 계분 혼합물 제조**

[0189] Grinder을 이용하여 볏짚을 분쇄한 후 mesh sieve(20 mesh, 80 mesh)로 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 볏짚을 사용하였으며, 가공계분 100% (㈜일등미생물비료)은 절구를 이용하여 분쇄한 후 mesh sieve(20 mesh, 80 mesh)로 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기의 계분을 사용하였다.

[0190] 분급된 볏짚과 계분을 기건 중량 9:1, 8:2, 7:3(w/w) 비율로 혼합하여 혼합물을 제조하였다.

[0192] **2. 볏짚 및 계분 혼합물의 화학적 특성 확인**

[0193] 2-1. 탄질비(C/N ratio, carbon-nitrogen ratio) 확인

[0194] 가축분을 퇴비화하기 위해서는 미생물의 에너지원으로 사용되는 탄소와 미생물의 증식을 위한 구성성분으로 작용하는 탄질비를 적절히 맞추는 것이 중요하며 일반적으로 초기 탄질비를 25-30가 적당(Lee et al., 2004)한 것으로 보고되어 짐에 따라 볏짚 및 계분 혼합물의 탄질비를 확인하였다.

[0195] Grinder 및 절구를 이용하여 볏짚과 계분을 분쇄한 후, 80 mesh sieve로 분급하여 80 mesh pass를 완전 건조시킨 후, 미량원소분석기(Flash 2000, Thermo Scientific)를 이용하여 TC(Total carbon) 및 TN(Total nitrogen)을 측정하고, 계산식 1을 이용하여 탄질비(C/N ratio)를 확인하였다.

[0196] 그 결과, 도 14와 같이 볏짚과 계분을 비율별로 혼합하였을 때, 볏짚과 계분을 중량 기준 7:3 혼합물이 가장 발효퇴비로 제조전 원료의 적합한 탄질비와 근접한 것으로 나타났다.

[0197] 상기 결과로부터 가장 발효가 잘되는 원료의 혼합비는 볏짚과 계분 7:3인 것으로 확인되었다.

[0199] 2-2. EC(Electrical capacity) 확인

[0200] 볏짚과 계분을 분쇄한 후 20 mesh sieve, 80 mesh sieve를 이용하여 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기를 시료를 사용하였다. 시료 1 g과 증류수 5 ml 1:5 (w/v)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, EC meter(HI8733, HANNA)로 EC를 확인하였다.

[0201] 참외 생육에 적합한 토양의 EC는 1 mS/cm 이하로써 도 15를 참고하면, 계분을 제외한 볏짚 및 볏짚과 계분 혼합물이 범위내에 존재하는 것이 확인되었다.

[0202] 상기 결과로부터 높은 EC를 가지고 있는 계분에 볏짚을 첨가함으로써 EC를 작물이 자랄 수 있는 토양의 적정범위로 낮추고 퇴비로 사용될 수 있음이 확인되었다.

[0204] 2-3. pH 확인

[0205] pH는 미생물이 증식 및 대사 반응에 대한 pH의 영향은 매우 크며 생산되는 산물의 종류와 양에도 중요한 영향을 미치므로, 볏짚 및 계분 혼합물의 pH를 확인하였다.

[0206] 볏짚과 계분을 grinder로 분쇄한 후, mesh sieve로 분급한 20 mesh pass-80 mesh on 크기를 시료로 사용하였으며, 시료 1 g과 증류수 5 ml를 1:5 (w/v)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, pH meter(HI1295, HANNA)로 측정하였다.

[0207] 그 결과, 도 16과 같이 원료의 초기 pH는 알카리성을 띄므로 약산성을 띄는 참나무 칩의 pH를 개선할 수 있음이 확인되었다.

[0209] **3. 볏짚 및 계분 혼합물의 미생물 활성 평가**

[0210] 3-1. 볏짚 및 계분 혼합물의 혼합비율에 따른 미생물 함량 확인

[0211] 볏짚과 계분을 9:1, 8:2, 7:3(w:w)으로 혼합하여 수분함량을 70 %로 맞춘 후, 30분간 침지시킨 상태의 상등액을 이용하여 미생물 활성 평가를 수행하였다.

[0212] 시료 1 g과 멸균된 증류수 9 mL를 혼합하여 균사액 제조하고, 멸균된 증류수 900 μL가 들어있는 e-tube에 균사액 100 μL를 넣어 희석하였으며, 동일한 방법으로 10^2배, 10^3배 희석액을 제조하였다.

[0213] NA(Nutrient Agar)배지에 희석된 균사액 50 μL를 분주하여 유리막대로 도말 한 후, 30 ℃ 항온배양기에 48h 배양하였다.

[0214] 생장된 콜로니 수를 측정하고 하기 계산식 4를 이용하여 CFU(colony-forming unit)를 확인하였다.

[0215] [계산식 4]

[0216] CFU = number of colony × dilution rate

[0217] 그 결과, 도 17과 같이 볏짚과 계분은 각각의 미생물이 존재하는 것을 확인할 수 있었으며, 원료가 함유하고 있는 미생물보다 볏짚과 계분을 혼합하였을 때 더 많은 양의 미생물을 가지는 것으로 나타났다. 특히 볏짚과 계분을 7:3(w:w)으로 혼합한 시료군에 가장 많은 양의 미생물이 함유된 것을 확인할 수 있었다.

[0219] 3-1. 볏짚의 발효기간 경과 (5일~20일)에 따른 화학적 특성 변화 확인

[0220] 1) EC(Electrical capacity) 확인

[0221] 발효시 높은 전기전도도는 미생물 분해 효과를 증대시키는 것으로 보고됨 (Karanja et al., 2019)에 따라, 발효 시간 경과에 따른 볏짚 및 계분 혼합물의 EC를 확인하였다.

[0222] 볏짚과 가공계분을 grinder로 분쇄한 후, 20 mesh sieve, 80 mesh sieve를 이용하여 분급하여 20 mesh pass-80 mesh on 크기를 시료로 사용하였다.

[0223] 시료 1 g과 증류수 5 ml 1:5 (w:w)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, EC meter(HI8733, HANNA)로 측정하였다.

[0224] 그 결과, 도 18과 같이 가장 높은 전기전도도를 나타낸 볏짚 7: 계분 3(w:w)이 볏짚 발효에 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

[0226] 2) pH 확인

[0227] 가축분을 혼합하여 퇴비를 제조할 경우 초기 pH 8.0이상으로 상승하며 퇴비화가 완료되면 pH가 중성으로 안정화된다고 보고되어 있다.(Lee et al., 2004) 이에 따라, 발효 시간 경과에 따른 볏짚 및 계분 혼합물의 pH를 확인하였다.

[0228] 볏짚과 가공계분을 grinder로 분쇄한 후, mesh sieve로 분급한 20 mesh pass-80 mesh on 크기를 시료로 사용하였다. 시료 1 g과 증류수 5 ml를 1:5 (w:w)로 혼합하여 실온에서 1시간 정치반응 시킨 후, pH meter(HI1295, HANNA)로 측정하였다.

[0229] 그 결과, 도 19와 같이 실험에 사용된 볏짚과 계분 혼합물은 초기 pH는 8이며 발효일 수가 증가하면서 pH가 참외 생육에 적합한 약산성 pH인 6-6.5 범위에 적합한 것을 확인할 수 있었다.

[0230] 특히, 혼합비율 중 볏짚과 계분 7:3(w:w) 혼합물이 시험구 중 가장 적합한 pH를 지니므로 발효퇴비로써 적합한 화학적 활성을 나타내는 것으로 확인되었다.

[0231] 상기 결과로부터 퇴비화 과정과 유사한 경향을 나타내는 것으로 확인됨에 EK라, 볏짚 및 계분 혼합물의 발효가 성공적으로 진행된 것이 확인되었다.

[0233] **4. 볏짚 및 계분 혼합물의 발효 조건 확인**

[0234] 4-1. 발효온도 확인

[0235] 볏짚과 계분을 전건 중량 기준 9:1, 8:2 및 7:3 (w:w) 비율별로 혼합하여 autoclaving jar에 투입하여 수분함량을 70 %로 맞춘 후, 발효기(KGC-712KC, 한국)를 이용하여 실온, 30 ℃ 및 60 ℃ 온도를 설정하여 10일간 발효한 혼합물 시료에서 미생물 활성을 확인하였으며, 대조구로 볏짚을 사용하였다.

[0236] 시료 1 g과 멸균된 증류수 9 mL를 혼합하여 30분간 침지시킨 후 상등액을 균사액으로 사용하였다. 멸균된 증류수 900 μL가 들어있는 e-tube에 균사액 100 μL를 넣어 희석하였으며, 이와 동일한 방법으로 10^2 배, 10^3 배 희석액을 제조하였다.

[0237] NA(Nutrient Agar)배지에 희석된 균사액 50 μL를 분주하여 유리막대로 도말 한 후, 30 ℃ 항온배양기에 48h 배양하고, 생장된 colony 수를 측정한 후 계산식 4를 이용하여 CFU(colony-forming unit)를 확인하였다.

[0238] 그 결과, 도 20과 같이 볏짚과 계분을 건조 중량 기준 7:3으로 혼합하여, 볏짚 발효 온도는 30℃가 가장 적합한 것으로 확인되었다.

[0240] 4-2. 발효 기간 및 혼합물 비율 확인

[0241] 볏짚과 계분을 전건 중량 기준 9:1, 8:2 및 7:3 (w:w) 비율별로 혼합하여 autoclaving jar에 투입하여 수분함량을 70 %로 맞춘 후, 발효기(KGC-712KC, 한국)를 이용하여 30 ℃ 온도를 설정하여 5일, 10일, 15일 및 20일간 발효한 혼합물을 시료로 이용하여 상기 4-1과 동일한 방법으로 미생물 활성을 확인하였으며, 대조구로 볏짚을 사용하였다.

[0242] 그 결과, 도 21과 같이 볏짚과 계분을 전건 중량 기준 7:3으로 혼합했을 때, 가장 높은 미생물 활성이 확인되었으며, 볏짚 발효 기간은 10일이 가장 적합한 것으로 나타났다.

[0243] 상기 결과들로부터 기능성 토양의 원료로 적합한 발효 볏짚 제조를 위한 발효 조건은 볏짚과 계분을 전건 중량 기준 7:3으로 혼합하여 30℃ 온도에서 10일간 발효시키는 조건이 미생물 활성에 가장 적합한 것으로 확인되었다.

[0245] **<실시예 4> 참외 생장을 위한 목질원료, 질소공급원 및 발효 볏짚의 최적 혼합조건 확인**

[0246] **1. 목질원료, 질소공급원 및 볏짚의 혼합비율에 따른 독성가스 방출량 확인**

[0247] 1-1. 포름알데히드 방출량 확인

[0248] 포트 적용 기간 경과에 따른 기존 인공토양과 기능성 토양 혼합물의 포름알데히드 (KS M 1988: 2009법) 방출량을 확인하였다.

[0250] 1) 아세틸 아세톤-아세트산 암모늄 제조

[0251] 아세트산 암모늄 150 g을 1000 ml 플라스크에 넣고 약 800 ml의 증류수를 넣어 용해시킨 후, 아세트산 3 ml와 아세틸아세톤을 2 ml를 첨가하였으며, 상기 용액에 증류수를 넣어 1000 ml가 되도록하여 사용하였다.

[0253] 2) 시험편 제조

[0254] 포름알데히드 측정방법은 데시게이터법(KS M 1998)을 이용하여 실험을 진행하였다. 시료의 항량에 달할때까지 7일간 항온항습실(20℃, 65%)에 보관 후, 11L 데시게이터 내에 항량에 달한 시료와 유리포집그릇 내에 300 mL 증류수를 넣고 항온항습실(20℃, 65%)에서 24시간 보관하였다. 이후 유리포집그릇의 포름알데히드를 흡수한 물을 시험용 용액으로 사용하였으며, 바탕 시료는 증류수 25 mL를 사용하였다.

[0256] 3) 표준 시료 제조

[0257] 35% 포름알데히드 용액 1.0 mL를 증류수로 희석하여 1L로 하여 표준용액으로 사용하였다. 포름알데히드 표준용

액을 1.0 mL를 취해 증류수로 25 mL가 되게 희석하여 포름알데히드 표준용액이 0.125, 0.25, 0.5 및 0.75 mL가 되도록 희석한 포름알데히드 표준시료를 준비하였다.

[0259] 4) 포름알데히드 확인

[0260] 각각의 시험편, 표준시료 및 바탕시료 25 mL과 아세틸 아세톤-아세트산 암모늄 25 mL를 혼합하여 65℃ water bath에서 10분간 가온하였다. 용액을 식힌 후, UV-vis spectrophotometer 412nm로 흡광도를 측정하고 하기 계산식 5를 이용하여 포름알데히드를 확인하였다.

[0261] [계산식 5]

[0262] G=F*(Aa-Ab)*1800/S

[0263] G:시험편의 포름알데히드 농도(mg/L)

[0264] F:포름알데히드 표준용액에 대한 검정곡선의 기울기(mg/L)

[0265] Aa:시험편을 넣은 데시게이터 내 용액의 흡광도

[0266] Ab:포름알데히드 바탕시험 용액의 흡광도

[0267] S:시험편의 표면적(cm^2)

[0269] 그 결과, 도 22와 같이 참나무칩과 발효 볏짚을 혼합한 시험구는 포름알데히드 방출량은 E0(0.3 mg/L이하)등급으로써 작물 생장에 안전한 수치인 것으로 확인되었다.

[0271] 1-2. 이산화탄소 방출량 확인

[0272] 이산화탄소 방출량 (KS M ISO 14855-1법)을 확인하였다.

[0273] 열처리 목분과 질소원 및 발효 볏짚 혼합물 30 g을 밀폐용기에 넣고 1일간 이산화탄소를 포집하고, 산화탄소 측정기(GC-2028)를 이용하여 밀폐용기 내에서 방출량을 확인하였다.

[0274] 작물이 성장하는데 적합한 이산화탄소 함량은 800-1200 ppm으로 도 23과 같이 질소원 혼합된 참나무칩과 발효 볏짚을 9:1, 8:2, 7:3 (w:w)로 혼합 했을때, 참외 생육에 적합한 이산화탄소 함량을 배출하는 것으로 나타났다.

[0276] **2. 제조된 기능성 토양의 참외 모종 생장 평가 및 기능성 토양 원료의 최적 혼합 포뮬레이션 확인**

[0277] 3-1. 기능성 토양의 참외 모종에 대한 생장 효능 확인

[0278] 참외 모종에 대한 생장 효능평가를 수행하였다.

[0279] 대조구로 시판상토, 질소원이 혼합된 참나무 목분을 이용하였다. 반복수는 5회로 수행하였으며, 시험일수는 14일로 모종을 36구 트레이에서 7일간 생장시킨 후 12cm 포트에 이식하였다. 질소원이 혼합된 참나무 목분과 발효 볏짚을 전건중량 기준 7:3, 8:2 및 9:1 비율로 혼합하여 시험구로 사용하였다.

[0280] 그 결과, 도 24와 같이 참외 모종생장을 확인할 수 있었다. 또한 도 25를 참고하면, 질소원이 혼합된 참나무 목분과 발효 볏짚에 9:1 (w/w)로 혼합된 시험구의 참외 모종의 줄기가 가장 높은 생장 효과를 나타내는 것이 확인되었다.

[0281] 또한, 제조된 기능성 토양에 이식한 참외모종의 근장(뿌리) 길이를 확인하였다.

[0282] 그 결과 도 26과 같이 질소원이 혼합된 열처리 목분은 발효 볏짚을 첨가하였을 때 미처리구보다 높은 근장 생장을 나타내었으며, 특히 질소원이 혼합된 열처리 목분 9와 발효 볏짚 1 비율의 혼합물이 시험구 중 가장 높은 근장 생장을 나타내는 것으로 확인됨에 따라, 대조구인 시판상토와 유사한 수준의 생장 효과가 나타는 것이 확인되었으며, 발효볏짚에서는 유의성이 없는 것을 확인할 수 있었다.

[0283] 또한, 제조된 기능성 토양에 이식한 참외모종의 엽수를 확인하였다.

[0284] 엽수는 참외 줄기 당 잎 길이가 1cm이상 되는 잎만 조사하였으며, 생육이 완료되면 잎의 수 증가가 중지되므로 엽수를 통하여 참외 모종의 생육 속도를 알 수 있다.

[0285] 그 결과, 도 27과 같이 질소원이 혼합된 열처리 목분 9와 발효 볏짚 1 비율의 혼합물이 시험구 중 가장 많은 엽수를 나타내는 것이 확인되었다. 상기 결과로부터 질소원이 혼합된 열처리 목분과 발효볏짚 혼합물은 대조구인 시판상토와 유사한 수준의 생장 효과를 나타낼 수 있음일 확인되었으며, 발효볏짚에서는 유의성이 없는 것을 확인할 수 있었다.

[0287] 3-2. 반응표면분석을 통한 기능성 토양 원료의 최적 혼합 포뮬레이션 도출

[0288] 참외 생상을 위한 기능성 토양 원료의 최적 혼합 포뮬레이션을 도출하기 위해, RSM (response surface methodology)를 수행하였다. box-behnken법에 따라 표 6의 조건으로 수행하였으며, Design expert version 11을 이용하여 RSM을 분석하였다.

표 6

[0289]

Run	Independent variables (coded)			Independent variables (actual)			Stem length, mm	Root length, mm
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Y1	Y2
1	1	0	-1	80	8	10	52.47	81.64
2	0	0	0	80	4.5	15	25.14	16.54
3	1	0	1	86	8	5	45.16	40.53
4	-1	1	0	86	4.5	10	55.20	85.16
5	0	0	0	92	8	10	51.25	82.64
6	0	-1	-1	86	4.5	10	55.94	86.94
7	-1	0	-1	86	4.5	10	56.41	85.15
8	1	-1	0	86	8	15	24.69	20.14
9	-1	0	1	92	4.5	15	32.15	31.52
10	0	-1	1	80	4.5	5	48.15	42.62
11	1	1	0	86	1	15	38.15	19.54
12	0	1	1	86	1	5	45.64	23.59
13	0	0	0	92	1	10	12.44	22.70
14	0	0	0	80	1	10	15.23	15.98
15	-1	-1	0	86	4.5	10	55.14	85.11
16	0	1	-1	92	4.5	5	49.51	43.58
17	0	0	0	86	4.5	10	55.66	83.14

Independent variables	Levels		
	-1	0	1
X1: 열처리 목분, g	80	86	92
X2: 질소원, g	1	4.5	8
X3: 발효볏짚, g	5	10	15

[0291] 그 결과, 도 28 및 도 29와 같이 줄기생장을 위해서는 목분은 86.4 g, 질소원은 4.3 g, 발효 볏짚은 5.3 g 첨가 시 58.0 mm의 초장길이를 얻을 수 있을 것으로 예측되었으며, 실측은 55.69 mm로 확인되었으며, 신뢰도는 0.75 이었다.

[0292] RSM 분석으로 도출된 예측식은 하기와 같다.

[0293] 줄기생장 (mm) = $55.69+0.5454A+7.76B-8.54C+0.3942AB+1.41AC-3.21BC-11.26A^2-11.58B^2-5.69C^2$ (A=열처리 목분 중량; B=질소원 중량; C=발효볏짚 중량)

[0295] 또한, 도 30 및 도 31과 같이 뿌리 생장을 위해서는 열처리 목분 84.8 g, 질소원 6.1 g, 발효 볏짚 8.8 g 첨가 시 88.1 mm의 근장길이를 얻을 수 있을 것으로 예측되었으며, 실측은 87.9 mm로 확인되었으며, 신뢰도는 0.76이었다.

[0296] RSM 분석으로 도출된 예측식은 하기와 같다.

[0297] 뿌리생장 (mm) = $-2835.52+63.51836A+28.72299B-19.96523C-0.06811AB+0.116872AC-0.23345BC-0.37144A^2-1.71318B^2-1.52652C^2$ (A=열처리 목분 중량; B=질소원 중량; C=발효볏짚 중량)

[0299] **<실시예 5> 소나무 열수 추출물의 혼합에 따른 참외 생장 효과 확인**

[0300] 도 32와 같은 과정으로 소나무 열수추출물을 얻었다.

[0301] 먼저, 소나무 목분 20 g과 증류수 400 mL를 투입한 후 soxhlet extractor를 사용하여 boiling point에서 2시간 동안 반응시켰다. 획득된 소나무 열수 추출물을 40℃ 이하의 water bath에서 감압 진공 농축하였고 -72℃ deep freezer에서 48시간동안 냉동처리하고, freeze dryer를 통해 소나무 열수 추출물의 미분 파우더를 획득하였고 이를 열처리 목분 84.8 g, 질소원 6.1 g, 발효 볏짚 8.8 g 혼합물에 2 g처리하였다.

[0302] 그 결과, 도 33 및 도 34와 같이 열처리 목분, 질소원 및 발효 볏짚 혼합물에 소나무 열수 추출물 분말을 2 g 투입했을 때 참외 모종의 줄기와 뿌리 생장에 효과적인 것으로 확인되었으며, 특히 2% 소나무 열수 추출물 분말을 2g 투입했을 경우, 시판상토보다 참외 모종의 뿌리 및 줄기 생장이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

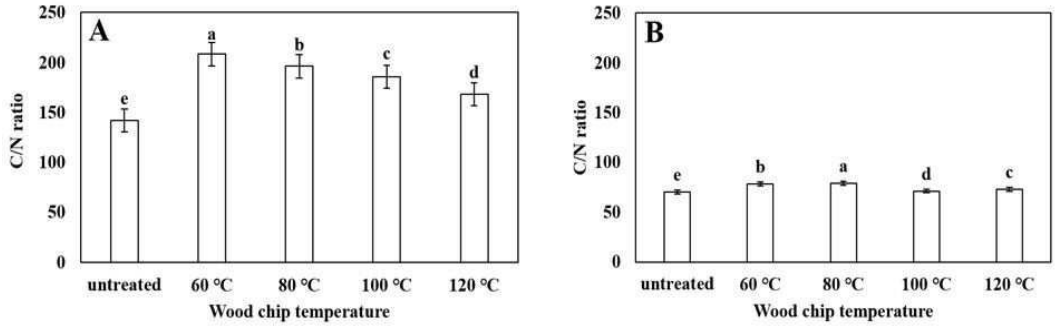
[0303] 소나무 열수 추출물 분말에 포함된 탄수화물은 목분의 전건 중량 100 g 기준 (수분이 없는 상태)으로 glucose, galactose, fructose, mannose 및 arabinose가 각각 0.267 g, 0.166 g, 0.039 g, 0.078 g 및 0.397 g인 것으로 확인되었다.

[0304] 이에 따라, 가장 우수한 참외 생장을 위한 복합 기능성 토양 제조 공정은 도 35와 같다.

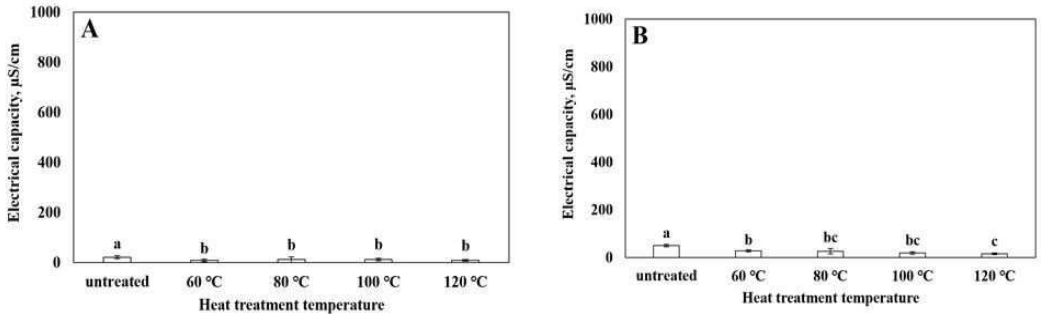
[0306] 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면

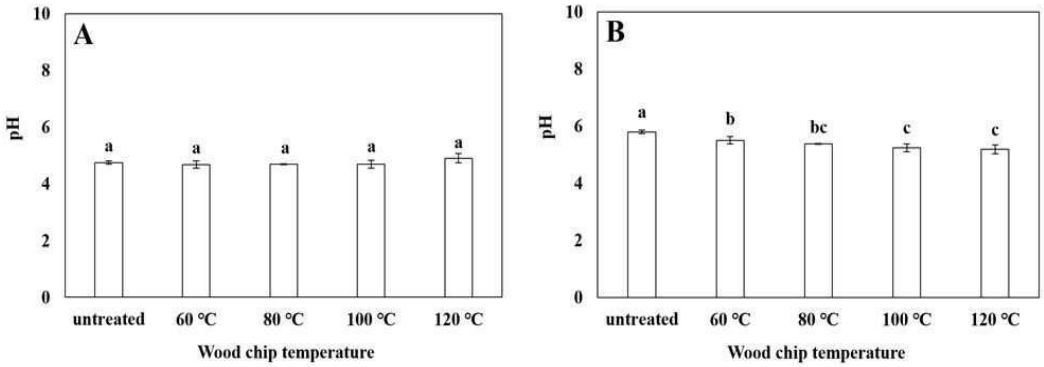
도면1



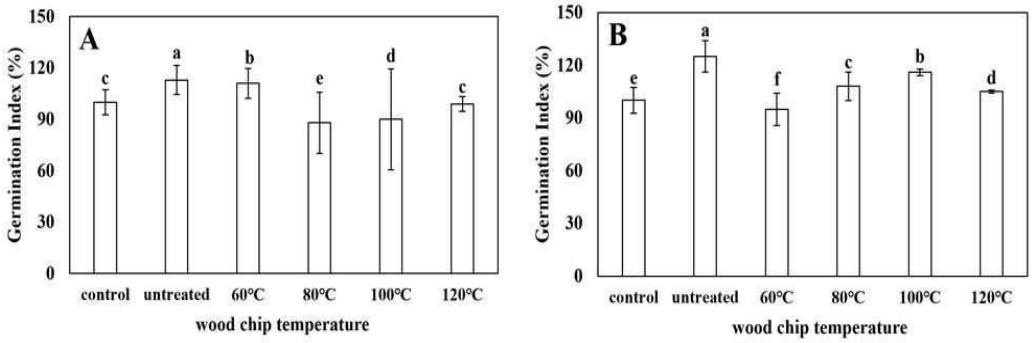
도면2



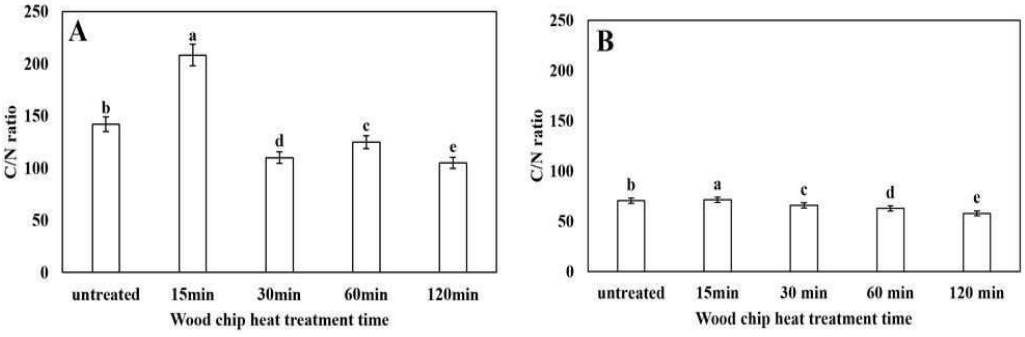
도면3



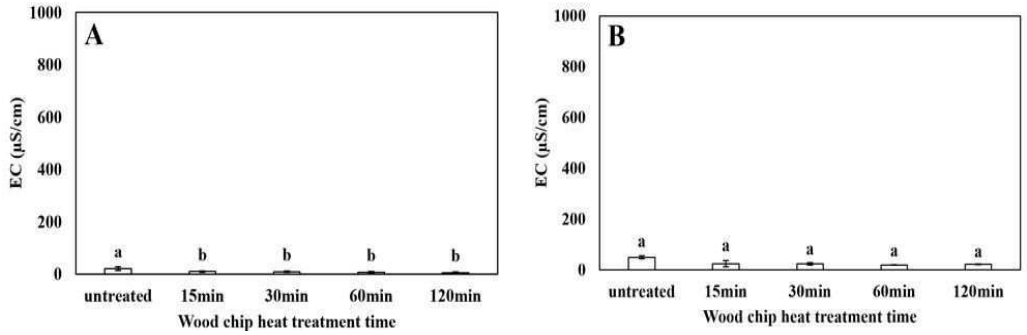
도면4



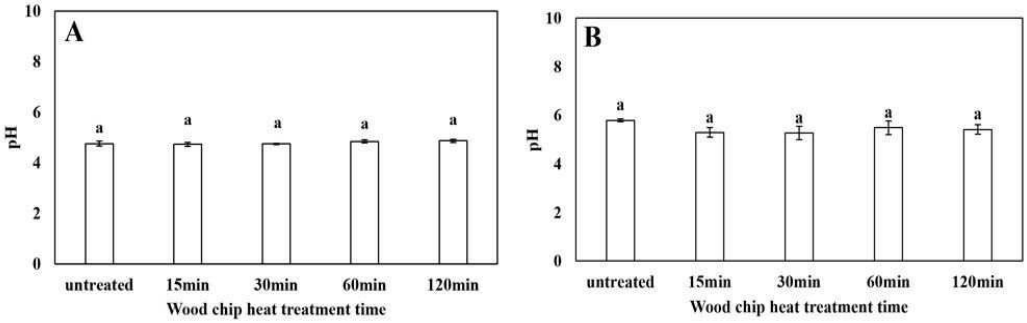
도면5



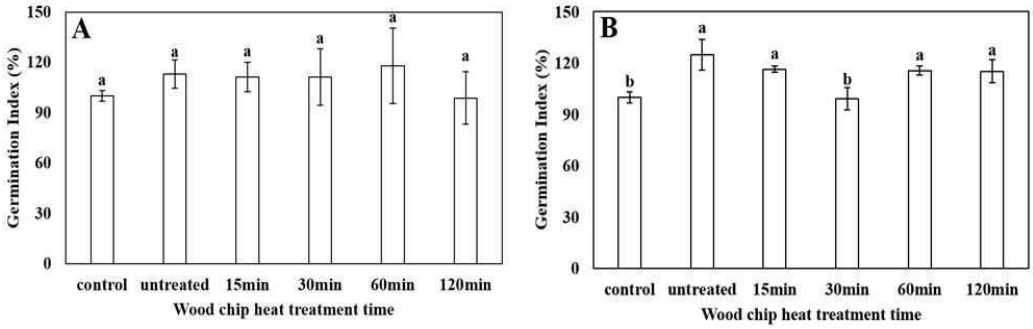
도면6



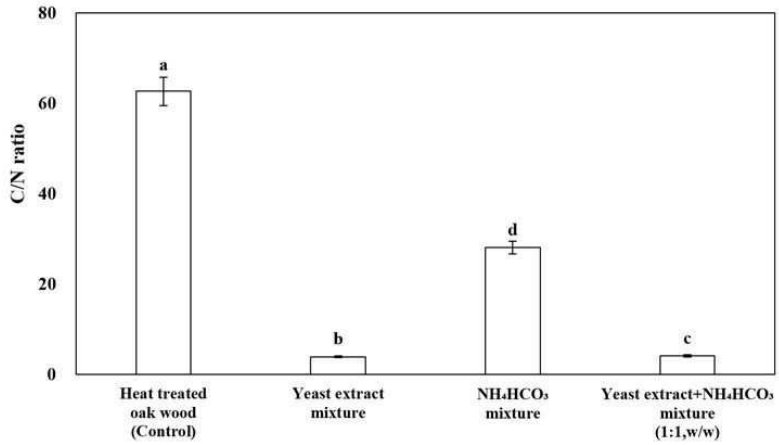
도면7



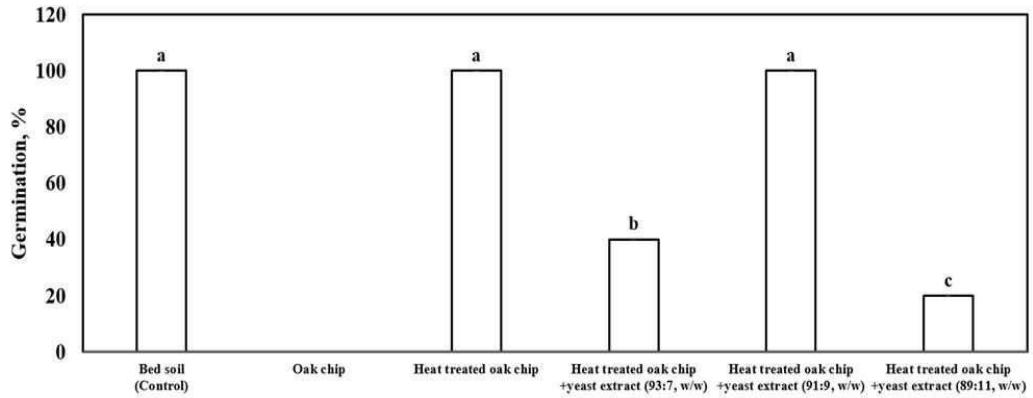
도면8



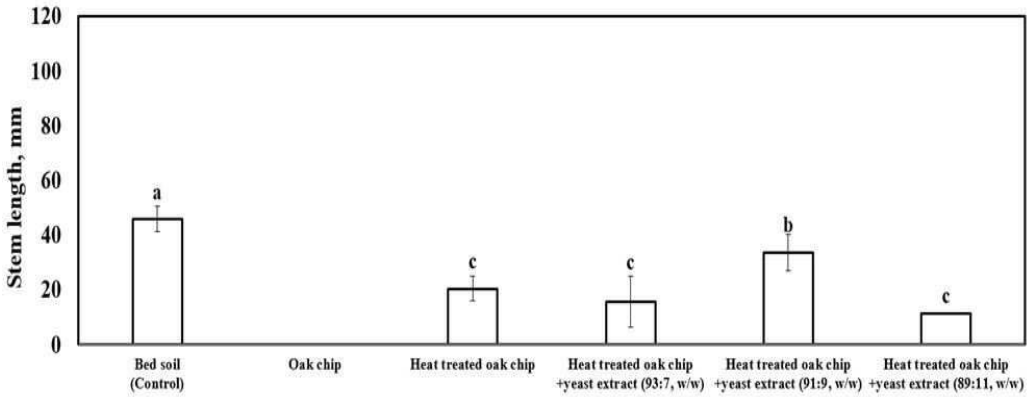
도면9



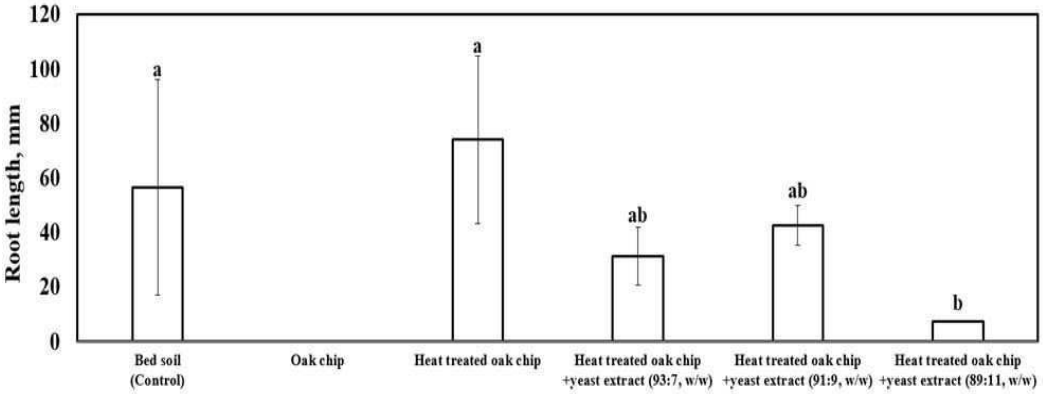
도면10



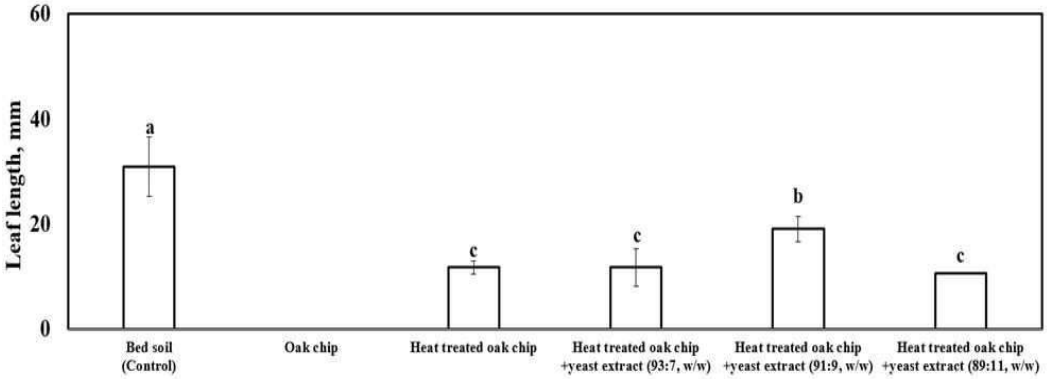
도면11



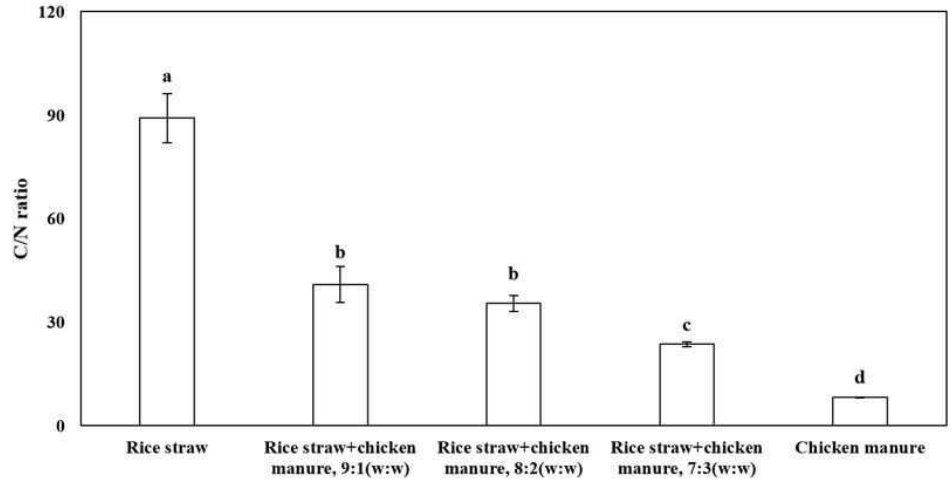
도면12



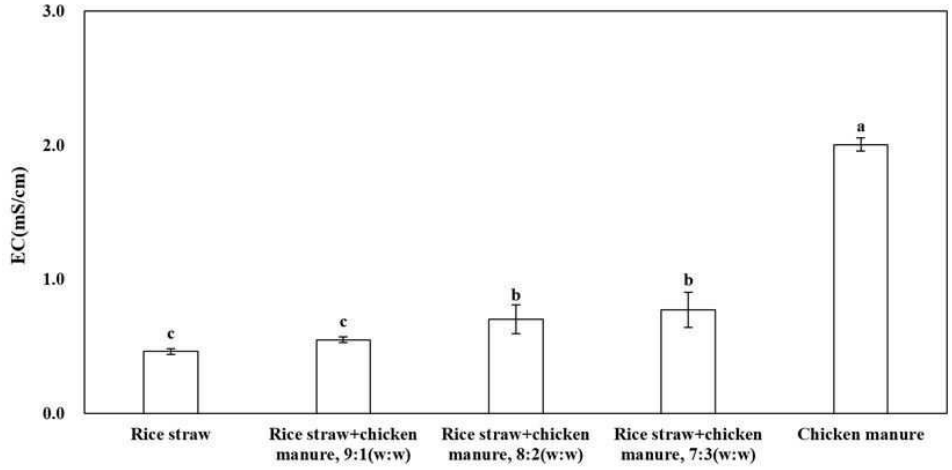
도면13



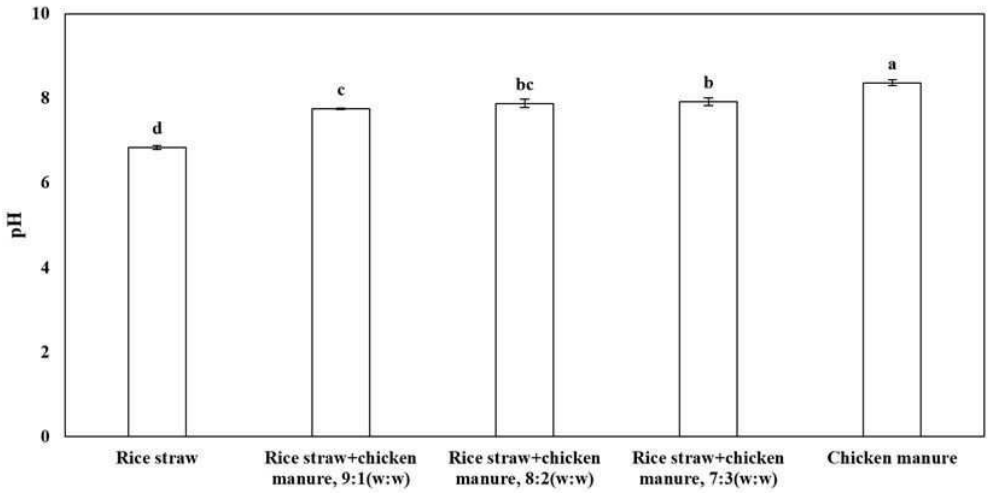
도면14



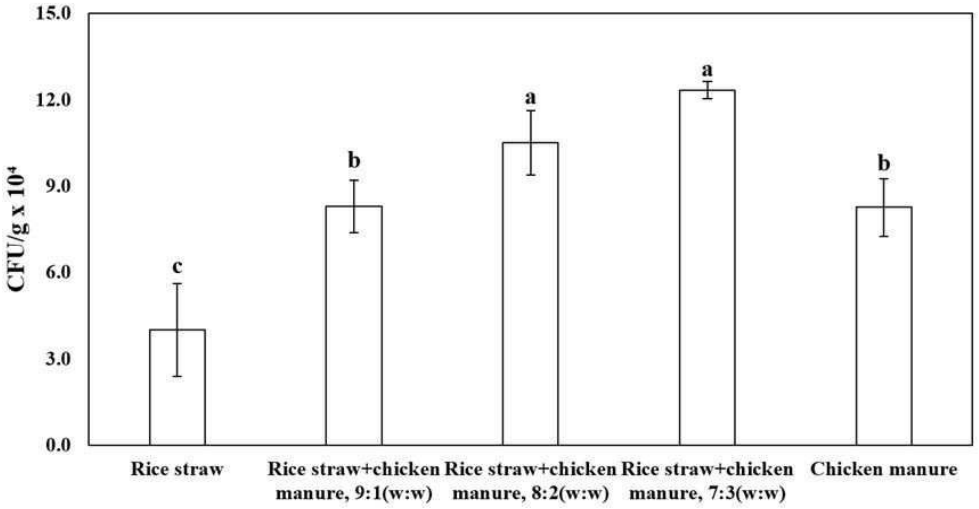
도면15



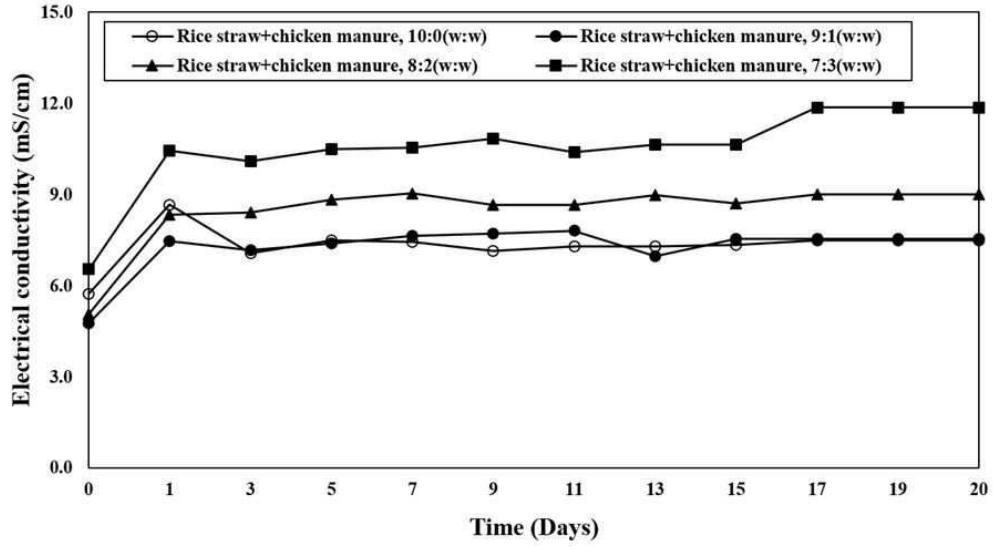
도면16



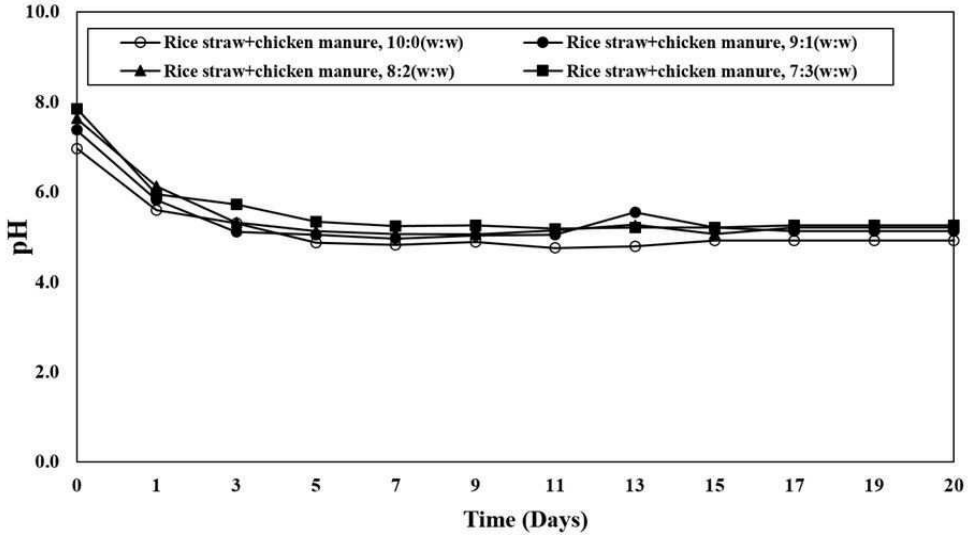
도면17



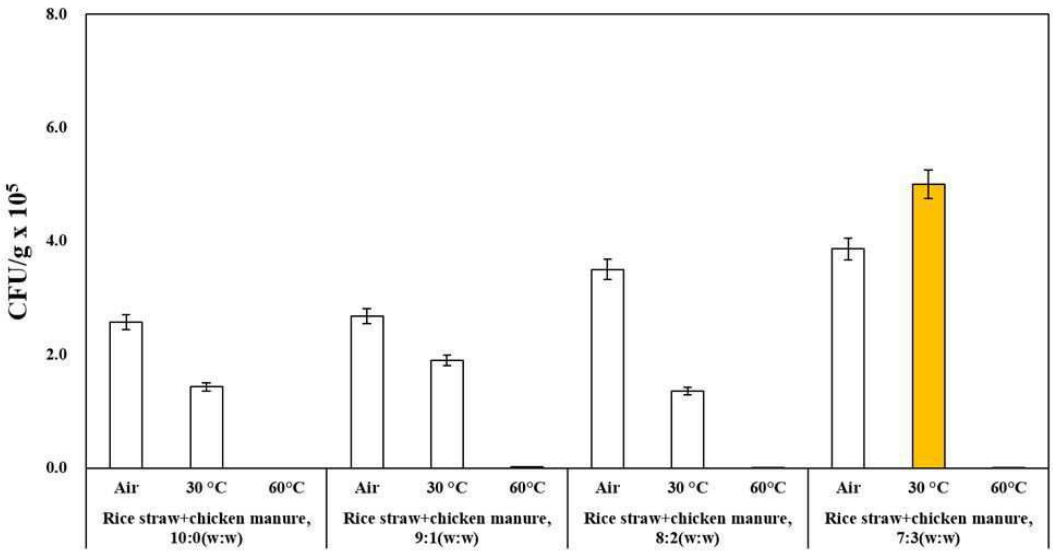
도면18



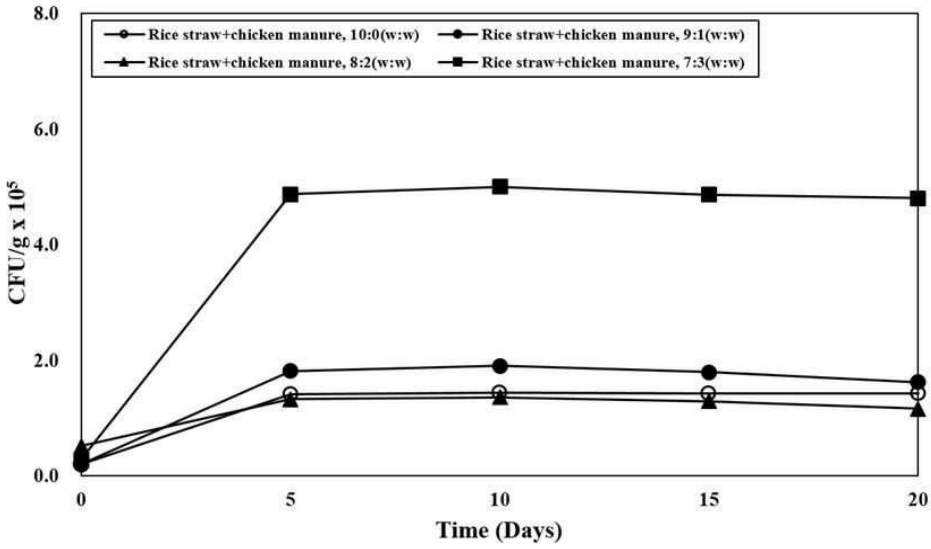
도면19


Rice straw+chicken manure, 10:0(w:w)
Rice straw+chicken manure, 9:1(w:w)
Rice straw+chicken manure, 8:2(w:w)
Rice straw+chicken manure, 7:3(w:w)
pH
Time (Days)

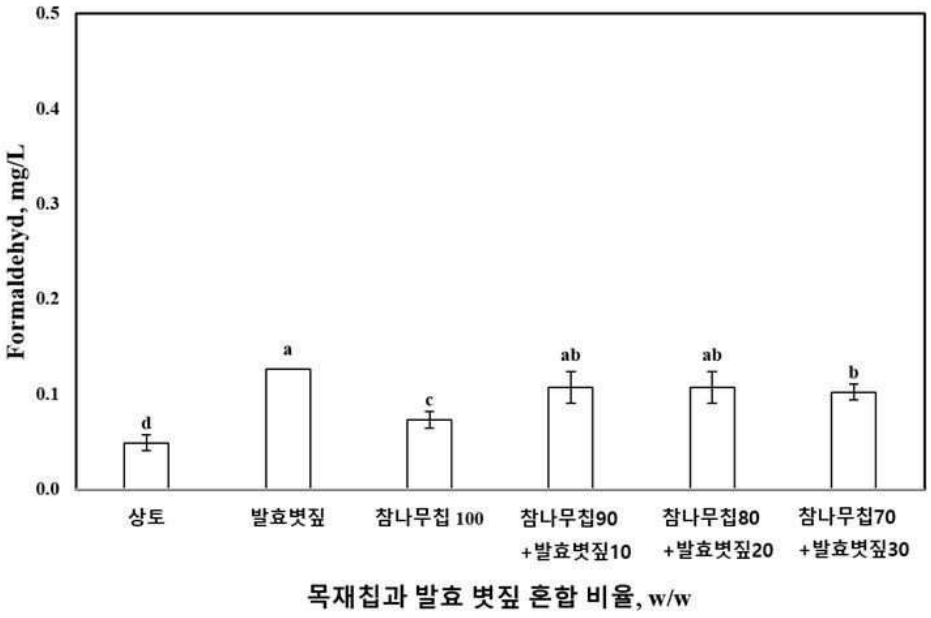
도면20


CFU/g x 10⁵
Air
30 °C
60°C
Rice straw+chicken manure, 10:0(w:w)
Rice straw+chicken manure, 9:1(w:w)
Rice straw+chicken manure, 8:2(w:w)
Rice straw+chicken manure, 7:3(w:w)

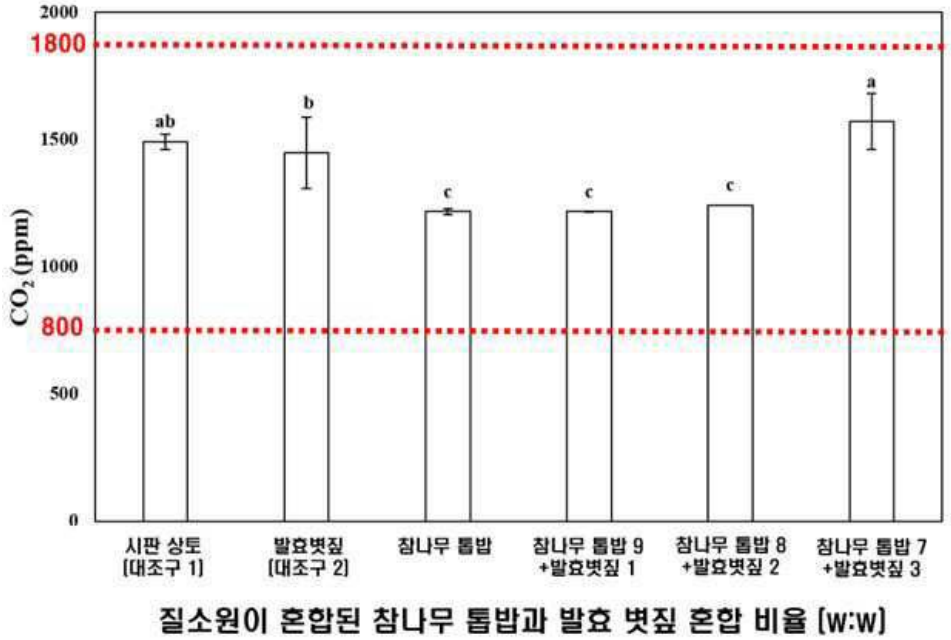
도면21


Rice straw+chicken manure, 10:0(w:w)
Rice straw+chicken manure, 9:1(w:w)
Rice straw+chicken manure, 8:2(w:w)
Rice straw+chicken manure, 7:3(w:w)
CFU/g x 10^5
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0
5
10
15
20
Time (Days)

도면22


Formaldehyd, mg/L
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
d
a
c
ab
ab
b
상토
발효볏짚
참나무칩 100
참나무칩90 +발효볏짚10
참나무칩80 +발효볏짚20
참나무칩70 +발효볏짚30
목재칩과 발효 볏짚 혼합 비율, w/w

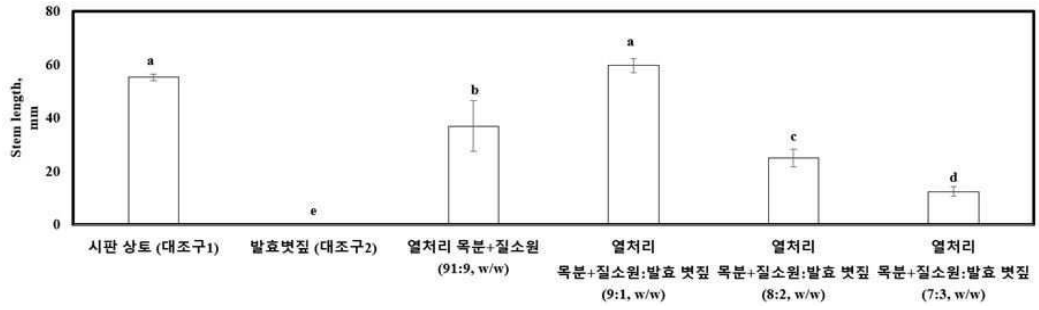
도면23



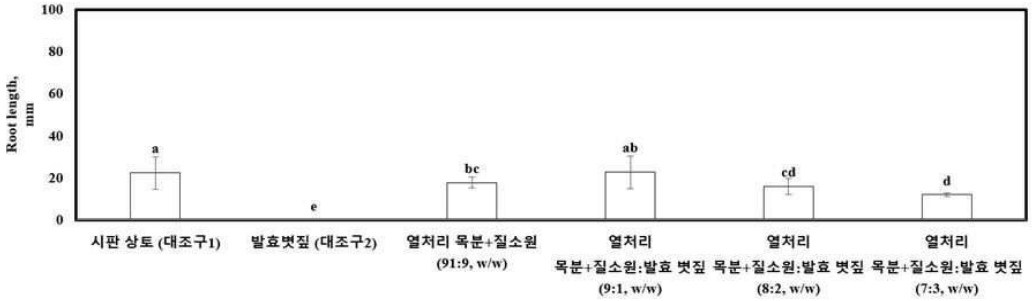
도면24



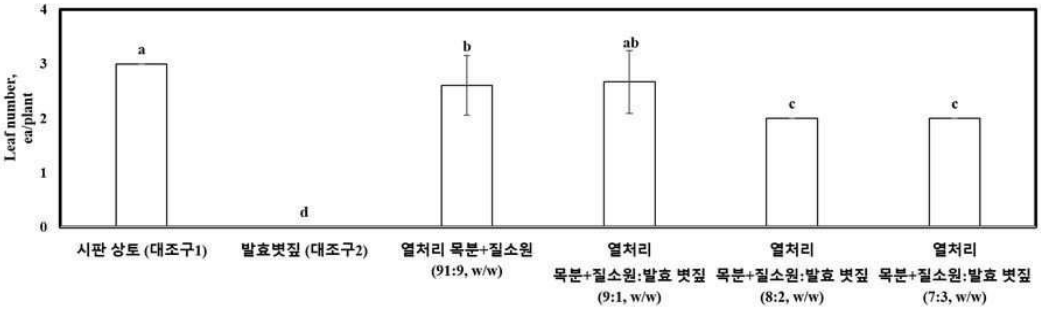
도면25



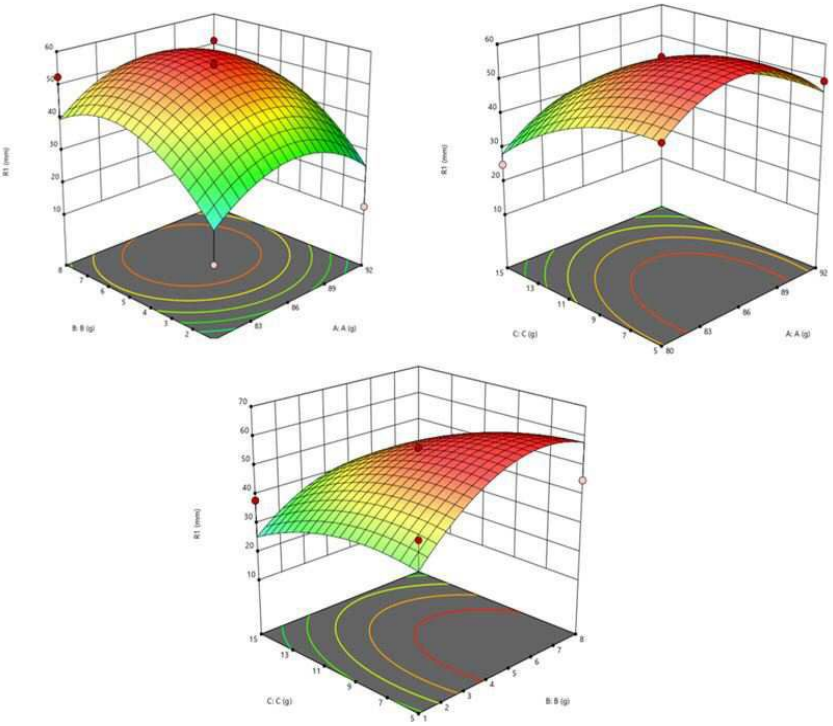
도면26



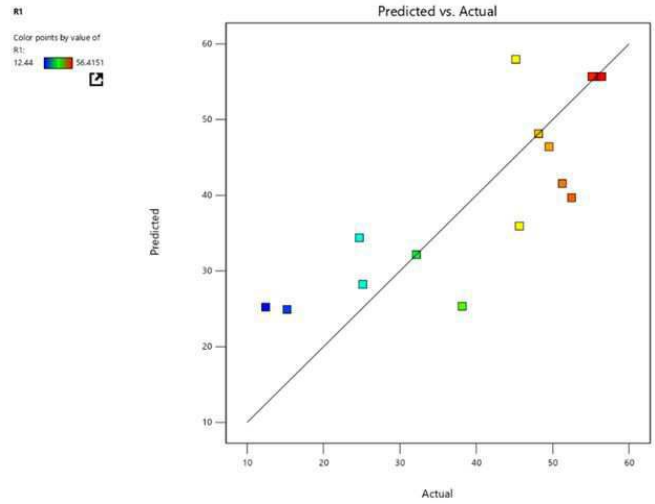
도면27



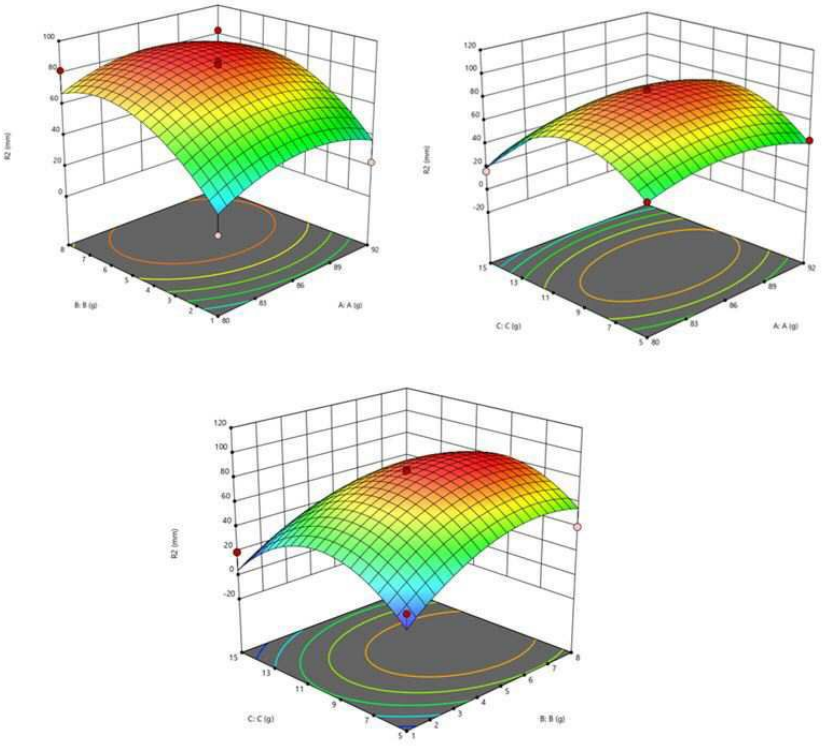
도면28



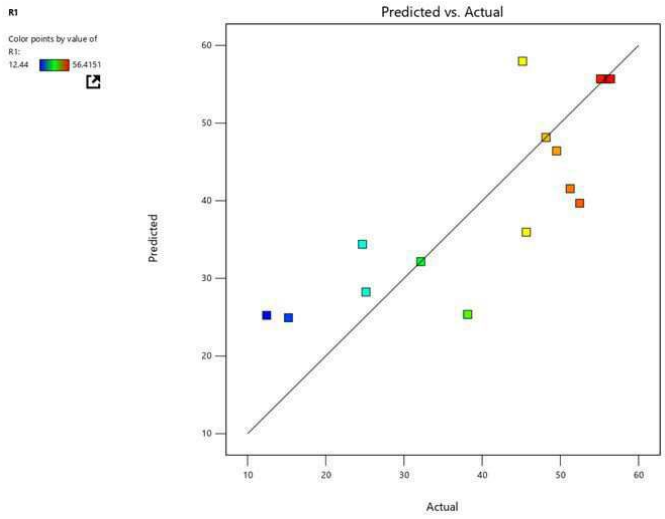
도면29


R1
Color points by value of
R1:
12.44
56.4151
Predicted vs. Actual
Predicted
Actual
10
20
30
40
50
60

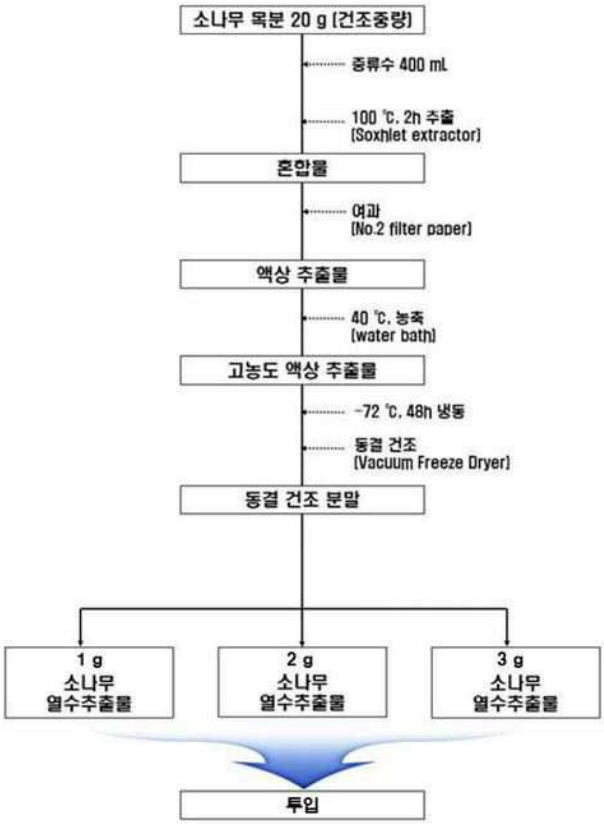
도면30


R2 (mm)
B: B (g)
A: A (g)
C: C (g)

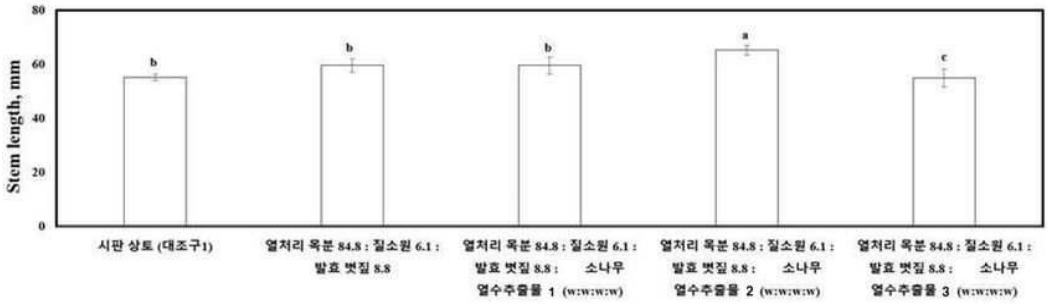
도면31


R1
Color points by value of R1:
12.44
56.4151
Predicted vs. Actual
Predicted
Actual
10
20
30
40
50
60

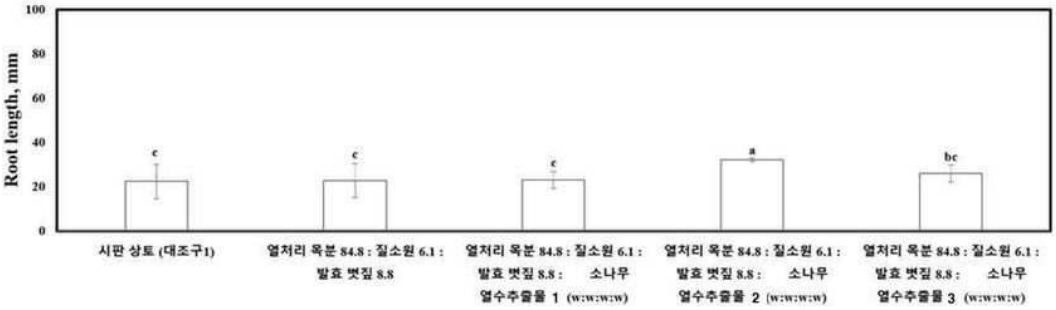
도면32


소나무 목분 20 g (건조중량)
증류수 400 mL
100 ℃, 2h 추출
(Soxhlet extractor)
혼합물
여과
(No.2 filter paper)
액상 추출물
40 ℃, 농축
(water bath)
고농도 액상 추출물
-72 ℃, 48h 냉동
동결 건조
(Vacuum Freeze Dryer)
동결 건조 분말
1 g
소나무
열수추출물
2 g
소나무
열수추출물
3 g
소나무
열수추출물
투입

도면33



도면34



도면35

