

어젠다코드	2 - 1 - 1		수행시기	전반기 (계속)	
기술분야코드	V2	기술유형코드	E03	작목구분코드	EE-02-EE25
과제종류	기관고유		과제번호	-	
과제명	순환식 수경재배를 위한 폐양액 재활용 기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	허수정		지방농업연구사	강원도원 환경농업연구과	
연구기간	2018 ~ 2020		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 여과기술을 활용한 폐양액 제균 기술 개발			환경농업연구과	허수정	'18~'20
색인용어	수경재배, 폐양액, 재활용, 제균, 여과				

ABSTRACT

Waste nutrient solution generated from non-circulating hydroponic cultivation may be discharged to agricultural land or rivers, and there is a concern that soil and river water may be contaminated. Existing sterilization technologies include chemicals, ozone, ultraviolet rays, filtration membranes, heating, ultrasonic waves, plasma, and electric shock, but there are problems such as toxicity, economy, treatment efficiency, pretreatment process, and persistence. In this study, the sterilization effect of 5 types of filter media was compared and analyzed to sterilize tomato ulcer disease (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) using filtration technology. As a result of the preliminary experiment, the eradication rate of tomato ulcer bacteria (*Clavibacter michiganensis*) was increased to 100% in iron oxide-coated sand. In the experiment using a small filter, sand and lightweight aggregates were coated with iron oxide and used. To obtain a breakthrough curve (BTC) of tomato ulcer disease bacteria (*Clavibacter michiganensis*), a column (29cm×2.15cm, 105 cm³) experiment was performed 3 times, and 1 pore volume (PV) was 43 mL (iron oxide coated sand), 44 mL (Sand), 55 mL (iron oxide coated lightweight aggregate), and 62 mL (activated carbon, iron oxide coated biochar). The disinfecting efficiency of ulcer bacteria was highest in iron oxide coated sand, followed by iron oxide coated biochar, iron oxide coated lightweight aggregate, and activated carbon, followed by sand. The hydraulic conductivity is 5.2 cm min⁻¹ (iron oxide coated lightweight aggregate), 7.1 cm min⁻¹ (iron oxide coated sand), 9.2 cm min⁻¹ (iron oxide coated biochar), 15.3 cm min⁻¹ (sand), 32.1 cm min⁻¹ (activated carbon). It is believed that effective sterilization of pathogens in waste nutrient solution using filtration technology will contribute to the introduction and supply of circulating hydroponic cultivation, thereby preventing contamination of soil and river water caused by discharge of waste nutrient solution.

1 연구목표

강원도 수경재배 면적은 2017년 기준 파프리카 130, 토마토 71, 딸기 28ha 등 231ha로 매년 증가하고

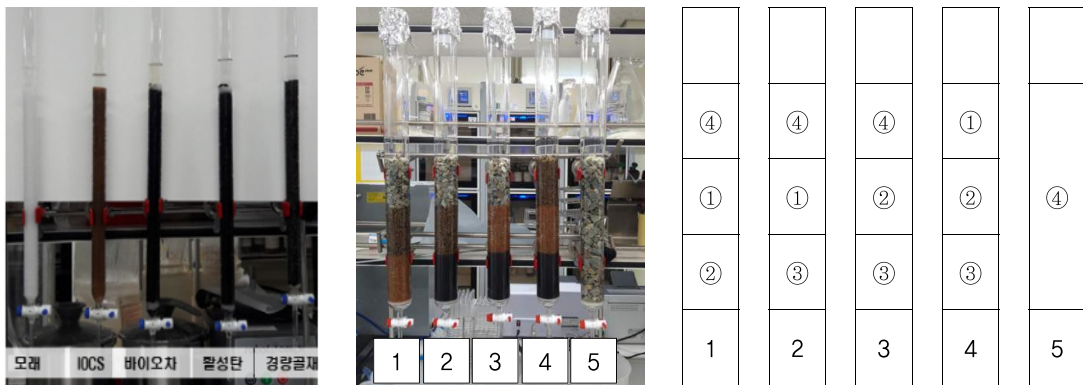
있고, 비순환식 수경재배에서 발생하는 폐양액의 토양 및 하천으로의 방류에 따른 토양 및 하천수 오염 우려가 상존하고 있다. 수자원과 양분의 낭비를 예방하는 순환식 수경재배를 도입하기 위해서는 폐양액의 제균 필요하다. 기존 제균기술로 약품, 오존, 자외선, 여과막, 가열, 초음파, 플라즈마, 전기충격 등이 있으나, 독성, 경제성, 처리효율, 전차리, 지속성 등의 문제로 실용화되지 못하고 있다. 이에 농가 현장에서 활용할 수 있는 싸고 효과적인 제균기술을 개발하고자 하였다.

2 재료 및 방법

〈제1세부과제: 여과기술을 활용한 폐양액 제균 기술 개발〉

(시험 1) 자재별 제균효과 시험

폐양액의 제균효과 시험을 위해 여과재를 선발하고자 하였다. 여과자재로는 모래, 산화철 코팅 모래, 산화철 코팅 바이오차, 활성탄, 산화철 코팅 경량골재, 견운모 등을 사용하였고, 단독 혹은 층위별로 컬럼에 충전하고(그림 1) 여과속도와 1 pore volume, 제균율 등을 조사하였다. 병원균은 토마토 껌양병균(*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)과 토마토 시들음병균(*Fusarium oxysporum*) 대상으로 하였고, 여과 전·후의 병원균배양액을 선택배지에 접종하여 콜로니 생성여부로 제균율 조사하였다.



① 산화철경량골재 ② 산화철모래 ③ 바이오차 ④ 견운모

그림 1. 제균시험을 위한 컬럼

컬럼시험에서 선발된 자재를 간이여과기에 충전하고 균배양액을 여과한 후 토마토 식물체에 접종하여 발병여부를 조사하였다.

(시험 2) 여과기 충전재 재사용을 위한 세척 시험

간이여과기를 사용하여 여과한 뒤 재사용에 따른 제균효율 저하에 따라 효과적인 세척제를 선발하여 사용시간을 늘리고자 70% 에탄올과 0.6% 질산을 사용하여 세척하였다. 세척은 여과기내에 세척액을

충진하고 2시간 방치 후 세척액을 제거하고 맑은 물을 통과시켜 행구어 내는 방법을 사용하였다.

3 결과 및 고찰

〈제1세부과제: 여과기술을 활용한 폐양액 제균 기술 개발〉

(시험 1) 자재별 제균효과 시험

컬럼 충전 자재별 병원균(시들음병, 궤양병) 제균율과 투수성(수리전도도)을 측정할 결과 산화철모래, 바이오차, 경량골재의 산화철 코팅처리한 자재가 병원균 제균율을 향상시키는데 도움이 되었으며, 0.6 mm 이하 크기의 입자를 제거함으로써 투수속도(수리전도도)를 개선할 수 있었다(그림 2). 자재별 투수속도는 산화철 코팅 경량골재:5.2 cm/min, 산화철 코팅 바이오숯 9.2 cm/min, 활성탄 32.1 cm/min, 모래 15.3 cm/min, 산화철 코팅 모래 7.1 cm/min로 조사되었다.

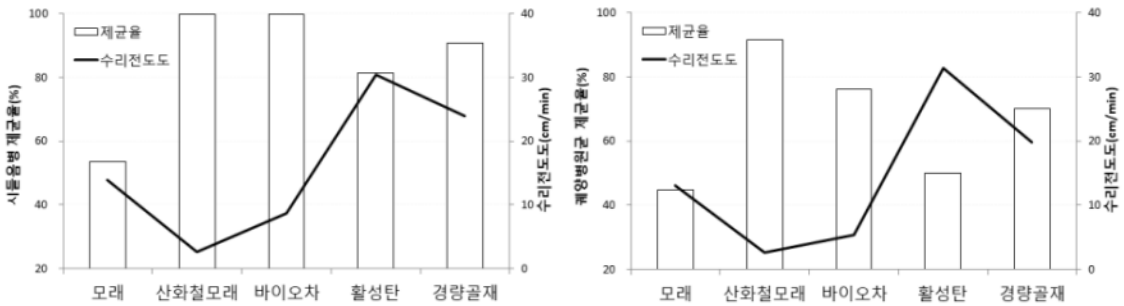


그림 2. 자재별 병원균 제균율과 수리전도도

충진재별 1 pore volume은 그림 3에서 보는 바와 같이 산화철 경량골재 52~56ml, 산화철 바이오차 58~64ml, 활성탄 57~66ml, 모래, 산화철 모래 41~45ml이었다.

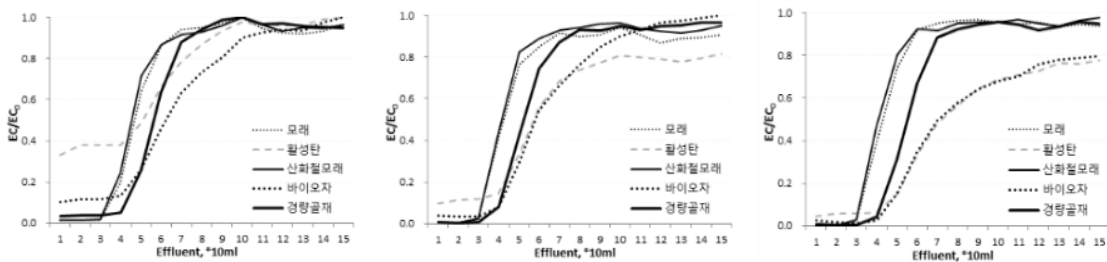


그림 3. 자재별 1 pore volume결정

자재별 제균율 시험에서는 시들음병원균의 경우 그림 4에서 보는 바와 같이 산화철 경량골재 > 산화철 바이오차 > 산화철 모래 > 활성탄 > 모래 순으로 나타났으며, 궤양병원균은 산화철 바이오차 > 산화철 경량골재 > 산화철 모래, 활성탄, 모래 순이었다,

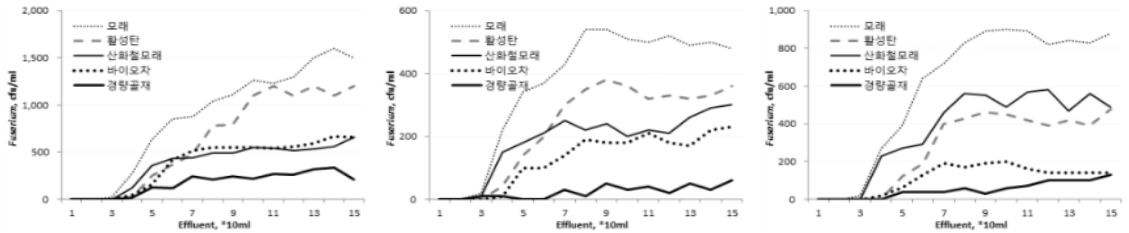


그림 4. 시들음병의 Breakthrough curve

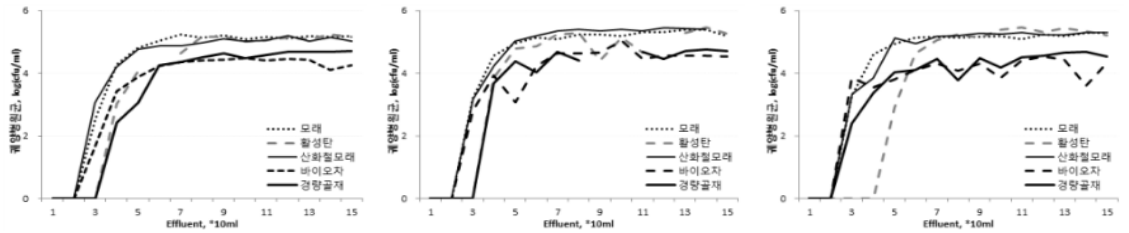


그림 5. 토마토 궤양병의 Breakthrough curve

충진재 복합처리 컬럼의 투수속도와 제균율을 조사한 결과 투수속도는 ①견운모+산화철경량골재+산화철모래 170 cm/min, ②견운모+산화철경량골재+바이오차 63 cm/min, ③견운모+산화철모래+바이오차 39 cm/min, ④산화철경량골재+산화철모래+바이오차 50 cm/min, ⑤견운모 212 cm/min였다(그림 6).

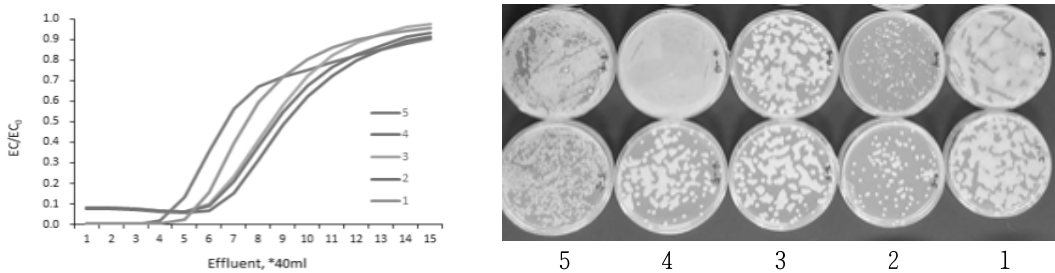


그림 6. 충진재 복합처리에 따른 투수속도와 제균효과

소형 간이여과기에 산화철 코팅 모래와 모래, 산화철 경량골재를 충전하고(그림 7), 토마토 궤양병균 배양액(108 cfu/ml) 여과 후 제균효과를 조사하였다. 제균효과는 표 1과 그림 8에서와 같이 산화철 코팅모래 > 모래, 산화철 경량골재 순으로 나타났다.



그림 7. 소형 여과기(모래, 산화철 코팅 모래, 산화철 코팅 경량골재)

표 1. 토마토 궤양병균 여과 후 병원균 밀도

구 분	병원균 밀도(cfu/ml)
여과전	1.04×10^8
모래	4.01×10^7
산화철 모래	-
산화철 경량골재	5.9×10^7

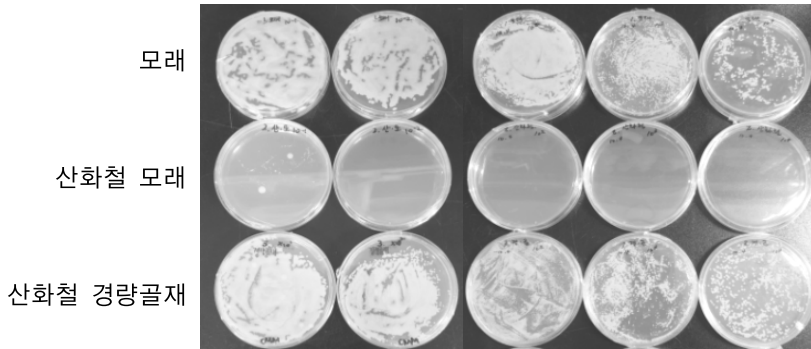


그림 8. 여과처리별 토마토 궤양병균 제균 효과

여과처리별 토마토 궤양병 발생과 생육을 관찰하기 위해 토마토 식물체에 여과액을 접종하였다. 토마토 품종에 접종하였으나 대조구를 비롯한 모든 처리구에서 병이 발생하지 않았다(그림 9).



그림 9. 병원균 접종 및 생육

이후 궤양병 감수성 품종인 ‘동유’를 육묘하여 병원균을 접종한 결과 접종 3주 후 병징이 관찰되었고 병원균이 관찰되지 않은 산화철모래에서도 3주 이후 점차 병징이 나타났다(그림 10).





무여과



대조(배양액)

그림 10. 여과처리별 토마토(동유 품종) 궤양병 발생 및 생육

(시험 2) 여과기 충전재 재사용을 위한 세척 시험

여과기 충전재 재사용을 위해 70% 에탄올과 0.6% 질산을 사용하여 세척 후 궤양병원균을 여과한 결과 제균율 향상은 기대치에 미치지 못하였다(그림 11).

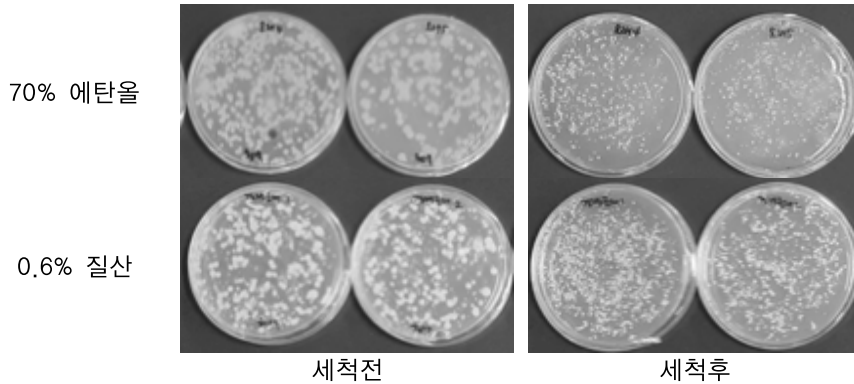


그림 11. 세척 전·후 여과효과

4 적 요

<제1세부과제: 여과기술을 활용한 폐양액 제균 기술 개발>

(시험 1) 자재별 제균효과 시험

- 가. 산화철모래, 바이오차, 경량골재의 산화철 코팅처리한 자재가 병원균 제균율을 향상시키는데 도움이 되었으며, 0.6 mm 이하 크기의 입자를 제거함으로써 투수속도(수리전도도)를 개선할 수 있었음.
- 나. 자재별 투수속도는 산화철 코팅 경량골재:5.2 cm/min, 산화철 코팅 바이오숯 9.2 cm/min, 활성탄 32.1 cm/min, 모래 15.3 cm/min, 산화철 코팅 모래 7.1 cm/min이었음.
- 다. 충전재별 1 pore volume은 산화철 경량골재 52~56ml, 산화철 바이오차 58~64ml, 활성탄 57~66ml, 모래, 산화철 모래 41~45ml이었음.

라. 시들음병원균 재균율은 산화철 경량골재 > 산화철 바이오차 > 산화철 모래 > 활성탄 > 모래 순으로
 마. 소형여과기 제균효과는 산화철 코팅모래 > 모래, 산화철 경량골재 순으로 나타났고, 병원균을
 접종한 결과 접종 3주 후 병징이 관찰되었고 병원균이 관찰되지 않은 산화철모래에서도 3주 이
 후 점차 병징이 나타났음.

(시험 2) 여과기 충전재 재사용을 위한 세척 시험

가. 여과기 충전재 재사용을 위해 70% 에탄올과 0.6% 질산을 사용하여 세척 후 귀양병원균을 여과한
 결과 제균율 향상은 기대치에 미치지 못하였음.

5 인용문헌

Back, S.E., D.S. Kim and Y.S. Park. 2012. Inactivation of *Ralstonia solanacearum* using aquatic plasma process. *J. Environ. Sci.* 21:797-804.
 Jeon, S., C.S. Krasnow, C.K. Kirby, L.L. Granke, M.K. Hausbeck, and W. Zhang. 2016, Transport and retention of *Phytophthora capsicizoo*spores in saturated porous media. *Environ. Sci. Technol.* 50:9270-9278.
 Lee, M.H., S.E. Kim, S.D. Lee, J.E. Lee, H.S. Kim, S.K. Cho, S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2016. Development of drainage water disinfection system by electric shock in recirculating soilless culture. *Protected Hortic. Plant Factory.* 25:46-56.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2018(1년)	논문게재	제올라이트와 폐화석의 처리가 항생제 함유 계분퇴비의 시용에 따른 상추의 항생제 흡수 저감 효과 폭기 처리가 돈분액비의 항생제 분해에 미치는 영향
	논문발표	여과기술을 활용한 토마토 시들음병원균(<i>Fusarium oxysporum</i>) 제거
2020(3년)	논문발표	여과기술을 활용한 토마토귀양병원균(<i>Clevibacter michiganensis</i>) 제균효과

성과지표명		연 도		1년차(2018)		2년차(2019)		3년차(2020)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
논문 게재	SCI										
	비SCI		2	1						1	2
학술 발표	국제										
	국내	1	1	1				1		2	2
계		1	3	2	-	-		1		3	4

7 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'18	'19	'20
과제책임자	작물연구과	농업연구사	서영호	과제 총괄	○	○	
	환경농업연구과	농업연구사	허수정	과제 총괄		○	○
1세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	허수정	주관수행	○		
공동연구자	인삼약초연구소	농업연구관	임수정	조사업무지원	○	-	-
	환경농업연구과	농업연구사	윤병성	조사업무지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	홍수영	조사업무지원	○	○	○
	-	농업연구관	박영학	결과분석지원	○	○	-
	옥수수연구소	농업연구관	홍대기	결과분석지원	○	○	-
	환경농업연구과	농업연구사	최병곤	조사업무지원	-	○	○
	환경농업연구과	농업연구관	장은하	결과분석지원	-	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	이남길	조사업무지원	-	-	○
	환경농업연구과	농업연구관	정태성	결과분석지원	-	-	○