

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
사계성 여름딸기 고품질 재배기술 개발		C10 VC010804	'07~'10	원예연구과	원재희
2) 사계성 여름딸기 수경재배 기술개발		"	'08~'10	"	원재희
색인용어	딸기, 고랭지, 고설재배, 배지, 비료, 배양액				

ABSTRACT

This study was carried out to develop the techniques of hydroponics in summer cultivation using the everbearing strawberry for export to Japan in highland of Gangwon Province for 3 years. The results were as follows. Coconut-peat was selected as proper medium because the price was cheaper than peatmoss for the elevated production system in summer cultivation of everbearing strawberry. Use of mixing single fertilizers for soilless culture was much cheaper than use of compound fertilizers, so it was useful for reduction of production cost. And new nutrient composition was made a proposal for summer cultivation of everbearing strawberry, used with nutrient and water absorption ratio by Yamazaki's method.

1. 연구목표

딸기는 2010년 재배면적 7,049ha, 생산량 188,207천톤이며 농업생산액이 8,575억원으로 우리나라에서 고추, 수박 다음으로 생산액이 높은 채소로서, 대부분 남부지방에서 동계를 중심으로 시설재배되고 있는 저온성 과채류이다.

딸기의 꽃눈은 일반적으로 저온과 단일에 의하여 성장점에서 분화된 다음 고온과 장일조건 하에서 발육하므로 자연조건 하에서는 가을에 화아분화 후 동계 휴면을 거친 후 이듬해 봄에 개화하게 된다. 따라서 대부분 딸기 재배는 동계를 중심으로 12월부터 5월까지 시설재배가 전체의 90% 이상을 차지하고 있다. 이와 같은 주 재배기간을 제외한 6월부터 11월까지의 우리나라와 일본의 경우 단경기에 해당한다. 또한 일본은 세계 최대의 신선딸기 수입국으로서 우리나라는 다른 수출경쟁국에 비해 지리적으로 유리한 여건에 있다.

일본의 연간 신선딸기의 수입량은 약 4,500톤 정도로서, 특히 제과용 등에 이용되는 업무용 딸기의 경우 연중 소비되기 때문에 우리나라와 작형이 같은 일본의 단경기인 6~11월에 주로 미국이나 뉴질랜드로부터 수입이 되고 있다. 저온과 단일조건에서 화아분화하는 일계성 딸기와는 달리 사계성 딸기의 경우 고온장일 조건에서 화아분화가 되고 성장 발육의 조건만 갖추면 개화, 결실하게 된다. 따라서 우리나라의 경우 사계성 딸기 품종을 도입하여 고랭지 조건에서 여름재배로 생산하면 대일본 수출이 가능하다고 판단되었다.

강원도에서는 일본 수출을 목적으로 고랭지에 여름재배로 생산하고자 2003년부터 사계성

딸기를 도입하여 대관령을 중심으로 3ha를 재배하기 시작하여 당해에 56톤 995천불을 수출하였다. 2009년도에는 평창 외에 양구, 태백, 삼척 등 4개 시군으로 확대되어 35농가에서 17ha의 면적에서 311톤을 생산, 209톤을 수출하여, 신선채소류 수출액 14,263천 달러 중 3,772천 달러로 신선채소 수출액의 26%를 차지하는 수출 2위의 채소작목으로 급속히 증가하였다. 그러나 이러한 우리나라의 수출실적은 일본의 연간 수입량에 비하면 적은 양으로서 잠재적인 수출 성장 가능성이 충분하다고 할 수 있다. 현재 주로 재배되고 있는 품종은 유럽품종인 '플라멩고'와 '샤롯데'이며 최근 국산품종인 '고하'가 보급되고 있으나 아직 품종 특성에 맞는 재배기술이 정립되어 있지 않은 실정이다.

현재 고랭지에서 재배되고 있는 수출용 여름딸기는 재배방식이 고설벤취를 이용한 양액재배 방식으로서, 3월 하순부터 4월 하순에 걸쳐 정식한 후 5~6월 하순에 수확을 시작하여 11~12월까지 6개월 간 수확한다. 따라서 겨울재배에 비해 상대적으로 재배기간이 길다. 반면, 남부지방의 겨울재배에 비해서는 생산단수가 낮으며, 2009년도 강원도 여름재배 생산단수는 3.3m²당 6.2kg으로 일본의 50% 수준에 그치고 있어 생산성 향상을 위한 수경재배기술 확립이 필요한 실정이다. 여름 수출딸기의 품종은 유럽에서 육성된 사계성 품종인 플라멩고와 샤롯데 두 품종으로 특성 파악이 미흡하고 재배기술이 정립되어 있지 않아 품종의 다변화 및 수경재배기술 확립이 필요한 실정이다.

여름 수출딸기는 주 품종이 유럽에서 육성된 사계성 품종으로 재배기술이 정립되어 있지 않아 생산단수가 낮고 고온기 경도 등의 품질 문제로 인해 재배면적 확대에 어려움을 겪고 있음. 따라서 일본시장의 지속적인 점유를 위해서는 고품질 생산기술 개발이 필수적이다. 특히 기존 딸기 수경재배용 배양액은 일계성 품종의 겨울재배를 중심으로 개발되어 사계성 품종을 이용한 고랭지 여름재배와는 다소 차이가 있다.

따라서 여름딸기 생산성 및 품질을 향상시키고자 수출용 플라멩고 품종의 여름재배에 적합한 새로운 배양액을 조성하여 고설재배에 적용하여 농가의 생산단수 증가에 따른 소득제고 및 수출확대에 기여하고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 적정 유기배지 선발

본 시험은 여름딸기 생산 농가에서 관행적으로 사용하는 피트모스와 펄라이트의 혼합배지가 물리·화학적 안정성은 높으나 가격이 비싸고 과습해지기 쉬워 급액관리가 어려운 특성이 있어 상대적으로 가격이 저렴하고 통기성이 양호한 피트모스의 적용성에 대해 검토하고자 여름딸기를 생산하는 양구군 동면 팔랑리의 재배농가에서 2008년에 수행하였다. 시험품종은 영국 Meiosis사에서 육성한 사계성 품종인 플라멩고이었고 재배방식은 고설식 양액재배 방식이었다.

종묘는 네덜란드에서 수입한 우량종묘를 이용하였으며 흑색 P.E. 포트에 이식하여 새로운 본엽 3매 전개한 3월 30일에 정식하였다. 재식밀도 5,000주/10a로 베드 당 2조식으로 식재하였으며, 적정 유기배지를 선발하기 위한 처리내용으로는 피트모스+펄라이트(8:2) 혼합상토

와 코코피트(칩:더스트=7:3) 혼합상토 2처리에 점적테이프를 이용하여 급액하였다. 뿌리의 활착이 완료된 정식 약 1개월 후에 흑백멀칭필름으로 멀칭하였으며 처리당 15주씩 완전임의 3반복으로 배치하였다.

정식 후 활착 전까지 약 10일 간 원수만 공급하였고 활착 후에는 4종 복합비료인 폴리퍼드(19-19-19, Haifa Chemical Co.)를 이용하여 EC 0.6dS/m 농도로 공급하였으며 개화기부터 EC를 0.8dS/m 수준으로 높였고 착과기 이후에는 4종 복합비료인 유니버졸 또는 아그로루션(14-8-22-5-2, Scotts Co.)을 이용하여 EC를 1.0dS/m 수준까지 높여 공급하였다. 여름 고온기에는 EC를 0.7dS/m 수준까지 내렸으며 가을 이후 저온기에는 EC를 1.1dS/m 수준까지 높여 관리하였다. 과실의 수확은 6월 8일부터 시작하여 12월 10일에 종료하였다.

조사내용으로는 식물체의 생육, 수량 및 품질을 조사하였는데, 초장, 엽장, 엽폭, 근관수, 근관부 직경, 과수, 과중, 수량, 당도, 산도, 경도 등을 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 준하여 조사하였다.

나. 적정 재배시스템 선발

본 시험은 기존의 고설베드시스템의 설치 비용이 비싸 초기 투자비용이 많이 들게 되므로 상대적으로 저렴한 재배시스템을 선발하기 위하여 강원도농업기술원 온실에서 2009년에 수행하였다. 시험품종은 영국 Meiosis사에서 육성한 사계성 품종인 플라멩고를 사용하였고, 재배방식은 고설식 양액재배 방식이었다.

종묘는 자체증식한 종묘를 이용하였으며 흑색 P.E.포트에 이식하여 새로운 본엽 3매 전개 후 정식하였다. 재식밀도 5,000주/10a로 베드 당 2조식으로 식재하였으며, 재배시스템 처리는 기존 관행베드와 간이식 베드(행거식), 포트재배 등 3처리하였다. 관행베드와 간이식 베드는 뿌리의 활착이 완료된 정식 약 1개월 후에 흑백멀칭필름으로 멀칭하였으며 점적테이프를 이용하여 급액하였고 포트재배는 멀칭하지 않았으며 드리퍼를 이용하여 급액하였다.

정식 후 활착 전까지 약 10일 간 원수만 공급하였고 활착 후에는 딸기용 야마자키 처방액(질산태 질소 5.5, 암모니아태 질소 0.5, 인 0.67, 칼륨 3.5, 칼슘 3, 마그네슘 1me/L)을 이용하여 EC 0.6dS/m 농도로 공급하였으며 개화기부터 EC를 0.8dS/m 수준으로 높였으며 착과기 이후에는 암모니아태 질소를 공급하지 않고 EC를 1.0dS/m 수준까지 높여 공급하였다. 조사내용으로는 식물체의 생육, 수량, 경제성 등을 조사하였으며 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 준하여 조사하였다.

다. 복비 대체용 단비 이용방법 개발

본 시험은 기존의 여름딸기 재배농가에서 관행적으로 사용하던 토경 관비용 복합비료 사용방식을 양액용 단용비료를 이용한 재배방식으로 개선하기 위하여 여름딸기를 생산하는 양구군 동면 팔랑리의 재배농가에서 2009년에 수행하였다. 여름딸기가 도입된 2003년부터 2009년까지 전체 재배농가의 재배방식은 고설베드를 이용한 배지경이었으나 사용한 비료종류는 토경관비용 복합비료를 사용하였다. 따라서 재배방식이 수경재배가 아닌 관비재배라고 할 수 있는 상황이었으며 이러한 복합비료를 이용하다보니 생육단계별로 성분조정이 불가능

하였고 가격이 비싸 생산비에 차지하는 비료 구입비의 비중이 컸다. 따라서 이를 양액재배용 단용비료로 변경시키기 위한 시험을 수행하였다.

시험품종은 영국 Meiosis사에서 육성한 사계성 품종인 플라멩고이었고 재배방식은 고설식 양액재배 방식이었다. 종묘는 네덜란드에서 수입한 우량종묘를 이용하였으며 흑색 P.E. 포트에 이식하여 새로운 본엽 3매 전개한 7월 31일에 정식하였다. 재식밀도 5,000주/10a로 베드 당 2조식으로 식재하였다. 뿌리의 활착이 완료된 정식 약 1개월 후에 흑백멀칭필름으로 멀칭하였으며 점적테이프를 이용하여 급액하였다.

처리내용은 기존의 토경 관비용인 4종 복합비료 처리구와 양액용 단용비료 처리구 2처리로 양액종류를 사용하였다. 정식 후 활착 전까지 약 10일 간 원수만 공급하였고 활착 후에는 기존 관행처리구에서는 4종 복합비료인 폴리피드(19-19-19, Haifa Chemical Co.)를 이용하여 EC 0.6dS/m 농도로 공급하였으며 개화기부터 EC를 0.8dS/m 수준으로 높였으며 착과기 이후에는 4종 복합비료인 유니버졸 또는 아그로루션(14-8-22-5-2, Scotts Co.)을 이용하여 EC를 1.0dS/m 수준까지 높여 공급하였다. 여름 고온기에는 EC를 0.7dS/m 수준까지 내렸으며 가을 이후 저온기에는 EC를 1.1dS/m 수준까지 높여 관리하였다. 반면에 양액용 단용비료 처리구에서는 정식 활착 후 딸기용 야마자키 처방액(질산태 질소 5.5, 암모니아태 질소 0.5, 인 0.67, 칼륨 3.5, 칼슘 3, 마그네슘 1me/L)을 이용하여 EC 0.7dS/m 농도로 공급하였으며 개화기부터 EC를 1.0dS/m 수준으로 높였으며 착과기 이후에는 암모니아태 질소를 공급하지 않고 EC를 1.2dS/m 수준까지 높여 공급하였다. 여름 고온기에는 EC를 0.7~0.8 dS/m 수준까지 내렸으며 가을 이후 저온기에는 EC를 1.2dS/m 수준까지 높여 관리하였다.

과실의 수확은 6월 상순부터 시작하여 12월 중순에 종료하였다. 조사내용으로는 식물체의 생육, 수량, 경제성 등을 조사하였으며 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 준하여 조사하였다.

표 1. 관비용 복합비료 특성

비종	회사명	성분별 함량					질소 성분별 함량		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NO ₃	NH ₄	NH ₂
Poly-Feed	Haifa Chemical	19	19	19	0	1	5.5	3.5	10.0
Universol / Agrolution	Scotts	14	8	22	5	2	10.6	0.2	3.2

표 2. 딸기전용 야마자키처방액 조성

(단위 : me/ℓ)

NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	P	K	Ca	Mg
5.5	0.5	0.67	3.5	3	1

라. 여름딸기 전용 배양액 개발

본 시험은 기존의 딸기용 양액조성이 일계성 품종을 이용한 동계재배를 통하여 개발되었으며 사계성 품종을 이용한 하계재배에 적합한 배양액을 개발하고자 강원도농업기술원 온실에서 2010년에 수행하였다. 시험품종은 영국 Meiosis사에서 육성한 사계성 품종인 플라멩고이었고 재배방식은 고설식 양액재배 방식이었다.

종묘는 자체증식한 종묘를 이용하여 암면큐브에서 활착시킨 후 화아분화 유도 후 정식하였다. 배지는 Grodan사의 expert 암면슬라브를 이용하여 1m 슬라브 당 6주씩 정식하여 순환식 재배시스템에서 드리퍼를 이용하여 급액하였다.

정식 후 활착 전까지 약 10일 간 원수만 공급하였고 활착 후에는 딸기용 야마자키 처방액(질산태 질소 5.5, 암모니아태 질소 0.5, 인 0.67, 칼륨 3.5, 칼슘 3, 마그네슘 1me/L)을 이용하여 양액농도 처리를 EC 0.5, 1.0, 1.5dS/m 농도로 3처리하였다.

10월 21일 정식하여 11월 18일 개화하였으며 이후 지속적으로 양분 흡수량과 수분흡수량을 조사하였고 이를 바탕으로 야마자키가 개발한 n/w법을 이용하여 양분과 수분 흡수율을 분석하였으며 시험구 배치는 완전임의배치 3반복이었다. 조사내용으로는 양분흡수량(n), 수분흡수량(w), 식물체의 생육, 수량, 경제성 등을 조사하였으며 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 준하여 조사하였다.

또한 양수분 흡수율(n/w)은 식물체에 의한 양액 흡수량과 이온의 농도 측정치를 이용하여 Yamazaki(1984)의 방법에 의해 다음의 식으로 산출하였다.

$$y > y_1, n/w = \frac{a}{w} (y - y_1) + y_1 ; y < y_1, n/w = y_1 - \frac{a}{w} (y_1 - y)$$

n : 흡수성분량(meq)

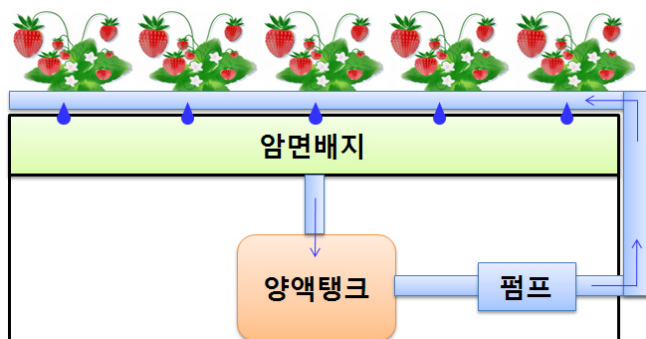
w : 식물체가 흡수한 물의 양(L)

a : 최초 양액 공급량(L)

y : 최초 양액의 다량원소 농도(meq·L⁻¹)

y₁ : 재배후 양액의 다량원소 농도(meq·L⁻¹)

○ 재배시스템 모식도



○ 처리 전경



3. 결과 및 고찰

가. 적정 유기배지 선발

현재 강원도의 사계성 품종을 이용한 고랭지 여름딸기 생산은 모두 고설식 양액재배를 이용하고 있으며 초기에 도입될 당시에 사용되었던 배지가 피트모스이었다. 배지인 피트모스의 2008년 기준 구입비용이 10a당 약 4,000천원으로 3년 주기로 교체시 농가에 큰 부담으로 작용한다. 따라서 배지가격이 저렴한 코코피트의 적용성을 검토하였다.

코코피트 배지는 코코넛 열매의 껍질을 이용한 유기배지로서 물리성은 안정적이거나 화학적으로 pH가 높은 알칼리성이고 K, Na, Cl 함량이 높아 화학적 안정화를 위한 처리가 필요하다. 배지를 3회의 수세 및 질산칼슘의 포수 후 수세에 따른 EC와 pH의 변화를 보면, EC는 수세만으로도 낮아졌으나 pH는 높아져 알칼리성을 띄었다. 질산칼슘의 포수 후 수세처리를 했을 경우 pH가 상대적으로 안정화되었다. 또한 질산칼슘 포수 후 수세처리에 따른 배액의 무기이온 변화를 보면 코코피트 배지에서 Ca 흡착에 의한 K와 Na의 치환 배출이 이루어졌다. 따라서 코코피트 배지를 질산칼슘에 포수시킨 후 수세를 하였을 경우 Na와 Cl에 의한 염류 스트레스를 유발하지 않을 것으로 판단되었다.

표 3. 담수 침지처리에 따른 코코피트 배지의 EC와 pH 변화

구 분	수세 전	수세 1회	수세 2회	수세 3회
EC (dS/m)	0.56	0.21	0.08	0.03
pH	6.55	6.77	7.36	7.45

※ 배지 : 물 = 1 : 10 (v/w)

표 4. 배지 종류별 Ca(NO₃)₂·4H₂O 포수 후 수세처리에 따른 배액의 EC 및 pH 변화

배지종류	처리 후 일수	pH	EC (dS/m)
피트모스	0	4.15	0.77
	3	4.52	0.34
	6	4.45	0.30
코코피트	0	6.35	0.81
	3	6.48	0.42
	6	6.78	0.28

배지 종류별 생육특성을 보면, 피트모스 배지가 코코피트 배지에 비해 초장과 엽병장이 길고 근관수가 많았으며 엽 생장과 근관부 직경은 작았다. 이는 피트모스 배지가 코코피트 배지에 비해 함수율이 높은 특성에 기인한 결과라고 여겨졌다.

표 5. 배지 종류별 Ca(NO₃)₂·4H₂O 포수 후 수세처리에 따른 배액의 무기이온 변화

(단위 : mg/L)

배지종류	처리 후 일수	NO ₃	PO ₄	K	Ca	Mg	SO ₄	Na	Cl
피트모스	0	141.5	10.9	51.5	44.8	29.1	14.8	10.2	21.9
	3	62.6	5.8	93.5	14.5	4.3	9.7	31.1	42.3
	6	26.9	3.4	51.2	10.2	2.5	9.8	18.7	27.5
코코피트	0	103.7	1.9	132.8	18.2	6.7	7.4	46.4	71.4
	3	27.7	1.2	41.8	18.1	3.5	7.3	19.8	32.0
	6	15.6	0.6	30.4	19.8	4.0	7.9	16.2	20.5

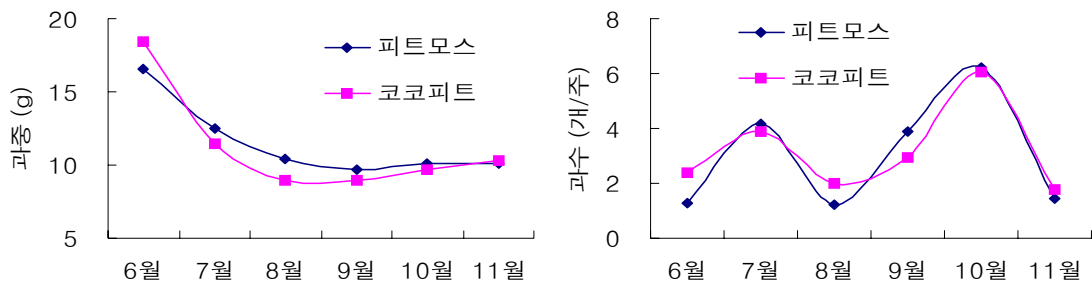
수량은 피트모스와 코코피트 두 유기배지 종류간 큰 차이를 보이지 않았으나 코코피트 처리가 초기수량이 다소 높았다. 이는 초기 활착 및 생식생장 유도가 상대적으로 코코피트가 양호했기 때문이라고 판단되었다. 경시적인 과중의 변화는 초기에는 무거웠으나 이후 지속적으로 감소하다가 8월 이후에는 안정화되었으며 주당 수확 과수는 고온기에 수확량이 급감한 이후 9월부터 다시 증가하였다. 10a당 수량은 처리에 관계없이 계절적인 변화를 나타내어 고온기에 수량이 적었으며 두 배지 처리 간에 큰 차이가 없었다.

표 6. 배지종류별 생육 특성

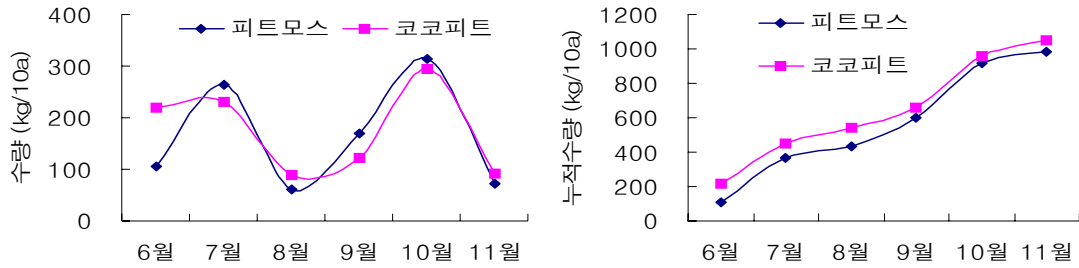
배지종류	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	근관수 (개)	근관부 직경 (mm)
피트모스	31.0	8.4	14.3	18.4	4.8	17.6
코코피트	25.8	9.4	16.1	16.7	4.0	18.2

표 7. 배지종류별 과실 및 수량 특성

처 리	과수 (개/주)	과중 (g)	수량 (kg/10a)	수량지수
피트모스	35.1	10.8	987	100
코코피트	36.3	11.0	1,049	106



<그림 1> 수확기별 과중 및 수확과수의 경시적 변화



<그림 2> 수확기별 수량의 경시적 변화

현재 고설식 양액재배에 사용되는 배지인 피트모스의 2008년 기준 구입비용이 10a당 약 4,000천원으로 3년 주기로 교체시 농가에 큰 부담으로 작용한다. 따라서 피트모스를 대체할 수 있는 유기배지인 코코피트를 이용할 경우 생육과 수량에서 큰 차이가 없으며 구입비용이 10a당 약 2,600천원으로, 구입비용의 절감에 따른 경영비 절감효과는 10a당 1,400천원으로 분석되었다. 따라서 이러한 결과를 영농활용에 반영하였다.

표 8. 배지 구입비용 절감 효과

(단위 : 천원/10a)

배지종류	구입비용	비용증감
피트모스	4,000	-
코코피트	2,600	△1,600

※ 10a당 소요되는 배지부피 25m³로 산정

나. 적정 재배시스템 선발

강원도에서 재배되고 있는 사계성 딸기 여름재배는 모두 고설베드 시스템에 의해 수경재배되고 있다. 이는 일본에서 사계성 여름딸기의 용도가 제과용으로 이용되기 때문에 흙 등의 이물질이 묻어있지 않는 청정한 상태의 과실 생산과 토경재배시 병충해가 발생할 위험이 높아져서 수출할 때 검역의 위험성을 낮추기 위한 목적에서 2003년도 처음 도입할 때 일본 수입회사 측 요구에 의한 것이었다. 결국 여름딸기 생산을 위해서는 초기 투자비용이 매우 높아져서 착색단고추를 생산하기 위한 시설투자비보다도 더 높은 실정이다. 따라서 이를 해소하기 위한 방법으로서 네덜란드 생산방식인 포트재배와 하우스 중방에 베드를 매다는 행거방식의 베드를 설치하여 생산비용, 특히 초기 투자비용을 낮추기 위하여 본 시험을 수행하였다.

시스템별 생육 특성은 관행에 비해 행거식이 초장과 엽병장이 크고 근관수가 많고 근관부 직경도 컸으며, 포트재배 처리는 모든 항목에서 가장 저조하였다. 이는 정식시기가 고온기였기 때문에 포트가 직사광선에 노출되어 타 처리에 비해 배지의 온도가 상승하여 활착에 영향을 주었기 때문이라고 여겨졌다.

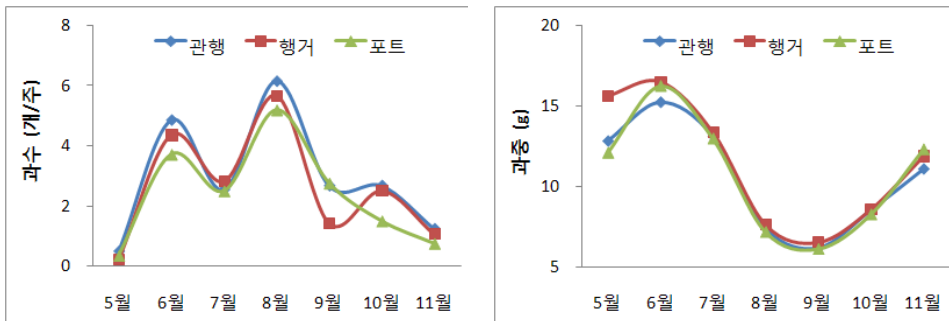
표 9. 고설베드 시스템별 생육 특성

처 리	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	근관수 (개)	근관부직경 (mm)
관행	32.5	12.2	18.7	20.0	4.8	24.2
행거	34.2	10.9	17.5	23.2	5.2	28.0
포트	27.4	9.3	15.3	16.2	4.0	23.2

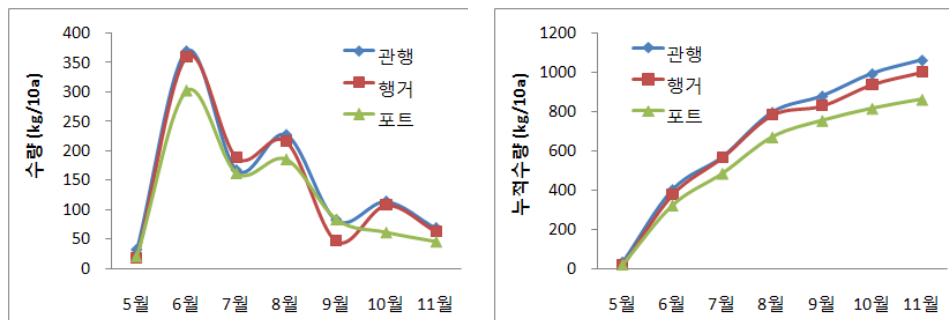
과실 및 수량 특성을 보면, 과수는 관행시스템에서 가장 많았으며 과중은 행거시스템이 높았다. 수량은 관행시스템에서 총수량 및 상품수량이 각각 1,474와 1,065kg/10a로 가장 높았으며 행거시스템과 포트시스템은 관행 대비 각각 6%와 19% 수량이 감소되어 전체적으로 관행처리구가 가장 양호하였다. 또한 경시적인 변화를 보면, 처리에 관계없이 5~6월의 초기 과중이 무거웠고 여름 고온기에는 가벼웠으며 과수에서도 초기 착과부담에 의한 휴지기간이 발생하여 수확과수의 진폭이 발생하였다. 이러한 영향으로 여름 고온기 도달 전에 수확량이 많았고 이후 수량이 감소하는 경향이였다.

표 10. 재배시스템 처리별 수량 특성

처 리	과수 (개/주)	과중 (g)	총수량 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)	수량지수	상품율 (%)
관행	20.7	10.3	1473.9	1065.5	100	72.3
행거	18.1	11.1	1382.4	1002.3	94	72.5
포 트	16.8	10.3	1176.9	864.0	81	73.4



월별 과중 및 수확과수의 변화



<그림 3> 월별 수량의 변화

고설베드 시설의 10a당 설치비용은 관행, 행거, 포트시스템 각각 처리별로 14,400천원, 9,780천원, 15,010천원으로 분석되었다. 따라서 행거시스템이 관행시스템에 비해 10a당 4,620천원의 절감효과가 있었다. 관행방식의 고설베드의 경우 설치비용이 고가인 단점이 있는 반면에 근권부 온도조절이 가능하다는 측면에서 여름재배방식에는 상대적으로 유리한 측면이 있었다. 행거방식의 경우 비용이 상대적으로 가장 저렴한 반면 배지의 관리가 어렵고 온실의 증방에 매달아야 하므로 시설구조상 하중을 견뎌야 하므로 온실의 구조적 안정성이 충분해야 한다는 전제조건이 요구된다. 또한 포트방식의 경우 급액조절이 용이하나 설치비용이 고가이며 근권부 온도조절이 어려워 장기재배 방식에는 이용하기 용이하지 않았다.

여름재배에 적합한 재배시스템을 선발하기 위하여 수행한 본 시험 결과 생육, 수량, 재배적 안정성, 관리의 용이성 등 다양한 측면을 고려해볼 때 현재 사용하고 있는 관행방식의 고설베드가 적합하다고 판단되었다. 다만 앞으로 고설베드 방식에 대한 구조적 안정성, 저렴한 설치비용, 적정한 배지용량 구멍, 근권부 온도조절용 지온호스 설치 방법 등에 대한 좀 더 세밀하고 구체적인 검토가 필요한 것으로 판단되었다.

표 11. 시설 설치비 비교 (천원/10a)

처 리	관 행	간이식	포 트
설 치 비	14,400	9,780	15,010
관행대비 비용증감	-	△4,620	610



처리 전경



뿌리 발육 전경

<그림 4> 시험처리 및 뿌리 발육 전경

다. 복비 대체용 단비 이용방법 개발

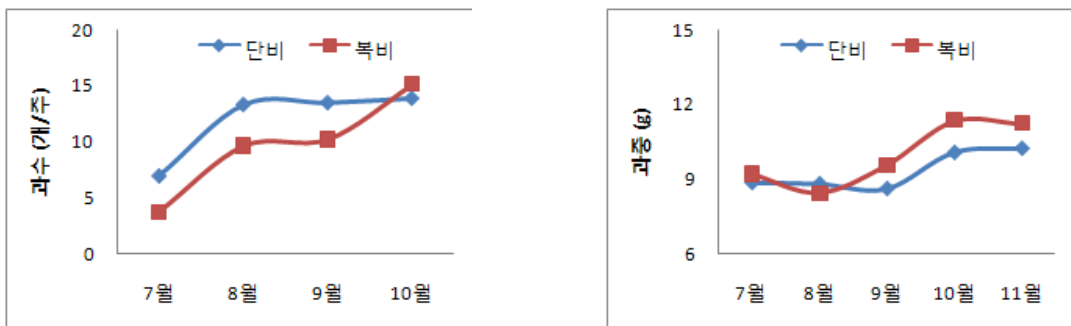
양액용 단용비료와 관비용 복합비료의 비료 종류별로 처리한 결과, 초장, 엽장, 엽폭, 엽병장, 근관수 및 근관부 직경 등 생육에서 두 처리간에 차이가 없었다. 비료종류에 따른 수량 특성을 보면, 수확과수는 단비처리구에서 증가하였으나 착과수가 증가함에 따라 과중은 다소 감소한 경향이었고 수량은 단용비료 처리구에서 2,256kg/10a로 복비처리구에 비해 12% 증가하였다. 경시적인 변화를 보면 초기 수확 과실수의 차이가 수량에 영향을 주었으며 이러한 결과는 생육후기에도 지속적으로 수량에 영향을 주었다.

표 12. 비중에 따른 생육특성

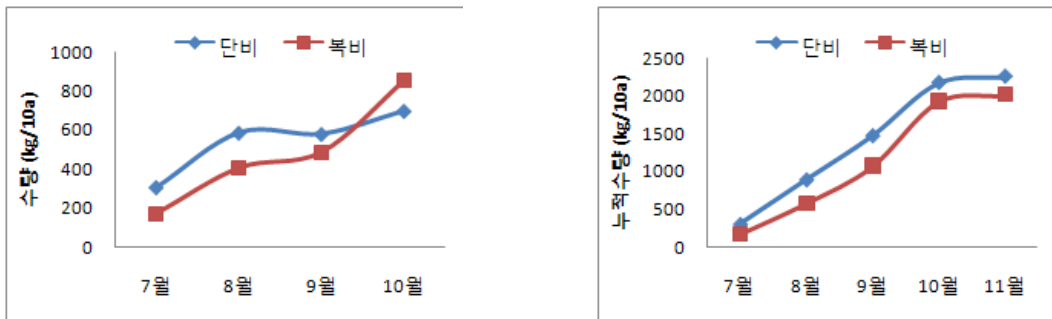
비료종류	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	근관수 (개)	근관부직경 (mm)
단 비	32.5	12.2	18.7	20.0	4.8	24.2
복 비	34.8	12.4	19.2	22.4	4.7	25.0

표 13. 비중에 따른 수량특성

비료종류	과수 (개/주)	과중 (g)	수량 (kg/10a)	수량지수
단 비	49.2	9.3	2256.8	112
복 비	40.2	10.0	2010.0	100



<그림 5> 월별 과중 및 수확과수의 변화



<그림 6> 월별 수량의 변화

기준에 여름딸기 재배농가에서 사용해 온 복합비료는 관비용으로 개발된 비료로서 양액용으로 사용하기에는 적합하지 않은 비료이다. 이 비료를 사용함으로써 생산비용이 증가하고 생육단계나 식물상태에 따라 양액조성을 변경하기 어려웠다.

기준에 이용되었던 관비용 복합비료 중 폴리피드의 경우 칼슘이 함유되어 있지 않고 질소 성분 19% 중에서 요소 성분이 10%가 포함되어 있다. 따라서 생육 초기에 주로 폴리피드를 이용하였으나 별도의 질산칼슘을 공급하지 않으면 칼슘과 질산 공급량이 부족하게 되는 문

제점이 야기된다. 요소태 질소는 작물이 흡수 이용하려면 미생물적 산화 또는 환원과정을 거쳐 질산태 질소나 암모니아태 질소로의 변화가 필요한데 고설베드 내의 피트모스 또는 코코피트로 구성되어 있는 배지에서는 토양처럼 다양한 미생물이 많이 포함되어 있지 않기 때문에 이러한 변환이 둔화될 것이고 또한 배액은 배액공을 통하여 배출되므로 실제로는 대부분의 요소태 질소는 손실되었으리라 여겨졌다. 또한 질산태 질소와 암모니아태 질소의 비율이 5.5:3.5로서 질산태 질소에 비해 암모니아태 질소의 비율이 매우 높은 편으로서 생육 초기에는 사용에 가능하리라 여겨지나 착과 이후에는 pH를 매우 낮게 만들 우려가 높다. 따라서 지속적으로 사용하기에 어려운 비료이다.

유니버졸 또는 아그로루션은 폴리피드에 비해 착과기 이후에 사용하기에 적절한 비료이나 이 비료 역시 요소태 질소가 3.2% 함유되어 있어 비료의 손실과 EC측정치와 실제 비료 농도치와의 차이가 발생하고 폴리피드에 비해 1.8배가 비싼 비료로서 농가의 생산비용 부담을 가중시켜왔다.

표 14. 비료 종류별 가격 비교

비료종류	구분	용량(kg)	단가(원/kg)	금액(원)
복합비료	Poly-Feed	25.00	4,000	100,000
	Universol	25.00	7,200	180,000
	합계 (C)	24.95	1,586	39,561
단용비료	질산칼륨	8.10	2,508	20,314
	질산칼슘	10.03	616	6,176
	제1인산칼륨	2.58	2,672	6,886
	황산마그네슘	3.48	408	1,421
	질산암모늄	0.20	1,176	233
	킬레이트철	0.57	8,000	4,531

※ 환율 1,274원 적용

결국 그동안 생육단계별로 성분이 다른 두 가지의 관비용 복합비료를 단용 또는 혼용하여 공급하여 재배하였으나, 이러한 비료들이 가지고 있는 근본적인 문제점을 해결할 수는 없었다. 본 비료들은 토양재배를 전제로 개발된 관비용 비료로서, 복합비료의 특성상 제조사가 정확한 성분별 조성에 대한 구체적인 자료를 제공하지 않으며, 질소 성분 중에서 요소태 질소를 함유하고 있으므로 토양 미생물이 거의 없는 배지경에서는 식물이 바로 흡수 이용할 수 없으므로 배액에 의해 버려지게 되므로 질소의 손실이 크고, 요소는 물에 녹아도 이온이 아니므로 EC meter에 의해 측정되지 않기 때문에 결국 EC 측정치와 실제 비료농도 간의 오차가 발생하게 되어 관리상에 어려움을 가중시켜왔다. 또한 비료의 가격도 차이가 많이 나므로 생산비의 절감 차원에서 단용비료를 이용하는 편이 유리하다고 판단되었다.

따라서 비료 종류별 가격을 2009년 기준으로 비료 가격을 비교해 본 결과 폴리피드와 유니버졸의 가격이 25kg 1포에 각각 100,000원과 180,000원이었으나 단용비료를 이용할 경우 약 40,000원으로 해결되었다.

이러한 가격을 기준으로 10a당 연간 소요량을 225kg(9포)으로 산정하여 연간 비료 구입비

용을 환산하였을 때 복합비료를 단용비료로 교체하면 10a당 연간 540~1,260천원의 비료비용 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

표 15. 양액비료 개선에 따른 생산비 절감 효과 (10a 기준)

비료종류		소요량 (25kg/년)	단가 (원)	금액 (원)
복합비료	Poly-Feed (A)	9	100,000	900,000
	Universol (B)	9	180,000	1,620,000
단용비료 (C)		9	40,000	360,000
절감액	A - C			540,000
	B - C			1,260,000

이러한 결과를 토대로 평창군 내의 총 재배면적 12.8ha에서 사용 비료를 관비용 복합비료에서 양액용 단용비료로 교체할 경우 69~161백만원의 비료비용, 즉 생산비 절감효과가 발생되며 우리도 전체면적 18ha에 적용할 경우 연간 97~227백만원의 생산비 절감효과가 있다고 분석되었다.

따라서 이와 같은 결과를 바탕으로 '사계성 여름딸기 양액비료 개선에 의한 경영비 절감 효과'라는 영농활용을 반영하였으며, 2010년 평창군과 양구군 재배농가 중 70~80%의 농가에서 양액용 단용비료로 비료를 교체하였고 재배농가에 양액비료 교체에 따른 농가기술교육을 실시하였다.

라. 여름딸기 전용 배양액 개발

기존 딸기 수경재배용 배양액은 일계성 품종의 겨울재배를 중심으로 개발되어 사계성 품종을 이용한 고랭지 여름재배와는 생육조건에서 큰 차이가 있다. 따라서 여름딸기 생산성 및 품질을 향상시키고자 수출용 플라멩고 품종의 여름재배에 적합한 새로운 배양액을 조성하고 고설재배에 적용하여 농가의 생산단수 증가에 따른 소득제고 및 수출확대에 기여하고자 본 시험을 수행하였다.

야마자키는 일본 원시표준액을 이용하여 1/3, 1/2 및 1배액의 3가지 농도 수준으로 딸기를 재배하여 생육단계별로 처리에 따른 수분의 흡수량(water absorption; w)과 이온의 흡수량(nutrient uptake; n)을 측정하여 그 변화량을 n/w라 하여 각 단계 및 농도수준별로 측정된 값을 이용하여 배양액을 조성하였다. 11가지의 주요 채소에 대한 야마자키액은 양수분의 흡수 특성인 n/w에 있어서 적정 조성 및 농도가 있는데, 모든 조성에 있어서 Liter당 미리당량(meq) 기준으로 $NO_3^- = K^+ + Ca^{2+} = 1/3 \sim 4(PO_4^{3-}) = 1/3 \sim 4(Mg^{2+})$ 이라는 공통점이 있었다. 이렇게 조성된 배양액은 과채류를 중심으로 실제 농가에서 실증시험을 통하여 기존의 배양액과 비교하여 관리상의 문제점과 해결책을 제시하여 현재 농가에 상업용 수경재배에 널리 이용되고 있다. 따라서 본 시험은 새로운 배양액을 조성하고자 야마자키의 n/w법을 적용하였다.

처리 후 5주째의 생육 결과를 보면, 처리농도 간에 큰 차이가 없었으나 엽수는 1.0dS/m

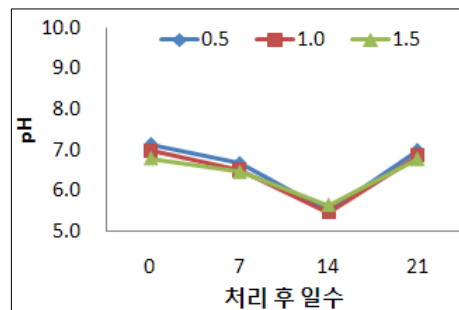
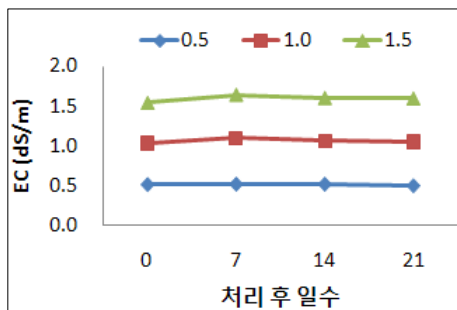
수준이 가장 많았으며 근관부 직경은 농도가 높을수록 굵었고 개화수는 저농도에서 많은 경향이였다. EC의 경우 처리농도에 무관하게 일정한 수준을 유지하였으며 고농도에서 다소 증가하는 경향이였다. pH의 경우 처리농도에 관계없이 하강하다가 다시 상승하여 처리 전 pH 수준인 7.0 부근으로 회복되였다.

표 16. 묘소질

엽 수 (매)	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	엽병장 (cm)	근관부 직경 (mm)	지상부 생체중 (g)	지상부 건물중 (g)	지하부 건물중 (g)
7.4	4.2	4.0	6.6	1.05	6.1	1.74	0.31

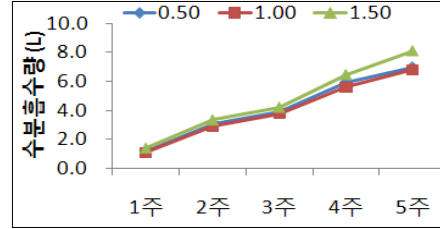
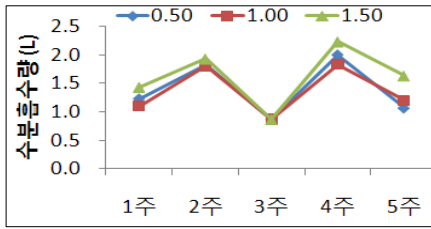
표 17. 생육결과(처리 5주 후)

처리농도 (dS/m)	엽 수 (매)	엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	엽병장 (cm)	근관부직경 (mm)	개화수 (개/주)	착과수 (개/주)
0.5	16.0	4.2	4.1	5.2	20.5	1.1	0.2
1.0	18.1	4.1	4.0	4.0	21.5	0.9	0.3
1.5	16.3	4.5	4.4	4.8	22.5	0.8	0.2



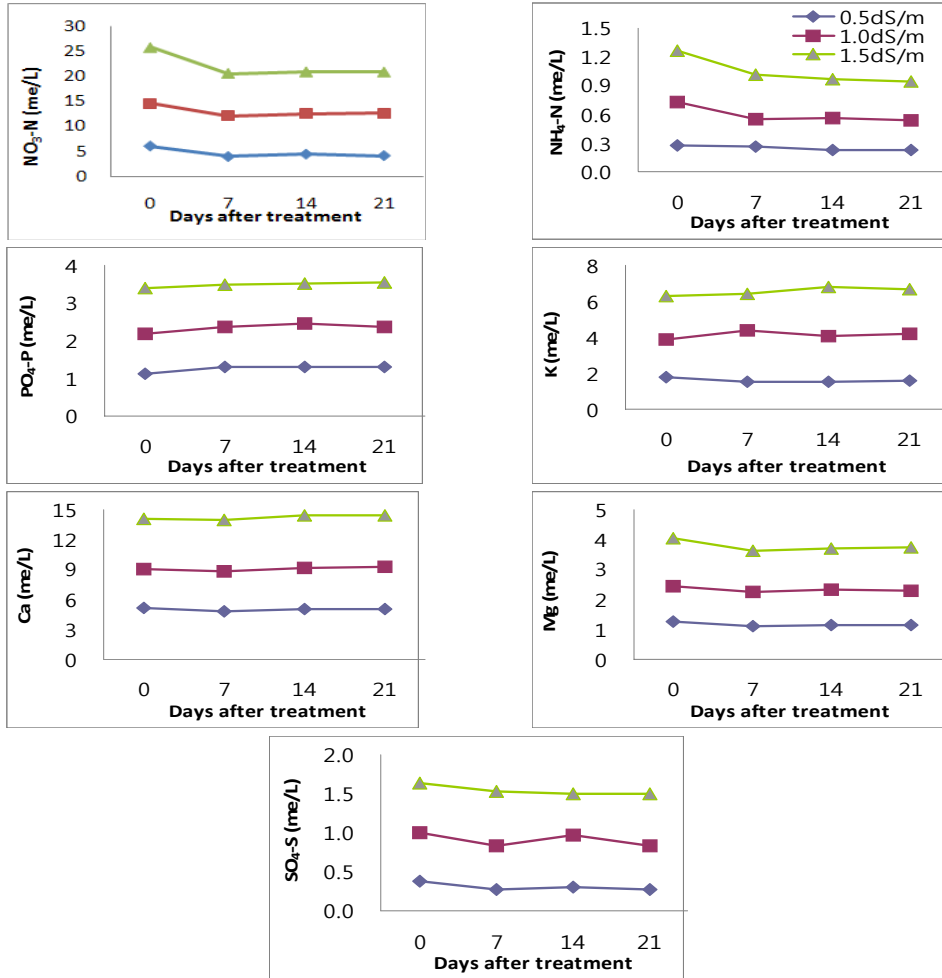
EC
pH
<그림 7> 양액농도 처리에 따른 EC와 pH 변화

수분흡수량이 경시적으로 다소간의 차이가 있었으나 양액농도 처리에 따라 1.5dS/m 수준에서 가장 많았다. 또한 즉 생육 전기의 n/w값을 측정한 결과, 처리농도 수준이 증가할수록 n/w값이 증가하는 경향이였다.



<그림 8> 수분흡수량(L/6주)

성분별 농도변화를 보면, 질산태 질소와 암모니아태 질소의 경시적 변화가 가장 컸는데, 이는 생육초기에 영양생장에 필요한 질소의 흡수량이 많았기 때문이며, 특히 암모니아태 질소의 흡수가 많았던 것은 딸기가 암모니아태 질소를 우선적으로 흡수하는 특성을 갖고 있으며 또한 최초 암모니아태 질소의 공급농도가 저농도이었기 때문이라고 사료되며 타 성분의 경우 생육초기이었기 때문에 큰 변화가 없었다.



<그림 9> 성분별 농도변화

표 18. 생육전기(개화 전) n/w 측정 결과

처리농도 (dS/m)	수분흡수 측정사항	H ₂ O (L)	양분흡수 측정사항	NO ₃ -N (me/L)	NH ₄ -N (me/L)	PO ₄ -P (me/L)	K (me/L)	Ca (me/L)	Mg (me/L)	SO ₄ -S (me/L)
0.5	a	24.9	y	4.0	0.3	1.3	1.5	4.8	1.1	0.3
	w	3.1	y1	4.2	0.2	1.3	1.6	5.1	1.1	0.3
	a/w	8.1	n/w	2.6	0.6	1.4	1.3	3.1	0.7	0.3
1.0	a	22.9	y	12.2	0.5	2.4	4.4	8.8	2.2	0.8
	w	2.9	y1	12.6	0.5	2.4	4.2	9.3	2.3	0.8
	a/w	7.9	n/w	9.1	0.6	2.3	5.5	5.4	1.8	0.9
1.5	a	22.8	y	20.5	1.0	3.5	6.4	14.0	3.6	1.5
	w	3.4	y1	20.8	0.9	3.5	6.7	14.4	3.8	1.5
	a/w	6.8	n/w	19.0	1.4	3.1	5.0	11.2	3.0	1.7

- '10년 10월 15일 온실 내에서 200L 탱크를 이용하여 비순환 방식으로 3반복 시험구에 양액을 공급 하였으며 배지는 그로단 암면(Expert)을 이용하여 6주씩 정식하였음. 양액 공급은 10월 21일부터 처리를 개시하였음
- 처리한 양액종류는 야마자키 딸기용 배양액을 이용하였으며 처리농도는 0.5, 1.0 및 1.5dS/m 3수 준으로 처리하였음
- 전기는 10월 21일~11월 18일의 개화 전, 후기는 11월 19일~1월 하순의 개화 후로 구분하여 전 기와 후기의 양액 내 수분 흡수량의 변화와 각 성분의 농도변화를 측정함
- 각 성분 농도에 대한 n/w 계산식
 $y > y_1$ 일 때, $n/w = \frac{a}{w}(y - y_1) + y_1$;
 $y < y_1$ 일 때, $n/w = y_1 - \frac{a}{w}(y_1 - y)$

n : 흡수성분량(meq), w : 식물체가 흡수한 물의 양(L), a : 최초 양액 공급량(L)
 y : 최초 양액의 다량원소 농도(meq·L⁻¹), y₁ : 재배 후 양액의 다량원소 농도(meq·L⁻¹)

- 양액의 변화량(흡수량)을 측정하여 20~30% 감소되었을 때인 11월 18일 교환하였음

이상과 같은 양분과 수분의 흡수특성에 따른 n/w값을 보면, 질산태 질소의 n/w값이 가장 높았으며 칼슘과 칼륨, 인산 순이었다. 이렇게 질산태 질소의 n/w값이 높았던 이유는 생육 초기인 영양생장기에 질소 요구량이 높았기 때문이라고 사료되었다.

표 19. 양·수분 흡수특성에 따른 n/w값

처리농도 (dS/m)	n/w 값 (meq·L ⁻¹)						
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
0.5	2.6	0.6	1.4	1.3	3.1	0.7	0.3
1.0	9.1	0.6	2.3	5.5	5.4	1.8	0.9
1.5	19.0	1.4	3.1	5.0	11.2	3.0	1.7
평균	10.2	0.9	2.3	3.9	6.6	1.8	1.0

식물체 주당 이온 흡수량은 처리농도가 높아질수록 많아지는 경향이였다. 특히 질소 흡 수량이 가장 많았고 칼리와 칼슘의 흡수량도 많은 편이었다. 공급량에 따른 이온의 흡수율

은 질산태 질소와 암모니아태 질소의 흡수율이 가장 높았으며 칼슘을 제외한 다른 이온들의 경우 대부분 유사한 흡수양상을 나타내었다.

표 20. 양액농도 처리별 식물체 주당 이온 흡수량

처리농도 (dS/m)	NO ₃ -N (mg/주)	NH ₄ -N (mg/주)	PO ₄ -P (mg/주)	K (mg/주)	Ca (mg/주)	Mg (mg/주)	SO ₄ -S (mg/주)
0.5	147	5	8	65	58	14	9
1.0	199	15	13	131	74	21	17
1.5	441	25	45	267	143	41	22

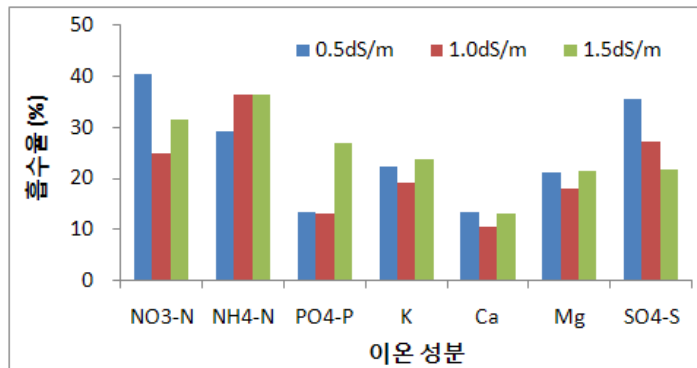


그림 10. 순환식의 양액농도 처리별 이온 흡수율(%)

이와 같은 결과를 토대로 사계성 품종인 플라멩고 품종의 생육 초기의 적정 양액조성비를 마그네슘을 1.0으로 환산하여 수정한 조성비는 NO₃-N : NH₄-N : PO₄-P : K : Ca : Mg : SO₄-S = 5.7 : 0.5 : 1.3 : 2.2 : 3.7 : 1.0 : 0.6이었다. 이 새로이 제안한 배양액은 기존 배양액과는 질소, 칼리, 칼슘 등에서 차이가 있다. 다만, 새로 제시한 배양액은 착과 전의 생육 초기에 적합한 배양액으로서의 한계가 있으며 이를 이용하여 비료종류별 성분 조성표를 작성하려면 재수정이 요구되었다. 따라서 질산칼슘 · 4수염 등 4가지의 비료염을 이용한 양액조성을 만들기 위한 적정 조성은 NO₃-N : NH₄-N : PO₄-P : K : Ca : Mg : SO₄-S = 5.7 : 0.4 : 1.3 : 2.0 : 3.7 : 1.0 : 1.0이었다.

표 21. 양·수분 흡수특성에 따른 딸기 플라멩고 품종의 생육초기 적정 양액조성비 (me/L)

구 분	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
n/w값	10.2	0.9	2.3	3.9	6.6	1.8	1.0
환 산	5.7	0.5	1.3	2.2	3.7	1.0	0.6
수 정(A)	5.7	0.4	1.3	2.0	3.7	1.0	1.0
기 존(B)	5.0	0.5	1.3	3.0	2.0	1.0	1.0
차 (A-B)	0.7	-0.1	0	-1.0	1.7	0	0

표 22. 신 배양액의 비료종류별 성분 조성표 (me/L)

구 분	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
표준농도(A)	5.7	0.5	1.3	2.0	3.7	1.0	0.6
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	3.7				3.7		
NH ₄ H ₂ PO ₄		0.4	1.3				
KNO ₃	2.0			2.0			
MgSO ₄ ·7H ₂ O						1.0	1.0
계 (B)	5.7	0.4	1.3	2.0	3.7	1.0	1.0
차(A-B)	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4

표 23. 신 배양액의 비료종류별 소요량 (kg/ton)

Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	NH ₄ H ₂ PO ₄	KNO ₃	MgSO ₄ ·7H ₂ O
43.7	5.0	20.2	12.3

이와 같은 결과를 바탕으로 지속적으로 착과기 이후의 양수분 흡수율(n/w값)을 지속적으로 분석하여 생육 후기에 적합한 배양액 조성을 결정하고 이후 실제 생산현장에서의 적합성 평가와 관련한 시험을 수행하여 최종적으로 활용결과를 도출하고자 계획하였다.

2011년에는 지역전략작목산학협력사업과 연계된 특화작목연구개발과제 중 신규과제인 ‘고랭지 딸기의 수출 및 내수 촉진을 위한 고품질 안정생산 기술 개발’의 협동연구과제인 ‘여름딸기 고온기 양액재배 기술개발’을 수행함으로써 본 연구과제는 완결하고 본 내용은 수행하던 여름딸기 전용 배양액 개발을 포함하여 과제를 수행하고 본 과제는 종결하기로 결정하였다.

4. 적 요

강원도 고랭지에서 대일본 수출용으로 재배되고 있는 사계성 딸기의 수경재배기술을 개발하고자 2008년부터 2010년까지 3년간 본 시험을 본원과 양구군 소재 농가에서 수행하였다. 고설배지에 적합한 유기배지로는 기존의 피트모스보다 저렴한 코코피트 배지를 선발하였고, 적정 재배시스템으로는 기존의 고설배지가 적합하였으며, 양액용 단용비료를 이용할 경우 기존 관비용 복합비료 대비 생산비를 크게 절감할 수 있었다. 또한 여름재배에 적합한 배양액을 개발하기 위하여 야마자키의 n/w법을 이용하여 새로운 배양액 조성을 제시하였다.

5. 인용문헌

- 이종남 외 5인. 2005. 고랭지 사계성 딸기 재배기술 개발. 고령지농업연구소 시험연구결과보고서.
- Lee, J.N., et al. 2005. Growth response on ever-bearing strawberry for off-season

production in highlands. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:1563-158.

나상욱 외 5인. 1996. 단경기 생산을 위한 사계성 딸기 ‘썸머베리’의 재배지역에 따른 수량 및 품질. 농업논문집 38(2) : 439-442.

나상욱 외 6인. 1995. 딸기 단경기 생산을 위한 신작형 ‘사철딸기 여름재배’ 도입에 따른 경영 경제적 비교. 농업논문집 37(2) : 664-668.

Nishiyama, M., et. al. 1998. Induction of reproductive growth of ever-bearing strawberry plants in dormant condition by controlled temperature and photoperiod. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67:228-235.

Perez, M.E. de C., et al. 2002. Pattern of growth and development of the strawberry cultivars Elsanta, Bolero, and Everest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127:901-907.

Sasaki, K. 1982. The general problems about hydroponic culture. 3. Prescription and several management technique of nutrient solution in the hydroponic culture. Agric. and Hort. 57:677-682.

Yamazaki, K. et al. 1976. Studies on water culture of several vegetables with special reference to the control of nutrient solution and ratio of nutrient absorption per water consumption (=n/w). Mem. Fac. Agr. Tokyo Univ. Education. 22:53-100.

Yamazaki, K. 1981. The general problems about hydroponic culture. 2. Composition of nutrient solution, especially that's vicissitude. Agri. & Hort. 56:1391-1398.

山崎肯哉. 1982. 養液栽培全篇(增訂版). 博友社. 東京.

柳智博, 織田三郎. 1989. 四季性리及び一季性리イチゴ品種の花芽形成に低温遭遇の有無と日長の影響. 園學雜. 58:635-640.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2008(1년차)	영농활용	○ 고랭지 사계성 여름딸기 적정 유기배지 선발
2009(2년차)	영농활용	○ 고랭지 여름딸기 양액비료 개선

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'08	'09	'10
책 임 자	원예연구과	농업연구사	원재희	세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	"	"	전신재	조사업무 지원	○	○	○
"	"	"	서현택	조사업무 지원	○	○	○
"	"	농업연구관	김재록	시험연구 기획·평가			○
"	양구군농업기술센터	농촌지도사	권은경	생육조사 및 현장평가	○	○	