

최 종
연구보고서

사과 수정촉진제 Apple+ 활성의 안정화 및
무기화합물을 이용한 사과 적화기술 개발

Stability of Apple plus Activity and
Development of Apple Flower-Thinner
using Inorganic Compounds

주관연구기관 : (주) 이즈텍

세부(협동)연구기관 : 경북대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “사과 수정축진제 Apple+ 활성의 안정화 및 무기화합물을 이용한 사과적화 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 5월 24일
주관연구기관명 : (주) 이즈텍
총괄연구책임자 : 손 태 권
세부연구책임자 : 손 태 권
연 구 원 : 김 정 희
연 구 원 : 정 일 선
연 구 원 : 이 성 중
연 구 원 : 김 기 주
연 구 원 : 허 병 준
연 구 원 : C.M. Rico
연 구 원 : 우 상 원
연 구 원 : 조 명 호
협동연구기관명 : 경북대학교
협동연구책임자 : 박 순 기
연 구 원 : 원 재 희
연 구 원 : 김 동 희
연 구 원 : 허 정 은
연 구 원 : 이 규 태
연 구 원 : 허 규 홍
연 구 원 : 배 현 경
연 구 원 : 박 근 상
연 구 원 : 어 현 주

요 약 문

I. 제 목

사과 수정촉진제 Apple+ 활성의 안정화 및 무기화합물을 이용한 사과적화 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

- 가. 배우체형 자가불화합성 현상을 보이는 사과의 자가불화합성 타과제가 함유된 수정촉진제의 효능 개선.
- 나. 무기화합물을 이용한 사과용 적화제 개발.
- 다. 개선된 수정촉진제를 살포하여 1차적으로 안정적인 수정을 확보한 후, 2차적으로 무기화합물 적화제를 처리하여 미수정된 꽃을 제거하는 방법을 이용한 2단계 적화방안 개발.

2. 연구개발의 필요성

- 가. 고품질 사과를 생산하기 위하여 인위적으로 발육하는 과실의 숫자를 줄여 불필요한 영양분의 소모를 줄이는 적과를 실시한다. 그러나 현재 대부분 적과작업들이 인력에 의해 이루어지게 되므로 사과농사의 농업비용을 증가시키는 주요 원인이 되고 있음.
- 나. 최근 농촌 노동력이 감소되어 적과시기에 노동력의 확보가 점점 어려워지는 우리의 농촌현실에서 고품질 사과를 생산하기 위한 저비용 고효율성의 적화/적과 방안의 기술 개발이 절실히 요구되고 있음.
- 다. 사과재배에 있어서는 기계화 가능 부분(병충해 방제, 운반, 저장, 선발, 포장, 시비, 토양관리 등)과 기계화 불가능 부분(봉지씌우기, 수분, 적과, 전정, 유인, 수확 등)에서 현재까지 기계화 불가능중에 하나인 적화를 억제화하여 농업노동대체를 통한 농업비용 및 노동력절감이 요구됨.
- 라. 또한 대면적 재배시 한정된 개화기간에 따른 효과적 인공수분이 어려우며 효율적 사과 대면적 재배 체계 구축이 요구됨.
- 마. 본 과제에서는 사과 적과의 문제점을 근원적으로 해결하기 위하여 무기화합물을 이용한 효율적 사과 적화 기술 방안을 개발하여 이를 토대로 2단계 약제 살포에 의한 효과적인 사과 수정 및 적과방안을 개발하였음. 국내 순수 기술로 (주)이즈텍에서 개발되어 2003년 제품으로 출시된 수정촉진 영양제를 1차적으로 살포하여 중심화 수정을 확보한 후, 2차적으로 무기화합물 적화제를 처리하여 효과적인 사과의 적과 방안을 강구하였음.

III. 연구개발 내용 및 범위

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ■자가불화합성 제어물질을 함유한 수정촉진제의 개선 ■무기화합물을 이용한 사과 적화 방안 개발 ■약제 살포 후 생리장애 현상 및 과실의 품질 조사 ■자가불화합성 관여 단백질 및 S-RNase 분리, 정제 ■자가불화합성 관련 첨가제의 효능 검정 ■자가불화합성 제어물질을 함유한 수정촉진제의 in vitro 시험 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ■첨가제 종류에 따른 수정촉진제의 개선 및 농도별 화분관 신장비교 및 자가수분율 비교 ■황산염 무기화합물의 적화제 사용에 의한 적정살포 시기 및 농도 구명 ■외관상 약해, 과일 중량, 종자수, 당도, 산도 등 품질조사 ■S-RNase의 단백질 분리 및 정제 ■자가불화합성 조절제+저해제/화분활력을 위한 첨가제의 효능시험 ■자가불화합성 조절제+저해제 처리에 의한 S-RNase 활성 저하 검정 ■수정촉진제 첨가제에 의한 화분관 신장율의 조사
2차 년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ■재배농가 실증실험을 통한 효능 검정 ■처리 지역에 따른 변이 검토 ■지역에 따른 생리장애 현상 구명 및 과실의 품질 평가 ■개선 수정촉진제 살포 유무에 따른 농업비용 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ■각 지역별 후지, 홍로, 갈라를 대상으로 수정촉진제 및 적화제 적용 가능성 검정 ■재배농가에서의 개선 수정촉진제 및 적화제 처리에 따른 지역간 변이 검토 ■개선 수정촉진제 및 적화제 처리에 따른 각 지역별 생리장애 및 품질 변이 검토 ■외관상 약해, 과일 중량, 종자수, 당도, 산도 등 조사 ■적과 농업비용 및 농업비용의 절감효과 분석 및 사과의 품질평가
3차 년도 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ■외부 공인기관 위탁실험 ■외국으로의 기술이전 ■무기화합물을 이용한 적화기술 보급의 이용가능성 검정 ■개선 수정촉진제 및 무기화합물을 이용한 효율적 수정 및 적화 체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ■외부 공인기관에서의 개선 수정촉진제 및 적화제 효능 위탁시험 의뢰를 통한 공인 성적서 발급 ■외국으로의 기술이전 가능성 타진 ■수정 촉진제 처리에 따른 적화 기술의 현장 이용 가능성 검정 ■지역별 자료수집, 자료분석의 농가 자료를 바탕으로 한 사용 체계의 확립

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

■ 연구개발 결과 요약

본 과제에서는 사과 수정불량 및 적과의 문제점을 근원적으로 해결하기 위하여 사과 수정촉진제 개선 및 무기화합물을 이용한 효율적 사과 적화 기술 방안을 개발하고, 이를 토대로 2단계 약제 살포에 의한 효과적인 사과 수정 및 적과 방안을 개발하고자 함. 국내 순수 기술로 (주)이즈텍에서 개발되어 2003년 제품으로 출시된 수정촉진 영양제를 1차적으로 살포하여 중심화 수정을 확보한 후, 2차적으로 무기화합물 적화제를 처리하여 효과적인 사과 적과 방안 강구를 위하여 본 연구를 실시하였다.

1. 홍로 품종에 있어서 수정촉진제에 첨가제 종류에 따른 효과는 단독 보다는 혼합 첨가가 대조구(12.8%), 단독 처리구(30.8-42.0%)보다 혼합 처리구에서 60.3%로 가장 높은 결실율을 보여 혼용 처리가 효과적이었다.

2. 홍로 품종에 있어서 수정촉진제+첨가제 처리에 따른 잎마름 현상, 생육장애 현상은 보이지 않았으며, 일부 처리구에서 종자수 증가가 보여 졌으나 유의성은 인정되지 않았고, 처리구와 무처리구와의 품질 (당도, 산도, L/D 등)에 있어서도 대부분 유의성이 인정되지 않았다.

3. 후지 품종에서의 첨가제 종류 및 농도에 따른 결실율은 첨가 농도 5mg/ml 처리구에서 22.2%(IS-2), 10mg/ml 처리구 17.1%(IS-1), 15mg/ml 처리구 10.9% (IS-2)의 결실율을 보였고, 첨가제 종류 및 농도에 따른 품질 변화는 처리구에 따라 일정한 경향을 나타나지 않았다.

4. $MnSO_4$ 및 $ZnSO_4$ 의 적화 효과를 높이기 위하여 전착제를 혼용하여 처리한 결과 농도별 혼용에 따른 적화 효과에 있어서는 일정한 경향이 보여지지 않았다. $MnSO_4$ 의 경우 6mM+GA 처리구, $ZnSO_4$ 의 경우 4mM+2GA의 만개 후 3일째 처리구에서 가장 높은 적화 효과를 보였다. 적화제의 처리시기는 만개후 2일 혹은 3일째가 처리 적기로 조사되었다. 그러나 저온으로 인하여 개화속도가 지연되면 적화제 처리시기를 하루 정도 연기 하는 것이 적당 할 것으로 판단된다.

5. 수정촉진제 처리 후 적화제 처리에 따른 품질 변화 조사에서 수정촉진제 처리구 보다 적화제 처리구에서 중량 및 종자수가 줄어드는 경향이 있었으며, 산도, 당도, L/D 등에서는 일부 처리구를 제외하고는 대조구와 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 석회유황합

제 처리구 일부에서 동녹현상이 나타났고 적화제 처리구에서의 생리장애 현상은 나타나지 않았다.

6. 자가불화합성 관여 단백질 및 S-RNase 분리 및 정제를 하였으나 밴드가 분리되지 않았으며, *in vitro*에서 자가불화합성 제어물질이 함유되어진 수정촉진제의 처리가 S-RNase의 활성을 억제시켜 화분관 신장을 촉진 시킴을 알수 있었다.

7. 무처리에 비해 수정촉진제, 개선 수정촉진제를 처리한 실험구의 중심화 결실율이 각각 6.8%, 15.3%로 향상되었지만, 무처리와 수정촉진제 처리구와는 유의성이 인정되지 않았지만 개선 수정 촉진제는 유의성이 인정되어 결실율 증가를 보였다,

8. 망을 썬은 처리구에서 첨가제 종류별 농도별 처리가 사과 결실율에 미치는 영향은 대조구의 중심화 결실율이 0.7%에 비해 IS-1 처리구 500배액에서 5.1%, IS-3 처리구 500배액에서 4.2%로 나타나 대조구보다 약 7.3 및 6.0배 높은 중심화 결실율을 보였다. 첨가제 처리에 따른 사과 품질은 대조구와 비슷하였다.

9. 자연방임 조건에서의 IS-1 처리구 500배액에서 대조구 보다 약 중심화 결실율이 41.4% 높은 수정 효과를 확인할 수 있어 화분 활력 증강제가 결실율 증가에 효과가 있는 것으로 나타났다.

10. 망안에서의 수정촉진제에 첨가제 종류별 농도별 처리에 의한 자가수정 정도를 SSR 방법에 의하여 종자 분석을 하였다. IS-1의 500배, 1000배액, IS-2의 1000배액, IS-3의 1000배액에서 100%의 자식종자율이 나타났다. IS-2의 500배액에서는 40%, IS-3의 500배액에서는 78%, IS-4의 500배액에서는 63%, IS-4의 1000배액에서는 60%로 나타나 수정촉진제의 자가불화합성 타파물질의 작용으로 자가수정이 이루어진 것을 확인하였다.

11. SS+CN 1000배액에서 측과 결실율 11.0%, 무처리구 측과 결실율 21.5%에 비해 약 48.8%의 높은 적화 효과를 보였지만, 중심화의 결실율이 무처리구보다 낮게 나타나 적화제로서의 사용 가능성은 인정되지만 처리시기를 조정하거나 혹은 약제에 관한 면밀한 검토가 필요로 되어진다.

12. 수정축진제 처리 후 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향은 경도, L/D, 당도, 과색, 산도, 중량 등에서 대조구와 처리구 사이에 유의성이 인정되지 않았다. 종자수에서는 Lime sulfur mixture가 8.6개로 가장 많았고, 적화제 처리구에서는 4.2~8.0개로 나타나 처리구에 따라 차이가 났는데 SS+CN 처리구의 경우 4.2개로 가장 낮게 나타났는데 이는 적화제 처리에 의한 피해현상으로 볼 수도 있어 세밀한 검토가 필요로 되어지는 부분이다.

13. 안동지역에서 개선된 수정축진제 처리 후 무기화합물 등을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험 결과, SP 처리구에서 측과 결실을 13.0~18.2%로 무처리구 측과 결실을 21.5%에 비해 높은 적화 효과를 보였고, SS+CN 처리구에 있어서 측과 결실을 13.3~14.3%로 무처리구에 비하여 높은 적화 효과를 보였다.

14. 경북 영주 지역에서의 수정축진제 처리 후 적화제를 살포한 실험구의 결실율이 모두 50% 이상으로 나타나 무처리구보다 비슷하거나 높게 나타났다. 이는 2005년 영주지역에 있어서 온도가 높아 개화 진행 속도가 아주 빠르게 진행되는데 기인한다. 따라서 적화제 처리일은 개화진행속도에 맞추어야 할 것으로 판단되며 품질 관련 무처리구와 처리구에서 유의성이 인정되지 않았다.

15. 경북 청송에서 후지 품종을 대상으로 수정축진제 처리 후 적화제 종류별, 농도에 따른 효과를 검정하였다. CC+CN 처리구에서 높은 적화 효과가 나타났지만 측화 결실율이 무처리구 보다 낮아 재검토가 필요로 되어진다.

16. 10a당 적과 노력시간을 비교한 결과 손적과를 100으로 하였을 경우, 약제 적화는 '세빈' 적과보다는 30.4%, '석회유황합제' 적과보다는 5.4% 높은 적과 노력을 절감할 수 있었다.

17. 공인기관 의뢰 연구결과에 의하면 무처리 방충망구(자가수분)와 개선된 애플플러스 방충망 처리구(자가수분)는 약 31%의 자가 결실율로 무처리 방충망구에 비해 약 28% 높은 착과 효과가 높게 나타나 개선 수정축진제 처리에 의하여 자가수분이 이루어졌음이 확인되었다.

18. 공인기관 의뢰 연구결과에 의하면 SP는 3+5일 처리에서 40%의 적화 효과를 보였고, 적화제 대조약제인 일본적화제의 4+6일 처리에서 약 56%의 적화효과에 비하여 약 26%의 낮은 적화 효과를 보여 제품의 효능 향상에 관한 연구가 필요한 것으로 나타났다.

19. 개선 수정축진제 처리 후 무기화합물 적화제 처리에 의한 지역별 효과 차이는 다음과 같다. 의성지역에서의 홍로의 경우 일본적화제 에코루키가 중심화 보다는 측화에서 적화 효과가 높았으며, SP 및 CN의 경우 만개후 4일째 처리의 측화에서 가장 효과가 좋았지만, 청송 지역에서는 처리일, 농도 및 약제 종류에 따라 일정한 결과를 보여지지 않았다. 안동 지역에서는 SP 3일 및 4일째 처리가 높은 적화효과를 보였으나 개화시기의 단축으로 중심화 결실율이 낮아졌는데 적화제의 영향을 받은 것으로 판단된다. 적화제 처리에 따른 품질 변화는 지역별 차이를 보이지 않았다. 따라서 적화제 처리시 처리시기가 적화 효과에 가장 중요한 요인으로 판단되며, 지역별 기상 상황에 따라 조절하여야 할 것으로 판단된다.

20. A등급의 수확량은 무처리, 수정축진제, 개선 수정축진제의 순으로 각각 20.4%, 25.3%, 31.9% 이었고 C등급의 수확량은 각각 62.7%, 54.9%, 48.9%로 조사되었다. A등급의 경우 수정축진제 및 개선 수정축진제를 처리한 실험구가 무처리구에 비해 약 11.5% 정도 높은 고품질의 사과가 수확되었다.

21. 손적화와 비교하여 약제적화의 비용 절감 효과는 후지 87.5%, 쓰가루 91.2%로 쓰가루가 높게 나타났는데 이는 적화 대상 꽃의 수가 쓰가루가 많은 것에 기인 한 것으로 판단된다. 최근 농촌 노동력의 노령화 및 인구 감소로 과수 재배에 있어 노동력 부족 현상이 점점 더 심각하다. 적화제가 실용화되면 현재까지 기계화가 불가능 하였던 적과 부분의 기계화가 가능하게 되어 과수재배 노동력 절감을 통한 합리적 재배체계 개선 및 농업비용 절감으로 과수재배 경쟁력 향상에 기여할 것으로 판단된다.

■연구개발 결과 활용에 대한 건의

본 연구과제는 크게 배우체 자가불화합 과수의 수정불량 문제 해결을 위한 자가불화합 제어물질 함유 수정축진제 개선 및 무기 화합물을 이용한 적화제 개발에 관한 것이다. 공인기관 의뢰 실험결과에 나타난 것과 같이 개선수정축진제의 자가수정 효과가 무처리구 보다 약 30%정도 높게 나타나 자가불화합성 타과 효과가 인정되었다. 따라서 현재 수많은 자가불화합성 성질을 가진 작물들에 본 물질을 이용하면 막대한 부가가치를 창출 할 수 있을 것으로 기대된다.

SUMMARY

The study was conducted to solve the problem on low fertilization rate and develop effective flower-thinning method in apple using inorganic chemical compounds. The study involved the determination of efficacies of chemical spray as fertilization stimulant spray and flower-thinning agent for apple. In 2003, ISTECH, Inc., Korea developed (1) a fertilization stimulant technology that when sprayed on apple guarantees higher fertilization rate, and (2) flower-thinning agent composed of inorganic chemicals that guarantees higher flower-thinning rate in apple.

The following is the summary of the research result conducted for a period of 3 years.

1. Development of fertilization stimulant spray

- Mixed treatment of fertilization stimulant and additives on Hongno resulted in the highest fruit set rate of 60.3% while treatment of fertilization stimulant alone resulted in 30.8-42.0% and that of the control was only 12.8%.

- Mixed treatment of fertilization stimulant and additives on the Hongno did not result in the drying of leaves or any growth disorder. There was an increase in number of seeds, but no significant differences among the treatments was observed. Both treated and untreated resulted in relatively high values for the other fruit quality parameters (sugar content, titratable acidity, L/D ratio), but significant differences among the treatments were not also observed.

- In Fuji, application of different kinds of additives at different concentrations resulted in fruit set rate of 22.2% in 5mg/ml IS-2, 17.1% in 10mg/ml IS-1 and 10.9% in 15mg/ml IS-2. There was no uniform trend on the fruit quality of Fuji treated with different kinds and concentrations of the additives. Growth disorder was not also observed.

2. Development of flower-thinning agent

- The most effective treatment time for the application of flower-thinning agent is 2-3 days after full bloom. In cases when cold temperature delays flower blooming, application of flower-thinning agent must be delayed.

- The effects of applying mixed solution of flower-thinning agents $MnSO_4$ and $ZnSO_4$, and different concentrations of adjuvants did not show a clear trend. The 6mM+GA $MnSO_4$ and 4mM+2GA $ZnSO_4$ applied 3 days after full bloom obtained the highest efficacies among the treatments.

- The successive treatments of fertilization stimulant and flower-thinning agent resulted in lower fruit weight and number of seeds while similar values in sugar content, titratable acidity and L/D ratio were obtained except for some treatments. Treatment of lime-sulfur solution caused a formation of russet color, but treatment of flower-thinning agent did not show any physiological stress on the plants.

- Analysis and purification of protein and S-RNase in self-incompatible plants did not show distinct bands. In vitro, treatment of self-incompatibility control substance which contains pollination promoting substance showed control of S-RNase activity and pollen tube growth.

- Comparison between treatments of fertilization stimulant and upgraded fertilization stimulant showed an increased of fruit set rate from 6.8 to 15.3%. Fruit set rate in fertilization stimulant treatment and control was not significantly different from each other while fruit set rate in upgraded fertilization stimulant was significantly higher than that of the control.

3. Combined application of fertilization stimulant and flower-thinning agent

- Treatment of different kinds and concentrations of fertilization stimulant additives inside the net house resulted in fruit set rate of 5.1% in IS-1 500 dilution rate and 4.2% in IS-3 500 dilution rate which translates to almost

7.3 and 6.0% increase compared to 0.7% fruit set rate of the control. Effect of fertilization stimulant additives on the fruit quality analysis showed similar trends among the treatment.

- The open field treatment of IS-1 at 500 dilution ratio resulted in 41.4% increased in pollination. The observed high fruit set rate can be attributed to the increased pollen viability. On the other hand, no significant differences were obtained on the fruit quality analysis.

- The degree of self-pollination in the plants treated with different kinds and concentrations of fertilization stimulant additives inside the net house was determined by seed SSR analysis. Results showed that at IS-1 500 and 1000 dilution ratios, and IS-2 and IS-3 1000 dilution ratio, seeds were all (100%) self-fertilized. Analysis also showed that rate of self-fertilization at 500 dilution ratio of IS-2, IS-3 and IS-4 are 40, 78 and 63%, respectively, while that of IS-4 1000 dilution ratio was 60%. These results confirm the presence of self-incompatibility control substances in the fertilization stimulant causing self-fertilization to take place.

- A higher fruit set rate was obtained in flower-thinning agent SS+CN 1000 dilution ratio (11.0%) compared to that of the untreated (21.5%). On the other hand, flower-thinning rate obtained in SS+CN 1000 dilution ratio was around 48.8% higher compared to that of the untreated. The lower fruit set rate obtained in the chemical flower-thinning agent, which can be attributed to treatment time, needs a more detailed investigation.

- Comparison of the degree of effect of the successive treatments of fertilization stimulant and flower-thinning agent on the fruit quality parameters such as L/D ratio, sugar content, titratable acidity, color, weight between treatments did not show similar trends. The highest number of seeds was obtained in lime-sulfur mixture treatment (8.6) followed by that flower-thinning agent (4.2-8.0). The observed distinctly low number of seeds (4.2) obtained in the treatment of chemical fruit thinning agent SS+CN, which was probably due to damage caused by moist/watery environment, needs more detailed investigation.

- An experiment aiming to develop a technology that uses inorganic chemicals as flower-thinning agent to be sprayed after application of upgraded fertilization stimulant was conducted in Andong. SP (13.0~18.2%) and SS+CN (13.3-14.3%) treatments obtained lower fruit set rate compared to the untreated (21.5%) which means both obtained higher flower-thinning rate. In the case of SP, successive treatments of fertilization stimulant and flower-thinning agent showed similar result while in treatment time a more detailed test for a more practical use of flower-thinning agent can be conducted. Also, fruit quality values obtained in the treatment of fertilization stimulant and upgraded fertilization stimulant were similar.

- In the experiment conducted in Youngju, Gyeongbuk, result showed that fruit set rate in all fertilization stimulant treatments were at least 50% higher than or similar with that of the untreated. In 2005, prevailing atmospheric temperature was very high which caused an accelerated flower blooming. Consequently, application of flower-thinning agent adapted to the fast rate of flower blooming was needed. Also, fruit quality did not obtain a significant difference between the fertilization stimulant treated and untreated plots.

- An experiment on the effect of successive treatments of fertilization stimulant and different kinds and concentrations of flower-thinning agent in Fuji variety was conducted in Cheongsong, Gyeongbuk. The recorded high flower-thinning rate in CC+CN treatment but low fruit set rate compared to the control needs further detailed investigation.

- Based on the studies conducted by outside research institutions, fertilization stimulant treatment and control inside the net house did not obtain a significantly different fruit set rate from each other. However, using the upgraded fertilization stimulant treatment inside the net house, result showed a higher self-fertilized fruit set rate (31%) compared to the control (28%). This observation was attributed to the effect of the upgraded fertilization stimulant in promoting self-fertilization.

- The SP 3+5 day treatment obtained a lower flower-thinning rate (40%) than the Japan-prepared chemical (56%). The lower rate in SP needs further studies on the effect of the preparation of the chemicals.

- The following are the results of the experiments on successive treatments of upgraded fertilization stimulant and inorganic chemical flower-thinning agents conducted at different places. In Uiseong Hongno variety, Japan-prepared chemical obtained high flower-thinning rate while SP and CN applied 4 days after flower blooming obtained the best efficacies. In Cheongsong, treatment time, types and concentrations of chemicals did not show regular trend in the result. In Andong, SP 3 and 4 days treatment showed high flower-thinning rate. Also, fruit quality did not vary according to the place of the experiment. Therefore, treatment time is the most important factor affecting the flower-thinning rate.

4. Labor time reduction and quality

- The labor time required by the different flower-thinning methods per 10a was compared using manual flower-thinning method (100) as the basis. The chemical flower-thinning agent reduced the labor time compared to 'SEVIN' and lime-sulfur mixture by 30.4% by 5.4%, respectively.

- The Grade A harvest of control, fertilization stimulant and upgraded fertilization stimulant were 20.4, 25.3 and 31.9%, respectively, while for Grade C were 62.7, 54.9 and 48.9%, respectively. Comparing the results in control and the upgraded fertilization stimulant showed a higher fertilization rate in Grade A than C.

- Comparison of the cost for manual and chemical spray method of flower-thinning showed a cost reduction by 87.5% in Fuji and 91.2% in Tsugaro. Nowadays, due to aging and decreasing population, the lack of labor in the fruit farming industry is becoming more and more of a problem. Use of machine in apple flower-thinning is not yet possible until now. However, using chemical spray is a practical way of mechanization of flower-thinning which can reduce the need for labor and cost of production, and improve the competitiveness of the fruit-farming industry.

CONTENTS

Chapter 1 Research Outline	15
Section 1 Objectives and Justification	15
Chapter 2 Current Status of Domestic and International Technology Development	17
Section 1 Current Status of Domestic and International Technology Development	17
Chapter 3 Results and Accomplishments	19
Section 1 Theory and Methodology	19
1. Theory	19
2. Methodology	22
Section 2 Results and Discussion	27
1. First year	27
2. Second year	56
3. Third year	73
Section 3 Generalizations	99
Chapter 4 Target Accomplishments and Contribution	100
Section 1 Accomplishments	100
Section 2 Contribution to technology development	101
Chapter 5 Research Results Utilization Plan	102
Section 1 Needs for Further Studies	102
Section 2 Other research practical applications	102
Section 3 Business promotional activity and future plans	102
Chapter 6 Collecting overseas science and technology information	103
Section 1 Collecting overseas science and technology information	103
Chapter 7 List of references	105
<Appendix>	123

목 차

제1장 연구개발 과제 개요	15
제1절 연구개발의 목적 및 필요성	15
제2장 국내외 기술개발 현황	17
제1절 국내외 기술개발 현황	17
1. 국내외 기술개발 현황	17
2. 연구결과가 국내외 기술개발현황에서 차지하는 위치	18
제3장 연구개발 수행 내용 및 결과	19
제1절 이론적, 실험적 접근방법	19
1. 이론적 접근방법	19
2. 실험적 접근방법	22
제2절 연구결과	27
<1차년도>	27
<2차년도>	56
<3차년도>	73
제3절 연구결과 종합검토	99
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	100
제1절 연구개발 목표의 달성도	100
제2절 관련 분야의 기여도	101
제5장 연구개발결과의 활용계획	102
제1절 추가연구의 필요성	102
제2절 타 연구에의 응용	102
제3절 기업화 추진방향 및 금후의 활용	102
제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	103
제1절 해외기관의 연구과제 관련 과학기술 정보	103
제7장 참고문헌	105
<부록>	123

제1장 연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발의 목적 및 필요성

사과는 타가수분을 하는 자가불화합성 작물로서 우리나라의 북부 온대 기후조건에 알맞아 경북, 충북, 충남 등의 산간 내륙을 중심으로 가장 많이 재배되고 있는 대표적인 과수작물이다. 고품질 사과를 생산하기 위하여 인위적으로 발육하는 과실의 숫자를 줄여 불필요한 영양분의 소모를 줄이는 적과를 실시한다. 그러나 현재 대부분 적과작업들이 인력에 의해 이루어지게 되므로 사과농사의 농업비용을 증가시키는 주요 원인이 되고 있다.

최근 농촌 노동력이 감소되어 적과시기에 노동력의 확보가 점점 어려워지는 우리의 농촌현실에서 고품질 사과를 생산하기 위한 저비용 고효율성의 적화/적과방안의 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

사과 재배에 있어서는 기계화 가능 부분(병충해 방제, 운반, 저장, 선발, 포장, 시비, 토양관리 등)과 기계화 불가능 부분(봉지씌우기, 수분, 적과, 전정, 유인, 수확 등)에서 현재까지 기계화 불가능 중에 하나인 적화를 약제화하여 농업노동 대체를 통한 농업비용 및 노동력 절감을 하고자 하였다.

사과재배에 있어서 고품질 과일생산을 위하여 충분한 결실량 확보가 최우선 과제이다. 그러나 최근 개화기의 저온, 고온, 서리, 황사등 기상조건에 의한 수정불량으로 인한 결실량 확보의 미충분이 수확량 감소로 이어져 농가수익에 영향을 미치는 실정이다. 특히 사과의 경우 전형적인 배우체형 자가불화합성 과수이므로 자가수분에 의한 수정은 거의 이루어지지 않기 때문에 수정 불량문제는 더욱 빈번하게 발생되고 있는 현실이다. 사과 재배의 경우 이러한 수정 불량문제 해결을 위해 혼식을 하여 문제 해결을 도모하고 있는데 이는 병충해 방제 재배 측면에서 보면 품종간 병해충 발생시기의 차이 등 방제 체계의 차이로 농약의 사용량 및 횟수가 증가하는 요인이 되고 있어 합리적 사과재배 체계구축을 위해서는 단일 과수원 구축이 최상이라고 할 수 있다. 따라서 이러한 수정 불량문제 해결을 위해서는 타가수분뿐만 아니라 자가수분도 가능한 수정 촉진제 개발이 요구되어 진다. 또한, 대면적 재배시 한정된 개화기간에 따른 효과적 인공수분이 어렵지만 본 기술개발로 효율적 사과 대면적 재배 체계가 구축될 수 있을 것이라 사료되어진다.

본 과제에서는 사과 적과의 문제점을 근원적으로 해결하기 위하여 무기화합물을 이용한 사과 적화 기술을 검토하고 이를 토대로 2단계 약제 살포에 의한 효과적인 사과 적과방안을 강구하였다. 국내 순수 기술로 (주)이즈텍에서 개발되어 2003년 제품으로 출시된 수정축진 영양제를 1차적으로 살포하여 중심화 수정을 확보한 후, 2차적으로 무기화합물 적화제를 처리하여 효과적인 사과 적과 방안을 강구하였다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 기술개발 현황

현재까지 생장조정제를 이용한 적과제의 개발에 관한 많은 연구가 수행되어 왔다. 이용되고 있거나 이용가능성이 있는 생장조정제로는 NAA, carbaryl, MEP, ethephon, ethylchlozate, ABA, BA 등이 있으며(강 등, 2001), 박 등(1996)은 광합성 억제 기작을 갖는 제초제 Simazine를 살포하여 낙과를 유발함으로써 적과제로의 이용가능성을 제시하였다.

현재 후지품종을 대상으로 적과제의 용도로 가장 많이 사용되고 있는 carbaryl(세빈)은 강한 살충작용으로 인한 꽃가루 매개곤충의 사멸을 유발하므로 현장에서 점점기피되어 사용이 감소되고 있는 추세이다. 고농도로 살포시 꿀벌, 머리빨가위벌 등 화분매개곤충에 치명적인 피해를 주므로 현장에서 안심하고 사용하기 어려운 실정이다.

고농도의 naphthaleneacetic acid(NAA)aphthaleneacetamide(NAD)도 적과제로 사용될 수 있으나, 잎에 약해를 발생시키기 쉬움, 과실발육이 중지되는 단위결실의 과실을 생산하기 쉬운 문제점이 있다. 최근에는 환경보건상의 문제로 그 사용이 중지되어 있다.

최근 미국의 Abotte사에서 6-BA가 주성분인 CyLex라는 제품이 적과제로 개발되었다. 이 약제를 후지 품종에 처리한 결과(처리시기 만개후 20일, 처리농도 200-400ppm), 140ppm에서 우수한 적과효과를 보였다. 특히 이듬해 화아형성에도 무처리에 비해 좋은 효과를 보였다(강 등, 2001). 그러나 환경보건상의 영향 및 매개곤충의 영향에 관한 많은 연구가 필요하다.

자가불화합성 조절물질을 이용한 수정촉진을 위한 기술 보급은 국내·외 모두 전무한 실정이지만, (주)이즈텍의 기술연구소에서는 18년의 연구 끝에 국내·외에 특허를 획득하였고(국내특허: 제0467936호, 국외특허: 미국 US6,723,680, 일본 제3717851호, 중국 ZL 01 8 00462.8, 유럽 01912518.6, 단, 유럽은 출원중), 각 작물에 활용하려는 초기 단계에 있는 실정이다.

자가불화합성 제어 물질은 (주)이즈텍의 기술연구소에서 세계 최초 원천 기술을 보유하고 있으며, 이 기술이 확대 보급되면 세계적으로 원천 기술 수출 및 이

용 범위가 크게 확대될 것으로 사료되어진다.

2. 연구결과가 국내외 기술개발현황에서 차지하는 위치

본 연구의 기술개발은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째는 배우체 자가불화합성을 뛰는 사과에 있어 자가불화합성 제어물질이 함유된 수정촉진제 처리에 의한 충분한 결실량 확보 (가능하면 중심화)를 통한 수정 불량문제 해결이다, 본 연구의 핵심기술은 자가불화합성을 타파 물질의 개발이다. 이는 자가수분 및 타가수분 능력을 향상시켜 수정 능력을 촉진시키는 것으로서 국내외에서 아직까지 개발되어 있지 아니하다. 수정을 촉진시킨다고 하는 여러 제제들이 출시되어 있긴 하지만 당 또는 벌 유인제 함유 등으로 수정불량의 근본적인 원인 해결에는 효과가 미미하다. 이러한 측면에서 보면 주관기관이 개발한 수정촉진제는 근본적 문제 해결을 위한 물질이 함유되어 있어 이러한 원리를 이용한 수정촉진제는 국내외를 막론하여 전혀 개발 되어 있지 아니하여 본 물질을 이용하면 관련 산업의 부가가치를 한층 더 높일 수 있는 계기가 될 것으로 판단된다. 두 번째는 현재 대부분 적과작업들이 인력에 의하여 이루어지고 있으며 이는 곧 사과농사의 농업비용 증가의 원인이 되고 있는데, 이러한 적과 작업을 무기화합물로 구성된 적화제를 이용한 효과적인 적화방안을 강구하여 기계화가 불가능하였던 손 적과를 기계화시켜 노동력 감소를 통한 농업비용 절감을 통한 경쟁력 강화를 도모하였다. 적과제는 현재 미국, 일본 등에서 개발되어 재배자가 사용하고 있지만 살충 효과를 가지므로 매개곤충이 죽는 현상 때문에 관련 연구가 필요로 되어지는 부분이 있다. 따라서 (주)이즈텍은 친환경적인 무기화합물을 이용한 적화제 개발을 도모하였으며, 적화 효과는 보이지만 상업화하기까지는 약간의 연구가 필요로 되어진다.

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 이론적, 실험적 접근방법

1. 이론적 접근방법

지구상에 꽃을 피우는 현화 식물의 50% 이상이 자가불화합성이라는 성질을 가지고 있다. 이 자가불화합성의 정확한 기작을 이해하려는 노력은 오래전부터 진행되어 왔다. 자가불화합성은 유전학적으로 배우자체형(가지과, 장미과 대부분의 화훼류, 사과, 배 등)과 포자체형(무, 배추와 같은 십자화과 식물)으로 크게 나누어진다. 현재까지 유전학, 생화학, 세포생물학 및 분자생물학적 지식을 종합하면 배우자체형 자가불화합성은 화주조직에 ribonuclease의 활성을 가지고 있는 자가불화합성의 locus(이하 S locus) 산물의 하나인 S RNase가 화주조직에 시기 및 부위 특이적으로 존재하여 유전자형이 동일한 화분이 화주조직에서 신장할 때 이들을 공격하여 자가불화합으로 만든다고 알려져 있다. 한편 포자체형의 기구에서는 S locus 산물이 여러 종류 발견되어 SLG, SLR, SRK 유전자 산물인 당 단백질의 상호작용에 의해 자가불화합성이 조절된다고 보고되고 있다. 자가불화합성이란 결국 화분과 암술과의 상호작용이며 화분이 암술에서 발아를 시도할 때 암술이 화분의 유전자형을 인식하여 선택적으로 받아들여 수정을 유도하는 식물의 가장 잘 진화된 유전적 기구의 한 형태라 할 수 있다.

가지과 식물에 대한 자가불화합성에 관한 분자생물학적인 연구는 포자체형인 Brassica 속보다 1년 늦은 1986년에 호주 Melbourne 대학의 Clarke 교수 연구팀에 의해 담배에서 자가불화합성의 유전자형에 대응하여 다음 세대로 유전하는 단백질을 화주조직에서 분리 및 정제하여 S 단백질이라 명명하였다. 이 S 단백질의 특징은 식물의 다른 조직에서는 발현하지 않고 생식조직인 화주조직에서만 발현하는 특징이 있고, 화주조직의 하부로 가면 갈수록 이 단백질의 축적은 점차 줄어들어 자방에서는 거의 검출되지 않는다. 또한 미숙상태의 화주조직에서 보다 개화한 상태의 화주조직에서 훨씬 많은 양의 단백질이 축적되었다. 이들 단백질의 분자량은 26-35KDa의 범위에서 발견되며 등전점은 6.2-9.5의 범위에서 나타났다.

조직학적 연구로부터 S 단백질의 분포는 주두와 화분관이 통과하는 분비 조직에 분포하고 다른 생식세포에서는 발견되지 않았다. 이와 같이 S 단백질의 발현

장소는 화주내의 화분관이 통과하는 통로조직으로써 전사산물과 번역산물의 양 쪽 다같이 동일한 결과를 나타내었다. 한편 S 단백질의 당쇄에 대한 연구가 진행되어 가지과 식물의 S 단백질은 적어도 2종류의 형태를 가진 당쇄가 존재하며 하나는 식물이나 동물에서 흔히 나타나는 high mannose type으로 추정되었다. 현재로서는 동물의 growth factor와는 달리 자가불화합성의 특이성을 결정하는데 있어서 당의 구조가 결정적인 역할을 담당하지 않는 것으로 생각한다.

가지과 식물의 담배속, 페츨니아속, Solanum속 및 토마토속에 있어서 현재까지 23종류의 S 단백질의 cDNA에 대한 염기서열이 결정되었다. 이들은 200-210개의 아미노산 잔기로 되어 있으며, 이들 아미노산 서열에 대한 상동성은 40% 정도이며, 특이하게도 동물의 면역 시스템에서 나타나는 Immunoglobulin 유전자들과 같이 보존영역, 가변영역과 초가변영역으로 구별되어지는 영역을 가지고 있다. 이러한 영역 중에서 초가변영역이 자기화분과 비자기화분을 인식하는데 직접적으로 관여하는 것으로 거론되고 있으나 현재까지 직접적인 증거는 아직 보고되지 않고 있다. 한편 S 단백질과 직접적으로 작용하는 화분 측의 factor에 대해서는 많은 논란이 되어 왔으나 현재까지 밝혀진 산물은 없는 실정이다.

S 단백질의 기능적 연구는 이 단백질에 대한 상동성의 비교 결과 곰팡이의 RNase와 유사한 구조를 가진다는 사실이 시발점이 되어 이들 S 단백질에 대한 기능이 조사되어졌다. 이들 단백질의 기능을 밝히기 위해 *in vitro* 상태에서 자기화분과 비자기화분에 방사선 동위원소인 ^{32}P 로 인식한 화분을 이용하여 화분관의 신장에 대한 연구가 진행된 결과, 자기화분의 화분관은 화주조직의 상부에서 그 신장이 저해되는 것으로 나타났다. 불화합성이 진행될 때 화분의 rRNA가 특이적으로 분해된다고 보고되었다. 이때부터 자가불화합성에 직접적으로 관여하는 S 단백질을 S RNase라고도 불리어지게 되었다. S RNase는 자가수분할 때 자기화분의 화분관 조직으로 들어가 rRNA를 분해시킴으로써 결국 자기화분의 화분관 신장을 저해시키는 것 같다. 그러나 최근에는 자기화분이 화주조직에서 신장할 때 화주조직 상부에서 이미 화분관은 파괴되어 자연적으로 rRNA는 분해되므로 화분관의 신장조직에서 rRNA의 분해가 자가불화합성의 원인인지 결과인지에 대한 논란이 되고 있다.

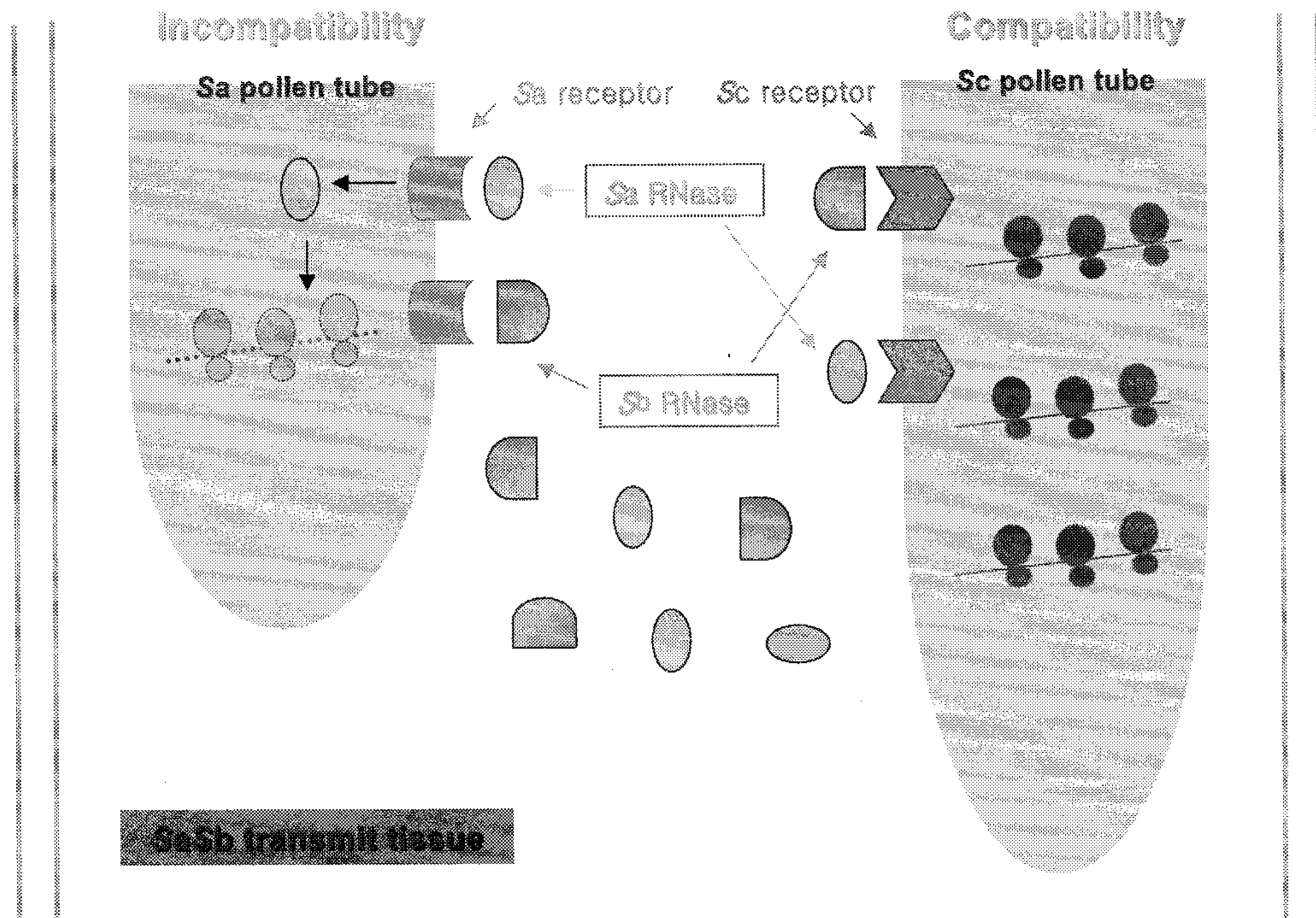


Fig. 1. A model for self-incompatibility mechanism.

가지과 식물체인 담배(*Nicotina glauca*)와 페튜니아(*Petunia inflata*)와 같은 배우 자체형 자가불화합성의 경우 SLG 유전자를 sense 혹은 anti-sense의 construct로 형질전환하였을 때 도입된 식물체에서 자가불화합성의 기능을 '회복' 혹은 '타파'되는 결과를 가져오게 되었다. 그러나 형질전환 식물체의 화분을 이용한 교배 실험에서 자가불화합성의 성질이 도입된 화분에서는 그 기능이 나타나지 않는 결과를 얻었다. 결국 배우자체형의 SLG 유전자는 자가불화합성의 mechanism에 있어서 최종 단계에서 그 역할을 하고, 자기화분의 화분관 신장의 저해과정에는 SLG와 반응하는 화분측의 factor가 존재해야 한다는 의견이 지배적이다.

토마토 자가불화합성에 관여하는 두 종류의 S 단백질이 각각 분리 및 정제되어 이 단백질의 생화학적 특성을 밝혔고, 이들 단백질에 상응하는 cDNA와 genomic 유전자들을 각각의 유전자형에서 분리하여 이미 외국잡지('93과 '94)와 이들 유전자들에 대한 국제특허를 94, 95년에 각각 등록한 상태이므로 이들 유전자를 이용한 기능적 연구만 남게 되었다. 최근 이들 유전자를 이용하여 동일한

가지과 식물인 담배에서 형질전환된 식물체를 20종류를 얻어 자가불화합성의 획득 여부를 조사한 결과 화주조직에 특이적으로 다량의 S 단백질이 생산될 경우 재배종의 토마토에서도 자가불화합성의 성질을 획득할 수 있다는 조심스런 결론을 얻게 되었다(Chung et al., J. Plant Physiol, 1999)

2. 실험적 접근방법

가. 재료 및 방법

1) 수정촉진제 개선

2004년 수정촉진제 개선 실험은 경북 청송군 현동면 도평리에 위치한 (주)이즈텍 실험포장에서 실시하였다. 후지 20그루당 홍로 1그루가 수분수로 식재되어 있고, 군데군데 화홍, 쓰가루 등이 한그루씩 식재되어 있다. 본 실험포장은 사양토로서 시험에 사용된 공시품종은 후지 및 홍로로서, 후지/M.9 나무는 2004년 기준 7년생 대목으로 수형은 세장방추형으로 수세는 보통이며 재식거리 5×3m 로서 재배하고 있었으며, 홍로도 같은 조건이었다. 수정촉진제 처리시기는 개화전(중심화 풍선기), 개화기(중심화), 개화후 2일째에 시기별로 처리하여 효과를 검정하였다. 약제 살포 전후의 기상상황은 약제 살포 전후 저온으로 결실율에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 수정촉진제의 처리시기는 홍로는 2004년 4월 18일, 후지는 4월 20일에 살포하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 시험구는 약 3,000평 정도를 사용하였다. 타가수분이 되는 것을 막기 위해서 꽃이 피기 일주일전 짙은 나무 전체를 망으로 씌우는 작업을 하였으며, 약제 처리 후 약 2주 후 망을 제거하였다.

수정 효과 증진을 위한 첨가제의 종류 및 농도에 따른 수정 촉진 효과 탐색을 위해서 아래와 같이 실험하였다. 사과와 화분 활력 강화를 위하여 IS-1, IS-2 및 IS-3 을 첨가하여 자가수분율에 미치는 영향에 관한 실험을 진행하였다. 첨가제는 1ppm 기준으로 수정촉진제 1000배액과 첨가제의 농도를 다르게 하여 혼합하였다. 살포량은 10a당 약 150리터 기준으로 분무기로 충분히 살포하였다.

조사항목으로는 결실율, 종자수, 중량, 크기, 당도, 산도 등을 조사하였다. 결실율은 처리 4주 후 처리 대상꽃의 총화총수와 중심화와 측화 꽃의 부위별 조사꽃수를 조사하여 %로 나타내었다. 품질조사는 수확기에 실험처리를 한 샘플을 수확하여 종자수 확인과 종횡길이는 Mitutoyo의 Calipers를 사용하여 측정하였다. 당도는 샘플을 강판에 갈아 즙을 낸 후 toyo-1로 필터링 한 후 PAL-1(Atago사)

을 사용하여 측정하였다. 산도는 샘플 즙 5ml과 증류수 20ml로 5배 희석하여 0.1N의 NaOH을 pH 8이 될 때까지 넣은 후 수치를 조사하였다.

2005년 수정축진제 개선 실험은 경북 청송, 안동, 영주에서 실시하였다. 처리일은 청송 4월 30일, 안동과 영주는 4월 27일이며, 청송의 포장 조건의 위와 같다. 안동의 포장 조건은 후지 20그루당 꽃사과와 골든 텔리셔스가 1그루씩 수분수로 식재되어 있다. 홍로, 후지, 선홍 등 품종별로 구역이 나뉘어져 식재되어 있었고, 수정 매개곤충으로는 호박벌을 사용하고 있었다. 실험포장은 사양토이며 시험에 사용된 공시품종은 후지로서, 후지/M.9 나무는 8년생 대목으로 수형은 세장방추형으로 수세는 보통이며 재식거리 3.5×1.5m 로서 밀식재배하고 있었다.

시험구 배치는 난괴법 3반복으로 수세가 비슷한 나무를 선택하여 나무 전체로 1반복으로 사용하였다. 수정축진제는 기존의 수정축진 영양제를 이용하였고, 개선 수정축진제는 2004년 실험에서 효과가 우수하다고 판단되어진 화분관 신장에 효과가 우수한 물질을 첨가한 것을 사용하였다. 수정축진제 농도는 1,000배액, 500배액으로 희석하여 살포하였다.

특히 청송의 경우는 타가수분이 되는 것을 막기 위해서 꽃이 피기 일주일전 쯤 나무 전체를 망으로 씌우는 작업을 하였으며, 약제 처리 후 약 2주 후 망을 제거하였다.

업그레이드 수정축진제 실험구에 있어서는 과수 전체를 망으로 씌운 구와 망을 씌우지 않은 자연방임구를 설정하였다. 망을 씌운 실험구에 대해서는 모두 약제 살포 후 인공 자가수분을 해 주었다. 망 제거 후 2주 후에 결실율을 조사하였다. 생리장해에 관한 조사는 달관조사로 약제 처리 후 한달간은 일주일 간격으로 그 다음부터는 한달 간격으로 조사하였다. 품질 평가 및 분석, 조사항목과 조사항목, 조사방법은 위와 동일하며, 안동의 경우 과일의 등급 분류에 따라서 상(350g 이상), 중(350-250g), 하 (250g 이하)로 나누어 중심화 결실을 향상에 따른 상품 증가가 수익성에 미치는 영향을 조사하였다.

2006년 수정축진제 개선 실험은 경북 청송, 안동, 의성에서 실시하였다. 의성 임차포장은 홍로 및 후지 품종이 혼식되어 있다. 2006년도에는 june drop의 영향으로 낙과가 심한 지역이 많이 나타났다. 안동의 중심화 개화기의 수정축진제 살포일은 4월 28일이었고, 청송의 중심화 개화기의 수정축진제 살포일은 5월 2일이었었다. 조사항목 및 조사방법은 위와 동일하다.

2) 적화제 개발

2004년 적화제 실험은 경북 청송에서 실시하였다. 무기화합물을 이용한 사과 적화 효과 탐색을 위해서 아래와 같이 실험하였다. Manganese sulfate, Zinc sulfate와 같이 황산염을 가진 무기화합물을 이용하였다. 수정축진제 1000배액 처리 후 분무기로 적화제를 농도별, 첨가제별로 살포하였다. 처리시기는 만개일, 만개후 1일, 만개후 2일, 만개후 3일, 만개후 4일, 만개후 5일에 각각 처리하였다. 처리농도는 위의 무기화합물을 2mM, 4mM, 6mM로 하였다. 또한 위의 농도에 각각 지베렐린, 전착제의 농도를 달리하여 측정하였다. 조사항목과 조사방법은 위와 동일하다.

2005년 적화제 실험은 경북 안동시 일직면 구천리, 경북 영주시 안정면 봉암리 및 경북 청송군 현동면 도평리에서 실시하였다. 실험포장 조건은 위와 동일하다. 수정축진제를 이용하여 중심화 수정을 확고히 한 다음 무기화합물 등을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험을 실시하였다. 안동과 영주의 수정축진제 처리일은 각각 4월 27일이었고, 청송은 4월 30일이었다. 약제 종류는 Sodium sulfate, Calcium nitrate, Manganese sulfate, Zinc sulfate, Gibellelic acid, Lime sulfur mixture 등을 혼용 또는 단독 사용하였고, 처리일은 수정축진제 살포 5일 후에 실시하였다. 처리 농도는 500, 1000배액으로 처리하였다. 안동과 영주의 경우는 4월 27일에 수정축진제 및 개선 수정축진제를 살포하였고, 5일 후 적화제를 살포하였다. 청송의 경우는 4월 30일에 수정축진제 및 개선 수정축진제를 살포하였고, 5월 4일에 적화제를 살포하였다. 처리 3주 후 적화율을 조사하였으며, 조사항목 및 조사방법은 위와 동일하다.

2006년도의 적화제 실험은 경북 청송, 안동, 의성에서 실시하였다. 적화제 처리시기는 안동은 5월 2~7일까지 처리구별 적화제 살포를 하였으며, 청송은 5월 5~8일까지 처리구별 적화제 살포를 하였으며, 의성은 5월 4~7일까지 처리구별 적화제 살포를 하였다. 조사항목 및 조사방법은 위와 동일하다.

3) 자가불화합성 관련 단백질 분리 및 정제

가) Total protein 분리

본 실험을 위하여 화주 조직의 샘플 채취는 경북 청송군 현동면에 위치한 (주)이즈텍 실험농장에서 채취하였다. -70℃에 보관한 각각의 샘플에 대한 화주 조직 약 1,500개를 액체 질소를 넣어 급속 냉동시킨 다음 막자사발에 넣어 마쇄시킨

다음 추출용액(10mM Sodium phosphate, pH 6.0, 10mM EDTA, 1mM PMSF, 1%[W/V] polyvinyl pyrrolidone) 10ml을 넣어 완전히 마쇄시켰다. 분쇄된 단백질을 12,000rpm으로 20분 동안 centrifuge한 다음 상등액을 분리하고, 미세한 나머지 입자들은 0.45 μ m Millex GV filter로 분리하였다.

나) 단백질 정량

단백질의 농도는 Bradford 방법으로 정량하였고, standard curve를 결정하기 위하여 2.5에서 100 μ g/ml의 범위의 BSA (Bovine Serum Albumin)를 사용하였다. 흡광도는 595nm에서 측정하였다.

다) 화주 단백질의 SDS-PAGE와 RNase activity gel staining 분석

SDS-PAGE와 activity staining은 12.5% SDS polyacrylamide gel을 이용하여 수행하였다. 전기영동 후에 SDS를 제거하기 위하여 37 $^{\circ}$ C에서 25% isopropanol과 10mM Tris-HCl (pH 7.4)에 반응시켰다. 그 다음에 37 $^{\circ}$ C에서 10mM Tris-HCl (pH 7.4)을 가지고 2번 rinsing을 행하였다. Gel은 37 $^{\circ}$ C에서 100mM Tris-HCl (pH 7.4)과 300 μ g/ml의 torula yeast RNA (Sigma)을 가지고 2시간 동안 반응시켰다. 그리고 난 다음 gel에서 RNA만을 특정하게 염색하기 위하여 0.02% toluidine blue를 약 5~10분정도 처리하였다 (Singh et al. 1991).

라) 화주 특이적 S 단백질의 분리와 정제

약 1,500개의 화주 조직을 액체 질소에 급냉시킨 다음 mortar을 가지고 마쇄하여 powder 상태로 만든 다음, 5ml의 extraction buffer(10mM sodium phosphate [pH 6.0], 10mM EDTA, 1mM PMSF and 1%[w/v] polyvinyl pyrrolidone)을 첨가하였다. 분쇄한 시료는 4 $^{\circ}$ C에서 14,000rpm으로 20분간 원심분리한 다음 분리되지 않은 입자를 제거하기 위해 상등액을 Centrifree-CL filter (Millipore)에 통과시켰다. 5ml의 분쇄액을 50mM sodium phosphate (pH 6.0) buffer로 평준화시킨 Biogel P-60 column (1.5 \times 89cm) (BioRad)을 적용하였다. 단백질은 동일한 buffer를 가지고 elution 하였고, 각각의 fraction은 0.5ml씩 모았다.

마) RNase 활성 분석과 생화학적 특성 분석

S 단백질의 특이적 활성을 조사하기 위하여 표준 반응액으로 10mM sodium

phosphate를 사용하였고, torula yeast RNA를 기질로 사용하여 30분간 반응시켰다. 반응을 정지시키기 위해 0.75% (w/v) uranyl acetate와 25% (v/v) perchloric acid를 첨가하였다. 흡광도는 260nm에서 측정하였다.

바)화분관 신장 조사

각각 사과와 S RNase와 다른 종류의 inhibitor와 함께 첨가하여 화분관 신장을 비교하기 위하여 수집한 화분을 20 mM Mes-KOH(pH 6.0), 0.07% Ca(NO₃)₂ · 4H₂O, 0.02% MgSO₄ · 7H₂O, 0.02% ZnSO₄, 0.01% KNO₃, 0.01% H₃BO₃, 2% sucrose를 포함한 배지에 배양하였다. 500 μ l의 화분 현탁액을 각각의 온도에 배양한 다음 화분관의 신장을 광학현미경($\times 20$)으로 관찰하였다.

사)ASA-PCR법을 이용한 자가화합성 판정

사과 개체의 종자를 이용하여 S 유전자형을 판정하여 자가수정 혹은 타가수정을 판정하는 방법으로 S-RNase 대립유전자의 염기배열을 해석하여 판정하였다. 보존성이 높은 영역의 배열을 기본으로 공통의 하류 primer를 설계하고, 5'측을 형광색소 6-FAM으로 표식한 올리고 뉴클레오티드를 합성하였다. 관련 특이성이 높은 배열을 기본으로 각 S-RNase 유전자만을 독자적인 길이로 증폭하는 상류 primer를 설계하여 합성하였다. 각 primer가 대립유전자 특이적 증폭(ASA)으로 있는 것을 확인하기 위해 게놈 DNA를 사용하여 primer를 혼합하여 PCR을 행하였다. 증폭산물의 분석은 내부표준에 GS350TAMRA(ABI)를 사용하였고, 형광 DNA sequence(ABI PRISM 310 및 3100 Avant)로 전기영동하였다. 그리고 GeneScan을 사용하여 ASA-PCR 산물 전련길이를 결정하였다.

아)약제 적과와 손적과 비교 및 품질 평가 조사

노동에 의한 적화 비용과 (주)이즈텍이 개발한 수정촉진제 처리 후 무기화합물을 이용한 적화물질 처리구와 무처리구의 적화 시간을 측정, 비교하여 나타내었다. 또한 과일의 등급을 분류하여 상, 중, 하로 나누어 수정촉진제 처리에 따른 상품 증가가 수익성에 미치는 영향을 조사하였다.

제2절 연구결과

<1차년도>

1. 수정 촉진제 개선

가. 기상현황

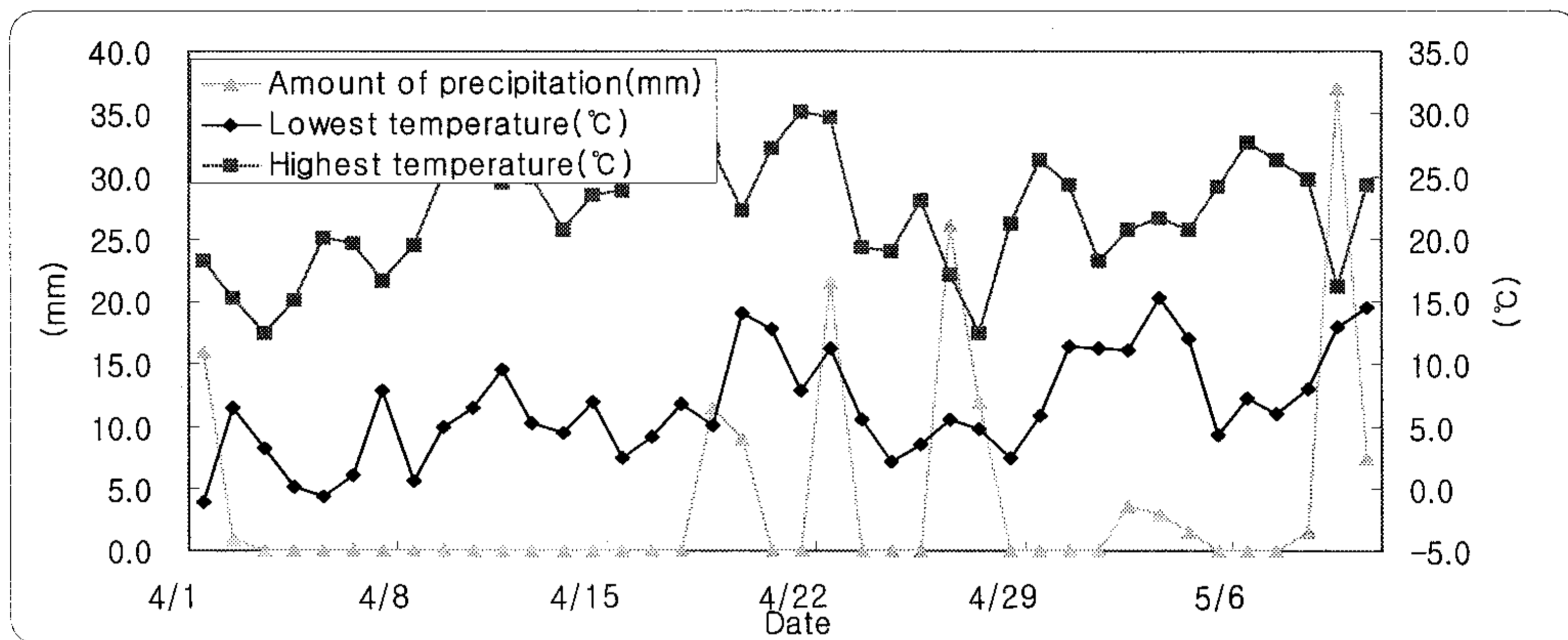


Fig. 2. Temperature and amount of precipitation during flowering stage (Cheongsong, 2004).

그림 2는 실험 지역인 청송에서의 수정촉진제 처리 시기 전후의 기상 현황이다. 수정촉진제 처리일은 4월 18일 및 20일이다. 처리일 전 화아분화가 형성되는 시기에 저온으로 인하여 중심화의 암술이 미발달되어 출현되지 않는 현상으로 중심화의 결실율이 매우 저조하게 나타났으며 저온으로 인하여 측화의 결실율에도 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 한편 강수량은 스프링클러가 설치되어 있어 과수 재배 관리에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

나. 수정 효과 증진을 위한 첨가제 종류 및 농도에 따른 수정 촉진 효과 탐색(홍로)

Table 1. Comparison of the effects of additives on the fruit set rate of Hongno applied at net house and open field (5mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treatment	Fruit set rate (%)			
	Open field		Net house	
	central florets	side florets	central florets	side florets
FS*+IS-1	41.5cd	10.0d	0.0 a	1.9a
FS+IS-2	36.8b	5.5a	9.7 d	0.8ab
FS+IS-1+IS-2	43.6d	7.3b	3.6 ab	2.7bc
FS+IS-1+IS-2+IS-3	41.4cd	6.8b	5.3 abc	6.6cd
Hand-pollination	80.5e	-	73.0 e	-
FS	40.4c	8.8c	7.6 bcd	2.7d
Cont.	30.6a	10.1d	12.8 cd	1.5abc

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

홍로에 있어서 수정촉진제(자가불화합 제어물질 함유)에 여러 첨가제가 수정촉진 효과에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험이다. 표 1, 2, 3은 각각 홍로에 첨가제 종류별, 농도에 따른 결실율을 비교한 것으로 첨가량은 5, 10, 15mg/ml 이다. 수정촉진제+첨가제를 살포한 후 약 3-4주 후에 결실율을 조사하였다.

표 1에서 보는 것과 같이 첨가제 5mg/ml를 첨가한 자연방임의 경우, 중심화 결실율은 무처리구 30.6%, 수정촉진제 처리구 40.4%, 인공수분구 80.5%, IS-1 처리구 41.5%, IS-2 처리구 36.8%, IS-1+IS-2 처리구 43.6%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 41.4%로 나타났다. IS-1+IS-2 처리구가 43.6%로 가장 높은 결실율을 보였으며, 무처리구 30.4%에 비해 약 142.5% 높은 결실율을 보였다. 망의 경우, 중심화 결실율은 무처리구 12.8%, 인공수분구 73.0%, IS-1 처리구 0%, IS-2 처리구 9.7%, IS-1+IS-2 처리구 3.6%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 5.3%로 나타났다.

Table 2. Comparison of the effects of additives on the fruit set rate of Hongno applied at net house and open field (10mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	Fruit set rate (%)			
	Open field		Net house	
	central florets	side florets	central florets	side florets
FS*+IS-1	11.1a	3.6 a	32.9b	4.3c
FS+IS-2	33.9c	5.1 b	30.8b	6.7d
FS+IS-1+IS-2	42.6d	3.7 c	41.7c	7.5d
FS+IS-3	29.5b	5.7 bc	42.0c	9.5e
FS+IS-1+IS-2+IS-3	31.1bc	5.6 bc	60.3d	7.3d
Hand-pollination	80.5e	-	73.0e	-
FS	40.4d	8.8 d	7.6a	2.7b
Cont.	30.6bc	10.1 e	12.8a	1.5a

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 2에서 보는 것과 같이 첨가제 10mg/ml를 첨가한 자연방임의 경우, 무처리구 30.6%, 수정촉진제 처리구 40.4%, 인공수분구 80.5%, IS-1 처리구 11.1%, IS-2 처리구 33.9%, IS-1+IS-2 처리구, 42.6%, IS-3 처리구 29.5%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 31.1%로 나타났다. IS-1+IS-2 처리구가 42.6%로 가장 높은 결실율을 보였으며, 무처리구 30.4%에 비해 약 142.5% 높은 결실율을 보였다. 망의 경우, 중심화 결실율은 무처리구 12.8%, 인공수분구 73.0%, IS-1 처리구 32.9%, IS-2 처리구 30.8%, IS-1+IS-2 처리구 41.7%, IS-3 42.0%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 60.3%로 나타났다.

Table 3. Comparison of the effects of additives on the fruit set rate of Hongno applied at net house and open field (15mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	Fruit set rate(%)			
	Open field		Net house	
	central florets	side florets	central florets	side florets
FS*+IS-1	42.3b	2.9 a	20.0 d	0.0a
FS+IS-2	46.2c	5.8 b	0.0 bc	0.0a
FS+IS-1+IS-2	33.3a	5.6 b	12.5 c	2.1a
FS+IS-1+IS-2+IS-3	48.9c	8.5 c	13.6 c	1.1a
Hand-pollination	80.5d	-	73.0 e	-
FS	40.4b	8.8 c	7.6 a	2.7a
Cont.	30.6a	10.1 d	12.8 ab	1.5a

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 3에서 보는 것과 같이 첨가제 15mg/ml를 첨가한 자연방임의 경우, 무처리구 30.6%, 수정촉진제 처리구 40.4%, 인공수분구 80.5%, IS-1 처리구 42.3%, IS-2 처리구 46.2%, IS-1+IS-2 처리구, 33.3%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 48.9%로 나타났다. IS-1+IS-2+IS-3 처리구가 48.9%로 가장 높은 결실율을 보였으며, 무처리구 30.6%에 비해 약 159.8% 높은 결실율을 보였다. 망의 경우, 중심화 결실율은 무처리구 12.8%, 인공수분구 73.0%, IS-1 처리구 20.0%, IS-1 처리구 0.0%, IS-1+IS-2 처리구 12.5%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 13.6%로 나타났다. IS-1의 처리구가 20.0%로 가장 높은 결실율을 보였다.

표 1의 경우 무처리구를 비롯하여 첨가제를 첨가한 실험구에서 모두 다소 낮은 결실율을 보였으며, 표 2의 경우 첨가제를 처리한 실험구에서 대조구보다 높은 결실율을 보였는데 이는 첨가제의 농도에 따른 효과로 판단되어지며

10mg/ml 처리구가 화분관 신장에 도움을 주는 것으로 나타났으며, 첨가제 종류 별로는 단독 보다는 혼합 첨가가 대조구 12.8% 보다 혼합 처리구 60.3%로 가장 높은 결실율을 보여 효과적이었는데 이는 수정촉진제+첨가제 살포가 자가불화합성 관련 유전자의 활성을 억제시키고 화관 신장을 촉진시켜 자가수분 및 타가수분의 향상에 의하여 수정증대 효과를 가져온 것으로 사료되어진다.

다. 첨가제종류 및 농도에 따른 품질 변화(홍로)

Table 4. Effects of different additives on the fruit quality of Hongno applied at net house and open field (5mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	No. of seeds (ea)		Weight (g)		L/D		Sugar content (°Bx)		Titratable acidity (%)		Physiological stress
	net		net		net		net		net		
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	
FS*+IS-1	5.5a	1.0a	223a	142a	0.91ab	0.90a	12.5a	12.4a	0.25ab	0.26a	None
FS+IS-2	3.8a	1.2a	207a	174b	0.90ab	0.88a	12.9a	12.6a	0.31ab	0.30a	"
FS+IS-1+IS-2	4.7a	1.4a	220a	161ab	0.92ab	0.88a	13.0a	12.7a	0.26a	0.28a	"
FS+IS-1+IS-2+IS-3	3.5a	1.5a	205a	148a	0.94b	0.89a	12.8a	8.2a	0.27a	0.27a	"
Hand-pollination	8.5b	5.6b	241a	179b	0.89ab	0.90a	13.3a	13.4a	0.29a	0.29a	"
FS	4.4a	1.7a	228a	177b	0.86a	0.93a	14.2a	14.1a	0.28ab	0.35a	"
Cont.	4.0a	1.2a	220a	180b	0.92b	0.90a	13.7a	14.3a	0.27b	0.29a	"

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 4는 5mg/ml의 첨가제 종류별, 망의 유무에 따른 홍로의 품질 효과를 나타내었다. 자연방임 및 망 모두 인공수분의 종자수를 제외한 종자수, 중량(망의 IS-1, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 제외), L/D(자연방임 IS-1+IS-2+IS-3 처리구, 무처리구 제외), 당도, 산도(자연방임 무처리구 제외)에서 유의성이 인정되지 않았다. 자연방임 상태에서 종자수의 경우 무처리구 4.0개인데 비해, A+ 처리구 4.4개, 인공수분구 8.5개, IS-1 처리구 5.5개, IS-2 처리구 3.8개, IS-1+IS-2 처리구 4.7개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 3.5개로 나타났다. 망 상태에서 종자수의 경우 무처리구 1.2개인데 비해, A+ 처리구 1.7개, 인공수분구 5.6개, IS-1 처리구 1.0개, IS-2 처리구 1.2개, IS-1+IS-2 처리구 1.4개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 1.5개로 나타났다. 무처리구를 비롯하여 첨가제를 첨가한 실험구에서 유의성은 인정되지 않았다.

Table 5. Effects of different additives on the fruit quality of Hongno applied at net house and open field (10mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	No. of seeds (ea)		Weight (g)		L/D		Sugar content (°Bx)		Titratable acidity (%)		Physiological stress
	net		net		net		net		net		
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	
FS*+IS-1	4.3a	1.2a	206a	150a	0.90ab	0.85a	13.0a	13.2ab	0.27a	0.26a	None
FS+IS-2	3.2a	1.2a	211a	152a	0.90ab	0.90bc	13.3a	13.0ab	0.31a	0.29a	"
FS+IS-1+IS-2	5.4a	1.6a	214a	165a	0.93b	0.89bc	13.4a	13.4ab	0.30a	0.27a	"
FS+IS-3	3.7a	0.8a	253a	145ab	0.93b	0.88ab	13.3a	11.7a	0.29a	0.27a	"
FS+IS-1+IS-2+IS-3	5.1a	0.8a	214a	214b	0.93b	0.89bc	13.7a	13.0ab	0.29a	0.27a	"
Hand-pollination	8.5b	5.6b	241a	179ab	0.89ab	0.90bc	13.3a	13.4ab	0.29a	0.29a	"
FS	4.4a	1.7a	228a	177ab	0.86a	0.93c	14.2a	14.1b	0.28a	0.35b	"
Cont.	4.0a	1.2a	220a	180ab	0.92b	0.90bc	13.7a	14.3ab	0.27a	0.29a	"

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

수정촉진제+첨가제 처리 후 일정 간격으로 조사한 잎마름 현상, 생육장애 등의 약해는 보이지 않았다. 자연방임 처리구에서의 L/D, 당도, 산도에서는 무처리구, 수정촉진제 단독 처리구, 수정 촉진제+첨가제 혼용 처리구에서 모두 유의성이 인정되지 않아, 첨가제 5mg/ml 처리구에서는 수정 촉진제 및 첨가제 처리에 의한 과일 품질에는 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

표 5는 10mg/ml의 첨가제 종류별, 망의 유무에 따른 홍로의 품질에 미치는 영향을 나타낸 것으로써, 자연방임 및 망에서 인공수분의 종자수를 제외한 종자수, 중량(망의 IS-1+IS-2+IS-3 처리구 제외), 당도(망의 IS-3 처리구 제외), 산도(망의 A+ 처리구 제외)에서 유의성이 인정되지 않았다. 자연방임 상태에서 종자수의 경우 무처리구 4.0개인데 비해, A+ 처리구 4.4개, 인공수분구 8.5개, IS-1 처리구 4.3개, IS-2 처리구 3.2개, IS-1+IS-2 처리구 5.4개, IS-3 처리구 3.7개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 5.1개로 나타났다. 망 상태에서 종자수의 경우 무처리구 1.2개인데 비해, A+ 처리구 1.7개, 인공수분구 5.6개, IS-1 처리구 1.2개, IS-2 처리구 1.2개, IS-1+IS-2 처리구 1.6개, IS-3 처리구 0.8개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 0.8개로 나타났다. 무처리구를 비롯하여 첨가제를 첨가한 실험구에서 모두

Table 6. Effects of different additives on the fruit quality of Hongno applied at net house and open field (15mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	No. of seeds (ea)		Weight (g)		L/D ratio		Sugar content (°Bx)		Titratable acidity (%)		Physiological stress
	net		net		net		net		net		
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	
FS*+IS-1	4.0a	1.2a	211a	150a	0.89ab	0.92b	12.4a	12.7a	0.26a	0.25ab	None
FS+IS-2	4.6a	1.0a	207a	170a	0.90ab	0.85a	12.3a	13.1a	0.27a	0.25b	-
FS+IS-1+IS-2	4.2a	1.0a	218a	160a	0.92b	0.88ab	12.1a	13.7a	0.26ab	0.28ab	-
FS+IS-1+IS-2+IS-3	3.8a	1.2a	204a	168a	0.90ab	0.90ab	12.9a	16.1a	0.31ab	0.26ab	-
Hand-pollination	8.5b	5.6b	241a	179a	0.89ab	0.90ab	13.3a	13.4a	0.29a	0.29a	-
FS	4.4a	1.7a	228a	177a	0.86a	0.93b	14.2a	14.1a	0.28ab	0.35ab	-
Cont.	4.0a	1.2a	220a	180a	0.92b	0.90ab	13.7a	14.3a	0.27b	0.29ab	-

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

중량에는 영향을 미치지 않았으며, 망을 썬 일부 처리구에서 중량이 감소 되
게 나타났으나 이는 망 처리구의 경우 수정 결실량이 적어 한정된 과일 샘플량
에 따라 처리간 개체간 변이가 높는데 기인하는 것으로 판단된다. 수정촉진제+첨
가제 처리 후 일정 간격으로 잎마름 현상, 생육장해 등을 조사하였으나 생리장애
현상은 보이지 않았다.

표 6은 15mg/ml의 첨가제 종류별, 망의 유무에 따른 홍로의 품질 효과를 나타
내었다. 자연방임 및 망 모두 인공수분의 종자수를 제외한 종자수, 중량, L/D(자
연상태의 A+ 처리구 및 망상태의 IS-2 처리구 제외), 당도, 산도(자연상태의 무
처리구 및 망상태의 인공수분 처리구 제외)에서 유의성이 인정되지 않았다. 자연
방임 상태에서 종자수의 경우 무처리구 4.0개인데 비해, A+ 처리구 4.4개, 인공수
분구 8.5개, IS-1 처리구 4.0개, IS-2 처리구 4.6개, IS-1+IS-2 처리구 4.2개,
IS-1+IS-2+IS-3 처리구 3.8개로 나타났다. 망 상태에서 종자수의 경우 무처리구
1.2개인데 비해, A+ 처리구 1.7개, 인공수분구 5.6개, IS-1 처리구 1.2개, IS-2 처
리구 1.0개, IS-1+IS-2 처리구 1.0개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 1.2개로 나타났다.
종자수와 중량에 있어서 무처리구를 비롯하여 첨가제를 첨가한 실험구에서 모두
비슷하게 조사되었으며 인공수분 처리구에서는 8.5개로 종자수가 높게 조사되었
다. 수정촉진제+첨가제 처리 후 생리장애 현상 및 생육장해 등을 조사하였으나
약해 현상은 보이지 않았다.

따라서 홍로의 경우 망처리구에서 일부 품질 조사 항목에서 차이가 난 것은
망처리구의 경우 결실량이 매우 적어 샘플 대상간 오차가 큰 것에 기인한 것으
로 판단되며 수정촉진제 처리에 의하여 무처리구와의 품질 항목간 차이는 거의
없는 것으로 조사되었으나 일부 처리구에서 종자수가 증가 되었으나 유의성은
인정되지 않은 것으로 나타났다.

라. 첨가제 농도 및 종류에 따른 수정 촉진 효과 탐색 (후지)

Table 7. Comparison of the effects of additives on the fruit set rate of Fuji applied at net house and open field (5mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	Fruit set rate (%)			
	Open field		Net house	
	central florets	side florets	central florets	side florets
FS*+IS-1	9.4a	0.9a	5.5a	1.4c
FS+IS-2	22.2b	1.4a	6.1a	1.5c
FS+IS-1+IS-2	8.7a	0.5a	4.4a	1.1bc
FS+IS-1+IS-2+IS-3	12.2a	1.8ab	6.0a	1.5c
Hand-pollination	60.8c	-	58.6b	-
FS	21.3b	3.7b	3.8a	0.5ab
Cont.	0.0a	1.4a	0.5a	0.1a

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

홍로와 동일한 방법으로 후지에 처리 하였으며 조사방법도 동일하게 실험을 행하였다. 표 7에서 보는 것과 같이 첨가제 5mg/ml를 첨가한 자연방임의 경우, 중심화 결실율은 무처리구 0.0%, 수정촉진제 처리구 21.3%, 인공수분구 57.3%, IS-1 처리구 9.4%, IS-2 처리구 22.2%, IS-1+IS-2 처리구 8.7%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 12.2%로 나타났다. IS-2 처리구가 22.2%로 가장 높은 결실율을 보여 첨가제 종류 및 농도에 따라 결실율의 차이가 보여졌다. 망의 경우에는 중심화 결실율은 무처리구 0.5%를 보였으며, 그 외 다른 처리구의 결실율은 모두 0.0%로 나타나 후지 품종에 있어서 무처리구의 결실율이 자연방임 조건에서도 매우 낮게 나타났다.

Table 8. Comparison of the effects of additives on the fruit set rate of Fuji applied at net house and open field (10mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	Fruit set rate (%)			
	Open field		Net house	
	central florets	side florets	central florets	side florets
FS*+IS-1	17.1 c	0.6b	5.3a	1.3b
FS+IS-2	15.6 bc	0.0b	5.5a	1.4b
FS+IS-1+IS-2	0.0 ab	0.0b	5.5a	1.4b
FS+IS-3	4.8 a	0.0b	5.3a	1.3b
FS+IS-1+IS-2+IS-3	5.3 a	0.0b	6.2a	1.5b
Hand-pollination	60.8 d	-	58.6b	-
FS	21.3 c	3.7a	3.8a	0.5a
Cont.	0.0 a	1.4a	0.5a	0.1a

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 8에서 보는 것과 같이 첨가제 10mg/ml를 첨가한 자연방임의 경우, 무처리구 0.0%, 수정촉진제 처리구 21.3%, 인공수분구 57.3%, IS-1 처리구 17.1%, IS-2 처리구 15.6%, IS-1+IS-2 처리구 0.0%, IS-3 처리구 4.8%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 5.3%의 결실율을 보여 IS-1 처리구가 17.1%로 가장 높은 결실율을 보였다. 망의 경우, 중심화 결실율은 무처리구 0.5%, 그 외 다른 처리구의 결실율은 모두 0.0%로 나타났다.

Table 9. Comparison of the effects of additives on the fruit set rate of Fuji applied at net house and open field (15mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	Fruit set rate (%)			
	Open field		Net house	
	central florets	side florets	central florets	side florets
FS*+IS-1	7.5a	1.6b	4.1a	1.0ab
FS+IS-2	10.9a	2.3b	5.3a	1.3b
FS+IS-1+IS-2	9.8a	2.5b	4.9a	1.2b
FS+IS-1+IS-2+IS-3	10.3a	2.6b	6.5a	2.7c
Hand-pollination	60.8c	-	58.6b	-
FS	21.3b	3.7c	3.8a	0.5ab
Cont.	0.0a	1.4a	0.5a	0.1a

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

첨가제 15mg/ml를 첨가한 자연방임의 경우 (표 9), 무처리구 0.0%, 수정촉진제 처리구 21.3%, 인공수분구 57.3%, IS-1 처리구 7.5%, IS-2 처리구 10.9%, IS-1+IS-2 처리구 9.8%, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 10.3%로 나타났다. IS-2 처리구가 10.9%로 가장 높은 결실율을 보여 첨가제 종류 및 농도에 따라 결실율이 다르게 나타났으나 IS-2 처리구에서 대체적으로 높은 결실율을 보였다. 후지에 있어서 자연방임 및 망상태의 처리구에서 결실율이 다소 낮게 나타난 것은 후지사과의 개화시기의 저온 및 냉해 영향을 받아 화주조직 및 화분의 수정 능력 저하에 기인한 것으로 판단되어진다.

다. 첨가제 농도 및 종류에 따른 품질 변화조사 (후지)

Table 10. Effects of different additives on the fruit quality of Fuji applied at net house and open field (5mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	No. of seeds (ea)		Weight (g)		L/D ratio		Sugar content (°Bx)		Titratable acidity (%)		Physiological stresses
	net		net		net		net		net		
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	
FS*+IS-1	2.7a	1.0a	165a	192c	0.85a	0.90de	8.1 a	15.0c	0.40b	0.38a	None
FS+IS-2	4.0a	1.0a	190ab	129a	0.88a	0.87b	9.3 ab	13.4b	0.39b	0.39a	-
FS+IS-1+IS-2	3.5a	1.0a	183a	160b	0.83a	0.96f	8.6 ab	12.3a	0.38ab	0.38a	-
FS+IS-1+IS-2+IS-3	2.7a	1.0a	166a	138a	0.84a	0.91e	9.7 ab	13.6b	0.37a	0.38a	-
Hand-pollination	6.9b	7.7b	260b	301d	0.89a	0.88bc	11.1 ab	13.5b	0.39b	0.39a	-
FS	4.7ab	2.0a	263b	188c	0.84a	0.82a	10.7 ab	13.1ab	0.39b	0.39a	-
Cont.	3.0a	1.1a	226ab	163b	0.83a	0.89cd	11.2 b	12.7ab	0.38ab	0.39a	-

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 10은 5mg/ml의 첨가제 종류별, 망의 유무에 따른 첨가제 처리가 후지의 품질에 미치는 영향을 조사한 것이다. 자연방임 상태에서 중량의 경우 무처리구 226g인데 비해, 인공수분구 260g, 첨가제 처리구는 165~190g으로 나타났다. 종자수에 있어서는 무처리구 3.0개인데 비해, 인공수분구 6.9개, IS-1 처리구 2.7개,

IS-2 처리구 4.0개, IS-1+IS-2 처리구 3.5개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 2.7개로 나타났다. 망 상태에서 중량의 경우 무처리구 163g인데 비해, 인공수분구 301g, 첨가제 처리구 129~192g으로 나타나 첨가제 종류별 처리구별 다르게 조사되었다. 종자수에 있어서는 무처리구 1.1개인데 비해, 인공수분구 7.7개, 첨가제 처리구는 모두 1.0개로 나타났다. 첨가제를 첨가한 실험구의 중량에 있어서 무처리구보다 낮게 조사된 것은 본 실험이 사과나무의 가지별로 처리 하여 조사 과일 수가 한정된 것에 기인하여 오차가 난 것으로 보여지며 가능하면 한나무 전체로 실험을 행하여야 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 망 처리구에 있어서 처리구간 L/D 율의 차이 또한 한정된 과일 조사 수에 따른 오차에 의한 영향으로 판단된다. 수정촉진제+첨가제 처리에 따른 생육장애 현상 등은 보이지 않았다.

Table 11. Effects of different additives on the fruit quality of Fuji applied at net house and open field (10mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	No. of seeds (ea)		Weight (g)		L/D ratio		Sugar content (°Bx)		Titratable acidity (%)		Physiological stress
	net		net		net		net		net		
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	
FS*+IS-1	4.2ab	1.0a	165a	144a	0.85a	0.91bcd	9.7 cd	11.2 b	0.40b	0.39a	None
FS+IS-2	5.1ab	1.0a	188ab	230d	0.86a	0.96d	5.5 a	12.1 c	0.39ab	0.38a	-
FS+IS-1+IS-2	5.5ab	2.0b	175a	158ab	0.95b	0.93cd	11.3 d	11.0 b	0.39a	0.38a	-
FS+IS-3	4.5ab	1.5ab	228ab	200cd	0.84a	0.86ab	7.6 ab	9.0 a	0.38ab	0.38a	-
FS+IS-1+IS-2+IS-3	4.4ab	-	174ab	-	0.88ab	-	8.0 bc	-	0.39ab	-	-
Hand-pollination	6.9b	7.7c	260b	301e	0.89ab	0.88ab	11.1 d	12.3 cd	0.39ab	0.38a	-
FS	4.7ab	2.0b	263b	188bc	0.84a	0.82a	10.7 d	13.1 d	0.39ab	0.39a	-
Cont.	3.0a	1.1a	226ab	163abc	0.83a	0.89bc	11.2 d	12.7 cd	0.38a	0.39a	-

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 11은 10mg/ml의 첨가제 종류별, 망의 유무에 따른 후지의 품질 효과를 나타낸 것이다. 자연방임 상태에서 중량의 경우 무처리구 226g인데 비하여 인공수분구 260g, 첨가제 처리구는 165~228g으로 나타났으며, 이러한 경향은 망 상태에서도 비슷한 경향을 나타내었으며, 망 상태에서 중량의 경우 무처리구 163g인데 비해, 인공수분구 301g, 첨가제 처리구 144~230g으로 나타나 인공수분 처리구에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 처리구간 수치의 차이가 높은 것은 1개 처리가 가지별로 실험을 하였기에 특히 망의 경우 결실을 저하에 따른 조사 대상 과실 수가 적은 것은 것에 기인하는 것으로 사료된다. 종자수에 있어서는 무처리구 3.0개인데 비해, 인공수분구 6.9개, IS-1 처리구 4.2개, IS-2 처리구 5.1개, IS-1+IS-2 처리구 5.5개, IS-3 처리구 4.5개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 4.4개로 나타났다. 종자수에 있어서는 무처리구 1.1개인데 비해, 인공수분구 7.7개, IS-1 처리구 1.0개, IS-2 처리구 1.0개, IS-1+IS-2 처리구 2.0개, IS-3 처리구 1.5개로 나타나 무처리구에 비하여 수정촉진제 처리구에서 1-1.7개 높게 나타났다. 수정촉진제+첨가제 처리 후 일정 간격으로 조사한 잎마름 현상, 생육장애 현상 등의 약해는 보이지 않았다.

Table 12. Effects of different additives on the fruit quality of Fuji applied at net house and open field (15mg/mL, Cheongsong, 2004).

Treat	No. of seeds (ea)		Weight (g)		L/D ratio		Sugar content (°Bx)		Titratable acidity (%)		Physiological stress
	net		net		net		net		net		
	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	
FS*+IS-1	1.0a	1.0a	170ab	124a	0.86a	0.88abc	6.7 a	15.5b	0.39a	0.38a	None
FS+IS-2	2.5ab	1.5a	201bc	152abc	0.85a	0.86ab	8.4 ab	12.8a	0.38a	0.39b	-
FS+IS-1+IS-2	1.0a	1.3a	122a	127ab	0.98b	0.94c	10.3 bc	11.7a	0.40a	0.39b	-
FS+IS-1+IS-2+IS-3	3.0b	2.0a	214bc	173c	0.89ab	0.90bc	12.4 c	10.5a	0.40a	0.39b	-
Hand-pollination	6.9d	7.7b	260d	301d	0.89a	0.88abc	11.1 c	13.4ab	0.39a	0.39b	-
FS	4.7c	2.0a	263d	188c	0.84a	0.82a	10.7 c	13.1ab	0.39a	0.39b	-
Cont.	3.0b	1.1a	226cd	163bc	0.83a	0.89bc	11.2 c	12.7a	0.38a	0.39b	-

*FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

표 12는 15mg/ml의 첨가제 종류별, 땅의 유무에 따른 후지의 품질 효과를 나타내었다. 자연방임 상태에서 중량의 경우 무처리구 226g인데 비해, 인공수분구 260g, 첨가제 처리구는 122~214g으로 나타나 첨가제 처리구는 무처리구와 비슷하거나 조금 낮은 경향을 보였다. 종자수에 있어서는 무처리구 3.0개인데 비해, 인공수분구 6.9개, IS-1 처리구 1.0개, IS-2 처리구 2.5개, IS-1+IS-2 처리구 1.0개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 3.0개로 나타나 처리구에 따라 종자수가 다르게 나타났는데 수정촉진제 처리구에서 무처리구에 비하여 1.7 개 향상되었다. 땅 상태에서 중량의 경우 무처리구 163g인데 비해, 인공수분구 301g, 첨가제 처리구 124~173g으로 나타났다. 종자수에 있어서는 무처리구 1.0개인데 비해, 인공수분구 7.7개, IS-1 처리구 1.0개, IS-2 처리구 1.5개, IS-1+IS-2 처리구 1.3개, IS-1+IS-2+IS-3 처리구 2.0개로 나타났으며 산도는 땅 IS-1 처리구를 제외하고 모두 유의성이 인정되지 않았으며 처리 후의 생리적 장애 현상은 관찰되지 않았다.

종합적으로 실험 지역인 청송의 경우 잦은 기상이변으로 인한 수정 불량 현상이 빈번하였으며 당해 연도 또한 저온으로 인하여 수정에 영향을 끼친 것으로 생각되어지지만 홍로 보다 후지에서 그 영향을 많이 받은 것으로 결실을 조사 결과 나타났다. 무처리구를 비롯한 모든 처리구에서 과실 중량이 전체적으로 낮게 나타난 것은 밭 관리 상태와 나무 특성에 기인한 것으로 일반 과수원 보다 약 20-30% 정도 과일 중량이 낮게 나타났다. 하지만 첨가제 종류 및 농도 등의 수정촉진제 개선 실험을 위한 포장으로 사용하기에는 이상이 없을 것으로 판단되었다. 홍로 및 후지에서도 마찬가지로 품질이 가장 좋은 처리구는 인공수분 처리구이다. 노동력이나 비용 등을 감안하지 않으면 인공수분을 하는 것이 고품질 과일 생산을 위한 방법으로 판단 할 수 있지만 최근 농촌 현실은 그렇지 못하다. 따라서 저비용, 저노동력 투입 방향을 추구하면 결국 기계화로 꺾이는 것이 현실적이다. 인공 수분 보다 약간 결과가 떨어지더라도 약제에 의한 기계화가 이루어져야 과수 재배의 경쟁력을 도모 할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 무기화합물을 이용한 사과 적화 방안 탐색

가. 처리시기 및 농도에 따른 결실을

수정촉진제를 이용하여 중심화 수정을 확고히 한 다음 무기화합물 등을 이용한 적화 기술 개발을 위하여 적화제와 첨가제 종류, 농도에 따른 효과 및 적화제 처리시기를 구명을 위하여 실험을 실시하였다. 수정촉진제 처리후, 만개일, 만개

후 1일, 만개후 2일, 만개후 3일, 만개후 4일, 만개후 5일째에 각각 적화제 처리를 하였고, 처리 3주 후 적화율을 조사하였다. $MnSO_4$ 및 $ZnSO_4$ 의 적화 효과를 높이기 위하여 전착제를 혼용하여 처리한 결과 농도별 혼용에 따른 적화 효과가 일정한 경향이 보여지지 않았다. $MnSO_4$ 및 $ZnSO_4$ 처리구에 GA를 혼용하였을 경우 적화 효과가 혼용하지 않은 처리구 보다 높게 나타나 GA의 혼용이 효과적인 것으로 조사되었다. $MnSO_4$ 의 경우 6mM+GA 처리구, $ZnSO_4$ 의 경우 4mM+2GA의 만개 후 3일째 처리구에서 가장 높은 적화 효과를 보였다. 만개일, 만개후 1일에 적화제를 처리한 것에 비해 만개후 2, 3일에서 적화율이 높게 나타났다. 이는 만개일과 만개후 1일에는 아직 수정의 진행중에 적화제의 영향을 받아 결실율이 낮게 나타난 것으로 사료되어지며 만개후 2, 3일에서 대체적으로 높은 적화율을 보이고 만개 후 4, 5일에서 다시 낮은 적화율을 보여 적화제의 1차 처리시기는 만개 후 2, 3일경이 적당 할 것으로 판단된다. 적화제의 경우 1차 처리만 하게 되면 늦게 나오는 꽃은 적화가 이루어지지 않으므로 높은 적화 효과를 위해서는 만개 후 4, 5일경에 2차 처리가 필요 할 것으로 판단된다. 따라서 적화제의 처리시기는 만개후 2일 혹은 3일째가 처리 적기인 것으로 사료되어진다. 그러나 기상환경에 따라 특히 온도에 따라 꽃의 개화 진행 속도가 달라지므로 기상 조건이 적당하면 적화제 처리시기가 만개 후 2, 3일이 적당하며, 저온으로 인하여 개화속도가 지연되면 적화제 처리시기를 하루 정도 연기하는 것이 적당 할 것으로 판단된다. 적화제 처리에 의한 이용가능성, 처리시기, 농도 등에 대한 정밀 검토가 이루어진다면 실용화 가능성이 있다고 할 수 있겠다. 그러나 무처리구와 비교하여 결실을 차이가 없는 처리구도 보였다. 또한 동일한 약제, 동일한 농도라 하더라도 적화제 살포 당시의 여러 가지 상황에 따라 적화 효과에 영향을 미칠 수 있으므로 2년차에서는 1년차에 선발된 약제를 중심으로 실험을 진행 예정이다.

Table 13. Comparison of fruit thinning rate of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals (Cheongsong, 2004).

Treat	Conc.	Fruit set rate of central florets(%)					
		full bloom stage	1 day after full bloom	2 day after full bloom	3 day after full bloom	4 day after full bloom	5 day after full bloom
MnSO ₄	2mM	11.2 abc	12.1 de	20.9 cd	21.3 cd	22.8 ghijk	11.8 cdef
	4mM	15.5 de	12.0 def	22.5 cd	16.2 a	17.6 cd	11.3 bcde
	6mM	23.3 hi	13.0 ef	22.5 cd	28.5 k	20.4 efgh	14.7 fghi
	2mM+adjuvants	12.7 bcd	23.8 k	25.0 de	15.4 a	11.3 b	9.2 abcd
	4mM+adjuvants	27.5 jk	9.3 bc	26.7 ef	20.8 cd	12.4 b	6.1 a
	6mM+adjuvants	23.9 hij	16.5 g	12.4 bc	17.1 ab	17.3 c	10.2 bcde
	2mM+GA	25.0 ijk	8.3 b	26.4 ef	22.6 def	25.7 lm	12.0 defg
	4mM+GA	19.4 fg	19.7 hi	30.5 fg	23.7 efghi	23.0 klm	15.6 ghij
	6mM+GA	33.3 l	16.2 g	38.1 i	33.6 l	27.2 mn	13.5 efgh
	2mM+2GA	18.5 ef	15.5 g	35.5 hi	34.7 l	24.2 jkl	17.9 hij
	4mM+2GA	14.7 de	22.9 jk	30.1 fg	25.2 fghij	28.9 no	11.1 bcde
	6mM+2GA	36.3 m	20.7 hij	22.3 bc	32.9 l	22.1 fghij	23.3 ijk
ZnSO ₄	2mM	14.7 cd	11.2 bcd	16.7 ab	24.3 efghi	10.8 b	12.5 defg
	4mM	15.5 de	10.1 bc	24.8 de	23.8 defgh	19.6 def	7.4 ab
	6mM	11.7 abc	12.6 def	14.0 a	16.7 ab	23.0 hijk	12.3 defg
	2mM+adjuvants	8.9 a	4.4 a	28.8 ef	20.1 bc	25.6 lm	12.6 defg
	4mM+adjuvants	11.1 ab	16.8 g	19.1 abc	22.7 defg	18.7 cde	13.6 efgh
	6mM+adjuvants	19.2 fg	11.4 cd	16.7 ab	26.1 hij	20.7 defg	14.8 fghi
	2mM+GA	14.8 de	19.0 h	32.1 gh	37.3 m	20.3 efghi	25.8 n
	4mM+GA	19.8 fg	17.0 g	30.2 fg	42.0 n	23.2 ijkl	19.0 jkl
	6mM+GA	14.1 cd	13.6 ef	25.9 de	26.4 hij	20.8 efghi	23.2 mn
	2mM+2GA	28.0 k	22.3 jkl	28.7 ef	27.2 ijk	18.5 cde	22.0 lm
	4mM+2GA	24.2 jk	43.0 l	52.5 j	26.2 jk	28.0 mn	19.4 jkl
	6mM+2GA	28.2 k	21.2 ijk	51.7 j	37.8 m	31.6 o	17.0 hij
lime sulfur solution	19.0 fg	13.9 f	17.5 ab	25.7 ghij	2.5 a	8.0 abc	
Cont.	21.7 gh	21.7 ijk	21.7 cd	21.7 cde	21.7 fghij	21.7 klm	

*GA,1g/liter; **2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

나. 처리시기 및 농도에 따른 과실 품질

Table 14. Comparison of quality of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals applied during full bloom stage (Cheongsong, 2004).

Treat	Conc.	No. of seeds (ea)	Weight (g)	L/D ratio	Sugar content (°Bx)	Titratable acidity (%)	Physiological stress
MnSO ₄	2mM	4.2ab	186ab	0.88ab	11.4 bc	0.39a	None
	4mM	4.1ab	173ab	0.88ab	10.3 abc	0.40a	-
	6mM	6.2ab	201ab	0.83ab	10.2 ab	0.40a	-
	2mM+adjuvants	3.9ab	196ab	0.85ab	11.6 abc	0.39a	-
	4mM+adjuvants	2.8ab	190ab	0.83ab	10.3 a	0.38a	-
	6mM+adjuvants	3.2ab	207ab	0.87ab	11.2 abc	0.38a	-
	2mM+GA*	3.0ab	158ab	0.84ab	10.7 abc	0.39a	-
	4mM+GA**	5.1ab	182ab	0.83ab	12.0 abc	0.38a	-
	6mM+GA	5.0ab	169ab	0.88ab	11.1 bc	0.39a	-
	2mM+2GA	1.6a	140a	0.88a	9.9 abc	0.40a	-
	4mM+2GA	3.1ab	130ab	0.88ab	11.1 abc	0.40a	-
	6mM+2GA	3.8ab	141ab	0.89ab	10.5 bc	0.39a	-
	ZnSO ₄	2mM	3.2ab	168ab	0.87ab	12.1 abc	0.39a
4mM		3.1ab	181ab	0.87ab	9.6 abc	0.39a	-
6mM		3.5ab	183ab	0.87ab	9.8 abc	0.38a	-
2mM+adjuvants		3.7ab	177ab	0.88ab	10.3 abc	0.39a	-
4mM+adjuvants		4.3ab	207ab	0.87ab	10.6 abc	0.40a	-
6mM+adjuvants		4.1ab	174ab	0.87ab	8.5 abc	0.39a	-
2mM+GA		4.0ab	182ab	0.83ab	6.8 ab	0.39a	-
4mM+GA		3.0ab	159ab	0.86ab	10.6 abc	0.38a	-
6mM+GA		2.4ab	175ab	0.85ab	10.8 abc	0.39a	-
2mM+2GA		3.1ab	159ab	0.85ab	11.5 abc	0.40a	-
4mM+2GA		3.3ab	155ab	0.90ab	11.4 c	0.40a	-
6mM+2GA	2.9ab	150ab	0.86ab	12.1 abc	0.39a	-	
lime sulfur solution		3.0ab	175ab	0.85ab	11.1 abc	0.38a	△
Cont.		7.3b	232b	0.84b	11.3 abc	0.39a	-

*GA, 1g/liter; **2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

표 14는 수정촉진제 처리 후 만개일에 적화제 및 첨가제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 종자수, 중량, L/D, 당도, 산도 등을 조사하였다. 수정촉진제 및 적화제 처리가 몇몇 처리구에서 차이를 보였지만 대부분의 처리구에서 사과 품질을 구성하는 중량, L/D, 종자수에는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 종자수에서는 무처리구가 7.3개로 가장 많았고, 적화제 처리구에서는 1.6~6.2개로 나타났다. 본 실험에서는 무처리구의 종자수가 높게 나타났는데 우리나라 평균 종자수는 일반적으로 4-6개 정도로 조사되어지고 있다. 적화제 처리구에서 평균 또는 평균 이하의 종자수가 나타난 것은 적화제 처리에 따른 종자수 감소로 해석 할 수 있으나, 만개일에 처리 하였기에 처리시기가 너무 빠른 것에 기인한 것으로 생각되어진다. 따라서 적정 처리시기 보다 일찍 처리 하였을 경우 품질에도 영향을 미칠 가능성이 있을 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 당도, 산도, L/D 등에서는 적화제 처리에 따른 품질 변화는 없었다. 적화제 처리구의 경우 일정 간격으로 조사한 동녹 발생이나 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등의 약해는 보이지 않았다. 그러나 석회유황합제 처리구에서는 약간의 동녹이 발생함을 확인할 수 있었다.

수정촉진제 처리 후 만개후 1일에 적화제 및 첨가제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 표 15와 같이 종자수, 중량, L/D, 당도, 산도 등을 조사하였다. 일부 처리구에서 유의성이 인정되었지만 대부분 종자수, 중량, L/D, 당도, 산도 등에서 무처리구와의 차이가 없었다. 종자수, 중량, 당도 등이 무처리구 및 적화제 처리구 모두 일반적으로 생산되어지는 과일의 평균 이하로 나타났는데 이는 실험 처리구인 후지 나무 발의 조건과 나무의 특성에 기인한 것으로 판단된다. 또한 수정시기 당시의 저온의 영향도 받은 것으로 사료되어진다. 적화제 처리 후 일정 간격으로 생육 장애 현상을 조사한 결과 석회유황합제 처리구에서 약간의 동녹이 발생하였고, 다른 적화제 처리구에서는 동녹 발생이나 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등은 보이지 않았다.

Table 15. Comparison of quality of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals applied 1 day after full bloom (Cheongsong,2004).

Treat	Conc.	No. of seeds (ea)	Weight (g)	L/D ratio	Sugar content (°Bx)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
	2mM	2.9abcd	167ab	0.89bcde	10.4 ab	0.40a	None
	4mM	4.7d	193ab	0.83a	10.3 ab	0.39a	-
	6mM	2.6abc	174ab	0.86abcde	8.2 a	0.39a	-
	2mM+adjuvants	2.7abc	168ab	0.83a	9.3 ab	0.38a	-
	4mM+adjuvants	3.8cd	159a	0.84abc	9.9 ab	0.39a	-
	6mM+adjuvants	2.8abcd	142a	0.87abcde	12.4 b	0.38a	-
MnSO ₄	2mM+GA*	1.7ab	156a	0.90e	11.9 ab	0.38a	-
	4mM+GA**	3.7cd	165ab	0.86abcde	12.3 b	0.40a	-
	6mM+GA	3.3bcd	183ab	0.85abcd	11.3 ab	0.40a	-
	2mM+2GA	1.5ab	151a	0.89de	11.4 ab	0.39a	-
	4mM+2GA	2.4abc	179ab	0.87abcde	12.0 b	0.38a	-
	6mM+2GA	3.0abcd	179ab	0.85abcde	10.5 ab	0.39a	-
	2mM	4.2cd	193ab	0.89de	9.9 ab	0.39a	-
	4mM	4.1cd	166ab	0.84ab	10.5 ab	0.40a	-
	6mM	3.2bcd	161ab	0.85abcde	11.3 ab	0.40a	-
	2mM+adjuvants	2.7abc	150ab	0.87abcde	10.6 ab	0.40a	-
	4mM+adjuvants	3.3bcd	186ab	0.89cde	10.1 ab	0.39a	-
	6mM+adjuvants	3.4bcd	165ab	0.88abcde	10.6 ab	0.39a	-
ZnSO ₄	2mM+GA	2.7abc	166ab	0.87abcde	9.5 ab	0.38a	-
	4mM+GA	3.8cd	164ab	0.85abcd	10.2 ab	0.39a	-
	6mM+GA	3.8cd	141a	0.86abcde	9.9 ab	0.39a	-
	2mM+2GA	2.8abcd	184ab	0.86abcde	8.4 ab	0.39a	-
	4mM+2GA	1.2a	158a	0.86abcde	9.0 ab	0.38a	-
	6mM+2GA	2.9abcd	144a	0.85abcd	11.1 ab	0.40a	-
	lime sulfur solution	3.0abcd	160ab	0.85abcd	10.5 ab	0.39a	△
	Cont.	7.3e	232b	0.84abc	11.3 ab	0.39a	-

*GA,1g/liter; **2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

Table 16. Comparison of quality of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals applied 2 day after full bloom (Cheongsong, 2004).

Treat	Conc.	No. of seeds (ea)	Weight (g)	L/D ratio	Sugar content (°Bx)	Titratable acidity (%)	Physiological stress
MnSO ₄	2mM	4.8abc	204ab	0.86a	12.1 ab	0.40a	None
	4mM	4.2abc	198ab	0.86a	10.7 ab	0.39a	-
	6mM	3.4ab	176ab	0.88a	10.7 ab	0.38a	-
	2mM+adjuvants	4.3abc	167ab	0.87a	10.2 ab	0.38a	-
	4mM+adjuvants	4.1ab	190ab	0.84a	8.9 a	0.39a	-
	6mM+adjuvants	5.6bc	200ab	0.85a	11.1 ab	0.40a	-
	2mM+GA*	3.4ab	165ab	0.86a	11.3 ab	0.39a	-
	4mM+GA	3.1ab	174ab	0.86a	11.9 ab	0.39a	-
	6mM+GA	3.6ab	180ab	0.85a	11.8 ab	0.38a	-
	2mM+2GA**	3.6ab	161ab	0.86a	10.3 ab	0.39a	-
	4mM+2GA	2.8ab	161ab	0.87a	12.6 ab	0.39a	-
6mM+2GA	3.1ab	190ab	0.86a	11.1 ab	0.40a	-	
ZnSO ₄	2mM	5.2abc	205ab	0.83a	10.4 ab	0.39a	-
	4mM	3.2ab	208ab	0.86a	9.3 ab	0.39a	-
	6mM	3.6ab	169ab	0.83a	9.6 ab	0.39a	-
	2mM+adjuvants	3.4ab	168ab	0.87a	10.5 ab	0.38a	-
	4mM+adjuvants	3.7ab	171ab	0.86a	11.1 ab	0.40a	-
	6mM+adjuvants	3.8ab	187ab	0.88a	9.9 ab	0.38a	-
	2mM+GA	2.9ab	153a	0.87a	11.5 ab	0.39a	-
	4mM+GA	3.1ab	177ab	0.85a	13.5 b	0.40a	-
	6mM+GA	2.1a	183ab	0.85a	11.7 ab	0.40a	-
	2mM+2GA	2.4ab	179ab	0.86a	9.9 b	0.39a	-
	4mM+2GA	3.7ab	162ab	0.86a	10.3 ab	0.39a	-
6mM+2GA	4.3abc	209b	0.83a	10.5 ab	0.38a	-	
lime sulfur solution		3.0ab	180ab	0.84a	10.3 a	0.39a	△
Cont.		7.3c	232b	0.84a	11.3 ab	0.39a	-

*GA,1g/liter;**2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

Table 17. Comparison of quality of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals applied 3 day after full bloom (Cheongsong, 2004).

Treat	Conc.	No. of seeds (ea)	Weight (g)	L/D ratio	Sugar content (°Bx)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
MnSO ₄	2mM	4.6bcde	178ab	0.84ab	12.7a	0.39a	None
	4mM	4.7cde	178ab	0.88bcd	11.3a	0.40a	-
	6mM	6.2ef	203ab	0.86abc	12.4a	0.38a	-
	2mM+adjuvants	4.7cde	171ab	0.85abc	10.4a	0.40a	-
	4mM+adjuvants	5.1de	183ab	0.82ab	12.1a	0.39a	-
	6mM+adjuvants	4.3abcde	160ab	0.86abc	12.0a	0.39a	-
	2mM+GA	2.7ab	167ab	0.92d	11.1a	0.38a	-
	4mM+GA	2.9abc	153a	0.88bcd	11.5a	0.39a	-
	6mM+GA	4.3abcde	177ab	0.89bcd	11.3a	0.39a	-
	2mM+2GA ^{**}	2.6a	163ab	0.90cd	11.4a	0.40a	-
4mM+2GA	2.7ab	170ab	0.90abc	12.5a	0.40a	-	
6mM+2GA	3.4abcd	185ab	0.85abc	11.3a	0.40a	-	
ZnSO ₄	2mM	2.9abc	194ab	0.84ab	9.0a	0.39a	-
	4mM	4.6bcde	181ab	0.87bcd	9.7a	0.39a	-
	6mM	6.1ef	198ab	0.86abc	9.1a	0.40a	-
	2mM+adjuvants	4.8cde	157ab	0.84ab	10.3a	0.38a	-
	4mM+adjuvants	4.8cde	190ab	0.86abc	11.2a	0.39a	-
	6mM+adjuvants	3.6abcd	166ab	0.82a	10.5a	0.40a	-
	2mM+GA	4.6bcde	160ab	0.84ab	11.3a	0.38a	-
	4mM+GA	3.4abcd	178ab	0.85ab	10.7a	0.38a	-
	6mM+GA	4.6bcde	181ab	0.87abcd	10.4a	0.39a	-
	2mM+2GA	2.6a	164ab	0.84ab	9.7a	0.39a	-
4mM+2GA	3.4abcd	173ab	0.88bcd	9.7a	0.39a	-	
6mM+2GA	5.1de	175ab	0.85abc	10.8a	0.38a	-	
lime sulfur solution		3.0abc	172ab	0.85abc	10.5a	0.39a	△
Cont.		7.3f	232b	0.84ab	11.3a	0.39a	-

^{*}GA,1g/liter;^{**}2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

Table 18. Comparison of quality of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals applied 4 day after full bloom (Cheongsong, 2004).

Treat	Conc.	No. of seeds (ea)	Weight (g)	L/D ratio	Sugar content (°Bx)	Titratable acidity (%)	Physiological stress
MnSO ₄	2mM	3.1a	200a	0.84a	12.4 de	0.39a	None
	4mM	2.4a	204a	0.84a	13.9 de	0.39a	-
	6mM	3.7a	225a	0.88a	12.9 bcde	0.39a	-
	2mM+adjuvants	3.9a	188a	0.85a	12.5 de	0.39a	-
	4mM+adjuvants	3.8a	191a	0.84a	12.7 de	0.38a	-
	6mM+adjuvants	3.9a	210a	0.83a	14.0 de	0.38a	-
	2mM+GA*	4.5ab	208a	0.87a	12.9 e	0.40a	-
	4mM+GA	3.0a	177a	0.85a	11.6 bcde	0.39a	-
	6mM+GA	4.2ab	171a	0.86a	11.8 bcde	0.38a	-
	2mM+2GA**	2.8a	175a	0.85a	9.8 abc	0.39a	-
	4mM+2GA	3.1a	189a	0.86a	8.3 a	0.39a	-
	6mM+2GA	4.7ab	179a	0.89a	11.3 abcde	0.40a	-
ZnSO ₄	2mM	4.0a	208a	0.84a	10.9 abcde	0.38a	-
	4mM	3.8a	187a	0.84a	11.5 bcde	0.38a	-
	6mM	4.8ab	176a	0.83a	11.5 abcde	0.39a	-
	2mM+adjuvants	4.2ab	181a	0.86a	10.2 abcd	0.39a	-
	4mM+adjuvants	5.3ab	207a	0.84a	11.4 bcde	0.39a	-
	6mM+adjuvants	3.2a	185a	0.84a	12.2 bcde	0.40a	-
	2mM+GA	3.0a	224a	0.88a	10.2 ab	0.38a	-
	4mM+GA	3.5a	185a	0.87a	10.3 bcde	0.38a	-
	6mM+GA	3.3a	159a	0.87a	9.7 cde	0.38a	-
	2mM+2GA	3.6a	177a	0.84a	12.4 cde	0.39a	-
	4mM+2GA	2.9a	195a	0.87a	11.8 bcde	0.38a	-
	6mM+2GA	2.7a	179a	0.84a	13.7 cde	0.38a	-
lime sulfur solution		3.0a	188a	0.85a	12.1 abcde	0.39a	△
Cont.		7.3b	232a	0.84a	11.3 abcd	0.39a	-

*GA,1g/liter;**2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

Table 19. Comparison of quality of Fuji at varying concentrations of different inorganic chemicals applied 5 day after full bloom (Cheongsong, 2004).

Treat	Conc.	No. of seeds (ea)	Weight (g)	L/D ratio	Sugar content (°Bx)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
	2mM	3.7abc	194a	0.86ab	9.5 ab	0.38a	None
	4mM	4.1abcd	185a	0.85ab	12.6 bc	0.38a	-
	6mM	2.6abc	209a	0.87ab	10.6 bc	0.39a	-
	2mM+adjuvants	3.7abc	189a	0.86ab	9.9 abc	0.39a	-
	4mM+adjuvants	3.5abc	173a	0.85ab	12.9 abc	0.38a	-
MnSO ₄	6mM+adjuvants	2.5abc	191a	0.86ab	12.6 abc	0.39a	-
	2mM+GA*	1.9ab	170a	0.87ab	10.2 bc	0.39a	-
	4mM+GA	2.1abc	163a	0.86ab	10.1 ab	0.40a	-
	6mM+GA	2.4abc	174a	0.87ab	11.3 ab	0.39a	-
	2mM+2GA**	6.4de	196a	0.83a	11.8 ab	0.40a	-
	4mM+2GA	1.9a	163a	0.87ab	10.5 c	0.40a	-
	6mM+2GA	3.2abc	169a	0.89b	10.7 ab	0.39a	-
	2mM	2.9abc	183a	0.86ab	10.1 ab	0.38a	-
	4mM	1.7a	194a	0.86ab	9.0 ab	0.40a	-
	6mM	4.8cde	200a	0.87ab	7.9 a	0.39a	-
	2mM+adjuvants	4.4abcde	208a	0.87ab	9.8 abc	0.39a	-
	4mM+adjuvants	4.2abcd	179a	0.85ab	12.4 bc	0.38a	-
	6mM+adjuvants	3.8abc	176a	0.88b	11.6 bc	0.39a	-
ZnSO ₄	2mM+GA	3.6abc	175a	0.86ab	9.5 ab	0.38a	-
	4mM+GA	2.3abc	184a	0.89b	10.8 abc	0.38a	-
	6mM+GA	2.6abc	168a	0.87ab	10.5 bc	0.39a	-
	2mM+2GA	3.6abc	178a	0.87ab	11.9 ab	0.38a	-
	4mM+2GA	4.7bcde	177a	0.83ab	11.3 ab	0.38a	-
	6mM+2GA	2.2abc	173a	0.87ab	10.7 ab	0.39a	-
	lime sulfur solution	3.0abc	179a	0.85ab	10.5 ab	0.39a	△
	Cont.	7.3e	232a	0.84ab	11.3 ab	0.39a	-

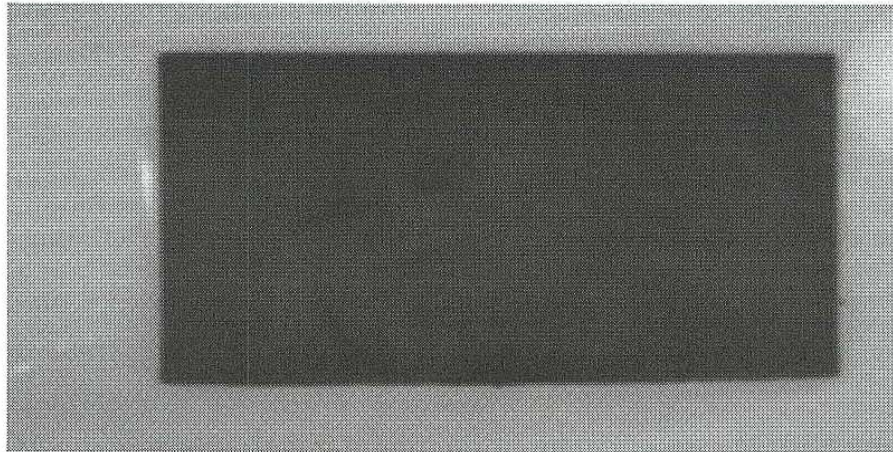
*GA,1g/liter; **2GA, 2g/liter. Adjuvants brand name is chakchak.

표 16, 17, 18, 19는 수정촉진제 처리 후 만개후 2, 3, 4, 5일에 적화제 및 첨가제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 종자수, 중량, L/D, 당도, 산도 등을 조사하였다. 종자수에 있어서는 대조구(수정촉진제 처리구)에서 7.3개로 조사되었고 적화제 처리구는 무처리구 보다 낮게 나타났다. 이러한 현상은 만개 후 적화제 처리 2, 3, 4, 5일 모두에서 비슷한 경향을 보였는데 이러한 부분에 대한 정밀한 연구가 필요로 되어진다. 중량에 있어서도 대조구 232g으로 적화제 처리구 보다 높은 수치를 보였으나 대부분 유의성이 인정되지 않았다. 표 19는 수정촉진제 처리 후 만개후 5일에 적화제 및 첨가제 종류별 처리에 따른 실험으로서 종자수에 있어서는 대조구(수정촉진제 처리구) 7.3개, 석회유황합제 처리구 3.0개, 적화제 처리구 1.7~6.4개로 나타나 만개 후 2, 3, 4일 적화제 처리구와 비슷한 경향을 나타내었다. 적화제 처리에 따른 산도, 당도, L/D 등은 일부 처리구르 제외하고는 대조구와 차이를 보이지 않았으며 비슷한 경향을 나타내어 적화제 처리가 품질에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 보여진다. 또한 개화시기의 저온으로 인한 암술조직 및 화분의 수정능력이 저조함으로 인해 완전한 수정이 이루어지지 않아 품질에도 영향을 미쳤을 것으로 사료되어진다. 적화제 처리 후 일정 간격으로 조사한 석회유황합제 처리구의 동녹 발생을 제외한 이외의 처리구에서는 동녹 발생이나 잎마름 현상, 잎꼬임 현상, 생육 장애 현상 등은 보이지 않았다.

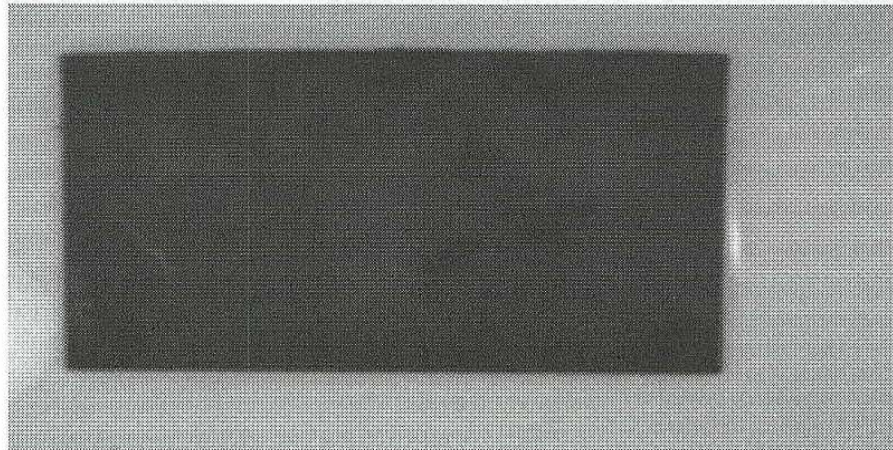
3. 자가불화합성 관련 in vitro 실험

가. 자가불화합성 관여 단백질 및 S-RNase 분리 및 정제

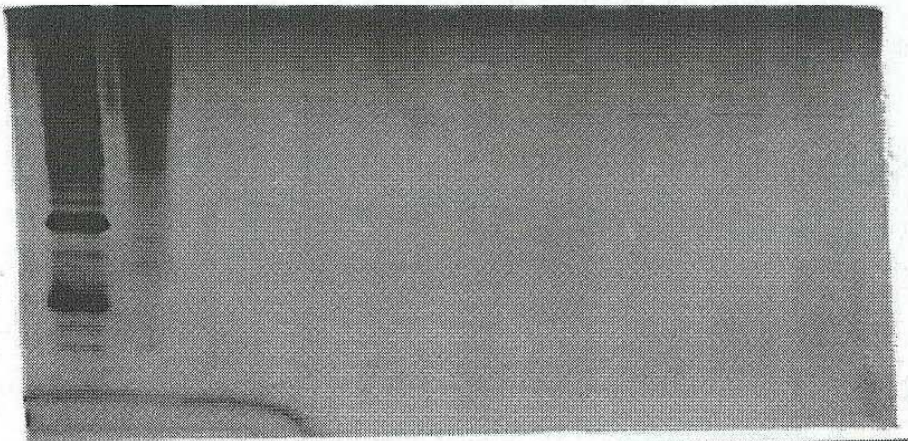
오전에 채취한 초기 꽃단계, 핑크상태, 만개상태와 오후에 채취한 핑크상태로 하였다. 실험처리구는 수정촉진제 처리후 1시간, 4시간, 7시간, 1일, 3일 5일째 되는 날 각각 초기 꽃단계, 핑크상태, 만개상태의 pistil을 채취하였다. 단백질 추출 후 단백질 정량을 실시하였다. 거의 모든 샘플에서 약 5~10ug/ul의 단백질이 측정되었다. S RNase 분리 후 활성 측정은 여러 가지 농도에서도 활성 변화가 나타나지 않았다. 사진1과 사진2에서 ribonuclease에 의해 RNA가 분해되어서 밴드가 나타나지 않아 활성이 측정되지 않았다.



Picture 1. Active staining of treated and untreated budding flower.



Picture 2. Active staining of treated and untreated fully opened flower.

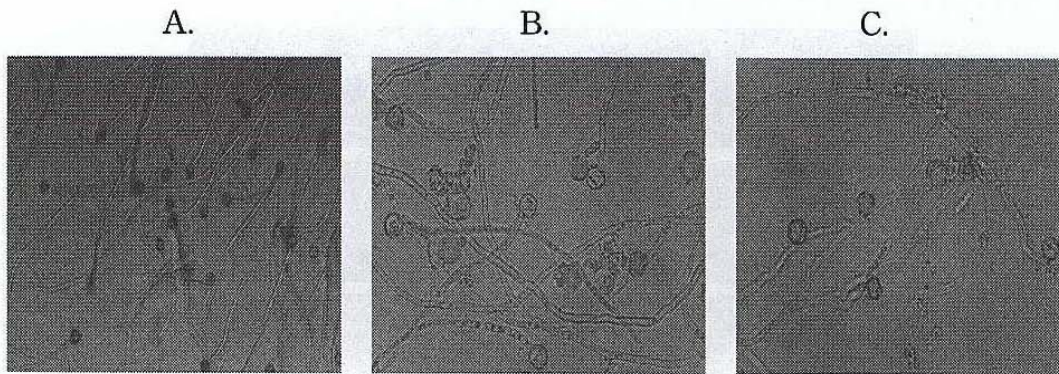


Picture 3. Silver staining of treated and untreated fully opened flower.

사진 3의 화살표에 나타난 검은 밴드 부분이 RNase 활성을 나타내는 부분이나 오른쪽 실험 샘플에서는 S-RNase를 나타내는 밴드가 전혀 발견되지 않았다.

나. 자가불화합성 관련 첨가제의 효능 검증

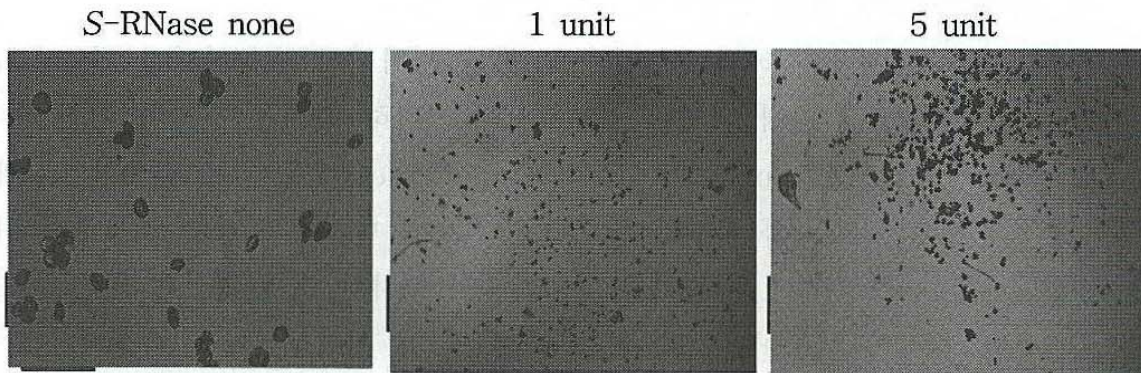
자가불화합성 조절제+저해제/화분활력을 위한 첨가제의 효능시험과 자가불화합성 조절제+저해제 처리에 의한 S-RNase 활성 저하 검정을 위하여 황산염을 가지는 FeSO₄, MnSO₄, ZnSO₄을 이용하였다. RNase활성은 화분관 억제현상과 깊은 관계가 있다. RNase와 황산염이 화분관 신장에 미치는 영향을 조사하기 위해 S-RNase와 함께 황산염을 농도별로 첨가하여 조사한 결과 황산염 낮은 농도에서 화분관 신장이 이루어졌는데 이는 자가불화합 제어물질이 함유되어 있는 수정촉진제의 처리가 화분관 신장의 주요 억제 물질인 S-RNase의 활성 저해 효과 때문인 것으로 판단되어진다. RNase 활성 및 화분관 억제 현상과의 관계에 대해서는 많은 연구가 이루어져 있으나 황산염과 화분관 신장과의 연구는 제한적이다.



Picture 4. Effects of sulfate on the inhibition of pollen tube growth. A, Manganese sulfate+fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances) 1000ppm; B, Zinc sulfate+fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances) 1000ppm; C, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances) 1000ppm.

다. S-RNase와 화분관 신장 in vitro 시험조사

사진 5는 S-RNase 첨가에 따른 화분관 신장에 관한 조사로서 화분관 신장배지 내에서 자기 화분과 화주조직에서 분리된 S-RNase를 농도별로 혼합하여 화분관 신장을 관찰한 사진이다. 화분관 신장은 관찰할 수 없었는데 이는 S-RNase가 화분관 신장에 영향을 끼치고 있다는 것을 알 수 있었다.



Picture 5. Effects of S RNase on the pollen tube growth. Medium,1% agar and 10% sucrose ,

라. SSR 법에 의한 사과 종자의 자가수정 탐색

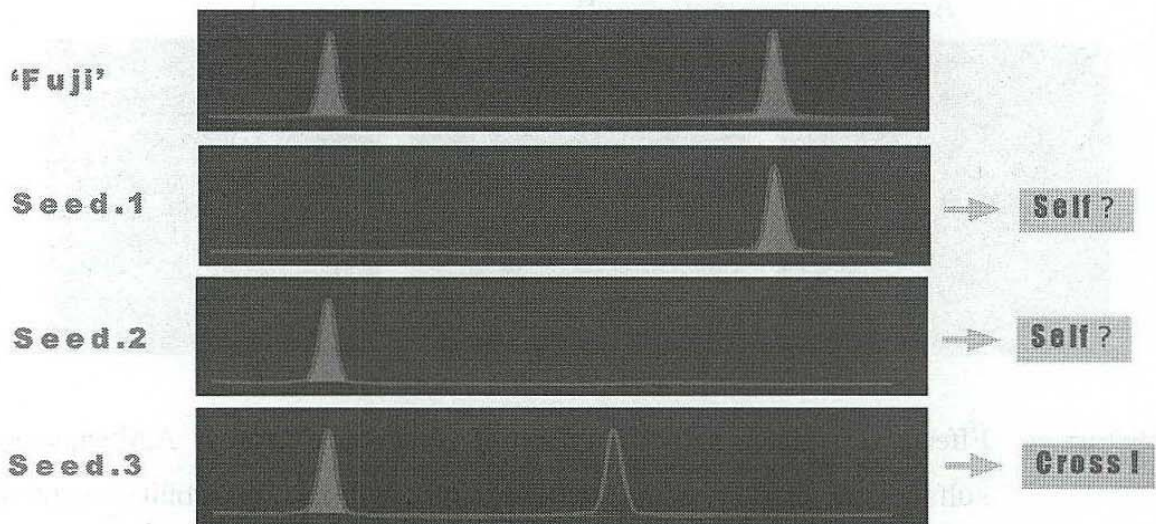


Fig. 3. Model for SSR gene analysis of self-fertilized seeds in apple fruit.

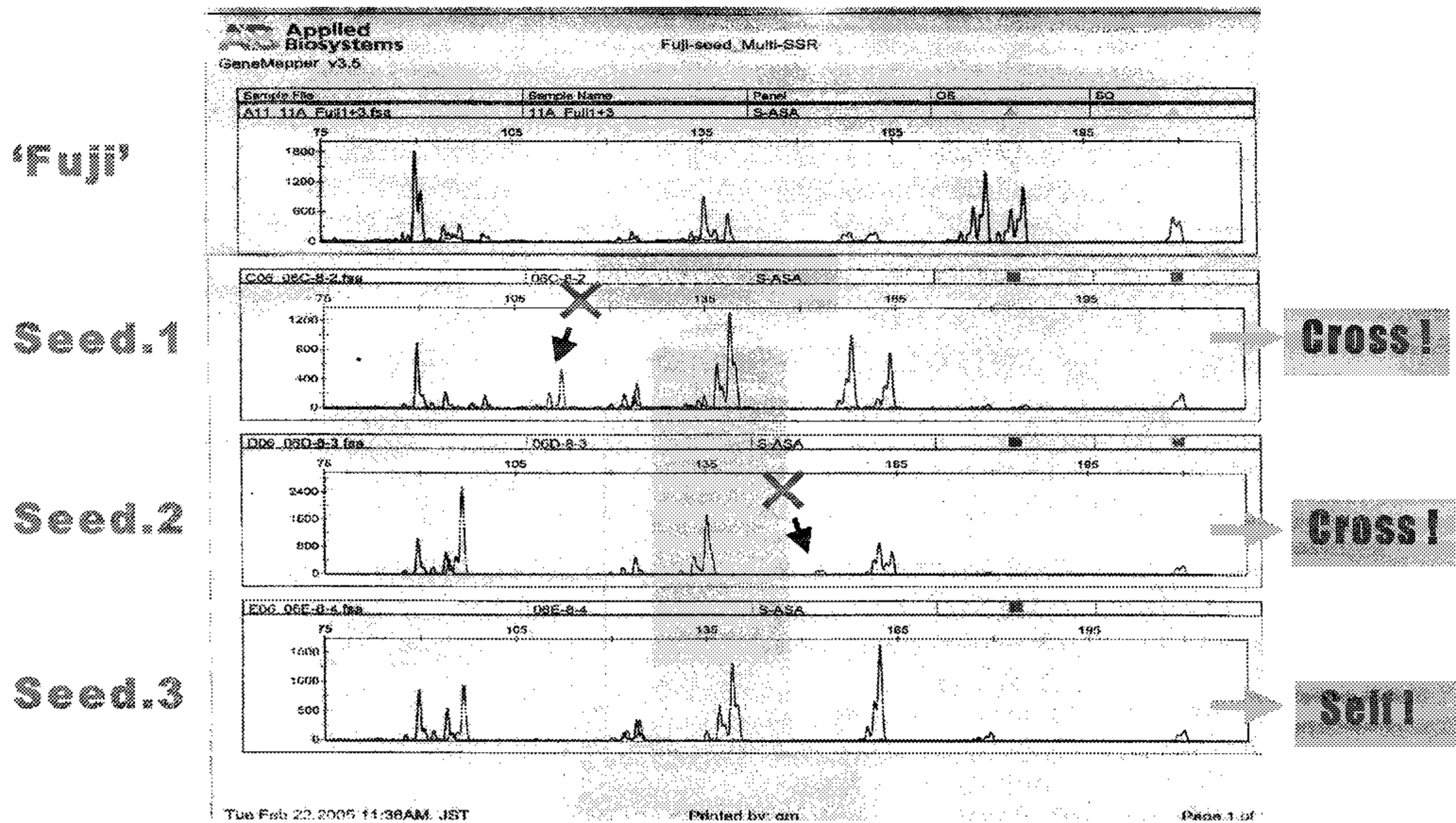


Fig. 4. Actual SSR gene analysis of self-fertilized seeds in apple fruit.

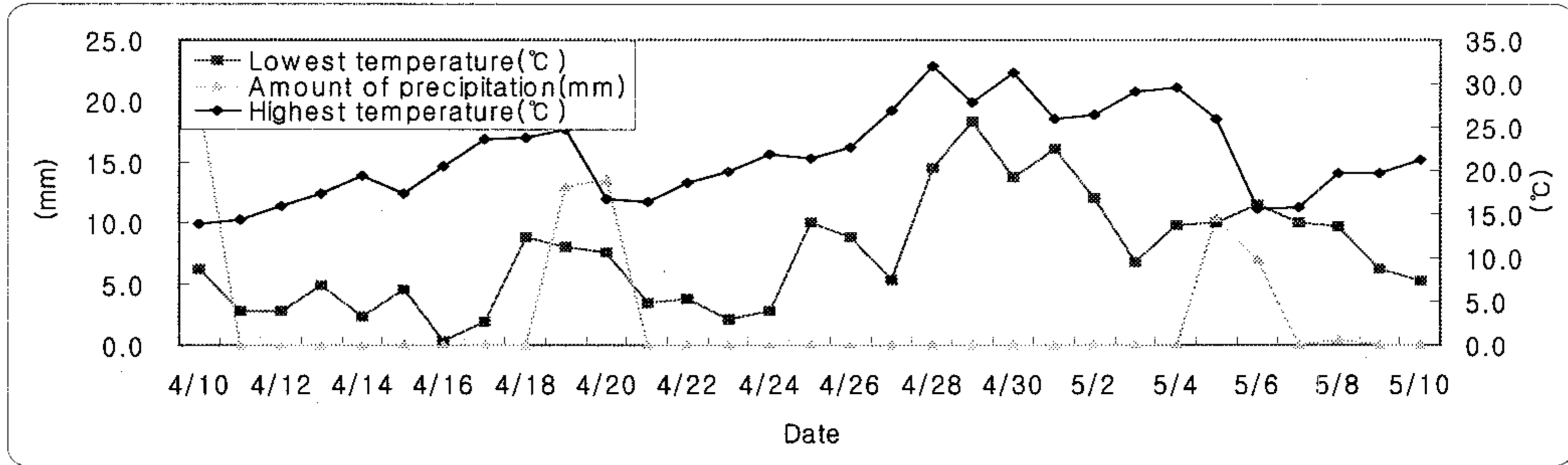
그림 17과 18은 SSR 마커를 이용하여 이들의 종자친과 화분친에 대한 분자마커적 차이를 이용하여 종자의 alleles를 보여주고 있다. 그림17에서 후지의 SSR 마커를 사용하여 seed1, seed2, seed3을 분석하면, seed1, seed2에서 보는 바와 같이 후지와 같은 위치에서 밴드가 나타났고, seed3에서는 2개의 밴드 중에서 하나는 후지 마커와 일치하였으나, 다른 하나의 밴드가 후지와 다른 위치에서 나타났다. 따라서 seed1, seed2는 자가수정을, seed3은 타가수정이 되었을 것이라고 추측할 수 있다. 그림 18은 복합 SSR 분석 결과이다. 그림17과 같은 방법으로 후지의 SSR 마커를 사용한 결과 그림 18과 같은 결과를 얻었다. seed1, seed2에서는 후지에 없는 피크가 나타났다. 이는 다른 품종의 화분으로부터 수정이 이루어졌다는 것을 알 수 있었다. seed3은 후지 마커와 거의 유사한 특성을 보여 seed3은 자가수정에 의한 종자로 판명되었다.

<2차년도>

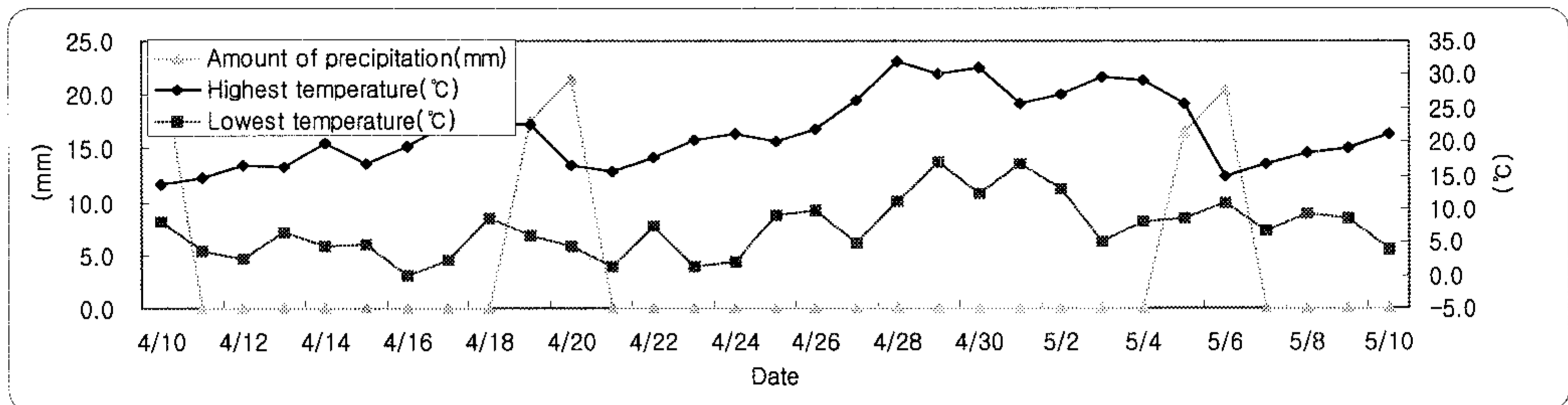
4. 수정촉진제 효능 개선

가. 지역별 기상상태 (2005)

1) 경북 안동



2) 경북 영주



3) 경북 청송

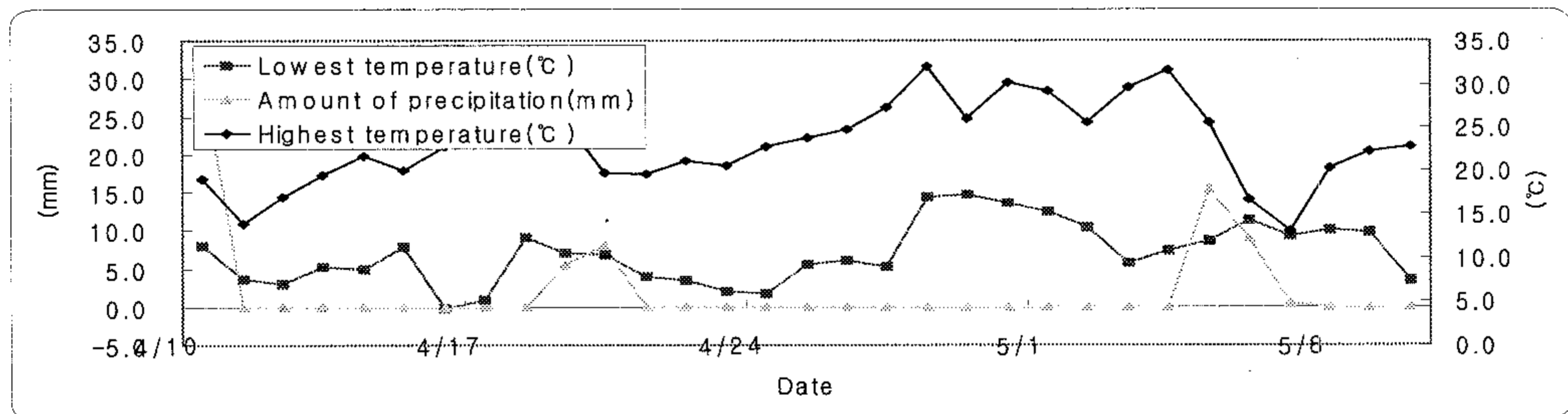


Fig. 5. Temperature, amount of precipitation during flowering stage(2005).

나. 개선 수정촉진제의 결실을 비교

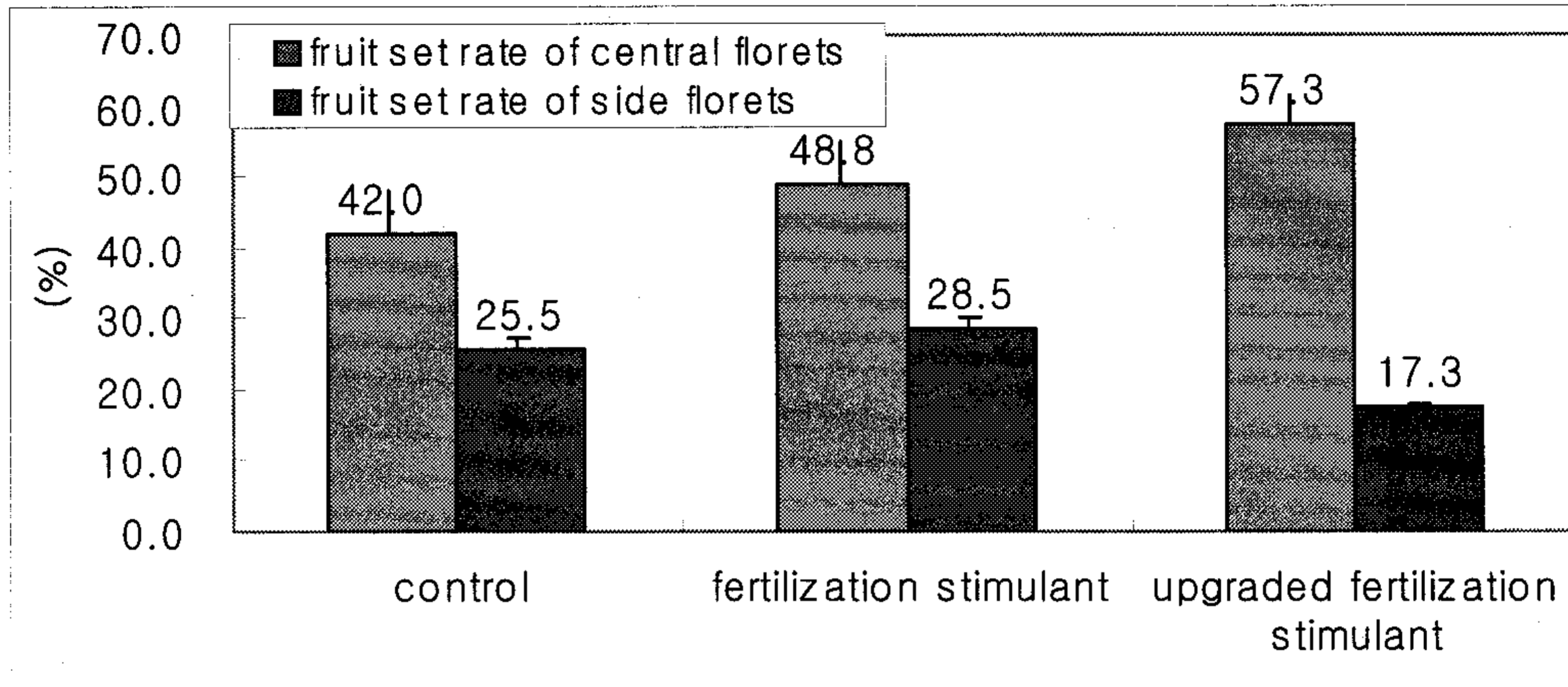


Fig. 6. Comparison of fertilization rate of Fuji treated with fertilization stimulant (Andong, 2005).

중심화 결실율은 무처리, 수정촉진제, 개선 수정촉진제 순으로 각각 42.0%, 48.8%, 57.3%로 나타났지만 무처리와 수정촉진제 처리구와는 유의성이 인정되지 않았지만 개선 수정촉진제는 결실을 증가를 보였다, 측화 결실율은 무처리, 수정촉진제, 개선 수정촉진제 순으로 각각 25.5%, 28.5%, 17.3%로 나타났는데 측화 결실율이 낮게 조사된 것은 처리 후 석회유황합제 처리에 따른 것으로 사료된다. 무처리에 비해 수정촉진제, 개선 수정촉진제를 처리한 실험구의 중심화 결실율이 각각 6.8%, 15.3%로 향상되었다. 또한 수정촉진제에 비해 개선 수정촉진제의 중심화 결실율이 8.5% 향상되었다. 측화 결실율에서는 개선 수정촉진제에서 무처리 25.5%에 비하여 현저히 낮은 17.3%로 나타났다. 상대적으로 중심화 수정이 높게 나타나면 영양분의 흡수가 중심화 쪽으로 이동되어 측화의 수정을 방해하여 측화의 결실율이 낮아지는 현상도 보였다. 따라서 수정촉진제가 중심화 수정 향상에 기여하고 측화의 결실을 저하에도 영향을 미친 것으로 사료되어진다. 또한 개선 수정촉진제의 중심화 수정 비율이 높아진 것은 기존의 약제에 화분관 신장을 촉진시켜주는 물질이 첨가된 데 따른 것으로 추측되어진다.

다. 수정촉진제+첨가제 종류에 따른 결실율 및 과실 품질

Table 20. Effect of chemical additives on the fertilization rate of Fuji treated inside a net house (Cheongsong, 2005).

Treat	Conc.	No. of flower cluster	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Cont.	-	721	721	2884	0.7cd	0.1bc
IS-1*	1000	354	354	1416	2.5b	0.3abc
	500	356	356	1424	5.1a	0.5a
IS-2	1000	392	392	1568	0.5d	0.0c
	500	301	301	1204	0.3d	0.0c
IS-3	1000	324	324	1296	1.5bcd	0.0c
	500	306	306	1224	4.2a	0.4ab
IS-4	1000	340	340	1360	1.2bcd	0.3abc
	500	195	195	780	2.1bc	0.0c

*IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

매개 곤충 등으로 인한 타가수분이 되는 것을 막기 위해서 꽃이 피기 일주일 전에 나무 전체를 망으로 씌운 후 수정촉진제를 처리하였고, 약제 살포 후 인공적으로 자가수분을 해 주었다. 살포처리 2주 후에 망을 제거하였고, 그로부터 2주 후에 결실율을 조사하였다. 대조구의 중심화 결실율이 0.7%에 비해 IS-1 처리구 500배액에서 5.1%, IS-3 처리구 500배액에서 4.2%로 나타나 대조구보다 약 7.3배 및 6.0배 높은 중심화 결실율을 보였다. 본 실험에 사용된 수정촉진제는 자가불화합성을 일으키는 주요 원인 중 하나인 S-RNase의 활성을 억제시켜 자가수분도 가능하게 할 뿐만 아니라 타가수분도 촉진시키는 효능을 가지고 있다. 따라서 대조구에 비하여 중심화 즉 1차꽃의 결실율이 자가수분에 의하여 높아진 것으로 판단된다. 그러나 측화의 결실율은 대조구와 처리구에서 비슷한 결과를

보였는데 이는 약제처리 후 약제가 주두조직에 침투되고 그 효능이 지속되는 약효 지속 기간이 짧은 것에 기인한다.

따라서 측화가 피고 수정이 될 시점에는 약효가 없어져 측화의 결실율이 무처리구와 처리구가 비슷하게 나타난 것으로 판단된다. 또한 실험지역인 청송지역에서 개화시기를 전후하여 고온이 지속되어 암술조직의 건조로 인하여 수정불량에 많은 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

Table 21. Effects of chemical additives on the fruit quality of Fuji treated inside a net house (Cheongsong, 2005).

Treat	Conc.	Weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	L/D ratio	Color*	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titribable acidity (%)	Physiologic al stress
Cont.	-	266a	82.1a	72.3a	0.88a	108	4.1bc	0.8ab	14.1bc	0.51bcd	None
IS-1**	1000	250a	79.8ab	70.8ab	0.89a	107~108	4.2bc	1.2ab	16.4a	0.66a	-
	500	226ab	79.9ab	67.6ab	0.85a	107~108	4.4ab	0.8ab	15.2ab	0.49cd	-
IS-2	1000	184b	72.9b	63.9b	0.88a	108	4.4ab	1.2ab	12.7c	0.51bcd	-
	500	207ab	77.1ab	68.5ab	0.89a	107~108	4.1bc	2.7a	13.0c	0.51bcd	-
IS-3	1000	213ab	80.5ab	68.9ab	0.86a	107~108	4.6a	1.5ab	14.0bc	0.43d	-
	500	249a	83.7a	71.2a	0.85a	107~108	4.2bc	2.3ab	14.7b	0.57abc	-
IS-4	1000	252a	81.5a	71.6a	0.88a	107~108	4.4ab	0.7b	15.4ab	0.63ab	-
	500	226ab	81.5a	69.6ab	0.86a	107~108	4.4ab	1.2ab	15.1ab	0.70a	-

*108, deep red; 107, vivid red; 106, bright red (The ministry of agriculture, forestry and fisheries of Japan)

**IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

2005년도 실험에 사용된 첨가제는 화분관 신장 향상에 영향을 미치는 물질로 구성하였다. 기존 수정촉진제는 자가불화합성을 일으키는 S-RNase의 활성억제에만 작용하였고, 화분관 신장에 영향을 주는 물질 첨가로 수정 기간이 단축되어 저온 등의 나쁜 기상 환경에 노출되는 시간이 단축된다. 또한 망에서의 수정촉진제 첨가제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, L/D, 경도, 산도, 당도 등을 조사하였다. 표 21에서 보는 것과 같이 무처리구에

비해 대부분의 조사 항목에서 유의성이 인정되지 않았다. 이는 수정촉진제 및 화분 활력 첨가제 처리가 사과 품질을 구성하는 산도, 당도, 경도, L/D비에는 영향을 거의 미치지 않음을 알 수 있었다. 또한 망을 씌운 후 수정촉진제를 처리한 실험구의 과실을 수확하여 자가수분의 유무를 확인하기 위하여 종자의 유전자 분석을 행하였다. 인공 자가 수분시 일반 자연조건에서의 수분이 되는 과정이 아닌 물리적인 수분에 의해 수정이 이루어진 탓인지 종자수는 자연방임에 비해 현저히 낮게 나타났다. 자연방임에서의 타가 인공수분의 경우 일반적으로 6~7개 이상의 종자가 형성되지만 본 실험의 망을 씌운 조건에서 자가 인공수분을 하였을 경우 표에서 보는 바와 같이 0.7~2.7개로 나타나 자연방임의 타가 인공수분보다 망 조건의 자가 인공수분의 처리구에서 종자수가 낮게 나타났다. 자가수분에 의한 종자 형성은 열성 유전을 하여 도태될 확률이 높지만 육종학적 이용 가치는 매우 높을 것으로 판단되고 과일의 경우 후대 이용이 없기에 문제가 없을 것으로 사료된다. 3년차에는 인공 자가수분을 하는 대신 벌을 방사하여 결실을 및 종자수의 향상 유무를 확인할 예정이다.

Table 22. Effects of chemical additives on the fertilization rate of Fuji treated at the open field (Cheongsong, 2005).

Treat	Conc.	No. of flower cluster	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Cont.	-	612	612	2448	3.0cd	0.5c
IS-1*	1000	446	446	1784	1.1d	1.2bc
	500	321	321	1284	44.4a	4.2a
IS-2	1000	424	424	1696	2.0d	0.9bc
	500	464	464	1856	4.9c	1.9b
IS-3	1000	394	394	1576	5.7c	0.9bc
	500	446	446	1784	3.0cd	1.0bc
IS-4	1000	448	448	1792	8.7b	0.5c
	500	424	424	1696	1.0d	1.4bc

*IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

자연방임 조건에서의 수정촉진제를 처리한 후 중심화 및 측화 결실율을 조사하였다. 2005년도 청송 지역에서의 기상 상태는 개화기 전후의 고온으로 인하여 사과와 개화 및 수정에는 매우 좋지 않았다. 중심화 개화기인 4월 말부터 5월 초까지의 최고 기온을 보면(2005년 기상현황 참조) 25.6~32.0°C의 고온 현상이 나타났다. 수정촉진제를 살포할 즈음에 후지 중심화 및 측화의 고온 피해 정도를 조사한 결과, 총 중심화 조사꽃수 288개 중 약 16.3%인 47개 꽃의 암술조직이 완전히 말라서 수정 능력을 잃은 상태였고, 수술 조직의 화분 또한 말라서 수정에 나쁜 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다. 자연방임 상태임에도 불구하고 무처리구 및 수정촉진제 처리구에서 중심화 및 측화 결실율이 현저히 낮은 처리구에 있어서는 수정 당시 고온 등의 환경적인 영향을 받은 것으로 사료되어진다. 고온이었음에도 불구하고 IS-1 처리구 500배액에서 중심화 결실율이 44.4%로 높은 수정 효과를 확인할 수 있어 화분 활력 증강제가 결실율 증가에 효과가 있을 것으로 판단된다.

Table 23. Effects of chemical additives on the fruit quality of Fuji treated at the open field (Cheongsong, 2005).

treatment	Conc.	weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	L/D ratio	Color*	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titration acidity (%)	Physiological stress
Cont.	-	216a	78.3a	67.4a	0.86a	108	4.1ab	3.8a	14.8b	0.57ab	None
IS-1**	1000	214a	78.0a	65.8a	0.84a	108	4.2ab	3.7a	14.1bc	0.51ab	-
	500	224a	79.0a	65.0a	0.82a	107~108	4.4a	4.1a	14.4bc	0.54ab	-
IS-2	1000	241a	81.2a	69.8a	0.86a	108	4.4ab	3.1a	14.6b	0.59ab	-
	500	224a	77.7a	66.9a	0.86a	108	4.0b	3.6a	13.2c	0.47b	-
IS-3	1000	233a	78.7a	67.2a	0.85a	108	4.3ab	4.0a	16.5a	0.64a	-
	500	248a	81.4a	69.3a	0.85a	107~108	4.0b	4.5a	14.7b	0.62ab	-
IS-4	1000	243a	83.5a	71.8a	0.86a	108	4.2ab	4.4a	15.0b	0.55ab	-
	500	222a	80.2a	68.4a	0.86a	108	4.4ab	3.1a	14.3bc	0.54ab	-

*108, deep red; 107, vivid red; 106, bright red(The ministry of agriculture, forestry and fisheries of Japan)**IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

자연방임 조건에서의 수정촉진제 첨가제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, L/D, 경도, 산도, 당도 등을 조사하였다. 당도 IS-2 500배액 및 IS-3 1000배액 등 일부 처리구를 제외한 대부분 조사항목에서 농도별, 첨가제 종류별 처리구간 유의성이 인정되지 않았다. 그러나 약제 처리한 실험구의 종자수에 있어서 평균 종자수 3.5~5.5개로 많지 않은 것은 수정 당시의 고온 등의 환경 요인에 의해 수정이 제대로 이루어지지 않았기 때문으로 사료되어진다. 적화제 처리 후 일정 간격으로 동녹 발생, 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등을 조사하였으나 눈에 띄는 약해는 보이지 않았다.

Table 24. SSR gene analysis of self-fertilization rate in seed of Fuji treated inside a net house (Cheongsong, 2005).

Treat	Conc.	No. of seeds analyzed	Self-fertilized (a)	Cross-fertilized (b)	Not certain	Self fertilization rate a/(a+b)
Cont.	-	7	0	3	4	0%
IS-1*	500	5	2	0	3	100%
	1000	6	3	0	3	100%
IS-2	500	8	2	3	3	40%
	1000	6	6	0	0	100%
IS-3	500	9	7	2	0	78%
	1000	8	7	0	1	100%
IS-4	500	8	5	3	0	63%
	1000	5	3	2	0	60%

*IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

사과 개체의 종자를 이용하여 S 유전자형을 판정하여 자가수정 혹은 타가결실을 판정하는 방법으로 S-RNase 대립유전자의 염기배열을 해석하여 판정하였다. 망을 씌운 후 수정촉진제를 처리하여 수확한 후지 처리구의 종자를 채취하여 자가수분 유무를 확인하였다. IS-1의 500배, 1000배액, IS-2의 1000배액, IS-3의 1000배액에서 100%의 자식종자율이 나타났다. IS-2의 500배액에서는 40%, IS-3

의 500배액에서는 78%, IS-4의 500배액에서는 63%, IS-4의 1000배액에서는 60%로 나타났다. 자식종자율이 높게 나타났다는 것은 수정촉진제 처리에 의해 화분관 신장을 억제하는 S-RNase의 활동을 저해시키고, 자기 꽃가루로 인한 수분이 이루어졌음을 의미하는데 후자의 경우 사과 중에서도 자가불화합성이 강한 품종으로 알려져 있다. 본 수정촉진제 처리에 의하여 종자가 생산된 것은 재배 및 육종학적으로 커다란 함축적 의미를 지니며 그 이용가치는 무궁무진하다 할 수 있겠다. 자식종자율의 차이는 대부분 불명종자에 의한 것으로 자가, 타가의 판정이 불가능하였는데, 불명종자라 함은 그래프의 판독이 불가능한 것을 말한다. 그리고 본 실험을 위하여 사과나무 전체에 망을 씌워 타가수분을 방지하고 실험을 실시하였으나 타식종자가 IS-2 및 IS-3 처리구의 500배액, IS-4 500, 1000배액 처리구에서 일부분 검출된 것은 매우 흥미로운 부분으로 연구과제로 남겨두어야 할 부분이다.

4. 적화기술 개발

가. 지역별 수정촉진제 처리 후 적화제 처리 효과

Table 25. Fruit set rate of Fuji apple treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Andong, 2005).

Treat	Conc.	No.of flower cluster	No.of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Cont.	-	150	150	600	42.0b	21.5c
Lime sulfur mixture	100	127	127	508	48.8a	28.5a
SS*	1000	150	150	600	27.3cd	12.8ef
SS	500	150	150	600	43.3ab	21.8c
SP*	1000	150	150	600	24.7de	17.5d
SP	500	150	150	600	32.0c	14.2e
CA*	1000	150	150	600	30.0cd	16.5d
CA	500	150	150	600	42.7ab	25.3b
SS+CN*	1000	150	150	600	20.0ef	13.3ef
SS+CN	500	150	150	600	16.7f	11.0f
SP+CA	1000	150	150	600	47.3ab	22.8c
SP+CA	500	150	150	600	47.3ab	25.0b

*CA,calcium acetate monohydrate; CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; Control,fertilization stimulant treatment.

수정촉진제를 이용하여 중심화 수정을 확고히 한 다음 무기화합물 등을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험을 실시하였다. 이론적으로는 적화제를 살포할 시기에는 이미 중심화 수정은 끝난 상태이기 때문에 적화제의 영향을 거의 받지 않지만 대부분의 처리구에서 중심화 결실율이 적화제 무처리구와 비슷하거나 낮게 나타났는데 낮게 나타난 처리구에서는 적화제의 영향을 받았을 것으로 추정된다. 적화제의 영향을 받은 처리구는 처리시기에 의한 것인지 약제에 의한 것인지 조금 더 세밀한 연구가 필요로 되어진다. SS+CN 1000배액에서 측과 결실율 11.0%, 무처리구 측과 결실율 21.5%에 비해 약 48.8%의 높은 적화 효과가 나타났지만, 중심화의 결실율이 무처리구보다 낮게 나타나 본 약제는 적화제로서의 사용 가능성은 인정되지만 처리시기를 조정하거나 혹은 약제에 관한 면밀한 검토가 필요로 되어진다. 또한 SS+CN 1000배액에서 중심화 결실율이 16.7%로서 매우 낮게 나타났는데 이는 처리시기가 중심화 개화후 5일째 처리 하였는데 측화 개화후 4일 정도로 처리시기 조정을 하면 기대한 결과가 도출될 것으로 사료되어진다. 과총당 착과수는 Lime sulfur mixture에서 1.63개로 가장 많았는데 이는 수정촉진제의 처리에 의하여 결실율 향상에 기인한 것으로 사료되어지며, 나머지 처리구는 수정촉진제를 처리하였음에도 과총당 착과수가 낮은 것은 적화제 처리에 의해 결실율이 낮아진 것으로 판단된다. 또한 동일한 약제, 동일한 농도라 하더라도 적화제를 살포할 당시의 여러 가지 상황에 따라 적화 효과에 영향을 미칠 수 있어 적화제 사용시 해당 약제에 대한 명확한 이해가 있어야 할 것이다. 적화제의 경우 꽃을 제거하는 것이기 때문에 처리시기가 가장 중요한 요소이다. 처리기시에 영향을 미치는 것은 개화속도이며, 개화속도에 미치는 중요 요인은 온도이므로 처리 지역의 기상 상황에 따라 처리시기 조절이 필요 할 것으로 판단된다.

Table 26. Fruit quality of Fuji apple treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Andong, 2005).

Treat	Conc.	Weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	L/D ratio	Color*	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
Cont.	-	288ab	87.6ab	71.8a	0.82ab	107~108	3.7a	7.0ab	13.3ab	0.41ab	None
Lime sulfur mixture	100	290ab	85.8ab	72.8a	0.85a	108	3.7a	8.6a	13.6ab	0.39ab	△
SS**	1000	269b	83.3b	71.0a	0.85a	108	3.8a	5.8bcd	13.1ab	0.37ab	-
SS	500	287ab	86.2ab	71.6a	0.83ab	107~108	3.7a	8.0ab	13.0ab	0.38ab	-
SP**	1000	288ab	86.3ab	72.7a	0.84ab	108	3.8a	5.9bcd	14.2a	0.41ab	-
SP	500	287ab	87.5ab	71.2a	0.81ab	107~108	3.7a	7.2ab	12.8b	0.35b	-
CA**	1000	279ab	85.7ab	69.8a	0.81ab	108	3.7a	6.7abc	13.1ab	0.37ab	-
CA	500	294ab	86.7ab	72.5a	0.84ab	107~108	3.8a	7.4ab	13.1ab	0.37ab	-
SS+CN**	1000	282ab	87.3ab	71.9a	0.82ab	108	3.7a	4.7cd	14.2ab	0.41ab	-
SS+CN	500	267b	83.6b	70.9a	0.85ab	108	3.8a	4.2d	14.2a	0.42a	-
SP+CA	1000	307a	89.3a	72.3a	0.81b	107~108	3.7a	7.2ab	13.6ab	0.36ab	-
SP+CA	500	292ab	85.8ab	71.5a	0.83ab	108	3.8a	7.4ab	13.3ab	0.36ab	-

*108, deep red; 107, vivid red; 106, bright red (The ministry of agriculture, forestry and fisheries of Japan).

**CA,calcium acetate monohydrate; CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; Control,fertilization stimulant treatment.

수정촉진제 처리 후 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, L/D, 경도, 산도, 당도 등을 조사한 결과이다. 경도, L/D, 당도, 산도, 중량, 종자수 등에서 대조구와 처리구 사이에 유의성이 인정되지 않아 적화제 처리가 사과 품질에는 영향을 끼치지 않음을 알 수 있었다. 과색에서도 대부분 처리구에서 108(deep red) 또는 107(vivid red)로 분류되어 처리구간 차이는 인정되지 않았다. 종자수에서는 Lime sulfur mixture가 8.6개로 가장 많았고, 적화제 처리구에서는 4.2~8.0개로 나타나 처리구에 따라 차이가 났는데 SS+CN 처리구의 경우 4.2개로 가장 낮게 나타났는데 이는 약제 처리에 의한 피해현상으로 볼 수도 있어 세밀한 검토가 필요로 되는 부분이다. Lime sulfur mixture 처리구에서 종자수가 가장 높게 나타난 것은 수정촉진제 처리에 의해 자가, 타가수정이 촉진되어 향상된 것으로 판단된다. 적화제 처리 후 일정 간격으로 조사한 동녹 발생이나 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등의 약해는 대부분의 처리구에서

나타나진 않았지만 Lime sulfur mixture 처리구에서는 약간의 동녹이 발생되었지만 과실 수확에는 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 판단되어지나 상품성에는 다소 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

안동지역에서 개선된 수정촉진제를 이용하여 중심화 수정을 확고히 한 다음 무기화합물 등을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험을 실시하였다. SP 처리구에서 측과 결실을 13.0~18.2%, 무처리구 측과 결실을 21.5%에 비해 높은 적화 효과를 보였고, SS+CN 처리구에 있어서 측과 결실을 13.3~14.3%로 무처리구에 비하여 높은 적화 효과를 보였다. SP의 경우 앞의 같은 곳에서 실시한 수정촉진제 처리 후 적화제 처리구에서도 비슷한 결과를 보여 처리시기 등 조금 더 세밀한 테스트를 하게 되면 적화제로서의 실용화 가능성이 있다고 할 수 있겠다. 적화 효과는 약제살포 당시의 조건에 따라 다를 수 있으므로 효율적 적화제의 사용을 위해서는 기상조건을 잘 파악하여야 하며, 적화제 처리시기는 개화 진행 속도를 좌우하는 온도와 밀접한 관계를 가질 것으로 판단되며 지역간 온도에 따른 적화제 처리일에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

Table 27. Fruit set rate of Fuji treated subsequently with upgraded fertilization stimulant and flower-thinning agent (Andong, 2005).

Treat	Conc.	No. of flower cluster	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Cont.	-	150	150	600	51.3ab	22.3b
Lime sulfur mixture	100	150	150	600	57.3ab	17.3c
SS*	1000	150	150	600	28.7de	13.3d
SS	500	150	150	600	55.3ab	26.3a
SP*	1000	150	150	600	36.0c	13.0d
SP	500	150	150	600	32.7cd	18.2c
CA*	1000	150	150	600	34.0cd	21.7b
CA	500	150	150	600	61.3a	18.2c
SS+CN*	1000	150	150	600	25.3e	14.3d
SS+CN	500	150	150	600	15.3f	13.3d
SP+CA	1000	150	150	600	41.7b	21.7b
SP+CA	500	150	150	600	35.3c	20.3b

*CA,calcium acetate monohydrate; CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; Control,upgraded fertilization stimulant treatment.

Table 28. Fruit quality of Fuji treated subsequently with upgraded fertilization stimulant and flower-thinning agent (Andong, 2005).

Treat	Conc.	Weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	L/D ratio	Color*	Hardness	No.of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
Cont.	-	276abcd	83.9ab	72.3ab	0.86a	106~107	3.7ab	6.4a	12.8bc	0.36ab	None
Lime sulfur mixture	100	283abc	84.5ab	70.8abc	0.84abcd	107~108	3.8ab	7.6a	13.1abc	0.36ab	△
SS**	1000	282abc	85.3ab	68.9bc	0.81cd	107	3.6abc	5.6a	13.5ab	0.35ab	-
SS	500	270abcd	85.2ab	69.2bc	0.81bcd	108	3.4c	6.7a	12.5c	0.34ab	-
SP**	1000	280abc	86.7a	69.5bc	0.80d	107	3.7ab	5.6a	12.8bc	0.32b	-
SP	500	281abc	87.1a	70.7abc	0.81bcd	107	3.6abc	5.9a	13.6ab	0.37ab	-
CA**	1000	253d	81.8b	69.0bc	0.84abc	107	3.8a	6.8a	12.9abc	0.34ab	-
CA	500	258cd	82.9b	68.3c	0.82abcd	107~108	3.6abc	6.9a	12.4c	0.34ab	-
SS+CN**	1000	266bcd	84.3ab	70.5abc	0.84abcd	107	3.8ab	5.8a	13.9a	0.40a	-
SS+CN	500	287ab	85.1ab	73.4a	0.86a	107	3.6abc	4.8a	13.4abc	0.36ab	-
SP+CA	1000	272abcd	82.8b	70.9abc	0.86ab	107	3.7ab	6.2a	13.1abc	0.32b	-
SP+CA	500	295a	58.0a	48.6a	0.84abcd	108	2.4bc	4.8a	8.8abc	0.24ab	-

*108, deep red; 107, vivid red; 106, bright red (The ministry of agriculture, forestry and fisheries of Japan).

**CA,calcium acetate monohydrate; CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; Control,upgraded fertilization stimulant treatment.

1년차 실험에서 개선된 수정촉진제 처리 후 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, L/D, 경도, 산도, 당도 등을 조사한 결과 중량(CA 1000배액 제외), L/D(SP 1000배액 제외) 등 몇몇 처리구를 제외하고는 대부분 처리구에서 유의성이 인정되지 않았다. 이는 개선 수정촉진제 및 적화제 처리가 사과 품질을 구성하는 중량, L/D, 종자수에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 과색에서도 대부분 처리구에서 107(vivid red)로 분류되어 처리구 간 차이는 인정되지 않았다. 종자수에서는 Lime sulfur mixture가 7.6개로 가장 많았고, 적화제 처리구에서는 4.8~6.9개로 나타났다. Lime sulfur mixture 처리구에서 종자수가 가장 높게 나타난 것은 개선 수정촉진제 처리에 의해 자가수정 및 타가 수정이 촉진되어 향상된 것으로 판단된다. 적화제 처리 후 일정 간격으

로 조사한 동녹 발생이나 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등의 약해는 보이지 않았으나 Lime sulfur mixture 처리구에서 약간의 동녹 현상이 있었다.

Table 29. Fruit set rate of Fuji treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Youngju, 2005).

Treat	Conc.	No. of flower cluster	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)		Average fruit set per flower cluster
			central	side	central	side	
Cont.	-	208	208	832	77.4c	53.5d	2.91
Lime sulfur mixture	100	236	236	944	86.0b	60.1c	3.27
SS+CN	100	200	200	800	75.0c	59.9c	3.13
SS	100	152	152	608	92.8a	72.4a	3.82
CN	100	158	158	632	87.3ab	64.6b	3.46

*CN,calcium nitrate tetrahydrate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; Control,fertilization stimulant treatment.

지역별 변이 구명을 위하여 수정촉진제 처리를 통하여 중심화 수정을 확고히 한 다음 무기화합물을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험을 경북 영주에서 후지 품종을 대상으로 실시하였다. 적화제를 처리한 실험구에서의 과총당 착과수는 평균 3.42개로 적화 효과는 관찰할 수 없었다. 적화제를 살포한 실험구의 측화 결실율이 모두 50% 이상으로 나타나 무처리구보다 비슷하거나 높게 나타났다. 이는 2005년 영주지역에 있어서 기온이 평년과는 달리 온도가 높아 개화 진행 속도가 아주 빠르게 진행되어 적화제 처리시기를 중심화 개화 후 몇일째로 고정 시 측화도 모두 수정이 되고 난 다음 적화제를 처리하는 형태가 되어, 개화 진행 속도가 빠를 경우 약제 처리에 따른 측화 제거의 목적 달성이 힘들다는 결론을 도출하였다. 따라서 중심화 개화기로부터 일수를 고정하는 것보다는 지역별 온도에 따른 개화 진행 속도를 점검하고, 개화 진행 속도에 따라 적화제 처리일을 정하는 기준을 마련해야 할 것으로 판단된다. 따라서 3년차 실험에서는 2년차 실험에서의 문제점으로 나타난 지역별 온도에 따른 개화 진행 속도를 점검하고 거기에 맞는 처리일을 정하여야 할 것으로 사료된다.

Table 30. Fruit quality of Fuji treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Youngju, 2005).

Treat	Conc.	Weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	L/D ratio	Color*	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
Cont.	-	278a	81.9a	73.4a	0.90a	108	3.8b	8.9a	13.6a	0.37a	None
Lime sulfur mixture	100	290a	81.7a	74.8a	0.92a	108	3.9b	9.1a	13.5a	0.35a	-
SS+CN**	1000	280a	80.4a	74.1a	0.92a	108	4.3a	8.7a	14.0a	0.37a	-
SS	1000	292a	83.1a	77.2a	0.93a	108	3.8b	9.0a	12.9a	0.34a	-
CN	500	286a	83.3a	74.2a	0.89a	107~108	3.9b	8.6a	14.4a	0.38a	-

*108, deep red; 107, vivid red; 106, bright red (The ministry of agriculture, forestry and fisheries of Japan).**CN,calcium nitrate tetrahydrate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; Control,fertilization stimulant treatment.

수정촉진제 처리 후 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, L/D, 경도, 산도, 당도 등을 조사한 결과 대부분의 조사항목에서 유의성이 인정되지 않았다. 이는 수정촉진제 및 적화제 처리가 사과 품질을 구성하는 산도, 당도, 경도, L/D비에는 영향을 거의 미치지 않음을 알 수 있었다. 과색에서도 대부분 처리구에서 108(deep red)로 분류되어 처리구간 차이는 인정되지 않았다. 종자수에서는 Lime sulfur mixture 처리구에서 9.1개로 가장 많았고, 적화제 처리구에서는 8.6~9.0개로 나타나 무처리구 8.9개와 차이가 없었는데 이는 수정촉진제의 효과가 없었다라고 정의하기보다는 과수원의 관리, 즉 개화시기에 있어서 온도, 습도관리가 잘 되었고(수분 공급 장치 설치), 방화 곤충들의 활동이 아주 좋았던 과원의 경우는 그렇지 않은 곳보다 수정촉진제의 필요성이 낮다고 할 수 있겠다. 또한, 우리나라 자연방임에서의 평균 종자수 3.5~5.5개보다도 훨씬 높게 나타났는데 이러한 이유가 무처리구에서 높은 종자수 확보가 가능하였던 것으로 판단된다.

Table 31. Fruit set rate of Fuji treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Cheongsong, 2005).

Treat	Conc.	No. of flower cluster	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Cont.	-	150	150	600	14.7cd	20.3a
Lime sulfur mixture	1000	150	150	600	12.0d	4.8e
CA*	500	150	150	600	19.3b	13.0b
CC	1000	150	150	600	14.7cd	7.5d
CN	500	150	150	600	18.0bc	13.5b
CS	500	100	100	400	24.0a	10.8c
CA+CC	1000	150	150	600	13.3d	2.0g
CC+CN	1000	150	150	600	7.3e	2.7g
CS+CC	1000	150	150	600	3.3e	4.0f

*CA,calcium acetate monohydrate; CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; CC,calcium chloride; CN,calcium nitrate tetrahydrate; Control,fertilization stimulant treatment.

2005년 경북 청송군 현동면에서 후지 품종을 대상으로 수정촉진제 처리 후 적화제 종류별, 농도에 따른 효과를 검정하였다. CC+CN 처리구 및 CC+CN 처리구 1000배액에서 각각 측과 결실율이 2.0%, 2.7%로 무처리구 측과 결실율 20.3%에 비해 높은 적화 효과가 나타났지만, 이들 처리구의 중심화 결실율이 무처리구보다 낮게 나타나 본 약제는 적화제로서의 사용 가능성은 인정되지만 처리시기 등 정밀한 재검토가 필요로 되어진다. 적화제 처리구에서 측과 결실율이 2.0~13.5%로 무처리구 측과 결실율 20.3%에 비해 낮게 나타났다. 과총당 착과수에서도 무처리구에서는 0.96개, 적화제 처리구에서는 0.18~0.72개로 무처리구보다 낮은 착

과수를 보였다. 처리구 중에서 낮은 결실을 및 착과수는 높은 일교차에 따른 생육지연현상 때문으로 적화제 처리일이 적기보다 빨랐기 때문인 것으로 판단되어진다. 일교차가 심하거나 일평균 온도가 낮은 산간지방에서는 적기 처리일보다 1~3일 정도 늦게 처리하는 것이 좋은 결과를 가져올 것으로 판단되며, 반대로 일교차가 크지 않은 평야지대에서는 처리 적기일보다 1~2일 정도 앞당겨 사용하여야 할 것으로 판단된다. 2005년 청송 지방의 경우 주간의 고온으로 인하여 화분 건조로 인하여 수정이 전체적으로 극히 불량하였다.

Table 32. Fruit quality of Fuji treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Cheongsong, 2005).

Treat	Conc.	Weight (g)	Diameter (cm)	Length (cm)	L/D ratio	Color*	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Physiological stress
Cont.	-	232a	79.0b	67.8bc	0.86ab	107~108	3.9a	3.9ab	14.1a	0.42a	None
Lime sulfur mixture	1000	241a	79.0b	65.9c	0.83b	107~108	4.1a	4.2ab	14.2a	0.41a	△
CA	500	234a	79.5ab	70.1ab	0.88a	108	4.2a	3.7b	14.4a	0.44a	-
CC	1000	232a	80.5ab	70.5ab	0.88ab	108	4.1a	4.3a	14.5a	0.38a	-
CN	500	233a	79.8ab	68.0bc	0.85ab	07~108	4.3a	3.8ab	14.6a	0.39a	-
CS	500	237a	79.4ab	67.8bc	0.85ab	107	4.0a	4.2ab	14.3a	0.42a	-
CA+CC	1000	241a	81.3a	71.6a	0.88ab	108	4.0a	4.1ab	14.0a	0.39a	-
CC+CN	1000	232a	79.4ab	68.1bc	0.86ab	108	4.2a	4.1ab	14.0a	0.40a	-
CS+CC	1000	231a	80.7ab	69.5ab	0.86ab	108	4.1a	3.7b	14.4a	0.42a	-

**108, deep red; 107, vivid red; 106, bright red (The ministry of agriculture, forestry and fisheries of Japan).

**CA,calcium acetate monohydrate; CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; SS,trisodium phosphate, dodecahydrate; CC,calcium chloride; CN,calcium nitrate tetrahydrate; Control,fertilization stimulant treatment.

수정촉진제 처리로 인하여 중심화 수정을 시킨 후 무기화합물 즉 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 표에서 보는 바와 같이 중량, L/D, 과색, 경도, 종자수, 당도, 산도 등을 조사하였다. 대부분의 조사항목에서 유의성이 인정되지 않았다. 2005년도 청송 지역은 수정 당시 고온이 수정에 상당한 영향력을 미쳤고, 또한 사과 품질에도 영향을 미쳐 평균 과중이 2005년 안동지역 280~300g에 미치지 못하는 230~240g의 과일을 수확하게 되었다. 또한 종자수에서도 무처리구와 비교하여 유의성이 인정되지 않았는데 고온으로 인한 화주조직 및 화분의 상태가 건전하지 못하였고, 또한 측과 열매가 수확까지 이어진 것이 과실 개당 중량이 낮아진 원인으로 분석된다. 적화제 처리 후 일정 간격으로 조사한 동녹 발생 유무, 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등의 약해는 보이지 않았지만 Lime sulfur mixture 처리구에서는 약간의 동녹 현상이 있었다.

5. 노동력 절감 효과 비교

8Table 33. Comparison of labor time of different fruit thinning methods(10a).

fruit thinning methods	labor time	
manual	72h	(100.0)
sevin	36h	(50.0)
lime sulfur mixture	18h	(25.0)
fruit thinning solution*	14h	(19.6)

10a당 적과 노력시간을 비교하기 위하여 손적과, '세빈' 적과, '석회유황합제' 적과, 약제 적과에 소요된 시간을 조사하였다. 손적과를 한 경우는 72시간, '세빈' 적과구는 36시간, '석회유황합제' 적과구는 18시간, 약제 적화구는 14시간이 소요되었다. 손적과를 100으로 하였을 경우, 약제 적화를 함으로써 적과 효과는 '세빈' 적과보다는 30.4%, '석회유황합제' 적과보다는 5.4% 높은 적과 노력을 절감할 수 있었다.

<3차년도>

6. 외부 공인기관 위탁 실험 결과 요약

가. 수정촉진제 및 개선수정촉진제 처리에 따른 결실을 비교 (망, 자연방임)

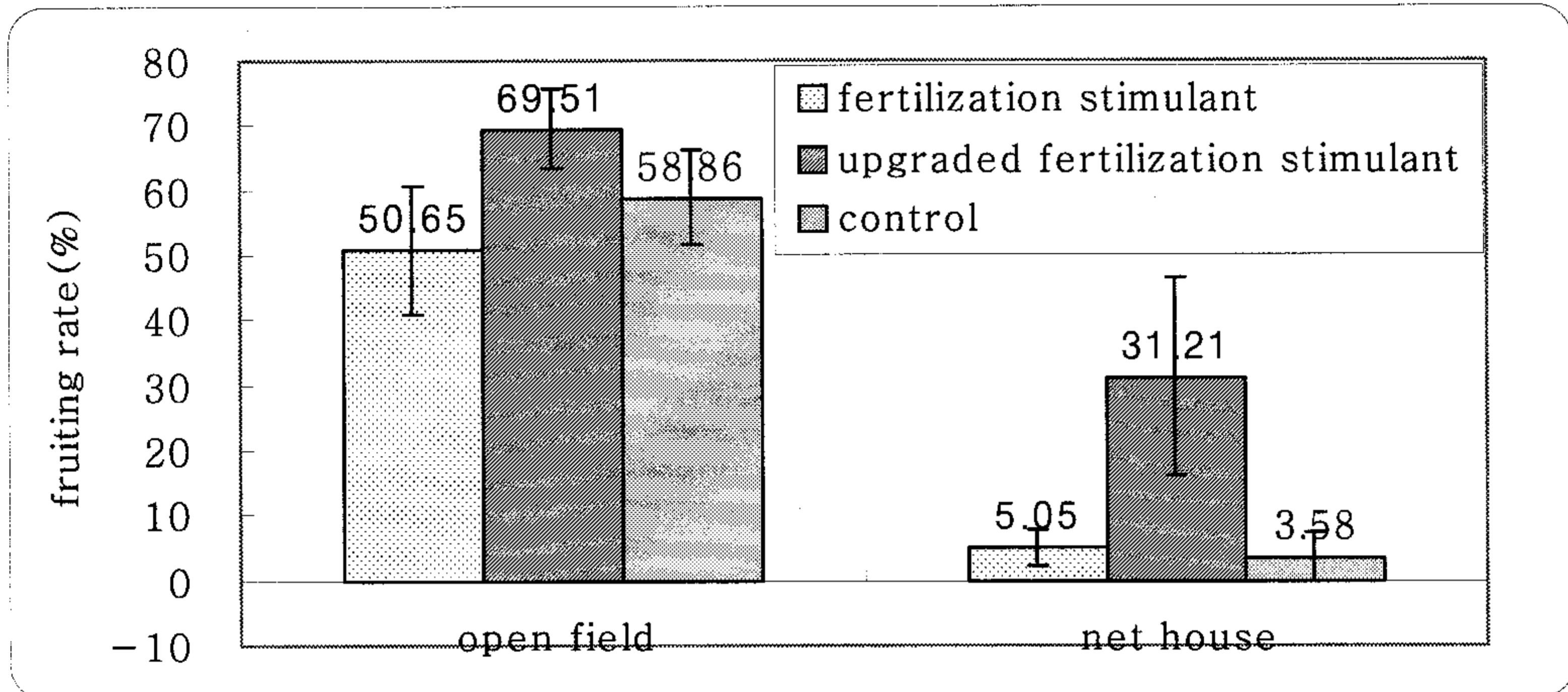


Fig. 7. Comparison of fertilization rate of Fuji treated with fertilization stimulant and upgraded fertilization stimulant(Gunwi, 2007).

그림은 본 과제의 계획에 따라 수정촉진제 개선 및 무기화합물을 이용한 적화 방안 개발에 관한 것을 2007년 경북대학교 농업생명과학대학에 의뢰하여 얻은 공인 성적의 결과이다. 애플플러스 방충망 처리구(자가수분)는 무처리 방충망구(자가수분)와 착과율에 있어서는 유의성이 인정되지 않았으며, 개선된 애플플러스 방충망 처리구(자가수분)는 약 31%의 자가결실율로 무처리 방충망구에 비해 약 28% 높은 착과 효과가 높게 나타나 개선 수정촉진제 처리에 의하여 자가수분이 이루어 졌음이 확인되었다. 개선된 수정촉진제에는 자가불화합성 제어물질 뿐만 아니라 화분 활력 증진제까지 함유되어 있어 망안에서도 자가수분 수정율이 높아진 것으로 사료되어진다. 자가불화합성의 주요원인은 S-RNase로 알려져 있다. 개선된 수정촉진제는 S-RNase의 활성을 억제시켜 수정 향상에 기인한 것으로 사료되어진다. 자연방임구에서의 개선 애플플러스 처리는 무처리 자연방임보다 약 11%의 결실을 향상을 보였지만 유의성은 인정되지 않았다. 자가불화합성 제어물질은 세계 어느 곳에서든지 아직 개발 안되어 있는 상태이며 본 물질을 이용한 작물의 이용은 무궁무진하다 할 수 있겠다. 한편 2007년 본 실험을 진행에 영향을 끼칠만한 기상조건 및 재배에 관련된 문제점은 없었다.

나. 적화제 처리에 따른 적화율 비교

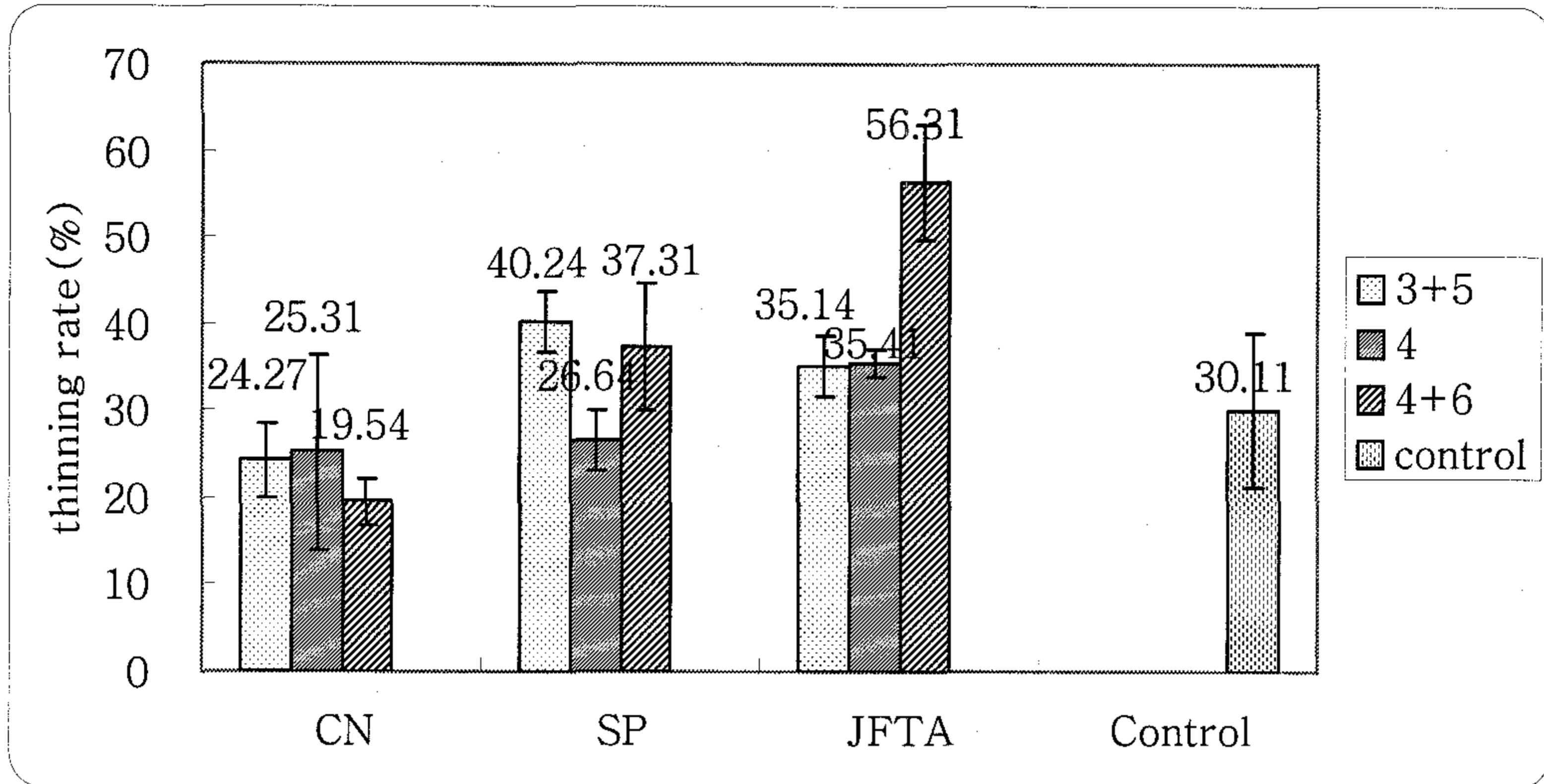


Fig. 8. Comparison of rate of thinning in Fuji treated with flower-thinning agent (Gunwi, 2007). CN,calcium nitrate tetrahydrate; SP,sodium sulfate; Japanese thinning agent, Ekoruki.

적화제 CN 처리구는 무처리구와 대조약제인 일본적화제보다 적화율이 낮은 경향을 보였고, 적화제 CN은 적화효과가 낮은 것으로 나타났으며, 적화제 SP는 무처리구에 비해 약 10%(3+5일), 7%(4+6일)의 높은 적화율을 보였지만 유의성은 인정되지 않았다. 적화제 SP는 개화후 3+5일 처리시 약 10%의 적화 효과가 있었다. 대조 약제로 처리한 일본적화제 에코루키의 경우 4+6일 처리구에서 약 56%의 적화 효과를 보였으며, 3+5일 및 4일 처리구에서는 무처리구와 비슷하여 처리일에 따라서 적화 효과의 차이가 높게 나타나 적화제 처리의 효율성을 높이려면 개화시기의 판단과 처리일이 중요한 것으로 판단된다. 3+5일 처리에서 40%의 적화 효과를 보인 적화제 SP는 대조약제인 일본적화제의 4+6일 처리에서 약 56%의 적화효과에 비하여 약 26%의 낮은 적화 효과를 보여 제품의 효능 향상 즉 적화율 향상에 대한 연구가 필요한 것으로 나타났다,

7. 외부공인기관 성적 (원본)

항 목 명 : 사과수정축진제 애플플러스 및 사과 적화계 효과 검증

실시기관 : 경북대학교

시험년도 : 2007년

담당자 : 최철

시험장소 : 경북 군위

시험입지조건(토성) : 식양토

<실험 1> 애플플러스 효과 실험

1. 시험목적

사과 재배시 자가불화합성 타과원리를 이용한 수정을 향상 효과검정

2. 연구내용 및 방법

가. 적용대상 : 사과 수정

나. 시험작물(품종) : 사과('후지')

다. 처리내용

시 험 약 제	약 효		처리상태	의뢰회사
	희석배수	처리시기 및 방법		
애플플러스	1000배	1차: 증심화 풍선기(4월 24일) 2차: 1차 처리 2~3일 후(4월 26일)	방충망 ¹ , 자연방입 ²	이즈텍
업그레이드 애플플러스	1000배	1차: 증심화 풍선기(4월 24일) 2차: 1차 처리 2~3일 후(4월 26일)	방충망, 자연방입	
무처리	-	-	방충망, 자연방입	

¹각 방충망마다 '꽃부니 호박벌' (그린아그로텍) 2-3마리 방사

²개화기 동안 '꽃부니 호박벌' (그린아그로텍) 방사

라. 시험구 배치 및 면적 : 난괴법

구 분	처리수	반복수	총 구수	소요 가지수	총 소요주수
약 효	6	9반복	54	54	9

마. 조사항목 : 착과율

바. 재배법

시험에 사용된 'Fuji/M9 나무는 8년생으로 수형은 세장방추형, 수세는 중, 저수고 고밀식 재배를 하고 있었음. 시험 장소 및 재배관리상 시험을 실시하는데 문제점이 없었음.

중심화 개화기	만개기	약제살포일
4월 25일	4월 30일	4월 24일(1차), 4월 26(2차)

사. 약제살포전후 기상상황

월/일	강수량(mm)	최고기온(℃)	최저기온(℃)	평균기온(℃)	평균습도(%)
4/23	0.0	21.6	6.1	15.6	58.5
(4/24)	0.0	18.4	4.0	11.0	67.5
4/25	0.0	20.9	5.5	13.0	62.2
(4/26)	0.0	23.5	1.6	13.0	60.5
4/27	0.0	23.3	3.7	13.8	68.1
4/28	0.0	23.2	0.7	13.5	48.2
4/29	0.0	25.7	0.2	13.6	52.2
4/30	1.5	22.0	3.3	13.2	60.2
5/1	2.0	15.3	10.4	13.0	98.3
5/2	0.0	24.2	7.7	15.1	71.8
5/3	0.0	25.2	3.2	14.2	76.6
5/4	0.0	27.8	5.9	17.0	72
5/5	0.0	27.4	7.2	17.4	69.9
5/6	0.0	22.6	10.2	16.2	82.3
5/7	0.0	28.5	6.6	17.2	64.7
5/8	0.0	31.2	4.9	18.0	61.3
5/9	12.0	26.8	5.0	14.1	74.3
5/10	0.5	23.0	7.8	14.5	76.1
5/11	0.0	27.6	5.0	17.2	62.6
5/12	6.5	18.5	12.3	15.2	82.4
5/13	0.0	25.9	7.0	16.1	65.4

* ()는 약제살포일임. 약효에 미치는 영향은 없었다고 판단됨

3. 조사방법

구분	조사항목	조사회수	조사일자	조사방법
약효	작과	1회	5월 14일	처리 가지수 전체

4. 시험 성적

시험약제	상태	착과율(%)									평균	DMRT
		1반복	2반복	3반복	4반복	5반복	6반복	7반복	8반복	9반복		
애플 플러스	방충망	1.48	4.00	2.00	4.18	3.78	7.63	5.80	10.00	6.60	5.05	d
	자연방입	36.47	35.00	60.00	60.49	58.40	52.89	44.00	52.22	56.36	50.65	b
업그레이드 애플플러스	방충망	33.70	30.60	36.10	53.80	43.80	41.60	22.10	13.30	5.90	31.22	c
	자연방입	72.20	68.12	78.54	75.33	69.41	73.33	64.62	59.26	64.74	69.84	a
무처리	방충망	4.13	2.28	0.00	1.25	2.30	12.80	1.80	5.60	2.10	3.59	d
	자연방입	57.61	54.66	51.25	50.00	69.52	67.42	52.2	62.4	64.7	58.87	ab

C.V. 23.394

5. 결과 요약

공시약제인 애플플러스와 업그레이드 애플플러스가 사과 'Fuji'/M.9의 수정에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

- 애플플러스 방충망 처리구 (자가수분)는 무처리 방충망구 (자가수분)와 착과 효과가 비슷함.
- 업그레이드 애플플러스 방충망 처리구 (자가수분)는 약 31%의 자가 결실율로 무처리 방충망구에 비해 착과효과가 높음.
- 업그레이드 애플플러스 처리는 무처리 자연방입보다 약 11%의 결실율 향상.

6. 담당자 의견

- 공시약제인 애플플러스는 결실율향상에 효과가 없으나 업그레이드 애플플러스는 약 31%의 자가 결실율을 보임
- 공시약제인 업그레이드 애플플러스는 무처리 보다 약 11%의 결실율 향상에 도움이 됨
- 2007년 1년 공시재료 '후지'의 시험결과임

<실험 2> 사과 적화제 효과 실험

1. 시험목적

'후지' 사과의 적화 효과에 대한 우수약제를 선발하여 농약품목등록 자료로 활용코자 함

2. 시험방법

가. 적용대상 : 사과 적화촉진

나. 시험작물(품종) : 사과('후지')

다. 처리내용

시험약제	약효		의뢰회사
	희석배수	처리시기 및 방법	
CN	1000배	처리1: 만개후 3+5일 (4월 27일, 5월 2일) 처리2: 만개후 4일 (4월 28일) 처리3: 만개후 4+6일 (4월 28일, 5월 4일)	이즈텍
SP	1000배	처리1: 만개후 3+5일 (4월 27일, 5월 2일) 처리2: 만개후 4일 (4월 28일) 처리3: 만개후 4+6일 (4월 28일, 5월 4일)	
일본적화제(대조)	1000배	처리1: 만개후 3+5일 (4월 27일, 5월 2일) 처리2: 만개후 4일 (4월 28일) 처리3: 만개후 4+6일 (4월 28일, 5월 4일)	
무처리	-	-	

라. 시험구 배치 및 면적 : 난피법

구분	처리수	반복수	총구수	소요 가지수	총 소요주수
약효	10	3반복	30	30	10주

마. 조사항목 : 적과율

바. 재배법

시험에 사용된 'Fuji'/M.9 나무는 8년생으로 수형은 세장방추형, 수세는 중, 지수고 고밀식 재배를 하고 있었음. 시험 장소 및 재배관리상 시험을 실시하는데 문제점이 없었음.

사. 약제살포전후 기상상황

월/일	강수량(mm)	최고기온(℃)	최저기온(℃)	평균기온(℃)	평균습도(%)
4/23	0.0	21.6	6.1	15.6	58.5
4/24	0.0	18.4	4.0	11.0	67.5
4/25	0.0	20.9	5.5	13.0	62.2
4/26	0.0	23.5	1.6	13.0	60.5
(4/27)	0.0	23.3	3.7	13.8	68.1
(4/28)	0.0	23.2	0.7	13.5	48.2
4/29	0.0	25.7	0.2	13.6	52.2
4/30	1.5	22.0	3.3	13.2	60.2
5/1	2.0	15.3	10.4	13.0	98.3
(5/2)	0.0	24.2	7.7	15.1	71.8
5/3	0.0	25.2	3.2	14.2	76.6
(5/4)	0.0	27.8	5.9	17.0	72
5/5	0.0	27.4	7.2	17.4	69.9
5/6	0.0	22.6	10.2	16.2	82.3
5/7	0.0	28.5	6.6	17.2	64.7
5/8	0.0	31.2	4.9	18.0	61.3
5/9	12.0	26.8	5.0	14.1	74.3
5/10	0.5	23.0	7.8	14.5	76.1
5/11	0.0	27.6	5.0	17.2	62.6
5/12	6.5	18.5	12.3	15.2	82.4
5/13	0.0	25.9	7.0	16.1	65.4

*()는 약제살포일임. 약효에 미치는 영향은 없었다고 판단됨.

3. 조사방법

구분	조사항목	조사회수	조사일자	조사방법
약효	적과율	1회	5월 14일	처리가지수 전체

4. 시험 성적

시험약제	처리시기	적화율(%)			평균	DMRT
		반복 1	반복 2	반복 3		
적화제 CN	3+5일	29.00	23.00	20.80	24.27	bc
	4일	16.10	22.00	37.80	25.31	bc
	4+6일	16.50	21.50	20.60	19.54	c
적화제 SP	3+5일	42.00	36.20	42.50	40.24	ab
	4일	26.30	23.30	30.30	26.64	bc
	4+6일	35.94	30.87	45.10	37.31	b
일본적화제 (대조)	3+5일	38.50	31.50	35.40	35.14	bc
	4일	35.20	34.00	37.00	35.41	bc
	4+6일	48.70	59.40	60.80	56.31	a
무처리	-	21.30	30.00	39.00	30.11	bc

C.V. 18.279

5. 결과 요약

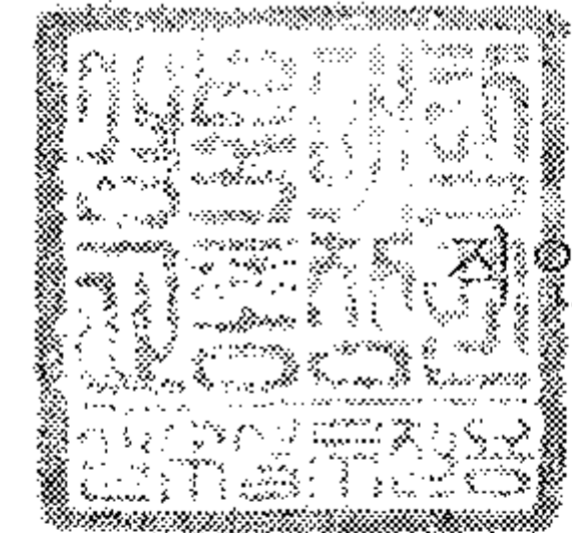
공시약제인 적화제 CN, 적화제 SP가 사과 Fuji/M.9의 적화에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

- 적화제 CN 전체처리구는 무처리구와 대조약제인 일본적화제보다 적화율이 낮은 경향을 보였음.
- 적화제 SP는 4일 처리구를 제외하고는 무처리구에 비해 약 10%(3+5일), 7%(4+6일)의 적화율을 보였음.

6. 담당자 의견

- 공시약제인 적화제 CN은 적화 효과가 없다고 판단됨.
- 공시약제인 적화제 SP는 개화후 3+5일 처리시 약 10%의 적화 효과가 있음
- 적화제 SP는 대조약제인 일본적화제의 적화율 약 26%(4+6일)에 비해 효과가 부족함.

경북대학교 총장



9. 수정축진제 처리에 따른 적화기술의 현장 이용 가능성에 대한 지역별 검증

가. 기상 현황 (2006년)

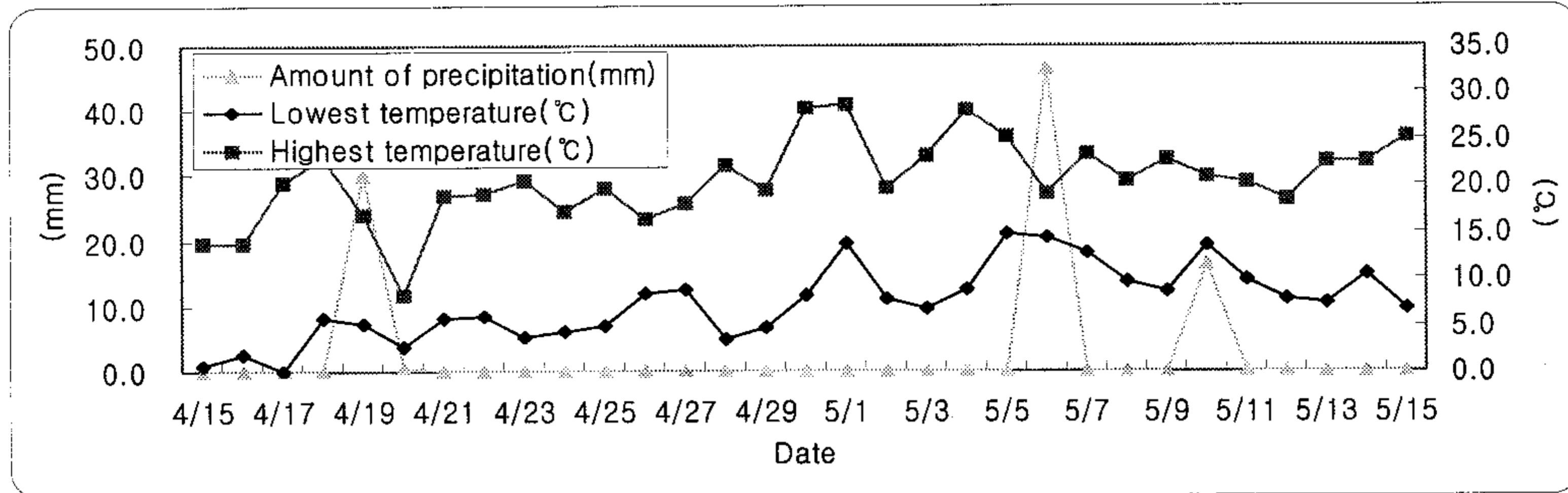


Fig. 9. Temperature and amount of precipitation during flowering stage in apple (Andong, 2006).

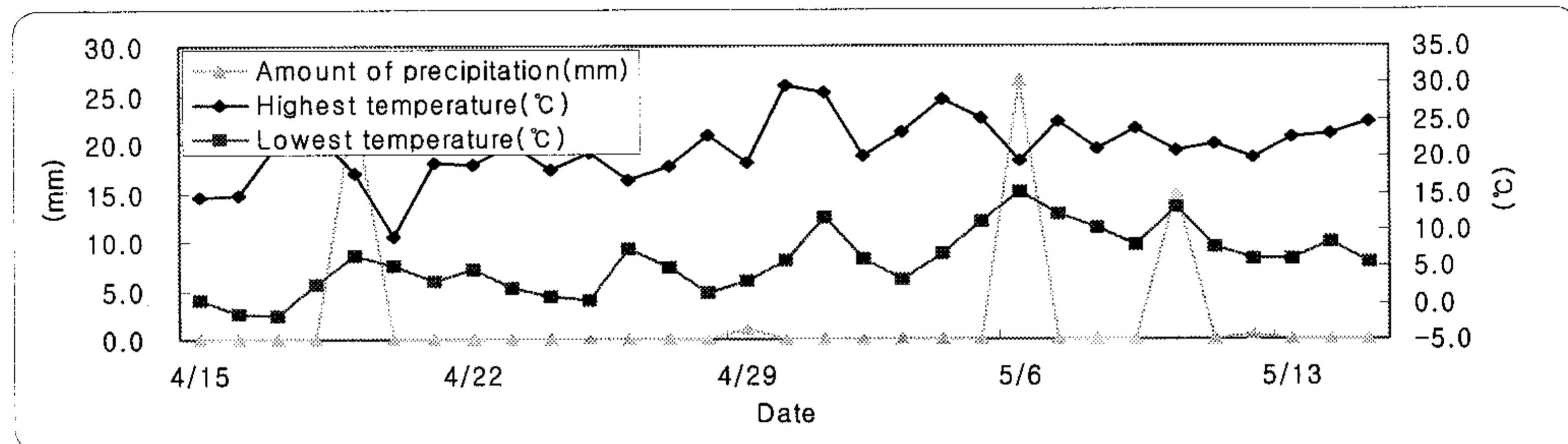


Fig. 10. Temperature and amount of precipitation during flowering stage in apple (Uiseong, 2006).

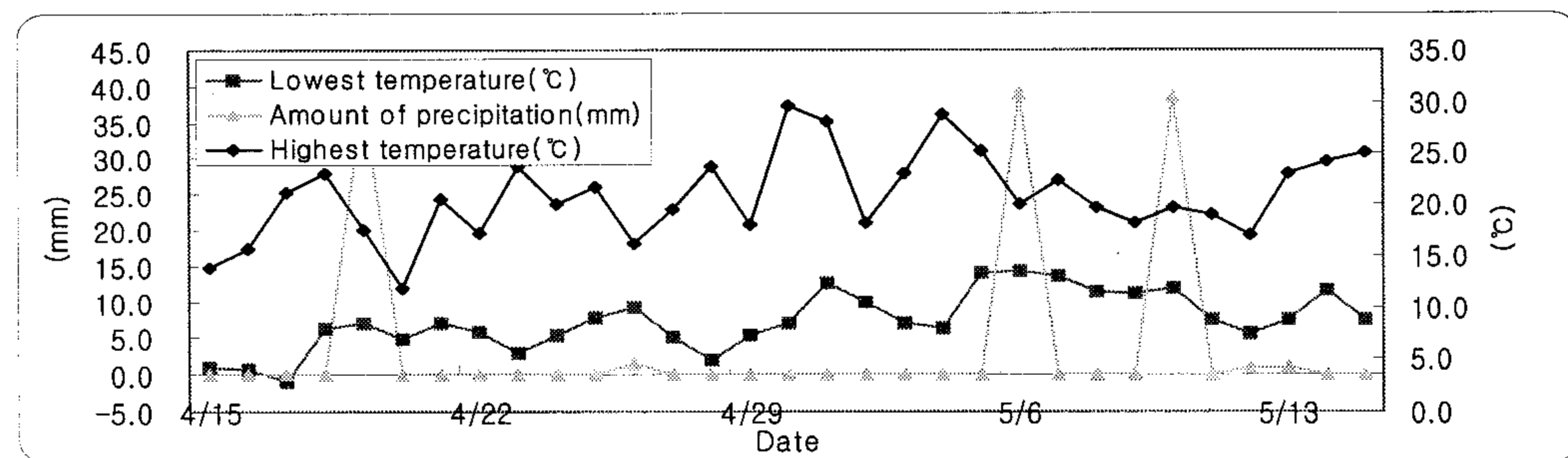


Fig. 11. Temperature and amount of precipitation during flowering stage in apple (Cheongsong, 2006).

나. 의성지역에서의 수정축진제 처리 후 적화제 처리에 따른 결실을 및 과신품질

Table 34. Fruit set rate of Hongno treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Uiseong, 2006).

Treat	Conc.	Day of treatment ^{&}	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Con.*	-	-	60	240	28.3c	39.7ab
UFS	1000		60	240	38.3bc	33.3ab
JFTA	"	3	60	240	48.3abc	15.8b
CN	"	3	60	240	51.7abc	40.8ab
		3+5	60	240	60.0ab	36.7ab
		4	60	240	33.3abc	20.0ab
		4+6	60	240	46.7abc	27.1ab
	500	3	60	240	43.3bc	21.3ab
		3+5	60	240	35.0bc	35.0ab
		4	60	240	50.0abc	40.4ab
		4+6	60	240	51.7abc	36.3ab
SP	1000	3	60	240	31.7bc	23.3ab
		3+5	60	240	51.7abc	43.3a
		4	60	240	50.0a	22.1ab
		4+6	60	240	43.3bc	28.3ab
	500	3	60	240	68.3abc	39.2ab
		3+5	60	240	35.3abc	35.6ab
		4	60	240	45.0abc	21.7ab
		4+6	60	240	38.3bc	15.8b

*Con., untreated; UFS, upgraded fertilization stimulant treatment; SP, sodium sulfate flower-thinning agent; CN, calcium nitrate tetrahydrate flower-thinning agent; JFT, japanese flower-thinning agent. [&]:day treated after upgraded fertilization stimulant treatment.

Table 35. Fruit quality of Hongno treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Uiseong, 2006).

Treat	Conc.	Day of treatment ^{&}	Weight (g)	L/D ratio	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Con.*	-	-	239abcde	0.85ab	1.6a	4.9ab	12.2d	0.13bcd
UFS	1000	-	215cde	0.87a	1.6a	4.0ab	13.0abcd	0.12cd
JFTA	"	3	227abcde	0.80bc	1.6a	4.2ab	13.1abcd	0.11cd
CN	"	3	228abcde	0.82abc	1.6a	4.0ab	12.6cd	0.14abcd
	"	3+5	238abcde	0.80bc	1.6a	4.3ab	13.0abcd	0.15ab
	"	4	241abcd	0.81abc	1.8a	6.3a	13.9abc	0.16a
	"	4+6	261abcd	0.84abc	1.6a	5.0ab	12.8bcd	0.15ab
	500	3	261abcd	0.83abc	1.7a	5.9a	14.3ab	0.13abcd
	"	3+5	214de	0.84abc	1.8a	5.5ab	14.6a	0.12cd
	"	4	243abcd	0.79c	1.5a	6.3a	13.2abcd	0.12cd
	"	4+6	243abcd	0.81bc	1.6a	5.3ab	13.4abcd	0.12cd
SP	1000	3	218bcde	0.80bc	1.7a	3.3b	12.5cd	0.14abcd
	"	3+5	189e	0.80bc	1.6a	4.4ab	13.2abcd	0.12cd
	"	4	279a	0.81bc	1.8a	5.6ab	14.1abc	0.14abcd
	"	4+6	268abc	0.83abc	1.6a	5.6ab	12.9bcd	0.13abcd
	500	3	250abcd	0.83abc	1.6a	6.1a	13.5abcd	0.11d
	"	3+5	265abcd	0.83abc	1.6a	4.2ab	13.4abcd	0.13bcd
	"	4	263abcd	0.84abc	1.5a	3.3b	13.5abcd	0.14abc
	"	4+6	272ab	0.84abc	1.6a	4.4ab	12.6cd	0.13bcd

*Con., untreated; UFS, upgraded fertilization stimulant treatment; SP, sodium sulfate flower-thinning agent; CN, calcium nitrate tetrahydrate flower-thinning agent; JFT, japanese flower-thinning agent. [&]-day treated after upgraded fertilization stimulant treatment.

2006년 경북 의성군 단촌면에서 홍로 품종을 대상으로 개선 수정축진제 처리 후 적화제 처리에 따른 효과를 검정하였다. 무기화합물 적화제는 SP 및 CN 두 종류로 압축하여 1000 및 500배액으로 처리하여 적화 효과를 검정하였다. 중심화 결실율은 무처리구(28.3%), 일본 적화제 처리구(48.3%), 무기화합물 적화제 SP(31.7-68.3%) 및 CN(33.3-60.0%) 로 나타나 중심화에서의 적화효과가 높게 나타나지는 않았다. 하지만 측화에서의 결실율이 무처리구 39.7%, 일본적화제 15.8%, CN 1000배액 4일째 처리구 20.0%, SP 1000배액 4일째 처리구에서 22.1% 를 보여 적화 효과가 중심화 보다는 측과에서 우수한 결과를 나타내었다. SP 및 CN 일부 처리구에서 높은 적화 효과를 보였지만 처리구간 지역별 오차가 심하여 정밀 검정이 필요할 것으로 판단된다. 일본적화제 에코루키의 경우 개화 후 처리시기만 알맞게 선정하면 유용할 것으로 판단되어 진다. 의성 지방의 경우 수정에 영향을 받을 만한 기상영향은 없었다. 중량에 있어서 무처리구 239g인데 비해, 개선 수정축진제 처리 후 적화제를 처리한 실험구에서는 214~279g으로 나타나 비슷하거나 처리구에 따라 차이가 있었다. 종자수에서는 무처리구 4.9개인데 비해, 개선 수정축진제 처리 4일째 되는날 CN 적화제를 처리한 실험구에서 6.3개로 가장 높게 나타났다. 적화제 처리에 따른 품질 변화는 뚜렷하게 나타나는 것은 없었으며 생육 도중 생리장애 현상도 보여지지 않았다.

다. 청송 지역에서의 수정촉진제 처리 후 적화제 처리에 따른 결실을 및 과신품질

Table 36. Fruit set rate of Gala treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Cheongsong, 2006).

Treat	Conc.	Day of treatment ^{&}	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Con.*	-	-	297	1188	39.4ab	4.5ab
UFS	1000	-	99	396	28.3ab	1.8a
JFTA	"	3	99	396	20.2ab	1.8a
CN	"	3	99	396	16.2ab	1.8a
		3+5	99	396	19.2ab	1.0a
		4	99	396	20.2ab	3.0a
		4+6	99	396	19.2ab	2.0a
	500	3	99	396	20.2ab	2.8a
	"	3+5	99	396	14.1a	1.3a
	"	4	99	396	18.2ab	1.5a
	"	4+6	99	396	20.2ab	1.3a
SP	1000	3	99	396	14.1a	2.8a
		3+5	99	396	16.2ab	1.0a
		4	99	396	32.3ab	2.0a
		4+6	99	396	32.3ab	2.0a
	500	3	99	396	19.2ab	2.0a
	"	3+5	99	396	23.2ab	1.0a
	"	4	99	396	44.4b	7.8b
	"	4+6	99	396	31.3ab	1.0a

*Con., untreated; UFS, upgraded fertilization stimulant treatment; SP, sodium sulfate flower-thinning agent; CN, calcium nitrate tetrahydrate flower-thinning agent; JFT, japanese flower-thinning agent. [&]:day treated after upgraded fertilization stimulant treatment.

Table 37. Fruit quality of Gala treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Cheongsong, 2006).

Treat	Conc.	Day of treatment ^{&}	Weight (g)	L/D ratio	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Con.*	-	-	196cd	0.91abc	1.2a	4.6bcd	12.3bc	0.17abc
UFS	1000	-	282a	0.90abc	1.0a	4.2bcd	11.6bc	0.12cd
JFTA	"	3	227bcd	0.90abc	1.2a	3.3d	12.1bc	0.15bcd
CN	"	3	212bcd	0.89abc	1.1a	2.7d	11.6bc	0.16abcd
	"	3+5	216bcd	0.90abc	1.2a	4.8bcd	11.5bc	0.16abc
	"	4	232bcd	0.94a	1.2a	3.7d	12.0bc	0.16abcd
	"	4+6	225bcd	0.92abc	1.2a	3.4d	12.1bc	0.16abcd
	500	3	237abc	0.87c	1.3a	4.6bcd	11.8bc	0.15bcd
	"	3+5	223bcd	0.94abc	1.2a	4.7bcd	12.3bc	0.17abc
	"	4	258ab	0.95a	1.1a	3.8cd	11.6bc	0.15bcd
	"	4+6	185d	0.90abc	1.3a	3.5d	13.8a	0.20a
SP	1000	3	218bcd	0.94a	1.3a	2.9d	12.8ab	0.17ab
	"	3+5	243abc	0.93abc	1.2a	4.1bcd	11.8bc	0.17abc
	"	4	216bcd	0.91abc	1.2a	4.2bcd	11.1c	0.14bcd
	"	4+6	221bcd	0.94ab	1.1a	5.8abc	11.0c	0.13bcd
	500	3	225bcd	0.89abc	1.2a	4.6bcd	12.2bc	0.15bcd
	"	3+5	256ab	0.93abc	1.1a	6.1ab	11.6bc	0.12d
	"	4	257ab	0.88bc	1.0a	4.7bcd	11.5bc	0.13cd
	"	4+6	217bcd	0.89abc	1.1a	7.0a	12.0bc	0.15bcd

*Con., untreated; UFS, upgraded fertilization stimulant treatment; SP, sodium sulfate flower-thinning agent; CN, calcium nitrate tetrahydrate flower-thinning agent; JFT, japanese flower-thinning agent. [&]:day treated after upgraded fertilization stimulant treatment.

개선 수정축진제 처리를 통하여 중심화 수정을 확고히 한 다음 2단계 무기화 합물을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험으로 경북 청송 현동면에서 갈라 품종을 대상으로 실시하였다. 적화제 처리횟수 및 처리일에 따른 적화 효과가 일정한 형태로 나타나지 않았다. 청송 지역에서의 착과율이 매우 저조한 실정이다. 이는 개화기 전후에 고온 및 저온 현상이 있었는데 암술 및 수술 조직이 기온의 영향을 받은 것으로 보여진다. 중심화 결실율이 매우 저조하였으나 축화의 결실을 또한 매우 저조하여 적화제 시험을 위한 정확한 결과 도출을 위해서는 세밀한 연구가 필요로 되어진다.

개선 수정축진제 처리로 인하여 중심화 수정을 시킨 후 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 표에서 보는 바와 같이 중량에 있어서 무처리구 196g인데 비해, 개선 수정축진제 처리 후 적화제를 처리한 실험구에서는 185~258g으로 나타나 처리구에 따라 차이를 보였으며, 종자수에 있어서는 무처리구 4.6개인데 비해, 개선 수정축진제 처리 3, 5일째 되는날 SP 적화제 500배액을 처리한 실험구에서 7.0개로 가장 높게 나타났지만, 3일 처리구에서는 종자수가 2.7개로 나타나 처리구에 따라 적화제의 영향을 받은 것으로 사료되어진다. 적화 사용이 빨라지게 되면 암술 조직의 기능 마비로 수정이 불가능하게 되므로 이에 따라 종자수 형성에도 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 무처리구보다 종자수가 늘어난 처리구는 개선 수정축진제 처리로 인하여 자가수분이 가능하게 된 뿐만 아니라 타가수분도 촉진시키는 효능을 가지고 있어 수정 향상 때문으로 사료되어진다. 적화제 처리 후 일정 간격으로 조사한 동녹 발생 유무, 잎마름 현상, 생육 장애 현상 등의 약해는 보이지 않았다.

라) 안동 지역에서의 수정촉진제 처리 후 적화제 처리에 따른 결실을 및 과
실품질

Table 38. Fruit set rate of Fuji treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Andong, 2006).

Treat	Conc.	Day of treatment ^{&}	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
			central	side	central	side
Con.*	-	-	69	276	21.3 ab	3.9ab
UFS	1000	-	60	240	31.3 ab	3.3ab
JFTA	"	3	60	240	26.7 ab	2.9ab
CN	"	3	60	240	28.3 ab	1.7b
		3+5	60	240	26.7 ab	1.3b
		4	60	240	16.7 ab	3.8ab
		4+6	60	240	16.7 ab	1.7b
	500	3	80	320	23.8 ab	0.9b
		3+5	60	240	6.7 b	1.3b
		4	60	240	10.0 ab	0.8b
		4+6	60	240	13.3 ab	1.3b
SP	1000	3	60	240	15.0 ab	0.8b
		3+5	60	240	25.0 bc	2.1ab
		4	60	240	16.7 ab	2.5ab
		4+6	60	240	33.3 a	2.1ab
	500	3	60	240	10.0 ab	1.7b
		3+5	60	240	15.0 ab	0.4b
		4	60	240	26.7 ab	6.3a
		4+6	60	240	28.3 ab	1.3b

*Con., untreated; UFS, upgraded fertilization stimulant treatment; SP, sodium sulfate flower-thinning agent; CN, calcium nitrate tetrahydrate flower-thinning agent; JFT, japanese flower-thinning agent. [&]:day treated after upgraded fertilization stimulant treatment.

Table 39. Fruit quality of Fuji treated subsequently with fertilization stimulant and flower-thinning agent (Andong, 2006).

Treat	Conc.	Day of treatment ^{&}	Weight (g)	L/D ratio	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Con.*	-	-	280 a	0.83b	1.5b	6.1a	13.9e	0.24abc
UFS	1000	-	261ab	0.84ab	1.5b	4.4abc	14.7cde	0.24abc
JFTA	"	3	258ab	0.84ab	1.7a	4.4ab	15.0abcd	0.25abc
CN	"	3	231b	0.84ab	1.5b	3.0bcde	15.5abc	0.27a
	"	3+5	261ab	0.85ab	1.5b	4.2abcd	15.2abcd	0.26abc
	"	4	263ab	0.86ab	1.5b	2.7bcde	14.6de	0.23bc
	"	4+6	265ab	0.85ab	1.5b	2.1de	14.6de	0.24abc
	500	3	238ab	0.87ab	1.5b	2.3cde	15.5acd	0.25abc
	"	3+5	233b	0.86ab	1.6ab	2.6bcde	14.9abcd	0.24abc
	"	4	248ab	0.85ab	1.6ab	2.2bce	15.8a	0.25abc
	"	4+6	257ab	0.87ab	1.5ab	2.0de	15.1abcd	0.25abc
SP	1000	3	241ab	0.84ab	1.5b	2.5bcde	15.3abcd	0.24abc
	"	3+5	233b	0.87ab	1.5b	2.3bcde	15.6abc	0.26abc
	"	4	255ab	0.85ab	1.6ab	2.7bcde	15.0abcd	0.23bc
	"	4+6	257ab	0.83b	1.6ab	2.3bcde	14.9abcd	0.22c
	500	3	236b	0.89a	1.5b	4.0bcd	14.7bcde	0.24abc
	"	3+5	229b	0.86ab	1.6ab	1.7e	15.6 ^ㄱ	0.26abc
	"	4	243ab	0.85ab	1.6ab	3.2bcde	15.3abcd	0.26bc
	"	4+6	244ab	0.83b	1.6ab	3.1bcde	15.2abcd	0.27ab

*Con., untreated; UFS, upgraded fertilization stimulant treatment; SP, sodium sulfate flower-thinning agent; CN, calcium nitrate tetrahydrate flower-thinning agent; JFT, japanese flower-thinning agent. [&]:day treated after upgraded fertilization stimulant treatment.

경북 안동 지역에서 개선 수정축진제를 이용하여 1단계 중심화 수정 후 2단계 무기화합물 등을 이용한 적화 기술 개발을 위한 실험을 실시하였다. 적화제를 살포할 시기에는 이미 개선 수정축진제 처리로 인하여 중심화 수정은 끝난 상태이기 때문에 적화제의 영향을 거의 받지 않는 것이 정상이지만 적화제 처리시기가 앞 당겨지거나 늦어질 경우에는 적화율에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 기상조건에 따라 특히 온도에 따른 개화 진행 속도를 관찰하여 적정 적화제 처리시기를 판단하여 사용하여야 효율을 높일 수 있을 것이다. 중심화 결실율이 무처리구에서 21.3%, 개선 수정축진제 처리구에서 31.3%, 일본적화제 에코루키 처리구에서 26.7%를 나타내었고, 적화제 SP 및 CN 처리구에서 6.7-33.3%의 다양한 결실율을 보였다. 한편 측화 결실율은 모든 처리구에서 매우 저조한 결실율을 보여 적화제의 영향 보다는 고온으로 인한 기상조건에 따른 것으로 판단되어진다. 또한 측화 결실율이 대부분 낮게 나타나 해석이 매우 난해하였다.

개선 수정축진제 처리 후 적화제 종류별 처리가 사과 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, L/D, 경도, 산도, 당도 등을 조사한 결과, 종자수에서는 대조구에서 6.1개로 가장 높게 나타났고, 적화제 처리구에서는 1.7~4.2개로 나타나 대조구에 비해 다소 낮은 경향을 보였다. 대조구인 개선 수정축진제 처리구보다 적화제 처리에 의한 종자수 감소 현상이 적화제 처리에 의한 것인지는 면밀한 검토가 필요하다.

개선 수정축진제 처리 후 무기화합물 적화제 처리에 의한 지역별 효과 차이는 다음과 같다. 의성지역에서의 홍로의 경우 일본적화제 에코루키가 중심화 보다는 측화에서 적화 효과가 높았으며, 본 과제에서 개발한 SP 및 CN의 경우 만개후 4일째 처리의 측화에서 가장 효과가 좋았다. 청송 지역에서는 처리일, 농도 및 약제 종류에 따라 일정한 결과를 보여지지 않았다. 안동 지역에서는 SP 3일 및 4일째 처리가 높은 적화효과를 보였으나 개화시기의 단축으로 중심화 결실율이 낮아졌는데 적화제의 영향을 받은 것으로 판단된다. 적화제 처리에 따른 품질 변화는 지역별 차이를 보이지 않았다. 따라서 적화제 처리시 처리시기가 적화 효과에 가장 중요한 요인으로 판단된다.

마. 개선 수정촉진제 3종류(IS-1, IS-2, IS-3) 처리에 따른 결실율 및 과실품질(안동, 청송)

Table 40. Fruit set rate of Fuji treated with upgraded fertilization stimulant and different additives at varying concentrations (Andong, 2006).

Treat	Conc.	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
		central	side	central	side
Cont.	-	59	236	21.4 ab	5.1 a
FS*	1000	68	272	29.0 ab	5.7 a
	500	65	260	35.9 ab	1.5 ab
FS+IS-1	1000	72	288	40.7 ab	2.2 ab
	500	57	228	17.7 c	0.8 ab
FS+IS-2	1000	61	244	43.1 a	3.5 ab
	500	68	272	20.7 bc	0.0 b
FS+IS-3	1000	76	304	22.9 ab	1.2 ab
	500	65	260	34.0 ab	2.0 ab

FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant +pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

Table 41. Fruit quality of Fuji treated with upgraded fertilization stimulant and different additives at varying concentrations (Andong, 2006).

Treat	Conc.	Weight (g)	L/D	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Cont.	-	280a	0.83a	1.5a	4.6ab	13.9b	0.24ab
FS	1000	250b	0.82a	1.6a	3.9ab	14.9ab	0.23ab
	500	252ab	0.85a	1.6a	3.1ab	15.0ab	0.24ab
FS+IS-1	1000	242ab	0.84a	1.5a	6.1a	14.5ab	0.23ab
	500	243ab	0.83a	1.6a	2.2b	15.4a	0.26a
FS+IS-2	1000	229ab	0.83a	1.6a	3.3ab	15.3a	0.25ab
	500	227b	0.83a	1.6a	2.4b	15.4a	0.26a
FS+IS-3	1000	241ab	0.82a	1.6a	3.4ab	14.5ab	0.23ab
	500	248ab	0.83a	1.5a	3.7ab	14.2ab	0.22b

FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant +pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

본 실험은 수정촉진제에 선발된 첨가제 첨가에 따른 처리가 수정 효과에 미치는 효과를 알아보고자 한 것이다. 중심화 결실율의 경우 무처리구 21.4%, 수정촉진제 1000 및 500배액 처리구 각각 43.1%, 35.9%, FS+IS-3 처리구 1000 및 500배액 처리구 각각 22.9%, 34.0%, FS+IS-1 처리구 1000 및 500배액 각각 40.7%, 17.7%, FS+IS-2 처리구 1000 및 500배액 각각 29.0%, 20.7%로 나타났다. FS+IS-1과 FS+IS-2 500배액 처리구를 제외하고는 무처리구에 비해 결실율이 높게 나타났다. 특히 개선 수정촉진제 1000배액 처리구의 중심화 결실율이 43.1%로

무처리구에 비해 약 101% 높게 나타났다. 측화의 결실율에서의 개선 수정촉진제의 효과는 대부분의 처리구에서 유의성이 인정되지 않았으며 결실율이 저조하게 나타났다. 이는 자가불화합 제어제 함유 개선수정촉진제 처리 후 약효 지속기간에 따른 것으로 약효지속기간은 처리 후 약 1일 정도로 추정된다. 중심화 개화에 맞추어 처리 하였으므로 측화에는 약효가 거의 미치지 않아 결실율이 낮아진 것으로 판단된다. 무처리구에서의 결실율 저하는 기상요인 즉 고온의 영향을 받은 것으로 추측된다.

개선 수정촉진제에 선발된 첨가제 첨가 처리가 사과 품질에 미치는 영향은 FS+IS-1 1000배액 처리구에서 종자수 6.1개로 가장 높게 나타났고, 그 이외의 처리구에서는 뚜렷한 품질의 차이는 보이지 않았다. 한편, 대조구에서 중량이 처리구보다 높게 나타난 것은 대조구의 위치가 수분수 꽃나무의 옆에 위치하여 반복 처리구 중 1개의 처리구에서 높았기 때문으로 조사 되었으며, 수분수 꽃나무 옆 나무의 대조구를 제외하면 대조구약 240g, 처리구 227-252g으로 조사되었다.

Table 42. Fruit set rate of Fuji treated in the net house with upgraded fertilization stimulant and different additives at varying concentrations (Cheongsong, 2006).

Treat	Conc.	No. of flower investigated		Fruit set rate(%)	
		central	side	central	side
Cont.	-	99	396	5.1 ab	0.5a
FS	1000	39	156	9.9 ab	0.6a
	500	34	136	6.4 ab	4.3a
FS+IS-1	1000	40	160	2.2 b	0.0a
	500	42	168	6.3 ab	1.4a
FS+IS-2	1000	34	136	18.6 a	0.0a
	500	47	188	3.9 b	4.8a
FS+IS-3	1000	47	188	13.3 a	4.4a
	500	56	224	5.6 ab	1.7a

FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant +pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

Table 43. Fruit quality of Fuji treated inside the net house with upgraded fertilization stimulant and different additives at varying concentrations (Cheongsong, 2006).

Treat	Conc.	Weight (g)	L/D	Hardness	No. of seeds (ea)	Sugar content (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Cont.	-	219b	0.88ab	1.6ab	2.4ab	16.5a	0.28ab
FS	1000	278a	0.86ab	1.4b	4.7bc	14.1b	0.24ab
	500	268ab	0.82ab	1.8a	2.5ab	16.8a	0.30a
FS+IS-1	1000	215ab	0.85ab	1.7a	2.0ab	15.2ab	0.25ab
	500	160b	0.91a	1.8a	1.5a	15.2ab	0.24ab
FS+IS-2	1000	252ab	0.81b	1.4b	3.3ab	12.9b	0.17b
	500	212ab	0.88ab	1.6ab	2.0ab	16.2a	0.26ab
FS+IS-3	1000	204ab	0.88ab	1.6ab	3.6ab	15.8ab	0.27ab
	500	225b	0.84ab	1.6ab	5.0c	15.2ab	0.21ab

FS, fertilization stimulant(contains self-incompatibility control substances); IS-1, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 1; IS-2, fertilization stimulant +pollen viability enhancer 2; IS-3, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 3; IS-4, fertilization stimulant+pollen viability enhancer 4.

본 실험은 청송지역에서 수정촉진제의 효능향상을 위하여 수정촉진제의 첨가물 종류 및 농도가 수정율 향상에 미치는 효과를 알아보려고 한 것이다. 중심화 수정율에 있어서는 무처리구에서 5.1%, 수정촉진제 1000배액 9.9%, 수정촉진제 + 첨가제 처리구 2.2-18.6%로 다양하게 나타났으며, FS+IS-2 1000배액 처리구에서 18.6%로 가장 높은 결실율을 보여 첨가제 종류에 따른 차이를 보였다. 처리 농도에 따른 결실율 변화는 500배액에서 보다 1000배액 처리구에서 높은 결실율을 보여 농도에 따른 차이도 보여졌다. 한턴 측화의 결실율은 모든 처리구에서 매우 낮았는데 이는 수정촉진제 처리 후 약효 지속기간이 짧은 것에 기인한 것으로 판단되어지며 측화 수정시에는 수정촉진제의 효능이 없어진 것 때문으로 판단된다. 이러한 첨가제 종류에 따른 사과 품질에 미치는 영향은 일부 처리구에서 차이가 있었으나 대체적으로 큰 변화는 없었다.

10. 수정촉진제 처리에 따른 과실 품질 비교

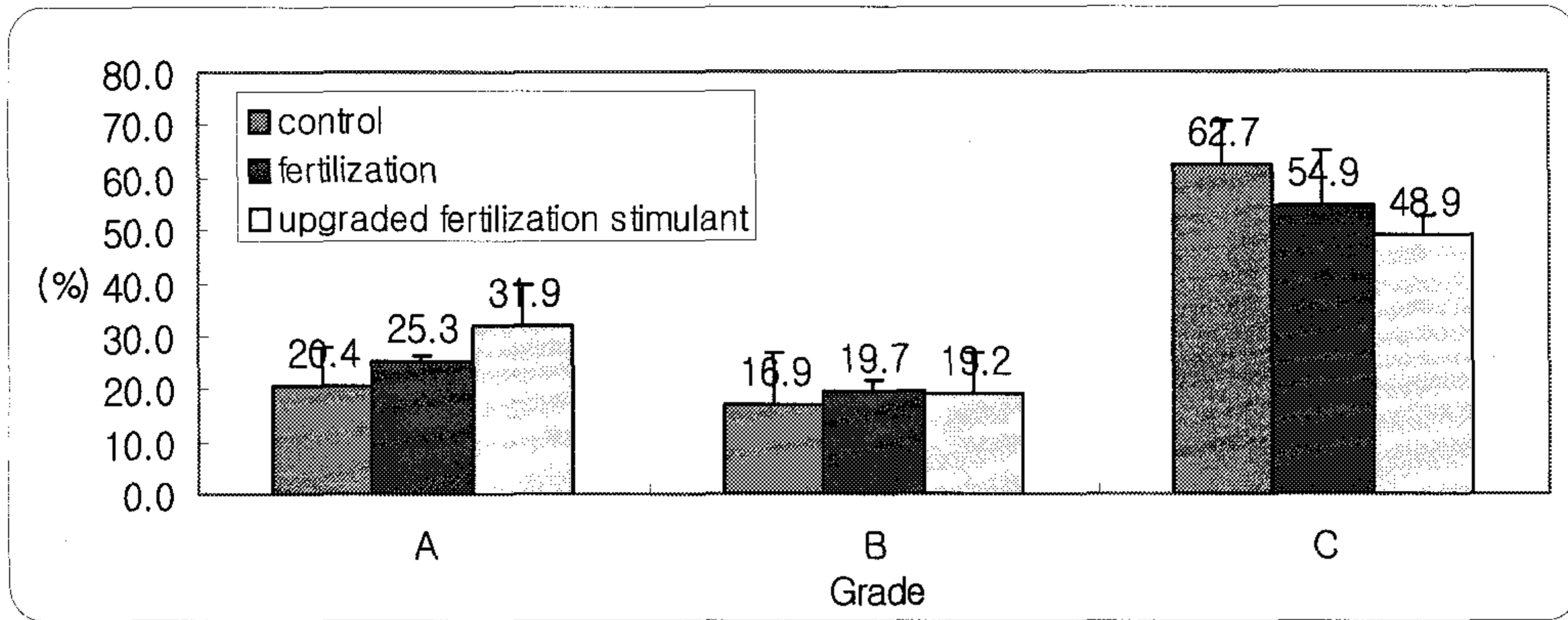


Fig. 12. comparison of grades of apple produced by fertilization stimulant and upgraded fertilization stimulant treatment.

A등급은 300g 이상, B등급은 250g 이상, C등급은 250g 미만으로 분류하였을 경우, A등급의 수확량은 무처리, 수정촉진제, 개선 수정촉진제의 순으로 각각 20.4%, 25.3%, 31.9% 이었고, B등급의 수확량은 각각 16.9%, 19.7%, 19.2%로 나타나 B등급의 증가는 A등급의 그것보다 높지는 않았으며, C등급의 수확량은 각각 62.7%, 54.9%, 48.9%로 조사되었다. 등급의 경우 수정촉진제 및 개선 수정촉진제를 처리한 실험구가 무처리구에 비해 약 11.5% 정도 높은 고품질의 사과가 수확되었다. 수정촉진제 및 개선 수정촉진제 처리에 의하여 높은 등급의 과실 생산량이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 수정촉진제 및 개선 수정촉진제의 처리에 의하여 중심화에 열매가 맺히는 비율이 높아지고, 또한 수정촉진제의 처리에 의해 자가불화합성을 일으키는 주요 원인인 S RNase의 활성을 억제시킬 뿐만 아니라 화분관 신장을 촉진시키는 물질에 의해 자가수정 및 타가수정을 촉진시켜 종자수 증가에 의한 비대 효과에도 영향을 미쳐 무처리구보다 상대적으로 상품 비율이 높아진 것으로 판단된다.

11. 과수농가 적화/적과 실태 조사

수정촉진제 처리에 따른 적화기술의 현장 이용 가능성을 검정하기 위하여 현재 농가의 적화/적과 실태조사를 실시하였다. 대상지역은 해발고도가 높은 산간지와 평야지대가 혼재하여 있는 경상북도 군위군 지역 5개면(부계, 소보, 의흥, 고로, 산성면)의 사과재배 농민 35명을 대상으로 전화문의 및 면담을 통하여 조사하였다.

Table 44. Result of actual farmer's experiment on flower-thinning agent conducted at Gunwi, Gyeongbuk.

	소재	사과과원 규모(평)	재배중인 사과품종 (과원의 80% 이상)	적화 인건비 (자가노동비 제외)	적화방법
1	부계면	5,000	후지, 쓰가루, 홍로	가족노동	손 적화
2	소보면	3,000	후지, 쓰가루, 홍로	50만원	손 적화
3	소보면	5,000	후지, 쓰가루, 양광	300만원	손 적화
4	의흥면	3,500	후지, 홍옥, 홍로	90만원 (적과비용)	적화하지 않음
5	부계면	4,000	후지, 아오리	가족노동	약제살포후 손 적화
6	고로면	4,500	후지, 히노사키	가족노동	손 적화
7	소보면	6,000	후지, 홍로	-	약제 적화
8	소보면	1,500	후지	가족노동	손 적화
9	의흥면	2,500	후지, 홍로	150만원	손 적화
10	소보면	6,000	후지	180만원	손 적화
11	소보면	4,500	후지, 고을	100만원	손 적화
12	의흥면	2,000	쓰가루, 후지, 홍옥	품앗이	약제살포 후 손 적화
13	소보면	2,500	후지	35만원	손 적화
14	소보면	3,000	후지, 쓰가루	120만원	약제살포 후 손 적화
15	부계면	6,000	후지, 아오리, 쓰가루	가족노동	손 적화 및 적과
16	부계면	3,500	후지, 선홍	가족노동	손 적화
17	부계면	10,000	후지, 요과, 홍로	650만원	손 적화
18	의흥면	3,000	후지	150만원	손 적화
19	부계면	5,000	후지, 쓰가루, 양광	300만원	손 적화
20	고로면	4,000	후지, 쓰가루	450만원	약제살포 후 손 적화
21	소보면	5,500	후지, 하양, 홍로	가족노동	손 적화
22	부계면	4,000	후지, 시나노스위트, 홍로	가족노동	손 적화
23	부계면	4,500	후지, 쓰가루, 양광	100만원	약제살포 후 손 적화
24	부계면	6,000	후지, 홍로	가족노동	손 적화
25	부계면	2,500	후지, 쓰가루, 시나노스위트	가족노동	손 적화
26	산성면	1,000	후지	가족노동	손 적화
27	부계면	4,000	후지, 양광, 서농	가족노동	손 적화
28	소보면	6,500	후지, 홍로	200만원	손 적화
29	부계면	4,500	후지, 아오리	가족노동	손 적화
30	소보면	7,000	후지, 시나노스위트, 양광	100만원	손 적화
31	부계면	2,000	후지, 시나노스위트	가족노동	손 적화
32	부계면	2,400	야다가, 후지, 홍옥	가족노동	손 적화
33	부계면	6,000	후지, 아오리	가족노동	약제살포 후 손 적화
34	부계면	5,000	후지, 시나노스위트, 서농	100만원	손 적화
35	부계면	14,000	후지, 아오리	450만원	손 적화

조사결과에 의하면 사과꽃 수정 후, 적화비용이 과수원 1000평당 평균 400,000 원이 소요되며, 가족노동의 경우에도 평균 15-20일 정도의 노동시간이 소요되는 것으로 밝혀졌다. 주로 과수원의 규모가 3,000평 이상 농가에서는 적화를 위하여 외부 인력을 10-15일 정도 고용하는 것으로 조사되었으며, 현재 농촌지역의 노령화로 인하여 작업능력이 우수한 인력을 구하기는 거의 불가능한 실정이다.

조사대상의 77%의 농가가 수정 후 직접 사과꽃을 손으로 제거하는 손적화를 실시하는 것으로 조사되었으며, 17%의 농가에서는 약제살포와 손적화를 병행하는 방법으로 적화작업을 수행하였다. 사용되는 약제로는 세빈이라는 살충제를 주로 사용하였으며, 일부 농가의 경우 석회유황합제를 사용하였다. 그러나 약제사용 농가의 대체적인 의견이 약제살포에 의한 효과가 미미하다는 것이다. 이로 인해 약제 살포농가의 대부분이 약제 살포 후 3-5일후부터 손으로 사과꽃을 솎아 주는 작업을 병행하고 있었다.

많은 노동비용 및 시일이 소요되나, 대부분의 농가들이 손적화방법을 선호하는 이유는 첫째, 적화를 위한 약제살포의 효과가 뚜렷하지 않거나 사과꽃을 적절한 수준으로 조절하는 것이 매우 어렵다는 것과, 둘째 약제 살포로 인해 방화매개곤충의 피해가 우려되기 때문이다.

조사결과를 종합하면, FTA대비를 위한 고품질 사과생산을 위한 경북지역의 사과 재배상의 문제점은 인공수정 및 적화/적과시의 노동력 및 노동비용을 절감하는 것이다. 이를 위해 안정적인 수정을 확보하고, 부작용이 없는 적화(적과)를 위한 친환경적인 약제 및 처리 기술이 시급히 개발되어야 한다. 본 과제 수행을 통하여 확립된 2단계 수정/적화 기술체계는 이러한 문제를 해결할 수 있는 새로운 대안이 될 것으로 판단된다.

Table 45. Comparison of flower-thinning labor time per 0.3ha (2006).

Variety	Thinning method	Area (ha)	Cost (won)	Labor time	Cost reduction (%)
Fuji	manual	0.3	400,000	15 days	
	chemical spray*	0.3	50,000	30min.×2=1 hour	87.5
Tsugaru	manual	0.3	566,000	21 days	
	chemical spray	0.3	50,000	30min.×2=1 hour	91.2

*Cost for flower thinning agent is 150,000won per 1ha.

표 45는 10a 당 적화노력을 비교한 것으로서 손적화를 시행하고 있는 35개 농가를 대상으로 한 손적화 비용의 평균값을 나타낸 것이다. 후지의 경우 쓰가루 적화구 보다 약 42%(1,000평당) 정도 적화 비용이 적게 나타났다. 한편, 손적화와 약제 적화 비용의 경우 후지 과원 1/120, 쓰가루 과원 1/168 정도로 약제 적화의 소요 노동력이 낮게 나타났지만, 약제적화의 경우 완전한 적화를 하지 않기 때문에 약제 적화 후 손적화도 필요할 것으로 판단되며 이 부분에 대한 적화 시간은 본 표에서는 고려하지 않았다. 손적화와 비교하여 약제적화의 비용 절감 효과는 후지 87.5%, 쓰가루 91.2%로 쓰가루가 높게 나타났는데 이는 적화 대상 꽃의 수가 쓰가루가 많은 것에 기인 한 것으로 판단된다. 최근 농촌 노동력의 노령화 및 인구 감소로 과수 재배에 있어 노동력 부족 현상이 점점 더 심각하다. 적화제가 실용화되면 현재까지 기계화가 불가능 하였던 적과 부분의 기계화가 가능하게 되어 과수재배 노동력 절감을 통한 합리적 재배체계 개선 및 농업비용 절감으로 과수재배 경쟁력 향상에 기여할 것으로 판단된다.

제3절 연구결과 종합검토

내용	종합검토
수정촉진제의 개선	외부공인기관 성적서 발급 : 자가불화합 타과물질에 의한 약 30%의 자가수정 효과 확인.
사과 적화 기술 개발	적화 효능이 있는 한 종류의 약제를 선발 하였으나 상업화까지 연구가 더 필요함.
자가불화합성 관련 단백질 및 S-RNase 분리, 정제	pistil 조직을 채취하여 단백질 분리 정제하였음.
자가불화합성 관련 첨가제의 효능 검정	화분 활력 증진제의 적정 농도 및 종류 선발함.
수정촉진제 처리에 의한 자가수분 정도 분석(SSR 유전자 분석법)	수정촉진제 처리에 의한 후지사과 종자를 채취하여 SSR 유전자 분석을 통한 자가수정 정도 분석하였음.
재배농가 실증 실험을 통한 효능 검정	현장 실험을 통한 효능 검정 (수정촉진제 우수, 적화제 효과 미미)
지역간 변이 검토	경북 청송, 안동, 영주, 의성에서 후지, 홍로, 갈라에 대한 수정 개선 실험 및 적화제 실험을 행하였으며, 적화제에 있어 지역간 처리시기에 따른 차이가 있음.
지역에 따른 생리장애 현상 및 과실의 품질 평가	대부분의 처리구에서 적화제 처리에 따른 약해는 보이지 않았음. 하지만 석회유황합제를 처리한 실험구에서는 동독이 발생하였고, 잎이 오그라지는 현상도 보였음.
농업비용 분석	후지의 경우 쓰가루 적화구보다 약 42%(1,000평당) 정도 적화 비용이 적게 나타남. 한편, 손적화와 약제 적화 비용의 경우 후지 과원 1/120, 쓰가루 과원 1/168 정도로 약제적화의 소요 노동력이 낮게 나타났지만, 약제적화의 경우 완전한 적화를 하지 않기 때문에 약제 적화 후 손적화도 필요할 것으로 판단되어짐.
외부 공인기관 위탁 실험	개선 수정촉진제 효과 실험에서 개선 수정촉진제는 약 31%의 자가결실율을 보였음(무처리 3.6%). 자연방임에서도 개선 수정촉진제는 무처리보다 약 11% 결실을 향상됨.
특허출원 및 기술이전	해당사항 없음 (수정촉진제는 사과용 수정촉진 영양제 상품명 애플플러스에 적용되어 시판중임).
적화기술 보급의 이용 가능성	최종적으로 한 종류의 적화제를 선발 하였으나 상업화까지는 연구가 더 필요함.
수정 및 적화 체계 구축	수정불량문제는 어느 정도 해소 되었으나 적화 체계 구축은 미미함.
연구결과에 관련된 논문발표 및 특허출원 실적의 평가	국내 논문 발표 1건 및 관련 신문 메스컴 홍보 2건 등
연구 결과를 활용한 상품화 정도의 평가	개선 수정촉진제는 현재 (주)이즈텍에서 사과 수정촉진 영양제에 적용시켜 사과 재배 농민들의 수정불량문제에 대한 애로사항 해결에 기여.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 목표의 달성도

구분	연구목표 및 평가의 착안점	달성도 (%)	기여도
1차년도 (2004)	○ 수정축진제의 개선	100	대
	○ 사과 적화 기술 개발	80	중~대
	○ 생리장애 현상 및 과실의 품질 평가	100	대
	○ 자가불화합성 관련 단백질 및 S-RNase 분리, 정제	100	대
	○ 자가불화합성 관련 첨가제의 효능 검정	100	대
	○ 수정축진제의 in vitro 시험 조사	100	대
2차년도 (2005)	○ 재배농가 실증실험을 통한 효능 검정	100	대
	○ 지역간 변이 검토	100	대
	○ 지역에 따른 생리장애 현상 및 과실의 품질 평가	100	대
	○ 농업비용 분석	100	대
3차년도 (2006)	○ 외부 공인기관 위탁실험	100	대
	○ 특허 출원 및 준비	60	소
	○ 기술이전 및 기술 보급의 이용가능성	80	중~대
	○ 수정 및 적화체계 구축	80	중~대
최종평가	○ 연구결과에 관련된 논문발표 및 특허출원 실적의 평가	60	소
	○ 개선된 사과수정축진 영양제의 효능에 관한 외부 국가 공인기관에서 공인된 시험성적서의 평가	100	대
	○ 경북 3개 지역에서의 농가 현장 실험의 결과 및 실험 농민의 평가 분석	100	대
	○ 연구결과를 활용한 상품화 정도의 평가	90	중~대
	○ 사용 농민들을 대상으로 적화 기술에 의한 수확기의 경제성 분석 평가	100	대

제2절 관련 분야의 기여도

1. 이론적 접근방법

- 가. 자가불화합성 성질을 지닌 사과 품종의 기구 해석의 기초 정보 제공.
- 나. 수정축진제의 첨가제 효능 및 적정 살포농도, 처리시기 등 확립.
- 다. 사과 적화제의 효능 및 적정 살포농도, 처리시기 등 기초 자료 제공.
- 라. 자가불화합성 제어물질의 선발을 통한 타 작물에의 응용 가능성 구축.
- 마. SSR 방법에 의한 자가수정 종자의 확인법 구축으로 세대 초기 단계에서의 자가수정 개체의 판별 가능으로 유지비 및 육종비용 절감.

2. 경제 · 산업적 측면

- 가. 사과 재배에 있어서 약제 수정(기계화)으로 인공수분 대체를 통한 비용 및 노동력 절감 효과.
- 나. 인공수분을 위한 화분 수입의 대체를 통한 외화절약.
- 다. 고품질의 사과 생산을 통한 사과 재배농가의 경쟁력 향상.

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 추가연구의 필요성

1. 개선 수정촉진제(자가불화합성 제어물질 함유)의 효능은 공인기관의 의뢰 실험에서도 결과가 나타났듯이 배우체 자가불화합성 작물에 있어서 자가수분을 촉진시켜 수정을 향상에 기여함이 증명되었다. 알려진 바와 같이 자가불화합성 타파 물질은 전세계적으로 개발되어 있지 아니하다. 본 물질도 자가불화합 타파 효과가 100% 되는 것은 아니다. 작물에 따라 다르지만 현재 최고 약 30% 내외 정도로 자가불화합 타파 효과를 가진다. 작물별 이용 범위의 확대 및 이를 이용한 육종에의 이용은 무궁한 부가가치를 가져 올 것이며 한국 농업을 한단계 향상 시킬 수 있는 계기가 될 것으로 확신하는 바이다.
2. 적화제 실험의 경우도 많은 경험과 지식 축적이 필요하다. 현재 (주)이즈텍에서는 8년째 하고 있으나 기대에 부응하는 결과가 나오지 못하였다. (주)이즈텍에서는 계속하여 적화제 개발 예정으로 있다.

제2절 타 연구에의 응용

1. 배우체 자가불화합 성질을 가진 작물(배, 자두, 앵두, 매실 등)에의 수정 불량 문제 해결을 위한 적용 확대.
2. 자가수분이 가능하게 됨으로서 각 작물의 육종에의 이용.

제3절 기업화 추진방향 및 금후의 활용

1. 선발된 적화제는 계속적 실험으로 제품화 시킬 예정임.
2. 타 작물에의 적용 확대.
3. 자가불화합 타파 물질을 이용한 신품종 개발.

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절 해외기관의 연구과제 관련 과학기술 정보

1. 일본의 원예연구소

- 가. 교배에 의한 사과와 자가불화합성을 유발하는 S 유전자형 분석(아오모리 사과시험장)
- 나. 사과 과실형질과 Md-ACSI 대립유전자형간의 상관성 분석 (아오모리 사과시험장)
- 다. 배로부터 자가불화합성 제어물질을 이용하여 본사와 공동연구 중임(돗토리현 배시험장)

2. 일본의 여러 대학

- 가. 교토 대학 : 아몬드의 자가불화합성 유전자 F-box 분자구조 및 전사수준 검토
매실의 화분측 자가불화합성 유전자 F-box의 동정
앵두류의 화분측 S RNase 유전자 동정
매실의 자가결실성 유전자의 유전성 및 자가불화합성과의 관련성 분석
복숭아의 자가불화합성 유전자 동정 및 다양성 분석
- 나. 나라선단 과학기술대학원 대학 : 매실 자가불화합성 유전자좌 및 F-box 유전자의 다양한 분석
- 다. 기후 대학 : 사과의 수분수, 계통 및 품종의 자가불화합성 유전자 분석
사과의 자가불화합성 유전자의 염기서열분석

3. 일본의 (주)협화

- 가. 사과, 배, 자두, 양앵두, 매실 등으로부터 자가불화합성 제어물질을 용한 현장 적용 실험을 본사와 공동연구 중임.

4. 미국의 여러 대학

- 가. Colby 대학 : 배우체형 자가불화합성 타파를 위한 분자기구 분석

- 나. Cornell 대학 : 식물생식에 있어서 자가인식 및 거절반응의 기구 분석
- 다. California 대학 : 고등식물의 수분 및 수정 기구
- 라. Pennsylvania 주립대학 : 초롱꽃과로부터 자가임성 관련 변경유전자의
유전성 분석
- 마. Duke 대학 : 가지과 식물의 자가불화합성 유전자좌의 분자적 진화분석

제7장 참고문헌

- Addicott, F. T. 1943. Pollen germination and pollen tube growth, as influenced by pure growth substances. *Plant Physiol.* 18(2) : 270-279.
- Ai, Y., A. Singh, C. E. Coleman, T. R. Ioerger, A. Kheyr-Pour and T.-H. Kao. 1990. Self-incompatibility in *Petunia inflata*: isolation and characterization of cDNAs encoding three S-allele-associated proteins. *Sex. Plant Reprod.* 3 : 130-138.
- Anderson, M. A., E. C. Cornish, S. L. Mau, E. G. Williams, R. Hoggart, A. Atkinson, I. Bonig, B. Grego, R. Simpson, P. J. Roche, J.D. Haley, J. D. Penschow, H. D. Niall, G. W. Tregear, J. P. Coghlan, R. J. Crawford and A. E. Clarke. 1986. Cloning of cDNA for a stylar glycoprotein associated with expression of self-incompatibility in *Nicotiana glauca*. *Nature.* 321 : 38-44.
- Ariel, G., K. Kondo, Christopher B. Lee, C. Nathan Hancock, M. Sivaguru, S. Vazquez-Santana, S. Kim, Thomas E. Phillips, F. Cruz-Garcia and B. McClure. 2006. Compartmentalization of S-RNase and HT-B degradation in self-incompatible *Nicotiana*. *Nature.* 439 : 805-810.
- Austin, P. T., E. W. Hewett, D. Noiton and J. A. Plummer. 1998. Self-incompatibility and temperature affect pollen tube growth 'Sundrop' apricot (*Prunus armeniaca* L.) *J. of Hort. Sci. and Biotech.* 73 : 357-386.
- Bedinger, P. A. 1994. Traveling in the style: The cell of pollen. *Trends Cell Biol.* 4 : 132-138.

- Beppu, K. 2003. Determination of S-haplotypes of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars by PCR and cross-pollination tests. *J. Hort. Sci and Biotech.* 78(3) : 315-318.
- Bernatzky, R., S. L. Mau and A. E. Clarke. 1989. A nuclear sequence associated with self-incompatibility in *Nicotiana glauca* has homology with mitochondrial DNA. *Theor. Appl. Genet.* 77 : 320-324.
- Blaha, J. and J. Schemidt. 1939. Effects of boron on the pollen germination in fruit trees. *Shor. Cesk. Akad. Zem.* 14920 : 186-192.
- Blevins, D. G. and K. M. Lukaszewski. 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant MO. Biol.* 49 : 481-500.
- Bobko, E. V. and V. V. Zerling. 1938. Influence of boron on the productive development of plants. *Ann. Agron.* 8 : 174-184.
- Bots, M. and C. Mariani. 2005. Pollen viability in the field. Radboud Universiteit Nijmegen.
- Bolat, I. and L. Pirlak. 1999. An investigation on pollen viability, germination and tube growth in some stone fruits. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23 : 383-388.
- Burgos, L. and J. Egea. 1993. Apricot embryo sac development in relation to fruit set. *Journal of Horticultural Science* 68 : 203-208.
- Cai, G., A. Moscatelli and M. Cresti. 1997. Cytoskeletal organization and pollen tube growth. *Trends Plant Sci.* 2 : 86-91.
- Cakmak, I. and V. Romheld. 1997. Boron deficiency-induced impairment of

cellular functions in plants. *Plant Soil* 193 : 71-83.

Cerovic, R. and D. Ruzi, 1992. Pollen tube growth in sour cherry (*Prunus cerasus*) at different temperatures. *J. of Hort. Sci.* 67 : 333-340.

Cerovic, R., D. Ruzic and N. Micic. 2000. Viability of plum ovules at different temperatures. *Annals of Applied Biology* 137 : 53-59.

Charlesworth, B. 1991. The evolution of sex chromosomes. *Science* 251: 1030-1033.

Cheung, A. Y. 1995. Pollen-pistil interactions in compatible pollen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 92 : 3077-3080.

Cheung, A. Y. 1996. Pollen-pistil interactions during pollen tube growth. *Trends Plant Sci.* 1 : 45-51.

Chispeels, M. J., N. M. Crawford and J. I. Schroeder. 1999. Proteins for transport of water and mineral nutrients across the membranes of plant cells. *Plant Cell* 11 : 661-675.

Chung, I. K., K. Nakata, H. Tanaka, T. Ito, H. Horiuchi, A. Ohta and M. Takaki. 1993. Identification of cDNA Clones Coding for the Style Specific S₁₁-Glycoprotein Gene Associated with Gametophytic Self-incompatibility in *Lycopersicon peruvianum*. *Biosci Biotech Biochem* 57 : 757-762.

Chung, I. K. 1994a. Molecular genetic studies on gametophytic self-incompatibility in *Lycopersicon peruvianum*. Ph.D. thesis. University of Tokyo, Tokyo.

- Chung, I. K., T. Ito, H. Tanaka, A. Ohta, H. G. Nam and M. Takaki. 1994b. Molecular diversity of three-allele cDNAs associated with gametophytic self-incompatibility in *Lycopersicon peruvianum*. *Plant Mole Biol* 26 : 757-762.
- Chung, I. K., S. Y. Lee, T. Ito, H. Tanaka, H. G. Nam and M. Takaki. 1995. The 5' Flanking Sequences of Two *S* Alleles in *Lycopersicon peruvianum* are Highly Heterologous but Contain Short Blocks of Homologous Sequences. *Plant Cell Physiol* 36: 1621-1627.
- Chung, I. K. 1997. Characterization of *S* glycoprotein associated with gametophytic self-incompatibility of *Lycopersicon peruvianum*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38(3) : 205-210.
- Chung, I. K. and Shin, D. I. 1997. Structure and Evolution Features of *S* RNases of Gametophytic Self-incompatibility in Solanaceous. *Plant Kor J Hort Ind Sci* 1 : 12-18.
- Chung, I. K., S. Y. Lee, P. O. Lim, S. A. Oh, Y. S. Kim and H. G. Nam. 1999. An *S*-RNase gene of *Lycopersicon peruvianum* L. is highly expressed in transgenic tobacco but does not affect self-incompatibility. *J of Plant Physiol* 154 : 63-70.
- Cornish, E. C., J. M. Pettitt, I. Bonig and A. E. Clarke. 1987. Developmentally controlled expression of a gene associated with self-incompatibility in *Nicotiana glauca*. *Nature* 326 : 99-102.
- Cruzan, M. B. 1990. Pollen-pollen and pollen-style interactions during pollen tube growth in *Erythronium grandiflorum* (Liliaceae). *American Journal of Botany* 77 : 116-122.

- Dafni, A. 2000. A new procedure to assess pollen viability Sex. Plant Reprod. 12 a; 241-244.
- De Bruyn, J. A. 1966. The in vitro germination of pollen of *Setaria sphacelata* L. Effects of carbohydrates, hormones, vitamins and micronutrients. Physiologia Plantarum 19(2) : 365.
- Delph, L. F., M. H. Johannsson, and A. G. Stephenson. 1997. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives. Ecology 78 : 1632-1639.
- De Nettancourt, D. 1977. Incompatibility in angiosperms. (Monographs on Theoretical and Applied Genetics, vol. 3) Eds : Frankel, R., Gall, G. A. E., Grossman, M and Linskens, H. F. Springer, Berlin.
- Derksen, J., T. Ruttens, T. van Amstel, A. de Win, F. Doris and M. Steer. 1995. Regulation of pollen tube growth. Acta. Bot. Neerl. 44 : 93-119.
- Dickinson, D. B. 1978. Influence of borate and pentaerythritol concentration on germination and tube growth of *Lilium longiflorum* pollen. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 103 : 263-269.
- Digonet, C., D. Aldon, N. Leduc, C. Dumas and M. Rougier. 1997. First evidence of a calcium transient in flowering plants at fertilization. Development 124 : 2867-2874.
- Dodds, P. N., I. Bonig, H. Du, J. Rodin, M. A. Anderson, E. Newbigin and A. E. Clarke 1993. S-RNase gene of *Nicotiana glauca* is expressed in developing pollen. Plant Cell 5 : 1771-1782.
- Dordas, C. and P. H. Brown. 2000. Permeability of boric acid across lipid

bilayers and factors affecting it. *J. Membr. Bio.* 175 : 95-105.

Ebert, P. R., M. A. Anderson, R. Bernatzky, M. Altschuler and A. E. Clarke. 1989. Genetic polymorphism of self-incompatibility in flowering plants. *Cell*. 56 : 255-262.

Egea, J., L. Burgos, J. E. Garcia and L. Egea. 1991. Stigma receptivity and style performance in several apricot cultivars. *J. of Hort. Sci.* 66 : 19-25.

El-Shintinawy, F. 1999. Structural and Functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves. *Photosynthetica* 36 : 565-573.

Entani, T., S. Takayama, M. Iwano, H. Shiba, F. S. Che and A. Isogai. 1999. Relationship between polyploidy and pollen self-incompatibility phenotype in *Petunia hybrida* Vilm. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 63(11) : 1882-1888.

Entani, T., M. Iwano, H. Shiba, C. Fang-Sik, I. Akira and S. Takayama. 2003. Comparative analysis of the self-incompatibility (S-) locus region of *Prunus mume*: identification of a pollen-expressed F-box gene with allelic diversity.

Feijo, J. A., R. Malho and G. Obermeyer. 1995. Ion dynamics and its possible role during in vitro pollen germination and tube growth. *Protoplasma* 187 : 155-167.

Franklin, F. C. H., M. J. Lawrence and V. E. Franklin-Tong. 1995. Cell and molecular biology of self-incompatibility in flowering plants. *Int. Rev. Cytol.* 158 : 1-64.

Franklin-Tong, V. E., J. P. Ride and F. C. H. Franklin. 1995. Recombinant stigmatic self-incompatibility (S) protein elicits Ca transient in pollen of

Papaver rhoeas. Plant J. 8 : 299-307.

Franklin-Tong, V. E., B. K. Drobak, A. C. Allan and A. J. Trewavas. 1996. Growth of pollen tubes of *Papaver rhoeas* is regulated by a slow moving calcium wave propagated by inositol 1,4,5-trisphosphate. Plant Cell 8 : 1305-1386.

Franklin-Tong, V. E. 1999. Signaling and the modulation of pollen tube growth. The Plant Cell 11 : 727-738.

Franklin-Tong, N (V.E.) and F. C. H. Franklin. 2003. Gametophytic self-incompatibility inhibits pollen tube growth using different mechanisms. Trends in Plant Sci. 8(12) : 598-605.

Gaude, T. and S. McCormick. 1999. Signaling in pollen-pistil interactions. Cell Dev. Biol. 10 : 139-147.

Gawel, J. J. and C. D. Robacker. 1986. Effect of pollen-style interaction on the pollen tube growth of *Gossypium hirsutum*. Theoretical and Applied Genetics 72 : 84-87.

Geetha, K., S. Vijayabaskaran and N. Jayaraman. 2004. In vitro studies on pollen germination and pollen tube growth in maize. Food, Agric. & Envi. 2(1) : 205-207.

Goldbach, H. and A. Amberger. 1986. Influence of boron nutrition on cell wall polysaccharides in cell cultures of *Daucus carota* L. J. Plant Physiol. 123 : 263-269.

Gray, J. E., B. A. McClure, I. Bonig, M. A. Anderson and A. E. Clarke. 1991. Action of the style product of the self-incompatibility gene of *Nicotiana*

- alata*(S-RNase) on *in vitro* grown pollen tubes. *Plant Cell*. 3 : 271-283.
- Green, P. J. 1994. The ribonucleases of higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45 : 421-445.
- Haring, V., J. E. Gray, B. A. McClure, M. A. Anderson and A. E. Clarke. 1990. Self-incompatibility : a self-recognition system in plant. *Science*. 250 : 937-941.
- Hedhly, A., J. I. Hormaza and M. Herrero. 2004. Effect of temperature on pollen tube kinetics and dynamics in sweet cherry, *Prunus avium* (Rosaceae). *American Journal of Botany* 91(4) : 558-564.
- Herrero, M. and H. G. Dickinson. 1980. Pollen tube growth following compatible and incompatible intraspecific pollination in *Petunia hybrida*. *Planta* 148 : 217-221.
- Herrero, M. 1992. Mechanisms in the pistil that regulate gametophyte population in peach (*Prunus persica*). In E. Ottaviano, D. L. Mulcahy, M. Sari-Gorla, and B. B. Mucahy (eds.), *Angiosperm pollen and ovules*, 377-381. Springer, New York, New York, USA.
- Hiscock, S. J., J. Doughty and H. G. Dickinson. 1995. Synthesis and phosphorylation of pollen proteins during the pollen-stigma interaction in self-incompatible *Brassica napus* L. and self-incompatible *Brassica oleracea* L. *Sex. Plant Reprod.* 8 : 345-353.
- Hiscock, S. J. and S. M. McInnis. 2003. Pollen recognition and rejection during the sporophytic self-incompatibility response: *Brassica* and beyond. *Trends in Plant Sci.* 8(12) : 606-613.

- Hopping, M. E. and E. M. Jerram. 1979. Pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch): stigma-style structure and pollen tube length. New Zealand Journal of Botany 17 : 233-240.
- Horiuchi, H., K. Yanai, M. Takagi, K. Yano, E. Wakabayashi, A. Sanda, S. Mine, K. Ohgi and M. Irie. 1988. Primary structure of a base non-specific ribonuclease from *Rhizopus niveus*. J. Biochem. (Tokyo) 103 : 408-418.
- Hormaza, J. I. And M. Herrero. 1996. Dynamics of pollen tube growth under different competition regimes. Sex. Plant Reprod. 9 : 153-160.
- Hur, B. J., M. H. Kim and I. K. Chung. 2002. Purification and characterization of S protein associated with self-incompatibility in 'Fuji'apple. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(4) : 447-451.
- Jackson, J. F. 1989. Borate control of protein secretion from *Petunia* pollen exhibits critical temperature discontinuities. Sex. Plant Reprod. 2 : 11-14.
- Kakani, V. G., P. V. V. Prasa, P. Q. Carufurd and T. R. Wheeler. 2002. Response of in vitro pollen germination and pollen tube growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to temperature. Plant, Cell & Environment 25 : 1651-1661.
- Kang, N. Y., M. H. Kim, K. H. Cho, D. I. Shin, D. U. Kim, H. S. Park and I. K. Chung. 2000. The role of S RNase associated with gametophytic self-incompatibility in tomato (*Lycopersicon peruvianum*). Korean J. Plant Tissue Culture. 27(3) : 219-226.

- Kao, T.-H. and S. Huang. 1994. Gametophytic self-incompatibility: A mechanism for self/nonself discrimination during sexual reproduction. *Plant Physiol.* 105 : 461-466.
- Kawata, Y., F. Sakiyama and H. Tamaoki. 1988. Amino-acid sequence of ribonuclease T2 from *Aspergillus oryzae*. *Eur. J. Biochem.* 176 : 683-697.
- Keulemans, J. and H. Van Laer. 1989. Effective pollination period of plums: the influence of temperature on pollen germination and pollen tube growth. In: C. J. Wright (ed.), *Manipulation of fruiting*, 159-171. Butterworths, London, UK.
- Kim, M. H., D. I. Shin, Park, H. S. and I. K. Chung. 2001. In vitro function of S-Rnase in *Lycopersicon peruvianum*. *Mol. Cells* 12(3) : 329-335.
- Kim, J. H., S. K. Park, T. K. Son, D. I. Shin and I. K. Chung. 2006. Biochemical characterization of S RNase inhibitors on plants showing gametophytic self-incompatibility. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24(3) : 310-316.
- Klinac, D. J., B. H. Rohitha and J. C. Pevreal. 1991. Use of hydrogen cyanamide to improve flowering and fruit set in nashi (*Pyrus serotina* Rehd.) *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 19 : 87-94.
- Kohno, T., T. Okagaki, K. Kohama and T. Shimmen. 1991. Pollen tube extract supports the movement of actin filaments in vitro. *Protoplasma* 161 : 75-77.
- Kondo, K., M. Yamamoto, D. P. Matton, T. Sato, M. Hirai, S. Norioka, T. Hattori and Y. Kowiyama. 2002. Cultivated tomato has defects in both

S-RNase and HT genes required for stylar function of self-incompatibility. *The Plant Journal*. 29(5) : 627-636.

Koyama, Y., C. Kunz, I. Lewis, E. Newbigin and A. E. Clarke. 1994. Self-incompatibility in a *Lycopersicon peruvianum* variant (LA2157) is associated with a lack of style S-RNase activity. *Theor. Appl. Genet.* 88 : 859-864.

Kumar, A., R. K. Chowdhury and O. S. Dahiya. 1995. Pollen viability and stigma receptivity in relation to meteorological parameters in pearl millet. *Seed Science and Technology* 23 : 147-156.

Lee, H. S., S. Huang and T.-H. Kao. 1994. Sproteins control rejection of incompatible pollen in *Petunia inflata*. *Nature* 367: 560-563.

Lewis, D. 1942. The physiology of incompatibility in plants. I. Effect of Temperature. *Proceedings of the Royal Society, London*. 131 : 13-26.

Lombard, P. B., R. R. Williams, K. Stott and G. J. Jeffries. 1973. Temperature effects on pollen tube growth in styles of 'Williams' pear with a note on pollination deficiencies of 'Comice' pear. *Proceedings of the Oregon Horticultural Society* 64 : 43-46.

Loo, T. L. and Tang. 1944. Pollen germination and pollen tube growth in maize. *Amer. J. of Botany* 31 : 365-367.

Loupassaki, M., M. Vasilakakis and I. Androulakis. 1997. Effect of pre-incubation humidity and temperature treatment on the in vitro germination of avocado pollen grains. *Euphytica* 94 : 247-251.

- Luu, D.-T., X. Qin, D. Morse and M. Cappadocia. 2000. S-Rnase uptake by compatible pollen tubes in gametophytic self-incompatibility. *Nature* 407 : 649-651.
- Luza, J. G., V. S. Polito and S. A. Weinbaum. 1987. Staminate bloom date and temperature response of pollen germination and tube growth in two walnut (*Juglans*) species. *Am. J. Bot.* 74 : 1898-1903.
- Maniatis, T., E. F. Fritsch and J. Sambrook. 1982. *Molecular Cloning: A laboratory manual*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York
- Mau, S. L., William, E. G., Atkinson, A., Anderson, M. A., Cornish, E. C., Greco, B., Simpson, R. J., Kheyr-Pour, A. and Clarke, A. E. (1986) Style proteins of wild tomato (*Lycopersicon peruvianum*) associated with expression of self-incompatibility. *Planta* 169 : 184-191.
- Mascarenhas, J. P. 1975. The biochemistry of angiosperm pollen development. *Bot. Rev.* 41 : 259-314.
- Mascarenhas, J. P. 1993. Molecular mechanisms of pollen tube growth and differentiation. *Plant Cell* 5 : 1303-1314.
- McCann, M. C., J. Shi, K. Roberts and N. C. Carpita. 1994. Changes in pectin structure and localization during the growth of unadapted and NaCl-adapted tobacco cells. *Plant J.* 5 : 773-785.
- McClure, B. A., V. Haring, P. R. Ebert, M. A. Anderson, R. J. Simpson, F. Sakiyama and A. E. Clarke. 1989. Style self-incompatibility gene products of *Nicotiana alata* are ribonucleases. *Nature* 342 : 955-957.

- McClure, B. A., J. E. Gray, M. A. Anderson and A. E. Clarke. 1990. Self-incompatibility in *Nicotiana alata* involves degradation of pollen rRNA. *Nature* 347 : 757-760.
- McCubbin, A. G. and T.-H. Kao. 2000. Molecular recognition and response in pollen and pistil interactions. *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.* 16 : 333-364.
- McKee, J. and A. J. Richards. 1998. The effect of temperature on reproduction in five *Primula* species. *Annals of Botany* 82 : 359-374.
- Mellenthin, M. W., C. Y. Wang, S. Y. Wang. 1972. Influence of temperature on pollen tube growth and initial fruit development in 'd'Anjou' pear. *HortScience* 7 : 557-559.
- Miller, D. D., D. A. Callahan, D. J. Gross and P. K. Hepler. 1992. Free Ca²⁺ gradient in growing pollen tubes in pollen tubes of *Lilium longiflorum*. *J. Cell Sci.* 110 : 1269-1278.
- Murfett, J., E. C. Cornish, P. R. Ebert, I. Bonig, B. A. McClure and A. E. Clarke. 1992. Expression of a self-incompatibility glycoprotein (S2-ribonuclease) from *Nicotiana alata* in transgenic *Nicotiana tabacum*. *Plant Cell* 4: 1063-1074.
- Murfett, J., T. L. Atherton, B. Mou, C. S. Gasser and B. A. McClure. 1994. S-RNase expressed in transgenic *Nicotiana* causes S-allele-specific pollen rejection. *Nature* 367 : 563-566.
- Neales, T. E. 1960. Some aspects of boron in root growth. *Aust. J. Biol. Sci.* 13 : 232-248.

- Norton, J. D. Testing of plum pollen viability with tetrazolium salts. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 : 132-134.
- Ockendon, D. J. and P. J. Gates. 1975. Growth of cross- and self-pollen tubes in the style of *Brassica oleracea*. New Phytologist 75 : 155-160.
- Parfitt, D. E. and A. A. Almehdi. 1982. Liquid nitrogen storage of pollen from five cultivated *Prunus* species. HortScience 19(1) : 69-70.
- Parry, S., E. Newbegin, D. Craik, K. T. Nakamura, A. Bacic and D. Oxley. 1998. Structural analysis and molecular model of a self-incompatibility Rnase from wild tomato. Plant Physiol. 116 : 463-469.
- Pasonen, H.-L., M. Kapyła and P. Pulkkinen. 2000. Effect of temperature and pollination site on pollen performance in *Betula pendula* Roth—evidence for genotype–environment interactions. Theor. Appl. Genet. 100 : 1108-1112.
- Patterson, B. D., L. Mutton, R. E. Paul and V. Q. Nguyen. 1987. Tomato pollen development: stages sensitive to chilling and natural environment for the selection of resistant genotypes. Plant, Cell and Environment 10 : 363-368
- Pearson, H. M. and P. M. Harney. 1984. Pollen viability in rosa. HortScience 19(5) : 710-711.
- Petropoulou, S. P. and F. H. Alston. 1998. Selecting for improved pollination at low temperature in apple. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 73 : 507-512.
- Polster, J., M. Schwenk and E. Bengsch. 1992. The role of boron, silicon and nucleic bases on pollentube growth. Z. Naturforsch. Sect. C 47 : 102-108.

- Potts, B. M. and J. B. Marsden-Smedley. 1989. In vitro germination of *Eucalyptus* pollen: response to variation in boric acid and sucrose. Aust. J. Bot. 37 : 429-441.
- Rodrigo, J. and M. Herrero. 2001. Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. Scientia Horticulturae 1680 : 1-11.
- Rohitha, B. H. and D. J. Klinac. 1994. Some observations on the influence of temperature on the germination of pollen on excised nashi (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder) flowers. New Zealand J. of Crop and Hort. Sci. 22 : 339-342.
- Sasaki, T. 1919. On the effects of external conditions for the germination of pollen. J. Sci. Agric. Soc. Japan. 208 : 1033-1049.
- Sawadis, T. and H. D. Reiss. 1995. Effects of heavy metals on pollen tube growth and ultrastructure. Protoplasma 185 : 113-122.
- Sedgley, M. and C. M. Annells. 1981. Flowering and fruit-set response to temperature in the avocado cultivar 'Hass'. Scientia Horticulturae 14 : 27-33.
- Seo, H. H. and H. S. Park. 2003. Fruit quality of 'Tsugaru' apples influenced by meteorological elements. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 5(4) : 218-225.
- Silva, N. F. and D. R. Goring. 2001. Mechanisms of self-incompatibility in flowering plants. Cell. Mol. Life Sci 58 : 1988-2007.
- Smith-Huerta, N. L. 1997. Pollen tube attrition in *Clarkia tembloriensis*

- (Onagraceae). International Journal of Plant Science 158 : 519-524.
- Sonneveld, T. 2003. Allele-specific PCR detection of sweet cherry self-incompatibility (S) alleles S₁ to S₁₆ using consensus and allele-specific primers. Theoretical & Applied Genetics. 107(6) : 1059-1070.
- Stanley, R. G. and H. F. Linskens. Pollen: Biology, Biochemistry, Management. Springer-Verlag, New York, 1974.
- Steer, M. W. and J. M. Steer. 1989. Pollen tube tip growth. New Phytol. 111 : 323-358.
- Stephenson, A. G., T.-C. Lau, M. Quesada and J. A. Winsor. 1992. Factors that affect pollen performance. In R. Wyatt (ed.), Ecology and evolution of plant reproduction, 119-134. Chapman & Hall, New York, USA.
- Stosser, R. and S. F. Anvari. 1982. On the senescence of ovules in cherries. Scientia Horticulturae 16 : 29-38.
- Sukhvibul, N., A. W. Whilley, V. Vithanage, M. K. Smith, V. J. Doogan and S. E. Hetherington. 2000. Effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of four cultivars of mango (*Mangifera indica*). Journal of Horticultural Sciend & Biotechnology 75 : 214-222.
- Taylor, L. P. and P. K. Hepler. 1997. Pollen germination and tube growth. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48 : 461-491.
- Thompson, M. M. and L. J. Liu. 1973. Temperature, fruit set, and embryo sac development in 'Italian' prune. J. Am. Soc. for Hortic. Sci. 98 : 193-197.

- Tsao, T. H. 1949. A study of chemotropism of pollen tubes in vitro. *Plant Physiology*.
- Van, N. I. 2001. Re-examination of the self-incompatibility genotype of apple cultivars containing putative 'new' S-alleles. *Theoretical & Applied Genetics*. 103(4) : 584-591.
- Van Stevenick, R. F. M. 1965. The significance of calcium on the apparent permeability of cell membrane and the effects of substitution with divalent ions. *Physiol. Plant* 18 : 54-69.
- Vasil, I. K. 1960. Studies on pollen germination of certain cucurbitaceae. *A. J. of Bot.* 47(4) : 157-238.
- Vasilakakis, M. and I. C. Porlings. 1985. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, effective pollination period, and fruit set of pear. *HortScience* 20 : 733-735.
- Wang, Q., L. Lu, X. Wu, and Y. Li. 2003. Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree Physiology* 23 : 345-351.
- Wehling, P., B. Hackauf and G. Wricke. 1994. Phosphorylation of pollen proteins in relation to self-incompatibility in rye (*Secale cereale* L.). *Sex. Plant Reprod.* 7 : 67-75.
- Weinbaum, S. A., D. E. Parfitt and V. S. Polito. 1984. Differential cold sensitivity of pollen grain germination in two *Prunus* species. *Euphytica* 33 : 419-426.
- Williams, R. R. 1970. Factors affecting pollination in fruit trees. In L. C. Luckwill and C. V. Cutting (eds.), *Physiology of tree crops*, 193-207.

Academic Press, London, UK.

Wu, H., H. Wang and A. Y. Cheung. 1995. A floral transmitting tissue specific glycoprotein attracts pollen tubes and stimulates their growth. *Cell* 82 : 383-393.

Yang, X. D., S. Q. Sun and Y. Q. Li. 1999. Boron deficiency causes changes in the distribution of major polysaccharides of pollen tube wall. *Acta Bot. Sin.* 41 : 1169-1176.

Zamir, D., S. D. Tanksley and R. A. Jones. 1981. Low temperature effect on selective fertilization by pollen mixtures of wild and cultivated tomato species. *Theor. Appl. Genet.* 59 : 235-238.

Zuberi, M. E. and H. G. Dickinson. 1985. Modification of the pollen-stigma interaction in *Brassica oleria* by water. *Annals of Botany* 56 : 443-452.

<부록>



<수정촉진제 처리시기, 후지>



<수정촉진제 처리시기, 홍로>



<실험 전경>



<망 안에서의 수정촉진제 살포>



<망 안에서의 결실 현황, 수정촉진제 처리>



<무처리, 대조구>



<화주조직 채취>



<결실을 조사>



<수정축진제 살포>



<손 적과>



<적화제 무살포>



<적화제 살포>



<수정축진제 살포 → 적화제 살포 (중심화 결실, 축화 도퇴)>



<중심화 피해 1>



<중심화 피해 2>



<중심화 정상>



<잎 오그라듬 현상>



<이끼 발생>



<이끼 발생>



<품질 조사>