

발 간 등 록 번 호
79-6500073-100010-10

위대한 도민시대. 사람과 자연이 행복한 **제주**

농업과학기술연구개발 2025년도 시험연구보고서



제주특별자치도농업기술원
<https://agri.jeju.go.kr>

제주특별자치도 농업인 여러분,

최근 농업환경은 기후위기 심화, 디지털 기술의 급속한 발전, 농촌 인력구조 변화 등으로 그 어느 때보다 빠르게 전환되고 있으며, 이상기상으로 인한 작물 생육 불안정과 품질 저하 등 현장의 어려움이 가중되고 있습니다. 이러한 여건 속에서 농업기술원은 현장 중심의 실용·혁신 농업기술 개발과 신속한 기술 보급을 통해 농업인의 피해를 최소화하고 안정적인 생산기반을 유지하기 위해 노력하였습니다. 아울러 디지털 기반 농업으로의 전환을 본격화하여 제주형 농업 혁신의 토대를 구축하였습니다.



지난해 주요 성과로는 우선 제주농업 디지털전환 플랫폼(Jeju DA)을 통해 34종의 데이터를 구축하고 14종의 다양한 정보를 농업인, 행정 그리고 생산자연합회 등에 제공하였습니다. 또한 데이터 기반 스마트농업 기술 개발을 통해 레드향 생육관리 모델을 개발하고, 저비용 스마트팜 시스템을 보급하는 등 현장 적용 가능한 기술을 확산하였으며, 농작업 기계화 확대를 통해 노동력 절감과 경영비 절감에도 기여하였습니다. 특히 마늘 전 과정 기계화(작업시간 91~94%, 인건비 84~93% 저감) 및 키위 기계수분 기술(노동시간 90%, 수분비용 70% 저감)은 농가 생산성 향상에 크게 기여한 성과입니다.

기후변화 대응을 위한 품종 개발과 보급에서도 의미 있는 진전을 이루었습니다. 감귤 및 월동채소 신품종 보급 확대와 함께, 병해 저항성과 기후 적응성이 우수한 품종 개발을 통해 제주농업의 지속가능성을 높였습니다. 아울러 저탄소 농업기술 개발에도 힘써 RE100 기반 감귤 생산모델을 실증하고, 바이오차 및 미생물 활용기술을 개발·보급하였으며, 표준시비 기술 확산을 통해 비료 사용량 절감과 환경부하 저감에 기여하였습니다.

앞으로 농업기술원은 이러한 성과를 바탕으로 디지털전환 고도화, 스마트농업 확산, 기후변화 대응 기술 개발을 더욱 강화하여 '스마트한 제주농업, 빛나는 제주농촌'을 실현해 나가겠습니다.

본 시험연구보고서에는 지난 한 해 동안 추진한 영농기술·정보 등 30여건의 연구 성과와 기술개발 결과를 체계적으로 수록하였습니다. 이 자료가 농업 현장의 문제 해결과 정책 수립, 그리고 미래 농업 발전을 위한 기초자료로 널리 활용되기를 기대합니다.

감사합니다.

2026. 5.

제주특별자치도농업기술원장 김 태 균

목 차

I. 일 반 현 황	1
1. 2025년도 기상현황	3
2. 제주지역 토양 화학적 특성	8
3. 제주지역 주요작물 표준 재배법	10
II. 분야별 시험연구 결과	21
1. 시험연구과제 목록	23
2. 기관프로젝트	33
3. 미래농업육성과	235
4. 친환경연구과	265
5. 과수연구과	313
6. 원예작물과	369
III. 연구개발 주요성과	431
1. 종자공급	433
2. 유전자원 보존	441
3. 영농기술·정보(공동연구)	445
IV. 부 록	493

I . 일반 현황

I. 일반현황

1. 2025년도 기상현황

가. 평균기온

2025년 제주특별자치도 연평균 기온은 17.3℃로 평년보다 1.2℃ 높아, 2024년에 이어 역대 두 번째로 높은 기온을 기록하였다. 월평균 기온은 2월과 5월을 제외한 달에서 평년보다 높았고, 6월부터 10월까지 여름철과 가을철 전반에 걸쳐 고온 현상이 지속되었다. 특히, 9월과 10월은 평년 대비 각각 3.5℃, 3.2℃ 높았다.

표 1. 월별 평균기온.

(단위: ℃)

지역별		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
제주	2025	6.7	5.2	11.5	15.4	18.0	23.4	28.3	29.6	27.1	21.9	14.4	9.6	17.6
	평년	6.1	6.8	9.8	14.2	18.3	21.7	26.2	27.2	23.3	18.6	13.3	8.3	16.2
	대비	0.6	-1.6	1.7	1.2	-0.3	1.7	2.1	2.4	3.8	3.3	1.1	1.3	1.4
서귀포	2025	7.0	5.9	11.4	15.5	18.2	23.1	28.6	29.2	27.6	23.0	15.2	11.0	18.0
	평년	7.2	8.2	11.0	15.0	18.8	21.8	25.7	27.2	24.1	19.6	14.5	9.4	16.9
	대비	-0.2	-2.3	0.4	0.5	-0.6	1.3	2.9	2.0	3.5	3.4	0.6	1.6	1.1
성산	2025	5.6	4.5	10.6	14.5	17.3	22.2	27.4	28.4	26.4	21.4	13.7	8.8	16.7
	평년	5.4	6.3	9.5	13.8	17.7	20.9	25.1	26.5	23.2	18.2	12.7	7.5	15.6
	대비	0.2	-1.8	1.1	0.7	-0.4	1.3	2.3	1.9	3.2	3.2	1.0	1.3	1.2
고산	2025	6.8	5.2	10.3	13.8	16.5	21.4	27.4	27.9	26.5	21.4	14.5	9.9	16.8
	평년	6.1	6.6	9.4	13.4	17.1	20.7	24.9	26.4	23.0	18.5	13.5	8.5	15.7
	대비	0.7	-1.4	0.9	0.4	-0.6	0.7	2.5	1.5	3.5	2.9	1.0	1.4	1.1
평균	2025	6.5	5.2	10.9	14.8	17.5	22.5	27.9	28.8	26.9	21.9	14.4	9.8	17.3
	평년	6.2	7.0	9.9	14.1	18.0	21.3	25.5	26.8	23.4	18.7	13.5	8.4	16.1
	대비	0.3	-1.8	1.0	0.7	-0.5	1.2	2.4	2.0	3.5	3.2	0.9	1.4	1.2

※ 제주도 연평균기온 순위: 1위 2024년(17.8℃), 2위 2025년(17.3℃), 3위 2021년(17.2℃)

※ 자료: 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)

※ 평년: 30년(1991~2020) 평균

나. 강수량

2025년 제주특별자치도의 연평균 누적 강수량은 1,350.8mm로 평년보다 325.4mm 적었다. 월별 강수량은 대체로 평년과 비슷하거나 적은 경향을 보였지만, 5월에는 237.9mm와 9월에는 360.1mm로 평년보다 많았다. 특히, 여름철에 역대 두 번째로 비가 적게 내렸고, 7월과 8월은 비가 적게 내린 순으로 각각 역대 5위와 4위를 기록했다.

표 2. 월별 강수량.

(단위: mm)

지역별		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
제주	2025	25.4	61.4	82.5	23.9	81.8	85.1	141.9	72.1	326.6	93.4	53.0	16.0	1063.1
	평년	67.5	57.2	90.6	89.7	95.6	171.2	210.2	272.3	227.8	95.1	69.5	55.6	1502.3
	대비	-42.1	4.2	-8.1	-65.8	-13.8	-86.1	-68.3	-200.2	98.8	-1.7	-16.5	-39.6	-439.2
서귀포	2025	14.1	94.6	91.5	193.8	372.9	198.1	19.1	104.1	404.2	68.3	34.0	15.3	1610.0
	평년	60.7	77.9	130.3	187.0	223.6	267.6	275.8	315.7	208.8	100.4	86.2	55.6	1989.6
	대비	-46.6	16.7	-38.8	6.8	149.3	-69.5	-256.7	-211.6	195.4	-32.1	-52.2	-40.3	-379.6
성산	2025	16.9	93.9	133.2	122.0	337.5	180.9	44.7	129.5	519.0	154.6	55.3	13.0	1800.5
	평년	77.5	83.2	139.4	161.3	178.0	231.9	271.3	343.2	248.6	114.0	102.8	78.8	2030.0
	대비	-60.6	10.7	-6.2	-39.3	159.5	-51.0	-226.6	-213.7	270.4	40.6	-47.5	-65.8	-229.5
고산	2025	21.9	62.4	54.3	73.1	159.4	116.5	68.9	100.1	190.6	52.8	16.9	12.8	929.7
	평년	40.6	47.8	76.2	94.7	117.7	158.1	167.7	201.9	120.4	56.9	60.2	40.7	1182.9
	대비	-18.7	14.6	-21.9	-21.6	41.7	-41.6	-98.8	-101.8	70.2	-4.1	-43.3	-27.9	-253.2
평균	2025	19.6	78.1	90.4	103.2	237.9	145.2	68.7	101.5	360.1	92.3	39.8	14.3	1350.8
	평년	61.6	66.5	109.1	133.2	153.7	207.2	231.3	283.3	201.4	91.6	79.7	57.7	1676.2
	대비	-42.0	11.6	-18.8	-30.0	84.2	-62.1	-162.6	-181.8	158.7	0.7	-39.9	-43.4	-325.4

※ 자료: 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)

※ 평년: 30년(1991~2020) 평균

다. 일조시간

2025년 제주특별자치도의 연간 일조시간은 2,155.9시간으로 평년 1,979.7시간보다 176.2시간 많았다. 특히, 7월은 249.1시간으로 평년 대비 82.3시간 많았다. 여름철에 많은 비가 내리는 평년의 호우특성과 달리 2025년 강수는 5월과 9월에 집중되었고 장마기간이 짧아 일조시간은 평년에 비해 증가하였다.

표 3. 월별 일조시간.

(단위: 시간)

지역별		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
제주	2025	108.5	82.5	154.0	248.7	210.9	193.4	255.0	231.7	145.5	142.4	150.9	126.4	2,049.9
	평년	70.2	110.0	166.0	196.5	212.2	159.7	189.8	195.1	158.9	173.3	123.7	79.1	1,834.5
	대비	38.3	-27.5	-12.0	52.2	-1.3	33.7	65.2	36.6	-13.4	-30.9	27.2	47.3	215.4
서귀포	2025	187.9	185.1	162.6	213.8	194.9	148.7	243.5	219.4	201.7	207.7	205.9	184.0	2,355.2
	평년	153.5	157.4	185.8	196.5	203.5	136.3	144.8	187.7	174.7	208.8	166.8	158.8	2,074.6
	대비	34.4	27.7	-23.2	17.3	-8.6	12.4	98.7	31.7	27.0	-1.1	39.1	25.2	280.6
성산	2025	134.2	127.4	153.9	228.5	188.3	151.2	235.5	217.6	159.1	156.9	181.1	163.2	2,096.9
	평년	128.6	145.5	181.5	198.0	208.7	141.1	160.3	192.6	167.2	192.0	156.7	134.7	2,006.9
	대비	5.6	-18.1	-27.6	30.5	-20.4	10.1	75.2	25	-8.1	-35.1	24.4	28.5	90.0
고산	2025	124.4	102.3	149.9	223.1	182.6	140.2	262.5	238.3	192.6	191.2	171.3	143.1	2,121.5
	평년	95.4	131.0	175.4	196.3	205.3	156.0	172.6	219.7	187.4	206.6	150.7	106.3	2,002.7
	대비	29.0	-28.7	-25.5	26.8	-22.7	-15.8	89.9	18.6	5.2	-15.4	20.6	36.8	118.8
평균	2025	138.8	124.3	155.1	228.5	194.2	158.4	249.1	226.8	174.7	174.6	177.3	154.2	2,155.9
	평년	111.9	136.0	177.2	196.8	207.4	148.3	166.9	198.8	172.1	195.2	149.5	119.7	1,979.7
	대비	26.8	-11.7	-22.1	31.7	-13.3	10.1	82.3	28.0	2.7	-20.6	27.8	34.4	176.2

※ 자료: 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)

※ 평년: 30년(1991~2020) 평균

라. 장마

2025년 장마는 평년보다 빠른 6월 12일에 시작되어, 6월 26일에 종료되었다. 제주도와 남부지방의 장마기간은 15일과 13일로 평년보다 짧았으며, 중부지방은 32일로 평년과 비슷하였다. 장마철 제주도의 강수량은 117.8mm로, 평년보다 231mm 적었으며, 북태평양고기압이 평년보다 빠르게 확장하였고, 장마철 동안 정체정선이 남북으로 진동하면서 장맛비가 내리기 보다는 6월 20~21일, 7월 중순 한 두 차례 많은 비가 집중되었다.

표 4. 지역별 장마 비교.

구 분		중부지방	남부지방	제주도
2025년	시작일(월.일.)	6. 19.	6. 19.	6. 12.
	종료일(월.일.)	7. 20.	7. 1.	6. 26.
	기간(일)	32	13	15
	강수일수(일)	14.2	5.0	8.5
	강 수 량(mm)	343.9	83.4	117.8
2024년	시작일(월.일.)	6. 29.	6. 22.	6. 19.
	종료일(월.일.)	7. 27.	7. 27.	7. 27.
	기간(일)	29	36	39
	강수일수(일)	21.1	21.6	20.8
	강 수 량(mm)	506.3	447.2	561.9
2023년	시작일(월.일.)	6. 26.	6. 25.	6. 25.
	종료일(월.일.)	7. 26.	7. 26.	7. 25.
	기간(일)	31	32	31
	강수일수(일)	20.6	23.3	21.5
	강 수 량(mm)	594.1	712.6	426.4
2022년	시작일(월.일.)	6. 23.	6. 23.	6. 21.
	종료일(월.일.)	7. 25.	7. 25.	7. 24.
	기간(일)	33	33	34
	강수일수(일)	18.8	15.6	14.8
	강 수 량(mm)	405.1	201.5	207.6
평 년	시작일	6. 25.	6. 23	6. 19.
	종료일	7. 26.	7. 24.	7. 20.
	기간(일)	31.5	31.4	32.4
	강수일수(일)	17.7	17.0	17.5
	강 수 량(mm)	378.3	341.1	348.7

※ 제주도 장마기간 짧은 순위: 1위(1973년, 7일), 2위(1994년, 15일), 3위(2021년, 17일)

※ 자료: 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)

※ 평년: 30년(1991~2020) 평균

마. 태풍

2025년에는 총 27개의 태풍이 발생하였으나, 우리나라에 영향을 준 태풍은 발생하지 않았다. 이는 평년(약 3.4개)보다 크게 적은 수치로, 매우 이례적인 사례이다. 이와 같은 원인은 여름철 동안 북태평양고기압이 평년보다 강하게 발달하여 한반도를 넓게 덮으면서 태풍의 경로를 차단했기 때문이다. 이로 인해 태풍은 우리나라로 북상하지 못하고 중국 남부 및 대만 방향으로 이동하거나, 일본 남동쪽 해상으로 방향을 틀어 이동 하였다.

표 5. 태풍 발생 현황.

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
평년	0.3	0.3	0.3	0.6	1.0	1.7 (0.3)	3.7 (1.0)	5.6 (0.8)	5.1 (0.8)	3.5 (0.1)	2.1	1.0	25.1(3.4)
2025년	-	-	-	-	-	2	7	5	6	4	3	-	27(0)
2024년	-	-	-	-	2	-	2	6(2)	8	3	4	1	26(2)
2023년	-	-	-	1	1	1	3(1)	6	2	2	-	1	17(1)
2022년	-	-	-	2	-	1	3(3)	5(1)	7(1)	5	1	1	25(5)
2021년	-	1	-	1	1	2	3	4(2)	4(1)	4	1	1	22(3)
2020년	-	-	-	-	1	1	-	7(3)	4(1)	7	2	1	23(4)

※ ()안의 숫자는 우리나라에 영향을 준 태풍 수

※ 자료: 기상청 날씨누리(<https://www.weather.go.kr/>)

※ 평년: 30년(1991~2020) 평균

2. 제주지역 토양 화학적 특성

가. 제주시

구 분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	교환성 양이온(cmol ⁺ /kg)		
				칼륨	칼슘	마그네슘
평 균	6.0	90	347	1.21	7.7	2.4
도 두 동	6.1	40	568	1.09	5.9	1.7
이 도 동	6.1	45	405	0.76	6.6	1.2
이 호 동	5.7	37	708	0.91	5.3	2.1
외 도 동	5.9	44	534	1.22	6.3	2.2
내 도 동	5.5	36	724	1.32	4.9	1.7
도 평 동	5.9	47	643	1.01	6.6	2.1
화 북 동	5.9	52	547	1.06	6.1	2.2
삼 양 동	6.0	49	653	1.29	7.2	2.8
도 런 동	5.9	59	623	1.21	7.0	2.3
봉 개 동	5.7	58	501	0.96	5.6	1.9
용 강 동	5.8	83	310	1.10	5.7	1.6
회 천 동	5.8	76	444	1.06	6.8	2.0
아 라 동	5.6	64	504	1.00	5.2	1.5
월 평 동	6.1	93	288	1.36	8.8	2.7
오 등 동	5.9	56	328	0.99	5.8	1.6
영 평 동	5.8	73	516	1.17	6.5	2.0
오 라 동	5.9	53	445	1.01	5.5	2.0
노 형 동	5.9	56	488	0.94	6.4	2.1
해 안 동	5.6	83	320	1.00	4.9	1.6
연 동	5.8	68	140	0.77	3.4	1.1
건 입 동	5.5	42	487	2.39	6.3	3.1
용 담 동	6.3	47	426	1.13	6.3	2.0
한 림 읍	5.9	77	372	1.38	6.2	2.4
애 월 읍	5.9	78	415	1.30	6.4	2.3
한 경 면	6.1	53	507	1.69	7.4	3.1
조 천 읍	5.8	113	358	1.15	7.9	2.3
구 좌 읍	6.5	135	89	0.88	11.7	2.4
추 자 면	6.4	44	528	1.09	7.0	1.2
우 도 면	6.8	65	192	1.55	16.3	3.2
적정기준	5.5~6.5	30~50 ^z 110~150 ^y	200~300	0.5~0.7	5.0~6.0	1.5~2.0

^z비화산회토, ^y화산회토

※ 최근 10년 흙토람 토양검정 자료임

나. 서귀포시

구 분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	교환성양이온(cmol ⁺ /kg)		
				칼륨	칼슘	마그네슘
평 균	5.7	113	291	1.17	6.3	2.2
보 목 동	5.1	124	596	1.52	7.3	2.6
상 예 동	5.6	100	266	1.10	6.1	2.4
하 예 동	5.9	83	395	1.35	7.2	2.3
색 달 동	5.7	111	170	1.13	5.7	2.1
강 정 동	5.3	87	430	1.37	5.1	1.8
도 순 동	5.5	93	325	1.11	4.7	1.6
영 남 동	5.8	114	56	0.51	3.9	1.9
월 평 동	5.6	68	672	2.00	7.5	2.7
하 원 동	5.5	100	185	0.75	3.5	1.3
대 포 동	5.6	94	144	0.75	3.4	1.5
중 문 동	5.6	99	168	0.73	4.2	1.5
회 수 동	5.5	98	179	0.84	4.3	1.5
토 평 동	5.4	131	315	1.16	6.6	2.2
상 호 동	5.4	129	328	1.13	5.9	2.0
동 흥 동	5.4	129	304	1.00	5.5	1.8
서 흥 동	5.3	104	469	1.15	5.7	2.0
법 환 동	5.2	100	650	1.38	6.1	1.7
서 호 동	5.5	117	255	0.79	5.4	1.8
호 근 동	5.3	93	460	1.10	5.7	1.9
신 호 동	4.9	132	574	1.42	6.1	2.2
하 호 동	5.0	110	752	1.78	6.5	2.5
대 정 읍	6.2	55	445	1.43	7.3	2.6
안 덕 면	5.8	101	245	1.29	7.1	2.4
표 선 면	5.6	145	150	0.87	5.2	1.9
남 원 읍	5.4	145	326	1.23	6.2	2.2
성 산 읍	5.8	129	160	1.13	7.9	2.8
적정기준	5.5~6.5	30~50 ^z 110~150 ^y	200~300	0.5~0.7	5.0~6.0	1.5~2.0

^z비화산회토, ^y화산회토

※ 최근 10년 흙토람 토양검정 자료임

3. 제주지역 주요작물 표준 재배법

가. 노지감귤

○ 재배관리

월	순	생육단계	농작업	병해충방제
1	상		영농계획 수립	
	중	형태적 꽃눈 분화 준비기	저장감귤 관리 및 출하	
	하		방풍수 손질하기	
2	상	형태적 꽃눈 분화기	밀식원 1/2간벌	
	중		석회고토 및 유기물 시용	
	하		낮은 이랑 설치	
3	상	꽃눈 분화 완성		
	중	뿌리 활동 시작	봄비료 주기	
	하	발아 개시	정지전정, 고점 접수 확보	굴응애(월동)
4	상	발아기	제초 작업	
	중	새 뿌리발생 시작	접목묘 대목관리, 접목 실시	더덩이병
	하	꽃봉오리 형성	접목묘 순 관리	
5	상	개화기, 만개기		굴응애, 더덩이병
	중		예비지 재설정	방화해충
	하	1차 생리 낙과기	접목묘 순 정리	진딧물, 잿빛곰팡이병, 궤양병
6	상		여름비료 주기	더덩이병, 검은점무늬병, 진딧물, 화살까지벌레
	중	뿌리자람 왕성	장마 대비(배수로 정비)	검은점무늬병, 총채벌레
	하	2차 생리 낙과기	다공질필름 피복	루비까지벌레
7	상		고점 갱신수 고정	검은점무늬병, 굴응애
	중	여름순 발생	1차 열매숙기	루비까지벌레, 굴굴나방, 진딧물
	하		태풍 대책(배수로 정비)	굴굴나방, 진딧물
8	상	과실 비대기	일소 및 열과 방지	검은점무늬병, 궤양병, 굴굴나방, 진딧물
	중	당산 집적기	2차 열매숙기	총채벌레, 굴굴나방, 화살까지벌레
	하			검은점무늬병, 이세리아까지벌레
9	상	가을순 발생	복접, 아접 실시	
	중	극조생 온주 착색기	마무리 열매숙기	검은점무늬병, 역병, 굴응애, 총채벌레
	하	생리적 꽃눈 분화기		
10	상			
	중	극조생온주 성숙기	극조생온주 수확	총채벌레
	하	조생온주 착색기		
11	상		가을 비료 주기	저장병(곰팡이)
	중	조생온주 성숙기	조생온주 수확	
	하	뿌리 활동 저하	저장고 소독	
12	상	잎 동화작용 저하		
	중			
	하		저장 감귤 관리	

○ 시비관리

(20년생 기준, 단위: kg/10a)

구분	계		봄 비 료		여 름 비 료		가 을 비 료	
	비화산 회토	화산 회토	비화산 회토	화산 회토	비화산 회토	화산 회토	비화산 회토	화산 회토
N	21.0	23.0	10.5	11.5	4.2	4.6	6.3	6.9
P	18.0	20.0	18.0	20.0	0	0	0	0
K	17.0	19.0	5.1	5.7	7.1	8.0	4.8	5.3

※ 퇴비 2,000kg 사용시 기준량임

- pH에 따른 석회고토 시용량

(단위: kg/10a)

토양 pH	4.4 이하	4.5~4.9	5.0~5.4	5.5~6.0
시용량	120~160	120~150	80~120	50~80

※ 감귤재배 적정 토양 pH: 5.5~6.0, 봄비료 주기 20일 전에 시용

나. 하우스 감귤

○ 온도 관리

(단위: ℃)

생 육 기	피복~발아기	발아~출뢰기	출뢰~낙화기	생리낙과기	성 숙 기
최고온도	22~28	28	21~23	21~23	28~30
최저온도	16~23	23	16~18	16~18	24~25

○ 시비 관리

(단위: kg/10a)

성 분	시비 시기	극조기 가온	조기 가온	후기 가온
N	수 확 전 후	7.2	3.6	7.2
	10월 초~중순	7.2	9.0	7.2
	피 복 전 후	3.6	5.4	3.6
	계	18.0	18.0	18.0
P	수 확 전 후	4.8	2.4	4.8
	10월 초~중순	4.8	6.0	4.8
	피 복 전 후	2.4	3.6	2.4
	계	12.0	12.0	12.0
K	수 확 전 후	6.0	3.0	6.0
	10월 초~중순	6.0	7.5	6.0
	피 복 전 후	3.0	4.5	3.0
	계	15.0	15.0	15.0

※ 완숙 퇴비 3톤 시용

○ 물 관리

생육기	주요관리
피복~개화기	* 가온 직전 충분한 관수: 30~50mm (30~50톤/10a) * 발아후 4~5일: 10~15mm
만개~낙화기	* 5~7일 1회 관수(1회 10mm 내외) * 과도한 건조는 생리 낙과를 조장하므로 주의
생리낙과기	* 꽃잎이 떨어진 후: 5~7일 20mm 내외 관수
과실비대기	* 당도 증진을 위한 단수 및 절수 - 화산회토 및 토심이 깊은 감귤원: 과실 횡경 20mm부터 - 비화산회토 및 토심이 얇은 감귤원: 과실 횡경 30mm부터 당도 8°Brix 도달할 때까지 단수 - 수확 전까지 당도와 산함량을 조사하면서 소량 관수
수확직전	* 수확 전 관수 억제(관수시 3일 이상 지난 후 수확)

다. 부지화(한라봉)

○ 무가온 재배관리

월	순	생육단계	농작업	시비, 병해충방제
1	상		최저온도 관리(서리, 동해)	저장병 방제
	중	형태적 화아분화기		
	하			
2	상			
	중	수확기	수확 개시	
	하		수확 후 충분히 관수	토양개량제 시용
3	상			비료주기
	중		정지전정	
	하	발아기		
4	상		3~5일간격 30톤 관수	수세회복, 엽면시비
	중	개화기		
	하	만개기	낙화기 절수	굴응애
5	상	1차 생리 낙과기	5~7일간격 15~20톤 관수	비료주기
	중	새뿌리 신장		총채벌레, 진딧물
	하			
6	상	2차 생리 낙과기		
	중		열매숙기	진딧물, 각지벌레
	하		3~5일간격 20~30톤 관수	
7	상	과실비대기	마무리 열매숙기	비료주기
	중	과즙 축적기	과실매달기	굴응애, 굴굴나방
	하		여름전정(예비지설정)	
8	상	과즙 증가, 신함량 감소	고온피해 주의(환기)	
	중		태풍, 집중호우 등 대비	굴굴나방, 진딧물
	하			
9	상	당도 증가, 신함량 감소		비료주기
	중		3~5일간격 20톤 관수	칼슘제 살포
	하		정기적인 품질조사	
10	상	당 증가 급속 진행		
	중	착색 개시, 비대 감소	정기적인 품질조사	
	하	생리적 화아분화기	가을순 제거	
11	상	완만한 감산 진행	10일간격 5~10톤 관수	굴응애, 총채벌레
	중			비료주기
	하	완전 착색기		
12	상		최저온도 관리	
	중	성숙기		
	하			

라. 세토카(천혜향)

○ 무가온 재배관리

월	순	생육단계	농작업	시비, 병해충방제
1	상		최저온도 관리(서리, 동해)	
	중	형태적 화아분화기	10~15일간격 5톤 관수	
	하			
2	상			
	중	성숙기		
	하			토양개량제 시용
3	상	수확기	수확 개시	비료주기
	중		수확 후 충분히 관수	
	하	밭아기	정지전정	
4	상		7~10일간격 15~20톤 관수	수세회복, 엽면시비
	중	개화기		비료주기
	하	만개기, 새뿌리 발생	꽃따기, 낙화기 절수	굴응애
5	상	1차 생리 낙과기		
	중		5~7일간격 10톤 관수	총채벌레, 진딧물
	하			
6	상	2차 생리 낙과기		검은점무늬병
	중		열매숙기	진딧물, 깍지벌레
	하		3~5일간격 10톤 관수	비료주기
7	상	과실비대, 여름순 발생	마무리 열매숙기	
	중	과즙 축적기	과실매달기	굴응애, 굴굴나방
	하	새뿌리 신장	여름전정(예비지설정)	
8	상	과즙 증가	고온피해 주의(환기)	일소예방(차광, 환기)
	중		태풍, 집중호우 등 대비	굴굴나방, 진딧물
	하		3~5일간격 10톤 관수	
9	상	가을순 발생	3~5일간격 10톤 관수	비료주기
	중	당도 증가, 산함량 감소		
	하		정기적인 품질조사	
10	상	당 증가 급속 진행	3~5일간격 5톤 관수	총채벌레
	중	착색 개시		비료주기
	하	생리적 화아분화기	가을순 제거	칼슘제 살포
11	상		10~15일간격 5톤 관수	굴응애, 총채벌레
	중	비대 감소		
	하			
12	상	완만한 감산 진행	10~15일간격 5톤 관수	
	중	완전 착색기	최저온도 관리	
	하			

마. 감평(레드향)

○ 무가온 재배관리

월	순	생육단계	농작업	시비, 병해충방제
1	상	성숙기	절수 또는 단수	
	중	형태적 화아분화기	수확 개시	
	하			
2	상		수확 후 충분히 관수	
	중			
	하			토양개량제 시용
3	상		3~5일간격 20톤 관수	비료주기
	중		정지전정	
	하	밭아기		
4	상		3~5일간격 10~20톤 관수	수세회복, 엽면시비
	중	개화기	주야간 온도차 10℃ 이내	
	하	만개기, 새뿌리 발생	꽃따기, 낙화기 절수	잿빛곰팡이병, 굴응애
5	상	1차 생리 낙과기	5~7일간격 10톤 관수	
	중			총채벌레, 진딧물
	하			
6	상	2차 생리 낙과기	5~7일간격 10~20톤 관수	
	중		열매숙기	진딧물, 깍지벌레
	하			비료주기
7	상	과실비대, 여름순 발생	마무리 열매숙기	
	중	과즙 축적기	3~5일간격 10~20톤 관수	굴응애, 굴굴나방
	하	새뿌리 신장		
8	상	과즙 증가	고온피해 주의(환기)	
	중		태풍, 집중호우 등 대비	굴굴나방, 진딧물
	하		3~5일간격 10~20톤 관수	비료주기
9	상	가을순 발생	3~5일간격 10~20톤 관수	
	중	당도 증가, 신함량 감소		
	하		정기적인 품질조사	
10	상	당 증가 급속 진행	착색 이후부터	총채벌레
	중	착색 개시	3~5일간격 3~5톤 관수	비료주기
	하	생리적 화아분화기	가을순 제거	칼슘제 살포
11	상		3~5일간격 3~5톤 관수	굴응애, 총채벌레
	중	비대 감소		
	하	완만한 감산 진행		
12	상		10~15일간격 5톤 관수	
	중	완전 착색기	최저온도 관리	
	하			

바. 에히메과시 28호(황금향)

○ 무가온 재배관리

월	순	생육단계	농작업	시비, 병해충방제
1	상		절수관리	
	중	형태적 화아분화기		
	하			
2	상			
	중			
	하			토양개량제 시용
3	상			
	중		정지전정	비료주기
	하	발아기	7일간격 20톤 관수	
4	상		7일간격 20톤 관수	
	중	개화기	주야간 온도차 10℃ 이내	총채벌레
	하	만개기, 새뿌리 발생	꽃따기, 낙화기 절수	젯빛곰팡이병, 굴응애
5	상	1차 생리 낙과기	7일간격 20톤 관수	
	중			총채벌레, 진딧물
	하		열매숙기	
6	상	2차 생리 낙과기	7일간격 20톤 관수	비료주기
	중		열매숙기	총채벌레, 진딧물
	하			
7	상	과실비대, 여름순 발생	마무리 열매숙기	
	중	과즙 축적기	7일간격 20톤 관수	굴응애, 굴굴나방
	하	새뿌리 신장	여름전정	
8	상	과즙 증가	7~10일간격 5톤 관수	
	중		태풍, 집중호우 등 대비	굴굴나방, 진딧물
	하	당도 증가, 산함량 감소		
9	상	가을순 발생	7~10일간격 5톤 관수	케양병, 총채벌레
	중			칼슘제 살포
	하			
10	상	착색 개시	10~14일간격 3톤 소량 관수	총채벌레
	중			
	하	생리적 화아분화기	가을순 제거	
11	상	비대 감소	10~14일간격 3톤 소량 관수	비료주기
	중	완만한 감산 진행		총채벌레
	하	완전 착색기		
12	상	성숙기	수확 개시	
	중			
	하		수확 후 충분히 관수	

사. 채소, 감자

○ 노지재배

작물별 항 목			당 근	마 늘	양 파	양배추	브로콜리	배 추
파 종 기(월.순.)			7.하.~8.상.	8.중.~9.하.	8.중.~9.상.	7.하.~8.중.	7.하.~8.하.	8.중.~9.중.
파 종 량(10a)			450~600g	240~270kg	200g	20~30g	3g	3g
정 식 기(월.순.)					10.상~11.중.	8.중.~9.중.	8.중.~9.하.	9.상.~9.중.
재 식 거 리	이랑너비(cm)		100~120	120	120	55~75	55~60	60~75
	주 간(cm)		10~15	10~12	12~15	45	30~40	45
시 비 관 리	기 비 (kg/10a)	퇴비	1,500	2,000	2,000	1,500	1,500	1,500
		N	6.0	9.0	8.0	11.2	14.6	11.0
		P ₂ O ₅	9.6	7.7	7.7	9.0	15.5	7.8
		K ₂ O	7.9	4.5	5.8	12.0	11.2	11.0
		붕소	-	-	-	-	-	-
		석회	200	200	200	200	200	200
	추 비 (kg/10a)	N	14	16.0	16.0	20.8	7.8	21.0
		P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-
		K ₂ O	4.3	8.3	9.6	9.8	6.0	8.8
	추 비 시 기 (월.순.)	1회	8.상.	11.상.	12.중.	-	-	-
		2회	9.상.	12.상.	1.중.	정식1개월 후 15일 간격 3회	정식1개월 후 15일 간격 2회	정식 후 15일 간격 3회
		3회	10.상.	2.중.	-			
중경·제초			수시 (2~3회)	수시 (2~3회)	수시 (2~3회)	수시 (2~3회)	수시 (2~3회)	수시 (2~3회)
수 확 기(월)			12~3	5~6	3~6	12~4	11~3	11~2

※ 시비량은 '22년 개정된 작물별 표준 시비 사용량임
토양 특성별 차이가 있으므로 토양검정 후 시비량을 조절하기 바람

항 목 \ 작물별			단호박	월동무	감 자		
					봄	가을	겨울
파 종 기(월.순.)			2.하.~3.하.	8.하.~9.하.	2.하.~3.상.	8.중.~9.상.	12.하.~1.하.
파 종 량(10a)			500~800립	100g	180~220kg	300~340kg	180~220kg
정 식 기(월.순.)			3.하~4.하				
재 식 거 리	이랑너비(cm)		260~420	60~75	65~70	65~70	65~70
	주 간(cm)		40~50	20~30	20	20	20
시 비 관 리	기 비 (kg/10a)	퇴비	1,500	1,500	1,000	1,000	1,500
		N	7.5	8.4	14.4(13.7)	18(19.5)	14.4(13.7)
		P ₂ O ₅	9.3	5.1	20(18.9)	25(27.2)	20(18.9)
		K ₂ O	5.0	4.1	19(14.3)	19(20.7)	19(14.3)
		붕소	-	-	-	-	-
		석회	200	200	-	-	-
	추 비 (kg/10a)	N	7.5	15.0	-	-	-
		P ₂ O ₅	-	-	-	-	-
		K ₂ O	6.3	4.0	-	-	-
	추 비 시 기 (월.순.)	1회	정식1개월 후 15일 간격 2회	파종 후 15일 간격 3회			
		2회					
		3회					
중경·제초			수시 (2~3회)	수시 (2~3회)	싹이 7cm 정도시	싹이 7cm 정도시	
수 확 기(월)			6.상.~7.하.	11~4	5~6	12~3	4.하.~5

※ 감자 이랑너비 65cm는 ‘대지’, 70cm는 ‘탐나’ 품종임

※ 감자 시비량은 ‘대지’ 품종, 화산회토 기준, ()는 ‘탐나’ 품종임

○ 시설재배

작물별 항 목			토마토	오 이	딸 기	고 추
파 종 기(월.순.)			9.중.(촉성) 12.상.(반촉성)	9.상.	채묘 6.상.~7.하.	10.상.~12.상.
파 종 량(10a)			0.18ℓ	0.2~0.25ℓ	9,000~10,000본	0.1~0.2ℓ
정 식 기(월.순.)			10.하.~12.상.(촉성) 2~3(반촉성)	10.하.	9.중.~10.상.	12.상.~3.중.
재 식 거 리	이랑너비(cm)		100~160	90	25	70~80
	주 간(cm)		20~35	35~40	18	30~35
시 비 관 리	기 비 (kg/10a)	퇴비	2,000	2,000	2,000	2,000
		N	11.6	9.2	3.5	12.2
		P ₂ O ₅	10.3	10.3	4.9	6.4
		K ₂ O	41	8.1	5.6	6.1
		붕소	-	-	-	-
		석회	200	200	200	200
	추 비 (kg/10a)	N	8.8	10.5	6.1	10.3
		P ₂ O ₅	-	-	-	-
		K ₂ O	8.1	4.1	1.8	4.0
	추 비 시 기 (월.순.)	1회	정식 후 20~30일	11.하.	11.상.	정식 후 30일
		2회	1회 추비 후 20~30일	12.하.	11.하.~12.상.	1회 추비 후 30~35
		3회	2회 추비 후 20~25	1.하.	3.상.	2회 추비 후 35~45일
		4회	3회 추비 후 20~30일	-	-	3회 추비 후 40~45일
수 확 기(월)			1~2	12~3	11~4	2~7

아. 식량, 특용작물

작 물 별 항 목			나물콩	맥 주 보 리	참 깨	메 밀					
파종기(월.순.)			6. 상.~중.	11. 상.	단 작: 5상·중. 맥후작: 6상·중.	봄: 4.상.~4.중. 가을: 8.하.~9.상.					
파종량 (kg/10a)			산파: 10~12 조파: 5~6	산파: 16~18 조파: 13~14	0.6	산파: 8~12 조파: 6~8					
재 식 거 리	휴폭(cm)		40~60	40	40	20(조파)					
	파폭(cm)		10(1주 2립)	18	10	-					
시비 관리 (kg/ 10a)	기 비	퇴비	1,000	1,000	1,500	-					
		N	4(4)	4.4	2.9	봄	가을				
						5.4(9.8)	4.3(8.9)				
						P ₂ O ₅	6(12)	9(16)	3.1	4.4(7.9)	3.5(7.1)
						K ₂ O	5(5)	3.6	3.2	4.4(7.9)	3.5(7.1)
	추 비	1회	N: 4(4)	N: 3.2	-	-					
추 비 시 기(월순)			7. 하.~8. 상	1. 하.~2. 상	-	-					
수 확 기(월)			11. 상~중.	5 중~하	단작: 8.중·하. 맥후작: 9.상·하.	여름: 6.중·상 가을: 10.하.~11.중.					

※ ()는 화산회토 시비량임

II. 분야별 시험연구 결과

1. 시험연구과제 목록

□ 2025 연구과제 총괄표

부서명	연구 팀 명	과제수	세 부 과 제 수				신규·계속		수행시기	
			계	기관프 로젝트	고유	공동	신규	계속	전반기	후반기
계		43	71	25	26	20	39	32	55	16
미래 농업 육성과	소계	4	11	7	4	-	6	5	11	-
	농개 식발 품팀	2	5	4	1	-	3	2	5	-
	스마 기술 트팀	1	4	3	1	-	1	3	4	-
	버섯 TF 연구 팀	1	2	-	2	-	2	-	2	-
친환경 연구과	소 계	15	22	7	6	9	10	12	22	-
	탄소 연구 중립 팀	8	13	4	4	5	5	9	12	-
	농산 안전 연구 물성 팀	7	9	3	2	4	5	3	10	-
과수 연구과	소 계	10	18	7	8	3	8	10	12	6
	감 연구 굴 팀	6	12	3	7	2	3	9	6	6
	아 과 열 연구 대수 팀	4	6	4	1	1	5	1	6	-
원예 작물과	소 계	14	20	4	8	8	15	5	10	10
	채 연구 소 팀	4	7	3	2	2	3	4	2	5
	식량 연구 작물 팀	10	13	1	6	6	12	1	8	5

□ 2025년 시험연구사업 목록

분야	과 제 명		세 부 과 제 명	담당자	완 결	계 속	페 이 지
기관프로젝트	계	21과제	45세부과제		9	36	
	소계(고유)	5과제	16세부과제		1	15	
	1. 신품종 마늘 ‘대사니’ 우량종구 생산 기술 개발		5) 생장점 유래 세대별 종구 및 주아 생산력 검정	이광주		○	39
	2. 토착미생물 농업현장 실용화 기술 개발		1) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 기술 개발	김효정		○	44
			2) 토착미생물 활용 작물 생육촉진 효과 구명 연구	이용우		○	47
			3) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 효과 현장실증 연구	김효정		○	51
			4) 토착미생물 활용 작물 생육촉진 현장실증 연구	이용우		○	55
	3. 바이오차의 농업적 활용기술 개발		1) 제주지역 농림부산물 이용 바이오차 제조기술 개발	고윤정		○	67
			2) 바이오차 투입이 제주 토양환경에 미치는 영향 구명	고윤정		○	72
			3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	정승용		○	79
			4) 바이오차 투입에 따른 채소작물 생육에 미치는 효과 구명	오동은		○	90
			5) 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제 기술 개발	김효정		○	98
	4. 미래농업 대응 우리원 육성 만감류 디지털 농업 전환 및 출하시기 다변화		1) 우리원 육성 만감류 시설재배 노동력 절감형 과원 모델 개발	주재연		○	102
			3) 우리원 육성 만감류 가온재배 가능성 검토	오명협		○	107
	5. 데이터 기반 스마트 농업 기술 개발		1) ‘감평’ 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	김동균		○	115
			2) 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	김보화		○	122
			3) 마늘의 생육·환경 데이터 수집	김주영	○		130
			4) 감귤 자동관수 시스템 개발	김동균		○	150
	소계(공동*)	1과제	3세부과제		3	0	
	1. 국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구*		1) 국내육성 골드키위 ‘감황’ 유통수급 조절을 위한 저장성 향상 기술 연구*	김권수	○		154
			2) 국내육성 골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구*	김진영	○		154
			3) 국내육성 골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발(위탁)*	임효진	○		154
미래농업 육성과	소계(고유)	3과제	4세부과제		1	3	
	1. 영상 기반 하우스 만감류 생육 빅데이터 수집 연구		1) 영상기반 하우스 만감류 과실생육 정보 수집체계 개발	윤찬일	○		239
	2. 제주 농특산물 활용 전통주 양조 기술 개발		1) 제주 메밀 활용 전통주 양조 기술 개발	김순영		○	250

분야	과 제 명		세 부 과 제 명	담당자	완 결	계 속	페 이 지
	3. 버섯 안정생산 기술 개발 및 품종 선발		1) 시설재배 표고버섯 안정생산 기술 개발	이린아		○	256
			2) 자생버섯 유전자원 탐색 및 인공재배 기술 개발	이정배		○	260
친환경연구과	소계(고유)	4과제	6세부과제		1	5	
	1. 제주 토양에 적합한 수분관리 기술 개발		1) 제주 토양 종류별 수분보유특성 구명 및 토양수분센서 보정식 개발	이강해	○		270
			2) 토양수분센서 현장 적용성 검증	이강해		○	291
	2. 제주지역 만감류 비료사용 개선 연구		1) 만감류 정밀 양분관리 기술 개발	이용우		○	296
			2) 만감류 관비재배 적정 질소소비량 구명 연구	이강해		○	300
	3. 천연소재 활용 해충 방제 기술 개발		1) 해충 방제용 천연소재 선발 및 효과 구명 연구	이정민		○	304
과수연구과	소계(고유)	4과제	8세부과제		1	7	
	1. 감귤 교잡육종에 관한 연구		4) 과육색이 붉은 만감류 품종육성	김진주		○	317
	2. 기후변화 대응 감귤 신품종 개발		1) 고품질 밀감류 품종육성	김진주		○	321
			2) 고품질 만감류 품종육성	김진주		○	324
	3. 우리원 육성 만감류 신품종의 고품질 안정생산 연구		1) '가을향' 고품질 안정생산에 관한 연구	정승용		○	330
			2) '달코미' 재배기술에 관한 연구	정승용		○	337
			3) '설향' 재배기술에 관한 연구	정승용		○	342
			4) 만감류 신품종의 수형 개발 연구	주재연	○		347
	4. 새소득 아열대과수 도입 및 안정생산 재배기술 개발		1) 감귤하우스 활용한 저수고 바나나 안정 재배기술 개발	이현주		○	362
원예작물과	소계(고유)	4과제	8세부과제		3	5	
	1. 브로콜리 신품종 육성에 관한 연구		3) 브로콜리 F1 품종 육성	정권문		○	374
			4) 브로콜리 조생 우량계통 육성	정권문		○	378
	2. 제주산 메리골드 건강기능 식품 개발 가능성 검토		1) 메리골드 재배 지대별 품종 선발	양성준	○		386
			2) 추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교	양성준	○		405
	3. FTA 대응 새소득 작물 개발 및 조기 보급 확대		1) 국내 육성 트리티케일 제주지역 채종 적합 품종 선발 및 보급 확대	김승남		○	412
			2) 국내 육성 찰성 보리 제주지역 적합 품종 선발 및 보급 확대	김승남		○	414
	4. 신품종 나물콩 안정 생산 및 보급 확대		1) 신품종 나물콩 '해찬' 안정 재배기술 개발	고혁상		○	418
			2) 신품종 나물콩 '해찬' 농가실증	고혁상	○		422

* 공동연구과제의 대과제 책임자가 제주특별자치도농업기술원 연구원일 경우 완결시 보고서에 내용 수록 (제주농업과학기술 연구개발사업 추진 지침 참조)

※ 2025년 공동연구사업: 23과제 29세부과제

과 제 명	세 부 과 제 명	담당자	공동연구기관	비고
1. 국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구	1) 국내육성 골드키위 ‘감황’ 유통수급 조절을 위한 저장성 향상 기술 연구	김권수	농촌진흥청	지역특화(기관프로젝트)
	2) 국내육성 골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구	김진영		
	3) 국내육성 골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발(위탁)	임효진		
2. 제주지역 골드키위 감황 안정생산·생력화 연구 및 스마트팜 기반 구축	1) 국내육성 골드키위 감황 품질향상 재배기술 연구	김보화	농촌진흥청	지역특화(기관프로젝트)
	2) 골드키위 노동력 절감을 위한 기계수분 생력화 모델 개발	박재홍		
	3) 골드키위 생육관리 플랫폼(환경 데이터 수집장치) 개발	양철준		
3. 국내육성 신품종 메밀 보급 확대 및 기능성 제품 개발	1) 제주지역 신품종 메밀 농가실증 및 보급 확대	양성준	농촌진흥청	지역특화(기관프로젝트)
	2) 제주 메밀의 기능성 효과 구명(위탁)	최수연		
	3) 제주 메밀 가공제품 개발	강다영		
4. 공익직불제 대응 비료사용량 미설정 작물의 비료사용처방 기준 설정	10) 제주지역 소면적 재배작물의 토양검정 비료사용처방 기준 설정	이용우	국립농업과학원	
5. 농업용수 수질 변동평가(6차) 및 지표 개발	10) 제주지역 농업용수 수질변동 평가	고운정	국립농업과학원	
6. 일반 농경지 토양화학적 변동평가(6차) 및 농업환경 자원 평가 통합 플랫폼 구축	10) 제주지역 일반농경지 토양화학적 변동평가	이강해	국립농업과학원	
7. 전국단위 농경지 토양특성 검정 및 도별 비옥도 평가	149) 제주도 지목별 토양화학적 변화평가 및 시군별 토양검정 정도관리	오민아	국립농업과학원	
8. 농업부문 온실가스 통계 데이터 플랫폼 구축 및 감축 이행 평가	9) 제주 농업부문 온실가스 통계 데이터 플랫폼 구축 및 감축 이행 평가	김유경	(주)엔베스트	
9. 농업환경 중 농업 유래 유기오염 물질 모니터링 및 환경 위해성 평가 체계구축	11) 제주도 농업환경 중 농업유래 유기오염물질 모니터링	이정민	국립농업과학원	

과 제 명	세 부 과 제 명	담당자	공동연구 기관	비고
10. 예찰예측 데이터 자동분석 및 방제 의사결정 지원시스템 개선	4) 감귤 병해충 디지털 방제력 개발 및 현장적용 연구	현희정	(주)바이에스 투	
11. 고삼 응애류 등 방제용 농약의 직권등록 시험 27항목 (약효약해 I)	1) 쑥부쟁이 파밤나방 방제용 농약직권등록시험	이창훈	한국농자재 시험연구 기관협회	
12. 리치 탄저병 등 방제용 농약의 직권등록 시험 33항목(약효약해 V)	1) 레몬 검은점무늬병 방제용 농약직권 등록시험	이창훈	(주) 대승 바이오팜	
13. 농업생명자원 국가관리기관운영	1) 영양체 유전자원 보존 관리(감귤)	김진주	경기 도원	
14. 감귤 품종 선발을 위한 지역적응연구 및 신품종 이용촉진사업	1) 제주지역 감귤 보급 품종의 애로해결 기술 개발	오명협	국립원예 특작과학원	
15. 고품질 키위 신품종 이용촉진사업	5) 제주지역 키위 신품종 수출 확대를 위한 전문수출단지 육성	박재홍	국립원예 특작과학원	
16. 고품질 마늘·양파 신품종 우량계통 지역적응연구	7) 제주지역 마늘, 양파 우량계통 지역적응시험	김주영	국립원예 특작과학원	
17. 식량 위기 대응 잡곡 신품종 지역적응연구	5) 제주지역 잡곡 우량계통 지역적응시험	양성준	국립식량 과학원	
18. 고품질 다용도 감자 신품종 지역적응연구 및 이용촉진사업	6) 제주지역 감자 우량계통 지역적응시험	고혁상	국립식량 과학원	
19. 식량 위기 대응 콩 신품종 지역적응연구 및 이용촉진사업	9) 제주지역 두류 우량계통 지역적응시험	고혁상	국립식량 과학원	
20. 식용 맥류 안정생산을 위한 신품종 지역적응연구 및 이용촉진사업	10) 제주지역 식용맥류 우량계통 지역적응시험	김승남	국립식량 과학원	
21. 맥류 생육 및 생산량 전망을 위한 지역별 작황시험 연구	8) 제주지역 맥주보리 작황시험	김승남	국립식량 과학원	
22. 수입 사료맥류 종자 대체를 위한 사료 맥류 신품종 육성 및 이용촉진사업	9) 제주지역 사료맥류 우량계통 지역적응시험	김승남	국립식량 과학원	
23. 마늘·양파 이상기상 선제 대응을 위한 생육예측 및 재배 기술 개발	3) 제주지역 마늘·양파 생육 데이터 수집 및 생육관리 기술 개발	김주영	목포대학교	

※ 2025년 농약직권등록시험: 2작물 10병해충 50품목

구분	종류	작물	병해충	선발약제(품목명)
공동 과제	약효 약해	섬쭉부쟁이	파밤나방	에마멕틴벤조에이트 유제
				클로르페나피르 액상수화제
				루페뉴론 유제
				플룩사메타마이드 유탁제
				브로플라닐라이드 액상수화제
		레몬	검은점무늬병	아족시스트로빈 액상수화제
				피리벤카브 액상수화제
				클로로탈로닐 수화제
				프로클로라즈망가니즈 수화제
기관 자체	약해	섬쭉부쟁이	흰가루병, 담배거세미나방, 목화진딧물, 거세미나방, 달팽이, 굼뱅이류, 뿌리혹선충류, 차응애	디메토모르프과라클로스트로빈 액상수화제
				디페노코나졸 수화제
				마이클로뷰타닐 수화제
				메트라페논 액상수화제
				트리플록시스트로빈 액상수화제
				폴리옥신디 수화제
				프로피코나졸 유제
				헥사코나졸 액상수화제
				루페뉴론 유제(경엽처리)
				메타플루미존 유제
				비펜트린 유제
				스피로메시펜 액상수화제
				아크리나트린 액상수화제
				알파사이퍼메트린 유제
				에토펴프록스 수화제
				이미다클로프로이드 수화제
				클로티아니딘 액상수화제
				페니트로티온 유제
				피리플루퀴나존 액상수화제
				피메트로진 수화제
				루페뉴론 유제(관주처리)

구분	종류	작물	병해충	선발약제(품목명)
기관 자체	약해	섬쭉부쟁이	흰가루병, 담배거세미나방, 목화진딧물, 거세미나방, 달팽이, 굼벥이류, 뿌리혹선충류, 차응애	메타플루미존 유제
				클로르플루아주론 유제
				테플루벤주론 액상수화제
				메트알데하이드 입제(3%)
				메트알데하이드 입제(6%, 6kg/10a)
				메트알데하이드 입제(6%, 4.5kg/10a)
				비펜트린 입제
				비펜트린.카두사포스 입제
				비펜트린.폭심 입제
				사이플루트린.테부피림포스 입제
				에토펜프록스.터부포스 입제
				에토프로포스 입제
				카두사포스 입제
				터부포스 입제(3%, 5kg/10a)
				터부포스 입제(3%, 6kg/10a)
				테플루트린 입제
				테플루트린.티아메톡삼 입제
				포스티아제이트 입제
				폭심 입제
				플루오피람 입제

2. 기관프로젝트

< 총 설 >

기관프로젝트 과제는 고유연구 5과제 17세부과제, 공동연구 3과제 9세부과제 등 총 8과제 26세부과제를 추진하였다. 이 중, 공동 연구과제인 국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 과제는 2025년에 완결하여 특허출원 1건, 기술이전 3건, 학술발표 6건, 컨설팅 6건, 영농정보 4건, 소재화 1건, 시제품제작 6건 등의 성과를 달성하였다.

□ 고유 연구과제

마늘 ‘대사니’ 품종 종구의 안정적인 보급체계를 구축하기 위하여 생장점 유래 세대별 종구 및 주아 생산력을 검정하였다. 종구(4~7세대)와 주아(3~6세대)에 대한 생산성을 비교한 결과, 생육특성, 수량성, 종구 품질면에서 세대간 유의한 차이가 없었으며, 세대가 진전되어도 생산성이 유지되는 것으로 나타났다.

토착미생물의 농업 현장 실용화 기술 개발을 위해 2023년 특허출원한 바실러스 3종으로 감귤 더덩이병·검은점무늬병 방제 및 상추·감귤 생육 촉진 효과를 검정하였다. 그 결과, *Bacillus amyloliquefaciens* 1종이 최종 선발 되었다. 감귤 더덩이병의 방제효과는 63.1%였으며, 유기농업자재 등록 기준인 50%를 넘는 수준이었다. 감귤 검은점무늬병 방제는 현장실증을 통해 미생물과 만코제브 수화제 교호 처리 시 방제효과가 75~80%임을 확인하였다. 상추 생육촉진 현장실증 연구 결과, 미생물 처리 시 수량은 무처리 대비 17~27%로 유의하게 증가하였고, 질소 이용효율은 미생물과 함께 질소 0.8배 처리에서 가장 높았다. 감귤의 생육특성과 과실 품질은 미생물 처리에 따른 차이는 없었으며, 토양 세균 및 방선균 밀도는 미생물 처리구에서 높은 경향을 보여 근권 내 미생물 다양성을 높여 토양 개선 효과를 유도하는 것으로 판단되었다.

바이오차의 농업적 활용기술 개발을 위해 제주지역 농림부산물을 활용한 제조기술 등 5개 세부과제를 추진하였다. TLUD형 장비를 이

용하여 삼나무 톱밥을 탄화온도별(350~700℃)로 제조한 결과, 고온일수록 공기유량은 증가하고 탄화시간은 단축되었으며, 제조된 바이오차는 공정규격에 모두 적합하였다. 토양 유형별 탄소저장 효과 분석 결과, 노지에서는 화산회토에서 200kg/10a 이상 처리 시 유기물 및 T-C가 증가하였고 비화산회토에서는 차이가 없었다. 포트시험에서는 두 토양 모두 400kg/10a 이상에서 유기물 및 T-C가 증가하였다. 감귤 재배지에서는 바이오차 처리에 따라 토양 pH·EC, 생육 및 과실 품질에는 영향이 없었으나, 처리량 증가에 따라 아산화질소 발생량은 감소하고 토양 유기탄소 및 탄소축적량은 800kg/10a 이상에서 증가하였다. 시설감귤에서도 토양화학성과 생육 차이는 없었으나 용적밀도는 감소하였다. 채소작물(브로콜리, 월동무)에서는 토양 pH·EC는 처리 간 차이가 없었으며, 400kg/10a 이상 처리 시 용적밀도가 감소하였다. 총수량은 유의한 차이가 없었다. 배추과 뿌리혹병 방제 효과 연구에서는 브로콜리에서 바이오차 400kg/10a 이상 처리 시 생육이 다소 향상되는 경향을 보였으며, 발병정도는 처리 간 유의적인 차이는 없었다.

미래농업 대응 디지털 농업 전환 및 출하시기 다변화를 위해 우리원 육성 만감류 시설재배 노동력 절감형 과원 모델 개발 등 2세부과제를 수행하였다. 노동력 절감에 적합한 수형을 위해 개심자연형과 이축형 ‘달코미’ 4년생을 식재하여 소형 무인방제기(SMH100)로 방제 한 결과 개심자연형 대비 이축형의 농약 부착률이 44.8% 높았다. 우리원 육성 만감류의 추석 성수기 출하 가능성을 위하여 ‘우리향’과 ‘애원과시28호’ 대상으로 검토한 결과, 당도는 ‘우리향’이 2.1°Bx 높았으며, 주당 평균 수량은 ‘우리향’이 ‘애원과시28호’보다 9.4kg 많았다.

감평, 키위, 마늘에 대한 빅데이터 수집·분석과 감귤 자동관수 시스템 개발을 포함한 데이터 기반 스마트농업 기술개발 관련 4세부과제를 수행하였다. ‘감평’ 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석 결과, 과실 비대기(5~9월) 온도가 높을수록 열과율이 높은 경향이었으며, 특히 5~6월 주간온도와 7~9월 야간온도가 높으면 열과율이 높은 경향을 보였다. 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석 결과, ‘감황’ 품종의 과실 크기는 3~5월 평균온도와 정의 상관을 보였으며, 평균온도, 만개 후 일수, 착과개수를 포함한

다중회귀모형의 설명력($R^2=0.984$)이 가장 높았다. 마늘의 생육단계별 생육·환경요인 분석 결과, 수량 형성에 영향을 미치는 요인은 생육 단계에 따라 다르게 나타났으며 특히 추대기(4월 상~중) 엽수와 인편분화기(2월 중~3월 하) 토양온도가 주요 요인으로 확인되었다. 이를 이용해 구축한 수량 예측식은 높은 설명력($R^2=0.999$)과 낮은 예측오차(RMSE 14.10, MAE 12.57)를 보여 마늘 수량 예측에 활용 가능한 모형으로 판단되었다. 감귤 자동관수 시스템 개발 연구 결과, 토양수분장력 -100~ -140kPa 범위에서는 당도 증가폭이 낮았으나 -150kPa을 경계로 당도 증가폭이 높아졌고, 산함량은 -350kPa을 경계로 감소량이 크게 둔화되어 -150kPa.~ -350kPa을 과실 품질 확보를 위한 최적 토양수분 건조 범위로 도출하였다.

□ 공동 연구과제

제1차 지역특화작목 연구개발 및 육성 종합계획에 따라 제주지역 대표작목 키위와 집중육성작목 메밀의 안정생산 기반 확대 및 경쟁력 향상을 위한 3과제 9세부과제를 추진하였다.

국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구는 3세부과제를 추진하여 특허출원 1건, 기술이전 3건, 학술발표 6건, 컨설팅 6건, 영농정보 4건, 소재화 1건, 시제품제작 6건 등의 성과를 달성하였다. 골드키위 ‘감황’의 유통수급 조절을 위해 수확 후 전처리별 저장성을 분석한 결과, 예조 처리는 후숙 지연 효과로 10주 이내 단기 저장에 적합하고, 1-MCP 처리는 14주까지 경도를 유지하여 장기 저장에 효과적인 것으로 나타났다. 이에 출하 시기에 따라 전처리를 달리 적용하는 저장 관리 기술을 확립하였다. 가공소재 개발에서는 감압농축 시 품질 및 기능성분 보존이 우수하였고, 제습건조 분말은 색도와 항산화능이 뛰어난 것으로 확인되었다. 이를 활용해 밀크잼(분말 5.6%)과 곤약젤리(농축액 28%)의 최적 제조 조건을 도출하였다. 또한 ‘감황’을 활용한 주류 및 식초류 개발을 통해 알코올 23% 저도 증류주 및 하이볼 제품 공정을 확립하고, 특허 출원과 기술이전을 추

진하였다. 발효식초는 총산 5% 조건을 확립하고, 이를 기반으로 비알코올성 식초 음료 제조 공정 및 시제품을 개발하였다.

제주지역 골드키위 ‘감황’ 안정생산·생력화 연구 및 스마트팜 기반 구축 연구는 3세부과제를 추진하여 영농정보 1건, 학술발표 1건, 기술이전 3건, 기술보급서 1건, 현장평가회 1회, 교육 및 현장컨설팅 14회 등의 성과를 올렸다. 2020년 도입된 신품종 골드키위 ‘감황’의 안정적인 재배확산과 제주지역 맞춤형 재배기술 보급을 위해 적정 착과기준을 설정하여 과실 품질향상효과를 확인하였으며 인공수분 노동력 절감을 위한 스피드스프레이어(SS기) 활용 기계수분 모델을 구축하여 생력화 효과를 입증하였다. 이러한 연구성과 현장 적용을 위해 「국내육성 골드키위 노동력절감을 위한 기계수분 방법」 기술보급서를 제작·보급하였으며 생산단지별 교육, 현장컨설팅 등 맞춤형 기술지원을 확대하여 재배농가 학습활동을 지원하였다. 또한 골드키위 디지털농업 확산을 위해 스마트팜 시스템 연계 환경데이터 수집장치(RTU)를 개발하여 DB구축과 분석환경 개선을 통한 스마트농업 기반을 마련하였다.

국내육성 신품종 메밀 보급 확대 및 기능성 제품 개발 연구는 3세부과제를 수행하였다. 제주지역 신품종 메밀 농가실증을 추진한 결과, ‘햇살미소’는 ‘양절’메밀 대비 수량성에는 유의미한 차이가 없었으나 개화와 성숙이 2~6일 늦었고 가을 재배 시 ‘햇살미소’가 ‘양절’메밀보다 도복에 약한 것으로 조사되었다. 제주산 메밀의 기능성과 가공기술을 연구한 결과, ‘황금미소’, ‘햇살미소’, ‘양절’ 3품종 모두에서 항산화 활성이 확인되었으며, 특히 ‘황금미소’는 일반 메밀보다 약 2.5배 높은 항산화 효과를 보였다. 또한 염증 유발 인자는 억제되고 항염 인자는 증가하여 항염 효과가 확인되었고, 비만 유도 마우스 실험에서는 체중 증가가 약 10~20% 억제되어 항비만 효과도 나타났다. 한편 가공 공정에서는 증숙(찌기) 처리가 루틴 함량을 크게 증가시키고 쓴맛 성분을 감소시키는 데 효과적이었으며, 이를 통해 기능성은 높이고 쓴맛은 저감한 메밀 분말 제조공정을 정립하였다.

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	채소 (VC)	신품종 마늘 ‘대사니’ 우량종구 생산 기술 개발	’18~ ’27	제 주 도 원 원예작물과	이광주
	마늘 (VC041209)	1) 신품종 마늘 ‘대사니’ 종구 생산을 위한 재배기술 연구	’18 ~’20	제 주 도 원 원예연구과	정승용
	마늘 (VC041209)	2) 신품종 마늘 ‘대사니’ 조직 배양구 생산 기술 개발	’19 ~’20	제 주 도 원 농산물원종장	김진영
	마늘 (VC041209)	3) 조직배양 마늘 세대별 주아 생산 특성 및 생산력 검정	’21 ~’22	제 주 도 원 원예경영연구과	김주영
	마늘 (VC041209)	4) 마늘 조직배양구 세대별 생산력 검정	’21 ~’23	제 주 도 원 농산물원종장	양성년
	마늘 (VC041209)	5) 생장점 유래 세대별 종구 및 주아 생산력 검정	’24 ~’27	제 주 도 원 원예작물과	이광주

1. 연구목적

- 2023년부터 우리원 신품종 마늘 ‘대사니’ 우량종구 보급 체계에 따라 농가에 보급되고 있음
- 농가 보급 이후(5세대 이후) 세대별 종구 및 주아의 생산력 검정을 통해 마늘 ‘대사니’ 종구 보급 체계 확립

2. 재료 및 방법

(시험1) 우량 종구 세대 진전에 따른 생산력 검정

- 시험품종: ‘대사니’
- 처리내용: 4세대(대조구), 5~7세대 종구
- 시험구배치법: 난괴법 3반복
- 주요 조사항목: 생육 및 수량 특성 등
- 경종 개요
 - 시험장소: 대정읍 무릉리(무릉시험포장 C동 노지)
 - 파종일: 2024. 9. 27. 수확일: 2025. 5. 29.
 - 시비량(N-P₂O₅-K₂O): 25-7.7-12.8kg/10a

(시험2) 우량 종구 세대별 주아 활용 생산력 검정

- 시험품종: ‘대사니’
- 처리내용: 3세대 유래(대조구), 4~6세대 유래 주아
- 시험구배치법: 난괴법 3반복
- 조사항목: 생육 및 수량 특성 등
- 경종 개요
 - 시험장소: 대정읍 무릉리(무릉시험포장 C동 노지)
 - 파종일: 2024. 9. 27. 수확일: 2025. 5. 29.
 - 시비량(N-P₂O₅-K₂O): 25-7.7-12.8kg/10a

3. 주요 연구결과

(시험 1) 우량 종구 세대 진전에 따른 생산력 검정

- 출현 특성

처리내용	출현기(년월일)	출현중(년월일)	출현율(%)
4세대(대조)	2024. 10. 10.	2024. 10. 13.	97.6
5세대	2024. 10. 10.	2024. 10. 13.	95.3
6세대	2024. 10. 10.	2024. 10. 13.	94.9
7세대	2024. 10. 10.	2024. 10. 13.	97.7

※ 출현기: 파종 인편수의 40%까지 출현한 날
 출현중: 파종 인편수의 80%까지 출현한 날
 출현율: (출현수/인편 파종수)×100

- 지상부 생육 특성

처리내용	엽수(매)			초장(cm)			엽초장(cm)			엽초경(mm)		
	월동전	월동후	수확기	월동전	월동후	수확기	월동전	월동후	수확기	월동전	월동후	수확기
4세대(대조)	5.7	9.5	3.5	49.2	81.1	66.7	7.8	34.1	49.0	9.6	18.4	11.9
5세대	5.9	9.4	3.6	49.1	80.3	63.8	7.9	34.1	48.2	9.8	19.2	12.2
6세대	6.0	9.2	3.0	47.4	77.7	59.7	7.5	32.6	46.3	9.6	18.4	11.5
7세대	5.8	9.1	3.6	45.0	78.3	63.5	7.6	33.4	48.3	9.3	18.0	11.4

※ (조사일) 월동 전: 12월 9일, 월동 후: 4월 1일, 수확기: 5월 29일

○ 지하부 생육 특성

(조사일: 6월 10일)

처리내용	구고 (mm)	구경 (mm)	구중 (g)	인편수 (개)
4세대(대조)	33.2	49.5	42.7 a ^z	6.8
5세대	33.4	50.5	45.4 a	6.8
6세대	32.4	48.7	42.7 a	6.5
7세대	31.8	47.7	39.9 a	6.4

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 수량 특성

(수확일: 5월 29일, 조사일: 6월 10일)

처리내용	총수량 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)	상품 비율 ^y (%)				비상품률(%)	
			소계	상	중	하	2차생장	병해
4세대(대조)	1,803 a ^z	1,590 a	88.1	57.6	29.0	1.5	6.9	5.0
5세대	1,687 a	1,491 a	89.0	62.9	18.8	7.3	4.3	6.7
6세대	1,408 a	1,331 a	93.6	57.3	22.0	14.3	3.8	2.6
7세대	1,408 a	1,274 a	89.6	64.5	15.8	9.3	4.6	5.8

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$ ^y 상품(5cm 초과), 중품(4~5cm), 하품(4cm미만) ※ 대정농협 상품규격 적용

(시험2) 우량 종구 세대별 주아 활용 생산력 검정

○ 출현 특성

처리내용	출현기(년월일)	출현중(년월일)	출현율(%)
3세대유래(대조)	2024. 10. 22.	2024. 11. 06.	85.0
4세대유래	2024. 10. 19.	2024. 11. 02.	84.2
5세대유래	2024. 10. 22.	2024. 11. 15.	77.2
6세대유래	2024. 10. 25.	2024. 11. 16.	76.1

※ 출현기: 파종 인편수의 40%까지 출현한 날
출현중: 파종 인편수의 80%까지 출현한 날
출현율: (출현수/인편 파종수)×100

○ 지상부 생육 특성

처리내용	엽수(매)			초장(cm)			엽초장(cm)			엽초경(mm)		
	월동전	월동후	수확기	월동전	월동후	수확기	월동전	월동후	수확기	월동전	월동후	수확기
3세대유래(대조)	4.3	7.1	3.8	35.1	71.5	61.0	5.1	25.1	40.7	5.1	14.8	11.6
4세대유래	4.4	6.8	3.4	32.3	65.3	56.1	5.2	23.3	40.1	4.7	12.9	10.3
5세대유래	4.4	7.1	3.7	32.9	66.6	59.7	5.0	24.3	40.1	4.6	13.4	10.6
6세대유래	4.0	6.4	3.4	30.1	62.9	55.0	5.1	22.2	37.0	4.1	11.8	9.4

※ (조사일) 월동 전: 12월 9일, 월동 후: 4월 1일, 수확기: 5월 29일

○ 지하부 생육 특성

(조사일: 6월 10일)

처리내용	구고(mm)	구경(mm)	구중(g)	인편수(개)
3세대유래(대조)	32.1	48.0	44.0 a ^z	6.3
4세대유래	29.7	43.8	34.0 a	6.2
5세대유래	30.9	45.1	36.2 a	6.4
6세대유래	29.0	40.9	29.4 a	5.1

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 수량 특성

(수확일: 5월 29일, 조사일: 6월 10일)

처리내용	총수량(kg/10a)	상품수량(kg/10a)	상품 비율 ^y (%)				비상품률(%)	
			소계	상	중	하	2차생장	병해
3세대유래(대조)	1,350 a ^z	1,205 a	87.9	74.5	0.8	12.6	12.1	0.0
4세대유래	1,270 a	1,210 a	95.7	48.3	30.3	17.1	4.3	0.0
5세대유래	1,204 a	1,192 a	98.9	61.5	28.2	9.2	0.5	0.6
6세대유래	1,037 a	1,003 a	97.0	29.5	41.0	26.5	2.5	0.5

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^y상품(5cm 초과), 중품(4~5cm), 하품(4cm미만) ※ 대정농협 상품규격 적용

4. 적 요

(시험 1) 우량 종구 세대 진전에 따른 생산력 검정

- 출현기, 출현종은 모든 세대에서 14일, 17일로 동일하게 나타남
- 엽수, 초장, 엽초장, 엽초경 모든 세대별 큰 차이는 없었음
- 지하부 구고, 구경, 구중도 통계적으로 유의성이 없었음
- 총수량과 상품수량은 4세대가 가장 많았으며, 세대가 진전될수록 감소하였으나, 통계적으로는 차이가 없었음

(시험 2) 우량 종구 세대별 주아 활용 생산력 검정

- 세대별 유래 주아는 세대가 진전될수록 출현율이 감소함
- 세대가 진전될수록 구경, 구중 모두 감소하지만, 통계적으로 유의성이 없었음
- 세대가 진전에 따른 총수량과 상품수량은 통계적으로 차이가 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
5) 생장점 유래 세대별 종구 및 주아 생산력 검정	책 임 자	제주도원예작물과	농업연구관	이 광 주	시험수행 총괄
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	강 태 완	자료 분석
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	김 주 영	생육특성 조사
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	고 순 보	결과 검토
	연구보조원	제주도원예작물과	공무직	정 명 호	시험포장관리

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	농업미생물 개발 및 활용 MC	토착미생물 농업 현장 실용 화 기술개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	생물방제 MC04MC45	1) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	2) 토착미생물 활용 작물 생육 촉진 효과 구명 연구	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	생물방제 MC04MC45	3) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 효과 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	4) 토착미생물 활용 작물 생육 촉진 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우

1. 연구목적

- 감귤 병해 방제용 미생물 선발 및 활용기술 정립

2. 재료 및 방법

(시험 3) 감귤 더덩이병 방제 효과 구명

- 대상병해: 더덩이병(*Elsinoe fawcettii*)
- 처리내용: 토착미생물(*Bacillus* sp., 3종), 미생물 농약(*Bacillus subtilis* QST713), 무처리

※ 시험균주 현황

구분	균주 명		비고
토착 미생물	B2	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	제주테크노파크(JTP) 공동 선발 및 특허 출원(B2, B18) * 섬유소분해능, 인산가용화능 및 항균활성(검은점무늬병 등) 우수 미생물 선발('23)
	B18	<i>Bacillus subtilis</i>	
	B22	<i>Bacillus velezensis</i>	

- 처리방법: 엽면처리(7일 간격 3회~7회)
 - 병원균 접종(1×10^6 conidia/ml) 24시간 후 미생물(1×10^6 cfu/ml) 엽면살포

○ 병원균 접종 후 미생물 처리 시기

처리구	병원균 접종일	엽면살포 처리일						
		1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회
B2, B18, B22, 미생물농약	3. 27.	3. 28.	4. 4.	4. 11.	4. 18.	4. 25.	5. 2.	5. 9.

○ 조사항목: 발병률, 방제가, 약해 등

* 발병률(%)=(이병엽 수/총 조사엽 수)×100

* 방제가(%)=[1-(처리구의 발병률/무처리구의 발병률)]×100

3. 주요 연구결과

○ 토착 미생물 처리에 따른 감귤 더듬이병 방제효과 검증

처리내용	약해	발병률(%)	방제가(%)
무처리	— ^z	32.7 c ^y	—
미생물농약 (대조구, <i>Bacillus subtilis</i>)	약해 없음	6.32 a	79.6
B2 (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)	약해 없음	12.1 b	63.1
B18 (<i>Bacillus subtilis</i>)	약해 없음	30.4 c	1.7
B22 (<i>Bacillus velezensis</i>)	약해 없음	30.0 c	3.0

^z -: 무처리는 처리물질 미처리로 약해 평가 제외, 방제가는 무처리를 기준으로 산출 대상 제외

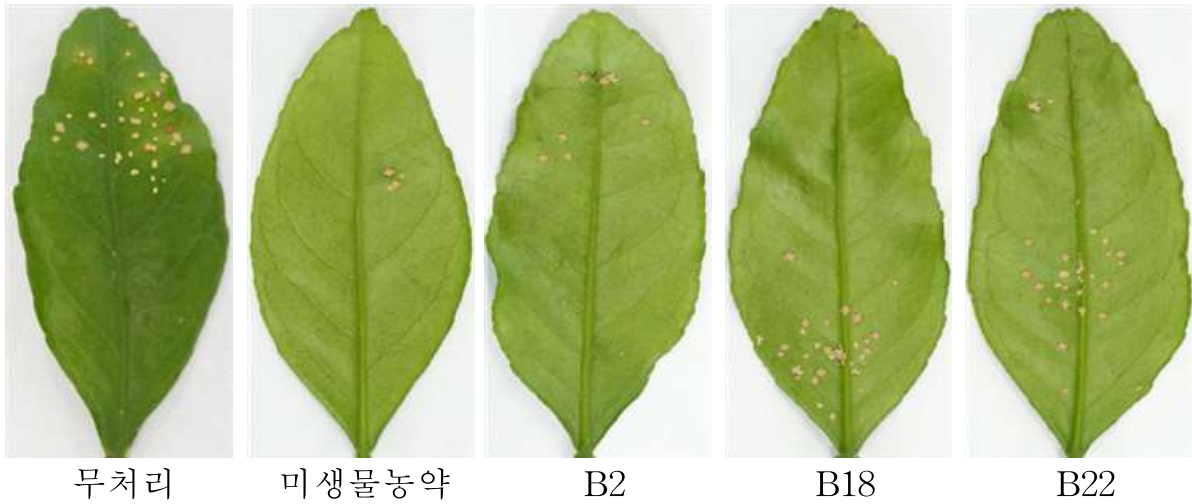
^y Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

* 조사일: '25. 5. 23.

○ 토착 미생물 활용 감귤 더듬이병 방제효과 시험처리



○ 토착 미생물 처리에 따른 감귤 더듬이병 처리구별 병징



4. 적요

- *B. amyloliquefaciens* 처리 시 방제가가 63.1%로, 미생물농약 (대조구) 처리보다 다소 낮지만 유기농업자재 공시기준(50%)을 넘는 방제효과를 나타냄

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	김 효 정	시험수행 총괄
	공 동 연구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	현 희 정	병해 발생조사
	공 동 연구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 관 연구관	김 석 만	결과 검토
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	김 영 민	시험 포장관리

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	미생물 MC	토착미생물 농업 현장 실용 화 기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	생물방제 MC04MC45	1) 토착미생물 활용 감귤 병 해 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	2) 토착미생물 활용 작물 생 육촉진 효과 구명 연구	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	생물방제 MC04MC45	3) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 효과 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	4) 토착미생물 활용 작물 생 육촉진 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우

1. 연구목적

- 작물 생육 촉진 효과가 우수한 토착미생물 선발 및 활용기술 정립

2. 재료 및 방법

(시험 2) 감귤 생육 촉진 효과 구명

- 시험작물: 만감류('부지화') * 포트재배
- 처리내용: 무처리, 토착미생물(*Bacillus* sp. 3종), 토양미생물제제(*Bacillus* sp. 3종)

* 시험균주 현황

구분	균주 명	비고
토착 미생물	B2 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	제주테크노파크(JTP) 공동 선발 및 특허 출원(B2, B18) * 섬유소분해능, 인산가용화능 및 항균활성(검은점무늬병 등) 우수 미생물 선발('23)
	B18 <i>Bacillus subtilis</i>	
	B22 <i>Bacillus velezensis</i>	
토양 미생물제제	B55 <i>Bacillus subtilis</i>	시판균주
	A1 <i>Bacillus velezensis</i>	
	A2 <i>Bacillus velezensis</i>	

- 처리방법: 관주(3~8월, 월 2회) * 미생물 처리농도: 1×10^6 cfu/ml

- 조사 항목: 생육특성(수관용적, 봄순길이 등), 식물체 양분함량(N, P₂O₅, K₂O), 토양화학성(pH, EC 등), 토양미생물 활성(탈수소효소 등)

* 재배 개요

- 묘목(2년생) 포트이식('24. 3.)
- 양분 및 병해충 관리: 농업기술원 표준재배법에 준함



※ 감귤(‘부지화’) 토착미생물 시험포장

3. 주요 연구결과

(시험 2) 감귤 생육 촉진 효과 구명

- 봄순 생육특성 및 수관용적

처리내용		봄순길이 (cm)	봄순굵기 (mm)	엽면적 (cm ²)	엽록소함량 (SPAD)	수관용적 (m ³)
무처리		22.4 b ^z	3.62 ab	17.8 bc	70.4 a	1.62 a
토착 미생물	B2	25.8 a	3.83 a	21.1 ab	70.3 a	1.71 a
	B18	24.9 ab	3.65 ab	23.3 a	71.2 a	1.68 a
	B22	14.2 c	3.37 b	21.7 ab	68.3 a	1.58 a
토양 미생물 제제	B55	23.8 ab	3.47 b	19.4 abc	67.6 a	1.58 a
	A1	12.4 c	3.32 b	23.1 a	70.0 a	1.41 a
	A2	22.1 b	3.39 b	16.4 c	69.4 a	1.44 a

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: 봄순 생육특성(2025. 6. 4.), 수관용적(2025. 9. 5.)

○ 봄잎 양분함량

처리내용		T-N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)
무처리		2.78 a ^z	0.38 ab	2.36 ab
토착 미생물	B2	2.67 ab	0.37 ab	2.18 abc
	B18	2.48 b	0.33 b	2.15 bc
	B22	2.65 ab	0.37 b	2.22 abc
토양 미생물 제제	B55	2.68 ab	0.43 a	2.57 a
	A1	2.57 ab	0.34 b	1.96 bc
	A2	2.60 ab	0.39 ab	2.43 ab

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: 2025. 6. 4.

○ 시험 전·후 토양화학성

처리내용		pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations (cmol ⁺ /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)	
						K	Ca	Mg		
시험 전		5.6	0.3	59.3	192	1.3	6.9	1.7	-	
시험 후	무처리		5.5	0.3	42.8	330	1.1	2.6	1.4	118
	토착 미생물	B2	5.4	0.4	41.6	265	1.0	2.2	1.3	129
		B18	5.3	0.4	41.1	296	1.2	2.1	1.4	139
		B22	5.7	0.3	46.0	278	0.9	3.5	2.0	96
	토양 미생물 제제	B55	5.5	0.4	42.0	272	1.0	2.7	2.0	125
		A1	5.6	0.4	43.9	250	1.0	3.0	1.8	104
		A2	5.5	0.5	47.0	215	1.1	3.1	1.5	135

* 조사일: 시험 전(2025. 3. 14.), 시험 후(2025. 9. 5.)

○ 토양 미생물상 및 탈수소효소 활성

처리내용		세균 ($\times 10^6$ cfu/g)	방선균 ($\times 10^5$ cfu/g)	사상균 ($\times 10^3$ cfu/g)	탈수소효소 활성 ($\mu\text{g TPF}/(\text{g soil day})$)
무처리		5.1	1.8	7.3	20.5 cd ^z
토착 미생물	B2	6.4	1.8	6.7	44.6 a
	B18	6.0	1.8	8.0	15.9 d
	B22	3.1	3.3	11.3	27.6 bc
토양 미생물 제제	B55	1.9	1.9	8.6	33.1 b
	A1	8.4	2.8	8.0	30.4 bc
	A2	3.3	2.7	9.1	23.2 bcd

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: 2025. 9. 5.

* 토양 미생물상: 미생물 군집의 균형과 건강성 지표(세균·방선균 많고, 사상균 적을수록 양호)

4. 적 요

- 봄순 생육(길이, 엽면적)은 B2, B18 처리구에서 증가하는 경향이었으며, 수관용적은 처리 간 유의한 차이가 없었음
- 봄잎 양분함량은 무처리 대비 미생물 처리에 따른 차이가 없었음
- 토양화학적은 무처리 대비 미생물 처리에 따른 차이가 없었음
- 미생물의 활성도 지표인 탈수소효소(dehydrogenase) 활성은 B2 처리에서 가장 높았음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) 토착미생물 활용 작물 생육 촉진 효과 구명 연구	책 임 자	제주도원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 용 우	시험수행 총괄
	공 동 연구자	제주도원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 강 해	식물체, 토양 분석
	공 동 연구자	제주도원 친환경연구과	농 업 관 연구관	김 유 경	결과 검토
	연구 보조원	제주도원 친환경연구과	공 무 직	이 서 영	시험포장 관리

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	농업미생물 개발 및 활용 MC	토착미생물 농업 현장 실용 화 기술개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	생물방제 MC04MC45	1) 토착미생물 활용 감귤 병 해 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	2) 토착미생물 활용 작물 생육 촉진 효과 구명 연구	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	생물방제 MC04MC45	3) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 효과 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	4) 토착미생물 활용 작물 생육 촉진 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우

1. 연구목적

- 감귤 병해 방제용 미생물 선발 및 활용기술 정립

2. 재료 및 방법

(시험 1) 감귤 검은점무늬병 방제 효과 구명

- 시험작물(품종): 감귤(‘홍진’)
- 대상병해: 검은점무늬병(*Diaporthe citri*)
- 시험장소(재배면적): 애월읍 수산리 140(1,353m²)
- 처리내용: 무처리, 미생물(9회), 미생물(3회) + 만코제브 수화제(5회),
미생물(2회) + 만코제브 수화제(6회), 관행처리(만코제브 수화제 7회)
 - * 처리 미생물: *Bacillus amyloliquefaciens*(세부과제 1 선발 미생물)
 - * 미생물 + 만코제브 수화제는 날짜를 달리한 교호 살포
- 처리방법: 엽면살포 * 미생물 처리농도: 1×10⁶cfu/ml

○ 미생물과 농약 처리별 살포횟수 및 시기

처리내용	총 살포 횟수(회)	미생물 살포(회)	농약 살포(회)	살포시기
미생물(9회)	9	9	0	6.24., 7.4., 7.17., 7.28., 8.8., 8.18., 8.29., 9.10., 9.23.
미생물(3회)+만코제브(5회)	8	3	5	미생물: 6.24., 7.4., 7.14. 농약: 7.17., 7.28., 8.8., 8.29., 9.10.
미생물(2회)+만코제브(6회)	8	2	6	미생물: 6.24., 7.14. 농약: 7.17, 7.28, 8.8, 8.29, 9.10, 9.23
만코제브(7회)	7	0	7	6.24, 7.17, 7.28, 8.18, 8.29, 9.10, 9.23

○ 조사항목: 발병도, 방제가, 약해 등

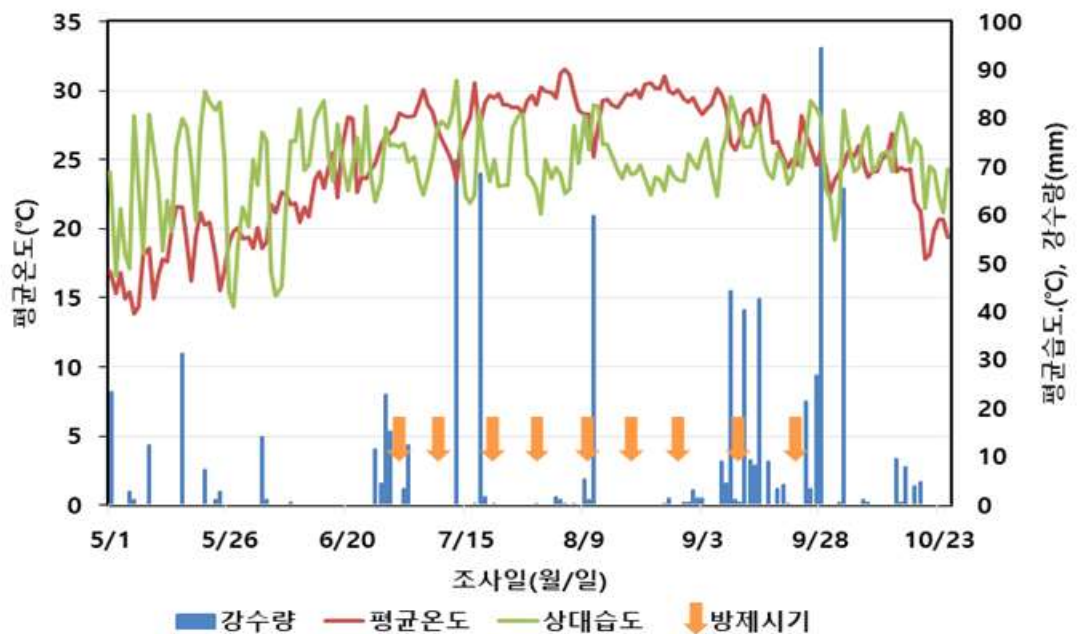
* 발병도(%)= [(7A+5B+3C+D)/(7N)]*100

☞ A: 병반이 1과 당 21개 이상, B: 11~20개, C: 4~10개. D: 1~3개,
E: 미발생, N: 조사한 과실수

* 방제가(%)=[1-(처리구의 발병도/무처리구의 발병도)]×100

3. 주요 연구결과

○ 감귤 검은점무늬병 현장실증 포장 기상



○ 착색기 전 토착 미생물 처리별 검은점무늬병 방제 효과 검정

처리내용	약해	발병도(%)	방제가(%)
무처리	— ^z	61.6 c ^y	—
미생물 9회	약해 없음	36.5 b	40.7
미생물 3회 + 만코제브 5회	약해 없음	12.1 a	80.4
미생물 2회 + 만코제브 6회	약해 없음	7.4 a	88.0
만코제브 7회	—	6.9 a	88.8

^z -: 무처리는 처리물질 미처리로 약해 평가 제외, 방제가는 무처리를 기준으로 산출 대상 제외

^y Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: '25. 9. 19.

○ 착색기 전 감귤 검은점무늬병 발병정도



무처리

미생물 9회

미생물 3회 +
만코제브 5회

미생물 2회 +
만코제브 6회

만코제브 7회

○ 착색기 토착 미생물 처리별 검은점무늬병 방제 효과 검정

처리내용	약해	발병도(%)	방제가(%)
무처리	— ^z	70.4 c ^y	—
미생물 9회	약해 없음	45.6 b	35.2
미생물 3회 + 만코제브 5회	약해 없음	17.5 a	75.1
미생물 2회 + 만코제브 6회	약해 없음	13.1 a	81.4
만코제브 7회	—	8.9 a	87.4

^z -: 무처리는 처리물질 미처리로 약해 평가 제외, 방제가는 무처리를 기준으로 산출 대상 제외

^y Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: '25. 10. 25.

○ 착색기 처리별 감귤 검은점무늬병 발병정도



무처리

미생물 9회

미생물 3회 +
만코제브 5회

미생물 2회 +
만코제브 6회

만코제브 7회

4. 적 요

- 착색기 발병도는 무처리에서 가장 높게 나타났으며, 미생물과 만코제브 수화제의 교호 처리구에서 방제가는 75~80% 이상으로 나타남

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
3) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 효과 현장실증 연구	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	김 효 정	시험수행 총괄
	공 동 연구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 정 민	병해 발생 조사
	공 동 연구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 관 연구관	김 석 만	결과 검토
	연구 보 조 원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	김 영 민	시험 포장관리

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	미생물 MC	토착미생물 농업 현장 실용 화 기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	생물방제 MC04MC45	1) 토착미생물 활용 감귤 병 해 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	2) 토착미생물 활용 작물 생 육촉진 효과 구명 연구	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	생물방제 MC04MC45	3) 토착미생물 활용 감귤 병해 방제 효과 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	김효정
	토양 MC03MC33	4) 토착미생물 활용 작물 생 육촉진 현장실증 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우

1. 연구목적

- 작물 생육 촉진 효과가 우수한 토착미생물 현장 활용기술 정립

2. 재료 및 방법

(시험 1) 상추 생육 촉진 현장실증 연구

- 시험작물: 상추(시설재배)
- 처리내용: 무처리 + 비료(질소 100%), 미생물 + 비료(질소 100%),
미생물 + 비료(질소 90%), 미생물 + 비료(질소 80%)
 - * 시험미생물: 세부과제 2) 선발균주(*Bacillus amyloliquefaciens* B2)
 - * 비료: 표준시비량(질소 7kg/10a) 기준
- 처리방법: 관주(7일 간격, 총 5회)
 - * 관수량: 3ton/10a, 미생물 처리농도: 1×10^6 cfu/ml
- 조사항목: 수량성, 생육특성, 양분함량 및 흡수량, 토양화학적 등
- 재배개요

시험장소	정식일	수확일
A포장(제주시 삼양동)	2025. 6. 6.	2025. 7. 1. ~ 7. 17.
B포장(제주시 애월읍)	2025. 8. 29.	2025. 9. 24. ~ 10. 29.

* 포장별 수확기 총 3회 수량조사

(시험 2) 감귤 생육 촉진 현장실증 연구

○ 시험작물: 만감류(‘부지화’) * 토경재배

○ 시험장소: 서귀포시 토평동

○ 처리내용: 무처리, 미생물(*Bacillus* sp.)

* 시험미생물: 세부과제 2) 선발균주(*Bacillus amyloliquefaciens* B2), 비료: 표준시비량 기준

○ 처리방법: 관주(3~8월, 월 2회)

* 관수량: 3ton/10a, 미생물 처리농도: 1×10^6 cfu/ml

○ 조사항목: 생육특성, 식물체 양분함량, 토양화학성 등

3. 주요 연구결과

(시험 1) 상추 생육 촉진 현장실증 연구

○ 생육특성 및 수량성

처리내용			엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소함량 (SPAD)	수량 (kg/10a)	수량지수 ^z
A포장	무처리(N 1.0)		22.1 a ^y	12.7 b	25.5 b	2,968 c	100
	미생물 (B2)	N 1.0	22.6 a	13.3 ab	26.8 a	3,472 b	117
		N 0.9	22.3 a	13.0 ab	26.9 a	3,488 b	118
		N 0.8	22.8 a	13.5 a	27.6 a	3,682 a	124
B포장	무처리(N 1.0)		16.1 b	10.5 b	29.4 a	1,313 b	100
	미생물 (B2)	N 1.0	17.5 ab	10.9 ab	30.0 a	1,568 a	119
		N 0.9	17.7 ab	11.1 ab	29.4 a	1,618 a	123
		N 0.8	18.8 a	11.8 a	28.1 a	1,674 a	127

※ N 1.0: 질소 100%, N 0.9: 질소 90%, N 0.8: 질소 80%

^z (처리구 / 무처리구) × 100

^y Means within each field(A and B) were separated by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: A포장(2025. 7. 1.~7. 17.), B포장(2025. 9. 24.~10. 29.)

○ 양분함량 및 흡수량

처리내용			양분함량(%)			양분흡수량(kg/10a)			NUE ^z (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
A포장	무처리(N 1.0)		4.9 a ^y	1.0 a	10.0 a	3.1 c	0.6 a	6.4 a	44.5 d
	미생물 (B2)	N 1.0	4.7 a	0.9 a	10.2 a	3.5 b	0.7 a	7.5 a	49.5 c
		N 0.9	4.7 a	0.9 a	10.0 a	3.5 ab	0.7 a	7.3 a	55.1 b
		N 0.8	4.8 a	1.0 a	10.7 a	3.6 a	0.8 a	8.2 a	64.4 a
B포장	무처리(N 1.0)		5.2 a	0.8 a	12.3 a	3.7 b	0.6 b	9.1 a	53.4 d
	미생물 (B2)	N 1.0	5.4 a	0.9 a	12.2 a	4.1 a	0.7 a	9.3 a	59.0 c
		N 0.9	5.4 a	0.9 a	12.4 a	4.2 a	0.7 a	9.6 a	66.9 b
		N 0.8	5.4 a	0.9 a	12.1 a	4.1 a	0.7 a	9.2 a	72.7 a

※ N 1.0: 질소 100%, N 0.9: 질소 90%, N 0.8: 질소 80%

^z NUE(질소이용효율): (양분흡수량 / 시비량) × 100

^y Means within each field(A and B) were separated by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: A포장(2025. 7. 17.), B포장(2025. 10. 29.)

○ 시험 전·후 토양화학성

처리내용			pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(cmol ⁺ /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)
							K	Ca	Mg	
A포장	시험전		6.3	0.8	26.2	320	1.6	14.9	6.3	-
	시험후	무처리(N 1.0)	6.5	0.3	29.7	422	1.3	14.6	6.6	22.6
		N10	6.7	0.4	28.0	384	1.5	16.5	7.8	31.9
		N09	6.7	0.3	30.2	392	1.5	15.8	7.4	27.8
		N08	6.7	0.4	29.0	382	1.4	15.4	7.1	29.4
B포장	시험전		7.0	2.3	69.1	520	5.6	14.5	8.9	-
	시험후	무처리(N 1.0)	6.9	3.2	73.1	471	5.7	16.7	9.6	-
		N10	6.8	3.5	71.3	484	5.3	16.9	9.5	-
		N09	7.0	3.1	69.9	534	5.6	17.3	9.5	-
		N08	6.8	3.2	71.5	441	5.8	16.8	9.4	-

※ N 1.0: 질소 100%, N 0.9: 질소 90%, N 0.8: 질소 80%

* 조사일: A포장(시험전 2025. 5. 8., 시험후 2025. 7. 17.)

B포장(시험전 2025. 8. 28., 시험후 2025. 10. 29.)

○ 토양 미생물상 및 탈수소효소 활성

처리내용			세균 (×10 ⁶ cfu/g)	방선균 (×10 ⁵ cfu/g)	사상균 (×10 ⁴ cfu/g)	탈수소효소 활성 (μg TPF/(g soil day))
A포장	무처리(N 1.0)		17.4	5.7	2.9	50.2 a ^z
	미생물 (B2)	N 1.0	21.9	5.7	1.9	58.5 a
		N 0.9	29.9	6.4	1.1	58.7 a
		N 0.8	18.8	3.9	1.3	58.8 a
B포장	무처리(N 1.0)		25.3	3.0	1.6	37.5 a
	미생물 (B2)	N 1.0	45.4	9.0	1.0	41.7 a
		N 0.9	38.4	5.4	0.5	42.8 a
		N 0.8	31.8	2.5	0.9	40.6 a

※ N 1.0: 질소 100%, N 0.9: 질소 90%, N 0.8: 질소 80%

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: A포장(2025. 7. 17.), B포장(2025. 10. 29.)

* 토양 미생물상: 미생물 군집의 균형과 건강성 지표(세균·방선균 많고, 사상균 적을수록 양호)

(시험 2) 감귤 생육 촉진 현장실증 연구

○ 봄순 생육특성 및 수관용적

처리내용	봄순길이 (cm)	봄순굵기 (mm)	엽면적 (cm^2)	엽록소함량 (SPAD)	수관용적 (m^3)
무처리	23.8	2.54	24.5	47.4	16.1
미생물(B2)	22.3	2.06	24.3	40.0	18.3

* 조사일: 2025. 6. 11.

○ 봄잎 양분함량 및 과실 품질

처리내용	봄잎 양분함량			과실 품질	
	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)	당도(°Bx)	산함량(%)
무처리	3.01	0.31	2.56	11.9	1.95
미생물(B2)	2.99	0.29	2.42	11.5	1.79

* 조사일: 봄잎(2025. 6. 11.), 과실(2025. 12. 12.)

○ 시험포장 토양화학성

조사시기	처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	ExCations(cmol ⁺ /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)
						K	Ca	Mg	
3월	시험전	5.0	7.4	156	356	2.9	16.3	4.8	-
6월	무처리	4.7	5.9	146	589	3.4	12.4	4.0	104
	미생물 (B2)	4.6	6.2	147	765	4.2	11.9	3.9	66

○ 토양 미생물상 및 탈수소효소 활성

처리내용	세균 (× 10 ⁶ cfu/g)	방선균 (× 10 ⁵ cfu/g)	사상균 (× 10 ⁴ cfu/g)	탈수소효소 활성 (μg TPF/(g soil day))
무처리	9.7	5.6	10.6	12.3
미생물(B2)	21.2	10.6	6.1	14.3

* 조사일: 2025. 10. 2.

* 토양 미생물상: 미생물 군집의 균형과 건강성 지표(세균·방선균은 많고, 사상균 적을수록 양호)

4. 적 요

(시험 1) 상추 생육 촉진 현장실증 연구

- 상추 수량은 미생물 처리 시 무처리 대비 17~27% 유의하게 증가하였음
- 질소 흡수량은 미생물 처리 시 증가하였으며, 질소 이용효율은 미생물+질소 0.8배 처리에서 가장 높았음
- 탈수소효소 활성은 미생물 처리 시 다소 증가하였으나, 통계적 유의성은 없었음

(시험 2) 감귤 생육 촉진 현장실증 연구

- 봄순(잎) 생육특성 및 양분함량, 과실 품질은 무처리 대비 미생물 처리에 따른 차이가 없었음
- 토양 세균 및 방선균 밀도는 미생물 처리구에서, 사상균 밀도는 무처리구에서 높은 경향이였으며, 탈수소효소 활성은 처리간 차이가 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
4) 토착미생물 활용 작물 생육 촉진 현장실증 연구	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	이 용 우	시험수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	이 강 해	식물체, 토양 분석
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구관	김 유 경	결과 검토
	연구 보조원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	이 서 영	시험포장 관리

영농정보 요약

활 용 구 분	영농기술				영농정보																																			
	신기술 시범사업		현장실 증 연구		농업기술 길잡이		교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털																															
제 목	미생물 활용 시설상추 재배 방법 및 비료저감 효과																																							
활 용 분 야	농업환경																																							
검 색 어	시설상추, 토착미생물, 생육촉진																																							
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 농업적으로 유용한 미생물을 활용하여 화학비료 저감 등 환경 친화적 농업으로의 전환 필요 ○ 시설재배는 양분 집적이 비교적 많아 연작피해가 발생하고 있어 비료를 저감할 수 있는 미생물 활용기술 개발 및 보급 필요 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 미생물(바실러스균)을 활용한 시설상추 재배 방법 <table><tr><th>구 분</th><th>내 용</th></tr><tr><td>처리미생물</td><td>바실러스(<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)</td></tr><tr><td>처리방법</td><td>관주(정식 후~수확기, 7일 간격) * 처리농도: 1×10⁶ cfu/ml, 관주량(1회): 3톤/10a</td></tr><tr><td>질소 비료량</td><td>표준시비량(7kg)의 80% 수준 * 질소(5.6 kg/10a)</td></tr></table> ○ 시설상추 재배 시 미생물(바실러스균) 처리 효과 - 수량은 18~25% 증가, 질소는 표준시비량의 80% 수준에서도 생산성 유지 - 질소이용효율(NUE)은 5.2~20.0%p 증가 ⇒ 무처리(N 1.0) 대비 20% 비료저감 가능 <table><tr><th colspan="2">구 분</th><th>수량(지수) (kg/10a)</th><th>질소 흡수량 (kg/10a)</th><th>NUE^z (%)</th></tr><tr><td colspan="2">무처리(N 1.0)</td><td>2,141(100)^y</td><td>3.4</td><td>49.0</td></tr><tr><td rowspan="3">미생물 (B2)</td><td>N 1.0</td><td>2,520(118)</td><td>3.8</td><td>54.2</td></tr><tr><td>N 0.9</td><td>2,553(119)</td><td>3.8</td><td>60.6</td></tr><tr><td>N 0.8</td><td>2,678(125)</td><td>3.9</td><td>69.0</td></tr></table> ^z질소이용효율: (양분흡수량/시비량) × 100, ^y수량지수: (처리구/무처리) × 100 ※ N 1.0: 질소 표준시비량(7kg/10a) 기준 100%, N 0.9: 질소 90%, N 0.8: 질소 80% □ 파급효과 ○ 미생물 활용을 통한 시설상추 생산량 증가 및 농가 소득 증대 ○ 화학비료 저감을 통한 온실가스 감축 등 저탄소 농업 기여									구 분	내 용	처리미생물	바실러스(<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)	처리방법	관주(정식 후~수확기, 7일 간격) * 처리농도: 1×10 ⁶ cfu/ml, 관주량(1회): 3톤/10a	질소 비료량	표준시비량(7kg)의 80% 수준 * 질소(5.6 kg/10a)	구 분		수량(지수) (kg/10a)	질소 흡수량 (kg/10a)	NUE ^z (%)	무처리(N 1.0)		2,141(100) ^y	3.4	49.0	미생물 (B2)	N 1.0	2,520(118)	3.8	54.2	N 0.9	2,553(119)	3.8	60.6	N 0.8	2,678(125)	3.9	69.0
	구 분	내 용																																						
	처리미생물	바실러스(<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)																																						
	처리방법	관주(정식 후~수확기, 7일 간격) * 처리농도: 1×10 ⁶ cfu/ml, 관주량(1회): 3톤/10a																																						
	질소 비료량	표준시비량(7kg)의 80% 수준 * 질소(5.6 kg/10a)																																						
	구 분		수량(지수) (kg/10a)	질소 흡수량 (kg/10a)	NUE ^z (%)																																			
	무처리(N 1.0)		2,141(100) ^y	3.4	49.0																																			
	미생물 (B2)	N 1.0	2,520(118)	3.8	54.2																																			
		N 0.9	2,553(119)	3.8	60.6																																			
		N 0.8	2,678(125)	3.9	69.0																																			
연구개발과제	예산사업명	온실가스 감축기술 개발 및 현장확산																																						
	연구개발과제명	토착미생물 활용 작물 생육촉진 현장실증 연구																																						
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 이용우 (전화 : 064-760-7355, e-mail : dyddn2562@korea.kr)																																						

미생물 활용 시설상추 재배 방법 및 비료저감 효과

□ 배경

- 농업적으로 유용한 미생물을 활용하여 화학비료 저감 등 환경친화적 농업으로의 전환 필요
- 시설재배는 양분 집적이 비교적 많아 연작피해가 발생하고 있어 비료를 저감할 수 있는 미생물 활용기술 개발 및 보급 필요

□ 영농정보 개요

- 미생물(바실러스균)을 활용한 시설상추 재배 방법

구 분	내 용
처리미생물	바실러스(<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)
처리방법	관주(정식 후~수확기, 7일 간격) * 처리농도: 1×10^6 cfu/ml, 관주량(1회): 3톤/10a
질소 비료량	표준시비량(7kg)의 80% 수준 * 질소(5.6 kg/10a)

- 시설상추 재배 시 미생물(바실러스균) 처리 효과
 - 수량은 18~25% 증가, 질소는 표준시비량의 80% 수준에서도 생산성 유지
 - 질소이용효율(NUE)은 5.2~20.0%p 증가 $\Rightarrow$ 무처리(N 1.0) 대비 20% 비료저감 가능

구 분		수량(지수) (kg/10a)	질소 흡수량 (kg/10a)	NUE ^z (%)
무처리(N 1.0)		2,141(100) ^y	3.4	49.0
미생물	N 1.0	2,520(118)	3.8	54.2
	N 0.9	2,553(119)	3.8	60.6
	N 0.8	2,678(125)	3.9	69.0

*2개소 평균값 적용, ^z질소이용효율: (양분흡수량/시비량) $\times$ 100, ^y수량지수: (처리구/무처리) $\times$ 100
 ※ N 1.0: 질소 표준시비량(7kg/10a) 기준 100%, N 0.9: 질소 90%, N 0.8: 질소 80%

□ 연구결과

- 생육특성 및 수량성
 - 상추 수량은 미생물 처리 시 무처리 대비 17~27% 유의하게 증가하였음

처리내용		엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소함량 (SPAD)	수량 (kg/10a)	수량지수 ^z
A포장	무처리(N 1.0)	22.1 a ^y	12.7 b	25.5 b	2,968 c	100
	미생물	N 1.0	22.6 a	26.8 a	3,472 b	117
		N 0.9	22.3 a	26.9 a	3,488 b	117
		N 0.8	22.8 a	27.6 a	3,682 a	124
B포장	무처리(N 1.0)	16.1 b	10.5 b	29.4 a	1,313 b	100
	미생물	N 1.0	17.5 ab	30.0 a	1,568 a	119
		N 0.9	17.7 ab	29.4 a	1,618 a	123
		N 0.8	18.8 a	28.1 a	1,674 a	127

^z (처리구 / 무처리구) $\times$ 100

^y Means within each field(A and B) were separated by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: A포장(2025. 7. 1.~7. 17.), B포장(2025. 9.24.~10. 29.)

○ 양분함량 및 흡수량

- 상추 엽중 질소 등 양분함량은 처리간 차이가 없었음
- 질소 흡수량은 미생물 처리 시 증가하였으며, 질소이용효율은 미생물+질소 0.8배 처리에서 가장 높았음

처리내용		양분함량(%)			양분흡수량(kg/10a)			NUE ^z (%)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
A포장	무처리(N 1.0)	4.9 a ^y	1.0 a	10.0 a	3.1 c	0.6 a	6.4 a	44.5 d
	미생물 (B2)	N 1.0	4.7 a	0.9 a	10.2 a	3.5 b	0.7 a	49.5 c
		N 0.9	4.7 a	0.9 a	10.0 a	3.5 ab	0.7 a	55.1 b
		N 0.8	4.8 a	1.0 a	10.7 a	3.6 a	0.8 a	64.4 a
B포장	무처리(N 1.0)	5.2 a	0.8 a	12.3 a	3.7 b	0.6 b	9.1 a	53.4 d
	미생물 (B2)	N 1.0	5.4 a	0.9 a	12.2 a	4.1 a	0.7 a	59.0 c
		N 0.9	5.4 a	0.9 a	12.4 a	4.2 a	0.7 a	66.9 b
		N 0.8	5.4 a	0.9 a	12.1 a	4.1 a	0.7 a	72.7 a

^zNUE(질소이용효율): (양분흡수량 / 시비량) × 100

^yMeans within each field(A and B) were separated by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

*조사일: A포장(2025. 7. 17.), B포장(2025. 10. 29.)

□ 파급효과

- 미생물 활용을 통한 시설상추 생산량 증가 및 농가 소득 증대
- 화학비료 저감을 통한 온실가스 감축 등 저탄소 농업 기여
- 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
o 증가되는 비용 - 저비용 배양기 설치 비용: 252,000원 - 배지 비용: 99,000원 - 농업노임: 1,043,019원 * 1일(60kg 수확) × 9명 - 계(A) : 1,394,019원	o 증가되는 이익 - 수량증가: 3,588,083원(537kg/10a) - 비료저감: 2,827원(질소 1.7kg/10a) - 계(B) : 3,590,910원
o 추정수익액(B-A): 3,590,910 - 1,394,019 = 2,196,891원	

※ 저비용 배양기 설치 비용: 감가상각비 900,000원(5년) 180,000 + 고정자본이자(0.05) 45,000원 + 수리보수비(0.03) 27,000원 = 252,000원

※ 배지 비용: 100배 희석(물양 3톤/10a) 기준 150L(30L × 5회) 필요, 시판배지(660,000원/1톤) 적용

※ 상품 가격: 농산물유통정보(<http://www.kamis.co.kr/>) 가락시장 3개년(2022~2024) 도매가격 (상, 6,682원/kg) 평균값 적용

※ 농업노임 및 비료가격: 여자(성인) 115,891원/일 및 요소(질소성분 9.2kg/포) 15,300원 적용 (2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집)

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 영농활용기술 DB를 검색하여 관련 기술의 연관성 차별성 제시
- 참고 영농정보

연번	활용 분야	영농활용기술명	개발연도	개발자
1	농업생물	감귤즙을 이용한 바실러스속 농업미생물 자가 배양방법	2024	김유경

미생물 활용 시설상추 재배 방법 및 비료저감 효과

□ 미생물은 어떻게 처리해야 하나요 ?

- 바실러스균(*Bacillus amyloliquefaciens*)을 100~1,000배 희석하여(처리농도: 1×10^6 cfu mL^{-1}) 정식 후 약 7일 간격으로 관주(3톤 10a^{-1}) 처리하시면 됩니다.
- 유기물 분해능 등 농업적 기능이 우수하기 때문에 비료사용량은 표준시비량의 80% 수준(질소 5.6 kg 10a^{-1})으로 사용하시는 것을 추천드립니다.

□ 미생물(바실러스균)을 처리하면 무슨 효과가 있나요 ?

- 시설상추 재배 농가에서 질소 수준별(표준시비량($7\text{kg}/10\text{a}$)의 0.8~1.0배) 미생물을 처리한 실증 결과입니다.

- 상추 생육특성 및 수량성

처리내용		엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소합량 (SPAD)	수량 (kg 10a^{-1})	수량지수 ^z
A포장	무처리(N 1.0)	22.1 a ^y	12.7 b	25.5 b	2,968 c	100
	미생물	N 1.0	22.6 a	13.3 ab	26.8 a	3,472 b
		N 0.9	22.3 a	13.0 ab	26.9 a	3,488 b
		N 0.8	22.8 a	13.5 a	27.6 a	3,682 a
B포장	무처리(N 1.0)	16.1 b	10.5 b	29.4 a	1,313 b	100
	미생물	N 1.0	17.5 ab	10.9 ab	30.0 a	1,568 a
		N 0.9	17.7 ab	11.1 ab	29.4 a	1,618 a
		N 0.8	18.8 a	11.8 a	28.1 a	1,674 a

^z (처리구 / 무처리구) × 100

^y Means within each field(A and B) were separated by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

* 조사일: A포장(2025. 6. 6.~7. 17.), B포장(2025. 8. 29.~10. 29.)

- 상추 수량은 미생물 처리 시 무처리 대비 17~27% 유의하게 증가하였으며, 질소비료는 80% 수준에서도 생산성이 유지되는 것으로 나타났습니다.

□ 비료를 줄어도 문제가 없나요 ?

- 상추 엽중 양분함량은 처리간 차이가 없었으며, 질소 흡수량은 미생물 처리 시 증가하였습니다.
- 질소이용효율은 미생물+질소 0.8배 처리에서 무처리 대비 가장 높아 20%까지 비료 저감이 가능한 것으로 나타났습니다.

- 상추 양분함량 및 흡수량

처리내용		양분함량(%)			양분흡수량(kg 10a ⁻¹)			NUE ^z (%)	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
A포장	무처리(N 1.0)		4.9 a ^y	1.0 a	10.0 a	3.1 c	0.6 a	6.4 a	44.5 d
	미생물	N 1.0	4.7 a	0.9 a	10.2 a	3.5 b	0.7 a	7.5 a	49.5 c
		N 0.9	4.7 a	0.9 a	10.0 a	3.5 ab	0.7 a	7.3 a	55.1 b
		N 0.8	4.8 a	1.0 a	10.7 a	3.6 a	0.8 a	8.2 a	64.4 a
B포장	무처리(N 1.0)		5.2 a	0.8 a	12.3 a	3.7 b	0.6 b	9.1 a	53.4 d
	미생물	N 1.0	5.4 a	0.9 a	12.2 a	4.1 a	0.7 a	9.3 a	59.0 c
		N 0.9	5.4 a	0.9 a	12.4 a	4.2 a	0.7 a	9.6 a	66.9 b
		N 0.8	5.4 a	0.9 a	12.1 a	4.1 a	0.7 a	9.2 a	72.7 a

^z NUE(질소이용효율): (양분흡수량 / 시비량) × 100

^y Means within each field(A and B) were separated by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: A포장(2025. 7. 17.), B포장(2025. 10. 29.)

- 미생물을 활용하면 생산량 증가에 따른 소득 증대와 화학비료 저감을 통한 염류집적 예방과 저탄소 농업 확대에 도움이 됩니다.

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	기후자원 CR	바이오차의 농업적 활용기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	저감 및 감축기술 CR01CR12	1) 제주지역 농림부산물 이용 바이오차 제조기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	2) 바이오차 투입이 제주 토양 환경에 미치는 영향 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	4) 바이오차 투입에 따른 채소 작물 생육에 미치는 효과 구명	'25 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	오동은
	방제 CP01CP14	5) 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정

1. 연구목적

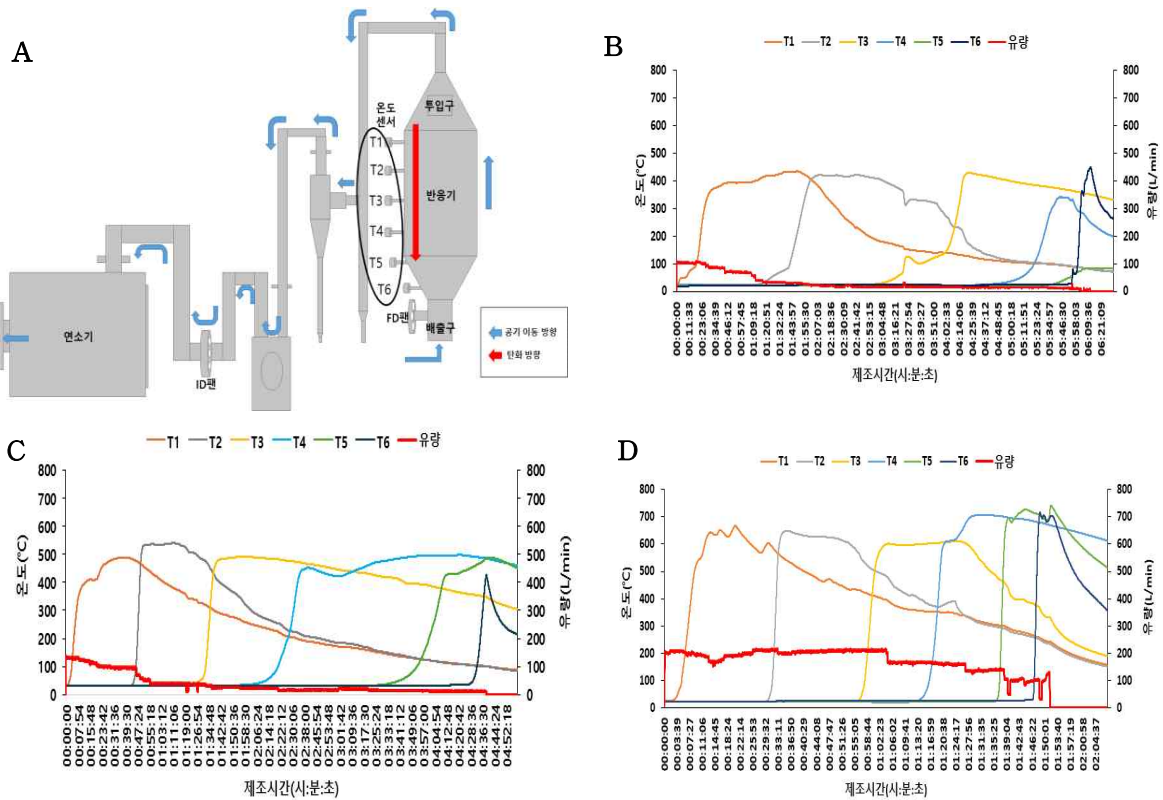
- 농업부문 탄소저감 이행 실천기술 개발 위한 지역 농림부산물 이용 바이오차 제조조건 정립

2. 재료 및 방법

- 시험재료: 목질계 톱밥(삼나무)
- 처리내용: 제조온도($350\pm 50^{\circ}\text{C}$, $500\pm 50^{\circ}\text{C}$, $700\pm 50^{\circ}\text{C}$) * TLUD 제조장비 이용
- 조사항목: H:C비율, O:C비율, pH, 중금속 등
- * 분석항목 및 방법은 비료공정규격에 준하여 분석

3. 주요 연구결과

○ 제조온도 조건에 따른 반응기 내 온도 및 유량 변화



* A: TLUD장비 이용 모식도

* B~D: TLUD장비 이용 바이오차 제조시 유량 및 탄화온도(B: 350±50°C, C: 500±50°C, D: 700±50°C)

(단위: L/min)

제조온도 (°C)	반응기 위치별 유량(L/min)						탄화 완료 시간 (hh:mm)
	T1 ^z	T2	T3	T4	T5	T6	
350±50	100~40	40~16	16~14	14~8	8~6	6	06:09
500±50	140~90	90~60	60~40	40~20	20~10	10	04:35
700±50	200	200	200~160	160~100	100	100~50	01:50

^z TLUD반응기 위치별 온도센서(T1→T6)

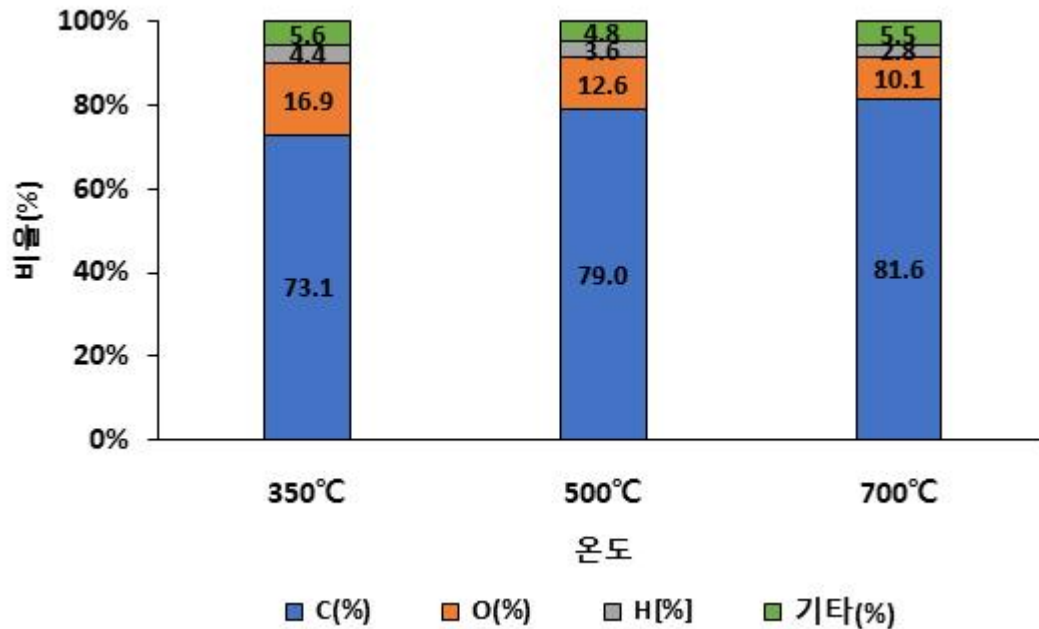
- 고온조건일수록 유량(공기 주입량) 증가, 제조시간은 단축되었음

○ 제조온도 조건에 따른 탄화물의 이화학적 특성

분석항목		농림부산물 바이오차 공정기준		제조온도(℃)			
				탄화전	350	500	700
탄화 수율(%)		-		-	45.7	30.2	25.8
탄화 안정도	H/C몰비	건물중에 대하여	0.7 이하	-	0.68	0.56	0.48
	O/C몰비		0.4 이하	-	0.17	0.12	0.12
pH(1:10 CaCl ₂)		-		-	4.9	7.7	8.2
유기물(%)		-		43.8	-	-	-
탄소전량(T-C)		건물중에 대하여	40 % 이상	-	76.6	79.3	81.6
총 질소(T-N, %)		-		0.06	0.17	0.13	0.12
수분(H ₂ O)		30 이하		55.7	7.13	3.20	2.71
중금속	비소(As)	건물중에 대하여	45 mg/kg 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
	카드뮴(Cd)		5 mg/kg 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
	크롬(Cr)		200 mg/kg 이하	1.05	8.73	9.33	11.21
	구리(Cu)		360 mg/kg 이하	1.35	3.91	4.56	11.64
	니켈(Ni)		45 mg/kg 이하	불검출	5.40	6.22	6.97
	납(Pb)		130 mg/kg 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
	아연(Zn)		900 mg/kg 이하	1.88	9.15	8.2	11.33
	수은(Hg)		2 mg/kg 이하	0.005	불검출	불검출	불검출
염분(NaCl)		2 % 이하		0.05	0.07	0.15	0.17
염산불용해물		25 이하		-	0.07	0.41	0.36

- 350℃ 이상의 TLUD방식으로 제조된 삼나무톱밥 탄화물의 이화학적 특성은 바이오차 공정규격에 적합하였음

○ 제조온도 조건에 따른 탄화물의 원소성분비 변화



* 기타: 조회분, N, S 함량

- 제조된 탄화물의 C, H, O 등 원소구성비는 제조 온도가 증가할수록 탄소 성분비 증가, 산소 성분비는 감소하였음
- 이에 따라 H/C 및 O/C몰비도 낮아지는 경향을 보였음

4. 적 요

- TLUD방식에서 제조 온도가 높을수록 투입 유량이 증가하였으며, 이에 따른 열분해 진행속도가 가속되어 전체 탄화 시간이 단축되는 경향이었음
- 350°C이상에서 제조된 탄화물은 바이오차 공정기준에 적합하였으며, 탄화안정도에 중요한 H/C몰비, O/C몰비는 온도가 높아짐에 따라 점차 감소하였음
- 탄화물의 원소구성 비율은 온도가 높을 수록 C의 비율은 증가하는 반면, H와 O비율이 감소하였음
- 탄화수율은 350°C에서 45.7%로 높게 나타났으나, 바이오차 제조시간이 오래걸리기 때문에 500°C내외 온도가 적합할 것으로 판단됨

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 제주지역 농림 부산물 이용 바이오차 제조 기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	고 윤 정	시험 수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 강 해	시료 전처리
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 관 연구관	김 유 경	자료 검토
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 관 연구관	김 석 만	결과 검토
	공 동 연구자	제 주 도 원 연구개발국	농 업 관 연구관	김 태 군	결과활용 검토

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	기후자원 CR	바이오차의 농업적 활용기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	저감 및 감축기술 CR01CR12	1) 제주지역 농림부산물 이용 바이오차 제조기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	2) 바이오차 투입이 제주 토양 환경에 미치는 영향 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	4) 바이오차 투입에 따른 채소 작물 생육에 미치는 효과 구명	'25 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	오동은
	방제 CP01CP14	5) 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정

1. 연구목적

- 탄소중립 이행수단인 바이오차의 농업적 투입효과 검토 및 최적 활용기술 정립

2. 재료 및 방법

- 시험작물: 월동무(노지재배), 봄무(포트재배) *월동무(‘청정고원’), 봄무(‘신청일품’)
- 시험토양: 화산회토, 비화산회토
- 처리내용: 무처리, 바이오차(200, 400, 800kg/10a)
- 시험구 배치법: 단구제(노지), 난괴법(포트)
- 처리방법: 표층 살포 후 경운작업
- 조사항목
 - 탄소저장: 유기물, T-C, T-N
 - 토양개량: 용적밀도, pH, EC 등
- ※ 경종개요
 - 월동무: 상모리(화산회토)- 파종('24. 9. 14.)
상귀리(비화산회토)- 파종('24. 9. 11.), 수확('25. 1. 15.)
 - 봄무: 파종('25. 3. 21.), 수확('25. 6. 20.)

3. 주요 연구결과

가. 월동무(노지재배, 2024년)

○ 시험 전 · 후 토양 이화학성

토양	처리내용 (kg/10a)		pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	T-C (%)	T-N (%)	AvP ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation(cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 g/cm ³
									K	Ca	Mg	
화산회토	시험 전		4.5	1.1	68	4.90	0.37	412	1.4	3.9	1.7	0.68
	시험후	무처리	4.9 b ^z	0.6 c	46 c	3.32 c	0.27 c	576 a	16 a	33 b	13 b	0.81 a
		200	4.7 b	0.6 c	61 b	4.42 b	0.34 b	496 b	13 b	25 d	09 d	0.73 c
		400	4.7 b	1.0 a	70 a	5.05 a	0.38 a	408 c	11 c	29 c	12 c	0.79 b
		800	5.1 a	0.8 b	71 a	5.12 a	0.38 a	305 d	09 d	44 a	26 a	0.81 a
비화산회토	시험 전		6.5	0.2	17	1.20	0.12	283	1.1	6.3	1.9	1.15
	시험후	무처리	6.6 b	0.4 c	17 a	1.20 a	0.13 b	198 d	09 c	63 a	23 a	1.22 a
		200	6.4 d	0.5 b	17 a	1.24 a	0.13 b	269 c	11 b	62 a	20 b	1.28 a
		400	6.9 a	0.6 a	18 a	1.30 a	0.15 a	389 a	14 a	54 c	16 d	1.27 a
		800	6.5 c	0.3 d	17 a	1.22 a	0.12 c	358 b	08 d	57 b	17 c	1.28 a

^z Means within each soil type separated by LSD test at α=0.05

* 조사일: 시험 전(2024. 8. 23.), 시험 후(2025. 1. 14.)

- 화산회토의 경우 유기물, 총탄소(TC)함량은 바이오차 200kg 이상 처리구에서 증가하였음
- 비화산회토의 경우 유기물 및 총탄소 함량은 처리간 유의한 차이가 없었음

○ 시험 후 토양 유기탄소(SOC) 축적량

토양	처리내용 (kg/10a)	SOC (g/kg)	용적밀도 (g/cm ³)	SOC.stock ^z (t C/ha)
화산회토	무처리	26.7 c ^y	0.81 a	65.0 c
	200	35.6 b	0.73 c	84.4 b
	400	40.6 a	0.79 b	99.1 a
	800	41.2 a	0.81 a	90.6 b
비화산회토	무처리	9.7 a	1.22 a	34.8 a
	200	10.0 a	1.28 a	38.3 a
	400	10.5 a	1.27 a	39.7 a
	800	9.8 a	1.28 a	37.9 a

^z 탄소축적량(t C/ha) = SOC함량(g/kg)×용적밀도(g/cm³)×깊이(0.3m)×(1-자갈함량)×10

^y Means within each soil type separated by LSD test at α=0.05

* 조사일: 2025. 1. 14.

- 바이오차 처리구에서 유기탄소 축적량이 증가하는 경향이었음

○ 수확기 월동무 생육특성

토양	처리내용 (kg/10a)	엽수 (개)	초장 (cm)	엽폭 (cm)	근장 (cm)	근폭 (mm)	근중 (kg/개)	수량 (kg/10a)
비화산회토	무처리	29.9 a ^z	48.9 a	16.7 a	29.9 b	100.5 a	2.1 a	10,315 b
	200	31.8 a	47.5 a	17.1 a	33.3 a	104.0 a	2.2 a	10,866 b
	400	31.7 a	46.2 a	16.9 a	33.5 a	104.9 a	2.2 a	10,497 b
	800	29.5 a	45.7 a	16.5 a	34.0 a	107.1 a	2.6 a	12,157 a

^z Means separation within columns by LSD test at α=0.05

* 조사일: 2025. 1. 15.

* 화산회토의 경우 기상 및 농가 출하일정 변동으로 인해 식물체 확보가 어려워 조사에서 제외되었음

- 월동무 생육특성(엽수, 초장 등)은 처리간 유의한 차이가 없었으나, 바이오차 800kg 처리에서 수량이 다소 증가하였음

○ 수확기 월동무 양분함량 및 흡수량

토양	처리내용 (kg/10a)	양분함량(%)						양분흡수량(kg/10a)		
		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		엽	뿌리	엽	뿌리	엽	뿌리			
비화산 회토	무처리	3.6	2.3	1.5	1.1	5.3	5.1	18.5 a ^z	8.7 b	36.6 b
	200	3.7	2.1	1.3	1.1	6.1	5.3	20.9 a	9.8 ab	46.9 a
	400	3.8	2.0	1.7	1.2	5.2	5.2	20.9 a	11.4 a	46.8 a
	800	4.2	2.2	2.1	1.1	4.9	5.5	22.1 a	11.1 a	46.4 a

^z Means separation within columns by LSD test at α=0.05

- 칼리 등 양분흡수량은 바이오차 처리구에서 증가하는 경향이었음

나. 봄무(노지재배, 2025년)

○ 시험 전·후 토양 이화학성

토양	처리내용 (kg/10a)		pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	TC (%)	TN (%)	AvP ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation(cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 (g cm ³)
									K	Ca	Mg	
화산 회토	시험 전		4.9	1.0	203	14.6	0.79	25	0.3	1.6	0.4	0.48
	시험 후	무처리	5.2 a ^z	0.7 a	211 b	15.2 b	0.80 a	21 a	04 a	1.4 a	1.0 a	0.52 a
		200	5.2 a	0.7 a	212 b	15.3 b	0.79 a	21 a	03 a	1.6 a	1.1 a	0.53 a
		400	5.3 a	0.7 a	215 a	15.5 a	0.80 a	20 a	04 a	1.5 a	1.0 a	0.54 a
		800	5.3 a	0.7 a	215 a	15.5 a	0.79 a	22 a	04 a	1.4 a	0.9 a	0.50 a
비화산 회토	시험 전		6.7	0.3	19	1.3	0.13	418	1.0	6.9	2.1	1.22
	시험 후	무처리	6.4 b ^z	0.4 a	17 c	1.2 c	0.13 a	417 a	09 a	6.1 c	2.1 c	1.20 a
		200	6.5 b	0.4 a	18 bc	1.3 bc	0.12 a	407 a	08 b	6.4 b	2.2 b	1.14 a
		400	6.4 b	0.5 a	19 ab	1.4 ab	0.13 a	405 a	08 b	7.0 a	2.3 a	1.12 a
		800	7.0 a	0.6 a	21 a	1.5 a	0.13 a	366 b	08 b	6.9 a	2.2 b	1.13 a

^z Means within each soil type separated by LSD test at α=0.05

* 조사일: 시험전(2025. 3. 19.), 시험후(2025. 7. 21.)

- 화산, 비화산회토 모두 유기물, 총탄소(TC)함량은 바이오차 400kg 이상 처리구에서 증가하였음

○ 시험 후 토양 유기탄소(SOC) 축적량

토양	처리내용 (kg/10a)	SOC (g/kg)	용적밀도 (g/cm ³)	SOC.stock ^y (t C/ha)
화산회토	무처리	122.5 b ^z	0.52 a	190.8 a
	200	122.8 b	0.53 a	194.0 a
	400	124.6 a	0.54 a	203.5 a
	800	124.9 a	0.50 a	187.2 a
비화산회토	무처리	10.0 c	1.20 a	35.9 c
	200	10.5 bc	1.14 a	35.9 c
	400	11.1 ab	1.12 a	37.3 b
	800	12.5 a	1.13 a	42.4 a

^z Means within each soil type separated by LSD test at α=0.05

^y 탄소축적량(t C/ha) = SOC함량(g/kg)×용적밀도(g/cm³)×깊이(0.3m)×(1-자갈함량)×10

* 조사일: 2025. 7. 21.

- 유기탄소 축적량은 화산회토에서 유의한 차이가 없었고, 비화산회토에서는 바이오차 투입이 증가함에 따라 증가하는 경향이었음

○ 수확기 봄무 생육특성

토양	처리내용 (kg/10a)	엽수 (개)	초장 (cm)	엽폭 (cm)	근장 (cm)	근폭 (mm)	근중 (kg/개)
화산회토	무처리	20.7 a ^z	47.1 a	21.0 a	29.8 a	126.6 a	2.5 a
	200	22.5 a	47.1 a	20.4 a	29.9 a	133.3 a	2.6 a
	400	19.9 a	46.3 b	20.7 a	30.0 a	138.0 a	2.6 a
	800	21.7 a	46.3 b	19.9 a	30.7 a	127.5 a	2.6 a
비화산회토	무처리	29.4 a	41.5 a	18.1 a	24.7 a	115.8 b	2.1 a
	200	29.3 a	41.6 a	18.0 a	25.2 a	139.8 a	2.2 a
	400	30.7 a	41.2 a	17.4 b	27.6 a	129.3 ab	2.2 a
	800	29.6 a	42.8 a	17.6 b	24.5 a	139.9 a	2.5 a

^z Means within each soil type separated by LSD test at α=0.05

* 조사일: 2025. 6. 20.(화산회토), 2025. 6. 27.(비화산회토)

- 무 생육특성(근중 등)은 처리간 유의한 차이가 없었음

○ 수확기 봄무 양분함량

토양종류	처리내용 (kg/10a)	양분함량(%)					
		N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		엽	뿌리	엽	뿌리	엽	뿌리
화산 회토	무처리	5.0 a ^z	3.2 a	1.7 a	1.3 a	5.5 a	7.7 a
	200	4.9 a	3.3 a	1.4 a	1.2 a	4.9 a	6.8 a
	400	4.9 a	3.1 a	1.6 a	1.2 a	4.3 a	6.9 a
	800	4.8 a	3.1 a	1.7 a	1.2 a	4.5 a	7.2 a
비화산 회토	무처리	5.4 a	4.0 a	1.3 a	1.3 a	6.0 a	9.3 a
	200	5.4 a	4.2 a	1.3 a	1.3 a	6.6 a	9.8 a
	400	5.4 a	4.0 a	1.2 a	1.2 a	7.3 a	8.7 a
	800	5.3 a	3.9 a	1.3 a	1.3 a	6.3 a	9.1 a

- 질소 등 양분함량은 처리간 유의한 차이가 없었음

4. 적 요

가. 월동무(2024년 노지재배)

- 바이오차 처리 후 화산회토에서는 pH, 유기물과 총탄소가 유의적으로 증가하고, 용적밀도는 감소하였으나, 비화산회토에서는 pH를 제외하면 무처리와 큰 차이가 없었음
- 토양유기탄소(SOC) 축적량은 화산회토에서 바이오차 처리량이 증가할수록 높아지는 경향이었으며, 비화산회토에서는 바이오차 처리량에 따라 유의적인 차이가 없었으나 바이오차 400kg처리시 증가하는 경향이었음
- 비화산회토에서 월동무 생육특성(엽수, 초장 등)은 바이오차 처리간 유의한 차이가 없었으나, 바이오차 800kg처리시 수량이 다소 증가하였음
- 양분흡수량은 무처리 대비 바이오차 처리구에서 다소 증가하는 경향이었음

나. 봄무(2025년 포트재배)

- 바이오차 400kg이상 처리구에서 유기물과 총탄소가 증가하는 경향이었음
- 토양 SOC축적량은 비화산회토에서 바이오차 처리시 유의하게 증가하였으며, 화산회토에서는 무처리와 큰 차이가 없었음
- 봄무 생육특성은 비화산회토, 화산회토 모두 무처리 대비 바이오차 처리량에 따른 근중 차이는 없었음
- 바이오차 처리시 양분함량은 무처리와 유의적인 차이가 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) 바이오차 투입이 제주 토양환경에 미치는 영향 구명	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	고 윤 정	시험 수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	이 강 해	시료 채취
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구관	김 유 경	자료 검토
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구관	김 석 만	결과활용 검토
	연구 보조원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	김 창 선	기기 분석

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	기후자원 CR	바이오차의 농업적 활용기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	저감 및 감축기술 CR01CR12	1) 제주지역 농림부산물 이용 바이오차 제조기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	2) 바이오차 투입이 제주 토양환경에 미치는 영향	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	4) 바이오차 투입에 따른 채소 작물 생육에 미치는 효과 구명	'25 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	오동은
	방제 CP01CP14	5) 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정

1. 연구목적

- 바이오차 투입에 따른 감귤 생육 및 토양 영향 평가

2. 연구방법

(시험 1) 바이오차 처리에 따른 감귤 생육효과 구명

- 시험품종: ‘달코미’(시설, 무가온) * 6년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용: 무처리, 바이오차(200, 400, 800kg/10a)
 - * 바이오차 처리량('24~'25): 400, 800, 1,600kg/10a
 - * 바이오차: 목재 부산물, 열분해 온도 650℃ 이상
 - * 비료사용 처방서에 준하여 비료 살포(봄: 3. 25., 여름: 6. 2., 가을: 9. 1.)
- 시험구배치법: 완전임의배치법
- 처리방법: 표층 살포(가축분혼합퇴비(190kg/10a)와 바이오차 혼용)
- 조사항목: 토양 이화학적, 생육 및 과실특성 등
 - * 토양채취: 오거(Auger) 이용 15~20cm 깊이의 흙 채취

(시험 2) 염류집적 토양에서 바이오차 처리에 따른 감귤 생육효과 구명

- 시험품종: ‘달코미’(시설, 무가온) * 4년생
- 시험장소: 제주시 농가 포장(애월읍)
- 처리내용: 무처리, 바이오차(200, 400, 800kg/10a)
* 바이오차: 목재 부산물, 열분해 온도 650℃ 이상
- 시험구배치법: 단구제
- 처리방법: 표층 살포 후 경운(15~20cm)
- 조사항목: 토양 이화학적, 생육 및 과실특성 등
* 토양채취: 오거(Auger) 이용 15~20cm 깊이의 흙 채취

3. 주요 연구 결과

(시험 1) 바이오차 처리에 따른 감귤 생육효과 구명

1) 토양 화학성 및 탄소축적 평가

- 시험 전 토양 이화학적

처리내용 (kg/10a)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	TC (%)	TN (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation (cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 ^z (g/cm ³)
							K	Ca	Mg	
무처리	5.2	0.50	69	4.94	0.38	670	1.7	6.0	2.1	1.07
200	5.2	0.63	80	5.76	0.40	630	1.7	5.9	2.2	1.08
400	5.0	0.87	67	4.85	0.36	420	2.0	5.4	1.6	1.13
800	5.2	0.59	68	4.87	0.37	552	1.7	5.9	1.6	1.14
적정범위	5.5~ 6.5	2.0 이하	21~ 50	-	-	200~ 300	0.5~ 0.7	5.0~ 6.0	1.5~ 2.0	-

※ 조사일: 2025. 3. 25., ^z건토무게/토양부피(100cm³)

- 바이오차 토양 표층처리 모습



<무처리>

<200kg/10a>

<400kg/10a>

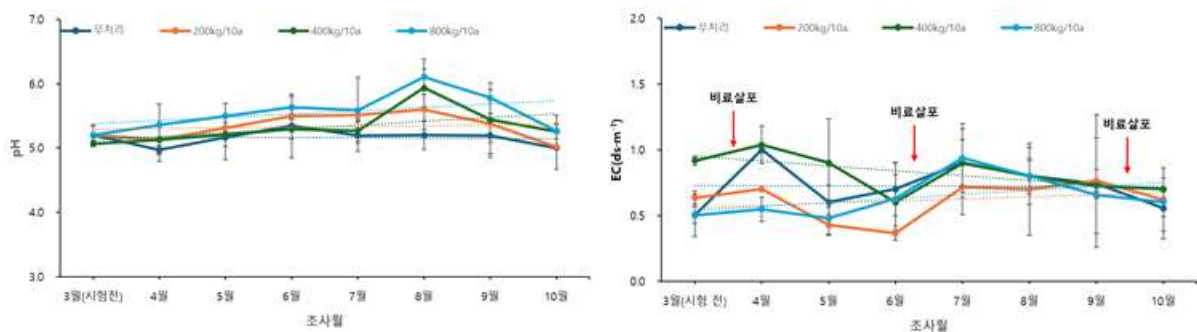
<800kg/10a>

○ 시험 후 토양 이화학성

처리내용 (kg/10a)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	TC (%)	TN (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation (cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 ^z (g/cm ³)
							K	Ca	Mg	
무처리	5.0	0.55	65	4.69	0.41	736	1.9	10.1	4.0	0.90
200	5.0	0.62	66	4.74	0.42	614	2.2	6.0	2.3	0.93
400	5.3	0.70	78	5.60	0.46	627	2.5	9.2	3.1	0.90
800	5.3	0.60	85	6.50	0.43	681	2.1	9.1	3.1	0.89
적정범위	5.5~ 6.5	2.0 이하	21~ 50	-	-	200~ 300	0.5~ 0.7	5.0~ 6.0	15~ 2.0	-

※ 조사일: 2025. 10. 2., ^z건토무게/토양부피(100cm³)

○ 바이오차 처리에 따른 월별 토양 pH 및 EC 변화



○ 시험 전·후 토양 이화학성 변화

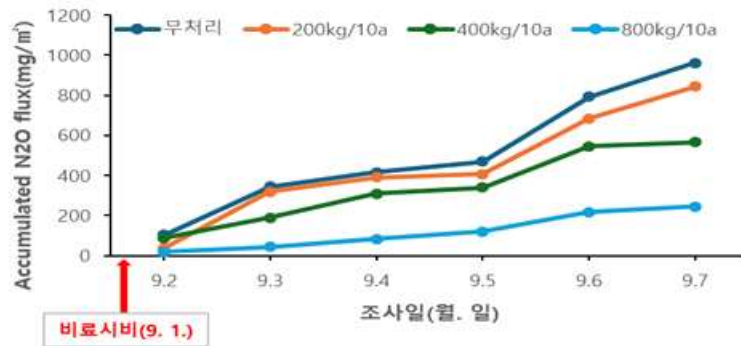
처리내용 (kg/10a)	pH(1:5)			EC(ds/m)			용적밀도 ^z (g/cm ³)		
	시험 전 (3월)	처리 후 (10월)	증감률 (%)	시험 전 (3월)	처리 후 (10월)	증감률 (%)	시험 전 (3월)	처리 후 (10월)	증감률 ^y (%)
무처리	5.2	5.0	-3.8 a ^x	0.50	0.55	10.0 a	1.07	0.90	-15.9 a
200	5.2	5.0	-3.8 a	0.63	0.62	-1.5 a	1.08	0.93	-13.9 a
400	5.0	5.3	6.0 a	0.87	0.70	-19.5 a	1.13	0.90	-20.4 a
800	5.2	5.3	1.9 a	0.59	0.60	1.7 a	1.16	0.89	-23.3 a

^z건토무게/토양부피(100cm³)

^y((처리 후 - 시험 전)/시험 전)×100

^xMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

○ 바이오차 처리에 따른 아산화질소 누적 발생량 변화



※ 챔버(직경 24cm) 설치(8. 18.) → 바이오차 투입(8. 25.) → 비료살포(9. 1.)

○ 시험 후 토양 유기탄소축적량

처리내용 (kg/10a)	SOC ^z (g/kg)	용적밀도 (g/cm ³)	토양깊이 (m)	SOC.stock ^y (t C/ha)
무처리	37.7 b ^x	0.90 a	0.2	66.1 b
200	38.3 b	0.93 a	0.2	69.0 b
400	45.2 ab	0.90 a	0.2	79.4 ab
800	49.3 a	0.89 a	0.2	86.7 a

※ 조사일: 2025. 10. 2., ^z토양유기탄소(SOC) 함량 = 유기물함량(g/kg) / 1.724
^y탄소축적량(t C/ha) = SOC함량(g/kg)×용적밀도(g/cm³)×깊이(0.2m)×(1-자갈함량)×10
^xMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

2) 작물생육 평가

○ 바이오차 처리에 따른 수체 생육 변화

처리내용 (kg/10a)	수관용적 ^z (m ³)			주간꺾기 ^y (mm)		
	6월(A)	9월(B)	확대량(B-A)	6월(A)	9월(B)	비대량(B-A)
무처리	6.0	6.4	0.4 a ^x	70.9	73.6	2.7 a
200	6.9	7.3	0.4 a	66.1	68.7	2.6 a
400	6.4	6.9	0.5 a	72.5	75.4	2.9 a
800	6.6	7.1	0.5 a	70.1	72.8	2.7 a

※ 조사일: 2025. 6. 27., 2025. 9. 24., 바이오차 처리별 착과량: 18과/m³

^z가로(동서)*세로(남북)*높이*0.7, ^y접목부위 위 10cm 지점

^xMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 바이오차 처리에 따른 봄순 생육 특성

처리내용 (kg/10a)	봄순 가지 굵기 ^z (mm)	봄순			
		개수 (개/가지)	길이 (mm)	굵기 ^y (mm)	엽록소 함량 ^x (SPAD)
무처리	6.8 a ^w	4.7 a	18.6 a	3.7 a	72.1 a
200	6.6 a	4.7 a	20.3 a	3.6 a	69.7 a
400	5.7 a	4.0 a	18.8 a	3.4 a	67.4 a
800	6.5 a	4.7 a	20.8 a	3.8 a	69.2 a

※ 조사일: 2025. 6. 27., 바이오차 처리별 작과량: 18과/m³

^z기부에서 5cm 지점, ^y기부에서 5cm 지점, ^x봄순 기부에서 3~5번째 잎 조사

^wMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

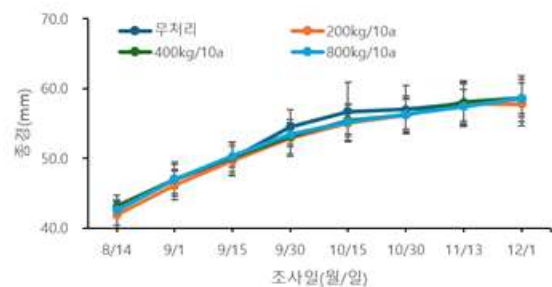
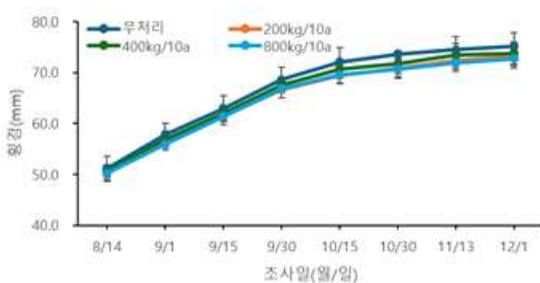
○ 바이오차 처리에 따른 봄순 양분 함량

처리내용 (kg/10a)	양분함량(%)		
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
무처리	2.71 a ^z	0.32 a	1.83 a
200	2.66 a	0.34 a	1.91 a
400	2.73 a	0.34 a	2.16 a
800	2.71 a	0.35 a	1.96 a

※ 시료 채취: 2025. 6. 27., 봄순 기부에서 3~5번째 잎 조사

^zMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 바이오차 처리에 따른 성숙기 과실 비대



※ 바이오차 처리별 작과수: 18과/m³

○ 바이오차 처리에 따른 과실 비대량

처리내용 (kg/10a)	횡경(mm)			종경(mm)		
	조사일(월. 일.)		비대량 (B-A)	조사일(월. 일.)		비대량 (B-A)
	8. 14. (A)	12. 1. (B)		8. 14. (A)	12. 1. (B)	
무처리	51.2	75.2	24.0	42.6	58.5	15.9
200	50.4	73.1	22.7	41.9	57.7	15.8
400	50.7	73.8	23.1	43.1	58.6	15.5
800	50.2	72.7	22.5	42.6	58.6	16.0

※ 바이오차 처리별 착과수: 18과/m³

○ 바이오차 처리량에 따른 성숙기 과실 품질 특성

조사일 (월 일)	처리내용 (kg/10a)	과중 (g)	과육률 (%)	과피두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)
12. 15.	무처리	207.9 a ^z	82.6 a	2.8 a	14.9 a	1.15 a
	200	192.4 a	80.6 a	2.9 a	14.4 a	1.25 a
	400	208.3 a	82.2 a	3.2 a	15.0 a	1.30 a
	800	193.3 a	80.2 a	3.0 a	14.7 a	1.26 a

※바이오차 처리별 착과수: 18과/m³

^zMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

(시험 2) 염류집적 토양에서 바이오차 처리에 따른 감귤 생육효과 구명

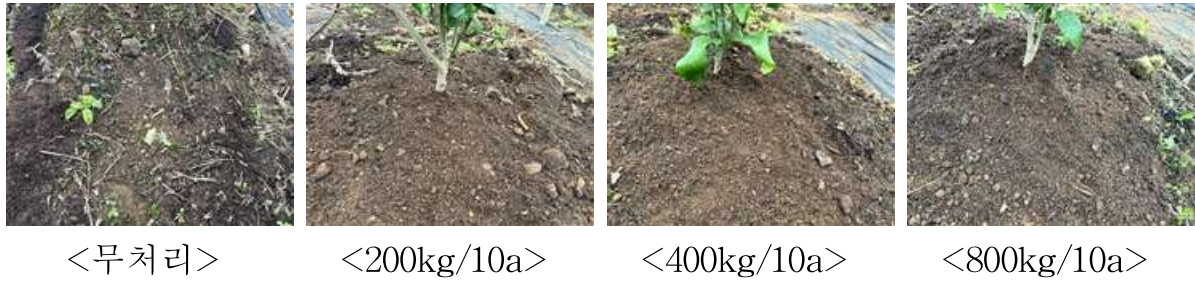
1) 토양 화학성 및 탄소축적 평가

○ 시험 전 토양 이화학성

처리내용 (kg/10a)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g kg)	TC (%)	TN (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation (cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 ^z (g/cm ³)
							K	Ca	Mg	
무처리	5.8	7.4	137	9.85	0.94	2,336	6.8	21.0	6.9	0.90
200	6.0	3.2	50	3.60	0.34	2,142	3.5	12.9	3.5	1.31
400	5.8	7.1	105	7.58	0.78	2,476	6.7	19.8	6.5	1.04
800	5.8	6.0	68	4.87	0.54	2,289	4.8	16.1	5.2	1.22
적정범위	5.5~ 6.5	2.0 이하	21~ 50	-	-	200~ 300	0.5~ 0.7	50~ 6.0	15~ 2.0	-

※ 조사일: 2025. 3. 17., ^z건토무게/토양부피(100cm³)

○ 바이오차 토양 표층처리(살포 후 경운) 모습

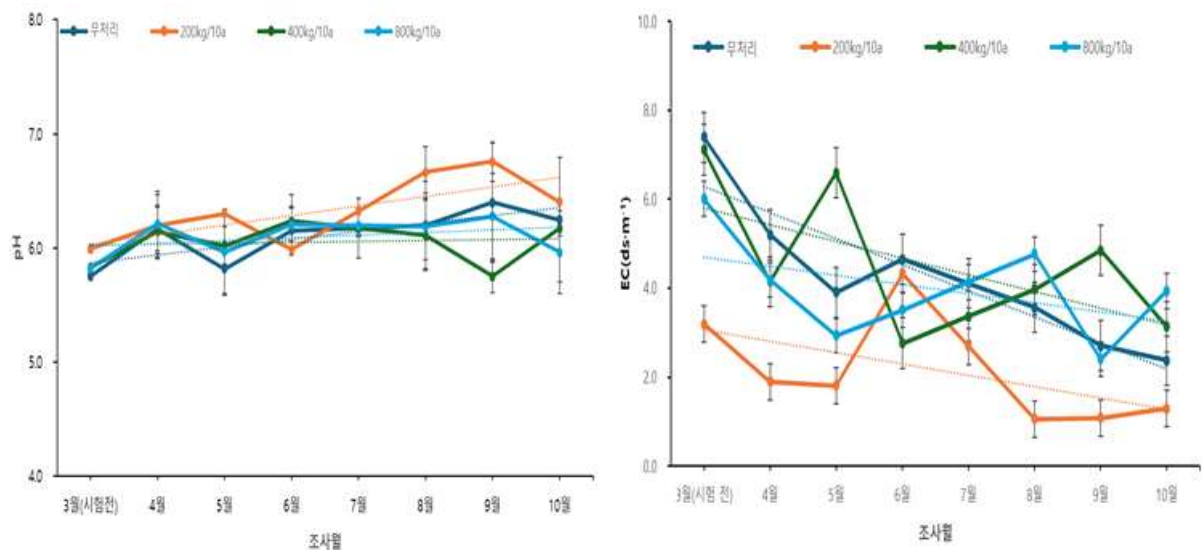


○ 시험 후 토양 이화학성

처리내용 (kg/10a)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	TC (%)	TN (%)	AvP ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cation (cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 ^z (g/cm ³)
							K	Ca	Mg	
무처리	6.2	2.7	116	8.33	0.85	2,391	5.5	17.8	5.7	0.88
200	6.4	1.3	86	6.17	0.62	2,131	3.5	13.0	3.9	1.14
400	6.2	3.1	114	8.21	0.81	2,325	5.7	18.8	5.7	0.85
800	6.0	2.9	106	7.63	0.77	2,357	7.2	18.5	6.5	0.91
적정범위	5.5~ 6.5	2.0 이하	21~ 50	-	-	200~ 300	0.5~ 0.7	5.0~ 6.0	1.5~ 2.0	-

※ 조사일: 2025. 10. 2., ^z건토무게/토양부피(100cm³)

○ 바이오차 처리에 따른 월별 토양 pH 및 EC 변화



○ 시험 전·후 토양 이화학성 변화

처리내용 (kg/10a)	pH(1:5)			EC(ds/m)			용적밀도 ^z (g/cm ³)		
	시험 전 (3월)	처리 후 (10월)	증감률 (%)	시험 전 (3월)	처리 후 (10월)	증감률 (%)	시험 전 (3월)	처리 후 (10월)	증감률 (%)
무처리	5.8	6.2	6.9 a ^y	7.4	2.7	-63.4 a	0.90	0.88	-2.2 a
200	6.0	6.4	6.7 a	3.2	1.3	-59.4 a	1.31	1.14	-130 b
400	5.8	6.2	6.9 a	7.1	3.1	-56.3 a	1.04	0.85	-183 b
800	5.8	6.0	3.4 a	6.0	2.9	-51.7 a	1.22	0.91	-254 b

^z건토무게/토양부피(100cm³) ^y(처리 후 - 시험 전)/시험 전 × 100

^yMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^x((처리 후 - 시험 전)/시험 전)×100

○ 시험 후 토양 유기탄소축적량

처리내용 (kg/10a)	SOC ^z (g/kg)	용적밀도 (g/cm)	토양깊이 (m)	SOC.stock ^y (t C/ha)
무처리	67.3 a ^z	0.88 a	0.2 a	111.5 a
200	49.9 a	1.14 a	0.2 a	107.5 a
400	66.1 a	0.85 a	0.2 a	109.7 a
800	61.5 a	0.91 a	0.2 a	109.6 a

※ 조사일: 2025. 10. 2., ^z토양유기탄소(SOC) 함량 = 유기물함량(g/kg) / 1.724

^y탄소축적량(t C/ha) = SOC함량(g/kg)×용적밀도(g/cm³)×깊이(0.2m)×(1-자갈함량)×10

^xMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

2) 작물생육 평가

○ 바이오차 처리에 따른 수체 생육 변화

처리내용 (kg/10a)	수관용적 ^z (m ³)			주간굵기 ^y (mm)		
	6월(A)	9월(B)	확대량(B-A)	6월(A)	9월(B)	비대량(B-A)
무처리	1.1	1.3	0.2 a ^y	23.3	27.3	4.0 a
200	1.3	1.7	0.4 a	29.9	32.8	1.9 a
400	1.1	1.4	0.3 a	26.2	32.1	5.9 a
800	1.0	1.2	0.2 a	24.1	26.6	2.5 a

※ 조사일: 2025. 6. 27., 2025. 9. 25.

^z가로(동서)*세로(남북)*높이*0.7, ^y접목부위 위 10cm 지점

^yMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 바이오차 처리에 따른 봄순(결과모지) 생육 특성

처리내용 (kg/10a)	봄순 가지 굵기 ^z (mm)	봄순			
		개수 (개/가지)	길이 (mm)	굵기 ^y (mm)	엽록소 함량 ^x (SPAD)
무처리	6.7 a ^x	4.3 a	18.6 a	3.7 a	78.3 a
200	6.6 a	4.3 a	20.6 a	3.6 a	76.8 a
400	5.6 a	4.0 a	18.8 a	4.8 a	76.4 a
800	7.8 a	4.3 a	20.8 a	3.8 a	76.6 a

※ 조사일: 2025. 6. 30.,

^z기부에서 5cm 지점, ^y기부에서 5cm 지점

^xMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

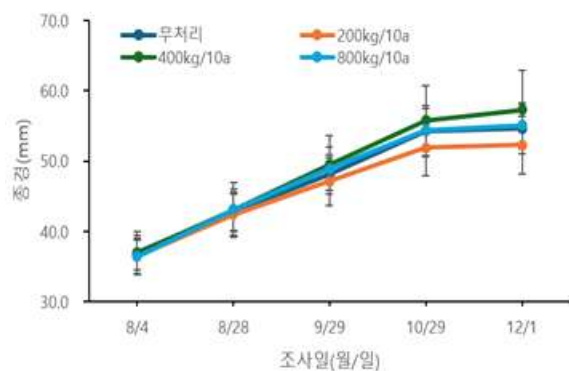
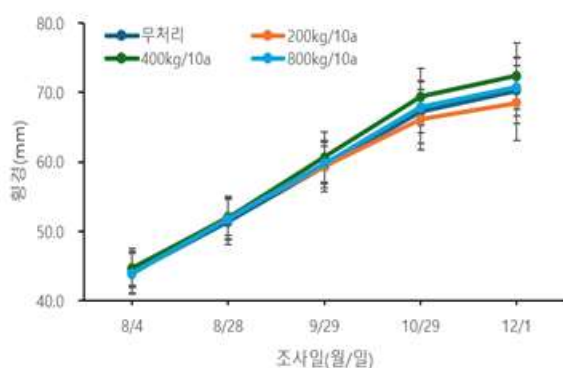
○ 바이오차 처리에 따른 봄순 양분함량

처리내용 (kg/10a)	양분함량(%)		
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
무처리	3.31 a ^z	0.40 a	2.95 a
200	3.32 a	0.42 a	2.84 a
400	3.18 a	0.43 a	3.01 a
800	3.26 a	0.44 a	3.14 a

※ 시료 채취: 2025. 6. 30., 봄 순 기부에서 3~5번째 잎 조사

^zMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 바이오차 처리량에 따른 성숙기 과실 비대



○ 바이오차 처리에 따른 과실 비대량

처리내용 (kg/10a)	횡경(mm)			종경(mm)		
	조사일(월. 일.)		비대량 (B-A)	조사일(월. 일.)		비대량 (B-A)
	8. 4. (A)	12. 1. (B)		8. 4. (A)	12. 1. (B)	
무처리	44.1	70.8	26.7	37.0	54.3	17.3
200	44.5	71.1	26.6	36.5	51.9	15.4
400	44.7	70.6	25.9	36.9	55.8	18.9
800	43.9	71.3	27.4	36.4	54.4	18.0

○ 바이오차 처리에 따른 성숙기 과실 품질 특성

조사일 (월. 일.)	처리내용 (kg/10a)	과중 (g)	과육률 (%)	과피두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)
12. 18.	무처리	158.3 a ^z	77.3 a	3.2 a	15.4 a	1.15 a
	200	155.6 a	75.9 a	3.4 a	15.6 a	1.15 a
	400	158.2 a	78.0 a	3.1 a	15.6 a	1.05 a
	800	161.8 a	77.3 a	3.2 a	15.6 a	1.19 a

^zMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4. 적 요

(시험 1) 바이오차 처리에 따른 감귤 생육효과 구명

- pH 및 EC는 바이오차 처리량에 따른 경향성은 없었음
- 아산화질소 누적 발생량은 무처리에서 961.2mg/m², 800kg처리구에서 245.2mg/m²으로 바이오차 처리량이 많을수록 적은 경향을 보임
- 토양 유기탄소함량 및 탄소축적량은 바이오차 800kg/10a처리구에서 각각 49.3g/kg, 86.7t C/ha로 무처리 및 200kg 처리보다 유의적으로 높았음
- 작물생육은(수체 및 품질 특성 등) 바이오차 처리간에 유의적 차이는 없었음

(시험 2) 염류집적 토양에서 바이오차 처리에 따른 감귤 생육효과 구명

- pH 및 EC는 바이오차 처리량에 따른 경향성은 없었음
- 용적밀도는 무처리 대비 바이오차 처리구에서 감소하였음
- 토양 유기탄소 및 작물생육은 바이오차 처리간에 유의적 차이는 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	책 임 자	제주도 원과수연구과	농 업 사	정 승 용	과제수행 총괄
	공 동 연구 자	제주도 원미래농업육성과	농 업 사	양 철 준	생육 특성 조사
	공 동 연구 자	제주도 원과수연구과	농 업 관	오 명 협	결과 검토

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	기후자원 CR	바이오차의 농업적 활용기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	저감 및 감축기술 CR01CR12	1) 제주지역 농림부산물 이용 바이오차 제조기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	2) 바이오차 투입이 제주 토양환경에 미치는 영향	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	토양탄소 저장·격리 CR01CR15	4) 바이오차 투입에 따른 채소 작물 생육에 미치는 효과 구명	'25 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	오동은
	방제 CP01CP14	5) 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제 기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정

1. 연구목적

- 바이오차 투입량에 따른 채소작물 생육효과 구명

2. 연구방법

(시험 1) 바이오차 처리에 따른 월동무 생육효과 구명

- 시험품종: ‘청정고원무’(월동무)
- 시험장소: 제주시 애월읍
- 처리내용: 무처리, 바이오차(200, 400, 800kg/10a)
- 시험구 배치법: 단구제
- 조사항목: 토양화학적 및 물리성, 생육특성 등

※ 경종개요

- 시험장소: 제주시 애월읍(밭작물연구단지)
- 파종일: '24. 9. 30, 수확일: '25. 3. 19.
- 처리방법: 표층 살포 후 경운작업
- 시비관리: 기비(9. 24.), 추비(10. 30., 11. 19., 12. 9.) ※시비처방서에 준함

(시험 2) 바이오차 처리에 따른 브로콜리 생육효과 구명

- 시험품종: ‘삼다그린’(브로콜리)
- 시험장소: 제주시 애월읍
- 처리내용: 무처리, 바이오차(200, 400, 800kg/10a)
- 시험구 배치법: 단구제
- 조사항목: 토양화학적 및 물리성, 생육특성 등

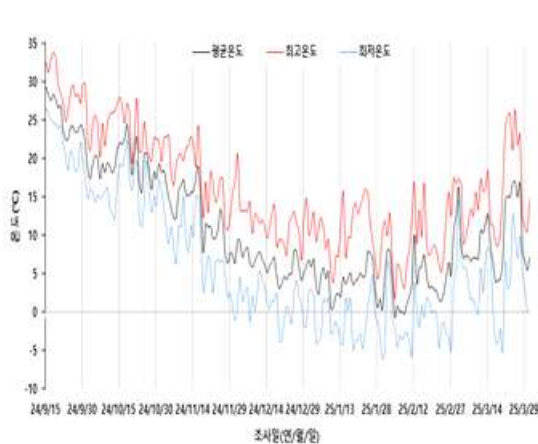
※ 경종개요

- 시험장소: 제주시 애월읍(상귀리 930)
- 정식일: '24. 9. 24, 수확기: '25. 2. 19. ~ 3. 10.
- 처리방법: 표층 살포 후 경운작업
- 시비관리: 기비(9. 19.), 추비(10. 24.) ※시비처방서에 준함

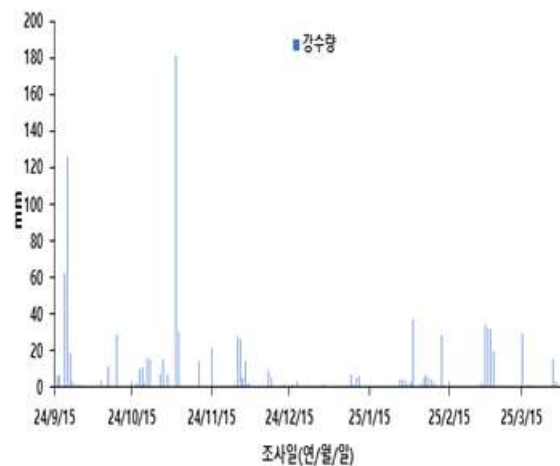
3. 주요 연구 결과

(시험 1) 바이오차 처리에 따른 월동무 생육효과 구명

- 월동무 재배기간 동안 기상 변화(밭작물연구단지)



기온



강수량

※자료: '24~'25년 밭작물 연구단지,

○ 시험 전·후 토양 물리성

구 분	처리내용 (kg/10a)	용적밀도 ^z (g/cm ³)	중량수분함량 ^y (%)	용적수분함량 ^x (%)
시험 전	-	1.12	-	24.62
시험 후	무처리	1.44	18.32	26.39
	200	1.40	19.31	26.97
	400	1.23	17.00	20.90
	800	1.23	16.36	20.14

* 바이오차 투입 전 조사일: '24. 9. 15., 바이오차 투입 후 조사일: '25. 3. 23.

^z용적밀도: 건토무게/토양부피(100cm³)

^y중량수분함량: 토양수분 무게(건조 전 - 건조 후)/건토무게

^x용적수분함량: 중량수분함량*용적밀도

○ 시험 전·후 토양 화학성

구분	처리내용 (kg/10a)	pH	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
시험 전	무처리	6.9	0.4	18.0	108.5	0.6	9.9	4.6
	200	6.9	0.5	17.0	92.1	0.5	9.8	5.0
	400	6.9	0.4	16.7	88.9	0.5	9.4	4.9
	800	6.8	0.3	16.9	82.7	0.5	8.8	4.5
시험 후	무처리	6.7	0.5	17.5	110.6	0.6	8.4	4.2
	200	7.0	0.4	17.0	75.9	0.4	8.4	4.6
	400	6.8	0.4	17.6	75.1	0.4	8.1	4.4
	800	6.5	0.5	18.0	68.6	0.4	7.7	4.1
적정범위		6.0~6.5	2.0이하	21~50 ^z 101~150	350~450	0.6~0.7	5.0~6.0	1.5~2.0

* 바이오차 투입 전 조사일: '24. 9. 15., 바이오차 투입 후 조사일: '25. 3. 23.

^z 제주 토양(비화산회토/화산회토) 유기물 함량 범위

○ 수확기 월동무 지상부 생육특성

처리내용(kg/10a)	엽 장(cm)	엽 폭(cm)	엽 수(매)	엽 중(g)
무처리	37.8±4.28 b ^z	13.9±1.87 b	31.1±3.67 a	216.6±65.96 a
200	35.2±3.88 c	13.5±1.69 b	28.2±3.15 b	169.8±49.73 b
400	37.7±4.82 b	14.5±1.84 a	28.6±3.02 b	203.3±66.71 a
800	40.2±4.22 a	14.9±2.16 a	28.5±3.52 b	211.1±64.08 a

* 수확일: '25. 3. 19.

^z Mean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 수확기 월동무 지하부 생육특성

처리내용 (kg/10a)	근장 (cm)	근경 (mm)	근중 (g)	근중분포(%)					
				1kg 미만	1.0 ~ 1.5g	1.5 ~ 2.0g	2.0 ~ 2.5g	2.5 ~ 3.0g	3.0g 초과
무처리	26.0±3.29 a ^z	107.7±15.86 a	1,793±604.3 a	9.5	27.6	21.9	29.5	10.5	1.0
200	24.8±3.70 b	111.6±17.27 a	1,648±624.9 a	14.3	24.8	36.2	15.2	7.6	1.9
400	26.4±3.40 a	105.8±16.06 a	1,772±589.1 a	9.5	24.8	28.6	27.6	8.6	1.0
800	26.0±3.29 a	109.1±13.46 a	1,789±520.0 a	5.7	22.9	37.1	24.8	8.6	1.0

* 수확일: '25. 3. 19.

^z Mean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 수확기 월동무 수량특성

처리내용 (kg/10a)	총수량 (kg/10a)	상품수량 ^z (kg/10a)	상품율 (%)	비상품율(%)			
				계	1.0kg 미만	2.5kg 이상	생리 장해 ^y
무처리	5,543 a ^x	4,063 a	73.3	26.7	9.5	11.5	5.7
200	5,093 a	3,494 a	68.6	31.4	14.3	9.5	7.6
400	5,476 a	3,647 a	66.6	33.4	9.5	9.6	14.3
800	5,528 a	4,262 a	77.1	22.9	5.7	9.6	7.6

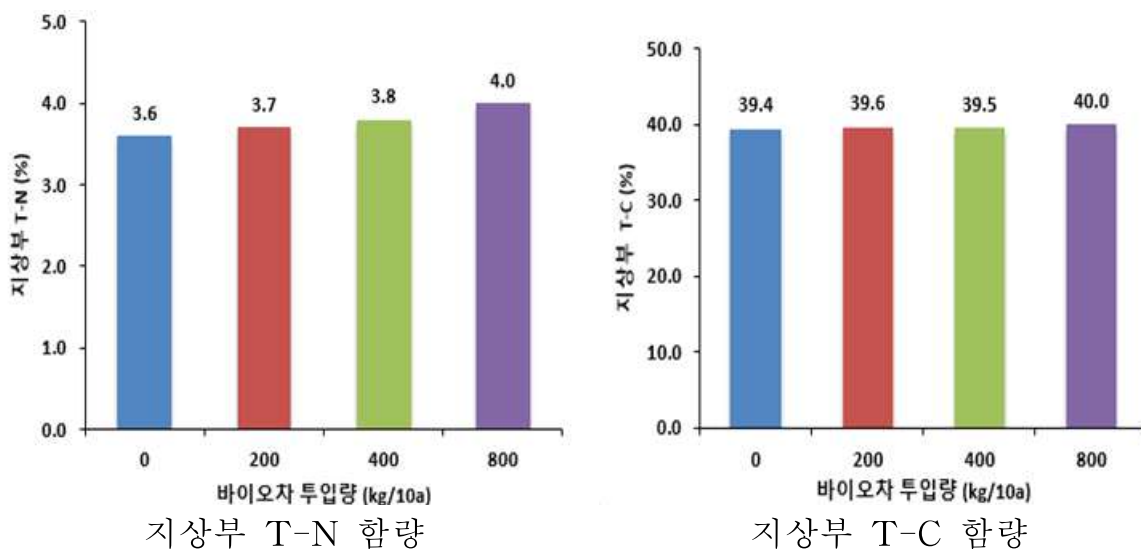
* 수확일: '25. 3. 19.

^z 상품수량: 근중 1kg이상 2.5kg 범위에 속하는 것 중 비상품율을 제외, 생산농협 출하기준

^y 생리장해: 열근, 바람들이, 가랑이

^x Mean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

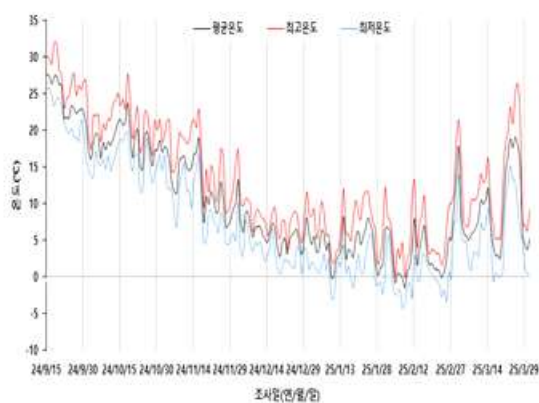
○ 바이오차 처리에 따른 월동무 지상부 양분함량



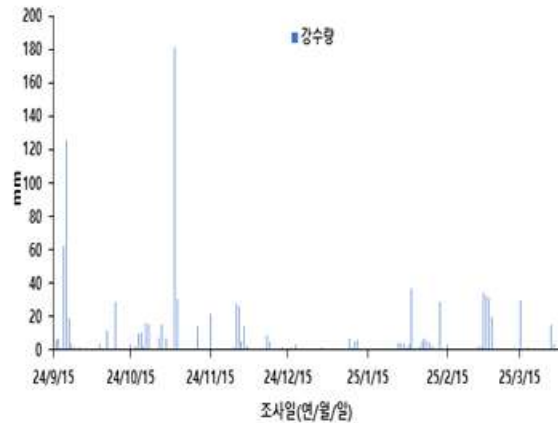
* 조사일: '25. 3. 19.

(시험 2) 바이오차 처리에 따른 브로콜리 생육효과 구명

○ 브로콜리 재배기간 동안 기상 변화(상귀리)



기온



강수량

※자료: '24~'25년 상귀 기상대

○ 시험 전·후 토양 물리성

구 분	처리내용 (kg/10a)	용 적 밀 도 ^z (g/cm ³)	중 량 수 분 함 량 ^y (%)	용 적 수 분 함 량 ^x (%)
시험 전	-	0.88	-	23.23
시험 후	무처리	1.18	27.38	32.15
	200	1.15	29.01	33.35
	400	0.98	29.53	28.94
	800	1.02	29.96	30.55

* 바이오차 투입 전 조사일: '24. 8. 26., 바이오차 투입 후 조사일: '25. 3. 23.

^z 용적밀도: 건토무게/토양부피(100cm³)

^y 중량수분함량: 토양수분 무게(건조 전 - 건조 후)/건토무게

^x 용적수분함량: 중량수분함량*용적밀도

○ 시험 전·후 토양 화학성

구분	처리내용 (kg/10a)	pH	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
시험 전	-	5.1	0.5	43	590	0.6	4.4	1.1
시험 후	무처리	5.1	0.4	47.0	640.5	0.4	3.6	0.7
	200	5.1	0.4	44.9	657.7	0.4	3.5	0.8
	400	5.6	0.4	45.6	568.3	0.5	5.7	0.8
	800	5.6	0.3	45.8	540.2	0.4	5.2	1.2
적정범위		6.0-6.5	2.0이하	21~50	350~450	0.6-0.7	5.0-6.0	1.5-2.0

* 바이오차 투입 전 조사일: '24. 8. 13., 바이오차 투입 후 조사일: '25. 3. 23.

○ 수확기 브로콜리 생육특성

처리내용 (kg/10a)	주중 (g)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (매)	화경장 (cm)
무처리	1,233±235.1 ab ^z	50.9±6.08 b	37.4±5.23 b	19.7±2.19 a	16.5±2.78 ab	22.4±1.06 b
200	1,216±213.7 b	54.6±7.64 a	36.3±6.99 b	19.8±2.59 a	15.4±2.46 b	23.1±1.22 a
400	1,131±206.3 b	56.0±6.37 a	38.4±4.39 ab	19.7±3.24 a	15.4±2.21 b	23.5±1.35 a
800	1,325±217.0 a	56.8±5.85 a	40.1±3.35 a	21.2±2.83 a	17.1±3.32 a	22.5±1.25 b

* 수확기: '25. 2. 19. ~ 3. 10.

^zMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 수확기 브로콜리 화퇴특성

처리내용 (kg/10a)	화퇴중 (g)	화퇴고 (mm)	화퇴폭 (mm)	화경경 (mm)
무처리	480.4±86.6 a ^z	82.7±7.88 a	119.5±9.90 a	52.0±3.87 ab
200	456.6±92.0 a	81.9±8.30 a	118.0±8.79 ab	51.4±4.73 a
400	460.1±85.0 a	79.3±8.46 b	115.9±7.72 b	48.4±5.11 b
800	471.7±75.3 a	83.6±7.62 a	119.4±8.19 a	51.8±4.71 ab

* 수확기: '25. 2. 19. ~ 3. 10.

^zMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 바이오차 처리에 따른 브로콜리 수량

처리내용 (kg/10a)	상품수량 ^z (kg/10a)	상품율 (%)	비상품율 ^y (%)
무처리	2,029 a ^x	98.0	2.0
200	1,767 a	93.6	6.4
400	1,718 a	91.7	8.3
800	1,836 a	89.8	10.2

*수확기: '25. 2. 19. ~ 3. 10.

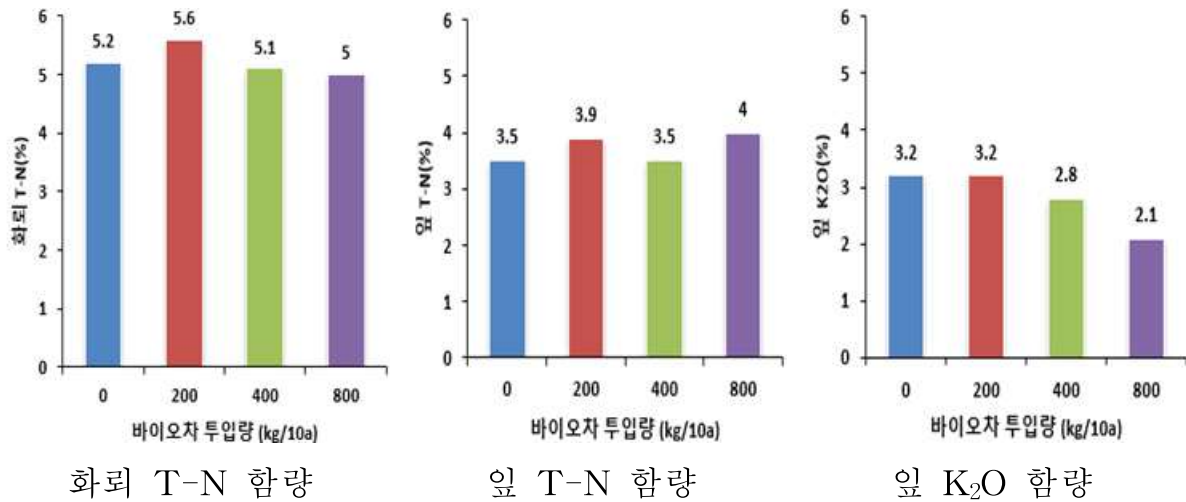
^z상품수량: 구폭 11~12cm, 구중 330g 이상에 속하는 것 중 비상품율 제외

^y비상품율: 병(검은무늬병 등) 또는 밀도(구의 치밀도)가 낮은 개체 비율

^xMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 바이오차 처리에 따른 브로콜리 부위별 양분함량

<조사일: '25. 3. 10.>



4. 적 요

(시험 1) 바이오차 처리에 따른 월동무 생육효과 구명

- 바이오차 400, 800kg/10a 처리구에서 용적밀도가 감소하는 경향을 보였음
- 토양 화학성은 바이오차 처리량이 증가할수록 유기물은 증가하였고, 유효인산 및 교환성양이온은 감소하였음
- 월동무 지상부 생육은 바이오차 800kg/10a 처리구에서 엽장, 엽 폭, 근중이 증가하는 경향을 보였음
- 총 수량과 상품수량은 바이오차 처리구간 유의차 없었음
- 식물체내 양분함량은 바이오차 처리량 증가에 따라 지상부 T-N 및 T-C 함량이 증가하는 경향을 보였음

(시험 2) 바이오차 처리에 따른 브로콜리 생육효과 구명

- 바이오차 400kg/10a 처리구에서 용적밀도가 감소하는 경향이 있었음
- 토양 화학성은 바이오차 400, 800kg/10a 처리구에서 pH 및 교환성 Ca함량이 증가하는 경향을 보였음
- 브로콜리 생육특성은 800kg/10a 처리구에서 주중, 엽장, 엽수가 증가하는 경향을 보였음

- 상품수량은 바이오차 처리구간 유의차가 없었음
- 식물체 양분함량은 200kg/10a 처리구에서 화퇴, 800kg/10a 처리구에서 오히려 T-N 함량이 증가하는 경향을 보였음

5. 연구원 편성

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
4) 바이오차 투입에 따른 채소작물 생육에 미치는 효과 구명	연구책임자	제주도원예작물과	농업연구사	오동은	시험수행 총괄
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	김주영	특성조사
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	이광주	결과검토
	연구보조원	제주도원예작물과	공무직	김홍숙	특성조사 보조
	연구보조원	제주도원예연구과	공무직	김민찬	시험포장 관리

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로젝트 (고유 연구)	기후자원 CR	바이오차의 농업적 활용기술 개발	'24 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	저감 및 감축기술 (CP01CR12)	1) 제주지역 농림부산물 이용 바이오차 제조기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 (CP01CR15)	2) 바이오차 투입이 제주 토양 환경에 미치는 영향 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	고윤정
	토양탄소 저장·격리 (CP01CR15)	3) 바이오차 투입에 따른 감귤 생육에 미치는 효과 구명	'24 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	토양탄소 저장·격리 (CP01CR15)	4) 바이오차 투입에 따른 채소작물 생육에 미치는 효과 구명	'25 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	오동은
	방제 (CP01CP14)	5) 바이오차 활용 배추과 뿌리 혹병 방제기술 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	김효정

1. 연구목적

- 환경친화적 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제효과 구명

2. 재료 및 방법

- 대상작목: 배추과 작물(브로콜리)
- 대상병해: 뿌리혹병(*Plasmodiophora brassicae*)
- 시험장소: 한림읍 대림리(뿌리혹병 발생 농가포장)
- 처리방법: 무처리, 바이오차(200, 400, 800kg/10a) 토양 혼화 처리
- 조사항목: 발병도, 토양 내 병원균 밀도, 생육특성, 토양화학적 및 물리적 등

* 발병도(%)= [(7A+5B+3C+D)/(7N)]*100

☞ A: 90%이상 혹 형성 / B: 60~80% 혹 형성 / C: 30~60% 혹 형성 / D: 30% 미만 E: 미발생 / N: 조사주수

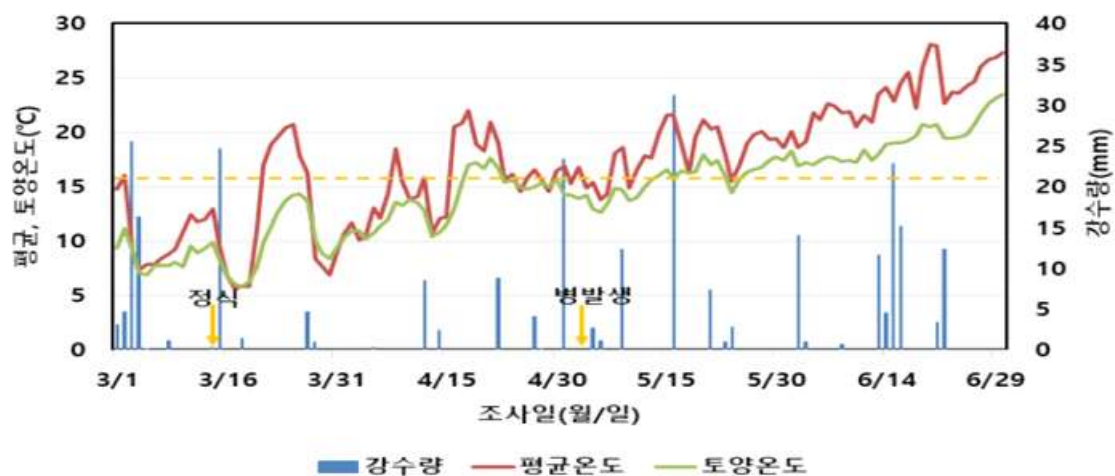
* 방제가(%)=[1-(처리구의 발병도/무처리구의 발병도)]*100

- 경종개요

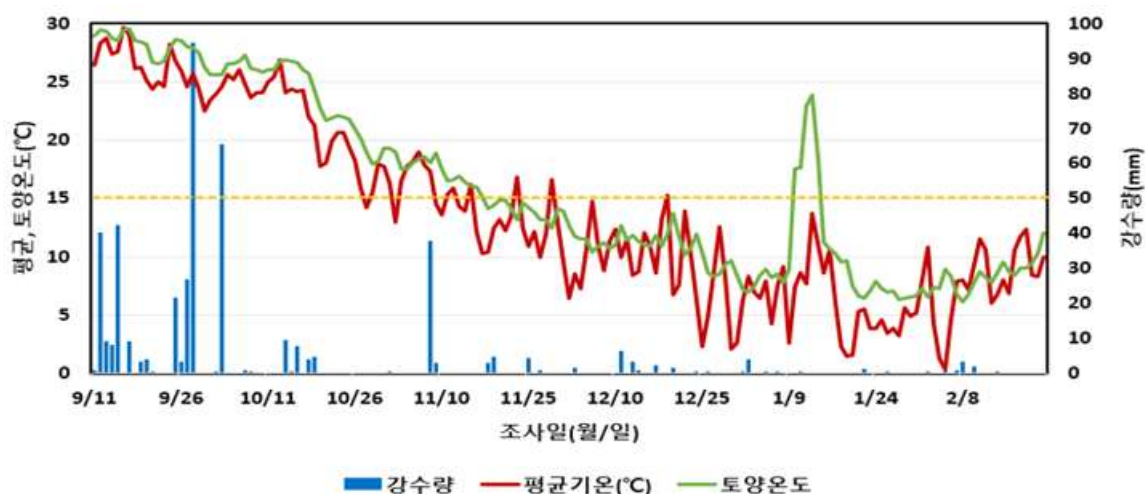
재배작기	면적(m ²)	품종명	바이오차 처리일 (년. 월. 일.)	정식일 (년. 월. 일.)	수확일 (년. 월. 일.)
봄	1,322	슈퍼그레이스	'25. 3. 10.	'25. 3. 17.	'25. 6. 30.
겨울	1,000	삼다그린	'25. 9. 10.	'25. 9. 17.	'26. 2. 14.

3. 주요 연구 결과

○ 브로콜리 뿌리혹병 시험포장 기상(봄 재배)



봄재배 기상상황



겨울재배 기상상황

○ 봄 재배 생육특성 및 뿌리혹병 발병도

처리내용 (kg/10a)	초장(cm)	엽폭(cm)	엽수(매)	화뢰고(mm)	화뢰중(g)	발병도(%)
무처리	32.0 b ^z	17.4 b	8.4 a	76.2 b	404.0 b	78 a
200	31.3 b	17.9 b	8.2 a	76.4 b	398.0 b	77 a
400	36.5 a	20.0 a	8.5 a	77.6 a	419.0 a	75 a
800	34.8 ab	19.0 ab	8.3 a	77.1 a	416.0 a	75 a

^z Mean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

* 조사일: '25. 6. 30.

○ 겨울 재배 생육특성 및 뿌리혹병 발병도

처리내용 (kg/10a)	초장(cm)	엽폭(cm)	엽수(매)	화퇴고(mm)	화퇴중(g)	발병도(%)
무처리	48.9 b ^z	18.9 b	18.2 a	78.7 b	423.9 c	- ^y
200	54.9 a	20.0 ab	18.2 a	82.0 ab	522.7 b	-
400	54.1 a	20.8 a	18.9 a	83.8 a	574.7 a	-
800	53.8 a	19.7 ab	16.4 a	83.7 a	526.3 b	-

^z Mean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^y -: 병 발생없음

* 조사일: '25. 2. 12.

○ 봄재배 시험 전·후 토양 이화학성

처리내용 (kg/10a)		pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	AvP ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 (g/cm ³)
						K	Ca	Mg	
시험전	- ^z	6.3	0.70	39.8	1,152	1.1	9.8	2.3	1.02
시험후	무처리	6.2	0.70	35.6	1,233	1.3	9.9	2.2	0.95
	200	6.4	0.42	33.0	1,211	1.2	9.5	2.1	0.92
	400	6.3	0.49	34.4	1,333	1.2	9.5	2.2	0.90
	800	6.1	0.69	35.2	1,250	1.2	9.4	2.1	0.93
적정범위		60~65	2이하	21~50	30~40	06~07	50~60	15~20	-

^z -: 처리내용 및 적정범위 없음

※ 적정범위 출처: 작물별 비료사용처방(5차 개정본, 농과원)

* 토양채취 시기: (처리 전)'25. 3. 7., (처리 후)'25. 5. 27.

○ 겨울재배 시험 전·후 토양 이화학성

처리내용 (kg/10a)		pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	AvP ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation(cmol ⁺ /kg)			용적 밀도 (g/cm ³)
						K	Ca	Mg	
시험전	- ^z	6.1	0.64	38.2	1,020	0.8	9.0	2.5	1.25
시험후	무처리	6.2	0.66	38.6	1,120	0.9	9.2	2.0	0.98
	200	6.3	0.59	35.4	1,042	0.8	9.0	2.0	0.99
	400	6.4	0.51	36.5	1,034	0.8	9.2	2.1	0.95
	800	6.2	0.54	37.2	1,065	0.7	9.1	2.1	0.94
적정범위		60~65	2이하	21~50	30~40	06~07	50~60	15~20	-

^z -: 처리내용 및 적정범위 없음

※ 적정범위 출처: 작물별 비료사용처방(5차 개정본, 농과원)

* 토양채취 시기: (처리 전)'25. 9. 7., (처리 후)'26. 2. 16.

○ 바이오차 처리구별 토양 내 뿌리혹병 밀도 조사

- dPCR 기반 토양 내 *Plasmodiophora brassicae* 절대적 밀도 정량 결과

처리내용(kg/10a)	DNA copy수 ^z (copy/ μ l)	토양 1g당 copy수(copy/g)
무처리	3,202.52	384,306.61
200	3,523.51	422,829.60
400	3,023.02	362,761.21
800	3,045.13	365,421.02
대조구(일반토양) ^y	0.57	64.40

^z copy: 표적 유전자의 분자수

^y 대조구(일반토양): 뿌리혹병 발생이 없는 일반 브로콜리 재배 포장

* 토양채취 시기: '25. 5. 7.

4. 적요

- 바이오차 투입시 400kg 처리구의 초장(36.5cm), 엽폭(20.0cm), 화뢰고(77.6mm), 화경경(48.2mm), 화뢰중(419.0g)의 증가 경향을 나타냄
- 바이오차 투입에 따른 발병도는 400, 800kg에서 75%의 발병도를 나타내었으나, 유의적인 차이는 없었음
- 바이오차 처리구별, 무처리구의 토양 내 뿌리혹병 병원균 밀도의 차이는 크지 않았음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
5) 바이오차 활용 배추과 뿌리혹병 방제 기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구 사	김 효 정	시험 수행 총괄
	공 동 연구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구 사	이 정 민	병해 발생조사
	공 동 연구 자	제 주 도 원 연구개발국	농 업 연구 관	김 태 군	결과활용 검토
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	김 영 민	PCR 검정지원

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	과수 FT	미래농업 대응 우리원 육성 만감류 디지털 농업 전환 및 출하시기 다변화	'25 ~'29	제 주 도 원 과수연구과	주재연
	만감 FT060615	1) 우리원 육성 만감류 시설재배 노동력 절감형 과원 모델 개발	'25 ~'29	제 주 도 원 과수연구과	주재연
	만감 FT060615	3) 우리원 육성 만감류 가온재배 가능성 검토	'25 ~'29	제 주 도 원 과수연구과	오명협

1. 연구목적

- 우리원 육성 만감류 시설재배 자동제어·기계화 가능 노동력 절감형 과원 모델 개발

2. 재료 및 방법

(시험 1) 노동력 절감에 적합한 재식방법 및 수형구성

- 시험품종: ‘달코미’ 4년생
- 시험장소: 제주시 애월읍(농산물원종장 시험연구포장)
- 재배방법: 시설 무가온재배
- 정 식 일: 2025. 3. 20.
- 재식거리 및 수형 구성
 - 대조구: 1) 3.0m × 2.0m 개심자연형
 - 처리구: 1) 2.6m × 2.0m 개심자연형, 2) 2.6m × 2.0m 이축형
- 조사항목: 수관 내부 광량, 농약방제 효율 등

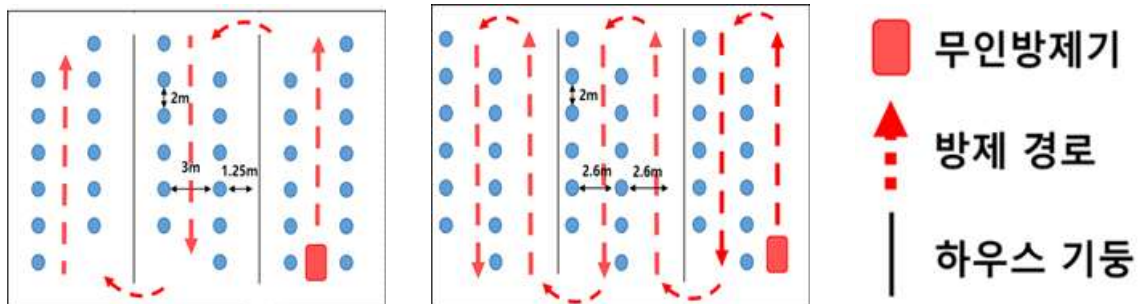
(시험 2) 이축형 수형에 적합한 결과모지 형성 방법

- 시험품종: ‘달코미’ 4년생
- 시험장소: 시험 1과 동일
- 재식거리 및 수형: 2.6m × 2.0m 이축형
 - * 봄 가지는 녹화 후 기부 기준 20cm 높이에서 적심
- 조사항목: 수관용적, 순 발생 특성, 엽수 등

3. 주요 연구결과

(시험 1) 노동력 절감에 적합한 재식방법 및 수형구성

○ 처리구별 재식 및 수형 구성

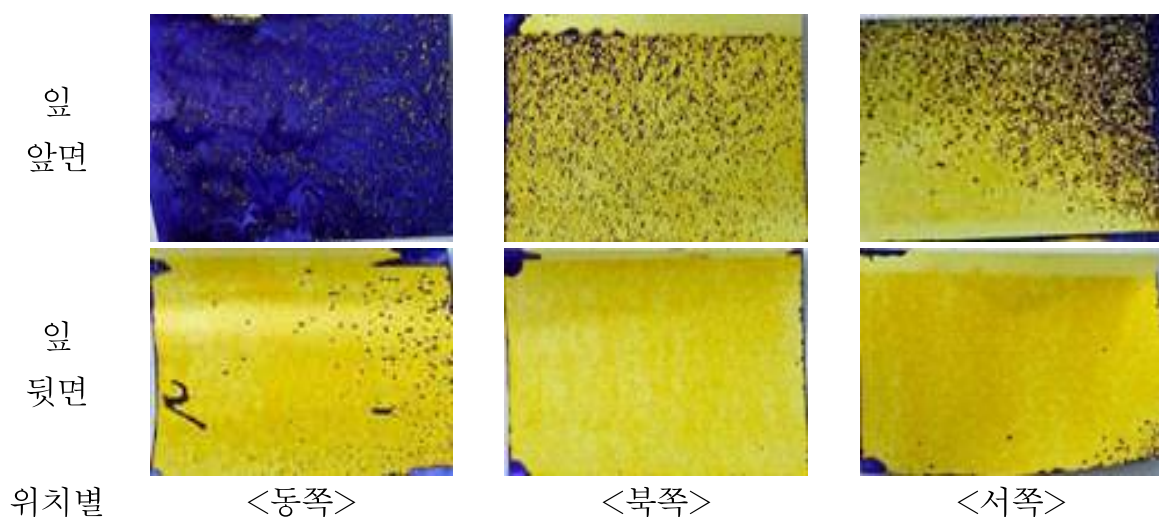


<재식거리 3.0m × 2.0m> <재식거리 2.6m × 2.0m>

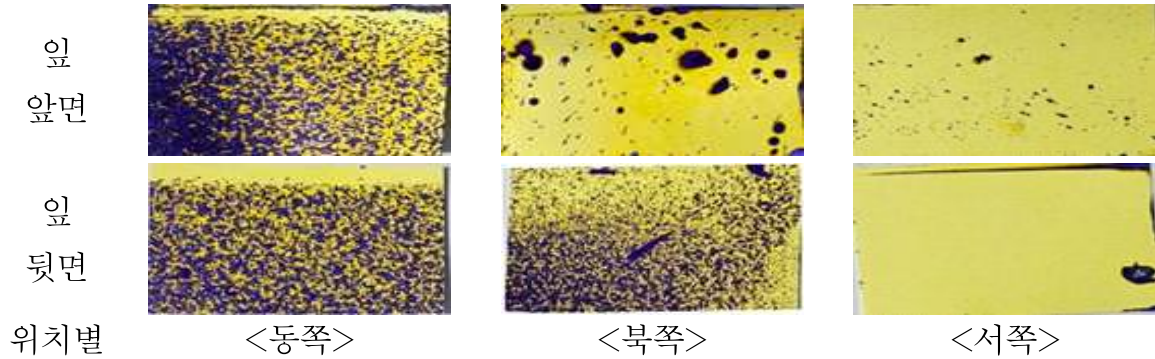
○ 기계 방제에 따른 수형별 농약 부착량



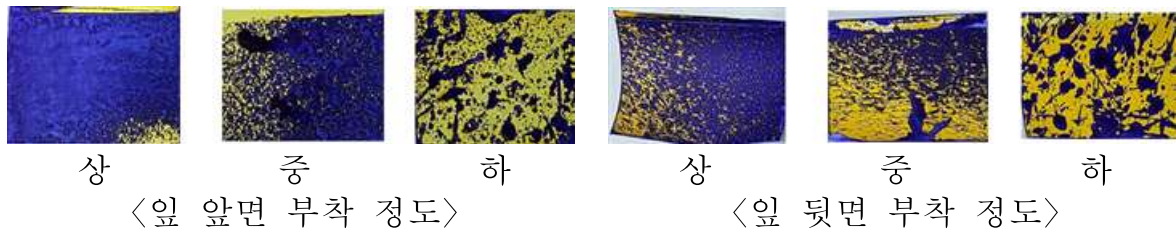
○ 개심자연형(3.0m × 2.0m)



○ 개심자연형(2.6m × 2.0m)



○ 이축형(2.6m × 2.0m)



○ 기계 방제에 따른 수형별 농약 부착량

처리내용		위치별	있 앞면 (%)	있 뒷면 (%)
수형 구성	재식거리 (열간 × 주간)			
개심자연형	3.0m × 2.0m	동	99.8	19.4
		북	26.6	5.8
		서	44.5	6.3
		평균	57.0	10.5
개심자연형	2.6m × 2.0m	동	68.5	57.1
		북	15.0	57.8
		서	1.6	5.0
		평균	28.4	40.0
이 축 형	2.6m × 2.0m	상	93.5	79.5
		중	73.2	39.9
		하	52.9	56.7
		평균	73.2	58.7

※ 조사일: 2025. 10. 2.

※ 사용 방제기: 소형 무인방제기(SMH100, 케이보배)

※ 개심자연형 상, 중 높이 및 이축형의 감수지를 고정하여 방제기 1회 운행 분무

※ 색상 추출 방식을 통한 농약 부착 비율 분석(<https://labs.tineye.com>)

(시험 2) 이축형 수형에 적합한 결과모지 형성 방법

○ 수형 구성에 따른 수관용적

처리내용	동서 (cm)	남북 (cm)	높이 (cm)	수관용적 ^z (m ³)
개심자연형	66.4	59.4	92.6	0.26
이 축 형	40.4	53.9	85.3	0.13
t-test ^y	***	ns	ns	***

※ 조사일: 2025. 10. 2.

^z가로(동서)×세로(남북)×높이×0.7

^yns, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $p<0.05$, 0.01 or 0.001, respectively

○ 여름 전정 후 봄순 및 여름순 생육 특성

처리내용 ^z	봄순 굵기 (mm)	여름순			가을순
		무효 공간률 ^x (%)	개수/가지 (개)	길이 (cm)	비율 ^y (%)
무처리	10.6 a ^w	87.9 a	2.4 b	35.5 a	60.0
10cm	7.9 b	67.5 b	2.6 b	26.8 a	45.8
20cm	9.1 ab	68.6 b	5.0 a	31.0 a	37.8
30cm	9.9 a	88.3 a	3.5 b	39.5 a	27.8

※ 전정일: 2025. 8. 18., 순 발생 특성 조사: 2025. 10. 2.

^z봄순 마디 기준 처리 구간 절단

^x(봄순 기부에서 마지막 여름순 발생 지점 길이)/(처리구 봄순 길이)×100

^y(가을순 발생 가지/여름순 가지)×100

^wMean Separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 처리구 별 여름순 발생 특성(발아 후)



<무처리>



<10cm>



<20cm>



<30cm>

4. 적 요

(시험 1) 노동력 절감에 적합한 재식방법 및 수형구성

- 기계방제 시 개심자연형 북·서 주지 농약 부착량은 낮았음
- 이축형의 농약 부착률은 앞 앞면 73.2%, 뒷면 58.7%으로 개심 자연형보다 높았음

(시험 2) 이축형 수형에 적합한 결과모지 형성 방법

- 수관용적은 이축형 0.13m³으로 개심자연형보다 50% 낮았음
- 여름순 무효공간률은 10cm 및 20cm 처리구에서 각각 67.5%, 68.6%로 낮았음
- 여름순 발생 개수는 20cm 처리구가 5개로 가장 많았음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
1) 우리원 육성 만감류 시설 재배 노동력 절감형 과원 모델 개발	책 임 자	제 주 도 원 과수연구과	농 연 구 사	주 재 연	과제 수행 총괄
	공 연 구 자	제 주 도 원 과수연구과	농 연 구 관	오 명 협	생육특성 조사
	공 연 구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 연 구 사	양 철 준	자료분석 및 검토

6. 연구계획 변경사항

- 기관프로젝트 공동연구(3세부 시설 만감류 기계화 표준 수형 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) (과제명) 감귤원 스마트 관리기술 및 표준과원 모델 개발 연구 (3세부과제명) 시설 만감류 기계화 표준 수형 개발

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트	과수 FT	미래 농업 대응 우리원 육성 만감류 디지털농업 전환 및 출하시기 다변화	'25 ~'29	제 주 도 원 과수연구과	주재연
	만감 FT060615	1) 우리원 육성 만감류 시설 재배 노동력 절감형 과원 모델 개발	'25 ~'29	제 주 도 원 과수연구과	주재연
	만감 FT060615	3) 우리원 육성 만감류 가온 재배 가능성 검토	'25 ~'29	제 주 도 원 과수연구과	오명협

1. 연구목적

- 우리원 육성 만감류 출하 시기 다변화를 위한 가온재배 가능성 검토

2. 재료 및 방법

(시험 1) 연내 수확형 만감류 가온재배 과실특성 비교

- 시험품종: ‘우리향’(6년), ‘애원과시28호’(6년, 대조)
- 시험장소: 서귀포시 강정동(본원 시험연구 포장)
- 가온일자: 2025. 1. 30.
- 재배방법: 가온 온주밀감 후기(1월)재배 관리
- 조사항목: 만개 일수, 착과 형태, 과실 특성, 과중 분포 등

<생육시기별 주요 재배 관리>

- 온도관리

온도	가온개시~ 출퇴기	출퇴기~ 생리낙과	생리낙과~ 비대기	착색기~ 수확기
최고온도	23~30℃	27℃	32℃	25℃
최저온도	15~22℃	17℃	22℃	-
비고	1일 1℃ 높임	1일 1℃ 내림	1일 0.5℃ 높임	자연온도

○ 물 관리(10a 기준)

물관리	가온 전	가온개시 ~발아기	발아기~ 백화기	생타낙과기	비대초기	비대성기	착색기~ 수확기
관수량	3일 간격 30mm	1일 5mm (수상관수)	5일 간격 15mm	7일 간격 20mm	5일 간격 20mm	10일 간격 5mm	15일 간격 5mm

○ 시비 관리(21-17-17, 10a 기준)

- 가온 전(3포), 2차 낙과 종료(3포), 수확 후 10. 20.(3포)

○ 적과

- 1차 적과(5. 7., 소과 등), 2차 적과(5. 21., 수관용적당 12과 기준)

3. 주요 연구 결과

(시험 1) 연내 수확형 만감류 가온재배 과실특성 비교

○ 품종별 가온 후 만개 일수

품 종	발아기 ^z	가온 후 소요 일수(일)	개화기 ^y	가온 후 소요 일수(일)	만개기 ^x	가온 후 소요 일수(일)
우리향	2. 15.	17	2. 29.	29	3. 5.	35
애원과시28호	2. 12.	14	2. 28.	28	3. 7.	37

^z엽눈 중 인편이 1~2mm 정도 발아된 눈이 40~50%인 때

^y꽃이 10% 개화되었을 때

^x꽃이 70~80% 개화되었을 때

○ ‘우리향’ 품종의 생육 상황



<발아기>



<개화기>



<만개기>

○ 품종별 화엽비 및 꽃 형태

품 종	수관용적 ^z (m ³)	화엽비 ^y	꽃 형태(%)			꽃 크기 ^x (mm)	
			유엽화	총상화	직화	횡경	종경
우리향	5.0	0.23	41.3	2.5	56.2	7.3	15.0
애원과시 28호	2.6	0.31	60.6	5.4	34.0	6.8	16.4
t-test ^w	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

※ 조사일: 2025. 2. 20.

^z가로(동서)×세로(남북)×높이×0.7

^y동서남북 4가지 선정하여 꽃 수와 묵은 잎 수 조사(꽃 수/구잎 수)

^x반직립성(30°~50°)결과지에서 발생한 10cm 이상 유엽화

^wns, *, **: Nonsignificant or significant at $p < 0.05$ or 0.01, respectively

○ 꽃 형태



<유엽화>



<총상화>



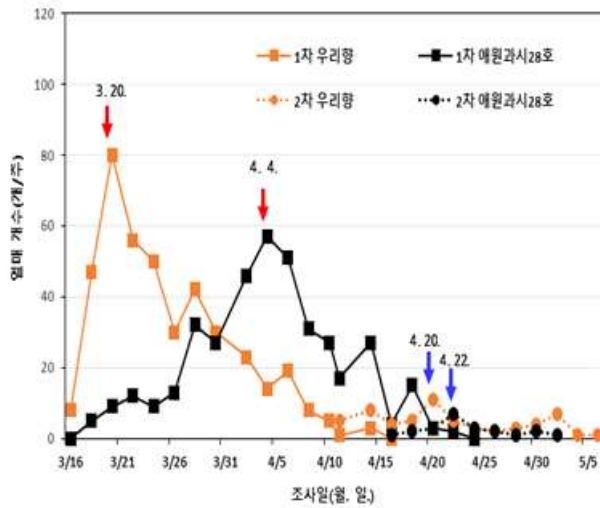
<직화>

○ 품종별 생리낙과

품 종	과실 수 (개/주)	낙과 기간 (월. 일.)	생리낙과율(%)		
			1차 낙과	2차 낙과	계
우리향	613	3. 16.~5. 6. (55일)	67.9	9.6	77.5
애원과시28호	548	3. 18.~5. 2. (54일)	70.6	4.0	74.6

※ 조사 기간: 2025. 3. 16.~5. 10.

○ 품종별 생리낙과 추이



<1차 생리낙과>

- ‘우리향’: 3. 16.~4. 14.
(최성기 3. 20.)
- ‘애원과시28호’: 3. 18.~4. 22.
(최성기 4. 4.)

<2차 생리낙과>

- ‘우리향’: 4. 11.~5. 6.
(최성기 4. 20.)
- ‘애원과시28호’: 4. 16.~5. 2.
(최성기 4. 22.)

○ 품종별 착과 형태

품 종	엽 과비 ^z	착과 형태(결과지, %)		
		유엽과	총상과	직과
우리향	24.9	80.5	3.1	16.4
애원과시28호	14.3	76.8	6.3	16.9
t-test ^y	ns	ns	ns	ns

※ 조사일: 2025. 5. 19.

^z동서남북 측지급 4가지 선정하여 잎 수와 과실 수 조사(잎 수/과실 수)

^yns, *, **: Nonsignificant or significant at $p<0.05$ or 0.01 , respectively

○ ‘우리향’ 품종의 착과 형태



<유엽과>



<총상과>



<직과>

○ 품종별 과실 형태

품 종	과실 개수 ^z (개/주)	기형 과실 ^y (%)	2차 과실 ^x (%)
우리향	185	4.7	0.0
애원과시28호	213	0.2	0.0

※ 조사일: 2025. 5. 19.

^z적과 전 품종별 3주 과실 평균

^y과실 형태가 정상적인 과실과 다른 형태의 과실

^x1차 과실내부(과정부)에 2차 과실이 형성되어 배꼽처럼 돌출된 과실

○ 품종별 열과율

품 종	과실 개수 ^z (개/주)	열과율 ^y (%)	열과 형태
우리향	103	3.2	종열
애원과시28호	45	1.6	횡열

※ 조사기간: 2025. 7. 28.~10. 10.

^z적과 후 착과된 3주 과실 평균

^y(열과 개수/과실 개수)×100

○ 시기별 횡경 크기

품 종	횡경(mm)										
	5.15.	5.29.	6.14.	6.30.	7.14.	7.30.	8.13.	8.29.	9.12.	9.30.	10.10.
우리향	33.6	40.4	48.4	54.4	58.2	63.1	66.8	69.1	71.2	75.0	79.0
애원과시 28호	39.2	48.2	56.7	62.0	66.0	70.2	73.0	75.4	77.5	79.3	82.0

○ 시기별 종경 크기

품 종	종경(mm)										
	5.15.	5.29.	6.14.	6.30.	7.14.	7.30.	8.13.	8.29.	9.12.	9.30.	10.10.
우리향	37.1	43.8	51.3	56.3	59.3	63.8	66.7	68.5	69.9	73.0	76.1
애원과시 28호	38.9	46.3	53.7	58.6	61.7	65.6	68.2	69.7	71.1	72.6	74.2

○ 품종 및 시기별 과형지수

품 종	과형지수 ^z										
	5.15.	5.29.	6.14.	6.30.	7.14.	7.30.	8.13.	8.29.	9.12.	9.30.	10.10.
우리향	91	92	94	97	98	100	100	101	102	103	104
애원과시 28호	101	104	106	106	107	107	107	108	109	110	111

^z(횡경/종경)*100

○ 시기별 과실 품질 변화

조사일 (월. 일.)	품종	과중 (g)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피 두께 (mm)	과육률 (%)	과피색 (a*)
7. 14. (가온 164일)	우리향	108	8.2	1.22	2.0	82.6	—
	애원과시28호	128	8.6	1.30	1.8	86.0	—
7. 31. (가온 181일)	우리향	137	8.5	0.95	2.0	84.3	—
	애원과시28호	157	8.8	1.21	1.8	87.6	—
8. 13. (가온 194일)	우리향	152	9.0	0.93	2.2	84.2	—
	애원과시28호	202	8.8	0.97	2.0	87.0	—
8. 29. (가온 210일)	우리향	174	10.1	0.83	2.1	84.6	-8.9
	애원과시28호	191	9.3	0.77	1.7	88.7	-8.5
9. 12. (가온 223일)	우리향	170	10.6	0.76	2.1	84.4	-5.4
	애원과시28호	228	9.4	0.69	1.8	85.9	0.6
9. 30. (가온 240일)	우리향	248	11.1	0.69	2.3	83.8	-1.0
	애원과시28호	279	9.7	0.59	2.0	86.1	2.5
10. 10. (가온 250일)	우리향	237	12.2	0.69	2.2	84.2	5.8
	애원과시28호	253	10.1	0.65	2.0	84.8	9.0
	t-test ^z	ns	**	ns	*	ns	*

※ 착색시작: ‘애원과시28호’(8. 10.), ‘우리향’(8. 23.)

^zns, *, **: Nonsignificant or significant at $p < 0.05$ or 0.01 , respectively

○ 품종별 과실 착색 변화



○ 품종별 과중 분포 및 수량

품 종	과실 수 ^z (개)	과중 분포(%)				
		150g 미만	150g 이상 ~ 200g 미만	200g 이상 ~ 250g 미만	250g 이상	수 량 ^y (kg/주)
우리향	287	2.8	39.7	44.3	13.2	19.9
애원과시28호	133	1.5	27.1	36.1	35.3	10.5
t-test ^x	—	—	—	—	—	*

※ 조사일: 2025. 10. 10.

^z품종별 3주 착과된 과실 개수

^y3주 평균 수량

^xns, *, **: Nonsignificant or significant at $p < 0.05$ or 0.01, respectively

4. 적 요

- 가온 후 만개 소요일수는 ‘우리향’ 35일로 ‘애원과시28호’ 보다 2일 빠름
- 생리낙과율은 ‘우리향’ 77.5%로 ‘애원과시28호’ 보다 2.9% 높았음
- 착과 형태는 유엽과 비율이 ‘우리향’ 80.5%로 ‘애원과시28호’보다 3.7% 높았고, 총상과 및 직과는 ‘애원과시28호’가 3.2%, 0.5% 높았음
- 기형과실은 ‘우리향’ 4.7%, ‘애원과시28호’는 0.2%이고, 2차 과실은 두 품종 모두 없었음
- 열과는 ‘우리향’ 3.2%, ‘애원과시28호’ 보다 1.6% 높았음

- 당도는 ‘우리향’ 12.2°Bx로 ‘애원과시28호’ 보다 2.1°Bx 높았고, 산함량 ‘우리향’ 0.69%, ‘애원과시28호’ 0.65%로 비슷하였음
- 착색시작은 ‘우리향’ 8. 23., ‘애원과시28호’ 8. 10. ‘우리향’이 13일 늦었고, 수확기 과피색(a*)은 ‘우리향’ 5.8로 ‘애원과시28호’ 보다 3.2 낮았음
- 과중 분포는 200g 미만은 ‘우리향’ 42.5%로 ‘애원과시28호’ 보다 13.9% 높았고, 250g 이상은 ‘우리향’ 13.2%로, ‘애원과시28호’ 보다 22.1% 낮았음
- 주당 평균 수량은 ‘우리향’ 19.9kg로 ‘애원과시28호’ 보다 9.4kg 유의적으로 많았음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
3) 우리원 육성 만감류 가운 재배 가능성 검토	책 임 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 관 연구관	오 명 협	과제 수행 총괄
	공 연 구 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사 연구사	정 승 용	생육특성 조사
	공 연 구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 사 연구사	양 철 준	자료분석 및 검토

6. 연구계획 변경사항

- 기관프로젝트 공동연구(2세부 가운재배를 통한 단경기 추석 출하 가능성 검토) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) 제주도 육성 신품종 만감류의 안정생산 및 재배 다양화 연구 (2세부과제명) 가운재배를 통한 단경기 추석출하 가능성 검토

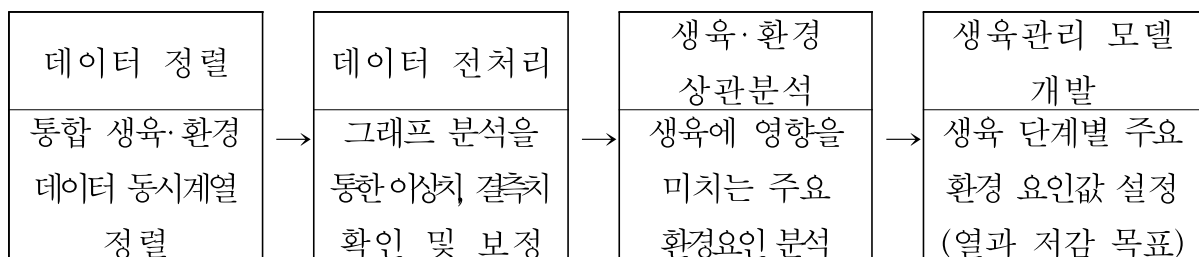
과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로젝트 (고유 연구)	과수(FT) 채소(VC)	데이터 기반 스마트농업 기술 개발	'23 ~'28	제 주 도 원 과수연구과	김보화
	만감 (FT060615)	1) '감평' 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	'24 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	김동균
	키위 (FT040611)	2) 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	'25 ~'28	제 주 도 원 과수연구과	김보화
	마늘 (VC041209)	3) 마늘의 생육·환경 데이터 수집	'23 ~'25	제 주 도 원 원예작물과	김주영
	감귤 (FT060614)	4) 감귤 자동관수 시스템 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 미래농업육성과	김동균

1. 연구목적

- ‘감평’ 시기별 최적 생육·환경 조건 도출하여 생육관리모델 개발

2. 재료 및 방법

- 조사품종: ‘감평’
- 조사장소: 도일원 농가 14개소
- 재배방법: 시설재배
- 조사기간: '25. 2. ~ '26. 1.(수확)
- 조사내용
 - 생육 단계별 주기적 생육 조사
 - 생육 특성: 낙과, 열과, 착과량 등
 - 과실 품질: 당도, 산함량, 과실크기 등
 - 전주기 환경 데이터 자동 수집: 온도, 습도, 토양수분, 일사량 등
 - 데이터 분석 과정



3. 주요 연구결과

○ 연도별 월평균 외부 온도 및 생육 단계

[단위: °C]

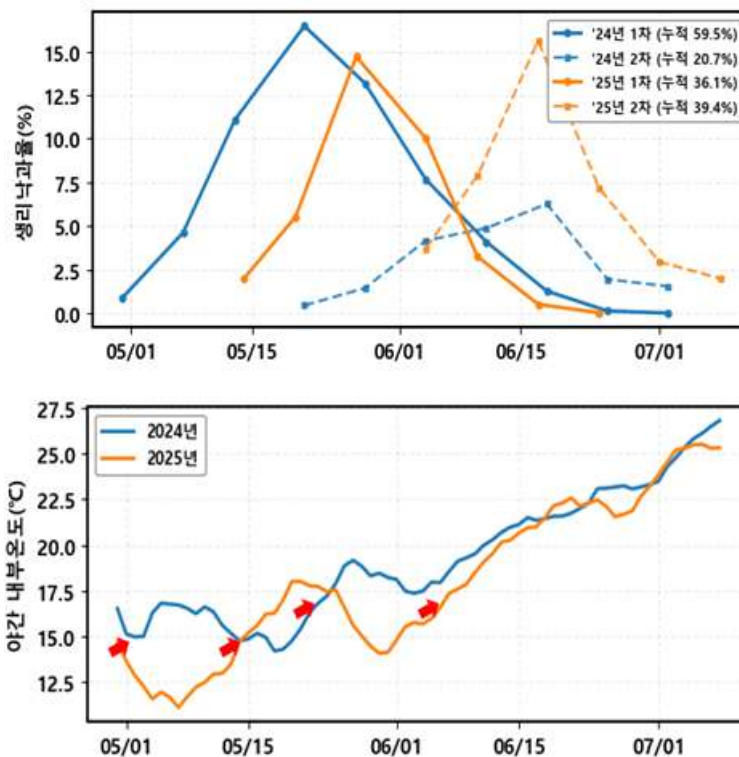
연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
'24	6.8	8.9	10.2	15.4	17.8	21.9	26.8	28.4	26.2	19.8	13.4	7.5
'25	5.6	4.5	10.2	14.2	17.0	22.6	27.3	27.9	26.3	20.6	13.5	9.0
평년	6.2	7.0	9.9	14.1	18.0	21.3	25.5	26.8	23.4	18.7	13.5	8.4

[월. 일.]

연도	발아기	개화기	만개기
2024	3. 19.	4. 20.	4. 25.
2025	3. 28.	4. 23.	4. 30.

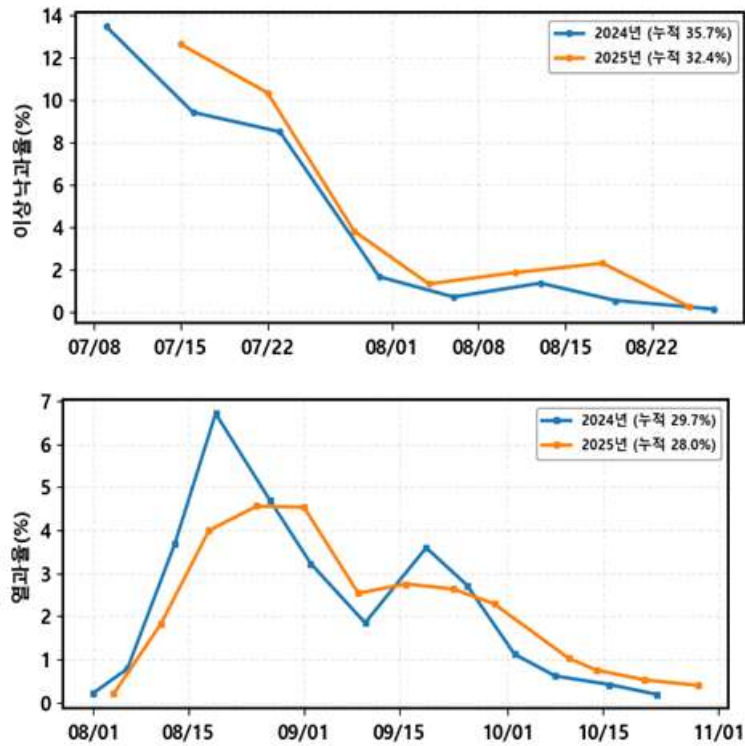
- 최근 2년간('24~'25) 6~10월 평균온도가 평년 대비 높게 경과됨
- '25년에 2월 온도가 낮아 '24년보다 발아기가 평균 9일 늦어졌고, 4~5월 온도도 낮아 개화기와 만개기도 늦어졌음

○ 생리낙과 및 야간온도



- 야간온도 15°C를 기점으로 1차 생리낙과율이 증가하고 야간온도 17°C를 기점으로 2차 생리낙과율이 증가하는 경향을 보였음

○ 이상낙과, 열과 발생률 변화



- 이상낙과는 '24년 누적 35.7%, '25년 누적 32.4% 발생하였고, 열과는 '24년 누적 29.7%, '25년 누적 28.0% 발생하였음

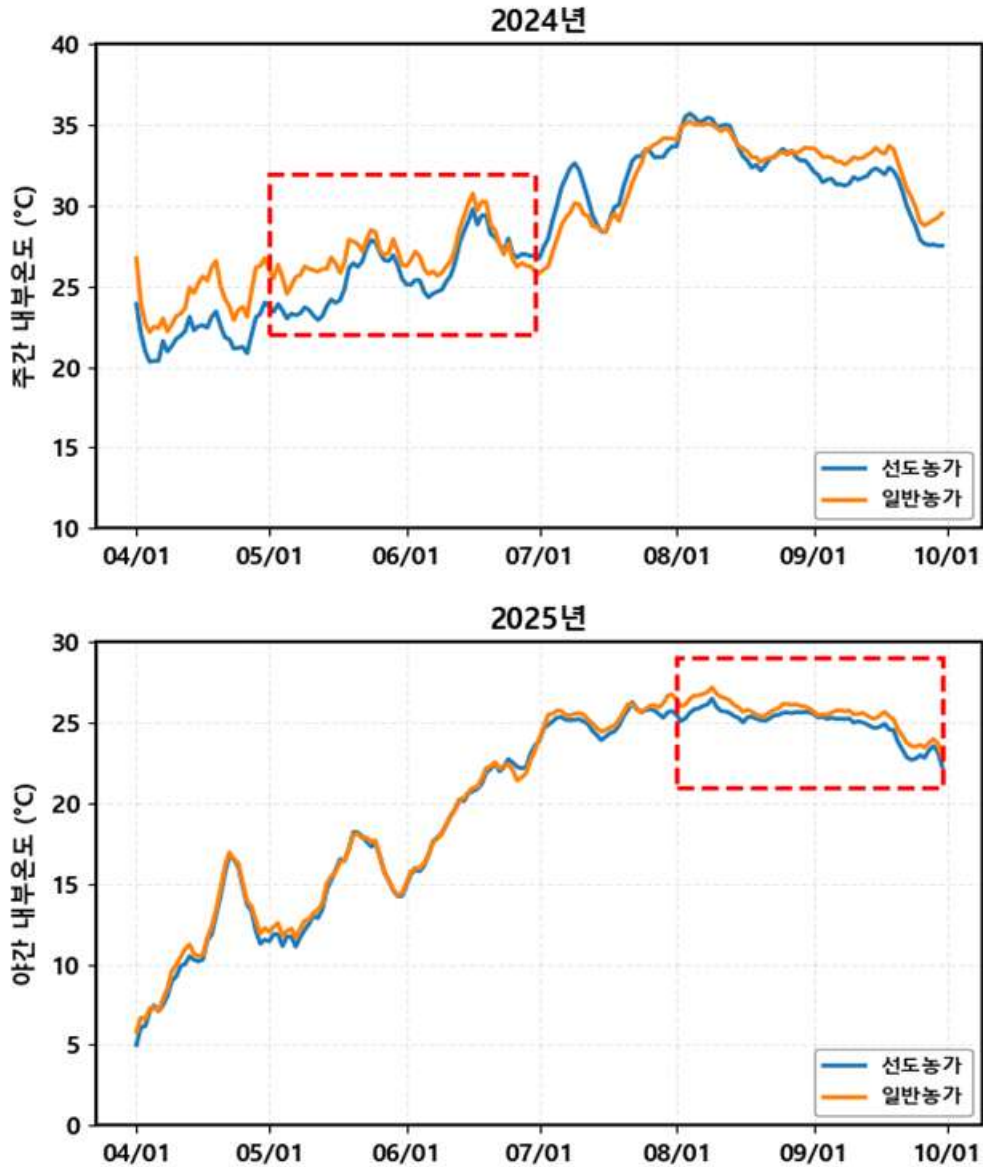
○ 열과율과 4~9월 온도 간 상관관계

주간 내부온도	0.70	0.87*	0.85*	0.52	0.73	0.95*	2024년
야간 내부온도	0.64	0.61	0.47	0.48	0.38	0.59	
주간 내부온도	-0.53	-0.32	-0.23	0.60	0.42	0.73*	2025년
야간 내부온도	0.01	0.35	0.15	0.79*	0.73*	0.87*	
	4월	5월	6월	7월	8월	9월	

* significant at $P < 0.05$

- 열과율과 가장 높은 상관관계를 보인 요인은 온도였음
- '24년에는 5, 6, 9월 주간 내부온도가 높을수록 열과율이 높았고 '25년에는 7, 8월 야간 내부온도, 9월 주·야간 내부온도가 높을수록 열과율이 높았음

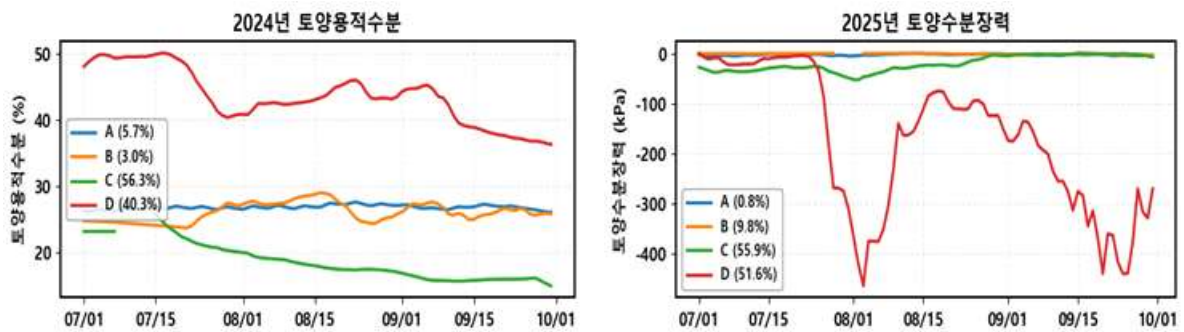
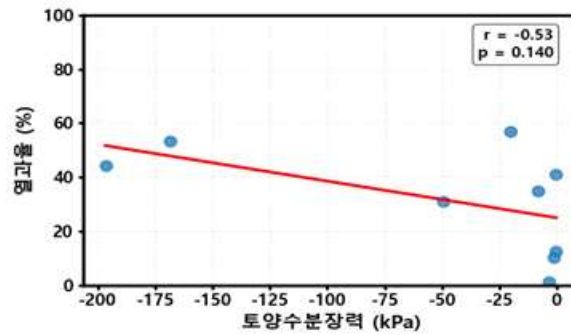
○ 선도농가-일반농가 간 온도 변화 비교



※ 선도농가: '24년, '25년 모두 누적 열과율 10% 이내 농가

- 선도-일반 농가 간 온도 변화 비교 결과, 상관분석 결과와 비슷한 양상을 보였음
- '24년 5~6월 주간온도는 선도농가 평균 26.0℃, 일반농가 평균 27.1℃로 1.1℃ 차이가 나고 '25년 8~9월 야간온도는 선도농가 평균 24.7℃, 일반농가 평균 25.3℃로 0.6℃ 차이가 나는 것으로 나타났음

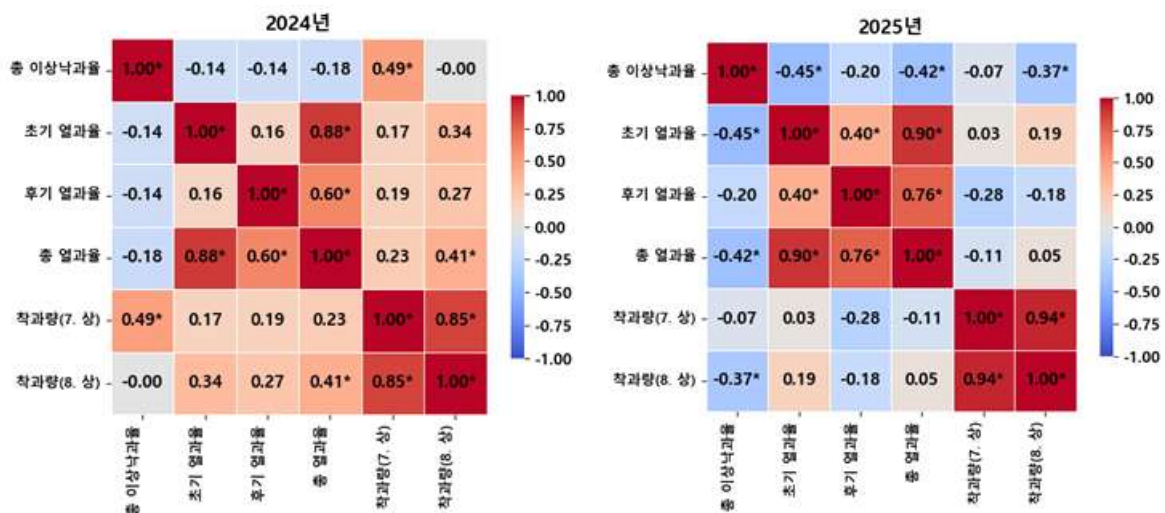
○ 열과율과 7~9월 평균 토양수분 간의 상관관계



※ 범례 안의 농가 A, B 괄호 속 수치는 최종 열과율

- 토양수분이 낮은 농가에서 열과율이 높은 경향을 일부 확인하였음
- A, B 농가(열과율 10% 미만)는 규칙적인 관수로 토양수분이 일정하게 유지된 반면 C, D 농가(열과율 40% 이상)는 토양을 지나치게 건조시키거나 급격한 관수로 토양수분을 불규칙적으로 관리하였음

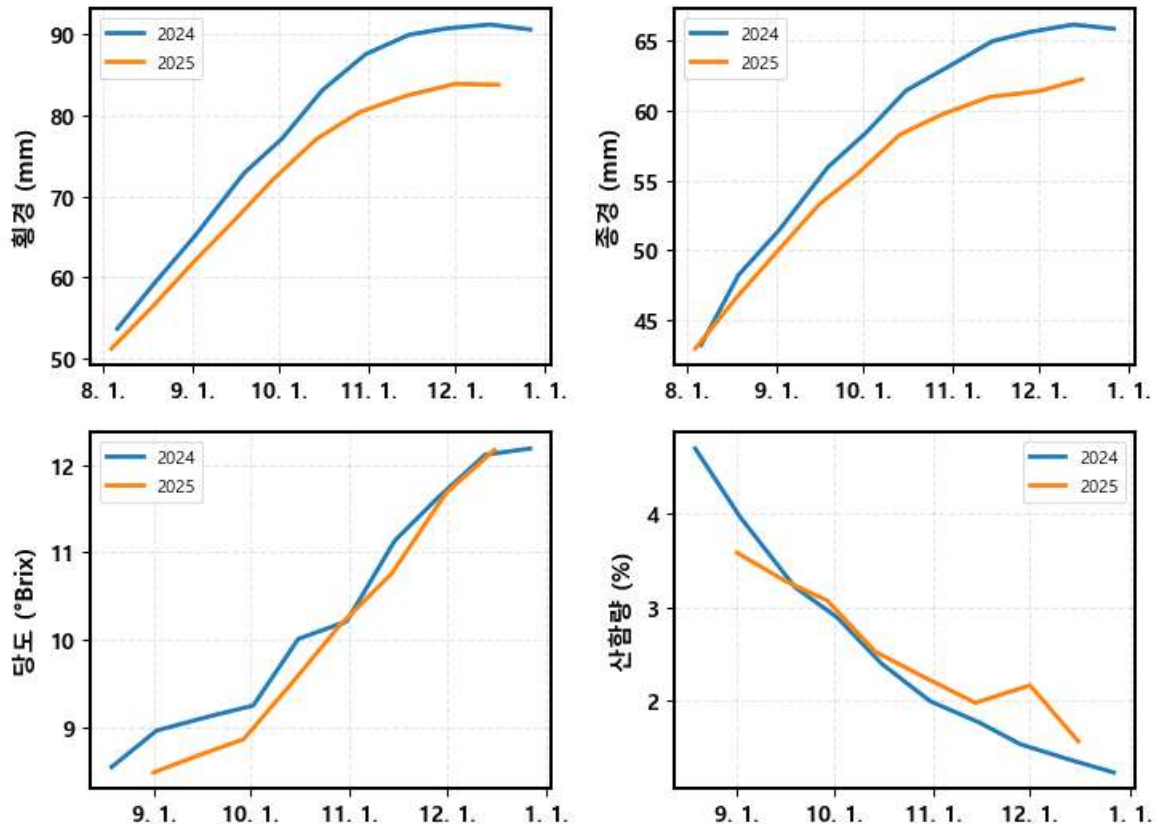
○ 열과율과 착과량, 이상낙과 간 상관관계



* significant at $P < 0.05$

- '24년에는 열과 발생 직전의 착과량이 높을수록 열과율이 높은 경향이었고, '25년에는 이상낙과율이 높을수록 열과율이 낮은 경향을 보였음

○ 과실 크기 및 품질 변화



- 횡경 및 종경은 '25년도가 '24년도보다 작은 경향이었음
- '25년도 당도는 초기에는 '24년도보다 낮았지만 최종적으로는 비슷한 수준까지 도달하였고, 산함량은 더 높은 경향이었음

4. 적 요

- '24년에는 5, 6, 9월 주간온도가 높을수록 열과율이 높았으며 선도농가에서는 5~6월 주간온도가 1.1℃ 낮았음
- '25년에는 7, 8월 야간온도, 9월 온도가 높을수록 열과율이 높았으며 선도농가에서는 8~9월 야간온도가 0.6℃ 낮았음
- 토양수분이 건조할수록 열과율이 높은 경향을 보였음
- 착과량이 많거나 이상낙과가 적을 경우 열과율이 높은 경향을 보였음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) ‘감평’ 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	책 임 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구 사	김 동 균	과제 수행 총괄
	공 동 연구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구 사	운 찬 일	데이터 수집 검토
	공 동 연구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구 사	양 철 준	생육 특성 검토
	공 동 연구 자	제 주 도 원 연구개발국	농 업 연구 관	김 태 균	계획·결과 검토

6. 연구계획 변경사항

- 공동연구(4세부 농업 현장 수집 데이터 활용 만감류(‘레드향’) 의사결정지원모델 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	농촌진흥청 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(출연금) 선정 (과제명) 농업 현장 수집 데이터 활용 작 목 4종(시설가지, 만감류(레드 향), 포도, 옥수수) 의사결정 지원 모델 및 시설과수 작목 생육정 보 메타 데이터 표준 개발 (4세부과제명) 농업 현장 수집 데이터 활용 작목 (만감류 ‘레드향’) 의사 결정지원모델 개발

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	과수FT 채소VC	데이터 기반 스마트농업 기술 개발	'23 ~'28	제 주 도 원 과수연구과	김보화
	만감 FT060615	1) '감평' 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	'24 ~'28	제주도원 마태농업성과	김동균
	키위 FT040611	2) 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	'25 ~'28	제주도원 과수연구과	김보화
	마늘 VC041209	3) 마늘의 생육·환경 데이터 수집	'23 ~'25	제주도원 원예작물과	김주영
	감귤 FT060614	4) 감귤 자동관수 시스템 개발	'24 ~'26	제주도원 마태농업성과	김동균

1. 연구목적

- 제주 시설재배 골드키위 '감황' 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석을 통한 최적 생육관리 모델 개발

2. 재료 및 방법

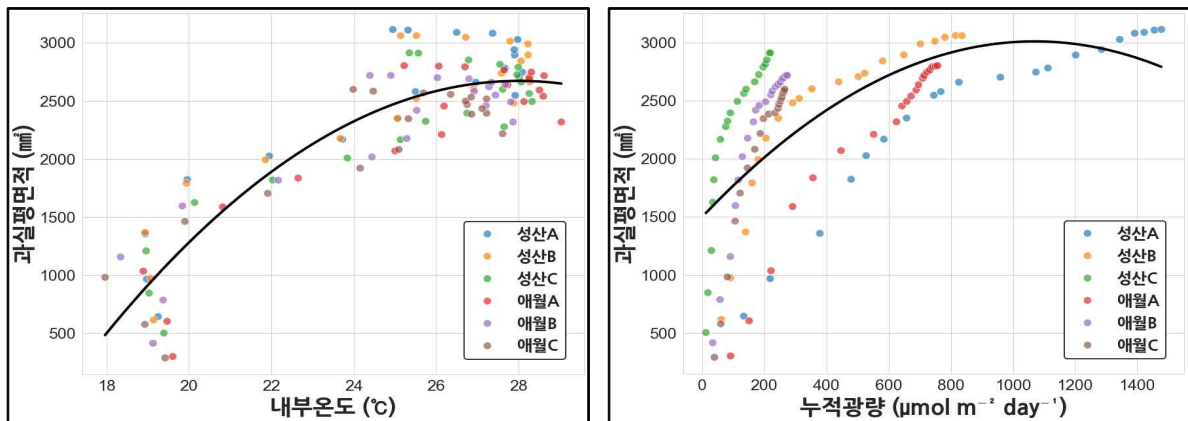
- 시험품종: 골드키위 '감황'
- 시험장소: 서귀포시 성산읍, 제주시 애월읍(농가 6개소)
- 재배방법: 시설 무가온재배
- 조사기간: 2025. 3.~12.
- 조사내용
 - 환경요인: 일사량, 습도, 온도, 토양수분
 - 생육요인: 결과모지 길이·직경, 착과수, 과실비대 및 과실품질 등
 - 기타요인: 기형화 발생을 등
- 분석방법: 상관 및 회귀분석

3. 주요 연구결과

○ 수집 농가 현황

농가명	나무수령 (년)	발아기 (월. 일.)	만개기 (월. 일.)	수확일 (월. 일.)	해발고도 (m)
성산A	5	3. 22.	5. 2.	10. 8.	61.9
성산B	5	3. 22.	4. 30.	10. 8.	50.3
성산C	4	3. 22.	5. 2.	10. 13.	16.2
애월A	4	3. 22.	5. 8.	10. 22.	57.0
애월B	4	3. 22.	5. 4.	10. 14.	371.1
애월C	4	3. 23.	5. 9.	10. 19.	150.4

○ 주요 환경요인에 따른 농가별 키위 과실 크기 변화 비교



※ 조사기간: 5. 13.~9. 29.

※ 과실 평면적(mm²)= $\pi \times (\text{횡경}/2) \times (\text{종경}/2)$

- 내부온도 약 18℃~26℃ 구간에서 과실 크기가 급격히 증가하는 경향이며, 과실크기와 정의 관계를 보임
- 애월B, C는 낮은 광량, 성산 A, B는 높은 누적 광량을 보이며, 이는 해발고도 및 지역 미기상 차이로 판단됨

○ 과실 크기와 월별 환경요인 간 상관분석

월 별	내부온도(℃)		내부광량($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	상관계수(r)	p-value	상관계수(r)	p-value
2월	0.547	0.2617	-	-
3월	0.920** ^z	0.0094	-	-
4월	0.885*	0.0190	0.395	0.4384
5월	0.939**	0.0054	0.511	0.3007
6월	-0.303	0.5600	0.328	0.5261
7월	0.197	0.7090	0.828*	0.0421
8월	0.722	0.1051	0.907*	0.0125
9월	0.676	0.1406	0.892*	0.0169

^z*, **Significant at $p < 0.05$ or 0.01, respectively

- 3~5월 평균온도는 ‘감황’ 과실 크기와 높은 정의 상관을 보였음

○ 과실 크기 예측 모델

모델	변수	Intercept	비표준화 계수		t	p	R ²	VIF
			B	SE				
1	평균온도 (3~5월)	-1727.6	310.14	67.772	4.5762	0.0102	0.840	-
2	평균온도 (3~5월)	-2137.3	279.28	158.86	1.7581	0.1770	0.842	4.189
	만개 후 일수		5.7866	25.993	0.2226	0.8381		4.189
3	평균온도 (3~5월)	-131.96	195.35	60.903	3.2076	0.0490	0.952	2.024
	평균광량 (7~9월)		4.1756	1.5757	2.6501	0.0770		2.024
4	평균온도 (3~5월)	-3957.7	246.87	62.182	3.9702	0.0580	0.984	4.254
	만개 후 일수		24.159	10.992	2.1979	0.1590		4.965
	착과개수		-0.6121	0.1448	-4.2287	0.0516		1.450

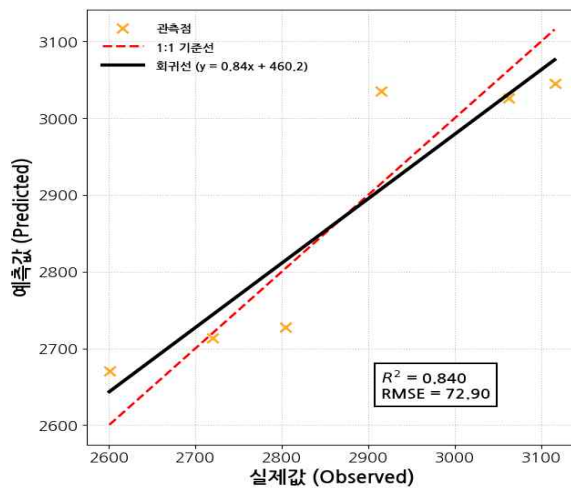
- (모델 1) $-1727.6 + 310.14 * \text{평균온도}$
- (모델 2) $-2137.3 + 279.28 * \text{평균온도} + 5.7866 * \text{만개 후 일수}$
- (모델 3) $-131.96 + 195.35 * \text{평균온도} + 4.1756 * \text{광량}$
- (모델 4) $-3957.7 + 246.87 * \text{평균온도} + 24.159 * \text{만개 후 일수} + -0.6121 * \text{착과개수}$

○ 과실 크기 예측 모델 평가

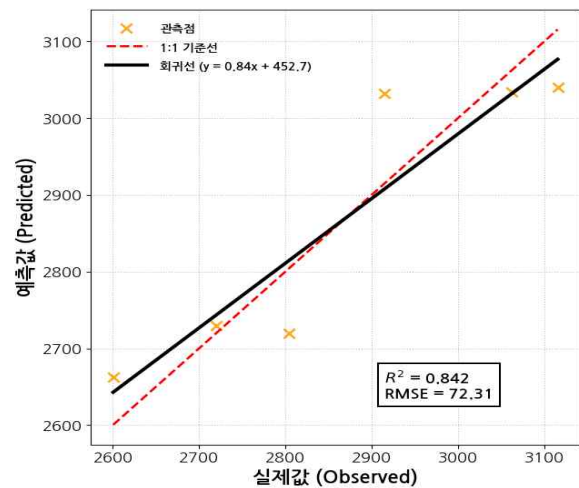
N	독립변수			모델평가				
	평균 온도 (3~5월)	만개 후 일수 (일)	착과 개수 (개)	실제값 (y _i)	예측값 (y _i)	오차	절대 오차	오차율 (%)
1	15.388	152	643	3115.7	3119.7	3.946	3.946	0.1
2	15.327	154	766	3062.6	3077.6	14.986	14.986	0.5
3	15.359	152	986	2914.4	2902.5	-11.926	11.926	0.4
4	14.367	146	568	2804.6	2768.7	-35.921	35.921	1.3
5	14.319	150	799	2720.3	2711.7	-8.617	8.617	0.3
6	14.180	145	667	2600.4	2637.9	37.533	37.533	1.4
평균						0.000	18.822	0.7
RMSE ^z							22.934	

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

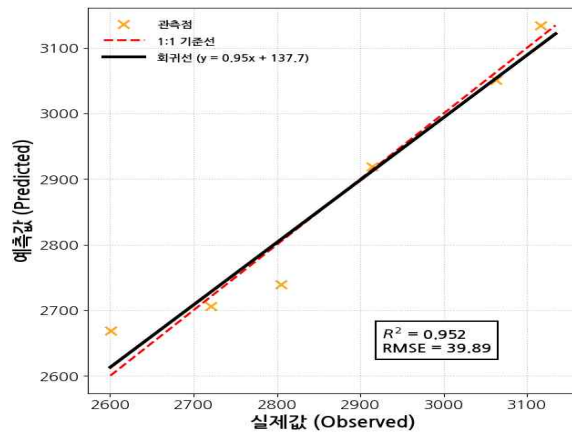
- 과실 크기 예측모형의 평균 오차율은 0.7%, RMSE는 22.934임



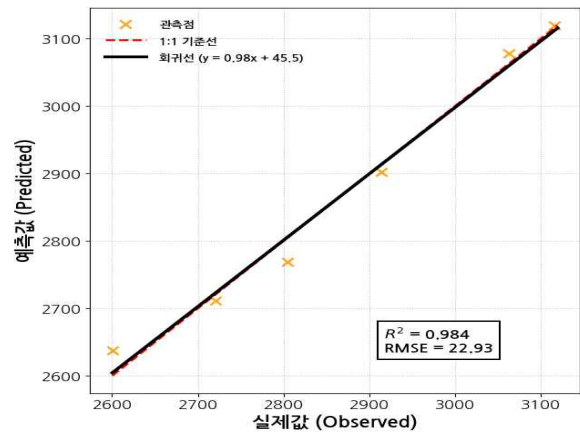
<모델 1>



<모델 2>

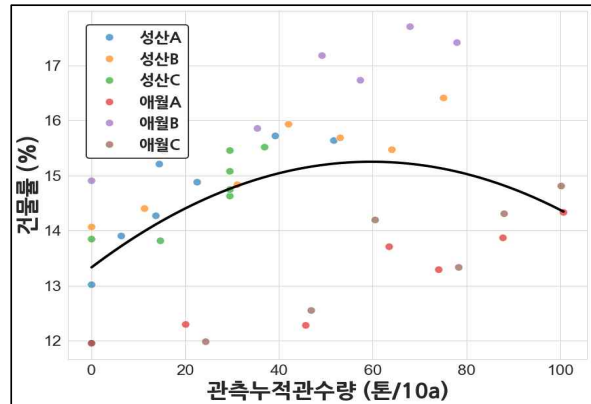
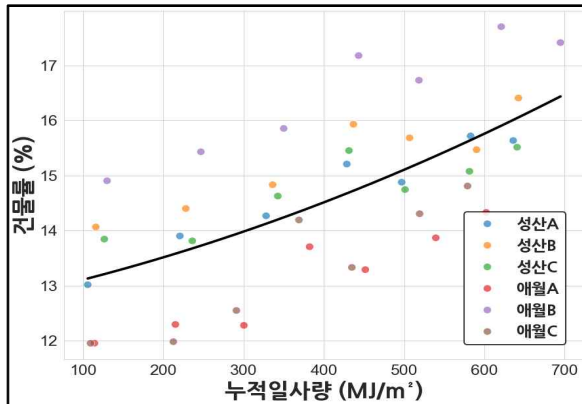


<모델 3>



<모델 4>

○ 주요 환경 요인에 따른 농가별 키위 건물물 변화 비교



※ 조사기간: 8. 12.~9. 30.

- 건물물은 누적일사량이 높을수록, 누적관수량이 적을수록 높은 경향임

○ 건물물과 월별 환경요인 간 상관분석

월별	외부 일사량(W/m²)		관수량(톤/10a)	
	상관계수(r)	p-value	상관계수(r)	p-value
5월	0.561	0.2464	0.161	0.7604
6월	0.383	0.4539	0.366	0.4758
7월	0.352	0.4943	-0.467	0.3505
8월	0.805*	0.0534	-0.639	0.1717
9월	0.807*	0.0521	-0.549	0.259

*, **: Significant at $P < 0.05$ and 0.01 , respectively

월 별	야간온도(℃)		주야온도차(℃)	
	상관계수(r)	p-value	상관계수(r)	p-value
4월	-0.033	0.9502	0.391	0.4431
5월	0.033	0.9501	0.068	0.8987
6월	-0.599	0.2085	-0.274	0.5997
7월	-0.393	0.4407	-0.041	0.939
8월	-0.369	0.4723	0.286	0.583
9월	-0.459	0.3596	0.546	0.262

*, **Significant at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

- 표본수가 적어 통계적 유의성은 없었으나, 건물물은 8~9월 외부 일사량과 정의 상관을 보였고, 6월 야간온도는 부의 영향을 나타내는 경향임

○ 과실 품질 예측 모델

모델	변수	Intercept	비표준화 계수		t	p	R ²	VIF
			B	SE				
1	평균일사량 (8~9월)	-0.3048	0.0946	0.0232	4.0748	0.0152	0.806	-
2	평균일사량 (8~9월)	3.6075	0.0763	0.0466	1.6364	0.2003	0.819	3.251
	총관수량 (8~9월)		-0.0042	0.0088	-0.4708	0.6699		3.251
3	평균일사량 (8~9월)	77.791	0.0140	0.0289	0.4835	0.6765	0.973	5.531
	총관수량 (8~9월)		-0.0134	0.0050	-2.6635	0.1168		4.629
	야간온도 (6월)		-3.0212	0.8992	-3.3598	0.0783		1.708

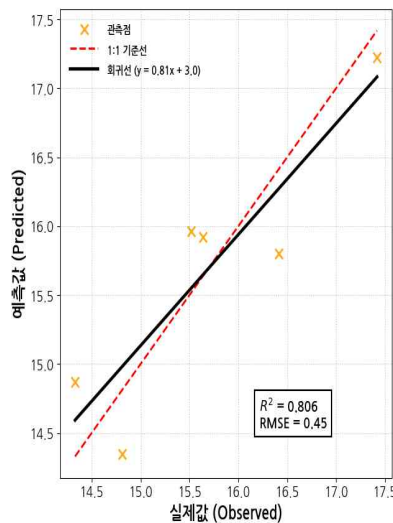
- (모델 1) $-0.3048 + 0.0946 * 8\sim 9월 일사량$
- (모델 2) $3.6075 + 0.0763 * 8\sim 9월 일사량 + -0.0042 * 8\sim 9월 총관수량$
- (모델 3) $77.791 + 0.0140 * 8\sim 9월 일사량 + -0.0134 * 8\sim 9월 총관수량 + -3.0212 * 6월 야간온도$

○ 과실 품질 예측 모델 평가

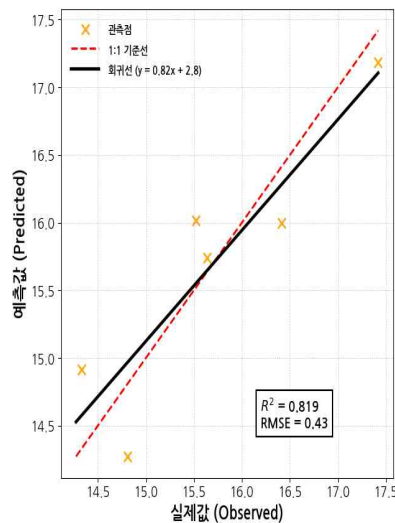
N	독립변수			모델평가				
	평균일사량 (8~9월)	총관수량 (8~9월)	야간온도 (6월)	실제값 (y_i)	예측값 (y_i')	오차	절대 오차	오차율 (%)
1	171.61	229.82	20.322	15.637	15.719	-0.525	0.525	0.5
2	170.31	145.37	20.472	16.410	16.378	0.193	0.193	0.2
3	172.04	172.47	20.538	15.517	15.839	-2.075	2.075	2.1
4	160.47	225.15	20.798	14.330	14.188	0.990	0.990	1.0
5	185.35	135.69	20.301	17.418	17.234	1.058	1.058	1.1
6	154.95	277.75	20.349	14.810	14.764	0.312	0.312	0.3
평균						-0.008	0.859	0.9
RMSE ^z							0.167	

$$^z\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2}$$

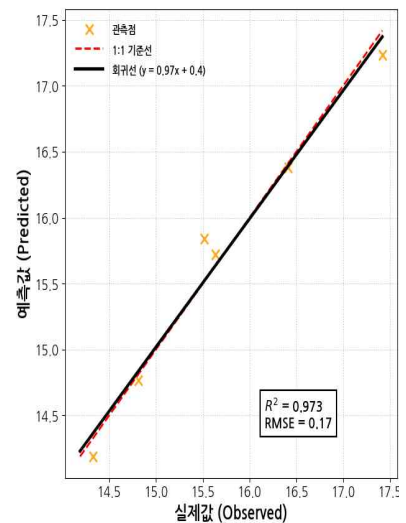
- 과실 품질 예측모형의 평균 오차율은 0.9%, RMSE는 0.167임



<모델 1>



<모델 2>



<모델 3>

4. 적 요

- 3~5월 평균온도는 ‘감황’ 과실 크기와 높은 정의 상관을 보였음
- 평균온도, 만개 후 일수, 착과개수를 포함한 다중회귀모형의 설명력은 $R^2=0.984$ 로 가장 높았으며, 착과개수는 과실 크기에 부의 영향을 나타냄
- 과실 크기 예측모형의 평균 오차율은 0.7%, RMSE는 22.934임
- 표본수가 적어 통계적 유의성은 없었으나 건물물은 8~9월 외부 일사량과 정의 상관을 보였고, 6월 야간온도는 부의 영향을 나타내는 경향임
- 건물물 예측모형의 설명력은 최대 $R^2=0.973$, 평균 오차율은 0.9%로 분석되었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	책 임 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사	김 보 화	과제수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사	박 재 홍	데이터 분석 검토
	연구 보조원	제 주 도 원 과수연구과	공 무 직	양 승 일	생육 조사 보조

과제구분	기관프로젝트(고유연구)	수행시기		전반기/후반기	
과제명/세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
데이터 기반 스마트 농업 기술 개발		과수(FT) 채소(VC)	'23 ~'28	제 주 도 원 과 수 연 구 과	김보화
1) '감평' 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석		만감 (FT060615)	'24 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	김동균
2) 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석		키위 (FT040611)	'25 ~'28	제 주 도 원 과 수 연 구 과	김보화
3) 마늘의 생육·환경 데이터 수집		마늘 (VC041209)	'23 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	김주영
4) 감귤 자동관수 시스템 개발		감귤 (FT060614)	'24 ~'26	제 주 도 원 미래농업육성과	김동균
색인용어	마늘, 키위, 감귤, 빅데이터, 자동관수				

ABSTRACT

This study was conducted in Jeju to analyse the relationships between growth characteristics and environmental factors at each growth stage of garlic, as well as to develop a yield prediction model. The experiment was carried out from 2023 to 2025, and the growth period was divided into six stages: emergence, vegetative growth, overwintering, clove differentiation, bolting, and bulb enlargement. Growth characteristics and environmental factors, including temperature, solar radiation, and soil conditions, were analyzed. Garlic growth increased gradually until the overwintering stage and increased rapidly after clove differentiation, while underground growth also increased significantly after March. Correlation analysis revealed weak relationships between growth characteristics and yield during the early growth stages, but leaf number at the bolting stage showed a strong positive correlation with yield. Multiple regression analysis identified leaf number at the bolting stage and soil temperature at the clove differentiation stage as major explanatory variables. The yield prediction equation showed high explanatory power ($R^2 = 0.999$) and low prediction

error (RMSE = 14.10, MAE = 12.57). Therefore, the model presented in this study can be used as a reference for garlic growth research and yield prediction.

key words: garlic, growth stage, environmental factors, yield prediction model

1. 연구목표

마늘(*Allium sativum* L.)은 우리나라 식생활 전반에 널리 이용되는 대표적인 양념채소로, 국내 노지채소 생산과 농가 소득에서 중요한 위치를 차지하는 작물이다. 그러나 마늘 재배면적은 지속적으로 감소하여, 2000년 3,471ha에서 2015년 2,125ha, 2024년에는 1,135ha 수준으로 줄어들고 있다(KOSIS, 2025).

마늘은 생육 초기 저온을 거친 후 고온 및 장일 조건에서 인경이 비대하는 생리적 특성을 가지며(Bandara et al., 2000; Rahim and Fordham, 2001), 가을 파종 후 월동을 거쳐 이듬해 늦은 봄 또는 초여름에 수확하는 작형으로 재배된다(Song et al., 2001; Oh et al., 2015). 이러한 특성으로 인해 생육기간이 길고, 재배 전 과정에서 기온과 강수량 등 기상 조건의 영향을 크게 받는다. 특히 월동기 전·후 저온 조건과 구비대기의 기상 여건은 생육과 수량을 좌우하는 주요 요인으로 보고되고 있다(Cortes et al., 2003; Lee et al., 2018; Park et al., 2018; Oh et al., 2020).

최근 기후변화로 고온 및 집중강우 등 이상기상 발생 빈도가 증가하면서 노지채소의 생산 불안정성이 심화되고 있으며, 이는 마늘의 생육과 수량 변동을 더욱 확대시키는 요인으로 작용하고 있다(Moriondo et al., 2011; Lim et al., 2015; Kim et al., 2018). 이에 따라 마늘 재배 안정성 확보를 위해 생육 정보와 환경 데이터를 체계적으로 수집·분석하고, 이를 기반으로 생육 및 수확량을 예측할 수 있는 기술의 필요성이 커지고 있다.

따라서 본 연구에서는 마늘 생육 과정에서의 주요 생육지표와 환경 요인을 분석하여 기상 조건 변화에 따른 생육 반응을 구명하고, 수량 예측 모델 개발을 위한 기초 자료를 구축하고자 한다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2023년부터 2025년까지 수행되었으며, 시험재료는 제주특별자치도농업기술원에서 2019년에 품종 등록한 마늘 품종 ‘대사니’를 사용하였다.

2023년 시험은 애월 지역에서 9월 하순(2022년 9월 23일)에 과중하여 마늘의 생육 및 환경 데이터를 수집하였다. 2024년은 동일 지역에서 과중시기에 따른 생육 데이터 수집을 위해 8월 하순(2023년 8월 25일), 9월 중순(2023년 9월 15일), 10월 상순(2023년 10월 6일)의 3개 과중 시기 처리로 수행하였다. 2025년 시험은 주산지 간 생육 데이터 수집을 위하여 애월, 한림, 대정 지역에서 9월 하순(2024년 9월 25일)에 과중하여 수행하였다. 시비 처리는 비료사용처방서 기준에 따라 처리하였으며, 과중에 사용된 종구는 5~7g 크기의 구를 선별하여 단구제로 수행하였다.

분석에 사용된 자료는 생육 실측 데이터와 기상 데이터를 활용하였다. 생육 조사는 지상부의 초장, 엽수, 엽초장, 엽초경과 지하부의 구경 및 구중을 대상으로 하였으며, 농촌진흥청 조사 기준에 준하여 실시하였다. 기상 데이터는 시험 포장 내 설치된 자동기상관측장비를 통해 일별 평균 온도, 최고온도, 최저온도, 평균습도, 초상평균온도, 강수량, 평균풍속 및 일사량을 수집하였다. 토양 환경 요인은 토양수분/온도센서(TEROS 12, METER Group, USA)를 이용하여 측정하고, 데이터로거(ZL6, METER Group, USA)에 연결하여 토양수분과 토양온도를 측정하였다. 또한 마늘의 생육에 대한 온도의 영향을 분석하기 위해 유효적산온도(Growing Degree Days, GDD)를 계산하여 사용하였다. 유효적산온도(GDD)는 작물의 생장 가능한 온도를 적산한 값으로, 일최고온도($T_{\max}$), 일최저온도($T_{\min}$) 및 기저온도(T_b)를 이용하여 다음 식으로 계산하였다(식 (1)).

$$\text{GDD}(\text{growing degree day, } ^\circ\text{C}\cdot\text{d}) = \sum[(T_{\max} + T_{\min})/2 - T_b] \quad (1)$$

여기서 기저온도(T_b , base temperature)는 작물의 생장이 정지되는 기준 온도를 의미하며 마늘의 기저온도는 선행연구에 따라 7.1°C 로 설정하였다(Wi et al., 2017). 수집된 자료의 통계 분석은 R 통계프로그램(3.0.3, R Foundation)을 이용하여 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

제주지역 마늘 재배는 일반적으로 8월 하순부터 10월 초까지 파종하여 이듬해 5월부터 수확이 이루어지며, 약 8~9개월의 재배기간을 거친다(Kim et al., 2024). 마늘의 생육 과정은 출현기, 잎신장기, 월동기, 인편분화기, 추대기 및 구비대기의 여섯 단계로 구분할 수 있다.

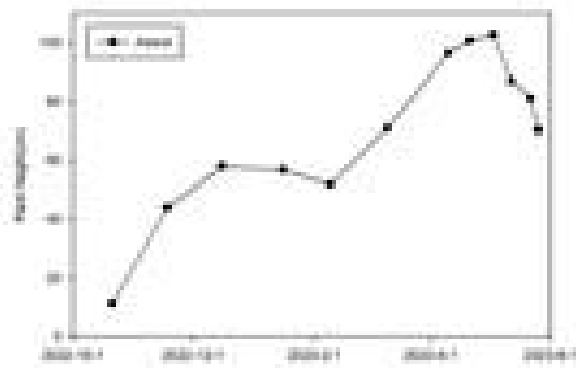
9월 중·하순부터 10월 하순까지는 파종 후 싹이 지표면 위로 출현하는 출현기, 11월은 잎이 본격적으로 생장하는 잎신장기가 나타난다. 12월부터 1월까지는 지상부 생장이 정지되고 휴면 상태로 진입하는 월동기로, 이 시기 동안 지하부 조직은 저온에 적응하며 이후 생육을 위한 생리적 준비가 이루어진다.

2~3월에는 구 형성이 시작되면서 인편분화가 진행되는 시기로, 이후 구 비대 생육에 중요한 전환점이 된다. 4월에는 꽃대가 신장하며 생식 생장으로 전환되는 추대기가 나타나고, 4월 하순부터 5월까지는 구가 비대되어 수량 형성에 결정적인 영향을 미치는 구비대기가 진행된다(표 1).

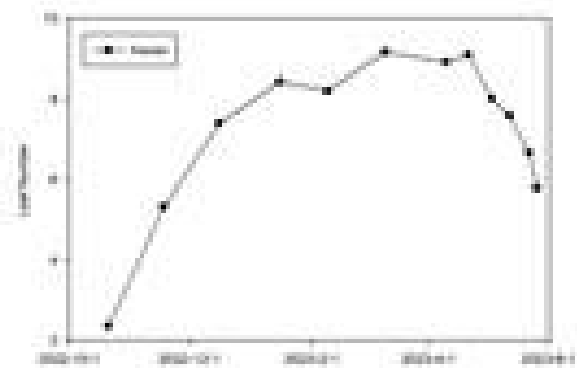
표 1. 마늘 생육단계 구분

9월		10월		11월		12월		1월		2월		3월		4월		5월			
중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	
출현기				잎신장기		월동기						인편분화기				추대기		구비대기	
· 출현기: 파종 후 마늘이 뿌리를 내리고 새싹이 지표면 위로 올라오는 시기 · 잎신장기: 마늘이 출현한 후부터 잎이 자라는 시기 · 월동기: 겨울철 저온으로 마늘의 생장이 정지되는 시기 · 인편분화기: 구가 형성을 시작하며 인편이 분화되는 저장기관 발달 초기 시기 · 추대기: 마늘종이 올라오는 시기 · 구비대기: 마늘의 구가 비대해지는 시기																			

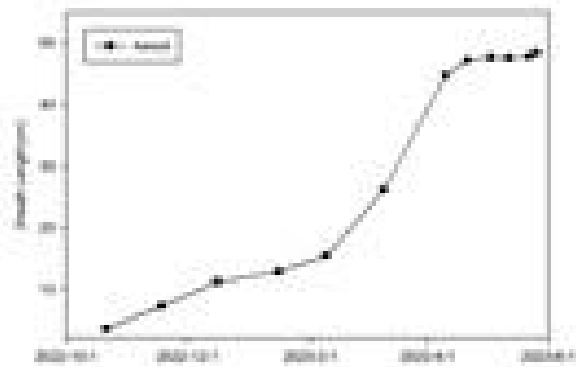
이와 같은 생육 단계를 기준으로 마늘의 생육 및 환경요인의 특성을 파악하기 위해 연도별 생육 변화를 비교하였다. 2023년 애월지역 9월에 파종 시 생육기간 동안 초장, 엽수, 엽초경 등 지상부 생육이 전반적으로 증가하였으며, 월동 이후(2월 중~3월 상)에는 구 비대가 점진적으로 증가하였다(그림 1-1, 1-2). 파종 이후 기온은 월동기까지 점차 감소하였다가 이후 완만하게 상승하는 경향을 보였다.



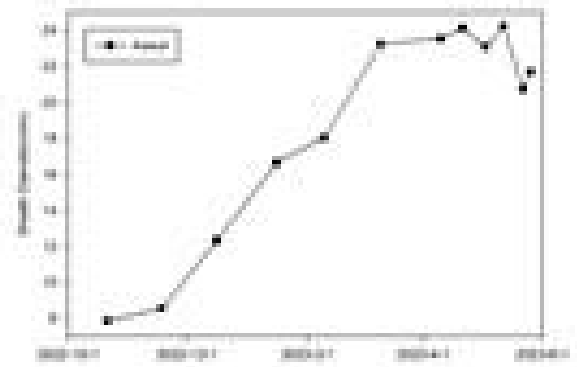
초장



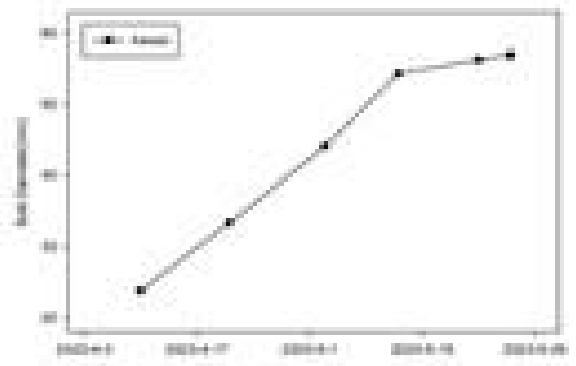
엽수



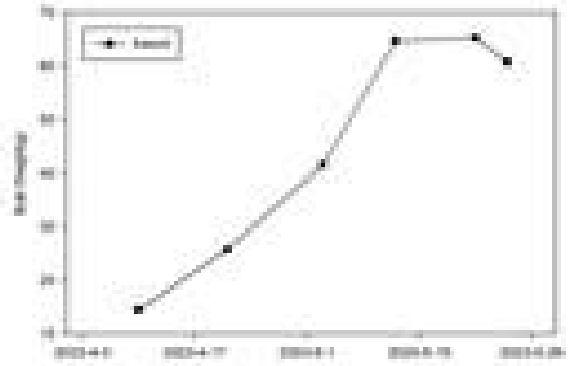
엽초장



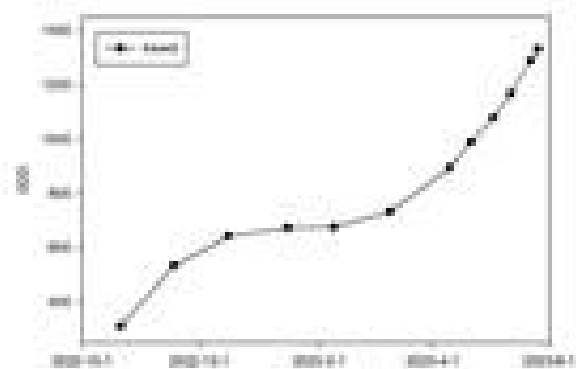
엽초경



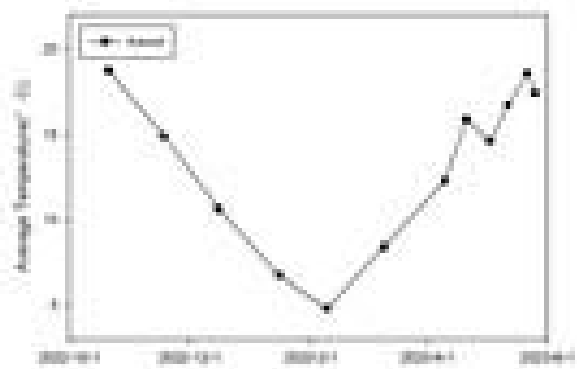
구경



구중



유효적산온도



평균온도

그림 1-1. 생육 및 환경요인 변화(2023).

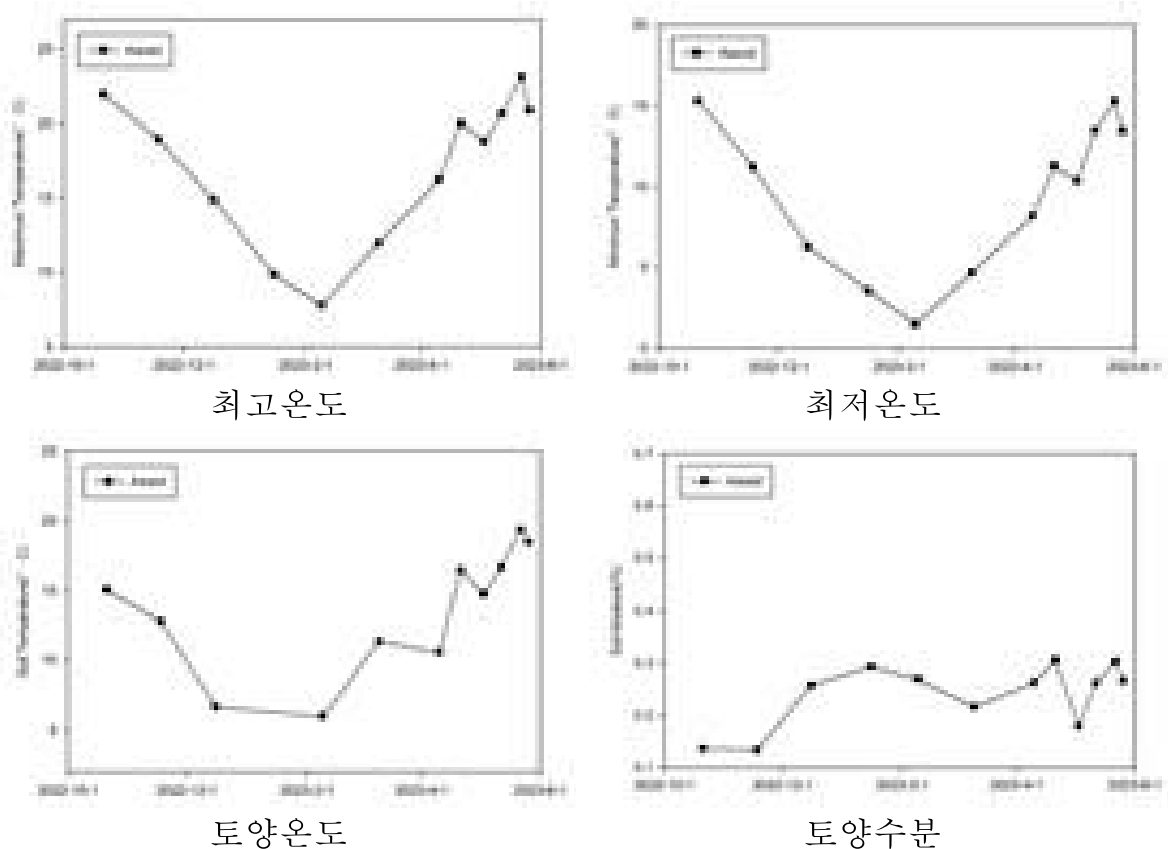
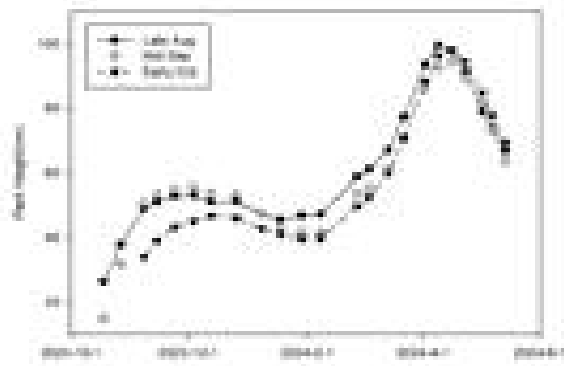
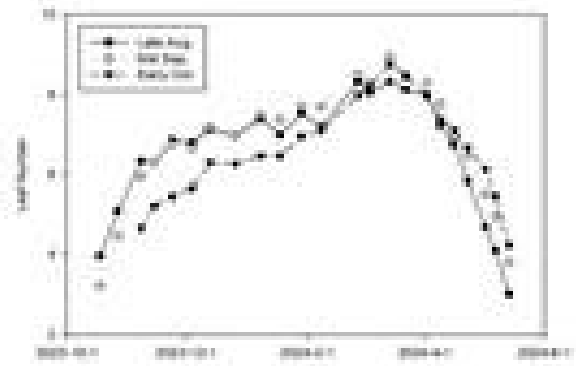


그림 1-2. 생육 및 환경요인 변화(2023).

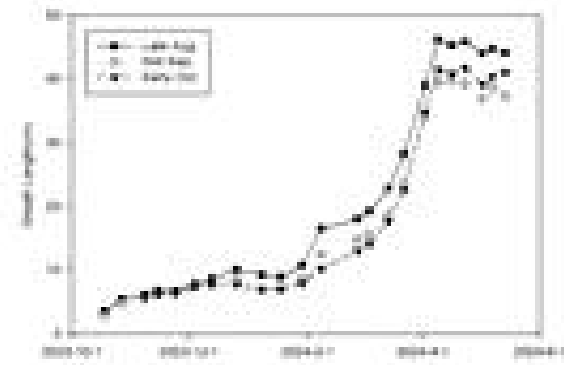
2024년에는 애월지역에서 파종기(8월 하, 9월 중, 10월 상)별로 재배한 결과, 8월 하 파종 시에는 초기 초장과 엽수의 생장이 빠르게 나타난 반면 10월 상순 파종에서는 생육 개시가 지연되었다(그림2-1, 2-2). 이러한 파종기 간 생육 차이는 재배기간 전반에 걸쳐 나타났으며, 구비대 또한 파종이 빠를수록 먼저 진행되는 경향을 보였으나 증가 폭의 차이는 크지 않았다. 생육기간 동안 기온은 파종 이후 감소하였다가 월동기 중 일시적으로 상승한 뒤 다시 낮아졌으며, 이후 상승하는 양상을 보였다.



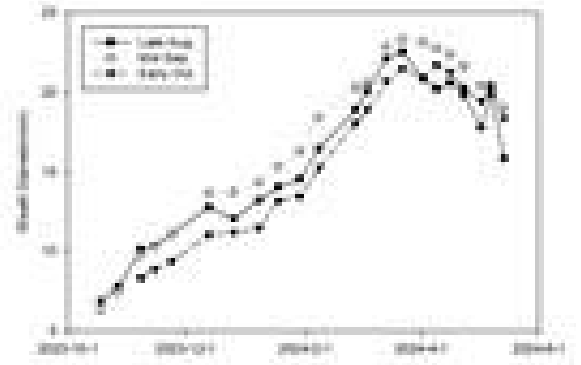
초장



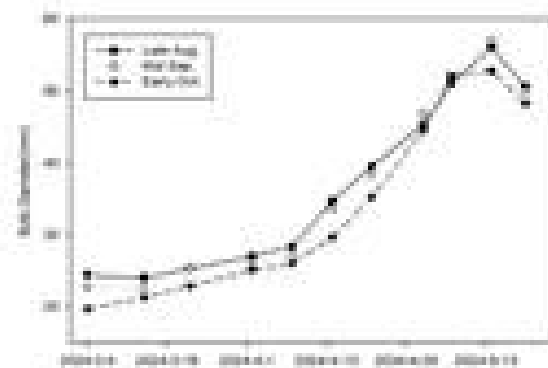
엽수



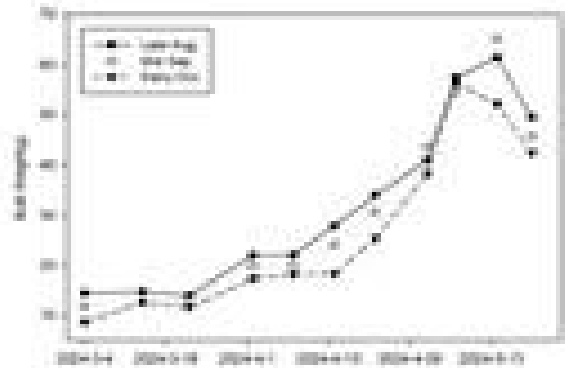
엽초장



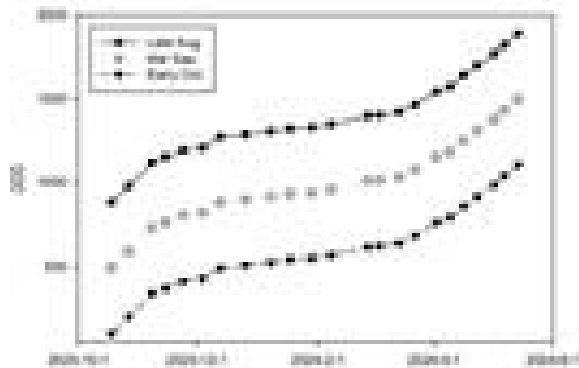
엽초경



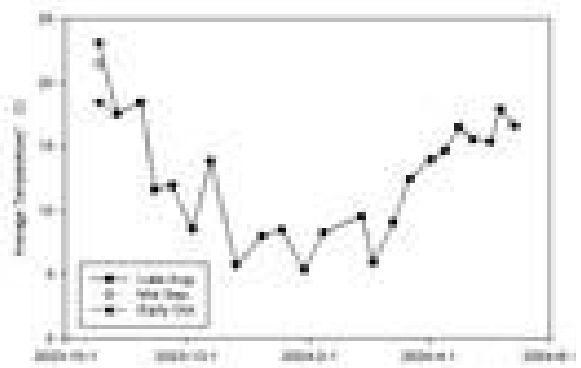
구경



구중



유효적산온도



평균온도

그림 2-1. 생육 및 환경요인 변화(2024).

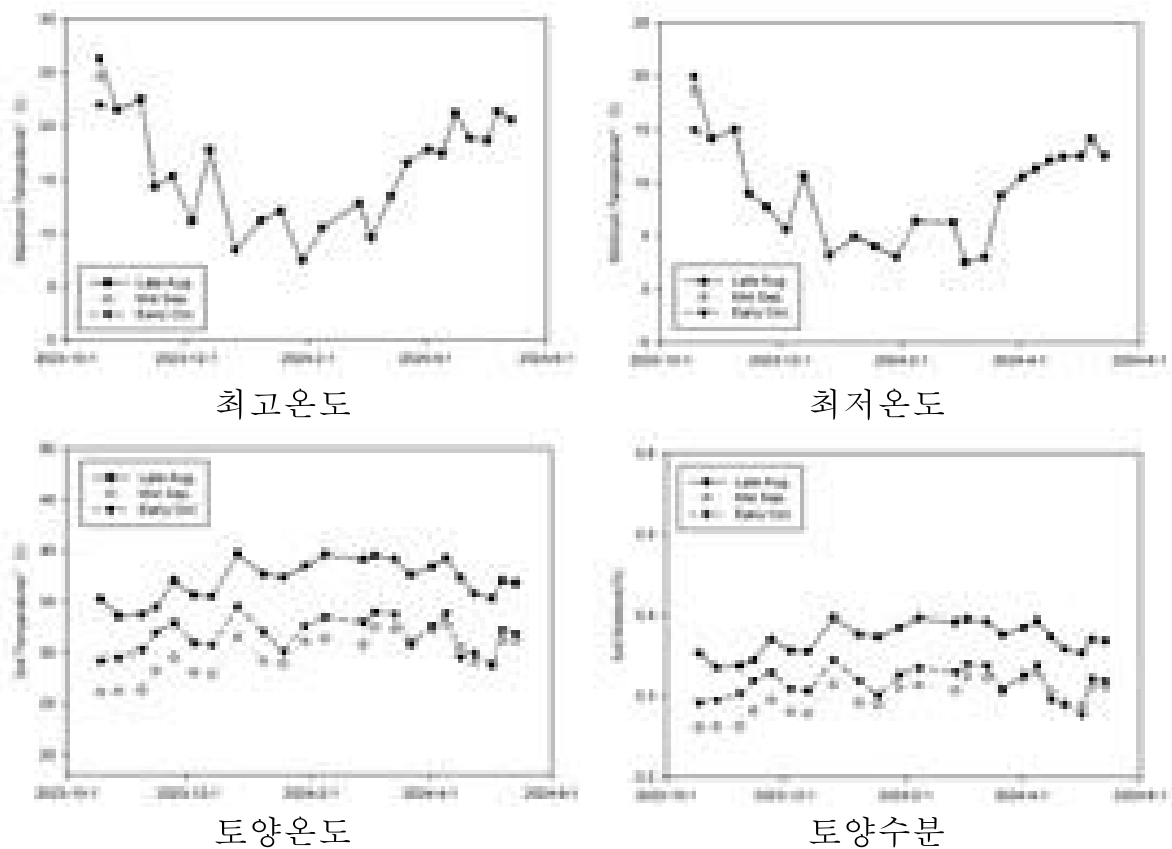


그림 2-2. 생육 및 환경요인 변화(2024).

2025년 대정, 애월, 한림 지역에서 9월 파종 시 지역 간 생육량 차이가 나타났으나 생육 진행 양상은 유사하게 나타났다(그림 3-1, 3-2). 초기 생육은 완만하게 진행되었고 이후 생육 증가와 함께 구 비대가 빠르게 진행되는 경향을 보였다. 지역 간 비교에서는 대정 지역에서 초장과 엽수 등 지상부 생육과 구 비대 관련 생육요인이 전반적으로 높게 나타났다으며, 한림 지역은 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 생육기간 동안 지역 간 기온과 유효적산온도 수준의 차이가 함께 관찰되었으며, 대정 지역의 비교적 높은 기온 및 적산온도 조건이 이러한 생육 차이에 영향을 준 것으로 판단된다.

연차 및 시험 조건의 차이에도 불구하고 생육기에 따른 생육요인 변화 양상은 전반적으로 유사하게 나타났다. 선행 연구에 따르면 마늘은 생육 초기 지상부 생육이 증가하다가 월동기 이후 급격히 증가하며, 구 비대기가 진행됨에 따라 지상부 생육은 둔화되거나 감소하는 경향을 보

이는 것으로 보고되었다(Na et al., 2017). 본 시험에서도 지상부 생육은 3월까지 증가한 후 4월 이후 둔화되었고, 지하부 생육은 3월 중순 이후 급격히 증가하는 경향을 나타냈다.

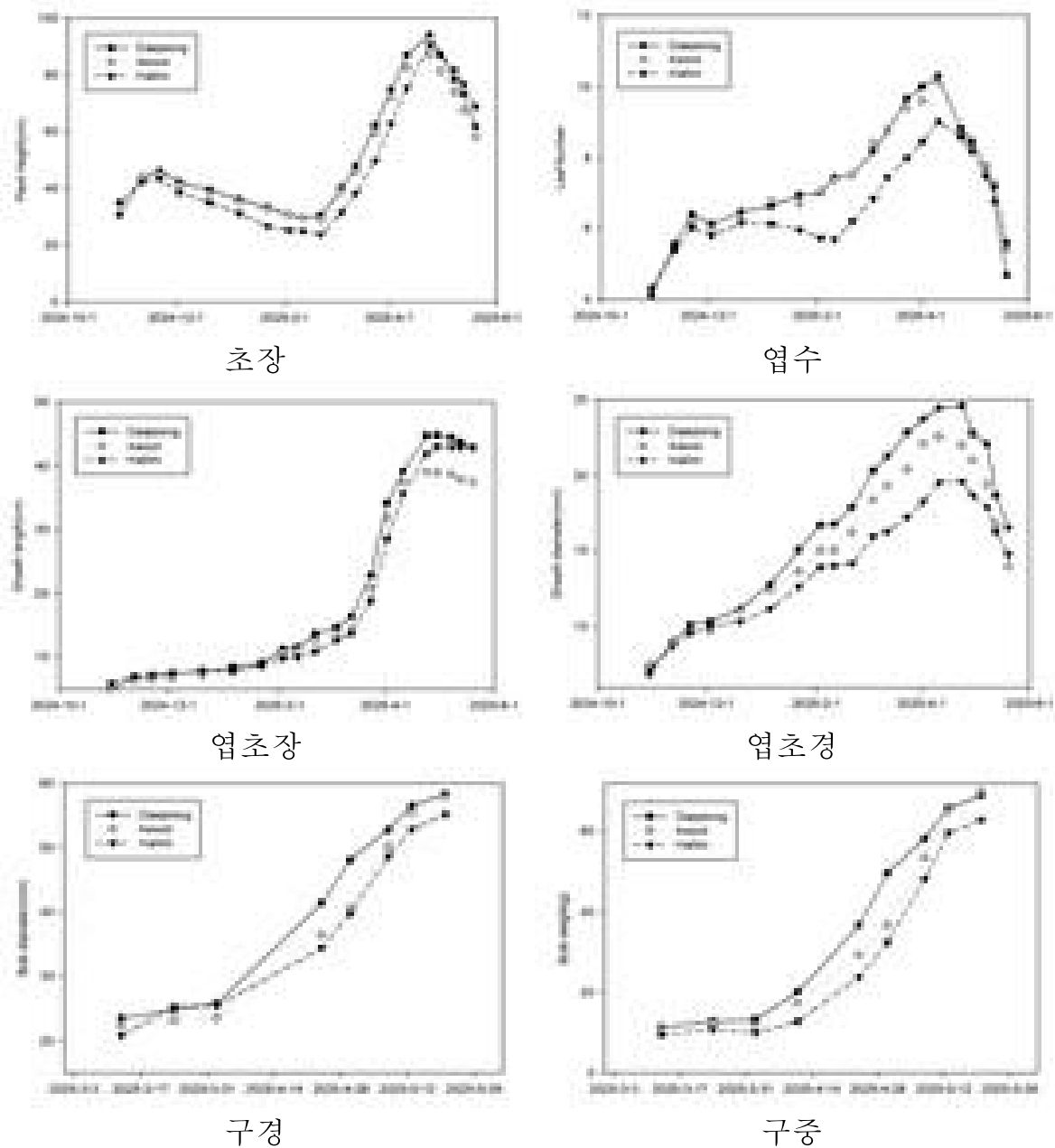


그림 3-1. 생육 및 환경요인 변화(2025).

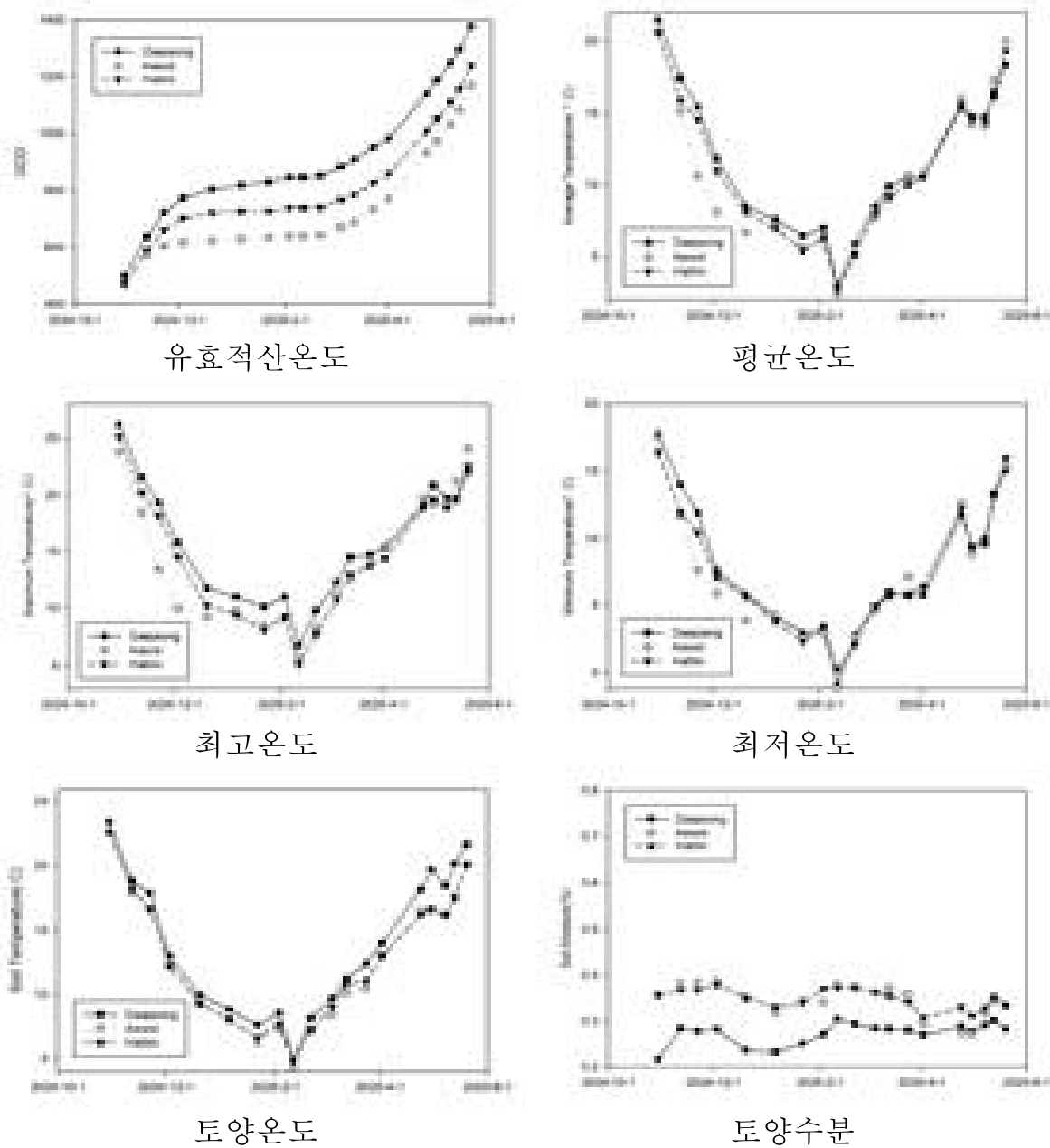


그림 3-2. 생육 및 환경요인 변화(2025).

마늘의 생육은 단계별로 서로 다른 발달 특성을 보이며 생육 시기에 따라 생리적 반응이 달라진다. 마늘은 일정 기간 저온을 경과한 후 구비대가 유도되는 발달 특성을 가지며(Takagi, 1989), 인경 비대는 여러 요인이 복합적으로 작용하여 인편 분화 이후 진행되는 것으로 보고되어 있다(Takagi, 1990; Lee et al., 2018). 따라서 동일한 환경요인

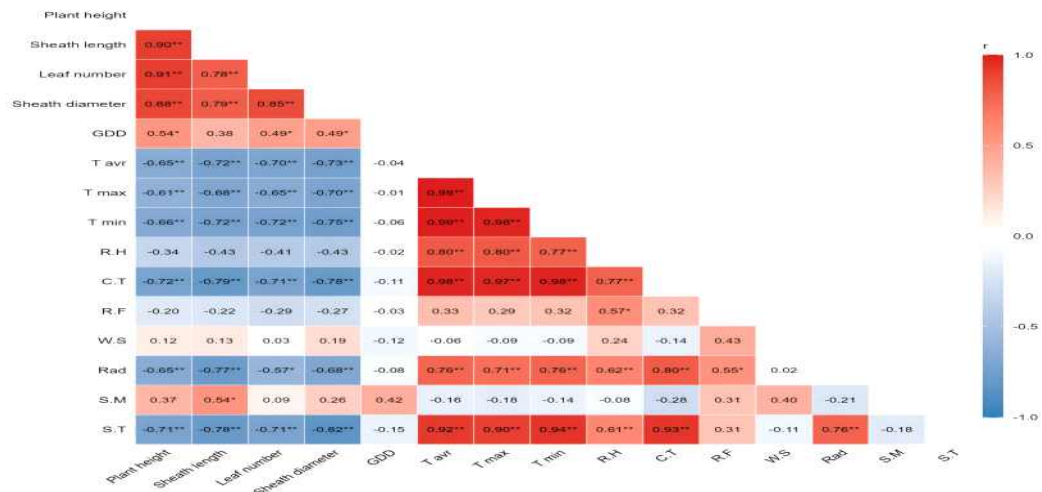
이라도 시기에 따라 작물 생장에 미치는 영향이 달라질 수 있으므로, 생육단계별 생육요인과 환경요인 간 상관관계를 분석하여 주요 영향요인을 파악하고자 하였다(그림 4-1, 4-2).

잎신장기에는 초장, 엽수, 엽초장 및 엽초경 등 지상부 생육요인 간 높은 양의 상관(0.79~0.91)이 나타나 초기 생육이 동시에 증가하는 경향을 보였다. 반면 평균·최고·최저기온 및 일사량 등 환경요인은 생육요인과 음의 상관을, 토양수분은 약한 양의 상관을 보였다. 이러한 경향은 마늘이 비교적 낮은 온도에서 생육하는 호냉성 작물의 특성이 반영된 것으로 판단된다(Lee, 2003).

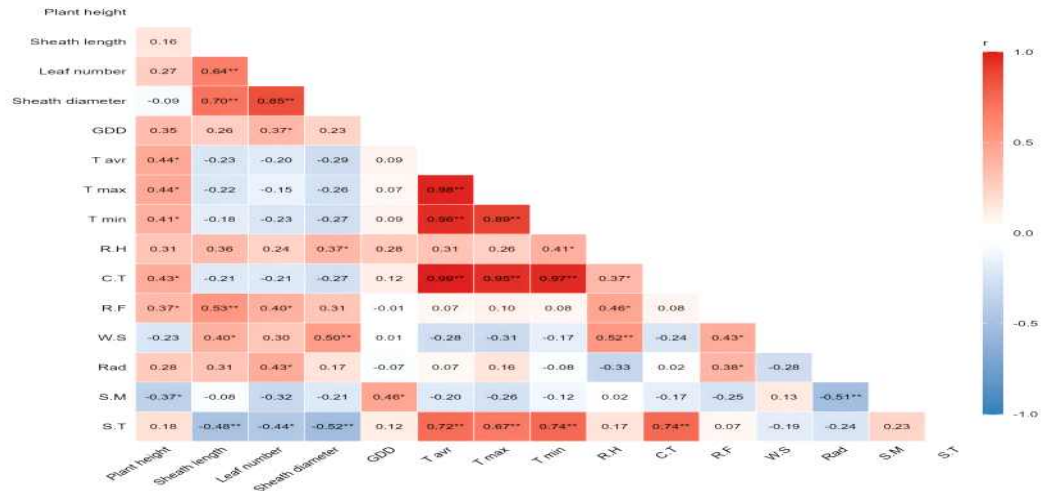
월동기에는 일부 생육요인이 평균기온 및 최저기온과 약한 양의 상관을 나타냈으며, 전반적으로 생육 변화가 크지 않았다. 이는 인편형성을 위한 저온 경과 과정에서 생육이 일시적으로 정체되는 마늘의 특성과 관련된 것으로 판단된다.

인편분화기에는 대부분의 생육요인 간 높은 양의 상관이 나타나 지상부와 지하부 생육이 함께 증가하는 경향을 보였으며, 평균기온 등 환경요인과의 양의 상관을 보여 온도 상승과 함께 생육이 활발해지는 것으로 나타났다. 특히 구경 및 구중이 온도와 밀접하게 관련되어 이 시기부터 구 형성이 시작되는 것으로 나타났으며, 이는 저온 경과 후 온도 상승과 함께 인경형성이 유도된다는 보고와 유사하였다(Rahim and Fordham, 2001).

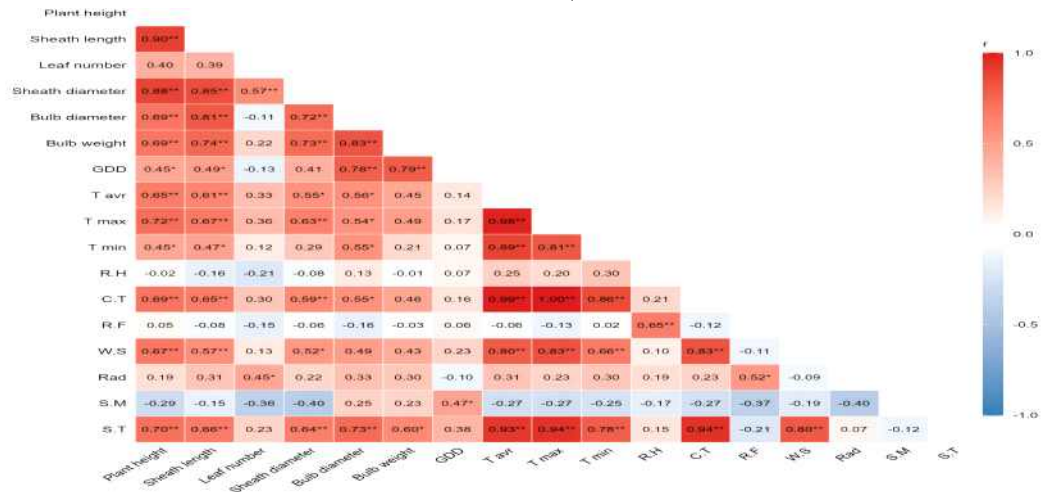
추대기에는 구경과 구중이 환경요인과 강한 양의 상관을 나타낸 반면 엽수는 온도와 음의 상관을 보였다. 이는 영양생장에서 생식생장으로 전환되면서 지상부 생육은 둔화되고 구 비대가 시작되는 생육 특성이 반영된 것으로 판단되며, 특히 온도가 높을수록 추대기 엽수는 적은 경향을 보였다. 이후 구비대기에는 구경과 구중이 평균기온 및 적산온도 등과 높은 양의 상관(0.7~0.9)을 보인 반면 일사량과의 관련성은 크지 않아, 구 비대 및 구 크기 형성에는 일사 조건보다 온도의 영향이 더 크게 작용하는 것으로 판단된다.



앞신장기

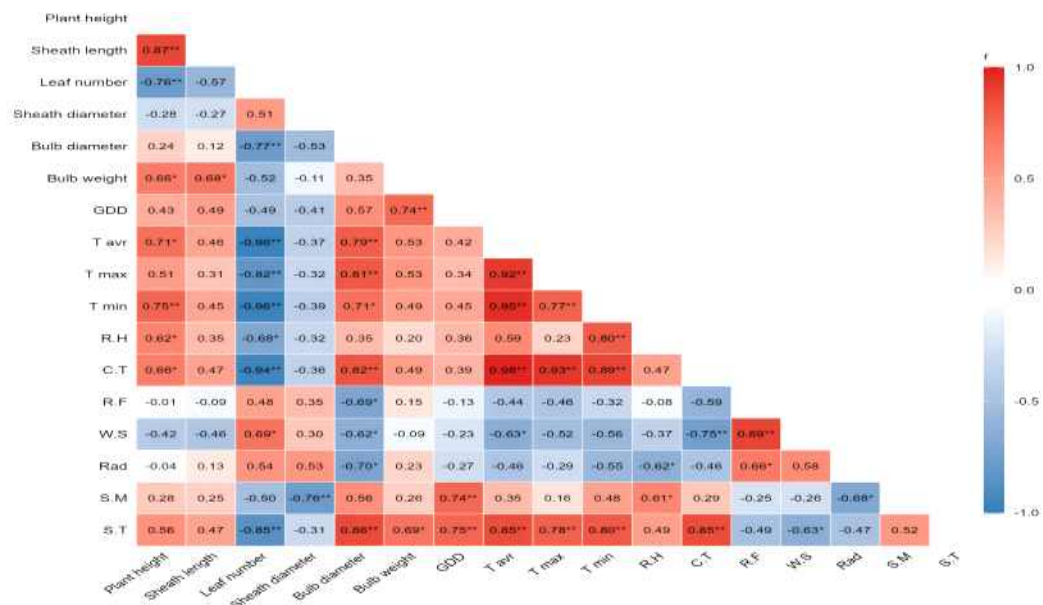


월동기

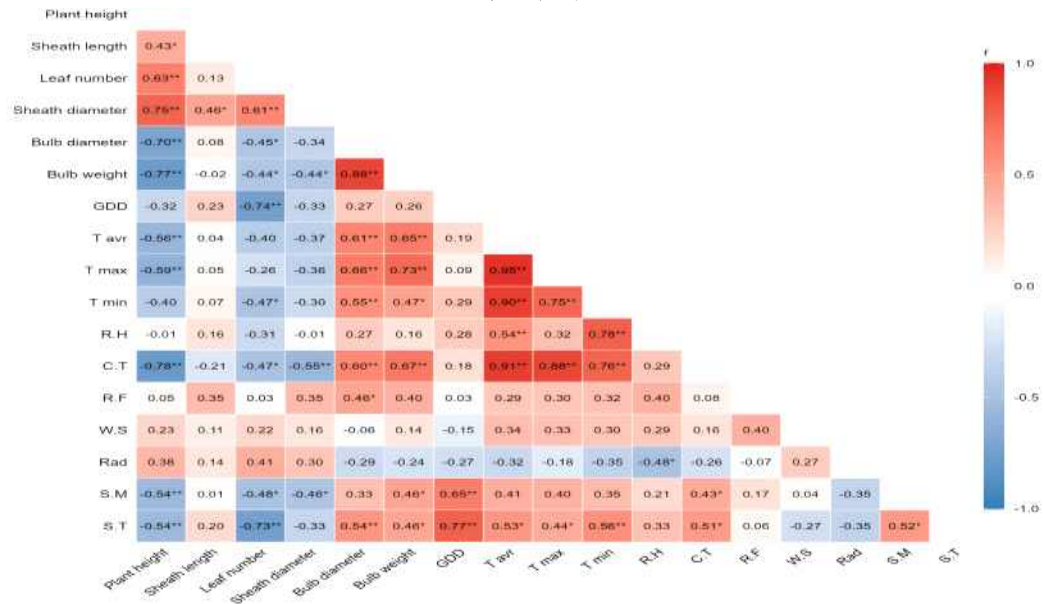


인편분화기

그림 4-1. 마늘 생육단계별 상관관계 분석.



추대기



구비대기

* GDD: Growing degree days, T avr: Average Temperature, T max: Maximum Temperature, T min: Minimum Temperature, R.H: Relative Humidity, C.T: Canopy Temperature, R.F: Rainfall, W.S: Wind Speed, Rad: Radiation, S.M: Soil Moisture, S.T: Soil Temperature

그림 4-2. 마늘 생육단계별 상관관계 분석.

표 2. 수량과 주요 변수 간 상관관계 분석

변수 \ 생육단계		잎신장기	월동기	인편분화기	추대기	구비대기
생육요인	초장	-0.623	-0.171	-0.273	-0.509	0.275
	엽초장	0.040	0.431	0.132	-0.231	0.205
	엽수	-0.675	0.225	0.702	0.942*	0.989**
	엽초경	-0.866	0.224	-0.040	0.595	0.420
	구경	-	-	-0.416	-0.861	0.535
	구중	-	-	-0.777	-0.404	0.560
환경요인	유효적산온도	-0.617	-0.643	-0.711	-0.743	-0.685
	평균온도	-0.110	-0.828	-0.956*	-0.936**	0.455
	최고온도	-0.169	-0.678	-0.950*	-0.962**	0.970**
	최저온도	-0.110	-0.917**	-0.793	-0.925**	-0.710
	평균습도	0.018	-0.833	-0.593	-0.922*	-0.752
	초상평균온도	0.169	-0.876	-0.968**	-0.960**	0.132
	강수량	-0.051	-0.065	-0.954*	-0.391	0.400
	평균풍속	0.502	-0.547	-0.937*	0.828	0.912*
	일사량	-0.434	0.378	-0.114	0.163	0.959**
	토양수분	-0.327	-0.436	-0.376	-0.841	-0.460
	토양온도	0.357	-0.771	-0.952*	-0.971**	-0.613

*, **Significant at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

수량과 생육단계별 주요 변수 간 상관관계를 분석 한 결과, 수량에 영향을 미치는 요인은 생육단계에 따라 다르게 나타났다(표 2). 잎신장기에는 온도 관련 요인들이 수량과 음의 상관을 보였으나 통계적으로 유의하지 않아 초기 생육 단계에서 수량과의 직접적인 관련성은 크지 않았다.

월동기에는 최저온도를 포함한 온도 요인들이 수량과 강한 음의 상관을 보였으며, 인편분화기에서도 온도와 수분 요인들이 전반적으로 음의 상관을 나타냈다. 이는 고온 및 과습 조건이 이후 수량 감소와 관련된 것으로 판단된다.

추대기에는 엽수가 수량과 높은 양의 상관을 나타낸 반면 대부분의 환경요인은 음의 상관을 보였다. 이는 온도가 높을수록 생육 발달 속도가 빨라져 잎 전개 기간이 단축되고 최종 엽수가 감소하여 수량이 저하된다는 결과(Wi et al., 2017), 고온 및 다습 조건에서 상품수량이 감소한다는 선행 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다(Lee et al., 2018).

구비대기에는 엽수와 함께 최고온도, 일사량 및 풍속이 수량과 높은 양의 상관을 나타냈으며, 일조시간 증가와 함께 적정 온도 확보 시 구중이 증가한다는 보고(Choi et al., 2021)와 일치하는 경향을 보였다.

표 3. 수량 예측을 위한 회귀분석 결과

변수	coef.	std. Error	t	p-value	VIF ^z
Intercept	1777.152	324.354	5.479	0.032	
추대기 엽수	289.271	18.288	15.817	0.004	2.715
인편분화기 토양온도	-347.350	19.966	-17.397	0.003	2.715
F	1344.53($p<0.001$)				
R ²	0.999				
R ² _{adj}	0.998				

$$^z\text{VIF} = \frac{1}{1-R^2}$$

상관분석은 변수 간 관계의 방향성과 정도, 원인과 결과에 대한 정보를 파악하는 데에는 유용하지만 생산량을 직접 예측하는 데에는 한계가 있으므로(Yoo et al., 2018), 여러 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 동시에 분석하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다(표 3).

수량과 유의하거나 높은 상관을 보인 변수들을 대상으로 통계적 유의 수준($p < 0.05$)과 다중공선성($VIF < 10$)을 기준으로 최종 설명변수를 결정하였다. 또한 구경 및 구중과 같은 지하부 생육 요인은 파괴조사를 통해 측정되는 항목으로 현장 활용성이 낮다고 판단되어 비파괴적으로 조사 가능한 지상부 생육 변수를 중심으로 모형을 구성하였다.

그 결과, 설명변수로 추대기 엽수와 인편분화기 토양온도가 선택되었으며, t 값은 각각 15.817과 -17.397, p 값은 모두 0.05 이하로 수량에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 다중공선성은 회귀계수의 추정치를 불안정하게 만들 수 있으며 일반적으로 10 이상일 경우 심각한 다중공선성을 의미한다(Noh et al., 2020). 이를 판단하기 위한 지표로 분산팽창지수(VIF)를 사용하며(Gregory S. D., 2018) 본 연구 모형의 VIF 값은 2.715로 나타나 다중공선성 문제는 없을 것으로 판단되었다.

또한 본 회귀모형의 결정계수(R^2)는 0.999, 수정결정계수(R^2_{adj})는 0.998로 나타나 설명변수들이 수량 변동의 대부분을 설명하는 매우 높은 설명력을 보였다. 모형의 유의성을 검정하는 F 값은 1344.53($p < 0.001$)으로 회귀모형 전체가 통계적으로 유의한 것으로 확인되었으며, 이에 따라 추대기 엽수와 인편분화기 토양온도를 이용한 회귀식은 수량 예측에 높은 적합성을 가지는 것으로 판단되었다.

표 4. 수량 예측식 구축 및 적합성 검정

수량 예측식	RMSE ^z	MAE ^y
$y = 289.271 \times \text{엽수(추대기)}$ $- 347.350 \times \text{토양온도(인편분화기)}$ $+ 1777.152$	14.10	12.57

$$^z\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad y_i = \text{실제값}, \hat{y}_i = \text{예측값}$$

$$^y\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad y_i = \text{실제값}, \hat{y}_i = \text{예측값}$$

다중회귀분석을 통해 구축된 수량 예측식의 성능은 평균 제공근 오차(RMSE)와 평균 절대 오차(MAE)를 이용하여 평가하였다(표 4). RMSE는

예측값과 실제값 간의 평균 제곱근 오차를 통해 예측 정확도를 평가하는 지표이며, MAE는 예측값과 실제값 간의 평균 절대 오차로 전반적인 오차 수준을 나타낸다(Kang et al., 2024). 두 지표를 함께 사용할 경우 모델의 예측 정확도와 안정성을 동시에 평가할 수 있다.(Chai. T. and Draxler R.R., 2014).

본 연구에서 구축된 수량 예측식의 RMSE는 14.10, MAE는 12.57로 나타났으며, 두 값의 차이가 크지 않아 큰 예측 오차의 발생이 적고 전반적으로 실제값에 근접한 예측을 수행하는 것으로 나타났다. 이에 따라 본 모형은 수량을 안정적으로 예측할 수 있는 수준의 정확도를 가지는 것으로 판단되었다.

표 5. 실제 수량과 예측 수량 간 오차 분석

연도	실제 수량 (kg/10a)	예측 수량 (kg/10a)	예측 오차율 (%)
'22/'23 (9월 파종)	1,428	1,443	0.63
'23/'24 (8월 파종)	246	259	5.98
'23/'24 (9월 파종)	337	340	3.68
'23/'24 (10월 파종)	612	590	0.70
'24/'25 (9월 파종)	1,421	1,412	0.14

실제 수량과 예측 수량 간의 오차를 비교한 결과, 전반적으로 예측 값은 실제값과 유사한 수준을 나타내어 높은 예측 정확도를 보였다(표 5). 예측 오차율 또한 낮은 수준이었으며, 특히 '23/'24년에는 파종 시기별 차이에 따라 일부 편차가 나타났으나 전체적인 예측 경향은 안정적으로 유지되었다.

본 결과는 마늘의 추대기(4월 상~중)적정 엽수 확보와 인편분화기(2월 중~3월 하) 온도 관리가 최종 수량 형성에 중요한 요인임을 시사하며, 향후 생육단계별 재배 관리기술 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 적 요

- 초기 생육단계에서는 생육요인 간 높은 양의 상관을 보였으나 수량과의 직접적인 관련성은 낮게 나타났음
- 인편분화기 이후 온도와 수분은 수량과 음의 상관을 보였으며, 추대기 엽수는 수량과 높은 양의 상관을 나타내어 수량 형성에 크게 작용하는 것으로 판단되었음
- 구비대기에는 최고온도와 일사량이 수량과 높은 양의 상관을 보여 기상조건이 최종 구 비대 및 수량 결정에 중요한 영향을 미치는 것으로 확인되었음
- 다중회귀분석 결과 추대기 엽수와 인편분화기 토양온도가 주요 설명변수로 선택되었음
- 수량 예측식의 설명력은 $R^2=0.999$ 로 매우 높았으며 RMSE 14.10, MAE 12.57의 낮은 오차를 보여 예측력 높은 안정적인 모형으로 판단되었음

5. 결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목 명
2023년도 (1년차)	DB구축	마늘 생육·환경 DB 구축(제빛나)
2024년도 (2년차)	DB구축	마늘 생육·환경 DB 구축(제빛나)
2025년도 (3년차)	DB구축	마늘 생육·환경 DB 구축(제빛나)

6. 인용문헌

- Bandara, M.S., K. Krieger, A.E. Slinkard, and K.K. Tanino. 2000. Pre-plant chilling requirements for cloving of spring-planted garlic. Can. J. Plant Sci. 80:379-384.
- Chai, T. and R.R. Draxler. 2014. Root mean square error or mean absolute error. Geosci. Model Dev. 7:1247-1250.
- Choi, S.C., J.K. Kim, and H.S. Seo. 2021. Estimation of garlic's bulb weight at harvest using a multi-level model based on growth and meteorological data. Hortic. Sci. Technol. 39(4):521-529.

- Cortes, C.F., F.W. de Santa Olalla, and R.L. Urrea. 2003. Production of garlic(*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agric. Water Manag.* 59:155–167.
- Gregory, S.D. 2018. Ridge regression and multicollinearity: an in-depth review. *Model Assist. Stat. Appl.* 13(4):1–15.
- Kim, B.H., M.S. Choi, M.J. Shin, S.E. Lee, K.H. Moon, C.H. Kim, and H.H. Han. 2024. Growth characteristics and yield according to differential storage temperature of southern ecotype *Allium sativum* L. ‘Nando’ for crop model development. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 26(3):141–150.
- Kim, S.K., J.H. Lee, H.J. Lee, S.H. Lee, B. Mun, S. An, and H.S. Lee. 2018. Development of prediction growth and yield models by growing degree days in hot pepper. *Prot. Hortic. Plant Fact* 27(4):424–430.
- Kang, S.R., H.R. Lee, and M.H. Na. 2024. Analysis of key factors and development of yield prediction model for greenhouse cucumber cultivation. *J. Korean Soc. Qual. Manag.* 52(4):767–784.
- KOSIS(Korean Statistical Information Service) 2025. 「농작물생산조사」 채소생산량(조미채소), <http://www.kosis.kr>.
- Lee, H.J., S.G. Lee, S.K. Kim, B. Mun, J.H. Lee, H.S. Lee, Y.S. Kwon, J.W. Han, and C.W. Kim. 2018. Effects of combination of air temperature and soil moisture contents on growth, clove initiation, physiological disorders, and yield of garlic. *Prot. Hortic. Plant Fact.* 27:191–198.
- Lee, J.M. 2003. Special vegetable horticulture. Hyangmunsa, Seoul, Korea. p.421.
- Lim, C.H., D. Kim, Y. Shin, and W.K. Lee. 2015. Assessment of drought severity on cropland in Korea peninsula using normalized precipitation evapotranspiration index. *J. Clim. Change Res.* 6:223–231.
- Moriondo, M., C. Giannakopoulos, and M. Bindi. 2011. Climate change impact assessment: The role of climate extremes in crop yield simulation. *Clim. Change* 104:679–701.
- Na, S.I., B.K. Min, C.W. Park, K.H. So, J.M. Park, and K.D. Lee. 2017. Development of field scale model for estimation garlic growth based on UAV NDVI and meteorological factors. *Korean. J. Soil. Sci. Fert.* 50(5):422–433.
- Noh, H.S. and Y.S. Lee. 2020. Determinants of growth variables on smart farm tomato production. *Soc. Conver. Knowl. Trans.* 8(3):17–25.

- Oh, S.J., K.H. Moon, and S.C. Koh. 2015. Assessment of high temperature impacts on early growth of garlic plant(*Allium sativum* L.) through monitoring of photosystem II activities. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 33(6):829-838.
- Oh, S.Y., K.H. Moon, M.J. Shin, and S.C. Koh. 2020. Shoot growth, bulb development and mineral contents of southern-type garlic in response to elevated temperatures in temperature gradient tunnels. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 38(4):440-450.
- Park, S.H., Y.S. Moon, O.J. Jeong, W.K. Kang, and D.B. Kim. 2018. Analysis of influence on garlic crops and its economical value by meteorological and climatological information, J. Korean Earth Sci. Soc. 39:419-435.
- Rahim, M.A. and R. Fordham. 2001. Environmental manipulation for controlling bulbing in garlic. Acta Hort. 555:181-188.
- Song, I.G., S.G. Hwang, and J.K. Lee. 2001. Garlic cultivation, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Takagi, H. 1989. Growth and development of spring-planting garlic in cold climate regions of japan. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 58(1):139-147.
- Takagi, H. 1990. Garlic(*Allium sativum* L.). In: Brewster J.L. H.D. Rabinowitch (eds.), Onions and Allied crops III: Biochemistry Food Science, and Minor Crops. CRC Press, Boca Raton. USA.
- Wi, S.H., K.H. Moon, E.Y. Song, I.C. Son, S.J. Oh, and Y.Y. Cho. 2017. Growth and fresh bulb weight model in harvest time of southern type garlic var. 'Namdo' based on temperature. Prot. Hortic. Plant Fact. 26(1):13-18.
- Yoo, G.T. and J.H. Park. 2018. Statistics: Understanding and applications. Sigma Press, Seoul, Korea

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'23	'24	'25
책임자	제주도원예작물과	농업연구사	김주영	세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	강태완	자료 분석·결과 검토		○	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	김정선	결과자료 검토	○		
연구보조원	제주도원예작물과	공무직	김홍숙	생육 조사 보조	○	○	○

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
기관 프로 젝트 (고유 연구)	과수(FT) 채소(VC)	데이터 기반 스마트농업 기술 개발	'23 ~'28	제 주 도 원 과수연구과	김보화
	만감 (FT060615)	1) '감평' 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	'24 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	김동균
	키위 (FT040611)	2) 키위 생육·환경 빅데이터 수집 및 분석	'25 ~'28	제 주 도 원 과수연구과	김보화
	마늘 (VC041209)	3) 마늘의 생육·환경 데이터 수집	'23 ~'25	제 주 도 원 원예작물과	김주영
	감귤 (FT060614)	4) 감귤 자동관수 시스템 개발	'24 ~'26	제 주 도 원 미래농업육성과	김동균

1. 연구목적

- 노지 피복재배 감귤 적정 관수 개시·종료 환경 설정값 도출하여 자동관수 시스템 개발

2. 재료 및 방법

- 시험품종: 조생온주밀감(궁천조생)
- 시험장소: 제주도 일원 농가 3개소
- 재배방법: 노지 피복 재배
- 조사기간: '25. 3. ~ 12.
- 처리내용: 관행관수, 자동관수(시기별 당도+토양수분장력 기준 관수 개시, 종료)
 - 시기별 과실 품질 기준(기준)

구분	9. 1.	9. 10.	9. 20.	9. 30.	10. 10.	10. 20.	10. 30.	11. 10.	11. 20.
당도(°Bx)	8.0	8.4	9.1	9.8	10.5	11.3	11.9	12.3	12.7
산함량(%)	2.90	2.58	2.18	1.70	1.46	1.28	1.17	1.04	0.95

- 당도 수준별 물 관리 기준(기준)

시기별 당도 수준	관수량
당도가 기준보다 높을 경우	10a당 1일에 2톤 또는 2일에 4톤
당도가 기준보다 낮을 경우	다음 품질 조사 시까지 건조

- 시기별 토양수분장력 기준(추가)

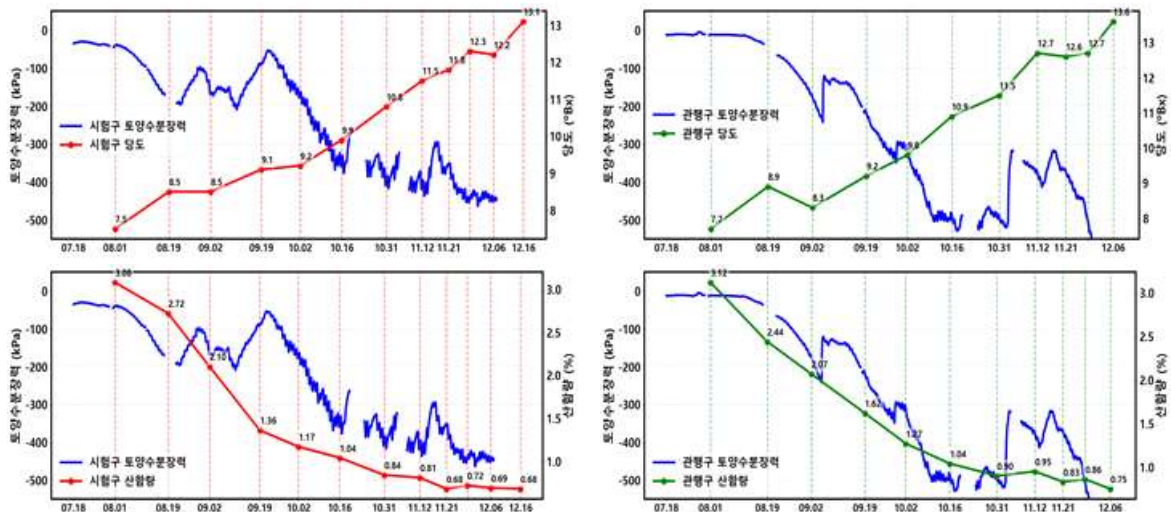
구분	피복~8. 16.	8. 16.~10. 1.	10. 1.~11. 1.	11. 1.~12. 16.
토양수분장력 (kPa)	-50~-150	-150~-350		-350~-500
일일최대관수량 (ton/10a)	2		1	

○ 조사내용: 토양수분, 관수시기, 관수량, 과실 생육 및 품질 등

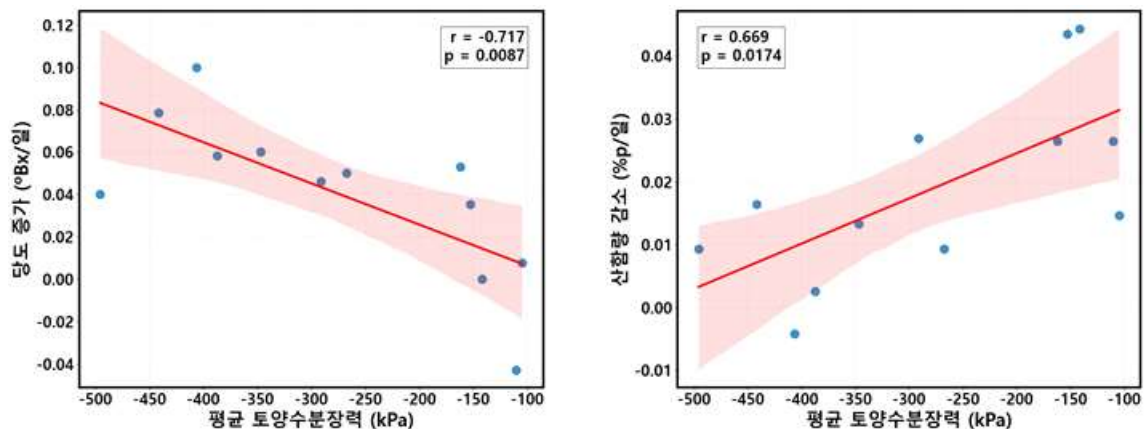
3. 주요 연구결과

○ '24년 자동관수 시스템 농가 적용 결과

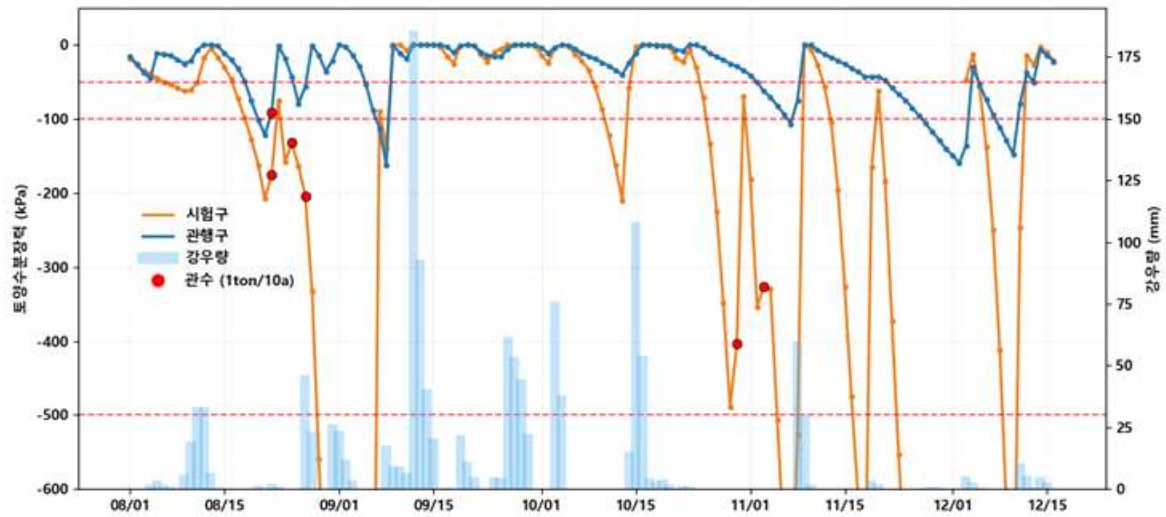
- 토양수분장력 변화에 따른 과실품질(당도, 산함량) 변화



- 구간별 평균 토양수분장력-과실품질 변화량 간 상관분석



○ '25년 자동관수 시스템 농가 적용에 따른 토양수분장력 변화 양상(B 농가)



○ '25년 농가별 평균 토양수분장력 및 과실품질

구분		9. 1.	9. 16.	10. 1.	10. 16.	11. 1.	11. 16.	12. 1.	12. 16.
A 농 가	시 험	횡경(mm)	52.4	57.3	62.8	68.0	71.2	72.2	72.3 수확
		당도(°Bx)	8.2	8.1	8.0	8.4	9.2	9.6	10.2 수확
		산함량(%)	3.08	2.21	1.35	1.07	0.81	0.87	0.65 수확
		토양수분장력(kPa)	-	-	-329	-403	-737	-1240	-1356 수확
	관 행	횡경(mm)	52.5	55.8	60.3	63.1	64.6	65.1	65.1 수확
		당도(°Bx)	8.6	8.5	9.1	9.9	10.9	11.1	12.0 수확
		산함량(%)	2.53	1.98	1.46	1.12	1.00	0.87	0.84 수확
		토양수분장력(kPa)	-364	-62	-19	-43	-111	-431	-464 수확
B 농 가	시 험	횡경(mm)	44.5	47.7	49.9	52.4	53.1	53.8	53.8 수확
		당도(°Bx)	8.6	9.3	10.5	11.0	11.8	12.1	12.8 수확
		산함량(%)	1.97	1.83	1.53	1.42	0.94	1.00	0.92 수확
		토양수분장력(kPa)	-305	-324	-7	-53	-125	-315	-611 수확
	관 행	횡경(mm)	44.7	48.2	51.2	53.6	54.6	55.3	55.0 수확
		당도(°Bx)	8.3	8.8	9.4	10.4	10.7	11.3	11.8 수확
		산함량(%)	2.06	1.46	1.30	1.12	0.79	0.70	0.73 수확
		토양수분장력(kPa)	-46	-33	-5	-15	-13	-44	-82 수확
C 농 가	시 험	횡경(mm)	42.6	44.4	46.9	48.2	48.6	49.1	49.4 수확
		당도(°Bx)	10.4	11.3	12.1	13.1	14.3	14.6	15.5 수확
		산함량(%)	2.06	1.90	2.17	2.22	1.72	1.66	1.52 수확
		토양수분장력(kPa)	-187	-190	-248	-442	-661	-536	-192 수확
	관 행	횡경(mm)	44.1	45.8	48.4	49.7	50.0	51.0	50.1 수확
		당도(°Bx)	9.4	10.0	10.9	11.5	12.5	14.0	13.5 수확
		산함량(%)	1.88	1.73	1.83	1.82	1.24	1.47	1.22 수확
		토양수분장력(kPa)	-	-556	-547	-460	-1039	-1442	- 수확

4. 적 요

- '24년 상관분석 결과 8월 중순~11월 상순 기간에 토양수분장력이 낮을수록 당도 증가량이 높아지고, 산함량 감소량은 낮아지는 경향이었음
- 토양수분장력 -100~-140kPa 범위에서는 당도 증가폭이 낮았으나 -150kPa를 경계로 당도 증가폭이 높아져 당도 상승을 위한 토양 건조 최소 요구값이 -150kPa로 판단되었고, 산함량은 -350kPa를 경계로 감소량이 크게 둔화되어 최대 건조 값은 -350kPa로 판단되었음
- 관수처리 외에 강우 유입에 따른 토양수분장력의 변화가 관찰되어 이에 따른 과실 품질 변화도 고려해야 할 것으로 판단되었음
- '25년에는 토양의 건조 정도에 따른 과실 품질 변화가 선형적으로 나타나지 않은 경우도 확인되어 추후 나무의 수분 스트레스를 종합적으로 진단해야 할 것으로 판단되었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
4) 감귤 자동관수 시스템 개발	책 임 자	제주도원 미래농업육성과	농업 연구사	김 동 균	과제 수행 총괄
	공 동 연구자	제주도원 미래농업육성과	농업 연구사	운 찬 일	데이터 수집 검토
	공 동 연구자	제주도원 미래농업육성과	농업 연구사	양 철 준	생육 특성 검토
	공 동 연구자	제주도원 미래농업육성과	농업 연구관	강 상 훈	계획·결과 검토

6. 연구계획 변경사항

- 공동연구(2세부 노지 온주밀감 피복재배시 고품질 자동관수 시스템 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) 감귤원 스마트 관리기술 및 표준과원 모델 개발 연구 (2세부과제명) 노지 온주밀감 피복재배시 고품질 자동관수시스템 개발

과제구분	기관프로젝트 (공동연구)	수행시기		전반기	
과제 및 세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구		과수(FT) 농식품자원 (FR)	'24~ '25	제 주 도 원 미래농업육성과	김진영
1) 국내육성 골드키위 ‘감황’ 유통 수급 조절을 위한 저장성 향상 기술 연구		키위 (FT040611)	'24~ '25	제 주 도 원 과 수 연 구 과	김권수
2) 국내육성 골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구		가공이용기술 (FR01FR11)	'24~ '25	제 주 도 원 미래농업육성과	김진영
3) 국내육성 골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발		가공이용기술 (FR01FR11)	'24~ '25	농업회사법인 술도가제주비당	임효진
색인용어	국내육성, 골드키위, ‘감황’, 저장, 가공				

ABSTRACT

1) Research of Storage Improvement Technology for Distribution Control of Domestically Bred Cold Kiwifruit ‘Gamhwang’

This study focused on improving the storage quality and distribution efficiency of the early-harvest kiwifruit variety ‘Gamhwang’. Since kiwifruit is a climacteric fruit, post-harvest management significantly affects its quality, making effective storage technologies essential. Among physical pretreatments, pre-cooling and pre-drying were examined, with pre-drying showing higher sugar and acid content and delayed ripening compared to other treatments. However, fruit softening progressed after 8 - 10 weeks, indicating that shipment within 10 weeks is optimal for maintaining firmness (≥ 2 kg/8 mm ϕ). For medium- to long-term storage, chemical treatments using potassium permanganate (KMnO₄) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) were evaluated. Both treatments effectively delayed ripening by controlling ethylene activity. The 1-MCP treatment maintained firmness up to 14 weeks but showed inhibited artificial ripening if storage was too short, suggesting that shipment before 14 weeks is most suitable. KMnO₄ treatment also maintained acceptable firmness up to 10 weeks, making it applicable for medium-term storage. Overall, pre-drying is effective for short-term storage, while 1-MCP and KMnO₄ treatments are suitable for extending storage duration. Appropriate selection of pretreatment methods can improve fruit quality, delay ripening, and optimize distribution timing for ‘Gamhwang’ kiwifruit.

Keywords: Gamhwang kiwifruit, Postharvest storage, 1-MCP, KMnO₄

2) Study on the Development of Processing Materials and Commercial Products Using Domestically Bred Gold Kiwifruit

This study aimed to establish optimal processing conditions for value-added ingredients derived from domestically bred gold kiwifruit cultivars, 'Sweet Gold' and 'Gamhwang', and to evaluate their applicability in processed food products. Concentrated materials were produced using vacuum concentration (70°C, 200 mbar) and atmospheric concentration (100°C) in both paste and juice forms, while powdered materials were prepared by hot-air drying, dehumidified drying, and freeze drying. The results of the characteristics research indicated that vacuum-concentrated juice exhibited superior quality in terms of sugar content, color retention, vitamin C, and total polyphenol preservation in both cultivars. Among the drying methods, dehumidified drying provided the best condition of color stability, antioxidant activity, and economic feasibility, making it the most practical processing method. A consumer survey involving 293 participants revealed strong demand for convenient and health-oriented dessert-type products. Based on these findings, milk jam formulated with dehumidified dried powder and konjac jelly incorporating vacuum-concentrated juice were developed. The milk jam containing 5.6% powder showed optimal physical stability, the highest sensory evaluation, and improved antioxidant capacity. Increasing the concentration level in konjac jelly improved both functional properties and visual quality. Overall, this research established standardized processing techniques for gold kiwifruit concentrates and powders and demonstrated their potential application in functional processed foods, thereby contributing to the value-added utilization and industrialization of domestically bred gold kiwifruit cultivars.

Keywords: Gold kiwifruit, Processing technology, Vacuum concentration, Dehumidified drying

3) Developing Consumer-Preferred Products Using Domestically Grown Gold Kiwifruit

In the study on the development of distilled liquor process and products using gold kiwi, the domestically cultivated 'Gamhwang' variety, which is being promoted as a specialty in the Jeju region, was utilized to establish a development and production process for low-alcohol distilled liquor preferred by consumers. The composition of gold kiwi 'Gamhwang', including moisture, sugar content, and organic acid content, was analyzed, and the brewing suitability was studied, including yeast and raw material mixing conditions. Distillation yield, general components, aroma components, and sensory evaluations were conducted by distillation method (vacuum distillation,

atmospheric distillation, etc.), and consumer preference surveys by alcohol content were conducted (sensory evaluations by liquor manufacturers, sommeliers, and consumers). In this way, the product development and prototype manufacturing process for low-alcohol fruit distilled liquor were established. A study on the production process and product development of a highball-type alcoholic beverage utilizing gold kiwi distillate was conducted. A 40% (v/v) kiwi distillate fermented with "Gamhwang" and then distilled under reduced pressure served as a base. A sensory evaluation was conducted with 10 alcohol manufacturers and researchers. The optimal blending ratio of alcohol, anhydrous citric acid, crystalline fructose, lemon flavor, lemon concentrate, and citric acid was determined to satisfy consumer preferences. This led to the development of a highball-type alcoholic beverage and the establishment of a prototype manufacturing process.

A study on the vinegar fermentation process and product development using gold kiwifruit utilized the domestically cultivated "Gamhwang" variety. This study analyzed the organic acid and residual alcohol content of vinegars produced by different fermentation methods, acetic acid strains, and fermented liquor manufacturing methods. Sensory testing was conducted with experts and consumers to select high-quality gold kiwifruit fermented vinegars with high consumer preference. A production process for the selected gold kiwifruit fermented vinegar was established, along with a prototype manufacturing process. Lastly, in the research on the production process and product development of non-alcoholic beverages using gold kiwi fermented vinegar, the goal was to develop a non-alcoholic vinegar beverage based on kiwi vinegar selected through research on the development of optimal fermented vinegar using gold kiwi 'Gamhwang', and to pursue health and low calories and to satisfy consumer preferences, a vinegar beverage was developed using allulose, a low-calorie sweetener, and Jeju specialty lemon and honey, and a sensory test was conducted on experts and consumers to select a non-alcoholic vinegar beverage preferred by consumers, and a product production process for gold kiwi fermented vinegar beverages was established and a vinegar beverage prototype manufacturing process was set.

Keywords: Gold kiwifruit, Fruit Distilled Liquor, Fermented Vinegar

1. 연구개발과제의 개요

국내 키위 산업은 최근 소비 증가와 더불어 품질 향상 및 다양화에 대한 요구가 점차 확대되고 있다. 2024년 기준 전국 키위 재배면적은 1,360ha이며, 이 중 제주지역은 408ha(30%)로 국내 주요 생산지로 자리매김하고 있다. 생산량 또한 11,918톤으로 전국 1위를 기록할 만큼 산업적 비중은 매우 크다.

최근 제주지역에서는 당도가 높고 산미가 적은 골드키위 재배가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 국내육성 품종인 ‘스위트골드(2014 재배)’, ‘감황(2020 재배)’의 재배면적은 총 68.8ha로 꾸준한 증가 추세를 보이고 있다. 그러나 주요 품종 중 하나인 대과종 ‘감황’은 제주지역이 전국 재배면적의 50.5%를 차지할 정도로 빠르게 확대되고 있음에도 불구하고, 수확 후 관리 및 저장성 연구가 충분히 축적되지 않아 실질적인 기술적 지원이 미흡한 상황이다.

키위는 후숙 과정에서 당도와 가용성 고형분 증가 등 품질이 향상되는 특성이 있으나, 동시에 펙틴 분해로 인한 조직 연화, 에틸렌 증가, 색·향기 성분 변화, 유기산 감소 등 장기 저장 시 품질 저하가 발생한다. 따라서 국내육성 골드키위의 안정적인 공급체계 구축을 위해서는 저장성 향상 기술 개발이 시급하다.

또한 키위는 항산화능, 비타민 C·K·B6 등 영양적 가치가 높고, 식이섬유 및 유기산이 풍부함에도 불구하고, 국내 소비는 여전히 생과 중심 구조에 머물러 있다. 또한 생산량 증가 시 가격 하락 위험이 크기 때문에, 가공을 통한 신규 수요 창출과 부가가치 확대가 필수적이다.

최근 소비자는 기존 ‘헤이워드’에 비해 당도가 높고 산미가 적은 골드키위를 선호하며 구매비율 역시 2010년 31.7%에서 2019년 47.5%로 증가하였다. 이는 골드키위 기반 가공품 시장 성장 가능성이 매우 크다는 것을 보여준다.

선행 연구에서도 에틸렌 처리 후 저장 온도에 따른 후숙 특성(신 등, 2018), 1-MCP 처리로 에틸렌 발생 감소 조절(소라콘, 2016), 최적 CPPU(비대제) 처리 농도(Takami 등, 2006), 수확시기에 따른 1-MCP 처리 효과(Eric Gituma Mworio, 2011) 등이 보고되었으며, 키위의 영양성분 및 효능(Latocha 등, 2010, Motohasshi 등, 2002, Jo 등, 2007), 골드키위가 그린키위보다 비타민 C, 총 폴리페놀 함량이 높고 항산화능이 우수하다는 연구 결과(이 등, 2018)와 ‘해향’, ‘해금’, ‘비단’, ‘만수’, ‘치악’ 등 국내육성 품종은 외래 품종 ‘헤이워드’ 대비 항산화능이 더 높게 나타나는(이 등, 2015) 사례가 보고된 바 있어 국내육성 품종의 가공 활용 가치가 크다.

따라서 본 연구에서는 ① 국내육성 골드키위의 저장성 향상 기술 개발과 ② 가공 소재화 및 상품화 ③ 소비자 선호형 제품 개발 연구를 통해 생산-저장-가공으로 이어지는 통합 기술 체계를 구축하고 제주지역을 중심으로 한 국내 골드키위 산업의 안정적 성장과 고부가가치화를 달성하고자 한다.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

〈세부목표1〉 국내육성 골드키위 ‘감황’ 유통수급 조절을 위한 저장성 향상 기술 연구

- 수확 후 예조·예냉 처리에 따른 저장 효과 구명(24)

수확후 처리전 과실 품질은 표.1과 같았다.

표 1. 처리전 과실 품질

※ 수확일: '23. 10. 12.

당도(°Bx)	산함량(%)	경도(kg/φ8mm)	건물률(%)
10.3±0.7	1.5±0.1	6.2±0.2	17.3±1.1

국내육성 골드키위 ‘감황’의 저장 특성을 구명하기 위해 예조(상온, 1일 건조), 예조·예냉(예냉 5℃, 5일)을 처리하여 대조구(무처리)와 저장기간에 따른 과실품질 변화를 비교한 결과, 저장 기간 동안 모든 처리구에서 저장 2개월까지 유의적으로 증가하였으며, 산함량과 경도는 저장 기간이 경과함에 따라 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. 예조·예냉처리에서 다른 처리에 비해 산함량과 경도의 감소가 상대적으로 빠르게 나타났으며, 이는 예냉 과정 중에도 과실의 호흡 및 대사활동이 지속되었기 때문으로 판단된다. 특히, 예조 처리는 저장 10주를 기준으로 산함량이 급격히 감소하였고 유사한 시기에 경도의 저하도 나타나 다른 처리에 비해 후속 진행이 지연됨을 확인하였다.(표 2, 그림 1).

표 2. 전처리후 저장시기별 과실 품질

조사 시기 (저장기간) 처리별 품질		10.26 (2주)	11.09 (4주)	11.23 (6주)	12.08 (8주)	12.21 (10주)	01.04 (12주)	01.18 (14주)	02.01 (16주)	02.16 (18주)	02.29 (20주)
당도 (°Bx)	무처리	11.12b ^z	12.15c	12.91a	14.12a	13.39b	14.64a	14.32b	14.39a	14.66b	14.68a
	예조	11.52a	12.61b	13.35a	14.58a	13.79b	14.43a	14.52a	15.02a	14.64b	14.41a
	예조· 예냉	12.02a	13.74a	12.59b	14.01a	14.57a	14.80a	15.34a	15.00a	15.33a	14.70a
산함량 (%)	무처리	1.63a	1.75a	1.23b	1.27b	1.27b	0.90b	0.87b	0.87a	0.36a	0.38b
	예조	1.63a	1.41b	1.37a	1.31a	1.46a	1.08a	0.97a	0.82a	0.38a	0.44a
	예조· 예냉	1.42b	1.22c	1.33a	1.20b	0.98c	0.88c	0.82b	1.08a	0.34a	0.41a
경도 (kg/φ8 mm)	무처리	5.86a	3.27b	2.96b	2.00a	2.50b	1.03b	1.06b	0.74b	0.85b	0.69b
	예조	5.79a	4.88a	3.59a	1.85a	2.88a	1.77a	1.45a	1.07a	0.95a	0.78a
	예조· 예냉	4.53b	2.49c	3.92a	1.62a	1.11c	1.13b	0.80c	0.70b	0.70c	0.66b

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

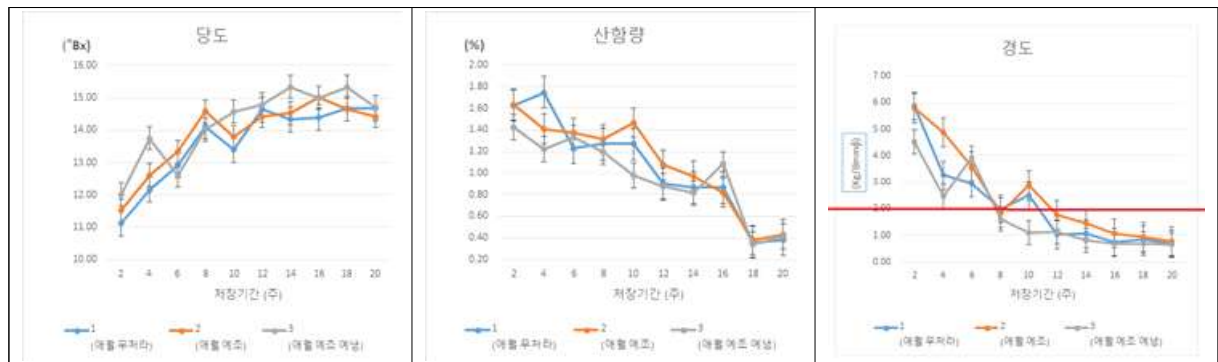


그림 1. 저장기간에 따른 품질변화

과실 감모율은 저장기간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 증가하는 경향을 보였으나, 예조 처리구가 전 저장기간 동안 다른 처리구에 비해 낮은 수준을 유지하였다(그림 2). 저장 16주 이후에는 과피 표면에 주름이 발생하였으며, 전처리 후 예냉 처리구에서 다소 높게 나타났다(그림 3).

이상의 결과로 볼 때, 예조처리는 ‘감황’의 경도와 산함량을 유지하여 숙성 진행을 지연시키는데 효과적인 것으로 판단된다. 특히 저장 10주 이내에 경도 2kg/φ8mm 이상을 유지한 상태로 출하할 경우 품질 저하가 거의 없어, 단기 저장(10주 이내)에 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

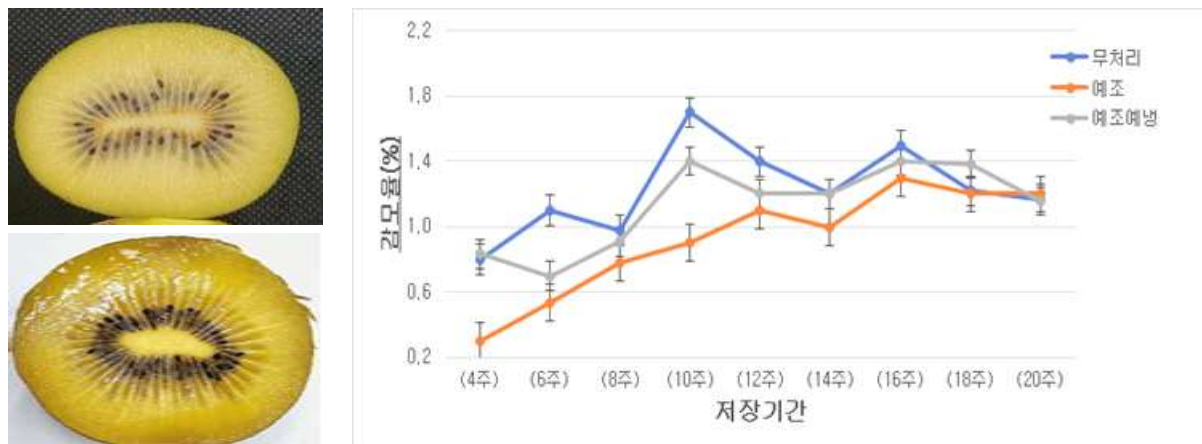


그림 2. 저장전 전처리에 따른 과실 감모율 변화



그림 3. 저장전 전처리에 따른 과실 주름과 발생율

수확 후 에틸렌 반응 억제제 처리에 따른 장기 저장 효과 구명(25)

수확후 처리전 과실 품질은 표.3과 같았다.

표 3. 저장 처리전 과실 품질

※ 수확일: '24. 10. 16.

당도(°Bx)	산함량(%)	경도(kg/φ8mm)	건물률(%)
7.2±0.7	1.63±0.1	5.7±0.2	16.5±1.1



1-MCP 처리(24년10월16일)



처리구별 비닐 저장

그림 4. 전처리후 저장방법

조기 수확형 골드키위 품종인 ‘감황’을 대상으로 수확 후 저장 전 화학적 전처리제인 과망간산칼륨(KMnO₄)과 에틸렌 반응억제제인 1-메틸사이클로프로펜(1-MCP)을 처리하여 저장 중 품질 유지 효과를 비교하였다. 저장기간 동안 과실 품질변화를 조사한 결과, 당도는 모든 처리에서 저장기간 동안 점진적으로 증가하였으며, 산함량은 전반적으로 감소하였으나 1-MCP 및 KMnO₄ 처리구는 저장 14주까지 무처리보다 높은 수준을 유지하였다. 경도는 1-MCP 처리에서 가장 높았으며 저장 14주까지 유통에서 요구하는 최저 경도 2kg/φ8mm 이상을 유지하였다(표 4, 그림 5). 이에 저장기간 연장효과는 1-MCP 처리가 가장 우수한 것으로 판단되며 무처리에 비해 6주, 과망간산칼륨에 비해 4주간 저장기간이 연장되는 것으로 나타났다. 다만 감모율은 저장기간이 경과할수록 모든 처리에서 증가하는 경향으로 처리간 차이가 없었다.

표 4. 처리별 저장 기간에 따른 과실 품질 변화

조사 시기 (저장기간)		10.26 (2주)	11.09 (4주)	11.23 (6주)	12.08 (8주)	12.21 (10주)	01.04 (12주)	01.18 (14주)	02.01 (16주)	02.16 (18주)	02.29 (20주)
처리별 품질											
당도 (°Bx)	무처리	11.2 a ²	11.7 a	13.3 a	13.9 a	14.4 ab	14.0 a	13.5 a	13.3 a	14.4 a	13.9 a
	KMnO ₄	11.7 a	11.6 a	13.3 a	13.8 ab	14.8 a	12.8 b	13.5 a	14.0 a	14.1 a	13.5 a
	1-MCP	10.6 a	12.4 a	12.6 a	12.5 b	13.4 b	12.3 b	13.6 a	13.3 a	13.2 a	13.4 a
산함량 (%)	무처리	1.29 b	1.39 a	1.13 b	0.99 b	0.73 c	0.97 b	0.74 b	0.72 a	0.65 b	0.74 b
	KMnO ₄	1.36 ab	1.54 a	1.43 a	1.44 ab	1.21 b	1.23 ab	0.95 a	0.75 a	0.84 a	0.88 a
	1-MCP	1.64 a	1.42 a	1.34 ab	1.50 a	1.52 a	1.32 a	0.92 ab	0.79 a	0.70 ab	0.75 b

조사 시기 (저장기간)		10.26 (2주)	11.09 (4주)	11.23 (6주)	12.08 (8주)	12.21 (10주)	01.04 (12주)	01.18 (14주)	02.01 (16주)	02.16 (18주)	02.29 (20주)
처리별 품질											
경도 (kg/φ8mm)	무처리	3.92 b	3.23 b	3.03 b	1.4 6c	1.24 b	0.82 c	0.62 b	0.54 b	0.51 a	0.64 b
	KMnO ₄	5.01 a	3.97 b	3.23 b	3.34 b	1.93 b	1.74 b	1.36 ab	0.82 a	0.64 a	0.89 a
	1-MCP	5.21 a	5.02 a	4.65 a	4.61 a	3.92 a	3.28 a	2.05 a	0.86 a	0.71 a	0.70 ab
감모율 (%)	무처리	0.05 a	0.16 a	0.25 a	0.32 a	0.39 a	0.43 a	0.43 a	0.43 a	0.50 a	0.52 a
	KMnO ₄	0.07 a	0.14 a	0.25 a	0.28 a	0.40 a	0.40 a	0.45 a	0.50 a	0.54 a	0.56 a
	1-MCP	0.09 a	0.14 a	0.23 a	0.32 a	0.36 a	0.41 a	0.50 a	0.52 a	0.56 a	0.59 a

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.



그림 5. 저장처리별 저장기간에 따른 당도, 산함량, 경도, 감모율 변화

각 처리 후 저장기간 중 인위적으로 후숙하여 과실품질 변화를 조사한 결과, 산함량은 무처리, KMnO₄ 처리시 1% 미만으로 감소하였고 1-MCP 처리시 12주까지 1%이상으로 높게 유지되었다. 경도는 1-MCP 처리에서 저장 12주까지 1kg/φ8mm 이상 유지하여 후숙 진행이 지연됨을 확인하였다(표 5, 그림 6). 다만, 1-MCP 처리는 단기 저장(10주 미만) 출하시 후숙 지연에 따라 과육이 단단하게 느껴질 수 있어 최소 저장 12주 이후 출하하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단되었다. 이에 유통기간 중 안전한 최소 경도(2 kg/φ8 mm이상)를 유지하기 위해서는 KMnO₄ 처리는 저장 10~12주, 1-MCP 처리는 저장 14주까지 후숙 억제 및 경도 유지 효과가 우수하여 장기 저장 전처리 기술로 활용 가능성이 높은 것으로 나타났다.

결론적으로, 국내육성 골드키위 ‘감황’의 유통시기 조절을 위해 출하시기에 따라 저장 전처리를 차별화하는 것이 바람직하며, 단기저장에서는 예조처리, 장기저장에서는 1-MCP 처리가 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

표 5. 처리별 후숙후 저장 기간에 따른 과실 품질 변화

조사 시기 (저장기간)		10.26 (2주)	11.09 (4주)	11.23 (6주)	12.08 (8주)	12.21 (10주)	01.04 (12주)	01.18 (14주)	02.01 (16주)	02.16 (18주)	02.29 (20주)
처리별 품질											
당도 (°Bx)	무처리	14.8a ^z	15.0a	15.0ab	14.6a	15.1a	13.9a	16.0a	14.4a	14.2a	14.5a
	KMnO ₄	15.3a	14.9a	15.7a	14.5a	15.0a	14.1a	15.5ab	14.1a	14.2a	15.1a
	1-MCP	13.7a	14.1a	13.5b	13.9a	13.2a	12.9a	13.1b	13.2a	13.5a	14.8a
산함량 (%)	무처리	0.38b	0.30b	0.49b	0.41b	0.57b	0.75b	0.94a	0.59c	0.68b	0.53a
	KMnO ₄	0.34b	0.29b	0.40b	0.58b	0.59b	0.83b	0.67a	0.95a	0.94a	0.55a
	1-MCP	1.14a	1.43a	1.12a	1.39a	1.35a	1.11a	0.67a	0.85ab	0.73b	0.73a
경도 (kg/φ8 mm)	무처리	0.45b	0.40b	0.69b	0.54b	0.37b	0.53b	0.24b	0.59b	0.42b	0.35b
	KMnO ₄	0.42b	0.46b	0.55b	0.57b	0.56b	0.53b	0.49ab	0.97a	0.77a	0.68a
	1-MCP	1.66a	1.58a	2.03a	1.80a	1.25a	0.93a	0.54a	0.81ab	0.46b	0.52ab

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

※ 후숙처리: 상온 20℃내외 1주일간 처리

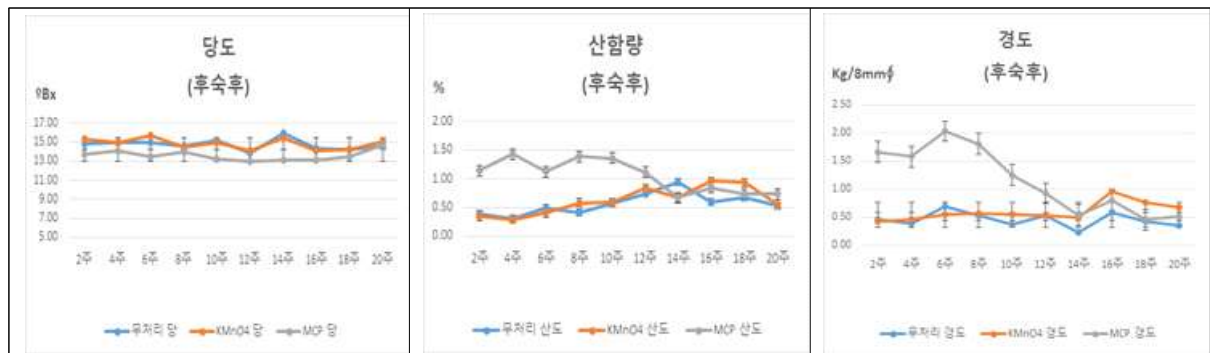


그림 6. 저장처리별 후숙후 저장기간에 따른 당도, 산함량, 경도 변화

〈세부목표2〉 국내육성 골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구

□ 연구수행 내용

골드키위 가공 소재 개발 및 특성 구명('24~'25)

골드키위의 1차 가공 소재 개발을 위해 '스위트골드'(2024)와 '감황'(2025)의 후숙 후 품질 특성을 비교하고, 가공용 농축소재 최적 공정 확립을 위해 감압농축(70℃, 200mbar) 및 상압농축(100℃)을 각각 페이스트형, 착즙액형으로 나눠 비교하였다. 또한, 분말소재 최적 공정 확립을 위해 열풍건조(65℃), 제습건조(50℃), 동결건조(-40℃) 3처리를 하여 일반특성(당도, 산함량, 색도), 항산화특성(비타민 C, 총폴리페놀 함량, DPPH활성산소 소거능)을 조사하였다.

골드키위 가공 소재 이용 상품화 연구('25)

키위 가공제품 소비트렌드 조사를 위해 293명에 대해 온라인 설문조사를 실시하여 소비트렌드 및 선호 제품을 확인하였다. 또한 1차 가공 소재를 활용한 시제품 개발을 위해 소재 함량을 달리하여 밀크잼과 곤약젤리를 제조하였고 함량별 당도, 산함량, 수분함량 등 일반 성분과 물성, 항산화능, 기호도 조사를 실시하여 최적의 배합비 및 제조 공정을 설정하였다.

□ 주요 결과

골드키위 가공 소재 개발 및 특성 구명('24~'25)

국내육성 품종인 '스위트골드'와 '감황'을 대상으로 농축 및 건조 방법에 따른 품질 특성을 비교하고, 가공용 소재로 농축액과 건조분말의 최적 제조 조건을 도출하였다.

'스위트골드'의 후숙 후 당도는 14.4°Bx, 산함량 1.9%, 과육색 89.1, 건물률 15.7%로 비교적 높은 당도와 밝은 황색 계열의 과육색을 나타냈고(표 6), '감황'은 당도 11.6°Bx, 산함량 1.2%, 과육색 82.7, 건물률 14.9%로 품종간 후숙 기간의 차이로 인해 '스위트골드'에 비해 당도는 다소 낮지만 진한 노란색 과육과 산함량이 낮은 특성이 확인되었다(표 7).

표 6. '스위트골드' 품질 특성

(조사일: '24. 12. 12.)

당도(°Bx)	산함량(%)	과육색(Hue값) ^z	건물률(%)
14.4±0.72	1.9±0.72	89.1±3.25	15.7

^z Hue = tan-1(b/a)

표 7. '감황' 품질 특성

(조사일: '25. 1. 13.)

당도(°Bx)	산함량(%)	과육색(Hue값)	건물률(%)
11.6±0.46	1.2±0.14	82.7±1.37	14.9

이러한 특성을 바탕으로, 농축방법에서는 페이스트와 착즙액을 각각 제조하여 감압(70℃, 200 mbar)과 상압(100℃) 조건에서 농축 후 비교하였고, 건조 방법에서는 열풍(65℃), 제습(50℃), 동결(-40℃) 조건에서 건조하여 일반성분과 항산화 성분 등을 조사하였다.

〈‘스위트골드’ 농축방법에 따른 특성비교〉

먼저 2024년에 ‘스위트골드’를 대상으로 농축 방법을 비교한 결과, 페이스트 상태에서 40%이상 농축 시 점도와 과도하게 증가하고 응축되어, 최대 농축 수율을 40%로 설정하여 시험에 사용하였다(표 8).

표 8. 농축수율

농축방법	감압 농축 (페이스트 ^z)	감압 농축 (착즙액 ^y)	상압 농축 (페이스트)	상압 농축 (착즙액)
농축 수율(%)	40	45.3	36.4	41.1

^z 페이스트: 키위를 갈아, 과육의 섬유질, 씨가 그대로 남아 있는 걸쭉한 형태

^y 착즙액: 과육을 압착해 얻은 순수한 과즙으로 과육의 섬유질은 거의 제거되고, 부드럽게 흐르는 액체 상태

농축 후 당도는 처리 간 큰 차이가 없어 33.0~34.3°Bx 범위였고, 산함량 역시 3.0~3.1% 수준으로 비슷하였으나, 색도(Hue)는 페이스트를 이용하였을 때 88.9~89.0으로 높게 나타나 상대적으로 밝고 노란색을 유지하는 경향이였다(표 9, 그림 7).

표 9. 일반 특성

농축방법	당도 (°Bx)	산함량 (%)	색도 (Hue값)
감압 농축(페이스트)	33.0	3.1	89.0
감압 농축(착즙액)	33.8	3.0	86.8
상압 농축(페이스트)	34.3	3.0	88.9
상압 농축(착즙액)	33.8	3.0	86.9

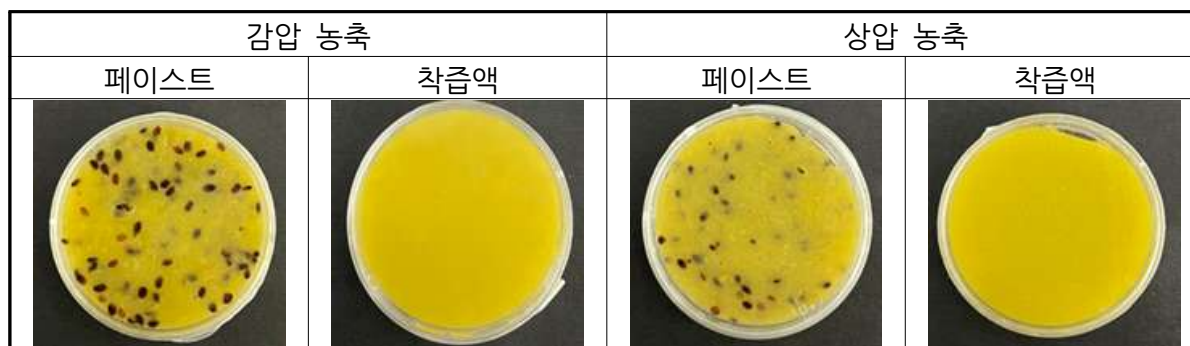


그림 7. ‘스위트골드’ 농축 방법별 사진

항산화 성분 비교 결과, 비타민C 함량과 총 폴리페놀은 감압농축(착즙액)에서 각각 194.8mg/100g, 1.36mgGAE/g으로 가장 높아, 다른 처리에 비해 열에 의한 성분 손실이 적고 유효성분 보존에 유리한 것으로 판단되었다. 반면 DPPH 활성산소 소거능은 상압농축(페이스트)에서 86.0%로 가장 높은 것으로 나타났다(표 10).

표 10. 항산화 성분 함량 및 활성

농축방법	비타민C (mg/100g)	총 폴리페놀 (mgGAE/g)	DPPH 활성산소 소거능(%)
감압 농축(페이스트)	125.6	1.09	38.9
감압 농축(착즙액)	194.8	1.36	56.7
상압 농축(페이스트)	131.0	1.05	86.0
상압 농축(착즙액)	164.1	1.14	68.6

그러나 상압농축(페이스트)은 점도가 과도하게 높아져 공정 운전 및 제품 적용 측면에서 한계가 있어, 수율과 비타민C, 총 폴리페놀 함량, 작업성 등을 종합적으로 고려했을 때 ‘스위트골드’의 가공용 농축 소재는 감압농축(착즙액)이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

〈‘스위트골드’ 건조방법에 따른 특성비교〉

‘스위트골드’ 건조 방법 비교에서는 건조 후 수율이 열풍 15.3%, 제습 16.3%, 동결건조 14.7%로 나타났다(표 11).

표 11. 건조수율

건조방법 ²	열풍건조	제습건조	동결건조
건조 수율(%)	15.3	16.3	14.7

² 열풍건조 65℃(48시간), 제습건조: 50℃(48시간), 동결건조: -40℃(72시간)

일반 특성 조사 결과, 당도는 열풍건조에서 90.0°Bx로 가장 높고 제습건조 85.5°Bx, 동결건조 78.8°Bx 순이었으며, 산함량은 7.0~8.2% 범위로 제습건조에서 다소 높았다. 색도(Hue)는 동결건조가 80.9로 가장 높아 밝은 황색을 보였고, 제습건조 73.2, 열풍건조 61.9 순으로 열풍건조시 고온으로 인한 갈변으로 색도 저하가 두드러졌다(표 12, 그림 8.).

표 12. 일반 특성

건조방법	당도 (°Bx)	산함량 (%)	색도 (Hue값)
열풍건조	90.0	7.0	61.9
제습건조	85.5	8.2	73.2
동결건조	78.8	7.3	80.9



그림 8. ‘스위트골드’ 건조 방법별 사진

항산화 성분 조사결과 제습건조에서 비타민C가 514.1mg/100g으로 세 처리 중 가장 높았고, 열풍건조는 거의 소실되어 비타민C 보존에 매우 불리한 것으로 확인되었다. 총 폴리페놀은 열풍건조에서 8.51mgGAE/g으로 가장 높았고, 동결건조 6.02, 제습건조 5.03 순으로 나타났으며, DPPH 활성산소 소거능은 동결건조 87.9%, 제습건조 87.0%, 열풍건조 86.1%로 세 처리 모두 높은 수준을 유지하였다(표 13).

표 13. 항산화 성분 함량 및 활성

건조방법	비타민C (mg/100g)	총 폴리페놀 (mgGAE/g)	DPPH 활성산소 소거능(%)
열풍건조	0.0	8.51	86.1
제습건조	514.1	5.03	87.0
동결건조	441.9	6.02	87.9

색도 측면에서는 동결건조가 가장 우수하였지만, 제습건조 역시 원물 과육색에 가장 근접한 색도를 나타냈고 비타민C 함량이 가장 높고 항산화 활성도 동결건조와 유사한 수준이면서 경제성·장비 접근성이 용이하였다. 이에 따라 ‘스위트골드’ 가공 소재 건조 분말의 최적 조건은 제습건조 분말로 선정하였다.

〈‘감황’ 농축방법에 따른 특성비교〉

2025년에는 ‘감황’ 품종을 활용해 동일한 방법으로 처리 후 비교를 수행하였다. 농축 수율은 대략 40%가 될 때까지 농축하였다(표 14)

표 14. 농축수율

농축방법	감압농축 (페이스트 ^z)	감압농축 (착즙액 ^y)	상압농축 (페이스트)	상압농축 (착즙액)
농축 수율(%)	39.0	38.5	39.6	42.4

^z 페이스트: 키위를 갈아, 과육의 섬유질, 씨가 그대로 남아 있는 걸쭉한 형태

^y 착즙액: 과육을 압착해 얻은 순수한 과즙으로 과육의 섬유질은 거의 제거되고, 부드럽게 흐르는 액체 상태

※ 수율이 40%가 될 때까지 농축

일반특성 조사 결과, 감압농축 착즙액의 당도는 29.3°Bx로 다른 처리(24.3~26.5°Bx)에 비해 유의적으로 높았고, 산함량은 유의성은 없으나 3.7%로 가장 낮아 감미와 산미의 균형이 좋은 것으로 나타났다. 색도(Hue)는 감압농축 착즙액과 상압농축 착즙액이 각각 82.4, 84.3으로 ‘감황’ 원물의 과육색(Hue 82.7)과 거의 유사하여 농축 후에도 품종 고유의 진한 노란색을 잘 유지하는 것으로 확인되었다(표 15, 그림 9).

표 15. 일반특성

농축방법	당도(°Bx)	산함량(%)	색도(Hue값)
감압농축(페이스트)	26.5±0.4b ^z	3.9±0.63	78.9±0.8c
감압농축(착즙액)	29.3±0.0a	3.7±0.92	82.4±0.4b
상압농축(페이스트)	24.8±0.0c	3.7±0.70	82.0±1.1b
상압농축(착즙액)	24.3±0.4c	3.9±0.59	84.3±0.0a

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

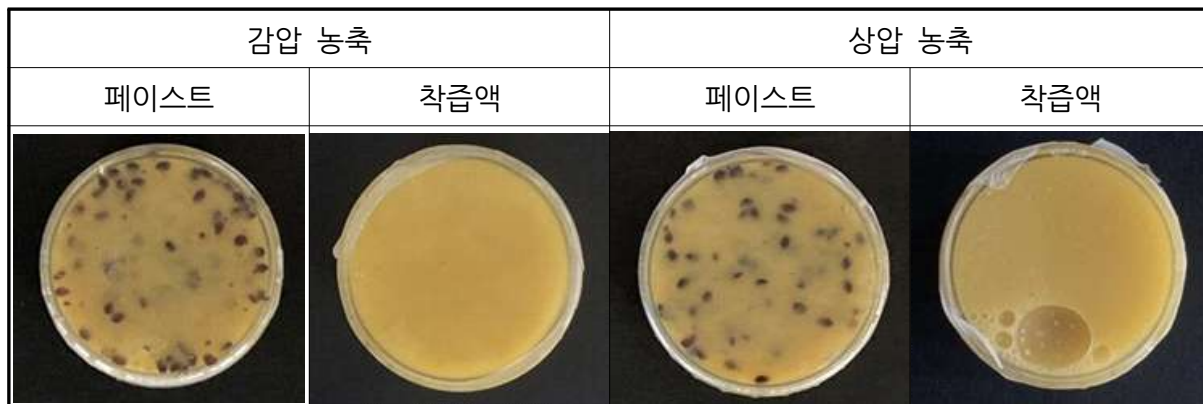


그림 9. ‘감황’ 농축 방법별 사진

항산화 성분 비교 결과, 감압농축 방법에서 전반적으로 비타민C와 총 폴리페놀 함량이 높은 경향을 보였으며, 특히 감압농축 착즙액은 비타민C 108.0mg/100g, 총 폴리페놀 2.5mg GAE/g, DPPH 활성산소 소거능 91.4%로 원물(비타민C 44.0mg/100g, 총 폴리페놀 1.03mg GAE/g, DPPH 38.7%)에 비해 항산화 능력이 크게 향상되었다. 상압농축 방법에서도 DPPH 소거능은 90.6~91.0% 수준으로 높았으나 비타민C 및 총 폴리페놀은 감압농축보다 낮아, 기능성 성분 보존 측면에서 감압농축이 더 유리한 것으로 평가되었다(표 16).

따라서 ‘감황’의 경우에도 ‘스위트골드’와 마찬가지로 당, 산, 색도 안정성, 항산화 성분 등을 종합적으로 고려하여 감압농축 착즙액을 가공용 농축 소재로 선정하였다.

표 16. 항산화 성분 함량 및 활성

농축방법	비타민C (mg/100g)	총 폴리페놀 (mgGAE/g)	DPPH 활성산소 소거능(%)
감압농축(페이스트)	99.0	2.9±0.04a ^z	90.9±0.94a
감압농축(착즙액)	108.0	2.5±0.09b	91.4±1.36a
상압농축(페이스트)	62.7	2.0±0.07c	90.6±0.85a
상압농축(착즙액)	85.7	1.9±0.06c	91.0±1.10a

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

※ 원물: 비타민C 44.0mg/100g, 총 폴리페놀 1.03mgGAE/g, DPPH 활성산소 소거능 38.7%

〈‘감황’ 건조방법에 따른 특성비교〉

‘감황’의 건조 방법에 따른 비교를 위하여 열풍, 제습, 동결건조하였고 수율이 각각 13%, 14%, 15% 수준으로 대체로 유사하였다(표 17).

표 17. 건조수율

건조방법 ^z	열풍건조	제습건조	동결건조
건조 수율(%)	13	14	15

^z 열풍건조 65℃(48시간), 제습건조: 50℃(48시간), 동결건조: -40℃(72시간)

일반성분 조사 결과 동결건조는 당도 77.8°Bx, 산함량 9.5%로 세 처리 중 가장 높았고, 색도(Hue) 또한 78.3으로 가장 높아 원물 색(82.7)에 가장 근접하였다. 제습건조는 색도(Hue) 70.7로 동결건조보다는 약간 낮았고, 열풍건조는 고온에 의한 갈변으로 색도 저하가 심해 원물의 밝은 황색을 유지하기 어려웠다.(표 18, 그림 10)

표 18. 일반특성

건조방법	당도(°Bx)	산함량(%)	색도(Hue값)
열풍건조	74.5±0.87ab ^z	8.4±0.70b	58.4±2.01c
제습건조	72.3±1.15b	9.0±0.89ab	70.7±1.62b
동결건조	77.8±0.87a	9.5±0.84a	78.3±0.38a

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.



그림 10. ‘감황’ 건조 방법별 사진

항산화 성분을 비교한 결과, 비타민C는 동결건조에서 494.6mg/100g으로 가장 높고, 제습건조 276.0mg/100g, 열풍건조 21.5mg/100g 순으로 나타났고, 열풍건조 시 비타민C가 거의 소실되었다. 총 폴리페놀은 동결건조 8.0mgGAE/g, 열풍건조 7.8mgGAE/g, 제습건조 6.7mgGAE/g 순으로 나타나 동결건조에서 가장 높았으며, DPPH 활성산소 소거능은 제습건조가 91.3%로 가장 높고 열풍건조 90.0%, 동결건조 86.8% 순으로 확인되었다(표 19).

표 19. 항산화 성분 함량 및 활성

건조방법	비타민C (mg/100g)	총 폴리페놀 (mgGAE/g)	DPPH 활성산소 소거능(%)
열풍건조	21.5	7.8±0.34a ^z	90.0±2.75a
제습건조	276.0	6.7±0.13b	91.3±1.29a
동결건조	494.6	8.0±0.09a	86.8±2.32b

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

※ 원물: 비타민C 44.0mg/100g, 총 폴리페놀 1.03mgGAE/g, DPPH 활성산소 소거능 38.7%

이러한 특성과 함께 현장 적용성을 고려하여 제습건조와 동결건조의 경제성을 비교한 결과, 제습건조의 경우 적재량 184L 기준 1회 전력비가 57,600원으로 L당 전력비가 약 313원인 반면, 동결건조기는 적재량 51L에 1회 전력비 172,800원이 소요되어 L당 전력비가 3,375원으로 제습건조 대비 약 10.8배 높았다(표 20).

표 20. 제습건조, 동결건조 전력비 비교 및 경제성 평가

구분	제습건조 ^z	동결건조 ^y
1회 적재량(L)	184	51
1회 전력비(원)	57,600	172,800
전력비(원/L)	313	3,375

^z 제습건조: GRDH-122S, 가려산업, 10kWh, 채반규격 880(W)×545(D)×45(H), 45개

^y 동결건조: MP-90100, 마르다, 20kWh, 채반규격 400(W)×500(D)×40(H), 32개

동결건조는 비타민C 및 색도 측면에서 가장 우수하지만, 비용 부담과 장비 확보의 어려움을 고려할 때, 제습건조가 색도 및 비타민C, DPPH 라디칼 소거능 등 품질 특성을 일정 수준 이상 확보하면서도 경제성이 뛰어나 실용성이 가장 높은 건조 방법으로 평가되었다.

종합하면, ‘스위트골드’와 ‘감황’ 두 품종 모두에서 농축방법에서는 감압농축 착즙액이 가공용 농축 소재로 적합하고, 건조방법에서는 제습건조 분말이 색도 유지와 항산화 기능성, 경제성을 동시에 고려했을 때 가장 실용적인 가공 공정이라 판단되었다. 감압농축과 제습건조에 대해 그림 5와 같이 표준 공정(세척·박피·절단·착즙·감압농축 및 제습건조·분쇄·체질)을 확립함으로써, 향후 골드키위 농축액과 분말을 활용한 젤리, 밀크잼, 드레싱, 제과·제빵류, 기능성 분말음료 등 다양한 가공제품 개발의 기반을 마련하였다(그림 12).

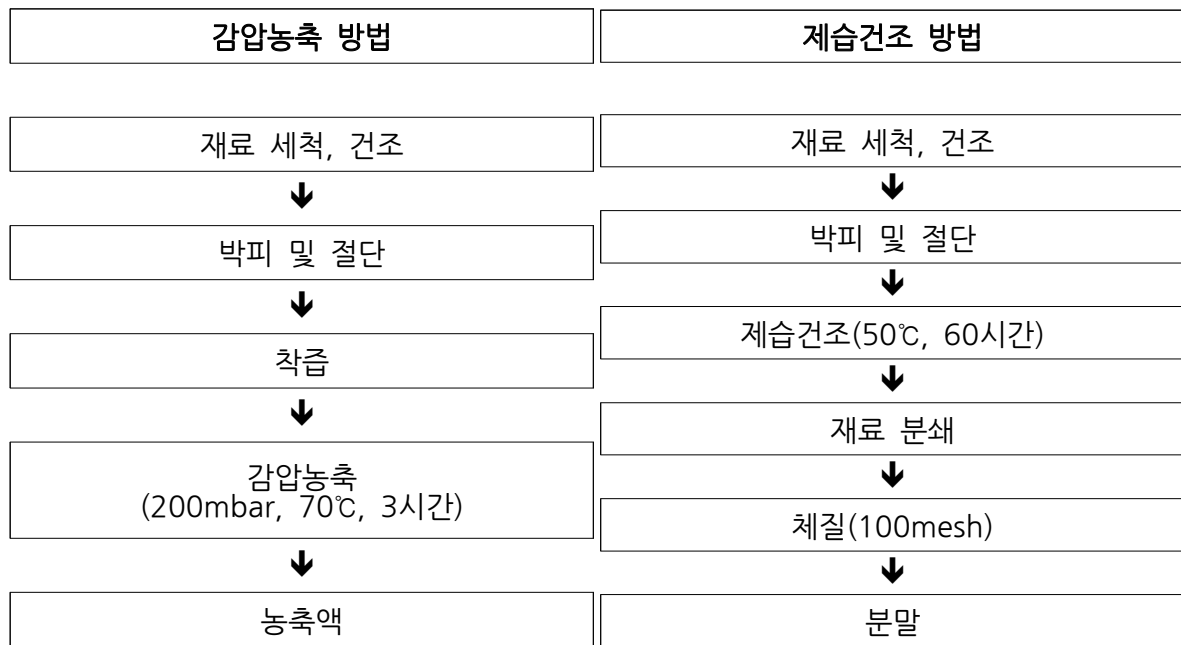


그림 11. 가공소재 제조 공정(좌: 감압농축 방법, 우: 제습건조 방법)

감압농축	제습건조
· 당도가 높고, 산함량이 낮으며 비타민C와 항산화 활성 우수 · 음료, 드레싱, 시럽, 젤리, 푸딩 등 수분 유지가 중요한 식품류 개발에 활용	· 건조 비용 대비 색도 유지, 항산화 활성 우수 · 빵, 쿠키, 초콜릿 등 제과·제빵용, 연육제, 혼합분말 제품(셰이크, 차), 화장품 소재 등 분말형태로 적용 가능한 제품류 개발에 활용

그림 12. 가공 소재의 특성 및 다양한 식품군 활용

골드키위 가공 소재 이용 상품화 연구(25)

제품 개발의 방향성을 설정하고자, 성인 293명을 대상으로 키위 가공품 소비트렌드 설문 조사를 실시한 결과, 키위 가공품을 구매하는 주요 목적은 간편 섭취와 건강 유지, 자녀 간식 용이였고, 함께 첨가되었으면 하는 부재료로는 단백질 보강 효과가 있는 유제품에 대한 선호가 높게 나타났다. 또한 주 타깃층은 학령기 자녀를 둔 30~40대 부모층으로 도출되었으며, 개발되기를 희망하는 가공형태는 휴대가 용이한 스틱형·파우치형 등 간편형 제품과 프리미엄 디저트류가 동시에 선호되었다. 영양 및 기능성 측면에서는 저당·저칼로리, 비타민C 및 항산화 성분 강화를 중시하는 경향을 보였고, ‘제주산’ 표기는 안전성과 신선함의 이미지를 부여하여 구매 의향을 높이는 것으로 조사되었다(그림 13).

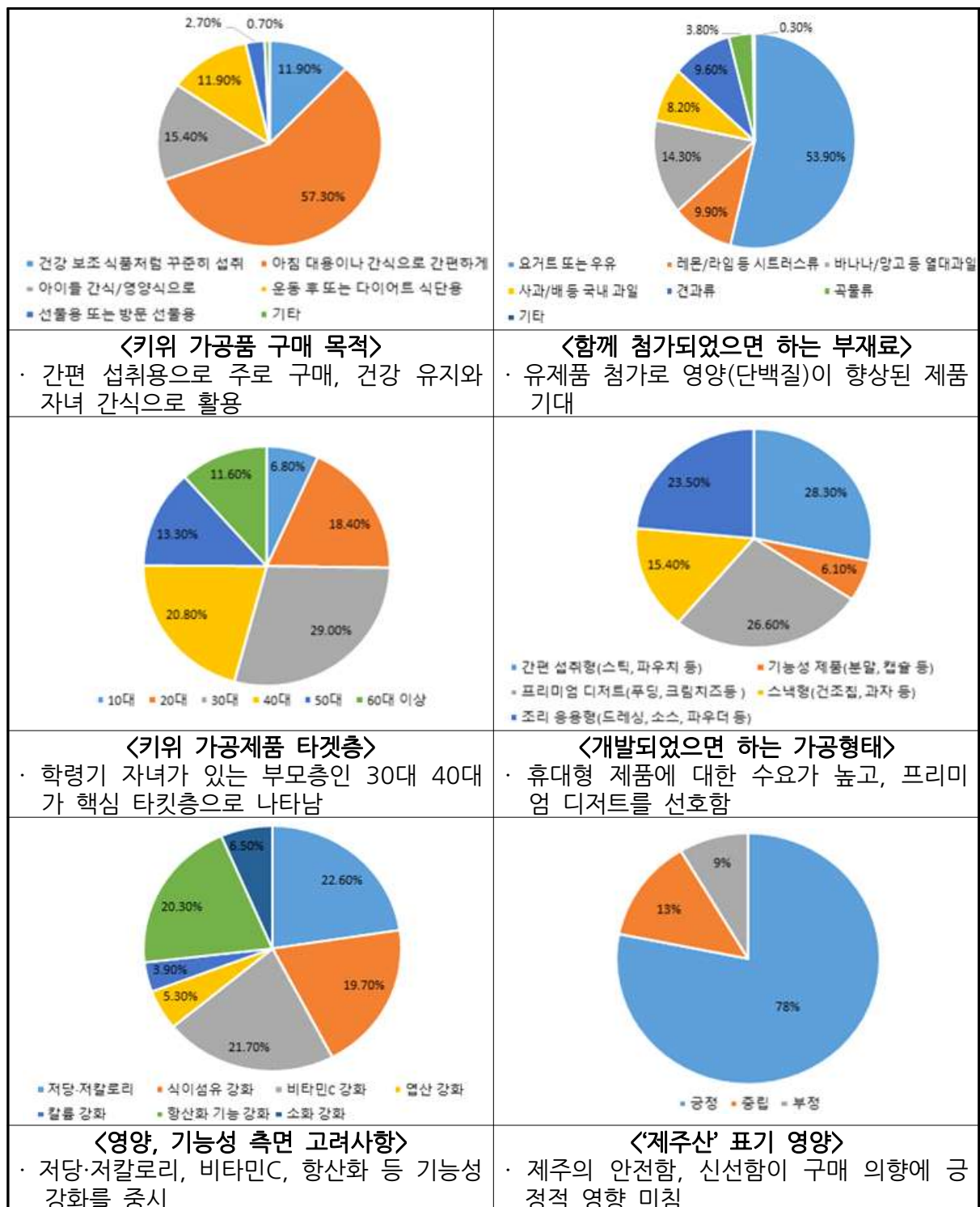


그림 13. 키위 가공품 소비트렌드 조사

※ 조사대상: 성인 293명(30대 이하 76명, 40대 76명, 50대 77명, 60대 이상 64명), 온라인 설문

소비트렌드를 바탕으로 시험 1에서 선정한 가공소재인 감압농축액과 제습건조 분말을 제품에 적용하기 위해, 잼류(단백질을 강화시킨 프리미엄 밀크잼)와 젤리류(저당·저칼로리 간편 섭취형 곤약젤리) 개발을 위한 최적 배합비와 제조공정을 시험하였다.

우선 가공소재 특성을 확인한 결과, ‘스위트골드’ 제습건조 분말은 당도 73.5°Bx, 산함량 7.3%, pH 3.42, Hue값 72.6으로 매우 높은 고형분과 산미, 황색을 나타냈으며(표 21.), ‘감황’ 감압농축액은 당도 27.0°Bx, 산함량 2.4%, pH 3.83, Hue값 81.1로 ‘감황’ 고유의 밝고 진한 황색과 당·산 균형이 잘 유지된 소재임을 확인하였다(표 22).

표 21. ‘스위트골드’ 제습건조 분말 특성

(조사일: '25. 3. 14.)

당도(°Bx)	산함량(%)	pH	색도(Hue값)
73.5	7.3	3.42	72.6

표 22. ‘감황’ 감압농축액 특성

(조사일: '25. 3. 14.)

당도(°Bx)	산함량(%)	pH	색도(Hue값)
27.0	2.4	3.83	81.1

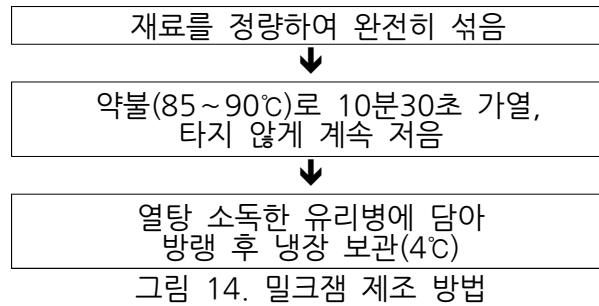
〈잼류〉

‘스위트골드’ 제습건조 분말을 활용한 스프레드 형태의 밀크잼 개발을 위해 분말 함량별로 시험하였다. 분말 함량을 3.2%(SP1)에서 7.2%(SP6)까지 단계적으로 증가시키고, 우유와 생크림, 설탕 비율은 일정하게 유지하여 총 6종의 시료를 제조하였다(표 23). 모든 시료는 재료를 충분히 혼합한 후 85~90℃에서 약 10분 30초간 가열하여 농축시키고, 열탕 소독한 유리병에 충전한 뒤 방랭 후 4℃에서 냉장보관하였다(그림 14).

표 23. ‘스위트골드’ 제습건조 분말 활용 밀크잼 제조 배합비

시료	재 료(g)				총 량 (g)
	제습건조 분말	우 유	생크림	설탕	
SP ² 1	16(3.2%)	319(63.8%)	153 (30.6%)	12 (2.4%)	500
SP2	20(4.0%)	315(63.0%)			500
SP3	24(4.8%)	311(62.2%)			500
SP4	28(5.6%)	307(61.4%)			500
SP5	32(6.4%)	303(60.6%)			500
SP6	36(7.2%)	299(59.8%)			500

²SP(Sweetgold Powder): ‘스위트골드’ 제습건조 분말



건조 분말과 우유 함량을 달리하여 제조한 밀크잼의 품질 특성을 비교한 결과, 제습건조 분말 함량이 증가할수록 당도와 환원당, 산함량과 같은 고형분 함량은 증가하였고, 수분함량은 감소하는 경향을 나타나 농후한 형태를 띄는 양상을 보였다. pH는 SP1에서 상대적으로 높았으나 분말 첨가량이 증가함에 따라 점차 낮아져 SP5(6.4%)와 SP6(7.2%)에서는 pH 4.6 이하로 떨어졌고(그림 15), 이 구간에서 우유 단백질인 카제인이 응고되어 지방층 분리와 같은 물리적 불안정이 발생해 SP5와 SP6 시료에서는 표면에 지방층의 분리가 나타나(그림 16) 밀크잼으로서 외관과 발림성에 문제가 있었다.

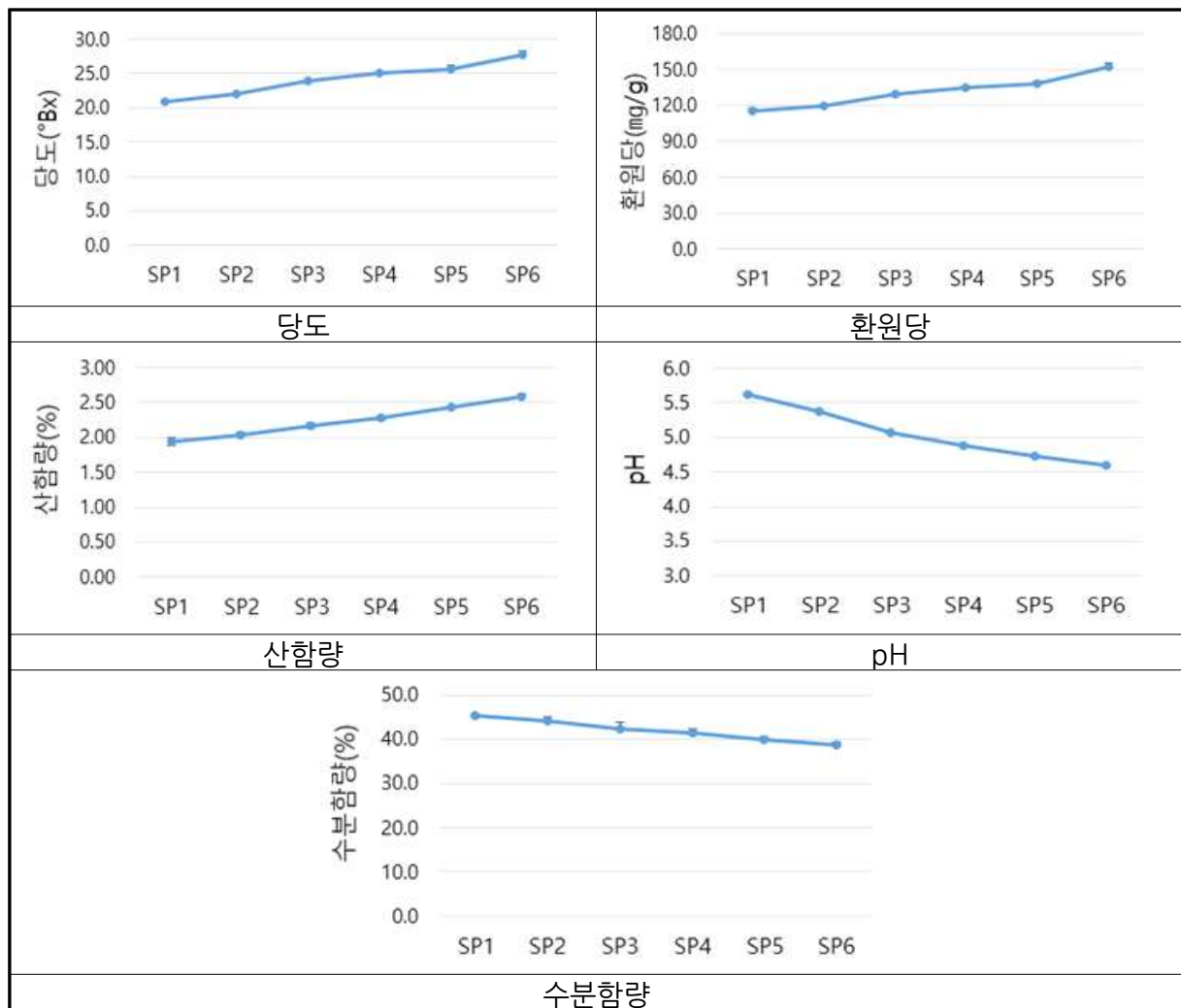


그림 15. 골드키위 ‘스위트골드’ 밀크잼 특성조사



그림 16. 우유단백질 응고에 따른 지방분리
(좌: SP5(6.4%), 우: SP6(7.2%))

색도 조사결과 분말 함량 증가에 따라 L값이 감소하여 전체적으로 색이 어두워지고, a값과 b값이 증가하면서 적황색감이 증가되었다(표 24, 그림 17).

표 24. 색도조사

시료	색도		
	L	a	b
SP1	68.0±1.64	0.9±0.16	10.4±0.70
SP2	65.1±1.01	1.3±0.20	11.0±0.68
SP3	63.5±0.63	1.3±0.23	11.8±0.73
SP4	61.7±0.29	1.9±0.18	13.7±0.05
SP5	60.0±0.41	2.3±0.26	13.5±0.38
SP6	58.5±0.75	2.3±0.07	13.4±0.63



그림 17. 골드키위 ‘스위트골드’ 밀크잼

물성 분석결과 분말 함량이 증가할수록 경도와 씹힘성, 부착력이 증가하여 묵직한 잼형태로 형성되었다(그림 18).

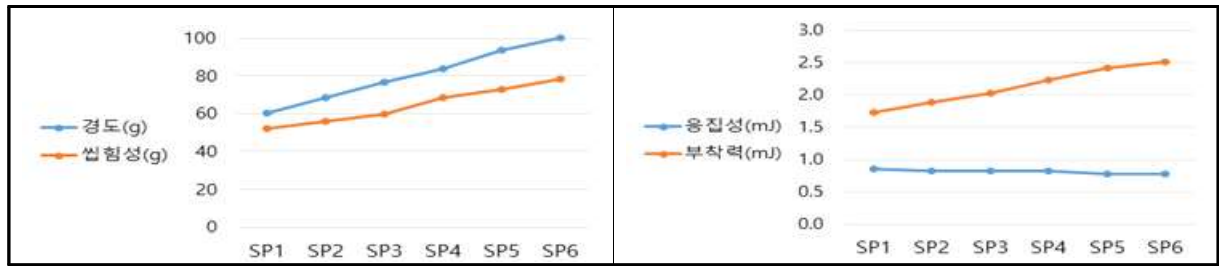


그림 18. 골드키위 ‘스위트골드’ 밀크잼 물성

- ※ 경도: 원하는 변형에 도달하는데 필요한 힘
- ※ 씹힘성: 샘플을 삼킬 수 있는 상태로 만드는 데 필요한 에너지
- ※ 응집성: 물체가 있는 그대로 형태를 유지하려는 힘
- ※ 부착력: 혀, 이, 입천장과 샘플이 접촉하는 부분에서 발생하는 잡아당기는 힘을 극복하는데 필요한 힘
- ※ 측정조건: TPA방법, 밀크잼 3×1cm(10g), probe type 10mm, test speed 1.0mm/s, deformation 50%

항산화 성분 분석 결과, 분말 함량 증가에 따라 총 폴리페놀 함량과 DPPH 활성산소 소거능이 모두 증가하는 경향으로 나타났고(그림 19) ‘스위트골드’ 제습건조 분말이 기능성분의 주요 공급원 역할을 하는 것으로 판단되었다.

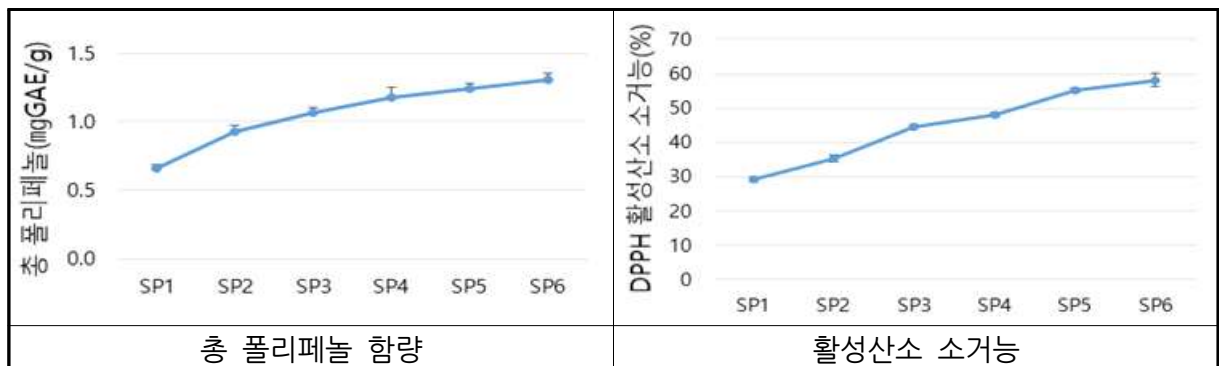


그림 19. 골드키위 ‘스위트골드’ 밀크잼 기능성

그러나 기능성의 향상만을 고려하여 분말을 최대한 많이 넣는 것은 앞서 언급한 단백질 응고, 경도 과다를 초래할 수 있어, 최적 범위를 설정하기 위해 기호도 조사를 병행 평가하였다. 성인 18명을 대상으로 9점 척도로 색상, 향, 발림성, 맛, 질감, 뒷맛, 전반적 기호도를 조사한 결과, 색상과 뒷맛에서는 SP5가 가장 높은 점수를 받았으나, 발림성, 맛, 질감, 전반적 기호도는 모두 SP4에서 가장 높은 점수를 나타냈다(표 25). SP5와 SP6는 기능성 측면에서 우수하지만 낮아진 pH로 인한 우유 단백질 응고와 지방 분리, 과도한 물성으로 인해 입안에서 거칠게 느껴지는 식감과 뒷맛이 평가에 부정적으로 작용하였다. 반면 SP4는 분말 함량(5.6%)이 높아 골드키위의 향과 맛, 항산화 성분을 충분히 제공하면서도 pH가 응고 임계점보다 높은 수준을 유지하여 물리적으로 안정하고, 발림성·질감·맛의 조화가 가장 우수한 것으로 평가되었다. 이에 따라 ‘스위트골드’ 밀크잼 제조 시 제습건조 분말의 최적 첨가 함량을 5.6%로 설정하였다.

표 25. 기호도 조사(n=18)

시료	색상	향	발림성	맛	질감	뒷맛	전반적 기호도
SP1	62	57	64	60	56	57	55
SP2	66	56	70	57	60	57	55
SP3	69	62	77	71	71	69	69
SP4	70	64	78	77	77	70	77
SP5	73	64	75	76	75	73	73
SP6	72	65	74	69	73	65	67

※ 9점 척도 조사 후 100점 환산

또한 동일한 공정을 ‘감황’ 품종의 제습건조 분말에도 적용하여 비교한 결과, 당도, 환원당, 산함량, pH, 총 폴리페놀, DPPH 활성산소 소거능은 ‘스위트골드’와 큰 차이가 없었고, 색도에 서만 ‘감황’ 밀크잼이 약간 더 밝고 진한 황색을 나타냈다(표 26, 그림 20). 이는 ‘감황’ 특유의 과육색 특성이 그대로 잼에 반영된 결과로, 품질과 기능성 측면에서 두 품종 모두 밀크잼 제조에 적합하며, 품종 선택은 주로 색감과 원료 수급 여건에 따라 결정할 수 있을 것으로 판단된다.

표 26. 품종별 밀크잼 특성 비교(제습건조분말 함량 5.6%)

품종	당도 (°Bx)	환원당 (mg/g)	산함량 (%)	pH	색도			총 폴리페놀 (mgGAE/g)	DPPH 활성산소 소거능(%)
					L	a	b		
스위트골드	25.0	135.3	2.3	4.89	61.7	1.9	13.7	1.17	48.0
감황	25.0	135.3	2.3	4.86	63.1	2.5	14.5	1.13	52.7



그림 20. ‘스위트골드’(좌), ‘감황’(우) 밀크잼

〈젤리류〉

‘감황’ 감압농축액을 활용한 곤약젤리를 개발하기 위하여, 농축액 함량을 12%(GJ1)에서 28%(GJ5)까지 다섯 단계로 설정하였다. 또한 농축액 함량에 따라 물 함량을 달리 조절하였으며, 나머지 성분인 곤약가루, 카라기난, 염화칼륨, 에리스리톨, 스테비아는 고정하여 젤리 구조를 일정하게 유지하였다. 이를 통해 골드키위 농축액 비율에 따른 품질 변화를 조사하였다(표 27). 제조는 각 재료를 정량 혼합한 후 65~75℃에서 2분간 가열하면서 저어 주어 완

전히 용해·분산시키고, 틀에 부어 방랭 후 4℃에서 냉장시키는 공정으로 진행하였다(그림 21).

표 27. (젤리류) ‘감황’ 감압농축액 활용 곤약젤리 제조 배합비

시료	재 료(g)							총 량 (g)
	농축액	물	곤약가루	카라기난	염화칼륨	에리스리톨	스테비아	
GJ ² 1	60(12%)	402(84.4%)	4 (0.8%)	3 (0.6%)	1 (0.2%)	29.4 (5.9%)	0.6 (0.1%)	500
GJ2	80(16%)	382(76.4%)						500
GJ3	100(20%)	362(72.4%)						500
GJ4	120(24%)	342(68.4%)						500
GJ5	140(28%)	322(64.4%)						500

²GJ(Gamhwang Juice): ‘감황’ 감압 농축액

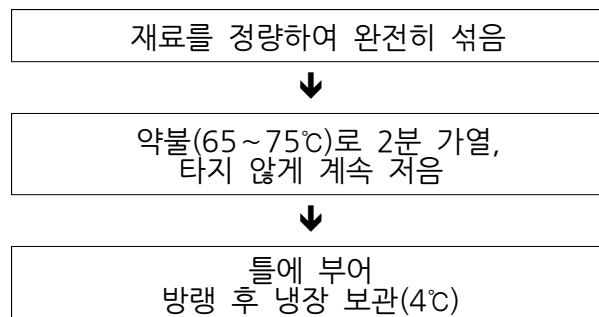


그림 21. ‘감황’ 곤약젤리 제조 방법

일반특성 조사 결과, 농축액 함량이 증가할수록 젤리의 당도와 환원당, 산함량은 증가하면서 수분함량은 감소하였고(그림 22), 이로 인해 젤리의 단맛과 산미가 더 진해졌다.

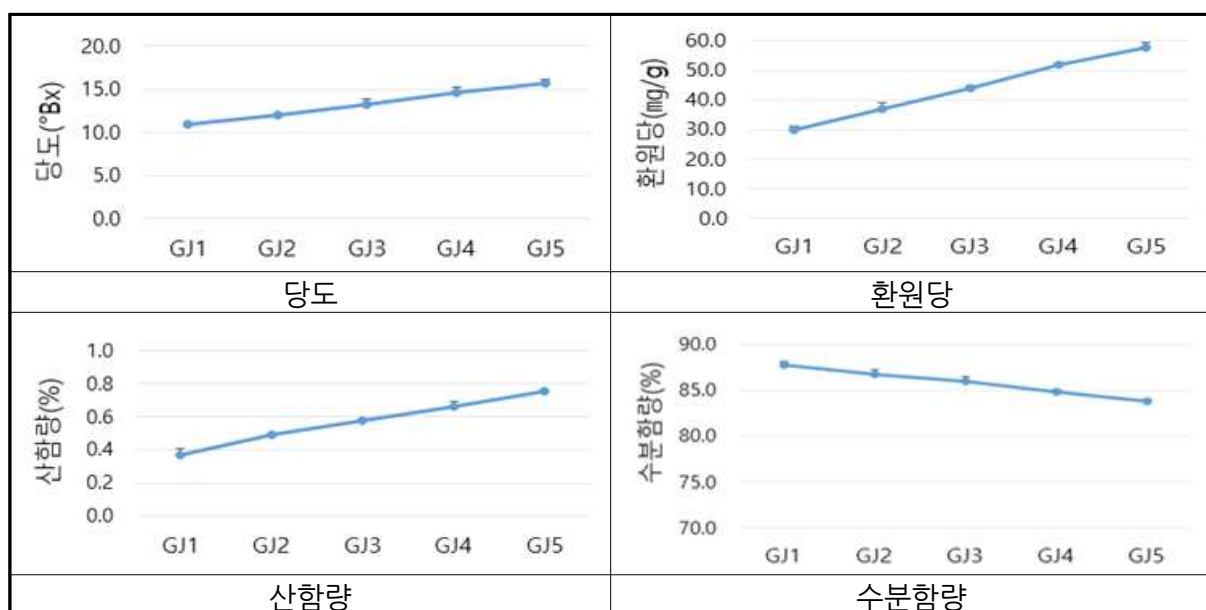


그림 22. 골드키위 ‘감황’ 곤약젤리 특성조사

색도에서도 농축액 함량이 높을수록 L값과 b값이 증가하여 젤리 표면이 밝고 선명한 황색을 띠었다(표 28, 그림 23).

표 28. 색도 조사

시료	색도		
	L	a	b
GJ1	30.6±1.15	-0.9±0.03	2.0±0.22
GJ2	32.3±0.80	-0.9±0.10	3.0±0.13
GJ3	33.5±0.58	-1.1±0.04	3.9±0.40
GJ4	34.7±0.69	-1.0±0.05	4.7±0.32
GJ5	35.8±0.71	-1.1±0.04	5.6±0.22

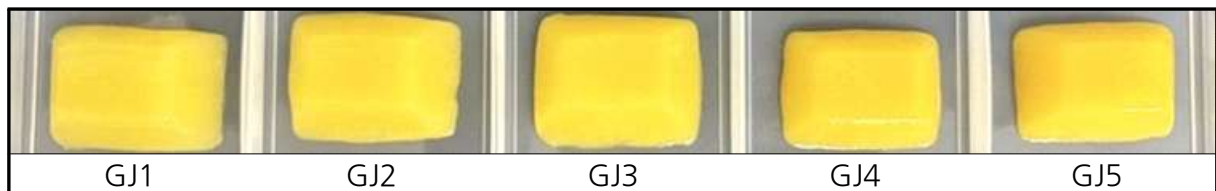


그림 23. 골드키위 ‘감황’ 곤약젤리

물성 분석에서 농축액 함량 증가에 따라 경도와 씹힘성이 증가하였으나 응집성과 탄력성은 처리 간 큰 차이가 없었기 때문에(그림 24), 전체적인 젤리 구조는 안정적으로 유지되면서도 농축액 함량이 높을수록 씹힘성이 있는 식감으로 개선되었다.

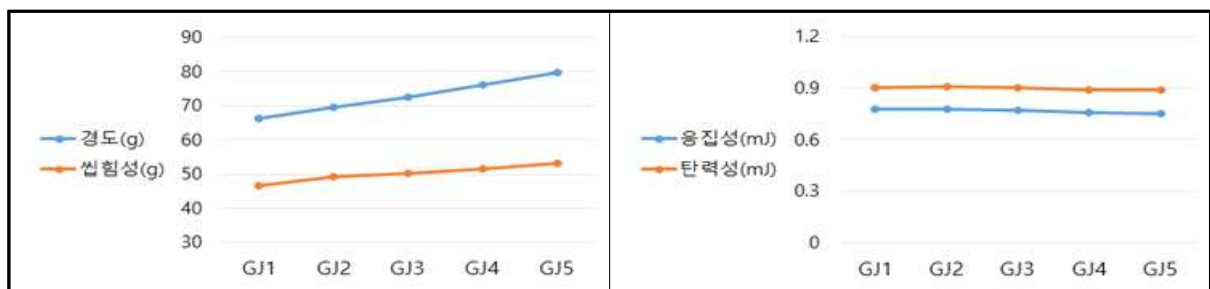


그림 24. 골드키위 ‘감황’ 곤약젤리 물성

- ※ 경도: 원하는 변형에 도달하는데 필요한 힘, 씹힘성: 샘플을 삼킬 수 있는 상태로 만드는데 필요한 에너지
- 응집성: 물체가 있는 그대로 형태를 유지하려는 힘
- 탄력성: 첫 번째 압축과정 후에 샘플이 되돌아 오는 높이와 최대 변형률과의 비율
- ※ 측정조건: TPA방법, 젤리 3×3×3cm, probe type 10mm, test speed 1.0mm/s, deformation 30%

항산화 성분 측면에서는 농축액 비율 증가에 따라 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능이 모두 상승하여(그림 25), ‘감황’ 감압농축액이 젤리의 기능성분에 기여함을 확인할 수 있었다.

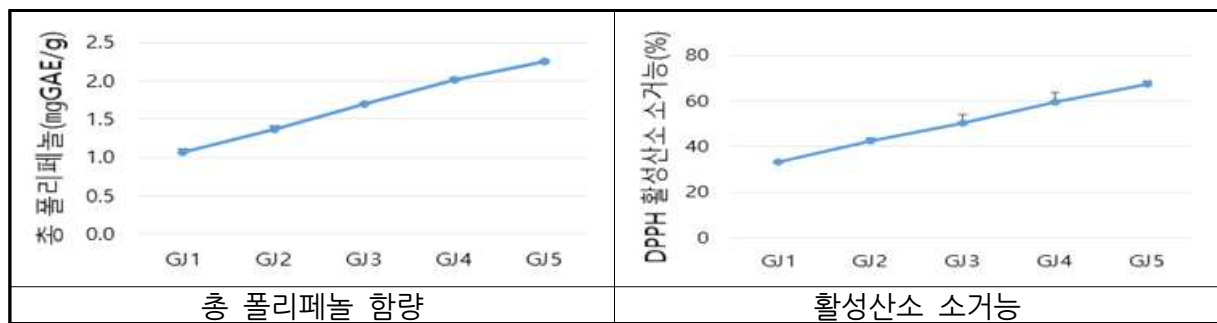


그림 25. 골드키위 ‘감황’ 곤약젤리 총 폴리페놀 함량 및 항산화능

성인 22명을 대상으로 기호도 조사 결과, 농축액을 가장 많이 첨가한 GJ5(28%)가 색상, 향, 맛, 당도, 산도, 씹힘성, 전반적 기호도 등 모든 항목에서 가장 높은 점수를 받았다. 특히 색상이 진한 노란색을 띠고, 적절한 산미와 단맛, 식감이 조화를 이루어 소비자의 선호도가 높게 나타났다(표 29). 또한 농축액 함량이 증가할수록 색과 맛에 대한 선호도가 꾸준히 상승하는 경향을 보였으며, 과도한 산도로 인한 거부감은 나타나지 않았다.

표 29. 기호도 조사(n=22)

시료	색상	향	맛	당도	산도	씹힘성	전반적 기호도
GJ1	59	56	53	58	55	54	53
GJ2	60	59	57	58	55	56	56
GJ3	69	61	64	64	59	64	62
GJ4	82	65	62	59	57	65	63
GJ5	83	66	66	65	62	75	70

※ 9점 척도 조사 후 100점 환산

조사 결과를 바탕으로 ‘감황’ 감압농축액을 활용한 곤약젤리 제조 시 최적 농축액 함량은 28%로 설정하였으며, 이 수준에서 젤리는 낮은 칼로리(100g당 60.6kcal)에 비해 비타민 C와 칼륨 등 영양성분을 함유하면서, 곤약과 에리스리톨을 활용한 저당·저지방 구조로 다이어트 간식이나 간편 건강 간식으로 활용성이 매우 높을 것으로 판단되었다.

최종적으로, ‘스위트골드’·‘감황’ 제습건조 분말 5.6%를 첨가한 밀크잼과 ‘감황’ 감압농축액 28%를 첨가한 곤약젤리에 대해 제조공정을 설정하였고, 이들의 영양성분을 분석한 결과, 밀크잼은 100g당 348.9kcal의 열량과 5.5g의 단백질, 27.7g의 지방, 19.2g의 당류, 3.5g의 식이섬유, 40.9mg의 비타민C를 함유하여 영양 간식형 프리미엄 잼(스프레드)으로(그림 26), 곤약젤리는 100g당 60.6kcal의 열량과 낮은 지방·당류, 적당한 탄수화물과 13.7mg의 비타민 C, 271.2mg의 칼륨을 포함하여 저칼로리 건강 간식으로서 경쟁력이 매우 높을 것으로 기대되었다(그림 27).

골드키위 밀크잼		〈영양성분〉	
	제습건조분말 5.6%, 우유 61.4%, 생크림 30.6%, 설탕 2.4% 혼합	항 목	합 량
↓		열량 (kcal/100g)	348.9
	약불(85~90℃), 10분30초 가열 타지 않게 계속 저음	탄수화물 (g/100g)	21.2
↓		수분 (%)	44.1
	열탕 소독한 유리병에 담아 방랭 후 냉장(4℃)	회분 (%)	1.5
↓		단백질 (g/100g)	5.5
	완성	지방 (g/100g)	27.7
		당류 (g/100g)	19.2
		포화지방 (g/100g)	17.2
		트랜스지방 (g/100g)	0.0
		콜레스테롤 (mg/100g)	25.7
		나트륨 (mg/100g)	56.9
		칼슘 (mg/100g)	242.4
		철 (mg/100g)	0.0
		칼륨 (mg/100g)	373.1
		식이섬유 (g/100g)	3.5
		비타민A (IU/100g)	17.4
		비타민C (mg/100g)	40.9

그림 26. 골드키위 소재(분말) 활용 밀크잼 제조 공정 및 영양성분

골드키위 곤약젤리		〈영양성분〉	
	감압농축액 28.0%, 물 64.4%, 곤약가루 0.8%, 카라기난 0.6%, 염화칼륨 0.2%, 에리스리톨 6% 혼합	항 목	함 량
↓		열량 (kcal/100g)	60.6
	약불(65~75℃), 2분 가열, 타지 않게 계속 저음	탄수화물 (g/100g)	14.1
↓		수분 (%)	84.3
	틀에 부어 방랭 후 냉장(4℃)	회분 (%)	0.7
↓		단백질 (g/100g)	0.9
	완성	지방 (g/100g)	0.1
		당류 (g/100g)	6.8
		포화지방 (g/100g)	0.0
		트랜스지방 (g/100g)	0.0
		콜레스테롤 (mg/100g)	0.0
		나트륨 (mg/100g)	3.5
		칼슘 (mg/100g)	16.2
		철 (mg/100g)	0.0
		칼륨 (mg/100g)	271.2
		식이섬유 (g/100g)	0.0
		비타민A (IU/100g)	0.0
		비타민C (mg/100g)	13.7

그림 27. 골드키위 소재(농축액) 활용 곤약젤리 제조 공정 및 영양성분

〈세부목표3〉 국내육성 골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발

□ 연구수행 내용

골드키위 이용 증류주 공정 및 상품 개발(24)

제주지역에서 특산화를 추진하고 있는 국내 육성 ‘감황’ 품종을 활용하여 소비자 선호형 저도 증류주 개발 및 생산 공정을 확립하기 위해 골드키위 ‘감황’의 수분, 당도 및 유기산 함량 등 조성 성분을 분석하고, 효모 종류 및 원료 배합 조건에 따른 양조 적합성과 증류 방식별(감압증류, 상압증류 등)로 증류 수율, 일반 성분, 향기 성분 및 관능평가를 실시하였다. 또한 알코올 도수별 소비자 선호도 조사(주류 제조자, 소믈리에 및 일반 소비자 관능평가)를 통해 저도 과실 증류주의 상품 개발 및 시제품 제조 공정을 설정하였다.

골드키위 증류주를 활용한 하이볼 유형의 알코올 음료 생산공정 및 상품 개발(24)

본 연구는 ‘감황’을 발효한 후 감압증류하여 제조한 40%(v/v) 키위 증류주를 베이스로 활용하여 알코올 음료 개발을 개발하고자였다. 이를 주류 제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 관능평가를 실시하여, 주정, 무수구연산, 결정과당, 레몬향, 레몬농축액 및 구연산의 기호도를 충족하는 최적의 배합 비율을 선정하고 하이볼 형태의 알코올 음료 상품 개발 및 시제품 제조 공정을 설정하였다.

골드키위 이용 식초 발효 공정 및 상품 개발(25)

본 연구는 ‘감황’ 품종을 활용하여 소비자 선호형 발효식초 개발 및 생산공정을 확립하고자 추진하였다. 이를 위해 발효 방식별, 초산 균주별 및 발효주 제조 방법별로 식초를 제조하고, 유기산 및 잔존 알코올 함량을 분석하였다. 또한 전문가 및 소비자를 대상으로 관능검사를 실시하여 소비자 선호도가 높은 고품질 골드키위 발효식초를 선정하고 발효식초에 대해 제품 생산 공정을 확립 및 시제품 제조 공정을 설정하였다.

골드키위 발효식초를 활용한 비알코올 음료 생산공정 및 상품 개발(25)

본 연구는 골드키위 ‘감황’을 이용한 발효식초 개발 연구를 통해 선정된 키위 식초를 베이스로 한 비알코올성 식초 음료 개발을 목적으로 하였다. 건강 및 저칼로리를 추구하는 소비자 층의 선호를 반영하기 위해, 저칼로리 감미료인 알룰로스과 제주 특산 레몬, 꿀을 활용한 식초 음료를 제조하였다. 또한 전문가 및 소비자를 대상으로 관능검사를 실시하여 소비자 선호형 비알코올성 식초 음료를 선정하고, 골드키위 발효식초 음료의 제품 생산 공정도 확립 및 식초음료 시제품 제조 공정을 설정하였다.

□ 주요 결과

골드키위 이용 증류주 공정 및 상품 개발(24)

골드키위 증류주 제조에 적합한 효모, 발효온도, 원료 배합 조건을 설정하기 위해 2023년 제주에서 수확 후 냉장 보관된 골드키위(당도 12.1°Bx, pH 3.2, 총산 1.8%)를 구입하여 실험에 사용하였다. 표 30.과 같은 담금 배합비에 따라 키위를 파쇄한 뒤 설탕을 첨가해 당도

를 22°Bx로 조정하고, 아황산칼륨($K_2S_2O_5$) 50ppm을 처리하여 10시간 방치한 후 착즙하였다. 이후 착즙액에 효모 Fermivin과 NIBRFGC00050200을 각각 접종하고 발효온도를 15℃와 25℃로 달리하여 15일간 발효하였다(그림 28). 발효 종료 후 일반성분을 분석 결과, 알코올 함량은 11.3~11.7% 범위로 큰 차이는 없었으며, 25℃ 발효 조건에서 15℃보다 약 0.1~0.3% 높게 나타났다(표 31).

표 30. 골드키위 증류주에 적합한 효모 및 발효 조건 담금 배합표

시험구		GK-Y1-15	GK-Y1-25	GK-Y2-15	GK-Y2-25
골드키위(g)		2,000	2,000	2,000	2,000
설탕(g)		200	200	200	200
효모	종류	Fermivin**	Fermivin	NIBRFGC00050200***	NIBRFGC00050200
	사용량	0.55g	0.55g	2.8ml*	2.8ml
아황산칼륨		0.12	0.12	0.12	0.12
발효온도(℃)		15	25	15	25
발효기간(일수)		15	15	15	15

*효모 접종수: 8×10^6 CFU

**Fermivin(Y1): DSM Food Specialties B.V., Alexander Fleming Ham, The Netherlands

***NIBRFGC00050200(Y2): 국세청과 환경부가 공동 발굴한 토종효모 중 제주 한림읍의 키위열매에서 발굴



그림 28. 키위 증류주 제조 순서 및 방법

표 31. 골드키위 발효주 일반성분

시험구	GK-Y1-15	GK-Y1-25	GK-Y2-15	GK-Y2-25
알코올(%(v/v))	11.4±0.10	11.7±0.17	11.3±0.06	11.4±0.06
pH	3.62±0.01	3.42±0.01	3.60±0.02	3.57±0.02
산도(%)	23.8±0.10	25.1±0.20	22.4±0.06	23.1±0.15
총산(주석산으로, %)	1.78±0.03	1.89±0.02	1.68±0.03	1.73±0.01

담금 배합표에 따라 제조한 발효 술덧을 각각 1L씩 상압증류하여 약 360ml의 증류원주를 수득한 후 일반성분을 분석한 결과(표 32), 제주 한림읍의 키위 열매에서 분리된 효모 NIBRFGC00050200(Y2)을 사용한 시험구에서 알코올 도수가 가장 높아 제조 수율 측면에서 유리한 것으로 나타났다. 또한 주류제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 실시한 관능평가(표 33)에서도 Y2 효모를 사용한 증류주가 맛, 향기, 질감, 종합적 기호도 등 모든 항목에서 가장 높은 평가를 받았다. 특히 15℃에서 저온 발효한 후 증류한 경우 향기와 질감, 전반적 기호도가 더 우수하게 나타나, 골드키위 증류주 제조에는 15℃ 저온 발효와 NIBRFGC00050200(Y2) 효모 사용이 가장 적합한 조건임을 확인하였다.

표 32. 키위 발효주를 2.8배 농축 증류(상압)한 증류주의 알코올 함량

시험구	GK-Y1-15	GK-Y1-25	GK-Y2-15	GK-Y2-25
알코올(%(v/v))	30.4	30.5	31.1	32.1

표 33. 키위 증류주 관능평가

시험구	GK-Y1-15	GK-Y1-25	GK-Y2-15	GK-Y2-25
맛	3.6	2.9	4.4	3.4
향	4.0	3.2	4.2	2.7
질감	3.4	2.8	3.8	2.5
전반적 기호도	3.6	2.6	4.3	3.2
합계	14.6	11.5	16.7	11.8

※ 처리별 증류주를 증류수로 희석하여 모두 알코올도수 30%(v/v)로 조정

※ 주류제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 묘사분석으로 관능평가 실시

※ 평가측도는 1(very bad)에서 5(very good)로 평가한 후 평균값을 표시

앞서 선발한 효모 및 발효조건을 바탕으로, 제주산 골드키위 ‘감황’을 활용한 최적 증류주 제조조건을 설정하기 위해 증류방법별 제조 시험을 수행하였다. ‘감황’은 2024년 제주시 애월읍에서 수확된 과실을 애월농협에서 구입하여 에틸렌 처리 후 후숙한 뒤 사용하였다. 원료 성분 분석 결과, 수분함량 81.7%, 당도 12.2°Bx, pH3.3, 총산 1.7%로 확인되었다.

증류주 제조 공정은 파쇄 → 당도 22°Bx로 조정(설탕 첨가) → 아황산칼륨($K_2S_2O_5$) 50ppm 처리 및 10시간 방치 → 착즙액에 NIBRFGC00050200 효모 접종 → 15℃에서 15일간 발효 → 착즙 → 상압 또는 감압 단식 증류를 통해 약 43%(v/v) 증류주 제조 순서로 진행하였다.

증류방식별 제조수율을 비교한 결과, 상압단식 증류 방식의 제조수율은 88.5%로 감압단식보다 약 2.2% 높았다. 이는 동일한 원료 투입량 대비 상압 방식이 더 많은 양의 증류주를 생산할 수 있어 수율 측면에서 상대적으로 유리한 것으로 나타났다(표 34).

표 34. 증류 방식별 증류주 제조수율

증류방식	키위 발효주			키위 증류주 수득량			증류주 제조수율 (%)
	알코올도수 (%(v/v))	술덧량 (ℓ)	100% 알코올량 (ℓ)	알코올도수 (%(v/v))	수득량 (ℓ)	100% 알코올량 (ℓ)	
상압단식	11.3	20	2.26	43.3	4.62	2.00	88.5
감압단식	11.3	20	2.26	42.4	4.62	1.96	86.3

증류 방식별로 제조한 키위 증류주의 향기성분을 가스크로마토그래피로 분석한 결과, 메탄올 함량은 상압단식 증류가 감압단식 증류보다 약 15% 높게 나타났다. 반면 아세트알데히드와 에틸아세테이트는 감압증류 방식에서 더 높은 농도로 검출되었다. 퓨젤오일의 총량은 두 방식 간 큰 차이가 없었으나, 개별 성분에서는 차이를 보여 n-프로판올과 n-아밀알코올은 상압증류에서 더 많이 검출된 반면, 이소부탄올, n-부탄올, 이소아밀알코올은 감압증류에서 더 높은 함량을 나타냈다(표 35).

표 35. 증류 방식별 증류주 향기성분 분석

성분(mg/ℓ)	상압단식증류	감압단식증류
아세톤	ND ²⁾	ND
아세트알데히드	46±7.8	110±6.8
에틸아세테이트	159±8.3	548±9.6
메탄올	484±4.2	418±10.8
n-프로판올	98±2.7	6±0.6
i-부탄올	349±9.5	425±7.9
n-부탄올	5±1.0	11±2.0
i-아밀알코올	580±13.9	652±25.9
n-아밀알코올	19±1.5	ND
퓨젤오일 ¹⁾	1,051±28.0	1,094±35.2

¹⁾ 퓨젤 오일은 n-프로판올, i-부탄올, n-부탄올, i-아밀알코올, n-아밀알코올의 합

²⁾ ND: Not detected.

※ 가스크로마토그래피(GC)를 이용한 향기성분 분석 조건

기기	Hewlett Packard 7890, 미국
컬럼	HP-FFAP(Length 30mm x Film 0.25 μ m x ID 0.32 μ m)
컬럼 온도	Initial 40 $^{\circ}$ C (2 min) - 10 $^{\circ}$ C/min - Final 150 $^{\circ}$ C(4 min)
운반 기체	N ₂
검출기	FID
주입온도	220 $^{\circ}$ C
검출온도	230 $^{\circ}$ C
유속	1.0 ml/min

증류 방식별로 제조한 키위 증류주 원주와, 상압·감압 증류주를 서로 다른 비율로 혼합한 시료를 대상으로 주류제조 종사자 및 연구자 10인이 관능평가를 실시한 결과(표 36), 감압증류주가 향, 맛, 후미, 종합적 기호도 등 모든 항목에서 가장 높은 평가를 받았다. 이에 따라 소비자 선호형 저도주 키위 증류주의 기본 원주로는 감압증류 방식의 원주 한 가지만 사용하는 것이 가장 적합한 조건으로 확인되었다.

또한, 감압증류주 중 관능 품질이 우수한 것으로 평가된 원주를 활용하여 알코올 도수별 기호도를 추가 분석한 결과(표 37), 알코올도수 23%(v/v)에서 가장 우수하게 평가되었다.

표 36. 증류 방법 및 혼합비율에 따른 관능평가

구분	상압증류주	상압증류주와 감압증류주 혼합비율			감압증류주
		2 : 1	1 : 1	1 : 2	
관능평가	미흡	미흡	보통	보통	우수

※ 상압증류와 감압증류 방식으로 제조한 원주를 알코올도수 20%(v/v)로 조절한 후 상압증류 단용, 감압증류 단용 및 상압증류주와 감압증류주를 2:1, 1:1, 1:2 비율로 혼합한 시험평가주

표 37. 감압증류 원주 활용 알코올도수별 관능평가

구분	키위증류주 알코올 도수(%(v/v))							
	15	17	19	21	23	25	27	29
관능평가	미흡	미흡	보통	보통	우수	보통	미흡	미흡

※ 감압증류한 증류주를 증류수로 희석하여 모두 알코올도수 15%(v/v), 17%(v/v), 19%(v/v), 21%(v/v), 23%(v/v), 25%(v/v), 27%(v/v), 29%(v/v)로 조정한 관능평가 시험주

관능평가에서 품질이 가장 우수한 것으로 확인된 알코올도수 23%(v/v)의 감압증류주를 대상으로, 단맛 조절을 위해 설탕과 과당을 다양한 비율로 혼합하여 추가 관능평가를 실시하였다. 그 결과, 총당 함량이 1.5%일 때 맛, 질감, 종합적 기호도가 가장 높게 나타났으며, 특히 과당을 단독으로 1.5% 첨가한 경우가 가장 우수한 평가를 받았다(표 38). 이에 따라 최종적으로 소비자 선호형 저도주 키위증류주의 배합 조건을 확정하였다.

표 38. 감압 증류주(알코올 23.0%(v/v))의 보당(설탕, 과당) 비율별 관능평가

구분	설탕(%)				설탕(%) + 과당(%)						과당(%)			
	2	1.5	1.0	0.5	1.5 +0.5	1.0 +0.5	1.0 +1.0	0.5 +0.5	0.5 +1.0	0.5 +1.5	0.5	1.0	1.5	2.0
맛	2.5	3.2	2.1	1.9	3.1	3.6	3.2	3.8	4.5	3.3	3.0	4.5	4.7	3.9
향기	3.8	3.8	4.1	4.0	3.9	4.0	3.9	4.1	3.8	3.8	4.2	4.2	4.1	3.9
질감	3.0	3.2	2.8	2.0	3.5	3.8	3.0	3.2	3.8	4.0	2.9	3.9	4.5	4.4
종합적기호도	3.3	3.1	2.9	2.2	3.7	3.7	3.5	3.6	3.9	3.4	2.9	3.7	4.4	3.9
합계	12.6	13.3	11.9	10.1	14.2	15.1	13.6	14.7	16	14.5	13	16.3	17.7	16.1

- ※ 감압방식으로 증류한 키위 증류주의 알코올도수 23.0%(v/v)로 조정한 후 설탕 및 과당을 각각 0.5~2%, 설탕과 과당을 비율별로 혼용한 14개의 관능평가 시험주
- ※ 주류제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 묘사분석으로 관능평가 실시
- ※ 평가측도는 1(very bad)~5(very good)로 평가한 후 평균값을 표시함

골드키위 ‘감황’을 활용한 소비자 선호형 저도주 과일증류주 개발을 위해 확립한 제조공정은 다음과 같다. 먼저 키위를 파쇄한 후 설탕을 첨가하여 당도를 22°Bx로 맞추고, 아황산칼륨($K_2S_2O_5$) 50ppm을 처리하여 10시간 동안 방치한다. 이후 착즙액에 효모 NIBRFGC00050200을 8×10^6 CFU 수준으로 접종하고, 15°C에서 15일간 발효한 뒤 착즙하여 발효주를 얻는다. 발효주를 감압 단식 증류하여 알코올도수 약 40%(v/v)의 증류원주를 제조한 후, 이를 저도주 제품 개발에 활용하였다. 소비자 선호형 저도주 과일증류주는 감압증류원액(40%)을 23%(v/v)로 희석하고, 과당 1.5%(w/v)를 첨가한 뒤 병입하여 제품화하는 것으로 제조공정을 설계하였다(그림 29).



그림 29. 골드키위 감황을 활용한 저도주 과일증류주 제조 공정도(좌)와 시제품(우)

골드키위 증류주를 활용한 하이볼 유형의 알코올 음료 생산공정 및 상품 개발(24)

‘감황’으로 발효 후 감압증류하여 제조한 40%(v/v) 키위증류주를 원주로 사용하여 하이볼 유형의 알코올 음료를 개발하고자, 다양한 식품첨가물 배합 실험을 수행하였다. 배합에 사용된 95%(v/v) 주정은 대한주정판매주식회사에서 구입하였으며, 무수구연산, 구연산삼나트륨(산도조절제), 결정과당(100%), 레몬향(EM-16B085), 키위향(EM-12346), 레몬농축액(100%, 65°Bx)은 ES식품원료(www.esfood.kr)에서 구입하여 사용하였다.

하이볼용 베이스 주류의 최적 배합비율과 적정 알코올도수를 결정하기 위해, 40%(v/v) 키위증류주와 95%(v/v) 주정을 40%(v/v)로 희석한 주정을 각각 1:1 및 1:2 비율로 혼합하고, 알코올도수를 5.0~8.5%(v/v) 범위로 조절하여 주류제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로

관능평가를 실시하였다. 그 결과, 40%(v/v) 키위증류주와 40%(v/v) 희석주정을 1:1로 배합하고 알코올도수를 6.5%(v/v)로 맞춘 시료가 맛, 향기, 질감, 종합적 기호도에서 가장 높은 평가를 받았다(표 39).

표 39. 하이볼용 베이스 주류 배합 비율·알코올 도수별 기호도 평가

배합 비율	40%(v/v) 키위증류주와 40%(v/v)로 희석한 주정의 배합 비율													
	1 : 1							1 : 2						
알코올(%)	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
맛	3.9	4.4	4.7	4.5	4.3	3.8	3.5	3.7	4.4	4.6	4.0	4.3	4.0	3.9
향기	3.2	3.9	4.6	4.8	4.8	4.5	4.6	2.2	2.8	2.8	2.8	3.0	3.8	3.6
질감	3.3	4.5	4.8	4.4	4.2	4.0	4.0	3.0	4.5	4.4	4.5	4.2	3.7	3.0
종합적기호도	3.5	4.0	4.7	4.5	4.5	4.1	4.3	2.8	3.0	4.1	3.5	3.9	3.8	2.9
합계	13.9	16.8	18.8	18.2	17.8	16.4	16.4	11.7	14.7	15.9	14.8	15.4	15.3	13.4

※ 40%(v/v) 키위증류주와 40%(v/v) 희석주정을 1:1, 1:2로 배합한 후 정제수 첨가하여 알코올도수 5.0%(v/v), 6.0%(v/v), 6.5%(v/v), 7.0%(v/v), 7.5%(v/v), 8.5%(v/v), 8.5%(v/v)로 조절한 시험주

주류의 산미를 최적으로 조정하기 위해, 알코올도수 6.5%(v/v)로 조절한 하이볼용 베이스 주류에 무수구연산을 0.1%, 0.2%, 0.3% 비율로 각각 첨가하고, 레몬농축액을 0.05~0.2%(w/v) 범위에서 다양한 비율로 배합한 총 16개의 시험주를 조제하였다. 모든 시료에는 pH 안정성을 확보하기 위해 구연산삼나트륨 0.06%(w/v)를 동일하게 첨가한 후, 앞서와 같은 방법으로 관능 기호도 평가를 실시하였다. 그 결과, 무수구연산 0.2%(w/v)와 레몬농축액 0.10%(w/v) 조합이 가장 적절한 산미를 나타냈으며, 맛, 질감, 종합적 기호도에서도 최고 평가를 받아 하이볼 제품에 가장 적합한 배합 비율로 확인되었다(표 40).

표 40. 무수구연산 및 레몬농축액 배합 비율별 기호도 평가

배합 비율	무수구연산 0.1%(w/v)				무수구연산 0.2%(w/v)				무수구연산 0.3%(w/v)			
	레몬농축액 (%(w/v))											
레몬농축액 (%(w/v))	0.05	0.10	0.15	0.20	0.05	0.10	0.15	0.20	0.05	0.10	0.15	0.20
맛	1.9	2.5	3.9	4.3	4.0	4.7	4.5	3.2	4.0	3.5	2.3	1.8
향기	3.8	4.0	3.8	3.9	3.8	4.0	3.9	4.2	3.8	4.1	4.2	4.3
질감	2.3	2.8	3.9	4.0	4.2	4.6	4.4	3.6	3.9	3.5	3.2	2.8
종합적기호도	2.1	2.5	3.8	4.0	4.0	4.5	4.2	3.8	3.7	3.7	3.3	2.3
합계	10.1	11.8	15.4	16.2	16	17.8	17	14.8	15.4	14.8	13	11.2

※ 6.5%(w/v) 베이스 주류에 무수구연산 0.1%, 0.2%, 0.3% 비율로 배합 후 레몬농축액, 무수구연산 0.05%(w/v)~0.2%(w/v) 및 비율별 배합한 16개 시험주(pH 안정성 부여 위해 구연산삼나트륨 0.06%(w/v)를 일괄 첨가함)

구연산 0.2%(w/v), 레몬농축액 0.10%(w/v), 구연산삼나트륨 0.06%(w/v)를 첨가하여 산미와 pH를 조정한 하이볼용 베이스 주류에 단맛을 부여하기 위해 설탕과 과당을 다양한 비율

로 혼합한 시험주를 제조하고 기호도 평가를 실시하였다. 평가 결과, 설탕 1.0%(w/v)와 과당 2.0%(w/v)를 함께 첨가한 시료가 단맛과 산미의 균형이 가장 우수했으며, 맛, 질감, 종합적 기호도에서도 최고 점수를 받아 최적 배합 조건으로 확인되었다(표 41).

표 41. 하이볼용 주류의 설탕, 과당 배합 비율별 기호도 평가

구분	설탕(%)				설탕(%) + 과당(%)						과당(%)			
	1.0	2.0	3.0	4.0	1.0 +1.0	1.0 +2.0	1.0 +3.0	2.0 +1.0	2.0 +2.0	3.0 +1.0	1.0	2.0	3.0	4.0
맛	1.3	1.7	3.0	2.4	3.8	4.5	3.8	4.2	3.2	2.8	1.5	2.2	4.4	2.9
향기	2.8	3.2	3.6	3.3	3.7	3.8	3.8	3.9	3.6	3.5	3.0	3.4	3.9	3.6
질감	1.9	2.2	3.5	2.8	3.8	4.8	4.0	4.5	3.2	3.0	2.1	2.5	4.5	3.2
종합적기호도	2.0	2.3	3.6	2.6	4.0	4.7	3.9	4.2	3.4	2.9	2.2	2.6	4.5	3.3
합계	8.0	9.4	13.7	11.1	15.3	17.8	15.5	16.8	13.4	12.2	8.8	10.7	17.3	13.0

※ 6.5%(v/v) 베이스주류에 구연산 0.2%(w/v), 레몬농축액 0.10%(w/v), 구연산삼나트륨 0.06%(w/v) 첨가 후 설탕 및 과당을 각각 1%~3%, 설탕과 과당을 비율별로 혼용한 14개의 시험주

6.5%(v/v) 베이스 주류에 산미와 당미의 최적 배합 조건을 적용한 후, 풍미를 강화하기 위해 레몬향과 키위향을 다양한 비율로 혼합하여 기호도 평가를 실시하였다. 그 결과, 두 향료를 단독으로 사용하는 경우보다 레몬향과 키위향을 혼용했을 때 기호도가 전반적으로 더 높게 나타났다. 특히 레몬향 0.2%와 키위향 0.15%를 함께 첨가한 시료가 맛·향·종합적기호도에서 가장 우수한 평가를 받았다(표 42).

표 42. 하이볼용 주류의 식품향료 배합 비율별 기호도 평가

구분	레몬향(%)			레몬향(%) + 키위향(%)						키위향(%)		
	0.1	0.2	0.3	0.1 +0.1	0.1 +0.15	0.1 +0.2	0.2 +0.1	0.2 +0.15	0.2 +0.2	0.1	0.2	0.3
맛	3.2	3.4	3.5	4.0	4.4	4.3	4.3	4.5	4.4	3.0	3.3	3.5
향기	1.2	1.9	2.3	3.8	4.0	3.2	4.5	4.8	2.9	1.0	2.0	0.9
질감	3.3	3.6	3.7	3.9	4.1	4.3	4.7	4.9	4.4	3.4	3.3	3.2
종합적기호도	3.2	3.5	3.6	4.0	4.3	4.1	4.8	4.7	4.3	2.9	2.8	2.8
합계	10.9	12.4	13.1	15.7	16.8	15.9	18.3	18.9	16	10.3	11.4	10.4

※ 6.5%(v/v)의 베이스주류에 산류, 당류를 첨가한 후 레몬향 단독, 키위향 단독, 레몬향과 키위향을 비율별 혼용한 14개의 관능평가 시험주

하이볼 형태의 알코올 음료에 대한 배합비율 연구 결과, 최적 조건으로 확인된 키위 하이볼 제품은 감황으로 발효 후 감압증류하여 제조한 40%(v/v) 키위증류주와, 40%(v/v)로 희석한 주정을 1:1 비율로 사용하였다. 여기에 설탕 1%(w/v), 과당 2%(w/v), 무수구연산 0.2%(w/v), 레몬농축액 0.1%(w/v), 구연산삼나트륨 0.06%(w/v), 레몬향 0.2%(v/v), 키위향 0.15%(w/v) 그리고 정제수 78.03%(v/v)를 배합하여 기본 조성을 확립하였다. 기호도 향상을 위해 하이볼 100ml당 청귤 슬라이스 2g(1조각)을 추가하고, CO₂를 0.4%(w/v) 용해한

후 병입하여 제품화하는 것으로 골드키위 하이볼 알코올 음료 제조 공정을 설계하였다(그림 30).

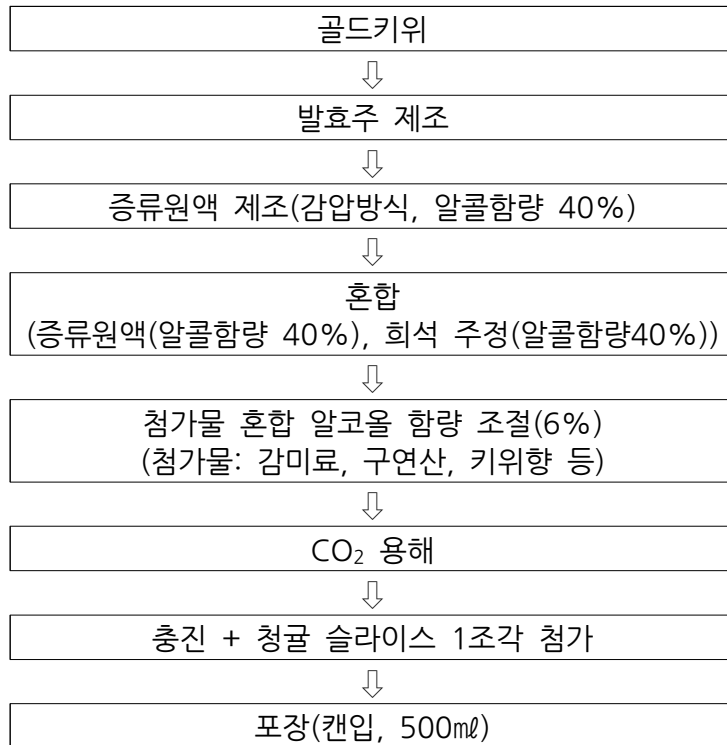


그림 30. 골드키위 증류주를 활용한 하이볼 유형의 알코올 음료 제조 공정도(좌)와 시제품(우)

골드키위 이용 식초 발효 공정 및 상품 개발(25)

골드키위를 활용한 식초 개발에 사용한 원료는 2024년 제주시 애월읍에서 재배된 국내 육성 골드키위 ‘감황’ 품종으로, 애월농협에서 구입한 후 외생에틸렌 100ppm을 처리하여 상온에서 24시간 방치하고, 이후 18℃에서 9일간 후숙시켜 당도를 높인 뒤 실험에 사용하였다. 알코올 발효에는 2024년도 키위증류주 개발 과정에서 품질이 우수한 것으로 확인된 효모 *Saccharomyces cerevisiae* NIBRFGC00050200 균주를 사용하였다. 초산 발효에는 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 분말 균주(재단법인 발효미생물산업진흥원 제공)와 *Acetobacter pasteurianus* KACC92047P 균주 배양액(팡이발효연구소 구입)을 각각 사용하였다.

한편, 2024년산 ‘감황’의 주요 성분을 분석한 결과 당도는 $11.9 \pm 0.06^\circ \text{Bx}$, 총산함량은 $1.75 \pm 0.087\% (\text{w/v})$ 로 나타났다(표 43). 이러한 당도 수준으로는 식초 제조에 적합한 알코올 함량인 약 7% (v/v)의 키위 발효주를 단독으로 제조하기에 부족하여, 설탕을 첨가한 보당 조건에서 알코올 발효를 수행하는 것이 적절하다고 판단하였다.

표 43. 골드키위 ‘감황’의 주요성분 함량

당도($^\circ \text{Bx}$)	pH	총산(% (w/v))
11.9 ± 0.06	3.2 ± 0.07	1.75 ± 0.087

발효식초 제조에 사용할 키위 발효주를 생산하기 위해 알코올도수 약 7%(v/v) 및 12%(v/v) 수준의 발효주를 목표로 하여, (표 44)에 제시된 담금 배합표에 따라 ‘감황’ 키위를 파쇄·착즙하여 키위 과즙을 수득하였다. 이후 과즙의 당도를 각각 13.2°Bx와 22°Bx로 조절하기 위해 설탕을 2%(w/v)와 11%(w/v)씩 첨가하고, *Saccharomyces cerevisiae* NIBRFGC00050200 효모를 0.25%(w/v) 수준으로 접종하였다. 발효는 25℃로 조절된 발효기에서 7일간 진행하였으며, 발효 종료 후 여과주머니를 이용해 여과하여 두 종류의 키위 발효 원주를 제조하였다(그림 31).

표 44. 골드키위(감황) 발효식초 제조를 위한 키위 발효주 담금배합

시험구		골드키위 무보당(GK-S2%)	골드키위 보당(GK-S11%)
골드키위 착즙액(g)		20,000	20,000
설탕(g)		400	2,200
효모	종류	NIBRFGC00050200	NIBRFGC00050200
	사용량(g)	5	5
발효온도(℃)		25	25
발효기간(일수)		7	7



그림 31. 골드키위(감황)을 이용한 키위 발효주 제조 과정

상기 발효 방식으로 제조한 키위 발효주의 알코올도수를 분석한 결과, 설탕 2%를 첨가한 GK-S2% 시험구는 $7.2 \pm 0.08\%$ (v/v), 설탕 11%를 첨가한 GK-S11% 시험구는 $11.8 \pm 0.12\%$ (v/v)로 나타났다. 이후 초산발효에 적합한 알코올도수인 7%(v/v)로 맞추기 위해 각 발효주를 물로 희석한 후 성분 분석하였으며, 그 결과는 표 45에 제시하였다.

알코올도수를 7%(v/v)로 조절한 골드키위 발효주의 원료 함량을 비교한 결과, GK-S2% 시험구의 골드키위 ‘감황’ 함량은 95.32%(v/w)였으며, GK-S11% 시험구는 53.44%(v/w)로 나타났다. 또한, 키위 식초 제조에 적정한 알코올도수인 7%(v/v)로 조절한 상태에서의 총산 함량은 GK-S2% 시험구가 $1.36 \pm 0.036\%$ (w/v), GK-S11% 시험구가 $0.60 \pm 0\%$ (w/v)로 분석되었다. 이는 GK-S11% 시험구가 발효 원주의 알코올도수($11.8 \pm 0.12\%$ (v/v))에서 7%(v/v)으로 약 1.67배 희석되는 과정에서 발효 성분이 상대적으로 감소한 데 따른 결과로 판단된다.

표 45. 알코올 7% 발효주 성분

시험구	GK-S2%	GK-S11%
골드키위 함량(%(v/w))	95.32	53.44
에틸알코올(%(v/v))	7.0±0.10	7.0±0.12
비중	0.988±0.0020	0.990±0.0032
pH	3.48±0.026	3.77±0.042
산도	22.6±0.06	10.0±0.10
총산(주석산으로, %(w/v))	1.36±0.036	0.60±0.000

알코올도수 7%(v/v) 골드키위 발효주를 이용한 발효식초 제조는 표 49에 제시한 담금 배합표에 따라 수행하였으며, 먼저 아래와 같이 종초를 제조하고 식초를 제조하였다.

- **종초제조** 알코올 7% 발효주(GK-S11%, GK-S2%) 7ℓ에 초산균 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 분말 105g 또는 *Acetobacter pasteurianus* KACC92047P 배양액 3ℓ를 접종하여 30℃, 7일간 배양
- **식초제조** 알코올 7% 발효주(GK-S11%, GK-S2%) 70% 함량에 종초 30%를 넣고 30℃, 30일간 담금 배합표의 발효방법에 따라 발효
각 시험구의 발효 공정 개요는 그림 32에 제시하였다.

표 46. 골드키위 '감황' 발효식초 제조를 위한 담금배합표

시험구명	골드키위 발효주 종류	종초 초산균주	발효방법	발효온도 (℃)	발효기간 (일)
GK-S11%-KS ^z	11%보당 발효 후 7%로 희석한 발효액 (GK-S11%)	KACC92047P	정치	30	30
GK-S11%-KL			교반		
GK-S11%-KA			공기주입		
GK-S11%-SS	2%보당 발효 후 7%로 희석한 발효액 (GK-S2%)	SRCM101480	정치		
GK-S2%-KS		KACC92047P	정치		
GK-S2%-KL			교반		
GK-S2%-SS		SRCM101480	정치		
GK-S2%-SL			교반		

^z KS: KACCP29047P균주, 항아리에 넣어 정치, KL: KACCP29047P균주, 350rpm 교반, KA: KACCP29047P균주, 1ℓ당 0.1ℓ/분 산소공급, SS: SRCM101480, 항아리에 넣어 정치, SL: SRCM101480, 350rpm 교반



그림 32. 골드키위 발효주를 이용한 식초 제조 과정

상기 발효 조건으로 30일간 초산 발효를 완료한 각 시험구의 식초 발효주는 여과주머니를 이용해 1차 여과한 후, 5℃ 이하에서 15일 이상 숙성·보관하여 양금을 충분히 침전시켰다. 이후 침전물이 혼입되지 않도록 사이펀을 이용해 상등액만을 옮겨 담은 뒤, 규조토 여과기를 사용하여 맑게 여과함으로써 최종 식초 제조를 완료하였다(그림 33, 그림 34).

※ 규조토 여과는 여과지에 식초량 대비 규조토(celatom diatomite, CAS No. 68855-54-9) 0.01%를 사용해 여과보조제 층을 형성한 후, 식초에 규조토를 0.02% 첨가하여 균일하게 혼합하고 감압 조건에서 여과하는 방식으로 수행하였다.



그림 33. 발효가 끝난 식초의 규조토 여과 과정

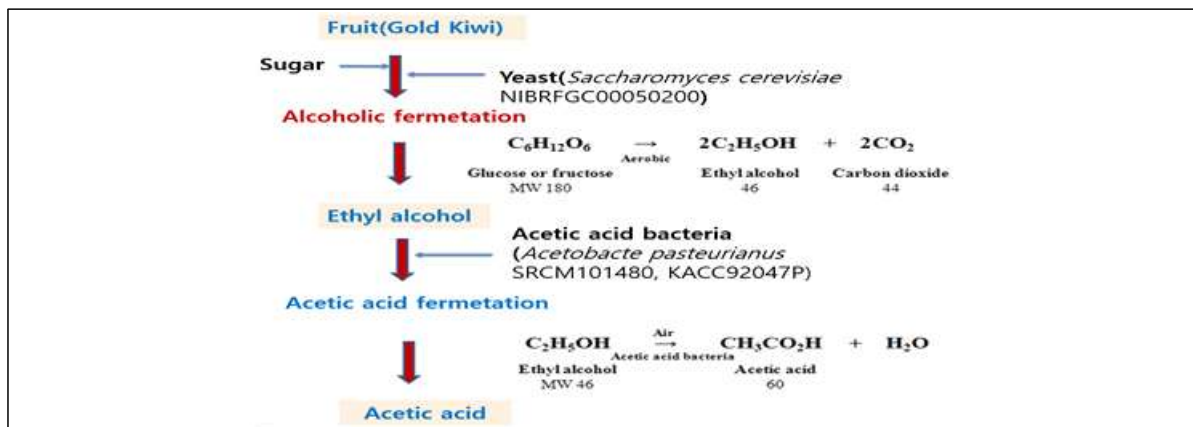


그림 34. 식초 제조 전체 공정도

시험구별로 30일간 초산 발효한 후 식초 발효 원주의 총산 함량을 분석한 결과, 정치발효 (GK-S11%-KS, GK-S11%-SS, GK-S2%-KS, GK-S2%-SS) 시험구에서 교반 발효 (GK-S11%-KL, GK-S2%-KL, GK-S2%-SL) 및 공기주입 발효(GK-S11%-KA) 시험구에 비해 총산 함량이 현저히 높게 나타났다. 또한 설탕을 최소한으로 첨가하여 알코올도수 약 7%(v/v)로 발효시킨 키위 발효주(키위 함량 95.32%(v/w))보다, 설탕을 상대적으로 많이 첨가하여 알코올도수를 11.8%(v/v)까지 높여 발효한 후 물로 약 1.69배 희석한 키위 발효주(키위 함량 53.44%(v/w))가 총산 생성량이 더 높은 것으로 확인되었다. 특히 GK-S11%-KS와 GK-S11%-SS 시험구의 최종 총산 함량은 각각 $7.3 \pm 0.17\%$ (w/v)와 $7.1 \pm 0.1\%$ (w/v)로 매우 높게 나타났다.

휘발산(초산) 함량 분석 결과 GK-S11%-SS, GK-S11%-KS, GK-S2%-SS 시험구가 각각 $4.3 \pm 0.1\%$ (w/v), $4.0 \pm 0.06\%$ (w/v), $3.9 \pm 0.26\%$ (w/v)로 높게 검출되었으며, 이를 통해 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 균주가 *Acetobacter pasteurianus* KACC92047P 균주보다 초산 생성 능력이 다소 우수함을 확인할 수 있었다(표 47).

표 47. 초산균주별, 발효방법별 키위 식초의 성분 분석

시험구명	발효방법	비중	밀도 (g/ml)	당도 (°Bx)	총산 (% (w/v))	휘발산 (% (w/v))	비휘발산 (% (w/v))
GK-S11%-KS	정치	1.017 ± 0.0012	1.016 ± 0.0017	4.7 ± 0.06	7.3 ± 0.17	4.0 ± 0.06	3.2 ± 0.06
GK-S11%-KL	교반	1.016 ± 0.0021	1.015 ± 0.0026	4.7 ± 0.10	5.1 ± 0.12	2.5 ± 0.17	2.5 ± 0.1
GK-S11%-KA	공기주입	1.017 ± 0.0029	1.016 ± 0.0017	4.2 ± 0.10	2.6 ± 0.06	0.7 ± 0.00	1.9 ± 0.12
GK-S11%-SS	정치	1.025 ± 0.0026	1.024 ± 0.0026	5.7 ± 0.06	7.1 ± 0.10	4.3 ± 0.10	2.9 ± 0.06
GK-S2%-KS	정치	1.024 ± 0.0035	1.023 ± 0.0040	6.2 ± 0.17	5.2 ± 0.17	2.8 ± 0.06	1.8 ± 0.00
GK-S2%-KL	교반	1.020 ± 0.0017	1.019 ± 0.0017	5.5 ± 0.10	5.0 ± 0.20	2.8 ± 0.10	2.0 ± 0.00
GK-S2%-SS	정치	1.025 ± 0.0029	1.024 ± 0.0026	6.9 ± 0.17	6.4 ± 0.06	3.9 ± 0.26	1.8 ± 0.06
GK-S2%-SL	교반	1.022 ± 0.0029	1.021 ± 0.0040	5.8 ± 0.06	4.1 ± 0.12	1.7 ± 0.06	2.3 ± 0.00

※ 휘발산은 식초를 수증기 증류한 증류액에서, 비휘발산은 수증기 증류 후 잔류액에서 산함량을 측정하여 산출

시험구별로 제조한 식초 발효 원주에 대해 Ion chromatography를 이용하여 미량 유기산 성분을 분석한 결과, tartaric acid, malic acid, citric acid, lactic acid는 골드키위 원료에 본래 함유되어 있거나 알코올 발효 및 초산 발효 과정 중 생성된 유기산으로 확인되었다(표 48). 특히 골드키위 함량이 95.32%(v/w)로 높은 GK-S2% 시험구들이 키위 함량 53.44%(v/w)인 GK-S11% 시험구들에 비해 전반적으로 유기산 함량이 높은 경향을 보였는데, 이는 골드키위 원료 자체에 함유된 유기산 함량이 상대적으로 높았던 데 기인한 것으로 판단된다.

한편, succinic acid는 발효 과정 중 생성되는 대표적인 유기산으로, 키위 함량이 95.32%(v/w)인 GK-S2% 시험구에서 키위 함량 53.44%(v/w)인 GK-S11% 시험구보다 대체로 높은 함량을 나타냈다. 이를 통해 키위 함량이 높을수록 발효 과정에서 succinic acid 생성이 증가하는 경향이 있음을 확인하였다.

표 48. 주요 유기산 함량 분석

(단위 : %(w/v))

시험구명	Tartric Acid	Malic Acid	Citric Acid	Lactic Acid	Succinic Acid
GK-S11%-KS	0.003±0.0006	0.055±0.0020	0.240±0.0023	0.008±0.001	0.017±0.0026
GK-S11%-KL	0.002±0.0006	0.049±0.0017	0.209±0.0049	0.007±0.0023	0.015±0.0021
GK-S11%-KA	0.005±0.0010	0.016±0.0026	0.127±0.0070	0.005±0.0000	0.011±0.0015
GK-S11%-SS	0.005±0.0006	0.046±0.0012	0.232±0.0053	0.008±0.0006	0.015±0.0026
GK-S2%-KS	0.009±0.0021	0.075±0.0064	0.384±0.0103	0.008±0.0012	0.018±0.0031
GK-S2%-KL	0.003±0.0000	0.055±0.0056	0.224±0.0081	0.007±0.0020	0.014±0.0021
GK-S2%-SS	0.013±0.0006	0.114±0.0061	0.550±0.0026	0.012±0.0006	0.266±0.0101
GK-S2%-SL	0.007±0.0017	0.057±0.0031	0.304±0.0093	0.007±0.0010	0.018±0.0012

※ Ion Chromatography를 이용한 유기산 분석 조건

Instrument	Metrohm 850 Professional IC
Column	Metrosep Organic acid 250/7.8
Column Temp	30 °C
Solvent system	Organic acid - H ₂ SO ₄ 0.002mℓ
Detector	Conductivity Detector
Pressure	2.76 Mpa
Flow rate	0.5mℓ/min

시험구별로 제조한 식초의 발효 경과에 따른 총산 생성량과 pH 변화를 분석한 결과, 총산 생성은 동일한 발효방법 조건에서 비교했을 때, 키위 함량을 53.44%(v/w)로 조절한 GK-S11% 시험구들이 키위 함량 95.32%(v/w)인 GK-S2% 시험구들보다 전반적으로 더 많은 총산을 생성하는 경향을 보였다. 발효 종료 시점(30일째)의 총산 함량은 GK-S11%-KS(7.3±0.17%(w/v)), GK-S11%-SS(7.1±0.1%(w/v)), GK-S2%-SS(6.4±0.06%(w/v)), GK-S2%-KS(5.1±0.12%(w/v)) 순으로 높게 나타났다. 이러한 결과를 통해 키위 식초 제조 시 공기주입이나 교반방법보다 정치발효 방법이 총산 생성 측면에서 더 효과적인 방법임을 확인할 수 있었다(그림 35).

특히 정치발효 방법에서 GK-S11%-KS 시험구가 총산 함량이 7.3±0.17%(w/v)로, GK-S11%-SS(7.1±0.1%(w/v)), GK-S2%-SS 시험구(6.4±0.06%(w/v))보다 높게 나타났다. 총산 생성만을 기준으로 평가할 경우, 키위 함량 53.44%(v/w), 정치발효 방식, KACC92047P 균주를 적용한 GK-S11%-KS 시험구가 가장 우수한 결과를 나타냈으나, SRCM101480 균주를 사용한 GK-S11%-SS 시험구 역시 총산 함량 7.1±0.1%(w/v)로 높은 편으로, 두 시험구의 제조 조건 모두 상업적 키위 식초 제조에 적용 가능한 유효한 공정으로 판단되었다.

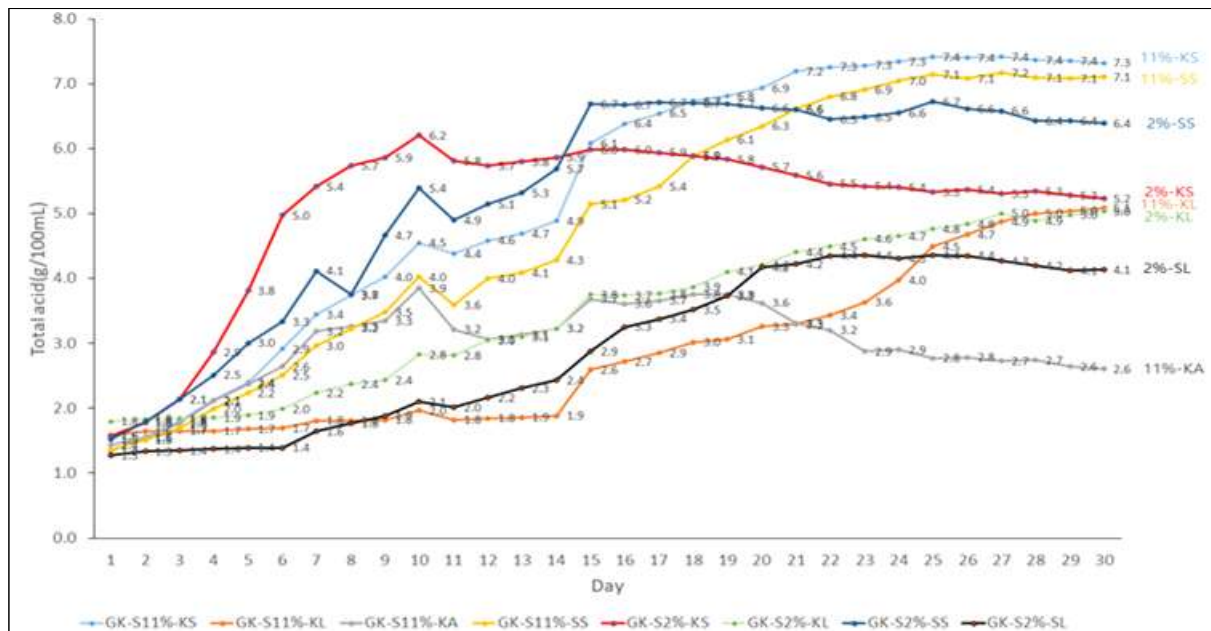


그림 35. 시험구별 초산발효 경과에 따른 총산 변화

발효 경과에 따른 pH 변화를 분석한 결과, 총산 함량이 증가함에 따라 pH는 감소하는 경향을 보였으며, 총산 함량이 가장 높았던 GK-S11%-KS와 GK-S11%-SS 시험구에서 각각 pH2.67과 pH2.68로 가장 낮게 나타났다(그림 36). 이러한 발효 경향을 종합적으로 고려할 때, 교반 또는 공기주입 방식보다 정치 상태에서 초막을 형성하며 발효시키는 방식이 키위 식초 발효에 가장 적합한 방법임을 확인할 수 있었다. 또한 당함량을 많이 하여(11%) 키위 발효주의 알코올도수를 상대적으로 높게 발효시킨 후 물로 희석하여 키위 발효성분 함량을 낮춘 상태에서 초산 발효를 유도하는 방법이 총산 생성 및 제조 수율 측면에서 효과적인 것으로 나타났다.

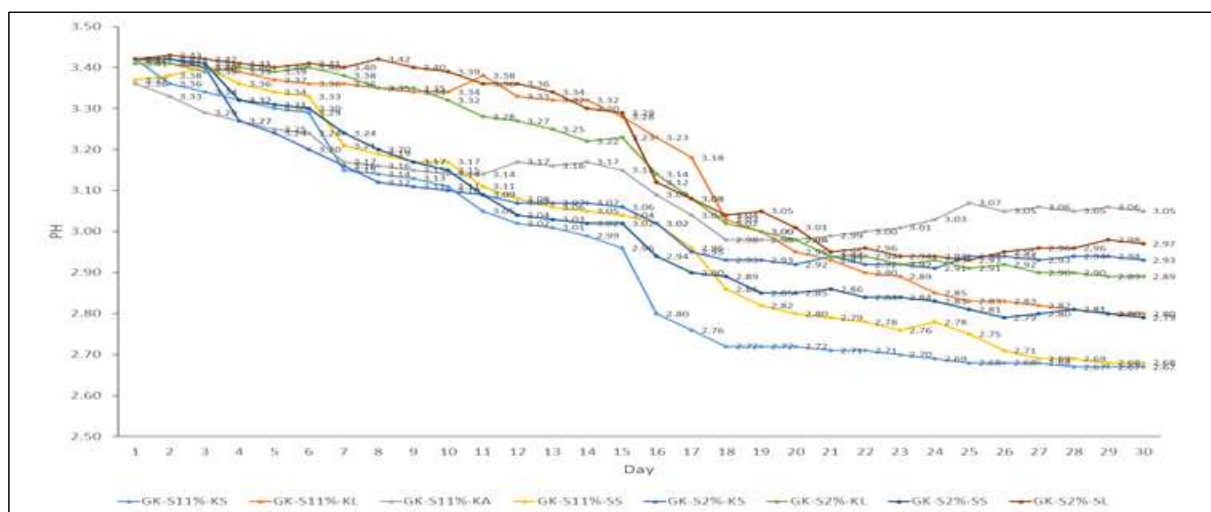


그림 36. 시험구별 초산발효 경과에 따른 pH 변화

상기 담금배합표에 따라 제조한 골드키위 식초에 대해 식초 및 주류 제조 종사자와 연구자 10인을 대상으로 관능평가를 실시한 결과, 교반 또는 공기주입 발효 방법보다 정치발효 방법으로 초막을 형성하며 발효시킨 시험구에서 전반적으로 높은 관능 점수를 획득하여 골드키위 식초 제조에 가장 적합한 발효 방식으로 평가되었다. 특히 공기주입 방법은 발효 과정 중 술덧 성분의 과도한 산화로 인해 식초의 색상과 향미 항목에서 가장 낮은 점수를 보여, 골드키위 식초 제조에는 부적합한 방법임을 확인하였다. 또한 설탕을 최소한으로 사용(2%)한 발효주보다, 설탕을 비교적 많이 첨가(11%)한 발효주를 사용해 식초를 제조한 경우가 관능적으로 더 우수하게 평가되었다.

또 *Acetobacter pasteurianus* KACC92047P 배양액을 사용한 시험구보다 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 분말 균주를 접종한 시험구에서 관능 점수가 전반적으로 높게 나타났다. 관능검사 결과를 종합해보면, 설탕 11%, 키위 함량 53.44%(v/w) 조건에서 SRCM101480 분말 균주를 사용하고 정치발효 방법으로 초산 발효한 GK-S11%-SS 시험구가 색상, 향기, 산도, 질감 등 모든 항목에서 가장 높은 점수를 받아 좋은 평가를 받았다(표 49).

표 49. 초산균주별, 발효방법별 제조한 키위 식초의 기호도 평가

시험구	색상	향기	산도	맛	질감	합계
GK-S11%-KS	4.2	3.8	4.5	4.6	4.0	21.10
GK-S11%-KL	3.2	2.8	3.0	2.8	2.5	14.30
GK-S11%-KA	1.8	1.5	2.0	1.8	2.3	9.40
GK-S11%-SS	4.0	4.5	4.8	4.4	4.4	22.10
GK-S2%-KS	4.3	3.5	3.6	3.3	3.4	18.10
GK-S2%-KL	3.4	3.0	3.1	2.5	2.9	14.90
GK-S2%-SS	4.4	4.0	4.6	3.8	4.0	20.80
GK-S2%-SL	3.9	2.9	2.5	2.6	2.6	14.50

※ 주류 및 식초제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 묘사분석 관능평가 실시

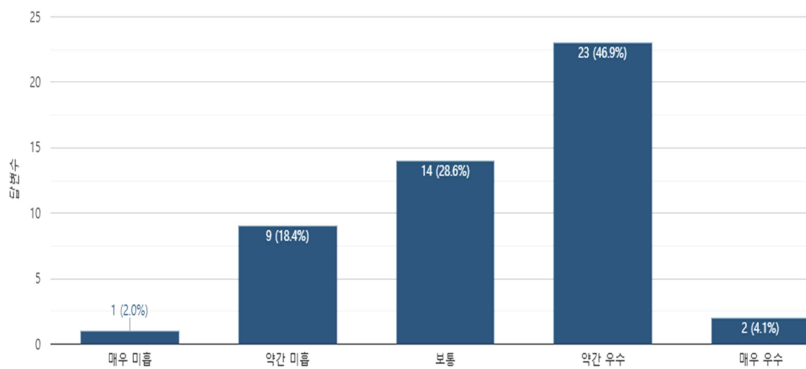
※ 평가측도는 1(very bad)~5(very good)로 평가한 후 평균값을 표시

다음, 관능평가에서 품질이 가장 우수한 것으로 선정된 키위식초 GK-S11%-SS 시험구를 대상으로 품질 및 상품성 평가를 실시하였다. 본 평가는 소비자패널 49명을 대상으로 시료를 제공한 뒤 온라인 설문으로 조사하였으며, 조사 결과는 표 50, 표 51, 표 52에 제시하였다.



그림 38. 품질 평가 대상 스틱형 골드키위 식초(용량 15ml)

표 50. 키위 식초의 소비자패널 품질 평가

평가항목	설문조사 결과																	
조화로운 맛	우수(42.9%) > 보통(36.7%) > 미흡(20.4%)																	
산미의 균형	우수(49.0%) > 보통(32.7%) > 미흡(18.4%)																	
목넘김	우수(46.9%) > 보통(34.7%) > 미흡(18.3%)																	
색	우수(55.1%) > 보통(38.8%) > 미흡(6.1%)																	
농도	우수(55.1%) > 보통(30.6%) > 미흡(14.2%)																	
향	보통(46.9%) > 우수(30.6%) > 미흡(22.5%)																	
종합평가	우수(51.0%) > 보통(28.6%) > 미흡(20.4%)																	
	 <table><caption>종합평가 결과 분포</caption><thead><tr><th>평가항목</th><th>인원수</th><th>비율</th></tr></thead><tbody><tr><td>매우 미흡</td><td>1</td><td>2.0%</td></tr><tr><td>약간 미흡</td><td>9</td><td>18.4%</td></tr><tr><td>보통</td><td>14</td><td>28.6%</td></tr><tr><td>약간 우수</td><td>23</td><td>46.9%</td></tr><tr><td>매우 우수</td><td>2</td><td>4.1%</td></tr></tbody></table>	평가항목	인원수	비율	매우 미흡	1	2.0%	약간 미흡	9	18.4%	보통	14	28.6%	약간 우수	23	46.9%	매우 우수	2
평가항목	인원수	비율																
매우 미흡	1	2.0%																
약간 미흡	9	18.4%																
보통	14	28.6%																
약간 우수	23	46.9%																
매우 우수	2	4.1%																

※ 우수(매우 우수 + 약간 우수), 미흡(매우 미흡 + 약간 미흡)

표 51. 키위식초 전반 만족도 및 구매의향 소비자패널 품질 평가

평가항목	설문조사 결과
주 구매용도	건강관리용(46.9%), 요리활용 용도(38.8%), 간식/기호용(8.2%), 지인 선물용(6.1%)
사전 기대 대비 만족도	만족(49.0%) > 보통(28.6%) > 불만족(22.4%)
유사 제품 대비 만족도	만족(44.9%) > 보통(30.6%) > 불만족(24.5%)
전반적인 제품 만족도	만족(51.0%) > 보통(30.6%) > 불만족(18.4%)
향후 구매의향	보통(42.9%) > 구매하지 않을 것(30.6%) > 구매할 것(26.5%) * 구매할 것(반드시 구매할 것 + 구매할 것), 구매하지 않을 것(전혀 구매하지 않을 것 + 구매하지 않을 것)
주위 추천의향	부정그룹(0~6점)(65.3%) > 중립그룹(7~8점)(28.5%) > 긍정그룹(9~10점)(6.1%)
우선 개선점 2가지 (복수응답)	전체적인 품질(맛 등)(67.3%), 가격(57.1%), 홍보·마케팅(46.9%), 포장재 디자인(20.4%), 용량(8.2%)

※ 만족함(매우 만족 + 만족), 불만족함(매우 불만족 + 불만족)

표 52. 키위식초 소비자 패널 인터뷰 주요 의견

긍정 의견	맛(풍미)	맛이 깔끔하고 물에 타 마셔도 잘 어울림 신맛이 자극적이지 않고 부드러움 산이 강하지 않아 거부감 없이 좋음 발효식품 특유의 깔끔한 풍미
	건강 기능성	발효식품으로 건강에 긍정적 소화, 단백질 분해 등 키위 고유 기능을 홍보할 가치 있음 몸에 좋은 음용 식초로 소비자 인지 가능성
	활용성	샐러드, 드레싱, 요리 등 다양하게 활용 가능 물, 탄산수, 주스 등과 섞어 마시는 활용법 가능 음용식초(홍초류)처럼 간식/음료 시장 진입 가능성
	상품성 및 마케팅	포장 개선 시 반응이 좋아질 것으로 기대됨 시음, 홍보 시 구매 의향 상승 국내산 과일 활용한 차별성 강조 가능
부정 의견	맛(풍미)	키위 향·맛이 약해 일반 식초와 큰 차이 없음 키위 특유의 새콤달콤함 부족한 단순한 식초 맛 신맛이 강해 목넘김이 불편하고 속쓰림을 유발함 뒷맛이 씹쓸하거나 밍밍하게 느껴짐
	활용성	음료용으로 기대했으나 홍초처럼 달콤한 맛이 없어 실망 요리용 외에는 차별성이 적음
	기타의견	가격이 비싸고 경쟁력이 떨어짐 (사과식초 대비 불리) 포장이 단순하고 고급스러움 부족 절취선 불편, 소포장(스틱/지퍼백 등) 부족 키위식초만의 특색이 약해 차별화 어려움

소비자 평가 결과를 바탕으로, 시제품 개선 사항을 다음과 같이 도출하였다.

1. 소비자 평가에 제공된 식초 제품의 문제점

최종 선정된 골드키위 식초의 생산량이 제한적이어서, 소비자 평가에 필요한 약 50개 내외의 요리용 식초(500ml) 및 음료용 식초 제품을 충분히 제조하기 어려웠다. 또한 소량 포장 설비가 확보되지 않아, 요리용 또는 음료용으로 명확히 구분되지 않는 20ml 스틱형 식초를 소비자 평가용으로 제공하였으며, 이 점이 제품 이해도 및 만족도 측면에서 부정적 요인으로 작용하였다. 요리용과 음료용 식초의 용도 구분이 명확하지 않았고, 특히 음료용 식초의 경우 적정 희석 비율, 음용 방법, 부재료 혼합 방법 등에 대한 안내가 제공되지 않아 소비자 평가에 혼선을 초래한 것으로 판단되었다.

2. 소비자 평가 결과를 반영한 골드키위 식초 제품 개선 방안

요리용 골드키위 식초는 범용 요리용 식초와 유사한 수준으로 총산 함량을 5%(v/v)로 조절하고, 500ml 및 1,000ml 용량의 병 제품으로 상품화한다. 음료용 골드키위 식초는 총산 함량을 5%(v/v)로 조절하여 15ml 스틱형 제품으로 포장하고, 소비자가 쉽게 활용할 수 있도록 포장지에 음용 방법을 명확히 표기한다.

예) 음용법: 키위식초 스틱(15ml) 1개에 물 또는 탄산수 200~300ml를 희석하여 음용하며, 기호에 따라 꿀이나 메이플 시럽을 추가하여 음용해도 좋다.

다음, 개선사항을 반영하여 용량 500ml의 GK-S11%-SS 시험구 발효식초를 제조하였고, 2차 품질 및 만족도 평가를 실시하였다. 본 조사는 서울벤처대학교 발효식품경영학과 학생 20명

(주류·식초 제조 관련 전공자 포함)을 대상으로 하여 진행되었다. 그 결과, 발효식초의 맛, 균형감, 색상, 향 항목에 대한 만족도가 70.0~90.0% 수준으로 크게 향상되었으며, 종합적 기호도는 ‘만족’ 65.0%, ‘보통’ 35.0%로 전반적으로 긍정적인 평가를 받았다. 또한 요리용 식초에 대한 만족도 및 구매 의향 조사 결과, ‘구매할 것’ 55.0%, ‘보통’ 40.0%, ‘구매하지 않을 것’ 10.0%로 응답하여 상품화 가능성이 충분한 것으로 판단되었다(표 53).

표 53. 골드키위 ‘감황’ 발효식초 만족도 조사

평가항목	설문조사 결과
맛	만족(70.0%) > 보통(20.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
산미	만족(80.0%) > 보통(15.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
색	만족(85.0%) > 보통(10.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
향	만족(90.0%) > 보통(5.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
목넘김	만족(50.0%) > 보통(45.5%) > 불만족(4.5%) > 매우 불만족(0%)
종합적기호도	만족(65.0%) > 보통(35.0%) > 불만족(0%) > 매우 불만족(0%)
만족도 및 구매의향	구매할 것(55.0%) > 보통(40.0%) > 구매하지 않을 것(5.0%) > 전혀 구매하지 않을 것(0%) 

※ 만족(매우 만족 + 만족), 보통(약간 만족 + 보통), 불만족(약간 불만족 + 불만족), 매우 불만족

※ 구매할 것(반드시 구매할 것 + 구매할 것), 보통(가끔 구매할 것 + 보통이다), 구매하지 않을 것(약간 구매하지 않을 것 + 구매하지 않을 것), 전혀 구매하지 않을 것

1차 소비자평가와 2차 평가를 종합적으로 반영하여, 골드키위 ‘감황’을 활용한 소비자 선호형 발효식초 제조 공정을 다음과 같이 확립하였다. ① 발효주 제조) 키위를 파쇄·착즙한 후, 설탕을 키위 착즙액 대비 11%(w/v) 첨가하여 당도를 22°Bx로 조절하고, 키위 함량을 53.44%(v/w)로 맞춘 후 *Saccharomyces cerevisiae* NIBRFGC00050200 효모를 0.25% 첨가하여 25℃에서 7일간 발효한 뒤 착즙하여 알코올도수 약 12%(v/v)의 발효주를 제조한다. 이를 양조용수로 약 1.7배 희석하여 알코올도수 7%(v/v)의 골드키위 발효주를 수득한다. ② 발효식초 제조) 상기 발효주(알코올도수 7%(v/v)) 전체 용량의 30% 함량에 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 분말 균주 2.63%(w/v)를 접종한 후, 항아리에 담아 살균한 천으로 덮고 30℃로 조절된 인큐베이터에서 정치 상태로 7일간 배양하여 종초를 제조한다. 이후 종초에 나머지 발효주 70%를 추가로 투입하고, 발효온도 30℃ 조건에서 정치 상태로 30일간 초산 발효를 진행한다. 초산 발효가 완료된 식초 발효액은 여과주머니를 이용해 여과하여 총산 함량 약 7%(w/v)의 식초 발효 원액을 수득한다. 이를 5℃ 이하의 냉장 조건에서 보관하여 양금을 침전시킨 후, 상등액만을 옮겨 담아 침전물을 제거하고 정제수를 약 40% 첨가하여 총산 함량을 5%(w/v)로 조절하고, 규조토 여과기를 이용해 맑게 여과

한다. ③ 최종적으로 요리용 골드키위 식초는 500㎖ 및 1,000㎖ 용량의 유리병에 병입하고, 음료용 골드키위 식초는 15㎖ 스틱형 용기에 충전·밀봉하였다. 포장된 제품은 살균기를 이용해 65℃에서 20~30분간 가열 살균한 후 실온에서 냉각하여 골드키위 발효식초 제품을 완성한다(그림 38, 그림 39).



그림 39. 골드키위 발효식초

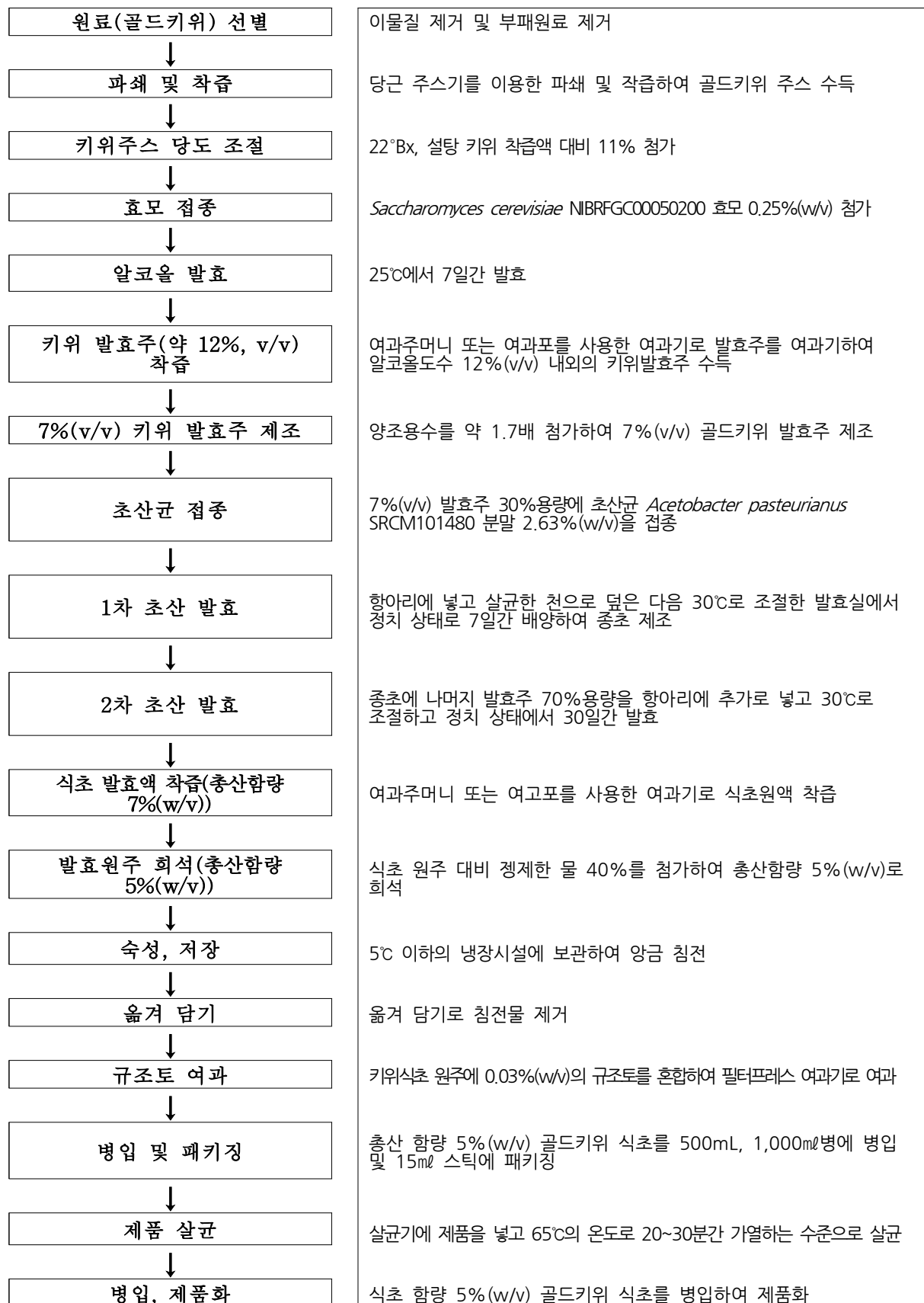


그림 38. 선정된 골드키위 발효식초의 제품 생산 공정도

골드키위 발효식초를 활용한 비알코올 음료 생산공정 및 상품 개발(25)

발효식초를 활용한 음료 개발 방향은 골드키위 ‘감황’을 이용한 발효식초 개발 연구결과로, 선정된 골드키위 식초를 베이스로 하여 소비자 선호형 비알코올성 식초 음료를 개발하는 것이다. 식초 음료는 건강 및 저칼로리 트렌드에 부합하고 다양한 소비자층의 기호를 충족시키기 위해, 저칼로리 감미료인 알룰로오스와 제주산 레몬을 활용하는 것을 기본 콘셉트로 설정하였으며, 본 연구에서는 레몬 수확 시기 불일치로 인해 칠레산 레몬을 대체 원료로 사용하였다. 또한 풍미 개선을 위해 꿀을 보조 감미원으로 활용하였다. 개발된 식초 음료는 식초·주류·음료 분야 전문가 및 소비자를 대상으로 관능검사를 실시하여 소비자 선호형 비알코올성 식초 음료를 선정하고, 최종적으로 제품 생산 공정을 확립하여 식초 음료 시제품을 제작하고자 하였다.

골드키위 발효식초를 활용한 비알코올 음료 개발에 사용한 식초 원료는 골드키위 ‘감황’에 설탕 11%(w/v)를 첨가한 후 *Saccharomyces cerevisiae* NIBRFGC00050200 효모로 발효하여 제조한 술덧을 물로 희석해 알코올도수 7%(w/v)로 조절하고, 이를 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 초산균으로 초산 발효시켜 제조한 총산 함량 약 7%(w/v)의 골드키위 식초(키위 함량 53.44%(v/w))를 사용하였다. 결정 알룰로오스는 ES식품원료(www.esfood.kr)에서 구입하였고, 아카시아꿀은 (주)아이비영농조합에서 생산한 제품을 사용하였으며, 레몬은 시중에서 구입한 칠레산 레몬을 사용하였다.

식초 음료 베이스의 배합비 설정을 위해, 알룰로오스 5%(w/v)를 용해한 희석수에 배합수 대비 골드키위 식초를 2~7%(w/v) 범위로 첨가한 시료를 제조하고, 주류 및 식초 제조 종사자와 연구자 10인을 대상으로 기호도 평가를 실시하였다. 그 결과, 키위식초를 5%(w/v) 첨가한 시료가 맛, 산미의 균형 및 전반적 기호도에서 가장 우수한 평가를 받아 비알코올성 골드키위 식초 음료의 최적 배합 비율로 선정되었다(표 54).

표 54. 식초 첨가비율에 따른 식초음료 기호도

식초첨가 비율	향기	산도	맛	질감	합계
2%	2.4	2.6	2.7	3.2	10.9
3%	3.2	4.4	3.8	4	15.4
4%	4.3	4.6	4.3	4.7	17.9
5%	4.7	4.3	4.5	4.6	18.1
6%	4.9	3.4	3.6	3.8	15.7
7%	4.7	2.1	2.5	2.8	12.1

※ 주류 및 식초제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 묘사분석으로 관능평가 실시

※ 평가측도는 1(very bad)~5(very good)로 평가한 후 평균값을 표시

알룰로오스 5%(w/v)와 키위식초 5%(w/v)를 혼합한 음료를 대상으로 단맛 조절을 위해 아카시아꿀을 0.5~3.0%(w/v) 범위로 각각 첨가하여 기호도 평가를 실시한 결과, 아카시아꿀 2.0%(w/v)를 첨가한 시료가 맛의 균형과 전반적 기호도에서 가장 우수한 평가를 받았다(표 55).

표 55. 벌꿀 첨가비율에 따른 식초음료 기호도 평가

벌꿀첨가 비율	향기	산도	맛	질감	합계
0.5%	4.5	3.9	2.7	3.6	14.7
1.0%	4.4	4.2	3	3.9	15.5
1.5%	4.3	4.1	4.1	4.2	16.7
2.0%	4.5	4.4	4.5	4.4	17.8
2.5%	4.6	4.4	4.3	4.3	17.6
3.0%	4.8	4	3.9	3.7	16.4

골드키위 식초를 활용한 비알코올 음료의 최적 배합비율은 키위식초 5%(w/v), 결정 알룰로오스 5%(w/v), 벌꿀 2%(w/v), 정제수 88%(v/v)로 설정하였으며, 기호도 향상을 위해 식초 음료 100ml당 레몬 슬라이스 2g(1조각)을 첨가하고, CO₂를 0.4%(w/v) 용해하여 패키징하는 것이 품질 및 관능 측면에서 가장 적합한 것으로 판단되었다.

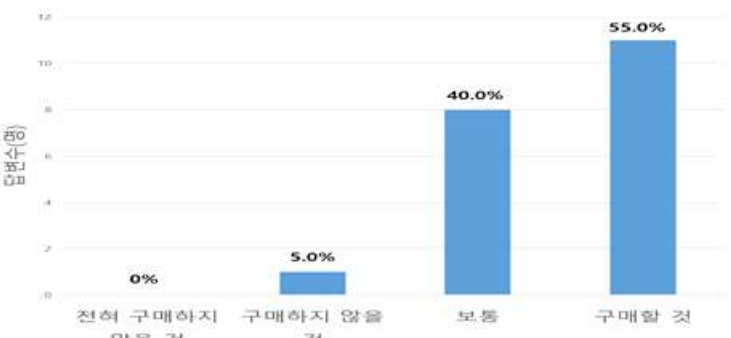
상기 배합비율로 제조한 골드키위 비알코올 식초 음료 시제품(500ml 용량)을 대상으로 품질 및 만족도 평가를 실시하였다. 평가는 서울벤처대학교 발효식품경영학과 학생(주류·식초 제조 관련 전공자 포함) 20명을 패널로 구성하여 진행하였다(그림 40).



그림 40. 품질 및 기호도 평가에 사용한 식초 음료

만족도 조사 결과, 발효식초의 맛, 균형, 색상, 향 항목에서 ‘만족’ 응답 비율이 55.0~85.0%로 나타났으며, 종합적 기호도는 ‘만족’ 60.0%, ‘보통’ 35.0%, ‘불만족’ 5.0%로 전반적으로 양호한 평가를 받았다. 또한 비알코올성 키위 식초 음료에 대한 구매 의향 조사에서는 ‘구매할 것’ 40.0%, ‘보통’ 50.0%, ‘구매하지 않을 것’ 10.0%로 응답하여 상품화 가능성이 있는 것으로 판단되었다(표 56).

표 56. 골드키위 '감황' 발효식초 만족도 조사 결과

평가항목	설문조사 결과
맛	만족(55.0%) > 보통(40.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
산미	만족(45.0%) > 보통(45.0%) > 불만족(10.0%) > 매우 불만족(0%)
색	만족(85.0%) > 보통(15.0%) > 불만족(0%) > 매우 불만족(0%)
향	만족(80.0%) > 보통(15.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
목넘김	만족(75.0%) > 보통(20.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
종합적기호도	만족(60.0%) > 보통(35.0%) > 불만족(5.0%) > 매우 불만족(0%)
만족도 및 구매의향	구매할 것(40.0%) > 보통(50.0%) > 구매하지 않을 것(10.0%) > 전혀 구매하지 않을 것(0%)  전혀 구매하지 않을 것 0% 구매하지 않을 것 5.0% 보통 40.0% 구매할 것 55.0%

※ 만족(매우 만족 + 만족), 보통(약간 만족 + 보통), 불만족(약간 불만족 + 불만족), 매우 불만족

※ 구매할 것(반드시 구매할 것 + 구매할 것), 보통(가끔 구매할 것 + 보통이다), 구매하지 않을 것 (약간 구매하지 않을 것 + 구매하지 않을 것), 전혀 구매하지 않을 것

선정된 골드키위 '감황' 식초음료에 대한 만족도 조사 결과, 패널들이 제시한 신제품 개선점 및 제언 사항은 다음과 같다.

1. 소비자 평가에 제공된 식초음료의 개선점 및 제언

단맛이 약간 더 있으면 기호도가 높아질 것 같다는 의견, 신맛이 다소 더 강화되었으면 좋겠다, 향의 강도가 다소 약하다 등 전체적인 맛이 조금 더 진했으면 좋겠다, 오렌지 향은 느껴지나 키위 고유의 향미 인지가 약하다는 의견이 개선점으로 나타났고, 목넘김이 부드러워 음용감이 좋다는 긍정적 평가, 식초음료에 대한 건강 기능성 인식 및 홍보 강화 필요성 제기 되었으며 레몬·라임·청귤 계열의 시트러스 향이 맛으로 연결되도록 산미와 당도를 조절하면 탄산에서 느껴지는 쓴맛을 완화할 수 있을 것이라는 제안이 있었다.

2. 소비자 평가 결과를 반영한 골드키위 식초음료 개선 방향

단맛 및 향을 강화하면 기호도가 높아질 수 있다는 의견이 있었으나, 본 제품은 저칼로리·기능성·건강 지향 식초음료를 지향하는 제품コンセプト에 따라, 향료 및 당류의 추가 첨가는 바람직하지 않다고 판단하여 반영하지 않았다. 신맛을 더 강화하였으면 좋겠다는 의견에 대해서는 식초 함량을 달리한 관능평가 결과, 식초 6%(v/v) 이상 첨가 시 기호도가 급격히 저하되는 경향을 보여 반영하지 않았다. 반면, 기능성·건강 이미지 및 효능에 대한 인식 제고 필요성은 타당하다고 판단되어, 골드키위 식초음료 제품 레이블에 반영하는 방향으로 개선하고자 한다.

골드키위 식초를 첨가한 비알코올 음료의 배합비 연구 결과, 키위 발효식초 음료 제품은 골드키위 ‘감황’ 함량 53.44%(v/w) 조건으로 발효한 술덧을 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 균주로 초산 발효하여 제조한 식초를 5%(w/v) 사용하고, 결정 알룰로오스 5%(w/v), 벌꿀 2%(w/v), 정제수 88%(v/v)를 배합하고 기호도 향상을 위해 식초 음료 100ml당 레몬 슬라이스 2g(1조각)을 첨가하고, CO₂를 0.4%(w/v) 용해한 후 알루미늄 캔에 충전하여 제품화하는 공정이 비알코올성 골드키위 식초 음료의 최적 생산 공정으로 판단되었다(그림 41, 그림 42).

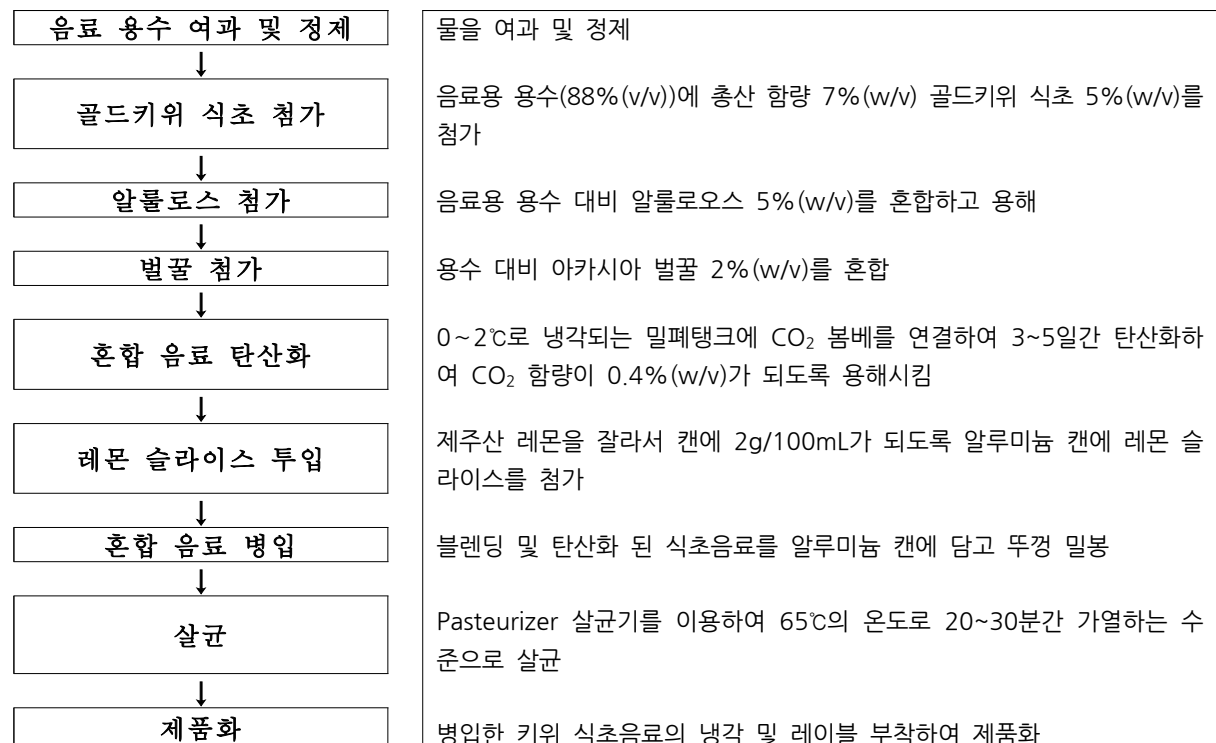


그림 41. 골드키위 ‘감황’ 식초음료 제품 생산 공정도



그림 42. 골드키위 ‘감황’ 식초음료

최적화된 키위 증류주 및 하이볼 형태 알코올음료, 천연발효식초 및 비알코올 식초음료의 개발로 확보한 제조기술을 중소규모 주류, 음료 제조업체에 표준화된 생산공정 기술이전으로 키위 수요처 확보 및 부가가치 창출에 기여할 수 있을것으로 기대된다. 키위를 활용한 기존 제품과 차별화된 주류 및 음료 제품을 사업화할 경우 매년 7만 병*을 생산하는 것으로 가정 하였을때 연간 4억원의 수익창출이 기대 되며(표 57), 매년 감황 키위 19,900kg을 구매하여 연간 9천만 원의 농가소득 증대에 기여할 것으로 추정된다(표 58).

* 키위 증류주(1만 병, 단가 1만원), 키위 알코올음료(3만 캔, 단가 4천원), 키위 발효식초(1만병, 단가 2만원), 키위식초음료(2만 캔, 단가 4천원)

표 57. 골드키위 감황 개발 제품의 경제성 분석

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 증가되는 비용: - 주류 제조 시설 기존 장비 활용 및 보완 - 식초 제조설비 설치 - 계(A) : 100,000,000원	○ 증가되는 이익 - 키위증류주 1만 병 생산(단가 10,000원) - 키위 알코올 음료 3만 캔 생산(단가 4,000원) - 키위 발효식초 1만 병 생산(단가 10,000원) - 키위 식초음료 2만 캔 생산(단가 4,000원) - 계(B) : 400,000,000원
○ 추정수익액(B-A): 400,000,000 - 100,000,000 = 300,000,000원	

표 58. 골드키위 감황 개발 제품 생산에 따른 농가소득 증대 기여도 분석

구분	키위 증류주	키위 알코올음료	키위 발효식초	키위 식초음료
연간 제품 제조 수량(병, 캔)	10,000	30,000	10,000	20,000
병당(500ml기준) 키위 사용량(kg)	1.47	0.02	0.4	0.03
연간 키위사용량(kg)	14,700	600	4,000	600
키위 kg당 구매 단가(원)	4,500	4,500	4,500	4,500
키위 구매 금액(원)	66,150,000	2,700,000	18,000,000	2,700,000

(2) 정량적 연구개발성과

성과지표명		연차		당해년차 (2024)		2년차 (2025)		계		가중치 (%)	비고*
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
특허 출원건수	국내출원	-	-	1	1	1	1	10			
기술실시(이전) 등록건수-유상		-	-	-	1	-	1	-			
기술실시(이전) 등록건수-무상		-	-	2	2	2	2	10			
학술발표	국내발표	2	2	2	4	4	6	15			
농가기술지도.컨설팅, 현장기술지원 건수		3	3	3	3	6	6	10			
영농정보		1	1	2	3	3	4	20			
기능성물질, 소재 개발 건수		-	-	1	1	1	1	5			
시험제품제작 등록건수		2	2	3	4	5	6	15			
홍보점수		2.0	6.7	3.0	9.5	5.0	16.2	10			
농가소득증가율(%)		3.5	48.8	4.0	26.6	7.5	75.4	5			
계		13.5	63.5	21	55.1	34.5	118.6	100			

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2024년도 (사)동아시아식생활 학회 추계학술대회	정철	2024-11-08	경희대학교	대한민국
2	2024년 한국산학기술학회 추계학술대회	정철	2024-12-20	천안	대한민국
3	2025년 한국영양학회	김진영	2025-10-31	서울드래곤시티	대한민국
4	2025년 한국영양학회	정철	2025-10-31	서울드래곤시티	대한민국
5	2025년 한국감귤아열대과수학회	김권수	2025-11-20	서귀포농업기술센터	대한민국
6	2025년 한국감귤아열대과수학회	김권수	2025-11-20	서귀포농업기술센터	대한민국

[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	골드키위 증류주 제조방법 및 이에 따라 제조된 골드키위 증류주	대한민국	문애경	2025-07-11	10-2025-0 093549	-	-	-	-	100%	기술 이전

[경제적 성과]

□ 시험제품 제작

번호	시험제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요기간
1	증류주(키위 활용 저도 증류주)	2024-12-18	술도가제주 바당	술도가제주 바당	골드키위 이용 소비 자 선호형 제품 개발(시제품 제작: 저도 증류주)	12
2	하이볼 유형의 알콜음료	2024-12-18	술도가제주 바당	술도가제주 바당	골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발 (시제품 제작: 하이볼유형의 알콜 음료)	12
3	골드키위 밀크잼	2025-12-02	제주특별자치도농 업기술원	제주특별자치도 농업기술원	골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구(밀크잼)	12
4	골드키위 곤약젤리	2025-12-02	제주특별자치도농 업기술원	제주특별자치도 농업기술원	골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구(밀크잼)	12
5	발효식초	2025-12-02	술도가제주 바당	술도가제주 바당	골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발(발효식초)	12
6	식초음료	2025-12-02	술도가제주 바당	술도가제주 바당	골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발(식초음료)	12

□ 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	기타	국내육성 골드키위 단기간 저온저장 출하시 수확 후 관리 방법	한라골드영농조합법인	2025-11-13	0	
2	기타	국내육성 골드키위 단기간 저온저장 출하시 수확 후 관리 방법	성산일출봉농협	2025-11-27	0	
3	기타	골드키위 증류주 지식재산권 통상실시	농업회사법인술도가제주바당(주)	2025-11-28	756,000	756,000

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	언론홍보	제주매일 등 8건	제주 농업기술원, 골드키위 장기 저장 기술 개발 착수	2024-10-17
2	언론홍보	제주매일 등 3건	제주도농업기술원 농업기술 성과 확산 '우수'	2024-11-22
3	언론홍보	제주매일 등 13건	골드키위 '감황', 14주 동안 신선도 유지 장기저장 기술 개발	2025-05-02
4	언론홍보	제주일보 등 12건	국내육성 골드키위, '스위트골드', '감황' 가공상품화 추진	2025-05-22

[그 밖의 성과]

□ 농가기술지도/컨설팅/현장기술지원

번호	연도	성과제목	비고
1	2024	골드키위 저장성 향상 기술보급 현장컨설팅	3건
2	2025	골드키위 저장성 향상 기술보급 현장컨설팅	2건
3	2025	골드키위 증류주 제조기술 현장컨설팅	1건

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

- 골드키위 '감황' 부가가치 향상 시제품 제조 기술 실용화: 기술이전(유상) 1건

(5) 목표 달성 수준

- 작목 육성 성과

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ 농가소득증대 ('22)346억 원 → ('27)400	○ 농가소득액 ('25)512억 원	○ 128%
○ 국내육성 골드키위 '감황' 재배면적 확대('22)14.3ha → ('27) 50ha	○ 국내육성 골드키위 '감황' 재배면적 ('25) 20ha	○ 40%

- 과제 추진 성과

추진 목표	달성 내용	달성도
○ 국내육성 골드키위 ‘감황’ 유통수급 조절을 위한 저장성 향상 기술 연구	○ 골드키위 예조·예냉 처리에 따른 저장 효과 구명, 수확 후 에틸렌 반응 억제 처리에 따른 장기 저장효과 구명 * 정량성과: 학술발표(2건), 영농정보(2건), 기술이전(2건), 컨설팅(5건), 홍보실적(10.5점)	○ 100%
○ 국내육성 골드키위 이용 가공 소재화 및 상품화 연구	○ 골드키위 가공소재 개발 및 특성 구명, 소재활용 시제품 개발 - 골드키위 가공소재화(감압농축액, 제습건조분말) 및 소재활용 시제품(밀크잼, 곤약젤리) 개발 * 정량성과: 학술발표(1건), 영농정보(1건), 소재개발(1건), 시제품개발(2건), 홍보실적(5.7점)	○ 100%
○ 국내 육성 골드키위 이용 소비자 선호형 제품 개발	○ 골드키위 소비자 선호형 제품 개발 - 골드키위 ‘감황’ 활용 증류주 및 발효식초 등 공정 개발 * 정량성과: 학술발표(3건), 특허 출원(1건), 기술이전(1건), 영농정보(1건), 컨설팅(1건), 시제품개발(4건)	○ 100%

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

□ 작목 육성 성과 미달성 건

○ 국내육성 골드키위 ‘감황’ 재배면적 미달성

- 추진목표: ‘감황’ 재배면적 확대 ’22) 14.3ha → ’27) 50ha
- 추진실적: ‘감황’ 재배면적 확대 ’22) 14.3ha → ’25) 20ha
- 과수 재배 특성상 식재 후 결실까지 일정 기간이 소요되어 단기간 소득 창출이 어려움에 따라 농가의 재배 전환이 신중하게 이뤄지고 있어 기존 재배 농가의 품종 전환 속도가 더딘 애로사항이 있음
- 다만, 골드키위 ‘감황’ 특산화를 위해 저장성 향상 기술 개발, 품질 향상 및 생력화 기술, 가공상품화 연구 등을 추진함에 따라, 연구 성과의 농가보급, 기술이전, 유통·판로 확대 기반이 구축되고 있어 향후 재배면적은 점차 확대 될 것으로 예상되며, ’27년까지 재배면적 50ha를 달성은 중장기적으로 충분히 가능할 것으로 판단됨

2) 자체 보완활동

□ 재배면적 확대를 위한 보완 추진

○ 재배 안정성 및 소득 연계 강화

- ‘감황’ 재배 농가를 대상으로 수확 후 관리 기술, 저장·유통 관리 등 현장 컨설팅 및 기술이전으로 품질 균일화 및 저장성 향상을 통한 저장·유통 안정성을 제고하고, 이를 통해 농가 소득 안정 기반 강화

- 가공·상품화 성과 연계
 - 증류주, 식초, 식초음료 등 가공·상품화 성과를 산업체 이전하여 원물 소비처를 다변화하고 가공용 원료 수요 창출을 통한 재배 확대 유인

3) 연구개발 과정의 성실성

- 연구개발 추진을 위한 충실성 확보
 - 연구 목표 달성을 위한 연구과제 성실 수행
 - 목표 달성을 위해 연차별 연구계획에 따라, 저장, 가공, 상품화, 소비자 평가 등 전 연구과정을 체계적으로 추진하여 과제를 수행하였음
 - 현장 중심 연구
 - 농업인 대상 현장 컨설팅, 산업체 기술이전 등을 통해 연구 성과를 현장에 적용하고 실효성을 높이기 위해 지속적으로 노력함
 - 재배 확대 기반 구축을 위한 성과 확보
 - 재배면적 확대에 앞서 저장성 향상 기술, 가공·상품화 기술 개발, 산업체 기술이전 등 실질적인 부가가치 창출 성과를 우선적으로 확보하여 중장기적인 재배 확대 기반을 마련하였음

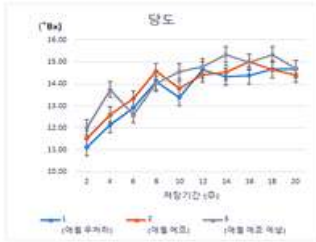
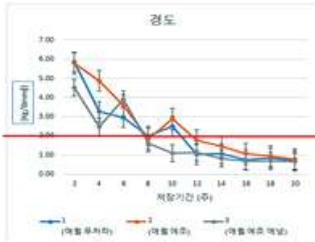
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

- 국내육성 골드키위 부가가치 향상 및 산업화 기반 구축
 - 국내육성 품종 활용성 확대 및 부가가치 창출
 - 생과 위주 소비에서 벗어나 증류주, 발효식초, 식초음료 등 고부가가치 가공 상품 개발을 통해 국내 육성 품종의 활용 범위를 확대하였음
 - 원물 소비 한계를 보완하여 가공용 수요를 창출함으로써 농가소득 증대 및 재배 확대 기반 마련
 - 기술이전을 통한 산업체 실용화
 - 골드키위 ‘감황’ 증류주 제조 기술에 대해 특허출원 및 산업체 기술이전으로 연구 성과의 실질적 활용 및 실용화
 - 지역 농식품 산업 및 관련 분야 기여
 - 지역특화작목 골드키위 가공 기술 개발로 지역 농식품 산업 경쟁력 강화에 기여

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 개발 기술 산업화를 위한 기술이전
 - 골드키위 가공 기술(증류주, 발효식초 등) 산업현장 적용 및 실용화
- 국내육성 골드키위 재배 확대
 - 농가 교육, 현장 컨설팅을 통한 재배·저장·유통 안정화 및 품질 향상 노력 지속
 - 가공용 수요 창출로 국내육성 품종 재배면적 확대
 - ‘감황’ 재배확대: ’22) 14.3 → ’24) 20.8 → ’27) 50.0ha

영농정보 요약

활용구분	영농기술				영농정보			
	신기술 시범사업		현장실증 연구		농업기술 길잡이		교육· 현장연시	국가농업 기술포털 ○
제 목	국내육성 골드키위 ‘감황’ 단기간 저온저장 출하시 수확후 관리 방법							
활용분야	과수							
검 색 어	골드키위, 저장성향상, 예조처리							
활용내용 요 약	□ 배경 ○ 과실 수확 후 다양한 전처리 방법을 골드키위 ‘감황’에 적용하여 저온저장중 과실 품질의 변화 분석 및 출하시기의 다양화를 위한 수확후 관리기술 개발 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 과실 수확후 관리기술로 저장고 입고전 예조처리(상온에서 24시간 건조)가 단기간 저온저장후 출하시 가장 효과적이었음 - 예조처리가 10주미만의 단기간 저장기간에서는 후숙 진행은 늦춰지며, 품질변화도 가장 적었음. - 예조처리가 당함량, 산함량 모두 다른 처리보다 초기에는 유의차 있게 높게 유지되며, 저장기간이 길어지면서 산함량은 감소하고 10주를 기반으로 큰폭으로 떨어짐. - 경도의 변화는 예조처리에서 유의차 있게 높고, 저장 8주 이후 후반기에는 과실 이송에 문제가 발생하는 경도값인 2kg/8mm ϕ 까지 감소하여 후숙으로 판단됨    □ 파급효과 ○ 국내육성 골드키위 ‘감황’ 저장 전처리 기술개발 및 특성 구명 ○ 과실 수급 조절을 위한 안정적인 저장기술 정보 제공으로 농가 수익재배 안정화 도모							
연구개발 과 제	예산사업명	지역농업연구기반 및 전략작목육성_지역특화작목기술개발						
	연구개발과제명	(과제번호: RS-2024-00439674)국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구						
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도 농업기술원 과수연구과 김권수 (전화 : 064-760-7422, e-mail : Gwon95@korea.kr)						
	공동개발자	제주특별자치도 농업기술원 과수연구과 박재홍 제주특별자치도 농업기술원 과수연구과 김보하						

국내육성 골드키위 ‘감황’ 단기간 저장 출하시 수확후 관리방법

□ 배경

- 과실 수확후 다양한 전처리 방법을 골드키위 ‘감황’에 적용하여 저온저장중 과실품질에 변화 분석 및 출하시기의 다양화를 위한 수확후 관리기술 개발

□ 영농기술정보 개요

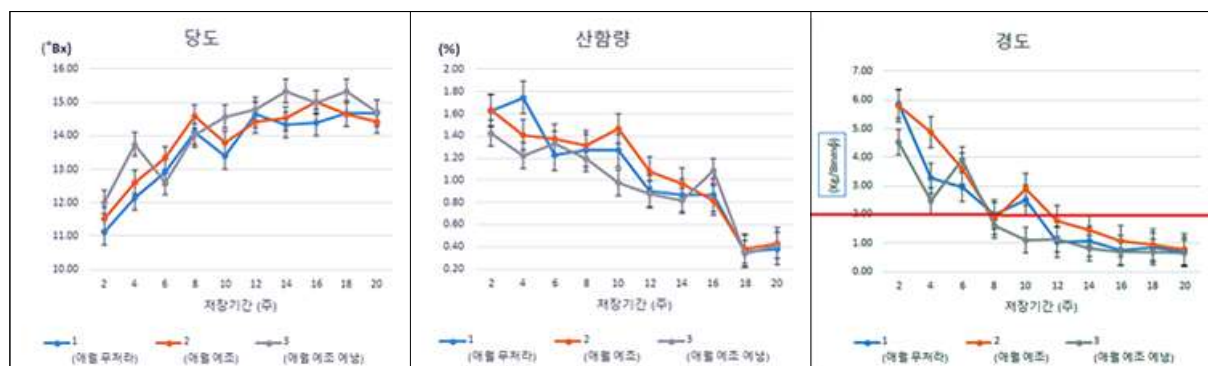
- 과실 수확후 관리기술로 예조처리(상온에서 24시간 건조)가 단기간 저온저장에는 가장 유효한 처리 방법임. 예조처리가 단기간 저장기간중에는 후숙 진행을 늦추게 되며, 저온저장중 품질변화도 가장 적게함으로써, 단기간 저장후 상품을 출하 하는 경우 예조 처리가 가장 효과적이었음

□ 연구결과

- 저장전 전처리에 따른 과실 품질 변화

조사 시기 (저장기간)		10.26 (2주)	11.09 (4주)	11.23 (6주)	12.08 (8주)	12.21 (10주)	01.04 (12주)	01.18 (14주)	02.01 (16주)	02.16 (18주)	02.29 (20주)
당도 (°Bx)	무처리	11.1b ^y	12.2c	12.9a	14.1a	13.4b	14.6a	14.3b	14.4a	14.7b	14.7a
	예조	11.5a	12.6b	13.4a	14.6 a	13.8 b	14.4a	14.5a	15.0a	14.6b	14.4a
	예조-예냉	12.0a	13.7a	12.6b	14.0a	14.6 a	14.8a	15.3a	15.0a	15.3a	14.7a
산함량 (%)	무처리	1.63a ^y	1.75a	1.23b	1.27b	1.27b	0.90b	0.87b	0.87a	0.36a	0.38b
	예조	1.63a	1.41b	1.37a	1.31a	1.46a	1.08a	0.97a	0.82a	0.38a	0.44a
	예조-예냉	1.42b	1.22c	1.33a	1.20c	0.98c	0.88c	0.82b	1.08a	0.34a	0.41a
경도 (kg/ø8mm)	무처리	5.86a ^y	3.27b	2.96b	2.00a	2.50b	1.03b	1.06b	0.74b	0.85b	0.69b
	예조	5.79a	4.88a	3.59a	1.85a	2.88a	1.77a	1.45a	1.07a	0.95a	0.78a
	예조-예냉	4.53b	2.49c	3.92a	1.62a	1.11c	1.13b	0.80c	0.70b	0.70c	0.66b

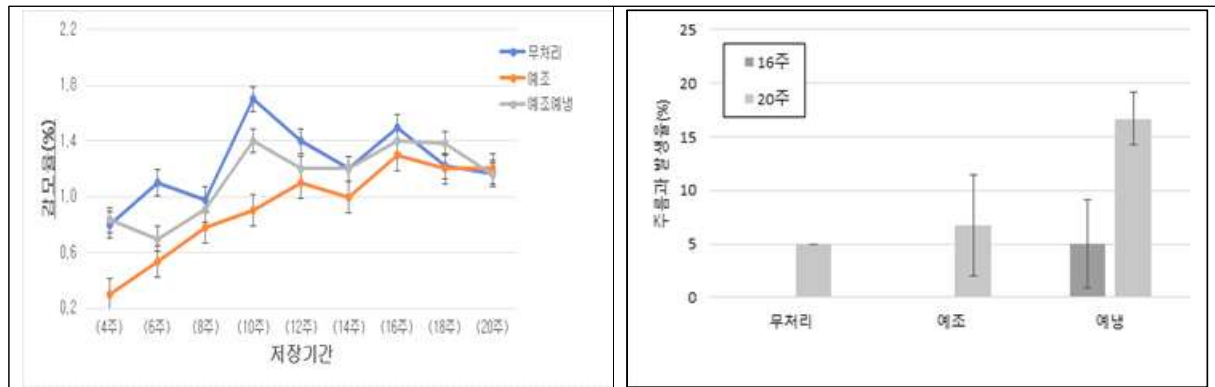
^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.



- 기간별 당도의 변화는 예조처리후 저장 10주 까지가 유의차 있는 증가를 보임

- 산함량의 변화는 저장 기간이 증가 하면서 대체적으로 감소.
- 예조처리가 당함량, 산함량 모두 다른 처리보다 유의차 있게 높게 유지되며, 저장 기간이 10주를 기반으로 산함량은 큰폭 감소

○ 저장전 전처리에 따른 감모율 및 주름과 발생율



- ‘감황’ 과실에서 경도의 변화는 예조처리가 유의차 있게 다소 높게 유지
- 저장 8주 이후 후반기에는 과실의 이송에 문제가 발생하는 경도값인 2kg/8mm ϕ 이하 까지 감소함으로 후숙으로 판단
- 감모율의 변화는 예조처리가 전체 저장기간에서 다른 처리보다 적었으나, 16주 이후는 주름과들이 발생 하여 과실 품질이 저하됨.

□ 파급효과

- 국내육성 골드키위 ‘감황’ 저장 전처리 기술개발 및 특성 구명
- 과실 수급조절을 위한 안정적인 저장 기술 정보 제공으로 농가 수익재배 안정화

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 없음

골드키위 '감황' 단기간 저장 출하시 수확후 관리 방법은?

□ 키위 수확후 관리 현황은?

- 키위는 수확 후 후숙해 먹는 과일로 수확시기 및 수확 후 관리방법에 따라 과실 품질 차이가 크며, 품질변화 없이 장기간 저장을 위해서 유공 비닐로 포장 후 온도 1℃의 저온에서 저장을 한다. 또한 출하시기를 조절하기 위해서도 수확 후 저장 처리가 필수적으로 요구된다.

□ 예조처리란 ?

- 수확한 과실이나 채소를 저장전에 상온에서 일정기간 두어 말리는 방식의 처리 방법으로, 저장중에 발생하는 내부조직의 수분증산을 억제 시키기 위한 방법이다. 또한, 농산물의 수확 과정중에 생긴 상처를 치유하는 과정의 큐어링의 효과도 겸하게 된다. 국내산 키위 '감황'의 전처리로 예조처리(상온에서 24시간 건조)가 단기간 저장 출하를 위해서는 가장 효과적인 방법이다.

□ 키위의 수확후 단기간 저장후 출하시 효율적인 전처리 관리는?

- 과실 수확 후 관리기술로 저장고 입고전 예조처리(상온에서 24시간 건조)에서 후숙 진행을 늦추게 되고, 품질변화도 가장 적게됨으로서, 단기간 저장후 상품을 출하하는 경우 예조 처리가 가장 유효한 처리방법이다.
- 저장기간별 당도의 변화는 예조처리후 저장 2개월까지는 유의차 있게 증가한다.
- 예조처리가 당함량, 산함량 모두 다른 처리보다 유의차 있게 높게 유지되며, 저장기간이 증가하면서 산함량은 감소 경향으로, 10주를 기반으로 크게 감소한다.
- 경도의 변화는 예조처리에서 유의차 있게 높으며, 저장 8주까지는 과실 유통 과정에 관리문제가 발생하는 수치 2kg/8mm ϕ 이상으로 유지된다.

영농정보 요약

활용구분	영농기술			영농정보				
	신기술 시범사업		현장실증 연구	농업기술 길잡이		교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털
제 목	국내육성 골드키위 ‘감황’ 중장기 저장성 향상 수확후 관리기술							
활용분야	과수							
검 색 어	골드키위, 저장성향상, 예조처리							
활용내용 요 약	□ 배경 ○ 과실 수확 후 다양한 전처리 방법을 골드키위 ‘감황’에 적용하여 과실 품질에 미치는 영향 요인 및 과실의 중장기 저장 특성을 구명							
	□ 개발된 영농정보 내용 산함량 당도 경도 건물율 ○ 10주~16주 까지 중장기 저장기간 중에는 1-MCP 처리가 후숙 진행이 늦고, 품질도 가장 적은 변화를 보여 10~14주 저온저장 후 상품을 출하하는 것이 가장 효과적임 □ 파급효과 ○ 국내육성 골드키위 ‘감황’ 저장 특성 구명 및 전처리 기술개발로 수급조절을 위한 정보 제공, 농가 재배 안정화 도모							
연구개발 과 제	예산사업명	지역농업연구기반 및 전략작목육성_지역특화작목기술개발						
	연구개발과제명	(과제번호: RS-2024-00439674)국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구						
연 구 개 발 자	주연구개발자	제주특별자치도 농업기술원 기술지원조정과 김권수 (전화 : 064-760-7543, e-mail : Gwon95@korea.kr)						
	공 동 개 발 자	제주특별자치도 농업기술원 과수연구과 박재홍 제주특별자치도 농업기술원 과수연구과 김보화						

국내육성 골드키위 '감황' 중장기 저장성 향상 수확후 관리기술

□ 배경

- 과실 수확후 다양한 전처리 방법을 골드키위 '감황'에 적용하여 과실품질에 미치는 영향요인 및 과실의 중장기 저장 특성을 구명

□ 영농기술정보 개요

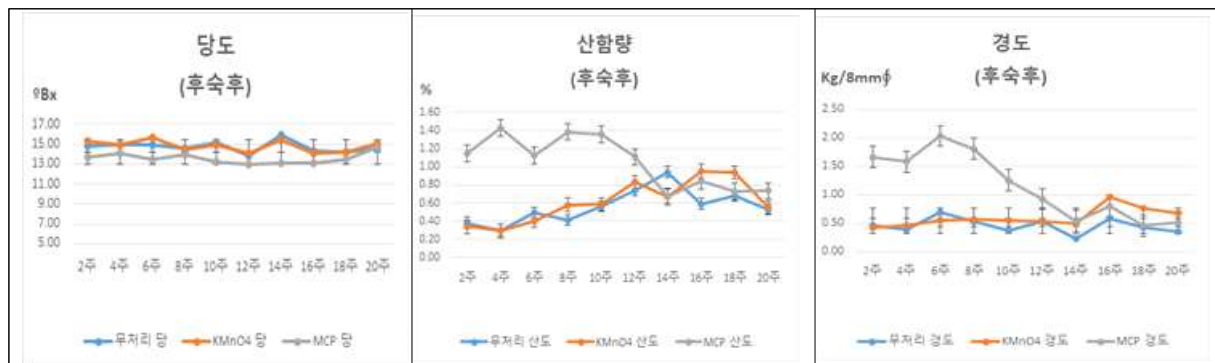
- 1-MCP 처리로 단기간 저장 후(10주 미만) 과실 인위적 후숙을 진행하는 경우 후숙처리가 저해되는 것으로 보이며, 저장 후 정도 2kg/φ8mm 이상을 유지하여 출하하기 위해서는 10~14주 저온저장 후에 출하하는 것이 가장 효과적임

□ 연구결과

- 저장전 전처리에 따른 과실 품질 변화

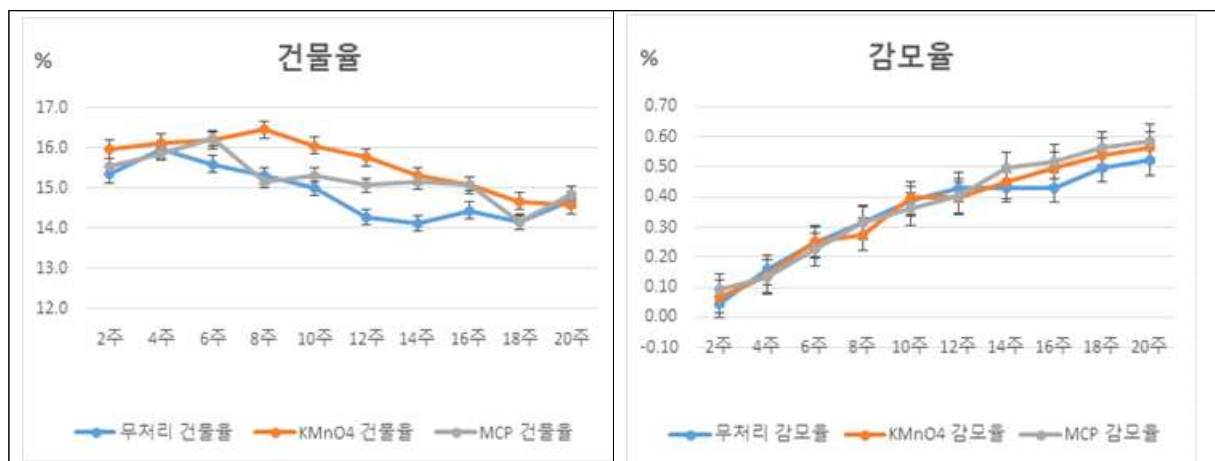
조사 시기 (저장기간)		10.26 (2주)	11.09 (4주)	11.23 (6주)	12.08 (8주)	12.21 (10주)	01.04 (12주)	01.18 (14주)	02.01 (16주)	02.16 (18주)	02.29 (20주)
처리별 품질											
당도 (°Bx)	무처리	11.2a ^z	11.7a	13.3a	13.9a	14.4ab	14.0a	13.5a	13.3a	14.4a	13.9a
	KMnO ₄	11.7a	11.6a	13.3a	13.8ab	14.8a	12.8b	13.5a	14.0a	14.1a	13.5a
	1-MCP	10.6a	12.4a	12.6a	12.5b	13.4b	12.3b	13.6a	13.3a	13.2a	13.4a
산함량 (%)	무처리	1.29b	1.39a	1.13b	0.99c	0.73c	0.97c	0.74b	0.72a	0.65b	0.74b
	KMnO ₄	1.36ab	1.54a	1.43a	1.44ab	1.21b	1.23ab	0.95a	0.75a	0.84a	0.88a
	1-MCP	1.64a	1.42a	1.34ab	1.50a	1.52a	1.32a	0.92ab	0.79a	0.70ab	0.75b
경도 (kg/φ8mm)	무처리	3.9a	3.2a	3.0a	1.4c	1.2b	0.8c	0.6b	0.5b	0.51a	0.64b
	KMnO ₄	5.0a	3.9a	3.2a	3.3b	1.9b	1.7b	1.3ab	0.8ab	0.64a	0.89a
	1-MCP	5.2a	5.0a	4.6a	4.6a	3.9a	3.2a	2.0a	0.8a	0.71a	0.70ab
건물율 (%)	무처리	15.3a	16.0a	15.6a	15.3b	15.0a	14.3b	14.1b	14.5a	14.2a	14.7a
	KMnO ₄	16.0a	16.1a	16.2a	16.5a	16.1a	15.1ab	15.3a	15.7a	14.7a	14.6a
	1-MCP	15.6a	15.9a	16.2a	15.2b	15.3a	15.8a	15.2ab	15.2a	14.2a	14.9a
감모율 (%)	무처리	0.05a	0.16a	0.25a	0.32a	0.39a	0.43a	0.43a	0.43a	0.50a	0.52a
	KMnO ₄	0.07a	0.14a	0.25a	0.28a	0.40a	0.40a	0.45a	0.50a	0.54a	0.56a
	1-MCP	0.09a	0.14a	0.23a	0.32a	0.36a	0.41a	0.50a	0.52a	0.56a	0.59a

^z Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level



- 당도 변화는 모든 전처리에서 완만한 증가를 보임
- 산함량 변화는 저장기간이 경과할수록 대체적으로 감소하는 경향이나, 저장기간 14주까지는 1-MCP, 과망간산칼륨이 대체로 높음
- ‘감황’ 과실에서 경도는 1-MCP 처리에서 저장기간 14주까지 유효하게 높게 유지됨
- 저장 16주 이후 후반기에는 모든 처리의 경도가 감소하였고 이는 후숙으로 인해 감소된 것으로 판단됨

○ 저장전 전처리에 따른 건물물 및 감모율



- 건물물의 변화는 모든 처리에서 저장기간이 진행되면서 완만한 감소를 보였으며, 과망간산처리에서 높은 값으로 유지되며 감소함
- 감모율의 변화는 저장기간이 지나면서 모든 처리에서 대체적으로 증가하는 경향이며, 통계적 유의차 없이 비슷한 수치를 보임

□ 파급효과

- 국내육성 골드키위 ‘감황’ 저장 특성 구명 및 전처리 기술개발로 파실 수급조절을 위한 정보 제공으로 농가 수익재배 안정화 도모

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 키위 ‘감황’ 품종에 대한 저장 기술 관련 영농활용기술 없음
- 참고 영농기술정보

연 번	활용 분야	영농활용기술명	개발연 도	개발자
1	과수	‘스위트골드’ 키위의 수확시 정도별 적정 저장온도	2022	양해조
2	과수	저장온도별 다래 ‘만수’ 저장기간	2013	조운섭
3	과수	참다래 ‘헤이워드’ 품종의 선도유지 저장을 위한 1-MCP 처리방법	2010	송은영
4	과수	참다래 1-MCP 전처리를 통한 저장력 증진	2010	박용서
5	과수	참다래 신품종 ‘제시골드’ 저온 저장 특성	2009	이진수

키위 중장기 저장을 위한 후숙시기 조절

□ 후숙진행 조절이 필요성 ?

- 키위는 출하시기를 조절하기 위해 3~5개월 저장 유통하기 때문에 수확 후 저장 관리가 필수적으로 요구되며 전형적인 후숙형 과일로 수확 후 관리방법에 따라 과실 품질 차이가 커, 품종별 품질유지를 위해 후숙제어 기술 체계가 필요하다.

□ 후숙은 어떻게 진행하나요 ?

- 외부 에틸렌처리로 과실의 후숙을 촉진하며, 그과정은 과실 경도감소와 함께 내부 에틸렌발생량, ACC synthase(ACS), ACC oxidase activities(ACO) 활성을 증가시켰다. 에틸렌처리는 과실 연화를 촉진하였는데, 이때 유리당 증가와 함께 cellulose, hemicellulose, uronic acid 함량, polygalacturonase(PG), β -glucosidase 활성을 증가시키는 경향을 보였다. 또, 에틸렌처리는 과실 내 total phenolics, flavonoid와 항산화도를 증가시켰다.

□ 장기저장을 위한 화학적 처리제는

- 1-MCP: 1-Methylcyclopropene으로 화학구조적으로 ethylene과 매우 유사하여 키위 세포벽에 에틸렌과 반응하는 단백질 수용체에 높은 친화력으로 먼저 결합함으로써 에틸렌 작용 저해제 역할을 하게 된다. 키위는 저장 중 에틸렌 발생량이 적은 과일에 속하지만, 외래 에틸렌에는 매우 민감한 반응을 보이게 되므로, 그 반응 수용체를 MCP가 높은 친화력으로 선점하게 되어 에틸렌 작용을 방해하는 장기저장 기술에 많이 사용되고 있다. 1-MCP의 사용은 주로 식물종, 성숙 상태, 농도수준, 저장조건 등에 의존하게 된다. 1-MCP 처리구가 무처리 비교시 유의하게 높은 경도차를 보였다. 당도의 변화는 대체적으로 저장기간이 길어짐에 따라 과숙이 점차 빠르게 진행되었으며, 산도는 저장초기에는 MCP 처리구가 높게 유지되지만, 저장일수가 늘어나면서 모두 급속히 감소하였다.
- KMnO_4 : (과망간산 칼륨) 킬레이트 흡착 첨가제
과망간산칼륨은 천연제올라이트에 흡착시켜 제형화 되어 에틸렌의 이중결합을 산화반응시켜 분해하는 기능으로 과실에서 발생하는 에틸렌 가스를 제거하는 역할을 한다.

영농정보 요약

활용구분	영농기술				영농정보			
	신기술 시범사업		현장실증 연구		농업기술 길잡이		교육· 현장연시	국가농업 기술포털 ○
제 목	골드키위 건조분말 활용 밀크잼 제조							
활용분야	농산물가공이용							
검 색 어	국내육성, 골드키위, 제습건조분말, 밀크잼, 제조공정							
활용내용 요 약	□ 배경 ○ 골드키위 재배면적은 증가추세이며 제주는 전국 생산량 1위 주산지임 ○ 제주산 국내육성 골드키위의 소비 촉진과 품목 다양화를 위한 가공품 개발 필요 ○ 건강 영양간식, 프리미엄 간식을 선호하는 소비 트렌드에 따라 당 절임 잼을 대체한 밀크잼 가공 제품개발 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 골드키위 건조분말 활용 밀크잼 재료 및 함량(500g기준) - 골드키위 분말 28g, 우유 307g, 생크림 153g, 설탕 12g ※ 골드키위 제습건조 분말 제조 · 세척, 건조 → 박피, 절단 → 제습건조(50℃, 60시간) → 재료 분쇄 → 체질(100mesh) ○ 제조 공정 재료 칭량 → 혼합 → 가열 → 병입 → 방냉 후 냉장 85-90℃, 10분30초 4℃ - 우유 단백질인 카제인은 pH4.6이하에서 응고됨 - 골드키위 건조분말을 28g(5.6%)으로 하였을때 pH는 4.9로 우유단백질 응고가 일어나지 않으며, 총 폴리페놀 1.2mgGAE/g을 포함하고 발림성, 맛, 질감, 기호도가 가장 우수하였음 ※ 주요 영양성분 함량(100g당): 단백질 5g, 칼슘 242mg, 칼륨 373mg, 비타민C 40mg □ 파급효과 ○ 국내육성 골드키위 가공기술 개발을 통한 부가가치 향상 및 농가소득 증대 ○ 영양학적으로 강화된 제품 개발을 통한 소비자 건강증진 기여							
연구개발 과 제	예산사업명	지역농업연구기반 및 전략작목육성_지역특화작목기술개발						
	연구개발과제명	(과제번호: RS-2024-00439674)국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구						
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 미래농업육성과 김진영 (전화 : 064-760-7321, e-mail : finekky@korea.kr)						
	공동개발자	제주특별자치도농업기술원 미래농업육성과 강상훈, 김순영, 강다영						

골드키위 건조분말 활용 밀크잼 제조방법

□ 배경

- 제주는 전국 키위생산량 1위 주산지이며, 국내육성 골드키위 재배면적은 증가 추세임
 - 제주 키위 재배 현황('24): 408ha(전국 1,360ha의 30%), 11,918톤(전국 23,364톤의 51%)
 - 제주 국내육성 골드키위 재배면적('24): 50.8ha
- 제주산 국내육성 골드키위의 소비 촉진과 품목 다양화를 위한 가공품 개발 필요
- 건강 영양간식, 프리미엄 간식을 선호하는 소비 트렌드에 따라 당절임 잼을 대체한 밀크잼 가공 제품 개발하고 제조방법에 대한 정보를 제공하고자 함

□ 영농기술정보 개요

- 골드키위 제습건조 분말 제조
 - 세척, 건조 → 박피, 절단 → 제습건조(50℃, 60시간) → 재료 분쇄 → 체질(100mesh)
- 골드키위 밀크잼 재료 및 함량

500g 기준			
골드키위 분말	28g	우유	307g
생크림	153g	설탕	12g

○ 제조 방법

	1. 재료를 계량한다.		4. 열탕소독한 유리병에 담아 방냉 후 냉장(4℃)
	2. 재료를 혼합한다.		5. 완성
	3. 약불(약 85~90℃)로 가열하여 10분30초간 끓인다. - 재료가 눌러붙지 않도록 계속 저어준다.		

□ 연구결과

○ 골드키위 밀크잼 배합비별 일반특성

	골드키위 분말	우유	생크림	설탕	당도(° Bx)	산함량	pH
	(g)						
1	16	319	153	12	21.0	1.9	5.6
2	20	315	153	12	22.0	2.0	5.4
3	24	311	153	12	24.0	2.2	5.1
4	28	307	153	12	25.0	2.3	4.9
5	32	303	153	12	25.7	2.4	4.7
6	36	299	153	12	27.7	2.6	4.6

- 골드키위 분말 함량 증가에 따라 당도, 산함량, pH가 모두 증가하였음
- 우유 단백질인 카제인은 pH4.6에서 응고되며, 분말함량 32, 36g의 경우 가열 시간이 조금만 지체되어도 우유단백질이 응고되기 시작함

○ 골드키위 밀크잼 배합비별 물성

	골드키위 분말	우유	생크림	설탕	경도(g)	응집성	부착성
	(g)						
1	16	319	153	12	60.5	0.86	1.7
2	20	315	153	12	68.6	0.82	1.9
3	24	311	153	12	77.1	0.82	2.0
4	28	307	153	12	83.8	0.82	2.2
5	32	303	153	12	91.9	0.78	2.4
6	36	299	153	12	100.5	0.78	2.5

- 골드키위 분말 함량 증가에 따라 경도, 부착성은 증가하고 응집성은 감소하여 점성이 강해지고 쉽게 퍼지지 않고 단단한 질감을 나타냄

○ 골드키위 밀크잼 폴리페놀 함량 및 항산화능 조사

	골드키위 분말	우유	생크림	설탕	총 폴리페놀 (mgGAE/g)	DPPH 활성산소 소거능(%)
	(g)					
1	16	319	153	12	0.7	29.3
2	20	315	153	12	0.9	35.3
3	24	311	153	12	1.1	44.6
4	28	307	153	12	1.2	48.0
5	32	303	153	12	1.3	55.1
6	36	299	153	12	1.3	58.2

- 골드키위 분말 함량 증가에 따라 총 폴리페놀함량과 활성산소 소거능이 증가하였음

○ 골드키위 밀크잼 기호도 조사

	골드키위 분말	우유	생크림	설탕	향	발림성	맛	질감	뒷맛	전반적 기호도
	(g)									
1	16	319	153	12	57	64	60	56	57	55
2	20	315	153	12	56	70	57	60	57	55
3	24	311	153	12	62	77	71	71	69	69
4	28	307	153	12	64	78	77	77	70	77
5	32	303	153	12	64	75	76	75	73	73
6	36	299	153	12	65	74	69	73	65	67

* 9점 척도 조사 후 100점 환산

- 분말함량이 28g일 때 발림성, 맛, 질감과 전반적 기호도가 가장 우수하였음

□ 파급효과

- 국내 육성 골드키위 가공 기술 개발을 통한 부가가치 향상 및 농가소득 증대
- 영양학적으로 강화된 제품 개발을 통한 소비자 건강 증진 기여

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 국내 육성 골드키위를 분말화하고 단백질 식품인 우유를 활용하여 제조한 영양성분이 강화된 가공품 제조
- 참고 영농기술 및 영농정보

연 번	활용 분야	영농활용기술명	개발연도	개발자
1	농산물 가공이용	다래를 이용한 가공 레시피(청, 잼, 젤리, 정과) 제공	2018	권혜정

골드키위 건조분말 활용 밀크잼 제조방법

□ 골드키위 밀크잼이란 ?

- 제주산 국내육성 골드키위 ‘감황’, ‘스위트골드’ 품종을 제습건조하여 만든 분말을 활용한 프리미엄 잼 가공제품입니다.
- 일반적인 설탕을 넣어 졸여 만든 잼과 비교하여 당류 함량을 낮추고 우유와 생크림을 주원료로 하여 부드럽고 풍미가 있는 영양간식형 스프레드 형태의 잼으로 개발되었습니다.

□ 어떤 공정을 거쳐 만드나요 ?

- 골드키위를 세척·박피 후 50℃에서 60시간을 제습건조하여 분말(체질 100mesh)을 제조합니다.
- 이렇게 제조된 골드키위 건조 분말 28g(5.6%), 우유 307g, 생크림 153g, 설탕 12g을 배합하고 약 85~90℃에서 10분 30초간 잘 저어가며 가열 후 병입·냉장 보관합니다.
- 우유 단백질인 카제인은 산성에 의해 응고되는데 키위의 산성으로 인해 단백질이 응고 될수 있으나, 위의 함량으로 제조된 골드키위 밀크잼은 우유 단백질이 응고되지 않은 적정 pH로 단백질 응고가 일어나지 않으며 전반적 기호도가 우수한 배합인 것으로 나타났습니다.

<골드키위 밀크잼 제조과정>

	1. 재료를 계량한다.		4. 열탕소독한 유리병에 담아 방냉 후 냉장(4℃)
	2. 재료를 혼합한다.		
	3. 약불(약 85~90℃)로 가열하여 10분30초간 끓인다. - 재료가 눌러붙지 않도록 계속 저어준다.		5. 완성

□ 어떤 특징이 있나요 ?

- 골드키위 분말 함량이 증가할수록 당도와 폴리페놀 함량, 항산화능은 증가합니다.
- 다만, 분말 함량 28g(5.6%) 수준에서는 맛, 향, 질감, 당도 등 기호도가 가장 높게 평가되었습니다.
- 또한 잼 100g당 단백질 5g, 칼슘 242mg, 칼륨 373mg, 비타민C 40.9mg으로 아이들 영양간식으로 활용이 가능하며, 식빵, 베이글, 크래커 등 어디에 발라 먹어도 어울리는 프리미엄 잼입니다.

<영양성분 정보>

항 목	단 위	함 량	항 목	단 위	함 량
열량	(kcal/100g)	348.9	콜레스테롤	(mg/100g)	25.7
탄수화물	(g/100g)	21.2	나트륨	(mg/100g)	56.9
수분	(%)	44.1	칼슘	(mg/100g)	242.4
회분	(%)	1.5	철	(mg/100g)	0.0
단백질	(g/100g)	5.5	칼륨	(mg/100g)	373.1
지방	(g/100g)	27.7	식이섬유	(g/100g)	3.5
당류	(g/100g)	19.2	비타민A	(IU/100g)	17.4
포화지방	(g/100g)	17.2	비타민C	(mg/100g)	40.9
트랜스지방	(g/100g)	0.0			

영농정보 요약

활용구분	영농기술			영농정보				
	신기술 시범사업	현장실증 연구		농업기술 길잡이		교육· 현장연시	국가농업 기술포털	○
제 목	골드키위 ‘감황’ 발효식초, 식초음료 제조 기술							
활용분야	농산물가공이용							
검 색 어	국내육성, 골드키위, 발효식초, 식초음료, 제조공정							
활용내용 요 약	□ 배경 ○ 골드키위 재배면적은 증가추세이며 제주는 전국 생산량 1위 주산지임 ○ 제주산 골드키위의 소비 촉진을 위해 가공품 개발 필요하며, 건강식품에 대한 소비자 수요 증가에 따라 천연 과일식초에 시장 확대가 기대됨							
	□ 개발된 영농정보 내용 ○ 골드키위 ‘감황’ 발효식초 재료 및 공정 - 재료: ‘감황’, 알코올 발효 효모(<i>Saccharomyces cerevisiae</i> NBRFGC00050200), 초산 발효 균주(<i>Acetobacter pasteurianus</i> SRCM101480) - 제조 공정							
	알코올 발효 → 발효주 → 초산 발효 → 여과 → 숙성 → 여과 → 병입, 살균 키위 파쇄, 당도 조절(24°Bx), 효모 접종 (25℃, 알코올 7%, 7일) 초산균 접종, 정치발효 (30℃, 여과기 착즙 30일) 5℃ 규조토 여과 총산 5%, 500ml							
	- 당을 11% 더하여 알코올 발효하고, 초산균 <i>Acetobacter pasteurianus</i> SRCM101480을 활용하여 정치발효 했을때 총산 생성이 우수하였음 ○ 골드키위 ‘감황’ 식초음료 재료 및 공정 - 재료: 7% 골드키위 발효식초, 알룰로오스, 벌꿀, 정제수, 레몬 - 제조 공정							
	재료 혼합 → 탄산화 → 레몬 첨가 → 병입, 살균 발효식초 5%, 알룰로오스 5%, 벌꿀 2% CO₂ 0.4% 용해 제주 레몬 1조각 (2g/100ml) 65℃, 20-30분 살균 - 발효식초 5%, 벌꿀 2% 배합 시 단맛, 산미 균형 및 전반적 기호도 우수 - 레몬 첨가로 상큼한 풍미를 부여하여 기호도가 향상되고, 전 연령층이 섭취 가능한 비알코올 식초음료임							
연구개발 과 제	□ 파급효과 ○ 국내육성 골드키위 가공기술 개발을 통한 부가가치 향상 및 농가소득 증대 ○ 발효식초, 식초음료 개발로 소비층 확대 및 키위 산업 활성화 기여							
	예산사업명	지역농업연구기반 및 전략작목육성_지역특화작목기술개발 (과제번호: RS-2024-00439674)국내육성 골드키위 경쟁력 강화를 위한 저장성 향상 및 가공 상품화 연구						
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 미래농업육성과 김진영 (전화 : 064-760-7321, e-mail : finekgy@korea.kr)						
	공동개발자	농업회사법인 술도가제주바당(주) 임효진						

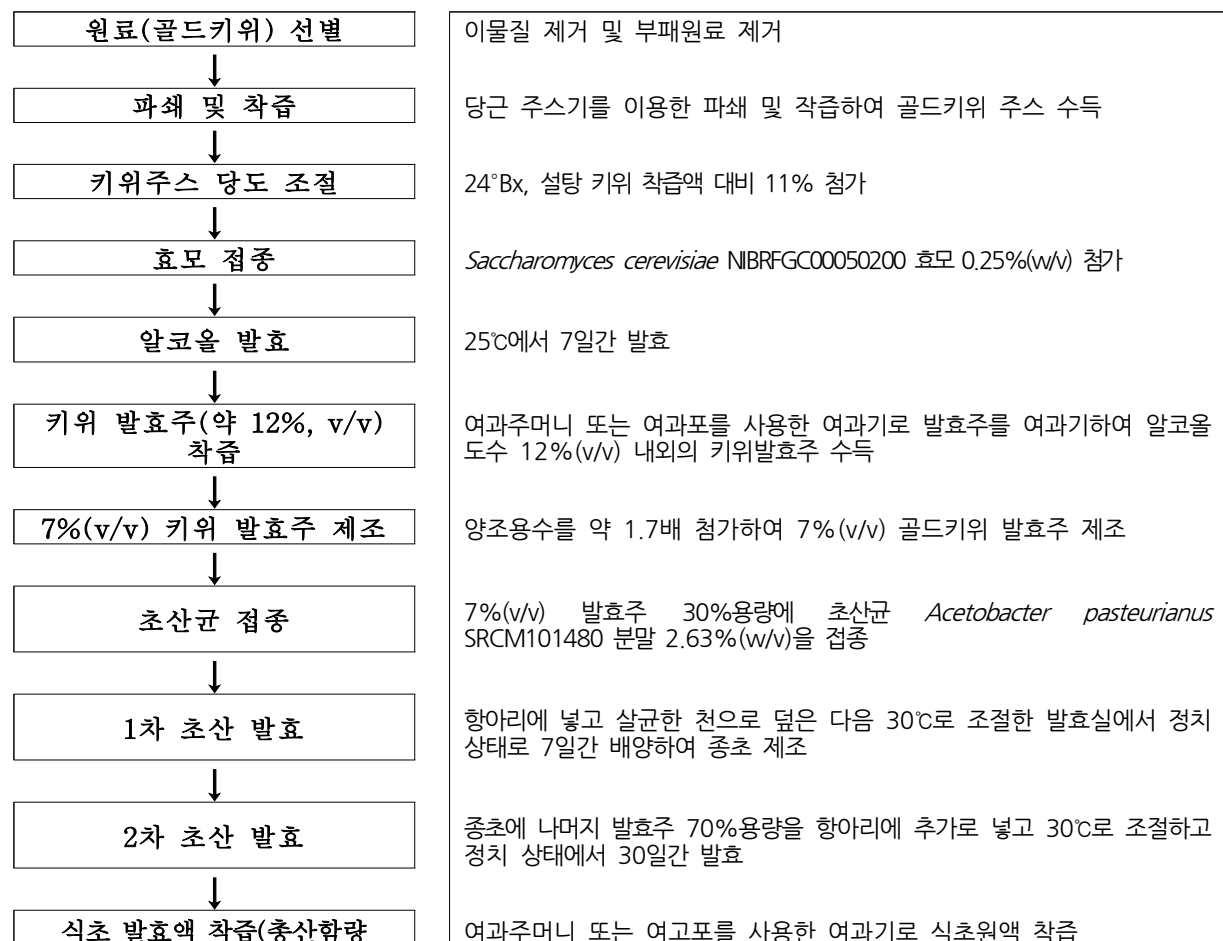
골드키위 ‘감황’ 발효식초, 식초음료 제조 기술

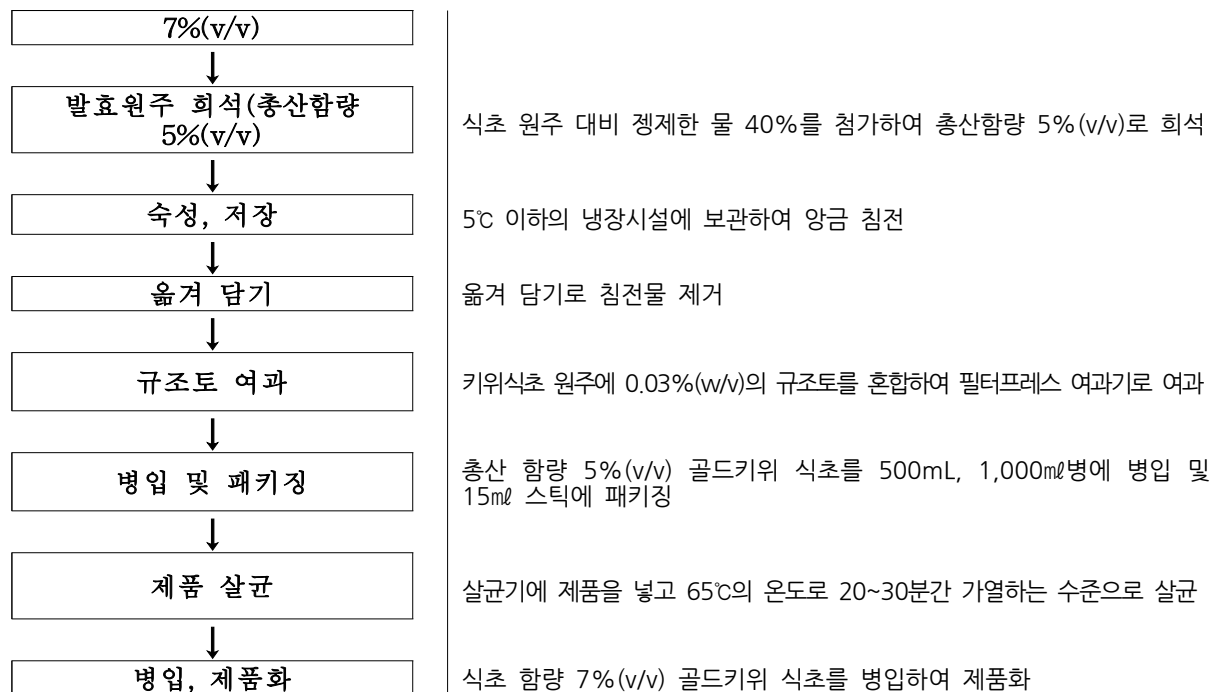
□ 배경

- 제주는 전국 키위 생산량 1위 주산지이나, 원물 위주의 유통으로 부가가치 창출에 한계가 있음
- 제주산 국내육성 골드키위의 소비 촉진과 품목 다양화를 위한 가공품 개발 필요
- 골드키위는 유기산과 비타민C 등 영양성분이 풍부하여 발효식초 소재로 활용 가치가 높음
- 이에따라 골드키위 발효식초 및 이를 활용한 식초음료 제조기술을 개발하고 산업현장에 정보를 제공하고자 함

□ 영농기술정보 개요

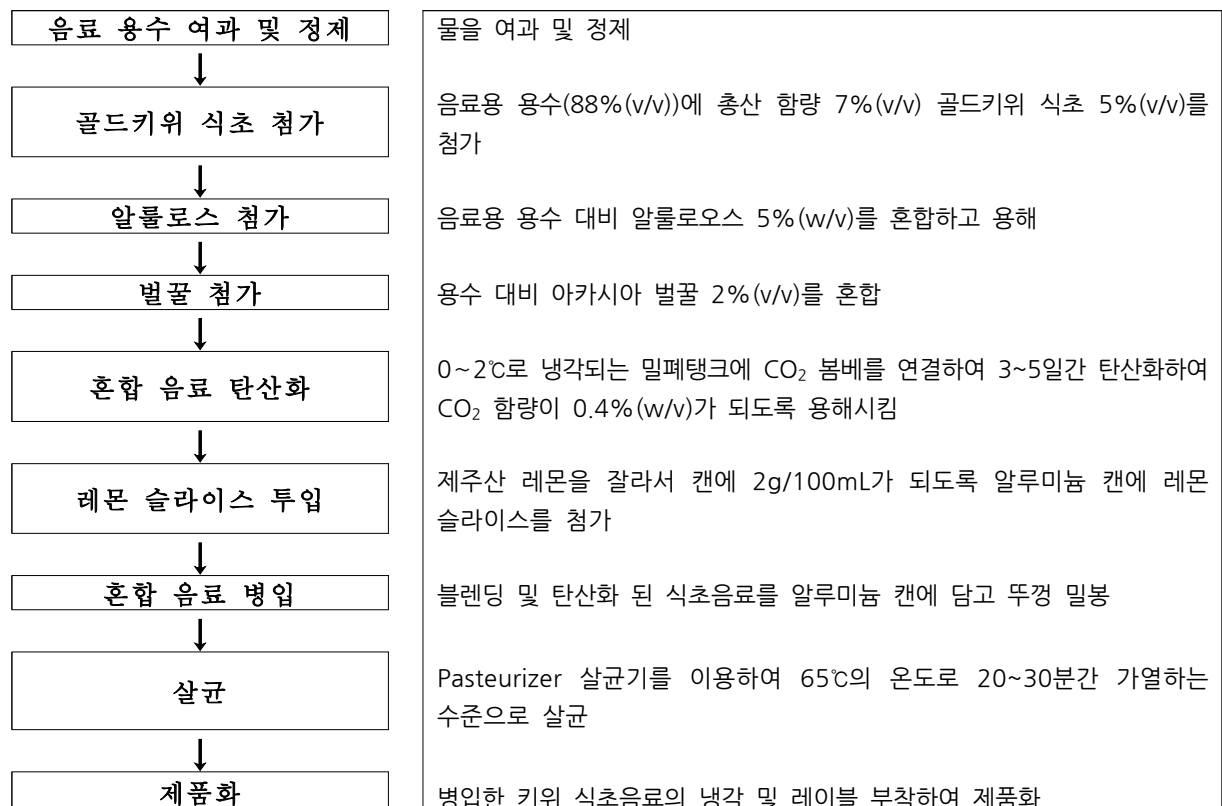
- 골드키위 ‘감황’ 발효식초
 - 원료: 골드키위 ‘감황’, 설탕, 효모 *Saccharomyces cerevisiae* NIBRFGC00050200, 초산균 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480
 - 발효방법: 알코올 발효 후 정치방식의 초산 발효를 거쳐 총산 함량 7%식초 제조
 - 발효식초 제조 공정





○ 골드키위 '감황' 식초음료

- 원료: 7% 발효식초, 알룰로오스, 벌꿀, 레몬
- 제조 공정



□ 연구결과

<발효식초>

○ 골드키위 ‘감황’ 주요성분 함량

당도(° Bx)	pH	총산(%)
11.9	3.2	1.75

- ‘감황’의 주요 성분을 분석 결과 당도는 11.9° Bx, 총산함량은 1.75%로 나타남
- 식초 제조에 적합한 알코올 7%(v/v)의 발효주를 단독으로 제조하기에 당도가 충분치 않아, 설탕을 첨가하여 알코올 발효하는 것이 적절한 것으로 판단됨

○ 설탕 보당 함량별 발효주(알코올 7%) 성분

시험구	GK-S2%	GK-S11%
골드키위 함량%(v/w))	95.32	53.44
에틸알코올%(v/v))	7.0	7.0
비중	0.988	0.990
pH	3.48	3.77
산도	22.6	10.0
총산(주석산으로, %)	1.36	0.60

- 설탕 첨가수준에 따라 제조한 키위 발효주를 알코올 7%로 희석하여 성분 비교 결과, 첨가된 골드키위 함량은 GK-S2% 시험구는 95.32%, GK-S11% 시험구는 53.44%였음

○ 초산균주별, 발효방법별 키위 식초 성분 분석

시험구명	발효방법	비중	밀도(g/ml)	당도(° Bx)	총산(%)	휘발산(%)	비휘발산(%)
GK-S11%-KS	정치	1.017	1.016	4.7	7.3	4.0	3.2
GK-S11%-KL	교반	1.016	1.015	4.7	5.1	2.5	2.5
GK-S11%-KA	공기주입	1.017	1.016	4.2	2.6	0.7	1.9
GK-S11%-SS	정치	1.025	1.024	5.7	7.1	4.3	2.9
GK-S2%-KS	정치	1.024	1.023	6.2	5.2	2.8	1.8
GK-S2%-KL	교반	1.020	1.019	5.5	5.0	2.8	2.0
GK-S2%-SS	정치	1.025	1.024	6.9	6.4	3.9	1.8
GK-S2%-SL	교반	1.022	1.021	5.8	4.1	1.7	2.3

- 초산균주와 발효방법을 달리하여 제조된 식초를 비교한 결과, 정치발효 처리구가 다른 발효방법에 비해 총산 함량이 높았음
- 정치발효 중에서도 설탕 2% 보다 설탕 11%를 보당했을때 총산 함량이 높았음

○ 키위 식초 기호도 평가

시험구	색상	향기	산도	맛	질감	합계
GK-S11%-KS	4.2	3.8	4.5	4.6	4.0	21.10
GK-S11%-KL	3.2	2.8	3.0	2.8	2.5	14.30
GK-S11%-KA	1.8	1.5	2.0	1.8	2.3	9.40
GK-S11%-SS	4.0	4.5	4.8	4.4	4.4	22.10
GK-S2%-KS	4.3	3.5	3.6	3.3	3.4	18.10
GK-S2%-KL	3.4	3.0	3.1	2.5	2.9	14.90
GK-S2%-SS	4.4	4.0	4.6	3.8	4.0	20.80
GK-S2%-SL	3.9	2.9	2.5	2.6	2.6	14.50

※ 주류 및 식초제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 묘사분석으로 관능평가 실시

※ 평가측도는 1(very bad)~5(very good)로 평가한 후 평균값을 표시

- 정치발효 방식으로 초막을 형성하여 발효시킨 시험구에서 전반적 기호도가 높고, 특히 설탕 11%를 보당한 GK-S11%-SS가 기호도가 가장 높은 것으로 나타남
- 이들 결과를 종합하여 발효식초 제조 최적 공정은, 설탕 11% 첨가, *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 균주를 적용한 정치발효 공정이 골드 키위 발효식초 제조에 가장 적합한 것으로 판단 됨

<식초음료>

○ 식초 첨가비율에 따른 기호도

식초첨가 비율	향기	산도	맛	질감	합계
2%	2.4	2.6	2.7	3.2	10.9
3%	3.2	4.4	3.8	4	15.4
4%	4.3	4.6	4.3	4.7	17.9
5%	4.7	4.3	4.5	4.6	18.1
6%	4.9	3.4	3.6	3.8	15.7
7%	4.7	2.1	2.5	2.8	12.1

※ 주류 및 식초제조 종사자 및 연구자 10인을 대상으로 묘사분석으로 관능평가 실시

※ 평가측도는 1(very bad)~5(very good)로 평가한 후 평균값을 표시

- 식초음료 제조를 위한 총산 7%의 발효식초를 비율별로 첨가하여 기호도 평가 결과, 발효식초 5%를 첨가한경우 기호도가 우수한 것으로 나타남

○ 벌꿀 첨가비율에 따른 기호도

벌꿀첨가 비율	향기	산도	맛	질감	합계
0.5%	4.5	3.9	2.7	3.6	14.7
1.0%	4.4	4.2	3	3.9	15.5
1.5%	4.3	4.1	4.1	4.2	16.7
2.0%	4.5	4.4	4.5	4.4	17.8
2.5%	4.6	4.4	4.3	4.3	17.6
3.0%	4.8	4	3.9	3.7	16.4

- 벌꿀 첨가 비율별 평가 결과, 벌꿀 2%를 첨가한 경우 기호도가 우수하였음
- 이 결과, 골드키위 발효식초를 이용한 비알코올 음료의 최적 배합비율은 총산 함량 7%의 발효식초 5%, 알룰로오스 5%, 벌꿀 2%, 정제수 88%로 설정하였으며, 제주 레몬 1조각(2g/100ml)을 첨가하고 CO₂를 0.4% 용해하여 청량감을 부여하는 것으로 공정을 설정함

□ 파급효과

- 국내 육성 골드키위 가공 기술 개발을 통한 부가가치 향상 및 농가소득 증대
- 발효식초, 식초음료 개발을 통한 소비층 확대 및 키위 산업 활성화 기여

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 참고 영농기술 및 영농정보

연 번	활용 분야	영농활용기술명	개발연도	개발자
1	과수	키위 신품종 ‘감황’, ‘선플’의 전분 및 당축적 양상	2024	이목희
2	농산물 가공이용	발효식초용 유용 초산균의 발효특성 정보제공	2023	여수환
3	수확후관리 /가공이용	우수발효 초산균을 이용한 복분자 식초 제조 방법	2022	권지웅

골드키위 ‘감황’ 발효식초, 식초음료 제조

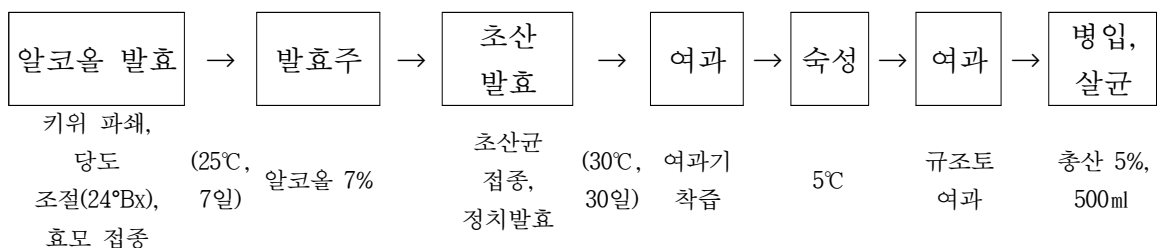
□ 골드키위 ‘감황’ 이란 ?

- 농촌진흥청에서 2016년에 육성한 국내육성 품종으로, 평균 무게가 140g으로 크고 과육색이 진한 황색을 띠며 후숙 후 당도가 높은(18~19°Bx) 특징을 가진 품종입니다.
- 키위는 유기산과 비타민 C 등 영양성분이 풍부하여 발효식초 등 가공용으로 활용 가치가 높습니다.

□ 어떤 공정을 거쳐 만드나요 ?

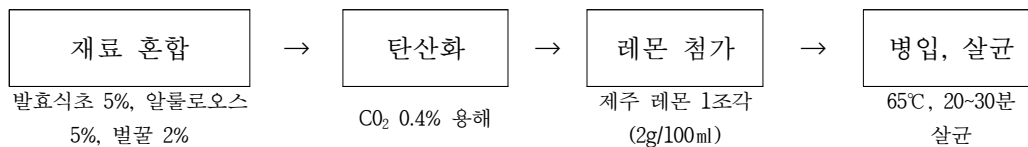
<발효식초>

- 골드키위를 세척·파쇄한 후 설탕을 11% 첨가해 당도를 24°Bx로 조절하고 *Saccharomyces cerevisiae* NIBRFGC00050200 효모를 0.25% 접종합니다.
- 이를 25℃에서 약 7일간 알코올 발효를 진행하여 알코올도수 약 12%의 발효주를 제조한 뒤, 양조용수를 약 1.7배 첨가하여 최종 7%의 골드키위 발효주를 만듭니다.
- 이렇게 제조된 발효주에 초산균 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480 분말 105g을 접종하여 항아리에 담고 살균한 천으로 덮어 30℃ 발효실에서 정치상태로 7일간 1차 발효를 실시하여 종초를 제조하고, 이후 나머지 발효주를 추가로 넣어 동일 조건에서 30일간 2차 발효를 실시합니다.
- 초산 발효 완료 후 여과하고, 정제수 약 40%를 첨가하여 총산 함량 5%로 조절한 뒤 5℃에서 저온 숙성을 거쳐 규조토 여과를 통해 침전물을 제거합니다.
- 최종적으로 병입 및 살균하여 총산 5%의 골드키위 발효식초를 제조합니다.



<식초음료>

- 골드키위 발효식초 5%, 알룰로오스 5%, 벌꿀 2%, 음료용 용수 88%를 혼합합니다.
- 다음, 혼합액에 이산화탄소를 0.4% 용해하여 청량감을 부여합니다.
- 제주산 레몬 슬라이스 1조각을 첨가하여(2g/100ml) 상큼한 향과 풍미를 강화합니다.
- 마지막으로 알루미늄 캔에 병입 후 밀봉하여 65℃에서 20~30분간 저온 살균하여 제품을 완성합니다.



골드키위 발효식초

골드키위 '감황' 식초음료

□ 어떤 특징이 있나요 ?

- 초산균 *Acetobacter pasteurianus* SRCM101480을 이용하여 30℃에서 정치발효한 골드키위 발효식초는 최종 총산 생성량이 7%로 높아 풍부한 산미를 형성하며, 골드키위 유래 유기산과 과일 향이 조화를 이루는 천연 과일식초입니다.
- 이는 요리용뿐만 아니라 디저트, 음료용, 드레싱 등 다양한 용도로 사용이 가능합니다.
- 골드키위 식초음료는 산함량 7%의 발효식초 5%, 벌꿀 2% 배합한 경우 단맛과 산미의 균형이 가장 우수하였으며, 제주산 레몬 조각 첨가로 상큼한 풍미를 더해 식초의 산미가 완화된 전 연령층이 부담없이 섭취가능한 비알코올 음료입니다.

3. 미래농업육성과

< 총 설 >

□ 스마트기술 분야

스마트기술 분야는 ICT기술을 농업에 활용하여 노동력 절감 및 농가 소득 향상을 위한 영상 기반 하우스 만감류 생육 빅데이터 수집 연구 1세부과제를 수행하여 영농정보 1건, 영농기술 1건의 성과를 달성하였다.

영상 기반 하우스 만감류 과실 생육정보 수집 체계 개발 연구는 2023~2025년까지 수행하였다. 과실 인식 모델의 성능은 MobileNet MultiHW AVG모델이 학습률 0.9, Batch size 8인 조건에서 성능지표가 0.735로 가장 높았다. 착과수 예측 모델은 선형 회귀(Linear Regression) 모델이 결정계수 0.76, 평균 절대 오차 13.67로 가장 우수한 성능을 나타내었다.

□ 농식품개발 분야

농식품개발 분야에서는 제주 메밀을 활용한 전통주 양조기술 개발을 통해 지역농산물의 부가가치 향상을 도모하고자 고유연구 1세부과제를 수행하였다. 메밀 탁주 양조 조건 시험 결과, 발효제로 입국을 사용하고, 쌀·메밀 배합비 70:30, 발효온도 25℃, 가수량 100% 조건이 가장 적정한 것으로 판단되었다. 또한 효모 시험에서는 K2 효모가 가용성 고형분, 환원당 및 알코올 함량에서 우수한 결과를 보여 메밀 탁주 제조에 적합한 최적 효모로 선정되었다. 한편, 약주 양조 조건 설정 시험에서는 가수량 100%를 최적 조건으로 설정하였으며, 향후 숙성기간 1~5개월로 확대하여 향기성분 등 추가적인 품질 특성 조사를 진행할 예정이다.

□ 버섯 분야

버섯 분야에서는 제주에서 수급이 불안정한 참나무 톱밥을 대체할 수 있는 부존자원을 발굴하고, 제주 자생 버섯 유전자원의 인공 재배 가능성을 구명함으로써 농가 경영비 절감과 새로운 소득원 창출에 목적을 위해 고유연구 2세부과제를 수행하였다. 시설재배 표고버섯의 안정 생

산을 위한 대체 배지 자원으로 제주 자생 억새의 활용 가능성을 확인하였다. 성분 분석 결과 억새는 셀룰로오스 및 리그닌을 분해하는 효소 활성에 필수적인 철(Fe)과 망간(Mn) 함량이 높아 기질 분해에 유리한 재료로 확인되었다. 군사 생장시험 결과, 억새가 모든 품종에서 참나무 톱밥배지나 다른 배지보다 빠른 경향성을 보였다. 억새를 활용한 배지에서 생육 단계별 소요기간은 배양 45일, 갈변 69일이었으며, 초기 다수확에는 ‘산조 701호’가, 안정적인 생산성 유지에는 ‘참아람’ 품종이 억새 배지 재배에 적합한 것으로 확인되었다.

자생버섯 유전자원 탐색 및 인공재배 기술 개발 연구 결과, 재배 가능성 검증을 위하여 수집된 균주는 총 29개체로 농촌진흥청에서 분양받은 균주 4종 9개체, 자생지 수집 균주 3종 20개체이다. 자생지에서 수집된 자원 중 조직분리 후 군사 배양 결과 소혀버섯 2개체, 표고버섯 3개체 모두 정상적으로 배양되었고, 군사 밀도는 소혀버섯 1개체, 표고버섯 2개체에서 높게 나타났다. 군사 특성 및 밀도 조사 결과 소혀버섯 1개체와 표고버섯 2개체가 우수한 성적을 보여 향후 자실체 발이를 위한 균주로 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

과제구분	고유연구	수행시기		전반기	
과제 및 세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
영상 기반 하우스 만감류 생육 빅데이터 수집 연구		농업공학 AE	'23 ~'25	제주도원 미래농업육성과	윤찬일
1) 영상기반 하우스 만감류 과실 생육 정보 수집체계 개발		원예시설 AE04AE41	'23 ~'25	제주도원 미래농업육성과	윤찬일
색인용어	스마트팜, 컴퓨터비전, 인공지능, 만감류				

ABSTRACT

This study was conducted to implement a more objective and reliable data collection system for 'Kanpei', a major greenhouse citrus cultivar in the Jeju region, using artificial intelligence (AI) and computer vision technologies. Furthermore, it aimed to develop a mobile application capable of conveniently estimating fruit load using images captured with a mobile RGB camera. To develop the fruit recognition model, an extensive dataset of 29,351 labeled images was compiled from the 'Kanpei' variety between 2023 and 2025. The precision of fruit recognition was highest with the MobileNet MultiHW AVG architecture, achieving a performance score of 0.735 under a learning rate of 0.9 and a batch size of 8. Regarding the performance of the AI models, both MobileNet V2 and MobileNet MultiHW AVG showed that regardless of the learning rate, a larger number of samples in the training dataset resulted in a lower total loss rate, ranging from 24% to 27%. In the machine learning results for the fruit load prediction regression model, the Linear Regression model demonstrated the best performance, with a coefficient of determination of 0.76 and a prediction error of 13.67.

key words: Smart Farm, Computer Vision, Artificial Intelligence, Citrus.

1. 연구목표

작물의 객체수에 대한 자동 계수는 수확량 예측, 스트레스 감지, 질병예방 등 농업 생산의 중요한 요소로 작용한다. 현재 제주 농업 현장에서 생육·품질 데이터를 측정하는 방법은 주로 조사원의 육안 관찰이나 수동 측정 등 인력에 의존하고 있어 시간과 비용 소모가 크고, 조사원의 숙련도에 따라 측정 기준이 달라져 데이터의 일관성과 신뢰도가 낮은 한계가 있다.

수확량 예측을 위해 인공지능 시스템을 활용하면 수동 계수에 대한 의존도를 줄일 수 있다(Guy Farjon et al., 2023). 인공지능을 활용한 딥러닝 알고리즘 중에서도 머신러닝 기술은 농업현장에서 과실의 수확량 추정에 이용되고 있다(Linker, 2017). 그러나 일반적인 이미지 프로세싱으로는 가림 현상이나 유사색상 배경에서 과실을 분리하는 데 한계가 있어, 인공지능(AI) 기반의 딥러닝 모델 도입이 필요한 시점이다.

본 연구는 제주지역 주요 만감류 품종인 ‘감평’을 대상으로 인공지능(AI)과 컴퓨터 비전 기술을 활용하여 보다 객관적이고 신뢰도 높은 데이터 수집을 체계를 구축하고, 휴대폰 RGB 카메라로 간편하게 과실의 착과량을 예측하기 위한 어플리케이션 개발을 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

제주 지역의 주요 만감류 품종인 ‘감평’의 착과수 예측을 위하여 도내 시설재배 농가 16개소에서 객체 인식용 이미지를 엽과비, 착과수, 수관용적을 대상으로 2차 생리낙과 완료부터 수확기까지 이미지 데이터를 수집하였다.

과실인식 모델 개발을 위해 2023년부터 2025년까지 ‘감평’ 품종의 격자형 이미지 영역 시각화 기법으로(Bach et al., 2015) 29,351점(’24년 25,789, ’25년 3,562)의 이미지 라벨링 작업을 수행하였다(그림 1). 과실 이미지 인식 프로그램은 객체 인식과 이미지 분류가 동시에 가능한 Roboflow¹⁾ 소프트웨어를 사용하여 이미지를 라벨링한 후 데이터셋을 구성하였다.

1) 엡지 디바이스를 사용하여 데이터를 서버로 전송하지 않고 휴대폰 같은 저용량 기기에 직접 처리하여 지연시간 없이 즉시 반응하는 컴퓨터 비전 소프트웨어

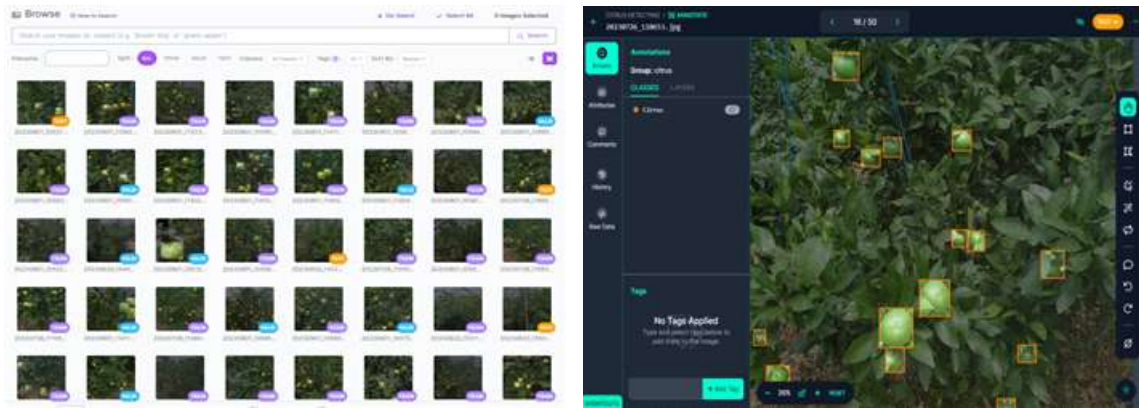


그림 1. Roboflow 이미지 데이터 라벨링.

모바일 및 임베디드 환경에서 효율적인 객체 인식을 위해 TensorFlow Lite 프레임워크 시스템을 구축하였다(그림 2). 시스템의 메모리 부하를 방지하기 위해 Flow Limiter 알고리즘을 적용하였다. 이는 객체 인식 프로세스가 완료될 때까지 대기하여 초당 이미지 입력 수를 제한함으로써 실시간 처리의 안정성을 확보하였다. 입력된 원본 영상은 Image Transformation 단계를 거쳐 이미지의 해상도와 종횡비를 조정하였다. 변환된 이미지는 Tflite Converter를 통해 다차원 배열 형태의 이미지 텐서로 변환하였다. 변환된 텐서는 Tflite Inference 모듈을 거쳐 미리 학습된 Tflite 모델 내에서 연산 과정을 수행하였다. 모델의 출력값으로 생성된 감지 텐서는 Tflite Tensors To Detections 과정을 통해 실제 객체의 위치 정보인 감지 벡터로 디코딩하여 사용자 정의 옵션과 SsdAnchors를 기반으로 객체 감지 상자 좌표를 맵핑하였다. 결과의 정밀도를 높이기 위해 중복된 감지 상자 중 신뢰도가 낮은 상자를 제거하여 객체 인식 정확도를 최적화 하였다. 최종 확정된 객체 정보를 렌더링 가능한 텍스트 및 그래픽 명령어로 변환한 후 Annotation Overlay 단계를 통해 원본 입력 이미지 위에 객체별 레이블과 경계 상자를 중첩하여 시각화된 객체 인식 결과를 도출하였다.

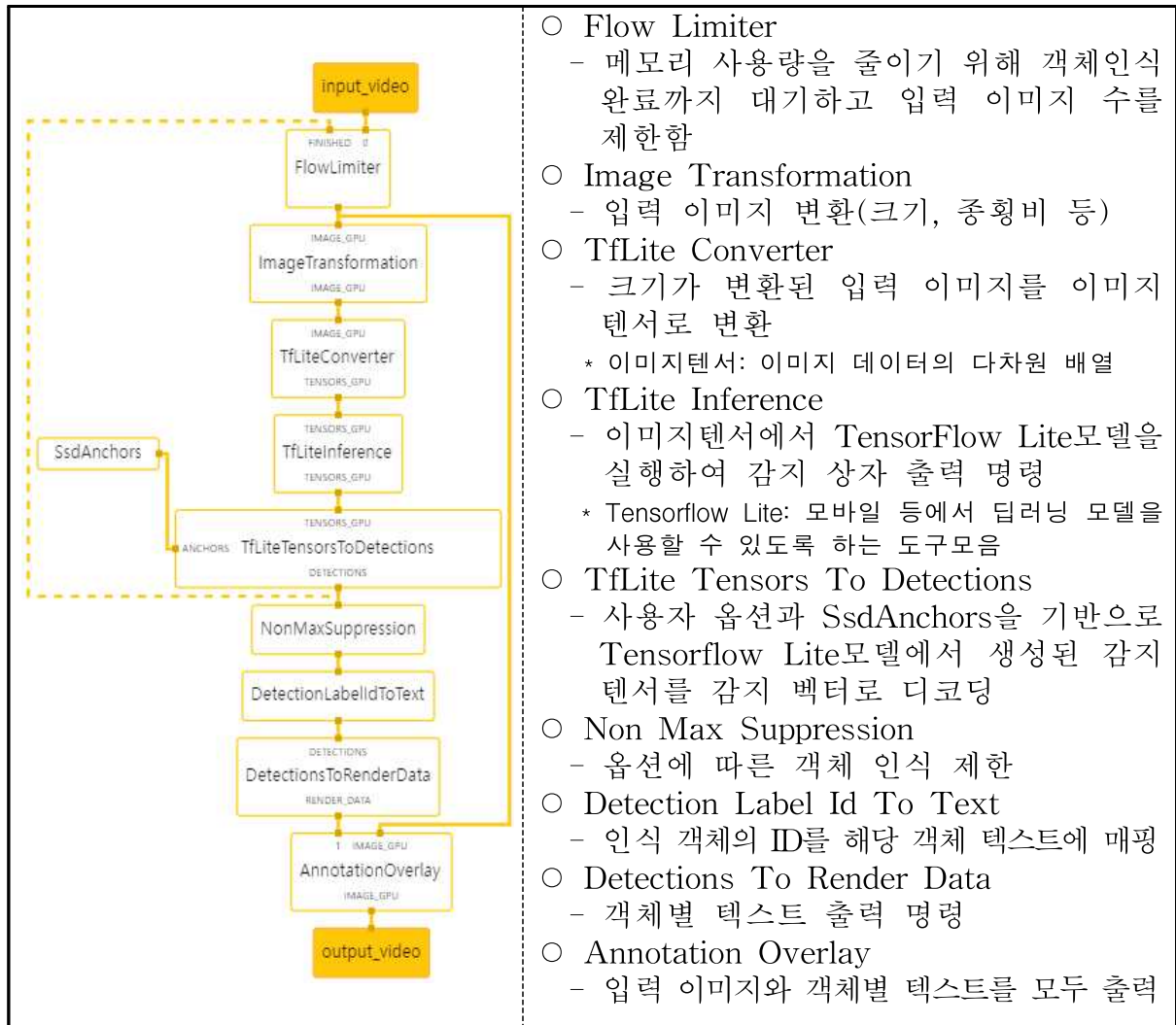


그림 2. 이미지 객체 인식 시스템 구조도.

과실인식 데이터셋의 머신러닝 회귀모델 검증은 Random Forest, Gradient Boosting, SVR, XGBoost, 선형회귀 알고리즘을 이용하여 회귀 모델별 결정계수와 오차를 검정하였다. 객체 인식의 정확도 향상을 위한 인공지능 학습 모델은 MobileNet²⁾ MultiHW AVG, MobileNet V2 모델을 이용하였다(표 1). 성능 검정을 위해 learning rate, batch size를 매개변수로 하여 알고리즘의 성능과 손실률을 조사하였다.

2) 경량 심층 신경망을 기반으로 간결하게 구성되어 모바일 및 임베디드 비전 어플리케이션에 적합한 크기의 모델(Howard et al., 2017)

표 1. 객체인식 인공지능 모델.

Model architecture	Input Image Size	Test Average Precision (%)	CPU Latency (ms)	Model Size (MB)
MobileNet V2	256x256	88.4	48	11
MobileNet MultiHW AVG	256x256	88.5	56	13

3. 결과 및 고찰

2023년 라벨링한 이미지 샘플 200점을 대상으로 인공지능 모델 학습 결과 모델별 성능지표는 학습률과 한번에 학습하는 데이터의 크기에 영향을 받지 않는 것으로 나타났는데 이는 데이터 샘플의 수가 적어 반복 학습의 횟수가 충분하지 않은 결과로 판단되었다(표 2). 2024년에는 이미지 샘플을 1,911점으로 상향하여 반복 학습시킨 결과 과실 인식 정밀도는 MobileNet MultiHW AVG 모델이 학습률 0.9, 한번의 반복 학습에 사용되는 데이터의 수가(batch size) 8개인 조건에서 성능지표가 0.735로 높은 것으로 조사 되었다(표 3). 데이터 샘플의 수가 많고 반복 학습 횟수가 높을수록 인공 지능 모델의 성능지표가 높아지는 경향을 나타내었다(표 2, 3).

표 2. 과실 인식 모델 검증 데이터셋 성능(2023).

(n=200, Epochs=50)

Model architecture	learning rate	batch size	Average Precision ^z	Average Recall ^y	F1-score ^x
MobileNet V2	0.3	8	0.464	0.380	0.418
	0.3	4	0.465	0.374	0.414
	0.6	8	0.481	0.382	0.426
	0.6	4	0.470	0.376	0.418
	0.9	8	0.517	0.381	0.439
	0.9	4	0.507	0.395	0.444

Model architecture	learning rate	batch size	Average Precision ^z	Average Recall ^y	F1-score ^x
MobileNet MultiHW AVG	0.3	8	0.478	0.370	0.417
	0.3	4	0.445	0.347	0.390
	0.6	8	0.480	0.351	0.405
	0.6	4	0.491	0.353	0.411
	0.9	8	0.484	0.368	0.418
	0.9	4	0.502	0.378	0.431

^z Average Precision: 과실을 인식할 때 인식한 과실 중 제대로 예측한 과실의 비율

^y Average Recall: 실제 과실들 중 얼마나 과실을 인식했는지 비율

^x F1-score(성능지표): $F1 - score = \frac{2 \times (Precision \times Recall)}{Precision + Recall}$

표 3. 과실 인식 모델 검증 데이터셋 성능(2024).

(n=1,911, Epochs=100)

Model architecture	learning rate	batch size	Average Precision ^z	Average Recall ^y	F1-score ^x
MobileNet V2	0.3	8	0.806	0.658	0.719
	0.3	4	0.804	0.656	0.718
	0.9	8	0.821	0.665	0.729
	0.9	4	0.795	0.648	0.709
MobileNet MultiHW AVG	0.3	8	0.810	0.662	0.723
	0.3	4	0.791	0.654	0.711
	0.9	8	0.825	0.671	0.735
	0.9	4	0.771	0.645	0.699

^z Average Precision: 과실을 인식할 때 인식한 과실 중 제대로 예측한 과실의 비율

^y Average Recall: 실제 과실들 중 얼마나 과실을 인식했는지 비율

^x F1-score(성능지표): $F1 - score = \frac{2 \times (Precision \times Recall)}{Precision + Recall}$

과실인식 인공지능 모델의 손실률은 학습률과 한번 학습에 사용되는 데이터 수의 영향보다는 전체 샘플 수와 반복 학습 횟수가 많을수록 손실률이 낮아지는 경향을 나타내었다. 이미지 샘플의 수가 적었던 2023년에는 매개변수나 데이터의 크기가 인공지능 학습 모델별 손실률에 큰 차이가 없었다(표 4). 2024년 데이터 샘플 수와 반복 학습 횟수를

상향하여 학습한 결과 MobileNet V2, MobileNet MultiHW AVG 두 모델 모두 학습률과 관계 없이 한번 학습에 사용된 데이터의 수가 (batch size) 많을수록 전체 손실률이 24~27% 범위로 낮아지는 경향을 나타내었다(표 5). 이는 충분한 데이터 샘플의 확보와 반복 학습 횟수에 의해 모델의 정확도가 향상되는 것을 시사한다.

표 4. 과실 인식 모델 검증 데이터셋 손실(2023).

(n=200, Epochs=50)

Model architecture	learning rate ^z	batch size ^y	total loss ^x
MobileNet V2	0.3	8	0.5374
	0.3	4	0.5297
	0.6	8	0.5287
	0.6	4	0.5341
	0.9	8	0.5358
	0.9	4	0.5241
MobileNet MultiHW AVG	0.3	8	0.5615
	0.3	4	0.5676
	0.6	8	0.5522
	0.6	4	0.5573
	0.9	8	0.5682
	0.9	4	0.5394

^z learning rate: 모델이 최적의 가중치에 얼마나 빠르게 수렴하는지를 결정

^y batch size: 한번에 모델이 학습하는 데이터 샘플의 개수

^x total loss: 전체 손실

표 5. 과실 인식 모델 검증 데이터셋 손실(2024).

(n=1,912, Epochs=100)

Model architecture	learning rate ^z	batch size ^y	total loss ^x
MobileNet V2	0.3	8	0.2424
	0.3	4	0.2949
	0.9	8	0.2530
	0.9	4	0.3226

Model architecture	learning rate ^z	batch size ^y	total loss ^x
MobileNet MultiHW AVG	0.3	8	0.2657
	0.3	4	0.3251
	0.9	8	0.2788
	0.9	4	0.3845

^z learning rate: 모델이 최적의 가중치에 얼마나 빠르게 수렴하는지를 결정

^y batch size: 한번에 모델이 학습하는 데이터 샘플의 개수

^x total loss: 전체 손실

시설 만감류 ‘감평’의 착과수 예측을 위해 5종의 머신러닝 회귀 모델을 비교 분석한 결과, 선형 회귀(Linear Regression) 모델이 결정계수 0.76, 평균 절대 오차 13.67로 가장 우수한 성능을 나타냈다(표 6). 일반적으로 선형 회귀 모델은 데이터의 변수 간 관계가 명확할 때 높은 효율성을 보이는데, 본 연구에서 추출된 이미지 기반 특징들이 착과수와 강한 선형적 상관관계를 형성하고 있음을 나타낸다. 반면, Random Forest 및 XGBoost와 같은 복잡한 비선형 모델들은 상대적으로 낮은 성능을 보였다. 이는 학습 데이터의 수(n=289)가 모델의 복잡도에 비해 충분하지 않았거나, 과실 인식 과정에서 도출된 독립 변수들이 이미 선형적 특성을 충분히 반영하고 있어 복잡한 알고리즘은 오히려 불필요한 노이즈까지 학습하게 되어 성능이 떨어진다고 보고된 Cherkassky et al.,(2009) 연구 결과로 설명된다. 선형 회귀 모델이 제시한 결정계수 0.76은 일반적으로 통용되는 우수한 예측 기준(0.75~0.90)에 부합하는 수치로 휴대폰 RGB 카메라로 촬영된 영상으로 신뢰도 높은 착과량 예측이 가능하며, 향후 저사양 모바일 기기에서도 연산 부하 없이 실시간 예측 서비스를 구현할 수 있는 기술적 근거를 마련한 것으로 판단된다.

표 6. 착과수 예측용 머신러닝 회귀 모델별 결정계수 및 오차.

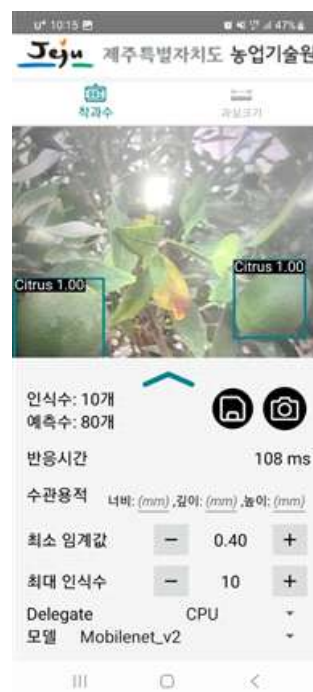
품종	학습 데이터 수	머신러닝 회귀모델									
		선형 회귀		Random Forest		Gradient Boosting		SVR		XGBoost	
		결정 계수 ^z	오차 ^y	결정 계수	오차	결정 계수	오차	결정 계수	오차	결정 계수	오차
레드향	289	0.76	13.67	0.72	15.18	0.71	15.11	0.49	20.69	0.69	15.82

^z 결정 계수 : $R^2 Score = 1 - \frac{\sum(\text{실제값} - \text{예측값})^2}{\sum(\text{실제값} - \text{평균값})^2}$, (0.75~0.90일 경우 우수한 성능)

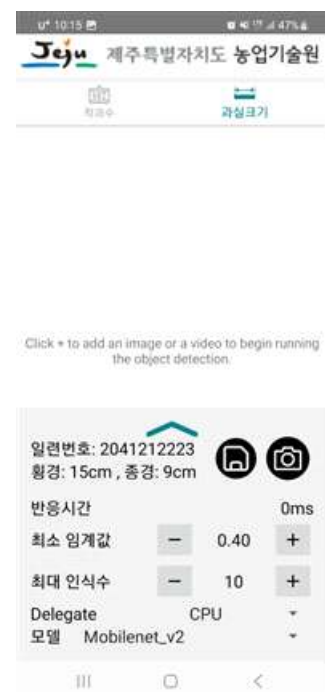
^y 오차(Mean Absolute Error) : $MAE = (1/n) \times \sum |\text{실제값} - \text{예측값}|$



영상 스트림 인식
(착과수, 과실크기 탭 선택)



사용자 설정 기능(착과수)



사용자 설정 기능(과실크기)

그림 3. 과실인식 애플리케이션.

4. 적요

- 과실인식 모델 개발 객체인식 이미지 라벨링 작업 29,351장 완료
- 과실인식 모델의 성능은 학습률 값과 상관없이 데이터셋의 샘플 수 값이 높을수록 전체손실이 줄었음
- 과실인식 정밀도와 성능은 MobileNet MultiHW AVG 모델이 학습률 0.9 조건에서 데이터셋의 샘플 수가 8일 때, 성능지표가 0.735로 높았음
- ‘감평’ 착과수 예측용 머신러닝 회귀모델별 결정계수 및 오차는 선형회귀 모델이 결정계수 0.76으로 가장 높고, 오차가 13.67로 가장 낮았음

5. 결과활용

연도(연차)	활용구분	제 목 명
2025년도	지식재산권	영상데이터를 이용한 AI기반의 만감류 생육데이터 수집 시스템

6. 조기종결 사유

농업디지털센터에서 3D 이미지를 이용하여 정밀도 높은 과실정보 예측 시스템을 개발 추진중이며 현재 1단계 개발이 완료된 상태이고 보다 정밀도 높은 과실 정보 수집을 위해 2단계 고도화가 추진중으로 사업 내용이 중복되어 조기종결 하고자함

7. 참고문헌

- Bach, S., Binder, A., Montavon, G., Klauschen, F., Müller, K. R., & Samek, W.(2015). On pixel-wise explanations for non-linear classifier decisions by layer-wise relevance propagation. PLoS ONE, 10, e0130140.
- Cherkassky, V., Yunqion M.(2009). Another look at statistical learning theory and regularization. Neural Networks Volume 22, Issue 7:958-969.

Guy, Farjon., Huijun L., Edan, Y.(2023) Deep learning based counting methods, datasets, and applications in agriculture: a review. Precision Agriculture, 24:1683 - 1711.

Howard, A.G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H.(2017). Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. arXiv preprint arXiv:1704.04861.

Linker, R. (2017). A procedure for estimating the number of green mature apples in night-time orchard images using light distribution and its application to yield estimation. Precision Agriculture, 18:59 - 75.

8. 연구원 편성

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무	참여년도		
						'23	'24	'25
1) 영상기반 하우스 만감류 과실생육 정보 수집체계 개발	연 구 책임자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구사	김현수	시험수행 총괄	○	○	
	연 구 책임자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구사	운찬일	시험수행 총괄			○
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구사	김동균	기능 개발	○	○	○
	공 동 연구자	제 주 도 원 원예경영연구과	농 업 연구사	강태완	기능검토	○		
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구사	강일두	기능검토		○	
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구사	양철준	기능검토			○
	공 동 연구자	제 주 도 원 연구 개발 국	농 업 연구관	강종훈	결과검토	○		
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구관	김태균	결과검토		○	
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구관	강상훈	결과검토			○

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	농식품자원 (FR)	제주 농특산물 활용 전통주 양조 기술개발	'25 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	김순영
	양조기술 (FRFR22)	1) 제주 메밀 활용 전통주 양조 기술개발	'25	제 주 도 원 미래농업육성과	김순영

1. 연구목적

- 지역농산물의 부가가치 향상과 농가소득 증대를 위한 양조 기술개발

2. 재료 및 방법

(시험 1) 탁주 양조 조건 설정

- 시험재료: 쌀, 제주메밀(양절), 발효제 등
- 처리내용
 - 처리 1) 발효제(누룩, 입국) 및 쌀·메밀 배합비(70:30, 50:50)
 - ※ 메밀 처리: 로스팅, 무처리(증자)
 - ※ 제조 조건: 가수량 120%, 발효 온도 22℃
 - 처리 2) 발효 온도 20±1, 25±1℃
 - ※ 발효제 입국, 쌀·메밀(무처리) 배합비 70:30, 가수량 120%
 - 처리 3) 가수량 100, 120, 150%
 - ※ 발효제 입국, 쌀·메밀(무처리) 배합비 70:30, 발효 온도 25±1℃
- 조사항목: 알코올 함량, 가용성 고형분, 산함량, 기호도 등

(시험 2) 효모별 비교

- 시험재료: 쌀, 제주메밀(양절)
- 처리내용: 효모(퍼미빈, K2, Y263)
 - ※ 제조 조건: 가수량 120%, 발효 온도 25±1℃
- 조사항목: 알코올 함량, 가용성 고형분, 산함량, 색도 등

(시험 3) 약주 양조 조건 설정

- 시험재료: 쌀, 제주메밀(양절), 발효제 등
- 처리내용: 가수량(100, 120, 150%), 숙성 기간(7, 14, 30일)
 - ※ 제조 조건: 발효제 입국, 효모 K2, 쌀·메밀 배합비 70:30, 발효 온도 25℃
- 조사항목: 알코올 함량, 가용성 고형분, 산함량, 색도, 기호도 등

3. 주요 연구결과

(시험 1) 탁주 양조 조건 설정

<처리 1> 발효제 및 배합비

○ 발효제 및 배합비에 따른 이화학적 특성

발효제	배합비 (쌀:메밀)	가용성 고형분 (°Bx)	알코올 함량 (%)	산함량 ^z (%)	pH
누룩	70:30(무처리)	14.9±0.06 c ^y	9.0±0.31 g	1.4±0.01	3.9
	50:50(무처리)	12.7±0.00 d	10.2±0.06 f	1.5±0.02	3.9
	70:30(로스팅)	11.4±0.06 f	13.0±0.50 d	0.9±0.01	4.5
	50:50(로스팅)	11.9±0.06 e	11.2±0.35 e	1.4±0.03	4.2
입국	70:30(무처리)	15.1±0.00 b	15.2±0.35 b	1.3±0.02	4.3
	50:50(무처리)	15.1±0.06 b	16.0±0.49 a	1.3±0.01	4.4
	70:30(로스팅)	16.4±0.06 a	15.1±0.23 b	1.4±0.03	4.4
	50:50(로스팅)	16.4±0.00 a	14.5±0.51 c	1.5±0.03	4.5

^z 산함량: 발효 중 생성된 젖산, 구연산 등 유기산의 총량을 젖산으로 환산한 값

^y Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

※ 무처리: 50분 증자(찜) 후 10분 뜸을 들임, 로스팅: 185℃에서 15분 볶음

※ 가수량 120%, 발효 온도 22℃

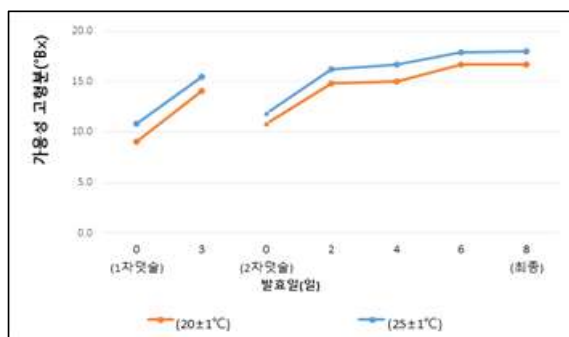
○ 발효제 및 배합비에 따른 기호도(n=10)

발효제	배합비 (쌀:메밀)	색	향	단맛	쓴맛	텃텃	전반적 기호도
누룩	70:30(무처리)	26	35	24	18	24	26
	50:50(무처리)	31	40	32	25	28	31
	70:30(로스팅)	31	26	24	19	22	28
	50:50(로스팅)	38	35	18	14	18	15
입국	70:30(무처리)	81	69	61	61	69	75
	50:50(무처리)	81	71	67	58	64	74
	70:30(로스팅)	64	61	65	61	58	68
	50:50(로스팅)	64	63	67	56	63	64

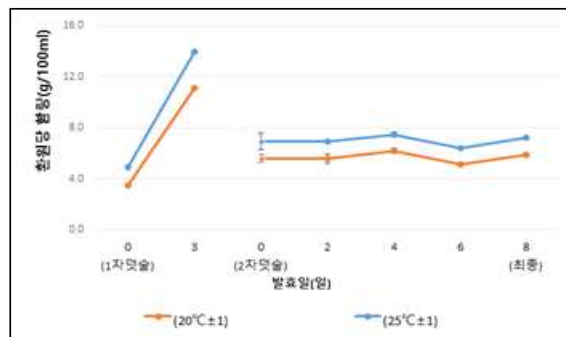
※리커트 7점 척도(1 매우 불만족~7 매우만족)로 평가 후 100점으로 환산

<처리 2> 발효 온도

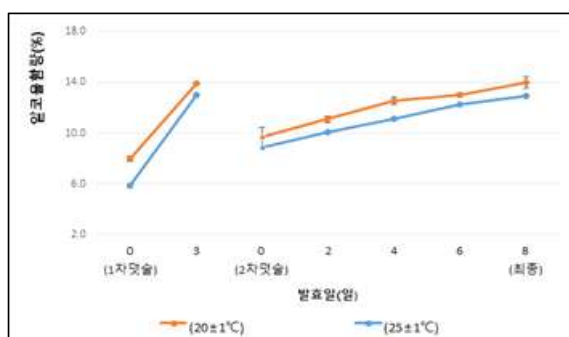
○ 발효 온도에 따른 경과 일수별 이화학적 특성 변화



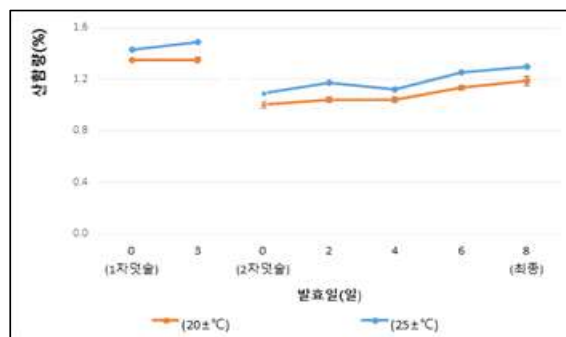
가용성 고형분



환원당



알코올 함량



산함량

○ 발효 온도에 따른 기호도(n=10)

처리내용	색	향	단맛	쓴맛	산미	전반적 기호도
20±1(°C)	87	62	65	52	62	65
25±1(°C)	77	68	68	70	62	68

※ 리커트 7점 척도(1 매우 불만족~7 매우 만족)로 평가 후 100점으로 환산

<처리 3> 가수량

○ 가수량에 따른 이화학적 특성

처리내용	가용성 고형분 (°Bx)	환원당 함량 (g/100ml)	알코올 함량 (%)	산함량 (%)	pH
100%	20.0±0.00 a ^z	8.2±0.39 a	12.4±0.21 c	1.3±0.01	4.2
120%	17.0±0.06 b	5.1±0.39 b	13.4±0.17 b	1.3±0.01	4.2
150%	12.5±0.03 c	2.1±0.05 c	14.4±0.22 a	1.2±0.02	4.1

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

(시험 2) 효모별 비교

○ 효모 종류에 따른 탁주의 이화학적 특성

처리내용	가용성고형분 (°Bx)	환원당 함량 (g/100ml)	알코올 함량 (%)	산함량 (%)	pH
퍼미빈	18.3±0.00 b ^z	7.9±0.05 b	12.5±0.25 ab	1.4±0.03 a	4.2
K2	19.0±0.06 a	8.5±0.11 a	13.5±0.78 a	1.3±0.05 b	4.2
Y263	14.4±0.06 c	5.5±0.03 c	12.0±0.36 b	1.4±0.01 a	4.2

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 효모 종류에 따른 탁주의 색도

처리내용	색도		
	L	a	b
퍼미빈	45.8±0.56	-0.4±0.03	2.3±0.04
K2	45.0±0.55	-0.2±0.01	2.3±0.03
Y263	48.8±0.67	-0.2±0.02	3.8±0.15

※ 표준백색판 색도: L 99.28, a -0.11, b -0.05

○ 효모 종류에 따른 탁주의 기호도(n=10)

처리내용	색	향	단맛	쓴맛	산미	전반적 기호도
퍼미빈	69	52	63	56	52	58
K2	50	78	70	61	67	65
Y263	67	61	56	50	54	56

※ 리커트 7점 척도(1 매우 불만족~7 매우 만족)로 평가 후 100점으로 환산

(시험 3) 약주 양조 조건 설정

○ 가수량에 따른 약주의 이화학적 특성

처리내용	가용성 고형분 (°Bx)	환원당 함량 (g/100ml)	알코올 함량 (%)	산함량 (%)	pH
100%	19.2±0.00 a ^z	8.2±0.12 a	12.7±0.25 c	1.2±0.02 b	4.2
120%	17.3±0.06 b	6.9±0.24 b	13.6±0.25 b	1.2±0.02 c	4.2
150%	12.9±0.00 c	2.3±0.01 c	14.5±0.32 a	0.8±0.02 d	4.1

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 가수량에 따른 약주의 색도

처리내용	색도		
	L	a	b
100%	25.9±0.13	-0.1±0.05	-0.7±0.12
120%	27.1±2.04	-0.1±0.05	-0.6±0.09
150%	28.3±0.41	-0.1±0.02	-0.9±0.24

○ 숙성기간에 따른 약주의 이화학적 특성

처리내용	가용성 고형분 (°Bx)	환원당 함량 (g/100ml)	알코올 함량 (%)	산함량 (%)	pH
7일	19.2±0.00 a ^z	8.2±0.12 c	12.7±0.25 b	1.2±0.02	4.2
14일	19.3±0.00 a	9.1±0.19 a	12.7±0.06 b	1.2±0.00	4.2
30일	19.0±0.12 b	8.6±0.08 b	13.5±0.15 a	1.3±0.03	4.0

^z Means separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

※ 발효제 입국, 쌀·메밀 배합비 70:30, 발효온도 25±1℃, 가수량 100%, 효모 K2

4. 적 요

(시험 1) 탁주 양조 조건 설정

- 발효제 비교 결과, 입국 사용 시 가용성 고형분(15.1~16.4°Bx)과 알코올 함량(14.5~16.0%)이 누룩 대비 높게 나타났으며, 쌀·메밀 (무처리) 배합비 70:30 조건에서 전반적 기호도가 가장 우수하였음
- 입국 사용, 발효 온도 25℃ 조건에서 가용성 고형분(18°Bx)과 환원당 함량(7.25g/100mL)이 20℃ 조건 대비 높았으며, 알코올 함량 (13% 수준)을 유지하면서 향·단맛·쓴맛 등 기호도가 우수하였음
- 입국 사용, 발효 온도 25℃, 가수량 100% 조건에서 가용성 고형분 (20°Bx)과 환원당 함량(8.2g/100mL)이 가장 높게 나타났으며, 알코올 함량은 12% 수준으로 유지되었음
- 종합적으로 발효제는 입국을 사용하고 쌀·메밀 배합비(무처리) 70:30, 발효온도 25℃ 조건이 메밀 탁주 제조에 가장 적절한 것으로 판단됨

(시험 2) 효모별 비교

- K2 효모 사용 시 가용성 고형분(19°Bx), 환원당 함량(8.5g/100 ml), 알코올 함량(13.5%)이 퍼미빈 및 Y263 효모에 비해 모두 높게 나타났으며, 기호도 조사에서도 높은 평가를 받아 메밀 탁주 제조용 효모로 선발하였음

(시험 3) 약주 양조 조건 설정

- 가수량 100% 조건에서 가용성 고형분과 환원당 함량이 가장 높게 나타났으며, 알코올 함량은 12~13% 수준으로 유지되었음
- 숙성기간에 따른 알코올 함량은 발효 후 14일까지 약 12.7% 수준을 유지하였고, 30일차에 13.5%로 소폭 증가하는 경향을 보였음
- 적정 숙성기간 설정을 위해서 숙성기간을 1~5개월로 확대하여 향기 성분 등 추가 분석을 실시하겠음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 제주 메밀 활용 전통주 양조기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 촌 사 지 도 사	김 순 영	과제수행 총괄
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 사 연구 사	강 다 영	성분 분석
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 사 연구 사	김 진 영	결과 검토
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 관 연구 관	강 상 훈	결과 활용 검토
	공 동 연 구 자	제 주 도 원	농 업 관 연구 관	고 상 환	아이디어 제공 및 자문
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 미래농업육성과	공 무 직	현 금 선	제조 및 분석 보조

6. 연구계획 변경사항

- 기관프로젝트 공동연구(2세부 국내 육성 메밀 품종 활용 발효주 양조기술 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
미래농업육성과 과 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) 제주 메밀 산업 안정화 및 부가가치향상 기술개발 (2세부과제명) 국내 육성 메밀 품종 활용 발효주 양조 기술 개발

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	버섯 IC02	버섯 안정생산 기술 개발 및 품종 선발	'25 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	이정배
	표고버섯 IC021704	1) 시설재배 표고버섯 안정생산 기술 개발	'25 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	이린아
	기타버섯류 IC021799	2) 자생버섯 유전자원 탐색 및 인공재배 기술 개발	'25 ~'28	제 주 도 원 미래농업육성과	이정배

1. 연구목적

- 시설재배용 표고버섯 배지 대체 자원 선발 및 특성 조사

2. 재료 및 방법

(시험 1) 시설재배용 표고버섯 톱밥 대체 배지 자원 조사 및 특성 조사(2025)

- 시험품종: (중온성) ‘참아람’, (중고온성) ‘산조701’
- 처리내용
 - 대조구: 참나무 톱밥 80%+영양원(미강) 20%
 - 시험구: 대체재 80%+영양원(미강) 20%
- ※ 대체재: 감귤나무 잔가지, 억새, 조릿대 등
- 조사항목: 혼합 배지별 특성, 균사 생장속도 및 밀도, 자실체 발이 등

3. 주요 연구결과

- 표고 참나무톱밥 대체재 자원 특성 조사

< 배지원료 일반성분 함량 >

배지원료	다량원소 (%)					미량원소 (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
참나무 톱밥 (대조구)	0.02 b ²	0.15 c	0.36 b	0.05 d	0.06 b	7.9 c	1.9 b	55.3 b	46.3 c	9.7 d
감귤나무 잔가지	0.20 a	0.74 b	1.09 a	0.21 b	0.05 b	15.4 b	47 b	70.8 ab	34.9 cd	20.3 cd
메밀껍질	0.30 a	1.07 a	0.22 b	0.30 a	0.07 b	11.5 bc	6.2 b	101.0 ab	45.7 c	28.7 bc
삼나무톱밥	0.02 b	0.11 c	0.26 b	0.05 d	0.07 b	22.1 a	3.8 b	137.0 ab	8.7 d	10.0 d
억새	0.25 a	0.75 b	0.40 b	0.21 b	0.12 a	5.2 c	5.5 b	186.9 ab	120.8 b	37.2 b
조릿대	0.14 ab	0.83 b	0.31 b	0.12 c	0.08b	8.0c	22.4a	241.3 a	227.8 a	61.5 a

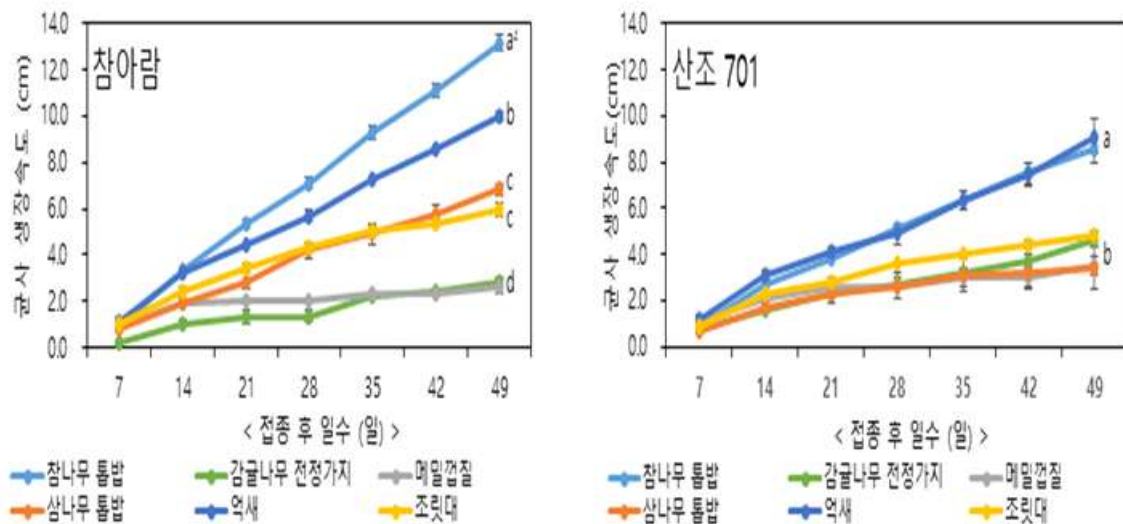
²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p > 0.05$

< 배지원료 화학적 특성 >

배지원료	pH(1:10)	탄질률		
		T-C (%)	T-N (%)	C/N ratio
참나무톱밥	5.4 e ^z	43.08 b	0.22 c	200.82 b
감굴나무 전정가지	6.7 b	44.18 ab	1.31 a	35.22 d
메밀껍질	6.1 c	42.94 bc	0.99 a	43.51 d
삼나무톱밥	5.1 f	45.31 a	0.14 c	315.46 a
억새	5.8 d	41.76 cd	0.61 b	86.39 c
조릿대	7.3 a	40.64 d	1.14 a	37.02 d

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$

○ 품종별 대체재 종류에 따른 군사 성장속도



○ 억새 활용 배지의 배양 및 재배기간

시험품종	배양기간 (월. 일.)	갈변기간 (월. 일.)	재배기간 (월. 일.)	
			1 주기	2 주기
참아람	7. 9.~8. 22.	8. 23.~10. 30.	11. 6.~11. 15.	12. 3.~12. 29.
산조 701	7. 9.~8. 22.	8. 23.~10. 30.	11. 6.~11. 15.	12. 9.~12. 29.

○ 억새 활용 배지의 자실체 발이 및 수량조사

시험품종	주기	자실체 발이수 (개/배지)	유효 개체수 (개/배지)	수량 (g/배지)	생산효율 (%)
참아람	1 주기	3.4	2.6	80.3	10.0
	2 주기	3.2	2.3	71.4	8.9
산조 701	1 주기	9.1	5.3	133.9	16.7
	2 주기	2.5	2.2	35.2	4.4

○ 억새 활용 배지의 자실체 특성 조사

시험품종	주기	개체중 (g)	갓(mm)		대(mm)		갓 색도		
			직경	두께	길이	굵기	L	a	b
참아람	1 주기	34.9	68.6	36.7	52.0	14.4	31.3	11.1	13.3
	2 주기	35.7	70.7	23.5	47.3	18.8	34.3	12.3	15.7
산조 701	1 주기	25.4	61.4	25.0	50.2	12.7	27.5	12.3	12.8
	2 주기	34.5	67.5	20.5	47.4	15.0	35.7	12.6	16.7

○ 억새 활용 배지의 자실체 발이(발생)



참아람



산조701

4. 적 요

- 참나무 톱밥 대체재 성분 분석한 결과, 억새는 셀룰로오스 및 리그닌을 분해하는 효소 활성화에 필수적인 철(Fe)과 망간(Mn) 함량이 높은 것으로 분석되어 기질 분해에 유리한 재료로 확인되었음

- 군사 생장 시험 결과, 억새가 모든 품종에서 참나무 톱밥배지나 다른 배지보다 빠른 경향성을 보였음
- 억새배지에서 배양기간은 45일, 갈변기간은 69일 소요되었으며, 억새 배지 재배 시 초기 다수확에는 '산조 701'이, 안정적 생산에는 '참아람'이 적합할 것으로 보임

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 시설재배 표고버섯 안정생산 기술 개발	책임자	제주도원 미래농업육성과	농 업 연구사	이린아	과제 수행 총괄
	공 동 연구자	제주도원 미래농업육성과	농 촌 지도사	이정배	배지 원료 수집
	공 동 연구자	제주도원 미래농업육성과	농 업 연구관	양석철	결과 검토

과제 구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	버섯 IC02	버섯 안정생산 기술 개발 및 품종 선발	'25 ~'28	제주도원 미래농업육성과	이정배
	표고버섯 IC021704	1) 시설재배 표고버섯 안정생산 기술 개발	'25 ~'28	제주도원 미래농업육성과	이린아
	기타버섯류 IC021799	2) 자생버섯 유전자원 탐색 및 인공재배 기술 개발	'25 ~'28	제주도원 미래농업육성과	이정배

1. 연구목적

- 버섯 유전자원 수집 및 균주 확보, 배지별, 온도별 배양 특성 구
명을 통한 새로운 재배 가능성 균주 선발

2. 재료 및 방법

(시험 1) 자생 버섯 유전자원 수집 및 특성 조사(2025)

- 시험재료: 타 기관 보유 버섯 균주, 제주 자생버섯
- 시험장소: 농업기술원 버섯 연구실(애월 봉성)
- 시험내용: 유용 자생버섯 균주 수집 및 군사 배양 특성 조사
- 시험시기: 5~11월
- 조사항목: 발생시기·장소, 환경, 균주 특성, 유용버섯 균주 선발

3. 주요 연구결과

가. 버섯 유전자원 수집

- 농촌진흥청 보유 균주

일반명	학 명	자원번호	분양량
표고버섯	<i>Lentinula edodes</i>	KMCC2212	1
표고버섯	<i>Lentinula edodes</i>	KMCC2480	1
표고버섯	<i>Lentinula edodes</i>	KMCC4697	1
표고버섯	<i>Lentinula edodes</i>	KMCC4703	1
표고버섯	<i>Lentinula edodes</i>	KMCC4813	1
표고버섯	<i>Lentinula edodes</i>	KMCC4823	1
동충하초	<i>Cordyceps militaris</i>	KMCC5367	1
소혀버섯	<i>Fistulina hepatica</i>	KMCC5319	1
큰갯버섯	<i>Macrolepiota procera</i>	KMCC5071	1

○ 수집 자생버섯 목록

일반명	학 명	수집일자	발생 환경	수집장소 (고도)	개체수
뿔목이버섯	<i>Auricularia cornea</i>	2025. 5. 24.	썩은 고목	5.16도로변 (328m)	2
소혀버섯①	<i>Fistulina hepatica</i>	2025. 5. 10.	구실잣밤나무	5.16도로변 (288m)	2
소혀버섯②	<i>Fistulina hepatica</i>	2025. 5. 24.	구실잣밤나무	5.16도로변 (323m)	3
표고버섯①	<i>Lentinula edodes</i>	2025. 5. 10.	참나무 고목	5.16도로변 (315m)	4
표고버섯②	<i>Lentinula edodes</i>	2025. 5. 11.	참나무 고목	5.16도로변 (320m)	3
표고버섯③	<i>Lentinula edodes</i>	2025. 5. 24	참나무 고목	5.16도로변 (320m)	6

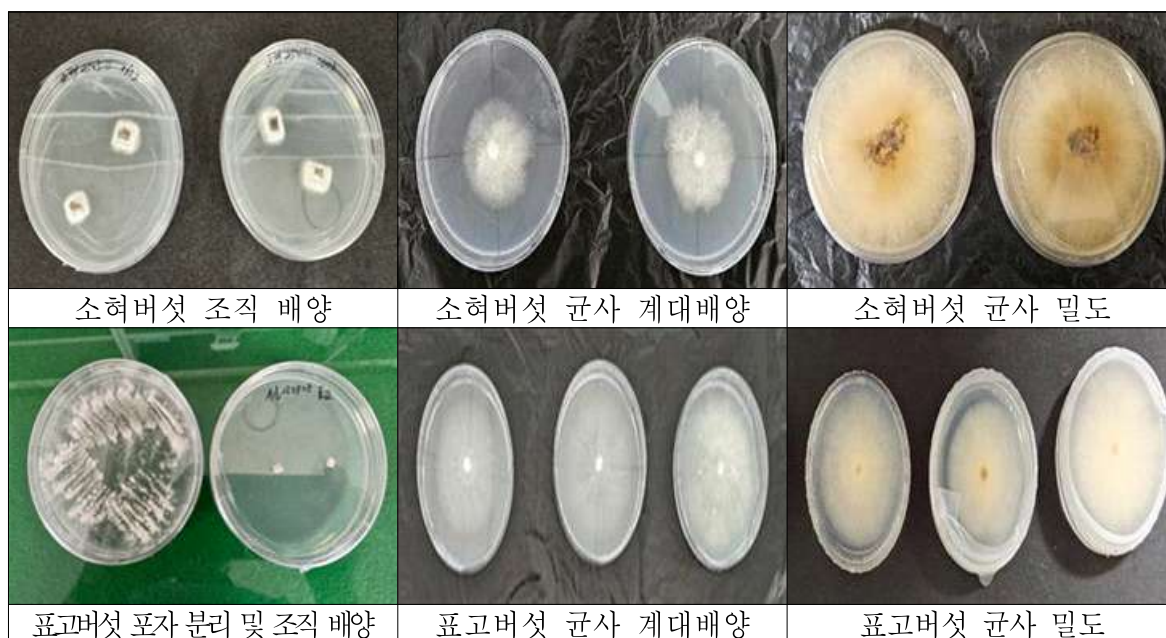


나. 수집 자생버섯 특성 조사

○ 외부 특성

국명	갓			대			포자	
	직경 (cm)	두께 (cm)	색깔	길이 (cm)	굵기 (cm)	색깔	모양	색깔
뿔목이버섯	5~7	0.2~0.3	갈색	-	-	-	-	-
소혀버섯 ①	5~7	1~1.5	선홍색	3~4	2~2.5	분홍색	원형~ 타원형	분홍색
소혀버섯 ②	12~17	3~3.5	열은 분홍색	3~5	3~4	열은 분홍색	원형~ 타원형	분홍색
표고버섯 ①	5~8	0.8~1	갈색	3~5.5	0.7~1	백색, 갈색	타원형	흰색
표고버섯 ②	5~10	0.7~0.9	갈색	3~5	0.5~0.8	백색, 갈색	타원형	흰색
표고버섯 ③	6~12	0.8~1	갈색	3~5.4	0.6~0.9	백색, 갈색	타원형	흰색

○ 균주 특성 및 유용버섯 균주 선발



국명	균사 생장 길이(mm)	균사 밀도
뽕목이버섯	0	0
소혀버섯 ①	30~50	++
소혀버섯 ②	40~70	+++
표고버섯 ①	45~65	++
표고버섯 ②	50~72	+++
표고버섯 ③	48~67	+++

※ 배양기간: 조직 절편 치상 후 20일, 대조: L808

※ 균사 밀도: -(약), +(중), ++(강), +++(아주 강)

4. 적 요

(시험 1) 자생 버섯 유전자원 수집 및 특성 평가

- 재배 가능성 검증을 위하여 수집된 균주는 총 29개체로 농촌진흥청으로부터 분양받은 균주가 4종 9개체, 자생지에서 수집한 균주가 3종 20개체이었으며, 모두 나무를 기주로 하여 자라는 버섯이었음
- 자생지에서 수집된 버섯 유전자원 중 조직분리 후 균사 배양 결과 소혀버섯 2개체, 표고버섯 3개체 모두 정상적으로 배양되었음

- 군사 밀도는 소혀버섯 1개체, 표고버섯 2개체에서 높게 나타났음
- 군사 특성 및 밀도 조사 결과 소혀버섯 1개체와 표고버섯 2개체가 우수한 성적을 보여 향후 자실체 발이를 위한 균주로 활용이 가능할 것으로 보임

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) 자생버섯 유전자원 탐색 및 인공재배 기술 개발	책임자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 촌 지도사	이정배	과제 수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구사	이린아	유전자원 탐색
	공 동 연구자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 연구관	강상훈	결과 검토

4. 친환경연구과

< 총 설 >

□ 탄소중립연구 분야

탄소중립연구분야 과제는 기관프로젝트 4, 고유 연구 4 그리고 공동연구 5세부과제 등 총 13세부과제를 추진하였으며, 고유과제 중에서 1세부과제는 2025년에 완결하였다. 그리고 영농정보 3건, 학술발표 4건의 성과를 달성하였다.

제주 토양 조건에 적합한 수분관리 기술을 정립하고자 토양 종류별 수분보유특성을 구명하고 토양수분센서 보정식을 개발하였다. 제주도에 분포하는 토양 3종(흑색, 농암갈색, 암갈색) 중 17개의 토양통(흑색 4, 농암갈색 8, 암갈색 5)을 선정하여 수분장력에 따른 수분함량을 조사한 결과, 유기물 함량이 높아질수록 동일한 토양수분장력 상에서 용적수분 함량이 높게 나타났다. 토양종류(흑색, 농암갈색, 암갈색)에 따른 토양수분센서(4종)별 측정치와 용적수분함량 실측값간 상관관계를 분석한 결과, 결정계수가 흑색 토양과 농암갈색 토양에서 낮게 나타나 반드시 보정식 적용이 필수적인 것으로 판단되었다.

토양수분센서 현장 적용성 검증 연구에서는 토양수분센서 3종(유전율식 1, 장력계 2)이 설치된 15개소(가뭄대응 3, 생육관리 12)에서 수분센서 측정값과 실제 용적수분함량과의 차이를 분석하였다. 그 결과, TEROS 12와 TEROS 21센서의 경우 흑색토양과 농암갈색토양에서 센서 보정값이 실측값과의 높은 정확도를 보였으며, 암갈색 토양에서 측정값과 보정값, 실측값간 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면, TEROS32 센서에서는 측정값과 보정값, 수분장력간의 차이가 모든 토양에서 크게 나타났다.

만감류 정밀 양분관리 기술 개발 연구에서는 감평 재배농가를 대상으로 비료사용량을 조사하였으며, 토양 및 식물체 채취를 통한 화학성 및 양분함량 간 상관관계를 분석하였다. 그 결과, 비료사용량은 질소 11.0~69.3 kg/10a, 인산 6.4~62.3kg/10a, 칼리 8.3~54.6kg/10a이 사용되는 것으로 조사되었다. 토양화학성과 식물체 양분함량 간 상관관계는 토양 유기물 함량이 높을수록 엽 질소함량은 유의하게 낮았으며, 토양

유효인산과 교환성칼륨 함량이 높을수록 봄잎의 인산 및 칼리 함량이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 만감류 관비재배 적정 질소시비량 구명 연구에서는 부지화 품종을 표준시비량(질소 30kg/10a)기준 토양시비의 경우 질소 1배, 관비시비의 경우 질소 0.5배, 1배를 처리하여 토양화학성 및 양분함량, 생육특성을 비교하였다. 그 결과, 1년차 시험에서는 처리구간 차이가 없는 것으로 나타났다.

공동연구과제로 수행중인 공익직불제 대응 비료사용량 미설정 작물의 비료사용처방 기준 설정 연구에서는 도내 시비기준이 없는 레몬, 망고 그리고 유채나물 3작물에 대해 기준을 설정하고 영농기술 3건을 제공하였다. 농업용수 수질 변동평가 및 지표개발 연구는 매년 도내 40지점을 정점 조사 하여 수질 변동현황을 평가하고 데이터를 구축하였다. 일반농경지 토양화학성 변동평가 및 농업환경자원 평가 통합 플랫폼 구축 연구는 2000년부터 4년 주기로 농경지 유형별(시설-밭-과수-논) 토양 분석을 추진중이며, 2025년에는 밭 재배지 140개소에 대한 토양 화학성 분석을 실시하고 그 결과를 바탕으로 토양 산도 등 그동안의 변동 현황을 평가하고 데이터를 구축하였다. 제주도 지목별 토양화학성 변화 평가 및 시군별 토양검정 정도관리 연구에서는 2022년부터 2025년까지 수행한 대표필지 3,270개소에 대한 토양 화학성 분석 결과를 활용하여 지역별 작물 재배 양상에 따른 토양화학성 변화에 대한 학술발표 1건을 발표하였다. 농업부문 온실가스 통계 데이터 플랫폼 구축 및 감축 이행 평가 연구는 지역에 맞는 농업부문 온실가스 배출량 및 감축량을 산정하기 위한 인벤토리 통계 자료 구축을 위해 추진중에 있으며, 제주지역 농업활동 통계조사를 통해 구축된 온실가스 인벤토리를 활용한 영농정보 1건을 제공하였다.

□ 농산물안전성연구 분야

농산물안전성연구 분야에서는 농약허용기준강화제도(PLS) 대응을 위한 농약직권등록시험과 기후변화에 따른 감귤 해충 발생예측 모델 개발 등 다양한 연구를 수행하였다. 기관프로젝트 3세부과제, 고유연구 2세부과제와 공동연구 3세부과제로 총 8세부과제를 추진하였으며, 그 성과로

영농정보 1건, 학술발표 2건, 농약 품목으로 50종을 선발하는 성과를 달성하였다.

농약직권등록시험은 노동력 절감을 위한 무인항공방제 약효·약해 1시험과 등록농약이 부족한 소면적 작물 약효·약해 2시험과 약해 1시험을 수행하였다. 무인항공방제용 농약직권등록시험은 도내 주요 발작물인 브로콜리 배추좀나방을 대상으로 1년차 시험 결과 농약 2품목을 선발하였다. 소면적 농약직권등록시험은 레몬 검은점무늬병, 섬쭉부쟁이 과밤나방을 대상으로 농약 9품목을 선발하였으며, 신속한 농약 등록을 위한 섬쭉부쟁이 약해시험 추진 결과 41품목 모두 약해가 없었다.

해충 방제용 천연소재 선발을 위해 식물추출물과 에센셜오일 등 25종에 대한 해충방제 효과를 분석한 결과 식물추출물은 마늘 등 9종, 에센셜오일은 레몬그라스 등 6종이 해충 방제용 천연 소재로 이용 가능성이 있다고 판단되었다.

공동연구로 수행 중인 감귤 병해충 디지털 방제력 개발 및 현장적용 연구는 2025년에는 시설재배 만감류에서의 볼록충채벌레 발생예측 모형 개발을 목표로 추진되었다. 온도 조건별 발육자료를 기반으로 각 발육단계의 발육영점온도와 적산온도를 산출한 결과, 알은 각각 10.9℃와 92.7DD, 약충은 9.9℃와 72.9DD, 번데기는 10.6℃와 40.9DD로 나타났다. 또한, 예측 결과와 실제 발생 양상을 비교·분석하기 위해 제주시 1개소와 서귀포시 2개소의 시설하우스 내·외부에 황색점착트랩을 설치하고, 10일 간격으로 교체하며 발생 자료를 수집하였다. 이러한 연구 결과는 농촌진흥청과 공동으로 개발 중인 병해충 디지털 방제력 시스템 구축을 위한 기초 자료로 활용하였다.

공동연구과제로 수행된 농업환경 내 농업유래 유기오염물질 모니터링 및 환경 위해성 평가 연구는 2019년부터 농경지 영농형태별(밭-과수원-논-시설재배)에 대해 4년 1주기, 농업용수는 매년 12지점을 대상으로 모니터링을 진행하였다. 2025년에는 밭 토양 내 유기오염물질을 모니터링한 결과 토양오염 우려 기준 미만으로 확인되었으며 이를 토대로 영농정보 1건을 제공하였고, 농업용수 내 유기오염물질은 수질 기준에 적합하여 농업용수 이용에 문제가 없는 것으로 나타났다.

과제구분	고유연구	수행시기		전반기	
과제명/세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
제주 토양에 적합한 수분관리 기술 개발		토양비료 SF	'23 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이강해
1) 제주 토양 종류별 수분보유특성 구명 및 토양수분센서 보정식 개발		토양물리 SF01SF12	'23 ~'25	제 주 도 원 친환경연구과	이강해
2) 토양수분센서 현장 적용성 검증		토양물리 SF01SF12	'25 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이강해
색인용어	토양수분, 수분보유특성, 토양수분센서, 보정식				

ABSTRACT

This study was conducted to establish soil moisture management techniques suitable for Jeju soil conditions by identifying the soil moisture retention characteristics and developing calibration equations for soil moisture sensors. To construct soil moisture retention characteristic curves by soil types, water content under eight pressure treatments was measured for 17 soil series. For the development of calibration equations for major soil moisture sensors, three soil types and four types of soil moisture sensors were selected, and sensor readings were compared with volumetric water content or soil water potential. Soil moisture retention characteristic curves were developed by analyzing water content under different tension treatments. The results showed that soils with higher organic matter content tended to have higher volumetric water content at the same soil water potential. Differences between sensor readings and volumetric water content or soil water potential were greater in black and dark brown soils than in brown soils. Based on these results, it is considered that soil moisture management in Jeju soils should consider organic matter content, and that calibration is essential when using soil moisture sensors.

key words: soil moisture, moisture retention characteristics, soil moisture sensors, calibration equations

1. 연구목표

제주도 토양은 분류학(Soil Taxonomy)적으로 화산쇄설물을 모재로 하는 Andisols(화산회토)이 주로 분포하고, 토양통은 66개로 다양하다(송 등, 2010). 토양색에 따라서는 흑색토(Black soils), 농암갈색토(Dark brown soils), 암갈색토(Brown soils)로 크게 3개 토양으로 구분된다(현영훈, 2020). 또한 유기물 함량 등 다양한 토양 특성은 토양 수분보유 특성과 토양수분센서 정확도에 영향을 미칠 수 있다(Cho et al., 1996; Kim, 2008). 안정적인 작물재배 및 고품질 농산물 생산을 위해서는 제주 토양에 알맞은 수분관리 기술 개발이 필요하지만(양상호, 2007), 제주 토양의 물리·화학적 특성에 따른 수분보유특성과 수분센서 측정값 해석에 대한 연구가 부족한 실정이다(양상호, 2008). 이에 본 연구는 제주 토양 종류별 수분보유특성을 구명하고 토양수분센서 보정식을 개발함으로써 제주 토양조건에 적합한 토양수분 관리기술을 정립하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 토양 종류별 수분보유특성 곡선 작성

시험토양은 제주도에 분포하는 3종(흑색, 농암갈색, 암갈색)에서 17개 토양통을 선정하였으며, 토양 종류별 토양통 현황은 표 1과 같다. 토양의 수분상태(과습~매우건조)는 수분함량(%)이 아닌 수분장력(-kPa)으로 결정되는데, 그림 1에서 나타낸 것과 같이 0~-1,500 kPa 범위 중 주요 압력을 포함하여 8개 압력(10, 33, 50, 100, 200, 500, 1,000, 1,500 - kPa)을 처리하였다. 조사방법은 그림 2와 같이 토양 보수력 측정장치를 이용하여 토양수분장력 처리에 따른 수분함량을 측정하였다(NIAS, 2022). 우선 토양시료를 조제한 후 24시간 이상 포화시키고, 이를 챔버 안에 넣은 다음 압력을 가하여 수분이 나오지 않을 때까지 기다린 후 시료를 꺼내어 105℃에서 24시간 건조시켜 무게를 측정하였다. 유기물 함량은 CN분석기(Skalar, Primacs SNC 100)를 이용하여 농촌진흥청 토양화학분석법(NIAS, 2000) 기준으로 분석하였다.

표 1. 토양 종류별(흑색, 농암갈색, 암갈색) 시험 토양통 현황.

구 분		토양통
화산회토 (12)	흑색 (4)	남원통, 위미통, 평대통, 의귀통
	농암갈색 (8)	안덕통, 중문통, 회수통, 구좌통, 봉성통, 아라통, 정방통, 중엄통
비화산회토 (5)	암갈색 (5)	동귀통, 무릉통, 제주통, 구엄통, 수산통

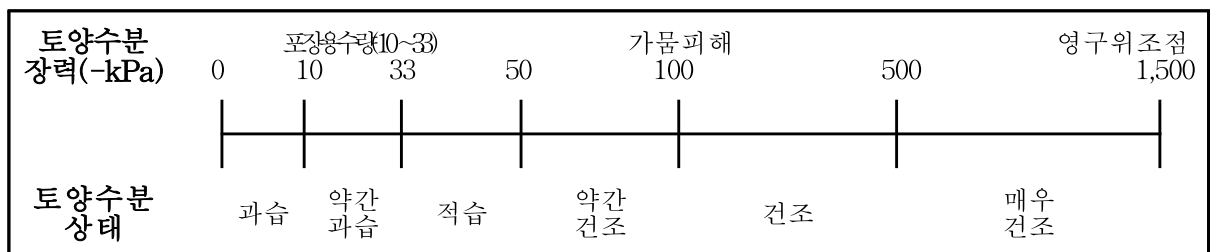
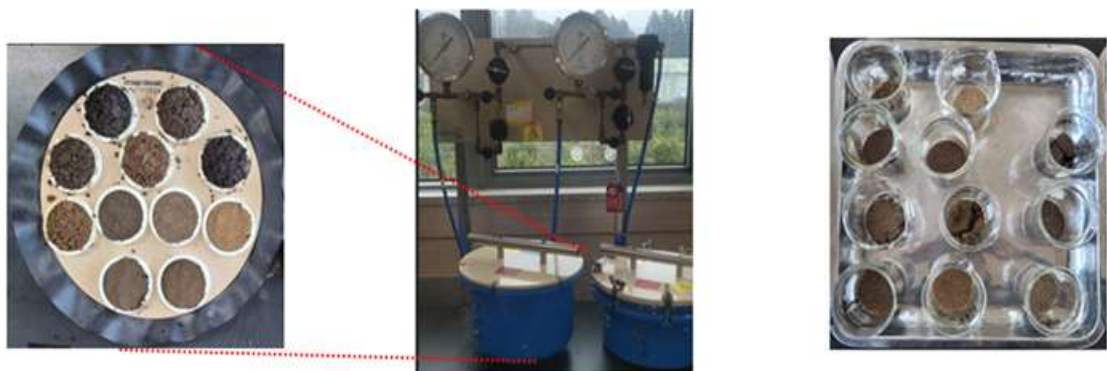


그림 1. 토양수분장력에 따른 토양수분 상태.



- ① 토양시료 조제 (24시간 이상 포화)
 ② 챔버 이용 장력 처리 (저압챔버: 0~-500 kPa / 2~3주)
 (고압챔버: -500~-1,500 kPa / 1달 이상)
 ③ 건조 후 무게 측정 (105℃에서 24시간)

그림 2. 토양 수분보유특성 조사방법.

(시험 2) 주요 토양수분센서 보정식 개발(포트시험)

시험토양은 종류별로 흑색(위미통), 농암갈색(안덕통), 암갈색(무릉통)을 채취하였고, 일정 부피의 포트(직경 50cm, 높이 50cm)에 충전하였다(그림 3). 토양수분센서는 4종(유전율식 2, 장력계 2)을 선정하였으며(표 2), 상부에서 20cm 깊이에 설치하였다. 토양수분함량(%)을 측정하는 유전율식(TEROS 12, PICO 64)은 코어(Core) 측정법에 의한 용적수분함량 실측값과 센서 측정값을 직접 비교하였으며, 토양수분장력(-kPa)을 측정하는 장력계(TEROS 21, TEROS 32)는 용적수분함량 실측값을 수분보유특성 회귀식을 적용하여 환산한 수분장력과 센서 측정값을 비교하였다.

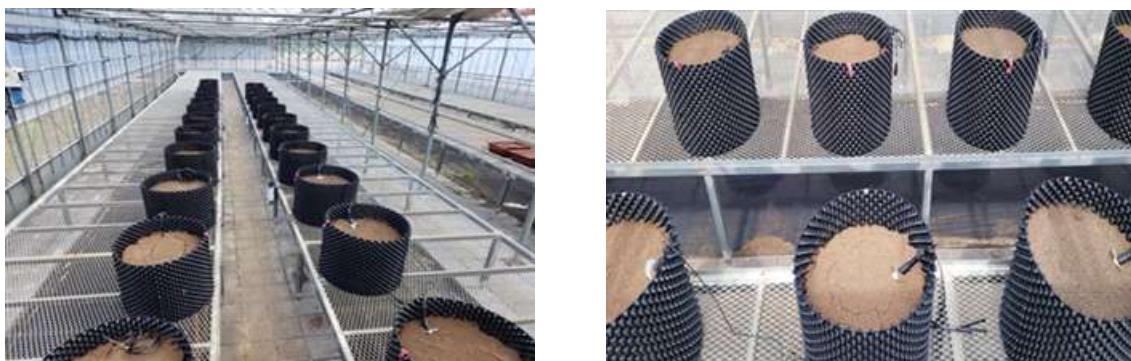


그림 3. 토양수분센서 보정식 개발 시험포장.

표 2. 센서 종류별 토양수분센서 현황.

구분				
	유전율식		장력계	
측정 항목	수분 함량(%)		수분 장력(-kPa)	
모델명	TEROS 12 (FDR*)	PICO 64 (TDR*)	TEROS 21	TEROS 32
측정 범위	0~70		0~10,000	0~85

* FDR(Frequency Domain Reflectometry, 주파수 변화 측정),
TDR(Time Domain Reflectometry, 전자기파 전송시간 측정)

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 토양 종류별 수분보유특성 곡선 작성

17개 토양통을 대상으로 장력(-kPa) 처리에 따른 수분함량(%)을 분석하여 수분보유특성 곡선을 작성하였으며(그림 4), 유기물 함량은 흑색 11.6~20.6 %, 농암갈색 5.2~17.7 %, 암갈색 1.7~8.3 %로, 흑색과 농암갈색 토양이 암갈색 토양보다 높은 경향이었다. 동일한 수분장력(상태)에서의 수분함량은 흑색과 농암갈색 토양이 암갈색 토양보다 높았으며, 유기물 함량이 높을수록 수분함량이 높게 나타나 유기물이 수분보유특성에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

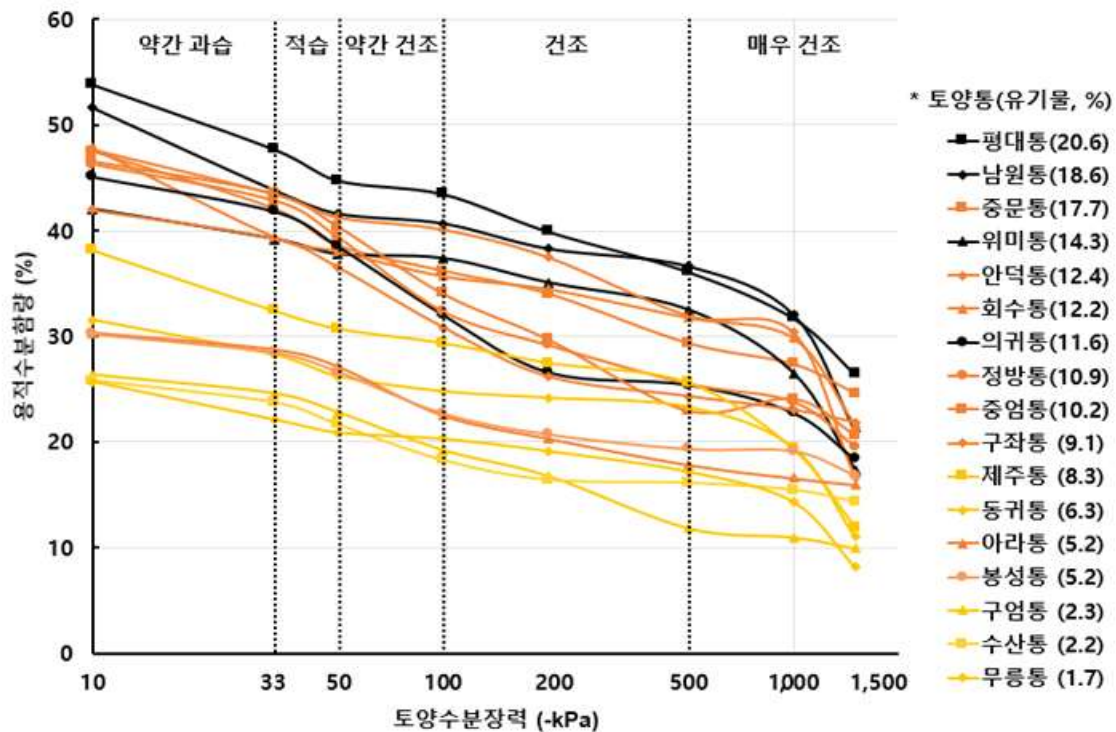
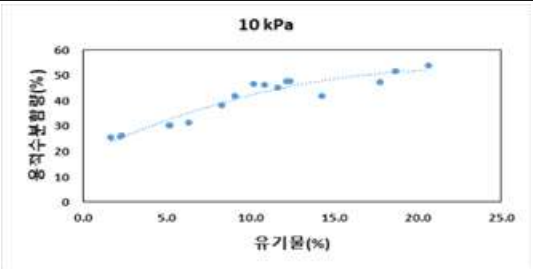
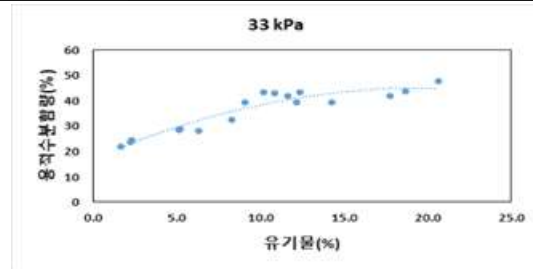
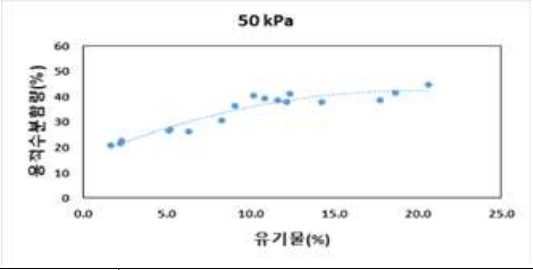
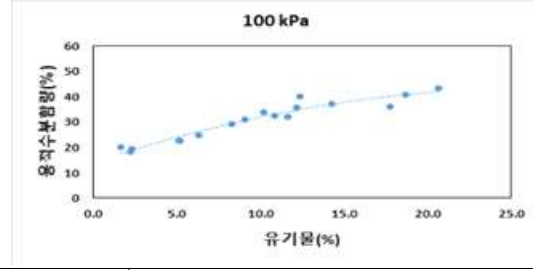
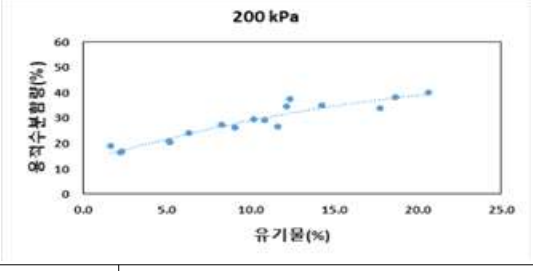
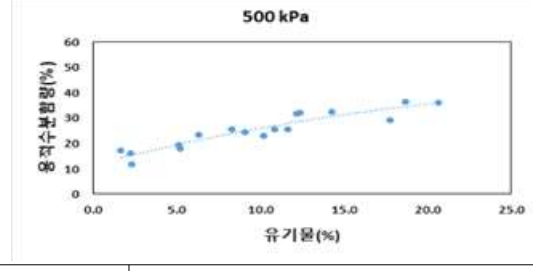
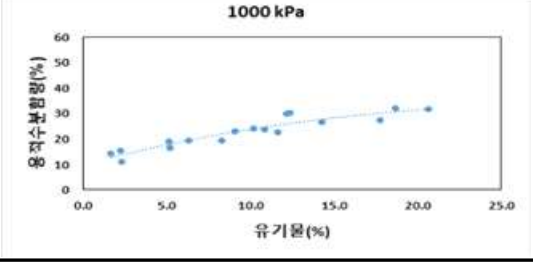
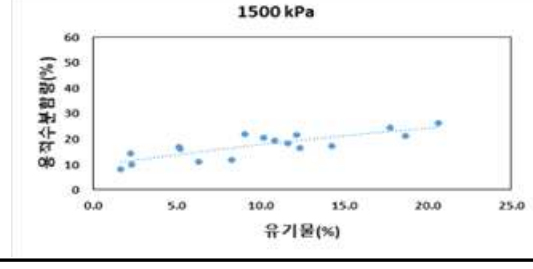


그림 4. 토양 종류별 수분보유특성 곡선.

이에 따라 토양수분장력(-kPa)별 유기물 수준에 따른 용적수분함량(%)을 산출하는 회귀식을 도출하였으며(표 3), 토양수분장력 0~-1,000 kPa 범위에서의 유기물 함량과 용적수분함량과의 결정계수(R^2)는 0.8787 이상으로 높았다.

표 3. 토양수분장력(-kPa)별 유기물 함량에 따른 용적수분함량(%) 산출 회귀식.

수분장력 (-kPa)	회귀식	수분장력 (-kPa)	회귀식
10	$y = -0.0673x^2 + 2.9793x + 19.049$ ($R^2=0.9205$)	33	$y = -0.0718x^2 + 2.8343x + 17.128$ ($R^2=0.8982$)
			
50	$y = -0.0689x^2 + 2.7087x + 15.745$ ($R^2=0.9123$)	100	$y = -0.0401x^2 + 2.1743x + 14.183$ ($R^2=0.9326$)
			
200	$y = -0.0298x^2 + 1.8866x + 13.113$ ($R^2=0.9052$)	500	$y = -0.0250x^2 + 1.6943x + 11.575$ ($R^2=0.8787$)
			
1,000	$y = -0.0310x^2 + 1.6833x + 10.062$ ($R^2=0.8829$)	1,500	$y = -0.0097x^2 + 0.9415x + 9.3427$ ($R^2=0.6791$)
			

위에서 도출한 회귀식을 바탕으로 유기물 함량에 따른 토양수분장력(-kPa)별 용적수분함량(%)은 표 4와 같다. 이를 통해 농경지 필지별 유기물 수준에 따라 토양수분 상태(과습~매우건조)를 확인할 수 있다. 수분함량이 동일하더라도 유기물 함량에 따라 수분상태가 달라질 수 있으므로, 유기물 함량이 높은 제주 토양은 유기물 함량에 따른 수분 관리가 필요하다.

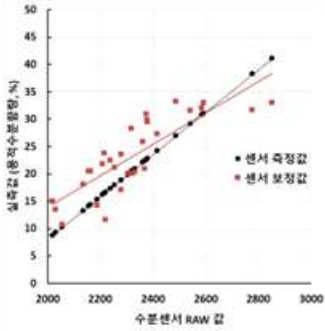
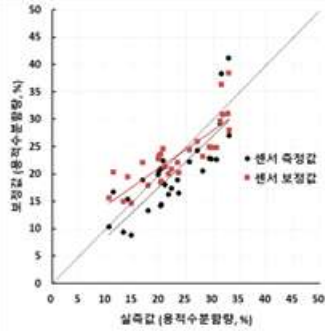
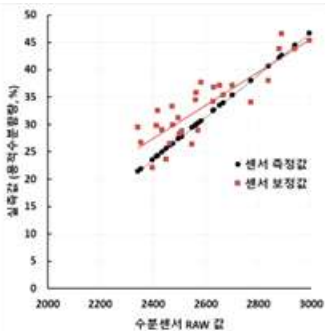
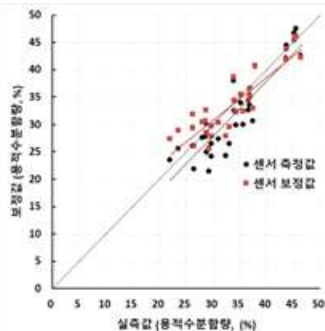
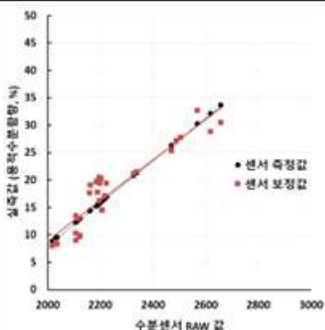
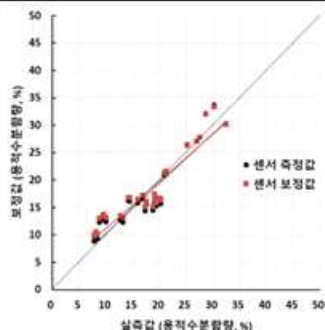
표 4. 유기물 함량에 따른 토양수분장력(-kPa)별 용적수분함량(%)

유기물 (%)	토양수분장력(-kPa)							
	과습	약간과습	적습	약간건조	← 건조 →		← 매우건조 →	
	10	33	50	100	200	500	1,000	1,500
20	51.7	45.1	42.4	41.6	38.9	35.5	31.3	24.3
19	51.4	45.1	42.3	41.0	38.2	34.7	30.9	23.7
18	50.9	44.9	42.2	40.3	37.4	34.0	30.3	23.1
17	50.2	44.6	41.9	39.6	36.6	33.2	29.7	22.5
16	49.5	44.1	41.4	38.7	35.7	32.3	29.1	21.9
15	48.6	43.5	40.9	37.8	34.7	31.4	28.3	21.3
14	47.6	42.7	40.2	36.8	33.7	30.4	27.6	20.6
13	46.4	41.8	39.3	35.7	32.6	29.4	26.7	19.9
12	45.1	40.8	38.3	34.5	31.5	28.3	25.8	19.2
11	43.7	39.6	37.2	33.2	30.3	27.2	24.8	18.5
10	42.1	38.3	35.9	31.9	29.0	26.0	23.8	17.8
9	40.4	36.8	34.5	30.5	27.7	24.8	22.7	17.0
8	38.6	35.2	33.0	29.0	26.3	23.5	21.5	16.3
7	36.6	33.4	31.3	27.4	24.9	22.2	20.3	15.5
6	34.5	31.5	29.5	25.8	23.4	20.8	19.0	14.6
5	32.3	29.5	27.6	24.1	21.8	19.4	17.7	13.8
4	29.9	27.3	25.5	22.2	20.2	18.0	16.3	13.0
3	27.4	25.0	23.3	20.3	18.5	16.4	14.8	12.1
2	24.7	22.5	20.9	18.4	16.8	14.9	13.3	11.2
1	22.0	19.9	18.4	16.3	15.0	13.2	11.7	10.3

(시험 2) 주요 토양수분센서 보정식 개발

TEROS 12(유전율식) 센서의 보정식은 표 5에 나타내었다. 결정계수(R^2)는 흑색 0.69, 농암갈색 0.79, 암갈색 0.86으로 암갈색에서 가장 높게 나타났으며, 흑색 및 농암갈색에서의 RMSE값은 측정값보다 보정값에서 낮게 나타났다.

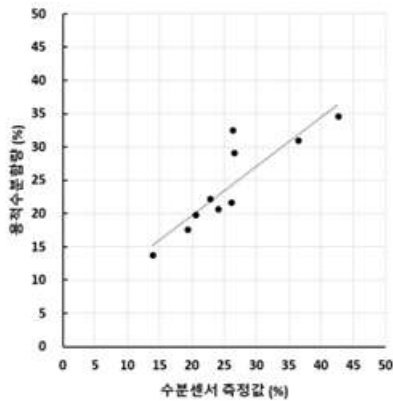
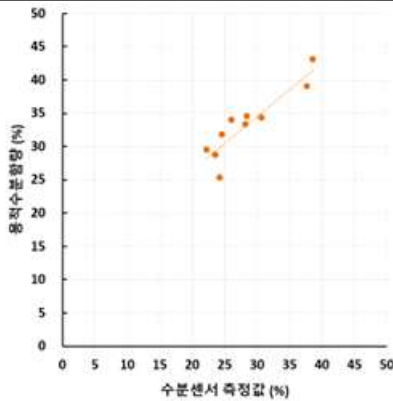
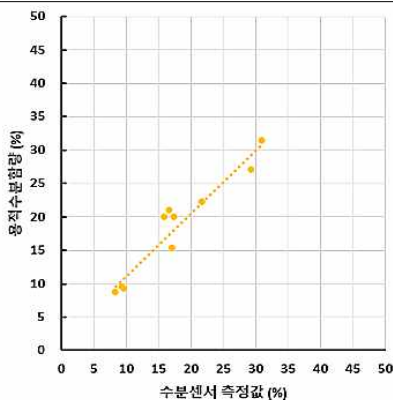
표 5. 센서(TEROS 12) 측정값 · 보정값과 실측값(용적수분함량)의 상관관계.

구 분	TEROS 12	
흑색 (위미통)	$y = 0.0287x - 43.467$ ($R^2=0.6864$)	RMSE(측정값): 0.91 RMSE(보정값): 0.69
		
농암갈색 (안덕통)	$y = 0.0304x - 45.658$ ($R^2=0.7873$)	RMSE(측정값): 0.73 RMSE(보정값): 0.55
		
암갈색 (무릉통)	$y = 0.0368x - 64.559$ ($R^2=0.8608$)	RMSE(측정값): 0.48 RMSE(보정값): 0.46
		

※ RMSE(Root Mean Square Error) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$

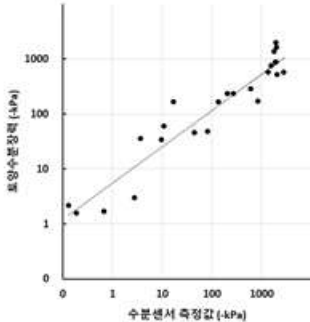
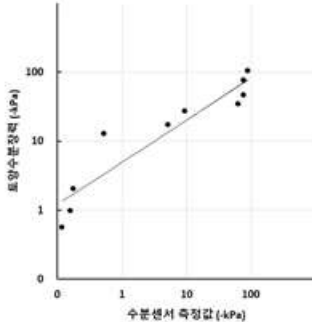
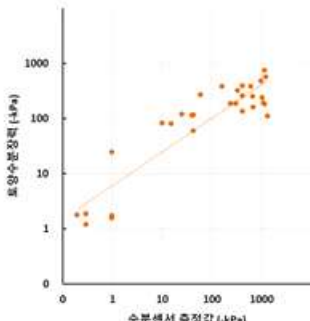
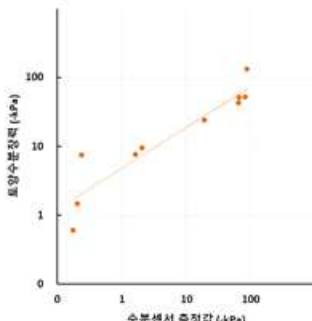
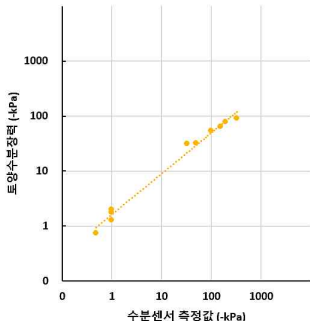
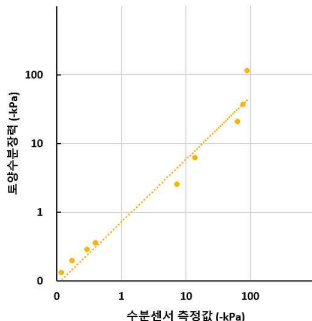
PICO 64(유전율식) 센서의 보정식은 표 6에 나타내었다. 결정계수(R^2)는
 흑색 0.76, 농암갈색 0.83, 암갈색 0.86으로, TEROS 12와 같이 수분센서
 측정값과 용적수분함량 간 차이는 암갈색 토양보다 흑색 및 농암갈색
 토양에서 크게 나타나 보정식 적용이 필수적이라고 판단된다.

표 6. 센서(PICO 64) 측정값과 실측값(용적수분함량)의 상관관계.

구 분	PICO 64
흑색 (위미통)	$y = 0.7333x + 5.0508 \ (R^2=0.7593)$
	
농암갈색 (안덕통)	$y = 0.8103x + 10.181 \ (R^2=0.8263)$
	
암갈색 (무릉통)	$y = 0.9470x + 1.5625 \ (R^2=0.9200)$
	

TEROS 21, 32(장력계) 센서의 보정식은 표 7에 나타내었다. 유전율식과 같이 수분센서 측정값과 토양수분장력 간 차이는 암갈색 토양보다 흑색 및 농암갈색 토양에서 크게 나타나 보정식 적용이 필수적이라고 판단된다.

표 7. 센서(TEROS 21, 32) 측정값과 실측값(토양수분장력)의 상관관계.

구 분	TEROS 21	TEROS 32
흑색 (위미통)	$y = 5.5041x^{0.6603}$ $(R^2=0.9025)$	$y = 4.9203x^{0.6126}$ $(R^2=0.8802)$
		
농암갈색 (안덕통)	$y = 6.1840x^{0.6093}$ $(R^2=0.8272)$	$y = 4.8187x^{0.5929}$ $(R^2=0.8638)$
		
암갈색 (무릉통)	$y = 1.6252x^{0.7436}$ $(R^2=0.9878)$	$y = 0.7267x^{0.9095}$ $(R^2=0.9711)$
		

※ 토양수분장력(-kPa): 실측값(용적수분함량, %)을 수분보유특성 회귀식 적용하여 변환

4. 적 요

- 유기물 함량이 높아질수록 동일한 토양수분장력일 때 용적수분 함량이 높은 경향이었음
- 0~-1,000 kPa 범위에서의 토양수분장력별 유기물 함량에 따른 용적수분함량과의 회귀식 산출 시 결정계수(R^2)는 0.8787 이상으로 높았음
- 수분센서 측정값과 용적수분함량 및 토양수분장력 간 차이는 암갈색 토양보다 흑색 및 농암갈색 토양에서 크게 나타나 보정식 적용이 필수적이라고 판단됨

5. 결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목 명
2023년도 (1년차)	언론홍보	스마트 농업 위한 정밀 물관리 기술 개발 착수
2024년도 (2년차)	학술발표	제주 토양 종류별 수분보유특성
2025년도 (3년차)	학술발표	제주지역 토양 종류별 토양수분센서 보정식 개발
	영농정보	제주 토양의 유기물 함량에 따른 수분보유특성
	영농정보	토양수분센서 종류별 보정식 개발

6. 인용문헌

- Cho, S., C. Park, and D. Uhm. 1996. Soil Science. Hyangmunsa. p.396.
- 현영훈. 2020. 인산석고가 제주도 화산회토양의 pH, Calcium, Sulfur 및 Aluminium에 미치는 영향
- Kim, S. K., 2008. Soil Science. Greentomato. p.269.
- NIAS. 2000. Soil and plant analysis method. National Institute of Agricultural Science, RDA, Jeonju, Korea.

NIAS. 2022. Survey and Analytical Methods for Assessing the Physical Properties of Farmland Soils. National Institute of Agricultural Science, RDA, Jeonju, Korea.

송관철, 현병근, 문경환, 전승중, 임한철, 강호준. 2010. 제주도 토양인 동귀통의 분류 및 생성. 한국환경농학회지. 29(1):20-26.

양상호. 2007. 제주지역 화산회토양에 알맞은 토양수분측정법 선발. 제주도원연구보고서.

양상호. 2008. 제주지역 화산회토양에 알맞은 토양수분측정법(센서) 선발. 제주도원연구보고서.

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'23	'24	'25
책임자	제주도원 친환경연구과	농업연구사	이강해	세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	제주도원 친환경연구과	농업연구사	고윤정	시료 채취	○	○	
공동연구자	제주도원 친환경연구과	농업연구관	김유경	결과 검토	○	○	○
공동연구자	제주도원 친환경연구과	농업연구관	강상훈	결과활용 검토		○	
공동연구자	제주도원 친환경연구과	농업연구관	김석만	결과 검토			○
공동연구자	제주도원 연구개발국	농업연구관	김태균	결과활용 검토			○
연구보조원	제주도원 친환경연구과	공무직	김창선	기기 분석	○		
연구보조원	제주도원 친환경연구과	공무직	진금신	기기 분석		○	

영농정보 요약

활 용 구 분	영농기술			영농정보				
	신기술 시범사업		현장실증 연구	농업기술 길잡이		교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털
제 목	제주 토양의 유기물 함량에 따른 수분보유특성							
활 용 분 야	농업환경							
검 색 어	유기물, 토양수분, 보유특성							
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 제주도 토양은 토양색에 따라 흑색, 농암갈색, 암갈색으로 크게 3개로 구분되고 66개 토양통이 있으며, 주로 유기물 함량에 따라 다양한 토양 특성을 나타냄 ○ 토양 종류별 수분보유특성을 파악하고 제주 토양에 알맞은 수분 관리 정보 제공							
	□ 개발된 영농정보 내용 ○ 제주 토양의 유기물 함량에 따른 수분보유곡선 도출 * 토양통(유기물, %) — 평대통(20.6) — 남원통(18.6) — 중문통(17.7) — 위미통(14.3) — 안덕통(12.4) — 회수통(12.2) — 의귀통(11.6) — 정방통(10.9) — 중암통(10.2) — 구좌통(9.1) — 재주통(8.3) — 동귀통(6.3) — 아라통(5.2) — 봉성통(5.2) — 구영통(2.3) — 수산통(2.2) — 무릉통(1.7) - 토양수분상태(과습, 건조 등)는 수분함량(%)이 아닌 수분장력(kPa)으로 결정됨 - 동일한 수분상태(장력) 기준, 유기물 함량이 높아질수록 수분함량이 높은 경향 - 즉, 필지별로 수분함량이 동일하더라도 유기물 함량에 따라 수분상태가 달라질 수 있음 ⇒ 유기물 함량이 높은 제주 토양은 <u>유기물 함량에 따른 수분관리</u> 필요							
연구개발과제	□ 파급효과							
	○ 작물 생육관리 및 가뭄대응 적정 토양수분 관리 기술 정립							
연구개발과제	예산사업명	스마트농업 정밀생산기술 개발						
	연구개발과제명	제주 토양 종류별 수분보유특성 구명 및 토양수분센서 보정식 개발						
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 이강해 (전화 : 064-760-7353, e-mail : LKH0422@korea.kr)						

제주 토양의 유기물 함량에 따른 수분보유특성

□ 배경

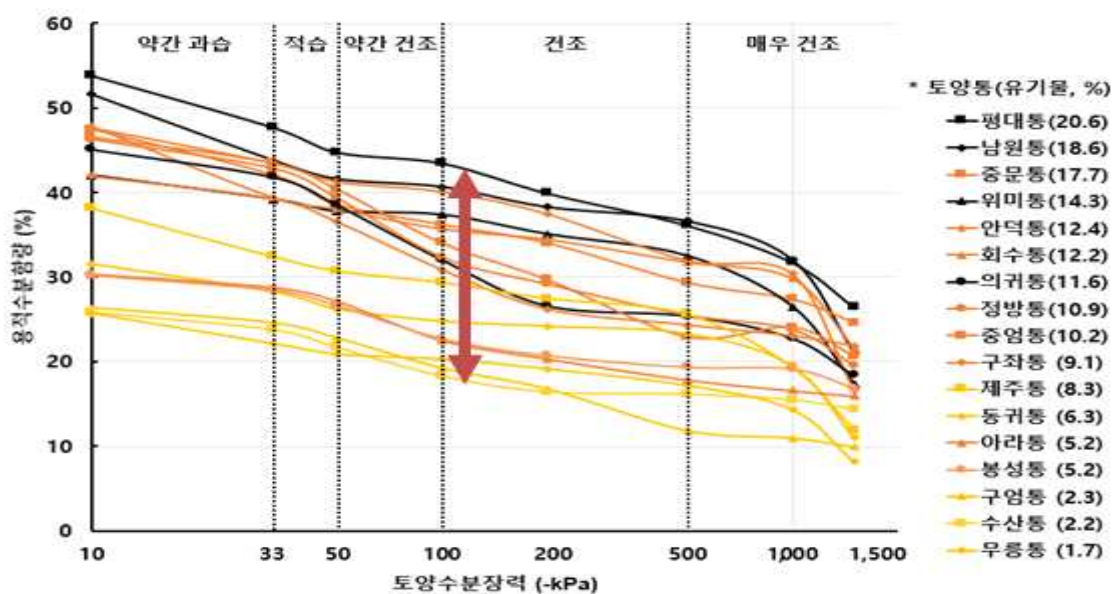
- 제주도 토양은 토양색에 따라 흑색, 농암갈색, 암갈색으로 크게 3개로 구분되고 66개 토양통이 있으며, 주로 유기물 함량에 따라 다양한 토양 특성을 나타냄
- 토양 종류별 수분보유특성을 파악하고 제주 토양에 알맞은 수분관리 정보 제공

□ 영농정보 개요

- 유기물 함량에 따른 수분보유특성
 - 토양수분상태(과습, 건조 등)는 수분함량(%)이 아닌 수분장력(-kPa)으로 결정됨
 - 동일한 수분상태(장력) 기준, 유기물 함량이 높아질수록 수분함량이 높은 경향을 나타냄
 - 즉, 필지별로 수분함량이 동일하더라도 유기물 함량에 따라 수분상태가 달라질 수 있음
⇒ 유기물 함량이 높은 제주 토양은 **유기물 함량에 따른 수분관리 필요**
- 유기물 함량에 따른 토양수분장력(-kPa)별 용적수분함량
 - 제주 토양은 농경지 필지별 유기물 함량에 따라 토양수분 상태(과습~매우건조)를 파악할 수 있음
 - * 예를 들어, 수분함량이 40%이더라도 유기물 함량이 20%인 토양에서는 건조 상태이고, 10%인 토양에서는 약간과습 상태이며, 1%인 토양에서는 과습 상태로 달라짐
 - * 적습으로 유지하기 위해서는 유기물 함량이 20%인 토양에서는 42.4~45.1%, 10%인 토양에서는 35.9~38.3%, 1%인 토양에서는 18.4~19.9%로 유지해야 함

□ 연구결과

- 유기물 함량에 따른 수분보유곡선
 - 유기물 함량이 높아질수록 동일한 토양수분장력일 때 용적수분함량이 높은 경향이었음



○ 유기물 함량에 따른 토양수분장력(-kPa)별 용적수분함량

유기물 (%)	토양수분장력(-kPa)							
	과습	약간과습	적습	약간건조	← 건조 →		← 매우건조 →	
	10	33	50	100	200	500	1,000	1,500
20	51.7	45.1	42.4	41.6	38.9	35.5	31.3	24.3
19	51.4	45.1	42.3	41.0	38.2	34.7	30.9	23.7
18	50.9	44.9	42.2	40.3	37.4	34.0	30.3	23.1
17	50.2	44.6	41.9	39.6	36.6	33.2	29.7	22.5
16	49.5	44.1	41.4	38.7	35.7	32.3	29.1	21.9
15	48.6	43.5	40.9	37.8	34.7	31.4	28.3	21.3
14	47.6	42.7	40.2	36.8	33.7	30.4	27.6	20.6
13	46.4	41.8	39.3	35.7	32.6	29.4	26.7	19.9
12	45.1	40.8	38.3	34.5	31.5	28.3	25.8	19.2
11	43.7	39.6	37.2	33.2	30.3	27.2	24.8	18.5
10	42.1	38.3	35.9	31.9	29.0	26.0	23.8	17.8
9	40.4	36.8	34.5	30.5	27.7	24.8	22.7	17.0
8	38.6	35.2	33.0	29.0	26.3	23.5	21.5	16.3
7	36.6	33.4	31.3	27.4	24.9	22.2	20.3	15.5
6	34.5	31.5	29.5	25.8	23.4	20.8	19.0	14.6
5	32.3	29.5	27.6	24.1	21.8	19.4	17.7	13.8
4	29.9	27.3	25.5	22.2	20.2	18.0	16.3	13.0
3	27.4	25.0	23.3	20.3	18.5	16.4	14.8	12.1
2	24.7	22.5	20.9	18.4	16.8	14.9	13.3	11.2
1	22.0	19.9	18.4	16.3	15.0	13.2	11.7	10.3

□ 파급효과

○ 작물 생육관리 및 가뭄대응 적정 토양수분 관리 기술 정립

제주 토양의 유기물 함량에 따른 수분보유특성

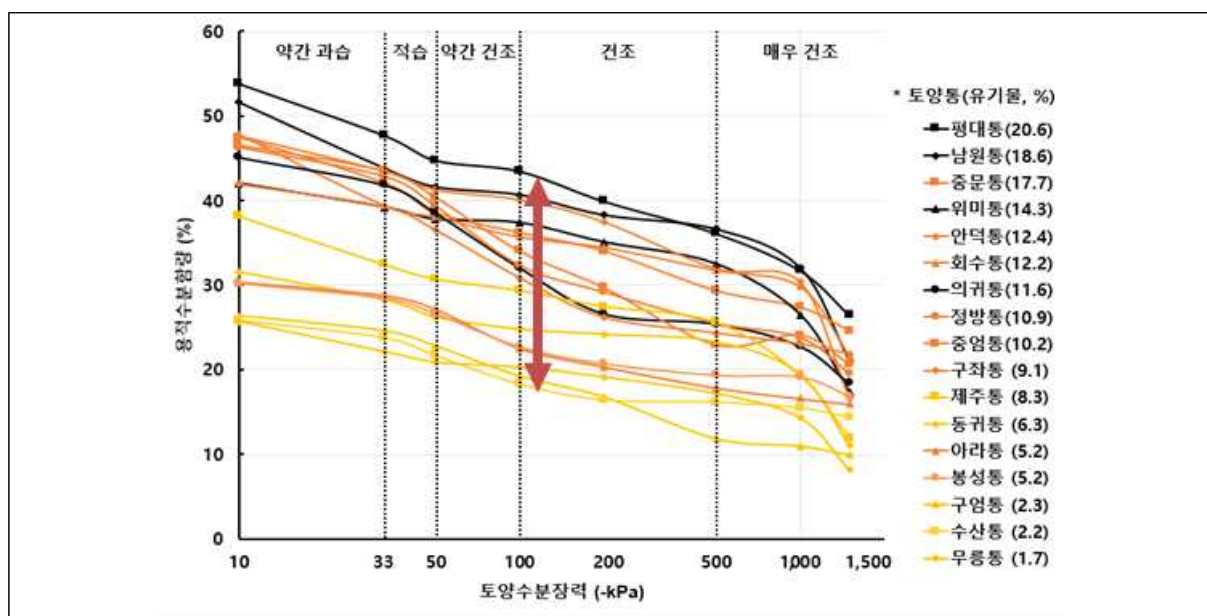
□ 제주도 토양 종류는 ?

- 제주도 토양은 토양색에 따라 흑색, 농암갈색, 암갈색으로 크게 3개 토양으로 구분되고 66개 토양통이 있으며, 주로 유기물 함량에 따라 다양한 토양 특성을 나타냄



□ 제주 토양의 수분보유특성

- 토양의 수분상태(과습, 건조 등)는 수분함량(%)이 아닌 수분장력(-kPa)으로 결정됨
- 동일한 수분상태(장력) 기준, 유기물 함량이 높아질수록 수분함량이 높은 경향을 나타냄
- 즉, 필지별로 수분함량이 동일하더라도 유기물 함량에 따라 수분상태가 달라질 수 있음
⇒ 유기물 함량이 높은 제주 토양은 유기물 함량에 따른 수분관리 필요



* 용적수분함량(%): 토양의 전체 부피 중 수분이 차지하는 비율

□ 유기물 함량에 따른 토양수분장력(-kPa)별 용적수분함량

- 제주 토양은 아래 표를 활용하여 농경지 필지별 유기물 함량에 따라 토양수분 상태(과습~매우건조)를 파악할 수 있음
- 예를 들어 수분함량이 40%이더라도, 유기물 함량이 20%인 토양에서는 건조 상태이고, 10%인 토양에서는 약간과습 상태이며, 1%인 토양에서는 과습 상태로 달라짐
 - 적습으로 유지하기 위해서는, 유기물 함량이 20%인 토양에서는 42.4~45.1%, 10%인 토양에서는 35.9~38.3%, 1%인 토양에서는 18.4~19.9%로 유지해야 함

유기물 (%)	토양수분장력(-kPa)							
	과습	약간과습	적습	약간건조	← 건조 →		← 매우건조 →	
	10	33	50	100	200	500	1,000	1,500
20	51.7	45.1	42.4	41.6	38.9	35.5	31.3	24.3
19	51.4	45.1	42.3	41.0	38.2	34.7	30.9	23.7
18	50.9	44.9	42.2	40.3	37.4	34.0	30.3	23.1
17	50.2	44.6	41.9	39.6	36.6	33.2	29.7	22.5
16	49.5	44.1	41.4	38.7	35.7	32.3	29.1	21.9
15	48.6	43.5	40.9	37.8	34.7	31.4	28.3	21.3
14	47.6	42.7	40.2	36.8	33.7	30.4	27.6	20.6
13	46.4	41.8	39.3	35.7	32.6	29.4	26.7	19.9
12	45.1	40.8	38.3	34.5	31.5	28.3	25.8	19.2
11	43.7	39.6	37.2	33.2	30.3	27.2	24.8	18.5
10	42.1	38.3	35.9	31.9	29.0	26.0	23.8	17.8
9	40.4	36.8	34.5	30.5	27.7	24.8	22.7	17.0
8	38.6	35.2	33.0	29.0	26.3	23.5	21.5	16.3
7	36.6	33.4	31.3	27.4	24.9	22.2	20.3	15.5
6	34.5	31.5	29.5	25.8	23.4	20.8	19.0	14.6
5	32.3	29.5	27.6	24.1	21.8	19.4	17.7	13.8
4	29.9	27.3	25.5	22.2	20.2	18.0	16.3	13.0
3	27.4	25.0	23.3	20.3	18.5	16.4	14.8	12.1
2	24.7	22.5	20.9	18.4	16.8	14.9	13.3	11.2
1	22.0	19.9	18.4	16.3	15.0	13.2	11.7	10.3

영농정보 요약

활 용 구 분	영농기술			영농정보																	
	신기술 시범사업		현장실증 연구	농업기술 길잡이		교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털													
제 목	토양수분센서 종류별 보정식 개발																				
활 용 분 야	농업환경																				
검 색 어	토양수분센서, 보정식																				
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 기후변화로 농업에서 물 자원의 효율적 이용 방안에 대한 관심이 고조되면서 토양수분을 측정할 수 있는 다양한 센서들이 개발되고 있음 ○ 토양 수분센서 활용 시 정확성과 신뢰도를 높이기 위한 연구 필요 ○ 제주의 토양조건에서 센서 적용 시 알맞은 이용 방안 제시 필요 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 토양 종류별 수분센서 보정식 개발 <table><tr><th>토양구분</th><th>① TEROS 12</th><th>② TEROS 21</th></tr><tr><td>흑색</td><td>$y = 0.0287x - 43.467$ ($R^2 = 0.6864$)</td><td>$y = 5.5041x^{0.6603}$ ($R^2 = 0.9025$)</td></tr><tr><td>농암갈색</td><td>$y = 0.0304x - 45.658$ ($R^2 = 0.7873$)</td><td>$y = 6.1840x^{0.6093}$ ($R^2 = 0.8272$)</td></tr><tr><td>암갈색</td><td>$y = 0.0368x - 64.559$ ($R^2 = 0.8608$)</td><td>$y = 1.6252x^{0.7436}$ ($R^2 = 0.9878$)</td></tr></table> - 수분센서 측정값과 용적수분함량(유전율식) 및 토양수분장력(장력계) 간 차이 : 암갈색 < 흑색 및 농암갈색 ⇒ 화산회토(흑색, 농암갈색)가 주로 분포하는 제주도 토양에서 수분센서 활용 시 센서 보정 필수 ① TEROS 12 보정: 센서 RAW값(x) → 센서 보정값(y, 용적수분함량(%)) ② TEROS 21 보정: 센서 측정값(x) → 센서 보정값(y, 토양수분장력(-kPa)) ○ 토양수분센서 보정 방법 - 센서 설치(보통 20cm) → 수분상태(과습~적습~건조 등)별 설치 깊이에서 토양 채취*(코어 등 이용) → 수분함량(건조 전·후) 측정* → 채취 시기의 센서 측정값과 수분함량 비교 → 센서 보정계수 산출 * 토양채취 및 수분측정: 농경지 토양물리성 조사방법 및 분석법(국립농업과학원, 2022) 참고 □ 파급효과 ○ 작물 생육관리 및 가뭄대응 적정 토양수분 관리 기술 정립									토양구분	① TEROS 12	② TEROS 21	흑색	$y = 0.0287x - 43.467$ ($R^2 = 0.6864$)	$y = 5.5041x^{0.6603}$ ($R^2 = 0.9025$)	농암갈색	$y = 0.0304x - 45.658$ ($R^2 = 0.7873$)	$y = 6.1840x^{0.6093}$ ($R^2 = 0.8272$)	암갈색	$y = 0.0368x - 64.559$ ($R^2 = 0.8608$)	$y = 1.6252x^{0.7436}$ ($R^2 = 0.9878$)
	토양구분	① TEROS 12	② TEROS 21																		
	흑색	$y = 0.0287x - 43.467$ ($R^2 = 0.6864$)	$y = 5.5041x^{0.6603}$ ($R^2 = 0.9025$)																		
	농암갈색	$y = 0.0304x - 45.658$ ($R^2 = 0.7873$)	$y = 6.1840x^{0.6093}$ ($R^2 = 0.8272$)																		
	암갈색	$y = 0.0368x - 64.559$ ($R^2 = 0.8608$)	$y = 1.6252x^{0.7436}$ ($R^2 = 0.9878$)																		
	연구개발과제	예산사업명			스마트농업 정밀생산기술 개발																
		연구개발과제명			제주 토양 종류별 수분보유특성 구명 및 토양수분센서 보정식 개발																
	연구개발자	주연구개발자			제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 이강해 (전화 : 064-760-7353, e-mail : LKH0422@korea.kr)																

토양수분센서 종류별 보정식 개발

□ 배경

- 기후변화로 농업에서 물 자원의 효율적 이용 방안에 대한 관심이 고조되면서 토양수분을 측정할 수 있는 다양한 센서들이 개발되고 있음
- 토양 수분센서 활용 시 정확성과 신뢰도를 높이기 위한 연구 필요
- 제주의 토양조건에서 센서 적용 시 알맞은 이용 방안 제시 필요

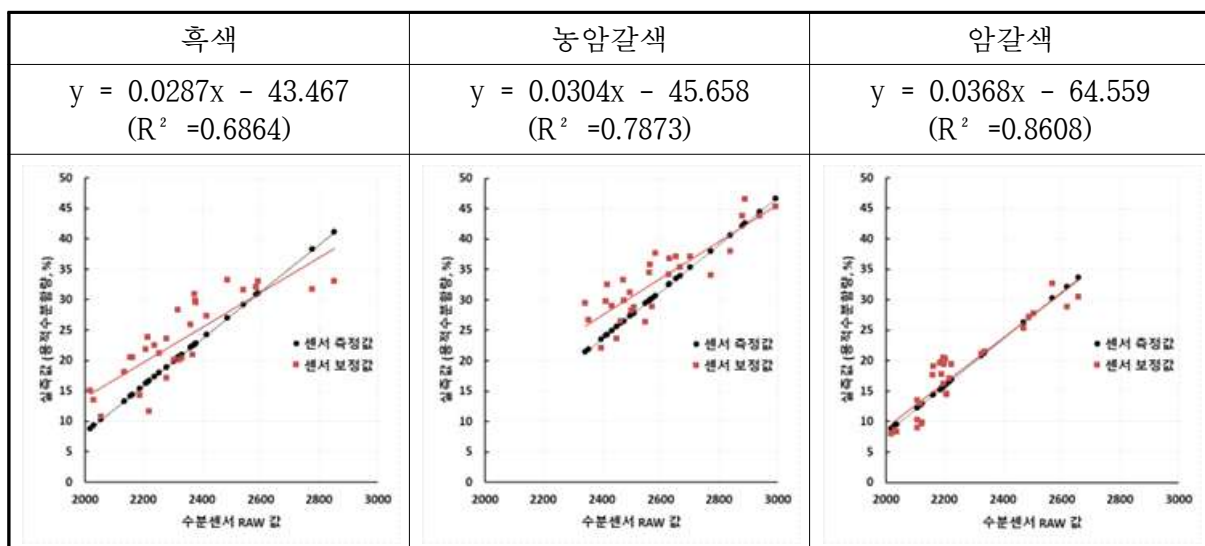
□ 영농정보 개요

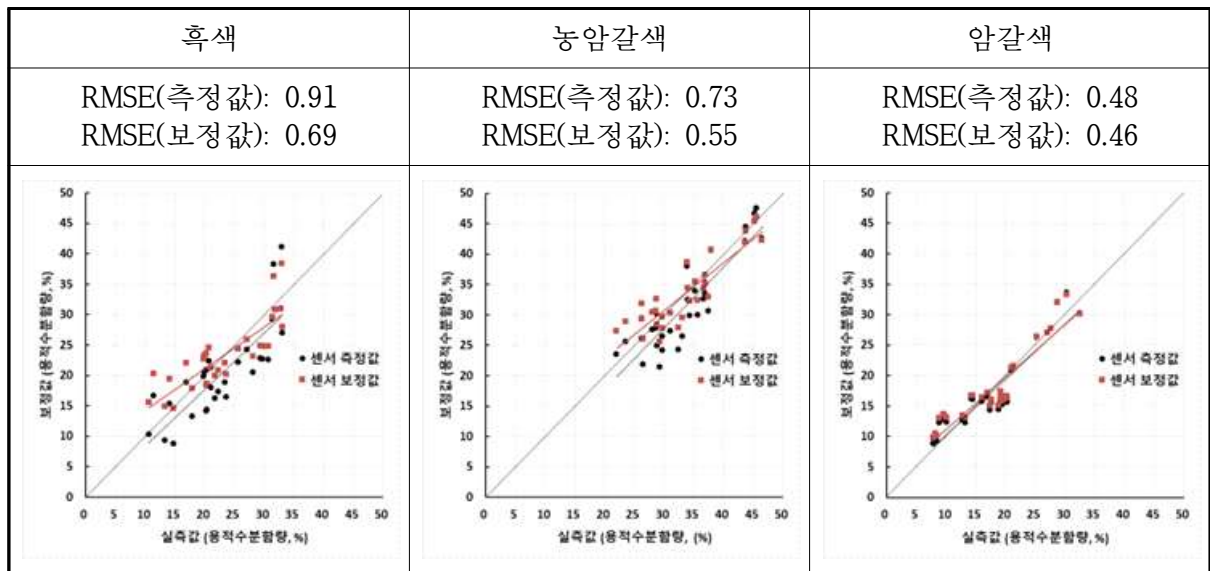
- 토양 종류별 수분센서 보정식 개발
 - 수분센서 측정값과 용적수분함량(유전율식) 및 토양수분장력(장력계) 간 차이 : 암갈색 < 흑색 및 농암갈색
- ⇒ 화산회토(흑색, 농암갈색)가 주로 분포하는 제주도 토양에서 수분센서 활용 시 센서 보정 필수
- ① TEROS 12 보정: 센서 RAW값(x) → 센서 보정값(y, 용적수분함량(%))
- ② TEROS 21 보정: 센서 측정값(x) → 센서 보정값(y, 토양수분장력(-kPa))

토양구분	흑색	농암갈색	암갈색
① TEROS 12	$y = 0.0287x - 43.467$ ($R^2 = 0.6864$)	$y = 0.0304x - 45.658$ ($R^2 = 0.7873$)	$y = 0.0368x - 64.559$ ($R^2 = 0.8608$)
② TEROS 21	$y = 5.5041x^{0.6603}$ ($R^2 = 0.9025$)	$y = 6.1840x^{0.6093}$ ($R^2 = 0.8272$)	$y = 1.6252x^{0.7436}$ ($R^2 = 0.9878$)

□ 연구결과

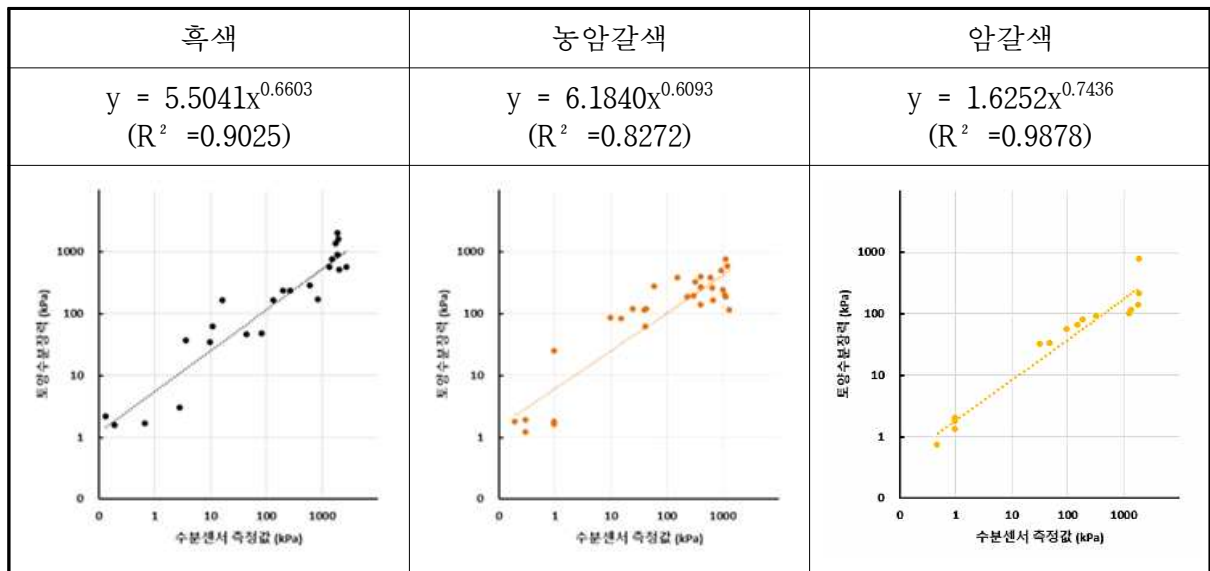
- 센서(TEROS 12) 측정값 · 보정값과 실측값(용적수분함량)의 상관관계





※ RMSE(Root Mean Square Error) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$

○ 센서(TEROS 21, 32) 측정값과 실측값(토양수분장력)의 상관관계



※ RMSE(Root Mean Square Error) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$

- 수분센서 측정값과 용적수분함량 및 토양수분장력 간 차이는 암갈색 토양보다 흑색 및 농암갈색 토양에서 크게 나타나 보정식 적용이 필수적이라고 판단됨

□ 파급효과

- 작물 생육관리 및 가뭄대응 적정 토양수분 관리 기술 정립

토양수분센서 종류별 보정식 개발

□ 토양수분센서 종류는 ?

- 토양수분센서 종류에는 수분함량(%)을 측정하는 유전율식과 수분장력(kPa)을 측정하는 장력계가 있음
- TEROS 12는 유전율식 센서로 주파수 변화를 측정함으로써 0~70% 사이의 수분 함량을 측정하고, TEROS 21은 장력계 센서로 토양매질이 물을 잡아당기면 압력계에 걸리는 압력을 측정함으로써 0~-100,000 kPa 범위의 수분장력을 측정함

□ 수분센서 보정은 어떻게 하나요?

- 토양수분은 유기물 함량, 용적밀도, 토성 등에 영향을 받아 모든 지점에서 정확한 측정값을 얻는 것에는 한계가 있음. 특히, 제주의 다양한 토양조건에서 토양수분 센서 활용 시 정확성과 신뢰도를 높이기 위해서는 센서 보정이 필요함
- 수분센서를 보정하는 방법은 아래와 같음
 - 센서 설치(보통 20cm) → 수분상태(과습~적습~건조 등)별 설치 깊이에서 토양 채취* (코어 등 이용) → 수분함량(건조 전·후) 측정* → 채취 시기의 센서 측정값과 수분 함량 비교 → 센서 보정계수 산출

* 토양채취 및 수분측정: 농경지 토양물리성 조사방법 및 분석법(국립농업과학원, 2022) 참고

□ 토양 종류별 수분센서 보정식

- 수분센서 측정값과 용적수분함량(유전율식) 및 토양수분장력(장력계) 간 차이
: 암갈색 < 흑색 및 농암갈색

⇒ 화산회토(흑색, 농암갈색)가 주로 분포하는 제주도 토양에서 수분센서 활용 시
센서 보정 필수

- ① TEROS 12 보정: 센서 RAW값(x) → 센서 보정값(y, 용적수분함량(%))
- ② TEROS 21 보정: 센서 측정값(x) → 센서 보정값(y, 토양수분장력(-kPa))

구 분	① TEROS 12	② TEROS 21
흑색 (위미통)	$y = 0.0287x - 43.467$ ($R^2 = 0.6864$)	$y = 5.5041x^{0.6603}$ ($R^2 = 0.9025$)
농암갈색 (안덕통)	$y = 0.0304x - 45.658$ ($R^2 = 0.7873$)	$y = 6.1840x^{0.6093}$ ($R^2 = 0.8272$)
암갈색 (무릉통)	$y = 0.0368x - 64.559$ ($R^2 = 0.8608$)	$y = 1.6252x^{0.7436}$ ($R^2 = 0.9878$)

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	토양비료 SF	제주 토양에 적합한 수분 관리 기술 개발	'23 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이강해
	토양물리 SF01SF12	1) 제주 토양 종류별 수분 보유특성 구명 및 토양 수분센서 보정식 개발	'23 ~'25	제 주 도 원 친환경연구과	이강해
	토양물리 SF01SF12	2) 토양수분센서 현장 적용성 검증	'25 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이강해

1. 연구목적

- 토양수분센서 활용 토양 수분관리(가뭄대응, 생육관리) 기술 정립

2. 재료 및 방법

- 센서종류: 3종(유전율식 1, 장력계 2)
 - 유전율식: TEROS 12 / 장력계: TEROS 21, 32
- 시험장소: 15개소(가뭄대응 3, 생육관리 12)
 - 가뭄대응(기상관측장비 설치지점), 생육관리(레드향, 키위, 마늘, 콩)
- 조사항목: 수분센서 측정값, 수분함량 등

* 용적수분함량(%) → 수분보유특성 회귀식 적용 장력(-kPa) 변환 → 수분상태 확인

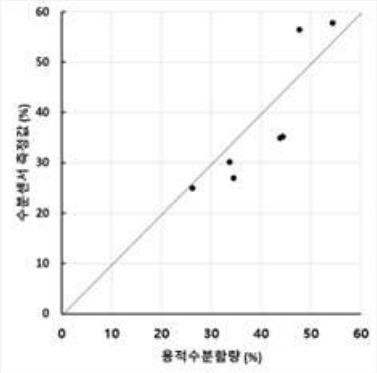
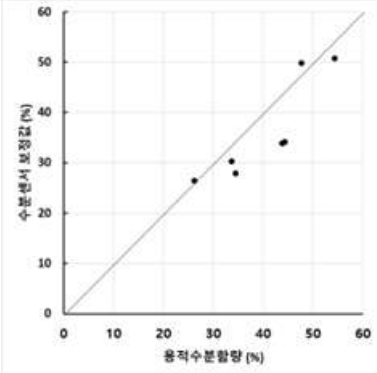
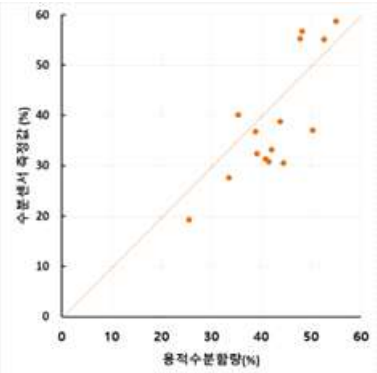
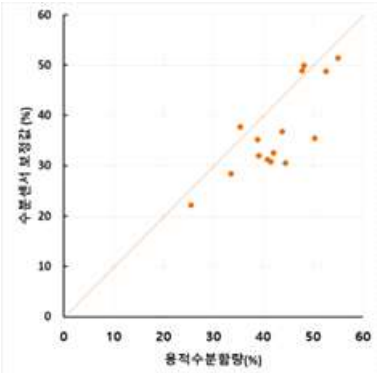
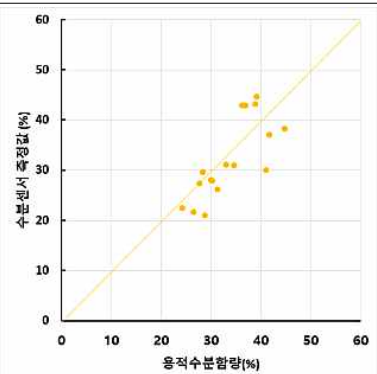
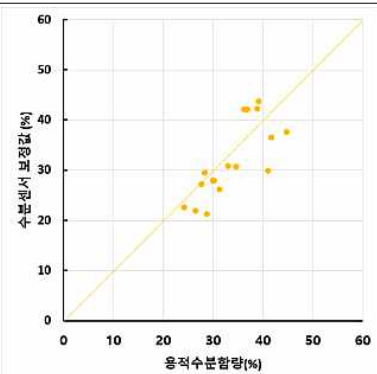
* 센서 측정값(%, -kPa) → 보정식 적용(%, -kPa) → 회귀식 적용(-kPa) → 수분상태 확인

※ 현장 적용성 검증 조사지점 현황

수분 센서	구분	주소	토양정보			유기물 (%)
			화산/ 비화산	토양색	토양통	
TEROS 12, 21	기상관측 (AWS)	① 서귀포시 안덕면	화산	흑색	위미통	12.4
		② 서귀포시 호근동		농암갈색	안덕통	11.3
		③ 서귀포시 대정읍	비화산	암갈색	무릉통	2.1
	레드향	④ 서귀포시 남원읍	화산	흑색	남원통	8.5
		⑤ 서귀포시 남원읍			의귀통	8.9
		⑥ 서귀포시 남원읍		농암갈색	구좌통	9.8
		⑦ 서귀포시 남원읍			아라통	15.6
		⑧ 서귀포시 대정읍			중엄통	5.4
		⑨ 제주시 한경면	비화산	암갈색	무릉통	2.0
TEROS 12, 32	키위	⑩ 서귀포시 성산읍	화산	농암갈색	중문통	9.9
		⑪ 제주시 애월읍			봉성통	4.9
		⑫ 제주시 애월읍	비화산	암갈색	동귀통	1.8
TEROS 12	마늘	⑬ 서귀포시 대정읍	비화산	암갈색	무릉통	2.1
		⑭ 서귀포시 애월읍			수산통	1.8
	콩	⑮ 제주시 애월읍	비화산	암갈색	동귀통	3.4

3. 주요 연구결과

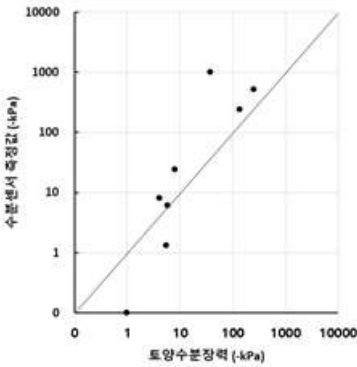
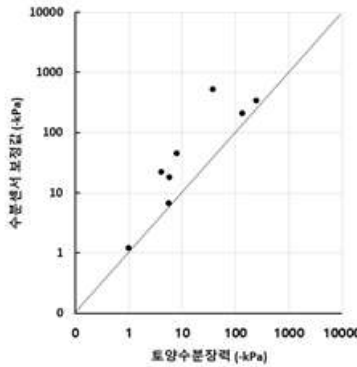
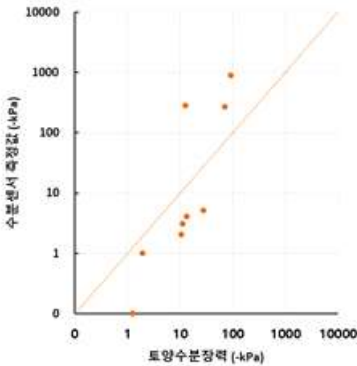
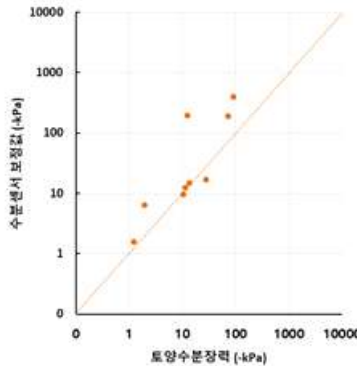
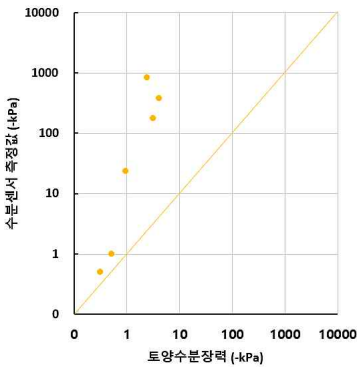
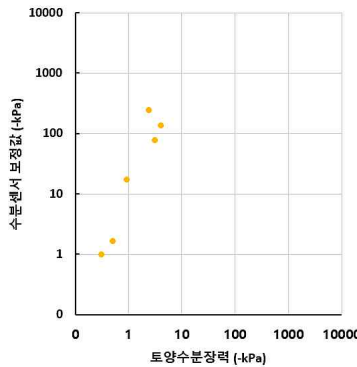
○ 유전율식(TEROS 12) 측정값 · 보정값과 실측값(용적수분함량) 비교

구 분	TEROS 12	
	센서 측정값 RMSE: 2.60	센서 보정값 RMSE: 2.44
흑 색		
농 암갈색		
암갈색		

※ RMSE(Root Mean Square Error) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$

- 수분센서 측정값과 보정값의 용적수분함량 간 차이는 흑색 및 농암갈색 토양에서는 보정값이 더 정확하였으며, 암갈색 토양에서는 차이가 없었음

○ 장력계(TEROS 21) 측정값 · 보정값과 실측값(토양수분장력) 비교

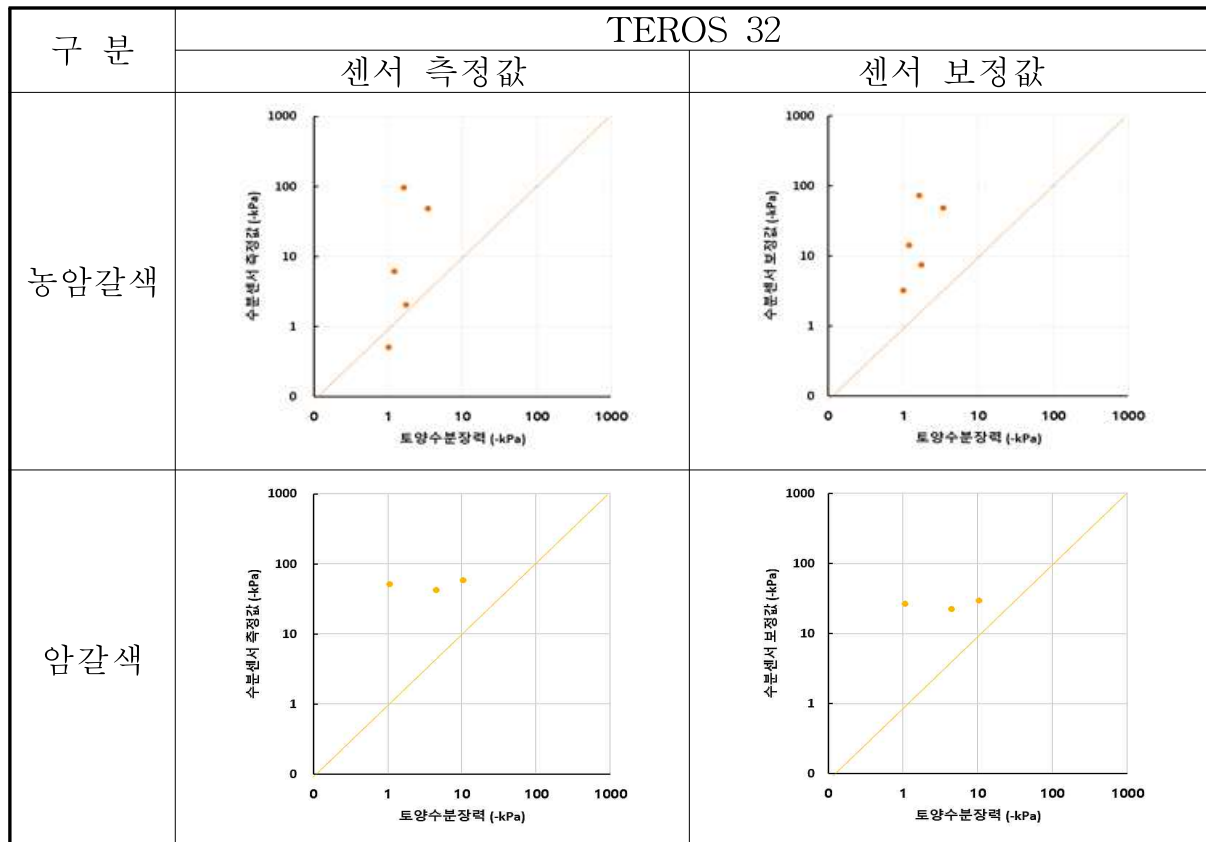
구 분	TEROS 21	
	센서 측정값 RMSE: 2.09	센서 보정값 RMSE: 1.79
흑색		
농암갈색		
암갈색		

※ RMSE(Root Mean Square Error) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$

※ 토양수분장력(kPa): 실측값(용적수분함량, %)을 수분보유특성 회귀식 적용하여 변환

- 수분센서 측정값과 보정값의 토양수분장력 간 차이는 보정값이 더 정확하였으며, 특히 유기물 함량이 많은 흑색 및 농암갈색에서 더 정확하였음

○ 장력계(TEROS 32) 측정값 · 보정값과 실측값(토양수분장력) 비교



※ 토양수분장력(kPa): 실측값(용적수분함량, %)을 수분보유특성 회귀식 적용하여 변환

- 수분센서 측정값 및 보정값과 토양수분장력 간 차이는 모든 토양에서 차이가 크게 나타났음

4. 적 요

- 수분센서 측정값 및 보정값과 용적수분함량(유전율식) 또는 토양수분장력(장력계) 간 차이는 흑색 및 농암갈색 토양에서는 보정값이 더 정확하였음
- 센서 측정값 및 보정값과 실측값(용적수분함량, 토양수분장력) 간 차이의 원인 도출 및 보완을 위해 지속적인 정밀 비교 분석이 필요함

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) 토양수분센서 현장 적용성 검증	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	이 강 해	시험수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구관	김 유 경	자료 검토
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구관	김 석 만	결과 검토
	공 동 연구자	제 주 도 원 연구개발국	농 업 연구관	김 태 군	결과활용 검토

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	토양비료 SF	제주지역 만감류 비료사용 개선 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	토양화학 SF01SF13	1) 만감류 정밀 양분관리 기술 개발	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	토양화학 SF01SF13	2) 만감류 관비재배 적정 질소시비량 구명 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이강해

1. 연구목적

- 만감류 품종별 적정 비료사용처방 기준 설정으로 비료사용 저감

2. 재료 및 방법

- 조사품종: 만감류(‘감평’)
- 조사지점: 30개소 내외
- 조사방법: 농가 현장방문 및 설문조사
- 조사항목: 농가 비료사용량, 토양화학성(유기물 등), 식물체 양분함량 등

- 토양 화학성분과 농가 비료사용량 및 식물체 양분함량 관계식 도출
☞ 토양검정 비료추천식 설정

※ 연차별 추진일정

품종	시험기간 (년)	2025년	2026년	2027년
감평	2	농가 실태조사	농가 실태조사 (기준설정)	-
부지화	2	-	농가 실태조사	농가 실태조사 (기준설정)

- 양분 및 병해충 관리: 농업기술원 표준재배법에 준함

3. 주요 연구결과

○ 감평 농가 비료사용량

구분	질소 (kg/10a)	인산 (kg/10a)	칼리 (kg/10a)	퇴비 (kg/10a)
평균	41.5	27.6	29.9	1,490
최대	69.3	62.3	54.6	3,030
최소	11.0	6.4	8.3	367
중앙값	36.4	26.9	29.0	1,482

* n=18

○ 감평 재배지 토양화학성

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(cmol ⁺ /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	
평균	5.5	3.8	85	468	4.5	15.2	5.7	282
최대	7.1	10.3	162	1,161	11.2	29.6	11.4	912
최소	4.4	0.8	22	47	0.9	4.7	2.1	57
중앙값	5.2	3.5	88	405	3.8	15.8	4.9	278
적정범위	6.0~7.0	2이하	21~50 (101~150)	300~500	0.5~0.8	50~60	15~20	-

* n=32

* 조사시기: 2025. 2~3.(비료 살포 전)

○ 감평 재배지 토양 양분함량 간 상관관계

구분	pH	EC	O.M.	Av.P ₂ O ₅	Ex.K	Ex.Ca	Ex.Mg	NO ₃ -N
EC	-0.49**							
O.M.	-0.43*	0.67***						
Av.P ₂ O ₅	0.25	-0.41*	-0.61***					
Ex.K	0.04	0.19	-0.08	0.12				
Ex.Ca	0.59***	0.03	-0.05	0.12	0.36*			
Ex.Mg	0.37*	-0.08	-0.32	0.35	0.53**	0.49**		
NO ₃ -N	-0.29	0.48**	0.52**	-0.59***	-0.03	-0.11	-0.05	

* Pearson correlation coefficients, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

○ 감평 재배지 봄순 생육특성

구분	봄순길이 (cm)	봄순굵기 (mm)	엽면적 (cm ²)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소함량 (SPAD)
평균	19.6	3.23	22.4	9.5	3.8	76.1
최대	24.3	3.76	36.3	13.4	5.1	82.2
최소	14.0	2.58	14.8	7.6	3.0	70.3
중앙값	19.2	3.22	21.5	9.3	3.6	76.2

* n=32

* 조사시기: 2025. 7.

○ 감평 재배지 봄잎 양분함량

구분	무기성분 함량(%)		
	질소(T-N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
평균	2.81	0.37	2.28
최대	3.13	0.54	3.41
최소	2.15	0.26	1.03
중앙값	2.85	0.37	2.36

* n=32

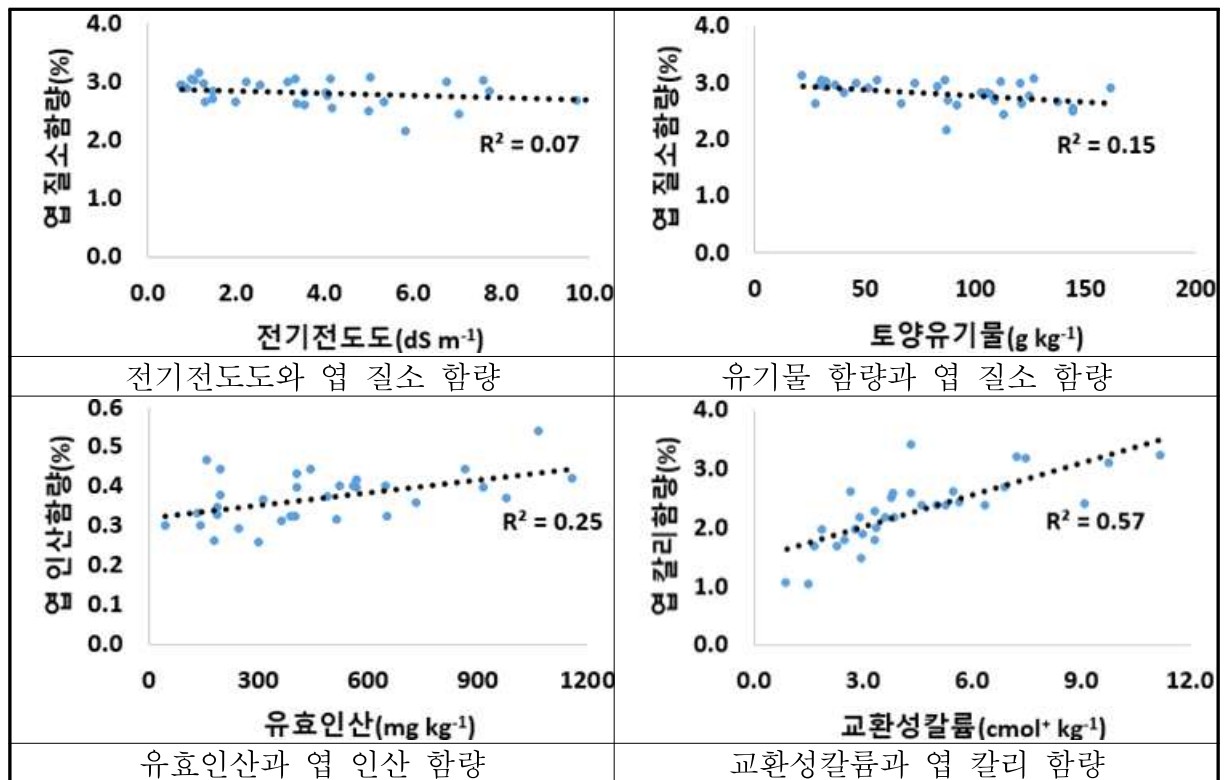
* 조사시기: 2025. 7.

○ 토양화학성-식물체(봄잎) 양분함량 간 상관관계

구분	무기성분 함량(%)		
	질소(T-N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
EC	-0.26	-0.26	0.21
O.M.	-0.38*	-0.41*	-0.07
NO ₃ -N	-0.16	-0.26	-0.11
Av.P ₂ O ₅	0.46**	0.50**	0.37*
Ex.K	0.40*	0.32	0.75***

※ Pearson correlation coefficients, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

○ 시비처방 요인과 식물체(봄잎) 양분함량 관계식



※ 시비처방 요인: 질소(EC, 유기물 함량), 인산(유효인산), 칼리(교환성칼륨)

4. 적 요

- 산도(pH)는 적정범위보다 낮은 수준이었으며, EC 및 교환성양이온 함량은 적정범위를 초과하였음
- 유기물(O.M.) 함량이 높은 토양일수록 엽 질소함량은 유의하게 낮았음
- 토양 유효인산과 교환성칼륨 함량이 높을수록 봄잎의 인산 및 칼리 함량이 유의하게 높았음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 만감류 정밀 양분 관리 기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연 구 사	이 용 우	시험수행 총괄
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연 구 사	이 강 해	토양 분석
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연 구 관	김 유 경	결과 검토
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	이 서 영	식물체 분석

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	토양비료 SF	제주지역 만감류 비료사용 개선 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	토양화학 SF01SF13	1) 만감류 정밀 양분관리 기술 개발	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이용우
	토양화학 SF01SF13	2) 만감류 관비재배 적정 질소시비량 구명 연구	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이강해

1. 연구목적

- 만감류 관비재배 시 적정 질소시비량 구명 및 활용기술 정립

2. 재료 및 방법

- 시험품종: 만감류(‘부지화’)
- 시험토양: 화산회토, 비화산회토
- 처리내용: 토양시비(N 1배), 관비(N 0.5, 1배)
 - * 표준시비량(30-25-25 kg/10a) 기준
 - * 관비재배 방법: 점적관수(30일 기준, 20일 관수·관비, 10일 단수)
- 조사항목: 토양 화학성(pH 등), 양분함량(잎, 과실), 생육·수량 특성

※ 관비재배 시비량

<출처: 감귤류 관수·관비 기술보급 시범사업 관리 기준(농업기술원)>

구분		2월 20일 ~ 5월 10일			5월 20일 ~ 9월 30일			10월 20일 ~ 11월 20일			합계		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		(kg/10a)											
토양 시비	N 1배	11.3	9.4	9.4	11.3	9.4	9.4	7.5	6.3	6.3	30.0	25.0	25.0
관비	N 1배	11.3	9.4	9.4	11.3	9.4	9.4	7.5	6.3	6.3	30.0	25.0	25.0
	N 0.5배	5.6	9.4	9.4	5.6	9.4	9.4	3.8	6.3	6.3	15.0	25.0	25.0

3. 주요 연구결과

○ 시험 토양의 화학성

처리내용			pH (1:5)	EC (dSm ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (ng kg ⁻¹)	Ex.cations(cmol ⁺ kg ⁻¹)			NO ₃ -N (ng kg ⁻¹)
							K	Ca	Mg	
화산 회토	3월	시험전	5.0	6.86	156	356	2.90	15.2	4.8	-
	6월	토양시비 (N 1배)	4.9 a ^z	5.93 a	154 a	589 a	3.29 a	14.2 a	4.0 a	415.6 a
		관비 (N0.5배)	5.0 a	5.59 a	157 a	543 a	2.95 a	14.2 a	4.3 a	372.1 a
		관비 (N 1배)	5.1 a	5.95 a	155 a	555 a	3.10 a	14.6 a	4.4 a	418.4 a
	9월	토양시비 (N 1배)	5.0 a	3.39 a	149 a	507 a	2.26 a	13.3 a	3.5 a	269.4 a
		관비 (N0.5배)	5.1 a	2.96 a	153 a	505 a	2.37 a	14.4 a	3.3 a	220.7 a
		관비 (N 1배)	5.2 a	2.76 a	152 a	594 a	2.59 a	14.2 a	3.6 a	225.6 a
비화산 회토	3월	시험전	5.4	2.40	71	111	2.45	9.5	6.9	-
	6월	토양시비 (N 1배)	5.3 a	2.30 a	79 a	216 a	2.68 a	9.6 a	6.6 a	84.8 a
		관비 (N0.5배)	5.3 a	2.43 a	73 a	235 a	2.57 a	9.3 a	6.0 a	82.3 a
		관비 (N 1배)	5.3 a	2.29 a	74 a	238 a	2.50 a	9.0 a	5.6 a	82.9 a
	9월	토양시비 (N 1배)	5.4 a	2.90 a	74 a	204 a	3.18 a	9.7 a	7.7 a	155.6 a
		관비 (N0.5배)	5.5 a	2.17 a	70 a	257 a	2.80 a	9.8 a	7.2 a	92.6 a
		관비 (N 1배)	5.3 a	2.98 a	73 a	205 a	2.49 a	9.4 a	7.1 a	124.9 a

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: 2025. 3. 17. / 2025. 6. 16.~17. / 2025. 9. 17.~18.

- 토양 화학성은 화산회토, 비화산회토 모두 처리간 차이가 없었음

○ 식물체 생육특성

처리내용		수관용적 (m ³ /주)	주간굵기 ^z (mm)	봄순		봄잎 ^x			
				길이 (cm)	굵기 (mm)	엽면적 (cm ²)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소함량 (SPAD)
화산 회토	토양시비 (N 1배)	16.1 a ^w	74.3 a	238 a	25 a	24.5 a	106 a	40 a	65.8 a
	관비 (N 0.5배)	14.4 a	77.2 a	230 a	23 a	25.0 a	108 a	41 a	63.2 a
	관비 (N 1배)	15.3 a	73.6 a	241 a	27 a	25.3 a	117 a	41 a	64.0 a
비화산 회토	토양시비 (N 1배)	18.0 a	75.7 a	249 a	38 a	27.6 a	117 a	43 a	68.0 a
	관비 (N 0.5배)	20.8 a	77.5 a	227 a	34 a	25.9 a	108 a	42 a	68.3 a
	관비 (N 1배)	19.7 a	75.8 a	239 a	36 a	26.5 a	114 a	43 a	69.5 a

^z 수관용적(m³) = 가로(동서) × 세로(남북) × 높이 × 0.7

^y 접목부위에서 10cm 지점 ^x 봄 가지 기부에서 3~5번째 잎

^w Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: 2025. 6. 9.~11.

- 봄순길이 등 생육특성은 처리간 차이가 없었음

○ 봄잎 양분함량 및 과실 품질

처리내용		봄잎 ^z			과실		
		T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	당산비
화산 회토	토양시비 (N 1배)	3.01 a ^y	0.31 a	2.56 a	9.85 a	2.91 a	3.4 a
	관비 (N 0.5배)	2.98 a	0.30 a	2.62 a	9.80 a	2.48 a	4.0 a
	관비 (N 1배)	2.91 a	0.28 a	2.44 a	9.60 a	2.68 a	3.6 a
비화산 회토	토양시비 (N 1배)	2.45 a	0.31 a	2.03 a	9.23 a	2.34 a	3.9 a
	관비 (N 0.5배)	2.40 a	0.27 a	1.70 a	9.10 a	2.06 a	4.4 a
	관비 (N 1배)	2.57 a	0.30 a	1.86 a	8.93 a	2.11 a	4.2 a

^z 봄 가지 기부에서 3~5번째 잎

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at α=0.05

* 조사일: 봄잎 2025. 6. 9.~11. / 과실 2025. 10. 10.

- 봄잎 양분함량 및 과실 품질은 처리간 차이가 없었음

4. 적 요

- 시비방법(토양시비, 관비) 및 질소시비량(N 0.5, 1배)에 따른 토양 화학성, 식물체 생육특성, 과실 품질 등은 차이가 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) 만감류 관비재배 적정 질소시비량 구명 연구	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 강 해	시험수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 용 우	토양 분석
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 관 연구관	김 유 경	결과 검토
	연구 보조원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	김 창 선	식물체 분석

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	농산물안전성 (CS)	천연소재 활용 해충 방제 기술 개발	'25 ~'27	제 주 도 원 친환경연구과	이정민
	유기농업 (CS04CS4E)	1) 해충 방제용 천연소재 선별 및 효과 구명 연구	'25 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이정민
	유기농업 (CS04CS4E)	2) 천연소재 활용 해충 방제 효과 현장실증 연구	'27	제 주 도 원 친환경연구과	이정민

1. 연구목적

- 화학농약 감축 및 지속가능한 농업 실현을 위한 친환경 소재 개발

2. 재료 및 방법

- 시험재료: 마늘, 때죽나무 등 천연추출물 및 에센셜오일 25종
- 추출방법

추출형태	천연물 종류	전처리 방법
열수 또는 에탄올 추출	마늘(열수 및 에탄올)	물 + 추출물 3% + tween 0.1%
메탄올 또는 발효주정 추출 ²	갯강활, 제주조릿대, 비자나무, 청미래덩굴, 때죽나무, 서양민들레, 흰여뀌, 일색고사리, 은행나무(열매, 잎), 개똥쑥, 개질경이, 미국자리공, 흰명아주	
에센셜 오일	피마자, 파인, 만다린, 유칼립투스, 레몬그라스, 편백나무, 바질, 페퍼민트, 타임	물 + 추출물 0.2% + tween 0.1%

²천연물중양은행에서 분양받음

- 조사항목

- 살충성분: Allicin, Bruceoside A
- 해충 방제 효과: 생충수, 방제가
 - 대상해충: 과밤나방 2~3령충(10마리 × 5반복)
 - 처리방법: 분무법(스프레이 타워)

3. 주요 연구결과

○ 천연추출물 종류별 살충성분 함량

구분	식물명	살충성분 함량(mg/g)	
		Allicin	Bruceoside A
1	마늘(열수)	25.11	ND
2	마늘(에탄올)	50.72	ND
3	갯강활	ND	ND
4	제주조릿대	ND	ND
5	비자나무	ND	ND
6	청미래덩굴	ND	ND
7	매죽나무	ND	ND
8	서양민들레	ND	ND
9	흰여뀌	ND	ND
10	일색고사리	ND	ND
11	은행나무(열매)	ND	ND
12	개똥쭉	ND	ND
13	개질경이	ND	ND
14	은행나무(잎)	ND	ND
15	미국자리공	ND	ND
16	흰명아주	ND	ND
17	피마자	ND	ND
18	파인	ND	ND
19	만다린	ND	ND
20	유칼립투스	ND	ND
21	레몬그라스	ND	ND
22	편백나무	ND	ND
23	바질	ND	ND
24	페퍼민트	ND	ND
25	타임	ND	ND

※ ND: Not Detected

- 마늘 추출물(열수 및 에탄올)에서만 Allicin이 검출되었으며, Bruceoside A는 모든 추출물에서 검출되지 않았음

○ 식물추출물 해충 방제 효과

번호	식물명	살포 후 평균 생충수(마리)			사충율(%)
		24시간 후	48시간 후	72시간 후	
1	마늘(열수)	9.2	9.2	9.8	2.3
2	마늘(에탄올)	8.4	8.2	7.8	22.5
3	갯강활	9.4	9.4	8.8	12.0
4	제주조릿대	10.0	10.0	9.8	2.0
5	비자나무	9.8	9.6	9.4	6.0
6	청미래덩굴	10.0	10.0	10.0	0.0
7	때죽나무	10.0	9.8	9.8	2.0
8	서양민들레	10.0	10.0	10.0	0.0
9	흰여뀌	10.0	10.0	9.6	3.6
10	일색고사리	10.0	10.0	9.9	1.5
11	은행나무(열매)	10.0	10.0	9.9	1.5
12	개똥쑥	10.0	10.0	10.0	0.0
13	개질경이	10.0	10.0	10.0	0.0
14	은행나무(잎)	10.0	10.0	10.0	0.0
15	미국자리공	10.0	10.0	10.0	0.0
16	흰명아주	10.0	10.0	10.0	0.0
무처리		10.0	10.0	10.0	-

- 마늘(에탄올)과 갯강활은 72시간 후 사충율이 10% 이상이었음

○ 에센셜 오일 해충 방제 효과

번호	식물명	살포 후 평균 생충수(마리)			사충율(%)
		24시간 후	48시간 후	72시간 후	
1	피마자	10.0	10.0	10.0	0.0
2	파인	10.0	10.0	10.0	0.0
3	만다린	10.0	10.0	10.0	0.0
4	유칼립투스	10.0	10.0	9.8	2.0
5	레몬그라스	9.4	8.4	6.6	32.3
6	편백나무	10.0	9.8	9.8	2.5
7	바질	9.8	9.6	9.6	4.0
8	페퍼민트	9.8	9.6	9.2	8.0
9	타임	9.6	9.6	9.6	4.0
무처리		10.0	10.0	10.0	-

- 레몬그라스가 72시간 후 사충율이 32.3%로 가장 효과가 높게 나타남

4. 적 요

- 살충성분(Allicin, Bruceoside A) 분석 결과 Allicin은 마늘 추출물에서만 검출이 되었으며, Bruceoside A는 모든 식물추출물 및 에센셜 오일에서 검출되지 않았음
- 살충효과 검정 결과 사충율이 마늘 에탄올 추출물 22.5%, 레몬그라스 에센셜 오일이 32.3%로 효과가 높게 나타남
- 식물추출물 마늘 에탄올 추출물 등 9종, 에센셜오일 레몬그라스 등 6종은 해충 방제용 천연 소재로 이용 가능성이 있다고 판단되었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 해충 방제용 천연소재 선별 및 효과 구명 연구	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	이 정 민	연구과제 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	현 희 정	해충 방제효과 검정
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 연구사	김 효 정	결과 검토
	연구보조원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	문 경 희	식물추출 보조

6. 연구계획 변경사항

- 공동연구(2세부 천연추출물 활용 환경친화적 해충 방제제 개발 및 스마트 예찰 체계 구축) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
친환경연구과 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) - 제주지역 골드키위 비파괴 과실품질 진단기술 및 시설재배 맞춤형 안정재배 관리기술 개발 (2세부과제명) - 천연추출물 활용 환경친화적 해충 방제제 개발 및 스마트 예찰 체계 구축

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	농산물 안전성 (CS)	기관자체 농약직권등록시험	'25 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이정민
	농자재평가 (CS05CS5A)	1) 브로콜리 배추좀나방 무인항공 방제용 농약직권등록시험	'25 ~'26	제 주 도 원 친환경연구과	이정민

1. 연구목적

- 브로콜리 배추좀나방 무인항공방제용 농약 선발을 통해 농약품목 등록 자료로 활용하고자 함

2. 재료 및 방법

- 대상작물: 브로콜리('SK3-085')
- 대상해충: 배추좀나방(*Plutella xylostella*)
- 시험농약: 메타플루미존 유제 등 6품목

농약품목명	주성분 함량 (%)	약 효 시 험			약 해 시 험	
		사용 약량	사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
메타플루미존 유제	20.0	50ml/10a	120배 (6L/10a)	발생초기 1회 경엽처리 (무인항공)	120배 (6L/10a)	기준량 중복 살포
스피네토람 액상수화제	5.0	100ml/10a	60배 (6L/10a)		60배 (6L/10a)	
테트라닐리프롤 액상수화제	18.9	30ml/10a	200배 (6L/10a)		200배 (6L/10a)	
인독사카브 액상수화제	5.0	50ml/10a	120배 (6L/10a)		120배 (6L/10a)	
피리달릴 유탁제	10.0	200ml/10a	30배 (6L/10a)		30배 (6L/10a)	
사이클라닐리프롤 액제	4.5	100ml/10a	60배 (6L/10a)		60배 (6L/10a)	
무 처 리	-	-	-	-	-	-

- 시험기종: 멀티콥터(드론)
 - 드론기종/노즐: DJI T30/XR 110015
 - 비행속도: 10.0km/h, 살포폭: 4m, 비행높이: 2m, 분당살포량: 4.03L
- 시험지역(토성): 제주시 애월읍 애월리 2631(미사식양길)

○ 시험구배치법: 단구제

※ 무처리는 완전임의배치 3반복

구 분		처리수	반복수	총구수	구당면적(m ²)	소요면적(m ²)	총 소요면적(m ²)
약 효	무인항공 (멀티콥터)	6	1	6	260	1,560	2,235
	무처리	2	3	6	10	60	
약 해	무인항공 (멀티콥터)	6	1	6	100	600	
	무처리	1	3	3	5	15	

○ 조사항목: 약효·약해 및 낙하분산조사

- 약효: 생충률(약제처리 전 및 3, 7일 후 생충수 조사) * 반복당 50마리 이상
- 약해: 약제처리 3, 5, 7 일 후 외관상 약해 유무 조사
- 낙하분산조사: 약제 도포율과 반점크기

○ 약제살포일 전후 기상상황 ※ 출처: 제주특별자치도농업기술원 제주DA

월. 일.	평균습도(%)	최고/최저기온(℃)	평균기온(℃)	평균풍속(m/s)
10. 20.	67.3	19.0/16.0	16.9	1.0
10. 21.(살포일)	76.2	17.9/15.8	17.3	1.1
10. 22.	79.6	19.4/16.7	19.4	1.4

3. 주요 연구결과

○ 약효조사(최종 약제처리 3일 후)

시험약제	사전 밀도	생충률(%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균		
메타플루미존 유제	76	63.2	61.3	62.3	62.3	d	37.7
스피네토람 액상수화제	76	23.7	18.4	17.3	19.8	a	80.2
테트라닐리프롤 액상수화제	76	39.2	30.7	33.3	34.4	b	65.6
인독사카브 액상수화제	78	40.3	46.3	55.3	47.3	c	52.7
피리달릴 유탁제	76	17.3	14.1	28.9	20.1	a	79.9
사이클라닐리프롤 액제	79	24.4	31.3	25.0	26.9	ab	73.1
무 처 리	78	98.7	100.0	101.3	100.0	e	-

CV(%) ----- 11.0

- 약제처리 3일 후 방제가는 스피네토람 액상수화제가 80.2%, 피리달릴 유탁제가 79.9%로 높았음

○ 약효조사(최종 약제처리 7일 후)

시험약제	사전 밀도	생충률(%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평 균		
메타플루미존 유제	76	48.7	46.7	42.9	46.1	d	54.5
스피네토람 액상수화제	76	7.9	10.5	10.7	9.7	a	90.4
테트라닐리프롤 액상수화제	76	29.1	28.0	29.3	28.8	c	71.5
인독사카브 액상수화제	78	19.5	15.0	18.4	17.6	b	82.6
피리달릴 유탁제	76	8.0	7.7	13.2	9.6	a	90.5
사이클라닐리프롤 액제	79	14.6	25.0	18.4	19.4	b	80.9
무 처 리	78	100.0	101.3	102.5	101.3	e	-

CV(%) ----- 9.0

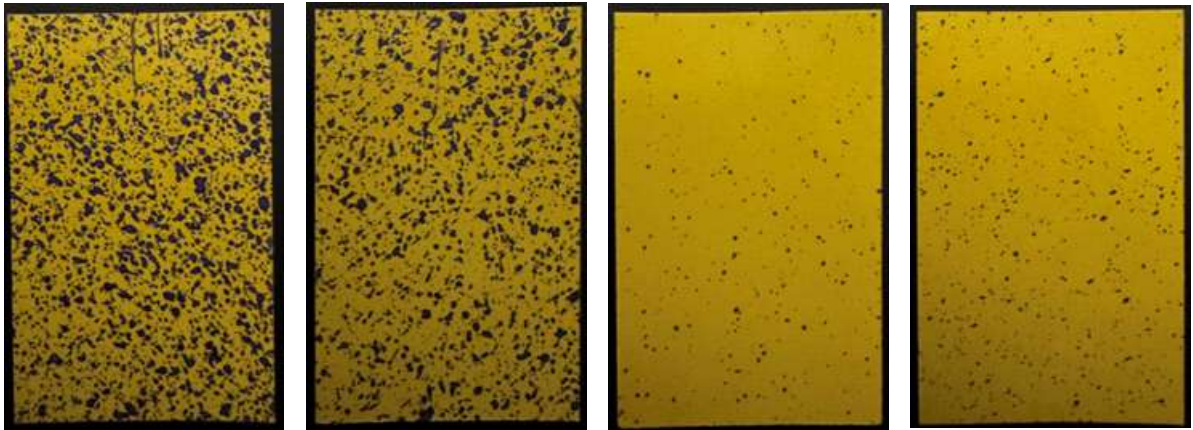
- 약제처리 7일 후 방제가는 스피네토람 액상수화제가 90.4%, 피리달릴 유탁제가 90.5%로 높았음

○ 약해조사

시험약제	약해정도 (0~5)		비 고
	기 준 량	배 량	
메타플루미존 유제	0	0	약해 없음
스피네토람 액상수화제	0	0	
테트라닐리프롤 액상수화제	0	0	
인독사카브 액상수화제	0	0	
피리달릴 유탁제	0	0	
사이클라닐리프롤 액제	0	0	

- 메타플루미존 유제를 포함한 모든 약제에서 약해가 없었음

○ 낙하분산 조사



살포구

완충구

- 살포구 내의 감수지 액적의 크기는 평균적으로 0.60~0.64mm 이었으며 도포율은 21.4~29.7% 이었음
- 완충구의 감수지 액적의 크기는 평균적으로 0.37~0.39mm 이었으며 도포율은 1.3~2.2% 이었음

4. 적 요

- 배추좀나방의 사전밀도는 모든 시험구에서 76마리 이상으로 시험 수행에 적합하였음
- 약효조사 결과 스피네토람 액상수화제와 피리달릴 유탁제의 방제가가 90.4% 이상으로 살충제 선발 기준(방제가 90%이상)에 적합하였음
- 약해조사 결과 모든 약제의 기준량 및 배량에서 약해가 없었음
- 낙하분산조사 결과 살포구 내로 약액의 도포가 잘 되었음을 확인하였으며, 살포구 내 감수지 액적의 크기는 완충구보다 1.5~1.7배, 도포율은 9.7~22.8배 높았음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 브로콜리 배추좀나방 무인항공방제용 농약직권등록시험	책 임 자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 정 민	연구과제 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	이 창 훈	약효·약해 조사
	공 동 연구자	제 주 도 원 친환경연구과	농 업 사 연구사	김 효 정	결과 검토
	연구 보조원	제 주 도 원 친환경연구과	공 무 직	문 경 희	시험포장 관리

5. 과수연구과

< 총 설 >

□ 감귤연구 분야

감귤연구 분야는 기관프로젝트 3세부과제, 과육색이 붉은 만감류 품종육성 등 고유연구 7세부과제, 국내육성 감귤 신품종 이용 촉진 사업 등 공동연구 2세부과제 총 12세부과제를 수행하여 논문 1건, 국내 학술지 4건, 상표명 출원 1건, 유전자원 신규 6자원 수집 등의 성과를 달성하였다.

과육색이 붉은 만감류 품종 육성은 '24/'25년 22조합 72개체의 과실 특성을 조사하여 안토시아닌이 발현되는 '제교Ci047' 등 4계통을 선발하였다. 만감류 품종 육성은 '24년 교배 조합에서 실생묘 85주를 확보하였고, '25년에 5조합 2,432화를 인공수분하였다. '24/'25년 교배실생 과실 특성은 14조합 68개체 조사하여 2~4월에 수확 가능한 '제교Ci045' 등 2계통을 선발하였다.

'11년부터 교잡 육종을 통하여 '가을향'('21), '달코미'('22), '설향'('22), '우리향'('25)을 품종보호등록 하였고, '레드스타'('23), '맛나봄'('23)을 품종보호출원하였다. 또한, 우리원에서 육성한 신품종 만감류 6품종은 제주지역에 한정하여 28개 업체에 189ha분에 대한 실시권 이전하였다. 우리원에서 육성한 만감류 '가을향' 등 4품종에 대한 재배기술 연구와 생력화 연구를 추진하고 있다('21~'26). '가을향' 안정생산에 관한 연구에서는 결과모지 2/3 절단 및 엽면시비 처리구에서 꽃수 및 착과율이 높았다. '달코미', '설향' 재배기술에 관한 연구에서는 결과모지 무절단 처리구에서 꽃수 및 착과율이 높은 특성을 보였다. 노동력 절감을 위한 수형구성 연구에서는 기계방제 및 병해충 방제 효율이 이축형에서 높았다.

우리원에서 육성한 만감류에 대하여 '22~'26년까지 6품종 46농가(8.6ha)에 실증재배를 추진하고 있다. 안정적 재배를 위해 컨설팅 41회, 품종별 소모임 54회, 교육 16회 등을 추진하였다. 품종보급 후 3~4년차에 접어들면서 2025년에는 39농가에서 80톤 출하하였으며, 경쟁력 강화를 위해 출하처 단일화 및 온·오프라인 홍보를 강화하였다.

□ 키위 및 아열대과수연구 분야

키위 및 아열대과수연구 분야는 국내육성 골드키위 육성 및 제주지역에 적합한 아열대과수 품목 발굴을 위하여 기관프로젝트 공동 3과제, 기관고유 1과제, 고유연구 1과제, 공동연구 1과제 등 총 6세부과제를 수행하여 영농정보 2건, 기술이전 5건, 국내 학술지 3건, 기술보급서 2건 등의 성과를 달성하였다.

최근 키위 시장은 국내 재배면적 확대와 수입 물량 증가로 경쟁이 심화됨에 따라, 제주 키위 브랜드의 차별화와 경쟁력 향상을 위한 안정생산 기술개발 연구를 수행하였다. 골드키위 신품종 ‘감황’의 과실 품질향상을 위해 적정 착과기준(48과/m²)을 설정한 결과, 과실크기 7.8% 증가하고 농가소득은 24.1% 향상되어 품질 및 경제성 개선 효과가 확인되었다. 또한, 인공수분 작업의 노동 부담을 경감하고 생산 효율을 높이기 위해 스피드스프레이어(SS기) 활용 기계수분 모델을 구축하였다. 그 결과 노동시간은 최대 90%, 수분비용은 72% 절감되는 생력화 효과가 입증되었다. 아울러 출하시기 분산과 수확 후 품질관리를 위해 에틸렌 작용 억제제(1-MCP) 처리에 따른 장기 저장 효과를 구명하였다.

아열대과수 분야는 기후 온난화로 재배 확대 기회에도 불구하고, 높은 시설 투자비와 경영비 부담으로 작목전환에 어려운 점을 고려하여 유망작목 발굴 연구를 추진하였다. 기존 감귤하우스 시설에서 재배가능한 저수고 바나나 국산품종 육성을 위해, 저수고 바나나 ‘손끝’ 품종에 감마선 처리를 하고 RAPD 분석을 통해 28개의 돌연변이 개체를 선발하였다. 또한 안정적인 바나나 묘 공급체계 구축을 위해 대량증식용 배지조성 기준을 확립하고, 저수고 바나나 대량증식 매뉴얼을 제작·보급하여 현장 활용 기반을 마련하였다. 아울러 기후변화 적응하고 아열대과수 작목 다양성 확보를 위해 잣프루트와 스넵파인애플을 도입함으로써 농가 소득원 다변화 기반을 마련하였다.

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	감귤 교잡육종에 관한 연구	'11 ~'28	제 주 도 원 과 수 연 구 과	김진주
	만감 FT060615	1) 연내 출하형 만감류 품종육성	'11 ~'20	제 주 도 원 감귤아열대연구과	박영철
	만감 FT060615	2) 주심배 이용 로열티 대응 만감류 품종육성	'11 ~'20	제 주 도 원 감귤아열대연구과	이창훈
	감귤 FT060614	3) 주심배 이용 고품질 온주밀감 품종육성	'11 ~'20	제 주 도 원 감귤아열대연구과	박영철
	만감 FT060615	4) 과육색이 붉은 만감류 품종육성	'17 ~'28	제 주 도 원 과 수 연 구 과	김진주
	유자 FT060620	5) 무핵 유자 품종 육성	'19 ~'20	제 주 도 원 감귤아열대연구과	이창훈
	감귤 FT060614	6) 식재료용 속간 잡종 품종육성	'19 ~'20	제 주 도 원 감귤아열대연구과	박영철

1. 연구목적

- 기능성 성분 함량이 높고 껍질 벗기기가 쉬운 적육계 만다린 품종 육성

2. 재료 및 방법

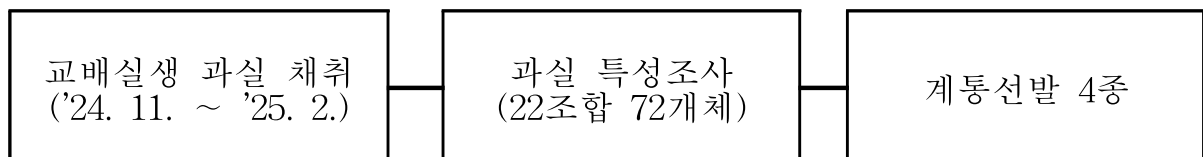
(시험 2) 교배 실생 특성 조사

- 조사대상: 결실개체
- 조사항목: 과실품질, 종자수, 과육색, 단배성 여부 등

3. 주요 연구결과

(시험 2) 교배실생 특성 조사

- 교배실생 특성조사('24/'25): 22조합 72개체



○ 선발 계통 시기별 과실 특성 조사 결과

선발 연도	계통명 (개체명)	조사일 (년/월/일)	횡경 (mm)	과형 지수	과중 (g)	과육률 (%)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)	박피상	종자 수 (개)	단배성 여부
'23/ '24	제교Ci043 (17U039)	25/03/05	44.1	95.4	46.0	65.5	19.5	0.7	20.6	상	4.8	다배
	제교Ci044 (17W149)	25/01/03	62.4	116.7	113.8	78.8	16.3	2.3	18.6	상	0.0	-
'24/ '25	제교Ci047 (15BM014)	24/12/12	71.5	103.0	177.4	78.2	11.0	1.8	9.6	상	0.7	-
		24/12/18	70.0	96.3	156.1	75.9	9.1	1.7	13.1	상	0.3	-
	제교Ci048 (17W021)	25/01/16	54.4	97.7	88.1	71.2	14.7	2.0	18.7	하	0.0	-
		25/02/04	51.9	94.7	77.9	72.2	14.1	1.8	19.9	하	0.0	-
		25/03/05	55.5	92.7	90.6	71.1	14.1	1.1	19.8	하	0.0	-
	제교Ci049 (17W023)	25/01/16	65.6	87.2	142.3	72.2	12.3	1.6	23.5	상	0.0	다배
		25/02/04	65.9	85.0	150.9	67.1	12.1	1.4	20.0	하	4.8	
		25/02/19	69.8	94.3	149.8	65.1	12.5	1.3	20.8	상	1.8	
	제교Ci050 (17W239)	25/01/03	61.0	102.4	113.4	71.9	13.3	1.3	24.8	상	0.0	-
		25/02/04	61.6	99.9	125.4	74.3	13.6	1.3	25.0	하	0.0	-
		25/03/05	57.1	114.6	89.2	69.5	14.9	1.0	17.4	하	0.0	-

※ 교배조합: 17U-‘애원과시28호’×‘상귀넬리’, 17W-‘애원과시28호’×‘블러드사무티’, 15BM-‘마쉬’×‘햄린’
^z상(쉬움) → 하(어려움)

○ 선발 계통별 봄순 특성

계통명	선발년도 (고접년도)	봄순 개수 ^z (개)	결과모지 끝 액아에서 봄순 발생 개수 ^z (개)	잎 면적 ^y (cm ²)	엽록소 함량 ^y (SPAD)
제교Ci043 (17U039)	'23/'24 ('24)	6.3±1.0	2.3±0.5	43.5±4.0	65.8±5.2
제교Ci044 (17W149)	'23/'24 ('24)	5.8±1.7	1.8±0.5	36.7±2.3	68.9±6.3
t-test ^x		ns	ns	ns	ns

※ 엽면적·SPAD 조사일: 2025. 6. 13., 순 개수 조사일: 2025. 6. 16.

^z봄순 개수: 45° 결과모지에서 발생한 순 조사

^y잎 면적 및 엽록소 함량: 금년 발생한 봄가지 기부에서 3~5번째 잎 조사

^xns, *, **, Nonsignificant or significant at $p < 0.05$ or 0.01, respectively

○ 선발 계통 안토시아닌 함량 분석

계통명	제교Ci043	제교Ci044	제교Ci047	제교Ci048	제교Ci049	제교Ci050
시료채취일 (년/월/일)	'25/03/05	'25/01/03	'24/12/12	'25/03/05	'25/02/19	'25/02/04
안토시아닌 함량 (mg·L ⁻¹)	51.2	6.9	22.2	86.9	10.6	23.3

※ 안토시아닌 함량 분석: 분광광도계 이용 pH차이법(pH differential method)

※ 안토시아닌 함량: (이탈리아 Catania, 2010년)타로코 47.6, 모로 118.3, 상귀넬리 36.7(mg·L⁻¹)
(서귀포시 안덕면, 2021년)타로코 35.7(mg·L⁻¹)

○ 선발 계통 과실 사진



<제 교Ci043 / 2025. 3. 5.>



<제 교Ci044 / 2025. 1. 3.>



<제 교Ci047 / 2024. 12. 18.>



<제 교Ci048 / 2025. 3. 5.>



<제 교Ci049 / 2025. 2. 19.>



<제 교Ci050 / 2025. 2. 4.>

4. 적 요

- 교배실생 22조합 72개체 특성조사 후 과육·과피 적색발현 > 박피성 > 과실품질 순으로 우수한 4계통 선발하였음
- 안토시아닌 함량은 제교Ci048(86.9) > 제교Ci043(51.2) > 제교Ci050(23.3) > 제교Ci047(22.2) > 제교Ci049(10.6) > 제교Ci044($6.9\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 순이었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
4) 과육색이 붉은 만감류 품종육성	책 임 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사 연구사	김 진 주	과제수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사 연구사	정 승 용	과실품질 조사
	공 동 연구자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 관 연구관	오 명 협	결과 검토
	연구 보조원	제 주 도 원 과수연구과	공 무 직	김 성 빈	연구포장 관리

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	기후변화 대응 감귤 신품종 개발	'21 ~'30	제 주 도 원 과수연구과	김진주
	감귤 FT060614	1) 고품질 밀감류 품종육성	'21 ~'30	제 주 도 원 과수연구과	김진주
	만감 FT060615	2) 고품질 만감류 품종육성	'21 ~'30	제 주 도 원 과수연구과	김진주

1. 연구목적

- 기후변화 대응 노지재배에 적합한 고품질의 밀감류 품종육성
- ※ 육성기준: 당 11°Bx ↑, 산 1% ↓, 내병성(궤양병), 내재해성(일소, 부피 등)

2. 재료 및 방법

(시험 1) 교배 실생 확대

- 교배조합: ‘유라조생’ × ‘만백유’ 등 10조합
- 교배꽃수: 조합당 500화
- 수분방법: 개화수분
- 조사내용: 수정률, 과실당 종자 수 등

(시험 2) 교배 실생 개체의 특성 검정

- 조사대상: '21년 이후 교배 실생
- 조사내용: 실생묘 획득수, 개체별 활착률 등

3. 주요 연구결과

(시험 1) 교배 실생 확대

- '25년 인공수분: 10조합 6,675화 수분 → 640개 종자 채취
- 10조합 6,675화 수분 → 7조합 640개 종자 채취 후 파종 → 실생묘 201주 확보 → '27 실생묘 고접 예정

모 본	부 본	교배 꽃수 (화)	착과 개수 (개)	종자있는 열매개수 (개)	수정률 (%)	전체 종자개수 (개)	과실당 종자개수 (개)	발아율 (%)	실생묘 (주)
유라조생	맛나봉	654	487	2	0.4	3	1.5	0.0	0
유라조생	레드스타	1,050	636	1	0.2	1	1.0	0.0	0
유라조생	탱자	782	615	39	6.3	55	1.4	16.4	9
유라조생	에디	395	309	0	0.0	0	0.0	-	-
유라조생	만백유	631	631	93	14.7	185	2.0	11.9	22
유라조생	페이지	413	314	22	7.0	29	1.3	34.5	10
일남1호	맛나봉	781	781	2	0.3	2	1.0	-	-
제감단배성1호	유라조생	436	155	85	54.8	365	4.3	43.8	160
가을향	유라조생	574	62	0	0.0	0	0.0	-	-
궁천조생	에디	959	794	0	0.0	0	0.0	-	-
10조합		6,675	4,784	244	5.1	640	2.6	31.4	201

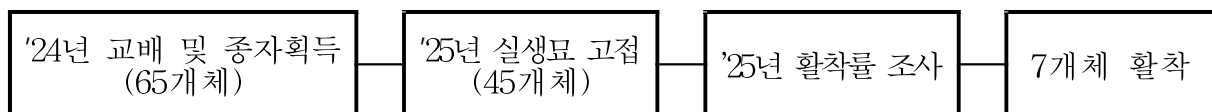
※ 교배기간: 2025. 5. 2.~18.

※ 종자채취기간: 2025. 10. 20.~11. 13.

※ 파종일: 2025. 10. 22.~11. 14.

※ 착과 개체 중 종자가 맺힌 과실의 비율

(시험 2) 교배 실생 개체의 특성검정



모 본	부 본	실생묘 (주)	접목수 (주)	활착수 (주)	활착률 (%)
유라조생	하굴	8	8	3	37.5
성전온주	가을향	6	6	1	16.7
성전온주	세미놀	31	31	3	9.7
합계(평균)	3조합	45	45	7	(15.6)

※ 접목일: 2025. 4. 23., 활착률 조사일: 2025. 10. 15.

4. 적 요

(시험 1) 교배 실생 확대

- 10조합 6,675화 교배하여 640개 종자에서 실생묘 201주 확보하였음

(시험 2) 교배 실생 개체의 특성검정

- 종자에서 획득한 실생묘 45개체 고접하였음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
1) 고품질 밀감류 품종육성	책 임 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 연 구 사	김 진 주	과제수행 총괄
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 연 구 사	주 재 연	과실험특성 검정
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 연 구 관	고 승 찬	결과 검토

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	기후변화 대응 감귤 신품종 개발	'21 ~'30	제 주 도 원 과수연구과	김진주
	감귤 FT060614	1) 고품질 밀감류 품종육성	'21 ~'30	제 주 도 원 과수연구과	김진주
	만감 FT060615	2) 고품질 만감류 품종육성	'21 ~'30	제 주 도 원 과수연구과	김진주

1. 연구목적

- 고품질 만숙형 만감류(2~4월 수확형) 품종육성

2. 재료 및 방법

(시험 1) 교배 실생 확대

- 교배조합: ‘설향’ × ‘레드스타’ 등 5조합
- 교배꽃수: 조합당 500화
- 수분방법: 개화수분
- 조사내용: 수정률, 과실당 종자수 등

(시험 2) 교배 실생 개체의 특성 검정

- 조사대상: '11년 이후 교배 실생 개체
- 조사내용: 과실품질, 종자 수 등

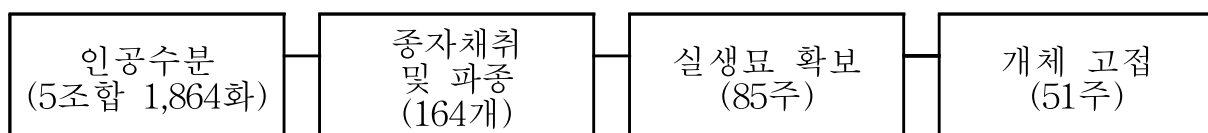
(시험 3) 선발 계통의 특성 검정

- 조사대상: '22년 이후 선발 계통
- 조사내용: 과실품질, 종자수, 수세 등

3. 주요 연구결과

(시험 1) 교배 실생 확대

- '24년 실생묘 확보 현황



모 본	부 본	교배꽃수 (화)	착과수 (개)	수정률 (%)	과실당 종자 수 (개)	전체 종자 수 (개)	실생묘 (주)	접목 착 (주)
11D125	부지화	83	40	0.0	0.0	0	-	-
	남진해	187	41	2.4	1.0	1	1	1
제감 단배성1호	11D163	896	167	22.2	1.7	62	46	28
설향	11D125	435	2	50.0	4.0	4	3	2
청견	가을향	263	31	58.1	5.4	97	35	16
합계(평균)	5조합	1864	224	(26.5)	(3.0)	164	85	51

※ 교배기간: 2024. 4. 24.~5. 9., 과실일: 2024. 12. 10., 접목일: 2025. 4. 10.

※ 교배조합: 11D-‘애원과시28호’×‘감평’

○ ’25년 인공수분 현황: 5조합 2,432화

모 본	부 본	교배꽃수	교배기간	포장위치
맛나봉	레드스타	380	’25. 2. 20.~27.	강정(C동)
	감평	693	’25. 2. 20.~27.	강정(C동)
설향	레드스타	372	’25. 2. 21.~28.	강정(C동)
	감평	510	’25. 2. 21.~28.	강정(C동)
제감단배성 1호	남진해	477	’25. 5. 2.~16.	강정(B동)
합계	5조합	2,432		

(시험 2) 교배 실생 개체의 특성 검정

○ ’11년 이후 교배실생 특성조사(’24/’25): 68개체 조사

교배실생 과실 채취 (’24. 11.~’25. 3.)	과실 특성조사 (14조합 68개체)	계통선발 2종
----------------------------------	------------------------	---------

개체명	조사일 (년/월/일)	횡경 (mm)	과형 지수	과중 (g)	과육률 (%)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)	박피성	부피 발생 정도	종자수 (개)	단배성 여부
16A111	25/03/05	73.8	114.0	174.8	80.7	14.4	1.38	30.1	상	0.0	다	단배
16A382	25/02/18	79.5	113.5	219.7	85.8	15.4	0.95	21.8	상	0.0	0	-

※ 교배조합: 16A-‘애원과시28호’×‘미하야’

^a상(쉬움) → 하(어려움) ^y다(종자 10개 이상)

○ 선발 계통 사진



<제교Ci045 / 2025. 3. 5.>



<제교Ci046 / 2025. 2. 18.>

(시험 3) 선발 계통의 특성 검정

○ 계통별 과실 품질

계통명 (개체명)	선발연도 (고접연도)	포장	조사일 (년/월/일)	횡경 (mm)	과형 지수	과중 (g)	과육률 (%)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	단배성 여부
제교Ci032 (11D061)	'19 ('20)	노지 (상귀)	'22/12/09	79.9	128.3	213.0	79.9	12.9	0.66	다배
			'23/12/28	81.7	124.3	226.0	82.8	13.3	0.72	
			'24/12/10	76.0	134.1	174.9	86.3	13.5	0.73	
제교Ci039 (16A170)	'22 ('23)	하우스 (강정B동)	'25/02/14	75.9	112.3	205.3	89.8	13.1	2.16	다배

※ 교배조합: 11D-‘애원과시28호’×‘감평’, 16A-‘애원과시28호’×‘미하야’

○ 선발 계통 생리 낙과

계통명	선발연도 (고접연도)	포장	화엽비 ^z	생리낙과율 ^y						착과율	
				1차		2차		계			
				개	%	개	%	개	%	개	%
제교Ci032	'19 ('20)	노지 (강정)	0.5	1,783	91.5	29	1.5	1,812	93.0	136	7.0

^z조사일: 2025. 5. 14.

^y조사기간: 2025. 5. 18.~7. 4.

○ 계통별 봄순 특성

계통명 (개체명)	봄순 개수 ^z (개)	결과모지 끝 액아에서 봄순 발생 개수(개)	잎 면적 (cm ²)	엽록소 함량 (SPAD)
제 교Ci035 (13BG1656)	4.8±1.0 c ^y	2.3±0.5 a	63.5±5.0 a	70.0±3.5 a
제 교Ci036 (13BG1692)	6.8±1.5 b	2.3±0.5 a	55.3±8.2 c	68.9±3.6 ab
제 교Ci037 (13BG2100)	7.5±0.6 ab	2.0±0.0 a	45.0±3.1 d	67.1±2.7 b
제 교Ci038 (16A113)	4.5±0.6 c	1.0±0.0 b	59.8±4.1 b	69.4±3.5 ab
제 교Ci039 (16A170)	6.0±1.6 bc	1.8±0.5 a	37.3±3.4 e	69.9±4.1 a
제 교Ci040 (16A220)	8.5±1.0 a	2.3±0.5 a	34.8±2.6 e	71.5±3.2 a

※ 조사일: 2025. 6. 11.

※ 교배조합: 13BG-‘청견’×‘미네오라, 16A-‘애원과시28호’×‘미하야’

※ 잎면적 및 엽록소: 금년 발생한 봄가지 기부에서 3~5번째 잎 조사

^z봄순 개수: 45° 결과모지에서 발생한 순 조사

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 계통별 착과 특성

계통명	꽃수 (개)	엽수 (개)	화엽비 ^z	착과수 (개)	착과율 ^y (%)
제 교Ci035	154	227	0.7	44	28.6
제 교Ci036	68	178	0.4	16	23.5
제 교Ci037	24	150	0.2	0	0.0
제 교Ci038	59	151	0.4	1	1.7
제 교Ci039	296	178	1.7	86	29.1
제 교Ci040	273	212	1.3	1	0.4

※ 조사일: 화엽비(2025. 4. 30.), 착과수(2025. 7. 2.)

^z동서남북 4가지 선정하여 꽃 수와 묶은 잎 수 조사(꽃 수/구잎 수)

^y동서남북 4가지 선정하여 착과 수와 꽃 수 조사(착과 수/꽃수)*100

○ 계통별 착과 및 과실 형태

계통명	과실수 (개)	착과 형태			과실 형태	
		유엽과	총상과	직과	기형과	2차과
		개수(비율)	개수(비율)	개수(비율)	개수(비율)	개수(비율)
제교Ci035	69	43(62)	7(10)	19(28)	0(0)	0(0)
제교Ci036	47	13(28)	17(36)	17(36)	0(0)	0(0)
제교Ci037	10	4(40)	4(40)	2(20)	0(0)	0(0)
제교Ci038	24	13(54)	9(38)	2(8)	0(0)	9(37.5)
제교Ci039	278	89(32)	138(50)	51(18)	0(0)	0(0)
제교Ci040	34	6(18)	16(47)	12(35)	0(0)	0(0)

※ 조사일: 2025. 7. 2.

※ 계통별 1주 조사

4. 적 요

(시험 1) 교배 실생 확대

- 5조합 1,864화 교배하여 164개 종자에서 실생묘 85주 확보하였음

(시험 2) 교배 실생 개체의 특성 검정

- 68개체 품질조사 후 2계통(16A111, 16A382) 선발하였음
 - 제교Ci045: 수확기 3월, 당도는 14.4°Bx, 종자는 많으며 과중은 170g 내외
 - 제교Ci046: 수확기 2월, 당도는 15.4°Bx, 종자는 없으며 과중은 220g 내외

(시험 3) 선발 계통의 특성 검정

- 제교Ci032 계통의 노지는 1차 낙과 43일(5. 18.~6. 29.) 동안 91.5% 발생하였으며, 2차 낙과는 17일(6. 10.~25.) 동안 1.5% 발생하였음
- 제교Ci035, 제교Ci036, 제교Ci039의 착과율이 23.5~29.1%로 높음
- 6계통 중 제교Ci035, 제교Ci038은 유엽과 비율이 50% 이상으로 높았고, 제교Ci036, 제교Ci039, 제교Ci040은 총상과 비율이 높았음
- 기형과는 발생이 없었고, 2차과 발생은 제교Ci038이 37.5%으로 가장 높음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
2) 고품질 만감류 품종육성	책 임 자	제 주 도 원 과 수 연구 과	농 업 사 연구 과	김 진 주	과제수행 총괄
	공 연 동 연구 자	제 주 도 원 과 수 연구 과	농 업 사 연구 과	주 재 연	과실험특성 검정
	공 연 동 연구 자	제 주 도 원 과 수 연구 과	농 업 관 연구 과	오 명 협	결과 검토

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	우리원 육성 만감류 신품종의 고품질 안정생산 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	1) '가을향' 고품질 안정생산에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	2) '달코미' 재배기술에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	3) '설향' 재배기술에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	4) 만감류 신품종의 수형 개발 연구	'23 ~'25	제 주 도 원 과수연구과	주재연

1. 연구목적

- 우리원 육성 만감류 '가을향' 재배기술 확립

2. 재료 및 방법

(시험 2) '가을향' 시비량 설정 시험

- 시험품종: '가을향' 8년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용: 무비구, 기준량의 0.7배, 1.0배, 1.5배
 - * 시비기준량: 성목기준(28-18-21) 25% 9회 분시
- 조사항목: 생육특성, 수량성, 화학성 등

(시험 3) '가을향' 전정 방법 시험

- 시험품종: '가을향' 8년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용
 - 처리 1) 결과모지 기부 1/3, 2/3 절단, 무절단
 - 처리 2) 강전정(30%), 약전정(10%), 무전정
- 조사항목
 - 처리 1) 결과모지당 꽃수, 열매수, 과실크기 등
 - 처리 2) 착과수, 열매크기 및 과실 품질 등

(시험 5) ‘가을향’ 착과성 향상을 위한 시험

- 시험품종: ‘가을향’ 8년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용: 상단부 미착과 및 엽면시비 처리
 - 처리시기: 전정 및 꽃따기(3월 중~4월 하), 엽면시비(4월 중~7월 상)
 - 처리방법
 - ① 수고의 3/4 상단부 미착과 처리 및 무처리
 - ② 개화기~생리낙과 종료 시 10일 간격 0.2% 요소 엽면시비 및 무처리
- 조사항목: 화엽비, 생리낙과율, 엽과비, 착과정도, 과실특성 등

3. 주요 연구결과

(시험2) ‘가을향’ 시비량 설정 시험

- 토양 화학성 변화

년도	처리 내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K	Ca	Mg
						(cmol+/kg)		
'22	무비구	6.50	1.30	67.0	117.0	2.05	13.15	3.35
	0.7배	6.30	1.40	74.0	151.0	1.82	13.58	3.34
	1.0배	6.20	0.90	67.0	107.0	1.29	10.30	2.49
	1.5배	6.20	1.20	70.0	99.0	1.29	11.35	2.33
'23	무비구	6.60	1.23	66.3	63.3	1.90	16.80	2.57
	0.7배	6.60	1.80	69.0	70.7	1.93	15.60	2.54
	1.0배	6.40	1.60	65.7	43.5	1.53	13.48	2.07
	1.5배	5.90	1.38	67.9	42.6	1.20	10.75	1.71
'24	무비구	7.00	0.85	62.5	79.0	1.80	13.95	2.56
	0.7배	6.80	0.86	64.5	74.0	1.52	14.13	2.58
	1.0배	6.80	0.87	57.7	38.0	1.31	12.41	2.38
	1.5배	6.10	0.90	67.8	42.0	1.15	8.67	1.85
'25	무비구	6.66	0.69	73.2	174.7	1.41	15.20	3.60
	0.7배	6.83	0.80	67.2	104.0	1.52	15.03	3.33
	1.0배	6.47	0.89	69.0	77.7	1.14	11.87	2.47
	1.5배	6.13	1.04	70.3	105.7	1.23	11.47	2.73

※ 시료 채취 시기: 3월 상순 봄비료 시비 전

○ 잎 특성

처리내용	잎길이(mm)	잎폭(mm)	잎면적(cm ²)	SPAD
무처리	107.9 b ^z	46.1 b	29.9 b	54.5 c
0.7배	101.5 b	41.9 c	25.7 c	61.2 b
1.0배	105.4 b	44.3 bc	28.5 bc	66.0 a
1.5배	122.9 a	49.5 a	35.4 a	66.5 a

※ 조사일: 2025. 7. 1.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 과실 품질 특성

처리내용	횡경(mm)	과중(g)	과피두께(mm)	당도(°Bx)	산함량(%)	과피색(a*)
무비구	73.4 a ^z	173.8 a	3.2 a	12.3 b	0.53 bc	24.9 a
0.7배	76.1 a	189.2 a	2.9 a	12.9 ab	0.60 ab	24.6 a
1.0배	76.2 a	185.4 a	2.9 a	12.9 a	0.61 a	25.4 a
1.5배	76.7 a	191.4 a	3.2 a	12.4 ab	0.52 c	25.4 a

※ 조사일: 2024. 12. 15.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 처리별 수량

년도 (월. 일.)	처리내용	과실수(개/주)	무게(kg/주)
'23 (12. 5.)	무비구	46.0 b ^z	10.4 b
	0.7배	68.9 ab	13.8 ab
	1.0배	76.9 a	14.8 a
	1.5배	78.4 a	15.0 a
'24 (12. 15.)	무비구	78.5 a	12.4 ab
	0.7배	49.7 b	10.5 b
	1.0배	69.3 a	12.8 ab
	1.5배	82.4 a	14.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

(시험3) ‘가을향’ 전정 방법 시험

<처리 1> 결과모지 절단 처리

○ 착화 및 착과 특성

년도	처리내용	꽃수(개/결과모지)			열매수(개/결과모지)			결과모지 착과율(%)
		계	직화	유엽화	계	직과	유엽과	
'22	무절단	14.3	7.8 a ^z	6.5 a	0.4	0.0 a	0.3 a	2.3
	1/3 절단 ^y	2.6	1.3 b	1.3 c	0.0	0.0 a	0.0 a	0.0
	2/3 절단 ^x	6.9	3.9 b	3.0 b	0.3	0.2 a	0.1 a	4.3
'23	무절단	17.2	9.4 a	7.8 a	0.9	0.2 a	0.7 a	5.2
	1/3 절단	2.7	1.5 b	1.2 c	0.1	0.0 a	0.1 c	3.7
	2/3 절단	6.0	2.7 b	3.3 b	0.5	0.1 a	0.4 b	8.3
'24	무절단	12.7	7.5 a	5.2 a	1.0	0.4 a	0.6 a	7.9
	1/3 절단	2.8	1.9 b	0.9 c	0.2	0.1 b	0.1 b	7.1
	2/3 절단	5.3	2.3 b	3.0 b	0.5	0.1 b	0.4 a	9.4
'25	무절단	22.3	13.8 a	8.5 a	2.2	1.1 a	1.1 a	9.9
	1/3 절단	6.7	4.8 b	1.9 b	0.3	0.0 a	0.3 b	4.5
	2/3 절단	11.1	6.4 b	4.7 b	1.5	1.0 a	0.5 b	13.5

※ 조사시기: 꽃수(4. 중), 열매수(7. 상)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^y결과모지 기부에서부터 1/3부분 절단 처리., ^x결과모지 기부에서부터 2/3부분 절단 처리

○ 과실 특성

년도	처리내용	횡경 (mm)	과중 (g)	과과두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)
'22	무절단	72.6	173.6	2.7	13.6	0.68	26.4
	2/3 절단	78.1	207.2	3.0	13.2	0.63	25.5
	t-test ^z	*	*	ns	ns	ns	ns
'23	무절단	73.4 a ^y	180.5 a	2.9 a	13.3 a	0.64 a	27.8 a
	1/3 절단	74.5 a	179.2 a	3.0 a	12.8 a	0.57 a	26.9 a
	2/3 절단	73.5 a	172.8 a	2.8 a	12.8 a	0.63 a	27.5 a
'24	무절단	70.7 ab	167.9 a	2.2 ab	12.8 b	0.60 a	22.4 a
	1/3 절단	65.8 b	135.9 b	2.2 b	12.6 b	0.56 a	22.5 a
	2/3 절단	72.2 a	164.2 a	2.7 a	14.2 a	0.64 a	23.0 a

※ 조사일: 2022~2024. 12. 중

^zns, *, **: Nonsignificant or significant at $p<0.05$ or 0.01, respectively

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

<처리 2> 전정량에 따른 처리

○ 전정방법에 따른 착과 정도

년도	처리내용	화엽비	엽과비	착과수(개/측지)
'22	무전정	2.2 a ^z	99.7 a	0.8 b
	강전정	1.7 a	61.2 b	1.5 a
	약전정	1.7 a	81.5 b	1.2 ab
'23	무전정	1.0 a	142.8 a	0.6 b
	강전정	1.2 a	94.2 a	1.0 a
	약전정	1.1 a	94.6 a	1.1 a
'24	무전정	1.2 a	125.0 a	2.0 b
	강전정	1.1 ab	112.3 ab	2.6 ab
	약전정	1.0 b	94.4 b	2.8 a
'25	무전정	1.2 a	112.3 a	1.0 b
	강전정	1.0 b	60.6 b	2.3 a
	약전정	1.1 ab	60.9 b	2.3 a

※ 조사일: 화엽비 4. 중, 엽과비 7. 상

※ 조사기준은 측지 단위임

※ 처리별 전정 정도는 제엽률(구엽의 30%, 10%, 무전정) 기준으로 구분

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 과실 특성

년도	처리내용	횡경 (mm)	과중 (g)	과피두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)
'22	무전정	68.8 a ^z	156.0 a	2.6a	14.0 a	0.75 a	26.2 a
	강전정	70.2 a	159.9 a	2.7a	13.1 b	0.67 b	26.1 a
	약전정	69.3 a	156.7 a	2.6a	13.7 ab	0.69 ab	26.4 a
'23	무전정	67.6 b	145.4 b	3.0a	13.6 a	1.02 a	21.3 b
	강전정	73.2 a	179.7 a	2.4b	13.1 a	0.79 b	24.7 a
	약전정	75.5 a	191.2 a	3.4a	13.6 a	0.77 b	23.4 ab
'24	무전정	66.1 a	134.5 a	2.6a	13.9 a	0.66 a	23.5 a
	강전정	71.7 a	166.2 a	2.6a	13.1 b	0.60 ab	22.0 a
	약전정	71.3 a	167.7 a	2.8a	12.9 b	0.55 b	22.5 a

※ 조사일: 2022~2024. 12. 중

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

(시험 5) ‘가을향’ 착과성 향상을 위한 시험

○ 시험처리에 따른 생리낙과 양상

처리내용	화엽비	생리낙과율(%)			착과율(%)
		계	1차	2차	
무처리	0.45 a ^z	97.8	94.5	3.3	2.2
엽면시비	0.41 ab	94.7	92.1	2.6	5.3
상단부 미착과	0.35 b	94.9	92.3	2.7	5.1

※ 화엽비 조사: 나무의 동, 서, 남, 북 방향의 측지 1개씩 선정하여 조사

※ 엽면시비 시기: 개화기(4. 하)~생리낙과 종료기(7. 상) 10일 간격 처리

※ 상단부 미착과 처리: 나무 전체 높이의 3/4 상단부 꽃 제거(4~5월)

※ 생리낙과 조사: 처리별 각 1주씩 낙화기~생리낙과 종료기 1일 간격 조사(5. 1.~7. 3.)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4. 적 요

(시험 2) ‘가을향’ 시비량 설정 시험

- 시비량이 많을수록 잎 면적 및 SPAD 함량은 증가하였음
- 과실 품질은 처리별 차이가 없었음
- 수량은 시비량이 많을수록 높은 경향이나, 유의성은 없었음

(시험 3) ‘가을향’ 전정 방법 시험

- 결과모지 2/3절단(1/3남김)시 착과율이 가장 높았음
- 전정량에 따른 착과수는 강전정 및 약전정에서 유의적으로 많았음

(시험 5) ‘가을향’ 착과성 향상을 위한 시험

- 착과율은 엽면시비 처리시 높은 경향을 보였음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) ‘가을향’ 고품질 안정생산에 관한 연구	책 임 자	제 주 도 원 과 수 연구 과	농 업 사 연구 사	정 승 용	과제수행 총괄
	공 동 연구 자	제 주 도 원 미래농업육성과	농 업 사 연구 사	양 철 준	생육 특성 조사
	공 동 연구 자	제 주 도 원 연구 개발국	농 업 관 연구 관	김 태 균	결과 검토

6. 연구계획 변경사항

○ 공동연구(1세부 무가온 재배 안정결실 재배기술 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) 제주도 육성 신품종 만감류의 안정생산 및 재배다양화 연구 (1세부과제명) 무가온 재배 안정결실 재배기술 개발

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	우리원 육성 만감류 신품종의 고품질 안정생산 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	1) '가을향' 고품질 안정생산에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	2) '달코미' 재배기술에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	3) '설향' 재배기술에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	4) 만감류 신품종의 수형 개발 연구	'23 ~'25	제 주 도 원 과수연구과	주재연

1. 연구목적

- 우리원 육성 만감류 '달코미' 재배기술 확립

2. 재료 및 방법

(시험 2) '달코미' 전정 시험

- 시험품종: '달코미' 6년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용
 - 처리1) 결과모지 기부에서 1/2, 3/4 부분 절단, 무절단
 - 처리2) 강전정(30%), 약전정(10%), 무전정
- 조사항목
 - 처리1) 결과모지당 꽃수, 열매수, 과실크기 등
 - 처리2) 착과수, 열매크기 및 과실품질 등

(시험 4) '달코미' 화아분화 유도 시험

- 시험품종: '달코미' 6년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용: 박피처리
 - 처리시기 및 방법: 9월 중순
 - 처리방법: 주지 및 아주지 처리, 무처리
- 조사항목: 화엽비, 생리낙과율, 엽과비, 착과정도, 과실특성, C/N율 등

3. 주요 연구 결과

(시험 2) ‘달코미’ 전정 시험

<처리 1> 결과모지 절단 처리

○ 처리 전·후 결과모지 생육 특성

년도	처리내용	꽃수(개/결과모지)			열매수(개/결과모지)			결과모지 착과율(%)
		계	직화	유엽화	계	직과	유엽과	
'22	무절단	5.8	2.8 a ^z	3.0 a	1.6	0.1 a	1.5 a	27.6
	1/3 절단 ^y	2.5	1.0 b	1.5 b	0.5	0.0 a	0.5 b	20.0
	3/4 절단 ^x	4.0	1.0 b	3.0 a	1.0	0.0 a	1.0 ab	25.0
'23	무절단	5.9	1.3 a	4.6 a	1.5	0.1 a	1.4 a	25.4
	1/2 절단	1.9	0.2 b	1.7 b	0.5	0.0 a	0.5 b	26.3
	3/4 절단	2.7	0.3 b	2.4 b	0.9	0.0 a	0.9 b	33.3
'24	무절단	3.7	0.2 a	3.5 a	1.5	0.0 a	1.4 a	40.5
	1/2 절단	2.8	0.1 a	2.7 ab	0.6	0.0 a	0.6 b	21.4
	3/4 절단	2.2	0.1 a	2.1 b	0.7	0.0 a	0.7 b	31.8
'25	무절단	9.1	2.2 a	6.9 a	3.0	1.0 a	2.0 a	33.0
	1/2 절단	4.2	1.0 b	3.2 b	0.7	0.0 a	0.7 b	16.7
	3/4 절단	9.2	1.9 a	7.3 a	3.1	1.0 a	2.1 a	33.7

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^y결과모지 기부에서부터 1/3부분 절단 처리, ^x결과모지 기부에서부터 3/4부분 절단 처리

○ 과실 특성

년도	처리내용	횡경 (mm)	과중 (g)	과피두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)
'22	무절단	69.4 a ^z	158.2 a	2.6 a	15.1 a	1.10 a	26.2 a
	1/2 절단	71.6 a	153.5 a	2.4 b	14.3 a	0.94 a	25.7 b
	3/4 절단	70.5 a	152.8 a	2.5 ab	14.8 a	0.95 a	26.8 a
'23	무절단	69.1 a	159.5 a	2.7 ab	16.1 a	1.45 a	26.8 ab
	1/2 절단	71.7 a	155.8 a	2.8 a	16.5 a	1.10 b	26.0 b
	3/4 절단	71.9 a	154.3 a	2.5 b	15.7 a	1.42 a	28.8 a
'24	무절단	79.3 ab	192.9 ab	3.7 a	14.6 b	0.85 b	26.1 a
	1/2 절단	76.2 b	184.0 b	3.4 a	15.7 a	1.01 a	26.9 a
	3/4 절단	80.9 a	207.4 a	3.7 a	15.3 a	0.93 a	25.9 a

※ 조사일: 2022~2024. 12. 중

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

<처리 2> 전정량에 따른 처리

○ 전정방법에 따른 착과정도

년도	처리내용	화엽비	엽과비	착과수(개)
'22	무전정	0.26 a ^z	17.2 b	7.3 a
	강전정	0.11 b	47.3 a	2.5 b
	약전정	0.22 a	30.0 b	4.3 b
'23	무전정	0.30 b	26.2 b	1.7 a
	강전정	0.77 a	57.6 a	0.8 b
	약전정	0.71 a	48.8 ab	1.8 a
'24	무전정	0.51 a	42.8 b	0.9 a
	강전정	0.81 a	65.4 ab	1.1 a
	약전정	0.64 a	71.2 a	1.2 a
'25	무전정	0.16 a	24.2 b	4.5 a
	강전정	0.15 a	35.8 a	3.0 b
	약전정	0.16 a	24.1 b	4.5 a

※ 조사시기: 화엽비 4. 중, 엽과비 7. 상

※ 처리별 전정 정도는 제엽률(구엽의 30%, 10%, 무전정) 기준으로 구분

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 품질 특성

년도	처리내용	횡경 (mm)	과중 (g)	과피두 께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)
'22	무전정	82.6 a ^z	232.5 a	3.1 a	13.5 b	0.88 a	27.4 a
	강전정	74.2 b	171.2 b	2.9 b	14.3 a	1.02 a	25.3 a
	약전정	81.2 ab	210.3 a	3.0 ab	13.7 b	0.92 a	24.7 a
'23	무전정	69.1 b	158.7 a	2.7 a	16.0 a	1.42 a	27.4 a
	강전정	71.9 ab	159.2 a	2.7 a	15.8 a	1.29 a	29.1 a
	약전정	71.9 a	162.8 a	2.7 a	15.9 a	1.28 a	28.4 a
'24	무전정	82.8 ab	257.9 a	3.2 a	15.0 a	1.01 a	25.4 a
	강전정	75.2 b	209.6 b	3.1 b	14.1 b	0.81 b	25.4 a
	약전정	84.2 a	264.1 a	3.2 a	13.8 b	0.95 a	25.8 a

※ 조사일: 2022~2024. 12. 중

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

(시험 4) ‘달코미’ 화아분화 유도 시험

○ 박피처리에 따른 생리낙과 양상

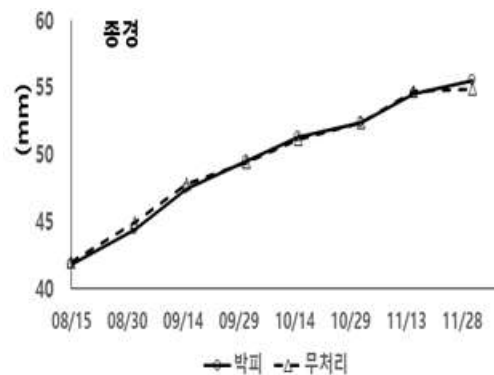
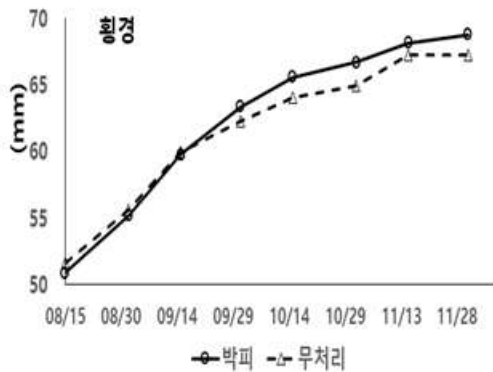
처리내용	화엽비	생리낙과율(%)			착과율(%)
		계	1차	2차	
무처리	0.18	85.4	63.0	22.4	14.6
박피처리	0.27	88.3	53.6	34.7	11.7

※ 화엽비 조사: 나무의 동, 서, 남, 북 방향의 측지 1개씩 선정하여 조사

※ 박피 처리일: 2024. 9. 20.

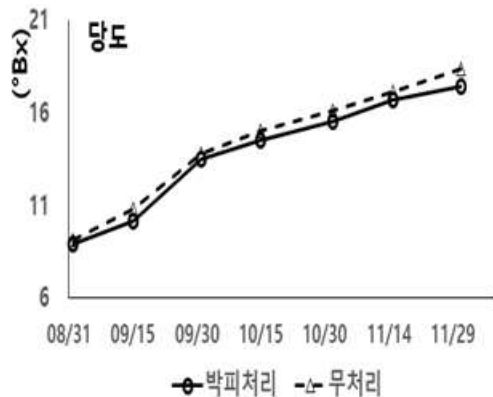
※ 생리낙과 조사: 처리별 각 1주씩 낙화기~생리낙과 종료기 1일 간격 조사(5. 1. ~ 7. 3.)

○ 과실크기 변화



※ 조사기간: 2024. 8. 15.~12. 1.

○ 과실품질 변화



※ 조사기간: 2024. 9. 1.~12. 1.

4. 적 요

(시험 2) ‘달코미’ 전정 시험

- 결과모지 착과율은 무절단에서 높은 경향을 보였음
- 전정량에 따른 착과수는 무전정 및 약전정에서 높은 경향이었음
- 결과모지 절단 위치와 전정량에 따른 과실 품질은 연차간 일괄된 유의성을 보이지 않았음

(시험 4) ‘달코미’ 화아분화 유도 시험

- 박피처리시 화엽비가 높았으며, 박피 유무에 따른 과실 크기 및 품질은 차이가 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
2) ‘달코미’ 재배기술에 관한 연구	책 임 자	제주도원 과수연구과	농업사 연구사	정 승 용	과제수행 총괄
	공동 연구자	제주도원 미래농업육성과	농업사 연구사	양 철 준	생육 특성 조사
	공동 연구자	제주도원 과수연구과	농업관 연구관	고 승 찬	결과 검토

6. 연구계획 변경사항

- 공동연구(1세부 무가온 재배 안정결실 재배기술 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) 제주도 육성 신품종 만감류의 안정생산 및 재배다양화 연구 (1세부과제명) 무가온 재배 안정결실 재배기술 개발

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	우리원 육성 만감류 신품종의 고품질 안정생산 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	1) '가을향' 고품질 안정생산에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	2) '달코미' 재배기술에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	3) '설향' 재배기술에 관한 연구	'21 ~'26	제 주 도 원 과수연구과	정승용
	만감 FT060615	4) 만감류 신품종의 수형 개발 연구	'23 ~'25	제 주 도 원 과수연구과	주재연

1. 연구목적

- 우리원 육성 만감류 '설향' 재배기술 확립

2. 재료 및 방법

(시험 2) '설향' 전정 시험

- 시험품종: '설향' 6년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용
 - 처리1) 결과모지 기부에서 1/2, 3/4 부분 절단, 무절단
 - 처리2) 강전정(30%), 약전정(10%), 무전정
- 조사항목
 - 처리1) 결과모지당 꽃수, 열매수, 과실크기 등
 - 처리2) 착과수, 열매크기, 과실품질 등

(시험 4) '설향' 착과성 향상을 위한 시험처리

- 시험품종: '설향' 6년생
- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시험포장(강정동)
- 처리내용
 - 처리1) 착과수준이 이듬해 수량에 미치는 영향 조사
 - 처리시기: 6월 하순 처리별 적과 처리
 - 처리방법: 14과/m³, 18과/m³, 22과/m³

- 처리2) 생리낙과 경감을 위한 여름순(6월 발생) 제거 및 엽면시비 처리
 - ① 순제거: 여름순(6월 발생 2차순) 제거
 - ② 엽면시비: 요소비료 0.2% 희석액 10일간격 처리(개화기~생리낙과기)
- 조사항목
 - 처리1) 화엽비, 생리낙과율, 엽과비, 과실 생육 및 품질특성, 수량성 등
 - 처리2) 화엽비, 생리낙과율, 엽과비, 엽록소함량, 열매수, 과실특성 등

3. 주요 연구 결과

(시험 2) ‘설향’ 전정 시험

<처리 1> 결과모지 절단 처리

○ 처리 전·후 결과모지 생육 특성

년도	처리내용	꽃수(개/결과모지)			열매수(개/결과모지)			결과모지 착과율(%)
		계	직화	유엽화	계	직과	유엽과	
'22	무절단	2.7	1.0 a ^z	1.7 a	0.9	0.1 a	0.8 a	33.3
	1/2 절단 ^y	1.0	0.0 a	1.0 b	0.1	0.0 a	0.1 b	10.0
	3/4 절단 ^x	3.0	1.7 a	1.3 ab	0.5	0.1 a	0.4 ab	16.7
'23	무절단	16.4	1.6 a	14.8 a	2.3	0.4 a	1.9 a	15.7
	1/2 절단	5.5	1.5 a	4.0 b	0.7	0.3 a	0.4 b	8.8
	3/4 절단	11.7	2.3 a	9.4 b	2.6	0.5 a	2.1 a	25.3
'24	무절단	10.2	1.8 a	8.4 a	2.6	0.4 a	2.2 a	25.8
	1/2 절단	7.4	2.1 a	5.2 b	1.5	0.3 a	1.3 b	20.3
	3/4 절단	6.8	1.6 a	5.3 b	2.0	0.4 a	1.6 b	29.8
'25	무절단	4.1	1.7 a	2.4 a	0.4	0.0 a	0.4 a	9.8
	1/2 절단	2.8	1.6 a	1.2 b	0.1	0.0 a	0.1 b	3.6
	3/4 절단	3.7	1.4 a	2.3 a	0.3	0.0 a	0.3 ab	8.1

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^y결과모지 기부에서부터 1/2부분 절단 처리

^x결과모지 기부에서부터 3/4부분 절단 처리

○ 과실 특성

년도	처리내용	횡경 (mm)	과중 (g)	과피두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)
'22	무절단	81.1 a ^z	225.5 a	3.5 a	12.3 a	0.68 a	21.4 a
	1/2 절단	78.2 b	215.5 b	3.4 a	13.0 a	0.78 a	20.4 a
	3/4 절단	81.4 a	220.1 a	3.5 a	12.7 a	0.74 a	19.8 a
'23	무절단	82.7 a	255.0 a	4.2 a	14.9 a	1.26 a	25.9 b
	1/2 절단	79.7 ab	234.1 ab	3.6 ab	14.7 a	1.32 a	27.3 ab
	3/4 절단	76.7 b	209.8 b	2.9 b	14.8 a	1.16 a	28.9 a
'24	무절단	79.2 b	226.7 b	4.1 b	12.5 a	1.01 a	22.1 a
	1/2 절단	86.4 a	266.6 a	4.5 a	12.5 a	1.11 a	22.4 a
	3/4 절단	84.8 ab	261.5 a	4.2 b	11.6 b	0.94 a	21.2 a

※ 조사시기: 2022~2024. 1. 중

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

<처리 2> 전정량에 따른 처리

○ 전정방법에 따른 착과정도

년도	처리내용	화엽비	엽과비	착과수(개)
'22	무전정	0.15 a ^z	42.6 a	2.8 a
	강전정	0.10 a	50.4 a	2.3 a
	약전정	0.15 a	42.5 a	3.3 a
'23	무전정	1.20 b	40.9 a	2.3 a
	강전정	4.45 a	33.1 a	1.0 a
	약전정	1.42 b	24.4 a	2.4 a
'24	무전정	1.35 b	22.4 a	2.1 a
	강전정	2.45 a	25.2 a	1.1 b
	약전정	1.23 b	22.4 a	2.2 a
'25	무전정	0.12 b	52.3 a	2.5 a
	강전정	0.29 a	54.8 a	2.7 a
	약전정	0.18 b	37.4 b	3.0 a

※ 조사시기: 화엽비 2025. 4. 20., 엽과비 2025. 7. 3.

※ 처리별 전정 정도는 제엽률(구엽의 30%, 10%, 무전정) 기준으로 구분

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

○ 품질 특성

년도	처리내용	횡경 (mm)	과중 (g)	과피두께 (mm)	당도 (°Bx)	산함량 (%)	과피색 (a*)
'22	무전정	69.7 a ^z	201.0 a	3.0 b	14.0 a	0.78 a	17.0 a
	강전정	76.3 a	210.6 a	3.2 ab	12.5 a	0.96 a	19.2 a
	약전정	91.3 a	251.8 a	4.2 a	12.3 a	0.61 a	19.2 a
'23	무전정	82.6 a	251.4 a	4.3 a	14.8 a	1.27 a	25.9 a
	강전정	78.5 b	227.0 a	3.5 ab	14.6 a	1.29 a	26.2 a
	약전정	79.3 b	225.4 a	3.2 b	14.5 a	1.25 a	26.9 a
'24	무전정	83.9 a	252.9 a	3.8 a	12.7 b	1.00 a	22.1 a
	강전정	83.6 a	233.4 a	3.2 b	13.4 a	1.05 a	22.4 a
	약전정	82.0 a	233.2 a	3.3 b	12.9 b	1.03 a	23.3 a

※ 조사시기: 2022~2024. 1. 중

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

(시험 4) '설향' 착과성 향상을 위한 시험처리

<처리 1> 착과수준이 이듬해 수량에 미치는 영향 조사

○ 착과 수준별 처리 내용

처리내용	수관용적 (m ³)	처리 전 과실수(개/주)	처리 후 과실수(개/주)
14과/m ³	4.5±1.5	85.0±19.3	49.0±3.6
18과/m ³	3.4±0.4	112.3±10.3	61.0±7.9
22과/m ³	3.4±0.5	144.3±48.6	76.0±12.0

※ 조사일: 2025. 7. 4.

<처리 2> 생리낙과 경감을 위한 여름순(6월 발생) 제거 및 엽면시비 처리

○ 시험처리에 따른 생리낙과 양상

처리내용	화엽비	생리낙과율(%)			착과율 (%)
		계	1차	2차	
무처리	0.66 a	97.6	92.0	5.6	2.7
6월순 제거	0.54 b ^z	97.2	92.9	4.3	2.8
엽면시비	0.52 b	94.5	90.0	4.5	5.5

※ 화엽비 조사: 나무의 동, 서, 남, 북 방향의 측지 1개씩 선정하여 조사

※ 엽면시비 시기: 개화기(4. 하)~생리낙과 종료기(7. 상) 10일 간격 처리

※ 6월순 발아일 2025. 6. 9. / 6월순 제거일 2025. 6. 16.

※ 생리낙과 조사: 처리별 각 1주씩 낙화기~생리낙과 종료기 1일 간격 조사(5. 1.~7. 3.)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4. 적 요

(시험 2) ‘설향’ 전정 시험

- 결과모지 무절단이 착과율이 높은 경향을 보였음
- 전정량에 따른 착과수는 처리별 차이는 없었음
- 과실품질은 결과모지 절단 위치 및 전정량에 따른 차이는 없었음

(시험 4) ‘설향’ 착과성 향상을 위한 시험처리

- 착과율은 엽면시비 처리구에서 높았으며, 2차 낙과율은 6월순 제거구에서 낮은 경향이었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
3) ‘설향’ 재배기술에 관한 연구	책 임 자	제주도원 과수연구과	농 업 사 연구	정 승 용	과제수행 총괄
	공 동 연 구 자	제주도원 미래농업육성과	농 업 사 연구	양 철 준	생육 특성 조사
	공 동 연 구 자	제주도원 과수연구과	농 업 관 연구	오 명 협	결과 검토

6. 연구계획 변경사항

- 공동연구(1세부 무가온 재배 안정결실 재배기술 개발) 과제로 변경

당초	변경	변경 사유
기관프로젝트 고유연구	기관프로젝트 공동연구 세부과제로 편성	- 공동연구(지역특화) 선정 (과제명) - 제주도 육성 신품종 만감류의 안정생산 및 재배다양화 연구 (1세부과제명) - 무가온 재배 안정결실 재배기술 개발

과제구분	고유연구	수행시기		전반기/후반기	
과제 및 세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
우리원 육성 만감류 신품종의 고품질 안정생산 연구		과 수 (FT)	'21~'26	제 주 도 원 과 수 연 구 과	정승용
1) '가을향' 고품질 안정생산에 관한 연구		만감 FT060615	'21~'26	제 주 도 원 과 수 연 구 과	정승용
2) '달코미' 재배기술에 관한 연구		만감 FT060615	'21~'26	제 주 도 원 과 수 연 구 과	정승용
3) '설향' 재배기술에 관한 연구		만감 FT060615	'21~'26	제 주 도 원 과 수 연 구 과	정승용
4) 만감류 신품종의 수형 개발 연구		만감 FT060615	'23~'25	제 주 도 원 과 수 연 구 과	주재연
색인용어	가을향, 달코미, 설향, 생육특성, 품질특성, 수형				

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of tree shape on mechanical spraying efficiency, pesticide deposition characteristics, insect pest control efficacy, light penetration, fruit quality and yield in a citrus greenhouse cultivation system. 'Gaeulhang' and 'Woorihyang', citrus cultivars developed by the Jeju Special Self-Governing Province Agricultural Research and Extension Service, were trained into open-center and bi-axis tree shapes, and mechanical spraying was performed using a small speed sprayer. Mechanical spraying efficiency was assessed based on the reduction in spraying time compared with conventional labor-based spraying, and pesticide deposition characteristics were evaluated using water-sensitive papers. Light penetration within the canopy and fruit quality parameters were investigated for three consecutive years after tree training. Mechanical spraying reduced application time by an average of 41% compared with labor-based spraying. The bi-axis tree shape showed uniform pesticide deposition exceeding 90% throughout the canopy pesticide deposition on the leaf back surfaces of western scaffold branches. Daily cumulative solar radiation within the canopy was higher in the open-center

tree shape, particularly after midday. The bi-axis tree shape resulted in higher soluble solids content and earlier peel coloration in ‘Woorihyang’, whereas no significant differences were observed in ‘Gaeulhang’. However, fruit yield per tree was higher in the open-center tree shape for both cultivars. These results suggest that the bi-axis tree shape is advantageous for improving mechanical spraying efficiency and labor-saving practices in protected citrus production.

key words: ‘Gaeulhyang’, ‘Woorihyang’, Labor Saving, Tree shape

1. 연구목표

제주특별자치도 인구 구조는 2017년 고령사회(65세 이상 14% ↑)에 진입하였고, 2027년에는 초고령사회(65세 이상 20% ↑)에 진입할 것으로 예상되고 있어, 감귤 등 농업 분야에서도 노동력 절감과 작업 효율 향상을 위한 재배 기술이 필요한 실정이다.

시설채소 및 원예 작물은 기계화 및 자동화 생산 시스템을 구축하여 문제를 해결해 나가고 있지만(Kim et al., 1996; Lee et al., 2022), 과수의 하우스 재배에서는 기계화 적용에 많은 제약이 따른다. 제주농가에서 재배되는 감귤은 대부분 일본에서 도입된 품종으로 나무 수형은 개심자연형으로 재배하고 있다.

과수에서 수형은 생산성 증대와 노동력 절감에 중요한 영향을 미치는 요인으로, Yan et al.(2023)은 수형에 따른 재식거리, 수확량, 노동 효율에 중대한 영향을 미치므로, 품종과 환경 지형에 따라 수형을 선택할 필요가 있다고 하였다. 개심자연형은 구조적 특성상 기계 작업 시 통로 확보가 어렵고, 작업 과정에서 수체 파손 등의 피해가 발생하여 세장방추형 등 다른 수형에 비해 기계화 적용이 어려운 수형으로 알려져 있다(Robinson et al., 1990; Peterson et al., 1994).

국내 주요 과수인 배, 포도 등은 과실 품질 향상과 노동력 절감을 목적으로 다양한 수형을 조성하여 비교 및 분석하고 있다(Kim et al., 2014; Choi et al., 2017). 사과와 경우 기존 세장방추형 대비 생산성과

품질 및 기계화 효율을 높이고자 평면 수형인 이축형과 다축형에 대한 연구가 이루어지고 있으며(Park et al., 2022; Choi et al., 2023), 하우스감귤 재배 환경에서 노동력 절감을 위해 평면적 수형이 유리하다는 연구 결과가 보고되었다(Yano et al., 2022).

본 연구는 제주특별자치도 농업기술원에서 육성한 ‘가을향’(*Citrus spp.* ‘Gaeulhyang’)과 ‘우리향’(*Citrus spp.* ‘Woorihyang’) 품종을 하우스 재배에서 작업 효율성을 증대시킬 수 있는 새로운 수형 구성으로 과수원 조성 가능성을 검토하기 위해 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 만감류 신품종 수형 구성 시험

제주특별자치도 농업기술원 무가온 하우스 포장에서 우리원 육성 품종인 ‘가을향’과 ‘우리향’을 대상으로 수행하였다. 이축형은 2023년 5월 기준 5년생 개심자연형 시험수에서 형성된 동·북·서 방향 주지 중 통로에 위치한 주지를 제거하고 남은 주지를 남·북으로 철선에 고정하여 주지의 내각을 45°C로 유인하여 그림 1과 같이 구성하였다. 개심자연형의 수고와 수관 폭은 각각 2.0m 내외로 유지하였으며, 이축형은 2.5m와 1.5m로 관리하였다. 재식거리에 따른 열간 및 주간은 개심자연형 3.0m×4.0m, 이축형은 3.0m×2.0m로 조성하였다.

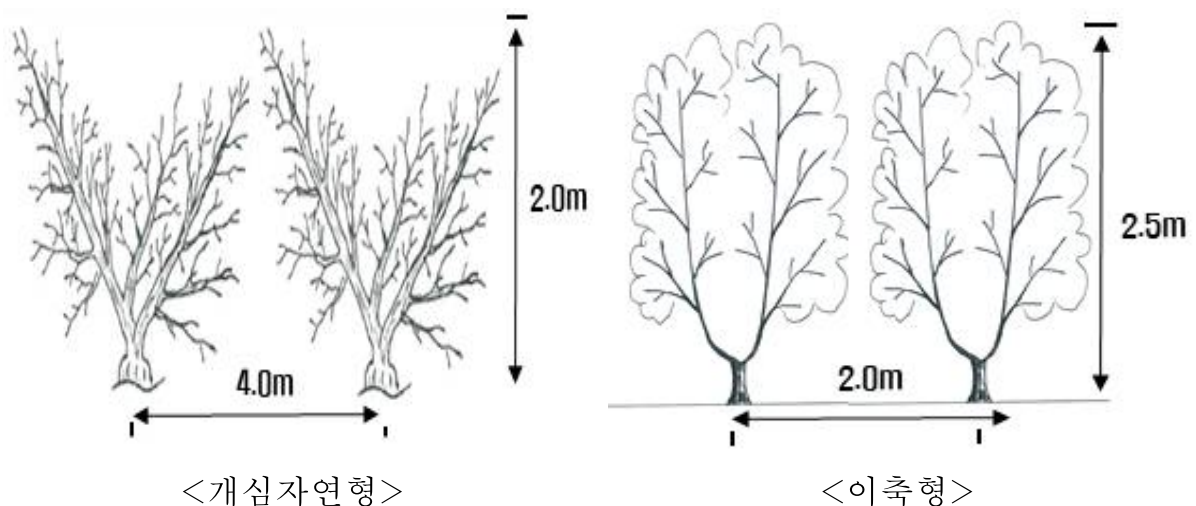


그림 1. 수형 구성.

기계 방제는 소형 무인방제기(SMH100, Kbobe, Republic of Korea)를 이용하여 왕복 운동을 기준으로 수행하였다. 농약의 부착량 평가는 황색 감수지(76mm×52mm)을 이용하여 개심자연형은 동·서·북 방향의 주지에 지면으로부터 1.5~2.0m 위치에 이축형은 수관 내 상부(2.0~2.5m)·중부(1.5~2.0m)·하부(1.0~1.5m) 높이에 각각 감수지를 고정하였다.

살충률 조사는 진딧물, 굴응애 및 총채벌레를 대상으로 수행하였다. 방제 약제는 진딧물에서 설폭사플로르 액상수화제, 굴응애 및 총채벌레는 아마멕틴·에토갓줄 액상수화제를 살포하였다. 살충률은 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2012) 기준으로 조사하였다.

수형에 따른 수관 내 광 투과성을 측정하기 위해 ‘가을향’ 시험수에 일사광량 측정기(ISO9060, Kipp&Zonen, USA)를 지면으로부터 0.5m 높이에 설치하여 측정하였다. 일사량은 5분 단위로 측정하였으며, 누적 일사량은 1초 단위로 측정하여 자정까지 합산하였고, 데이터 로거(CR1000X, Campbell Scientific, USA)를 활용하여 데이터를 수집하였다.

과실 품질조사는 착색기 이전 시점부터 수확기까지 15일 간격으로 실시하였으며, 흠이 없고 크기가 균일한 과실을 주당 3개씩 3반복으로 무작위 선정하여 당도, 산함량, 과피색을 조사하였다. 당도는 디지털 당도계(PAL-1, ATAGO, Japan)를 사용하였으며, 산함량은 착즙한 과즙과 증류수를 1:5 비율로 혼합하여 0.1N-NaOH 용액을 사용하여 중화적정법으로 적정한 후 citric acid로 환산하여 %로 표기하였다.

과피색은 색차계(CM700-d, Minolta, Japan)를 사용하여 적녹도 값을 측정하였다. 수형별 수확량은 시험수의 과실 전량을 수확하여 조사하였다.

(시험 2) 이축형 수형에 적합한 묘목 구성 시험

제주특별자치도 농업기술원 무가온 하우스 포장에서 수행하였다. 2024년에 우리원 육성 품종인 ‘맛나봉’과 ‘우리향’ 2년생 묘목을 정식하였으며, 수형은 개심자연형과 이축형으로 구분하여 유인하였다.

생육 조사항목은 수관용적과 새순 발생 개수를 조사하였다. 새순은 발생 시기별로 구분하여 봄순과 여름순(6월, 7월) 발생 개수를 각각 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 만감류 신품종 수형 구성 시험

‘가을향’과 ‘우리향’의 수관용적을 측정한 결과, 두 품종 모두 이축형이 개심자연형보다 작았다(표 1). 수형 구성 후 ‘가을향’ 이축형 수관용적은 3.8~5.9m³로 개심자연형보다 21~34% 작았다.

‘우리향’ 이축형은 6.0~6.5m³로 개심자연형보다 최대 40% 작은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 이축형이 개심자연형에 비해 가로 폭이 좁아 전체적인 수관용적이 감소하는 것으로 판단된다. 복숭아 수형에서 이축형의 개심자연형보다 35~76% 작았다는 보고와 유사하였다(Brendon and Ioannis, 2021).

표 1. 수형에 따른 수관용적 특성(2024~2025).

조사연도 (월. 일.)	품종	수형	수관용적 ^z (m ³)	수관비율 ^y (%)
2024 (9. 24.)	가을향	개심자연형	7.5 ± 1.3	21.4
		이 축 형	5.9 ± 0.9	
	우리향	개심자연형	10.0 ± 0.1	40.0
		이 축 형	6.0 ± 0.1	
2025 (9. 23.)	가을향	개심자연형	5.8 ± 0.4	34.5
		이 축 형	3.8 ± 0.5	
	우리향	개심자연형	10.0 ± 0.8	35.5
		이 축 형	6.5 ± 0.2	

^z가로(동서)×세로(남북)×높이(수고)×0.7

^y[1-(이축형/개심자연형)]×100

노동력 절감을 목적으로 수형별 기계 방제와 인력 방제의 소요 시간을 조사한 결과, 10a 기준 인력 방제는 약 1시간, 기계 방제는 약 35분 정도 소요되었으며 기계 방제시 인력 방제보다 평균 40.5% 단축되었다(표 2). 사과 및 복숭아 과원에서 기계화 작업 시 인력 작업 대비 시간과 인건비 측면에서 높은 효율성을 보였다는 보고와 일치하였다(Schupp et al., 2008). 이를 통해 하우스 감귤 재배에서 이축형을 적용하여 기계 방제를 활용할 경우 인력 방제에 비해 노동력 절감 효과가 더욱 클 것으로 판단된다.

표 2. 10a당 인력 및 기계 방제 시간(2023~2025).

조사연도 (월. 일.)	수형	품종	방제 시간(시:분:초)		시간 단축율 ^z (%)
			인력	기계	
2023 (8. 18.)	개심자연형	가을향	1:00:30	0:23:10	61.7
		우리향	0:39:30	0:21:12	46.3
	이 축 형	가을향	0:47:00	0:20:02	57.4
		우리향	0:43:00	0:33:29	22.6
2024 (8. 18.)	개심자연형	가을향	1:09:56	1:03:00	9.4
		우리향	1:23:23	0:54:00	35.1
	이 축 형	가을향	0:46:34	0:44:00	5.0
		우리향	1:08:28	0:38:30	43.9
2025 (9. 8.)	개심자연형	가을향	0:57:58	0:25:30	56.1
		우리향	1:04:43	0:32:48	49.6
	이 축 형	가을향	0:42:21	0:25:56	39.4
		우리향	1:06:08	0:26:54	59.8
평균			0:57:27	0:34:29	40.5

^z[1-(기계 방제시간/인력 방제시간)]×100

수형 간 기계 방제에 따른 농약 부착을 색상 추출 방식으로 농약 부착률을 분석한 결과(그림 2), 개심자연형 서쪽 주지의 앞 앞면 25.7%, 뒷면 1.0%로 매우 낮았고, 이축형에서는 수관 위치 관계없이 앞면 및 뒷면 90% 이상으로 균일하게 부착되는 것으로 조사되었다(표 3).

개심자연형은 주지가 3개로 수관 내부에 가지가 많아 농약 부착량이 적었고, 이축형은 주지가 2개로 가지가 평면으로 배열되어 농약 부착량이 균일한 것으로 판단된다. Zhang et al(2016)은 노지감귤에서 병해충 기계 방제 효율은 수형에 따른 수관 내부 구조 차이로 효과의 차이가 있다는 보고와 유사하였다.

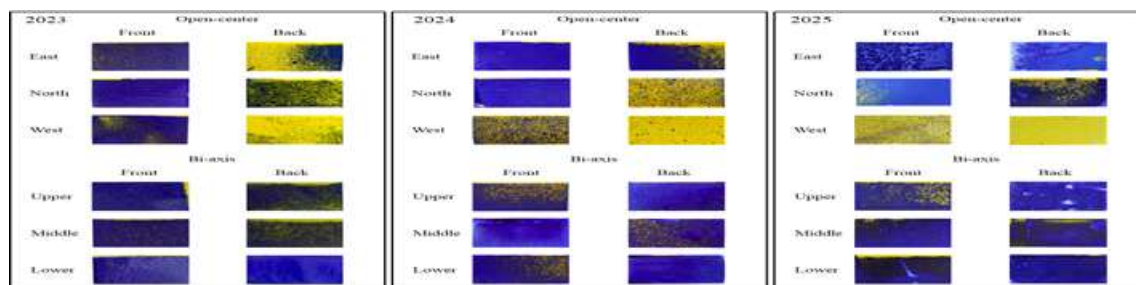


그림 2. 기계 방제 농약 부착량.

※ 개심자연형(Open-center), 이축형(Bi-axis)

표 3. 수형별 기계 방제 농약 부착률(2023~2025).

수형	위치별	농약 부착률(%)	
		앞 앞면	앞 뒷면
개심자연형	동	98.8 a ^z	96.6 a
	북	93.0 a	86.0 a
	서	25.7 b	1.0 b
이 축 형	상	94.5 a	96.0 a
	중	97.8 a	90.1 a
	하	94.9 a	97.0 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

수형별 살충률을 조사한 결과, 이축형에서 진딧물 99.0%, 굴응애 84.5%, 총채벌레 88.5%로 개심자연형보다 높은 방제 효과를 보였다(표 4). 이는 기계 방제 시 개심자연형 서쪽 주지의 농약 부착률이 낮아 방제 효과가 낮은 것으로 생각된다. 감귤 하우스 재배에서 기계 방제 효율을 극대화하기 위해서는 수관 구조의 단순화가 중요한 요인임을 시사하며, 노동력 절감을 위한 기계화 측면에서 이축형이 개심자연형보다 유리할 것으로 생각된다.

표 4. 기계 방제에 따른 해충 방제 효과(2023~2025).

조사연도 (월. 일.)	해충명	살충률(%) ^z		
		개심자연형(A)	이축형(B)	증감(B-A)
2023 (8. 7.)	진딧물	93.4	99.0	5.6
	굴응애	100.0	96.7	△3.3
2024 (10. 28.)	볼록 총채벌레	56.9	88.5	31.6
	굴응애	53.8	81.3	27.5
2025 (10. 30.)	굴응애	66.9	80.0	13.1

^z(방제 전 해충 수 - 방제 7일 후 해충 수)/(방제 전 해충 수)×100

시간대별 수형에 따른 1일 일사량 조사한 결과, 10~12시에는 이축형 높았고, 12~14시에는 개심자연형이 높았다(그림 3). 이축형은 주지를

남북 방향으로 위치하여 오전에는 동쪽에서 유입되는 광 투과가 높았고, 개심자연형은 주지가 동, 서, 북으로 위치하여 12시 이후에는 남쪽에서 광 투과가 높은 것으로 판단된다. Kim et al.(2014)은 수형의 특성, 재식거리 그리고 태양 고도 변화에 따른 광 투과 차이가 있다는 보고와 일치하였다.

또한, 수형에 따른 누적 일사량은 개심자연형이 이축형보다 높았다 (표 5). Zhen et al.(2025)은 복숭아의 개심자연형과 이축형에 누적 일사광량을 조사한 결과 개심자연형이 높았다는 보고와 일치한다.

표 5. 수형별 최대 및 누적 일사량(2023~2025).

조사연도 (월. 일)	수형	최대 일사량(W/m^2)		누적일사량 (KJ/m^2)
		일사량	시간	
2023 (8. 23.)	개심자연형	377	13:30	3,100
	이 축 형	413	12:00	2,555
2024 (8. 30.)	개심자연형	292	14:00	5,891
	이 축 형	292	12:00	5,124
2025 (9. 12.)	개심자연형	153	13:30	1,919
	이 축 형	111	12:30	1,552

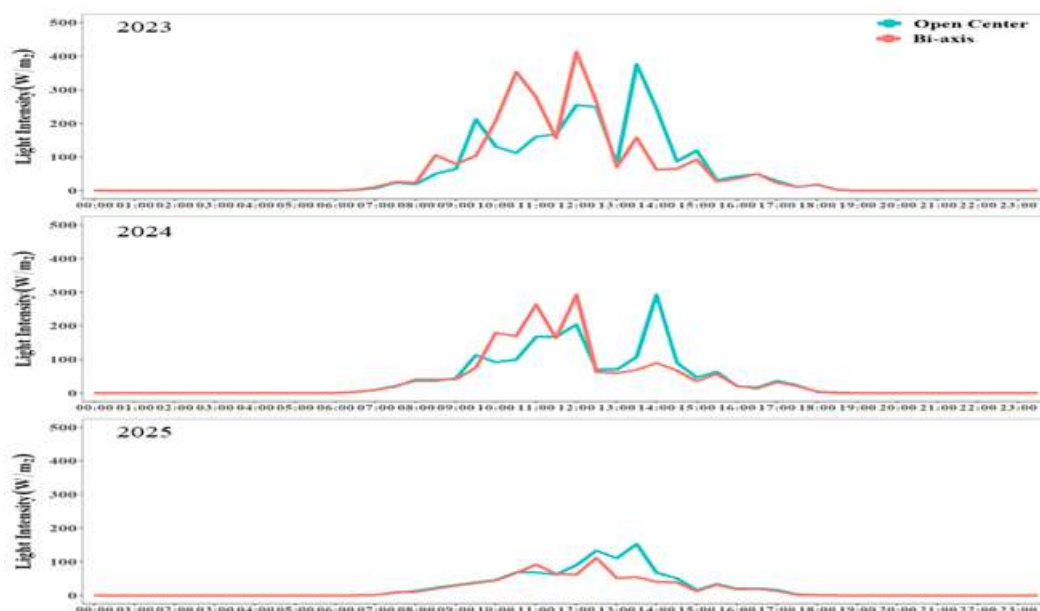


그림 3. 시간대별 일사량 변화(2023~2025).

과실 당도는 ‘가을향’은 2023년에는 착색 이전에 이축형이 높았으나, 2024년 및 2025년에는 수형 차이는 없었고(그림 4), ‘우리향’은 연차별 수확기에는 이축형이 개심자연형보다 높았다(그림 5). 산함량은 ‘가을향’과 ‘우리향’에서 수형별 차이는 없고, 과피색은 ‘가을향’ 품종은 수형별 차이는 없으며, ‘우리향’의 이축형이 착색 초기에는 빠르게 진행되었으나 수확기에는 차이가 없었다.

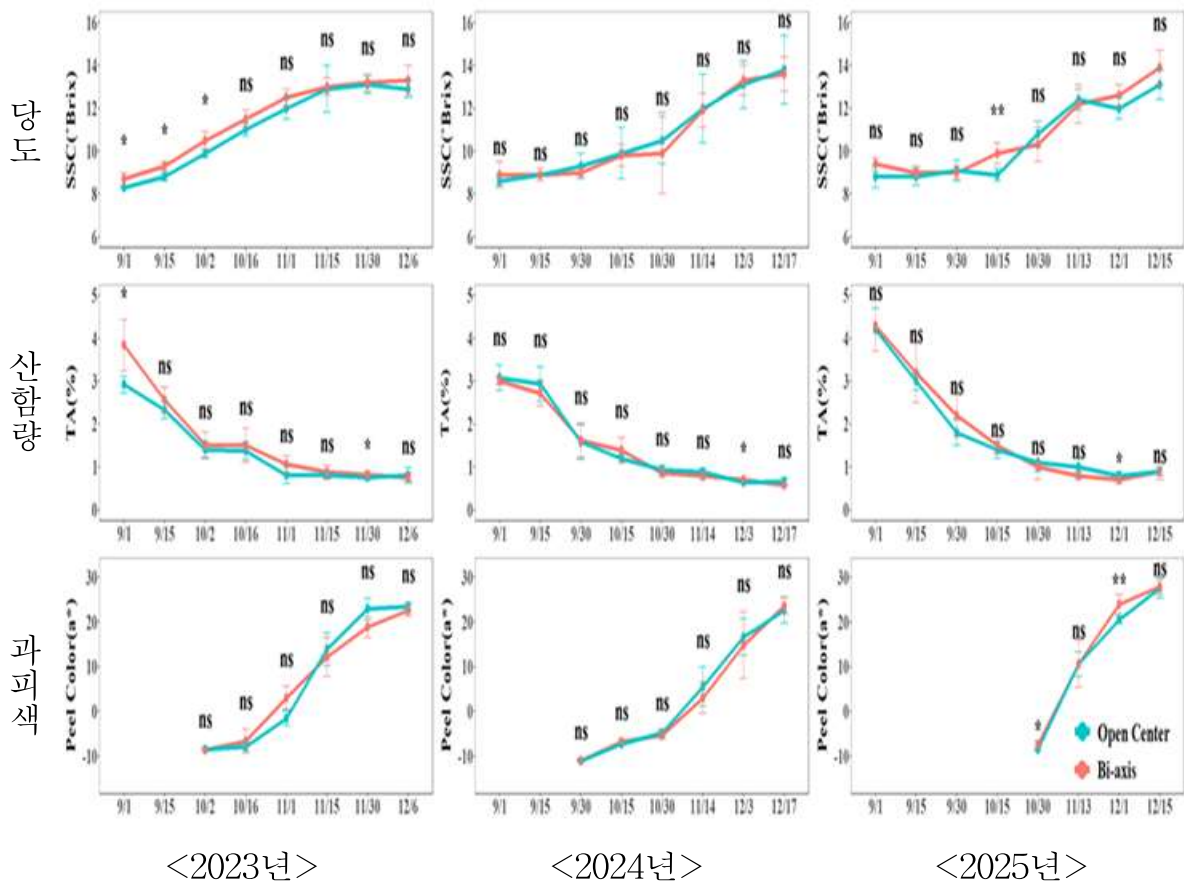


그림 4. ‘가을향’ 연도별 과실 품질.

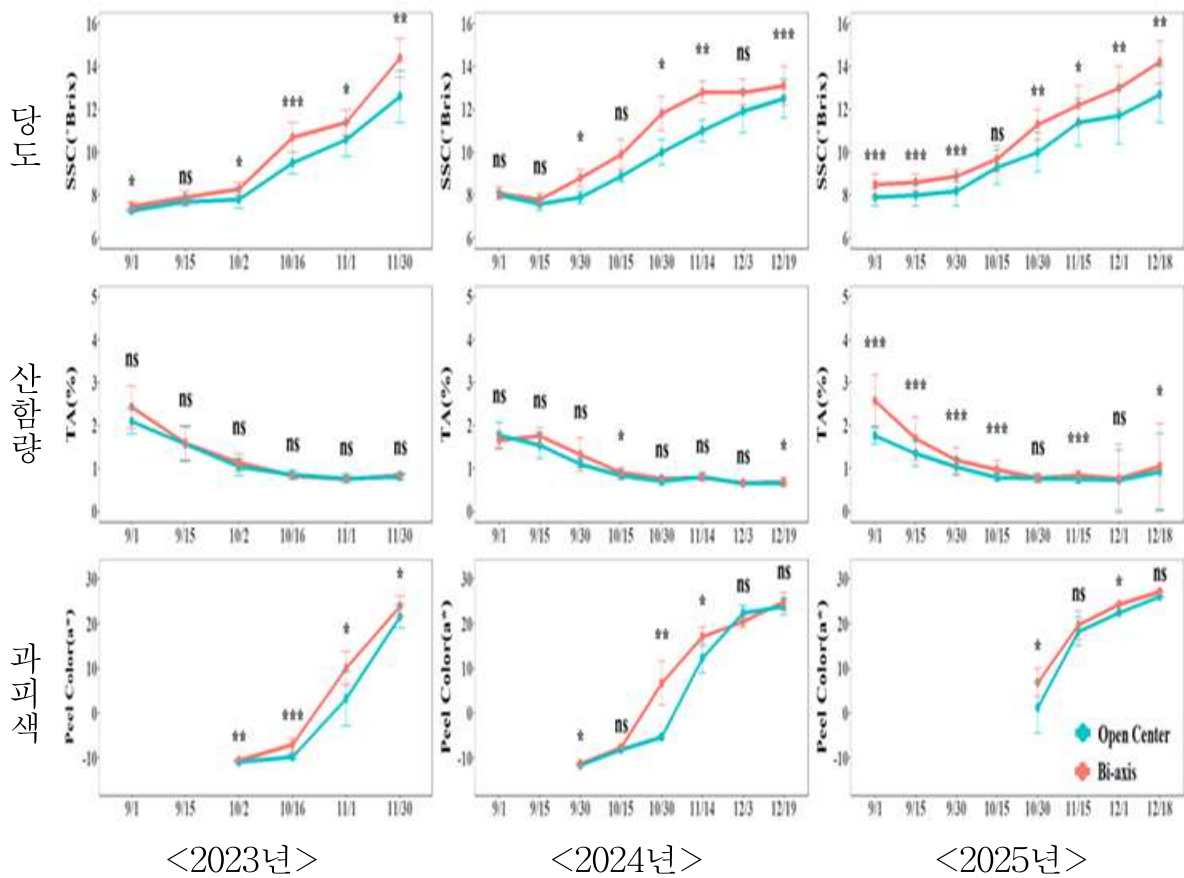


그림 5. '우리향' 연도별 과실 품질.

※ 개심자연형(Open-center), 이축형(Bi-axis)

ns, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $p < 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively

품종별 수형에 따른 주당 수확량은 '가을향'의 개심자연형은 9.6kg, 이축형 7.9kg으로 이축형이 적었으며, '우리향' 품종도 이축형이 개심자연형 보다 28.1% 적었다(표 6). 10a당으로 환산하여 수확량을 계산한 결과 재식 주수가 많은 이축형이 30.4~39.2% 많았다.

DeJong et al.(1991)은 수형 구성 초기 단계에서는 개심자연형의 수확량이 높았으나, 성목이 되면 재식 주수가 많은 이축형의 면적당 수확량이 증가하는 보고와 일치하였다.

표 6. 10a 당 생산량(2023~2025).

품 종	수 형	재식거리 (열간×주간)	주수 (주)	생산량(kg)	
				1주 기준	10a 기준
가을향 (‘24~’25)	개심자연형(A)	3.0m×4.0m	84	9.6	806
	이축형(B)	3.0m×2.0m	168	7.9	1,327
	증감비율 ^z (%)	50	50	△17.7	39.2
	t-test ^y			*	***
우리향 (‘23~’25)	개심자연형(A)	3.0m×4.0m	84	20.6	1,730
	이축형(B)	3.0m×2.0m	168	14.8	2,486
	증감비율 ^z (%)	50	50	△28.2	30.4
	t-test			***	**

^z [(A-B)/A] × 100

^yns, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $p < 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively

(시험 2) 이축형 수형에 적합한 묘목 구성 시험

수형별 수관용적 조사 결과 2년생에서는 ‘우리향’ 이축형이 0.33m³으로 개심자연형보다 0.17m³ 크지만, 3년생에서는 품종 및 수형별 차이는 없었다(표 7). 새순 발생 개수는 품종 및 수형별 차이는 없었다(표 8).

표 7. 수형별 수관용적(2024~2025).

조사연도 (월. 일.)	품종 (수령)	수형	수관용적 ^z (m ³)
2024 (9. 24.)	맛나봉 (2년생)	개심자연형	0.04 c ^y
		이 축 형	0.09 bc
	우리향 (2년생)	개심자연형	0.16 b
		이 축 형	0.33 a
2025 (9. 17.)	맛나봉 (3년생)	개심자연형	0.41 a
		이 축 형	0.47 a
	우리향 (3년생)	개심자연형	0.46 a
		이 축 형	0.46 a

^z가로(동서)×세로(남북)×높이(수고)×0.7

^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $p < 0.05$

표 8. 새순 발생 개수(2024~2025).

조사연도 (월. 일.)	품종 (수령)	수형	개(주)		
			봄순	여름순(6월)	여름순(7월)
2024 (9. 24.)	맛나봉 (2년생)	개심자연형	2.7 a	2.7 b	4.7 b
		이 축 형	2.0 a	6.3 ab	17.7 a
	우리향 (2년생)	개심자연형	3.0 a	7.0 ab	9.0 b
		이 축 형	2.3 a	9.3 a	6.0 b
2025 (9. 17.)	맛나봉 (3년생)	개심자연형	5.0 a	17.0 a	12.0 ab
		이 축 형	6.7 a	18.3 a	15.3 a
	우리향 (3년생)	개심자연형	4.0 a	9.7 a	8.3 b
		이 축 형	4.3 a	11.3 a	12.0 ab

※ 봄순, 여름순(6월) 및 여름순(7월): '24년(주지 전체조사), '25년(가장 곱은 1주지 조사)

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

4. 적 요

(시험 1) 만감류 신품종 수형 구성 시험

- ‘가을향’ 및 ‘우리향’을 시험품종으로 기존 개심자연형 수형 나무의 주지 1개를 제거하여 이축형을 구성하였음
- 이축형의 수관용적은 ‘가을향’이 개심자연형보다 21~34% 작았으며, ‘우리향’은 개심자연형보다 35~40% 작았음
- 방제 시간은 기계 방제 시 인력방제보다 40% 단축되었음
- 기계 방제시 농약 부착량은 이축형이 위치별 90% 이상으로 균일하지만, 개심자연형 서쪽 주지의 잎 뒷면 부착률은 1%로 낮았음
- 최대일사량은 10:00~12:00 시간대에 이축형이 개심자연형보다 높았지만, 누적일사량은 개심자연형이 높았음
- ‘우리향’의 당도는 이축형이 0.6~1.8°Bx 높았고, ‘가을향’은 수형별 차이가 없었고, 과피색은 ‘우리향’의 이축형이 10월 말~11월 초 (착색초기) 개심자연형보다 빠르지만, 수확기에는 차이가 없었음
- 개심자연형 대비 이축형의 주당 생산량은 ‘가을향’ 17.7%, ‘우리향’ 28.1% 만큼 적었음

(시험 2) 이축형 수형에 적합한 묘목 구성 시험

- 2년생 ‘우리향’ 이축형의 수관용적은 개심자연형보다 48% 작았으나, 3년생에는 차이가 없었음
- 품종 및 수형별 새순 발생 개수에 차이는 없었음

5. 연구계획 변경 사항: 조기완결

- 조기완결 사유
 - 2023년 기존 재배 연구포장 내 개심자연형 성목에서 1주지를 제거 후 이축형 수형을 구성하였으나, 기계화 통로 확보 및 수형 구성 효과에 대한 정확한 분석에 한계가 있음
 - 유목기부터의 체계적인 검토가 필요하여 2025년에 새롭게 포장을 조성, 2026년도 수행되는 기관프로젝트 공동연구(지역특화) 「감귤원 스마트 관리기술 및 표준과원 모델 개발」의 3세부과제 「시설 만감류 기계화 표준 수형 개발」을 통해 유목기 단계부터 노동력 절감형 기계화 가능 수형 검증을 추진

6. 결과활용

연도(연차)	활용구분	제 목 명
2024년도 (2년차)	학술발표	신품종 감귤 수형 구성에 따른 생육 및 재배특성 조사
2025년도 (3년차)	학술발표	제주 육성 만감류 신품종 ‘우리향’의 노동력 절감을 위한 수형 개발

7. 참고문헌

- Brendon M.A., Ioannis S.M. 2021. Optimizing Peach Tree Canoy Architecture for Efficient Light Use, Increased Productivity and Improved Fruit Quality. Agronomy, 11.
- Choi, B.H., Kim, C.S., Jeong, Y.J., Jeon, J.H., Shin, B.Y., Yoon, T.M. 2023. Configuration of the Tree Shape in a Bi-axis Apple Orchard using ‘Fuji’/M.9 Grafted Plants- Tree Growth and Productivity during Early Years According to the Planting Distance. Horticultural

- Science and Technology. 41:560-570.
- Choi, J.J., Choi, J.H., Han, J.H., Yim, S.H., Jung, S.K., Choi, H.S. 2017. Comparison of Growth Characteristics and Productivity of Young Trees of a New Cultivar ‘Manpungbae’ Trained to Trellis Systems. Horticultural Science and Technology. 35:393-401.
- De, Salvador. F., Fideghelli, C. 1992. Peach training systems to improve management efficiency and to reduce costs. International Symposium on Orchard and Plantation Systems. 349:33-38.
- DeJong, T.M., Day, K.R., Doyle, J.F., Johnson, R. 1994. The Kearney Agricultural Center Perpendicular “V”(KAC-V) orchard system for peaches and nectarines. HortTechnology. 4:362-367.
- De, Salvador. F., Fideghelli, C. 1992. Peach training systems to improve management efficiency and to reduce costs. International Symposium on Orchard and Plantation Systems. 349:33-38.
- Kim, H.Y., Lee, H.J., Hong, J.H., Lee, S.B., Shim, I.Y., Nam, S.W. 1996. Development of Mechanized & Automated Model System for Greenhouse Cultivation. Proceedings of the Korea Society for Agricultural Machinery Conference.
- Kim, S.J., Park, S.J., Jung, S.M., Noh, J.H., Hur, Y.Y., Nam, J.C., Park, K.S. 2014. Growth and Fruit Characteristics of ‘Cheongsoo’ Grape in Different Trellis Systems. Horticultural Science and Technology. 32:427-433.
- Lee, J.S., Lee, J.H., Bang, J.W., Kim, J.H., Jang, H.S. 2022. Pest Control Effect using Unmanned Automatic Peesticide Spraying Device in Vegetable Greenhouse. Journal of Bio-Environment Control. 31:52-59.
- Park, I.H., Han. S.G., Hong, W.J., Lee, J.S., Hong, N.K., Yoon, T.M. 2022. Planting Density and Application of BA for the Production of Well-feathered Bi-axis Apple Trees. Horticultural Science and Technology. 40:504-512.
- Peterson, D., Miller, S., Whitney, J. 1994. Harvesting semidwarf freestanding apple trees with an over-the-row mechanical harvester. Journal of the American Society for Horticultural Science. 119:1114-1120.

- Robinson, T.L., Millier, W.F., Throop, J.A., Carpenter, S.G., Lakso, A.N. 1990. Mechanical harvestability of Y-shaped and pyramid-shaped 'Empire' and 'Delicious' apple tree. American Society for Horticultural Science. 115:368-374.
- Yan, S., Zhang, Y., Cao, Y.F., Zhao, D.Y. 2023. Comprehensive evaluation on pear varieties and tree shapes used for labor-saving and simplified cultivation in Southwest of China. Fruit Science. 40:274-285.
- Yano, T., Yasutake, D., Kiyosue, Y. 2022. Characterization of canopy structure for high-yield performance of greenhouse grown satsuma mandarins using direct measurements and indirect estimations. Journal of Agricultural Meteorology. 78:19-30.
- Zhang, P., Deng, L., Lyu, Q., He, S., Yi, S., Liu, Y., Yu, Y., Pan, H. 2016. Effects of citrus tree-shape and spraying height of small unmanned aerial vehicle on droplet distribution. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 9:45-52.

8. 연구원 편성

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무	참여년도		
						'23	'24	'25
4) 만감류 신품종 수형개발 연구	책임자	제주도원과수연구과	농업연구사	주재연	세부과제 총괄			○
	공동연구자	제주도원미래농업육성과	농업연구사	양철준	과제 수행	○	○	○
	공동연구자	제주도원과수연구과	농업연구사	양원석	생육 특성 조사	○		
	공동연구자	제주도원과수연구과	농업연구사	김진주	수형 구성		○	○
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	고순보	생육 특성 조사 결과 검토	○		
	공동연구자	제주도원과수연구과	농업연구관	오명협	특성 조사 결과 검토		○	○
	연구보조원	제주도원과수연구과	공무직	안 군	연구포장 관리	○	○	○

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	과수 FT	새소득 아열대과수 도입 및 안정생산 재배기술 개발	'25 ~'27	제 주 도 원 과수연구과	이현주
	바나나 FT070612	1) 감귤하우스 활용한 저수고 바나나 안정 재배기술 개발	'25 ~'27	제 주 도 원 과수연구과	이현주

1. 연구목적

- 저수고 바나나 연 1회 안정생산 재배기술 및 배양묘 기술 정립

2. 재료 및 방법

(시험 1) 저수고 바나나 배양묘 대량증식 배지조성 구명

- 시험품종: ‘손끝’
- 처리내용: 기본 MS배지+생장조절제 처리(3처리)
 - 생장조절제 처리: BA 2ppm, BA 5ppm, BA 5ppm+NAA 1ppm
 - * 기본 MS배지(배지조성: MS 4.4g/L, Sucrose 30g/L, Gelrite 3g/L, pH 5.8±0.2)
 - * 배양조건(배양기내): 온도 24±2℃, 습도 70%, 16h
- 치 상 일: 2025. 8. 4.~6.
- 조사항목: 신초 및 뿌리 형성기간, 개수, 길이 등

<시험재료 및 치상방법>



‘손끝’바나나

생장점 치상
(엽원기 2엽)

3. 주요 연구결과

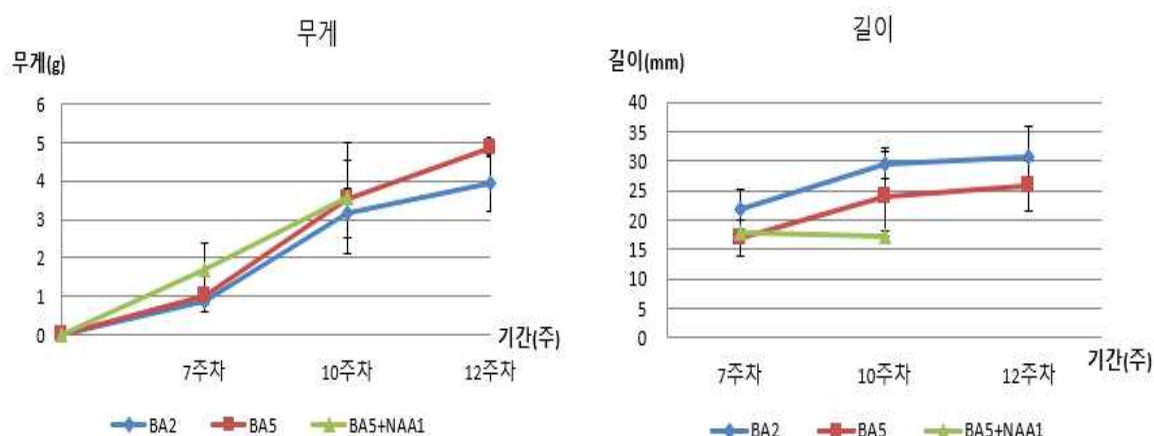
○ 생장조절제 처리에 따른 기간별 신초의 생장특성

처리기간 (월. 일.)	처리내용	무게(g)	길이(mm)
7주 (9. 15.)	BA 2ppm	0.87 a ^z	21.9 a
	BA 5ppm	1.00 a	16.9 a
	BA 5ppm+NAA 1ppm	1.71 a	17.9 a
10주 (10. 4.)	BA 2ppm	3.17 a	29.4 a
	BA 5ppm	3.51 a	24.0 ab
	BA 5ppm+NAA 1ppm	3.56 a	17.3 b
12주 (10. 22.)	BA 2ppm	3.95 a	30.8 a
	BA 5ppm	4.87 a	25.9 a
	BA 5ppm+NAA 1ppm	— ^y	—

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^yBA 5ppm+NAA 1ppm 처리는 조직이 갈변하여 12주에 고사하였음

○ 생장조절제 처리에 따른 기간별 무게 및 길이



- 신초의 무게는 모든 처리에서 배양 기간이 경과함에 따라 지속적으로 증가하였으며, BA(사이토키닌류)와 NAA(옥신류)처리구에서는 조직이 갈변하여 12주에 고사하였음
- 신초의 길이는 BA 2ppm 처리에서 높은 경향을 보였으나, 처리 간 유의성은 없었음

○ 생장조절제 처리에 따른 기간별 신훈의 생육 모습

처리 내용	1주	3주	5주	7주	10주	12주
BA 2ppm						
BA 5ppm						
BA 5ppm + NAA 1ppm						

※ 신훈분화(일): 치상 후 BA 2ppm 37.3 ± 2.32 , BA 5ppm 49.3 ± 2.34 소요 됨

- 배양 5주까지는 모든 처리구에서 신훈 분화 전 단계로, 생장점이 녹화되면서 봉오리 형태로 융기하였음
- 신훈 분화는 BA 2ppm 처리에서 37.3 ± 2.32 일, BA 5ppm 처리에서는 49.3 ± 2.34 일에 관찰되었음
- 치상 후 10주 BA 2ppm 처리에서는 잎과 줄기가 명확히 구분되는 안정형 개체로 증식하였으나, BA 5ppm 처리에서는 잎 또는 줄기가 단독으로 형성되는 부정형 개체가 나타나 불안정한 증식 경향을 보였음

○ 생장조절제 처리에 따른 기간별 증식률

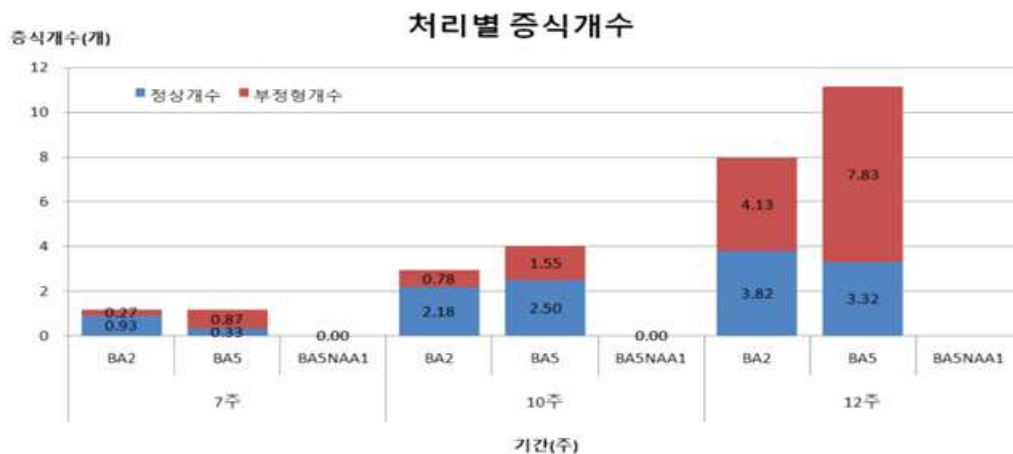
처리기간 (월. 일.)	처리내용	증식개수 (개)	부정형개수 (개)	정상개수 (개)	정상묘 증식률(%)
7주 (9. 15.)	BA 2ppm	1.20 a ^z	0.27±0.3	0.93 a	—
	BA 5ppm	1.20 a	0.87±0.2	0.33 b	—
	BA 5ppm+NAA 1ppm	0.00 b	0.00	0.00 b	—
10주 (10. 4)	BA 2ppm	2.97 b	0.78±0.0	2.18 a	134
	BA 5ppm	4.05 a	1.55±0.6	2.50 a	658
	BA 5ppm+NAA 1ppm	0.00 c	0.00	0.00 b	—
12주 (10. 22)	BA 2ppm	7.95 a	4.13±0.6	3.82 a	75
	BA 5ppm	11.2 a	7.83±4.0	3.32 a	33
	BA 5ppm+NAA 1ppm	— ^y	—	—	—

※ 증식 개수: 잎과 줄기가 명확히 구분되는 안정형 개체 + 잎 혹은 줄기 단일조직(부정형)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

^yBA 5ppm+NAA 1ppm 처리는 조직이 갈변하여 12주에 고사하였음

○ 생장조절제 처리에 따른 기간별 증식 개수



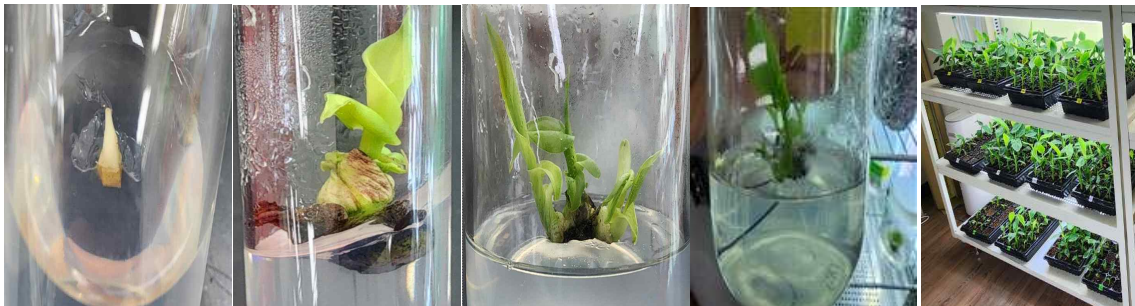
- BA 5ppm 처리에서는 증식 개수가 가장 많았으나 유의성은 없었고, 부정형 신초 발생률이 높아 고농도 처리 시 변이와 이상 신초가 증가한다는 보고(Reuveni and Israeli, 1990)와 유사하였음
- 대량증식을 위한 계대배양시 정상묘 증가세가 안정적인 BA 2ppm 처리가 적합하다고 판단됨

○ 생장조절제 처리에 따른 뿌리길이 및 개수

처리내용	뿌리길이(mm)			뿌리개수 (개)	기타
	최단	중간	최장		
기본MS	18.6	64.0	102.5	11.7	잔뿌리 많음
NAA 1ppm	4.7	18.2	31.5	10.8	-

- 4주간 발근유도 결과, 기본 MS 배지에서 뿌리 개수 11.7개, 최장 뿌리길이 102.5mm로 NAA 1ppm 처리구 대비 생육이 양호하였으며, 잔뿌리 발생이 많은 경향이었음

○ 배양묘 생산단계



<생장점 치상> → <신초 분화> → <증식> → <뿌리 분화> → <순화>
6주 3주(4~6회) 4주 4주

- ※ 분화: 특정한 형태와 기능을 갖는 세포나 기관으로 변화 ex) 신초, 뿌리
- ※ 증식: 한 개의 조직에서 새로운 조직 또는 개체가 다수로 늘어나는 현상

- 생장점 1개 치상 후 약 6주에 신초가 분화되어 8주부터 증식이 가능하였으며, 이후 3주 간격으로 2배수씩 증식하여, 4~6회 계대 배양 시 16~64개체를 생산할 수 있었음
- 4~6회 계대배양 시 생장점 치상부터 순화까지 총 7~8개월이 소요되었음

4. 적 요

- BA+NAA 혼용 처리구는 조직 갈변으로 고사하여 부적합하였으며, BA 단독 처리구에서 신초 분화 및 증식이 가능하였음
- 신초 분화 소요일은 BA 2ppm 처리구가 37.3일로 5ppm(49.3일) 대비 빨랐고, 안정형 개체로 증식한 반면 BA 5ppm 처리구는 부정형 신초 발생률이 높아 계대배양에는 BA 2ppm 처리가 적합하였음
- 발근은 기본 MS 배지에서 양호하였으며, 분화 후 3주 간격 2배수 증식으로 4~6회 계대배양 시 16~64개체 확보가 가능하고, 치상부터 순화까지 총 7~8개월이 소요되었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 감귤하우스 활용한 저수고 바나나 안정 재배기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사 연구사	이 현 주	과제 수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사 연구사	김 보 화	데이터 정리
	공 동 연구자	제 주 도 원 과수연구과	농 업 사 연구사	박 재 홍	자료 검토
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 과수연구과	공 무 직	양 승 일	특성조사 및 포장관리

6. 원예작물과

< 총 설 >

□ 채소연구 분야

2025년도 지역특화작목의 경쟁력을 높이고 농가 소득 증대에 기여하고자 채소작물의 신품종 육성, 생육환경 분석 및 재배기술 개선을 위해 총 6 세부과제(기관프로젝트 3, 고유 2, 공동 1)를 수행하였다.

브로콜리는 안토시아닌 발생이 적고 정식 후 90일 이내 수확 가능한 조생 우량계통 육성을 목표로 2024년에 선발한 NH31-1 등 5계통에 이어 2계통(NH50-1-1, NH50-2-1)을 고정계통으로 추가 선발하였다. 분리가 진행 중인 5계통 중 16B-2-1 계통에서 2개체, JB104-2-0-1, NWB1-6, F₂(NWB8×NH51), F₂(NWB10×NH36)에서 각 1개체씩 총 6개체를 선발하였다. 또한 F₁ 품종 육성을 위해 작성한 10개 조합 중에 3개 조합(BRMA1×NH36, BRMB1×NH51, NWB10×NH36)을 선발하였으며, 2026년 농가실증을 통해 상품수량, 병발생률 등 특성을 검토할 계획이다.

마늘·양파 신품종 우량계통의 지역적응시험 결과, 마늘에서는 대조품종(‘남도’, ‘대서’) 대비 공시된 7계통 중 원교57045호는 생육이 양호하고 구 비대가 우수하며 ‘대서’와 유사한 수준의 수량성을 보여 유망한 계통으로 선발되었다. 특히, 원교57044호는 구 크기가 우수하였으나 결주율 및 이차생장률이 높아 생육 안정성은 다소 낮은 것으로 나타났다. 양파 조생계통에서 ‘금구’ 대비 목포81호, 목포82호 및 목포83호가 구 비대 및 상품수량이 높아 수량성이 우수한 경향을 보였다. 또한, 극조생계통에서 ‘마루시노310’ 대비 전남22호는 총수량과 상품수량이 우수하였으며, 전남28호는 상품수량 지수가 높아 생산성이 우수한 특성을 나타냈다.

제주지역 마늘·양파 생육 데이터 수집 및 생육관리 기술 개발 과제를 수행한 결과, 작물의 생육반응은 재배시기, 멀칭자재 및 온도 조건에 따라 차이를 보이는 경향이 나타났다. 멀칭자재별 토양환경에서는 투명피복 처리에서 토양온도가 상대적으로 높게 나타났으며, 흑색피복과 무피복은 유사한 수준을 보였다.

온도구배 조건별 생육 반응 분석 결과, 외기온도 대비 $+1^{\circ}\text{C} \sim +5^{\circ}\text{C}$ 처리에 따라 구간별 온도 차이가 형성되었으며, 마늘은 온도 조건에 따라 출현 특성에 차이를 보였다. 마늘 ‘남도’와 ‘대서’는 T1~T4 구간에서 출현율이 유사한 수준을 보이다가 T5 구간에서 다소 낮아지는 경향이 나타났으며, ‘대사니’는 온도 처리에 따른 일정한 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았다.

□ 식량작물연구 분야

식량작물연구 분야는 기관프로젝트(공동) 1세부과제, 고유연구 6세부과제, 식량위기 대응 잡곡 신품종 지역적응연구 등 공동 6세부과제를 수행하였다.

기관프로젝트 과제로 추진 중인 ‘제주지역 신품종 메밀 농가실증 및 보급확대’ 연구 결과, ‘햇살미소’는 ‘양절메밀’에 비해 봄·가을 재배 모두 개화 및 성숙이 2~6일 정도 늦은 경향이었고, 10a당 종실중은 차이가 없었으며, 가을 재배 시 ‘햇살미소’가 ‘양절메밀’보다 도복이 많이 되었다. ‘메리골드 재배 지대별 품종 선발 시험’ 결과, 봄 작형은 해발 200m에서 수량이 182.3kg/10a로 가장 많았다. 품종별로는 ‘코코’ 품종의 수량이 가장 많았고 ‘잉카II’, ‘마블II’, ‘디스커버리’, ‘태산’ 순으로 나타났다. 가을 작형은 해발 100m에서 평균 수량이 204.1kg으로 가장 많았고, 품종별로는 모든 표고에서 ‘코코’ 품종의 수량이 가장 많았다. ‘추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교 시험’에서는 초임계추출방법 이용시 ‘마블II’와 ‘코코’ 품종에서 각각 434.7 mg/L, 476.3 mg/L의 높은 농도를 나타냈다.

‘국내 육성 트리티케일 제주지역 채종 적합 품종 선발 및 보급 확대’ 연구 결과, ‘한영’이 다른 품종과 수확기는 비슷하고, 종실수량이 450kg로 가장 우수하였다. ‘국내 육성 찰성 보리 제주지역 적합 품종 선발 및 보급 확대’ 연구 결과, ‘누리찰’이 378kg/10a로 표준 대비 23% 증수하였고, 기능성 찰성 보리 적합 품종 선발에서 ‘베타헬스’가 표준 대비 수량이 비슷하였다. ‘신품종 나물콩 ‘해찬’ 파종 한계기 구명’ 연구 결과, 파종이 빠를수록 경장은 길고 착색고는 높았으나, 수량성은 파종시기에 따른 차이

점이 없었다. 농가실증(4개소) 결과 종실수량은 ‘아람’ 품종이 ‘해찬’, ‘풍산나물콩’보다 많았지만 성숙기가 늦고 수확이 지연되어 품질이 저하되는 단점이 있어 조숙 품종을 찾는 경우엔 ‘해찬’이 적합할 것으로 판단되었다.

제주지역 우량계통 지역적응시험 결과, 메밀은 ‘양절’ 메밀을 표준 품종으로 생육 및 수량 특성 등을 조사한 결과, 대관3-15호가 성숙기가 1일 빠르며, 도복 및 천립중은 비슷하고, 종실중은 298kg/10a로 8% 증수되었다. 감자는 봄재배 시 수량은 대관2-77호가 ‘대지’보다 10a당 수량이 12% 증수하였고, 열개서 및 더덩이병 발생이 없었다. 가을재배 시 수량은 ‘대지’에 비하여 우수한 계통은 없었다. 콩은 밀양427호가 수량성은 낮았지만, 성숙기가 3일 빠르고, 종피가 갈색이며 필수아미노산 함량이 높은 기능성으로 콩나물 수율이 9% 높은 특성이 있었다. 맥주보리는 전주202호가 수량성이 457kg/10a로 표준 품종 ‘호품보리’ 대비 10% 증수되었다. 밀은 전주428호가 표준 품종인 ‘금강밀’ 대비 성숙기는 2일 정도 늦었으나 수량이 455kg/10a로 12% 증수되었고, 밀양53호는 종실이 중대립종으로 제빵용에 적합하고, ‘금강밀’ 대비 성숙기는 비슷하나, 수량이 499kg/10a로 17% 증수되었다. 그리고 트리티케일은 표준품종 ‘신영’, 2년차인 수원84호가 출수기가 10일 늦었으나, 간장이 143.5cm로 35cm 더 길고, 10a당 수량은 354kg로 30% 증수되었다.

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	채 소 (VC)	브로콜리 신품종 육성에 관 한 연구	'11 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	정권문
	브로콜리 (VC051306)	1) 브로콜리 유전자원 수집 및 특성 평가	'11 ~'20	제 주 도 원 원예연구과	고순보
	브로콜리 (VC051306)	2) 브로콜리 우량계통 육성	'11 ~'21	제 주 도 원 원예연구과	고순보
	브로콜리 (VC051306)	3) 브로콜리 F ₁ 품종 육성	'13 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	정권문
	브로콜리 (VC051306)	4) 브로콜리 조생 우량계통 육성	'23 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	정권문

1. 연구목적

- 안토시아닌 발생이 없고 9월 상순 정식하여 90일 이내 수확이 가능한 브로콜리 F₁ 품종 육성

2. 재료 및 방법

- 시험계통: 유일2호(대조), MV8×16B-2 등 11조합
- 시험장소: 제주시 애월읍 곽납로(밭작물연구단지)
- 시험구배치법: 단구제
- 경종개요
 - 파종: '24. 8. 5., 정식: '24. 9. 5., 수확: '24. 11.~12.
- 교배조합 작성: '25. 3.~5., 종자채종: '25. 7.
- 조사항목: 수확기, 화퇴 색, 화경경 등

3. 주요 연구결과

- F₁ 조합별 생육특성

조합명	주중 (g)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (매)	측지수 (개)	화경장 (cm)
유일2호(대조)	1,337	53.4	40.5	22.3	15.0	4.97	32.1
BRMA1×NH33	1,629	60.6	44.9	22.3	16.8	7.33	26.2
BRMA1×NH36	2,012	60.3	47.5	23.2	18.3	3.25	28.1
BRMB1×NH51	1,684	59.0	44.2	23.7	20.2	1.40	27.4

조합명	주중 (g)	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (매)	측지수 (개)	화경장 (cm)
KAI4×NH35	1,248	53.0	39.1	20.9	17.2	6.67	30.0
(MS)MV8×16B-2	1,593	60.9	37.8	21.0	16.6	6.53	25.4
NWB1×NH36	1,154	50.8	40.8	24.2	18.1	1.93	21.8
NWB8×NH51	1,183	45.4	35.0	21.9	17.6	3.10	25.7
NWB10×NH36	1,331	47.8	35.4	19.4	19.1	2.60	24.3
V5×NH50	1,155	47.3	31.3	20.3	13.4	4.27	23.2
VB1×NH33	1,409	50.3	37.8	19.9	16.2	7.58	27.6
VB1×NH51	1,371	50.9	40.1	20.8	18.0	5.70	26.8

*조사일: '24. 11.~'25. 1.

○ F₁ 조합별 화뢰 특성

조합명	수확 개시일 ^z (월/일)	안토 시아 닌 ^v	화뢰 색	화뢰중 (g)	화뢰고 /화뢰폭	화경경 (mm)	화뢰 입자 크기 ^x	밀도 ^w	노균병 ^y	선발 여부
유일2호(대조)	11. 19.	0	청록	381	0.55	44.1	3	5	0	-
BRMA1×NH33	11. 21.	0	청록	390	0.59	46.2	3	3	0	도태
BRMA1×NH36	11. 27.	0	청록	475	0.59	50.4	3	5	0	선발
BRMB1×NH51	11. 27.	0	청록	434	0.52	49.2	3	5	0	선발
KAI4×NH35	11. 13.	0	진녹	353	0.63	38.5	2	3	0	도태
(MS)MV8×16B-2	12. 10.	0	진녹	429	0.69	48.0	3	3	0	도태
NWB1×NH36	11. 13.	0	진녹	364	0.54	38.6	2	3	0	도태
NWB8×NH51	11. 19.	0	녹	387	0.66	42.0	3	5	0	도태
NWB10×NH36	11. 13.	0	진녹	385	0.56	38.6	2	5	0	선발
V5×NH50	12. 3.	0	진녹	328	0.66	47.6	4	3	0	도태
VB1×NH33	12. 3.	0	청록	334	0.71	42.4	4	3	0	도태
VB1×NH51	11. 27.	0	진녹	346	0.66	45.0	3	3	0	도태

*조사일: '24. 11.~'25. 1.

^z수확기: 화뢰폭 11~12cm 범위

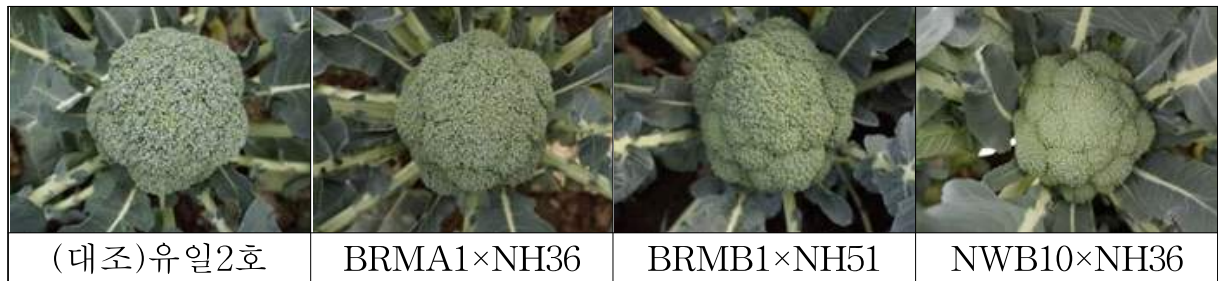
^v안토시아닌 발현 정도: 0. 없음 1. 매우 약하다 2. 약하다 3. 중간 4. 강하다

^x화뢰입자 크기: 1. 아주 작음, 2. 조금 작음, 3. 중간, 4. 약간 큼, 5. 큼

^w밀도(화뢰 치밀도): 3. 엉성하다, 5. 중간, 7. 단단하다

^y노균병: 0. 무발병, 1. 발병주율 1% 미만, 3. 1~10% 미만, 5. 10~20% 미만, 7. 20~30% 미만, 9. 30%초과

○ 선발 F₁ 조합별 화퇴 모양



○ '25/'26년 F₁ 교배 조합 작성 및 조합별 채종량 조사: 10조합

연번	모본		부분	수분량	총 종자수 (립)
1	웅성가임	BRMA1	NH36	204화	587
2		BRMB1	NH51	277화	961
3		NWB10	NH36	292화	390
4		BRMA1	NH31-1	383화	805
5		BRMB1	16B-2-1	243화	810
6		NWB1-6	NH31-2	190화	78
7		NWB8	NH50-1	205화	206
8		NWB10	NH50-2	234화	438
9		NWB11	NH31-2	201화	536
10	웅성불임	MV19	NH51	1주	423
계	10 조합				5,234

4. 적 요

- 선발한 3개의 F₁ 조합 'BRMA1×NH36', 'BRMB1×NH51', 'NWB10×NH36'은 수확 개시가 정식 후 90일 이내에 이루어졌음
- 대조 품종에 비해 선발한 3조합의 엽수는 많고 측지수는 적었으며 'BRMA1×NH36', 'BRMB1×NH51'은 화퇴색이 청록색이고 화퇴입자 크기와 밀도가 중간이었음
- 'NWB10×NH36'은 화퇴색이 진녹색으로 대조품종보다 연했지만 화경의 굵기가 가늘고 화퇴입자 크기가 작았음
- 선발된 3개의 F₁ 조합은 농가실증을 통해 상품수량, 병발생률 등을 검토할 예정임

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
3) 브로콜리 F ₁ 품종 육성	책 임 자	제주도원예작물과	농업연구사	정 권 문	설계, 수행, 평가, 보고
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	오 동 은	조합 특성 평가
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	이 광 주	자료 분석
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	고 순 보	결과 검토
	연구보조원	제주도원예작물과	공무직	김 홍 숙	생육특성 조사 보조

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	채 소 (VC)	브로콜리 신품종 육성에 관 한 연구	'11 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	정권문
	브로콜리 (VC051306)	1) 브로콜리 유전자원 수집 및 특성 평가	'11 ~'20	제 주 도 원 원예연구과	고순보
	브로콜리 (VC051306)	2) 브로콜리 우량계통 육성	'11 ~'21	제 주 도 원 원예연구과	고순보
	브로콜리 (VC051306)	3) 브로콜리 F ₁ 품종 육성	'13 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	정권문
	브로콜리 (VC051306)	4) 브로콜리 조생 우량계통 육성	'23 ~'27	제 주 도 원 원예작물과	정권문

1. 연구목적

- 제주지역 브로콜리 주 출하 시기가 1월~3월로 편중됨
- 조생 품종개발을 위해 정식 후 수확기가 90일 이내인 조생 고정계통 육성

2. 재료 및 방법

- 시험계통: NH50-1-1 등 20계통
 - '24년 선발 NH31-1 등 고정 5계통, NH50-1-1 등 선발 6개체, '24년 신규 5계통, 웅성불임모본 육성 4계통
- 시험장소: 제주시 애월읍 곽남로(밭작물연구단지)
- 시험구배치법: 단구제
- 경종개요
 - 파종: '24. 8. 5., 정식: '24. 9. 5., 수확기: '24. 11.~12.
- 조사항목: 수확기, 안토시아닌 발현, 화뢰 색 등

<선발기준>

안토시아닌	화뢰(Head)			화뢰 밀도	화경장	화경경
	색	모양	입자			
없거나 매우약함 (0~1)	진녹~ 청록색	원형~ 넓은 편원형 (1~2)	조금 작음~ 약간 큼 (2~4)	중간~ 단단 (5~7)	중간~ 길다 (2~3)	가늘다~ 중간 (1~2)

*안토시아닌, 화뢰 색, 모양은 필수 선발기준 임

3. 주요 연구결과

○ 선발내용

구분	조사수 (계통, 조합)	90일내 수확	안토시아닌 (0~1)	화뢰색 (진녹~청록)	화뢰모양 (1~2)	선발 (계통)
계통분리	14	12	14	12	12	고정 7 분리 4
F ₂ 세대 양성	2	2	2	2	2	2
계	16	14	16	14	14	13

○ 계통별 특성

연번	계통명	수확 개시일 (월.일.)	안토 시아 닌 ^z	화뢰 색	화뢰 모양 ^y	화뢰 입자 크기 ^x	밀도 ^w	화경 장 ^v	화경 경 ^u	줄기 수 ^t	노균 병 ^s	선발 유무	비고
선발기준		정식 후 90일 내	0~1	진녹 청록	1~2	2~4	5~7	2~3	1~2	-	-	-	
1	NH31-1	11.19.	0	청록	2	2	7	2	2	2	0	선발	고정
2	NH31-2	11.19.	0	청록	2	2	7	2	2	1	0	선발	고정
3	NH50-1-1	11.19.	0	청록	2	3	5	3	2	2	0	선발	고정
4	NH50-2-1	11.19.	0	청록	2	3	3	3	2	2	0	선발	고정
5	JB104-2-0-1	11.19.	0	진녹	2	3	3	3	2	2	0	선발	분리(1)
6	NWB1-6	11.20.	0	진녹	2	2	3	1	1	1	0	선발	분리(1)
7	NH51-1-1	11.25.	0	진녹	2	2	5	1	2	2	0	선발	고정
8	F ₂ (NWB10×NH36)	11.25.	0	진녹	2	2	3	1	1	2	0	선발	분리(1)
9	16B-2-1	11.29.	0	진녹	1	2	5	1	1	1	0	선발	분리(2)
10	NH33-1	12.03.	0	진녹	1	3	7	1	1	3	0	선발	고정
11	NH36-2	12.03.	0	진녹	2	2	5	1	1	3	0	선발	고정
12	F ₂ (NWB8×NH51)	12.03.	0	청록	2	4	5	2	1	1	0	선발	분리(1)
13	NWB1-4	12.03.	0	녹	2	1	7	1	1	1	0	-	
14	NWB8	12.03.	0	녹	2	1	5	2	1	2	0	-	
15	NWB10	12.16.	0	진녹	3	2	7	1	2	3	0	-	
16	NWB11	12.16.	0	진녹	3	2	5	2	2	2	0	-	
계	16계통	14	16	14	14	14	12	8				선발13(고정7)	

*조사일: '24. 11.~'25. 1.

^z안토시아닌 발현 정도: 0. 없음 1. 매우 약하다 2. 약하다 3. 중간 4. 강하다

^y화뢰모양: 1. 원형, 2. 넓은 편원형, 3. 중간편원형, 4. 좁은편원형

^x화뢰 입자 크기: 1. 아주 작음, 2. 조금 작음, 3. 중간, 4. 약간 큼, 5. 큼

^w밀도(화뢰 치밀도): 3. 엉성하다, 5. 중간, 7. 단단하다.

^v화경장: 1. 낮다, 2. 중간, 3. 높다

^u화경경: 1. 가늘다, 2. 중간, 3. 두껍다

^t줄기수: 1. 1개, 2. 2~3개, 3. 4개 이상

^s노균병: 0. 무발병, 1 발병주율 1% 미만, 3 1~10% 미만, 5 10~20% 미만, 7 20~30% 미만, 9 30% 초과

○ 선발계통 화퇴모양

			
NH31-1	NH31-2	NH33-1	NH36-2
			
NH50-1-1	NH50-2-1	NH51-1-1	16B-2-1
			
JB104-2-0-1	F ₂ (NWB8×NH51)	F ₂ (NWB10×NH36)	NWB1-6

○ 웅성불임 모본 계통 육성

세대	1회친	반복친	
BC ₃ F ₁	MV9(MS)	NWB10	1회친 반복친 $\begin{array}{c} & A & \times & B \\ & \downarrow & & \\ & F_1 & \times & B \\ & & \downarrow & \\ & & BC_1F_1 & \times & B \\ & & & \downarrow & \\ & & & BC_2F_1 & \times & B \\ & & & & \downarrow & \\ & & & & BC_3F_1 \end{array}$
	MV9(MS)	NWB8	
	K3(MS)	BRMA1	
	MV16(MS)	BRMB1	

*웅성불임 계통 육성을 위해 BC₅F₁까지 여교배 필요

4. 적 요

- '24년 NH31-1 등 5계통에 이어 '25년 NH50-1-1, NH50-2-1 2계통 추가 고정으로 총 7계통 고정
- 분리가 발생한 16B-2-1 계통에서 2개체, JB104-2-0-1, NWB1-6 계통에서 각 1개체를 선발함
- NWB8×NH51, NWB10×NH36 조합을 자가수정한 F₂세대에서 각 1개체씩 선발함

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
4) 브로콜리 조생 우량계통 육성	책 임 자	제주도원 원예작물과	농 업 연구사	정 권 문	설계, 수행, 평가, 보고
	공 동 연구자	제주도원 원예작물과	농 업 연구사	오 동 은	계통 특성 평가
	공 동 연구자	제주도원 원예작물과	농 업 연구관	이 광 주	결과 검토
	연 구 보조원	제주도원 원예작물과	공 무 직	정 명 호	시험 포장관리

과제구분	고유연구	수행시기		전반기	
과제 및 세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	소속	책임자
제주산 메리골드 건강기능식품 개발 가능성 검토		특용 (IC)	'24 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
1) 메리골드 재배 지대별 품종 선발		기타약용작물 (IC0319ZZ)	'24 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
2) 추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교		기타약용작물 (IC0319ZZ)	'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
색인용어	메리골드, 루테인, 건강기능식품				

1. 연구목표

현대 사회의 고령화와 스마트 기기 사용 증가로 황반변성 등 안구 질환 예방에 대한 관심이 높아지면서, 눈 건강 기능성 원료인 루테인의 산업적 수요와 시장 규모가 가파르게 상승하고 있다. 루테인은 주로 아프리카 메리골드(*Tagetes erecta* L.)에서 추출되는 지용성 색소로 항산화 및 청색광 흡수 역할을 하지만, 현재 국내에서 소비되는 루테인 원료는 전량 수입(인도, 중국, 미국 등)에 의존하고 있는 실정이다.

지금까지 수입산 루테인을 대체하기 위해 식물공장 대량 생산 체계 구축 등 국산화를 위한 다양한 시도가 선행되었다. 그러나 식물공장 시스템은 초기 설비 투자비와 운영비가 막대하게 소요되어, 수입 원료 대비 가격 경쟁력을 확보하지 못해 실제 상업화로 이어지지 못했다.

반면, 현재 제주(대정읍, 한림읍 등) 일대에서 활발히 이루어지고 있는 노지 메리골드 재배는 식물공장 대비 낮은 단가로 원물을 대량 생산할 수 있다는 큰 장점이 있다. 따라서 제주산 노지 재배 메리골드를 적극적으로 활용한다면, 경제성을 갖춘 건강기능식품 원료의 국산화가 가능할 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 루테인 원료의 국산화를 목적으로, 제주 지역 노지 재배에 가장 적합한 메리골드 품종을 선발하고, 선발된 품종을 대상으로 산업화에 적합한 최적의 추출 공정을 확인하기 위해 수행되었다.

2. 주요 결과

가. 메리골드 재배 지대별 품종 선발

제주 노지 환경에서 메리골드를 재배한 결과, 봄 작형은 해발 200m에서 가을 작형은 해발 100m에서 평균 수량이 가장 높게 나타났다. 루테인 함량은 표고에 따른 차이는 미미한 반면, 작형의 영향을 크게 받아 봄 재배보다 가을 재배 환경에서 전반적으로 더 높게 축적됨을 확인했다. 특히 공시된 5개 품종 중 ‘코코’ 품종이 모든 재배 조건에서 가장 우수한 생육과 꽃의 수량을 보였으며, 최고 8.3mg/g의 루테인 함량을 기록하여 원물 자원으로서의 잠재력이 가장 뛰어났다. 그러나 제주산 메리골드의 전반적인 루테인 함량은 주요 해외 생산국의 원물 수준(5~20mg/g)에 미치지 못해, 고비용의 초임계 추출 공정을 거친 건강기능식품 원료로써 즉각적인 대량 상업화에는 일정 부분 제약이 따를 것으로 예상된다. 단기적으로는 가공 효율과 수량성이 우수한 ‘잉카II’, ‘코코’ 품종을 활용해 프리미엄 꽃차 상품화를 도모하고 제주의 청정 이미지와 연계한 관광 경관 농업으로 활용 범위를 다각화하여 지역 농가 소득 창출 및 산업 육성에 기여하였으면 한다.

나. 추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교

제주산 노지 재배 메리골드의 품종별 초기 루테인 함량을 분석한 결과, ‘코코’ 품종이 5.6 mg/g으로 ‘마블II’ 품종보다 약 33% 더 많아 원물 자원으로 더 적합한 것으로 확인되었다. 세 가지 추출 공법을 비교했을 때, 친환경적이지만 극성 용매인 물을 사용하는 아임계 추출은 지용성 물질인 루테인을 용출하는 데 한계를 보이며 가장 낮은 수율을 기록했다. 반면, 이산화탄소와 에탄올 보조 용매를 활용한 초임계 추출은 ‘마블II’와 ‘코코’ 품종에서 각각 434.7 mg/L, 476.3 mg/L의 높은 농도를 달성하며 가장 우수한 추출 효율을 보였다. 초임계 추출 공정을 거친 최종 추출물의 루테인 함량은 819.9 mg/g으로 이는 식품 의약품안전처의 건강기능식품 기능성 원료 규격(560~840 mg/g)을 충족했다.

3. ABSTRACT

가. 메리골드 재배 지대별 품종 선발

To explore the domestic production of lutein (an eye health functional food ingredient currently entirely dependent on imports) this study assessed the viability of open field marigold cultivation in the Jeju region. Cultivation trials were conducted from 2024 to 2025 at three altitudes (100, 200, and 300 m above sea level) during both spring and autumn cropping seasons. Five marigold cultivars were evaluated for growth, yield, and lutein content.

Growth assessments revealed that the ‘Coco’ cultivar exhibited the most vigorous growth, recording the greatest plant height and flower width among the evaluated cultivars. Regarding total flower yield, the highest average yields per 10 ares (10a) were recorded at 200 m in spring (182.3 kg) and at 100 m in autumn (204.1 kg). Notably, the ‘Coco’ cultivar specifically achieved the maximum flower yields among all groups, reaching 232.8 kg and 281.4 kg per 10a in the respective optimal conditions. While altitude had no statistically significant effect on lutein content, clear differences were observed between cropping seasons and among cultivars. Lutein content was consistently higher in the autumn crops (averaging 5.8 - 5.9 mg/g) compared to the spring crops (averaging 3.6 - 4.5 mg/g). The ‘Coco’ cultivar consistently presented the highest lutein content (up to 8.3 mg/g) across all cultivation conditions, demonstrating superior performance in both yield and quality.

However, the lutein content of the Jeju cultivated marigolds was generally lower than that reported in major overseas producing countries (5 - 20 mg/g). Consequently, the economic feasibility of industrial lutein extraction appears limited, as processing these raw materials for functional food ingredients requires high cost

supercritical fluid extraction. Therefore, utilizing high yielding cultivars such as 'Coco' and 'Inca II' for premium flower tea production or ornamental landscaping is recommended as a more economically viable alternative to industrial lutein extraction.

나. 추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교

This study aimed to evaluate the efficiency of different extraction processes using marigold (*Tagetes erecta* L., cultivars 'Coco' and 'Marvel II') grown in the open field in Jeju, which offers the advantage of low production costs. Three extraction methods were compared: 70% ethanol extraction, subcritical water extraction, and supercritical fluid extraction (SFE) using carbon dioxide with an ethanol co-solvent. The initial lutein content of the raw material was higher in 'Coco' (5.6 mg/g) than in 'Marvel II' (4.2 mg/g). Among the evaluated methods, SFE demonstrated the highest extraction efficiency, yielding lutein concentrations of 434.7 - 476.3 mg/L. Conversely, subcritical water extraction showed limitations in extracting fat-soluble lutein. Furthermore, the final lutein content of the SFE extract reached 819.9 mg/g, successfully satisfying the Korean Ministry of Food and Drug Safety standards for health functional foods (560 - 840 mg/g).

과제구분	고유연구	수행시기		전반기	
과제 및 세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	소속	책임자
제주산 메리골드 건강기능식품 개발 가능성 검토		특용 (IC)	'24 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
1) 메리골드 재배 지대별 품종 선발		기타약용작물 (IC0319ZZ)	'24 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
2) 추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교		기타약용작물 (IC0319ZZ)	'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
색인용어	메리골드, 루테인, 건강기능식품				

ABSTRACT

To explore the domestic production of lutein (an eye health functional food ingredient currently entirely dependent on imports) this study assessed the viability of open field marigold cultivation in the Jeju region. Cultivation trials were conducted from 2024 to 2025 at three altitudes (100, 200, and 300 m above sea level) during both spring and autumn cropping seasons. Five marigold cultivars were evaluated for growth, yield, and lutein content.

Growth assessments revealed that the ‘Coco’ cultivar exhibited the most vigorous growth, recording the greatest plant height and flower width among the evaluated cultivars. Regarding total flower yield, the highest average yields per 10 ares (10a) were recorded at 200 m in spring (182.3 kg) and at 100 m in autumn (204.1 kg). Notably, the ‘Coco’ cultivar specifically achieved the maximum flower yields among all groups, reaching 232.8 kg and 281.4 kg per 10a in the respective optimal conditions. While altitude had no statistically significant effect on lutein content, clear differences were observed between cropping seasons and among cultivars. Lutein content was consistently higher in the autumn crops

(averaging 5.8 - 5.9 mg/g) compared to the spring crops (averaging 3.6 - 4.5 mg/g). The 'Coco' cultivar consistently presented the highest lutein content (up to 8.3 mg/g) across all cultivation conditions, demonstrating superior performance in both yield and quality.

However, the lutein content of the Jeju cultivated marigolds was generally lower than that reported in major overseas producing countries (5 - 20 mg/g). Consequently, the economic feasibility of industrial lutein extraction appears limited, as processing these raw materials for functional food ingredients requires high cost supercritical fluid extraction. Therefore, utilizing high yielding cultivars such as 'Coco' and 'Inca II' for premium flower tea production or ornamental landscaping is recommended as a more economically viable alternative to industrial lutein extraction.

key words: marigold, lutein, health functional food

1. 연구목표

메리골드는 국화과 천수국속에 속하는 일년생 초본 식물로, 멕시코와 중앙아메리카가 원산지이다. 전 세계적으로 관상용 및 약용으로 널리 재배되고 있으며, 주요 품종으로는 아프리카 메리골드(*Tagetes erecta* L.)와 프렌치 메리골드(*Tagetes patula* L.)가 있다. 이 중 아프리카 메리골드는 꽃의 크기가 크고 단위 면적당 꽃잎의 바이오매스 생산량이 많아 카로티노이드의 한 종류인 루테인 추출을 위해 이용된다(Hadden et al., 1999).

루테인은 카로티노이드 중 산소를 포함하는 잔토피ل 그룹에 속하는 지용성 색소이다. 화학식은 $C_{40}H_{56}O_2$ 이며, 구조적으로 이성질체인 지아잔틴과 매우 유사하나 이중결합의 위치에서 차이를 보인다. 루테인 분자 내에 존재하는 긴 사슬의 공액 이중결합 구조는 청색광을 효과적으로 흡수하는 발색단 역할을 하며, 동시에 강력한 항산화 활성을 나

타내는 구조적 기반이 된다(Alves-Rodrigues & Shao, 2004).

2002년 건강기능식품에 관한 법률을 제정 공포한 이후 식품과학의 발달, 노령인구의 꾸준한 증가, 식품의 유효성분에 대한 건강 증진 효과와 질병 예방 효과가 과학적으로 검증되면서 건강기능식품 시장은 지속적인 성장을 거듭하고 있다. 건강기능식품은 일반인 누구나 사용하여 제품 생산이 가능한 고시형 원료와 특정 업체만 사용권을 가지고 있는 개별인정형 원료로 구분되며 현재 68종의 고시형 원료가 건강기능식품 공전에 등재되어 있다.

고시형 원료 중 메리골드꽃추출물의 기능 성분인 루테인은 ‘노화로 인해 감소될 수 있는 황반 색소 밀도를 유지하여 눈 건강에 도움을 줄 수 있음’으로 기능성을 인정받았으며 원료는 전량 인도, 중국, 미국 등에서 수입되고 있다.

현재 전량 수입에 의존하는 루테인의 국산화를 위해 메리골드의 식물공장 대량 생산 체계 구축 및 초임계 추출·검화·결정화 조건 확립 등의 연구가 선행된 바 있다. 해당 연구는 노지 재배 가능성을 배제한 채 규격화된 고품질 원료를 오차 없이 안정적으로 확보하기 위해 식물공장에서만 경제성을 분석하였다. 그러나 식물공장의 높은 설비비와 운영비, 대량 초임계 추출 공정의 비용 부담이 해외 원료 대비 가격 경쟁력을 확보하지 못함에 따라 실제 사업화로 이어지지 못했다(주유한건강생활, 2022).

반면, 제주 대정읍과 한림읍 등지에서는 꽃차 및 경관용 메리골드가 재배되고 있으며, 식물공장 대비 낮은 단가로 생산되고 있다. 따라서 제주산 노지 메리골드를 활용한다면 가격 경쟁력을 갖춘 건강기능식품 원료의 국산화가 가능할 것으로 판단하였다. 이에 본 연구는 루테인 원료의 국산화를 목적으로, 제주 지역 노지 재배에 가장 적합한 메리골드 품종을 선발하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2024년부터 2025년까지 제주지역의 해발 고도가 상이한 3개 지역에서 수행되었다. 시험 포장은 제주시 애월읍 광지리(해발 100m), 애월읍 상귀리(해발 200m), 애월읍 봉성리(해발 300m)에 각각 조성하였다. 공시 품종으로는 ‘디스커버리’, ‘마블Ⅱ’, ‘잉카Ⅱ’, ‘태산’, ‘코코’ 5개 품종이었다. 단, 2024년 봄 재배의 경우는 종자가 확보된 ‘태산’ 품종에 한하여 정식하였다. 재배개요는 표 1과 같다.

표 1. 재배개요.

작 형	정식일 (월. 일.)		재식거리 (cm)	시 비 량 (kg/10a)
	2024	2025		N - P ₂ O ₅ - K ₂ O - 퇴 비
봄	-	4. 8.	70×35	11 - 18 - 18.5 - 1,000
가을	9. 3.	9. 5.		11 - 18 - 18.5 - 1,000

※ '24 봄 재배 정식일: 100m(4. 14., 광지), 200m(4. 1., 상귀), 300m(4. 2., 봉성)

3. 결과 및 고찰

가. 봄 재배

2024년도 봄 재배 시 메리골드 종자 수급 문제로 ‘태산’ 품종만 정식하였고 표고에 따른 생육 특성은 표 2와 같다. 표고별로 초장과 초폭은 비슷하였다.

표 2. ‘태산’ 품종의 표고별 생육 특성(2024).

표고	개화 시작일 (월. 일.)	수확 종료일 (월. 일.)	초장(cm)	초폭(cm)
100m	5. 10.	6. 18.	23.3	28.2
200m	5. 6.		23.9	34.5
300m	5. 8.		22.0	28.4

※ 정식일: 100m(4. 14., 광지), 200m(4. 1., 상귀), 300m(4. 2., 봉성)

메리골드의 표고에 따른 ‘태산’ 품종의 수량 특성은 표 3과 같다. 지속된 비로 100m 표고는 정식 시기가 2주 늦어 수량이 적었다. 건조 절화중이 개당 2.0g으로 높은 200m 표고에서 168.3kg/10a으로 수량이 가장 많았다.

표 3. ‘태산’ 품종의 표고별 수량 특성(2024).

표고	절화수 (개/주)	건조 절화중 (g/개)	수량(kg/10a) ^z				
			1차 (5. 30.)	2차 (6. 4.)	3차 (6. 11.)	4차 (6. 19.)	계
100m	16.0a ^y	1.5b	1.1	8.0	24.5	79.1	112.9c
200m	17.5a	2.0a	5.2	8.2	83.0	71.9	168.3a
300m	18.6a	1.7b	16.0	5.6	38.2	90.1	150.0b

^z수량: 수확한 꽃을 건조기에서 72시간 50℃로 건조한 후 10a로 환산한 꽃의 수량

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

※ 꽃의 수확은 루테인 함량이 가장 높은 만개기에 도달하면 차례로 1~4차까지 수확하였음

※ 정식일: 100m(4. 14., 괄지), 200m(4. 1., 상귀), 300m(4. 2., 봉성)

메리골드의 표고에 따른 ‘태산’ 품종의 루테인 함량은 표 4와 같다. 표고가 높아질수록 루테인 함량이 많아졌다.

표 4. ‘태산’ 품종의 루테인 함량(2024).

품종명	표고	루테인 함량(mg/g)
태산	100m	6.0b ^z
	200m	6.8ab
	300m	7.5a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

※ 정식일: 100m(4. 14., 괄지), 200m(4. 1., 상귀), 300m(4. 2., 봉성)

2025년도 봄 재배 표고 및 품종에 따른 생육 특성은 표 5와 같다. 3개소 모두 ‘디스커버리’ 품종의 초장이 짧고 초폭이 좁았고 ‘코코’ 품종이 초장이 길고 초폭이 넓었다.

표 5. 표고 및 품종에 따른 생육 특성(2025).

표고	품종명	개화 시작일 (월. 일.)	수확 종료일 (월. 일.)	초장(cm)	초폭(cm)
100m	디스커버리	5. 2.	6. 19.	22.1	34.5
	마블Ⅱ	5. 3.		34.2	40.7
	잉카Ⅱ	5. 2.		34.5	46.0
	태산	5. 5.		31.7	40.4
	코코	5. 11.		43.5	59.9
200m	디스커버리	5. 3.		25.2	34.9
	마블Ⅱ	5. 4.		36.2	47.7
	잉카Ⅱ	5. 4.		34.3	48.0
	태산	5. 6.		34.0	44.8
	코코	5. 12.		49.3	65.8
300m	디스커버리	5. 5.		13.2	25.8
	마블Ⅱ	5. 4.		22.4	27.7
	잉카Ⅱ	5. 6.		22.2	27.5
	태산	5. 7.		20.7	30.2
	코코	5. 13.		32.3	47.2

※ 정식일: 4. 8., 정식장소: 100m-곽지, 200m-상귀, 300m-봉성

메리골드의 표고 및 품종에 따른 수량 특성은 표 6과 같다. 표고 200m에서 평균 절화수가 30.6개/주로 가장 많았고 수량 또한 182.3kg/10a로 가장 높게 나타나 재배에 가장 유리했다. 건조 절화중은 저지대인 100m에서 개당 1.8g으로 가장 무거웠으며 표고가 높아질수록 가벼워지는 경향을 보였다. 전체 수량은 200m, 100m, 300m 순으로 높았으며, 품종별로는 ‘코코’ 품종의 수량이 가장 많았고 ‘잉카Ⅱ’, ‘마블Ⅱ’, ‘디스커버리’, ‘태산’ 순으로 나타났다. 표고와 품종, 그리고 이들의 상호작용 모두에서 유의한 차이가 있었다.

표 6. 표고 및 품종에 따른 수량 특성(2025).

표고	품종명	절화수 (개/주)	건조 절화중 (g/개)	수량(kg/10a)				
				1차 (5. 19.)	2차 (5. 26.)	3차 (6. 9.)	4차 (6. 19.)	계
100m	디스커버리	10.5	1.6	0.6	8.8	16.0	38.7	64.0
	마블Ⅱ	15.1	1.9	0.4	13.5	63.5	41.2	118.5
	잉카Ⅱ	16.3	1.9	2.1	9.7	59.0	55.1	125.9
	태산	9.7	1.4	0.4	10.9	19.2	24.6	55.1
	코코	11.1	2.3	0.0	11.6	45.5	46.7	103.8
	평균	13.2	1.8	0.8	10.6	41.1	46.7	99.2
200m	디스커버리	21.0	1.2	0.6	4.4	15.1	82.2	102.4
	마블Ⅱ	41.8	1.3	0.5	10.4	44.3	162.7	218.0
	잉카Ⅱ	39.7	1.4	0.1	8.8	66.1	151.1	226.1
	태산	16.9	1.4	0.0	5.7	17.3	73.2	96.3
	코코	33.4	1.7	0.0	0.5	10.8	221.5	232.8
	평균	30.6	1.5	0.8	6.2	37.3	138.0	182.3
300m	디스커버리	11.1	0.9	0.0	4.9	11.5	22.0	38.4
	마블Ⅱ	14.8	1.0	0.0	10.9	23.6	24.2	58.6
	잉카Ⅱ	13.8	1.1	0.0	14.5	18.5	27.7	60.7
	태산	8.9	1.0	0.0	9.4	14.1	14.5	38.0
	코코	21.3	1.2	0.0	10.5	33.5	61.7	105.7
	평균	15.0	1.1	1.6	9.7	22.7	37.6	71.5
표고	-----	** ^z	**	*	*	*	**	**
품종	-----	**	**	*	**	**	**	**
표고* 품종	-----	**	**	**	*	**	**	**

^zData were analyzed by ANOVA, and significance was determined at $p < 0.05$ and 0.01 .

※ *, **, and *** indicate significance at $p < 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

※ 정식일: 4. 8., 정식장소: 100m-곽지, 200m-상귀, 300m-봉성

메리골드의 표고 및 품종에 따른 루테인 함량은 표 7과 같다. 품종 별로 ‘코코’ 품종이 가장 높은 루테인 함량을 보였으며, 이어 ‘마블Ⅱ’, ‘태산’, ‘잉카Ⅱ’ 순으로 나타났으며, ‘디스커버리’ 품종이 가장 낮았다. 품종에 따라 루테인 함량이 차이는 유전적 요인과 그에 따른 2차 대사산물 생합성 능력의 차이로 추정된다.

표 7. 표고 및 품종에 따른 루테인 함량(2025).

표고	품종명	루테인 함량(mg/g)
100m	디스커버리	2.1
	마블Ⅱ	4.0
	잉카Ⅱ	3.2
	태산	3.9
	코코	4.9
	평균	3.6
200m	디스커버리	2.1
	마블Ⅱ	4.2
	잉카Ⅱ	3.4
	태산	3.5
	코코	5.6
	평균	3.7
300m	디스커버리	2.8
	마블Ⅱ	4.5
	잉카Ⅱ	4.4
	태산	4.2
	코코	6.5
	평균	4.5
표고	----- ns ^z	
품종	----- **	
표고*품종	----- ns	

^zData were analyzed by ANOVA, and significance was determined at $p < 0.05$ and 0.01 .

※ *, **, and *** indicate significance at $p < 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

※ 정식일: 4. 8., 정식장소: 100m-곽지, 200m-상귀, 300m-봉성

나. 가을 재배

2024년~2025년도 가을 재배 메리골드의 표고 및 품종에 따른 생육 특성은 표 8과 같다. 3개소 모두 ‘디스커버리’ 품종의 초장이 짧고 초폭이 좁았고 ‘코코’ 품종이 초장이 길고 초폭이 넓었다.

표 8. 표고 및 품종에 따른 생육 특성(2024~2025).

표고	품종명	개화 시작일 (월. 일.)	수확 종료일 (월. 일.)	초장(cm)	초폭(cm)
100m	디스커버리	10. 4.	12. 11.	30.3	39.5
	마블Ⅱ	10. 6.		41.6	52.7
	잉카Ⅱ	10. 4.		39.6	49.8
	태산	10. 8.		37.0	42.1
	코코	10. 12.		61.8	74.4
200m	디스커버리	10. 6.		29.6	34.3
	마블Ⅱ	10. 8.		41.9	53.0
	잉카Ⅱ	10. 3.		38.9	50.9
	태산	10. 7.		36.0	43.9
	코코	10. 16.		58.6	70.1
300m	디스커버리	10. 6.		24.0	26.0
	마블Ⅱ	10. 7.		29.5	35.8
	잉카Ⅱ	10. 5.		29.2	36.2
	태산	10. 9.		25.6	31.8
	코코	10. 16.		51.0	60.1

※ 정식일: 9. 3.(‘24), 9. 5.(‘25), 정식장소: 100m-곽지, 200m-상귀, 300m-봉성

메리골드의 표고 및 품종에 따른 수량 특성은 표 9와 같다. 표고가 낮을수록 수량이 증가하는 경향을 보였다. 100m 표고에서 10a당 평균 수량이 204.1kg으로 가장 많았으며, 200m에서 128.3kg, 300m에서 72.6kg으로 나타나 표고가 높아질수록 수량이 감소하였다. 주당 절화 수는 100m에서 41.1개로 가장 많았다. 품종별로는 모든 표고에서 ‘코코’ 품종의 수량이 281.4kg/10a으로 가장 많았다. 그 외 품종은 ‘잉카Ⅱ’, ‘마블Ⅱ’, ‘태산’, ‘디스커버리’ 순이었다.

표 9. 표고 및 품종에 따른 수량 특성(2024~2025).

표고	품종명	절화수 (개/주)	건조 절화중 (g/개)	수량(kg/10a)					
				1차	2차	3차	4차	5차	계
100m	디스커버리	33.7	1.1	6.5	4.0	32.6	45.7	43.4	132.1
	마블 II	39.4	1.4	5.0	14.0	59.9	83.0	46.6	208.4
	잉카 II	52.8	1.1	10.4	19.6	65.6	78.2	61.5	235.4
	태산	37.7	1.2	3.9	7.9	56.7	52.6	42.3	163.5
	코코	41.8	1.9	0.8	3.7	77.9	127.1	71.9	281.4
	평균	41.1	1.3	5.3	9.9	58.6	77.3	53.2	204.1
200m	디스커버리	22.5	0.9	6.4	3.0	8.4	13.7	38.3	69.8
	마블 II	32.4	1.3	6.4	16.8	24.7	48.5	50.6	147.0
	잉카 II	37.2	1.1	14.7	10.7	30.7	43.9	44.5	144.5
	태산	26.9	1.1	9.5	8.8	27.0	25.6	38.0	108.9
	코코	32.0	1.6	0.4	6.3	43.6	46.8	74.4	171.4
	평균	30.2	1.2	7.5	9.1	26.9	35.7	49.2	128.3
300m	디스커버리	9.9	0.9	2.4	2.4	6.7	11.4	13.1	36.0
	마블 II	11.1	1.3	1.2	4.5	7.8	16.2	30.6	60.2
	잉카 II	19.3	1.0	5.8	6.0	17.7	21.0	27.6	78.1
	태산	14.3	1.2	0.6	7.0	12.1	14.0	31.7	65.3
	코코	19.6	1.7	0.2	2.4	21.4	28.1	71.3	123.3
	평균	14.8	1.2	2.0	4.5	13.1	18.2	34.9	72.6

※ 정식일: 9. 3.(‘24), 9. 5.(‘25), 정식장소: 100m-곽지, 200m-상귀, 300m-봉성

메리골드의 표고 및 품종에 따른 루테인 함량은 표 10과 같다. 표고 간의 평균 차이는 거의 없었으나, 품종 간에는 차이가 있었다. 특히 가을 재배 작형에서 봄 작형 대비 루테인 함량이 전반적으로 높았는데, 이는 일조량 및 일교차와 같은 환경적 요인이 식물 체내 카로티노이드 축적 메커니즘에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다(Wongsheree et al., 2018). ‘코코’ 품종은 모든 표고 구간에서 8.0~8.3mg/g의 높은 함량을 기록하며 가장 우수한 특성을 보였다. 그 외 ‘마블 II’, ‘잉카 II’,

‘태산’ 품종은 5.0~6.4mg/g 수준의 비슷한 함량을 나타냈다. 메리골드 품종 간 루테인 함량에 뚜렷한 차이가 나타난 것은, 품종 간 카로티노이드 축적량 및 항산화능이 상이하다는 기존 연구 결과와 일치한다(Bhattacharyya et al., 2010).

루테인 함량은 재배 표고보다 작형과 품종에 의한 영향이 더 컸다. 봄 작형(평균 3.6~4.5mg/g)보다 가을 작형(평균 5.8~5.9mg/g)에서 루테인 함량이 전반적으로 높게 나타나 가을 재배가 유리한 것으로 판단된다. 표고에 따른 함량 차이는 통계적으로 유의하지 않거나 미미하였다.

표 10. 표고 및 품종에 따른 루테인 함량(2024~2025).

표고	품종명	루테인 함량(mg/g)
100m	디스커버리	3.8
	마블Ⅱ	5.8
	잉카Ⅱ	5.8
	태산	5.9
	코코	8.1
	평균	5.9
200m	디스커버리	3.5
	마블Ⅱ	6.3
	잉카Ⅱ	6.2
	태산	5.0
	코코	8.3
	평균	5.9
300m	디스커버리	3.5
	마블Ⅱ	5.8
	잉카Ⅱ	6.4
	태산	5.4
	코코	8.0
	평균	5.8

※ 정식일: 9. 3.(‘24), 9. 5.(‘25), 정식장소: 100m-곽지, 200m-상귀, 300m-봉성

수량과 품질(루테인) 모든 면에서 ‘코코’ 품종이 가장 우수한 것으로 나타났다. ‘코코’는 봄·가을 작형 및 모든 표고 구간에서 가장 많은 수량을 기록하였다. 루테인 함량 또한 다른 품종 대비 높았다.

주요 생산국인 중국, 멕시코, 태국 등의 메리골드 루테인 함량(5~20mg/g)과 비교했을 때(Li et al., 2007, Ingkasupart et al., 2015) 본 연구에서 도출된 수치는 상대적으로 낮은 수준으로 확인되었다. 루테인 함량이 낮은 원료를 고농축 건강기능식품 원료로 가공하기 위해서는 고순도 정제가 가능한 초임계 유체 추출 공정이 필수적이나, 즉각적인 대량 상업화에는 일정 부분 제약이 따를 것으로 예상된다. 단기적으로는 가공 효율과 수량성이 우수한 ‘잉카II’, ‘코코’ 품종을 활용해 프리미엄 꽃차 상품화를 도모하거나, 제주의 청정 이미지와 연계한 관광 경관 농업으로 활용 범위를 다각화하는 것이 지역 농가 소득 창출 및 산업 육성에 효과적인 방안이 될 것으로 기대된다.

4. 적요

- 봄 재배에서 표고 200m 지역에서 꽃의 수량(182.3kg/10a)과 주당 절화수(30.6개)가 가장 높게 나타나 봄철 재배에 가장 유리했고 가을 재배 시 표고가 낮을수록 꽃의 수량이 증가하는 경향을 보여, 저지대인 100m에서 평균 수량(204.1kg/10a)이 가장 많았음
- 표고에 따른 루테인 함량 차이는 미미한 반면, 작형 간 차이는 봄 작형(평균 3.6~4.5mg/g)보다 가을 작형(평균 5.8~5.9mg/g)의 루테인 함량이 전반적으로 높았음
- ‘코코’ 품종은 봄·가을 작형 및 모든 표고 구간에서 생육(초장, 초폭)이 가장 왕성했으며, 꽃의 수량과 루테인 함량(최고 8.3mg/g) 모두 타 품종 대비 가장 우수하였음

5. 결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목 명
2025년도 (2년차)	영농정보	제주지역 메리골드 품종 특성

6. 인용문헌

- 식품의약품안전처. 2024. 2023년 식품 및 건강기능식품 생산실적 통계. 식품의약품안전처.
- (주)유한건강생활. 2022. 루테인 국산화를 위한 메리골드 대량생산 및 추출 공정 최적화 연구 보고서.
- Alves-Rodrigues, A., and A. Shao. 2004. The science behind lutein. *Toxicology Letters*. 150(1):57-83.
- Bhattacharyya, S., S. Datta, B. Mallick, P. Dhar, and S. Ghosh. (2010). Lutein content and in vitro antioxidant activity of different cultivars of Indian marigold flower (*Tagetes patula* L.) extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(14):8259-8264.
- Hadden, W.L., R.H. Watkins, L.W. Levy, E. Regalado, D.M. Rivadeneira, R.B. van Breemen, and S.J. Schwartz. 1999. Lutein, zeaxanthin and phorbol esters in marigold (*Tagetes erecta*) extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(10):4189-4194.
- Ingkasupart, P., B. Manochai, W. Songnuan, and A. Hongtrakul. 2015. Antioxidant activities and lutein content of 11 marigold cultivars (*Tagetes* spp.) grown in Thailand. *Journal of Agricultural Science*. 7(2):15-22.
- Li, W., Y. Gao, J. Zhao, and Q. Wang. 2007. Phenolic, flavonoid, and lutein ester content and antioxidant activity of 11 cultivars of Chinese marigold. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(21):8478-8484.

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'24	'25
책임자	제주도원예작물과	농업사	양성준	과제수행 총괄	○	○
공동연구자	생물종다양성연구소	팀장	함영민	분석자료 검토	○	○
공동연구자	생물종다양성연구소	연구원	현혜진	루테인 정량	○	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업사	김승남	자료 검토	○	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업사	고혁상	특성 조사	○	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업관	고순보	결과 검토	○	○
연구보조원	제주도원예작물과	공무직	김경하	포장 관리	○	○
연구보조원	제주도원예작물과	공무직	오아영	조사 보조	○	○

영농정보 요약

활 용 구 분 *한 분야만 선택	영농기술				영농정보																								
	신기술 시범사업		현장 실증연구		농업기술 길잡이		교육· 현장연시	국가농업 기술포털	○																				
제 목	제주지역 메리골드 품종 특성																												
활 용 분 야	화훼																												
검 색 어	제주, 메리골드, 품종, 표고, 루테인 함량																												
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 제주지역에서는 메리골드가 대정읍과 한림읍 등을 중심으로 꽃차용 등으로 재배되고 있으며, 본 연구에서는 최근 개발된 신 품종 메리골드의 재배특성을 제시하고자 함 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 메리골드는 봄·가을 재배가 가능하며 정식 후 약 30일에 개화해 계절별로 수확이 가능함. ○ 건조 꽃 수량은 가을 재배와 100m 표고에서 많았으며 품종은 ‘코코’, ‘잉카II’, ‘마블II’ 순이었음. ○ ‘잉카II’는 가을에 절화수가 많고 ‘코코’는 봄에 건조중이 가장 무거웠으며 꽃차용은 중형 ‘잉카’, 대형 ‘코코’가 유리하며 루테인 함량은 ‘코코’, ‘잉카II’, ‘마블II’ 순으로 높았음 메리골드 수량 특성 및 루테인 함량('24 봄 ~ '25 가을 평균) <table><thead><tr><th>품종</th><th>절화수(개/주)</th><th>건조 절화중 (g/10개)</th><th>건조 수량(kg/10a)</th><th>루테인 함량(mg/10g)</th></tr></thead><tbody><tr><td>마블II</td><td>~30</td><td>~10</td><td>~140</td><td>~65</td></tr><tr><td>잉카II</td><td>~35</td><td>~10</td><td>~170</td><td>~70</td></tr><tr><td>코코</td><td>~30</td><td>~15</td><td>~190</td><td>~95</td></tr></tbody></table> □ 파급효과 ○ 제주지역 메리골드 품종 특성 제시로 재배 안정성, 수량 및 품질 향상									품종	절화수(개/주)	건조 절화중 (g/10개)	건조 수량(kg/10a)	루테인 함량(mg/10g)	마블II	~30	~10	~140	~65	잉카II	~35	~10	~170	~70	코코	~30	~15	~190	~95
	품종	절화수(개/주)	건조 절화중 (g/10개)	건조 수량(kg/10a)	루테인 함량(mg/10g)																								
마블II	~30	~10	~140	~65																									
잉카II	~35	~10	~170	~70																									
코코	~30	~15	~190	~95																									
연구개발과제	예산사업명		새소득작물 발굴 및 현장 적용 기술 개발																										
	연구개발과제명		제주산 메리골드 건강기능식품 개발 가능성 검토																										
연구개발자	주연구개발자		제주특별자치도농업기술원 원예작물과 양성준 (전화 : 064-760-7471, e-mail : ccoldk83@korea.kr)																										

제목: 제주지역 메리골드 품종 특성

□ 배경

- 제주지역에서는 메리골드가 대정읍과 한림읍 등을 중심으로 꽃차용 등으로 재배되고 있으며, 본 연구에서는 최근 개발된 신품종 메리골드의 재배특성을 제시하고자 함

□ 영농정보 개요

- 제주지역 메리골드 품종 특성
 - 품종: '마블 II', '잉카 II', '코코'
 - 시험장소: 광지(100m), 상귀(200m), 봉성(300m) 시험포장
 - 조사항목: 생육 및 수량특성, 루테인 함량
- 주요결과
 - 메리골드는 봄과 가을에 연중 재배가 가능하고, 정식 후 약 30일경부터 개화가 시작되며 봄 재배의 경우 장마 이전까지, 가을 재배의 경우 눈이나 서리가 내리기 전까지 꽃 수확이 가능함
 - 건조 꽃 수량은 봄 재배보다 개화기간이 긴 가을 재배에서, 표고가 낮아질수록 수량이 많았으며, 품종별로는 '코코', '잉카II', '마블II' 순이었음.
 - '잉카II'는 가을 재배에서 절화수가 가장 많았고, '코코'는 봄 재배에서 건조 절화중이 가장 무거웠음
 - 꽃차용으로 활용 시 중형화는 '잉카 II', 대형화는 '코코' 품종에서 절화수와 건조 꽃 수량이 많았으며, 눈 건강에 도움이 되는 루테인 함량은 '코코', '잉카II', '마블II' 순으로 높았음

□ 연구결과

- 개화특성

품종명	봄 재배				가을 재배			
	파종일 (월 일)	정식일 (월 일)	개화 시작일	수확 종료	파종일 (월 일)	정식일 (월 일)	개화 시작일	수확 종료
마블 II			정식 후 33일				정식 후 33일	눈·서리 전
잉카 II	2. 상	4. 상.	정식 후 31일	장마 전	8. 상	9. 상.	정식 후 30일	
코코			정식 후 42일				정식 후 41일	

- 정식 후 '잉카II'가 가장 빠르게 개화하고 '코코'가 가장 늦게 개화하였음
- 봄 재배시 장마철 잦은 비는 꽃을 연화·부패시켜 상품성을 저하시켰음

○ 품종별 생육 특성('24~'25)

봄 재배				가을 재배			
표고	품종명	초장 (cm)	초폭 (cm)	표고	품종명	초장 (cm)	초폭 (cm)
100m	마블 II	34.2	40.7	100m	마블 II	41.6	52.7
	잉카 II	34.5	46.0		잉카 II	39.6	49.8
	코코	43.5	59.9		코코	61.8	74.4
200m	마블 II	36.2	47.7	200m	마블 II	41.9	53.0
	잉카 II	34.3	48.0		잉카 II	38.9	50.9
	코코	49.3	65.8		코코	58.6	70.1
300m	마블 II	22.4	27.7	300m	마블 II	29.5	35.8
	잉카 II	22.2	27.5		잉카 II	29.2	36.2
	코코	32.3	47.2		코코	51.0	60.1

※ 정식장소: 100m/밭작물연구단지, 200m/상귀시험포장, 300m/농산물원종장

- 봄, 가을 재배 모두 '코코' 품종이 초장이 길고 초폭이 넓었음

○ 품종별 수량 특성('24~'25)

봄 재배					가을 재배				
표고	품종명	절화수 (개/주)	건조 절화중 (g/개)	건조 수량 (kg/10a)	표고	품종명	절화수 (개/주)	건조 절화중 (g/개)	건조 수량 (kg/10a)
100m	마블 II	15.1	1.9	118.5	100m	마블 II	39.4	1.4	208.4
	잉카 II	16.3	1.9	125.9		잉카 II	52.8	1.1	235.4
	코코	11.1	2.3	103.8		코코	41.8	1.9	281.4
	평균	14.2	2.0	116.1		평균	44.7	1.5	241.7
200m	마블 II	41.8	1.3	218.0	200m	마블 II	32.4	1.3	147.0
	잉카 II	39.7	1.4	226.1		잉카 II	37.2	1.1	144.5
	코코	33.4	1.7	232.8		코코	32.0	1.6	171.4
	평균	38.3	1.5	225.6		평균	33.9	1.3	154.3
300m	마블 II	14.8	1.0	58.6	300m	마블 II	11.1	1.3	60.2
	잉카 II	13.8	1.1	60.7		잉카 II	19.3	1.0	78.1
	코코	21.3	1.2	105.7		코코	19.6	1.7	123.3
	평균	16.6	1.1	75.0		평균	16.7	1.3	87.2

- 절화수는 100m 표고의 가을 재배에서 '잉카II'가 52.8개/주로 가장 많았음
- 건조 절화중은 100m 표고의 봄 재배에서 '코코'가 2.3g/개으로 가장 무거웠음
- 100m 표고의 가을 재배에서 건조 꽃 수량이 가장 많았고 '코코', '잉카II', '마블II'순이었음

○ 루테인 함량('24~'25)

표고	품종명	루테인 함량(mg/g)	
		봄	가을
100m	마블Ⅱ	6.5	5.8
	잉카Ⅱ	6.5	5.8
	코코	9.5	8.1
	평균	6.6	6.6
200m	마블Ⅱ	6.7	6.3
	잉카Ⅱ	7.4	6.2
	코코	9.7	8.3
	평균	6.7	6.9
300m	마블Ⅱ	6.2	5.8
	잉카Ⅱ	7.2	6.4
	코코	9.0	8.0
	평균	6.4	6.7

- 표고에 따라 루테인 함량은 차이가 없었음
- 품종에 따른 루테인 함량은 '코코', '잉카Ⅱ', '마블Ⅱ' 순으로 많았음

□ 파급효과

- 제주지역 메리골드 품종 특성 제시로 재배 안정성, 수량 및 품질 향상

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 해당없음

제주지역 메리골드 품종 특성

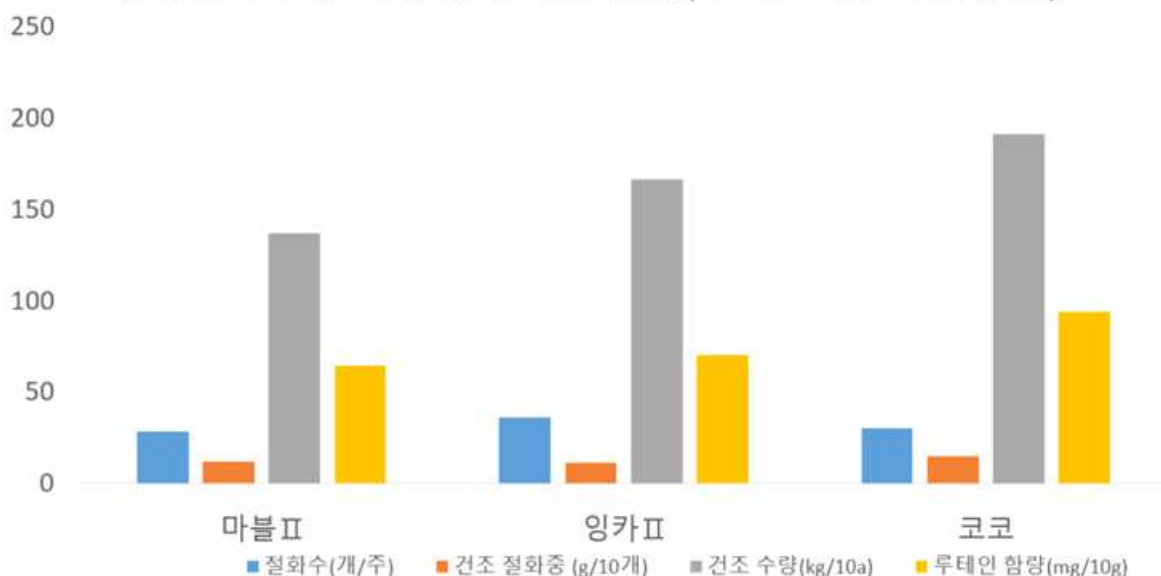
□ 메리골드 재배시기는 ?

- 봄 재배시 2월 상순에 육묘하여 3월 하순~4월 상순에 정식하며 정식 후 약 30일 후 개화가 시작되어 장마 전까지 수확이 가능합니다.
- 가을 재배시 8월 상순에 육묘하여 8월 하순~9월 상순에 정식하며 정식 후 약 30일 후 개화가 시작되어 눈, 서리가 오기 전까지 수확이 가능합니다.

□ 신품종 메리골드의 꽃차용 활용은 ?

- 꽃차용의 경우 중형화는 '잉카', 대형화는 '코코' 품종에서 수량이 많았습니다.
- '잉카II'는 가을 재배에서 절화수가 가장 많았고, '코코'는 봄 재배에서 건조 절화중이 가장 무거웠습니다.
- 100m 표고에서 가을 재배 시 건조 꽃 수량이 가장 많았으며, 품종별로는 '코코', '잉카II', '마블II' 순으로 많았습니다.
- 꽃차용으로 활용 시 중형화는 '잉카', 대형화는 '코코' 품종에서 절화수와 건조 꽃 수량이 많았으며, 눈 건강에 도움이 되는 루테인 함량은 '코코', '잉카II', '마블II' 순으로 많았습니다.

메리골드 수량 특성 및 루테인 함량('24 봄 ~ '25 가을 평균)



과제구분	고유연구	수행시기		전반기	
과제 및 세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	소속	책임자
제주산 메리골드 건강기능식품 개발 가능성 검토		특용 (IC)	'24 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
1) 메리골드 재배 지대별 품종 선발		기타약용작물 (IC0319ZZ)	'24 ~'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
2) 추출방법에 따른 메리골드 루테인 함량 비교		기타약용작물 (IC0319ZZ)	'25	제 주 도 원 원 예 작 물 과	양성준
색인용어	메리골드, 루테인, 건강기능식품				

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of different extraction processes using marigold (*Tagetes erecta* L., cultivars 'Coco' and 'Marvel II') grown in the open field in Jeju, which offers the advantage of low production costs. Three extraction methods were compared: 70% ethanol extraction, subcritical water extraction, and supercritical fluid extraction (SFE) using carbon dioxide with an ethanol co-solvent. The initial lutein content of the raw material was higher in 'Coco' (5.6 mg/g) than in 'Marvel II' (4.2 mg/g). Among the evaluated methods, SFE demonstrated the highest extraction efficiency, yielding lutein concentrations of 434.7 - 476.3 mg/L. Conversely, subcritical water extraction showed limitations in extracting fat-soluble lutein. Furthermore, the final lutein content of the SFE extract reached 819.9 mg/g, successfully satisfying the Korean Ministry of Food and Drug Safety standards for health functional foods (560 - 840 mg/g).

key words: marigold, lutein, health functional food

1. 연구목표

현대 사회의 고령화와 스마트 기기 사용 증가로 인하여 황반변성 등 안구 질환 예방에 대한 관심이 급증하면서, 눈 건강 기능성 원료인 루테인의 산업적 수요가 가파르게 상승하고 있다. 국내 시장의 메리골드꽃추출물 및 루테인지아잔틴복합추출물의 매출액은 각각 338억 원과 873억 원을 상회하고 있다(식품의약품안전처, 2024). 지속적인 시장 규모 확대에도 불구하고, 현재 국내에서 소비되는 루테인 원료는 전량 중국, 인도, 미국 등 해외 수입에 의존하고 있는 실정이다.

산업적으로 루테인을 대량 생산하기 위한 핵심 천연물 자원으로는 화기가 크고 단위 면적당 꽃잎 수확량이 월등히 높은 아프리카 메리골드(*Tagetes erecta* L.)가 주로 활용된다(Piccaglia et al., 1998). 최근 국내에서도 원료 국산화를 위한 다양한 시도가 있었으나, 식물공장 등 원물 생산 단계의 높은 설비 투자비에 의해 실제 산업화로 이어지지 못했다(주유한건강생활, 2022).

현재 제주의 대정읍과 한림읍 일대에서는 꽃차 및 경관 조성 목적의 노지 메리골드 재배가 활발히 이루어지고 있으며, 이는 막대한 초기 자본과 운영비가 요구되는 식물공장 시스템에 비해 낮은 단가로 원물을 생산할 수 있는 장점이 있다. 따라서 제주산 노지 재배 메리골드를 적극 활용한다면, 가격 경쟁력을 갖춘 건강기능식품 원료의 국산화가 가능할 것으로 판단하였다. 이에 본 연구는 수입산 루테인 원료의 국산화를 위해, 제주 노지 재배 환경에 적합한 메리골드 품종을 대상으로 추출 공정별 효율성을 구명하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2024년 수행된 메리골드 재배 지대별 품종 선발 시험에서 수량이 많은 ‘코코’와 ‘마블II’ 두 품종을 공시하여 루테인 함량 및 추출 수율을 비교·분석하기 위해 총 3가지의 추출 공정(주정 추출, 아임계 추출, 초임계 추출)을 적용하였으며, 각 공정별 세부 추출 조건은 다음과 같이 설정하였다.

추출 시료는 2025년 상귀 시험포장에서 품종 선발용으로 재배된 메리골드를 사용하였고 각 시료는 만개기에 수확하여 50℃의 건조기에서 72시간 동안 건조한 후, 추출 실험 전까지 -2℃의 저온 저장고에 보관하여 사용하였다.

대조구인 주정 추출은 70% 에탄올을 용매로 사용하여 시료를 침지하는 방식으로 진행하였다. 본 공정은 별도의 인위적인 가압이나 가열 없이 상온 조건에서 3.5시간 동안 수행하였다.

아임계 추출은 유기용매 대신 순수한 물을 용매로 활용하였다. 용매인 물이 끓지 않고 액체 상태를 유지하면서 물질에 대한 용해력을 극대화할 수 있도록 50 bar의 압력과 110 ℃의 고온 환경을 조성하고 0.5시간 동안 수행하였다.

초임계 추출은 이산화탄소와 보조 용매인 에탄올을 75:25의 비율로 혼합하여 용매로 사용하였다. 유체의 물질 전달 능력과 용해도를 높이기 위해 300 bar의 초고압 및 50 ℃의 온도 조건을 설정하였고 주정 추출과 동일한 3.5시간 동안 추출하였다.

3. 결과 및 고찰

2025년 봄 상귀시험포장에서 수확한 메리골드 원물의 품종별 루테인 함량을 분석한 결과는 표 1과 같다. ‘코코’ 품종이 5.6 mg/g으로 ‘마블Ⅱ’ 품종(4.2 mg/g) 대비 약 33% 더 많은 루테인을 함유한 것으로 나타났다. 이는 ‘코코’ 품종이 루테인 등 카로티노이드계 색소 생합성에 더 유리한 특성을 지니고 있는 것으로 추정된다.

표 1. 메리골드 원물의 루테인 함량.

품종명	루테인 함량(mg/g)
마블Ⅱ	4.2
코코	5.6

세 가지 추출 공법(주정, 아임계, 초임계)에 따른 루테인 농도 변화를 분석한 결과(표 2), 추출 방식 간 효율 차이가 크게 나타났다. 대조구인 70% 주정 추출의 경우 ‘마블Ⅱ’와 ‘코코’에서 각각 5.2 mg/L, 8.9 mg/L의 농도를 보였다. 고온·고압의 물을 용매로 한 아임계 추출에서는 ‘마블Ⅱ’ 19.8 mg/L, ‘코코’ 2.8 mg/L로 나타났는데, 이는 대표적인 지용성 물질인 루테인이 극성 용매인 물 기반의 아임계 조건에서는 용출 수율이 현저히 떨어진 것으로 판단되며 선행 연구 결과와 비슷했다(Xu et al., 2015). 이산화탄소와 에탄올 보조 용매를 활용한 초임계 추출을 적용했을 때, ‘마블Ⅱ’는 434.7 mg/L, ‘코코’는 476.3 mg/L으로 높은 루테인 농도를 기록하였다. 이는 초임계 유체의 선택적 용해도가 루테인 추출 효율에 최적임을 알 수 있다(Škerget and Bezjak, 2010).

표 2. 추출방법에 따른 루테인 함량.

추출방법	마블Ⅱ		코코	
	시료량 (g)	루테인 농도 (mg/L)	시료량 (g)	루테인 농도 (mg/L)
주정	5	5.2	5	8.9
아임계추출	50	19.8	50	2.8
초임계추출	100	434.7	100	476.3

제주산 노지 메리골드 추출물의 실제 산업화 가능성을 검토하기 위해 건강기능식품 기준 및 규격과 비교하였다(표 3). 식품의약품안전처 고시 기준에 따르면, 건강기능식품 기능성 원료로 인정받기 위해서는 최종 추출물의 루테인 함량이 560~840mg/g 범위여야 한다.

유한건강생활의 선행 연구에서는 원물 자체의 루테인 함량이 17~25 mg/g 수준인 고농도 시료를 사용하여 827.8 mg/g의 원료를 정제한 바 있다. 본 연구진이 제주 노지 봄·가을 재배를 통해 확보한 메리골드 원물 함량은 4.2~5.6 mg/g으로 수입산이나 시설 재배 원물보다는

초기 농도가 상대적으로 낮았으나 초임계 추출로 추출한 추출물의 루테인 함량은 819.9 mg/g으로 루테인 제품 규격 범위 내였다. 이는 초임계 추출 공정이 친수성 불순물을 배제하고 지용성 성분을 고효율로 추출한 데 이어, 정제 공정을 통해 왁스 등 기타 지용성 불순물을 효과적으로 제거해 낸 결과로 판단된다(Pal et al., 2013).

표 3. 건강기능식품 기준 및 규격 비교.

구분	원물 루테인 함량(mg/g)	추출물 루테인 함량(mg/g)
제품 규격	-	560~840
식물공장 메리골드	17~25mg/g ^z	827.8
제주산 메리골드	4.2~5.6mg/g	819.9

^z (주)유한건강생활. (2022). 메리골드(국내산) 추출물 원료의 건강기능식품 개별인정형 원료 개발 및 상용화 연구

메리골드로부터 루테인을 얻기 위해 헥산 등을 이용한 보편적인 유기용매 추출법이 널리 사용되어 왔다(Kasemwattananarot et al., 2020). 그러나 이러한 방식은 최종 제품에 미량 잔존할 경우 인체 유해성 논란을 일으킬 수 있다. 따라서 잔류 용매의 위험이 없고 친환경적이면서도 수율이 월등히 높은 초임계 추출 공정이 고부가가치 건강기능식품 원료 제조에 가장 적합한 기술로 판단된다. 다만, 초임계 추출 설비는 300 bar 이상의 초고압을 견뎌야 하는 시스템 특성상 초기 장비 도입 및 유지·운영 비용이 매우 고가이다. 따라서 이러한 막대한 가공 공정 비용을 상쇄하고 수입 원료 대비 최종 제품의 가격 경쟁력을 확보하기 위해서는 수량과 루테인 함량이 우수한 원물 공급망 구축이 필수적으로 병행되어야 할 것이다.

4. 적요

- 주정, 아임계, 초임계 추출 방법 중 이산화탄소와 에탄올 보조 용매를 활용한 초임계 추출의 루테인 농도가 434.7~476.3 mg/L 으로 가장 효율적이었음
- 최종 추출물 루테인 함량은 819.9 mg/g으로 루테인 제품 규격 범위(560~840mg/g) 내였음

5. 인용문헌

- 식품의약품안전처. 2024. 2023년 식품 등 생산실적 통계. 식품의약품안전처.
- (주)유한건강생활. 2022. 메리골드(국내산) 추출물 원료의 건강기능식품 개별인정형 원료 개발 및 상용화 연구.
- Kasemwattanakot, P., P. Saikhan, and K. Witoon. 2020. Extraction of lutein from marigold flower using solvent extraction. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 965(1):012009.
- Pal, U., et al. 2013. A study on the different methods of preparation of lutein from supercritical fluid processed lutein esters. Journal of Nutrition & Food Sciences, 3(2):1-5.
- Piccaglia, R., M. Marotti, and S. Grandi. 1998. Lutein and lutein ester content in different types of *Tagetes patula* and *T. erecta*. Industrial Crops and Products. 8(1):45-51.
- Škerget, M., and M. Bezjak. 2010. Extraction of Lutein Diesters from *Tagetes Erecta* using Supercritical CO₂ and Liquid Propane. Acta Chimica Slovenica. 57(1):60-65.
- Xu, H., W. Wang, J. Jiang, F. Yuan, and Y. Gao. 2015. Subcritical water extraction and antioxidant activity evaluation with on-line HPLC-ABTS·⁺ assay of phenolic compounds from marigold (*Tagetes erecta* L.) flower residues. Journal of Food Science and Technology. 52(6):3803-3811.

6. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
					'25
책임자	제주도원예작물과	농업사	양성준	과제수행 총괄	○
공동연구자	생물종다양성연구소	팀장	함영민	분석자료 검토	○
공동연구자	생물종다양성연구소	연구원	현혜진	루테인 정량	○
연구보조원	제주도원예작물과	공무직	오아영	시료 전처리	○

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	식량작물 FC	FTA 대응 새소득 작물 개 발 및 조기 보급 확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	김승남
	맥류 FC020201	1) 국내 육성 트리티케일 제주 지역 채종 적합 품종 선발 및 보급확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	김승남
	맥류 FC020201	2) 국내 육성 찰성 보리 제주 지역 적합 품종 선발 및 보급확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	김승남

1. 연구목적

- 새로운 소득작물 개발을 위하여 제주지역에 적합한 트리티케일 품종 선발 및 보급 확대 필요

2. 재료 및 방법

- 시험품종: ‘조성’, ‘한미소1호’, ‘한영’
- 시험장소: 애월읍 상귀리
- 파종시기: '24년 11월 8일
- 시험구 배치법: 난괴법 3반복
- 조사항목: 출수기, 성숙기, 수확기, 수량 특성

3. 주요 연구결과

- 품종별 생육특성

품종명	출수기 (월. 일.)	성숙기 (월. 일.)	수확기 (월. 일.)	간장 (cm)	흰가루병 (0-9)	도복 (0-9)
조성	4. 5.	6. 1.	6. 9.	112.6	0	0
한미소1호	4. 8.	6. 2.	6. 9.	120.4	0	0
한영	4. 10.	6. 3.	6. 10.	116.4	0	0

※ 흰가루병(0~9) - 0: 무발생, 1: 하엽에 약간 발생, 3: 하엽~3엽발생, 5: 하엽~상위4엽 발생, 7: 하엽~차엽 발생, 9: 전엽발생

※ 도복(0~9) - 0: 무, 1: 20% 이하, 3: 21~40%, 5: 41~60%, 7: 61~80%, 9: 81% 이상

- 출수기와 성숙기는 ‘조성’, ‘한미소1호’, ‘한영’ 순으로 빨랐음
- 수확기 및 간장 등 품종간 큰 차이가 없었음

○ 품종별 수량특성

품종명	수장 (cm)	1수 립수 (립)	m ² 당 수수 (개)	천립중 (g)	종실수량 (kg/10a)
조성	11.3	52.3 a ^z	252 b	54.6 a	352 b
한미소1호	10.3	44.9 b	299 b	49.5 b	332 b
한영	11.8	52.0 a	358 a	53.2 a	450 a

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

- ‘한영’이 1수 립수, m²당 수수가 많고, 천립중이 무거워 10a당 종실수량 450kg로 가장 높았음

4. 적 요

- 국내 육성 트리티케일 3품종 중 ‘한영’이 수확기는 비슷하고, 종실 수량이 450kg로 가장 높아 우수하였음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
1) 국내 육성 트리티케일 제주지역 채종 적합 품종 선발 및 보급 확대	책임자	제주도원예작물과	농업연구사	김승남	과제수행 총괄
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	고혁상	수행, 조사
	공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	양성준	자료 검토
	연구보조원	제주도원예작물과	공무직	김경하	시험포장 관리
	연구보조원	제주도원예작물과	공무직	오아영	특성조사보조

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	식량작물 FC	FTA 대응 새소득 작물 개 발 및 조기 보급 확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	김승남
	맥류 FC020201	1) 국내 육성 트리티케일 제주 지역 채종 적합 품종 선발 및 보급확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	김승남
	맥류 FC020201	2) 국내 육성 찰성 보리 제주 지역 적합 품종 선발 및 보급확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	김승남

1. 연구목적

- 도내 찰성 보리 유통시장은 최대 500ha('24 재배면적 75ha)까지 수요가 증가할 가능성이 높음
- 하지만 2002년 이후로 쌀보리와 관련한 연구가 이루어지지 않아, 새로 육성된 품종 중 제주지역에 적합한 품종 선발 필요

2. 재료 및 방법

(시험1) 혼반용 찰성 쌀보리 적합 품종 선발

- 시험품종: '흰찰쌀'(표준), '새찰쌀', '재안찰', '누리찰', '백수정찰'
- 시험장소: 애월읍 상귀리
- 파종시기: '24. 11. 13.
- 시험구 배치법: 난괴법 3반복
- 조사항목: 출수기, 성숙기, 수확기, 수량 특성

(시험2) 기능성 찰성 보리 적합 품종 선발

- 시험품종: '흰찰쌀'(표준), '베타헬스', '흑보찰', '보석찰'
- 시험장소: 애월읍 상귀리
- 파종시기: '24. 11. 13.
- 시험구 배치법: 난괴법 3반복
- 조사항목: 생육 및 수량특성, 기능성 물질 함량 등

3. 주요 연구결과

(시험1) 혼반용 찰성 쌀보리 적합 품종 선발

○ 품종별 생육특성

품종명	출수기 (월. 일.)	성숙기 (월. 일.)	간장 (cm)	흰가루병 (0-9)	도복 (0-9)
흰찰쌀(표준)	4. 9.	5. 18.	56.7	0	0
새찰쌀	4. 13.	5. 16.	55.0	0	0
재안찰	4. 15.	5. 19.	63.8	0	0
누리찰	4. 12.	5. 19.	59.2	0	0
백수정찰	4. 11.	5. 17.	63.7	0	0

※ 흰가루병(0~9) - 0: 무발생, 1: 하엽에 약간 발생, 3: 하엽~3엽발생, 5: 하엽~상위4엽 발생,
7: 하엽~차엽 발생, 9: 전엽발생

※ 도복(0~9) - 0: 무, 1: 20% 이하, 3: 21~40%, 5: 41~60%, 7: 61~80%, 9: 81% 이상

- 출수기는 표준품종 대비 빠른 품종은 없었으며, 성숙기는 ‘새찰쌀’이 2일 빨랐고, 그 외 품종은 비슷하였음

○ 품종별 수량특성

품종명	수장 (cm)	1수립수 (립)	m ² 당 수수 (개)	천립중 (g)	종실수량 (kg/10a)	비고 (품종특성)
흰찰쌀 (표준)	4.1	62.1 a ^z	414	27.1 d	306 ab	조숙, 내도복성
새찰쌀	4.1	56.3 b	389	28.2 c	244 b	조숙, 내한성
재안찰	3.8	52.6 c	428	28.3 c	235 b	내한성, 내도복성
누리찰	4.2	63.0 a	408	29.3 b	378 a	다수성, 내도복성
백수정찰	3.9	49.1 d	422	31.9 a	306 ab	백도↑

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

- 1수립수는 표준 품종 대비 ‘누리찰’은 비슷하였고, 그 외는 적었음
- 천립중은 ‘백수정찰’이 31.9g으로 가장 무거웠음

- 종실수량은 표준품종 대비 ‘누리찰’이 378kg/10a로 23% 증수하였으며, ‘백수정찰’은 비슷하였고, ‘새찰쌀’ 및 ‘재안찰’은 적었음

(시험2) 기능성 찰성 보리 적합 품종 선발

○ 품종별 생육특성

품종명	출수기 (월.일.)	성숙기 (월.일.)	간장 (cm)	흰가루병 (0-9)	도복 (0-9)
흰찰쌀(표준)	4. 9.	5. 18.	56.7	0	0
베타헬스	4. 19.	5. 24.	62.5	0	0
흑보찰	4. 14.	5. 22.	55.2	0	0
보석찰	4. 14.	5. 19.	60.4	0	0

※ 흰가루병(0~9) - 0: 무발생, 1: 하엽에 약간 발생, 3: 하엽~3엽발생, 5: 하엽~상위4엽 발생, 7: 하엽~차엽 발생, 9: 전엽발생

※ 도복(0~9) - 0: 무, 1: 20% 이하, 3: 21~40%, 5: 41~60%, 7: 61~80%, 9: 81% 이상

- 출수기 및 성숙기는 표준품종 대비 빠른 품종은 없었고, 성숙기는 ‘보석찰’이 비슷하였음

○ 품종별 수량특성

품종명	수장 (cm)	1수 립수 (립)	m ² 당 수수 (개)	천립중 (g)	종실수량 (kg/10a)	베타글루칸 (%)	안토시아닌 (mg/bran g)
흰찰쌀 (표준)	4.1 bc ^z	62.1 a	414	27.1 c	306 a	6.9	0.007
베타헬스	4.7 ab	57.4 b	384	32.0 b	261 ab	10.2	0.013
흑보찰	5.3 a	58.5 ab	337	32.8 a	213 b	5.0	0.070
보석찰	3.4 c	53.7 c	365	26.9 c	210 b	4.8	0.074

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

- ‘베타헬스’는 표준품종 대비 1수 립수는 적었으나, 천립중이 무거워 종실수량은 비슷하였음
- ‘흑보찰’은 표준품종 대비 1수 립수 및 천립중이 우수하였으나, m²당 수수가 적어 수량이 적었음

- ‘보석찰’은 표준품종 대비 생육 및 수량특성이 저조하였음
- 기능성 함량 분석 결과 베타글루칸 함량은 ‘베타헬스’가 가장 높았고, 안토시아닌 함량은 ‘흑보찰’, ‘보석찰’이 높았음

4. 적 요

(시험1) 혼반용 찰성 쌀보리 적합 품종 선발

- 표준품종 대비 모든 품종이 전반적인 생육특성은 크게 차이가 없었으나, ‘누리찰’이 378kg/10a로 표준대비 23% 증수하였음

(시험2) 기능성 찰성 보리 적합 품종 선발

- 기능성 품종들은 표준품종 대비 성숙이 늦고, 수량이 낮은 편이었으나 ‘베타헬스’는 수량이 비슷하였음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수 행 업 무
2) 국내 육성 찰성 보리 제주지역 적합 품종 선발 및 보급확대	책 임 자	제 주 도 원 원 예 작 물 과	농 업 사 연구 사	김 승 남	과제수행 총괄
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 원 예 작 물 과	농 업 사 연구 사	고 혁 상	수행, 조사
	공 동 연 구 자	제 주 도 원 원 예 작 물 과	농 업 사 연구 사	양 성 준	자료 검토
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 원 예 작 물 과	공 무 직	김 경 하	시험포장 관리
	연 구 보 조 원	제 주 도 원 원 예 작 물 과	공 무 직	오 아 영	특성조사보조

과제구분	분야 (Code)	과제 및 세부과제명	수행 기간	소속	책임자
고유 연구	식량작물 (FC)	신품종 나물콩 안정 생산 및 보급 확대	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	고혁상
	콩 (FC030301)	1) 신품종 나물콩 '해찬' 안정 재배기술 개발	'25 ~'26	제 주 도 원 예 작 물 과	고혁상
	콩 (FC030301)	2) 신품종 나물콩 '해찬' 농가실증	'25	제 주 도 원 예 작 물 과	고혁상

1. 연구목적

- 착협고가 높고 도복에 강해 기계화에 우수하고 성숙기가 빠른 신품종 나물콩 '해찬' 재배기술 확립으로 농가 보급 확대 기반 마련

2. 재료 및 방법

(시험 1) 신품종 나물콩 '해찬' 파종 한계기 구명

- 시험품종: '해찬'
- 시험장소: 제주시 애월읍 상귀리
- 파종시기: 6. 18.(대비), 6. 27., 7. 4., 7. 15., 7. 25.
- 재식거리: 50×15cm(1주 2립)
- 시험구배치법: 난괴법 3반복
- 조사항목: 착협고, 성숙기, 생육 및 수량특성

(시험 2) 신품종 나물콩 '해찬' 기계파종을 위한 적정 재식거리 구명

- 시험품종: '해찬'
- 시험장소: 제주시 애월읍 상귀리
- 파 종 일: 2025. 6. 18.
- 처리내용: 산파, 40×15cm, 50×15cm(대비), 60×15cm
- 시험구배치법: 난괴법 3반복
- 조사항목: 착협고, 성숙기, 생육 및 수량특성

3. 주요 연구결과

(시험 1) 신품종 나물콩 ‘해찬’ 파종 한계기 구명

○ 파종 시기별 생육특성

파종일 (월. 일.)	개화기 (월. 일.)	성숙기 (월. 일.)	경장 (cm)	착협고 (cm)	도복 ^y (1~9)
6. 18.	8. 3.	10. 5.	85.6	19.5 a ^z	1
6. 27.	8. 7.	10. 10.	74.4	16.9 b	1
7. 4.	8. 10.	10. 16.	80.8	17.7 b	1
7. 15.	8. 15.	10. 20.	75.4	16.8 b	1
7. 25.	8. 27.	10. 27.	69.4	12.3 c	1

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

^y도복: 성숙기에 45° 이상 기울어진 개체의 비율로 등급화

1. 5% 이하 개체 도복 3. 6~10% 개체 도복 5. 11~50% 개체 도복
7. 51~75% 개체 도복 9. 76% 이상의 개체가 도복

- 파종이 빠르면 빠를수록 경장이 길고 착협고가 높았음

○ 파종 시기별 수량특성

파종일 (월. 일.)	협수 (개/주)	협당립수 (개)	백립중 (g)	종실수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
6. 18.	65	2.2	10.5	197 a ^z	100
6. 27.	75	2.0	10.8	192 a	97
7. 4.	80	2.2	10.5	215 a	109
7. 15.	87	2.2	10.8	220 a	112
7. 25.	60	2.1	10.9	190 a	96

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

- 파종 시기에 따른 수량 차이는 없었음

(시험 2) 신품종 나물콩 ‘해찬’ 기계파종을 위한 적정 재식거리 구명

○ 재식거리별 생육특성

처리내용	개화기 (월. 일.)	성숙기 (월. 일.)	경장 (cm)	착협고 (cm)	도복 ^y (1~9)
산파	8. 3.	10. 5.	92.6	19.5 a ^z	1
40×15cm	8. 3.	10. 5.	91.5	18.9 a	1
50×15cm	8. 3.	10. 5.	90.0	18.1 a	1
60×15cm	8. 3.	10. 5.	82.4	17.0 a	1

* 파종일: 2025. 6. 18.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

^y도복: 성숙기에 45° 이상 기울어진 개체의 비율로 등급화

1. 5% 이하 개체 도복 3. 6~10% 개체 도복 5. 11~50% 개체 도복

7. 51~75% 개체 도복 9. 76% 이상의 개체가 도복

- 경장과 착협고는 산파, 조건 40cm, 50cm, 60cm 순으로 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었음

○ 재식거리별 수량특성

처리내용	협수 (개/주)	협당립수 (개)	백립중 (g)	종실수량 (kg/10a)	수량지수 (%)
산 파	51.7	2.2	11.8	208 a ^z	97
40×15cm	67.4	2.1	11.4	227 a	105
50×15cm	65.1	2.2	11.1	215 a	100
60×15cm	87.0	2.1	11.6	201 a	93

* 파종일: 2025. 6. 18.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$

- 재식거리에 따른 수량 차이는 없었음

4. 적 요

(시험 1) 신품종 나물콩 ‘해찬’ 파종 한계기 구명

- 파종이 빠를수록 경장은 길고, 착협고는 높았으나, 파종시기에 따른 수량 차이는 없었음

(시험 2) 신품종 나물콩 ‘해찬’ 기계파종을 위한 적정 재식거리 구명

- 경장과 착협고는 산파, 조간 40cm, 50cm, 60cm 순으로 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었음
- 종실수량은 처리구간 통계적으로 유의한 차이는 없었음

5. 당해연도 연구 참여자

세부과제명	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무
1) 신품종 나물콩 ‘해찬’ 안정 재배기술 개발	책 임 자	제 주 도 원 예작물과	농 업 연구사	고 혁 상	과제수행 총괄
	공 동 연구자	제 주 도 원 예작물과	농 업 연구사	김 승 남	수행, 조사
	공 동 연구자	제 주 도 원 예작물과	농 업 연구사	양 성 준	자료 검토
	공 동 연구자	제 주 도 원 예작물과	농 업 연구관	고 순 보	결과 검토
	연 구 보조원	제 주 도 원 예작물과	공 무 직	김 경 하	시험포장 관리
	연 구 보조원	제 주 도 원 예작물과	공 무 직	오 아 영	특성조사 보조

과제구분	고유연구	수행시기		전반기	
과제명/세부과제명		연구분야 (Code)	수행 기간	소속	책임자
신품종 나물콩 안정 생산 및 보급 확대		식량작물 (FC)	'25 ~'26	제주도원예작물과	고혁상
1) 신품종 나물콩 '해찬' 안정 재배 기술 개발		콩 (FC030301)	'25 ~'26	제주도원예작물과	고혁상
2) 신품종 나물콩 '해찬' 농가실증		콩 (FC030301)	'25	제주도원예작물과	고혁상
색인용어	두류, 나물콩, 신품종, 재배기술, 보급 확대				

ABSTRACT

This study was conducted as an on-farm demonstration trial to promote the rapid distribution of the newly selected 'Haechan' sprout soybean variety. Its primary objectives are to disseminate mechanized harvesting technology, reduce labor requirements, and ultimately increase farm income. Four on-farm demonstration sites were established to evaluate the performance of the soybean cultivar 'Haechan'. The results showed that 'Haechan' reached maturity 4 days earlier than 'Pungsannamulkong' and 14 days earlier than 'Aram'. The number of pods per plant was highest in 'Haechan', and the cultivar exhibited strong resistance to lodging. In terms of yield, 'Haechan' produced 279 kg per 10a, which represents a 16% increase compared to 'Pungsannamul-kong'(240 kg per 10a).

key words: soybean, new variety, cultivation techniques, expansion of cultivation area

1. 연구목표

제주지역 나물콩 재배면적은 2024년 기준 4,038ha이고 생산량은 5,480

톤으로 전국의 80%를 차지하며, 월동채소 재배면적 안정화에 기여하는 중요한 작물이다.

현재 도내에서 ‘풍산나물콩’, ‘아람’이 주로 재배되고 있으나, ‘풍산나물콩’은 착협고가 낮아 기계수확이 어렵고, ‘아람’은 성숙기가 늦어 수확 지연으로 나물콩 품질이 저하되는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 성숙기가 빠르고 착협고가 높은 신품종 나물콩 ‘해찬’을 2021~2023년 지역적응시험을 통하여 농촌진흥청과 공동 육성·선발하였다. 이에 제주지역 나물콩 산업의 경쟁력 강화를 위하여 새로 선발된 신품종 ‘해찬’ 나물콩의 제주지역 현장 적용 가능성 및 기계수확 기술 보급과 노동력 절감, 농가 소득 증대를 도모하고자 추진하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 제주시 구좌읍(평대리), 애월읍(어음리), 한경면(낙천리), 서귀포시 안덕면(동광리) 지역에서 농가 실증시험을 수행하였다. 시험품종은 도내 주로 재배되고 있는 ‘아람’, ‘풍산나물콩’, ‘해찬’이었으며 한경지역에는 ‘오름’ 품종을 추가로 공시하였다. 파종일은 구좌읍(평대리) 6월 27일, 애월읍(어음리) 7월 8일, 한경면(낙천리) 7월 7일, 안덕면(동광리) 7월 4일에 기계파종 하였다.

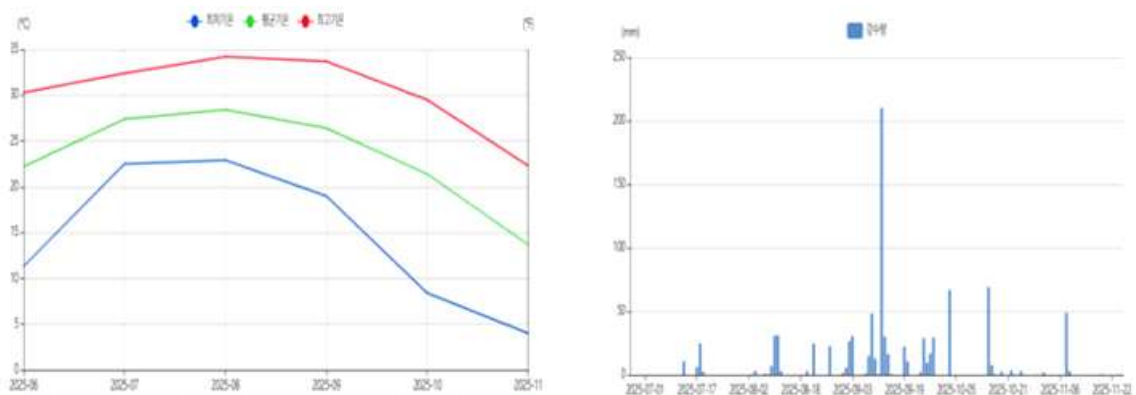
재식거리는 조간 50cm로 파종하였고 비료는 10a당 질소 3kg, 인산 3kg, 칼륨 3.4kg를 기준으로 기비로 시용하였고 시험구배치법은 단구제로 처리하였다. 병충해 방제 등 기타 재배 관리는 농촌진흥청 콩 재배기술에 준하였다.

개화기, 성숙기, 도복 등 생육특성은 육안으로 조사하였으며, 경장 및 착협고는 임의로 반복별 10주씩 채취하여 조사하였다. 수량 특성은 협수, 협당 립수를 임의로 반복별 10주씩 채취하여 조사하였고, 백립중은 수확 후 반복별 시료를 임의로 채취하여 측정하였다. 수량은 구당 전체수량을 1,000m²으로 환산하여 산출하였다. 기타 조사 기준은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준에 준하여 실시하였다. 또한

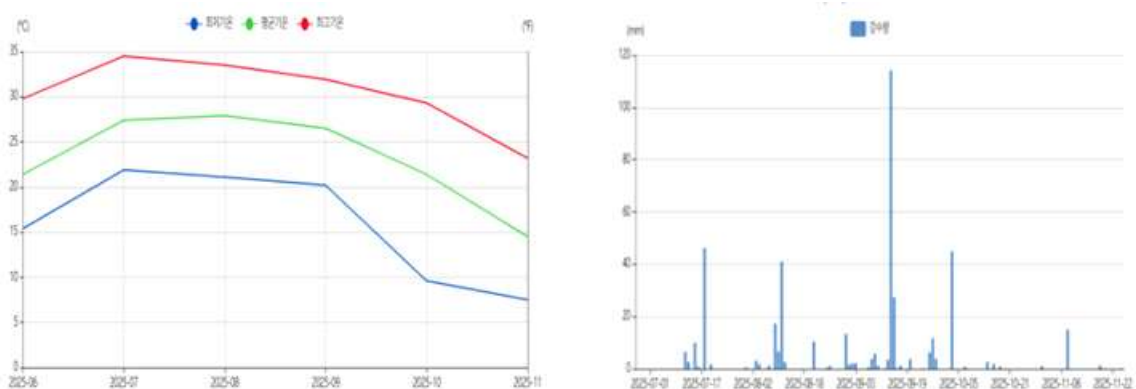
제주지역에서 문제가 되는 자주무늬병을 효과적으로 방제하기 위하여 2개소(구좌, 안덕)에서 자주무늬병 방제 약제 시험을 개화기부터 협신장기까지 2가지 약제로 2회 처리하여 시험을 추진하였다.

3. 결과 및 고찰

제주지역 2025년 콩 생육기간 동안의 월 평균기온은 6~7월(파종기) 20.9℃, 8월(개화기, 착협기) 27.9℃, 9월(종실비대기) 26.5℃, 10월(성숙기) 21.4℃, 11월(수확기) 14.5℃로 나타났다. 동부지역 월 강수량은 9월에 210mm가 내렸고 강우일수가 많아 종실비대기에 품질이 저하될 수 있는 기상을 보였고, 서부지역은 강수량 117mm로 동부지역보다 강수량과 강우일수가 적었다(그림 1).



동부지역 온도 및 강수량



서부지역 온도 및 강수량

그림 1. 동·서부지역 콩 생육기간 중 온도 및 강수량 비교(2025. 6.~11.).

신품종 나물콩 ‘해찬’ 농가실증 지역별 생육특성은 표 1과 같다. 성숙기는 ‘해찬’ 품종이 애월지역을 제외하고는 가장 빨랐고, ‘풍산나물콩’, ‘아람’ 순으로 빨랐다. 4개소 평균 경장은 ‘아람’이 ‘해찬’ 보다 2.2cm 높았고 착협고는 ‘해찬’이 ‘아람’ 품종보다 1.2cm 높았다. 도복은 ‘해찬’이 ‘아람’, ‘풍산나물콩’ 보다 강한 경향이 있었다.

표 1. 지역별 콩 생육특성.

지 역 (파종일)	품 종	개 화 기 (월 일)	성 숙 기 (월 일)	경 장 (cm)	착 협 고 (cm)	도 복 ^z (1~9)
구좌 (6. 27.)	해찬	8. 2.	10. 10.	70.4	16.9	1
	풍산나물콩	8. 2.	10. 15.	59.4	10.2	5
	아람	8. 5.	10. 25.	66.5	15.8	3
애월 (7. 8.)	해찬	8. 15.	10. 20.	59.2	13.9	1
	풍산나물콩	8. 13.	10. 16.	50.3	11.4	5
	아람	8. 15.	11. 1.	65.7	13.2	3
한경 (7. 7.)	해찬	8. 13.	10. 20.	74.6	14.2	3
	풍산나물콩	8. 10.	10. 25.	62.9	8.6	5
	아람	8. 15.	11. 1.	77.2	13.7	3
안덕 (7. 4.)	해찬	8. 7.	10. 16.	80.8	17.7	1
	풍산나물콩	8. 5.	10. 25.	61.4	9.9	5
	아람	8. 7.	11. 1.	84.6	15.4	3
평균	해찬	-	-	71.3	15.7	1
	풍산나물콩	-	-	58.5	10.0	5
	아람	-	-	73.5	14.5	3

^z도복: 성숙기에 45° 이상 기울어진 개체의 비율로 등급화

1. 5% 이하 개체 도복 3. 6~10% 개체 도복 5. 11~50% 개체 도복
7. 51~75% 개체 도복 9. 76% 이상의 개체가 도복

신품종 나물콩 ‘해찬’ 농가실증 지역별 생육특성은 표 2와 같다. 농가실증 구좌, 애월, 한경, 안덕 4개소 평균 협수는 ‘풍산나물콩’ 품종이 60개로 가장 많았고, 협당립수는 ‘아람’ 품종이 2.3개로 가장 많았고 백립중은 ‘아람’ 품종에서 10.6g으로 가장 높았고, 종실수량에서는 ‘아람’ 품종이 10a당 320kg 가장 많았고 ‘해찬’, ‘풍산나물콩’ 순이었다.

표 2. 지역별 콩 수량특성.

지 역 (과종일)	품 종	협수 (개/주)	협당 립수 (개)	백립중 (g)	자주 무늬병 (1~9) ²	종실 수량 (kg/10a)	수량 지수 (%)
구좌 (6. 27.)	해찬	42	2.0	9.9	1	192	103
	풍산나물콩	76	2.2	9.6	1	186	100
	아람	42	2.2	9.9	1	234	126
애월 (7. 8.)	해찬	27	2.1	10.2	3	250	104
	풍산나물콩	37	2.2	9.5	3	241	100
	아람	42	2.3	10.2	3	310	129
한경 (7. 7.)	해찬	31	2.2	11.0	3	302	101
	풍산나물콩	50	2.3	12.3	3	299	100
	아람	41	2.4	11.0	3	361	121
안덕 (7. 4.)	해찬	45	2.2	10.5	0	371	158
	풍산나물콩	75	2.2	10.3	0	235	100
	아람	60	2.3	11.3	3	373	159
평 균	해찬	36	2.1	10.4	1.8	279	116
	풍산나물콩	60	2.2	10.4	1.8	240	100
	아람	46	2.3	10.6	2.5	320	133

²자주무늬병: 0. 무발병, 1. 발병립률 1% 미만, 3. 발병립률 1~10%,
5. 발병립률 11~30%, 7. 발병립률 31~50%, 9. 발병립률 51% 이상

자주무늬병 방제 농가실증 결과는 표 3과 같다. 4개소에 자주무늬병 방제 효과를 구명하기 위하여 자주무늬병 저항성 약제를 개화기~협신장기 기간 중 2회 살포한 결과 관행으로 방제한 처리구보다 자주무늬병 발생 비율이 감소하는 경향이였다.

표 3. 자주무늬병 방제 농가실증 결과(방제 2회 처리).

품종	성분 처리내용	발생비율(%)	
		안덕	구좌
풍산나물콩	플록사피록사드(처리구)	0.0	0.3
아람		1.3	0.6
해찬		0.0	0.7
해찬	아족시스트로빈(농가관행)	1.1	2.1

※ 자주무늬병 내성(%): 플록사피록사드 0, 아족시스트로빈 84, 국립식량과학원('23)

농가실증(안덕) 품종별 생육 모습은 그림 2와 같다. ‘풍산나물콩’ 품종에서 꼬투리는 갈색으로 성숙하나, 줄기가 녹색으로 미성숙된 녹색현상이 발생하였고, ‘해찬’ 품종은 녹색현상 발생 없이 정상적으로 성숙하여 수확이 가능하였다.



‘해 찬’



‘풍산나물콩’



‘아 람’

그림 2. 품종별 포장 사진(안덕). (촬영일: 10. 20.)

신품종 나물콩 ‘해찬’ 농가실증 현장평가회 모습은 그림 3과 같다. 도내 나물콩 재배 농가에서는 ‘해찬’ 보급중 조기 공급을 요청하였고, 농협에서는 항공(드론) 방제용 농약 등록 관련 시험을 요청하였다. 또한 가공업체에서는 콩나물 가공시 균일성, 품질 등을 강조하였고 현장평가 참석자 대상 만족도* 조사는 종합 결과 91점으로 우수한 평가를 받았다.

* 조사항목: 기계화적합성, 공급확대 필요성, 성숙기, 전반적인 만족도, 쓰러짐 정도, 첫 꼬투리 높이, 재배의향



1차 현장평가회(10. 28.)



2차 현장평가회(10. 30.)



콤바인 기계수확 연시(안덕)



유관기관 종합토론

그림 3. 농가실증 현장평가회 사진.

4. 적요

- 신품종 나물콩 ‘해찬’ 품종 제주지역 농가실증 결과 성숙기는 애월지역을 제외하고는 구좌, 한경, 안덕에서 가장 빨랐음
- 농가실증 4개소 평균 착협고는 ‘해찬’ 품종이 15.7cm로 가장 높았고, 도복에도 가장 강해 콤바인을 이용한 기계수확에 적합한 품종으로 판단됨

- 종실수량은 ‘아람’ 품종이 ‘해찬’, ‘풍산나물콩’ 품종보다 많았지만 성숙기가 늦어 수확이 지연되어 품질이 저하되는 단점이 있어 조숙 품종을 찾는 경우엔 ‘해찬’, ‘풍산나물콩’ 품종이 적합할 것으로 판단됨
- 구좌, 안덕지역에서 자주무늬병 전용 약제를 살포한 결과 일반 관행보다 발생비율이 감소하는 경향이 있어 재배 농가에서는 반드시 콩 전용 약제로 등록된 약제로 살포하여야 함

5. 결과활용

- 2025년 신품종 나물콩 ‘해찬’ 농가실증 현장평가회
- 신품종 콩 일관 기계화 특화단지 조성 시범사업(서부 1개소, 20ha)

6. 인용문헌

제주특별자치도. 2024. 농축산식품현황.

김준희, 강범규, 서정현, 허수빈, 박혜랑, 이영훈, 한원영, 박기림. 2024. 착협고가 높고 쓰러짐과 탈립에 강한 나물콩 콩 품종 ‘해찬’. 한국육종학회 학술발표지. p.326.

김용덕, 윤창신, 김성택, 오시행, 김봉찬, 부우숙, 부승진. 2010. 콩 재배 기계화 농가실증시험. 제주특별자치도농업기술원 시험연구보고서. p.373-376.

고무수. 2000. 기계화에 알맞은 나물콩 우량품종선발 농가실증시험(제주지역 기계수확에 알맞은 나물용콩 품종선발). 제주도농업기술원 시험연구보고서. p.198-199.

오정행, 김동윤. 2001. 콩 재배방법이 미이라병과 자주무늬병의 발생 및 식물생육에 미치는 영향. 한국식물병리학회 식물병연구. 7(2):107-111.

서정현, 강범규, 김준희, 허수빈, 한원영, 이영훈, 박기림, 김기영. 2025. 쓰러짐과 불마름병에 강한 선비잡이콩 ‘새들’. 한국육종학회지. 57(2):189-197.

양우삼, 김승남, 조연동, 양영범, 박원배, 한희숙. 2020. 파종 방법에 따른 생산성 비교. 제주특별자치도농업기술원 시험연구보고서. p.80-82.

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
					'25
책임자	제주도원예작물과	농업연구사	고혁상	과제수행 총괄	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	김승남	수행, 조사	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업연구사	양성준	자료 검토	○
공동연구자	제주도원예작물과	농업연구관	고순보	결과 검토	○
연구보조원	제주도원예작물과	공무직	김경하	시험포장 관리	○
연구보조원	제주도원예작물과	공무직	오아영	특성조사 보조	○

Ⅲ. 연구개발 주요 성과

1. 종사 공급

월동채소 우량 품종 종자 생산·공급

(원예작물과 김주영, 오동은, 정명호, 김홍숙, 김민찬)

가. 목 적

- 우리원 육성 월동채소 품종 및 선발 계통의 관리 및 보급 추진

나. 생산 및 공급 실적('25)

- 마늘 (단위: kg)

품종(계통)	생산	공급	비고
IT254003	15	5	실증재배
IT253998	17	5	실증재배
IT253128	12	5	실증재배

- 당근 (단위: g)

품종(계통)	생산	공급	비고
미니홍	2,355	30	국립종자원 2차 재배시험용

수경재배씨감자 생산·공급

(농산물원종장 박정훈, 김경표, 김정선, 송효선, 고명식, 양은심, 강민웅,
박재혁, 장수정, 김명승, 김강희)

가. 목 적

○ 무병 우량 수경재배씨감자 안정 생산·공급 체계 구축

나. 공급실적

공급시기	품 종	원종 공급량(kg)
봄 재배	탐 나	4,280
	대 지	3,395
	소 계	7,675
가을 재배	탐 나	5,680
	대 지	4,750
	소 계	10,430
계	탐 나	9,960
	대 지	8,145
	합 계	18,105

다. 연도별 수경재배씨감자 공급 실적

(단위: 톤)

'07~'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	계
173.2	16.8	23.9	20.4	19.1	16.6	16.9	18.1	305

맥주보리.콩 종자 생산 공급

(농산물원종장 강지호, 전관우, 강형철, 김정선, 송효선, 박원배, 양희정)

가. 목 적

○ 맥주보리, 콩 등 원원종 및 원종 생산으로 우량 종자 안정적 공급

나. 채종단계별 생산량('25)

작물명	품종명	계		원 원 종		원 종	
		면적 (a)	생산량 (kg)	면적 (a)	생산량 (kg)	면적 (a)	생산량 (kg)
합계	3	470	9,750	35	470	435	9,280
맥주보리	호품보리	145	5,410	10	210	135	5,200
소계	1	145	5,410	10	210	135	5,200
콩	풍산나물콩	130	940	10	100	120	840
	아람	195	3,400	15	160	180	3,240
소계	2	325	4,340	25	260	300	4,080

다. 맥주보리 · 콩 종자 공급 실적('25)

작물명	품종명	공급 실적(kg)		
		계	원 원 종	원 종
맥주보리 ('25년산)	호품보리	5,200	-	5,200
콩 ('25년산)	풍산나물콩	0	-	-
	아람	3,240	-	3,240

라. 연도별 종자 공급 실적

(단위: ton)

작물명	'07~'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	계
콩	642.8	3.9	3.3	4.1	3.5	4.1	5.2	4.8	666.9
맥주보리	44.4	6.4	6.1	6.9	4.5	4.5	5.6	5.2	78.4

※ 2018년부터 종자원에서 콩 보급종 생산 업무 이관

메밀 종자 생산·공급

(농산물원종장 강지호, 강형철, 김정선, 송효선, 장행관, 전은미, 이은주)

가. 목 적

- 국내 육성 메밀 품종 종자 보급 체계 구축을 위한 채종단지 조성
성용 순도 높은 메밀 우량 종자 생산 및 안정적 공급

나. 생산량('25)

- 생산량: 3,172kg(원원종급 152, 원종급 3,020)
- 품 종: '양절'
 - 채종단계·품종별 생산 결과

채종단계	품종명	생산량(kg)	활용계획
계		3,172	-
원원종	양절	152	'26년 원종급 증식용
원 종	양절	3,020	'26년 보급종 증식용

다. 공급량('25)

- 공급량: '양절' 3,000kg

채종단계	품종명	생산량(kg)	활용결과
원 종	양절	3,000	'25년 채종단지 7개소 30ha

※ 근거: 「제주메밀 발전 5개년 추진 계획」 '제주메밀 우량 종자 생산·공급'사업

라. 연도별 메밀 종자 공급 실적

(단위: kg)

'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	계
300	300	1,000	3,000	3,000	3,000	3,000	13,600

마늘 우량종구 생산·공급

(농산물원종장 전관우, 양성년, 김정선, 송효선, 이숙영, 강태균)

가. 목 적

- 마늘 ‘대사니’ 우량 종구 안정 생산 및 공급 체계 구축

나. 생산 및 공급 실적('25)

- ‘대사니’ 조직배양 우량종구 생산: 426,187개

구 분		생산량(인편수/개)	비고
합 계		426,187	
조직배양구(0.2g이상)		4,187	조직배양 (농산물원종장)
1세대	배양구 증식 인편	7,000	망실하우스 (무릉종자생산포장)
2세대	1세대 증식 인편	75,000	
3세대	2세대 증식 인편	340,000	

- ‘대사니’ 3세대 인편 공급량: 1,135kg

구 분	공급량(kg)	공급처
3세대 인편	375	동부농업기술센터
	750	서부농업기술센터
	10	원예작물과
합계	1,135	

- * ‘대사니’ 우량 종구 3세대, 4세대 공급량: 2,400kg

구 분	공급량(kg)	공급처
3세대 인편	607kg	지역농협
4세대 인편	1,793kg	
합계	2,400kg	

채나무 우량 품종 묘목삽수 공급

(농산물원종장 강지호, 김정선, 송효선, 장행관, 전은미, 이은주)

가. 목 적

- 차나무 신규다원 조성 및 품종갱신 희망 농가에 우량 품종 묘목·삽수 공급

나. 공급 실적('25)

- 삽수: 6품종 365kg

육성구분	품 종 명	공급량(kg)	규 격
도입	료오후, 메이료꾸, 오꾸미도리 사에미도리, 대차,	340	9월지
도내	비취설	25	9월지
합 계		365	

※ 차나무 삽수는 전량 유상 분양(3,000원/kg)

다. 연도별 농가 차나무 묘목·삽수 공급 실적

(단위: 묘목-주, 십수-kg)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	계
삽수	470	218	416	673	359	500	365	3,001
묘목	-	15,500	900	8,000	-	-	-	24,400

2. 유전자원 보존

감귤 유전자원 보존

(과수연구과 김진주, 정승용, 주재연, 오명협, 주정숙)

가. 목 적

- UPOV 대응 유전자원의 자원화 및 육종소재 활용을 위한 DB화

나. 보유 현황

- 유전자원 보존(IT No. 기준): '15) 273종 → '20) 503종 → '22) 508종 → '25) 523종
 - 재 래 귤: 당유자 등 12종
 - 온주밀감: 상도조생, 인자조생 등 117종
 - 만 감 류: 가을향, 달코미, 설향 등 394종

다. 2025년 감귤 유전자원 활용 실적

- 자원 특성평가: 궁천조생 등 122자원(질적 3, 양적 8)
- 품종육성재료 : 성전온주 등 15자원
- 농업생명자원 분양
 - 분양자원수 : 7자원(2기관)
 - 분양방법: 과실, 접수 분양
 - 분양목적: 중복보존 및 대목 활용 가능성 검토
 - 분양받은 기관
 - 국립원예특작과학원 감귤연구센터
 - 자원종묘

농업생명자원 분양목록				
작물명	품종명	분양수량	분양신청인	사용목적
감귤	가을향, 달코미, 설향, 우리향, 맛나봉, 레드스타	100g (접수)	감귤연구센터 (박지*)	관리기관 중복보존
감귤	스윙글 시트루멜로	10kg (과실)	자원종묘 (고윤*)	대목활용가능성 검토

월동채소 유전자원 보유

(원예작물과 김주영, 오동은, 정권문, 정명호, 김홍숙, 김민찬)

가. 목 적

- 다양한 유전자원을 수집하고 특성 검정을 통하여 우수한 육종 모본 선발 및 계통 육성

나. 보유 현황

- 마늘, 양파, 브로콜리, 당근, 쪽파 197종 유지 및 보존
 - 마늘: 제주G-601호 등 16종, - 양파: JMI19 등 38종
 - 브로콜리: MV531 등 100종, - 당근: JC5 등 42종
 - 쪽파: 제주 S-12호 1종

다. 주요 유전자원 특성

작목명	품종 (계통)명	주요 특성	수집 장소	보존 방법
마늘	제주G-9502	생육양호, 상품성 높고, 병해 강함	외국수집, 계통선발	영양체 증식
마늘	254003	수량성이 많고, 매운맛 함량이 낮음	국내수집, 계통선발	영양체 증식
양파	JC14	도복 4중, 원형, 구 크기가 크 고 균일함	외국수집, 계통육성	종자 저온저장
양파	JM32	도복 4중, 원형, 균일, 추대 및 분구 적음	외국수집, 계통육성	종자 저온저장
브로콜리	MV531	안토시아닌 Free, 중만생, 노균병 저항성	교배, 계통육성	종자 저온저장
브로콜리	VB1025	안토시아닌 Free, 중만생, 화구 형 우수	교배, 계통육성	종자 저온저장
당근	JC5	색이 진하고 근맺힘이 빠름	외국종 계통분리	종자 저온저장
당근	Ca5	미니당근, 생식용으로 식감이 부드러움	외국종 계통분리	종자 저온저장
쪽파	제주S-12	초장이 길고 엽이 단단함	지역별 수집	영양체 증식

3. 영농기술 · 정보(공동 연구)

영농정보 요약

활용구분 *한분야만선택	영농기술			영농정보																																				
	신기술 시범사업	현장실증 연구		농업기술 길잡이	교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털																																	
제 목	국내육성 골드키위 '감황' 품질향상을 위한 적정 착과량																																							
활용 분야	과수																																							
검 색 어	골드키위, 감황, 착과량, 당도, 건물률																																							
활용 내용 요약	☐ 배경 ○ '감황' 골드키위는 재배관리 차이로 인한 품질 편차로 수확기준에 맞춰 상품 과실을 생산하는데 농가에로서항이 있음 ☐ 개발된 영농정보 내용 ○ 착과량 조절을 위한 결과지당 착과 구성																																							
	<table><tr><td>착과량</td><td>결과지당 평균 착과수</td><td>착과 구성</td></tr><tr><td>38과/㎡</td><td>2.38</td><td>(2과×10)+(3과×6)</td></tr><tr><td>48과/㎡</td><td>3.00</td><td>3과×16</td></tr><tr><td>58과/㎡</td><td>3.63</td><td>(3과×6)+(4과×10)</td></tr></table>							착과량	결과지당 평균 착과수	착과 구성	38과/㎡	2.38	(2과×10)+(3과×6)	48과/㎡	3.00	3과×16	58과/㎡	3.63	(3과×6)+(4과×10)																					
	착과량	결과지당 평균 착과수	착과 구성																																					
	38과/㎡	2.38	(2과×10)+(3과×6)																																					
	48과/㎡	3.00	3과×16																																					
	58과/㎡	3.63	(3과×6)+(4과×10)																																					
	※ 기준: 결과모지 간격 30~40cm, 결과모지 길이 3m 내외																																							
	 <38과/㎡>  <48과/㎡>  <58과/㎡>																																							
	○ 착과량 조절에 따른 과실 크기 및 품질 비교																																							
	<table><tr><th rowspan="2">착과량</th><th colspan="2">과실평면적(㎠)</th><th colspan="2">건물률(%)</th><th colspan="2">당도(° Bx)</th></tr><tr><th>성산</th><th>애월</th><th>성산</th><th>애월</th><th>성산</th><th>애월</th></tr><tr><td>38과/㎡</td><td>32.7a</td><td>28.9a</td><td>16.8a</td><td>17.1a</td><td>9.5a</td><td>8.0a</td></tr><tr><td>48과/㎡</td><td>31.9a</td><td>27.5b</td><td>15.6a</td><td>17.4a</td><td>8.3b</td><td>7.5ab</td></tr><tr><td>58과/㎡</td><td>29.6b</td><td>26.4b</td><td>16.6a</td><td>17.0a</td><td>8.2b</td><td>6.9b</td></tr></table>							착과량	과실평면적(㎠)		건물률(%)		당도(° Bx)		성산	애월	성산	애월	성산	애월	38과/㎡	32.7a	28.9a	16.8a	17.1a	9.5a	8.0a	48과/㎡	31.9a	27.5b	15.6a	17.4a	8.3b	7.5ab	58과/㎡	29.6b	26.4b	16.6a	17.0a	8.2b
착과량	과실평면적(㎠)		건물률(%)		당도(° Bx)																																			
	성산	애월	성산	애월	성산	애월																																		
38과/㎡	32.7a	28.9a	16.8a	17.1a	9.5a	8.0a																																		
48과/㎡	31.9a	27.5b	15.6a	17.4a	8.3b	7.5ab																																		
58과/㎡	29.6b	26.4b	16.6a	17.0a	8.2b	6.9b																																		
※ DMRT(5%) ※ 조사일: 2025. 9. 30. - 착과량이 적을수록 과실크기가 크며 당도가 높았음																																								
○ 착과량별 나무당 과실 규격 및 수량성 비교																																								
<table><tr><th rowspan="2">착과량</th><th colspan="5">과실규격(%)</th><th rowspan="2">총수량 (kg/주)</th></tr><tr><th>82~101g</th><th>102~111g</th><th>112~168g</th><th>169g~</th><th>비상품</th></tr><tr><td>38과/㎡</td><td>2.8</td><td>3.8</td><td>82.3</td><td>6.6</td><td>4.5</td><td>88.8</td></tr><tr><td>48과/㎡</td><td>3.1</td><td>3.6</td><td>77.5</td><td>12.2</td><td>3.6</td><td>100.9</td></tr><tr><td>58과/㎡</td><td>32.0</td><td>16.3</td><td>45.0</td><td>1.7</td><td>5.0</td><td>93.1</td></tr></table>							착과량	과실규격(%)					총수량 (kg/주)	82~101g	102~111g	112~168g	169g~	비상품	38과/㎡	2.8	3.8	82.3	6.6	4.5	88.8	48과/㎡	3.1	3.6	77.5	12.2	3.6	100.9	58과/㎡	32.0	16.3	45.0	1.7	5.0	93.1	
착과량	과실규격(%)					총수량 (kg/주)																																		
	82~101g	102~111g	112~168g	169g~	비상품																																			
38과/㎡	2.8	3.8	82.3	6.6	4.5	88.8																																		
48과/㎡	3.1	3.6	77.5	12.2	3.6	100.9																																		
58과/㎡	32.0	16.3	45.0	1.7	5.0	93.1																																		
- 착과량이 적을수록 큰 과실규격 비율이 높았으며, 총수량은 48과/㎡ 착과시 가장 많았음																																								
☐ 파급효과 ○ '감황' 적정 착과량 조절을 통한 품질향상으로 농가 소득 향상																																								
연구개발과제	예산사업명	지역특화작목기술개발																																						
	연구개발과제명	제주지역 골드키위 '감황' 안정생산·생력화 연구 및 스마트 팜 기반 구축																																						
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 과수연구과 김보화 (전화 : 064-760-7243, e-mail :bhk0823@korea.kr)																																						
	공동개발자	제주특별자치도농업기술원 과수연구과 박재홍																																						

국내육성 골드키위 '감황' 품질향상을 위한 적정 착과량

□ 배경

- '감황' 골드키위는 재배관리 차이로 인한 품질 편차로 수확기준에 맞춰 상품 과실을 생산하는데 농가 애로사항이 있음

□ 영농기술정보 개요

- 과실 비대 및 수확당도 향상을 위한 적정 착과량: m²당 38과~48과
- 수량성 및 농가 수익 향상을 위한 적정 착과량: m²당 48과
- ⇒ 종합적으로, 과실 품질과 농가 수익 향상을 위한 적정 착과는 m²당 48과임

□ 연구결과

- 착과 조절 전·후 엽 내 탄수화물(전분) 함량 비교

착과량	A농가			B농가		
	전분함량(mg/g DW)		감소율(%)	전분함량(mg/g DW)		감소율(%)
	5/20	7/3		5/20	7/3	
38과/m ²	104.2a ^z	78.1a	25.0	303.8a	173.6a	42.9
48과/m ²	65.1a	43.4ab	33.3	321.2a	147.6a	54.0
58과/m ²	95.5a	17.4b	81.8	321.2a	104.2a	67.6

※ 결과지 3~5번째 위치에 완전히 전개된 엽 조사(조사일: 2025. 7. 3.)

^z DMRT(5%)

- 착과량이 많을수록 엽 전분 함량 감소가 큰 경향임

- 착과량별 엽 생리·생육 특성 비교

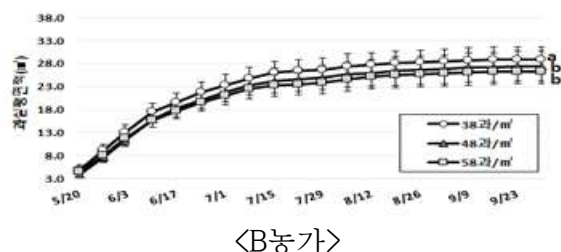
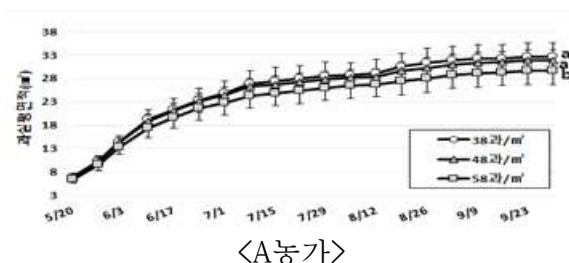
착과량	A농가		B농가	
	SPAD	엽면적(cm ²)	SPAD	엽면적(cm ²)
38과/m ²	49.9a ^z	139.8a	56.2a	132.7a
48과/m ²	48.1b	140.5a	53.8b	108.1b
58과/m ²	46.5c	147.3a	51.9c	107.4b

※ 결과지 3~5번째 위치에 완전히 전개된 엽 조사(조사일: 2025. 7. 3.)

^z DMRT(5%)

- 착과량이 많을수록 엽록소의 상대적 함량이 낮음

- 착과량별 과실 비대 양상 및 과실크기 비교



※ 과실평면적(A)= $\pi \times (\text{횡경}/2) \times (\text{종경}/2)$

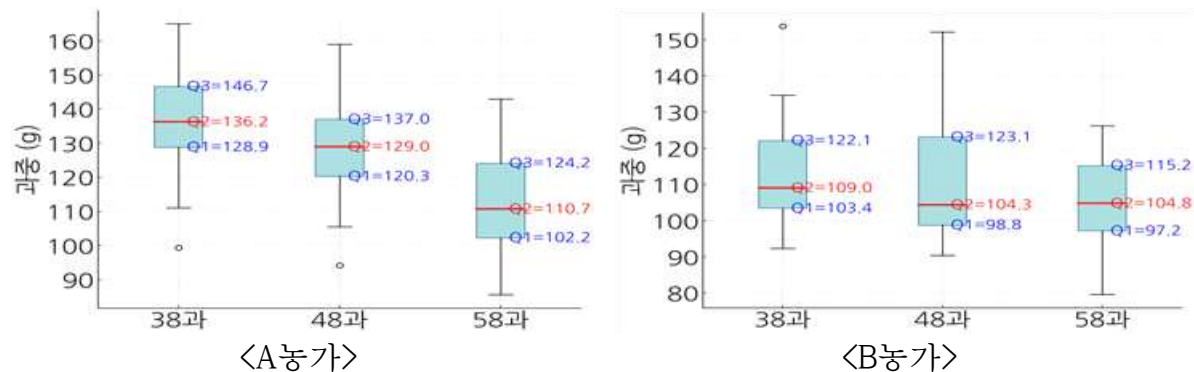
착과량	A농가			B농가		
	횡경(mm)	종경(mm)	과실평면적(cm ²)	횡경(mm)	종경(mm)	과실평면적(cm ²)
38과/m ²	62.6a	66.3a	32.7a	60.4a	60.9a	28.9a
48과/m ²	62.1a	65.4a	31.9a	58.7a	59.5a	27.5b
58과/m ²	59.3b	63.4b	29.6b	57.2b	58.6b	26.4b

※ 조사일: 2025. 9. 30.

^z DMRT(5%)

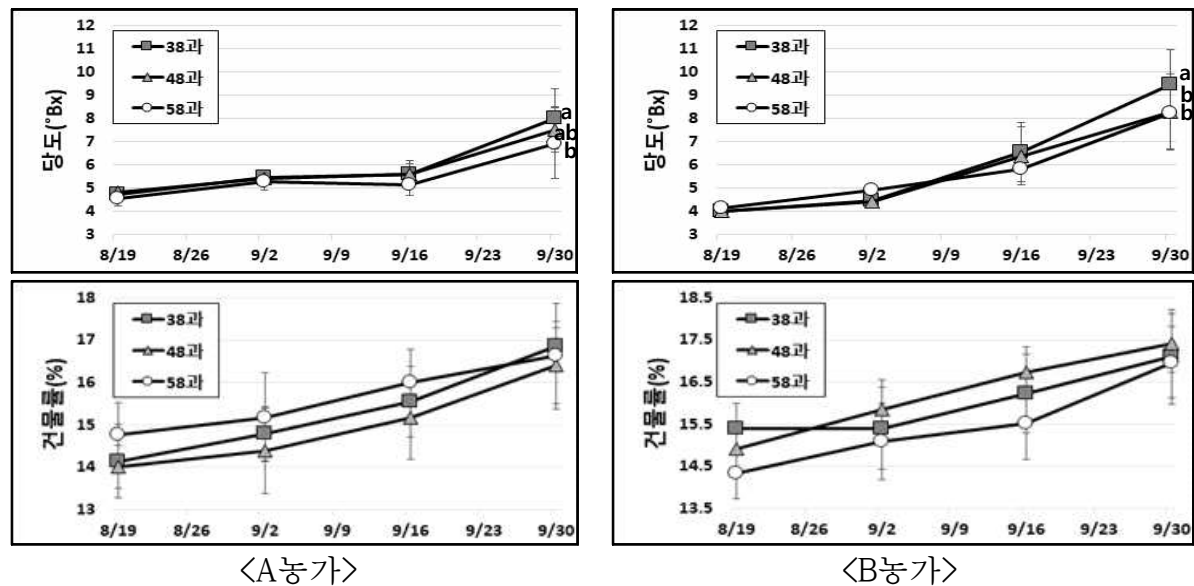
- 착과량이 적을수록 과실비대가 빠르고 최종 과실 크기가 큼

○ 착과량별 과중 비교



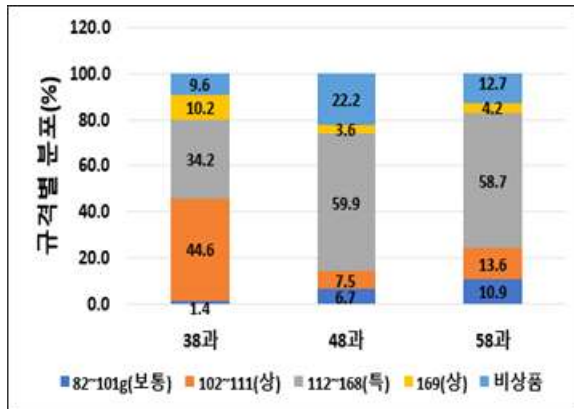
- 착과량이 적을수록 과중 분포 중앙값이 가장 큼

○ 착과량별 품질 비교

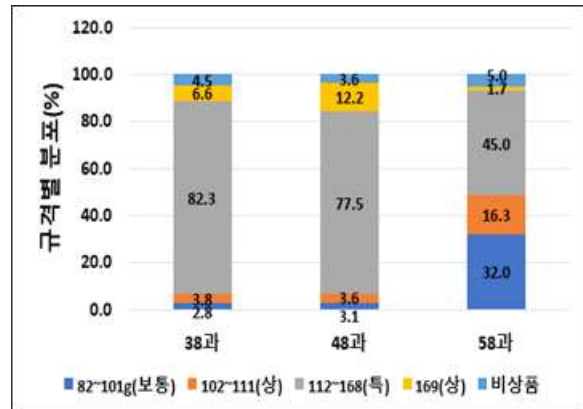


- 두 농가 모두 최종 건물률은 큰 차이가 없던 반면, 착과수가 적을수록 당도 상승폭이 컸음

○ 착과량별 나무당 과실 규격 분포



<A농가>



<B농가>

- 착과량별 과수 규격 분포를 봤을 때, 102~168(특·상) 기준의 과중 분포는 38과 착과시 가장 많았음

○ 착과량별 수확량 및 농가수취 가격

착과량	평균 수확량(kg/주)					수취가격 (천원/10a)
	계	특 (112~168g)	상 (102~111g, 169g~)	보통 (82~101g)	비상품	
38과/m ²	88.8±13.4	49.5±22.4	31.0±32.2	1.8±0.57	6.5±4.10	13,446
48과/m ²	100.9±33.2	71.4±35.4	14.2±7.85	4.5±0.99	10.9±8.98	15,091
58과/m ²	93.1±4.31	48.0±6.79	16.7±0.92	20.3±14.8	8.1±4.67	12,790

※ 농가수취가(2024년 수탁거래 가격 기준): 특 4,200원, 상 3,500원, 보통 2,200원

- m²당 48과 착과시 주당 특 규격의 상품 수량이 많아 농가 수취가격이 높음

□ 파급효과

- 적정 착과 조절에 따른 품질향상으로 농가 애로사항 해결 및 농가 수익 증대
- 경제성 분석 (단위: 원/10a)

구분	손실적요소(B)	이익적요소(A)
38과/㎡	- 꽃가루&석송자 투입 비용(원/10a) · 꽃가루 154g 423,500 · 석송자 1,538g 338,360 - 노동투입 비용 · 노동시간 28.2시간 410,084 합계(B) 761,860	- 규격별 수취가격(원/10a) · 특 2,076.9kg 8,722,980 · 상 1,302.0kg 4,557,000 · 보통 75.6kg 166,320 합계(A) 13,446,300
48과/㎡	- 꽃가루&석송자 투입 비용(원/10a) · 꽃가루 207g 569,250 · 석송자 2,070g 455,400 - 노동투입 비용 · 노동시간 37.9시간 551,142 합계(B) 1,575,792	- 규격별 수취가격(원/10a) · 특 2,998.8kg 12,594,960 · 상 594.3kg 2,080,050 · 보통 189.0kg 415,800 합계(A) 15,090,810
58과/㎡	- 꽃가루&석송자 투입 비용(원/10a) · 꽃가루 250g 687,500 · 석송자 2,501g 550,220 - 노동투입 비용 · 노동시간 45.8시간 666,024 합계(B) 1,903,744	- 규격별 수취가격(원/10a) · 특 2,016.0kg 8,467,200 · 상 699.3kg 2,447,550 · 보통 852.6kg 1,875,720 합계(A) 12,790,470
추정수익액 (A-B)	- 38과/㎡ A-B=12,684,440원 - 48과/㎡ A-B=13,515,018원 - 58과/㎡ A-B=10,886,726원	

※ 10a 당 노동투입 시간(21~23): 176시간(인공수분 37.9시간, 전정 28시간, 여름순관리 21시간 순)

※ 자재비용: 꽃가루(55,000원/20g), 석송자(22,000원/100g), 노동비용(여): 14,542원/시간

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 키위 '감황' 품종에 대한 착과량별 과실품질 및 규격 비율 관련 영농활용기술 없음
- 참고 영농기술정보

연번	활용 분야	영농활용기술명	개발 연도	개발자
1	과수	제주지역 시설재배 '스위트골드' 착과량별 수출 과실품질 및 규격 비율과 수량	2022	오명협
2	과수	골드키위 '해금' 착과량과 수확기 색도발현과의 관계	2017	조혜성
3	과수	국내육성 제시골드 품종 적정 착과량	2015	천미건

골드키위 '감황' 품질향상을 위한 적정 착과량

□ 골드키위 '감황' 품종 특성 ?

- '감황'은 농촌진흥청에서 개발하여 2019년도에 품종 등록된 골드키위 품종으로 후숙 후 당도는 18.0~19.0° Bx, 산함량은 0.36%로 감미가 높고 과형은 약간 편평한 편원형이면서 과중은 130~140g의 대과종 품종으로 알려져 있습니다.

□ 착과량 조절은 왜 필요한가요 ?

- 착과량 조절은 과실 품질과 나무의 생리 균형을 유지하기 위한 핵심 관리 기술입니다. 과실이 너무 많으면 앞에서 만들어진 양분이 과도하게 분산되어 과실의 크기·당도·색도·건물률이 낮아지고, 나무의 수세가 약해지며 다음 해 꽃눈 분화가 불량해집니다.
- 반대로 착과량을 적정 수준으로 줄이면 양분이 집중되어 과실 품질이 향상되고, 나무의 생장과 저장양분 축적이 원활해져 안정적인 수량 확보가 가능합니다. 즉, 착과량 조절은 당해연도 과실 품질 향상과 다음 해 생육·수확의 지속적 안정성 확보를 동시에 달성하기 위해 반드시 필요한 관리입니다.

□ 골드키위 '감황'의 적정 착과량은?

- m² 당 38과, 48과, 58과로 착과수를 조절하여 과실 크기, 품질을 비교했을 때, 건물률에 대한 유의성 차이는 없었지만 착과수가 적을수록 과실 크기가 크고, 수확기 당도가 높았습니다.
- 농가 수익을 향상시키면서 품질을 높일 수 있는 적정 착과량은 m²당 48과로 결과지당 3과 착과시 농가 수익과 품질향상에 유리하였습니다.

□ 착과수 조절 방법은?

- 결과모지 간격 30~40cm, 결과모지 길이 3m 내외 기준, 결과모지당 20cm 간격으로 16개 정도의 결과지를 남긴 후 만개 후 20일 이내 적과작업을 통해 결과지당 3과씩 남긴 후 나머지 과실을 제거합니다.

<‘감황’ 처리별 착과 모습>



<38과/m²>



<48과/m²>



<58과/m²>

영농기술 요약

활 용 구 분	영농기술				영농정보																										
	신기술 시범사업		현장실증 연구	○	농업기술 길잡이	교육· 현장연시		국가농업 기술포털																							
제 목	레몬 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식																														
활 용 분 야	농업환경																														
검 색 어	레몬, 토양검정, 비료사용량, 비료사용처방																														
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 필요 ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준 * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가 □ 개발된 영농기술정보 ○ 레몬 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식 <table><tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="3">비료 표준사용량</th><th rowspan="2">토양검정 비료추천식</th></tr><tr><th>밑거름</th><th>웃거름</th><th>총량</th></tr><tr><td>질소</td><td>8.2</td><td>12.3</td><td>20.4</td><td>$N(kg/10a) = 20.607 - 0.1854 \cdot EC$</td></tr><tr><td>인산</td><td>24.9</td><td>0</td><td>24.9</td><td>$P_2O_5(kg/10a) = 26.355 - 0.0035 \cdot Av.P_2O_5$</td></tr><tr><td>칼리</td><td>5.6</td><td>13.2</td><td>18.8</td><td>$K_2O(kg/10a) = 19.284 - 0.7365 \cdot Ex.K$</td></tr></table> ▶ 분시비율(밑거름:웃거름) 질소(40:60), 인산(100:0), 칼리(30:70) ▶ 웃거름은 3회 분시 * 비료 표준사용량은 시설재배지 토양화학성 적정범위 중간값 적용 ○ 비료 저감효과(kg/10a): 질소 15.9, 인산 4.8, 칼리 3.3 * 저감률 28% ○ 비료를 사용하지 않은 상태에서 토양시료를 채취하여 농업기술 센터에 토양검정 의뢰 → 흙토람(http://soil.rda.go.kr)에서 비료사용처방서 발급 □ 파급효과 ○ (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감 ○ (정책부서) 비료사용량 절감에 따른 온실가스 감축으로 공익 직불제 정책효과 증대 * 레몬 시설재배지 비료사용량의 28% 저감 가능(비료비용 48,236원/10a 절감)								구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식	밑거름	웃거름	총량	질소	8.2	12.3	20.4	$N(kg/10a) = 20.607 - 0.1854 \cdot EC$	인산	24.9	0	24.9	$P_2O_5(kg/10a) = 26.355 - 0.0035 \cdot Av.P_2O_5$	칼리	5.6	13.2	18.8	$K_2O(kg/10a) = 19.284 - 0.7365 \cdot Ex.K$
	구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식																										
		밑거름	웃거름	총량																											
	질소	8.2	12.3	20.4	$N(kg/10a) = 20.607 - 0.1854 \cdot EC$																										
	인산	24.9	0	24.9	$P_2O_5(kg/10a) = 26.355 - 0.0035 \cdot Av.P_2O_5$																										
	칼리	5.6	13.2	18.8	$K_2O(kg/10a) = 19.284 - 0.7365 \cdot Ex.K$																										
	연구개발과제	예산사업명	국가농경지환경자원관리기술개발_공익직불제_농업기술개발																												
		연구개발과제명	(과제번호: RS-2021-RD009117)공익직불제 비료사용량 미 설정작물의 비료사용처방 기준설정																												
	연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 이용우 (전화 : 064-760-7355, e-mail : dyddn2562@korea.kr)																												
		공동개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 김석만, 김유경, 고윤정, 오민아, 이강해, 이서영																												

제목 : 레몬 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

□ 배경

- 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 설정 필요
 - ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준
 - * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가
- 농업분야 탄소중립 이행을 위한 질소질 비료 적정 사용 필요

□ 영농기술 개요

- 레몬 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식
	밀거름	웃거름	총량	
질소	8.2	12.3	20.4	$N(kg/10a) = 20.607 - 0.1854 \cdot EC$
인산	24.9	0	24.9	$P_2O_5(kg/10a) = 26.355 - 0.0035 \cdot Av.P_2O_5$
칼리	5.6	13.2	18.8	$K_2O(kg/10a) = 19.284 - 0.7365 \cdot Ex.K$

- ▶ 분시비율(밀거름:웃거름) 질소(40:60), 인산(100:0), 칼리(30:70)
- ▶ 웃거름 3회 분시
- * 비료 표준사용량은 시설재배지 토양화학적 성분범위 중간값 적용
- 비료를 사용하지 않은 상태에서 토양시료를 채취하여 농업기술센터에 토양검정 의뢰
 - 흙토람(<http://soil.rda.go.kr>)에서 비료사용처방서 발급



□ 연구결과

○ 레몬 농가 비료사용량

(단위: kg/10a)

구분		밑거름			웃거름(총량)			총 성분량		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
화산	평균	11.6	11.9	6.2	19.1	16.3	14.4	30.7	28.2	20.0
	표준편차	3.5	4.7	3.3	13.7	10.8	9.8	12.8	13.2	12.1
비화산	평균	10.8	10.3	3.8	18.9	13.6	11.6	29.7	23.9	16.0
	표준편차	5.5	7.5	3.3	14.7	12.2	11.1	15.5	14.6	12.6

* 화산회토와 비화산회토 간 농가 비료사용량 차이는 없었음

○ 레몬 재배지 토양화학성

구분		pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(coml _g /kg)			O.M. (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg		
화산	평균	5.2	3.5	339	2.26	11.04	3.81	118	244
	표준편차	0.8	1.9	229	1.21	7.85	2.73	28	136
비화산	평균	5.4	2.1	679	1.79	8.33	3.27	49	183
	표준편차	0.7	1.6	364	0.72	4.38	1.83	18	136

○ 레몬 비료사용기준 설정을 위한 NPK 수준별 재배시험

- 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시설하우스(서귀포시 강정동, 포트재배)
- 처리내용: NPK 각 0, 0.5, 1, 1.5, 2배

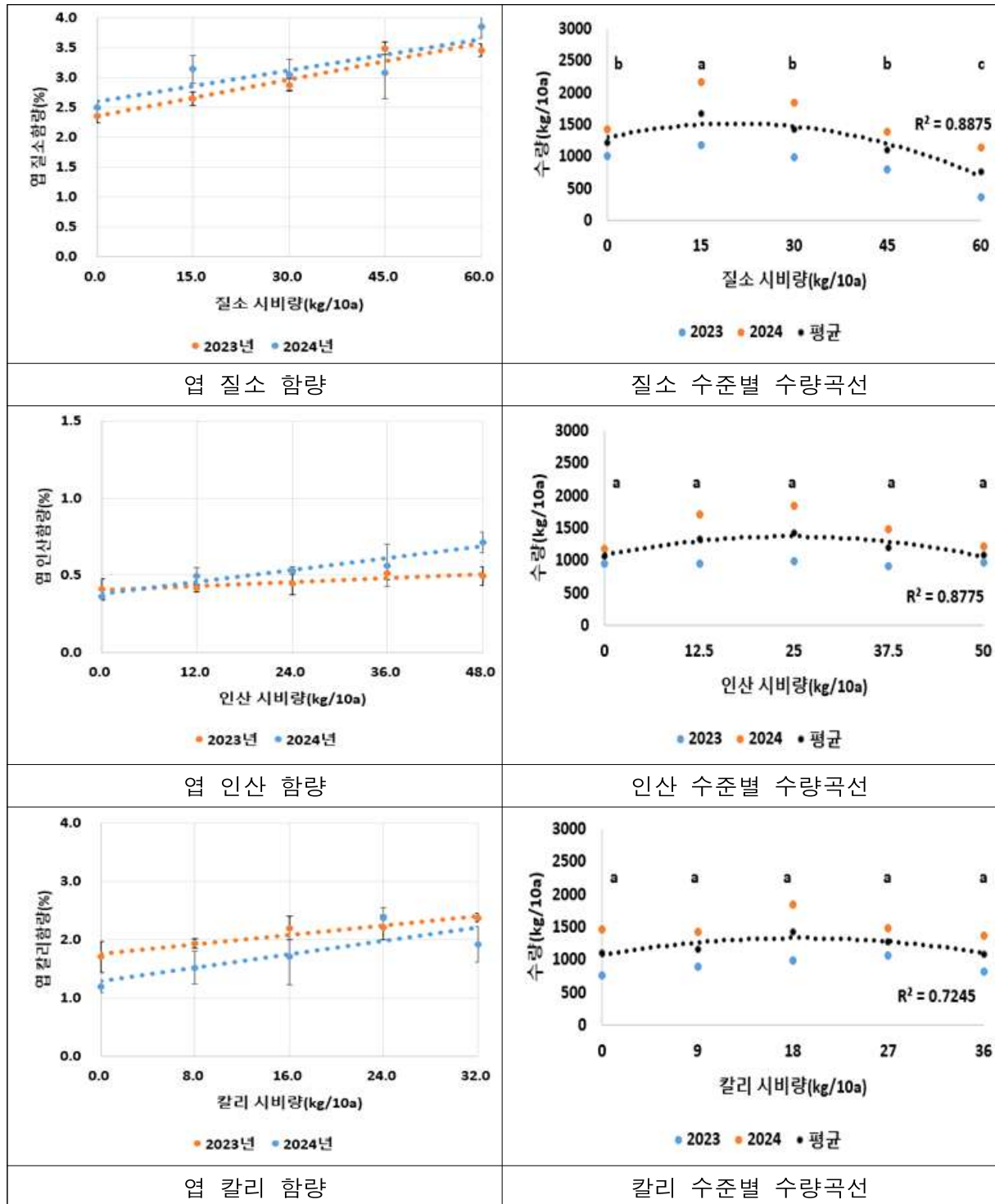
구분	밑거름			웃거름(1회)		웃거름(3회, 총량)		합계		
	질소	인산	칼리	질소	칼리	질소	칼리	질소	인산	칼리
기준량 (kg/10a)	11.0	25.0	5.0	6.3	4.3	19.0	13.0	30.0	25.0	18.0

* 기준량(1배량): 농가조사 결과 평균 비료사용량 반영

- 시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(coml _g /kg)			O.M. (g/kg)
				K	Ca	Mg	
시험 전	5.3	0.6	535	1.04	3.04	1.1	24

- 비료 수준별 엽 양분함량 및 수량 곡선

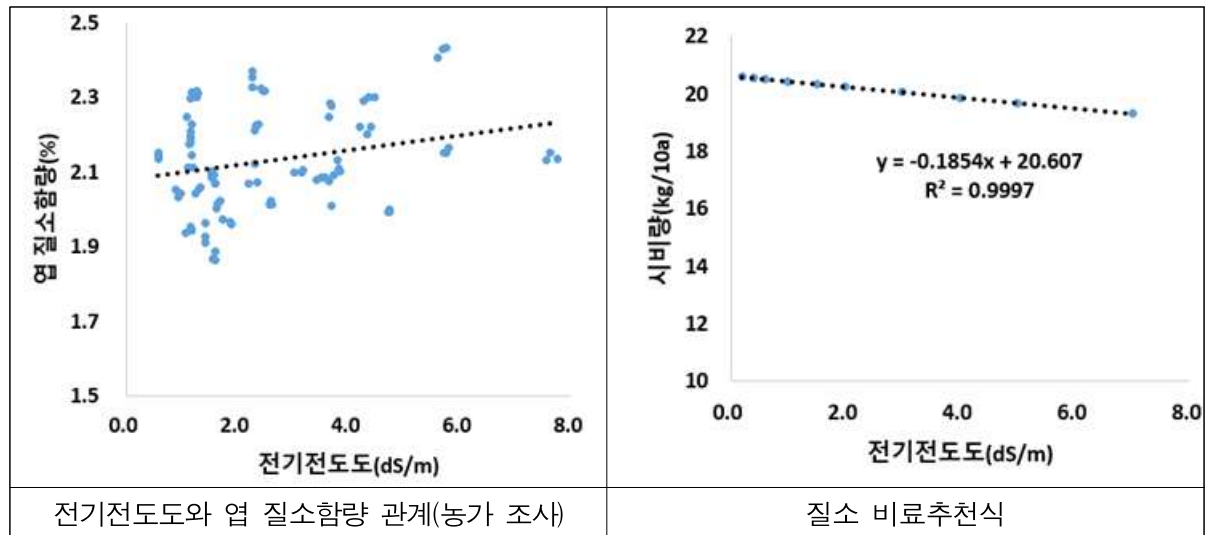


* 엽(봄순) 양분함량은 시비량이 증가함에 따라 증가하는 경향이었음

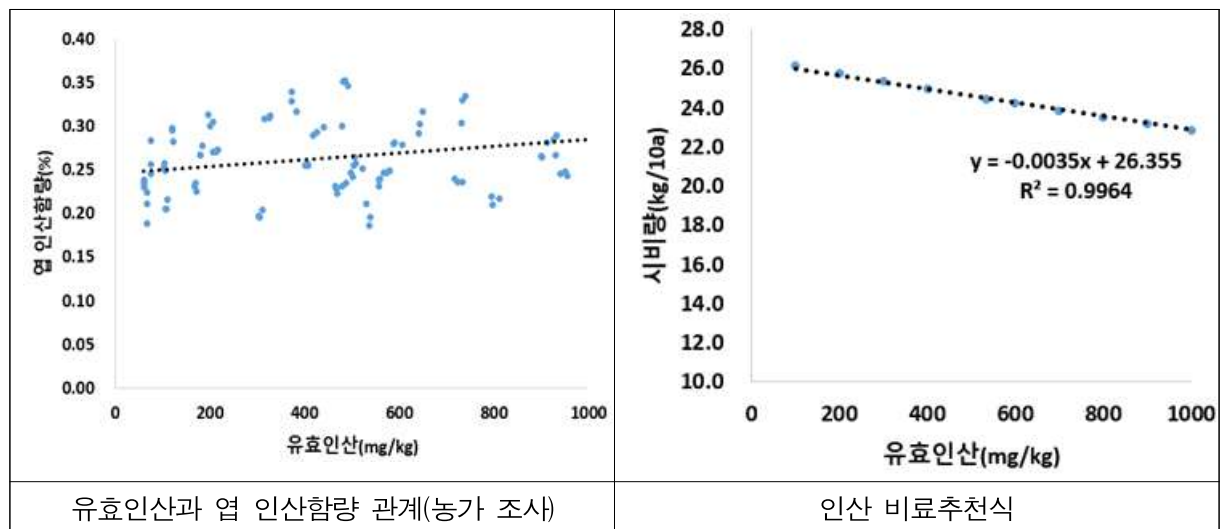
* 수량곡선을 통한 최대수량에서 최적시비량은 질소 20.5, 인산 24.5, 칼리 18.5 kg/10a임

○ 레몬 토양검정 비료추천 기준 설정 * 재배시험 결과에 토양-식물체 관계식 보정

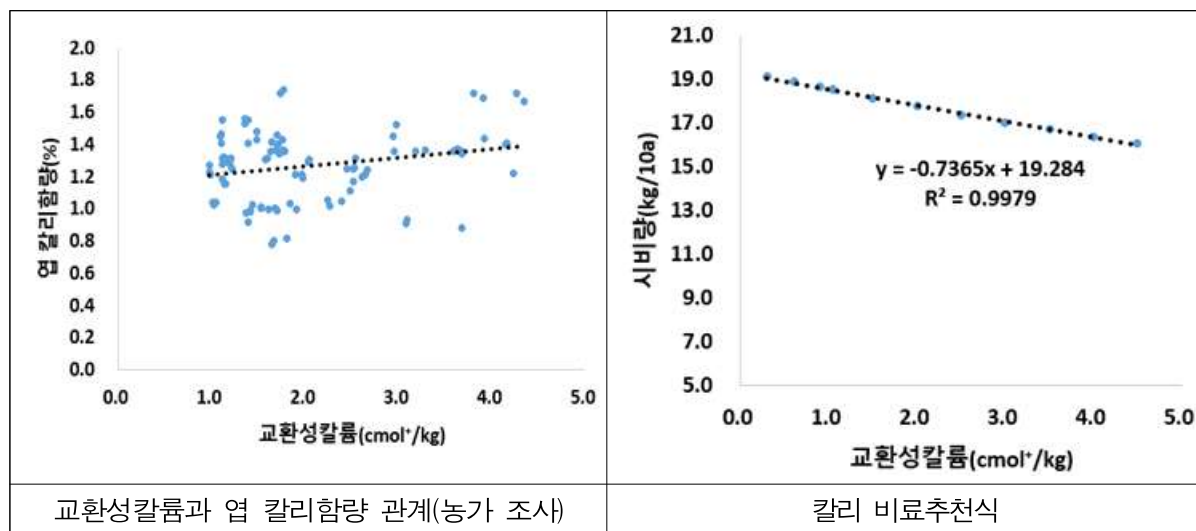
① 질소



② 인산



③ 칼리



* 시설재배지 비료처방과 관련된 토양 인자(EC-질소, 유효인산-인산, 교환성칼륨-칼리)

○ 레몬 토양검정 비료추천식

질소 비료추천식	토양 전기전도도 (dS/m)			
	1.0	3.0	5.0	7.0
	----- N 비료시용량, kg/10a -----			
$N(kg/10a) = 20.607 - 0.1854 \cdot EC$	20.4	20.0	19.7	19.3

인산 비료추천식	유효인산 (mg/kg)			
	200	400	600	800
	----- P_2O_5 비료시용량, kg/10a -----			
$P_2O_5(kg/10a) = 26.355 - 0.0035 \cdot Av.P_2O_5$	25.7	25.0	24.2	23.5

칼리 비료추천식	교환성칼륨 (cmolc/kg)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
	----- K_2O 비료시용량, kg/10a -----			
$K_2O(kg/10a) = 19.284 - 0.7365 \cdot Ex.K$	19.0	18.5	18.1	17.8

* 분시비율(밑거름:웃거름): 질소(40:60), 인산(100:0), 칼리(30:70)

* 웃거름 3회 분시

○ 비료 표준사용량($N-P_2O_5-K_2O$) = 20.4-24.9-18.8 kg/10a * 시설재배지 토양화학적 적정범위 적용

□ 파급효과

- (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감
- (정책부서) 비료사용량 저감에 따른 온실가스 감축으로 공익직불제 정책효과 증대

○ 레몬 토양검정 비료추천에 따른 비료저감량 (단위: kg/10a)

농가수	농가 관행 시비량(A)			토양검정 비료추천량(B)			비료저감량(A-B)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
32	36.0	29.2	21.1	20.1	24.4	17.8	15.9	4.8	3.3

* 저감률: 28%

○ 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 증가되는 비용: 해당 없음	○ 증가되는 이익 ① 소득 증가: 313,992원/10a - 생산량 증가(126kg/10a)에 따른 조수입 증가 * 비료 추천량 적용 시 = 1,518 kg/10a * 관행 시비량 적용 시 = 1,392 kg/10a ② 비용 절감: 48,236원/10a - 비료 저감(질소 15.9, 인산 4.8 칼리 3.3/10a)에 따른 비용 감소 * 비료 추천량: 질소-인산-칼리=20.1-24.4-17.8 kg/10a * 관행 시비량: 질소-인산-칼리=36.0-29.2-21.2 kg/10a - 계(B) : 362,228원
○ 추정수익액(B-A): 362,228원	

* 상품 가격: aT 도매시장 정보시스템(<http://at.agromarket.kr>) 2024년 도매유통정보 월별 평균 가격(2,492원/kg) 적용

* 비료가격(2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집): 요소 15,300원, 용성인비 12,350원, 염화칼륨 15,850원 적용

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

○ 관련 영농기술정보 없음

현장실증연구

1. 배경

- 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 설정 필요
 - ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준
 - * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가
- 농업분야 탄소중립 이행을 위한 질소질 비료 적정 사용 필요

2. 사업의 목적 및 필요성

- (목적) 농업인 적정 비료사용기준 준수를 위해 토양검정 비료추천량을 적용했을 때 작물 생산성, 토양 건강성, 비료 저감효과 평가 필요
- (필요성) 현장에서 실질적으로 비료사용량을 줄이기 위해서는 토양의 양분함량과 작물의 양분요구량에 맞는 적정량의 비료 공급이 필요하며, 현장실증을 통해 비료저감 효과를 검증할 필요가 있음

3. 개발기술 및 현장적용 방법

- 레몬 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식
	밑거름	웃거름	총량	
질소	8.2	12.3	20.4	$N(kg/10a) = 20.607 - 0.1854 \cdot EC$
인산	24.9	0	24.9	$P_2O_5(kg/10a) = 26.355 - 0.0035 \cdot Av.P_2O_5$
칼리	5.6	13.2	18.8	$K_2O(kg/10a) = 19.284 - 0.7365 \cdot Ex.K$

- ▶ 분시비율(밑거름:웃거름) 질소(40:60), 인산(100:0), 칼리(30:70)
- ▶ 웃거름 3회 분시

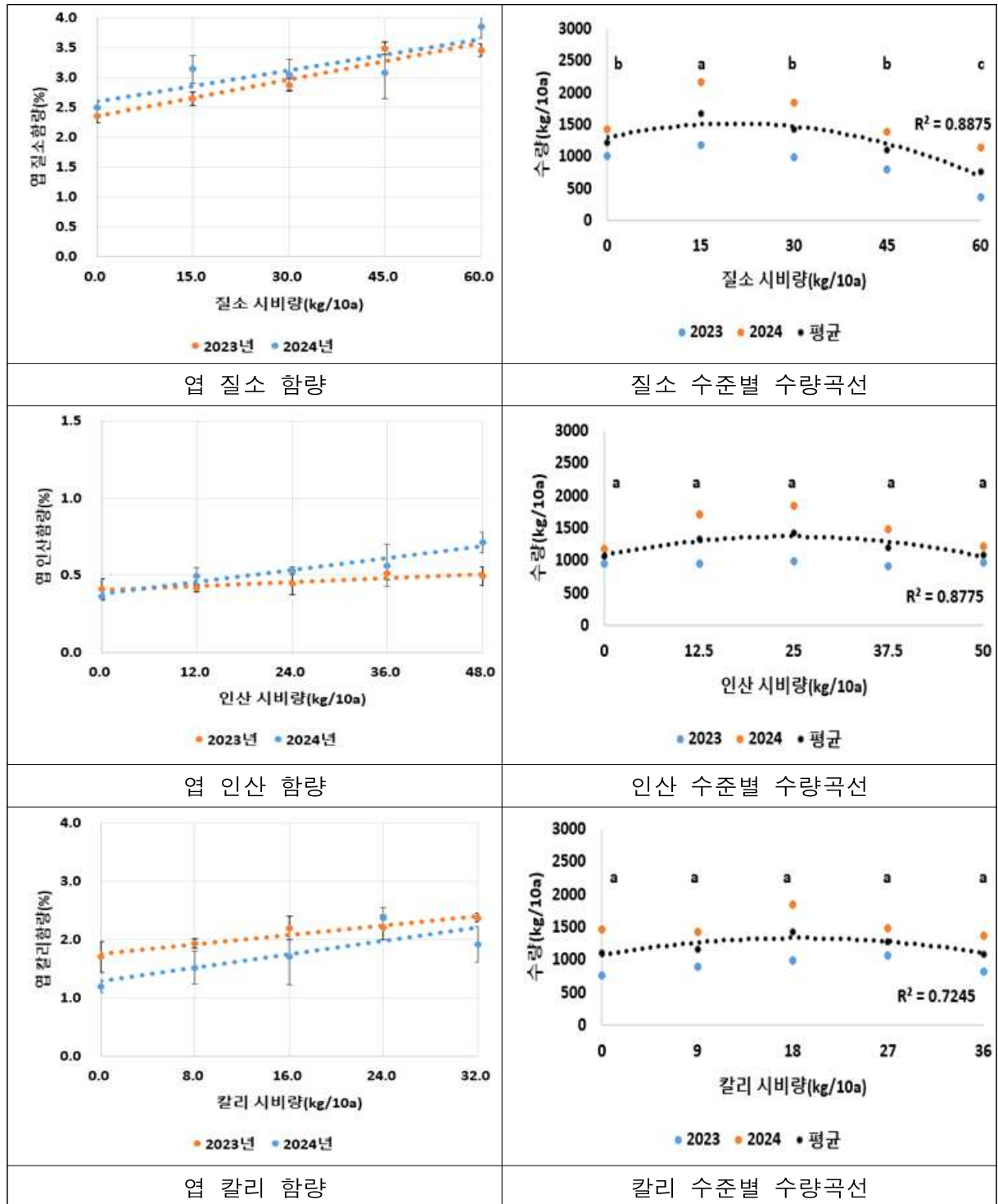
* 비료 표준사용량은 시설재배지 토양화학성 적정범위 중간값 적용

- 레몬 비료사용기준 설정을 위한 NPK 수준별 재배시험
 - 시험장소: 제주특별자치도농업기술원 시설하우스(서귀포시 강정동, 포트재배)
 - 처리내용: NPK 각 0, 0.5, 1, 1.5, 2배

구분	밑거름			웃거름(1회)		웃거름(3회, 총량)		합계		
	질소	인산	칼리	질소	칼리	질소	칼리	질소	인산	칼리
기준량(kg/10a)	11.0	25.0	5.0	6.3	4.3	19.0	13.0	30.0	25.0	18.0

* 기준량(1배량): 농가조사 결과 평균 비료사용량 반영

- 비료 수준별 엽 양분함량 및 수량 곡선

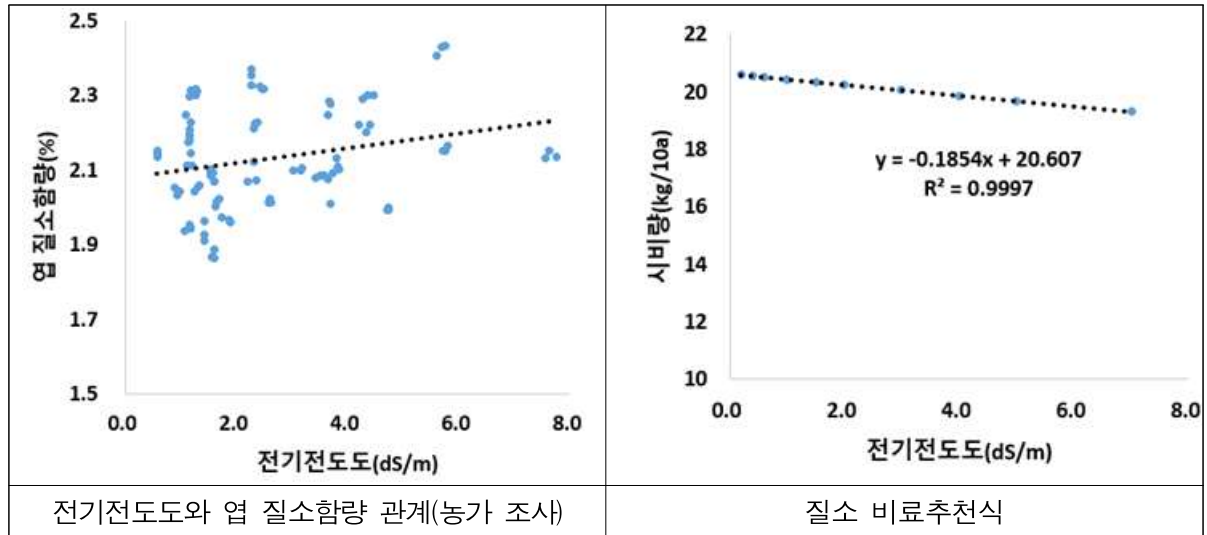


* 엽(봄순) 양분함량은 시비량이 증가함에 따라 증가하는 경향이었음

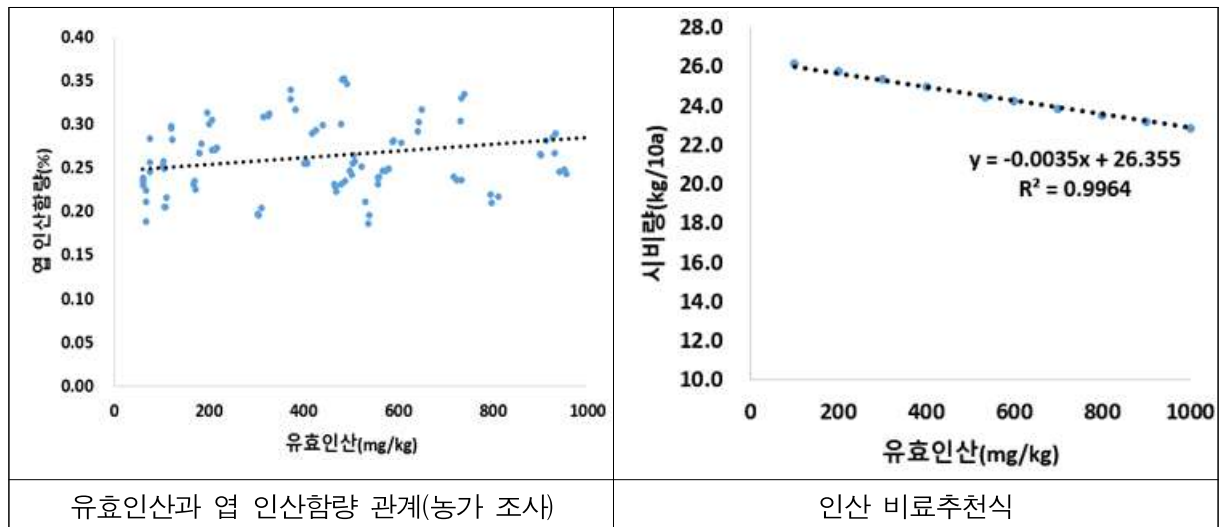
* 수량곡선을 통한 최대수량에서 최적시비량은 질소 20.5, 인산 24.5, 칼리 18.5 kg/10a임

○ 레몬 토양검정 비료추천 기준 설정 * 재배시험 결과에 토양-식물체 관계식 보정

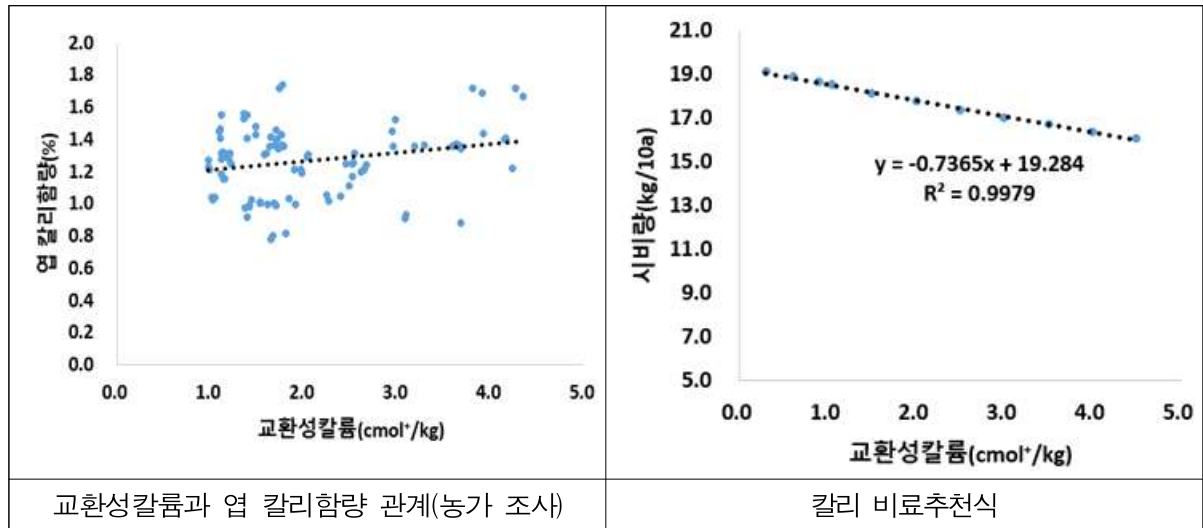
① 질소



② 인산



③ 칼리



* 시설재배지 비료처방과 관련된 토양 인자(EC-질소, 유효인산-인산, 교환성칼륨-칼리)

4. 파급효과

- (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감
- (정책부서) 비료사용량 저감에 따른 온실가스 감축으로 공익직불제 정책효과 증대
- 레몬 토양검정 비료추천에 따른 비료저감량 (단위: kg/10a)

농가수	농가 관행 시비량(A)			토양검정 비료추천량(B)			비료저감량(A-B)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
32	36.0	29.2	21.1	20.1	24.4	17.8	15.9	4.8	3.3

* 저감률: 28%

- 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 증가되는 비용: 해당 없음	○ 증가되는 이익 ① 소득 증가: 313,992원/10a - 생산량 증가(126kg/10a)에 따른 조수입 증가 * 비료 추천량 적용 시 = 1,518 kg/10a * 관행 시비량 적용 시 = 1,392 kg/10a ② 비용 절감: 48,236원/10a - 비료 저감(질소 15.9, 인산 4.8 칼리 3.3/10a)에 따른 비용 감소 * 비료 추천량: 질소-인산-칼리=20.1-24.4-17.8 kg/10a * 관행 시비량: 질소-인산-칼리=36.0-29.2-21.2 kg/10a - 계(B) : 362,228원
○ 추정수익액(B-A): 362,228원	

* 상품 가격: aT 도매시장 정보시스템(<http://at.agromarket.kr>) 2024년 도매유통정보 월별 평균 가격(2,492원/kg) 적용

* 비료가격(2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집): 요소 15,300원, 용성인비 12,360원, 염화칼륨 15,860원 적용

영농기술 요약

활 용 구 분	영농기술				영농정보																										
	신기술 시범사업		현장실증 연구	○	농업기술 길잡이		교육· 현장연시	국가농업 기술포털																							
제 목	망고 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식																														
활 용 분 야	농업환경																														
검 색 어	망고, 토양검정, 비료사용량, 비료사용처방																														
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 필요 ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준 * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가 □ 개발된 영농기술정보 ○ 망고 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식 <table><tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="3">비료 표준사용량</th><th rowspan="2">토양검정 비료추천식</th></tr><tr><th>밀거름</th><th>웃거름</th><th>총량</th></tr><tr><td>질소</td><td>13.6</td><td>13.6</td><td>27.1</td><td>$N(kg/10a) = 29.179 - 2.0399 \times EC$</td></tr><tr><td>인산</td><td>25.3</td><td>0</td><td>25.3</td><td>$P_2O_5(kg/10a) = 30.397 - 0.0119 \times Av.P_2O_5$</td></tr><tr><td>칼리</td><td>7.6</td><td>7.6</td><td>15.2</td><td>$K_2O(kg/10a) = 15.916 - 1.104 \times Ex.K$</td></tr></table> ▶ 분시비율(밀거름:웃거름) 질소(50:50), 인산(100:0), 칼리(50:50) ▶ 웃거름은 3회 분시 * 비료 표준사용량은 시설재배지 토양화학성 적정범위 중간값 적용 ○ 비료 저감효과(kg/10a): 질소 7.4, 인산 3.0, 칼리 5.3 * 저감률 20% ○ 비료를 사용하지 않은 상태에서 토양시료를 채취하여 농업기술 센터에 토양검정 의뢰 → 흙토람(http://soil.rda.go.kr)에서 비료사용처방서 발급 □ 파급효과 ○ (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감 ○ (정책부서) 비료사용량 절감에 따른 온실가스 감축으로 공익 직불제 정책효과 증대 * 망고 시설재배지 비료사용량의 20% 절감 가능(비료비용 30,204원/10a 절감)								구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식	밀거름	웃거름	총량	질소	13.6	13.6	27.1	$N(kg/10a) = 29.179 - 2.0399 \times EC$	인산	25.3	0	25.3	$P_2O_5(kg/10a) = 30.397 - 0.0119 \times Av.P_2O_5$	칼리	7.6	7.6	15.2	$K_2O(kg/10a) = 15.916 - 1.104 \times Ex.K$
	구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식																										
		밀거름	웃거름	총량																											
	질소	13.6	13.6	27.1	$N(kg/10a) = 29.179 - 2.0399 \times EC$																										
	인산	25.3	0	25.3	$P_2O_5(kg/10a) = 30.397 - 0.0119 \times Av.P_2O_5$																										
	칼리	7.6	7.6	15.2	$K_2O(kg/10a) = 15.916 - 1.104 \times Ex.K$																										
	연구개발과제	예산사업명	국가농경지환경자원관리기술개발_공익직불제 비료사용량 미																												
		연구개발과제명	(과제번호: RS-2021-RD009117)공익직불제 비료사용량 미 설정작물의 비료사용처방 기준설정																												
	연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 이용우 (전화 : 064-760-7355, e-mail : dyddn2562@korea.kr)																												
		공동개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 김석만, 김유경, 고윤정, 오민아, 이강해, 이서영																												

제목 : 망고 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

□ 배경

- 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 설정 필요
 - ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준
 - * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가
- 농업분야 탄소중립 이행을 위한 질소질 비료 적정 사용 필요

□ 영농기술 개요

- 망고 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식
	밑거름	웃거름	총량	
질소	13.6	13.6	27.1	$N(kg/10a) = 29.179 - 2.0399 \cdot EC$
인산	25.3	0	25.3	$P_2O_5(kg/10a) = 30.397 - 0.0119 \cdot Av.P_2O_5$
칼리	7.6	7.6	15.2	$K_2O(kg/10a) = 15.916 - 1.104 \cdot Ex.K$

- ▶ 분시비율(밑거름:웃거름) 질소(50:50), 인산(100:0), 칼리(50:50)
- ▶ 웃거름 3회 분시
- * 비료 표준사용량은 시설재배지 토양화학적 성분범위 중간값 적용

- 비료를 사용하지 않은 상태에서 토양시료를 채취하여 농업기술센터에 토양검정 의뢰 → 흙토람(<http://soil.rda.go.kr>)에서 비료사용처방서 발급



□ 연구결과

○ 망고 농가 비료사용량

(단위: kg/10a)

구분		밑거름			웃거름(총량)			총 성분량		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
화산	평균	13.2	12.6	8.4	13.6	11.0	5.4	25.4	23.6	13.8
	표준편차	10.9	8.4	9.9	7.4	5.3	5.7	13.8	10.7	10.2
비화산	평균	13.8	15.9	6.5	14.1	12.9	11.7	27.9	28.8	18.2
	표준편차	7.6	12.3	5.7	8.5	11.5	6.2	11.9	17.8	7.7

* 화산회토와 비화산회토 간 농가 비료사용량 차이는 없었음

○ 망고 재배지 토양화학성

구분		pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(coml/kg)			O.M. (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg		
화산	평균	5.2	3.0	327	2.2	10.9	3.1	117	225
	표준편차	0.6	2.0	255	0.7	5.0	1.4	27	186
비화산	평균	5.7	3.8	954	3.1	13.3	4.2	41	290
	표준편차	0.7	2.1	480	1.0	5.9	2.5	17	215

○ 망고 비료사용기준 설정을 위한 NK 수준별 재배시험

- 시험장소: 농가 포장(서귀포시 강정동 시설하우스, 포트재배)
- 처리내용: NK 각 0, 0.5, 1, 1.5, 2

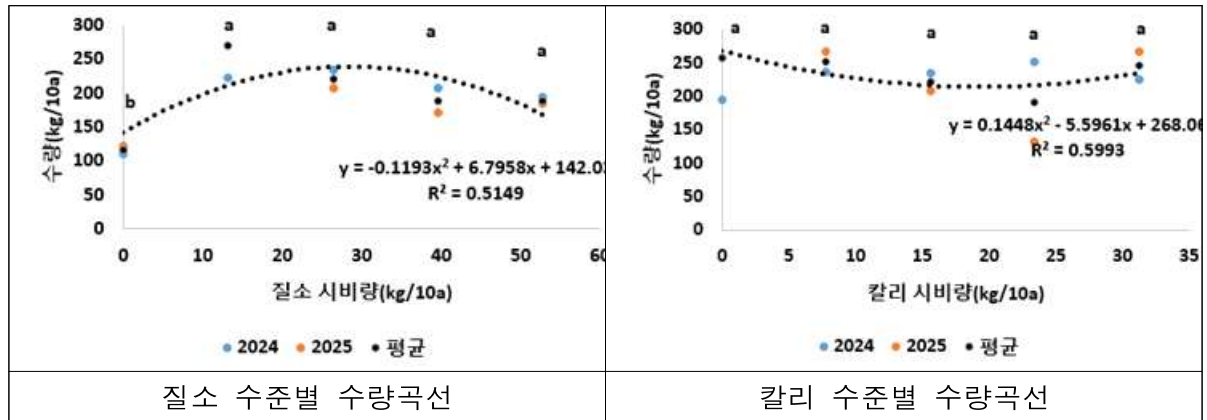
구분	밑거름			웃거름(1회)		웃거름(3회, 총량)		합계		
	질소	인산	칼리	질소	칼리	질소	칼리	질소	인산	칼리
기준량 (kg/10a)	13.2	25.7	7.8	4.4	2.6	13.2	7.8	26.4	25.7	15.6

* 기준량(1배량): 농가조사 결과 평균 비료사용량 반영

- 시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(coml/kg)			O.M. (g/kg)
				K	Ca	Mg	
시험 전	5.7	0.4	193	0.3	8.7	1.4	183

- 비료 수준별 수량 곡선

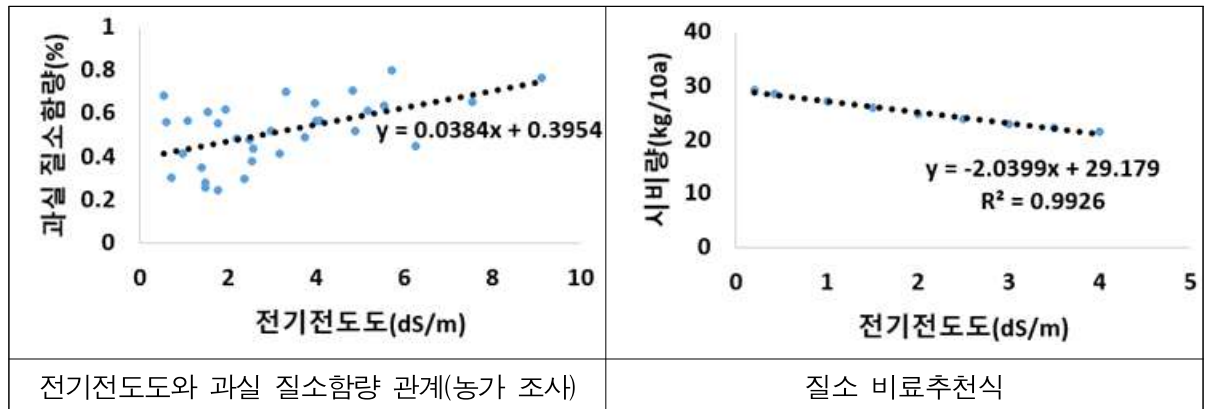


* 수량은 질소 0.5배 처리구에서 가장 많았으며, 최대수량 고려 시 적정시비량은 28.5kg/10a임

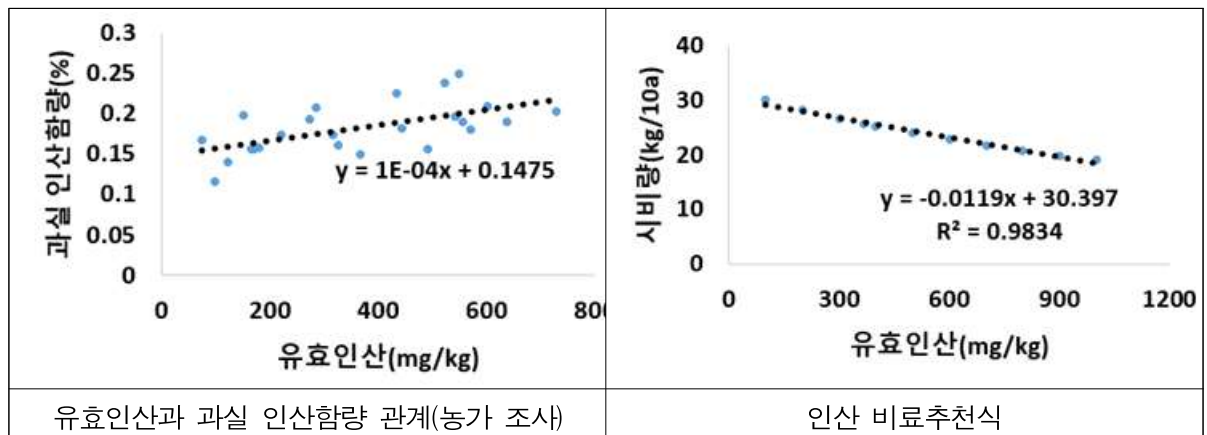
* 칼리는 시비량에 따른 반응이 없어 농가 평균 시비량인 1배량(15.6kg/10a)이 적절함

○ 망고 토양검정 비료추천 기준 설정 * 재배시험 결과에 토양-식물체 관계식 보정

① 질소

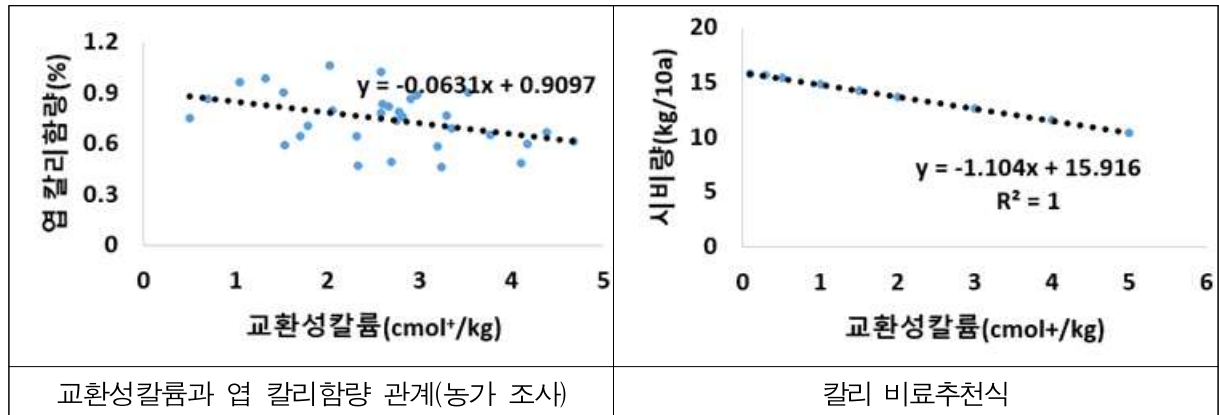


② 인산



* 인산은 재배시험 결과가 없어 농가 평균 시비량(25.7kg/10a)에 보정식 적용

③ 칼리



* 시설재배지 비료처방과 관련된 토양 인자(EC-질소, 유효인산-인산, 교환성칼륨-칼리)

○ 망고 토양검정 비료추천식

질소 비료추천식	토양 전기전도도 (dS/m)			
	1.0	2.0	3.0	4.0
	----- N 비료사용량, kg/10a -----			
$N(kg/10a) = 29.179 - 2.0399 \cdot EC$	27.0	24.8	23.0	21.4

인산 비료추천식	유효인산 (mg/kg)			
	200	400	600	800
	----- P ₂ O ₅ 비료사용량, kg/10a -----			
$P_2O_5(kg/10a) = 30.397 - 0.0119 \cdot Av.P_2O_5$	28.3	25.3	22.8	20.8

칼리 비료추천식	교환성칼륨 (cmolc/kg)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
	----- K ₂ O 비료사용량, kg/10a -----			
$K_2O(kg/10a) = 15.916 - 1.104 \cdot Ex.K$	15.4	14.8	14.3	13.7

* 분시비율(밑거름:웃거름): 질소(50:50), 인산(100:0), 칼리(50:50)

* 웃거름 3회 분시

○ 비료 표준사용량(N-P₂O₅-K₂O) = 27.1-25.3-15.2 kg/10a

* 시설재배지 토양화학적 적정범위 중간값 적용

□ 파급효과

- (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감
- (정책부서) 비료사용량 저감에 따른 온실가스 감축으로 공익직불제 정책효과 증대
- 레몬 토양검정 비료추천에 따른 비료저감량 (단위: kg/10a)

농가수	농가 관행 시비량(A)			토양검정 비료추천량(B)			비료저감량(A-B)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
40	30.1	29.0	18.4	22.7	26.2	13.0	7.4	3.0	5.3

* 저감률: 20%

○ 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
o 증가되는 비용: 해당 없음	o 증가되는 이익 ① 소득 증가: 130,887원/10a - 생산량 증가(1kg/10a)에 따른 조수입 증가 * 비료 추천량 적용 시 = 239 kg/10a * 관행 시비량 적용 시 = 238 kg/10a ② 비용 절감: 30,204원/10a - 비료 저감(질소 7.4, 인산 3.0 칼리 5.3/10a)에 따른 비용 감소 * 비료 추천량: 질소-인산-칼리=22.7-26.2-13.0 kg/10a * 관행 시비량: 질소-인산-칼리=30.1-29.0-18.4 kg/10a - 계(B) : 161,091원
o 추정수익액(B-A): 161,091원	

* 상품 가격: 농산물유통정보(<http://www.kamis.co.kr/>) 가락시장 2024년 도매가격(상 등급, 130,887원/kg) 적용

* 비료가격(2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집): 요소 15,300원, 용성인비 12,350원, 염화칼륨 15,850원 적용

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

○ 관련 영농기술정보 없음

현장실증연구

1. 배경

- 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 작물별 비료사용기준 설정 필요
 - ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준
 - * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가
- 농업분야 탄소중립 이행을 위한 질소질 비료 적정 사용 필요

2. 사업의 목적 및 필요성

- (목적) 농업인 적정 비료사용기준 준수를 위해 토양검정 비료추천량을 적용했을 때 작물 생산성, 토양 건강성, 비료 저감효과 평가 필요
- (필요성) 현장에서 실질적으로 비료사용량을 줄이기 위해서는 토양의 양분함량과 작물의 양분요구량에 맞는 적정량의 비료 공급이 필요하며, 현장실증을 통해 비료저감 효과를 검증할 필요가 있음

3. 개발기술 및 현장적용 방법

- 망고 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식
	밑거름	웃거름	총량	
질소	13.6	13.6	27.1	$N(kg/10a) = 29.179 - 2.0399 \cdot EC$
인산	25.3	0	25.3	$P_2O_5(kg/10a) = 30.397 - 0.0119 \cdot Av.P_2O_5$
칼리	7.6	7.6	15.2	$K_2O(kg/10a) = 15.916 - 1.104 \cdot Ex.K$

- ▶ 분시비율(밑거름:웃거름) 질소(50:50), 인산(100:0), 칼리(50:50)

- ▶ 웃거름 3회 분시

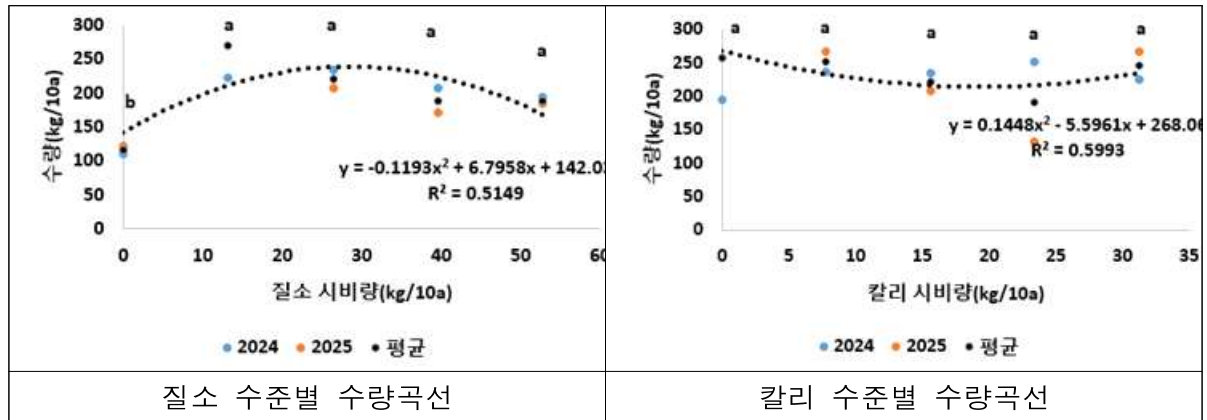
* 비료 표준사용량은 시설재배지 토양화학성 적정범위 중간값 적용

- 망고 비료사용기준 설정을 위한 NK 수준별 재배시험
 - 시험장소: 농가 포장(서귀포시 강정동 시설하우스, 포트재배)
 - 처리내용: NK 각 0, 0.5, 1, 1.5, 2

구분	밑거름			웃거름(1회)		웃거름(3회, 총량)		합계		
	질소	인산	칼리	질소	칼리	질소	칼리	질소	인산	칼리
기준량(kg/10a)	13.2	25.7	7.8	4.4	2.6	13.2	7.8	26.4	25.7	15.6

* 기준량(1배량): 농가조사 결과 평균 비료사용량 반영

- 비료 수준별 수량 곡선

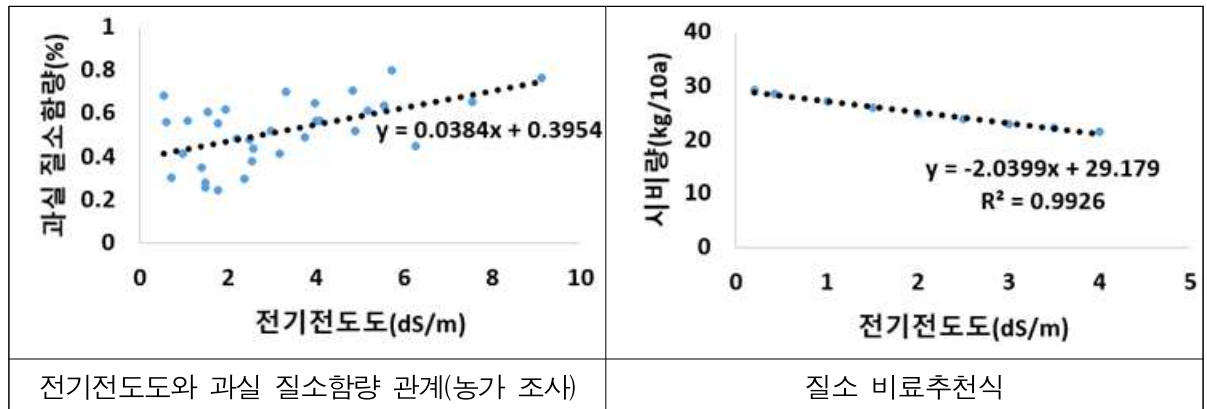


* 수량은 질소 0.5배 처리구에서 가장 많았으며, 최대수량 고려 시 적정시비량은 28.5kg/10a임

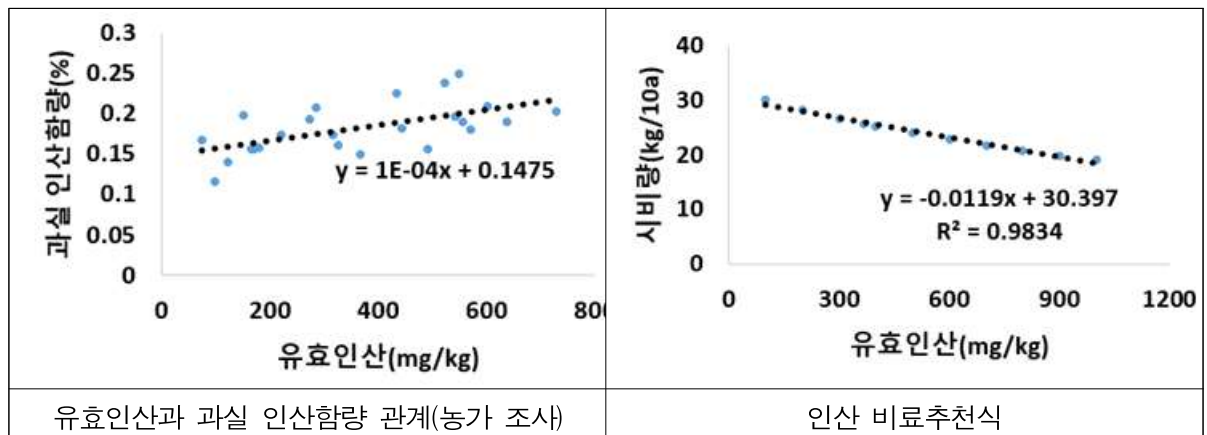
* 칼리는 시비량에 따른 반응이 없어 농가 평균 시비량인 1배량(15.6kg/10a)이 적절함

○ 망고 토양검정 비료추천 기준 설정 * 재배시험 결과에 토양-식물체 관계식 보정

① 질소

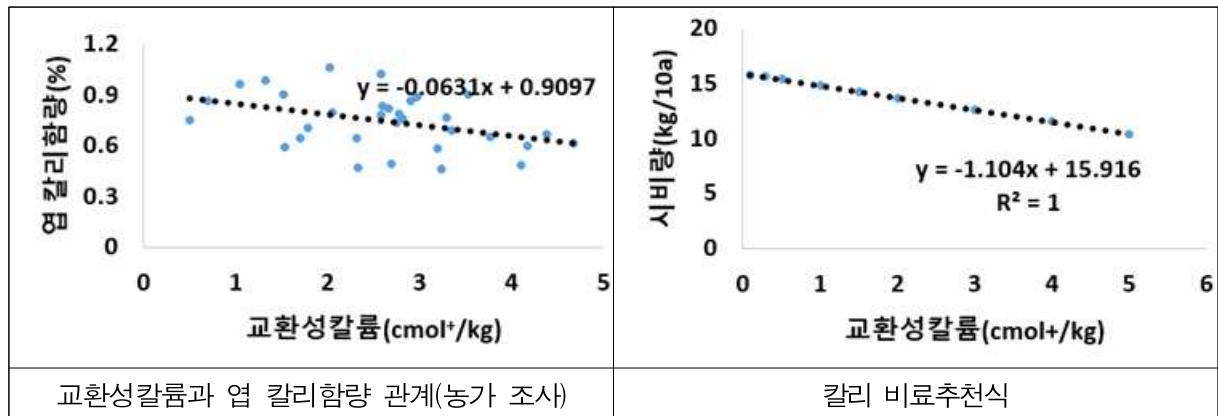


② 인산



* 인산은 재배시험 결과가 없어 농가 평균 시비량(25.7kg/10a)에 보정식 적용

③ 칼리



* 시설재배지 비료처방과 관련된 토양 인자(EC-질소, 유효인산-인산, 교환성칼륨-칼리)

□ 파급효과

- (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감
- (정책부서) 비료사용량 저감에 따른 온실가스 감축으로 공익직불제 정책효과 증대
- 레몬 토양검정 비료추천에 따른 비료저감량 (단위: kg/10a)

농가수	농가 관행 시비량(A)			토양검정 비료추천량(B)			비료저감량(A-B)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
40	30.1	29.0	18.4	22.7	26.2	13.0	7.4	3.0	5.3

* 저감률: 20%

- 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 증가되는 비용: 해당 없음	○ 증가되는 이익 ① 소득 증가: 130,887원/10a - 생산량 증가(1kg/10a)에 따른 조수입 증가 * 비료 추천량 적용 시 = 239 kg/10a * 관행 시비량 적용 시 = 238 kg/10a ② 비용 절감: 30,204원/10a - 비료 저감(질소 7.4, 인산 3.0 칼리 5.3/10a)에 따른 비용 감소 * 비료 추천량: 질소-인산-칼리=22.7-26.2-13.0 kg/10a * 관행 시비량: 질소-인산-칼리=30.1-29.0-18.4 kg/10a - 계(B) : 161,091원
○ 추정수익액(B-A): 161,091원	

* 상품 가격: 농산물유통정보(<http://www.kamis.co.kr/>) 가락시장 2024년 도매가격(상 등급, 130,887원/kg) 적용

* 비료가격(2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집): 요소 15,300원, 용성인비 12,350원, 염화칼륨 15,850원 적용

영농기술 요약

활 용 구 분	영농기술				영농정보																															
	신기술 시범사업	현장실증 연구	○	농업기술 길잡이	교육· 현장연시	국가농업 기술포털																														
제 목	유채나물 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식																																			
활 용 분 야	농업환경																																			
검 색 어	유채나물, 토양검정, 비료사용량, 비료사용처방																																			
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 필요 ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준 * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가 □ 개발된 영농기술정보 ○ 유채나물 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식 <table><tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="3">비료 표준사용량</th><th rowspan="2">토양검정 비료추천식</th></tr><tr><th>밑거름</th><th>웃거름</th><th>총량</th></tr><tr><td>질소(화산)</td><td>8.0</td><td>11.9</td><td>19.9</td><td>$N(kg/10a) = 24.86 - 0.0398 \cdot OM$</td></tr><tr><td>질소(비화산)</td><td>8.4</td><td>12.6</td><td>21.1</td><td>$N(kg/10a) = 24.588 - 0.1006 \cdot OM$</td></tr><tr><td>인산</td><td>9.4</td><td>0</td><td>9.4</td><td>$P_2O_5(kg/10a) = 10.334 - 0.0023 \cdot Av.P_2O_5$</td></tr><tr><td>칼리</td><td>10.2</td><td>0</td><td>10.2</td><td>$K_2O(kg/10a) = 11.005 - 1.3138 \cdot Ex.K$</td></tr></table> ▶ 2회 수확 시 1차 수확 후 웃거름 1회 추가 살포 * 비료 표준사용량은 발토양 토양화학성 적정범위 중간값 적용 ○ 비료 저감효과(kg/10a): 질소 1.5, 인산 0.8, 칼리 0.7 * 저감률 7% ○ 비료를 사용하지 않은 상태에서 토양시료를 채취하여 농업기술 센터에 토양검정 의뢰 → 흙토람(http://soil.rda.go.kr)에서 비료사용처방서 발급 □ 파급효과 ○ (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감 ○ (정책부서) 비료사용량 절감에 따른 온실가스 감축으로 공익 직불제 정책효과 증대 * 유채나물 재배지 비료사용량의 7% 절감 가능(비료비용 6,325원/10a 절감)								구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식	밑거름	웃거름	총량	질소(화산)	8.0	11.9	19.9	$N(kg/10a) = 24.86 - 0.0398 \cdot OM$	질소(비화산)	8.4	12.6	21.1	$N(kg/10a) = 24.588 - 0.1006 \cdot OM$	인산	9.4	0	9.4	$P_2O_5(kg/10a) = 10.334 - 0.0023 \cdot Av.P_2O_5$	칼리	10.2	0	10.2	$K_2O(kg/10a) = 11.005 - 1.3138 \cdot Ex.K$
	구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식																															
		밑거름	웃거름	총량																																
	질소(화산)	8.0	11.9	19.9	$N(kg/10a) = 24.86 - 0.0398 \cdot OM$																															
	질소(비화산)	8.4	12.6	21.1	$N(kg/10a) = 24.588 - 0.1006 \cdot OM$																															
	인산	9.4	0	9.4	$P_2O_5(kg/10a) = 10.334 - 0.0023 \cdot Av.P_2O_5$																															
	칼리	10.2	0	10.2	$K_2O(kg/10a) = 11.005 - 1.3138 \cdot Ex.K$																															
	연구개발과제	예산사업명	국가농경지환경자원관리기술개발_공익직불제_농업기술개발																																	
		연구개발과제명	(과제번호: RS-2021-RD009117)공익직불제 비료사용량 미 설정작물의 비료사용처방 기준설정																																	
	연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 이용우 (전화 : 064-760-7355, e-mail : dyddn2562@korea.kr)																																	
공동개발자		제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 김석만, 김유경, 고윤정, 오민아, 이강해, 이서영																																		

제목 : 유채나물 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

□ 배경

- 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 설정 필요
 - ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준
 - * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가
- 농업분야 탄소중립 이행을 위한 질소질 비료 적정 사용 필요

□ 영농기술 개요

- 유채나물 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식
	밑거름	웃거름	총량	
질소(화산)	8.0	11.9	19.9	$N(kg/10a) = 24.86 - 0.0398 \cdot OM$
질소(비화산)	8.4	12.6	21.1	$N(kg/10a) = 24.588 - 0.1006 \cdot OM$
인산	9.4	0	9.4	$P_2O_5(kg/10a) = 10.334 - 0.0023 \cdot Av.P_2O_5$
칼리	10.2	0	10.2	$K_2O(kg/10a) = 11.005 - 1.3138 \cdot Ex.K$

▶ 2회 수확 시 1차 수확 후 웃거름 1회 추가 살포

* 비료 표준사용량은 밭토양 토양화학성 적정범위 중간값 적용

- 비료를 사용하지 않은 상태에서 토양시료를 채취하여 농업기술센터에 토양검정 의뢰 → 흙토람(<http://soil.rda.go.kr>)에서 비료사용처방서 발급



□ 연구결과

○ 유채나물 농가 비료사용량

(단위: kg/10a)

구분		밑거름			웃거름 (총량)	총 성분량		
		질소	인산	칼리	질소	질소	인산	칼리
화산	평균	13.7	10.4	10.4	16.7	30.5	10.4	10.4
	표준편차	2.2	1.2	1.2	2.7	7.2	1.2	1.2
비화산	평균	11.9	9.7	9.7	19.0	31.0	9.7	9.7
	표준편차	3.3	2.7	2.7	2.2	3.3	2.7	2.7

* 화산회토와 비화산회토 간 농가 비료사용량 차이는 없었음

○ 유채나물 재배지 토양화학성

구분		pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(coml/kg)			O.M. (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg		
화산	평균	6.3	0.9	268	1.4	15.5	2.4	80	56.7
	표준편차	1.5	0.3	284	0.7	12.2	1.8	62	43.2
비화산	평균	5.3	0.8	660	1.0	5.7	1.6	47	38.7
	표준편차	1.0	0.3	317	0.5	6.8	0.9	26	33.7

○ 유채나물 비료사용기준 설정을 위한 NPK 수준별 재배시험

- 시험장소: 제주시 애월읍 2개소
- 처리내용: NPK 각 0, 0.5, 1, 1.5, 2배

구분	밑거름			웃거름 (1차)	웃거름 (2차)	합계		
	질소	인산	칼리	질소	질소	질소	인산	칼리
기준량 (kg/10a)	12.3	10.0	10.0	7.7	10.8	30.7	10.0	10.0

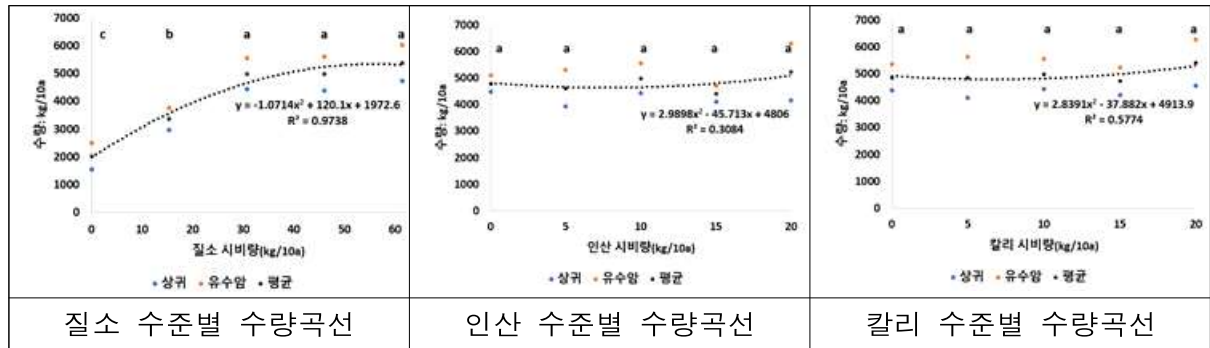
* 기준량(1배량): 농가조사 결과 평균 비료사용량 반영

- 시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(coml/kg)			O.M. (g/kg)
				K	Ca	Mg	
A포장	6.6	0.3	94	0.6	5.8	2.8	19
B포장	5.8	0.3	209	0.9	4.9	1.2	40

* 비화산회토

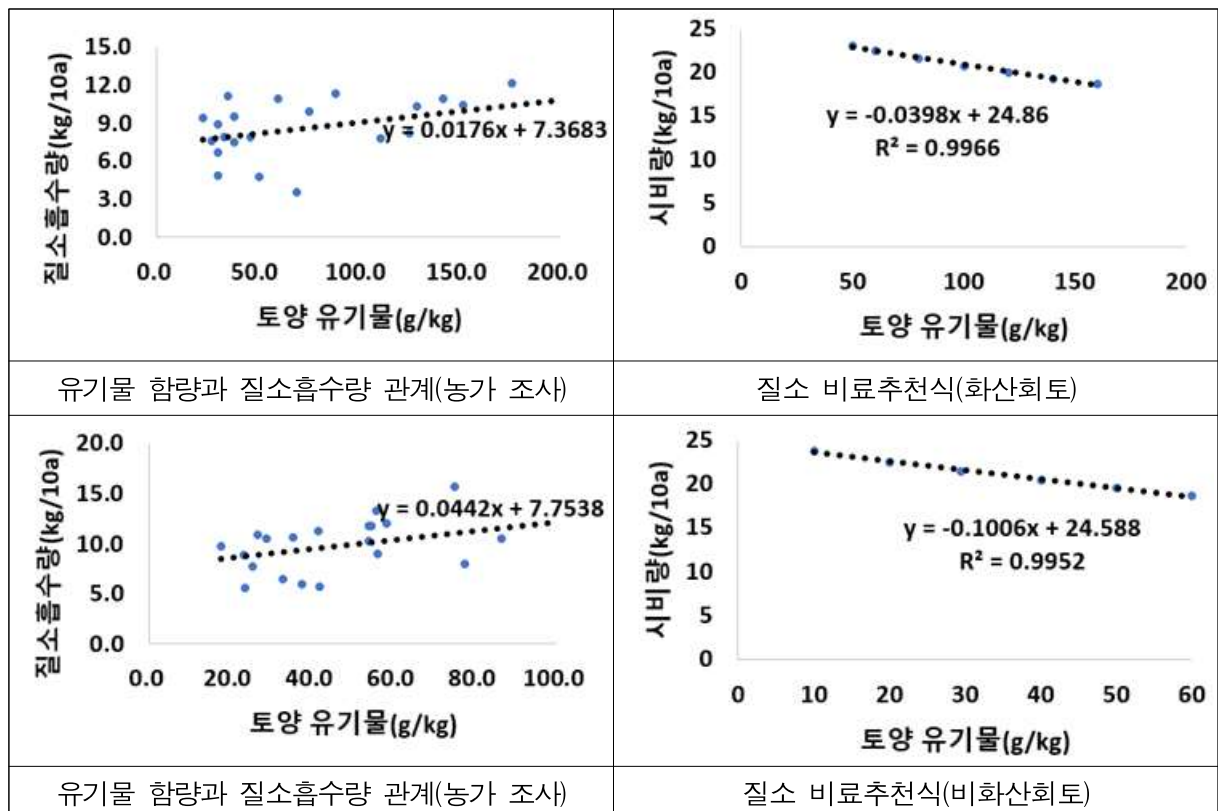
- 유채나물 비료 수준별 수량 곡선



- * 수량은 질소 1.0~2.0배 처리구에서 가장 많았으며, 통계적 유의성을 고려 시 적정시비량은 21.5kg/10a임(1회 수확 기준, 밑거름+웃거름 1회)
- * 인산 및 칼리는 시비량에 따른 반응이 없어 농가 평균 시비량인 1배량(10.0kg/10a)이 적절함

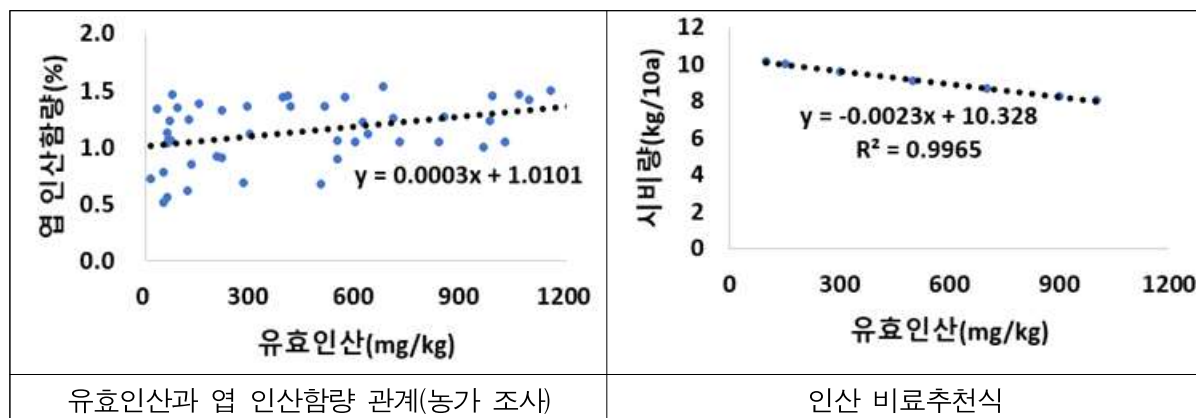
○ 유채나물 토양검정 비료추천 기준 설정 * 재배시험 결과에 토양-식물체 관계식 보정

① 질소

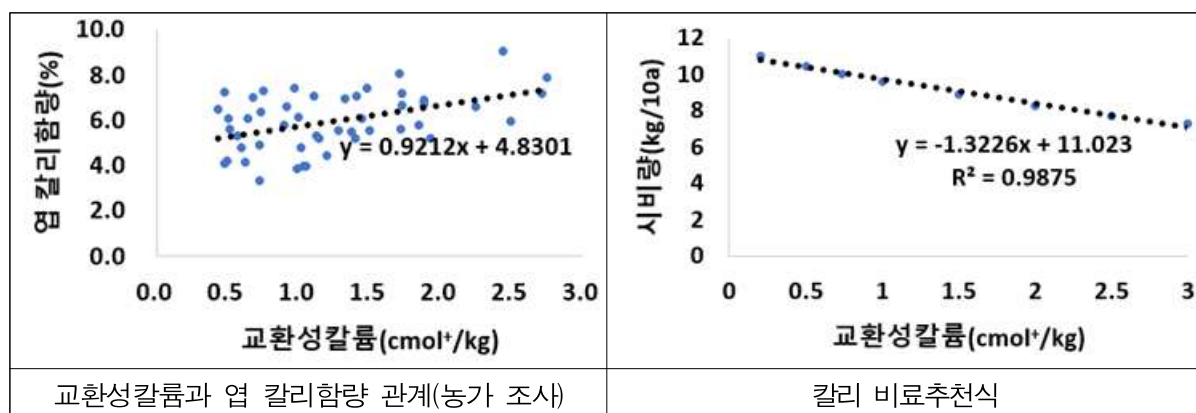


- * 화산회토양은 재배시험 결과가 없어 농가(화산회토) 평균 시비량(21.6kg/10a)에 보정식 적용

② 인산



③ 칼리



* 노지 비료처방과 관련된 토양 인자(OM-질소, 유효인산-인산, 교환성칼륨-칼리)

○ 유채나물 토양검정 비료추천식

질소 비료추천식(화산회토)	토양 유기물 (g/kg)			
	60	80	100	120
	----- N 비료시용량, kg/10a -----			
$N(\text{kg}/10a) = 24.86 - 0.0398 \cdot OM$	22.5	21.6	20.8	20.0

질소 비료추천식(비화산회토)	토양 유기물 (g/kg)			
	10	20	30	40
	----- N 비료시용량, kg/10a -----			
$N(\text{kg}/10a) = 24.588 - 0.1006 \cdot OM$	23.8	22.5	21.5	20.4

인산 비료추천식	유효인산 (mg/kg)			
	200	400	600	800
	----- P ₂ O ₅ 비료시용량, kg/10a -----			
$P_2O_5(\text{kg}/10a) = 10.334 - 0.0023 \cdot Av.P_2O_5$	9.9	9.3	8.9	8.4

칼리 비료추천식	교환성칼륨 (cmolc/kg)			
	0.2	0.6	1.0	1.4
	----- K ₂ O 비료사용량, kg/10a -----			
K ₂ O(kg/10a) = 11.005 - 1.3138*Ex.K	11.0	10.2	9.6	9.0

- * 분시비율(밑거름:웃거름): 질소(60:40), 인산(100:0), 칼리(100:0)
- * 2회 수확 시 1차 수확 후 웃거름 1회 추가 살포
- 비료 표준사용량(N-P₂O₅-K₂O) = 19.9~21.1-9.4-10.2 kg/10a * 발토양 토양화학성 적정범위 적용

□ 파급효과

- (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감
- (정책부서) 비료사용량 저감에 따른 온실가스 감축으로 공익직불제 정책효과 증대
- 유채나물 토양검정 비료추천에 따른 비료저감량 (단위: kg/10a)

농가수	농가 관행 시비량(A)			토양검정 비료추천량(B)			비료저감량(A-B)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
50	22.2	10.2	10.2	20.7	9.3	9.4	1.5	0.8	0.7

- * 1회 수확 기준(밑거름 + 웃거름 1회)
- * 저감률: 7%

- 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 증가되는 비용: 해당 없음	○ 증가되는 이익 ① 소득 증가: 53,325원/10a - 생산량 증가(25kg/10a)에 따른 조수입 증가 * 비료 추천량 적용 시 = 4,674 kg/10a * 관행 시비량 적용 시 = 4,649 kg/10a ② 비용 절감: 6,325원/10a - 비료 저감(질소 1.5, 인산 0.8 칼리 0.7/10a)에 따른 비용 감소 * 비료 추천량: 질소-인산-칼리=20.7-9.3-9.4 kg/10a * 관행 시비량: 질소-인산-칼리=22.2-10.2-10.2 kg/10a - 계(B) : 59,650원 ○ 추정수익액(B-A): 59,650원

- * 상품 가격: aT 도매시장 정보시스템(<http://at.agromarket.kr>) 2024년 도매유통정보 월별 평균 가격(2,133원/kg) 적용
- * 비료가격(2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집): 요소 15,300원, 용성인비 12,350원, 염화칼륨 15,850원 적용

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 관련 영농기술정보 없음

현장실증연구

1. 배경

- 공익직불제 「화학비료 사용기준 준수」를 위한 비료사용기준 설정 필요
 - ▶ (농업농촌공익직불법 시행규칙 제5조) 작물과 토양의 성질에 따라 지방자치단체의 장이 토양검사 결과에 따라 정하는 비료량 기준
 - * 비료사용기준이 설정된 작물은 공익직불제 이행점검 대상작물에 추가
- 농업분야 탄소중립 이행을 위한 질소질 비료 적정 사용 필요

2. 사업의 목적 및 필요성

- (목적) 농업인 적정 비료사용기준 준수를 위해 토양검정 비료추천량을 적용했을 때 작물 생산성, 토양 건강성, 비료 저감효과 평가 필요
- (필요성) 현장에서 실질적으로 비료사용량을 줄이기 위해서는 토양의 양분함량과 작물의 양분요구량에 맞는 적정량의 비료 공급이 필요하며, 현장실증을 통해 비료저감 효과를 검증할 필요가 있음

3. 개발기술 및 현장적용 방법

- 유채나물 비료 표준사용량 및 토양검정 비료추천식

구분	비료 표준사용량			토양검정 비료추천식
	밑거름	웃거름	총량	
질소(화산)	8.0	11.9	19.9	$N(kg/10a) = 24.86 - 0.0398 \cdot OM$
질소(비화산)	8.4	12.6	21.1	$N(kg/10a) = 24.588 - 0.1006 \cdot OM$
인산	9.4	0	9.4	$P_2O_5(kg/10a) = 10.334 - 0.0023 \cdot Av.P_2O_5$
칼리	10.2	0	10.2	$K_2O(kg/10a) = 11.005 - 1.3138 \cdot Ex.K$

- ▶ 2회 수확 시 1차 수확 후 웃거름 1회 추가 살포

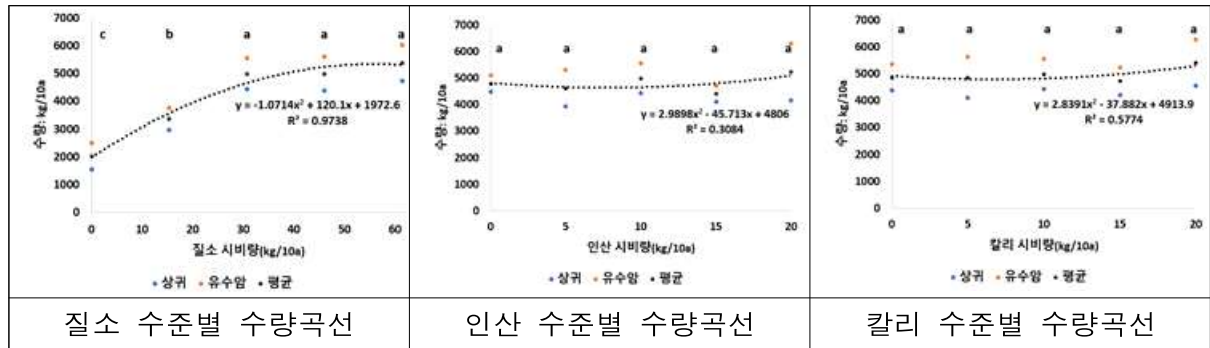
* 비료 표준사용량은 밭토양 토양화학성 적정범위 중간값 적용

- 유채나물 비료사용기준 설정을 위한 NPK 수준별 재배시험
 - 시험장소: 제주시 애월읍 2개소
 - 처리내용: NPK 각 0, 0.5, 1, 1.5, 2배

구분	밑거름			웃거름 (1차)	웃거름 (2차)	합계		
	질소	인산	칼리	질소	질소	질소	인산	칼리
기준량 (kg/10a)	12.3	10.0	10.0	7.7	10.8	30.7	10.0	10.0

* 기준량(1배량): 농가조사 결과 평균 비료사용량 반영

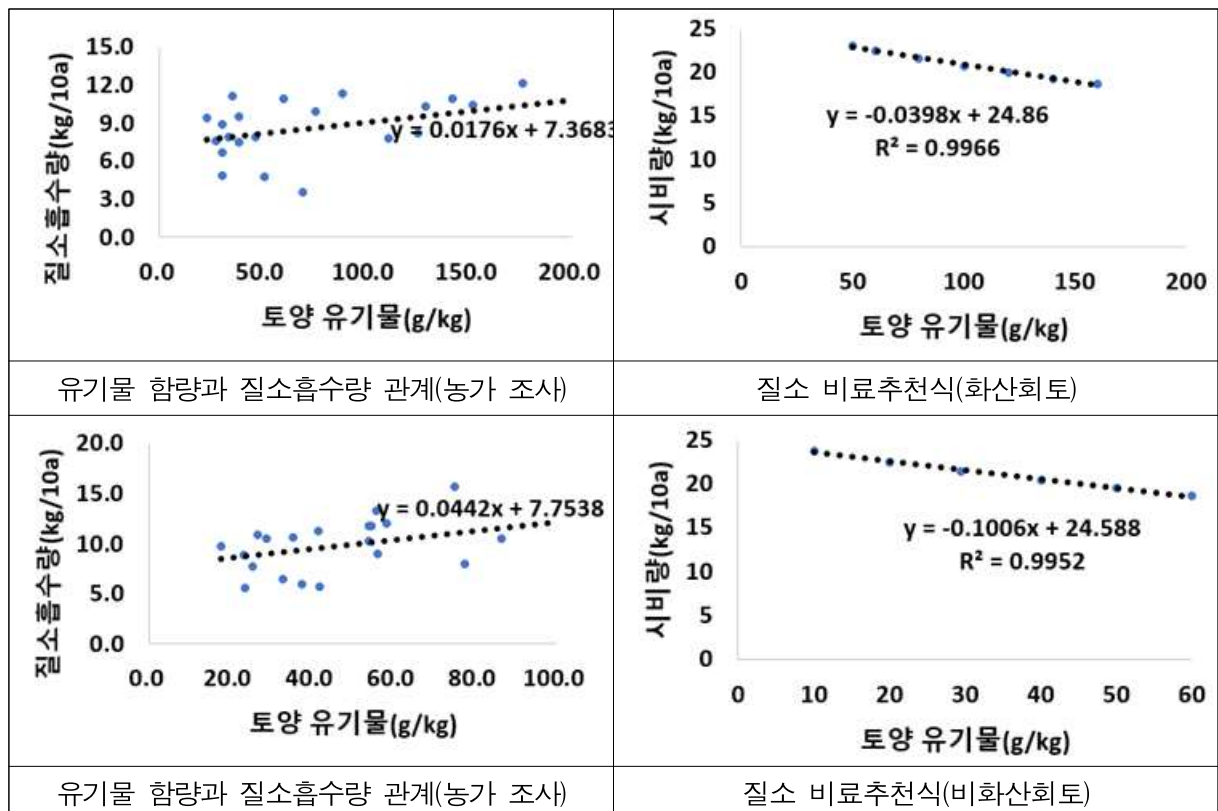
- 유채나물 비료 수준별 수량 곡선



- * 수량은 질소 1.0~2.0배 처리구에서 가장 많았으며, 통계적 유의성을 고려 시 적정시비량은 21.5kg/10a임(1회 수확 기준, 밑거름+웃거름 1회)
- * 인산 및 칼리는 시비량에 따른 반응이 없어 농가 평균 시비량인 1배량(10.0kg/10a)이 적절함

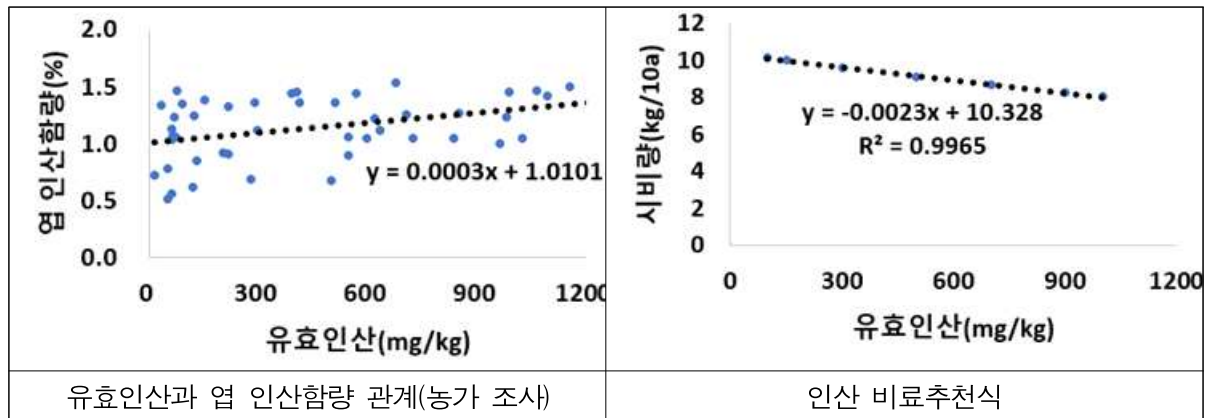
○ 유채나물 토양검정 비료추천 기준 설정 * 재배시험 결과에 토양-식물체 관계식 보정

① 질소

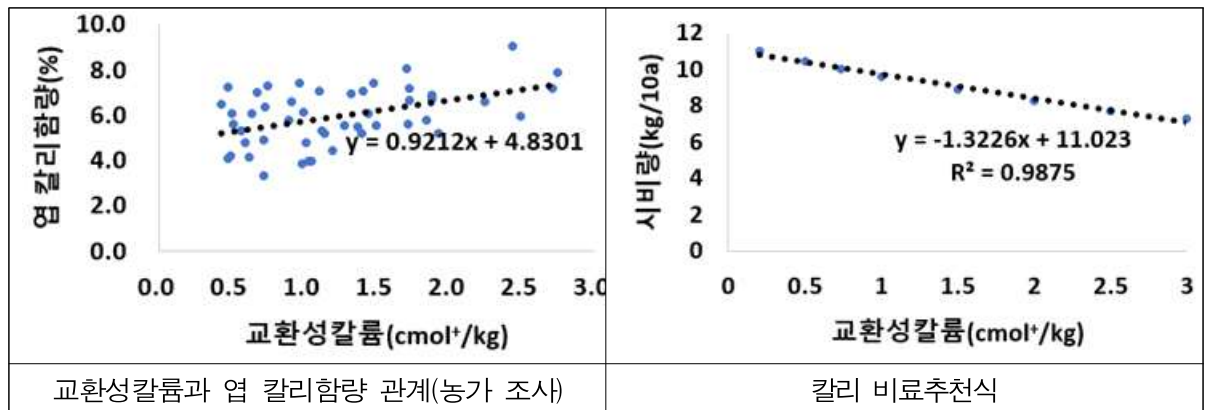


* 화산회토양은 재배시험 결과가 없어 농가(화산회토) 평균 시비량(21.6kg/10a)에 보정식 적용

② 인산



③ 칼리



* 노지 비료처방과 관련된 토양 인자(O.M.-질소, 유효인산-인산, 교환성칼륨-칼리)

□ 파급효과

- (농업인) 비료 적정 사용으로 토양양분집적 예방 및 비료저감
- (정책부서) 비료사용량 저감에 따른 온실가스 감축으로 공익직불제 정책효과 증대
- 유채나물 토양검정 비료추천에 따른 비료저감량 (단위: kg/10a)

농가수	농가 관행 시비량(A)			토양검정 비료추천량(B)			비료저감량(A-B)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
50	22.2	10.2	10.2	20.7	9.3	9.4	1.5	0.8	0.7

* 1회 수확 기준(밀거름 + 웃거름 1회)

* 저감률: 7%

○ 경제성 분석 (단위: 원/10a)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 증가되는 비용: 해당 없음	○ 증가되는 이익 ① 소득 증가: 53,325원/10a - 생산량 증가(25kg/10a)에 따른 조수입 증가 * 비료 추천량 적용 시 = 4,674 kg/10a * 관행 시비량 적용 시 = 4,649 kg/10a ② 비용 절감: 6,325원/10a - 비료 저감(질소 1.5, 인산 0.8 칼리 0.7/10a)에 따른 비용 감소 * 비료 추천량: 질소-인산-칼리=20.7-9.3-9.4 kg/10a * 관행 시비량: 질소-인산-칼리=22.2-10.2-10.2 kg/10a - 계(B) : 59,650원
○ 추정수익액(B-A): 59,650원	

* 상품 가격: aT 도매시장 정보시스템 (<http://at.agromarket.kr>) 2024년 도매유통정보 월별 평균 가격(2,133원/kg) 적용

* 비료가격(2024 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집): 요소 15,300원, 용성인비 12,350원, 염화칼륨 15,850원 적용

영농정보 요약

활 용 구 분	영농기술			영농정보																																					
	신기술 시범사업	현장 실증연구		농업기술 길잡이	교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털																																		
제 목	제주도 농업부문 온실가스 인벤토리 활용																																								
활 용 분 야	농업환경																																								
검 색 어	온실가스, 인벤토리, 농업, 탄소중립																																								
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 지자체별 온실가스 감축 이행기술 개발 및 확산이 농업 이슈로 급부상 * 관련 법령: 탄소중립기본법(약칭) 제4조, 제11조 ○ 제주는 「2035 탄소중립 선언」으로 지역에 적합한 감축기술 발굴 및 보급 시급 ○ 지자체 단위 농업부문 배출량 산정과 이행점검을 위한 인벤토리 구축 필요 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 제주 농업부문 온실가스 배출량(2023년): 390.2 천 톤 CO₂eq. - 부문별 비중: 재배 27%, 축산 73% - 온실가스 종류별 비중: 메탄 58%, 아산화질소 41%, 이산화탄소 1%																																								
	단위: 천톤 배출량(CO₂eq.천톤) <table><thead><tr><th>구분</th><th>배출량(CO₂eq.천톤)</th></tr></thead><tbody><tr><td>가축분뇨처리</td><td>193.7</td></tr><tr><td>장내발효</td><td>91.3</td></tr><tr><td>요소시용</td><td>4.6</td></tr><tr><td>석회시용</td><td>0.14</td></tr><tr><td>작물잔사소각</td><td>0.002</td></tr><tr><td>농경지도양</td><td>100.5</td></tr><tr><td>버재배</td><td>0.02</td></tr></tbody></table> ■ CH₄ ■ N₂O ■ CO₂							구분	배출량(CO ₂ eq.천톤)	가축분뇨처리	193.7	장내발효	91.3	요소시용	4.6	석회시용	0.14	작물잔사소각	0.002	농경지도양	100.5	버재배	0.02																		
	구분	배출량(CO ₂ eq.천톤)																																							
	가축분뇨처리	193.7																																							
	장내발효	91.3																																							
	요소시용	4.6																																							
	석회시용	0.14																																							
	작물잔사소각	0.002																																							
	농경지도양	100.5																																							
	버재배	0.02																																							
<table><thead><tr><th colspan="2">배출원</th><th>온실가스</th><th>온실가스 배출량(천 톤 CO₂eq.)</th><th>비중(%)</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="5">재배 (27%)</td><td>버재배</td><td>CH₄</td><td>0.02</td><td>0.005</td></tr><tr><td>농경지도양</td><td>N₂O</td><td>100.5</td><td>25.7</td></tr><tr><td>작물잔사소각</td><td>CH₄, N₂O</td><td>0.0</td><td>0.0004</td></tr><tr><td>석회시용</td><td>CO₂</td><td>0.1</td><td>0.04</td></tr><tr><td>요소시용</td><td>CO₂</td><td>4.6</td><td>1.2</td></tr><tr><td rowspan="2">축산 (73%)</td><td>장내발효</td><td>CH₄</td><td>91.3</td><td>23.4</td></tr><tr><td>가축분뇨처리</td><td>CH₄, N₂O</td><td>193.7</td><td>49.6</td></tr></tbody></table>							배출원		온실가스	온실가스 배출량(천 톤 CO ₂ eq.)	비중(%)	재배 (27%)	버재배	CH ₄	0.02	0.005	농경지도양	N ₂ O	100.5	25.7	작물잔사소각	CH ₄ , N ₂ O	0.0	0.0004	석회시용	CO ₂	0.1	0.04	요소시용	CO ₂	4.6	1.2	축산 (73%)	장내발효	CH ₄	91.3	23.4	가축분뇨처리	CH ₄ , N ₂ O	193.7	49.6
배출원		온실가스	온실가스 배출량(천 톤 CO ₂ eq.)	비중(%)																																					
재배 (27%)	버재배	CH ₄	0.02	0.005																																					
	농경지도양	N ₂ O	100.5	25.7																																					
	작물잔사소각	CH ₄ , N ₂ O	0.0	0.0004																																					
	석회시용	CO ₂	0.1	0.04																																					
	요소시용	CO ₂	4.6	1.2																																					
축산 (73%)	장내발효	CH ₄	91.3	23.4																																					
	가축분뇨처리	CH ₄ , N ₂ O	193.7	49.6																																					
□ 파급효과 ○ 지자체 단위 인벤토리 고도화 및 플랫폼을 활용한 배출량 통합관리 ○ 농업부문 온실가스 배출감축량 산정 및 지역 맞춤형 저감기술 발굴																																									
연구개발과제	예산사업명	농업정책지원 기술개발_농축산분야 탄소저감기술이행기반 구축																																							
	연구개발과제명	농업부문 온실가스 통계 데이터 플랫폼 구축 및 감축이행 평가(과제번호: RS-2023-00228123)																																							
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 김유경 (전화 : 064-760-7351, e-mail : kyk555@korea.kr)																																							
	공동개발자	제주농업기술원 친환경연구과 김석만, 고윤정, 이강해, 오민아, 이용우																																							

제주도 농업부문 온실가스 인벤토리 활용

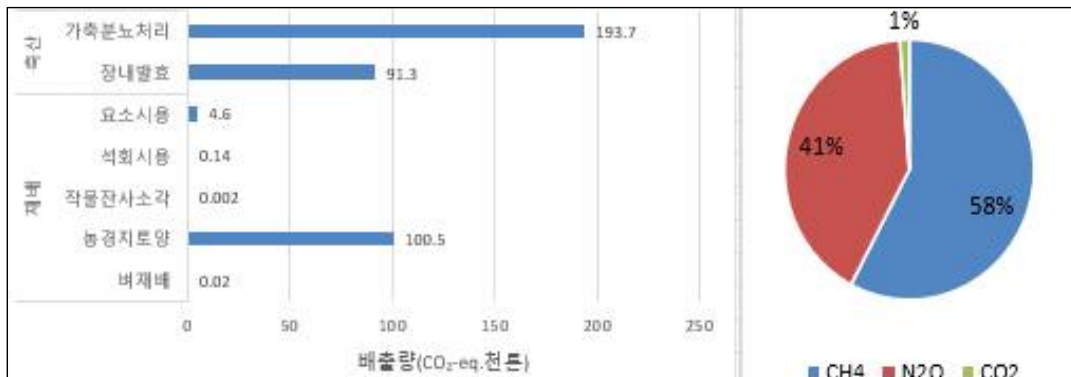
1. 세부 연구결과

□ 배경

- 지자체별 온실가스 감축 이행기술 개발 및 확산이 농업 이슈로 급부상
* 관련 법령: 탄소중립기본법(약칭) 제4조, 제11조
- 제주는 「2035 탄소중립 선언」으로 지역에 적합한 감축기술 발굴 및 보급 시급
- 지자체 단위 농업부문 배출량 산정과 이행점검을 위한 인벤토리 구축 필요

□ 영농정보 개요

- 제주 농업부문 온실가스 배출량(2023년): 390.2 천 톤 CO₂eq.
- 부문별 비중: 재배 27%, 축산 73%
- 온실가스 종류별 비중: 메탄 58%, 아산화질소 41%, 이산화탄소 1%



배출원		온실가스	온실가스 배출량 (천 톤 CO ₂ eq.)	비중(%)
재배 (27%)	벼재배	CH ₄	0.02	0.005
	농경지토양	N ₂ O	100.5	25.7
	작물잔사소각	CH ₄ , N ₂ O	0.0	0.0004
	석회사용	CO ₂	0.1	0.04
	요소사용	CO ₂	4.6	1.2
축산 (73%)	장내발효	CH ₄	91.3	23.4
	가축분뇨처리	CH ₄ , N ₂ O	193.7	49.6

□ 연구결과

○ 연간 온실가스 배출량(1990~2023)

(단위: 천 톤 CO₂-eq.)

부 문	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2022	2023
벼재배	1.3	1.2	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
농경지토양	114.5	144.9	119.8	103.2	87.8	87.8	91.7	102.3	100.5
작물잔사소각	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.1	0.0
석회시용	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
요소시용	23.0	16.7	7.9	4.9	4.6	5.0	5.1	4.4	4.6
재배소계	139.4	163.2	128.9	109.1	93.0	93.4	97.4	106.9	105.2
장내발효	69.9	72.9	65.8	69.0	82.7	87.6	88.3	88.8	91.3
가축분뇨처리	57.0	94.1	126.8	149.1	186.0	198.1	194.9	191.6	193.7
축산소계	126.9	167.0	192.6	218.1	268.7	285.8	283.2	280.3	285.0
합계	266.4	330.2	321.4	327.2	361.8	379.2	380.6	387.2	390.2

- 2018~2023년 농업부문 온실가스 배출량 산정 및 증감 원인 분석

· 농업(재배+축산)부문: ('18) 380.6천톤 CO₂-eq. → ('23) 390.2천톤 CO₂-eq. (2.5% 증가)

· 재배부문: ('18) 97.4천톤 CO₂-eq. → ('23) 105.3천톤 CO₂-eq. (8% 증가)

* 주요 요인: 화학비료 질소투입량 증가(10,122 → 11,071 ton N)

· 축산부문: ('18) 283.2천톤 CO₂-eq. → ('23) 285천톤 CO₂-eq. (0.6% 증가)

* 주요 요인: 한육우 사육두수 증가(36,757 → 40,466)

- 2022~2023년 농업부문 온실가스 배출량 산정 및 증감 원인 분석

· 농업(재배+축산)부문: ('22) 387.2천톤 CO₂-eq. → ('23) 390.2천톤 CO₂-eq. (0.8% 증가)

· 재배부문: ('22) 106.9천톤 CO₂-eq. → ('23) 105.3천톤 CO₂-eq. (1.5% 감소)

* 주요 요인: 화학비료 질소투입량 감소(11,432 → 11,071 ton N)

· 축산부문: ('22) 280.3천톤 CO₂-eq. → ('23) 285천톤 CO₂-eq. (1.7% 증가)

* 주요 요인: 한육우 사육두수 증가(39,071 → 40,466),

돼지(비육) 사육두수 증가(467,788 → 472,606)

○ 연간 온실가스 종류별 배출량(1990~2023)

(단위: 천 톤 CO₂-eq.)

구분	배출원	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2022	2023
CO ₂	소계	23.0	16.7	7.9	5.2	4.8	5.3	5.3	4.5	4.8
	석회시용	-	-	-	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
	요소시용	23.0	16.7	7.9	4.9	4.6	5.0	5.1	4.4	4.6
CH ₄	소계	104.3	135.1	154.1	173.3	212.8	226.8	224.3	221.6	225.4
	벼재배	1.3	1.2	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	작물잔사소각	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0
	장내발효	69.9	72.9	65.8	69.0	82.7	87.6	88.3	88.8	91.3
	가축분뇨처리	32.5	60.7	87.3	103.7	129.7	138.9	135.7	132.7	134.0
N ₂ O	소계	139.1	178.4	159.4	148.7	144.2	147.1	151.0	161.2	160.1
	농경지토양	114.5	144.9	119.8	103.2	87.8	87.8	91.7	102.3	100.5
	작물잔사소각	0.13	0.10	0.07	0.08	0.07	0.05	0.08	0.01	0.00
	가축분뇨처리	24.5	33.4	39.5	45.4	56.3	59.2	59.2	58.8	59.6
합계		266.4	330.2	321.4	327.2	361.8	379.2	380.6	387.2	390.2

- 이산화탄소 배출은 대부분 요소시용에서 배출

메탄 배출은 가축분뇨처리 59%, 장내발효 41% 차지, 벼재배와 작물잔사소각은 아주 미미함
아산화질소 배출은 농경지토양 63%, 가축분뇨처리 37% 차지, 작물잔사소각은 아주 미미함

□ 파급효과

- 제주도 지자체 인벤토리 고도화 및 농업부문 온실가스 저감기술 발굴
- 농업부문 온실가스 배출량 산정의 정확도 향상 및 감축목표 설정 활용
- 지속가능한 농업환경 및 탄소중립 실천을 위한 관련 정책 수립 의사결정 지원
- 국가 간 농업부문 온실가스 감축 등 기후변화 관련 협상 시 선제적 대응

□ 관련 참고 영농기술정보 목록

- 참고 영농기술 및 영농정보

연번	활용분야	영농활용기술명	개발연도	개발자
1	기상환경	전라북도 논벼 재배지 물관리(중간낙수) 면적 증대의 온실가스 저감 예상량	2022	이창규
2	축산생명환경	2019년 국가 온실가스 인벤토리(1990-2017) 활용	2019	이유경
3	축산생명환경	2019년 국가 온실가스 인벤토리(1990-2017) 활용	2018	이유경
4	농업환경	2006 IPCC 지침 적용 경기도 농업분야 재배부문 온실가스 인벤토리 활용	2024	주옥정

제주 농업부문 온실가스 인벤토리 활용

□ 온실가스 인벤토리란 ?

- 온실가스 인벤토리(Greenhouse Gas Inventory)란 국가나 지역 또는 기관이 일정 기간 동안 배출하거나 흡수한 온실가스의 양을 체계적으로 조사·정리한 목록 또는 통계자료를 말합니다.
- 우리나라도 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 따라 공인 국가 통계를 기반으로 이러한 인벤토리를 매년 작성하고 있으며, 온실가스 감축 정책 수립과 성과 평가의 기초자료로 활용되고 있습니다.
- 또한 지방자치단체도 자체적인 탄소중립 이행계획과 성과 평가를 수행해야 하며, 지자체별 온실가스 인벤토리는 지역 맞춤형 탄소중립 정책 추진과 국가 감축 목표 달성을 위한 필수 기반자료로 매우 중요합니다.

□ 농업부문 온실가스 배출량은 어떻게 산정하나요 ?

- 온실가스 배출량은 IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체)의 「국가 온실가스 인벤토리 지침」에 따라 배출원별 활동자료(통계자료)와 배출계수를 이용하여 산정합니다.
(예) 아산화질소(N_2O) 배출량 = 질소투입량 × 아산화질소(N_2O) 배출계수
- 농업부문의 주요 배출원은 재배(벼재배, 농경지토양, 작물잔사소각, 석회사용, 요소사용)와 축산(장내발효 및 가축분뇨처리)이며, 예로 벼재배에서는 유기물이 혐기적으로 분해되면서 발생하는 메탄(CH_4), 농경지토양에서는 사용되는 질소비료 및 가축분뇨의 탈질작용에 의해 배출되는 아산화질소(N_2O) 그리고 요소에서 분해될 때 배출되는 이산화탄소(CO_2)를 산정합니다.

□ 제주 농업부문 온실가스 인벤토리 활용은 ?

- 2023년 기준 제주 농업부문 온실가스 인벤토리를 활용하여 산정한 배출량은 390.2 천 톤 $\text{CO}_2\text{eq.}$ 이며, 부문별로는 재배 27%, 축산 73%, 온실가스 종류는 메탄 58%, 아산화질소 41%, 그리고 이산화탄소 1% 비중을 차지합니다.
- 특히, 재배부문은 농경지토양에서 배출되는 아산화질소 비중이 가장 높습니다. 이는 제주지역 재배부문의 온실가스 감축을 위해서는 질소비료 사용 저감 실천 기술 개발·확산이 매우 중요함을 알 수 있으며, 이러한 부문별 온실가스 인벤토리를 활용하여 지역에 맞는 효과적인 온실가스 저감정책을 발굴할 수 있습니다.

영농정보 요약

활 용 구 분	영농기술			영농정보																										
	신기술 시범사업	현장실증 연구	농업기술 길잡이	교육· 현장연시	○	국가농업 기술포털																								
제 목	제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황																													
활 용 분 야	농업환경																													
검 색 어	토양, 유기오염물질, 안전성																													
활 용 내 용 요 약	□ 배경 ○ 지속가능한 농업을 위해 농업환경의 안전성 확보 중요성이 커짐에 따라 제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황을 제공하고자 함 □ 개발된 영농정보 내용 ○ 제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황 <table><tr><th>구분</th><th>물질명</th><th>평균 농도 (mg/kg)</th></tr><tr><td>1</td><td>Cadusafos(카두사포스)</td><td>0.043</td></tr><tr><td>2</td><td>Ethoprophos(에토프로포스)</td><td>0.034</td></tr><tr><td>3</td><td>Fenitrothion(페니트로치온)</td><td>0.035</td></tr><tr><td>4</td><td>Phorate(포레이트)</td><td>0.012</td></tr><tr><td>5</td><td>Tebupirimfos(테부피림포스)</td><td>0.036</td></tr><tr><td>6</td><td>Terbufos(터부포스)</td><td>0.064</td></tr><tr><td colspan="2">합 계</td><td>0.224</td></tr></table> - 「토양환경보전법」 토양 오염 우려기준: 유기인계 물질의 총합이 10mg/kg 이하일 경우 안전한 상태로 판단됨 - 제주 밭 토양 점검결과: 유기인계 물질의 총합이 0.224mg/kg으로 기준치의 약 1/45 수준(2.2%)에 불과하며 이는 법적 기준보다 훨씬 낮은 수준임 ☞ 제주 밭 토양은 법적 기준 대비 매우 안전한 수준으로 확인되었으며, ‘청정 제주 농업환경’이 안정적으로 유지되고 있음을 보여줌 □ 파급효과 ○ 제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황 제공을 통한 안전 농산물 생산 기반 마련						구분	물질명	평균 농도 (mg/kg)	1	Cadusafos(카두사포스)	0.043	2	Ethoprophos(에토프로포스)	0.034	3	Fenitrothion(페니트로치온)	0.035	4	Phorate(포레이트)	0.012	5	Tebupirimfos(테부피림포스)	0.036	6	Terbufos(터부포스)	0.064	합 계		0.224
	구분	물질명	평균 농도 (mg/kg)																											
	1	Cadusafos(카두사포스)	0.043																											
	2	Ethoprophos(에토프로포스)	0.034																											
	3	Fenitrothion(페니트로치온)	0.035																											
	4	Phorate(포레이트)	0.012																											
	5	Tebupirimfos(테부피림포스)	0.036																											
	6	Terbufos(터부포스)	0.064																											
	합 계		0.224																											
	연구개발과제	예산사업명	국가농경지환경자원관리기술개발(R&D)_농경지환경 자원안전관리기술개발																											
연구개발과제명		(과제번호:RS-2021-RD009652) 농업환경 중 농업유래 유기오염물질 모니터링 및 환경위해성 평가체계구축																												
연구개발자	주연구개발자	제주특별자치도농업기술원 연구개발국 친환경연구과 이정민 (전화 : 064-760-7363, e-mail : wjdaks22@korea.kr)																												
	공동개발자	제주특별자치도농업기술원 친환경연구과 김석만, 김효정, 이창훈, 현희정																												

제주지역 밭토양 중 유기오염물질 안전성 현황

1. 세부 연구결과

□ 배경

- 지속가능한 농업 실현을 위해 농업환경의 안전성 확보가 중요함
 - * 관련 법령: 친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률 11조
- 제주지역 밭 토양 내 유기오염물질 데이터 제공을 통한 안전 농산물 생산 기반 마련 필요

□ 영농정보 개요

- 제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황

구분	물질명	평균 농도(mg/kg)
1	Cadusafos(카두사포스)	0.043
2	Ethoprophos(에토프로포스)	0.034
3	Fenitrothion(페니트로치온)	0.035
4	Phorate(포레이트)	0.012
5	Tebupirimfos(테부피림포스)	0.036
6	Terbufos(터부포스)	0.064
합 계		0.224

- 「토양환경보전법」 토양 오염 우려기준: 유기인계 물질의 총합이 10mg/kg 이하일 경우 안전한 상태로 판단됨
- 제주 밭 토양 점검결과: 유기인계 물질의 총합이 0.224mg/kg으로 기준치의 약 1/45 수준(2.2%)에 불과하며 이는 법적 기준보다 훨씬 낮은 수준임
- ☞ 제주 밭 토양은 법적 기준 대비 매우 안전한 수준으로 확인되었으며, ‘청정 제주 농업환경’이 안정적으로 유지되고 있음을 보여줌

□ 연구결과

- 제주지역 밭토양 중 유기오염물질 분석 결과(2025)

용도	검출 성분	농약 잔류량(mg/kg, ppm)		
		최소량	최대량	평균
살균	Azoxystrobin(아зок시스트로빈)	0.015	0.027	0.023
	Prochloraz(프로클로라즈)	0.015	0.015	0.015
	Carbendazim(카벤다짐)	0.010	0.018	0.013
	Chlorothalonil(클로로탈로닐)	0.043	0.694	0.369

용도	검출 성분	농약 잔류량(mg/kg, ppm)		
		최소량	최대량	평균
	Dimethomorph(디메토모르프)	0.010	0.712	0.160
	Fluazinam(플루아지남)	0.395	0.395	0.395
	Fludioxonil(플루디옥소닐)	0.011	0.011	0.011
	Fluopyram(플루오피람)	0.047	0.268	0.177
	Fluquinconazole(플루킨코나졸)	0.038	0.194	0.090
	Fluxapyroxad(플룩사피라드)	0.049	0.061	0.055
	Hexaconazole(헥사코나졸)	0.017	0.017	0.017
	Metalaxyl(메탈락실)	0.031	0.065	0.048
	Metconazole(메트코나졸)	0.012	0.237	0.064
	Pydiflumetofen(피디플루메토펜)	0.061	0.113	0.087
	Pyraclostrobin(피라클로스트로빈)	0.011	0.093	0.037
	Pyribencarb(피리벤카브)	0.029	0.029	0.029
	Thifluzamide(티플루자마이드)	0.035	0.048	0.042
살충	Bifenthrin(비펜트린)	0.022	0.160	0.048
	Boscalid(보스칼리드)	0.056	0.060	0.058
	Cadusafos(카두사포스)*	0.018	0.067	0.043
	Chlorantraniliprole(클로란트라닐리프롤)	0.026	0.104	0.065
	Chlorfenson(클로르펜손)	0.017	0.019	0.018
	Chlorfluazuron(클로르플루아주론)	0.010	0.043	0.019
	Clothianidin(클로티아니딘)	0.023	0.023	0.023
	Cyantraniliprole(사이안트라닐리프롤)	0.018	0.031	0.023
	Cyclaniliprole(사이클라닐리프롤)	0.012	0.012	0.012
	Dinotefuran(디노테퓨란)	0.012	0.045	0.028
	Endosulfan_sulfate(엔도설판_설페이트)	0.066	0.066	0.066
	Ethoprophos(에토프로포스)*	0.013	0.105	0.034
	Fenitrothion(페니트로티온)*	0.035	0.035	0.035
	Flubendiamide(플루벤디아마이드)	0.024	0.072	0.045
	Flufenoxuron(플루페녹수론)	0.014	0.014	0.014
	Fluxametamide(플룩사메타마이드)	0.011	0.011	0.011
	Fosthiazate(포스티아제이트)	0.026	0.026	0.026
	Imicyafos(이미시아포스)	0.010	0.028	0.017
	Lufenuron(루페뉴론)	0.012	0.013	0.013
	Metaflumizone(메타플루미존)	0.011	0.012	0.011
	Phorate(포레이트)*	0.011	0.013	0.012
	Pyridalyl(피리달릴)	0.051	0.135	0.083
	Tebupirimfos(터부피림포스)*	0.027	0.058	0.036
	Tefluthrin(테플루트린)	0.034	0.285	0.137
	Terbufos(터부포스)*	0.058	0.070	0.064
	Thiamethoxam(티아메톡삼)	0.042	0.193	0.106
제초	Alachlor(알라클로르)	0.035	0.068	0.048
	Butachlor(부타클로르)	0.046	0.068	0.057
	Linuron(리뉴론)	0.023	0.028	0.025
	Methabenzthiazuron(메타벤즈티아주론)	0.021	0.025	0.023
	Metolachlor(메톨라클로르)	0.025	0.516	0.164
	Pendimethalin(펜디메탈린)	0.025	13.257	1.065

* 유기인계 유기오염물질

- 분석성분 470종 중 살균제 17종, 살충제 26종, 제초제 6종이 검출되었으나 모두 영농에 지장없는 극미량 수준이었음
- 검출된 유기인계 물질의 평균농도의 합은 0.224mg/kg이었음
- * 「토양환경보전법」에 따른 토양오염우려기준(유기인계 물질의 합 10mg/kg 이하)의 약 1/45수준(2.2%)으로 매우 낮았음

□ 파급효과

- 제주 농업환경의 안전성 관리를 위한 기초자료 활용
- 재배환경 내 유기오염물질의 체계적 안전 관리 방안 도출
- 예방 위주의 안전생산 유도를 통한 부적합 농산물 발생 최소화로 농가 경쟁력 및 소득 증대 실현

제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황

□ 유기오염물질이란?

- 유기오염물질이란 작물이 자라는 토양 속에 아주 미량으로 남아 있는 유기 화학 성분을 말합니다. 지속가능한 농업과 안전한 농산물 생산을 위해 토양 내 유기 오염물질의 현황을 주기적으로 점검하고, 선제적으로 관리하는 것이 중요합니다.

□ 제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 안전성 현황

구분	물질명	평균 농도 (mg/kg)
1	Cadusafos(카두사포스)	0.043
2	Ethoprophos(에토프로포스)	0.034
3	Fenitrothion(페니트로치온)	0.035
4	Phorate(포레이트)	0.012
5	Tebupirimfos(테부피림포스)	0.036
6	Terbufos(터부포스)	0.064
합 계		0.224

- 「토양환경보전법」에 따르면 토양 오염 우려 기준은 유기인계 물질 총합 10mg/kg 이하일 경우 안전한 상태로 판단합니다.
 ☞ mg/kg는 1,000kg의 토양에 설탕 1g이 섞인 정도, 또는 수영장 물 속에 눈물 한 방울이 들어 있는 수준의 극미량 단위입니다.
- 제주지역 밭 토양에 대한 모니터링 결과, 유기인계 물질의 총합이 0.224mg/kg으로 법적 기준 대비 약 45분의 1 수준(2.2%)에 불과했습니다.
 ☞ 이는 제주 밭 토양이 법적 기준보다 훨씬 낮은 수준에서 안전하게 관리되고 있으며, ‘청정 제주 농업환경’이 지속적으로 유지되고 있음을 보여줍니다.

□ 토양의 안전성을 높이는 실천 관리법

- 제주 밭 토양의 청정한 상태를 지키기 위해서는, 농약의 안전사용기준(PLS)을 철저히 준수하는 것이 가장 중요합니다.
 ☞ 농약 사용량과 시기를 준수하는 것이 토양 건강을 유지하는 첫걸음입니다.
- 농약 사용 시에는 반드시 농약안전정보시스템 (<https://psis.rda.go.kr>)을 참고하여, 작물별 등록 농약의 안전사용기준을 반드시 준수해야 합니다.

IV. 부 록

차 례

1. 농업기술원 연혁	497
2. 농업기술원 현황	499
3. 연구분야 국고보조 사업현황	502
4. 농업 R&D분야 재산 현황	503
5. 연구 기자재 및 장비	504
6. 지식재산권 및 학술발표	512
7. 농업산학협동심의위원 구성 및 추진실적	517
8. 주요 행사 추진실적	519
9. 업무 협약 및 통상 실시	528
10. 연구인력 현황	532

1. 농업기술원 연혁

일 자	주 요 내 용
'56. 10. 1.	○ 제주도농업기술원 창설
'57. 5. 28.	○ 제주도 농사원으로 개칭
'62. 4. 1.	○ 제주도농촌진흥원으로 명칭 변경(시험과와 지도과를 둠)
'71. 2. 1.	○ 서무과와 시험국 신설(1국 3과 체제)
'87. 9. 7.	○ 시험국 시험과를 작물과와 식물환경과로 개편(제주도규칙 제 1086호)
'90. 12. 31.	○ 시험국 작물과를 식량작물과와 경제작물과로 개편
'92. 3. 3.	○ 시험국 경영과 신설, 경제작물과를 원예과로 개명(제주도 규칙 제 1430호)
'93. 10. 2.	○ 기구개편(제주도 규칙 제1530호) : 2국 6과 총무담당관, 시험국(경영과, 작물원예과, 식물환경과), 지도국(사회지도과, 기술지도과)
'95. 12. 21.	○ 감자기술센터 개소
'97. 1. 1.	○ 지방자치단체에 두는 국가공무원의 정원에 관한 법률 부칙 제2조와 동법시행령 부칙 제3조에 의거 연구·지도직 공무원의 지방직화
'97. 4. 16.	○ 기구개편(제주도농촌진흥원설치조례제2074호 및 직제규칙제1714호) - 총무담당관실, 지도국(사회지도과, 기술지도과), 시험국(경영과, 작물원예과, 식물환경과)
'98. 9. 14.	○ 제주도농업기술원으로 개칭(제주도 훈령703호) : 1국 1담당관 4과 - 총무지도담당관실, 기술개발보급국(감귤실증시험과, 기술보급과 원예작물과, 농업환경과)
'99. 8. 11.	○ 기구개편(제주도 규칙 제1811호) : 1국 1담당관 4과 - 총무지도담당관실, 기술지원국(감귤기술과, 원예작물과, 경영소득과, 농업환경과)
'05. 2. 15.	○ 기구 개편 (제주도 규칙 제1975호): 1국(4과), 1담당관, 1원종장 - 총무지도담당관실, 기술지원국(감귤기술과, 생물산업과, 농업경영정보과, 환경농업과) 농산물원종장
'06. 7. 1.	○ 기구개편: 2국 5課 1원종장 22담당, 2농업기술센터 6課 1지소 - 총무과, 연구개발국(감귤원예과, 친환경연구과, 농산물원종장) 기술지원국(농촌자원과, 기술보급과), 농업기술센터(북부, 남부)

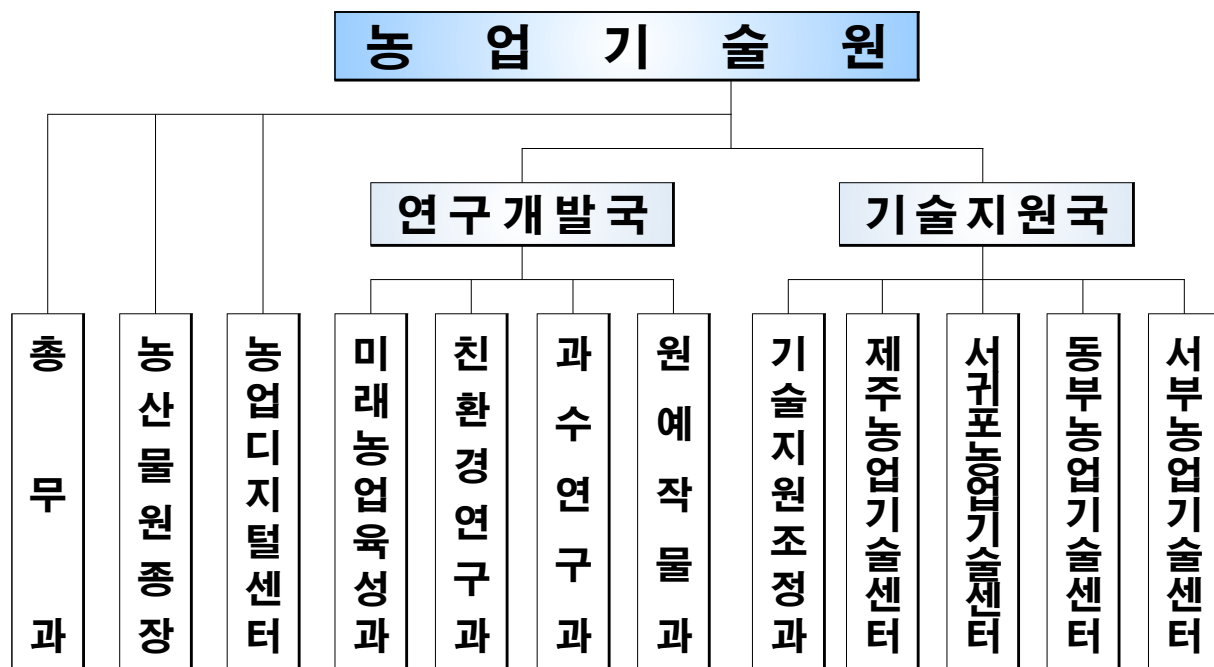
일 자	주 요 내 용
'07. 1. 8.	○ 농업기술센터 명칭 변경 - 북부농업기술센터 ⇒ 제주농업기술센터 - 남부농업기술센터 ⇒ 서귀포농업기술센터
'08. 3. 5.	○ 기구 개편: 2국 1과 3팀 1원종장 4농업기술센터 - 과 ⇒ 팀 변경(원예연구팀, 친환경연구팀, 기술지원조정팀) - 2센터 ⇒ 권역별 4센터(제주, 서귀포, 서부, 동부농업기술센터)
'09. 2. 23.	○ 제주특별자치도농업기술원 청사 이전: 서귀포시 중산간서로 212
'11. 1. 18.	○ 감귤육종센터 설치 ⇒ 2국 4과 1원종장 1육종센터 4농업기술센터 ○ 팀 ⇒ 과 변경(원예연구과, 친환경연구과, 기술지원조정과)
'14. 1. 8.	○ 기구 개편: 2국 4과 1원종장 1육종센터 4농업기술센터 - 연구개발국에서 농산물원종장 분리
'16. 7. 8.	○ 기구 개편: 2국 5과 1원종장 4농업기술센터 30담당 - 명칭 변경: 감귤육종센터 ⇒ 감귤아열대연구과(아열대과수담당 신설) - 농산물원종장을 연구개발국 소속으로 편성
'18. 8. 28.	○ 담당 ⇒ 팀(명칭 변경) - 2국 5과 1원종장 4농업기술센터 30팀
'20. 8. 20.	○ 팀명칭 변경·신설: 2국 5과 1원종장 4농업기술센터 31팀 - 명칭 변경: 기술지원조정과 농업재해팀 ⇒ 스마트원예팀 - 신설: 기술지원조정과 종합검정분석팀
'22. 1. 12.	○ 기구 개편: 2국 5과 1원종장 4농업기술센터 33팀 - 명칭 변경: 원예연구과 ⇒ 원예경영연구과 - 연구개발국 주무부서 변경: 원예연구과 ⇒ 친환경연구과 - 팀 신설: 원예경영연구과 경영디지털연구팀 기술지원조정과 농업재해대응팀
'24. 1. 22.	○ 기구 개편: 2국 6과 1장 5센터 - 신설: 농업디지털센터, 미래농업육성과 - 연구개발국에서 농산물원종장 분리(원장 직속) - 명칭 변경: 감귤아열대연구과 ⇒ 과수연구과 원예경영연구과 ⇒ 원예작물과 - 연구개발국 주무부서 변경: 친환경연구과 ⇒ 미래농업육성과
'24. 7. 9.	○ TF팀 신설: 미래농업육성과 버섯연구TF팀

2. 농업기술원 현황

□ 임 무

- 제주 농업과학 기술 개발을 위한 시험 연구
- 새로운 영농기술 및 농촌자원 활용 기술 개발 보급
- 제주지역 우량품종 선발 및 종자 생산 보급
- 농촌 발전을 선도하는 농업 인력 육성 및 교육

□ 조직도



□ 예 산(2025)

(단위: 억 원, %)

구 분	합 계	지방비		국 비	
		예산액	비율	예산액	비율
계	316.0	247.1	100.0	68.9	100.0
연구개발사업	39.1	28.5	11.5	10.6	15.4
기술보급사업	201.3	153.1	62.0	48.2	70.0
농산물원종장	27.4	20.8	8.4	6.6	9.6
농업디지털센터	30.8	27.3	11.1	3.5	5.1
총무과	10.0	10.0	4.0	-	-
행정운영경비	7.4	7.4	3.0	-	-

□ 인 력

- 정원 173명, 현원 169명(연구 50, 지도 100, 일반 19)

□ 부서별 사무분장

○ 미래농업육성과

1. 국 소관 시험연구사업의 종합 기획·조정 및 평가
2. 농업산·학협동심의회 구성 운영 및 국내·외 연구 협력
3. 지역특화작목 연구개발 및 육성 발전계획·시행계획 수립
4. 농산물의 기능성 물질 분석 및 이용성 확대
5. 농산물 이용 가공 연구 및 산업화
6. 새로운 농식품 소재 발굴 및 이용 확대
7. 도내 가공농가 애로기술 해결 및 실용화 연구
8. 스마트농업 연구개발 기획 및 운영 관리
9. 미래농업 대응 스마트팜 실용기술 개발
10. 영상기반 작물정보 데이터 수집 분석 연구
11. 스마트팜 시스템 농가 현장애로기술 개발
12. 미래농업 시험연구포장 및 시설 운영 관리
13. 미래농업육성 관련 기술의 개발에 관한 사항
14. 그 밖에 국내 다른 과에 속하지 아니하는 사무

○ 친환경연구과

1. 농업분야 탄소중립 대응 실용화 기술 개발
2. 친환경적 토양 및 양분 종합관리 기술 개발
3. 농업환경 변동조사 및 농업토양정보 관리 운영
4. 농업부산물의 비료 자원화 연구
5. 제주 토양에 알맞은 물관리 기술 개발
6. 민원의뢰 비료, 토양, 농자재 시험 및 분석
7. 농작물 병해충 진단 및 방제 연구
8. 돌발 외래 병해충 진단 및 방제 연구
9. 농산물 안전성 강화 연구
10. PLS 대응 농약 품목 등록에 관한 사항
11. 친환경 농자재 효과 검증 및 실용화 연구
12. 친환경 시험연구포장 및 시설 운영 관리
13. 그 밖에 친환경농업 관련 기술의 개발에 관한 사항

○ 과수연구과

1. 감귤 유전자원 수집 보존에 관한 연구
2. 감귤 품종육성 및 지역적응 연구
3. 감귤 신품종 이용촉진에 관한 연구
4. 감귤 품질향상 및 실용기술 개발 연구
5. 감귤 수확 후 관리 기술 연구
6. 감귤 생산비 절감 및 재배작형 개발 연구
7. 아열대·특화과수 품종육성 및 지역적응성 연구
8. 아열대·특화과수 품질향상 및 실용기술 개발 연구
9. 아열대·특화과수 수확 후 관리기술 연구
10. 아열대·특화과수 재배작형 개발 연구
11. 과수 시험연구포장 운영 관리
12. 그 밖에 과수 관련 기술의 개발에 관한 사항

○ 원예작물과

1. 채소류 품종육성 및 지역적응성에 관한 연구
2. 채소류 품질 향상 및 새로운 작물 도입 연구
3. 채소류 신품종 이용촉진에 관한 연구
4. 원예작물 수확 후 관리 기술 개발 연구
5. 원예작물 생산비 절감 및 재배작형 개발 연구
6. 감자 등 서류 품종육성 및 재배기술 개발
7. 맥류·두류 품종육성 및 재배기술 개발
8. 특용·약용작물 품종육성 및 재배기술 개발
9. 새로운 소득작목 발굴 및 재배 확산에 관한 연구
10. 원예·작물 시험연구포장 및 시설 운영 관리
11. 그 밖에 원예 및 작물 관련 기술의 개발에 관한 사항

3. 연구분야 국고보조 사업현황

□ 사업별 내역

사 업 명	예산액(천 원)		
	계	국비	지방비
계	1,134,000	567,000	567,000
○ 지역농업연구기반고도화	560,000	280,000	280,000
○ 지역특화작목기술개발사업	408,000	204,000	204,000
○ 데이터기반농업 활성화	166,000	83,000	83,000

○ 지역농업연구기반고도화: 시설 1건

사 업 명	예산액(천 원)		
	계	국비	지방비
계	560,000	280,000	280,000
○ 제주 지역특화작목(키위) 연구 시설 구축	560,000	280,000	280,000

4. 농업 R&D분야 재산 현황

구 분		계		강정		상귀·확지	
총괄	연구실(동, m ²)	8	2,914	7	1,809	1	1,105
	노지포장(필지, m ²)	27	104,474	9	40,575	18	63,899
	하우스시설(동, m ²)	63	46,501	32	21,161	31	25,340
	부대시설(동, m ²)	6	809	6	809	-	-
미래농업 육성	연구실(동, m ²)	1	616	1	616		
	하우스시설(동, m ²)	3	1,620	3	1,620		
친환경 연구	연구실(동, m ²)	5	894	5	894		
	노지포장(필지, m ²)	1	8,966			1	8,966
	하우스시설(동, m ²)	6	1,815	2	660	4	1,155
	부대시설(동, m ²)	2	160	2	160		
과수 연구	연구실(동, m ²)	1	299	1	299		
	노지포장(필지, m ²)	13	53,533	9	40,575	4	12,958
	하우스시설(동, m ²)	40	25,956	27	18,881	13	7,075
	부대시설(동, m ²)	4	649	4	649		
원예 작물	연구실(동, m ²)	1	1,105			1	1,105
	노지포장(필지, m ²)	13	41,975			13	41,975
	하우스시설(동, m ²)	14	17,110			14	17,110
	부대시설(동, m ²)	3	1,014			3	1,014

5. 연구 기자재 및 장비

□ 연구 기자재

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀명
토양시료전처리시스템	SMA 20A (Gerhardt)	1	2011	토 양 중 금 속 시 료 분 해	탄소중립연구
디지털토양경도계	EL0615 (Eijkekamp)	1	2011	토 양 경 도 측 정	탄소중립연구
자동미생물동정기	VITEK 2 Compact 30	1	2011	유 용 미 생 물 분 류 동 정 연 구	탄소중립연구
랩 발 효 기	Liflus GM-4ch (바이오트론)	1	2011	미생물 배양 연구	탄소중립연구
미생물동결보관기	FreeZone 2.5 (Labconco)	1	2011	균 주 시 료 보 관	탄소중립연구
마이크로칩 전기영 동 시 스 템	MultiNA (Shimadzu cor.)	1	2011	바 이 러 스 분 류 동 정 연 구	농산물안전성연구
유 전 자 증 폭 기	Genepro Dual Block	1	2011	바 이 러 스 검 정	농산물안전성연구
분 광 측 색 계	CM-700D	1	2011	과 수 품 질 조 사	감 굴 연 구
핵 형 분 석 기	CyFlow PA	1	2011	배 수 성 검 정	감 굴 연 구
토양시료전처리시스템	SMA 20A (Gerhardt)	1	2012	토양 중금속 분해	탄소중립연구
고 압 멸 균 기	VS-1321	1	2012	병 원 균 배 양 배 지 멸 균	농산물안전성연구
리 얼 타 임 P C R	Bio-Rad CFX96	1	2012	병 원 균 유 전 자 정 량 및 진 단	농산물안전성연구
협 기 성 배 양 기	A35 Workstation	1	2013	병 원 성 미 생 물 협 기 배 양	탄소중립연구
수 은 분 석 기	DMA-80	1	2013	토 양 · 비 료 시 료 수 은 분 석	탄소중립연구
흡 광 마 이 크 로 플 레 이 트 리 더 기	200~400nm	1	2013	E L I S A 검 정	버섯연구TF
발 아 시 험 기	NO.5008	1	2013	적 정 발 아 온 도 시 험	식량작물연구
현 미 경	Stereo Discovery V8	1	2013	병 해 충, 식 물 관 찰 체 용	버섯연구TF
상 업 용 냉 동 고	대영이앤비, LOC-521F	1	2013	시 료 보 관 용	감 굴 연 구
상 업 용 냉 동 고	엘지전자, FC-B53HMS	1	2013	시 료 보 관 용	감 굴 연 구

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀명
초 순 수 제 조 장 치	비바젠, EXL III bio	1	2013	초 순 수 제 주	감 굴 연 구
냉 장 진 열 장	캐리어, CSR-700RD	2	2013	저 온 실 험 용	감 굴 연 구
식 물 생 장 조 절 실	한백과학, HB-303DH	1	2013	온 도 실 험 용	감 굴 연 구
초 저 온 냉 동 고	일원프리저, NF140-SF, 140L	1	2013	시약·시류 보관용	감 굴 연 구
초 저 온 냉 동 고	LOC-521F	1	2013	시약·시류 보관용	감 굴 연 구
액 체 질 량 분 석 기 (UPLC-MS/MS)	Absciex Qtrap 6500	1	2014	잔류농약 및 기능 물 질 분 석	농산물안전성연구
질 소 분 석 기	Kjeltec 8200	1	2014	토양, 식물체 등 질 소 분 석	탄소중립연구
조 지 방 추 출 기	Soxtec 8000	1	2014	농 식 품 시 료 조 지 방 분 석	농 식 품 개 발
실 험 실 용 분쇄기	Geno/Grinder 2010	1	2015	시 료 미 세 분쇄 및 균 질 화	농산물안전성연구
초 자 세 척 기	Smeg, GW6010M	1	2016	초자기구류 세척	농산물안전성연구
고 압 멸 균 기	DS-191A	1	2016	시료 및 기구 멸균	농산물안전성연구
흑 연 가 열 판	OD-98	2	2016	식물체 등 시료 분해	탄소중립연구
수 분 계	DE/TESTO 606	2	2017	감 굴 생 육 변 화 측 정 용	감 굴 연 구
당 도 계	IT/NIR CASE	1	2017	키위 품종별 적정 수확기준 연구	이열대과수연구
플라즈마발광분석기 (I C P)	PQ 9000 Elite	1	2017	토양, 식물체 등 무기 성분 분석	탄소중립연구
양 이 온 치 환 용 량 측 정 기 (C E C)	Mavco 24VE	1	2017	토양 중 양이온 치 환 용 량 분 석	탄소중립연구
초 순 수 제 조 기	Aquapuri 5	1	2017	초 순 수 제 조	농산물안전성연구
디 지 털 PCR 시 스템	SG/Clarity Digital PCR	1	2017	병 원 균 유 전 자 진	농산물안전성연구
형 광 현 미 경	DM-2500	1	2017	병 원 균 형 광 검 경 및 진 단	농산물안전성연구
종 자 계 수 기	Contador	1	2017	발 작 물 연 구	식량작물연구
냉장마이크로원심분리기	PURISPIN17R	1	2018	시료분석용 원심분리	채 소 연 구
탄 산 가 스 측 정 기	X-am5000	1	2018	탄산가스측정용	채 소 연 구
비 색 계	JP/CM-700d	1	2018	과 실 품 질 조 사	이열대과수연구

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀명
이온크로마토그래피 (I C)	Metrohm CH/940	1	2018	수질 및 토양 중 음이온 등 분석	탄소중립연구
초 자 건 조 대	900×450×1600	1	2019	가 공 연 구 용	농 식품 개 발
색 차 계	CM-700d	1	2019	채소품종육성용	채 소 연 구
핵산정량마이크로 플레이트	Epoch 2	1	2019	핵 산 정 량 용	감 굴 연 구
항 온 항 습 기	800L, HB301M-3	1	2019	키위 특성 연구용	이열대과수연구
환 경 데 이 터 수 집 용 시 스템	CR1000X 외	2	2019	하 우 스 환 경 데 이 터 수 집 용	이열대과수연구
질 량 분 석 기	US/Turbomass (E641)	1	2020	감굴 성분 분석용	감 굴 연 구
환 경 데 이 터 수 집 용 시 스템	CR1000X 외	2	2020	하 우 스 환 경 데 이 터 수 집 용	이열대과수연구
초 분 광 카 메 라	V10E, 400~1,000nm	1	2020	식물체, 병해충 등 분석	이열대과수연구
온실 내 열효율 측 정 장	CW500 외	2	2020	온실 내 열효율 측정용	이열대과수연구
올리브오일 분석기	FAA 003~2603% Peroxide value: 0.3~50	1	2020	올 리 브 오 일 분 석	이열대과수연구
엽 면 적 측 정 기	AM-350	1	2020	키 위 엽 면 적 측정용	이열대과수연구
콜 드 랩 챔 버	SH-905	1	2020	키 위 저 장 용	이열대과수연구
실 체 현 미 경	Stemi 508 doc	1	2020	키위 수분 분석용	이열대과수연구
토 양 수 분 보 유 력 측정기	LAB 023	1	2020	토 양 의 수 분 보 유 력 측 정	탄소중립연구
토 양 pH/EC 자동 측정기	Robotic Analyzer SP2000	1	2020	토 양 pH, EC 자 동 측 정	탄소중립연구
토 성 분 석 기	PAR10	1	2020	토 양 의 입 자 크 기 분 석	탄소중립연구
전 기 로	LEF-115S	1	2020	퇴비, 유기질비료 유기물 측정	탄소중립연구
증 류 수 제 조 기	EXL 1 Analysis 16	1	2020	시 약 및 배 지 제조	농산물안정성연구
크 린 벤 치	DHLCB.1501V	1	2020	병원균 분리·배양 작업	농산물안정성연구
상 토 분 리 선 별 기	NC-N18000	1	2020	버섯 생산 용	버섯연구TF
홍 차 발 효 기	JY-6CFJ-1B	1	2020	차잎 발효 연구용	식량작물연구

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀명
동 결 건 조 기	MP9025	1	2021	분 석 시 료 조 제	농 식품 개발
초 저 온 냉 동 고	HKF-T-500D	2	2021	분 석 시 료 저 장	채 소 연 구
통 합 농 축 기	Evatros TCS	1	2021	분 석 시 료 조 제	농 식품 개발
저 온 추 출 농 축 기	COSMOS-700	1	2021	가 공 연 구	농 식품 개발
초순수증류수제조기	LabTower EDI30UV	1	2021	실 험 기 초 장 비	채 소 연 구
분 광 광 도 계	Evolution 350	1	2021	성 분 분 석	농 식품 개발
종 자 제 모 기	SEED PROCESSING	1	2021	종 자 관 리 용	채 소 연 구
종 합 물 성 측 정 기	TX-700 - 50 N	1	2021	물 리 성 측 정	채 소 연 구
디 지 털 현 미 경	DVM6	1	2021	조 직 검 경	채 소 연 구
분 체 기	HKPM 50	1	2021	분 석 시 료 조 제	농 식품 개발
건 조 기	SLW115	1	2021	식 물 체 건 조	채 소 연 구
생 육 상	BPHJS-120A	1	2021	발 아 시 험 연 구	채 소 연 구
자동기상관측시스템	-	1	2021	기 상 환 경 측 정	채 소 연 구
무 균 대	KD-CB146	1	2021	조 직 배 양 용	농 식품 개발
흡 후 드	KD-F400S	1	2021	실 험 실 관 리	채 소 연 구
제 빙 기	ICI-60VHF	1	2021	실 험 보 조	채 소 연 구
채 소 절 단 기	PVS-500	1	2021	실 험 보 조	농 식품 개발
고 압 멸 균 기	HS4085G	1	2021	조 직 배 양 용	채 소 연 구
초 음 파 세 척 기	SS-201N	1	2021	초 자 기 구 세 척	농 식품 개발
p H / E C 측 정 기	K5000-CP	1	2021	실 험 보 조	채 소 연 구
원 심 분 리 기	VS18000M	1	2021	시 료 분석용 원심분리	채 소 연 구
마 그 네 틱 교 반 기	HS33	1	2021	시 료 균 질 화	채 소 연 구
진 탕 기	VS-203P	1	2021	조 직 배 양 용	농 식품 개발
착즙 기	CS700KC	1	2021	실 험 보 조	농 식품 개발
비 상 샤 워 기	YW101A	1	2021	실 험 실 안 전 관 리	채 소 연 구
I C P	MY/5900 ICP-OES	1	2021	토 양 및 비 료 무 기 성 분 분 석	탄 소 중 립 연 구
마 이 크 로 웨 이 브	Cem US/MARS6	1	2021	토 양 및 퇴 비 중 금 속 분 해	탄 소 중 립 연 구
시 료 보 관 냉 장 고	WSM-1244	1	2021	시 료 저 온 보 관 용	탄 소 중 립 연 구
p H · E C 측 정 기	A2155	1	2021	원 예 작 물 연 구 용	식 량 작 물 연 구
균 질 기	BioPrep-24R	1	2022	병 해 충 출 D N A 용	농 산 물 안 전 연 구

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀 명
냉 장 고	RF85B91F101	1	2022	병해충 시료 보관용	농산물안전성연구
식 물 생 장 조 절 실	LGC-5201	1	2022	병 해 충 배 양 용	농산물안전성연구
전 기 영 동 장 치	JP/MultiNA	1	2022	병 해 충 유 전 자 분 석 용	농산물안전성연구
유 전 자 증 폭 기	US/C1000 Touch	1	2022	병 해 충 유 전 자 분 석 용	농산물안전성연구
진 탕 배 양 기	LSI-1005R	1	2022	병 원 균 배 양 용	농산물안전성연구
탁상형원심분리기	ML5R 1500rpm	1	2022	미 생 물 동 정 용	농산물안전성연구
현 미 경 용 사 진 기	CN/Dhyana 400DC	1	2022	병해충 조직 구조 관 찰 용	농산물안전성연구
자 동 핵 산 추 출 기	Magpurix12A	1	2022	핵 산 추 출 용	채 소 연 구
실시간유전자분석기	CFX Opus 96	1	2022	특 성 검 정 용	채 소 연 구
정 밀 전 자 저 울	CUW-6200HX	2	2022	생 육 조 사 용	채 소 연 구
벤 치 형 전 자 저 울	DBII-150RB	1	2022	생 육 조 사 용	채 소 연 구
이 동 형 전 자 저 울	PB-150	1	2022	생 육 조 사 용	채 소 연 구
토 양 환 경 측 정 데 이 터 모 들	ZL6 외	3	2022	토 양 환 경 데 이 터 수 집 용	채 소 연 구
유 류 보 관 장 치	D-430	1	2022	농 기 계 운 영 용	채 소 연 구
반 죽 기	KSM303	1	2022	가공 및 특성조사	농 식 품 개 발
적 외 선 건 조 기	HB-505L	1	2022	시료건조 특성조사	농 식 품 개 발
엽 록 소 측 정 기	SPAD-502 plus	1	2022	포 장 생 육 조 사	식량작물연구
형 광 현 미 경	DM3000	1	2023	병해충 관찰·동정	농산물안전성연구
실 체 현 미 경	Z16 APO	1	2023	병해충 관찰·동정	농산물안전성연구
실험용 가스 발생기	Genius 1024	1	2023	식물 및 농약분석	농산물안전성연구
분 광 광 도 계	cary60	1	2023	식물 및 토양분석	농산물안전성연구
저 온 B O D 배 양 기	DS-12UPLH	2	2023	병해충 생리 연구	농산물안전성연구
초 순 수 제 조 장 치	E-Duo12 VFT	1	2023	시약 제조 및 분석	탄소중립연구
질 량 검 출 기	Agilent 7010 GCMS	1	2023	잔 류 농 약 성 분 분 석 용	농산물안전성연구
교 반 기	VIBAX.30V	1	2023	병 해 충 유 전 자 분 석 용	농산물안전성연구
원 심 분 리 기	Supra R17	1	2023	병 해 충 유 전 자 분 석 용	농산물안전성연구
카 메 라	ILCE-7RM5	1	2023	병 해 충 증 상 자 료 수 집	농산물안전성연구
기체크로마토그래피	SCION 8500GC	1	2023	온실가스 조사용	탄소중립연구

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀명
토양수분 측정용 데이터 모뎀	IMKO HD2	1	2023	토양수분 데이터 수집	탄소중립연구
토양수분 측정용 데이터 모뎀	METER ZL6	1	2023	토양수분 데이터 수집	탄소중립연구
텐시오미터	TEROS 32	3	2023	토양수분 조사용	탄소중립연구
겔도큐멘테이션 시스템	Bio-rad, US/GelDoc	1	2023	감귤 바이러스 검정	감귤 연구
기상관측장비	DE/ZAMD77	3	2023	환경조사용	채소연구
레이저측정기	(CH)BLK360	1	2023	생육조사용	채소연구
냉장고	UDS-45VR FIE-C	1	2023	시료 및 시약 보관	아열대과수연구
냉장고	UDS-45VR FIE-C	1	2023	시료 및 시약 보관	아열대과수연구
바이오차제조기	Hamilton, (US)HHC	1	2024	바이오차 제조	탄소중립연구
염기서열분석기	Thermo fisher, Seqstudio	1	2024	병해충 유전자 분석 및 동정	농산물안전성연구
고압멸균기	WAC-100, 100L	1	2024	시료 및 기구 멸균	농산물안전성연구
유전자증폭기	Bio-rad, US /CFX Duet	1	2024	감귤 바이러스 검정	감귤 연구
조직파쇄기	(US)15-338 -550(균질기)	1	2024	감귤 바이러스 검정	감귤 연구
물성측정기	CTX	1	2024	농식품 가공 연구용	농식품개발
회전식감압농축기	R300	1	2024	농식품 가공 연구용	농식품개발
물성측정기	CTX	1	2024	농식품 가공 연구용	농식품개발
회전식감압농축기	R300	1	2024	농식품 가공 연구용	농식품개발
고압멸균기	HS-60SL 60L	1	2025	농식품 가공 연구용	농식품개발
초순수제조장치	EXL5-A16	1	2025	실험기초장비	농식품개발
원심분리기	VS-550	1	2025	농식품 가공 연구용	농식품개발
pH 측정기	K9000-M-P	1	2025	농식품 가공 연구용	농식품개발
비상샤워기	YW101A	1	2025	실험실안전관리	농식품개발
과실 자동계측장치	Ecomatik, DE/DF4	2	2025	실시간 과실 비 측정	감귤 연구

□ 포장 관리 장비

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀 명
소 형 굴 삭 기	Kubota U17	1	2011	과수포장 조성	감 굴 연 구
디 젤 발 전 기	보국전기공업, BKH20-S	1	2013	하우스 비상발전	감 굴 연 구
디 젤 발 전 기	월드발전기 WG-20	1	2015	하우스 비상발전	감 굴 연 구
목 재 파쇄 기	PRC-380ED	1	2017	감굴 잔가지 파쇄용	감 굴 연 구
농 업 용 트 랙 터	DK600HSR, 43kW	1	2018	포 장 관 리	식량작물연구
동력항타기해머	RP-040M	1	2019	유 인 관 리 용	식량작물연구
소 형 트 렉	봉고Ⅲ	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
트 랙 터	56kW	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
소 형 트 랙 터	41kW	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
쟁 기	FDS-M4	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
비 료 살 포 기	640kg	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
농 업 용 운 반 차	HA-1000ACE Ⅲ	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
지 게 차	현대, 2.9톤	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
소 형 굴 착 기	JP/U-10-3S	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
돌 수 집 기	GWD-1500T	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
전 동 운 반 차	ECO-I2	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
전 동 운 반 차	370kg	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
소 형 관 리 기	3.9KW	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
로 타 베 이 터	NT220J	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
로 타 베 이 터	GMR165HJ	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구
로 타 베 이 터	NT220J	1	2019	중합시험연구용 단치	채 소 연 구

장 비 명	규 격	수량	구입 년도	용 도	팀 명
기 계 톱	GS44	1	2019	종합시험연구용 단지 운영용	채 소 연 구
예 초 기	TU33	1	2019	종합시험연구용 단지 운영용	채 소 연 구
동 력 분 무 기	KSET-75K	1	2019	종합시험연구용 단지 운영용	채 소 연 구
양 수 기	WB30XT	1	2019	종합시험연구용 단지 운영용	채 소 연 구
다 단 식 운 반 차	1300×750×800mm	4	2020	묘목생산 운반용	감 굴 연 구
다 목 적 운 반 차	APC-1000M (1,000kg)	1	2020	감 굴 육 종 연구 운 반 작 업 용	감 굴 연 구
트 렉 터	XR4155-RILS	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
전 동 지 게 차	2.5톤	1	2020	마늘 장비 관리용	식량작물연구
농 산 물 선 별 기	MSS-3300	1	2020	마 늘 선 별 용	식량작물연구
마 늘 쪽 분 리 기	MBR-1600	2	2020	마 늘 쪽 분 리 용	식량작물연구
농 업 용 운 반 차	HA-1000ACEIII	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
로 터 베 이 터	GMR165HJ	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
동 력 분 무 기	SOL-AE111-2	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
충 전 식 방 제 기	EP-925R	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
비 료 살 포 기	STH-500A	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
씨앗테이프과종기	JAS-901B	1	2020	마늘포장 관리용	식량작물연구
돌 파 채 기	LEON1500	1	2021	채소포장 관리용	채 소 연 구
채 소 정 식 기	SKP-101-KR	1	2021	채소포장 관리용	채 소 연 구
다 목 적 운 반 차	MECHRON2450L	1	2021	채소포장 관리용	채 소 연 구
자동과종시스템	헬퍼로보텍	1	2021	채 소 육 묘 용	채 소 연 구
배 터 리 운 반 차	SB-3600ADL	1	2022	연구포장 관리용	감 굴 연 구
붐 스프레이어	BSA651CE	1	2022	포 장 관 리 용	채 소 연 구
항 타 기	RP-021	1	2022	종 자 생 산 용	채 소 연 구
테 이 핑 과 종 기	1조식	1	2022	포 장 관 리 용	채 소 연 구
동 력 분 무 기	SOL-AE111-2	1	2022	포 장 관 리 용	채 소 연 구
동력형물식과종기	JAS-901B	1	2022	종자 기계과종	식량작물연구
동 력 분 무 기	네오, WK-E500	1	2023	병해충 방제용	감 굴 연 구
원격조정 제초기	FS541V	1	2023	포 장 관 리 용	채 소 연 구

6. 지식재산권 및 학술발표

□ 지식재산권

○ 직무육성: 11품종

연도	작 물	품종명	특 징
2003	동양란	적 토 마	자한란×청한란 교배종, 10월~12월 개화
		백 록	청한란×춘란 교잡종, 8월~10월 개화
2004	양 란	새 별	보세란×헤이디, 연지색, 꽃수 많음
		일 출	우연실생, 오렌지색, 꽃모양 좋음
		항 파 두 리	로미오×퓨어핑키, 자주색 꽃수 많음
2008	동양란	적 향	보세란×청한란 교잡종, 12월~1월 개화
2008	마 늘	한 라 장 아 찌	인편수(12개~14개) 많아 장아찌 수율 높음
2011	양 파	황 수 옥	단맛이 강하고, 안토시아닌 함량이 많은 자색 품종
2012	양 파	제주O-MS-1호	극조생계 양파 F ₁ 품종생산용 중간모본
2014	당 근	제주 Ca-1호	근피색이 진하며 숙기가 빠른 융성불임 중간모본
2021	감 자	더 탐 나	더덩이병 열개서 발생 적고, 상품성 우수

○ 품종보호출원: 3종

연도	작 물	품종명	특 징
2023	감 귤	맛 나 봉	수확 12월 중순, 당도(시설·노지) 13.6°Bx, 산함량 1.06~1.19%, 부지화처럼 봉 발생
		레 드 스 타	수확 12월 중순, 당도 12.0°Bx, 산함량 1.00% 과피가 붉고(a* 35.2) 매끈함
2024	당 근	미 니 홍	근장이 짧고 근피가 매끈한 다수성 미니 생식용

○ 품종보호등록: 33품종

연도	작 물	품종명	특 징
2006	백 합	제 주 백 향	꽃잎이 두껍고 향기가 진함, 화색은 흰색
2007	양 란	거 린 사 슴	줄리엣×프린세스 기꼬, 헤이즐넛 향
2008	산수국	청 하	하늘색 대형화, 4월~5월 개화
		은 하	백색 보통화, 4월~5월 개화
2010	양 과	싱 싱 불	구가 치밀하고 맛이 좋은 극조생종
2011	감 자	제 서	체세포 육종, ‘대지’보다 더덩이병, 무름병 강함
	양 란	월 랑	선더스트×한란6번, 진노랑, 10월 축성
2012	마 늘	장 새 미	저온 신장성, 조기 수확 가능, 고수량성, 난지형
2013	감 굴	상 도 조 생	고당도, 부피 적은 11월 상순 완숙 온주밀감
2014	차나무	금 설	극소엽, 새싹수 많고 수량성 양호, 수제차용
	양 과	탐 라 불	초세 직립, 저온에 강함, 원형, 맛이 좋음
2015	차나무	비 취 설	차잎 경화 지연, 아미노산 높고 조섬유 낮음
2016	감 굴	써 니 트	착색이 빠르고, 과피색이 붉은 한라봉 변이 품종
2017	감 자	탐 나	과경 특성 우수, 더덩이병 저항성, 수량성 양호
2018	감 굴	인 자 조 생	과피색이 붉은 온주밀감, 돌연변이 육성
2019	브로콜리	뉴 탐 라 그 린	웅성불임 이용한 F ₁ 안토시아닌 Free 브로콜리
	당 근	탐 라 홍	근맷힘이 빠르고, 근색이 진하며 당도가 높음
	마 늘	대 사 니	수량성이 높음, 대주아 발생률이 높음
2020	양 과	싱 싱 볼 플 러 스	상품률이 높음, 구의 크기가 균일
2021	감 굴	가 을 향	11월 출하형 당도 높고, 산함량 낮은 만감류
		제 감 단 배 성 1 호	인공수분시 종자 발생률이 높은 단배성 교배 모본
	브로콜리	J B 중 모 1 호	청록색으로 색상 좋고, 소화되기가 작은 중간모본
		J B 중 모 2 호	화구 모양 및 수량 특성이 우수한 중간모본
	감 자	홍 지 슬	표피 및 육색이 홍색, 다수성 2기작용
2022	감 굴	달 코 미	12월에 수확하고 아주 달콤한 만감류
		설 향	1~2월에 수확, 설 출하에 적합한 고품질 만감류
	양 과	황 수 옥	적색 발현이 우수하고, 수량성 우수한 만생종 양과
	차나무	진 설	녹색도가 짙고, 품질특성 좋음, 가루녹차 전용
2023	백 합	백 설 향	꽃잎 끝모양이 둥글고 흰색단색으로 상향 개화 나팔백합
2025	감 굴	우 리 향	12월 상순 수확하며 당도가 높고 감산이 빠름
	브로콜리	한 라 그 린	수확기가 다소 빠르고 구모양이 좋고 상품수량이 높음
		삼 다 그 린	노균병, 검은무늬병에 강하고 상품수량이 높음
	감 자	홍 지 슬 플 러 스	표피 및 육색이 진한 홍색, 병저항성, 다수성 2기작용

○ 특허: 18건

발명 내용	등록일	발명자	활용상황
셀룰라아제를 생산하는 신규한 바실러스 속 미생물 및 그 용도	'08. 9. 16.	김유경 외 6명	특허기술이전 2건 ('22.5.19.~'24.5.18.) ('23.6.2.~'26.6.1.)
바실러스 속 미생물 함유 상토 조성물 및 이의 제조방법	'10. 6. 15.	김유경 외 5명	특허기술이전 1건 ('22.12.1.~'24.11.30.)
히트펌프를 이용한 건조기	'11. 9. 27.	김오섭 외 1명	특허등록
음료용 녹차추출액 제조방법	'12. 10. 11.	송인관 외 6명	특허기술이전 1건 ('20.7.27.~'24.7.26.)
주류용 녹차추출액 제조방법	'12. 10. 11.	송인관 외 6명	특허기술이전 1건 ('20.7.27.~'24.7.26.)
세안용 녹차추출액 제조방법	'12. 11. 26.	송인관 외 6명	특허기술이전 1건 ('20.7.27.~'24.7.26.)
나물용 녹차잎 가공방법	'12. 12. 21.	송인관 외 6명	특허기술이전 1건 ('20.7.27.~'24.7.26.)
녹차 자동 건조 및 살청 장치	'13. 11. 12.	송인관 외 7명	특허기술이전 1건 ('20.7.27.~'24.7.26.)
감자 신품종 '탐나' 및 이의 육종방법	'16. 3. 4.	김성용 외 8명	특허등록
회전반경을 줄일 수 있는 조향 장치가 구비된 운반차	'18. 4. 16.	고민석 외 5명	특허등록
농작물 재배용 멀칭매트 천공장치	'20. 7. 8.	김승현 외 3명	특허등록
마늘줄기 절단 및 마늘통 선별 장치	'20. 9. 24.	김승현 외 3명	특허기술이전 1건 ('21.4..~'25.3..31)
마늘줄기 절단장치	'21. 2. 16.	홍성철 외 1명	특허기술이전 1건 ('21.7.~'25.7.9.)
바실러스 서브틸리스 JBRI- B21-622 또는 이를 함유하는 미생물 제제	'23. 12. 18.	고윤정 외 14명	특허출원
바실러스 아밀로리퀴파시엔스 JBRI-B21-046 또는 이를 함유하는 미생물 제제	'23. 12. 18.	김효정 외 14명	특허출원
2차 가공에 적절한 품질 특성을 갖는 브로콜리 가공방법	'23. 12. 19.	김진영 외 3명	특허기술이전 ('25.8.12.~'28.8.11.)
제주도산 브로콜리 분말을 이용한 식품의 제조 및 이의 장기 보관방법	'25. 02. 26.	김순영 외 4명	특허기술이전 ('25.8.12.~'28.8.11.)
골드키위 증류주 제조방법 및 이에 따라 제조된 골드키위 증류주	'25. 07. 11.	문애경 외 2명	특허기술이전 ('25.12.1.~'28.11.30.)

○ 상표, 디자인: 20건

연 도	개 발 기 술 명	등록일 (출원일)	발명자	활용상황
2011	어랑진 녹차나물	'11. 8. 30.	송인관	권리유지 ('11. 8.)
2015	맑은샘	'15. 5. 28.	조연동	통상실시 3년 ('23. 7.)
	어랑진	'15. 2. 11.	조연동	통상실시 3년 ('23. 7.)
	벤지룽	'15. 2. 11.	조연동	권리유지 ('15. 2.)
2023	포장용 띠지	'23. 10. 31.	양원석	통상실시 3년 ('23. 11.)
2024	포장용 용기	'24. 12. 9.	김보화	통상실시 3년 ('24. 12.)
	포장용 상자(소)	'24. 11. 25.	이현서	통상실시 3년 ('25. 5.)
	포장용 상자(대)	'24. 11. 25.	이현서	통상실시 3년 ('25. 5.)
	Heart Gold(문자상표)	('24. 11. 12.)	양원석	통상실시 3년 ('23. 10.)
	 (국문로그 상표)	('24. 11. 12.)	양원석	통상실시 3년 ('23. 10.)
	 (영문로그 상표)	('24. 11. 12.)	양원석	통상실시 3년 ('23. 10.)
	감귤 출하 박스 디자인(설향, 1.5kg) * '25년부터 상표명 「설단향」으로 표기	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(설향, 3.0kg) * '25년부터 상표명 「설단향」으로 표기	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(달코미, 1.5kg)	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(달코미, 3.0kg)	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(가을향, 1.5kg)	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(가을향, 1.5kg)	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(우리향, 1.5kg)	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
	감귤 출하 박스 디자인(우리향, 3.0kg)	('24. 11. 13.)	양철준	통상실시 3년 ('24. 12.)
2025	설향 상표명 설단향	('25. 11. 10.)	정승용	통상실시 3년 ('25. 12.)

□ 학술발표 및 논문게재('25)

제 목	발표자	학회명	발표유형
시설재배 표고 참나무 톱밥 대체 배지자원 선발	이린아	한국버섯학회	논 문
연내 수확형 고품질 감귤 신품종 ‘달콤미’(Citrus spp) 육성	정승용	한국감귤아열대과수학회	논 문
국내육성 골드키위 건조분말을 첨가한 밀크잼 제조 및 품질 특성	김진영	한국영양학회	포스터
골드키위를 이용한 발효식초 개발 연구	김진영	한국영양학회	포스터
제주 메밀을 활용한 탁주 제조 및 품질 특성 비교	김순영	한국영양학회	포스터
피복재배 온주밀감의 토양수분장력-과실품질 변화 특성 분석과 자동관수 기초 모델 검토	김동균	한국감귤아열대과수학회	포스터
제주특별자치도 버섯 산업 현황 및 연구방향	이정배	한국버섯학회	포스터
시설재배용 표고버섯 참나무톱밥 대체 배지자원 선발	이린아	한국버섯학회	포스터
삼나무를 활용하여 제조된 바이오차의 온도 조건별 이화학적 특성	고윤정	한국토양비료학회	포스터
바이오차 시용이 토양화학적 특성과 무 생육에 미치는 영향	고윤정	한국토양비료학회	포스터
제주지역 토양 종류별 토양수분센서 보정식 개발	이강해	한국토양비료학회	포스터
제주 지역별 작물 재배 양상 및 토양화학적 특성 비교	오민아	한국토양비료학회	포스터
Control efficacy of citrus melanose using indigenous microorganisms	김효정	한국식물병리학회	포스터
Recent changes in the occurrence patterns of citrus pests and diseases	김효정	한국식물병리학회	포스터
제주지역 밭 토양 중 유기오염물질 모니터링	이정민	한국농약과학회	포스터
Control effect of <i>Scirtothrips dorsalis</i> Using Organic Agricultural Materials at Plastic-film house Cultivated Kiwifruit in Jeju, Korea	현희정	한국응용곤충학회	포스터
제주 육성 만감류 신품종 ‘우리향’의 일일 과실 비대 특성 및 관수에 따른 생장 반응 분석	주재연	원예학회	포스터
국내 육성 품종 ‘미래향’의 착과수가 과실 품질 및 이듬해 착화에 미치는 영향	오명협	한국감귤아열대과수학회	포스터
수확 후 전처리 방법에 따른 골드키위 ‘감황’ 저장 품질 변화	김권수	한국감귤아열대과수학회	포스터
수확 후 에틸렌 반응억제 처리에 따른 키위 ‘감황’ 장기저장 효과	김권수	한국감귤아열대과수학회	포스터
스피드스프레이를 이용한 골드키위 기계수분을 위한 적정 살포방법	박재홍	한국감귤아열대과수학회	포스터
제주 육성 만감류 신품종 ‘우리향’의 노동력 절감을 위한 수형 개발	주재연	한국감귤아열대과수학회	포스터
제주 육성 신품종 만감류 유리당 및 카로티노이드 함량 특성	정승용	한국감귤아열대과수학회	포스터

7. 농업산학협동심의위원 구성 및 추진실적

□ 농업산학협동심의회 분야별 위원 구성 현황

○ 미래농업분야: 7명

구 분	성 명	소 속	직 위
농업산학협동심의위원	고상환	농업기술원	원 장
	박주호	산림조합중앙회 제주본부	본 부 장
농업산학협동전문위원	김주성	제주대학교 생명자원과학대학	교 수
	천지연	제주대학교 공과대학	교 수
	강상민	제주메밀협의회	회 장
	정용환	제주테크노파크 청정바이오사업본부	본 부 장
	김상엽	도 식품산업과	과 장

○ 친환경분야: 8명

구 분	성 명	소 속	직 위
농업산학협동심의위원	김태균	농업기술원 연구개발국	국 장
	이은주	사)한국생활개선회 제주특별자치도연합회	회 장
농업산학협동전문위원	부경환	제주대학교 생명자원과학대학	교 수
	강봉래	제주연구원 제주지하수연구센터	전문연구위원
	송관철	전)국립농업과학원	과 장
	박원표	제주대학교 생명자원과학대학	교 수
	김권호	사)한살림생산자제주도연합회	회 원
	강길홍	사)한국농업마이스터협회제주도회	회 원

○ 과수분야: 10명

구 분	성 명	소 속	직 위
농업산학협동심의위원	안현주	국립원예특작과학원 감귤연구센터	소 장
	송관정	제주대학교 생명자원과학대학	교 수
	오성담	사)제주특별자치도 만감류연합회	회 장
농업산학협동전문위원	이동훈	국립원예특작과학원 감귤연구센터	육종연구실장
	김희찬	사)한국농업마이스터협회제주도회	회 장
	고혁수	한라골드영농조합법인	대 표
	김영균	제주감귤농업협동조합	지도경제상무
	김천환	국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소	연구실장
	김동규	도 감귤유통과	과 장
	문종찬	제주시농업협동조합	지도경제상무

○ 원예·작물·경영분야: 11명

구 분	성 명	소 속	직 위
농업 산학협동 심의위원	김동순	제주대학교 생명자원과학대학	학 장
	고우일	농협중앙회 제주본부	본 부 장
	안경아	제주연구원	책 임 연 구 원
농업 산학협동 전문위원	이영환	제주브로콜리생산자연협회	회 장
	김태언	애월농업협동조합	상 무
	오 욱	제주대학교 생명자원과학대학	교 수
	강경택	전국마늘생산자협회 제주도지부	지 부 장
	정종근	성산일출봉농업협동조합	영농자재센터장
	정원태		경 제 학 박 사
	정용석	제주대학교 생명자원과학대학	교 수
	강상욱	한라산아래첫마을	대 표

○ 기술보급분야: 11명

구 분	성 명	소 속	직 위
농업 산학협동 심의위원	김형은	도 농축산식품국	국 장
	양창희	농업기술원 기술지원국	국 장
	김용환	제주특별자치도 4-H연합회	회 장
농업 산학협동 전문위원	양산해	한국농촌지도자 중앙연합회	부 회 장
	안재홍	한국농업경영인 제주특별자치도연합회	직 전 회 장
	김상홍	제주특별자치도농업인단체협의회	전)정책부회장
	강미희	한국생활개선중앙연합회	전)감 사
	김순일	한국여성농업인 제주특별자치도연합회	직 전 회 장
	문성유	토마토연구회	전)회 장
	김형신	제주보타리농업학교	대 표
	김종석	위미농업협동조합	전)조 합 장

□ 농업산학협동심의회 개최: 7회

개최일자	주 요 심 의 안 건
2. 21.	2025년 농업기술보급 시범사업 대상자 선정(1차)
3. 14.	2025년 농업기술보급 시범사업 대상자 선정(2차)
6. 19.	지역특화작목 2025년 실천계획 심의회
7. 24.	2026년 농업기술보급 시범사업 과제 선정
7. 25.	2024/2025년 하반기 결과평가 및 2025/2026년 과제계획 심의
11. 24	2025년 전반기 결과평가 및 2026년 과제계획 심의
12. 11	제2차 지역특화작목 발전계획(안) 심의

8. 주요 행사 추진실적

가. 농업기술원 육성 만감류 신품종 ‘설향’ 현장 평가회

- ❖ 2011년 ‘애원과시28호’ × ‘감평’ → ‘설향’ 품종 개발('22 품종등록)
- ❖ ‘설향’ 생육특성 공유 및 연구 현장 평가로 재배 확대 가능성 검토

□ 개 요

- 일 시: 2025. 1. 15.(수) 14:00~15:00
- 장 소: 신품종 ‘설향’ 실증재배 농가(조천읍 선흘리 3596)
- 참석인원: 77명(실증농가, 묘목 실시업체, 농업인, 관계 공무원 등)
- 주요내용: ‘설향’ 생육특성 공유, 농가 의견 청취 및 시식, 설문조사 등

□ 추진결과 요약

- 우리원 감귤 품종 개발 및 보급확대 추진상황 설명
- 신품종 감귤 ‘설향’ 주요 생육특성 및 재배 시 유의사항 설명
- 실증농가 ‘설향’ 재배관리 이력 및 실증사업 참여 소감 발표
- 실증재배 현장 관찰(착과상황, 나무 생육 등)
- 과실 시식 및 우리원 육성 품종 설문조사 결과
 - 실증재배 품종 만족도: 보통(32%), 매우 만족(26%)
 - 실증재배 품종 만족이유: 품질(32%), 나무수세(21%)
 - 우리원 육성 품종 재배 희망 사유: 품질(43%), 수량(19%)

□ 사진자료



<원장님 인사말> <품종특성 설명> <재배현장 평가> <과실 식미 평가>

나. 농업부문 탄소중립 이행 실천기술 개발 토론회

❖ 「2035년 탄소중립」 대응 농업 정책 방향 공유 및 이행 방안 모색

□ 개 요

- 일 시: 2025. 6. 12.(목) 14:00~17:00
- 장 소: 농업디지털센터 영상분석실
- 참석인원: 농업인단체, 행정, 제주연구원 및 기술원 관계자 등 38명
- 주요내용
 - 온실가스 감축 정책 방향 및 탄소중립 연구에 대한 주제 발표(4주제)
 - 탄소중립 이행실천과제 설정을 위한 토론

□ 추진결과 요약

- 지역 맞춤형 탄소 배출·흡수계수 개발 고도화 연구결과 공유
- 현장 적용 가능한 실천기술 및 선진형 모델 확산 방안 강구
- 제주지역 특성을 반영한 탄소중립 영농관리 전략 요구
- 지역 특성을 반영한 탄소중립 스토리텔링 및 브랜드화 방안 공유
- 감축 목표 달성을 위한 정부-지자체-농업인 협력체계 강화 필요

□ 사진자료



< 행사 모습 >

다. 트리티케일 농가실증 현장평가회

❖ 사료가치가 높은 트리티케일* 제주지역 채종 가능성 평가

* 단백질, 소화양분함량이 높아 전국 재배면적 증가('19. 180 → '23. 1,600ha)

□ 개 요

- 일 시: 2025. 6. 18.(수) 11:00~12:00
- 장 소: 안덕 실증농가 포장(서귀포시 안덕면 동광리 1552)
- 참석인원: 농가, 농협, 축협, 국립식량과학원, 관계 공무원 등 22명
- 주요내용
 - 트리티케일 실증시험 현장 생육 및 수량 특성 평가
 - 제주지역 채종 적합도 평가 및 재배의향 조사

□ 추진 결과 요약

- 트리티케일 실증 설문조사 결과

구분	평점 (7점 척도)	환산 점수 (100점 기준)	비고
채종 적합도	6.6	94	매우 적합
생육	6.4	91	매우 우수
수량성	6.1	87	많음
만족도	6.1	87	만족
재배의향	6.0	86	있음
공급 필요성	6.6	94	매우 필요
선호 품종	한영(79%), 한미소1호(14%), 조성(7%) 순이었음		

※ 리커트 7점 척도: 매우만족(7), 만족(6), 약간만족(5), 보통(4), 약간불만족(3), 불만족(2), 매우 불만족(1)

- 농가 의견

- 트리티케일은 제주지역에서 채종 적합도는 매우 우수하다고 평가되었으며, 생육, 수량성, 만족도, 재배의향 등 높은 평가를 받았음

□ 사진자료



<트리티케일 종실>



<트리티케일 출수기>



<현장평가>

라. 브로콜리 신품종 ‘삼다그린’ 재배기술 농가교육

- ❖ ‘삼다그린’ 특성 및 재배기술 교육을 통한 신품종 재배 확대 홍보
- ‘삼다그린’: '25. 8. 품종보호 등록된 제주도원 육성 브로콜리 신품종

□ 개 요

- 일 시: 2025. 8. 4.(월) 19:00 ~ 20:00
- 장 소: 서부농업기술센터 농업인교육관
- 참석인원: 브로콜리 재배농가, 농협 관계자, 관련 공무원 등 40명
- 주요내용
 - 브로콜리 재배현황, 신품종(‘삼다그린’) 특성 및 주요재배기술
 - 브로콜리 발생 주요 병해충 종류 및 방제

□ 추진 결과 요약

- 브로콜리 재배현황, 신품종 특성 및 재배기술 교육(원예작물과장 고순보)
 - 제주도원 브로콜리 품종육성 과정 및 육성품종 특성 설명
 - 신품종 농가실증 재배 및 설문조사 결과 등 농가 의견 설명
 - ‘삼다그린’ 시장성 평가 결과 설명
- 브로콜리 발생 주요 병해충 및 방제 교육(채소연구팀장 이광주)
 - 브로콜리 발생 주요 병해충 종류 및 발생 시기
 - 브로콜리 발생 주요 병해충 진단 방법 및 적정 방제법
 - 농촌진흥청의 농약안전정보시스템 활용법
- 농가 의견
 - ‘삼다그린’ 품종 특성 중 장·단점 내용을 구체적으로 농가 안내 필요



<‘삼다그린’ 재배기술 교육>



<브로콜리 병해충 방제법 교육>

마. 지역특화작목 골드키위 기계수분 모델 개발 현장 평가회

- ❖ 농촌 인건비 상승·고령화로 노동력 절감 실용화 기술 개발 필요
- ❖ 국내육성 골드키위 노동력 절감을 위한 인공수분 기계화 생력화 모델 개발

□ 개 요

- 일 시: 2025. 10. 10.(금) 15:00~17:00
- 장 소: 기계수분 시험농가 포장(제주시 회천동 706-2)
- 참석인원: 실증농가, 농업기술원 관계자 등 11명
- 주요내용
 - 골드키위 기계수분 노동력 절감 모델 개발 연구결과 공유
 - 기계수분 시연 및 '26년 실증시험 추진 협의 등

□ 추진결과 요약

- 골드키위 노동력 절감 기계수분 모델 개발 연구결과 공유
 - 분사구 개발) 덕 높이 맞는 분사범위(2.3~2.5m) 확보 → 착과율 향상
 - 기계수분) 꽃가루 희석비율(1:10), 살포횟수(2회) 착과율 98%, 인력수분 수준
· 노동투입시간) 10a 당 3.5시간, 관행 대비 90%↓, 인공수분비용) 관행 대비 72%↓
- 평가회 참석자 의견
 - 과실 비대 등 품질이 균일하고 인공수분 시기 농업 인력난 해소에 도움이 큼
 - 경제성 효과가 높은 것으로 보이나 인력 수분에 비해 성숙이 다소 빨라 과실 저장성 검토 필요
- 2026년 실증시험 추진 협조 요청(6개소): 대상자 선정 및 기술지원

□ 사진자료



<연구성과 공유>



<착과상황 확인>



<기계수분 시연>

바. 수확기 빠른 신품종 나물콩 ‘해찬’ 농가 실증 현장 평가회

- ❖ 성숙기가 빠르고 기계수확에 적합한 신품종 나물콩 ‘해찬’에 대한 농가실증 현장 평가를 통하여 재배 확대 가능성 검토
 - 제주 나물콩 재배 현황: 4,038ha, 5,480톤 생산('24) * 전국의 80%

□ 개 요

- 일 시: 2025. 10. 28.(화) 14:00 ~ 16:00
- 장 소
 - (현장평가) 제주시 한경면 낙천리 2320-1
 - (기계수확) 서귀포시 안덕면 동광리 1247
- 참석인원: 나물콩 재배농가, 농협, 유관기관, 관련 공무원 등 60명
- 주요내용
 - 신품종 나물콩 ‘해찬’ 육성경위 및 품종특성 설명
 - 기계수확 연시 및 참석자 설문조사

□ 추진 결과 요약

- 농가 실증 및 가공 적성 평가

조사항목	응답자수	평점(7점 척도)	환산점수(100점 기준)
성숙기	30	6.4	89.4
착색고		6.5	91.7
기계수확 적합성		6.6	92.8
쓰러짐		6.4	90.6
만족도		6.3	88.3
재배의향		6.4	90
공급 확대		6.6	92.8
전체평균	-	6.5	90.8

※ 리커트 7점 척도: 매우만족(7), 만족(6), 약간만족(5), 보통(4), 약간불만족(3), 불만족(2), 매우 불만족(1)

- 농가 의견

- 신품종 나물콩을 생산하면 출하(계통출하) 할 수 있도록 농협과 협의를 하여 농가들의 어려움이 없도록 행정적 지원이 절실함
- 보급 시기를 앞당겨 신품종이 보급될 수 있도록 추진 요청



<현장 평가회>



<기계수확 시연>

사. 2025 지역특화작목 기술개발 연구 성과 확산 재배농가 교육

- ❖ 국내육성 골드키위 ‘감황’ 수확 후 과원관리 교육을 통한 농가 역량강화
- ❖ 2025년 지역특화작목 기술개발 연구성과 공유를 통한 현장 확산 도모

□ 개 요

- 일 시: (성산)2025. 11. 26.(수) 14:00~17:00
(애월)2025. 12. 11.(목) 14:00~16:00
- 장 소: (성산)성산일출봉농협APC 회의실
(애월)제주농업기술센터 교육장
- 참석인원: 국내육성 골드키위 ‘감황’ 재배농가 등 52명
- 주요내용: 수확 후 과원관리, 겨울전정 및 ‘25년 연구성과 공유 등

□ 추진결과 요약

- 국내육성 골드키위 ‘감황’ 수확 후 재배관리 및 ’25 연구 성과 공유
 - 수확 후 과원관리: 수확 후 과원관리 중요성, 부주지 형성 및 수형관리 등
 - 연구성과 공유
 - 골드키위 스피드스프레이어 활용 기계수분 모델 개발
 - 국내육성 골드키위 감황 품질향상 적정 착과량 구명
 - 골드키위 생육·환경 빅데이터 분석, 유목기 예비지 설정 시기 구명
- 골드키위 ‘감황’ 겨울전정 현장 교육
 - 신초발생특성, 광투과 증진을 위한 결과모지 배치 및 선택 방법 등

□ 사진자료



<성산 교육>



<애월 교육>



<현장 교육>

아. 「서부지역 마늘 전용 비료 실증사업」 현장평가회

❖ 마늘 주산지(서부) 토양 양분상태 반영 비료 개발로 적정시비 실천 확산

□ 개 요

- 일 시: 2025. 12. 9.(화) 10:30~11:30
- 장 소: 서귀포시 대정읍 무릉리 1013-4, 신도리 132 및 769번지
- 참석인원: 마늘 재배농가, 행정 관계자, 비료회사 등 34명
- 주요내용
 - 「전용 비료 실증사업」 소개, 추진상황 공유, 농가의견 청취 등

□ 추진결과 요약

- 주요의견
 - 웃거름 사용량 및 생육 상황 등 지속적인 조사 필요
 - 토양검정시비에 의한 비료사용 저감 효과 장기간 검토 필요
 - 마늘 전용 비료 보급 확대를 위한 지원방안 검토 필요
- 농업인: 비료 사용량을 줄이더라도 생육에 문제가 없어, 토양검정시비 처방에 대해 긍정적으로 평가하였음

□ 사진자료



< 현장 평가 모습 >

자. 농업기술원 육성 만감류 현장 평가회

- ❖ 우리원 육성 3품종(‘가을향’, ‘우리향’, ‘달코미’) 장·단점 공유
- ❖ 농가실증 추진상황 및 농업인 의견 수렴을 통한 재배 확대 기반 마련

□ 개 요

- 일 시: 2025. 12. 11.(목) 14:00~16:00
- 장 소: 농업기술원(본원) 미래농업육성관 및 시험연구포장
- 참석인원: 316명(실증농가, 실시업체, 농·감협, 농업인, 관계 공무원 등)
- 주요내용
 - ‘달코미’ 등 생육특성 설명 및 장·단점 공유, 실증농가 재배현장 관찰
 - 식미평가 및 설문조사 등

□ 추진결과 요약

- 우리원 육성 만감류 특성 공유 및 핵심 재배기술 교육
- 실증재배 농가 의견 청취: 품종별 소모임 회장
 - 우리원 육성 만감류 품종에 관한 농업인 관심 높음
 - 착과 다소 부족하지만 수령이 지날수록 안정화 되고 있음
 - 품질은 아주 우수하여 품종별 착과율 향상을 위한 지속적 연구 필요
- 실증재배 동영상 시청
- 우리원 육성 만감류 식미 및 현장평가
 - 식미 만족도 91.6점으로 참석인원 대부분 만족 평가
 - 만족 순서: 당도 > 껍질 벗김 > 감미비 > 식감

□ 사진자료



<원장님 인사말>



<식미 평가>



<현장 평가>

9. 업무 협약 및 통상실시('15~'25)

협약명	주요 추진상황	협약기관	관련부서
농산물 유통 활성화 업무협약	○ 협약 내용 - 제주 농산물 유통기술 개발 공동연구 - 감귤·채소 등 신품종, 농가 우수 생산물 시범 출하 - 국내·외 농산물 유통정보 공유 및 인적교류 ○ 협약 기간: 2015. 9. 3.~2021. 9. 2.	주)서울청과	원예경영연구과, 과수연구과
농업관측 및 정보교류 업무협약	○ 협약 내용 - 농업관측 자료 수집·조사, 분석기법 공유 - 관측정보 확산을 위한 농업전망, 세미나, 토론회 개최 - 농업관측을 활용한 기술·경영지도와 현장컨설팅 활성화 ○ 협약 기간: 2017. 2. 22.~2022. 2. 21.	한국농촌 경제연구원 농업관측본부	원예경영연구과
유기적인 상호협력 업무협약	○ 협약 내용 - 지역특성에 맞는 소득작목 발굴과 종자공급 - 도 단위 상설교육과정 지원 - 영농기술정보 제공 - 농산물 유통망 확충, 판매 홍보 활성화 ○ 협약 기간: 2017. 2. 23.~2022. 2. 22.	농협중앙회 제주지역본부, 제주농협조 합공동사업 법인	원예경영연구과, 농산물 원종장
브로콜리 '뉴탐라그린' 품종보호권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2017. 12. 15.~2020. 12. 14. · 실시량: 101kg(337ha 재배분) - 실시기간: 2020. 12. 15.~2023. 12. 14. · 실시량: 68kg(227ha 재배분) - 실시지역: 대한민국 및 해외(제주지 역 우선공급)	주)조은종묘 주)아시아 종묘	원예작물과
	○ 협약내용 - 실시기간: 2024. 12. 30.~2029. 12. 29. · 실시량: 10kg(33.3ha 재배분) - 실시지역: 대한민국 및 해외	주)아시아 종묘	
바실러스속 미생물 및 그 용도 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2022. 12. 1.~2024. 11. 30. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 바실러스 속 미생물 함유 상토조성물 및 이의 제조방법	푸른과과 영농조합법인	친환경 연구과

협약명	주요 추진상황	협약기관	관련부서
	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 6. 2.~2026. 6. 1. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 셀룰라아제를 생산하는 신규한 바실러스 속 미생물 및 그 용도 1건	(주)우림바이오	친환경연구과
	○ 협약내용 - 실시기간: 2024. 5. 19.~2026. 5. 18. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 셀룰라아제를 생산하는 신규한 바실러스 속 미생물 및 그 용도 1건	(주)고려바이오	친환경연구과
광합성세균 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2022. 1. 1.~2024. 12. 31. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 신규 광합성세균 및 이를 이용한 식물생장촉진방법 1건	(주)우림바이오	친환경연구과
제주특별자치도농업기술원과 제스프리사 업무협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2020. 6. 19.~2025. 6. 18. - 협약목적: 제주 키워 산업발전을 위한 기술 및 정보 교류 - 주요내용 · 각종 시험연구 개발 협력 · 작물보호프로그램 기준 개발 · 신기술 개발 및 상호 기술 교환 · 신품종 제주 도입 가능성 조사 등	제스프리 인터내셔널 리미티드	과수연구과
감귤 분자표지 무상사용 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2020. 7. 23.~2022. 7. 22. - 협약목적: 감귤 분자표지 특허기술 및 노하우 무상 기술 이전 - 주요내용: 감귤 분자육종 효율증대를 위한 분자표지 3건, 국내육성 신품종 감귤 권리보호를 위한 품종 구별 분자표지 1건	(주)바이오메딕	과수연구과
양파 ‘싱싱볼’ 품종보호권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2020. 9. 1.~2026. 8. 31. - 실시량: 230kg(115ha 재배분) - 실시지역: 대한민국 및 해외(제주 지역 우선공급)	주)피피에스	원예작물과

협약명	주요 추진상황	협약 기관	관 련 부 서
양파 ‘싱싱볼플러스’ 품종보호권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2020. 9. 1.~2026. 8. 31. - 실 시 량: 60kg(30ha 재배분) - 실시지역: 대한민국 및 해외(제주 지역 우선공급)	주)피피에스	원 예 작 물 과
녹차 관련 특허권 및 상표권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2020. 7. 27.~2024. 7. 26. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: ‘음료용 녹차추출액 제조방 법’ 외 특허 3건 및 ‘어랑진’외 상표 1건 통상실시	농업회사법인 제주녹차유 통유한회사	농 산 물 원 종 장
	○ 협약내용 - 실시기간: 2020. 7. 27.~2024. 7. 26. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: ‘녹차 자동 건조 및 살청장 치’ 특허 1건	(주)하이젠텍	농 산 물 원 종 장
당근 ‘탐라홍’ 품종보호권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2021. 7. 30.~2026. 7. 29. - 실 시 량: 950kg - 실시지역: 대한민국(제주지역 우선 공급)	(주)제농에스 엔티 농업회사법인	원 예 작 물 과
감귤 ‘가을향’ 품종보호권 전용실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2022. 3. 14.~2027. 3. 13. - 실 시 량: 20,000주(12.5ha) - 실시지역: 제주지역 한정	제주감귤 농업협동조합	과 수 연 구 과
제주산 ‘감황’ 상표 및 디자인 기술이전 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 10. 27.~2026. 10. 26. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 상표 3건, 디자인 2건	애월, 조천, 성산일출봉 농업협동조합	과 수 연 구 과
제주산 ‘감황’ 디자인 (포장용 따지) 기술이전 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 11. 30.~2026. 11. 29. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 디자인 1건	애월, 조천, 성산일출봉 농업협동조합	과 수 연 구 과
직무발명 품종보호권 (‘달코미’, ‘우리향’) 처분계약 체결	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 3. 23~2028. 3. 22. - 실시량: 달코미 66,500주(39.ha) 우리향 74,500주(44.3ha) - 실시지역: 제주지역 한정	제주도내 21개 종묘업체 (달코미19, 우리향20)	과 수 연 구 과

협약명	주요 추진상황	협약기관	관련부서
브로콜리 ‘삼다그린’ 품종보호권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 5. 30.~2028. 5. 29. - 실시량: 45kg(150ha 재배분) - 실시지역: 대한민국(제주지역 우선공급)	(주)제농에스 앤티 농업회사법인	원예 작물과
	○ 협약내용(1차 변경) - 실시량: 70kg(233ha 재배분)		
	○ 협약내용(2차 변경) - 실시지역: 국내 외(제주지역 우선공급)		
	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 5. 30.~2028. 5. 29 - 실시량: 35kg(117ha 재배분) - 실시지역: 대한민국(제주지역 우선공급)	(주)한농비엔티	
브로콜리 ‘한라그린’ 품종보호권 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2023. 5. 30.~2028. 5. 29. - 실시량: 45kg(150ha 재배분) - 실시지역: 대한민국(제주지역 우선공급)	(주)제농에스 앤티 농업회사법인	원예 작물과
직무발명 품종보호권 (‘설향’, ‘맛나봉’, ‘레드스타’) 통상실시 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2024. 3. 22~2029. 3. 21. - 실시량: 설향 39,300주(23.5ha) 맛나봉 56,500주(33.8ha) 레드스타 54,500주(32.6ha) - 실시지역: 제주지역 한정	제주도내 20개 종묘업체 (설향 17, 맛나봉 20, 레드스타 19)	과수 연구과
감귤 신품종 출하박스 디자인 기술이전 협약	○ 협약내용 - 협약기간: 2024. 12. 19.~2027. 12. 18. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 디자인 8건(‘가을향’ 등)	(사)제주감귤 연합회 (농·감협 20개), 제주 신품종 만감류 연구회	과수 연구과
제주산 ‘감황’ 디자인 (포장용 용기) 기술이전 협약	○ 협약내용 - 실시기간: 2024. 12. 19.~2027. 12. 18. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 디자인 1건	애월, 조천, 성산일출봉농 업협동조합	과수 연구과
직무발명 품종보호권 (‘우리향’) 추가 처분 계약 체결	○ 협약내용 - 실시기간: 2025. 4. 8~2030. 4. 7. - 실시량: 우리향 7,000주(4.2ha) - 실시지역: 제주지역 한정	제주도내 4개 종묘업체	과수 연구과
감귤 신품종 ‘설향’ 상표명 기술이전 협약	○ 협약내용 - 협약기간: 2025. 12. 31.~2028. 12. 30. - 협약목적: 통상실시 기술이전 - 주요내용: 상표명 1건(「설단향」)	(사)제주감 귤연합회, 제주신품종 만감류 연구회	과수 연구과

10. 연구인력 현황

(2025. 12. 31. 현재)

소 속	직위(직급)	성 명	학 위	담 당 업 무	임용일
농업기술원	원 장	고상환	경제학박사	원 업 무 총 괄	1995. 2. 2.
연구개발국	연구개발국장	김태균	농 학 박 사	국 업 무 총 괄	1994. 7. 26.
미래농업육성과	과 장	강상훈	농 학 석 사	과 업 무 총 괄	1994. 7. 26.
연구협력팀	지방농업연구관	양석철	농 학 석 사	연 구 협 력 총 괄	1995. 2. 2.
	지방농업연구사	문애경	공 학 석 사	연 구 기 획	2011. 8. 4.
	지방농업연구사	고정순	경제학박사	서 무 , 예 산	2016. 7. 18.
농식품개발팀	지방농업연구사	김진영	이 학 박 사	농 식품 개 발 총 괄	2013. 6. 3.
	지방농촌지도사	김순영	이 학 사	농 식품 개 발 · 산 업 화	2023. 1. 17
	지방농업연구사	강다영	이 학 사	소재화 · 제품화 연구	2025. 1. 14.
	지방농업연구사보	김어진	농 학 석 사	가 공 제 품 개 발 연 구	2025. 11. 14.
스마트기술팀	지방농업연구사	양철준	농 학 석 사	스마트기술개발 총괄	2015. 2. 4.
	지방농업연구사	운찬일	농 학 석 사	스마트농업 기술개발 연구	2018. 11. 12.
	지방농업연구사	김동균	공 학 사	디 지 털 농 업 연 구	2022. 11. 14.
버섯연구 TF팀	지방농촌지도사	이정배	이 학 석 사	버섯연구TF 총괄	2002. 9. 19
	지방농업연구사	이린아	이 학 석 사	버섯자원선발연구	2018. 11. 12
친환경연구과	과 장	김석만	경제학석사	과 업 무 총 괄	1994. 7. 26
탄소중립 연구팀	지방농업연구관	김유경	식품공학박사	탄소중립연구 총괄	1996. 8. 1.
	지방농업연구사	고윤정	농 학 석 사	비료 및 양분관리연구	2017. 4. 24.
	지방농업연구사	이강해	농 학 석 사	토 양 관 리 연 구	2021. 10. 18.
	지방농업연구사	오민아	농 학 석 사	대표필지토양검정	2021. 10. 18.
	지방농업연구사	이용우	이 학 사	비료사용기준 설정	2021. 10. 18.
농산물안전성 연구팀	지방농업연구사	김효정	농 학 석 사	농산물안전성연구총괄	2012. 12. 15.
	지방농업연구사	이창훈	농 학 석 사	병 해 충 방 제 연 구	1996. 8. 1.
	지방농업연구사	이정민	이 학 석 사	유해물질분석연구	2018. 11. 12.
	지방농업연구사	현희정	농 학 석 사	현장애로 해충연구	2021. 10. 18.
과수연구과	과 장	고승찬	경 제 학 사	과 업 무 총 괄	1994. 7. 26.
감귤연구팀	지방농업연구관	오명협	농 학 박 사	감 귤 연 구 총 괄	1997. 8. 8.
	지방농업연구사	정승용	농 학 석 사	감귤 재배기술 연구	2018. 11. 12
	지방농업연구사	김진주	이 학 사	감귤 품종육종 연구	2022. 11. 14.
	지방농업연구사	주재연	농 학 석 사	감귤 생력화 모델 연구	2024. 12. 2.

소 속	직위(직급)	성 명	학 위	담 당 업 무	임용일
아열대과수 연구팀	지방농업연구사	박재홍	농 학 석 사	아열대과수 총괄	2010. 7. 12.
	지방농업연구사	김보화	이 학 석 사	키위 빅데이터 분석	2015. 2. 4.
	지방농업연구사	이현주	이 학 사	아열대과수 연구	2017. 4. 24.
원예작물과	과 장	고순보	농 학 석 사	과 업 무 총 괄	1993. 8. 5.
채소연구팀	지방농업연구관	이광주	경제학석사	채 소 연구 총 괄	1994. 3. 1.
	지방농업연구사	김승남	이 학 석 사	맥류 재배기술 연구	2015. 2. 4.
	지방농업연구사	김주영	농 학 석 사	인경채류 재배 연구	2021. 10. 18.
	지방농업연구사	오동은	농 학 석 사	시설원예 재배연구	2022. 11. 14.
	지방농업연구사	정권문	농 학 사	브로콜리 품종육성 연구	2024. 12. 2.
	지방농업연구사	홍희선	공 학 사	밭작물연구단지시설관리	2018. 7. 18.
식량작물 연구팀	지방농업연구사	양성준	농 학 석 사	식량작물연구 총괄	2011. 3. 2.
	지방농업연구사	고혁상	이 학 석 사	감자 재배기술 연구	2021. 10. 18.
농산물원종장	지방농업연구관	김정선	농 학 사	종자생산보급업무총괄	1993. 8. 5.
	지방농업연구사	박정훈	농 학 석 사	씨 감 자 생 산 보 급	2016. 7. 18.
	지방농업연구사	양성년	생물교육석사	딸기, 마늘 조직배양	2017. 4. 24.
	지방농업연구사	김경표	농 학 사	씨감자 배양 정식묘생산	2022. 11. 14.
농업디지털센터	지방농업연구관	김태우	농 학 사	센 터 업 무 총 괄	1997. 2. 12.
	지방농업연구관	강태완	경 제 학 사	경영정보업무 총괄	1995. 8. 1.
	지방농업연구사	임상현	경제학석사	농업경영시스템구축	2021. 10. 18.
	지방농업연구사	유정호	경제학석사	데이터분석업무총괄	2016. 7. 18.
	지방농업연구사	이성문	농 학 박 사	농업데이터플랫폼구축	2018. 11. 12.
	지방농업연구사	오유민	경제학석사	농 업 경 영 연 구	2024. 12. 2.
	지방농업연구사	김수완	경제학석사	농업데이터가공분석	2024. 12. 2.
기술지원조정과	지방농업연구사	김권수	농 학 석 사	농업미생물 보급 및 실증	2006. 1. 23.
< 공 무 직 > ○ 미래농업육성과: 양윤영, 부호진, 현금선 ○ 친환경연구과: 김창선, 강경희, 이서영, 문경희, 김영민, 고안나 ○ 과수연구과: 주정숙, 고인영, 김성빈, 안균, 양승일 ○ 원예작물과: 정명호, 김홍숙, 김민찬, 김경하, 오아영, 박건우					

농업과학기술연구개발 2025년도 시험연구보고서

발행일 : 2026년 5월
발행처 : 제주특별자치도농업기술원
연구개발국 미래농업육성과
☎ (064) 760-7312

발행인 : 농업기술원장 김태균
편집인 : 연구개발국장 김경익
편집·기획 : 미래농업육성과장 양석철
친환경연구과장 고순보
과수연구과장 고승찬
원예작물과장 강상훈
연구협력팀장 김유경

편저 : 연구·기획 문애경
인쇄 : 열린출판기획
