

최 종
연구보고서

친환경 사과의 약제적과 프로그램 개발

DEVELOPMENT OF CHEMICAL
THINNING PROGRAMS FOR APPLE

연구기관

전북대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “친환경 사과에의 약제적과 프로그램 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 5월 일

주관연구기관명 : 전북대학교

총괄연구책임자 : 곽 성 희

세부연구책임자 : 곽 성 희

협동연구기관명 : 전라북도 농업기술원

협동연구책임자 : 정 중 성

연 구 원 : 최 규 동

연 구 원 : 김 은 주

연 구 원 : 김 형 국

요 약 문

I. 제 목

친환경 사과의 약제 적과프로그램 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 시험의 목적은 사과의 친환경 약제적과 프로그램을 개발하는데 있다. 사과재배에 있어서 조기에 착과량을 감소시키는 것은 과일 크기의 향상뿐만 아니라 익년 개화에 영향을 미치기 때문에 중요하다. 또한 조기적과는 격년결실(해거리)을 예방하고 지속적인 과일생산을 가능하게 해준다. 적과가 제대로 이뤄지지 않으면 품질이 불량한 소과가 생산되고 증가된 하중으로 인하여 나뭇가지가 손상되기도 하며 신초생장이 감소되기도 한다. 또한 수체 저장양분(탄수화물과 질소성분)의 고갈로 이어져 화아형성이 억제되거나 내한성의 감소로 이어질 수도 있어 조기적과의 시행은 사과재배농가에서 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

국내에서 사과의 적과(적화/적과)는 주로 노동력에 의존하고 있기 때문에, 향후 사과농가의 경쟁력 향상에 많은 제약이 따를 거라 생각된다. 현재 우리 농촌이 닦친 영세성, 노동력의 부족 및 인건비 상승은 한-칠레 또는 한-미 FTA 체결에 따른 사과의 수입개방에 대비한 경쟁력강화에 크나큰 걸림돌이 될 것이다. 주요 사과생산국에서 적과는 거의 약제를 이용하여 시행되고 있다. 수십년간의 연구로 지역과 품종에 적합한 적과프로그램이 개발되어 있어 재배농가로 하여금 안심하고 경제적인 적과가 가능하게 되었다.

국내의 일부 농가에서는 살충제인 Sevin[®]을 개화기에 살포하여 적과를 시행하는데, 이는 벌이나 응애의 천적을 죽임으로써 종합과일생산(Integrated Fruit Production)의 취지에 어긋날 수 있다. 친환경적 사과생산의 중요성이 강조되는 시점에, 약제의 선발도 식물과 사람에게 해를 주지 않는 방향으로 진행될 필요가 있다. 현재 주요 사과생산국에서 가장 널리 사용 중인 적화제는 ammonium thiosulfate(ATS)이다. 그리고 낙화 후 적과제로서 가장 널리 쓰이고 있는

Sevin은 북미나 유럽에서 사용이 점차적으로 제한받고 있기 때문에 Sevin을 대체할 적과제의 개발연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 시험에서는 첫째, ATS를 비롯한 다른 친환경적 적화제가 국내 재배품종(‘홍로’, ‘후지’)과 환경조건에서 얼마나 효율적인지를 조사하고, 둘째, 낙화후 적과제인 살충제 Sevin의 대체약제를 현재 북미에서 사용/시험 중인 Accel[®]과 MaxCel[®]을 시험하여 선발하고자 하였다. 셋째, 선발된 적화제와 적과제를 병행 처리하여 적과효율을 조사하고, 마지막으로 농가에 실증시험 함으로써 개발된 약제적과프로그램의 효율성을 점검하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 ‘홍로’와 ‘후지’ 사과의 친환경 약제적과프로그램 개발을 위해서 수행하였는데, 세부 연구내용은 다음과 같다.

1. ‘홍로’와 ‘후지’에 적합한 적화제 선발

가. ‘홍로’와 ‘후지’에 적합한 적화제 1차 선발시험 (2004)

시험 대상 적화제로는 주요 사과생산국에서 널리 사용하고 있는 ammonium thiosulfate(ATS)와 lime sulphur + fish oil 처리를 이용하였다. Lime sulphur는 고농도로 사용할 경우 동독이 발생하는 관계로 adjuvant인 fish oil을 첨가하여 비교적 낮은 농도로 처리하였다. 각 적화제의 처리농도는 대체로 수확시기가 이른 품종에는 상대적으로 낮은 농도로 처리하였다. 착과량 감소 효과, 약제피해정도 및 과일의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

나. 선발된 적화제의 2차 선발 시험

1차 시험을 통해서 선발된 각 적화제의 처리농도를 가지고 재구명함으로써 적과효율의 일관성을 확인하였다.

2. 적화제 처리횟수, 수세 및 살포량이 적과효율에 미치는 영향 구명

적과효율이나 식물의 약제에 대한 phytotoxic 반응은 약제의 처리횟수와 살포량에 따라 달라질 수 있다. 국내의 기후 조건에서 사과나무의 개화는 일시에

이뤄지기 보다는 상대적으로 여러 날에 걸쳐 이뤄지기 때문에 적화제의 최적 처리시기를 한 시점으로 결정하기란 쉽지 않다. 이러한 경우 살포시기가 분산되어지면 적과효과는 향상 될 수 있기 때문에 본 시험에서는 적화제를 40% 만개시와 85% 만개시에 총 2회 살포한 후 적과효과를 점검하였다. 그리고 '수세' 또한 적과효율에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 수세에 따른 영향을 구명하였다.

3. '개화후 적과제'로서 Accel[®]과 MaxCel[®] 시험

가. 적과제로서 Accel 시험

Accel은 Valent BioSciences Corp.(Libertyville, IL)에서 개발된 약제로 cytokinin인 6-benzyladenine과 지베렐린 GA₄₊₇의 혼합으로 구성되어 있는데, 낙화 후에 처리되었을 때 적과효과 뿐만 아니라 과실의 세포분열에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 Sevin의 대체 적과제로 시험하였다.

나. 적과제로서 MaxCel 시험

MaxCel은 Valent BioSciences Corp.(Libertyville, IL)에 의해서 Accel보다 최근에 개발된 약제로, 6-benzyladenine만으로 조제되어 있다. 때문에 Accel보다 적과효과가 뛰어나고 과일의 크기도 향상시키는 것으로 알려져 있어, 본 시험에서 '홍로'와 '후지'에 대한 효과를 시험하였다.

1) 처리농도 결정

처리농도의 결정을 위해 다양한 농도의 MaxCel 농도(0~125 ppm)를 과경 10 mm 때에 처리하였다.

2) 처리적기 결정

각 품종에서 결정된 최적 처리농도를 과경 6, 9, 12, 그리고 15 mm 때에 처리하여 처리적기를 결정하였다.

4. 선발된 적화제와 적과제의 통합시험

각 품종에서 선발된 적화제와 적과제를 조합 처리한 후, 요인별 적과효과를 분석하였다. 본 시험을 통해 각 약제처리의 적과능력 뿐만 아니라 두 약제의 병행처리에 의한 적과효율도 구명할 수 있었는데, 이는 개발될 적과프로그램의

응용에 매우 중요한 자료가 될 것이다.

5. 개발된 적과프로그램의 농가 실증시험

최종 선발된 최적의 적화제와 적과제를 ‘홍로’와 ‘후지’ 품종을 대상으로 농가 실증 시험하여, 적과효율, 생산성 및 과일의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

‘홍로’와 ‘후지’에 적합한 친환경 약제적과프로그램을 개발하고자 먼저 적화제와 적과제의 선발을 위한 시험들을 수행하고, 최종적으로 농가 실증시험을 수행하였는데 결과는 다음과 같다.

‘홍로’에 가장 적합한 적과프로그램은 0.6% ATS를 85% 만개기에 살포한 후 100 ppm MaxCel을 과경 12 mm 시기에 병행 처리하는 것이었다. 이러한 처리에 의해서 무처리 대조구와 비교하여 44%의 착과량 감소가 관찰되었다. 착과량 감소의 주된 이유는 무착과 화총의 비율과 1과 착과화총의 비율이 증가하였고, 3개 이상 과일을 맺은 화총의 비율이 감소되었기 때문이었다. 따라서 손적과에 소요되는 노동력 투입시간을 상당히 단축할 수 있었다. 약제적과에 의해서 나무 당 7분가량이 손적과에 소요된 반면, 관행적인 적과방법(손적화+손적과)은 총 65분이 소요되었다. ATS+MaxCel 처리에 의해서 과중, 익년 개화, 수확시 과일의 당도가 약간 증가되었다. 그러나 과형, 동녹발생, 착색 및 산도에는 영향을 미치지 않았다. ‘후지’의 경우 0.9% ATS를 85% 만개기에 처리한 후, 125 ppm MaxCel을 병행 처리했을 때, 40% 정도의 착과량이 감소되었는데, 감소의 이유는 ‘홍로’의 경우와 마찬가지로였다. 따라서 손적과에 소요되는 노동력 투입시간이 상당히 단축되었다. ‘후지’에서도 ATS+MaxCel 적과처리에 의해서 과중의 증가, 당도의 향상 및 익년 개화의 증가와 같은 긍정적 효과가 관찰되었다.

본 적과프로그램의 운용은 재배농가의 상황에 맞게 이용될 수 있을 것으로 생각한다. 예를 들면, 개화정도가 그리 좋지 않을 경우에는 개화기에 ATS를 살포하는 것 보다는 기다렸다가 낙화 후에 MaxCel을 처리하여 착과량을 감소하는 것이 더 안전한 방법이 될 수 있다. 반대로 개화가 많을 경우에는 개화기에 ATS를 살포하여 조기적과를 실시하고, 만약 추가적과가 필요할 경우 MaxCel을 처리하면 될 수 있을 것이다. 따라서 본 적과프로그램은 재배농가에

의하여 응용되어 사용되어 질 수 있는데, 성공적인 사용을 위해서는 농업기술 센터 등 영농지도를 담당하는 지도원들을 통해 홍보교육이 필요할 것이다.

한 가지 주의할 점은 약제를 처리할 때 과도한 살포가 되지 않도록 해야 한다는 것이다. 과도하게 살포될 경우 잎에 손상을 입혀 과일의 크기에 부정적인 영향이 미칠 수 있기 때문이다.

SUMMARY

Development of Chemical Thinning Programs for Apple

The main objective of this research was to develop chemical thinning program for 'Hongro' and 'Fuji' apples in Korea. The chemicals evaluated included ammonium thiosulfate (ATS) and lime sulphur (LS) as bloom thinners, and Accel and MaxCel as post-bloom thinners. LS was mixed with fish oil (FO) as an adjuvant. This research was conducted in the apple orchards in Jangsu-kun and Iksan with 6-7 years old 'Hongro'/M.9 and 'Fuji'/M.9 or M.26 apple.

In the first year of this study, we evaluated ATS and LS+FO as blossom thinners to determine the application rate effective in reducing fruit set without any phytotoxic effect. For 'Hongro', the most appropriate treatment was 0.6% ATS that reduced fruit set by 33%, while, though effective in reducing fruit set (53%), 1% ATS obviously injured spur leaves. 2% LS + 2% FO also caused leaf damage and overthinning as well as russet development on fruit surface. 0.8% ATS and 2% LS + 1% FO showed 44% and 38% of crop load reduction, respectively, but they needed to be reevaluated due to their potential of causing phytotoxicity. 2% LS alone had little effect on crop load reduction. For 'Fuji', 0.8% ATS, 1.0% ATS, and 2% LS + 1% FO treatments were selected for appropriate blossom thinners. However, 2% LS + 2% FO caused leaf injury and russet development. We also evaluated Accel (containing 6-benzyladenine and GA₄₊₇) as a post-bloom thinner in the range of 0~150ppm, and found it to be ineffective in reducing crop load.

In the second year, we reevaluated several bloom-thinning treatments from the first year, and finally found 0.6% ATS and 0.9% ATS to be the best bloom thinners for 'Hongro' and 'Fuji', respectively. We also evaluated MaxCel (containing only benzyladenine) as a post-bloom thinner, and found it to be effective in reducing crop load. The optimal rates for 'Hongro' and 'Fuji' were 100 ppm and 125 ppm, respectively. The optimal timing of application was determined to be 9~12 mm fruit size for 'Hongro' and 6~12 mm for 'Fuji'. As compared to

Sevin-XLR, MaxCel was superior for thinning efficacy.

The effects of number of application, tree vigor and spray volume on thinning efficacy were determined also in the second year. In general, double applications at 40% and 85% full bloom for both cultivars caused overthinning and leaf injury, while single treatment showed a moderate level of thinning. Tree vigor had no effect on thinning efficacy in both cultivars. Spray volume substantially influenced the extent of thinning. High spray volume (4000 L/ha) overthinned and caused leaf injury, compared to the moderate spray volume (3000 L/ha), the volume applied just until prior to run off. This result would intensify the importance of spray volume to prevent unnecessary damages on trees.

In the third year, we evaluated chemical thinning programs developed for 'Hongro' and 'Fuji' in the commercial orchard at Jangsu-kun. For 'Hongro', 7-year old 'Hongro'/M.9 trees were treated with 0.6% ATS at 85% full bloom, followed by 100 ppm MaxCel at 12 mm fruit size (about 12 days after full bloom). This combined treatment effectively reduced fruit set by 44%, mainly by increasing both whole flower cluster removal and number of sites with a single fruit, which led to a substantial reduction in hand-thinning requirement. It was reduced from 65 min per tree that was taken for hand thinning of flowers and fruitlets by the growers to 7 min per tree. This treatment slightly but significantly increased fruit size, fruit soluble solids content, and return bloom, while having no effect on russet development, fruit shape, fruit coloring, and juice acidity. For 'Fuji', 7-year old 'Fuji'/M.9 trees were treated with 0.9% ATS at 85% full bloom, followed by 125 ppm MaxCel at 6-12 mm fruit size. This ATS + MaxCel treatment reduced fruit set by 40% in the mode similar to 'Hongro', leading to a reduction in hand thin requirement. This treatment also slightly increased fruit size, fruit soluble solids content, and return bloom in 'Fuji'/M.9 apple trees.

Chemical costs were estimated for use of ATS and MaxCel in both cultivars. For 'Hongro', the chemicals would cost total ₩ 570,000 per ha (₩ 60,000 ATS + ₩ 510,000 MaxCel), while in 'Fuji' would cost total ₩ 730,000 per ha (₩ 90,000 ATS + ₩ 640,000 MaxCel). These chemical thinning expenses were comparable to ₩2,400,000 expended for hand thinning of flowers and fruitlets.

CONTENTS

Chapter 1. General Introduction	13
Chapter 2. Foreign and Domestic Trends of Technology Development	18
Chapter 3. Materials, Methods, and Results	22
Part 1. Selection of chemical thinners suitable for 'Hongro' and 'Fuji' apples	23
1. First selection of chemical thinners	23
A. 'Hongro'	25
B. 'Fuji'	31
2. Second selection of chemical thinners	34
A. 'Hongro'	35
B. 'Fuji'	38
Part 2. Effects of timing of application, tree vigor, and spray volume on thinning efficacy	42
1. Influence of timing of application	42
A. 'Hongro'	43
B. 'Fuji'	46
2. Influence of tree vigor	48
A. 'Hongro'	48
B. 'Fuji'	51
3. Influence of spray volume	54
A. 'Hongro'	55
B. 'Fuji'	58
Part 3. Evaluation of Accel [®] and MaxCel [®] as post-bloom thinners	61

1. Accel trial	61
A. 'Hongro'	63
B. 'Fuji'	65
2. MaxCel trial	67
A. Determination of rate of application	67
B. Determination of timing of application	72
Part 4. Application of selected bloom- and post-bloom thinners in combination ..	79
1. 'Hongro'	79
2. 'Fuji'	83
Part 5. Orchard trial of chemical thinning programs developed for 'Hongro'	
and 'Fuji'	88
1. 'Hongro'	89
2. 'Fuji'	93
Chapter 4. Achievement and Contribution	97
Chapter 5. Plans of Using the Results	98
Chapter 6. References	100

목 차

제 1 장 연구개발 과제의 개요	13
제 2 장 국내외 기술개발 현황	18
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	22
제 1 절 ‘홍로’와 ‘후지’에 적합한 적화제 선발	23
1. 적화제의 1차 선발 시험	23
가. ‘홍로’	25
나. ‘후지’	31
2. 적화제의 2차 선발 시험	34
가. ‘홍로’	35
나. ‘후지’	38
제 2 절 적화제의 처리횟수, 수세 및 살포량이 적과효율에 미치는 영향	42
1. 처리횟수가 적과효율에 미치는 영향	42
가. ‘홍로’	43
나. ‘후지’	46
2. 수세가 적과효율에 미치는 영향	48
가. ‘홍로’	48
나. ‘후지’	51
3. 살포량이 적과효율에 미치는 영향	54
가. ‘홍로’	55
나. ‘후지’	58
제 3 절 ‘개화후 적과제’로서 Accel [®] 과 MaxCel [®] 시험	61
1. 적과제로서 Accel 시험	61
가. ‘홍로’	63
나. ‘후지’	65
2. 적과제로서 MaxCel 시험	67

가. 처리농도 구명'	67
나. 처리시기 구명	72
제 4 절 선발된 적화제와 적과제의 병행처리	79
1. '홍로'	79
2. '후지'	83
제 5 절 개발된 적과프로그램의 농가실증 시험	88
1. '홍로'	89
2. '후지'	93
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	97
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	98
제 6 장 참고문헌	100

제 1 장 연구개발 과제의 개요

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

사과재배에 있어서 적화(bloom thinning) 및 적과(fruit thinning)의 시행은 격년결실(해거리)을 예방하고 지속적인 과일생산을 유지하기 위한 중요한 전략이다. 사과는 금년 생육을 하면서 동시에 다음해의 생장을 준비하기 때문에 영양생장과 생식생장으로 구분되어 진행된다. 이러한 생장의 분기점이 화아분화인데 여기에 관계하는 요인은 크게 영양적인 요인과 식물호르몬적인 요인이 있다. 영양적 요인은 흔히 C-N비로 설명되는데 사과에서는 탄소함량이 질소에 비해 같거나 약간 많을 경우 화아형성이 양호하다. 화아분화에 가장 깊게 관여하고 있는 식물호르몬은 지베렐린이다. 특히, 사과의 어린 씨앗에서 다량의 지베렐린이 생성되고 이것이 인근 단과지에 축적됨으로써 화아형성이 억제되는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 지베렐린의 발생은 개화 후 4~6주부터 급격히 증가하므로 이 기간 전까지 상당량의 과실이 제거되어야 해거리를 방지할 수 있다. 과실을 가능한 일찍 제거하여 착과된 과일과 영양생장(신초생장)간의 경쟁을 감소시키면 신초생육을 통해 적절한 엽수가 확보되어 과실로의 동화양분 공급이 원활해지므로 과실비대를 피할 수 있다. 반면, 적과가 제대로 이뤄지지 않으면(즉, 나무 당 너무 많은 과일이 맺히게 되면) 품질이 불량한 작은 과일이 생산되고 증가된 하중으로 인하여 나뭇가지가 손상되기도 하며 신초생장이 감소되기도 한다. 이는 또한 수체 저장양분(탄수화물과 질소성분)의 고갈로 이어져 화아형성이 억제되거나 내한성의 감소로 이어질 수도 있다. 그러한 이유로, 사과 생산자는 적정량의 적과를 적절한 시기에 시행함으로써 품질 좋은 과일을 지속적으로 생산할 수 있다.

사과생산에서 노동력의 대부분은 전정, 전지, 적과, 병해충방제, 수확, 포장 작업에 소요된다. 그 중에서 적과가 차지하는 비율은 총 노동력 투입의 16%를 차지하는 것으로 보고되었다(박원흠, 1998). 국내에서 사과의 약제적과는 살충제인 Sevin[®](Carbaryl)을 이용한 “개화후 적과(postbloom thinning)”에만 부분적으로 이뤄지고 있기 때문에, 만약 개화기 중에 약제적화를 개화 후 적과와 병행하여 실행하면 적과과정이 한층 더 간편해지고, 적과에 대한 노동력투하 비율은 상당히 더 감소될 수 있다. 국내에서 개화기 적과보다 개화 후 적과를 선

호하는 이유는 첫째, 우리나라의 사과 개화기 전후의 기상이 매우 불안정하기 때문이다. 가령, 저온 혹은 늦서리 피해를 받을 수 있고 강우 혹은 바람(황사) 및 병충해의 피해를 받을 염려가 있어 너무 일찍 적화를 통해 작업을 완료하므로 작업 후 피해과가 발생할 경우 안정된 결실량을 확보하지 못할 수도 있다. 둘째, 우리나라에서 적화제의 선발 및 현지 적응시험이 외국 사과 생산 선진국에 비하여 매우 미약하다는 것이다. 농촌진흥청에서 1996년 발간한 사과재배(표준영농교본 5)에는 오직 두 종류의 적화제(DN아세테이트제 및 석회유황합제)만이 소개되어 있다. 본 연구자가 아는 한, 그 이후에 새로운 적화제가 개발 또는 도입·선발되어 농가에 보급·이용되고 있다는 보고는 없다.

북미 및 유럽을 비롯한 세계 주요 사과 생산국에서 사과의 적과(적화를 포함)는 전적으로 화학적 방법에 의존하고 있다(Dennis, 2000). 약제의 개발도 계속 진행되어진 결과 수많은 약제들이 상업적으로 이용 가능하다. 현재에는 종합과일생산(Integrated Fruit Production)의 가이드라인에 부합하는 친환경적 사과생산의 중요성이 강조되기 때문에 약제의 선발도 식물과 사람에게 해를 주지 않는 방향으로 진행되고 있다. 그 중에서도 ammonium thiosulfate(ATS)는 적화제로서 큰 가능성을 가지고 북미와 유럽 등 여러 나라에서 시험, 사용 중이다. 그리고 적과제로서 가장 널리 쓰이고 있는 살충제 Sevin[®]은 북미나 유럽에서 사용이 점차적으로 제한받기 때문에 Sevin[®]을 대체할 적과제의 개발, 실험 연구가 활발히 진행되고 있다(Dennis, 2000).

본 연구에서는 첫째, ATS를 비롯한 다른 친환경적 적화제들(fish oil, mineral oil, vegetable oil 등)이 국내 재배품종과 환경조건에서 얼마나 적과효율이 있는지를 시험하고자 하였다. 본과제의 책임연구자는 지난 수년간 미국과 캐나다에서 사과의 약제적과에 대한 연구를 수행한 경험이 있는데 연구결과에 의하면 ATS가 적화제로서 가장 일관적인 효과를 보였다. 이러한 약제들이 국내의 사과재배농가에 쓰여지기 위해서는 우선 각 약제의 적과효과를 국내의 재배품종과 환경조건에서 재구명할 필요가 있다. 환경요인 중에서 적과효율에 영향을 미치는 것으로는 온도, 습도, 강우량 및 광량 등이 있으며, 내적요인으로는 나무수세, 재식밀도, 전정정도, 개화량 및 전년결실량 등이 있다(Williams, 1994). 이러한 요인들이 단독 또는 상호 복합적으로 적과효율에 영향을 미치기 때문에 이들 요인들과의 상관관계 구명은 약제적과의 과학화를 위해 매우 중요하다. 또한 약제처리가 과실의 품질에 미치는 영향도 국내의 환경조건에서 철저히 구명되어질 필요가 있다. 본 연구에는 중생종인 '홍로'와 만생종인 '후지'가 사용될 예정이다. Spur 타입인 '홍로'는 많은 양의 꽃눈을 생산하기 때문에 약

제를 이용하여 조기적과가 이뤄질 경우 과실의 발육이 도모될 뿐만 아니라 적정량의 신초생장도 가능해질 수 있어 약제적과의 효과가 가장 뚜렷하게 나타날 수 있는 품종으로 여겨진다. ‘후지’는 국내에서 가장 많이 재배되고 있는 맛이 우수한 품종인데 ‘후지’의 한 가지 문제점은 관리가 부적절할 경우 격년결과가 발생되기 쉽다. 격년결과는 여러 요인에 의해서 유발되는데 그 중에서도 ‘부적절한 적과’가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이러한 점에서 ‘후지’ 품종에서도 약제적과의 중요성은 분명하게 나타난다. 본 연구에서 시험될 다양한 적과약제들은 미국 Washington주에 소재한 USDA 과수연구소와 캐나다 농업-식품연구소(Agriculture & Agri-Food Canada산하)의 도움을 얻어 도입될 것이다.

둘째, 적과제인 살충제 Sevin의 대체 약제를 선발하고자 한다. 국내에서 적과제로 널리 쓰이고 있는 Sevin은 살충제이기 때문에 벌과 응애의 천적에 심각한 피해를 줄 수 있어 다른 형태의 적과제 개발 및 연구가 시급하다. 북미에서 현재 사용중인 대체약제로는 Valent BioSciences Corp.(Libertyville, IL)에서 개발된 Accel[®]과 MaxCel[®]이 있다. Accel은 cytokinin인 6-benzyladenine과 지베렐린 GA₄₊₇의 혼합으로 구성되어 있다. 낙과 후 처리되었을 때 적과효과 뿐만 아니라 과실의 세포분열에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있지만 (Dennis, 2000), ‘후지’에는 효과가 미미하다고 보고되었다(Bound, 2006). MaxCel은 오직 6-benzyladenine만으로 조제된 약제이기 때문에 상대적으로 적과효과가 양호하고 과일의 크기도 향상시킬 것으로 예상된다. Benzyladenine은 화학적 적과 능력을 가지고 있으며 또한 과일의 크기를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Greene 등, 1992; Wismer 등, 1995).

약제적과에 대한 연구는 다년간 반복할 필요가 있는데 그 이유는 ① 약제의 정확한 특성을 구명하고 ② 기상환경조건과 적과효율간의 상관관계를 결정하므로 적과시기와 약제농도 및 살포량을 정확하게 예측할 수 있는 모델을 연구하는데 필요한 자료를 제공해주기 때문이다. 적과의 연구특성상 일회성의 단기간 연구결과로는 과수농가로 하여금 약제적과에 대한 신뢰를 가지게 하기 어렵고, 또한 예기치 않은 피해를 유발할 수도 있다. 이런 점에서 본 연구는 최소한 3년간 실험을 보완하고 반복하여 수행하고자 한다. 이러한 연구방법을 통해서 수집된 다양한 정보는 국내의 재배품종과 환경조건에 적합한 “약제적과프로그램”을 개발하는데 매우 유용하게 사용될 것으로 기대한다. 또한 본 연구는 사과농가의 협조를 얻어 진행하고 얻어진 유용한 결과는 현장에 즉시 적용하므로 대학과 산업 간의 긴밀한 협조 및 운영체계를 갖추는 계기로 삼고자 한다.

나. 경제·산업적 측면

현재 우리나라 사과농가는 외국농산물에 대한 개방화 추세에 따라 매우 어려움에 직면하고 있다. 한국-칠레 및 한국-미국 간 FTA(자유무역협정)에는 사과가 협상품목에서 제외되어 있더라도 다른 과일의 수입(예: 포도)으로 인한 사과 소비의 감소가 예상된다. 또한 언젠가는 협상품목에 사과도 포함될 것으로 예상되기 때문에 우리는 이때를 대비하여 사과산업의 경쟁력 강화를 위해 생산비 절감과 재배기술의 향상에 역점을 두어야 한다. 국내의 사과 산업에서 적과는 주로 5월에 집중적으로 이뤄지기 때문에 이 기간에 노동력을 원활하게 충당하기는 그리 쉽지 않다. 노동인구의 감소와 더불어 인건비가 증가된다면 사과산업의 경쟁력은 떨어질 수밖에 없다. 사과 산업에서 아직도 존재하는 비과학적이고 생략화되지 않은 부분을 꾸준히 개선해 나갈 경우에 장래의 사과 산업에는 희망이 있을 수 있다. 장래 체결이 예상되는 한-일 FTA는 우리 사과농가가 일본에 사과를 수출할 수 있는 좋은 기회를 제공할 것으로 기대한다. 효과의 극대화를 위해서는 생산비의 절감과 안전성 있는 과실의 생산을 위한 꾸준한 연구노력이 요구된다.

현재 미국의 사과 산업은 중국의 사과에 밀려 많은 어려움을 겪고 있는 가운데 그들은 생산비를 30%정도 절감한다는 장기프로젝트를 설정하여 단계적인 연구를 통해 자국 사과산업의 경쟁력을 갖추고자 부단한 노력을 하고 있다(Washington Tree Fruit Research Commission). 전적으로 약제적과에 의존하는 사과산업의 선진국들도 더 많은 생산비 절감을 외치고 있는 가운데, 국내에서도 가능하면 빠른 시일 내에 사과농가가 신뢰하며 사용할 수 있는 약제적과 프로그램을 보급하여 최소한의 생산비절감을 꾀하여야 한다.

다. 사회·문화적 측면

앞서 강조했듯이 국내의 사과 산업에서 생산비 절감은 효과적인 약제적과를 통해서 가능할 수 있다. 본 연구에서 시험될 약제들은 친환경적이기 때문에 “종합과일생산”의 가이드라인에 부합되어 소비자들로 하여금 국내산 과실을 신뢰할 수 있게 할 것으로 기대한다. 또한 지역의 과수산업을 위해 대학이 연구하고 결과를 현장에 적용하며 실제적인 도움을 제공한다는 것은 현재 우리 농업이 처한 어려운 상황을 고려해 볼 때 지향해야 할 연구형태라 할 수 있다. 사실, 지금까지는 대학과 농업현장 간에 직접적인 연계가 부족하여 대학의 연구가 실질적이지 못하고 농가는 농가대로 대학을 신뢰하지 못하였음을 부인하기 어렵다. 이런 점에서 본 연구는 사과생산자와 연계하여 확실한 연구목적을 가지고

연구를 수행함으로써 지역, 더 나아가 국내의 사과 산업에 유용하게 쓰일 약제적 과기술을 확립하고자 한다.

2. 기술도입의 타당성

본 연구에서는 기술도입보다는 연구에 쓰일 약제의 도입이 필요하다. 외국에서는 약제적과에 대한 활발한 연구와 비례하여 많은 약제가 상업적으로 또는 연구차원에서 개발되어 사용 중에 있기 때문에 우리는 외국 약제의 도입·시험·선발과정을 통해서 빠른 시일 내에 국내의 사과재배품종과 환경조건에 가장 적합한 약제적과프로그램의 개발이 가능할 것으로 판단한다. 외국에서 효과적으로 사용되고 있는 적화제의 대부분은 특허된 것이라기보다는 일반적으로 저렴한 가격으로 구입할 수 있는 물질이기 때문에 필요할 경우 국내에서도 쉽게 생산되어 국내 재배농가에 저렴하게 보급될 것으로 전망한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

약제적과는 북미, 유럽 등 사과산업의 선진국에서 널리 행해지고 있는 반면 국내에서는 매우 제한적으로 사용되고 있는 실정이다. 이는 약제적과에 대한 연구정도에서도 같은 경향을 보인다. 그동안 외국에서 연구되어진 적과제의 종류는 일반적으로 네 가지 유형으로 구분되어진다. 첫째, 꽃을 제거하는데 쓰이는 caustic 물질이 있는데 이러한 적화제에 대한 초창기 연구는 MacDaniels and Hiledrand(1940)에 의해서 이뤄졌다. 그들은 DNOC(Elgetol; dinitro-o-cresylate)를 사과꽃의 주두에 처리했을 때 화분의 발아가 억제되는 것을 관찰하였고 이는 결국 착과율의 감소로 이어짐을 알았다. 이후로도 DNOC에 대한 많은 연구가 이뤄졌지만 중금속을 포함하고 있는 이 물질의 특성 때문에 1989년 생산이 중단되었다. 이 물질을 대체할 다른 물질들이 탐색되고 연구되었는데 여기에는 sulfcarbamide, pelargonic acid 및 endothall이 포함된다(Williams, 1993 & 1994). 적화제로서 가능성이 있는 다른 물질로는 ammonium thiosulfate(ATS), ammonium nitrate, lime sulphur 및 hydrogen cyanamide가 있다. ATS나 lime sulphur는 현재 북미를 비롯한 주요 사과 재배국가에서 사과의 적화제로서 시험 중에 있다. 이러한 종류의 적화제는 적정농도 이상에서는 식물에 피해를 입히기 때문에 적정살포농도나 시기의 결정은 매우 중요하다. 또한 어떤 환경조건에서 구명된 살포농도나 시기는 다른 환경조건에서 자라는 과수에 일률적으로 적용되기 어렵다. 이는 적화제의 역할이 공기 중 습도나 온도에 따라 달라지기 때문이다.

두 번째, 꽃이나 과일을 제거하는데 쓰이는 식물생장조정제가 있는데 대표적인 물질로는 NAA(naphthalene acetic acid)가 있다. 이 물질은 1940년도까지는 사과의 개화 중에 사용되었지만 그 이후로는 “개화후 적과제(post-bloom thinner)”로서 널리 사용되어졌다. NAA 처리 시기는 품종에 따라 다른데 대개 과일길이가 5-13 mm일 때 효과적인 것으로 알려져 있다(Turkey, 1965). 그러나 NAA처리는 과일의(특히, 델리셔스계통에서) 크기를 감소시켜 pigmy과실을 유발하기도 한다. 에틸렌을 생성하는 ethephon(2-chloroethylphosphonic acid)도 적과제 역할을 한다(Edgerton and Greenhalgh, 1969; Guak et al., 2002). 이 물질의 효과는 지역에 따라 큰 편차를 보이는데 이유는 온도가 ethephon으로부터

에틸렌이 발생하는 과정에 큰 영향을 미치기 때문이다. Cytokinin에 속하는 BA(Benzyl adenine)와 지베렐린인 GA₄₊₇를 혼합하여 만개한 텔리셔스계통에 처리했을 때 착과정도를 상당히 감소시킬 수 있다(Stembridge and Morell, 1972). Accel제품은 BA와 GA₄₊₇를 포함하고 있는데 농가에서는 Accel을 NAA 또는 Sevin과 함께 처리함으로써 효과를 증가시킬 수 있다. 적과제로서 BA처리하는, 적과효과를 배제했을 때, 과실의 생육을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

셋째, 적과제로 쓰이는 살충제인 카바메이트(carbamates)가 있는데 이 중에서 Batjer and Westwood(1960)에 의해서 처음으로 보고된 carbaryl(1-naphthyl-N-methylcarbamate)의 적과효과는 타 적과제에 비해서 효과의 일관성이 뛰어난 것으로 알려져 있다(Batjer and Billingsley, 1964). Carbaryl은 NAA나 BA와 혼합하여 사용할 경우 더 확실한 적과효과를 얻을 수 있다. 하지만, 텔리셔스계통에서는 BA와의 혼합사용이 더 선호되어지는데 이는 NAA가 과실의 발육을 억제하기 때문이다. 하지만 NAA의 농도를 낮춰서 (3~5 ppm) carbaryl과 혼합하여 사용할 경우 좋은 적과효율을 얻을 수 있다. Carbaryl은 유용곤충을 죽일 수 있기 때문에 요즘 사용되는 carbaryl은 Sevin-XLR로 벌에 덜 해롭다. 반면에 분말제품인 기존 Sevin은 입자의 크기가 화분알갱이와 유사하여 벌에 큰 피해를 줄 수 있다.

이처럼 외국에서는 지금까지 수많은 종류의 적화(과)제가 개발·시험되어 농가에서 성공적으로 사용되어져 왔지만 현재 국내에서는 분말형 Sevin에만 의존하고 있는 실정이다. 국내에서 Sevin의 살포 시기는 주로 만개기로 북미나 유럽에서 시행하는 과경 5~15 mm 처리보다 빨라 살포로 인한 곤충의 피해가 우려된다. 또한 살충제인 Sevin을 적과제로 이용하는 관계로 농약의 사용을 최소화 한다는 “종합과일생산”의 취지에도 맞지 않아 이를 대체할 새로운 약제의 개발이 시급히 요구되어 외국에서는 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 국내의 사과 산업에서 가장 시급히 개발·이용될 기술은 “적화제의 이용”일 것으로 사료되는데 그 이유는 첫째, 현재 국내의 재배농가가 유일하게 실행하고 있는 “개화후 적과”는 과실이 어느 정도 생육한 후에 과실을 제거하는 방법이기 때문에 꽃을 제거하는 방법에 비해서 수채 저장양분(특히 탄수화물)의 낭비를 초래하고; 둘째, 과일간의 경쟁을 조기에 줄여줌으로 원하는 과일의 생육을 최대화 할 수 있으며; 셋째, 적화제와 적과제의 공동사용으로 6월 생리적 낙과 후 실행되는 인력적과의 양을 절감할 수 있기 때문이다.

적화(과)제의 사용이 과일의 품질에 미치는 영향을 구명하는 일 또한 적과실험에서 중요한 부분을 차지한다. 과일의 품질 요소에는 과형, 경도, 당도, 산도,

착색정도, 동녹발생정도 및 저장능력이 포함된다. 국내에서 과실품질과 저장성에 미치는 적과제의 영향에 대한 연구는 미미하기 때문에 이에 대한 연구가 시급히 요구된다.

그동안 외국에서 발표된 약제적과에 대한 연구결과를 국내의 사과 산업에 직접 적용하기란 곤란한데 가장 큰 이유는 적과제의 효율이 기상환경조건(온도, 습도), 재배품종 및 나무의 영양 상태에 따라 크게 달라지기 때문이다. 결과적으로, 외국으로부터 도입되는 적화(과)제의 효율은 국내의 환경조건에서 재 구명될 필요가 있다. 예를 들어, “부식성(caustic) 물질” 그룹에 속하는 적화제는 꽃잎이나 암술의 주두에 피해를 입히므로 수분, 수정을 방해하여 착과된 과일의 수를 감소시키는데 이 약제의 효율은 처리 당시의 공기 중 습도, 온도 및 증발정도에 따라 크게 좌우된다. 이러한 환경조건은 지역에 따라 다르기 때문에 지역별 연구에 의한 약제효율의 구명은 매우 중요한 것이다. 북미에서는 동부와 서부의 기상조건이 다르기 때문에 약제적과에 대한 연구는 각 지역에서 거의 독립적으로 이뤄지고 있다(Dennis, 2000).

2. 앞으로의 전망

세계적으로 사과의 약제적과에 대한 연구방향은 크게 두 가지에 역점을 두고 진행되는데, 첫째는 약제에 대한 안전성의 문제이고, 둘째는 과실품질요인에 미치는 부정적 영향의 최소화에 있다. 미국에서 사과산업이 가장 활발한 지역인 Washington주에서 현재 진행 중인 적과프로그램을 참고하면(Washington Tree Fruit Research Commission) 적화(과)제 이용에 대한 이러한 경향은 더욱 분명해진다. 이는 환경문제를 야기할 수 있는 물질들의 EPA(Environmental Protection Agency) 등록이 거의 불가능해지면서 생산이 중단되기 때문이다. 그들이 현재 사용하는 적과제들은 Sevin을 제외하고는 상대적으로 안전성이 있다고 할 수 있다. Ammonium thiosulfate, calcium chloride, lime sulphur, fish oil 및 mineral oil 등이 여기에 포함되고 심지어는 소금 및 식용유도 적화제로서의 가능성이 관찰되어 활발히 연구 중에 있다(Good Fruit Grower, 2003). 이러한 물질들은 가격 면에서도 우수하기 때문에 장래 우리가 지향할 “종합과일생산프로그램”이나 “유기농법에 의한 과일생산”에 적과제로서 유용한 역할을 할 것으로 예상된다.

현재 국내 사과 산업은 외국의 많은 재배방법들을 도입해서 사용하고 있지만(예: 왜성대목 M9을 이용한 밀식재배, 점적식 관비 방법) 약제적과에 대한 부

분은 매우 미흡하게 실행되고 있는 실정이다. 이는 한국-칠레 간 자유무역협정에서 사과가 당장은 협상대상에 포함되어 있지 않다 하더라도 장래에는 협상대 상품목에 포함될 가능성을 배제할 수 없는 현실에서 우리는 외국산 사과의 수입에 대비하여 국내산 사과의 경쟁력강화에 모든 조치를 취해야 한다. 국내산 사과산업의 경쟁력 강화는 생산비의 절감을 통해서 가능한데, 국내의 현실에서 생산비절감이 가장 두드러질 것으로 예상되는 분야는 ‘적과’ 부분이다. 국내 사과생산에서 적과에 의해 소요되는 노동력은 전체노동력의 16%정도를 차지하고 있기 때문에 효과적인 약제적과프로그램이 개발되어 농가에 보급된다면 상당량의 노동력절감을 피할 수 있을 것으로 예상된다. 현재 국내 농촌에서 유효노동력의 감소와 그로 인한 인건비의 상승이 불가피할 때 본 연구를 통해 개발될 효과적인 “약제적과프로그램”은 사과농가의 노동력문제를 완화시켜줄 수 있는 중요한 수단이라 할 수 있겠다.

이를 위해서 국내연구진이 먼저 시급히 해야 할 일은 사과농가가 신뢰할 수 있는 적과프로그램의 개발이다. 앞서 언급했듯이 적과제나 적과방법은 외국의 것을 그대로 도입하여 사용할 수 없는데 그 이유는 적과의 효율이 환경조건에 따라 크게 달라지기 때문이다. 지금까지 국내에서 약제적과에 대한 연구는 미미하였다 할지라도 외국연구기관의 협조를 얻어 지속적인 연구를 할 경우 조만간 국내환경에 적합한 적과프로그램이 개발되어 농가가 신뢰하고 사용할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 본 과제를 통해서 적화(과)제가 과실의 품질에 미치는 영향이 철저히 구명된다면 현재 사과농가가 지니고 있는 약제적과에 대한 불안감이 상당히 해소되어 약제적과방법에 대한 의존도가 증가하고 따라서 인건비 절감을 통해 생산비가 절감될 것으로 예상된다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 '홍로'와 '후지'에 적합한 적화제 선발

서 언

사과 재배에서 적과는 개화기에 꽃을 제거하거나 개화기 후에 소과를 제거함으로써 가능하다. 적과의 주 목적은 과일의 크기와 품질을 향상시키고 또한 수체의 생장과 익년 개화를 향상시키는데 있다(Ferree and Warrington, 2003). 적과의 시행은 빠를수록 좋으며, 늦더라고 개화 후 4~6주내에 시행되어야 익년 개화를 위한 화아분화를 증대시킬 수 있다(Auchter, 1920).

꽃을 제거하는 방법은 인력과 약제를 통해서 가능한데, 현재 국내의 사과 재배농가의 대부분은 손적화에 의존하고 있다. 물론 대부분 농가의 재배면적이 크지 않아 손적과가 가능할 지라도 노동인구의 고령화와 임금상승은 노동력투입이 적은 적과방법으로의 전환을 요구하고 있다. 반면 북미나 유럽을 비롯한 사과 선진국에서는 적과를 화학적 방법에 의존하고 있다. 현재 가장 널리 사용 중인 약제는 ATS(ammonium thiosulphate)와 Sevin으로 ATS는 개화기에, Sevin은 과경 5~15mm 시기에 살포하여 효과적인 적과를 시행하고 있다. 다른 부식성 적화제에 비해서 ATS는 환경적으로나 소비자에게 안전한 것으로 간주되고 있다(Wertheim, 2000)

ATS는 부식성(caustic) 물질 그룹에 속하는 적화제로 살포 시 꽃잎이나 암술의 주두에 피해를 주어 수분과 수정을 방해하므로 착과량을 감소시키는데, 이 약제의 효율은 처리 당시의 공기 중 습도, 온도 및 증발정도에 따라 크게 좌우되는 것으로 알려져 있다(Williams, 1993a). 이러한 환경조건은 지역에 따라 다르기 때문에 지역별 연구에 의한 약제효율의 구명은 매우 중요한 것이다. 본 시험에서는 ATS뿐만 아니라 석회유황합제(lime sulphur)를 중생종 사과인 '홍로'와 만생종인 '후지'에 대한 적화제로 사용하여 적과효율을 구명하고자 한다. 이 두 품종을 선택한 이유는 추석용 사과인 '홍로'는 M.9에서 개화가 과다하게 이뤄지는 관계로 꽃을 제거하는데 상당한 노동력이 투입이 요구되며, '후지'는 격년결과습성이 강한 품종으로 철저한 적과가 요구되기 때문이다. 석회유황합제를 적화제로 사용할 경우 적과효과를 보이는 농도에서 종종 동녹발생이 유발

되는 것으로 알려져 있다. 이러한 피해를 경감시키기 위해서 본 시험에서는 석회유황합제의 농도를 낮추고 대신 fish oil을 혼합함으로써 동녹발생은 줄이면서 적과효과를 유지하고자 하였다.

시험 1차 년도에 적합한 처리구를 선발하고, 2차 년도에 재시험하여 약제처리의 적과효율에 대한 일관성 정도를 검정하였다.

1. '홍로'와 '후지'에 적합한 적화제 1차 선발시험

주요결과: 1차년도 시험에서 '홍로'에 가장 적합한 적화약제처리는 ATS 0.6%로 나타났다. 0.8% ATS와 2% lime sulphur+1% fish oil 처리는 적과효율은 좋았으나 약간의 약제피해가 유발되어 재시험할 필요가 있었다. 1.0% ATS는 단과지 앞에 심각한 약해를 유발하였고, 2% lime sulphur + 2% fish oil 처리는 약제피해 뿐만 아니라 과다적과 및 동녹발생 때문에 선발에서 제외되었다. 2% lime sulphur 단독처리는 미미한 적과효과 때문에 선발에서 제외되었다. '후지'에 적합한 처리로는 0.8% ATS와 1.0% ATS, 그리고 2% lime sulphur+1% fish oil 이었다. 2% lime sulphur + 2% fish oil 처리는 단과지 앞에 약해뿐만 아니라 과일에 동녹발생을 유발하여 제외되었다. 선발된 적화제는 수확시 또는 저장 후 과일의 품질에 부정적 영향을 미치지 않았다.

재료 및 방법

'홍로' 시험수로는 전라북도 장수에 소재한 A과원의 6년생 '홍로'/M.9 세장방추형 나무를 사용하였다(Fig. 1-1). '후지' 시험수로는 전라북도 농업기술원 소재 과원에서 7년생 '후지'/M.26를 이용하였다. 시험된 적화약제로는 ATS(Agritec Services, Lake Country, BC, Canada; 60% a.i.) 및 lime sulphur(EBM 인바이오피믹스; 22% a.i.)를 사용하였다. Lime sulphur는 adjuvant인 fish oil(Crocker's Fish Oil Inc., Quincy, WA, USA)과 혼합 처리하였는데, 이유는 적과 유효농도로 처리된 lime sulphur가 종종 동녹발생을 유발시키기 때문에 fish oil을 사용하여 그 유효농도를 낮추기 위함이었다. 각 품종에 대한 처리는 다음과 같다.

홍로	후지
1. Non-thinner control	1. Non-thinner control
2. ATS 0.6% a.i.	2. ATS 0.8% a.i.
3. ATS 0.8% a.i.	3. ATS 1.0% a.i.
4. ATS 1.0% a.i.	4. Lime sulphur 2% a.i.
5. Lime sulphur 2% a.i.	5. 2% lime sulphur + 1% fish oil
6. 2% lime sulphur + 1% fish oil	6. 2% lime sulphur + 2% fish oil
7. 2% lime sulphur + 2% fish oil	



Fig. 1-1. A 'Hongro'/M.9 orchard located at Jangsu-kun, Jeollabuk-do.

두 품종 공히, 적화제는 85% 만개 시(정화의 중심화가 거의 만개된 시점)에 처리하였다. 처리는 동력압력분무기를 사용하여 바람이 잔잔한 아침 8~10시 사이에 실시하였는데, 살포량은 처리된 약제가 잎에서 떨어지기 전까지의 양으로 하였다. 시험구는 Randomized Complete Block Design을 사용하여 1주를 1반복으로 5반복 배치하였다. 블록은 수세를 기준으로 선정하였으며, 수세는 주간단면적(TCSA) 당 화총수를 기준으로 구분하였다.

주요 조사항목으로는 총착과율, 무착과 화총비율(percent defruited flower

clusters), 과총내 착과분포(fruit set distribution within the fruited cluster), 평균과중, 6월 낙과 후 수적과에 소요된 적과 시간 및 수확량을 조사하였다. 과일 품질을 조사하기 위해 수확 시 30개의 과일을 수관의 중간, 바깥부분에서 무작위로 수확한 후 무게를 재어 평균과중을 구하였다. 나무당 수확량은 간접적으로 계산되었다. 즉, 수확 전에 나무별로 계수된 과일의 수를 평균과중으로 곱하여 구하였다. 수확된 과일 중 15개는 수확시 품질 조사를 위해 사용하였고, 나머지 15개는 저장 후의 품질을 조사하기 위하여 3°C 저온고에 저장하였다. ‘홍로’는 30~40일 저장하였고, ‘후지’는 80일 정도 저장하였다. 과일의 황경/종경비율(L/D), 동녹발생정도 및 적색착색정도는 15개 과일을 사용하여 평균값을 구하였다. 동녹발생정도는 다음과 같은 1-9 Russet index를 사용하여 조사하였다: 1 = 0%, 3 = 1% 이하, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = 25% 이상. 그리고 가용성 고형물질 함량(SSC), 적정산 및 과육경도는 10개의 과일을 사용하여 측정하였는데, 과육경도는 8-mm 탐침을 장착한 RHEO TEX 경도계(Sun Scientific Co. Ltd. Tokyo, Japan)을 사용하여 과일의 양쪽부분에서 측정하였다. 당도는 ATAGO 디지털 굴절당도계(Model: PR-32a, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 산도는 Metrohm 적정계(Model: 798 MPT Titrino, Herisau, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 적정산도는 15 ml 주스를 pH 8.1까지 증가시키는데 추가되는 0.1 N NaOH의 양으로 표시하였다. 저장 후 품질 조사는 과육경도, 당도 및 산도에서 실시하였다.

이러한 약제 처리방법, 적과효율 및 과일품질의 조사 방법들은 본 시험을 통해서 일괄적으로 사용되었다.

결과 및 고찰

가. 홍로

‘홍로’/M.9에서 ATS와 lime sulphur(LS) + fish oil(FO) 처리는 착과량 감소에 유의적인 효과가 관찰되었다(Table 1-1). 사용된 ATS의 모든 농도(0.6~1.0%)에서 총착과율(100개 화총당 착과된 과일의 수)이 감소하였는데 감소 정도는 처리농도가 증가됨에 따라 높아졌다. 0.6% ATS처리는 대조구에 비해 33% 정도 착과를 감소시켰고, 0.8%는 44% 그리고 1.0%는 53% 가량 감소시켰다. 2% LS를 단독으로 처리하였을 때는 유의성 있는 착과감소가 이뤄지지 않

왔지만 FO를 혼합하여 처리하였을 경우 적과효율이 향상되었다. 2%LS+1%FO의 경우 38%가 감소되었고, 2% fish oil은 66% 착과량을 감소시켰다. 이러한 착과량 감소는 과일이 전혀 맺히지 않은 화총비율의 증가와 밀접한 관련이 있었다(Table 1-1). 1.0% ATS 처리구는 약 50% 정도의 화총이 과일을 전혀 맺지 않은 반면 대조구는 약 26%의 화총만이 과일을 맺지 않았다. 2%LS+2%FO 처리구는 약 74%의 무착과 화총비율을 보였다. 과일 1개를 맺는 화총의 비율은 LS 단독구를 제외한 적화제 처리구에 의해서 약 10% 이상 증가하였다(Table 1-1). 반면 3개 이상을 맺는 화총의 비율은 LS 단독구를 제외한 적화제 처리구에서 유의적으로 감소하였다.

하지만 1.0% ATS 와 2%LS+2%FO 처리에 의해서 단과지 잎과 화기 전체에 약제피해가 상당히 나타나 ‘홍로’를 위한 적화제로는 적합하지 않은 농도로 여겨진다(Fig. 1-2). ATS 0.8%나 2%LS+1%FO처리에서도 나무에 따라 피해가 관찰되기도 하여 이 농도에 대한 재검정이 요구되었다. 반면, 0.6% ATS에서는 피해는 관찰되지 않았다. 0.6% ATS 처리 후 처리부위의 시간별 변화는 Fig. 1-3에서 보여 진다.

이러한 약제피해는 처리농도 뿐만 아니라 나무 자체요인 및 처리 후 기상환경에도 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Williams and Edgerton, 1981). 대개 북미에서는 조생종 사과를 위한 적화를 위해 0.8% ATS를 사용하는데, 약제피해는 별로 문제가 되지 않는다. 이에 비하여 본시험에서 ‘홍로’에 처리된 0.8% ATS는 약제피해를 유발하였는데, 이는 ‘홍로’의 개화정도가 상당히 많은 관계로 약제의 흡수가 증가되어 피해가 유발된 것 같다. 또한 ATS 처리 후 상대적으로 고습도인 환경에서 약제의 흡수가 증가할 경우 약제피해가 유발될 수도 있어, 적화제 살포시 흡수요인을 고려하는 것은 매우 중요하다.



Fig. 1-2. Phytotoxic effect of chemical blossom thinners on 'Hongro'/M.9 trees. Photos were taken 2 days after spray. (A) Non-thinner control, (B) 0.6% ATS, (C) 0.8% ATS, (D) 1.0% ATS, (E) 2% lime sulphur + 1% fish oil, and (F) 2% lime sulphur + 2% fish oil.

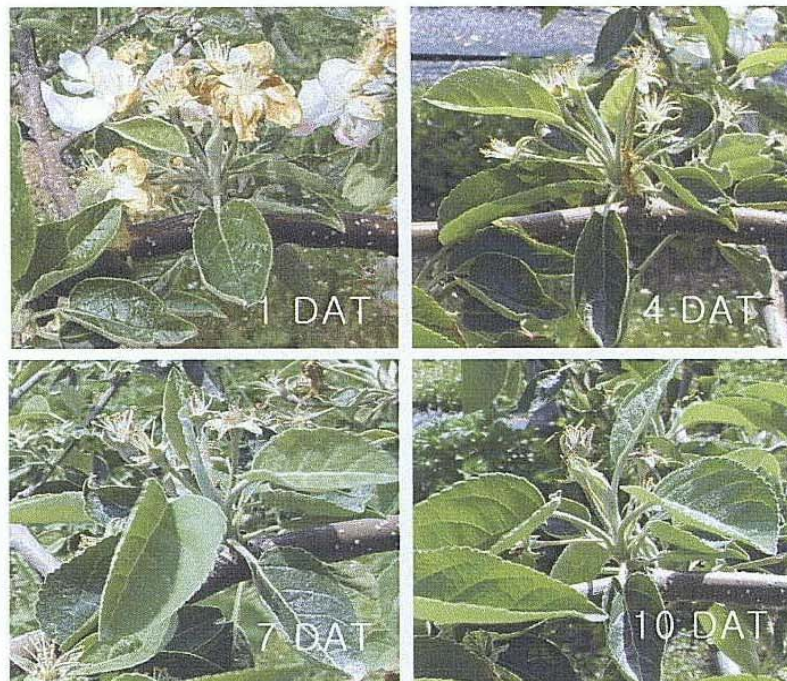


Fig. 1-3. Time sequence of changes in the section of a 'Hongro'/M.9 tree treated with 0.6% ATS at 85% full bloom. The photos were taken 1, 4, 7, and 10 days after treatment (DAT). Note that there was no phytotoxic effect by ATS on leaves, and that some flowers within the cluster remained unfertilized and ready to fall off, clearly seen 10 days after treatment.

Table 1-1. Total fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom. LS = lime sulphur, FO = Crocker's fish oil.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%) ^y	Percentage fruiting sites with: ^x		
			Single	Double	≥3
Control	78.2 a ^w	25.8 c	57.0 b	30.8 a	12.2 a
0.6% ATS	52.0 b	36.0 bc	67.9 a	23.0 b	8.1 b
0.8% ATS	43.7 b	46.3 b	70.8 a	23.3 b	5.9 b
1.0% ATS	36.5 bc	50.1 b	69.2 a	22.1 b	8.7 b
2% LS	71.4 a	28.6 c	60.7 b	26.6 ab	12.7 a
2% LS + 1% FO	48.2 b	69.2 a	68.8 a	24.3 b	6.9 b
2% LS + 2% FO	26.3 c	73.7 a	70.2 a	23.0 b	6.8 b

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yPercentage flower clusters with no fruit set at all.

^xPercentage fruiting sites with 1, 2 or 3 or more fruits within the fruited cluster.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

6월 생리적 낙과후 손적과를 위해 소요된 시간은 LS 단독처리를 제외한 적화약제처리에 의해서 37~52% 가량 노동력 경감효과가 있었다(Table 1-2). 과중은 ATS와 LS+FO 처리구에서 증가하였고, 수확량은 적과가 지나치게 발생한 1.0% ATS와 2%LS+2%FO 처리구를 제외하고는 대조구와 차이가 없었다.

적과약제가 과일의 품질에 미치는 영향을 수확시와 저장후에 조사하였다. 과일의 모양(L/D), 착색, 동녹발생, 과육경도, 당도 및 산도가 측정되었는데, 동녹발생을 제외하고는 어떠한 유의성이 관찰되지 않았다(Table 1-3). 동녹은 1% ATS와 LS+FO 처리에 의해서 발생하였는데 FO의 농도가 증가할수록 더 심하였다(Fig. 1-4). 저장 후 과일의 품질은 과육경도, 당도 및 산도를 측정하였는데 어떠한 약제처리도 영향을 미치지 않았다(Table 1-4). 처리에 상관없이 저장한 후 과육경도와 산도가 감소하였지만, 당도의 변화는 미미하였다.

Table 1-2. Time taken for hand thin (determined after June drop), mean fruit weight at harvest and yield of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Hand thin required (min/tree)	Mean fruit weight (g)	Yield (kg/tree)
Control	7.8 a ^z	260 c	15.2 a
0.6% ATS	4.9 b	264 b	15.0 a
0.8% ATS	4.2 b	264 b	14.3 a
1.0% ATS	4.3 b	270 ab	10.1 b
2% LS	6.7 a	259 c	15.4 a
2% LS + 1% FO	4.3 b	265 b	15.1 a
2% LS + 2% FO	3.7 a	275 a	8.7 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

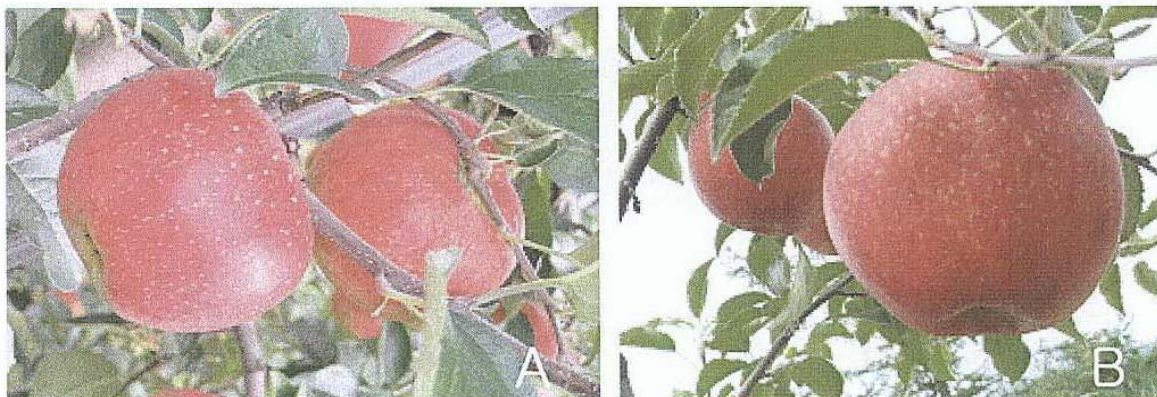


Fig. 1-4. 'Hongro' fruits without russets (A) and with russet developed (B).

Table 1-3. Fruit characteristics at harvest of 'Hongro'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.91	91.9	1.7	3,421	14.7	3.43
0.6% ATS	0.90	90.2	2.0	3,415	15.0	3.27
0.8% ATS	0.90	88.6	2.5	3,124	14.5	3.46
1.0% ATS	0.91	89.9	1.8	3,380	15.2	3.08
2% LS	0.89	90.3	2.3	3,519	14.6	3.19
2% LS + 1% FO	0.91	90.1	3.7	3,426	15.2	3.24
2% LS + 2% FO	0.91	90.5	5.8	3,504	15.1	3.15
LSD (<i>p</i> =0.05)	0.02	5.6	0.5	231	0.56	0.35

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

Table 1-4. Fruit characteristics after storage (40 days at 3°C) of 'Hongro'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^z
Control	3,369	14.3	2.15
0.6% ATS	3,018	14.4	2.08
0.8% ATS	3,215	13.6	2.37
1.0% ATS	3,187	14.1	2.51
2% LS	3,205	14.2	2.42
2% LS + 1% FO	3,098	14.1	2.51
2% LS + 2% FO	3,157	14.8	
LSD (<i>p</i> =0.05)	286	0.48	0.38

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

나. 후지

ATS 0.8%와 1.0%처리에 의한 착과량 감소는 각각 17%와 30%이었다(Table 1-5). 2%LS 단독처리는 유의적인 적과효과가 관찰되지 않았지만 FO를 사용함으로써 효과는 향상되었다. 2%LS+1%FO 처리에 의해서 약 34%의 감소가 있었고 2%FO과 혼합하여 사용하였을 경우에는 37%로 착과량 감소가 증가되었다. ATS에 의한 약제피해는 1.0%에서 미약하게, 나무에 따라서 나타나기도 했지만 우려할 만한 수준은 아니었다. 반면, 2%LS+2%FO처리는 처리된 모든 수체에서 약해피해를 유발하였다.

약제처리에 의한 이러한 착과 감소효과는 무착과 화총비율의 감소가 주요인이었다(Table 1-5). 2% LS 단독처리를 제외한 모든 처리에서 13~23%가량의 무착과 화총비율의 감소가 관찰되었다. 착과된 화총내에서 착과분포를 살펴봤을 때 2% LS 단독처리를 제외한 처리구에서 1개의 과일만을 맺는 화총비율이 증가한 반면, 3개 이상의 과일을 착과한 화총비율은 감소되어, 이 또한 착과량 감소에 기여하였다. 바람직한 적과약제는 무착과 화총비율을 적절히 감소시킬 뿐만 아니라 단지 1개의 과일을 맺는 화총비율을 증가시키는 것인데, 이러한 점에서 ATS나 LS+FO 처리약제는 적과의 효율성이 관찰되어졌다.

적과약제처리는 적과에 소요되는 시간을 유의적으로 감소시켰다(Table 1-6). 생리적 낙과후 손적과에 소요된 시간은 무적과 대조구에서 나무 당 12분 이상이 걸린 반면, 1% ATS에서는 7.3분, 그리고 2%LS+2%FO에서는 약 6.5분이 소요되었다. 과중은 약제 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며 수확량에 대한 유의적인 처리효과는 관찰되지 않았다. 하지만 2%LS+2%FO 처리구에서 수확량이 감소되는 경향을 보였는데, 이는 손적과시 동녹이 발생된 과일을 제거했기 때문인 것 같다(Table 1-7).

수확시에 측정된 과일의 품질 중에서 동녹발생은 처리간 유의적인 차이가 관찰된 반면, 나머지 부분에서는 차이가 없었다(Table 1-7). 동녹발생은 2%LS+2%FO 처리구에서 가장 많이 발생하였다(russet index = 5.6). 처리에 상관없이 당도는 15 °brix 정도였고, 83%의 착색정도를 보였다. 3°C에서 3개월 공기 저장 한 후 조사된 품질은 어떠한 적과약제처리에 의해서도 영향을 받지 않았지만 처리에 상관없이 과육경도와 산도는 각각 약 10%와 50% 감소하였다(Table 1-8).

Table 1-5. Total fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Fuji'/M.26 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	136 a ^y	22.1 c	37.3 b	23.9 b	38.8 a
0.8% ATS	112 b	35.3 b	46.7 a	35.7 a	16.6 c
1.0% ATS	95 bc	40.5 a	45.8 a	33.2 a	21.0 bc
2% LS	128 a	23.1 c	41.7 ab	33.6 a	24.7 b
2% LS + 1% FO	90 bc	39.6 ab	51.2 a	30.5 a	18.3 c
2% LS + 2% FO	85 c	45.1 a	48.0 a	25.2 b	26.8 b

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 1-6. Hand thin requirement (time taken for hand thin after June drop), mean fruit weight at harvest and yield of 'Fuji'/M.26 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom. LS = lime sulphur, FO = fish oil.

Treatment	Hand thin required (min/tree)	Mean fruit weight (g)	Yield (kg/tree)
Control	12.6	264	15.2
0.8% ATS	8.9	269	14.8
1.0% ATS	7.3	269	12.9
2% LS	10.4	265	15.6
2% LS + 1% FO	7.4	270	14.2
2% LS + 2% FO	6.5	276	11.2
LSD ($p=0.05$)	1.8	8.2	3.1

Table 1-7. Fruit characteristics at harvest of 'Fuji'/M.26 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom. LS = lime sulphur, FO = fish oil.

Treatment	L/D	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.89	85	1.9	3,521	15.0	9.1
0.8% ATS	0.88	81	1.8	3,404	14.8	8.4
1.0% ATS	0.88	83	2.5	3,502	15.1	9.1
2% LS	0.89	85	2.0	3,305	14.9	9.8
2% LS + 1% FO	0.89	83	2.0	3,591	14.9	8.9
2% LS + 2% FO	0.87	82	5.6	3,584	15.3	8.4
LSD (<i>p</i> =0.05)	0.02	4.5	1.2	356	0.5	0.4

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

Table 1-8. Fruit characteristics after storage (3 months at 3°C) of 'Fuji'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom. LS = lime sulphur, FO = Crocker's fish oil.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^z
Control	3,045	14.5	4.3
0.8% ATS	3,028	15.0	4.2
1.0% ATS	3,247	15.0	4.5
2% LS	3,156	14.7	4.7
2% LS + 1% FO	3,027	14.7	4.6
2% LS + 2% FO	3,196	15.2	4.2
LSD (<i>p</i> =0.05)	215	0.4	0.3

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

2. 적화제의 2차 선발 시험

주요결과: 2차년도 적화제 선발시험을 통해서 얻어진 ‘홍로’와 ‘후지’에 대한 적화제로는 다음과 같다. ‘홍로’의 경우 0.6% ATS가 적합한 적화제 처리로 구명되었다. 0.8% ATS 처리도 우수한 적과효과를 보였지만 잎에 피해를 유발할 가능성이 있어 배제하는 것이 바람직하였다. 2% lime sulphur + 1.0% fish oil 처리는 동녹발생을 야기하여 ‘홍로’에는 적합하지 않았다. ‘후지’의 경우 1.0% ATS에서 바람직한 적과효과가 나타났고 0.8%에서는 효과가 약간 적게 나타났다. 차기에 0.9% ATS의 시험이 요구되었다. 선발된 약제처리는 수확시 또는 저온저장 후 과일의 품질에 부정적 영향을 미치지 않았다.

재료 및 방법

본 시험에서는 1차 년도에 선발된 적화제 처리를 가지고 ‘홍로’와 ‘후지’에 대한 적과효과를 재구명하고자 시행하였다. 두 품종 공히, 적화제 처리는 1차 선발과 동일하게 85% 만개 시(정화의 중심화가 거의 만개된 시점)에 실시하였다. 시험수로는 장수군 천천면 소재한 과원에서 6년생 ‘홍로’/M.9 나무와 6년생 ‘후지’/M.9 나무를 사용하였다. 두 품종 모두 세장방추형 수형으로 관리되었다. ‘홍로’에서 약제처리는 0.6%와 0.8% ATS 그리고 2%LS+1%FO를 사용하였다. 반면, ‘후지’에서 처리는 0.8% ATS, 1.0% ATS, 2% LS + 1% FO, 그리고 2% LS + 1.5% FO로 하였다. 1.5% FO을 사용한 이유는 1차년도에 관찰된 2% FO의 약제피해가 1.5%로 낮춰 살포할 경우 경감하는지 여부를 조사하기 위함이었다. 처리방법 및 처리 시기는 1차년도와 동일하였다. 시험구는 Randomized Complete Block Design을 사용하여 1주를 1반복으로 5반복 처리하였다. 블록은 수세를 기준으로 선정하였으며, 수세는 주간단면적 당 화총수를 기준으로 구분하였다. ‘홍로’의 경우 적과효율의 조사는 정화(Terminal flowers)와 측화(Lateral flowers)로 구분하여 실시하였다. 반면 ‘후지’의 경우는 정화에서만 조사하였다. 과일품질에 대한 조사는 두 품종 공히 1차년도와 동일하게 실시하였다. 관행적 적과방법인 손적과(개화기 손적화 + 생리적 낙과후 손적과)를 처리에 포함하여 약제처리에 의한 적과시간 감축 및 과중과 수확량의 향상 여부를 비교하는데 사용하였다.

결과 및 고찰

가. 홍로

ATS와 LS+FO에 의한 적과효과는 표 1-9에 나타나 있다. 정화와 액화를 구분하여 적과 효율을 조사하였을 때 두 적화제 모두 유의적인 착과 감소효과를 보였다. ATS처리에서 정화의 경우 약 30%의 착과 감소가, 그리고 액화의 경우는 약 36%의 감소가 유발되어 정화보다 액화가 처리에 더 민감한 것 같았다. 꽃을 구분하지 않고 전체 화총을 기준으로 조사했을 때 ATS 0.6%는 36%의 감소를, 0.8%는 38%, 그리고 2%LS+1%FO처리는 41%의 착과 감소를 유발하였다. 이러한 결과는 1차년도와 비슷하여 ATS와 LS+FO에 의한 적과효과의 일관성이 관찰되었다. 손적과를 한 경우에 정화의 착과율이 높은 이유는(100화총당 약 107개)개화기에 중심화를 남겨두고 화총 내 대부분의 꽃들을 제거함으로써 남은 과일의 착과를 위한 경쟁력을 높여주었기 때문인 것으로 생각된다.

무착과 화총비율의 유의적인 감소효과가 ATS와 LS+FO 처리에 의해서 나타났다(Table 1-9). ATS 처리 경우 무착과 화총비율의 감소는 측화에서 보다는 정화에서 더 많이 나타난 반면, LS+FO 처리에서는 반대의 경향을 보였다. 손적과에서 측화의 무착과 화총비율의 감소가 두드러졌는데 이는 개화기 때 개화된 측화의 대부분을 제거했기 때문이었다.

과총 당 맺은 과일의 수를 보면 처리에 의해서 1개만을 착과한 화총비율이 증가했음을 알 수 있었는데(Table 1-10), 이러한 결과는 1차년도와 비슷하였다. 손적과의 경우 무적과 대조구와 비교하여 1개 과일 착과 화총비율이 더 낮고, 3개 이상 과일의 착과 화총비율이 더 높은 이유는 개화기에 이뤄진 조기 적화가 남은 과일의 착과를 도운 결과로 생각된다.

생리적 낙과 후 손적과에 소요된 시간은 처리에 의해서 감소하였다. 무적과 대조구에서 나무 당 17분이 소요된 반면, ATS처리의 두 농도와 2%LS+1%FO 처리에서 10분 이하가 소요되어 상당한 경감효과가 있었다. 하지만 손적과 대조구에서는 수체 당 평균 82분이 걸렸는데, 이는 개화기에 꽃과 생리적 낙과 후 과일을 제거하는데 상당한 노동력 투입이 있었기 때문이었다.

Table 1-9. Total fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution determined on terminal or lateral flowers of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set			Defruited clusters (%)		
	Terminal	Lateral	Total	Terminal	Lateral	Total
Control	87.0	79.1	86.5	44.6	45.7	45.4
0.6% ATS	62.5	53.5	55.2	65.2	60.2	62.5
0.8% ATS	61.2	48.0	53.4	65.4	62.4	64.1
2% LS + 1% FO	62.7	39.2	51.3	67.2	72.2	70.4
Hand thinned ^z	106.5	12.7	41.3	42.8	90.2	75.6
LSD ($p=0.05$)	8.5	10.1	12.1	6.4	8.9	6.5

^zThinning flowers during bloom period and also fruitlets after June drop

Table 1-10. Fruit set distribution within the fruited clusters, hand thin requirement (after June drop), fruit weight, and yield of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	% fruiting sites with:			Hand thin required (min/tree)	Mean fruit weight (g)	Yield (kg/tree)
	Single	Double	≥ 3			
Control	60.9	32.1	7.0	17.0	244	16.1
0.6% ATS	70.5	25.2	4.3	9.2	249	15.4
0.8% ATS	69.2	25.5	5.3	9.5	250	14.1
2% LS + 1% FO	75.2	18.5	6.4	7.4	248	14.2
Hand thinned ^z	46.5	43.1	10.4	82	260	17.5
LSD ($p=0.05$)	4.3	6.8	1.5	3.4	4.1	0.46

^zHand thinning of both flowers during bloom period and fruitlets after June drop.

과중은 봄철 기온이 낮은 관계로 과일의 크기가 전체적으로 작았지만, 처리에 의해서 약간의 증가가 있었다. 하지만 손적과 대조구와 비교했을 때 약 4%의 감소가 관찰되었다. 수확량은 ATS 0.8%와 2%LS+1%FO 처리에 의해서 약간 감소하는 경향을 보였다. 이러한 약제처리에 의한 과중과 수확량의 감소는 수체에, 특히 잎이나 화탁에 약제피해(눈에 띄게 두드러지지는 않았지만)를 주었기 때문으로 생각되어 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것 같다.

수확시 과일의 품질에 미치는 영향은 표 1-11에 나타나 있다. 적화제 처리는 과형, 착색정도, 과육경도 및 산도에 어떠한 유의적인 영향을 미치지 않았다. 하지만 2%LS+1%FO 처리에서 유의적인 동녹발생이 있었다. 과일의 당도가 약제처리에 의해서 증가하는 경향이 보였다. 저온저장 후 조사된 과일의 품질은 처리에 상관없이 과육경도와 산도의 감소가 관찰되었고, 당도는 수확시의 수준을 유지하는 것으로 나타났다(Table 1-12).

Table 1-11. Fruit characteristics at harvest of 'Hongro'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.86	90.4	2.5	3,577	14.2	3.10
0.6% ATS	0.87	92.3	2.1	3,528	15.2	3.27
0.8% ATS	0.86	91.5	2.9	3,849	15.6	3.45
2% LS + 1% FO	0.89	88.3	6.4	4,036	15.7	3.49
Hand thinned ^x	0.87	90.5	2.8	3,971	15.1	3.25
LSD (<i>p</i> =0.05)	0.03	1.25	1.1	257	0.3	0.06

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xHand thinning of both flowers during bloom period and fruitlets after June drop.

Table 1-12. Fruit characteristics after storage (40 days at 3°C) of 'Hongro'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titratable acidity ^z
Control	3,408	14.2	2.28
0.6% ATS	3,425	15.0	2.34
0.8% ATS	3,487	15.6	2.41
2% LS + 1% FO	3,678	15.6	2.35
Hand thinned ^y	3,510	15.3	2.23
LSD (<i>p</i> =0.05)	215	0.42	0.15

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^yHand thinning of both flowers during bloom period and fruitlets after June drop.

나. 후지

ATS 0.8%와 1.0%처리에 의한 착과량 감소는 각각 19%와 29%로 1차년도와 결과와 비슷하게 나타났다(Table 1-13). 2%LS+1%FO와 2%LS+1.5%FO처리에 의해서 각각 44%와 49%의 착과량 감소가 관찰되었다. 착과가 전혀 안된 화총(무착과 화총비율)의 비율도 약제처리에 의해서 10-20% 정도 감소되었다. ATS와 LS+FO 약제처리에 의해서 과일 1개를 맺은 화총의 비율이 증가하였으며, 3개 이상의 과일을 착과시킨 화총의 비율은 감소되었다. 이러한 결과는 적화제로서 바람직한 특성을 반영해 주었다. 2%LS+1.5%FO 처리에 의해서 약간의 엽소(leaf burn) 피해가 관찰되었다.

생리적 낙과 후 손적과에 소요된 시간은 모든 약제처리에 의해서 유의적으로 감소되었다(Table 1-14). 재배 관행적 방법인 손적과에 소요된 시간(약 39분)에 비하면 상당한 적과 감소와 ATS 0.8%와 1.0% 그리고 2%LS+1%FO에 의해서 과중이 약간 증가하는 경향을 보였지만, 2%LS+1.5%FO에서는 증가하지 않았다. 수확량은 lime sulphur+fish oil 처리구에서 감소하였는데, 감소의 이유는 동녹이 발생된 과일이 손적과시 우선적으로 제거되었기 때문인 것 같다. 그리고 2%LS+1.5%FO 처리가 다소 과한 적과작용을 한 것도 수확량 감소의 부분적

이유인 것 같다. 처리된 약제가 다음해의 개화에 미치는 적과효과를 보면 통계적인 유의성이 관찰되진 않았지만 개화가 향상되는 경향을 보였다 (Table 1-14). 이러한 결과는 화아분화기(개화 후 4~6주)에 착과량 감소가 익년 개화에 매우 중요하다는 것을 말해준다.

Table 1-13. Total fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Fuji'/M.9 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	154.3	24.1	32.9	27.3	39.8
0.8% ATS	124.3	34.3	44.6	31.0	24.4
1.0% ATS	108.6	38.5	58.5	28.2	13.3
2% LS + 1% FO	86.4	46.1	42.4	34.2	23.4
2% LS + 1.5% FO	78.3	45.1	46.5	28.7	24.8
LSD (<i>p</i> =.05)	11.2	3.2	5.3	4.8	6.7

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

Table 1-14. Hand thin requirement (time taken for hand thin after June drop), mean fruit weight at harvest and yield of 'Fuji'/M.9 apple trees treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Hand thin required (min/tree)	Mean fruit weight (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (no flower/cm ² TCSA)
Control	11.1	271	20.5	5.6
0.8% ATS	7.3	270	19.3	6.0
1.0% ATS	6.4	275	21.8	6.5
2% LS + 1% FO	5.1	277	15.8	5.9
2% LS + 1.5% FO	4.6	267	14.1	6.2
Hand thinned ^z	38.5	280	22.6	6.3
LSD (<i>p</i> =0.05)	1.8	3.3	2.1	0.4

^zHand thinning of both flowers during bloom period and fruitlets after June drop.

LS+FO의 두 처리에 의해서 과일의 동녹발생이 증가하였다(Table 1-15). 반면 ATS처리는 대조구와 비슷한 수준의 동녹발생을 보였다. 수확시 과일 품질과 관련된 다른 요인들, 즉 과형, 착색정도, 과육경도, 그리고 산도에는 유의적 차이가 인정되지 않았다. 당도는 ATS나 LS+FO처리에 의해서 증가하는 경향을 보였다. 80일간 저온저장 후 조사된 과일의 품질은 처리에 의한 유의적 효과는 관찰되지 않았지만 처리와 상관없이 저장 중 과육경도와 산도가 감소한 것으로 나타났다(Table 1-16). 당도는 저장 전 수준을 보였다. 이러한 경향은 1차년도와 결과와 매우 유사했으며 '홍로'의 경우와도 비슷하였다.

Table 1-15. Fruit characteristics at harvest of 'Fuji'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.85	84.1	2.9	3,409	14.7	8.52
0.8% ATS	0.85	86.6	3.2	3,394	15.3	8.49
1.0% ATS	0.87	86.5	3.2	3,443	15.0	9.21
2% LS + 1% FO	0.86	81.8	6.9	3,584	15.2	8.72
2% LS + 1.5% FO	0.85	84.2	7.3	3,578	15.6	8.62
LSD (<i>p</i> =0.05)	0.01	3.1	0.8	148	0.24	0.35

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

Table 1-16. Fruit characteristics after storage (80 days at 3°C) of 'Fuji'/M.9 apple treated with various bloom-time thinning agents at 85% full bloom.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^z
Control	3,216	14.7	6.52
0.8% ATS	3,204	15.0	6.35
1.0% ATS	3,362	15.2	6.89
2% LS + 1% FO	3,179	15.3	7.08
2% LS + 1.5% FO	3,302	15.7	7.31
LSD (<i>p</i> =0.05)	196	0.14	0.45

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

제 2 절 적화제의 처리횟수, 수세 및 살포량이 적과효율에 미치는 영향

서 언

적화제의 효과는 여러 요인에 의해서 영향을 받는다. 환경적인 요인으로는 살포된 용액의 건조시간, 습도, 온도 및 광 등이 있다. 식물 내적 요인으로는 수세와 품종간 차이가 있다. 대개 수세가 강한 나무가 적과약제 처리에 덜 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있지만 품종에 따라서 반응에 차이는 있다 (Dennis, 2000). 약제의 살포량 및 처리횟수는 적과효율에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 너무 과하게 뿌려질 경우 적과가 과다하게 이뤄질 수도 있고 또한 심각한 약제피해도 유발될 것이다. 그러므로 최적 처리농도에 따른 살포량을 구명하는 일은 안전한 적과프로그램의 개발에 필수적이다. 본 시험에서는 적과제의 처리횟수를 85% 만개시에 한번 또는 40% 만개시와 85% 만개시에 중복으로 처리하였다. 우리나라에서 사과와 개화하는 일시에 일어나지 않고 상대적으로 장기간에 걸쳐 진행되기 때문에 적화제 처리의 최적시점을 찾기란 쉽지 않다. 따라서 개화시기를 달리하여 중복처리 할 경우 효과적인 적과효율을 기대할 수 있을 것이다. 하지만 약제의 중복처리에 따른 약제피해나 과다한 적과도 예상된다. 따라서 본 시험은 '홍로'와 '후지' 품종에 대한 적화제 처리횟수, 수세 및 살포량이 적과효율에 미치는 영향을 구명코자 수행하였다.

1. 처리횟수가 적과효율에 미치는 영향

주요결과: '홍로'의 경우 0.6% ATS와 2% LS + 1% FO를 85% 만개시 1회 처리 또는 40% 만개와 85% 만개시 2회 처리하였을 때, 2회 처리에 의해서 약제피해가 수반된 과다한 적과가 이뤄졌고, 동녹발생도 유의성 있게 증가되어 중복처리의 필요성이 인정되지 않았다. '후지'에서는 0.8% ATS와 2% LS + 1% FO를 가지고 2회 처리하였을 때 '홍로'에서처럼 약제피해 및 과일에 동녹발생이 유발되었다.

재료 및 방법

본 시험에서는 1차년도에 선발된 각 적화제의 최적 처리농도를 기준으로 처리횟수가 적과효율에 미치는 영향을 조사하였다. 전라북도 장수군에 소재한 과원에서 수행된 본 시험에 사용된 품종은 격년결과습성을 보이지 않는 6년생 '홍로'/M9와 '후지'/M9이었다. 처리방법이나 적과효율 및 과일품질에 대한 조사 방법은 제1절에서 언급한 것과 같다. '홍로'의 경우는 0.6% ATS와 2%LS+1%FO를 85% 만개시에 단독으로 또는 40% 및 85% 만개 시 중복으로 처리하였다. 그리고 '후지'의 경우는 0.8% ATS와 2%LS+1.0%FO를 40%와 85% 만개 시에 단독 또는 중복으로 처리하였다. '후지'에서 1.0% ATS와 2%LS+2%FO를 사용하지 않은 이유는 중복 처리할 경우 약해가 나타날 우려가 있었기 때문이었다.

결과 및 고찰

가. 홍로

'홍로'에 처리된 0.6% ATS는 85% 만개시에 1회 처리하였을 때에 정화에서 약 42%의 착과 감소효과가 있었지만, 2회로(40% 만개와 85% 만개시) 처리하였을 경우에는 67% 착과감소를 유발하여 적과가 다소 과다하게 이뤄졌음을 관찰하였다(Table 2-1). 2%LS+1%FO 1회 처리는 0.6% ATS 1회 처리와 비슷한 착과 감소효과를 보였지만, 2%LS+1%FO 2회 처리로 착과가 과도하게 감소되었다(74% 감소). 측화에서 0.6% ATS 1회와 2회 처리에 의한 착과감소는 각각 29%와 49%로 정화와 비교해서 덜 민감하게 감소하였다. 2%LS+1%FO 처리에서도 비슷한 결과가 얻어졌다. 전체 꽃을 기준으로 했을 경우에도 0.6% ATS 2회 처리나 2%LS+1%FO 2회 처리에 의한 과다한 착과감소가 관찰되었다. ATS나 LS+FO를 2회 처리할 경우 가장 문제가 되는 것은 단과지잎에 대한 약제피해였다.

무착과된 화총의 비율은 0.6% ATS 1회 처리와 2%LS+1%FO 1회 처리에서 비슷하였다(Table 2-2). 2회 처리에 의해서 정화보다는 측화에서 무착과 화총 비율이 증가하였다. 예를 들면, 2%LS+1%FO 2회 처리로 정화의 72%에 과일이 전혀 맺지 않은 반면, 측화의 83%에 과일이 착과되지 않았다.

Table 2-1. Effects of number of application of ATS and lime sulphur + fish oil on total fruit set, determined on terminal and lateral flowers of 'Hongro'/M.9 apple trees. 1X = Treated once at 85% full bloom, 2X = Treated twice at 40% and 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set ²		
	Terminal flowers	Lateral flowers	Total
Control	97.2	86.8	90.5
0.6% ATS 1X	56.1	61.9	59.9
0.6% ATS 2X	31.6	43.8	39.5
2% LS + 1% FO 1X	51.1	59.6	56.3
2% LS + 1% FO 2X	25.3	28.1	27.2
LSD ($p=0.05$)	8.6	7.5	9.2

²Number of fruit per 100 flower clusters.

Table 2-2. Effects of number of application of ATS and lime sulphur + fish oil on percent defruited clusters, determined on terminal and lateral flowers of 'Hongro'/M.9 apple trees. 1X = Treated once at 85% full bloom, 2X = Treated twice at 40% and 85% full bloom.

Treatment	Defruited clusters ² (%)		
	Terminal flowers	Lateral flowers	Total
Control	43.9	38.3	40.1
0.6% ATS 1X	66.7	59.4	61.7
0.6% ATS 2X	68.3	71.5	70.3
2% LS + 1% FO 1X	68.3	57.4	63.5
2% LS + 1% FO 2X	72.1	82.5	78.1
LSD ($p=0.05$)	6.5	6.1	5.6

²Percentage flower clusters with no fruit set at all.

Table 2-3. Effects of number of application of ATS and lime sulphur + fish oil on fruit set distribution within the cluster, hand thin requirement (time taken for hand thin after June drop), fruit weight, and yield in 'Hongro'/M.9 apple trees. 1X = Treated once at 85% full bloom, 2X = Treated twice at 40% and 85% full bloom.

Treatment	% fruiting sites with			Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)
	Single	Double	≥3			
Control	58.3	35.8	5.9	15.2	242	17.6
0.6%ATS 1X	63.7	30.9	5.5	8.5	245	18.9
0.6%ATS 2X	65.5	29.6	4.9	3.8	247	14.5
2%LS + 1%FO 1X	65.6	30.4	4.0	7.1	240	18.1
2%LS + 1%FO 2X	62.5	32.1	6.5	3.2	248	9.9
LSD ($p=0.05$)	4.8	3.5	3.6	3.1	5.4	2.8

ATS나 2%LS+1%FO 처리에 의해서 1개만의 과일을 맺는 화총비율이 증가하였다(Table 2-3). 하지만 3개 이상의 과일을 맺는 화총비율에는 차이가 관찰되지 않았다. 손적과에 소요되는 시간은 약제 처리에 의해서 감소하였는데, 특히 ATS나 LS+FO를 2회 처리할 경우 상당히 감소하였다. 이에 대한 원인은 2회 처리에 의한 과도한 착과량 감소 때문인 것 같다. 과중에 미치는 처리의 유의적인 효과는 없었지만 약제처리에 의한 착과량 감소는 과일 크기의 증가로 이어지는 경향을 보였다. 하지만 수확량은 ATS나 LS+FO 2회 처리에 의해서 감소되었는데, 이는 과도한 착과량 감소가 원인인 것 같다.

수확시 과일의 품질은 동녹발생을 제외한 어떠한 항목에서도 유의성이 관찰되지 않았다(Table 2-4). 그러나 동녹발생은 ATS나 2%LS+1%FO 2회 처리에 의해서 유의성이 관찰되었다.

Table 2-4. Effects of number of application of ATS and lime sulphur + fish oil on fruit quality characteristics at harvest of 'Hongro'/M.9 apple trees. 1X = Treated once at 85% full bloom, 2X = Treated twice at 40% and 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Firmness (g/Φ8mm)	Russet (1-9) ^z	SSC (°Brix)	Acidity ^y
Control	0.89	91.2	4,012	2.3	14.5	3.21
0.6% ATS 1X	0.88	90.5	4,113	1.9	14.3	3.08
0.6% ATS 2X	0.89	89.5	3,892	3.2	14.9	3.36
2%LS + 1%FO 1X	0.88	91.4	3,927	3.5	14.6	3.25
2%LS + 1%FO 2X	0.89	89.9	3,856	6.8	14.6	3.15
LSD (<i>p</i> =0.05)	0.02	1.3	358	2.1	0.3	0.21

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

나. 후지

ATS를 0.8%로 85% 만개시에 1회 처리했을 때 약 25% 정도 착과가 감소되었고, 2회 처리 시에는 약 45%가 감소되었다(Table 2-5). 2% LS + 1% FO을 1회 처리시에는 34%의 착과 감소가, 2회 처리시에는 약 45%의 감소가 관찰되었다. 무착과 화총비율도 처리에 의해서 증가하였는데 2% LS + 1% LS 2회 처리에서 두드러졌다. ATS나 LS + FO 2회 처리에 의해서 잎에 약제피해가 상당히 발생하였다.

과중에 대한 처리의 유의적 효과는 관찰되지 않았다(Table 2-5). 수확량은 과다한 착과량 감소가 있었던 처리구, 즉 0.8% ATS 2회 처리구나 2% LS + 1% FO 처리구에서 유의적으로 감소되었다. 동녹발생은 ATS나 LS + FO 2회 처리에 의해서 증가하였다(Table 2-5). 과형, 과육경도, 착색, 당도 및 산도에서는 처리에 의한 어떠한 유의적인 차이도 관찰되지 않았다.

Table 2-5. Effects of number of application of ATS and lime sulphur + fish oil on total fruit set, percent defruited clusters, fruit weight and yield of 'Fuji'/M.9 apple trees. 1X = Treated once at 85% full bloom, 2X = Treated twice at 40% and 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters ^y (%)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)
Control	141.6	33.9	266	20.3
0.8% ATS 1X	106.5	55.9	273	21.7
0.8% ATS 2X	78.5	57.5	272	15.9
2% LS + 1% FO 1X	92.7	55.8	270	18.5
2% LS + 1% FO 2X	77.1	75.7	265	13.9
LSD (<i>p</i> =0.05)	10.2	8.2	4.5	2.4

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yPercentage flower clusters with no fruit set at all.

Table 2-6. Effects of number of application of ATS and lime sulphur + fish oil on fruit characteristics at harvest of 'Fuji'/M.9 apple trees. 1X = Treated once at 85% full bloom, 2X = Treated twice at 40% and 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.88	86.2	2.4	3,405	14.6	8.64
0.8% ATS 1X	0.88	85.3	2.8	3,369	14.7	7.73
0.8% ATS 2X	0.88	85.5	6.5	3,412	15.0	8.34
2% LS + 1% FO 1X	0.87	86.3	4.1	3,310	15.3	7.65
2% LS + 1% FO 2X	0.89	87.2	7.2	3,487	14.5	7.22
LSD (<i>p</i> =0.05)	0.02	1.1	1.8	141	1.2	0.42

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

2. 수세가 적과효율에 미치는 영향

주요결과: 수세가 ATS의 착과 감소에 미치는 영향은 '홍로'에서는 나타나지 않았으나 '후지'에서는 유의적으로 나타났다. 수세가 상대적으로 강한 나무에서 ATS에 대한 적과반응이 적게 나타났다. 과중이나 수확량은 수세가 강한 나무에서 증가하였다. 수세가 과일의 품질에 영향을 미치지 않았다.

재료 및 방법

전라북도 장수군에 소재한 과원에서 2006년 수행한 본 시험에서는 수세가 적과효율에 미치는 영향을 조사하였다. 수세는 cm^2 주간단면적(TCSA) 당 화총수를 기준으로 수세가 강한 것과 보통인 두 그룹으로 구분하였다. 두 품종 공히 cm^2 TCSA 당 5개 이하를 수세가 강한 그룹(high vigor)으로, 10개 이상은 상대적으로 수세가 약한 그룹(medium vigor)으로 정하였다. '홍로'의 경우는 0.6% ATS를 7년생 '홍로'/M.9 사과나무에 85% 만개시에 처리하였고, '후지'는 1.0% ATS를 85% 만개 시에 처리하였다. 시험구는 완전임의배치법을 사용하여 1주를 1반복으로 5반복처리 하였다. 실험디자인은 2 x 2 요인분석(AT스와 수세 각각 2 수준)으로 SAS GLM을 이용하여 요인분석하였다.

결과 및 고찰

가. 홍로

나무의 수세에 따른 적화제의 적과효율을 조사했을 때 수세의 영향은 관찰되지 않았다(Table 2-7). 총착과율은 수세와는 상관없이 0.6% ATS 처리에 의해서 상당히 감소되었는데, 무착과 화총비율에서도 유사한 결과를 보였다. ATS 처리에 의해서 1개의 과일을 맺은 화총비율이 증가하였고, 3개 이상의 과일을 맺는 화총비율은 감소되었다.

손적과에 소요되는 시간은 ATS처리에 의해서 유의성 있게 감소되었지만 수세의 영향은 없었다(Table 2-8). ATS 처리에 의한 착과감소는 과중의 증가로 이어지지 않았지만, 수세가 강한 나무가 상대적으로 약한 수세를 가진 나무보

다 과중이 더 증가하였다. 수확량은 수세가 상대적으로 강한 나무에서 증가하였다. 그리고 익년 개화정도는 0.6% ATS처리에 의해서 약간 증가하였다.

수세가 수확 시 또는 저장 후에 과일의 품질에 미치는 영향은 관찰되지 않았다(Tables 2-9, 2-10).

Table 2-7. Effect of tree vigor on thinning of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees treated by 0.6% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
<u>Low vigor</u>					
Control	158.5	13.9	44.8	33.2	22.0
0.6% ATS	82.2	44.0	61.3	31.6	7.1
<u>High vigor</u>					
Control	145.1	28.3	34.7	35.8	29.5
0.6% ATS	92.3	51.1	73.5	20.8	5.7
<u>Significance</u>					
ATS	***	***	****	*	***
Vigor	NS	NS	NS	NS	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS	NS	NS

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

NS, *, ***, **** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, 0.001 or 0.0001, respectively.

Table 2-8. Effect of tree vigor on hand thin requirement (after June drop), mean fruit weight, yield, and return bloom of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees treated with 0.6% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (flower no./cm ² TCSA)
			<u>Low vigor</u>	
Control	11.3	255	14.3	9.1
0.6% ATS	7.7	256	14.6	10.5
			<u>High vigor</u>	
Control	13.9	258	16.2	7.2
0.6% ATS	6.5	262	15.9	8.4
<u>Significance</u>				
ATS	**	NS	NS	*
Vigor	NS	*	**	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS	NS

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.01 , respectively.

Table 2-9. Effect of tree vigor on fruit quality characteristics at harvest of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees treated with 0.6% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity
				<u>Low vigor</u>		
Control	0.85	85.2	1.6	3,646	14.1	3.12
0.6% ATS	0.87	86.4	1.9	3,576	14.2	2.91
				<u>High vigor</u>		
Control	0.87	84.2	1.9	3,731	14.0	3.31
0.6% ATS	0.86	85.5	2.4	3,416	14.3	3.27
<u>Significance</u>						
ATS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Vigor	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

Table 2-10. Effect of tree vigor on fruit quality characteristics after storage (50 days at 3°C) of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees treated with 0.6% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity
		<u>Low vigor</u>	
Control	3,384	13.7	2.29
0.6% ATS	3,272	14.2	2.44
		<u>High vigor</u>	
Control	3,571	14.5	2.49
0.6% ATS	3,290	14.6	2.53
<u>Significance</u>			
ATS	NS	NS	NS
Vigor	NS	NS	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS

나. 후지

'후지'의 경우 수세가 ATS에 의한 착과량 감소에 영향을 미쳤다(Table 2-11). 0.8% ATS를 85% 만개시에 처리했을 때 상대적으로 수세가 약한 나무에서는 약 20%의 착과감소가 있었지만, 강한 수세를 가진 나무에서는 15%의 감소를 보여, 수세가 강할수록 약제처리에 대한 반응은 감소되었다. '홍로'에서는 수세에 따른 착과 감소효과가 나타나지 않아 이러한 경향은 품종에 따라 다르게 나타나는 것 같다. ATS 처리에 의한 무착과 화충비율 값은 증가하였다. 그리고 1개의 과일을 맺는 화충비율에는 차이가 없었으나 3개 이상의 과일을 맺은 화충율은 다소 감소하여, '후지'에서 ATS에 의한 착과율 감소는 무착과 화충비율의 증가와 3개 이상의 과일을 맺는 화충비율의 감소로 인한 것 같다.

Table 2-11. Effect of tree vigor on thinning of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees treated by 1.0% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%) ^y	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
<u>Low vigor</u>					
Control	69.0	26.9	51.2	29.7	19.1
1.0% ATS	55.4	39.8	52.2	31.6	16.2
<u>High vigor</u>					
Control	70.9	30.1	49.4	29.8	20.8
1.0% ATS	60.1	40.6	53.3	31.9	14.7
<u>Significance</u>					
ATS	***	**	NS	NS	*
Vigor	*	NS	NS	NS	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS	NS	NS

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yPercentage flower clusters with no fruit set at all.

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively.

ATS처리에 의해서 손적과에 소요되는 시간이 단축되었으나 수세의 영향은 관찰되지 않았다(Table 2-12). 또한 ATS처리에 의해 과중은 증가되지 않았으나 수세가 강한 나무에서 과중과 수확량이 증가하였다. 익년 개화정도는 ATS와 수세에 의해 영향을 받지 않았다.

수확시 과일의 품질에 미치는 ATS나 수세의 영향은 관찰되지 않았다(Table 2-13). 3개월 저온저장 후 측정된 과일품질 또한 ATS나 수세에 영향을 받지 않았다(Table 2-14). 처리에 상관없이 과육경도와 산도는 감소하였지만 당도는 수확 시 수준을 유지하였다.

Table 2-12. Effect of tree vigor on hand thin requirement (after June drop), mean fruit weight, yield, and return bloom of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees treated with 1.0% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (flower no./cm ² TCSA)
<u>Low vigor</u>				
Control	6.1	272	18.2	6.1
1.0% ATS	4.7	273	17.9	6.4
<u>High vigor</u>				
Control	5.9	276	18.9	4.9
1.0% ATS	4.7	274	20.6	5.1
<u>Significance</u>				
ATS	*	NS	NS	NS
Vigor	NS	*	*	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS	NS

NS, * Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, respectively.

Table 2-13. Effect of tree vigor on fruit quality characteristics at harvest of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees treated with 1.0% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity
<u>Low vigor</u>						
Control	0.85	82.6	2.5	3,577	15.1	5.01
1.0% ATS	0.86	83.0	3.1	3,524	15.6	5.46
<u>High vigor</u>						
Control	0.86	82.3	2.7	3,566	15.6	5.56
1.0% ATS	0.87	83.9	2.3	3,528	15.8	5.43
<u>Significance</u>						
ATS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Vigor	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

Table 2-14. Effect of tree vigor on fruit quality characteristics after 80 days of storage at 3°C of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees treated with 1.0% ATS at 85% full bloom.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^z
		<u>Low vigor</u>	
Control	3,028	15.0	4.11
1.0% ATS	3,047	16.4	4.38
		<u>High vigor</u>	
Control	3,240	15.9	4.80
1.0% ATS	3,101	15.5	4.47
<u>Significance</u>			
ATS	NS	NS	NS
Vigor	NS	NS	NS
ATS x Vigor	NS	NS	NS

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^{NS}Nonsignificant.

3. 살포량이 적과효율에 미치는 영향

주요결과: 착과량의 감소는 살포량이 증가하면서 더 커졌다. 본 시험에서 '적정살포량'이란 약제를 나무에 살포하였을 때 잎에 묻은 용액이 흘러 떨어지지 않을 정도의 양을 말하는데, 적정보다 33% 적게 살포할 경우 '홍로'가 '후지'보다 더 큰 착과감소를 보여 '홍로'가 ATS 약제에 더 민감하다는 것을 알 수 있었다. 적정량보다 33% 많게 살포할 경우 착과량 감소는 뛰어났지만, 두 품종 공히 잎에 약제피해가 나타났고, 과일의 크기가 향상되지 않았으며, 수확량의 감소와 과일에 동녹발생이 유발되었다. 따라서 ATS의 적정량 살포는 품질과 생산성 유지에 매우 중요하다.

재료 및 방법

본 시험에서는 ATS 살포량이 '홍로'와 '후지'의 적과효율과 품질에 미치는 영향을 구명하고자 2006년에 전라북도 장수군에 소재한 A과원에서 7년생 '홍로'/M.9와 '후지'/M.9을 가지고 시행하였다. 각 품종은 세 수준의 살포량, 즉, low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), 그리고 high spray volume (HSV)로 처리되었다. MSV는 약제를 나무에 살포하였을 때 잎에 묻은 용액이 흘러 떨어지지 않을 정도의 양을 말하였다. LSV는 살포용액이 잎이나 꽃에 살짝 묻는 정도의 양, 그리고 HSV는 살포용액이 충분히 흘러내릴 정도의 양을 의미하였다. 약제차의 살포량으로 환산하면 LSV는 2000L/ha, MSV는 3000L/ha, 그리고 HSV는 4000L/ha 정도의 살포량이었다. '홍로'는 0.6% ATS로, '후지'는 1.0% ATS로 85% 만개시에 backpack 분무기로 처리하였다. 시험구는 완전임의배치법을 사용하여 1주 1반복으로 5반복 처리하였다. 적과효율 및 수확시 또는 저장후 과일품질에 대해서 조사하였다.

결과 및 고찰

가. 홍로

살포량에 의한 ATS의 착과 감소효과는 살포량이 증가할수록 증가하였다 (Table 2-15). MSV로 처리했을 경우 39% 정도 총착과율이 감소되었고, LSV 처리와 HSV처리에서는 각각 28%와 41% 정도 감소되었다. 1개 과일을 맺는 화총비율은 MSV 이상으로 처리했을 때 유의적으로 증가하였고, 3개 이상의 과일을 맺는 화총비율은 감소되었다. 잎에 대한 약해는 HSV처리에서 심각하였고, LSV와 MSV처리에서는 피해가 없었다.

살포량에 상관없이 ATS처리에 의한 손적과에 소요된 시간 경감에 대한 효과는 유의적으로 나타났다(Table 2-16). 과중은 LSV와 MSV처리에서 증가하였지만 HSV처리에서는 증가하지 않았다. 이는 약제의 과다 처리에 의한 엽소피해가 과일의 생장에 지장을 주었고, 이는 결국 수확량의 감소로 이어진듯하다. 살포량에 따른 익년 개화정도는 별 차이가 없었다.

살포량이 수확시 과일의 품질에 미치는 영향은 단지 동녹발생에서 유의적인 차이가 관찰되었다(Table 2-17). HSV처리구에서 동녹발생이 증가하였지만 MSV 또는 LSV처리에서는 대조구와 차이 없이 낮았다. 과형, 착색, 과육경도,

당도 및 산도에 유의적 차이는 없었다. 저온 공기저장 후 조사된 과일의 품질에서도 살포량에 따른 차이는 관찰되지 않았다(Table 2-18).

Table 2-15. Effect of spray volume on thinning of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees. 0.6% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	141.0 a ^y	13.9 b	44.8 b	33.2 a	22.0 a
ATS LSV	102.3 b	32.0 a	48.2 b	35.8 a	15.9 b
ATS MSV	86.1 c	41.4 a	67.1 a	23.3 b	9.6 b
ATS HSV	82.9 c	43.9 a	64.5 a	27.2 b	8.3 b

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2-16. Effect of spray volume on hand thin requirement (after June drop), mean fruit weight, yield, and return bloom of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees. 0.6% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (flower no./cm ² TCSA)
Control	10.7 a ^z	250 b	15.1 a	5.4 a
ATS LSV	7.33 b	254 a	14.8 a	5.1 a
ATS MSV	5.95 b	256 a	14.5 a	4.9 a
ATS HSV	6.43 b	249 b	8.4 b	5.8 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2-17. Effect of spray volume on fruit quality characteristics at harvest of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees. 0.6% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.87 a ^x	86.5 a	1.5 b	3,766 a	14.2 a	3.26 a
ATS LSV	0.88 a	88.0 a	2.2 b	3,499 a	14.0 a	2.74 a
ATS MSV	0.88 a	84.7 a	2.0 b	3,459 a	14.3 a	3.04 a
ATS HSV	0.88 a	84.9 a	5.4 a	3,479 a	14.7 a	3.30 a

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2-18. Effect of spray volume on fruit quality characteristics after storage (50 days at 3°C) of 7-year old 'Hongro'/M.9 apple trees. 0.6% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^z
Control	3,215 a ^y	14.3 a	2.20 a
ATS LSV	3,287 a	13.8 a	2.05 a
ATS MSV	3,404 a	14.3 a	2.09 a
ATS HSV	3,387 a	14.5 a	2.15 a

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

나. 후지

‘후지’에서 1% ATS의 살포량에 따른 착과율 감소 정도는 살포량이 증가함에 따라 증가하였다(Table 2-19). LSV 처리에서는 약 12%, 적정 살포량에서는 24%, 그리고 HSV 처리에서는 36% 정도 감소되었다. 이러한 수치는 ‘홍로’의 것과 비교할 때 낮았는데, 특히, LSV에서 ‘홍로’의 28%보다 낮은 12%의 감소를 보여, ‘후지’가 ‘홍로’에 비하여 약제에 덜 민감하다는 것을 말해준다. 그래서 ‘후지’의 경우 ATS의 적정량 살포는 착과효율 향상에 매우 중요하다 할 수 있다. 무착과 화총비율은 살포량이 증가함에 따라 증가하였지만 1개 과일만을 맺는 화총비율의 증가 효과는 관찰되지 않았다. 따라서 살포량에 따른 착과 감소 효과는 각 처리에 따른 무착과 화총비율의 증가와 관련이 있었다.

손적과 소요 시간은 살포량이 증가할수록 감소하였는데, 이는 각 처리의 착과량 감소효과와 관련이 있는 것으로 생각된다(Table 2-20). 과중은 적정 살포량 처리에서만 유의적인 향상이 있었지만, LSV나 HSV 처리에서는 대조구와 통계적인 차이는 없었다. LSV 처리에서 관찰된 미약한 착과량 감소와 HSV 처리에서 유발된 잎에 대한 약제피해가 그 원인인 듯하다. 살포량은 과일의 품질에 영향을 미치지 않았다(Tables 2-21, 2-22).

Table 2-19. Effect of spray volume on thinning of 7-year old ‘Fuji’/M.9 apple trees. 1.0% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	85.2 a ^y	18.5 c	50.1 a	25.5 a	24.5 a
ATS LSV	75.0 ab	25.7 bc	53.5 a	29.8 a	16.8 b
ATS MSV	65.4 b	34.6 b	57.7 a	26.1 a	16.1 b
ATS HSV	53.9 c	46.1 a	54.4 a	26.8 a	18.9 b

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2-20. Effect of spray volume on hand thin requirement (after June drop), mean fruit weight, yield, and return bloom of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees. 1.0% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (flower no./cm ² TCSA)
Control	7.4 a ^z	263 b	18.2 a	4.3 a
ATS LSV	6.2 ab	261 b	19.2 a	4.5 a
ATS MSV	5.1 b	270 a	17.9 a	5.4 a
ATS HSV	4.8 b	265 b	11.3 b	5.4 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2-21. Effect of spray volume on fruit quality characteristics at harvest of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees. 1.0% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.85 a ^x	83 a	2.5 b	3,576 a	15.1 a	5.01 a
ATS LSV	0.86 a	84 a	2.5 b	3,499 a	15.0 a	4.82 a
ATS MSV	0.86 a	85 a	2.4 b	3,495 a	15.4 a	5.71 a
ATS HSV	0.87 a	86 a	5.8 a	3,603 a	15.5 a	6.42 a

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 2-22. Effect of spray volume on fruit quality characteristics after storage (90 days at 3°C) of 7-year old 'Fuji'/M.9 apple trees. 1.0% ATS was treated at 85% full bloom with three levels of spray volume, i.e., low spray volume (LSV), moderate spray volume (MSV), and high spray volume (HSV).

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^z
Control	3,015 a ^y	14.5 a	4.99 a
ATS LSV	2,988 a	15.1 a	3.90 a
ATS MSV	2,978 a	15.4 a	4.71 a
ATS HSV	3,141 a	15.4 a	5.02 a

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

제 3 절 ‘개화후 적과제’로서 Accel[®]과 MaxCel[®]시험

서 언

사과산업의 선진국, 즉 북미나 유럽에서 지금까지 ‘개화후 적과제(post-bloom thinning agent)’로서 사용 중인 약제 중에서 가장 효과적인 것은 1958년 Batjer와 Westwood에 의해서 적과제로서 가능성이 입증된(Batjer와 Westwood, 1960) carbaryl(Sevin)이라 할 수 있다. Carbaryl은 mild thinner로 대개 750 ppm 이상에서는 효과가 증가하지 않는 것으로 알려져 있다(Southwick 등, 1964, Way, 1967). 현재 carbaryl은 많은 나라에서 사과 적과프로그램의 중요한 부분을 차지하고 있다. 적화제 처리후 더 많은 착과감소가 필요한 경우 carbaryl을 과경 5-15mm 사이에 살포함으로 효과적인 적과를 할 수 있다.

그러나 carbaryl을 사용함으로 몇몇 문제점이 야기될 수 있어 주의가 따른다. 첫째, carbaryl은 살충제이기 때문에 살포시 응애의 천적을 죽임으로 응애의 발생을 도모할 수 있다(Byers 등, 1982). 또한 나무에 꽃이 늦게까지 필 경우(즉 화의 개화) carbaryl 살포는 벌들을 죽일 수 있다. 그러므로 이 약제의 사용은, 특별히 중복해서 처리될 경우, 종합해충방제(IPM) 프로그램을 유지하는데 어려움을 준다(Hislop와 Prokopy, 1981). 벌이나 응애의 천적에 덜 해로운 새로운 형태의 carbaryl인 Sevin-XLR이 개발되었는데, 약제의 처리시기가 앞당겨질 수 있어(예: petal fall) 적과효과를 향상시킬 수 있었다.

국내의 사과 재배농가의 극히 일부에서 carbaryl을 적과목적으로 개화기에 사용하고 있는데, 이는 여러 부작용을 낳을 수 있어 주의가 요망된다. 특히, 국내에서 사용 중인 carbaryl은 분말형인 관계로 벌이 화분으로 오인할 수 있어 벌들에게 큰 피해가 유발될 수 있다.

Cytokinin인 6-benzyladenine(BA)은 화학적 적과 능력을 가지고 있으며 또한 과일의 크기를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Greene 등, 1992; Wismer 등, 1995). Accel[®](Valent BioSciences Corp., Libertyville, IL)은 미국에서 사과를 위한 적과제로 등록이 되어 있으며 활성물질로서 BA(18g/L)와 GA₄₊₇(1.8g/L)을 포함하고 있다. 지금까지 발표된 결과를 보면 적과효과가 일정하게 나타나지 않아 더 많은 연구가 필요한 것 같다(Bound, 2006). 최근에 BA만을 포함하는 MaxCel[®](19 g/L BA, Valent BioSciences, Libertyville, IL)이 개발되어 사과의 적과제로 등록되었는데, 이 물질은 적과효과 뿐만 아니라 과일의 초기 발육기

간에 세포분열을 촉진하여 궁극적으로 과일의 크기를 향상하는 것으로 알려져 있다. 이러한 BA물질은 Sevin과 다르게 응애천적에 피해를 주지 않고 (Thistlewood and Elfving, 1992; Green and Autio, 1994), 수체에 잔류하지도 않기 때문에 환경적으로 더 안전할 뿐만 아니라 식품의 품질에 대한 가이드라인을 충족시킬 수 있다. 만약 이러한 약제가 ‘홍로’와 ‘후지’의 ‘적과제’로서 Sevin을 대체할 수 있다면 친환경적인 사과생산에 상당한 기여를 할 것이다.

본 시험에서는 ‘홍로’/M.9와 ‘후지’/M.9을 사용하여 Accel과 MaxCel의 최적처리농도 및 처리시기를 결정하였다. 대조구로 Sevin-XLR 단독처리와 Sevin-XLR + NAA 혼용처리를 포함하여 Accel과 MaxCel의 적과효과와 비교하였다.

1. 적과제로서 Accel 시험

주요결과: 적과제로 개발된 Accel은 6-benzyladenine과 GA₄₊₇을 포함하는 물질인데, ‘홍로’와 ‘후지’에 0, 50, 100, 150 ppm으로 과경 10-mm 시기에 처리하였을 때 착과량 감소효과는 관찰되지 않았다. 하지만 Sevin을 단독(홍로-800 ppm, 후지-1000 ppm)으로 또는 3 ppm NAA와 혼용으로 처리하였을 때 유의적인 착과량 감소효과가 있었다(홍로: 11~16%, 후지: 11~14%). Accel처리에 의한 과일크기 증대 효과를 보면, 홍로‘에서는 약간 긍정적인 효과가 있었지만, ‘후지’에서는 그렇지 않았다. Accel 처리는 과일의 품질이나(동녹발생, 과형, 당도, 산도, 경도, 착색 등) 익년개화에 어떠한 영향도 미치지 않았다. 결론적으로 Accel은 ‘홍로’나 ‘후지’에 적과제로서 효과가 없었다.

재료 및 방법

본 시험은 2004년 전라북도 장수군 소재 과원(홍로)와 전라북도 농업기술원 과원(후지)에서 시행하였다. 6년생 ‘홍로’/M.9과 5년생 ‘후지’/M.26를 사용하였다. Accel®(Valent BioSciences Corp., Libertyville, IL)은 두 품종 공히 6-benzyladenine을 기준으로 0, 50, 100, 150 ppm으로 0.1% 전착제와 함께 처리하였다. 대조구로 또한 Sevin-XLR(Bayer CropScience, NC, USA) 단독 또는 NAA(K-salt; Fruit Fix, AMVAC Chemical Corp., Los Angeles)와의 혼용 처리를 포함시켰다. ‘홍로’는 Sevin-XLR 800 ppm과 Sevin 800 ppm-XLR + 3 ppm NAA으로

처리하였고, ‘후지’는 Sevin-XLR 1000 ppm과 Sevin-XLR 1000 ppm + 3 ppm NAA로 처리하였다. 처리는 바람이 잔잔한 오전 8시~10시에 backpack 분무기를 사용하여 하였다. 처리 후 기온은 23℃ 이상 상승하였다. 시험구는 완전임의배치법으로 1주 1반복으로 5반복으로 하였다. 생리적 낙과후 손적과를 실시하기 전 화총 당 착과된 과일의 수를 계수하여 적과효율을 계산하였고, 수확시 과일의 품질을 측정하여 적과제에 의한 영향을 조사하였다.

결과 및 고찰

가. 홍로

Accel의 착과 감소 효과는 Sevin 단독 또는 Sevin + NAA 혼용처리와 비교했을 때 관찰되지 않았다(Table 3-1). 무처리 대조구와 비교했을 때 Sevin 단독처리는 약 11%, Sevin + NAA 처리는 16% 정도의 착과 감소효과가 있었다. 또한 Accel 처리는 무착과 화총비율이나 과총 내 착과분포에 영향을 미치지 않았다. 하지만 Sevin 단독 또는 Sevin+NAA 처리는 무착과 화총비율 수치에는 영향을 미치지 않았으나 1개 과일을 맺는 화총비율을 증가시켜, Sevin에 의한 착과량 감소는 과총내 착과수 감소가 주요인인 것 같다.

Accel은 손적과에 소요되는 시간을 단축하지 않았지만 Sevin 단독 또는 Sevin+NAA 처리에 의해서 단축되는 경향을 보였다(Table 3-2). 과중은 Accel 처리에서 약간 증가하는 경향을 보였는데, 이는 Accel에 의한 착과량 감소에 기인된 과일 크기의 증가가 아니라 과일발육 자체에 미치는 Accel의 긍정적 효과가 그 원인인 듯하다. Accel은 수확량이나 익년 개화에도 영향을 미치지 않았으나, Sevin 단독 또는 Sevin+NAA 처리는 익년개화를 증가시키는 경향을 보였다(Table 3-2). 수확시 과일의 품질은 어떠한 처리에 의해서도 영향을 받지 않았다(Table 3-3).

Table 3-1. Effect of Accel on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various rates at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with NAA were included for comparison.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percentage fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	73.9	26.1	55.5	37.5	7.1
Accel 50 ppm	78.5	21.5	56.7	28.4	14.8
Accel 100 ppm	72.3	27.7	60.8	30.1	9.1
Accel 150 ppm	80.8	19.2	59.5	31.7	8.8
Sevin 800 ppm	65.7	27.3	72.7	22.1	5.2
Sevin 800 ppm + NAA 3 ppm	62.2	22.8	82.2	16.2	1.2
LSD	3.2	4.8	8.4	6.1	5.6

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

Table 3-2. Effect of Accel on hand thin requirement (time taken for hand thin after June drop), mean fruit weight, yield, and return bloom of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various rates at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with NAA were included for comparison.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	8.3	242	14.1	7.5
Accel 50 ppm	8.6	251	15.9	8.4
Accel 100 ppm	8.2	257	14.9	7.1
Accel 150 ppm	8.0	251	16.4	6.7
Sevin 800 ppm	7.9	245	14.7	9.1
Sevin 800 ppm + NAA 3 ppm	7.5	251	15.8	10.2
LSD	0.5	6.2	2.8	2.1

Table 3-3. Effect of Accel on fruit quality characteristics at harvest of 'Hongro'/M.9 apple trees treated with various rates at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with NAA were included for comparison.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.91	92.8	1.8	3,205	14.8	4.43
Accel 50 ppm	0.91	90.5	1.5	3,408	15.2	5.10
Accel 100 ppm	0.90	89.4	1.7	3,412	14.5	4.73
Accel 150 ppm	0.91	92.7	1.6	3,518	14.3	4.58
Sevin 800 ppm	0.92	90.4	1.9	3,306	14.9	4.88
Sevin 800 ppm + NAA 3 ppm	0.92	91.4	1.1	3,215	14.5	4.58
LSD	0.02	2.5	0.5	156	0.3	0.35

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

나. 후지

'후지'에서 Accel에 의한 적과효과는 관찰되지 않았다(Table 3-4). 그러나 Sevin이나 Sevin+NAA처리에 의해서 총착과율은 각각 12%와 14% 감소하였다. 그리고 무착과 화총비율도 Accel에 의해서는 영향을 받지 않았으나 Sevin이나 Sevin+NAA 처리에 의해서 약간 증가하였다. 과일 1개만을 착과시킨 화총비율도 Sevin이나 Sevin+NAA 처리에 의해서 증가하였고 3개 이상의 과일을 착과시킨 화총의 비율은 약간 감소되었는데, 이러한 결과는 '홍로'에서도 유사하게 관찰되었다(Table 3-1). 과일이 1개라도 착과된 화총 중에서 중심화가 착과된 화총의 비율은 84~92%로 처리에 의한 유의적 차이는 관찰되지 않았다(Table 3-4).

Accel 처리에 의한 손적과 소요시간의 단축은 관찰되지 않았으나, Sevin이나 Sevin+NAA 처리에 의해서 약간의 단축효과가 있었다(Table 3-5). 어떠한 처리도 과중, 수확량 또는 익년 개화에 영향을 미치지 않았다.

수확시 과일 품질에도 유의적인 처리효과는 관찰되지 않았다(Table 3-6).

Table 3-4. Effect of Accel on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Fuji'/M.26 apple trees treated with various rates at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with NAA were included for comparison.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%) ^y	Percentage fruiting sites with:			King fruit set (%)
			Single	Double	≥3	
Control	129	25	41.0	25.5	33.5	83.8
Accel 50 ppm	120	22	44.2	29.2	26.6	91.5
Accel 100 ppm	132	28	42.8	30.2	27.0	84.5
Accel 150 ppm	119	30	40.7	27.7	31.6	86.8
Sevin 1000 ppm	113	35	48.3	26.7	25.0	88.2
Sevin 1000 ppm + NAA 3 ppm	111	34	49.4	30.2	20.4	83.6
LSD	11.5	3.2	6.2	3.8	5.6	6.2

^zNumber of fruit per 100 flower clusters, determined after June drop.

^yPercentage fruiting sites with at least king fruit out of total fruited clusters.

Table 3-5. Effect of Accel on hand thin requirement (time taken for hand thin after June drop), mean fruit weight, yield and return bloom of 'Fuji'/M.26 apple trees treated with various rates at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with NAA were included for comparison.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	10.3	261	14.8	5.82
Accel 50 ppm	8.9	265	15.3	4.94
Accel 100 ppm	9.3	259	14.9	5.39
Accel 150 ppm	9.7	266	14.6	6.02
Sevin 1000 ppm	8.0	260	16.1	5.85
Sevin 1000 ppm + NAA 3 ppm	7.1	265	15.2	6.15
LSD	2.5	9	2.6	2.14

Table 3-6. Effect of Accel on fruit quality characteristics at harvest of 'Fuji'/M.26 apple trees treated with various rates at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with NAA were included for comparison.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1-9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity ^y
Control	0.86	84	2.5	4,112	14.7	7.6
Accel 50 ppm	0.84	84	2.8	4,213	14.3	8.2
Accel 100 ppm	0.86	85	2.1	4,042	14.9	8.4
Accel 150 ppm	0.87	83	2.5	4,091	15.2	7.9
Sevin 1000 ppm	0.86	87	3.4	3,903	14.8	8.7
Sevin 1000 ppm + NAA 3 ppm	0.87	84	2.8	3,982	15.5	8.3
LSD	0.03	5	0.7	227	0.35	0.43

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

2. 적과제로서 MaxCel 시험

가. 처리농도 결정

주요결과: MaxCel에 의해서 ‘홍로’와 ‘후지’의 착과가 감소되었는데, 효과는 처리농도가 증가할수록 향상되었다. ‘홍로’에서 100 ppm MaxCel에 의한 착과량 감소는 정화에서 18%, 액화에서 26%로 나타나, MaxCel에 대한 반응은 정화보다는 액화에서 더 컸다. ‘후지’에서는 125 ppm MaxCel 처리가 착과량 감소에 효과적이었다. MaxCel은 Sevin보다 더 효과적이었고, MaxCel을 Sevin과 혼합하여 처리했을 때 적과효과는 MaxCel 단독처리보다 더 좋았다. 두 품종에서 MaxCel처리는 과일의 크기를 증가시키는 경향을 보였고, 대체적으로 과일의 품질에는 영향을 미치지 않았다.

재료 및 방법

MaxCel의 처리농도 결정을 위한 시험은 2005년에 전라북도 장수군 소재 한

과원에서 6년생 '홍로'/M.9 과 '후지'/M.9을 사용하여 시행하였다. '홍로'에 처리된 MaxCel 농도는 6-benzyladenine 기준으로 0, 75, 100 ppm이었고, '후지'는 0, 100, 125 ppm을 사용하였다. 이러한 농도의 기준은 제조회사의 권장농도를 참고하여 결정하였다. 처리는 과경 10-mm에서 backpack 분무기를 사용하여 실시하였다. Sevin-XLR을 단독 또는 MaxCel과의 혼용처리구를 대조구에 추가하여 MaxCel 단독구와 비교하였다. MaxCel의 과일 크기에 미치는 영향은 통계분석시 착과량을 covariate으로 사용함으로 착과량 감소가 과일크기에 미치는 영향을 배제하였다.

결과 및 고찰

1) 홍로

MaxCel에 의해서 착과가 감소되었는데 효과는 처리농도가 증가할수록 향상되었고(Table 3-7), 정화보다는 액화가 더 민감하게 반응하였다(예: 100 ppm의 경우 18% vs 26%). 이러한 MaxCel의 적과효과는 1000 ppm Sevin-XLR 단독 처리의 것보다는 더 좋았으나 75ppm MaxCel + 1000 ppm Sevin 처리보다는 덜 하였다. 이 혼용구의 적과효과는 꽃눈의 종류와는 상관없이 처리 중 가장 양호하였다(정화-28%, 액화-30%). 무착과 화충의 비율은 100 ppm MaxCel과 MaxCel+Sevin 처리에 의해서 증가하였는데, 이러한 효과는 정화보다는 액화에서 다소 더 두드러졌다. 이러한 결과는 MaxCel 처리에 의해서 '홍로'의 액화과일이 제거될 수 있는 가능성을 보여주었다.

오직 1개의 과일만을 맺은 화충의 비율은 100 ppm MaxCel 처리구와 MaxCel+Sevin 혼합처리에서 높았다(Table 3-8). 이러한 효과는 적과제의 매우 바람직한 기능으로, 적과제 처리 후 추가적인 착과량 감소가 필요할 때 유용하게 사용되어 질 수 있다. 따라서 이러한 처리에 의해서 손적과에 소요된 시간은 단축되었다. 과중은 MaxCel 100ppm 처리구와 MaxCel+Sevin 혼용구에서 유의적인 증가가 관찰되었지만 나무 당 수량증가는 관찰되지 않았다.

수확시 과일품질에 미치는 영향은 Table 3-9에 나타나 있다. MaxCel 100 ppm 처리구에서 과장/과경 비율이 다소 감소하였는데, 이는 MaxCel 처리에 의해서 과일이 다소 평평해졌다는 것을 의미한다. 다른 특징들(착색정도, 과육경도, 녹발생, 당도 및 산도)에서는 유의적 차이가 관찰되지 않았지만, Sevin 단독구 또는 MaxCel+Sevin 혼용구에서 녹발생이 다소 증가하는 경향을 보였다.

Table 3-7. Determination of optimal concentration of MaxCel as a postbloom thinner for 6-year old 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution. Trees were treated with 0, 75 or 100 ppm MaxCel at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with MaxCel were included for comparison.

Treatment	Total fruit set ^z			Defruited clusters (%)		
	Terminal flowers	Lateral flowers	Total	Terminal flowers	Lateral flowers	Total
Control	97.2 a ^y	86.8 a	90.5 a	33.9 b	28.3 b	30.1 c
MaxCel 75 ppm	89.1 ab	74.4 a	80.8 b	33.0 b	40.0 a	38.7 b
MaxCel 100 ppm	78.5 b	64.2 b	67.8 c	43.8 a	44.2 a	42.4 ab
Sevin 1000 ppm	87.7 b	81.7 a	82.8 b	36.1 b	40.2 a	38.1 b
MaxCel 75 ppm+Sevin	69.8 c	61.1 b	63.5 d	46.7 a	45.9 a	46.7 a

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-8. Determination of optimal concentration of MaxCel as a postbloom thinner for 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on fruit set distribution within the cluster, hand thin requirement, mean fruit weight, and yield. Trees were treated with 0, 75 or 100 ppm MaxCel at 10-mm fruit diameter. Sevin-XLR only or with MaxCel were included for comparison.

Treatment	% fruiting sites with:			Time taken for hand thin (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)
	Single	Double	≥3			
Control	58.3 b ^z	35.8 a	5.9 a	17 a	242.7 b	15.2 a
MaxCel 75 ppm	52.9 b	37.2 a	9.8 a	16 a	245.0 ab	14.5 a
MaxCel 100 ppm	72.3 a	22.0 b	5.6 a	12 b	249.3 a	16.5 a
Sevin 1000 ppm	68.2 a	25.8 b	6.1 a	15 ab	240.3 b	15.3 a
MaxCel 75 ppm+Sevin	74.9 a	21.6 b	3.4 a	12 b	248.5 a	16.2 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-9. Determination of optimal concentration of MaxCel as a postbloom thinner for 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on fruit quality characteristics. Trees were treated with 0, 75 or 100 ppm MaxCel at 10-mm fruit diameter. 1000 ppm Sevin-XLR only or with 75 ppm MaxCel were included for comparison.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Acidity ^y
Control	0.88 a ^x	94.2 a	2.3 a	4,092 a	14.8 a	2.83 a
MaxCel 75 ppm	0.87 ab	90.5 a	1.9 a	4,036 a	14.6 a	2.83 a
MaxCel 100 ppm	0.85 b	91.0 a	1.7 a	4,082 a	14.3 a	3.03 a
Sevin 1000 ppm	0.86 ab	92.2 a	3.0 a	3,770 a	14.7 a	3.03 a
MaxCel 75 ppm + 1000 ppm Sevin	0.87 ab	90.4 a	3.6 a	3,877 a	14.2 a	3.23 a

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

2) 후지

MaxCel 100 ppm과 125 ppm에 의해서 총착과율이 각각 23%와 26% 감소하였고, 100 ppm MaxCel에 1000 ppm Sevin을 혼용 처리하였을 때 더 큰 감소(32%)가 이뤄졌다(Table 3-10). '후지'에 대한 100 ppm MaxCel의 적과효과는 '홍로'에서 보였던 21%(전체화총 기준)와 매우 비슷하였다. 1000 ppm Sevin 단독처리는 MaxCel 처리구에 비해서 효과가 다소 떨어졌다. 무착과 화총의 비율과 1과 착과 화총의 비율은 MaxCel 단독 또는 MaxCel+Sevin 혼용처리에 의해서 증가하였고, 3개 이상의 과일을 맺는 화총의 비율은 감소하였다(Table 3-10).

MaxCel처리에 의해서 손적과에 소요된 시간이 단축되었는데 MaxCel+Sevin 혼용구에서 효과가 가장 좋았다(Table 3-11). 과중은 MaxCel처리에 의해서 약간 증가하였지만, 수확량에는 차이가 없었다. MaxCel처리는 수확시 과일의 품질에 영향을 미치지 않았다(Table 3-12).

Table 3-10. Determination of optimal concentration of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution. Trees were treated with 0, 100 or 125 ppm MaxCel at 10-mm fruit diameter. 1000 ppm Sevin-XLR only or with 100 ppm MaxCel were included for comparison.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	% fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	107.4 a ^y	24.1 b	38.3 b	38.2 a	23.5 a
MaxCel 100 ppm	81.5 b	35.6 a	44.2 a	36.4 a	19.4 b
MaxCel 125 ppm	79.3 b	35.1 a	44.6 a	38.5 a	16.9 b
Sevin 1000 ppm	91.2 ab	29.6 ab	42.8 a	37.3 a	19.9 b
MaxCel 100 ppm+Sevin	72.5 c	38.3 a	48.1 a	39.4 a	12.5 c

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-11. Determination of optimal concentration of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on hand thin requirement, mean fruit weight, and yield. Trees were treated with 0, 100 or 125 ppm MaxCel at 10-mm fruit diameter. 1000 ppm Sevin-XLR only or with 100 ppm MaxCel were included for comparison.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)
Control	11.4 a ^z	268 b	16.5 a
MaxCel 100 ppm	8.1 b	272 a	17.1 a
MaxCel 125 ppm	8.0 b	272 a	16.5 a
Sevin 1000 ppm	10.6 a	270 a	16.7 a
MaxCel 100 ppm + Sevin	6.4 b	274 a	15.6 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-12. Determination of optimal concentration of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on fruit quality characteristics. Trees were treated with 0, 100 or 125 ppm MaxCel at 10-mm fruit diameter. 1000 ppm Sevin-XLR only or with 100 ppm MaxCel were included for comparison.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Acidity ^y
Control	0.86 a ^x	85 a	2.2 a	3,409 a	14.9 a	8.9 a
MaxCel 100ppm	0.85 a	85 a	2.6 a	3,305 a	15.2 a	8.5 a
MaxCel 125 ppm	0.87 a	86 a	2.6 a	3,413 a	15.4 a	8.0 a
Sevin 1000 ppm	0.86 a	83 a	2.2 a	3,315 a	15.0 a	8.8 a
MaxCel 100 ppm + Sevin	0.87 a	87 a	3.1 a	3,499 a	15.6 a	7.5 a

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

나. 처리시기 결정

주요결과: '홍로'에서 100 ppm MaxCel을 과경 12 mm에 처리할 때 착과율 감소효과(50%)가 가장 좋았다. MaxCel에 의해서 과일의 크기와 당도가 증대되었고 품질에는 영향을 미치지 않았다. 반면 '후지'에서는 MaxCel 125 ppm을 과경 6~15 mm 기간에 처리했을 때 24~34%의 유의적인 착과 감소가 관찰되었지만 처리시기 간 통계적 차이는 관찰되지 않았다. '후지'에서도 MaxCel에 의해서 과일의 크기가 증가하였다.

재료 및 방법

본 시험에서는 MaxCel의 처리 적기를 구명하고자 '홍로'와 '후지'의 과경이 6, 9, 12, 그리고 15-mm 시기에 처리한 후 적과효율을 조사하였다. '홍로'는 100 ppm으로, '후지'는 125 ppm으로 0.1% 전착제와 함께 살포하였다. 공시품종으로는 전라북도 장수군 소재 B과원의 5년생 '홍로'/M.9 나무와, 장수군 소재 A과원의 6년생 '후지'/M.9 나무를 사용하였다. 적과효율은 총착과율, 무착과 화총

비율, 과총내 착과분포 등을 조사하여 검정하였고, 과일의 품질에 미치는 영향은 수확시와 저장 후에 조사하였다. 익년개화정도에 미치는 영향도 조사하였다.

결과 및 고찰

1) 홍로

MaxCel 100 ppm을 과경 6~15 mm 시기에 처리했을 때 유의적인 착과 감소가 관찰되었는데, 그 중에서도 12 mm 처리 시기가 가장 우수한 감소효과(50%)를 보였다(Table 3-13). 본 시험의 MaxCel 효과는 위 시험(처리농도 결정)의 것과 비교했을 때 상당히 뛰어났는데, 이는 두 시험의 약제 처리년도가 다르고 사용된 시험수도 다르기 때문인 것으로 생각되어 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것 같다. MaxCel처리에 의해서 무착과 화총의 비율과 1과 착과 화총의 비율도 유의성 있게 증가되었으며(Fig. 3-1), 3개 이상 의 과일을 맺은 화총의 비율은 감소되었는데, 12 mm 처리에서 효과가 가장 좋았다. MaxCel의 효과는 Fig. 3-1에서 보여 지는 것처럼, 처리 후 2주경부터 경쟁에서 처진 과일의 노화와 낙과가 뚜렷이 관찰되기 시작하였다.

이는 곧 MaxCel 처리에 의한 수적과에 소요된 시간의 단축으로 이어졌다(Table 3-14). MaxCel 처리에 의해서 과일의 크기가 증가하는 경향을 보였으나 수확량에는 차이가 없었다. MaxCel 처리에 의해서 익년 개화 정도는 영향을 받지 않았다(Table 3-14).

MaxCel은 모든 처리시기에서 과일의 당도를 증가시키는 것 같다(Table 3-15). 과육경도는 12 mm나 15 mm 처리시 약간 감소하였다. 과형, 착색, 녹발생 및 산도에는 영향을 미치지 않았다. 저장 후 측정된 과육경도는 MaxCel 처리에서 약간 감소하였으나 당도나 산도에서는 차이가 관찰되지 않았다.

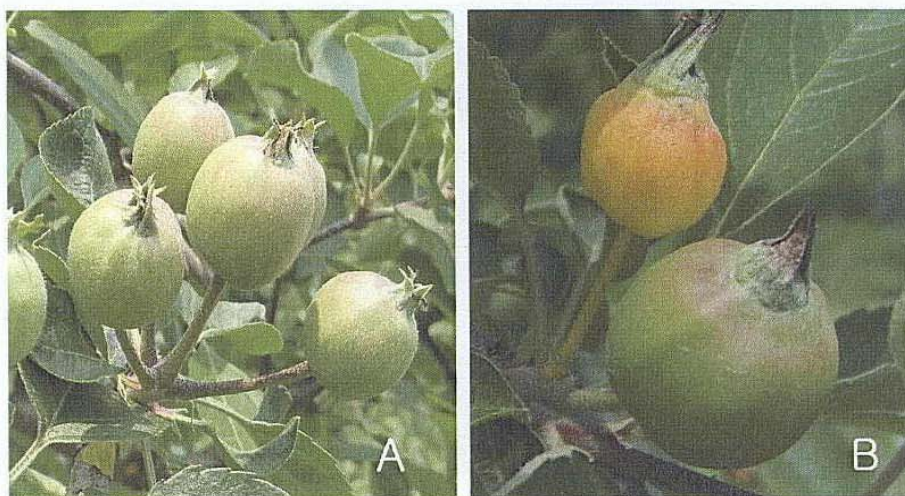


Fig. 3-1. 'Hongro' apple fruits from non-thinner control (A) and 100 ppm MaxCel-treated trees at 12 mm (B). Note that non-thinner control shows a fruit cluster tightly set, whereas MaxCel treatment made fruit cluster loose by abscising some fruitlets.

Table 3-13. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution. Trees were treated with 100 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percent fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	78.9 a ^y	31.5 c	57.2 c	30.2 a	12.6 a
6 mm	49.4 b	50.6 b	66.9 b	25.5 a	7.6 b
9 mm	42.9 bc	53.3 a	79.8 a	14.4 b	5.8 b
12 mm	39.2 c	57.5 a	79.9 a	15.1 b	5.0 b
15 mm	44.7 b	51.1 b	77.9 a	15.1 b	7.0 b

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-14. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on hand thin requirement, mean fruit weight, yield, and return bloom. Trees were treated with 100 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	8.9 a ^z	251 b	14.5 a	6.3 a
6 mm	6.3 b	255 ab	13.9 a	6.0 a
9 mm	5.7 b	258 a	12.8 a	5.9 a
12 mm	5.6 b	254 ab	15.1 a	6.3 a
15 mm	6.8 b	259 a	14.9 a	6.5 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-15. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on fruit quality characteristics at harvest. Trees were treated with 100 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Acidity ^y
Control	0.88 a ^x	88 a	2.0 a	3,481 a	13.7 b	3.28 ab
6 mm	0.89 a	92 a	1.8 a	3,470 a	14.6 a	3.21 ab
9 mm	0.88 a	91 a	1.7 a	3,392 a	14.2 ab	3.10 b
12 mm	0.89 a	91 a	1.4 a	3,198 b	14.8 a	3.23 ab
15 mm	0.89 a	86 a	1.8 a	3,231 b	14.1 ab	3.42 a

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-16. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Hongro'/M.9 apple trees: Effect on fruit quality characteristics after storage (40 days at 3°C). Trees were treated with 100 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Acidity ^z
Control	3,417 a ^y	14.4 a	2.25 a
6 mm	3,287 b	14.2 a	2.20 a
9 mm	3,391 ab	13.9 a	2.28 a
12 mm	3,206 b	14.5 a	2.41 a
15 mm	3,183 b	14.3 a	2.48 a

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

2) 후지

MaxCel 125 ppm을 과경 6~15 mm 시기에 처리했을 때 24~34%의 유의적인 착과 감소가 관찰되었는데, 처리시기 간 통계적 차이는 없었다(Table 3-17). '홍로'에서 보다 착과율 감소가 더 적었는데, 이는 MaxCel에 대한 적과반응은 '후지'가 '홍로'보다 덜 민감하다는 것을 의미한다. 처리시기에 상관없이 무착과 화충 비율과 1과만 착과된 화충의 비율이 증가하였고, 3개 이상 과일을 맺는 화충의 비율을 감소시켰다.

이는 곧 MaxCel처리에 의한 손적과 시간의 단축으로 이어졌다(Table 3-18). MaxCel처리에 의해서 과일의 크기가 증가되었는데 12 mm 처리시에 가장 좋았다. 수량이나 익년 개화정도에는 영향을 미치지 않았는데, 이러한 결과는 '홍로'의 경우와 비슷하다.

수확시(Table 3-19) 또는 저장 후(Table 3-20) 측정된 과일의 품질에서 처리 간 차이는 관찰되지 않았다.

Table 3-17. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution. Trees were treated with 125 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percent fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	78.5 a ^y	26.0 b	36.2 b	42.2 a	21.6 a
6 mm	54.2 b	35.5 a	49.5 a	40.9 a	9.6 b
9 mm	51.9 b	36.2 a	51.2 a	41.8 a	7.0 b
12 mm	55.2 b	37.5 a	50.3 a	42.5 a	7.2 b
15 mm	59.3 b	35.5 a	49.5 a	40.2 a	10.3 b

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-18. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on hand thin requirement, mean fruit weight, yield, and return bloom. Trees were treated with 125 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	8.4 a ^z	263 b	16.2 a	5.2 a
6 mm	6.3 b	268 ab	15.9 a	5.1 a
9 mm	6.5 b	266 ab	16.9 a	4.9 a
12 mm	5.9 b	270 a	16.0 a	5.7 a
15 mm	6.1 b	266 ab	15.2 a	5.2 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-19. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on fruit quality characteristics at harvest. Trees were treated with 125 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Acidity ^y
Control	0.88 a ^x	86 a	2.1 a	3,545 a	14.8 a	8.21 a
6 mm	0.89 a	84 a	2.4 a	3,502 a	15.2 a	7.92 a
9 mm	0.89 a	83 a	2.0 a	3,514 a	15.0 a	8.82 a
12 mm	0.89 a	83 a	1.8 a	3,404 a	15.1 a	8.05 a
15 mm	0.90 a	82 a	2.5 a	3,539 a	15.2 a	7.82 a

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3-20. Determination of optimal application time of MaxCel as a postbloom thinner for 'Fuji'/M.9 apple trees: Effect on fruit quality characteristics after storage. Trees were treated with 125 ppm MaxCel at 6, 9, 12 or 15 mm fruit size.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Acidity ^z
Control	3,105 a ^y	14.6 a	6.04 a
6 mm	3,307 a	15.0 a	5.92 a
9 mm	3,006 a	15.1 a	6.24 a
12 mm	3,327 a	15.0 a	6.05 a
15 mm	3,105 a	15.5 a	6.26 a

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

제 4 절 선발된 적화제와 적과제의 병행처리

주요결과: 적화제로서 ATS와 적과제로서 MaxCel을 병행 처리하였을 때, ‘홍로’의 경우 0.6% ATS + 100 ppm MaxCel 처리가 가장 좋은 적과효율을 보였다. 손적과 소요시간의 단축뿐만 아니라 과중과 당도의 증가와 같은 긍정적 효과도 관찰되었다. ‘후지’의 경우 0.9%와 1.0% ATS에 125 ppm MaxCel을 병행 처리하였을 때 효과적인 적과가 이뤄졌다. 다만 1.0% ATS의 경우 수체의 조건 또는 살포량에 따라, 심각하지는 않았지만, 약제피해가 나타나기도 하여 0.9%의 사용이 더 바람직하였다. ‘후지’에서도 적과제처리에 의해서 과중이 증가되었다.

서 언

본 시험에서는 최종적으로 선발된 ATS 적화제 처리구와 MaxCel 적과제 처리구를 병행 처리하여 적과효과를 구명하였다. ‘홍로’의 경우 0.6% ATS와 100 ppm MaxCel이 선발되었고, ‘후지’에서는 1.0% ATS와 125 ppm MaxCel이 선발되었다. 그리고 ‘홍로’에서는 0.7% ATS를, ‘후지’에서는 0.9% ATS를 처리에 추가하여 인접농도의 적과효율도 함께 관찰하였다. ATS를 MaxCel과 조합 처리함으로써 ATS와 MaxCel의 단독효과 및 상호작용효과를 조사하였다.

1. 홍로

재료 및 방법

시험수로는 전라북도 장수군 소재 A과원에서 7년생 세장방추형 ‘홍로’/M.9을 사용하였다. ATS는 85% 만개시 0, 0.6 또는 0.7% 농도로 각 농도 당 10주에 backpack 분무기를 사용하여 처리하였다. 이 중 절반은 과경 10 mm 때에 100 ppm MaxCel을 처리하였다. 시험구는 Randomized Complete Block Design을 이용하여 1주 1반복으로 5반복 배치하였다.

생리적 낙과후 화총 당 착과된 과일의 수를 세어 총착과율(100개 화총당 착과된 과일의 수), 무착과 화총비율 및 화총내 착과분포를 계산하였다. 과일의 품질은 수확시와 저장후에 조사하였다.

결과 및 고찰

ATS와 MaxCel에 의해서 ‘홍로’의 착과량이 효과적으로 감소되었다(Table 4-1). 무처리 대조구와 비교하여 0.6%와 0.7% ATS 처리는 각각 34%와 44%의 감소효과를 보였으며, 100 ppm MaxCel 단독처리는 20%의 착과감소를 유발하였다. ATS와 MaxCel을 병행 처리하였을 때 MaxCel은 약 15%의 추가적인 적과효과를 보였다. 무착과 화총비율도 ATS와 MaxCel처리에 의해서 증가하였다. 단지 1개 과일을 맺는 화총의 비율도 ATS와 MaxCel의 단독 또는 병행처리에 의해서 증가되었는데 0.7% ATS + MaxCel 처리에서 가장 좋았다. 역으로 3개 이상의 과일을 맺는 화총의 비율은 유의성 있게 감소되었다. 0.7% ATS 처리에 의해서, 특히, 적정살포량 이상으로 살포되었을 때, 잎에 약간의 약제피해가 관찰되었다.

따라서 약제처리는 인력적과에 소요된 시간을 상당히 줄일 수 있었다(Table 4-2). 평균 과중은 처리에 의해서 증가되었다. 수확된 과일의 크기에 따른 분포를 그래프로 나타냈을 때 처리에 의해서 과일의 크기가 향상되었음을 관찰할 수 있었다(Fig. 4-1). 나무 당 수확량에는 차이가 없었으며, 익년개화정도는 약제처리에 의해서 향상되는 경향을 보였다(Table 4-2).

Table 4-1. Effects of ATS and MaxCel on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Hongro'/M.9 apple trees. Trees were treated with 0.6% or 0.7% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 100 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters ^y (%)	Percent fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	158.5	13.9	44.8	33.2	22.0
ATS 0.6%	104.8	35.7	58.6	32.7	12.5
ATS 0.7%	89.0	38.2	61.3	28.9	6.5
MaxCel only	128.6	24.3	51.4	31.6	15.9
ATS 0.6% + MaxCel	82.3	44.0	64.9	28.5	7.1
ATS 0.7% + MaxCel	65.4	51.9	69.4	26.3	4.3
<u>Significance</u>					
ATS	****	***	***	*	**
MaxCel	**	***	**	*	*
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

NS, *, **, ***, **** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$ or 0.0001 respectively.

Table 4-2. Effects of ATS and MaxCel on hand thin requirement, mean fruit weight, yield, and return bloom in the following season in 'Hongro'/M.9 apple trees.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	12.8	252	15.1	6.2
ATS 0.6%	8.4	257	14.7	6.5
ATS 0.7%	6.9	256	15.4	7.3
MaxCel only	8.7	258	16.2	6.3
ATS 0.6% + MaxCel	7.1	260	14.9	6.9
ATS 0.7% + MaxCel	7.1	256	15.0	7.1
<u>Significance</u>				
ATS	****	*	NS	NS
MaxCel	*	*	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS

NS, *, **** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.0001, respectively.

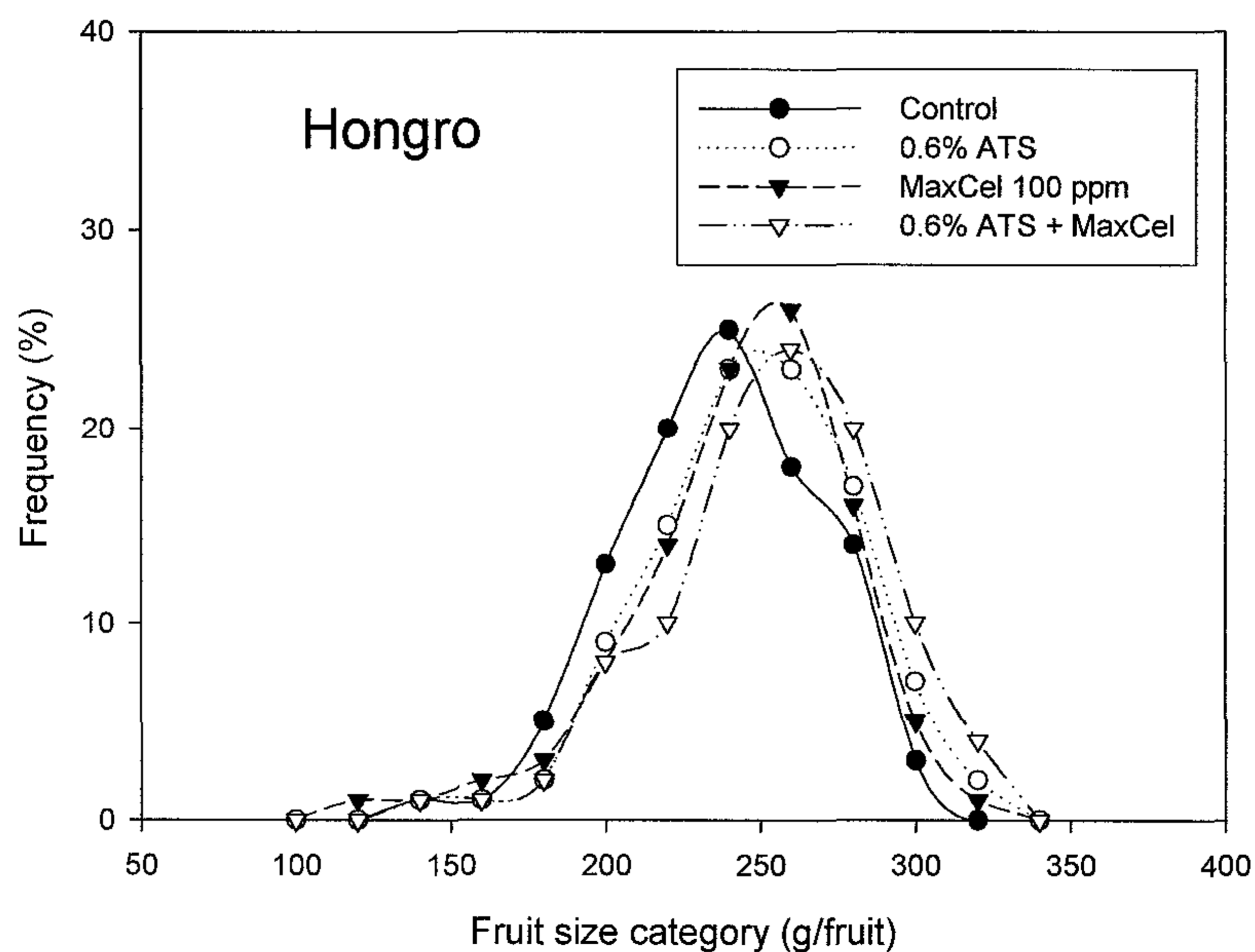


Fig. 4-1. Distribution of fruit size category of 'Hongro'/M.9 trees treated with 0.6% ATS, 100 ppm MaxCel or 0.6% ATS + 100 ppm MaxCel.

MaxCel 처리에 의해서 과일의 종경/횡경비율이 약간 작아지는 것 같았다 (Table 4-3). ATS에 의해서 녹이 약간 발생하였지만 그 정도는 매우 미미한 수준이어서 우려할만한 것은 아니었다. MaxCel은 녹을 발생시키지 않았다. ATS에 의해서 조기적과가 이뤄진 처리구에서 당도가 향상되었지만, MaxCel에 의한 효과는 관찰되지 않았다. 참고로 이전 MaxCel에 대한 시험에서(제3절) MaxCel에 의한 당도향상이 관찰되었었다. 착색, 과육경도 또는 산도에는 어떠한 영향도 미치지 않았다. 저장 후에 조사된 과일의 품질에 있어서도 처리 간 유의적인 차이는 없었다(Table 4-4).

Table 4-3. Effects of ATS and MaxCel on fruit quality characteristics at harvest of 'Hongro'/M.9 apple trees. Trees were treated with 0.6% or 0.7% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 100 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^y
Control	0.88	87	1.5	3,776	14.2	3.26
ATS 0.6%	0.88	85	1.9	3,544	14.3	3.47
ATS 0.7%	0.89	90	2.7	3,547	14.7	3.32
MaxCel only	0.87	84	1.8	3,548	14.0	3.20
ATS 0.6% + MaxCel	0.86	87	2.0	3,596	14.2	3.58
ATS 0.7% + MaxCel	0.88	87	2.6	3,582	14.3	3.62
<u>Significance</u>						
ATS	NS	NS	*	NS	**	NS
MaxCel	*	NS	NS	NS	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.01, respectively.

Table 4-4. Effects of ATS and MaxCel on fruit quality characteristics after storage of 'Hongro'/M.9 apple trees. ATS was sprayed at 85% full bloom, and half of ATS treated-trees were sprayed with 100 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^y
Control	3,384	13.7	2.29
ATS 0.6%	3,272	14.2	2.44
ATS 0.7%	3,253	13.9	2.40
MaxCel only	3,506	13.8	2.21
ATS 0.6% + MaxCel	3,466	14.0	2.35
ATS 0.7% + MaxCel	3,344	14.1	2.33
<u>Significance</u>			
ATS	NS	NS	NS
MaxCel	NS	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

2. 후지

재료 및 방법

시험수로는 전라북도 장수군 소재 A과원에서 7년생 세장방추형 '후지'/M.9을 사용하였다. ATS는 85% 만개시 0, 0.9 또는 1.0% 농도로 각 농도 당 10주에 backpack 분무기를 사용하여 처리하였다. 이 중 절반은 과경 10 mm 때에 125 ppm MaxCel을 처리하였다. 시험구는 Randomized Complete Block Design을 이용하여 1주 1반복으로 5반복 배치하였다.

생리적 낙과후 화총 당 착과된 과일의 수를 세어 총착과율(100개 화총당 착과된 과일의 수), 무착과 화총비율 및 착과분포를 계산하였다. 과일의 품질은 수확시와 저장후에 조사하였다.

결과 및 고찰

ATS 0.9%와 1.0%에 의한 착과량 감소는 각각 25%와 33%였다(Table 4-5). 125 ppm MaxCel 단독처리는 ATS 단독처리보다는 효과가 적었다(13%). ATS와 MaxCel을 병행 처리함으로써 약 10~15%의 추가적 적과감소효과를 얻을 수 있었다. 과일을 1개라도 맺지 않은 화총의 비율도 ATS와 MaxCel처리에 의해서 유의적으로 증가되었는데 두 물질을 병행하여 처리할 경우 효과는 더 좋았다. 1개의 과일을 맺는 화총의 비율도 처리에 의해서 증가하였고, 3개 이상의 과일을 맺는 화총의 비율은 감소되었다.

따라서 적과에 소요되는 시간이 약제처리에 의해서 24~41% 가량 단축되었는데, ATS+MaxCel 처리구에서 효과가 가장 좋았다(Table 4-6). 과중은 ATS나 MaxCel처리에 의해서 증가하였다. 수확된 과일의 크기에 따른 분포를 보면 ‘홍로’에서처럼 ATS와 MaxCel 처리에 의해서 더 큰 과일의 생산이 증가되었다(Fig. 4-2). 수확량은 1.0% ATS + MaxCel 처리구에서 감소되는 경향을 보였지만 처리간 유의적인 차이는 관찰되지 않았다.

익년 개화정도는 ATS처리에 의해서 향상되었는데(Table 4-6), 이는 ‘후지’처럼 격년결과습성이 강한 품종에서 조기적과(적화포함)를 통한 착과량 감소가 화아형성에 매우 중요하다는 것을 의미한다.

처리는 과일품질에 어떠한 영향을 미치지 않았다(Table 4-7). ‘홍로’의 경우 ATS 처리구에서 당도가 향상되었는데 ‘후지’에서 이러한 ATS 효과는 관찰되지 않았다. MaxCel은 수확시 과일의 경도에 영향을 미치지 않았으나, 3개월 저온저장 후 측정된 경도에서 더 큰 경도감소가 이뤄졌음을 관찰할 수 있었다(Table 4-8).

Table 4-5. Effects of ATS and MaxCel on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution of 'Fuji'/M.9 apple trees. Trees were treated with 0.9% or 1.0% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 125 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percent fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	89.2	22.8	49.0	30.5	19.5
ATS 0.9%	67.2	32.8	56.5	28.2	15.3
ATS 1.0%	58.9	35.0	53.9	33.7	12.4
MaxCel only	77.2	31.0	52.4	32.8	14.8
ATS 0.9% + MaxCel	57.5	42.5	59.8	29.7	10.5
ATS 1.0% + MaxCel	55.4	38.6	60.5	29.4	10.1
<u>Significance</u>					
ATS	***	***	**	NS	***
MaxCel	*	**	*	NS	*
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

Table 4-6. Effects of ATS and MaxCel on hand thin requirement, mean fruit weight, yield, and return bloom in the following season in 'Fuji'/M.9 apple trees. ATS was treated at 85% full bloom, and MaxCel was treated at 10 mm fruit size.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	7.8	264	16.1	4.8
ATS 0.9%	5.9	266	15.2	5.6
ATS 1.0%	5.2	268	15.5	5.9
MaxCel only	6.0	266	15.9	4.7
ATS 0.9% + MaxCel	4.6	271	16.5	5.6
ATS 1.0% + MaxCel	5.0	270	14.8	6.2
<u>Significance</u>				
ATS	**	*	NS	*
MaxCel	*	*	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS

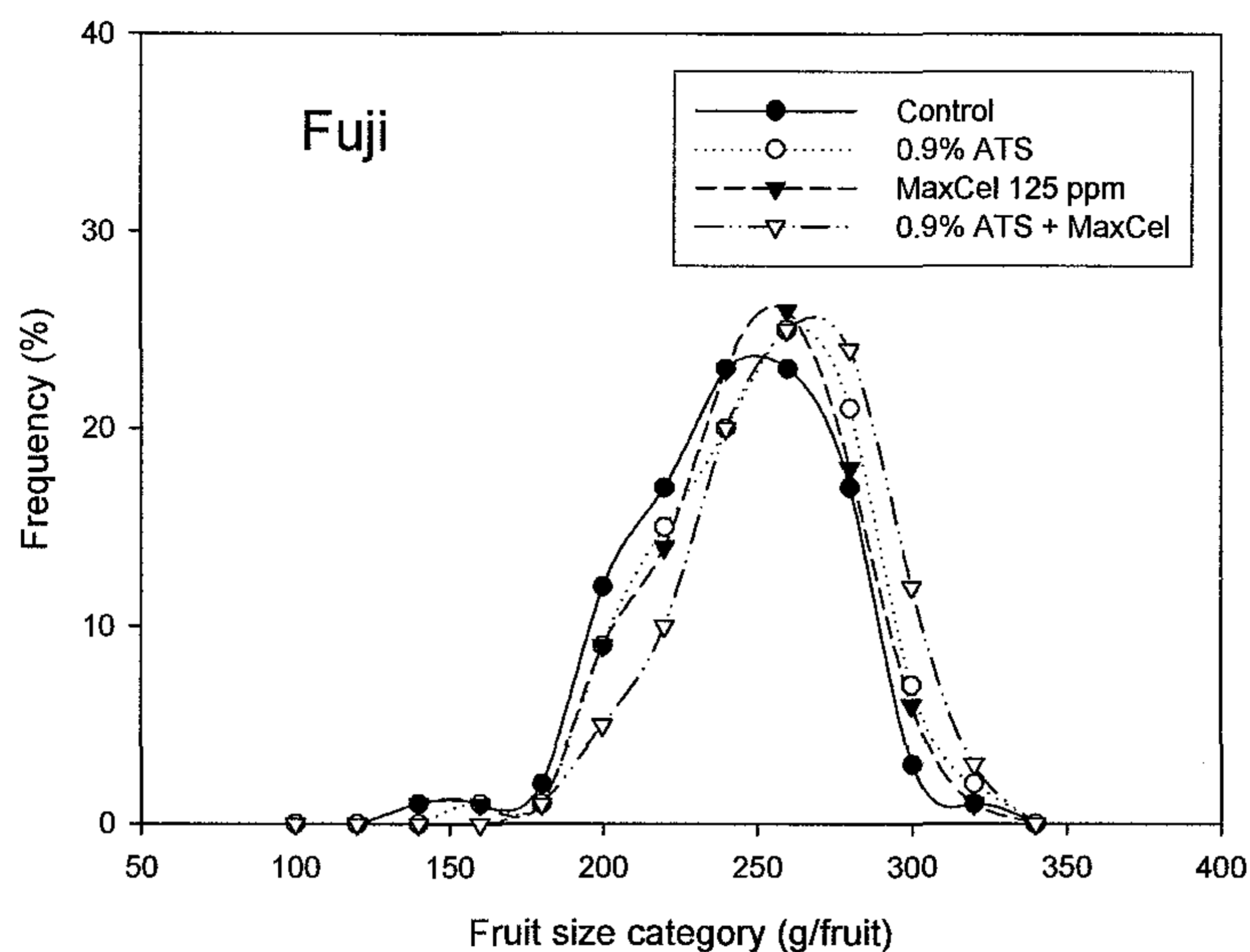


Fig. 4-2. Distribution of fruit size category of 'Fuji'/M.9 trees treated with 0.9% ATS, 125 ppm MaxCel or 0.9% ATS + 125 ppm MaxCel.

Table 4-7. Effects of ATS and MaxCel on fruit quality characteristics at harvest of 'Fuji'/M.9 apple trees. Trees were treated with 0.9% or 1.0% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 125 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^y
Control	0.85	85	2.7	3,634	15.8	5.64
ATS 0.9%	0.85	82	2.3	3,444	15.5	5.34
ATS 1.0%	0.87	83	2.7	3,385	15.1	5.38
MaxCel only	0.85	80	2.3	3,519	14.5	4.38
ATS 0.9% + MaxCel	0.85	85	2.5	3,591	15.5	5.40
ATS 1.0% + MaxCel	0.86	83	3.4	3,664	15.6	5.54
<u>Significance</u>						
ATS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

Table 4-8. Effects of ATS and MaxCel on fruit quality characteristics after storage of 'Fuji'/M.9 apple trees. Trees were treated with 0.9% or 1.0% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 125 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^y
Control	3,050	15.7	4.70
ATS 0.9%	2,979	15.3	4.27
ATS 1.0%	3,013	15.6	4.43
MaxCel only	2,669	14.6	3.76
ATS 0.9% + MaxCel	2,649	15.3	4.40
ATS 1.0% + MaxCel	2,751	15.6	4.80
<u>Significance</u>			
ATS	NS	NS	NS
MaxCel	*	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

제 5 절 개발된 적과프로그램의 농가실증 시험

주요결과: ‘홍로’에 0.6% ATS를 85% 만개기에 살포한 후 100 ppm MaxCel을 과경 12 mm 시기에 병행 처리했을 때, 44%의 착과량 감소가 관찰되었다. 처리에 의해서 무착과 화총비율과 1과 착과화총의 비율이 증가하여 손적과에 소요되는 노동력 투입시간이 단축되었다. ATS+MaxCel 처리에 의해서 과중, 당도 및 익년 개화가 증가되었다. 그러나 과형, 동녹 발생, 착색 및 산도에는 어떠한 영향도 미치지 않았다. ‘후지’의 경우 0.9% ATS를 85% 만개기에 처리한 후, 125 ppm MaxCel을 병행 처리했을 때, 40% 가량 착과가 감소되었다. ‘홍로’에서처럼 적과제 처리에 의해서 무착과 화총의 비율과 1과 착과 화총의 비율이 증가되었다. 따라서 손적과에 소요되는 시간이 상당히 단축되었다. 과중의 증가, 당도의 향상 및 익년 개화의 증가와 같은 긍정적 효과가 관찰되었다.

재료 및 방법

본 실증시험은 전라북도 장수군 소재 C과원에서 7년생 세장방추형 ‘홍로’/M.9와 7년생 ‘후지’/M.9를 사용하여 실시하였다. ‘홍로’의 경우 0%와 0.6% ATS를 85% 만개기(5월 4일)에 살포하였고, 이 나무들의 절반은 100 ppm MaxCel을 0.1% 전착제와 함께 과경 12 mm에(5월 16일) 살포하였다. ‘후지’의 경우 0%와 0.9% ATS를 85% 만개기(5월 7일)에 살포하였고, 이 나무들의 절반은 125 ppm MaxCel을 과경 10 mm때에(5월 16일) 살포하였다. 두 품종 공히 시험구는 Randomized Complete Block Design을 이용하여 1주 1반복으로 5반복 배치하였다. 살포시 과다 살포가 되지 않도록 잎이나 꽃잎에 묻은 용액이 흐르지 않을 정도로 살포하였다.

적과효율이나 과일의 품질 조사는 제 4 절과 동일하게 하였다. 과일의 품질은 수확시와 저장후에 조사하였다. 관행적 재배방법인 손적과(손적화+손적과)를 한 처리로 포함시켜, 손적과에 소요된 총시간, 과중, 수확량, 익년 개화정도, 그리고 과일의 품질을 조사하여 적과제 처리의 것들과 비교하였다.

적화제 처리시점부터 향후 1주일간의 기상환경은, ‘홍로’의 경우 76% 상대습도, 23.6℃ 최고온도, 12.2℃ 최저온도, 71.5 mm 총강수량, 5.4 시간의 평균일조량을 보였다. 그리고 ‘후지’에서는 평균 76% 상대습도, 20.8℃ 최고온도, 10.4℃

최저온도, 24.5 mm 총강수량, 5.6 시간의 평균일조량을 보였다. '홍로'에서 ATS 처리 후 3일째에 48mm의 강우가 내렸고, '후지'에서는 ATS 처리 후 2일째부터 이틀간 14mm의 강우가 내렸다. 두 품종 공히 MaxCel 처리 후 4일 째와 6일 째 각각 50mm와 21mm의 강우가 내렸다.

결과 및 고찰

1. 홍로

ATS 0.6%를 85% 만개기에 처리한 후 100 ppm MaxCel을 과경 10 mm 시기에 처리했을 때 착과율은 44% 가량 감소되었다(Table 5-1). ATS 단독처리는 37%의 감소를 보였고, MaxCel 단독처리는 23% 정도의 감소효과를 보였다. 무처리 대조구와 비교하여 ATS+MaxCel처리에 의해서 무착과 화충의 비율과 1과 착과 화충의 비율이 23%정도 증가되었다. 또한 3개 이상의 과일을 맺는 화충의 비율도 효과적으로 감소되어 선발된 처리조합(ATs+MaxCel)의 적과효과를 확인할 수 있었다(Fig. 5-1).

결과적으로 ATS+MaxCel 처리에 의해서 손적과에 소요되는 시간을 단축할 수 있었다(Table 5-2). 관행적과인 손적과(적화+숙음적과+거리적과)에 나무당 소요된 시간은 총 65분이 걸렸는데 비하여, ATS+MaxCel처리에 의해서는 약 7분이 소요되었다. 과일의 크기는 ATS와 MaxCel 단독처리에 의해서 증가되었는데, ATS+MaxCel의 병행처리구에서 가장 많이 증가하였다(4.4%). 하지만 손적과처리구의 과일보다는 약간 작았다. 수확된 과일의 크기에 따른 분포를 볼 때 ATS와 ATS+MaxCel 처리구에서 대과가 더 많이 생산되었음을 알았다(Fig. 5-2). 수량에는 유의적 차이가 없었다. 익년개화는 ATS처리에 의해서 약간 증가되었으나, MaxCel은 어떠한 영향도 미치지 않았다(Table 5-2).

과일 품질에 미치는 영향을 조사했을 때 당도를 제외한 항목에서 처리간 유의적 차이는 관찰되지 않았다(Table 5-3). 당도는 ATS에 의해서 약간 증가하였다. 40일간 저온 저장 후 경도, 당도 및 산도는 대체적으로 약간 감소하였지만 약제처리에 따른 차이는 관찰되지 않았다(Table 5-4).



Fig. 5-1. 'Hongro' fruitlets from non-thinner control (left) and 0.6% ATS + 100 ppm MaxCel treatment, 15 days after MaxCel treatment.

Table 5-1. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Hongro'/M.9: Effect on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution. Trees were treated with 0.6% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 100 ppm MaxCel at 12 mm fruit size.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percent fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	126.8	22.8	43.2	35.9	20.9
ATS 0.6%	79.3	40.1	60.9	28.0	11.1
MaxCel only	98.2	34.3	53.2	32.0	14.8
ATS 0.6% + MaxCel	71.3	45.6	65.2	29.5	5.3
Significance					
ATS	***	***	**	*	***
MaxCel	**	**	*	NS	**
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01$ or 0.001 , respectively.

Table 5-2. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Hongro'/M.9 trees: Effect on hand thin requirement, mean fruit weight, yield, and return bloom.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	11.3	252.1	16.5	7.6
ATS 0.6%	7.2	260.2	18.3	8.3
MaxCel only	9.5	257.5	16.7	8.2
ATS 0.6% + MaxCel	6.9	263.5	17.0	8.9
Hand thin	65.2	266.7	17.3	9.3

Significance				
ATS	***	**	NS	*
MaxCel	**	*	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively.

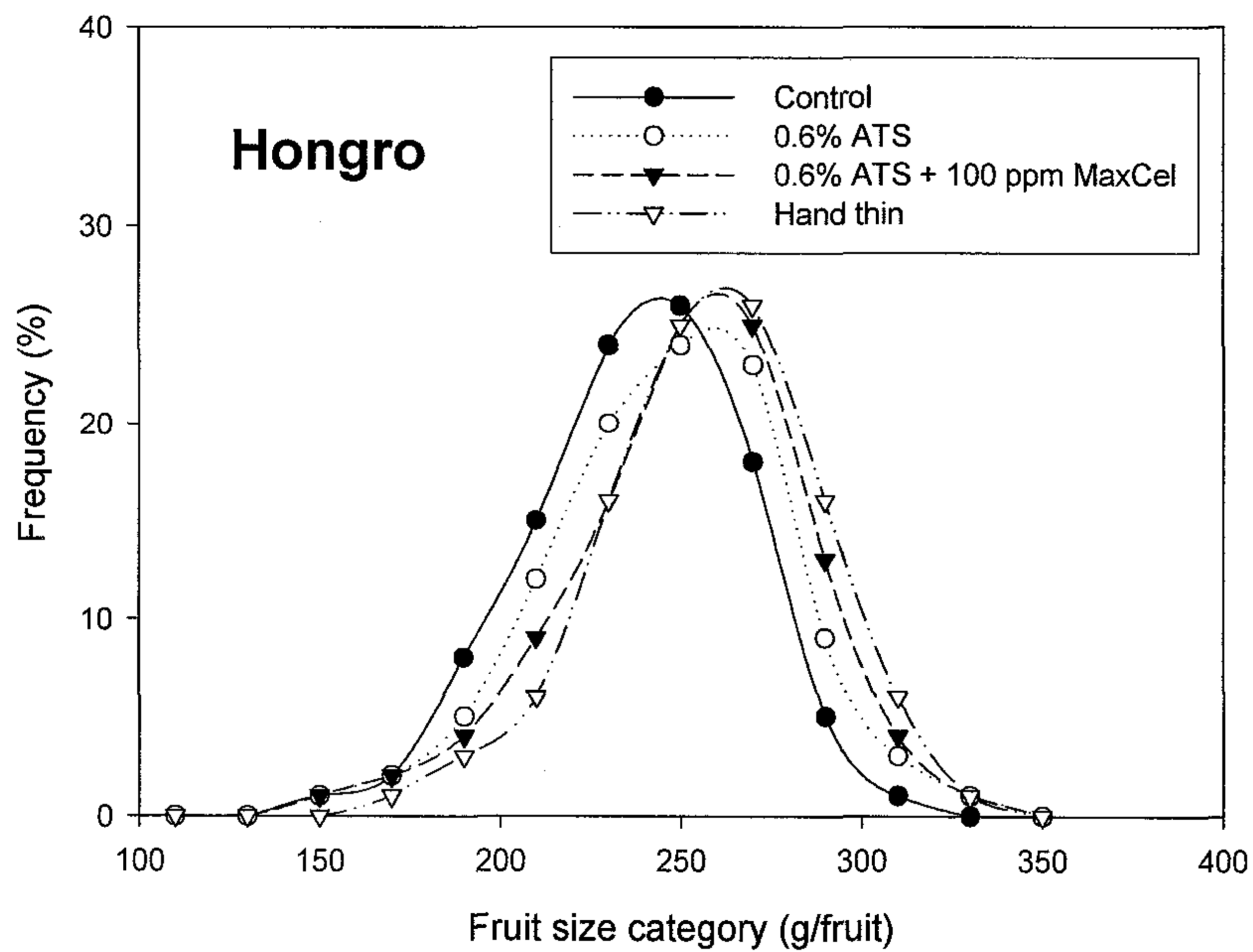


Fig. 5-2. Distribution of fruit size category of 'Hongro'/M.9 trees treated with 0.6% ATS or 0.6% ATS + 100 ppm MaxCel. Non-thinner control is also included.

Table 5-3. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Hongro'/M.9 trees: Effect on fruit quality characteristics at harvest.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^y
Control	0.89	85	1.8	3,527	14.5	3.38
ATS 0.6%	0.88	86	1.7	3,635	14.8	3.05
MaxCel only	0.87	86	2.5	3,549	14.1	3.15
ATS 0.6% + MaxCel	0.88	84	2.0	3,508	14.6	3.42
Hand thin	0.88	85	2.0	3,468	14.8	3.25
<u>Significance</u>						
ATS	NS	NS	NS	NS	*	NS
MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^{NS}, * Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$.

Table 5-4. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Hongro'/M.9 trees: Effect on fruit quality characteristics after storage.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^z
Control	3,384	13.5	2.29
ATS 0.6%	3,355	14.4	2.34
MaxCel only	3,506	13.8	2.33
ATS 0.6% + MaxCel	3,417	13.4	2.21
Hand thin	3,452	13.8	2.15
<u>Significance</u>			
ATS	NS	NS	NS
MaxCel	NS	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^{NS} Nonsignificant.

2. 후지

착과량은 0.9% ATS를 85% 만개기에 살포한 후 MaxCel을 125 ppm으로 과경 10 mm 시기에 처리했을 때 약 40%가 감소되었고, ATS와 MaxCel 단독처리로는 각각 33%와 17% 정도 감소되었다(Table 5-5). 이러한 착과 감소는 무착과 화충의 비율과 1과 착과 화충의 비율이 증가하였기 때문이다(Fig. 5-3). 그리고 3개 이상의 과일을 맺는 화충의 비율은 감소되었다.

결과적으로 적과에 소요되는 노동력 투입시간이 약제처리에 의해서 단축되었다(Table 5-6). 관행적 적과방법으로 손적화/적과를 수행할 시 나무 당 33분이 소요되는 반면 ATS+MaxCel 처리에서는 약 6분이 소요되었다. 과일의 크기는 약제처리에 의해서 향상되었다. 관행적 적과 방법으로 관리된 나무에서 과일의 크기는 가장 우수하였으나, ATS+MaxCel 처리에서도 과일의 크기는 무처리 대조구에 비해서 유의성 있게 증가되었다(3%). 수확된 과일을 과일의 크기에 따라 분류했을 때 무처리구와 비교하여 약제처리에 의해서 대과가 더 많이 생산되었음을 관찰할 수 있었다(Fig. 5-4). 수량은 ATS+MaxCel 처리에서 약간 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다(Table 5-6). 익년 개화에 미치는 영향을 살펴보면, ATS나 MaxCel의 단독처리에 의해서 증가하였고, ATS+MaxCel 병행처리에 의해서 더 많이 증가되었다(Table 5-6). MaxCel에 의한 개화증가 효과는 본 연구의 다른 시험에서는 관찰되지 않아 이에 대한 검증이 더 이뤄질 필요가 있다.

과일의 품질은 약제처리에 의해서 영향을 받지 않았다(Table 5-7). 당도는 통계적 유의성은 인정되지 않았지만 ATS+MaxCel 처리와 관행적 적과처리구에서 가장 높게 나타났다. 3개월 저온저장 후 과일의 품질을 조사했을 때, 처리간 유의적 차이는 관찰되지 않았다. 처리와 상관없이 과육경도와 산도는 감소하였고, 당도는 수확시와 비슷한 수준을 유지하였다(Table 5-8).

ATS와 MaxCel를 1 ha에 처리하는데 소요되는 비용은 다음과 같이 추정되었다. ‘홍로’에서 약제비용은 총 57만원(0.6% ATS 6만원 + 100 ppm MaxCel 51만원)이 소요되었고, ‘후지’에서는 총 73만원(0.9% ATS 9만원 + 125 ppm MaxCel 64만원)이 소요되었다. 이러한 약제적과 비용은 손적화/적과에 소요되는 비용인 240만원과 비교되었다.

Table 5-5. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Fuji'/M.9: Effect on fruit set, defruited cluster percentages, and fruit set distribution. Trees were treated with 0.9% ATS at 85% full bloom, and half of them were treated with 125 ppm MaxCel at 10 mm fruit size.

Treatment	Total fruit set ^z	Defruited clusters (%)	Percent fruiting sites with:		
			Single	Double	≥3
Control	83.5	29.4	46.2	35.3	18.5
ATS 0.9%	60.8	37.4	53.2	34.2	12.6
MaxCel only	73.2	30.6	56.1	30.5	13.4
ATS 0.9% + MaxCel	50.5	45.5	59.3	30.6	10.1
Significance					
ATS	****	***	**	NS	***
MaxCel	**	*	*	NS	*
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS

^zNumber of fruit per 100 flower clusters.

NS, *, **, ***, **** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$ or 0.0001 , respectively.

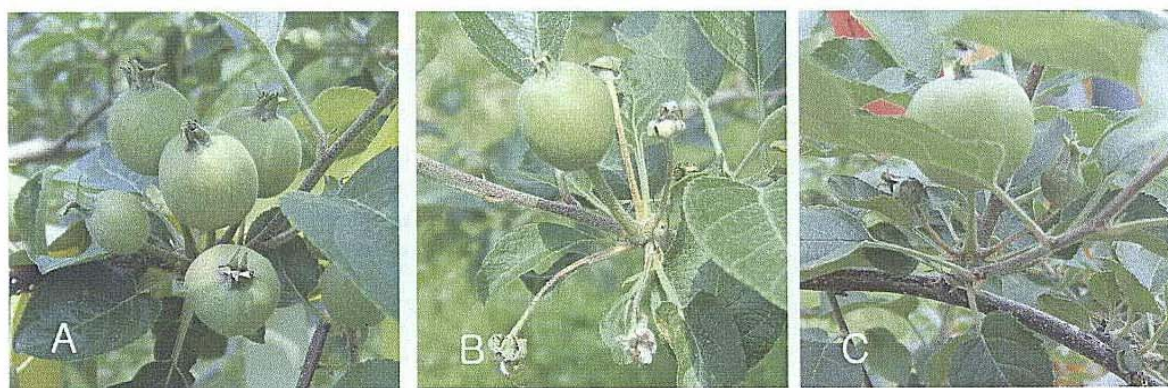


Fig. 5-3. 'Fuji' fruitlets from non-thinner control (A), 0.9% ATS (B), and 125 ppm MaxCel (C), 27 days after full bloom (15 days after MaxCel treatment).

Table 5-6. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Fuji'/M.9 trees: Effect on hand thin requirement, mean fruit weight, yield, and return bloom.

Treatment	Hand thin requirement (min/tree)	Mean fruit wt (g)	Yield (kg/tree)	Return bloom (Flower no/cm ² TCSA)
Control	8.3	262.1	18.6	4.1
ATS 0.9%	5.9	266.2	18.2	6.2
MaxCel only	7.0	265.5	17.2	5.7
ATS 0.9% + MaxCel	6.1	270.5	17.0	6.9
Hand thin	33.0	274.4	18.5	6.8

Significance				
ATS	***	**	NS	**
MaxCel	**	*	NS	*
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01$ or 0.001 , respectively.

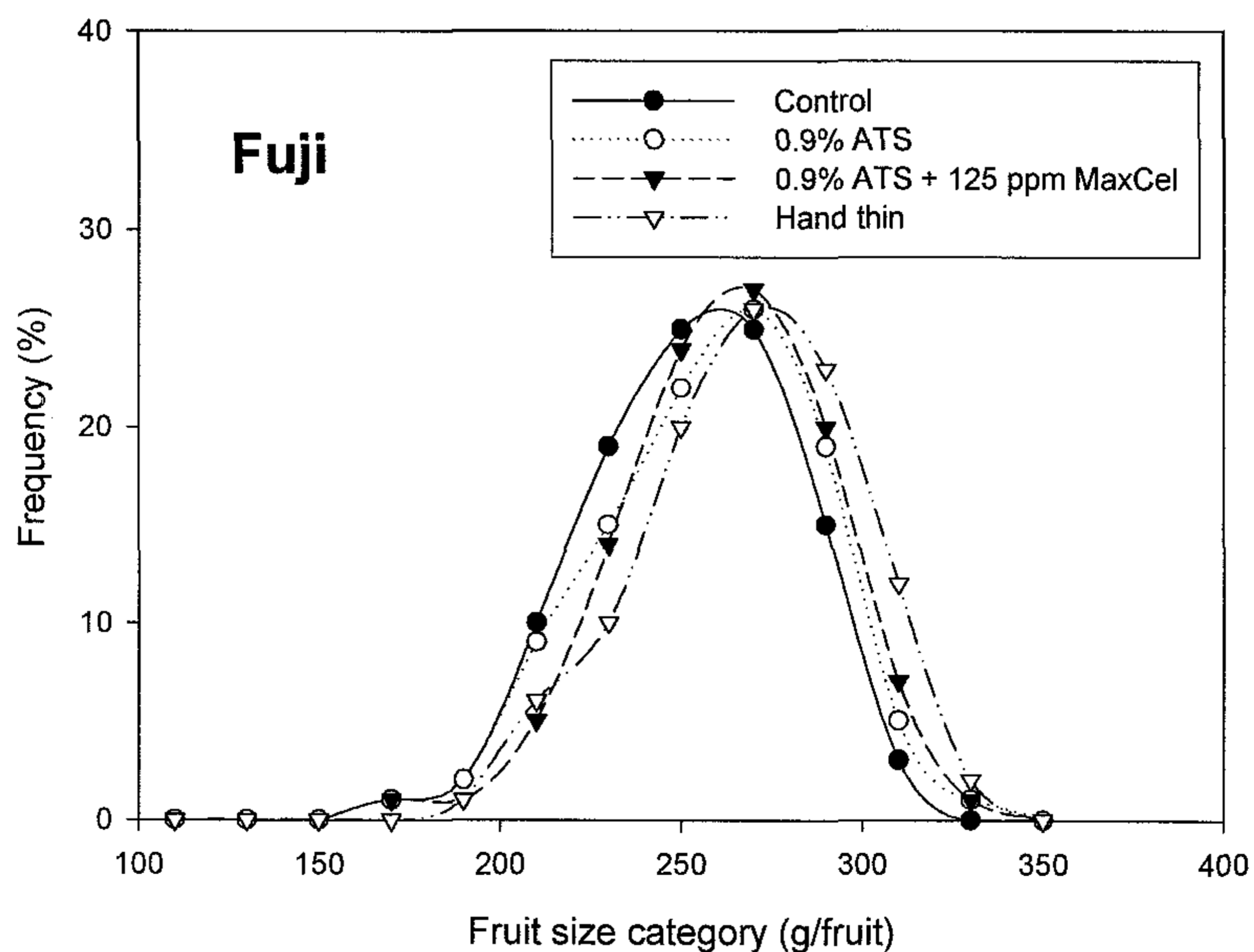


Fig. 5-4. Distribution of fruit size category of 'Fuji'/M.9 trees treated with 0.9% ATS or 0.9% ATS + 125 ppm MaxCel. Non-thinner control is also included.

Table 5-7. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Fuji'/M.9 trees: Effect on fruit quality characteristics at harvest.

Treatment	Fruit shape (L/D)	Redness (%)	Russet (1~9) ^z	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^y
Control	0.85	84	2.6	3,605	15.0	6.05
ATS 0.9%	0.85	83	2.3	3,554	15.2	5.87
MaxCel only	0.86	82	2.8	3,592	15.0	5.90
ATS 0.9% + MaxCel	0.85	84	3.4	3,498	15.5	6.06
Hand thin	0.86	83	2.9	3,675	15.5	6.25
<u>Significance</u>						
ATS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zRusset index: 1 = 0%, 3 = <1%, 5 = 1 - 5%, 7 = 6 - 25%, 9 = >25%.

^yAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^{NS}Nonsignificant.

Table 5-8. Orchard trial of the chemical thinning program developed for 'Fuji'/M.9 trees: Effect on fruit quality characteristics after 3 months of air storage at 3°C.

Treatment	Firmness (g/Φ8mm)	SSC (°Brix)	Titrateable Acidity ^z
Control	3,025	14.8	4.53
ATS 0.9%	3,104	15.3	4.28
MaxCel only	3,082	14.9	4.35
ATS 0.9% + MaxCel	3,143	15.2	4.75
Hand thin	3,113	15.2	4.57
<u>Significance</u>			
ATS	NS	NS	NS
MaxCel	NS	NS	NS
ATS x MaxCel	NS	NS	NS

^zAmount of 0.1N NaOH used to titrate 15 ml of juice to pH 8.1.

^{NS}Nonsignificant.

제 4 장 목표달성 및 관련분야에의 기여도

년도	연구목표(평가 착안점)	달성도	관련산업 기여도
1차년도	적화제 1차 선발 시험 -적과효율 조사 -과일품질 조사(수확시와 저장후) -익년 개화정도 조사 ‘개화후적과제’로서 Accel[®] 시험 -처리농도 구명 -처리적기 구명 -Sevin-XLR [®] 과 효과 비교	100%	-
2차년도	적화제 2차 선발 시험 -적과효율 조사 -과일품질 조사(수확시와 저장후) 살포횟수, 수세 및 살포량이 적과효율에 미치는 영향 구명 -적과효율 조사 -과일품질 조사(수확시와 저장후) ‘개화후적과제’로서 MaxCel[®] 시험 -처리농도 구명 -처리적기 구명 -Sevin-XLR [®] 과 효과 비교	100%	-
3차년도	선발된 적화제와 적과제의 병행처리 -적과효율 조사 -과일품질 조사(수확시와 저장후) -손적과 소요시간 측정 농가실증 시험 -적과효율 조사 -과일품질 조사(수확시와 저장후) -손적과 소요시간 측정 -익년 개화정도 조사	100%	-

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 연구결과의 활용

본 연구는 ‘홍로’와 ‘후지’에 적합한 약제적과프로그램을 개발하기 위해서 수행되었다. 현재 주요 사과 재배국에서 적화제로 사용 중인 ammonium thiosulfate(ATS)와 ‘개화후 적과제’로 사용 중인 MaxCel을 시험한 결과, ‘홍로’의 경우 0.6% ATS + 100 ppm MaxCel 처리가, ‘후지’의 경우 0.9% ATS + 125 ppm MaxCel 처리가 가장 적합하였다. 처리에 의해서 착과량이 효율적으로 감소되었고, 과일의 크기나 당도가 증가하는 긍정적인 효과도 관찰되었다.

본 연구를 통해서 개발된 약제적과프로그램이 농가에 적용되기 위해서는 먼저, ATS나 MaxCel를 국내에서 용이하게 구입할 수 있어야 한다. 그리고 개발된 약제적과프로그램은 현장에서 계속 시험하여 농가들에게 효과를 입증하므로 이 약제에 대한 관심을 제고할 필요가 있다. 또한 주요 결과를 한국원예학회나 과수 기술전문지에 소개하여 관련 전문가들이 현장에서 직접 활용할 경우 필요한 기초자료를 제공하고자 한다. 연구결과의 일부는 연구원의 석사학위논문으로 사용할 예정이다.

2. 추가 연구의 필요성

본 연구의 결과는 ‘홍로’와 ‘후지’ 품종에 대한 약제적과프로그램에 관한 것이기 때문에, 이 기술을 다른 품종에 직접 적용하기가 쉽지 않다. 가장 바람직한 방법은 각 품종에 해당하는 적과프로그램을 개발하는 것이다. 이미 ‘홍로’와 ‘후지’에 대해서 개발된 적과프로그램을 기초로 하여 ATS나 MaxCel 농도를 조정한다면 각 품종에 적합한 프로그램이 개발될 것이다. 그리고 ATS 살포 후 적과 효율에 미치는 환경요인을 시험을 통해서 분석할 필요가 있다. 예를 들면, ATS

살포후 건조에 걸리는 시간이 길수록 약제의 흡수가 많아져 적과효과는 더 커질 수 있고, 때에 따라서 약제피해가 나타날 수 있기 때문에 약제 살포시의 환경에 따른 적과반응을 시험하는 것은 매우 중요하다. 본 연구는 3년간 진행되었지만 살포시의 환경과 적과효율간의 상관관계를 통계적으로 구명하는 것은 자료의 절대 부족으로 불가능하다. 따라서 인위적인 방법으로 습도와 강우량을 달리하여 약제에 대한 적과반응을 관찰할 경우 중요한 결과가 얻어 질것으로 생각된다. 약제의 적과효율에 미치는 환경의 영향이 구명되면 약제사용이 더 효율적이고 안전해질 것이다.

제 6 장 참고문헌

Batjer, L.P and Westwood, M.N. 1960. 1-Naphthyl *N*-methylcarbamate, a new chemical for thinning apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75: 1-4.

Batjer, L.P and H.D. Billingsley. 1964. Apple thinning with chemical sprays. Washington State Expt. Sta. Blu. 651.

Bound, S.A. 2006. Comparison of two 6-benzyladenine formulation and carbaryl for post-bloom thinning of apples. Sci. Hort. 111: 30-37.

Bound, S.A., Jones, K.M., Graham, B., Oakford, M.J. and Tichon, M. 1993. Modelling the effects of timing and rates of application of benzyladenine as a secondary thinner of 'Fuji' apple after ethephon. J. Hort. Sci. 68: 967-973.

Byers, R.E. 1997. Effects of bloom-thinning chemicals on apple fruit set. J. Tree Fruit Produc. 2: 13-31.

Byers, R.E., Lyons, C.G., Jr and Horsburgh, R.L. 1982. Comparisons of Sevin and Vydate for thinning apple. HorSci. 17: 777-778.

Dennis, F.G., Jr. 2000. The history of fruit thinning. Plant Growth Regul. 31: 1-16.

Edgerton, L.J. and W.J. Greenhalgh. 1969. Regulation of growth, flowering and fruit abscission with 2-chloroethane-phosphonic acid. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 11-12.

Good Fruit Grower. 2003. December Issue. Organic thinners work. p 10.

Elfving, D.C. and Cline, R.A. 1993a. Benzyladenine and other chemicals for thinning 'Empire' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 593-598.

Elfving, D.C. and Cline, R.A. 1993b. Cytokinin and ethephon affect crop load, shoot growth and nutrient concentration of 'Empire' apple trees. HortSci. 28:

1011-1014.

Good Fruit Grower. 2003. December Issue. Organic thinners work. p 10.

Greene, D.W. 1993. Effects of GA₄ and GA₇ on flower bud formation and russet development on apple. J. Hort. Sci. 69: 171-176.

Greene, D.W. and Autio, W.R. 1994. Combination sprays with benzyladenine to chemically thin spur-type 'Delicious' apples. HortSci. 29: 887-890.

Greene, D.W., Autio, W.R., and Miller, P. 1990. Thinning activity of benzyladenine on several apple cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 394-400.

Greene, D.W., Autio, W.R., Erf, J.A. and Zhongyuan, Y.M. 1992. Mode of action of benzyladenine when used as a chemical thinner on apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 775-779.

Guak, S., M. Beulah, N.E. Looney and L.H. Fuchigami. 2002. Thinning 'Fuji' apple blossoms with synthetic auxins (MCPB-ethyl or NAA) and ethephon with or without post-bloom thinning with carbaryl. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127: 165-170.

Hislop, R.G. and Prokopy, R.J. 1981. Integrated management of phytophagous mites in Massachusetts (USA) apple orchards: 2. Influence of pesticides on the predator *Amblyseius fallacis* under laboratory and field conditions. Protection Ecology 3: 157-172.

MacDaniels, L.H. and E.M. Hildebrand. 1940. A study of pollen germination upon the stigmas of apple flowers treated with fungicides. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37: 137-140.

McArtney, S., Palmer, J.W. and Adams, H.M. 1996. Crop loading studies with 'Royal Gala' and 'Braeburn' apples: effect of time and level of hand thinning. New

Zealand J. Crop Hort. Sci. 24: 401-407.

McLaughlin, J. and Greene, D.W. 1984. Effects of BA, GA4+7, and daminozide on fruit set, fruit quality, vegetative growth, flower initiation, and flower quality of 'Golden Delicious' apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 34-39.

박원흠. 1998. 사과재배 농가 노동력 투입. 농업과학기술대전.
<http://www.rda.go.kr/tech/info>

Southwick, F.W., Weis, K.G. and Yeager, J.T. 1964. The effect of naphthaleneacetic acid type materials and 1-naphthyl *N*-methylcarbamate (Sevin) on fruiting, flowering and keeping quality of apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 14-24.

Stembridge, G.E. and G. Morell. 1972. Effect of gibberellins and 6-benzyladenine on the shape and fruit set of 'Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 464-467.

Stopar, M., Black, B.L. and Bukovac, M.J. 1997. The effect of NAA and BA on carbon dioxide assimilation by shoot leaves of spur-type 'Delicious' and 'Empire' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122: 837-840.

Tukey, L.D. 1965. Fruit-size timing in chemical thinning of apple trees. Trans Illinois Hort. Soc. 99: 67-79.

Washington Tree Fruit Research Commission. <http://www.treefruitresearch.com>.

Way, D.W. 1967. Carbaryl as a fruit thinning agent: II. Concentration and time of application. J. Hort. Sci. 42: 355-365.

Weitheim, S.J. 2000. Developments in the chemical thinning of apple and pear. Plant Growth Reg. 31: 85-100.

Williams, M.W. 1993. Sulfcarbamide, a blossom-thinning agent for apples. HortSci.

3: 322-324.

Williams, M.W. 1994. Factors influencing chemical thinning and update on new chemical thinning agents. *Compact Fruit Tree*. 27: 115-122.

Williams, M.W and Edgerton, L.J. 1981. Fruit thinning of apples and pears with chemicals. USDA. Agr. Bul. 289.

Wismer, P.T., Proctor, J.T.A. and Elfving, D.C. 1995. Benzyladenine affects cell division and cell size during apple fruit thinning. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 802-807.