과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
시설채소 안정생산 기술 개발		채소	’23~’27	원예연구과	이진구
시설가지 수경재배 급액관리 기술 개발		채소	’24~’25	원예연구과	**황지은**
색인용어	채소, 가지, 시설재배, 수경재배				

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of irrigation initiation timing after transplanting and substrate composition on root-zone environment and productivity of greenhouse-grown eggplant under hydroponic conditions. In the first-year experiment, irrigation was initiated when substrate moisture content decreased by 5%, 10%, and 15% after transplanting to determine the optimal irrigation timing. In the second-year experiment, the effects of substrate composition were evaluated using cocopeat substrates (dust:chip ratios of 3:7 and 5:5) and peat-based substrate.

In the first-year experiment, under semi-forcing cultivation, irrigation initiated after a 10% decrease in substrate moisture resulted in the highest shoot fresh weight (519.4g/plant) and yield (6,059kg/10a). In contrast, under forcing cultivation, irrigation initiated after a 5% decrease produced the highest yield (3,318kg/10a).

In the second-year experiment, the highest yield in semi-forcing cultivation was obtained from the peat-based substrate, reaching 6,716kg/10a. In forcing cultivation, the cocopeat substrate with a dust:chip ratio of 5:5 produced the highest yield (3,573kg/10a). The higher yield of peat substrate in semi-forcing cultivation was attributed to its high water holding capacity, which maintained stable moisture conditions during early growth. In contrast, the balanced water retention and aeration properties of the cocopeat (5:5) substrate contributed to maintaining stable root-zone conditions during low-temperature periods in forcing cultivation.

These results indicate that irrigation management based on substrate moisture and appropriate substrate selection according to cultivation season are important factors for improving productivity in greenhouse hydroponic eggplant production.

Key word : Vegetable, Eggplant, Facility cultivation, Hydroponics

1. 연구목표

시설 가지 수경재배는 환경제어를 통해 연중 안정적인 생산이 가능하고 노동력 절감 및 품질 균일화 측면에서 장점을 지니고 있어 재배면적이 지속적으로 확대되고 있다. 그러나 정식 초기 근권 환경 관리가 미흡할 경우 뿌리 활착이 지연되거나 불량해져 줄기 직경이 가늘어지고 잎이 얇아지는 등 초기 생육이 저하되며, 이러한 생육 불안정은 생육 후기까지 지속되어 수량 감소로 이어질 수 있다(김현우 등, 2018).

가지(*Solanum melongena L.*)는 정식 직후 초기 생육 단계에서 뿌리 신장이 원활하게 이루어져야 지상부 생육과 생식생장이 안정적으로 진행되는 작물이다. 그러나 시설 수경재배 현장에서는 정식 직후 배지가 과습한 상태로 유지되는 경우가 많아 근권 내 산소 공급이 제한되고, 이로 인해 뿌리 활력이 저하되는 문제가 발생한다. 일반적으로 농가에서는 정식 후 배액률 약 30% 수준으로 양액을 공급하거나 경험적으로 단수를 실시하고 있으나, 급액 개시 시점에 대한 정량적이고 과학적인 기준은 명확히 제시되지 않은 실정이다.

선행 연구에 따르면 토마토와 파프리카 등 과채류에서 정식 초기 배지 수분을 일정 수준까지 낮춘 후 급액을 개시할 경우 뿌리의 신장이 촉진되고, 초기 생육 및 수량이 향상되는 효과가 있는 것으로 보고되었다(박영수 등, 2016; Sonneveld and Voogt, 2009). 이러한 결과는 정식 초기 급액 관리가 근권 발달과 생육 안정화에 중요한 요인임을 시사하나, 가지 수경재배를 대상으로 배지 수분함량을 기준으로 급액 시기를 설정한 연구가 미흡한 실정이다.

한편, 최근 시설가지 재배 농가에서는 정식 초기 활착 불량 문제를 개선하기 위한 방안으로 코코피트 슬라브 사용이 확대되고 있다. 코코피트 슬라브는 굵은 입자의 chip과 미세 섬유질인 dust로 구성되어 있으며, 이들의 혼합 비율에 따라 배지의 공극률, 보수성 및 배수성이 달라져 작물의 근권 환경과 양분 흡수 특성에 영향을 미친다(Abad et al., 2005). 일반적으로 chip 비율이 높을수록 통기성은 향상되나 수분 보유력은 감소하며, dust 비율이 높을 경우 과습에 따른 근권 스트레스가 발생할 가능성이 있는 것으로 알려져 있다. 또한 가지 전용으로 시판되는 피트모스 배지는 일정 수준의 보수성과 완충능을 갖는 장점이 있으나, 재배 환경이나 관리 조건에 따라 근권 통기성이 저하될 경우 뿌리 생육이 제한될 수 있다는 보고도 있다(Lee et al., 2017). 그러나 현장에서 보편적으로 사용되는 코코피트 슬라브의 혼합 비율 차이(dust:chip)와 피트모스 배지를 비교하여, 근권 발달과 생육 특성 및 수량 반응을 체계적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 시설 가지 수경재배에서 정식 초기 배지 수분함량을 기준으로 한 급액 시기 설정과 배지 조성에 따른 근권 발달, 생육 특성 및 수량 반응을 분석함으로써, 뿌리 활착이 우수하고 생육이 안정적인 초기 재배 관리 기술을 확립하고자 한다. 이를 통해 시설가지 수경재배의 생산성 향상과 재배 안정성 확보를 위한 현장 적용형 재배 관리 기준을 제시하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

〈시험 1〉 정식 후 급액시기 설정

본 연구에서는 90일 재배된 '톨밤비가' 대목에 접목한 무수정가지 'TNA-114(오토킹)'을 시험품종으로 하였다. 경기도 화성시 소재 경기도농업기술원 내 3연동 비닐하우스를 3구역으로 나누어 수행하였으며 배지는 코코피트 슬라브(100×20×10cm, Hyosung onb, Grow bag)는 dust : chip = 3 : 7로 혼합해 사용하였으며 코코피트 슬라브 1개당 3주씩 총 540주를 정식하였다. 1년 차 시험의 시험 작형은 2024년 2월 26일에 정식하여 2024년 7월 30일까지 재배하는 반촉성재배작형과 2024년 8월 28일에 정식하여 2024년 12월 30일까지 재배하는 촉성재배 작형 2가지로 나눠서 수행하였다.

양액 공급은 주당 드리퍼 한 개씩을 근권부에 설치하였고 급액 방법은 각 처리별 설정한 누적일사량 급액개시점인 70J/㎠ 도달시 외부 누적일사량을 기반으로 한 자동양액관수제어기(Magma-1000 V 2.0, Green Control System Ltd, Korea)를 통해 공급하였다. 처리별 정식 후 첫 급액시기는 정식 직후 포습된 배지의 수분함량을 기준으로 5%, 10%, 15% 수분함량이 감소되도록 단수한 후 배액율 30%으로 급액하였다.

일본원시 가지 배양액 조성으로 공급했으며 배양액 농도는 생육 초기 1.2~1.6dS/m, 생육 중기 1.8~2.0dS/m, 생육 후기 1.5dS/m, pH는 5.5~6.5 기준으로 공급하였다. 급액 개시는 일출 1시간 후부터 시작하여 일몰 2시간 전에 종료하였다.

각 처리별 온도 및 습도 등 기상 조건을 분석하기 위해 온도, 습도, 일사량 센서를 설치하여 10분 단위로 실시간으로 수집하였고, 생육 조사 및 과실 품질은 농업과학기술 연구조사분석 기준에 준하여 실시하였다(RDA, 2012).

〈시험 2〉 배지 조성에 따른 생육특성

2년 차 시험은 1년 차 시험과 같이 두 작형으로 구분하여 2025년 2월 26일에 정식하여 2025년 6월 30일까지 재배하는 반촉성재배 작형과 2025년 8월 28일에 정식하여 12월 30일 재배하는 촉성재배 작형으로 나누어 수행하였다. 시험 처리는 코코피트 배지 dust : chip = 3 : 7, 5 : 5, 피트모스 총 3배지를 비교 시험하였다. 처리별 배지 규격은 100×20×10cm로 동일하였으며 배액율 30%로 공급하였다. 재배 환경 및 생육 특성 조사는 1년 차 시험과 동일한 방법으로 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

〈시험 1〉 정식 후 급액시기 설정

가. 반촉성재배 작형(2 ~ 7월)

그림 1과 같이 반촉성재배는 정식 초기(2~3월)에 저온과 저일사 조건이 지속되는 작형으로, 증산량이 적고 배지 수분 감소 속도가 느린 것이 특징이다. 본 시험에서도 정식 후 배지 수분함량이 5%, 10%, 15% 감소하는 데 각각 7일, 9일, 14일이 소요되어, 급액

개시까지 비교적 긴 단수 기간이 필요하였다(표 1). 이는 반촉성재배 초기 저온과 저일사 조건에서 증산량이 낮아 배지 수분 감소 속도가 상대적으로 느렸기 때문으로 판단된다. 시설 수경재배에서 배지 수분 감소 속도는 증산량, 온도, 일사량의 영향을 직접적으로 받으며, 특히 정식 직후에는 뿌리 흡수보다 증산량이 지배적인 요인으로 작용한다(Sonneveld & Voogt, 2009). 따라서 급액 개시 시점은 정식 후 경과일 보다는 배지 수분 함량을 기준으로 설정하는 것이 합리적으로 생각된다.

그림 1. 재배기간 온실 기상 환경

표 1. 가지 반촉성재배 처리별 정식 후 첫 급액까지 소요일수

처리	배지 수분함량		
	5%	10%	15%
소요일수	7일	9일	14일

※ 정식: 2024년 2월 26일

처리별 배지 수분함량은 10% 감소 처리구에서 다른 처리구에 비해 다소 높게 유지되었으나 적정 수준 범위 이내였다(그림2). 또한 표 2에서 총 수분흡수량은 10% 감소 처리구가 가장 높았으며, 5% 및 15% 처리구보다 뚜렷하게 증가하였다. 이는 정식 직후 일정 수준의 단수가 뿌리 활착을 촉진하여 이후 생육 단계에서 수분 흡수 능력을 향상시킨 결과로 해석된다. Heuvelink(2005)는 토마토 수경재배에서 초기 과습 조건은 뿌리 신장을 억제하며, 적절한 수분 스트레스가 뿌리 신장과 흡수 면적 증가를 유도한다고 보고하였다. 본 시험에서도 10% 감소 처리구는 과습 회피와 과도한 스트레스 사이의 균형점으로 작용한 것으로 판단된다.

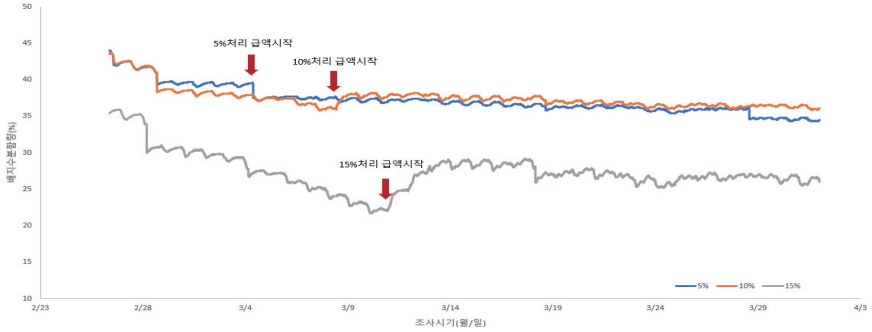


그림 2. 배지 수분함량 변화

표 2. 가지 반촉성재배 처리별 양액 공급량 및 배액량 비교

재배 시기	공급량 (ml/주/일)			배액량 (ml/주/일)			수분흡수량 (ml/주/일)		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
3월	289	303	239	56	54	48	233	249	191
4월	1,100	1,150	1,133	439	271	445	661	879	688
5월	1,224	1,198	1,383	467	216	636	757	982	747
6월	1,482	1,611	1,603	545	284	502	937	1,327	1,101
7월	1,235	1,010	745	565	253	254	670	757	491
계	5,330	5,266	5,089	2,072	1,078	1,885	3,258	4,194	3,218

※ 정식: 2024년 2월 26일

모든 처리구에서 배지 내 EC는 3.0 dS/m 이하로 유지되어 염류 장해 수준에는 이르지 않았다(그림 3). 이는 급액 지연이 단기적으로 배지 EC 상승을 유발할 수 있으나, 뿌리 활착 이후 정상 급액으로 회복될 경우 작물 생육에 부정적인 영향을 미치지 않음을 의미한다. Sonneveld와 Voogt(2009)는 수경재배에서 EC 자체보다 EC 변동의 지속 기간이 생육에 더 중요하다고 보고하였으며, 본 시험의 EC 변화는 단기적 범위 내에 머물러 생육 안정성을 유지한 것으로 판단된다.

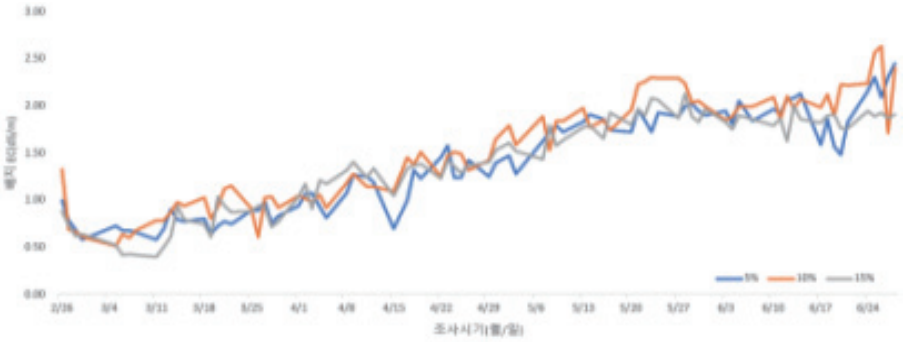


그림 3. 배지 내 EC 변화

배지 내 뿌리 면적은 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 10% 감소 처리구에서 가장 높은 경향을 보였다(표 3). 최종 수확 후 동일 수분함량 조건에서 측정한 배지 무게 역시 10% 처리구에서 가장 높아, 뿌리량이 상대적으로 많았음을 시사한다(표 4). Judd 등(2015)에 따르면 뿌리 면적 증가는 흡수 표면적 확대와 직결된다 보고하였다. 본 결과는 초기 급액 조절이 근권 구조 형성에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

표 3. 가지 반촉성재배 처리별 배지 내 뿌리 면적

처리	배지 수분함량		
	5%	10%	15%
뿌리 면적(%)	89[a]	93[a]	91[a]

※ 조사일: 2024년 7월 30일(정식 후 156일), 분석 방법: ImageJ 이용 배지 바닥 면의 뿌리가 차지하는 면적 분석

< 5% >　　< 10% >　　< 15% >

표 4. 가지 반촉성재배 처리별 배지 무게

처리	배지 수분함량		
	5%	10%	15%
배지 무게(g)	8,405[b]	11,400[a]	10,450[a]

※ 최종 수확 후 동일한 배지 수분함량(28%)일 때 조사

그림 4와 같이 생육 초기에는 급액이 빠르게 시작된 5% 처리구에서 초장이 크게 나타났으나, 생육이 진전됨에 따라 10% 처리구의 초장이 가장 크게 나타나는 경향을 보였다. 지상부 생체중은 10% 처리구가 519.4 g/주로, 5% 및 15% 처리구 대비 각각 16%, 26% 높아 유의적인 차이를 보였다(표 5). 이는 초기 단수가 단기 생육은 억제하나, 중·후기 생육 안정성과 생체중 증가로 이어졌음을 의미한다. 초기 근권 발달이 지상부 생육과 생체중 증가로 연결된다는 결과는 과채류 전반에서 보고되고 있으며(김현우 등, 2018), 본 시험 결과도 이와 일치한다.

표 5. 가지 반촉성재배 처리별 식물체 생육 특성

처리		초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (cm)	제 1 절간장 (cm)	SPAD	생체중 (g/주)
배지 수분 함량	5%	157.1[b]	20.1[a]	11.7[a]	4.6[a]	21.1[a]	42.9[a]	444.4[ab]
	10%	165.9[a]	22.6[a]	13.2[a]	5.2[a]	21.1[a]	41.7[a]	519.4[a]
	15%	163.4[a]	19.2[a]	13.0[a]	5.2[a]	21.7[a]	41.2[a]	410.6[b]

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 6월 17일(정식 후 113일, 적심 전)

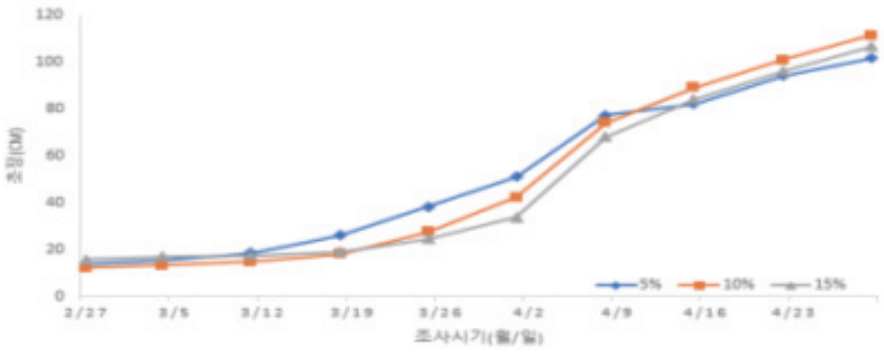


그림 4. 초장 변화

표 6에서 과실의 과장, 과폭 등 개별 과실 특성은 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 상품과 수량은 10% 처리구에서 가장 높았다. 10a당 수량은 6,059kg으로 5% 처리구 대비 1%, 15% 처리구 대비 7% 증수 효과를 나타냈다. 반촉성재배에서는 배지 수분함량이 약 10% 감소한 시점에서 급액을 개시할 경우 뿌리 활착이 촉진되고, 수분 흡수 및 지상부 생육이 향상되어 수량 증대에 효과적이라고 판단된다.

표 6. 가지 반촉성재배 처리별 과실 생육 특성 및 수량

처리		꽃자루길이 (cm)	꽃받침길이 (cm)	과장 (cm)	과폭 (mm)	과중 (g/개)	상품과 수량	
							개수 (개/10a)	무게 (kg/10a)
배지 수분 함량	5%	4.6[a]	4.3[a]	19.4[a]	50.8[a]	158.6[a]	39,060[a]	5,973[a]
	10%	5.1[a]	3.9[a]	19.5[a]	50.8[a]	163.9[a]	40,500[a]	6,059[a]
	15%	5.2[a]	4.1[a]	20.9[a]	52.6[a]	151.3[b]	37,980[a]	5,686[b]

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 6월 20일(정식 후 116일)

나. 촉성재배 작형(8 ~ 12월)

촉성재배는 그림 5와 같이 정식 초기(8 ~ 9월)에 높은 일사량과 온도 조건이 형성되는 작형으로, 증산량이 크고 배지 수분 감소 속도가 빠른 것이 특징이다. 본 시험에서도 표 7과 같이 배지 수분함량이 5% 감소하는 데 5일, 10% 감소까지 9일, 15% 감소까지 13일 소요되어, 반촉성재배보다 급액 개시 시점이 빠르게 도달하였다. 이러한 환경에서는 단수 기간이 길어질 경우 배지 수분 부족과 근권 스트레스가 빠르게 발생할 수 있어, 반촉성재배와 동일한 급액 기준을 적용하는 것은 적절하지 않다.

그림 5. 생육 초기 기상 환경

표 7. 가지 촉성재배 처리별 정식 후 첫 급액까지 소요일수

처리	배지 수분함량		
	5%	10%	15%
소요일수	5일	9일	13일

※ 정식: 2024년 8월 28일

처리별 배지 수분함량은 반촉성재배와 동일하게 10%처리구에서 다소 높은 경향을 보였다(그림 6). 촉성재배에서는 표 8과 같이 5% 감소 처리구에서 수분흡수량이 가장 높았는데, 이는 고온기 조건에서 과도한 단수가 뿌리 활력을 저하시킬 수 있음을 시사한다. Taiz 등(2015)은 고온 조건에서 뿌리 호흡률과 산소 요구도가 증가하므로, 수분 스트레스가 과도할 경우 뿌리 기능 저하가 빠르게 나타난다고 보고하였다. 특히 15% 처리구는 총 수분흡수량과 뿌리 면적 모두 가장 낮아, 과도한 단수가 뿌리 생육을 저해한 것으로 판단된다(표 9). 최종 수확 후 동일 수분함량 조건에서 측정한 배지 무게 역시 5% 처리구에서 가장 높아, 뿌리량이 상대적으로 많았음을 시사한다(표 10).

그림 6. 배지 수분함량 변화

표 8. 가지 촉성재배 처리별 양액 공급량 및 배액량 비교

재배 시기	공급량 (ml/주/일)			배액량 (ml/주/일)			수분흡수량 (ml/주/일)		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
9월	536	564	488	172	188	185	364	376	303
10월	783	638	586	208	192	198	575	446	388
11월	717	721	605	261	213	196	456	508	409
12월	733	726	669	276	211	203	457	515	466
계	2,769	2,649	2,348	917	804	782	1,852	1,845	1,566

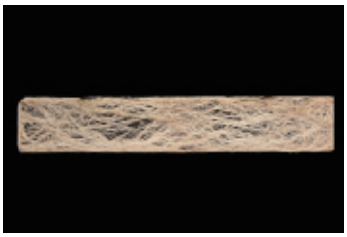
※ 정식: 2024년 8월 28일

표 9. 가지 촉성재배 처리별 배지 내 뿌리 면적

처리	배지 수분함량		
	5%	10%	15%
뿌리 면적(%)	84[a]	77[b]	75[b]

♩DMRT at 5% level, 조사일: 10월 22일(정식 후 56일), 분석 방법: ImageJ 이용 배지 바닥면의 뿌리가 차지하는 면적 분석

< 배지 수분함량 5% >



< 배지 수분함량 10% >

< 배지 수분함량 15% >

표 10. 가지 촉성재배 처리별 배지 무게

처리	배지 수분함량		
	5%	10%	15%
배지 무게(g)	9,170[a]	9,047[a]	8,907[a]

※ 최종 수확 후 동일한 배지 수분함량(26%)일 때 조사

식물체 초장은 그림 7과 같이 5% 처리구에서 가장 빠르게 진행되었으며, 생육 후기에는 10% 처리구의 초장이 다소 높아지는 경향을 보였다. 그러나 생체중과 전반적인 생육 안정성 측면에서는 5% 처리구가 가장 우수한 결과를 나타냈다(표 11). 이는 촉성재배에서 초기 생육 지연이 그대로 수량 감소로 연결되기 쉬운 작형 특성 때문으로, 초기 활착과 생육 속도가 매우 중요한 요인으로 작용한 것으로 보인다.

표 11. 가지 촉성재배 처리별 식물체 생육 특성

처리		초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (cm)	제 1 절간장 (cm)	SPAD	생체중 (g/주)
배지 수분 함량	5%	163.4[a]	24.5[a]	15.1[a]	5.0[a]	25.1[a]	44.9[a]	564[a]
	10%	164.3[a]	28.0[a]	15.1[a]	4.9[a]	21.7[a]	44.5[a]	535[a]
	15%	158.8[a]	25.7[a]	13.8[a]	4.7[a]	23.9[a]	43.7[a]	478[b]

♩DMRT at 5% level, 조사일 : 11월 4일(정식 후 69일)

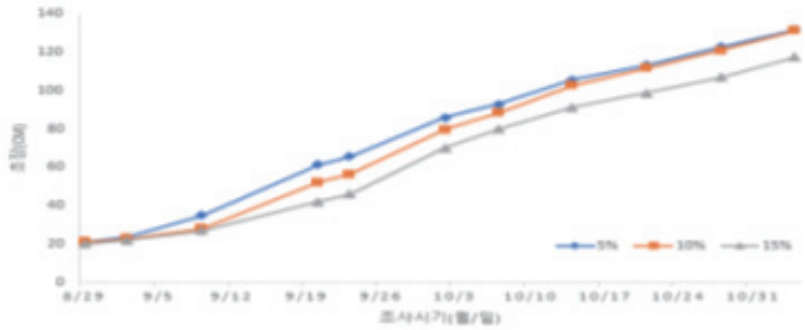


그림 7. 처리별 초장 변화

과장, 과폭 등 생육 특성은 처리 간 차이가 없었으나, 상품과 개수와 수량은 5% 감소 처리구에서 3,318kg/10a으로, 10% 처리구 대비 3%, 15% 처리구 대비 22% 높은 수량성을 보였다. 이는 촉성재배에서 급액 지연이 착과 수 감소로 직결되며, 과도한 단수는 회복이 어려운 생육 손실로 이어질 수 있음을 의미한다. 반촉성재배와 달리 촉성재배에서는 고온·고습 조건을 고려할 때 배지 수분함량 5% 감소 수준에서 급액을 개시하는 것이 뿌리 발달과 수량 확보에 유리한 것으로 생각되며 시설가지 수경재배에서 정식 후 급액 관리 시 배지 수분함량을 기준으로 한 작기별 급액 개시 기준 설정은 근권 안정화 및 생산성 향상을 위한 핵심 관리 요소로 판단된다.

표 12. 가지 촉성재배 처리별 과실 생육 특성 및 수량

처리		꽃자루길이 (cm)	꽃받침길이 (cm)	과장 (cm)	과폭 (cm)	과중 (g/개)	상품과 수량	
							개수 (개/10a)	무게 (kg/10a)
배지 수분 함량	5%	5.4[a]	4.6[a]	20.2[a]	44.7[a]	120[a]	24,192[a]	3,318[a]
	10%	5.1[a]	5.0[a]	20.8[a]	43.7[a]	118[a]	23,814[a]	3,221[a]
	15%	4.6[a]	5.0[a]	22.5[a]	47.1[a]	130[a]	19,278[b]	2,643[b]

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 12월 30일(정식 후 125일)

<시험 2> 배지 조성에 따른 생육특성

가. 반촉성재배 작형(2 ~ 6월)

그림 8과 같이 반촉성재배는 정식 초기(2~3월)에는 저온·저일사이나 착과기부터 고온·고일사가 지속되며, 증산량이 활발해진다.

반촉성재배 작형에서 배지별 총 수분흡수량은 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구가 가장 높았으며, 다음으로 코코피트(dust:chip = 5:5), 피트모스 100% 처리구 순으로 나타났다(표 13). 배지 내 수분함량은 재배기간 동안 피트모스 100% 처리구에서 가장 높았고, 코코피트(dust:chip = 5:5), 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구 순으로 낮아졌다(그림 9). 이는 chip 비율이 높은 코코피트 배지가 배수성과 통기성이 우수하여 수분이 빠르게 소실되는 반면, 피트모스 배지는 높은 보수력으로 인해 배지 내 수분이 상대적으로 오래 유지되었기 때문으로 판단된다. Abad 등(2005)은 코코피트 배지에서 chip 비율이 증가할수록 공극률과 통기성은 향상되나 수분 보유력은 감소한다고 보고하였으며, 본 시험 결과도 이와 유사한 경향을 보였다.

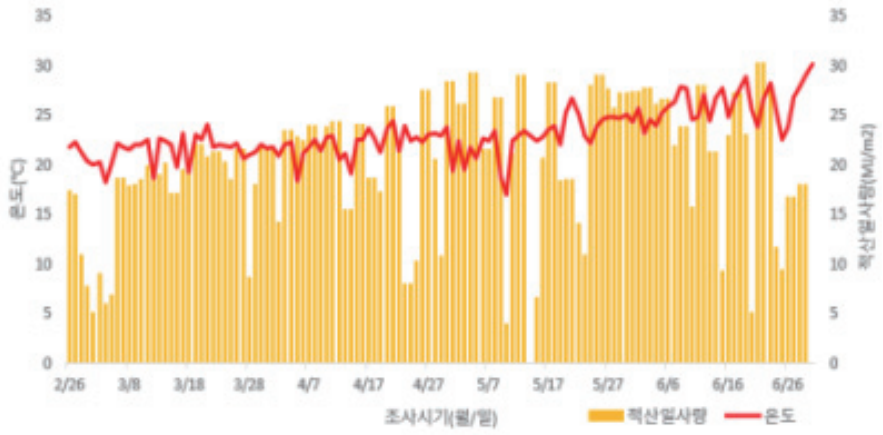
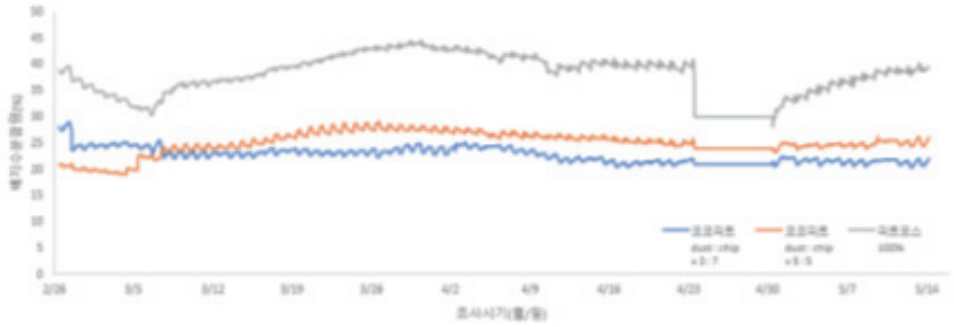


그림 8. 재배기간 온실 기상 환경

표 13. 가지 반촉성재배 처리별 양액 공급량 및 배액량

재배 시기	공급량 (ml/주/일)			배액량 (ml/주/일)			수분흡수량 (ml/주/일)		
	코코피트 dust : chip = 3 : 7	코코피트 dust : chip = 5 : 5	피트모스 100%	코코피트 dust : chip = 3 : 7	코코피트 dust : chip = 5 : 5	피트모스 100%	코코피트 dust : chip = 3 : 7	코코피트 dust : chip = 5 : 5	피트모스 100%
3월	657	613	781	124	212	336	532	401	446
4월	1,340	1,327	1,196	312	323	285	1,029	1,004	911
5월	2,441	2,150	2,191	749	788	701	1,692	1,363	1,490
6월	2,216	2,411	2,079	660	709	754	1,556	1,702	1,325
계	6,654	6,501	6,246	1,845	2,031	2,076	4,809	4,469	4,170

※ 정식: 2025년 2월 26일

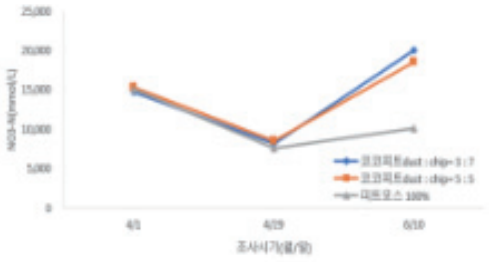


※ 4월 23~30일 배지수분센서 이상으로 데이터 오류

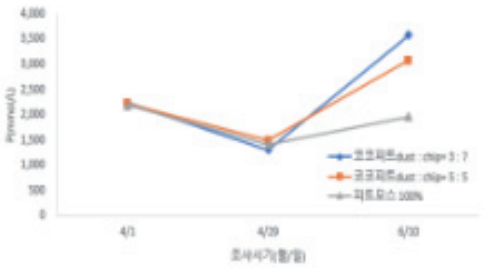
그림 9. 배지별 수분함량 변화

반촉성재배에서 처리별 무기이온 흡수량은 수분 흡수량이 많았던 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구에서 가장 높게 나타났으며, 질소(NO_3-N), 칼륨(K), 칼슘(Ca) 등 주요 양분 흡수량이 다른 처리구보다 많았다(그림 10). 이는 통기성이 우수한 배지 조건에서 뿌리 활력이 높아져 양분 흡수가 활발해진 결과로 해석된다.

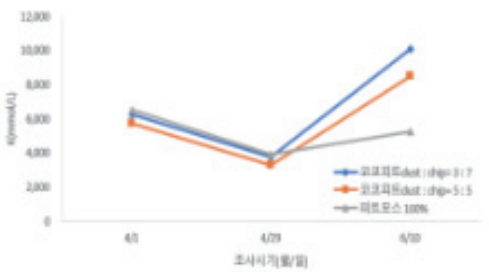
Sonneveld와 Voogt(2009)는 수경재배에서 수분 흡수량 증가는 무기이온 흡수량 증가로 직결되며, 근권 내 산소 공급이 충분할 경우 뿌리의 흡수 효율이 향상된다고 보고하였다. 본 시험에서도 코코피트(dust:chip = 3:7) 배지에서 이러한 특성이 뚜렷하게 나타났다.



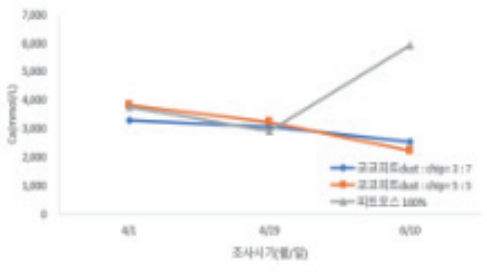
< NO_3-N >



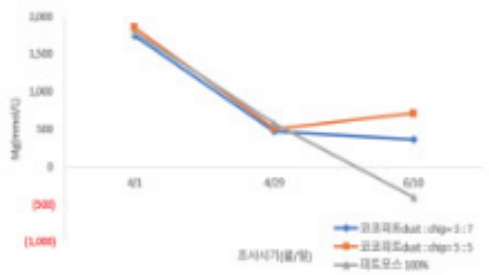
< P >



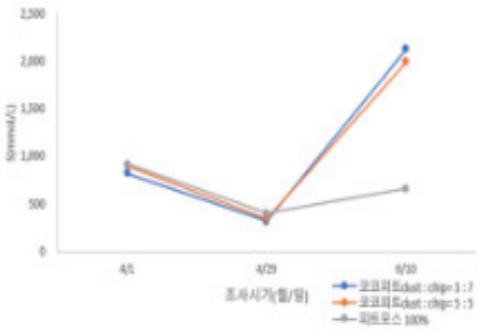
< K >



< Ca >



< Mg >



< S >

※ 조사방법: 공급액 무기이온량 - 배액 무기이온량

그림 10. 처리별 양액 무기이온 흡수량

배지 내 뿌리 면적은 코코피트(dust:chip = 5:5) 처리구가 가장 넓었으며, 코코피트(dust:chip = 3:7), 피트모스 100% 처리구 순으로 나타났다(표 14). 피트모스 처리구는 뿌리 면적과 근중이 가장 낮았으나, 양분 흡수의 주된 부위인 세근 발달이 상대적으로 많이 형성된 특징을 보였다.

표 14. 가지 반촉성 재배 처리별 배지 내 가지 뿌리 면적

처리	가지 뿌리 면적(%)	배지 내 근중(kg)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	92[a]	13.9[a]
코코피트 dust : chip = 5 : 5	97[a]	12.9[a]
피트모스 100%	87[b]	8.7[b]

♩ 조사시기: 6월 25일, 분석 방법: ImageJ 이용 배지 바닥면의 뿌리가 차지하는 면적 분석

< 코코피트 dust : chip = 3 : 7 >　< 코코피트 dust : chip = 5 : 5 >　< 피트모스 100% >

식물체 생육 특성은 엽장, 엽폭 등 형태적 생육 특성은 처리 간 큰 차이를 보이지 않았으나, 초장과 지상부 생체중은 피트모스 100% 처리구에서 가장 컸다(표 15, 그림 11).

과실의 과장, 과폭, 과중 등 개별 과실 특성은 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 상품과 수량에서는 피트모스 100% 처리구가 10a당 6,715.8 kg으로 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구보다 14%, 코코피트(dust:chip = 5:5) 처리구 보다 22% 높은 수량을 나타냈다(표 16).

이는 피트모스 배지에서 상대적으로 적은 뿌리 면적과 수분 흡수량에도 불구하고, 안정적인 근권 수분 환경과 세근 발달을 통해 동화산물이 과실 생산으로 효율적으로 전환된 결과로 판단된다. 일반적으로 양분 흡수는 세근에서 집중적으로 이루어지므로(Forde and Lorenzo, 2001; Taiz et al., 2015), 세근 발달 정도가 생체중 증가에 중요한 요인으로 작용한 것으로 해석된다.

표 15. 가지 반촉성재배 처리별 식물체 생육 특성

처리	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	제 1 절간장 (cm)	SPAD	지상부 생체중 (g/주)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	143.2^{b}	21.1^{a}	11.8^{a}	5.3^{a}	28.8^{a}	44.9^{a}	542.5^{b}
코코피트 dust : chip = 5 : 5	150.2^{ab}	21.0^{a}	11.5^{a}	4.8^{a}	28.3^{a}	42.9^{a}	560.8^{b}
피트모스 100%	154.9^{a}	21.8^{a}	13.0^{a}	4.7^{a}	32.1^{a}	43.3^{a}	603.8^{a}

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 6월 24일(정식 후 120일)

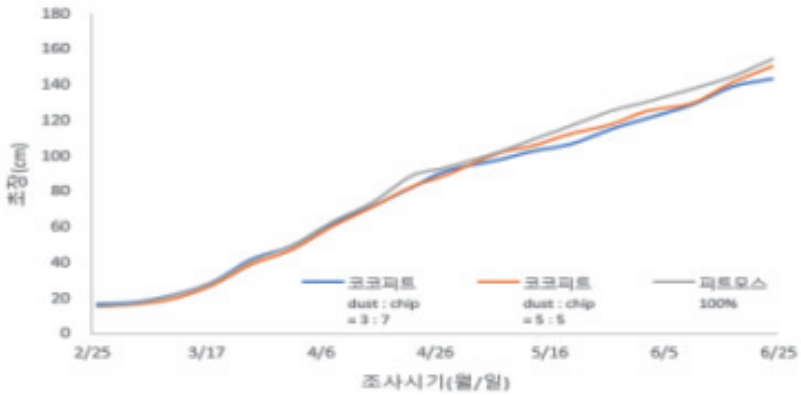


그림 11. 처리별 초장 변화

표 16. 가지 반촉성재배 처리별 과실 생육 특성(정식 후 116일) 및 수량

처리	꽃자루길이 (cm)	꽃받침길이 (cm)	과장 (cm)	과폭 (mm)	과중 (g/개)	상품과 수량	
						개수 (개/10a)	무게 (kg/10a)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	4.9^{a}	4.0^{a}	22.0^{a}	51.5^{a}	168.1^{a}	35,100^{b}	5,900^{b}
코코피트 dust : chip = 5 : 5	4.8^{a}	4.5^{a}	22.5^{a}	50.7^{a}	165.1^{a}	33,480^{b}	5,528^{b}
피트모스 100%	5.1^{a}	4.0^{a}	21.6^{a}	48.8^{a}	173.5^{a}	38,700^{a}	6,716^{a}

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 6월 20일(정식 후 116일)

표 17은 경제성 분석한 결과로 이익적 요소인 10a당 총 생산량에 kg당 가지 단가를 계산하였을 때 피트모스 100% 처리구는 15,500,528원/10a으로 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구보다 14%, 코코피트(dust:chip = 5:5) 처리구보다 22% 더 높았다.

손실적 요소로는 연간 배지 감가상각비를 포함하였으며 이익적 요소에서 손실적 요소를 감안한 가지 10a당 추정 수익액은 피트모스 100% 처리시 14,856,038원/10a으로 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구보다 15%, 코코피트(dust:chip = 5:5) 처리구보다 23% 더 높은 소득액을 보였다.

이러한 결과를 보아 반촉성 재배 작형의 경우 피트모스 100% 처리구가 안정적인 근권 환경 조성으로 생육 및 생산량 증대에 효과적으로 판단된다.

표 17. 가지 반촉성재배 처리별 경제성 분석

처리	이익적 요소 (A, 원/10a)	손실적 요소 (B, 원/10a)	추정 수익액 (A-B, 원/10a)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	o 가지 10a당 소득 = 13,617,200 · 5,900g/10a × 2,308원/kg	o 연간 총 배지 구입비 = 686,070 - 연간 배지 감가상각비 · 567포/10a × 3,630원/배지 : 2,058,210원 · 2,058,210원 ÷ 3년(사용연한) : 686,070원	12,931,130
코코피트 dust : chip = 5 : 5	o 가지 10a당 소득 = 12,758,624 · 5,528g/10a × 2,308원/kg		12,072,554
피트모스 100%	o 가지 10a당 소득 = **15,500,528** · 6,716g/10a × 2,308원/kg	o 연간 총 배지 구입비 = **644,490** - 연간 배지 감가상각비 · 567포/10a × 5,500원/배지 : 3,118,500원 · 3,118,500원 ÷ 6년(사용연한) : 519,750원 - 연간 배지 보충비 (전체 배지의 20%) · 1134포/10a × 5,500원/배지 ÷ 5년 : 124,740원/년	**14,856,038**

※ 가지 단가(농산물식품공사, 8kg, 상 3개년 평균): 2,308원/kg

※ 배지(100*20*10cm) 가격: 코코피트 3,630원, 피트모스 5,500원

다. 촉성재배 작형(8 ~ 12월)

그림 12에 나타난 바와 같이 촉성재배 초기(8~9월)는 높은 일사량과 온도 조건에서 시작되었으며 이후 10~12월로 갈수록 점진적으로 저온·저일사 환경으로 전환되었다. 이러한 환경 변화는 배지별 수분 흡수 특성에 직접적인 영향을 미쳤다.

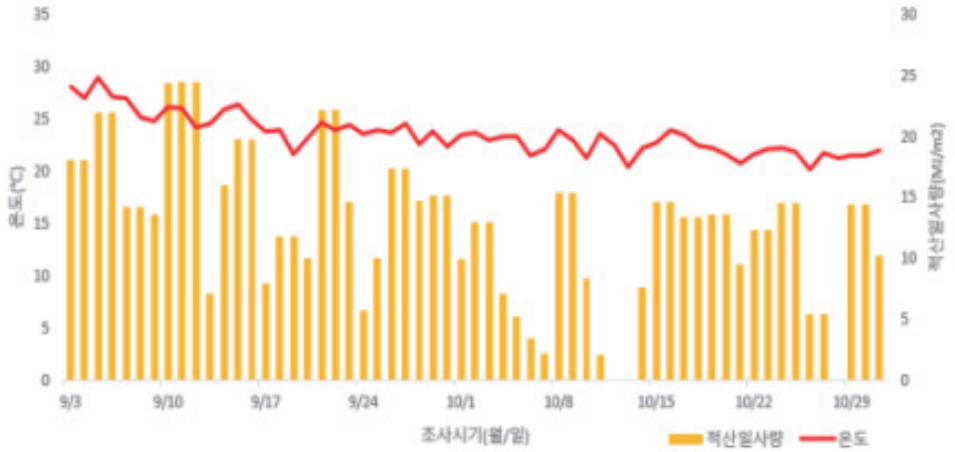


그림 12. 재배기간 온실 기상 환경

표 18에 따르면 촉성재배 작형에서 배지별 총 수분흡수량은 피트모스 100% 처리구가 2,905ml/주/일로 가장 높았으며, 다음으로 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구 2,181 ml/주/일, 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구 1,236ml/주/일 순으로 나타났다. 이는 피트모스 배지가 높은 보수력을 가지고 있어 배지 내 수분함량이 상대적으로 높게 유지되었기 때문으로 판단된다. 실제로 그림 13과 같이 배지 수분함량 역시 피트모스 처리구에서 가장 높게 나타났으며, 코코피트(dust:chip=5:5), 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구 순으로 낮아졌다. 이러한 높은 배지 수분함량은 근권에서 이용 가능한 수분량을 증가시켜 식물의 수분흡수를 촉진한 것으로 판단된다. Abad 등(2005)은 피트모스 기반 배지가 코코피트 기반 배지보다 상대적으로 높은 수분 보유력을 유지한다고 보고하였으며, 본 시험 결과도 이러한 경향과 유사하였다.

표 18. 가지 촉성재배 처리별 양액 공급량 및 배액량 비교

재배 시기	공급량 (ml/주/일)			배액량 (ml/주/일)			수분흡수량 (ml/주/일)		
	코코피트 dust : chip = 3 : 7	코코피트 dust : chip = 5 : 5	피트모스 100%	코코피트 dust : chip = 3 : 7	코코피트 dust : chip = 5 : 5	피트모스 100%	코코피트 dust : chip = 3 : 7	코코피트 dust : chip = 5 : 5	피트모스 100%
9월	638	518	965	285	232	275	353	286	690
10월	1,089	639	1,236	511	315	434	578	324	802
11월	650	468	1,090	212	195	340	438	273	750
12월	1,100	607	976	287	253	313	813	354	663
계	3,476	2,231	4,267	1,295	995	1,362	2,181	1,236	2,905

※ 정식: 2025년 8월 28일

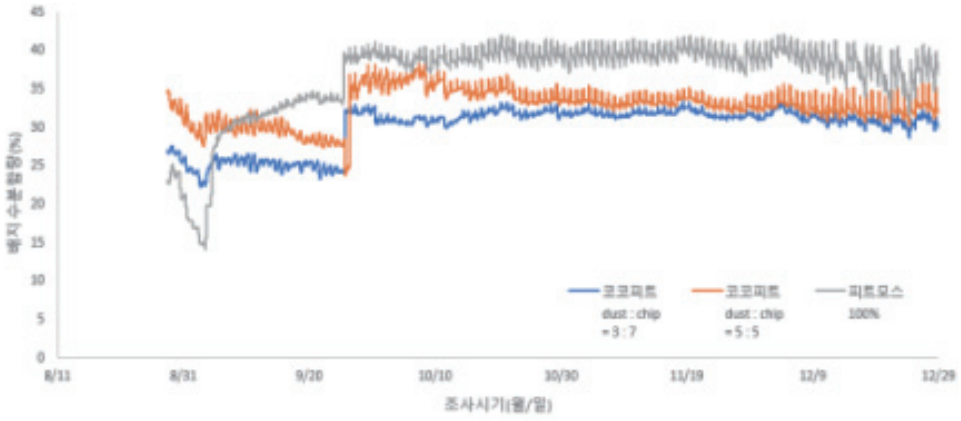
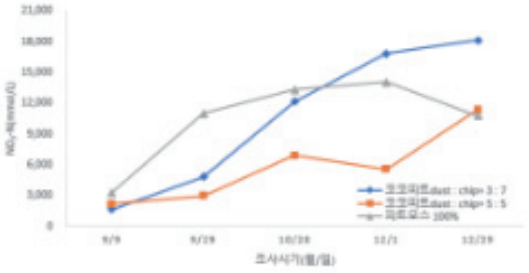
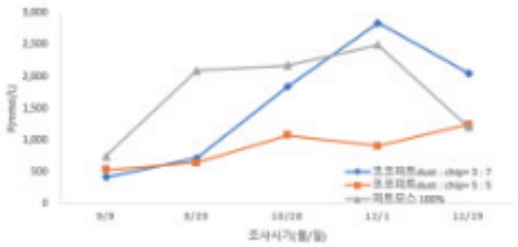


그림 13. 배지별 수분함량 변화

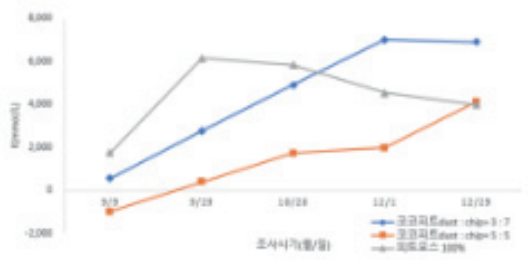
그림 14에 나타난 바와 같이 NO_3 -N, P, K, Ca, Mg, S 등 주요 무기이온 흡수량은 재배 시기별로 처리 간 우세 경향이 변화하였다. 촉성재배 초기인 9~10월에는 피트모스 처리구에서 무기이온 흡수량이 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 높은 수분 흡수량에 의해 양액 내 무기이온이 질량류(mass flow)에 의해 근권으로 이동하면서 양분 흡수가 증가한 결과로 해석된다. 그러나 재배 후반기인 11월 이후 저온·저일사 환경으로 전환되면서 증산량이 감소하고 근권 산소 공급이 중요한 제한요인으로 작용하였다. 이 시기에는 통기성이 우수한 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구에서 일부 무기이온 흡수량이 피트모스 처리구보다 높은 경향을 보였다. Sonneveld와 Voogt(2009)는 수경재배에서 수분 이동량 증가가 양분 흡수를 촉진하지만 근권 산소 공급이 부족할 경우 뿌리 흡수 기능이 저하될 수 있다고 보고하였다.



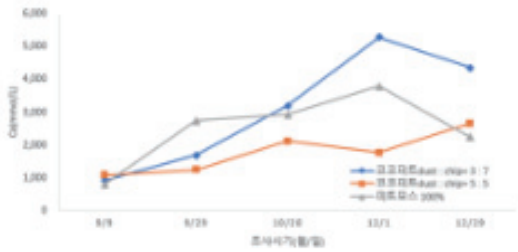
< NO_3-N >



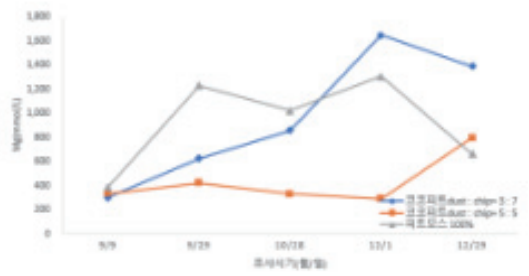
< P >



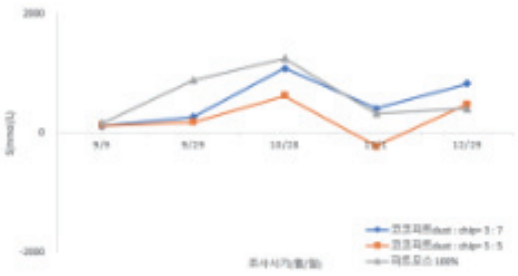
< K >



< Ca >



< Mg >



< S >

※ 조사방법: 공급액 무기이온량 - 배액 무기이온량

그림 14. 처리별 양액 무기이온 흡수량

표 19에 따르면 배지 내 뿌리 면적은 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구가 93%로 가장 넓었으며, 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구 90%, 피트모스 처리구 48% 순으로 나타났다. 피트모스 처리구에서는 세근 발달이 일부 관찰되었으나 뿌리 갈변 현상이 나타났으며, 이는 촉성재배 후기 저온 조건에서 과도한 수분 유지로 인해 근권 내 산소 확산이 제한되었기 때문으로 판단된다. 일반적으로 뿌리 생장은 근권 내 산소 공급과 밀접한 관련이 있으며, 통기성이 확보되지 않을 경우 뿌리 활력이 저하될 수 있는 것으로 보고되어 있다(Taiz et al., 2015). 반면 코코피트 배지는 공극률이 높아 근권 산소 공급이 비교적 원활하여 뿌리 발달이 양호하게 나타난 것으로 해석된다.

표 19. 가지 촉성재배 처리별 배지 내 뿌리 면적 및 무게

처리	가지 뿌리 면적(%)	배지 내 근중(kg)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	90[a]	12.2[a]
코코피트 dust : chip = 5 : 5	93[b]	12.3[a]
피트모스 100%	48[c]	8.3[b]

※ 조사시기: 12월 29일(정식 후 124일), 분석 방법: ImageJ 이용 배지 바닥면의 뿌리가 차지하는 면적 분석

< 코코피트 dust : chip = 3 : 7 >

< 코코피트 dust : chip = 5 : 5 >

< 피트모스 100% >

표 20에서 식물체 생육 특성을 보면 초장, 엽장, 엽폭 등 형태적 생육 특성은 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 지상부 생체중은 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구에서 가장 높은 경향을 보였다. 이는 보수성과 통기성이 균형을 이루는 배지 조건에서 근권 환경이 안정적으로 유지되어 뿌리 활력이 지속적으로 유지되었기 때문으로 판단된다. 특히 저온·저광 조건에서는 근권 통기성이 생육 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며(Taiz et al., 2015), 본 시험에서도 통기성과 보수성이 균형을 이루는 배지에서 생육 안정성이 높게 나타난 것으로 해석된다.

표 20. 가지 촉성재배 처리별 식물체 생육 특성

처리	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	제 1 절간장 (cm)	SPAD	지상부 생체중 (g/주)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	124.7[a]	23.2[a]	14.7[a]	5.4[a]	30.5[a]	42.5[a]	266[a]
코코피트 dust : chip = 5 : 5	123.5[a]	24.1[a]	14.2[a]	5.1[a]	31.0[a]	41.0[a]	273[a]
피트모스 100%	125.9[a]	26.6[a]	16.5[a]	4.6[a]	32.3[a]	43.9[a]	269[a]

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 12월 29일(정식 후 124일)

표 21에 따르면 촉성재배 작형에서 10a당 수량은 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구가 3,573kg으로 가장 높았으며, 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구 3,464kg, 피트모스 처리구 3,233kg 순으로 나타났다. 피트모스 처리구는 수분 및 무기이온 흡수량이 가장 높았음에도 불구하고 수량이 가장 낮게 나타났는데, 이는 저온기 과습 조건으로 인해 근권 통기성이 제한되면서 뿌리 활력이 저하된 결과로 해석된다. 반면 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구는 통기성이 우수하여 수분 및 양분 흡수량은 많았으나 보수력이 상대적으로 낮아 재배기간 동안 근권 수분 변동 폭이 커 생육 안정성이 다소 낮았던 것으로 판단된다. 이에 비해 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구는 보수성과 통기성이 균형을 이루어 근권 환경이 안정적으로 유지되었으며, 이러한 조건이 착과 유지와 과실 비대에 유리하게 작용하여 최종 수량이 가장 높게 나타난 것으로 판단된다.

표 21. 가지 촉성재배 처리별 과실 생육 특성(정식 후 121일) 및 수량

처리	꽃자루길이 (cm)	꽃받침길이 (cm)	과장 (cm)	과폭 (mm)	경도 (kg/㎠)	과중 (g/개)	상품과 수량	
							개수 (개/10a)	무게 (kg/10a)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	5.4[a]	5.2[a]	21.0[a]	49.9[a]	4.2[a]	163.3[a]	21,996[a]	3,464[a]
코코피트 dust : chip = 5 : 5	4.9[a]	3.8[a]	21.5[a]	52.0[a]	4.3[a]	168.3[a]	21,996[a]	3,573[a]
피트모스 100%	4.7[a]	4.2[a]	21.2[a]	50.8[a]	4.0[a]	168.3[a]	20,304[b]	3,233[b]

♩ DMRT at 5% level, 조사일 : 12월 26일(정식 후 121일)

표 21은 경제성 분석한 결과로 이익적 요소인 10a당 총 생산량에 kg당 가지 단가를 계산하였을 때 코코피트(dust:chip = 5:5) 처리구는 8,246,484원/10a으로 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구보다 3%, 피트모스 100% 처리구보다 8% 더 높았다.

손실적 요소로는 연간 배지 감가상각비를 포함하였으며 이익적 요소에서 손실적 요소를 감안한 가지 10a당 추정 수익액은 코코피트(dust:chip = 5:5) 처리구는 7,560,414원/10a으로 코코피트(dust:chip = 3:7) 처리구보다 3%, 피트모스 100% 처리구보다 11% 더 높은 소득액을 보였다.

이러한 결과를 보아 반촉성재배에서는 증산량이 높은 재배 환경에서 보수력이 우수한 피트모스 배지가 안정적인 근권 수분 유지에 유리하여 생산성이 높게 나타났으며, 촉성재배에서는 통기성과 보수성이 균형을 이루는 코코피트(dust:chip=5:5) 배지가 근권 환경 안정화와 수량 확보에 적합한 것으로 판단된다.

표 22. 가지 촉성재배 처리별 경제성 분석

처리	이익적 요소 (A, 원/10a)♪	손실적 요소 (B, 원/10a)	추정 수익액 (A-B, 원/10a)
코코피트 dust : chip = 3 : 7	o 가지 10a당 소득 = 7,994,912 · 3,464g/10a × 2,308원/kg	o 연간 총 배지 구입비 = 686,070 - 연간 배지 감가상각비 · 567포/10a × 3,630원/배지 : 2,058,210원 · 2,058,210원 ÷ 3년(사용연한) : 686,070원	7,308,842
코코피트 dust : chip = 5 : 5	o 가지 10a당 소득 = 8,246,484 · 3,573g/10a × 2,308원/kg		**7,560,414**
피트모스 100%	o 가지 10a당 소득 = 7,641,764 · 3,233g/10a × 2,308원/kg	o 연간 총 배지 구입비 = 644,490 - 연간 배지 감가상각비 · 567포/10a × 5,500원/배지 : 3,118,500원 · 3,118,500원 ÷ 6년(사용연한) : 519,750원 - 연간 배지 보충비 (전체 배지의 20%) · 1134포/10a × 5,500원/배지 ÷ 5년 : 124,740원/년	6,997,274

※ 가지 단가(농산물식품공사, 8kg, 상 3개년 평균): 2,308원/kg

※ 배지(100*20*10cm) 가격: 코코피트 3,630원, 피트모스 5,500원

5. 적요

시설 가지 수경재배에서 반촉성재배(2~7월)와 촉성재배(8~12월) 작형별 정식 직후 급액 개시 시기를 배지 수분함량 기준으로 설정하여 적정 급액 개시 기준을 구명하고 코코피트(dust:chip=3:7, 5:5)와 피트모스 100% 배지를 비교하여 배지 조성에 따른 근권 발달 및 생육·수량 반응을 구명하고자 수행한 결과는 다음과 같다.

<시험 1> 정식 후 급액시기 설정

가. 반촉성재배에서는 정식 후 배지 수분함량이 5%, 10%, 15% 감소하는 데 각각 7일, 9일, 14일이 소요되었으며, 촉성재배에서는 각각 5일, 9일, 13일이 소요되어 작형별 수분 감소 속도에 차이가 나타났다.

나. 반촉성재배에서 총 수분흡수량은 배지 수분함량 10% 감소 처리구에서 수분흡수량(4,061ml/주/일), 지상부 생체중(519.4g/주), 10a당 수량(6,059kg)이 가장 우수하였다.

다. 촉성재배에서는 배지 수분함량 5% 감소 처리구에서 수분흡수량(1,852 ml/주/일), 뿌리 면적(84%), 지상부 생체중(564g/주) 및 10a당 수량(3,318kg)이 가장 높게 나타났다.

라. 반촉성재배에서는 초기 과습 해소를 위한 일정 수준(10%)의 단수가 근권 활착 및 생육 안정성 향상에 효과적이었으며, 촉성재배에서는 과도한 단수(15%)가 뿌리 활력 저하 및 수량 감소로 이어졌다.

마. 따라서 시설 가지 수경재배에서 급액 개시 시기는 작형별로 달리 설정하는 것이 바람직하며, 반촉성재배는 배지 수분함량 10% 감소, 촉성재배는 5% 감소 시 급액 개시가 가장 적합한 기준으로 판단된다.

<시험 2> 배지 조성에 따른 생육특성

가. 반촉성재배에서 총 수분흡수량은 코코피트(dust:chip=3:7) 처리구가 4,809ml/주/일로 가장 높았으나, 배지 수분함량은 피트모스 100% 처리구에서 가장 높게 유지되었다.

나. 배지 내 뿌리 면적은 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구에서 97%로 가장 넓었으며, 피트모스 100% 처리구는 87%로 가장 낮았다.

다. 반촉성재배에서 10a당 수량은 피트모스 100% 처리구가 6,716kg으로 가장 높았으며, 경제성 분석 결과 추정 수익액은 14,856,038원/10a으로 가장 높게 나타났다. 이는 반촉성재배 기간이 고온·고일사 환경으로 증산량이 높고 작물의 수분 요구도가 증가하는 조건에서 보수력이 높은 피트모스 배지가 근권 수분을 안정적으로 유지하여 생육 안정성과 과실 비대에 유리하게 작용했기 때문으로 판단된다.

라. 촉성재배에서는 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구에서 뿌리 면적이 93%로 가장 넓었으며, 10a당 수량은 3,573kg으로 가장 높게 나타났다.

마. 경제성 분석 결과 촉성재배에서는 코코피트(dust:chip=5:5) 처리구의 추정 수익액이 7,560,414원/10a으로 가장 높게 나타났으며, 이는 저온·저광 환경에서 통기성과 보수성이 균형을 이루는 배지 조건이 근권 산소 공급과 생육 안정성 유지에 유리하게 작용했기 때문으로 판단된다.

바. 따라서 작형별로 배지 조성을 달리 설정하여 반촉성재배는 보수력이 우수한 피트모스 배지가, 촉성재배는 통기성과 보수성이 균형을 이루는 코코피트(dust:chip=5:5) 배지가 근권 환경 안정화와 생산성 증대에 적합한 것으로 분석되었다.

6. 인용문헌

김현우, 정명호, 박선미. 2018. 시설 과채류 재배에서 초기 생육 특성이 수량에 미치는 영향. 농

농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석 기준. 농촌진흥청, 수원

박영수, 김진현, 이성호. 2016. 토마토 수경재배에서 정식 초기 급액 조절이 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국원예학회지. 34(3):245-252

Abad M, Noguera P, Bures S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production. Bioresource Technology. 96:77-85

Forde B, Lorenzo H. 2001. The nutritional control of root development. Plant and Soil. 232:51-68

Heuvelink E. 2005. Tomatoes. CABI Publishing. Wallingford, UK

Judd LA, Jackson BE, Fonteno WC. 2015. Advancements in root growth measurement technologies using digital image analysis. Plant and Soil. 395:123-135

Lee JW, Lee SY, Kim YS. 2017. Physical properties of peat-based substrates and their effects on root growth of greenhouse vegetables. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 58:45-52

Sonneveld C, Voogt W. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer. Dordrecht

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A. 2015. Plant Physiology and Development. 6th ed. Sinauer Associates. Sunderland, MA

7. 연구결과 활용제목

○ 시설가지 뿌리 활착을 위한 정식 후 급액 개시 시점(영농활용, 2025년)

○ 시설가지 수경재배 근권 환경 개선을 위한 배지 선발(반촉성재배 작형)(영농활용, 2025년)

8. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성 명	수행업무	참여년도	
						'24	'25
시설가지	**책임자**	**원예연구과**	**농업연구사**	**황 지 은**	**세부과제총괄**	○	○
수경재배	공동연구자	원예연구과	농업연구관	이 진 구	분 석 자 료 검 토	○	○
급액관리	〃	〃	농업연구사	김 대 균	자 료 조 사	○	-
	〃	〃	〃	김 윤 희	자 료 조 사	-	○
기술개발	〃	〃	〃	최 란 선	재 배 관 리	○	○
	〃	〃	농업연구관	이 수 연	결 과 검 토	○	-
	〃	〃	〃	김 진 영	결 과 검 토	-	○