

센서를 활용한 시설원예 배지 병원균 검출 및 살균 필요성 분석

손진관*, 강태경*, 이동관*, 박민정*

*농촌진흥청 국립농업과학원

e-mail:son007005@korea.kr

The need for detection and sterilization of fungus in hydroponic solid medium using sensors

Jin-Kwan Son*, Tae-Gyeong Kang*, Dong-Kwan Lee*, Min-Jung Park*

*National Institute of Agriculture Science, Rural Development Administration

요약

본 논문에서는 본 연구에서는 국내 파프리카 수경재배 시설원예단지에서 배출되는 배액 및 배지에 함유된 유해 곰팡이 종을 파악하고, 센서를 활용한 검출 및 살균의 필요성을 제안하고자 한다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 배출되는 배액의 효과적인 살균의 필요성을 제안하여 배액 재이용 가능성을 확인하고자 하였다. 최종적으로 본 연구를 통해 지속 가능한 농업을 위한 시설원예의 개선점과 향후 친환경 시설원예단지 조성 시 살균 시설의 투입 필요성과 당위성 산출 근거의 기초자료를 제공하였다. 분석결과 곰팡이는 파프리카 배지 내에서 총 12종의 유해 곰팡이가 검출되었고, 그 밀도는 130으로 나타났다. 파프리카 수경재배 시설원예 단지 배지 내에서 검출된 곰팡이 중 가장 높은 검출 빈도를 가지는 곰팡이는 *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*으로 높은 살균 저항력을 가지며 극한 조건에서도 생존이 가능한 특성을 가진다. 이처럼 곰팡이균은 양액을 통해서 급속도로 배지 내에서 감염되고 위조병, 청고병, 뿌리/꽃 썩음병 등의 병을 유발한다. 순환식 수경 재배를 위해서는 바이러스, 곰팡이류, 및 박테리아의 영향이 없어야 하며, 배액의 재이용 및 순환식 수경재배 시스템의 정착을 위해서는 적절한 처리가 가능한 수처리 공정이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 연구의 결과를 활용하여 전기충격 방법을 통한 살균 및 영상기법을 통한 검출 등 다양한 센서의 개발 및 활용에 이용될길 기대한다.

1. 서론

우리나라 농업 중 시설원예산업은 많은 소득과 고부가가치를 창출하여 백색혁명으로 평가받아왔다[1]. 이러한 시설원예가 차지하는 비중은 전체 원예산업의 40% 이상으로 큰 비중을 차지하고 있고[2-3] 네덜란드 등 유럽 선진국에서는 95%, 일본에서는 45% 이상이 양액을 재사용하는 순환식 수경재배 방식을 도입했고, 특히 네덜란드는 온실로부터 배출되는 폐액으로부터 지하수의 오염을 막기 위해 2004년 이후 수경재배 방식을 100% 순환식 전환으로 법제화 하고 있다[4]. 순환식 수경재배를 실시하고 정착시키기 위해서는 지속적으로 배액 및 배지 내 발병 가능한 곰팡이, 박테리아 등의 병원균을 모니터링하고, 배액을 재이용하려는 작물의 특성에 알맞도록 살균 문제를 완벽하게 해소해야 하며[5]. 체계적인 시스템을 갖출 때 양액 생산 비용을 절감함과 동시에 배액 폐기에 따른 수질오염을 막을 수 있는 기대효과를 가져올 수 있다[6].

따라서 본 연구에서는 국내 파프리카 수경재배 시설원예단지에서 배출되는 배지에 함유된 유해 곰팡이, 박테리아 종을

파악하고, 센서를 활용한 검출 및 살균의 필요성을 제안하고자 한다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 배출되는 배액의 효과적인 살균의 필요성을 제안하여 배액 재이용 가능성을 확인하고자 하였다. 최종적으로 본 연구를 통해 지속 가능한 농업을 위한 시설원예의 개선점과 향후 친환경 시설원예단지 조성 시 살균 시설의 투입 필요성과 당위성 산출 근거의 기초자료를 제공하였다.

2. 재료 및 방법

작물 생육과정에서 공급된 후 배출되는 배액과 배지 내에서의 유해 곰팡이를 분석하였다. 파프리카 비닐하우스 4곳, 파프리카 유리온실 8곳을 대상으로 선정하였고 12곳의 대상지를 작기 초기(Group 1; Beginning of the cultivation), 중기(Group 2; The middle of the cultivation), 말기(Group 3; The end of the cultivation) 각각 4곳씩 선정하였다. 배지의 샘플링은 작기 시기별로 초기 8월, 중기 1~2월, 말기 6월말(강원도 P시 : 초기 1월, 중기 6월, 말기 9월말)에 각각 분류한 4곳에서 진행하였고, 유해 곰팡이를 분석하여 작물 생육 과정에 따라

유해 곰팡이의 종과 밀도가 어떻게 변화하고 지역별로 어떠한 차이를 보이는지 나타내었다. 마지막으로 대상지 그룹별 배지에서 검출된 곰팡이 종의 밀도를 통계프로그램을 이용하여 나타내었다.

대상 증은 국내 파프리카 수경재배 시 가장 많이 발견되는 증으로 주요 대상 증은 곰팡이 57종을 선별하였다[7]. 주요 대상 곰팡이의 검출은 Eurofins agro사에 DNA multiscan을 의뢰하여 진행하였다(Eurofins scientifics, agro, LLC, Netherland). DNA multiscan는 총 5단계에 걸쳐서 진행되었다.

3. 결과 및 고찰

곰팡이의 검출밀도가 가장 낮은 작기 초기의 1그룹 대상지의 배지에서는 총 3개의 종이 검출되었으며 검출된 증은 *Fusarium sp.*, *Fusarium lactis*, *Stemphyllium sp.*으로 검출되었다. 생물분류단위로는 속, 과, 목, 강 단계에서 모두 2종류의 곰팡이로 분류할 수 있으며, 검출된 곰팡이의 총 농도는 11로 나타났다. 검출밀도가 중간인 작기 중기의 2그룹 대상지의 배지에서는 총 4개의 종(*Fusarium sp.*, *Fusarium lactis*, *Fusarium oxysporum*, *Plectosphaerella cucumerina*)이 검출되었으며, 해당 곰팡이는 2종류의 속, 과, 목 단계와 1종류의 강 단계로 세분화되었다.

[표 1] 파프리카 배지 내 검출 곰팡이 종 분석 결과

Classification	Class	Order	Family	Genus	Species	Total Conc.	
Group 1	A	1	1	1	1	2	8
	B	0	0	0	0	0	0
	C	1	1	1	1	1	3
	D	0	0	0	0	0	0
Mid-total	2	2	2	2	3	11	
Group 2	E	1	2	2	2	3	10
	F	1	1	1	1	2	10
	G	1	1	1	1	2	8
	H	1	1	1	1	2	11
Mid-total	1	2	2	2	4	39	
Group 3	I	4	4	5	5	8	28
	J	2	2	3	3	6	22
	K	2	2	2	2	6	11
	L	3	3	3	3	5	19
Mid-total	3	4	5	6	12	80	
Total Species	3	4	5	6	12	130	

검출 증의 총 농도는 1그룹의 3배 이상인 39로 나타났다. 마지막으로 검출밀도가 가장 높은 작기 말기의 3그룹 대상지의 배지에서는 총 12개의 종(*Fusarium sp.*, *Fusarium lactis*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Phytophthora sp.*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora cinnamomi*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Pythium sp.*, *Pythium*

dissotocum, *Pythium tracheiphyllum*, *Rhizoctonia solani*)이 검출되었고, 해당 곰팡이는 6종류의 속, 5종류의 과, 4종류의 목, 3종류의 강단위로 구분할 수 있었다. 검출 증의 총 농도는 1그룹의 약 8배 높은 80으로 나타났다.

배지의 작기별 그룹간 평균은 Group 1이 0.50 ± 0.58 과 0.75 ± 0.96 종으로 검출 농도는 2.77 ± 3.77 로 확인되었으며, Group 2는 1.25 ± 0.50 과 2.25 ± 0.50 종으로 9.75 ± 1.26 농도, Group 3이 3.25 ± 1.26 과 6.25 ± 1.26 종으로 20.00 ± 7.07 농도로 확인되었다. Avova 분석을 통한 그룹간 차이를 알아본 결과 배지 내 초기, 중기, 말기의 곰팡이 종 검출은 F-value 35.273***로 Group 1, 2에 비해 3이 높다는 통계적 분석결과가 도출되었다.

[표 2] 파프리카 배지 내 검출 곰팡이 종 통계분석 결과

Division	Group 1 (n=4)		Group 2 (n=4)		Group 3 (n=4)		F	post-hoc
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D		
Class	0.50	0.58	1.00	0.00	2.75	0.96	13.4*	1, 2 < 3
Order	0.50	0.58	1.25	0.50	2.75	0.96	10.5*	1, 2 < 3
Family	0.50	0.58	1.25	0.50	3.25	1.26	11.1*	1, 2 < 3
Genus	0.50	0.58	1.25	0.50	3.25	1.26	11.1*	1, 2 < 3
Species	0.75	0.96	2.25	0.50	6.25	1.26	35.2***	1, 2 < 3
Total Conc.	2.75	3.77	9.75	1.26	20.00	7.07	13.7*	1, 2 < 3

Fusarium 속의 곰팡이는 수경재배에서 가장 문제되는 대표적인 곰팡이로 시들음병을 유발하는 것으로 알려져 있으며 [8-9], *Pythium*, *Phytophthora* 속을 포함해 시설재배에서 뿌리를 침해하는 빈도가 높은 균으로 알려져 있는 것과 일맥 상통하는 조사결과이다[10]. *Fusarium*은 사상균에 속하며, *Pythium*과 *Phytophthora*균은 유주자를 형성하는 편모류균에 속하는 병원균이며[8], *Phytophthora*균의 경우 *Pythium*균보다 발생빈도가 낮으나 더 높은 살균 저항력을 가지는 병원균이다. 위의 3종류의 곰팡이 모두 난포자를 형성하고, 극한 조건에서도 수년간 생존이 가능한 특징을 가지므로 적절한 관리방안 수립이 필요하다고 판단된다[11].

4. 결론 및 제언

순환식 수경재배를 정착시키기 위해서는 지속적으로 배액 내 양액 성분을 센싱하여 작물에 필요한 성분을 유지 시켜줌과 동시에 곰팡이, 박테리아와 같은 병원성 미생물에 의한 영향을 줄여야 한다. 분석결과 곰팡이는 파프리카 배지 내에서

총 12종의 유해 곰팡이가 검출되었고, 그 밀도는 130으로 나타났다. 파프리카 수경재배 시설원에 단지 배지 내에서 검출된 곰팡이 중 가장 높은 검출 빈도를 가지는 곰팡이는 *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*으로 높은 살균 저항력을 가지며 극한 조건에서도 생존이 가능한 특성을 가진다. 이처럼 곰팡이균은 양액을 통해서 급속도로 배지 내에서 감염되고 위조병, 청고병, 뿌리/꽃 싹음병 등의 병을 유발한다. 순환식 수경 재배를 위해서는 바이러스, 곰팡이류, 및 박테리아의 영향이 없어야 하며, 배액의 재이용 및 순환식 수경재배 시스템의 정착을 위해서는 적절한 처리가 가능한 수처리 공정이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 연구의 결과를 활용하여 전기충격 방법을 통한 살균 및 영상기법을 통한 검출 등 다양한 센서의 개발 및 활용에 이용되길 기대한다.

참고문헌

- [1] Son, J. K., Kong, M. J., Kang, D. H., Kang, B. H., Yun, S. W., Lee, S. Y., 2016, The Comparative Studies on the Terrestrial Insect Diversity in Protected Horticulture Complex and Paddy Wetland, *J. Wetl. Res.*, 18(4), 395-402.
- [2] Lee, J.H., 2004, The optimum schemes for the removal of Nitrogen and Phosphorus in industrial wastewater, Master thesis, Graduate School of Ajou University, Suwon, Korea.
- [3] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2014, 2013 Greenhouse Status and Vegetable Production Performance, Sejong, Korea.
- [4] Son, J., Choi, D., Kong, M., Yun, S., Park, M., Kang, D., 2019, The Water Quality and Purification Load Assessment of Drain Water of Facility Horticulture Areas, *J. Environ. Sci.*, 28(12), 1199-1208.
- [5] Naidu, G., Ryu, S., Thiruvengkatachari, R., Choi, Y., Jeong, S., Vigneswaran, S., 2019, A critical review on remediation, reuse, and resource recovery from acid mine drainage, *Environ. Pollut.*, 247, 1110-1124.
- [6] Baek, S. E., Kim, D. S., Park, Y. S., 2012b, Inactivation of *Ralstonia Solanacearum* using aquatic plasma process, *J. Environ. Sci.*, 21(7), 797-804.
- [7] Kim, G. D., Lee, S., Kang, E. H., Shin, Y. G., Jeon, J. Y., Heo, N. Y., Lee, H. S., 2013, The pests survey of paprika export complexes and packing house in Korea, *Korean J. Agric. Sci.*, 40(2), 93-99.
- [8] Lee, M.H., Kim, S.E., Lee, S.D., Lee, J.E., Kim, H.S., Cho, S.K., Sim, S.Y., Kim, Y.S. 2016. Development of Drainage Water Disinfection System by Electric Shock in Recirculating Soilless Culture. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 25(1), 49-56.
- [9] Jimenez, J. J., Sanchez, J. E., Romero, M. A., Belbahri, L., Trapero, A., Lefort, F., Sanchez, M. E., 2008, Pathogenicity of *Pythium spiculum* and *P. sterillum* on feeder roots of *Quercus rotundifolia*, *Plant Pathol.*, 57(2).
- [10] Kusakari, S. 2009. Disease and control on hydroponics. *Nobunskyo*. p. 21-25.
- [11] Raudales, R. E., Parke, J. L., Guy, C. L., Fisher, P. R., 2014, Control of waterborne microbes in irrigation: A review, *Agric. Manage. Water Qual.*, 143, 9-28

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ015104012020)의 지원에 의해 이루어진 것임