

과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
기후변화 적응 안정생산기술 개발		기후자원	'24~'26	환경농업연구과	조동현
경기지역 당근 저장성 향상기술 개발		기후자원	'24~'25	환경농업연구과	조동현
색인용어	당근, 수확 후 저장, MAP, 품질				

## ABSTRACT

This study was conducted to develop postharvest storage techniques to ensure a stable supply of spring carrots produced under eco-friendly cultivation systems for school meal services in Gyeonggi Province.

In Experiment 1, four eco-friendly carrot farms supplying carrots for school meal services were selected to investigate the effects of cultivation conditions on growth and storage characteristics. The average temperature in Anseong was 1.2° C higher than in Paju, and carrots from well-irrigated farms in Anseong showed greater root weight and yield than those from farms in Paju. In addition, carrots grown in sandy loam soil and harvested before the rainy season tended to show delayed decay during storage compared with those grown in loam soil and harvested after the rainy season.

In Experiment 2, the effects of modified-atmosphere (MA) packaging using functional polyethylene film combined with freshness-preserving agents on carrot quality during storage at -1° C were evaluated. The treatments consisted of conventional storage in paper boxes (T1) and MA packaging with functional PE film combined with freshness-preserving agents (T2-T4). The decay rate was lowest in T3, followed by T4, T2, and T1. Weight loss in the PE film treatments remained below 1% for up to 16 weeks, whereas it increased to 9.9% in the control (T1) after 8 weeks. Economic analysis of the superior treatments, T3 and T4, showed that T3 (chlorine dioxide pad) was less profitable because of its high material cost, whereas T4 (alcohol-releasing agent) generated an additional income of KRW 368,930 per 10a owing to higher market prices during the off-season after 8 weeks of storage.

Overall, these results indicate that the storability of spring carrots is influenced by soil texture and harvest timing relative to the rainy season. Furthermore, MA packaging using functional PE film combined with an alcohol-releasing agent appears to be a practical storage strategy for improving both the storability and economic viability of spring carrots.

**Key words:** Carrot, Postharvest storage, Modified-atmosphere packaging (MAP), Storage quality

## 1. 연구목표

국내 당근 재배면적은 2023년 2,486ha에서 2025년 3,904ha로 증가 추세에 있으며, 주산지는 월동 재배가 가능한 제주도로 전체 재배면적의 50% 이상을 차지하고 있다(국가데이터처, 2026). 경기도는 친환경 공공급식 지원정책에 따라 친환경 당근은 주로 학교급식으로 공급되고 연간 700톤 이상의 수요가 발생하고 있다. 이에 따라 경기지역 당근 재배면적과 생산량이 점차 증가하고 있다. 특히 봄당근은 병해충 관리가 비교적 용이하여 친환경 재배가 가능하다는 장점으로 인해 재배농가와 생산량이 증가하는 추세이다. 그러나 산지 유통과정에서 세척, 선별 등 수확후 관리 과정이 없이 원물 상태(종이박스 포장)로 저장하고 있어 품질저하가 나타나고 있다. 이는 무름병 등으로 저장 중 품질 저하가 발생하기 쉽기 때문이다. 이로 인해 현재 경기지역 학교급식용 당근은 관외 지역(남부지역, 제주도)에서 대량으로 유입되고 있는 실정이다. 따라서 경기지역 당근의 안정적인 공급과 자급률 향상을 위해서는 봄당근의 저장성 향상을 위한 수확 후 관리기술 개발이 필요하다.

이와 관련된 당근 부패 저감을 위한 연구로는 세척 및 PE 필름을 이용한 MA 포장, 항균성 식물추출물 처리, UV-LED 조사 등이 있다(김 등, 2005; 김 등, 2014; 배 등, 2016). 이들 연구에 따르면, 당근 저장 중 품질 저하의 주요 원인은 증산과 호흡작용에 따른 감모 및 멍아 발생과 미생물에 의한 부패이다. 저장 중 지속적인 수분 손실과 저장양분의 소모로 인해 감모율이 증가하고 표면이 주름지거나 갈변하는 등 외관 품질 저하가 나타난다. 일반적으로 당근의 최적 저장온도는 0~1℃, 상대습도는 93~98%로 알려져 있으며, 이는 증산과 호흡을 억제하고 부패 및 멍아 발생을 최소화하기 위한 저장조건이다(농촌진흥청, 2018).

이러한 기술적 배경에서 당근 세척시설이나 UV-LED 처리 시설이 도입되고 있으나 경제성이 낮아 현장 적용이 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 경기지역 당근을 학교급식에 안정적으로 공급하기 위한 방안으로 경제성이 높은 당근 저장기술을 개발하였다. 먼저 비용 부담이 적은 선도유지제를 활용한 MA 포장 방법이 저장 중 당근 품질에 미치는 영향을 조사하였고 이를 기반으로 현장 적용이 가능한 저장 방법을 제시하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### <시험 1> 재배환경에 따른 친환경 당근 저장성 조사

본 시험은 경기도 학교급식에 봄당근을 납품하는 친환경재배 농가 중 납품 비중이 높은 2개지역 4농가(안성 2, 파주 2)를 대상으로 2024년 3월부터 8월까지 당근 재배 현황과 생육특성, 상품성, 저장특성을 각각 조사하였다.



당근 재배현황은 영농개요, 양분관리자재 사용내역, 유기농업자재 및 보온멀칭자재 활용 실태에 대해 개별 방문하여 설문조사 방식으로 조사하였으며, 생육특성(근중, 근장, 근경 등), 수량 및 상품성(정상과율, 학교급식 납품 가능 규격률 등), 토양특성(화학적 및 물리적, 토양수분장력)은 현지 농가포장에서 시료 채취하여 경기도농업기술원으로 운반 후 조사하였다. 저장특성 조사는 농가별로 수확한 봄당근을 20kg 단위로 선별하여 종이박스에 포장한 후 경기도농업기술원 내 저온저장고로 운송하여 1℃에서 저장하면서 실시하였다. 저장 중 품질변화는 2주 간격으로 10주차까지 조사하였으며, 조사 항목은 부패율, 감모율, 경도, 당도 및 색도였고 분석방법은 <시험 2>와 동일한 방법으로 수행하였다.

### <시험 2> 당근 수확 후 적정 저장조건 구명

본 시험은 경기도 안성 소재 친환경재배 농가에서 재배한 봄당근을 수확 직후 경기도농업기술원으로 운송하여 20kg 단위로 포장 처리 후 -1℃에서 저장하면서 수행하였다. 공시 품종은 「올인원」 이었다. 포장은 시판 제품인 종이박스, 0.25mm 일라이트 함유 기능성 PE필름, 선도유지제를 이용하였으며, ①종이박스(관행), ②종이박스 + 기능성 천공 PE필름 + 이산화염소수(분무처리), ③종이박스 + 기능성 PE필름 + 이산화염소패드, ④종이박스 + 기능성 PE필름 + 알코올휘산제로 3반복 처리하였다. 저장 중 품질 변화는 4주 간격으로 조사하였으며, 조사 항목은 부패율, 감모율, 경도, 당도 및 색도였다. 부패율은 육안으로 식별 가능한 부패 개체를 기준으로 조사하였다. 경도 측정을 위한 시료는 당근 중앙부위를 3cm 두께로 절단하여 사용하였으며, 물성측정기(TA Plus, LLOYD Instruments Ltd, UK)에 P/2N 프로브를 장착하여 절단 속도 1.5mm/sec, 진입 깊이 20mm 조건에서 관통 시 최대하중을 측정하였다. 당도는 착즙한 당근즙을 이용하여 당도계(PAL-1, ATAGO)로 측정하였고 색도는 당근 표면을 색차계(CR410, Konica minolta, Japan)로 측정하여 Hue 값으로 나타내었다. 통계 분석은 분산분석을 실시한 후 던컨의 다중범위 검정(DMRT) 방법으로  $p < 0.05$  수준에서 처리간 평균을 비교하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### <시험 1> 재배환경에 따른 친환경 당근 저장성 조사

경기도 학교급식에 봄당근을 납품하는 친환경재배 4농가(안성 2, 파주 2)를 대상으로 현장 방문하여 설문조사를 실시하였으며, 재배현황은 표 1~표 3과 같다. 조사 농가의 당근 재배면적은 2,310~5,280m<sup>2</sup> 범위였고 재배유형은 유기농 1농가, 무농약 3농가였다. 재배 품종은 모든 농가에서 「올인원」 이었으며, 작기는 3월 중순에 파종하여 6월 하순부터 7



월 상순에 수확하였다(표 1). 농가의 주요 양분관리 자재로 기비에는 축분퇴비, 추비로 화학비료와 유기농업 자재를 사용하였으며 병해충 방제에는 유기농업 자재를 활용하였다(표 2). 파종 후 냉해 피해 예방을 위한 보온멀칭자재로 부직포를 사용하였으며, 연작장해 경감을 위해 파주 C농가에서는 3년에 1회 수단그라스를 윤작하고 있었다(표 3).

표 1. 지역별 농가 봄당근 재배 개요

지역	농가	재배면적	인증 구분	재배품종 (구입방법)	파종일/수확일	연작여부 (작부체계)
안성	A	5,280m <sup>2</sup> (1,600평)	무농약	올인원 (공동구매)	3월 15일	부 (감자-마늘-당근)
	B	2,310m <sup>2</sup> (700평)			3월 11일	
파주	C	2,310m <sup>2</sup> (700평)	유기농	올인원 (공동구매)	3월 16일	여 (양배추-당근-당근)
	D	3,300m <sup>2</sup> (1,000평)	무농약		3월 18일	

※ 조사방법: 대면 설문조사

※ 작부체계: '22-'23-'24 순

표 2. 지역별 농가 양분관리자재 및 유기농업자재 종류

지역	농가	기비자재	추비자재	기타자재	유기농업자재
안성	A	유박	N-K 비료	붕사	땅벌레뚫 랜드크린유제 아인산염
	B	돈분 N-K 비료	N-K 비료	붕사	땅벌레뚫 청충불패
파주	C	계분	라이브파워 퀵엠지	-	미생물제
	D	계분 참편한9	올인원	-	뉴옹칠이 어그리

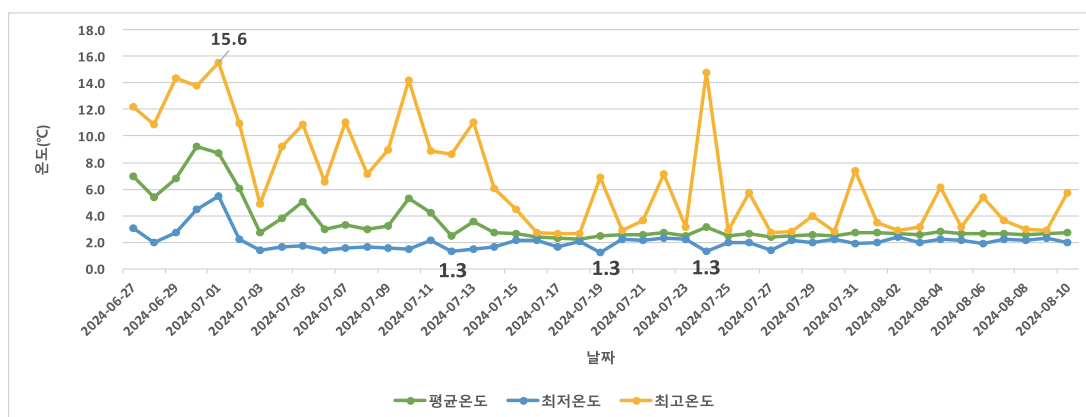
표 3. 농가 보온멀칭 및 연작장해 개선 방법

지역	농가	보온멀칭자재	연작장해 개선 방법
안성	A	부직포(20g)	-
	B		
파주	C	부직포(40g)	수단그라스 윤작, 1회/3년
	D	-	-

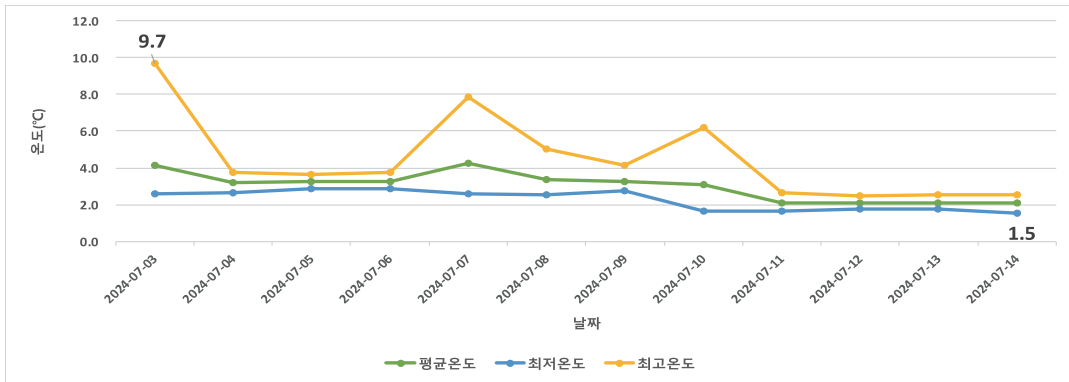
경기도 학교급식에 납품되는 봄당근의 저장 실태를 조사하였으며, 그 결과는 표 4와 같다. 봄당근은 지역 학교급식 출하회 저온저장고에 저장한 후 납품 일정에 따라 주차별로 출하되었다. 4농가 모두 봄당근 수확 직후 별도의 전처리 없이 20kg 종이박스에 포장하여 친환경출하회 저온저장고에 저장하였다. 학교급식 출하회의 저온저장고 설정 온도는 안성은 1.5℃, 파주는 3.0℃로 당근의 적정 저장온도인 0~1℃(농촌진흥청, 2018)보다 높았다. 저장기간 동안 온도를 측정된 결과, 다품목 농산물의 빈번한 입출하로 인해 온도 변동폭은 안성 14.3℃(1.3~15.6℃), 파주 8.2℃(1.5~9.7℃)로 각각 나타났다(그림 1). 이러한 온도 편차는 당근의 호흡량 증가와 수분 손실을 촉진하여 저장 중 품질 저하를 가속화할 수 있으므로, 저장 온도를 낮추고 저장고의 입출하 관리를 개선하여 온도를 안정적으로 유지할 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 4. 경기지역 당근 저장 실태

지역	농가	전처리	포장방법 (규격)	저장조건 (℃)	저장고 규모 (운영 주체)	동시 저장 농산물
안성	A	해당 없음	종이박스 (20kg)	1.5	30평 (출하회)	양배추, 무, 대파
	B					
파주	C	해당 없음	종이박스 (20kg)	3.0	60평 (출하회)	양배추, 무
	D					



<안성>



〈과주〉  
그림 1. 지역별 출하회 저온저장고 온도 변화

친환경 봄당근 재배지의 토양화학성과 토양물리성은 표 5~표 6과 같다. 토양 화학성 분석 결과, pH는 농가 A~C에서 6.6~7.5 범위로 다소 높은 경향을 보였으며, 농가 D는 5.2로 적정 범위보다 낮았다. 유기물 함량은 대부분 적정 수준을 유지하고 있었다. 유효인산 함량은 모든 농가에서 적정 범위를 초과하였으며, 교환성 양이온의 경우 농가 D는 적정 범위보다 낮았으나 농가 A~C는 전반적으로 높은 수준이었다(표 5). 토양의 유효인산 함량이 전반적으로 높은 것은 가축분퇴비의 반복적 과다 시비에 기인한 것으로 판단되며, 토양화학성 검정 시비를 통한 토양 관리가 필요할 것으로 사료된다. 정(2025)은 2013~2025년 경기도 밭토양 화학성 검정 결과에서 유효인산 함량이 적정 범위를 초과하는 경향을 보고하였으며, 이는 본 조사 결과와 유사한 양상이었다.

표 5. 지역별 농가 토양화학성(재배 전)

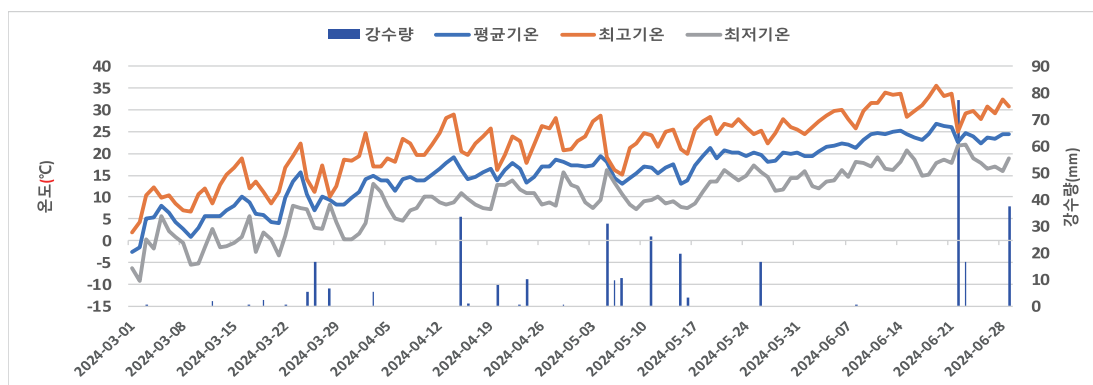
지역	농가	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	Ex.cation(cmol/kg)		
							K	Ca	Mg
안성	A	6.6	0.31	21.7	525	11.4	1.07	5.4	1.4
	B	6.9	0.30	22.6	909	5.9	0.41	6.9	3.1
과주	C	7.5	1.91	32.7	446	15.0	1.97	10.1	3.4
	D	5.2	0.48	12.5	580	3.9	0.57	2.4	0.7

이어서 토양물리성을 조사한 결과(표 6), 토성은 모든 농가에서 사양토 또는 양토로 조사되어 당근 재배에 적합한 조건(농촌진흥청, 2022)으로 확인되었다. 용적밀도는 농가 B~D에서 밭 경작에 적절한 수준을 보인 반면, 농가 A에서는 1.5Mg/m<sup>3</sup> 이상으로 적정 수준보다 높아 토양의 물리적 구조 개선을 위한 심토파쇄, 녹비작물 도입 및 유기물 환원 등의 관리가 필요하였다(Cho 등, 2016). 토양 공극률은 모든 농가에서 40~60% 범위로 확인되어 전반적으로 적정 수준을 유지하고 있었다.

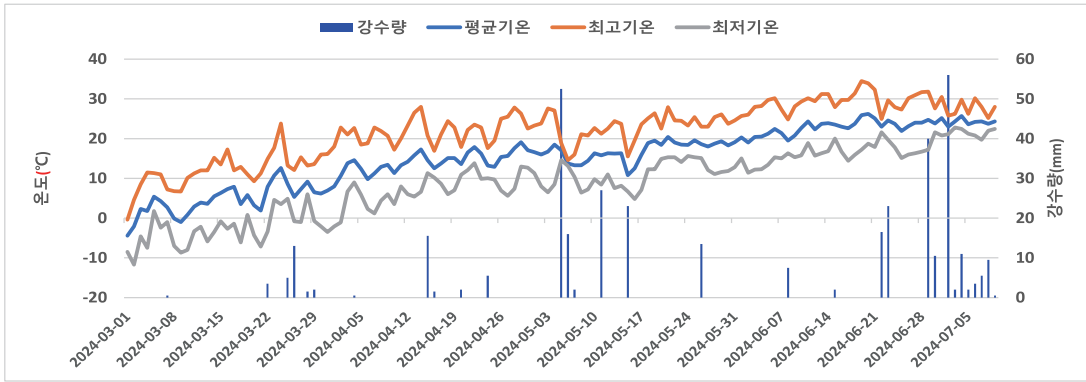
표 6. 지역별 농가 토양물리성

지역	농가	토양입자 비율(%)			토성	용적밀도 (Mg/m <sup>3</sup> )	토양삼상(%)			공극률 (%)
		점토	미사	모래			고상	액상	기상	
안성	A	20.0	32.3	47.7	양토	1.56	58.9	26.3	14.8	41.1
	B	10.7	32.8	56.6	사양토	1.48	55.9	23.9	20.2	44.1
파주	C	23.3	47.6	29.1	양토	1.14	42.9	16.6	40.4	57.1
	D	10.0	29.2	60.8	사양토	1.28	48.5	9.4	42.2	51.5

친환경 봄당근 재배기간(3~6월) 동안 기상 조건은 그림 2와 같다. 농가 A, B의 재배 지역인 안성과 농가 C, D의 재배 지역인 파주의 평균기온은 각각 15.8℃와 14.6℃로, 파주가 안성보다 1.2℃ 낮았다. 재배기간 중 강수량은 안성 348mm, 파주 284mm로 안성이 파주보다 많았으며, 특히 당근 생육 후기인 6월 하순에 안성 138mm, 파주 90mm로 강수가 집중되었다. 당근은 생육 후기부터 수확시기까지 토양수분함량이 높을수록 저장성이 저하되므로, 본 결과는 장마시기를 회피할 수 있는 봄당근 조기재배 기술의 필요성을 시사한다.



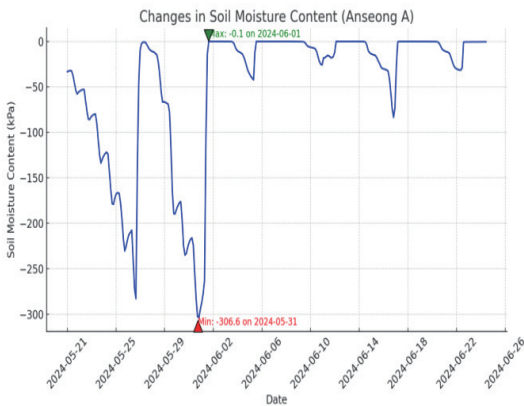
<안성>



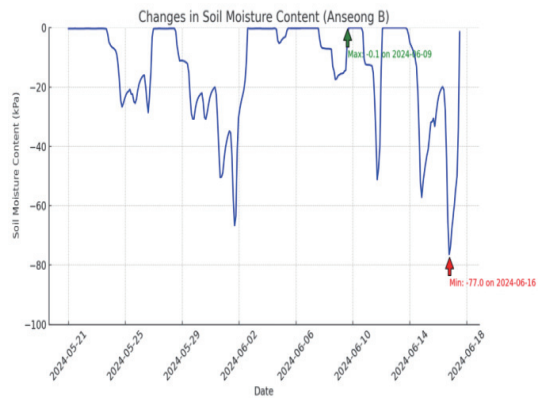
<과주>

그림 2. 지역별 재배기간 기상

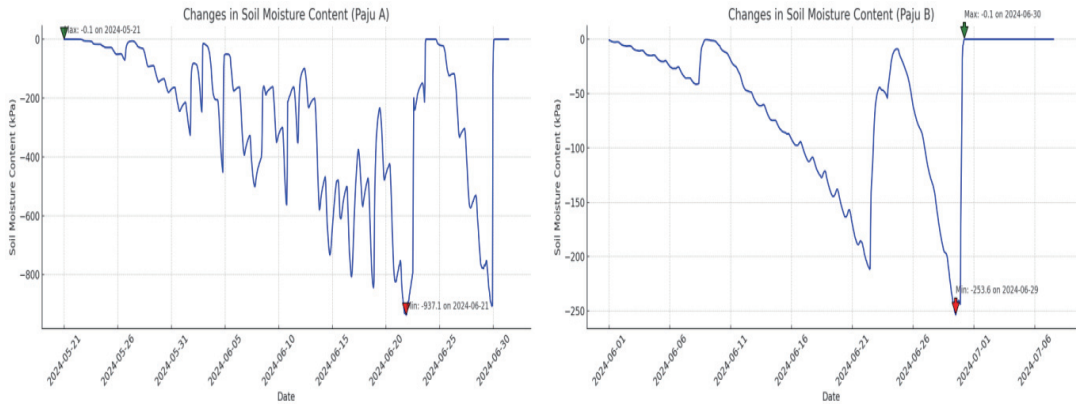
친환경 봄당근 생육 후기의 토양수분장력을 측정 결과(그림 3), 농가 C는 -500kPa 이하의 매우 건조한 상태에 8일 이상 노출되었으며, 농가 A, B, D는 -30kPa 이상의 과습 상태가 7일 이상 지속된 사례가 각각 1회씩 확인되었다. 특히 농가 D는 수확시기와 장마기간이 겹쳐 -10kPa 이상의 낮은 토양수분장력이 7일 이상 지속되었으며, 이에 따라 봄당근 저장 중 부패 발생이 상대적으로 빠를 것으로 예측되었다.



<안성 농가A>



<안성 농가B>



<파주 농가C>

<파주 농가D>

그림 3. 지역별 농가 당근 생육후기 토양수분장력 변화

농가별 친환경 봄당근의 지상부 및 지하부 생육특성은 표 7과 같다. 농가 A와 B에서 수확한 봄당근의 초장은 각각 68.5cm와 87.6cm였으며, 근중은 각각 233.4g과 210.3g으로 나타났다. 이는 적정 관수가 이루어지지 않았던 농가 C와 D에 비해 초장과 근중이 모두 높은 수준이었다. 남 등(2022)은 노지 재배 당근의 경우 생육 50일 이후 근 비대가 급격히 진행된다고 보고하였으며, 권 등(2002)은 근 비대기 동안 토양 수분함량과 온도가 중요한 영향을 미친다고 하였다. 본 연구에서도 적정 관수가 이루어지지 않았고 기온이 상대적으로 낮았던 파주 지역 농가 C와 D의 당근이 안성 지역 농가 A와 B에 비해 생육이 저조한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 당근 재배 시 토양온도와 수분관리가 생육 및 근 비대에 중요한 요인임을 나타낸다.

표 7. 지역별 농가 봄당근 지상부 및 지하부 생육특성

지역	농가	초장 (cm)	추대율 (%)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (cm)	근형지수 <sup>1)</sup>
안성	A	68.5	1.80	233.4	17.7	5.6	3.3
	B	87.6	0.53	210.3	18.5	5.1	3.7
파주	C	49.2	1.09	172.2	15.2	4.9	3.1
	D <sup>2)</sup>	51.7	0.40	107.5	16.2	3.8	4.3

<sup>1)</sup> 근형지수: 근경에 대한 근장의 비, 값이 높을수록 폭보다 아래로 길게 뻗은 모습  
<sup>2)</sup> 무관수재배

농가별 친환경 당근 수량 및 상품성 조사 결과(표 8), 안성지역 농가 A와 B의 10a당 수량은 각각 6,089kg, 5,546kg이었으며, 적정 관수가 이루어지지 않은 파주지역 농가 C와 D의 10a당 수량은 각각 4,204kg, 2,253kg이었다. 파주지역 농가 C와 D의 봄당근 수량은 안성지역 농가 A와 B에 비해 현저히 낮은 수준을 보였다.

학교급식 납품 가능 규격률(근중 180-300 g) 또한 이와 유사한 경향을 나타내어, 토양 수분관리가 당근 수량 및 상품성 확보에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 한편 수량 대비 정상과율은 모든 농가에서 83.4-93.3%의 비교적 높은 수준을 나타내어 토양수분 부족은 기형과 발생에 직접적인 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다.

표 8. 지역별 농가 봄당근 수량 및 상품성

지역	농가	수량 (kg/10a)	정상과 (kg/10a)	정상과율 (%)	기형과율 <sup>↓</sup> (%)	학교급식 납품 가능 규격률 <sup>♯</sup> (%)
안성	A	6,089	5,119	83.4	16.6	73.4
	B	5,546	5,082	87.2	12.8	72.8
파주	C	4,204	3,855	89.2	10.8	51.9
	D	2,253	2,141	93.3	6.7	15.1

↓ 기형과율=(기형과 개수÷총 조사 개수)×100, 기형과: 열근과, 지근(갈림뿌리), 추대 등

♯ 학교급식 납품 가능 규격: 근중 180~300g

농가별 친환경 봄당근의 저장성 변화는 표 9~표 14와 같다. 저장기간에 따른 봄당근의 부패율은 180g 이상과 180g 이하의 규격으로 구분하여 조사하였다. 180g 이상 규격에서는 사양토에서 재배한 농가 B의 부패율이 저장 4주차까지 40.1%로 나타나, 양토에서 재배한 농가 C 대비 낮았으며(표 9), 180g 이하 규격에서는 장마 이전에 수확한 농가 A가 장마 이후에 수확한 농가 D에 비해 부패 진행이 지연되는 경향을 나타냈다(표 10). 재배기간 동안 토양수분 조건은 수확 후 저장성에 영향을 미치는 중요한 요인으로 알려져 있다. 특히 양과에서는 재배 중 수분관리와 같은 재배환경 요인이 저장 중 품질에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(이 등, 2016). 본 연구에서도 토양 과습이 발생하기 쉬운 조건에서 재배된 봄당근에서 저장 중 부패율이 상대적으로 높게 나타나는 경향을 보였는데, 이는 재배시기의 토양조건과 수분관리가 수확 후 당근 품질 유지에 중요한 요소임을 나타낸다.



표 9. 저장기간별 봄당근 부패율(규격 180g 이상)

지역	농가	저장기간별 부패율 <sup>1)</sup> (%)					
		0주차	2주차	4주차	6주차	8주차	10주차
안성	B	0.0	0.0	40.1	86.2	97.8	100.0
파주	C	0.0	12.3	75.6	83.0	89.3	100.0

1) 부패 기준: 육안으로 미세하게라도 곰팡이가 보이는 경우

※ 농가 B: 사양토 재배, 장마전 수확, 농가 C: 양토 재배, 장마시 수확

표 10. 저장기간별 봄당근 부패율(규격 180g 이하)

지역	농가	저장기간별 부패율 <sup>1)</sup> (%)					
		0주차	2주차	4주차	6주차	8주차	10주차
안성	A	0.0	0.0	28.5	59.6	97.6	100.0
파주	D	0.0	13.0	64.1	96.9	100.0	-

1) 부패 기준: 육안으로 미세하게라도 곰팡이가 보이는 경우

※ 농가 A: 양토 재배, 장마전 수확, 농가 D: 사양토 재배, 장마후 수확

저장기간에 따른 봄당근 감모율은 농가 간 큰 차이를 보이지 않았으며, 저장 4주차부터 감모율이 5% 이상으로 증가하면서 조직 연화와 표면 주름이 발생하여 상품성이 저하되기 시작하였다(표 11).

표 11. 저장기간별 봄당근 감모율

지역	농가	저장기간별 감모율(%)					
		0주차	2주차	4주차	6주차	8주차	10주차
안성	A	0.0	3.1	5.3	8.0	10.3	12.7
	B	0.0	3.7	5.3	7.4	9.3	11.2
파주	C	0.0	2.5	4.5	6.4	8.2	10.1
	D	0.0	3.0	5.2	7.4	9.5	11.7

농가별 저장기간에 따른 봄당근의 당도는 수확 직후 농가 C와 D에서 각각 10.4, 10.0° Brix로 나타나 농가 A와 B보다 약 2° Brix 높았다(표 12). 이는 농가 C, D의 경우 재배기간 동안 관수가 상대적으로 부족하여 당근 조직 내 수분함량이 낮아 당도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 이와 같은 경향은 관수량을 달리하여 당근의 품질을

조사한 연구에서도 확인되었는데, 관수량을 당근 수분 요구량의 80%로 제한하였을 때 당근의 당도가 가장 높게 나타난 것으로 보고된 바 있다(Ciza 등, 2022). 봄당근의 경도는 모든 농가에서 저장기간이 경과함에 따라 감도의 영향으로 점차 감소하는 경향을 보였으며(표 13), 색도는 46~49° 범위에서 농가 및 저장기간에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다(표 14).

표 12. 저장기간별 봄당근 당도

지역	농가	저장기간별 당도(° Brix)				
		0주차	2주차	4주차	6주차	8주차
안성	A	8.3	10.8	11.4	11.3	12.0
	B	8.2	8.5	8.7	9.3	10.1
파주	C	10.4	11.2	11.6	12.5	13.2
	D	10.0	11.1	11.6	11.5	11.9

표 13. 저장기간별 봄당근 경도

지역	농가	저장기간별 경도(g · sec)				
		0주차	2주차	4주차	6주차	8주차
안성	A	1,823	1,671	1,567	1,439	1,341
	B	1,909	1,754	1,690	1,513	1,275
파주	C	1,898	1,802	1,558	1,368	1,298
	D	1,803	1,725	1,549	1,425	1,163

표 14. 저장기간별 봄당근 색도

지역	농가	저장기간별 색도(h°) <sup>↓</sup>				
		0주차	2주차	4주차	6주차	8주차
안성	A	47.4	47.1	46.9	47.3	46.6
	B	48.9	48.9	48.6	48.4	47.1
파주	C	47.2	47.6	47.7	46.7	46.1
	D	48.3	47.7	47.1	47.0	46.9

↓ 색도(hue): 0, 360 빨강, 60 노랑, 120 초록, 180 청록, 240 파랑, 300 자홍

## <시험 2> 당근 수확 후 적정 저장조건 구명

당근 수확 후 적정 저장조건을 구명하기 위해 관행 포장방법인 종이박스 포장(T1)을 대조로 기능성 PE필름 및 선도유지제를 활용한 3개 처리(T2: 이산화염소수 분무처리, T3: 이산화염소패드, T4: 알코올휘산제)를 구성하여 봄당근을  $-1^{\circ}\text{C}$  저온저장고에서 저장하면서 품질변화를 조사하였다. 4주 간격으로 저장 16주차까지 봄당근의 부패율을 조사한 결과(표 15), 모든 조사 시점에서 T3, T4, T2, T1순으로 부패율이 낮았으며, 저장 8주차까지는 T3, T4 처리에서 봄당근 부패율이 각각 2.4, 8.1%로 저장성이 우수하였으나 저장 12주차에서는 T3처리만 봄당근 부패율이 10% 미만을 유지하여 우수한 저장성을 나타내었다. 이산화염소는 항균효과를 가진 살균제로서 품질 유지를 위해 농산물 저장 및 수출 운송 등에 사용되고 있다. Sy 등(2005)은 이산화염소 가스 처리가 일부 신선 농산물에서 *Salmonella*, *E. coli* O157:H7 등 병원성 미생물을 유의하게 감소시켰다고 보고하였으며, Sun 등(2014)은 이산화염소 처리가 블루베리 저장 중 미생물 증식을 억제하는 효과가 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 이산화염소를 활용한 포장 처리가 관행 대비 봄당근 부패율을 현저히 감소시켜 선행연구와 유사한 결과를 나타내었다. 이산화염소패드를 활용한 T3 처리가 이산화염소수를 분무처리한 T2와 비교하여 우수한 부패 억제 효과를 나타내었는데, 이는 이산화염소패드는 이산화염소 가스를 서서히 방출하여 포장 내부에 지속적인 항균 효과를 유지한 반면, 분무처리는 초기에만 일시적으로 이산화염소가 작용하여 장기간 저장 시 항균 효과가 감소하였기 때문으로 판단된다. 한편, 알코올휘산제를 처리한 T4 처리도 저장 8주차까지 비교적 우수한 저장성을 나타내었다. Lichter 등(2002)은 에탄올 처리가 포도 수확 후 잣빛곰팡이병 발생을 효과적으로 억제하였다고 보고하였으며, 본 연구에서도 알코올휘산제의 항균 효과가 봄당근의 부패 억제에 기여한 것으로 판단된다. 그러나 저장 12주차에서는 T4 처리의 부패율이 증가하여 T3 대비 장기 저장 효과가 다소 낮은 것으로 나타났는데, 이는 알코올휘산제의 에탄올 휘발 속도가 이산화염소패드의 가스 방출 속도에 비해 빨라 장기간 항균 효과를 유지하기 어려웠기 때문으로 추정된다.

표 15. 처리별 저장기간에 따른 봄당근 부패율 변화

(단위: %)

	처리내용			부패율			
	포장박스	포장필름	선도유지제	4주후	8주후	12주후	16주후
T1	종이박스	-	-	10.0 <sup>b</sup>	57.6 <sup>c</sup>	83.8 <sup>d</sup>	91.0 <sup>d</sup>
T2	종이박스	기능성 천공 PE필름	이산화염소수	6.7 <sup>b</sup>	28.1 <sup>b</sup>	44.3 <sup>c</sup>	48.6 <sup>c</sup>
T3	종이박스	기능성 PE필름	이산화염소패드	0.5 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>
T4	종이박스	기능성 PE필름	알코올휘산제	1.9 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	20.0 <sup>b</sup>	42.9 <sup>b</sup>

↓ Means followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

저장기간에 따른 봄당근의 감모율 및 당도는 표 16과 같다. PE필름으로 포장한 T2~T4의 경우 저장 16주차까지 1% 미만으로 매우 낮은 수준을 유지하였으나, 종이박스만 포장한 T1(관행)은 저장 8주차에 감모율이 9.9%로 5% 이상으로 증가하여 조직 연화와 표면 주름이 발생하고 상품성이 현저히 저하하였다. T2 처리는 T3 및 T4 처리 대비 감모율이 0.2~0.4%p 높았는데, 이는 T2에서 통기성 확보를 위해 이산화염소수 분무처리 후 천공 PE필름을 사용한 반면, T3 및 T4에서는 이산화염소패드와 알코올휘산제의 지속적인 가스 방출 효과 유지를 위해 비천공 PE필름을 사용하여 수분 투과를 더욱 효과적으로 차단하였기 때문으로 판단된다. 일반적으로 당근과 같은 근채류는 수확 후 증산작용에 의한 수분 손실이 품질 저하의 주요 원인으로 알려져 있으며(Shibairo 등, 1997), 양 등(2005)도 당근 저장 현지실험에서 PE필름 포장 처리시 무피복 처리에 비해 부패율 및 건조율이 현저히 낮아진다고 보고하였다. 본 연구에서도 PE필름으로 포장한 T2~T4 처리구는 종이박스만 사용한 관행 처리에 비해 감모율이 현저히 낮게 나타나, PE필름 포장이 당근의 수분 손실 억제에 효과적임을 확인하였다. 당도는 감모율이 낮았던 T2~T4 처리에서는 저장 16주차 까지 7~8° Brix 범위를 유지한 반면, 감모율이 높았던 T1 처리에서는 8° Brix대에서 9° Brix 이상으로 증가하는 경향을 나타내었다. T1 처리의 당도 증가는 당근 자체의 당 함량이 증가한 것이 아니라, 감모에 의한 수분 손실로 조직 내 가용성 고형물이 농축되어 상대적으로 당도가 높게 측정된 것으로 판단된다.

표 16. 처리별 저장기간에 따른 봄당근 감모율 및 당도 변화

처리 내용	감모율(%)				당도(° Brix)				
	4주후	8주후	12주후	16주후	0주후	4주후	8주후	12주후	16주후
T1	4.5	9.9	14.4	18.6	8.2	8.6	8.7	9.8	9.0
T2	0.3	0.4	0.6	0.7	8.2	8.3	8.5	8.3	8.1
T3	0.1	0.2	0.2	0.3	8.2	8.2	8.3	8.0	7.7
T4	0.0	0.2	0.2	0.3	8.2	8.5	8.1	8.6	7.9

저장기간에 따른 봄당근의 경도 및 색도는 표 17과 같다. 경도는 당도와 같이 T2~T4 처리에서는 저장 16주차까지 비교적 안정적으로 유지되었으나, T1 처리는 저장기간이 길어짐에 따라 점차 감소하였다. 이는 수분 손실이 지속됨에 따라 세포 팽압이 저하되고 세포벽 구조가 약화되어 조직이 연화되었기 때문으로 판단된다(Herppich 등, 1999). 색도의 경우, 저장기간 및 처리에 관계없이 모든 처리구에서 Hue 값이 46~49° 범위에 분포하여 주황색 계열의 색조를 유지하였다. 이는 -1°C 저온저장 조건에서 저장 중 색 변화가 크지 않아 외관 색상이 비교적 안정적으로 유지된 것으로 사료된다.



표 17. 처리별 저장기간에 따른 봄당근 경도 및 색도 변화

처리 내용	경도(kg · sec)					색도(h°)				
	0주	4주후	8주후	12주후	16주후	0주	4주후	8주후	12주후	16주후
T1	14.7	14.4	12.0	9.2	11.3	49.2	48.6	48.3	48.2	48.2
T2	14.7	16.2	14.9	15.1	14.9	49.2	48.7	47.3	47.0	48.0
T3	14.7	15.2	14.1	15.3	15.9	49.2	49.2	46.9	46.3	48.3
T4	14.7	16.4	14.9	15.6	15.9	49.2	49.2	46.9	48.1	49.0

저장성이 우수하였던 T3 및 T4 처리의 경제성을 분석한 결과(표 18), T3 처리는 이산화염소페드의 높은 자재 비용으로 인해 경제성이 낮은 것으로 나타났다. 반면, T4 처리의 경우 저장 8주 후 봄당근의 단경기 가격 상승 효과로 인해 수확 직후 관행 출하 대비 10a당 368,930원의 추가 수익이 발생할 것으로 분석되었다. 이에 따라 저장성과 경제성을 종합적으로 고려하여 종이박스 + 기능성 PE필름(일라이트 함유) + 알코올 휘산제를 이용한 포장방법(T4)을 봄당근 저장에 적합한 포장방법으로 선발하였다.

표 18. 「종이박스+기능성 PE필름+알코올휘산제」 포장에 따른 경제성 분석 (2개월 저장, 10a 수량 기준)

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 증가되는 비용</li> <li>- 포장자재비 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기능성 PE필름: 84장×330원=27,720원</li> <li>· 알코올휘산제: 84장×100개×23원=193,200원</li> </ul> </li> <li>- 전기료 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 10,540원 × 2개월 = 21,080원</li> <li>※ 당근 10a 수량면적 기준(2m<sup>2</sup>): 10,540원</li> </ul> </li> </ul> <p>계(A): 242,000원</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 증가되는 이익</li> <li>- 2개월 저장시 가격상승에 따른 이익: <ul style="list-style-type: none"> <li>1,534kg × 4,030원(종이박스+기능성PE필름+알코올휘산제 포장, 2개월 저장) -</li> <li>1,673kg × 3,330원(관행, 수확직후)</li> <li>= 6,182,020원 - 5,571,090원</li> <li>= 610,930원</li> </ul> </li> </ul> <p>계(B): 610,930원</p>

○ 추정수익액(B-A): 610,930-242,000 = 368,930원/10a

- ※ 10a 수량 출처: 학교급식 주요품목 소득조사표 및 경영진단표 개발 과제(경기도농업기술원)
- ※ 7월 단가: 3,330원/kg, 9월 단가: 4030원/kg(2025년 10월 학교급식 당근 단가)
- ※ 포장자재비: 종이박스 1,100원/개, 기능성 PE필름 330원/개, 알코올휘산제 23원/개
- ※ 저온저장고 전기요금(100m<sup>2</sup> 기준): 453,600원/월(전력소비량[20kW]×일 가동시간[12h]×사용일수(30일)×요금[63원/kWh])
- \* 당근 10a 수량 면적(2m<sup>2</sup>) 기준 10,540원

## 4. 적 요

본 연구는 경기지역 학교급식용 친환경 당근의 안정적 공급을 위해 재배환경에 따른 저장성을 조사하고 수확 후 적정 저장조건을 구명하고자 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

### <시험 1> 재배환경에 따른 친환경 당근 저장성 조사

- 가. 농가의 봄당근 재배 전 토양 pH는 농가 A~C에서 6.6~7.5로 다소 높은 반면, 농가 D는 5.2로 적정 범위보다 낮았다. 유기물 함량은 대부분 적정 수준을 유지하였으나 유효인산 함량은 모든 농가에서 적정 범위를 초과하였다.
- 나. 토성은 모든 농가에서 사양토 또는 양토로 당근 재배에 적합하였고 용적밀도는 농가 A에서 1.5Mg/m<sup>3</sup> 이상으로 높아 물리적 구조 개선이 필요하였다. 공극률은 모든 농가에서 40~60% 범위로 나타나 적정 수준이었다.
- 다. 봄당근 재배기간(3~6월) 중 평균기온은 안성 15.8°C, 파주 14.6°C로 파주가 안성보다 1.2°C 낮았다. 강수량은 안성 348mm, 파주 284mm로 안성이 더 많았으며 특히 생육 후기인 6월 하순에는 안성 138mm, 파주 90mm로 강수가 집중되었다.
- 라. 안성 농가 A와 B의 초장은 각각 68.5cm와 87.6cm, 근중은 각각 233.4g과 210.3g으로 적정 관수가 이루어지지 않았던 파주 농가 C와 D보다 높게 나타났다. 수량은 농가 A와 B에서 각각 6,089kg/10a와 5,546kg/10a으로, 농가 C의 4,204kg/10a, 농가 D의 2,253kg/10a에 비해 높았다. 학교급식 납품 규격률(근중 180~300g)도 이와 유사한 경향을 보였으나, 정상과율은 83.4~93.3%로 모든 농가에서 비교적 높은 수준이었다.
- 마. 농가별 친환경 봄당근의 저장성 조사 결과, 180g 이상 규격에서는 사양토 조건에서 재배한 농가 B의 부패율이 저장 4주차까지 40.1%로 나타나, 양토 조건에서 재배한 농가 C보다 낮았다. 180g 이하 규격에서는 장마 이전에 수확한 농가 A가 장마 이후에 수확한 농가 D보다 부패 진행이 지연되는 경향을 보였다.
- 바. 봄당근의 감모율은 농가 간 큰 차이 없이 저장 4주차부터 5% 이상으로 증가하였고, 이에 따라 조직 연화와 표면 주름이 발생하여 상품성이 저하되기 시작하였다.
- 사. 봄당근의 당도는 관수가 부족하였던 농가 C와 D에서 수확 직후 각각 10.4° Brix, 10.0° Brix로 나타나 농가 A와 B보다 약 2° Brix 높았다. 경도는 모든 농가에서 저장기간 경과에 따라 점차 감소하였으며, 색도(Hue 값)는 46~49° 범위로 농가 및 저장기간에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.



## <시험 2> 당근 수확 후 적정 저장조건 구명

- 가. 관행 포장(T1)을 대조구로 하고, 기능성 PE필름 및 선도유지제를 활용한 3개 처리(T2: 이산화염소수 분무처리, T3: 이산화염소패드, T4: 알코올휘산제)를 구성하여 봄당근을 -1°C에서 저장한 결과, 저장 8주차까지는 T3 및 T4 처리에서 부패율이 각각 2.4%와 8.1%로 저장성이 우수하였고 저장 12주차에는 T3 처리에서만 부패율 10% 미만을 유지하였다.
- 나. PE필름으로 포장한 T2~T4 처리는 저장 16주차까지 봄당근 감모율이 1% 미만으로 매우 낮은 수준을 유지한 반면, 종이박스만 사용한 T1(관행) 처리는 저장 8주차에 감모율이 9.9%로 증가하면서 조직 연화와 표면 주름이 발생하여 상품성이 현저히 저하되었다.
- 다. 봄당근의 당도는 T2~T4 처리에서 저장 16주차까지 7~8° Brix 범위를 유지한 반면, T1 처리는 수분 손실의 영향으로 8~9° Brix 이상으로 증가하였다. 경도는 T2~T4 처리에서 저장 16주차까지 비교적 안정적으로 유지되었으나, T1 처리는 저장기간이 길어짐에 따라 점차 감소하였다.
- 라. 봄당근 저장성이 우수하였던 T3와 T4의 경제성 분석 결과, T3 처리는 이산화염소 패드의 자재 비용이 높아 경제성이 낮았으나 T4(알코올휘산제) 처리는 저장 8주 후 봄당근의 단경기 가격 상승 효과에 따라 관행 출하 대비 10a당 368,930원의 추가 수익이 발생할 것으로 분석되었다.
- 마. 저장성과 경제성을 종합적으로 고려하여 종이박스 + 기능성 PE필름(일라이트 함유) + 알코올휘산제를 이용한 포장방법(T4)을 봄당근 저장에 적합한 최적 포장방법으로 선발하였다.

## 5. 인용문헌

- 경기도농업기술원. 2018. 농업환경 실험분석법.
- 경기도농수산진흥원. 2021. 경기도 친환경농산물 학교급식 품질기준서.
- 국가데이터처. 2026. 노지 채소 재배면적.
- 김남용, 이동선, 안덕순. 2014. 자외선 LED 포장용기 시스템에 의한 포장절단당근의 품질보존. 한국식품영양과학회지. 43(1): 135-140.
- 김미경, 박미숙, 최선욱, 박해룡, 황용일. 2005. 당근과 시금치 저장에 있어서 자몽종 자추출물의 항균효과. 생명과학회지. 15(1): 66-70.
- 남주희, 임성희, 장재은, 신민우, 문지영, 원태진, 백일선, 임갑준, 정구현. 2022. 학교급식용 봄당근 친환경 재배기술 개발. 2022년도 경기도농업기술원 시험연구보고서. p710-743.
- 농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석기준.
- 농촌진흥청. 2018. 농업기술길잡이 153 당근.

- 배영석, 최현진, 이정수, 박미희, 김지강. 2016. 수확 후 전처리 및 포장방법이 저장 중 당근의 품질변화에 미치는 영향. 원예과학기술지. 34(Suppl. 2): 106.
- 양용준, 유미란. 2005. 제주 당근의 장기 저장기술과 고품질 유통을 위한 세척 및 포장기술 개발. 2005년도 농림축산식품부 R&D 최종보고서. p1-80.
- 이정수, 장민선, 박수형. 2016. 양파의 이상 재배조건에서 생육과 저장온도에 따른 저장성 및 포장한 신선편이 특성. 한국포장학회지. 22(3): 143-154.
- 정재원. 2025. 경기도 발토양 화학성 변동과 양분 과부족 현황. 2025년도 경기농업 경쟁력 제고를 위한 농업과학기술개발사업 주요성과. p66.
- A. Ciza, F. R. Silungwe, N. I. Kihupi. 2022. Carrot Productivity under Various Levels of Irrigation and Fertilization. Asian Research Journal of Agriculture. 15(4): 56-68.
- Hee Rae Cho, Kyung Hwa Han, Yong Seon Zhang, Kang Ho Jung, Yeon Kyu Sonn, Myeong Sook Kim, Seyeong Choi. 2016. Threshold Subsoil Bulk Density for Optimal Soil Physical Quality in Upland: Inferred Through Parameter Interactions and Crop Growth Inhibition. 한국토양비료학회지. 49(5): 548-554.
- Herppich, W.B., Mempel, H., Geyer, M. 1999. Effects of postharvest mechanical and climatic stress on carrot tissue water relations. Postharvest Biology and Technology. 16(1). 43-49.
- Lichter, A., Zutkhy, Y., Sonogo, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P., Ben-Arie, R. 2002. Ethanol controls postharvest decay of table grapes. Postharvest Biology and Technology. 24(3): 301-308.
- Shibairo, S.I., Upadhyaya, M.K., Toivonen, P.M.A. 1997. Postharvest moisture loss characteristics of carrot(*Daucus carota* L.) cultivars during short-term storage. Scientia Horticulturae. 71(1-2): 1-12.
- Sy, K.V., McWatters, K.H., Beuchat, L.R. 2005. Evaluation of gaseous chlorine dioxide as a sanitizer for killing *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and yeasts and molds on fresh and fresh-cut produce. Journal of Food Protection. 68(6): 1176-1187.
- Sun, X., Bai, J., Ference, C., Wang, Z., Zhang, Y., Narciso, J., Zhou, K. 2014. Antimicrobial activity of controlled-release chlorine dioxide gas on fresh blueberries. Journal of Food Protection. 77(7): 1127-1132.

## 6. 연구결과 활용제목

- 경기도 학교급식 친환경 당근 저장성 향상을 위한 포장방법(영농활용, 2025년)

## 7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'24	'25
경기지역 당근 저장성 향상기술 개발	책임자	환경농업연구과	농업연구사	조동현	시험총괄	○	○
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	한정아	품질조사	○	○
	〃	환경농업연구과	농업연구사	주옥정	품질조사	-	○
	〃	〃	농업연구사	윤승환	생육조사	○	-
	〃	종자관리소	농업연구관	최준영	생육조사	○	-
	〃	원예연구과	농업연구관	심상연	연구자문	-	○
	〃	작물연구과	농업연구관	임성희	연구자문	○	-
	〃	환경농업연구과	농업연구관	이진홍	연구자문	-	○
	〃	〃	농업연구관	박중수	결과검토	○	○