

119076
-02

수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중 생산 기술 개발 2021

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(O)

농축산물안전생산유통관리기술개발연구사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003668-01

수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중 생산 기술 개발

2021. 10. 13.

농업회사법인 이노진팜(주)

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중생산 기술 개발”(개발기간 : 2019.06.20.~2021.06.19.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 10. 13.

주관연구기관명 : 농업회사법인 이노진팜(주) (김영준)



주관연구책임자 : 정현복

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

							보안등급 일반[○], 보안[]		
중앙행정기관명					사업명				
전문기관명 (해당 시 작성)					내역사업명 (해당 시 작성)				
공고번호					총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				
					연구개발과제번호				
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0104	60%	LB0805	40%	3순위 소분류 코드명	%		
	농림식품과학기술분류	AA0103	90%	AA0104	10%	3순위 소분류 코드명	%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문							
		영문							
연구개발과제명		국문	수경재배에 의한 저질산염 시금치 주년생산 기술 개발						
		영문	Development of Year-Round Production Technology of Spinach with Low Nitrate Content in Hydroponics						
주관연구개발기관		기관명	농업회사법인 이노진팜(주)		사업자등록번호		2208885111		
		주소	(우) 36863		법인등록번호		110111-5484657		
연구책임자		성명	정현복		직위		연구이사		
		연락처	직장전화	054-654-6515		휴대전화	010-4794-9376		
			전자우편	innogin@naver.com		국가연구자번호	11106350		
연구개발기간		전체		2019.06.20. ~ 2021.06.19(2년 0개월)					
		단계 (해당 시 작성)	1단계						
			n단계						
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				연구개발 비외 지원금
		현금	현금	현물	지방자치단체		기타()		
		총계	210,000	210,000			현금	현물	합계
1단계	1년차	105,000	105,000				현금	현물	합계
	2년차	105,000	105,000				현금	현물	합계
n단계	1년차								
	n년차								
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고		
							역할	기관유형	
공동연구개발기관									
위탁연구개발기관									
연구개발기관 외 기관									
연구개발담당자 실무담당자		성명	송경주		직위		관리부장		
		연락처	직장전화	054-654-6515		휴대전화	010-6242-7954		
			전자우편	innogin@naver.com		국가연구자번호	12460849		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 10월 13일

연구책임자: 정 현 복

주관연구개발기관의 장: 농업회사법인 이노진팜(주)



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

사업명			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				
내역사업명 (해당 시 작성)			연구개발과제번호				
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0104	60%	LB0805	40%	3순위 소분류 코드명	%
	농림식품 과학기술분류	AA0103	90%	AA0104	10%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	수경재배에 의한 저질산염 시금치 주년생산 기술 개발						
전체 연구개발기간	Development of Year-Round Production Technology of Spinach with Low Nitrate Content in Hydroponics						
총 연구개발비	총 420,000천원 (정부지원연구개발비: 210,000천원, 기관부담연구개발비 : 210,000천원)						
연구개발단계	기초[<input checked="" type="checkbox"/>] 응용[<input type="checkbox"/>] 개발[<input type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[<input type="checkbox"/>]	기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()			
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구의 최종목표는 '수경재배에 의한 저질산염 시금치 주년생산 기술 개발'로서 타 작물에서 보편화되어 있는 수경재배 기술을 시금치 재배에 적용하는 기술을 개발하고, ○ 시금치의 질산염 함량을 2,500ppm 이하로 낮출 수 있는 저질산염 시금치 수경생산을 위하여 연중 안정적 육묘 기술을 개발하며, ○ 생산성 및 경제성을 확보하는 실용화 설비를 이용한 시금치 수경재배 기술을 개발·보급함으로써 시금치 재배 산업의 변화를 도모함과 아울러 농가 소득창출에 기여하고자 하였다. 					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구의 주요 연구내용은 저질산염 시금치 수경생산을 위하여 연중 안정적 육묘 및 실용화 설비를 이용한 기술을 개발하는 것이다. 세부 연구내용으로 시금치 육묘를 위해 적합한 플러그 트레이, 배지 및 환경을 규명하고, 시금치 연중생산을 위하여 시금치 수경재배 조건을 도출하고, 저질산염 시금치 수경재배 조건을 구명하였으며, 수경재배를 통한 저질산염 시금치 연중생산 체계를 확립하고 경제성을 분석하였다. 나아가 연구 성과를 바탕으로 저질산염 시금치 재배 산업을 활성화할 수 있는 방안을 연구하였다. 					

		<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구 수행을 위하여 3개 연구목표별로 각 2~3개의 세부 과제를 두었다. 주요 내용은 다음과 같다. <ol style="list-style-type: none"> 1) 적정 플러그 트레이와 관련된 연구과제로 파종 및 육묘 용이성 및 효과성을 제고할 수 있는 트레이 선정 및 적용연구를 수행하였다. 2) 적정 육묘배지를 선정하기 위한 연구과제로 수경재배 특성에 적합한 배지를 선정하고 활용하는 연구를 수행하였다. 3) 효과적 육묘 생육 환경 구명을 연구과제로 육묘 온도, 광, 관수 및 설비 등을 구명하기 위한 시험연구를 수행하였다. 4) 시금치 생산에 적합한 수경재배 조건을 구명하는 연구로 양액 조성 및 공급, 양액 재활용 및 수온 및 대기온도 조절 등에 대한 연구를 수행하였다. 5) 수경재배 시금치 연중생산체계를 제시하고, 경제성분석을 통해 시금치 수경재배 기술보급을 위한 기반을 마련하는 연구를 수행하였다. 6) 저질산염 시금치 생산을 위한 조건 연구를 수행하였다. 7) 시금치 산업의 부가가치를 제고하기 위해 저질산염 시금치 재배산업 활성화 방안 등에 대한 연구를 수행하였다.
연구개발성과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 시금치 파종 및 육묘트레이 개발 <ol style="list-style-type: none"> 1) 파종·육묘·정식에 소요되는 인력을 10a 당 평균 1명을 절감하는 등 경제성 향상을 도모하고, 2) 트레이를 층적하여 육묘함으로써 공간적 효율성을 극대화함으로써 농가 현장의 공간 추가 확보 문제를 해결하며, 3) 지속적으로 사용할 수 트레이를 개발함으로써 트레이 비용을 10% 이내 수준으로 절감함과 아울러 트레이 폐기로 인한 환경오염 등 문제를 해소하였음 ○ 수경재배 배지비용 경감 및 실용적 방안 제시 <ol style="list-style-type: none"> 1) 기존 수경재배 배지로 사용되는 스펀지 또는 암면을 인공상토로 대체하여 배지 비용을 1/10 이상 경감하는 동시에, 2) 쉽게 접근할 수 있는 인공상토를 활용하도록 하여 농가의 수경재배 접근을 보다 용이하게 하고, 3) 스펀지 또는 암면 사용 시 야기되는 환경오염 문제를 근본적으로 해결하였음 ○ 양액재사용을 위한 실용적 수경재배 시스템 개발 <ol style="list-style-type: none"> 1) 양액을 비순환하여 재배하는 기존 수경재배시스템을 개선하여 양액비용을 10% 수준으로 절감하고, 2) 양액 폐기로 인한 환경문제를 해결하는 방안을 제시하였음 ○ 연중 안정적·실용적 수경재배 시스템 개발 <ol style="list-style-type: none"> 1) 양액온도를 계절별로 효과적으로 조절·유지하도록 하여 냉난방비용을 절감할 수 있는 방안을 제시하고, 2) 양액여과 및 UV시스템을 통해 유해병원균 오염을 방지하였음

- 저질산염 시금치 수경재배 기술 개발
 - 1) 수확 1주일 전에 EC 0.5~1.0 수준으로 양액농도를 조정하는 것이 효과적으로 나타났으며,
 - 2) 농가 활용 측면에서 수확 1주일 전 양액 공급을 중단 또는 감소하는 방안이 실용적인 기술로 규명되었음
- 무농약 시금치 활용을 통한 고부가가치 식품 및 화장품 등 가공품 가능성 제시
 - 1) 시금치 파우더 시범 제작을 통한 산업화 가능성 제시
 - 2) 지역 농가 협력 생산을 통한 지역특화사업으로 발전 모색

- 연구개발성과 활용계획 및 기대 효과
- 본 연구 과제를 통하여 특허출원 2건, 기술이전 2건 6백만원, 제품화 1건, 매출창출 78백만원, 고용창출 3명, 투자유치 300백만원, 기술인증 1건, 교육 지도 5건, 도시농업전시회 참가 등 4건 등의 성과 도출
 - 실용적인 저질산염 시금치 연중생산 기술 보급
 - 1) 프로세스별 접근을 통한 실용적 생산기술 모델 제시로 배지 조성 → 파종 육묘 → 정식 및 재배 등 생산공정에 따른 기술 보급
 - 2) 농가 차원에서 적용 가능한 모델 제시로 생산성 및 경제성을 동시에 확보하는 상용화 기술을 개발하고, 시설설비 투자 비용을 상회하는 수준의 경제성 확보가 가능한 생산방법 제시
 - 3) 농가 기술이전 및 교육지도를 통한 보급 및 확산
 - 4) 무농약 시금치 생산기술 보급으로 시금치 산업 활성화 기여
 - 샐러드용 베이비 시금치 활성화 및 시금치 파우더 가공 산업화 기대
 - 1) 농가 기술이전, 인력양성 및 교육을 통한 재배기술 확산을 통해 샐러드 용도에 적합한 시금치 수경재배 기술 보급
 - 2) 시금치 고부가가치 제고를 위한 시금치 파우더 고급화 및 추출물 개발활용
 - 3) 미용에 대한 관심 제고 추세에 따른 천연시금치비누 등 개발 활용
 - 타 저질산염 업체류 수경재배 적용 및 생산 기대
 - 1) 과도한 질산염이 함유된 업체류 수경재배를 위한 농가 교육 및 기술이전을 통한 소득 창출
 - 2) 실용적 수경재배시스템 보급으로 생산 비용 절감
 - 3) 양액 재사용 기술 보급으로 환경오염 예방 기대
 - 4) 육묘기술 보급으로 발아율 및 입모율 증가를 통한 소득 증대 기여

연구개발성과 비공개사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화학물	신품종		
								생명정보	생물자원		정보	실물	
		2	2										
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입 연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호				
국문핵심어	시금치		수경재배		시금치 수경재배		양액재배		저질산염 시금치				
영문핵심어	spinach		hydroponics		spinach hydroponics		nutrition cultivation		low nitrate spinach				

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획
7. 별첨 자료 (참고 문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

본 연구의 목적은 “수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중생산 기술 개발”로서 시금치 수경재배를 위한 안정적 육묘 및 재배 기술을 개발하고, 실용화 수경재배 설비 기술을 제시하며, 나아가 현재 3,500~6,500ppm 범위인 시금치의 질산염 함량을 2,500ppm 이하로 낮출 수 있는 저질산염 시금치의 연중 수경재배 생산기술을 개발하는데 있다. 나아가 본 과제에서 개발된 기술을 농가에 보급함으로써 시금치 재배 산업의 변화를 도모함과 아울러 농가 소득창출에 기여하고자 한다.

1-2. 연구개발의 필요성

가. 시금치 생산 및 유통 현황

시금치는 100g 중에 철 33mg, 비타민A 2,600IU, B1 0.12mg, B2 0.03mg, C 100mg 과 비타민 K 등이 들어 있어 국민 건강 보건 식품인 동시에 보편적인 식생활에 활용되는 우리나라 전통적인 대표적 농산물로 자리매김하고 있다. 그러나 최근 시금치 농약 사용 및 질산염 고함유 등 안전성의 문제로 시금치에 대한 신뢰도가 저하되고, 하기 재배의 어려움으로 계절별 가격의 등락폭이 심하고, 시금치 수입이 급증하고 있어 시금치 재배산업이 어려움에 처해 있다.

[표 1-1] 시금치 수입 추이

(단위 : 중량(톤), 금액(달러))

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
중량	1,243	1,635	1,717	1,258	1,444	2,391	2,125	2,355
금액	903,580	1,197,165	1,200,379	945,910	1,037,620	1,608,441	1,508,930	1,801,245

농촌진흥청 최근 연구에 따르면 2011년부터 2018년까지 국내에서 가구당 연간 시금치 구매액과 구매 가구 비율은 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 9년간 평균 시금치 구매액은 13,658원, 구매가구비율은 91.1%로 감소한 것으로 나타났다. 2018년 시금치 생산량은 73,239t으로 2010년 87,911t 대비 83.3% 수준으로 생산량이 감소하였으며, 9년 평균 시금치 수출량은 3t, 수입량은 1,709t으로 수출에 비해 수입량이 500배에 달했다.

[표 1-2] 시금치 구매 추이

(단위 : 원/회)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
구매액	14,025	14,640	14,571	12,198	13,696	12,825	12,336	11,870
구매가구비율	93.5	90.8	91.7	92.4	90.1	90.1	89.9	87.7

※ 자료 : 농촌진흥청 소비자 패널 종단자료 기준

나. 시금치 생산 및 유통 문제점

1) 연작장해 및 염류집적

토경재배 연작 중심으로 지력저하로 인한 병해충이 발생하게 되어 생산성이 저하되고 있으나, 대부분 농가에서 농약에 의존하여 연작 장해를 해소하여 악순환 연속되고 있다. 아울러 과도한 화학비료의 사용으로 인한 염류집적은 수분의 흡수를 저하시키고, 염류집적 환경을 좋아하는 각종 유해균들의 서식공간을 제공하여 결정적으로 생산력을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. 특히, 염류집적은 하우스 재배에서 많이 발생하여 과다한 시비로 인한 염류가 누적되어 생산량 저하로 연결되고 있는 실정이다.

2) 무분별한 농약 사용

각종 병해로 시금치는 딸기에 이어 잔류농약이 가장 많이 검출되는 작물로서, 평균적으로 시금치의 잔류농약은 딸기를 제외한 다른 농산물보다 1.8배에 이른다는 환경단체(EWG)의 보고가 있다. 최근 학교급식에 농약 시금치가 납품되었다는 뉴스로 시금치의 안정성에 대한 신뢰도가 하락되고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. EWG에 따르면 특히 어린이는 어른에 비해 농약의 영향을 받기 쉽고, 많은 연구들은 농약이 신경 발달 문제와 행동 문제, 선천성 질환, 천식, 암 같은 만성 질환의 원인으로 작용할 수 있어 이에 대한 대책이 시급하다고 공통적으로 지적하고 있다. 특히, 질소 과다시비에 의한 질산염 함량 증가는 청색증 발생의 원인이 되고 있다.

3) 한시적 동계 재배 위주

시금치는 겨울과 봄철에 2-3기작 정도 재배되어 농가의 생산성 및 경제성을 저하시키는 주요 원인이 되고 있다. 시금치 공급이 과잉되는 겨울철에는 가격 폭락, 시금치 재배가 어려운 여름철에는 가격 폭등으로 이어져 국민 경제적 폐해가 가중되고 있는 실정이다. 특히, 폭염으로 인한 시금치 재배의 어려움으로 시금치 가격의 폭등 문제가 빈번히 발생되고 있다.

4) 과도한 질산염 함량

1990년대 선진국에서는 이미 질산염으로 인해 유아가 사망하거나 청색증 등 질병이 발생된 예가 보고되어 질산염 함유량을 규제하고 있다. 일례로 북미나 유럽에서는 2000건의 사례가 보고되었으며 그중 7~8%가 사망하여 EU의 경우 2011년 시금치 질산염 기준 3,000mg/kg (추동 수확), 2,500mg/kg(춘하 수확)에서 3,500mg/kg으로 조정하였다. 우리나라의 경우 질산염에 대한 규제가 없으나 토양재배 시금치의 질산염 함량은 3,500~6,500ppm으로 WHO 권장 섭취량보다 많은 양을 섭취하는 것으로 나타나, 최근 방송 등 언론에서 시금치의 무분별한 섭취를 경고하는 등 시금치 재배방식의 변화를 요구하고 있다.

다. 시금치 수경재배의 현황 및 필요성

1) 시금치 수경재배 현황

시금치 토양재배의 문제점이 심각한 상황으로, 시금치 수경재배의 필요성이 증대되고 있으나, 시금치 재배에 적합한 효과적인 수경재배시스템, 양액 관리 및 재배 기술 등이 보급되지 않아 타 작물과 달리 여전히 토양 재배에 의존하는 상황이다. 시설재배의 경우에도 토양재배에 의존하여 각종 병해, 염류축적 등 노지재배와 유사한 장해에 직면하여 시설재배의 장점이 활용되지 못하고 있는 실정이다.

특히, 육묘 과정이 까다로워 수경재배를 통한 무농약 시금치를 대량으로 생산하기 위한 체계를 갖추기 어려워 시금치 수경재배가 보편화 되지 못하고 있다. 아울러 식물공장 내에서 시금치 수경재배를 시도하기도 하였으나, 기술의 미흡으로 인한 생산성 저하 및 과도한 시설비로 인한 경제성 측면의 문제로 보편화되지 못하고 있는 상황이다. 특히, 최근 제시되고 있는 저질산염 시금치를 위한 수경재배로 연결될 수 있는 연구는 매우 미흡하여 현장 활용이 이루어지지 못하고 있다.

2) 시금치 수경재배 중요성

농촌 인력이 고령화되고 있는 추세에서 전근대적인 방식인 노동력 중심의 관행재배 방식에 국한되어 농약, 질산염 문제 등으로 시금치 재배농업의 하락 추세가 지속될 것으로 예상된다. 수경재배는 토양재배의 단점을 극복할 수 있는 유일한 대안으로 생산성 측면에서 보면 육묘와 재배 분리 시 연 10기작 이상 가능하다. 수경재배는 국민건강 차원에서도 무농약 저질산염 시금치 보급을 위한 최적의 재배 방안이라 할 것이다.

1-3. 연구개발 범위

본 연구는 수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중생산 기술 개발을 통해 생산농가가 저비용 온실에서 저질산염 시금치를 연중재배 할 수 있는 실용적인 연구를 수행하였다. 수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중생산 기술개발은 육묘 설비 실용화를 위한 시금치 육묘 기술 개발, 수경 시금치 연중 생산 기술 개발, 저질산염 시금치 재배산업 활성화 방안을 마련하는 것으로 이루어졌다. 연차별 연구개발의 목표와 내용은 [표 1-3]과 같다.

[표 1-3] 연차별 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발 목표	연구개발 내용
1차년도	2019년	1-1. 플러그욕묘 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 플러그 트레이 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 트레이별 특성 및 적합성 관련 기초연구 ○ 배지 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 입상면 등 배지 생육 비교 ○ 욕묘환경 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 욕묘환경 구멍 및 적정 설비 연구 ○ 욕묘자동화 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 파종, 관수 등 연구
		1-2. 욕묘 기술 표준화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수경재배 시금치 양액조성 연구 ○ 수경베드 양액의 냉각시스템 연구
2차년도	2020년	1-1. 적정 플러그 트레이 개발	○ 플러그 트레이 심화 연구
		1-2. 적정 욕묘배지 선발	○ 적정 욕묘배지 심화 연구
		1-3. 적정 욕묘환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 욕묘환경 심화연구 <ul style="list-style-type: none"> - 온도, 광량 등 선정
		2-1. 시금치 재배 적합 수경재배 조건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적정 양액조건 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 적정 양액조성, 농도 등 ○ 생산비 절감을 위한 수경시스템 개선
		2-2. 수경재배 시금치 연중생산 체계 확립 및 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연중생산을 위한 수경 시금치 생산체계 확립 ○ 수경재배 시금치 경제성 분석
		3-1. 저질산염 시금치 생산조건	○ 질산염 함량 2,500ppm 미만 시금치 생산방법
		3-2. 저질산염 시금치 재배산업 활성화 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저질산염 시금치 수경재배 지역연계 발전방안 연구 ○ 시금치 산업 활성화를 위한 가공품 개발

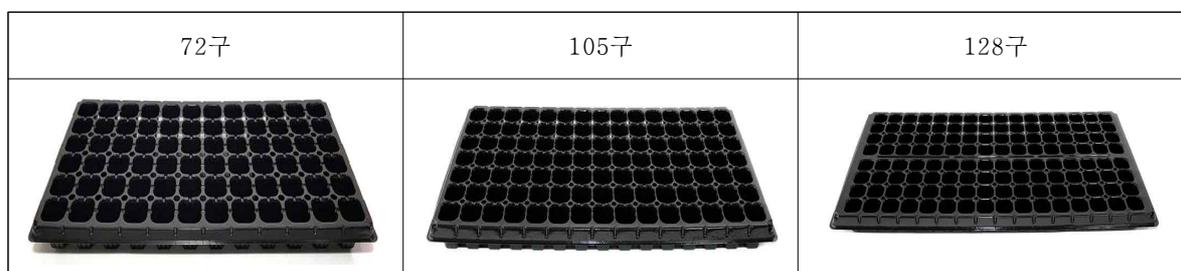
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 시금치 육묘기술 개발

가. 적정 플러그 트레이 규격 설정

1) 연구 재료 및 방법

시금치 육묘를 위한 트레이는 72구, 105구, 128구를 사용하였다. 고휘암면을 제외한 스펀지 및 농업용 입상면을 각 트레이별로 충전하여 시금치 육묘 연구를 수행하였다. 시금치 육묘용 트레이는 72구, 105구, 128구를 사용하여 연구를 수행하였다.



[그림 2-1] 플러그 육묘 트레이 종류

2) 연구 결과 및 고찰

시금치 품종은 비너스, 입상면 배지를 사용하여 육묘 트레이 규격에 따른 시금치 육묘를 비교한 연구결과는 [표 2-1]과 같으며, 트레이 규격이 시금치 육묘에 미치는 영향은 무의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 트레이 종류에 따른 육묘의 생육에 차이가 없었음을 밝힌 서중분 등(2007)의 연구결과와 동일하였다. 용영록 등(2004)의 플러그 셀 크기가 여름 시금치 묘 생육에 미치는 영향 연구에서도 생육 30일까지 생육에 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 다만, 트레이의 셀 용적이 넓을수록 지상부와 지하부, 그리고 생체중 등의 발달이 다소 좋은 것으로 나타났음을 언급하였지만 의미있는 차이는 아니라고 말하고 있다.

[표 2-1] 육묘 트레이 규격에 따른 시금치 육묘 비교

구분	입모율(%)	엽수 (매/주)	엽장(cm)	엽폭(cm)	생체중(g/주)
72구	92 a	4.2 a	3.2 a	1.8 a	0.95 a
105구	93 a	4.1 a	3.3 a	1.9 a	0.90 b
128구	90 b	4.0 a	3.3 a	1.7 b	0.82 c

1) DMRT(Duncan's multiple range test), .05.

이와 같이 육묘 트레이 규격에 따른 시금치 생육은 유의미한 차이가 없었으나, 본 연구에서는 근중 등 생산성을 고려하여 트레이 규격을 105구로 선정하여 배지에 따른 육묘의 차이를 비교하고자 하였다. 연구 초기 배지로 선택한 농업용 입상면을 활용한바, 정식 후 수경베드내로 입상면이 누출됨으로 인해 베드 양액배관 및 배수로 등이 막히는 현상이 발생하여 문제점이 발생하였다.

이를 보완하기 위한 연구가 필요하여 우선 간단한 방법으로 모기장을 활용하여 입상면 주변을 자체 제작한 육묘 그물망(가로 2cm x 세로 3cm)으로 감싸 입상면이 베드 내로 떨어지는 것을 방지하는 시험을 하였다. [그림 2-2]는 농업용 입상면을 배지로 하고, 트레이는 105구를 활용하며, 입상면을 외부 그물망으로 감싼 후 수경재배관에 정식하는 모습이다. 그러나 육묘 그물망 제작 과정이 번거롭고 인건비 등이 과다 소요되는 등 경제성 문제가 제기되었다.



[그림 2-2] 입상면 배지 사용 육묘 후 그물망을 활용한 정식 모습

이와 같이 농업용 입상면을 배지로 하여 정식 전 육묘 그물망을 제작하고, 정식 작업에 활용할 경우 비용 문제 및 과정의 번거로움으로 심각한 문제를 야기하였다. 이를 개선하기 위한 방안으로 타 작물의 수경재배 사례 등을 조사하여 수경재배 전용포트를 활용하는 시험을 하였다.

수경재배 전용포트는 배지가 소량으로 소요되고 홀당 간격을 좁게 배치되어 경제성을 확보할 수 있어 육묘 단계에서부터 수경재배 전용포트를 사용하기로 하였다. 다만, 105구 트레이 사용 시 수경재배 포트 간 간격이 좁고 상단이 일부 겹쳐 묘 성장 시 문제가 발생하였다.

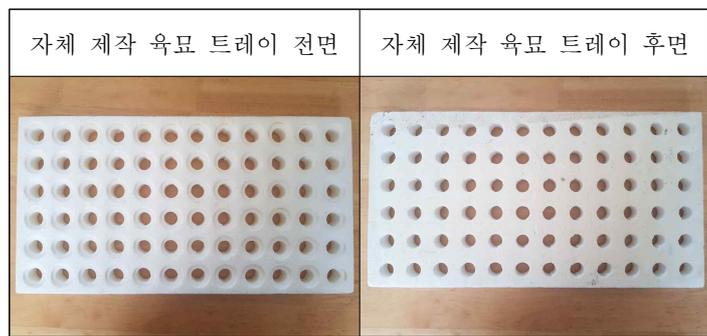


[그림 2-3] 수경재배 포트와 105구 트레이내 포트 삽입 후 모습

이러한 문제점을 보완하기 위하여 72구 플러그 트레이를 사용하여 수경재배 포트를 사용하여 포트 간 간격 및 겹치는 문제는 해결하였다. 그러나 수경재배 포트를 플러그 셀에 넣은 후 입상면을 충전하는 과정에서 수경재배 포트와 셀의 빈 공간으로 입상면이 빠져 배지 재료가 낭비되고 수평을 유지하기 어려워 파종 작업 및 파종 후 정리 작업이 용이하지 않았다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 수경재배 포트 간 적정 간격을 확보하고 포트와 셀의 빈 공간으로 입상면이 떨어지는 것을 방지하고 반복사용이 가능하도록 맞춤형 트레이를 제작하기로 하였다. 제작한 트레이는 파종 생산성 및 경제성 제고를 위하여 높이 쌓을 수 있는 즉, 층적이 가능한 육묘판을 경도가 높은 스티로폼으로 제작하고 기존 수경컵이 돌출되지 않고 온전히 삽입될 수 있도록 홈 높이를 맞추어 구멍을 뚫어 제작하였다.

제작한 트레이는 표준화를 위해 전체 크기를 통일하고 가로 6홀, 세로 12홀로 홈 규격 및 간격은 각 1cm 정도로 하였으며, 생산성 및 경제성을 고려한 수경재배 정식을 위하여 자체 개발한 72구 스티로폼 육묘 판을 다음 그림과 같이 활용하였다.



[그림 2-4] 자체 제작 72구 육묘 트레이 전·후면 모습

육묘트레이를 자체 제작한 후 시금치 육묘의 노동력을 절감하고 생산성을 높이기 위하여 트레이 규격 및 홈 위치에 맞추어 반자동 파종기를 제작하여 활용하였다. 반자동 파종기는 투명 아크릴 판을 2겹으로 제작하여 같은 위치에 홈을 성형한 후 하단 아크릴 판은 미단이 형태로 설계하였다. 파종 후 미단을 당길 경우 종자가 자체 제작한 스티로폼 72구 육묘판에 놓인 수경재배 포트 위로 정확하게 떨어져 홈내에 파종 종자가 안전하게 자리잡도록 하

였다. 시금치 종자는 홀당 3-4개가 자동 투입되도록 하였으며, 투입되지 못한 종자는 아래로 모여 재사용 가능토록 하였다. 또한 투명한 아크릴 판을 사용함으로써 외부에서 종자 투입 여부를 확인 할 수 있도록 하였고 가벼운 재질로 노동력을 절감하도록 하였다. [그림 2-5]는 자체 제작한 반자동 파종기로 자체 제작한 육묘 트레이에 파종한 모습, 파종후 육묘트레이 모습을 나타내고 있다.



[그림 2-5] 자체 제작 반자동 파종기 및 활용 후 모습

나. 배지에 따른 시금치 생육

1) 연구 재료 및 방법

시금치는 고온기 추대 현상으로 하기 재배가 어려운 품종 특성상 고온에도 추대가 늦은 품종 선발이 매우 중요하다. 본 연구에서는 선행연구 결과를 참조하고 자체 시험 연구를 통하여 여름철 재배를 위해 선정한 품종으로 비너스, 플라톤, 열정 등 3종, 기타 계절 재배를 위하여 빙고, 오스카, 무스탕 3종을 선정하였다. 육묘 환경 연구를 위한 비교분석 시험을 위해 하기 재배가 어려운 시금치 특성을 고려하여 여름철 품종인 비너스를 선정, 연구를 수행하였다.

시금치 발아 및 육묘 배지 재료는 고휘 암면(한국유알미디어), 스펀지(가화텍), 농업용 입상면(한국유알미디어), 인공 상토(신성)를 활용하였다. 1차적으로 고휘 암면, 스펀지, 농업용 입상면을 주요 대상으로 비교 분석 연구를 하였다. 2차적으로 실용성 및 편의성을 위하여 인공 상토(피트머스 : 버미큘라이트 : 펄라이트 = 3 : 1 : 1)를 추가하여 연구를 수행하였다. 고휘 암면 및 스펀지 배지 연구는 수경재배 베드 이식 편의성이 높아 육묘연구가 성공할 경우 인건비 절약으로 인한 경제성 확보 장점이 있어 이에 대한 비교 분석연구를 진행하였다.

농업용 입상면의 경우 국내 농가 현장에서 보편적으로 사용되지 않고 있는 재료이나, 일본 등 국외의 경우 통기성 및 보수성의 장점으로 수경재배에서 적용 사례가 높은 배지 종류로서 연구에 적용하였다. 농업용 입상면은 현무암 등 광물을 1,500℃ 정도의 고온에서 용해시키고 고압에서 5~10 μ m의 섬유상으로 가공한 인조 광물 섬유로서 주성분은 규산칼슘으로 화학적 활성이 거의 없는 특성을 가진다. 공극율이 95% 정도로 배지 내 산소 공급을 원활하게 함으

로써 보수성 및 통기성이 우수하고, 수분 흡수가 뛰어나며 pH가 7.0~7.5로 산성을 기피하는 시금치 수경재배를 위한 배지로 적합한 것으로 판단하였다. 아울러 종전 선행연구(이응호 등, 2004)에서도 입상면이 타 배지에 비해 효과적이라는 연구결과도 반영하였다. 다만 입상면은 무농약 인증을 위한 농림식품축산부의 배지 기준에 포함되지 않아 입상면 활용시 무농약 인증이 불명확한 상태이다. 이러한 입상면의 제도적 문제점으로 인공상토를 추가로 활용하였다.

이응호 등(2011)에 의하면 펠라이트, 피트머스 등을 혼합한 인공상토에 육묘한 경우 오히려 우레탄 스펀지나 암면 플러그에서 육묘한 것보다 입모율이 높았음을 보고한 연구결과를 고려하여 인공상토를 본 연구의 연구재료로 활용하였다.



[그림 2-6] 시금치 육묘 배지 재료

육묘양액은 야마자키 시금치양액(N-P-K-Ca-Mg,7.0-2.0-3.0-4.0-2.0me · L⁻¹)으로 농도는 EC 1.5dS/m · L⁻¹ 로 두상관수하면서 육묘하였다.

2) 연구 결과 및 고찰

시금치 육묘 연구를 위하여 각 배지별로 비교 분석 연구를 수행한 결과 배지에 따른 품종별 발아율에 있어서는 대체적으로 큰 편차를 보이지는 않으나, 입모율은 품종별, 배지별로 상당한 편차를 보였다. 본 실험 2장 기준으로 입모율을 계상하면 하기에는 고온에 강한 비너스의 입모율 및 묘질이 타 품종에 비해 비교적 높은 수준을 나타내었다. 봄가을 재배용으로는 무스탕의 입모율 및 묘질이 높은 수준을 보였다.

발아율이 높은 배지는 인공상토, 농업용 입상면, 고형암면, 고형솜, 스펀지의 순으로 나타났다. 대체적으로 시금치는 발아온도를 15~18℃로 유지하고, 1홀 당 3개 종자 투입 시 배지 유형에 따라 입모율은 상당한 차이를 나타냈다. 시금치의 경우 고형암면 및 스펀지의 경우 발아 후 본실험 2장이 본격적으로 전개되기 전 고사하는 비율이 높아 싹튼 시점의 발아율보다 본실험 2장 이상이 본격적으로 성장하는 시점에서의 입모율에 초점을 둘 필요가 있다.

배지 시험을 위해 우선 수경재배의 특성을 고려하여 가장 수경재배에 적합한 재료로서 스펀지 배지 활용 연구를 수행하였다. 수경재배 전용 스펀지의 10자 틈새를 벌려 핀셋을 이용하여 종자를 집어넣어 파종한 후 지속적 관수를 통해 발아를 유도한 바, 품종에 따라 차이는 있었으나 대체적으로 초기 발아율은 60%로, 입모율은 40% 이하로 매우 미흡하고, 이후 묘 성장 및 묘 질의 부진현상으로 본 실험 5장으로 성장하는 경우가 20% 이하로 매우 낮은

비율을 나타내어 부적합한 것으로 분석되었다. 스펀지 조직 구조상 보수성이 탁월할 것으로 당초 예상되었으나, 종자 투입부분의 보수성이 저조하고, 쉽게 증발하며, 치밀한 조직으로 세균이 착근하기가 어려운 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 서종분 등(2004)의 연구와 유사한 것으로 나타났다. 결론적으로 스펀지를 배지로 활용하는 것은 시금치 특성상 바람직하지 못한 것으로 조사되었다. 특히, 스펀지의 경우 수확 후 소각 폐기할 경우 환경오염 문제 등의 초래로 가급적 사용하지 않는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

이와 같은 스펀지의 부정적 문제점을 보완하는 대안으로 경제성을 갖춘 동시에 환경적 장점으로 보수성이 높은 오목형 고�형 솜 재질을 활용한 배지 연구를 하였으나, 품종별로 차이는 있었으나, 대체적으로 발아율 60%, 입모율 40% 수준이었다. 이후 본잎 5장까지 정상적으로 성장하는 육묘 과정에서 20% 미만이 생존하는 부적합한 결과를 초래하였다. 이러한 원인으로 고�형 솜의 경우 스펀지에 비하여 보수성은 높으나, 컴팩트한 재질 구조로 시금치가 싹튼 후 착근하기가 어려운 것으로 분석되었다.



[그림 2-7] 배지별 파종 모습 비교

스펀지 및 고�형솜을 활용한 시금치 발아 및 육묘 연구결과는 매우 미흡한 성과를 창출하여, 이를 대체할 수 있는 고�형암면을 활용하는 시험을 후속적으로 시도하였다. 고�형암면의 경우 스펀지 및 고�형솜에 비하여 상대적으로 높은 발아비율을 보였다. 고�형암면을 배지로 사용한 경우 품종별로 차이는 있었으나, 발아율은 70%정도로 나타났으나, 입모율은 50% 미만으로 현격하게 감소하여 본격적인 착근이 어려운 것으로 분석되었다. 아울러 발아가 불균질하여 파종 3일 후 발아가 시작된 홀도 있으며, 파종 10일 후 발아를 시작하는 홀도 있었다. 고�형암면의 특성상 단단한 재질로 인한 뿌리 착근율이 미약하여 수분 공급 등의 문제 등 육묘 장애 요인이 발생한 것으로 분석되어 시금치의 겨우 고�형암면 배지는 육묘 배지로 부적합한 것으로 나타났다.

농업용 입상면을 배지로 활용하는 시험 결과로 종자를 홀당 3개씩 파종할 경우 품종별로 차이는 있었으나, 발아율 90%에 달하였으며, 입모율은 80% 이상으로 높은 수준을 보였으며, 묘질도 우수하였다. 입상면 파종후 시금치 종자가 보이지 않을 정도로 얇게 복토한 경우가 복토하지 않은 경우에 비하여 발아율이 10%정도 높았다. 발아율 관점에서 보면 배지로

서 농업용 입상면을 활용하는 방법이 스펀지, 고품암면 등 타 작물의 수경재배방식에서 사용되는 재료를 활용하는 경우에 비하여 보다 효과적이라는 연구 결과를 보였다. 이미 기술한 바와 같은 수경재배 포트를 사용한 결과 입상면 활용시 문제점의 많은 부분이 해소되었다.

특히, 입상면의 활용시 시 무농약 인증 및 활용 편의성 등 문제를 해소하기 위해 선택한 인공상토의 경우 발아율 및 입모율은 농업용 입상면 배지와 유사하거나 다소 높은 수준을 나타내었다. 여름철 품종과 기타 계절 품종의 발아율 및 입모율을 각 배지별로 비교하였다. 여름철 시금치 품종의 배지별 발아 및 육묘 비교결과는 [표2-2]와 같다.

[표2-2] 배지 종류에 따른 여름철 시금치 품종의 생육

배지 종류	여름철 시금치 품종	발아율, 입모율, 생체중		
		발아율 (%)	입모율 (%)	생체중 (g/주)
수경재배 스펀지	플라톤	57c	45c	0.85c
	비너스	58c	48c	0.96c
	열정	52c	33c	0.78c
고형솜	플라톤	61c	44c	0.92c
	비너스	65c	42c	1.08b
	열정	56c	35c	0.82c
고형암면	플라톤	70b	45c	1.12b
	비너스	72b	46c	1.28b
	열정	64c	45c	1.05b
입상면	플라톤	91a	80a	1.76a
	비너스	93a	83a	1.88a
	열정	74b	62b	1.68ab
인공상토	플라톤	90a	82a	1.82a
	비너스	92a	84a	1.98a
	열정	78b	65b	1.72ab

1) DMRT .05.

2) 입모율 = 입모개수/발아개수 x 100(중자파종후 14일 후 기준)

여름철을 제외한 기타 계절용 시금치 품종의 배지별 발아 및 육묘 비교결과는 아래 [표 2-3]와 같았다.

[표 2-3] 배지 종류에 따른 기타 계절 시금치 품종의 생육

배지 종류	기타 계절 시금치 품종	발아율, 입모율, 생체중		
		발아율 (%)	입모율 (%)	생체중 (g/주)
스펀지	빙고	56c	42c	0.85c

배지 종류	기타 계절 시금치 품종	발아율, 입모율, 생체중		
		발아율 (%)	입모율 (%)	생체중 (g/주)
	무스탕	57c	45c	0.96c
	오스카	54c	44c	0.88c
고형숙	빙고	55c	41c	0.97c
	무스탕	54c	44c	0.98c
	오스카	54c	39c	0.82c
고형암면	빙고	69b	47b	1.18b
	무스탕	72b	49b	1.38b
	오스카	66b	43c	1.25b
입상면	빙고	89a	79a	1.72b
	무스탕	90a	83a	1.98a
	오스카	88b	72b	1.88a
인공상토	빙고	90a	83a	1.92a
	무스탕	92a	85a	1.98a
	오스카	87b	75b	1.82a

1) DMRT .05.

2) 입모율 = 입모개수/발아개수 x 100(종자파종후 14일 후 기준)

농업용 입상면을 배지로 하여 수경재배 전용포트를 사용하면서 발아율 및 묘질의 향상을 도모하였으나, 국내산 농업용 입상면 배지의 경우 입자가 굵어 착근의 어려움이 있어 발아 후 육묘과정에서 묘질의 저하로 고사하는 사례가 빈번한 것으로 나타났다. 이를 해소하기 위해 입자를 분쇄하여 사용하였으나, 경제성 및 번거로운 과정으로 인한 문제들이 발생하였다. 또한, 입상면의 경우 인체에 무해한 물질임에도 현재 농림수산부의 무농약 인증기준에 제시하고 있는 배지로 규정되어 있지 않아 추후 무농약 인증과정 및 재배 후 유통에 문제가 있는 것으로 조사되었다. 이를 해결하기 위한 방안으로 인공상토 배지 시험연구를 수행하였다.

인공상토 배지 실험 시 배관 막힘 현상을 방지하기 위한 여과장치를 활용하면 문제를 최소화될 것으로 전제하고 시험을 수행하였다. 인공상토의 경우 무농약 인증 절차에 문제가 없으나, 수경재배포트를 활용하여 파종, 발아, 육묘 및 재배에 이르는 전체 수경재배 과정에서 묘가 성장하면서 또는 베드내 양액의 흐름에 의해 베드내로 입상면 활용 시와 동일하게 인공상토가 떨어지는 현상을 방지하기 어려운 단점을 안고 있다. 다만 적은 양의 누출로 이를 해결하는 대안이 마련된다면 효과적 수경재배 방법으로 가능하다는 사전 조사결과를 고려하였다. 이를 위한 해결방안을 탐색하기 위한 연구는 추후 재배시스템 파트에서 제시하고자 한다.

품종별 배지별 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 계절별 환경, 특히 하기 온도를 고려하여 적합한 품종을 선택하여 발아 육묘하여야

한다. 하기 고온에 강한 비너스 등 추대 만성 품종을 고려하는 것이 수경재배 육묘에 적합하다.

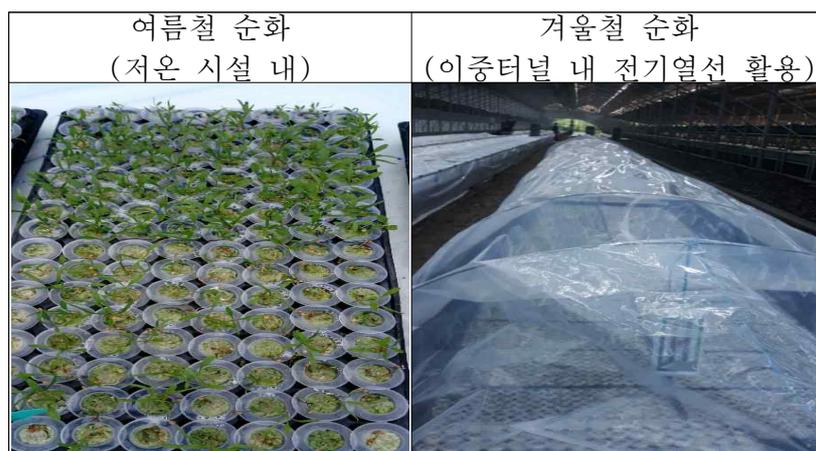
둘째, 고품암면, 스펀지, 고품솜 등의 활용은 재질구조 측면에서 시금치 발아 및 육묘 특성에 적합하지 않은 것으로 분석되었다.

셋째, 농업용 입상면 및 상토 활용은 수경재배 포트 사용 및 효과적 수경재배 여과 장치 등의 개발을 전제로 활용될 수 있다.

다. 육묘 환경 연구

1) 연구 재료 및 방법

시금치 발아 소요기간을 단축하며 불균질한 발아를 해결하는 등 효과적인 발아를 위한 연구로서 파종전 침지 영향 분석, 복토 영향 분석, 광 및 온도의 영향, 층적의 영향 등을 비교 분석하였다. 적정 육묘 환경을 규명하기 위해 광은 형광등을 활용한 방법과 광을 완전히 차단하는 방법을 비교하였고, 온도는 10℃ ~ 25℃를 5℃ 간격으로 구간화하여 적정 발아온도를 규명하였다. 여름철 발아 후 순화 시험은 저온 시설을 활용하였으며, 겨울철은 이중터널 내 전기열선을 활용하여 온도에 따른 순화 연구를 하였다. 시금치 품종은 배지 실험결과 발아율과 입모율 등이 우수하게 나타난 비너스(여름 품종), 무스탕(기타계절 품종)을 선정하여 실험하였으며, 코팅 종자를 사용하여 별도 사전 소독은 하지 않았다.



[그림 2-8] 계절별 순화 과정

2) 연구 결과 및 고찰

시금치 발아 소요기간을 단축하며 불균질한 발아를 해결하기 위해 파종 전 종자를 물 속에 침지 파종한 후 침지 시간에 따른 발아율과 발아소요 시간, 입모율을 비교하였다. 침지시간이 24시간인 경우가 가장 발아율이 높고, 발아소요기간이 짧게 걸렸으며, 침지시간이 짧을수록 발아율이 낮고, 발아소요기간이 길게 걸렸으나 큰 차이는 없었다. 침지 여부 보다는 파종 후 배지가 건조하지 않도록 관수를 충분히 하는 것이 육묘에 더 중요한 것으로 조사되

었다.

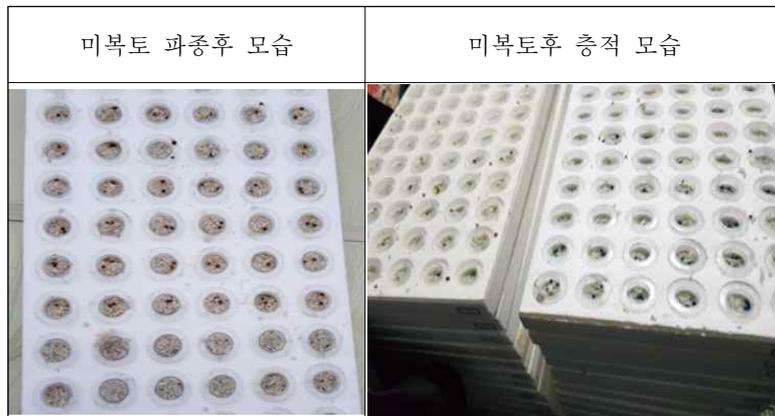
[표 2-4] 침지 시간이 발아에 미치는 영향

구 분	발아율 (%)	발아 소요 시간 (일)	입모율 (%)
24시간 침지	93a	3.5a	88a
12시간 침지	91a	3.7b	86a
6시간 침지	90b	4.0c	85a
무처리	88b	4.2c	82b

* 침지 물 온도 : 20℃, 외부온도 : 15℃ 기준(품종 비너스)

과중판 복토는 종자가 살짝 덮이는 수준으로 시행하였으며 복토를 한 경우 큰 차이는 보이지 않았으나 다소 발아일은 늦어졌으나 발아율은 높아진 것으로 나타났다. 복토를 함으로써 종자의 수분 정도를 충분히 유지할 수 있어 발아율이 높은 반면, 복토 위로 올라가기 까지 걸리는 시간이 다소 지연되는 것으로 보인다.

이와 같이 과중판에 대한 복토는 발아율과 발아 소요기간에 큰 차이를 보이지는 않았으나, 과중판 복토를 위한 별도의 노력이 필요하여 별도의 방안을 강구할 필요가 있었다. 무엇보다 대량육묘를 위해서는 단일 층으로 육묘판을 배열하여 발아하는 방법은 공간상의 문제를 야기하여, 상당한 별도 면적을 요구하여 실용적인 차원에서 과중판을 층적하여 발아하는 시험을 추가로 실시하였다.



[그림 2-9] 시금치 과중 후 미복토 후 과중판 층적

과중판 층적 효과 연구 결과 상부에 있는 육묘 플러그의 중량으로 배지 조직을 눌러 착근 속도 및 강도를 향상시키고, 복토를 필요로 하지 않는 장점과 함께 발아 후 발아습도 유지로 묘 생육 발달에 도움을 줌으로써 발아속도가 빨라지는 것으로 분석되었다.

과중판 층적 시 단점으로는 과중 후 조기 발아한 묘의 성장 속도가 빨라 일부 묘의 도장

현상이 심하여 증적된 플러그 옆으로 발아 후 전개된 엽면이 노출되기도 하였다. 이 문제를 해소하기 위해 암발아 증적상태를 4일간 유지한 후 발아 여부와 관계없이 증적한 육묘 플러그를 해체하여 광이 충분한 육묘환경에서 순화를 하는 단계를 거쳤다. 과중판을 증적한 후 순화 과정을 거친 묘의 입모율이 90%에 달한 반면, 과중판 미증적 시 발아 후 입모율은 대체적으로 80% 수준으로 나타났다. 아울러 과중판 증적 발아육묘의 실용적 장점으로 본 연구에서 수행한 것과 같이 과중판을 10개 정도 증적하여 과중한 경우 과중판을 평면으로 펼쳐서 발아하는 경우에 비하여 소요면적을 1/10로 줄이는 효과를 나타내어 농가 현장에서 매우 실용적인 방법이라 분석된다.

[표 2-5] 복토 및 증적 유무가 발아에 미치는 영향

구 분		발아율 (%)	발아 소요 시간 (일)	입모율 (%)
미증적	복토	95a	3.7a	85b
	미복토	91b	3.5b	78c
증적	미복토	95a	3.8a	90a

1) DMRT .05.

광이 발아 육묘에 미치는 영향을 규명하기 위해 발아실 내 형광등(20W, 2열)을 활용한 방법과 부직포를 활용하여 광을 완전히 차단하는 암발아 방법을 비교하였다. 암발아의 경우가 광발아에 비해 다소 높은 수준을 보였으나 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 다만 묘질 및 입모율은 오히려 광발아의 경우가 다소 양호하였다. 특히, 암발아의 경우 발아가 시작된 후 광이 있는 곳에서 순화하여야 웃자람을 방지하고 잎의 색을 녹색으로 발현할 수 있어 발아 후 순화 단계가 중요시된다.

[표 2-6] 광이 발아에 미치는 영향

구 분	발아율(%)	발아 소요 시간(일)	입모율(%)
광발아 [형광등 (20W, 2열)]	91	3.7	88
암발아 [부직포 활용 광 차단]	93	3.5	85

적정 발아 온도 시험을 위하여 선행 연구들에서 규명하고 있는 시금치 발아온도를 참고하여, 시험을 수행하였다. 시금치 발아 온도는 대체적으로 15~20℃로 알려져 있어 이를 기초로 하고, 보다 범위를 확대하여 5℃ 구간으로 나누어 발아온도 시험을 하였다. 여름철 품종과 기타 계절 품종을 나누어 시험하여 발아율 및 입모율 비교를 하였다. 여름 품종인 비너스는 15℃~ 20℃ 전후에서 가장 높은 발아율과 입모율을 나타냈으며, 10℃ 전후 및 25℃ 전후에서도 발아는 이루어졌으나 입모율이 낮았고, 묘의 질도 좋지 않았다. 기타 계절 품종인 무스탕은 10℃~ 15℃ 전후에서 가장 높은 발아율과 입모율을 나타냈으며, 20℃ 이상의

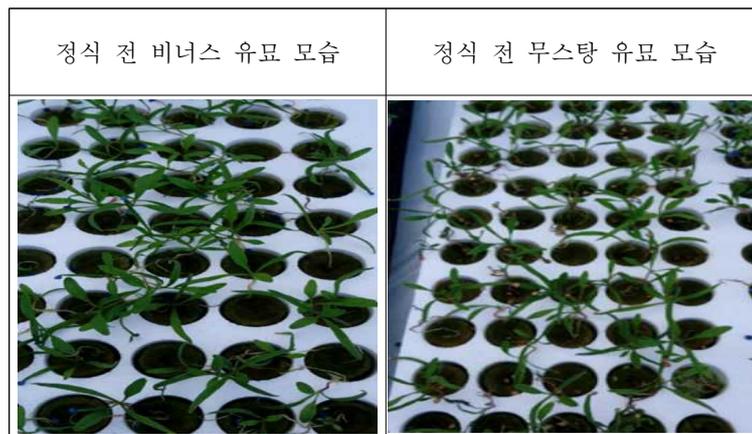
온도에서 발아는 이루어졌으나 입모율이 낮았고, 묘의 질도 좋지 않았다.

[표 2-7] 발아 온도가 발아에 미치는 영향

구분	온도	발아율 (%)	발아 소요 시간 (일)	입모율 (%)
비너스 (하기)	10℃	74c	4.3c	70bc
	15℃	91a	3.7b	86a
	20℃	95a	3.2a	88a
	25℃	83b	3.2a	68c
무스탕 (기타 계절)	10℃	92a	3.5b	89a
	15℃	94a	3.7b	88a
	20℃	88b	3.3a	73b
	25℃	70c	3.2a	68c

1) DMRT .05.

발아 후 본잎 4매 이상이 전개될 때 까지 약 3주의 순화 육묘 기간이 소요되었으며, 묘질이 양호한 유묘를 수경재배 정식판에 이식하였다.



[그림 2-10] 품종별 유묘 모습

2-2. 시금치 연중 수경재배 생산기술 개발

가. 양액 조성

1) 연구 재료 및 방법

시금치 수경재배 양액은 대표적으로 코넬대학교, 치바대학교, 야마사키 양액들을 사용할

수 있다. 본 연구를 위하여 두 가지 양액, 야마사키 양액과 치바 대학 양액을 비교 시험하였다. 당초 치바 대학 양액을 [표 2-8]와 같이 사용하고, 양액에 첨가되는 미량원소 구성은 [표 2-9]와 같이 사용하였다.

[표 2-8] 치바대학교 양액 조성표

단위 : (g/1000L)

원액 탱크	비료 종류	시금치 양액 조성 (희석 양액)
A	KNO ₃	380
	5[Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂]NH ₄ N	720
	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	-
	Fe-EDTA	15
B	KNO ₃	380
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	360
	NH ₄ H ₂ PO ₄	240
	K ₂ SO ₄	
C	미량원소	2.0~2.2

[표 2-9] 치바대학교 미량원소 농축액 (사용시 10,000배 희석) 조성

무기원소	비료 종류	농도 (ppm)	농축액 10리터에 넣는 양(g)	희석액에 넣는 양 (단위: g/1,000L)
Fe	Fe-EDTA (A 탱크에 직접 첨가)	2.0	1,500	15
B	H ₃ BO ₄	0.5	286	286
Mn	MnSO ₄ ·4H ₂ O	0.5	213	213
Zn	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.05	22	0.22
Cu	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.02	9	0.09
Mo	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.01	25	0.025

치바대학교 양액은 원수에 포함된 원소 함량을 감안하지 않고 사용한 문제로 보완 연구로 야마사키 양액 조성을 추가로 수행하였다. 이노진팜 원수의 수질검사 결과는 [표 2-10]과 같이 EC 0.147 ds/m, pH 7.38이었다. [표 2-11]는 대구대학교 산학협력단에 의뢰하여 계상한 조정 야마사키 양액 표이다.

[표 2-10] 이노진팜 수질검사 분석결과(2021.3.15.)

검사성분항목		검사성적		수질기준
EC		0.147	dS/m	0.5dS/m <
pH		7.38		5~8
분석성분	HCO ₃ ⁻	94.55	ppm	150ppm <
	NO ₃ -N	0.576	ppm	-
	NH ₄ -N	-	ppm	-
	PO ₄ -P	-	ppm	20ppm <
	K	-	ppm	40ppm <
	Ca	18.22	ppm	60ppm <
	Mg	1.684	ppm	20ppm <
	SO ₄ -S	0.146	ppm	60ppm <
	Na	11.52	ppm	30ppm <
	Fe	0.066	ppm	1.0ppm <
	B	0.132	ppm	-
	Mn	0.004	ppm	-
	Zn	0.017	ppm	0.5ppm <
	Cu	-	ppm	-

[표 2-11] 조정 야마사키 양액 (대구대학교 산학협력단 의뢰)

비료의 종류			당량중 mg/me	시용량 mg/L	100 배액 1000 리터	단위	
A	질산칼슘 (4수염)	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	118	236.00	23.60	Kg	
	질산칼륨	KNO ₃	101	575.70	57.57	Kg	
	킬레이트철	Fe-EDTA	13%	23.47	2.3	Kg	
	질산 61%	HNO ₃	61%	24.44 ml/L	2.44	리터	
B	황산마그네슘	MgSO ₄ ·7H ₂ O	123	159.90	15.99	Kg	
	제1인산암모늄	NH ₄ H ₂ PO ₄	38	87.40	8.74	Kg	
	질산 61%	HNO ₃	61%	24.44 ml/L	2.44	리터	
	미 량 요 소	붕산	H ₃ BO ₃	0.5	2.21	220.8	g
		황산망간	MnSO ₄ ·H ₂ O	0.5	1.98	198.4	g
		황산아연	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.05	0.15	14.5	g
		황산구리	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.02	0.05	5.0	g
몰리브덴산나트륨		Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.01	0.02	2.0	g	
중탄산 농도 94.55 ppm에 대한 61% 질산 총량 입니다. (A원액 + B원액)					4.89	리터	

양액조성 연구와 함께 양액 공급 및 여과 방법 및 설비 연구를 병행하여 양액 시험을 수행하였다. 다음 [그림 2-13]은 양액 연구를 수행함에 있어 사용된 재료 및 설비에 대한 모습이다.



[그림 2-11] 양액 시험 장치

2) 연구 결과 및 고찰

본 연구에서는 양액 조성 연구와 함께 양액 재활용 연구를 수행하고, 향후 연구 과제를 도출하였다. 연구 초기에 치바대학교 양액을 기준으로 연구를 수행하였으나, 원수에 함유된 원소를 고려하지 않은 결과 EC 수준이 2.0이상을 상회하고, 질산염 수준이 3,500ppm 이상으로 나타남에 따라 야마사키 양액을 사용하는 연구를 수행하였다. 원수 포함 원소를 반영한 야마사키 양액 수준을 생육단계별로 EC 1.5~1.9 수준으로 조정하여 질산염 수준을 3,000ppm 이내 수준으로 유지하였다. EC수준이 2.0이상을 상회하는 경우 질산염 수준이 3,500~4,000ppm 범위로 다소 높아 가급적 EC를 2.0 이내로 관리하도록 하였다. 양액의 pH 수준은 6.5수준을 유지하였다.

담액 수경재배 정식판에 이식한 후 21일 경과 시점에서 양액에 따른 시금치 생육을 비교한 결과 치바대학교 시금치양액이 조정 야마사키 양액에 비하여 중량 및 크기 수준이 다소 높게 조사되었으나, 의미 있는 차이는 없는 것으로 나타났다. 양액에 따른 시금치 생육 결과를 비교하면 [표 2-12]와 같다.

[표 2-12] 양액에 따른 시금치 생육

구 분	생체중 (g)	높이 (cm)	엽수 (g)	엽폭 (cm)	엽장 (cm)
치바대학교 양액	35	22.6	11.2	5.1	4.8
조정 야마사키 양액	33	21.9	11.1	4.8	4.5

본 연구의 주요 수단인 양액재배는 생육에 필요한 양분을 녹인 양액을 공급하여 식물체에 재배하는 방식으로 작물의 생산성을 극대화할 수 있는 큰 장점을 가지고 있다. 반면 폐양액이 다량의 비료 물질을 함유하고 있기에 외부로 유출되면 인근 토양, 지하수 및 하천을 오염시키는 문제를 야기한다.

이러한 문제를 해결하기 위한 처리 시 처리비용의 발생으로 현재 대부분 양액재배 농장이

비순환식 양액재배 시스템을 사용하고 있어, 배출되는 양액으로 인한 환경오염 문제를 발생시키고 있다. 박병록 등 연구(2021) 결과에 따르면 비순환식시스템 재배방식 농장에서 발생하는 폐양액의 평균 Total Nitrogen(TN) 농도는 402mg/L 이었고, Total Phosphate(TP)의 경우 77.4mg/L 으로 나타났다.

이러한 수치는 환경정책기본법 시행령상 하천의 생활환경 TP기준을 993.7배 초과한 수치였다. 또한, 물환경보전법의 산업폐수 배출기준 TN기준 6~19배, TP기준 2~27배를 초과한 수치결과를 나타내었다. 폐작물 야적지에서 발생된 침출수의 경우 환경정책기본법 시행령상 하천의 생활환경 COD 기준 11,828배 초과, TP기준 395~2663배를 초과한 수치이며, 물환경보전법의 산업폐수 배출기준 TN기준 788배, TP기준 5배를 초과한 수치결과를 확인하여 폐양액의 문제는 매우 심각한 환경 이슈로 개선되어야 한다고 밝히고 있다.

본 연구는 양액 순환시스템을 통해 양액 비용 절감 및 환경 오염을 최소화하는 양액 수경재배시스템에 대한 시험을 하였다. 수경재배를 위하여 양액 조성비율 보다는 실용적 차원으로 양액을 재활용하여 사용하는 연구에 초점을 두었다. 수경재배 시 양액을 재활용하는 것은 양액 비용을 절감함으로써 수경재배 농가의 재배 비용을 낮추는데 결정적 비중을 차지한다.

이를 위해 우선적으로 검토한 분석은 양액을 재사용함으로써 나타나는 문제점이 무엇이며, 이를 어떻게 해결하는가에 관한 것이었다. 본 연구의 양액 조성은 육묘 초기에 EC 1.5 dS/m수준으로 낮게 유지하고, 성장단계에 따라 EC 1.9 dS/m수준까지 서서히 높힘으로써 생장을 촉진하였다. 성장하면서 시금치가 양액을 흡수하면서 pH 및 EC 수준이 하락하는바, 양액의 보충을 통하여 양액의 pH 는 6.5수준으로 항시 유지하였으며, 저질산염 생산을 위해 EC 1.9 dS/m을 초과하지 않도록 하였다. 양액 보충은 pH, 질산염 수준 및 EC 측정을 통하여 pH 6.5, EC 1.9 dS/m, 질산염 3,000ppm을 초과하지 않는 범위에서 수행되었다. 본 연구목표인 질산염 측정치 2,500ppm 수준은 성장단계에서 대체적으로 유지하였으나, 이를 초과한 경우 질산태 양액을 감소시켜 조절하였다. 질산태 양액에 포함된 질소는 시금치 생육과정의 가장 중요한 대표적 성분으로 질소가 부족할 경우 도장현상 등 전반적인 생육부진 현상이 나타나 주의가 요구된다. 따라서 질산염이 최대 3,500ppm이 초과되지 않는다면 질산태 양액을 감소시키는데 주의할 필요가 있다. 생육기간중 질산염 수준 측정결과 최대 3,500ppm으로 나타나더라도 수확 전 1주일 정도 양액 농도를 1.5 dS/m수준으로 조정하거나, 양액 공급을 차단하여 순수한 물로 3일 정도 재배하면 충분히 2,500ppm 이하로 질산염 수준을 낮출 수 있다. 이와 같이 수경재배에서 EC 수준은 식물체에 흡수되지 않은 채 양액에 녹아있는 비료의 정도를 의미하여 EC 측정을 통해 영양 성분 과소 또는 과다 여부를 판단하는 기준이 되고 있다. 현재 시금치 생육에 반드시 필요한 특정 원소 등에 대한 과학적 연구가 뒷받침되어 있지 않은 농업기술 여건에서 EC는 시금치 생육을 추정할 수 있는 핵심요건이다. 특히, 양액을 재사용함에 따른 특정 원소의 부족 여부를 성장 단계에서 진단하기에는 현재 기술적 제약을 안고 있다. 현재 영농기술로서는 특정 원소의 부족 여부는 식물체 재배 중 나타나는 현상을 통해 진단할 수밖에 없는 한계를 안고 있다. 대표적인 예로 칼슘 부족일 경우 시금치잎단의 마름현상이 나타나는데, 일상적으로 칼슘 부족 정보를 제공하는 영농기기 등은 개발되지 않은 상태로 이를 사전 진단하여 보충하기 어려운 실정이다. 전기 수확을 위해 EC 수준을 낮춤으로써 칼슘 농도가 낮아졌거나, 칼슘이 성장 초기에 많이 소요됨으로써 칼슘이 부족한 현

상이 나타난 것이다. 이를 해결하기 위해서는 수확 전 EC 수준을 1.5 dS/m 정도로 조정하였을 경우 수확 후 다시 양액을 보충하여 2.0 dS/m 이내로 조정해야 한다. 이와 같이 본 연구는 재배 시 나타나는 현상에 따라 해당 원소를 추가 투입하는 양액 보완방식을 사용하였다. 양액을 버리지 않고 재사용할 경우 특정 원소가 부족할 가능성이 높음에도 pH 또는 EC 측정으로는 이를 파악하여 조정함에 있어 어려움을 가진다. 특정 원소의 부족 여부는 식물체에 나타나는 현상을 통해 파악할 수밖에 없는 기술적 한계로 현상에 따라 해당 원소를 추가 투입하는 사후 양액 보완방식을 사용하는 한계를 내포하고 있다. 향후 양액 환경오염, 생산성 및 경제성 측면 등을 종합적으로 고려한 수경재배의 발전을 위해서는 특정 원소 부족 여부를 진단할 수 있는 실용적 자동 분석기기에 대한 개발연구가 조속히 수행되어야 할 것이다.

나. 생산비 절감을 위한 수경재배시스템 개선

1) 연구 재료 및 방법

시금치 생산성을 결정짓는 요인은 하기 고온기의 성공적 재배라 할 것이다. 본 연구 시험을 위한 품종으로 발아율 90% 이상, 초장이 25cm 내외의 특징을 가진 '비너스'를 대상으로 실험을 하였다.

재식거리는 수경재배에 있어 매우 중요한 요소로서 선행연구들은 재식거리가 클수록 생육 수준이 다소 높은 것으로 나타났지만 작물의 크기를 고려하여 재식거리가 적정범위를 벗어나 지나치게 작은 경우를 제외하고는 재식거리가 생산량에 미치는 통계적 차이가 없다고 밝히고 있다. 구체적으로 생체중의 경우 재식거리가 클수록 다소 높은 수준을 나타낸 반면, 단위 면적 당 수량이 감소하는 것으로 나타났다. Yeung 등(2004)은 고온기 재배시 재식거리가 넓어질수록 생체중과 수량은 증가하는 반면 단위면적 당 수량은 감소한다고 밝혔고, 서종분 외(2005)에서도 유사한 결과를 제시하고, 적정 재식거리를 위한 홀 간격을 12x11cm를 제시하였다.

본 연구는 선행연구결과 및 시험결과 재식거리가 넓은 경우 양액의 흐름이 원활하고, 이에 따른 용존산소의 흡수가 용이하기 때문으로 판단하였다. 또한 재식거리로 인해 시금치 성장에 상당한 지장을 초래하지 않는 한 생산성 및 경제성을 시금치 수경재배를 위하여 가급적 재식거리를 최소화하는 방안이 최적이라는 결론을 도출하였다. 이러한 결과를 바탕으로 시금치 수경재배 베드 폭 및 스티로폼 규격에 맞추어 150cm x 110cm로 수경재배 정식판을 제작하고 생산비 절감을 위하여 홀 당 간격을 최대화하여 11cmx10cm로 아래 그림과 같이 정식판을 제작하였다.



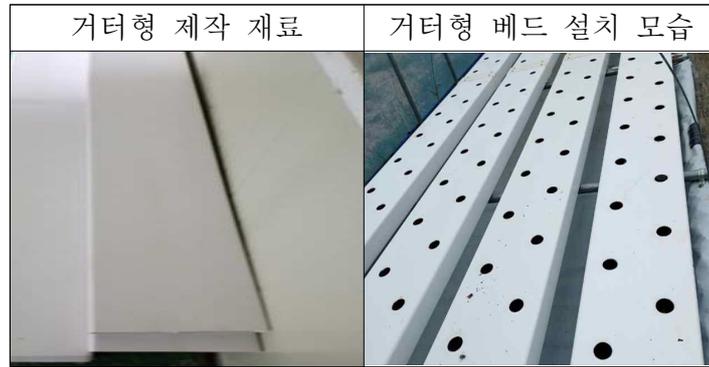
[그림 2-12] 담액형 수경재배 정식판 제작 및 설치 모습

담액형 수경재배 시스템의 문제로 대두되는 양액 사용 후 외부 폐기는 주변 토양의 오염, 지하수 및 하천 오염으로 연결되는 동시에 양액 비용을 절감하기 위한 요인으로서 본 연구의 중점과제로 다루었다. 본 연구는 지하 여과저수탱크(가로 1.5m, 세로 2.5m, 깊이 2m)를 제작한 바, 3단계로 여과될 수 있도록 분리 칸을 설치하여 배지로 사용한 인공상토 또는 입상면 및 시금치 근권 잔여물 및 이끼 등 불순물을 걸러내는 작용을 하도록 하였다. 또한 필터를 활용하여 저장탱크내 양액 및 대기 온도를 18℃ 정도를 유지하고, 이중터널 베드내로 양액을 공급하는 동시에 공기가 공급되도록 하여 여름 및 겨울철 원활한 재배를 도모하였다.



[그림 2-13] 대기 공급 장치 및 여과저장탱크 설치 모습

본 연구는 담액형 수경재배에 중점을 두고 있으나, 하기에 이끼가 발생하는 문제 해결을 탐색하고, 과도한 양액 투입량으로 인한 양액비용 문제를 해결하기 위해 거터형 수경재배시스템을 보완적으로 시험 연구하였다. 거터형은 전기케이블 용도의 플라스틱 재질의 폭 10cm, 높이 7cm 규격을 활용하고, 홀 당 간격을 10cm, 홀 지름을 1cm 정도로 하여 수경재배포트를 활용하여 입모 후 바로 정식할 수 있도록 자체 제작하였다. 케이블간 이음새는 접착제 및 실리콘으로 봉하여 양액이 흘러내리지 않도록 조치하였다. 또한 케이블 아래 지지파이프를 중앙부분을 기준으로 전후 경사 5도 정도를 기울여 전체 10도 정도의 경사를 두어 자연적으로 양액이 흐르도록 하였다. 그림은 거터형 베드 제작을 위한 재료 및 설치 모습이다.



[그림 2-14] 거터형 수경재배시스템

이와 별도로 스마트 수경재배 모델로서 식물공장 형태를 활용한 담액형 수경재배시스템의 생산성 절감 효과를 시험하기 위하여 기존 20㎡의 식물공장을 개선하여 3단 수직재배 시험연구를 수행하였다. 식물공장형 수경재배는 성장속도가 20% 정도 빠르고, 다단재배로 단위 면적당 생산량이 3배 정도로 많은 장점이 있었다. 문제점으로 자연광 대신 LED 인공광을 사용함으로써 시금치 잎의 조직이 연약하여 수확 후 신선도 유지 및 저장기한 문제가 심각하게 드러났다.

아울러 식물공장 설비비 및 150마이크로몰 이상의 LED 설치 및 전력비용 비용적 문제로 농가에서 이를 도입하기에는 현실적인 제약이 매우 큰 것으로 판단되었다. 특히, LED조명의 경우 150마이크로몰 이상의 광밀도를 보장하기 어려우며, 가격 또한 50,000원을 상회하여 폭 1m 베드 1식당 최소 4열을 설치해야 생장에 지장이 없어 상당한 비용문제를 안고 있다. 향후 저렴한 비용으로 충분한 광량을 확보하는 LED 등이 보급되어 저렴한 설치비용으로 생산이 가능하고, 시금치의 경도 강화를 위한 기술적 문제를 보완하면 실용화 가능성이 매우 높다 할 것이다. 무엇보다 현재 시금치 유통 실태를 감안하여 가격 경쟁력을 확보할 수 없는 생산방식으로 고부가가치 시금치 생산 및 가공 등을 통해 경제성을 확보해야 하는 과제를 안고 있다. 향후 실용적 식물공장 시설을 위한 후속연구가 필요한 것으로 사료된다. 아래 그림은 본 연구에서 수행한 수경재배시스템을 제시한 것이다.



[그림 2-15] 본 연구 수경재배시스템 모습

2) 연구 결과 및 고찰

본 연구는 생산비 절감을 위한 담액형 수경재배 시스템 개선을 위하여 크게 육묘 단계에서의 생산비 절감 방안으로서 재활용 가능한 수경재배포트 활용, 재활용 가능 스티로폼 육묘판 제작 활용, 육묘 반자동과종기 제작 활용, 실용적 배지 활용 등을 연구하였다. 이와 관련해서는 앞에서 연구결과를 개괄적으로 제시한 바 있으며, 본 장에서는 이와 관련한 생산비 절감차원에서의 효과를 분석하였다.

수경재배포트를 활용하면 10a 온실 기준으로 연 12기작 연속재배를 위한 포트 구입비로 발아용 약 28,000개, 정식용 28,000개가 소요되었다. 포트 구입비는 개당 100원으로 손실분을 감안하여 총 60,000개를 구입할 경우 감가상각을 고려한 연비용은 50만원을 계상하였다. 수경재배 포트 사용으로 인한 낭비되는 배지 절감은 월 20만원(20리터 5,000원으로 총 40포 분량), 연 240만원으로 나타났으며, 절감되는 인건비 산정은 1인 인건비(연 2,400만원) 비중을 파종 20%, 정식 30%, 수확 50%로 전제하고, 편이성으로 정식 작업을 50% 가량 절감할 수 있어 수경재배포트 활용시 정식에 필요한 인건비를 360만원 정도 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 수경포트 활용을 통한 생산비 절감효과는 연 550만원 정도로 계상할 수 있었다.

수경재배 포트에 적합한 재활용 가능 스티로폼 육묘판 제작 활용을 통하여 1기작 약 250개(105구 기준, 개당 400원)의 육묘트레이가 절약되어 연 120만원 정도의 트레이 비용을 절감할 수 있다. 추가 소요되는 육묘트레이 제작비용은 총 400개(72구 기준, 개당 3,000원)으로 연 10만원(5년 감가상각)으로 계상하였다.

생산비 절감을 위한 반자동과종기를 자체개발함으로써 파종인건비를 30% 정도를 절감할

수 있는 것으로 분석되어 140만원의 절감효과를 가져올 수 있었다. 추가로 소요되는 비용은 파종기 제작을 위한 비용 60만원(개당 15만원 x 4개)로 감가상각을 고려한 연비용은 12만원 계상하였다. 이와 같은 반자동파종기의 생산비 절감효과를 종합하면 128만원으로 추산되었다.

배지 개선을 통한 생산비 절감효과를 위한 방안으로 기존 암면을 인공상토로 대체할 경우 암면 150원을 비교하면 상토는 단가 10원으로 최소 90%이상을 절감할 수 있어 연간 정식 33만홀(1회 총정식 홀수 27,720홀 x 12기작)을 감안하면 약 450만 원 이상의 생산비 절감효과를 가져오는 것으로 분석되었다. 이와 같은 직접적 효과보다 중요한 간접적 효과로서 암면 폐기로 인한 환경오염 방지 효과가 큰 것으로 판단하였다.

양액비순환시스템을 순환시스템으로 개선하여 양액을 재활용할 경우 생산비 절감효과는 다음과 같이 추산되었다. 1기작 사용 양액비용은 약 50만원의 비용이 소요되는 바, 12기작을 위한 양액비용은 총 600만원으로 계상되어, 이를 재활용할 경우 양액 비용은 1/12로 절감하게 된다. 다만 양액 보충을 위한 비용을 감안한다면 약 10%의 양액비용만 소요되어 연간 약 500만을 절감하는 것으로 나타났다. 이의 설치비로 연 감가상각비를 50만원을 계상하면 총 450만원의 생산비 절감효과를 거둘 수 있는 것으로 예상되었다. 특히, 양액순환시스템으로 양액비용 절감의 중요성보다 폐수로 외부 누출로 인한 환경오염 문제에 기여하는 긍정적 성과가 보다 큰 것으로 분석되었다.

지하 양액 여과저장탱크 및 칠러 및 히팅 장치를 활용하여 부수적으로 대기 온도 냉각 효과를 도모할 수 있는 장치를 활용할 경우 하기 및 동기에 이중 터널을 설치하고, 내부 배관을 통하여 냉각 또는 가온된 공기를 투입하는 장치가 소요된다. 이 경우 연 감가상각비를 50만원 계상할 수 있는 반면, 이로 인한 생산비는 동하기 5개월간 총 3백만원 정도의 절감 효과를 거둘 수 있는 것으로 분석되었다. 이상의 내용을 10a 면적 수경재배 기준으로 추산하면 다음 표와 같다.

[표 2-13] 수경재배시스템 개선을 통한 생산비 절감 분석

구분	절감 비용	추가 소요 비용	종합 결과
수경재배포트 활용 효과	총 600만원(배지 절감 240만원, 인건비 절감 360만원)	포트 구입 연비용 50만원	연 540만원 생산비 절감
스티로폼 육묘트레이 제작 활용 효과	육묘트레이 구입비 120만원 절감	육묘관 제작비 연 10만원	연 110만원 생산비 절감
반자동파종기 제작 활용 효과	파종인건비 140만원 절감	파종기 연비용 12만원	연 128만원 절감
실용화 배지 활용 효과	암면 활용을 인공상토로 대체, 연 450만원 절감	-	연 450만원 생산비 절감
양액 재활용 효과	양액 비순환시스템 대비 연 500만원 절감	양액 재활용설비 연 50만원	연 450만원 절감
공기 냉각 및 가온 효과	동하기 냉난방 비용 300만원 절감	이중터널 및 주름관 설비 등 연50만원	연 250만원 절감

이러한 수경재배 시스템의 개선을 통하여 계절별로 차이는 있지만 정식 후 25~30일 이내에 약 60그램 이상의 수경재배 무농약 시금치를 생산할 수 있었다. [그림 2-18]은 개선된 재배방식을 통하여 약 4일 단위로 생육단계를 보여주고 있다.



[그림 2-16] 시금치 단계별 생육 및 중량 측정 모습

이외 추가로 수경재배단계에서의 생산비 절감과 관련하여 본 연구는 거터형 수경재배시스템을 시범 연구하였다. 거터형 수경재배시스템은 담액형 수경재배 방법에 비하여 양액의 양이 1/15 정도 소요되고, 양액이 외부로 노출되지 않음에 따라 이끼가 발생되지 않는 장점에서 출발하였다. 그러나, 거터형의 경우 정식 4주가 지난 시점에서 생체중이 30g 정도에 머물러 담액형 생체중 60g에 비해 50% 정도 수준이었으며, 추대가 빨라지는 문제점을 도출하였다.



[그림 2-17] 거터형 수경재배 문제점

이러한 거터형 수경재배 생육부진 및 추대의 주된 원인은 연구기간의 말기 무렵인 2021. 6. 1일 정식하여 고온의 영향으로 생육이 늦고 추대가 빨리 되는 현상이 발생한 것으로 분석되었다. 연구시기가 6월로 당초 7,8월 재배에 활용할 목적으로 설치한 수온 및 대기 온도 냉

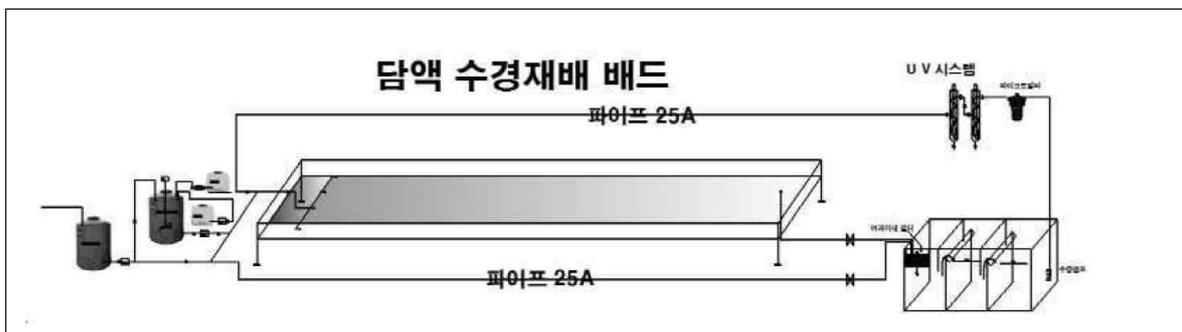
각 장치를 사용하지 않은 원인이 컸다고 판단되었다.

또 다른 생육 부진의 주된 원인으로서는 케이블 내부가 좁아 근권부가 양액의 원만한 흐름을 저해하여 근권부 산소 공급이 원활하지 못하고, 양액의 양이 적고, 양액의 유속 수준이 낮아 외부의 뜨거운 온도가 케이블 내 근권부 온도를 상승시키는 문제를 초래하였기 때문으로 분석되었다. 향후 거터형을 활용한 수경재배시스템의 경우 하기 재배를 위해서는 양액 채널의 규격이 최소 현재 거터보다 50%이상 넓혀서 근권부가 양액의 흐름을 방해하지 않도록 하여야 하는 동시에 근권부가 수직으로 뻗도록 하여 용존산소 및 양액의 흡수가 원활하도록 해야 할 것으로 판단되었다. 후속 연구에서 연구 수행할 필요가 있다.

다. 연중 시금치 수경재배 생산체계 확립

본 연구는 연중 수경재배가 가능한 시스템을 확보하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다. 수경재배의 효과를 제고하기 위해서는 ① 시금치 생육에 필요한 필수영양분이 용해된 양액을 1기작 후 폐기함이 없이 순환 공급하는 시스템을 확보하고, ② 베드내 공급되는 양액의 온도를 일정수준이하로 유지하기 위한 공급장치를 개발해야 한다.

이를 위하여 연구 성과를 바탕으로 다음 그림과 같은 연중 시금치 수경재배시스템에 대한 연구결과를 제시하였다.



[그림 2-18] 담액형 수경재배시스템 개요

연중 시금치 수경재배의 가장 큰 과제인 여름철 재배를 위해서는 추대를 최대한 억제하여야 하는 바, 이를 위해 전제로서 무엇보다 양액의 온도와 함께 외부 대기의 온도를 낮추어야 한다. 이를 위해 양액 온도를 낮출 수 있는 칠러(chiller)를 활용하여 필수적으로 양액 온도를 최고 24℃ 이내로 유지해야 하고, 대기 온도 또한 최고 28℃ 이내로 낮추어야 할 필요가 있다.

이를 위해 지표면 이하의 저장탱크를 마련하고, 재활용 양액을 3단계로 여과하고, 칠러를 활용하여 양액을 온도를 18℃로 낮추어 배관을 통하여 수경재배 베드로 공급하였다. 베드 내의 온도를 감지하는 수온 센서를 통하여 베드 내 양액 온도를 감지하여 그 온도가 미리 설정된 기준 온도보다 높으면 상기한 냉각기를 가동시켜 양액 온도를 낮추어 주도록 하였다. 칠러에서 공급되는 양액의 온도는 베드 수조를 통과하게 되면 물의 온도가 상승하므로 베드에서 회수되는 양액은 칠러를 통과하면서 다시 목표하는 냉수를 만들기 위하여 센서를

통해 작동하게 된다. 이때 칠러의 설정 온도는 양액 목표 수온보다 최소 4℃ 이상의 편차를 가진 온도 수준으로 정해야 하며, 품종 특성 및 계절에 따라 달라진다. 여름철에는 낮게, 겨울철에는 높게 하고, 기타 계절에는 이상 기온 등 특별한 환경이 발생하지 않는 한 장치를 작동하지 않아도 성공적인 수경재배시스템 운영이 가능한 것으로 판단하였다.

아울러 양액 순환공급과정에서 재활용으로 인한 바이러스 등의 감염 및 확산을 방지하기 위해 UV 장치를 통해 공급되도록 하였다. 시금치의 주요 병해는 모잘록병, 노균병, 탄저병, 모자이크병, 뿌리썩음병, 포기썩음병 등으로 주로 토양재배 시 나타나는 현상으로 수경재배에서는 문제되지 않으나, 이에 대한 기본 검토 연구는 필요하다. 모잘록병은 주로 밭아 단계의 유묘에서 발생하는 병으로 피시움균에 의한 토양병해로 종자소독 또는 토양소독으로 해결하나 토양을 사용하지 않는 수경재배에서는 거의 나타나지 않는 병해라 할 것이다. 노균병의 경우 시금치 토양재배 시 가장 대표적인 병해로 포자로 공기전염이 되는 병해로 다습한 대기환경에서 발생하여 수경재배에서 크게 문제되지 않는 병해이다. 탄저병의 경우에도 균사상태로 토양이나 식물체에 기생하는 병원균으로 특히 토양재배시 스프링쿨러를 사용할 경우 확산되는 병해로 대기상태를 건조하게 유지하는 수경재배에서는 문제되지 않는다. 모자이크병의 경우 바이러스가 원인으로 진딧물이 전염매개로 알려져 있으며, 양액사용에 따른 문제가 아닌 재배환경의 유지와 관련된 병해로 수경재배에서는 발생하기 어려운 병해라 할 것이다. 뿌리썩음병의 경우 알타니리아균에 의해 발생되는데 토양전염성 병해로 주로 토양온도가 20℃를 상회할 경우 발생한다. 수경재배시 양액온도를 20℃ 이내로 유지할 경우 문제되지 않는 병해라 할 것이다. 포기썩음병은 사상균이 원인인바, 토양재배에서 연작하는 경우 주로 발생하여 수경재배에서는 고려하기 어려운 병해이다. 이와 같은 시금치 병해는 살펴본 바와 같이 공통적으로 토양재배에서 주로 발생하는 병해로 양액을 사용하는 수경재배에서는 발생하기 어렵다 할 것이다. 본 연구 수행기간 중 이와 같은 병해가 발생하여 방제를 한 사례는 발생하지 않아 시금치 수경재배가 병해 방제 측면에서도 효과적인 방안임을 알 수 있었다. 다만 양액을 재사용하면서 수반될 수 있는 병해 발생 개연성을 미리 차단하기 위하여 UV 살균 장치를 양액 공급배관에 장치한 연구를 수행하였으나, 주요 병해가 발생하지 않아 비교연구를 수행하지 못한 한계가 있다. 다만, 토경재배와는 달리 수경재배시 발생할 수 있는 병원균 및 바이러스에 대한 연구를 실험실 차원에서 발생 환경을 조성하여 별도 수행되어질 필요가 있는 것으로 판단된다. 병원균 및 바이러스와는 달리 진딧물, 응애 등 충해는 수경재배에서도 발생할 수 있다. 충해는 시설 환경이 청결하지 못함으로써 발생되기 때문에 발생 방지를 위해서는 환경 관리에 주의를 기울여야 한다. 모기장을 수경재배 온실 주변에 이중으로 설치하여 해충들이 출입하지 못하도록 하는 것이 중요하다. 온실내부 습도가 높지 않고 공기의 흐름이 원활하도록 환풍기를 설치하는 것도 필요하다. 만약 충해가 발생하였을 경우 일반 시설재배와 동일하게 유기체제를 활용하여 즉시 처리해야 한다. 이와 같은 병해에 대한 예방차원에서 UV를 설치하여 사전차단하였으나, 실제 비교연구를 수행할 정도로 병해충 확산으로 이어지지 않아 비교실험을 하기 어려웠다. 수경재배 시 주의해야 할 병해충 방제 연구를 위해서는 실험실 차원에서 병해충 발생조건을 인위적으로 조성하여 실험하는 후속연구를 필요로 하여 본 연구범위에서 벗어난 것으로 판단되었다.

수경재배 베드는 중앙을 기점으로 전후 5도의 경사도를 두어 원활한 양액 흐름을 촉진하였다. 이를 위해 각 베드 지지지에 높이 조절 볼트를 설치하여 경사 각도를 임의로 조절할 수 있도록 하였다. 28℃ 고온이 지속되는 기간에는 베드내 수중 모터를 설치하여 양액의 흐름을 가속화시켜, 칠러를 통해 18℃로 공급된 양액은 베드 내로 공급되면서 온도가 상승하는바, 25℃를 초과하지 않도록 양액의 유속을 빠르게 하였다. 아울러 베드내 양액 투입 배관의 높이를 높게 하여 양액이 베드내로 낙하 시 용존산소를 발생하도록 설치하였다.

본 연구에서 제시한 수경재배시스템은 시금치의 생육에 필요한 영양을 공급해 주는 양액의 온도를 계절별로 적합한 온도로 유지하여 줌으로써 시금치 생육을 촉진시키고, 저렴한 설비 비용을 통해 수경재배 농가에 생산성 및 경제성을 도모하도록 하였다. 다음 그림에서 연구현장에 설치된 연중 시금치 수경재배시스템의 주요 설비를 제시하였다.



[그림 2-19] 연중 수경재배 장치 현장 모습

라. 경제성 분석

1) 연구 재료 및 방법

시금치 수경재배 경제성 분석을 위해서는 시금치 수경재배 비용과 매출 수익을 계상하였다. 첫째, 시금치 수경재배 비용은 크게 재배설비, 인건비, 양액 및 종자 등 재료비, 판매비 등으로 구분할 수 있다. 재배설비는 감가상각비(내구연한 5년)로 산출하였다. 둘째, 시금치 매출 수익은 판매 매출액으로 도매시장 가격을 기준으로 산정하였다. 매출 수익은 2020년 시금치 도매가격을 기준으로 산정하고, 연중 평균가격을 기준으로 경제성 분석을 하였다.

[표 2-14] 2018~2021년 월별 시금치 도매 가격(4kg 기준)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2018	11,227	14,900	10,352	12,576	10,430	10,524	22,727	61,809	43,809	13,781	10,473	8,684	19,240
2019	8,945	8,706	7,850	9,027	9,326	11,211	17,548	38,648	32,453	18,362	10,019	9,900	15,183
2020	9,345	9,080	10,188	10,350	10,284	14,386	20,711	39,156	43,377	12,106	9,849	9,711	16,624
2021	15,238	13,544	10,736	12,185	14,259	16,211	25,494	-	-	-	-	-	15,317

* 출처 : AT센터, 시금치 도매시장 가격

2) 연구 결과 및 고찰

2020년 기준 도매가격을 보면 시금치 가격의 특징은 상품기준으로 4kg당 7~9월은 20,000~45,000원이었으며, 그 외 기간은 10,000~15,000원 수준이었다. 2020년 기준 상품 kg당 평균 4,156원을 나타내었다. 시금치 가격은 매년 다소의 차이는 있으나, 여름철은 높고, 기타 계절은 현저히 낮아 재배 특성이 계절별 가격에 반영되고 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 시험결과를 반영하여 10a 면적 수경재배시설을 기준으로 경제성 분석을 하였다. 다만, 생산된 제품이 무농약 저질산시금치임을 고려하여 상품으로 전량유통할 경우 수익이므로 실제 농가의 유통역량에 따른 차이를 고려해야 한다. 또한 육묘와 생산의 연속으로 연 12기작을 계상하였으나, 농가의 육묘 시설수준에 따라 기작의 차이가 있을 수 있다. 무엇보다 시금치 수경재배와 관련한 경제성 분석에 있어 핵심은 연 10~12기작이 가능한 생산시스템, 이를 위한 발아육묘와 재배의 분리시스템 확보와 밀접한 관련이 있다. 기존 관행 노지재배의 경우 6월~9월 하기 재배가 어려운 시금치 특성상 계절적 한시적 재배 위주이며, 발아와 육묘를 동일한 장소에서 진행되는 전통적 영농방법을 적용하고 있다. 따라서 관행재배와 수경재배간 경제성 비교 분석은 기준이 상이하야 비교 분석의 타당성과 신뢰성이 미흡한 것으로 판단되어 수경재배 경제성 분석에 초점을 두었다. 본 연구는 주요 성과로 시금치 육묘와 재배단계 전반에 걸쳐 연속생산기술 확보로 연 12기작이 가능한 수경재배시스템을 제시하였다. 시금치 재배의 경제성 확보를 위한 선결과제인 연 12기작 연속생산시스템 확보를 위해 가장 중요한 해결과제는 수경재배에 적합한 발아육묘 설비 및 기술개발로서 이에 초점을 두었다. 본 연구는 실용적이면서도 효과적인 발아육묘 설비 및 기술을 제시함으로써 평균 25일 정도의 발아 및 순화기간을 거쳐 수경재배 정식판으로 이식 가능하도록 하였다. 나아가 발아육묘 이후의 재배 연구를 통해 정식판에서 평균 26일 정도의 재배기간을 거친 후 수확하는 연속생산 시스템을 개발하였다. 특히, 경제성을 확보하기 위해서는 먼저 발아육묘 단계에서 성공적으로 입묘한 시금치 유묘를 정식판으로 이식한 이후 즉시 파종하여 발아육묘의 연속성을 확보하여야 한다. 아울러 이후 정식판에서 생육과정을 거쳐 수확한 후에는 발아육묘과정을 거쳐 입묘단계에 있는 유묘를 바로 정식판으로 이식하여 재배하는 연속 생산시스템을 동시에 확보하여야 한다. 본 연구는 이러한 발아육묘에서 정식 및 수확에 이르는 생산 플로우가 단절없이 지속적으로 이어지도록 하는 수경재배시스템을 확보하여 연 12기작 생산이 충분히 가능하도록 하여 경제성을 확보하도록 하였다. 특히, 재배 농가의 상황

에 따라 일, 격일 또는 주 단위 등 유통 상황에 따른 수확시기를 달리할 필요가 있는 경우에도 이에 맞추어 파종 일정도 조정함으로써 연속적인 생산시스템을 다양한 형태로 운용할 수 있도록 하였다. 이와 같이 토경재배 대비 수경재배의 장점을 최대한 활용하여 시금치 수경재배의 경제성 제고를 도모하였다. 본 경제성 분석에서는 1달 1회 수확하는 형태를 대표적 예로 제시하였다.

[표 2-15] 경제성 분석

(기준 : 년 12기작/10a)

	금액(원)	산출기초
총수익	60,324,000	14,515kgX4,156원
수량(kg)	14,515	8베드X30정식판X105구X12기작X60gX80%
가격(원/kg)	4,156	한국농수산물유통공사 2020년 상품 시금치 연중 평균가격 기준
종자비	576,000	연간 소요 종자수 : 월 80,000개(25,200홀X3개) X 12기작 = 960,000개 (960,000개 /50,000입) X 30,000원 * 비너스 종자 가격 : 50,000입 30,000원
양액비	1,000,000	월평균 500,000원 X 12개월, 월 50만원 소요되나, 최초 사용 후, 양액 여과 장치를 통한 재사용으로 10%로 절감
수도광열비	3,600,000	월평균 300,000원 X 12개월 여름, 겨울 칠러 및 히팅 장치와 이중터널 온실 등 활용, 광열비 절감
기타재료비	3,600,000	배지 월 20만원 (20리터 5,000원으로 총 40포 분량), 연 240만원 등
감가상각비	12,000,000	온실 및 수경설비(칠러, 히터, 베드설비), 재배포트 및 플러그 등 총 6,000만원으로 계상. 내구연한을 5년으로 계상
수리유지비	1,200,000	월 10만원 계상
기타비용	6,000,000	월 50만원X 12개월, 포장지, 유통비 등
고용노동비	4,800,000	일용직 10만원X2명X월2회X12개월
경영비	32,776,000	
자가노동비	24,000,000	200만원X12개월
생산비	56,776,000	
소득	27,548,000	자가노동비를 계상하지 않으면 3.3㎡ 당 275,000원 수익
순수익	3,548,000	자가노동비를 차감한 경우 3.3㎡ 당 35,480원 수익

- * 생산비는 농산물을 생산하기 위하여 소비된 재화나 노동력 및 기타 용역의 경제적가치 : 경영비+자가노동비
- * 토지 이용 등은 자가 기준을 하며, 자본용역비는 본 경제성 분석에서는 제외
- * 소득은 총수입에서 경영비를 제외한 것으로 자가노동비는 포함하지 않음
- * 순수익은 총수입에서 생산비를 제외한 것으로 자가노동비를 포함

10a 면적에 시금치 정식 베드 8개(1.1m x 45m)를 설치하였으며, 시금치 정식판은 자체

제작한 105구 정식판(1.1m x 1.5m)을 사용하여 1개 베드에 30개의 정식판을 설치하여 1기작에 25,200홀에 시금치를 정식하여 재배하였다. 연중 재배를 통해 연 12기작 재배를 하였고, 1개 시금치 당 평균 생체중은 60g으로 계상하였다. 생산 손실율을 평균 20%로 계상하면 총수익은 10a당 6,032만원으로 나타난다. 자가노동비를 계상하지 않으면 3.3m² 당 275,000원 수익을 창출할 수 있으며, 자가노동비를 차감한 경우 3.3m² 당 35,000원 수익을 올릴 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 양액을 재활용함으로써 양액비를 대폭 절감하고, 밭아육묘용 포트를 수경재배 정식용으로 그대로 사용하여 정식 시 별도 재료를 활용하지 않아도 되는 장점으로 인건비를 상당 부분 절감하여 경제성을 제고하였다. 또한 육묘와 생산의 연속성으로 1개월에 1회 수확이 가능한 수경재배의 장점도 경제성 수준을 높이는 요인이었다. 다만, 경영비가 높은 원인은 수경재배의 경우 연중 육묘 및 생산을 위한 양액공급시스템, 육묘 및 생산 베드시설 등에 들어가는 시설비용 때문인 것으로 나타났다. 본 연구결과는 시금치 시설수경재배를 위한 높은 설비투자에도 불구하고, 경제적으로 합리적 타당성을 가진 것으로 분석되었다.

2-3. 저질산염 시금치 생산 및 활성화 방안 연구

가. 저질산염 시금치 생산

1) 연구 재료 및 방법

본 연구의 주요 주제로 시금치의 질산염 함량을 kg당 2,500ppm 이하로 낮출 수 있는 저질산염 시금치의 연중생산 수경재배 생산기술을 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 농가 현장에서 실용화할 수 방법으로 수확 1주일 전 양액 공급을 중단하는 방법을 활용하는 방법과 양액 EC를 낮추는 방법을 주로 활용하였다. 질산염 측정은 농가 현장에서 쉽게 적용할 수 있는 휴대용 질산염 측정기(HORIBA 질산염 측정기)를 사용하였다.

2) 연구 결과 및 고찰

질산염은 상온에서 고형 물질이며, 질소순환에 의해 무기 이온 상태로 자연계에 존재하며, 초기에는 암모니아 상태이지만 이후 산화되어 아질산염(NO₂)으로 변화되며, 아질산염은 쉽게 산화되어 질산염으로 되는 과정을 거친다. 질소는 식물에 흡수되면서 다시 유기태로 되돌아감에 따라 고질산염 함유 시금치가 생산되게 된다. 질산염이 암을 유발하는 주요 원인으로 지목되고 있는 바, 학계의 공통된 입장은 아직 없으나 EU의 경우 2011년 시금치 질산염 기준 3,000mg/kg(추동 수확), 2,500mg/kg(춘하 수확)에서 3,500mg/kg으로 조정하였다. 우리나라의 경우 질산염에 대한 규제가 없으나 토양재배 시금치의 질산염 함량은 3,500~6,500ppm으로 WHO 권장 섭취량보다 많은 양을 섭취하는 것으로 나타나, 최근 방송 등 언론에서 시금치의 무분별한 섭취를 경고하는 등 시금치 재배방식의 변화를 요구하고 있다. 우리나라 시금치의 질산염 수준을 확인하기 위하여 2021. 1~6월에 걸쳐 경북 문경 및 예천 하나로 마트에서 국내 생산 시금치를 6차례 구매하여 질산염을 분석한 결과 최저 3,670ppm, 최고 5,805ppm 범위로 평균치 4,832ppm으로 나타나 EU 기준을 초과한 동시

에 본 연구목표인 2,500ppm을 90% 가량 초과하였다. 결국 현재 노지재배의 방식으로는 질산염 문제를 해결하기 어렵다는 전제로 수경재배를 통한 저질산염 시금치 연구에 초점을 두었다.

질산염 수준을 낮출 수 있는 수경재배 방법으로 선행연구들은 양액 EC를 낮추는 방법, 양액 중의 질산태 질소 비율을 낮추는 방법, 암모니아태 질소를 공급하는 방법, 수확 1주일 전 질산태 질소 공급을 중단하는 방법 등을 들고 있다. 본 연구에서는 우선적으로 질산태 공급 감소·중단을 통한 질소 공급 감소로 질산염 수준을 낮추는 방법을 활용하였다. 양액 재활용 시스템 특성상 양액 보충과정에 있어 정식판 이식 후 18일 경과 후부터 질산태 보충 공급을 중단하였다. 질산태를 통한 질소공급은 생육을 결정하는 중요한 요소로 생육에 필요한 기간인 4주 중 70%에 해당하는 초·중기기간은 정상적으로 질산태 공급을 하였다. 수확 1주일 전에 저질산염 시금치 생산을 위해 질산태 보충 공급을 중단하고 EC 수준을 통해 질산태 수준을 측정하였다. EC 측정치가 낮으면 질산태 비율도 동일하게 낮아진다는 가정을 전제하였지만, EC 수준이 낮아도 질산태 비율이 높을 가능성도 상존하여 정확한 분석을 위해서는 이를 뒷받침하는 심화 연구가 필요한 것으로 사료된다. 이와 같은 질산태 양액의 조절을 통한 저질산염 시금치 생산을 위해서는 EC를 통한 측정으로 추정해야 하는 한계가 있었다.

질산염 대신 암모니아태 양액 공급은 질산염 수준을 한시적으로 낮출 수는 있으나, 시간이 흐르면서 암모니아태가 질산염으로 변화하면서 질산염 수준을 높이는 작용을 할 수 있음에 주의해야 한다. 특히, 암모니아태 질소는 칼륨, 칼슘, 마그네슘에 비해 우선 흡수되면서 시금치의 품질을 저하시킬 수 있다. 본 연구에서도 EC 수준을 1.5 dS/m 범위로 암모니아태 양액을 보충 공급한 결과 잎의 경도 등이 낮아지는 등 문제가 도출되었다. 따라서 암모니아태 양액을 사용할 경우 질산염 수준을 단기간 저하시킬 수 있으나, 생육장해가 유발될 수 있으며 시금치 품질이 낮아질 수 있음에 유의해야 한다. 또한 암모니아태 함유량도 EC 측정을 통해 분석하거나, 시금치 자체에 포함된 질산염 함유량 측정을 통해 간접적으로 분석해야 하는 농가의 한계를 내포하고 있다.

따라서 본 연구는 실용적 차원에서 현장에서 적용하기 어려워 농가에서 쉽게 접근 가능한 간편한 방법을 적용하였다. 질산태 공급중단 농가 현장에서 실용화할 수 방법으로 수확 1주일 전 양액 보충공급을 중단하는 방법을 활용하는 방법과 양액 EC를 낮추는 방법을 활용하였다. 본 연구에서는 정식후 20일이 지난 시점에서 야마사키 조정 양액을 사용하여 2021. 2. 5일, 3. 15일, 5. 3일 등 3회에 걸쳐 분석하였다. 본 연구에서 수행한 양액 농도에 따른 중량 변화 및 질산염 함량 변화 결과를 표로 나타내면 다음과 같았다.

[표 2-16] EC에 따른 중량 변화 및 질산염 함량 변화

EC(dS/m)	생체중 (g/주)	질산염 함량(ppm)
-	45.6	1,659
0.5	49.2	2,425
1.2	53.3	2,805
1.5	58.5	3,103

평상시 1.5~1.9dS/m 수준을 유지하여 시험 연구하는 본 연구의 경우 질산염 함량이 높은 수준을 나타내지는 않았으며, EU에서 설정하는 3,500ppm 기준에는 적합하였으나 연구 목표치인 2,500ppm을 다소 초과하였다. 따라서 수확 1주일 전에 EC 수치를 0.5~1.0 dS/m수준으로 낮추기 위한 양액 농도 조정이 필요한 것으로 판단되었다. 다만, 현재 질산염 수준이 질산염 기준에 근접할 경우 수확 3일 이내에 조정하는 등 상황에 따른 대응이 필요하다. 따라서 양액을 재활용하는 농가의 경우 수확 1주일 전 이내 시점에 양액 보충 공급을 중단하고, 재배 관리하는 방안이 가장 효과적인 저질산염 시금치 생산방법이라 할 것이다.

그러나 연구 결과에서 나타났듯이 EC 수치가 낮을수록 생체중이 감소하여 생산성 및 경제성의 문제가 야기된다. EC 수치를 0.5dS/m 정도 낮추면 생체중이 약 10% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 생체중의 감소는 농가의 소득과 직결되어 질산염이 건강에 미치는 영향이 불확실한 가운데 생산성 및 경제성을 지나치게 저해하는 재배방법은 오히려 바람직하지 않은 결과를 낼 수 있음에 유의할 필요가 있다. 수확 1주일 전은 성장속도가 최고조에 달하는 단계로서 이 시기에 양액을 지나치게 감소하거나, 공급을 차단하는 재배방법은 결코 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 특히, 저질산염 여부가 시장 유통과정에서 이슈화되지 않은 상황에서 생산 노력은 농가 현장의 심각한 부담으로 작용할 가능성이 크다. 다만 본 연구의 범위 밖이지만 생체중을 증가하기 위하여 양액 농도를 EC 2.0dS/m 이상 수준으로 증가시키는 재배방법은 바람직하지 않다고 판단되었다. 따라서 농가 현장에서 EC를 통해 양액 농도를 조절하는 방법은 수확전 1주일내에 실시하는 것이 생체중 감소 영향이 적어 바람직하다 할 것이다.

나. 저질산염 시금치 수경재배 발전방안

1) 연구 재료 및 방법

저질산염 무농약 시금치 수경재배를 지역 발전과 연계하기 위한 방안과 관련하여 본 연구는 농업기술센터 등 전문가 협의 등을 활용하고, 최근 시금치 산업의 동향에 대한 선행 연구 조사·분석의 방법을 통하여 접근하였다. 이를 통하여 크게 3가지 방법을 사용한 바, 셀러드용으로 베이비 시금치 활용, 시금치 분말 등 고부가가치 가공식품 및 시금치 분말을 활용한 천연 비누 등을 연구과제로 선정하였다. 특히, 시금치를 분말화하는 과정에서 시금치 효율을 극대화하고 저장과 보관을 용이하게 하는 방법을 위해 열풍건조, 자연건조 및 동결건조 방법을 검토하였다. 이를 기초로 문제점을 보완하여 데친 후 건조 방법도 추가하였다.

2) 연구 결과 및 고찰

시금치는 영양학적 우수성에도 불구하고, 불안정한 공급가격, 불편한 조리 및 농약 등 안전성 문제로 수요의 감소 추세로 국내 생산이 감소하고 있으며, 오히려 수입이 급증하고 있는 위기 농산물이라 할 수 있다. 2010년부터 2018년까지 국내에서 가구당 연간 시금치 구매액과 구매 가구 비율은 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 2018년 시금치 생산량은 73,239t으로 2010년 87,911톤 대비 83.3% 수준으로 감소한 동시에 수입량은 1,709t에 달하였다. 이러한 시금치 재배환경이 급속히 악화되는 가운데 선행연구 및 전문가 협의를 통해 이를 극복할 수 방안을 제시하였다.

시금치를 현재와 같이 단순 나물 위주의 반찬류 용도로 사용될 경우 이러한 위기를 극복하기 어려워 고부가가치를 위한 활용방안을 요구하고 있다. 선진국의 경우 우리나라와는 달리 시금치를 익혀서 섭취하는 사례보다 샐러드용으로 ‘베이비 시금치’로 불리는 어린 시금치를 생으로 섭취하는 행태가 보편적이다. 이를 위해 선진국의 보편적 활용사례와 같이 ‘베이비 시금치’를 제품화하기 위한 노력을 우선 고려할 수 있다. 우리나라도 시금치를 샐러드 재료로 활용할 수 있도록 하여야 한다. 선진국 베이비 시금치 판매 사례를 보면 다음 그림과 같다.



[그림 2-20] 선진국 샐러드 시금치 사례

그러나 시금치를 생으로 섭취할 경우 옥살산의 문제가 이슈화될 개연성이 매우 높다는 점에 유의해야 한다. 옥살산은 수산으로도 불리며, 칼슘과 결합하여 신장 결석을 초래하는 주요요인으로 거론되고 있어 시금치를 생으로 섭취할 경우 신장 결석에 걸릴 위험이 높다는 안전성 문제를 제기하고 있다. 이에 대한 반대 의견도 있는바, 시금치를 과다하게 섭취하지 않는다면 오히려 비타민 등 영양 성분의 파괴없이 온전히 시금치의 풍부한 영양성분을 섭취할 수 있다는 주장도 있다. 이에 대한 보편적인 의견은 시금치를 물에 데쳐 수용성인 옥살산을 시금치로부터 분리하여 체내에 흡수되지 않도록 하는 것이 안전성 차원에서 바람직하며, 과잉섭취하지 않는 것을 제안하고 있다. 선행연구는 물에 데칠 경우 비타민류는 30% 정도 손실되지만, 오히려 베타-카로틴은 20% 수준으로 증가한다고 밝히고 있다(황금희 등, 2016). 이와 같이 시금치를 선진국과 같이 샐러드 재료로 활용하고자 할 경우 물에 데쳐 활용하는 것이 안전성 측면에서 바람직하며, 생으로 섭취할 경우 재배 초기의 어린 싹을 사용하는 것이 보다 안전한 섭취방법이라 할 것이다.

이와 같은 샐러드용 베이비 시금치를 활성화하기 위해서는 ① 무농약 재배가 선행되어야 하며,

② 정식 후 10일 이내의 어린잎을 채취해야 하고, ③ 연중 지속적인 공급이 가능해야 한다. 위의 요건을 확보하기 위해서는 현재 관행 재배방법으로는 샐러드 시금치 산업에 대응하기 힘들다고 판단되었다. 우선, 본 연구에서 생산된 무농약 저질산염 베이비 시금치를 포장하여 2019. 9. 13 ~15 지역 우수 농산물 부스에서 그림과 같이 홍보하였다.



[그림 2-21] 무농약 샐러드용 시금치 개발 및 홍보 모습

그러나 현재 시금치는 노지재배로 연작 문제 등으로 과도한 농약 사용 및 여름철 시금치 재배의 어려움으로 샐러드 시금치로 활용하기 불가능한 상황으로 시금치 수경재배 기술 향상을 지속해서 도모하고, 지역 농민들이 참여·협력하는 집단 시금치 수경재배단지 조성 등이 요구된다. 무엇보다 최근 하락 추세인 국내 시금치 생산의 발전을 위해서는 보다 고부가가치 활용방안에 관심을 가져야 할 것이다. 이를 위해 급성장하고 있는 피부미용제품에 시금치 유효 성분을 활용하는 방안에 초점을 둘 필요가 있다. 피부노화에 큰 영향을 미치는 주요요소는 활성산소로 언급되는바, 외부에서 체내로 공급이 가능한 비효소적 항산화물질을 섭취하거나, 피부에 직접 흡수토록 하여 항산화 방어체계를 튼튼히 하는 것이 피부노화를 억지하는 방안이라 할 것이다. 이러한 배경에서 최근 바르는 화장품에서 ‘먹는 화장품(inner beauty)’으로 피부미용의 영역이 확대되고 있다. 피부 노화방지를 위한 대표적인 비효소적 항산화물질은 비타민 C 및 E와 β-카로틴(비타민A의 전구체)같은 항산화 비타민류이다. 시금치 유효성분은 시금치는 100g 중 비타민 A 2,600IU, B1 0.12mg, B2 0.03mg, C 100mg 과 비타민 K, 나이아신 0.3mg등이 들어 있으며, 베타카로틴(β-carotene)을 포함한 카로티노이드가 많고, 엽록소를 다량 함유하고 있기 때문에 피부미용에 효능이 탁월하다. 특히 비타민 C는 세포질에서 활성산소를 제거하고, 콜라겐을 합성 조절하며, 피부의 탄력을 유지하는 동시에 광보호작용을 한다. 아울러 베타-카로틴은 활성산소와 쉽게 결합하여 세포막에서 활성산소 생성 억제함으로써 세포막을 보호하고, 콜라겐 분해효소를 억제하며, 콜라겐 섬유 생성을 촉진한다. 비타민 B2는 ‘항피부염성 비타민’으로 불릴 정도로 모세혈관 강화 및 혈액순환 촉진, 여드름 치료 등에 도움이 된다. 이와 같이 시금치에 함유된 비타민은 피부노화방지에 탁월한 효과를 갖는다. 이외에도 시금치에 풍부한 아연의 피부미용 효과에 대한 연구들이 최근 발표되면서 선진국에서는 시금치를 피부미용에 활용하는 사례가 확대되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 이와 같은 시금치의 피부미용 효과를 활용하여 최근 급증하는 천연화장품

및 먹는 화장품의 원료로서 수요확대 방안을 위해 시금치 분말화 및 추출화 공정의 필요성을 제시하고자 하였다. 미국의 경우 대표적으로 DDT 등 제초제가 잔류하고 있는 시금치 가공을 금지하고, FDA 승인을 받은 시금치를 사용토록 하고 있었다. 우리나라의 경우에도 비타민을 포함한 각종 항노화 성분이 많이 함유되어 ‘채소의 왕’으로 불리는 시금치의 고부가가치를 위해 먹고 바르는 피부미용제품의 소재 활용에 관심을 기울여야 할 필요가 있다.

이와 같은 피부미용 소재 활용 이외에도 시금치를 고부가가치 가공식품으로 활용하는 방안도 강구되어야 한다. 최근 시금치의 다양한 유용 생리활성이 보고되면서, 야채로서의 섭취 불편성 등 한계를 극복하기 위한 효과적 대안으로 기능성, 관능성, 저장성, 접근성이 우수한 시금치 고부가가치 가공제품 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 선행연구(이지연, 2001)는 시금치 분말을 제과 제빵시 사용할 경우 산화력을 억제하는 동시에 시금치 영양분을 그대로 섭취할 수 있는 장점이 있으며, 15% 정도 첨가할 때 최적의 효과를 얻는다고 밝히고 있다. 이러한 배경에서 시금치 지역연계 사업을 위한 초기 연구로서 시금치 분말활용 방안에 초점을 두어 접근하였다. 조사결과 선진국에서는 간편성으로 시금치 분말이 보편화하여 스무디, 제빵, 수프 등에 일상적으로 활용되고 있었다. 저가품의 경우 시금치 최대생산국인 중국의 분말을 미국에서 수입하여 포장 후 미국산으로 표기, 판매하는 경우가 많은 것으로 조사되었다. 고가품의 경우 미국 및 유럽산으로 무농약 인증마크를 부착하고, 저온 또는 동결건조 후 밀폐 용기로 판매하고 있는 것으로 나타났다. 분말 1g을 섭취하면 생시금치 10g을 섭취하는 효과와 동일하다는 홍보를 하는 바, 다음 그림은 국외 시금치 파우더를 사례로 든 것이다.



[그림 2-22] 시금치 파우더 모습

이러한 배경에서 시금치 분말 제조를 시도하고, 시금치 효능을 극대화하고 저장과 보관을 용이하게 하는 시금치 분말 제조를 위하여 자연건조, 열풍건조 및 동결건조를 검토하고, 검토 과정에서 도출된 문제점을 보완하여 데친 후 분말화하는 것도 추가로 검토하였다. 다만 본 연구에서는 각 방법별 장단점 등 기초적 차원의 연구 결과에 한정하였다. 첫째, 자연건조는 가장 손쉬운 방법으로 자연상태에서 건조하는 방법이나, 위생적, 관능적 측면에서 바람직하지 않으며 특히 저장 기간의 문제점을 안고 있다. 둘째, 열풍건조는 열풍 건조기를 활용하여 약

60℃에서 3시간 정도 건조하는 방법으로 경제성을 확보하고 저장의 문제도 적정하게 해결할 수 있었으나, 영양소 파괴 등의 문제가 남는다. 셋째, 동결건조는 냉동건조 방법으로 온도를 급격하게 낮추어 시금치를 얼린 다음 용기내부의 압력을 진공에 가깝게 하여 재료에 포함된 고체화된 용매를 바로 수증기로 승화시켜 건조하는 방법으로 시금치 조직이 수축하지 않고 얼음 결정이 생긴 자리가 공간이 생겨 가볍고 원형 그대로 유지하는 장점이 있다. 일반적으로 동결건조의 경우 열에 민감한 물질의 손상을 최소화하고, 맛을 잃지 않으면서 식감의 복원력이 뛰어난 제품을 만들 수 있으며 장기보관이 가능하다는 장점이 있는 반면, 비용이 높아 원가 부담이 상승하는 단점이 있다. 이러한 장단점을 실용적 차원에서 종합 보완하여 60℃~70℃ 물에 30초 정도 데쳐 색깔을 녹색으로 유지한 상태에서 자연건조 후 분쇄하였다. 생채 상태에서 건조할 때보다 데친 후 수분 증발을 위한 온도는 10℃ 정도 높은 온도를 요구하였다. 다음 표는 각 제조 방법별로 안전성, 관능성, 복원성, 비용 측면에서 검토한 결과를 제시하였다.

[표 2-17] 시금치 분말 제조 방법 비교

건조방법	안전성	관능성	복원성	비용
자연건조	하	중	중	하
열풍건조	중	하	하	중
동결건조	상	상	상	상
데친후 건조	중상	중상	중상	중상

이와 같은 기초 분석결과는 향후 대량 생산 시 동결건조방법 활용을 시사하고 있다. 아울러 건조유형별로 기능성 분석이 수반되어야 하나 본 연구의 범위에서 벗어난 것으로 후속연구에서 이루어져야 할 것으로 기대한다. 시금치 분말 제조방법에 대해 선행연구들은 목표로 하는 영양요소에 따라 분말화 방법이 달라야 함을 밝히고 있다. 비타민에 초점을 둔 분말은 50° C 이내 가급적 낮은 온도에서 2분 이내 짧은 시간내에 데쳐야 하며, 시금치에 대표적으로 함유된 철분, 칼슘 등에 초점을 둘 경우 95° C에서 5분간 데친 후 분말화하는 것이 효과적이라 언급하고 있다. 특히, 수용성 지수 및 부피 밀도는 데친 분말에서 높은 수준을 보인다고 밝히고 있다(Tedom외 2인, 2020). 이와 같이 시금치 고부가가치 가공품 개발을 위한 분말화 연구는 산업발전을 위해 필요한 과제로 후속연구에서 뒷받침되어야 할 것이다. 제품 활용 목적에 따라 건조방법도 선택되어야 하는바, 일률적인 방법 제시는 오히려 타당하지 않은 것으로 판단된다. 본 연구에서는 일반 식품소재 활용목적으로 동결건조 및 데친 후 건조를 활용한 제품을 [그림 2-24]와 같이 개발하였다.



[그림 2-24] 시금치 분말 제작 모습

시금치 분말을 화장 가공제품으로 활용하기 위한 개발 시도로 천연시금치 비누를 선택하였다. 무농약 수경재배의 장점을 최대한 살리기 위한 가공품으로서 천연비누는 최근 건강미용에 대한 관심이 확산되는 배경에서 적합한 제품이라 판단하였다. 무농약 재배의 장점과 아울러 시금치의 피부 효능 영양분을 홍보한다면 충분한 가능성을 가지고 있는 제품이라 할 것이다. 시금치에 풍부한 비타민C는 콜라겐 형성을 도와 피부 재생에 도움을 주며, 자외선으로 생긴 기미와 주근깨 완화에 효과적이다. 비타민 C를 포함하여 비타민 A, B, E 등이 다량 함유되어 있어 근본적인 면역체계를 향상시켜 피부를 보호함과 동시에 클로로필 성분은 피부 노화의 원인인 활성산소를 제거해 피부를 건강하게 유지하는데 도움을 준다는 측면을 반영하였다. 시금치분말을 100mesh 이상으로 분쇄하여 비누 100g 기준으로 기본재료로 올리브오일, NaOH 등을 베이스로 하고 시금치과우더 1~2g을 첨가하였다. 모양은 육각형과 사각형으로 시범 개발했으나, 천연수제비누라는 특성을 반영하여 비정형적 사각형이 보다 바람직한 것으로 판단하였다. 개발한 천연시금치비누는 [그림 2-25]와 같다. 천연비누 등을 포함한 수경재배 무농약 시금치 가공제품은 향후 분말제조과정에 따른 영양분 함유량 변화, 보존기간, 경제성 분석, 활용 시 문제점 등에 대한 후속연구들이 뒷받침된다면 충분한 가능성을 내재하고 있다 사료된다.



[그림 2-24] 시금치 천연비누

최근 시금치분말에서 더욱 발전된 형태의 제품으로 ‘시금치 추출물(spinach extract)’은 시금치를 건조 후 추출 가공하여 다이어트 특효 기능성 건강제품으로 강조하고 있는 것으로 조사되었다. 시금치에 다이어트 성분인 ‘티카로이드(thykaloid)’가 다량 함유되어 있다는 연구결과가 발표됨에 따라 다양하게 개발되는 추세로 조사되었다.

			
<p>750 mg, 100캡슐 24,000원</p>	<p>1000mg, 120캡슐 35,000원</p>	<p>20:1추출, 60캡슐 약 60,000원</p>	<p>4:1추출, 100캡슐 1일 3회 16,000원</p>

[그림 2-23] 시금치 추출제품 모습

추출제품은 추출 비율 및 다이어트 성분 함유비율에 따라 큰 가격 격차를 보이는 것으로 나타났다. 현재 다이어트 특효 시금치 추출물 활용 가공품은 초기 시장단계로 향후 확대 가능성이 매우 높은 것으로 전망되고 있다. 이와 같은 시금치 가공품은 시금치 재배 농가의 가중되는 어려움을 해결하기 위한 기회를 제공하고, 심화되는 온난화 현상으로 시금치의 하기 재배가 어려운 실태를 극복할 수 있는 대안으로 충분히 고려할 가치가 있다고 판단되었다. 이외에도 시금치 추출을 통한 가공품 개발도 시금치 산업 고부가가치 제고를 위해 필요한 과제로 향후 후속연구에서 수행될 필요가 있다.

2-4. 연구의 한계 및 제언

본 연구는 실제 농가에서 접근 가능한 연중 저질산염 시금치의 안정적 생산을 위한 수경재배시스템을 확산하는데 목적을 두어 기반연구로서 의의가 있다. 현재 시금치 수경재배는 시금치 특성으로 인하여 수경재배가 활용되고 있는 쌈채소 등 타 엽채류에 비하여 상이한 육묘 및 재배기술, 수경재배시스템 및 환경제어를 요구한다. 본 연구의 범위는 저질산염 무농약 시금치 수경재배를 위한 발아, 육묘, 재배를 포괄하는 광범위한 연구라 할 것이다. 또한 점차 쇠퇴하고 있는 시금치 산업의 발전을 위하여 고부가가치 가공품 개발의 방향을 제시하였다. 현재까지 시금치 연구가 타 엽채류 연구와 비교하여 미흡한 상황에서 본 연구는 소기의 연구성과를 창출하였다. 다만, 향후 세부과제별 심화연구를 통하여 다양한 환경에서 재배하는 농가 현장을 고려한 생산기술 및 수경재배시스템 관련 실용적인 재배매뉴얼 제시가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구는 다음과 같은 연구 한계를 가지며, 후속연구를 통해 해결될 것을 기대한다.

- 1) 시금치 수경재배 재배조건이 시금치 성분에 미치는 영향에 대한 분석이 요구된다. 대표적으로 EC 등 환경조건이 시금치 비타민 등 영양성분에 미치는 영향 등에 대한 후속 분석연구가 요구된다.
- 2) 양액 연속사용에 따른 특정 원소이온의 부족 및 과잉 여부에 대한 정보를 제공하고, 처방이 용이한 실용적 차원의 진단시스템 개발이 요구된다. 특히, 저질산업 시금치의 생산을 위해서는 수확전 조치 또는 사후 진단을 통해 양액을 보완하는 현재 영농기술을 업그레이드하여 사전 대응할 수 있는 진단시스템 개발 관련 후속연구가 필요하다.
- 3) 생산농가에서 보편적으로 활용할 수 있는 저질산업 시금치 재배매뉴얼 제시가 요구되는 바, 현재 기반 연구적인 연구성과로는 환경별로 다양한 조건을 충족하기 어려워 후속연구를 통하여 효과적인 매뉴얼 제시가 요구된다.
- 4) 시금치 산업의 고부가가치를 위한 가공품 활용방안으로 최우선적인 과제인 시금치분말의 경우 건조방법에 따른 성분 변화에 대한 후속연구가 필요하다.

<참고문헌>

- 김현민, 김혜민, 이혜리, 이재은, & 황승재. (2017). 밀폐형 식물 생산 시스템에서 형광등 종류에 따른 시금치의 생육 및 기능성물질 함량. 시설원예·식물공장, 26(4), 386-392.
- 박병록, 조홍목, 김민상. (2021). 비순환식 양액재배에서 발생하는 폐양액, 폐배지, 폐작물이 환경에 미치는 영향. Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association, 29(1), 19-27
- 서종분, 최경주, 안병렬, 임형기, & 홍세진. (2005). 가을철 수경재배시 품종과 재식거리가 시금치의 생육 및 수량에 미치는 영향. 생물환경조절학회지, 14(3), 155-159.
- 서종분, 정종묘, 김선국, 최경주, 김정근, & 홍세진. (2007). 시금치의 육묘배지와 파종 종자량에 따른 수경재배 생육 특성. 생물환경조절학회지, 16(1), 62-66.
- 이용호, 이종남, 이준구, 김원배, & 류승열. (2004). 고랭지 시금치 여름철 수경재배에 적합한 품종 및 양액조건. 한국생물환경조절학회 학술발표논문집, 208-211.
- 이용호, 이종남, 권영석, 장석우, & 임주성. (2005). 고랭지 여름 시금치 안정생산을 위한 수경 시스템 개발. 한국원예학회 학술발표요지, 65-65.
- 이용호, 이종남, 임주성, 류승열, 권영석, & 장석우. (2011). 수경재배에 의한 고랭지 시금치의 여름철 안정생산 기술 개발. 생물환경조절학회지, 20(1), 21-26.
- 이지연. "시금치 분말을 첨가한 튀김제품의 지질 산화 안정성." 국내석사학위논문 仁荷大學 校 大學院, 2001. 인천.

농촌진흥청. (2020). 농업경영개선을 위한 2019 농축산물소득자료집.

황금희, 신정아, & 이기택. (2016). 데치기 (Blanching) 로 조리된 22 가지 채소류의 베타카로틴 함량의 변화와 영양소 보존율 (True Retention). 한국식품영양과학회지, 45(7), 990-995.

Nxawe, S., Laubscher, C. P., & Ndakidemi, P. A. (2009). Effect of regulated irrigation water temperature on hydroponics production of spinach (*Spinacia oleracea* L.). African Journal of Agricultural Research, 4(12), 1442-1446.

Tedom, D. W., Fombang, N. E., Ejoh, A. R., & Ngaha, D. W. (2020). Optimal conditions of steam blanching of spinach (*Spinacia oleracea*), a leafy vegetable consumed in Cameroon. International Journal of Nutritional Science & Food Technology, 6(3), 1-8.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

본 연구의 목표는 “수경재배에 의한 저질산염 시금치 연중생산 기술 개발”로써 3,500~6,500ppm 범위인 시금치의 질산염 함량을 2,500ppm 이하로 낮출 수 있는 저질산염 시금치 수경생산을 위하여 연중 안정적 육묘 및 실용화 설비를 이용한 기술을 개발하여 시금치 재배 산업의 변화를 도모하고 시금치 재배농가의 경제성과 생산성을 제고하였음

(2) 정량적 연구개발성과

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2020	연차보고서	2020년 6월	-
2021	최종보고서	2021년 8월	미정

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	수경재배 양액냉각시스템	한국	김영준	2020-04-23	10-2020-0049145						
2	담액형 수경재배 양액 U.V살균 재활용 냉각시스템	한국	김영준	2021-06-15	10-2021-0077684						

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
			√	√						

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	무농약농산물	농림축산식품부	무농약인증	16303831	2021-04-28	한국

표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시	시금치수경재배 기술 이전	김진희	2020	3,000,000	3,000,000
2	통상실시	시금치수경재배 기술 이전	선우약찬	2021	3,000,000	3,000,000

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*
1	설비운영민간투자	300,000,000		300,000,000	설비운영민간투자

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	신공정개발	국내	시금치수경 재배 기술 이전	수경재배 시스템 관련 기술	김진희	3,000		2020	5
2	기술이전	신공정개발	국내	시금치수경 재배 기술 이전	수경재배 시스템 관련 기술	선우 약찬	3,000		2021	5

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
무농약저질산염시금치 매출	2020	13,166		13,166	계산서
무농약저질산염시금치 매출	2020	65,000		65,000	계산서
합계		78,166		78,166	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		시금치수경재배시스템			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3년			
	소요예산(천원)	200,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		600	50,000	150,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	0.3	3
국외			-	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		타작물 수경재배시스템 개발			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	송경주	농업회사법인 이노진팜	1		1
2	김수영	농업회사법인 이노진팜	1		1
3	박건	농업회사법인 이노진팜		1	1
합계			2	1	3

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	1
		생산인력	1
	개발 후	연구인력	
		생산인력	1

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
	무농약저질산염시금 치생산	2020-2021	냉난방비 절감: 2,500천원(5개월x500 천원), 양액재활용을 통한 양액 절감 4,800천원(12개월x400천원)	7,300
합계				7,800

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도	무농약시금치수 경재배시스템			7,800	7,300	3	
기대 목표				20,000	10,000	4	

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	생산재배 기술교육	2019-07-01	2019-09-30	농업회사법인 이노진팜(주)	1
2	시금치 재배생산 및 양액조성	2020-02-24	2020-05-22	농업회사법인 이노진팜(주)	1
3	농업회사법인 이노진팜(주)	2021-03-01	2021-05-31	농업회사법인 이노진팜(주)	3

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	기타	예천군 용군면	용궁순대축제	2019-09-03
2	기타	예천군청	예천군농산물대축제	2019-10-01
3	기타	대구신평리	대구신평리축제	2020-09-03
4	기타	경북도청	경북도청 도시농업 행사	2021-05-01

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

본 연구 주제인 저질산염 무농약 시금치 수경재배 연구 결과는 타 작물 수경재배 및 저질산염 농산물 생산기술 개발연구에 기여할 것으로 판단됨

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

양액여과, UV소독 및 재활용기술의 타업채류 수경재배시스템 적용 가능성 기여

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상(부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·조직 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
1. 시금치 육묘 기술 개발	1.1. 적정 플러그 트레이 규격 설정 1.2. 적정 육묘배지 선발 1.3. 적정 육묘환경 조성	95
2. 수경 시금치 연중생산 기술 개발	2.1. 시금치 생산에 적합한 수경재배 조건 구명 2.2. 수경재배 시금치 연중생산 체계 확립 및 경제성 분석	95
3. 저질산염 시금치 생산 및 활성화 방안 연구	3.1. 저질산염 시금치 생산 조건 구명 3.2. 저질산염 시금치 재배산업 활성화 방안 연구	95

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

코로나의 확산으로 정량 지표 중 학술발표 2건을 달성하지 못하였음

2) 자체 보완활동

본 연구의 목적 및 취지가 학술적 의미보다는 실용적 생산기술 개발에 초점을 둔 점을 반영하여 보다 현장적합적인 수경재배기술을 개발코자 노력함

3) 연구개발 과정의 성실성

주관연구기관의 현장을 활용하여 시금치 연중 수경재배시스템을 개발하고, 직접 현장생산과 연결하는 등, 생산지원 인력을 포함한 연구인력 전원이 성실하게 연구를 수행하였음

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

본 연구 주제인 저질산염 무농약 시금치 수경재배 연구 결과는 타 작물 수경재배 및 저질산염 농산물 생산기술 개발연구에 기여할 것으로 판단됨

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

○ 실용적인 저질산염 시금치 연중생산 기술 보급

- 1) 프로세스별 접근을 통한 실용적 생산기술 모델 제시로 배지 조성
→ 파종 육묘 → 정식 및 재배 등 생산공정에 따른 기술 보급
- 2) 농가 차원에서 적용 가능한 모델 제시로 생산성 및 경제성을 동시에 확보하는 상용화 기술을 개발하고, 시설설비 투자 비용을 상회하는 수준의 경제성 확보가 가능한 생산방법 제시
- 3) 농가 기술이전 및 교육지도를 통한 보급 및 확산
- 4) 무농약 시금치 생산기술 보급으로 시금치 산업 활성화 기여

○ 샐러드용 베이비 시금치 활성화 및 시금치 파우더 가공 산업화 기대

- 1) 농가 기술이전, 인력양성 및 교육을 통한 재배기술 확산을 통해 샐러드 용도에 적합한 시금치 수경재배 기술 보급
- 2) 시금치 고부가가치 제고를 위한 시금치 파우더 고급화 및 추출물 개발 활용
- 3) 시금치 분말을 활용한 시금치 마스크팩 등 개발 활용

○ 타 저질산염 엽채류 수경재배 적용 및 생산 기대

- 1) 과도한 질산염이 함유된 엽채류 수경재배를 위한 농가 교육 및 기술이전을 통한 소득 창출
 - 2) 실용적 수경재배시스템 보급으로 생산 비용 절감
 - 3) 양액 재사용 기술 보급으로 환경오염 예방 기대
 - 4) 육묘기술 보급으로 발아율 및 입모율 증가를 통한 소득 증대 기여
-

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내	2023년 시금치파우더관련 1건	
	국외		
	계		
특허등록	국내	2023년 1건, 2024년 1건, 2025년 1건 등 총 2건	
	국외		
	계		
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전	2022년 1건, 2023년 2건, 2024년 2건 등 총 5건	
	공정개발		
제품개발	시제품개발	2024년 시금치파우더 제품 개발	
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보		AT 센터 및 엑스포 등, 지역 홍보행사 등 향후 5년간 매년 2건	
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용		타업체류 수경재배기술향상 기여	

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호			
사업구분	000000사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	000000사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	수경재배에 의한 저질산염 시금치 주년생산 기술 개발			과제유형	(기초)
연구개발기관	농업회사법인 이노진팜(주)			연구책임자	정현복
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019~2020	105,000	105,000	210,000
	2차년도	2020~2021	105,000	105,000	210,000
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	2019~2021	210,000	210,000	420,000
참여기업					
상대국				상대국연구개발기관	

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 7. 30.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
농업회사법인 이노진팜(주)	연구이사	정현복

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	정현복
----	-----

1. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

본 연구는 저질산업 시금치 연중생산을 위한 수경재배시스템 개발을 목적으로 하여, 시금치 연중생산이 가능한 발아 및 재배 환경조건을 구명하고, 농가에서 쉽게 접근할 수 있는 실용적 온실 및 설비로 양액을 재활용함으로써 환경오염을 방지하고, 재배포트를 활용함으로써 1회 수확 후 폐기하는 기존 수경재배시스템의 단점을 보완하고, 육묘와 재배의 연속성을 확보함에 따라 작업비용을 절감하는 등 생산성 및 경제성을 확보한 수경재배시스템을 개발하였음

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

본 연구는 동기 위주로 재배되는 시금치 노지재배의 단점을 보완하여 접근가능한 실용적 수준의 시설 및 설비 비용으로 시설 수경재배가 가능하도록 하고, 특히 육묘배지, 층적 육묘방식 및 온도 환경 조절 등과 관련하여 파급효과가 높은 것으로 사료됨

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

무농약 저질산업 시금치의 고부가가치 가공을 위하여 향후 후속연구 등을 통한 시금치 파우더 및 시금치 추출물을 활용한 마스크팩, 다이어트제품, 식품소재로서 활용 가능성과 관련한 연구결과가 수반될 경우, 향후 활용 사례가 매우 높을 것으로 판단됨
특히, 본 연구에서 개발한 수경재배시스템은 시금치를 비롯하여 상추류 등 타 엽채류 수경재배에도 확산될 수 있는 가능성이 매우 높은 것으로 사료됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

주관연구기관의 생산 및 연구인력이 참여하여 실제 생산현장을 기반으로 한 연구가 수행되었으며, 다양한 수경재배시스템 개선방안을 시도하여 최적 방안의 도출을 도모하는 등 성실하게 연구를 수행하였다고 사료됨

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 보통

본 연구는 농가현장에서 실용적으로 활용되는 현장적합적 기술개발 연구로서 논문 등 학술적인 측면에 크게 의의를 두지 않았음. 다만 생산시스템과 관련하여 학술발표 2건을 추진하려 하였으나, 코로나로 인해 당초 계획하였던 학술발표는 계획 목표대로 수행하지 못하였음
대신 수경재배시스템 관련 특허출원을 2건을 수행하였음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
시금치 육묘 기술 개발	40	95	폐기하지 않고 지속사용가능한 수경재배포트, 육묘트레이 및 파종장치 개발하고, 층적육묘방식을 통해 공간이용율을 제고하는 등 목표 성과를 창출하였음
수경 시금치 연중생산 기술 개발	30	95	발아육묘와 재배과정을 분리함으로써 연중 생산가능한 수경재배시스템 기술 개발 등 목표를 수행하였음
저질산염 시금치 생산 및 활성화 방안	30	95	저질산염 시금치 생산을 위한 실용적 방안 및 시금치파우더 활용등을 통한 고부가가치 가공 가능성 제시 등 당초 목표를 달성함
합계	100점	95	코로나로 인해 학술발표 2건 목표치를 불가피하게 달성하지 못하였음

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

<ul style="list-style-type: none"> · ○ 적정 배지 선정, 포트 및 트레이 개발, 반자동 파종기 개발, 공간이용율 절감을 위한 층적 육묘 등을 통한 육묘의 생산성 및 경제성 확보방안 도출을 통한 소기의 연구개발결과 달성 · ○ 연중 육묘와 재배의 연속성을 확보하는 수경재배시스템 개발, 냉난방 온도 절감 방안 및 양액재활용을 통한 환경오염 방지 등 효과적 연중수경재배 기술 개발로 당초 기대하였던 연구목표를 달성한 것으로 사료됨 ○ 무농약 저질산염 시금치 생산을 위한 실용적 차원의 환경조건을 구명하고, 무농약 저질산염 시금치의 부가가치 제고를 위한 시금치 파우더 및 추출물 가능성을 탐색하고, 이를 지역특화산업으로 연계할 수 있는 방안을 제시하는 등 당초 설정하였던 연구개발 목표를 달성한 것으로 판단함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

코로나로 인해 학술발표를 수행하지 못한 측면 고려 요망

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 우리나라에서는 현재 질산염 시금치 문제보다는 무농약 시금치 이슈가 보다 이슈화되어 있는 바, 본 연구의 수경재배시스템은 무농약 재배가 가능한 동시에 향후 질산염 문제가 현안으로 대두 될 경우 실용적 방안을 통해 저질산염 무농약 시금치를 생산할 수 있는 기술을 제시함으로써 활용 가능성을 제고함
- 고부가가치 시금치 산업을 위한 가공 활용에 대한 후속 연구 등 조치를 통해 국내 시금치 재배를 활성화시킬 필요가 있음

IV. 보안성 검토

○ 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	수경재배에 의한 저질산염 시금치 주년생산 기술 개발			
주관연구개발기관	농업회사법인 이노진팜(주)		주관연구책임자	정현복
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	210,000,000	210,000,000		420,000,000
연구개발기간	2019.06.20. ~ 2021.06.19			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 시금치 육묘 기술 개발	적정 배지 선정, 생산성 및 경제성을 갖춘 포트 및 트레이 개발, 반자동 파종기 개발, 공간이용을 절감을 위한 층적 육묘 등을 통한 육묘의 생산성 및 경제성 확보방안 도출을 통한 소기의 연구결과 달성
② 수경 시금치 연중생산 기술 개발	연중 육묘와 재배의 연속성을 확보하는 수경재배시스템 개발, 냉난방 온도 절감 방안 및 양액재활용을 통한 환경오염 방지 등 효과적 연중수경재배 기술 개발로 당초 목표 달성
③ 저질산염 시금치 생산 및 활성화 방안	저질산염 시금치 생산을 위한 실용적 차원의 환경조건을 구명하고, 무농약 저질산염 시금치의 부가가치 제고를 위한 시금치 파우더 및 추출물 가능성을 탐색하고, 이를 지역특화산업으로 연계할 수 있는 방안을 제시하는 등 당초 목표 달성

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구 활용액)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
													S C I	비 S C I						
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	20				15	10	10	10		10	15			2	3			5		
최종 목표	2				2	6	1	65		2	300			2	5			4		
당해 년도	목표	1			1	3		60		1				1	3			2		
	실적	1			1	3		65		1	1			0	3			2		
달성률 (%)	100				100	100		100		100	100			0	100			100		

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	층적발아 및 육묘재배 연속기술
②	수경재배 양액재활용을 위한 여과장치 및 UV 활용기술
③	냉난방비용을 절감하기 위한 장치 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)						
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복	외국기술 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해	결	정책 자료	기타
①의 기술				√			√	√				
②의 기술		√				√	√	√				
③의 기술		√				√	√	√				

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	기술이전 및 교육지도 강화를 통한 공간이용을 극대화 및 생산성 제고
②의 기술	수경재배 시 양액비용 및 환경오염 방지를 통한 농업발전 도모
③의 기술	하기 및 동기 냉난방비용 절감을 통한 경제성 제고

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구 활용예)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
													S C I	비 S C I						
단위	건	건	건	평 가 기 간 단 위	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건			
가중치	20				15	10	10	10		10	15			2	3			5		
최종목표	2	2			7	18	2	605		10	1300	1		2	47			14		
연구기간내 달성실적	2				2	6	1	78		3	300	1			5			4		
연구종료후 성과창출 계획		2			5	12	1	527		7	1000			2	42			10		

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	무농약 저질산염 시금치 연중 수경재배시스템 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	3000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	1-2년	실용화예상시기 ³⁾	2023
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	기술지도 및 교육 전제		

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성

2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리

통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리

3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전생산유통관리기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전생산유통관리기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.