

과제구분	기관고유	수행시기	전반기	
전략체계	4-1-1	기술분야 및 품목표준코드	C10	
과제번호	LP0040732022		VC010999	
과 제 명		수행기간	과제책임자	
과채류 수경재배 시 배액 활용 기술 체계화		'19~'22	경상남도농업기술원 (원예연구과)	박은지
1) 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술 개발		'19~'22	경상남도농업기술원 (원예연구과)	박은지
책임용어	배액, 재사용, 순환식, 수경재배			

배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술 개발

Recycling Hydroponic Cultivation Technology Development According to Drainage Reusing

Eun-Jee Park*, Hyo-Jeong Jin*, Suk-Han Yoon*, Woo-il Kim*, and Hye-sook Yoon*

*Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju, Korea

ABSTRACT : Recirculating hydroponic cultivation has been proposed as an alternative to nutrient loss due to wastewater discharge in non-recirculating hydroponic cultivation. It has been estimated that 13 billion tons of wastewater are discharged annually from non-recirculating hydroponic cultivation, resulting in a loss of 20% of the nutrients used. Recirculating hydroponic cultivation reduces groundwater contamination caused by excess nutrients. It can save water and fertilizer by 30% to 50%, making it an efficient approach for protecting water resources and promoting resource recycling.

This study investigated the effectiveness of recirculating hydroponics as an alternative to address the issue of fertilizer loss caused by the discharge of nutrient solution in non-circulating hydroponics. The experiment found no significant differences in growth characteristics and yield between recirculating and non-circulating hydroponics in the long-term cultivation of paprika. Using a deep-slide (microbial testing kit) showed that the recirculating hydroponics system effectively removed fungi and bacteria in the nutrient solution through the NUF membrane filter, indicating its effectiveness in disinfecting the nutrient solution. The study suggests that using an inorganic component rapid diagnostic kit can save costs due to its high correlation coefficient with instrument analysis values.

Key word : drainage Reusing, recirculating hydroponics, NUF membrane filter



1. 연구목표

비순환식 수경재배 시 폐양액 배출에 따른 비료손실은 사용량의 약 20%로 추정하였을 때 연간 13억톤(세계), 0.4억톤(한국)이 배출되고 있다(이용범 등, 2016). 이에 따라 해외에서는 폐양액 처리와 관련된 법령을 제정하여 온실에서 사용되는 폐양액이 방출되지 않도록 농가와 정부간 협약을 맺고 있다(aTkati 등, 2014). 우리나라도 친환경농업 육성법(법률 제9623호) 및 시행규칙(농림수산물식품부령 제73호)에서 수경재배 농산물의 친환경농산물 인증 시 “수경재배 및 양액재배 방식은 순환식 등으로 하여 양액으로 인한 환경오염이 없어야 함(제9조 인증기준)”으로 명시하고 있다. 순환식 수경재배는 폐양액 배출에 따른 오염의 대책으로서 비료염으로 인한 지하수 오염을 경감시킬 뿐만 아니라 물 30%, 비료 30~50%를 절감할 수 있어 수자원보호와 자원재활용 측면에서 매우 효과적이다(장동철 등, 2017).

배액 재활용 시 살균 불신 및 순환식 시스템 구축에 따른 경제적 문제 등을 고려할 때 배액 재활용에 관한 재배 기술의 정립이 필요하다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 기술원 내의 하이테크 온실에서 2019년부터 2022년까지 4년간 수행하였으며 시험별 재료 및 방법은 아래와 같다.

<시험 1> 순환식 수경재배 실태 조사

본 실태조사는 경남지역의 순환식 수경재배 실태를 위해 2019년 2월부터 10월까지 수행하였으며 조사 방법은 방문 조사와 전화 설문 조사로 진행하였다. 경남지역의 순환식 수경재배 조사 농가는 총 10개 농가이며, 비교 분석을 위하여 전라북도 2개 농가와 충청남도 5개 농가를 추가로 수행하였다. 조사내용은 온실규모, 재배작물, 살균방식, 배액 재활용 시기, 주요 애로사항 등이다.

<시험 2> 순환식 수경재배 간이 측정 키트를 이용한 급배액 양분 모니터링 기술 개발

본 시험은 양액의 무기성분 간이측정 키트가 기기분석한 결과값과 상관관계가 있는지 알아보기 위해 2020년 3월부터 6월까지 기술원 내 하이테크 온실에서 수행하였다. 시험재료는 파프리카 ‘시로코’ 품종을 사용하였으며 재배방식은 순환식과 비순환식 2처리로 하였다. 순환식 시험구는 배액 재사용율을 30% 배액 + 70% 양액으로 하였으며, 코크피트베지(Bio Grow Air⁺, 120cm × 12cm × 7.5cm)에 재식밀도가 m² 당 6.8줄기가 되도록 정식하였다. 조사항목은 배액의 무기성분(NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)으로 간이측정키트와 기기 분석값을 비교 분석하였다.

<시험 3> 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술 개발

본 시험은 과채류(파프리카)의 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술을 모색하기 위하여 2021년 9월부터 2022년 6월까지 기술원 내 하이테크 온실에서 수행하였다. 시험재료는 파프리카 ‘시로코’ 품종을 사용하였으며 2021년 9월 3일 정식하였다. 재배방식은 순환식(미보정, 보정)과 비순환식 총 3처리로 하였으며, 순환식 보정처리구는 배액을 분석하여 그로단표준액을 기준으로 양액을 보정한 후 처방하였다. 순환식 시험구는 배액 재사용율을 30% 배액+70% 양액으로 하였으며, 코크피트베지(120cm×12cm×7.5cm)에 재식밀도가 m² 당 6.8줄기가 되도록 정식하였다. 생육 특성조사는 전 생육기간을 6마디씩 나누어 총

여섯 단계로(Group 1: 1-6 마디, Group 2: 7-12마디, Group 3: 13-18마디, Group 4: 19-24마디, Group 5: 25마디 이상) 구분하여 초장, 엽장, 엽폭, 분지수, SPAD를 2주간격으로 조사하였고, 과실 특성조사는 마디수, 착과여부, 수확갯수, 수확량, 평균과중 등을 주지별로 상시 조사하였다. 마지막으로 딥슬라이드 검정 키트(DIP-SLIDE Test Kits)를 활용하여 처리별 공급액과 배액의 세균과 진균 표면감염수준(CFU/cm²)을 2021년 11월부터 2022년 5월까지 매월 1회 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

<시험 1> 순환식 수경재배 실태 조사

본 연구는 순환식 수경재배 실태를 조사하기 위하여 경남지역 순환식 수경재배 10농가와 기타 지역 순환식 수경재배 7농가(전북지역 2농가, 충남지역 5농가)를 조사하였다. 먼저 경남지역 순환식 수경재배 농가는 56%가 2ha 이상의 규모로 100% 파프리카 재배농가였다. 그리고 조사농가의 67%가 보조사업을 통해 시설을 구축하였으며, 살균방식은 UV 방식이 78%로 대부분을 차지하고 있었다. 또한 경남 지역 조사농가의 67%가 3~6월만 배액을 재활용하여 경제성이 낮은 측면이 있었다.

반면 전북과 충남 지역 조사농가의 규모는 2ha이상이 43%이며, 토마토가 86%였다. 전북과 충남 지역 조사농가의 86%가 보조사업을 통해 시설 구축하였으며, 살균방식은 조사농가 대부분인 86%가 필터방식이였다. 전북과 충남 지역 조사농가의 28%가 전작기 배액을 재활용하고 있었다.

순환식 수경재배의 주요 애로사항으로는 살균 불신, 짧은 재활용에 의한 경제성 부족, 국산 양액기와의 호환성 부족 및 정책 지원 등이 있었다.

<시험 2> 순환식 수경재배 간이 측정 키트를 이용한 급배액 양분 모니터링 기술 개발

농가에서 양액의 무기성분 및 오염에 대한 검사를 위해서는 국가기관이나 전문가에게 의뢰해야하기 때문에 절차가 굉장히 까다롭고 결과값을 받는데 시간이 오래 걸려 제때 양액 또는 배액 무기성분을 알 수가 없다. 그러므로 본 연구는 양액의 무기성분 간이측정 키트 활용성 증대를 위해 기기분석한 결과값과 상관관계가 얼마나 있는지 알아보았다.

양액의 간이측정법과 분석치의 상관관계를 조사한 결과, 순환식/비순환식 양액의 NO₃-N, Ca, Mg, NH₄-N, PO₄-P은 양액의 간이진단키트 측정값과 기기분석 값의 상관관계수 0.90 이상으로 상관관계가 높게 나타났으나, K의 경우 상관관계수가 -0.14로 낮은 상관관계를 나타내었다(그림 1). 이에 따라 무기성분 간이측정 키트를 활용하여 농가에서 쉽게 분석할 수 있도록 '간이측정키트를 이용한 수경재배 무기성분 분석법 동영상 활용' 영상을 제작하여 영농기술정보로 활용하였다.

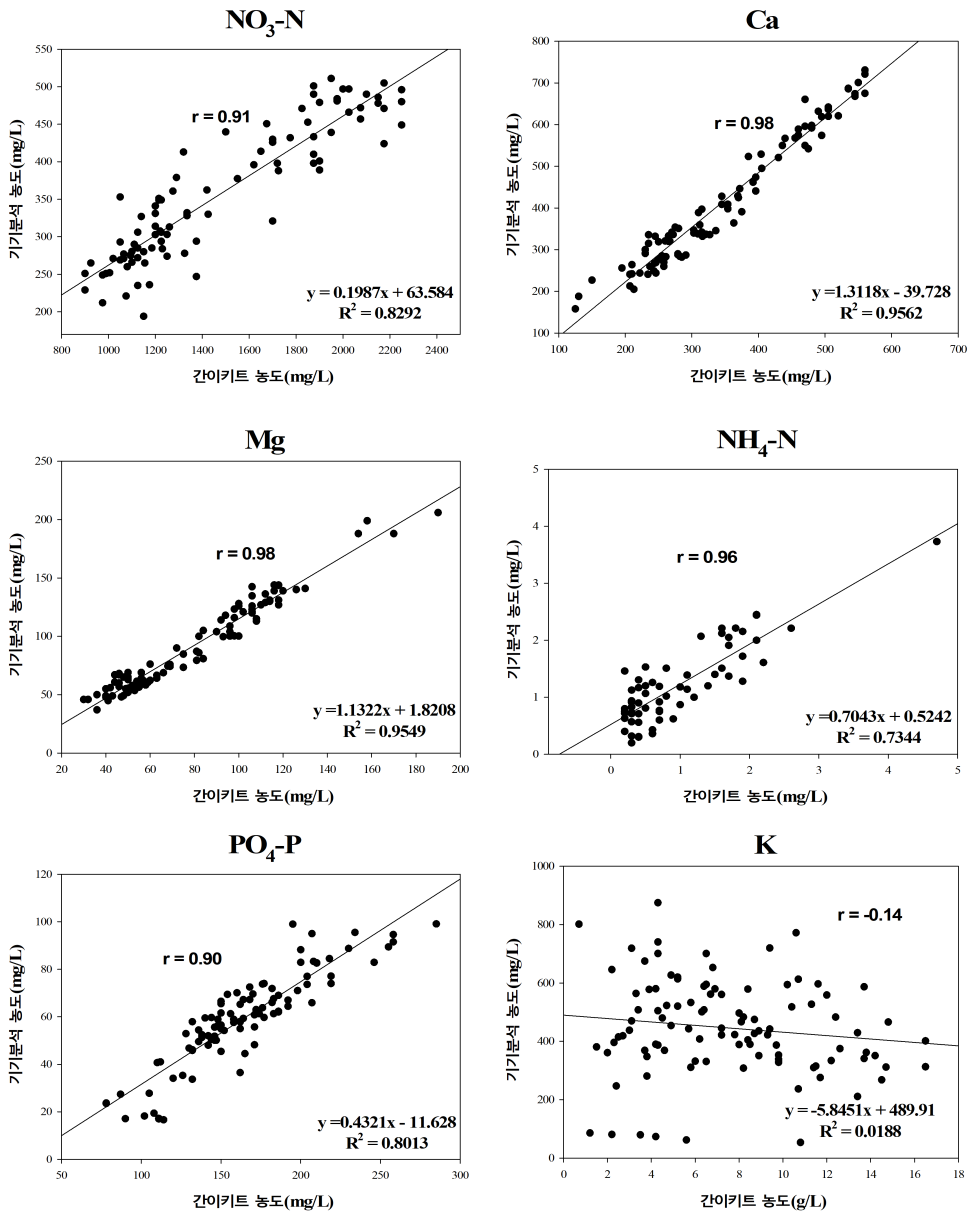


그림 1. 순환식/비순환식 양액의 간이진단키트 측정값과 실험실 기기분석 값의 상관관계

<시험 3> 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술 개발

본 연구는 파채류(파프리카)의 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술을 모색하기 위하여 수행하였다. 파프리카 장기재배 시 생육특성은 비순환식 수경재배 처리구와 순환식 수경재배 처리구 모두 유의차가 없었으며 처리에 따른 생육은 차이가 없었다(표 1). 이를 보았을 때, 비순환식과 순환식 처리 간의 생육은 차이가 없는 것으로 판단되었다. 타 기관의 선

행 연구결과에서도 파프리카 재배 시 0, 20, 30% 재사용 시험구의 PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^+ 의 변화는 미미하였고 30% 재사용 시험구에서 6월에 다소 결핍되는 양상 보이지만 생육적인 문제가 발생하지 않았다(이경환 등, 2018)라고 보고된 바 있다.

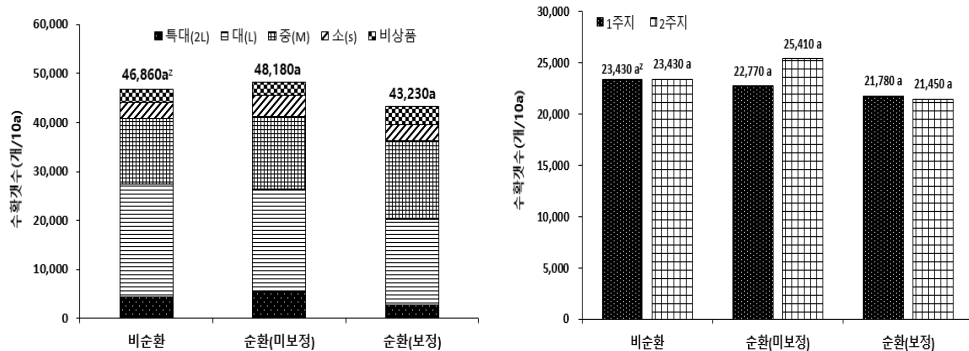
재배방식에 따른 파프리카 수확갯수는 비순환식과 순환식 모두 유의차가 없었으며, 순환식 수경재배 시 비순환식 수경재배와 비교하여 수량감소가 거의 차이나지 않았다(그림 1). 그림 1에서 순환식 보정처리구의 수확갯수가 타 처리보다 다소 낮아 보이지만 통계처리를 한 결과를 보면 유의차가 없었으므로 비순환과 순환식 처리간의 차이는 거의 없다고 판단되었다.

재배방식에 따른 파프리카 생산량은 비순환식과 순환식 미보정 처리구는 유의한 차이가 없었으나, 순환식 보정처리구는 상대적으로 생산량이 다소 낮았다(그림 2). 그러므로 비순환식과 순환식처리구 생산량을 경향치로 판단해 볼 때, 순환식이 비순환식과 비교하여 큰 차이가 나지는 않았지만 추후 생산량에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단되었다. 참고적으로 농촌진흥청에서 수행한 ‘순환식 수경재배를 위한 적정 배액 재사용 규명 과제’에 따르면 코코피트 배지를 사용한 파프리카 순환식 수경재배 시 배액을 새 양액과 희석하여 재사용할 경우 초기 생육의 저하로 인한 생산량 감소를 유의하여 관리한다면 중기 생육 이후부터는 무기이온의 불균형이 발생하여도 작물생육이 안정기에 접어들어 재사용으로 인한 생육 및 수량감소를 우려하지 않아도 될 것으로 판단된다(이경환 등, 2018)고 보고된 바 있다.

표 1. 파프리카 생육특성(2022.5.22.)

재배방식	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	분지수 (개)	SPAD	
비순환식	257.8a ^z	19.2a	10.9a	34.6a	39.4a	
순환식	미보정	264.7a	17.9a	9.8a	33.3a	39.7a
	보정	268.0a	19.0a	10.0a	34.1a	40.1a

^z DMRT(0.05)



^z LSD(0.05)

※ 상품과 기준 : 특대(240g이상), 대(180~239g), 중(140~179g), 소(110~139g), 비상품과(109g이하)

그림 1. 재배방식에 따른 파프리카 수확갯수(2021.12.21.~2022.5.27.)

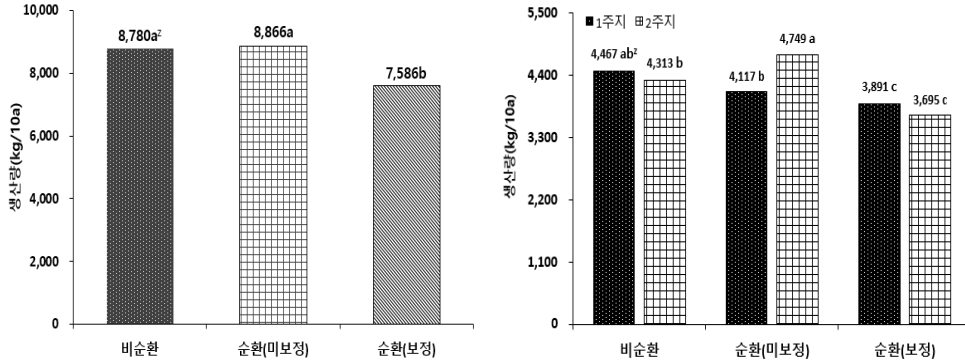


그림 2. 재배방식에 따른 파프리카 생산량(2021.12.21.~2022.5.27.)

딥슬라이드(DIP-SLIDE)는 세균과 진균의 표면감염수준(CFU/cm²)을 보여주는 미생물 검정 키트이다. 공급액과 배액의 표면감염수준(CFU/cm²) 그래프를 보았을 때, 순환식 시험처리구의 배액에서 진균과 세균이 검출되었으나, 공급액에서는 파프리카 성장 전기간 오염이 없었다(그림 3). 이 결과로 판단해볼 때, 배액이 NUF 박막필터를 거친 후 공급액이 오염이 전 기간 없었으므로 NUF 박막필터가 배액 살균에 효과적임을 확인할 수 있었다.

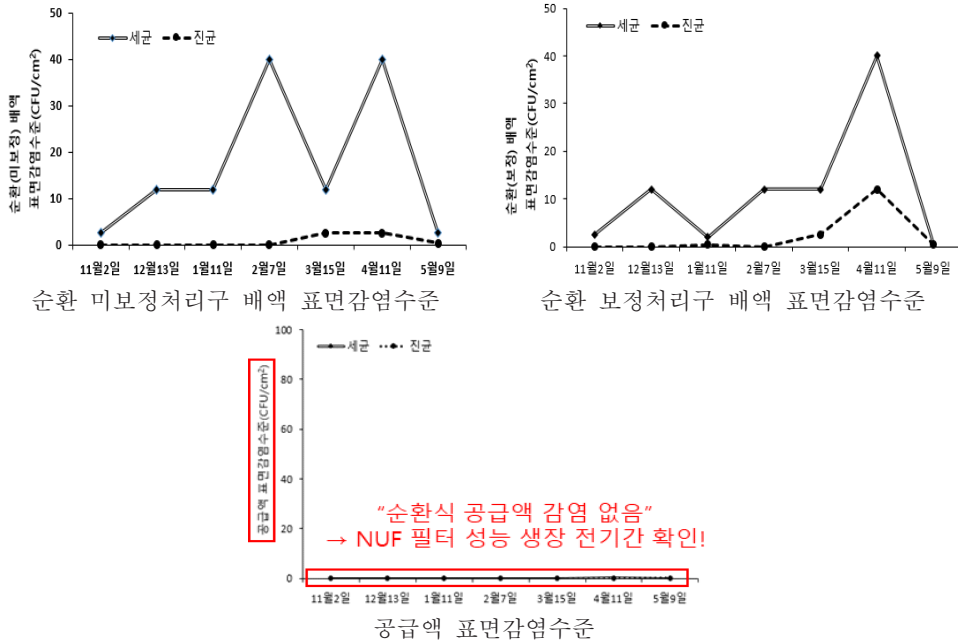


그림 3. 딥슬라이드(미생물 검정 키트) 활용 처리별 미생물 변화(2021.11.2.~2022.5.9.)

4. 결과요약

본 시험은 과채류(파프리카)의 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술을 모색하기 위하여 2019년부터 2022년까지 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 순환식 수경재배 실태 조사 결과, 경남지역 조사농가의 대다수(56%)는 2ha 이상의 규모로 100% 파프리카를 재배하는 농가이며, 보조사업을 통해 시설 구축한 농가가 67%를 차지하였습니다. 살균 방식으로는 UV 방식이 78%로 대부분을 차지하였습니다. 반면, 전북과 충남 지역 조사농가의 규모는 2ha 이상이 43%이며, 토마토가 86%를 차지하였습니다. 전북과 충남 지역 조사농가의 대다수(86%)는 보조사업을 통해 시설 구축하였으며, 살균 방식으로는 필터방식이 대부분(86%)이었습니다. 또한, 순환식 수경재배의 주요 애로사항으로는 살균 불신, 경제성 부족, 국산 양액기와 의 호환성 부족, 정책 지원 등이었음
- 나. 순환식/비순환식 양액의 $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca, Mg, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 은 양액의 간이진단키트 측정값과 기기분석 값의 상관관계수 0.90 이상으로 상관관계가 높게 나타났으나 K의 경우 상관관계수가 -0.14로 낮은 상관관계를 나타내었음
- 다. 파프리카 장기재배 시 비순환식 수경재배 처리구와 순환식 수경재배 처리구의 생육 특성은 모두 유의차가 없었음
- 라. 재배방식에 따른 파프리카 수확갯수는 비순환식과 순환식 모두 유의차가 없는 것을 보았을 때, 순환식 수경재배 시 비순환식 수경재배와 비교하여 수량감소가 거의 차이 나지 않았음
- 마. 재배방식에 따른 파프리카 생산량은 비순환식과 순환식에서 거의 비슷한 경향이었음
- 바. 덤슬라이드(미생물 검정 키트) 활용 처리별 미생물 변화 그래프를 보았을 때, 순환식 시험처리구의 배액에서 진균과 세균이 검출되었으나 NUF 박막필터를 거친 후 공급액에서 파프리카 생장 전기간 오염이 없었으므로 배액 살균에 효과적임을 확인하였음

5. 인용문헌

- 이용범, 손정익, 최은영, 이한철, 배임성, 이승복. 2016. 배양액 재활용 및 극소화 수경재배 시스템 개발 최종보고서. 농림축산식품부. p25-30
- aTkati. 2014. Current industrial trends in Paprika. Company report, Korea Aro-Fisheries & Food Trade Corporation, Seoul, Korea.
- 장동철, 최기영, 김일섭. 2017. 순환식 수경재배에서 배액 재사용율이 여름작형 파프리카의 생육 및 수량에 미치는 영향. 시설원예·식물공장 제26권 제1호 p.7-12
- 농촌진흥청, 2016, 수출 과채류의 친환경 배지를 이용한 순환식 수경재배 기술 개발. p.204-207



6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2021년도 (3년차)	영농기술정보	○ 파프리카 순환식 수경재배를 위한 배액 재활용 방법
	학술발표	○ 순환식수경재배 시 배양액 양분 분석을 위한 간이 키트의 적용 가능성
2020년도 (2년차)	영농기술정보	○ 간이 측정 킷을 이용한 수경재배 무기성분 분석법 동영상 활용
2019년도 (1년차)	정책자료	○ 순환식 수경재배 농가 배양액 오염 확인 키트 및 분석지원

7. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도			
						'19	'20	'21	'22
1) 배액 재사용에 따른 순환식 수경재배 기술 개발	책 임 자	원예연구과	농업연구사	박은지	총괄수행				○
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	정경희	조사분석	○			
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	진효정	조사분석	○	○	○	
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	윤석환	조사분석		○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	김우일	조사분석		○	○	○
	공동연구자	작물연구과	농업연구관	황연현	조사분석		○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	윤혜숙	결과검토				○
	공동연구자	농업기술원	농업연구관	김영광	총괄검토				○