施設園藝 分野에 있어서 費用節減을 爲한 栽培技術 開發現況

李 忠 一
産業科學技術硏究所 (RIST)

I. 국내 유리온실 보급 배경과 현황 분석

1. 유리온실 보급 배경

최근 농산물 품목의 국제교역 질서 재편으로 인한 자국농산물의 국제경쟁력 강화를 위한 대응방안은 세계 어느나라를 막론하고 비용절감, 생산성 증대, 품질향상 등 3가지 방향이 주된 것이다. 그러나, 국내의 농업 사정은 값싼 농업노동력이 풍부했던 과거와는 달리 농업인구의 감소, 노동력의 고령화, 인건비의 상승 등 농업생산 제한요인이 사회적 문제점으로 심각하게 대두되고 있는 상황이며 그 결과 생산비중 인건비가 점유하는 비율이 높아져 생산비가 증가되는 결과를 초래했고 더우기 다양한 품목의 수입농산물이 국내 시장에 점유하는 비율이 높아지고 있어 이에 대한 대책 마련이 시급하다.

선진농업국에서는 주품목의 적지적작과 주산단지화 및 기업농화가 추진되어 자국 농업의 보호, 안전장치가 강한데 비해 우리나라와 같이 농업 개발도상에 있는 국가에서는 3가지 형태의 농업기술 개발이 병행되어야 할 필요가 있다. 첫째는 취약한 농업 생산구조와 유통구조를 일관화함으로써 농업노동력 고용기회 증대는 물론 적정 생산과 수요 창출을 연계시킴으로써 생산기반을 강화하는 것이며, 둘째는 새로운 생산기술의 끊임없는 개발과 보급을 통한 고부가가치화농업을 달성시키기 위해 미래지향적 농법과 전통적인 농법 두가지 부문을 균형 발전시키는 농업정책적 과제를 들 수 있다. 셋째는 환경보존, 안전화에 대한 국제 규제 강화를 대비한 기술적 대응 등이라고 생각한다.

우리나라도 신농정시대 국제경쟁력 강화를 위한 방향으로 수출영농과 내수생산의 균형 발전, 소농에서 대농으로의 전환, 작물별 주산단지 재편 및 생산.유통의 일관화, 생산시설 구조, 자재, 재배방식의 개선, 비용절감 및 고품질 다수확생산 체계 확립, 기계화, 자동화 영농을 통한 생력화 등 구체적인 지표를 내세우고 있어 일관된 정책의 전개를 기대하고 있다.

이러한 농업을 둘러싼 시대적 상황을 감안한 기술농업의 실천 과제중 하나가 유리온실 보급이다. 현재, 국내 농업의 재정적, 기술적 여건으로 미루어 초기 시설 투자비가 막대한 유리온실의 보급은 무리라고 볼 수 있지만 최근 급속히 보급되고 있는 유리온실의 초기 보급 상황은 당면한 생산기술 및 농업 노동구조 등 농업 생산기반의 취약성을 대변하는 사회적 여건 변화로 인식해야 할 필요가 있고 국제화 농업시대의 기술농업을 선도하게 될 중요한 의미를 함축하고 있는 것으로 판단할 필요가 있다. 다만, 이러한 유리온실의 보급 방법과 확대 면적, 재배 구비요건 등을 면밀하게 분석하기 위해 시범적인 유리온실 재배농가에 대한 기술적, 재정적인 정부 지원이 절실하다고 생각한다.

2. 국내 유리온실 보급 현황

현재, 유리온실은 '92년말 재배면적 3.9ha에서 '94년 초까지 약 20ha 이상으로 급격히 확대될 것으로 추

정되고 있는 데 이처럼 유리온실의 재배면적이 급격히 확대되고 있는 것은 온실내 작업의 질을 향상시키는 한편 생력화가 가능한 기계, 시설(물)을 많이 도입하므로써 노동생산성과 품질을 크게 향상시킬 수 있는 상업농적 생산형태로의 전환을 요구하는 생산자가 늘고 있기 때문이다. '94년초까지 건립될 유리온실의 주요 건립주체 내역은 다음과 같다.

- 농어촌진흥공사
- 농수산물 유통공사
- 지방 농업 육성 자금
- 포항종합제철
- 럭키금성
- 삼성

기존의 유리온실을 제외하고는 대부분이 벤로형 온실이 건립될 예정으로 되어 있는 데 이는 각 지역의 기상특성을 고려하지 않았다는 문제점을 지적할 수 있다. 원래 벤로형 유리온실이 개발되게 된 배경에는 네덜란드의 온화하고 다습하지 않은 기후조건에서 일조조건이 취약한 단점을 보완하기 쉬운 장점을 갖도록 개발된 특성을 갖고 있다. 따라서, 국내에 도입하고자 할 때에는 첫째, 해당지역의 기후적 특성을 잘 감안하여 온실 구조를 변경하여야 할 필요가 있다. 포항종합제철(주) 광양온실의 건축지역은 하계에 해양성 기후의 영향으로 외부기온이 35℃가 넘지 않으며 동계에도 혹한이 없고 전국에서 연간 청정일수가 가장 많은 유리온실 재배의 천혜지역 요건을 고루 갖추고 있다. 두번째 문제는 유리온실의 건축 비용인데 '92년 12월 현재 유리온실 건축비는 일반 비닐하우스의 15배 수준인 55만원/평으로서 이 가격은 네덜란드 현지의 건축 가격 27만원/평에 비해 2배가 넘는 고가이다. 따라서, 이러한 건축비용을 현재의 네덜란드 수준과 동등하게 맞추지 않고는 대외경쟁력면에서 그만큼 문제점을 안게 되는 것이다.

II. 포항종합제철(주)의 유리온실 건립배경과 '92년 성과 검토

지난 '92년 3월 포항종합제철(주)이 건립한 광양제철소내의 Venlo형 유리온실(3,600평)은 농업선진국에서 운용하고 있는 최신 과학영농설비 및 기술을 직도입(네덜란드 DACE사 공급)하여 고도의 생산성, 품질, 경제성을 검토,계량화함으로써 우리나라의 과학영농 시대를 선도하는 데 기여하기 위해 제 1단계로 토마토 암면재배와 카네이션 액비 토양재배 시스템을 시범재배하였다.

그 결과 표 1과 같이 토마토 암면재배의 경우 생산성이 매우 높은 것으로 판명되었는 데 품종별 품질 설문조사 결과에서도 기존의 pink 토마토와 비교하여 red 토마토의 소비자 기호도는 큰 차이가 없었다. 당산비도 높았으며 과실의 공동과 발생이나 기형과 발생율이 적어 국내 경매가격은 일반 토마토에 비해 1.5배 이상 높은 가격을 연중 유지하였다.

온실 경제성을 검토한 결과 내수의 경우는 수익성이 높았으나 수출의 경우는 몇가지의 문제점이 도출되었다. POSCO 생산 토마토의 경우 수회에 걸쳐 대일 수출을 시도하였으나 판매유통비의 과다한 지출로 채산성이 없었으며 1농가의 경영규모가 일정수준(2ha 이상)으로 도달하여야 판매유통비의 손실을 보상할 수 있는 것으로 검토되었다. 또한, 직수출보다는 농수산물 유통공사 등 기존에 진출되어 있는 수출 전문 기구를 중개하여 수출할 경우 판매유통비를 대폭 절감할 수 있는 것으로 검토되었다(1).

표 1. 장기재배성 토마토품종별 비교시험 성적

품 종	초장 (cm)	출 현 화방수	화방전개 소요일수 (일)	수분수정후 채색기 도달 일수(일)	생산성 (kg/m²)	편균당도 (°Brix)	평균적정산도 (% Citric acid)
Furon	934	40.8	7.5	50.3	46.2	3.90	0.42
Trust	888	36.2	8.7	57.2	39.6	4.13	0.37
Recento	937	41.0	7.9	52.7	38.0	4.13	0.47
Trend	922	37.2	8.3	54.0	44.6	3.66	0.37
Dombo	764	39.3	7.8	52.0	40.2	4.73	0.40
Dombito	984	38.8	7.8	47.8	39.8	4.77	0.58
Dombello	886	38.8	8.7	48.7	44.9	4.30	0.46

(주) 재배기간 : 1992. 3.13 - 1993. 3.12

III. 생산비용 절감 기술개발 방향

현재, 국내의 유리온실 재배생산비 중가장 큰 비중을 차지하고 있는 것이 고정비 특히, 감가상각비이다. 온실 건축 비용절감을 위해서는 건축 자재와 부품의 국산화가 필요하지만 아직은 전량 국산화되기까지 상당한 기간이 소요될 것으로 판단되고 있어 감가상각비를 줄이는 것은 곤란한 상황이고 재배기술적 측면에서의 인건비 절감과 생산재료비의 절감 대책이 우선과제로 판단된다. 양액재배시 가장 보편적으로 도입하고 있는 암면재배방식에서 변동비 중 가장 많이 소요되는 것은 난방비와 암면 배지비 및 비료비 등인데 난방비는 생산비의 30%까지 점유하므로 온실 입지선정시 겨울철 기후가 온난한 남부지방이나 폐열, 지하수 등 자연에너지를 최대한 이용할 수 있는 장소에 건축하는 것이 바람직하고 또한, 온실 측벽에 단층 유리보다 보온성이 강한 피복재나 이중 유리를 이용하거나 측벽과 천정에 보온커텐을 설치하는 것도 난방비를 절감할 수 있는 실용적인 방안으로 생각된다.

이하에서는 생산기술적 측면에서의 비용절감과 생산자재 비용의 절감을 위한 방향에 대해 언급하고자 한다.

1. 재배 방식면에서의 비용절감

1) 토마토 1단재배 (Single Truss Tomato Production)

영국이나 네덜란드에서 1ha 규모의 자동화 유리온실에서 장기재배 품종의 경우 연 10,575시간의 노동이 필요하다. 이 숫자는 1993년도의 목표 노동투하량인 데 해마다 자동화, 기계화로 조금씩 줄어든다. 노동투하량을 분석해 보면 약 60%가 정식, 유인, 측지제거, 수분・수정, 적엽, 병해충 방제 등의 재배작업에 필요한 노동력이다(표 2).

표 2. 영국의 '93년도 목표수량, 노동투하량 및 경유 연료량

작 물	수확량(kg/m²)	노동투하량(시간/ha)	연료량(ℓ /m²)
토마토	48	10,575	50.5
오 이	56	8,600	51.0

이러한 재배작업을 최소화하거나 작업 자체를 없애는 재배방법에 관한 연구가 미국 Rutegrs 대학의 Roberts (17), McAvoy(14), Giacomelli(10) 등이 개발하고 있는 "1단재배(single truss tomato production)"이다. 이 방법은 파종 육묘후 이동식 벤치(movable bench)위에 정식하여 재배하는데 제1화방이 착과되면 화방위 1엽을 남기고 적심하므로 적엽이나 유인작업이 필요없게 된다. 과실이 채색기에 도달되면 벤치가 선과기가 있는 headhouse로 자동 운반되어 수확과 포장 작업이 뒤따라 이루어지는 식물공장화 재배 방법이다. 1단재배 방법은 여러가지 장점을 갖고 있는 데 재식밀도가 12주/m^2이므로 일반 재식밀도인 2.5주/m^2에 비하여 온실면적을 효율적으로 사용(90~95%)할 수 있으며 초장이 짧아 수직 유인이 필요 없어 약간 수평으로 유인하게 되므로 수광 효율이 높아 생장이 빠르다. 아울러 노동 투하량은 표 3에서 보는 바와 같이 절반으로 줄어든다. 1단재배 방식은 지속적인 수확을 위하여 1년에 25번 정식하게 되므로 계획생산이 가능하며 계절에 적합한 품종을 바꾸어 재배할 수 있는 장점도 있다. 그러나, 재배시설의 공장화로 초기 시설비가 많이든다. 토마토의 경우 파종에서부터 첫 화방 개화기까지의 기간은 조도에 크게 영향을 받으므로 약광기에는 인공조명이 필요하게 된다. 그러므로, 육묘기간과 초기생장을 조절할 수 있는 재배방법이 요구되며 착화와 착과가 거의 동시에 진행되어 수품율을 높이는 재배기술과 품종개발이 필요하다. 무엇보다도 초기시설비를 줄이기 위한 공정이나 시설의 단순화에 대한 연구가 필요하다.

표 3. 1단재배 방식과 전통식 재배방법의 비교

재배방식	재식밀도 (주/m^2)	온실 면적 사용률(%)	노동투하량 (분/m^2/연)	수확량 (kg/m^2)
전통방식	2.5	65	42	33
1단 재배	12.0	95	23	35

(주) 품종 : Dombito (Bruinsma Seed Co., Holland)

2) 토마토 V System 재식방법

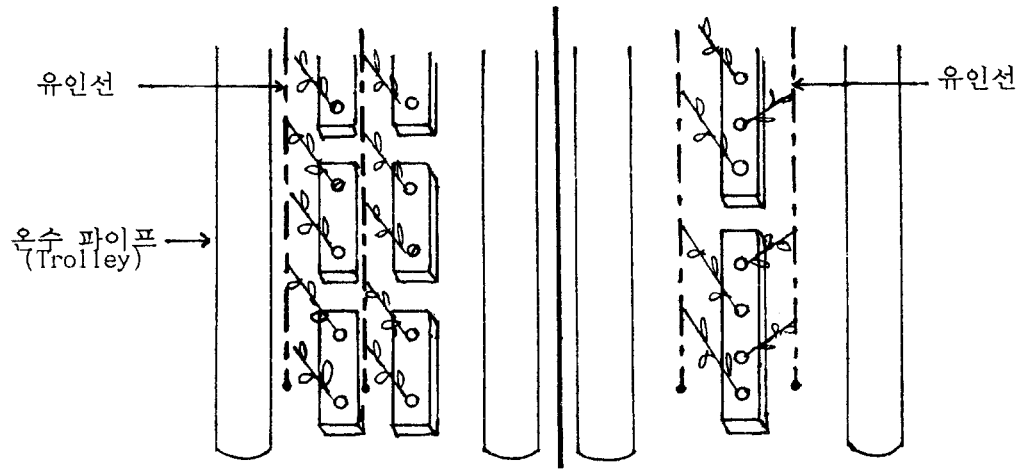
현재 유럽에서 사용되는 토마토 재배방법은 0.8m 간격으로 설치되어 있는 2개의 온수 파이프(trolley, 폭 41.5cm) 사이에 90cm길이의 암면 슬라브를 병렬로 배치하고 슬라브당 토마토 2주를 심어 재배한다(그림 1). 최근 우리나라에 도입된 토마토재배용 유리온실도 동일한 재배방법으로 사용하게 설치되어 있다. 암면량을 줄이고 온실면적을 효율적으로 이용하기 위한 재식방법이 1992년 영국의 한 재배가에 의해 고안되었다. 영국 West Sussex의 Houweling(4)은 1.2m 길이의 긴 슬라브를 한 줄로 설치하고 슬라브당 평균 4주의 토마토를 정식했으며 2개의 유인선을 암면 슬라브 양쪽위에 설치하였다. 유인 방법은 첫 주는 오른쪽으로, 둘째 주는 왼쪽으로 번갈아 유인함으로써 식물체 간의 사이(canopy)를 띄어 놓았다. 유인된 모양이 V자 모양이어서 V System이라고 했으며 재배 결과 암면량은 m^2당 11*l*에서 7*l*로, 비료량은 40%, 물 소비량은 25%로 절감되었다. 암면 슬라브를 한 줄로 배치하므로 온수파이프 사이가 넓어서 적엽, 유인, 수확 등의 작업이 재래 방법보다 용이하다고 보고하였다. Houweling의 V자 유인방법이 발표된 후 영국과 네덜란드의 여러 원예 시험장에서 긍정적인 시험보고가 발표되고 있다. 수질과 토양오염 물질로 최근 지적되고 있는 비료와 암면의 절약하는 측면에서 크게 호응을 받고 있는 재식방법이기도 하다.

3) 고농도 야간 급액 기술 (Hypertonic Feed)

토마토 양액재배에서는 적정 양액을 급액하여도 갑자기 가리나 고토 결핍증이 나타나는 것이 보통이다. 암면 또는 근권의 pH 변화, 주기적인 뿌리 생장, 뿌리 생장을 저해하는 적엽 작업 등 예측하기 힘들 정도로 복합적인 원인이 함축되어 있다. 따라서, 제6화방이 진전되면 양액의 가리와 고토 농도를 약간 높이고 석회를

20% 정도 낮추며 또 제9, 10화방이 개화되면 가리 농도를 20% 정도 줄여 급액하여야 생리장해를 피할 수가 있다.

유인선 유인선 온수 파이프 (Trolley)



암면슬라브 길이(cm)	90	120
주간거리(cm)	45	30
재식밀도(주/3.6m)	18	13
	〈전통 방식〉	〈V Svstem〉

그림 1. 전통식과 V system의 재식 방법 비교

이러한 복잡한 양액관리를 회피하기 위하여 최근, Cooper(5)는 야간에 주간 급액농도(EC=2.0mS/cm)보다 2배 높은 EC 4.0mS/cm의 양액을 공급하는 급액 방법을 제안하고 있다. 작물은 고농도의 야간 급액에서 주간 급액시에 흡수하지 못한 성분을 흡수하게 되므로 영양 결핍을 방지할 수 있게 된다(5,18). 야간급액은 또한 열과현상을 방지하는 효과(8)도 있으며 특히, 야간급액으로 과실로 전류되는 석회 성분은 주간보다 야간에 흡수가 많아 야간급액을 통해 배꼽썩이 과실의 발생율을 크게 줄일 수 있었다는 보고(19)도 있어 야간급액 방법은 새로운 급액 방법으로 인식되어 가고 있는 상황이다. Hypertonic feed 급액 방법은 고농도의 양액을 급액하므로 배지내의 EC가 수준 이상으로 높아져 과실의 당도를 높히는 방법으로도 사용되기도 한다(16, 18). 그러나, 수확량이 감소되는 부작용이 있으므로 배지의 EC가 높아졌을 때는 주간에 배액율을 높혀 배지내 EC를 3.5mS/cm 내외로 유지하는 것이 좋다.

2. 생산자재 비용절감

1) 양액재배용 비료

원예용 비료의 대부분은 국내에서 생산되지 않고 네덜란드, 일본, 카나다 등지에서 수입하여 사용하고 있기 때문에 여기에 소요되는 금액도 수백만 달러에 이를 것으로 추정된다. 토마토 암면재배의 경우 1평당 양액소비량이 3,478l이므로 1톤당 양액 비용을 2,604원 정도로 산정할 경우 연간 양액비용은 27,170,130원이다.

그러나, 이러한 수입의존적 비료는 지속적으로 공급될 수 있는 보장이 없어 품귀 현상이 있는 경우에는 무려 10배 이상으로 가격이 등귀되어도 구입이 곤란하여 재배의 실패 위험이 뒤따르고 있는 데 문제의 심각성을 더하고 있다. 또한, 표 4와같이 비료 구입비용도 생산국으로부터 직수입할 경우 현재 구입가격의 40% 정도 비용을 절감할 수 있으며 다량으로 구입시에는 가격이 저하되는 경우가 허다하다.

표 4. 주요 양액재배용 비료의 가격 비교 (단위 : 원/Kg)

비료명	네덜란드(A)*	한국(B)	B/A(%)
질산석회	220	1,600	727
질산가리	430	800	186
제1인산가리	825	1,800	218
황산고토	162	500	309
황산가리	260	1,000	385
질산암모늄	220	1,500	682
킬레이트철	4,570	8,000	175

* 네덜란드에서의 직접 구입가격과 국내 비료공급 회사의 견적가.

따라서, 이러한 양액재배용 비료의 국산화가 시급한 실정이며 수경재배 전용 복합비료를 개발함으로써 양액조제시의 번거로움를 경감하는 것도 중요한 과제로 생각된다. 이러한 복합비료는 미국, 유럽 등지에서 이미 시판되고 있는 것이 많지만 아직은 특정 작물에 한정되어 사용되고 있다.

2) 암면 등 고형배지

토마토 암면재배의 경우 암면배지 가격은 암면슬라브 1개당 3,500~5,000원을 호가하고 있어 3,000평 규모의 온실에는 암면비용이 최소 32,076,000원 정도가 소요된다. 또한, 암면은 무균성이고 이화학적인 특성이 우수하여 온실 양액재배의 배지로서 널리 사용되고 있지만 제조시 휘록암, 석회암, 코크스를 성분으로 하기 때문에 사용후 소각이 어려우며 폐기하려면 절단하여 논이나 밭에 버리거나 매립하여야 한다. 우리나라는 암면을 대부분 수입에 의존하고 있기 때문에 암면배지 값이 유럽에 비해 2배 이상 비싸므로(표 5) 양액재배 배지로 사용하기에는 적합하지 않다.

따라서, 배지 비용 절감은 물론 폐기시의 재활용에 유리하며 무공해성으로 값이 저렴한 암면 대체배지의 개발이 시급하므로 최근 산업과학기술연구소(RIST)에서는 유기질 암면 대체배지를 개발하여 특허 신청중에 있다. 새로운 배지는 국내에서 쉽게 구할 수 있는 왕겨를 주 원료로 사용하고 성형을 위하여 자연 접착제를 혼합하여 제조한 것으로 이학적인 특성은 표 6과 같다.

표 5. 암면가격 비교 (단위 : 원/개)

암면	네덜란드(A)	한국(B)	B/A(%)
Cube(10×10×6.5cm)	120	400	333
Slab(90×10×7.5cm)	1,730	4,000	231

(주) 1ha 이상 사용량일 때의 가격 비교치임.

표 6. 암면과 대체배지의 이화학적 특성 비교

배 지*	밀도(ρb)	공극량(E)	보수량(ρv)	기공량(E_a)	배수력**
암 면	0.07	97	84	13	높음
대체배지	0.10	94	79	15	높음

*배지 높이 : 6.5cm, 암면구조 : Vertical fiber

** 배수력 : 수분의 infiltration rate로 측정.

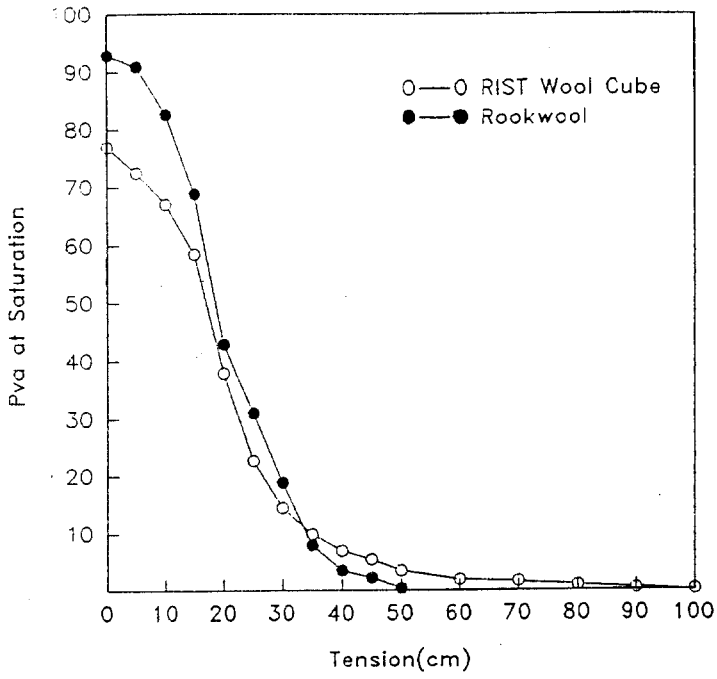


그림 2. 암면(Rockwool)과 대체배지(RIST Wool Cube)의 moisture release curve.

새로운 배지의 공극율은 94%로 기공량은 암면보다 2% 높아 파종후 초기 생장이 빠르다. 압력에 대한 유용 보수력(Pva)의 관계는 그림 2와 같이 암면과 비슷하다. 왕겨배지 슬라브의 판매가격은 개당 1500원 선으로 예상되며 암면 슬라브에 비하면 1/3 가격이므로 재배비가 크게 절감될 수 있다.

3) 종자 구입비용

종자 구입비용의 경우도 아직은 국내에 수경재배 전용 품종이나 장기재배 및 수확이 가능한 품종이 없어 유리온실의 도입시 장기재배성 종자 구입비용도 많이 소요된다. 토마토 종자의 경우는 네덜란드 수입가격이 150원/립이며 오이는 300원/립으로써 3,000평 규모의 온실에서는 4백만원 이상이 소요된다. 이러한 종자의 개발은 비용절감 측면 뿐만 아니라 장래 가시화될 식량안보 측면에서도 해결되어야 할 과제로 중요하다.

이외에도 토마토 등 인공 수분 수정을 요하는 작물에 사용하는 수분진동기(pollinater)의 경우도 1대당 300만원 이상의 고가이기 때문에 농민들이 쉽게 구입하기 어려운 실정이며 선진 농업국에서 많이 활용하고 있는 곤충 매개 수분 수정 방법도 실용화할 수 있는 대책이 지연되고 있어 생산기술적 측면이나 자재 활

용면에서의 다각적인 비용절감 대책이 필요한 실정이다.

IV. 환경오염 회피를 위한 대책

환경오염에 대한 문제는 이제 전세계적 관심사가 되었고 환경오염 방지를 위한 규제가 법규화되고 있다. 양액재배는 급액량의 15~30%를 배액하여야 하므로 많은 양의 비료분이 토양으로 유입되어 토양과 수질을 오염시키게 된다. 특히, 질산태 질소(NO_3^--N)와 인산($PO_4^=$-P)의 함량이 높으면 식수로 적합하지 않으므로 이에대한 규제가 엄격해지고 있다. 네덜란드에서는 양액재배시 배액되는 질소와 인의 함량을 1995년까지 1985년 수준의 절반으로 규제할 계획이며 2000년까지는 거의 배액되지 않도록 법규화하고 있다. 이에 대응하기 위한 방법으로 순환식(recirculation) 양액재배와 질산가리(KNO_3)를 적게 사용하여 재배하는 방법 등의 연구가 활발하다.

1. 폐액 살균 방법

순환식 재배 방법은 배액되는 양액을 회수하여 재사용하는 방법으로 물은 80~90%, 그리고 비료는 40~45 % 재사용하게 된다(9). 그러나, 재사용전에 여과(filtering)하여 pH를 4~4.5로 조정한 후 열 소독, 자외선 소독 혹은 오존 소독을 하게 된다. 소독한 양액은 분석하여 필요한 물과 양액을 적량 첨가하여 급액하는데 현재 유럽에서 사용되는 각 살균 방법의 시설비와 전기 사용료는 표 7과 같다. 열 소독이 가장 저렴하나 열 소독후 양액의 온도가 5~7℃ 높아져 작물에 따라서는 뿌리 생육이 저해될 가능성이 있다. 자외선 소독은 집수된 배액을 우선 1μ 정도의 filter로 여과해야 한다. 여과하지 않으면 배액내에 있는 입자들이 자외선 램프에 부착되어 살균 효과를 저하시킨다. 여과하여 사용해도 인산으로 램프를 정기적으로 세척해야 되는 번거로움이 있다.

표 7. 양액 재활용을 위한 소독 방법의 비교

소독방법	용량 (m^3/hr)	시설비 (천원)	소요 전력 (KW/m^3)
열 −1차 90℃ −2차 95℃	3	18,444	0.50
오존	3	26,532	1.11
자외선 (250mJ/cm^2)	6	27,554	0.52

*Brinkman사와 Priva사의 견적 참조

한편, Mohyuddin(15)은 자외선 처리 양액이 처리하지 않은 것에 비하여 철은 96%, 붕소는 21%, 인 20%, 망간 19%, 가리는 14%가 감소되었으며 질소는 18%가 증가되었다고 보고하였다. 이처럼 자외선 소독은 양액의 성분 변화가 심하므로 양액조정이 까다로우며 비료 손실도 크다. 오존에 의한 살균 방법이 가장 효과적인 방법이지만 양액 1m^3당 10g의 오존이 있으면 곰팡이, 세균, 바이러스 등은 물론 곰팡이 포자도 거의 살균된다. 양액에 잔류된 농약들도 산화되어 없어진다. 그러나, 킬레이트철, 특히 EDDHA-Fe(20)이 산화철로 변하기 때문에 활성탄으로 제거해야 한다. 현재 사용되는 살균 방법들의 단점을 보완하기 위한 살균 방법으로 오존과 자외선을 동시에 처리하는 방법이 개발중에 있다. 이 방법은 자외선으로 오존을 파괴하여 산화력이 강한 -OH기를 발생시켜 살균효과를 높히는 방법인 데 -OH기가 짧은 기간동안만 존재하므로 양액과 -OH기가

잘 섞이지 않으면 살균효과가 저하되는 문제가 해결되어야 할 과제이다. 살균소독한 양액을 적정 양액으로 보정하기 위해서는 13가지의 이온이 동시에 자동 분석되는 장치가 필요한 데 이러한 장치도 개발중에 있으나 아직 실용화 단계는 아니다.

2. 저 질산태 질소 사용

양액재배에서 배액되는 성분중에 수질오염의 주범은 질산태 질소(NO_3^--N)이다. 질소 성분은 작물생장에 필수성분으로서 Hoagland(12)가 질소 적정 농도를 200ppm 내외라고 발표한 후 양액의 질소 농도는 200ppm을 기준으로 사용하고 있으며 생육초기에는 300ppm까지 사용하기도 한다.

최근 환경오염(수질오염) 방지에 대한 규제가 강화되면서 질소 사용량을 최소화하는 연구가 특히 유럽에서 활발하다. 영국의 원예연구소(HRI) 보고(6)에 의하면 질소량을 65ppm에서 250ppm까지의 농도에서 토마토를 재배한 결과 65ppm 질소 급액구와 250ppm 급액구간에 수확량의 차이가 없었다고 한다. 토마토의 맛은 오히려 65ppm 질소를 급액했을 때 다량의 질소를 공급하여 재배한 것보다 더욱 우수한 것으로 보고하였다. 특기할 사항은 질산가리 대신 염화가리를 사용하여 질산태 질소 함량을 낮출 경우 가리와 석회의 농도 비율을 조정하여야 고토 결핍증이나 Gold Spot같은 생리장해를 피할 수 있다고 하였다.

양액성분중 질산태 질소를 공급하는 비료는 질산가리, 질산석회, 질산고토 등인데 각 질소질 비료의 사용량을 줄이고 정상적으로 생육할 수 있는 성분 비율 즉, K/N, K/Ca, K/Mg, Ca/Mg을 유지하는 양액조성에 대한 연구가 활발하다.

V. 병충해 예방, 예찰을 통한 저공해 농산물 보급

온실은 폐쇄된 공간이어서 온도와 습도가 노지보다 높아 병충해 발생 가능성이 높다. 그러므로, *Fusarium*예방을 위해 Benomyl(50mg/*l*, a.i.)(11)을 혹은 오이나 장미의 경우 *Pythium*과 *Phytophthora* 발생을 방지하기 위하여 K_2SiO_3(1.75mM)(2,3)을 양액에 혼합하여 사용하는 연구에 관심이 높다. 한 예로써 Voogt(21)는 Si 사용으로 오이의 수확량이 4% 증가하였으며 노균병과 줄기 잿빛곰팡이병의 발생을 현저하게 감소시킬 수 있었다고 한다.

충해 방제를 위한 천적 사용에 대한 연구는 카나다와 유럽에서 연구보고가 많으며 최근에 미국에 등록된 한 곰팡이는 온실가루이, 응애, 진드기류 등을 동시에 방제할 수 있다고 한다(6). 생물학적 충해 방제는 농약사용에 의한 방제보다 방제 비용도 훨씬 저렴하다. 영국의 경우 토마토 1ha 암면재배시 온실가루이 방제 비용은 *Encarcia formosa* 사용시 1,200,000원인 데 비해 농약살포에 의한 방제 비용은 4,600,000원이나 된다(22).

우리나라의 경우도 농산물의 식품 안전성에 대한 소비자의 관심이 높아지면서 무농약 재배 생산물의 고부가가치화가 일반화되어 가고 있는 데 이를 위해 농약 방제를 대체할 수 있는 생물학적 방제에 대한 연구개발은 저공해 농산물 생산을 통한 고부가가치화 농업 기술로서 중요한 의미를 지니게 된다.

VI. 제 언

자동화 온실의 보급은 농업생산의 미래지향적 방식으로의 전환을 위한 중차대한 의미를 지니고 있으며 농민의 자생력 강화에도 필수적인 것으로 생각한다. 1년여 포항종합제철(주)에서 경험하였던 대형 유리온실

운영 결과, 재배에 문제가 되는 것은 없었으며 판매 방법이 적절할 경우 수익성이 높은 것으로 판단되었는데 단지, 대일 수출시 판매 유통비의 문제가 해결되지 않는 상태에서는 경영규모의 확대가 오히려 바람직한 방향으로 잠정 분석되고 있다. 대형 유리온실을 성공적으로 경영하기 위해서는 온실 사용자가 건축 방법과 설비에 대한 충분한 이해가 있어야 하며 도입할 온실내 재배 시스템에 관한 정확한 이용 방법을 알아야 한다. 이러한 일련의 온실 경영 내용을 생산농민 단독적으로 결정하고 관리하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 온실 건축, 시스템 운용 방법, 생산기술적 문제, 유통 문제 등의 trouble shooter 역할을 담당할 수 있는 전문 연구기관이나 단체, 지도기관 등의 설립이 요구되고 있다. 우리나라에서는 아직 대형 유리온실 건축과 이용기술, 양액재배에 관련된 연구 등 상업농적 원예생산 과정에 대한 전문 연구기관이 없어 확대되고 있는 유리온실 재배 농가의 장래를 어둡게 하고 있는 데 앞서 지적한 모든 문제를 전담 해결할 수 있는 "(가칭) 과학영농 전문연구소"의 설립을 제안한다. 이러한 연구기관의 신설을 통해 유리온실 건축기술 및 자재 국산화, 온실재배용 작목, 신품종 개발, 새로운 생산기술 개발 등을 추진하여(그림 3) 신농정 정책에 부합한 한국농업의 과학영농 실현 및 생산기반의 안정화에 기여하기를 기대한다.

참고문헌

1. 김영식. 1993. RIST 위탁과제. (미발표).
2. Adatia, M. H. and R. T. Besford. 1986. Ann. Bot. 58:343-351.
3. Chèrif, M. 1992. Pl. Disease. 76:1008-1011.
4. Clover, A. 1992. Grower. 117(2):23-27.
5. Cooper. A. J. 1985. Hydroponics Worldwide : State of the Art in Soilless Crop Production pp. 180-185.
6. De Jonghe. 1993. (Personal Communication).
7. Edmonds, J. 1993. Grower. 119(21):7-8.
8. Hand, D. 1993. Grower. 120(3):21-24.
9. Hand, D. 1993. Grower. 120(3):11-15.
10. Fischer, D. E., G. A. Giacomelli, and H. W. Janes. 1990. Prof. Hort. 4(3):99-106.
11. Hanger, B. C. 1985. Hydroponics Worldwide : State of the Art in Soilless Crop Production. pp. 88-94.
12. Hoagland, D. R., and D. I. Arnon. 1952. Cal. Agri. Expt. Sta. Cir. 347.
13. Hochmuth, G. 1990. Proc. Amer. Greenhouse Veg. Growers Assoc. 1990:1-13.
14. McAvoy, R. J., H. W. James, G. A. Giacomelli, and M. S. Giniger. 1989. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:746-750.
15. Mohyuddin, M. 1985. Hydroponics Worldwide : State of the Art in Soilless Crop Production. pp. 42-50.
16. Niedziela, C. E., P. V. Nelson, D. H. Willits, and M. M. Peet. 1993. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:12-16.
17. Roberts, W. J. 1988. Int'l Symposium in High Technology in Protected Cultivation.
18. Sonneveld, S. and W. Voogt. 1990. Plant & Soil. 124(2):251-256.

19. Tachibana, S. 1991. Sci. Hort. 45:235-243.
20. Vanachter, A., L. Thys, E. van Wambeke, and C. van Assche. 1988. Acta Hort. 221:295-301.
21. Voogt, W. 1990. PTG Ann. Rept. 12-13.
22. Wardlow, L., J. Bennison, and J. Buxton. 1993. Grower 119(6) :21-23.

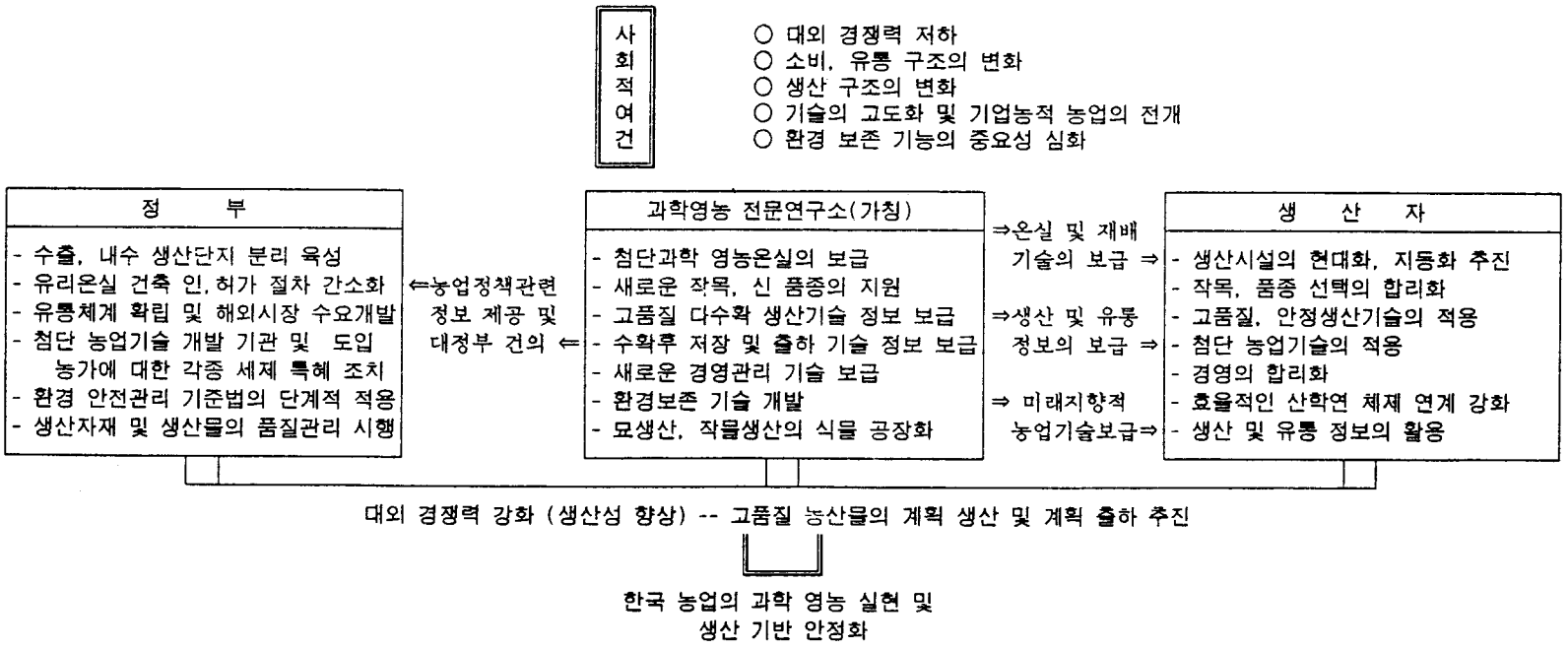


그림 3. (가칭) 과학영농 전문연구소의 역할과 기능