

고품질 절화국 생산을 위한 토양관비재배 시스템 및 재배기술체계 연구

서범석* · 이정필** · 김홍기** · 강종구*** · 안규빈****

(*호남온실작물연구소 소장 · **호남온실작물연구소 연구원 ·

순천대학교 원예학과 강사 · *호남대학교 환경원예학과 교수)

Studies on the System Development and Improving Technology of Soil Fertigation for High Quality Cut Flower Chrysanthemum Production

Beom-Seok Seo* · Jeong-Pil Lee** · Hong-Gi Kim** · Jong-Gu Kang*** · Kyu-Bin Ahn****

*. **Honam Greenhouse Crop Research Institute, Kwangju 500-060, Korea

***Dept. of Hort., Coll. of Agri., Suncheon Nat'l Univ., Suncheon 540-742, Korea

****Dept. of Env. Hort., Honam Univ, Kwangju 506-714, Korea

적 요

대부분의 시설 절화류 재배농가가 직면하고 있는 연작장해를 회피하고, 일반 양액재배방식에 비해 시설투자비가 훨씬 적으면서도 작물의 생육과 품질을 증진시킬 수 있는 실용적 토양관비재배 시스템 개발 및 재배기술체계 확립을 위한 기초자료를 얻고자 주요 시설절화류 작목인 국화를 대상으로 실험을 수행하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

유기질 퇴비를 사용하지 않는 산흙에 펄라이트와 왕겨를 30~40% 첨가한 배지에 양액(일본원예시험장 표준액)을 EC 1.5dS/m, pH 6.0으로 조절하여 제1차 적심기까지 공급한 후 15일 간격으로 토양시료를 토심별(0~10cm, 11~20cm, 21~30cm)로 채취하여 토심별 EC와 pH를 측정된 결과, 토심이 깊어질수록 EC는 점차 감소하였던 반면에 pH는 상승하였다. 토양물리성의 개선을 위해 왕겨와 펄라이트를 토양에 일정 비율로 혼합하여 물리적 특성을 비교한 결과, 펄라이트를 혼합한 배지에서 공극률(Ea)과 보수력(Pv), 총보수력(Ea + Pv)이 전반적으로 높아졌다.

Cl⁻, SO₄²⁻의 함량이 비교적 적은 비료를 선택하여 토양관비재배용 액비를 농축액 A, B, C액으로 구분하여 조절하였으며, 기존의 이랑식과 이랑식에 인공배지를 첨가한 방식, 스티로폼 성형베드를 이용한 지상식, 베베를 이용한 지상식, 스티로폼 격리상 등 다양한 토양관비재배 시스템을 구성하여 성장량을 비교한 결과 인공배지를 첨가한 이랑식과 스티로폼성형베드를 이용한 지상식에서 가장 양호한 성장특성을 보였다.

모래여과기에 의한 역병균의 제거율은 높았으나, 후사리움균에 대한 효과는 적었다. 특히, 락스나 차아염소산칼슘, 과산화수소 등 화학제 첨가에 의한 살균효과는 크게 나타났다.

절화국 토양관비재배에 적합한 적정양액 농도는 EC 1.0~1.5dS/m임을 알 수 있었으며, 양액농도가 1.5dS/m보다 높을수록 경경은 두꺼워지고 초장은 짧아지며 황화엽 발생률이 증가하고, 기근이 많이 형성되는 형태적인 특성을 보였다. 또한 관행재배일 경우 1주일에 1~2회 관수하여 작물을 재배관리하는 형태로 토양양액재배는 다량소회보다는 소량다회 방식으로 급액하므로써 작물체의 신선도 및 엽의 활력을 증대시켜 절화품질이 향상되어 근권환경의 안정화에 기여한 것으로 평가되었다.

I. 서론

시설원예의 경영목표는 인위적인 환경제어를 통하여 작물의 생산성과 품질을 확보하면서 소득을 증대시키는 데 있다. 작물의 생산성과 품질을 안정적으로 확보하기 위해서는 시설내 지상환경의 적정화와 함께 뿌리의 양수분 흡수능력을 극대화시킬 필요가 있게 되며, 지상환경조건이 적합하여도 작물의 근권환경요인 즉, 토양수분, 통기성, 지온 등이 불량한 조건에서는 양수분 흡수가 저해되기 때문에 원활한 작물의 생육을 기대할 수 없게 된다. 또한, 근권환경이 양호한 환경에서도 지상환경 즉, 광량, 온도, 습도, 탄산가스, 공기유동 등이 불량할 경우에도 마찬가지로의 결과를 초래하게 된다. 따라서, 시설내 미기상환경과 근권환경은 복합적으로 작물생육에 관여되며 이들 환경요인 중 어느 한가지 요인만 부적합할 경우에도 정상적인 생육을 기대하기 어렵게 된다^{4,6,9,13,16,18}. 최근에는 토양재배에서 관비재배, 관비재배에서 양액재배방식으로 전환하려는 농가가 급속히 늘고 있어 시대가 변천하면서 시설재배방식은 더욱 생력적이고 효율적인 농업방식으로 발전하고 있다. 이는 시설의 구조나 형태가 작물생육에 적합한 환경을 제공하기 위하여 지속적으로 개선되어 왔고, 또한 토양재배시 초래되는 연작장해를 회피하기 위한 농가의 요구가 반영된 결과이다^{11,12,16}. 국내 양액재배 면적은 '97년말 현재 약 430ha에 이르고 있으며, 시설전체면적 48,000ha의 1% 내로 급증하였다. 그러나 아직은 양액재배기술이 품목별로 완전하게 정착되어 있지 않아 경영에 실패하는 농가가 많으며, 시설설치 비용도 품목에 따라 30,000~80,000원/평 범위로 초기 시설투자 비용이 많아 대다수 농가에 보급되는데는 아직 제한이 따른다^{1,14,15}. 시설토양재배 농가에 있어서 큰 관심사의 하나는 토양환경을 어떻게 하여 건전하게 유지하고 고품질의 작물을 안정적으로 수확하는가?이다. 토양환경을 건전하게 유지하기 위해서는 지력을 증강시킴과 동시에 시비에 있어서 토양으로의 화학적 스트레스를 가능한 한 낮추어 억제시킬 필요가 있다. 따라서, 양액재배방식이 갖고 있는 장점을 토양재배에 접목하여 염류집적을 경감하고 작물의 생육과 품질을 조

절하고자 하는 노력은 토양양액재배 방식에서 찾을 수 있다. 토양양액재배는 엄격히 말하면 관비농법의 일종이지만 염류집적을 획기적으로 경감시킬 수 있는 비료만을 선택하여 작물의 영양 흡수특성에 적합하게 관개법을 조절하는 농업으로써 일본에서는 양액토경(養液土耕)이라고 불리워진다^{7,8,12}.

작물의 생육을 위한 영양 보급원으로서 비료의 사용이 필요하다는 것은 두말할 나위가 없다. 관행처럼 토양에 유기질 비료(퇴비)를 사용할 경우에는 질소기아 등이 초래될 수 있고 작물의 영양균형을 조절하는데도 매우 까다로워진다. 반대로 화학비료를 사용한 경우에도 근삼투압의 상승, pH의 저하, EC의 상승 등에 따라 토양환경에 영향을 미치게 된다. 이러한 종류의 토양환경스트레스는 작물생육에도 당연히 영향을 미치게 되어 발아장해, 활착장해, 생육장해 등으로 나타난다. 따라서, 토양에 양분을 보급시켜 주면서 이들 스트레스를 가능한 한 경감하거나 억제시킬 수 있는 시비기술이 확립되면 토양환경은 보전되고 작물의 생산력 향상과 생산성 유지가 가능할 것이다^{2,3,5,10,17}.

따라서, 본 연구에서는 대부분의 시설 절화류 재배 농가가 직면하고 있는 연작장해를 회피하고, 일반 양액재배방식에 비해 시설투자비가 훨씬 적으면서도 작물의 생육과 품질을 증진시킬 수 있는 실용적 토양관비재배 시스템 개발 및 재배기술체계 확립을 위한 기초자료를 얻고자 주요 시설절화류 작목인 국화를 대상으로 실험을 수행하였던 바 그 결과를 보고한다.

II. 재료 및 방법

실험 1. 토양유형별 시비기준의 적정화

광복 단동형 플라스틱하우스(570평)내에 스프레이 절화국 "카산드리아(네덜란드산)"의 삼수 채취를 위하여 모본포를 조성하였으며, 여기에 플러그 육묘된 삼목묘(3~4엽)를 재식하여 1차 적심기('97. 10. 5)까지 양액(EC 1.5, pH 6.0)을 급액하면서 재배도중 15일 간격으로 토양시료를 채취하였다. 토양시료의 채취

깊이는 표면으로부터 지하 0~10cm, 11~20cm, 21~30cm 등 3개 지점으로 나누었으며, 기본적인 염류패턴을 추적하기 위하여 토심별 농도(EC)와 산도(pH)를 측정하였다.

또한, 토양의 물리성을 개선하기 위하여 유기배지인 왕겨와 무기배지인 펄라이트를 토양에 일정 용적비로 혼합하여 Pv(보수력), Ea(공극률), water infiltration rate(수분침투율) 등의 물리적 특성을 비교하였으며, 그 혼합 용적비는 토양:왕겨=7:3, 토양:왕겨=6:4, 토양:펄라이트=7:3, 토양:펄라이트=6:4로 하였고, 토양단용처리구와 비교 검토하였다.

실험 2. 토양양액재배용 부자재 개발과 이용기술

토양관비재배용 액체비료를 설계하기 위하여 일반 양액재배용으로 사용되고 있는 비료 중 Cl^- , SO_4^{2-} 의 함량이 적은 비료를 선택하여 액체복합비료를 농축액 A, B, C액으로 구분하여 조제하였다. 액비화 방법은 용수에 산(HNO_3)을 첨가하여 pH 4.5 범위로 낮춘 후 각각의 비료를 첨가하여 80°C 이상으로 가열하면서 원심회전으로 완전히 용해시켰다.

국내외 재배조의 모형별 이용실태를 조사하였으며, 본 연구에서는 이러한 자료를 토대로 보온(단열)성, 내구성, 배수성 및 경제성 등을 모두 고려하여 토양관비재배용 베드의 신모형과 5가지의 토양관비재배 방식을 설계하여 시스템을 구성하였다. 또한, 토양관비재배용 표준 급배액관리시스템을 개발하기 위하여 액비혼입시스템을 설계하였으며, 급액지령장치 프로그램 작성을 위한 순서도(flow-chart)를 구성하였다.

실험 3. 토양소독 및 배액 재활용 기술

폐액의 집액은 재배조 내외의 배액파이프를 따라 1차 집수탱크를 반지하식으로 설치하여 탱크내에 양이온치환능력이 강한 활성탄여과패지를 충전하였으며, 병원미생물과 식물체의 잔균, 노화세포 등 잔해물을 제거하기 위한 방법으로 모래여과법을 사용하였다. 모래여과기는 80cm 높이로 만들었으며 상층부위 20cm에 굵은 모래($\phi 2mm$ 이상)를, 중간층에는 가는 모래

($\phi 0.25mm$ 이하)를 충전하였고, 하층은 20cm로 자갈을 직경 2~16mm 순으로 채웠다. 또한, 화학제처리법으로 1차 여과후 생존된 병원미생물은 2차 집수조에서 산화력이 강한 화학제($CaOCl_2 \cdot 10H_2O$ 2,000ppm, H_2O_2 500ppm, $NaOCl$ 1,500ppm 등)을 처리하여 역병균(*Phytophthora*)과 위조병균(*Fusarium*)의 제거효과를 관찰하였다. 본 연구에서 살균제 처리는 식물체내에 이행흡수되어 잔류독성이 있을 수 있기 때문에 살균소독 방법에서 제외하였다.

실험 4. 토양양액재배 현장적용 실험

본 실험은 전남대학교 농과대학 시설원예학 실험실습장(100평) 및 화순군 화순읍 삼천리 소재 김성수 씨 재배온실(400평)에서 수행하였으며, '98년 1월 4월에 정식하였고, 적심은 1월 20일에 실시하였다. 절화국 "별나라(*Dendranthema grandiflora* (Ramat) Kitamura "Byulnara")" 품종을 공시하였으며, 펄라이트에 삽목하여 발근된 묘를 사용하였다.

본 실험에 사용된 시스템은 토양관비재배 시스템으로서 80cm 베드에 15×10cm 간격으로 정식하였으며, 각 처리당 양액탱크(600 l), 1/3HP 모터펌프, 점적타이푼, 타이머 등으로 독립된 급액시스템을 갖추었다. 급액간격은 처리개시부터 8회/1일, 2분30초/1회로 공급하였으며, 기타 재배관리는 관행에 준하여 실시하였다.

사용된 양액은 (표 1)과 같이 일본원시균형배양액으로 조성하였으며, 양액농도는 1.0, 1.5, 2.0, 2.5mS/cm 및 관행재배를 대조구로 설정하여 실시하였다.

조사항목으로는 엽수, 엽면적, 경경 및 기관별 생체중과 건물중을 측정하였고, 7일 간격으로 조사를 실시하였다. 또한, 토양의 염류집적 패턴을 조사하기 위하여 2주 간격으로 토양시료를 채취해서 토양분석을 실시하였다. 토양성분은 비색법으로 측정하였으며, 엽면적은 엽면적측정기(Delta-T area meter, CB 3535, CBS OEJ, 영국)로 측정하였고, 건물중은 80°C의 dry oven에서 2일간 건조시킨 후 칭량하였다. 또한, 절화 품질을 비교하기 위해서 화중, 화수장, 화경, 설상화수 등을 조사하였다.

표 1. Chemical compositions of balanced nutrient solution formulated by Japanese Horticultural Experiment Station used in this experiment.

Substance	Chemical formula	Concentration(ppm)
Macroelement fertilizer	5[Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O] · NH ₄ NO ₃	445.1
	KNO ₃	346.7
	NH ₄ H ₂ PO ₄	32.0
	KH ₂ PO ₄	70.0
	K ₂ SO ₄	30.0
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	251.3
Microelement fertilizer	Fe EDTA	20.0
	H ₃ BO ₃	2.86
	MnSO ₄ · H ₂ O	1.57
	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22
	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.08
	(NH ₄) ₂ MoO ₄	0.03

III. 결과 및 고찰

실험 1. 토양유형별 시비기준의 적정화

스프레이 절화국의 모본포에 삼목묘를 재식하여 1차 적심기까지 양액(EC 1.5 dS/m, pH 6.0)을 급액하면서 15일 간격으로 토양시료를 표면으로부터 지하 0~10cm, 11~20cm, 21~30cm 깊이로 각각 채취하고, 기본적인 염류패턴을 추적하기 위한 토심별 농도(EC)와 산도(pH)를 측정된 결과는 (표 2)와 같다. 토심이 깊어질수록 EC는 점차 감소한 것으로 나타나 영양성분은 토심이 얇을수록 많은 양이 집적되는 반면 깊은 토심에서는 적게 집적됨을 알 수 있다. 토심

별 pH의 변화를 보면 토심이 얇은 0~10cm에서는 pH가 상대적으로 낮았던 반면 토심이 깊어질수록 pH의 값은 상승하였으나 거의 모든 조사구에서의 pH는 작물재배에 있어서 적정 수준인 5.90~6.78 범위를 나타내었다. 토양관비재배를 성공적으로 추진해 나가기 위해서는 토양의 통기력, 배수력, 보수력 등 물리적 특성과 염류성분, 농도, 산도, 양이온치환능, 무기원소 성분함량과 비율 등 화학적 특성이 작물재배에 적합해야 한다^{10,13)}.

토양의 물리성을 개선하기 위하여 왕겨와 펄라이트를 토양에 일정 비율로 혼합하여 Pv(보수력), Ea(공극률), Pv+Ea(총보수력), water infiltration rate(수분침투율) 등의 물리적 특성을 비교한 결과는

표 2. 양액급액에 따른 토심별 농도 및 산도변화

(단위: dS/m, 25°C H₂O)

월 · 일 토심(cm)	9월 5일		9월 20일		10월 5일		평균	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH
0~10	1.62	5.90	1.91	6.12	1.45	6.15	1.66	6.06
11~20	1.47	6.12	1.32	6.54	1.37	6.23	1.39	6.30
21~30	1.13	6.14	1.12	6.78	1.08	6.56	1.11	6.49

(주) 측정시간: 오전 9시, 측정방법: Saturation Extracts Analysis

표 3. 인공배지 첨가비율에 따른 혼합배지의 물리적 특성

(단위: dS/m, 25°C H₂O)

혼합비율(v/v)	Pv(%)	Ea(%)	Pv + Ea(%)	Water infiltration rate(cm/sec)
토양+왕겨 = 7:3	29	16	45	1.01
토양+왕겨 = 6:4	27	18	45	1.24
토양+펄라이트 = 7:3	37	15	52	1.08
토양+펄라이트 = 6:4	39	20	59	1.35
토양단용	29	11	40	0.65

(주) 측정에 사용된 아크릴포트: ϕ(10cm), Height(15cm), Volume(1.18 l)

(표 3)과 같다.

Pv와 Ea를 합한 총보수력은 양액재배에 적합한 수준이 45~65%이므로 대부분의 혼합배지가 토양관비재배에 적합한 물리적 특성을 갖고 있었다. 인공배지의 첨가에 따른 각 처리별 물리적 특성을 비교한 결과, 펄라이트를 혼합한 배지의 경우에 공극률과 보수력이 전반적으로 높아졌으며, 왕겨 혼합배지의 경우에는 사용도중에 부숙에 의한 보수력, 공극률의 변화가 예상되므로 부숙정도별 물리성 변화에 대한 연구가 필요하였다.

토양관비재배용 비료를 설계하는 데에는 농가의 취급이 용이하고, 염류이온(Cl⁻, SO₄²⁻)을 갖는 염류집적해가 없는 비료를 선택하여야 하며, 가격이 저렴하고 구입이 용이해야 하며, 사용도중 작물의 생리장해 우려가 없도록 영양원소간 균형이 잘 이루어지도록 조제되어야 한다^{2,6,9,17)}. 따라서, 본 연구에서는 일반 양액재배용으로 사용되고 있는 비료중 Cl⁻, SO₄²⁻의 함량이 비교적 적은 비료를 선택하여 액체복합비료를 농축액 A, B, C액으로 구분하여 조제하였으며, 그 결과는 (표 4)와 같다. 본 연구에서 개발한 액체복합비료는 양액재배 및 토양관비재배에서 직접 사용한 결과, 재배상 문제점이 도출되지 않았으며, 국화, 카네이션 등 절화류와 오이 등 채소류에도 적응성이 뛰

실험 2. 토양양액재배용 부자재 개발과 이용기술

표 4. 토양양액재배용 액체 복합비료 조제내역

구 분		A액	B액	C액
사용된 비료의 종류		Ca(NO ₃) ₂ , KNO ₃ Fe-EDTA	KNO ₃ , KH ₂ PO ₄ , NH ₄ H ₂ PO ₄ , K ₂ SO ₄	MnSO ₄ , ZnSO ₄ , Na ₂ MoO ₄ , CuSO ₄ , H ₃ BO ₃
성분함량(%)		질소전량 9.23% 수용성칼륨 5.77% 수용성칼슘 11.31% 수용성철 0.12%	질소전량 3.11% 수용성인산 5.01% 수용성가리 12.60%	수용성붕소 1.73% 수용성망간 0.61% 수용성아연 0.074% 수용성구리 0.019% 수용성몰리브덴 0.014%
EC 농도별	1.0dS/m	1:1000	1:1000	1:10,000
희석배수	1.5dS/m	1: 750	1: 750	1:10,000
(농축액:물)	2.0dS/m	1: 500	1: 500	1:10,000

표 5. 새로운 토양양액재배용 양액처방(호남온실작물연구소, 1998)

Substance	Chemical formula	Concentration(ppm)
Macroelement fertilizer	$5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O] \cdot NH_4NO_3$	869.5
	KNO_3	610.6
	NH_4NO_3	21.7
	KH_2PO_4	268.3
	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	150.0
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	251.3
Microelement fertilizer	Fe EDTA	20.00
	H_3BO_3	2.86
	$MnSO_4 \cdot H_2O$	1.57
	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.22
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.08
	$(NH_4)_2MoO_4$	0.03

어날 것으로 판단되며, 추후 작물별 현장적용실험을 지속적으로 수행하여 보완점을 해결한 후 제품화할 계획이다.

다만 B액의 경우 500배액으로 농축시키면 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 비료염에 의한 침전이 발생하므로 Mg의 급

원은 500배 농축액을 별도로 조제하여 혼합하는 것이 좋을 것으로 판단되며, $Mg(NO_3)_2$ 를 이용한 새로운 양액재배 처방의 예는 (표 5)와 같다. 본 실험기간 동안 이러한 처방액을 이용한 재배실험은 수행되지 못하였으나 염류집적과 산성화의 원인이 되고 있는

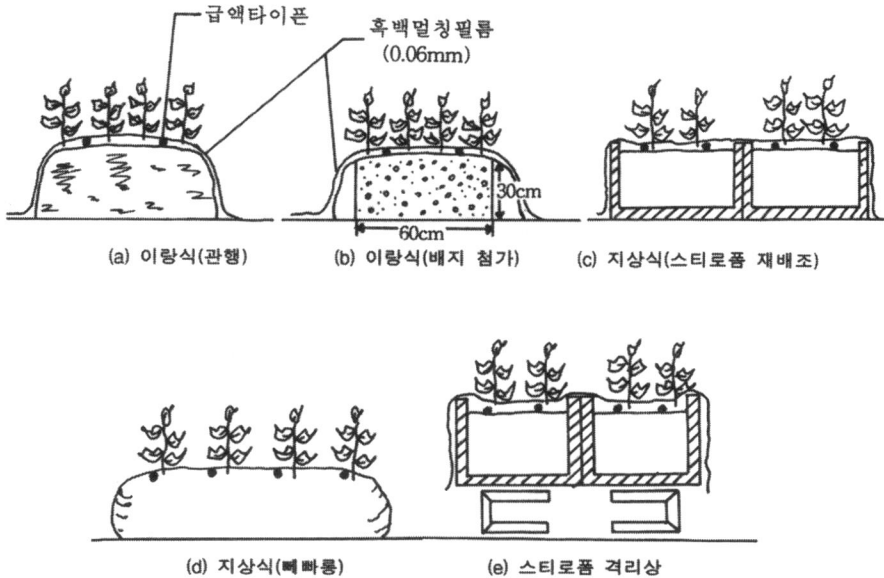
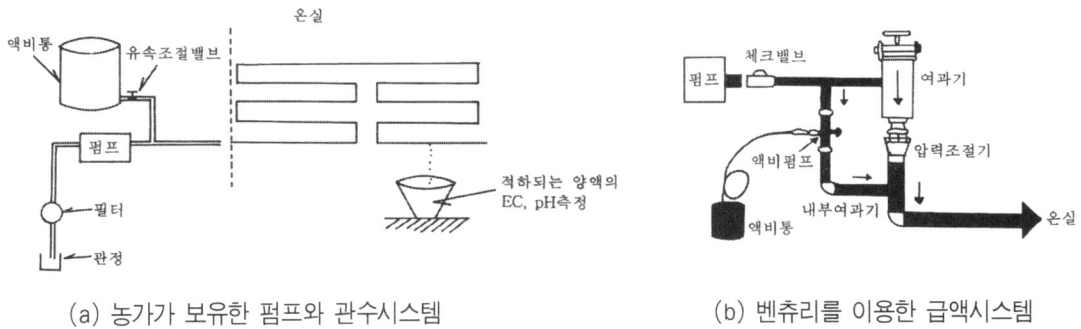


그림 1. 본 연구에서 사용된 토양관비재배 시스템 모식도



(a) 농가가 보유한 펌프와 관수시스템

(b) 벤츄리를 이용한 급액시스템

그림 2. 급액시스템의 설계

Cl⁻, SO₄²⁻의 사용량을 대폭 감소시켰기 때문에 연작에 의한 토양EC의 상승과 pH저하를 상당히 경감할 수 있을 것으로 사료된다.

국내의 재배조의 모형별 이용실태를 조사한 결과, 양액재배에 이용되고 있는 재배조의 제재는 대부분 발포스티로폼이며, 일부 플라스틱 성형품이나 직경 30~50cm의 파이프를 1/2로 절단하여 재배조로 사용하고 있기도 하였다. 최근, 국내 몇 농가에서 이루어지고 있는 토양관비재배 시스템은 일반 토양재배와 같이 이랑을 조성하고 여기에 타이폰을 이용하여 양액을 점적 급액하는 방식들이 시도되고 있었으며, 본 연구에서는 이 방식보다 더욱 적극적으로 토양의 물리성을 개선하기 위하여 (그림 1)에서 나타난 바와 같이 다양한 방식의 토양관비재배 시스템을 구성하였다. 기존의 토양에 퇴비를 전혀 사용하지 않고 무기인공배지인 펄라이트와 유기배지인 왕겨를 첨가한 방식(그림 1-(b))과 양액재배에서 널리 이용되고 있는 발포스티로폼 재배조를 지상에 설치한 후 여기에 물리성을 개선한 토양을 충전하여 양액을 급액하는 방법(그림 1-(c)), 발포스티로폼 재배조를 대체하여 일본에서 개발된 “뽀뽀롱(물은 배액되지 않고 공기의 출입은 용이한 것)”내에 토양배지를 충전한 방식(그림 1-(d)), 발포스티로폼 재배조를 격리상 구조로 구성한 방식(그림 1-(e)) 등으로 설계가 가능하다. 본 연구에서는 이중 시설비가 저렴하고 대다수 농가현장에 직접 적용이 가능한 방식을 중심으로 토양양액재배 시스템을 개발코자 하였으므로 (그림 1-(b))의 이랑식(배지첨가)을 활용하여 재배실험을 수행하였다.

토양관비재배용 표준 급액관리시스템을 개발하기 위하여 본 연구에서는 액비혼입시스템을 (그림 2)와 같이 구성하여 급액 EC와 pH 조절은 농축액 제조 당시의 희석배율과 산의 첨가로 가능하게 하였다. 이를 위하여 본 연구에서 개발된 액비를 50~100배로 1개의 농축액 탱크에 다시 혼합하고 농가가 갖고 있는 펌프와 관수시스템을 그대로 이용하는 방법(그림 2-(a))과 기존에 개발 이용되고 있는 벤츄리 모듈펌프 액비혼입기를 이용하는 방법(그림 2-(b))으로 급액장치를 구성하고, 급액지령은 시간비례제어, 일사량비례제어, 중량비례제어 방식 등으로 농가가 편리하게 관리할 수 있는 제어방법을 선택할 수 있도록 설계하였다.

급액지령에 관여하는 조건은 1회당 급액량, 급액할 시간의 설정여부, 광량 등이며 주간에 최소한 몇시간 이내에 급액하므로써 작물체의 건조해를 막을 수 있겠는가? 등의 사용자 설정이 요구된다. 또한, 광량이 없거나 부족한 경우에도 급액이 이루어지지 않으면 근권환경이 불안정해지므로 흐린 날, 비오는 날에도 최소한 4시간 이내에 1회 정도 급액이 이루어져야 하며, 야간급액도 반드시 고려되어야 하는데, 본 연구에서 급액지령장치 프로그램 작성을 위한 순서도(flow-chart)는 (그림 3)에 나타내었다.

실험 3. 폐액의 집액, 정화처리 및 재활용

활성탄에 의한 폐액여과 효과는 (표 6)과 같다. 양이온(K, Ca, Mg)의 여과능력은 비교적 높았지만 음

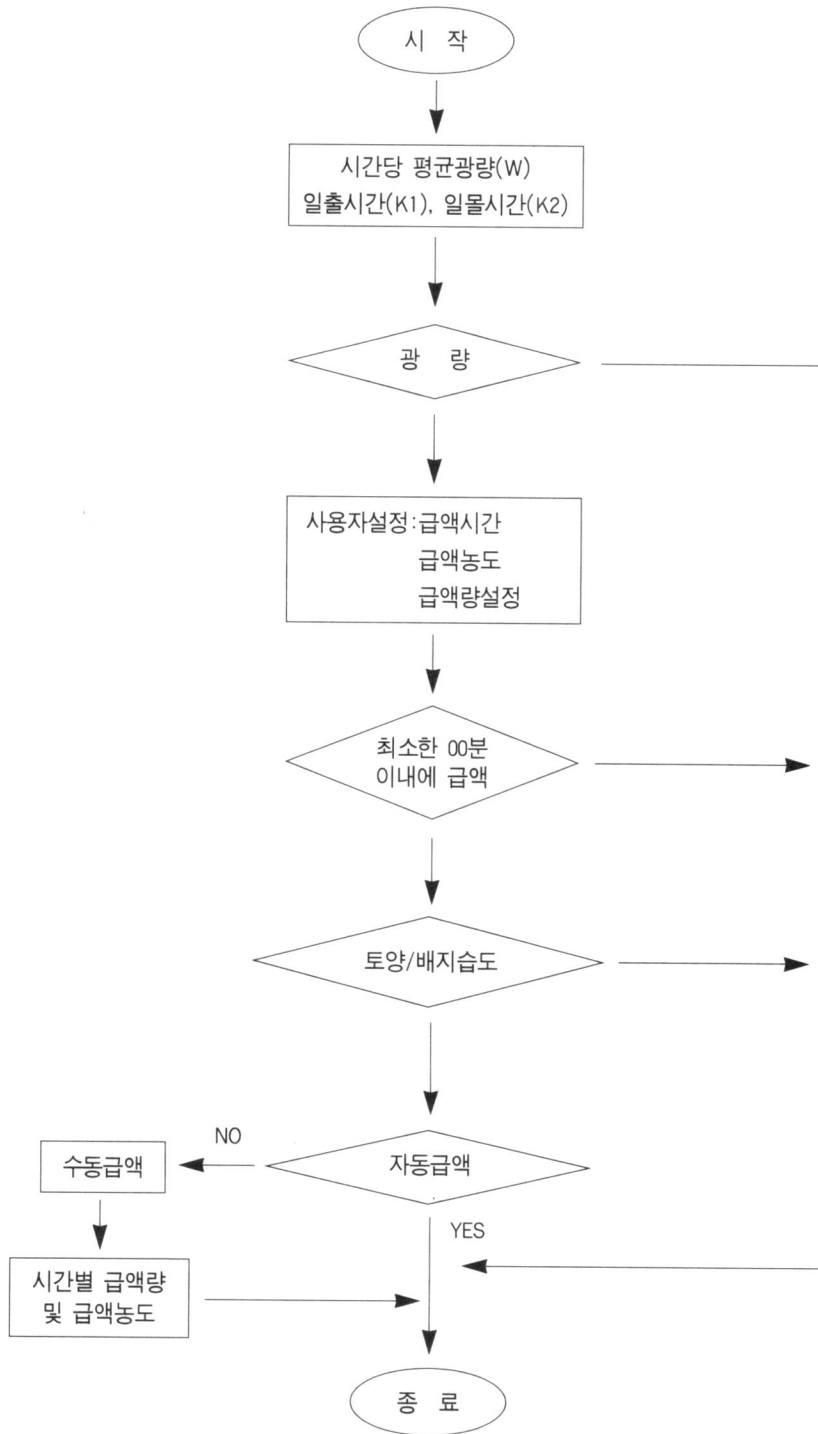


그림 3. 금액지령장치 프로그램 작성을 위한 흐름도(flow-chart)

이온은 상대적으로 낮았다. 모래에 의한 잔유물 제거는 완벽하게 이루어졌지만 병원미생물의 경우에는 제거율이 균종에 따라 달랐다(표 7). 따라서, 1차 여과후 생존된 병원미생물은 2차 집수조에서 산화력이 강한 화학제를 선택하여 처리하였으며, 그 결과는(표 8)과 같다.

CaOCl₂ · 10H₂O 2,000ppm 처리구에서는 역병균(*Phytophthora*)과 위조병균(*Fusarium*)이 완전히 멸균되었으며, H₂O₂ 500ppm과 NaOCl 1,500ppm 처리구에서도 역병균은 99.3% 이상, 위조병균은 99.9%의 살균율을 보였다.

실험 4. 토양양액재배 현장적용 실험

1. 생장반응

(그림 4)는 양액을 공급한 후 경시적인 초장변화를 나타낸 결과로서, 특히 EC 1.0과 1.5dS/m는 평균초장이 각각 107.5cm와 109.0cm로 대조구 99.25cm에 비해 비교적 안정된 형태의 증가량을 보였다.

(그림 5)는 경경의 변화를 나타낸 결과로서 대조구에 비해 급액되는 양액의 EC가 높을수록 경경이 두껍게 나타남을 알 수 있다. 특히, 대조구의 경우 경경의 비대가 거의 이루어지지 않는 결과를 보였고, EC 2.5dS/m에서는 지속적인 비대를 보이고 있다. 이외의 EC 1.0dS/m과 1.5, 2.0dS/m에서는 꾸준한 증가추세를 보였다.

(그림 6)은 엽수의 변화를 나타낸 결과로서 정식후 75일경 가장 많은 엽수 확보를 보이고 있으며, 이후 엽수가 감소하는 특성을 보이고 있다. 특히, 대조구의 경우 정식후 83일경 하엽의 황화낙엽이 급작스럽게 이루어졌지만 이후 상부엽의 분화는 정상적으로 이루어

표 6. 활성탄을 이용한 폐액여과 효과 (여과능력: 5l/분)

구분	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S
처리전(ppm)	190	100	515	112	81	131
처리후(ppm)	105	63	123	32	21	58

표 7. 모래여과기에 의한 균종별 여과효과

균종	균주접종	멸균율(%)
Phytophthora	8,000(cfu/ml)	97
Fusarium	10,000(cfu/ml)	85

(주) 양액에 균주접종후 여과된 것을 회수하여 균의 밀도를 조사

표 8. 화학제에 따른 살균효과

화학제	농도	살균율(%)	
	(ppm)	Phytophthora	Fusarium
H ₂ O ₂	500	99.3	99.9
NaOCl	1,500	99.7	100
CaOCl	2,000	100	100

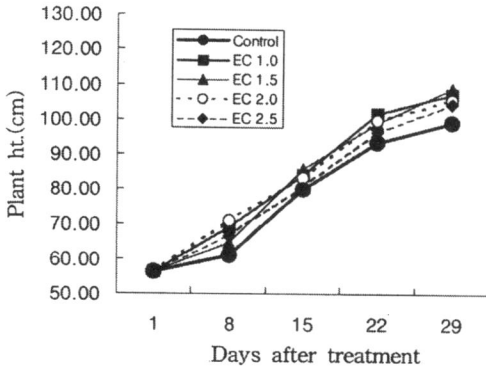


그림 4. 급액농도에 따른 경시적 초장 변화

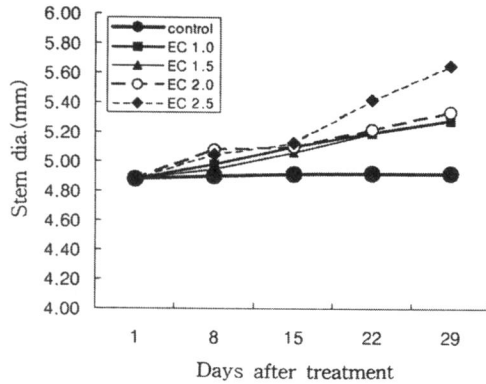


그림 5. 급액농도에 따른경시적 경경 변화

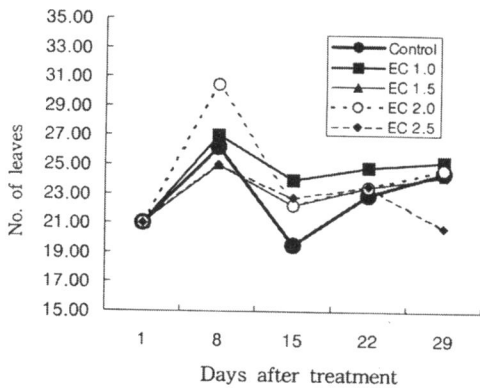


그림 6. 급액농도에 따른 경시적 엽수 변화

어졌고, 가장 안정된 엽수를 확보하고 있는 것은 EC 1.0dS/m로 나타났다. 그러나, EC 2.5dS/m 처리구에서는 뿌리의 화학적 스트레스로 인해 오히려 하엽의 황화낙엽 증상이 심하게 발생하는 것을 알 수 있었다.

(표 9)는 정식후 103일째 생육반응을 나타낸 결과로서 초장과 경경은 EC 1.5)1.0)2.0)2.5dS/m)대조구 순으로 나타났으며, 엽수에 있어서는 EC 1.0)2.0)대조구)2.0)2.5dS/m 순으로 나타났다. 엽수는 EC 2.5dS/m에서 20.8엽, 이외에 다른 처리구에서는 24~25엽을 확보하고 있었으며, 정상엽수에 대한 황화낙엽수는 EC 2.5dS/m에서 가장 많이 나타났다. 생체중과 건물중은 EC 1.5)1.0)2.0)2.5dS/m)대조구 순으로 나타났다.

2. 절화의 품질반응

(표 10)은 절화국의 품질을 상호 비교하기 위해 각각의 처리구에서 10송이씩을 채취하여 측정한 결과로서 화경과 화중 및 화수는 EC 1.5)2.0)1.0)2.5dS/m)대조구 순으로 나타났으며, 절화장은 EC 1.5)1.0)2.0)2.5dS/cm)대조구 순으로 나타났다. 또한, 절화의 정상낙엽수와 황화낙엽수를 측정한 결과는 (표·8)과 유사한 경향을 보였으며, 화수장은 양액농도가 증가할수록 짧아지는 경향을 보였다.

3. 토양특성

토양중의 무기원소의 집적형태를 측정하기 위한 결과가 (표 11)이다. 유효인산은 양액의 농도가 높을수록 증가하는 경향을 보였으며, 가리, 칼슘, 마그네슘 등은 EC 1.0와 1.5dS/m에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나 EC 2.0과 2.5dS/m 처리구에서는 공급기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 질산태질소 또한 비슷한 경향을 보이고 있다. 특히, EC가 높을수록 토양중에 잔류되는 질산태질소와 칼슘의 양이 증가하는 결과를 보여 적정시비수준은 EC 1.0~1.5dS/m으로 판단되었다.

표 9. 급액농도에 따른 최종 생육반응

Treatment	Plant ht. (cm)	Stem Dia. (mm)	No. of Leaves	No. of fallen leaves	Leaf area (dm ²)	Fresh wt.(g/plant)				Dry wt.(g/plant)			
						Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
Cont.	99.3	4.92	24.5	7.0	325.3	10.08	25.80	8.64	44.52	3.01	6.34	1.39	10.74
EC 1.0	107.5	5.29	25.3	7.8	460.3	15.26	30.35	14.21	59.82	4.13	7.13	3.79	15.05
EC 1.5	109.0	5.28	24.3	6.0	467.0	16.24	36.09	13.48	65.81	4.25	9.09	4.41	17.75
EC 2.0	105.6	5.34	24.8	8.5	413.0	12.20	33.45	12.43	58.08	3.59	8.89	2.76	15.24
EC 2.5	104.5	5.65	20.8	8.8	349.9	10.81	30.24	10.43	51.48	3.17	7.14	1.86	12.17

표 10. 급액농도에 따른 절화의 품질반응

Treatment	Flower dia.(mm)	Flower wt.(g)	No. of flowers	Plant ht. (cm)	No. of leaves	No. of fallen leaves	Spike ln. (cm)
Control	4.95	6.05	250.0	102.8	23.0	12.4	4.88
EC 1.0	5.55	6.17	260.2	109.8	23.2	10.0	4.60
EC 1.5	6.16	7.06	261.4	127.4	24.2	11.0	4.30
EC 2.0	5.60	6.20	260.6	108.4	22.8	11.0	4.20
EC 2.5	5.00	6.13	250.2	105.4	21.5	12.4	3.38

IV. 결론

1. 유기질 퇴비를 사용하지 않는 산후에 펠라이트와 왕겨를 30~40% 첨가한 배지에 양액(일본원예시험장 표준액)을 EC 1.5dS/m, pH 6.0으로 조제하여 제1차 적심기까지 공급한 후 15일 간격으로 토양시료를 토심별(0~10cm, 11~20cm, 21~30cm)로 채취하여 토심별 EC와 pH를 측정하고, 토심이 깊어질수록 EC는 점차 감소하였던 반면에 pH는 상승하였다. 토양물리성의 개선을 위해 왕겨와 펠라이트를 토양에 일정 비율로 혼합하여 물리적 특성을 비교한 결과, 펠라이트를 혼합한 배지에서 공극률(Ea)과 보수력(Pv), 총보수력(Ea+Pv)이 전반적으로 높았다.

2. Cl⁻, SO₄²⁻의 함량이 비교적 적은 비료를 선택하여 토양관비재배용 액비를 농축액 A, B, C액으로 구분하여 조제하였으며, 기존의 이랑식과 이랑식에 인공배지를 첨가한 방식, 스티로폼 성형 베드를 이용한

지상식, 뼈빠를 이용한 지상식, 스티로폼 격리상 등 다양한 토양관비재배 시스템을 구성하여 생장량을 비교한 결과 인공배지를 첨가한 이랑식과 스티로폼 성형베드를 이용한 지상식에서 가장 양호한 생장특성을 보였다.

3. 활성탄을 사용할 경우 NO₃-N은 85ppm, P 37ppm, K 392ppm, Ca 80ppm, Mg 60ppm, S 73ppm 등을 초과하였다. 모래여과기에 의한 역병균의 제거율(97%)은 높았으나, 후사리움균(85%)에 대한 효과는 적었다. 특히, 락스나 차아염소산칼슘, 과산화수소 등의 역병균과 후사리움균 등의 살균율은 99% 이상으로 나타났다.

4. 토양관비재배에 적합한 적정양액 농도는 EC 1.0~1.5dS/m임을 알 수 있었으며 양액농도가 1.5dS/m보다 높을수록 경경은 두꺼워지고 초장은 짧아지며 황화염수가 증가하고, 기근이 많이 형성되는 형태적인 특성을 보였다.

표 11. 재배토양의 분석결과

Treat. (dS/m)	Date	pH	*OM	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (me/100g)	CaO (me/100g)	MgO (me/100g)	NO ₃ (ppm)	CEC (me/100g)	EC (dS/m)
Con.	4/ 4	6.30	1.70	830.0	1.62	4.42	1.08	50.27	8.55	1.58
	4/27	6.40	1.90	931.0	1.39	5.02	1.06	13.29	7.50	1.12
	5/11	6.40	1.90	914.0	1.60	4.84	1.03	42.25	8.40	1.52
EC 1.0	4/ 4	6.50	2.10	1034.0	2.37	3.99	1.29	60.63	9.37	1.55
	4/27	6.50	1.90	1134.0	2.35	4.78	1.39	68.43	9.18	1.57
	5/11	6.34	1.90	999.0	1.60	4.60	1.07	86.37	7.60	1.41
EC 1.5	4/ 4	6.30	2.10	932.0	1.39	3.96	0.99	81.02	9.10	1.67
	4/27	6.52	1.90	1054.0	2.79	6.18	1.14	87.15	8.90	1.65
	5/11	6.36	2.10	1144.0	2.37	5.02	1.18	98.40	8.00	1.67
EC 2.0	4/ 4	6.52	2.00	974.0	1.90	4.78	1.07	101.41	10.20	1.79
	4/27	6.30	2.00	1084.0	1.94	4.14	1.25	101.85	9.13	1.78
	5/11	6.20	2.00	1323.0	2.29	5.63	1.19	128.70	7.50	2.00
EC 2.5	4/ 4	6.52	2.10	1124.0	2.35	4.23	1.11	120.90	9.97	2.00
	4/27	6.40	2.10	1104.0	1.75	6.64	1.32	204.46	8.30	2.41
	5/11	6.41	2.10	1114.0	1.75	7.65	3.87	245.67	8.40	2.73

*OM: Organic matters(%)

5. 절화국의 품질반응은 화경과 화중 및 화수는 EC 1.5>2.0>1.0>2.5dS/m>대조구 순으로 나타났으며, 절화장은 EC 1.5>1.0>2.0>2.5dS/cm>대조구 순으로 나타났다. 화수장은 양액농도가 증가할수록 짧아지는 경향을 보였다.

6. 유효인산은 양액의 농도가 높을수록 증가하는 경향을 보였으며, 가리, 칼슘, 마그네슘 등은 EC 1.0와 1.5dS/m에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나 EC 2.0과 2.5dS/m 처리구에서는 공급기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 질산태질소 또한 비슷한 경향을 보이고 있다. 특히, EC가 높을수록 토양중에 잔류되는 질산태질소와 칼슘의 양이 증가하는 결과를 보여 적정시비수준은 EC 1.0~1.5dS/m으로 판단되었다.

7. 관행재배일 경우 1주일에 1~2회 관수하여 작물을 재배관리하는 형태로 토양양액재배는 다량소회 보다는 소량다회 방식으로 급액하므로써 작물체의 신선도 및 엽의 활력을 증대시켜 절화품질이 향상되어 근권환경의 안정화에 기여한 것으로 평가되었다.

참고문헌

- 정순주, 강중구, 이정호, 서범석, 1994, 양액재배, 이론과 실용기술, 호남온실작물연구소, pp.1-9.
- 蟻川浩一, 1968, 하우스栽培における鹽類集積對策, 農および園 43, pp.979-982.
- 蟻川浩一, 1971, 하우스土壤における鹽類集積障害とその對策, 農および園 46, pp.257-261.
- Glinski, Jan and Jerry, Lipiec, 1990, Soil physical conditions and plant roots, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- 藤沼善亭, 田中房江, 福島正文, 1972, 施設栽培における有機質肥料の施用實態, 土肥誌 43, pp.36-40.
- 藤沼善亭, 田中房江, 1975, 作物の鹽類濃度障害に関する肥料・土壤要因について, 農技研報 B26, pp.1-194.
- 池田彰弘, 鹽田悠賀里, 武井昭夫, 1990, 施設土壤のかん水・太陽熱處理による鹽類の舉動と除鹽

- 效果, 愛知總試年報 22, pp.295-302.
8. 石川格司, 中村 毅, 1985, 하우스土壤における集積鹽類除去のための湛水 果, 農および園 60, pp.49-52.
 9. 石塚喜明, 林 滿, 尾形昭逸, 原田 勇, 1964, 畑作物に對する施肥位置に關する研究(第3報) 各種作物根系の特性とそれにおとぼす各種肥料濃度の影響, 土肥誌 35, pp.159-164.
 10. J. B. Jones, Jr., B. Wolf and H. A. Mills, 1991, Plant analysis handbook, Micro-Macro Pub. Inc.
 11. J. Mason, 1990, Commercial Hydroponics, Kangaroo Press Pty Ltd.
 12. 加藤俊博, 1994, 切り花の養液管理, 農文協, pp.194-209.
 13. 古在豊樹, 1985, 施設園藝の環境調節新技術-基礎と展望-, (社)日本施設園藝協會.
 14. 農耕と園藝, 1986, 養液栽培の新技術, 養賢堂, pp.2-30.
 15. 西貞夫, 1991, 施設園藝における養液栽培の手引, (社)日本施設園藝協會, pp.264-272.
 16. 西貞夫, 1994, 施設園藝ハンドブック, (社)日本施設園藝協會.
 17. 位田藤久太郎, 1966, 被覆下栽培における肥料の主意, 農および園 41, pp.1341-1345.
 18. P. G. H. Kamp and G. J. Timmerman, 1996, Computer environmental control in greenhouses, Inovation and Practical Centre Ede.