

【별지 제19호 서식】

완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제()

(과제번호 : PJ010481)

FTA 대비 국내 육성 사과품종의 규격화 생산 및 선도유지 기술 개발

(Development of fruit grading system and postharvest technology on Korean bred apple cultivars to FTA)

경북대학교 산학협력단

연구수행기간

2014. 04 ~ 2016. 12

농촌진흥청

제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “FTA 대비 국내 육성 사과품종의 규격화 생산 및 선도유지 기술 개발”
(개발기간 : 2014. 4. 1. ~ 2016. 12. 31.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발

제2세부연구과제 : 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발

제3세부연구과제 : 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병증상 원인규명 및 절감기술 개발

제1협동연구과제 : 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병증상 원인규명 및 절감기술 개발

제2협동연구과제 : 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발

제6협동연구과제 : 수출용‘홍로’및‘감홍’사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발

2017. 2. 28.

제1세부연구기관명 : 경북대학교

제1세부연구책임자 : 최 철

참여 연구원 : 김기훈, 정성경, 백다은, 반승현, 윤원호, 박도균, 이형석, 전영근,
이소진, 이지율, 조혜정

제2세부연구기관명 : 경북대학교

제2세부연구책임자 : 강인규

참여 연구원 : 김대현, 유진기, 나이묘위, 박준연, 류슬기, 김경욱

제3세부연구기관명 : 경북대학교

제3세부연구책임자 : 정희영

참여 연구원 : 이승열, 금진호, 박상규

제1협동연구기관명 : 원예특작과학원 사과연구소

제1협동연구책임자 : 권현중

참여 연구원 : 박무용, 이동용, 이영석

제2협동연구기관명 : (사)농업사회발전연구원

제2협동연구책임자 : 임명순

참여 연구원 : 김석동, 이완주, 조인상, 권영삼, 강상조, 이순원, 김정배

제3협동연구기관명 : 엠원예기술연구소

제3협동연구책임자 : 문병우

참여 연구원 : 서옥명, 문영지, 엄문일, 문귀주

주관연구책임자 : 강인규



주관연구기관장 : 경북대학교 산학협력단

직인

농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정 제51조에 따라 보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제번호	PJ010481		연구기간	2014. 04. 01 ~ 2016. 12. 31		
연구사업명	단위사업명	공동연구사업				
	세부사업명	FTA대응경쟁력향상기술개발				
	내역사업명	원예특용작물경쟁력제고				
연구과제명	주관과제명	FTA 대비 국내 육성 사과품종의 규격과 생산 및 선도유지기술 개발				
	세부(협동) 과제명	(1세부)수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발				
		(2세부)수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발				
		(3세부)국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병증상 원인규명 및 절감기술 개발				
		(1협동)국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발				
		(2협동)수출용 '홍로' 및 '감홍' 사과의 생산 및 유통 실태 분석				
		(3협동)수출용 '홍로' 및 '감홍' 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발				
연구책임자	구분	연구기관	소속	성명		
	1세부	경북대학교 산학협력단	경북대학교	최철		
	2세부	경북대학교 산학협력단	경북대학교	강인규		
	3세부	경북대학교 산학협력단	경북대학교	정희영		
	1협동	국립원예특작과학원	사과연구소	권현중		
	2협동	(사)농업사회발전연구원	(사)농업사회발전연구원	임명순		
	3협동	엠원예기술연구소	엠원예기술연구소	문병우		
총 연구기간	총: 45명	총 연구개발비	정부: 900,000천 원			
참여	내부: 4명		민간: 천 원			
연구원 수	외부: 41명		계: 900,000천 원			
위탁연구기관명 및 연구책임자		참여기업명				
국제공동연구	상대국명:	상대국 연구기관명:				
요약						
- 지질의 구성물질 중 Triterpenoids계열인 Ursolic acid의 비율이 가장 높고, 지질의 총량이 높을수록 Ursolic acid의 비율이 높은 경향치를 보임. - 수확 전 AVG, 수체살포형 1-MCP 처리는 상온저장 중(약 30일 간) 내생 에틸렌의 발생 및 과실피지질물질의 발생을 억제함. - 수출에 적합한 국내 육성 '홍로' 및 '감홍' 품종의 규격 설정. - 선도 유지를 위한 과실의 증산억제 및 에틸렌 제어제 효과 기술 개발. - 과실 신선도 유지 및 에틸렌 제어에 따른 수출시 사과 모의유통 효과 검정. - 국내 육성종인 '홍로', '감홍' 품종 사과에 발생하는 주요 질병 발생양상 파악. - 사과에 발생하는 이상병해의 원인균을 분석하여 해당 원인균이 Alternaria sp., Fusarium decemcellulare, Fusarium tricinctum임을 확인. - 사과에 발생하는 이상병해의 원인을 분석하기 위한 진단 매뉴얼 제시. - 수고, 수폭 평균 신초장은 처리간 차이를 보이지 않았으나, 수관용적은 착과량이 많을 수록 적은 경향. - 40% 과다 착과는 '홍로', '감홍' 품종 모두에서 비상품과인 187g이하의 비율이 증가하였고, 꽂눈분화율이 낮아져 해거리 현상 발생. - '홍로', '감홍' 사과는 착과량을 관행대비 20% 정도 증가시키는 것이 수출 규격과 생산에 좋을 것으로 판단. - 홍로, 감홍 품종의 중소과를 생산하기 위하여 30% 더 착과시켰으나 수량은 10% 증가되었으며 3년 동안 수세나 결실에 미치는 영향 없었음. - 홍로 품종의 중소과 재배를 성공한 농가들의 유통형태는 인터넷 택배 및 지역 축제 행사장에서 직판하는 형태. - 홍로 품종은 관행대과를 재배하는 것이 중소과를 재배하는 것보다 3년 평균 주당 12,257원이 많았으며, 감홍은 8,371원이 많아 중소과 재배를 기피하는 것이 문제점음. - 감홍 및 홍로 품종에 적합한 칼슘제 개발 및 과일 착색을 위한 재배법 개발. - GH-Ca 칼슘제의 살포시기, 적정 농도 구명으로 감홍 품종에는 고두장해, 홍로 품종에는 밀병 발생 경감 기술 개발.	보고서 면수 : 207					

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발. - '홍로'와 '감홍' 사과에 1-MCP 및 PE필름 포장처리가 저장 및 유통과정 중 과실 품질에 미치는 영향 구명. - 국내 육성 사과에서 발생하는 이상병해의 원인균 동정 및 병해에 대한 진단 매뉴얼 작성. - 다계통 약제 저항성 균의 방제와 사과 주요 병해의 효과적인 예방을 위한 살균제 살포 프로그램 개발. - 국내 육성 감홍, 홍로 사과의 수출 규격과 생산을 위한 적정 착과수준을 설정하기 위한 수체생장, 과실품질 및 과증분포 조사. - FTA 대비 국내 육성 홍로 및 감홍 품종의 수출 경쟁력 제고를 위한 국내 생산출하 규격분포를 조사 분석하여 중소과 생산 현장 애로기술 및 성공요인 분석. - FTA 대비 국내 육성 홍로 및 감홍 사과품종의 중소과 수출에 알맞은 착색 증진 및 생리장애 경감기술 개발 및 실용화.
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> - 지질의 구성물질 중 Triterpernoids계열인 Ursolic acid의 비율이 가장 높고, 지질의 총량이 높을수록 Ursolic acid의 비율이 높은 경향치를 보임. - 수확 전 AVG, 수체살포형 1-MCP 처리는 상온저장 중(약 30일 간) 내생 에틸렌의 발생 및 과실표피 지질물질의 발생을 억제함. - 수출에 적합한 국내 육성 '홍로' 및 '감홍' 품종의 규격 설정. - 선도 유지를 위한 과실의 중산억제 및 에틸렌 제어제 효과 기술 개발. - 과실 신선도 유지 및 에틸렌 제어에 따른 수출시 사과 모의유통 효과 검정. - 국내 육성종인 '홍로', '감홍' 품종 사과에 발생하는 주요 질병 발생양상 파악. - 사과에 발생하는 이상병해의 원인균을 분석하여 해당 원인균이 <i>Alternaria</i> sp., <i>Fusarium decemcellulare</i>, <i>Fusarium tricinctum</i>임을 확인. - 사과에 발생하는 이상병해의 원인을 분석하기 위한 진단 매뉴얼 제시. - 수고, 수폭 평균 신초장은 처리간 차이를 보이지 않았으나, 수관용적은 착과량이 많을수록 적은 경향. - 40% 과다 착과는 '홍로', '감홍' 품종 모두에서 비상품과인 187g이하의 비율이 증가하였고, 꽃눈 분화율이 낮아져 해거리 현상 발생. - '홍로', '감홍' 사과는 착과량을 관행대비 20% 정도 증가시키는 것이 수출 규격과 생산에 좋을 것으로 판단. - 홍로, 감홍 품종의 중소과를 생산하기 위하여 30% 더 착과시켰으나 수량은 10% 증가 되었으며 3년 동안 수세나 결실에 미치는 영향 없었음. - 홍로 품종의 중소과 재배를 성공한 농가들의 유통형태는 인터넷 택배 및 지역 축제 행사장에서 직판하는 형태. - 홍로 품종은 관행대과를 재배하는 것이 중소과를 재배하는 것보다 3년 평균 주당 12,257원이 많았으며, 감홍은 8,371원이 많아 중소과 재배를 기피하는 것이 문제점음. - 감홍 및 홍로 품종에 적합한 칼슘제 개발 및 과일 착색을 위한 재배법 개발. - GH-Ca 칼슘제의 살포시기, 적정 농도 구명으로 감홍 품종에는 고두장해, 홍로 품종에는 밀병 발생 경감 기술 개발.
연구개발성과 의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> - 수확전처리에 따른 사과에서의 과피 지질물질 생성 방제 기술 개발. - '홍로'의 지질물질의 감소에 따른 저장성 향상 기술개발로 현장적용. - 수출용 홍로 및 감홍 품종의 규격설정 및 저장성 향상에 따른 수출 경쟁력 확보. - '홍로', '감홍' 사과에 발생하는 이상병해의 원인균을 동정하여 살균제 살포 프로그램의 개선에 활용. - 다계통 살균제 저항성 탄저병균의 방제에 효과적인 살균제 살포 프로그램을 개발하여 사과의 생산성 향상. - 수출을 위한 감홍, 홍로 사과의 중간 크기 사과 생산을 위한 재배법으로 활용 가능. - 홍로 중소과 생산에 의한 농가 소득 증대 및 경쟁력 제고(정책 건의). - 감홍 품종의 고두병 종합 방지 대책(영농 기술). - '홍로' 및 '감홍' 사과의 생리장애 경감기술 농가 적용. - 국내 육성 '홍로' 및 '감홍' 사과의 안정적인 생산 및 고부가가치 상품 창출. - 중소과 수출로 인하여 농가소득 증대.

중심어 (5개 이내)	사과	홍로	감홍	수출	규격과
----------------	----	----	----	----	-----

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> - Development of control technology of lipid material from apple skin by pre-harvesting treatment. - Evaluate effect of 1-MCP and polyethylene(PE) film packaging on fruit quality during cold storage and distribution process. - Identification of causal agents which cause abnormal symptoms on apple. - Development of guideline for diagnosis of unknown disease or symptoms on apple cultivated in Korea. - Development of novel pesticide spray program for management of major apple diseases and effective control of multiple pesticide resistant fungi. - The objective of this study was to determine the optimal crop load for obtaining middle size apples suitable for export, good fruit quality and moderate vegetative growth, without producing biennial bearing, in the 'Gamhong' and 'Hongro' apple cultivars bred in korea. - To enhance competitiveness of Korean apple 'Hongro' and 'Gamhong' for FTA, survey and analyses were conducted on status of production by fruit size and marketing, shipping price, farmer preference on the fruit size and production problems. And analysis was done on farms producing the small to medium size fruit and their success factors. - Developing and practicing technology to improve coloration and physiological disability suitable for small and medium export of 'Hongro' and 'Gamhong' apple varieties to FTA. 					
Results	<ul style="list-style-type: none"> - Ratio of Ursolic acid in the Triterpenoid series was the most abundant and is higher as the total amount of lipid is higher. Pre-harvesting treatment of AVG, 1-MCP inhibits the generation of endogenous ethylene and flesh epidermal lipid during storage at room temperature(about 30 days). - Classification of fruit size of 'Hongro' and 'Gamhong' apple for export. - Development of inhibition of weight loss and the effect of ethylene regulators for apple fruit quality. - Effect of ethylene regulators on fruit quality on Apple Mock Distribution for export. - Apple diseases occurred on 'Hongro' and 'Gamhong' cultivar cultivated in Korea was investigated. - Causal agents of abnormal symptoms occurred on apple fruit was identified as <i>Alternaria</i> sp., <i>Fusarium decemcellulare</i> and <i>Fusarium tricinctum</i>. - Guideline for diagnosis of apple diseases was developed. - For both 'Hongro' and 'Gamhong' cultivar, the production of non-commercial and small-sized fruit increased as the crop load increased and 40% greater than normal fruiting was observed biennial bearing. Research suggests that the maximum limit of crop load for production of middle sized fruit is 20% greater treatment than normal fruiting. - For the production of small to medium size fruits in 'Hongro' and 'Gamhong', fruit set rates were managed 30% higher than the conventional production. And there was no negative effect on tree vigor and fruiting for 3 years while the yield increased by 10%. - Success factor in small to medium fruit producing farms in 'Hongro' was direct marketing through internet sales and local festivals. - Average income/tree in the conventional large fruit was 12,257 Won for 3-years, which was higher than the income of 8,371 Won in small to medium fruit production of 'Hongro'. Income decrease was the reason avoiding small to medium fruit production. - Development of calcium agent for suitable in 'Hongro' and 'Gamhong' apple varieties. - Development of cultivation method for fruit coloring in 'Hongro' varieties. - Development of spray timing and appropriate concentration in GH-Ca calcium agent. Development of technology to reduce the occurrence of water core in 'Hongro' and bitter pit 'Gamhong' variety. 					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> - Development of technology to prevent production lipid materials by pre-harvesting treatment in apple pericarp. - Improvement of shelf life due to decrease of lipid substances in 'Hongro'. - Securing export competitiveness on classification of fruit size and improving shelf life in 'Hongro' and 'Gamhong' apples for export. - Improvement of pesticide spray program using disease diagnosis result and identification of causal agent of abnormal symptoms on 'Hongro' and 'Gamhong' apple cultivars. - Increase of apple productivity by development of pesticide spray program which can control multiple pesticide resistance fungi effectively. - It may be used as a cultivation method for the production of middle size apples of 'Gamhong' and 'Hongro' apple for export. - Farm income increase and enhancing competitiveness by production of small to medium fruit in 'Honhro' apple(for policy recommendation). - Prevention of bitter pit in 'Gamhong' apple(practical farming technique). - Application of technology to reduce physiological disorders of 'Hongro' and 'Gam Hong' in apple grower. - Stable production of 'Hongro' and 'Gamhong' apples which are the best varieties of domestic cultivation and creation of high value-added products. - Increase apple grower income due to small and medium export 					
Keywords	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">apple</td> <td style="width: 20%;">Hongro</td> <td style="width: 20%;">Gamhong</td> <td style="width: 20%;">export</td> <td style="width: 20%;">fruit grading system</td> </tr> </table>	apple	Hongro	Gamhong	export	fruit grading system
apple	Hongro	Gamhong	export	fruit grading system		

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의개요	6
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	19
제 4 장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도	181
제 5 장 연구결과의 활용계획 등	185
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	187
제 7 장 연구개발성과의 보안등급	188
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비현황	188
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	188
제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적	189
제 11장 기타사항	192
제 12장 참고문헌	193

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

제1절 연구 개발 목적

1. 1세부과제: 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발

본 연구과제의 개발 목적은 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발에 대한 연구이다. 따라서 본 연구는 사과 품종별 과피의 지질 구성 물질을 분석하고, 사과 과피 지질물질 발생 요인을 구명하며, 수확전처리 및 저장방법에 따른 지질물질 발생 원인을 분석하여 사과 과피의 지질물질 제어방법의 기술을 개발하고자 하였다.

2. 제2세부과제: 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발

본 연구 개발과제는 1년차: 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격별 저장성 및 선도 유지물질의 효과 검정, 2년차: 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격별 저장성 검토, 모의 유통 및 선도 유지 저항성 향상 기술, 3년차: 수출에 적합한 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격설정, 선도 유지기술 개발, 모의 유통 문제점 해결을 통하여 최종적으로 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 선도유지 기술개발 및 모의 유통 문제점 해결을 통하여 수출을 활성화하고자 하였다.

3. 제3세부과제: 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발

본 연구 개발과제는 1년차: 국내 사과원에서 발생하고 있는 주요 병해의 발생양상을 조사하여 살균제 살포 프로그램의 개선에 활용하고, 2년차: 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’에서 나타나는 원인 미상의 이상 병해 원인균을 동정하여 진단하고 이상 병해에 대한 진단 메뉴얼을 개발하고, 3년차: 약제 저항성 균의 방제용 대체 살균제를 기내검정을 통해 선발하고, 선발된 약제가 적용된 살균제 살포프로그램 중 다계통 약제 저항성 균을 제어할 수 있는 방제법을 개발하고자 하였다. 상기 연구성과를 기반으로 사과의 주요 병해를 효과적으로 방제할 수 있는 살균제 살포 프로그램을 제시하고자 하였다.

4. 제1협동과제: 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발

국내 사과 생산체계는 대과 생산 위주이고 기술개발도 대과 위주의 기술개발이 이루어져 있으며 품종도 대과종이 대부분으로 수출에 적합한 국내 육성 품종이 없는 실정이다. 국내 육성 사과로 농가에서 재배하고 있는 주요 품종으로는 홍로와 감홍이 있다. 홍로는 국내에서 추석용 사과로 인기가 높지만 최근 과잉 추세이며, 추석이후 가격이 폭락하는 특성을 가지고 있다. 또 감홍은 국내에서 당도가 가장 높게 나오는 품종 중의 하나로 국내 사과의 경쟁력 확보를 위해서 수출이 기대되나 수출에 적당한 크기의 물량확보가 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 육성 품종의 수출 활성화를 위해서 국내 주요 육성 품종인 홍로, 감홍 품종의 규격과 생산을 위한 기술개발을 목적으로 연구를 수행하였다.

5. 제2협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석

FTA 대비 국내 육성 홍로 및 감홍 품종의 수출용 중소과 생산으로 경쟁력을 제고하기 위하여 국내 생산 출하 규격분포를 조사 분석하여 중소과 생산 현장 애로기술 및 성공 요인 분석

6. 제3협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발

FTA 대비 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 중소과 수출에 알맞은 착색 증진과 생리장애 경감 기술 개발 및 실용화에 목적이 있다.

제2절 연구 개발의 필요성

1. 1세부과제: 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발

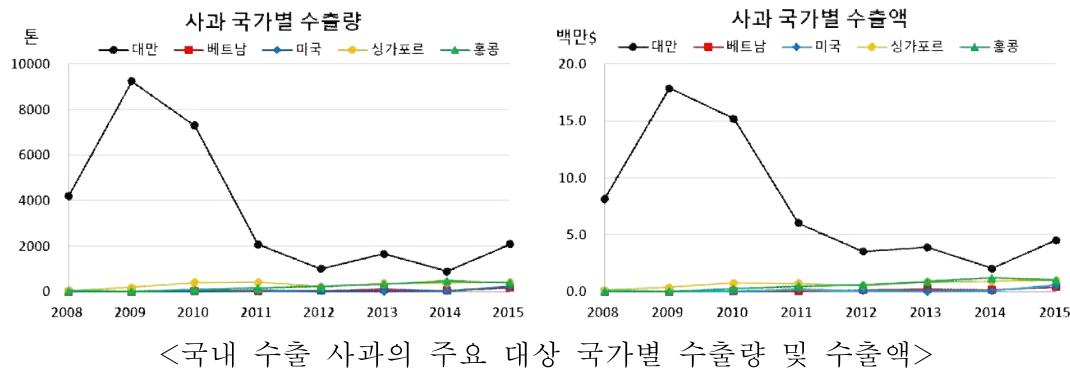
사과는 국내의 주요 과수품목으로 지속적으로 재배면적과 생산량이 증가하고 있으며 이러한 추세는 당분간 지속될 것으로 추정된다. 국내 사과의 생산량이 증가함에 따라 상품성을 제고하고 수출을 통한 경쟁력을 확보해야 한다. 또한 도입품종의 경우 수출국에서 경쟁에 따른 가격 저하로 어려움이 있으므로 국내 육성품종의 수출이 필요하다. 특히 ‘홍로’는 수확 후 지질물질(일명 왁스)의 발생이 높으므로, 수확 후 장기저장 및 상온유통시 지질물질의 발생으로 상품성 저하의 원인이 된다. 그러므로 수확 후에는 장기저장 및 상온 유통 중 지질물질이 급격히 발생하여 품질이 저하되어 수출에 어려움이 있고, 지질물질 발생 시 소비자들은 코팅을 처리한 것으로 오인하여 거부감이 발생하므로 이러한 문제점을 해결할 필요가 있다.

2. 제2세부과제: 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발

국내 사과산업은 국내가격의 호조로 재배면적이 '07년도 28,000ha에서 현재 33,300 ha로 점차적으로 증가해 왔고, 또한 최근에 재식된 사과나무들의 결실이 시작되면서 그 생산량도 현재 58만톤에 이르고 있어 사과 가격이 하락하고 있는 실정으로 생산량의 과잉에 따른 수출활로를 개척해야 한다. 사과수출은 대부분 만생종인 ‘후지’ 품종에 의존하고 있는 실정으로 국내에서 육종한 중생종(홍로, 감홍 등) 사과품종들의 재배면적이 늘어나고 있고 생산량도 증가하고 있어 수출을 통하여 국내 사과산업의 경쟁력을 확보할 필요가 있다. ‘홍로’ 품종은 국내에서는 추석용 품종으로 인기가 높아 농가소득향상을 위하여 대과생산만 목표로 연구가 진행되어 왔으나 추석이후 잉여 과실들의 가격이 폭락하는 등 추석이후 생산되는 과실의 가격에도 영향을 미치고 있다. 따라서 농가소득 향상과 사과산업 안정화를 위하여 사과재배농가들의 출하규격 분포, 선호도, 그리고 대과생산에서 중소과 생산으로 전환시 발생하는 문제점을 파악하고 이를 해결하므로서 국내 육성품종들의 경쟁력을 확보할 필요성이 있다. ‘감홍’ 품종의 경우도 대과생산에 따른 생산성 부족과 고두병 다발생으로 수출물량을 확보하는 것이 어렵고 저장성이 다소 약한 것이 수출에 걸림돌이 되고 있어 재배를 통한 문제점, 수확 후 저장 및 유통과정에서 발생하는 품질저하 요인을 해결함으로서 국내 육성 사과의 수출기반을 조성할 필요가 있다.

3. 제3세부과제: 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발

국내 사과 생산량은 국내 수요를 넘어선 상태로, 수출시장 확보가 시급한 상태이다. 현재 국내 사과의 수출시장은 대만에 편중되어 있으며 일부 동남아 국가, 미국, 일본, 캐나다에도 산발적으로 수출되고 있다.



최근 국내 사과원에서는 살포 프로그램에 따라 연평균 약 10~15회 정도 농약을 살포하고 있으나, 국가마다 농약에 대한 잔류허용기준 (Maximum Residue Limit, MRL)이 다르기 때문에, 수출시장을 확보하기 위해서는 수출 국가별로 안전사용 기준에 적합한 살균제 및 살충제를 선발하여 살포프로그램을 개발하는 것이 사과 수출 확대를 위해 필수적이라 할 수 있다. 실제로, 2011년 대만 수출사과에서 미등록 약제가 검출되어 전수검사 조치가 시행되었다. 이로 인해 대만으로의 수출량이 60% 이상 감소하였고, 이로 인해 국내 사과농가에 큰 피해가 발생하였다. 이후 정부의 요청에 의해 대만에 등록된 약제가 증가하고, 잔류기준이 완화되어 수출량이 다시 증가하고 있으나 향후 안정적인 수출을 위해 수출국가의 다양화가 필요하다는 의견이 늘어나고 있는 추세이다.

국내에서 발생하는 주요한 사과병해는 탄저병, 겹무늬썩음병, 갈색무늬병, 점무늬낙엽병 등이 있으며, 이러한 병해는 성숙과에 직·간접적으로 피해를 주어 사과 과실의 상품성과 생산량에 크게 피해를 끼치고 있다. 이와 더불어 최근 본 연구팀에서 새롭게 진단한 *Fusarium* spp.에 의한 썩음병도 저장과실에서 주요하게 발생하고 있다. 사과에 발생하는 주요한 병해를 방제하기 위해 살균제 살포 프로그램이 개발되어 농가에 보급되어 있지만, 최근 기후변화에 따른 작부방식의 변화와 원인 미상의 이상 질병의 출현 및 살균제 저항성균의 출몰로 인하여, 새로운 대체 살균제 개발이나 선발 및 살포방법이나 살포시기의 조정 등 살균제 살포체계의 지속적 개선이 절실히 필요한 시점이다.



<사과에 발생하는 주요 병해>

특히, 2010년 이후 원인미상의 과실과 잎의 이상 반점증상 등으로 생산성 저하를 야기하고 있고, 이로 인한 살균제의 과다살포는 기존의 사과질병 살균제 방제체계의 정착을 방해하고 있다. 또한 경북 일부지역의 경우, 이미 약제저항성 탄저병균이 출몰하여 점차 확대되고 있는 추세로 확인되고 있으며, 최근 3-4년간 전국적으로 탄저병과 갈색무늬병의 대발생은 ‘후지’, ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 등 다양한 품종에서 발생하고 있다. 따라서, 안전하고 상품성이 높은 농산물을 생산하고 수출사과의 생산물량을 안정하게 확보하기 위해 약제저항성균 방제용 대체 살균제를 이용한 방제법 및 이상질병의 경감대책을 제시하기 위한 연구가 절실히 요구된다.

4. 제1협동과제: 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발

2,000년대 이후 국내 사과 재배면적 증가로 과잉생산에 대비할 필요성이 증대되고 있다. 사과 과잉생산에 대비하기 위해서는 소비를 늘려야 하지만, 소비를 확대하기란 매우 어려운 문제이다. 따라서 수출을 통해 늘어난 물량을 소비하는 것이 현실적인 방법 중의 하나이다. 국내 사과 수출은 후지 품종 위주로 수출을 하고 있어 경쟁국과 차별화가 어려운 실정이다. 국내에서 육종한 중생종 홍로, 감홍 사과의 품종의 재배면적이 늘어나고 있고 생산량도 증가하고 있어 수출을 통하여 국내 사과산업의 경쟁력을 확보할 필요가 있다. 또한 국내 사과재배는 대과 생산을 위주로 하고 있어(Cho and Yoon, 2006) 수출에 적합한 물량을 확보하기 어려운 문제가 있다. 10월 상중순에 수확되는 감홍 품종은 대과성 품종임에도 대과 위주의 재배로 고두병이 많이 발생하여(Kim et al. 2008) 농가에서 재배하기 어려운 품종으로 알려져 있다. 홍로 품종은 국내에서 추석용 품종으로 인기가 높아 농가 소득향상을 위하여 대과생산만 목표로 생산과 연구가 진행되어 왔으나 추석이후 잉여 과실들의 가격이 폭락하는 등 추석 이후 생산되는 과실의 가격에도 영향을 미치고 있는 실정이다. 사과산업 안정화와 국제 경쟁력 확보를 위해서는 국내 육성 사과의 수출을 통해 과잉생산에 대비할 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 육성된 감홍과 홍로 품종의 사과를 수출에 적합 크기의 규격과 생산을 위한 착과기술을 개발하고자 연구를 수행하였다.

5. 제2협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석

국내 육성 홍로 및 감홍 품종의 대량 생산을 대비하여 수출용 중소과 생산 현황과 문제점을 조사 분석하여 사전 대비 필요가 있으며 중소과 생산 농가의 현장 애로기술 및 성공 요인 분석 필요하다.

6. 제3협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발

국내 사과산업은 국내가격의 호조로 재배면적이 ’07년도 28,000ha에서 ’16년도 현재 33,300 ha(2017, Kosis)로 점차적으로 증가해 왔고, 또한 최근에 재식된 사과나무들의 결실이 시작 되면서 그 생산량도 ’15년도 현재 58만톤(2017, Kosis)에서 조만간 60만 톤에 이를 것으로 추정하고 있어 사과생산량의 과잉조짐에 따른 수출 활로를 개척해야 한다. 사과수출은 대부분 만생종인 ‘후지’에 의존하고 있는 실정으로 국내에서 육종한 중생종(홍로, 감홍 등) 사과 품종들의 재배면적이 늘어나고 있고 생산량도 증가하고 있어 수출을 통하여 국내 사과산업의 경쟁력을 확보할 필요가 있다. ‘홍로’ 사과는 대과생산이나 과다 착과 시 수세 쇠약이 심한 품종으로 적정 착과량 조절과 수세관리가 요구되며, 또한 밀 증상 과다발현과 착색부족 현상 등이 문제점

으로 나타나고 있으며 과피 착색 향상을 위해서는 봉지씌우기, 착색제 살포, 반사필름 피복, 엽따기 등의 방법을 사용하고 있으나 주로 ‘후지’ 사과에 이용되고 있어, 수출용 ‘홍로’ 중소과 생산에 알맞은 재배 기술 개발이 필요하다. 밀병은 국내 재배되는 품종 중에서 ‘후지’ 및 ‘홍로’에서 주로 나타나며, 특히 ‘홍로’ 사과는 수확기인 9월 상·중순 수확하는 과실에 밀 증상에 민감한 품종이며, 고두 장해는 ‘쓰가루’, ‘후지’, ‘감홍’에서 많이 발생한다. ‘홍로’의 밀 증상과 ‘감홍’의 고두 장해에 대한 일반적인 방지 대책으로 염화칼슘 0.3%액 3~4회 엽면살포하는 시도가 있지만 그 방지 효과가 미미하다. 따라서 수출용 중소과 생산에 알맞은 과실내 칼슘 축적량이 많은 새로운 칼슘제 조성물 개발 및 세밀한 사용방법이 절실히 요구되고 있다. ‘감홍’ 사과의 경우도 대과생산에 따른 생산성 부족과 동녹 발생과 고두 장해 발생이 많아 수출물량을 확보하는 것이 어렵고 저장성이 다소 약한 것이 수출에 걸림돌이 되고 있어 재배를 통한 문제점, 수확 후 저장 및 유통과정에서 발생하는 품질저하 요인을 해결함으로서 국내 육성 사과의 수출기반을 조성할 필요가 있다.

따라서, 국내 육성품종(홍로, 감홍)들의 재배 중에 나타나는 착색불량, 밀 증상 및 고두 장해 방지 방법을 연구하여 해결함으로써 수출 사과의 활로를 개척을 통한 국내 사과의 우수성을 홍보하고 나아가서는 국내 사과산업의 활성화를 도모하기 위해서 연구의 필요성이 있다.

제3절 연구 개발 범위

1. 제1세부과제: 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발

본 과제는 ‘홍로’사과 과피의 지질 구성 물질 분석과 사과 과피의 지질함량 분석 방법 및 기술개발, 수확 전처리 및 저장방법에 따른 지질물질 분석, ‘홍로’ 사과 과피의 지질물질 발생에 관여하는 요인 분석을 연구개발 범위로 설정하였다.

2. 제2세부과제: 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발

본 과제는 수출에 적합한 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 최적 과실규격 설정에 따른 저장성 및 저장한계기 설정, 선도 유지를 위한 과실의 증산억제 및 에틸렌 제어제 효과 기술 개발, 과실 선도 유지 및 에틸렌 제어에 따른 사과 모의 유통시 문제점 해결을 연구개발 범위로 설정하였다.

3. 제3세부과제: 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발

본 과제는 사과에 발생하는 주요 병해의 발생 양상을 파악하여 살균제의 선발 및 살포 시기, 살포 방법의 개선, 기존에 알려지지 않은 균으로 추정되면 문자 마커를 이용한 종 동정과 배양학적 특징 조사 및 병원성 검정을 수행, ‘홍로’ 및 ‘감홍’사과에 발생하는 탄저병균을 수집하고 다계통 살균제 저항성을 검정, 기내 검정 결과 선발된 약제를 기존의 방제력에 추가하여, 살균제 살포프로그램을 설계하고 ‘홍로’ 과원에서 변경된 살균제 살포프로그램의 실증시험을 수행하고 방제효과를 검정을 연구개발범위로 설정하였다.

4. 제1협동과제: 국내 육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발

본 과제는 국내에서 육성된 감홍, 홍로 품종을 대상으로 수출 규격과 생산을 위해 적정 착과량 시험을 수행하였다.

5. 제2협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석

본 과제는 지역별 국내 육성 홍로 및 감홍 재배 농가의 현지 생산 문제점 조사 분석, 품종별, 농가별, 유통 현황 및 판매 가격 조사, 중소과 생산 농가의 문제점 및 성공 요인 분석을 연구개발 범위로 설정하였다.

6. 제3협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발

본 과제는 ‘감홍’ 및 ‘홍로’ 품종에 적합한 칼슘제 개발, 수출용 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발, 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과 생리장애 경감 기술 개발을 연구개발 범위로 설정하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

1. 1세부과제: 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발

사과 수확 후 PP필름 밀봉 처리를 하여 지질물질 발생을 자연시키는 연구가 있으나 그 외에는 전무하였다(홍 등, 2010).

2. 제2세부과제: 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발

국내에서는 훈증처리용 1-MCP에 대한 연구는 활발히 진행중에 있지만 수확 전 수체살포용 1-MCP에 대한 연구는 ‘후지’, ‘감홍’, ‘홍로’ 사과에서(Yoo 등, 2013, 2015a, 2015b) 비교적 짧게 수행되었고 다른 품종들에 대한 연구는 없는 실정이다. 국내 사과의 MAP 연구는 소비유통의 상품화 목적보다는 저장 중 품질관리 차원에서 주로 저장용 박스 단위 규모로 수행되었고 폴리에틸렌(polyethylene: PE) 계열의 필름 포장 효과나(Chung 등, 2005; Park 등, 2007) 기능성 필름의 적용 효과에 초점이 맞추어져 왔다(Park과 Kim, 2000).

3. 제3세부과제: 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발

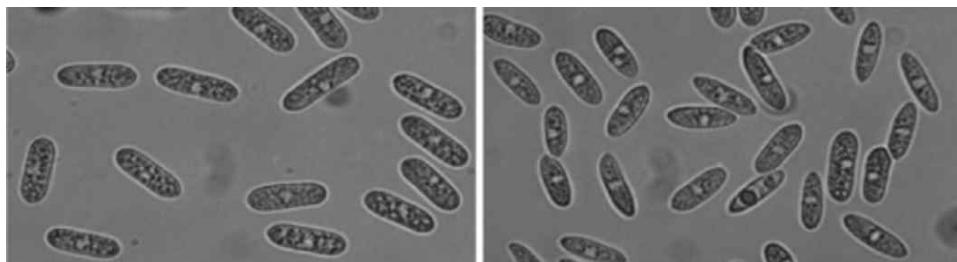
최근 사과탄저병 및 갈색무늬병의 발생시기가 점점 빨라지는 원인은 제1차 전염원의 비산시기가 빨라지는 것과 이상기후에 의한 것으로 추정되고 있으며, 이에 따라 방제약제 선택 및 약제 살포시기 설정이 중요해지고 있다. 하지만 최근 4-5년간 6월 중하순에 발생하는 사과갈색무늬병 유사증상은 농가에서는 갈색무늬병으로 오인되지만, 사과나무의 일시적 생리적인 장애로 추정되고 있고, 육안진단법 및 PCR법을 이용한 갈색무늬병과 그 유사증상의 판별법은 보고된 바 있다(Back et al., 2015).



<갈색무늬병과 갈색무늬병 유사증상의 차이>

또한 사과탄저병의 경우, 현행 살포체계에 포함된 일부 약제에 대해 병원균의 저항성이 발달한 것으로 추정된다(경북대, 사과시험장). 사과에서 발생하는 탄저병균은 2000년대 초반까지는

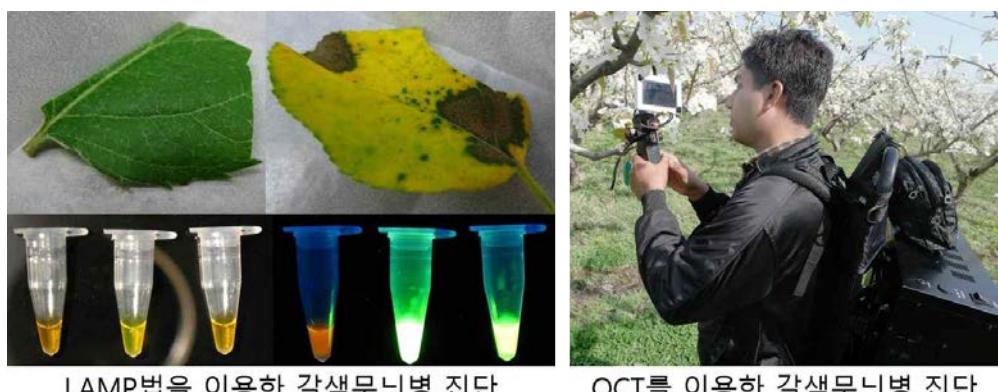
*Collectotrichum gloeosporioides*와 *C. acutatum*이 균일하게 우점되어져 있는 것으로 알려졌으나, 최근 사과원의 탄저병균은 95 % 이상이 *C. gloeosporioides*인 것으로 추정되며(경북대), 이러한 종의 우점화는 최근 경북 일부지역에서 다계통 약제에 저항성을 나타내는 탄저병균 및 갈색무늬병균의 출현 및 탄저병 및 갈색무늬병의 대발생과 관련이 있을 것으로 추정된다(경북대).



Colletotrichum gloeosporioides *Colletotrichum acutatum*

<*Collectotrichum gloeosporioides*와 *C. acutatum*의 포자>

사과에서 주요한 병해인 갈색무늬병을 진단하기 위하여, 광간섭단층촬영장치(Optical coherence tomography)와 LAMP법(loop-mediated isothermal amplification)이 개발되었으며, 2014-2015년 국내 사과재배단지에서의 갈색무늬병 조기 진단을 실시하여, 사과갈색무늬병균의 전국적인 최초 감염시기를 규명하였다(경북대).

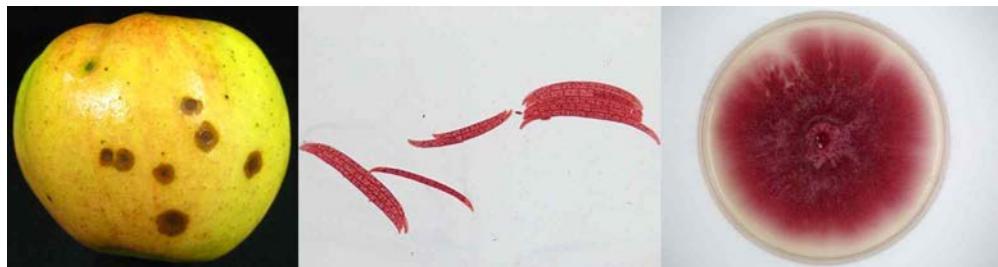


LAMP법을 이용한 갈색무늬병 진단

OCT를 이용한 갈색무늬병 진단

<LAMP법과 OCT를 이용한 사과 갈색무늬병 조기 진단>

또한 최근 저장 사과에서 이상반점이 발생하여, 분자생물학적으로 동정한 결과 국내 미보고 곰팡이 병해인 *F. decemcellulare*로 진단되었다.



<저장사과에서 발생한 이상반점 병징 및 원인균 *F. decemcellulare*>

4. 제1협동과제: 국내 육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발

최근 사과 패턴이 대과 중심에서 중소과로의 소비가 증가하는 추세이나, 국내 사과는 대과 위주의 생산체계로 수출에 적합한 크기의 과실 생산은 부족한 실정이다. 국내 사과의 대표 품종인 후지는 과실의 착과량이 많을수록 영양생장(직경, 정단신초 등)과 엽 생장(총엽면적, 총엽수)은 줄어들며, 과중과 당도도 낮아지는 경향을 나타내어(Choi et al., 2009) 중소과 생산을 하기가 어려운 실정이다. 사과나무의 착과량은 지력, 품종이나 관리 상태에 따라 다른 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2009). 후지 사과는 다른 품종에 비해 영양생장이 왕성하고 해거리 우려가 있어, 과다 착과시키면 해거리가 발생하여 안정적인 과실 생산이 힘들어지므로 착과 수준을 나무 크기에 맞게 적절하게 조절하여야 한다. 한편 국내 육성 품종인 ‘홍로’ 사과의 착과 수준을 주간단면적(TCA/cm^2)를 기준으로 설정하였을 때 착과 수준이 낮을수록 208g 이상 과실의 비율이 현저히 높아지고 당도와 착색에서도 다소 유리하였다고 보고하였다(Cho and Yoon, 2006). 고 당도 품종으로 알려진 ‘감홍’ 사과는 대과형 사과이나 대과일수록 고두병 발생이 많은 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2008). ‘감홍’ 사과의 고두병 발생을 억제하기 위해서는 착과량을 늘려 과일 크기를 다소 줄일 필요가 있지만, 착과량을 늘리면 급격한 수세저하로 안정적인 생산이 불가능할 수도 있다.

5. 제2협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석

국내에는 대과위주의 생산을 하고 있어서 중소과에 대한 연구가 없는 실정임, ‘홍로’ 품종은 대과 생산을 위한 적과 기준을 설정되어 있으나 중소과 생산 기준 연구는 없다(사과연구소, 2012). ‘감홍’ 품종의 고두병 발생 경감을 위한 칼슘제 처리와 과실 크기별 고두병 발생 경감 기술이 연구 되었으나 종합대책이 없다(권 등, 2013).

6. 제3협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발

과실 착색향상을 위해서 봉지 꽈대(배와 이, 1993; 변 등, 1989), 반사필름 피복(윤 등, 2005), 엽 따기, 하기 전정, 과일 돌리기, 낙엽제 처리(임 등, 2010; 2009; 배와 이, 1995), 질소 시용(박 등, 2005; 변 등, 1989), 심토파쇄(박 등, 1997) 방법 등이 연구되었다. 밀 증상의 발생원인은 과실 크기가 클수록, 햇빛을 잘 받는 위치 과실, 성숙기에 고온의 환경, 수확기 지연, 1 과당 일수가 많을수록, 주·야간의 온도 차이가 클수록, 왜성대목에 접목한 경우 등에서 밀 증상이 많다고 하였으며(경기도농업기술원, 2003; RDA, 1996). 방지대책으로는 염화칼슘 0.3%액 3~4회 엽면살포(임, 2005), 착과량 조절(장, 2009), 미세 스프링클러 살수(서, 2009), $CaCO_3$ 및 Raynox 처리(서, 2009), 하계전정(서, 2009) 등이 있으나 그 효과는 미미하다. 감홍 품종의 고두 장해 발생경감을 위한 칼슘처리와 과실크기별 고두병 발생 경감 기술이 연구되었다(권 등, 2013).

제2절 국외 기술개발 현황

1. 1세부과제: 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발

일반 식물체에서의 지질발생에 관한 생화학적 연구(Cassagne 등, 1994)가 진행되었으나 사과 과피에서의 지질발생에 관한 수확 전 처리에 따른 경감연구는 매우 적었고, 사과 표피의 지질물질은 α -farnesene 물질이며 이의 산화과정과 관련이 있으며, 최근 α -farnesene은 ethylene 발생과 관련이 있어 에틸렌 합성억제제가 α -farnesene의 제어에 효과가 있다고 연구된 것을 확인하였다(Zhiguo 등, 2001). 그러나 국내 육성 품종과 국내 환경에 맞는 실험이 필요하다는 것을 확인하였다.

2. 제2세부과제: 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발

그동안 과실의 저장력 향상을 위하여 수확 후 훈증방법으로 적용하고 있는 1-MCP는 에틸렌 작용억제제(Sisler와 Serek, 1997)로서 최근 사과(Lim 등, 2009; Mattheis, 2008; Park 등, 2009; Watkins 등, 2010; Watkins와 Nock, 2012; Yoo 등, 2013, 2015), 토마토, 바나나, 차두, 복숭아(Blankenship과 Dole, 2003, Choi, 2005; Oh 등, 2007; Watkins, 2006) 등 많은 climacteric형 과실의 에틸렌 발생과 호흡량 억제, 과실 경도 및 산 함량 유지 등 과실품질 향상을 위하여 사용되고 있다. 최근 과실을 수확 전 수체 살포용 1-MCP(3.8% a.i.; HarvistaTM AgroFresh Inc., PA, USA)가 개발되어 미국, 캐나다 등에서 'McIntosh', 'Empire', 'Golden Delicious', 'Honeycrisp' 사과에(DeEll과 Ehsani-Moghaddam, 2010; McArtney 등, 2009; Watkins 등, 2010; Yuan과 Li, 2008) 처리하였을 때 저장 동안 과실의 품질을 유지하는데 우수한 효과를 보인다는 연구가 진행중이다.

3. 제3세부과제: 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발

국외의 주요 연구대상 사과질병은 주로 흑성병(*Venturia inaequalis*)과 화상병(*Erwinia amylovora*)이다. 사과나무 이상증상인 blossom blast, fruit cracking, fruit russet, hollow apple, narrow leaf 등 발생 특성은 알려져 있지만, 발병원인은 아직 밝혀져 있지 않았다(Jones and Aldwinckle, 1991).



<사과 흑성병 및 화상병>

사과 흑성병과 화상병에 관한 연구는 병원체 특성, 방제법, 저항성 품종육성 등에 이르기까지 연구되어 있지만(2010, Giaretta; 2010, Zhao), 사과탄저병과 갈색무늬병 등 우리나라에 주로 발생하는 병해에 대한 연구는 발생생태, 병원체 분류에 국한되어 있다. 해외에서 발생하는 사과 탄저병균은 대부분 *C. gloeosporioides*로 알려져 있으며, 발생국가가 다양하고 과수류인 감귤, 구아바, 파인애플에서 발생하는 탄저병균과 유연관계가 매우 높은 것으로 보고되었다(Giarettta et al., 2010). 사과갈색무늬병은 소수의 국가에서 발생한다고 보고되어 있으며, 이병조직에서 분리배양이 어렵고 생육이 느려 배양학적 특성규명 이외의 연구가 미미한 상태이다(Zhao et al., 2010).

OW 15 R4-1 (res)	FJ476066	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD A T FCIDNE
OW 16 1C (res)	FJ476067	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T YCIDNE
OW 16 14B (res)	FJ476068	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T YCIDNE
PGC PG 1 (res)	FJ476069	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T YCIDNE
PGC PG 4 (res)	FJ476070	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T YCIDNE
TCGC 5-35 (sens)	EU116291	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T FCIDNE
TCGC 5-48 (sens)	GQ121136	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T FCIDNE
TF 1A (sens)	FJ476071	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T FCIDNE
TF 1C (sens)	FJ476072	ATFSV VPSPKVSDTV VEPYNATLSV HQLVENSD E T FCIDNE

<잔디 탄저병균 *Colletotrichum cereale*의 β -tubulin 유전자의 아미노산 변이(검은색 음영)와 benzimidazole계 살균제 Thiophanate-methyl에 대한 저항성(res) 및 감수성(sens) 간의 관계 (Young and Tomaso-Peterson, 2010)>

해외에서 약제 저항성균에 대한 보고는 benzimidazole계 살균제 저항성 탄저병균 (*Colletotrichum* spp.)이 strobilurin계 살균제에 대해서 저항성을 나타낸다는 보고가 있으나 (Young, 2009), 그 이외에 사과의 주요 병원균에 대한 살균제 저항성균에 대한 연구는 보고된 바 없다. 추가적으로 망고, 고추, 카카오, 잔디에서 분리된 탄저병균이 benzimidazole계 살균제에 저항성이 있는 것으로 보고되어 있고, 약제저항성균과 감수성균 간의 유전학적 차이를 규명하는 연구가 진행중이며, beta-tubulin 유전자의 일부 아미노산 서열변이가 benzimidazole계 살균제 약제저항성과 관련 있는 것으로 보고되어 있다(Chung et al., 2010; Giaretta et al., 2010; Young and Tomaso-Peterson, 2010).

4. 제1협동과제: 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발

외국의 사과 생산 시스템은 대과보다는 과일 고유의 크기로 생산하는 것이 일반적이다. 사과는 착과 수준에 따라 나무의 생장과 과일의 품질이 영향을 크게 받기 때문에 품종별로 적정 착과량을 설정하는 것이 중요하다. 사과나무의 영양생장과 결실은 서로 부의 관계를 갖고 있지만, 영양생장과 결실간의 균형을 유지해야 한다. 일반적으로 사과는 유목기에 착과를 시키지 않거나 착과량이 적으면 영양생장이 지나쳐 수관이 복잡해지고 해거리가 생길 위험이 큰데, 착과수가 증가할수록 영양생장은 감소하며(Palmer 등, 1997), 과중은 감소하나 주당 생산량은 증가하는 것으로 알려져 있다(Marini 등 2002; Stover 등 2001). 한편 왜성대목의 조기 개화와 결실은 나무 생육을 억제하여 수관발달이 늦어지고 수세가 약화되어 생산량의 감소를 초래한

다(Robinson, 2003). ‘후지’사과는 유년기에 영양생장이 왕성하고 해거리 경향이 강한 특성이 있어(Costa et al., 1997; Tustin et al., 1993) 착과량을 늘리기 매우 어렵다. 사과나무에 착과량이 많을수록 신초생장이 감소하는데, 이는 결실량이 많으면 합성된 동화양분이 영양기관보다는 생식기관인 과실에 우선 분배되어 상대적으로 신초로의 분배가 적어지기 때문이다(Erf와 Proctor, 1987).

5. 제2협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석

외국에서는 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종에 대한 연구가 없는 실정이다.

6. 제3협동과제: 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발

사과나무에서 영양생장과 결실은 서로 부의 관계를 갖고 있으면서 일정 수준의 영양생장이 유지되어야 당년의 과실비대와 성숙은 물론 이듬해의 결실도 가능하기 때문에 단위면적당 재식 주수가 매우 높은 고밀식 사과재배에서는 영양생장과 결실간의 균형을 유지하는 것이 매우 중요하다(Robinson, 2003; Robinson 등, 1991). 과다 적과로 인한 대과 생산은 잎과 과실간의 칼슘경쟁과 과실 내 칼슘 농도를 희석시킴으로써 고두 장해를 일으키는 중요 요인이 된다(Bramlage, 1994; Ferguson과 Watkins, 1989).

제 3 장 연구 수행 내용 및 결과

제1절 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발(제1세부)

1. ‘홍로’사과 과피의 지질 구성 물질 분석

가. 연구 수행 내용

본 연구에서 재료로는 ‘후지’/‘M.9’, ‘홍로’/‘M.9’, ‘시나노골드’/‘M.26’, ‘골든 딜리셔스’/‘M.26’ 품종을 대상으로 수세가 안정되고 균일한 나무를 선정하여 실험재료로 사용하였으며, 조사시기는 적숙기, 상온저장 20일 후 총 2회 실시하였다. 본 연구는 사과 과피를 chloroform으로 추출(아래의 감압농축법 참조)하여 GC/MS(HP 6890 II)에 HP-5MS capillary column(Agilent Technologies)에 주입하여 크래마토그램을 ‘Enhanced MSD ChemStation(Agilent Technologies)’ 소프트웨어로 분석하였다. Ursolic acid의 분석은 HPLC(High performance liquid chromatography)에 Luna C5 column(Phenomenex, USA)에 Hexane, diethyl ether 용액에 standard 와 사과왁스를 주입하여 분석하였다.

나. 주요 결과

사과표피의 지질물질은 Aldehydes, Alkanes, Ketones, Primary alcohols, Secondary alcohols, Ursolic acid로 구성되어있는 것을 확인하였다. 또, 분석된 품종 중 ‘홍로’가 지질의 총량 ($0.49\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)이 가장 높았다. 지질의 구성물질 중 Triterpenoids계열인 Ursolic acid의 비율이 가장 높고, Alkanes은 두번째로 높은 비율이고, 지질의 총량이 높을수록 Ursolic acid의 비율이 높은 경향치를 나타냈다. Primary, Secondary alcohol 성분은 모든 품종에서 나타났다.

표 1-1. 사과 과피의 지질물질 구성(2014).

Cultivar ^y	Total wax ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Wax component(%) ^z					
		Aldehydes	Alkanes	Ketones	Primary alcohols	Secondary alcohols	Ursolic acid
Fuji	0.42	0.1	26.0	1.2	7.4	11.2	53.8
Hongro	0.49	0.3	24.0	0.8	2.7	6.6	65.3
SinanoGold	0.35	0.0	32.3	0.9	3.7	7.5	55.6
GoldenDel.	0.45	0.0	18.3	0.6	2.1	18.6	60.4

^zWax component means represent 9 fruit per cultivar.

^yWax was extracted 20 days after harvest at room temperature.

2. 사과 과피의 지질함량 분석 방법

가. 연구 수행 내용

(1) 감압농축방법을 이용한 지질물질 측정법('14)

본 연구의 재료로는 군위 경북대학교 농업생명과학대학 부속 실습장 ‘홍로’/‘M.9’ 품종의 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 실험재료로 사용하였으며 약품처리는 수확 2주전 AVG $220\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ethepron $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리하였다. 조사시기는 적숙기

30일 전, 적숙기 14일 전, 적숙기 7일 전, 적숙기, 상온저장 후 10일 경과, 상온저장 후 20일 경과, 상온저장 후 30일 경과, 저온저장 후 30일 경과 총 8회동안 실시하였다. 본 연구는 사과 과피의 지질 함량 분석을 위해 자동박피기를 이용하여 사과 과피를 깎은 후 과피를 중류수로 세척하고 과피에 남아있는 Phenolic 물질을 제거하기 위해 Methanol-Water-HCl (0.5:1:0.01) 용액에 5분간 진탕 배양하였다. 그리고 소량 잔류해있는 과육부분을 제거하기 위해 0.05% Pectin lyase (125 units·ml⁻¹) (Sigma, USA) 조성의 용액에 48시간 진탕배양 뒤 동일 조성의 용액에 24시간 더 진탕 배양하였다. 그 후 중류수와 1% HCl 용액으로 과피를 세척하고 35°C에서 건조한 뒤 Chloroform을 이용하여 소수성 물질을 추출하였으며 추출된 용액은 50°C에서 감압 농축하여 건조하였고, 잔여물을 지질물질이라고 하여 측정하였다.

(2) Nile Red 염색방법을 이용한 지질물질 측정법('14)

본 연구의 재료로는 군위 경북대학교 농업생명과학대학 부속 실습장 ‘홍로’/‘M.9’ 품종의 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 실험재료로 사용하였으며 약품처리는 수확 2주전 AVG 220mg·L⁻¹, Ethepron 200mg·L⁻¹ 처리하였다. 조사시기는 적숙기 30일 전, 적숙기 14일 전, 적숙기 7일 전, 적숙기, 상온저장 후 10일 경과, 상온저장 후 20일 경과, 상온저장 후 30일 경과, 저온저장 후 30일 경과 총 8회 동안 실시하였다. 본 연구는 사과 표면의 지질 성분을 시각적으로 관찰하기 위해 과실의 적도부 과피에서 지름 5.0mm, 두께 0.5mm의 디스크를 만들어 지질 성분 및 소수성 화합물과 결합하여 발광하는 형광 염색 시약인 Nile red로 슬라이드 글라스에 염색한 후 커버 슬립을 덮어 고정하여 현미경으로 관찰하였다.

(3) Sonication을 이용한 지질물질 측정법

본 연구의 재료로는 경북 군위군 소보면에 위치한 농가의 ‘홍로’/‘M.9’ 성목, 평창군 미탄면에 위치한 농가의 ‘홍로’/‘M9’ 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 실험재료로 사용하였으며 약품처리는 수확 2주전 AVG 220mg·L⁻¹, Ethepron 200mg·L⁻¹ 처리하였다. 조사시기는 적숙기, 수확 후 상온저장 1주경과, 상온저장 2주경과, 상온저장 3주경과 총 4회 실시 하였다. Sonication을 이용한 지질물질 측정 방법으로는 12개의 과실을 실험에 앞서 무게를 측정한 뒤, Chloroform과 Methanol 혼합 용액을 비이커에 각각 3:1비율(600ml)로 혼합한다. 비이커에 사과를 하나씩 용액에 담궈 30초간 3반복으로 Sonication을 실시한다. Sonication으로 지질물질을 제거한 후 상온에 3시간 동안 건조하고, 건조 후 과실 무게를 측정하여 표면적당 지질물질 양을 계산을 위해 과실 중심부를 절단하여 과실의 높이, 넓이, 과심높이를 측정해 표면적을 계산한다. 과실 표면적을 구하는 공식은 Yuan Kejun 과 Sun Ruihong의 논문을 참고하여 표면적을 구하였다. [지질물질 양=(실험전 과실의 무게 - 실험 후 과실의 무게) / 표면적 넓이]

나. 주요 결과

(1) 지질물질 측정방법에 따른 효용성 비교

지질물질 감압농축법은 과피를 깎는 시간과 페놀릭 성분제거 시간(5분), 과피에서 과육을 제거하기 위해 진탕배양하는 시간(72시간), 과피 건조 및 감압농축 시간(1일 이상)이 소요되는 반면 Sonication으로 지질물질을 측정한 실험에서는 과실 100개를 Sonication 했을 시 150분(30초·3반복·과실 100개)과 과실 건조시간(3시간)을 소요하기 때문에 지질물질 감압농축법보다 Sonication을 통해 측정한 실험방법이 3일 이상 시간적 효율이 높았다.

표 1-2. 지질물질 감압농축법 및 Sonication 측정법 소요시간(2014)

지질물질 감압농축법	소요시간 ^z	Sonication	소요시간 ^z
페놀릭 성분 제거	5분	Sonication	30초(3반복)x100=150분
과피 과육 제거 진탕배양	48시간	과실 건조 시간	3시간
동일조성 용액 진탕배양	24시간		
과피건조 및 감압농축	1일 이상		
총 소요시간	4일 이상	총 소요 시간	330분(5시간 30분)

^z과실 100개당 소요시간

지질물질 감압농축법은 사용한 시약의 종류가 다양하였고, 과피에 남아있는 과육부분을 제거하기 위해 진탕배양에 사용된 효소인 Pectinase(5ku), Cellulase(25ku), Pectolyase(100mg)의 가격 또한 각각 85,800원, 174,900원, 224,400원으로 Sonication을 통해 지질물질을 측정한 방법에 사용된 시약인 Methanol(1250ml), Chloroform(3750ml)의 가격이 각각 1,750원, 45,000원에 비해 가격이 비싸 금전적 효율이 떨어진다.

표 1-3. 지질물질 감압농축법 및 Sonication 측정법 소요비용(2014)

지질물질 감압농축법	소요비용 ^z	Sonication	소요비용 ^z
Pectinase(5ku)	85,800	Methanol(1250ml)	1,750
Pectolyase(100mg)	224,400	Chloroform(3750ml)	45,000
Cellulase(25ku)	174,900		
chloroform(4L)	48,000		
총 소요비용	533,100	총 소요비용	46,750

^z과실 100개당 소요비용(원)

Nile Red 형광염색을 통해 지질물질을 측정하였을 시 육안으로 관찰하는 것은 용이하였으나 정량적인 측정은 가능하지 않았다. 반면 지질물질 감압농축방법과 Sonication을 통한 지질물질 측정방법은 정량측정이 가능하였다.

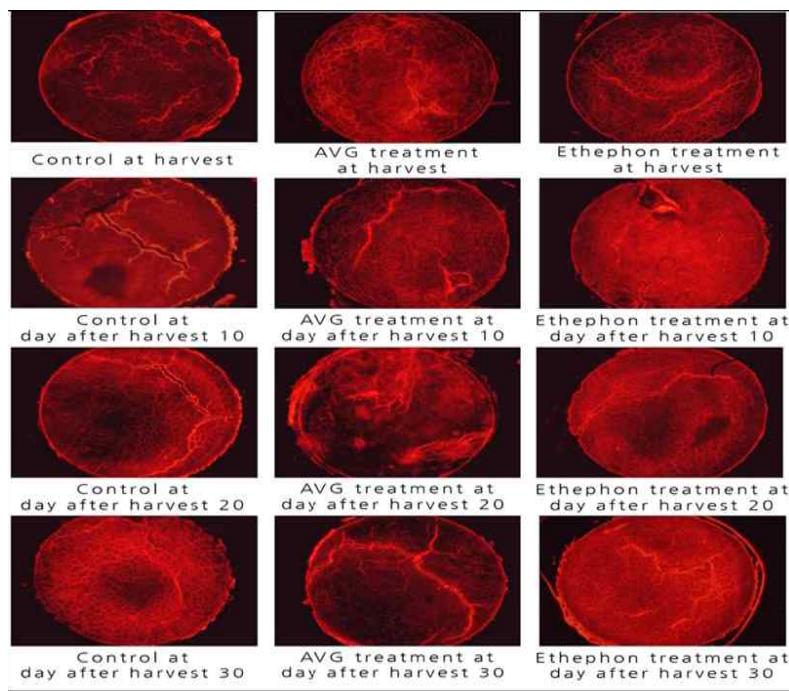


그림 1-1. 수확 후 저장기간 별 ‘홍로’사과 표피의 형광 정도의 변화
(Nile Red 형광 염색법)

3. 수확 전처리 및 저장방법에 따른 지질물질 분석

가. 연구 수행 내용

(1) 2014년

2014년에 실시한 연구의 재료로는 군위 경북대학교 농업생명과학대학 부속 실습장 ‘홍로’/‘M.9’ 품종의 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 재료로 사용하였으며, 약품 처리는 수확 2주전 AVG $220\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ethepron $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리하였다. 조사 시기는 적숙기 14일 전, 적숙기 7일 전, 적숙기, 상온 저장 10일 후, 상온 저장 20일 후, 상온 저장 30일 후 총 6회 실시하였다.

(2) 2015년

2015년에 실시한 연구의 재료로는 군위 소보면에 위치한 농가 ‘홍로’/‘M.9’ 품종의 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 재료로 사용하였으며, 약품 처리는 수확 4주전 AVG $220\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ethepron $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 수체 살포형, 1-MCP(Harvista) $75\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$, 수확후 훈증형 1-MCP(SmartFresh) $1\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 처리하였다. 본 연구의 저장조건으로 상온저장, 저온저장, 훈증형 1-MCP(SmartFresh)처리 및 저온저장, CA저장을 실시하였으며 조사 시기는 상온저장 적숙기, 저장 1주 후, 저장 2주 후, 저장 3주 후 총 4회, 나머지 저장조건 적숙기, 저장 3주 후, 저장 5주 후, 저장 9주 후 총 4회 실시하였다.

(3) 2016년

2016년에 실시한 연구의 재료로는 군위 경북대학교 농업생명과학대학 부속실습장 ‘홍로’/‘M.9’ 품종의 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 재료로 사용하였으며 약품 처리는 수확 3주전 AVG $220\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ethepron $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Soybean oil 2%, 수

확 후 ASA(Acetyl Salicylic Acid) 1mM을 처리하였다. 조사 시기는 적숙기 2주 전, 적숙기, 저장 4주 후, 저장 8주 후 총 4회 실시 하였다.

(4) 내생 에틸렌 측정 방법

사과의 지질물질 생성과 에틸렌의 상관관계를 알아보기 위해 에틸렌 발생량을 비교하였다. 4개의 과실을 1반복으로 하여 12개의 과실을 대상으로 꽃받침 부위에 1mL 주사기를 삽입하여 과심 내 gas 1mL를 채취한 뒤 FID(flameionization detector)를 장착한 gas chromatography (GC2010, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 측정하였다.

(5) 왁스 측정 방법

사과 과피의 지질 함량 분석을 위해 12개의 과실을 대상으로 무게를 채고 1000ml 비이커에 Chloroform과 Methanol을 600ml를 3:1 비율로 넣어 30초간 3반복하여 초음파발생기로 실험하였다. 실험이 끝난 과실들을 상온방치를 3시간정도 하여 과피가 확실히 마른 것을 확인 후 무게를 잴다. 왁스량은 (실험 전 과실의 무게 - 실험 후 과실의 무게)/과실의 표면적(Yuan Kejun and Sun Ruihong. 1995)으로 측정하였다.

(6) 특성 조사 방법

과실의 특성은 과중, 과고, 과경, 과실 경도, 가용성 고형물 함량 및 산 함량, 과피의 색도를 조사하였다. 과중, 과경, 과고는 반복당 4개 과실로 하여 처리당 12개 과실을 측정하여 평균화 했다. 과실 경도는 직경 11mm plunger를 장착한 과실경도계(Fruit Tester, FT327, Italy)를 사용하여 과실 적도면에 과피를 제거한 후 과실당 3회 측정한 값을 평균하여 Newton(N) 값으로 나타내었다. 산 함량은 과즙 5mL를 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산으로 환산하였고, 가용성 고형물 함량은 디지털당도계(PR-201, ATAGO, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과피의 색도는 색차계(CR-210, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다.

나. 주요 결과

수확 전 AVG처리는 상온저장 중(약 30일 간) 내생 에틸렌의 발생 및 왁스의 발생을 억제하고 저장 중 과피의 지질물질은 무처리와 Ethepron처리구에서는 지속적으로 증가하나, AVG처리구는 수확기와 비슷한 수준으로 유지되었다. 일정 농도 이상의 에틸렌 발생시(무처리구와 Ethepron처리구)에는 지질물질의 발생의 억제가 어렵다고 판단된다.

표 1-4. 수확 전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 상온 저장 시 내생 에틸렌 함량 변화(2014)

Treatment	Internal ethylene concentration ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)					
	-14 (day)	-7 (day)	0 (day)	10 (day)	20 (day)	30 (day)
Control	4.0 a ^z	4.2 a	7.0 a	33.0 b	34.0 b	88.0 a
AVG	4.0 a	4.1 a	5.0 a	5.2 c	10.0 c	12.0 b
Ethepron	4.0 a	5.0 a	6.0 a	66.0 a	67.0 a	90.0 a

^zDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05.

표 1-5. 수확 전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 상온 저장 시 전체 Wax 함량 변화(2014)

Treatment	Total wax content ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) ^z					
	-14 (day)	-7 (day)	0 (day)	10 (day)	20 (day)	30 (day)
Control	0.438 a ^y	0.450 a	0.486 a	0.499 a	0.498 a	0.512 a
AVG	0.437 a	0.458 a	0.451 b	0.459 b	0.467 b	0.470 b
Ethepron	0.438 a	0.459 a	0.472 a	0.495 a	0.497 a	0.514 a

^z전체 wax함량은 감압농축방법으로 측정^yDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05..

지질 물질은 Ethepron처리구에서 왁스함량이 가장 높게 나타났고 무처리 구, AVG처리구, 수체살포용 1-MCP(Harvista)처리구 순으로 낮게 나타났다. 그리고 내생 에틸렌 농도 변화와 왁스 함량 변화는 비슷한 양상을 보였으며 수확 시 왁스함량은 Ethepron(3.89 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$), 무처리(2.61), AVG, Harvista(1.07) 순으로 높게 나타났다. 왁스함량은 초기 3주 저장기간 동안 급속히 증가하고, 그 이후에는 증가량이 크지 않았고 저장 9주 후에는 Ethepron을 제외한 처리구에서 지질함량은 비슷하였다. 일반 저온저장 시와 CA저장 중 지질물질 증가함량은 큰 차이가 없어 CA저장이 지질물질 감소에는 큰 영향을 미치지 않는다고 판단된다.

표 1-6. 수확전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 저온 저장 시 내생 에틸렌 함량 변화(2015)

Treatment	Internal ethylene concentration ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)			
	0 (week)	3 (week)	5 (week)	9 (week)
Control	1.38 a ^z	1.42 a	1.50 a	1.61 a
AVG	1.04 b	0.96 b	1.32 b	1.36 b
Harvista	1.02 b	1.04 b	1.28 b	1.34 b
Ethepron	1.32 a	1.85 a	1.75 a	2.43 a

^zDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05..**표 1-7. 수확전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 저온저장 시 전체 Wax 함량 변화(2015)**

Treatment	Total wax content ($\text{mg}\cdot\text{cm}^2$) ^z			
	0 (week)	3 (week)	5 (week)	9 (week)
Control	1.8 b ^y	3.5 a	4.5 a	5.3 a
AVG	1.5 b	2.8 b	3.1 b	3.3 b
Harvista	1.1 b	2.4 b	3.3 b	3.9 b
Ethepron	2.5 a	4.2 a	5.1 a	6.5 a

^z전체 wax함량은 Sonication방법으로 측정^yDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05..

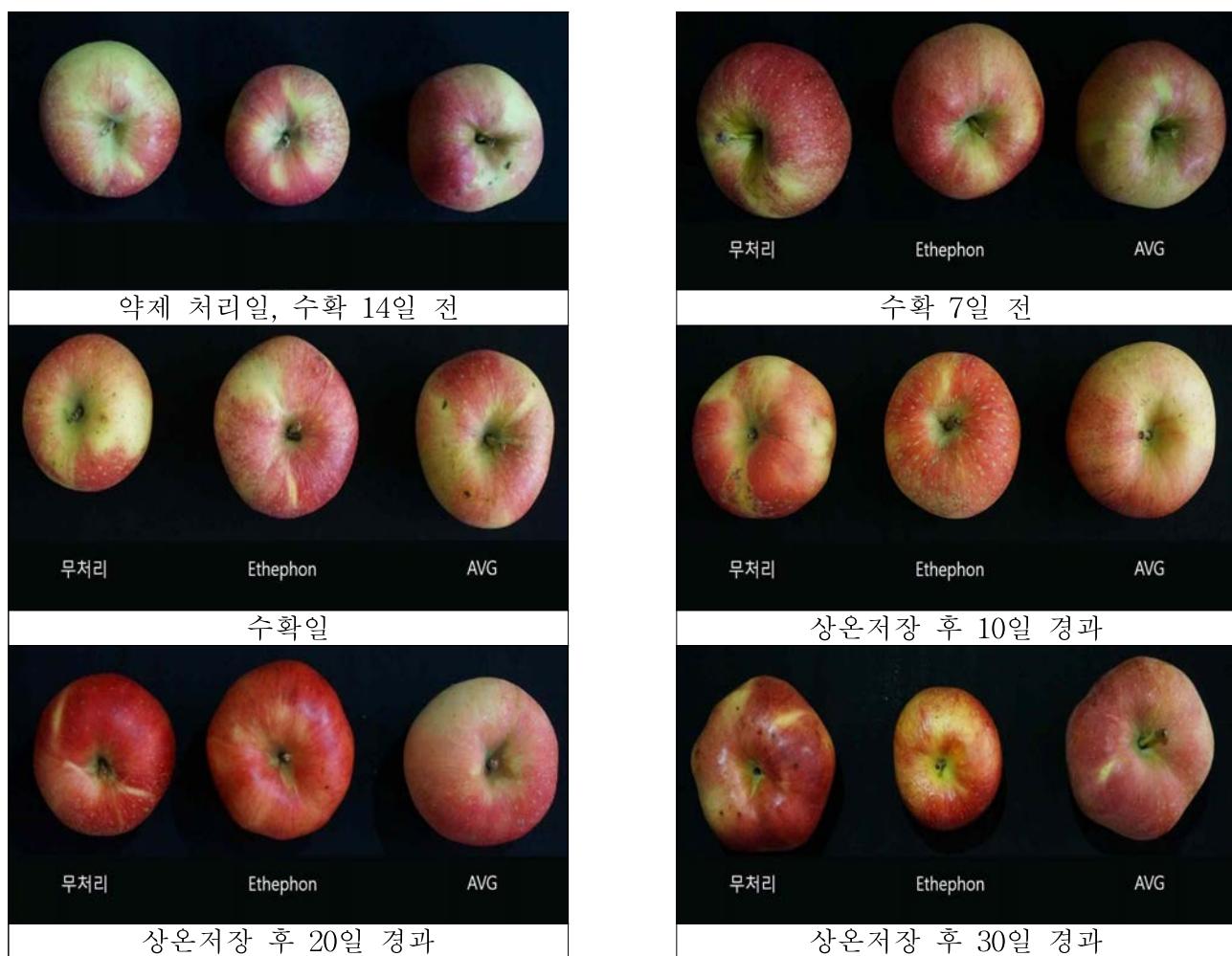


그림 1-2. 수확전후 ‘홍로’의 과피 변화

표 1-8. 수확전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 CA저장 시 전체 Wax 함량 변화(2015)

Treatment	Total wax content ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$) ^z				
	0 (week)	3 (week)	5 (week)	9 (week)	13 (week)
Control	1.7 b ^y	3.8 b	3.6 ab	4.9 b	6.5 a
AVG	1.5 b	2.5 a	3.1 b	4.8 b	5.0 b
Harvista	1.0 b	2.5 a	2.8 b	4.3 b	4.7 b
Ethepron	2.8 a	4.2 b	6.0 a	6.4 a	6.6 a

^z전체 wax함량은 Sonication방법으로 측정^yDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05.

수확 전후 처리에 따른 저장방법 및 시기 별로 ‘홍로’사과의 특성에 주는 영향을 조사하였다. 처리별로 보았을 때 시간이 지날수록 Ethepron처리구가 가장 감소 변화가 커지고 AVG처리구가 가장 더디게 변화하였다. 이는 각 약제 처리에 의해서 에틸렌 발생 정도에 따라 과실 특성 변화에도 차이가 나타난 것으로 판단된다. 저장별로 보았을 때는 시간이 지남에 따라 CA저장과 저온저장은 과중, Hunter value 그리고 산도는 감소하는 경향을 보였고 과고 과경은 큰 변화가 없었으며 경도는 무처리구를 제외하고는 증가하였고 당도는 처리별로 차이가 있었다. 1-MCP 훈증처리 및 저온저장은 비슷한 경향이나 경도는 모두 감소하여 약제의 효과가 크게 없었다고

판단된다. 그리고 CA저장과 저온저장의 결과도 크게 차이가 없는 것으로 보아 CA저장 조건을 변화하여 저장하거나 저온저장을 이용하여도 상관없는 것으로 판단된다.

표 1-9. 수확전후 처리에 따른 저장 방법 및 시기별 ‘홍로’ 사과 과실 특성(2015)

Treatment before harvest	저장 방법	과중 (g)	과고 (mm)	과경 (mm)	경도 (N/mm)	Hunter value			당도 (°Brix)	산도 (%)
						L	a	b		
적숙기(9월 15일)										
Control		256.4	80.5	80.6	-57.9	50.6	31.2	22.2	13.8	3.2
Harvista	-	245.8	83.2	78.9	-56.6	55.0	25.5	23.7	15.0	3.5
AVG		258.6	84.2	80.4	-53.4	52.9	27.7	22.9	13.3	3.4
Ethepron		251.3	77.8	81.8	-55.8	51.5	24.2	25.4	14.3	2.4
수확 3주 후(10월 7일)										
Control		251.8	84.8	80.7	-62.2	44.1	25.2	15.2	13.8	1.6
Harvista	저온	198.9	78.5	75.0	-68.1	46.0	25.1	15.9	14.8	1.6
AVG	저장	234.0	82.2	82.5	-65.0	44.2	26.6	14.7	14.7	1.5
Ethepron		230.4	76.7	78.7	-65.4	43.4	23.6	15.3	12.7	1.7
Control	1-MCP	253.5	83.3	80.0	-41.9	42.2	25.2	14.3	13.9	1.8
Harvista	+저온	226.3	78.9	77.0	-48.7	44.2	24.9	14.7	15.0	2.0
AVG	저장	220.1	78.8	76.8	-46.1	44.5	24.6	15.1	14.9	1.8
Ethepron		241.7	78.9	82.1	-51.4	44.1	21.6	16.0	13.5	2.2
Control		228.0	78.7	77.9	-49.4	43.0	25.5	14.3	14.5	1.8
Harvista	CA	249.6	80.6	79.6	-52.0	44.1	24.9	14.8	14.9	2.0
AVG	저장	194.5	71.7	75.2	-52.3	42.3	25.2	14.0	15.9	1.8
Ethepron		218.1	76.7	78.9	-46.0	39.0	25.3	13.3	13.0	2.1
수확 5주 후(10월 21일)										
Control	저온	256.6	82.4	81.1	-47.8	23.0	17.5	10.8	13.7	1.1
Harvista		198.0	73.6	73.4	-37.3	22.4	16.6	10.2	14.9	1.2
AVG	저장	238.9	80.9	78.1	-42.7	25.6	20.5	12.3	14.9	1.2
Ethepron		224.5	75.9	77.4	-53.5	22.2	17.2	10.3	13.0	1.4
Control	1-MCP	249.3	80.1	79.7	-48.0	22.3	17.0	10.5	14.9	1.1
Harvista	+저온	216.8	77.2	77.0	-45.5	22.8	17.1	10.6	15.1	1.2
AVG	저장	245.1	81.2	78.5	-46.3	25.1	19.6	12.1	14.9	1.4
Ethepron		241.3	77.4	81.4	-54.9	23.5	18.3	10.6	13.6	1.4
Control		245.1	80.0	78.4	-58.9	21.4	16.2	10.0	14.3	1.4
Harvista	CA	301.8	87.9	84.0	-61.5	24.6	19.3	11.9	14.7	1.4
AVG	저장	218.2	77.8	76.6	-63.9	26.8	21.9	13.4	14.7	1.3
Ethepron		220.9	75.6	76.0	-60.4	20.7	15.7	9.4	13.1	1.5
수확 9주 후(11월 18일)										
Control	저온	244.8	80.3	79.9	-53.6	24.1	18.3	10.9	13.2	1.2
Harvista		194.7	77.0	73.5	-56.9	27.5	21.9	13.1	15.2	1.4
AVG	저장	240.5	80.1	78.1	-57.2	26.2	20.8	12.7	15.0	1.2
Ethepron		217.3	74.9	78.6	-59.3	23.6	18.2	10.4	12.9	1.4
Control	1-MCP	242.6	80.0	80.0	-47.5	23.2	17.8	11.0	14.5	1.0
Harvista	+저온	237.0	81.0	79.6	-55.4	24.8	19.4	11.8	15.4	1.1
AVG	저장	248.8	81.1	80.2	-50.0	27.3	21.9	13.2	14.7	1.2
Ethepron		247.0	77.9	81.8	-56.4	20.0	14.8	9.0	13.7	1.3
Control		236.2	80.8	77.9	-56.0	25.5	19.9	12.3	14.3	1.0
Harvista	CA	267.0	82.3	81.6	-60.8	28.1	22.6	13.7	14.9	1.3
AVG	저장	202.7	75.7	75.5	-64.6	25.8	20.4	12.6	14.9	1.2
Ethepron		219.3	75.8	78.6	-61.9	24.9	19.7	11.4	13.5	1.1

수확전후 처리에 따라 ‘홍로’사과의 에틸렌 발생과 Wax함량의 변화를 확인하였다. AVG처리구에서 가장 에틸렌 발생량이 적게 유지되었고, Soybean oil 처리구에서는 수확 4주후에 급증하는 현상이 나타났다. 그리고 실험한 년도에 날씨의 영향으로 인해 과실의 품질이 좋지 못하였다는 점을 감안했을 때 ASA나 Soybean oil 등 처리의 효과가 크게 보이지 않았다.

표 1-10. 수확전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 저온 저장 시 내생 에틸렌 함량 변화(2016)

Treatment	Internal ethylene concentration ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)			
	-2 (week)	0 (week)	4 (week)	8 (week)
Control	1.69 a ^y	2.36 a	2.96 b	5.10 b
ASA ^z	1.85 a	2.15 a	1.69 b	3.81 b
Soybean Oil	2.52 a	2.77 a	18.30 a	24.07 a
AVG	1.37 a	2.76 a	1.20 b	5.45 b
Ethepron	2.09 a	2.89 a	3.65 b	4.90 b

^z수확후 저장 전에 처리; ASA(Acetyl Salicylic Acid)

^yDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05.

표 1-11. 수확전 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 전체 WAX함량 변화(2016)

Treatment	Total wax content ($\text{mg}\cdot\text{cm}^2$) ^z			
	-2 (week)	0 ^x (week)	4 (week)	8 (week)
Control	0.9 a ^x	2.0 a	3.9 a	5.0 a
ASA ^y	1.2 a	2.2 a	2.1 b	4.3 ab
Soybean Oil	1.3 a	2.3 a	3.8 a	4.1 ab
AVG	1.0 a	2.6 a	2.4 b	3.0 b
Ethepron	1.2 a	2.9 a	4.5 a	5.9 a

^z전체 wax함량은 Sonication방법으로 측정

^y수확후 저장 전에 처리

^xDifferent letters withing columns indicate significant different by Duncan's multiple range test, p = 0.05.

과실 특성을 통하여 수확전후 처리에 따른 저장 방법 및 시기별 ‘홍로’사과의 특성을 조사하였다. 무처리구와 Ethepron처리구에서 모든 특성이 비슷하게 감소하거나 유지하는 경향을 보였고 이에 비해 AVG처리구에서는 비교적 더디게 변화하였으며 저온저장이 상온저장보다 특성유지에 효과적이었다. 그리고 Soybean oil처리구는 과중, 과고, 과경 그리고 Hunter value 값은 감소하였으나 당도와 산도는 큰 차이가 없고 경도는 증가하는 경향이 나타났고 오랜 저장기간에 품질 유지하는데 효과를 줄 것이라고 판단된다. ASA처리구는 상온저장 보다 저온저장 시 품질 유지하는데 효과적이었지만 저장기간이 길어질수록 다른 처리구보다 효과가 낮아지는 경향을 보였다.

표 1-12. 수확전후 처리에 따른 저장방법 및 시기별 ‘홍로’ 사과 과실 특성(2016)

Treatment	과중 (g)	과고 (mm)	과경 (mm)	경도 (N $\frac{f}{11mm}$)	Hunter value			당도 (°Brix)	산도 (%)
					L	a	b		
수확 4주 전(8월 18일)									
Control	280.5	77.7	85.3	-65.4	72.7	-7.0	37.4	14.8	2.3
수확 2주 전(9월 2일)									
Control	341.7	83.5	91.2	-65.4	59.4	18.7	25.2	13.6	2.7
AVG	293.6	78.9	87.5	-63.1	57.6	21.8	24.8	16.2	1.8
Soybean oil	294.8	80.3	87.2	-62.0	61.0	15.2	26.5	15.1	1.9
Ethepron	309.1	78.6	89.4	-52.1	64.1	12.2	27.7	15.7	1.9
적숙기(9월 9일)									
Control	275.1	80.1	86.0	-69.1	58.9	19.1	27.0	15.3	1.9
AVG	339.0	84.6	92.0	-58.6	58.2	20.8	26.2	15.6	1.8
Soybean oil	288.7	81.1	90.1	-49.1	54.0	23.8	25.0	15.7	1.6
Ethepron	262.0	74.5	87.1	-62.6	57.1	21.9	23.0	15.3	2.1
저온저장 4주 후(10월 8일)									
Control	281.7	81.7	90.4	-60.1	54.0	15.7	20.7	15.9	1.8
ASA ^z	267.4	78.6	86.0	-56.8	51.8	16.5	21.3	16.3	1.7
AVG	266.9	78.8	87.3	-57.0	55.1	16.6	18.5	15.3	2.0
Soybean oil	297.1	83.7	91.1	-52.4	47.7	21.8	17.1	15.1	1.7
Ethepron	305.6	80.3	91.4	-59.0	50.0	19.2	17.5	15.7	1.7
저온저장 8주 후(11월 4일)									
Control	257.8	76.3	88.0	-56.9	55.4	14.4	20.4	15.5	2.0
ASA ^z	294.6	81.7	90.9	-55.6	56.4	16.2	20.8	14.1	1.9
AVG	255.5	79.9	85.6	-55.9	54.0	18.0	18.6	15.4	1.6
Soybean oil	253.4	73.8	85.5	-60.1	56.4	14.0	20.1	15.6	1.8
Ethepron	233.6	72.5	81.5	-60.3	58.4	13.8	20.0	15.3	1.6

^z수확 후 저장 전에 처리

4. ‘홍로’ 사과 과피의 지질물질 발생에 관여하는 요인 분석('15, '16)

가. 연구 수행 내용

본 연구의 재료로 군위 소보면에 위치한 농가 ‘홍로’/‘M.9’품종의 성목을 대상으로 대체로 수세가 균일하고 안정된 나무를 선정하여 재료로 사용하였으며 약품 처리는 수확 4주전 AVG 220mg·L⁻¹, Ethepron 200mg·L⁻¹, 수체 살포형 1-MCP 75mL·L⁻¹를 처리하였다. 본 연구에서는 LOX gene activity를 측정하기 위해 Zhang 등(2003)의 LOX activity 측정방법을 변형하여 실험하였다. 2g의 사과 과피를 4°C의 50mM potassium phosphate buffer (pH 7) 10mL에서 균질화하고, 0.2g의 PVPP(Poly VinylPolyPyrrolidone)를 넣어 4°C에서 15,000rpm 조건으로 15분 동안 원심분리 하였다. 상층액 0.2ml을 취하여 상층액과 50mM potassium phosphate buffer (pH 7) 2.78ml, 1M sodium linoleate 25μL를 30°C에서 진탕배양 하였고, 이 용액을 50mM potassium phosphate buffer(pH 7)로 13배 희석한 후, 234nm에서 1분 간격으로 흡광도를 측정하였다. 측정값의 차이를 이용하여 LOX gene 발현을 측정하였으며, LOX gene activity의 1unit은 흡광도의 0.001변화로 하였다.

나. 주요 결과

내생 에틸렌 농도 변화와 LOX gene 활성도 변화는 비슷한 양상이고 통계적 유의성은 없으나 상관관계가 있다고 판단된다. 즉, AVG처리와 1-MCP(Harvista)처리는 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 발생 및 작용을 억제하여 지질 물질 생성에 관여하는 LOX gene 발현을 효과적으로 낮춰주는 것으로 보인다. 또한 지질 물질 발생이 많은 ‘홍로’ 과실의 유통 기한을 연장시키기 위해서 에틸렌 제어 처리 기술에 유용하게 적용될 것으로 판단된다.

표 1-13. 수확 전후 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 저온 저장 시 내생 에틸렌 함량 변화(2015)

Treatment	Internal ethylene concentration ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)			
	0 (week)	3 (week)	5 (week)	9 (week)
Control	1.38	1.49	1.51	1.61
AVG	1.06	0.94	1.32	1.33
Harvista	1.04	1.08	1.28	1.32
Ethepron	1.32	1.86	1.76	2.49

표 1-14. 수확 전후 처리에 따른 ‘홍로’ 사과 저온 저장 시 LOX gene 함량 변화(2015)

Treatment	LOX gene activity (unit)			
	0 (week)	3 (week)	5 (week)	9 (week)
Control	1.03	1.20	1.28	1.41
AVG	0.81	0.84	0.90	1.20
Harvista	0.34	0.98	1.12	1.18
Ethepron	1.24	1.48	1.67	2.23

제2절 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발(제2세부)

1. 연구내용(재료 및 방법)

가. 시험재료

본 연구는 2014~2016년까지 3년간 ‘홍로’/M.9, ‘감홍’/M.9 품종을 대상으로 수세가 안정되고 균일한 나무를 선정하여 실험재료로 사용하였다.

나. 연구수행 내용

(1) 규격별 저장성 검정

‘홍로’ 사과의 경우 2014~2015년에는 200g이하, 201~240g, 241~270g, 271~300g 4규격으로 구분하였고, 2016년에는 240~270, 271~300g 2규격으로 구분하여 규격별 저장성을 검정하였다. ‘감홍’ 사과의 경우 2014~2015년에는 300~340g, 341~380g, 381~420g 3규격으로 구분하였고, 2016년에는 300~340g, 341~380g 2규격으로 구분하여 규격별 저장성을 검정하였다.

(2) 에틸렌 제어제 효과 검정

HarvistaTM(3.8% a.i. 1-MCP; AgroFresh Inc., PA, USA)는 250mg·L⁻¹의 농도로 수확 2주 전에 ‘홍로’와 ‘감홍’ 과실을 대상으로 수확 2주전 수체 살포한 후 각각 9월 1일과 10월 15일에 수확하였다. SmartFreshTM(3.3% a.i. 1-MCP; AgroFresh Inc., Korea)은 1μL·L⁻¹의 농도로 수확 당일 18시간동안 처리하였다. 1차년도인 2014년에는 무처리구와, HarvistaTM, HarvistaTM+SmartFreshTM로 구분하여 저장성을 검정하였으며, 2015년에는 무처리구와, HarvistaTM, SmartFreshTM, HarvistaTM+SmartFreshTM을, 2016년에는 무처리구와, SmartFreshTM을 비교검정하였다.

(3) 증산 억제를 위한 필름처리효과 검정

(1)항 및 (2)항에 대하여 규격별 또는 에틸렌제어제 처리후 각각 φ0.59mm 3,000구 펀홀과, φ5.9mm 8, 16, 32구 펀칭홀 처리된 두께 20μm의 PE필름을 포장처리하였다.

(4) 과실저장

과실의 저장조건은 온도 0 ± 1°C, 상대습도 90%로 설정하였다. 그리고 과실특성은 ‘홍로’의 경우 저장 80일까지 20일 간격으로 5회 조사하였으며, 단 2016년 ‘홍로’ 사과의 경우 과실특성 조사 간격을 30일 간격으로 늘려 120일까지 저장하며 조사하였다. 또한 2015년 저장 60, 80일과 2016년 저장 30, 60, 90, 및 120일 저온 저장 후 약20°C의 상온에서 7일간 저장하며 모의유통을 가장한 기간을 거친후 과실특성을 조사하였다. ‘감홍’의 경우 저장 180일까지 45일 간격으로 5회 조사하였다. 또한 2015년 저장 45, 90, 135, 및 180일, 2016년 저장 45, 90, 135 및 180일 저온 저장 후 약 20°C의 상온에서 7일간 저장하며 모의유통을 가장한 기간을 거친후 과실특성을 조사하였다.

(5) 과실품질 특성

과실 경도는 직경 11mm plunger를 장착한 과실경도계 (Fruit Tester, FT327, EFFEGI,

Italy)를 사용하여 과실 적도면에 과피를 제거한 후 과실 당 3회 측정한 값을 평균하여 Newton(N) 값으로 나타내었다. 산 함량은 과즙 5mL를 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산으로 환산하였고, 가용성 고형물 함량은 디지털당도계(PR-201a, ATAGO, Japan)를 이용해 였으며, 과피의 색도는 색차계(CR-210, MINOLTA, Japan)를 이용하여 측정하였다.

(6) 내생에틸렌 발생량

내생에틸렌 발생량은 조사 1일전 과실을 저장고에서 꺼내어 실온(20°C)에서 품온을 평형시킨 후 측정하였다. 1개의 과실을 1반복으로 하여 5개의 과실을 대상으로 1mL 주사기를 꽂받침부위에 삽입하여 과심 내 gas 1mL를 채취한 뒤 FID(flame ionization detector)를 장착한 Gas Chromatography (GC2010, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 측정하였다. 분석 조건은 Porapak Q(80/100 2m, Youngin Frontier, Korea) column을 이용하여 injector, oven, detector 온도는 각각 100, 90, 200°C로 설정하였으며, flow rate는 He carrier, H₂, Air 를 각각 25, 40, 400mL·min⁻¹로 하였다.

(7) 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 20, SPSS Inc., USA)을 이용하여 Duncan 다중검정 및 요인간 상관분석을 실시하였다.

2. 연구결과 및 고찰

가. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 수확시 과실 품질특성 검정

‘홍로’ 사과의 규격 처리에 따른 수확시 과실품질 특성을 보면(표 2-1, 2-2, 2-3), 2014~16년간 과중을 제외한 과형지수, 경도, 종자수, 적색도, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 내생에틸렌 발생량 및 왁스 등 모든 조사구에서 규격별 차이를 보이지 않았다. 따라서 수확시 과실품질에는 과실의 규격별 차이가 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.

표 2-1. ‘홍로’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실 품질(2014).

과실크기 (g)	과중 (g)	과형지수 (L/D)	경도 (N ϕ 1mm)	종자수 (개/과)	적색도 (a*)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μ L · L ⁻¹)
200이하	184 d ^z	0.93 a	71.2 a	7.1 a	26.4 a	13.4 a	0.25 a	0.11 a
201~240	220 c	0.90 a	72.5 a	7.7 a	26.2 a	13.6 a	0.26 a	0.09 a
241~270	255 b	0.94 a	70.9 a	7.4 a	26.2 a	13.8 a	0.25 a	0.11 a
271~300	284 a	0.97 a	71.2 a	7.7 a	25.4 a	14.0 a	0.24 a	0.09 a

^z던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-2. ‘홍로’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실 품질(2015).

과실크기 (g)	과중 (g)	경도 (N/φ 11mm)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μL·L ⁻¹)	왁스 (0~5)	적색도 (a*)
200이하	199.1	d ^z	64.7 a	15.5 a	0.19 a	1.8 a	0.0 a
201~240	227.1	c	64.0 a	15.5 a	0.21 a	1.6 a	0.0 a
241~270	260.6	b	60.1 a	15.1 a	0.20 a	2.2 a	0.0 a
271~300	287.3	a	61.1 a	15.7 a	0.21 a	3.0 a	0.0 a

^z단위중집정, p = 0.05.**표 2-3. ‘홍로’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실 품질(2016).**

과실크기 (g)	과중 (g)	경도 (N/φ 11mm)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μL·L ⁻¹)	왁스 (0~5)	적색도 (a*)
240~270	252.0	60.8	12.9	0.15	1.1	0.0	27.1
271~300	283.0	60.2	12.6	0.16	1.0	0.0	28.0
유의수준	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns

NS,***Non-significant or significant at p < 0.001, respectively.

‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 처리에 따른 수확시 과실품질 특성을 보면(표 2-4, 2-5), 2014~15년 과중, 과형지수, 경도, 종자수, 적색도, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 내생에틸렌 발생량 및 왁스 등 모든 처리구에서 처리간 차이를 보이지 않았다. 따라서 수확시 에틸렌 제어제 처리가 과실품질에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.

표 2-4. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 처리에 따른 수확시 과실 품질(2014).

처리 ^z	과중 (g)	과형지수 (L/D)	경도 (N/φ 11mm)	종자수 (개/과)	적색도 (a*)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μL·L ⁻¹)
무처리	243	0.93	70.5	7.6	26.1	13.7	0.26	0.10
하비스타	244	0.94	78.0	7.3	25.1	13.1	0.32	0.08
유의수준	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP

NS:Nonsignificant

표 2-5. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 처리에 따른 수확시 과실 품질(2015).

처리 ^z	과중 (g)	경도 (N/φ 11mm)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μL·L ⁻¹)	왁스 (0~5)	적색도 (a*)
무처리	281.5	60.8	15.1	0.23	1.7	0.0	28.0
하비스타	304.7	61.0	14.6	0.24	1.7	0.0	27.9
유의수준	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP.

ns:Non-Significant

‘감홍’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실품질 특성을 보면(표 2-6, 2-7, 2-8), 2014~16년 간, 과중을 제외한 경도, 종자수, 적색도, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 내생에틸렌 발생량, 및 왁스 등 모든 조사구에서 처리간 차이를 보이지 않았다. 2014년 내생에틸렌 발생량의 경우 381~420g 처리구는 에틸렌 발생량이 $2.1\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 로서 300~340g과 341~380g 처리구($1.4\sim1.5\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)보다 다소 높은 경향이었다. 그러나 전체 저장기간중 발생하는 에틸렌 발생량을 고려했을 때 수확시 $0.6\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 차이는 전체 에틸렌발생 경향에 영향을 미치는 수준이 아니라고 판단되었다. 따라서 수확시 과실품질에는 과실의 규격별 차이가 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.

표 2-6. ‘감홍’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실 품질(2014).

과실크기 (g)	과중 (g)	경도 (N/ ϕ 11mm)	종자수 (개/과)	적색도 (a*)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)
300~340	320 c ^z	51.5 a	4.1 a	21.5 a	13.5 a	0.33 a	1.5 b
341~380	355 b	49.7 a	5.3 a	23.2 a	13.4 a	0.33 a	1.4 b
381~420	399 a	50.8 a	4.5 a	23.3 a	13.6 a	0.34 a	2.1 a

^z던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-7. ‘감홍’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실 품질(2015).

과실크기 (g)	과중 (g)	경도 (N/ ϕ 11mm)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)	전분 지수 (0~8)	왁스 (0~5)	적색도 (a*)
300~340	308.6 c ^z	54.4 a	13.3 a	0.24 a	1.9 a	7.9 a	0.0 a	24.3 a
341~380	337.1 b	56.8 a	12.8 a	0.24 a	2.1 a	7.8 a	0.0 a	26.0 a
381~420	378.4 a	54.4 a	13.1 a	0.25 a	2.0 a	7.8 a	0.0 a	24.4 a

^z던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-8. ‘감홍’ 사과의 규격에 따른 수확시 과실 품질(2016).

과실크기(g)	과중 (g)	경도 (N/ ϕ 11mm)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)	왁스 (0~5)	적색도 (a*)
300~340	311.4	48.2	12.5	0.19	1.4	0.0	24.9
341~380	360.0	46.6	12.4	0.21	1.9	0.0	26.0
유의수준	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns

NS,***Non-significant or significant at $p < 0.001$, respectively.

‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 처리에 따른 수확시 과실품질 특성을 보면(표 2-9, 2-10), 2014~15년 과중, 과형지수, 경도, 종자수, 적색도, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 내생에틸렌 발생량 및 왁스 등 모든 조사구에서 처리간 차이를 보이지 않았다. 따라서 수확시 에틸렌 제어제 처리가 과실품질에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.

표 2-9. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 처리에 따른 수확시 과실 품질(2014).

처리 ^z	과중 (g)	과형지수 (L/D)	경도 (N/Φ11mm)	종자수 (개/과)	적색도 (a*)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μL · L ⁻¹)
무처리	358	0.96	50.7	4.6	22.7	13.5	0.34	1.63
하비스타	360	0.96	50.6	5.5	22.7	14.6	0.37	2.15
유의수준	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z하비스타: 수체 살포용 1-MCP

ns: Non-Significant

표 2-10. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제에 따른 수확시 과실 품질(2015).

처리 ^z	과중 (g)	경도 (N/Φ11mm)	가용성 고형물 함량 (°Brix)	산 함량 (%)	내생에틸렌 발생량 (μL · L ⁻¹)	왁스 (0~5)	적색도 (a*)
무처리	328.0	57.2	13.2	0.24	2.3	0.0	26.6
하비스타	318.0	56.3	12.8	0.25	1.6	0.0	24.6
유의수준	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z하비스타 : 수체 살포용 1-MCP.ns: Non-Significant or significant at $p < 0.05$

Yoo 등(2015)은 에틸렌 제어제인 하비스타를 수확 2주전 ‘후지’ 사과에 수체 살포하였을 때, 과중과 적색도, 경도, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 및 내생에틸렌 발생량 등 수확시 과실품질에 미치는 영향이 없다고 하였다. 본 결과에서도 에틸렌 제어제인 하비스타를 살포하였을 때 앞선 연구과 동일한 결과를 보였다.

나. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 저장 중 경도의 변화

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 경도를 보면(표 2-11, 2-12, 2-13), 2014년 수확시 70.9~72.5N이던 과실 경도가 저장기간이 경과함에 따라 감소하기 시작하여 저장 60일에는 50.1~61.6N으로 감소하였다. 2015년도에는 수확시 60.1~64.7N이던 과실 경도가 이후 차츰 감소하기 시작하여 저장 80일에는 57.4~61.6N으로 감소하였으며, 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 53.1~62.0N으로 경도가 감소하였다. 2016년 역시 수확시 60.2~60.8N이던 과실 경도가 이후 차츰 감소하기 시작하여 저장 120일에는 33.6~45.1N으로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-11. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	경도 (N/φ 11mm)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	71.2 a ^y	72.0 ab	65.4 ab	53.1 c	68.1 a
	3000		70.6 ab	68.7 ab	52.2 c	63.4 ab
	8		62.3 bc	59.7 ab	55.7 b	59.3 bcd
	16		66.9 abc	63.7 ab	58.5 a	58.8 bcd
	32		75.0 a	60.7 ab	61.6 a	63.0 abc
201~240	무처리	72.5 a	63.9 bc	57.3 ab	56.9 b	63.5 ab
	3000		63.4 bc	58.1 ab	56.9 b	61.1 bcd
	8		65.2 abc	58.2 ab	55.3 b	59.9 bcd
	16		62.6 bc	56.3 ab	58.4 ab	57.2 d
	32		56.6 c	56.7 ab	54.8 bc	57.0 d
241~270	무처리	70.9 a	59.6 bc	51.3 ab	54.2 bc	58.7 bcd
	3000		54.4 c	72.7 a	53.7 bc	58.7 bcd
	8		56.3 c	52.6 b	56.4 b	60.4 bcd
	16		56.1 c	52.7 b	56.3 b	59.2 bcd
	32		59.3 bc	52.7 b	55.6 b	57.6 cd
271~300	무처리	71.2 a	58.0 bc	53.9 ab	53.5 bc	60.3 bcd
	3000		58.8 bc	50.7 b	52.2 c	58.1 bcd
	8		77.8 a	53.1 b	55.3 b	59.5 bcd
	16		59.5 bc	52.1 b	56.5 b	60.5 bcd
	32		55.4 c	55.1 ab	50.1 c	61.6 bcd

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-12. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	경도 (N/φ 11mm)					
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)					
		0	20	40	60	60+7	80
200이하	무처리	64.7 a ^y	64.9 a	63.4 ab	64.5 a	58.4 a	60.0 a
	3000		64.8 a	63.3 ab	60.9 a	57.7 a	60.0 a
	8		65.0 a	63.6 a	59.5 a	55.6 a	58.2 a
	16		65.2 a	62.7 ab	60.2 a	56.7 a	58.9 a
	32		64.6 a	63.0 ab	59.6 a	56.3 a	59.6 a
201~240	무처리	64.0 a	63.9 a	59.4 ab	60.4 a	56.0 a	58.3 a
	3000		64.4 a	60.1 ab	61.2 a	55.6 a	59.1 a
	8		64.3 a	59.2 ab	58.5 a	58.9 a	60.9 a
	16		64.9 a	59.7 ab	61.8 a	57.7 a	61.6 a
	32		64.5 a	61.2 ab	60.0 a	57.1 a	60.3 a
241~270	무처리	60.1 a	60.5 a	59.1 ab	58.7 a	57.8 a	58.9 a
	3000		61.2 a	61.5 ab	60.8 a	57.6 a	59.4 a
	8		60.1 a	58.2 b	60.7 a	56.7 a	58.1 a
	16		59.5 a	62.0 ab	60.9 a	56.3 a	55.8 a
	32		60.7 a	62.1 ab	59.7 a	58.0 a	61.3 a
271~300	무처리	61.1 a	60.1 a	59.3 ab	61.4 a	59.5 a	60.4 a
	3000		60.7 a	61.7 ab	60.7 a	56.5 a	61.7 a
	8		59.6 a	59.6 ab	61.0 a	57.2 a	58.3 a
	16		61.9 a	59.0 ab	60.5 a	55.5 a	61.6 a
	32		62.5 a	58.2 b	58.3 a	56.5 a	57.4 a

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-13. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	경도 (N/φ 11mm)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120	120+7
240~270 무처리	60.8	55.8 a ^y	52.1 a	47.5 a	44.2 a	45.9 a	50.0 a	44.5 a	46.1 b	
	0	52.2 ab	52.0 a	40.6 bc	36.0 b	40.0 ab	40.1 b	37.0 bc	45.2 b	
	3000	51.4 ab	50.5 ab	46.4 ab	38.2 ab	37.5 b	42.4 b	39.2 abc	51.5 a	
271~300 무처리	60.2	49.9 ab	48.7 ab	43.1 abc	37.3 ab	43.4 ab	48.8 a	41.5 ab	51.7 a	
	0	52.9 ab	52.4 a	40.5 bc	40.6 ab	39.8 ab	36.4 b	33.6 c	48.5 ab	
	3000	47.2 b	46.2 b	38.6 c	36.6 b	39.3 ab	40.6 b	45.1 a	49.4 ab	

^z천공 PE필름: 3000구, φ 0.59mm^y단권다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 경도를 보면(표 2-14, 2-15), 2014년 무처리구의 경우 수확시 70.5N이던 경도가 저장 80일 후 58.4~60.0N으로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 하비스타와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 수확시 경도가 78.0N이였으며 저장 80일 후에도 61.8~69.7N으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 2015년도에는 무처리구의 경우 수확시 60.8N이던 경도가 저장 80일 후 52.2~56.0N으로 감소하였지만, 하비스타, 스마트프래쉬, 그리고 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 80일 후에도 56.0~60.2N으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 특히 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 무처리구는 41.2~46.9N으로 급격히 감소하였지만 에틸렌 제어제 처리구의 경우 49.1~58.0N으로 여전히 높게 유지되었다. 그러나 PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 경도를 보면(표 2-16), 무처리구의 경우 수확시 60.2~60.8N이던 경도가 저장 120일 후 41.5~44.5N으로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 120일 후에도 46.7~53.4N으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 ‘홍로’ 사과의 규격 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-14. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	경도 (N/φ 11mm)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	70.5 b ^x	57.6 bc	52.6 c	50.1 bc	59.5 cd
	3000		57.9 bc	51.0 c	49.7 bc	58.4 d
	8		56.5 c	52.9 c	53.3 a	60.0 cd
	16		54.2 c	52.4 c	52.4 ab	59.8 cd
	32		55.1 c	53.9 c	50.8 bc	59.6 cd
하비스타	무처리	78.0 a	56.4 c	56.1 b	56.5 a	61.8 bcd
	3000		54.7 c	55.4 b	56.1 a	66.1 ab
	8		56.7 c	60.8 a	47.6 c	67.3 a
	16		63.5 ab	58.4 ab	47.1 c	69.0 a
	32		61.7 ab	55.3 b	49.9 bc	64.6 abc
하비스타 +	무처리	78.0 a	61.2 ab	58.6 ab	52.3 ab	69.4 a
	3000		63.9 ab	60.6 a	53.8 a	69.5 a
	8		60.7 abc	60.0 a	50.8 bc	69.7 a
	16		61.9 ab	58.7 ab	47.5 c	65.8 ab
	32		66.9 a	58.8 ab	48.4 bc	67.8 a

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-15. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	경도 (N/φ 11mm)						
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)						
		0	20	40	60	60+7	80	80+7
무처리	무처리	60.8	59.8 a ^x	56.8 a	57.7 ab	55.7 c	53.4 ab	42.1 d
	3000		62.2 a	58.7 a	58.5 ab	57.2 bc	52.6 b	46.2 cd
	8		59.9 a	57.8 a	55.5 b	55.4 c	55.8 ab	46.9 cd
	16		62.6 a	58.3 a	56.6 b	55.4 c	56.0 ab	42.7 cd
	32		61.7 a	58.8 a	57.5 b	55.6 c	52.2 b	41.2 d
하비스타	무처리	61.0	62.8 a	60.2 a	59.1 ab	58.2 ab	56.0 ab	49.1 bc
	3000		60.9 a	58.9 a	58.7 ab	57.2 bc	58.7 ab	55.5 ab
	8		62.8 a	58.9 a	59.9 ab	57.2 bc	58.8 ab	56.0 ab
	16		63.3 a	58.3 a	58.8 ab	56.5 bc	58.9 ab	55.4 ab
	32		60.1 a	58.5 a	58.9 ab	55.8 c	57.1 ab	55.0 ab
스마트프래쉬	무처리		62.5 a	61.9 a	60.5 a	60.8 a	58.0 ab	57.3 a
	3000		61.7 a	60.1 a	60.3 ab	60.6 a	58.7 ab	53.5 ab
	8		61.2 a	58.5 a	61.4 a	58.8 bc	57.1 ab	54.9 ab
	16		62.8 a	57.5 a	61.1 a	60.7 a	57.2 ab	57.9 a
	32		61.6 a	58.4 a	59.6 ab	59.1 ab	58.8 ab	57.8 a
하비스타 +	무처리		61.6 a	59.9 a	60.9 a	59.2 ab	57.8 ab	56.8 a
	3000		61.7 a	58.1 a	59.3 ab	57.4 bc	57.2 ab	56.5 a
	8		63.6 a	59.3 a	60.9 a	59.7 ab	58.3 ab	55.6 ab
	16		64.6 a	59.6 a	58.6 ab	59.6 ab	60.2 a	56.7 a
	32		62.3 a	61.0 a	59.1 ab	58.2 bc	56.2 ab	58.0 a

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-16. ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	경도 (N/φ 11mm)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120	120+7
240~270	무처리	60.8	52.2 ab ^y	52.1 b	47.5 ab	44.2 b	45.9 ab	50.0 b	44.5 b	46.1 c
	스마트프래쉬		57.1 a	54.2 a	51.9 a	53.5 a	49.2 ab	60.1 a	53.4 a	60.8 a
271~300	무처리	60.2	46.7 c	48.7 c	43.1 b	37.3 c	43.4 b	48.8 b	41.5 b	51.7 b
	스마트프래쉬		48.8 b	49.0 bc	44.9 b	48.4 b	51.3 a	52.0 ab	46.7 b	61.4 a

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y던컨다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 경도를 보면(표 2-17, 2-18, 2-19), 2014년도 수확시 49.7~51.5N이던 과실 경도가 이후 감소하기 시작하여 저장 180일에는 32.1~37.9N으로 감소하였다. 2015년도는 수확시 54.4~56.8N이던 과실 경도가 이후 차츰 감소하기 시작하여 저장 180일에는 29.6~36.4N으로 감소하였다. 그러나 과실 규격 및 PE필름 처리에 의한 처리간 차이는 일관된 경향을 보이지 않았다. 2016년도는 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 90일 기준 수확시 46.6~48.2N이던 과실 경도가 22.0~33.3N으로 감소한 것을 확인할 수 있었으며 전년도와 같이 과실 규격 및 PE필름 처리에 의한 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않아 당해 역시 동일한 결과를 보일 것으로 판단된다.

표 2-17. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	경도 (N/φ 11mm)				
		저장일수 (일)				
		0	45	90	135	180
300~340	무처리	51.5 a ^y	53.3 ab	45.0 ab	40.1 a	36.8 ab
	3000		52.1 ab	40.4 b	35.1 b-e	35.4 ab
	8		53.8 a	40.7 b	36.1 bc	34.3 b
	16		53.0 ab	38.2 b	32.9 c-f	32.2 b
	32		47.8 b	35.6 b	31.5 def	32.1 b
341~380	무처리	49.7 a	51.3 ab	42.5 b	33.6 b-f	47.2 a
	3000		50.6 ab	42.6 b	35.4 bc	37.3 ab
	8		51.8 ab	40.9 b	37.2 ab	37.3 ab
	16		51.5 ab	44.7 ab	35.2 bcd	34.9 ab
	32		49.6 ab	52.8 a	33.5 b-f	34.0 b
381~420	무처리	50.8 a	50.7 ab	39.4 b	37.2 ab	35.0 ab
	3000		49.9 ab	39.6 b	33.5 b-f	37.9 ab
	8		49.2 ab	39.8 b	31.4 ef	33.5 b
	16		49.4 ab	40.8 b	31.3 f	33.9 b
	32		50.4 ab	38.9 b	36.2 bc	35.9 ab

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-18. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2015).

과실 크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	경도 (N/φ 11mm)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7
300	무처리	54.4 a ^y	54.5 a	55.8 ab	47.8 ab	45.1 abc	43.6 a	39.7 a	36.4 a	36.7 a
~ 3000			51.6 abc	52.8 ab	43.6 b	42.5 bc	37.4 bc	37.2 a-d	36.3 a	30.2 bc
340	8	54.7 a	52.5 ab	48.6 ab	43.9 abc	37.8 bc	39.0 ab	32.9 ab	33.5 abc	
	16	51.8 abc	57.6 a	49.6 a	46.4 ab	36.2 bc	38.4 abc	32.7 ab	30.7 c	
	32	51.1 abc	57.3 a	50.4 a	44.5 abc	38.8 bc	37.9 abc	34.5 ab	29.7 ab	
341	무처리	56.8 a	52.6 ab	53.2 ab	49.5 a	46.8 a	41.2 ab	39.3 a	31.4 ab	32.8 abc
~ 3000			51.8 abc	51.6 b	50.3 a	41.9 c	37.8 bc	36.7 a-d	33.6 ab	28.3 abc
380	8	52.0 abc	52.9 ab	50.2 a	43.0 abc	37.8 bc	35.3 cd	30.6 ab	29.3 ab	
	16	53.3 ab	53.3 ab	48.2 ab	43.4 abc	37.9 bc	35.7 cd	32.4 ab	32.2 abc	
	32	46.5 d	51.4 b	48.1 ab	43.5 abc	36.5 bc	34.1 d	29.8 b	30.0 abc	
381	무처리	54.4 a	52.8 ab	44.6 c	50.3 a	46.7 ab	36.8 bc	39.4 a	34.9 ab	30.7 ab
~ 3000			47.7 cd	42.7 c	50.2 a	43.3 abc	36.4 bc	34.3 d	31.7 ab	31.4 ab
420	8	50.6 a-d	42.3 c	47.3 ab	42.2 c	37.0 bc	36.0 bcd	32.1 ab	30.7 abc	
	16	51.2 abc	45.6 c	45.9 ab	41.3 c	36.2 bc	36.0 bcd	29.6 b	30.3 abc	
	32	49.7 bcd	45.5 c	47.9 ab	41.7 c	35.3 c	35.2 cd	30.0 b	29.5 abc	

^zPE필름 천공수; 3000: § 0.59mm; 8, 16, 32: § 5.9mm^y던컨다중검정, p = 0.05.**표 2-19. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2016).**

과실 크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	경도 (N/φ 11mm)				
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	48.2	40.2 a ^y	41.7 a	34.6 a	33.3 a
	0		40.3 ab	33.9 bc	30.8 ab	29.2 b
	3000		37.5 ab	32.7 c	29.4 ab	28.6 b
341~380	무처리	46.6	38.6 ab	37.9 ab	29.6 ab	27.1 b
	0		36.2 ab	34.1 bc	25.1 b	25.0 bc
	3000		34.5 b	27.8 d	32.3 a	22.0 c

^z천공 PE필름: 3000구, § 0.59mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 경도를 보면(표 2-20, 2-21), 2014년 수확시 50.6~50.7N이던 경도가 저장 180일 후 무처리구의 경우 34.3~37.0N으로 감소하였다. 그러나 하비스타와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 180일 후에도 43.5~51.5N으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 2015년에는 수확시 56.3~57.2N이던 경도가 저장 180일 후 무처리구의 경우 31.1~35.9N으로 감소하였지만, 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 180일 후에도 47.5~50.1N으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 특히 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 무처리구는 29.8~33.1N으로 급격히 감소하였지만 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 44.9~46.2N으로 여전히 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 경도를 보면(표 2-22), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 90일 기준 수확시 46.6~48.2N이던 과실 경도가 이후 차츰 감소하기 시작하여 무처리구의 경우 29.6~34.6N으로 감소하였지만 에틸렌 제어제인 스마트프래쉬 처리구의 경우 41.0~44.7N으로 여전히 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 에틸렌 제어제 처리구의 경도가 높게 유지될 것으로 판단된다.

표 2-20. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	경도 (N/φ 11mm)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
무처리	무처리	50.7 a ^x	52.5 ef	43.0 bc	36.8 e	37.0 d
	3000		52.1 ef	40.4 c	35.3 e	35.5 d
	8		51.8 ef	42.6 bc	36.6 e	36.6 d
	16		49.2 f	39.1 c	34.1 e	35.8 d
	32		51.7 ef	46.8 ab	32.5 e	34.3 d
하비스타	무처리	50.6 a	55.3 cde	51.4 a	44.0 abc	44.8 c
	3000		54.7 de	49.4 ab	47.2 bcd	47.2 bc
	8		54.2 ef	49.5 a	40.8 cd	43.5 c
	16		59.9 bc	50.6 a	41.9 d	43.7 c
	32		59.6 bcd	51.4 a	43.3 cd	43.6 c
하비스타	무처리	50.6 a	61.2 b	49.6 a	45.9 a	45.9 bc
	+ 3000		63.9 ab	47.9 a	49.9 ab	49.9 ab
	8		60.7 b	50.3 a	51.5 a	51.5 a
	16		61.9 b	51.5 a	45.2 a	45.7 c
	32		66.9 a	49.9 a	47.3 cd	47.3 bc

^z하비스타: 수체살포-용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x단위증검정, p = 0.05.

표 2-21. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	경도 (N/φ 11mm)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7
무처리	무처리	57.2 a ^x	55.0 a	51.8 abc	50.7 fgh	45.8 def	40.0 e	39.0 d	34.8 cde	32.5 de
	3000		53.6 a	54.3 a	50.7 fgh	49.6 a-d	39.8 e	40.9 d	35.8 b-e	32.9 de
	8		53.5 a	51.8 abc	49.2 gh	46.9 b-e	40.8 de	40.3 d	33.2 de	33.1 de
	16		54.2 a	51.6 abc	47.0 h	43.8 ef	40.3 de	38.8 d	35.9 b-e	32.6 de
	32		55.6 a	51.2 abc	48.1 gh	41.4 f	36.3 e	37.3 d	31.1 e	29.8 e
하비스타	무처리	56.3 a	50.4 abc	52.6 efg	47.2 b-e	44.3 bcd	42.3 cd	38.8 a-e	37.5 cd	
	3000		55.7 a	52.0 abc	53.3 d-g	53.2 a	42.7 cde	42.6 bcd	39.3 a-e	40.6 bc
	8		56.3 a	52.8 ab	55.1 c-f	51.8 ab	43.1 cde	42.6 bcd	38.4 a-e	38.3 cd
	16		55.1 a	51.9 abc	55.9 b-f	48.3 a-e	41.5 cde	43.0 bcd	40.7 a-e	38.3 cd
	32		55.8 a	53.0 ab	55.8 b-f	53.0 a	43.9 bcd	40.5 d	38.4 a-e	37.3 cd
스마트 프래쉬	무처리	57.2 a	52.8 a	51.4 abc	56.2 b-e	48.2 a-e	49.4 ab	48.1 abc	46.7 abc	45.3 ab
	3000		52.2 a	49.4 bc	55.6 b-f	50.4 a-d	47.5 abc	47.7 abc	43.7 a-e	43.9 ab
	8		54.2 a	51.4 abc	52.6 efg	50.7 a-d	48.4 abc	48.1 abc	31.6 e	46.9 a
	16		53.8 a	51.4 abc	55.7 b-f	51.3 a-c	47.2 a-d	48.9 ab	46.4 a-d	44.6 ab
	32		51.5 a	48.0 c	59.4 abc	51.0 a-c	48.6 ab	48.9 ab	48.4 ab	45.1 ab
하비스타	무처리	57.2 a	54.2 a	53.0 ab	60.4 ab	51.6 ab	51.2 a	50.9 a	48.6 ab	45.7 ab
	+ 3000		52.9 a	50.8 abc	60.6 ab	50.2 a-d	50.5 ab	50.0 a	46.0 a-d	46.2 ab
	8		51.9 a	52.1 abc	58.2 a-d	46.5 cde	51.4 a	49.3 a	45.1 a-d	44.9 ab
	16		54.4 a	52.9 ab	62.0 a	51.9 ab	50.4 ab	48.1 abc	49.8 a	45.1 ab
	32		55.0 a	52.2 abc	60.2 abc	48.8 a-d	51.5 a	47.5 abc	50.1 a	45.4 ab

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x단위증검정, p = 0.05.

표 2-22. ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 경도의 변화(2016).

과실크기(g)	처리 ^z	경도 (N/φ 11mm)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	48.2	40.2 ab ^y	41.7 b	34.6 b	33.3 bc
	스마트프래쉬		45.8 a	50.1 a	44.7 a	47.6 a
341~380	무처리	46.6	38.6 b	37.9 b	29.6 b	27.1 c
	스마트프래쉬		40.3 ab	51.6 a	41.0 a	40.8 ab

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP

다. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 저장 중 산 함량의 변화

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 산 함량의 변화를 보면(표 2-23, 2-24, 2-25), 2014년 수확시 0.24~0.26%이던 산 함량이 저장기간이 경과함에 따라 서서히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 271-300g 처리구를 보면 80일에 0.13~0.14%로 수확시와 비교하여 산 함량이 급격히 감소되었다. 그러나 200g이하 처리구의 경우 저장 80일 후 0.15~0.22%로 271-300g 처리구에 비해 다소 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 2015년도는 수확시 0.19~0.21%이던 산 함량이 저장기간이 경과함에 따라 서서히 감소하여 저장 80일 후 0.11~0.16%까지 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 0.12~0.15%로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다. 2016년 역시 수확시 0.15~0.16%이던 산 함량이 저장기간이 경과함에 따라 서서히 감소하여 저장 120일 후 0.08~0.14%까지 감소한 것을 확인할 수 있었으며, ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-23. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	산 함량 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	0.25 a ^y	0.20 a	0.19 bc	0.20 a	0.18 abc
	3000		0.18 a	0.18 c	0.18 ab	0.15 bc
	8		0.18 a	0.18 c	0.17 ab	0.15 bc
	16		0.19 a	0.20 bc	0.18 ab	0.22 a
	32		0.21 a	0.18 c	0.17 ab	0.19 ab
201~240	무처리	0.26 a	0.19 a	0.19 bc	0.18 ab	0.15 bc
	3000		0.21 a	0.17 c	0.19 ab	0.13 c
	8		0.20 a	0.20 bc	0.19 ab	0.17 abc
	16		0.19 a	0.17 c	0.19 ab	0.15 bc
	32		0.19 a	0.17 c	0.18 ab	0.15 bc
241~270	무처리	0.25 a	0.18 a	0.24 a	0.18 ab	0.17 abc
	3000		0.19 a	0.24 a	0.17 ab	0.14 c
	8		0.19 a	0.23 a	0.16 b	0.14 bc
	16		0.17 a	0.20 bc	0.15 b	0.15 bc
	32		0.19 a	0.24 a	0.17 ab	0.13 c
271~300	무처리	0.24 a	0.19 a	0.19 bc	0.17 ab	0.13 c
	3000		0.21 a	0.22 ab	0.16 b	0.13 c
	8		0.19 a	0.21 ab	0.21 a	0.14 c
	16		0.20 a	0.20 bc	0.16 b	0.13 c
	32		0.20 a	0.18 c	0.16 b	0.13 c

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y단위중검정, p = 0.05.

표 2-24. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	산 함량 (%)						
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)						
		0	20	40	60	60+7	80	80+7
200이하	무처리	0.19 a ^y	0.18 abc	0.16 abc	0.15 abc	0.13 abc	0.15 ab	0.14 ab
	3000		0.16 c	0.15 bc	0.14 abc	0.14 ab	0.15 ab	0.14 ab
	8		0.17 c	0.14 c	0.13 bc	0.13 abc	0.14 abc	0.13 ab
	16		0.17 bc	0.16 abc	0.13 abc	0.14 ab	0.14 ab	0.13 ab
	32		0.17 c	0.15 bc	0.15 ab	0.13 abc	0.15 a	0.14 ab
201~240	무처리	0.21 a	0.19 abc	0.16 abc	0.14 abc	0.12 bc	0.14 ab	0.14 ab
	3000		0.19 abc	0.18 a	0.15 ab	0.13 abc	0.13 abc	0.14 ab
	8		0.17 c	0.15 bc	0.15 abc	0.11 c	0.11 c	0.13 ab
	16		0.17 c	0.16 abc	0.15 ab	0.13 abc	0.12 bc	0.13 ab
	32		0.18 abc	0.16 abc	0.13 bc	0.12 bc	0.13 abc	0.15 a
241~270	무처리	0.20 a	0.20 ab	0.18 ab	0.16 a	0.14 ab	0.13 abc	0.13 ab
	3000		0.20 a	0.16 abc	0.12 c	0.15 a	0.13 abc	0.13 ab
	8		0.17 bc	0.15 c	0.13 abc	0.14 ab	0.15 ab	0.14 ab
	16		0.19 abc	0.16 abc	0.13 abc	0.14 ab	0.14 abc	0.13 ab
	32		0.19 abc	0.15 c	0.12 c	0.12 bc	0.16 a	0.12 b
271~300	무처리	0.21 a	0.18 abc	0.13 c	0.12 bc	0.13 abc	0.13 abc	0.14 ab
	3000		0.18 bc	0.16 abc	0.14 abc	0.13 abc	0.13 abc	0.14 ab
	8		0.17 c	0.16 abc	0.12 bc	0.14 ab	0.14 ab	0.13 ab
	16		0.17 bc	0.15 bc	0.14 abc	0.13 abc	0.13 abc	0.13 ab
	32		0.17 bc	0.16 abc	0.14 abc	0.13 abc	0.14 ab	0.13 ab

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y단위중검정, p = 0.05.

표 2-25. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^x	산 함량(%)							
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)							
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120
240~270	무처리	0.15	0.14 a ^y	0.15 ab	0.13 a	0.12 b	0.12 c	0.10 b	0.10 bc
	0	0.15 a	0.16 a	0.13 a	0.12 b	0.12 c	0.12 a	0.10 c	0.10 b
	3000	0.14 a	0.16 a	0.14 a	0.12 b	0.11 c	0.10 b	0.08 d	0.11 ab
271~300	무처리	0.16	0.13 a	0.13 b	0.14 a	0.11 b	0.11 c	0.10 b	0.09 cd
	0	0.15 a	0.17 a	0.14 a	0.15 a	0.14 b	0.10 b	0.11 b	0.11 ab
	3000	0.15 a	0.15 ab	0.13 a	0.12 b	0.16 a	0.10 ab	0.14 a	0.12 a

^x천공 PE필름: 3000구, ^y0.59mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 산 함량을 보면(표 2-26, 2-27), 2014년 무처리구의 경우 수확시 0.26%이던 산 함량이 저장 80일 후 0.13~0.15%로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 하비스타와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 수확시 산 함량이 0.32%였으며, 저장 80일 후에도 0.16~0.23%로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 2015년 역시 무처리구의 경우 수확시 0.23%이던 산 함량이 저장 80일 후 0.12~0.13%로 감소하였지만 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 80일 후 0.15~0.18%로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 그러나 PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다. 저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 산 함량을 보면(표 2-28), 무처리구의 경우 수확시 0.15~0.16%이던 산 함량이 저장 120일 후 0.09~0.10%로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 120일 후에도 0.12~0.13%로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 그러나 과실 규격 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-26. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2014).

처리 ^x	PE필름 천공수 (구) ^y	산 함량 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	0.26 b ^x	0.21 d	0.21 c	0.18 bc	0.15 cd
	3000		0.21 d	0.23 bc	0.17 c	0.13 cd
	8		0.22 d	0.22 bc	0.18 bc	0.14 cd
	16		0.21 d	0.20 c	0.16 c	0.14 cd
	32		0.26 b	0.21 c	0.17 c	0.13 d
하비스타	무처리	0.32 a	0.27 ab	0.22 c	0.22 ab	0.21 b
	3000		0.23 cd	0.23 bc	0.19 bc	0.20 b
	8		0.21 d	0.24 b	0.19 bc	0.21 b
	16		0.26 ab	0.25 ab	0.25 a	0.20 b
	32		0.26 ab	0.23 bc	0.19 bc	0.16 c
하비스타 +	무처리	0.32 a	0.25 bc	0.26 a	0.21 ab	0.20 b
	3000		0.27 ab	0.27 a	0.23 a	0.21 b
	8		0.29 a	0.25 ab	0.21 ab	0.22 ab
스마트프래쉬	8		0.25 b	0.28 a	0.22 ab	0.20 b
	16		0.27 ab	0.26 a	0.21 ab	0.23 a
	32		0.27 ab	0.26 a	0.21 ab	0.23 a

^x하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ϕ 0.59mm; 8, 16, 32: ϕ 5.9mm^x던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-27. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	산 함량 (%)						
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)						
		0	20	40	60	60+7	80	80+7
무처리	무처리	0.23	0.18 ab ^x	0.18 ab	0.15 bc	0.16 ab	0.13 ef	0.14 cd
	3000		0.19 ab	0.14 d	0.13 c	0.15 ab	0.12 f	0.13 d
	8		0.18 ab	0.14 cd	0.13 c	0.12 c	0.12 f	0.13 d
	16		0.17 b	0.13 d	0.13 bc	0.12 c	0.12 f	0.13 d
	32		0.19 ab	0.14 d	0.13 c	0.13 bc	0.13 f	0.15 bcd
하비스타	무처리	0.24	0.20 a	0.18 ab	0.15 abc	0.15 ab	0.15 b-f	0.15 a-d
	3000		0.20 ab	0.17 abc	0.15 bc	0.15 abc	0.16 a-e	0.14 cd
	8		0.20 ab	0.16 bcd	0.16 ab	0.16 a	0.14 def	0.16 a-d
	16		0.19 ab	0.17 abc	0.18 a	0.15 ab	0.16 a-e	0.16 a-d
	32		0.19 ab	0.16 bc	0.17 a	0.16 ab	0.17 a-d	0.14 bcd
스마트 프래쉬	무처리		0.21 ab	0.19 ab	0.18 ab	0.15 ab	0.18 abc	0.17 abc
	3000		0.21 ab	0.20 a	0.17 ab	0.15 a	0.15 c-f	0.16 a-d
	8		0.19 ab	0.17 ab	0.16 ab	0.15 ab	0.15 c-f	0.16 a-d
	16		0.20 ab	0.18 ab	0.17 a	0.16 ab	0.18 ab	0.18 ab
	32		0.18 ab	0.17 a	0.17 a	0.18 bc	0.17 a-d	0.18 a
하비스타 +	무처리		0.20 a	0.18 ab	0.16 a	0.15 ab	0.18 abc	0.16 a-d
	3000		0.20 a	0.20 a	0.16 a	0.16 ab	0.16 a-d	0.18 ab
	8		0.19 ab	0.18 abc	0.16 ab	0.16 abc	0.17 abc	0.17 ab
	16		0.20 ab	0.18 abc	0.16 a	0.15 a	0.18 a	0.18 a
	32		0.19 ab	0.20 ab	0.17 a	0.14 a	0.16 a-d	0.17 a-d

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-28. ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	산 함량(%)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120	120+7
240~270	무처리	0.15	0.14 b ^y	0.15 ab	0.13 c	0.12 bc	0.12 bc	0.10 b	0.10 bc	0.10 c
	스마트프래쉬		0.17 a	0.17 a	0.15 a	0.14 ab	0.13 b	0.14 a	0.12 ab	0.12 bc
271~300	무처리	0.16	0.13 b	0.13 b	0.14 b	0.11 c	0.11 c	0.10 b	0.09 c	0.11 bc
	스마트프래쉬		0.16 a	0.17 a	0.16 a	0.14 a	0.16 a	0.14 a	0.12 a	0.13 a

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y던컨다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 산 함량을 보면(표 2-29, 2-30, 2-31), 2014년 수확시 0.33~0.34%이던 산 함량이 이후 차츰 감소하기 시작하여 저장 180일 후 0.18~0.30%으로 감소하였다. 2015년도에는 수확시 0.24~0.25%이던 산 함량이 이후 차츰 감소하기 시작하여 저장 180일에는 0.12~0.17%으로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 과실 규격 및 PE필름 처리에 의한 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다. 2016년도에는 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 90일 기준 수확시 0.19~0.21%이던 산 함량이 이후 차츰 감소하기 시작하여 0.14~0.16%로 감소한 것을 확인할 수 있었으며 전년

도와 같이 과실 규격 및 PE필름 처리에 의한 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않아 당해 역시 동일한 결과를 보일 것으로 판단된다.

표 2-29. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	산 함량 (%)				
		저장일수 (일)				
		0	45	90	135	180
300~340	무처리	0.33 a ^y	0.27 abc	0.25 bcd	0.24 abc	0.30 a
	3000		0.29 ab	0.25 bcd	0.20 bcd	0.28 ab
	8		0.26 abc	0.27 abc	0.22 bcd	0.26 bc
	16		0.27 abc	0.28 ab	0.21 bcd	0.24 cde
	32		0.26 abc	0.24 bcd	0.20 cd	0.22 def
341~380	무처리	0.33 a	0.24 c	0.23 cd	0.24 abc	0.23 cde
	3000		0.26 bc	0.26 a-d	0.23 a-d	0.22 def
	8		0.24 c	0.23 cd	0.27 a	0.21 d-g
	16		0.26 abc	0.25 bcd	0.25 ab	0.18 g
	32		0.25 bc	0.24 bcd	0.23 a-d	0.19 fg
381~420	무처리	0.34 a	0.30 a	0.25 bcd	0.23 abc	0.22 d
	3000		0.28 abc	0.30 a	0.20 cd	0.20 efg
	8		0.26 abc	0.27 a-d	0.23 a-d	0.20 efg
	16		0.25 bc	0.23 cd	0.19 d	0.18 g
	32		0.26 abc	0.23 d	0.24 abc	0.18 g

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-30. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	산 함량 (%)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7
300 ~ 340	무처리	0.24 a ^y	0.24 abc	0.26 a	0.24 ab	0.21 bcd	0.21 ab	0.17 c	0.15 abc	0.16 a
	3000		0.22 bc	0.24 a	0.23 abc	0.22 bcd	0.18 bcd	0.17 bc	0.14 cde	0.14 c
	8		0.25 ab	0.24 a	0.25 a	0.23 ab	0.18 bcd	0.19 a	0.13 de	0.15 abc
	16		0.27 a	0.25 a	0.21 bc	0.21 bcd	0.17 cd	0.19 abc	0.14 bcd	0.13 abc
	32		0.25 ab	0.25 a	0.24 ab	0.20 cd	0.18 a-d	0.18 abc	0.16 abc	0.15 bc
341 ~ 380	무처리	0.24 a	0.24 abc	0.24 a	0.22 abc	0.20 cd	0.20 abc	0.18 abc	0.15 bcd	0.15 abc
	3000		0.23 bc	0.25 a	0.22 abc	0.20 cd	0.21 ab	0.18 abc	0.17 a	0.16 ab
	8		0.23 bc	0.25 a	0.24 ab	0.20 d	0.19 a-d	0.17 abc	0.15 abc	0.12 abc
381 ~ 420	16		0.23 bc	0.23 a	0.21 bc	0.22 bcd	0.19 a-d	0.16 c	0.16 ab	0.15 abc
	32		0.24 abc	0.24 a	0.20 c	0.22 bcd	0.20 abc	0.17 c	0.14 cde	0.13 abc
	3000		0.23 bc	0.23 a	0.22 abc	0.22 bcd	0.17 d	0.17 bc	0.15 abc	0.16 a

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-31. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2016).

과실크기(g)	PE필름 천공수 (구) ^z	산 함량(%)				
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	0.19	0.17 a ^y	0.22 a	0.15 ab	0.18 a
	0		0.17 a	0.16 bc	0.16 a	0.15 bc
	3000		0.16 a	0.17 bc	0.15 ab	0.13 c
341~380	무처리	0.21	0.17 a	0.17 bc	0.16 a	0.14 c
	0		0.16 a	0.18 b	0.14 b	0.16 b
	3000		0.13 b	0.16 c	0.14 b	0.13 c

^z천공 PE필름: 3000구, § 0.59mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 산 함량을 보면(표 2-32, 2-33), 2014년 무처리구의 경우 수확시 0.33%이던 산 함량이 저장 180일 후 0.21~0.23%로 감소하였다. 하지만 하비스타와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 180일 후 0.23~0.33%으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. 2015년에는 무처리구의 경우 수확시 0.24%이던 산 함량이 저장 180일 후 0.13~0.18%로 감소하였지만 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 180일 후에도 0.20~0.22%으로 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 특히 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 무처리구는 0.12~0.18%으로 감소하였지만 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 0.19~0.22%으로 여전히 높게 유지되었다. 그러나 PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 산 함량을 보면(표 2-34), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 90일 기준 수확시 0.19~0.21%이던 산 함량이 이후 차츰 감소하기 시작하여 무처리구의 경우 0.15~0.16%으로 감소하였지만 에틸렌 제어제인 스마트프래쉬 처리구의 경우 0.18~0.20%으로 여전히 높게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 에틸렌 제어제 처리구의 경도가 높게 유지될 것으로 판단된다.

표 2-32. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	산 함량 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
무처리	무처리	0.33 a ^x	0.25 bc	0.24 d	0.24 abc	0.23 abc
	3000		0.25 bc	0.25 bcd	0.22 c	0.22 bc
	8		0.27 ab	0.25 bcd	0.24 abc	0.23 abc
	16		0.26 bc	0.24 cd	0.23 bc	0.21 c
	32		0.25 bc	0.25 bcd	0.21 c	0.21 c
하비스타	무처리	0.36 a	0.27 abc	0.28 ab	0.27 ab	0.33 ab
	3000		0.22 de	0.26 a-d	0.28 a	0.29 ab
	8		0.21 e	0.25 bcd	0.24 abc	0.28 ab
	16		0.26 abc	0.24 d	0.27 ab	0.25 abc
	32		0.26 abc	0.26 a-d	0.25 ab	0.27 ab
하비스타 +	무처리	0.36 a	0.24 cd	0.27 a-d	0.26 ab	0.27 a
	3000		0.27 abc	0.25 bcd	0.28 a	0.27 a
	8		0.28 a	0.28 a	0.28 a	0.26 ab
	16		0.25 bc	0.27 abc	0.26 ab	0.26 ab
	32		0.27 abc	0.26 a-d	0.24 abc	0.23 abc
스마트프래쉬	무처리	0.36 a	0.24 cd	0.27 a-d	0.26 ab	0.27 a
	3000		0.27 abc	0.25 bcd	0.28 a	0.27 a
	8		0.28 a	0.28 a	0.28 a	0.26 ab
	16		0.25 bc	0.27 abc	0.26 ab	0.26 ab
	32		0.27 abc	0.26 a-d	0.24 abc	0.23 abc

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x단위다중검정, $p = 0.05$.

표 2-33. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	산 함량 (%)							
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)							
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180
무처리	무처리	0.24 a ^x	0.27 b-e	0.27 a	0.25 ab	0.21 e-h	0.19 bcd	0.19 cd	0.18 cd
	3000	0.24 e	0.24 d-g	0.35 a	0.19 gh	0.18 d	0.17 de	0.15 e	0.12 de
	8	0.24 e	0.21 g	0.19 b	0.18 i	0.18 cd	0.16 e	0.13 f	0.12 e
	16	0.29 bcd	0.24 d-g	0.23 ab	0.20 f-i	0.19 bcd	0.18 d	0.13 f	0.13 de
	32	0.32 a	0.25 a-e	0.21 b	0.21 d-h	0.20 bcd	0.18 cd	0.15 e	0.12 de
하비스타	무처리	0.25 a	0.27 b-e	0.23 efg	0.21 b	0.23 b-e	0.22 ab	0.17 de	0.18 d
	3000		0.27 b-e	0.22 fg	0.23 ab	0.23 b-f	0.19 cd	0.20 bc	0.16 e
	8		0.28 bcd	0.25 a-e	0.24 ab	0.23 b-e	0.20 abc	0.20 bc	0.16 de
	16		0.25 cde	0.26 a-d	0.22 b	0.21 e-h	0.19 cd	0.20 bc	0.17 d
	32		0.28 b-e	0.24 c-f	0.23 ab	0.22 c-g	0.20 bcd	0.20 bc	0.17 de
스마트프래쉬	무처리	0.24 a	0.24 e	0.24 b-f	0.21 b	0.21 e-h	0.21 abc	0.20 bc	0.21 ab
	3000		0.30 ab	0.25 b-f	0.24 ab	0.26 a	0.22 a	0.22 a	0.20 ab
	8		0.25 de	0.24 c-f	0.24 b	0.22 b-g	0.20 bcd	0.21 ab	0.22 a
	16		0.24 e	0.25 a-e	0.21 b	0.21 d-h	0.21 ab	0.21 ab	0.20 bc
	32		0.26 b-e	0.23 efg	0.22 b	0.23 b-f	0.20 abc	0.23 a	0.20 ab
하비스타 +	무처리	0.24 a	0.27 b-e	0.26 abc	0.23 ab	0.25 ab	0.23 a	0.22 ab	0.22 a
	3000		0.27 b-e	0.25 b-f	0.23 ab	0.25 abc	0.23 a	0.23 a	0.21 ab
	8		0.29 abc	0.23 efg	0.23 ab	0.23 f-i	0.22 a	0.22 a	0.20 ab
	16		0.25 de	0.27 ab	0.23 ab	0.24 a-d	0.21 ab	0.20 bc	0.22 a
	32		0.27 b-e	0.25 b-f	0.24 ab	0.24 b-e	0.22 a	0.21 ab	0.20 bc

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x단위다중검정, $p = 0.05$.

표 2-34. ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 산 함량의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	산 함량(%)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	0.19	0.17 a ^y	0.22 a	0.15 c	0.18 b
	스마트프래쉬		0.18 a	0.19 b	0.20 a	0.20 a
341~380	무처리	0.21	0.17 a	0.17 b	0.16 bc	0.14 c
	스마트프래쉬		0.16 a	0.22 a	0.18 ab	0.18 b

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP

일반적으로 사과 과실의 저장 중 경도와 산 함량 변화의 최소화는 과실품질을 유지하는 기준으로 이용되고 있다(Park과 Yoon, 2006; Park 등., 2011; Yoo 등., 2013). 본 연구결과도 ‘홍로’(Lim 등, 2009; Park 등, 2009), ‘감홍’(Yoo 등, 2013), ‘후지’(Lim 등, 2007; Park 등, 2011), ‘эм파이어’, ‘넬리셔스’(Watkins, 2008; Watkins와 Nock, 2005, 2012) 등 사과 품종에 1-MCP 훈증처리가 저장 중 과실의 경도와 산 함량을 높게 유지시켜 과실의 품질을 유지시킨다는 보고와 동일한 결과를 보였다.

라. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-35, 2-36), 2014년 수확시 $0.1\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 거의 발생하지 않던 에틸렌 발생량이 200g 이하 처리구의 경우 저장 80일 후 $40.3\sim62.8\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 급격히 증가하였다. 그러나 271-300g 처리구의 경우 $13.6\sim23.9\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 200g 이하 처리구와 비교하여 적게 발생하였다. 2015년에는 수확시($1.6\sim3.0\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)부터 저장 40일($1.5\sim3.2\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)까지 거의 발생하지 않던 에틸렌 발생량이 저장 40일 이후 차츰 증가하기 시작하여 저장 80일 후 $1.7\sim11.8\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 증가한 것을 확인할 수 있었다. 또한 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 7.9~43.1 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 내생에틸렌 발생량이 급증하였지만 2015년도는 예년과 달리 규격별 처리간 일관된 경향을 나타내지 않았다. 2016년 역시 수확시 $1.0\sim1.1\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 거의 발생하지 않던 에틸렌 발생량이 저장기간이 경과함에 따라 서서히 증가하여 저장 120일 후에는 $47.1\sim132.2\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 에틸렌 발생량이 급격히 증가하였지만 규격별 처리간 일관된 경향을 나타내지 않았다. ‘홍로’ 사과의 PE필름 처리에 따른 처리간 차이도 일관된 경향이 없었다.

표 2-35. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	0.1 a ^y	2.5 a	19.9 b	43.2 ab	54.3 abc
	3000		3.5 a	65.8 a	34.2 b	42.0 a-d
	8		2.5 a	43.9 ab	51.9 ab	57.5 ab
	16		2.8 a	40.5 ab	38.5 b	40.3 a-d
	32		3.0 a	68.9 a	71.2 a	62.8 a
201~240	무처리	0.1 a	2.6 a	28.8 ab	55.9 ab	42.1 a-d
	3000		3.7 a	39.5 ab	46.6 ab	42.9 a-d
	8		2.4 a	53.1 ab	52.2 ab	37.5 a-d
	16		3.6 a	44.2 ab	57.0 ab	21.0 cd
	32		5.1 a	26.6 b	44.6 ab	16.8 d
241~270	무처리	0.1 a	4.4 a	16.9 b	41.4 ab	26.6 bcd
	3000		2.1 a	31.9 ab	38.3 b	17.0 d
	8		3.0 a	19.4 b	36.5 b	20.4 d
	16		4.4 a	29.0 ab	78.8 ab	22.7 cd
	32		3.6 a	21.8 b	36.0 b	32.6 a-d
271~300	무처리	0.1 a	3.5 a	13.8 b	18.8 b	15.9 d
	3000		3.2 a	21.6 b	28.0 b	23.9 cd
	8		3.8 a	17.7 b	22.6 b	13.7 d
	16		2.3 a	18.7 b	25.5 b	13.6 d
	32		2.8 a	14.5 b	19.5 b	16.8 d

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.**표 2-36. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2015).**

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)					
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)					
		0	20	40	60	60+7	80
200이하	무처리	1.8 a ^y	1.7 ab	1.8 ab	2.0 ab	8.0 b	5.1 bc
	3000		2.3 ab	1.6 ab	4.2 ab	9.2 b	1.4 e
	8		1.5 ab	2.4 ab	1.5 b	23.5 a	5.2 a
	16		1.8 ab	2.5 ab	1.7 b	14.4 ab	8.9 de
	32		1.9 ab	2.0 ab	2.4 ab	24.5 a	2.4 c
201~240	무처리	1.6 a	1.7 ab	1.3 b	1.2 b	3.6 b	4.3 b
	3000		1.6 ab	1.7 ab	1.4 b	1.1 b	6.2 d
	8		2.1 ab	3.2 a	5.9 a	0.4 b	3.5 e
	16		1.3 b	1.5 ab	4.2 ab	0.8 b	1.6 e
	32		2.7 ab	2.4 ab	1.6 b	1.9 b	1.9 d
241~270	무처리	2.2 a	2.0 ab	2.0 ab	2.0 ab	0.3 b	2.8 c
	3000		1.7 ab	2.4 ab	1.5 b	0.5 b	4.0 e
	8		1.8 ab	1.2 b	1.5 b	0.2 b	1.7 d
	16		2.3 ab	1.6 ab	1.5 b	1.5 b	2.9 e
	32		1.6 ab	1.7 ab	1.2 b	1.6 b	1.6 a
271~300	무처리	3.0 a	1.4 ab	1.7 ab	1.3 b	3.4 b	11.8 e
	3000		3.5 a	1.7 ab	2.6 ab	2.3 b	1.7 b
	8		1.3 b	3.2 a	1.3 b	5.6 b	5.9 e
	16		1.3 b	1.5 ab	2.7 ab	7.7 b	2.1 d
	32		1.5 ab	1.6 ab	2.3 ab	5.3 b	3.0 b

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-37. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	내생에틸렌 발생량($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)							
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)							
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120
240~270	무처리	1.1	3.2ab ^y	3.8ab	54.1a	48.0ab	62.0a	38.3a	132.2a
	0		4.5a	5.5a	13.1b	12.1bc	64.4a	37.3a	47.1c
	3000		1.9c	2.4c	28.5b	72.1a	63.9a	41.9a	102.2abc
271~300	무처리	1.0	2.1bc	3.5b	17.0b	64.0a	45.1a	40.6a	63.1bc
	0		2.3bc	4.4ab	18.8b	55.2ab	57.5a	60.4a	112.0ab
	3000		1.7c	2.4c	29.7b	1.5c	71.0a	51.9a	87.5abc
^z 천공 PE필름: 3000구, ϕ 0.59mm									

^y단위는 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, ^zp = 0.05.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-38, 2-39), 2014년 무처리구의 경우 수확시 $0.1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 저장 80일 후 $18.2\sim21.2\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였지만, 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 수확시 $0.08\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이였으며 저장 80일 후에도 $3.0\sim4.7\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 무처리구와 비교하여 현저히 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 2015년 역시 무처리구의 경우 수확시 $1.7\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 저장 80일 후 $2.9\sim9.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 증가하였지만, 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 80일 후에도 $0.9\sim1.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 무처리구와 비교하여 현저히 낮게 유지되었다. 특히 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 무처리구는 $4.5\sim32.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였지만 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 $1.1\sim2.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 여전히 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다. 저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-40), 무처리구의 경우 수확시 $1.0\sim1.1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 저장 120일 후 $63.1\sim132.2\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였다. 그러나 스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 120일 후에도 $0.8\sim0.9\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 무처리구와 비교하여 현저히 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 과실 규격 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-38. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	0.09 a ^x	1.8 bc	15.4 ab	30.1 abc	21.2 cd
	3000		2.3 abc	26.7 a	33.2 ab	20.5 cd
	8		2.5 ab	18.6 ab	29.5 abc	18.4 cde
	16		2.2 bc	23.9 a	52.2 a	18.2 cde
	32		2.1 bc	18.1 ab	27.8 abc	24.7 bc
하비스타	무처리	0.07 a	2.4 ab	17.0 ab	19.5 bc	32.8 abc
	3000		1.6 c	14.3 ab	27.2 abc	40.0 ab
	8		0.9 c	17.4 ab	23.3 bc	23.0 c
	16		1.4 c	15.6 ab	21.7 bc	28.1 bc
	32		1.1 c	21.5 a	31.2 abc	45.5 a
하비스타 +	무처리	0.07 a	3.0 ab	2.6 c	3.0 c	3.5 e
	3000		3.6 a	2.9 c	2.1 c	4.7 e
	스마트프래쉬	8	3.5 a	6.7 bc	2.5 c	2.5 e
	16		1.7 c	6.6 bc	2.5 c	3.0 e
	32		2.3 abc	3.6 c	3.0 c	3.2 e

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.**표 2-39. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2015).**

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)					
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)					
		0	20	40	60	60+7	80
무처리	무처리	1.7	1.5 abc ^x	1.7 bc	2.6 ab	9.0 bc	9.5 a
	3000		2.1 ab	1.9 abc	2.5 ab	20.7 a	3.7 b
	8		1.0 c	2.8 a	3.5 ab	8.2 bc	2.9 b
	16		2.5 a	1.9 abc	2.7 ab	11.7 ab	4.4 ab
	32		1.5 abc	1.9 abc	6.6 a	15.6 ab	3.6 b
하비스타	무처리	1.7	1.3 bc	2.2 ab	4.8 a	12.5 ab	5.2 ab
	3000		1.9 abc	1.8 abc	2.5 ab	10.6 abc	5.7 ab
	8		1.3 bc	1.9 abc	3.5 ab	12.1 ab	5.7 ab
	16		1.7 abc	1.5 bc	1.8 b	7.2 bc	1.9 b
	32		1.9 abc	1.3 bc	4.3 ab	6.4 bc	2.3 b
스마트프래쉬	무처리		1.2 abc	1.4 bc	0.1 b	1.6 c	1.0 b
	3000		1.7 abc	1.6 bc	0.4 b	2.5 c	1.2 b
	8		1.7 abc	1.4 c	0.1 b	2.0 c	0.9 b
	16		1.4 bc	1.3 bc	0.2 b	1.9 c	1.2 b
	32		1.8 bc	1.3 abc	0.0 b	1.5 c	1.0 b
하비스타 +	무처리		1.4 bc	1.5 bc	0.4 b	1.5 c	1.5 b
	3000		1.5 abc	1.5 bc	0.4 b	1.7 c	1.1 b
	스마트	8	1.5 abc	1.0 bc	0.1 b	1.3 c	0.9 b
	프래쉬	16	1.3 bc	1.6 bc	0.1 b	1.7 c	1.2 b
	32		1.2 abc	1.9 bc	0.4 b	1.5 c	1.3 b

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-40. ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 내생 에틸렌 발생량의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	내생에틸렌 발생량($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)							
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)							
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120
240~270 무처리	1.1	3.2a ^y	3.6a	54.1a	48.0a	62.0a	38.3a	132.2a	78.7b
	스마트프래쉬	0.8c	1.0b	0.8c	1.8b	2.1b	0.9b	0.9c	7.9c
271~300 무처리	1.0	2.1ab	3.5a	17.0b	64.0a	45.1a	40.6a	63.1b	146.0a
	스마트프래쉬	1.1c	1.0b	0.9c	1.4b	1.0b	1.7b	0.8c	0.9c

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-41, 2-42), 2014년 300~340g 처리구의 경우 수확시 $1.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 거의 발생하지 않던 에틸렌 발생량이 저장 180일 후 $97.3\sim175.9\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 급격히 증가하였다. 그러나 381~420g 처리구의 경우 저장 180일 후 에틸렌 발생량이 $59.3\sim93.1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 300~340g 처리구와 비교하여 적게 발생한 것을 확인할 수 있었다. 2015년 역시 300~340g 처리구의 경우 수확시 $1.9\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 거의 발생하지 않던 에틸렌 발생량이 저장 180일 후 $53.3\sim85.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 급격히 증가하였지만 381~420g 처리구의 경우 저장 180일 후에 $32.4\sim57.2\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 300~340g 처리구와 비교하여 낮은 발생량을 보였다. PE필름 처리에 따른 처리간 일관된 경향을 나타내지 않았다.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-43), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 90일 기준 수확시 $1.4\sim1.9\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 이후 차츰 증가하기 시작하여 300~340g 처리구의 경우 $72.2\sim113.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 증가하였지만, 341~380g 처리구의 경우 $46.3\sim88.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 300~340g 처리구와 비교하여 비교적 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 과실크기가 큰 처리구의 내생에틸렌 발생량이 낮게 유지될 것으로 판단된다.

표 2-41. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)				
		저장일수 (일)				
0	45	90	135	180		
300~340	무처리	1.5 a ^y	3.1 bc	23.1 abc	44.2 a	97.3 cde
	3000		3.7 bc	17.9 abc	49.5 a	168.6 ab
	8		11.4 a	15.7 bc	38.1 a	142.6 abc
	16		8.0 ab	34.9 a	49.8 a	120.5 a-d
	32		6.7 bc	22.6 abc	48.1 a	175.9 a
341~380	무처리	1.4 a	2.1 a	32.4 ab	36.3 a	65.1 de
	3000		2.9 a	7.5 c	35.7 a	122.5 a-d
	8		2.2 a	19.8 abc	31.2 a	100.0 cde
	16		3.8 bc	15.0 bc	39.6 a	99.6 cde
	32		3.9 bc	13.0 c	38.8 a	117.0 b-e
381~420	무처리	2.1 a	3.6 bc	13.5 c	24.6 a	59.3 e
	3000		4.4 bc	8.9 c	37.1 a	93.1 cde
	8		3.2 bc	9.8 c	33.3 a	91.6 cde
	16		2.5 a	20.9 abc	34.9 a	81.0 de
	32		2.9 a	22.9 abc	36.7 a	82.1 de

^zPE필름 천공수; 3000: ϕ 0.59mm; 8, 16, 32: ϕ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$; NS, *, **, ***, ****Nonsignificant or significant at $p < 0.05, 0.01, 0.001, 0.0001$ **표 2-42. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2015).**

과실 크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)							
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)							
0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7	
300 ~ 340	무처리	1.9 a ^y	2.5 a	6.5 abc	23.6 ab	59.4 a	22.5 abc	49.6 a	84.6 ab
	3000		1.8 ab	8.7 abc	25.6 a	51.4 ab	14.0 bcd	42.7 abc	85.0 a
	8		1.3 ab	10.5 abc	17.3 abc	24.2 c	22.7 abc	32.3 abc	54.4 abc
	16		1.3 ab	6.1 abc	16.1 abc	46.9 abc	24.1 ab	36.8 abc	59.9 abc
	32		2.3 ab	5.7 bc	17.9 abc	48.5 ab	21.7 abc	40.3 abc	53.3 abc
341 ~ 380	무처리	2.1 a	1.3 ab	1.1 c	9.9 c	45.4 abc	11.7 cd	33.1 abc	53.2 abc
	3000		1.5 ab	8.0 abc	10.5 c	45.6 abc	13.5 bcd	32.4 abc	56.7 abc
	8		1.3 ab	4.9 bc	8.0 c	40.5 abc	20.6 a-d	20.8 c	46.5 bc
	16		1.3 ab	9.5 abc	11.6 bc	33.7 bc	13.3 bcd	30.7 abc	55.2 abc
	32		1.9 ab	9.5 abc	12.7 bc	44.3 abc	12.8 cd	34.2 abc	33.1 c
381 ~ 420	무처리	2.0 a	1.1 b	6.6 abc	13.9 abc	34.5 bc	26.7 a	48.0 ab	57.2 abc
	3000		1.4 ab	12.7 ab	11.1 bc	31.3 bc	10.2 d	26.4 bc	45.9 c
	8		1.3 ab	8.2 abc	14.1 abc	37.5 abc	13.7 bcd	26.9 abc	34.0 c
	16		1.3 ab	15.7 a	18.5 abc	37.8 abc	12.2 cd	36.6 abc	40.5 c
	32		1.9 ab	9.2 abc	7.1 c	31.6 bc	10.4 d	32.8 abc	32.4 c

^zPE필름 천공수; 3000: ϕ 0.59mm; 8, 16, 32: ϕ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$

표 2-43. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	내생에틸렌 발생량($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)				
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	1.4	30.0 a ^y	96.9 ab	113.5 a	163.2 a
	0		21.3 a	111.4 a	72.2 ab	75.7 b
	3000		26.3 a	88.5 ab	97.9 ab	110.3 ab
341~380	무처리	1.9	39.1 a	112.0 a	88.5 ab	116.4 ab
	0		19.0 a	39.6 b	46.3 b	71.9 b
	3000		52.5 a	54.1 ab	57.0 ab	90.1 b

^z천공 PE필름: 3000구, § 0.59mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-44, 2-45), 2014년 무처리구의 경우 수확시 $1.6\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 저장 180일 후 $81.2\sim146.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였다. 하지만 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 180일 후 $1.6\sim4.8\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 무처리구와 비교하여 현저히 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 2015년도 역시 무처리구의 경우 수확시 $2.3\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 저장 180일 후 $38.4\sim79.3\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였지만, 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 180일 후 $0.8\sim1.8\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 무처리구와 비교하여 현저히 낮게 유지되었다. 특히 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 무처리구는 $108.4\sim163.6\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였지만 스마트프래쉬와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 $0.6\sim1.3\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 여전히 낮게 유지되었다. PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 내생에틸렌 발생량을 보면(표 2-46), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 90일 기준 수확시 $1.4\sim1.9\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 이후 차츰 증가하기 시작하여 무처리구의 경우 $88.5\sim113.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였지만 에틸렌 제어제인 스마트프래쉬 처리구의 경우 $1.0\sim1.1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 여전히 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 에틸렌 제어제 처리구의 내생에틸렌 발생량이 낮게 유지될 것으로 판단된다.

표 2-44. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
무처리	무처리	1.6 a ^x	2.6 cd	21.4 b	40.2 a	81.2 c
	3000		5.0 b	33.6 a	42.6 a	145.6 a
	8		3.7 bc	16.4 b	34.6 a	121.3 ab
	16		4.7 bc	15.0 bc	44.7 a	110.0 b
	32		7.6 a	14.3 bc	43.4 a	146.5 a
하비스타	무처리	2.1 a	1.0 d	2.3 d	8.1 b	59.7 def
	3000		1.3 d	3.1 d	3.6 b	44.1 de
	8		0.3 d	3.2 d	13.9 b	65.7 def
	16		0.5 d	5.8 cd	4.9 b	66.5 def
	32		0.5 d	5.4 cd	6.5 b	60.4 d
하비스타 +	무처리	2.1 a	1.1 d	0.9 d	1.4 b	1.6 f
	3000		0.8 d	1.2 d	0.8 b	2.7 f
	8		1.1 d	1.0 d	1.4 b	3.1 ef
	16		1.1 d	0.8 d	1.6 b	4.8 ef
	32		0.9 d	1.5 d	2.0 b	4.0 ef
스마트프래쉬	무처리	2.1 a				
	+					
	3000					
	8					
	16					
	32					

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-45. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	내생에틸렌 발생량 ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7
무처리	무처리	2.3 a ^x	1.4 b	8.1 bc	12.0 ab	43.6 ab	18.6 a	53.1 c	79.3 a	130.2 b
	3000		0.9 ef	9.5 ab	11.3 abc	49.6 a	10.0 b	46.4 a	75.7 a	163.6 b
	8		1.0 c-f	16.3 a	11.1 abc	35.6 b	11.3 bc	67.7 b	38.4 bc	147.5 a
	16		1.0 c-f	16.7 a	13.0 a	43.3 ab	15.4 a	68.6 c	71.8 a	124.2 a
	32		1.1 b-f	10.0 ab	9.5 abc	33.9 bc	14.2 ab	48.8 d	48.4 bc	108.4 b
하비스타	무처리	1.6 a	0.9 def	5.7 bc	8.7 abc	6.5 d	8.3 bc	12.6 e	47.8 b	67.5 cd
	3000		1.9 a	5.0 bc	5.3 cd	12.4 d	4.8 c	12.4 f	49.8 b	47.2 cd
	8		1.4 b	2.8 bc	6.8 bcd	3.7 d	8.4 bc	22.8 f	31.1 c	53.3 c
	16		1.2 bcd	3.6 bc	5.3 cd	23.9 c	4.6 c	21.7 e	32.8 c	69.1 c
	32		1.3 bc	4.4 bc	2.5 d	12.2 d	2.0 c	19.0 f	13.2 d	44.4 c
스마트프래쉬	무처리	2.3 a	0.8 f	1.4 c	0.8 d	1.1 d	0.8 c	0.9 g	0.8 d	1.3 d
	3000		0.9 ef	1.2 c	0.9 d	1.1 d	0.7 c	1.1 g	0.8 d	1.3 d
	8		0.9 c-f	0.9 c	1.0 d	1.2 d	0.8 c	0.7 g	0.7 d	0.6 d
	16		0.9 def	1.1 c	0.8 d	1.0 d	0.8 c	0.9 g	1.1 d	0.8 d
	32		1.0 c-f	1.0 c	0.8 d	1.6 d	0.1 c	0.7 g	0.8 d	0.6 d
하비스타 +	무처리	2.3 a	1.1 b-f	1.4 c	1.1 d	1.3 d	0.8 c	1.2 g	1.3 d	0.7 d
	3000		1.2 b-f	1.3 c	0.9 d	0.9 d	0.8 c	0.8 g	1.8 d	0.9 d
	8		1.2 b-e	1.3 c	1.0 d	2.9 d	0.8 c	0.8 g	1.4 d	0.9 d
	16		1.1 b-f	1.7 c	1.1 d	1.0 d	0.8 c	0.8 g	1.3 d	1.2 d
	32		1.3 bcd	1.4 c	1.2 d	1.5 d	0.9 c	0.9 g	1.3 d	0.8 d

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-46. ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 내생에틸렌 발생량의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	내생에틸렌 발생량($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)				
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	1.4	30.0 a ^y	96.9 a	113.5 a	163.2 a
	스마트프래쉬		0.8 b	2.8 b	1.1 b	1.1 b
341~380	무처리	1.9	39.1 a	112.0 a	88.5 a	116.4 a
	스마트프래쉬		1.4 b	1.7 b	1.7 b	1.0 b

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP

과실의 저장력 향상을 위하여 사용하고 있는 1-MCP는 에틸렌 작용억제제(Sisler 와 Serek, 1997)로서 최근 사과(Lim 등, 2009; Mattheis, 2008; Park 등, 2009; Watkins 등, 2010; Watkins 와 Nock, 2012; Yoo 등, 2013, 2015), 토마토, 바나나, 자두, 복숭아(Blankenship 과 Dole, 2003; Choi, 2005; Oh 등, 2007; Watkins, 2006) 등 많은 climacteric형 과실의 에틸렌 발생과 호흡량 증가를 억제하는데 뛰어난 효과를 보인다고 하였다. 본 연구에서 역시 에틸렌 제어제를 처리하였을 때 내생에틸렌 발생을 억제하여 앞선 연구결과와 동일한 결과를 보였다.

마. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 가용성 고형물 함량을 보면(표 2-47, 2-48, 2-49), 2014년과 2016년 규격과 PE필름 처리 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 나타내지 않았다. 단 2015년 수확시 15.1~15.7°Brix이던 가용성 고형물 함량이 저장 80일 후 200g 이하 처리구의 경우 15.9~16.6°Brix로 여전히 높게 유지된 반면, 271~300g 처리구의 경우 14.2~15.4°Brix로 200g 이하 처리구와 비교하여 가용성 고형물함량이 감소한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-47. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	13.4 a ^y	13.5 bc	13.7 abc	14.2 ab	13.7 abc
	3000		14.1 ab	13.6 bc	14.7 a	14.4 ab
	8		13.4 c	13.0 c	13.4 b	13.3 abc
	16		14.0 ab	14.0 ab	13.8 ab	12.9 bcd
	32		13.6 bc	13.8 ab	13.7 ab	11.6 d
201~240	무처리	13.6 a	13.3 c	13.5 bc	13.9 ab	14.0 ab
	3000		13.2 c	13.4 bc	13.2 b	13.0 bcd
	8		14.2 ab	13.7 ab	13.7 ab	12.5 cd
	16		14.6 ab	13.4 bc	13.5 ab	13.0 bcd
	32		13.7 bc	13.7 abc	13.5 ab	13.6 abc
241~270	무처리	13.8 a	14.1 ab	14.0 ab	14.1 ab	14.5 a
	3000		13.8 bc	13.6 abc	13.7 ab	14.1 ab
	8		13.9 abc	14.4 a	13.7 ab	13.3 abc
	16		13.1 c	13.2 c	13.6 ab	13.3 abc
	32		14.0 ab	13.6 bc	13.8 ab	13.0 bcd
271~300	무처리	14.0 a	14.0 ab	14.0 ab	14.2 ab	14.2 ab
	3000		14.3 ab	13.9 ab	13.9 ab	13.8 abc
	8		13.7 bc	13.5 bc	14.5 a	13.7 abc
	16		14.6 a	14.0 ab	13.6 ab	13.8 abc
	32		14.4 a	14.2 ab	13.6 ab	13.5 abc

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, p=0.05.

표 2-48. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)					
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)					
		0	20	40	60	60+7	80
200이하	무처리	15.5 a ^y	16.4 a	16.2 ab	15.1 ab	15.6 abc	16.2 ab
	3000		16.4 a	15.8 abc	15.8 ab	16.2 a	15.9 ab
	8		16.0 ab	16.4 a	15.6 ab	16.0 ab	16.4 a
	16		15.5 bc	16.6 a	16.0 a	15.8 ab	16.0 ab
	32		16.2 ab	15.9 abc	16.0 a	15.7 abc	16.6 a
201~240	무처리	15.5 a	15.2 cd	15.5 bc	15.5 ab	14.9 bc	15.0 cde
	3000		14.8 cd	16.1 abc	15.6 ab	15.9 ab	15.6 bc
	8		15.1 cd	16.0 abc	15.1 ab	15.4 abc	14.9 de
	16		15.3 cd	16.1 ab	15.5 ab	14.7 c	14.6 de
	32		15.5 bc	15.4 bcd	15.8 ab	15.8 abc	15.7 ab
241~270	무처리	15.1 a	15.2 cd	16.3 ab	15.5 ab	14.8 bc	15.1 cd
	3000		14.6 cd	16.1 ab	15.6 ab	15.2 abc	14.8 de
	8		14.5 d	15.2 cd	15.4 ab	15.3 abc	14.6 c
	16		14.7 cd	15.3 cd	15.6 ab	15.0 abc	14.8 de
	32		15.3 bcd	15.8 abc	14.9 ab	15.4 abc	15.0 cde
271~300	무처리	15.7 a	15.3 bcd	16.3 ab	15.1 ab	15.4 abc	14.5 de
	3000		14.5 d	14.6 d	14.9 ab	14.7 c	14.2 e
	8		14.8 cd	14.6 d	15.0 ab	14.9 bc	15.4 bcd
	16		14.9 cd	14.8 d	15.1 ab	15.1 abc	15.4 bcd
	32		15.2 cd	15.2 cd	14.8 b	15.1 abc	14.4 e

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-49. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)							
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)							
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120
240~270 무처리	12.9	12.8 ab ^y	13.7 a	13.2 a	13.4 a	12.4 b	13.0 a	13.7 a	12.8 ab
	0	13.4 a	13.1 b	12.5 bc	12.7 b	12.6 ab	12.8 a	12.6 cd	12.9 ab
	3000	12.1 ab	13.5 ab	12.7 b	12.8 b	12.5 ab	12.7 a	12.7 bcd	12.5 b
271~300 무처리	12.6	11.5 b	11.9 c	12.9 ab	13.0 b	12.4 b	12.5 a	13.0 bc	13.2 a
	0	13.1 a	13.1 b	12.1 c	12.9 b	12.8 ab	12.9 a	12.4 d	12.8 ab
	3000	13.5 a	14.0 a	13.0 ab	12.6 b	13.0 a	12.7 a	13.1 b	12.3 b

^z천공 PE필름: 3000구, ϕ 0.59mm^y단변다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 가용성 고형물 함량을 보면(표 2-50, 2-51), 2014년과 2015년 모두 에틸렌 제어제와 PE필름 처리 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 나타내지 않았다. 또한 2016년 ‘홍로’ 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 가용성 고형물 함량(표 2-52) 역시 과실 규격과 에틸렌 제어제 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 보이지 않았다.

표 2-50. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	가용성 고형물 함량 (°Brix)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	13.7 a ^x	13.4 b	14.0 a	14.1 ab	14.3 a
	3000		14.4 a	13.8 ab	13.8 ab	13.9 abc
	8		14.5 a	14.0 a	14.1 ab	13.5 bc
	16		14.7 a	13.6 ab	13.6 ab	13.5 bc
	32		13.5 b	13.9 a	13.7 ab	13.2 c
하비스타	무처리	13.1 a	13.5 b	13.2 b	13.6 ab	13.5 bc
	3000		14.2 ab	13.8 ab	13.6 ab	13.4 c
	8		14.2 ab	13.4 b	13.9 ab	13.6 abc
	16		13.9 ab	13.4 b	14.2 a	13.7 abc
	32		13.9 ab	14.0 a	13.8 ab	13.6 abc
하비스타 +	무처리	13.1 a	14.4 a	13.5 ab	14.0 ab	13.8 abc
	3000		14.0 ab	14.0 a	13.8 ab	14.2 ab
스마트프래쉬	8		14.3 ab	13.6 ab	13.3 b	13.9 abc
	16		14.0 ab	13.9 a	13.9 ab	13.9 abc
	32		13.8 ab	14.1 ab	13.7 ab	13.7 abc

^z하비스타: 수체살포-용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증-용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ϕ 0.59mm; 8, 16, 32: ϕ 5.9mm^x단변다중검정, $p = 0.05$.

표 2-51. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	가용성 고형물 함량 (°Brix)						
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)						
		0	20	40	60	60+7	80	80+7
무처리	무처리	15.1	15.3 abc ^x	14.9 a	14.9 a	14.5 c	15.0 ab	14.8 abc
	3000		15.3 abc	14.7 a	15.1 a	15.1 abc	15.2 ab	15.8 a
	8		15.3 abc	15.2 a	15.3 a	16.0 a	15.7 ab	14.8 abc
	16		15.6 a	15.3 a	15.5 a	14.9 bc	15.5 ab	15.2 abc
	32		15.1 abc	15.3 a	15.3 a	15.3 abc	15.4 ab	15.9 a
하비스타	무처리	14.6	14.8 bc	14.5 a	14.7 a	15.6 ab	14.8 b	14.8 abc
	3000		14.6 bc	14.9 a	15.2 a	15.1 abc	15.7 ab	15.5 abc
	8		14.8 bc	15.2 a	15.7 a	15.2 abc	15.1 ab	14.4 bc
	16		15.3 abc	14.7 a	15.5 a	14.9 bc	15.2 ab	14.5 bc
	32		14.5 c	14.7 a	15.4 a	14.7 bc	15.4 ab	14.6 abc
스마트	무처리		15.0 ab	15.3 a	15.5 a	15.2 abc	15.1 ab	15.2 abc
프래쉬	3000		15.8 ab	15.3 a	15.3 a	15.2 bc	15.8 ab	14.8 abc
	8		15.0 bc	15.3 a	15.4 a	15.6 bc	15.7 ab	14.3 bc
	16		15.5 bc	15.5 a	15.7 a	15.4 ab	15.9 a	15.6 ab
	32		15.1 abc	14.8 a	14.9 a	14.9 bc	14.8 b	15.5 abc
하비스타	무처리		15.5 abc	15.4 a	14.7 a	15.1 abc	15.6 ab	14.5 bc
	+ 3000		15.5 a	15.4 a	15.2 a	14.8 abc	15.5 ab	14.2 c
스마트	8		14.8 abc	15.1 a	15.2 a	15.0 ab	15.3 ab	14.3 bc
프래쉬	16		14.8 ab	15.4 a	15.5 a	15.5 abc	15.5 ab	14.4 bc
32		15.0 abc	15.5 a	15.1 a	15.0 bc	15.0 ab	15.1 abc	

^z하비스타 : 수체살포-용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수: 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, p = 0.05.**표 2-52. ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2016).**

과실크기 (g)	처리 ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	30	30+7	60	60+7	90	90+7	120	120+7
240~270	무처리	12.9	12.8 bc ^y	13.7 b	13.2 a	13.4 a	12.4 b	13.0 ab	13.7 a	12.8 a
	스마트프래쉬		14.7 a	15.0 a	13.2 a	13.6 a	13.2 a	13.7 a	13.0 b	13.3 a
271~300	무처리	12.6	11.5 c	11.9 c	12.9 a	13.0 b	12.4 b	12.5 b	13.0 b	13.2 a
	스마트프래쉬		13.7 ab	13.8 ab	13.1 a	13.6 a	12.7 ab	13.1 ab	13.6 a	13.1 a

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y던컨다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 가용성 고형물 함량을 보면(표 2-53, 2-54), 2014년과 2015년 규격과 PE필름 처리 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향은 없었다 2016년 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 가용성 고형물 함량을 보면(표 2-55), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 규격과 PE필름 처리 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 나타내지 않았다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 규격과 PE필름 처리가 저장동안 가용성 고형물 함량의 변화에 미치는 영향이 적을 것으로 판단된다.

표 2-53. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)				
		저장일수 (일)				
		0	45	90	135	180
300~340	무처리	13.5 a ^y	13.6 cd	13.5 ab	14.9 a	14.9 ab
	3000		13.9 a-d	12.6 b	15.0 a	14.1 bcd
	8		13.8 bcd	13.4 ab	14.6 a	13.9 bcd
	16		13.7 cd	12.6 b	14.3 a	13.3 d
	32		13.5 d	13.1 ab	14.0 a	14.3 a-d
341~380	무처리	13.4 a	14.4 ab	14.0 a	15.1 a	14.2 a-d
	3000		14.0 a-d	13.8 a	14.8 a	14.3 a-d
	8		13.8 cd	13.6 ab	15.0 a	13.8 cd
	16		13.9 a-d	13.8 a	13.9 a	14.3 a-d
	32		13.8 cd	14.1 a	13.4 a	13.7 cd
381~420	무처리	13.6 a	14.0 a-d	13.4 ab	14.3 a	15.2 a
	3000		14.4 a	13.4 ab	14.8 a	14.7 abc
	8		14.1 abc	13.5 ab	14.1 a	14.2 a-d
	16		14.0 a-d	13.5 ab	14.8 a	14.3 a-d
	32		14.5 a	14.2 a	14.8 a	14.3 a-d

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, p = 0.05.**표 2-54. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE 필름처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2015).**

과실 크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)								
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)								
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7
300 ~ 3000	무처리	13.3 a ^y	12.6 bc	13.0 bc	12.9 a	12.6 cd	12.9 b-e	13.1 a-d	13.3 b	11.9 ab
			13.3 abc	12.5 c	13.1 a	12.6 cd	13.9 a	12.7 c-f	12.8 b	11.7 b
340	8		13.1 abc	12.6 c	13.2 a	13.1 a-d	13.5 abc	12.6 d-g	12.9 b	12.7 ab
	16		12.6 bc	13.5 abc	12.7 a	12.5 d	12.3 e	12.1 g	12.2 c	12.9 ab
	32		12.4 c	12.6 c	13.1 a	12.6 cd	13.5 abc	12.3 fg	12.1 c	12.5 ab
341 ~ 3000	무처리	12.8 a	13.5 ab	12.6 c	13.3 a	13.8 a	13.6 abc	12.9 b-e	13.9 a	12.8 ab
			13.4 abc	13.3 abc	13.4 a	13.3 a-d	13.2 a-d	12.5 d-g	13.1 b	12.9 ab
380	8		13.3 abc	13.5 abc	12.7 a	13.3 a-d	12.5 de	12.4 efg	12.2 c	12.3 ab
	16		13.0 abc	12.9 bc	12.9 a	13.7 a	13.2 a-d	12.5 d-g	13.0 b	12.5 ab
	32		12.9 abc	13.5 abc	13.1 a	12.8 bcd	13.4 abc	12.8 c-f	13.0 b	12.5 ab
381 ~ 3000	무처리	13.1 a	12.8 abc	14.2 a	13.0 a	13.0 a-d	13.3 a-d	13.4 abc	13.8 a	13.1 a
			13.4 abc	13.0 bc	12.8 a	13.2 a-d	13.7 ab	13.7 a	13.2 b	13.0 a
420	8		13.6 a	13.1 bc	12.8 a	13.6 ab	13.0 b-e	13.4 ab	12.2 c	12.7 ab
	16		13.0 abc	13.8 ab	13.2 a	13.4 abc	12.9 cde	13.2 abc	12.8 b	12.9 ab
	32		13.5 ab	13.5 abc	13.1 a	13.1 a-d	12.9 b-e	13.3	13.2 b	13.0 a

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-55. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)				
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	12.5	13.1 a ^y	13.8 a	13.0 ab	12.9 bc
	0		11.7 b	13.4 ab	12.4 b	13.8 a
	3000		13.2 a	13.1 b	12.7 ab	13.1 bc
341~380	무처리	12.4	13.2 a	13.7 a	12.8 ab	13.6 ab
	0		12.4 ab	13.1 b	13.2 a	13.2 abc
	3000		13.2 a	13.4 ab	12.9 ab	12.9 c

^z천공 PE필름: 3000구, ^y 0.59mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 가용성 고형물 함량을 보면(표 2-56, 2-57), 2014년과 2015년 에틸렌 제어제와 PE필름 처리 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보였고, 2016년 ‘감홍’ 사과의 중량 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 가용성 고형물 함량을 보면(표 2-58), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 규격과 에틸렌 제어제 처리 및 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 나타내지 않았다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 규격 및 에틸렌 제어제 처리가 저장동안 가용성 고형물 함량의 변화에 미치는 영향이 적을 것으로 판단된다.

표 2-56. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	가용성 고형물 함량 (°Brix)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
무처리	무처리	13.5 a ^x	13.7 ab	13.6 a-d	15.0 a	14.6 abc
	3000		14.1 ab	13.3 bcd	14.9 ab	14.2 a-d
	8		13.9 ab	13.2 cd	14.8 ab	13.9 bcd
	16		13.8 ab	13.5 a-d	14.1 ab	13.8 cd
	32		13.8 ab	13.7 a-d	13.7 b	14.0 a-d
하비스타	무처리	14.6 a	13.5 b	14.0 abc	15.1 a	13.8 cd
	3000		14.2 ab	14.3 ab	14.5 ab	14.9 a
	8		14.2 ab	13.4 a-d	15.6 a	14.2 a-d
	16		13.9 ab	13.4 a-d	14.8 ab	14.3 a-d
	32		13.9 ab	13.7 a-d	13.6 a	14.3 a-d
하비스타+	무처리	14.6 a	14.4 a	12.7 d	15.2 a	14.7 ab
	3000		14.0 ab	13.4 a-d	14.0 b	13.3 cd
스마트프래쉬	8		14.3 a	13.3 bcd	14.8 ab	13.1 d
	16		14.0 ab	13.1 cd	14.3 ab	14.0 a-d
	32		13.8 ab	14.4 a	14.9 ab	14.7 ab

^z하비스타: 수체살포-용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수: 3000: ^x 0.59mm; 8, 16, 32: ^y 5.9mm^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-57. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	가용성 고형물 함량 (°Brix)							
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)							
		0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180
무처리	무처리	13.2 a ^x	13.4 bcd	12.4 cd	12.6 i	11.7 e	12.4 e	12.6 cd	12.2 f
	3000		12.9 b-f	12.7 bcd	12.8 ghi	13.0 cd	13.0 cd	12.4 de	12.7 def
	8		13.3 b-e	13.4 bc	13.2 e-h	13.1 cd	13.5 b	13.0 bc	13.2 bc
	16		12.2 f	12.5 bcd	12.5 i	12.4 de	12.6 e	12.1 e	12.5 ef
	32		12.3 ef	13.1 bcd	12.9 ghi	12.4 de	12.6 e	12.2 de	12.6 ef
하비스타	무처리	12.8 a	13.0 b-f	12.5 cd	13.5 b-f	13.6 abc	13.7 ab	12.4 de	12.6 ef
	3000		15.3 a	12.8 bcd	13.9 bcd	13.6 abc	14.1 a	13.3 ab	12.9 cd
	8		14.9 a	14.4 a	13.4 c-g	13.5 bc	13.2 bcd	13.6 a	13.7 ab
	16		12.7 c-f	13.5 ab	13.1 f-i	13.1 cd	13.4 bc	13.6 a	13.5 ab
	32		13.9 b	13.4 bc	13.4 c-g	14.1 ab	13.4 bc	13.4 a	13.2 bcd
스마트 프래쉬	무처리	13.2 a	12.4 def	13.3 bcd	13.0 f-i	13.0 cd	13.1 bcd	12.8 c	13.9 a
	3000		12.5 c-f	13.1 bcd	12.9 ghi	12.2 de	12.8 de	12.9 bc	12.9 cd
	8		13.2 b-f	12.3 d	13.7 b-e	12.9 cd	12.7 de	12.5 cde	13.0 cd
	16		13.0 b-f	12.8 bcd	12.7 hi	13.1 cd	13.0 cde	12.6 cd	12.8 de
	32		13.0 b-f	13.1 bcd	12.9 ghi	13.1 bcd	12.9 cde	12.9 bc	13.0 cd
하비스타 +	무처리	13.2 a	13.9 b	13.2 bcd	13.9 bc	13.8 abc	13.9 a	12.9 bc	13.3 bc
	3000		13.5 bc	13.1 bcd	13.3 d-h	13.5 abc	13.4 bc	13.2 ab	13.4 abc
	8		13.0 b-f	12.7 bcd	13.7 b-e	13.5 abc	13.3 bc	12.8 c	12.3 ef
	16		13.8 b	13.1 bcd	14.6 a	13.6 abc	13.5 b	13.0 bc	13.8 a
	32		13.9 b	13.4 bc	14.0 ab	14.5 a	13.5 bc	13.2 ab	13.1 bcd

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던킨다중검정, $p = 0.05$.**표 2-58. ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 가용성 고형물 함량의 변화(2016).**

과실크기 (g)	처리 ^z	가용성 고형물 함량 (°Brix)				
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)				
		0	45	45+7	90	90+7
300~340	무처리	12.5	13.1 a ^y	13.8 a	13.0 a	12.9 c
	스마트프래쉬		11.3 a	13.4 a	12.1 b	13.4 bc
341~380	무처리	12.4	13.2 a	13.7 a	12.8 a	13.6 a
	스마트프래쉬		13.3 a	12.9 b	13.1 a	12.9 c

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP

바. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 저장 중 과실 중량 감모율의 변화

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 중량 감모율을 보면(표 2-59, 2-60, 2-61), 2014년 저장 20일후 200g 이하 처리구는 0.5~0.6% 감소한 반면 271~300g 처리구는 0.4~0.5%로 200g 이하 처리구에 비하여 중량 감모율이 적은 것을 확인할 수 있었다. 또한 저장 80일 경과 후에는 200g 이하 처리구가 2.8~3.1% 감소한 반면 271~300g 처리구는 2.0~2.3%로 역시 200g 이하 처리구에 비하여 중량 감모율이 적어 과실 규격일 클수록 작은 과실에 비하여 중량 감모율이 낮았다. 2015년 역시, 저장기간이 경과함에 따라 과실중량이 차츰 감소하여 저장 80일 후 200이하 처리구의 경우 0.5~1.7% 감소하였지만 271~300g 처리구는 0.3~1.4%가 감소하여 과실 규격일 클수록 과실규격이 작은 과실에 비

하여 중량 감모율이 낮은 것을 확인 할 수 있었다. PE필름처리 유무에 따른 중량 감모율을 보면 2015년 저장 80일 후 PE비닐을 처리하지 않은 무처리구(1.4~1.8%)와 비교하여 PE필름을 처리한 처리구(0.3~1.1%)가 중량이 적게 감소한 경향이였다. PE필름 처리구 중에서 는 32구 천공처리구가 다른 PE필름 처리구와 비교하여 감모율이 다소 높은 경향이었다. 2016년 역시 저장 120일 후 PE비닐을 처리하지 않은 무처리구의 경우 2.36% 과실 중량이 감소하였지만 PE비닐을 처리한 경우 0.4~0.9%로 무처리구와 비교하여 과실중량이 적게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

표 2-59. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	0.0	0.6 ab ^y	1.3 a	2.3 a	3.1 a
	3000	0.0	0.6 ab	1.2 ab	2.1 abc	2.9 a
	8	0.0	0.6 ab	1.2 ab	2.0 a-d	2.8 ab
	16	0.0	0.5 abc	1.2 ab	2.0 a-d	3.0 a
	32	0.0	0.6 ab	1.2 ab	2.1 ab	3.0 a
201~240	무처리	0.0	0.6 a	1.1 bc	2.0 a-d	2.8 abc
	3000	0.0	0.5 abc	1.0 b-e	1.7 efg	2.4 c-f
	8	0.0	0.5 abc	1.0 b-e	1.8 cde	2.6 bcd
	16	0.0	0.5 abc	1.0 bcd	1.7 def	2.5 b-e
	32	0.0	0.5 abc	1.0 b-e	1.8 b-e	2.6 bcd
241~270	무처리	0.0	0.5 ab	1.0 b-e	1.6 efg	2.3 d-g
	3000	0.0	0.4 bc	0.8 ef	1.4 fg	2.1 g
	8	0.0	0.4 bc	0.9 def	1.5 efg	2.0 g
	16	0.0	0.5 abc	0.9 c-f	1.5 efg	2.2 efg
	32	0.0	0.5 abc	1.0 b-e	1.7 efg	2.3 d-g
271~300	무처리	0.0	0.5 abc	0.9 c-f	1.5 efg	2.1 fg
	3000	0.0	0.4 c	0.8 ef	1.4 g	2.0 g
	8	0.0	0.4 c	0.8 ef	1.7 efg	2.3 d-g
	16	0.0	0.4 c	0.8 f	1.4 g	2.0 g
	32	0.0	0.4 c	0.8 f	1.4 g	2.0 g

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y단위중검정, $p = 0.05$.

표 2-60. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	0.0	0.2 cd ^y	0.9 a	1.3 a	1.7 ab
	3000	0.0	0.0 fg	0.2 cde	0.3 g	0.5 fg
	8	0.0	0.1 efg	0.4 cde	0.4 efg	0.5 fg
	16	0.0	0.2 cde	0.7 ab	0.9 bc	1.0 cd
	32	0.0	0.2 bc	0.4 cde	0.7 cde	1.1 cd
201~240	무처리	0.0	0.4 ab	0.8 a	1.0 ab	1.7 ab
	3000	0.0	0.1 d-g	0.3 cde	0.6 def	0.9 de
	8	0.0	0.1 c-f	0.3 cde	0.4 fg	0.6 fg
	16	0.0	0.0 g	0.3 cde	0.4 efg	0.7 ef
	32	0.0	0.4 ab	0.7 ab	0.8 cd	1.0 de
241~270	무처리	0.0	0.5 a	0.8 a	1.1 ab	1.8 a
	3000	0.0	0.2 cd	0.4 cd	0.5 efg	0.8 def
	8	0.0	0.1 efg	0.3 cde	0.4 fg	0.5 fg
	16	0.0	0.3 bc	0.4 cde	0.5 efg	0.7 ef
	32	0.0	0.2 c-f	0.5 bc	0.9 bc	1.1 cd
271~300	무처리	0.0	0.2 bc	0.7 ab	1.1 ab	1.4 bc
	3000	0.0	0.2 cde	0.2 e	0.3 fg	0.3 g
	8	0.0	0.1 c-g	0.2 de	0.3 fg	0.4 g
	16	0.0	0.1 c-g	0.2 de	0.3 fg	0.4 fg
	32	0.0	0.3 b	0.3 cde	0.5 efg	1.0 de

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-61. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	중량 감모율 (%)				
		저장기간				
		0	30	60	90	120
240~270	무처리	0.0	0.8 a	1.4 a	2.0 a	2.3 a
	0	0.0	0.2 c	0.3 c	0.4 c	0.4 c
	3000	0.0	0.2 c	0.5 b	0.7 bc	0.8 b
271~300	무처리	0.0	0.7 a	1.3 a	1.9 a	2.3 a
	0	0.0	0.2 c	0.3 c	0.6 bc	0.7 b
	3000	0.0	0.5 b	0.5 b	0.8 b	0.9 b

^z천공 PE필름: 3000구, ⌀ 0.59mm^y던컨다중검정, p = 0.05.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 중량 감모율을 보면 (표 2-62, 2-63), 2014년 저장기간이 경과할수록 모든처리구에서 과실의 중량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 저장 80일 후 무처리구의 경우 과실중량이 2.0~2.5%가 감소하여 하비스타와 하비스타+스마트프래쉬 처리구 1.7~2.0%와 비교해 높은 중량 감모율을 보였다. PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다. 반면 2015년도는 저장 80일 후 PE비닐을 처리하지 않은 무처리구의 경우 1.3~1.6% 과실 중량이 감소하였지만 PE비닐을 처리한 경우 0.2~1.3%로 무처리구와 비교하여 과실중량이 적게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 에틸렌 제어제 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나

타내지 않았다. 2016년 ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 중량 감모율을 보면(표 2-64), 저장기간이 경과할수록 모든처리구에서 과실의 중량이 감소하였지만 과실 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-62. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	과실 중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	0.0	0.5 a ^x	1.0 abc	1.6 a-d	2.3 ab
	3000	0.0	0.5 a	1.2 a	1.8 a	2.5 a
	8	0.0	0.5 abc	1.0 abc	1.6 abc	2.2 abc
	16	0.0	0.4 a-d	0.9 bcd	1.5 b-e	2.0 bcd
	32	0.0	0.5 ab	1.1 ab	1.7 ab	2.3 ab
하비스타	무처리	0.0	0.4 a-d	0.8 cd	1.4 b-e	2.0 bcd
	3000	0.0	0.3 d	0.7 d	1.1 e	1.7 d
	8	0.0	0.4 a-d	0.9 bcd	1.5 b-e	1.9 bcd
	16	0.0	0.4 a-d	0.9 bcd	1.5 b-e	2.0 bcd
	32	0.0	0.4 a-d	0.8 cd	1.3 cde	1.9 bcd
하비스타 +	무처리	0.0	0.3 cd	0.8 d	1.2 e	1.7 d
	3000	0.0	0.4 cd	0.7 d	1.3 cde	1.8 cd
스마트	8	0.0	0.4 a-d	0.9 bcd	1.4 b-e	2.0 bcd
프래쉬	16	0.0	0.4 a-d	0.8 cd	1.3 cde	1.9 bcd
	32	0.0	0.4 bcd	0.7 d	1.2 de	1.8 cd

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-63. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	0.0	0.4 a-d ^x	0.6 a	1.0 a	1.3 abc
	3000	0.0	0.1 e-h	0.2 e-h	0.4 d-h	0.9 cde
	8	0.0	0.1 gh	0.1 fgh	0.3 gh	0.2 h
	16	0.0	0.1 e-h	0.5 a-d	0.7 bcd	0.8 d-g
	32	0.0	0.3 b-f	0.6 abc	1.1 a	1.1 bcd
하비스타	무처리	0.0	0.4 abc	0.7 a	1.0 a	1.6 a
	3000	0.0	0.0 gh	0.2 e-h	0.3 e-h	0.5 fgh
	8	0.0	0.0 h	0.1 h	0.1 h	0.3 h
	16	0.0	0.1 gh	0.3 e-h	0.3 e-h	0.7 efg
	32	0.0	0.2 def	0.4 b-f	0.5 d-g	0.7 efg
스마트	무처리	0.0	0.4 ab	0.6 ab	0.8 abc	1.3 ab
프래쉬	3000	0.0	0.2 efg	0.3 d-g	0.4 d-h	0.6 efg
	8	0.0	0.2 efg	0.2 e-h	0.3 e-h	0.5 gh
	16	0.0	0.5 a	0.5 a-d	0.9 ab	1.1 bcd
	32	0.0	0.3 b-e	0.4 b-f	0.6 c-f	0.8 d-g
하비스타 +	무처리	0.0	0.3 b-e	0.7 a	1.0 a	1.4 ab
	3000	0.0	0.0 h	0.1 gh	0.2 gh	0.5 gh
스마트	8	0.0	0.1 e-h	0.2 e-h	0.3 fgh	0.4 gh
프래쉬	16	0.0	0.1 fgh	0.3 c-f	0.5 d-g	0.7 efg
	32	0.0	0.2 c-f	0.4 b-e	0.6 cde	0.9 def

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x던컨다중검정, p = 0.05.

표 2-64. ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	중량 감모율 (%)				
		저장기간				
		0	30	60	90	120
240~270	무처리	0.0	0.8 a ^y	1.4 ab	2.0 ab	2.3 ab
	스마트프래 쉬	0.0	0.7 a	1.1 b	1.6 b	1.9 b
271~300	무처리	0.0	0.7 a	1.3 ab	1.9 ab	2.3 ab
	스마트프래 쉬	0.0	0.8 a	1.7 a	2.2 a	2.7 a

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y던킨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 중량 감모율을 보면(표 2-65, 2-66), 저장기간이 경과할수록 모든처리구에서 과실의 중량이 감소하였으며, 저장 180일 후 300-340g 처리구의 경우 1.8~2.2%가 감소하여 381-420g 처리구 1.7~1.8%와 비교해 비교적 높은 중량 감모율을 보였다. PE필름 처리간 중량 감모율은 저장 180일 후 무처리구가 1.8~2.2% 감소하였지만 PE필름 처리구는 1.7~1.9% 감소하여 필름 처리구의 감모율이 다소 적은 경향이었다. 2015년도 역시 저장기간이 경과할수록 모든 처리구에서 과실의 중량이 감소하였으며, 특히 PE필름을 처리하지 않은 무처리구의 경우 저장 180일 후 4.7~5.0%가 감소하여 PE필름 처리구 0.7~2.2%와 비교해 과실중량이 현저히 많이 감소하였다. 과실 규격간 중량 감모율은 저장 기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 나타내지 않았다. 2016년 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 중량 감모율을 보면(표 2-67), 현재 90일차까지 실험이 진행되었으며 저장 90일 후 PE필름을 처리하지 않은 무처리구의 경우 2.8~3.3%의 중량 감모율을 보였지만 PE필름 처리구의 경우 0.4~0.9%가 감소하여 무처리구 비교하여 비교적 적은 감소를 보였다. 따라서 당해 역시 예년과 동일하게 PE필름 처리구의 중량 감모율이 적게 감소할 것으로 판단된다.

표 2-65. '감홍' 사과의 규격 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	중량 감모율 (%)				
		저장일수 (일)				
		0	45	90	135	180
300~340	무처리	0.0	0.4 a ^y	1.0 a	1.5 a	2.2 a
	3000	0.0	0.3 bcd	0.7 cde	1.2 c-f	1.8 cde
	8	0.0	0.3 bcd	0.7 cde	1.3 cd	1.9 cd
	16	0.0	0.4 ab	0.8 bc	1.4 bc	1.9 bc
	32	0.0	0.4 bc	0.7 cde	1.3 bcd	1.9 bc
341~380	무처리	0.0	0.4 b	0.9 b	1.4 ab	2.0 b
	3000	0.0	0.3 bcd	0.7 cde	1.3 c-f	1.9 cde
	8	0.0	0.3 bcd	0.7 cde	1.3 c-f	1.8 cde
	16	0.0	0.4 b	0.7 bcd	1.3 cde	1.9 cd
	32	0.0	0.3 bc	0.7 cde	1.3 bc	1.9 bc
381~420	무처리	0.0	0.3 bc	0.8 bc	1.3 bcd	1.8 cd
	3000	0.0	0.2 d	0.6 de	1.1 ef	1.7 e
	8	0.0	0.2 cd	0.6 e	1.1 f	1.7 e
	16	0.0	0.3 bcd	0.7 cde	1.2 def	1.7 de
	32	0.0	0.3 b	0.7 cde	1.3 c-f	1.8 cde

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-66. '감홍' 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
300~340	무처리	0.0	1.0 a ^y	1.8 a	2.6 a	5.0 a
	3000	0.0	0.7 b	1.0 b	1.1 b	2.2 b
	8	0.0	0.4 def	0.5 def	0.6 cde	1.3 cd
	16	0.0	0.5 cde	0.7 cde	0.7 bcd	1.3 cd
	32	0.0	0.2 ef	0.5 def	0.7 cde	1.3 cd
341~380	무처리	0.0	1.1 a	1.8 a	2.5 a	4.7 a
	3000	0.0	0.5 bcd	0.7 def	0.8 bcd	1.6 c
	8	0.0	0.2 f	0.4 ef	0.5 de	1.0 de
	16	0.0	0.4 def	0.5 def	0.6 cde	1.4 cd
	32	0.0	0.5 bcd	0.7 cd	0.9 bc	1.7 bc
381~420	무처리	0.0	1.2 a	1.8 a	2.4 a	4.7 a
	3000	0.0	0.7 bc	0.9 bc	1.0 b	1.8 bc
	8	0.0	0.3 ef	0.4 f	0.3 e	0.7 e
	16	0.0	0.5 cde	0.5 def	0.6 cde	1.3 cd
	32	0.0	0.4 def	0.5 def	0.5 de	1.2 cd

^zPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^y던컨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-67. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	중량 감모율 (%)		
		0	45	90
300~340	무처리	0.0	1.9 a ^y	3.3 a
	0	0.0	0.3 c	0.4 d
	3000	0.0	0.3 c	0.5 c
341~380	무처리	0.0	1.5 b	2.8 b
	0	0.0	0.7 c	0.9 d
	3000	0.0	0.4 c	0.6 cd

^z천공 PE필름: 3000구, ϕ 0.59mm^y던킨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 중량 감모율을 보면(표 2-68, 2-69), 2014년 저장기간이 경과할수록 모든 처리구에서 과실의 중량이 감소하였다. 특히 저장 180일 후 무처리구의 경우 1.9~2.4%가 감소하여 하비스타 및 하비스타+スマ트프레쉬 처리구 1.7~1.9%와 비교해 높은 중량 감모율을 보였다. PE필름 처리간 중량 감모율은 저장 180일 후 무처리구가 1.8~2.4% 감소하였지만 PE필름 처리구는 1.7~2.1% 감소하여 필름 처리구의 감모율이 다소 적은 경향이었다. 2015년도 역시 PE필름을 처리하지 않은 무처리구의 경우 저장 180일 후 4.8~5.1%가 감소하여 PE필름 처리구 0.7~2.3%와 비교해 현저히 많은 과실 중량이 감소하였다. 반면 2015년 에틸렌 제어제 처리간 중량 감모율은 저장기간동안 처리간 미미한 차이를 보이나 일관된 경향을 나타내지 않았다.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 중량 감모율을 보면(표 2-70), 저장기간이 경과할수록 모든 처리구에서 과실의 중량이 감소하여 저장 90일이 지난 현재 2.1~4.0%의 과실 중량이 감소한 것을 확인할 수 있었으며 과실 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 처리간 차이는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

표 2-68. '감홍' 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
무처리	무처리	0.0	0.4 a ^x	1.0 b	1.7 a	2.4 a
	3000	0.0	0.3 a	0.8 b	1.3 cde	1.9 cd
	8	0.0	0.3 a	0.8 b	1.4 bcd	2.1 b
	16	0.0	0.3 a	0.8 b	1.3 b-e	1.9 cd
	32	0.0	0.4 a	0.9 b	1.5 b	2.1 b
하비스타	무처리	0.0	0.4 a	0.9 b	1.5 bc	1.9 cd
	3000	0.0	0.3 a	0.7 b	1.3 e	1.7 ef
	8	0.0	0.3 a	0.8 b	1.4 b-e	1.9 cde
	16	0.0	0.3 a	0.8 b	1.3 cde	1.7 f
	32	0.0	0.3 a	0.9 b	1.4 b-e	1.9 c
하비스타 +	무처리	0.0	0.3 a	1.4 a	1.3 b-e	1.8 c-f
	3000	0.0	0.4 a	0.9 b	1.4 b-e	1.9 c-f
	8	0.0	0.4 a	0.9 b	1.4 b-e	1.8 c-f
	16	0.0	0.3 a	0.8 b	1.3 de	1.7 def
	32	0.0	0.3 a	0.8 b	1.3 b-e	1.8 c-f

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ₩ 0.59mm; 8, 16, 32: ₩ 5.9mm^x단위중검정, $p = 0.05$.

표 2-69. '감홍' 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 중량 감모율의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	중량 감모율 (%)				
		저장기간 (일)				
		0	45	90	135	180
무처리	무처리	0.0	1.2 bc ^x	2.0 b	2.4 c	5.1 a
	3000	0.0	0.6 def	0.9 cde	1.2 d	2.3 b
	8	0.0	0.3 gh	0.4 f	0.4 g	1.0 d-g
	16	0.0	0.3 gh	0.5 ef	0.5 fg	1.6 d-g
	32	0.0	0.4 gh	0.6 def	0.8 efg	2.1 d-g
하비스타	무처리	0.0	1.5 a	2.4 a	2.8 b	4.8 a
	3000	0.0	0.7 d	1.1 c	1.2 de	1.7 b-f
	8	0.0	0.2 h	0.6 def	0.6 fg	1.0 efg
	16	0.0	0.4 efg	0.7 def	0.7 fg	1.5 c-f
	32	0.0	0.3 h	0.5 ef	0.5 fg	1.7 b-e
스마트프래쉬	무처리	0.0	1.4 ab	2.5 a	3.3 a	4.8 a
	3000	0.0	0.6 d-g	0.9 cde	1.1 de	1.8 bcd
	8	0.0	0.5 efg	0.5 ef	0.7 fg	0.7 g
	16	0.0	0.4 efg	0.6 def	0.7 fg	1.4 d-g
	32	0.0	0.4 fgh	0.7 def	0.9 def	1.3 d-g
하비스타 +	무처리	0.0	1.1 c	1.9 b	2.4 c	5.1 a
	3000	0.0	0.7 de	1.0 cd	1.1 de	2.3 b
	8	0.0	0.5 efg	0.5 ef	0.6 fg	1.0 fg
	16	0.0	0.5 d-g	0.6 def	0.7 fg	1.6 c-f
	32	0.0	0.4 gh	0.5 ef	0.5 fg	2.1 bc

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ₩ 0.59mm; 8, 16, 32: ₩ 5.9mm^x단위중검정, $p = 0.05$.

표 2-70. ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 중량감모율의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	중량 감모율 (%)		
		저장기간 (일)		
		0	45	90
300~340	무처리	0.0	1.9 b ^y	3.3 b
	스마트프래쉬	0.0	2.4 a	4.0 a
341~380	무처리	0.0	1.5 b	2.8 b
	스마트프래쉬	0.0	1.0 c	2.1 c

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP

고분자 플라스틱 필름을 활용하는 농식품의 소단위 포장을 넓은 의미에서 modified atmosphere 포장(MAP) 기술로 통칭하고 있으며 포장 내부 기체 환경의 변화에 따른 품질유지(Chung and Lee, 2009; Mattheis and Fellman, 2000)와 증산 억제에 따른 중량 손실 경감(Kader and Watkins, 2000)에 큰 효과를 보인다고 하였다. 본 연구에서도 PE필름 포장처리에 따른 ‘홍로’와 ‘감홍’ 사과의 저장중 중량 감소를 억제하는 동일한 결과를 보였다.

사. 국내 육성 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과의 저장 중 과피 왁스 발생의 변화

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 왁스 발생 정도를 보면(표 2-71, 2-72, 2-73), 2014년 수확시 0.13~0.23이던 왁스발생 지수가 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 저장 80일 후 0.78~1.22로 증가하였다. 그리고 2015년도는 수확 이후 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 저장 80일 후에는 1.6~2.6으로 왁스 발생이 증가 하였으며, 2016년 역시 수확 이후 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 저장 120일 후에는 1.3~2.2로 왁스 발생이 증가하는 동일한 결과를 보였다. 그러나 ‘홍로’ 사과의 규격과 PE필름 처리간 왁스 발생 경향은 미미한 차이를 보이나 뚜렷한 경향은 없었다.

표 2-71. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE 필름처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	왁스 발생(0~5) ^y				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
200이하	무처리	0.15 a ^x	0.33 a	0.50 a	0.94 a	1.22 a
	3000		0.33 a	0.72 a	0.78 a	0.89 a
	8		0.22 a	0.56 a	0.72 a	0.89 a
	16		0.61 a	0.78 a	0.89 a	1.06 a
	32		0.50 a	1.00 a	1.06 a	1.17 a
201~240	무처리	0.23 a	0.56 a	0.89 a	1.00 a	1.22 a
	3000		0.44 a	1.00 a	1.11 a	1.22 a
	8		0.33 a	0.61 a	0.72 a	0.94 a
	16		0.56 a	0.89 a	0.83 a	0.94 a
	32		0.61 a	0.78 a	1.00 a	1.00 a
241~270	무처리	0.17 a	0.56 a	1.00 a	1.06 a	1.22 a
	3000		0.39 a	0.83 a	0.89 a	1.06 a
	8		0.22 a	0.72 a	0.72 a	0.78 a
	16		0.39 a	0.33 a	0.56 a	0.83 a
	32		0.56 a	0.56 a	0.78 a	1.00 a
271~300	무처리	0.13 a	0.50 a	0.50 a	0.67 a	1.06 a
	3000		0.61 a	0.33 a	0.56 a	0.94 a
	8		0.39 a	0.33 a	0.50 a	0.94 a
	16		0.61 a	0.50 a	0.72 a	0.78 a
	32		0.56 a	0.67 a	0.89 a	0.89 a

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y왁스; 0: 끈적임 없음, 1: 매우 약간 끈적임, 2: 약간 끈적임, 3: 중간정도 끈적임, 4: 많이 끈적임, 5: 매우 많이 끈적임.^x던킨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-72. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	왁스 발생(0~5) ^y						
		저장기간 (저장일수+상온유통일수)						
		0	20	40	60	60+7	80	80+7
200이하	무처리	0.0 a ^x	0.6 ab	0.7 ab	0.9 c	2.4 ab	2.5 ab	2.9 abc
	3000		0.7 ab	0.9 a	1.7 bc	2.1 bc	1.6 e	2.8 abc
	8		0.8 ab	0.8 ab	1.9 ab	2.0 c	2.3 a-d	2.3 cd
	16		0.7 ab	0.7 ab	2.7 a	2.0 c	1.7 de	2.9 abc
	32		0.9 a	0.7 ab	1.9 ab	2.0 c	2.2 a-e	2.9 abc
201~240	무처리	0.0 a	0.9 ab	0.5 b	1.2 bc	2.4 ab	2.4 abc	2.2 cd
	3000		0.5 ab	0.7 ab	1.1 bc	2.0 c	2.2 a-e	2.6 bcd
	8		0.4 ab	0.7 ab	1.7 bc	2.0 c	2.6 a	2.9 abc
	16		0.6 ab	0.6 b	1.3 bc	2.0 c	1.8 cde	3.0 abc
	32		0.8 ab	0.6 b	1.1 bc	2.0 c	1.9 b-e	3.0 abc
241~270	무처리	0.0 a	0.8 ab	0.7 ab	1.2 bc	2.7 a	2.6 a	2.0 d
	3000		0.6 ab	0.7 ab	1.7 bc	2.0 c	2.1 a-e	2.9 abc
	8		0.5 ab	0.6 b	1.9 ab	2.1 bc	2.3 a-d	3.2 ab
	16		0.7 ab	0.6 ab	1.4 bc	2.2 bc	2.1 a-e	2.9 abc
	32		0.7 ab	0.6 ab	1.8 bc	2.0 c	1.9 b-e	3.4 a
271~300	무처리	0.0 a	0.7 ab	0.6 b	0.9 c	2.3 bc	2.4 abc	2.8 abc
	3000		0.6 ab	0.6 ab	1.1 bc	2.1 bc	2.1 a-e	3.6 a
	8		0.3 b	0.7 ab	1.0 c	1.9 c	2.5 ab	3.0 abc
	16		0.4 ab	0.6 ab	1.4 bc	2.0 c	2.6 a	3.6 a
	32		0.5 ab	0.6 b	1.4 bc	2.0 c	2.4 ab	2.8 abc

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y왁스; 0: 끈적임 없음, 1: 매우 약간 끈적임, 2: 약간 끈적임, 3: 중간정도 끈적임, 4: 많이 끈적임, 5: 매우 많이 끈적임.^x던킨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-73. ‘홍로’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2016).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	왁스 발생(1~5) ^y				
		저장기간 (저장온도+상온유통온도)				
		0	30	60	90	120
240~270	무처리	0.0	0.8 ab ^x	1.9 a	0.8 a	1.9 ab
	0		0.9 a	1.2 ab	0.6 ab	2.2 ab
	3000		0.7 b	1.6 a	0.8 a	1.3 b
271~300	무처리	0.0	0.9 a	0.7 b	0.8 a	2.4 a
	0		0.8 ab	0.5 b	0.4 b	1.8 ab
	3000		0.7 b	0.6 b	0.8 a	1.6 ab

^z천공 PE필름: 3000구, § 0.59mm^y왁스; 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.^x단변다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 왁스 발생을 보면(표 2-74), 2014년 무처리구의 경우 수확시 0.18이었으나 이후 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 저장 80일 후에는 0.81~1.14로 왁스 발생이 증가하였다. 그러나 하비스타와 하비스타+스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 80일 후 0.61~0.83으로 무처리구와 비교하여 적은 왁스발생을 보였다. 2015년 역시 무처리구의 경우 수확 이후 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 저장 80일 후에는 0.6~1.1로 왁스 발생 정도가 증가하였다. 하지만 에틸렌 제어제 처리구의 경우 저장 80일 후 0.1~0.7으로 무처리구와 비교하여 적은 왁스발생량을 보였다. 특히 저온저장 80일후 상온에서 7일간 모의유통한 경우 무처리구는 0.8~1.4로 급격히 증가하였지만 에틸렌제어제 처리구의 경우 0.1~0.8로 여전히 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 PE필름 처리에 따른 처리간 차이는 없었다. 2016년 ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 왁스 발생 정도를 보면(표 2-76), 무처리구의 경우 수확 이후 저장기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 저장 120일 후에는 1.9~2.4로 왁스 발생이 급격히 증가하였지만 스마트프래쉬 처리구의 경우 저장 120일 후 0.9~1.1로 무처리구와 비교하여 적은 왁스발생을 보였다. 그리고 과실 규격 처리에 따른 처리간 차이는 없었다.

표 2-74. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE 필름 처리에 따른 저장 중 과피 왁스의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	왁스 발생(0~5) ^x				
		저장기간 (일)				
		0	20	40	60	80
무처리	무처리	0.18 a ^w	0.56 a	0.75 a	0.86 a	1.14 a
	3000		0.44 ab	0.58 ab	0.72 a	1.00 ab
	8		0.39 ab	0.53 ab	0.61 a	0.86 ab ^c
	16		0.39 ab	0.42 b	0.64 a	0.81 bc
	32		0.61 a	0.61 ab	0.83 a	0.94 ab
하비스타	무처리	0.17 a	0.39 ab	0.67 ab	0.72 a	0.83 bc
	3000		0.56 a	0.56 ab	0.61 a	0.72 bc
	8		0.44 ab	0.50 ab	0.72 a	0.83 bc
	16		0.44 ab	0.67 ab	0.50 a	0.67 c
	32		0.28 b	0.61 ab	0.61 a	0.67 c
하비스타 +	무처리	0.17 a	0.44 ab	0.50 ab	0.56 a	0.72 bc
	3000		0.44 ab	0.56 ab	0.50 a	0.72 bc
	8		0.50 ab	0.39 b	0.44 a	0.67 c
	16		0.44 ab	0.44 ab	0.44 a	0.61 c
	32		0.50 ab	0.44 ab	0.50 a	0.61 c

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x왁스; 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.^w던킨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-75. ‘홍로’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	왁스 발생(0~5) ^x						
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)						
		0	20	40	60	60+7	80	80+7
무처리	무처리	0.0	0.6 b ^w	0.7 b	1.1 ab	1.9 a	0.7 abc	1.4 ab
	3000		0.8 a	0.7 b	1.2 a	2.1 a	0.6 a-d	0.9 bcd
	8		0.6 b	1.0 a	1.2 a	2.0 a	0.6 a-d	1.3 abc
	16		0.7 ab	1.6 a	1.7 a	2.0 a	1.1 a	1.8 a
	32		0.7 ab	1.4 a	1.2 a	2.0 a	0.9 ab	0.9 bcd
하비스타	무처리	0.0	0.0 c	0.2 b	0.7 bc	0.7 b	0.1 d	0.3 de
	3000		0.2 c	0.3 bc	0.9 ab	0.6 b	0.3 cd	0.4 de
	8		0.1 c	0.3 cd	0.7 bc	0.5 b	0.3 bcd	0.4 de
	16		0.2 c	0.1 bc	0.5 cd	0.5 b	0.3 cd	0.2 de
	32		0.2 c	0.3 bc	0.5 cd	0.5 b	0.5 bcd	0.2 e
스마트 프래쉬	무처리	0.0 c	0.1 de	0.4 bc	0.6 b	0.6 a-d	0.6 de	
	3000		0.2 c	0.1 cde	0.3 abc	0.5 b	0.4 bcd	0.4 de
	8		0.2 c	0.1 cde	0.3 bc	0.5 b	0.3 bcd	0.3 de
	16		0.1 c	0.2 de	0.2 cd	0.5 b	0.7 a-d	0.7 cde
	32		0.1 c	0.0 cd	0.1 cd	0.5 a	0.7 abc	0.8 bcd
하비스타 +	무처리	0.2 c	0.7 de	0.7 cde	0.7 b	0.3 bcd	0.4 de	
	3000		0.3 c	0.4 e	0.8 de	0.5 b	0.2 cd	0.1 e
	8		0.2 c	0.4 de	0.7 de	0.5 b	0.1 d	0.6 de
	16		0.2 c	0.5 de	0.6 de	0.5 b	0.1 d	0.2 de
	32		0.2 c	0.5 e	0.5 e	1.9 b	0.3 bcd	0.5 de

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x왁스; 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.^w던킨다중검정, $p = 0.05$.

표 2-76. ‘홍로’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	왁스 발생(1~5) ^y				
		저장기간				
		0	30	60	90	120
240~270	무처리	0.0	2.0 bc ^x	1.9 a	0.8 a	1.9 a
	스마트프래쉬		1.7 b	0.6 b	0.4 b	0.9 b
271~300	무처리	0.0	2.2 ab	0.7 b	0.8 a	2.4 a
	스마트프래쉬		2.5 a	0.4 b	0.2 b	1.1 b

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y왁스: 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.^x던킨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 왁스의 발생 정도를 보면(표 2-77, 2-78, 2-79), 2014년과 2015년 모든 처리구에서 저장기간동안 왁스가 발생하지 않았다. 또한 2016년에도 모든 처리구에서 왁스가 발생하지 않았다.

표 2-77. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2014).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	왁스 발생(0~5) ^y				
		저장일수 (일)				
		0	45	90	135	180
300~340	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0
341~380	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0
381~420	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0

^zPE필름 천공수; 3000: $\phi 0.59\text{mm}$; 8, 16, 32: $\phi 5.9\text{mm}$ ^y왁스: 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.

표 2-78. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2015).

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	왁스 발생(1-5) ^y							
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)							
0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7	
300~340	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
341~380	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
381~420	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

^zPE필름 천공수; 3000: ø 0.59mm; 8, 16, 32: ø 5.9mm^y왁스; 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.**표 2-79. ‘감홍’ 사과의 규격 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2016).**

과실크기 (g)	PE필름 천공수 (구) ^z	왁스 발생(0-5) ^y		
		0	45	90
300~340	무처리	0.0	0.0	0.0
	0		0.0	0.0
	3000		0.0	0.0
341~380	무처리	0.0	0.0	0.0
	0		0.0	0.0
	3000		0.0	0.0

^z천공 PE필름: 3000구, ø 0.59mm^y왁스; 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.^x던컨다중검정, $p = 0.05$.

저장기간동안 ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 왁스의 발생 정도를 보면(표 2-80, 2-81, 2-82), 2014년과 2015년 모든 처리구에서 저장기간동안 왁스가 발생하지 않았다. 또한 2016년 저장 90일이 지난 현재까지 모든 처리구에서 왁스가 발생하지 않았다.

표 2-80. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2014).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	왁스 발생(0-5) ^x				
		저장기간 (일)				
0	45	90	135	180		
무처리	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0
하비스타	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0
하비스타	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
+ 스마트프래 쉬	3000		0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0

^z하비스타: 수체살포용 1-MCP; 스마트프래쉬: 훈증용 1-MCP^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x왁스: 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2:약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4:많이 끈적임; 5:매우 많이 끈적임.

표 2-81. ‘감홍’ 사과의 에틸렌 제어제 및 PE필름 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2015).

처리 ^z	PE필름 천공수 (구) ^y	왁스 발생(1-5) ^x							
		저장기간 (저온저장일수+상온유통일수)							
0	45	45+7	90	90+7	135	135+7	180	180+7	
무처리	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
하비스타	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
스마트 프래쉬	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
하비스타	무처리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
+ 스마트 프래쉬	3000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	32		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

^z하비스타 : 수체살포용 1-MCP, 스마트프래쉬 : 훈증처리용 1-MCP.^yPE필름 천공수; 3000: ⌀ 0.59mm; 8, 16, 32: ⌀ 5.9mm^x왁스: 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2:약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4:많이 끈적임; 5:매우 많이 끈적임.

표 2-82. ‘감홍’ 사과의 규격 및 에틸렌 제어제 처리에 따른 저장 중 왁스의 변화(2016).

과실크기 (g)	처리 ^z	왁스 발생(0~5) ^y		
		0	저장기간 (일) 45	90
300~340	무처리	0.0	0.0	0.0
	스마트프래쉬		0.0	0.0
341~380	무처리	0.0	0.0	0.0
	스마트프래쉬		0.0	0.0

^z스마트프래쉬: 훈증처리용 1-MCP^y왁스: 0: 끈적임 없음; 1: 매우 약간 끈적임; 2: 약간 끈적임; 3: 중간정도 끈적임; 4: 많이 끈적임; 5: 매우 많이 끈적임.

3년간의 연구결과 ‘홍로’와 ‘감홍’ 사과의 수확시 과실 크기 및 하비스타 처리에 따른 과실품질 특성은 차이를 보이지 않았으며, ‘홍로’와 ‘감홍’ 사과의 저장 중 과실 크기처리에 따른 과실품질 역시 차이를 보이지 않았다. ‘홍로’ 사과의 경도는 무처리구의 경우 수확시 60.8N이던 경도가 저장 80일 후 52.2~56.0N으로 감소하였지만, 하비스타(56.0~58.9N), 스마트프래쉬(57.1~58.7N), 그리고 하비스타+스마트프래쉬(56.2~60.2N) 처리구의 경우 저장 80일 후에도 무처리구와 비교하여 높게 유지되었다. 그리고 산 함량 역시 무처리구의 경우 수확시 0.23%이던 산 함량이 저장 80일 후 0.12~0.13%로 감소하였지만 하비스타(0.14~0.17%)와 스마트프래쉬(0.15~0.18%) 및 하비스타+스마트프래쉬(0.16~0.18%) 처리구의 경우 저장 80일 후에도 무처리구와 비교하여 여전히 높게 유지되었다. ‘감홍’ 사과의 내생에틸렌 발생량은 무처리구의 경우 수확시 $2.3\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 이던 에틸렌 발생량이 저장 180일 후 38.4~79.3 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 급격히 증가하였지만, 스마트프래쉬(0.7~1.1 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)와 하비스타+스마트프래쉬(1.3~1.8 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) 처리구의 경우 저장 180일 후에도 무처리구와 비교하여 현저히 낮게 유지되었다. 또한 중량 감모율은 PE필름을 처리하지 않은 무처리구의 경우 저장 180일 후 4.8~5.1%가 감소하였지만 PE필름 처리구의 경우 0.7~2.3%로 무처리구와 비교해 현저히 적은 중량 감모율을 보였다.

따라서 ‘홍로’와 ‘감홍’ 사과의 경도, 산 함량 감소 억제와 내생에틸렌 발생량의 증가를 억제하는데 에틸렌 제어제인 스마트프래쉬가 가장 효과적이며, 또한 수확전 하비스타 처리도 효과적이었다. 그리고 과실 중량 감소를 억제하는데 PE필름 포장처리가 효과적이었다.

제3절 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발(제3세부)

1. ‘홍로’ 및 ‘감홍’사과에 발생하는 주요 병해 조사(2014)

가. 주요 질병 조사 방법

‘홍로’, ‘감홍’ 사과를 재배하는 경북 군위군의 재배농가를 선정하여 매월 2회에 걸쳐 주요질병 (점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 탄저병, 겹무늬썩음병) 조사를 실시하였다. 잎에 발생하는 병해는 발병 초기인 7월부터 10월까지 조사하였고, 과실은 8월 이후부터 수확 전까지 조사를 실시하였다. 주요 질병 조사방법은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 고시한 농약등록 약효·약해시험 세부지침에 따라 조사하였다. 품종당 사과나무는 구당 6주씩 3반복으로 지정하여 총 24주에 대해 조사하였고, 사과나무 조사대상 병해는 잎에서 발생하는 갈색무늬병, 점무늬낙엽병은 시험구당 200엽 이상의 잎을 조사하여 병든 잎을 계수하여 이병엽율로 환산하였다. 이병엽율 계산방법은 다음과 같다.

$$\text{이병엽율 (\%)} = (\text{이병엽수}/\text{조사엽수}) \times 100$$

과실에 발생하는 탄저병과 겹무늬썩음병은 이병과율을 조사하였다. 조사방법은 8월부터 과실에 발생한 탄저병과 겹무늬썩음병을 조사대상으로 선정하여 이병과율을 조사하였다. 시험구당 6나무를 지정하여 3반복으로 조사하였으며, 조사대상 나무의 과실을 전수 조사하고, 이병과실을 계수하여 이병과율로 환산하였다. 이병과율 계산방법은 다음과 같다.

$$\text{이병과율 (\%)} = (\text{이병과수}/\text{조사과수}) \times 100$$

‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생하는 주요질병 조사일자는 6월 11일, 6월 25일, 7월 9일, 7월 29일, 8월 11일, 8월 29일, 9월 11일, 9월 25일, 10월 8일이었다.

나. 군위군 효령면 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과나무 주요 질병 조사결과

‘홍로’, ‘감홍’ 사과나무에 발생하는 주요 질병을 2014년 5월부터 10월까지 조사하였다. 군위군 효령면 소재의 사과원을 선정하여 연간 11회 살균제 살포프로그램을 살포하였으며, 살포프로그램 내용은 표 3-1과 같다.

표 3-1. ‘홍로’, ‘감홍’사과 살균제 살포프로그램 (2014년, 군위군)

회차	살포일	살균제 종류
개화 전	4/16	fluquinconazole + flusilazole
만개 후	5/2	cyprodinil + difenoconazole
3회	5/13	propineb
4회	5/23	kresoxim-methyl
5회	6/2	dithianon
6회	6/12	captan
7회	6/26	fluazinam
8회	7/11	pyraclostrobin
9회	7/24	acibenzolar-S-methyl + dithianon
10회	8/11	metconazole
11회	8/22	difenoconazole + iminoctadine-triacetate

2014년 군위군의 날씨를 살펴보면 평균기온의 경우 6월부터 8월 사이 21.2~24.9°C로 형성하였다(그림 3-1A). 주요질병의 포자비산과 감염시기에 해당하는 5~6월 사이 61 mm의 적은 양의 비가 내렸고, 7월의 경우에도 110 mm 이하의 강우로 주요질병 발생이 매우 미미하였다. 하지만 늦은 장마로 인해 8월에만 약 400 mm의 강우가 발생하였고, 9~10월까지 100 mm의 비가 내려 주요질병의 발생이 8월 이후부터 급격하게 증가한 것으로 판단되었다. 이러한 기상환경으로 인해, 7월 말까지 점무늬낙엽병의 이병엽율이 3% 미만이고, 갈색무늬병의 발생은 8월 11일까지 찾아볼 수 없었다. 하지만 8월 하순부터 발생한 갈색무늬병은 10월까지 꾸준히 증가하는 추세를 보였다. 2014년 경북 군위군의 기상개황을 살펴본 결과, 월 평균기온은 평년과 유사하였다. 하지만 늦은 장마로 인해 강우량이 8월에 집중된 것과 9월과 10월까지 100 mm 가량의 강우로 인해, 초기 병 발생은 늦춰졌으나 10월 이후까지 꾸준히 병이 발생한 것으로 판단되었다.

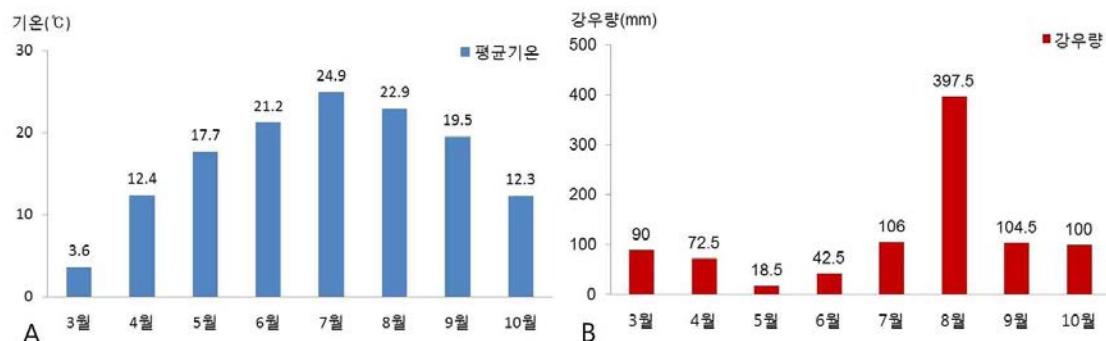


그림 3-1. 군위군의 2014년도 평균기온 및 강우량 기상자료 (좌:평균기온, 우:월 강우량)

각각의 품종별로 사과 주요 질병을 조사한 결과, 7월 중순까지 갈색무늬병, 점무늬낙엽병 등의 병을 찾아볼 수 없었다. 다만 일부 사과나무에서 0.01 % 내외의 점무늬낙엽병이 발생하였다. 하지만 7월 말부터 점무늬낙엽병이 발생하기 시작하여 9월 이후에는 급격히 증가하는 추세를 보였다(그림 3-2).

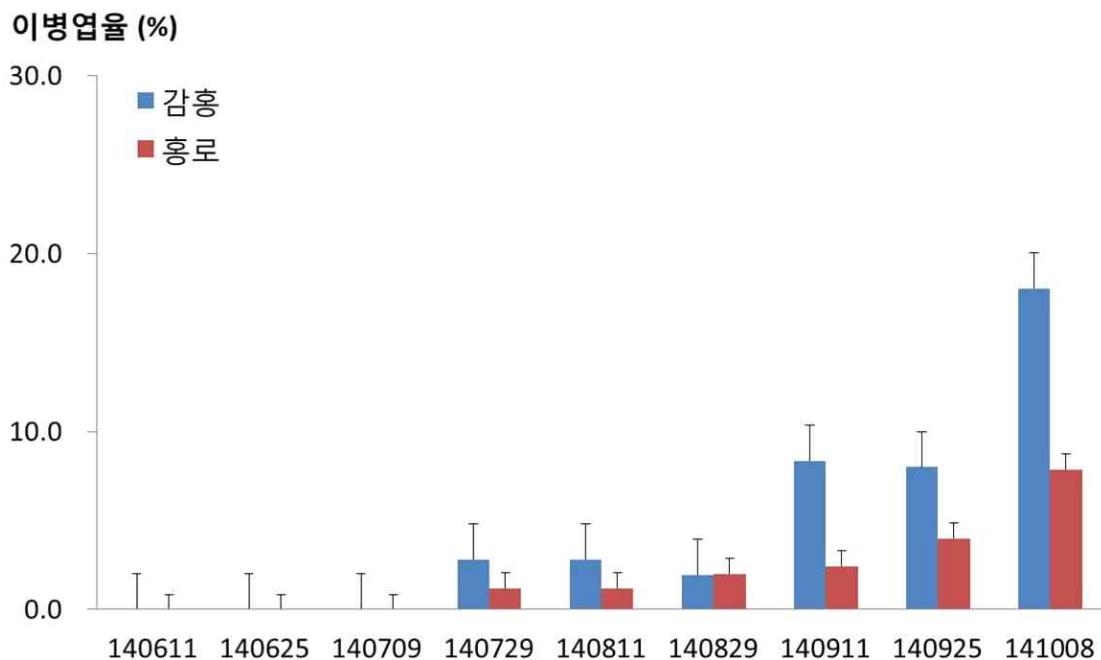


그림 3-2. ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생한 점무늬낙엽병 이병엽율 조사결과 (2014년, 군위군)

특히 살균제 살포를 마친 8월 말부터 ‘홍로’, ‘감홍’에 발생한 점무늬낙엽병의 이병엽율을 꾸준히 증가하였고, 마지막으로 조사한 10월 8일경에는 ‘홍로’사과는 7.9 %, ‘감홍’사과는 18.1 %의 이병엽율을 보였다. 금년의 경우 늦은 장마로 인해 주요질병의 발생이 살균제 살포프로그램이 끝나는 시점까지 늦춰졌고, 9월부터 살균제 살포를 하지 않음으로 인해 10월까지 증가한 것으로 판단되었다. ‘홍로’사과의 경우, 7월 29일 이후부터 꾸준히 점무늬낙엽병의 이병엽율이 증가하였고, ‘감홍’사과에는 미치지 못하였으나, 약 10%대의 이병엽율을 나타내었다. 특히 늦은 장마가 끝난 8월 29일 이후부터 다소 급격하게 증가하였다.

갈색무늬병의 발생은 8월 11일까지 모든 과원에서 1~2 일 가량 찾아볼 수 있을 만큼 그 발생율이 매우 낮았으나, 8월 하순부터 0~0.1%의 이병엽율을 보였다(그림 3-3). 갈색무늬병의 이병엽율이 8월 하순부터 10월까지 꾸준히 증가한 이유는 늦은 장마로 인해 8~9월 발생한 강우와 살균제 살포프로그램이 8월 하순 종료된 것에 기인한 것으로 판단된다. 갈색무늬병의 발생은 마지막 조사시기였던 10월까지 꾸준히 증가하였고, 일부 나무에서는 조기낙엽 증상이 나타나기도 하였다.

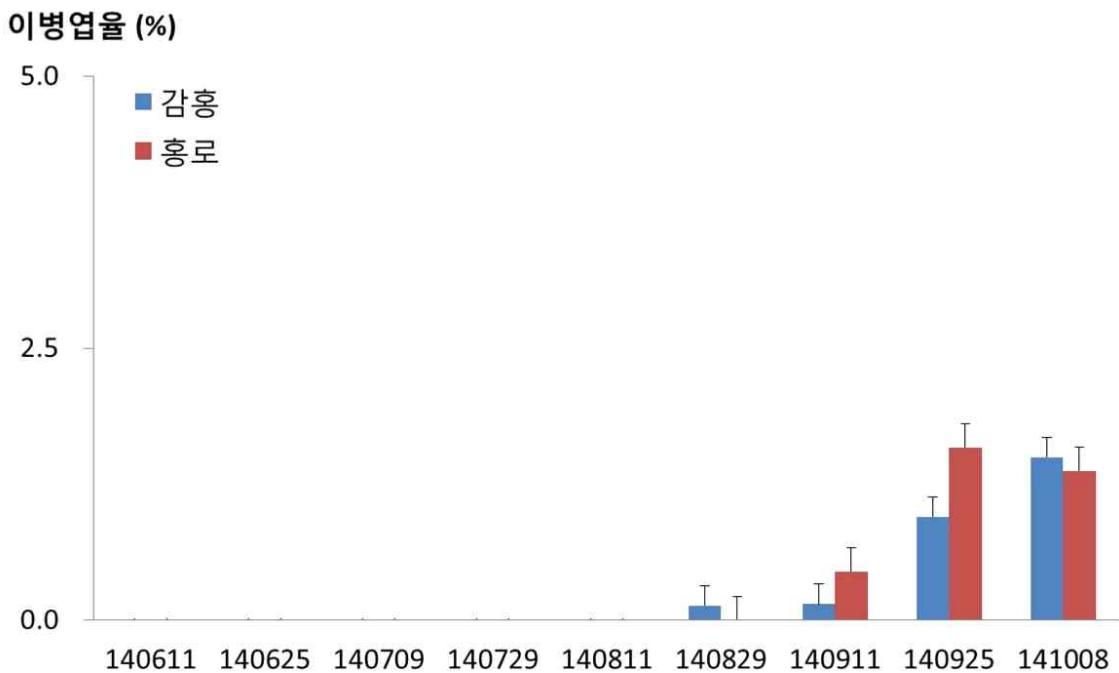


그림 3-3. ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생한 갈색무늬병 이병율 조사결과 (2014년, 군위군)

갈색무늬병의 발생은 사과나무의 초기낙엽을 일으켜 미성숙과 생산뿐만 아니라 사과나무 수세에도 큰 영향을 끼치는 주요관리 병해이다. 따라서, 갈색무늬병의 발생은 차년도 사과나무 생장에도 큰 영향을 끼치므로 관리가 필요하며, 낙엽된 병든 잎에서 월동하고 차년도에 초기감염원이 될 수 있으므로 낙엽된 병든 잎을 수거하여 소각하거나, 적절한 동계방제가 필요할 것으로 판단된다.

‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생한 탄저병은 8월 초순까지 모든 나무에서 찾아볼 수 없을 만큼 그 발생이 미미하였다(그림 3-4). 하지만 8월 11일 조사 이후 다음 조사일자인 8월 29일 사이 11회 살균제 살포가 있었음에도 불구하고 홍로에서 산발적으로 발생하였다. 그 발생비율은 4%에 불과하였으나, 수확기가 가까웠던 ‘홍로’사과의 상품성에 피해를 끼쳤다. 이 후, 다음 조사시기인 9월 11일에는 이미 ‘홍로’사과는 수확한 상태라 더 이상 병해조사는 이뤄지지 않았다.

‘감홍’사과의 경우 홍로와 마찬가지로 탄저병의 발생이 8월 하순까지 없었으나, 9월 11일 조사에서 4%의 이병과율을 보였다. 이후 10월까지 ‘감홍’사과에서는 탄저병으로 인해 2~3%의 이병과율을 보였다. 9월 초순에 비해 9월 하순 탄저병 이병과율이 낮게 나타난 것은 9월 11일 탄저병 이병과율 조사 후 조사대상 나무에서 감염된 탄저병 과실을 제거하였기 때문인 것으로 판단된다.

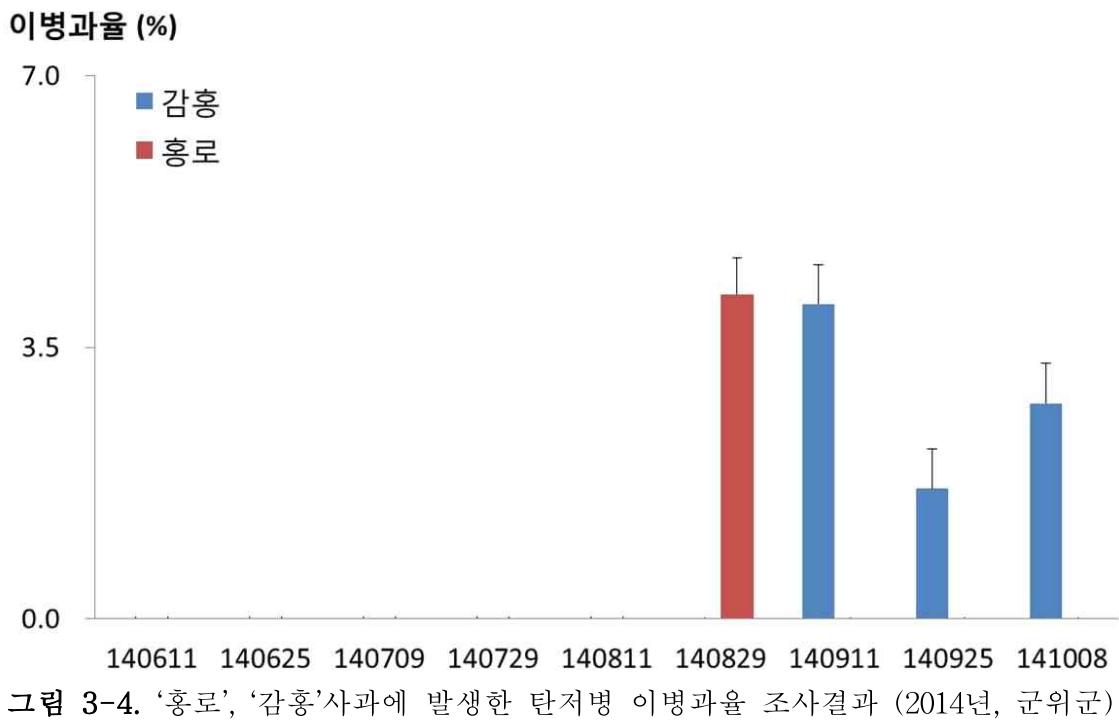


그림 3-4. ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생한 탄저병 이병과율 조사결과 (2014년, 군위군)

과실에 발생하는 주요 병해 중 하나인 겹무늬썩음병은 조사기간동안 본 과원에서는 발생하지 않았다. ‘홍로’사과의 마지막 조사일자인 8월 29일에도 관찰되지 않았으며, ‘감홍’사과의 마지막 조사일자인 10월 8일에도 관찰되지 않았다. 본 과수원의 경우, 전년도에도 겹무늬썩음병 발생이 거의 없었던 농가로, 올해 기상조건과 전염원이 없어, 올해 발생하지 않은 것으로 판단된다.

2014년 ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생하는 주요질병(갈색무늬병, 점무늬낙엽병, 탄저병, 겹무늬썩음병)을 조사한 결과, 기상조건의 영향으로 모든 병해가 7월 하순 혹은 8월 상순부터 발생하였다. 이 시기는 살균제 살포프로그램 중 9-10회 차로 다소 늦은 시기에 병 발생이 시작되었고, 8월 말경 살균제 살포프로그램이 종료된 이후로 10월까지 꾸준히 주요질병의 발병율이 증가한 것으로 판단된다. ‘홍로’사과의 경우 탄저병의 피해가 8월 말경 발생하여 사과 수확에 피해를 끼쳤고, ‘감홍’사과의 경우도 탄저병이 일부 나타났다. 또한, 갈색무늬병의 발생으로 인해 10월 이후 일부 나무에서 조기낙엽 등의 피해가 나타났고, 이로 인한 사과나무 수세에 영향을 끼칠 것으로 판단된다. 또한, 낙엽된 병든 잎이 갈색무늬병균의 월동처가 되므로 이를 제거하거나, 살균제를 이용한 동계방제 등이 필요할 것으로 사료된다.

2. ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생하는 이상증상 원인균 분석(2014–2016)

가. 이상증상 원인균의 분리배양 및 동정방법

‘감홍’사과와 ‘홍로’사과에 발생한 이상증상 과실을 채집하여, 실체현미경으로 외부 표면을 관찰하여 병원균의 유무를 확인하였다. 병원균의 분리배양은 clean bench 내에서 이병부위를 잘라 70 % 에탄올, 1 % 차아염소산나트륨, 멸균수 3회로 세척하고 멸균한 필터페이퍼에서 수분을 건조시켰다. 건조된 이병부위를 PDA 고체배지에 치상하고, 25°C 배양기에서 2일간 배양한 후 생장하는 균체들을 확인하였다.

배양 2일 후 생장한 곰팡이들은 새로운 PDA 고체배지로 순수배양을 실시하였고, 배양 5일 이후부터 형태학적 특징 및 균학적 특징을 관찰하였다.

‘홍로’사과의 옅은 갈색 무름증상이 보이는 병징에서 분리된 균주를 이용하여 병원성 검정을 실시하였다. 분생포자를 형성하는 균주의 경우, 분생포자 혼탁액의 농도를 1×10^6 로 제작하여 과실표면에 상처접종을 실시하였다. 분생포자를 형성하지 않는 균주의 경우, 균총디스크(직경 5 mm)를 과실표면에 직접 치상하였다. 병원균 접종 후 포화습도 상태에서 암처리하여 24시간 방치 후, 균총디스크를 제거하고 25 °C 배양기에 방치하였다. 접종 3일 차부터 접종 부위를 관찰하고, 발병유무를 조사하였다.

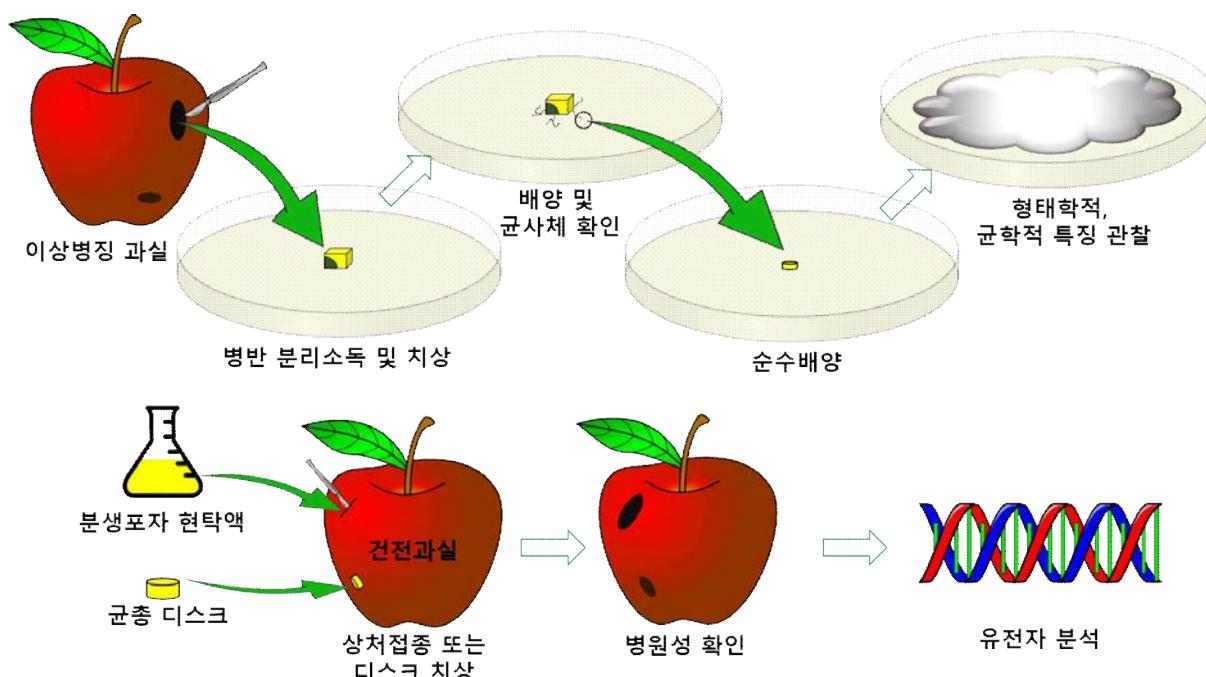


그림 3-5. 이상증상 원인균의 분리배양 및 동정실험 모식도

병원성이 확인된 곰팡이 균주는 유전자 검사를 위해, PDA 고체배지상에 생장한 균사를 포집하여 total genomic DNA를 추출하였다. 추출한 total genomic DNA를 주형 DNA로 이용하여 분리균주의 ITS영역을 ITS1F/ITS4 primer pair로 증폭 후 염기서열을 결정하였다. 염기서열 분석결과는 미국 국립생물공학정보센터(NCBI)의 blastN 프로그램을 이용하여 database에 등록된 다른 곰팡이 균주와 비교·분석하였다.

나. 이상증상 원인균의 분석 결과

2014년 6월부터 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과재배 지역에서 과실에 발생하는 이상반점 증상에 대해 조사를 실시하였다. 그 결과, 8월 이후부터 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과에서 반점증상과 과피가 움푹파이는 병징이 나타나기 시작하였다. 이러한 이상증상은 김천, 문경, 영천과 장수지역에서도 발견되었다(그림 3-6).



그림 3-6. ‘홍로’사과에 발생한 이상 반점증상 (A-C: 장수, D-F: 김천)

또한, 영천, 상주, 의성 등 ‘홍로’사과 재배지역에서도 이상반점 증상이 관찰되었다. 또한, 경북대학교 사과연구소 내 저온저장 사과에도 이상 반점증상의 과실들이 관찰할 수 있었다. 따라서 이러한 이상 반점증상이 경북의 사과재배지역 뿐만 아니라 저온저장 사과에서도 발생하고 있는 것으로 나타났다(그림 3-7).

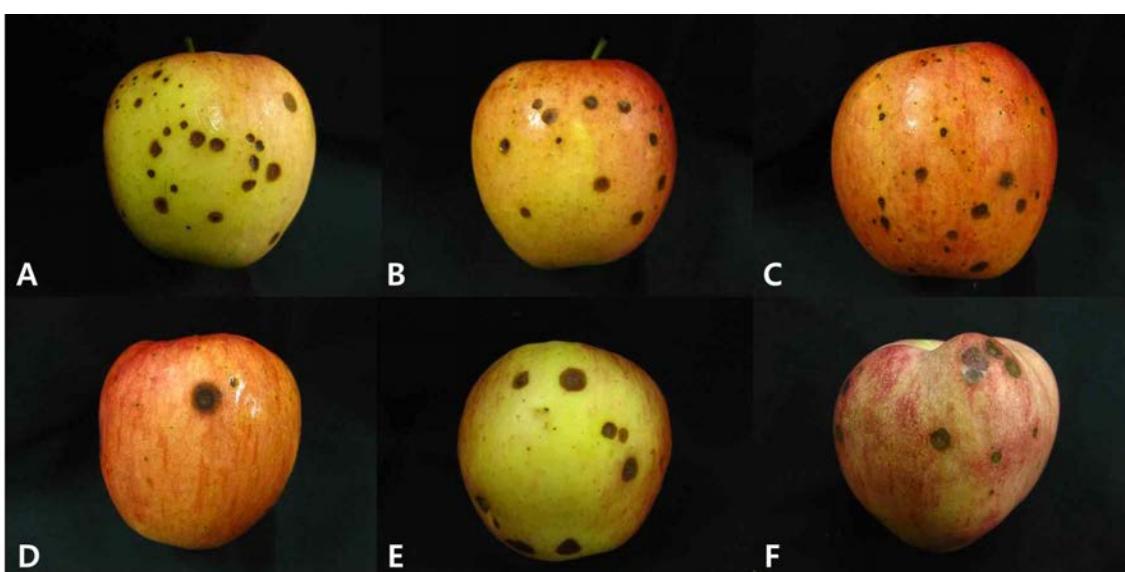


그림 3-7. ‘홍로’사과에 발생한 이상 반점증상 (A, B: 저온저장고, C, D: 영천, E, F: 의성)

이러한 이상반점 증상 사과를 채집하고, 원인을 알아보기 위해 현미경관찰, 병원균 분리 등의 다양한 방법을 시도하였다.

2014년 ‘홍로’에 발생한 이상반점 증상이 보이는 과실의 과피를 메스를 이용하여 벗겨본 결과, 과육부분이 무르는 증상을 보였다(그림 3-8). 또한 이상반점 증상이 보이는 과실을 수직으로 절단하여 과육에서의 병의 상태를 관찰한 결과, 탄저병, 겹무늬썩음병과는 다른 형태로 부패하는 것으로 나타났다.

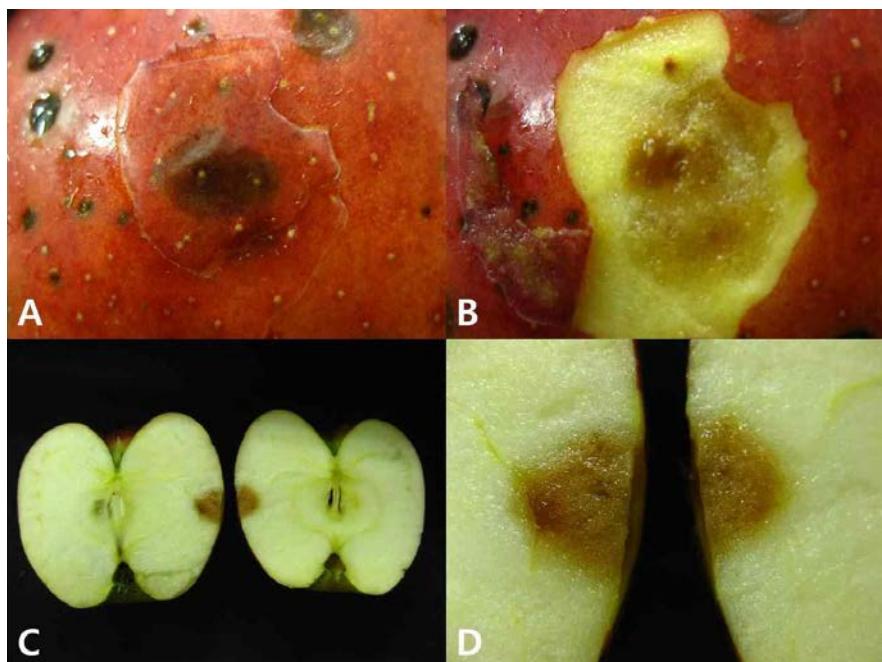


그림 3-8. ‘홍로’사과 이상 반점증상 절단 사진 (A, B : 과피 절개, C, D : 과육 병징)

이상 병징을 일으키는 원인균을 동정하기 위해, 현미경을 통한 검경과 분리배양을 실시하였다. 광학현미경을 이용하여 표면을 검경한 결과, 외부에 부생하고 있는 다양한 곰팡이들이 관찰되었으나 우점종으로 판단될만한 곰팡이의 분생포자는 관찰되지 않았다.

이상 반점 증상의 ‘홍로’사과의 병반을 분리하여 병원균의 분리배양을 시도하였다. 그 결과, 다양한 종류의 곰팡이들이 분리되었으며 이들 균주를 각각 새로운 PDA 배지에 이식하여 균학적 특징을 관찰하였다(그림 3-9).

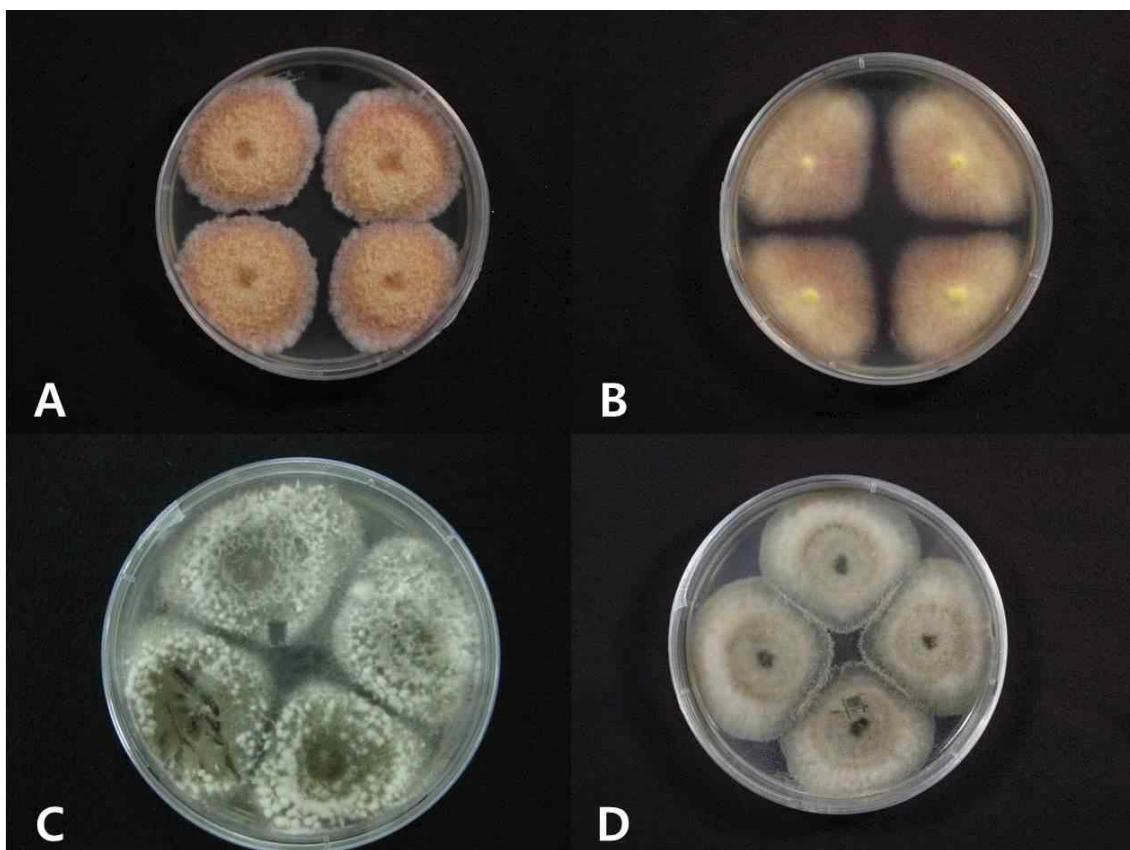


그림 3-9. ‘홍로’ 사과 이상반점 증상에서 분리한 곰팡이 균주(A, B: *Fusarium* sp.; C, D: *Alternaria* sp.)



그림 3-10. 이상 반점증상에서 분리한 곰팡이의 현미경 검정결과 (A: *Fusarium* sp.; B: *Alternaria* sp.)

분리배양한 각 균주를 광학 현미경으로 검정한 결과, *Fusarium* sp., *Alternaria* sp.의 분생포자가 관찰되었다(그림 3-10).

분리한 곰팡이의 병원성 여부를 알아보기 위해 이들 균주를 PDA 고체배지에 대량배양한 후, 분생포자를 포집하여 병원성 검정을 수행하였다. 병원성 검정은 곰팡이 포자현탁액을 1×10^6 개/ml로 조정한 후 ‘홍로’사과에 접종하였다. 그 결과, *Fusarium* sp. 균주에서만 이상 반점증상과 동일한 형태의 병징이 관찰되었다. 따라서 이상 반점증상의 원인균이 *Fusarium* sp.임을 확인하였다(그림 3-11).



그림 3-11. 이상 반점증상에서 분리한 2종의 *Fusarium* sp. 균주를 이용한 병원성 검정 결과
(A : 김천05 균주, B : 김천06 균주)

병원성이 확인된 *Fusarium* sp. 균주를 분자생물학적으로 동정하기 위해 Lysis 법으로 total genomic DNA를 추출하고(Liu et al., 2000), 분자마커인 28S rDNA gene, Translation elongation factor 1 alpha(TEF) gene, beta tubulin(Tub) gene의 단편을 증폭하여 염기서열 분석을 실시하였다.

28s rDNA gene, TEF gene 및 Tub gene의 단편을 분석한 결과 각각 520bp, 630bp, 500bp의 염기서열이 확보되었으며, 확보된 염기서열을 NCBI 사이트에서 비교 분석을 실시한 결과 각각 *Fusarium decemcellulare* AB587018, KF918553 및 AB587065와 99% 이상의 상동성을 나타내었다. 또한 확보된 28S rDNA gene, TEF 및 Tub gene 단편을 이용하여 *Fusarium* 종의 근연종과 계통분석을 실시한 결과, 사과 이상증상에서 분리된 *Fusarium* 종은 *F. decemcellulare* 와 동일한 그룹에 속하는 것으로 확인되었다(그림 3-12)

따라서, 지금까지의 실험 결과를 종합하여 볼 때 ‘홍로’사과의 이상병징에서 분리된 *Fusarium* sp.는 배양학적, 형태학적 및 분자생물학적 특징으로 관찰한 결과 *Fusarium decemcellulare* 인 것으로 판단된다.

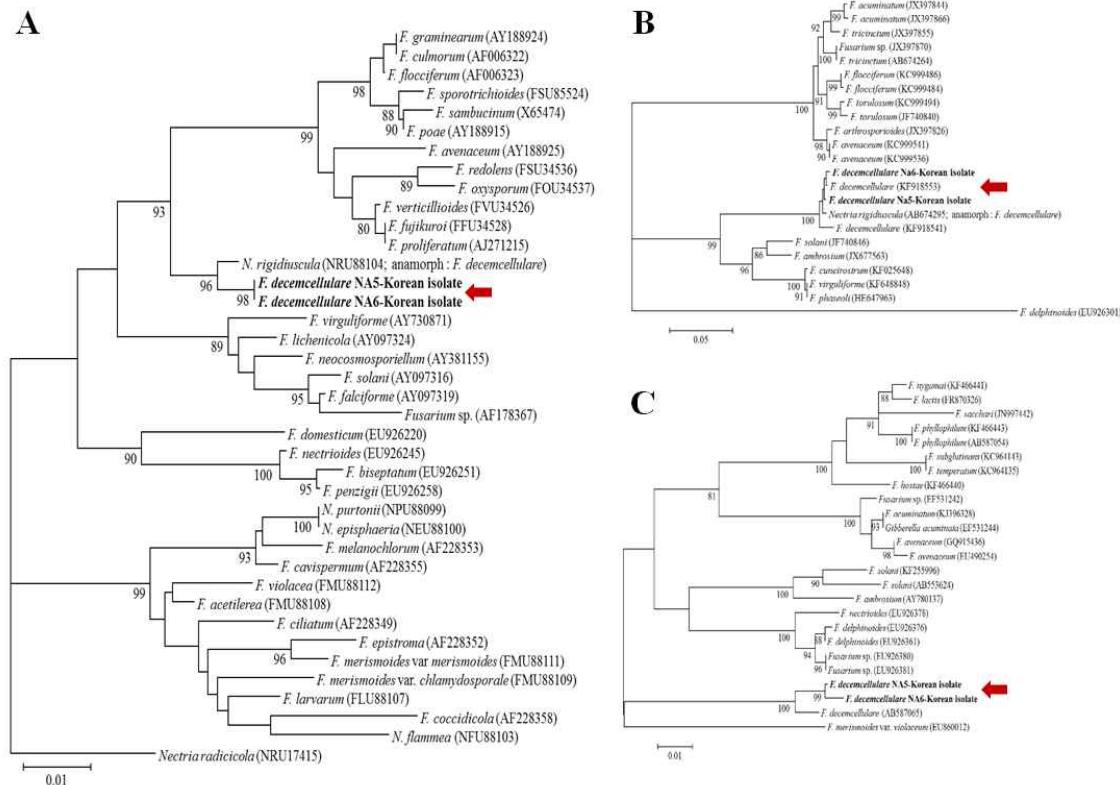


그림 3-12. *Fusarium decemcellulare*와 다른 *Fusarium* 종간의 28S rDNA gene, Tub gene과 TEF gene의 계통학적 유연관계

추가적으로 2015년 6월부터 경상북도 문경, 영주, 영천, 청송 및 김천 지역의 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과재배지역에서 이상반점 증상이 나타난 과실을 채집하였다(그림 3-13). 본 연구에서 채집한 시료는 한국과수병해충예찰센터를 통해 농가나 기술센터 등에서 분석이 불가한 이상증상인 사과시료에 한하여 수집한 것이다. 이러한 이상 반점증상은 과실에서 주로 발생하는 탄저병이나 겹무늬썩음병 등의 전형적인 병징과는 육안상 구분되었다.

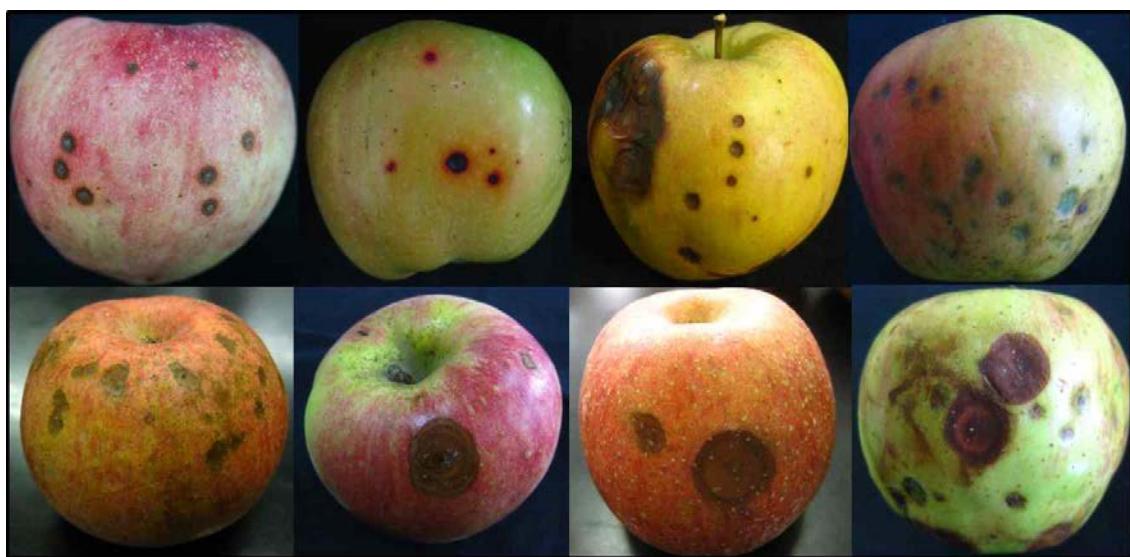


그림 3-13. 2015년 경상북도 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과재배 지역 일대에서 채집한 이상 반점 증상

또한 야외포장에서 채집된 이상 반점증상들과 유사한 증상이 경북대학교 사과연구소 내 저온저장 사과에서도 관찰되었으며, 이러한 이상 반점증상들은 경북지역의 사과 재배지역 뿐만 아니라 저온저장 사과에서도 발생하고 있는 것으로 확인되었다.

2014년에 ‘홍로’사과에서 발생한 이상병징의 원인균 확인 방법과 동일한 방법으로 저온저장창고에서 채집한 이상증상 과실에서 원인균을 분리한 결과 분리된 균주는 *Alternaria* sp.로 추정되었다(그림 3-14).



그림 3-14. 2015년 저온 저장고에서 채집된 이상 병징 및 분리된 *Alternaria* sp. 균주의 PDA 배지 상에서의 형태

또한, 각각의 병징에서 분리된 균주의 분생포자를 관찰한 결과 *Fusarium* sp., *Alternaria* sp.로 추정되는 분생포자가 관찰되었다(그림 3-15).



그림 3-15. 2015년 ‘홍로’, ‘감홍’ 이상 병징에서 분리된 *Fusarium* sp. 및 *Alternaria* sp. 균주 및 분생포자의 모습. Scale bar=20 μ m.

2014년과 마찬가지로, 2015년에 채집한 과실 이상 병징에서도 배양학적 및 분생포자 관찰결과 대부분 *Fusarium* sp. 혹은 *Alternaria* sp.가 확인되었다. 이는 2년간 이상병반에서 지속적으로 확인되었으며, 국내에서 사과에서는 *Fusarium* sp.가 병원균으로 보고되지 않았으므로, 국내에 보고되지 않은 위 병원균을 형태적 및 분자생물학적으로 동정하고자 추가 실험을 수행하였다.

배양학적 특징을 관찰하기 위해, 분리된 *Fusarium* sp. 균주를 25°C에서 배양하여 형태를 관찰하였다. 배양 초기 흰색 균사가 자라면서, 안쪽부터 노란색으로 변색이 되었고, 배양 후 10일 이후에는 분홍색에서 붉은색으로 균총이 형성되었다. 대형 분생포자는 갈고리 모양의 전형적인 *Fusarium*종의 대형분생포자 모습이었으며, 7-9개의 격막을 가지고, 평균적으로 약 71.3 x 84.6 μm 의 길이와 5.8 x 7.5 μm 의 너비 ($n=100$)를 가지는 것으로 확인되었다(그림 3-16).

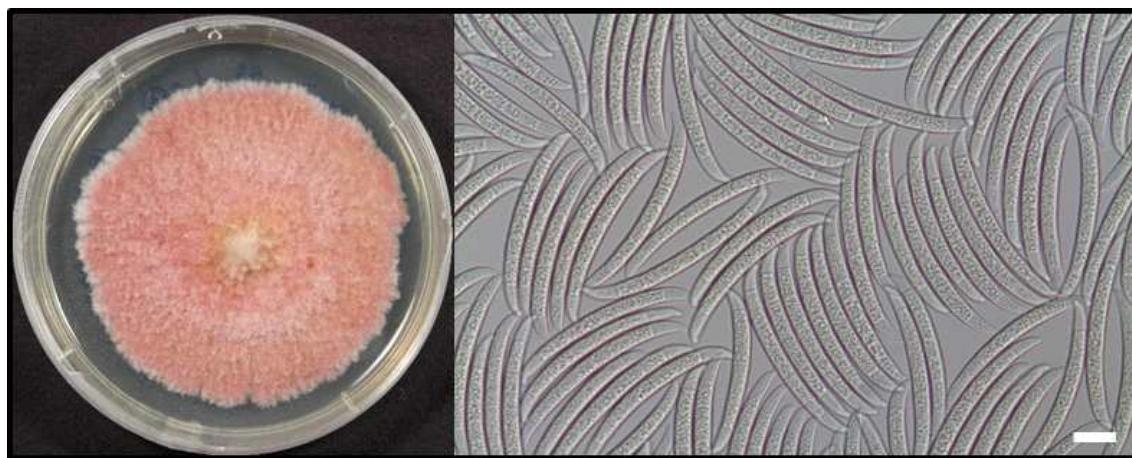


그림 3-16. 이상 반점 증상에서 분리된 *Fusarium* sp.의 PDA 배지 상에서의 형태와 관찰된 분생포자의 모습. Scale bar=20 μm .

2015년부터 이러한 이상반점 증상은 저온저장고 뿐만 아니라 9월 이후 후지품종에서도 지속적으로 확인되었다. 이러한 이상반점 증상은 이전에 관찰된 것과 같이, 과실에서 관찰 가능한 탄저병, 겹무늬썩음병 등과는 다른 병징을 나타내었다(그림 3-17).

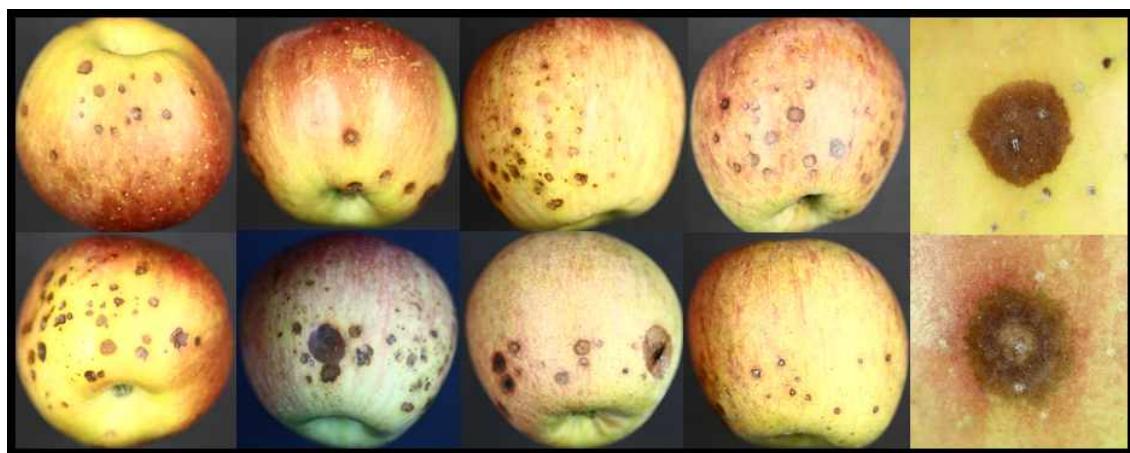


그림 3-17. 후지 품종의 사과 재배 포장에서 관찰된 이상병해 증상의 모습 및 병반의 확대 모습

‘후지’사과에서 발견된 병징에서는 기존에 ‘홍로’사과에서 분리되었던 *F. decemcelluare*와는 다른 배지상의 형태, 분생포자의 형태 등이 확인되었다. 또한 확보된 *Fusarium* sp. 균주를 ‘홍로’ 과실에 접종한 결과, 과실에서도 병원성이 확인되었다(그림 3-18).

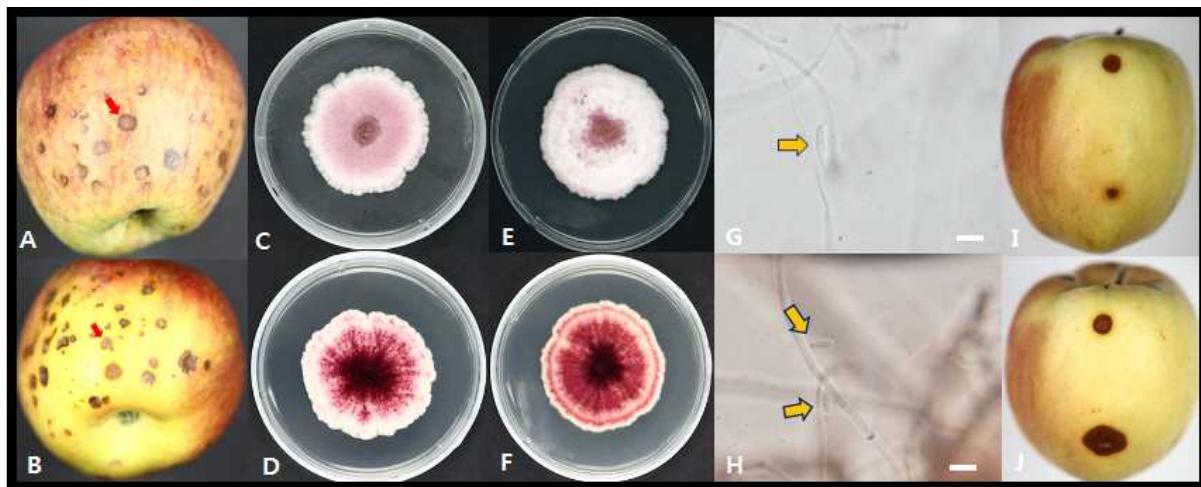


그림 3-18. 이상반점 증상에서 분리된 *Fusarium* sp., 관찰된 분생포자 및 병원성 검정 결과.
Scale bar=10 μm, 노란색 화살표: 분생포자, A-B: 이상증상 관찰된 병반, C-F: 분리된 *Fusarium* sp., G-H: 관찰된 분생포자, I-J: 병원성 검정결과

분리된 병원균의 보다 정확한 동정을 위해 분리된 균주에서 계대배양을 실시하고, total DNA를 추출하여 *Fusarium* spp.의 동정에 이용되는 elongation factor, RPB1, RPB2 gene을 증폭시키는 primer로 PCR 후 염기서열 분석을 수행하였다.

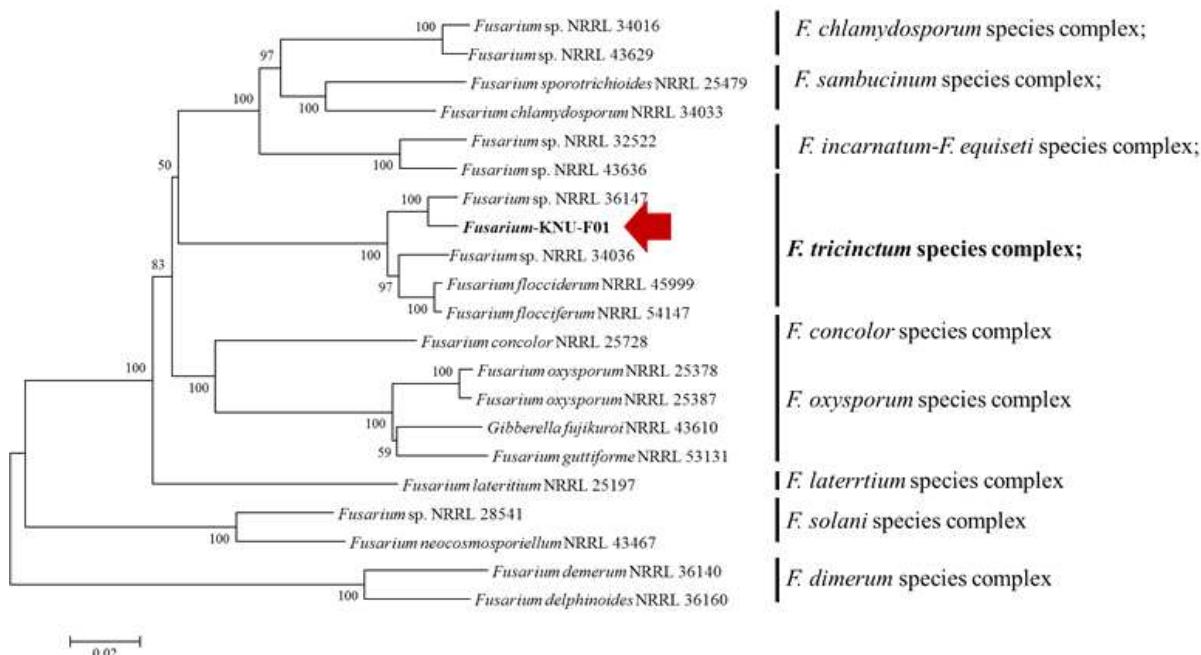


그림 3-19. 과실 이상증상에서 분리된 *Fusarium tricinctum*의 elongation factor, RPB1 및 RPB2 유전자를 이용한 *Fusarium* 균연종과의 계통학적 유연관계

RPB1, RPB2, elongation factor gene을 이용하여 염기서열을 확보 후 (약 3,800 bp) 계통학적 유연관계 분석을 실시한 결과, ‘홍로’사과의 이상병증에서 동정한 *F. decemcelluare* 와 구별되는 *F. tricinctum*인 것으로 확인되었다. 따라서 과실에는 아직 국내에 보고되지 않은 다수의 *Fusarium* spp.에 의해 이상 병반이 유발되는 것으로 판단되었다.

2014년부터 2016년까지 사과 과실에서 발생한 이상병증의 원인균을 분석한 결과, 사과 이상반점 증상에서 *Fusarium* spp.가 분리되었으며, 이러한 이상 반점 증상은 야외 포장 및 저온저장 창고 모두에서 발생되는 것으로 확인되었다.

이상병증에서 분리된 *Fusarium* spp.의 정확한 종 동정을 위한 다자위 염기서열 분석 (multi-locus sequence analysis) 결과, ‘홍로’사과에서 분리한 병원균은 *F. decemcelluare*였고, ‘후지’사과에서 분리한 병원균은 *F. tricinctum*인 것으로 확인되었으며 모두 ‘홍로’사과에 대하여 병원성을 가지고 있는 것으로 확인되었다.

Fusarium spp.에 의한 과실썩음병은 크로아티아에서 저장중인 골든델리셔스, 조나골드, 펑크 레이디 품종 등에 발생한다고 보고되어 있으며, ITS 영역과 형태적으로 동정한 결과 5종으로 분리되었고, 그 중 가장 주요하게 발생하는 병원균은 *F. avenaceum*으로 보고되었다(Sever et. al., 2012). 또한 미국에서는 갈라 품종에서 저장중인 과실에서 *F. avenaceum*에 의한 저장병해가 보고되어 있다.

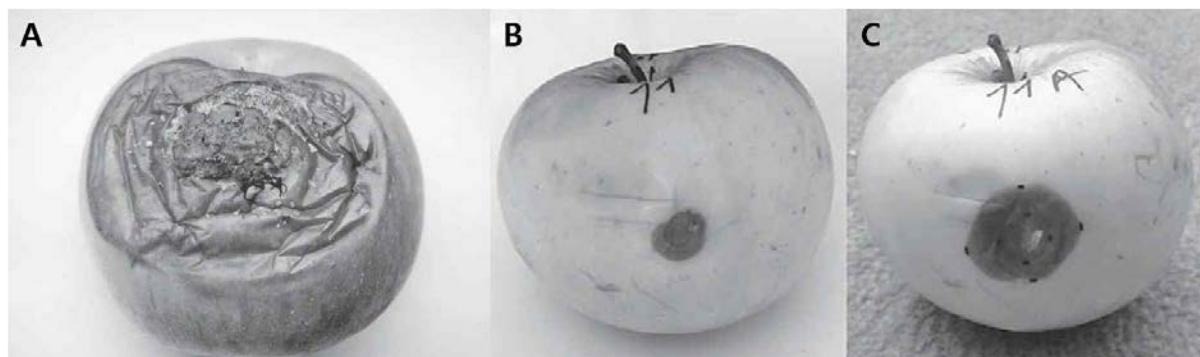


그림 3-20. 크로아티아에서 *Fusarium* spp.에 의해 발생한 저장사과 과실썩음병 (A: 병증; B: 병원성 실험 2주차; C: 병원성 실험 3주차)

해외에서 *Fusarium decemcelluare*은 멕시코, 베네수엘라, 미국 등지에서 망고나무에 흑을 형성시키는 것으로 알려져 있고, 중국에서는 망고나무에 가지마름병을 일으키며, 남미에서는 아보카도의 저장 병해로 보고되어 있다(Qi et. al., 2013).



그림 3-21. 중국에서 *F. decemcellulare*에 의해 발생한 망고 가지마름병 (A, B: 병증; C: 병원성 실험)

국내에서 *Fusarium decemcelluare*에 대한 보고는 1999년에 무궁화에 대한 병원성이 보고되어 있으나 해당 발표에서는 분자생물학적 분석을 수행하지 않았다. 이후 지금까지 사과에 대한 *Fusarium decemcelluare*에 의한 질병은 국내에 보고된 바가 없다.

해외에서 *Fusarium tricinctum*은 미국과 중국 등에서 콩의 뿌리썩음병을 발생시키는 것으로 보고되고 있으며 이외에도 연꽃과 백합 등에 병원성이 보고되고 있다.

*Fusarium tricinctum*의 존재는 국내에도 이미 보고되어 있으나 대부분 내생균으로서 보고되어 있으며 병원성에 대한 보고는 최근 아로니아의 열매썩음병 원인균에 대한 보고가 유일하며, 사과에 대한 병원성은 아직까지 보고된 바가 없다.

결론적으로 본 연구를 통해 사과 과실에서 발견된 국내에서 *Fusarium* spp.에 의한 병반과 병원성은 지금까지 국내에 보고된 바 없으나, 지속적으로 발생하는 것으로 확인 되었으므로 신속하게 방제방법을 모색해야 할 것으로 사료된다.

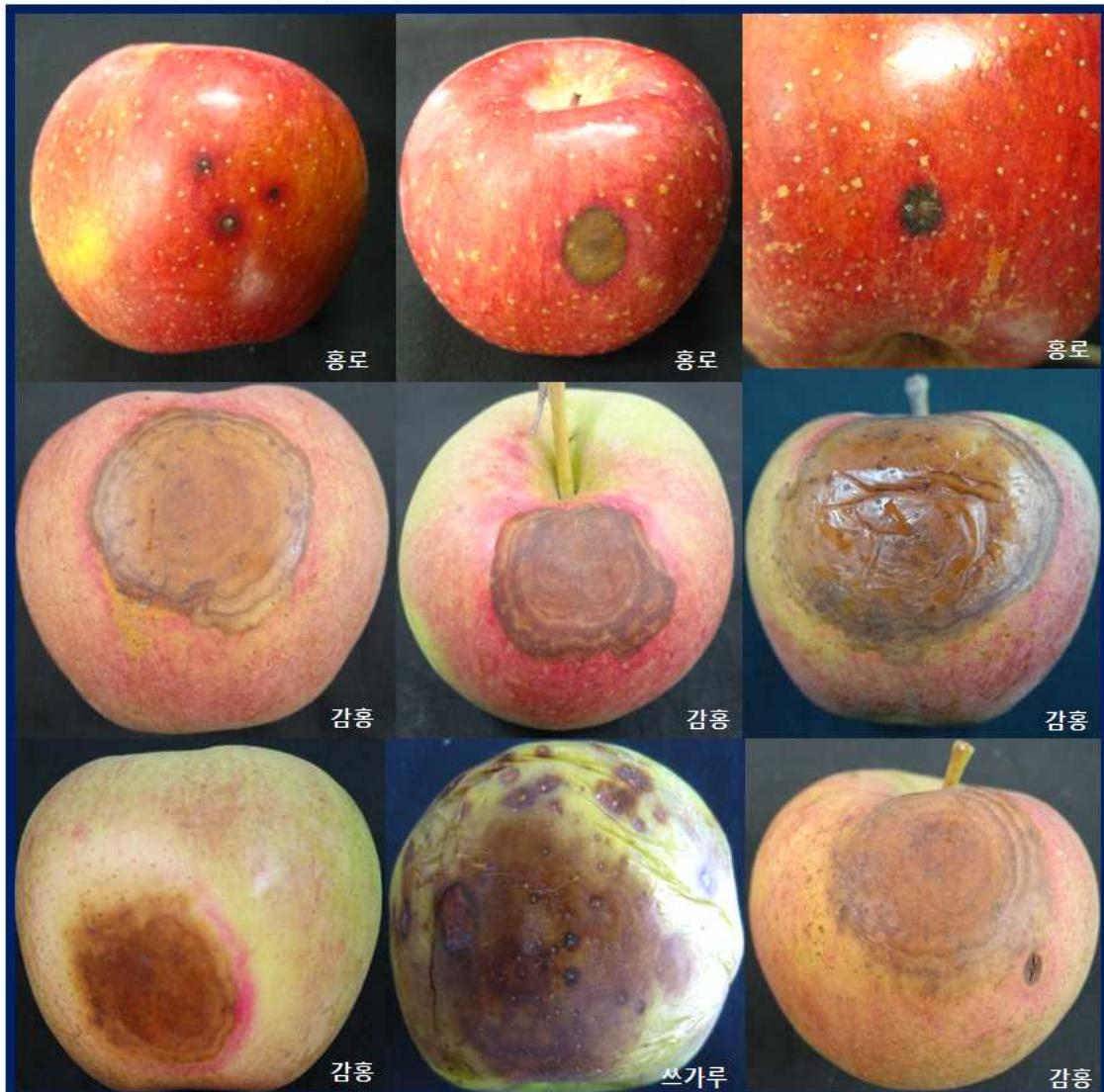
본 연구를 통해, 일반 사과원과 저장고에서 관찰되는 대부분의 저장병해는 탄저병 및 겹무늬썩음병에 의한 것으로 파악되었다.

탄저병이나 겹무늬썩음병의 병징과 다른 모양을 가지는 이상 반점 증상은 *Alternaria* sp., 및 사과에 미보고된 *Fusarium* spp.가 관여하는 것으로 확인 되었다. 특히 *Fusarium* spp.에 의한 병해는 사과원 및 저장고에 많이 분포하고 있을 것으로 사료되며, 진단법 및 방제 방법이 모색되어야 할 것으로 보인다.

3. 사과 이상 질병의 진단 매뉴얼 작성(2016)

가. 사과에 발생하는 주요 병해 및 이상병징의 특징

사과 겹무늬썩음병 (White rot)

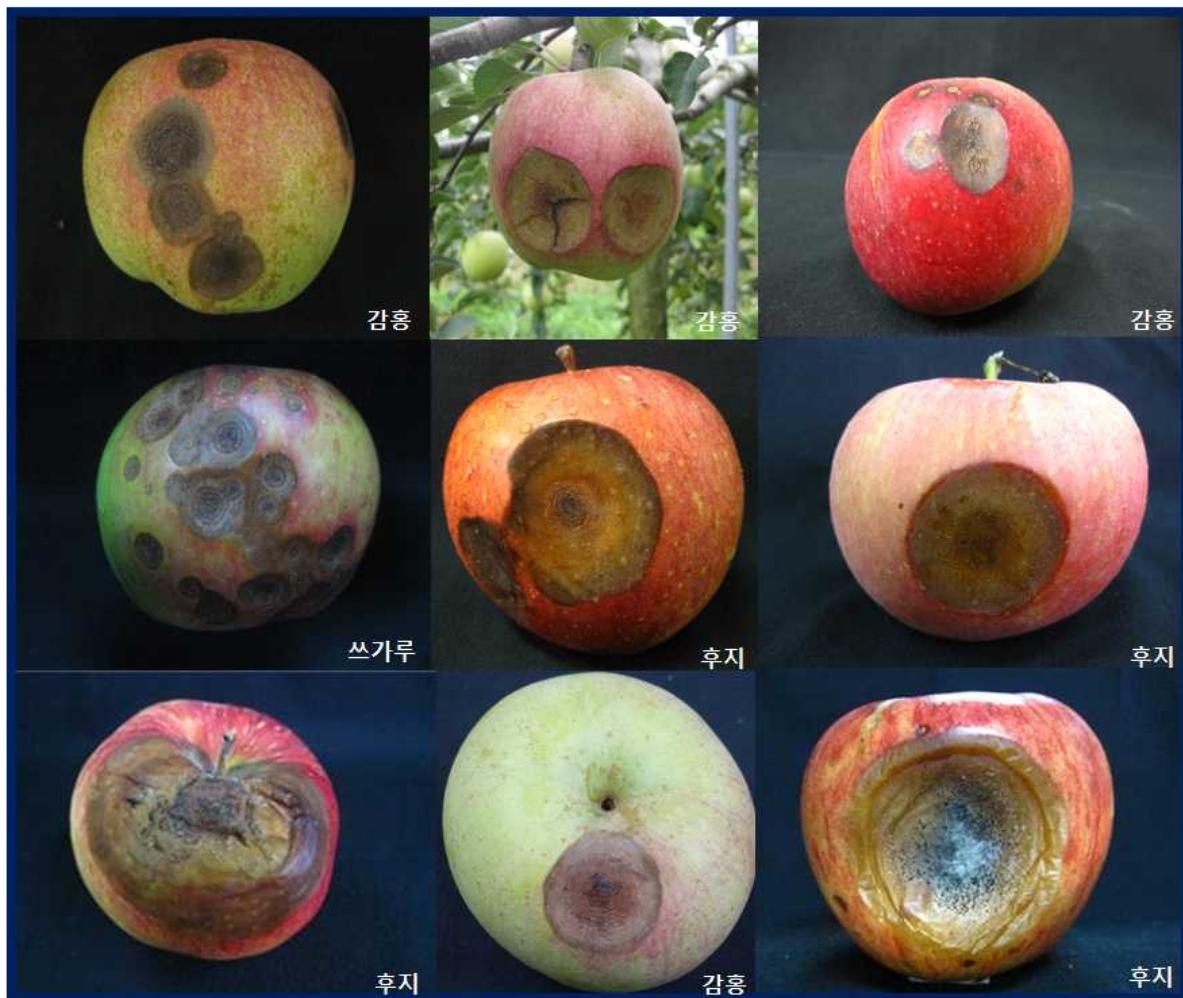


겹무늬썩음병균(*Botryosphaeria dothidea*)



그림 3-22. 사과겹무늬썩음병으로 진단된 이상 과실 및 이상 과실의 병반에서 분리된 겹무늬썩음병균의 배지상의 형태 및 분생포자

사과 탄저병 (Anthracnose, Bitter rot)



사과탄저병균 (*Colletotrichum gloeosporioides*)



그림 3-23. 사과탄저병으로 진단된 이상 과실 및 병반에서 분리된 탄저병균의 배지상의 형태 및 분생포자

사과 점무늬낙엽병 (Alternaria fruit spot)



사과점무늬낙엽병균 (Alternaria spp.)



그림 3-24. 사과점무늬낙엽병으로 진단된 이상 과실 및 병반에서 분리된 점무늬낙엽병균의 배지상의 형태 및 분생포자

사과 과실에 주요한 병해인 사과 탄저병과 사과 겹무늬썩음병은 대부분 과실에서의 병징으로 명확하게 구분된다. 겹무늬썩음병의 경우, 진전된 병반에서는 황갈색과 갈색이 교호하는 동심윤문이 명확하게 관찰되지만, 탄저병의 경우 잿은 갈색의 작은 반점이 형성되면서 확대되어 핵몰된 갈색의 대형 병반이 형성되는 차이를 확인할 수 있다. 탄저병의 경우, 병반 상에 흑색의 작은 포자퇴가 형성되는 특징을 나타내는데, 겹무늬썩음병도 경우에 따라 병반 상에 분생자각을 형성하므로 두 병해를 혼동하지 않도록 주의가 요구된다.

최근 기후변화에 따라, ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종 과실에서 원인 미상의 이상반점 증상이 지속적으로 관찰되므로 이에 대한 진단을 실시하였다. 이상 병반에서 다수 분리되는 병해를 진단하여 분류한 결과, 사과 겹무늬썩음병, 사과 탄저병, 사과 점무늬낙엽병 및 본 연구에서 최초로 보고한 *Fusarium* spp.에 의한 병으로 구분할 수 있었다.

Fusarium spp.에 의한 과실 썩음병



과실 썩음병을 일으키는 *Fusarium* spp.

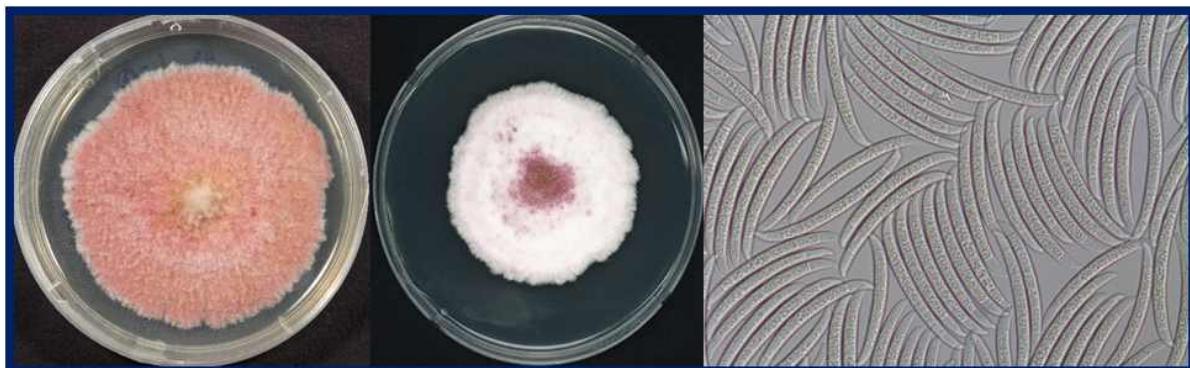


그림 3-25. *Fusarium* spp.에 의한 과실 썩음병으로 진단된 이상 과실 및 병반에서 분리된 *Fusarium* spp.의 배지상의 형태 및 분생포자

또한 이상 반점 증상의 과실에서 점무늬낙엽병균이 확인 되었는데, 주로 병반 주변이 붉게 착색되어 움푹 패인 증상에서 점무늬병균이 다수 분리되었다.

Fusarium spp.에 의한 과실 썩음병은 홍로, 후지 품종의 과실에서 다수 확인되었으며, 재배지 뿐만 아니라 저온 저장고에서도 지속적으로 확인 되었다. 감염된 과실의 병반을 절단하여 관찰하면 탄저병 및 겹무늬썩음병과는 다른 형태의 병반이 관찰되었다.

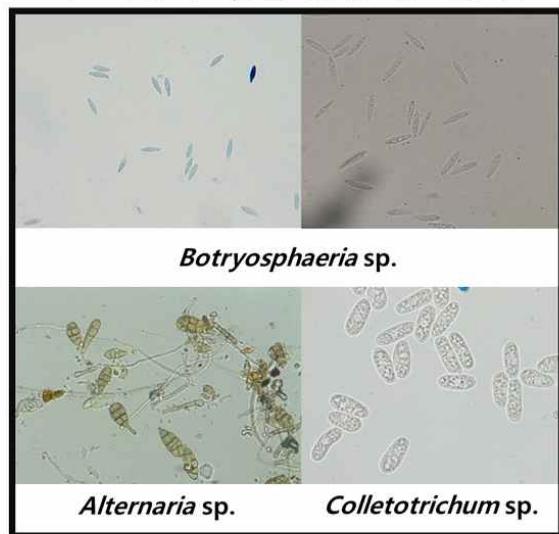
이상의 연구 및 관찰 결과를 바탕으로 사과에서 발생하는 이상 증상의 진단 매뉴얼 및 단계별 진단 가이드라인을 작성하였다.

나. 사과에 발생하는 이상 병정의 진단 매뉴얼 및 단계별 가이드라인

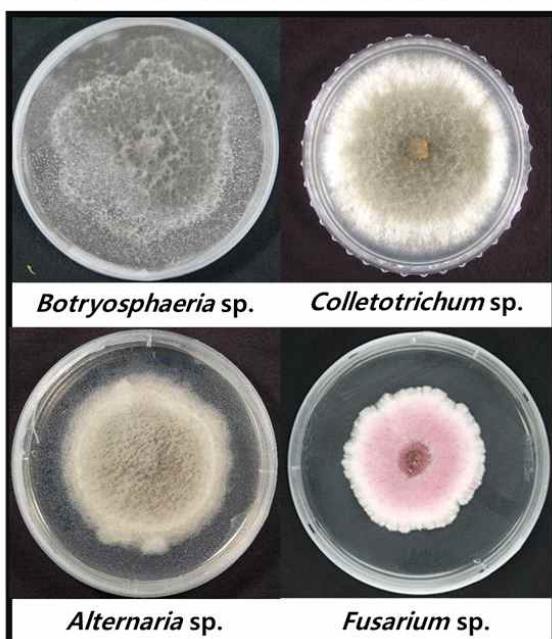
1. 이상 병반이 확인되는 시료



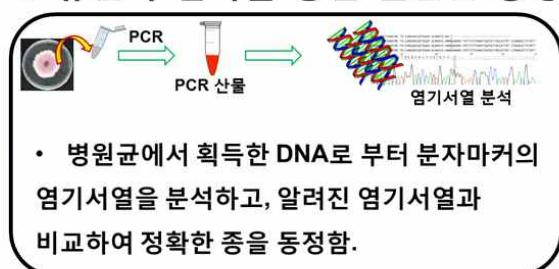
2. 현미경 검경을 통한 간이동정



3. 분리배양을 통한 병원균 검정



4. 유전자 검사를 통한 원인균 동정



5. 분리균주에 대한 병원성 확인



그림 3-26. 과실에서 확인되는 이상 증상의 진단 매뉴얼. 1: 시료 수령, 2: 현미경 검경을 통한 표정에서의 포자관찰, 3: 분리배양을 통한 병원균 검정, 4: 유전자 검사를 통한 원인균 동정, 5: 분리균주에 대한 병원성 확인.

사과에 발생하는 병해를 신속하고 효과적으로 진단하기 위해 진단방법을 정립하여 매뉴얼화하였다.

진단 순서는 시료 수령, 현미경 검경을 통한 간이 진단, 분리배양, 유전자 검사, 병원성 확인의 순서로 이루어지며, 신속한 진단을 위해 각 단계에서 명백하고 정확한 진단이 이루어졌다고 판단될 경우 다음 단계를 실시하지 않고 진단을 완료하는 것을 기본으로 한다

(1) 시료 수령

시료를 수령하여 병반의 크기와 모양 및 표징의 존재여부를 관찰한다.

겹무늬썩음병: 병반이 패이지 않으면, 갈색과 황갈색이 교호하는 동심윤문이 보인다. 절단하였을 때 과육의 부패한 부위가 병반 하부로 넓고 얕게 반원형을 그리고 있다. 때때로 병반부에 검은색 분생자각이 형성되는 경우가 있다.

탄저병: 병반이 움푹 패여 있으며 표면에 검은색의 포자퇴와 황색의 분생포자 덩어리가 보인다. 절단하였을 때 과육의 부패한 부분이 과심을 향해 원뿔모양으로 깊이 파고 들어가는 모양을 나타낸다.

점무늬낙엽병: 병반은 적갈색을 띠다가 이후 회색으로 변색된다. 병반부가 얕게 패이고 주변이 붉게 착색되는 증상을 보이며 병반 중앙부에 가루형태의 포자들이 모여 있는 경우가 많다.

병반의 크기가 작아서 진단이 어려운 경우, 또는 두 가지 이상의 주요 질병의 특징을 동시에 지니고 있거나 상기한 주요 질병의 병반과 형태가 다를 경우 다음 단계에 뛰어어 분리배양 단계까지 진행하도록 한다. 이는 최소한 두 단계의 진단 결과를 비교, 검증하여 진단의 정확성을 높이기 위한 것이다.

상기한 주요 질병으로 판단되더라도 최소한 다음 단계인 현미경 검정을 통한 간이진단까지 진행하여 교차검증을 통해 정확한 진단이 이루어지도록 한다.

(2) 현미경 검정을 통한 간이 진단

병반에 나타난 표징으로부터 포자를 채취하여 광학 현미경으로 관찰한다. 필요할 경우 염색을 하도록 한다.

겹무늬썩음병: 무색의 가늘고 긴 타원형 분생포자를 관찰할 수 있다. 내부에 격벽이나 무늬는 없으며 길이 22~27 μm , 폭 6~8 μm 정도이고 양 끝으로 갈수록 폭이 좁아지며 뾰족해지는 모양을 지닌다.

탄저병: 무색의 원통형 분생포자가 관찰된다. 분생포자의 내부에 격벽은 없고 한 개의 물방울 모양의 무늬를 관찰할 수 있으며 양끝은 뭉툭한 경우가 대부분이지만 때때로 한쪽만 끝이 좁아지는 모양이 관찰되기도 한다. 크기는 길이 약 12~22 μm , 폭 4~7 μm 정도이다.

점무늬낙엽병: 특징적인 모양을 가지는 갈색의 곤봉형 분생포자가 관찰된다. 횡격벽이 3~4개, 종격벽은 없거나 1개이고 길이는 약 28 μm , 폭은 약 12 μm 정도이다. 일반적으로 간이진단에서 분생자경을 관찰하기는 어려우나, 관찰이 될 경우 분생자경에서 여러 개의 분생포자가 연쇄상으로 형성된 모양을 관찰할 수 있다.

Fusarium spp.: 무색 초승달 모양의 대형 분생포자(macroconidia)와 소형 분생포자(microconidia)가 관찰된다. 대형 분생포자의 크기는 다양하지만 최소 50 μm 에서 크게는 100 μm 가 넘는 길이를 가지는 반면 폭은 10 μm 이내로서 매우 가는 형태를 가지고 있다. 격벽은 횡격벽이 최소 1개에서 4~5개까지 관찰된다. 소형 분생포자는 12~18 μm 의 길이에 폭은 4~5 μm 로서 대형 분생포자처럼 초승달 모양이거나 약간 구부러진 원통형을 가지고 있고, 격벽은 없거나 횡격벽을 1개 가지고 있다.

병반의 모양으로 진단한 결과와 현미경을 이용한 간이검정의 결과가 일치할 경우 이 단계에서 진단을 확정하는 것을 기본으로 한다.

하나의 병반에서 여러 가지 병원균의 포자가 관찰되거나, 표징이 나타나지 않아 포자를 관찰할 수 없을 경우 분리배양 단계로 진행한다.

(3) 분리배양을 통한 병원균 검정

병반부의 표면을 깨끗하게 소독한 뒤 clean bench 안에서 잘 멸균된 칼을 이용하여 껍질을 얇게 벗겨내고 병반부와 견전부가 5:5가 되도록 작게 잘라낸다. 잘라낸 병반부의 표면을 70% 에탄올, 1% 차아염소산나트륨의 순서로 소독하고 중류수로 3회 세척한 후 멸균한 필터페이퍼에 얹어 표면의 수분을 제거한다. 소독하고 견조시킨 병반부위를 PDA배지에 치상하고 25°C에서 2~3일간 암배양한다.

병반부위에서 자라난 균사의 끝부분을 소량 채취하여 새로운 PDA배지에 치상하여 병원균을 순수분리하고, 25°C에서 암배양하면서 배양 5일 후부터 자라난 균총의 모양을 확인하여 병원균을 진단한다.

균총으로부터 생성된 분생포자를 채취하고 관찰하여 진단에 사용하도록 한다. 분생포자의 모양은 이전 단계의 현미경 검정에서 참조한다.

겹무늬썩음병: 배양초기에는 균총이 백색을 띠며 백색의 기중균사가 구름모양으로 매우 풍성하게 나타난다. 배양 후 10여일이 지나면 균총의 중앙 부분부터 검은색으로 변색되며, 때때로 균총의 뒷면에 검은색 반점들이 생성되기도 한다. 배양 약 20여일이 지나면 가장자리를 제외한 거의 모든 균총이 검은색으로 변색되며 기중균사가 가라앉게 된다. 일반적으로 암배양조건에서는 분생포자가 생성되지 않으며 7~10일간 가시광선이나 자외선을 하루 12시간정도 조사하여 분생포자의 생성을 유도한다.

탄저병: 배양초기에는 겹무늬썩음병균과 유사하게 백색의 기중균사가 풍부한 균총을 형성하며 생장한다. 배양 후 4~5일부터 균총의 중앙 부분부터 회색으로 변색되며 배양시간이 지남에 따라 균총의 가장자리 약 5~10mm를 제외한 모든 부분이 회색으로 변색되고 균총의 중앙부분부터 오렌지색의 분생포자 덩어리가 생성되기 시작한다. 겹무늬썩음병균과 달리 암배양조건에서도 다량의 분생포자를 생성한다.

점무늬낙엽병: 약간 회색을 띠는 백색의 균총을 생성하며 배면은 갈색을 띤다. 약 5mm길이의 솜털모양의 기중균사가 생성되며 배양시간이 충분히 지나면 균총의 표면은 갈색이 섞인 회색으로 변하고 배면은 짙은 갈색을 띤다. 균총의 표면 갈색부분에서 다량의 분생포자가 생성된다.

Fusarium spp.: 배양초기 백색의 균총이 생장하다가 균총의 중심부부터 선명한 붉은색 또는 오렌지색으로 변색된다. 기중균사는 백색의 양털모양으로 풍성하게 생성되며 배양 후 20여일이 지나면 균총의 중앙 부분에 오렌지색의 점성을 띠는 분생포자덩어리가 생성된다. 다른 병원균에 비해 선명한 균총의 색으로 인해 잘 구분이 된다.

균총의 모양과 분생포자의 모양을 모두 관찰하여 종합적으로 진단하도록 한다. 사과에서 발생하는 주요 병원균으로 판단될 경우 이 단계에서 진단을 확정한다.

균총이나 분생포자의 형태가 상기한 주요 병원균에 해당하지 않거나 종 수준의 진단을 할 수 없을 경우 다음 단계인 유전자 분석을 통한 원인균 동정 단계를 수행한다.

드물게 병반부위에서 균사가 자라나지 않는 경우가 있다. 병반이 지나치게 작아서 병반부위를 잘라내지 못하거나 소독과정에서 진단해야 할 병원균까지 사멸하였을 가능성이 있으므로 이러한 경우 병반에서 직접 DNA를 추출하여 다음단계인 유전자 검사를 진행하도록 한다.

(4) 유전자 검사를 통한 원인균 동정

분리배양한 균총으로부터 병원균의 DNA를 추출한다. 추출한 DNA를 주형으로 하는 PCR반응을 통해 균류를 동정할 수 있는 문자마커부분을 증폭한 뒤 염기서열을 분석한다.

미국 국립생물공학정보센터(NCBI)의 blastN 프로그램을 이용하여 분석이 완료된 염기서열 정보를 database에 등록된 다른 곰팡이 균주와 비교·분석한다.

일반적으로, 균류의 동정에 사용되는 문자마커는 internal transcribed spacer (ITS)영역이지만, 일부 균류의 경우 ITS영역의 분석으로는 종 수준의 동정이 불가능한 경우가 있다. 대표적으로 탄저병균 (*Colletotrichum* spp.)이나 *Fusarium* 속의 병원균이 이러한 경우에 속하는데, 이때는 각 균류의 속(genus)에 알맞는 추가 문자마커 (β -tubulin, translation elongation factor, RNA polymerase II 등)를 활용하여 동정을 진행한다.

분리배양에 실패하여 병반에서 직접 DNA를 추출한 경우 먼저 ITS 영역의 염기서열을 분석하여 병원균의 속을 파악하고 필요한 경우 추가 문자마커에 대한 분석을 실시한다.

지금까지의 분석 결과를 활용하여 병반의 원인균을 동정한다. 원인균의 종이 확인되면 해당 균이 사과에 병원성을 가지는지 문헌조사를 통해 확인한다. 사과에 대한 병원성이 보고되어 있으면 이 단계에서 진단을 확정한다.

사과에 대한 병원성이 보고되어있지 않은 균류일 경우 병원성 검정단계를 진행한다.

(5) 분리균주에 대한 병원성 검정

병원성 검정을 위해 건전한 사과 과실을 여러 개 준비한다.

분리균주의 접종을 위해 접종원을 준비한다. 분생포자를 형성하는 균주의 경우 분생포자 혼탁액을 1×10^6 의 농도로 제작한다. 분생포자를 형성하지 않는 균주의 경우는 분리배양한 PDA로부터 지금 5mm의 균총 디스크를 제작한다.

준비한 건전 사과 과실의 표면을 깨끗이 소독하고 멸균한 칼로 과실의 표면에 상처를 낸다. 혼탁액을 사용하는 경우 상처를 낸 부위와 상처를 내지 않은 부위에 각각 혼탁액을 분무하여 접종한다. 균총 디스크를 사용하는 경우 상처를 낸 부위와 상처를 내지 않은 부위에 각각 균총 디스크를 접촉한다.

밀폐용기를 사용하여 포화습도를 유지하며 25°C에서 암배양한다. 균총디스크를 사용한 경우 접종 24시간 후에 균총 디스크를 제거하도록 한다.

병반의 생성여부를 관찰하고 병반이 발생한 경우 최초 분리한 이병 과실시료에서 나타난 병반의 모양과 비교한다. 병반의 형태가 동일한 경우 분리배양을 실시하여 같은 균총의 형태를 가진 병원균이 재분리 되는지 확인한다.

접종한 병반으로부터 다시 분리배양한 균총의 모양까지 동일한 것이 확인되었을 경우 해당 병원균으로의 진단을 확정하게 되며, 해당 병원균에 의한 새로운 사과 질병으로 보고할 수 있다.

병반이 형성되지 않은 경우 분리된 병원균은 사과에 대한 병원성이 없는 것으로 간주한다. 또한 병반이 형성되었지만 병반의 형태가 동일하지 않거나 재 분리배양시 균총의 모양이 현저하게 다른 경우 오염의 가능성성이 있으므로 재실험을 진행한다.

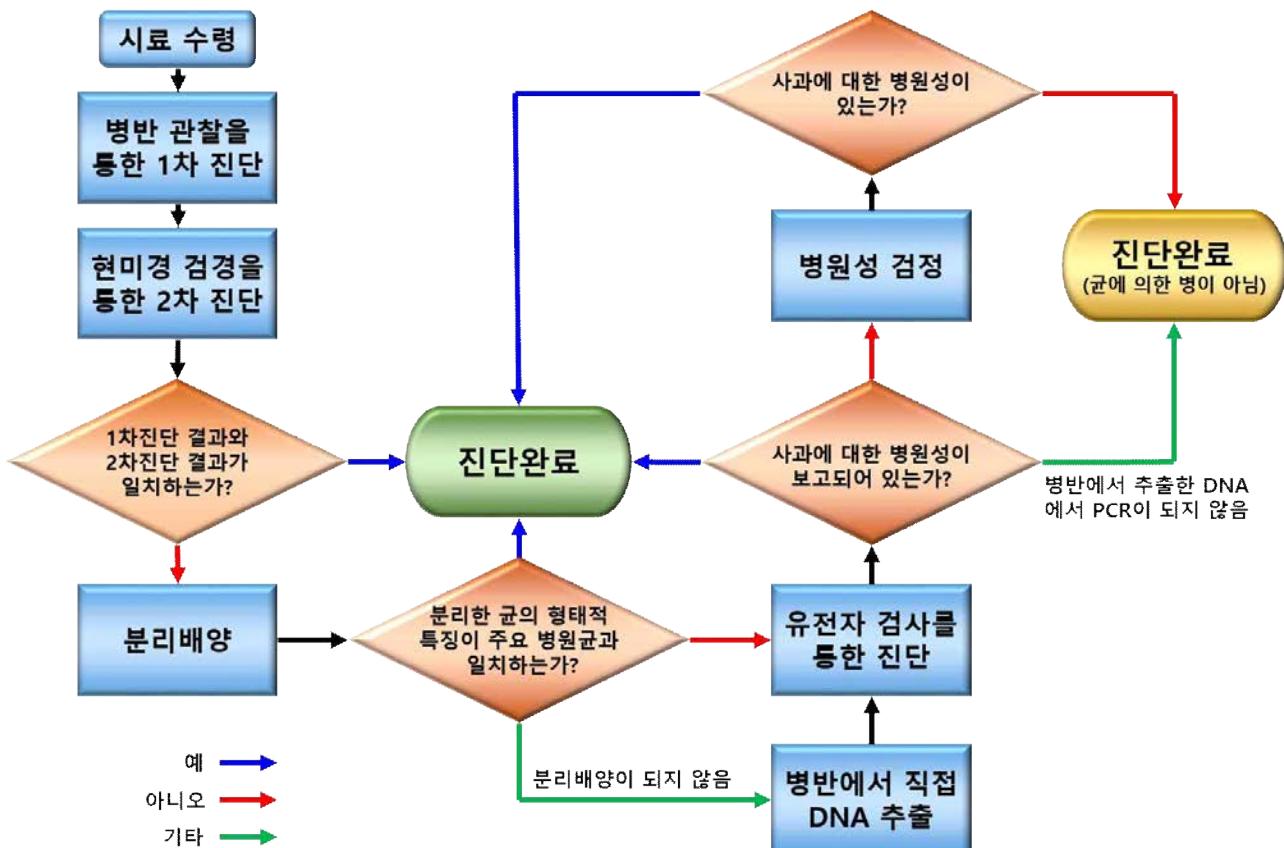


그림 3-27. 사과 과실에서 확인되는 이상 병징의 진단 플로우 차트

4. ‘홍로’ 및 ‘감홍’사과에 발생하는 탄저병균의 저항성 검정(2014-2015)

가. ‘홍로’ 및 ‘감홍’사과에 발생하는 탄저병균 균주 수집 및 살균제 저항성 검정실험

군위, 청송, 영천, 문경 등에서 재배중인 ‘홍로’, ‘감홍’사과에서 탄저병이 발생한 과실을 채집하였다. 채집한 이병과실의 병징부위를 표면살균하고, 과육을 이용하여 병원균 분리를 실시하였다. 배양 2일 차 이후 이병 과육부분에서 생장한 균사조직을 잘라, 새로운 PDA 고체배지로 순수 배양하였다. 분리배양한 탄저병 균주는 25°C 배양기에서 암조건하에 배양한 후 살균제 저항성 검정에 사용하였다.

분리된 탄저병균을 사용하여 2014년에는 6종의 살균제(benomyl, dithianon, fluazinam, fluquinconazole, iminoctadine-triacetate, kresoxim-methyl)에 대해 약제저항성 검정을 실시하였다. 각 살균제별로 최종 희석농도를 1,000 ppm으로 용해한 살균제 첨가하여 PDA 고체배지를 제작하였고, 한 균주당 3반복으로 탄저병균 균총디스크(직경 5mm)를 치상하여 25 °C 배양기에서 암조건하에서 일주일간 배양하였다.

2015년에는 chlorothalonil, dithianon, fluazinam, fluquinconazole, iminoctadine-triacetate, propineb, tebuconazole등 7종의 살균제를 선발하여 2014년도와 동일한 방법으로 살균제 저항성 실험을 수행하였다. 추가로, 2015년에 분리배양한 탄저병 균주의 benomyl 저항성과 다른 약제에 대한 저항성 사이의 관계를 알아보기 위해 분리배양한 탄저병 균주들의 β -tubulin 유전자 염기서열을 분석하여 198번째 아미노산의 변이여부를 확인하였다. 또한 탄저병 균주 일부를 선발하여 추가약제인 captan과 pyraclostrobin에 대한 저항성 실험을 수행하였다.

무처리구는 살균제를 첨가하지 않은 PDA 고체배지를 사용하였으며, 무처리구의 PDA 고체배지에서 탄저병균이 PDA를 모두 덮을 때까지 생장하면, 각각의 살균제 배지에서 같은 기간 동안 생장한 탄저병균의 균총 크기를 측정하여 살균제에 대한 저항성 유무를 판단하였다.

저항성 검정을 실시한 탄저병균은 모두 mineral oil을 이용한 곰팡이 보존용 stock을 제작하여 4°C 배양기에 보관하였다.

나. ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에 발생하는 탄저병균 균주 수집 및 살균제 저항성 검정결과

2014년 ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생하는 탄저병균 균주 수집을 위해 군위, 청송, 영천, 문경 등의 ‘홍로’, ‘감홍’ 사과 재배지역에서 탄저병 감염 과실을 채집하였다(그림 3-28).



그림 3-28. ‘홍로’사과에 발생하는 탄저병(상)과 탄저병균(하) 분리배양 결과

채집한 과실에서 병원균 분리배양을 실시하여 ‘홍로’사과 탄저병균 19 균주와 ‘감홍’사과 탄저병균 35균주를 수집하였다(표 3-2).

표 3-2. 2014년 ‘홍로’, ‘감홍’사과에서 수집한 사과탄저병균 균주 목록

No.	균주명	품종	채집지역	No.	균주명	품종	채집지역
1	CS01	홍로	청송	28	GW09	감홍	군위
2	CS02	”	”	29	GW10	”	”
3	CS03	”	”	30	GW11	”	”
4	CS04	”	”	31	GW12	”	”
5	CS05	”	”	32	GW13	”	”
6	CS06	”	”	33	GW14	”	”
7	CS07	”	”	34	GW15	”	”
8	CS08	”	”	35	GW16	”	”
9	CS09	”	”	36	GW17	”	”
10	CS10	”	”	37	GW18	”	”
11	CS11	”	”	38	MG01	감홍	문경
12	CS12	”	”	39	MG02	”	”
13	CS13	”	”	40	MG03	”	”
14	CS14	”	”	41	MG04	”	”
15	YC01	홍로	영천	42	MG05	”	”
16	YC02	”	”	43	MG06	”	”
17	YC03	”	”	44	MG07	”	”
18	YC04	”	”	45	MG08	”	”
19	YC05	”	”	46	MG09	”	”
20	GW01	감홍	군위	47	MG10	”	”
21	GW02	”	”	48	MG11	”	”
22	GW03	”	”	49	MG12	”	”
23	GW04	”	”	50	MG13	”	”
24	GW05	”	”	51	MG14	”	”
25	GW06	”	”	52	MG15	”	”
26	GW07	”	”	53	MG16	”	”
27	GW08	”	”	54	MG17	”	”

본 연구에서 ‘홍로’ 및 ‘감홍’에서 수집한 탄저병균의 균학적 특징을 검정한 결과, 모두 *Colletotrichum gloeosporioides*로 확인되었다.

이들 탄저병균을 이용하여 6종의 살균제(benomyl, dithianon, fluazinam, fluquinconazole, iminoctadine-triacetate, kresoxim-methyl)를 선발하여 저항성 검정을 실시하였다. 그 결과, 살균제 fluazinam을 제외한 5종의 살균제에서 모두 살균제 저항성을 띠는 탄저병균이 확인되었다(표 3-3).

표 3-3. ‘홍로’, ‘감홍’사과 유래의 탄저병균 살균제 저항성 검정 결과

No.	균주명	살균제 원제와 평균 균사 생장율						무처리구
		benomyl	dithianon	fluazinam	fluquin-conazole	iminoc-tadine-triacetate	kresoxim-methyl	
1	CS01	-	-	-	+++	-	+++	+++
2	CS02	-	+	-	++	++	+++	+++
3	CS03	-	+	-	+++	-	+++	+++
4	CS04	-	-	-	+++	-	+++	+++
5	CS05	-	+	-	++	+++	++	+++
6	CS06	-	-	-	++	++	++	+++
7	CS07	-	-	-	+++	++	+++	+++
8	CS08	-	+	-	+++	++	+++	+++
9	CS09	-	-	-	+++	+++	+++	+++
10	CS10	-	-	-	++	++	++	+++
11	CS11	-	-	-	+++	+++	+++	+++
12	CS12	-	+	-	++	+	+++	+++
13	CS13	-	+	-	++	+	++	+++
14	CS14	+++	-	-	+++	-	+++	+++
15	YC01	++	+	-	+	-	+++	+++
16	YC02	+++	-	-	++	-	+++	+++
17	YC03	++	+	-	+	-	+++	+++
18	YC04	++	+	-	+	+	+++	+++
19	YC05	-	+	-	+	-	+++	+++
20	GW01	+++	+	-	++	-	+++	+++
21	GW02	++	+	-	++	-	+++	+++
22	GW03	++	+	-	++	-	+++	+++
23	GW04	+	+	-	++	-	+++	+++
24	GW05	+	+	-	+	-	+++	+++
25	GW06	++	+	-	+	-	+++	+++
26	GW07	++	+	-	+	-	+++	+++
27	GW08	+++	+	-	+	-	+++	+++
28	GW09	+++	+	-	++	-	+++	+++
29	GW10	++	+	-	+++	-	+++	+++
30	GW11	++	-	-	+	-	+++	+++
31	GW12	++	+	-	+	-	+++	+++
32	GW13	++	+	-	+	-	+++	+++
33	GW14	++	-	-	+	-	+++	+++
34	GW15	++	+	-	+	-	+++	+++
35	GW16	++	+	-	+	-	+++	+++
36	GW17	++	+	-	+	-	+++	+++
37	GW18	++	+	-	+	-	+++	+++
38	MG01	+++	++	-	+	-	+++	+++
39	MG02	+	+	-	++	+	++	+++
40	MG03	-	+	-	++	-	+++	+++
41	MG04	-	-	-	++	+++	+++	+++
42	MG05	-	+	-	+++	-	+++	+++
43	MG06	-	+	-	++	-	+++	+++
44	MG07	-	+	-	++	+	+++	+++
45	MG08	-	+	-	++	-	+++	+++
46	MG09	-	+	-	++	-	+++	+++
47	MG10	-	-	-	++	+++	+++	+++
48	MG11	-	-	-	++	++	+++	+++
49	MG12	-	+	-	+++	-	++	+++
50	MG13	-	+	-	+++	-	+++	+++
51	MG14	-	+	-	++	-	+++	+++
52	MG15	-	+	-	++	-	++	+++
53	MG16	-	-	-	++	+	+++	+++
54	MG17	-	+	-	++	-	++	+++

*: -: 0 mm, +: 1~20 mm, ++: 21~40 mm, +++: 41~60 mm

각 살균제별로 저항성을 가진 균주의 수는 benomyl 22균주, dithianon 1균주, fluquinconazole 37균주, iminoctadine-triacetate 13균주, kresoxim-methyl 54균주였으며, fluazinam에서는 저항성을 가진 균주가 발견되지 않았다.

Benzimidazole계 살균제 benomyl은 1990년대부터 살균제 저항성 문제가 대두하여 2000년대 초까지 사용되었으나, 현재는 사용되지 않는 살균제이다. 하지만 이 살균제에 저항성을 띠는 균주들이 청송, 군위, 영천 등에서 발견되었다. 이는 benzimidazole계 살균제 저항성 탄저병균이 아직도 과원에 존재하는 것을 뜻한다. 특이하게 문경에는 모두 감수성 균주로 확인되었다.

살균제 dithianon, fluazinam, iminoctadine-triacetate는 저항성 균주 발달이 상대적으로 적은 것으로 나타났으며, 특히 fluazinam 살균제에 채집한 탄저병균 모두가 감수성 균주로 확인되었다. 지역별로는 살균제 dithianon의 경우 문경>군위>청송>영천 순으로 저항성 균주가 분포하는 것으로 나타났으며, 살균제 iminoctadine-triacetate는 청송과 문경에서 저항성 균주의 발생이 있는 반면, 군위에서는 모두 감수성 균주로 확인되었다.

살균제 fluquinconazole, kresoxim-methyl은 테스트한 살균제 중 가장 저항성 균주 분포가 많은 것으로 확인되었다. 살균제 fluquinconazole는 사과나무 방제에 있어 단제보다 주로 합제에 사용되는 살균제이지만 청송, 군위, 문경, 영천 등에서 분리한 탄저병균 모두에서 저항성 균주가 확인되었다. 또한, 살균제 kresoxim-methyl은 strobilurin계 살균제로 최근 많이 사용되고 있는 살균제 중 하나이다. 하지만 살균제 저항성 검정 결과, 대부분의 탄저병이 본 살균제에 대해 저항성을 갖는 것으로 확인되었다.

2015년 ‘홍로’, ‘감홍’사과에 발생하는 탄저병균 균주 수집을 위해 군위, 문경, 영천 등의 ‘홍로’, ‘감홍’사과 재배지역에서 탄저병 감염 과실을 채집하였다. 채집된 과실로부터 병원균 분리 배양을 실시하여 ‘홍로’사과 탄저병균 20 균주와 ‘감홍’사과 탄저병균 16균주를 수집하였다(표 3-4).

표 3-4. 2015년 각 지역별 ‘감홍’ 및 ‘홍로’사과에서 분리된 탄저병 균주

No.	균주명	품종	채집지역	No.	균주명	품종	채집지역
1	15GW-01	감홍	군위	19	15YC-02	홍로	영천
2	15GW-02	감홍	군위	20	15YC-03	홍로	영천
3	15GW-04	감홍	군위	21	15YC-04	홍로	영천
4	15GW-05	감홍	군위	22	15YC-06	홍로	영천
5	15GW-08	감홍	군위	23	15YC-07	홍로	영천
6	15GW-09	감홍	군위	24	15YC-08	홍로	영천
7	15GW-10	감홍	군위	25	15YC-09	홍로	영천
8	15GW-13	홍로	군위	26	15YC-10	홍로	영천
9	15GW-14	홍로	군위	27	15YC-12	홍로	영천
10	15GW-15	홍로	군위	28	15MG-01	감홍	문경
11	15GW-16	홍로	군위	29	15MG-02	감홍	문경
12	15GW-17	홍로	군위	30	15MG-04	감홍	문경
13	15GW-18	홍로	군위	31	15MG-05	감홍	문경
14	15GW-19	홍로	군위	32	15MG-06	감홍	문경
15	15GW-20	홍로	군위	33	15MG-07	감홍	문경
16	15GW-22	홍로	군위	34	15MG-08	감홍	문경
17	15GW-23	홍로	군위	35	15MG-09	감홍	문경
18	15YC-01	홍로	영천	36	15MG-11	감홍	문경

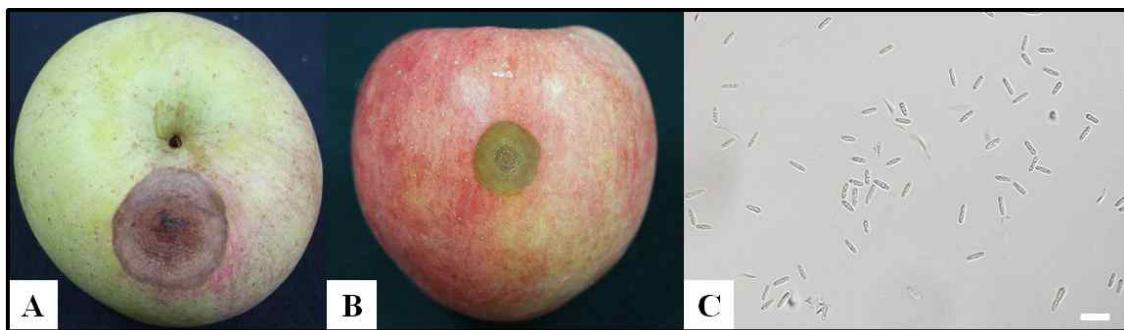


그림 3-29. ‘감홍’ 및 ‘홍로’사과에서 발생한 탄저병과 PDA 배지상에서 관찰된 사과 탄저병균의 분생포자. A: 감홍, B: 홍로, C: 사과탄저병균의 분생포자. Scale bar=20 μ m.

본 연구에서 수집한 탄저병균의 균학적 특징을 검정한 결과, 2014년도와 마찬가지로 모두 *Colletotrichum gloeosporioides*로 확인되었다. 추가적으로 채집된 탄저병균의 benomyl 저항성 정도를 분자생물학적으로 확인하기 위해, tub-C/tub-F primer를 이용하여 PCR을 수행하고 염기서열 분석을 수행하였다.

획득한 Tub gene 단편의 198번째 codon의 아미노산을 확인한 결과, 15년도에 분리된 36개의 균주 중, 17개의 균주는 glutamic acid (E)로 확인되어 감수성 균주로 확인되었고, 나머지 19개의 균주는 Alanine (A)로 변환되어 benomyl 저항성 균주로 확인되었다(그림 3-30).

		198 th codon
Benomyl 저항성	15GW-01	LSVHQLVENSDATFCIDNEALYDICMRTLKLSNPSYGDLNHL
	15GW-02	LSVHQLVENSDATFCIDNEALYDICMRTLKLSNPSYGDLNHL
Benomyl 감수성	15YC-01	LSVHQLVENSDATFCIDNEALYDICMRTLKLSNPSYGDLNHL
	15GW-13	LSVHQLVENSDETFCIDNEALYDICMRTLKLSNPSYGDLNHL
	15GW-14	LSVHQLVENSDETFCIDNEALYDICMRTLKLSNPSYGDLNHL
	15MG-01	LSVHQLVENSDETFCIDNEALYDICMRTLKLSNPSYGDLNHL

그림 3-30. Beta tubulin gene 198번째 아미노산의 변화에 따른 Benomyl 저항성 및 감수성 균주의 분류. A: Alanine, E: Glutamic acid

표 3-5. Benomyl 저항성 및 감수성으로 분류된 15년 ‘감홍’ 및 ‘홍로’ 분리 탄저병 균주

No.	균주명	품종	Benomyl 저항성 여부	No.	균주명	품종	Benomyl 저항성 여부
1	15GW-13	홍로	감수성	18	15GW-01	감홍	저항성
2	15GW-14	홍로	"	19	15GW-02	감홍	"
3	15GW-19	홍로	"	20	15GW-04	감홍	"
4	15GW-20	홍로	"	21	15GW-05	감홍	"
5	15MG-01	감홍	"	22	15GW-08	감홍	"
6	15MG-02	감홍	"	23	15GW-09	감홍	"
7	15MG-04	감홍	"	24	15GW-10	감홍	"
8	15MG-05	감홍	"	25	15GW-15	홍로	"
9	15MG-06	감홍	"	26	15GW-16	홍로	"
10	15MG-07	감홍	"	27	15GW-17	홍로	"
11	15MG-08	감홍	"	28	15GW-18	홍로	"
12	15MG-09	감홍	"	29	15GW-22	홍로	"
13	15MG-11	감홍	"	30	15GW-23	홍로	"
14	15YC-02	홍로	"	31	15YC-01	홍로	"
15	15YC-03	홍로	"	32	15YC-06	홍로	"
16	15YC-04	홍로	"	33	15YC-07	홍로	"
17	15YC-09	홍로	"	34	15YC-08	홍로	"
-	-	-	-	35	15YC-10	홍로	"
				36	15YC-12	홍로	"

Tub gene 내의 아미노산 변이를 이용하여 benomyl 감수성 및 저항성으로 분류된 사과 탄저병균을 이용하여 7종의 살균제; chlorothalonil (Cth), dithianon (Dth), fluazinam (Fz), fluquinconazole(Fq), iminoctadine-triacetate (IT), propineb (Pr), tebuconazole (Tb)를 선별하여 각각 1,000ppm 농도로 약제배지를 제작 후, 저항성 검정을 실시하였다 (표 3-6).

표 3-6. ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과 유래의 탄저병균을 이용한 7종의 살균제 저항성 검정결과

No .	균주명	사용된 원제명과 평균 균사 생장율							무처리구
		Cth	Dth	Fz	Fq	IT	Pr	Tb	
1	15GW-13	+	+	-	+	-	++	-	+++
2	15GW-14	-	-	-	-	-	+	-	+++
3	15GW-19	+	++	-	++	-	++	-	+++
4	15GW-20	-	++	-	++	-	-	-	+++
5	15MG-01	-	++	-	+	-	++	-	+++
6	15MG-02	-	+	-	++	-	+++	-	+++
7	15MG-04	-	++	-	++	-	+	-	+++
8	15MG-05	-	+	-	+	-	++	-	+++
9	15MG-06	+	+	-	++	-	-	-	+++
10	15MG-07	-	+	-	-	-	-	-	+++
11	15MG-08	-	+	-	-	-	-	-	+++
12	15MG-09	-	-	-	+	-	-	-	+++
13	15MG-11	+	+	-	++	++	++	-	+++
14	15YC-02	+	+	-	-	-	+	-	+++
15	15YC-03	-	+	-	++	-	++	-	+++
16	15YC-04	-	++	-	-	+	+	-	+++
17	15YC-09	-	+	-	+	-	-	-	+++
18	15GW-01	+++	-	-	+	+	++	-	+++
19	15GW-02	-	+++	-	-	-	++	-	+++
20	15GW-04	-	+++	-	+	-	+	-	+++
21	15GW-05	++	++	-	++	-	++	-	+++
22	15GW-08	-	++	-	++	-	+	-	+++
23	15GW-09	-	++	-	+	-	+	-	+++
24	15GW-10	++	++	-	++	-	-	-	+++
25	15GW-15	-	++	-	+	-	-	-	+++
26	15GW-16	++	++	-	+	-	-	-	+++
27	15GW-17	++	++	-	-	++	-	-	+++
28	15GW-18	-	+++	-	+	+	-	-	+++
29	15GW-22	+	++	-	++	-	-	-	+++
30	15GW-23	++	+++	-	+++	-	+	-	+++
31	15YC-01	++	+	-	++	++	+	-	+++
32	15YC-06	++	++	-	++	-	++	-	+++
33	15YC-07	++	++	-	++	-	+++	-	+++
34	15YC-08	+	++	-	+++	-	+++	-	+++
35	15YC-10	-	++	-	+++	++	++	-	+++
36	15YC-12	++	++	-	++	+	++	-	+++

*: -: 0 mm, +: 1~20 mm, ++: 21~40 mm, +++: 41~60 mm

그 결과, 상대적으로 살균제 fluazinam, iminoctadine-triacetate 및 tebuconazole에 대해서는 저항성을 갖는 균주가 확인되지 않거나, 일부 확인되었으며, 특히 fluazinam 살균제와 tebuconazole 살균제의 경우, 실험에 사용된 탄저병 균주 모두가 감수성 균주로 확인되었다. 하지만 실험에 사용된 chlorothalonil, dithianon, fluquinconazole, propineb, 살균제의 경우, benomyl 살균제의 저항성 및 감수성과는 관계없이 모두 약제 저항성이 판찰되었다.

추가적으로 captan과 pyraclostrobin 살균제의 약제저항성 여부를 확인하고자, 15년에 채집한 탄저병 균주를 일부 선발하여 동일한 방법으로 실험을 수행하였다.

표 3-7. ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과 유래의 탄저병균을 이용한 2종의 살균제 저항성 검정결과

No.	균주명	사용된 원제명과 평균 균사 생장율			무처리구
		Captan	Pyraclostrobin	dithianon	
1	15GW-19	++	++	+++	++++
2	15MG-01	+	++	+++	++++
3	15GW-05	++	+++	++++	++++
4	15YC-07	++	+++	++++	++++

* : -: 0 mm, +: 1~20 mm, ++: 21~40 mm, +++: 41~60 mm, ++++: 61~80 mm

그 결과, Captan 과 Pyraclostrobin 살균제의 경우, 약제배지에서 저항성균이 확인 되었으나, Captan의 경우 다른 살균제에 비해 균사 생장 억제율이 비교적 높았다(그림 3-39).

따라서, 전년도 결과와 함께 볼 때 현재 사과탄저병균의 억제를 최소화 할 수 있고, 저항성의 발생정도가 낮은 살균제는 Fluazinam, Tebuconazole, Captan으로 확인 되었다. 또한 Fluazinam, Tebuconazole, Captan은 각각 호흡저해, 에르고스테롤 생합성 저해(EBI) 및 multi-site contact activity 저해로서 계통이 서로 다르므로, 현재 국내에서 유통되고 있는 살균제 중에서 사과 탄저병균을 억제하기 위해서는 위 세 가지의 살균제가 가장 유효하다고 판단된다.

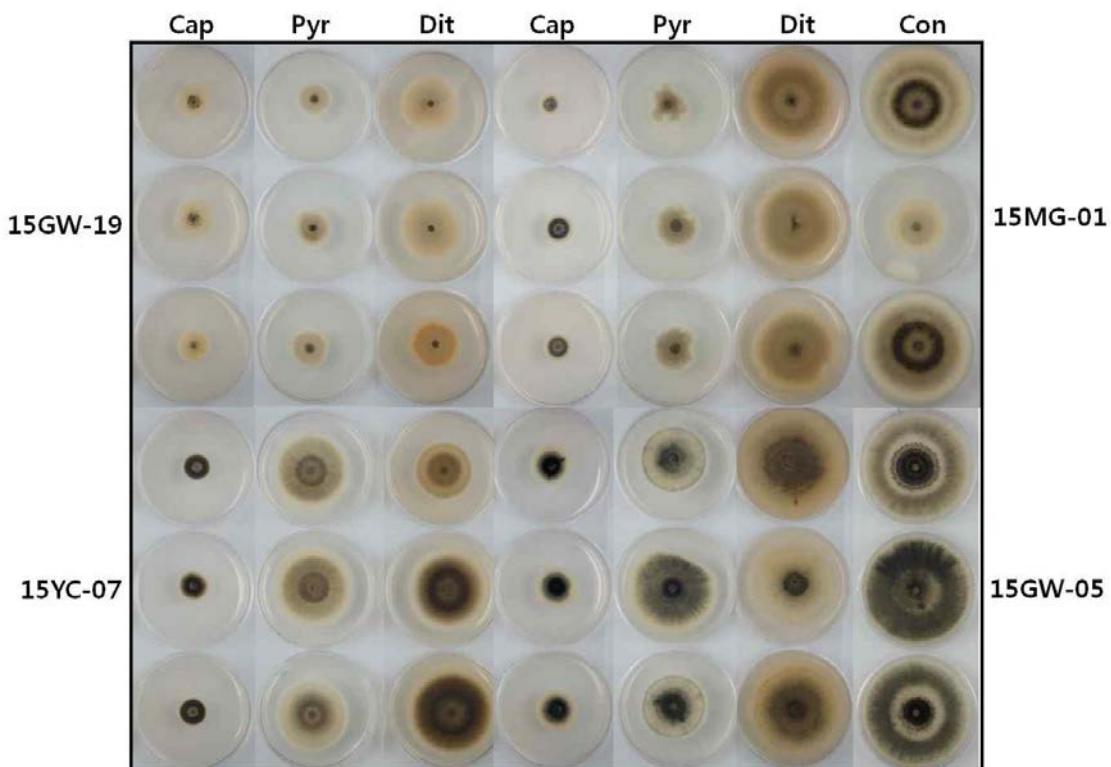


그림 3-31. Captan 및 Pyraclostrobin 약제배지에서 검정한 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과 유래의 탄저 병균 저항성 검정 결과

2014년, 2015년에 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에서 발생하는 탄저병균의 약제 저항성 검정에 사용된 살균제 10종; Chlorothalonil, Dithianon, Fluazinam, Fluquinconazole, Iminoctadine-triacetate, Kresoxim-methyl, Propineb, Captan, Pyraclostrobin, Tebuconazole는 현재 사과재배 지역의 살균제 살포프로그램에 사용되고 있는 것으로, 상대적으로 효과가 좋았던 3종의 살균제 Fluazinam, Tebuconazole, Captan를 제외한 7종의 살균제에 저항성을 띠는 균주가 발생한 것은 매우 주목할 일이다. 다계통 살균제 저항성 탄저병균에 대한 연구는 2010년 미국에서 잔디 탄저병균(*Colletotrichum cereale*)에 대해서 진행된 바 있으며, benzimidazole계 살균제 저항성 균주의 경우 strobiruline계 살균제에 대해서도 저항성을 띠는 것으로 보고된 바 있다.

위 결과를 살펴 볼 때, 국내 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에 발생하는 탄저병에서 다계통 살균제 저항성을 갖는 균주가 확인된 것은 매우 주목해야 할 일이며, 현재 사용되고 있는 살균제 살포프로그램이 효과적으로 탄저병균을 방제할 수 있는지에 대한 연구가 필요하다고 판단되었다.

표 3-8. 2015년 만생종, 중생종, 중·만생종 사과의 살균제 살포프로그램

회차	살포일 (간격)	만생종	중생종	중·만생종
1	개화전	iminoctadin-triacetate	iminoctadin-triacetate	Fluquinconazole+ Flusilazole
2	낙화후	Fluxapyroxad	Mancozeb+ Myclobutanil	Fluxapyroxad
3	5월 중순 (10일)	Propineb	Propineb	Propineb
4	5월 하순 (10일)	Kresoximethyl	Kresoximethyl	Kresoximethyl
5	6월 상순 (10일)	dithianon	dithianon	dithianon
6	6월 중순 (10일)	Metiram	Captan	Captan
7	6월 하순 (10일)	Fluazinam	Chlorothalonil	Fluazinam
8	7월 상순 (15일)	Trifloxystrobin	Fluazinam	Pyraclostrobin
9	7월 중순 (15일)	Acibenzolar-S-methyl	Pyraclostrobin	Acibenzolar-S-methyl
10	8월 상순 (15일)	Metconazole	Acibenzolar-S-methyl	Tebuconazole
11	8월 중순	Dithianon+ Pyraclostrobin	-	Dithianon+ Pyraclostrobin

*Bold: Captan, Fluazinam, Tebuconazole

현재, 농가에서 이용 중인 만생종, 중생종, 중·만생종 사과의 방제력을 살펴보면(경북사과산학연협력단), 사과 탄저병균을 효과적으로 억제할 수 있는 살균제; Fluazinam, Captan, Tebuconazole은 6월 중순 이 후에 살포하도록 권장하고 있다.

하지만, 사과 탄저병균의 경우 화기전염이나 초기 과실에 문제가 될 수 있으므로, 후반기에 배치되어 있는 Fluazinam, Captan 및 Tebuconazole의 살포시기를 앞당겨 살포하거나, 본 연구에서 확인된 저항성 탄저병균이 확인된 약제를 교체하여 검정해야 할 것으로 판단된다. . 또한, 8월 중하순에 처리하는 Dithianon+ Pyraclostrobin의 경우, 이들 두 약제에 대한 저항성 발달이 우려되므로, 이 시기에 적합한 추가적인 약제를 보완할 필요가 있을 것으로 판단된다.

5. ‘홍로’에서 발생하는 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제법 제시(2016)

가. ‘홍로’에서 발생하는 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증시험



그림 3-32. 2016년 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제용 살포프로그램 실증시험을 수행한 의성군 소재 홍로 과원

1차년도 및 2차년도에 선발된 약제인 Fluazinam, Captan 및 Tebuconazole 살균제의 배치나, 살포시기를 조정하여 살포 했을 때 ‘감홍’ 및 ‘홍로’사과의 탄저병이 효과적으로 방제 할 수 있는지를 검정하기 위해, 경북 의성군 소재 홍로 사과원(6년생)에서 실증시험을 수행하였다. 기준 방제력을 사용한 홍로 처리구를 1번으로 하여 대조구로 사용하였고, 2014년 및 2015년에 수행되었던 결과에서 탄저병균에 방제효과가 우수했던 Fluazinam, Captan, Tebuconazole을 이 포함된 홍로 처리구 2번 및 3번 처리구를 설계하여 실증시험을 진행하였다(표 3-9). 또한 품종에 따른 살균제 살포 프로그램의 방제효과 차이를 알아보기 위해 홍로 1번, 2번 방제력과 거의 동일한 후지 1번, 2번 방제력 처리구를 설정하고, 후지 품종에 적용하여 주요 병해 발생 정도를 확인하였다. 방제효과가 우수한 것으로 확인된 Fluazinam, Captan, Tebuconazole 약제는 후지 1번 처리구에는 10회차에 1회, 후지 2번 처리구에는 3 종류의 약제가 4회, 6회, 7회에 각각 총 3회 포함시켜 방제효과를 검정하였다(표 3-10).

2014년도에 진행하였던 ‘감홍’, 홍로 사과의 주요 병해 조사실험과 마찬가지로, 주요 병해 조사는 농촌진흥청 국립농업과학원에서 고시한 농약등록 약효·약해시험 세부지침에 따라 조사하였다. 주요질병(점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 탄저병, 겹무늬썩음병)의 조사는 매월 2회에 걸쳐 실시하였으며, 잎에 발생하는 병해는 발병 초기인 7월부터 10월까지 조사하였고, 과실은 8월 이후부터 수확 전까지 조사를 실시하였다. 또한 4월의 높은 강우량으로 인해 붉은별무늬병이 다량 발생하여 해당 병해를 조사대상에 포함하였다.

병해조사는 시험구당 5주씩 3반복으로 지정하여 총 15주에 대해 조사하였다. 잎에 발생하는 병해는 한 그루의 나무당 200엽 이상의 잎을 조사하여 병든 잎을 계수하고, 반복구 내 5그루의 평균을 계산하여 해당 반복구의 이병율로 환산하였다.

과실에 발생하는 탄저병과 겹무늬썩음병은 이병과율을 조사하였다. 조사방법은 8월부터 과실에 발생한 탄저병과 겹무늬썩음병을 조사대상으로 선정하여 이병과율을 조사하였으며, 시험구 당 3개의 반복구를 설정하고 방복구당 5그루의 나무를 선정한 뒤 사과나무에 맷힌 과실에 대하여 전수조사를 실시하여 이병과율을 계산하였다.

표 3-9. 2016년 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증시험에 사용된 살포 프로그램

회차	홍로 처리구 1번	홍로 처리구 2번	홍로 처리구 3번
1	Triflumizole WP	Fluquinconazole+ Flusilazole SC	Tebuconazole SC
2	Fluxapyroxad SC	Cyprodinil + Difenoconazole EW	Cyprodinil + Difenoconazole EW
3	Propineb WP	Propineb WP	Propineb WP
4	Kresoxim-methyl SG	Tebuconazole + Trifloxystrobin SC	Dithianon SC
5	Dithianon SC	Dithianon SC	Captan WP
6	Bordeaux mixture	Fluazinam WP	Fluazinam WP
7	Pyraclostrobin EW	Pyraclostrobin EW	Trifloxystrobin SC
8	Acibenzolar-s-methyl + Dithianon SC	Acibenzolar-s-methyl + Dithianon SC	Acibenzolar-s-methyl + Dithianon SC
9	Metconazole SC	Tebuconazole SC	Pyraclostrobin EW

*Bold: Captan, Fluazinam, Tebuconazole

표 3-10. 2016년 후지 품종에 실험된 병해 방제 살포 프로그램

회차	후지 처리구 1번	후지 처리구 2번
1	Triflumizole WP	Fluquinconazole + Flusilazole SC
2	Fluxapyroxad SC	Cyprodinil + Difenoconazole EW
3	Propineb WP	Propineb WP
4	Kresoxim-methyl SG	Tebuconazole + Trifloxystrobin SC
5	Dithianon SC	Dithianon SC
6	Metiram SG	Captan WP
7	Bordeaux mixture	Fluazinam WP
8	Trifloxystrobin SC	Trifloxystrobin SC
9	Acibenzolar-s-methyl+Dithianon SC	Acibenzolar-s-methyl + Dithianon SC
10	Tebuconazole SC	Metconazole SC
11	Acibenzolar-s-methyl + Chlorothalonil SC	Dithianon + Pyraclostrobin SG

*Bold: Captan, Fluazinam, Tebuconazole

나. ‘홍로’에서 발생하는 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증시험 결과

실증실험을 수행한 의성군의 6월~8월 평균 기온은 예년과 비슷한 21.2~24.9 °C로 전년도와 거의 비슷한 양상을 나타었다(그림 3-33A).

월 강우량은 4월의 강우량이 145.5mm로 매우 높았으며 6월경에는 41mm로 매우 적은 강우량을 보였다. 반면, 7월과 9월에 각각 224mm, 226mm의 많은 강우량을 기록하였으며 8월의 강우량은 90.5mm로 7, 9월에 비해 비교적 적은 양의 비가 내렸으나 전년도에 비해 높은 강우량을 보였다.

9월 이후 비가 거의 내리지 않은 전년도와 달리 10월에도 100mm가 넘는 강우량을 기록하여 수확기 과실에 대한 병해의 발생이 우려되었다(그림 3-33B).

이러한 높은 강우량에 의해 각종 병해의 발생율이 높아질 것으로 예상되었으며, 특히 붉은별무늬병의 포자비산시기와 일치하는 4월에 내린 많은 비로 인하여 일반적인 상황에서 크게 문제되지 않았던 붉은별무늬병이 2016년에는 다량 발생하였다.

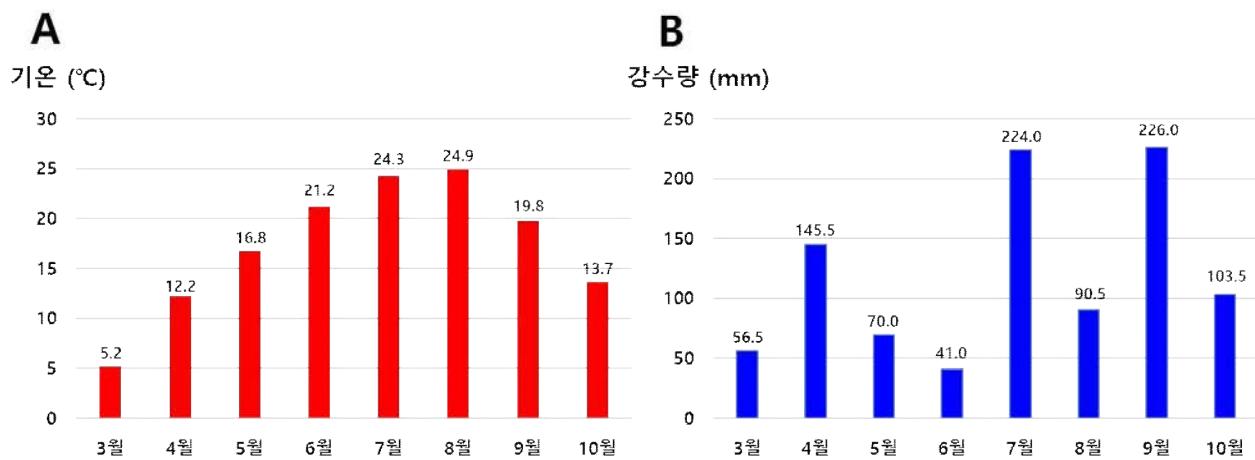


그림 3-33. 의성군의 2016년도 평균기온 및 강우량 기상자료 (A:평균기온, B:월 강우량)

실증시험을 수행한 과원에서 사과에 발생하는 주요 질병에 대하여 조사와 진행한 결과, 예년보다 증가한 강수량의 영향으로 인해 무처리구의 이병율이 매우 높게 나타났다. 특히 탄저병과 점무늬낙엽병은 각각 50%이상, 90%이상을 기록하여 살균제 살포 프로그램의 방제효과를 확인하기에 매우 좋은 조건이었다.

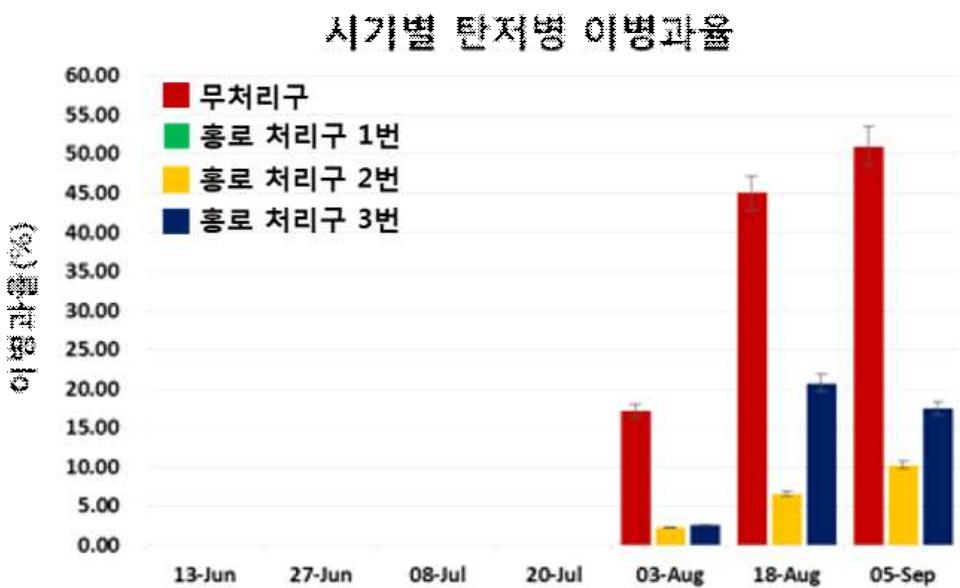


그림 3-34. 2016년 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증 시험 결과 (탄저병)

탄저병의 경우 실험구에서는 무처리 대비 탄저병의 이병과율이 현저히 낮게 확인 되었다. 그러나 1번 실험구의 경우, 낙과율이 높아 방제력에 따른 방제효과의 차이를 볼 수 없었다. 탄저병의 처리구별 이병과율을 비교한 결과 약제살포가 이루어지는 8월 초까지는 2번 처리구와 3번 처리구의 방제효과에 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 약제살포가 종료된 8월 중순부터 2번 처리구와 3번 처리구의 이병과율이 눈에 띄게 차이를 보이기 시작하였다. 2번 처리구에서도 살포 종료 후 이병과율이 증가하여 10%까지 상승하였지만, 3번 처리구의 경우 더 가파른 증가 추세를 보이며 수확직전 조사인 9월 초에는 20%에 가까운 이병과율을 나타내었다. 2번 처리구와 3번 처리구의 최종 처리 약제는 2번 처리구의 경우 Tebocinazole이며 3번 처리구의 경우 Pyraclostrobin이었다.

2015년에 진행된 탄저병의 약제 저항성 검정에서 Tebocinazole에 대한 약제저항성은 거의 나타나지 않은데 비해 Pyraclostrobin의 경우 비록 일부 균주에서만 검정시험을 진행하였으나 시험한 균주의 대부분이 저항성을 보이는 것으로 나타났다.

따라서 약제처리 종료 후 나타난 2번 처리구와 3번 처리구의 탄저병 이병과율의 차이는 탄저병균의 Tebocinazole과 Pyraclostrobin에 대한 약제저항성의 차이가 영향을 끼쳤다고 볼 수 있다.

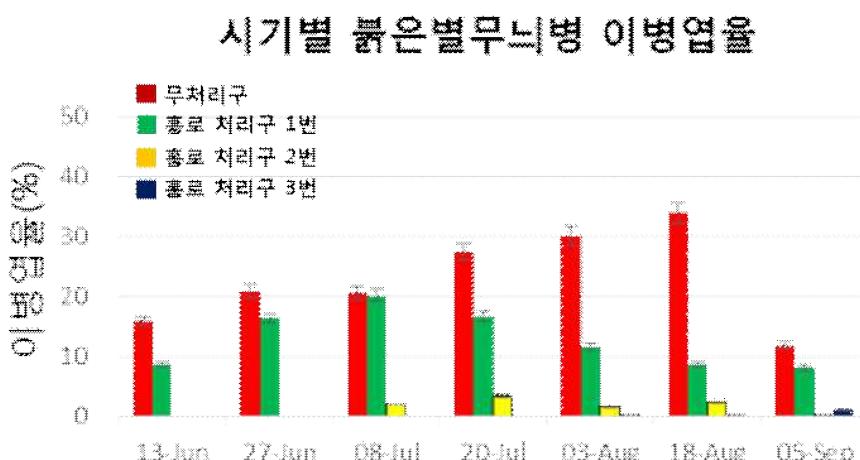


그림 3-35. 2016년 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증 시험결과 (붉은별무늬병)

2016년에 유독 크게 발생한 붉은별무늬병의 경우 1번 처리구에서는 조사 초기인 6월~7월에는 무처리구와 거의 차이가 없을 정도로 방제효과가 매우 낮았다. 비록 8월 이후 무처리구에 비해 이병엽율이 낮아지는 양상을 보였으나, 그럼에도 불구하고 여전히 높은 방제효과를 보이는 2번, 3번 처리구에 비해 상당히 높은 이병엽율을 유지하였다.

반면, 기후적인 요인으로 인해 무처리구의 이병엽율이 매우 높았음에도 불구하고 2번, 3번 처리구에서는 조사기간 내내 5% 미만의 낮은 이병엽율을 나타내어 다계통 약제 저항성 탄저병균의 방제를 위해 도입한 살균제가 붉은별무늬병에 대해서도 탁월한 방제효과를 보이는 것으로 나타났다.

시기별 점무늬낙엽병 이병율

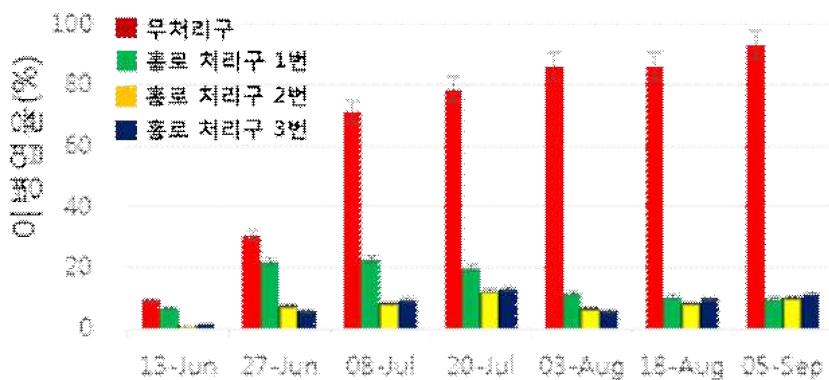


그림 3-36. 2016년 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증 시험 결과 (점무늬낙엽병)

점무늬낙엽병은 진단 초기인 6월 중순의 이병율은 무처리구에서 약 10% 정도였으나 이후 이병율이 크게 증가하여 8월 초에는 무처리구에서 90%이상의 이병율을 나타낼 정도로 매우 대량으로 발생하였다. 1번 처리구의 경우 6월 중순에는 무처리구와 비슷한 이병율을 나타내었으나 이후 무처리구와 달리 이병율이 감소하면서 조사기간 후반부인 9월에는 다른 처리구와 비슷한 이병율을 나타내었다. 2번 처리구와 3번 처리구에서는 조사기간동안 지속적으로 10% 미만의 이병율을 나타내어 살균제 살포 프로그램의 안정적인 방제효과가 확인되었다.

시기별 갈색무늬병 이병율



시기별 겹무늬썩음병 이병과율



그림 3-37. 2016년 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제 실증 시험 결과 (갈색무늬병, 겹무늬썩음병)

갈색무늬병과 겹무늬썩음병은 조사기간 후반에 무처리구에서 발병이 확인되었으나 1번, 2번, 3번 처리구에서는 발병이 확인되지 않아 높은 방제효과를 보였다.

홍로 품종에 대하여 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제용 살포프로그램 실증시험을 수행한 결과, 탄저병균의 약제 저항성 연구결과를 바탕으로 살균제 살포 프로그램을 개선한 시험구에서는 사과 주요 병해인 탄저병, 붉은별무늬병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 겹무늬썩음병에서 높은 방제 효과를 보였다.

최종 회차에서 처리한 약제의 종류에 따라 수확전 탄저병의 이병과율에 다소 차이가 나타났으며, 이는 해당 살균제에 대한 탄저병균의 저항성 여부와 관계가 있을 것으로 예상되었다.

대조구로 사용한 홍로 1번 시험구에서 붉은별무늬병에 낮은 방제율이 확인된 반면, 2번과 3번 시험구에서는 높은 방제효과가 확인되었다. 따라서 본 실증시험에서 적용한 다계통 살균제 저항성 탄저병균 방제용 살포프로그램이 탄저병뿐만 아니라 다른 주요 병해도 성공적으로 방제가 가능함이 확인되었다.

‘후지’품종의 시험구에서 주요 질병에 대한 조사를 진행한 결과, 홍로 처리구와 마찬가지로 무처리구의 이병율이 매우 높게 나타났다. 점무늬낙엽병의 이병엽율은 홍로와 마찬가지로 90% 이상을 기록하였으며, 탄저병 역시 20% 이상의 이병과율을 나타냈다.

또한 ‘홍로’처리구에서는 비교적 낮은 이병엽율을 보였던 갈색무늬병도 후지 품종의 무처리구에서는 30% 이상의 이병엽율을 나타냈다.

다만, 붉은별무늬병의 경우 8월 이후 무처리구의 이병엽율이 오히려 낮아지는 추세를 나타내었는데, 이는 8월 이후로는 붉은별무늬병의 감염이 추가로 발생하지 않지만 붉은별무늬병에 감염된 이병잎이 다른 병해, 특히 갈색무늬병에 추가로 감염되어 낙엽되었기 때문에 계수되는 이병엽의 수가 줄어든 것이 원인으로 사료된다.



그림 3-38. 2016년 후지 품종에서 수행된 방제 실증 시험결과 (탄저병)

탄저병은 1번 처리구에서 3% 가량의 이병과율이 나타났고, 2번 처리구에서는 발병이 확인되지 않아 개선된 살균제 살포 프로그램이 탄저병에 대하여 매우 우수한 방제효과를 가지는 것으로 확인되었다.



그림 3-39. 2016년 후지 품종에서 수행된 방제 실증 시험결과 (붉은별무늬병, 갈색무늬병)

붉은별무늬병의 경우 1번 처리구에서 상당히 높은 이병율을 나타내었다. 특히 7월 말 이후로는 무처리구보다도 높은 이병율을 기록하고 있는데, 무처리구에서는 갈색무늬병에 의해 붉은별무늬병의 이병율이 낙엽되었지만, 1번처리구에서는 갈색무늬병이 성공적으로 방제되어 지속적으로 붉은별무늬병의 이병율이 계수되었기 때문이다.

반면 2번 시험구에서는 조사기간 동안 붉은별무늬병과 갈색무늬병의 발병이 거의 확인되지 않아 매우 높은 방제효율을 나타내었다.

결론적으로, 후지 1번 처리구의 방제력은 갈색무늬병을 효과적으로 방제할 수 있으나 상대적으로 붉은별무늬병의 방제에 취약하다는 점이 확인되었으며, 후지 2번 처리구의 방제력이 붉은별무늬병과 갈색무늬병에 대한 방제효과가 모두 우수한 것으로 확인되었다.



그림 3-40. 2016년 후지 품종에서 수행된 방제 실증 시험 결과 (점무늬낙엽병, 겹무늬썩음병)

무처리구에서 상대적으로 높은 발병율을 나타내었던 점무늬낙엽병과 겹무늬썩음병의 경우 1번 처리구와 2번 처리구에서 모두 극히 낮은 이병율을 나타내어 방제효과가 우수한 것으로 확인되었다.

결론적으로, 후지 1번 처리구의 방제력은 다른 병해는 효과적으로 방제하였으나, 붉은별무늬병에 대하여 취약성을 나타내었다. 반면 후지 2번 처리구의 방제력의 경우 사과 주요 병해 방제에 대해 매우 우수한 방제효과를 나타내는 것으로 확인되었다.

연구 결과, 탄저병 약제 저항성 검정 시험을 바탕으로 개선한 살균제 살포 프로그램을 통해 흥로 품종과 후지 품종에 대하여 탄저병뿐만 아니라 사과에 발생하는 주요 병해를 효과적으로 방제할 수 있는 우수한 살균제 살포 프로그램을 제시할 수 있었다.

제4절 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발(제1협동)

1. 연구 수행방법

가. ‘감홍’, ‘홍로’ 사과의 착과수준이 수체생육과 과실품질에 미치는 영향

본 연구는 ‘감홍’/M.9, ‘홍로’/M.9 사과의 착과수준을 관행의 착과량 기준에서 20% 과소, 관행 착과, 20% 과다, 40% 과다로 설정하여 수체생육 과실품질을 조사하였다.

‘감홍’ 품종은 2014년~2015년, ‘홍로’ 품종은 2015~2016년 2년에 걸쳐 착과수준을 동일한 나무에 처리하였다. 착과량 조절은 인력적과로서 실시하였는데, 3회에 걸쳐 적과를 실시하였다. 1차 적과는 처리별로 약 20~30% 정도를 더 남겨 놓았다가 2~3차 적과시 처리별 착과수준까지 적과를 실시하였다. 최종 착과는 6월 상순에 3차 적과를 실시하여 최종 마무리하였다. 착과수준은 ‘감홍’ 품종은 20% 과소는 나무 당 55과, 관행 착과는 75과, 20% 과다 착과는 95과, 40%과다 착과는 115과를 기본으로 설정하여 수세에 따라 다소 조절하였다. ‘홍로’ 품종은 수세가 다소 강하여 ‘감홍’ 품종보다 많이 착과시켰는데 관행 착과량을 주당 100과, 20% 과소는 80과, 20% 과다는 120과, 40% 과다 처리는 140과를 기준으로 수세에 따라 착과수를 조절하였고 처리별 나무는 5주를 대상으로 하였다.

조사항목은 수체생육(수고, 수폭, 신초장)과 과실품질(당도, 산도, 경도, 착색) 및 과실무게 분포를 조사하였다. 수체 생육은 각 조사 시기에 나무의 크기를 측정하고 수폭은 열간과 주간 거리를 측정한 후 평균하여 나타내었고 신초장은 나무의 1.5m 높이에서 동서남북의 방향에서 새로 나온 신초를 나무 당 20개를 측정하였다. 과실의 당도는 과실 전체를 착즙한 후 디지털 당도계(PR-100, Atago Co, Japan)로 측정했고, 산 함량은 과즙 5ml를 중류수 20ml로 희석한 후 0.1N NaOH로 적정하여 pH 8.1이 되는 점의 적정치를 사과산으로 환산하였다. 경도는 직경 11mm 헤드를 가진 경도계(FT-327, WAGNER, USA)로 과실 중간 부위의 과피를 제거한 후 측정했고, 착색도는 색차계(Chroma meter CR-400, Konica minolta, Japan)를 사용하여 3부분의 평균값을 Hunter a 값으로 나타내었다. 감홍의 꽃눈분화율 조사는 2014년에 착과수준별로 착과된 나무를 이듬해인 2015년 겨울에 조사하였다. 조사는 처리별로 정아의 눈 400개를 채취하여 눈을 세로로 2등분 한 후 확대경으로 꽃눈과 잎눈의 개수를 조사하였다. 홍로 품종은 2015년에 착과수준별로 처리한 나무를 2016년 개화기에 익년개화율을 조사하였다. 조사는 개화전 총 눈수 당 개화한 꽃수를 조사하여 백분율로 나타내었다. 과실의 무게분포는 처리별로 개별 과실 전부를 각각 측정하여 백분율로 나타낸 후 과실등급규격에 따라 분류하였다. 조사결과의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS Enterprise Guide 4.0)을 이용하여 분석하였다.

나. 적과시기가 감홍과 홍로 품종의 수체생육 및 품질에 미치는 영향

본 시험은 착과수준을 관행에 비해 20%로 늘려 적과시기를 달리하는 처리를 하였다. 처리방법은 개화기에 1차로 화총 단위로 거리별 꽂따기를 실시한 후 열매솎기 시기를 수회로 나누어 실시하였다. 열매솎기 시기는 ‘감홍’ 품종은 5월 중순, 5월 하순, 6월 상순, 6월 중순인 4수준으로 하였으며, ‘홍로’ 품종은 5월 하순, 6월 상순, 6월 중순인 3수준으로 처리 하였다. 이때 ‘감홍’ 품종의 나무 당 착과 과실수는 ‘감홍’은 90~110과, ‘홍로’는 111~130과를 기준으로 수세에 따라 착과수를 조절하였다. 조사항목은 수체생육과 수확 후 과실의 무게분포 및 품질을 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. '감홍' 사과의 착과수준이 수체생육과 과실품질에 미치는 영향

(1) 2014년도 시험

감홍/M.9 사과를 2014년에 착과량을 4수준으로 구분하여 과실을 착과 시킨 후 수체생장을 조사하였다. 조사는 7월과 10월에 각각 실시하여 증가율을 비교하였는데 주간 직경은 과다 착과처리구보다 관행 착과와 20% 과소 착과한 처리구에서 증가율이 많은 경향을 보였다. 평균 신초장은 4처리 모두 105~106% 정도의 생장을 보였지만 통계적인 유의차는 보이지 않았다(표 4-1). 착과량에 따른 감홍/M.9 사과의 수고는 7월에 363cm에서 381cm 범위였으나 10월에는 371cm에서 401cm로 커져서 약 101.9% ~ 106.2%의 증가율을 나타내었으나 처리 간 유의성은 없었다. 수고는 주간연장지 아래 부위에 과일이 착과되게 되면 주간연장지가 아래로 휘게되어 착과량에 따른 생육의 비교는 큰 의미가 없는 것으로 생각되었다. 그러나 수폭 또한 7월에서 10월까지 생장이 통계적인 유의성이 없었으나 적정착과보다 과다 착과한 처리구에서 증가율이 낮은 경향을 보였다(표 4-2). 이와 같은 결과는 수관용적에서도 같은 경향을 보였는데 수관용적은 수고와 수폭보다는 처리 간에 더 큰 차이를 보여 20%과소 착과 처리구에서 수관용적의 생장율이 가장 많은 경향을 보였다. 일반적으로 사과는 착과량이 많으면 수체생육이 떨어진다고 보고되고(Erf와 Proctor, 1987; Palmer 등, 1997; Volz 등, 1993) 있는데, 본 연구에서는 착과량에 따른 수체생육은 통계적인 유의성은 없었다. Choi 등(2009)도 후지 사과의 착과량을 TCA(trunk cross-sectional area) cm²당 착과 수를 4, 5, 6, 7의 4수준으로 하였을 때 착과량이 많아질수록 시험 첫해에 평균 정단 신초장은 짧아지기는 하였으나 통계적인 유의차는 없었고 2년차에 착과 수가 많아질수록 주간비대가 억제되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 시험 1년 차이기 때문에 통계적인 유의성은 나타나지는 않았지만, 수폭과 수관용적의 증가율로 보았을 때 착과량이 많을수록 수체생육은 억제되는 경향을 보였다. 착과량에 따른 감홍 사과의 과형지수는 처리간 유의성이 없었으나 과중은 착과량이 많을수록 적은 경향이었다(표 4-3). 20% 과소에서 평균 과중이 379g으로 가장 컼고 40% 과다 착과는 361g으로 가장 적었다. Park 등(2014)은 4년생 감홍 사과를 대상으로 한 시험에서 TCA 1cm²과 이상 착과되면 평균과중이 300g 이하이면서 가용성 고형물 함량이 15.0 °Brix를 넘지 못하는 경우가 많았다고 보고하였는데, 본 연구에서도 비슷한 결과를 보였다. 사과나무의 적정착과량 설정은 영양생장과 생식생장의 균형을 이루어 해거리 없이 매년 안정적인 과일 생산을 위해 필요한 것으로 유목기에는 주로 TCA를 이용하지만 성목기에 들어서면 TCA로 적정 착과량을 설정하면 주당 과일 개수가 너무 많아져 해거리가 발생하기 때문에 TCA로 적정 착과량을 설정하기는 어렵다. 따라서 성목기에는 나무의 수세 등을 고려하여 주당 개수를 정하여 착과시키는데, 본 연구에서는 감홍 사과의 관행적 착과량을 75과로 설정하여 20, 40%를 더 착과하였을 때 과중은 관행보다 적었다.

표 4-1. 착과 수준에 따른 감홍/M.9 사과의 수체 생육

처리 내용	주간 직경(mm)			평균 신초장(cm)		
	7월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)	7월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)
20% 과소	53.2	58.9	110.8a ^z	35.2	37.5	106.7a
관행 착과	58.7	64.4	109.7a	33.0	34.7	105.1a
20% 과다	56.9	61.1	107.4a	32.9	34.7	105.5a
40% 과다	59.8	64.3	107.5a	28.0	29.7	106.4a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05**표 4-2. 착과 수준에 따른 감홍/M.9 사과의 수고, 수폭 및 수관용적**

처리 내용	수고(cm)			수폭(cm)			수관용적(m ³)		
	7월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)	7월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)	7월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)
20% 과소	365	385	105.2a ^z	218	248	113.8a	4.5	6.1	136
관행 착과	363	371	101.9a	228	261	114.5a	4.9	6.6	134
20% 과다	372	395	106.2a	230	243	105.7a	5.1	6.1	119
40% 과다	381	401	105.2a	246	259	104.9a	6.0	7.0	116

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05**표 4-3. 착과 수준에 따른 감홍/M.9 사과의 평균과중과 과형지수**

처리 내용	과중 (g)		L/D ratio
	L	D	
20% 과소	379a ^z		0.93a
관행 착과	368ab		0.93a
20% 과다	373ab		0.93a
40% 과다	361b		0.93a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05**표 4-4. 착과 수준에 따른 감홍/M.9 사과의 과실품질**

처리 내용	Hunter			경도 (N)	당도 (°Brix)	산도 (%)
	L	a	b			
20% 과소	41.8ab ^z	19.3a	15.3b	52.5b	18.6a	0.29b
관행 착과	42.2ab	18.7a	15.2b	53.8b	18.3a	0.29b
20% 과다	43.0a	16.9a	15.0b	56.8a	17.4b	0.29b
40% 과다	40.6b	21.6a	16.5a	53.2b	17.3b	0.30a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

표 4-5. 착과 수준에 따른 감홍/M.9 사과의 무게 분포비율

처리 내용	375g 이상	374~300g	299~250g	249~214g	213~188g	187g 이하
20% 과소	43.4	37.8	8.9	6.4	0.8	2.7
관행 착과	40.2	33.7	18.3	3.3	3.9	0.6
20% 과다	31.8	32.0	16.9	9.8	4.0	5.5
40% 과다	26.9	29.5	14.3	9.3	7.0	13.0

착과 수준에 따른 감홍 사과의 품질 요소 중 과실 외관의 붉은색의 지표인 Hunter a는 40% 처리구에서는 21.6으로 가장 높았으나 처리 간 통계적인 유의성은 없었다. 40% 과다 착과 처리구는 Hunter L 값은 가장 낮았고, Hunter b 값은 가장 높았다. 과실의 경도는 20% 과다 착과 처리구가 56.8N으로 가장 높았고, 당도는 관행 착과 처리보다 착과량이 많은 처리구에서 낮은 경향을 보였다. 그러나 산도는 40% 착과 처리구가 0.30%로 가장 높았다(표 4-4). 경도와 산함량은 특정 착과수준에서 높게 나왔으나 처리에 따른 일정한 경향을 보이지는 않아 조사 개체간의 처리에 의한 것으로 판단되었다. 그러나 착과 수준이 과일 품질에 미치는 영향은 착과 수준이 많아질수록 당도는 낮아진다는 보고(Awad 등, 2001; Palmer 등, 1997; Volz 등, 1993)와 큰 차이가 없다는 연구 결과(Ferguson과 Watkins, 1992)도 있는데, 본 연구에서는 착과수준이 많아지면 당도는 낮아지는 결과를 보였다.

착과 수준에 따른 감홍 사과의 무게 분포는 20% 과소 착과 처리구에서 큰 과실 비율이 많았다(표 4-5). 관행 착과 처리구에서는 300g 이상의 과실이 73.9%였고 250~299g은 18.3%였으며 213g 이하의 과실이 4.6%였다. 관행 착과보다 많은 20%와 40% 착과 처리구에서는 300g 이상되는 과실의 비율이 낮아졌고 250~299g의 비율도 관행 착과 처리에 비해 적었으나 213g 이하의 과실 비율은 많아지는 경향이었다. 40% 과다 착과 처리구에서는 비상품과인 187g 이하의 과실 비율이 13%나 되었다. 따라서 감홍 사과는 과일 크기를 줄이고 중간 크기의 과일의 생산을 늘리기 위해 관행의 착과량에서 40% 과다 착과하는 것은 중간 크기의 규격과 생산보다는 187g 이하 크기의 과일이 많아져 현실적으로 불가능한 것으로 판단되었다.

표 4-6. 착과 수준에 따른 감홍/M.9 사과의 생리장애 발생율

처리 내용	고두병 발생율 (%)	고두지수 ^z (0~4)	동녹지수 ^y (0~4)
20% 과소	40.7ab ^x	0.76a	2.6a
관행 착과	45.4a	0.64a	2.7a
20% 과다	44.4a	0.87a	2.6a
40% 과다	20.6b	0.36a	2.6a

^z : 0 : 없음 1 : 1~5개, 2 : 6~10개, 3 : 10~20개, 4 : 20개 이상

^y : 0 : 없음 1 : 10이하, 2 : 11~30%, 3 : 30~50%, 4 : 50%이상

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

착과수준에 따른 감홍/M.9 사과의 생리장애 발생은 대과 생산이 많았던 20% 과소 착과 처리구에서 유의하게 많았으나 동녹은 처리간 차이를 보이지 않았다(표 4-6). 20% 과다 착과 처리구는 관행 착과 처리구와 고두병 발생율 차이는 없었고 40% 과다 착과 처리구에는 고두 병이 20.6%로 관행 착과의 고두병 발생율에 비해 현저히 적었다. 그러나 고두병 정도를 나타

내는 고두 지수는 큰 차이가 없었다. 고두병은 칼슘 부족에 의해 발생되는 생리장애로 발생부위는 과피 아래 과육 부위가 코르크화 되는 것이 특징이다. 과일이 생육하는 과정에서도 발생되며 수확 후 저장 중에도 발생되는데, 감홍 사과는 특히 고두병 발생이 많은 품종이다. 고두병은 질소시비가 과다하거나 칼슘이 부족할 경우 발생이 많은데, 감홍 사과는 대과일수록 고두병 발생율이 많아지는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2008). 본 연구에서도 과일 크기가 가장 커던 20% 과소에서 40%의 고두병 발생율을 나타내었으나, 과다 착과되어 과일 크기가 적었던 40% 과다 착과에서는 20.6%로 고두병 발생이 현저히 적었다.

표 4-7. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 이듬해 꽃눈의 형태적 특징과 꽃눈분화율

처리 내용	꽃눈횡경 (mm)	꽃눈종경 (mm)	꽃눈분화율 (%)
20% 과소착과	4.48ab ^z	8.78ab	77.5a
관행착과	4.78a	9.11a	72.5a
20% 과다착과	4.53b	9.03a	60.0a
40% 과다착과	4.28c	8.39b	50.0b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

한편 착과 수준별로 결실 시킨 후 이듬해 감홍 사과의 꽃눈의 형태적 특성과 꽃눈분화율을 조사하였을 때, 착과량이 많아질수록 꽃눈의 크기도 작아지고 꽃눈분화율도 낮아지는 것으로 조사되었다(표 4-7). 꽃눈은 40% 과다 착과가 다른 처리구에 비해 적은 경향이었고 꽃눈분화율도 40% 과다 착과에서는 일부 나무에서 격년결실이 발생하였다. 이는 저장 양분이 과일의 생장에 많이 이용되었기 때문으로 생각되며, Choi 등(2009)의 연구에서도 착과수가 증가 할수록 익년 개화율이 감소되었다는 보고와도 일치하는 결과였다. 본 연구에서 감홍 사과의 중과인 규격과를 생산하기 위해 관행에 비해 40% 까지 과다 착과시키는 것은 극소과 생산이 많아지고 해거리가 발생할 수 있어 현실적으로 적용하기는 어려울 것으로 판단되었다.

(2) 2015년도 시험

감홍 사과의 나무에 2년 동안 동일한 나무를 대상으로 착과량을 달리하여 수확한 후 수체생장을 비교하였을 때 수고, 수폭, 신초장은 처리간 차이가 있었으나 주간 직경은 차이가 없었다(표 4-8). 수고는 20%과다 착과에서 제일 컸고, 신초장은 관행 착과에서 가장 짧았다. 사과나무의 생장은 과실이 적게 달린 나무는 영양생장이 많고, 과일을 과다 착과시키면 영양생장이 적어진다고 알려져 있는데(Erf와 Proctor, 1987; Palmer 등, 1997; Volz 등, 1993). 본 연구에서는 착과량에 따른 수체생장 중 수폭의 증가는 20% 과소 착과에서 적은 경향이었으나, 통계적인 유의성은 없었다. 이와 같은 결과는 수체생장이 착과량은 물론이고 재배과정에서의 관리방법에 따라서도 큰 영향을 받았기 때문이라고 판단된다. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 수고, 수폭, 주간 직경, 신초장을 착과 전에 측정하고 수확 후 증가율을 조사해 보았을 때, 처리간의 차이는 없었다(표 4-9, 10). 수고의 증가는 관행 착과에서는 오히려 줄었는데 이는 원줄기에 과실이 착과되어 원줄기 끝이 아래로 늘어졌기 때문이었다. 수폭은 20%과소 착과 처리구가 가장 적었으나 증가율은 123%로 다른 처리구보다 많았다. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 형태적 특

성은 20% 과소 착과의 과실이 L/D 비가 가장 커서 원형에 가까운 과실의 형태를 보였다(표 4-11.). 사과 과일의 크기는 비대 초기에는 종축으로 생장이 많고 생장 후기로 갈수록 횡축 생장이 많아지는데 20% 과소 착과는 과일 수가 적어 과일로 분배되는 저장양분이 많아 초기에 종축으로의 생장이 컸기 때문이다.

표 4-8. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 수체 생육

처리내용	수고 (cm)	수폭 (cm)	주간직경 (mm)	평균 신초장 (cm)
20% 과소착과	410.0ab ^z	211.6 b	62.4a	26.7a
관행 착과	375.0 b	299.1 a	71.3a	19.5b
20% 과다착과	432.5 a	255.5ab	69.4a	27.1a
40% 과다착과	410.0ab	247.5ab	66.5a	24.6ab

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

표 4-9. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 수고, 수폭의 증가율

처리내용	수고(cm)			수폭(cm)		
	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)
20% 과소착과	387	410	105.9a ^z	172	212	123.1a
관행착과	376	375	99.7a	268	299	111.5a
20% 과다착과	408	433	106.1a	223	256	114.7a
40% 과다착과	377	410	108.8a	218	248	113.8a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

표 4-10. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 주간 직경, 신초장의 증가율

처리내용	주간 직경(mm)			신초장(cm)		
	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)
20% 과소착과	59.0	62.5	105.9a ^z	26.3	26.7	101.6a
관행착과	65.6	71.3	108.7a	19.0	19.5	103.2a
20% 과다착과	63.4	69.5	109.7a	26.6	27.2	102.4a
40% 과다착과	61.7	66.5	107.5a	24.2	24.7	102.0a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

표 4-11. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 형태적 특성

처리내용	종경 (mm)	횡경 (mm)	L/D ratio
20% 과소착과	84.5a ^z	87.5a	0.96a
관행착과	78.0a	84.8a	0.91b
20% 과다착과	84.3a	89.6a	0.94ab
40% 과다착과	82.0a	87.6a	0.91b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

표 4-12. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 과실품질

처리 내용	Hunter			당도 (°Brix)	산도 (%)	경도 (N)
	L	a	b			
20% 과소착과	38.8a ^z	19.2a	12.0a	16.7a	0.32a	67.1a
관행착과	37.8a	20.8a	10.9a	16.3a	0.29a	69.4a
20% 과다착과	39.2a	20.6a	12.2a	16.6a	0.31a	65.6a
40% 과다착과	39.8a	19.2a	12.1a	15.6a	0.29a	64.3a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

착과 수준별로 2년 동안 착과 시켰을 때 과실의 색깔, 당도, 산도, 경도는 처리 간 차이를 보이지 않았다(표 4-12). 본 시험에서 1년차 처리에서는 당도는 착과 수준이 많아질수록 낮아졌으나 2년차 시험에서는 차이를 보이지 않았다. 그러나 당도가 20% 과소처리에서는 16.7 °Brix 였으나 40% 과소 처리에서는 15.6 °Brix를 나타내어 착과 수준이 많을수록 당도는 낮은 경향이었다. 착과 수준별로 과중과 당도와의 상관관계를 조사해 보았을 때 전 처리구에서 과중이 커지면 당도가 낮아지는 경향이었다(그림 4-1). 착과량에 따른 감홍 사과의 당도는 모든 처리에서 평균 과중에서 가장 높은 경향이고 과실이 작거나 평균 과중보다 커지면 당도는 낮아졌다. 본 실험에서 착과 수준이 관행보다 40%까지 증가하더라도 평균과중과 당도는 관행 처리와 차이를 보이지 않았다. 그러나 동일 처리 내에서는 과실이 작을수록 당도는 낮은 경향을 보였다. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 고두발생은 20%과소 처리에서 발생이 많았고 그 외 처리 간에는 차이가 없었다. 고두지수도 관행보다 적게 착과시킨 처리구에서 많아 고두 발생정도가 심하였다(표 4-13). Seo 등(2007)의 연구에서도 감홍 사과의 착과량에 따른 고두병 발생과를 조사하였을 때 착과량이 적을수록 발생률은 높았고 발생정도도 심하였다. 동녹 발생율은 처리 간 차이가 없었으나, 동녹의 발생지수는 과소 착과 처리구에서 많았다. 착과수준에 따른 평균 과중은 20%과소 착과처리구에서 326g으로 가장 컸다. 관행 착과에서는 과중의 편차가 가장 심하였다. 주당 수량은 평균과중이 가장 컸던 20%과소 착과에서 주당 19.9kg로 가장 적었고 20%과다 착과에서 가장 많은 수량을 보였는데(표 4-14), 과실이 착과 수준이 많아지면 과중은 적어지지만 주당 수량은 높아진다는 보고(Cho and Yoon, 2006)와는 다소 차이를 보였다.

감홍 사과를 착과 수준에 따라 과중분포를 조사해 보았을 때, 1년차 시험에서와 동일하게 관행 착과에 비해 착과량이 많아지면 대과의 비율은 줄어들고 품종 고유의 과중이 많아지는 경향이었다(표 4-15). 착과량이 가장 많은 40% 과다 착과 처리구에서는 중간 크기의 과일 비율이 많아지기 보다는 187g 이하의 작은 과일의 비율이 높아졌다.

과중에 따른 가격을 안동청과에서 판매되고 있는 가격 기준으로 조사한 결과 666~512g(3단/20kg상자)에서 가장 높게 나타났으며 과중이 가장 큰 689g이상(2단/20kg상자)의 과실은 2번째로 높게 형성되었다. 감홍 사과는 대과여서 7단(288g이하/20kg)은 가격 형성이 되지 않았으며 과실이 클수록 가격이 높게 형성되는 경향을 보였다.

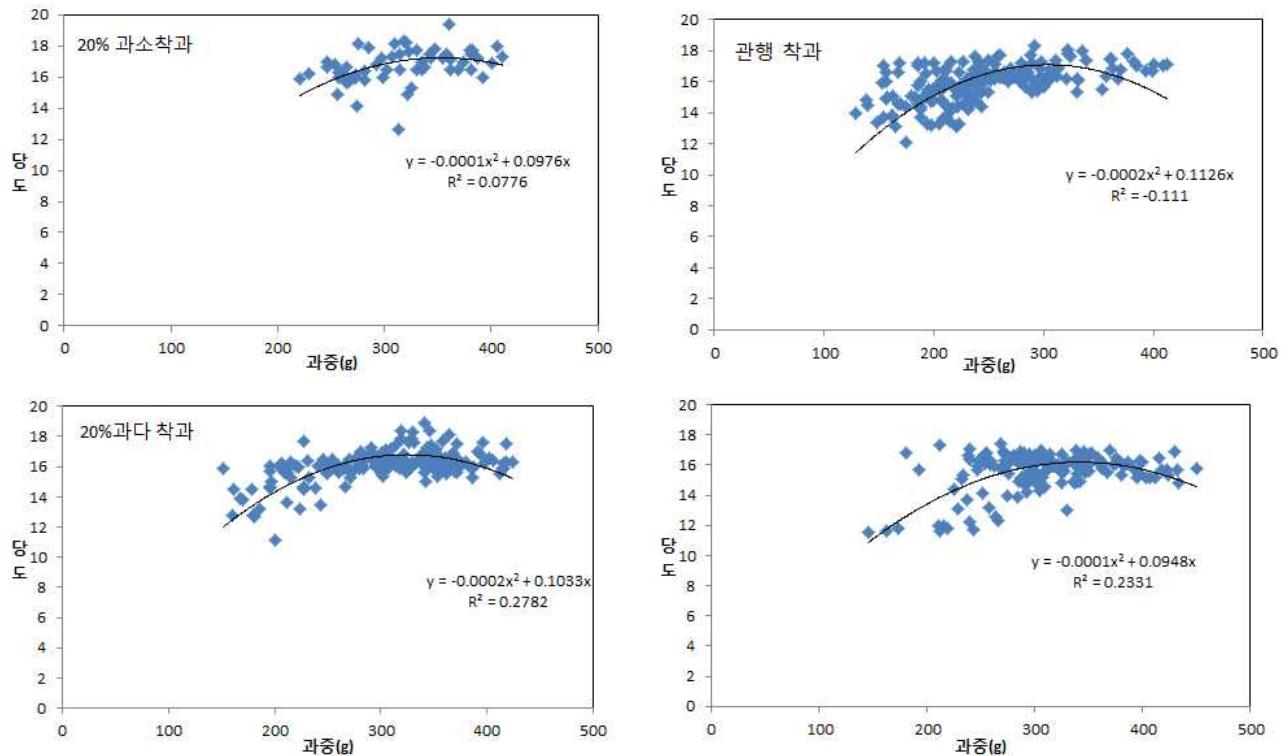


그림 4-1. 착과 수준별 감홍 사과의 과중과 당도와 관계

표 4-13. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 생리장애 발생

처리내용	고두발생율 (%)	고두지수	동녹발생율 (%)	동녹지수
20% 과소착과	59.8a ^z	1.6a	94.9a	2.6a
관행 착과	27.0a	0.5b	93.3a	1.6b
20% 과다착과	28.0a	0.7ab	97.7a	1.5b
40% 과다착과	29.0a	0.6b	96.1a	1.4b

고두지수 0: 없음, 1: 1~5개, 2: 6~10개, 3: 10~20개, 4: 20개 이상

동녹지수 0 : 없음 1 : 10이하, 2 : 11~30%, 3 : 30~50%, 4 : 50%이상

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

표 4-14. 착과수준에 따른 감홍 사과의 평균과중 및 수량

처리내용	평균과중(g)	수량(kg/주)
20% 과소착과	326 ± 21.2^z	19.9 ± 3.98
관행 착과	323 ± 43.4	26.6 ± 11.74
20% 과다착과	299 ± 14.0	31.9 ± 7.46
40% 과다착과	300 ± 39.0	26.6 ± 10.50

^zStandard Deviation

표 4-15. 착과 수준에 따른 감홍 사과의 과중분포

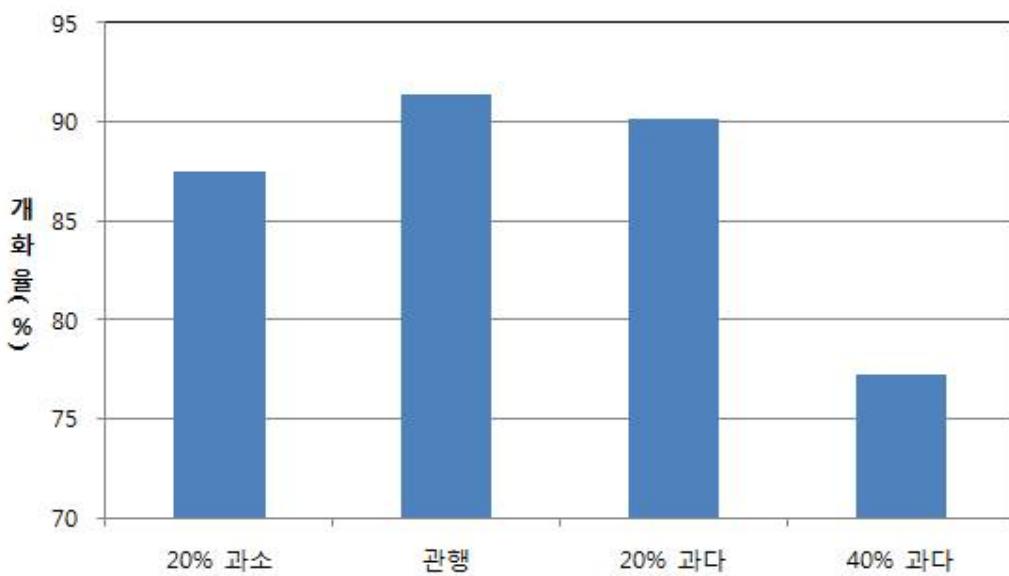
처리 내용	375g 이상	374~300g	299~250g	249~214g	213~188g	187g 이하
20% 과소착과	20.4%	30.0	28.4	14.6	5.4	1.2
관행착과	8.7	24.2	24.8	20.0	12.2	10.1
20% 과다착과	8.2	39.4	30.8	10.1	5.9	5.5
40% 과다착과	6.6	21.1	25.7	20.4	10.9	15.4

표 4-16. 과중에 따른 감홍 사과의 가격

단위: 원

가격	과실 크기				
	> 689g	666~512g	500~408g	400~338g	333~289g
최고가격	75,000	85,300	76,200	49,000	39,000
최저가격	23,500	23,500	21,500	20,000	18,900
평균가격	66,100	64,951	52,240	39,387	32,406

- 2015. 10.15 안동청과 기준

**그림 4-2. 2015년 착과량에 따른 이듬해(2016) 감홍 사과의 익년개화율**

착과 수준에 따른 해거리 발생을 조사하고자 2015년에 착과 수준별로 결실된 나무들의 익년 개화율을 2016년에 조사하였다(그림 4-2). 익년개화율은 관행 처리에서 가장 높았고 40% 과다 착과에서 가장 낮은 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 1년차 시험의 결과와 동일한 것으로 감홍 사과에서 관행의 착과 수준을 결실시키던 나무를 40%로 결실을 증가시키는 것은 해거리 발생의 위험을 증가시켜 안정적인 과실 생산이 어려울 것으로 판단되었다.

나. ‘홍로’ 사과의 착과수준이 수체생육과 과실품질에 미치는 영향

(1) 2015년도 시험

홍로 사과를 착과량을 다르게 한 후 수체 생육조사 한 결과, 수고, 수폭, 주간직경 및 신초장은 처리 간 차이를 보이지 않았다(표 4-17, 18). 착과 수준에 따른 홍로 사과의 종경과 횡경은 처리간 차이를 보이지 않아 L/D비도 차이가 없었다(표 4-19). 홍로 과실의 Hunter a 값, 당도, 산도 및 경도는 처리 간 차이가 없었다. 일반적으로 과실의 착과량이 증가하면 당도가 낮아진다고 알려져 있으나 본 실험에서는 착과량에 따른 홍로 과실의 품질 차이는 없었다(표 4-20). 이와같은 결과는 과실의 착과수준이 많아지면 당도가 낮아진다는 보고(Cho and Yoon, 2006)와는 다른 것인데, 본 실험에서는 과실의 당도가 모든 처리에서 평균 14°brix 이상이여서 처리간 차이를 보이지 않은 것으로 판단되었다. 한편 각각의 착과수준에서 과중과 당도와의 상관을 분석하였을 때 과중이 250g 정도일 때 당도가 가장 높고, 이보다 과실이 작거나 커지면 당도가 낮아지는 경향을 보였다(그림 4-3).

표 4-17. 착과 수준에 따른 홍로 사과의 수고, 수폭의 비대율

처리내용	수고(cm)			수폭(cm)		
	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A*100)	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A*100)
20% 과소착과	322	351	108.9a ^z	171	189	110.0a
관행착과	335	380	113.4a	177	205	115.8a
20% 과다착과	297	365	122.7a	193	226	116.9a
40% 과다착과	315	345	109.5a	194	212	109.0a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

표 4-18. 착과 수준에 따른 홍로 사과의 주간 직경, 신초장 증가율

처리내용	주간 직경(mm)			신초장(cm)		
	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)	5월 (A)	10월 (B)	증가율 (B/A×100)
20% 과소착과	44.8	47.7	105.9a ^z	22.7	23.9	105.5a
관행착과	50.5	53.2	108.7a	19.0	19.5	103.7a
20% 과다착과	51.9	55.0	109.7a	25.7	27.0	104.9a
40% 과다착과	49.7	52.4	107.5a	24.1	25.0	103.9a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

표 4-19. 착과 수준에 따른 홍로 사과의 과중과 과실 형태적 특성

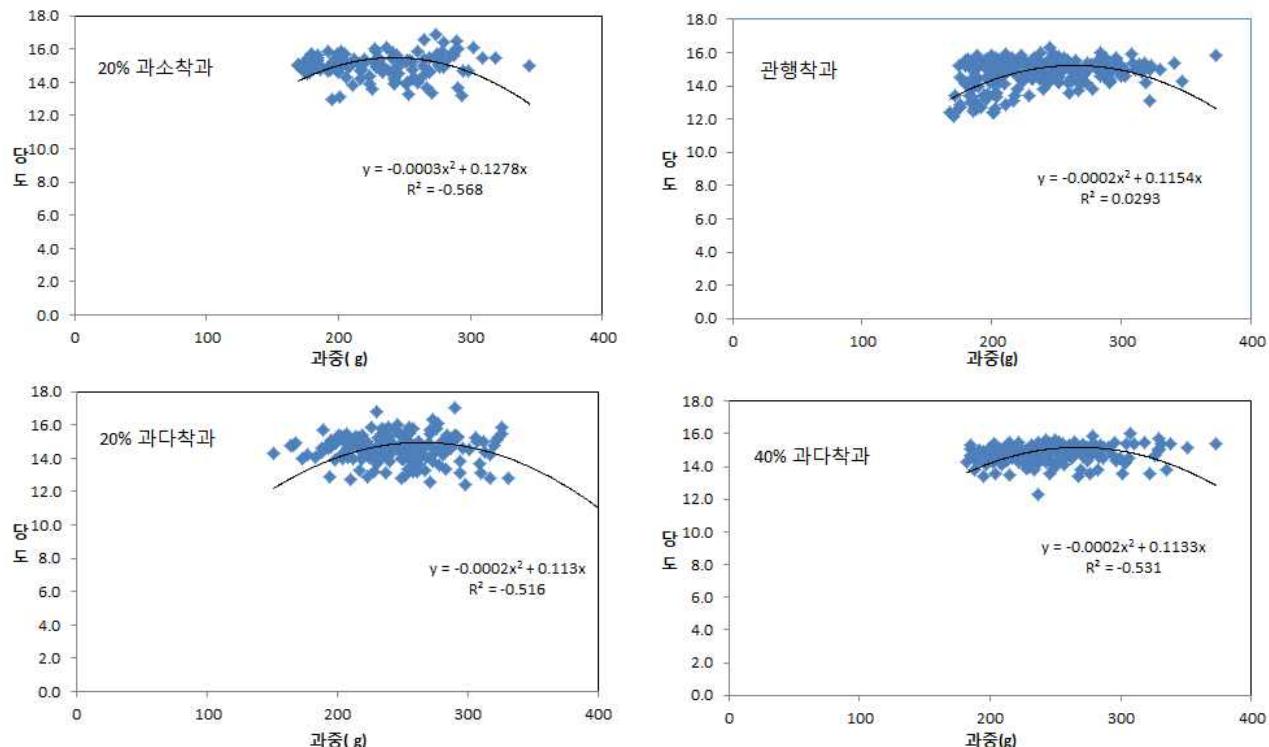
처리 내용	종경 (mm)	횡경 (mm)	L/D 비
20% 과소착과	75.8a	84.0a	0.91a
관행착과	74.3a	82.2a	0.90a
20% 과다착과	77.8a	85.4a	0.91a
40% 과다착과	76.7a	84.3a	0.91a

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

표 4-20. 착과 수준에 따른 홍로 사과의 과실품질

처리 내용	Hunter			당도 (°Brix)	산도 (%)	경도 (N)
	L	a	b			
20% 과소착과	45.5a	23.9a	15.3a	14.9a	0.22a	59.0a
관행착과	46.8a	22.0a	15.6a	14.4a	0.22a	58.8a
20% 과다착과	45.7a	24.5a	15.2a	14.4a	0.21a	58.3a
40% 과다착과	45.2a	24.4a	14.9a	14.5a	0.21a	58.1a

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$

**그림 4-3. 착과 수준별 홍로 사과 과중과 당도의 관계**

착과량에 따른 홍로 사과의 평균 과중은 큰 차이를 보이지 않았지만, 20% 과소 착과에서는 과실의 크기 편차가 가장 커고 주당 수량은 20.9kg로 가장 적었다(표 4-21) 착과량에 따른 홍

로 사과의 과중분포는 처리 간 큰 차이는 없었으나 관행 착과보다 착과량이 많은 처리구에서 중간크기의 과실이 많아지는 경향이었다(표 4-22). 과중에 따른 홍로 사과의 최고 가격은 과실이 가장 큰 689g 이상 크기의 과실이 666~512g 정도의 크기보다는 낮았으나, 평균가격은 과실이 작을수록 가격도 크게 낮아지는 경향이었다(표 4-23). 본 시험에서는 착과량에 따른 과중분포를 과중별 가격으로 계산하였을 때 착과량이 많은 처리에서 소득이 높은 것으로 조사되었는데(표 4-24), 이는 착과량이 많은 처리에서 주당 수량이 많았고, 품질을 가격에 적용하지 않았기 때문이다.

표 4-21. 착과수준에 따른 홍로 사과의 평균과중 및 수량

처리내용	평균과중(g)	수량(kg/주)
20% 과소착과	243±39.5 ^z	20.9±4.47
관행착과	247±15.8	27.3±4.43
20% 과다착과	251±27.1	33.5±8.03
40% 과다착과	249±11.8	38.5±2.39

^zStandard Deviation

표 4-22. 착과 수준에 따른 홍로 사과의 과중분포

처리내용	과실 크기 (g)					
	> 375	374~300	299~250	249~214	213~188	< 187
20% 과소착과	0.7	9.5	26.3	20.3	19.7	23.5
관행착과	0.2	7.1	25.9	28.5	15.2	23.1
20% 과다착과	0.7	9.6	29.6	34.2	16.1	9.8
40% 과다착과	0.2	8.6	27.6	30.9	20.8	11.9

표 4-23. 과중에 따른 홍로 사과의 가격

단위: 원

구분	과실 크기 (g)						
	> 689	666~512	500~408	400~338	333~289	285~253	250~224
최고가격	142,000	200,000	142,000	70,000	62,000	47,000	41,100
최저가격	36,000	36,000	32,000	28,900	25,600	20,000	19,000
평균가격	115,934	113,714	74,376	54,850	46,571	38,470	31,329

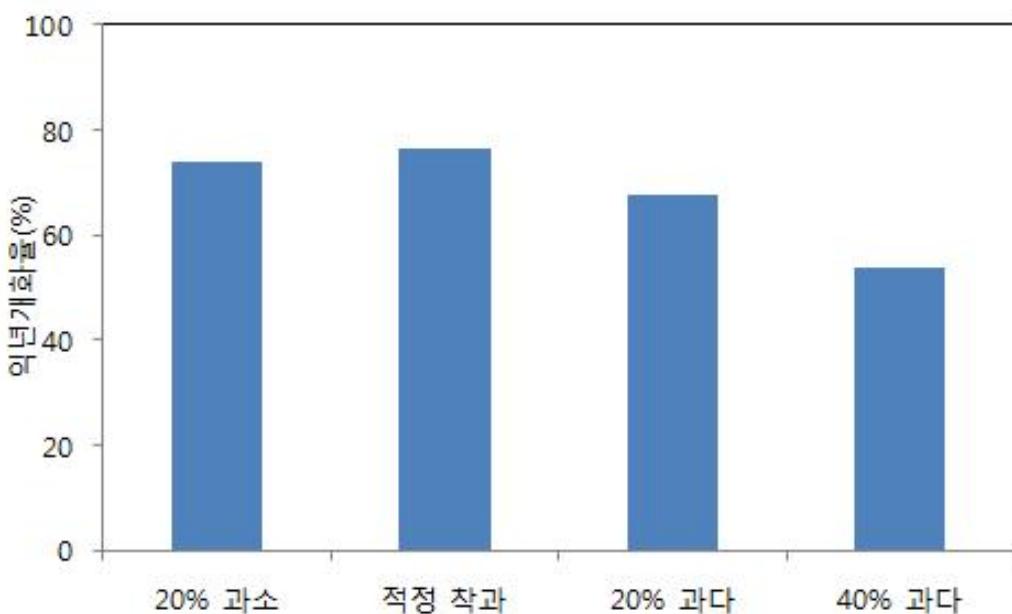
- 2015. 10.15 안동청과 기준

표 4-24. 착과량에 따른 홍로 사과의 경제성

처리내용	수량 (kg/주)	소득(원)				계
		375g이상	374~300g	299~250g	249~214g	
20% 과소착과	20.9	401	4,623	10,573	6,646	22,243
관행착과	27.3	150	4,513	13,600	12,188	30,451
20% 과다착과	33.5	646	7,489	19,073	17,947	45,152
40% 과다착과	38.5	211	7,710	20,439	18,635	46,995

소득추산: 과중분포비율 x 크기별 가격

크기별 가격은 20kg 기준으로 375g이상: 54,850원, 374~300g: 46,571원, 374~300g: 46,571원, 299~250g: 38,470원, 249~214g: 31,329원을 적용

**그림 4-4. 2015년 착과량에 따른 이듬해 홍로/M.9 사과의 익년개화율**

착과 수준에 따른 홍로 해거리 발생을 조사하고자 2015년에 착과 수준별로 결실된 나무들의 익년 개화율을 2016년에 조사하였다(그림 4-4). 익년개화율은 적정착과에서 20%과소와 과다착과는 관행의 착과와 큰 차이가 없었으나 40% 과다 착과는 익년개화율이 다른 처리에 비해 크게 낮았다. 이와같은 결과는 감홍 사과의 결과와도 일치하는 것으로 홍로 품종에서도 관행의 착과 수준을 결실시키던 나무를 40%로 결실을 증가시키는 것은 해거리 발생의 위험이 높아질 것으로 판단되었다.

(2) 2016년도 시험

착과 수준에 따른 홍로 사과의 주간직경과 수고는 처리간 차이가 없었고 수폭은 20% 과소 처리에서 생장량이 많았다. 또한 새가지 평균길이는 착과량이 많아질수록 적어지는 경향을 보였다(표 4-25). 1년차 시험에서는 착과량에 따른 수체생장의 차이는 없었으나 2년차에 수체생장에 차이를 나타내었는데, 착과량이 많아지면 수체내의 양분이 과일로 많이 전류되기 때문이다. 착과 수준을 2년 동안 4수준으로 착과시켰을 때 착과량이 많을수록 과중은 작아졌고 당도

도 낮아졌으나 착색이나 경도 산도는 차이를 보이지 않았다(표 4-26). 이러한 결과는 착과량이 나무의 수체 생육과 과실품질에 미치는 이전의 다른 보고(Erf와 Proctor, 1987; Palmer 등, 1997; Volz 등, 1993)와 일치하는 결과였다. 한편 과중의 분포는 착과량이 적을수록 대과가 많았고 40% 과다 착과는 중과의 비율보다는 187g 이하의 과실이 현저히 많아졌다(그림 4-5). 따라서 홍로 사과를 중과 생산을 늘리기 위해 인위적으로 40% 정도로 과다 시키는 것은 해거리 발생의 위험을 높이고 극소과의 비율이 높아져 현실적으로 농가에서 적용하기 어려울 것으로 판단되었다.

표 4-25. 착과량에 따른 홍로 사과나무의 생육

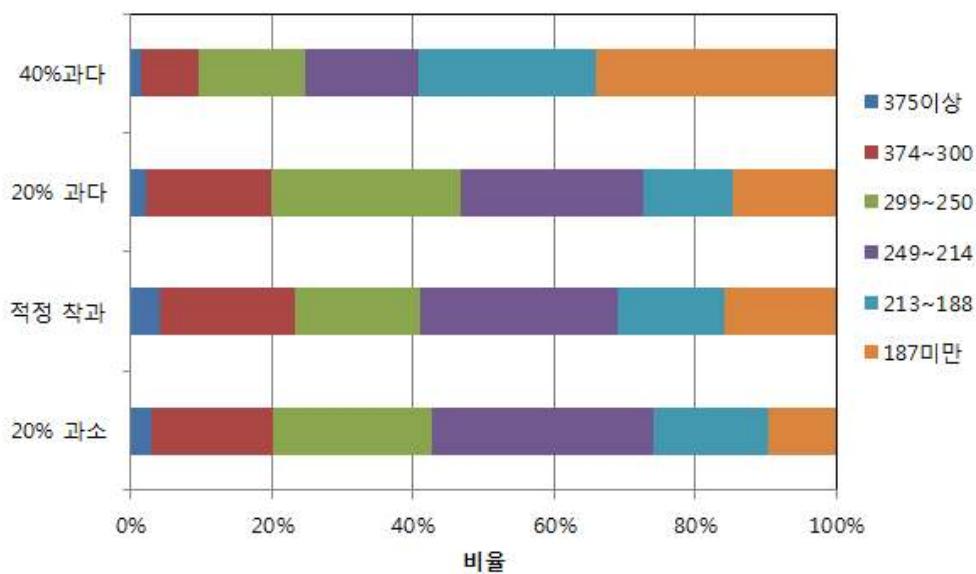
처리	주간 직경(mm)			수고(cm)		수폭(cm)		생장량 (%)	평균길이 (cm)	세가지
	5월	10월	생장량 (%)	5월	10월	생장량 (%)	5월			
20% 과소	59.2	67.2	113.7a ^z	382.4	440.0	115.1a	204.0	274.2	134.4a	30.5a
적정 착과	58.2	66.1	113.6a	385.8	417.5	108.2a	192.0	250.6	130.5b	26.1a
20%과다	60.5	69.2	114.3a	385.6	447.8	116.1a	201.2	262.8	130.6b	31.6a
40%과다	51.7	59.0	114.2a	358.8	393.0	109.5a	201.7	264.7	131.2b	22.2b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

표 4-26. 착과량에 따른 홍로 과실의 품질

처리	과중 (g)	L/D	Hunter			경도 (N)	당도 (°Brix)	산도 (%)
			L	a	b			
20% 과소	247.3b ^z	1.0a	63.8a	1.7a	23.8a	67.9a	16.5a	0.23a
적정 착과	271.3a	0.9a	63.3a	5.1a	23.9a	65.3a	16.7a	0.20a
20%과다	248.6b	0.9a	63.7a	2.8a	23.1a	66.8a	16.3ab	0.23a
40%과다	220.4c	1.0a	63.2a	4.1a	23.0a	64.8a	16.0b	0.20a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

**그림 4-5. 착과량에 따른 홍로 과실의 과중 분포**

다. 적과시기에 따른 감홍 품종의 수체생육 및 품질조사

감홍 사과의 적과를 꽂이 피었을 때 1차로 꽂 속기를 실시하고 착과수준을 관행에 비해 20% 과다 착과 정도인 90~110과 수준으로 최종 적과를 5월 중순, 5월 하순, 6월 상순, 6월 하순에 실시하였을 때 주간직경과 새가지 길이는 처리가 차이가 없었으나 수고와 수폭의 생장량은 적과시기가 늦어질수록 적은 경향이었다(표 4-27). 사과는 착과량이 많아지면 과실로의 양분 전류가 많아져 수체 생장이 적어지고, 적과시기도 과실의 품질은 물론이고 격년결실에 영향을 미치게 된다(Park et al., 1997). 본 연구에서 감홍 사과를 대상을 한 시험에서 수고를 5월과 10월에서 측정해서 생장량으로 보았을 때 5월 중순 처리에서는 115.8%였으나 6월 상순에서는 103.3%로 줄었다. 수폭은 수고에 비해 처리 간 차이가 더 커다. 한편 과중은 적과시기가 늦어질수록 적어 졌고 당도는 낮아졌다. 사과 과피의 붉은 색 정도를 나타내는 hunter a 값은 적과시기가 가장 늦은 6월 중순처리가 가장 우수하였다. 경도는 처리 간 차이가 없었으나 산도는 6월 상순 처리에서 0.28%로 가장 낮았다(표 4-28).

표 4-27. 적과시기에 따른 감홍 사과나무의 생육상황

처리	주간 직경(mm)			수고(cm)			수폭(cm)			새가지 평균길이 (cm)
	5월	10월	생장량 (%)	5월	10월	생장량 (%)	5월	10월	생장량 (%)	
5월중순	64.8	69.8	107.6a ^z	379.3	439.3	115.8a	188.2	439.3	233.5a	24.3a
5월하순	68.0	75.7	111.3a	360.0	406.7	113.0a	218.8	406.7	185.8b	27.1a
6월상순	60.9	70.2	115.2a	377.7	390.0	103.3b	234.3	390.0	166.4b	23.0a
6월중순	65.8	73.2	111.3a	363.0	375.0	103.3b	268.0	375.0	139.9c	26.3a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

표 4-28. 적과 시기에 따른 감홍 과실의 품질

처리	과중 (g)	L/D	Hunter			경도 (N)	당도 (°Brix)	산도 (%)
			L	a	b			
5월중순	328.7a ^z	1.00	45.1a	14.7b	18.4a	64.3a	16.8a	0.30a
5월하순	316.6b	1.01	48.8a	10.8b	20.3a	64.6a	17.3a	0.33a
6월상순	319.0b	0.99	43.6a	14.9b	16.3a	63.5a	16.0b	0.28b
6월중순	312.4c	0.99	38.4b	20.8a	14.5b	63.1a	16.1b	0.33a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

감홍 사과의 적과시기를 4시기로 구분하여 착과시켰을 때 과중의 분포는 적과시기가 빠를수록 375g 이상의 대과가 현저히 많았다(그림 4-6). 6월 상순 처리구는 대과보다는 374~250g의 비율이 가장 많아 중과 생산을 위해서는 6월 상순에 적과가 가장 효율적이었다.

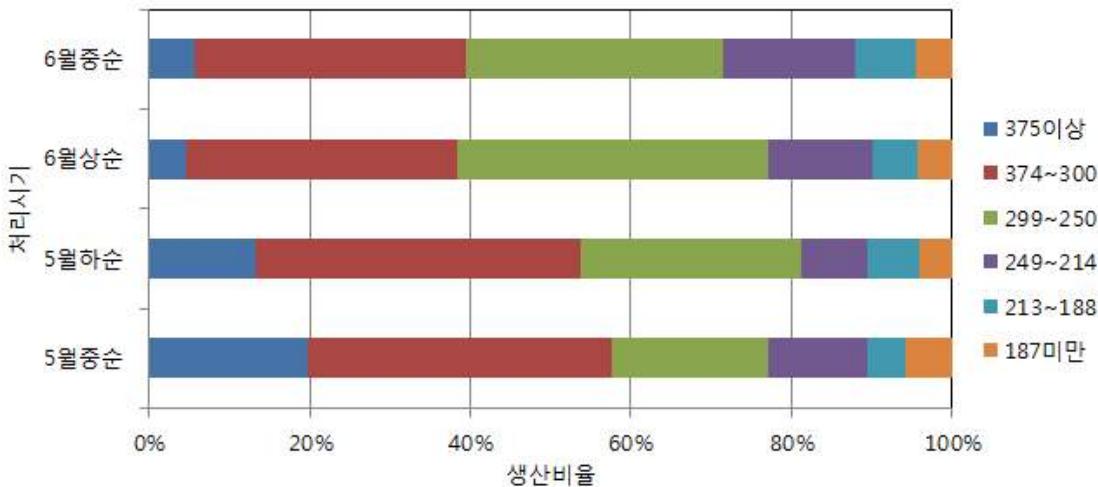


그림 4-6. 적과 시기에 따른 감홍 과실의 과중 분포

홍로 사과의 적과 방법을 꽂이 피었을 때 1차 꽂 속기를 실시하고 최종적과를 5월 하순, 6월 상순, 6월 중순에 최종 적과를 하였을 때 수고, 수폭은 차이가 없었고 새가지의 길이는 적과시기가 늦을수록 적었다(표 4-29) 이와 같은 결과는 감홍에서는 수고, 수폭은 차이가 있고, 새가지는 차이가 없었던 것과는 달리 홍로에서는 새가지 길이 항목에서만 차이가 있었지만 감홍과 홍로 두 품종 모두 적과시기가 늦어지면 수체생장은 적어졌다. 적과시기에 따른 홍로 과실의 품질은 과중은 적과시기가 늦어질수록 적어졌고, 당도도 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 착색과 경도, 산도는 처리가 차이가 없었다(표 4-30). 적과시기에 따른 홍로 과실의 과중분포는 적과시기가 가장 늦은 6월 하순에서는 187g이하의 과실 비율이 현저히 많아져(그림 4-7), 중간 크기의 규격과 생산을 위해서는 5월 하순~6월 상순에 최종 적과해야 할 것으로 생각되었다.

표 4-29. 적과 시기에 따른 홍로 사과나무의 생육

처리	주간 직경(mm)		수고(cm)	수폭(cm)		새가지 평균길이 (cm)
	열간	주간		열간	주간	
5월 하순	55.7 a ^z	55.0 a	370 a	268 a	252 a	26.2 a
6월 상순	64.3 a	70.2 a	377 a	222 a	222 a	24.1 b
6월 중순	60.4 a	73.2 a	360 a	239 a	251 a	24.7 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

표 4-30. 적과 시기에 따른 홍로 과실의 품질

처리	과중 (g)	L/D	Hunter			경도 (N)	당도 (°Brix)	산도 (%)
			L	a	b			
5월 하순	246.8a ^z	1.0a	61.4a	6.1a	21.9a	68.3a	16.2a	0.21a
6월 상순	222.4b	0.9a	64.2a	2.0b	23.6a	70.5a	16.0ab	0.21a
6월 중순	223.2b	1.0a	64.5a	2.6b	24.0a	70.5a	15.7b	0.21a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05

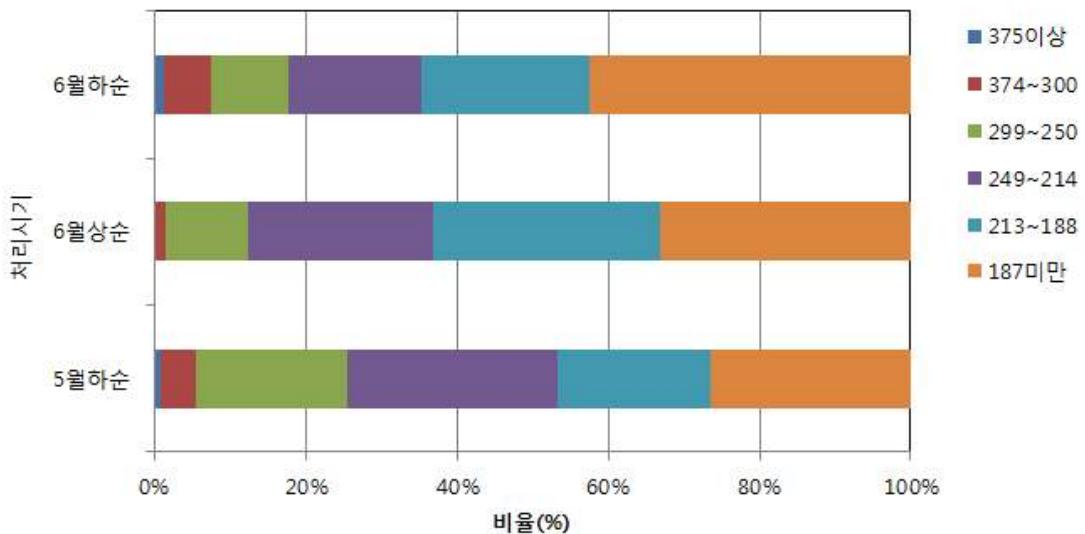


그림 4-7. 적과 시기에 따른 홍로 과실의 과증 분포

제5절 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석 (제2협동)

1. 연구개발 내용

<1년차 : 2014>

가. 국내 육성 홍로 및 감홍 품종의 출하 규격별 분포 조사

주산 지역별 농가별 출하 규격별 분포 조사 분석은 홍로 및 감홍 사과의 주산지 농가를 수확기에 조사하였다.

나. 홍로 및 감홍 품종의 규격별 유통 실태 조사

주산 지역별 농가별 출하 규격별 유통 실태 조사 분석은 홍로 및 감홍 품종의 각 주산지 유통센터 및 공판장 현지 방문 조사하였다.

<2년차 : 2015>

가. 홍로 및 감홍 품종의 중소과 생산 전환 시 생산 및 유통 문제점 조사

주산 지역별 농가별 생산 규격 및 유통 문제점 조사는 수확기 생산 농가 현지 방문 조사하였다.

나. 대과 생산 농가의 중소과 생산에 따른 현장 애로 기술 발굴 조사

주산 지역별 농가별 중소과 생산에 따른 현장 애로 기술 조사는 연중 현지 농가를 방문하여 조사하였다.

<3년차 : 2016>

가. 홍로 및 감홍 품종의 중소과 생산 농가의 성공 요인 분석 조사

주산 지역별 농가별 성공 요인 조사는 연중 현지 농가를 방문하여 조사하였다.

나. 대과 생산 농가의 중소과 생산 전환에 따른 현장 애로 기술 대책 구명

주산 지역별 현장 애로 기술 대안 분석은 연중 현지 농가를 방문하여 조사하였다.

2. 연구결과

가. 지역별 조사농가

조사 지역 및 농가는 충주 등 5개 지역 10농가이었으며, 각 농가의 사과재배 면적은 1.2ha부터 2.5ha 까지였으며 재배경력은 평균 20.2년 이었다. 조사 대상 사과의 수령은 6년부터 17년생이었다. 조사 과원의 품종별 재식 비율은 홍로 20%, 감홍 14%, 후지 54%, 기타 12%이었다(표 5-1).

표 5-1. 지역별 사과조사 농가 현황

지역	성명	과수원 주소	재배면적 (ha)	수령	지형
충주	홍○성(A)	충북 충주시 산척면 영덕리 1573-1	1.5	15	경사지
	최○수(B)	충북 충주시 금가면 하답리 188-1	1.5	15	평지
	신○섭(C)	충북 충주시 금가면 하답리 377	2.3	14	분지
문경	노○수(D)	경북 문경시 문경읍 관음리 395	1.5	15	경사지
	이○민(E)	경북 문경시 문경읍 평전리 8	2.0	11	분지
김천	이○기(F)	경북 김천시 아포읍 예리 300	2.5	6	평지
	나○국(G)	경북 김천시 아포읍 다남2리 621-5	1.2	13	평지
군위	김○근(H)	경북 군위군 소보면 보현2리 44-7	3.0	17	경사지
	김○주(I)	경북 군위군 소보면 보현2리	1.7	6	분지
예천	황○기(J)	경북 예천군 하리면 금곡리 400	2.0	14	경사지

나. 국내 육성 홍로 및 감홍 품종의 생산 출하 규격별 분포 조사

과실의 생산 규격별 분포를 조사하기 위하여 2014년부터 2016년까지 5개 지역 10개 농가에서 품종별로 관행 대과 재배를 5주와 중소과 재배 5주씩 과실 수확기마다 주당 과실별 무게를 전수 조사 분석한 결과 홍로 품종의 주당 과실 수확과수는 관행 대과 재배시 3년 평균 91.9개 였으며 중소과 재배구는 119.3개로 29.8%가 많았으나 주당 수량은 관행 대과 재배시 28.97kg에 비하여 중소과 재배구는 31.91kg으로 10.1% 증가하여 중소과를 재배하기 위하여 29.8%를 더 많이 착과시켜도 수량은 10.1% 증가에 불과하였다(표 5-2, 5-3). 감홍 품종의 주당 수확과수는 관행대과 재배구 76.3개 중소과 재배구 104.9개로 37.4%가 많았으나 주당 무게 수량은 관행대과 재배구 34.49kg에 비하여 중소과 재배구 38.76kg으로 10.7% 증가 되었다(표 5-4, 5-5).

표 5-2. 홍로 품종의 주당 과실 규격별 과실 수 (단위: 과수/주)

구분	과중(g)						계
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	
관행	2014	7.9	15.1	21.2	17.2	3.0	- 64.4
	2015	8.1	17.3	27.6	31.2	22.7	12.7 119.6
대과	2016	13.6	16.7	21.3	27.6	13.8	2.3 91.2
	평균 (%)	9.9 10.8	16.4 17.8	23.4 25.5	24.0 26.1	13.2 41.4	5.0 5.4 91.9 100
중소과	2014	0.1	0.7	17.1	30.6	24.4	6.9 79.8
	2015	2.8	9.3	20.9	35.7	44.3	43.9 156.9
재배	2016	0.0	9.3	21.0	31.5	40.7	18.4 120.9
	평균 (%)	1.0 0.8	6.4 5.4	19.7 16.5	32.6 27.3	36.5 30.6	23.1 19.4 119.3 100

표 5-3. 홍로 품종의 주당 과실 구격별 생산량 (단위: kg/주)

구분	과중(g)						
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	계
관행 대과 재배	2014	3.28	5.79	6.82	4.76	0.80	- 21.45
	2015	3.60	6.50	8.90	8.60	5.10	2.60 35.30
	2016	6.22	6.52	7.30	6.31	6.46	0.35 30.15
	평균 (%)	4.37 (15.1)	6.27 (21.6)	7.67 (26.5)	6.56 (22.6)	3.12 (10.8)	0.98 (3.4) 28.97
	(%)	15.1	21.6	26.5	22.6	10.8	3.4 100
중소과 재배	2014	0.04	2.49	5.47	8.45	5.80	1.32 23.57
	2015	1.20	3.30	6.80	9.80	10.20	7.50 38.80
	2016	0.0	4.34	6.70	8.93	9.78	3.61 33.36
	평균 (%)	0.42 (1.3)	3.38 (10.6)	6.32 (19.8)	9.06 (28.7)	8.59 (26.9)	4.14 (13.0) 31.91
	(%)	1.3	10.6	19.8	28.7	26.9	13.0 100

표 5-4. 감홍 품종의 주당 과실 구격별 과실 수 (단위: 과수/주)

구분	과중(g)						
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	계
관행 대과 재배	2014	20.5	19.6	15.7	5.4	0.1	0 61.3
	2015	24.2	26.0	24.1	16.9	8.1	0.5 99.8
	2016	21.3	17.2	16.0	9.5	3.5	0.3 67.8
	평균 (%)	22.0 (28.8)	20.9 (27.4)	18.6 (24.4)	10.6 (13.8)	3.9 (5.1)	0.3 (0.4) 76.3
	(%)	28.8	27.4	24.4	13.8	5.1	0.4 100
중소과 재배	2014	5.5	13.7	23.3	24.3	11.4	1.2 79.4
	2015	5.9	19.2	33.4	41.6	29.9	7.7 137.7
	2016	0.5	12.6	21.3	25.4	25.1	12.8 97.7
	평균 (%)	4.0 (3.8)	15.2 (14.5)	26.0 (24.8)	30.4 (29.0)	22.1 (21.1)	7.2 (6.9) 104.9
	(%)	3.8	14.5	24.8	29.0	21.1	6.9 100.0

표 5-5. 감홍 품종의 주당 과실 규격별 생산량 (단위: kg/주)

구분	과중(g)						
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	계
관행 대과 재배	2014	8.67	7.67	5.14	1.42	0.03	0 22.93
	2015	10.90	9.70	7.90	4.70	1.90	0.1 35.20
	2016	14.82	12.11	11.57	5.42	1.38	0.05 45.35
	평균 (%)	11.96 (33.2)	9.83 (28.5)	8.20 (23.8)	3.85 (11.2)	1.10 (3.2)	0.05 (0.1) 34.49
	(%)	33.2	28.5	23.8	11.2	3.2	0.1 100
중과 재배	2014	2.41	4.79	7.61	6.75	2.67	0.24 24.47
	2015	2.60	7.00	10.90	11.70	7.10	1.40 40.70
	2016	0.22	8.45	14.28	12.99	11.13	4.08 51.15
	평균 (%)	1.74 (4.5)	6.75 (17.4)	10.93 (28.2)	10.46 (27.0)	6.97 (18.0)	1.91 (4.9) 38.76
	(%)	4.5	17.4	28.2	27.0	18.0	4.9 100

다. 홍로 및 감홍 품종의 규격별 유통실태 조사

과실의 유통실태를 조사한 결과 홍로 품종은 추석용이므로 농협APC를 이용한 유통형태가 42.7%, 직판 및 인터넷 택배 유통이 41.7%, 유통회사 13.0%이었으며 가락동이나 지역시장 공판장으로 직접 출하하는 비중은 2.7%이었다. 감홍 품종은 당도가 높고 품질이 우수하고 생산량

이 많지 않아 인터넷 택배 또는 지역 축제 행사장에서 직판하는 형태가 69.3%, 유통회사 16.0%, 농협APC 유통출하 11.3%, 가락동이나 지역시장 공판장으로 직접 출하는 3.3%이었다(표 5-6). 홍로 및 감홍 각각 10개 농가의 연도별 과실구격별 출하단가를 조사한 결과 홍로 및 감홍 모두 출하 가격이 연도 간 차이가 없이 유사한 경향이었다(표 5-7).

표 5-6. 사과 품종별 연도별 유통형태 (단위: %)

구분	농협 APC	유통회사	직판·택배	가락동 및 지역시장	계
홍로	2014	32.0	14.0	46.0	8.0
	2015	51.0	15.0	34.0	0
	2016	45.0	10.0	45.0	0
	평균	42.7	13.0	41.7	2.7
감홍	2014	3.0	19.0	68.0	10.0
	2015	12.0	19.0	69.0	0
	2016	19.0	10.0	71.	0
	평균	11.3	16.0	69.3	3.3

표 5-7. 사과 품종별 연도별, 규격별 유통출하 형태 (단위: 원/kg)

구분	과중(g)					
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하
홍로	2014	5,933	5,607	4,873	4,093	2,852
	2015	5,265	4,964	3,492	3,108	2,181
	2016	5,600	4,690	3,830	3,380	2,850
	평균	5,599	5,087	4,065	3,527	2,628
감홍	2014	5,858	5,576	4,700	4,052	3,381
	2015	5,775	5,245	4,935	4,295	2,892
	2016	5,850	5,320	4,590	5,090	3,586
	평균	5,828	5,379	4,742	4,146	3,286

라. 홍로 및 감홍 품종의 중소과 생산 전환시 생산 및 유통 문제점 조사

홍로 품종의 연도별 관행대과 및 중소과 재배구의 규격별 수량과 판매 단가를 조사하여 주당 조수익을 비교한 결과 관행 대과를 재배하는 것이 중소과를 재배하는 것 보다 3년 평균 12,257원이 많아 중소과 재배 전환을 선호하지 않는다는 것이 문제점이었다(표 5-8). 감홍 품종의 3년 평균 주당 조수익을 비교한 결과 중소과를 재배하는 것보다 관행대과를 재배 하는 것이 8,371원이 많아 중소과 재배를 기피하는 것이 문제점이었다(표 5-9). 충북원예농협APC에서 홍로 품종의 과실 규격별 경매 가격을 3년 동안 조사한 결과도 등급에 관계없이 중소과에 비하여 대과일수록 가격이 높아 중소과 재배를 기피하는 것이 문제점 이었다. 그러나 2016년에는 500g 이상 대과의 가격이 385g 규격의 과실에 비하여 kg당 500원이 낮은 것이 특이한 현상이었다(표 5-10). 가락동 농산물 도매시장에서 2015년 감홍 품종의 추석전후 시기별 경매가격을 조사한 결과 대과일수록 중소과에 비하여 2배 이상 가격차이가 나타났다. 그러나 추석을 지난 후 부터는 대과의 가격 변동이 중소과에 비하여 심하였다(표 5-11).

표 5-8. 홍로 품종의 재배 형태별 주당 과실 구격별 조수의 비교 (단위: 원/주)

구분	과실규격(g)							
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	계	
관행 대과 재배	2014	19,460	32,465	33,234	19,483	2,362	0	107,004
	2015	18,954	32,266	31,079	26,729	11,123	4,776	124,927
	2016	34,900	30,579	27,957	21,328	9,861	831	125,458
	평균	24,438	31,770	30,757	22,513	7,782	2,804	119,130
중소 과 재배	2014	237	13,961	26,655	34,586	16,542	3,067	95,048
	2015	6,318	16,381	23,746	30,458	22,246	13,777	112,926
	2016	0	29,355	25,661	30,183	27,873	8,574	112,646
	평균	3,278	19,899	25,354	31,742	22,220	8,473	106,873

표 5-9. 감홍 품종의 재배 형태별 주당과실 규격별 조수의 비교 (단위: 원/주)

구분	과실규격(g)							
	401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	계	
관행 대과 재배	2014	50,789	41,073	24,158	5,754	101	0	121,875
	2015	63,947	50,879	38,986	20,186	5,495	200	179,693
	2016	86,697	64,425	53,106	22,168	4,947	100	231,445
	평균	67,144	52,126	38,750	16,036	3,514	150	177,671
중소 과 재배	2014	14,118	28,060	35,767	27,351	9,027	960	115,283
	2015	15,015	37,239	53,791	50,251	20,533	2,800	179,629
	2016	1,287	44,954	65,545	53,129	39,912	8,160	212,987
	평균	10,140	36,751	51,701	43,577	23,157	3,973	169,300

표 5-10. 홍로 품종의 과실 규격 및 품질 등급별 경매매 가격 변동 (단위: 원/kg)

구분	A등급			B등급			C등급		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
500g 이상 (20과/10kg)	-	-	5,500	-	-	4,000			1,700
385g 이상 (25과/10kg)	5,333	5,333	6,000	3,667	3,000	4,500	2,000	2,000	1,700
333g (30과/10kg)	4,000	4,333	5,000	3,000	2,667	3,300	2,000	1,667	1,300
285g (35과/10kg)	3,000	2,800	3,700	2,133	2,667	2,700	1,667	1,667	1,300
250g (40과/10kg)	3,000	2,800	3,000	2,133	2,000	2,200	1,667	1,667	1,000
222g (45과/10kg)	2,333	2,133	2,500	2,000	1,667	1,800	1,667	-	1,000
200g (50과/10kg)	-	1,817	1,800	1,533	1,333	1,800	1,200	-	1,000

* 자료 : 충북원예농협 APC

◦ 품질등급 A등급(특) : 당도 13°BX 이상, 착색 80%, B등급(상) : 당도 12°BX 이상, 착색 70%, C등급(보통) : 당도 11°BX 이상, 착색 60% 이상

표 5-11. 감홍 품종의 시기별 과실 규격별 경매 가격 변동 (단위: 원/kg)

구분	과실 규격(g)						
	500	429	333	273	231	200	177
9월 22일(첫 경매)	10,100	8,000	5,733	-	-	-	-
9월 24(추석3일 전)	6,000	4,800	3,333	2,400	-	-	-
10월 10일(추석13일 후)	-	4,653	3,500	3,293	2,627	-	-
10월 15일	5,253	4,773	4,420	3,700	3,160	1,873	1,300
10월 20일	2,864	3,473	3,173	2,620	1,860	1,527	1,167
10월 25일(경매 종료)	2,427	2,760	2,613	2,333	1,753	1,387	800

마. 대과 재배 농가의 중소과 생산에 따른 현장애로 기술 개발 및 성공요인 분석

홍로 품종은 우리나라 추석용 사과로 대과 재배를 하여야 소득을 높일 수 있어서 중소과보다 선호하고 있다. 현장에서 얼마나 많은 과실을 더 착과시켜야 중소과를 안전하게 생산할 수 있는가를 조사하기 위해서 약 30%를 더 착과시켰으나 수량은 10% 증가되었다. 최근 중소과 재배로 성공한 농가는 가정 소비용으로 중소과를 선호하는 소비자가 늘어나면서 인터넷이나 택배를 이용한 직판형태의 유통으로 전환시 조수익이 17% 이상 높일 수 있다(표 5-12). 감홍 품종은 대과형 품종으로 당도가 높고 품질이 우수하여 대과 재배를 선호하고 있으며 축제현장 또는 인터넷을 이용한 직판 형태의 유통을 하고 있다. 중소과 재배를 위하여 관행대과 재배보다 37.5% 더 착과시켜도 무게수량은 10.7% 증가되었으며 대과일수록 출하 판매 단가가 현저히 높아 중소과 재배보다 조수익이 49%나 높기 때문에 중소과 재배를 선호하지 않는 것이 현장 문제점이었다(표 5-13). 홍로 품종을 이용하여 중소과 재배를 성공한 농가를 조사한 결과 고용 노동력을 이용하지 않고 자가노력 만을 가지고 중소과 재배를 하고 있었으며 유통형태는 2농가 모두 인터넷 직판으로 하고 있었다(표 5-14, 5-15).

표 5-12. 성공농가의 재배 형태별 홍로 품종 조수익 비교

구분	과실 규격(g)					
	350g 이상	301~350	251~300	201~250	200g 이하	계
관행	수량(kg/10a)	0	17	116	1,112	2,905
대과	단가(원/kg)	0	6,000	4,000	2,500	2,500
재배	조수익(천원/10a)	0	102	664	2,780	7,263
중소과 재배	수량(kg/10a)	0	0	100	797	4,117
	단가(원/kg)	0	0	4,000	2,500	2,500
	조수익(천원/10a)	0	0	400	1,992	10,293
						12,685

표 5-13. 감홍 품종의 재배 형태별 구격별 조수익 비교

구분	과실규격(g)						계
	40g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하	
관행 수량(kg/10a)	216	664	1,698	1,311	481	17	4,382
대과 단가(원/kg)	8,000	8,000	8,000	6,000	3,000	3,000	-
재배 조수익(천원/10a)	1,728	5,312	13,544	7,866	1,443	51	29,944
중소 수량(kg/10a)	-	66	432	1,577	1,826	382	4,283
과 단가(원/kg)	-	8,000	8,000	6,000	3,000	3,000	-
재배 조수익(천원/10a)	-	528	3,456	9,462	5,478	1,146	20,070

* 군위 소보 김○근 농가(2015). 유통은 인터넷 택배 판매

표 5-14. 홍로품종의 중소과 재배 성공농가의 재배 및 유통 형태

구분	대목	재식거리 (m)	수형	년방제 횟수	노동투하시 간(10a)	유통형태
군위 김○근	M9	4 x 1.5	쏠렉스형	9	70.5	인터넷직판(택배)
청도 변○곤	일반대	5 x 5	개심하수형	8	53.2	인터넷직판(택배)
예천 김○배	M9	2.5 x 1.5	팔메트형	9	103.0	인터넷직판(택배)

표 5-15. 홍로 품종의 농가별 구격별 생산량 및 조수익

구분	과실규격(g)					계
	300g 이상	251~300	201~250	200g 이하		
청도 변○곤	수량(kg/10a)	800	2,400	800	0	4,000
	단가(원/kg)	7,000	4,000	3,500	0	
	조수익(천원/10a)	5,600	9,600	2,800	0	18,000
예천 김○배	수량(kg/10a)	227	407	2,209	494	3,337
	단가(원/kg)	6,000	6,000	6,000	5,295	
	조수익(천원/10a)	1,362	2,442	13,254	2,616	19,676

바. 현장 애로 기술 대책 구명

(1) 감홍 품종의 고두병 대책

감홍 품종의 재배상 문제점은 고두병 발생이었으며 지역별 농가의 방지대책에 따라 발생 정도가 심하였다. 조사 지역 중 문경지역은 칼슘제를 살포하지 않아도 고두병 발생이 경미하여 감홍의 재배 적지로 인정 되었다. 충주, 김천 등 지역은 고두병 예방을 위하여 연 4회 이상 10회까지 칼슘제 엽면 살포를 하고 있어도 고두병 발생률이 평균 7.5%이었다. 감홍 고두병 예방을 위한 칼슘제를 살포한 농가 중 5월 하순부터 2주 간격으로 5회를 살포한 군위 김○근(H)농가는 5월 하순부터 15일 간격 3회와 8월 상순부터 15일간격 3회 총 6회를 살포한 예천 황○기(J)농가는 고두병 방지효과가 우수하였으며, 김천 나○국(G)농가는 5월 5일부터 9월 9일까지 염화칼슘, 칼수미, 울트라 칼슘 및 나노칼슘 등 9회를 살포하여 고두병 발생률이 0.1%에 불과하였다(표 5-16). 감홍 품종

의 고두병 발생이 심한 죄○수 농가 등 3농가의 과실 규격별 발생 정도를 조사한 결과 관행 대과 재배 및 중소과 재배 모두 300g 이상 대과일수록 고두병이 심하게 발생 하였다. 칼슘제 엽면살포 회수가 적은 농가는 6~10회를 살포한 농가에 비하여 고두병 발생이 심하였다. 따라서 감홍 품종은 고두병 발생을 예방하기 위해서는 300g 이하 중소과 재배를 하고 7월부터 최소 6회 이상 칼슘제를 엽면 살포하는 것이 효과적이었다(표 5-17).

표 5-16. 감홍 품종의 농가별 고두병 발생 정도 및 방지대책(2015)

구분	고두병 발생율(%)	칼슘제 살포회수(회)	방지대책
총 주	홍○성	1.0	염화칼슘(5/20, 25, 9/16, 19, 22)
	죄○수	16.4	버티칼 하인칼, 인터칼(낙화 후부터 약제살포시 10회)
	신○섭	16.0	염화칼슘, 하인칼(5/8, 16, 6/1, 7/27, 8/27, 9/21, 27)
문 경	노○수	0	칼슘제 무살포
	이○민	0	칼슘제 무살포
김 천	이○기	36.9	대유버티칼 (5월 하순 봉지씌워기 전 2회, 9월 봉지 벗긴 후 2회)
	나○국	0.1	염화칼슘 5회(5/5, 25, 6/1, 28, 9/1), 칼슈미 2회(7/25, 8/10), 올트라칼슘 1회(8/23), 나노칼슘 1회(9/9)
군	김○근	0	염화칼슘(5월 하순부터 2주 간격)
위	김○수	5.0	염화칼슘(5월 하순부터 20일 간격)
예 천	황○기	0	염화칼슘(5월 하순부터 15일 간격 3회, 8월 상순부터 8일 간격 3회) 약제 살포 사이에 칼슘 단용 살포
평균		7.5	4.8

표 5-17. 감홍 품종의 농가별 과실 규격별 고두병 발생 정도 (단위: %)

구분	칼슘제 살포회수	과실규격(g)					
		401g 이상	351~400	301~350	251~300	201~250	200g 이하
관행	죄○수	10	26.6	14.0	10.5	11.1	0
대과	신○섭	6	32.0	9.7	3.5	3.5	0
재배	이○기	4	69.5	42.5	30.8	20.0	5.6
중소과 재배	죄○수	10	38.2	26.2	1.3	5.2	0
	신○섭	6	57.6	20.9	6.9	4.5	1.8
	이○기	4	-	45.0	29.9	24.5	16.9

(2) 홍로 및 감홍 과실의 동녹 발생 대책

품종별로 년도별, 농가별 과수원 위치별 과실이 동녹 발생 정도를 수확시에 조사한 결과 과수원의 위치가 계곡의 분지와 평지에 위치한 농가에서 경사지에 위치한 농가에 비하여 발생정도가 심하였다. 2016년에는 유과기에 저온 및 서리 피해로 경사지에 위치한 농가에서도 20%까지 동녹 발생이 심하였다. 감홍의 동녹 발생을 억제하기 위해서 봉지를 씌운 농가에서도 10~

20%가 발생되었는데 봉지를 썬 시기가 늦었기 때문이었고, 과수원이 평지 또는 분지에 위치하여 상습발생 지역이기 때문이었다. 봉지를 써우는 비용도 1개당 54원에서 74원까지였으며 지역 및 농가에 따라 차이가 있었다(표 5-18).

표 5-18. 연도별, 농가별, 품종별 동녹 발생 정도 및 방지 비용 (단위 : 발생도, 원/과)

구분	과수원 위치	홍로			감홍			감홍 대책	동녹 봉지금액	예방 인건비	대책 및 비용 계
		2014	2015	2016	2014	2015	2016				
총 주	홍재성 경사지	0	0	0	1	1	2	봉지재배	35	24	59
	최현수 평지	2	2	2	3	2	3	봉지재배	24	54	78
	신길섭 분지	5	2	2	5	1	5	봉지재배	24	30	54
문	노진수 경사지	0	0	0	0	0	2	무대	-	-	-
경	이상민 분지	1	2	1	2	3	3	무대	-	-	-
김	이충기 평지	1	1	1	2	2	2	봉지재배	30	40	70
천	나정국 평지	1	1	1	1	0	0	봉지재배	30	40	70
군	김만근 경사지	0	0	0	0	0	0	무대	-	-	-
위	김환주 분지	1	1	1	2	2	2	무대	-	-	-
예	황용기 경사지	0	0	0	0	0	0	무대	-	-	-
천	경사지	0	1	0	0.3	0.3	1.0				
평균	경사지	1.5	1.3	1.5	2.0	1.3	1.7				
	경사지	2.3	1.7	1.3	3.0	2.0	3.3				

* 발생도 : 0 - 무발생, 1 - 10% 발생, 2 - 20% 발생, 5 - 50% 미만 발생

(3) 중소과 생산시 애로사항 발굴을 위한 설문조사 결과

사과 중소과 생산 재배시 예상되는 애로사항을 설문조사 결과 시설 장비 투자비가 많은 것이 문제라고 답한 농가비율이 35.6%, 병해충 방제 29.3%, 기상재해 20.2%, 토양관리 문제 14.9% 순이었다.

표 5-19. 사과 중소과 재배시 예상되는 애로 사항

구분	시설장비투자비	병해충방제	기상재해	토양관리	계
조사농가수	74	61	42	31	208
비율(%)	35.6	29.3	20.2	14.9	100

(4) 사과 중소과 재배에 의한 수출의견 설문조사 결과

사과 수출용 중소과 재배 의향을 조사한 결과 ‘적극 참여’ 43.3%, ‘기회를 보면 참여 하겠다’ 52.4%로서 긍정적인 답변이 95%로 나타났다.

표 5-20. 사과 수출 경험에 대한 조사 결과

구분	수출 경험 있다	수출 경험 없다	계
조사농가수	37	171	208
비율(%)	17.8	82.2	100

표 5-21. 사과 수출용 중소과 재배 참여 의견

구분	적극 참여	기회를 보며 참여	참여하지 않음	계
조사농가수	90	109	9	208
비율(%)	43.3	52.4	4.3	100

사. 결과 요약

수출용 홍로 및 감홍 사과의 생산 및 유통실태를 분석하기 위하여 2014년부터 2016년 까지 충주, 문경 등 전국 5개 주산지 10농가를 선정하여 과실의 규격별 생산 분포와 농가 출하 규격별 유통 가격 및 중소과 생산에 따른 현장애로기술 성공 요인을 조사 분석하였다

(1) 과실 생산 규격별 수량 분포

홍로 품종의 주당 과실 수확과 수는 관행대과 재배시 3년 평균 91.9개 였으며 중소과 재배구는 119.3개로 29.9%가 많았으나 주당 수량은 관행 재배 28.97kg에 비하여 중소과 재배구는 31.91kg으로 10.1% 증가 하였다. 감홍 품종의 주당 수확과 수는 관행대과 재배구 76.3개, 중소과 재배구 104.9개로 37.4%가 많았으나 주당 수량은 관행대과 재배구 34.99kg에 비하여 중소과 재배구 38.76kg으로 10.7% 증가 되었다. 홍로, 감홍 품종의 중소과를 생산하기 위하여 30% 더 착과시켰으나 수량은 10% 증가되었으며, 3년 동안 수세나 결실에 미치는 영향은 없었다.

(2) 홍로 및 감홍 품종의 규격별 유통 실태 조사

홍로 품종은 농협APC를 이용한 유통 형태가 42.7%, 직판 41.7%, 유통회사 13.0%, 가락동이나 지역공판장 출하는 2.7%에 불과 하였다. 감홍은 품질이 우수하고 생산량이 적어 인터넷 택배 또는 지역 축제 행사장에서 직판하는 형태가 69.3%, 유통회사 16.0%, 농협APC 출하 4.3%, 가락동이나 지역시장 공판장으로 출하하는 비율은 3.3%이었다. 홍로 품종의 중소과 재배를 성공한 농가들의 유통형태는 인터넷 택배 및 지역 축제 행사장에서 직판하는 형태였다.

(3) 대과 생산에서 중소과 생산으로 전환시 유통 문제점

홍로 품종은 관행대과를 재배하는 것이 중소과를 재배하는 것보다 3년 평균 주당 12,257원이 많았으며, 감홍은 8,371원이 많아 중소과 재배를 기피하는 것이 문제점이었다. 충북원예농협의 APC에 홍로 품종의 과실 규격별 경매가격을 3년동안 조사한 결과도 중소과에 비하여 대과 일수록 가격이 높아 중소과 재배를 선호하지 않는 것이 문제점이었다.

(4) 홍로 및 감홍 품종의 중소과 재배 전환시 현장애로 기술 개발 및 성공요인 분석

홍로 품종의 중소과 재배 전환시 현장애로 사항은 없었고, 가정용 소비자 요구에 적당한 중소과를 생산 인터넷 직판 또는 택배를 이용한 유통 형태로 판매하는 것이 성공요인이었다. 감홍 품

좋은 고품질의 대과형 품종이고 생산량이 적은 관계로 대과를 생산하여 판매 가격을 높이 받을 수 있어서 대과재배를 선호하고 있으며 중소과 재배를 기피하는 것이 문제점이었다. 앞으로 생산량이 증가 되고, 중소과를 선호하는 소비자들이 늘어나게 될 경우 중소과를 생산하여 인터넷 직판이나 택배를 이용한 유통형태로 전환한다면 재배 기술상 애로사항이 없이 중소과 재배를 성공할 수 있을 것으로 사료된다.

(5) 현장애로 기술 대책 구명

(가) 감홍 품종의 고두병 방지 대책

고두병은 감홍 품종의 대과재배시 가장 큰 문제점인데 문경지역에서는 칼슘제를 엽면 살포하지 않아도 경미하게 발생되고 있어서 감홍의 재배 적지로 인정되었다. 그러나 충주, 김천 등 지역에서는 연4회이상 10회까지 칼슘제를 엽면살포 하여도 7.5%가 발생하였다. 감홍품종의 고두병 종합방지 대책은 토양을 검사하여 고토석회를 시용하고 7월부터 수확기까지 6회 이상 칼슘제를 엽면 살포하고 중소과를 재배하면 효과적으로 방지할 수 있다. 고두병이 발생된 과실은 생과는 판매가 어렵거나 가격이 낮을 경우 과즙가공용으로 이용하면 사과쥬스 향기를 높일 수 있다.

(나) 홍로 및 감홍의 동녹 발생 방지 대책

홍로 및 감홍 품종 모두 유과기 서리피해나 기상재해를 받게 되면 동녹이 발생되어 과실 품질이 낮아져 과실 판매에 문제가 되고 있다. 3년 동안 조사한 결과 평지나 계곡의 분지에 위치한 과수원에서 발생이 심하였으며 경사지 과원에서는 동록 발생이 경미하였다. 감홍 품종은 동녹 방지를 위하여 봉지를 씌우는 경우에는 유과기 서리 피해를 받기 전에 씌워야 안전하게 동녹을 예방할 수 있었다.

제6절 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발(제3협동)

1. 연구 내용

가. 감홍 및 홍로 품종에 적합한 칼슘제 개발

‘감홍’ 및 ‘홍로’ 사과에 적합한 칼슘제를 개발하기 위하여 굴 껍질을 이용하여 산으로 추출한 칼슘(OS-Ca: Ca 12.0%, M·Horticultural Technique, Research Institute(MHTI), Suwon, Korea), 굴 껍질을 소성(1,000°C)한 후 분쇄하여 고압으로 통전하여 수득한 칼슘 (ACa : 2.0%, 에코바이오텍, 화성, Korea), Ascorbic acid(MBcell, California, USA), 계면활성제(Tween-20, MBcell, California, USA)을 이용하여 칼슘제를 개발하였다. 개발 칼슘제 용액의 pH 및 EC 조사는 pH 및 EC 측정기(Horiba D-24, Horiba Ltd., Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였고, 수용성칼슘은 원자흡광분광도계(AA-6710, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 2015년에는 2014년 시험을 근거로 하여 과실로의 칼슘 흡수를 더욱더 증가시키기 위하여 실시하였다. 시험장소 경남 거창군 거창읍 동변리 소재 사과 과수원에서 재식된 ‘감홍’/M9 9년생 및 ‘홍로’/M9 6년생를 이용하였다. 시험구 배치는 난괴법 4반복으로 배치하였으며 시험포장의 토양의 화학성은 표 6-1과 같다. 처리는 상기에서 개발된 칼슘 500액에 계면활성제 0.15% SW-408, SW-806(Silwet-408, 806, Momentive, NY, USA)를 각각 Tank mix 하였고 대조칼슘인 염화칼슘·2수염(MBcell, California, USA) 0.4%액에 SW-408를 혼용한 처리구와 무처리구를 두었다. 처리시기는 홍로 품종은 7월 15일(만개 후 36일)과 8월 19일(만개 후 96일)에 2회 처리 및 감홍 품종은 8월 5일(만개 후 94일)과 9월 4일(만개 후 124일)에 2회를 과실을 중심으로 칼슘액이 흐를 정도로 충분히 수체살포 하였다. 재배방법은 관행재배에 준하였다.

표 6-1. 시험 포장 토양의 화학성

품종	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	Ex. cations(cmol ⁺ ·kg ⁻¹)				CEC (cmol ⁺ ·kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg	Na	
홍로	5.2	0.37	9.53	86	1.22	2.12	0.87	0.06	10.61
감홍	7.6	0.58	6.88	429	1.70	4.80	0.76	0.27	6.13

무기성분 농도 분석은 수확 시에 잎, 과피, 과피직하 과육, 과심으로 나누어 농축진홍청 분석방법(RDA, 2000)에 준하여 실시하였으며 엽과 과피는 빙초산 0.3% 용액으로 세척한 후 Dry oven 70~80°C에서 7~10일간 건조한 후 20 mesh체로 분쇄하여 분석용 시료로 하였다. T-N은 시료 500mg에 진한 H₂SO₄ 12mL을 첨가하고, 분해촉진제(K₂SO₄+CuSO₄) 2알을 넣어 360°C에서 1시간 분해한 후 Kjeltec auto 1035 analyzer(Kjeltec system, Hoganas, Sweden)로 측정하였다. 시료 500mg에 ternary 용액(HNO₃:H₂SO₄:HClO₄=10:1:4 v/v 비)을 10mL 넣고 220°C에서 1시간 동안 분해한 후, 그 용액을 P는 vanadate법으로 발색시킨 후 비색계(uv-vis Spectrophotometer, Gilford 260, WA, USA)로 측정하였으며 K, Ca, Mg 및 Na는 원자흡광분광도계(AA-6710, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 과실품질 조사는 9월 5일, 적숙기(2015년 9월 8일), 9월 13일 3회 실시하였다. 과실경도 조사는 과실경도계(FHM-1 A형, Wagner, Japan)로 과실의 중앙부에서 2지점(A, B)을 측정하여 N으로 환산하여 표시하였다. 가용성고형물(SSC)은 굴절당도계(ATC-1E, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다. 산 함량은 과즙 10 mL에

증류수 40 mL을 가한 용액을 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.1이 될 때까지 적정한 후 그 양을 능금산으로 환산하였으며, 색도는 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 과실의 중앙부 2지점에서 측정하여 평균치를 Hunter L, a, b 값으로 나타내었다. 밀병 발생정도 조사는 과일의 중앙부를 수평으로 절단한 후 육안으로 관찰하여 0(정상)~9(매우 심함)으로 구분하였다. 밀병 발생과률은 조사과수에 밀병 발생과수를 나눈 수치에 100을 곱하여 나타내었다. 착색 정도는 과실 전체 표면에 적색정도를 0(불량)~9(매우 우수) 구분하여 표시하였다. 감홍 품종의 동녹 발생정도 조사는 과실 전체 표면에 동녹 발생정도를 0(정상)~9(매우 심)으로 나타내었다.

나. 수출용 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발

시험장소는 경남 거창군 거창읍 동변리 사과 과수원에서 실시하였으며 재식거리는 4m x 2.0m(125주/10a)로 재식된 ‘홍로’/M9 5~6년생(2014년, 2015년 시험), 14년생(2016년 시험)을 난피법 3반복(3주/반복)으로 배치하였다. 처리는 2014년에는 K_2SO_4 (Duksan, Ansan, Korea) 57.1g/주(농과원 시비량기준) 토양시용 1회 처리구(8월 6일 처리), 1.0% K_2SO_4 액 2회 수체살포구(8월 6일, 23일 처리), 농가 자가제조 원액(농가에서 자가제조하여 사용되는 착색제) 2회 수체살포 처리구(8월 6일, 23일 처리), 시판착색제(ACT-2, Menadiona, Barcelronia, Spain) 500배액 2회 수체살포 처리구(8월 6일, 23일 처리), 무처리를 두었다. 2015년에는 동일 과수원에서 다공질필름(타이벡® 1.5m × 100m, DuPont, Wilmington, DE)을 멀칭 처리구(8월 19일, 수확 30일 전 처리), 시판착색제 500배액 1회 수체 살포구(8월 19일, 수확 30일 전 처리), 무처리를 두었다. 2016년에서는 1.0% K_2SO_4 1.0% 수체살포 2회(수확 20, 30일전) 처리구, 1.0% K_2SO_4 수체살포 2회(수확 20, 30일전)+다공질필름 멀칭(수확 20일전) 처리구, 다공질필름 멀칭(수확 20일전) 처리구, 알루미늄 반사필름(25 μ m, 1.5m × 500m, Goowoonfilm, Gumi, Korea)처리구(수확 20일전), 무처리를 두었다. 식물체의 무기성분은 2014년과 2016년에 실시하였으며 분석방법의 상기 분석방법과 동일하게 실시하였다. 착색 정도 조사는 2014년에는 8월 4일, 28일, 9월 24일 3회 실시하였고 과실의 착색부와 비착색부위를 구분여 조사하였고, 2015년에는 수확 시에 수체의 상부와 하부, 과실의 상부와 하부, 착색부와 비착색부위를 구분 조사하였으며, 2016년에는 수확시 과실의 상부와 하부를 구분하여 조사하였다. 조사방법은 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 과실의 중앙부 2지점에서 측정하여 평균치를 Hunter L, a, b 값으로 나타내었다. 안토시아닌 분석은 처리별 과실 중앙부의 과피 1g에 혼합용매(ethanol : 증류수 : HCl=85:13:2) 200mL에 정용하여 실온 암소에 2시간 방치한 후 UV-VIS spectrophotometers(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)흡광도 535nm에서 측정하였다. 과실품질 조사는 1반복당 과실 5과를 과실 경도, 가용성고형물(SSC), 산도를 조사하였다. 조사 방법은 상기방법으로 하였다. 밀병 발생정도 조사는 과일의 중앙부를 수평으로 절단한 후 육안으로 관찰하여 0(정상)~9(매우 심함)으로 구분하였으며, 밀병 발생과률은 조사과수에 밀병 발생과수 나눈 수치에 100을 곱하여 나타내었다. 일소과 조사는 수확 시에 조사과수에 일소과 발생과수 나눈 수치에 100을 곱하여 백분율로 나타내었다. 조도량 조사는 2016년 8월 10일 10시경 노지와 수관하부(지표에서 50cm)를 나누어 조도계(LM-332, Asukuso, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시험포장 관리는 관행재배와 같은 방법으로 하였다.

다. 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과 생리장해 경감 기술 개발

시험장소는 경남 거창군 거창읍 동변리 사과 과수원에서 실시하였으며 재식거리는 4m x 2.0m(125주/10a)로 재식된 ‘홍로’/M9 5~7년생(2014, 2015, 2016년 시험), ‘감홍’/M9 8~10년생(2014, 2015, 2016년 시험)을 난괴법 3반복(3주/반복)으로 배치하였다. 2014년에는 개발칼슘의 적정 살포농도를 구명하기 위하여 실시하였으며, 처리 약제는 개발칼슘 125, 250, 500배, 0.4% 염화칼슘 2수염, 무처리를 두었다. 처리시기 및 살포 횟수는 홍로품종은 7월 4일, 8월 7일에 2회 수체살포 및 감홍 품종은 8월 7일, 9월 7일 2회를 과실을 중심으로 골고루 수체살포 하였다. 2015년에는 개발칼슘 500배, 0.4% 염화칼슘 2수염, 시판칼슘 500배(가루키-H, CaO 17%, Seoul, Korea) 무처리구를 두었다. 처리시기 및 살포 횟수는 홍로품종은 7월 15일(수확 60일 전), 8월 19일(수확 30일 전) 2회 수체살포 하였고, 감홍품종은 8월 5일(수확 60일 전), 9월 5일(수확 30일 전)에 2회를 과실을 중심으로 골고루 수체살포 하였다. 2016년에는 적정 살포시기를 구명하기 위하여 개발칼슘 500배, 0.4% 염화칼슘 2수염 0.4%, 무처리구를 두었다. 처리 시기는 홍로 품종은 생육초기(5월 29일, 6월 9일) 2회 및 생육후기(8월 4일, 8월 15일) 2회를 수체살포 하였고, 감홍 품종은 생육초기(5월 29일, 6월 9일) 2회 및 생육후기(8월 31일, 9월 9일) 2회 수체살포한 후 조사하였다. 식물체의 무기성분 농도 분석은 잎, 과피, 과피직하 과육을 상기 방법으로 분석하였다. 생리장해과 조사는 홍로 품종은 밀병과 밀병 발생정도를 감홍 품종은 동녹, 고두장해, 1과당 고두반점수를 상기 방법으로 조사하였다. 상비과 및 부폐과 발생과율은 전체과수에 발생과수를 나눈 수치에 100을 곱하여 나타내었다. 과실품질조사는 Hunter 값, 과실 경도, 가용성고형물, 산 함량은 상기 방법으로 하였다. 시험포장 관리는 관행재배와 같은 방법으로 하였다.

2. 연구결과

가. 감홍 및 홍로 품종에 적합한 칼슘제 개발

(1) 친환경 칼슘제 개발

표 6-2. 개발 칼슘제(GH-Ca)의 조성물

원료명	조성비율 (%, W/W)
OS-Ca17	80.0
Ascorbic acid	0.1
TW-20	0.1
ACa2	Rest
계	100



표 6-3. 개발칼슘제의 수용성 칼슘함량

pH	EC(mS/cm)	수용성 칼슘(%)
5.3	66.7	12.9

사과 ‘홍로’와 ‘감홍’에 알맞은 칼슘제를 개발하기 위하여 친환경 원료인 굴 껌질을 산 반응한 OS-Ca 용액, 굴 껌질을 소성하여 통전한 A-Ca2의 주원료에 칼슘 흡수를 양호하게 하는 보조제 Ascorbic acid, Tween-20를 이용하여 칼슘조성물을 개발하였으며 조성비는 표 6-2와 같다. 개발 조성물의 수용성칼슘 농도는 12.9%를 나타내었고 pH는 5.3으로 비교적 산성에 가까운 반응을 나타내었다(표 6-3). 상기 조성물은 액상석회비료(CaO: 17.0%) 등록이 가능하여 실용화에는 문제점이 없었다. 문은(1998) 굴 껌질을 산 반응하여 액상칼슘화합물을 제조하여 사과에서 시험한 결과 과실로의 축적이 많이 되어 저장력 증진, 고두장해 방지, 낙과방지, 껌무늬썩음병 방지에 효과를 보였다고 하였다. 그러나 홍로 및 감홍 품종에서는 시험한바 없어 이 품종에 알맞은 칼슘제가 필요하였다.

(2) 홍로 품종에서 개발칼슘(GH-Ca)과 계면활성제 혼용시 수관살포의 효과

홍로 품종에서 과실로의 칼슘 축적을 증진시키기 위하여 개발칼슘(GH-Ca)과 친환경 계면활성제인 SW408, 806과 혼용한 다음 수관살포하여 수확시 무기성분 농도를 조사한 결과는 표 6-4와 같다. 잎에서는 무처리구에 비하여 염화칼슘+SW408, GH-Ca+SW408, GH-Ca+SW806 처리구 모두 Ca 농도가 0.03~0.07% 증가되었으며 과피 및 과피직하 과육에서는 GH-Ca+SW408 처리구가 다른 처리구에 비하여 현저하게 증가하였다. 과심에서는 염화칼슘+SW408 및 GH-Ca+SW408 처리구에서 Ca 농도를 증가시켰다. 그러나 T-N, P, K, Mg 농도에는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 계면활성제 혼용처리에 의한 과실품질을 표 6-5 및 그림 6-1에서 보면 Hunter b값(황색도)는 무처리에 비하여 GH-Ca+SW408, GH-Ca+SW806 처리구에서 현저하게 낮았다. 과실의 경도는 적숙기(9월 8일) 및 9월 5일 처리구에서는 차이가 없었으나 적숙기보다 5일 늦게 수확한 과실에서 전 처리 모두 증가하였다. 가용성고형물은 수확시기 모두 전처리에 높은 결과를 나타내었다. 그러나 과중, Hunter L, a, 산도에는 차이를 보이지 않았다.

표 6-4. 개발칼슘(GH-Ca)과 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확시 부위별 무기성분 농도

Treatments	무기성분 농도				
	T-N	P	K	Ca	Mg
엽(%)					
염화칼슘+SW408	1.794a ^z	0.145a	1.546a	2.84a	0.545a
GH-Ca+SW408	1.880a	0.135a	1.646a	2.89a	0.595a
GH-Ca+SW806	1.851a	0.136a	1.202a	2.85a	0.619a
무처리	1.942a	0.131a	1.388a	2.82b	0.613a
과피(mg/kg)					
염화칼슘+SW408	2,952a	429a	5,551a	622b	1,389a
GH-Ca+SW408	2,871a	483a	5,157a	683a	1,348a
GH-Ca+SW806	3,192a	475a	4,993a	593b	1,319a
무처리	3,599a	498a	5,481a	631b	1,405a
과육(mg/kg)					
염화칼슘+SW408	1,593a	647a	8,649a	230b	455a
GH-Ca+SW408	1,336a	570a	7,826a	275a	383a
GH-Ca+SW806	1,811a	512a	7,045a	244b	429a
무처리	1,911a	548a	8,223a	237b	512a
과심(mg/kg)					
염화칼슘+SW408	2,699a	612a	9,773a	1,297a	790a
GH-Ca+SW408	2,934a	536a	8,741a	1,199a	756a
GH-Ca+SW806	3,152a	590a	8,886a	1,129b	801a
무처리	3,788a	627a	9,190a	1,145b	825a

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05.**표 6-5. 개발칼슘(GH-Ca)과 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확시기별 과실 품질**

Treatments	과중 (g)	Hunter value			경도 (N/Φ8mm)		SSC (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	A	B		
9월 5일								
염화칼슘+SW408	331a ^z	29.64a	27.08a	7.46b	33.0a	33.0a	16.1a	0.33a
GH-Ca+SW408	287a	28.20a	25.69a	6.02b	31.0a	31.0a	16.2a	0.28a
GH-Ca+SW806	280a	29.36a	28.18a	6.86b	31.0a	31.0a	16.8a	0.30a
무처리	310a	30.82a	28.16a	9.90a	31.0a	30.1a	14.8b	0.27a
9월 8일(적숙기)								
염화칼슘+SW408	290a	32.25a	24.19a	8.41a	32.0a	32.0a	16.6a	0.33a
GH-Ca+SW408	249a	27.61a	24.51a	5.58b	32.0a	30.1a	16.9a	0.28a
GH-Ca+SW806	245a	29.09a	26.60a	6.59b	33.0a	33.0a	16.9a	0.25a
무처리	266a	32.80a	27.44a	9.83a	31.0a	31.0a	15.7b	0.29a
9월 13일								
염화칼슘+SW408	281a	30.71a	24.02a	7.84b	30.1a	30.1a	16.8a	0.22a
GH-Ca+SW408	239a	26.59a	22.49a	4.51b	33.0a	31.0a	16.2a	0.27a
GH-Ca+SW806	239a	27.92a	23.78a	5.64b	29.1a	30.1a	16.6a	0.20a
무처리	252a	34.43a	27.19a	10.46a	26.2b	26.2b	15.4b	0.27a

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

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



무처리 염화+408 GH+408 GH+806

그림 6-1. ‘홍로’에서 개발칼슘제(GH-Ca)와 계면활성제 혼용처리에 따른
적숙기 수확 시 과실 착색 정도

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

표 6-6은 GH-Ca와 계면활성제를 혼용하여 수관살포 후에 수확시 밀병 발생정도와 밀병발생률과 착색도를 조사한 결과로 밀병 발생정도는 전체적으로 낮게 발생하였으나 적숙기를 기준으로 하여 3일전에는 GH-Ca+SW408, +SW806 처리구 다른 처리보다 낮았다. 적숙기에는 GH-Ca+806 처리구에서, 적숙기보다 5일 후에는 GH-Ca+SW408, +SW806 처리구에서 다른 처리에 비하여 낮았다. 밀병 발생과율은 밀병 발생정도와 비슷한 결과를 보였다. 착색도는 적숙기보다 3일전에는 처리구간 차이는 없었으나 적숙기 및 적숙기보다 5일 후에서는 GH-Ca+SW408, +SW806 처리구에서 훨씬 우수하였다(그림 6-1).

표 6-6. 개발칼슘(GH-Ca)과 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확시기별 밀병 발생 및 착색정도

Treatments	조사과수 (ea)	밀병 발생정도 (0~9)	밀병 발생과율 (%)	착색도 (0~9)
9월 5일				
염화칼슘+SW408	20	2.9a ^z	60.0a	8.0a
GH-Ca+SW408	16	1.1b	18.8b	7.8a
GH-Ca+SW806	15	1.5b	26.7b	7.5a
무처리	18	3.1a	55.6a	7.1a
9월 8일(적숙기)				
염화칼슘+SW408	18	2.7a	66.7a	6.4b
GH-Ca+SW408	24	1.6b	37.5b	8.3a
GH-Ca+SW806	19	0.6c	21.1c	8.0a
무처리	45	1.9b	46.7b	6.7b
9월 13일				
염화칼슘+SW408	16	3.9a	75.0a	6.1b
GH-Ca+SW408	17	1.5b	16.2b	7.9a
GH-Ca+SW806	16	0.4b	15.4b	7.6a
무처리	30	3.0a	60.0a	5.9b

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

**밀병 : 0~9(매우 심), 착색 : 0~9(매우 우수)

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

이상의 결과를 요약해 보면, 홍로 품종에서 GH-Ca+SW408, +SW806 처리구는 조직내에 칼슘 농도가 높았고, 과육의 경도는 적숙기 5일 후 처리구에서 높았으며, 가용성고형물은 전 조사시기 모두에서 0.8~2.0 °Bx 증가하였다. 또한 과실의 착색도는 적숙기 및 적숙기 5일 후에서 향상되었다. 계면활성제 혼용으로 인한 약해는 발견되지 않았다. 이러한 결과들은 시험에 이용된 SW408, SW806 용액은 표면장력이 낮고 확산성이 좋아서 과실내로 칼슘 등이 축적량이 많아 나타난 결과로 생각된다. 따라서, GH-Ca+SW408, +SW806 처리는 우수한 계면활성제로 생각되었다.

(3) 감홍 품종에 개발칼슘과 계면활성제 혼용 수관살포의 효과

감홍 품종에서 과실로의 칼슘 축적을 증진시키기 위하여 개발칼슘(GH-Ca)와 친환경 계면활성제인 SW408, 806과 혼용한 다음 수관살포하여 수확시 무기성분 농도를 조사한 결과는 표 6-7과 같다. 잎에서는 무처리구 및 염화칼슘+SW408 처리구에 비하여 GH-Ca+SW408, GH-Ca+SW806 처리구는 0.07~0.08% Ca 농도를 증가시켰고, 과피에서는 무처리구에 비하여 염화칼슘+SW408, GH-Ca+SW408, GH-Ca+SW806 처리구가 K 농도는 낮으면서 Ca 농도를 증가시켰으며 과피직하 과육에서는 GH-Ca+SW408, +806 처리구가 다른 처리구에 비하여 현저하게 31~41 mg/kg 증가하였다. 과심에서는 염화칼슘+SW408 및 GH-Ca+SW806 처리구가 다른 처리구에 비하여 Ca 농도를 증가시켰다. 그러나 T-N, P, Mg 농도에는 큰 차이를 보이지 않았다. 계면활성제 혼용처리에 의한 과실품질을 표 6-8 및 그림 6-2에서 보면, Hunter a 값(적색도)는 적숙기 28일 전 수확과에서 무처리에 비하여 GH-Ca+SW408, GH-Ca+SW806 처리구에서 현저하게 높았으며, Hunter b(황색도)는 적숙기 수확 14일전에서 GH-Ca+SW408, GH-Ca+SW806 처리구에 비해 염화칼슘+SW408 처리구가 높았다. 그러나 적숙기 보다 11일 늦게 수확한 과실에는 차이가 없었다. 과실의 경도는 다른 처리구에 비하여 적숙기 28일전 GH-Ca+SW408 처리구에서 증가하였고 적숙기보다 14일전 수확한 과실에서는 무처리에 비하여 전 처리 모두 높게 나타났으며 적숙기보다 11일 늦게 수확한 과실에는 차이가 없었다. 가용성고형물은 적숙기 14일전에 수확한 과실은 전처리구보다 염화칼슘+SW408 처리구는 감소하였으며 적숙기에 수확한 과실은 염화칼슘+SW408 처리구 및 무처리에 비하여 오히려 증가하였다. 그러나 적숙기보다 28일전 및 11일 후 수확한 과실에서는 처리간 차이를 나타내지 않았다. 또한 과중, Hunter L값 및 산도에는 수확시기별 큰 차이가 없었다.

표 6-7. 감홍 품종에서 개발 칼슘제와 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확시 부위별 무기성분 농도

Treatments	무기성분 농도				
	T-N	P	K	Ca	Mg
엽(%)					
염화칼슘+SW408	2.19a ^z	0.14a	1.66a	1.86b	0.50a
GH-Ca+SW408	1.96a	0.14a	1.64a	1.99a	0.43a
GH-Ca+SW806	2.11a	0.14a	1.77a	1.98a	0.55a
무처리	2.18a	0.14a	1.86a	1.91b	0.57a
과피(mg/kg)					
염화칼슘+SW408	2,613a	575a	5,756b	857a	1,254a
GH-Ca+SW408	3,034a	506a	4,903b	816a	1,233a
GH-Ca+SW806	2,665a	425a	5,359b	853a	1,324a
무처리	2,716a	575a	6,245a	789b	1,202a
과육(mg/kg)					
염화칼슘+SW408	1,582a	419a	6,720b	238ab	354a
GH-Ca+SW408	1,517a	494a	6,438b	260a	354a
GH-Ca+SW806	1,427a	414a	6,820b	251a	374a
무처리	1,666a	477a	7,675a	219b	367a
과심(mg/kg)					
염화칼슘+SW408	7,694a	1,989a	15,778b	1,131a	996a
GH-Ca+SW408	7,513a	2,276a	16,294b	1,099b	1,030a
GH-Ca+SW806	7,169a	2,184a	17,491a	1,115a	1,022a
무처리	7,218a	2,678a	16,894b	1,037b	1,043a

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

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

표 6-8. 감홍 품종에서 개발 칼슘제와 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확시기별 과실품질

Treatments	과중 (g)	Hunter value			경도(N/Φ8mm)		SSC (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	A	B		
9월 17일								
염화칼슘+SW408	315a ^z	39.86a	17.17b	11.68a	28.1b	28.1a	14.4a	0.35a
GH-Ca+SW408	284a	40.96a	18.44a	12.24a	32.0a	31.0a	15.4a	0.33a
GH-Ca+SW806	328a	39.10a	18.54a	10.48a	27.2b	29.1a	15.4a	0.35a
무처리	312a	41.71a	16.92b	12.16a	27.2b	28.1a	14.7a	0.38a
10월 1일								
염화칼슘+SW408	296a	39.42a	16.48b	11.07a	27.2a	26.2a	14.2b	0.28a
GH-Ca+SW408	327a	35.53a	20.49a	9.06b	25.2a	26.2a	15.4a	0.27a
GH-Ca+SW806	338a	34.60a	19.37a	8.30b	26.2a	28.1a	15.1a	0.26a
무처리	347a	38.57a	18.73a	10.68ab	23.3b	25.2a	15.6a	0.31a
10월 15일(적숙기)								
염화칼슘+SW408	325a	36.83a	21.82a	10.01b	27.2a	27.2a	15.5b	0.23a
GH-Ca+SW408	332a	39.87a	20.64a	12.17a	28.1a	28.1a	16.6a	0.27a
GH-Ca+SW806	350a	37.07a	21.11a	10.40b	29.1a	29.1a	16.1a	0.24a
무처리	350a	36.57a	19.95a	9.91b	28.1a	28.1a	15.5b	0.25a
10월 26일								
염화칼슘+SW408	351a	33.73a	22.23a	8.19a	16.5a	15.5a	16.7a	0.19a
GH-Ca+SW408	345a	33.61a	23.97a	8.65a	15.5a	15.5a	17.1a	0.20a
GH-Ca+SW806	346a	34.05a	21.90a	8.29a	15.5a	15.5a	17.4a	0.23a
무처리	357a	35.78a	21.30a	9.77a	17.5a	16.5a	16.7a	0.24a

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

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

무처리 염화+408 GH+408 GH+806

그림 6-2. 감홍 품종에서 GH-Ca와 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확 시 과실 착색 정도

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

표 6-9. 감홍 품종에서 개발 칼슘제와 계면활성제 혼용 수관살포에 의한 수확시기별 고두장해 발생 및 착색 정도

Treatments	조사과수 (ea)	고두장해 발생과율 (%)	고두수 (ea/fruit)	착색도 (0~9)	동녹 (0~9)
10월 1일					
염화칼슘+SW408	18	19.1b ^z	5.2b	6.3a	-
GH-Ca+SW408	20	38.1a	2.0b	6.8a	-
GH-Ca+SW806	21	15.0b	2.5b	7.0a	-
무처리	25	27.5a	10.0a	5.1b	-
10월 15일(적숙기)					
염화칼슘+SW408	31	22.6b	2.0a	6.7a	3.2a
GH-Ca+SW408	25	44.0a	2.9a	7.2a	3.1a
GH-Ca+SW806	25	12.0c	1.7a	7.0a	2.2a
무처리	46	26.5b	3.0a	6.8a	3.5a
10월 26일					
염화칼슘+SW408	26	15.4b	13.0ab	7.5a	2.3a
GH-Ca+SW408	30	20.0ab	5.7b	7.0a	3.4a
GH-Ca+SW806	29	17.2b	22.6a	7.2a	2.6a
무처리	70	27.1a	35.6a	6.8a	4.0a

*처리 농도 : GH-Ca 500배, 염화칼슘 : 0.4%, SW408, 806 : 0.15%

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

표 6-9는 GH-Ca와 계면활성제를 혼용하여 수관살포 후에 수확시 밀병 발생정도와 밀병발생률, 착색도 및 동녹을 조사한 결과로 10월 1일(적숙기 14일 전)에는 고두장해 발생과는 염화칼슘+SW408 및 GH-Ca+SW806 처리구에서 적게 나타났으며 1과당 고두수는 2.0~2.5개로 무처리 10.0개를 나타내어 현저하게 감소하였다. 착색도는 무처리에 비하여 전처리 모두 착색도가 양호하였다. 적숙기에서의 고두장해 발생과율은 GH-Ca+SW408 처리구는 오히려 44.0%로 높았으나 GH-Ca+SW806 처리구는 12.0%로 현저하게 낮게 나타났다. 적숙기 11일에 수확한 과실은 염화칼슘+SW408, GH-Ca+SW806 처리구는 무처리구 보다는 적게 나타났지만 처리 간에는 차이는 없었다. 고두수는 GH-Ca+SW408 처리구에서 5.7개/과로 현저하게 낮은 발생율을 보였다.

<결과 요약>

과실의 축척량을 증가시키기 위하여 개발 칼슘인 GH-Ca 500배에 계면활성제인 SW408과 SW806액을 0.15% 혼용한 용액을 2회 수관살포한 결과, 과실로의 칼슘량을 증대시키고 아울러 홍로 품종에서는 밀병 및 감홍 품종에서는 고두장해 발생을 경감시킬 수 있었다.

나. 수출용 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발

‘홍로’ 사과는 착색이 골고루 잘 되는 단점이 있어 착색을 향상시키기 위하여 2014년에는 무기성분인 황산칼륨의 수관살포 및 토양시용한 시험구, 시판착색제, 농가 자가제조액을 수관살포하여 실제 무기성분 농도에 어떠한 영향을 주었는지를 수확 시에 조사하였다(표 6-10). 엽의 경우 P 농도는 무처리에 비하여 시판착색제액 수관살포구에서 증가하였고, K 농도는 황산칼슘 수관살포, 시판착색제액, 농가 자기제조 처리구에서 증가하였으며, Ca 농도는 전처리구에서 낮은 농도를 나타내었다. 그러나 T-N 및 Na 농도 차이는 처리 간 없었다. 과피에서 T-N 농도는 황산칼륨 수관살포 및 토양시용 처리구에서 오히려 감소하였고, P 농도는 시판착색제액 수관살포구에서 증가하였으며, P 농도는 황산칼륨 수관살포구에서 감소하였다. Ca 농도는 농가 자기제조 처리구에서 증가하였으나, K 및 Na 농도에는 처리간 차이가 없었다. 과피직하과육에서 T-N 농도는 황산칼륨 및 시판착색제 수관살포구는 감소하였고, P 농도는 시판착색제액 수관살포구에서 증가하였으며, K 농도는 황산칼륨 및 시판착색제 수관살포구는 증가하였다. 그러나 Ca, Mg, Na 농도는 차이를 나타내었다.

표 6-10. 황산칼륨 처리에 의한 수확 시 부위별 무기성분 농도(2014)

Treatments	T-N	P	K	Ca	Mg	Na
	----- %, mg·kg ⁻¹ -----					
엽						
황산칼륨 토양시용	2.10a ^z	0.123b	1.27b	1.30b	3,619a	172a
황산칼륨 수관살포	1.92a	0.125b	1.51a	1.20b	3,271a	176a
시판 착색제액	1.92a	0.143a	1.70a	1.30b	2,001b	195a
농가 자기제조액	2.05a	0.125b	1.65a	1.18b	3,442a	169a
무처리	1.98a	0.129b	1.48b	1.61a	2,647b	172a
과피						
황산칼륨 토양시용	0.27b	551c	0.36b	160b	403a	148a
황산칼륨 수관살포	0.30b	556c	0.43a	196b	515a	152a
시판 착색제액	0.35a	787a	0.44a	173b	447a	153a
농가자가 제조액	0.36a	612b	0.46a	309a	506a	88a
무처리	0.37a	596b	0.42a	230b	433a	79a
과육						
황산칼륨 토양시용	0.19a	592b	0.41b	82a	158a	90a
황산칼륨 수관살포	0.17b	637b	0.46a	82a	174a	100a
시판 착색제액	0.16b	761a	0.51a	97a	171a	110a
농가자가 제조액	0.20a	621b	0.43b	89a	178a	188a
무처리	0.21a	630b	0.42b	102a	167a	168a

*황산칼륨 57.1g/주 토양시용 1회, 황산칼륨 1.0% 수체살포 2회, 시판착색제 500배액 수체살포 2회, 농가자가제조 원액 2회.

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

2016년에는 2014, 2015년에 시험한 결과를 토대로 K_2SO_4 1.0% 2회(8월4일, 15일) 수체살포구, 다공질필름 및 알루미늄 반사필름 멀칭(수확 20일 전) 처리구, K_2SO_4 수체살포+다공질필름 처리구를 두어 수확 시에 엽, 과피 및 과피직하과육의 무기성분 농도를 분석하였다(표 6-11). 엽에서 K 농도는 무처리구에 비하여 K_2SO_4 1.0% 수체살포구는 증가하였으나, 다공질필름 및 알루미늄 반사필름 멀칭 처리구는 오히려 감소하였다. Ca 농도는 다른 처리구에 비하여 K_2SO_4 1.0% 수체살포구는 감소하였다. Mg 농도는 K_2SO_4 1.0% 수체살포구 및 다공질필름 처리구에

서 증가하였으나, T-N, Na 농도는 처리간 차이를 나타내지 못하였다. 과피의 Ca 농도는 K₂SO₄ 1.0% 수체살포구 및 K₂SO₄ 수체살포+다공질필름 멸칭 처리구에서 증가하였다. Mg 농도는 알루미늄 반사필름 멸칭 처리구에서 감소하였다. T-N, P, K, Na 농도는 차이가 없었다. 과피직하의 과육의 K 농도는 다공질필름 및 알루미늄 반사필름 멸칭 처리구, K₂SO₄ 수체살포+다공질필름 멸칭 처리구에서 감소하였고, T-N, P, Ca, Mg, Na 농도는 차이가 없었다.

표 6-11. 황산칼륨 및 다공질필름 처리에 의한 수확 시 부위별 무기성분 농도(2016)

Treatments	T-N	P	K	Ca	Mg	Na
엽(mg · kg ⁻¹)						
K ₂ SO ₄ 1.0% 수체살포 2회	19,813a ^z	3,237a	23,787a	13,886b	4,046a	244a
다공질필름 멸칭	21,268a	3,161a	20,981c	15,692a	4,167a	210a
알루미늄 반사필름 멸칭	20,770a	3,245a	20,473c	15,048a	3,397b	309a
K ₂ SO ₄ 수체살포+다공질필름	22,008a	3,179a	22,758b	15,408a	3,810b	271a
무처리	22,163a	3,300a	22,147b	14,407a	3,188b	263a
과피(mg · kg ⁻¹)						
K ₂ SO ₄ 1.0% 수체살포 2회	4,238a	1,705a	10,316a	596a	1,389a	398a
다공질필름	4,304a	1,637a	10,508a	539b	1,424a	382a
알루미늄 반사필름	4,161a	1,696a	10,600a	470b	1,297b	407a
K ₂ SO ₄ 수체살포+다공질필름	3,788a	1,605a	10,352a	601a	1,456a	379a
무처리	4,413a	1,596a	10,710a	518b	1,498a	365a
과육(mg · kg ⁻¹)						
K ₂ SO ₄ 1.0% 수체살포 2회	3,324a	2,271a	11,206a	229a	378a	322a
다공질필름	2,694a	2,072a	10,002b	199a	328a	328a
알루미늄 반사필름	2,762a	2,048a	9,847b	224a	332a	340a
K ₂ SO ₄ 수체살포+다공질필름	2,671a	1,930a	9,843b	216a	329a	331a
무처리	3,427a	2,009a	11,218a	220a	338a	338a

*수체 살포 : 8/4(1차), 8/15(2차), **멸칭 : 8/9

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05.표 6-12. 황산칼륨 처리에 의한 수확시기별 과피의 Hunter a_v(2014)

Treatments	수확시기(m/d)					
	착색	비착색	착색	비착색	착색	비착색
황산칼륨 토양시용	28.9a ^z	17.9a	23.7a	-	26.8a	19.7a
황산칼륨 수체살포	29.2a	16.4a	25.9a	-	24.5a	21.4a
시판 착색제액	31.0a	9.6b	26.1a	-	-	-
농가자가 제조액	32.2a	6.0b	29.0a	-	-	-
무처리	31.9a	8.2b	28.0a	-	23.6a	20.0a

*황산칼륨 57.1g/주 토양시용 1회, 황산칼륨 1.0% 수체살포 2회, 시판착색제 500배액 수체살포 2회, 농가자가제조 원액 2회.

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

2014년에 황산칼륨 처리에 의한 수확시기별 착색부위와 비착색 부위를 구분하여 조사한 결과(표 6-12), 황산칼륨 토양시용 및 수관살포구는 시판착색제 및 농가자가 제조액 수관살포구는 비착색 부위의 적색도(Hunter a_v)를 증가하였다. 2015년에는 착색제 수체살포구, 다공질 필름 멀칭구를 처리하여 과실 상부의 착색부와 비착색부위의 구분하여 Hunter _v을 조사한 결과(표 6-13), 착색제 500배 및 다공질필름 멀칭구는 무처리구에 비해 착색부와 비착색부에서 Hunter L, a_v은 차이는 없었으나, a_v(적색도)는 현저한 차이를 나타내었다. 과실의 하부는 상부와 같이 착색부에서는 Hunter _v은 차이가 없었으나(표 6-14), 비착색부에서 Hunter L(명도), a_v은 높았으나, b_v은 다공질필름 멀칭 처리구는 오히려 낮았다. 9월 15일 수확과에서는 Hunter L, b_v 차이가 없었으나, a_v은 다공질필름 멀칭 처리구가 높았다.

표 6-13. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 과실 상부의 Hunter _v(2015)

Treatments	착색부			비착색부		
	L	a	b	L	a	b
9월 5일						
착색제 500배	29.5a ^z	26.9a	6.8a	50.1a	21.9a	22.4a
다공질 필름멀칭	30.4a	26.5a	7.5a	47.4a	22.8a	16.6a
Control	35.3a	28.0a	9.9a	63.0a	6.0b	23.3a
9월 17일						
착색제 500배	27.4a	21.2a	4.7b	48.2a	20.9a	17.7a
다공질 필름멀칭	25.2a	17.5a	2.9b	40.2a	24.6a	12.7a
Control	32.5a	25.8a	8.3a	56.1a	14.5b	21.5a

*착색제 수관살포 1회(수확 30일전 기준, 8월 19일), 멀칭: 수확 30일 전 기준(8월 19일)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05.**표 6-14. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 과실 하부의 Hunter _v(2015)**

Treatments	착색부			비착색부		
	L	a	b	L	a	b
9월 5일						
착색제 500배	31.4a ^z	28.2a	8.6a	49.6b	23.6a	18.8ab
다공질 필름멀칭	29.2a	28.3a	6.8a	41.6b	28.0a	14.1b
무처리	34.9a	28.2a	10.6a	66.1a	6.4b	26.0a
9월 17일						
착색제 500배	33.9a	26.0a	9.9a	52.2a	19.2b	20.5b
다공질 필름멀칭	27.4a	21.8a	5.1a	43.0a	24.1a	15.7b
무처리	38.7a	23.3a	12.4a	58.8a	13.7b	24.2a

*착색제 수관살포 1회(수확 30일전 기준, 8월 19일), 멀칭: 수확 30일 전 기준(8월 19일)

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

수체 상부와 하부를 나누어 조사한 결과(표 6-15, 16), 9월 13일에 수확한 과실은 수체상부 과실 상부, 착색부에서 다공질필름 멀칭 처리구가, 비착색부에서는 착색제 수관살포 처리구가 Hunter a값이 높았다. 과실 하부의 비착색부위는 착색제 수관살포구 및 다공질 필름 멀칭구에서 Hunter a값이 높았으며, 9월 13일 수확과에서는 다공질 필름 멀칭구에서 높았다(표 6-15). 수체 하부에서는 과실 상부의 Hunter a값은 9월 13일에 수확한 과실의 착색부에서 다공질 필름 멀칭구에서 높았다. 과실 하부에서는 9월 8일과 9월 13일 수확한 과실의 a값은 착색제 수관살포구 및 다공질 필름 멀칭구에서 유의하게 높아 착색이 잘되었다(표 6-16).

표 6-15. 다공질필름 멀칭에 의한 수체 상부에서 수확 시 과실의 Hunter 값(2015)

Treatments	과실의 상부						과실의 하부					
	착색부			비착색부			착색부			비착색부		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
9월 8일												
착색제 500배	29.6a ^z	27.4a	6.9a	43.7a	22.7a	14.8a	29.2a	26.7a	6.9a	55.6a	17.1b	22.1a
다공질 필름	28.7a	27.9a	6.3a	52.0a	15.8a	17.5a	29.0a	27.7a	6.6a	42.9a	26.6a	14.5a
무처리	33.2a	29.0a	8.9a	52.5a	18.5a	18.7a	36.4a	27.1a	11.1a	62.9a	9.8c	26.1a
9월 13일												
착색제 500배	28.8a	24.3b	6.2a	46.9a	21.9a	16.9a	36.6a	24.9a	10.8a	56.9a	14.6b	23.2a
다공질 필름	29.5a	44.1a	6.9a	51.6a	17.1ab	19.4a	34.0a	26.8a	10.3a	51.8a	19.7a	21.0a
무처리	31.8a	26.5b	8.4a	57.4a	11.3b	21.7a	35.1a	25.7a	10.6a	58.9a	12.5b	24.6a

*착색제 수관살포 1회(수확 30일 전 기준, 8월 19일), 멀칭:수확 30일 전 기준(8월 19일)

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

표 6-16. 다공질필름 멀칭에 의한 수체 하부에서 수확 시 과실의 Hunter 값(2015)

Treatments	과실의 상부						과실의 하부					
	착색부			비착색부			착색부			비착색부		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
9월 8일												
착색제 500배	37.8az	27.4a	13.1a	68.7a	1.3b	25.9a	51.4a	18.4a	20.3a	66.9a	1.3b	26.9a
다공질 필름	33.9a	31.0a	9.9a	51.4a	20.2a	18.1a	35.9b	28.2a	11.5b	47.2b	21.9a	17.1b
무처리	37.9a	28.7a	13.3a	68.2a	2.7b	29.8a	47.6a	22.4a	19.7a	66.9a	6.5b	30.1a
9월 13일												
착색제 500배	34.7a	26.6a	10.2a	52.1a	16.2a	19.9a	41.3a	24.5a	14.4a	60.3a	12.4b	24.8a
다공질 필름	27.0a	22.5a	5.2a	41.1a	25.0a	13.2a	28.3b	22.4a	5.6b	36.3b	25.7a	11.3b
무처리	36.3a	25.1a	12.1a	65.3a	5.9b	27.2a	45.0a	23.1a	18.0a	65.1a	7.0c	28.7a

*착색제 수관살포 1회(수확 30일 전 기준, 8월 19일), 멀칭:수확 30일 전 기준(8월 19일)

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

2016년도에는 착색인 잘된 처리구를 중심으로 황산칼륨 2회 수관살포구, 황산칼륨 2회 수체 살포+다공질필름 멀칭구, 알루미늄 반사필름 멀칭구를 두어 Hunter 값 및 과실 품질을 조사하였다(표 6-17). 과실 상부 및 하부에서 Hunter a값은 황산칼륨 2회 수체살포+다공질필름 멀칭

구, 다공질필름 멀칭구, 알루미늄 반사필름 멀칭구에서 적색도인 a값이 높아 착색이 잘되었다. 그러나 과실의 경도, 가용성고형물 및 산도에는 차이를 나타내지 않았다.

표 6-17. 황산칼륨 및 다공질필름 처리에 의한 수확 시 Hunter값 및 과실 품질(2016)

Treatments	과중 (g)	과실상부의 Hunter 값			과실하부의 Hunter 값			경도 (N/Φ8mm)	SSC (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	L	a	b			
K ₂ SO ₄ 수체살포 2회	250a ^z	47.8a	20.5ab	14.8a	49.5a	14.8b	17.6a	28.1a	12.0a	0.4a
K ₂ SO ₄ ·2회+ 다공질필름	238a	42.6a	25.2a	13.1a	40.3a	26.3a	13.2a	27.2a	12.4a	0.3a
다공질필름	232a	45.4a	23.8a	14.5a	41.9a	25.6a	14.0a	33.0a	12.2a	0.3a
알루미늄 반사필름	255a	45.0a	21.9a	13.4a	42.0a	25.3a	14.2a	28.1a	12.4a	0.3a
무처리	229a	47.7a	18.0b	14.4a	51.4a	13.5b	18.0a	28.1a	11.8a	0.3a

*수체 살포 : 8/4(1차), 8/15(2차), **멀칭 : 8/9

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

표 6-18. 황산칼륨 및 다공질필름 처리에 의한 수확 시 과실하부의 안토시아닌 함량(2016)

Treatments	조도량(Klux)			과실하부의 안토시아닌(abs)		
	노지	수관하부	9/1	9/6	9/10	9/22
K ₂ SO ₄ 수체살포 2회	71.7a ^z	1.3b	0.238b	0.284c	0.310c	-
다공질필름	68.2a	3.9a	0.652a	0.795a	1.205a	2.517a
알루미늄 반사필름	67.7a	3.0a	0.462a	0.424b	0.769b	1.513b
K ₂ SO ₄ ·2회+ 다공질필름	67.4a	3.7a	0.593a	0.830a	1.035a	1.237b
무처리	69.7a	1.0b	0.166c	0.270c	0.354c	-

*수체 살포 : 8/4(1차), 8/15(2차), **멀칭 : 8/9, ***조도량 : 8월 10일 10시

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

2016년 과실 하부의 안토시아닌 흡수도는 조사시기 모두 무처리 및 황산칼륨 수체살포 2회 처리구에 비하여 다공질 필름 멀칭구, 알루미늄 반사필름 멀칭구 및 황산칼륨 2회 수체살포+다공질필름 멀칭구에서 증가하였다(표 6-18). 이러한 결과는 이들 처리가 수관 하부에 조도량이 높아서 안토시아닌 흡수도가 높아서 나타난 결과로 해석되었다.



그림 6-3. 황산칼륨 처리에 의한 수확 시 과실의 착색정도(2014)

*황산칼륨 57.1g/주 토양시용 1회, 황산칼륨 1.0% 수체살포 2회, 시판착색제 500배액 수체살포 2회, 농가자가제조 원액 2회.

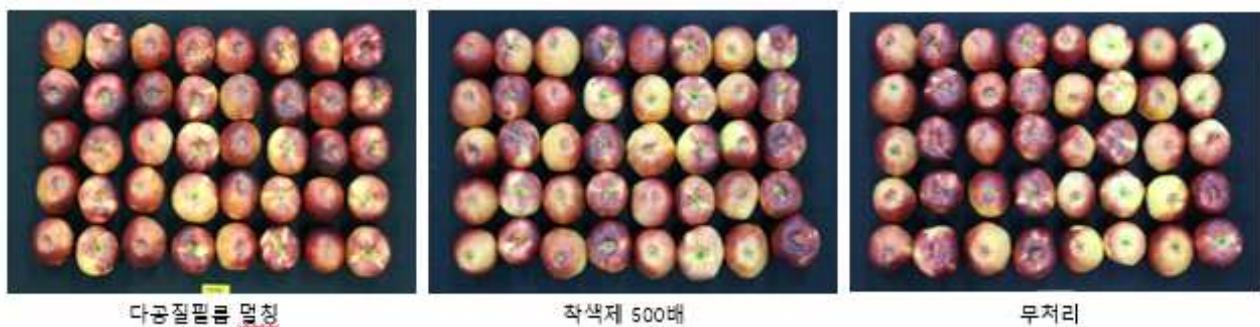


그림 6-4. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 과실 착색 정도(2015)

*착색제 수관살포 1회(수확 30일 전 기준, 8월 19일), 멀칭:수확 30일 전 기준(8월 19일)

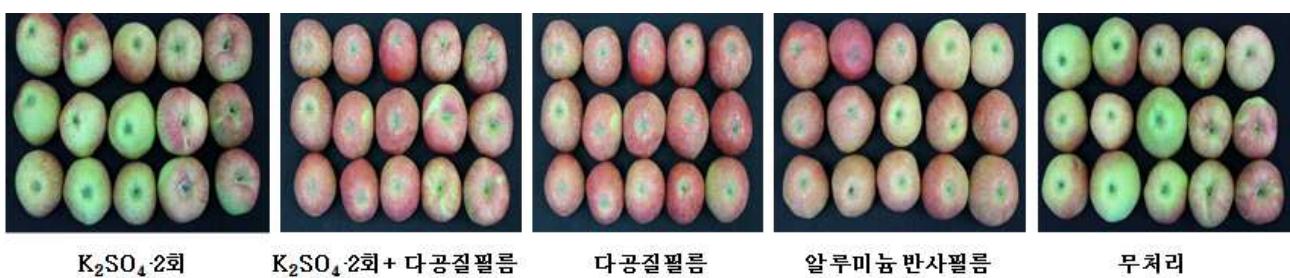


그림 6-5. 황산칼륨 및 다공질필름 처리에 의한 수확 시 과실의 착색정도(2016)

*수체 살포 : 8/4(1차), 8/15(2차), **멀칭 : 8/9

그림 6-3, 4, 5는 2014, 2015, 2016년 흥로 품종에서 처리별 착색 효과를 나타낸 것으로 2014년에는 1.0% 황산칼륨 수체살포 2회 수관살포구, 2015년에는 수확 30일 전 다공질필름 멀칭구, 2016년에는 수확 20일 전 다공질필름 및 알루미늄 반사필름 멀칭구에서 착색이 우수하였다.

표 6-19. 황산칼륨 처리에 의한 수확 시 안토시아닌 함량 및 과실품질(2014)

Treatments	과중 (g)	안토시아닌 (Abs)	착색정도 (0~9)	경도 (N/Φ8mm)	SSC (°Bx)	산함량 (%)
황산칼륨 토양시용	321a ^z	1.841b	7.8b	30.2a	15.1a	0.24a
황산칼륨 수체살포	256a	2.338a	8.4a	29.1a	16.3a	0.20a
시판 착색제액	267a	-	8.5a	33.0a	15.9a	0.23a
농가자가 제조액	319a	-	7.7b	31.5a	15.0a	0.21a
무처리	281a	1.675b	7.8b	29.1a	15.5a	0.21a

*황산칼륨 57.1g/주 토양시용 1회, 황산칼륨 1.0% 수체살포 2회, 시판착색제 500배액 수체살포 2회, 농가자가 제조 원액 2회.

수확시기 : 2014. 09. 04, *착색정도(적색); 0(무)~9(매우양호)

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

2014년 황산칼륨 수관살포에 의해 수확시(9/4) 안토시아닌 함량 및 착색정도를 조사하였다(표 6-19). 안토시아닌 흡수도는 무처리에 비하여 황산칼륨 1.0% 2회 수체살포구가 높았으며, 착색정도는 황산칼륨 1.0% 2회 수체살포구 및 시판 착색제액 수체살포는 적색의 착색정도가 높았다. 처리별 가용성고형물은 무처리에 비하여 8월 28일 수확과에서 시판착색제 수체살포가,

9월4일 수확과에서는 황산칼륨 1.0% 2회 수체살포구에서 증가하였다. 그러나 9월 12일에는 차이를 나타내지 못하였다. 2015년에는 9월 5일 및 9월 17일 수확한 과실은 안토시아닌 흡수는 시판착색제 500배 수체살포구 및 수확 30일 전 다공질필름 멀칭구에서 높았다. 가용성고형물은 9월 17일 수확과는 시판착색제 500배 수체살포구에서 1.2 °Bx 증가하였다. 과실부위별 상부, 중부, 하부의 가용성고형물 및 산도는 차이가 없었으나, 다공질필름 멀칭구는 안토시아닌 흡수도를 증가시켰다.

표 6-20. 황산칼륨 처리에 의한 수확 시기별 가용성고형물(2014)

Treatments	SSC(°Bx)			평균
	8/28	9/4	9/12	
황산칼륨 토양시용	15.2b ^z	15.1b	17.1a	15.8ab
황산칼륨 수체살포	15.7ab	16.3a	17.3a	16.4a
시판 착색제 액	15.8a	15.9ab	-	15.9ab
농가자가 제조액	14.7b	15.0b	-	14.9b
무처리	14.5b	15.5b	17.0a	15.7ab

*황산칼륨 57.1g/주 토양시용 1회, 황산칼륨 1.0% 수체살포 2회, 시판착색제 500배 액 수체살포 2회, 농가자가제조 원액 2회.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05**표 6-21. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 과실품질(2015)**

Treatments	과중 (g)	경도(N/Φ8mm)		SSC (°Bx)	산도 (%)	안토시아닌 (Abs)
		A	B			
9월 5일						
시판착색제 500배	314a ^z	30.0a	32.0a	16.2a	0.26a	2.041a
다공질필름 멀칭	272a	31.0a	32.0a	15.7a	0.29a	1.974a
Control	286a	32.0a	32.0a	16.3a	0.30a	1.221b
9월 17일						
시판착색제 500배	266a	28.1a	29.1a	16.9a	0.21a	1.239a
다공질필름 멀칭	258a	29.1a	29.1a	15.7b	0.20a	1.894a
Control	265a	26.2a	28.1a	15.7b	0.20a	0.930b

*착색제 수관살포 1회(수확 30일 전 기준, 8월 19일), 멀칭:수확 30일 전 기준(8월 19일)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05**표 6-22. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 과실 부위별 과실 품질(2015)**

Treatments	상부		중부		하부		안토 시아닌 (Abs)
	SSC (°Bx)	산도 (%)	SSC (°Bx)	산도 (%)	SSC (°Bx)	산도 (%)	
착색제 500배	14.0a ^z	0.24a	15.4a	0.27a	16.1a	0.31a	0.258b
다공질 필름멀칭	14.3a	0.23a	15.7a	0.27a	16.5a	0.30a	0.648a
Control	14.2a	0.25a	15.9a	0.28a	16.3a	0.29a	0.406b

*착색제 수관살포 1회(수확 30일 전 기준, 8월 19일), 멀칭:수확 30일 전 기준(8월 19일)

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

2014년 시험에서 처리별 밀병 발생과율은 무처리에 비하여 황산칼륨 수체살포 및 시판착색제액 처리에서 낮은 발생율을 보였으나 밀병 발생정도는 황산칼륨 토양시용구 및 농가자자 제조액 수체살포구는 그 정도가 높았다(표 6-23). 2015년에는 밀병 발생율은 다공질필름 멀칭구는 오히려 증가하였으나, 발생정도는 차이를 보이지 않았다(표 6-24). 수체 상부와 하부로 구분하여 조사한 결과(표 6-25), 밀병 발생정도는 수체 하부에서 시판착색제 500배 수관 살포구에서 그 정도는 적었으며, 밀병 발생과율은 수체하부에서 낮은 발생과율을 나타내었다.

표 6-23. 황산칼륨 처리에 의한 수확 시 밀병 발생율(2014)

Treatments	조사과수 (ea)	밀병 발생과율 (%)	밀병 발생정도 (0~9)
황산칼륨 토양시용	34	91.2a ^z	5.8a
황산칼륨 수체살포	37	59.5b	2.8b
시판 착색제액	24	58.3b	3.8b
농가자자 제조액	33	94.0a	5.8a
Control	39	87.2a	3.6b

*황산칼륨 57.1g/주 토양시용 1회, 황산칼륨 1.0% 수체살포 2회, 시판착색제 500배액 수체살포 2회, 농가자자제조 원액 2회.

**수확시기 : 2014. 09. 04, **밀병발생정도 ; 0(무)~9(심)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05**표 6-24. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 밀병 발생 정도(2015)**

Treatments	조사 과수 (ea)	밀병 발생정도 (0~9)		밀병 발생과율(%)
		9월 5일	9월 17일	
시판착색	20	2.1a	1.9a	55.0a
다공질 필름	20	2.6a	2.5a	50.0a
Control	18	2.9a	2.6a	50.0a
착색제 500배	20		1.9a	45.0b
다공질 필름멀칭	20		2.5a	70.0a
Control	20		2.6a	55.0b

*착색제 수관살포 1회(수확 30일전 기준, 8월 19일), 멀칭:수확 30일 전, **밀병발생정도 ; 0(무)~9(심)

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05**표 6-25. 다공질필름 멀칭에 의한 수확 시 수체 부위(상부, 하부)별 밀병 발생 정도(2015)**

Treatments	조사 과수 (ea)	밀병 정도 (0~9)		밀병 발생과율 (%)	
		수체상부	수체하부	수체상부	수체하부
9월 8일					
착색제 500배	21	1.1a ^z	1.0a	31.6a	38.1b
다공질 필름멀칭	25	1.5a	2.1a	47.8a	60.0a
Control	16	1.6a	2.4a	50.0a	50.0a
9월 17일					
착색제 500배	18	3.6a	1.8b	78.6a	44.4b
다공질 필름멀칭	28	2.2a	4.1a	62.5a	78.6a
Control	14	2.2a	3.2a	64.8a	64.3a

*착색제 수관살포 1회(수확 30일전 기준, 8월 19일), 멀칭: 수확 30일 전, **DMRT, 5%, **밀병 발생정도; 0(무)~9(심)

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

표 6-26. 황산칼륨 및 다공질필름 처리에 의한 수확 시 생리장애 발생율(2016)

Treatments	일소과 발생률 (%)	밀병 발생정도 (0~9)	밀병 발생과율 (%)
K ₂ SO ₄ 수체살포 2회	10.2b ^z	0a	0c
다공질필름	9.4b	0.3a	18.8a
알루미늄 반사필름	15.8a	0.1a	6.7b
K ₂ SO ₄ 수체살포+ 다공질필름	11.0b	0a	0c
Control	10.0b	0a	0c

*수체 살포 : 8/4(1차), 8/15(2차), **멸칭 : 8/9

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

2016년에는 밀병 발생과율은 다공질필름 멸칭구가 18.8% 가장 높았으며 알루미늄 반사필름 멸칭구는 6.7%로 현저한 차이를 보였다. 그러나 발생정도가 낮았으며 일소과 발생률은 다른 처리에 비하여 알루미늄 반사필름 처리구에서 무처리보다는 5.8%, 다공질필름보다는 6.4% 발생과율이 높았다. 이러한 결과는 멸칭으로 인한 광투과율이 많아 나타난 결과로 생각되었다.

<결과 요약>

‘홍로’ 사과의 착색 증진을 위해서는 1.0% 황산칼륨 수확 전 2회 수체살포, 수확 20일~30일 전 다공질필름 멸칭 및 알루미늄 반사필름 멸칭 처리가 가장 우수하였다. 다공질필름 처리는 수체하부, 과실하부의 착색도 및 안토시아닌 흡수도를 증가시켰고, 일소과 발생율은 알루미늄 반사필름 멸칭구에 비하여 적게 나타났으며, 밀병 발생은 오히려 수체 하부에서 많았다.

다. 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과 생리장애 경감 기술 개발

(1) ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에서 칼슘제 수체살포에 의한 무기성분 농도

‘홍로’ 사과에서 칼슘제의 농도별, 칼슘제별, 시기별 수체살포에 의한 무기성분을 조사한 결과는 다음과 같다. 2014년에 GH-Ca 농도별 처리시 잎에서 K 농도는 염화칼슘 0.4%액 수체살포구에서 다른 처리구에 비하여 증가하였으며 Ca 농도는 무처리에 비하여 전처리 모두 증가하였으며 GH-Ca 처리 농도 간에는 차이를 나타내지 않았다. 그 외 T-N, P, Mg, Na 농도에는 차이가 없었다. 과피에서 T-N 농도는 다른 처리에 비하여 GH-Ca 250배 수체살포구가 낮은 농도를 보였고, K 농도는 염화칼슘 0.4%액 수체살포구에서 높은 농도를 나타내었으며, Ca 농도는 무처리에 비하여 전처리 모두 높았다. 과피직하 과육에서 T-N 농도는 염화칼슘 0.4%액 수체살포구가 높았으며, P 농도는 GH-Ca 250배 수체살포구가 높았다. 그러나 K, Ca, Mg, Na 농도에는 차이가 없었다. 과심에서 T-N 농도는 GH-Ca 수체살포구에 낮았고, P 농도는 GH-Ca 250배 및 염화칼슘 0.4%액 수체살포구에서 높았으며, K 농도는 GH-Ca 500배 수체살포구에서 낮았다. Ca 농도는 무처리에 비하여 유의하게 높았으나 GH-Ca 농도간 차이는 없었다. 그러나 Mg 및 Na 농도에서는 차이가 없었다(표 6-27). 2015년에 칼슘제별 처리시 잎에서 Ca 농도는 GH-Ca 및 시판칼슘의 500배 수체살포구에서, K 농도는 시판칼슘 수체살포구가 무처리보다 높았으나, T-N, P, Mg 농도에는 차이를 내지 않았다. 과피의 Ca 농도는 GH-Ca 및 시판칼슘의 500배 수체살포구에서 잎과 마찬가지로 높았다. 그러나 다른 성분에는 차이가 없었다. 과피 직하 과육에서는 K 농도는 GH-Ca 및 시판칼슘의 500배 수체살포구에서 낮았으

며 Ca 농도는 GH-Ca 500배 수체살포구에서 높았다. 과심에서 T-N 농도는 무처리에 비하여 GH-GH-Ca 500배 수체살포구에서 높았고, P 농도는 전처리 모두에서 높았으며, K 농도는 GH-Ca 500배 수체살포구에서 높았다. Ca 농도는 전 칼슘제 모두 높았으나 Mg 농도는 차이가 없었다(표 6-28).

표 6-27. 홍로 품종에서 칼슘제 농도별 수관살포에 의한 수확시 부위별 무기성분 농도(2014)

Treatments	T-N	P	K	Ca	Mg	Na
	%, mg·kg ⁻¹					
엽						
GH-Ca 250배	2.194a ^z	0.131a	1.456b	1.532a	0.318a	186a
GH-Ca 500배	2.004a	0.116b	1.430b	1.494a	0.268b	178a
염화칼슘 0.4%액	2.105a	0.135a	1.534a	1.408b	0.373a	167a
Control	2.023a	0.121ab	1.403b	1.399c	0.299ab	173a
과피						
GH-Ca 250배	0.279b	708a	0.387b	204a	398a	122a
GH-Ca 500배	0.331a	608a	0.420a	218a	456a	153a
염화칼슘 0.4%액	0.367a	607a	0.346b	244a	414a	144a
Control	0.340a	622a	0.394b	176b	436a	147a
과육						
GH-Ca 250배	0.159ab	725a	0.464a	86a	165a	108a
GH-Ca 500배	0.105b	622b	0.421a	91a	153a	113a
염화칼슘 0.4%액	0.201a	653b	0.431a	99a	179a	129a
Control	0.107b	617b	0.432a	86a	163a	123a
과심						
GH-Ca 250배	0.262b	954a	0.608a	364a	225a	170a
GH-Ca 500배	0.270b	872ab	0.560b	369a	230a	126a
염화칼슘 0.4%액	0.356a	972a	0.661a	398a	298a	119a
Control	0.321a	822b	0.621a	321b	210a	156a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(7월 14일, 8월 7일)

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

2016년에 GH-Ca 시기별 처리시 일에서 T-N 농도는 염화칼슘의 생육초기, 생육초기+생육후기 살포구가 무처리에 비하여 낮았고, K 농도는 염화칼슘 생육초기, 생육후기 수체살포에서 높았으나, GH-Ca의 생육초기+생육후기 수체살포에서 낮았다. Ca 농도는 염화칼슘 생육초기+생육후기 살포구를 제외하고는 전처리 모두 높았으며 Mg 농도는 염화칼슘 생육초기+생육후기 살포구에서 낮았다. P 및 Na 농도에는 차이가 없었다. 과피에서 K 농도는 GH-Ca의 생육초기, 생육초기+생육후기, 염화칼슘 생육초기수체살포구에서 높았으나 염화칼슘 생육후기, 생육초기+생육후기 살포구에서 낮았다. 과피의 전 무기성분 농도는 무처리보다 GH-Ca 및 염화칼슘 수체살포 처리시기에 관계없이 높았다. 과피직하 과육에서는 T-N 농도는 염화칼슘 전처리에서 모두 낮았고, P 농도는 GH-Ca 전처리에서 높았으며 Ca 농도는 염화칼슘 생육초기 처리를 제외하고는 전처리 모두 높은 증가를 보였다(표 6-29).

표 6-28. 홍로 품종에서 칼슘제별 수관살포에 의한 수화 시 무기성분의 농도(2015)

Treatments	무기성분 농도				
	T-N	P	K 엽(%)	Ca	Mg
GH-Ca 500배	2.12a ^z	0.133a	1.645a	2.080a	0.507a
시판칼슘 500배	2.09a	0.134a	1.537b	2.191a	0.512a
염화칼슘 0.4%	1.94a	0.126a	1.574ab	1.864b	0.485a
Control	2.10a	0.129a	1.610a	1.855b	0.583a
과피(mg/kg)					
GH-Ca 500배	3,404a	398a	5,251a	684a	1,360a
시판칼슘 500배	3,788a	383a	5,637a	563c	1,323a
염화칼슘 0.4%	3,536a	398a	5,953a	612b	1,174a
Control	3,599a	498a	5,481a	631b	1,405a
과육(mg/kg)					
GH-Ca 500배	1,805a	525a	7,657b	260a	424a
시판칼슘 500배	2,071a	524a	7,707b	221b	464a
염화칼슘 0.4%	1,737a	582a	8,362a	225b	472a
Control	1,911a	548a	8,223a	237b	512a
과심(mg/kg)					
GH-Ca 500배	4,911a	789a	8,636b	1,233a	864a
시판칼슘 500배	3,043b	781a	9,671a	1,125a	772a
염화칼슘 0.4%	4,132b	743a	9,084b	1,106a	757a
Control	3,788b	627b	9,190b	1,045b	825a

*처리: 7월 15일(수화 60일 전), 8월 19일(수화 30일 전) 2회 수관살포

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

‘감홍’ 사과에서 칼슘제의 농도별, 칼슘제별, 시기별 수체살포에 의한 무기성분을 조사한 결과는 다음과 같다. 2015년에 GH-Ca 농도별 처리시 잎에서 K 농도는 염화칼슘 0.4%액 및 시판칼슘 500배 수체살포구에서 다른 처리구에 비하여 증가하였으며, Ca 농도는 GH-Ca 500배 수체살포구에서 증가하였으나, T-N, P, Mg 농도에는 차이가 없었다. 과피에서 K 농도는 전 칼슘제 모두 감소하였고, Ca 농도는 GH-Ca 500배 및 시판칼슘 500배 수체살포구에 비하여 염화칼슘 0.4%액 수체살포가 낮은 농도를 나타내었다. 과육에서 Ca 농도는 무처리에 비하여 전 칼슘제 처리모두 높았으나, T-N, P, K, Mg 농도는 차이가 없었다. 과심에서 P 농도는 시판칼슘 500배 및 염화칼슘 0.4%액 수체살포구에서 낮았고, K 및 Ca 농도는 전 칼슘제 처리 모두 높은 농도를 나타내었다. 2016년에는 GH-Ca의 적정시기를 구명하기 위하여 시기별 무기성분 농도를 조사한 결과(표 6-31)를 보면 잎의 T-N 농도는 GH-Ca 생육후기 및 생육초기+생육후기 처리구, 염화칼슘 초기 처리구에서 증가하였고, K 농도는 염화칼슘 생육초기 처리구에서 증가하였으며, Ca 농도는 GH-Ca 생육초기, 염화칼슘 생육후기 및 생육초기+생육후기 처리구에서 높은 증가를 나타내었다. Mg 농도는 염화칼슘 생육후기 처리구에서 증가하였다. 과피의 T-N 농도는 전 처리구 모두 무처리에 비하여 증가하였고, Ca 농도는 GH-Ca 생육초기, 생육후기, 생육초기+생육후기 처리 및 염화칼슘 생육초기+생육후기 처리구에서 증가하였다. 과피 직하과육의 Ca 농도는 처리간 차이가 없었다.

표 6-29. 흥로 품종에서 칼슘제 수체살포 시기별 수확 시 부위별 무기성분 농도(2016)

Treatment time	T-N	P	K	Ca	Mg	Na
엽(mg/kg)						
GH-Ca(생육초기 2회)	18,862a ^z	3,176a	16,182b	12,386a	3,795a	310a
GH-Ca(생육후기 2회)	19,646a	3,441a	15,76b	12,344a	3,818a	340a
GH-Ca(생육초기 2회+생육후기 2회)	19,142a	3,163a	14,829c	11,856a	3,408a	259a
염화칼슘(생육초기 2회)	17,515b	3,493a	18,699a	12,164a	3,423a	292a
염화칼슘(생육후기 2회)	18,827a	3,395a	17,386a	12,283a	3,547a	322a
염화칼슘(생육초기 2회+생육후기 2회)	17,486b	3,819a	16,445b	9,951b	2,482b	322a
Control	19,022a	3,208a	16,462b	11,769b	3,293a	287a
과피(mg/kg)						
GH-Ca(생육초기 2회)	4,040a	1,535a	7,875b	598a	1214a	305a
GH-Ca(생육후기 2회)	4,585a	1,571a	8,245a	614a	1197a	305a
GH-Ca(생육초기 2회+생육후기 2회)	4,522a	1,481a	8,159a	596a	1277a	310a
염화칼슘(생육초기 2회)	3,628b	1,467a	8,652a	700a	1253a	353a
염화칼슘(생육후기 2회)	3,582b	1,413a	6,186c	613a	1144a	406a
염화칼슘(생육초기 2회+ 생육후기 2회)	3,547b	1,394a	6,615c	726a	986a	421a
Control	3,771b	1,355a	7,828b	435b	1101a	333a
과육(mg/kg)						
GH-Ca(생육초기 2회)	1,719a	2,012a	8246a	280a	307a	379a
GH-Ca(생육후기 2회)	2,361a	1,947a	8357a	255a	318a	434a
GH-Ca(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	2,109a	1,859a	8935a	224a	367a	415a
염화칼슘(생육초기 2회)	1,198b	1,796b	7739b	211b	266a	312a
염화칼슘(생육후기 2회)	1,448b	1,646b	7119b	225a	270a	336a
염화칼슘(생육초기 2회+ 생육후기 2회)	1,106b	1,774b	6464b	237a	240a	318a
Control	1,823a	1,775b	8449a	147b	326a	378a

*수확시기: 9월 1일

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

표 6-30. 감홍 품종에서 칼슘제별 수관살포 시기별 수확 시 무기성분의 농도(2015)

Treatments	무기성분 농도				
	T-N	P	K	Ca	Mg
	엽(%)				
GH-Ca 500배	2.02a ^z	0.15a	1.86a	2.10a	0.53a
시판칼슘 500배	2.06a	0.14a	1.68b	1.86b	0.52a
염화칼슘 0.4%	2.10a	0.15a	1.60b	1.82b	0.48a
Control	2.18a	0.14a	1.86a	1.91b	0.57a
	과피(mg/kg)				
GH-Ca 500배	2,751a	575a	4,990b	853a	1,195a
시판칼슘 500배	2,905a	448b	4,770b	995a	1,399a
염화칼슘 0.4%	3,267a	540a	5,082b	775b	1,228a
Control	2,716a	575a	6,245a	789b	1,202a
	과육(mg/kg)				
GH-Ca 500배	1,676a	483a	7,833a	267a	397a
시판칼슘 500배	1,353a	437a	7,395a	291a	383a
염화칼슘 0.4%	1,526a	425a	7,394a	256a	365a
Control	1,766a	477a	7,675a	219b	367a
	과심(mg/kg)				
GH-Ca 500배	7,992a	2,275a	15,732a	1,429a	1,297a
시판칼슘 500배	7,909a	1,850b	15,537a	1,228a	1,056a
염화칼슘 0.4%	6,731a	1,701b	15,638a	1,192b	1,014a
Control	7,218a	2,678a	16,894b	1,037c	1,043a

*처리: 8월 5일(수확 60일 전), 9월 5일(수확 30일 전) 2회 수관살포

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

표 6-31. 감홍 품종에서 칼슘제 수체살포 시기에 따른 수확시 부위별 무기성분 농도(2016)

Treatment time	T-N	P	K	Ca	Mg	Na
엽(mg/kg)						
GH-Ca(생육초기 2회)	17,022b ^z	3,310a	15,396b	12,793a	2,831b	351a
GH-Ca(생육후기 2회)	18,449a	3,175a	15,723b	11,895ab	2,760b	290a
GH-Ca(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	18,328a	3,232a	14,438c	12,195a	2,816b	351a
염화칼슘(생육초기 2회)	18,328a	3,189a	16,643a	11,020b	2,365b	350a
염화칼슘(생육후기 2회)	17,193b	3,194a	13,326c	12,689a	3,169a	340a
염화칼슘(생육초기 2회+생육후기 2회)	18,002a	3,348a	15,642b	13,238a	3,080b	374a
무처리	17,778b	3,281a	15,865b	11,669b	3,005b	378a
과피(mg/kg)						
GH-Ca(생육초기 2회)	4,172a	1,788a	6,304a	856a	1,044a	438a
GH-Ca(생육후기 2회)	4,401a	1,898a	6,730a	873a	1,154a	438a
GH-Ca(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	3,467b	1,691a	6,502a	893a	1,005a	412a
염화칼슘(생육초기 2회)	3,295b	1,859a	6,327a	722b	1,011a	383a
염화칼슘(생육후기 2회)	3,290b	1,771a	6,702a	798ab	913a	340a
염화칼슘(생육초기 2회+생육후기 2회)	3,651b	1,971a	6,797a	869a	988a	389a
무처리	2,940c	1,735a	6,610a	736b	947a	393a
과육(mg/kg)						
GH-Ca(생육초기 2회)	1,072a	1,475a	5,607a	281a	232a	336a
GH-Ca(생육후기 2회)	1,439a	1,477a	6,514a	258a	234a	303a
GH-Ca(생육초기 2회+생육후기 2회)	1,324a	1,053a	6,455a	207a	224a	274a
염화칼슘(생육초기 2회)	1,404a	1,008a	5,247a	185a	220a	262a
염화칼슘(생육후기 2회)	1,123a	1,108a	6,011a	207a	225a	252a
염화칼슘(생육초기 2회+생육후기 2회)	1,335a	1,311a	6,312a	247a	237a	272a
무처리	1,117a	1,120a	6,162a	227a	238a	286a

*수확시기: 10월 13일

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

(2) ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에서 칼슘제 수체살포에 의한 생리장애 경감 효과

표 6-32는 ‘홍로’ 사과에서 칼슘 부족으로 많이 나타나는 밀병을 방지하기 위하여 2014년에 시기별 밀병 발생과율을 조사한 결과로 8월 28일 및 9월 12일 수확과에서는 GH-Ca 250배, 500배 모두 적게 발생하였으나, 9월 4일 수확과에서는 염화칼슘 0.4%액 수체살포가 적게 발생하였다. 밀병 발생정도는 8월 28일 수확과에서는 그 정도가 낮았으나 적숙기에 가까워질수록 점점 심하였다(그림 6-8). GH-Ca 처리에 의한 효과는 250배에서 가장 낮은 결과를 보였고, GH-Ca 500배 및 염화칼슘 0.4%액 처리구 순이었다(표 6-33, 그림 6-7). 과중과 밀병 발생정도의 상관 관계를 조사한 결과, 상관 관계는 성립되지 않았다(그림 6-6).

표 6-32. 홍로 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시기별 밀병 발생과율(2014)

Treatments	수확시기(m/d)			평균
	8/28	9/4	9/12	
GH-Ca 250배	21.6b ^z	72.5a	70.0b	54.7c
GH-Ca 500배	22.5b	85.5a	77.5b	61.8b
염화칼슘 0.4%액	54.8a	66.7b	85.0a	68.8ab
Control	43.9a	87.2a	90.0a	73.7a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(7월 14일, 8월 7일)

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

표 6-33. 홍로 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시기별 밀병 발생정도(2014)

Treatments	수확시기(m/d)			평균
	8/28	9/4	9/12	
GH-Ca 250배	0.6a	1.9a	3.2b	1.9c ^z
GH-Ca 500배	0.3a	3.2a	3.9b	2.5b
염화칼슘 0.4%액	0.6a	2.1a	4.6ab	2.4b
Control	0.5a	3.6a	5.6a	3.2a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(7월 14일, 8월 7일)

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

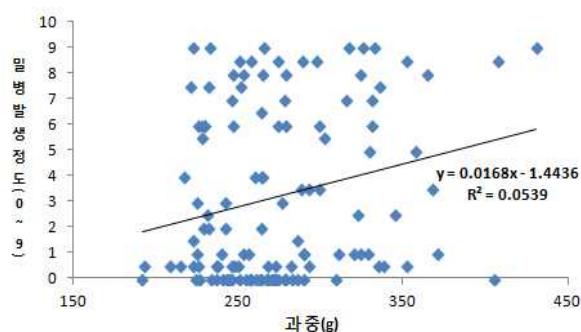


그림 6-6. 홍로 품종에서 과중별 밀병 발생정도와의 상관관계(2014)



그림 6-7. 홍로 품종에서 수확시기별 밀병 발생정도(2014)

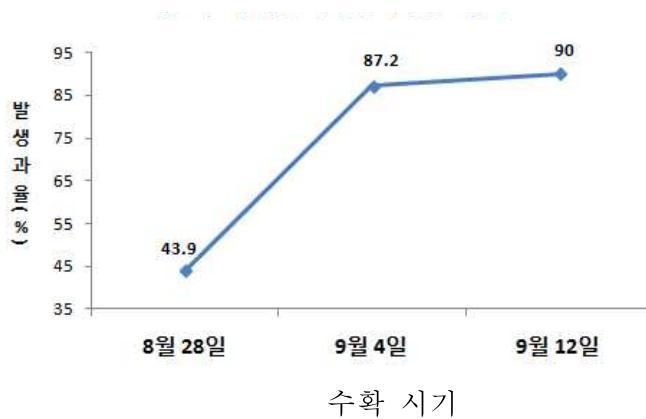


그림 6-8. 홍로 품종에서 수확시기별 밀병 발생률(2014)

표 6-34. 홍로 품종에서 칼슘제별 수관살포에 의한 수확시기별 착색 및 밀병 발생정도(2015)

Treatments	조사 과수 (ea)	밀병 발생 정도 (0~9)	밀병 발생과율 (%)	착색 정도 (0~9)
9월 5일				
GH-Ca 500배	10	2.9a ^z	20.0b	7.8a
시판칼슘 500배	20	0.7b	16.7b	6.6a
염화칼슘 0.4%	16	1.9a	46.2a	6.9a
Control	18	3.1a	55.6a	7.1a
9월 8일				
GH-Ca 500배	46	2.0a	23.3c	7.1a
시판칼슘 500배	46	1.5a	32.6b	6.4a
염화칼슘 0.4%	45	2.2a	36.3b	7.9a
Control	45	1.9a	46.7a	6.7a
9월 13일				
GH-Ca 500배	30	1.9b	23.3c	7.0a
시판칼슘 500배	30	2.1b	46.7b	6.6a
염화칼슘 0.4%	31	3.1a	41.3b	6.7a
Control	30	3.0a	60.0a	5.9a
9월 17일				
GH-Ca 500배	20	1.4b	35.0a	7.2a
시판칼슘 500배	20	1.1b	40.0a	5.6b
염화칼슘 0.4%	20	2.9a	40.0a	6.7a
Control	20	2.8a	45.0a	5.8b

*처리: 7월 15일(수확 60일 전), 8월 19일(수확 30일 전) 2회 수관살포, **밀병: 0~9(매우 심), 착색: 0~9(매우 우수)

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

2015년에 칼슘제 처리별로 조사한 결과를 표 6-34와 같다. 칼슘제 처리에 의한 밀병발생 정도는 9월 5일 수확과에서 시판칼슘제 500배 처리구가 적게 나타났으며 밀병 발생과율은 GH-Ca 및 시판칼슘제 처리구에서 낮았다. 9월 8일에는 밀병 정도차이는 없었으나, GH-Ca 500배 처리구에서 발생과율이 가장 낮았으며 시판칼슘제와 염화칼슘 처리구도 무처리 보다 발생과율이 낮았다. 9월 13일 수확과에서는 GH-Ca 500배 및 시판칼슘제 500배 처리구에서 그 정도가 낮았다. 발생과율은 무처리에 비하여 전 처리 칼슘제에서 감소하였다. 9월 17일 수확과는 GH-Ca 500배 및 시판칼슘제 500배 처리구에서 발생정도가 낮았으나 발생과율에는 차이가

없었다. 2016년에는 GH-Ca를 시기별로 처리하여 밀병 발생정도 및 발생과율을 조사한 결과(표 6-35), 밀병 정도의 차이는 처리간 없었으나, 발생과율은 GH-Ca 생육초기+생육후기, 염화칼슘 생육 후기 및 생육초기+생육후기 처리구에서 현저하게 발생과율이 낮게 나타났다.

표 6-35. 홍로 품종에서 칼슘제 시기별 수관살포에 의한 수확 시 밀병 발생정도(2016)

Treatments	밀병 발생정도 (0~9)	밀병 발생과율 (%)
GH-Ca(생육초기 2회)	1.5a ^z	50.0ab
GH-Ca(생육후기 2회)	2.4a	52.6ab
GH-Ca(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	1.0a	26.3b
염화칼슘(생육초기 2회)	1.3a	83.3a
염화칼슘(생육후기 2회)	0.1a	11.1b
염화칼슘(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	0.1a	11.1b
Control	1.8a	70.0a

*수확시기: 9월 1일

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

표 6-36. 감홍 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시 생리장애과 발생률(2014)

Treatments	동녹발생 정도(0~9)	고두장해 발생과율(%)	고두 반접수 (ea/과)	상비과 발생과율(%)	부폐과률 (%)
GH-Ca 250배	6.0a ^z	0.4a	1.1a	0.4a	0.2a
GH-Ca 500배	6.0a	0.3a	0.9a	0.4a	0.1a
염화칼슘 0.4%	6.8a	0.4a	0.9a	0.5a	0.1a
Control	7.0a	0.4a	1.2a	0.6a	0.1a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(8월 7일, 9월 7일)

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

감홍 품종에서 2014년 시험에는 칼슘제별 처리에 의한 동녹, 고두장해, 상비과 발생률은 차이가 없었으며, 고두장해 발생과율이 낮아 처리간 비교를 할 수 없었다(표 6-36). 2015년에는 9월 17일 및 10월 15일 수확과에서는 무처리에 비하여 GH-Ca 및 염화칼슘 처리구에서, 10월 1일에는 전 칼슘제 처리구 및 10월 26일 수확과에서는 GH-Ca 처리구에서 현저하게 고두장해 발생과율이 낮았다. 1과당 고두수는 10월 26일 수확과에서 가장 많았으며, 칼슘제 처리에서는 GH-Ca 및 염화칼슘 처리구에서 그 수가 유의하게 적었다. 착색에는 칼슘제 처리간 차이를 보이지 않았으나, 10월 26일 수확과에서 동녹 발생정도는 무처리 보다 칼슘제 처리가 낮은 발생을 보였다(표 6-37). 2016년에는 GH-Ca 처리 시기별 고두장해 방지를 위하여 실시한 결과는 표 6-38과 같다. 1과당 고두수는 무처리 2.6개에 비하여 GH-Ca 생육후기 및 생육초기+생육후기 처리구, 염화칼슘 생육초기+생육후기 처리구에서 현저하게 적었으며 고두장해 발생과율은 무처리 48.0%에 비하여 GH-Ca 생육후기 및 생육초기+생육후기 처리구, 염화칼슘 생육초기, 생육초기+생육후기 처리구에서 발생과율이 적었다.

표 6-37. 감홍 품종에서 칼슘제별 수관살포에 의한 수확시기별 착색 및 고두장해 발생정도(2015)

Treatments	조사과수 (ea)	고두장해 발생과율 (%)	고두 수 (ea/fruit)	착색 (0~9)	동녹 (0~9)
9월 17일					
GH-Ca 500배	6	16.7b ^z	3b	5.8a	-
시판칼슘 500배	6	33.3a	3b	6.2a	-
염화칼슘 0.4%	6	16.7b	1b	6.2a	-
Control	5	20.0ab	13a	3.6b	-
10월 1일					
GH-Ca 500배	20	20.0b	1b	5.5a	-
시판칼슘 500배	20	20.0b	2b	7.2a	-
염화칼슘 0.4%	20	20.0b	4b	6.0a	-
Control	20	30.0a	7a	6.6a	-
10월 15일					
GH-Ca 500배	46	23.9b	3.1b	6.8a	2.8a
시판칼슘 500배	46	43.5a	3.9b	7.0a	3.3a
염화칼슘 0.4%	51	31.4b	3.2b	6.6a	3.8a
Control	46	47.8a	5.4a	6.8a	3.5a
10월 26일					
GH-Ca 500배	70	7.1b	19.6b	7.2a	2.7b
시판칼슘 500배	71	19.7a	32.7a	7.1a	2.8b
염화칼슘 0.4%	70	22.9a	20.6b	7.7a	2.4b
Control	70	27.1a	35.6a	6.8a	4.0a

*처리: 8월 5일(수확 60일 전), 9월 5일(수확 30일 전) 2회 수관살포

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p<0.05**표 6-38. 감홍 품종에서 칼슘제 시기별 수관살포에 따른 수확 시 고두장해 발생정도(2016)**

Treatments	고두수 (ea/과)	고두장해 발생과율 (%)
GH-Ca(생육초기 2회)	2.0b ^z	43.4a
GH-Ca(생육후기 2회)	1.7b	25.8b
GH-Ca(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	1.7b	24.5b
염화칼슘(생육초기 2회)	3.0a	27.6b
염화칼슘(생육후기 2회)	3.5a	36.4a
염화칼슘(생육초기 2회 + 생육후기 2회)	1.3b	20.0b
Control	2.6a	48.0a

*수확시기: 10월 13일

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

(3) '홍로' 및 '감홍' 사과에서 칼슘제 수체살포에 의한 과실 품질

표 6-39. 홍로 품종에서 수확시기별 과실품질(2014)

Harvest time	Hunter a ^z	경도(N/Φ8mm)	SSC(°Bx)	산함량(%)
8월 28일	30.1a ^z	30.1a	15.1b	0.22a
9월 04일	27.3a	29.1a	15.5b	0.21a
9월 12일	23.6a	30.1a	17.0a	0.22a

*기준당도: 14.5(브릭스)

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

표 6-40. 홍로 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시 과실품질(2014)

Treatments	과중 (g)	Hunter 값			경도 (N/Φ8mm)	SSC (°Bx)	산함량 (%)
		L	a	b			
GH-Ca 250배	323a ^z	37.7a	28.9a	12.7a	31.0a	15.4a	0.24a
GH-Ca 500배	290a	34.1a	31.8a	10.6a	31.5a	15.0a	0.22a
염화칼슘 0.4%	289a	34.2a	29.4a	10.1a	31.5a	15.3a	0.21a
Control	277a	35.8a	30.1a	11.6a	30.1a	15.1a	0.22a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(7월 14일, 8월 7일), **수확시기 : 2014. 08. 28

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

표 6-41. 홍로 품종에서 칼슘제별 수관살포에 의한 수확시기별 과실품질(2015)

Treatments	과중 (g)	Hunter value			경도(N/Φ8mm)		당도 (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	A	B		
9월 5일								
GH-Ca 500배	314a ^z	30.4a	29.1a	8.0a	34.9a	33.0a	14.8a	0.26a
시판칼슘 500배	309a	31.5a	28.4a	8.8a	33.0a	32.0a	14.8a	0.26a
염화칼슘 0.4%	326a	30.3a	28.7a	8.0a	32.0a	32.0a	15.3a	0.29a
Control	310a	30.8a	28.2a	9.9a	31.0a	30.1a	14.8a	0.27a
9월 8일								
GH-Ca 500배	285a	30.0a	25.4a	7.2a	31.0a	31.0a	16.5a	0.30a
시판칼슘 500배	277a	30.5a	25.9a	8.0a	30.1a	30.1a	15.8a	0.28a
염화칼슘 0.4%	295a	31.3a	27.4a	8.5a	30.1a	30.1a	16.2a	0.28a
Control	266a	32.8a	27.4a	9.8a	31.0a	31.0a	15.7a	0.29a
9월 13일								
GH-Ca 500배	272a	32.9a	23.8a	9.1a	28.1a	27.2a	16.2a	0.30a
시판칼슘 500배	272a	33.2a	27.0a	9.6a	29.1a	30.1a	15.5a	0.26a
염화칼슘 0.4%	274a	30.7a	25.8a	7.9a	30.1a	30.1a	16.4a	0.31a
Control	252a	34.4a	27.2a	10.5a	26.2a	26.2a	15.4a	0.27a
9월 17일								
GH-Ca 500배	269a	36.9a	24.8a	12.2a	31.0a	30.1a	15.2a	0.24a
시판칼슘 500배	256a	32.0a	25.7a	9.4a	30.9a	30.1a	15.3a	0.23a
염화칼슘 0.4%	272a	32.9a	25.8a	9.9a	30.9a	30.1a	15.5a	0.26a
Control	255a	39.0a	23.6a	12.9a	28.1a	28.1a	14.5a	0.23a

*처리: 7월 15일(수확 60일 전), 8월 19일(수확 30일 전) 2회 수관살포

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

‘홍로’ 사과에서 2014년에 수확시기별 과실 품질을 조사한 결과를 표 6-39 및 그림 6-9와 같다. Hunter a 값, 과실 경도, 가용성 고형물, 산함량에는 차이를 나타내지 않았다. 표 6-40는 GH-Ca 농도별 시험에서도 과중, Hunter 값, 과실 경도, 가용성고형물, 산함량의 차이는 없었다. 2015년에는 칼슘제별, 수확시별 과실 품질을 조사한 결과는 표 6-41 및 그림 6-10과 같다. 전 조사시기 모두 칼슘제별 과중, Hunter 값, 과실 경도, 가용성고형물, 산함량의 차이는 없었다. 2016년에는 칼슘제 처리시기별 과실품질을 조사한 결과(표 6-42, 그림 6-11), 처리간 차이가 없었다.

표 6-42. 홍로 품종에서 칼슘제 시기별 수체살포에 따른 수확 시 과실품질(2016)

Treatments	과중 (g)	Hunter value			경도(N/φ8mm)		SSC (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	A	B		
GH-Ca(생육초기 2회)	240a ^z	38.6a	27.6a	11.4a	3.2a	3.2a	14.0a	0.21a
GH-Ca(생육후기 2회)	258a	38.9a	29.8a	12.3a	3.1a	3.0a	13.7a	0.20a
GH-Ca(생육초기 2회+생육후기 2회)	259a	35.1a	31.6a	10.7a	3.1a	3.0a	13.7a	0.20a
염화칼슘(생육초기 2회)	251a	31.8a	31.7a	8.9a	3.2a	3.3a	14.6a	0.22a
염화칼슘(생육후기 2회)	233a	35.2a	33.3a	11.1a	3.2a	3.2a	14.2a	0.18a
염화칼슘(생육초기 2회+생육후기 2회)	208a	38.8a	27.6a	12.2a	3.4a	3.4a	14.2a	0.18a
Control	264a	35.7a	30.7a	10.8a	3.0a	2.9a	14.0a	0.22a

*수확시기: 9월 1일

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

표 6-43. 홍로 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시기별 과육 경도(2014)

Treatments	과육의 경도 (N/φ8mm)			평균
	8/28	9/4	9/12	
GH-Ca 250배	31.0a ^z	30.6a	33.0a	31.5a
GH-Ca 500배	31.5a	31.0a	30.1a	30.9a
염화칼슘 0.4%	31.5a	33.0a	30.1a	31.5a
Control	30.6a	29.1a	29.6a	29.8a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(7월 14일, 8월 7일)

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

표 6-44. 홍로 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시기별 가용성 고형물(2014)

Treatments	SSC (°Bx)			평균
	8/28	9/4	9/12	
GH-Ca 250배	15.4a ^z	14.7a	16.4a	15.5a
GH-Ca 500배	15.0a	15.0a	16.1a	15.4a
염화칼슘 0.4%	15.3a	17.1b	16.3a	16.2a
Control	15.1a	15.5a	17.0a	15.9a

*수체살포 회수 및 시기: 2회(7월 14일, 8월 7일)

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

2014년에서 GH-Ca 농도별 처리에 의한 수확시기별 과육의 경도(표 6-43) 및 가용성고형물(표 6-44)을 조사한 결과(그림 6-9), 과육의 경도는 처리간 차이가 없었고, 가용성고형물은 8월 28일 및 9월 12일 수확과에는 차이가 없었으나, 9월 4일 수확과에서 염화칼슘 처리구가 증가하였다.

2015년 사과 ‘감홍’에서 칼슘제 처리에 의한 과실품질은 표 6-45 및 그림 6-10과 같다. 과중, Hunter 값, 과실 경도, 산도에는 차이가 없었으나, 가용성고형물은 10월 15일 및 26일 수확과에서 현저하게 높게 나타났다. 그러나 2016년 GH-Ca 처리 시기별 시험에서 과실품질에는 차이가 없었다(표 6-46, 그림 6-11).

표 6-45. 감홍 품종에서 칼슘제별 수관살포에 의한 수확시기별 과실품질(2015)

Treatments	과중 (g)	Hunter value			경도(N/Φ8mm)		SSC (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	A	B		
9월 17일								
GH-Ca 500배	314a ^z	40.3a	21.2a	10.7a	30.1a	32.0a	15.8a	0.42a
시판칼슘 500배	293a	38.5a	20.1a	10.2a	30.1a	30.1a	15.2a	0.37a
염화칼슘 0.4%	305a	40.6a	16.6a	11.4a	29.1a	31.0a	14.2a	0.38a
Control	312a	41.7a	16.9a	12.2a	27.2a	28.1a	14.7a	0.38a
10월 1일								
GH-Ca 500배	323a	39.2a	20.0a	11.2a	27.2a	26.2a	15.5a	0.30a
시판칼슘 500배	330a	36.0a	20.2a	9.4a	28.1a	26.2a	15.2a	0.29a
염화칼슘 0.4%	295a	38.3a	19.1a	10.3a	26.2a	26.2a	14.7a	0.30a
Control	347a	38.6a	18.7a	10.7a	23.3a	25.2a	15.6a	0.31a
10월 15일								
GH-Ca 500배	362a	37.1a	22.3a	9.9a	31.0a	30.1a	17.0a	0.27a
시판칼슘 500배	339a	36.0a	23.6a	9.4a	30.1a	29.1a	15.5b	0.24a
염화칼슘 0.4%	343a	36.2a	19.8a	9.8a	30.1a	29.1a	15.0b	0.25a
Control	350a	36.6	20.0a	9.9a	28.1a	28.1a	15.5b	0.25a
10월 26일								
GH-Ca 500배	385a	34.6a	23.9a	9.7a	19.4a	18.4a	17.6a	0.23a
시판칼슘 500배	347a	34.7	23.5a	9.0a	18.4a	17.5a	16.9a	0.22a
염화칼슘 0.4%	342a	34.0a	23.1a	8.6a	18.4a	17.5a	16.3a	0.21a
Control	357a	35.8a	21.3a	9.8a	17.5a	16.5a	16.7a	0.24a

*처리: 8월 5일(수확 60일 전), 9월 5일(수확 30일 전) 2회 수관살포

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

표 6-46. 감홍 품종에서 칼슘제 시기별 수체살포에 의한 수확 시 과실품질(2016)

Treatments	과중 (g)	Hunter value			경도(N/Φ8mm)		SSC (°Bx)	산도 (%)
		L	a	b	A	B		
GH-Ca(생육초기 2회)	321a ^z	38.0a	20.0a	11.3a	28.1a	28.1a	16.3a	0.28a
GH-Ca(생육후기 2회)	335a	40.5a	17.8a	13.1a	28.1a	26.2a	15.8a	0.32a
GH-Ca(생육초기 2회+ 생육후기 2회)	334a	34.6a	21.5a	9.2a	28.1a	28.1a	16.0a	0.27a
염화칼슘(생육초기 2회)	280a	39.5a	18.5a	12.1a	26.2a	26.2a	16.0a	0.28a
염화칼슘(생육후기 2회)	321a	38.4a	19.7a	13.4a	29.1a	27.2a	16.6a	0.30a
염화칼슘(생육초기 2회+생육후기 2회)	260a	37.2a	18.1a	10.4a	25.2a	27.2a	15.8a	0.33a
Control	328a	38.0a	20.0a	11.3a	27.2a	25.2a	16.0a	0.32a

*수확시기: 10월 13일

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

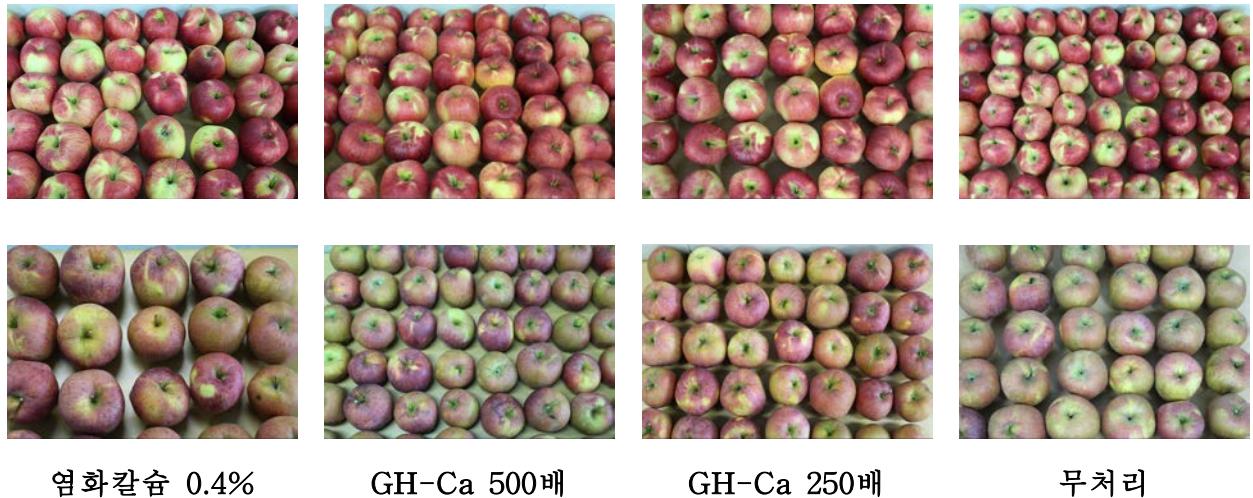


그림 6-9. 홍로(위) 및 감홍(아래) 품종에서 칼슘제 농도별 처리에 의한 수확 시 착색 정도(2014)



그림 6-10. 홍로(위) 및 감홍(아래) 품종에서 칼슘제별 처리에 의한 수확 시 착색 정도(2015)

*홍로 품종 처리: 15일(수확 60일 전), 8월 19일(수확 30일 전) 2회 수관살포

*감홍 품종 처리: 8월 5일(수확 60일 전), 9월 5일(수확 30일 전) 2회 수관살포



그림 6-11. 홍로(위) 및 감홍(아래) 품종에서 칼슘제 처리시기별 수확 시 착색 정도(2016)

<결과 요약>

사과 ‘홍로’에서 밀병, ‘감홍’에서 고두장해를 방지하기 위하여 개발칼슘(GH-Ca)과 염화칼슘과 비교 분석하였고, GH-Ca의 적정농도 및 적정시기를 구명하기 위하여 식물체의 무기성분 농도, 생리장애 및 과실품질을 조사하였다. GH-Ca 250배, 500배를 생육초기 2회+생육후기 2회를 수체살포할 경우 식물체의 Ca 농도를 증가시켰으며, 과육조직에는 해에 따라 흡수의 차이를 나타내었다. 또한 ‘홍로’의 밀병, ‘감홍’의 고두장해 발생 경감 효과를 유의하게 나타내었다. 그러나 과실품질에는 칼슘제 처리에 의한 효과는 없었다. 따라서 GH-Ca 칼슘제는 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에서 과실로의 칼슘축적량이 많았으며 과실의 칼슘부족으로 나타나는 밀병과 고두장해 방지에 효과적이었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 : 목표대비 달성도

연차	당초목표	가중치 (%)	개발내용	달성도 (%)
1년차 (2014)	1) 수확전 AVG 처리에 따른 지질 물질 감소 기술 개발 및 사과 과피 지질구성물질 분석	15%	<ul style="list-style-type: none"> - AVG, Ethepron을 처리하여 에틸렌 발생량과 지질물질과의 상관관계 분석. - 홍로를 비롯하여 사과품종 7개를 비교, 분석하여 홍로에 알맞은 추후 연구 자료로 사용. 	100
	2) 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격별 저장성 및 선도 유지 물질의 효과 검정	22%	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격별 저장성 검정 - 선도 유지를 위한 과실의 증산억제 및 에틸렌 제어제 효과 검정 	100
	3) ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종에 발생하는 이상반점증상 원인규명과 진단기술 개발 및 탄저병 균주 수집	15%	<ul style="list-style-type: none"> - ‘홍로’, ‘감홍’ 사과에 발생하는 주요질병 발생생태를 조사함. - ‘홍로’에 발생한 이상증상 발생생태 조사와 시료 채집을 수행함. - ‘홍로’, ‘감홍’탄저병균 균주수집 및 동정함. 	100
	4) 감홍 과실의 착과수준에 따른 평균 과중의 분포 및 품질 구명	16.5%	<ul style="list-style-type: none"> - 과실 착과수준에 따른 품질조사 - 착과수준별 과중분포 및 고두병 발생정도 조사 	100
	5) 생산농가 출하 규격별 분포 조사 분석 및 유통 실태 및 선호도 조사	16.5%	<ul style="list-style-type: none"> - 홍로 및 감홍 10개 생산 농가 출하 규격 분포 조사 분석 - 10개 생산 농가별 규격별 유통실태 및 선호도 조사 - 10개 생산 농가 현장애로기술 조사 	100
	6) 착색향상을 위한 칼슘제 조성물 개발 및 농도 수준에 따른 생리 장해 경감	15%	<ul style="list-style-type: none"> - 감홍 및 홍로 품종에 적합한 칼슘제 개발 - K 수준에 의한 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발 - 흡수력이 향상된 칼슘제 조성물 개발 - 무기 칼슘액(개발칼슘) 농도 수준이 생리장해 경감 효과 	100

연차	당초목표	가중치 (%)	개발내용	달성도 (%)
2년차 (2015)	1) 수확전 1-MCP 처리에 따른 지질물질 감소 기술 개발 및 과피지질발생 요인 분석	15%	<ul style="list-style-type: none"> - 수확전 AVG 및 수확후 1-MCP 처리에 따른 지질물질 감소 기술 개발 - 수확후 저산소 및 저장온도 처리에 따른 지질물질 감소 기술 개발 	100
	2) 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격별 저장성 검토, 모의 유통, 및 선도 유지 저장성 향상 기술	22%	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격별 저장성 검정 - 선도 유지를 위한 과실의 증산억제 및 에틸렌 제어제 효과 검정 	100
	3) ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종에 발생하는 갈색무늬병균 유사증상 원인규명 및 살균제 저항성 탄저병균 분포 조사	15%	<ul style="list-style-type: none"> - ‘홍로’, ‘감홍’ 사과에 발생하는 이상 반점증상의 원인균을 동정하고, 특성을 비교함. - ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에서 발생한 탄저병균을 이용하여 다계통살균제에 대한 약제저항성을 검정하고, 효과적으로 억제할 수 있는 살균제를 선발함. 	100
	4) 감홍 과실의 착과수준별 수체생육 및 익년개화율 구명	16.5%	<ul style="list-style-type: none"> - 감홍 과실의 착과수준별 수체생육, 과실특성 및 과중분포 조사 - 홍로 과실의 착과수준별 수체생육, 과실특성 및 과중분포조사 	100
	5) 중소과 생산 전환시의 생산 및 유통의 문제점 조사 분석 및 현장애로 발굴	16.5%	<ul style="list-style-type: none"> - 홍로 및 감홍 각 10개 농가 중소과 생산 및 유통 문제점 조사 분석 - 대과 생산 농가의 중소과 생산에 따른 현장애로 기술 발굴 조사 분석 	100
	6) 광 환경개선에 의한 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발 및 칼슘제 종류별 수체살포에 의한 생리장애 경감 효과	15%	<ul style="list-style-type: none"> - 감홍 및 홍로 품종에 적합한 칼슘제를 위한 계면활성제 개발 - 다공질필름 멸칭에 의한 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발 - 개발 칼슘제의 홍로 품종의 밀병 및 감홍의 고두병 경감 기술 개발 	100

연차	당초목표	가중치 (%)	개발내용	달성도 (%)
3년차 (2016)	1) 수확후 저산소 및 저장온도 처리에 따른 지질물질 감소 기술 개발	15%	<ul style="list-style-type: none"> - 수확후 저산소 및 저장온도 처리에 따른 지질물질과의 상관관계 분석 - AVG, ethephon, 1-MCP를 처리하여 내생 에틸렌과 LOX gene 활성도 변화 비교 	100
	2) 수출에 적합한 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격설정, 선도 유지기술 개발, 모의 유통 문제점 해결	22%	<ul style="list-style-type: none"> - 수출에 적합한 국내 육성 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 규격설정 - 선도 유지를 위한 과실의 증산억제 및 에틸렌 제어제 효과 기술 개발 - 과실 신선도 유지 및 에틸렌 제어에 따른 사과 모의 유통 실시 - 각 세부과제별 성과에 따른 과실 신선도 및 저장성 향상 기술 적용 	100
	3) ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 이상병해 진단법 개발 및 농가적용 시험 및 약제저항성 탄저병균 방제 살포체계 개발	15%	<ul style="list-style-type: none"> - ‘홍로’, ‘감홍’을 포함하는 최근 발생하는 이상증상에 대한 매뉴얼을 작성하고, 기내검정을 통해 약제를 선발하고 선발된 약제를 추가한 살균제 살포프로그램을 제시함. - 2014년 및 2015년에 수집된 탄저병균에 대해 최근 주요하게 사용하고 있는 약제를 대상으로 기내 검정을 실시하고, 방제효과가 좋은 약제를 선발하여 선발된 약제를 추가하고 실증시험을 통해 새로운 방제법을 제시함. 	100
	4) 홍로 과실의 착과수준에 따른 평균 과중분포 과실품질 구명	16.5%	<ul style="list-style-type: none"> - 홍로, 감홍 품종의 착과수준에 따른 이듬해 개화율 구명 - 홍로 품종의 착과수준에 따른 과중분포 및 과실품질 구명 - 감홍, 홍로 품종의 과다 착과에 따른 수체 반응 구명 	100
	5) 중소과 생산농가의 성공 요인 분석 및 중소과 생산전환에 따른 현장애로 해결	16.5%	<ul style="list-style-type: none"> - 홍로 중소과 생산에 의한 농가 소득 중대 및 수출 경쟁력제고를 위한 정책지원 건의 - 사과 감홍 품종의 고두병 종합방지대책 영농기술 개발 	100
	6) 복합기술에 의한 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 및 생리장애 경감 기술 개발	15%	<ul style="list-style-type: none"> - 복합기술(1+2)에 의한 ‘홍로’ 사과 착색 향상 기술 개발 - 수체 살포 시기에 의한 생리장애 경감 효과 	100

제2절 : 정량적 성과(논문게재, 특허출원, 기타)를 기술

성과지표명		연도	당초 목표 (전체)	실적	달성을 (%)	가중치 (%)
논문게재	SCI	3	6	200	11	
	비SCI	8	6	75	9	
산업재산권	출원	1	2	200	10	
	등록		2		–	
학술발표	국제	1	1	100	–	
	국내	11	17	155	10	
품종	출원				–	
	등록				–	
기술이전		1	1	100	5	
정책자료 기관제출		2	2	100	10	
영농기술·정보 기관제출		4	4	100	10	
생물자원 등록 · 기탁		3	7	233	10	
생명정보 등록 · 기탁		3	9	300	10	
자료발간		2	3	150	10	
홍보실적		1	9.5	950	5	
농가기술지도/컨설팅/ 현장기술지원			13		–	
계		40	82.5	206	100	

제 5 장 연구 결과의 활용 계획

제1절 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발(제1세부)

- 사과에서의 과피 지질 물질 생성에 따른 방제 기술의 실용화 (기술이전)
- ‘홍로’ 사과에서 AVG 처리에 따른 지질 물질 생성 경감에 미치는 영향(논문발표, 게제)
- ‘홍로’ 사과에서 저산소 처리에 따른 지질 물질 생성 경감에 미치는 영향(논문발표, 게제)
- 수체 살포용 1-MCP처리가 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 저장성 구명(논문발표, 게제)
- ‘홍로’의 지질물질의 감소에 따른 저장성 향상
- 사과 과피에서 발생되는 지질물질 방제 기술 개발로 ‘홍로’ 과실의 저장성 향상에 따른 품질 경쟁력 확보
- 국내 육성 ‘홍로’ 사과 수출량 증대로 인한 농가소득 증대

제2절 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발(제2세부)

- 사과 저장중 PE필름 처리에 따른 과실의 증산 억제 및 선도유지 효과 실용화
- 수출사과 선도유지 및 저장성 향상 기술 매뉴얼 작성
- ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 1-MCP처리 및 과실크기별 저장 특성(논문투고 예정)

제3절 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발(제3세부)

- 2014년 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에 발생하는 주요병해를 조사한 결과, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 탄저병, 겹무늬썩음병이 주로 발생하였으며, 발생 시기는 점무늬낙엽병은 7월말부터, 갈색무늬병은 8월 이후부터, 탄저병은 8월말부터, 감홍은 9월 중순부터 확인되었다. 겹무늬썩음병의 경우, 생육환경과 전염원이 없었던 관계로 발생하지 않았다. 위 자료를 기반으로 하여, ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 품종의 병 발생 시기를 개략적으로 추정해 볼 수 있고, 이를 통해 살균제 살포시기를 조절하여 조기에 병해를 방제 할 수 있는 살균제 살포프로그램의 개발이 가능하다.
- 사과에 발생하는 이상병해를 신속하고 정확하게 진단할 수 있는 진단 매뉴얼과 가이드라인을 제시하여 병해에 대한 효과적인 대처가 가능하다.
- ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과에 발생하는 탄저병균의 다계통 살균제 저항성을 검정한 결과, 분리된 탄저병균에서 다계통 살균제에 대한 저항성 균이 존재하는 것으로 확인되어, 이를 방제할 수 있는 대체 살균제 선발이 요구되었다. 기내검정 결과 탄저병 방제 효과가 우수한 약제를 살균제 살포프로그램에 추가하여, 다계통 살균제 저항성균의 밀도를 저하 시킬 수 있었다. 또한 실증시험 결과, 홍로 및 후지 품종에서 사과의 주요한 병해를 효과적으로 방제할 수 있는 것으로 확인되었으므로, 1개의 방제력으로 홍로 및 후지에 방제효과가 뛰어난 살포프로그램을 농가에 보급할 수 있다.

- 최근 발생하여 농가에 혼란을 일으키고 있는 과실 이상 반점 증상에서 국내 미보고 병해인 *Fusarium decemcelluare* 및 *F. tricinctum*을 확인하였으며, 이와 관련 정보를 유관기관에 공유하고, 방제법을 개선하면 피해를 줄일 것으로 판단된다.

제4절 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발(제1협동)

- 본 연구는 국내 육성 품종인 ‘감홍’과 ‘홍로’로 사과의 중과형 규격과 생산을 위한 재배기술이다. 본 자료는 영농활용 자료로 제출하여 국내 육성 품종의 규격과 생산을 위해 활용할 계획이다.

제5절 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석(제2협동)

1. 정책 건의 : 홍로 중소과 생산에 의한 농가 소득 증대 및 경쟁력 제고

가. 착과량 조절

- 관행 대과 생산 대비 주당 착과량 30% 내외 증가(개/주) : 관행 91.9 → 119.3
- 나. 기대 효과
 - 소득(만원/10a) : 대과 8,612 → 중소과 10,488(22% 증)
 - 생산비(원/kg) : 대과 900 → 중소과 754(16.2% 감)

2. 영농 기술 : 감홍 품종의 고두병 종합 방지 대책

가. 종합 방지 대책

- 토양 분석에 의한 질소 및 칼리 시비 제한(무시용 또는 감량)
- 석회 시용은 심층 시비 및 염화칼슘 생육 후반기(8하~9월) 4회 살포
- 관수는 생육기~착색기는 -30kPa
→ 착색기~수확기는 관수량 줄여 -50kPa 유지

나. 기대 효과

- 고두병 발생과율 20%시 소득 감소액 : 24백만원/ha
- 감홍 총재배 면적 50% 적용시 소득 증대 : 73.8억/년

제6절 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장해 경감기술 개발(제3협동)

- 산업재산권(특허, 사과나무 생리장해 방지용 칼슘제 조성물) 양도 예정

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

- 일반 식물체에서의 지질발생에 관한 생화학적 연구(Cassagne 등, 1994)가 진행되었으나 사과 과피에서의 지질발생에 관한 수확 전 처리에 따른 경감연구는 매우 적음.
- 사과 표피의 지질물질은 α -farnesene 물질이며 이의 산화과정과 관련이 있음. 최근 α -farnesene은 ethylene 발생과 관련이 있어 에틸렌 합성억제제가 α -farnesene의 제어에 효과가 있다고 연구됨. (Zhiguo 등, 2001) 그러나 국내 육성 품종과 국내 환경에 맞는 실험이 필요함. 특별히 추가된 사항은 없음.
- 미국과 중국, 이탈리아 등 세계 사과 주산지에서 SmartFreshTM(1-MCP)를 이용한 과실 품질 유지기술을 적용하고 있음.
- 최근 과실을 수확하기 전 수체에 살포하는 형태의 1-MCP(HarvistaTM)가 개발되어 미국과 캐나다 등에서 활발히 연구가 진행되고 있음.
- MA(modified atmosphere) 저장기법이 세계 사과 주산지에서 적용되고 있음.

제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

보안 등급 분류	보안	일반
		<input type="radio"/>
결정 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음	

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설· 장비 현황

- 본 연구과제 수행에 사용한 장비 중에 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에 등록된 장비 없음

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

○ 기술적 위험요소 분석

경북대학교 연구실 안전관리규정에 의하여 연구실안전 확보

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 및 「산업안전보건법」에 따른 연구실 안전 조치 이행
참여연구원의 교육훈련 및 건강검진실시, 보험가입 등

○ 안전관리대책

연구실 안전환경 조성에 관한 법률에 따른 연구실 안전조치 이행계획(해당 연구실 안전점
검 및 정밀안전진단실시, 참여연구원의 교육훈련 및 건강검진실시, 보험가입 등)에 의하여
연구실안전 확보

연구자의 정기 안전교육 실시

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역 할	논문 게재지 / 특허등록국 가	Impact Factor	논문 게재일 /특허등록 일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부 /인용횟수 등)
1	논문	AVG 처리가 '홍로' 사과표피의 지질 물질 변화에 미치는 영향	경북 대학교	교신 저자	Current Research on Agriculture and Life Science		2015.04.21	단독	비SCI
2	논문	수확 전·후 1-MCP처리가 '후지' 사과의 저온저장 중 과실품질에 미치는 영향	경북 대학교	책임	Korean Journal of Horticultural Science & Technology	0.339	2015.08.31	단독사사	SCIE
3	논문	적화제 및 적과제가 '감홍' 사과의 착과와 과실 품질에 미치는 영향	경북 대학교	책임	Korean Journal of Horticultural Science & Technology	0.339	2016.01.25	단독사사	SCIE
4	논문	Evaluation of crab apples for apple production in high-density apple orchards	경북 대학교	책임	Journal of Plant Biotechnology	0.2625	2015.08.31	단독사사	비SCI
5	논문	수확전·후 1-MCP처리가 '홍로' 사과의 저온저장 중 과실품질에 미치는 영향	경북 대학교	책임	Fruit Science and Technology in Korea		2015.09.30	단독사사	비SCI
6	논문	Simultaneous identification of GrapholitamolestaBusk and GrapholitadimorphaKoma by PCR-RFLP	경북대	교신 저자	대한민국	0.6	2016.05.01.	단독	SCI

번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문개재지 / 특허등록국 가	Impact Factor	논문개재일 / 특허등록 일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부 /인용횟수 등)
7	논문	Occurrence and Analysis of Apple Blotch-like Symptoms on Apple Leaves	경북대	교신저자	대한민국	0.2	2015.01.01	중복	SCI
8	논문	Molecular Phylogenetic Analysis of Botrytiscinerea Occurring in Korea	경북대	교신저자	대한민국	0.8	2014. 07. 01	단독	
9	논문	Biological Characterization of <i>Marssonina coronaria</i> Infecting Apple Trees in Korea	경북대학교	교신저자	대한민국	0.8	2014. 09. 01	단독	
10	논문	칼슘제, 피막제, GA4+7+BA의 수체 살포 및 봉지 씌우기에 의한 '감홍' 사과의 동녹방지와 과실품질	엠원예 기술연구소	교신저자	Korean Journal of Horticultural Science & Technology	0.339	2016.04.04	단독사사	SCI
11	특허	슈크랄로오스를 포함하는 과실의 당도 및 착색증진제	경북대학교	주 담당자	대한민국		2014.11.03	단독	산업재산권 등록
12	특허	과일 및 열매채소용 열과 방지 캡	경북대학교	공동	대한민국		2014.11.03		출원
13	특허	사과나무생리장해방지용 칼슘제조성물	엠원예 기술연구소	발명자	대한민국		2016.09.08	단독사사	
14	기타	Effect of Ethylene Treatment on Lipid Material Changes in 'Hongro' Apples	경북대학교	교신저자	Korean Journal of Horticultural Science & Technology		2015.10.30	단독	학술발표(국내)

번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지 / 특허등록국 가	Impact Factor	논문게재일 / 특허등록 일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부 /인용횟수 등)
15	기타	Effect of Controlled Ethylene on LOX Gene Expression in 'Hongro' Apples	경북 대학교	교신 저자	Korean Journal of Horticultural Science & Technology		2016.10.27	단독	학술발표 (국내)
16	기타	홍로 사과의 크기와 품질과의 상관	국립원 예특작 과학원	주저 자	한국원예학회		2016.05.	단독	학술발표 (국내)
17	기술 이전 (무상)	사과 과피의 지질물질 측정방법	경북 대학교	주 담당 자	대한민국		2016.11.14	단독	기술이전 (무상)
18	자료 발간	수출활성화를 위한 감홍 사과 재배 퍼 펙트 클리닉	경북 대학교	책임	대한민국		2015.01.31		
19	자료 발간	2016년 수출 사과 농약안정사용 및 잔류 허용 기준	경북 대학교	책임	대한민국		2016.07.31		
20	홍보	감홍사과의 고두장해 발생원인과 방지기술	엠원예 기술연구소	주저 자	사과		2016.여름호	단독사사	사과전문 지

제 11 장 기타사항

(최초 과제 계획시 설정했던 사항과 최종보고서 작성시 변동된 사항에 대한 기술 및 타당한 근거 제시)

연차	당초계획	변경내용	변경사유 (근거문서 포함)
1년차 (2014)	○제2세부과제 -성과목표 변경 국제학술회의발표 0	국제학술회의발표 1	성과목표변경 신청서
	○제2세부과제 - 참여연구원추가	참여연구원 추가 이진욱 (경북대)	참여연구원변경신청서
	○제3세부과제 -성과목표 변경 비SCI 논문제작 0	비SCI 논문제작 1	성과목표변경 신청서
	○제3협동과제 -연구활동비 변경 대상국: 일본 기간: 3박 4일 금액: 2,500,000원	오스트레일리아 5박 6일 3,800,000원	연구계획 변경신청서
2년차 (2015)	○제1세부과제 연구내용 수확 후 저산소 및 저장온도 처리에 따른 지질물질의 발생정도 분석실험을 3년차 실험으로 계획했음. 수확전 1-MCP 처리에 따른 지질물질 감소 기술 개발	3년차 계획을 2년차로 앞당겨 실험을 실시함. 1-MCP 단독 처리보다 AVG도 함께 실험하여 비교 해 보는 것이 결과 도출에 유용하다고 판단된다.	참여연구원변경신청서 연구계획서
	○제2세부과제 연구내용 1) 중소과 과실 규격 3) 각 세부과제별 성과에 따른 과실 신선도 및 저장성 향상 기술 적용 - 각 세부과제별 성과에 따른 과실 저장성 분석	중소과 과실 규격 변경 각 세부과제별 결과가 도출되지 않아 3년차에 본 항목을 검토하여 시행할 계획임.	연구계획서
	○제2세부과제 참여연구원 변경 김대현, 이진욱, 이진영, 유진기, 강봉국, 김태우, 김한주, 박소윤, 조하영, 김보미, 김경욱	김대현, 이진욱, 유진기, 강봉국, 김태우, 김보미, 조하영	참여연구원변경신청서
	○제1협동과제 참여연구원 변경 박무용, 송양익	박무용, 송양익, 이동용	인사발령
3년차 (2016)	○제3협동과제 연구활동비 변경 대상국 : 중국 기간 : 3박 4일 금액 : 2,500,000원	대상국 : 독일, 이탈리아 기간 : 8박 10일 금액 : 4,000,000원	원예원_기획조정과 -3384(2015.08.25.)
	○제2세부과제 참여연구원 변경 강인규, 김대현, 이진욱, 유진기, 강봉국, 김태우, 김보미, 조하영	강인규, 김대현, 유진기, 김경욱, 박준연, 나이묘위, 류슬기, 윤솔, 김선향, 신정원	참여연구원 변경 신청서
	○제1협동과제 참여연구원 변경 박무용, 송양익, 이동용	박무용, 이동용, 이영석	사과연-2001

제 12 장 참고문헌

제1절 수확전처리에 따른 사과 과피에서 발생하는 지질물질의 제어기술 개발(제1세부)

- Argenta LC, Xuetong Fan, Mattheis JP. 2007. Responses of "Golden Delicious" Apples to 1-MCP Applied in Air or Water. *HortScience*. 42(7):1651–1655.
- Chen GP, Hackett R, Walker D, Taylor A, Lin ZF, Grierson D. 2004. Identification of a specific isoform of tomatolipoxygenase (TomloxC) involved in the generation of fatty acid-derived flavor compounds. *Plant Physiol*. 136: 2641-2651.
- Chun SC. 2003. Recently fruit product theory and technology. Gyonggi-do Agricultural Research & Extension Services. p.136-144.
- Dhillon WS, Mahajan BVC. 2011. Ethylene and ethephon induced fruit ripening in pear. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*. 2(3):45–51.
- Gray JE, Picton S, Giovannoni JJ, Grierson D. 1994. The use of transgenic and naturally occurring mutants to understand and manipulate tomato fruit ripening. *Plant, Cell and Environment*. 17:557-571.
- Griffiths A, Barry C, Alpuche-Solis AG, Grierson D. 1999. Ethylene and developmental signals regulate expression of lipoxygenase genes during tomato fruit ripening. *J. Exp. Bot.* 50:793–798.
- Halder-Doll H, Bangerth F. 1987. Inhibition of autocatalytic C₂H₄-biosynthesis by AVG applications and consequences on the physiological behavior and quality of apple fruits in cool storage. *HortScience*. 33:87–96.
- JU Z, Curry EA. 2000. Evidence that α -farnesene biosynthesis during fruit ripening is mediated by ethylene regulated gene expression in apples. *Postharvest Biol. Technol.* 19:9–16.
- Meyer and Terry. 2010. Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chem*. 121:1203-1210.
- Shin YU, Kim WC, Kang SJ, Moon JY, Kim JH. 1989. "Hongro", high sugar, attractive red color apple cultivar for "Chuseok" season. *Res Rept RDA(H)* 31: 51–61.
- Trabelsi H, Cherif OA, Sakouhi F, Villeneuve P, Renaud J, Barouh N, Boukhchina S, Mayer P. 2012. Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. *Food Chem*. 131:434-440.
- Xiaoqing Dong, Jingping Rao, Donald J. Huber, Xiaoxiao Chang, and Fucun Xin. 2012. Wax Composition of 'Red Fuji' Apple Fruit during Development and during Storage after 1-Methylcyclopropene Treatment.
- Yuan Kejun, Sun Ruihong. 1995. An Introduction to the New Estimation Formulae of Apple

Fruit Volume and Surface Area.

- Zamorano JP, Berta Dopico, Lowe AL, Wilson ID, Donald Grierson, Carmen Merodio. 1994. Effect of low temperature storage and ethylene removal on ripening and gene expression changes in avocado fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 4:331-342.
- Zhang B, Chen KS, Bowen J, Allen A, Espley R, Karunairetnam S, Ferguson I. 2006. Differential expression within the LOX gene family in ripening kiwifruit. *J. Exp. Bot.* 57:3825-3836.
- Zhang Y, Chen KS, Zhang SL, Ferguson I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.* 28:67-74
- Zheng and Tian. 2006. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chem.* 96:519-523.

제2절 수출에 적합한 중소과 사과의 선도유지 및 저장성향상 기술 개발(제2세부)

- Argenta, L.C., X. Fan, and J.P. Mattheis. 2002. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO₂ concentration. Postharvest Biol. Technol. 24:13–24.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. Postharvest Biol. Technol. 28:1–25.
- Choi, S.J. 2005. Comparison of the change in quality and ethylene production between apple and peach fruits treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). Kor. J. Food Preserv. 12:511–515.
- Chung, D.S., Y.P. Hong, J.W. Choi, J.S. Lee, and Y.S. Lee. 2005. Effects of packaging film application and CA storage on changes of quality characteristics in 'Hongro' and 'Gamhong' apples. Kor. J. Food Preserv. 12:424–431.
- Chung, D.S. and Y. Lee. 2009. Applications of functional tray form packaging to extend the freshness of high-quality 'Fuji' apples. Kor. J. Food Preserv. 16:817–823.
- DeEll, J.R. and B. Ehsani-Moghaddam. 2010. Preharvest 1-methylcyclopropene treatment reduces soft scald in 'Honeycrisp' apples during storage. HortScience 45:414–417.
- Hwang, Y.S., I. Kim, and J.C. Lee. 1998. Effects of harvest maturity and storage environments on the incidence of watercore, flesh browning, and quality in 'Fuji' apples. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:569–573.
- Kader, A.A. and C.B. Watkins. 2000. Modified atmosphere packaging—toward 2000 and beyond. HortTechnology 10:483–486.
- Lim, B.S., S.Y. Oh, J.W. Lee, and Y.S. Hwang. 2007. Influence of 1-methylcyclopropene treatment time on the fruit quality in the 'Fuji' apple (*Malus domestica*). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25:191–195.
- Lim, B.S., Y.M. Park, Y.S. Hwang, G.R. Do, and K.H. Kim. 2009. Influence of ethylene and 1-methylcyclopropene treatment on the storage quality of 'Hongro' apples. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27:607–611.
- Mattheis, J.P. 2008. How 1-methylcyclopropene has altered the Washington state apple industry. HortScience 43:99–101.
- Mattheis, J. and J.K. Fellman. 2000. Impacts of modified atmosphere packaging and controlled atmospheres on aroma, flavor, and quality of horticultural commodities. HortTechnology 10:507–510.
- McArtney, S.J., J.D. Obermiller, T. Hoyt, and M.L. Parker. 2009. 'Law Rome' and 'Golden Delicious' apples differ in their response to preharvest and postharvest 1-methylcyclopropene treatment combinations. HortScience 44:1632–1636.
- Oh, S.Y., B.S. Lim, J.W. Lee, and K.R. Do. 2007. 1-Methylcyclopropene increases the shelf-life of 'Ooishiwase' plums (*Prunus salicina* L.). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25:369–374.
- Park, H.G., B.S. Lim, and Y.M. Park. 2009. Effects of 1-methycyclopropene treatment and

- controlled atmosphere storage on poststorage metabolism and quality of 'Hongro' apples. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50:313–318.
- Park, Y.M., H.G. Park, and B.S. Lim. 2011. Analysis of postharvest 1-MCP treatment and CA storage effects on quality changes of 'Fuji' apples during export simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:224–231.
- Park, Y.M. and T.M. Yoon. 2006. Impact of storage method and shelf temperature on quality attributes and physiological metabolism of 'Fuji' apples. *Hort. Environ. Biotechnol.* 47: 138–143.
- Park, Y.M. and T.M. Yoon. 2012. Effects of postharvest 1-MCP treatment, storage method, and shelf temperature on quality changes of 'Gamhong' apples during export simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:725–733.
- Park, H.W. and D. Kim. 2000. Effect of functional MA packaging film on freshness extension of 'Fuji' apples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29:80–84.
- Park, H.W., S.A. Lee, Y.H. Kim, Y.M. Kim, H.S. Cha, and J.D. Park. 2007. Effects of calcium chloride treatment and modified atmosphere packaging on the quality of 'Fuji' apple. *Kor. J. Food Preserv.* 14:457–461.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plant.* 100:577–582.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnol. Adv.* 24:389–409.
- Watkins, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortScience* 43:86–94.
- Watkins, C.B., H. James, J.F. Nock, N. Reed, and R.L. Oakes. 2010. Preharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) to control fruit drop of apples, and its effects on postharvest quality. *Acta Hortic.* 877:365–374.
- Watkins, C.B. and J.F. Nock. 2005. Effects of delays between harvest and 1-methylcyclopropene treatment, and temperature during treatment, on ripening of air-stored and controlled-atmosphere-stored apples. *HortScience* 40:2096–2101.
- Watkins, C.B. and J.F. Nock. 2012. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest Biol. Technol.* 69:24–31.
- Yoo, J.G., D.H. Kim, J. Lee, D.G. Choi, J.S. Han, S.I. Kwon, H.J. Kweon, and I.K. Kang. 2013. Effect of preharvest sprayable 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on fruit quality attributes in cold stored 'Gamhong' apples. *Protected Hort. Plant Factory* 22:279–283.
- Yoo, J.G., B.K. Kang, J.W. Lee, D.H. Kim, H.Y. Jung, D.G. Choi, and I.K. Kang. 2015a. Effect of preharvest and post harvest 1-Methylcyclopropene 1-MCP) treatments on fruit quality attributes in cold stored 'Fuji' apples. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33(4):542–549.
- Yoo, J.G. N.M. Win, M.Y. Park, H.J. Kweon, S.I. Kwon, J.H. Kim, D.H. Kim, and I.K. Kang. 2015b. Effect of preharvest and post harvest 1-Methylcyclopropene 1-MCP) treatments on fruit quality attributes in cold stored 'Hongro' apples. *Fruit Science and Technology in*

Korea. 1:99-103

Yuan, R. and J. Li. 2008. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Delicious' apples. HortScience 43:1454-1460.

제3절 국내 육성 사과의 수출 안전성 확보를 위한 이상 질병 증상 원인규명 및 절감기술 개발(제3세부)

- Back CG, Lee SY, Kang IK, Yoon TM, Jung HY. 2015. Occurrence and analysis of apple blotch-like symptoms on apple leaves. Kor J Hort Sci Technol 33:429–434.
- Jones AL, Aldwinckle HS. 1991. Compendium of apple and pear diseases. APS Press, St. Paul, MN.
- Giretta DR, Bogo A, Coelho CMM, Guidolin AF, Mesquita Dantas AC, Gomes EA. 2010. ITS-rDNA phylogeny of *Colletotrichum* spp. causal agent of apple glomerella leaf spot. Ciencia Rural Santa Maria, 40:806–812.
- Zhao H, Huang L, Xiao CL, Liu J, Wei J, Gao X. 2010. Influence of culture media and environmental factors on mycelial growth and conidial production of *Diplocarpon mali*. Lett Appl Microbiol 50:639–644.
- Young JR. 2009. Identification of strobilurin and benzimidazole resistance in *Colletotrichum cereale* isolates causing anthracnose on creeping bentgrass putting greens in Mississippi and Alabama. M.Sc. thesis. Mississippi State University. Mississippi State.
- Young JR, Tomaso-Peterson M. 2010. Two mutations in β -tubulin 2 gene associated with thiophanate-methyl resistance on *Colletotrichum cereale* isolates from creeping bentgrass in Mississippi and Alabama. Plant Dis 94:207–212.
- Chung WH, Chung WC, Peng MT, Yang HR, Huang JW. 2010. Specific detection of benzimidazole resistance in *Colletotrichum gloeosporioides* from fruit crops by PCR-RFLP. New Biotechnol 27:17–24.
- Sever Z, Ivic D, Kos T, Milicevic T. 2012. Identification of *Fusarium* species isolated from stored apple fruit in Croatia. Arh Hig Rada Toksikol 63:463–470.
- Qi YX, Pu JJ, Zhang X, Zhang H, Lu Y, Yu QF, Zhang HQ, Xie YX. 2013. First report of dieback of mango caused by *Fusarium decemcellulare* in China. J Phytopathol 161:735–738.

제4절 국내육성 사과의 수출생산성 확보를 위한 과실 적정 착과기술 개발(제1협동)

- Awad, M.A., A.D. Jager, M. Dekker, and W.M.F. Jongen. 2001. Formation of flavonoids and chlorogenic acid in apples as affected by crop load. *Sci. Hort.* 91:227–237.
- Cho, K.H. and T.M. Yoon. 2006. Fruit quality, yield, and profitability of ‘Hongro’ apple as affected by crop load. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:210–215.
- Choi, S.W., D.H. Sagong, Y.Y. Song, and T.M. Yoon. 2009. Optimum Crop Load of ‘Fuji’/M.9 Young Apple Trees. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(4):547–553.
- Costa, G., E. Beltrame, P. Eccher, and A. Pianezzola. 1997. High density planted apple orchards: Effects on yield, performance and fruit quality. *Acta Hortic.* 451:505–511.
- Erf, J.A. and J.T.A. Proctor. 1987. Changes in apple leaf water status and vegetative growth as influenced by crop load. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:617–620.
- Kim, D.H., J.K. Byun, C.C., D.G. Choi, and I.K. Kang. 2008. The Effect of Calcium Chloride, Prohexadione-Ca, and Ca-coated Paper Bagging on Reduction of Bitter Pit in ‘Gamhong’ Apple. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26(4):367–371.
- Marini, R.P., J.A. Barden, J.A. Cline, R.L. Perry, and T. Robinson. 2002. Effect of apple rootstocks on average ‘Gala’ fruit weight at four locations after adjusting for crop load. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:749–753.
- Palmer, J.W., R. Giulani, and H.M. Adams. 1997. Effect of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of ‘Braeburn’/M.26 apple trees. *Tree Physiol.* 17:741–746.
- Ferguson, I.B., and C.B. Watkins. 1992. Crop load affects mineral concentrations and incidence of bitter pit in ‘Cox’s Orange Pippin’ apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:373–376.
- Park M.Y., H.J. Kweon, Y.Y. Song, and D.H. Sagong., 2014. Optimum Crop Load of ‘Gamhong’/M.9 Young Apple Tree Bred in Korea. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:131.
- Park, Y.M., and T.M. Yoon. 2012. Effects of Postharvest 1-MCP Treatment, Storage Method, and Shelf Temperature on Quality Changes of ‘Gamhong’ Apples during Export Simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(6):725–733.
- Park. Y.S. and M.Y. Park. 1997. Effects of Time and Degree of Fruit Thinning on the Fruit Quality, Yield and Return Bloom in Kiwifruit. *Kor. Soc. Hort.* 38(1):60–65
- Seo, J.H., J.H. Heo, J.S. Seung, and Y.J. Ahn, 2007. Crop Load Affects Incidence of Bitter Pit and Calcium Contents in ‘Gamhong’ Apple Fruit. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(2):110–113.
- Stover, E., F. Wirth, and T. Robinson. 2001. A method for assessing the relationship between crop load and crop value following fruit thinning. *HortScience* 36:157–161.
- Robinson, T.L. 2003. Apple-orchard planting systems, p. 345–407. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (eds.). *Apples; botany, production and uses.* CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.
- Tustin, D.S., P.M. Hirst, W.M. Cashmore, I.J. Warrington, and C.J. Stanley. 1993. Spacing and rootstock studies with central leader apple canopies in a high vigour environment.

Acta Hortic. 349:169–177.

Volz, R.K., I.B. Ferguson, J.H. Bowen, and C.B. Watkins. 1993. Crop load effects on fruit mineral nutrition, maturity, fruiting and tree growth of ‘Cox’s Orange Pippen’ apple. J. Hort. Sci. 68:127–137.

제5절 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 생산 및 유통 실태 분석(제2협동)

青森縣りんご試驗場, 1981. 青森縣りんご試驗場50年史. 第2編 研究業績. XVIII 施肥.

p. 526-546,

青森縣りんご試驗場, 1981. 青森縣りんご試驗場50年史 IX 榮養生理. p. 549-608.

青森縣りんご試驗場, 1981. 青森縣りんご試驗場50年史 第4編 リンゴの發達と試験研究. III. 土壤肥料. p. 1141-1150.

허진호, 김대일. 2011. 고품질 중소과 생산을 위한 “후지” 사과의 적정 촉과량. 한국원예학회 학술발표요지(10월). p. 131

金夢燮, 1991, 사과 苦痘病 發生과 無機成分, 品種 및 臺木의 關係, 서울대학교, 박사학위논문.

金夢燮, 辛建哲, 金月洙, 金聖奉, 金正浩. 1991. Ca 水準別 施用이 사과 “Golden Delicious” 品種의 苦痘病 發生 및 無機成分 含量에 미치는 影響. 農試研報(園藝) 33(3) : 85-90.

森 英男, 阿部 勇. 1960. りんごに對する必須要素の相互關係に關する研究.(第2報) 東北農試研究報告 18 : 57-69.

박정관, 김점국, 서형호, 홍성식, 박무용. 2006. 수출용 과실 중소과 생산 기술 연구. 원예연구소 시험연구보고서. p. 246-252

津川 力, 1984, 新編リンゴ栽培技術, 養賢堂, 東京. p146-148.

辛建哲, 金夢燮, 金正浩, 金聖奉, 李漢讚, 文炳佑. 1992. 葉面施肥用 石灰肥料 GAR-H가 사과의 苦痘病 發生, 果實 品秩 및 無機成分 含量에 미치는 影響. 農試研報(園藝)34(1) : 36-41

Tanaseascu, N. and C. Paltineanu. 2004. Root distribution of apple tree under various irrigation systems within the hilly region of Romania. Int. Agrophysics 18: 175-180.

山崎利彦, 森 英男, 橫溝 久, 福田博之. 1964. Bitter pitの發生と無機成分の關係. 園試報 C2: 42-53.

任悅澤, 金商洙, 沈慶久. 1979. 果樹에 對한 石灰質肥料 施用法 究明試驗. 農試研報(園藝, 農工) 21 : 23-27.

임열재 등, 2016, 과수학 각론, 향문사, P.31, 62

제6절 수출용 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 착색 향상과 생리장애 경감기술 개발(제3협동)

- Cho IH, Woo YH, Choi JJ, Han JH, Seo HS (2002) Effects of relative humidity on russet occurrence in Whangkeumbae (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv.). *J Bio-Environ Control* 11:1-4
- Cho MD, Kim SB, Kim, JH, Park MY, Yoon IK (1992) GA, GA₄₊₇+BA and Shionox on fruit russetting, fruit shape and fruit quality in apple. *Res Rept RDA(H)* 34:94-101
- Creasy LL (1980) The correlation of weather para meters with russet of ‘Golden Delicious’ apples under orchard conditions. *J Am Soc Hortic Sci* 105:735-738
- Creasy LL, Swartz HJ (1981) Agents influencing russet on ‘Golden Delicious’ apple fruits. *J Am Soc Hortic Sci* 106:203-206
- Curry EA, Williams MW (1983) Promalin or GA₃ increase pedicel and fruit length and leaf size of ‘Delicious’ apples treated with Paclobutrazol. *HortScience* 18:214-215
- De Freitas, ST, Amarante CVT, Mitcham EJ (2015) Mechanisms regulating apple cultivar susceptibility to bitter pit. *Sci Hortic* 186:54-60.
- Eccher T (1978) Russetting of Golden Delicious apples as related to endogenous and exogenous Gibberellins. *Acta Hortic* 80:381-385. doi:10.17660/ActaHortic.1978.80.62
- Faust M, Shear CB (1972) Russetting of apples; An interpretive review. *HortScience* 7:233-235
- Fukuda H (1986) Morphological comparison of cork spot and bitter pit of apple fruit. *J Japan Soc Hort Sci* 54:416-423
- Fuller, MM (1980) Cell ultra-structure in apple fruits in relation to calcium concentration and fruit quality. *Acta Hortic* 92:51-55
- Ferguson, IB, Watkins CB (1989). Bitter-pit in apple fruit. *Hortic Rev* 11:289-355
- Greene DW (1984) Microdroplet application of GA₄₊₇+BA; sites of absorption and effect on fruit set, size, and shape of ‘Delicious’ apples. *J Am Soc Hortic Sci* 109:28-30
- Han JH, Hong KH, Jang HI, Cho IH, Cho JJ, Lee HJ (2002) Effects of characteristics of the bags and microclimate in the bags on russet of ‘Whangkeumbae’ pear fruit. *Korean J Hortic Sci Technol* 20:32-37
- Hong KH, Kim JK, Choi JH, Han JW, Yun CJ (1996) Russet prevention of ‘Whangkeumbae’ by fruit bagging. *J Kor Soc Hort Sci* 37:279-284
- Kim DH, Byun JK, Choi C, Kang IK (2008) The effect of calcium chloride, prohrxadione-Ca, and Ca-coated paper bagging on reduction of bitter pit in ‘Gamhong’ apple. *Kor J Hort Sci Technol* 26:367-371.
- Kim JK, Lee HC, Park HS, Yoon IK (2003) Causes and time of russet occurrence in ‘Whangkeumbae’ ear fruits. *J Kor Soc Hort Sci* 44:703-706
- Kim MS, Ko KC (2004a) Relation of bitter pit development with mineral nutrients, cultivars, and rootstocks in apples(*Malus domestica* Borkh). *Kor J Hort Sci Technol* 22:43-49

- Kim MS, Ko KC (2004b) Effects of forms and levels of nitrogen and levels of calcium on bitter pit incidence in 'Fuji' apples(*Malus domestica* Borkh). Kor J Hort Sci Technol 22:200–205
- Kim WS, Lee HJ (2000). Prediction of bitter pit in 'Tsugaru' apple fruits induced by Mg²⁺ toxicity before harvest and its reduction by Ca²⁺ supply after harvest. J Kor Soc Hort Sci 41:7–11
- Kim YW (1991) Studies on the occurrence and control of apple russet. PhD Diss, Kyung-Hee Univ. Seoul, Korea
- Knoche M, Khanal BP, Stopar M (2011) Russetting and microcracking of 'Golden Delicious' apple fruit concomitantly decline due to gibberellin A₄₊₇ application. J Am Soc Hortic Sci 136:159–164
- Korea Meteorological Administration(KMA) (2015) Automatic weather system (AWS). <http://www.kma.go.kr>
- Mason, JL, Drought, BG, McDougald JM (1975) Calcium concentration of 'Spartan' apple in relation to amount of senescent breakdown in individual fruits. J Amer Soc Hort Sci 100:343–346.
- McDaniel LH, Meinicke AJ (1930) To what extent is spray burn of apple fruit caused by freezing of the flowers. Phytopathology 20:903–906
- Miqueloto, A, Amarante, CVT, Steffens, CA, Santos, A, Mitcham E. (2014) Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit. Sci Hortic 165:319–323
- Moon BW (1998) Effect of calcium compound extracted from oyster shells on fruit quality and physiological change during storage in apples. PhD Diss, Paichai Univ. Daejeon, Korea
- Moon BW, Lee YC, Jung HW (2012) Effects of tree-spray organic calcium compounds on the mineral nutrition concentration, russet occurrence and fruit quality in 'Fuji' apple at harvest. Prac Agric Fish Res 14:47–59
- NejatzadehBarandoozi F, Talaie A (2009) The effect of gibberellins on russetting in Golden delicious apples. J Hortic For 1:61–64
- Park JG, Hong JS, Choi IM, Kim JB, Park HS (1998) Applications of artificial pollination, spraying gibberellin A₄₊₇ plus benzyladenine for production of uniform fruits in 'Fuji' apples. Korean J Hortic Sci Technol 16:27–29
- Rural Development Adminstration(RDA) (2003) Agricultural science and technology, Standard of research and analysis. RDA. Suwon, Korea, p 529
- Roosi N (1962) The physiological causes of cracking in apples. Swer Poniol Foren Arsskr 63:73–81
- Seo HH, Park HS, Kim YK, Jang HI (2003) Meteorological elements affecting preharvest drop and russet in 'Tsugaru' apple. J Kor Soc Hort Sci 44:813–818
- Seo JH, Heo JH, Choi JS, Ahn YJ (2007) Crop load affects incidence of bitter pit and calcium contents in 'Gamhong' apple fruit. Kor J Hort Sci Technol 25:110–113

- Shear CB, Faust, M (1971) Nutritional factors influencing the mineral content of apple leaves. *J Amer Soc Hort Sci* 96:234–240
- Simons RK (1957) Frost injury on ‘Golden Delicious’ apples: Morphological and anatomical characteristics of russeted and normal tissue. *J Am Soc Hortic Sci* 69:48–55
- Son SJ (2010) Prevention of russet and bitter pit incidence in ‘Yoko’ apples. MS thesis, Kyungpook National Univ. Daegu, Korea
- Taylor DR, Knight JN (1986) Russetting and cracking of apple fruit and their control with plant growth regulators. *Acta Hortic* 179:819–820
- Tukey LD (1959) Observation on the russetting of apples growing in plastic bags. *Proc Am Soc Hortic Sci* 74:30–39
- Watanabe S (1969) Historical studies on the cause of russet in apples. *Buletin of the Yamagata Univ. Agric Science* 5:4025–4272
- Winter F (1964) The effect of weather on fruit russetting of Golden Delicious in Badenwurtten Bergin (1963), *Erwobstb* 6:88–92

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「공동연구사업_FTA대응 경쟁력 향상 기술 개발 사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「공동 연구사업_FTA대응 경쟁력 향상 기술 개발 사업」의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

* 예산사업명은 과제 종료년도에 지원한 세부사업을 기재함