

가시광 응답형 산화티탄 광촉매에 의한 수경재배의 배양액 재이용 살균 및 정화 시스템 개발(I) - 요인시험 -

Development of a Hydroponic recycling system using the Visible Light-reactive Titanium Oxide Photo Catalyst for Sterilization and Purification of Nutrient Solution(I) -determination of factors-

이기명*	이준탁**	정성원***	이한용*
K .M. LEE	J. T. LEE	S. W. CHUNG	H. Y. LEE

1. 서론

수경재배에서는 비료성분의 공급과 관리가 정밀하고 토양의 연작장해와 같은 염려가 없는 장점 때문에 점차 그 면적이 증가하고 있다. 그러나 순환식 수경재배에서는 배양액이 전체의 베드를 순환하고 있기 때문에 피습이나 푸사리움과 같은 유해세균이 발생할 경우, 배양액의 순환으로 순식간에 전 재배상으로 전파되는 등의 단점이 있다. 비순환식의 경우에는 사용한 배양액을 재처리하거나 정화처리하여 재사용하는 장치가 활용되지 않고 하천에 흘러 보내 하천수 오염의 원인이 되고 있다.

현재 배양액의 살균을 위한 장치가 시판되고 있지만 경제적이고 효율적인 장치는 아직 찾아보기 어려운 실정이다. 특히 광촉매작용에 의한 배양액 살균 등 재순환 시스템 개발에 관한 연구는 자외선 응답형 산화티탄의 광촉매에 의한 것으로 장치의 운전에 자외선램프를 이용하는 등 고가의 장비를 이용함으로써 처리 배양액량의 한계와 장치의 고비용 등으로 농업적 실용화에는 문제가 있는 것으로 평가되고 있다.

본 연구에서는 시설재배에 있어서 수경재배를 할 경우, 가장 문제시 되는 병원균은 세균(*bacteria*), 탄저병균(*Colletotrichum gloeosporioides*), 역병균(*Phytophthora* sp.), 시들음병균(*Fusarium* sp.) 등의 수매전파를 하는 병원균인데, 산화티탄 광촉매는 그 표면에서 광을 받아 유기물을 분해하는 기능을 가지고 있어 배양액에 포함되어 있는 유기물인 세균, 탄저병균, 역병균, 시들음병균 등을 분해하여 살균하는 기능을 이용하여 재이용하는 배양액을 살균 정화하는 시스템의 개발을 위한 일련의 연구에서 시스템 설계를 위한 기초적 연구로 요

* 경북대학교 생물산업기계공학과

** 경북대학교 응용생물화학부

*** 부산대학교 바이오시스템공학부

인시험에 대한 것이다.

광촉매에 의한 살균은 유기물인 균을 분해하는 기능을 이용하는 것으로 어떤 균이든 유기물이기 때문에 균에 따라 살균력이 다른 농약과는 비교할 수 없는 우수한 기능을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 분생포자를 짧은 기간 내에 생성시킬 수 있고, 물에 현탁성이 높으며 포자가 물속에 침전되어도 장시간 생존하여 전염력을 유지하므로 본 실험의 실험재료로 먼저 탄저병균을 이용하였으며, 실용 시스템의 개발에서 다양한 몇 가지 균에 대한 적응 시험을 하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치

그림 1은 광촉매 반응 요인시험장치를 나타낸 것이다. 이 실험 장치는 광촉매필터 (300×300×10mm) 1장이 놓여 있는 처리조(303×700×303mm), 용량 15ℓ의 공급탱크와 집수탱크로 되어있다. 탄저균의 포자를 수도수에 희석하여 균 밀도를 측정한다. 이 배양액을 수중펌프를 이용하여 유량 1ℓ/min 로서 광촉매필터를 통과시켜 집수탱크에서 집수하고 균 밀도를 측정한다. 회수된 처리수를 수중펌프를 이용하여 공급탱크로 보내고, 재차 이것을 광촉매 필터를 통과시키는 실험을 반복해서 균 밀도의 감소율을 조사할 수 있도록 시험 장치를 구성하였다.

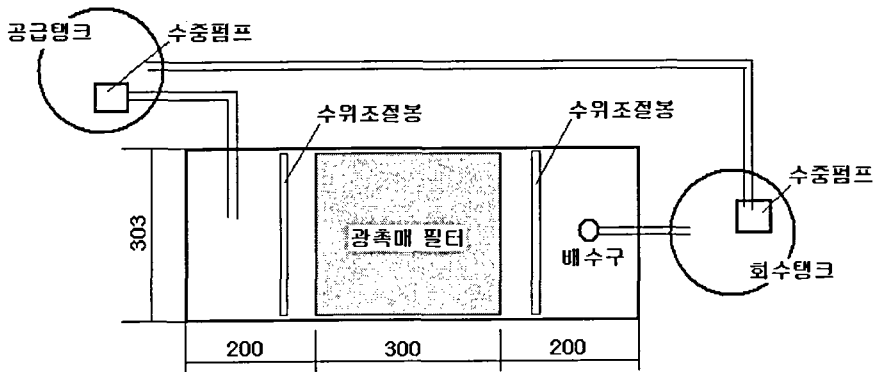


그림 1 광촉매 반응 요인시험장치 구성도

나. 실험방법

1) 인공광시험

태양광에 대한 가시광 응답형 광촉매 시스템에 의한 배양액 살균 및 정화 성능의 비교를 위하여 자외광을 조사했을 때의 광촉매에 의한 배양액의 살균 및 정화 성능을 시험하기 위하여 그림 1의 처리조 내의 광촉매 필터 위에 그림 2와 같이 자외광 조사장치를 설치하여 실시하였다.

실내에서 자외선등(일본, Sankyo Denki Co. 15W) 2개를 20cm, 30cm, 40cm, 50cm 높이

에서 조사할 수 있도록 시스템을 구성하였으며, 자외선이 조사되는 동안 산화티탄 필터에 태양광선 등 외부광이 들어가지 않도록 위하여 검은 막으로 차단하였다. 공급탱크와 집수탱크는 15ℓ의 용량이며, 각 탱크 내에는 수중펌프를 설치하여 희석액의 공급과 처리 후 집수액을 다시 반복 처리할 수 있도록 공급탱크로 회수하도록 하였다. 또한 각 탱크 내에 소형 수중펌프를 이용하여 균 밀도가 균일하게 되도록 하였다.

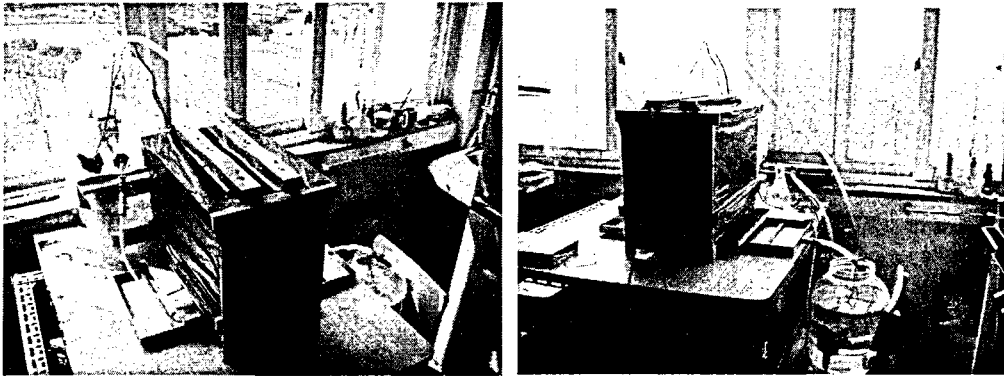


그림 2 인공광 이용 가시광응답형 광촉매반응 요인시험장치

2) 태양광시험

가시광 응답형 광촉매 시스템을 이용하여 배양액의 살균 및 정화를 실용화함에 있어서 운전비용을 최소화하기 위하여 태양광을 이용하여 살균 및 정화 시험을 실시하였다. 시험은 그림 1의 시스템을 그림 3과 같이 처리조 내의 광촉매 필터가 실험실 외부의 태양광에 노출되도록 설치하고 탄저균 희석액의 균 농도 측정 후 처리조를 통과하여 나오는 희석액을 수집탱크에 집수하여 균농도를 측정하여 1회 처리로 하고, 다시 이것을 다시 수집탱크내의 수중펌프로 공급탱크로 보내서 재차 처리하는 것을 반복 하여 총 14회 실시하였다.



그림 3 태양광 이용 가시광 응답형 광촉매 살균 요인시험 장치

3. 결과 및 고찰

가. 자외광 조사 높이별 살균성능

그림 4는 인공광원인 자외광의 조사 높이에 따른 시스템의 살균성능의 결과를 나타낸 것이다. 이것은 시스템의 살균성능의 비교를 위해서 사용한 자외광응답형 세라믹 필터의 살균성능 시험에 자외선등의 조사높이를 결정하기 위한 것으로 조사 높이 40cm에서 가장 좋은 살균성능을 나타내었다. 이것은 자외선등(일본, Sankyo Denki Co. 15W) 2개와 필터의 크기와의 적합성에 기인한 것으로 생각된다.

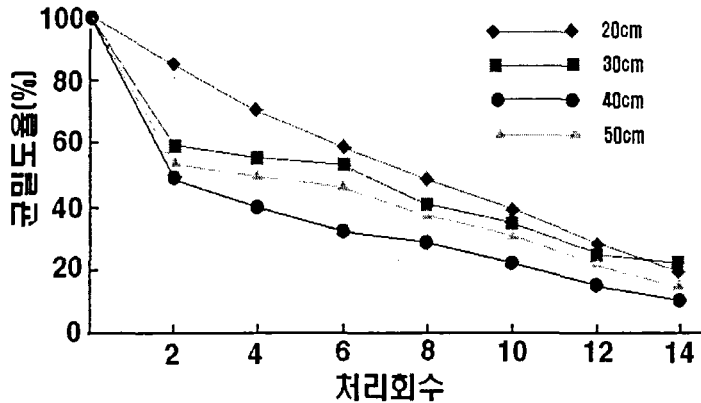


그림 4 광조사 높이 및 처리회수별 균 밀도 변화

나. 산화티탄 광촉매 필터 종류별 살균성능

그림 5는 산화티탄 광촉매를 코팅한 필터의 종류별로 자외광을 조사하였을 때의 살균성능을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 같은 크기의 필터를 사용하는 경우, 세라믹 필터가 메탈필터보다 살균성능이 우수하게 나타났으며, 가시광 응답형과 자외광 응답형과의 차이는 적었다. 이것은 광원으로 자외광을 조사하였기 때문이다. 그러나 후술하는 태양광에서는 광원에 의한 살균성능의 차이가 크게 나타났다.

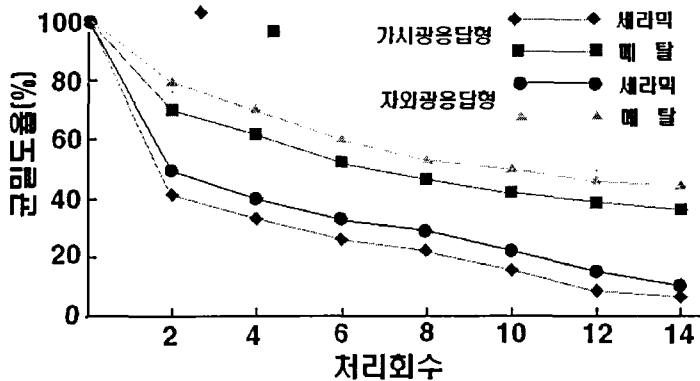


그림 5 필터 종류 및 처리회수별 균 밀도 변화

다. 광원별 살균성능

그림 6은 가시광 응답형 광촉매를 코팅 필터의 종류별로 태양광 및 자외광의 광원별 살균성능을 처리회수별로 균밀도로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 세라믹필터가 메탈필터 보다 살균성능이 우수하였으며, 또한 태양광이 자외광보다 우수한 살균성능을 보였다. 가시광 응답형 필터만의 시험이기 때문에 광원의 차이는 크지 않고 필터의 종류에 따라 살균성능의 차이가 크게 나타났지만, 현재 분석중인 자외광 응답형필터보다 가시광 응답형이 우수할 것으로 기대된다.

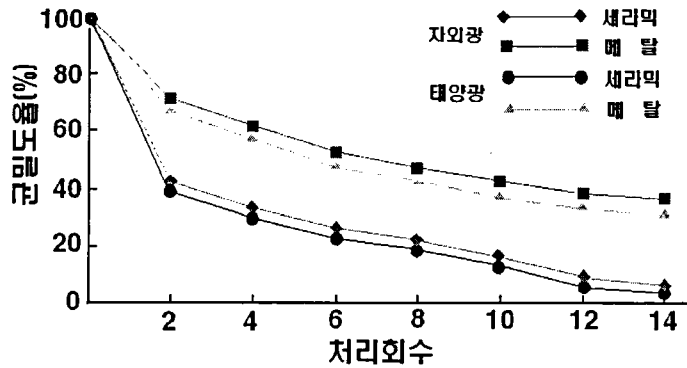


그림 6 광원별 필터종류별 처리회수에 따른 균 밀도 변화

4. 결론

근년, 국내에 시설재배가 보급되기 시작하면서 배양액의 폐액으로 인한 환경오염의 심각성과 더불어 생산소요경비의 저감 측면에서도 배양액의 재이용 시스템의 개발은 절실하다. 태양광 등 자연에너지만으로 환경오염물질의 분해 제거가 가능한 광촉매의 실용화는 농업생산의 장에서는 대단히 중요하다.

이에 본 연구는 가시광응답형 광촉매 살균장치를 이용한 수경재배 배양액의 살균 및 정화 시스템을 개발하기 위하여 수행한 요인시험으로 수도수에 탄저균 포자를 희석하여 배양액을 흘려 균밀도가 감소하는 방법으로 실시하였으며, 그 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 인공광 시험에서 자외광의 조사 높이는 40cm에서 가장 좋은 살균성능을 나타내었다.
- 2) 가시광응답형 산화티탄 광촉매 세라믹필터가 자외광응답형 산화티탄 광촉매 세라믹필터 보다 살균성능이 우수하였다.
- 3) 가시광응답형 산화티탄을 코팅한 세라믹필터 및 메탈필터의 광촉매에 의한 살균성능은 세라믹 필터가 우수하였다.
- 4) 가시광응답형 산화티탄을 코팅한 세라믹필터 광촉매에 의한 살균성능은 태양광이 자외광보다 우수하였다.
- 5) 가시광응답형 산화티탄을 코팅한 세라믹필터(300×300×10mm) 1매로서 구성된 필터에 배양액을 태양광 조건에서 14회 통과시키면 균밀도가 10% 이내로 감소하였다.

5. 참고문헌

- (1) K.Sunada, N.Ohnishi, K.Hashimoto, New Application of Photoinduced Super-hydrophilic TiO₂ Surface Cooling System Using Rainwater and Sun Light, 14th INTERNATIONAL CONFERENCE on PHOTOCHEMICAL CONVERSION and STORAGE of SOLAR ENERGY, Book of Abstracts, 2002, W2-P-30
- (2) H.Kiriya, K.Sunada, T.Isowa, K.Hashimoto, Purification System of Soil Polluted by VCOCs Utilizing Solar Light and Photocatalyst Sheets, 21st INTERNATIONAL CONFERENCE on PHOTOCHEMISTRY, Book of Abstracts, 2003, 580
- (3) Jae-Seoun Hur and Youngjin Koh, Bactericidal activity and water purification of immobilized TiO₂ photocatalyst in bean sprout cultivation, Biotechnology Letters 24, 2002, 23-25
- (4) Y.Miyama, K.Sunada, K.Hashimoto, Photocatalytic Water Treatment of Tomato Hydroponic Culture System using Solar Light, 14th INTERNATIONAL CONFERENCE on PHOTOCHEMICAL CONVERSION and STORAGE of SOLAR ENERGY, Book of Abstracts, 2002, W2-P-34
- (5) Y.Miyama, K.Sunada, S.Fujiwara, K.Hashimoto, Waste water treatment utilizing solar light and large area, 8th INTERNATIONAL CONFERENCE on TiO₂ Photocatalysis, Book of Abstracts, 2003, 197-198
- (6) Y.Miyama, K.Sunada, M.kubo, A.Soga, K.Kusano, S.Fujiwara, K.Hashimoto, photocatalytic Degradation of Pesticides. in Water Using Solar Light, 21th INTERNATIONAL CONFERENCE on PHOTOCHEMISTRY, Book of Abstracts, 2003, 581
- (7) 橋本和仁, 藤嶋 昭, 圖解光觸媒のすべて, 工業調査會, 2003
- (8) 橋本和仁, 光觸媒技術と實用化戰略, पीकेसी, 2002
- (9) 橋本和仁, 入江 寛, 砂田香矢乃, 室内對應型光觸媒への挑戰, 工業調査會, 2004
- (10) 深山陽子, 橋本和仁, 光觸媒について, 11th2004園藝新技術シンポジウム, (社)日本施設園藝協會, 2004, S4-2-1-S4-2-9
- (11) 深山陽子, 砂田香矢乃; 2002, 太陽光による農業廢液処理, 神奈川県地域結集型共同研究事業2002年度研究成果(橋本グループ)
- (12) 深山陽子, 橋本和仁; 2003, 太陽光と光觸媒を用いた養液栽培における培養液の浄化, 農業電化 56(7), pp17-19
- (13) 이인화 외; 1999, 자외선 광촉매 살균장치를 이용한 유리하우스 재배용수 재순환 장치개발, ARPC 최종보고서