

GOVP1200134866

634.1153 (1944)
L293A

최 종
연구보고서

사과 품종선발 및 품질 고급화 기술 개발

Selection of Apple Varieties and Development of
Techniques for Improvement of Apple quality

연구 기관

주관연구기관 : 원예연구소

협동연구기관 : 경북대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “사과 품종선발 및 품질 고급화 기술개발에 관한 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2001. 9.

주 관 연 구 기 관 명 원예연구소(대구사과연구소)

총괄연구책임자 : 김 호 열

제1세부연구책임자 : 김 휘 천(원예연구소)

연 구 원 : 신용익, 황정환, 이돈근, 김호열,
우인식, 서정학, 김목종, 이계준

위탁연구책임자 : 이동희(이화여자대학교)

제2세부연구책임자 : 김 규 래(경북대학교)

연 구 원 : 변재균, 윤태명, 정삼택, 최용문,
김현란, 강상조, 정경호, 전지혜,
강인규, 최석원

제3세부연구책임자 : 김 호 열(원예연구소 대구사과연구소)

연 구 원 : 정재권, 류언하, 박무용, 남종철,
송양익, 김정배, 홍재성, 서형호,
강경하, 김규래, 변재균, 정삼택,
최석원, 이영철, 이동훈

제4세부연구책임자 : 최 종 욱(경북대학교)

연 구 원 : 이주백, 김진중, 정현식, 정진호,
이현동, 지재형, 김남희

제5세부연구책임자 : 조 래 광(경북대학교)

연 구 원 : 권영길, 손미령, 권우현, 허국진

여 백

요 약 문

I. 제 목

사과 품종선발 및 품질 고급화 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 사과 품종은 후지와 쓰가루에 편중되어 있어 향후 시장 개방 및 소비자의 다양화 추세에 적절하게 대응하기 어려운 실정에 있다. 후지의 지나친 편중재배는 착색관리등 재배 노력이 많이 소요 되고 수확노력이 집중되는 등 문제점이 많다. 특히 추석기 출하용 품종으로서 쓰가루, 홍월, 홍로 등이 재배되고 있으나 과실의 품질 또는 생리낙과 등 재배상 문제점이 많아 적절한 신품종의 육성이 요청된다.

우리나라의 사과재배는 실생대목을 이용한 교목성 사과원과 MM106 과 M26 등 준왜화성 대목을 이용한 왜화재배원이 혼재하고 있고, 평균적인 재배기술 수준이 낮아 단위생산량과 고품질과 생산 비율이 저조한 실정이다.

유럽 최대의 사과 주산지인 이태리 북부 남부티롤지방의 경우 M.9대목을 이용한 저수고 초밀식 재배시스템으로 재식 2년차부터 10a당 1톤 이상 착과 시켜 재식 4~5년차에는 5톤정도의 수량을 얻고 있으며, 투하노동력은 평균 60여 시간에 불과하다.

따라서 외국에서 실용화 되고 있는 극왜성 대목(M.9)을 이용한 저수고 초밀식 재배방식을 도입하여, 우리의 실정에 맞는 재배법의 확립이 필요하다.

수확후 사과 품질을 장기간 높게 유지하기 위해서는 CA저장이 바람직하므로 CA 저장기술의 개발 및 실용적인 기술 보급이 필요하다. 국내에서 CA 저장 연구는 단편적으로 수행되었고 산업적 규모의 실용화 연구가 미흡하여 CA저장에 의한 생리적 장애가 발생하는 등 문제점이 있다. CA저장의 실용화를 위해서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 기술개발과 후지 사과의 최적 CA저장 조건을 위한 저장온도의 재확인과 온도별 이산화탄소와 산소농도의 복합요인에 대한 시험 등이 요구된다.

국내의 사과의 선과작업은 아직까지 인력에 의해 상해과, 기형과 등이 제거되고, 전자식 증량선별장치에 의해 무게 선별이 이루어지고 있기 때문에 소비자들이 내부 품질 및 이상 상태 등을 전혀 알 수 없는 상태로 유통되고 있다. 그러므로 사과의 내부 품질을 신속, 정확하게 종합적으로 측정하여 표시할수 있는 종합적인 과실 품질 측정 선별기를 개발할 필요성이 요구되고 있다.

기존의 사과 선별 장치는 거의 외관 품질을 선별하고 있어 소비자의 기호도를 만족시키지 못하고 있으므로 내수 증대를 위해서는 당도 등 실질적인 맛이나 신선도를 신속하게 표시할 수 있는 종합적인 사과 품질 측정 선별기의 개발이 절실하다.

Ⅲ. 연구개발의 목표 및 내용

1. 우량 신품종 선별 및 대목 개발

- 외국 주요품종 국내적응성 실증 시험
- 주요 M9 계통 대목의 국내 왜화 밀식 적응성 실증시험
- 사과 내병성 유전자 분리 및 발현 연구

2. 대묘 대량 생산체계 확립

- M9 자근대목 대량 증식 기술 개발
- 우량 묘목 생산 기술 개발
- M9 계통 대목의 기내 급속 증식
- 바이러스 무독화 품종 육성 및 항혈청 생산

3. 한국형 왜성 사과원 전업농 모델 개발

- 경쟁국의 주요 양식 비교 및 한국형 재식양식 구명
- 초밀식 왜성사과원의 최적 관리 기술 체계화
- 왜성사과의 생리적 특성 연구

4. 후지 CA저장 실용화 기술 체계 확립

- 사과 과실의 상업용 CA저장 실용화 및 CA 운영프로그램 개발
- 사과 과실의 고품질화를 위한 CA저장 실용화 기술확립 및 CA저장기술의 현장이전

5. 사과 자동화 일관 처리 품질 판정 기술

- 온라인 사과 종합 품질 선별기 시험 제작
- 온라인 사과 종합품질 선별기의 현장 적용 기술의 개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의

1. 연구 개발 결과

1) 우량 신품종 선발 및 대목 개발

(1) 외국 주요품종 국내적응성 실증시험

- 일본에서 6품종, 미국에서 10품종을 도입하여 국내적응성을 검토하였다.
- 과실특성을 조사한 결과 증생종으로서는 홍토와 홍장군이 만생종 품종 중에서는 줄무늬 착색계인 로얄후지와 봉춘계 후지 품종의 품질이 비교적 양호하였다.

- 홍로 및 감홍 품종에서 점무늬낙엽병이 많이 발생하였으며 홍로 및 추광 품종의 과실에서는 탄저병 발생이 다른 품종에 비하여 많았다.
- 생리장해는 감홍 품종의 석회결핍증상(고두증상)을 제외하고는 크게 생리 장해가 나타나는 품종은 없었으나 화홍 품종에서 과경부위에 등녹이 발생하는 경우가 있었다.
- 과실의 저장성은 일반적으로 만생종인 후지 계통이 강하였으며 갈라, 추광, 추영 등 조·중생종 품종의 저장성이 약하였다.
- 이상의 결과로 볼 때 조·중생종 품종으로는 홍로, 홍장군이 품질이 우수하였고 중·만생종으로는 감홍, 로알후지, 봉춘계 후지가 우수하였다.

(2) 주요 M.9계통 대목의 국내왜화 밀식적응성 실증시험

① 1차 도입한 대목

- 전체적인 수체 생장은 M.9 T-337과 M.9 EMLA 대목 접목구에서 작았으며 M.7 EMLA와 Geneva 30 대목 접목구에서 크게 나타났다.
- 재식밀도를 고려한 단위면적당 수량을 보면 M.9 T-337, M.9 EMLA 대목 접목구에서는 10a당 약 3.5톤 내외로 예상되었고 M.26 EMLA, M.7 EMLA, Geneva 30 대목 접목구에서는 10a 당 1.5톤 내외로 예상되었다.
- 대목별 과실특성에는 차이가 없었다.

② 2차 도입한 대목

- 생육조사 결과 현재까지의 수체생장은 M.27 EMLA, P.22, Bud 9, Ottawa 등에 접목한 나무가 작았다.
- 수량 및 과실 특성은 나무가 아직 어려서 판단할 수가 없었다.

(3) 사과 내병성 유전자 분리 및 발현 연구

- ① 후지의 small GTP-binding protein을 이용한 내병성 증진에 관한 연구
- 후지의 Rab 유전자의 확보 및 분석 : 후지 EST 에서 small- GTP binding protein인 Rab gene의 유전자를 확보하고, 염기서열을 분석 (size가 966 bp) 하였다.

- 형질전환용 발현 vector에 도입 : Rab 유전자를 wound- inducible promoter인 BCB promoter에 연결하고, 식물의 형질전환용 vector인 pBI121.1 와 pCGN18에 도입하였다.
 - 병저항성 증진에 응용 : 식물체의 병저항성을 증진시키기 위하여 사과 맥킨토시위직과 Arabidopsis에 각각 형질전환을 시도하고 있는데, 현재 6개의 형질전환체를 확보하였다.
- ② 후지의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현특성 조사
- NBS domain DNA fragment cloning : Degenerated primer를 제작하여 PCR cloning 하여 16개의 candidate의 homology를 비교하여 6 group으로 나누고 cDNA에서 발현되는 3 group 중 2 group을 선택하였다.
 - cDNA library screening 및 sequence 분석 선택된 NBS domain clone을 탐침으로 후지 cDNA library를 screening하여 병저항성 유전자를 cloning. 그 길이가 1726 bp 이고, 3' UTR은 34 bp로 추정되며, 잘 보존된 TIR-NBS 구조를 가지고 있었다.
 - 발현특성 조사 : 후지의 염색체 DNA에 대해 Southern analysis을 수행한 결과, 여러 종류의 family가 존재할 것임을 파악. 각 조직별 발현을 보면 어린잎 > 초기 꽃눈 > 꽃 전체 순으로 발현되었다.
 - 사과 병저항성 증진에 응용 : 형질전환용 발현 vector인 pCGN18에 먼저 일부 확보된 partial fragment와 full length fragment 를 cloning하여 사과와 Arabidopsis에 형질전환하여 병저항성을 측정 중이다.
- ③ 대목(정선매주)의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현특성 조사
- NBS domain DNA fragment cloning : Degenerated primer를 제작하여 PCR cloning 해서, 4 group 중 3 group에서 5개를 선택하였다.
 - 정선매주 잎의 cDNA library 제작 : 정선매주(*M. baccata*)의 cDNA library를 7×10^5 pfu로 제작하였다.
 - cDNA library screening : 확보한 5개의 NBS domain 절편들을 탐침으로 cDNA library screening을 수행후 11개의 candidate을 확보하였다.

- Candidate의 sequence 분석 : 확보한 유전자들은 각기 NL25, NL27, 담배의 N gene, riboflavin synthase α , vacuolar ATP synthase 의 유전자와 homology가 높았다. PolyA(+) RNA northern blotting을 수행한 결과 3.8~4.9 kb 크기의 mRNA임을 확인하였다.
- 발현특성 조사 : 대부분 유전자들은 정선매주, 예산삼엽, 횡성환엽에서 발현을 보이고 있으나, 품종에서는 발현 정도도 차이를 보였다.
- 사과 병 저항성 증진에 응용 : 저항성 유전자 후보들을 확보된 형질 전환용 vector인 pCGN18에 construction하여 사과와 Arabidopsis에 형질전환하여 다양한 사과 병충해에 대한 저항성 증진을 측정 중이다.

2) 대묘 대량 생산체계 확립

(1) M9 자근대목 대량 증식 기술 개발

- 발근이 잘되기 위해서는 신초가 15cm 정도 자랐을 때인 5월 상·중순에 1차 복토를 하여야 한다.
- 톱밥+발효(1:1) 혼합토, 왕겨+발효(1:1) 혼합토, 사양토로 복토한 처리구 모두에서 발근이 양호하였으나 수분관리 및 굴취작업을 고려한다면 톱밥+발효가 적합한 것으로 판단되었다.
- 복토 깊이에 있어 15cm와 25cm 간에 발근에는 차이가 없었으나 대목 채취 능률을 고려하면 25cm가 알맞을 것으로 생각되었다.

(2) 우량 묘목 생산 기술 개발

- 8월에 T눈접 또는 깎기눈접을 한 경우, 이듬해 봄에 절접한 경우 모두 양호한 묘목의 생산이 가능하였으나 작업의 편의성에서 보면 깎기눈접이 유리한 것으로 판되었다.
- 절접의 경우 4월 상순부터 접목시기가 늦을 수록 생장이 떨어지는 경향이었으나 깎기눈접의 경우 8월 20일부터 9월 20일간에는 시기에 따른 활착률과 생육차이가 없었다.
- 접목시 대목직경 6.5mm 이상에서 접목이 가능하였고 직경이 굵을 수록 완성묘목의 생장이 양호하였다.

- 후지에 있어 BA 600-800ppm을 3회 이상 살포하되 횟수가 많을수록 덧가지 발생이 유리하여 5-6회 살포시 이상적인 묘목의 생산이 가능하였다. Promalin의 경우 1-2% 농도로 4회 살포에서 우량한 묘목이 생산되었다. 홍로에 있어서는 200-600ppm에서 덧가지 발생이 좋았다.
- 적엽처리는 덧가지 발생에 뚜렷한 효과가 없었다.
- BA 처리시 Tween 20을 0.2-1.0% 가용하면 덧가지 발생효과가 증진되었으나 원예용 전착제인 Spreader, Cover, Spredadersticker와 Saloxan의 표준 농도 가용은 효과가 없었다.
- Promalin의 경우 10일 간격 3회 처리, 15일 간격 2회 처리에서도 7일 간격 4회 처리와 유사한 수준의 덧가지가 발생되었다.
- 묘목생산시 지력은 묘목의 소질에 영향을 미치나 당년의 비료나 유기물 시용의 영향은 크지 않았다.
- 묘목의 덧가지 수가 많을수록 T/R율이 높고 증산면적이 커 동계 고사율이 높았다.

(3) M9 계통 대목의 기내 급속 증식

- M.9 계통 대목의 기내 증식은 1.0mg/L BA, 0.1 mg/L IAA, 30 g/L sucrose, 8 g/L agar가 첨가된 MS배지에서 신초 정단부를 제거한 후 수평치상하는 것이 효과적이었다.
- 기내 발근은 0.5 mg/L IBA, 20 g/L sucrose, 8 g/L agar가 첨가된 1/2 MS 배지에서 발근 배양 초기 2주간 암처리하는 것이 효과적이었다.
- 배양묘의 적정 순화상토는 버어미큐라이트였다.

(4) 바이러스 무독묘 육성 및 항혈청 생산

- 사과 주요 재배품종 및 신품종 27종의 바이러스 무독묘를 육성하고 시군 농업기술센터 등에 접수를 보급 하였다.
- 주요 사과 바이러스 ACLSV와 ASGV를 분리동정하고 진단용 항혈청을 생산하였다.

- 가장 안전한 생물검정법으로 목본성 지표식물을 선발하고 사과 ApMV유전자진단을 위한 PCR진단 프라이머 및 진단조건을 설정하였다.

3) 한국형 왜성 사과원 전업농 모델 개발

(1) 경쟁국의 주요 양식 비교 및 한국형 재식 양식 구명

- 저수고 밀식재배 주요 재식양식인 Slender spindle, Vertical axis, Solaxe, V system(1열식, 2열식), Micado, HYTEC 등의 수형을 수원, 군위, 대구 3지역에 조성하였다.
- 재식 양식별 생육상황은 재식 2년차까지 차이가 없었다.
- 재식 2년차의 주당 착과수는 10~30개 범위로 재식양식별 뚜렷한 경향이 없었으며, 단위 면적당 수량은 1,000kg/10a 내외로 재식 주수가 많을수록 높은 편이었다.
- 세장방추형에서 재식거리별 재식 2년차에 이웃나무와 서로 겹치는 정도를 조사한 결과 3.5×1.5m구에선 서로 맞닿는 상태이고 3.2×1.2m와 3.0×1.0m구에서는 수관간격이 각각 -27cm, -44cm로 겹쳤으나 생육이나 수량에 지장을 줄 정도는 아니었다.
- 지주 형태별 유인노력은 철선올터리식(1,4,6선식)의 경우 철선이 적을수록 노동력의 소요가 많았다
- 주요 재식양식별 장단점은 경계수령까지 장기간 검토되어야 하므로 원예연구소의 기본연구 과제에 포함하여 계속 검토할 예정이다.

(2) 초밀식 왜성사과원의 최적 관리 기술 체계화

- 신경북형 사과 표준농가로 조성된 개식원을 조사한 결과, 객토량은 대부분의 농가에서 필요 이상으로 많았다. 점토 함량이 많은 논흙이나 산흙을 지니치게 많이 객토한 사과원에서는 생육이 불량하였다.
- 객토한 과원의 토양개량을 위한 거친 유기물(우분, 돈분 등)의 사용량이 대부분 10~30톤/10a 정도로 추천 사용량(5~10톤/10a)보다 현저하게 많아 금후 질소 과다가 우려되었다.

- 수관하부에 보온덮개나 타이벡 피복은 재식 당년에는 토양수분과 지온 변화가 적어 발근 촉진 효과가 기대되나 장기간 피복은 뿌리가 지표 부근으로 분포하는 문제가 있었다. 따라서 낙엽기~이듬해 발아기까지는 피복한 것을 걷어 주간으로부터 30~40cm 떨어지게 깔아주는 것이 좋을 것으로 생각되었다.
- 초생재배원에서 열간 초생관리는 우점종의 초장이 약 30cm 전후로 자랐을 때 예취할 경우, 연간 4회 예취로 초생 관리가 가능하였으며, 예취된 풀이 토양에 가해지는 양은 년평균 건물중으로 약 600kg/10a 정도였다.
- 객토한 사과원의 재식당년에는 대부분 배수가 불량하고, 통기성이 낮아 사과나무의 생육이 불량하였고 심한 경우는 나무가 고사하였다. 생육 불량 및 고사 원인은 토양의 배수 및 통기성 불량, 유기물 과다 시용, 불량한 묘목 재식 등이 주요한 원인으로 추정되었다.
- 개원시 측지수가 적고, 생육이 고르지 못한 회초리묘일 경우는 묘목을 제자리에 심지 말고, 1년간 일정한 장소에서 집중 관리하여 측지묘를 만든 후 제자리에 재식하는 것이 조기 수관 확보나 수세 안정에 유리할 것으로 판단되었다.
- 저수고 밀식재배로 관리노력을 절감할 수 있는 작업은 정지 전정, 착색관리, 병충해 방제, 수확 등으로 판단되었다. 재배관리의 생력화를 위해 현재 이용되고 있는 대형 트랙터는 밀식재배에서는 불편한 점이 많으므로 재식거리에 맞는 소형 트랙터 개발이 요구되었다.

(3) 왜성사과의 생리적 특성 연구

- 개식원에서 재식 구덩이 객토는 무객토에 비해 생육이 다소 양호한 경향이었으나, 개식장해의 염려는 크지 않는 것으로 판단되었다.
- 신규 조성한 37개 과원을 조사한 결과 생리장해는 봉소와 철 결핍이 관찰되었다. 봉소결핍의 원인은 묘목 생산시 포장조건 불량, 철분 결핍은 석회비료 과다시용에 의한 영향으로 판단되었다.
- 토양의 화학적 특성은 유효인산과 칼륨 함량은 매우 많았고, 칼슘함량

은 적었다. 전질소 함량은 투입된 유기물에 의하여 매우 높았다.

- 사과나무의 생육상태는 묘목의 상태에 따라 차이가 커서 토양조건에 따른 비교가 어려웠다.
- 경영분석을 위해 왜성 사과원 37호를 대상으로 조사한 결과, 농가의 평균 재식밀도는 157주/10a, 재식 1년차 노동시간은 142시간/10a이었고, 2년차에 착과시키지 못한 농가가 12.5%나 되었다.
- 개원비는 33,958천원/ha이 소요되었다
- 사과 경영농가의 지표가 되는 한국형 왜성사과원 전업농 모델을 개발을 위해 금후 성과기 및 경제수령에 달할 때까지 지속적인 검토가 요구하였다.

4) 후지 CA저장 실용화 기술 체계 확립

(1) 사과 과실의 상업용 CA저장 실용화 및 CA 운영프로그램 개발

- 지연 CA저장기술을 후지 사과에 적용한 결과 CA저장구의 과육 경도가 잘 유지되는 것으로 나타났으며 물성측정 결과와도 일치하였다.
- 가용성 고형물 함량의 경우 저온저장구가 더욱 높은 것으로 나타났으며 이는 저장 중 수분손실에 따른 당의 농축으로 판단되었다.
- 적정산도의 경우 저장 2개월 이후부터 감소하였으며 CA저장구에서 초기산도의 60%선을 유지하여 지연 CA저장의 단점을 보였다.
- 관능검사 결과 사과의 경도, 다즙성, 산도, 기호도의 경우 저온저장 사과보다 CA저장사과에서 유의적으로 우수하게 평가되었으나 당도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

(2) 사과 과실의 고품질화를 위한 CA저장 실용화 기술확립 및 CA 저장기술의 현장이전

- 지연 CA저장의 단점을 보완하고자 변동 CA저장을 실시한 결과 증량 감소율의 경우 CA저장구에서 증량감소가 억제되었으며 경도는 저온저장구에서는 저장 2개월 후부터 경도유지율이 큰 폭으로 떨어지는

경향을 보였으며 CA저장구에서는 저장 6개월까지도 초기경도의 85%를 유지하였다.

- 산도의 경우 저온저장구에 비해 CA저장구는 초기산도의 60%이상을 유지하는 경향을 보여 CA저장구의 산도유지율이 훨씬 우수한 것으로 나타났다.
- 가용성고형물의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 CA저장구에서는 별다른 변화가 없었으나 저온저장구에서는 저장 2개월 이후부터 다소 증가하는 경향을 나타내었다.
- 사과내부의 ethylene발생량은 재배지와 관계없이 저온저장구에서 ethylene 발생량이 높은 것으로 나타났다.
- 기체조성이 후지사과의 내부갈변 및 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 산소 농도가 낮은 조건에서 저장된 사과의 적정산도가 높은 것으로 나타났으며 다른 품질요인에서는 큰 차이가 없었다.
- 사과의 내부갈변은 산소농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 구간에서 발생하는 것으로 나타났으며, 변동 CA저장에 의해 다른 품질 특성의 저하 없이 갈변발생을 억제 할 수 있었다.

5) 사과 자동화 일관 처리 품질 판정 기술

(1) 사과 종합품질 온라인 선별기 시험 제작

- 광원은 가시광선 및 적외영역이 모두 함유된 할로겐 광선을 사용하였다. 사과표면으로부터 확산반사된 광학정보는 광섬유 다발(fiber)로 집광하여 6가닥으로 분지한 뒤 5개는 내부품질성분 측정을 위한 NIRS Channel용으로 1개는 색깔측정을 위한 VIS Channel용으로 연결하였다.
- 검량식 작성은 사과의 스펙트럼으로부터 주성분을 추출하고 5개의 factor filter를 제작하였다. 이를 이용하여 성분별 검량식을 작성하였으며 제작된 분광장치는 온라인 측정모델 시험결과 초당 3개 이상 측정 가능하다.

- 제작된 장치는 TTL 1, TTL 2 및 아날로그 출력기능을 두어 외부 제어기와 통신이 가능하며 HDD에 검량식을 입력하고 각 channel로부터 오는 광학정보를 대입하면 실시간으로 계산하여 analogue로 제어기에 보내게 된다.
- 제어를 거쳐 분급대로 신호를 보낼 때 원거리 신호시 발생하는 노이즈의 영향을 최소화하기 위해 광결합 인터페이스 방식을 채용하였다.

(2) 온라인 사과 종합품질 선별기의 현장 적용 기술의 개발

- On-line 선별기를 개선하였는데 우선 사용자의 편리한 이용을 위하여 콘트롤박스에서 장치의 전원공급, 컨베이어 속도조절 및 분광기 측정 등의 작업을 일원화 할 수 있게 제어 시스템을 통합하였다.
- 선별기 분급대는 당초 8 등급에서 16등급으로 확장하였으며 분급시 발생하는 소음을 최소화 하기위해 실리콘 재질의 합성수지를 컨베이어에 부착하고 2중 파이프 구조의 흡음장치를 설치하였다. 또한 초당 2-3개의 사과를 자동으로 컨베이어 벨트에 탑재할 수 있는 자동 투입장치를 개발하였다.
- 개발된 사과 선별기에 의한 자동선별 결과, 크기 및 색깔에 따른 분류가 가능하였으며 색깔의 경우, 실제 분석치와의 상관관계는 0.96 이었다. 당도 측정결과, 상관관계는 0.8이었으며 1등급부터 5등급까지 분류가 가능하였으나 반면 산도 및 경도의 분석결과는 다소 낮은 편이었다.
- 투과방식에 의한 스펙트럼으로부터 정상과와 밀병과 그리고 내부 갈변과의 구별이 가능하였으며 밀병의 경우 함량측정도 가능하여 저장고 입출 전 사전검색에 의한 이상과의 검출이 가능함을 알 수 있었다.
- 사용자의 시스템 동작여부를 확인할 수 있도록 제어프로그램을 Window GUI 화 하였으며 선별상태를 실시간 확인할 수 있는 그래픽 화면을 제작하였다. 또한 크기와 색깔 분류 센서를 통합 구성하였고 선별된 최종 자료를 정리할 수 있게 디자인하였다.

2. 결과 활용에 대한 건의

1) 특허 출원

(1) 주성분 과실 비파괴 품질 측정기 개발(특허 준비)

- 구성 : 과실의 내부품질과 색깔을 동시에 측정하기 위해 먼저 과실의 광학정보 측정을 6개의 할로겐 광원인 LIGHT SOURCE, 과실표면에 조사된 가시 및 근적외 영역의 광학정보를 유도할 수 있는 광섬유 CABLE, 한 번에 복수의 성분을 동시 계측하기 위한 광섬유 CABLE 분할 성형품, 색깔 측정을 위한 RGB FILTER CHANNEL, 당도 및 내부 품질을 측정하기 위한 5개의 NIR CHANNEL로 구성한다.
- 효과 : 과실에 통과된 빛의 스펙트럼을 이용한 견량식과 하드웨어의 개발로 과실의 성분과 색깔을 동시에 처리함으로써 과실의 품질을 측정하는데 있어 신속하게 처리할 수 있다.

2) 기술 이전

(1) 사과 M.9 대목의 기내 급속 번식 조건

(2) 사과 과실의 상업용 CA저장 실용화 기술 개발

- 개발된 기술로 경북대학교 자체 CA저장설비(저장능력 1,000상자)를 설치하여(2001년 8월 완공) 운용하여 농민에게 홍보하고, know-how 및 세부적인 기술자료는 농민, 농민단체 및 영농인에게 이전할 계획이다.
- CA저장고에 입고되는 사과의 수확시기가 일정치 않고 여러 과수원의 사과가 혼합되어 있는 경우에는 산소농도 2%에서 $\pm 0.5\%$ 로 저장고내 환경기체조성을 제어하여 사과의 호흡속도 및 에틸렌 발생을 억제하는 것이 사과의 gas injury를 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 이산화탄소 농도는 저장 초기(약 2개월)에는 1%농도를 유지하고 이후에는 2%수준에서 $\pm 0.5\%$ 로 제어 하면서 에틸렌 변환기를 운전하는 것이 사과의 저장장해를 예방하면서 저장품질을 향상시킬 수 있는 상업적 CA저장법으로 추천된다.

3) 영농활용

(1) 후지 들연변이 품종의 계통구분 및 특성(2000, 농촌지도사업 활용자료)

후지 착색계를 전면착색계(Nagafu 12호, Myra Red Fuji, Sun Fuji, BC 32, TAC 114), 중간착색계(Nagafu 6호, 라꾸라꾸후지, 방사선선발후지), 줄무늬착색계(봉춘계 후지, 로알후지)로 구분, 특성을 구명하여 품종 선택시 도움이 되도록 영농활용자료로 제시하였다.

(2) 갈라 들연변이 품종의 특성과 재배기술 (2000, 농촌지도사업 활용자료)

착색계 갈라품종 중 착색이 우수한 Galaxy Gala, Pacific Gala, Scarlet Gala 등에 대한 과실 특성과 재배상 유의점에 대한 기술을 영농활용자료로 제시하였다.

4) 기타 활용

(1) 바이러스 무독묘 보급으로 바이러스 무독 모수원 조성에 활용

접수품종 17종, 대목품종 10종에 대한 바이러스 무독묘를 만들고 이 무독묘 접수(20,555본)를 재배지역 농업기술센터에 모수원 조성용으로 분양하였다.

(2) 조성한 저수고밀식재배 시험포 재배기술 파급의 교육장으로 활용

본 과제로 조성된 시험포장은 재배기술 현장 파급의 교육장으로 활용하고 있으며 금 후 연차별 재배상 문제점의 발굴 및 개선하여 우리나라의 환경조건에 맞는 저수고 밀식재배 모델 개발의 연구포장으로 활용되고 있다.

(3) M.9 자근대목 대량 증식 기술 개발 및 보급

문어떼기에 의한 M.9 자근대목 대량 증식 기술 보급 및 파급으로 1997년까지 생산이 거의 없었던 것이 2001년에는 자근 왜성대목 80~90만주 정도 및 많은 우량 측지묘 생산이 가능하게 하였다.

(4) 측지묘 생산 및 저수고 밀식재배 기술 개발 및 보급

우량 측지묘 생산 기술 및 저수고 밀식재배 기술 개발 및 보급으로 저수고밀식재배 사과원(2000년)이 1,500ha 정도 조성 재배되고 있다.

SUMMARY

I. Title

Selection of apple varieties and development of techniques for improvement of apple quality

II. Purpose and Importance of Research

'Fuji' and 'Tsugaru' cultivars originated from Japan have been cultivated mainly in commercial apple orchards at present. These severe narrow distribution of cultivated cultivars makes our apple industry difficult to meet the competition with foreign apples under open market system as well as domestic consumers' needs which tend to be more and more diversified recently. Especially growing single cultivar such as 'Fuji' induces many problems in the orchards such as too much labor input for the increase of skin coloration and short harvest period.

Also present cultivars aimed to 'Chuseok' market, the Korean unique full moon festival season, such as 'Tsugaru', 'Kogetsu' and 'Hongro' revealed some technical problems such as physiological disorders and pre-harvest drops.

Establishment of production methods of planting materials is essential to introduce high density apple orchard system using M.9 rootstocks. In this system, planting density is 200 to 500 trees per ha so that rapid propagation of own rooted rootstocks and nurseries having many feathers is urgently needed.

For the propagation of apple dwarf rootstocks, layering or mounting has been widely used as conventional method. However propagation techniques under stool bed is not applicable to industry so far. Therefore, we studied the methods of efficient layering of M.9 and factors affecting to growing feathered nurseries.

Unlike advanced fruit countries, CA storage is not adapted in commercial storage house in Korea so far. This results from mainly the difference of growing cultivars such as 'Fuji' and the poor knowledge on the prevention of the physiological disorder such as internal

blackening. Therefore it is necessary to investigate the problem detected in current large scaled CA storage house and establish CA storage techniques suitable to Fuji cultivar.

Fruit graders based on fruit size are distributed to farmers at present time. Development of non destructive fruit grader having high efficiency and accuracy is needed to meet the modern markets.

Therefore, the designing the non destructive grader detectable sugar contents and skin coloration was carried out in this projects.

III. The Contents and Scopes of Research

1. Selection of new apple varieties and development of apple rootstocks

- Domestic adaptability test of new apple varieties
- Test of dwarf apple rootstocks, M.9 focusing on high density planting system
- Molecular cloning and characterization of disease-resistance genes from apple

2 Development of Nursery Tree Production System

- Development of Mass Propagation Methods for Root Stock M9.
- Development of Production Techniques for well feathered maiden trees.
- Rapid multiplication of M.9 apple rootstock *in vitro*
- Production of Virus-free stocks and antiserum for virus detection

3. Development of dwarf apple model orchard in Korea

- Comparison of several planting systems and establishment of planting system adaptable to Korea

- Establishment of cultural techniques in high density apple orchard management
 - Studies on physiological characteristics of dwarf apple trees
4. Establishment of technical system for the utilization of CA storage in Fuji apple
- Development of CA operating programme and practical CA application for the commercial apple storage
 - Establishment of practical CA technique for the high quality apple and transfer of the technique to the field
5. Development of the automatic operation technique for evaluation quality of apple fruit
- Manufacture of the sorting machine for on-line quality evaluation of apple fruit
 - The technique development for field application of on-line apple sorting machine

IV. Result and Recommendation for Application

1. Results

- 1) Selection of new apple varieties and development of apple rootstocks
- (1) Domestic adaptability test of new apple varieties
- Sixteen foreign apple varieties and 4 domestic apple varieties were used to test the domestic adaptability.

- The fruit quality of 'Hongro' and 'Hongjangkoon' among mid season varieties and that of 'Fuji Royal' and 'Bongchonkye Fuji' among late season varieties were good.
 - 'Hongro' and 'Kamhong' were susceptible to *Alternaria mali* and 'Hongro' and 'Kamhong' were susceptible to *Glomerella cingulata*.
 - Cork spot was severe on 'Kamhong' skin and slight rust appeared on the top of the fruit of 'Hwanhong' variety.
 - Late season varieties such as 'Fuji' have a long storage life, on the other hand, early or mid season varieties such 'Chuyoung', 'Gala', 'Chukwang' have a short storage life.
 - The fruit quality of 'Hongro', and 'Hongjangkoon' among mid season varieties and that of 'Royal Fuji' and 'Bongchonkye Fuji' among late season varieties were good.
- (2) Test of dwarf apple rootstocks, M.9 focusing on high density planting system
- ① Rootstocks introduced in 1997
 - The total tree growth was small on M.9 T-337 and M.9 EMLA apple rootstocks, on the other hand, that was large on M.7 EMLA and Geneva 30 apple rootstock
 - Considering planting density, expected yield was high on M.9 T-337 and M.9 EMLA, about 3.5ton/10a and low on 26 EMLA, M.7 EMLA, Geneva 30, about 1,5ton/10a.
 - There was no big difference in fruits quality on different rootstocks.
 - ② Rootstocks introduced in 1998
 - The growth of tree was small on M.27 EMLA, P.22, Bud 9, Ottawa 3 rootstocks.

(3) Molecular cloning and characterization of disease- resistance genes from apple

- ① Development of disease-resistant apple with over expression of small-GTP binding protein gene
 - Isolation of Rab gene from Fuji - Rab gene, 966 bp long, was isolated from Fuji cDNA library.
 - Cloning of expression vector used for transformation The gene was modified to be expressed through the wound inducible promoter and was combined with a binary vector.
 - Application to develop disease-resistance - By the transformation of the plasmid into McIntosh Wijiik, 6 transformed plants were obtained. These modified plants can be examined the degree of change of the tolerance against pathogens.
- ② Molecular Cloning and Characterization of R-gene from Fuji
 - Cloning of NBS domain DNA fragment - For the screening of a Fuji cDNA library with probes of NBS DNA fragments, PCR clones, were selected 2 groups out of expressed 3 groups.
 - cDNA library screening and sequence analysis - From the screening of a Fuji cDNA library with probes of NBS DNA fragments, a R-gene was isolated. The similarity of the nucleotide sequences with tobacco N gene and potato NL25 is extremely high.
 - Characterization of expression patterns - The gene is supposed to generate 3.9 kb mRNA and were highly expressed in the young leaves and early buds.
 - Application to develop disease-resistance of apple - Each genes were transformed into McIntosh Wijiik and Arabidopsis to examine disease-resistance.

- ③ Molecular Cloning and Characterization of R-gene from wild type plant
 - Cloning of NBS domain DNA fragment - For the screening of a Jungsun-Maeju cDNA library with probes of NBS DNA fragments, PCR clones, were selected 5 clones in the 3 group out of 4 group.
 - Construction of cDNA library in Jungsun-Maeju - cDNA library of Jung-Sun- Mae-Ju was constructed and utilized for the isolation of the R-genes.
 - Screening of cDNA library - From the screening of the cDNA library with probes of NBS DNA fragments, six new R-genes were isolated.
 - Candidate sequence analysis - The similarity of the nucleotide sequences with Arabidopsis N gene and potato NL25 is extremely high.
 - Characterization of expression patterns - The genes is supposed to generate 3.8~4.9 kb mRNAs and were expressed in the leaves of Yesan-Samyup, Hoengsung-Hwanyup and certain apple cultivars.
 - Application to develop disease-resistance of apple - Each genes were transformed into McIntosh Wijiik and Arabidopsis to examine disease-resistance.

2) Development of Nursery Tree Production System

- (1) Development of Mass Propagation Methods for Root Stock M9
 - For sufficient rooting of stoolshoots a first hilling operation had to be made in early or mid May when the shoots have grown to ca. 15cm.
 - Sawdust-soil (1:1) mixture, rice hull-soil(1:1) mixture, and

sandy loam soil were good rooting media in M9 layering, however, sawdust-soil mixture seems to be more proper considering the soil moisture and harvesting.

- There was no difference in rooting of the layers between which were mounded up to 15cm and 25cm. However, it seems to be desirable to mound 25cm deep for the harvesting and the layer-quality.
 - Production cost per layer ranged from 134 to 190 won, but it could be reduced by managerial rationalization.
- (2) Development of Production Techniques for well feathered maiden trees.
- T-budding and chip budding in August, and veneer grafting in next early spring led to good nursery trees. However, chip budding seems to be more recommendable practically.
 - All chip budding between 20 August and 20 September led to high graft success and good growth respectively, but in veneer grafting the growth of trees was some inhibited, as grafted later than early April.
 - For veneer grafting or chip budding the rootstock diameter should be thicker than 6.5mm, and the thicker rootstock, the better quality of the maiden tree.
 - Regardless of concentration and application times Benzyladenine (BA) had significant stimulative effect on feather formation with 'Fuju' on M9 T337. With sprays of BA 600-800ppm 5 or 6 times, it was possible to produce ideal maiden trees for the high density system.
 - Promalin at the concentration of 1% and 2% also led to the good feather growth. 2 times applications of Promalin at intervals

of 10 days, and 2 times at intervals of 15 days showed almost same effect on the feathering as 4 times at intervals of 7 days.

- BA 200-600ppm were effective concentration for the feathering in 'Hongro' on M9 T337 .
- Removal of unfurled leaves at shoot tip part was not effective on feather formation.
- Tween 20 0.2-1.0% showed additional effect on the feathering in comparison with the single BA treatment, but Spreader, Cover, Spreadersticker, and Siloxane at the standard concentration did not.
- Soil fertility of the nursery had more effect on the characteristics of maiden apple trees than application of fertilizer or organic matter in the current season.
- The better feathered maiden trees, the higher withering rate after planting, as top/root ratio and transpiring area were increasing.
- Regardless of concentration and application times Benzyladenine (BA) had significant stimulative effect on feather formation with 'Fuju' on M9 T337. With sprays of BA 600-800ppm 5 or 6 times, it was possible to produce ideal maiden trees for the high density system.
- Promalin at the concentration of 1% and 2% also led to the good feather growth. 2 times applications of Promalin at intervals of 10 days, and 2 times at intervals of 15 days showed almost same effect on the feathering as 4 times at intervals of 7 days.
- BA 200-600ppm were effective concentration for the feathering in 'Hongro' on M9 T337 .

- Removal of unfurled leaves at shoot tip part was not effective on feather formation.
- Tween 20 0.2-1.0% showed additional effect on the feathering in comparison with the single BA treatment, but Spreader, Cover, Spreadersticker, and Siloxane at the standard concentration did not.
- Soil fertility of the nursery had more effect on the characteristics of maiden apple trees than application of fertilizer or organic matter in the current season.
- The better feathered maiden trees, the higher withering rate after planting, as top/root ratio and transpiring area were increasing.

(3) Rapid multiplication of M.9 apple rootstock *in vitro*

- The optimum cultural conditions for the propagation of M.9 apple rootstocks *in vitro* was Murashige and Skoog(MS) medium supplemented with $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BA, $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IAA, $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose, and $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ agar. Removing apical meristem and placing explants horizontally on medium increased the ratio of shoot proliferation significantly.
- The best rooting was obtained on 1/2 MS medium supplemented with $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA, $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose, and $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ agar. Initial dark treatment for 2 weeks increased rooting ratio.
- Vermiculite was the best bed soil for acclimatization.

(4) Production of Virus-free stocks and antiserum for virus detection

- Virus-free apple stocks were produced in 17 scion cultivars and 10 rootstock cultivars by thermotherapy and tissue culture or micrografting and distribute to main cultivation area.

- ACLSV and ASGV were identified and the antiserum for detection were produced
- Woody indicators for ACLSV and ASGV indexing were selected, and RT-PCR system for ApMV were established.

3) Development of dwarf apple model orchard in Korea

- (1) Comparison of several planting systems and establishment of planting system adaptable to Korea
 - Several tree forms mainly used in high density orchard system such as Slender spindle, Vertical axis, Solaxe, V system(1row, 2rows), Micado and HYTEC were tested in Suwon, Kunwi and Taegu areas.
 - Tree growth were not significantly different among planting systems until the second year after planting.
 - There was no consistent trend in number of fruits per plant ranged from 10 to 30 among the planting systems. And the yield per unit area tended to increase by planting density.
 - At the second year after planting in slender spindle tree form, tree canopy touched each other in $3.5 \times 1.5\text{m}$ planting density, while in $3.2 \times 1.2\text{m}$ and $3.0 \times 1.0\text{m}$ planting density, the canopy overlapped by 27cm and 44cm, respectively. However, all the planting densities seemed not to affect the tree growth and fruit quality.
 - In the case of 1,4,6 system of wire trellis with support, more labor were needed for limb bending by the decrease of the number of wires.
 - The advantage and disadvantage of planting systems should be evaluated for long term project. Therefore, it is necessary to continue by annual research program of NHRI.

(2) Establishment of cultural techniques in high density apple orchard management

- In many newly established orchard, amount of soil addition was applied over the optimum level. Especially, in the orchards applied with paddy land soil or upper land soil containing high level of clay, poor tree growth was observed.
- In the soil addition orchard, application of coarse organic matters ranged 10 to 30 ton/10a, which was much more than recommended amount. Such higher level of organic matters could result in over supply of nitrogen in the near future.
- Mulching under the tree with Tyvek is expected to help the tree growth through less changes in soil moisture and temperature during the first year of planting. However, long period of mulching caused excess rooting around soil surface. To avoid such problem, it is recommended to move mulching 30~40cm aparting from the trunk after the late autumn until the budding stage of the following year.
- In orchard with sod culture, It was possible to manage the sod by mowing 4 times a year when the dominant weed reached about 30 cm height and the amount of mown weeds added to soil was about 600kg/10a in dry weight.
- In the soil addition orchard, the growth of apple trees were poor and occasionally trees died because of poor drainage and aeration at the first year after planting. It was presumed that the reasons for poor growth and death of trees were poor drainage, poor aeration, excess application of organic matters and planting of poor rooted nursery stocks.
- When the nursery stocks are not well grown and have a few feathers, it was considered to be desirable not to plant the

nursery stocks directly but plant them in nursery field for 1 year to get many feathers for the establishment of early canopy and balance of growth.

- It was considered that the labors for training and pruning, management of coloring, controlling of disease and insects and harvesting can be reduced by high density planting system with dwarf rootstocks. Since large tractors being used for labor saving are not convenient in high density planting system orchard, the development of small tractors applicable to narrow row is needed.

(3) Studies on physiological characteristics of dwarf apple trees

- It showed that replanting in soil addition was more effective for the growth of trees than that without soil addition. However the replant problem was not severe.
- In some newly established apple orchards, boron and iron deficiency were observed. It was presumed that boron deficiency caused by poor nursery soil condition and iron deficiency caused by excessive application of lime.
- The contents of available phosphoric acid and potassium were high and that of calcium was low in the soil. The content of total nitrogen was also high due to excessive application of organic matters.
- The comparison of tree growth according to the soil condition was difficult because of large variation of the nursery stocks.
- The average expenses for the establishment of model orchard was 33,958 thousand won per one hectare.
- Futhermore studies until the trees reach adult stage and economic limit ages are necessary to establish this model

orchard as a standard apple high density model orchard in Korea.

4) Establishment of technical system for the utilization of CA storage in Fuji apple

(1) Development of CA operating programme and practical CA application for the commercial apple storage

- Technique of delayed CA storage was developed, which was applied to Fuji apple storage. Flesh firmness of apple was well maintained, which result was agreed with result of puncture test.
- Soluble solid content of apple in cold storage was higher that of CA stored apple. Because cold stored apple has higher water loss than CA stored apple.
- Titratable acidity decreased after 2 months and maintained 60% of initial acid contents.
- The sensory score was significant differences in hardness, juiciness, acidity and overall acceptability. However the score of sweetness was not significant differences.

(2) Establishment of practical CA technique for the high quality apple and transfer of the technique to the field

- Weight loss was reduced in CA storage. Flesh firmness decreased after 2 months and maintained 85% of initial value till 6 months in CA.
- Titratable acidity of stored apple in CA was higher than that of stored apple in air.
- Soluble solid was not significant changes during storage period

in CA. In cold storage, soluble solid increased after 2months.

- Internal ethylene evolution of stored apple in air was higher than that of stored in CA. The internal ethylene evolution was not related with grown area.
 - In the effect of gas compositions, titratable acidity was higher value in low oxygen concentration. However other quality factor was not affected by gas composition.
 - Internal breakdown of apple was occurred in low oxygen and high carbon dioxide concentration. Internal breakdown was retarded by change of gas composition during storage.
- 5) Development of the automatic operation technique for evaluation quality of apple fruit
- (1) Manufacture of the sorting machine for on-line quality evaluation of apple fruit
- Hologen light source includes VIS and IR regions was used. The diffuse reflected light information corrected to fiber and divided into 6, which connect to 5 NIRS channels for internal quality factor measuring and 1 VIS channel for color measuring
 - Calibration equation was established after the extraction of principle component (PCA) from apple spectrum and making factor filter. Over 3 apples can be determined per second by this machine.
 - On-line sorting machine is possible to communicate to outside controller owing to TTL 1, TTL 2 analogue print function. If the calibration and light information are inputted, real time calculation is possible and to send it analogue controller.
 - Light combination interface method is used for decrease of noise effect which come from long distance signal delivery.

(2) The technique development for field application of on-line apple sorting machine

- Many works were carried out for development of on-line sorting machine. First, for user, control system was united, so everything just like power resource of machine, speed control of conveyer and measurement of spectrometer could be possible in control box.
- Classify tray of machine extended 8 degree to 16 degree. The noise was decreased by using synthesis resin (silicon) and sound absorption system. And auto input system was developed.
- The result of auto sorting by developed machine, size and color could be classified with high accuracy. The correlation coefficient for color measurement was 0.96. Correlation of brix was 0.8 and it could be classified 1 to 5 degree. But the accuracy of acidity and firmness were low.
- It was possible to distinguish watercore and browning apples from normal apples and to estimate watercore content with high accuracy by transmittance method. This can be applied for in- and out coming of storage house.
- Window GUI and graphic screen were made for confirmation of system operation of user and for real time confirmation of sorting situation, respectively. In addition, unity of size and color sorting sensor and design for data output form was carried out.

2. Recommendation

1) A patent application

- The machine for principle fruit non-destructive quality evaluation (in progress)

- Components
 - LIGHT SOURCE (6 halogen light)
 - Fiber CABLE(induction of light information for VIS-,NIR regions)
 - Fiber CABLE division forming(simultaneous measurement of multi-connections)
 - RGB FILTER CHANNEL (color measurement)
 - 5 NIR CHANNEL (internal factors measurement)
- Transmit the light source to fruit surface → Divide the delivered light information into 6 → Simultaneous analysis of internal quality factors and color using principle factor
- Effect
 - Simple operation treatment by development of calibration equation and hardware
 - Rapidity by quality assessment of internal factors and color at once

2) Technology transfer

- The optimum cultural conditions for the proliferation of M.9 apple rootstocks *in vitro*
- CA operating programme and practical CA application for the commercial apple storage

Our own CA storage facility(capacity:1,000boxes) which is based on accumulated techniques was installed(2001. Aug.) and will be run
- Practical CA technique for the high quality apple

If the apple grow area and harvesting time is different in the same storage, following technique are recommended.

The oxygen level maintained as $2\% \pm 0.5\%$ O₂ during storage period.
 The Carbon dioxide level fixed below 1% in the initial stage of CA

and then maintained 2 ± 0.5 after 2 months. In this case, ethylene should be removed periodically by ethylene converter.

3) Extension guide for apple cultivation

- Classification of red sport strains of 'Fuji' and their fruit characteristics

Red sport strains of 'Fuji' were classified as blush type, medium type, and stripe type and their characteristics were studied to help selecting growing varieties.

- characteristics of color mutant clones of 'Gala' and guide lines of their cultivation

Among red sport strains of 'Gala', Galaxy Gala, Pacific Gala, Scarlette Gala were selected as the superior strains and their fruit characteristics and cultivating practices were provided.

4) Others

- Distribution of Virus-free stocks for establishment of nuclear stock orchard
- Development and dissemination of mass propagation method for M9 root stock.
- Development and dissemination of production techniques of well feathered maiden trees
- Establishment of high density apple orchard for demonstration and experiment

여 백

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	43
Section 1. Background of study	45
Section 2. The objective of study	46
Section 3. Justification in terms of technological point of view	46
Section 4. Justification in terms of economic and industrial point of view	48
Section 5. Justification in terms of social and cultural point of view	49
Chapter 2. Selection of new apple varieties and development of apple rootstocks ..	51
Section 1. Domestic adaptability test of new apple varieties	53
Introduction	53
Materials and Methods	54
Results and Discussion	55
Summary	63
References	64
Section 2. Test of dwarf apple rootstocks, M.9 focusing on high density planting system	66
Introduction	66
Materials and Method	67
Results and Discussion	68
Summary	71
References	71
Section 3. Molecular cloning and characterization of disease resistance genes from apple ..	72
Introduction	72
Materials and Method	73
Results and Discussion	83
Summary	103
References	106

Chapter 3. Development of Nursery Tree Production System	109
Section 1. Development of Mass Propagation Methods for Root Stock M9	111
Introduction	111
Matirials and Method	112
Results and Discussion	116
Summary	122
References	121
Section 2. Development of Production Techniques for well feathered maiden trees	124
Introduction	124
Matirials and Method	125
Results and Discussion	135
Summary	175
References	177
Section 3. Rapid multiplication of M.9 apple rootstock in vitro ...	181
Introduction	181
Matirials and Method	181
Results and Discussion	184
Summary	195
References	195
Section 4. Production of Virus-free stocks and antiserum for virus detection ...	197
Introduction	197
Matirials and Method	198
Results and Discussion	200
Summary	204
References	205

Chapter 4. Development of dwarf apple model orchard in Korea	207
Section 1. Comparison of several planting systems and establishment of planting system adaptable to Korea	209
Introduction	209
Matirials and Method	210
Results and Discussion	211
Summary	222
References	223
Section 2. Establishment of cultural practices in high density apple orchard management	225
Introduction	225
Matirials and Method	225
Results and Discussion	226
Summary	243
References	245
Section 3. Studies on physiological characteristics of dwarf apple trees	248
Introduction	248
Matirials and Method	248
Results and Discussion	250
Summary	268
References	270
 Chapter 5. Establishment of technical system for utilization of CA storage in Fuji apple	 273
Section 1. Development of CA operating programme and practical CA application for the commercial apple storage	 275
Introduction	275
Matirials and Method	275
Results and Discussion	277

Summary	288
References	289
Section 2. Establishment of practical CA technique for the high quality apple and transfer of the technique to the field	291
Introduction	291
Matirials and Method	292
Results and Discussion	296
Summary	341
References	343
 Chapter 6. Development of the automatic operation technique for evaluation quality of apple fruit	347
Section 1. Manufacture of the sorting machine for on-line quality evaluation of apple fruit	349
Introduction	349
Matirials and Method	350
Results and Discussion	350
Summary	358
References	358
Section 2. The technique development for field application of on-line apple sorting machine	362
Introduction	362
Matirials and Method	362
Results and Discussion	363
Summary	377
References	378

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	17
CONTENTS	35
목 차	39
제 1 장 서 론	43
제 1절 연구 배경	45
제 2절 연구 개발의 목적과 범위	46
제 3절 기술적인 측면에서의 필요성	46
제 4절 경제, 산업적 측면에서의 필요성	48
제 5절 사회, 문화적 측면에서의 필요성	49
제 2 장 우량 신품종 선발 및 대목 개발	51
제 1절 외국 주요 품종 국내 실증 시험	53
서 설	53
재료 및 방법	54
결과 및 고찰	55
요 약	63
참고문헌	64
제 2절 주요 M.9계통 대목의 국내외화 밀식적응성 실증시험	66
서 설	66
재료 및 방법	67
결과 및 고찰	68

요 약	71
참고문헌	71
제 3절 사과 내병성 유전자 분리 및 발현 연구	72
서 설	72
재료 및 방법	73
결과 및 고찰	83
요 약	103
참고문헌	106
제 3 장 대묘 대량 생산 체계 확립	109
제 1절 M.9 대목의 실용적인 증식방법 개발	111
서 설	111
재료 및 방법	112
결과 및 고찰	116
요 약	122
참고문헌	123
제 2절 우량 묘목 생산 기술 개발	124
서 설	124
재료 및 방법	125
결 과	135
고 찰	162
요 약	175
참고문헌	177
제 3절 M.9 계통 대목의 기내 급속 증식	181
서 설	181
재료 및 방법	181
결과 및 고찰	184
요 약	195

참고문헌	195
제 4 절 바이러스 무독묘 육성 및 항혈청 생산	197
서 설	197
재료 및 방법	198
결과 및 고찰	200
요 약	204
참고문헌	205
제 4 장 한국형 왜성사과 전업농 모델개발	207
제 1절 경쟁국의 사과 재배 주요 양식 비교 실증	209
서 설	209
재료 및 방법	210
결과 및 고찰	211
요 약	222
참고문헌	223
제 2절 초밀식 왜성사과원의 최적관리 기술 체계화	225
서 설	225
재료 및 방법	225
결과 및 고찰	226
요 약	243
참고문헌	245
제 3절 왜성사과의 생리적 특성 연구	248
서 설	248
재료 및 방법	248
결과 및 고찰	250
요 약	268
참고문헌	270
제 5 장 후지 CA저장 실용화 기술 체계 확립	273

제 1절 사과 과실의 상업용 CA저장 실용화 및 운영 프로그램 개발	285
서 설	285
재료 및 방법	285
결과 및 고찰	287
요 약	298
참고문헌	299
제 2절 사과 과실의 고품질화를 위한 CA저장 실용화 기술확립 및 CA저장 기술의 현장이전	291
서 설	291
재료 및 방법	292
결과 및 고찰	296
요 약	341
참고문헌	343
제 6 장 사과 자동화 일관처리 품질판정 기술 개발	347
제 1절 온라인 사과 종합품질 선별기 시험 제작	349
서 설	349
재료 및 방법	350
결과 및 고찰	350
요 약	358
참고문헌	358
제 2절 온라인 사과 종합품질 선별기의 현장 적용 기 술의 개발	362
서 설	362
재료 및 방법	362
결과 및 고찰	363
요 약	377
참고문헌	378

제 1 장
서 론

여 백

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경

우리나라의 사과 산업은 경쟁국에 비해 생산성이 낮고 투하 노력시간의 과다로 생산비가 높기 때문에 국제 경쟁력이 약한 실정이다. 우리 사과의 국제경쟁력 향상을 위해서는 생산비 절감을 위한 초생력형 재배 방식으로 전환하지 않을 수 없다. 이에 따른 저수고 초밀식재배 방식의 개발, 보급은 M9와 같은 왜화도가 높은 대목의 이용없이는 불가능하다.

그러나 국내에 이와 관련한 왜성대목 선발 시험이 이루어져 있지 않은 상태에서 일부 묘목생산자, 농민 등이 무분별하게 여러 나라로부터 각종 왜성대목을 조급히 도입 이용하려 하고 있다. 부적합한 대목의 도입, 보급에 따른 부작용과 더불어 왜화도와 결실성이 상이한 대목이 다수 혼재함에 따른 혼란이 우려되기 때문에 우리나라 기후 풍토에 적합한 왜성대목의 선발, 보급이 시급하다.

과실 품질 향상 및 수출 과수로서의 위치를 확보하기 위해서는 한국 기후 특성에 맞는 신품종 개발 및 M.9 등의 왜성대목을 이용한 초생력 사과 재배 체계를 확립하여 생산비를 낮추면서 수량 및 품질을 향상시키는 것이 무엇보다 중요하다. 사과 재배 농가의 소득향상과 경영 안정을 위해서는 농촌의 구조적 문제점을 해소하고, 생력화를 위한 과수원의 기계화 촉진과 관련 산업의 활성화도 필요하다.

생산비가 적게 드는 생산기술 뿐만 아니라 국내소비 및 수출 확대을 위해서는 고품질의 사과를 안정적인 공급을 위한 선과 및 저장기술의 적용이 요구된다. 수확후 고품질을 유지하기 위해서는 CA저장 기술의 적용이 최적이므로 CA저장의 실용화를 위한 종합적인 검토가 절실하다. 사과 품질 판정기술에 관한 연구도 현재까지는 외관에 의한 판정을 위주로 진행되어 왔으나, 적극적으로 소비자에게 호응하기 위해서는 당도 등의 내부품질을 판정할수 있는 선별기의 개발이 필수적이다.

제 2 절 연구 개발의 목적과 범위

세계적으로 널리 보급되고 있는 저수고 밀식재배에는 M9 대목을 이용하여 10a당 200~500주의 재식밀도로 재식하므로 앞으로 우리나라에서 이러한 재배체계를 도입하기 위해서는 단기간에 많은 량의 우량 묘목을 생산하는 것이 선결 조건이다

M9 등 왜성대목의 번식은 묻어떼기 방법에 의한 영양번식이 널리 적용되고 있으나, 우리나라에서는 이러한 번식방법에 대한 실용적인 연구가 별로 없어 자근대목은; 효과적인 증식방법 뿐만 아니라 결가지가 많이 발생한 우량묘의 생산 방법이 시급한 실정이다.

또한 M9 자근대목을 이용한 밀식재배 체계가 전혀 확립되어 있지 못하므로 외국의 재배방법을 참작하여 우리 실정에 맞는 재배체계의 확립도 병행되어야 할 사항이다.

외국에서는 CA저장 기술이 오래전부터 널리 실용화되고 있으나 우리나라에서는 실험실 규모를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 상업적 규모의 CA저장이 1990년대 초부터 시작되었으나 과육 갈변장해 발생 등 생리장해의 발생으로 CA저장 산업이 중단상태에 있다. 따라서 상업적 규모의 CA저장에 있어서 문제점을 시급히 구명하여 조속히 실용화를 앞당겨야 할 것이다.

과실 품질의 효율적인 등급화를 위해서는 우량한 선과기의 개발 보급이 요구되는데 현재 우리나라에는 중량식 선과기가 보급되고 있을 뿐이다. 따라서 과피색과 당도까지를 비파괴적으로 판별할 수 있는 선과기를 개발 보급함으로써 다양한 품질을 요구하는 많은 소비자의 요구에 부응하여 소비확대와 생산자 소득 증대에 기여할 것이다.

제 3 절 기술적인 측면에서의 필요성

우리나라의 사과 품종은 후지 일변도로 되어 있어 향후 시장 개방 및 소비자의 다양화 추세에 적절하게 대응하지 못하고 있다 또한 추석기 출하용 사과품종이 현재까지도 미확립되어 쓰가루, 홍월, 천추 등 재배상 문제

점이 많은 품종들이 난립하고 있는 실정이다.

착색이 불량한 일반후지 위주의 품종구성과 수세의 변이가 많은 실생에 접목된 M.26 대목을 이용하는 재배조건에서 봉지 씌우기 등 품질관리와정지 전정 등 수체관리에 많은 노력이 소요된다. 그러므로 경쟁국에서 재배되고 있는 노력 절감이 가능한 착색계 품종 및 왜성 대목을 수집하여 우리나라 기후 환경에 적합한 품종과 대목을 선발하는 것이 시급하다.

우리나라의 왜성사과 재배는 M.26 또는 MM.106의 대목을 이용 재식거리를 4.0~5.0×2.0~4.5m (50~100주/10a)로 하여 재식후 3~4년부터 결실되기 시작하여 7~8년이 경과 되어야 성과기에 달하는 것이 일반적이다. 그러므로 초기수량이 낮고 자본회수가 늦다. 수형은 방추형, 주간형, 왜성변칙주간형 등으로 다양하나 재식거리 및 수형의 체계화 가 미흡한 실정이다. 단위 면적당 수량은 선도농가의 경우 10a당 4~5톤으로 높으나 우리나라 전체 평균 수량은 1.5톤 내외로 낮으며, 투하 노동력은 1996년 275시간 (?) 으로 많아 국제 경쟁력에 약한 실정이다.

유럽 최대의 사과 재배지인 이태리 북부 남부티롤지방의 경우 M.9대목을 이용한 저수고 초밀식 재배시스템으로 재식 2년차부터 10a당 1톤 이상 착과시켜 재식 4~5년차에는 5톤 정도의 수량을 얻고 있으며, 투하노동력은 평균 60여 시간에 불과하다.

따라서 우리나라에서도 외국에서 실용화 되고 있는 극왜성 대목(M. 9)을 이용한 저수고 초밀식 재배방식을 도입하여, 우리의 실정에 맞는 재배법의 정착이 필요하다.

사과의 고품질화는 우수한 생산기술 뿐만아니라 수확후 저장, 유통과정에서의 관리기술이 필요하다. 수확후 사과 품질을 장기간 높게 유지하기 위해서는 CA저장이 바람직하다. 국내의 사과 장기저장을 위한 CA 저장기술은 1988년 농촌진흥청에서 실험실 규모로 시작되었고 유통업체에서의 상업적 규모의 CA 저장은 1991년 시작되었다. CA 저장 결과 신선도의 유지등 품질 면에서는 시장의 호평을 받아 사과의 소비자 기호를 올리는데 기여하였다. 그러나 기호적 연구에만 치중하였고 실용화 연구가 미흡하여 CA 저장에 의한 생리적 장애가 발생하는 등의 문제점이 있어 이를 해결할 수 있는 기술

개발과 실용화가 시급하다. CA저장의 실용화를 위해서는 후지 사과의 최적 CA 저장 조건을 위한 저장온도의 재확인과 온도별 이산화탄소와 산소 농도의 복합요인에 대한 시험 등이 요구된다.

국내의 사과 선별은 아직까지 인력에 의해 상해과, 기형과 등이 제거되고, 전자식 중량선별장치에 의해 무게선별이 이루어 지기 때문에 소비자들이 단맛, 신맛, 신선도, 내부 이상 상태 등을 전혀 알 수 없는 상태로 유통되고 있다. 따라서 사과의 품질을 신속, 정확하게 종합적으로 측정하여 표시할 수 있는 종합적인 과실 품질 측정 선별를 개발할 필요성이 요청되고 있다. 기존의 사과 선별 장치는 거의가 크기와 색깔만을 품질 판정의 근거로 삼고 있어 외국 과실이 범람하고 있는 최근의 상황에서 사과를 구매코저 하는 소비자들의 기호도를 고도로 만족시켜 주지 못하고 있어 소비량이 감소되고 있는 실정인데 내수를 증대시키기 위해서는 당도, 산도, 착즙량 등의 실질적인 맛과 관련된 정보와 속도, 경도, 흠 등의 신선도와 관련된 자료를 신속하게 표시할 수 있는 사과 품질 측정기의 개발이 시급하다.

제 4 절 경제, 산업적 측면에서의 필요성

앞으로 농업 노동력의 절대 부족과 고령화, 부녀화에 따른 노동의 질적 저하는 훨씬 심화될 전망이다. 따라서 사과나무도 금년 봄에 심어 이듬해 가을에 수확하는 밀식 재배 시스템으로 전환하지 않으면 안된다. 실제로 이러한 재배 시스템은 세계 도처에서 이미 실용화 단계에 와 있다. 이러한 재배 시스템을 도입하기 위해서는 M9 대목등 새로운 왜성대목 신품종과 초밀식 적응 왜성품종의 국내적응성을 조속히 검정하여 농가에 조기 보급함이 극히 긴요한 일일 것이다.

1995년 이미 국내 생과 시장이 개방되었으나 검역 때문에 수입은 많이 이루어지고 있지 않지만, 조만간 외국산 생과 수입이 이루어질 것이다. 따라서 국내 과실과 다양한 종류의 외국산 과실과 치열한 소비 경합이 예견되나, 우리나라의 사과산업은 재배 기술이 미흡하고 아직 노동 집약적인 경영 형태를 벗어나지 못하고 있다. 단위수량의 증대, 고품질과 비율 향상, 생산

비 절감의 3가지 목표를 달성하여 국제 경쟁력을 높이는 것만이 한국 사과 산업의 살 길이다.

생산 뿐만 아니라 수확후의 관리 기술도 개선하여야 한다. 청과물은 곡류와 달리 개체 선별 및 포장작업이 요구되기 때문에, 이들 작업에 요구되는 노동력은 생산량에 정비례해서 증가하므로 앞으로 농촌 노동력의 감소, 농업 구조 조정 등에 따른 과수생산량의 증가 등을 고려할 때 이들 작업의 기계화 및 자동화가 필히 실현되어야 한다.

제 5 절 사회, 문화적 측면에서의 필요성

과수 신 품종 개발은 20년 이상의 긴 세월과 광대한 토지 및 많은 노동력이 소요되는 등 대규모 예산이 필요한 장기 사업이기 때문에 주곡 작물 육종에 비해 그동안 상대적으로 국가 예산 투자가 미흡하였다.

또한 과수육종의 특수성(긴 유년성 및 유전자 조성의 잡박성)으로 육종 효율이 극히 낮고 세대 진전 속도가 극히 느리기 때문에 지금까지는 국산 과수 품종을 창출하려는 노력보다는 해외품종을 도입하여 그중에서 적응성이 높은 우량 품종을 선발, 보급하는 도입 육종의 효율성이 높은 것이 사실이다.

현재 사과 재배 면적의 89%를 차지하고 있는 후지, 쓰가루도 이러한 도입 육종 연구 결과, 우수하다고 판정되어 선발, 보급된 품종이다. 그러나 OECD나 UPOV(세계 식물 신품종 보호 동맹) 가입을 목전에 둔 현 시점에서 앞으로는 외국 품종을 무단 재배하는 일이 어려워 질 것으로 예상되므로 장래에는 순수 국산 품종 개발에 최대의 역점을 두어야 할 것으로 생각된다.

현재 농촌 노동력은 고령화되어 있어서 근본적으로 노동력이 부족하며 약제 살포 작업은 특히 농약의 독성이 문제시되어 고용 노동력으로 대체하여 하고자 해도 노동력을 구할 수 없고 최근 인건비도 급격히 상승하여 농가에 이중부담이 되고 있다. 뿐만 아니라 이러한 문제는 3D 기피 현상으로써 농촌의 젊은 노동력이 도시로 빠져 나가는 직·간접적 요인으로 작용하고 있어서 최근 농촌의 사회적 문제로 심각하게 대두되고 있다.

과수원 경영의 위험 부담을 경감하고 소비자의 기호도에 부응하는 저공해 과실의 안정적 공급을 도모하며 생산비 저투입형 내병·내충성 사과 품종을 개량, 보급함에 있어 본 연구의 필요성이 절실하다.

우리나라 실정에 가장 알맞는 새로운 사과재배 시스템 정착으로 우리나라 사과의 국제 경쟁력 구축과 동시에 수출농업으로서의 위치가 확보될 것이다. 농가는 소득 향상에 의한 경영 안정으로 현실적인 농촌사회의 공동화 등 구조적인 문제와 그에 따른 다양한 사회, 문화적인 여파를 막을 수 있을 것이다.

국민 생활 수준 향상과 더불어 기호에 맞는 농산물의 안정적 공급을 위하여 적절한 저장기술의 활용이 요구되고 있으며 이에 CA 저장기술 중요성이 대두되고 있다

청과물 품질인증제도의 확대보급, 유통단계의 간소화 및 유통질서의 확립을 위해 보다 객관적이고 정확한 품질판정 기술이 개발되어야 하며, 국민소득 증대에 따른 청과물의 고품질화와 다양화 등에 부응하기 위해 새로운 기술개발이 요구된다.

국내의 선과기 공급업체는 대부분 영세하며, 기술개발 인력이 매우 취약한 실정으로 자체 기술개발은 기대하기 어려운 실정으로 산학공동 연구가 절실히 필요한 실정이다. 그 동안 사과의 외관 특성과 내부 품질 측정 기술의 개발을 위해 각각 따로 연구해 온 국내 연구진들의 연구 성과와 능력을 결집하여 경쟁력 있고 사과 산업에 활용도가 높은 사과 종합품질 측정기를 조기에 개발할 수 있는 연구를 추진할 필요성이 시기적으로 절실하게 요구 되고 있다.

제 2 장

우량 신품종 선발 및 대목 개발

여 백

제 2 장 우량 신품종 선발 및 대목 개발

제 1 절 외국 주요 품종 국내 실증 시험

서 설

작물의 수량은 유전성, 환경조건, 재배기술을 3 변으로 하는 삼각형의 면적으로 결정된다는 것이 수량의 삼각형이다. 삼각형의 면적, 즉 수량을 극대화시키기 위해서는 품종 개량과 재배환경의 개선, 재배 기술 개발을 균형적으로 극대화시켜 정삼각형으로 유도하는 것이 이론적으로는 타당하다. 그러나 현실적으로는 재배 환경 특히 자연 환경의 개선에는 많은 제약이 있기 때문에 환경에 맞는 품종 및 재배 기술 개발이 농업 연구, 지도 대상에 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다.

이러한 관점에서 품종 육성면을 고찰해 보면, 외국에서 육성된 제아무리 우수한 품종이라도 재배 환경(자연환경)이 불리하면 그 품종 고유의 특성이 발현되지 못한다. 따라서 우리 과실의 국제경쟁력은 궁극적으로 우리 재배 환경(자연 환경)에 맞는 품종 육성 또는 도입종 선택에 의해 결정된다고 해도 과언이 아니다.

우리 나라의 사과 품종은 후지, 쓰가루 일변도로 되어 있어 향후 시장 개방 및 소비자의 다양화 추세에 적절하게 대응하지 못하고 있다 또한 추석기 출하용 사과품종으로 홍로 품종이 재배되기는 하나 현재까지도 부족하여 쓰가루, 홍월, 천추 등 재배상 문제점이 많은 품종들이 난립하고 있는 실정이다. 만생종은 후지 위주로 편중 재배되어 착색 관리 등 재배 노력이 많이 소요되고 수확노력이 집중되는 등 문제점이 많으며, 특히 후지만 침해하는 특정 병해충이 만연 할 우려가 있는 것도 사실이다.

그 동안 사과 신품종 성과를 보면 홍로, 추광, 감홍, 화홍, 새나라, 서광, 선홍 등 7품종이 육성되어 농가에 보급되고 있으며 홍로와 감홍 품종은 품질의 우수성이 인정되어 최근 재배면적이 급속히 증가되고 있는 실정이다.

다. 이와 같이 교배육종에 의한 과수 신품종 육종에는 많은 비용과 시간이 소요되므로 최근에는 조직배양기술, 생명공학기술 등을 이용한 육종기법이 전통육종법과 접목되어 육종효율을 증대시키고자 하는 시도가 많이 이루어지고 있다.

과수 신품종 개량에 20년 이상의 긴 세월과 광대한 토지 및 많은 노동력이 소요되는 등 대규모 예산이 필요한 장기 사업이기 때문에 주곡 작물 육종에 비해 그 동안 상대적으로 국가 예산 투자가 적었다. 또한 과수육종의 특수성(긴 유년성 및 유전자 조성의 잡박성)으로 말미암아 육종 효율이 극히 낮고 세대 진전 속도가 극히 느리기 때문에 지금까지는 국산 과수 품종을 창출하려는 노력보다는 해외품종을 도입하여 그 중에서 적응성이 높은 우량 품종을 선발, 보급하는 도입 육종의 효율성이 높은 것이 사실이다. 현재 사과 재배 면적의 80%를 차지하고 있는 후지, 쓰가루도 이러한 도입 육종 연구 결과, 우수하다고 판정되어 선발, 보급된 품종이다. 그러나 UPOV(세계 식물 신품종 보호 동맹) 가입을 목전에 둔 현 시점에서 앞으로는 외국 품종을 무단 재배하는 일이 어려워 질 것으로 예상되므로 장래에는 순수 국산 품종 개발에 최대의 역점에 두어야 할 것으로 생각된다.

재료 및 방법

본 연구를 수행하기 위해 1997년 국내에서 육성된 홍로, 추광, 감홍, 화홍 4개 신품종을 구입하였으며 같은 해 일본에서 추영, 홍장군, 봉춘계후지, 라꾸라꾸후지, 후지로얄, 선발방사선후지 등 6품종과 미국에서 Nagafu 6, Nagafu 12, Myra Red 후지, Sun 후지, BC #2 후지, Pacific Gala, Galaxy Gala, Treco Red Gala #42, Hillwell Red Breaburn, Tac 114 등 10 품종을 도입하였다. 도입당시 대목은 M.26 이었으며 수령은 1년생으로 동일하였다.

이들 품종을 묘목 수에 따라 수원, 대전, 대구 등 3개 지역에 나누어 재식하였는데 대전에서는 재식 후 집중호우로 많은 나무가 죽어 다시 증식하

여 재식하였으므로 수령이 달라 본 보고서에서는 대전 성적은 제외하고 대구와 수원성적만을 가지고 평가하였다. 재식거리는 4 x 2m로 하였고 홍로, 추광, 감홍, 화홍 등 국내육성품종은 품종당 9주, 추영, 홍장군, 봉춘계후지, 라꾸라꾸후지, 선발방사선후지, 후지로알 등 일본도입 6품종과 미국에서 도입한 Nagafu 6, Nagafu 12, Myra Red 후지, Sun 후지, BC #2 후지, Pacific Gala, Galaxy Gala, Treco Red Gala #42, Hillwell Red Breaburn, Tac 114 등은 품종당 6주씩 재식하였다.

재식 2년차부터 착과되기 시작하여 과실 특성조사를 실시하였고 수고, 간경, 신초장, 측지수 등은 매년 조사하였으나 2000년도 조사성적을 기준으로 분석하였다. 과실특성조사는 과형, 과피색 등은 달관조사하였고, 당도는 굴절당도계(ATAGO, PR-101)를, 산도는 산적정기(Schott, Titro Line 96)를, 경도는 경도계(FHM-5, Ø5mm)를 이용하여 조사하였다.

과실 저장성은 종이상자에 넣은 과실을 4℃ 저온저장고에 저장하여 20~30일 간격으로 과실을 꺼내어 상품성이 유지되는 기간을 조사하였고 생리장해 및 병충해 저항성은 달관조사 하였다. 기타 특성조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 준하여 조사하였다.

결과 및 고찰

공시된 품종을 대상으로 수체생장지표라 할 수 있는 수고, 간경, 신초장 등을 조사한 결과 수고는 국내육성품종 중에서는 홍로와 감홍 등이 작았으며 해외육성품종 중에서는 Gala품종이 비교적 작았다. 간경은 국내육성품종이 해외육성품종에 비해 대체적으로 작았으며 신초장 역시 국내육성품종이 해외육성품종에 비해 작았는데 특히 홍로, 화홍, 감홍 등 spur type 품종과 Gala 품종이 작았다.

이들 품종의 생육이 비교적 작은 것은 품종 자체의 생육 특성과 아울러 이들 품종이 다른 품종에 비하여 조기결실성이 강하여 상대적으로 수체생육이 작았던 것으로 생각된다.

추영 품종은 수체 생육이 왕성하여 수고가 크고 가지가 굵은 반면 측지발

생이 적어 결과지 확보에 특별히 유의하지 않으면 충분한 결실량 확보가 어려울 것으로 판단되었으며 홍로 품종은 액화발생이 많아 결실 초기에 철저히 적과를 해주지 않으면 나무가 조기에 쇠약해지기 쉬우므로 수세가 강하게 유지되도록 관리하는 것이 필요하다.

품종별 과실특성을 조사한 결과 중생종으로서는 홍로와 홍장군품종의 과실 품질이 비교적 우수하였고 만생종 품종 중에서는 줄무늬 착색계인 로얄후지와 봉춘계 후지 품종의 품질이 수원과 대구에서 비교적 양호하였으며 감홍 품종도 봉지재배를 하면 품질이 매우 우수하였다. 그러나 감홍 품종의 경우 봉지재배를 하지 않으면 동녹발생이 심하여 상품성이 없었으며 특히 석회결핍증상인 고두증상이 심하여 석회를 충분히 시용하여야 할 것으로 판단되었다.

추영 품종은 과피색이 너무 어둡게 착색되어 상품성이 많이 떨어지는 특성을 보였다. Myra Red 후지는 착색이 양호하였으나 전면착색계로 줄무늬가 뚜렷하지 않아 시장기호도가 높지 않을 것으로 생각되었으며 갈라 품종들은 착색과 외관이 양호하였으나 과실이 작고 산미가 강하여 농가재배를 권장하기에는 부족한 점이 많았다(표 2, 3).

과실의 저장성은 일반적으로 만생종인 후지 계통이 강하였으며 갈라, 추광, 추영 등 조·중생종 품종의 저장성이 약하였다. 저장기간 중 당도 변화는 모든 품종에서 크지 않았으나(표 4) 산도 및 경도는 저장한계기에 가까이 되어서는 감소하는 경향이였다. 그러므로 사과 저온저장에서 저장 한계기를 결정하는 주요인은 산도 및 경도저하, 과피 주름발생 및 부패과실 발생이라고 할 수 있다(표 4, 5).

표 1. 품종별 생육상황

구분	품종명	수 고(cm)			간 경(mm)			신 초 장(cm)		
		수원	대구	평균	수원	대구	평균	수원	대구	평균
국내 육성 품종	홍로	257	216	236.5 c	37.4	47.0	42.2 b	16.1	32.2	24.2 c
	화홍	284	215	249.5 c	42.3	26.0	34.6 c	19.3	35.7	27.5 b
	추광	275	210	242.5 c	42.3	25.0	33.7 c	42.3	29.9	36.1 a
	감홍	264	213	238.5 c	41.7	29.0	35.4 c	16.6	35.3	26.0 b
	평균	270	214	242.0	40.9	32.0	36.5	23.6	33.0	28.3
해외 육성 품종	추영	385	279	332.0 a	48.4	35.0	41.7 b	31.9	45.9	38.9 a
	홍장군	327	327	327.0 a	57.5	47.7	52.6 a	36.2	38.1	37.2 a
	봉춘계후지	304	333	318.5 a	49.8	44.8	47.3 ab	33.3	33.9	33.6 ab
	라꾸라꾸후지	307	327	317.0 a	49.0	42.3	45.7 ab	36.9	36.6	36.8 a
	선발방사선후지	281	360	320.5 a	49.5	43.2	46.4 ab	34.5	38.3	36.4 a
	Nagafu #6	285	320	302.5 ab	51.3	41.9	46.6 ab	28.0	28.3	28.2 b
	Nagafu #12	305	280	292.5 bc	44.4	48.2	46.3 ab	26.5	30.9	28.7 b
	Myra Red 후지	327	333	330.0 a	58.6	54.8	56.7 a	40.0	37.2	38.6 a
	Sun 후지	305	310	307.5 ab	52.2	54.4	53.3 a	34.4	37.5	36.0 a
	BC #2 후지	264	297	280.5 bc	43.8	41.1	42.5 b	26.4	30.3	28.4 b
	Pacific Gala	304	293	298.5 bc	48.9	39.6	44.3 b	23.3	28.2	25.8 b
	Galaxy Gala	277	280	278.5 bc	46.3	40.5	43.4 b	21.3	27.0	24.2 c
	Treco Red Gala #42	304	-	304.0 ab	44.9	-	44.9 b	26.5	-	26.5 b
	Hillwell Red Braeburn	260	250	255.0 bc	56.4	38.0	47.2 ab	38.8	24.1	31.5 ab
	TAC 114	328	297	312.5 a	47.0	38.9	43.0 b	31.9	28.8	30.4 ab
	평균	304	308	306.0	49.4	44.3	46.9	29.8	32.2	31.0
	전체평균	296	308	302.0	47.7	44.2	46.0	29.4	32.2	30.8

왜성대목의 종류에 따라 재식밀도를 다르게 하면 그에 따른 수량도 크게 달라지므로 수량 차이는 품종에 따른 차이보다 재식 양식에 따른 차이가 크다고 할 수 있으므로 대목시험에서 논하기로 하였다.

홍로 및 감홍 품종에서 점무늬낙엽병이 많이 발생하였으며 홍로 및 추광 품종의 과실에서는 탄저병 발생이 다른 품종에 비하여 많았다. 생리장해는

감홍 품종의 석회결핍증상(고두증상)을 제외하고는 크게 문제가 되는 품종은 없었으나 화홍 품종에서 과경부위에 동녹이 발생하는 경우가 있으므로 유과기에 농약살포에 주의가 요구되었다.

표 2. 품종별 주요과실특성(2000년, 수원)

품종명	숙기 (월일)	과형	과피색	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	경도 (kg)	비고
홍로	9.10	원추	선홍	294	14.8	0.34	1.55	착색양호
추광	9.5	편원	선홍	300	14.3	0.19	1.43	
감홍	10.5	장원	농홍	295	17.8	0.42	1.85	동록, 고두 심함
화홍	11.5	원	홍	310	14.6	0.42	1.50	
Pacific Gala	9.2	편원	선홍	231	13.7	0.41	1.55	착색양호
Galaxy Gala	9.2	편원	선홍	221	12.8	0.44	1.63	착색양호
Treco Red Gala #42	9.5	편원	갈홍	211	13.1	0.49	1.59	
추영	10.1	편원	암홍	253	13.7	0.39	1.85	
홍장군	10.1	편원	갈홍	309	13.6	0.44	1.54	
Hillwell Red Braefum	10.25	편원	농홍	251	13.8	0.61	1.35	신맛 강함
봉춘계후지	11.5	원	갈홍줄	336	14.6	0.42	1.50	줄무늬선명
로얄후지	11.5	원	갈홍줄	305	15.1	0.41	1.40	줄무늬선명
라구라꾸후지	11.5	원	갈홍줄	327	15.4	0.49	1.64	
선발방사선후지	11.5	원	갈홍줄	326	14.1	0.44	1.43	
Nagafu #6	11.5	원	갈홍	300	14.6	0.48	1.50	
Nagafu #12	11.5	원	갈홍	301	14.6	0.45	1.43	
Myra Red 후지	11.5	편원	홍	299	14.6	0.43	1.48	착색양호
Sun 후지	11.5	원	갈홍	329	14.2	0.41	1.34	
BC #2 후지	11.5	원	갈홍	298	14.2	0.38	1.34	
TAC 114	11.5	원	갈홍	322	14.3	0.43	1.41	

표 3. 품종별 주요과실특성(2000년, 대구)

품종명	숙기 (월일)	과형	과피색	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	경도* (kg)	비고
홍로	9.10	원추	홍	292	15.3	0.21	-	
화홍	11.10	원	선홍	311	14.5	0.20	-	
추광	9.10	원	갈홍	310	12.9	0.31	-	
감홍	10.10	장원	암홍	339	14.4	0.33	-	등록, 고두 심함
홍장군	9.27	편원	암홍	290	13.6	0.34	3.2	수세 강
봉춘계후지	10.23	원	갈홍	303	15.1	0.40	3.8	줄무늬
로얄후지	10.23	원	갈홍	288	14.3	0.30	3.6	줄무늬 선명
리꾸리꾸후지	10.23	원	갈홍	323	15.2	0.40	3.8	착색 선명치 않음
선발방사선후지	10.23	원	갈홍	324	14.6	0.30	3.7	
Nagafu #6	10.23	원	갈홍	324	14.7	0.40	3.7	
Nagafu #12	10.23	원	갈홍	312	14.9	0.40	3.8	
Myra Red 후지	10.23	편원	암갈홍	294	15.4	0.40	4.1	숙기 다소 빠름, 향기 많음
Sun 후지	10.23	원	갈홍	294	14.7	0.40	3.8	
BC #2 후지	10.23	원	갈홍	327	14.9	0.40	4.0	
Pacific Gala	8.29	원추	선홍	191	12.5	0.40	4.4	소과
Galaxy Gala	8.29	원추	선홍	242	13.1	0.40	4.3	
Hillwell Red Braeburn	10.23	원	홍	272	13.9	0.60	5.0	신맛 강
TAC 114	10.23	원	갈홍	324	14.7	0.40	3.7	

표 4. 사과 품종별 경시적 당도변화²

품종명	당도(°Brix)									비고
	수확시	20일	40일	60일	90일	120일	150일	180일	210일	
홍로	14.8	14.2	14.8	14.0	14.2	14.4	14.3			
추광	14.3	13.9	13.9	14.0	13.9	13.5				
감홍	17.8	18.0	17.9	17.5	17.5	16.9	16.8			
화홍	14.6	14.5	14.6	14.8	15.1	14.8	13.6	15.0	13.5	
Pacific Gala	13.7	12.9	11.9	12.3	12.7	12.5				
Galaxy Gala	12.8	12.0	11.0	12.8	12.9	12.5				
Treco Red Gala #42	13.1	12.5	12.2	11.3	12.0	12.4				
추영	13.7	12.9	12.8	12.1	13.3	12.4	12.5			
홍장군	13.6	13.4	12.9	12.0	11.6	11.6	12.8			
Hillwell Red Braeburn	13.8	13.8	13.2	12.8	12.7	13.1	13.0			
봉춘계후지	14.6	13.6	14.1	14.2	13.3	13.6	12.8	13.2	13.0	
로얄후지	15.1	15.1	14.6	14.8	14.9	16.1	14.8	14.2	14.2	
라꾸라꾸후지	15.4	14.3	15.7	15.1	13.3	13.3	13.5	13.8	15.3	
선발방사선후지	14.1	14.1	14.8	15.0	15.3	13.1	13.9	14.1	12.0	
Nagafu #6	14.6	14.6	14.4	15.4	13.6	13.3	14.2	12.8	13.6	
Nagafu #12	14.6	13.7	13.5	15.0	13.5	15.3	13.7	13.2	14.6	
Myra Red 후지	14.6	14.1	14.7	15.1	13.0	13.9	11.1	13.6	15.2	
Sun 후지	14.2	13.7	14.6	14.5	14.4	12.8	13.1	13.5	13.7	
BC #2 후지	14.2	13.5	12.6	13.2	12.9	13.3	13.3	13.3	13.3	
TAC 114	14.3	14.3	15.1	15.1	14.1	14.4	14.2	13.5	15.7	
후지	15.5	15.5	14.5	15.4	13.6	15.4	14.2	15.6	14.5	

Z 저장조건 : 4°C 저온저장고, 저장기간 중 당도변화 적음

표 5. 사과 품종별 경시적 산도변화

품종명	산도(%)									비고
	수확시	20일	40일	60일	90일	120일	150일	180일	210일	
홍로	0.34	0.35	0.33	0.32	0.29	0.20	0.20			
추광	0.19	0.18	0.16	0.12	0.12	0.09				
감홍	0.42	0.41	0.42	0.40	0.32	0.21	0.20			
화홍	0.42	0.45	0.42	0.41	0.32	0.32	0.25	0.20		
Pacific Gala	0.41	0.42	0.39	0.32	0.31	0.29				
Galaxy Gala	0.44	0.40	0.38	0.32	0.32	0.30				
Treco Red Gala #42	0.49	0.46	0.41	0.35	0.31	0.30				
추영	0.39	0.40	0.38	0.35	0.36	0.30	0.24			
홍장군	0.44	0.39	0.38	0.35	0.38	0.31	0.28			
Hilwell Red Braeburn	0.61	0.61	0.58	0.51	0.52	0.59	0.38			저장
봉춘계후지	0.42	0.41	0.37	0.41	0.38	0.34	0.18	0.21	0.20	말기
로알후지	0.41	0.40	0.37	0.43	0.38	0.28	0.28	0.20	0.19	산도
라꾸라꾸후지	0.49	0.48	0.34	0.43	0.35	0.37	0.34	0.21	0.20	저하
선발방사선후지	0.44	0.48	0.37	0.39	0.36	0.30	0.30	0.21	0.21	크
Nagafu #6	0.48	0.39	0.36	0.39	0.36	0.30	0.29	0.23	0.21	
Nagafu #12	0.45	0.47	0.31	0.32	0.36	0.30	0.29	0.21	0.19	
Myra Red 후지	0.43	0.41	0.30	0.32	0.36	0.35	0.32	0.27	0.25	
Sun 후지	0.41	0.39	0.38	0.30	0.35	0.27	0.30	0.26	0.26	
BC #2 후지	0.38	0.39	0.34	0.30	0.37	0.31	0.26	0.24	0.21	
TAC 114	0.43	0.46	0.37	0.35	0.41	0.30	0.32	0.22	0.21	
후지	0.47	0.47	0.35	0.40	0.42	0.40	0.31	0.20	0.24	

표 6. 사과 품종별 경시적 경도변화

품종명	경도 (kg/5mm \varnothing)									비고
	수확시	20일	40일	60일	90일	120일	150일	180일	210일	
홍로	1.55	1.60	1.52	1.43	1.35	1.21	1.00			주름발생
추광	1.43	1.42	1.35	1.20	1.02	0.85				분질화
감홍	1.85	1.49	1.50	1.38	1.25	0.90	0.85			분질화
화홍	1.50	1.52	1.50	1.48	1.49	1.40	1.23	1.10	0.82	분질화
Pacific Gala	1.55	1.52	1.42	1.30	1.01	0.90				분질화
Galaxy Gala	1.63	1.53	1.47	1.30	1.04	0.85				분질화
Treco Red Gala #42	1.59	1.56	1.32	1.06	1.01	0.88				분질화
추영	1.85	1.50	1.40	1.20	1.07	1.00	0.90			분질화
홍장군	1.54	1.43	1.42	1.35	1.01	0.98	0.79			주름발생
Hillwell Red Braeburn	1.35	1.40	1.45	1.29	1.12	1.40	0.90			주름발생
봉춘계후지	1.50	1.40	1.45	1.29	1.12	1.40	1.10	1.12	0.90	분질화
로얄후지	1.40	1.40	1.35	1.44	1.33	1.45	1.48	1.25	0.87	분질화
라꾸라꾸후지	1.64	1.33	1.42	1.26	1.02	1.18	1.24	1.13	0.96	분질화
선발방사선후지	1.43	1.33	1.41	1.40	1.45	1.43	1.20	1.21	0.85	분질화
Nagafu #6	1.50	1.50	1.42	1.37	1.37	1.29	1.22	1.04	0.90	분질화
Nagafu #12	1.43	1.43	1.35	1.34	1.38	1.26	1.15	1.03	0.85	분질화
Myra Red 후지	1.48	1.38	1.36	1.32	1.29	1.20	1.20	1.11	0.68	분질화
Sun 후지	1.34	1.42	1.42	1.37	1.29	1.31	1.26	1.13	0.79	분질화
BC #2 후지	1.34	1.34	1.31	1.32	1.29	1.23	1.20	1.10	0.92	분질화
TAC 114	1.41	1.41	1.39	1.39	1.40	1.43	1.24	1.18	0.82	분질화
후지	1.50	1.38	1.40	1.30	1.34	1.28	1.26	1.17	0.92	분질화

요 약

1. 품종별 생육상황

수고는 국내육성품종 중에서는 홍로와 감홍 등이 작았으며 해외육성품종 중에서는 Gala품종이 비교적 작았다. 간경은 국내육성품종이 해외육성품종에 비해 대체적으로 작았으며 신초장 역시 국내육성품종이 해외육성품종에 비해 작았는데 특히 홍로, 화홍, 감홍 등 spur type 품종과 Gala 품종이 작았다.

2. 과실특성

품종별 과실특성을 조사한 결과 중생종으로서는 홍로와 홍장군품종의 과실 품질이 비교적 우수하였고 만생종 품종 중에서는 줄무늬 착색계인 로얄 후지와 봉춘계 후지 품종의 품질이 비교적 양호하였으며 감홍 품종도 봉지 재배를 하면 품질이 매우 우수하였다.

3. 병충해 및 생리장해

홍로 및 감홍 품종에서 점무늬낙엽병이 많이 발생하였으며 홍로 및 추광 품종의 과실에서는 탄저병 발생이 다른 품종에 비하여 많았다. 생리장해는 감홍 품종의 석회결핍증상(고두증상)을 제외하고는 크게 문제가 되는 품종은 없었으나 화홍 품종에서 과경부위에 동녹이 발생하는 경우가 있으므로 유과기에 농약살포에 주의가 요구되었다.

4. 저장성

과실의 저장성은 일반적으로 만생종인 후지 계통이 강하였으며 갈라, 추광, 추영 등 조·중생종 품종의 저장성이 약하였다. 저장기간 중 당도 변화

는 모든 품종에서 크지 않았으나 산도 및 경도는 저장한계기에 가까이 되어서는 감소하는 경향이였다. 그러므로 사과 저온저장에서 저장 한계기를 결정하는 주 요인은 산도 및 경도저하, 과피 주름발생 및 부패과실 발생이라고 할 수 있다

참고문헌

1. 농촌진흥청. 1983. 농촌진흥청 농사시험연구조사기준
2. 신용억, 예병우, 김휘천, 문종열. 1990. 사과 반수체 식물 유기 및 염색체 배가에 관한 연구. 농시논문집(원예) 32(3): 28-33.
3. 예병우 문종열, 조현모, 이돈균, 황정환. 1990. 포도 약의 callus 유기에 관여하는 제 요인에 관한 연구. 1990. 농시논문집(원예) 32(3): 15-21.
4. 예병우, 박한용, 신용억, 이돈균, 김정호, 고광출. 1995. 사과나무 RAPD 적정 조건 구명. 한원지 36(5): 649-654.
5. 신용억, 황정환, 예병우, 김휘천, 문종열, 김정호. 1995. 만생 저장용 사과 신품종 '화홍' 육성. 농업논문집 37(1):432-437.
6. 신용억, 황정환, 예병우, 김휘천, 문종열, 김정호. 1994. 추석 출하용 적색 사과 신품종 '추광' 육성. 농업논문집 36(2):486-490.
7. 예병우, 고광출. 1995. RAPD 표지를 이용한 사과 품종의 분류. 한국원예학회지 36(2):824-828.
8. 예병우, 고광출. 1994. RAPD를 이용한 품종의 판별 표지 개발. 한국원예학회 논문발표요지 12(2):306-307.
9. 전지혜, 예병우, 양미희, 신용억, 박재복. 1994. 사과나무 조직의 식물체재분화에 미치는 품종, 절편체 유래, 광조건 및 전처리 영향. 한국원예학회 논문발표요지 12(2):290-291.
10. 전지혜, 예병우, 양미희, 신용억, 박재복. 1994. 사과나무 조직의 기내 식물체 재분화에 미치는 생장조절제의 영향. 한국원예학회 논문발표요지 12(2):292-293.

11. 안현주, 예병우, 신용억, 문종열, 임용표. 1994. 사과 후지 종자 자엽의 기내 식물 재분화에 미치는 성장조절제, 암처리, 당 및 극성의 영향. 한국원예학회 논문발표요지12(1):224-225.
12. 박한용, 예병우, 신용억, 강상조, 이돈균, 김병동. 1995. 복숭아나무의 RAPD적정 조건 구명. 한국원예학회 논문발표요지. 13(2):436-437.
13. 박한용, 예병우, 김병동. 1995. RAPD를 이용한 복숭아 품종의 분류. 한국원예학회논문발표요지 13(2):440-441.
14. 신용억, 황정환, 예병우, 김휘천, 문종열, 김정호. 1995. 고당도 중생종 사과 신품종 '감홍' 육성. 농업논문집 37(2):466-470.
15. 신용억, 황정환, 예병우, 김휘천, 문종열, 김정호. 1998. 고향기성 외관 우수 조생종 사과 "서광" 육성. 원예논문집, 40(1):332-336.
16. 신용억, 황정환, 예병우, 김휘천, 문종열, 김정호. 1998. 추석용 고품질 감산조화 사과 신품종 '새나라' 육성. 원예과학기술지 16(1):232-235.

제 2 절 주요 M.9계통 대목의 국내외화 밀식적응성 실증시험

서 설

세계의 사과 왜화재배는 크게 2가지 방향으로 발전하여 왔는데 그 첫번째는 영국의 East Malling 연구소에서 개발된 것과 같은 왜성대목을 이용하여, 나무의 키를 작게 하는 방법이고, 두 번째는 새 가지가 잘 자라지 않고 꽃눈이 잘 맺히는 특성(spur type)으로 변환된 품종을 재배하는 방법이다. 그러나 대부분의 Spur type 품종이 원 품종에 비하여 품질이 나빠지는 경향이 있기 때문에, 요즘에는 보다 적극적으로 왜성대목을 이용하여 나무를 작게 키우는 방법이 널리 이용되고 있다.

우리 나라에서는 1970년대 초 도입한 여러 왜성대목의 특성을 비교 검토한 후, 비옥지에서는 M.26 대목을 이용하고, 척박지에서는 보다 키가 큰 MM106 대목을 이용하도록 지도하여 왔다. 이후 농촌 노동력 부족 등의 흐름과 관련하여 지금은 토질의 비옥도에 관계없이 나무의 키가 작은 M.26이 왜성대목의 주종을 이루고 있다. 그러나 묘목 생산 및 유통 단계에서 지나치게 속도를 강조한 나머지, 실생 근계대목에 M.26이나 MM106을 접목하고 그 위에 다시 접수 품종을 접목하여 이용하는 이른 바 우리 나라만의 독특한 2중접목묘 방식을 채택하여 왜화 효과를 크게 떨어뜨렸음은 물론 근계대목의 불균일 때문에 재식후 생장의 균일성을 상실하였었다.

한편 우리 나라에서 M.26과 MM106 대목을 선발하고, 2중접목묘의 해악에 대한 논의가 계속되고 있는 사이에도, 세계 유수의 연구소에서는 영국의 East Malling 연구소에서 개발한 왜성대목들을 바탕으로 하여 나름대로 자국의 실정(불량 환경)에 잘 적응하는 대목을 개발하고, 바이러스를 제거하여 무독화하는 등 계속하여 발전시켜 왔다.

이후 세계 여러 곳에서 이들 왜성대목들을 재료로 하여 나무의 자람세나 결실성 등을 비교한 결과, 수량성에 있어서는 M.9와 M.26이 가장 우수하다고 밝혀진 바 있다. 그러나 개발된 여러 대목들은 재배 조건에 따라 생리

장해, 내한성 등 여러 면에서 상이한 반응을 나타내는 것은 물론 왜화 효과마저 다양한 변이를 나타내었다. 예로 영국에서 M.9를 바이러스 무독화시킨 EMLA 9나 일본의 M.9a는 M.9보다 훨씬 교목성을 나타내며, 프랑스의 Pajam2나 일본의 M.9-는 기존의 M.9와 비슷한 정도의 왜화도를 나타낸다. 또 이러한 경향은 기후와 토질이 상이한 조건에서 시험했던 여러 나라에 따라 정반대의 결과를 나타내기도 한다. 즉, 이웃 나라에서 적합하다고 널리 이용되고 있는 대목이 자국의 경우에도 적합하다고 미리 판단할 수가 없다.

사과의 생산비를 낮추는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 근래의 농촌 노동력 부족 현상과 함께 생각할 때, 결국 사과 재배 체계를 초생력형으로 탈바꿈하지 않을 수 없다는 결론을 내리게 된다. 한편, 1980년대 후반에 들면서 유럽 및 미국이 초생력형의 저수고 초밀식재배 체계를 도입하면서, 작업 노력의 획기적인 절감과 함께 생산비를 크게 낮춤으로써, 이웃 나라와의 경쟁에서 우위를 점하고 있는 현상을 살펴보면 우리의 나아가야 할 방향이 무엇인지 미루어 짐작할 수 있다.

농업은 공업과 달라서 일단 기반이 허물어지고 나면 경쟁력을 회복하는데 드는 노력과 시간이 훨씬 많이 소요되는 특징이 있다. 이제 가까운 장래에 미국, 중국 등의 사과가 국내에 수입될 예정인 바, 하루 빨리 국내 사과 재배 체질을 노동력의 획기적인 절감이 가능하도록 바꾸어 놓아야 할 것이다.

재료 및 방법

본 연구를 수행하기 위해 1997년 미국에서 Nagafu 6/M.9 T-337, Nagafu 6/M.9 EMLA, Nagafu 6/M.26 EMLA, Nagafu 6/M.7 EMLA, BC #2/M.9 T-337, Myra Red Fuji/Geneva 30 등 M.9 대목을 비롯한 왜성대목 접목조합을 1차 도입하여 원예연구소(수원, 대구)에 시험포장을 조성하였으며 1998년도에 M.27 EMLA, M.9 EMLA, M.9 T-337, M.26 EMLA, P.2, P.18, P.22, Bud.9, Ottawa #3, M.9 NIC 08, M.9 NIC 19, M.9 NIC 29 등 대목 12품종을 도입하여 수원에 재식한 후 1999년도에 이들 대목에 후지품종을 접목하였다.

1차 도입한 대목조합에서는 재식 후 2년차부터 착과되기 시작하여 수량과

과실 특성조사를 실시하였고 수고, 간경, 신초장 등은 생육조사는 매년 조사하였으나 최종년도 조사성적을 기준으로 분석하였다. 간경은 접목부위에서 5cm 윗부분을 측정하였고 과신허성조사는 과형, 과피색 등은 달관조사하였다. 당도는 굴절당도계(ATAGO, PR-101)를, 산도는 산적정기(Schott, Titro Line 96)를, 경도는 경도계(FHM-5, \varnothing 5mm)를 이용하여 조사하였다. 생리장해 및 병충해 저항성은 달관조사 하였고 기타 조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 준하여 조사하였다.

결과 및 고찰

대목별 수고는 Nagafu 6/M.7 EMLA와 Myra Red Fuji/Geneva 30 조합이 가장 크고 Nagafu 6/M.9 EMLA 조합이 가장 작았으며 간경은 Nagafu 6/M.7 EMLA 조합이 가장 크고 Nagafu 6/M.9 T-337 조합이 가장 작았다. 신초장은 Nagafu 6/M.26 EMLA 조합이 가장 크고 Nagafu 6/M.9 EMLA 조합이 가장 작았다(표 1). 전체적인 수체 생장은 M.9 T-337과 M.9 EMLA 대목 접목구에서 작았으며 M.7 EMLA와 Geneva 30 대목 접목구에서 크게 나타났다.

재식 후 2년차부터 결실되기 시작하여 3년차에는 주당 평균 18.2kg 씩 결실되었는데 대목별 주당 수량은 크게 차이가 나지 않았다. 그러나 대목조합별 재식밀도를 다르게 할 경우 단위 면적당 수량이 차이가 많이 날 것으로 생각되었는데 3년차 기준으로 재식밀도를 고려한 단위면적당 수량을 보면 M.9 T-337, M.9 EMLA 대목 접목구에서는 10a당 약 3.5톤 내외로 예상되었고 M.26 EMLA, M.7 EMLA, Geneva 30 대목 접목구에서는 10a 당 1.5톤 내외로 예상되었다.

표 1. 1차 도입 대목조합별 생육상황(2001.8.10, 수원)

대목조합	수 고 (cm)	간경 (mm)	신초장 (cm)	비 고
Nagafu 6/M.9 T-337	273.3 b	44.3 c	15.5	
Nagafu 6/M.9 EMLA	227.2 c	61.5 ab	15.0	'97. 3 도입
Nagafu 6/M.26 EMLA	274.5 b	64.4 ab	28.9	
Nagafu 6/M.7 EMLA	336.7 a	71.6 a	26.1	'97. 4 재식
Myra Red Fuji/Geneva 30	385.0 a	63.8 ab	23.6	
평 균	299.3	61.1	21.8	

표 2. 1차 도입 대목조합별 수량(수원, 대구)

대목조합	주당수량(kg/주)			권장재식 거리(m)	단위면적당* 수량(kg/10a)
	1999	2000	계		
Nagafu 6/M.9 T-337	4.2	19.5 a	23.7	3.5x1.5	3,666
Nagafu 6/M.9 EMLA	6.6	17.3 a	23.9	3.5x1.5	3,252
Nagafu 6/M.26 EMLA	3.6	13.5 b	17.1	4.0x2.0	1,661
Nagafu 6/M.7 EMLA	4.2	20.3 a	24.5	4.0x3.0	1,665
Myra Red Fuji/Geneva 30	5.4	20.6 a	26.0	4.0x3.0	1,689
평 균	4.8	18.2	23.0		2,387

※ 재식 후 3년차 결실수량으로 산출한 예상수량임

대목별 과실특성에는 차이는 없었으며 단지 Geneva 30에 접목한 Myra Red Fuji에서 과피색이 홍색으로 착색되었는데 이 것은 대목의 영향이라기보다는 품종의 고유 특성으로 판단되었다(표 3).

1999년 4월 접목한 2차 도입대목 접목구의 생육 및 착과량을 조사한 결과 수고, 간경 및 신초장 모두 M.27 EMLA, P. 22, Bud 9, Ottawa 3 등에 접목한 나무에서 작았으며 착과량은 주당 평균 23.5개가 착과되었는데 M.9 NIC 19, M.9 NIC 29, M. 9 T-337 등의 대목 접목구에서 많이 착과되었다(표 4).

표 3. 1차 도입 대목조합별 과실통성(2000, 수원)

대목조합	숙기 (월일)	과형	과피 색	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	경도* (kg)
Nagafu 6/M. 9 T-337	11.5	원	갈홍	309	14.6	0.48	1.52
Nagafu 6/M. 9 EMLA	11.5	원	갈홍	302	14.2	0.46	1.53
Nagafu 6/M.26 EMLA	11.5	원	갈홍	299	15.0	0.49	1.50
Nagafu 6/M.7 EMLA	11.5	원	갈홍	297	14.6	0.49	1.46
Myra Red Fuji/Geneva 30	11.5	편원	홍	295	14.4	0.48	1.49
평 균	11.5	원	갈홍	300	14.6	0.48	1.50

그러나 아직 수령이 어려서 수체 생육, 수량 및 과실통성 등을 종합적으로 판단하기는 어려우며 금후 경상연구로 4~5년 계속적인 검토 후에 종합적 평가가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

표 4. 2차 도입 대목조합별 생육상황(2001. 8, 수원)

대목조합	수 고 (cm)	간경 (mm)	신초장 (cm)	착과수 (개/주)
후지 / M. 9 T-337	267.8	34.6	20.4	36.3
후지 / M. 9 EMLA	297.8	38.7	26.9	19.4
후지 / M.26 EMLA	371.1	46.4	28.9	20.7
후지 / M.27 EMLA	221.1	26.4	15.2	15.5
후지 / P. 22	256.7	26.9	11.2	23.8
후지 / M.26 / 실생	368.9	48.1	30.4	18.2
후지 / Bud 9	252.2	34.5	23.0	22.9
후지 / P. 2	299.9	33.3	27.9	17.2
후지 / P. 18	377.8	61.0	70.3	8.8
후지 / Ottawa 3	250.0	27.0	18.1	15.9
후지 / M.9 NIC 8	307.8	39.5	35.9	23.9
후지 / M.9 NIC 19	356.7	45.3	31.2	43.0
후지 / M.9 NIC 29	365.0	49.5	31.4	40.1
평 균	307.1	39.3	28.5	23.5

요 약

1. 1차 도입 대목 접목구

수고, 간경, 신초장 등 전체적인 수체 생장은 M.9 T-337과 M.9 EMLA 대목 접목구에서 작았으며 M.7 EMLA와 Geneva 30 대목 접목구에서 크게 나타났다

대목별 주당 수량은 크게 차이가 나지 않았으나 재식밀도를 고려한 단위면적당 수량을 보면 M.9 T-337, M.9 EMLA 대목 접목구에서는 10a당 약 3.5톤 내외로 수량이 많을 것으로 예상되었으며 대목별 과실특성에는 차이가 없었다.

2. 2차 도입 대목 접목구

2차 도입한 대목의 접목구 생육은 M.27 EMLA, P. 22, Bud 9, Ottawa 3 등에 접목한 나무에서 작았으며 착과량은 주당 평균 23.5개가 착과되었는데 M.9 NIC 19, M.9 NIC 29, M. 9 T-337 등의 대목 접목구에서 많이 착과되었다. 그러나 아직 수령이 어려서 종합적으로 판단하기는 어려우며 금후 4~5년 지속적인 검토 후에 종합적 평가가 이루어져야 할 것으로 판단되었다

참고문헌

1. 농촌진흥청. 1983. 농사시험연구조사기준
2. 예병우, 임열재, 조현모. 1986. 사과 후지 품종의 기내 급속증식 및 발근에 관여하는 제요인에 관한 연구. 한원지 27(4): 353-358
3. 예병우, 이돈균, 황해성, 문종열, 김정호. 1989. 양앵두 왜성대목 GM9의 엽 callus로부터 체세포 배 형성. 농시연보(원예) 31(4): 42-48
4. 전지혜, 예병우, 양미희, 신용억, 박재복. 1994. 사과나무 조직의 식물체 재분화에 미치는 품종, 절편체 유래, 광조건 및 전처링의 영향. 한국원예학회 논문발표요지 12(2):290-291
5. 전지혜, 예병우, 양미희, 신용억, 박재복. 1994. 사과나무 조직의 기내 식물체 재분화에 미치는 생장조절제의 영향. 한국원예학회 논문발표요지 12(2):292-293.
6. 황정환, 신용억, 이종석, 송관정. 1998. M. 26 이중접목 대목과 자근대목이 후지 사과나무의 생육 및 수량에 미치는 영향. 원예논문집 40(2):24~29

제 3 절 사과 내병성 유전자 분리 및 발현 연구

서 설

본 연구에서는 경제성이 높은 사과 또는 야생종에 해당하는 대목에 대해서 저항성 유전자를 확보하고자 하였다. 이렇게 확보한 유전자는 해당 유전자가 품종 개발 중 상실된 경우에 이 유전자를 transgenic한 방법으로 보충해 주거나 또는 이미 존재하더라도 과도 발현시켜, 여러 병에 대한 저항성을 높이는 응용 연구에 사용될 수 있다. 지금까지는 식물의 병 방제법 중에서 주로 농약을 살포하는 화학적 방제법에 크게 의존한 까닭에 농약의 다량 살포로 인한 환경파괴와 인축독성, 잔류독성 등의 많은 문제점이 대두되고 있다(Fry, 1982, Schumann, 1991). 이에 따라 환경과 인류에 해가 없거나 적은 병 방제 방법의 개발 및 도입이 절실하게 요구되었으며 생물학적 방제와 함께 저항성 품종의 육성, 보급 및 재배를 통해 병 발생의 억제를 유도하고자 하는 방제법의 활용에 대한 관심이 증폭되고 있다(Fry, 1982, Cook and Baker 1989, Comelissen and Melchers, 1993). 수많은 작물 중에서 과수는 유전자 조성이 매우 복잡한 이형 접합체이고, 긴 생활사를 지니는 식물학적 특성 때문에 육종과정에 있어서 우수한 유전자를 집적시켜 나가는 과정이 매우 길고 우수개체의 획득가능빈도가 매우 낮다(Moore and Jenick, 1983). 또한 과수는 영년생 작물로서 1, 2 년생 작물보다 병원균에 노출되어 있는 기간이 길고, 일단 병해에 대한 감수성으로 밝혀진 뒤에도 다른 품종으로 쉽게 갱신할 수 없기 때문에 병 저항성이 강한 품종의 육성은 다른 일반 작물에 비해 더욱 중요하다. 그러나 주로 전통적인 육종방법에 의해서 내병성 식물체를 육성해 내는 데에는 현재까지 저항성이 가장 강한 야생종 형태의 계통을 교배친으로 이용하여 왔는데 이러한 경우 저항성 관련 형질 이외에 많은 유용형질에서 분리가 일어나 1차적인 목표형질인 과실의 우수한 특성을 잃게 되는 경우가 많아 육종상 어려움이 있다(William and Kuc, 1969, Lee, *et al.*, 1995). 이러한 여러 가지 제한요소가 존재하기 때문에

기존 우수 품종의 특성을 유지하면서 야생종의 저항성인자를 도입하는 것이 가능한 생명공학기술을 전통적 육종방법에 접목하여 전통적 육종의 단점을 최소화할 수 있는 육종의 확립이 필요하다. 또한 전통적 육종을 통한 육성시 저항성 개체를 교배실생의 유묘상태에서 조기에 선발해 낼 수 있는 병저항성 marker의 선발과 그를 이용한 새로운 육종체계를 확립함으로써 육종 효율을 증대시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 목적을 달성하기 위해 첫째 후지의 small-GTP binding protein인 Rab 유전자를 확보하여 사과에 형질전환 후 저항성 증진 유도되는지 보고자 했다. 둘째 후지와 대목의 저항성 유전자를 확보하여 유전자의 특성을 분석하고자 한다.

재료 및 방법

1. 후지의 small-GTP binding protein을 이용한 내병성 증진에 관한 연구

가. 실험재료

Small-GTP binding protein인 Rab유전자라고 생각되는 후지의 EST plasmid을 서강대 김성룡 교수님으로부터 제공받았다.

또한 Arabidopsis의 Blue-copper binding protein (BCB)의 wound-inducible promoter(1.5kb)는 포항공대의 남홍길 교수님으로부터 제공받았다.

나. 방법

후지의 EST에서 small-GTP binding protein인 Rab유전자 서열을 분석하기 위해 T3와 T7 primer로 sequencing을 하였다.

밝혀진 염기서열을 바탕으로 rab 유전자 앞에 wound-inducible promoter을 cloning 하였다. 이렇게 만들어진 pBCB::Rab을 pBI121.1에 cloning 하였다. 여기서 35S promoter와 GUS gene을 deletion 하였고, 이를 pSL4' (1-1)로

명명 하였다. pSL4⁺(1-1)을 Arabidopsis 와 사과(맥킨토시 위직)에 형질 전환을 시도하고 있다.

2. 후지의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현 특성조사

가. 실험재료

실험에 사용한 식물재료는 경기도 수원시 소재 농촌진흥청 원예연구소의 사과육종시험포장에서 재배중인 후지 사과(*Malus domestica cv. Fuji*)의 어린 잎을 채취하여 사용하였다. 시료는 병충해 피해가 없는 건강한 것으로 골라서 채취하였고, 실험에 사용하기 전까지 -70℃ 냉동고에 보관하였다.

λ ZAPII를 vector로 한 후지 잎 cDNA library(10^5 pfu, 평균 cDNA 삽입 절편 크기 1.0 kb), 꽃 전체 cDNA library(10^5 pfu, 평균 cDNA 삽입 절편 크기 1.0 kb), 초기 꽃눈 cDNA library(10^5 pfu, 평균 cDNA 삽입 절편 크기 1.0 kb)는 포항공대 안진홍 교수님께서 제공해 주셨다.

나. 방법

1) Genomic DNA 분리

genomic DNA를 분리하기 위해 cetyltrimethyl ammonium bromide(CTAB)방법을 사용하였다. 4 g의 잎을 액체질소에서 가는 가루가 될 때까지 간 다음, 2 g polyvinylpyrrolidone(PVP)가루를 넣고 잘 섞어준 후, 원심분리 튜브에 옮겼다. 미리 얼음에 식힌 extraction buffer I(0.25 M NaCl, 0.2 M Tris-HCl(pH 8.0), 50 mM EDTA(pH 8.0)) 35 ml과 0.7 ml β -mercaptoethanol을 넣고 잘 섞은 다음 10분 후 얼음에 꽂아두었다가 7000 rpm, 4℃, 10분간 원심분리하고 상층액을 제거한 후, 미리 65℃로 데운 extraction buffer II(0.1 M Tris-HCl(pH 8.0), 20 mM EDTA, 1.4 M NaCl, 2%(w/v) CTAB) 15 ml과 β -mercaptoethanol 30 ml을 넣고 잘 섞어준 후, 6

5℃ 40분에서 1시간 30분 정도 가끔 섞어주면서 반응시켰다. chloroform과 isoamylalcohol을 혼합(24 : 1 부피비)하여 만든 추출용액을 같은 부피로 넣고 10분 동안 잘 섞어준 후, 7000 rpm, 4℃, 20분 동안 원심분리를 하였다. 상층액을 새 튜브로 옮긴 후 같은 부피만큼 chloroform과 isoamylalcohol을 혼합하여 추출용액으로 한번 더 불순물을 추출하였다. 상층액을 새 튜브로 옮긴 후 미리 얼음에 식힌 isopropanol을 2/3 부피만큼 넣고, -20℃에서 침전되도록 하였다. 30분 이상 지난 후 10,000 rpm, 4℃, 5분간 원심분리하여 침전물을 가라앉힌 후, 상층액을 제거하고, 1X TE를 5 ml 넣고 잘 녹인 후 1.5 ml 튜브에 옮겼다. 1/2 부피의 5 M NaCl을 넣고 잘 섞은 후 미리 얼음에 식힌 ethanol을 2배 부피 넣은 후 -20℃에서 30분 이상 침전물을 가라앉힌 후 10,000 rpm, 4℃, 5분간 원심 분리하여 상층액을 제거하고 2회에 걸쳐 75% ethanol을 넣어 씻어내기를 하였다. 진공펌프로 완전히 말려 적당한 부피의 0.1X TE 완충액에 녹인 후 사용하기 전까지 -20℃에 보관하였다.

2) PCR을 이용하여 genomic DNA로부터 저항성 유전자 절편 분리

P-loop(Kinase 1)부분에 해당하는 OLE 1121 : 5'- GG[T,A] ATG GG[T/A] GG[T/T] [G,A]T[T,A,C] GG[T,A] AA[A,G] AC[T,A,C] AC-3'과 conserved domain2에 해당하는 OLE 1122 : 5'- A[G,A]N [A,T][T,C][C,T] TT[A,G,C] A[G,A][A,G,T] GC[A,G,C] A[G,A][T,A] CC-3' 두가지 degenerate oligonucleotide primer를 제작하여 사용하였다. 전자는 GMGGI/VGKTT를, 후자는 GLPLALKV/TL을 coding한다.

이들 아미노산 서열은 알려진 저항성 유전자에서 잘 보존된 NBS에 위치한다. 분리한 사과 잎의 genomic DNA를 주형으로 하고, OLE 1121과 OLE 1122를 primer로 사용하여 10× buffer, MgCl₂, dNTP, Taq DNA polymerase (Bioline)을 넣고 PCR을 수행하였다. PCR의 조건은 1회의 100℃ 2분, 40회의 94℃ 30초, 52℃ 1분, 72℃ 1분의 반응으로 시행하였다.

3) PCR 산물의 cloning

10 μ l PCR 산물(\sim 50 ng), 1.2 μ l 10 \times DNA ligase buffer, 0.8 μ l 증류수, 0.2 μ l T4 polynucleotide kinase(10 u/ μ l)를 넣어 37 $^{\circ}$ C, 1시간 반응 후, 65 $^{\circ}$ C 15분 처리하였다. 1 μ l pT7 Blue Vector(Novagen), 10 μ l Kinased DNA, 4.84 μ l 1 \times DNA ligase buffer, 1 μ l DNA ligase(5 u/ μ l)넣고 16 \sim 20 $^{\circ}$ C에 밤새 반응시킨 후 65 $^{\circ}$ C, 15분간 처리하여 효소를 불활성 시켰다.

제조합된 플라스미드를 형질전환시키기 위해 2 \times YT 고체배지에 갈아둔 DH10B 콜로니를 하나 따서 3 ml SOB 배지에 37 $^{\circ}$ C 밤새 배양하였다. 그 다음 날 이 중 50 μ l를 따서 50 ml SOB 배지에 접종하여 37 $^{\circ}$ C, 2 \sim 3시간 (OD₅₅₀=0.8) 키워, 5,000 rpm, 4 $^{\circ}$ C, 10분간 원심분리 하여 상층액은 버린 후 미리 얼음에 식힌 10% ultrapure glycerol 50 ml에 잘 녹인 후 5,000 rpm, 4 $^{\circ}$ C, 15분간 원심분리를 하였다. 다시 상층액을 버리고 10% ultrapure glycerol 100 ml를 넣어 잘 녹인 후 20 μ l단위로 분주하였다. 20 μ l cell과 1 μ l DNA(2.5 ng/ μ l)을 섞은 후 disposable micro-electroporation chamber의 electrode 사이에 조심스럽게 붙이고, cell-porator 과 *E. coli* electroporation system을 이용하여 electroporation을 수행하였다. 이를 1 ml SOC 배지에 넣고 37 $^{\circ}$ C, 45 \sim 60분간 225 rpm에서 키운 후, IPTG와 X-gal를 미리 넣은 ampicillin-2 \times YT 고체배지에 깔고 37 $^{\circ}$ C에서 밤새 배양하였다. 다음날 성공적으로 electroporation된 흰색 콜로니만 취해 ampicillin이 포함된 2X YT 액체배지에 접종하고 37 $^{\circ}$ C, 밤새 키워 다음날 plasmid DNA를 추출하였다.

4) Plasmid DNA 염기 서열 분석

plasmid DNA 염기서열은 Bionex 회사에 의뢰하였다. 밝혀진 염기서열은 BLAST search (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>)와 ClustalW programs (<http://www.dot.imgen.bcm.tmc.edu:9331/multi-align/Options/clustalw.html>)으로 분석하였다.

5) 탐침자 제작

Random primer labeling kit (Stratagene)를 이용하여 탐침자를 만들었다. 탐침으로 할 후지 후보자의 plasmid DNA를 *SpeI* & *BamHI* 제한 효소로 절단한 후 low melting temperature(LMT) agarose gel (1%)에 전기 영동하여 크기에 따라 분리한 후, 원하는 크기의 DNA를 포함한 부분을 잘라내었다. gel 1 g당 증류수 3 ml을 넣고 65°C, 5분간 처리한 후 잘 섞고 labeling reaction 전까지 -20°C에 보관하였다. 25 ng DNA 주형과 10 μ l random oligonucleotide primer에 적당량의 증류수를 넣고 5분간 100°C에서 가열한 후 상온에서 짧게 원심분리하였다. 여기에 10 μ l 5 \times primer buffer, 5 μ l labeled nucleotide ([α -³²P] dCTP), Exo (-) Klenow enzyme (5 u/ μ l)를 넣고 잘 섞은 후 37°C, 10분간 반응 후 80°C, 10분간 끓였다. 이렇게 만든 탐침자를 혼성화 반응에 사용하였다

6) 후지 cDNA library screening

첫번째 screening을 위해서 후지 cDNA 라이브러리 10⁵ pfu의 phage들을 XL1 Blue MRF' 균주 600 μ l (OD₆₀₀=0.5)와 37°C에서 15분간 반응시킨 후, 6.5 ml의 NZY top agar와 섞어 10개의 NZCYM 고형 배지에 부어 굳힌 다음, 6시간 동안 키웠다. 4°C에서 8시간 동안 두어 차갑게 한 다음, phage를 nitrocellulose membrane 2장으로 옮겼다. 변성화 용액(1.5 M NaCl, 0.5 M NaOH)에 2분, 중성화 용액(1.5 M NaCl, 0.5 M Tris-HCl(pH 8.0))에 5분, 세척 용액(0.2 M Tris-HCl(pH 7.5), 2 \times SSC)에 30초간 담근 다음 Whatman 3MM paper 위에서 잠깐 말리고 80°C에서 1시간 45분간 구워 고정이 되도록 하였다. Membrane을 혼성화 용액(1% BSA, 0.25 M sodium phosphate(pH 7.0), 7% SDS, 1 mM EDTA, 0.25 M NaCl, 50% formamide)에 넣고 1시간 동안 42°C에서 흔들며 혼성화 전반응을 한 다음 B와 D group의 plasmid DNA를 *SpeI* / *BamHI* 제한효소로 절단한 부위를 주형으로 ³²P 동위원소로 표지한 탐침자로 혼성화 반응을 42°C에서 하룻밤 동안 수행하였다. 다음날 세척 용액(2 \times SSC, 0.5% SDS)으로 상온에서 30분씩 두번, 65°C에서 15분간 두 번 세척한 후 x-ray 필름에 1일간 노출시켰다. 혼성화가 된 phage plaque들은

SM 완충 용액 1 ml, chloroform 20 μ l에 넣고, titer한 다음, 플레이트 당 50~200 pfu가 되도록 NZCYM 고형 배지에 깔고 2차 screening을 1차 screening과 같은 방법으로 수행하였다. 단일 plaque로 얻어진 것들은 *in vivo* excision을 수행하여 대장균 균주 내의 plasmid형태로 전환시켰다. 각 클론들을 *EcoRI/XhoI* 제한 효소로 자르고 전기 영동으로 분리한 후, cDNA blot을 수행하여 1 kb 이상인 클론에 대해 sequencing을 수행해 전체 길이 cDNA 클론인지 여부를 확인하였다.

7) RT-PCR

각각의 후지 cDNA 라이브러리에서 얻은 어린 잎 cDNA, 꽃 전체 cDNA, 초기 꽃눈 cDNA를 주형으로 하고, 후지 어린 잎 cDNA 라이브러리에서 찾은 저항성 유전자의 염기서열을 바탕으로 하여 제작한 두 종류의 primer, OLE 1164 : 5'-CGCCCTATCAAGTCGGAATA-3'와 OLE 1165 : 5'-TGCACGATATCTCTGCCCAT-3'를 사용하여 10 \times buffer, MgCl₂, dNTP, *Taq* DNA polymerase(Bioline)을 넣고 PCR을 수행하였다. PCR 조건은 1회의 95 $^{\circ}$ C 5분, 40회의 95 $^{\circ}$ C 30초, 58 $^{\circ}$ C 1분, 72 $^{\circ}$ C 1분의 반응으로 시행하였다.

8) Northern blotting

4.5 μ g의 Poly(A) RNA를 1.3% 아가로스/포름 알데하이드 겔에 30 볼트로 3시간 30분 정도 전기영동한 후, Hybond-N' nylon membrane (Amersham)으로 옮겼다. 이때 사용한 탐침자는 라이브러리 screening에서 사용한 *in vivo* excision 한 plasmid를 *KpnI/EcoRI* 제한효소로 37 $^{\circ}$ C 밤새 자른 후 cDNA 삽입 절편을 얻었다.

이 탐침자를 42 $^{\circ}$ C에서 밤새 혼성화 반응 한 후, 다음날 상온에서 2x SSC/0.5% SDS로 30분간 2번 세척하고, 0.5x SSC/0.5% SDS로 15 분간 두번 세척 후 x-ray film에서 -70 $^{\circ}$ C에서 48시간 노출 시킨 후 현상하였다.

3. 대목의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현 특성조사

가. 실험재료

실험에 사용한 식물재료는 경기도 수원시 소재 농촌진흥청 원예연구소의 사과육종시험포장에서 재배중인 대목으로 예산삼엽(*Malus prunifolia* Yea-san), 정선매주(*Malus baccata* Jung-sun), 황성환엽(*Malus prunifolia* Hwoang-sung)의 어린 잎을 채취하여 사용하였다. 또한 품종으로는 감홍, 신인도, 조나골드, 홍옥, 홍월의 어린 잎을 채취하여 사용하였다. 시료는 병충해 피해가 없는 건강한 것으로 골라서 채취하였고, 실험에 사용하기 전까지 -70℃ 냉동고에 보관하였다.

나. 방법

1) Genomic DNA 분리

후지에서와 같은 방법으로 하였다.

2) PCR을 이용하여 genomic DNA로부터 저항성 유전자 절편 분리

후지에서와 같은 방법으로 하였다.

3) PCR 산물의 cloning

후지에서와 같은 방법으로 하였다.

4) Plasmid DNA 염기 서열 분석

후지에서와 같은 방법으로 하였다.

5) Total RNA의 분리

가) LiCl 침전법과 CsCl 침전법을 변형시킨 RNA 분리

조직 2 g을 액체 질소에서 가는 가루가 될 때까지 간 후, 10 ml의 RNA

추출 완충용액(100 mM Tris-HCl Ph 9.0, 20 mM EDTA pH 8.0, 200 mM NaCl, 4% Sarkosyl, 16 mM -mercaptobenzothiazol, 16 mM DTT, 10 mg/ml heparin, 5% BSA)을 넣고 5 분간 세계 흔들여 주었다. 혼합물이 완전히 혼합되면 수화 된 1% PVP을 넣고 또 5분 정도 세계 섞어 주었다. 다시 15ml의 기본 추출 완충 용액(100 mM Tris-HCl pH 9.0, 20 mM EDTA pH 8.0, 200 mM NaCl, 4% Sarkosyl, 16 mM -mercaptobenzothiazol, 16 mM DTT)을 넣고 5분간 더 섞어 주었다. 새로운 40 ml 튜브에 옮기고 1ml의 proteinase K(10mg/ml)을 넣고 잘 섞은 후, 37°C에서 100rpm으로 흔들여 주면서 15분간 반응시켰다. 12000 rpm, 4°C에서 15분간 원심분리 한 후 위 층액을 새 튜브에 옮기고 같은 부피의 Tris 완충용액에 포화된 페놀(pH 8.0)을 넣고 1 분 동안 잘 섞은 후, 12000 rpm, 20°C에서 10 분간 원심분리 하여 위층을 얻었다. Tris 완충용액에 포화된 페놀을 이용한 추출을 두번 더 시행하였다. 같은 부피의 chloroform과 isoamylalcohol (24:1 부피비)을 넣고 잘 섞은 다음, 12000 rpm, 20°C에서 10 분간 원심 분리 하고 윗층을 튜브에 옮긴 후, 이를 한번 더 시행하였다. 1/3 부피의 8 M LiCl 을 넣고 잘 섞은 다음, 4°C에서 하룻밤 동안 RNA가 침전되도록 하였다. 다음날 12000 rpm, 4°C에서 30분 이상 원심분리 한 후 위층액을 버리고 2 M LiCl 5 ml로 12000 rpm, 4°C에서 20분간 원심분리 하여 두번 세척하였다. 침전물을 상온에서 잘 말린 후 DEPC 처리한 물 2 ml로 녹였다. 여기에 GTC buffer 6 ml과 1.6 g의 powder CsCl을 첨가한 후 충분히 잘 혼합하였다. 4.5 ml의 5.7 M CsCl을 quick seal tube 넣고 잘 혼합한 용액을 끝까지 채워 넣었다. 밀봉 후 Ti71 로터를 이용하여 55000 rpm, 22°C에서 12시간 동안 멈춤 없이 초원심 분리하였다. 다음날 주사기로 위층 일부를 제거한 후 튜브를 자르고, Pasteur pipet으로 위층액을 제거한 후 상온에 두어 말렸다. 5분 후 RNA 침전물을 500 μ l의 DEPC 처리된 증류수에 충분히 녹인 후, 1.5ml 튜브에 옮기고 같은 부피의 acidic phenol: chloroform: isoamylalcohol (25:24:1 부피비)로 추출한 후 위층을 새 튜브에 옮기고 다시 같은 부피의 chloroform: isoamylalcohol (24:1 부피비)을 넣고 잘 섞은 다음, 12000 rpm, 20°C에서 10 분간 원심 분리하였다. 윗 층을 튜브에 옮긴 후 1/10부피의 3M sodium acetate(pH 5.2)와 2.5

배 부피의 100% 에탄올을 넣고 잘 섞은 다음 -70°C에 1시간 동안 침전 시켰다. 1시간 후 12000rpm, 4°C에서 30분간 원심분리한 후 75% 에탄올로 두번 세척하였다. 침전물을 상온에서 잘 말린 후 DEPC 처리한 물로 적당한 부피로 녹였다. Spectrophotometer로 $O.D_{260, 280}$ 을 측정하여 정량한 후 사용하기 직전까지 -70°C에 보관하였다.

나) Poly(A)⁺ RNA 분리

약 0.5~1 mg의 Total RNA 을 RNase-free 물에 잘 녹였다. 65°C에서 10분간 반응시킨 후, 150 pmole의 biotinylated-oligo(dT)18 probe의 annealing 을 위해 25 μ l의 20 x TEN₁₀₀(10 mM Tris-HCl pH8.0, 1 mM EDTA pH 8.0, 100 mM NaCl) 첨가한 후 상온에서 10분간 반응 시켰다. 300 μ l의 TEN₁₀₀으로 3번 정도 씻어준 streptavidin magnetic particle(Boehringer Mannheim)이 들어 있는 튜브에 annealing 시킨 반응액을 넣고 10~20분간 상온에서 반응 시켰다. streptavidin magnetic particle이 붙은 Poly(A)⁺ RNA을 magnetic stand로 잡은 후 300 μ l의 TEN₁₀₀₀ (10 mM Tris-HCl pH8.0, 1 mM EDTA pH 8.0, 1 M NaCl)으로 4번 정도 씻었다. 마지막으로 250 μ l의 RNase-free 물로 충분히 우려냈다. cDNA 합성을 위해 농축하기 위해서 에탄올 침전법을 수행하고 적당한 부피의 RNase-free 물로 녹였다. 실험에 사용하기까지 -70°C에 보관하였다.

6) cDNA library 제조와 탐침자의 준비

정선매주의 Poly(A)⁺ RNA로부터 Strategene 회사의 λ ZAPII cDNA Synthesis Kit와 ZAP-cDNA Gigapack II Gold Cloning Kit을 사용하여 cDNA library을 제조하였다. 단일 가닥과 이중 가닥의 cDNA 합성에는 5 μ g의 Poly(A)⁺ RNA을 사용하였다. SuperscriptTMII RT와 *Xho*I 절단 부위가 부착된 oligo dT을 primer로 사용하여 첫번째 가닥 cDNA을 합성하였다. RNase H와 *E. coli* DNA polymerase I으로 RNA를 제거하면서 두번째 가닥 cDNA을 합성하였다. 말단을 만들고 *Eco*RI adaptor를 양쪽 말단에 결합시킨 후 T4 polynucleotide kinase를 처리하고 *Xho*I으로 절단하였다. 합성한 이중가닥

cDNA는 Sephacryl S-500 HR spin 컬럼을 사용하여 500 bp이하의 이중가닥 cDNA를 제거하고 λ ZAPII 박터의 *EcoRI/XhoI* 부위에 클로닝 하였다. 이렇게 만든 cDNA는 Poly(A)가 부착된 3' 부위의 박터의 *XhoI* 부위에 cDNA의 5' 부위가 *EcoRI* 부위에 결합되기 때문에 cDNA의 방향이 쉽게 구분 될 수 있는 장점이 있다. ZAP-cDNA Gigapack II Gold packaging extract를 사용하여 *in vitro* packaging 한 후 대장균 균주인 XL1-Blue MRF'에 접종하여 titration 및 cDNA 라이브러리 증폭을 수행하였다.

7) cDNA library screening

후지의 방법과 같고, membrane 혼성화 용액은 Ultra hybrid (Ambion)용액을 사용하였다.

8) R gene candidate들의 염기서열 분석

In vivo excision을 통해 회수한 사과 초기 과일 라이브러리의 삽이 절편들로부터 염기서열을 부분적으로 분석하기 위하여 PBS SK(-) 플라스미드 내 T3 primer와 T7 primer를 이용하여 후보 clone들의 염기서열 분석은 Bionex 회사에 의뢰하였다.

밝혀진 염기서열은 BLAST search는 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>)에서 blastx로 하였고, multiple sequence alignment는(<http://prodes.toulouse.inra.fr/multalin/multalin.html>)에서 align 하였다.

9) Northern blotting

후지의 방법과 같고, 이때 사용한 탐침자는 각 후보들마다 specific sequence를 사용하기 위해 4'-1-1-2는 *EcoRI/HincII*로, 6-1-3은 *HincII/HincII*로, 8'-1-2-4는 *EcoRI/XhoI*으로, 9-1-4는 적당한 제한 효소가 없어서 PCR product (OLE1243/1244)로, 4-1-2는 *KpnI/HindIII*로, 7'-1-1는 *EcoRI/HpaI*으로 잘랐다.

결과 및 고찰

1. 후지의 small GTP-binding protein을 이용한 내병성 증진에 관한 연구

가. Wound-inducible Rab overproducing vector construction

후지 EST 에서 small-GTP binding protein인 Rab gene의 유전자 서열을 분석하여 size가 966 bp임을 파악한 후, 후지의 Rab 유전자 앞에 Arabidopsis의 blue copper-binding protein(BCB)의 wound-inducible promoter(1.5kb)를 붙였다.

나. 형질전환용 발현 vector에 도입

식물에서의 병충해 침입과정과 동일한 자극에 의해서 발현되도록 하기위 해서 형질전환용 발현 vector 두 종류(pBI121.1, pCGN18)에 BCB (1.5kb):Rab을 도입하였다.

다. 병저항성 증진에 응용

식물체의 병저항성을 증진시키기 위하여 사과 (맥킨토시 위직) 와 Arabidopsis에 각각 형질전환을 시도하고 있다. 사과의 형질전환은 pBI121.1에 시도했으며 현재 6개의 형질전환체를 얻었고, 이를 검증하기 위하여 PCR 방법을 수행 중이다.

2. 후지의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현특성 조사

가. NBS domain DNA fragment cloning

Degenerated primer를 제작하여 PCR cloning 하여 16개의 candidate의 homology를 비교하여 6 group으로 나누고 cDNA에서 발현되는 3 group 중 2 group을 선택하였다.

나. cDNA library screening 및 sequence 분석

선택된 NBS domain clone을 탐침으로 initial pfu가 2106 pfu로 제작된 후지 cDNA library를 screening하여 병저항성 유전자를 cloning하였다. 획득한 저항성 유전자 후보는 그 길이가 1726 bp이고, 3'-UTR은 34 bp로 추정된다(그림 1 참조). 이 유전자에서 추론된 단백질은 다른 저항성 유전자에서 잘 보존된 TIR-NBS 구조를 가지며, 다른 저항성 유전자 특히 담배의 N과 감자의 NL25와 높은 유사성을 보였다.

다. 발현특성 조사

후지의 염색체 DNA에 대해 Southern analysis를 수행한 결과, 획득한 저항성 유전자 후보는 여러 종류의 family가 존재할 것임을 파악하였다(그림 생략). 획득한 저항성 유전자의 각 조직별 발현을 보기 위하여 어린 잎 cDNA, 꽃 전체 cDNA, 초기 꽃눈 cDNA를 주형으로 하고 OLE 1164, OLE 1165를 사용하여 PCR을 수행한 결과 어린 잎, 꽃 전체, 초기 꽃눈에서 예상한 PCR 산물의 크기인 930 bp를 얻었다. 어린잎에서 가장 많이 발현되었고, 어린잎의 발현 정도에 비해 초기 꽃눈에서는 50% 정도, 꽃 전체에서는 약간 발현되었다(그림 2 참조). 이는 저항성 유전자 후보의 발현이 조직특이적임을 시사한다. 또한 이 저항성 유전자 후보의 full length를 밝히기 위한 Northern blot이 시행한 결과 약 3.9 kb(그림 3. 참조)였다. 현재 이 저항성 유전자의 밝혀지지 않은 앞부분의 염기서열을 알기 위해서 5'-RACE와 genomic library screening도 함께 수행하고 있고 partial fragment인 이 저항성 유전자를 형질전환체에 넣기 위한 cloning도 시도하고 있다. 앞으로 품종별(홍육, 감홍, 신인도, 조나골드, 홍월) 발현양상을 보기 위한 northern blot이나 RT-PCR을 수행할 예정이다

9 18 27 36 45 54
 5' TTC GGC AGG AGG TCC TCC ACC TCC ACC TCC TCA CCC TCA ATC TCA TCT
 F G T R S S S T S S T S S T S S P S I S S
 63 72 81 90 99 108
 TCA TCC TCC ACC TCT GGC TCC TCC TCC TCC TCC TCC TCC TCC TCA AAA GGC TTC CTC
 S S S T S A S P S L S S F S S K S L L
 117 126 135 144 153 162
 TAC GAA CTC TTC ATA AGC TTC AGA GGC GAA GAC GCA GCT AAA AGC TTC AGC GGC
 V E U F I S F R C E D T R K H F T U
 171 180 189 198 207 216
 GAC CTC GAC GAA GCA TTC ACA AAG GGC GGA ATC AAC CCC TTT ATT GAC GAC GAA
 H L N E R L T K H G I H A F I D P E
 225 234 243 252 261 270
 CTA ACA AGA GAA GAA GAA ATA ACT ACC GAA CTT CTC GAC GAA ATC GAC GCT TCT
 L R R G E D J T T E L U Q A I Q C S
 279 288 297 306 315 324
 AGC ATC TCT ATC ATC ATC TTC TCA ACA GCG TAC TCA GAC TCC ACC TCC TCT CTC
 R I S J I T U F S R R V S D S S M C L
 333 342 351 360 369 378
 GAG GAC CTC GTT AAG GTC ATC GAC TGT AGA ACA AGC CTA GCG GAA TTA GTT TTG
 E L U F K U H E C R R T G Q A I Q C S
 387 396 405 414 423 432
 CCG ATA TTC TAT GAC GCT GAT CCT TCC GAT CTC ACC AAA CAC ACC GGT AGR TTT
 P J F V D U D P S H U R K Q T G R F
 441 450 459 468 477 486
 GCA CAA TCC TTT CTC AAA CAT ACG GAT GAA AAA AAC CTA GAC ACC TCC AGA CCT
 A Q S F L K H T D E K K U E R W R
 495 504 513 522 531 540
 CCT CTT ACT GAA GCT TCG AAT TTT TCC TCC TCC TCC CTC ACA AGC ACT TTC GAC
 A L T E A S H L S G M D L R H T L D
 549 558 567 576 585 594
 GCG CAT GAA GCA AAG TTC ATC AGG ATG ATT ACC AAT AAC GTC ACT AGC AAG TTC
 H N E A K F I K H I T H D U T K L
 603 612 621 630 639 648
 AAC AAC AAA TAC TTT GAC GTA GCG CCC TAT CAA CTC GAA ATA GAT ACT CCA GTC
 H M K V F D U A P V Q U G I P T R U
 657 666 675 684 693 702
 CTA GAT ATC ACT AAT TAT TTA GGC ATC GCA GAT TCA GAT GAT CTT CCT GTC ATT
 L D E S H V L G I Q D S D D U R U T
 711 720 729 738 747 756
 P-loop (OLE 1121)
 GCA ATT TCA GCG ATC GGT GAA ATA GGT AAA ACA AGC ATT GCT GAA CCG ATT TAT
 G I S G H C G I C K Y T I R Q R I V
 765 774 783 792 801 810
 AAC ATA TTT TAT GAA AGC TTT GAA GCT AAA ACT TTC CTT GAA AAA GTC AGC GAA
 H I F V R F E C K S F L E K U R E
 819 828 837 846 855 864
 AAC AAA CTA GAA AAA TTG CAA AAA CAA CTT CTT TTC GAT ATC TTG CAA ACC AAG
 K K L E K L Q K Q L L F D I L Q T K
 873 882 891 900 909 918
 ACA AAG GTA AGC ACT GTT GTT CCA GCG ACC GCG TTG CTA AGC GAA AGR TTT CCA
 K U S S U A G T R L U R F R
 927 936 945 954 963 972
 Kinase2
 CCG TTA AAG GTA CTT CTC ATA CTT GAT GAT GTA GAC GAT CTC AAG CAG TTA CCG
 R L K U L V I U D D U D D U K Q L R
 981 990 999 1008 1017 1026
 GAA TTA GTT GAA AAT TCC CAC TTT TTT CCG CCC GCG ACC GAA ATC ATC ATC AGR
 E L V E H G F G S R I T
 1035 1044 1053 1062 1071 1080
 AET AAG AAC GAA GAT CTC CTA AAA GAA TTT CCA GAT GAT AAC ATA TAT CCG CCC
 T R M E R U L N E F A U D K I V R A
 1089 1098 1107 1116 1125 1134
 AAA GTA ATC GAC CCA GAA GAA CCT CTT GAC CTC CTA AAG TCG GAT GCT TTC AAG
 K W H D R E A E A L E L L S W H R F R
 1143 1152 1161 1170 1179 1188
 AET AET ACT TET CCT ACT CAA TAT CTT CCG CTT GAA AAG GAA CTT CTC AAT TAC
 S S S C P S D V L A L E R E U U N V
 1201 1210 1219 1228 1237 1246
 TGT GAA GAA TTG CCG CTC GCT CTT GAA GTT TTA GCA TCT ACT CTT TTC AAA GAA
 C E G L P L A L E W L G S T L F K R
 1251 1260 1269 1278 1287 1296
 AEC GTA GAT GAA TCG AGA ACT ATA TTC GAT GAA TTC AAG ATC ATT CCT CCT GAA
 S U D E W R S J L D C L K H I P R G
 1305 1314 1323 1332 1341 1350
 GAA ATT CAG GCA CAA CTG AAA ATA AGC TAC GAC GCG CTA AAT GAT AAT TAC AAG
 E I Q A Q L K I S V D G L H D N Y K
 1359 1368 1377 1386 1395 1404
 AGC CCG ATA TTC CTC GAT ATA GCT TTT TTT ATC GGA ATG GAC AAG AAC GAT
 R R I F L D I A C F F I G H D K N D
 1413 1422 1431 1440 1449 1458
 GTC GTC CAA ATC TTG GAT GGT TGT GCG TTT TAT TCA ACA ACA GCA ATC GAG CTC
 U U Q I L D G C G F Y S T T G I E U
 1467 1476 1485 1494 1503 1512
 CTC CTT AAC CCG TCC CTA CTC ACT ATT AAT AGA AAA AAC AAG ATT ATG ATG CAT
 L L N R C L U T I H R E H K I H H H
 1521 1530 1539 1548 1557 1566
 OLE1165
 GAT TTG CTT CCA GAT ATG CCG ACA GAT ATC GTC CAT GCA GAA AAT CCC GAT TTT
 D L L R D H G G R D I U H A E H P D F
 1575 1584 1593 1602 1611 1620
 CCT GGA GAA CCG AET AEA TTG TGG CAT CCC GAA GAT GTA AAT GAT CTA TTG ATA
 P G E R S R L W H P E D U H D U L I
 1629 1638 1647 1656 1665 1674
 GAC AAA TCT GTA ACT ACT TTC CCA ATC AAA CTT TAT CTT AAA CCA GTC AAG ATA
 D K S U S T F P I R L V U K R U S I
 1683 1692 1701 1710 1719
 TGT AAG TTA CTA ATC TAA CTT TTT TTC ATG ATA AAA AAA AAA AAA AAA C 3'
 C N L U I = L F F H I K K K K K

그림 1. Sequence of resistance gene candidate from Fuji cDNA library

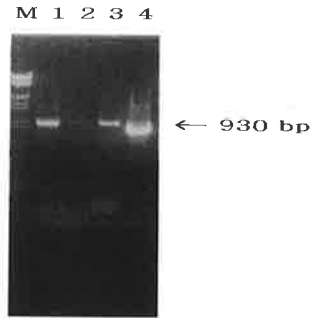


그림 2. Tissue-specific expression of the cloned R gene 그림 3. Northern blotting of the cloned R gene

M : DNA size marker (*EcoRI* and *HindIII* cutting, Promega)

1 : leaf

2 : flower

3 : bud

4 : resistance gene candidate

라. 사과 병저항성 증진에 응용

형질전환용 발현 vector인 pCGN18에 먼저 일부 확보된 partial fragment와 full length fragment를 cloning하여 사과와 *Arabidopsis*에 형질전환하여 병저항성을 측정하고 있다

3. 대목(정선매주)의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현특성 조사

가. NBS domain DNA fragment cloning

Degenerated primer를 제작하여 PCR cloning 하여 36개의 candidate를 4 group으로 나누고 이 중 3 group에서 5개를 선택하였다.

나. 정선매주 잎의 cDNA library 제작

일반적으로 병에 강하다고 알려져 있는 야생종에서 병저항성인자를 확보하기 위해, 정선매주(*M. baccata*)의 cDNA library를 제작하였다. Phytopure

resin extraction과 CsCl precipitation방법을 변형하여 얻은 total RNA에서 cDNA를 합성하고 λ -ZAPII vector에 cloning 하여 initial pfu가 7×10^5 pfu 인 library를 만들었다.

다. cDNA library screening

확보한 5개의 NBS domain 절편들을 탐침으로 하여 cDNA library screening을 수행하였다. 1차(~ 8105 pfu) , 2차(~ 1106 pfu), 3차(~ 1106 pfu)의 screening 후 11개의 candidate를 *in vivo* excision 하여 phagemid로 얻어낸 후 제한효소로 mapping을 해서 동일성을 파악하였다.

라. Candidate의 sequence 분석

11개중 3개의 clone들은 8개의 clone들 중 일부와 같은 clone이었다. 8개의 후보 clone들은 sequence analysis를 수행하여 insert size를 알아내었다 (Fig 4. 참조). 일부 밝혀진 염기서열을 BlastX 로 search한 결과는 각각 riboflavin synthase α , vacuolar ATP synthase와 homology가 높았고, 나머지 6개는 감자의 NL25, NL27, 담배의 N gene등과 homology가 높았다(그림 4. 참조). NBS domain의 위치는 candidate 마다 약간씩 달랐지만, 한 candidate(4-1-2)를 제외하고는 모두 약 500 bp 정도의 domain size를 갖고 있었다. 4-1-2는 NBS domain중 CD2만이 insert의 N-terminal쪽에 위치하고 있으므로 앞으로 5'end의 sequence를 더 확보해야 할 것이다. Full length size를 파악하기 위하여 PolyA(+) RNA northern blotting을 수행하였는데, probe로는 specific한 부분을 enzyme cutting과 PCR product로 만들어 사용하였다(그림 6. 참조). 6개의 candidate 모두 5'end sequence를 확보하기 위하여 5'RACE를 수행하고 있다.

마. 발현특성 조사

일부 혹은 모든 candidate에 대해 품종별, 대목종류별 northern blotting 수행하였다. 우선 대목 종류별 발현정도의 차이에서 보면 2개의

(6-1-3, 8-1-2-4)candidate는 origin인 정선매주에서 보다 예산삼엽, 횡성 환엽에서 약한 발현정도를 보였고, 4-1-1-2와 9-1-4은 거의 같은 정도로 발현되었다. 7-1-1은 정선매주>횡성환엽>예산삼엽 순으로 강하게 발현되었다 (그림 7. 참조).

품종별 발현 정도의 차이는 일부 candidate에서만 보았는데, 9-1-4의 경우는 감홍에서 높은 발현을 보였고, 4-1-1-2는 신인도에서 높은 발현을 나타내었다. 이것은 각 candidate 마다 다른 pathogen에 대해 저항성을 나타낼 수 있음을 시사하고 있다(그림 8, 표 1. 참조). 다른 candidate에 대해서도 northern blotting을 수행하고 있다.

바. 사과 병 저항성 증진에 응용

여러 종류의 저항성 유전자 후보의 확보된 partial fragment와 full length fragment들을 형질전환용 vector(pCGN18, pBI121.1)에 construction 하여 사과와 arabidopsis에 형질전환하여 다양한 사과 병충해에 대한 저항성증진을 측정하고 있다.

가) Clone No. 4-1-2(2412 bases)

```
AATTCGGCCGGCCGGTCGGACGTTGGCATGCTTCAAAGTAGTTGGTGTCTAGTCAATATCTTGTGCTCACAAGAGAAGTTGTCAATTAAGTGGCAGGACTGCCATTGGC
TCTTGAAGTTTTAGGATCTACTATTTTTAAACGGAAGTTGAGATTCAGGCACAAGTCAAGTAAAGCTACGACGGGCTAAATGATCATTACAAGAGGCAGATATTCCTCGAT
ATAGCTTTTTTTTTATTGGAAATGGACAAGAACGATGTCATGCAATCTTGGATGGTTGTGGCTTTATGCACAACAGGAATCGAGGTCCTCCTTGACCGGTGCCTTGTA
CTATTGGTAGAAAAACAAGATTATGATGCATGATTTGCTTCGGGATATGGGCAGAGATATCGTGCATGCAGAAAACTCGTGTTeCCTAGAGAACGGAGTTGATTGTGG
CATCCTAAAGATGTACATGATGATTGATAGACAAATCTCAGGGAAGTCAAAAAATGAAAGTCTGGCTTTGAATTTGCCGAGCTTGAAAGAGACTAGTTTCAGTACTGA
TGGCTTTAGAAATATGAAGAGACTGAGATTGCTCCAAGTCAACTACGTTTCGGCTCAGTGGGGATACCGATGTCCTTCCAAAAAATTAAGATGGTTGTGCTGGCATGGAT
TCCCATTTGGAGTTCATACCAATAGAACGTGTGTCACCCAAACATAGTAGCTATCGACATGCAGTACAGCAGCCTTAAACAAGTTCTTTGTGAGTATTCTGGGTTGCTTGGT
AAGTTGAAGATTCTGAATCTCAGCCACTCCCAGCATCAACAAATCGCCAGACTTTTTCAAATTTCCAATCTTGAGAAATGATACTCAAAGACTGTAAGAGGTTGGC
TAAAGTTCACAAGTCCATCGGAGACTCTCAAGAGTCTTGTGTGGTGAATTTGAAAGACTGTGAAACGCTTAAGGCTCTCCCGAGGAGTTTCTACAAGTTGAAATCTGTCA
AAACTCTTGTCTCAATGGTTGTTACAGTATCCGAAGCTTGTCTGAGCACTTGGGGAAAAATGACATCATTGGTCACTCTTTTTGCTGATGGGACGGCCATAAAAAACAGTA
CCACCTTCCATCATACGACTGGAGAAGCTCGAGTGCTTATCTTTGAGTTA
CTTGAAGTGCATTTGCAGCTACCTTCTTACAAGGCTTACGCTTTTTAACGACTTACAATGGTAAACAGTAATTTAATGGAAGTGCTCAATGATATGGGGAGTGC
TACCTTGTTTAGTGTACTTATTTCTAGATAACAATAATTTTCGGAGCCTTCAAGCCTCAGTGGCCTCTCCATGCTTCATGCACTAAAAATGAATGGCTGCAGAAACCTT
```

GTCGAGATCACAGATTTACCAAAAAGTTGGATATCCTGGAGATGGACGATTGCTTTGCATTAGAAAGAAATGCCAAATTTTTCAGGCATGTCACATCCGTGCTCTCGG
 TTGCCCTAAACTCATTGAGTTCCAGGGCTGGATAGCGCTTAAACTCGGGCCTCAAACCTAAGATGTTAACACACAACAATGTCATAGATTTCCCTTCTTAAGGATAACA
 CGCTACAGGGATGGACAGGAAGTGGATATATGAATCTTGTAGGAAGACAAATCCCACCTGGTTCAATTATGTCACGAAGGTACCCAAGTCTCTTTTGAAGTGCCTAAT
 GAAAATGGTTGTAATGCAAAAACGTTGGCTGTGTGCCCTGGCTTTGGTTCCTTATGATGACGTCAGCTCGATTGATTTTGAGCGGGCGTCTTTTATTATATTATTAATCA
 CACCAAGGTACTAGTTTTTATGTCTGTATAGGACATGTTTTTCCCTTCAAGAAATCCTTTGCCCTGGAAATTTTTCGTGTCGGAAACTGAGTCAATTTGGAAGAAG
 GCGATTGGTTCATGTTATTGTACATTGTCCAACCTAACGTGGTGAAGAAAATAGGGGTACGTTTTGTATGCGACAAACCTATGACTTTCGAAGGTCGTTTTTTCTTTAC
 CATTCTATCCCTTACGAACGGGCCATAGAAGAAGCTTTTACTGAAGTTGATGATTTTGATGATGAATATGAAGATGATGATTTTGATGAGGATGATGACAACGACGATG
 AGGATTTTGATGAGGAGGACCAAGCGGTGATGCTAATGATGAGGATGATGACGACGACTATGTAAGCTAGTAACTTTCGGTTTTATCAGCTAGTTTGTAGATAGAGT
 CTGTATTTTTTGGAGTGCCTTGATCTGTTTGAATATGTTCTTCTTTGTTGAACCTTCTGTTTCTGTTGTTGATTAAATCAACTTTTTAACGCCAAAAAATTTTTTTTAA
 AA

Sequences producing significant alignments:

	Score	E(bits)	Value
gi 10178211 dbj BAB11635.1 (AB016877) TMV resistance prote...	<u>303</u>		e-106
gi 10121909 gb AAG13419.1 AC000348_16 (AC000348) T7N9.24 [A...	<u>191</u>		2e-59
gi 10121908 gb AAG13418.1 AC000348_15 (AC000348) T7N9.23 [A...	<u>165</u>		2e-54
gi 12056928 gb AAG48132.1 AF322632_1 (AF322632) putative re...	<u>160</u>		2e-53
gi 1086263 pir A54810 TMV resistance protein N - tobacco (...)	<u>157</u>		3e-53
gi 9759045 dbj BAB09567.1 (AB006706) disease resistance pr...	<u>152</u>		2e-52
gi 7484909 pir T06608 disease resistance protein homolog F...	<u>167</u>		3e-52
gi 3947735 emb CAA08798.1 (AJ009720) NL27 [Solanum tuberosum]	<u>139</u>		4e-51
gi 8843806 dbj BAA97354.1 (AB022222) disease resistance pr...	<u>157</u>		2e-48
gi 7484912 pir T06144 disease resistance protein homolog F...	<u>152</u>		1e-47
gi 8843884 dbj BAA97410.1 (AB025635) disease resistance pr...	<u>155</u>		5e-47
gi 9965103 gb AAG09951.1 (AF175388) resistance protein LM6...	<u>129</u>		9e-47
gi 10177582 dbj BAB10813.1 (AB019223) disease resistance p...	<u>145</u>		1e-46
gi 12325008 gb AAG52450.1 AC010852_7 (AC010852) putative di...	<u>156</u>		2e-46
gi 9758205 dbj BAB08679.1 (AB018109) disease resistance pr...	<u>155</u>		3e-46
gi 7484910 pir T06609 disease resistance protein homolog F...	<u>151</u>		3e-46
gi 10177707 dbj BAB11081.1 (AB010698) disease resistance p...	<u>155</u>		6e-46

↳) Clone No. 6-1-3 (2874 bases)

AATTCGGGCCCGCTCGACGGAAAAACAACATTGCTAAAGCCATTTATACGAATTTTTTGACAAGTTTGAACGTAAAAGTTTCCTGAAAAAGTGAGGGAAAGGAAAG
TAGAAAAATTGCAAAAAAAGTACTTTTCAGATATCTTGCAACGACCAAGACAAGGTAAGCAGTGTGCTGCAGGGACCGCCTTGGTAGGGGAAAGATTTCGACGCTTA
AAGGTACTTGTATATTTGATGATGTAGACAATGTGAATCAGCTATCGGAATTAGCCGGAAATCGCCACTCTTTGGCCCAAGGGAGCAGAATTATCATCAACAAGAAA
CGCACATATTCTAAGAGAAGCTGATGACAGATATTTGATGAAAGAAATGGCACAGAAGAAGCTCTCAGCTCCTAAGTTGGCATGCTTTGGAAAGTAAAGTGTGTCTCA
GTGAATATCTAGAGCTCGCAAGAGAAGTTGTCAATTACTGTGGAGGATTGCCATTGGCTCTTCAAGTTTTAGGTTCTACCTTGTCAAAAAGAACATAGGAGAGTGGAAA
AGTACATTGGATAAACTGGAAGAATTCCTCATAGTTCAATTTCAACTGCTGAAAAATATGCTACTACGAGCTAAATGATGATTACGAGAGGAAGATATCCCGCATAT
ATCTTGTTCCTTGTGGGATGGACAAGAATGATGTCATGCAGATCTGGATGGTTGTGGCTTTTCTGCAACGGCTGGAATCGAGGCTCCTCATGACCGGTCTGTGTA
CTGTTAATAGAAAAACAAGCTAATGATGATGATGCTTCCGGAAATGGCCAGAGAAATCGTGCCTGCACAAAAATCCCTTATTCTGAAAAACGGAGTGGTTGTG
GGCTCCTGAAGATGTAAAAGATTTATTGATAGACAAGTCTGGAAGTGAAGCAATTGAAGGACTGTCTTTGAAATTTGCCGAGTGTGAAGTGCCTAGTTTCAGTACTGAGG
CATTTACAAAATATGAAGAGACTCGGATGCTCCAACTCAAGTACGTTCCGGCTCACAGGAGGATATCAATATCTTCCAAAAAATTAATGTTGTGCTGGCGTGGATT
CCTCCAGAGTTCATACCAAAAAGACTTGTGTCAACCAATATAGTCGCTAT
CGCATGCGATATAGCAGCCTCAGACAAGTTCCTTGTGAGGATTCCGGTTACTTGACAAGTTGAAGATTCTAAATCTCAGCCATTCCCATGACCTAACACGATACCCG
GACTTTTCAAACTCCCAATCTTGAGAAATGATACTCAAAGTTGTGAGAGATTGTCTAATGTTACGAAATCGATTGGAGACTGGAAGACTTGTCTTGGTAAATTT
GGAAGGCTGCAATGCTTAAGGATCTCCCAAGGACATTTATAAGTTGAAATCTGCTAAAAATCTTGTCTTAAAGTTGTTCAAGATTCAAAAATCTGCTGAGGACT
TGGGAAAAATGTCATCCTTGACAACCTTTGTCAGATGAGACGGCCATAACAGAAGTACCATCTCCATCTGACGACTGGAGAAGCTTCAGTCTTATCTCTGCGTAAAC
ATGAGGTCGCTTTGAAGTTACCTCCTTCGTTAATGGGCATGAACGCATTAAGTGAATTAGATCTTAGTGGCTGCAATTTAAAGGAAATTCCTAACGATATCGGGAGTCT
ATCTTCTTGGTATCATTAAAGTCTGGATTGCAATGTTCCATAGCCTTCCCAAGCTTCAGTGACCTCTCCAGGCTTCAAAAGACTAAGCTGAATGGTTGCGAAGGCTG
GTTGAAATCACTGATGATTTACCACCAAAATTTGAGTCTTTGAGTATGAATGACTGCACCTGCACTAGAAAGAATGGCAAATTTATCAGGATGGCCAAGAGTGTGGCTCT
AGATGGTCTCCTCAATCTCAGTGAGTTTCAGGGCTTGGACAGGGCGTTAAACACGGGTATGATACTTGGCATGCGAGCGCACAAACAGAATACCCGAATTCCTATTCAAGG
ATAGCACACTACAGGGATGGACTGGTACTGGATATATTTATCTTCGAGCAAATCATATTCGGACTTGGTTCAATATTGTCAACAAGAAGGGTGACCGAGTCTATTTCACT
GCCTCATGAATCCGTTATCAGTTAAAAGCGTTGGCTGTGTGCTTCTCTTGTGCTCCTTATGAGTTGAATCTCCTTGACATATTCATTTCTGTGATTAATCATACCAAGT
GGACTTGCATTCATGCCGATGTATCCGATTTCTGCCCGCCTGCTCGCTTG
GAAGAATACCTTTGGATGGGACATTTCTCAAAACAAGACTTCAAATGACGTCGGGCGACTCCGTCATGTTATTGTACAAGCCCGAGACTGAGACTGGGTTTCATCAG
GGTGGAGAAAAACGGGGTACGTCAGTATCTGACAAACGTATTTACTTCAGTTTTTTCGTCTATTCAATTACGGTTCATCCCTTATGGTTAGGCCATCAACACATGATGAT
GATGATGATGATGATCATGCCGATCATGAGCAATGACGATGACGATGCTATGCCGATCATGATTACGATGATGATCATGCCGATCATGATGATGATGACGACAAGG
ACGACGTTGACGATCATTTATCATAGACCATFAGAGATTGAGGTTGATACCACTTACTGACTGAGTAGACGGATCAGCTTTACTCAGTGTGGTTATATTTCTTTA
AAATGGATTAACTFAGTGTGGTTAATACCTTTTTATTTCAACTTTGCGGTGGTGGTTAATTTCAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

Sequences producing significant alignments:	Score	E(bits)	Value
gi 10178211 dbj BAB11635.1 (AB016877) TMV resistance prote...	238		e-118
gi 9759045 dbj BAB09567.1 (AB006706) disease resistance pr...	194		3e-78
gi 12056928 gb AAG48132.1 AF322632.1 (AF322632) putative re...	185		3e-77
gi 10121909 gb AAG13419.1 AC000348.16 (AC000348) T7N9.24 [A...	168		4e-76
gi 10121908 gb AAG13418.1 AC000348.15 (AC000348) T7N9.23 [A...	178		2e-75
gi 1086263 pir IA54810 TMV resistance protein N - tobacco (...)	186		7e-75
gi 13947735 emb CAA08798.1 (AJ009720) NL27 [Solanum tuberosum]	195		1e-74
gi 7484909 pir IT06608 disease resistance protein homolog F...	147		2e-69
gi 7484910 pir IT06609 disease resistance protein homolog F...	130		3e-62
gi 13509227 emb CAC35333.1 (AJ310158) N2-C protein [Linum ...]	175		1e-59
gi 7484912 pir IT06144 disease resistance protein homolog F...	141		1e-59
gi 13509213 emb CAC35326.1 (AJ310151) Ngc-C protein [Linum...]	172		4e-59
gi 13509211 emb CAC35325.1 (AJ310150) Ngc-B protein [Linum...]	187		1e-58
gi 13509225 emb CAC35332.1 (AJ310157) N2-B protein [Linum ...]	185		4e-58
gi 13509217 emb CAC35328.1 (AJ310153) N1-B protein [Linum ...]	184		9e-58
gi 13509219 emb CAC35329.1 (AJ310154) N1-C protein [Linum ...]	171		1e-57

다) Clone No. 9-1-4 (2405 bases)

```

CGGCCCGCGTGCAGAAAAATAATCAGATCGGACCAAAAAGTGCAGCAACAAATGTTCCGATGGATGCCTCGACGTCTCTCTCTCCCTTAAAAAGTTGGAATTA
CGACGTGTAAGTACTTGAGCTTTCGAGGTGAATACACACGCCGGAAGTTCACGGGTTTCACGAACCACTCTGCTCCGCGTTGAAGCAGCCAAAGTCAACTCTTTTGTGGCG
AAGGCAGTCTAAGTGAATTGGAGTATCTGAGAAACCGATCTGAATCAGGCAATCCAAGGGTCTAAAGTCGCTGTCATCGTCTCTCTCGGAGAATATGCGGAATCAATATT
TGTCTTGATGATCTGGCGAAGATCATGGAGTGCAGAAGCACTGGGTCAAATGGTTATTCCAATATTCTGTGATGTCCAACCTTCAAAAGTCCGGACACAGACCGGTAC
TTTTGCAACAGCATTTCTGGACCAGAAATGGGGTTCTATGACGCCGAAGAAAGGTTACATCTATGGAGAGACGCTCTTACTGAAGCTGCAAAATTTGTCTGGTTTTATG
TLAGAAACACCAATTGGGACGAAGGCAAAAAGTATATCGGGGAAATGTGCAGAGATCATCAGAGTCTTGCACCGCATACCATGCTTAGCCACCAATCCAGTTGGAATA
GATTCTCGGGTGCAAGAAATCAGTAATATTAGATGTTGGAGGATCACTGATGTTCCGATAATTGGAATTTGGGGTATGGGTGGAGTGGGTAACGACCGGTTGCCAA
AGCCATTTTCAACAAATATCAGAAATTTGTTGATGGTAAAAGTTTTCTTGCTAGTGTGAGAGAAGAAAAGTGGTGAAGTCGCAATACACACTTCTTTCTGATGATTGA
GATCGGGAACATAAAGGTTAGTGAATTGATGAAGGGACCGAGGATATAAAAAAAGACTTGGCAACCAAAATGGTACTTGTGATGATGATGAGGTAGATAGCGTGAAA
CAGTTAGAAGCATTAGCTATAAAACGTGACTCATTGGCCAGGTAGTAGAATTATTATAACCACAAGAGACCAACATTTGCTAAAGATACTAAAAGCGAATAGGATATG
TCATCTACCAGCAATGAATAAAGAAGAAGTCTTTGAGCTCCTTAGTTGGC

```

ATGCCCTTCAGTAAGAATTATCCTAATAAAGAATATCTTCATGTCTCAAGAGAAGTTGTTGATTACTGTGGAGGTTGGCCACTAGCACTTGAAGTTTAggTTCCTATCTA
TCTGGGAAAAGCTCAAGTGAATGGAAAAGTGAGTTGGAGAAATGAAATGTCATCCTCGTGGGAGATTCTCAATAGACTTAAAAAAGCTTTGACGAGCTAGCTGATGA
TGACCTGAAGACTATATTCCTTGATATATCATGTTCTTTACTGGAATGAACAAGGACCATGTCATGAAAATATTGGATGGCTGTGACTTATATCCAGAAAATCGGAATCA
GTGTCCCAAGAACGATGCCTTGTGGCTACTAATGATGATTTACATTGGTGTGATGATTTGCTTCGGACATGGGAAGAGAAAATGTGCGTTTAGAATCCCCTGAC
CCTGGAAAATGCAGTAGGTTATGGCATCAGCAGATGTCTACGGCTATTGAAGGACAAAAGCTGGATGGACTTCTTGGCGATATGGTGGCATTTCCTCAATGGAAATTA
TATTCCTGATTGGTTCAAGTATGTTGGGGATGATGAAGTCTCGATTGTAGTGCCTCAAGGGTTTGGTAGTAATTTAATGGGTTGACTATGTGCTGTGATACTATTCAA
ACAAAACAACCTGAGGATTGTCCGCTTGTCATTTCCGTTGAAAAACAAACCATGCATACTGCTTTGCTCGCCATATAACATATGCCTCGGTACCAACTTTCGTGATTAT
AAAGATCATTATCTTTGGCAGGGCAATTATCGAACGATGTCTCCGTTGTGAAAGGGGGATCAAGTCAACATTTTGTAGGGCCTGCTCAGCCTGGAGATAATTCTGC
AAGAGTGAAGAAAATAGCGGTTGATCTTGTCTGGGACAAAATTTATGAAGAAAATATGGATGATTCGCATCCTGGTTTATATGATTTAAACCCACATCAGGATGTTGTG
TCGGGAGACAATGATGAGGCAGCAACAAGCCGTGCCGATCTGATGAGAACCTACCTTCGAAAATATTGAGGCTGTATAGTATTGGTGGTGGTATGACGAGGTAGGAGC
AAGCACTGATTTATCTGATGAGAACCAAACTCCAAAAGAGGATTGTTTTATTTTTTCAAACCTGCTTCCGTCGTGGTAAAAAACCAGGTAAAGTATTGGTAAAT
TATAGTCTAAAAGTCTTTTAGCACCAAAAAAAAAAAAAAAAAA

Sequences producing significant alignments:	Score	E(bits)	Value
gi 10178211 dbj BAB11635.1 (AB016877) TMV resistance prote...	387	e-106	
gi 3947735 emb CAA08798.1 (AJ009720) NL27 [Solanum tuberosum]	348	2e-94	
gi 1086263 pir I154810 TMV resistance protein N - tobacco (...)	344	2e-93	
gi 12003378 gb AAG43546.1 AF211528.1 (AF211528) Avr9/Cf-9 r...	342	8e-93	
gi 12056928 gb AAG48132.1 AF322632.1 (AF322632) putative re...	337	2e-91	
gi 9965103 gb AAG09951.1 (AF175388) resistance protein LM6...	325	1e-87	
gi 3947733 emb CAA08797.1 (AJ009719) NL25 [Solanum tuberosum]	317	3e-85	
gi 10121908 gb AAG13418.1 AC000348.15 (AC000348) T7N9.23 [A...	301	2e-80	
gi 12056930 gb AAG48133.1 AF322633.1 (AF322633) putative re...	298	1e-79	
gi 13509211 emb CAC35325.1 (AJ310150) Ngc-B protein [Linum...	292	8e-78	
gi 13509225 emb CAC35332.1 (AJ310157) N2-B protein [Linum ...]	292	8e-78	
gi 13509217 emb CAC35328.1 (AJ310153) N1-B protein [Linum ...]	291	2e-77	
gi 7488903 pir I18548 flax rust resistance protein M - fla...	290	3e-77	
gi 13509215 emb CAC35327.1 (AJ310152) N1-A protein [Linum ...]	286	4e-76	
gi 7486351 pir I101916 hypothetical protein F2P3.8 - Arabid...	286	6e-76	
gi 7487334 pir I108196 hypothetical protein T22B4.150 - Ara...	286	6e-76	

[gi|4588048|gb|AAD25965.1|AF093638.1](#) (AF093638) flax rust re... 286 7e-76
[gi|4588066|gb|AAD25974.1|AF093647.1](#) (AF093647) flax rust re... 284 2e-75

라) Clone No. 4'-1-1-2(2205 bases)

AATTCGGGGCCGCTCGACCTACCACTATGCTCATCGCAATTGCTGTCTTGTATTTgATGTCCCTCATCTTCCTCCTCTGCTCCCTCGGCCTCGTCTTCCGCCAAATGAAT
ATCTCCATCCCCGATAAAGCCTCGTTCTCGAACCCCTGCTCGCCCTCATCTCATCGTCTTCCTCCTCCTCCCTCGGCCTCGTCCCTCAACCTCATCGTCTC
CTCTCCGCTCCTCCGCTCCTCTACCTCTTCCGCTTCATCTCATCTTCTCATCTTCTCATCGTCTCCTCCGCTCCCGCTCCCGCTCCTCTCAAAGGCTCTCTCTACG
AAGTGTTCATAAGCTTCAGAGGGGAAGACACAGCAAAAAATTCACGGGCCACCTCCACGAAGCATTGACAAAAGCCGGAATCAACGCCCTTTATTGACGACGAAGAAGT
AGAAGAGGAGAAGATATAACTACCGAAGCTTGTGCAGGCAATCCAGGGTTCTAGGATCTCTATCATCGTCTTCTCAAGACGGTACGGGACTCCAGCTGGTGTCTCGAGGA
GCTGGTTAAGATCATGGAGTGTAGAAGAAGCTAGGGCAATTAGTTTTGCCCATATTCTATGACGTTGATCCTTCGAATGTTAGGAACTGACTGGTAGTTTTGCACAAT
CGTTTCGAAACATACAGATGAAAAGAAGGTAGAGAGGTGGAGAGTCTCTCACTGAAGCTTCGAATTTGTCTGGCTGGGATCTCAAAAACACTTTGGACAGGCATGAA
GCAAAGTTTATCAGGATGATTACTAATCAAGTCACTGTGAAGCTGAACAACAGATACTTCAACGTAGCCCTATCAAGTCGGAATAGATACTCGAGTGCTAAATATCAG
CAATTATTAGGCATCGGAGATTAGATGATGTTCTGTGATTTGGAATTCACGGCATGGTGGAAATAGGTAACAACAGGATGTTAAAGCCATTTATAACGAATTTTATG
AAAGGTTGAAGGTAAAAAGTTCCCTTGAAAAGGTAGGGAAAAGAACTAGTAAAATTGCAAAAACAACCTCTTTTTGATATCTTGCAAAACCAAGACAAAAGGTAAAGCAT
GTTGCTGTAGGGACCCCTTGGTAGGGAAAAGATTTGACGCTTAAGGGTTCTTGTATAGTTGATGATGTAGACGATGTGAAGCAGCTACGCGAATTAGTTGGAATTTG
CCATCTTTTTGGCCCGGGAGCAGAATCATCATCACTAGAAAATGAACGTGTGCTAAAAGAATTTGACGTTGATGAGATATATCGGGAAAATGGAATGGACCAAGAAG
AAGCTCTTGAGCTCCTAAGTTGGCATGCTTTCAAAAAGTAGTTGGTGTCTAGTCAATATCTTGTGCTCACAAGAGAAGTTGTCAATTACTCGCGAGGACTGCCATTGGCT
CTTGAAAGTTTATAGGATCTACTATTTTCAACGAAAGTGTAAATGAATGGAGAAGTATATTGGATGAATGAAAATGATTCCTCGTGGAGAGATTCAGGCACAACCTGAAAAT
AAGCTACGACGGGCTAAATGATCATTACAAGAGGCAGATATTCCTCGATATAGCTTTTTTTTTTATGGAATGGACAAGAAGCATGTATGCAAAATCTTGGATGGTTGTG
GCTTTTATGCAACAACAGGAATCGAGGCTCCTTGTGACCGGTGCCTTGTAACTATTGGTAGAAAAACAAGATTATGATGATGATTTGCTTCGGGATATGGGCAGAGAT
ATCGTGCATGCAGAAAATCCTGGTTCCCTAGAGAACGGAGTCGATTGTGGCATCCTAAAGATGTACATGATGATTTGATAGACAAATCTGGAACCTGAAAAATTTGAAGG
TCTGGCTTTGAATTTGCCGAGTCTTGAAGAGACTAGTTTCAGTACTGATGCGTTTGAATAATGAAAGAGACTGAGATTGCTCCAACCTGAACCTACGTTCCGGCTCACTGGGG
GATACCGATGCTTTCCAAAAAATTAAGATGGTTGTGCTGGCATGGATTCCCATTTGGAGTTCATACC

Sequences producing significant alignments:	Score	E(bits)	Value
gi 10178211 dbj BAB11635.1 (AB016877) TMV resistance prote...	<u>488</u>	e-137	
gi 3947735 emb CAA08798.1 (AJ009720) NL27 [Solanum tuberosum]	<u>395</u>	e-109	
gi 9759045 dbj BAB09567.1 (AB006706) disease resistance pr...	<u>378</u>	e-103	
gi 1086263 pir A54810 TMV resistance protein N - tobacco (...)	<u>361</u>	2e-98	

gi 9965103 gb AAG09951.1	(AF175388) resistance protein LM6...	358	8e-98
gi 12003378 gb AAG43546.1 AF211528.1	(AF211528) Avr9/Cf-9 r...	348	1e-94
gi 12056928 gb AAG48132.1 AF322632.1	(AF322632) putative re...	347	3e-94
gi 10121908 gb AAG13418.1 AC000348.15	(AC000348) T7N9.23 [A...	343	5e-93
gi 10121909 gb AAG13419.1 AC000348.16	(AC000348) T7N9.24 [A...	335	1e-90
gi 7484909 pir T06608	disease resistance protein homolog F...	330	2e-89
gi 13509215 emb CAC35327.1	(AJ310152) NI-A protein [Linum ...	328	2e-88
gi 10177582 dbj BAB10813.1	(AB019223) disease resistance p...	327	2e-88
gi 3947733 emb CAA08797.1	(AJ009719) NL25 [Solanum tuberosum]	326	6e-88
gi 7488903 pir T18548	flax rust resistance protein M - fla...	323	4e-87
gi 4588064 gb AAD25973.1 AF093646.1	(AF093646) flax rust re...	323	5e-87
gi 4588054 gb AAD25968.1 AF093641.2	(AF093641) flax rust re...	322	8e-87
gi 12056930 gb AAG48133.1 AF322633.1	(AF322633) putative re...	322	8e-87
gi 7488901 pir T18546	flax rust resistance protein L6 - fl...	322	1e-86

ㅁ) Clone No. 7'-1-1 (3588 bases)

CGCGCCGCGTCGACATCGGTCGGCAACACAACAACCGCTGCCATTTTTTCAGTCGTGATCTGAACCACTACAGTGCCATAACAATGGATACCGCCATGACAGCCC
ACGAAGCCCTCCTTCATCCTCCTCCATGTCAAAACCTTGGAAATTACGACTTGTTCTTGAGCTTCAGAGGTGAAGACACGGCGCAACGGCTTCACAGGCCACCTCCACGGC
GCATTAAAAGACAGGGGATACCAGGCTTATATGGATCAGGACGATCTAAACAGAGGGGAAGAAATAAAAGAGGAAGCTGTCCGGGCAATCGAAGGGTCGAGGATCTCCAT
CATTGTCTTCTCAAAGAGGTATCGCGATTCCAGTTGGTGTCTGACGAGCTGGTAAGATCATGGAGTGCAGATCCAAACTGGGGCGACATGTTTTGCCAATATTCTATC
ATGTTGATCCTTCACATGTCAGGAAGCAGGACGGAGATTTAGCCGAAGCATTTCTGAAGCACGAAGAGGGCATCGGTGAAGGAACAGATGGCAAGAAACGCTGAAGCTAAA
CAAGAAAGGGTAAAGCAGTGGAAAAAGCTCTTACAGAAGCTGCAAAATTTGTCTGGCCACGATCTTCGTATCACTGATAATGGGCGGAAGCAAAATCTATTAGAGAAAT
TGTGACAATATTATTACGAAATGGCTTATGAGCACAACAACTAAGAGTGGCCAAGCACCAGGTTGGTATCAATTTCTCGCATTCAAGACATTATCAGTCGCTTTTCAA
GTGGCGGATCAAATGTTATTATGGTTGGAATTTGGGGGATGGGTGGATTGGGTAACAACAACAGCTGCCAAAGCCATTTATAATCAAATTCATCATGAGTTCCAATFCAA
AGTTTCTCGCTGATGTTGGCAACCGTCGAAGTAAACATGGTCTAGTTTATTTGCCAAAAAGAACTTATTTATGACATCTTAAAAACGAAGTCTAAAAATAGCAGTGTGTA
TGAAGGTATCGGCTGATAGAAGATCAATTCGACATAGAAGGGTACTTGTTCATCATGGACAACATAGATGAAGTGGGCAATTTGGATGCAATAGTTGGAAATCCTGATT
GGTTTGGTCCAGGAAGTAGAATTATCATAACAACAAGAGATGAACATTTACTAAAGCAAGTGGATTAAGACATATGTGGCTCAGAAATTTGGATGAACGAGAAGCTTTGGAG
CTCTTAGTTGGCATGCCCTTTGGAATAATTTGGCCTAATGAAGAATATCTTGAAGTCTCAGAAAAAGTTGTTTCTTACTGTGGAGGTTGCCACTAGCCCTTGAAGTTTT
AGGTTCTTTTTTGTAAAAAGACCCATAGCAGAGTGGAAAAAGTCAATTTGGAGAAATAAAAAGAACTCCTGAAGGAAAAATAATAAATCCCTAAGAATAAGCTTTGAAG
GGCTAGATGATGCACAGAAGGCTATATTTCTGACATATCTTGTCTTTATTTGGAGAGGACAAGGACTATGTTGCCAAAGTATTAGATGGATGTGGATTTATGCAACA

ATAGGAATCAGTGTCTTCGTGAACGATGCCTTGTAACTGTTGAGCATAACAAGTTGAATATGCATGACTTGCTTCGAGAAATGGCCAAAGTAATCATTCTGAAAAATC
 CCTTGGTGACCCCTGGAAAATGGAGTAGGTTGTGGGATAAACGAGAGGTCATCAATGTATTGACAAAATAAATCTGGAAGTGAAGAAGTTGAAGGACTTGCTCTACCTTGGG
 GTTATCGTCATGACACTGCTTTCAGTACAGAAGCATTTCGCAATCTGAAAAAAGTCTGAGATTGCTTCAGCTCTGCAGAGTAGAGCTGAATGGAGAATACAAGCATCTTCCC
 AAAGAGTTAATATGGTTGCATTGGTTGAATGCCCTTTGAAGTCCATACCAGATGACTTTTTTAATCAAGATAAACTAGTTGTTTTAGAGATGCAGTGGAGCAAAGTGGT
 ACAAGTTTGGGAGGGTTCCAAGTCGCTTCATAACTTGAAAACCCCTTGATCTCAGCGAGTCCAGGTCC

Sequences producing significant alignments:	Score	E(bits)	Value
gi 10178211 dbj BAB11635.1 (AB016877) TMV resistance prote...	683		0.0
gi 1086263 pir A54810 TMV resistance protein N - tobacco (...)	565		e-159
gi 3947735 emb CAA08798.1 (AJ009720) NL27 [<i>Solanum tuberosum</i>]	533		e-150
gi 12056928 gb AAG48132.1 AF322632.1 (AF322632) putative re...	525		e-148
gi 9759045 dbj BAB09567.1 (AB006706) disease resistance pr...	525		e-147
gi 10121908 gb AAG13418.1 AC000348.15 (AC000348) T7N9.23 [A...	509		e-143
gi 9965103 gb AAG09951.1 (AF175388) resistance protein LM6...	484		e-135
gi 10121909 gb AAG13419.1 AC000348.16 (AC000348) T7N9.24 [A...	471		e-131
gi 7484909 pir T06608 disease resistance protein homolog F...	462		e-129
gi 7484912 pir T06144 disease resistance protein homolog F...	459		e-128
gi 8843884 dbj BAA97410.1 (AB025635) disease resistance pr...	457		e-127
gi 10177582 dbj BAB10813.1 (AB019223) disease resistance p...	455		e-126
gi 10178008 dbj BAB11460.1 (AB005233) disease resistance p...	444		e-123
gi 10176947 dbj BAB10096.1 (AB023028) disease resistance p...	437		e-121
gi 9758704 dbj BAB09158.1 (AB017065) disease resistance pr...	437		e-121
gi 10177584 dbj BAB10815.1 (AB019223) disease resistance p...	431		e-119
gi 8953387 emb CAB96660.1 (AL360314) RPP1 disease resistan...	426		e-118
gi 10178009 dbj BAB11461.1 (AB005233) disease resistance p...	426		e-118
gi 6721163 gb AAF26791.1 AC016829.15 (AC016829) putative di...	425		e-117
gi 9758205 dbj BAB08679.1 (AB018109) disease resistance pr...	421		e-116
gi 7485310 pir T14515 hypothetical protein C18G5.30 - Arab...	419		e-116
gi 5302803 emb CAB46044.1 (Z97342) disease resistance RPP5...	417		e-115

⌘) Clone No. 8'-1-2-4(2228 bases)

AATTCGCGCCGCGTTCGACGTGTTATTAGTTCAGAGGTGAGGACACCTGCCGTACTTTCATCAGCCACCTCCACGCTGCCTTACTTGAGAAAAAATCACAACTTATA
 TTGATGACGAGCTTAAAGAGAGAGATGAAATCGCACCTGCCCTTCTCAAAGGAATTAAGGAATCAGAGCTTTCGGTGATCATTCTCGAAAGACTACCGCTCCTCCACC
 TGGTGTTTGGATGAGCTTGTGCATATCCTAGAATGCAAGGAAAAACATGCCAGTGGTAAATACCCATTTTTACGACACCTTCCATCGGATGTGAAATCAACGGGG
 GAGTTATGAGGTTGCATTGCTCAACTTGAAACAACGTTCCAGAACAGTATCGACAAGGTGCACAAGTGGAGGGATGCTTTGACGAATGCAGCAATATATCTGGGTTTA
 ATTCAAAAAATTATGGGACGGATGCTGATTAGTTAAAAAGGTTGTTGAAGATATTGGACCAAAATGTGTCCGCATCATCTCGCATTTAAAGGGCTTTGTTGGAATT
 GAAAGCCGATTGAGCAGGTGCAATGTCTATTGCCATTCATCCAGGACGCTTGCATCAGTATGGGAAATGGGTGGCATTGGCAAGACCACCTTGGCCGA
 GGCTGATTTCCGAGACTCTCTTCTAAATCGAAGCTTCTCTTTCTTAAGAATGTTAGGGAGAACTCAGAACAAGCAAGTGGACTAGATTACTTGGAAAAACACTTC
 TTAAGGAGATATTAAGGAAGAGGTTTATCCATAGGATCAACTATGTTTCGAGAAAGGCTCAGGCGTACAAAGGCTCGTGTGTTCTTGATGATGTGAGTGATTCTATG
 CAATTGGAACTTTAGCTGGCAGAGAAGCAGTCTCTCCGTTTGGCAGTGGAAAGTAGAATCATTATCACAAGTATGAGGACACTTGGGCAAACTGTTGAAGA
 GGATAATCTACAAGTTGAGGAATTAAATACCGGATGACGCTCTTCAAGTCTTCTATTCCGGTCTTCAAGGATAACAGTACTCGTAGAACAGATTATAAAGAGTTGG
 CAGAAAAAGCGGTGGCTTATGCCAAAGGGCTTCCTTTANCTCTTACAGTT
 CTGGGCTCCTGTTCTCAATTGCAAGAGAAAAAGAAGATGGGAAGATGAATTCACAAATGAAACGATTTCCCAGTGAAGATATTGAGAAAGTGTGAGAATAAGTTA
 TGATAGATTGAGAGAAAATGAGAAGGAGATATTCTGGATATAGCATGTTTTCATAAAGGGAAGTCTGCCGTTGACGTAACCAAGATGTTAGATGTTGCGTGGATTCTTTG
 CGACATCTGGAATTAGAATTCTCATTGAGATGTCTCTCATATCAATTGATTCTAAAGGGGGAATGGAAACCATAGAGATGGACGATTGCTACAAGAAATGGGAAGGAA
 ACCATAGAGATGCCAGATTGCTACAAGAAATGGGAAGGAAAATGTTCAAGAACAAGGATTAAGGATCCCGGTAAACGGAGTAGGTTGTTCAATGATGAGGATGCTTA
 TCGTGTATTGAGGAGTAACATGGAACTCCAATATTGAAGCCATAGAGGTTGATTGGTATATGGTGTATCGTGCAAACCTCAAAAAGATGTCTAACCTAACAAATGCTAA
 CTGTGGATAGTGGCTACAATTTGACTGCTTCTCTAGACCTTCCCAATTCTCTTCGTTATCTTGAGTGGTGGGATATCCACTGGAATCTTTGCCGTTAAATTTTTGTCGG
 GAAAATCTAGTTGAGCTTCATATGCCAGGTAGCAAGTTAAGAACTTTGGAAAGAAGCAGATACTGTCAACTTACAAGTTATCAATCTGCTGACTCTGATATCT
 AACTGAAGTCCAAATCTCTCTGGAGTCTAAAAATGTGAAAGATAAATGCCAGGGCTGCCGGAGACTCAAGTATCTTCCAAAGATGCCAGGAAATATTCAATCTTAA
 ATTTAGCATGCAGTGATTAAGGAGTTACCTGAATCAGTTTGGTCTAACGAAAAATTTTCGTAATTTAAGGCAATGCCAAGACCTTAAGAAACTTCCGAGCAAC
 AGGTGTAATGAAAAATCTCGAGAACTCGATCTCGAATCGTCTATAAATTTGAAAACCTTCCAGAAAAA

Sequences producing significant alignments:	Score	E(bits)	Value
gi 9759045 dbj BAB09567.1 (AB006706) disease resistance pr...	432	e-120	
gi 3947735 emb CAA08798.1 (AJ009720) NL27 [Solanum tuberosum]	431	e-119	
gi 1086263 pir A54810 TMV resistance protein N - tobacco (...)	399	e-110	
gi 8843884 dbj BAA97410.1 (AB025635) disease resistance pr...	396	e-109	
gi 12056928 gb AAG48132.1 AF322632.1 (AF322632) putative re...	387	e-106	
gi 7487334 pir T08196 hypothetical protein T22B4.150 - Ara...	384	e-105	

<u>gi 7486351 pir T01916</u> hypothetical protein F2P3.8 - Arabid...	<u>384</u>	e-105
<u>gi 6598711 gb AAD25848.2 AC007197.1</u> (AC007197) putative dis...	<u>383</u>	e-105
<u>gi 6227009 gb AAF06045.1 AC009513.1</u> (AC009513) Strong simil...	<u>380</u>	e-104
<u>gi 7485310 pir T14515</u> hypothetical protein C1865.30 - Arab...	<u>379</u>	e-104
<u>gi 9965103 gb AAC09951.1 </u> (AF175388) resistance protein LM6...	<u>378</u>	e-103
<u>gi 7484909 pir T06608</u> disease resistance protein homolog F...	<u>377</u>	e-103
<u>gi 8953387 emb CAB96660.1 </u> (AL360314) RPP1 disease resistan...	<u>376</u>	e-103
<u>gi 10177582 dbj BAB10813.1 </u> (AB019223) disease resistance p...	<u>375</u>	e-103
<u>gi 10176947 dbj BAB10096.1 </u> (AB023028) disease resistance p...	<u>375</u>	e-103

그림 4. 대목 R gene candidate sequence 분석

1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

131 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

251 270 290 310 330 350 370 390 410

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

391 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

521 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

651 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

781 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

911 920 930 940 950 960 970 P-loop (OLE121) 1010 1020 1030 1040

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1041 1050 1060 1070 1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1171 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1301 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400 1410 1420 1430

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1431 1440 1450 1460 1470 1480 1490 CD2 (OLE1122) 1520 1530 1540 1550 1560

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1561 1570 1580 1590 1600 1610 1620 1630 1640 1650 1660 1670 1680 1690

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1691 1700 1710 1720 1730 1740 1750 1760 1770 1780 1790 1800 1810 1820

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

1821 1830 1840 1850 1860 1870 1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

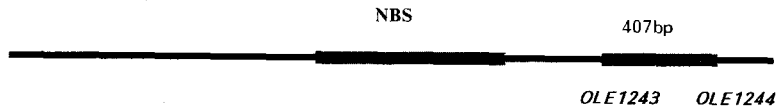
1951 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100

8'-1-2-4
4'-1-2
3'-1-2
4'-1-2
3'-1-2
2'-1-2
1'-1-2
Consensus

6-1-3 (2874bp) 약 4.9 kb



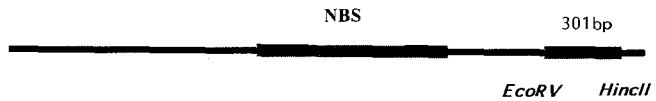
9-1-4 (2405bp) 약 3.6 kb



8'-1-2-4 (2228bp) 약 4.7~4.8 kb



4'-1-1-2 (2205bp) 약 4.2 kb



4-1-2 (2412bp) 약 4.2 kb



7'-1-1 (약3~3.5kb) 약 3.7 kb



그림 6. 대목 R gene candidate sequence analysis

6-1-3

예산삼엽
정선매주
황성환엽

약 4.9 kb →



9-1-4

예산삼엽
정선매주
황성환엽

약 3.6 kb →



8'-1-2-4

예산삼엽
정선매주
황성환엽

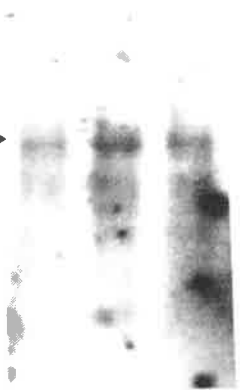
약 4.7 kb →



4'-1-1-2

예산삼엽
정선매주
황성환엽

약 4.2 kb →



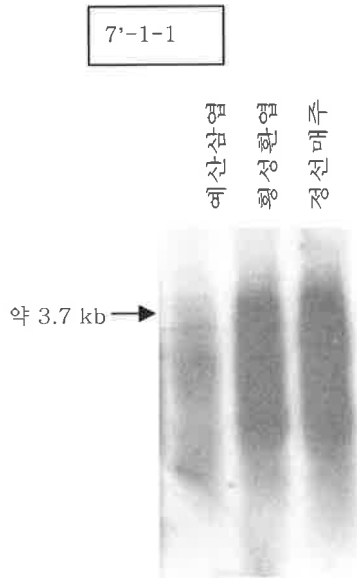


그림 7. 대목 R gene candidate PolyA(+) RNA Northern blotting

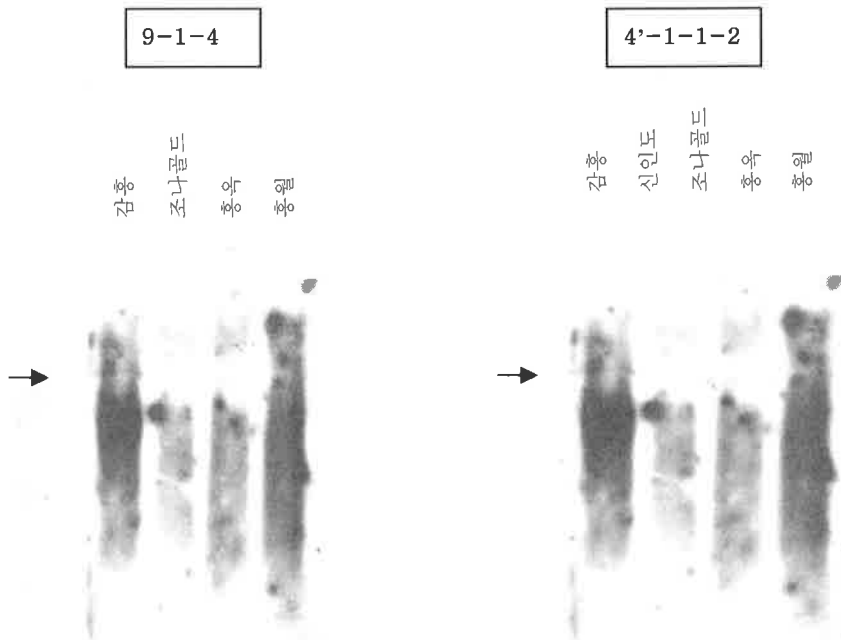


그림 8. 품종별 발현 pattern 조사 (PolyA(+) RNA Northern blotting)

표 1 . 대목(정선매주) R gene candidate 의 발현양상 조사

R gene candidate	대 목			품 종				
	예산삼엽	정선매주	횡성환엽	감홍	신인도	조나골드	홍옥	홍월
4-1-2				nd	nd	nd	nd	nd
6-1-3	+	++	+	nd	nd	nd	nd	nd
9-1-4	+	+	+	+++	nd	+	+	++
4'-1-1-2	+	+	+	+	+++	+	+	+
7'-1-1	+	+++	++	nd	nd	nd	nd	nd
8'-1-2-4	+	++	+	nd	nd	nd	nd	nd

요 약

1. 후지의 small GTP-binding protein을 이용한 내병성 증진에 관한 연구

가. Wound-inducible Rab overproducing vector construction

후지 EST 에서 small-GTP binding protein인 Rab gene의 유전자 서열을 분석하여 size가 966 bp임을 파악한 후, 후지의 Rab 유전자 앞에 Arabidopsis의 blue copper-binding protein(BCB)의 wound-inducible promoter(1.5kb)를 붙였다.

나. 형질전환용 발현 vector에 도입

식물에서의 병충해 침입과정과 동일한 자극에 의해서 발현되도록 하기 위해서 형질전환용 발현 vector 두 종류(pBI121.1, pCGN18)에 BCB (1.5kb)::Rab을 도입하였다.

다. 병저항성 증진에 응용

식물체의 병저항성을 증진시키기 위하여 사과 (맥킨토시 위직) 와 Arabidopsis에 각각 형질전환을 시도하고 있는데 현재 6개의 형질전환체를 얻었다.

2. 후지의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현특성 조사

가. NBS domain DNA fragment cloning

Degenerated primer를 제작하여 PCR cloning 하여 16개의 candidate의 homology를 비교하여 6 group으로 나누고 cDNA에서 발현되는 3 group 중 2 group을 선택하였다.

나. cDNA library screening 및 sequence 분석

선택된 NBS domain clone을 탐침으로 initial pfu가 2106 pfu로 제작된 후지 cDNA library를 screening하여 병저항성 유전자를 cloning하였다. 획득한 저항성 유전자 후보는 그 길이가 1726 bp이고, 3'-UTR은 34 bp로 추정된다(그림 1. 참조). 이 유전자에서 추론된 단백질은 다른 저항성 유전자에서 잘 보존된 TIR-NBS 구조를 가지며, 다른 저항성 유전자 특히 담배의 N과 감자의 NL25와 높은 유사성을 보였다.

다. 발현특성 조사

후지의 염색체 DNA에 대해 Southern analysis를 수행한 결과, 획득한 저항성 유전자 후보는 여러 종류의 family가 존재할 것임을 파악하였다.

획득한 저항성 유전자의 각 조직별 발현을 보기 위하여 어린 잎 cDNA, 꽃 전체 cDNA, 초기 꽃눈 cDNA를 주형으로 하고 OLE 1164, OLE 1165를 사용하여 PCR을 수행한 결과 어린 잎, 꽃 전체, 초기 꽃눈에서 예상한 PCR 산물의 크기인 930 bp를 얻었다. 어린잎에서 가장 많이 발현되었고, 어린잎의 발현 정도에 비해 초기 꽃눈에서는 50% 정도, 꽃 전체에서는 약간 발현되었다.

라. 사과 병저항성 증진에 응용

형질전환용 발현 vector인 pCGN18에 먼저 일부 확보된 partial fragment와 full length fragment를 cloning하여 사과와 Arabidopsis에 형질전환하여 병저항성을 측정하고 있다

3. 대목(정선매주)의 병저항성 유전자의 cloning 및 발현특성 조사

가. NBS domain DNA fragment cloning

Degenerated primer를 제작하여 PCR cloning 하여 36개의 candidate를 4 group으로 나누고 이 중 3 group에서 5개를 선택하였다.

나. 정선매주 잎의 cDNA library 제작

야생종에서 병저항성인자를 확보하기 위해, 정선매주(*M. baccata*)의 cDNA library를 제작하였다. Phytopure resin extraction과 CsCl precipitation 방법을 변형하여 얻은 total RNA에서 cDNA를 합성하고 λ -ZAPII vector에 cloning 하여 initial pfu가 7×10^5 pfu 인 library를 만들었다.

다. cDNA library screening

확보한 5개의 NBS domain 절편들을 탐침으로 하여 cDNA library screening을 수행하였다. 1차(~8105 pfu) , 2차(~1106 pfu), 3차(~1106 pfu)의 screening 후 11개의 candidate를 *in vivo* excision 하여 phagemid 로 얻어낸 후 제한효소로 mapping을 해서 동일성을 파악하였다.

라. Candidate의 sequence 분석

11개중 3개의 clone들은 8개의 clone들 중 일부와 같은 clone이었다. 8개의 후보 clone들은 sequence analysis를 수행하여 insert size를 알아내었다 (Fig 4. 참조) . 일부 밝혀진 염기서열을 BlastX 로 search한 결과 2개는 각각 riboflavin synthase α , vacuolar ATP synthase와 homology가 높았고, 나머지 6개는 감자의 NL25, NL27, 담배의 N gene등과 homology가 높았다(그림 4. 참조). NBS domain의 위치는 candidate 마다 약간씩 달랐지만, 한 candidate(4-1-2)를 제외하고는 모두 약 500 bp 정도의 domain size 를 갖고 있었다. 4-1-2는 NBS domain중 CD2만이 insert의 N-terminal쪽에 위치하고 있으므로 앞으로 5'end의 sequence를 더 확보해야 할 것이다. Full

length size를 파악하기 위하여 PolyA(+) RNA northern blotting을 수행하였는데, probe로는 specific한 부분을 enzyme cutting과 PCR product로 만들어 사용하였다. 6개의 candidate 모두 5end sequence를 확보하기 위하여 5RACE를 수행하고 있다.

마. 발현특성 조사

일부 혹은 모든 candidate에 대해 품종별, 대목종류별 northern blotting 수행하였다. 우선 대목 종류별 발현정도의 차이에서 보면 2개의 (6-1-3, 8-1-2-4)candidate는 origin인 정선매주에서 보다 예산삼엽, 횡성환엽에서 약한 발현정도를 보였고, 4-1-1-2와 9-1-4은 거의 같은 정도로 발현되었다. 7-1-1은 정선매주>횡성환엽>예산삼엽 순으로 강하게 발현되었다. 품종별 발현 정도의 차이는 일부 candidate에서만 보았는데, 9-1-4의 경우는 감홍에서 높은 발현을 보였고, 4-1-1-2는 신인도에서 높은 발현을 나타내었다.

바. 사과 병 저항성 증진에 응용

여러 종류의 저항성 유전자 후보의 확보된 partial fragment와 full length fragment들을 형질전환용 vector(pCGN18, pBI121.1)에 construction하여 사과와 arabidopsis에 형질전환하여 다양한 사과 병충해에 대한 저항성증진을 측정하고 있다.

참고문헌

1. Agrios, G. N. (1997) How plants defend themselves against pathogens. In Plant pathology : Academic Press, pp. 93 - 114.
2. Alber, T. (1992) Structure of the leucine zipper. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 2, 205 - 210.
3. Baker, B. , Zambryski, P. , and Dinesh - Kumar, S. P. (1997) Signaling in plant - microbe interactions. *Science* 276, 726 - 733.

4. Bent, A. F. (1996) Plant disease resistance genes : Function meets structure. *Plant Cell* 8, 1757 - 1771.
5. Cook, R. J. and K. F. Baker. (1989) Why biological control?. In *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens* : Academic Press, pp. 1 - 29.
6. Cornelissen, B. J. C. and L. S. Melchers. (1993) Strategies for control of fungal diseases with transgenic plants. *Plant Physiol.* 101 , 709 - 713
7. Dixon, M. S., Jones, D. A., Keddie, J. S., Thomas, C. M., Harrison, K., and Jones, J. D. G. (1996) The tomato *Cf-2* disease resistance locus 8. comprises two functional genes encoding rich repeat proteins. *Cell* 84, 451 - 459.
9. Fry, W. E. (1982) *Principles of Plant Disease Management* : Academic Press.
10. Greenberg, J. T. , A. Guo, D. F. Klessig and F. M. Ausubel. (1994) Programmed cell death in plants : A pathogen - triggered response activated coordinately with multiple defense functions. *Cell* 77 , 551 - 563. *in Plant Biology* 2, 280 - 286.
11. Sano, H., Seo, S., Orudjev, E., Youssefian, S., Ishizuka, K. and Ohashi, Y. (1994) Expression of the gene for a small GTP binding protein in transgenic tobacco elevates endogenous cytokinin levels, abnormally induces salicylic acid in response to wounding, and increase resistance to tobacco mosaic virus infection. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91. 10556-10560
12. Lamb, C. J., M. A. Lawton, M Dron and R A Dixon. (1989) Signals and transduction mechanisms for activation of plant defenses against microbial attack. *Cell* 56 , 215 - 224.
13. Lee, D. K. , W. C. Kim, Y. U. Shin, S. J. Kang and B. W. Yae. (1995) The prospects and utilization of biotechnology for the

improvement of fruit breeding. In Proceedings of the 9th plant biotechnology symposium plant breeding and molecular biology, 137 - 170

14. Moore, J. N. and J. Jenick(eds). (1983) Methods in fruit breeding. Purdue Univ. Press.
15. Owttrim, G. W. , S. Hofmann and C Kuhlemeier. (1991) Divergent genes for translation initiation factor eIF - 4A are coordinately expressed in tobacco. *Nucleic acids Res.* 19, 5491 - 5496.
16. Schumann, G. L. (1991) Pesticides in Plant Diseases : Their biology and social impact : APS
17. Williams, E. B. and J. Kuc. (1969) Resistance in *Malus to Venturia inaequalis*. *Ann. Rev. Phytopathology* 7, 223 - 246.
18. Xiao-Dong Wang, Zi-Ping Wang and Yu-Ping Zou (1996) *Plant Molecular Biology Reporter* 14 , 369 - 373.

제 3 장

대묘 대량 생산 체계 확립

여 백

제 3 장 대묘 대량 생산 체계 확립

제 1 절 M.9 대목의 실용적인 증식방법 개발

서 설

사과의 저수고 밀식재배 효과를 높이기 위해서는 적절한 왜화성이 있는 자근대목에 접목된 곁가지가 많이 착생된 충실한 사과묘목을 재식하는 것이 기본요건이라고 할 수 있다. 근래 세계적으로 많이 이용되고 있는 M9 대목에 접목된 사과묘의 재식밀도는 ha당 2000~4000 주이므로 개원시에 막대한 묘목대금이 소요된다. 따라서 개원비를 줄이기 위해서는 묘목생산비를 최대한으로 낮추어야 한다. 자근대목 사과묘목 생산을 위해서는 먼저 자근대목을 번식해야 하는데, M9 대목은 세계적으로 묻어떼기 방법이 널리 실용화되고 있다.

사과나무 대목의 묻어떼기 방법으로는 세워묻어떼기와 이랑묻어떼기 방법이 있으며, 이랑묻어떼기 방법이 더 널리 이용되고 있다. 우리나라에서는 M9대목의 실용적인 번식방법에 대한 실험연구가 미흡하여, M9 대목을 이용한 사과묘 생산에 큰 문제가 되고 있다. 사과나무 영양계 대목의 묻어떼기에 있어서 발근율을 높이기 위해서는 신초생장 초기(8~12cm 생장 시)에 1차 복토를 실시하여 신초 기부의 황화를 유도하고, 복토부위의 적습조건과 통기성이 적절하게 유지되는 조건이 만족되어야 한다는 것으로 알려져 있다.

본 실험은 묘목생산자 또는 농민이 실용화 할 수 있는 M9 대목의 번식체계를 확립할 목적으로 경북대학교 부속농장에서 묻어떼기 방법, 복토시기, 복토재료, 복토깊이 등에 대한 실험을 실시하는 한편, 10a 당 대목생산량에 대한 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 대목모수는 1996년 2월 이태리 남티롤에서 도입한 M9 T337 계통의 바이러스 무독 자근대목 이었으며 묘목의 크기는 하부직경이 6~8mm, 전체길이 25cm내외(선단부 절단)였다. 1996년 3월 20일에 열간거리 1.0+0.4m에 포기사이 35cm로 2열 재식하였다. 지상부 노출길이는 약 5cm정도로 하였다. 적절한 비배관리를 한 결과 1996년 11월에는 대목의 지상부 10cm 직경이 10~11mm정도, 신초길이 60~90cm로 자랐다. 대목모수에서 발생한 신초는 제거하지 않고 방임한 결과 모수 1주당 6~7개의 신초가 발생한 것도 있었으나 평균 3개 정도였다. 1997년에 1열 건너 1열을 굴취하여 열간거리 2.4m+0.4m, 포기사이 35cm의 2열 재식의 상태에서 1997년부터 번식 실험에 이용하였다.

1. 성토 묻어떼기와 이랑묻어떼기의 실용성 검토

가. 1년 차(1997년)

1) 처리내용과 방법

처리구 No.	묻어떼기 방법	복토재료	복토시기				
			6월 3일	6월 14일	6월 19일	7월 15일	7월 23일
1	세워묻어떼기	톱밥+발효(1:1)	○	×	○	×	○
2	(M)	톱밥+발효(1:1)	×	×	○	×	○
3		톱밥+발효(1:1)	○	×	○	×	○
4		톱밥+발효(1:1)	×	×	○	×	○
5	세워묻어떼기	왕겨+발효(1:1)	○	×	○	×	○
6	+이랑묻어떼기	왕겨+발효(1:1)	×	×	○	×	○
7	(M+T)	왕겨+발효(1:1)	×	×	×	○	○
8		사양토	×	○	×	×	×
9		톱밥단용	×	×	○	×	×

세워묻어떼기 시험구는 모수에서 발생한 신초를 3월 20일경 지상 약 5cm 남기고 절단하였다. 모수당 신초수가 많은 것은 6~7개에 달하였다. 세워묻

어떼기 + 이랑묻어떼기 시험구는 모수에서 발생한 신초중 수직방향으로 발생한 것은 지상 5cm에서 절단하고 땅에 휘어줄 수 있는 신초는 지면에 닿도록 휘어주고 철사를 꽃아 고정하였다. 휘어준 신초는 성장량의 3분의 1정도를 절단하여 길이를 단축하였다. 이랑묻어떼기 시험구를 배치하지 못한 것은 수직방향으로 자란 신초를 수평유인 할 수 없었기 때문이었다.

톱밥 또는 왕겨와 발효과의 혼합방법은 각각의 재료를 2.4m 넓이의 열간에 약 20cm 깊이로 덮은 후 트랙타의 로타리로 약 20cm 깊이의 발효과 고무섞이도록 하여 발효과의 혼합비가 각각 1 : 1 정도로 만든 것을 사용하였다. 복토방법은 삽으로 복토 재료를 퍼올려 신초사이에 고무 들어가도록 손으로 빈 공간을 채워가면서 부어주었다. 1회 복토 깊이는 약 10cm 정도로 하였고, 최종복토 깊이는 약 30cm정도가 되도록 하였다. 사양토 복토구는 6월 14일에 15cm깊이로, 톱밥단용구는 6월 19일에 20cm 깊이로 복토하고 그 이후에는 복토를 추가하지 않았다. 최초의 복토시기는 6월 3일로서 대목의 신초 길이는 약 35cm 정도였고, 7월 15일 복토시의 신초길이는 약 60cm 정도였다.

2) 시험구 배치

1 처리구당 150~200주의 모수(전체 1,700주)를 사용하였으며, 시험구의 반복은 두지 않았다.

3) 포장관리

생육기간 중 건조기에는 분무호스를 열간에 설치하여 관수를 실시하였고, 시비는 4월 9일에 과수복합비료(13-6-10) 60kg/10a, 5월 20일에 과수복합비료 60kg/10a, 6월 19일에 수도용 복합비료(21-17-17) 60kg/10a를 열간을 제외한 이랑에 사용하였다. 퇴비는 1996년 봄 재식전에 계분함량이 높은 톱밥퇴비를 10a당 약 5,000kg를 전면에서 사용하고 1997년도에는 생략하였다. 살균제와 살충제를 단용 또는 혼용하여 연간 7회 살포하였고, 열간은 제초제 2회, 이랑내의 잡초는 손으로 2회 제초하였다.

4) 발근 및 생육조사

12월 상순에 처리구별로 15주 내외를 임의로 택하여 복토를 제거하고 신초의 기부 1~2cm를 남기고 절단하여 생육 및 발근상태를 조사하였다.

나. 2년 차(1998년)

1) 처리내용과 방법

처리구 No.	문어떼기 방법	복토재료	복토시기			
			4월 29일	4월 28일	5월 7일	5월 29일
1	세워문어떼기 (M)	톱밥+발흙(1:1)	○	×	○	○
2		톱밥+발흙(1:1)	●	×	×	○
3		톱밥+발흙(1:1)	×	○	○	○
4		톱밥+발흙(1:1)	○	×	○	○
5		톱밥+발흙(1:1)	●	×	×	○
6		톱밥+발흙(1:1)	×	○	○	○
7		톱밥+발흙(1:1)	×	×	○	○
8	세워문어떼기 + 이랑문어떼기 (M+T)	왕겨+발흙(1:1)	●	×	○	○
9		왕겨+발흙(1:1)	×	×	×	○
10		왕겨+발흙(1:1)	×	○	○	○
11		왕겨+발흙(1:1)	×	×	○	○
12		왕겨+발흙(1:1)	×	×	×	○
13		사양토	○	×	○	○
14		사양토	●	×	×	○
15		톱밥 단용	×	×	○	○

※ 비고 : 4월 9일 복토구 중 ●표시는 발아전 복토로 인하여 신초의 지상부 노출이 억제되는 것을 관찰하고 복토부분을 5월 2일에 제거한 것을 의미함.

1997년도 대목 수확후의 모수를 그대로 이용하였고 복토 방법도 동일하다. 다만 복토시기는 전년도에 비해 빠른 4월 9일부터 5월 29일에 걸쳐 1~3회 실시하였다. 4월 9일 발아직전(정단 신초의 일부발아)복토구는 약 3cm 깊이로 복토하였다. 복토의 깊이는 복토시기가 빠를수록 얇게 하였고, 시기가 늦을수록 10~15cm 정도로 깊게 하였다. 최종 복토깊이는 25cm 이상을 목표로 하였다.

2) 시험구 배치

처리구 당 재식열 길이로 20~30m를 사용하였으며, 시험구의 반복은 두지 않았다.

3) 포장관리

스프링클러로 관수하여 적습상태가 유지되도록 하였고, 시비와 기타 관리는 1997년도와 같은 방법으로 하였다.

4) 발근 및 생육조사

이랑길이 6m 내외를 임의로 택하여 1997년과 같은 시기와 방법으로 증식된 대목의 생육과 발근상태를 조사하였다.

다. 3년차(1999년)

1) 처리내용과 방법

1998년도 대목 수확후의 모수를 그대로 이용하였고 복토재료는 톱밥+발흙(1:1)만 두었다. 복토깊이를 각각 15cm와 25cm로 하는 처리구를 두어, 15cm 복토 처리구는 5월 17일에 약 7cm, 6월 2일에 약 8cm 복토하여 최종 복토깊이가 15cm가 되게 하였고, 25cm복토 처리구는 5월 17일에 약 7cm, 6월 2일에 약 8cm, 6월 22일에 약 10cm 복토하여 최종복토깊이가 25cm가 되게 하였다.

2) 시험구 배치

처리구 당 재식열 길이로 30~40m를 사용하였으며, 시험구의 반복은 두지 않았다.

3) 포장관리

퇴비를 3월 중순경 5,000kg/10a, 과수복합비료를 4월 상순 60kg/10a, 5월 하순 60kg/10a를 열간을 제외한 이랑에 시용하였고 기타 관리는 전년도에서와 같이 하였다.

4) 발근 및 생육조사

이랑길이 8m 내외를 임의로 택하여 전년도에서와 같은 방법으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 1년차

사양토구는 6월 14일에 15cm 깊이로 1회만 복토하였는데 53.1%의 발근율을 나타내어 톱밥+발효구의 6월 19일 복토구 및 왕겨+발효구의 6월 3일 복토구와 6월 19일 복토구의 발근율과 비슷한 결과를 보였다. 6월 19일의 톱밥 단용 20cm 깊이 1회 처리구의 발근율은 31.7%로 낮았는데 이것은 적절한 습도조건이 유지되지 못한 때문이라고 생각된다.

발근율에 큰 영향을 미친 요인은 복토시기로서 1차 복토가 6월 3일에 실시된 톱밥+발효 처리구에서는 M 처리구와 M+T 처리구가 각 70.4%와 68.5%의 발근율을 보였고 1차 복토가 6월 19일에 실시된 같은 처리구들에서는 각각 33.6%와 57.5%의 발근율을 보여 복토시기가 늦어짐에 따라 발근율이 현저하게 낮아짐을 알 수 있었다. 1차 복토시기가 7월 15일로서 가장 늦었던 M+T처리구의 왕겨+발효 복토구에서도 35.4%의 발근율을 나타내어 복토시기가 늦어도 상당한 수준의 발근력이 있음을 알 수 있었다.

표 1. 물어떼기 방법, 복토재료 및 복토시기가 M9 대목의 증식에 미치는 영향

문어떼기 방법	복토재료	최초복토 시기	대목수/주	대목길이 (cm)	발근율 (%)	뿌리수/대목	뿌리수/발근개체
M	톱밥+발효	6.3	5.89	82.0	70.4	2.37	3.51
M	톱밥+발효	6.19	5.61	73.2	33.6	1.02	2.21
M+T	톱밥+발효	6.3	9.90	75.6	68.5	2.00	2.84
M+T	톱밥+발효	6.19	7.64	74.8	57.5	1.28	2.29
M+T	왕겨+발효	6.3	8.50	69.1	55.0	1.70	2.95
M+T	왕겨+발효	6.19	8.45	71.3	50.5	1.38	2.33
M+T	왕겨+발효	7.15	9.08	70.8	35.4	0.70	1.6
M+T	사양토	6.14	5.91	83.6	53.1	2.43	4.26
M+T	톱밥단용	6.19	8.55	60.5	31.7	1.06	2.76

* M : 세워문어떼기, M+T : 세워문어떼기+이랑문어떼기, 1997

Quamme & Brownlee(1990)가 M9대목으로 3년 간 조사한 결과, 발근율이 71.6% 였고 New York 농업시험장(1965)에서 23년 생 모수에서 조사한 결과에서는 발근율이 50% 였다고 한 보고와 비교할 때 본 시험의 6월 3일 복토구의 발근율이 낮지 않았다.

본 실험에서 복토시기가 가장 빠른 처리구가 6월 3일로서 신초길이가 30cm이상 되는 것이 많았는데, 이와 같이 복토가 늦어진 까닭은 강우로 인한 토양의 과습상태 때문에 복토적기로 인정되는 5월 15일~20일에 실시하지 못하였다.

점질토양이 아닌 사토 또는 사양토에 번식포장을 조성하여 강우 이후 짧은 시일 안에 복토작업이 가능하다면 일반적으로 추천되고 있는 복토시기 즉 신초길이가 8~13cm정도일 때 신초길이의 2분의 1정도를 1차 복토해 줌으로서 발근율을 더욱 높일 수 있을 것으로 추정된다.

모수 1주 당 발근 대목수가 6월 3일 복토의 경우 M-톱밥+발효 처리구에서는 약 4개, M+T-톱밥+발효 처리구에서는 약 7개로서 뉴욕농업시험장(1965)에서 보고한 재식 2년 차의 발근 대목수 3개에 비하여 처리구에 따라 비슷하거나 2배 이상 많았다. 이것은 번식모수의 1년 차 생육상태가 좋았고, M+T 처리구는 앞에서 논한 바와 같이 신초발생수가 많았기 때문이라고 추정된다. 뉴욕농업시험장(1965)의 보고에 따르면 모수의 수령이 증가함에 따라 발근대목수가 증가하여 재식 6년 차에는 모수 1주 당 12개, 재식 23년 차에는 21개를 채취하였다고 한다. 재식 23년 차에는 10a당(3m×0.4m로 재식하여 817본의 모수) 17,058개의 발근대목을 생산할 수 있었다고 하였다.

본 실험에서는 10a당 2,040주의 모수를 재식하여 모수의 재식 2년 차인 1997년에 M 처리구에서는 10a당 8,000개, M+T 처리구에서는 13,870개의 발근대목을 생산할 수 있었으며, 모수의 수령이 증가함에 따라 생산 대목수는 증가될 것으로 예상된다.

본 실험에서는 열간거리를 2.4m+0.4m로 하고 2줄로 재식하였으나 복토작업의 기계화를 편리하게 하기 위해서는 열간거리를 1.3~1.5m로 하고 1줄로 심는 것이 적당할 것으로 생각된다. 단위면적 당 수확 대목수를 증가시키기 위해서는 가능한 한 열간거리와 주간거리를 좁게 하여 재식밀도를 높일 필

요가 있으나 관리기를 사용하여 복토작업을 편리하게 하기 위해서는 1.5m 정도의 열간거리가 필요할 것으로 생각된다.

외국에서는 트랙터를 사용할 경우 열간거리가 적어도 2.5m 이상이 되도록 권장하고 있다. 우리나라에서도 번식포장의 규모를 대형화 할 경우에는 트랙터를 사용할 수 있도록 열간거리가 넓어야 대목수확의 기계화가 가능할 것이므로 단위면적당 수확대목수가 감소되더라도 열간거리를 넓게 해야 할 것으로 생각된다.

발근대목의 발근수는 1~10개로서 평균 약 3개인데 재식 후 활착하여 당년 8월의 눈접 또는 다음해 봄 절접에 지장이 없을 정도로 성장할 수 있으므로, 문제가 되지 않는다고 생각된다. 발근대목의 하부직경은 신초길이와 높은 상관을 나타냈으며, 평균길이 70.0cm, 평균 직경 9mm 였다.

2. 2년차

표 2. 묻어떼기 방법, 복토재료 및 복토시기가 M9 대목의 증식에 미치는 영향

처리 구 No.	묻어떼기 방법	복토재료	최초 복토시기 (월/일)	대목수/ 주	대목길이 (cm)	직경 (mm)	발근율 (%)	뿌리수/ 발근개체
1	M	톱밥+발흙	4/9	6.3	71.7	6.9	95.8	10.3
2	M	톱밥+발흙	4/9 (5/2제거)	6.8	59.3	5.6	92.0	7.7
3	M	톱밥+발흙	4/28	8.8	79.8	7.3	95.5	17.1
4	M+T	톱밥+발흙	4/9	8.4	75.8	6.9	97.4	12.8
5	M+T	톱밥+발흙	4/9 (5/2제거)	7.8	59.3	5.8	82.9	7.0
6	M+T	톱밥+발흙	4/28	9.7	70.9	6.7	92.8	15.0
7	M+T	톱밥+발흙	5/7	11.0	79.8	6.6	86.4	15.9
8	M+T	왕겨+발흙	4/9	8.6	64.2	7.0	91.9	7.3
9	M+T	왕겨+발흙	4/9 (5/2제거)	8.4	67.0	7.2	85.1	7.2
10	M+T	왕겨+발흙	4/28	11.4	62.0	6.3	85.1	10.6
11	M+T	왕겨+발흙	5/7	12.1	58.6	5.9	87.1	9.0
12	M+T	왕겨+발흙	5/29	12.4	69.9	7.2	75.0	7.8
13	M+T	사양토	4/9	11.0	62.7	5.5	84.8	13.6
14	M+T	사양토	4/9 (5/2제거)	11.9	74.0	6.0	79.5	7.6
15	M+T	톱밥	5/7	13.2	63.7	6.1	81.0	10.4

* M : 세워묻어떼기, M+T : 세워묻어떼기+이랑묻어떼기, 1998

대목모수 1주 당 대목 발생수는 M+T 처리구에서 평균 10.6개(개체에 따라 8.4~12.4개)였고, M 처리구에서 평균 7.3개(개체에 따라 6.3~8.8개)였다. 복토재료에 따른 차이는 없는 것으로 보였다(표 2). 번식모수 당 대목 발생수는 복토시기에 따른 차이가 분명하지 않았으나 복토시기가 늦어질수록 증가하는 경향이였다. M+T 처리구가 M 처리구가 모수 당 대목발생수가 많은 것은 전년도 처리시에 수평으로 유인할 수 있는 발육지를 수평 유인하여 번식에 이용하였기 때문에 1997년 뿐 만 아니라 1998년에도 M 처리구가 모수 당 신초 발생수가 많았기 때문이라고 생각된다. 복토시기가 늦어질수록 대목 발생수가 증가하는 경향을 보인 것은 복토시기가 빠르면 늦게 발아하여 신초길이 짧은 신초는 복토시에 묻혀버리기 때문이라고 생각된다.

이상의 결과로 볼 때 M9 대목을 묻어떼기 방법으로 번식시키려고 할 때 대목모수의 크기가 불충실하여 번식포에서 1년을 더 키운 다음에 번식에 사용할 경우에는 대목 모수를 바로 세워 재식하고, 지상부를 3cm내외로 짧게 절단하여 발생신초를 모두 자라게 한 다음해에 직립한 1년 생 가지는 모두 수평유인하여 신초발생을 많게 하는 것이 단위면적 당 번식 초기의 대목생산수를 많게하는 방법임을 알 수 있었다.

대목모수의 크기가 커서 주간직경이 8mm이상, 가지길이 70cm 이상 되는 것을 재식 할 때 45° 정도로 비스듬히 심고 발아전에 수평으로 고정하여 이랑묻어떼기(Trench Layering)방법을 택하는 것이 적어도 번식초기 수년간의 대목생산수를 많게 하는 방법이라고 생각된다.

대목의 발근율은 묻어떼기 방법 간에는 차이가 없는 것으로 보였다. 복토재료에 있어서는 톱밥+발흙 혼용구와 왕겨+발흙 간에는 발근율에 차이가 없는 것으로 보였다. 그러나 이들 재료에 비해 사양토와 톱밥단용구는 발근율이 약간 떨어지는 경향을 보였다. 사양토와 톱밥처리구는 실험포장 중 스프링클러 관수시에 바람이 불면 충분한 관수가 되지 못하는 위치에 있어 생육기간 중 발근부위의 습도조건이 적절하지 못한 때가 있었기 때문에 발근에 영향을 미친 것이 아닌가 추정된다.

발근율은 최초 복토시기에 따라 큰 차이를 보였다. 즉 사양토와 톱밥구를 제외한 복토재료구에서 발근율을 볼 때 최초 복토시기가 4월 9일 처리구에

서는 91.9~97.4%(평균95%), 4월 28일 처리구에서는 85.1~95.5%(평균 91.1%), 5월 7일 처리구에서는 86.4~87.1%(평균 86.8%), 5월 29일 처리구에서는 75%로서 최초 복토시기가 늦어짐에 따라 발근율이 떨어졌다.

최초 복토시기가 4월 9일 이었으나 5월 2일 복토를 제거한 처리구 2, 5, 9는 복토 때문에 신초의 지상부 노출이 불량하여 복토를 제거하고 신초를 다시 발생시켜 5월 29일에 복토를 실시하였기 때문에 실제로 최초 복토시기가 5월 29일이라고 할 수 있다. 그러나 발근율은 82.9~92%(평균 86.7%)로서 최초 복토시기가 5월 29일인 처리구 12보다 월등하게 높은 것은 대부분의 신초가 5월 2일 이후부터 발아 및 생장이 시작되어서 복토 할 당시 신초의 발근조건이 처리구 12의 것과는 달랐기 때문이라고 판단된다.

최초복토 시기별로 대목신초의 길이를 보면 4월 9일에 정아의 일부가 발아한 상태였고, 4월 28일에 10~11cm, 5월 7일에 17~18cm, 5월 28일에 38~43cm 였다.

이상의 결과로 볼 때 최초복토 시기를 될 수 있는 한 평균 신초장이 17~18cm되는 5월 상순 이전으로 앞당기는 것이 좋으나 발아전 복토는 복토깊이를 2~3cm 정도로 얇게 하지 않으면 신초의 생장(지상부 노출)을 저해하기 쉬우므로 실용화는 곤란하고, 평균신초길이가 10cm 정도일 때는 이보다 짧은 신초의 수가 많아 관리기로 복토 할 경우 복토에 묻혀버리는 개체가 많아진다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 손으로 복토에 묻힌 신초를 노출시켜야 하므로 노동력이 더 들게 된다.

그러므로 대면적 번식포장에서는 평균신초길이가 15~17cm 정도 되는 5월초에 최초복토를 실시하는 것이 바람직하다고 생각되며, 소규모 번식포장에서는 신초길이가 10cm 정도일 때 하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 1998년에는 예년에 비해 발아가 1주일 정도 빨라 신초생장도 빨랐다. 따라서 최초복토시기는 지역과 해에 따라 신초생장 상태를 보아 판단하는 것이 바람직하다.

대목의 크기를 직경별로 조사한 바 4mm 이하가 29.6%, 5~7mm가 28.9%, 8~9mm가 35.5%, 10mm 이상이 7.2%이었다. 지금까지의 경험으로 볼 때 직경 4mm 이하의 대목이라도 재식 후 정상적인 관리를 하면 1년 후 접목번식에 지장이 없을 정도로 성장하므로 대목의 크기는 큰 문제가 되지 않는다고 생각된다.

대목의 크기별 발근율을 보면 직경 4mm 이하의 것은 68.4%이었으나, 5mm 이상의 것은 94.4~97.8%로서 직경이 클수록 발근율이 높았다. 특히 10mm 이상의 것은 처리구5를 제외하면 100%의 발근율을 나타냈다. 처리구 5는 최초복토시기가 4월 9일 이었으나 5월 2일에 복토를 제거하고 5월 29일에 복토를 하였기 때문에 복토제거 시에 이미 성장하였던 신초의 발근율이 낮았던 것으로 해석된다.

10a당 발근대목수를 조사한 결과 12,630개였는데, 실험에 사용된 번식포장은 1996년 봄에 수입된 대목을 재식 한 것 중 고사한 것이 부분적으로 섞여있었던 점을 감안하면, 고사주 없이 관리된 포장일 경우 15,000개 이상이 생산될 수 있었을 것으로 생각된다.

열간거리 1.4m, 포기사이 0.4m로 재식하고, M+T 처리구의 4월 28일(신초길이 평균 10cm)과 5월 7일(신초길이 평균 17cm) 복토시기구의 모수 당 대목수 10.6개와 발근율 90%를 기준으로 하면 10a당 17,035개의 발근대목을 생산할 수 있는 것으로 계산된다.

실험에 사용된 번식포장의 토양조건이 점질토양으로서 통기성과 비옥도가 불량한 점과 2열식으로 재식 된 점을 고려하면, 토양조건이 좋은 토양에서 1열식으로 재식 할 경우 모수 1주 당 대목수와 발근율이 본 실험에서 얻은 결과보다 증가되어, 발근대목수도 증가될 수 있을 것으로 추정된다.

뉴욕농업시험장(1965)에서 재식 23년 차에 10a당(3m×0.4m로 재식 817본) 17,058개의 발근대목을 생산할 수 있었다고(모수 당 21개) 보고한 것으로 볼 때, 열간거리를 1.4m~1.5m로 할 경우에는 10a당 25,000개 내외의 대목생산도 가능할 것으로 추정된다.

가. 대목생산비 시산

10a당 생산비는 2,277,000원으로 시산 할 수 있으며, 생산비목 중 토양조건이 좋은 곳에서는 퇴비와 농용석회 사용량을 2분의1로 줄이고, 노력비 중 50%를 자가노력, 번식모수 단가를 1,000원, 토지를 자가소유지, 톱밥은 사용하지 않는 경우에는 경영비가 1,007,000원으로 추산된다.

10a당 생산비를 2,277,000원으로 볼 때, 발근 대목수가 12,000개면 1개당 생산비는 190원 15,000개이면 152원, 17,000개이면 134원이 된다.

10a당 추정생산비 2,277,000원은 최대치이므로 실제로는 대목 1개당 생산비가 위에서 추정한 것보다 낮아질 것으로 판단된다.

3. 3년차

표 3. 복토깊이가 M9대목의 증식에 미치는 영향

복토깊이 (cm)	대목수/ 주	대목길이(cm)	대목직경(cm)	발근율
M 15	11.2ab	73.9b	7.4b	93.8a
M 25	10.6ab	79.7a	7.3b	90.6a
M+T 15	10.2b	68.3c	7.9ab	91.6a
M+T 25	13.8a	77.6ab	8.1a	94.5a

* M : 세워묻어떼기, M+T : 세워묻어떼기+이랑묻어떼기

대목 모수 1주당 대목발생수는 M+T처리구에서 평균 12개, M처리구에서는 평균 10.9개로서 M+T처리구가 많은 경향이 있으나, 2년차에 비하여 차이가 현저하게 감소되었다. 발근율은 묻어떼기 방법 및 복토깊이 간에 차이가 없었으며, 평균 92%로서 전년도보다는 다소 높았다. 대목의 직경과 직경별 발근율도 2년차와 대체로 같은 경향이였다. 2년차에 비하여 대목 모수 당 대목발생수가 1개정도 많고 발근율도 다소 높았기 때문에 10a당 발근대목의 수량도 높아서 M 처리구에서는 10a당 20,510개, M+T 처리구에서는 22,830개를 생산할 수 있는 것으로 추산되었다.

요 약

M9 자근대목(직경 6~8mm)를 1년간 생육시킨 것을 제자리에서 (열간거리 2.4m+0.4m, 포기사이 35cm의 2열식) 번식모수로 사용하여 실용적인 번식방법을 구명할 목적으로 묻어떼기 방법, 복토시기, 복토재료 및 복토깊이 등

을 달리한 시험을 1997년 3월부터 2000년 9월까지 3년간 수행하였다.

묻어떼기 방법은 세워묻어떼기(mound layering)와 세워묻어떼기+이랑묻어떼기(trench layering; 대목 모수에서 직립으로 자란 가지는 발아전에 지상 약 5cm에서 절단하고 수평유인이 가능한 가지는 수평으로 유인하였다.)의 2 처리를 두었고, 최초 복토시기는 발아직전, 5월상순, 5월중순, 5월하순, 6월 중순으로 하고 2회의 추가 복토를 하여 25~30cm 깊이가 되게 하였다. 복토재료는 톱밥+발흙, 왕겨+발흙, 사양토, 톱밥단용으로 하였고 복토깊이는 15cm와 25cm로 하였다.

그 결과 발근율이 높은 처리구는 복토시기로서 신초생장이 15cm가 되는 5월 상~중순에 1차 복토를 하는 것이 좋았다. 발아전 복토처리는 연약한 신초생장에 장애를 주지 않는 모래 또는 톱밥이어야 할 것으로 생각되며 점토가 섞인 일반토양은 부적합하였다. 복토재료는 톱밥+발흙, 왕겨+발흙, 사양토, 톱밥단용 중 톱밥+발흙, 왕겨+발흙 및 사양토구 간에는 큰 차이가 없었으나 복토부위의 수분관리 및 대목굴취작업 등에 있어서의 편리성을 감안할 때 톱밥+발흙이 적합한 것으로 판단되었다. 복토깊이는 15cm와 25cm 간에 발근율에서는 차이가 없었으나 복토깊이가 얇은쪽은 대목의 발근 부위가 기부 가까이에 집중되므로 대목 채취능율이 떨어지고 묘목양성에 있어서도 소질이 떨어질 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 青木二郎. 新編 りんごの研究. pp.244~252. 律經書房.
2. Friedrich G. 1993. Handbuch des Obstbaus. pp. 98~100. Neumann Verlag.
3. Hartmann H.T., D.E. Kester and F.T. Davis, Jr. 1990. Plant Propagation (5th ed.) pp.409~421. Prentice Hall.
4. Quamme H.A. and R.T. Brownlee. 1990. Stool Layering Ability of Thirty-one Apple Rootstock Cultivars. Fruit Varieties Journal 44(3):165~169.
5. Tukey H.B. 1970. Dwarf Fruit Trees. pp.242~253. The MacMillan Co.

제 2 절 우량 묘목 생산 기술 개발

서 설

사과는 국내외 경쟁력이 취약한 과수종의 하나로 최근 국내외 환경의 급변으로 재배면적이 급속히 감소하고 있다. 한편으로 우리 나라 사과산업의 문제점과 위기의 심각성을 인식하고 단위면적당 노동력이 적게들면서도 고품질의 사과를 다수확 할 수 있으며 재식 2년 차부터 수확이 가능한 것으로 입증된 M9 대목을 이용한 유럽형 고밀식 재배체계를 우리 나라에 정착시키려는 노력이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 재배체계의 성공을 위해서는 여러 가지 환경적 요인과 재배기술이 조화를 이루어야 하지만 우량한 묘목을 심는 것이 절대적으로 중요하다(Östreicher 1989; Östreicher 등 1996). 유럽에서 밀식재배에 알맞은 묘목이란 M9(또는 비슷한 왜화도를 갖는 대목) 자근대목에다 뿌리가 충분히 발달되고, 지면 15~20cm 높이에서 품종이 접목되어 접목부 상단의 줄기직경이 13mm이상이고, 지면 60-70cm 높이에서부터 적어도 5-6개의 분지각도가 넓은 덧가지가 부착된 바이러스 무독의 묘목을 말한다(Östreicher 등 1996). 덧가지 길이는 30-60cm정도가 알맞고 상단으로 갈수록 세력이 다소 약해지는 것이 좋다. 선단은 충분히 성숙되고 짧아 상단 덧가지에서 50cm내외가 알맞고 수고는 1.6-1.8m정도가 좋다고 한다. 10개 이상의 덧가지가 발생되어 크리스마스나무 모양을 띄는, 완성수관의 70%정도 수관이 이미 만들어진 묘목이 이상적인 묘목이다. 이러한 묘목은 심은 해에 꽃눈이 형성되어 다음해에 주당 6-7kg의 수확이 가능하고 수세가 안정되므로 과다한 영양생장없이 3-4년차에 성과기로 끌어올릴 수가 있다고 한다(Faby 1989; Östreicher 1989; Östreicher 등 1996).

우리 나라에서의 사과묘목생산은 실생대목을 이용하여 이중접목을 하고 당년에 회초리묘목을 생산하는 방식이 주류였기 때문에 자근대목을 이용한 고밀식 재배용 우량한 대묘 생산기술은 매우 취약한 형편이다.

따라서 본 연구에서는 덧가지가 잘 발생된 우량한 사과묘목을 생산하는데

필요한 기술들을 개발하고자 다양한 연구를 하였다. 즉, 대목소질과 접목시기에 다른 묘목의 생장, 토양조건과 비배관리 방법이 우량묘목생산에 미치는 영향, 생장조절제를 이용한 덧가지 발생방법, 덧가지의 구와 재식시기, 재식후 관리가 묘목의 활착에 미치는 영향 등에 대한 검토를 하였다.

재료 및 방법

1. 대목의 크기, 접목시기 및 접목방법이 묘목소질에 미치는 영향

이태리 남티롤의 묘목회사 'Baumschule Kaneppele'에서 96년 2월에 도입한 바이러스 무독의 M9 자근 대목(계통 T337)을 이용하여 경북대학교 부속 농장에서 본 시험을 수행하였다. 토양은 배수가 불량한 중점토로 묘목생산에 적합한 조건은 아니었다. 지력향상과 개량을 위하여 3월초에 계분 함량이 많은 퇴비를 10a당 5톤 기준으로 사용하고 농용석회 250kg을 전면 살포한 후 심경을 하였다. 10a당 과수복합비료(N-P-K=13-6-10) 50kg를 사용한 후 쇄토, 정지하고 재식거리 $1.4+0.4 \times 0.3 \sim 0.4\text{m}$ 에 약 20cm 깊이로 96년 3월 20일에 재식하였다. 재식시 대목의 소질은 직경이 6-8mm, 길이 약 25cm였다. 추비는 5월 하순에 과수복합비료를 40kg/10a 기준으로 1회 사용하였다. 기타 관리는 일반적인 묘목생산 관행에 준하였다.

96년 8월 하순에 대목의 크기에 따라 대(9mm이상), 중(7.5~8.9mm), 소(7.4~6.5mm)의 3개의 크기로 구분하고 각각 80주씩 깎기눈접을 실시한 것과, 접목방법이 묘목의 소질에 미치는 영향을 시험코자 각각 200주씩 96년 8월 하순에 깎기눈접, T접 및 97년 3월 하순에 절접한 것 그리고 적정 접목시기를 구명코저 1998년 8월 20일부터 10일 간격으로 4차례에 걸쳐 각각 50주씩 깎기눈접, 1999년 4월 4일부터 10일 간격으로 3차례에 걸쳐 각각 50주씩 절접한 처리를 이용하였다.

2. 후지에 있어서의 benzyladenine(BA) 적정 처리 농도 구명

가. 1년차 시험

공시 대목의 종류와 관리는 '가. 대목의 크기, 접목시기 및 접목방법이 묘목소질에 미치는 영향' 시험에서와 같이 하였다. 대목재식 2년차인 97년 4월 9일에 과수복합비료를 60kg/10a 전면 사용하고 제초를 겸해 열간을 로타리하였다. 1차 추비로 과수복합비료를 5월 20일에 기비에서와 같은 량으로 사용하고 제초를 겸해 열간을 로타리하였고, 2차 추비는 6월 19일에 수도용 복합비료(21-17-17)를 45kg/10a 전면 사용하였다.

대목 재식당년(1996년) 8월 하순 지상부 약 30cm 높이에 후지 품종을 관행의 깎기눈접 방법으로 접목하였다. 다음해 3월 상순에 접목 상단부를 절단하고 접수가 30-40cm 정도 자랐을 때 부러지거나 쓰러짐을 막기 위하여 길이 165cm, 직경 5mm의 강철선 지주를 세워주었다.

덧가지 발생 촉진을 위하여 묘목의 길이가 지면에서 약 85cm에 달했을 때 BA를 농도와 회수를 달리하여 200ppm의 경우 4회와 5회, 400ppm과 800ppm은 2회 4회, 5회, 1,000ppm의 경우 2회와 4회씩 각각 살포하였고 대조구로 무처리를 두었다. 2회의 경우 5월 25일과 6월 1일, 4회는 5월 25일, 6월 1일, 6월 15일과 6월 22일에, 5회의 경우 5월 25일, 6월 1일, 6월 15일, 6월 22일, 6월 29일에 hand-gun sprayer를 이용하여 상단부 15~20cm에 약 3ml 살포하였다. 고온을 피하기 위하여 오전 11시 이전에 처리를 마치도록 하였다. 5월 25일과 6월 1일의 2회 처리시까지는 Tween 20을 1% 첨가하였으나 가용 전착제의 농도가 너무 높는데 기인하는 것으로 추정되는 엽소현상이 관찰되어 그후에는 BA를 단용 처리하였다. 접목부 40cm 이내의 불필요하게 자라는 덧가지는 BA처리 전에 미리 제거하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하여 반복당 5주를 두었다.

생육 및 덧가지 발생조사는 낙엽이 진 후에 수고, 접목부 상하단 5cm에서 각각 접수와 대목의 줄기 직경, 덧가지의 길이와 수 등을 조사하였다.

나. 2년차 시험

1년 차에서와 동일한 계통의 M9 대목을 96년 12월에 이태리에서 도입하여 봉화군 농업개발센터 시험포의 논토양에 0.8 × 0.4m로 97년 3월에 재식하였다. 재식시 대목의 소질은 직경이 6-8mm, 길이는 50-60cm였다.

대목을 심기 전에 10a당 퇴비 10톤, 농용석회 600kg을 전면 살포한 후 심경을 하였다. 기비는 생략하고 추비로 4월 하순부터 6월 하순까지 10a당 요소 5kg을 2회, 물타비료(N-K=17-15) 10kg을 2회 관비 하였다. 기타 관리는 일반 묘포장에서와 같이 필요한 경우 수시로 점적관수를 하였다.

대목재식 2년차인 98년 4월 중순부터 6월 하순까지 97년에서와 같은 량과 방법으로 요소 2회, 물타비료 3회 사용 하였다. 1년차 에서와 같은 방법으로 점목하고 관리하였고 BA 처리 역시 1년 차에서와 같은 방법으로 하되 Tween 20 0.5%를 가용한 BA를 200, 400, 600, 800, 1,000ppm으로 6월 1일부터 1주일 간격으로 각각 4회와 6회 살포하고 무처리와 함께 처리간 덧가지 발생을 비교하였다. 시험구배치는 완전임의 배치 3반복으로 하여 반복당 10주를 두었다.

3. 후지에 있어서의 Promalin 적정 처리 농도 구명

‘나. 후지품종에 있어서의 BA 적정 처리 농도 구명’ 시험에서와 동일한 시기와 장소에서 동일한 관리를 통해 키운 묘목에 대해 처리만 달리 하였다. 즉, 1년 차 시험인 1997년의 경우 Promalin(상품명 포미나)를 2%, 4%, 6%의 농도로 각각 5월 25일, 6월 1일, 6월 15일 3회에 걸쳐 살포하였다. 5월 25일과 6월 1일의 2회 처리시까지는 Tween 20을 1% 첨가하였으나 가용 전착제의 농도가 너무 높는데 기인하는 것으로 추정되는 엽소현상이 관찰되어 3회 살포시에는 Promalin만 살포하였다. 봉화군 농업기술센터 포장에서 실시한 2년 차 시험의 경우 tween 20 0.5%를 가용하여 Promalin 1, 2, 4, 6%를 각각 4회(6월 1, 8, 16, 23일) 살포하고 무처리와 생육 및 덧가지 발생 양상을 비교하였다. 1년 차의 경우 처리당 5주를, 2년차의 경우 처리 당 10주를 1반복으로 하여 임의배치 3반복을 두었다.

4. 후지에 있어서 BA와 적엽 복합처리 시험

‘나. 후지에 있어서의 BA 적정 처리 농도 구명’ 시험의 1년차 시험에서와 같이 경북대학교 시험포장에서 같은 시기와 장소에서 동일한 관리를 통해 키운 묘목에 대해 처리만 달리하였다. 1997년 5월 25일에 BA 400ppm을 처리한 후 6월 1일에 상단부 어린잎 4-5매를 적과가위를 이용하여 생장점이 다치지 않도록 1회 적엽한 처리구(BA 400ppm + LR)와 이후 6월 15일과 6월 25일에 적엽을 하여 BA처리 후 3회 적엽한 처리구(BA400 + LR + LR +LR), 같은 날짜에 BA만 400ppm으로 4회 살포한 처리구(BA 400ppm × 4)와 대조구인 무처리를 두었다. 반복당 5주씩으로 한 임의배치 3반복을 두었고 생육 및 덧가지 발생조사는 앞에서와 같은 방법으로 하였다.

5. 전착제 가용이 후지에 대한 BA의 덧가지 발생촉진효과에 미치는 영향

‘나. 후지에 있어서의 BA 적정 처리 농도 구명’ 시험에서와 같은 장소, 같은 시기에 같은 방법으로 키운 묘목에 대해 처리만 달리하여 1997년과 1998년 2년간 시험하였다.

1년 차 시험의 경우 BA 400ppm에 원예용 전착제인 Spreader(상품명 전착제) 500ppm, Cover(상품명 카바) 500ppm, Spreadersticker(상품명 레이트론) 250ppm, Siloxane(상품명 실루엣) 350ppm으로 각각 가용하였고 Tween 20은 1%로 가용하여 1997년 5월 25일, 6월 1일, 6월 15일 3회에 걸쳐 처리하였다. 대조구로 BA 400ppm 단용 3회 살포구를 두었다.

봉화군 농업개발센터에서 행한 2년 차 시험의 경우 1년 차에서 시험에서 원예용 전착제의 가용효과가 나타나지 않아 제외하는 대신 가용 효과가 인정된 Tween 20에 대해서는 가용 농도를 달리하여 처리하였다. BA 400ppm에 Tween 20 0.2%, 0.5%, 0.8%, 1.0%를 각각 가용하여 6월 1일부터 1주일 간격으로 4회에 걸쳐 살포하고 BA 400ppm 단용의 대조구와 덧가지 발생 정도를 비교하였다.

1년 차 시험에서는 5주를 1반복으로, 2년 차 시험에서는 10주를 1반복으로 하여 3반복을 임의 배치하였다.

6. 후지에 있어서 BA, BA+GA₃ 및 Promalin 처리효과 비교

본 실험은 '나'의 '2년 차 시험'과 동일한 경상북도 봉화군 농촌지도소 내 묘목 포장에서 1998년에 실시하였다. 앞에서 제시한 생장조절제 처리방법에 따라 후지/M9 T337에 대해 Tween 20 0.5%를 가하여 Promalin 2.5%(BA 450ppm + GA₄₋₇ 450ppm) 및 BA 450ppm을 각각 4회(6월 1, 8, 16, 23일) 처리하고, BA+GA₃ 살포구의 경우, 6월 1일과 16일에는 BA 450ppm을 처리하고 6월 8일과 23일에는 BA 450ppm을 살포한 다음 곧이어 GA₃ 450ppm을 처리하였다. 10주를 한 반복한 임의배치 3반복을 두고 대조구인 무처리와 이들 처리간의 생장 및 덧가지 발생을 비교하였다.

7. 후지에 있어서 생장조절제 처리에 따른 약해 조사

'나'의 '2년 차 시험'에서와 같이 봉화군 농업기술센터 시험포장에서 같은 시기와 장소에서 동일한 관리를 통해 키운 묘목에 대해 처리만 달리하였다. 비교적 생육이 고른 후지묘목을 골라 6월 16일에 전면적으로 Promalin 2%를 tween 20 0.5%를 가용해서 살포한 다음, 6일 후인 6월 22일에 BA 800ppm과 1,000ppm, Promalin 4%와 6%에 대해 Tween 20을 0.5%와 1.0%를 각각 가용한 경우와 가용하지 않은 처리구를 두어 1998년 6월 22일에 앞에서와 같은 방법으로 신초 선단부에 살포하였다. 온도와 습도의 차이에 따른 약해정도를 보기 위하여 하루 중 기온이 가장 높고 공기가 건조한 14시 30분 경(기온 29.5℃ 습도 33.5%)에 살포한 경우와 해질 무렵인 18시 15분 경(기온 23.2℃, 습도 56.5%)에 살포한 경우를 두었다. 약해 정도는 처리 10일 후에 육안으로 조사하였다.

8. 후지에 있어서 생장조절제 살포횟수 경감 시험

실생대목에 접목된 M9 대목을 구입하여 1998년 3월 안동시농업기술센터

시험포장에 120×40cm로 심고 접목부 20cm까지 복토하여 자근화를 유도하면서 1998년 8월 하순에 후지를 눈접하였다. 안동농림고등학교 시험포장에 10a당 퇴비 7톤, 소석회 200kg을 전면 살포한 후 심경을 하고 과수전용복비(N-P-K-B:16-11-12-04) 50kg을 시용하고 정지한 다음 1999년 3월 중순에 120×40cm 간격으로 이식하였다. 3월 하순에 접목 상단부를 절단하고 수고가 약 70cm에 달했을 때 성장조절제 처리를 하였다. BA 600ppm과 Promalin 2%를(Tween 20 0.5% 가용) 관행의 방법으로 7일 간격 4회(6월 4, 12, 19, 26회) 살포한 구를 대조구로 하고 BA 또는 Promalin을 10간격으로 3회 처리한 경우, 15일 간격으로 2회 처리한 경우를 두었다. 2회 또는 3회 처리의 경우 매 처리시 상단만 처리하는 것이 아니라 첫 BA 또는 Promalin 처리한 부분까지 중복되게 처리하였다. 10주를 1반복으로 3반복을 두었고 생육 및 덧가지 발생조사는 앞에서와 같은 방법으로 하였다.

9. 홍로에 있어서 적정 BA 처리농도 구명

안동시농업기술센터 시험포장에 10a당 퇴비 10톤, 소석회 600kg을 살포하고 경운한 다음 과수전용복비(N-P-K-B:16-11-12-04) 50kg을 시용한 후 쇄토, 정지하고 1998년 3월 중순에 직경 7-9mm의 M9 자근대목을 80×40cm 간격으로 재식하였다. 98년 8월 하순에 대목에다 홍로를 깎기눈접한 다음 이듬해 3월 상순에 접목 상단부를 절단하고 최상단의 신초가 지면에서 약 70cm에 달했을 때 BA처리를 하였다. 앞에서 언급한 방법에 따라 BA 200, 400, 600ppm을 6월 4일부터 약 1주일 간격으로 각각 4회(6월 4, 12, 19, 26일) 살포하고 무처리와 생장 및 덧가지 발생을 비교하였다. 기타 관리는 관행에 준하였으나 1997년 퇴비시용량이 많았고 1997년과 1998년의 후지 묘목의 경우 생장이 늦게까지 진행되어 덧가지나 지나치게 길게 자라는 느낌이 들어 일체의 추비를 하지 않았다. 10주를 1반복으로 난괴법 3반복을 두었다.

10. 홍로에 있어서 BA와 적엽 복합처리 효과 구명

'사'에서와 같은 포장에서 같은 방법으로 육성된 묘목에 대하여 처리만 달리하였다. BA 600ppm을 1차(6월 4일) 처리한 후 적엽을 연이어 3회(6월 12, 19일, 26일) 처리한 구(BA 600ppm + LR + LR + LR), 같은 날짜에 처리하되 BA 600ppm과 적엽을 교차로 각각 2회 처리한 구(BA 600ppm + LR + BA 600ppm + LR)를 두고 대조구로 BA 600ppm만 4회 처리한 구(BA 600ppm × 4)를 두어 성장과 몇가지 양상을 비교하였다. BA처리시 Tween 20 0.5%를 가용하였다.

11. 토양조건 및 비배 관리방법이 묘소질에 미치는 영향

1997년 경북대학교 포장에 심겨진 모수포에서 세워뿔어떼기 또는 이랑뿔어떼기를 통하여 황화발근시킨 M9 대목을 사용하였다. 시험재료로서 사용한 대목은 직경이 5~12mm의 범위이고 발근수는 1~10개 정도였으며 대목재식 시에는 이들이 상당부분 말랐거나 떨어져 나가 발생된 뿌리의 대부분이 뿌리로서의 기능을 하기는 어려운 상태에 있었다.

1998년 봄에 토성별(사양토와 식양토)로 유기물 시용량을 달리하는 처리구(10a당 3톤 및 10톤)와 양토조건 하에서 화학비료 시용량을 달리하는 처리구[표준구(N:P:K=20:16:16kg/10a), 표준구의 1/2 및 1.5배 시용구를 설치하였다. 유기물 시용량을 달리하는 시험구는 점질이 많은 식양토였으므로 그 중 일부에 7~8cm 정도의 두께로 굵은 모래를 깔고 경운기로서 깊이 15cm정도로 로타리를 쳐서 이를 편의상 사양토구로 하였다. 화학비료 시용량을 달리하는 시험구는 개간한지 3년째 되며 비옥도는 높지 않으나 배수가 양호한 환경사지 토양으로서 토성은 양토였다.

시험 1년차 시험 : 1998년 봄에 시험포장을 조성하고 소정량의 유기물(2년 부숙 우분)과 고토석회(300kg/10a)를 시용한 다음, 골을 지워 0.01mm 두께의 멀칭용 검은 비닐로서 지면을 덮고 막대기로서 비닐에 구멍을 뚫고 깊이가 약 15cm 정도되게 꽂은 다음 경북대에서 구입하여 10일간 가식하여 두었

던 대목들을 3월 30일에 재식하였다. 화학비료는 흑색비닐피복을 제거한 다음 유기물 시용량을 달리한 구에서는 복합비료와 요소를 사용하여 5월 15일, 6월 6일에 질소시용량을 기준으로 총 시용량이 10a당 20kg 되도록 환산하여 각각 동량으로 1/2씩 나누어 시용하였다. 화학비료 시용량을 달리하는 시험구에서는 질소시용량이 10a당 10, 20 및 30kg이 되도록 하였고 시용시기는 역시 5월 15일과 6월 6일에 전체 시용량의 1/2씩 나누어 시용하였다. 시험구모는 식양토 및 사양토의 유기물 3톤 및 10톤 시용구에서는 각각 구당 30주씩 4반복으로, 그리고 양토의 시비량을 달리한 구에서는 각각 구당 10주씩 3반복으로 하였으며, 시험구 배치는 난괴법으로 하였다.

시험 2년차 시험 : 1999년 2월 하순에 각처리구에 제 1차 시비를 행하였으며, 시용량은 질소는 총 시용량의 1/3을, 인산 및 칼륨은 총 시용량의 1/2이 되도록 하였다. M9대목에 대한 접목은 4월 10일 후지품종을 접수로 하여 절접을 행하였다. 5월 중순 제 2차 시비를 행하였으며, 시용량은 질소는 총 시용량의 1/3을 그리고 인산 및 칼륨은 총 시용량의 1/2이 되도록 하였다. 6월 15일에는 제 3차로 질소를 총 시용량의 1/3이 되게 시비하였다. 측지발생을 위하여 6월 14일부터 약 10일 간격으로 벤질아데닌 400ppm을 4회에 걸쳐 신초정단부 15cm에 살포하였다.

12. 토양 조건 및 비배관리 방법이 묘목의 성숙 및 체내양분 함량에 미치는 영향

1999년 봄에 M9 왜성대목에 '후지'를 접목하여 토성(식양토와 양토)과 시비량(10, 20, 30kg/10a)을 달리하여 생장시켰던 '후지'/M9 1년생 묘목들로부터 초겨울(12월 5일)에 가지들을 채취하여 시험재료로 사용하였다.

수체의 수분손실을 조사는 가지의 성숙정도를 단위시간당 수분손실량으로 간접적으로 나타내었다. '후지'/M9 1년생 묘목을 토성 및 시비량 별로 3주씩 택하여 각각 줄기의 선단부(줄기 끝에서 아래로 30cm 길이까지)와 중간부(선단부 기부로부터 다시 30cm 까지)로 나누어 자른 다음, 이들 가지들을 1.2cm의 길이로 절단하여 혼합하고 10g 씩 평량하여 70℃의 건조기에서 1시

간 및 3시간 동안 건조시킨 다음 다시 평량하여 이들의 수분손실율을 측정하였다.

수체의 탄수화물 및 질소 함량 조사는 토성과 시비량을 달리하여 생육시킨 상기의 묘목들을 각각 3주씩 사용하여 앞에서와 동일한 방법으로 줄기를 선단부와 중간부로 나누어 채취한 다음, 이들을 수피부와 목질부로 분리하여, 그중 수피부에서 존재하는 탄수화물 및 질소함량을 조사하였다. 시료는 95℃에서 30분간 건조하여 효소활성을 정지시킨 후 50mesh로 분쇄하여 분말시료를 만들었다. 분말시료는 0.1g을 평량하여 열에타놀로서 추출하고 원심분리시킨 후 상정액을 알콜가용성 당의 분석용으로 하였다. 또한 추출잔사에 0.2N-H₂SO₄를 가하고 water bath상에서 1시간동안 끓여 원심분리한 액은 전분의 분석용으로 하였다. 당의 정량은 phenol 유산법으로, 그리고 질소는 kjeldahl법으로 측정하였다.

13. 측지수의 다소가 추식묘목의 고사에 미치는 영향

가. 측지수 및 재식후 관수 간격의 차이에 따른 포트재식 묘목의 고사율

'후지' / M9 1년생 묘목을 측지 발생 정도에 따라 측지 발생 多(10개 이상), 발생 中(5~9개) 및 측지 無(0개)의 3개 구로 나누었으며 이들 묘목의 평균 규격은 다음과 같다.

조 사 항 목	측지 발생 정도		
	10개 이상	5~9개	0개
수 고(cm)	189.9	178.0	168.0
줄 기 직 경(mm)	14.45	13.11	10.88
주당 측지 총길이(cm)	599.3	300.1	0

99년 12월 3일 직경×높이=30×30cm 되는 플라스틱 포트에 발흙(양토)을 담고 결가지 수가 다른 왜성사과묘목들을 재식한 다음 바로 충분히 관수하였다. 그 후 포트에 심겨진 다른 묘목들을 각각 20, 40, 60, 80일간 무관수

하여 건조스트레스 정도를 달리하는 처리구들을 설정하였다. 시험구는 관수 간격을 달리하는 5구를 주구로 하고 측지 발생정도를 달리하는 3구를 세구로 하여 이들을 완전임의 배치하여 3반복으로 시험을 실시하였다. 주어진 건조스트레스 기간이 끝난 묘목들은 매 20일 마다 충분히 관수하였다.

묘목의 고사 정도는 봄 발아 후인 5월초에 고사상태에 있거나, 고사하지는 않았으나 발아하지 못하고 있는 묘목의 수를 조사하였다.

나. 포장조건하에서 재식 시기 및 결가지 수의 차이에 따른 묘목의 고사주 발생 비율

‘후지’/M9 묘목을 측지 발생정도에 따라 4등분하여 측지 발생 多(16개 이상), 측지 발생 中(10~15개), 측지 발생 少(5~9개), 측지 無(0개)로 나누었으며 이들 묘목의 평균규격은 다음과 같다.

조 사 항 목	측지 발생 정도			
	16개 이상	10~15개	5~9개	0개
수 고(cm)	192.5	188.3	173.5	149.2
줄 기 직 경(mm)	16.13	13.92	12.91	9.58
주당 측지 총길이(cm)	777.8	350.2	200.4	0

가을 심기는 결가지수가 다른 묘목을 1999년 12월 4일에 굴취하여 당일에 식질양토인 과수원 포장에, 그리고 봄 심기는 2000년 3월 24일에 굴취한 묘목을 가을 심기와 동일한 방법으로 포장에 재식하였다. 시험구 배치는 난괴법 4처리 6반복으로 실시하였다.

다. 수체조직의 생리적 활성 정도 판정을 위한 조직의 전해질 전도도 및 TTC 측정

건조스트레스가 끝난 직후와 발아직전(4월 11일)에 각 처리별로 가지를 채취하여 이들 용출액의 전해질 전도도와 TTC(2,3,5-triphenyl tetrazolium

chloride) 측정에 의한 가지의 생리적 활성정도를 조사하였다. 가지 용출액의 전해질 전도도(electrolytes conductivity)와 가지조직의 TTC 측정을 위한 시료는 주간연장지와 측지로부터 채취하였다. 주간연장지는 선단으로부터 30cm, 측지는 비슷한 크기의 측지를 나무당 2~3개 택하여 선단으로부터 20cm를 잘라 사용하였다.

전해질 전도도 측정은 채취한 가지를 1.2cm 길이로 절단한 시료 10g을 50ml의 증류수를 가한 삼각 플라스크에 넣은 다음 16℃에서 24시간 shaking하였다. 그 후 시료를 제거하고 항온수조에서 용출액의 온도를 28℃로 올린 다음 전해질 전도도를 측정하였다. 그런 다음 전해질 전도도를 측정한 용액이 들어 있는 플라스크에 시료를 다시 넣고 10분간 끓이고, 끓인 용액은 증류수를 첨가하여 양을 50ml로 맞춘 다음 16℃에서 24시간 재 shaking하여 앞서와 동일한 방법으로 다시 시료를 제거한 다음 항온수조에서 28℃로 온도를 올린 전해질 용액의 전도도를 측정하였다. 조직의 생리적 활성은 끓이기전 시료 용출액의 전해질전도도 측정치와 끓인 후 시료 용출액의 전해질전도도 측정치의 비로서 나타내었다.

TTC 측정은 채취한 가지를 1cm 크기로 자른 다음 이를 다시 5~10등분으로 쪼개어 그 중 100mg을 평량하여 시험관에 넣고, TTC용액(0.6% TTC와 0.05% Tween 20이 함유된 0.05M Na₂HPO₄ buffer; pH 7.4) 3ml를 시험관에 넣어 감압침투시킨 다음 30℃에서 15시간 반응시켰다. 그 후 TTC 용액을 제거하고 증류수로 행군 다음 95% 에탄올 7ml를 가하여 끓는 수조에서 10분간 조직속의 TTC 반응물질을 용출시켰다. 용출액에 에탄올을 가하여 10ml로 채운 다음 530nm에서 흡광도를 측정하였다.

결 과

가. 대목의 크기, 접목시기 및 접목방법이 묘목소질에 미치는 영향

표 1. 접목방법이 묘목소질에 미치는 영향

조사항목	접목 방법			
		깎기눈접	T접	절접
대목직경	A [*]	10.05	10.27	9.93
	B	20.62	20.14	22.15
접수직경(mm)		15.71	15.33	16.34
수고(cm)		203.78	207.26	190.59

※ A : 97년 4월 10일 조사, B : 97년 11월 30일 조사

1996년 3월 상순에 재식한 대목을 당년 8월 하순에 T접과 깎기눈접을 실시하고, 1997년 3월 하순에 절접을 실시한 후 1997년 11월 30일에 묘목의 소질을 조사한 결과 절접이 눈접보다 대목과 접목부 상단 10cm의 직경이 크고 수고는 작은 경향을 나타내었으나 그 차이는 크지 않았으며, T접과 깎기눈접 간에는 묘목의 소질이 거의 비슷하였다. 세 가지의 접목방법 모두 접수직경 15mm이상, 수고 190cm이상의 우량한 묘목을 생산할 수 있었다.

표 2. 대목의 크기가 묘목소질에 미치는 영향

조사항목	대목 크기			
		대	중	소
대목직경 (mm)	A [*]	9.50	8.28	6.82
	B	11.85	10.40	8.72
	C	22.16	20.14	17.84
접수직경(mm)		16.07	15.16	14.14
평균 가지수(5cm 이상)		16.03	13.79	12.65
평균 가지길이		31.44	28.72	28.37
수고(cm)		223.45	209.69	211.52

※ A : 96년 9월 8일, B : 97년 4월 11, C : 97년 11월 29일 조사

1996년 8월 20일 접목당시 대목의 크기를 대(8.9mm이상), 중(7.5~8.9mm), 소(7.4~6.5mm)의 3개의 크기로 구분하고 1997년 11월 29일 묘목의

소질을 조사한 결과 대목의 크기가 클수록 접목부 상단 10cm의 직경이 크고, 평균 가지수와 평균 가지길이 및 수고가 높은 경향을 나타내었다.

1999년 4월 4일부터 10일 간격으로 3차례에 걸쳐 각각 50주씩 절접을 실시한 결과 접목시기가 늦어질수록 수고가 낮고 주간직경이 작은 경향을 나타내었으나, 활착율에서는 큰 차이가 없었다.

표 3. 절접시기가 묘목소질에 미치는 영향

묘목소질*	접목 시기		
	4월 4일	4월 14일	4월 24일
주간직경(mm)	9.95	9.61	8.96
수고(cm)	158.5	150.4	144.5
활착율(%)	95.1	95.5	94.8

※1999년 7월 15일 조사

표 4. 눈접시기가 묘목소질에 미치는 영향

접목시기	조사시기	활착율	대목직경(mm)	
			접목당시	'98. 9. 20 '99. 7. 15.
8월 20일		94.5	13.1	14.0 17.4
9월 1일		95.2	13.4	14.1 17.1
9월 10일		96.1	13.8	14.2 17.4
9월 20일		94.6	14.3	14.3 17.0

1998년 8월 20일부터 10일 간격으로 4차례에 걸쳐 각각 50주씩 꺾기눈접을 실시하고 1999년 7월 15일에 묘목의 소질을 조사한 결과 꺾기눈접 시기에 따른 활착율과 대목의 직경은 거의 차이가 없었다.

나. 후지에 있어서의 BA 적정 처리 농도 구명

완성된 묘목의 생육상태는 표 5, 6에서와 같다. 2년에 걸친 시험에서 대목 직경이 17.9cm~21.4cm, 접수의 직경은 14.5~16.4cm 범위였으나 처리간 유의성은 없었다. 1997년의 경우 수고가 194cm~210cm로 처리간 통계적 차이가 없었으나, 1998년은 BA 400ppm 4회 살포가 198cm로 BA 200ppm 6회 살포의 181cm나 BA 200ppm과 1,000ppm 4회 살포의 185cm에 비해 수고가 높은 것으로 나타났다. 그러나 BA처리 농도나 회수간에는 차이가 없으므로 이러한 결과를 처리에 의한 차이로 보기는 어렵다. BA 처리에 따른 신초 성장 효과는 현저하여 처리농도가 높고 회수가 많을수록 총 신초생장량이 많은 것으로 나타났다. 그러나 1997년의 경우 BA 1,000ppm 4회 처리의 경우, 같은 회수의 타 농도에서 보다 생장량이 적은 경향을 보였는데 이는 덧가지 선단부에 염소현상이 나타나면서 일부는 괴사되었기 때문이었다.

표 5. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by 6-benzylamino purine(BAP) in 1997.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)	Total feather growth(cm)
BA 200ppm × 4	20.0a ^y	15.7a	203.3a	524abc
× 5	19.7a	15.3a	209.9a	585ab
BA 400ppm × 2	19.3a	15.1a	205.3a	497abc
× 4	20.3a	15.9a	198.9a	611ab
× 5	21.4a	15.9a	206.7a	691a
BA 800ppm × 4	20.7a	16.4a	210.4a	573ab
× 4	18.8a	14.5a	208.0a	600ab
× 5	18.5a	14.6a	196.9a	609ab
BA 800ppm × 2	18.6a	15.3a	194.6a	496abc
× 4	17.9a	14.6a	196.7a	477bc
Control	20.2a	15.9a	206.1a	370c

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

1997년과 1998년의 BA처리 농도와 회수에 따른 덧가지 발생 특성은 표 7, 8에서와 같다. 1997년과 1998년 공히, BA처리 농도와 회수에 관계없이 무처리에 비해 현저하게 덧가지의 발생이 많았다. 1997년의 경우 처리 농도는 800ppm, 400ppm, 200ppm순으로 덧가지 발생이 양호하였고 처리 회수가 많을수록 덧가지 발생이 많은 경향이였다.

표 6. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by BA in 1997.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)	Total feather growth(cm)
BA 200ppm × 4	20.0a ^y	15.7a	203.3a	524abc
× 5	19.7a	15.3a	209.9a	585ab
BA 400ppm × 2	19.3a	15.1a	205.3a	497abc
× 4	20.3a	15.9a	198.9a	611ab
× 5	21.4a	15.9a	206.7a	691a
BA 800ppm × 4	20.7a	16.4a	210.4a	573ab
× 4	18.8a	14.5a	208.0a	600ab
× 5	18.5a	14.6a	196.9a	609ab
BA 800ppm × 2	18.6a	15.3a	194.6a	496abc
× 4	17.9a	14.6a	196.7a	477bc
Control	20.2a	15.9a	206.1a	370c

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

즉, BA 400ppm 또는 800ppm을 4-5회 처리한 경우 30cm 이상 덧지가 5개 이상인 우량한 묘목이 100%였고 덧가지 10개 이상으로 세장방추형 수형을 이미 갖춘 이상적인 묘목의 비율도 67%이상이었다. 그러나 BA 1000ppm 4회 살포구에서는 처리농도가 높음에도 같은 회수의 다른 농도 처리에 비해 적은 15개의 덧가지가 발생되었다.

1998년의 2년차 시험에도 비슷한 결과를 보여 처리 농도에 있어서는 BA 600ppm, 800ppm과 1,000ppm에서 총 덧가지 수나 30cm이상의 덧가지 수가 많아 우량 덧가지 묘목의 비율이 높았고 BA처리 회수간에 있어서는 총 덧가지 수는 4회보다 6회 처리에서 많았으나 30cm 이상의 가지는 그 차이가 뚜렷하

지 않았다. BA 600ppm 6회, 600ppm 4회, 1,000ppm 4회 처리가 타 처리에 비해 길이 30cm 이상 덧가지가 10개 이상으로 이상적인 묘목의 비율이 86%이상이므로 타처리에 비해 우수한 묘목이 생산되었다.

표 7. Effect of BA treatments on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks in 1997.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10
BA 200ppm × 4	15.5cd ^y	8.7ab	93ab	40ab
× 5	20.2ab	10.3a	93ab	53ab
BA 400ppm × 2	15.7cd	8.5ab	67b	40ab
× 4	17.1cd	10.8a	100a	67ab
× 5	21.9a	12.3a	100a	73a
BA 800ppm × 4	15.4cd	9.5ab	93ab	53ab
× 4	17.8bcd	11.2a	100a	80a
× 5	19.7abc	11.2a	100a	67ab
BA 800ppm × 2	15.2cd	8.5ab	80ab	33ab
× 4	15.0d	8.5ab	87ab	67ab
Control	13.6d	5.9b	67b	7b

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feathers longer than 30cm per tree.

표 8. Effect of BA treatments on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks in 1997.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
BA 200ppm × 4	15.3ef	8.6cd	90a	38cd
× 6	19.6bcd	10.5bcd	90a	48bc
BA 400ppm × 4	13.1f	10.1bcd	100a	67bc
× 6	16.3def	8.3d	83a	31cd
BA 800ppm × 4	17.4cde	11.8abc	100a	86a
× 6	23.0ab	10.0bcd	95a	45bc
BA 800ppm × 4	18.5cde	12.3ab	100a	76ab
× 6	23.2a	14.5a	97a	97a
BA 800ppm × 4	19.9abc	12.4ab	96a	86a
Control	6.7g	5.0e	54b	3d

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feathers longer than 30cm per tree.

다. 후지에 있어서의 Promalin 적정 처리 농도 구명

경북대학교 포장에서 행한 1년 차 시험의 경우 줄기직경, 수고에서 처리간 통계적으로 유의성이 있을 정도의 차이는 없었으나 총 덧가지 생장에 있어서는 Promalin 4% 2회 살포(593cm)와 2% 3회 살포(550cm)가 무처리(370cm)에 비해 뚜렷하게 생장이 많았다(표 9). 기타 Promalin 처리의 경우 총 덧가지 길이가 489-534cm로 무처리 370cm에 비해 현저하게 깊에도 개체가 차이가 비교적 커 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다.

봉화군 농업기술센터에서 행한 2년 차 시험의 경우 줄기 직경은 처리간 비슷하였으나 수고는 Promalin 4%와 6%처리에 비해 1%처리가 높은 것으로 나타났는데 무처리와는 유의성이 없었으므로 Promalin의 영향이라고 보기는 어려웠다. 총 신초생장량에 있어서 무처리는 295cm에 불과하였지만 Promalin 1% 746cm, 2% 704cm, 4% 565cm, 6% 547cm로 처리 농도가 낮을수록 신초의 생장이 많았다(표 10). 그러나 개체가 덧가지 길이차이가 비교적 컸기 때문에 Promalin 처리 농도간에 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

표 9. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by Promalin in 1997.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)	Total feather growth(cm)
Promalin 2% × 2	19.8 a ^y	15.7 a	201.9 a	515 ab
× 3	18.5 a	15.3 a	197.9 a	550 a
Promalin 2% × 2	19.6 a	15.9 a	203.1 a	593 a
× 3	18.0 a	14.9 a	202.9 a	489 ab
Promalin 2% × 2	20.1 a	15.9 a	193.0 a	528 ab
× 3	18.5 a	15.1 a	201.3 a	534 ab
Control	20.2 a	15.9 a	206.1 a	370 b

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

표 10. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated 4 times by Promalin in 1998.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)	Total feather growth(cm)
Promalin 1%	18.9 a ^y	15.4 a	213.7 a	746 a
Promalin 2%	18.9 a	15.3 a	203.8 ab	704 a
Promalin 4%	17.1 a	14.1 a	192.5 b	565 a
Promalin 6%	17.7 a	14.4 a	189.5 b	547 a
Control	18.3 a	14.9 a	198.8 ab	295 b

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

97년 1년차 시험의 경우 덧가지 발생수는 Promalin 4% 2회 처리가 18.0개로 가장 많았고 기타 Promalin 처리는 15.6~17.0개로 무처리 13.6개보다 많았으나 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다(표 11). 길이 31cm 이상 덧가지에 있어서는 Promalin 농도나 회수에 관계없이 무처리보다 평균 개체수는 많았으나 이 역시 통계적 유의성은 없었다. 알맞은 길이의 덧가지가 5개 이상의 양호한 묘목의 비율이 4% 2회 처리는 100%, 2% 3회와 6% 2회 처리에서 각각 93%로 무처리 67%에 비해 현저히 높았다. 길이 30cm 이상의 덧가지가 10개 이상으로 밀식재배에 이상적인 묘목의 비율은 무처리 7%에 비해 Promalin 각 처리구에서 현저히 높았음에도 반복당 공시 주수가 5주에 불과하여 변이가 상대적으로 컸기 때문에 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다.

98년 2년차 시험의 경우 1년 차에서보다 Promalin 처리효과가 현저히 높게 나타났다. 총 덧가지 수에 있어서는 무처리 6.7개에 비해 Promalin 처리시 17.7-20.9개로 현저히 많았고 처리 농도간에는 차이가 뚜렷하지 않았으나 길이 30cm 이상의 덧가지 수는 무처리 5.0개에 비해 1% 13.8개, 2% 12.1개, 4% 9.5개, 6% 10.2개순으로 농도가 낮을수록 그 수가 많았다(표 12). 이상적인 묘목(30cm 이상 덧가지가 10개 이상)의 비율에 있어서도 같은 경향으로 무처리는 3%에 불과한데 Promalin 1% 97%, 2%는 77%로 4%는 60%, 6%는 69%로 그 효과가 탁월하였다.

표 11. Effect of different Promalin treatments on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks in 1997.

Treatment	Total No. of feathers/tree	Total No. of feathers>30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10
Promalin 2% × 2	17.0 ab ^y	8.4 a	87 ab	40 a
× 3	15.6 ab	8.8 a	93 ab	47 a
Promalin 2% × 2	18.0 a	9.4 a	100 a	53 a
× 3	17.0 ab	7.0 a	87 ab	20 a
Promalin 2% × 2	16.8 ab	9.1 a	93. a	47 a
× 3	16.5 ab	8.7 a	87 ab	47 a
Control	13.6 b	5.9 a	67 b	7 a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%

^z : Number of feather longer than 30cm per tree.

표 12. Effect of 4 times Promalin treatments in different concentration on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks, 1998.

Treatment	Total No. of feathers/tree	Total No. of feathers>30cm/tree	% of reathered tress	
			>5 ^z	>10 ^z
Promalin 1% × 4	19.2 a ^y	13.8 a	100 a	93 a
Promalin 2% × 4	20.9 a	12.1 ab	97 a	77 a
Promalin 4% × 4	20.3 a	9.5 a	87 a	60 a
Promalin 6% × 4	17.7 a	10.2 b	92 a	69 a
Control	6.7 b	5.5 a	54 b	3 b

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feather longer than 30cm per tree.

라. 후지에 있어서 BA와 적엽 복합처리 시험

생장이 완료된 11월 상순 수확기에 조사한 대목의 직경이 20.5mm~21.4mm, 접수 직경은 15.4mm~16.1mm, 수고는 196.7mm~203.9mm로 처리간 거의 비슷하였다(표 13).

무처리에서는 총 덧가지 수가 13.6개인데 반하여 BA 400ppm 처리후 3차례 연속적으로 어린잎을 제거한 처리구에서 12.6개, BA 400ppm 처리후 1회 적엽 처리구에서 12.2개, BA 처리와 적엽을 2회 반복한 구에서 12.9개로 무처리보다 오히려 가지 발생수가 적게 나타났다(표 14). 30cm 이상되는 덧가지 수를 보면 BA 400ppm-적엽-BA 400ppm-적엽 처리에서 7.4개, BA 400ppm-적엽-적엽-적엽 처리 6.5개, BA 400ppm-적엽 처리 5.4개, 무처리 5.9개로 발생되어 서로 비슷한 수준으로 적엽 처리에 의한 덧가지 발생 효과가 인정되지 않았다. 다만 무처리에서는 가지 발생 위치가 불규칙한데 비하여 BA 400ppm과 적엽을 병행한 처리구에서 지면에서 60~70cm 사이에 가지가 고르게 발생하는 경향이였다. 분지각은 72~77°로 처리에 무관하게 비교적 넓었다.

표 13. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks as influenced by BA and young-leaf removal(LR).

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)
BA 400ppm(5/25) ² - LR(6/1) - BA 400ppm(6/15) - LR(6/22)	20.5	15.4	197.0
BA 400ppm(5/25) - LR(6/1) - LR(6/15) - LR(6/22)	20.9	15.5	196.7
BA 400ppm(5/25) - LR(6/1)	21.4	16.1	203.9
Control	20.2	15.9	206.1
LSD 5%	NS	NS	NS

² means treatment date

표 14. Effect of BA and young-leaf removal(LR) on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers > 30cm/tree	Branching angle(°)
BA 400ppm(5/25) ^z - LR(6/1) - BA 400ppm(6/15) - LR(6/22)	12.9	7.4	47.7
BA 400ppm(5/25) - LR(6/1) - LR(6/15) - LR(6/22)	12.6	6.5	76.7
BA 400ppm(5/25) - LR(6/1)	12.2	5.4	72.0
Control	13.6	5.9	73.7
LSD 5%	NS	NS	NS

마. 전착제 가용이 후지에 대한 BA의 덧가지 발생촉진효과에 미치는 영향

완성된 묘목의 생육상태는 대목 직경이 18.3cm~22.3cm, 접수의 직경은 14.8~16.2cm, 수고 190~206cm 내외의 충실한 상태로 처리간 큰 차이는 보이지 않았다(표 15). 총 덧가지 생장에 있어서는 1977년의 경우 tween 20 1%가용 처리가 532cm 생장을 보여 Spreader 500ppm 가용의 355cm 보다 현저히 성장량이 많았고 기타 전착제간에는 덧가지 성장량의 차이는 있었지만 유의성을 인정할 수 없는 수준이었다(표 15). 대조구인 BA 단용처리의 경우도 370cm의 총 신초성장량을 보여 전착제를 가용한 다른 처리와 유의성을 일정할 정도는 아니었다. Tween 20을 농도를 달리하여 가용 처리한 1998년의 경우 줄기 직경이나 수고에서는 차이가 없었으나 총 덧가지생장에 있어서는 최저 0.2%의 602cm에서 최고 0.5%의 692cm 범위로 농도간 비슷하였으나 BA 단용의 486cm에 비해서는 현저히 높았다(표 16).

표 15. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by BA 400ppm to which different wetting agents were added in 1997.

Wetting agent and concentration	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)	Total feather growth(cm)
Tween 20 1%	20.3 ^y	15.3 a	202.9 a	532 a
Spreader 500ppm	21.7 a	16.2 a	205.7 a	355 b
Cower 500ppm	20.9 a	16.0 a	199.8 a	418 ab
Spreadersticker 200ppm	19.0 a	14.8 a	205.0 a	388 ab
Siolxane 350ppm	22.3 a	15.8 a	206.2 a	403 ab
None	19.8 a	15.09 a	205.3 a	370 ab

^y : Mean separation within each column by duncan's multiple range test 5%.

표 16. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by BA 400ppm with different concentration of Tween 20 in 1998.

Treatment and concentration	Diameter of rootstocks (mm)	Diameter of scions (mm)	Height of trees (cm)	Total feather growth (cm)
Tween 20 0.2%	21.0 a ^y	15.2 a	192.0 a	602 a
Tween 20 0.5%	20.5 a	15.8 a	195.7 a	692 a
Tween 20 0.8%	20.1 a	15.4 a	194.3 a	689 a
Tween 20 1.0%	198.7 a	15.3 a	190.0 a	665 a
None	18.3 a	14.9 a	198.8 a	486 b

^y : Mean separation within each column by duncan's multiple range test 5%.

가용 전착제간 BA효과 증진에 있어서 Tween 20 1%를 가용한 처리에서만 BA 단용 처리한 대조구에 비해 대체로 총 덧가지 수나, 30cm 이상의 덧가지 수가 다소 많았고 특히 30cm 이상의 덧가지가 10개 이상인 고밀식 재배에 이상적인 묘목의 비율이 47%로 무처리의 7%에 비해 현저히 높았다(표 17). 공시된 원예용 전착제의 경우 BA단용 처리와 덧가지 발생이 오히려 적거나 비슷하여 가용효과가 전혀 없는 것으로 확인이 되었다.

97년에 가용효과가 인정된 Tween 20을 농도별로 BA 400ppm에 가용하여 처

리한 1998년의 경우 가용농도에 관계없이 BA 단용에 비해 덧가지 발생이 대체로 양호한 경향을 보였다(표 18). 농도간에는 0.2%가 타 농도에 비해 통계적 유의성은 없으나 길이 30cm 이상의 덧가지나 적정 길이 덧가지 10개 이상의 이상적인 묘목의 비율도 다소 떨어지는 수준이었으나 타 농도는 서로 비슷한 수준의 덧가지 발생을 보였다.

표 17. Effect of different wetting agents to BA 400ppm on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 on M9 T337 rootstocks in 1997.

Wetting agent	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% do feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
Tween 20 1%	15.5 a ^y	8.9 a	100 a	47 a
Spreader 500ppm	10.3 b	5.5 a	73 a	7 b
Cower 500ppm	12.0 abc	6.6 ab	67 a	13 b
Spreadersticker 200ppm	11.5 abc	6.4 ab	73 a	20 b
Siolxane 350ppm	10.1 b	5.9 b	73 a	15 b
None	13.6 ab	6.9 ab	67 a	7 b

^y : Mean separation within each column by duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feather longer than 30cm per tree.

표 18. Effect of Tween 20 in different concentration to BA 400ppm on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks in 1998.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
Tween 20 0.2%	16.4 a ^y	10.6 ab	100 a	69 ab
Tween 20 0.5%	18.0 a	12.4 a	100 a	83 a
Tween 20 0.8%	16.7 a	12.4 a	100 a	77 ab
Tween 20 1.0%	17.8 a	12.1 a	100 a	83 a
None	11.7 b	8.8 a	87 a	43 b

^y : Mean separation within each column by duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feather longer than 30cm per tree.

바. 후지에 있어서 BA, BA+GA₃ 및 Promalin 처리효과 비교

앞에서의 시험에서와 마찬가지로 줄기비대와 수고에는 처리간 차이가 없었고(표 19) 덧가지 발생 특성중 총 덧가지 수에 있어서는 무처리 11개에 비해 Proamlin 2.5%, BA 450ppm, BA450ppm-BA450+GA₃450ppm+BA450ppm-BA450+GA₃450ppm처리 모두 18.6-21.1개의 가지 발생되어 그 수가 현저히 많았다(표 20). 길이 30cm 이상 가지 수에 있어서는 각 생장조절제 처리구에서는 서로 비슷한 11.3-12.5개로 무처리 8.8개에 비해 더 많았으나 유의성은 인정되지 않았다. 30cm 이상 더가지가 5개 이상인 묘목의 비율은 각 생장조절제 처리가 무처리에 비해 그리 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 10개 이상인 묘목의 비율은 무처리 43%에 비해 80~87%로 현저히 높았다.

표 19. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by BA, Promalin, and BA+GA₃ combination of the same concentration of 450ppm in BA level, 1998.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)
Promalin 2.5% × 4	18.5 a ^y	15.4 a	193.8 a
BA450ppm × 4	18.1 a	14.8 a	201.1 a
BA450ppm-BA450+GA ₃ 450ppm-BA450ppm-450+GA ₃ 450ppm	17.7 a	14.5 a	184.5 a
Control	18.3 a	14.9 a	198.8 a

^y : Mean separation within each column by duncan's multiple range test 5%.

표 20. Effects of BA, Promalin, and BA+GA₃ combination of the same concentration of 450ppm in BA level on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks, 1998.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
Promalin 2.5%	19.9 a ^y	12.3 a	100a	87a
BA450ppm	18.6 a	11.5 a	97a	80a
BA450ppm+GA450ppm	21.1 a	11.3 a	100a	83a
무처리	11.7 b	8.8 a	87a	43b

^y : Mean separation within each column by duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feather longer than 30cm per tree.

사. 후지에 있어서 생장조절제 처리에 따른 약해 조사

본 시험은 고농도 처리시 약해발생 정도를 보기 위하여 비교적 온도가 높은 6월 하순에 정오와 해질 무렵에 각각 생장조절제를 살포하고 15일 후에 신초 선단과 잎에서의 약해정도를 육안 관찰하였다. 기대와는 달리 BAP 800ppm과 1,000ppm, Promalin 4%에서는 Tween 20 첨가여부에 관계없이 약해가 나타나지 않았다. 다만 Promalin 6%에서만 일부 어린 잎이 부분적으로 타는 적은 수준의 장애가 약하게 자라 나오는 덧가지에서 고온 건조한 늦은 한낮에 살포한 경우나 온도가 떨어진 저녁에 살포한 경우나 같은 수준으로 관찰되었다(표 21). Promalin 6%를 단용으로 처리하던 Tween 20 0.5% 또는 1.0%를 첨가하여 처리하던 약해정도에 차이는 없었다.

표 21. Occurrence of leaf or feather damage by plant growth regulators in different concentration with or without wetting agent. Treatments were done about 14:30(29.5°C, RH 33.5%) and about 18:15(23.2°C, RH 56.5%) separately on 22. June, 1998.

Treatment	Degree of damage(0-3) ^z	
	14:30	18:15
BA 800ppm	0	0
BA 800ppm + tween 20 0.5%	0	0
BA 800ppm + tween 20 1%	0	0
BA1000ppm	0	0
BA1000ppm + tween 20 0.5%	0	0
BA1000ppm + tween 20 1%	0	0
Promalin 4%	0	0
Promalin 4% + tween20 0.5%	0	0
Promalin 4% + tween20 1%	0	0
Promalin 6%	1	1
Promalin 6% + tween20 0.5%	1	1
Promalin 6% + tween20 1%	1	1

^z : 0: non, 1: mild, 2: moderate, 3: serious

아. 후지에 있어서 생장조절제 살포회수 경감 시험

BA의 살포간격을 넓혀 살포회수를 경감시킬 수 있는지를 보기 위하여 관행의 7일 간격으로 BA 600ppm 및 Promalin 2%를 4회 살포한 처리를 대조구로 하여 동일농도로 10일 간격 3회, 15일 간격 2회 살포한 경우와 묘목의 소질과 덧가지 발생정도를 조사하였던 바, 묘목의 생장에는 처리간 차이가 없었다(표 22). 덧가지 발생에 있어서는 BA 600ppm 처리의 경우 차이를 보였다. 총 덧가지 수는 7일 간격 4회 살포에서는 17.1개에 비해 10일 간격 3회 살포에서는 13.6개, 15일 간격 2회 살포에서는 10.9개로 살포간격이 길고 회수가 적을수록 덧가지의 수가 현저히 적은 경향이었다(표 23). 30cm 이상 덧가지의 수에 있어서는 같은 경향이나 그 차이는 크지 않았다. 30cm 이상의 덧가지가 5개 이상인 묘목의 비율에 있어 7일 간격 4회 살포에서는 87%, 10일 간격 3회는 70%, 15일 간격에서는 63%였고 이러한 덧가지가 10개 이상인 이상적인 묘목의 비율은 각각 23%, 20%, 10%로 살포간격을 길게 하면서 회수를 줄인 경우에서 비율이 낮게 나타났으나 조사개체 수가 비교적 적고 개체간에 편차가 심한데서 기인되어 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

Promalin 2% 처리의 경우 1주일 간격으로 4회 처리한 경우나 10일 간격으로 3회, 15일 간격으로 2회 처리한 경우간에 총 덧가지 수나 30cm 이상의 덧가지 수 및 적정 세력의 덧가지가 5개 이상인 묘목의 비율에서도 유의성이 인정될 정도의 차이는 없었다(표 24, 25). 그러나 평균값은 1주 간격 4회 살포가 다소 높았다. 알맞은 덧가지가 10개 이상인 묘목의 비율에서는 처리간 차이를 보여 1주일 간격 4회 살포, 10일 간격 3회 살포, 15일 간격 2회 살포 순으로 그 비율이 높았다.

㉔ 22. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by BA at different intervals and application times, 1999.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)
BA 600ppm × 4 at 7 days interval	20.7 a ^y	13.7 a	201.4 a
BA 600ppm × 3 at 10 days interval	20.7 a	13.2 a	193.2 a
BA 600ppm × 2 at 15 days interval	20.3 a	13.4 a	202.5 a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

㉔ 23. Effects of BA 600ppm at different intervals and application times on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks, 1999.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
BA 600ppm × 4 at 7 days interval	17.1 a ^y	7.4 a	87a	23a
BA 600ppm × 3 at 10 days interval	13.6 ab	6.5 a	70a	20a
BA 600ppm × 2 at 15 days interval	10.9 b	5.5 a	63a	10a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feathers longer than 30cm per tree.

㉔ 24. Growth of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks treated by Promalin at different intervals and application times, 1999.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)
Promalin 2% × 4 at 7 days interval	22.2a ^y	14.6a	213.3a
Promalin 2% × 3 at 10 days interval	22.4a	14.2a	211.4a
Promalin 2% × 2 at 15 days interval	22.1a	14.3a	211.9a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

표 25. Effects of Promalin 2% at different intervals and application times on feathering of nursery 'Fuji' trees on M9 T337 rootstocks, 1999.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ²	>10 ²
Promalin 2% × 4 at 7 days interval	15.6a ^y	7.5a	83a	30a
Promalin 2% × 3 at 10 days interval	14.5a	6.7a	70a	18ab
Promalin 2% × 2 at 15 days interval	15.0a	6.0a	73a	7b

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

² : Number of feathers longer than 30cm per tree.

자. 홍로에 있어서 적정 BA 처리농도 구명

완성된 묘목의 대목 직경이 23.6cm~25.8cm, 접수의 직경은 12.6~13.5cm, 수고 155~171cm로 후지에서 보다 대목의 비대는 크게 양호하면서 접수의 비대나 수고는 떨어지는 결과를 보였으나 여타 시험에서와 마찬가지로 묘목생장에는 처리간 차이는 없었다(표 26).

표 26. Growth of nursery 'Hongro' trees on M9 T337 rootstocks treated by BA in 1997.

Treatment	Diameter of rootstocks (mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)
BA200ppm × 4	25.3 a ^y	13.2 a	171.3 a
BA400ppm × 4	23.6 a	12.6 a	155.5 a
BA600ppm × 4	24.4 a	12.9 a	161.6 a
Control	25.8 a	13.5 a	170.3 a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

덧가지 발생에 있어서는 무처리 14개에 비해 BA200ppm 16.4, 400ppm 17.9, 600ppm 19.3개로 BA처리에서 더 많았고 농도간에서도 높을수록 그 수가 많았으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다(표 27). 길이 30cm이상 가지수에 있어서는, 처리간 비슷한 수준이었고 30cm 이상의 덧가지가 5개 이상

인 묘목의 비율은 무처리 37%에 비해 BA 처리구가 55-71%로 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 30cm 이상 덧가지 수가 10개 이상의 이상적인 묘목의 비율에 있어서는 처리에 따라 0-13%로 낮았고 처리간 경향도 없었다.

표 27. Effect of BA treatments on feathering of nursery 'Hongro' trees on M9 T337 rootstocks in 1999.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
BA200ppm × 4	16.4 a ^y	5.5 a	55a	8a
BA400ppm × 4	17.9 a	4.9 a	58a	0a
BA600ppm × 4	19.3 a	6.1 a	71a	13a
Control	14.0 a	4.4 a	37a	9a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feathers longer than 30cm per tree.

차. 홍로에 있어서 BA와 적엽 복합처리 효과 구명

BA 600ppm을 4회 처리하거나 BA 600ppm과 적엽을 각각 2회 처리한 구에 비해 BA 600ppm 살포후 적엽을 연이어 3회 처리한 구에서 대목직경과 접수 직경이 다소 작았고, 수고도 낮았으나 통계적 유의성이 있는 정도는 아니었다(표 28). 대목과 줄기 직경이 비교적 양호하였음에도 수고는 150-157cm 정도로 후지에 비해 현저히 낮았다.

표 28. Growth of nursery 'Hongro' trees on M9 T337 rootstocks as influenced by BA and young-leaf removal(LR), 1999.

Treatment	Diameter of rootstocks(mm)	Diameter of scions(mm)	Height of trees(cm)
BA600ppm-BA600ppm-BA600ppm-BA600ppm	26.1 a ^y	15.2 a	156.4 a
BA600ppm-LR-BA600ppm-LR	24.2 a	14.4 a	157.1 a
BA600ppm-LR-LR-LR	23.6 a	13.7 a	150.4 a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

덧가지 발생특성에 있어 BA 600ppm을 4회 처리하거나 BA 600ppm과 적엽을 각각 2회 처리한 구에서는 총 덧가지가 13개 또는 13.1개로 BA 600ppm 살포 후 적엽을 연이어 3회 처리한 구의 8.6개에 비해 현저히 많았다(표 29). 길이 30cm 이상 덧가지 수나 밀식재재에 적합한 묘목 수준인 덧가지 5개 이상의 묘목 비율에 있어서도 비슷한 경향을 보였으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 고 밀식 재배에서 이상적인 묘목이라 할 수 있는 덧가지 10개 이상인 묘목의 비율은 처리에 관계없이 4%이하로 극히 낮았다.

표 29. Effect of BA and young-leaf removal(LR) on feathering of nursery 'Hongro' trees on M9 T337 rootstocks, 1999.

Treatment	Total No. of feathers/tree	No. of feathers >30cm/tree	% of feathered trees	
			>5 ^z	>10 ^z
BA600-BA600-BA600-BA600ppm	13.0 a ^y	4.7 a	47a	0a
BA600ppm-LR-BA600ppm-LR	13.1 a	4.2 a	43a	0a
BA600ppm-LR-LR-LR	8.6 b	3.3 a	23a	4a

^y : Mean separation within each column by Duncan's multiple range test 5%.

^z : Number of feathers longer than 30cm per tree.

카. 토양 조건 및 비배관리 방법이 묘소질에 미치는 영향

1) 토성, 유기물 및 화학비료 사용량의 차이에 따른 대목의 생장(재식 1년차)

표 30. 토성의 차이 및 유기물 사용량에 따른 대목의 생장(99년 3월 하순조사)

토 성	유기물사용량 (톤/10a)	대목길이 (cm)	대목직경 (mm)	생육불량주 (%)	고사주 (%)
사양토	3	56.60 a	13.24 a	8.55 a	12.50 a
	10	56.38 a	12.74 a	10.93 a	15.83 a
식양토	3	66.74 a	13.87 a	7.18 a	23.33 a
	10	69.10 a	14.15 a	2.28 a	18.33 a

표 31. 화학비료 시용량 차이에 따른 대목의 생장(99년 3월 하순조사)

N : P : K (kg/10a)	대목길이 (cm)	대목직경 (mm)	생육불량주 (%)	고사주 (%)
10 : 8 : 8	74.6 a	14.10 a	0 a	16.7 a
20 : 16 : 16	78.1 a	14.10 a	7.8 a	16.7 a
30 : 24 : 24	72.9 a	14.60 a	0 a	16.7 a

* 표준시비량 N : P : K = 20 : 16 : 16 kg/10a

사양토에 비하여 식양토에서 대목직경이나 대목길이 다소 큰 경향이었고, 고사주는 식양토 쪽이 사양토에서 보다 많은 경향이었으며, 생육불량주는 사양토 쪽이 식양토 쪽보다 많은 경향이었던 그러나 이들 간에는 모두 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 그리고 유기물 시용량에 따른 대목 생장량의 차이도 사양토와 식양토 모두에서 인정되지 않았다. 화학비료 시용량에 따른 대목의 직경, 길이, 생육불량주 및 고사주 발생 비율의 차이 역시 크지 않았다.

2) 토성, 유기물 및 화학비료 시용량 차이에 따른 묘목의 생장(재식 2년차)

표 32. 토성 및 유기물 시용량의 차이에 따른 '후지' /M9 묘목의 생장

토 성	유기물시용량 (톤/10a)	묘목길이 (cm)	묘목직경 (mm)	측지수 (개/주)	생육불량주 (%)	고사주 (%)
사양토	3	158.0 a	10.43 a	7.6 b	3.50 a	9.25 a
	10	158.1 a	10.45 a	8.6 ab	1.45 a	9.50 a
식양토	3	172.4 a	11.63 a	9.5 ab	1.75 a	9.50 a
	10	173.5 a	11.78 a	10.1 a	1.50 a	8.25 a

* 99년 12월 하순 조사

표 33. 화학비료 시용량 차이에 따른 '후지' /M9 묘목의 생장

N : P : K (kg/10a)	묘목길이 (cm)	묘목직경 (mm)	측지수 (개/주)	생육불량주 (%)	고사주 (%)
10 : 8 : 8	182.9 a	12.19 b	11.1 a	0.0 a	4.0 a
20 : 16 : 16	183.9 a	12.60 b	10.3 a	1.0 a	2.3 a
30 : 24 : 24	189.7 a	13.78 a	11.7 a	0.3 a	2.7 a

* 99년 12월 하순 조사

토성과 유기물 시용량의 차이에 따른 '후지' /M9 묘목의 생장정도를 보면 묘목의 길이나 접목부 5cm위의 직경 그리고 측지수에서 사양토보다 식양토에서 다소 우수한 경향이 있었다. 그리고 측지수는 10a당 퇴비 3톤 시용구에서 보다 퇴비 10톤 시용구에서 약간 더 많은 경향이 있었다. 그러나 생육불량주 및 고사주 비율에서는 처리간에 차이가 인정되지 않았다. 한편 화학비료 시용량 차이에 따른 묘목의 생장차이를 보면 묘목의 길이는 처리간에 차이가 없었으나, 묘목의 직경은 시비량이 가장 많았던 구(10a 당 N:P:K=30:24:24)에서 약간 더 컸다. 그리고 생육불량주 및 고사주 발생 비율은 시비량의 차이에 영향을 받지 않았다. 그럼에도 불구하고 토성이 양토인 화학비료 시용량 시험포장에서 생육한 왜성 묘목의 생장이 제 1년차 대목 생장에서와 같이 시비량의 차이에 관계없이 사양토 및 식양토에서 생육한 묘목들보다 묘목 길이, 묘목직경 및 측지수에 있어 더 양호한 경향을 보였다.

타. 토양 조건 및 비배관리 방법이 묘목의 성숙정도 및 체내양분 함량에 미치는 영향

1) 토성 및 시비량에 따른 줄기조직의 수분손실정도

'후지' /M9묘목 줄기의 수분손실율을 보면 70℃에서 1시간 건조시에는 30% 내외, 그리고 3시간 건조시에는 50%내외였으며, 토성과 시비량에 따른 이들의 차이는 줄기선단부와 중간부 모두에서 뚜렷하지 않았다.

표 34. 토성의 종류에 따른 줄기부위별 수분손실정도

토 성	줄기 부위 ^z	수분손실율(%)	
		건조시간 ^y	
		1	3
식양토	선단부	31.5 a ^v	52.0 a
	중간부	28.0 a	49.4 a
양 토	선단부	28.8 a	48.9 a
	중간부	29.1 a	49.6 a

^z선단부는 줄기선단에서 아래로 30cm 길이, 중간부는 그 아래 30cm 길이임
^y70℃에서 건조

^v동일문자 간에는 유의성 없음

표 35. 시비량의 차이에 따른 줄기부위별 수분손실 정도

시 비 량 (kg/10a)	줄기 부위 ^z	수분손실율(%)	
		건조시간 ^y	
		1	3
10	선단부	33.3 a ^v	51.1 a
	중간부	28.0 a	49.9 a
20	선단부	28.8 a	48.9 a
	중간부	29.1 a	49.6 a
30	선단부	29.7 a	49.8 a
	중간부	30.7 a	48.2 a

^z선단부는 줄기선단에서 아래로 30cm 길이, 중간부는 그 아래 30cm 길이임
^y70℃에서 건조

^v동일문자 간에는 유의성 없음

2) 토성 및 시비량에 따른 줄기조직의 탄수화물 및 질소함량

표 36. 토성의 종류에 따른 줄기부위별 탄수화물 및 질소함량

토성	줄기 부위 ^z	탄수화물(mg·g ⁻¹ 건물중)		질 소 (%)
		가용성 당	전 분	
식양토	선단부	97.4 a ^y	27.8 a	0.86 a
	중간부	106.4 a	31.0 a	0.80 a
양 토	선단부	104.6 a	30.6 a	0.83 a
	중간부	101.2 a	31.4 a	0.79 a

^z선단부는 줄기선단에서 아래로 30cm 길이, 중간부는 그 아래 30cm 길이임

^y동일문자 간에는 유의성 없음

표 37. 시비량의 차이에 따른 줄기부위별 탄수화물 및 질소함량

시비량 (kg/10a)	줄기부위 ^z	탄수화물(mg·g-1 건물중)		질소 (%)
		가용성 당	전 분	
10	선단부	107.2 a ^y	31.2 a	0.80 a
	중간부	108.6 a	30.8 a	0.82 a
20	선단부	104.6 a	30.6 a	0.83 a
	중간부	101.2 a	31.4 a	0.82 a
30	선단부	110.8 a	30.4 a	0.88 a
	중간부	101.4 a	30.2 a	0.90 a

^z선단부는 줄기선단에서 아래로 30cm 길이, 중간부는 그 아래 30cm 길이임

^y동일문자 간에는 유의성 없음

‘후지’/M9 묘목의 수체내 탄수화물(가용성당과 전분)과 질소함량을 보면 가용성당은 건물중 1g당 100mg내외의 전분은 30mg, 그리고 질소는 0.80~0.86% 내외였으며, 모두 토성의 종류 및 시비량의 차이에 따른 이들의 함량 차이는 인정되지 않았다.

파. 측지수의 다소가 추식 묘목의 고사에 미치는 영향

1) 결가지 수 및 재식 후 관수 간격의 차이에 따른 풋트 재식 묘목의 고사율

표 38. 측지 수 및 재식 후 무관수 기간의 차이에 따른 풋트 재식 ‘후 지’/M9 묘목의 고사율

무관수 기간 (일)	측지 수 (개)	고사주 비율 (%)
20	10 이상	33.3
	5~9	0
	0	0
40	10 이상	33.3
	5~9	66.7
	0	0
60	10 이상	66.7
	5~9	33.3
	0	33.3
80	10 이상	33.3
	5~9	33.3
	0	0

표 38에서 볼 수 있는 바와 같이 측지 수가 10개 이상인 묘목은 설정된 무관수일에 관계없이 모든 처리구에서 33.3~66.7%의 고사율을 보인 반면 측지 수가 5~9개인 묘목에서는 무관수 기간이 20일인 구에서는 고사주가 없었으나 그 기간이 40일, 60일, 80일인 처리구에서는 고사주들이 33.3~66.7% 정도 발생하였다. 그러나 측지가 없는 회초리 묘목에서는 60일간 무관수한 구에서만 33.3% 고사하였을 뿐 그 밖의 처리구에서는 고사주가 발생하지 않았다.

이 같은 시험결과로 미루어 볼 때 가을에 묘목을 심은 경우 그후 겨울 동안의 수분 스트레스에 장기간 노출되면 측지 수가 많은 묘목일수록 고사할 위험성이 더 높아짐을 알 수 있었다. 한편 무관수 일수와 묘목의 고사율과의 관계를 보면 60일간 무관수구에서는 20일이나 40일간의 무관수보다 묘목의 고사율이 더 높아 초겨울의 수분 스트레스 기간이 길어질수록 묘목의 고사율이 증가되는 경향을 보였다. 그러나 80일간의 무관수 구에서는 묘목의 고사비율이 40~60일간의 무관수구에서 보다 오히려 다소 낮은 경향으로 나타났다. 즉, 무관수 기간의 차이에 따른 고사주 발생비율은 20일 간의 무관수구에서 보다 40일간 이상의 무관수구에서 더 컸음에도 불구하고 결가지 수의 증가에 따른 고사주 발생비율의 증가만큼 뚜렷하지는 않았다. 이 같은 결과는 아마도 무관수 기간 40일이 경과한 1월 중순부터는 지온이 현저히 떨어져 포트중의 토양수분이 결빙됨으로서 증발가능한 수분량이 많지 못할 뿐 아니라 묘목의 뿌리 역시 토양수분의 결빙으로 인하여 토양수분의 흡수량이 현저히 감소하게 됨으로서 묘목이 받는 수분스트레스 정도는 토양결빙 이후에는 무관수 기간의 차이에 크게 영향을 받지 않는 것으로 추측되었다.

2) 측지 수와 재식 시기의 차이에 따른 포장 재식 묘목의 고사율

표 39. 재식시기 및 측지 수의 차이가 포장재식 '후지' /M9 묘목의 고사주 발생비율에 미치는 영향

재식시기	측지 수 (개)	고사주 비율 (%)
가을 심기	16 이상	50
	10~15	0
	5~9	0
	0	0
봄 심기	16 이상	0
	10~15	0
	5~9	0
	0	0

표 39에서 볼 수 있는 바와 같이 포장에 묘목을 가을에 재식한 경우는 측지 수가 16개 이상 되는 묘목들에서만 고사주의 발생비율이 50% 인 반면 측지 수가 그 보다 적은(5~15개) 묘목들에서는 고사주 발생이 전혀 없었다. 또한 2000년 봄에 묘목을 재식한 경우는 측지 수가 많은 묘목들에서도 고사주 발생이 없었다.

이상의 결과들은 측지 수가 많은 묘목은 회초리묘보다 훨씬 많은 지상부 표면적을 가지고 있으므로 겨울 및 초봄에 충분한 수분 공급을 하지 않으면 과도한 증산에 따른 수분 스트레스를 받아 고사할 확률이 큼을 추측케 해주었다.

3) 결가지수와 무관수일수의 차이에 따른 꺾꽂이 사과묘목 가지의 생리적 활력

사과가지 조직이 심한 건조 피해나 저온피해를 받았을 경우에는 이들 조직의 세포막은 반투막으로서의 기능을 잃게 되며 그 결과 세포속의 전해질들이 세포 밖으로 쉽게 빠져 나온다. 또한 심한 스트레스로 생리기능이 약해진 세포들은 세포호흡이 현저히 감소하게 되는 것으로 알려져 있다. 이처럼 가지 조직이 갖는 생리적 기능의 활력 정도를 조사하는 방법에는 일찍부

터 전해질 전도도 측정법과 TTC 검정법이 이용되어 왔다. 이 시험에서도 결 가지 수가 다른 묘목들을 포트에 재식하고, 무관수 일수를 달리하여 묘목이 받는 수분 스트레스의 정도를 달리 하였을 때 이들 묘목의 가지들이 갖는 생리적 활력의 손상정도를 상기의 방법들을 이용하여 조사코져 하였다.

각 처리별로 무관수 기간이 끝난 직후에 행한 조사에서는 무관수 기간의 차이나 결가지 수의 차이에 따른 가지의 생리적 활력정도의 차이는 크지 않았다(표 40). 그러나 가지의 고사 정도가 확인 될 무렵인 4월 11일 조사에서는 고사주 발생이 많았던 大苗(결가지 수 10개 이상)의 경우는 무관수 일수가 늘어날수록 측지 조직 용출액의 전해질 전도도 차이(끊이기 전/후의 차이)는 커졌으며, 측지 조직의 TTC 반응치가 줄어드는 경향이 있었다(그림 1).

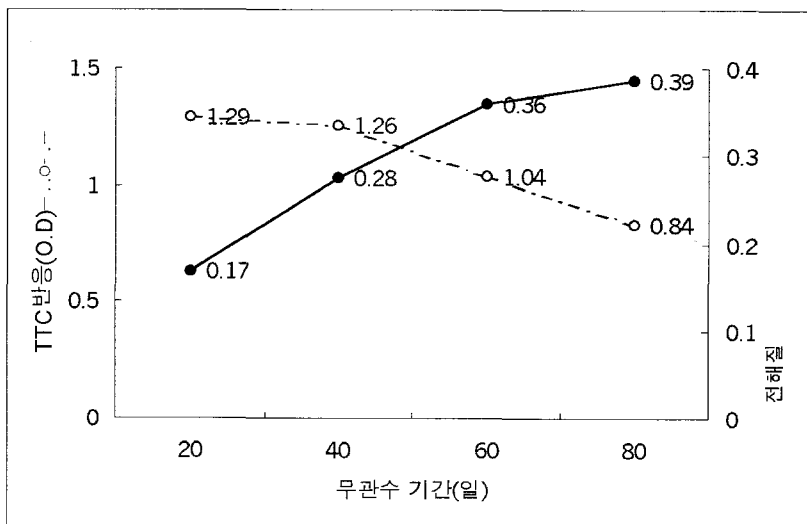


그림 1. 무관수 기간이 결가지 수가 많은 '후지' /M9 대표 측지의 전해질 전도도 비와 TTC 반응에 미치는 영향

표 40. 결가지 수 및 수분스트레스 정도의 차이가 '후지' /M9 묘목의 가지
용출액의 전해질 전도도와 TTC 반응에 미치는 영향

무관수 기간(일)	결가지수 (개)	가지 용출액 전해질 전도도 (끓이기 전/끓인 후)		T. T. C(OD)	
		주간	측지	주간	측지
20일	10 이상	0.17	0.22	1.06	0.58
	5~9	0.18	0.21	1.23	0.81
	0	0.16		1.04	
40일	10 이상	0.17	0.21	1.46	0.92
	5~9	0.17	0.21	1.19	1.17
	0	0.16		1.50	
60일	10 이상	0.14	0.23	1.22	1.07
	5~9	0.15	0.20	1.32	1.18
	0	0.13		1.24	
80일	10 이상	0.17	0.21	1.12	1.13
	5~9	0.14	0.19	1.27	1.18
	0	0.15		1.25	

그러나 묘목 고사율이 낮았던 中苗(5~9개)에서는 무관수 일수와 측지 조직 용출액의 전해질 전도도 및 측지조직의 TTC 반응치 사이에 그 같은 상관관계는 뚜렷하지 않았다.

이상의 결과 가지의 전해질 전도도 및 TTC 반응치로서 수분스트레스의 진행 정도를 평가하는 지표로 삼기에는 충분치 못한 것으로 판단되었다.

고 찰

가. 대목의 크기, 접목시기 및 접목방법이 묘목소질에 미치는 영향

1996년 3월 상순에 재식한 대목을 당년 8월 하순에 T접과 깎기눈접을 실시하고, 1997년 3월 하순에 절접을 실시한 후 1997년 11월 30일에 묘목의 소질을 조사한 결과 절접이 눈접보다 대목과 접목부 상단 10cm의 직경이 크고 수고는 작은 경향을 나타내었으나 그 차이는 크지 않았으며, T접과 깎기

눈접 간에는 묘목의 소질이 거의 비슷하였다. 세 가지의 접목방법 모두 접수직경 15mm이상, 수고 190cm이상의 우량한 묘목을 생산할 수 있었다.

1996년 8월 20일 접목당시 대목의 크기를 대(8.9mm이상), 중(7.5~8.9mm), 소(7.4~6.5mm)의 3개의 크기로 구분하고 1997년 11월 29일 묘목의 소질을 조사한 결과 대목의 크기가 클수록 접목부 상단 10cm의 직경이 크고, 평균 가지수와 평균 가지길이 및 수고가 높은 경향을 나타내었다.

1999년 4월 4일부터 10일 간격으로 3차례에 걸쳐 각각 50주씩 절접을 실시한 결과 접목시기가 늦어질수록 수고가 낮고 주간직경이 작은 경향을 나타내었으나, 활착율에서는 큰 차이가 없었다.

1998년 8월 20일부터 10일 간격으로 4차례에 걸쳐 각각 50주씩 깎기눈접을 실시하고 1999년 7월 15일에 묘목의 소질을 조사한 결과 깎기눈접 시기에 따른 활착율과 대목의 직경은 거의 차이가 없었다.

나. 후지에 있어서의 BA 적정 처리 농도 구명

본 시험의 경우 재식시 대목의 줄기직경이 6-8mm에 1년 차에는 길이도 25cm 내외로 그리 양호한 조건이 아니었고 토양도 배수가 불량한 점질토이거나 논토양이었음에도 대목 재식 2년 차에 수고가 180cm이상, 줄기직경도 14.5mm이상의 충실한 묘목이 만들어져 유럽에서의 우량묘목 기준(Österreicher et al., 1994)인 접목부 상단 줄기직경이 13mm이상, 수고 160cm 이상을 크게 상회하는 생육을 보인 것은 우리 나라가 유럽에 비해 생육기가 길뿐 아니라 고온다습하여 묘목생장에 유리한 기후적 조건에 있기 때문으로 보인다.

BA를 수회 처리하면 신장생장이 일시적으로 떨어지면서 덧가지가 자라기 때문에 무처리에 비해 수고가 낮다는 보고가 많다(Tromp와 Wertheim, 1994; Hroto et al., 1996; Junker, 1995, 1996). 그러나 Wertheim(1992, 1993)의 보고에서와 같이 본 연구에서는 BA처리가 묘목의 영양생장에 영향을 미치지

않은 것으로 나타났다. 이는 우리 나라는 6월 하순 이후에 비가 많으면서 온도가 높아 생장이 늦게까지 계속되므로 BA처리에 따른 신장지연효과가 상쇄되었기 때문으로 추정된다.

이미 많은 연구자들이 보고하였듯이(Hroto et al., 1996; Jucyna, 1996; Junker, 1995, 1996) 후지 품종에서도 덧가지 발생에 있어서 BA처리의 효과를 뚜렷하게 확인할 수 있었다. 그러나 BA처리시 높은 처리 농도에서 덧가지 발생이 많은 경향이라고 하나 본 연구에서 1,000ppm 4회 처리보다 500ppm 5회 처리와 800ppm 5회 처리에서 덧가지 발생이 더 많은 이유는 2차 처리 후 고농도 처리의 경우 연약하게 자라 나오는 덧가지의 선단에서 엽소 현상이 나타났는데 그 원인이 있는 것으로 보인다. 이러한 결과는 Junker(1995)가 후지에서 Paturyl를 처리하여 덧가지 발생정도를 조사한 결과 0.6%(BA 600ppm 해당)보다는 1%(BA 1000ppm 해당)에서, 2회 살포보다는 4회 살포에서 덧가지 발생이 좋았다는 것과는 다소 상이하였다. Junker(1995)는 BA를 고농도 처리시 후지에서 2중 덧가지 발생이 많았다고 하였는데 본 시험에서도 800ppm과 1000ppm에서 이중 덧가지가 관찰되었다. 따라서 고 농도로 처리때 이미 발아된 연약한 덧가지에 약액이 묻지 않도록 주의하여야 할 것이다.

대체로 처리 회수가 많을수록 덧가지 수가 많은 것은 BA가 흡수와 이용기간이 길어 덧가지 발생에 유리하게 작용했기 때문으로 보인다(Jacyna, 1996; Junker, 1995, 1996). Wertheim과 Groene(1991)에 따르면 BA처리농도가 높고 회수가 많을수록 덧가지 발생이 잘되어 Elster의 경우 300ppm 3회, Cox's Orange Pippin의 경우 BA 300~600ppm 4회, Delcorf, Golden Delicious, Jonagold에서는 300ppm을 6회, 덧가지 발생이 어려운 Boskoop에서는 600ppm을 6회 처리하는 것이 효과적이라 하였고 Wertheim(1993)의 보고에서는 BA400~800ppm을 가지 발생이 잘되는 Elster의 경우에는 4회 살포, 가지 발생이 어려운 Rode Boskoop에서는 8회 살포하는 것이 덧가지 발생이 가장 좋았다고 하였다. Yoon(2000)은 쓰가루의 경우 BA 800ppm을 8회 까지 처리하는 것이 덧가지 발생이 가장 많았다고 하였다. 이러한 보고를 통해 품종의 유전적 특성에 따라 우량 덧가지묘목 생산을 위한 BA의 처리농

도와 회수는 다르다는 것을 알 수 있다. 본 연구의 결과로 보아 후지에서는 BA 400~800ppm을 4-6회 정도 살포하는 것이 덧가지 발생에 매우 효과적이라 할 수 있다.

처리 회수에 따른 덧가지의 길이별 분포에 있어 30cm이상의 다소 긴 덧가지의 수는 4회 처리나 8회 처리간에 차이가 크지 않았으나 그 이하의 짧은 가지에 있어서는 처리 회수가 많을수록 현저하게 많아 총 덧가지수에서 차이를 보였다. 이러한 차이는 신초의 생육이 약해지는 BA처리에 따라 6월 중순 이후에 자라 나온 덧가지가 일찍 생장이 정지되었기 때문으로 보여진다. 중·상단부의 짧은 덧가지는 다음해에 끝눈이 꽃눈으로 변해 단과지가 되므로 조기결실과 원줄기 수세 조절적인 측면에서 매우 바람직하다고 볼 수 있다.

무처리의 경우에도 길이 30cm이상의 덧가지가 5개 이상인 묘목이 54% 이상에 달할 정도로 양호한 묘목이 생산되는 것으로 보아 우리 나라는 기후조건이 묘목생산에 유리하여 배수가 잘되고 지력이 좋은 곳에서 관리를 하면서 BA처리를 적절히 살포하면 덧가지 발생이 잘된 이상적인 묘목을 대목재식 2년 차에 별 어려움 없이 생산할 수 있음을 확인할 수 있었다.

다. 후지에 있어서의 Promalin 적정 처리 농도 구명

Promalin은 과실 비대와 과형을 좋게 할 목적으로 개발된 성장조절제이나 BA와 GA₄₊₇을 각각 1.8%씩 함유하고 있어 덧가지 발생 효과가 뛰어난 것으로 알려지면서 외국의 경우 묘목생산에도 광범위하게 이용되고 있다(Faby, 1989; Junker 1995, 1996; Stainer 1996; Werthheim, 1988). BA₄₊₇는 처리시 정부우세성을 타파시키고 얼마간 묘목의 생장이 지연되는 경향이 있으나(Hroto 등 1996; Junker 1995, 1996; Tromp와 Wertheim 1994), Promalin의 경우 BA는 정부우세현상의 타파에, GA₄₊₇는 발아된 측아의 신장을 촉진시킬 수 있는 장점이 있고(Elfving 1984; Jacyna 1996; Werthheim 1992) 사용이 까다로운 시약용 BA를 구입하여 사용하는 것에 비해 훨씬 사용이 간편한 장점이 있다.

본 연구에서도 기존의 많은 보고에서와 같이(Faby, 1989; Giulliani 와 Stainer 1992; Hroto 등 1996; Junker 1995, 1996; Wertheim 1984, 1988) 후지 품종에서도 Promalin처리의 효과를 뚜렷이 확인할 수 있었다(Junker 1996). 1997년의 경우 무처리에 비해 덧가지 처리효과가 현저하지 않고 BA 처리에 비해 Promalin 처리에서 덧가지 발생이 다소 적은 이유는 살포회수가 상대적으로 적었기 때문으로 생각되고 처리간 차이가 뚜렷하지 않은 것도 여기에 원인이 있는 것으로 믿어진다. 처리회수를 4회로 한 1998년의 경우 무처리에 비해 덧가지 발생 수가 현저히 많으면서 우량묘목의 비율도 매우 높았다. Promalin의 농도나 처리회수에 있어서 1997년에는 통계적인 차이가 인정되지 않았으나 1998년의 경우 Promalin 1%와 2%가 4% 또는 6%에 비해 우수한 결과를 보였으므로 후지의 경우 Promalin 1-2%를 4회 정도 살포하면 덧가지 발생이 많은 우량한 묘목을 손쉽게 만들 수 있을 것으로 판단된다. Stainer등(1990)에 따르면 Promalin 처리시 덧가지가 잘 발생하는 품종의 경우 2.8%에서 4.0%로 처리 농도를 높여도 차이가 없으나 덧가지 발생이 잘되지 않는 품종의 경우 4% 농도로 1주일 간격으로 2-3회 처리하는 것이 좋다고 한다. 덧가지 발생 시험에 공시된 Promalin의 처리 농도는 나라에 따라 다소 다른 경향을 보여 네덜란드, 북독일의 경우 4-5.25%로(Faby 1989; Wertheim 1988, 1992) 다소 높은 반면 이태리의 경우 2.5-3%로(Giulliani와 Stainer 1992; Junker 1995, 1996) 주로 처리하고 있다. 본 시험에서 4%, 또는 6%에 비해 1%와 2% 살포에서 덧가지 발생이 같거나 다소 양호한 것은 기상과 연관이 있을 것으로 추정된다. 여름에 5-월 생장이 왕성한 시기에 온도가 높으므로 관수만 충실히 해 줄 경우 유럽 특히 북유럽에 비해 가지 덧가지 발생이 손쉽게 이루어지고 따라서 낮은 농도의 Promalin 처리에서도 좋은 결과를 가져 올 수 있는 것으로 믿어진다. 6% 또는 4% 처리시 다소의 엽소현상이 나타나는 것도 Promalin을 처리하는 시기에 온도가 높고 건조한 기후적 특성과 무관하지 않다고 생각된다.

라. 후지에 있어서 BA와 적엽 복합처리 시험

정부 우세성을 타파하여 인위적으로 결눈을 받아시키고, 생장을 촉진시키는 방법으로 적심을 하거나 선단부의 어린 잎을 제거하여 auxin의 합성과 전류를 억제시키는 물리적인 방법이 있는가 하면 생장조절제를 엽면살포하여 cytokinin을 공급함으로써 체내 auxin- cytokinin의 균형에 변화를 초래하여 덧가지 발생을 촉진시키는 화학적인 방법이 있다(Stainer 1996). 생장조절제의 처리가 손쉬우므로 덧가지 묘목 생산에 가장 많이 이용되나 두 가지 방법을 병행하여 처리하기도 한다(Faby, 1989; Giulliani 와 Stainer 1992; Hroto 등 1996; Junker 1995, 1996; Wertheim 1984, 1988).

선단부의 어린잎을 한번에 2-3매를 제거하는 방법으로 2-3회 처리하면 측지발생이 잘될 수 있다고 한다(Stainer 1996). Hrotko 등(1996)은 1회 적엽만으로는 효과가 미약하고 BA 처리와 병행을 하면 덧가지 발생이 촉진된다고 보고한 바 있다. 따라서 대체로 Promalin이나 BA를 처리하고 보조적으로 적엽을 하는 경우가 대부분이다(Faby, 1989; Giulliani 와 Stainer 1992; Hroto 등 1996; Junker 1995, 1996; Wertheim 1984, 1988). 본 연구에서는 기대와는 달리 적엽처리에서 BA처리에 비해 덧가지 발생이 현저히 적었다. 적엽시 겨드랑이눈이 충실하게 발아하여 당년에 꽃눈으로 발달하는 경우가 대부분이고 가지로 자라나는 경우는 많지 않았다. 후지/M26 이중 접목묘에서 1996년에 행한 예비 시험에서도 적엽 처리의 덧가지 발생 효과는 극히 미약하였다. 적엽은 많은 노력이 들고 묘목의 생장을 얼마간 억제시킬 뿐 아니라 분지각도 좁기 때문에(Stainer 1996) 덧가지 발생이 잘되지 않는 품종에서만 생장조절제와 병행해서 처리할 만 하다(Nicolai 1992)고 한다. 후지의 경우 비교적 덧가지 발생이 용이하여 Promalin이나 BA 처리만으로도 충분히 우량한 덧가지 묘목을 만들 수 있기 때문에 작업이 번거러워 인력이 많이 드는 적엽 처리를 굳이 할 필요는 없을 것으로 판단된다.

마. 전착제 가용이 후지에 대한 BA의 덧가지 발생촉진효과에 미치는 영향

사과 묘목의 덧가지 발생을 촉진시키기 위하여 생장조절제를 처리하는 경우에 외국에서는 통상적으로 전착제를 가용하고 있다. 시중에 판매되고 있는 원예용 전착제 4종과 Tween 20을 공시하여 BA단용 처리한 경우와 덧가지 발생을 비교하였던 바 시판되고 있는 원예용 Spreader, Cover, Spreadersticker와 Siloxane는 표준농도에서는 가용 효과가 전혀 인정되지 않았고 Tween20 1%만 그 효과가 인정되었다. 농약 살포시 통상적으로 이용되고 있는 전착제 가용이 왜 BA 단용 처리보다 BA의 흡수와 작용에 영향을 미치지 않았는지는 알 수 없다. 문헌에 따르면(Giulliani와 Stainer, 1992; Junker, 1995.1996; Wertheim, 1992.1993.1994) 외국의 경우 대부분 Tween 20을 가용하여 생장조절제를 처리하는 것으로 보아 다른 첨가 보조제보다 Tween 20이 BA의 흡수, 이용에 효과적이기 때문이 아닐까 추정된다. Tween 20은 1,000ppm으로 고농도로 처리된 데 비하여 농약 살포 시 첨가제로 상용되는 전착제의 경우 250-500ppm으로 농도가 낮게 처리되었는데 가용 농도의 차이도 BA의 흡수에 영향을 미쳤을 것으로 추정되었으나 1998년에 Tween20만 공시하여 농도를 0.2%(200ppm)까지 낮춘 경우에도 1%와 효과에서 차이가 없는 것으로 보아 농도차에 의한 것이라기보다 성분에 따른 기능차이에서 기인한 것으로 판단된다. 문헌에 따르면 BA 또는 Promalin 처리 시 Tween 20의 가용 농도는 0.1~1%로 다양하다(Giulliani와 Stainer, 1992; Junker, 1995. 1996; Wertheim, 1992. 1993. 1994). Junker(1995)의 시험결과에 따르면 후지 품종에서 Tween 20의 가용 농도를 0.2%에서 0.7%로 높여도 덧가지 발생에는 별다른 차이를 보이지 않았다고 한다. 본 연구의 결과와 외국에서의 경우로 보아 BA 또는 Promalin 처리시에는 Tween 20을 0.5-1.0% 가용하는 것이 덧가지발생에 유리하다고 할 수 있다.

바. 후지에 있어서 BA, BA+GA₃ 및 Promalin 처리효과 비교

앞에서의 연구 결과에서 보듯이 BA 또는 BA와 GA₄+7를 각각 1.8% 함유하

고 Promalin이 사과묘목의 덧가지 발생에 매우 효과가 있어 우량 덧가지묘목 생산에 이용되고 있다. BA는 auxin의 작용을 상쇄시켜 휴면의 겨드랑이 눈을 자라게 하나 처리시 일시적인 생장정지 효과가 있어 처리 농도가 높고 회수가 잦으면 생장이 일찍 정지되고 수고도 짧아지는 경향이 있다(Hroto et al. 1996; Junker 1995, 1996; Tromp & Wertheim 1994). 반면 Promalin의 경우 BA뿐 아니라 GA4+7를 함유하고 있어 절간 신장을 촉진시키므로 마디사이가 길어지고 일시 생장정지 현상도 없다고 한다(Elfving 1984; Jacyna 1996; Wertheim 1992). 그러나 본 연구에서와 마찬가지로 두 생장조절제간의 덧가지 발생촉진 효과나 수고에 차이가 없다는 보고도 많아서 GA4+7의 역할에 대해서는 아직 의문이 많다(Popenoe와 Barritt 1988). Elfving(1984)은 BA와 BA+GA4+7에 전착제를 가용 또는 무가용 시험을 하고는 GA4+7만으로는 덧가지 발생 촉진효과가 없고 BA+GA4+7처리에서 GA4+7는 생리적이라기보다는 물리적인 기능으로 전착제와 같은 역할 한다고 하였다. 반면 Popenoe와 Barritt 1988은 BA와 GA4+7 1000ppm을 분리 처리하였더니 동시에 처리하는 것보다 덧가지의 수가 많고 길이도 길었다고 하였다. 본 연구에서 BA 450ppm과 Promalin 2.5%(BA 450ppm + GA4+7 450ppm)을 4회 처리하는 경우와 BA처리 후 2회에는 BA+GA3 3회 BA 단용처리, 4회에는 BA+GA 동시 처리하여 덧가지 발생과 생장에 미치는 영향을 조사하였던 바 묘목의 생장에 있어서나 덧가지 발생에 있어서나 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 BA의 덧가지 발생촉진 작용에 GA3가 부가적으로 작용한다는 것을 인정하기 어려웠다.

사. 후지에 있어서 생장조절제 처리에 따른 약해 조사

1997년 BA와 Promalin 처리시험에서 2회 처리 후에 Promalin 6%, 4%와 BA 1000ppm, 800ppm 처리에서 약해가 관찰되었다. 덧가지의 어린잎 또는 선단이 부분적으로 마르고 원줄기의 잎에서도 엽소현상이 나타나 경미한 경우에는 묘목의 소질에 큰 영향을 미치지 않았으나 덧가지 선단이 마를 경우 하단의 덧가지 길이가 짧아져 묘목의 소질이 떨어지는 원인이 되기도 하였다.

엽소현상은 가용전착제의 농도가 지나치게 높거나 고온 건조한 상태에서 처리할 경우 엽소가 나타날 수 있다고 한다(Staniner 1996). 따라서 처리 농도와 전착제 가용농도, 처리시 온도와 습도가 약해유발의 주요 요인이라고 판단하고 이에 관한 시험을 별도로 실시하였던 바 기대와는 달리 약해가 거의 없었다. 처리시 온도가 29.5℃ 습도 33.5%였던 한낮에 처리하던 저녁에 처리하던(기온 23.2℃, 습도 33.5%) Promalin 6% 처리에서만 경미한 수준의 약해가 관찰되었다. Promalin 6%에 Tween20 0.5% 또는 1.0% 가용유무에 관계없이 어린 덧가지의 유엽을 중심으로 경미한 약해가 나타났다. 그러나 묘목의 소질에 손상을 줄 정도는 아니었다. 1997년에 약해가 나타난 경우도 2-회 또는 3회 처리 후에 주로 덧가지에 약해가 나타난 점으로 보아 약해는 Promalin의 처리에 따라 덧눈이 약하게 자라 나오는 상태에서 반복되는 처리로 높은 농도의 Promalin을 계속 맞을 경우에 나타나는 것으로 보이며 BA 1000pp에서는 약해가 전혀 없었으므로 보아 BA보다는 van Oosten(1983)의 관찰하였듯이 GA에 의한 것 같다. BA처리 후 뒤이어 GA를 처리한 본 연구의 다른 세부시험의 경우에도 경미한 약해가 나타난 것이 이를 뒷받침하고 있다. 약해 시험시기가 6월 22일로 신초의 생장력이 약해지기 시작하는 때로 신초나 잎의 발달속도가 늦어져 생장조절제에 대한 반응이 5월 말이나 6월 상순에 비해 둔감해 질 수 있다고 본다. 생장조절제의 처리시기가 늦을수록 농도를 높여야 한다는 Nicolai(1992)의 주장이 이를 뒷받침한다고 할 수 있다. 더구나 약해유발을 위한 처리를 1회만 한 것도 약해가 적은 한 원인일 수 있을 것이다. 구체적인 약해 요인구명을 위해서는 보다 높은 농도와 온도조건에서 몇 차례의 반복시험할 필요가 있을 것으로 본다. Junker(1996)는 BA처리에 비해 Promalin 처리시 2차 덧가지 발생이 많으므로 불필요한 2차 덧가지 발생을 막기 위해서는 2차 처리부터 이전에 처리하여 자라 나오는 어린 덧가지에 약액이 묻지 않도록 해야한다고 하였다. 본 연구에서 관찰된 Promalin에 의한 약해도 어린 덧가지에서 주로 관찰된 점으로 보아 2차 이후에는 Junker(1996)가 제안하였듯이 이전 처리로 돌아오는 덧가지에 약액이 묻지 않도록 차폐를 하면서 주의하여 처리할 필요가 있다고 본다.

아. 후지에 있어서 생장조절제 살포회수 경감 시험

앞의 여러 시험을 통해 후지는 BA 또는 Promalin 처리로 쉽게 덧가지를 받을 수 있는 품종으로 밝혀졌다. BA나 Promalin을 처리할 경우 공시한 농도나 회수에 관계없이 거의 대부분의 처리구에서 길이 30cm 이상의 덧가지가 5개 이상인 묘목의 비율이 80-100%범위였다. 생장조절제 처리는 대목의 재식, 접목 및 굴취작업과 함께 비용부담이 큰 작업중에 하나이다. 따라서 생장조절제의 처리 간격을 기존의 1주일보다 더 길게 하여 살포 회수를 줄일 경우 덧가지 발생에 어떠한 영향을 미치는가를 보기 위하여 본 시험을 실시하였다. 외국에서의 생장조절제 처리 간격은 대부분 7일을 기준으로 하고 있으나 3-5일 간격으로 처리하는가 하면 Jacyna(1996)의 경우 15일 간격으로 살포하기도 하였고 Junker(1996)는 Promalin을 2주일 간격으로 살포하고 그 사이에 적엽을 하였던 바 1주일 간격으로 Promalin만 살포한 경우에 비해 덧가지 수가 많았고 분지각도 넓었다고 하였다. 본 시험의 경우 BA의 경우 15일 간격 또는 10일 간격으로 살포한 경우에도 1주일 간격으로 살포한 경우와 비슷한 덧가지 발생 양상을 보였다. 이러한 결과는 BA의 경우 정부우세현상의 타파기능만 있는데 비해 Promalin은 처리 1주일 내에 덧눈의 발아를 자극한다고 하나(van Oosten, 1983) BA와 GA4+7이 함께 있어서 1차 처리로 터져 나온 덧가지에 10일 또는 15일 후의 2차 또는 3차 처리시 GA4+7이 발아된 덧가지의 신장생장을 촉진하였기 때문에 처리 간격이 길어도 덧가지의 발달이 정상적으로 이루어질 수 있었을 것으로 보인다. 그러나 Promalin의 경우 1주일 간격으로 4회 처리한 경우가 10일 간격 3회 15일 간격 2회 처리에 비해 전체적인 성적이 다소 양호하고 처리시 온도가 높거나 농도가 높을 경우 발아중인 어린 덧가지에 약해를 유발할 수 있으므로 1년 시험 결과에 근거하여 살포회수를 줄이면서 10일 또는 15일 간격으로 희망 높이까지 반복적으로 Promalin을 살포하도록 추천하기에는 아직 이르므로 반복시험이 더 필요한 것으로 생각된다.

자. 홍로에 있어서 적정 BA 처리농도 구명

홍로는 스퍼얼리브레이크에 스퍼골든데리셔스를 교배하여 원예연구소에서 1988년에 선발한 단과지형 품종으로 풍산성이고 착색이 좋은데다 수확전 낙과도 없어 추석용 사과로 최근 재배면적이 급격히 증가하고 있다. 단과지형 품종은 재식후 결실이 쉽게 되기 때문에 조기 수관 확보를 위해서는 묘목육성시 충분한 덧가지를 받고 완성수형에 가깝게 묘목을 만들 필요가 있다.

정부우세현상이 강하여 직립하는 품종과 단과지형인 품종에서는 덧가지가 잘 발생되지 않고 인위적인 덧가지발생 촉진 처리효과도 낮게 나타나는 것으로 알려져 있다. 이러한 품종으로는 Spartan, Staymanred, Red Delicious, Gloster, Boskoop 등을 들 수 있다. 반면 정부우세성이 약한 품종인 Coss Orange Pippin, 골덴델리셔스, Jonagold, Elstar, Granny, Smith 등은 덧가지가 쉽게 발생하는 것으로 알려져 있다. 윤(1999)이 후지, 골덴델리셔스, 홍옥, 쓰가루, 홍월, 조나골드에 대해 덧가지 발생특성을 조사하였던 바 쓰가루를 제외하고는 알맞은 공간에 대목 2년차에 묘목을 만들 경우 무처리에도 덧가지 발생이 잘되었다고 하였다.

홍로는 육성된 전형적인 단과지형 품종임에도 무처리의 경우라도 14개의 덧가지가 발생되었고 BA처리 농도에 크게 관계없이 덧가지가 잘 발생되었다. 홍로의 경우 적정재식 공간으로 심고 세력 좋게 관리하면 성장조절제 처리 없이도 양호한 묘목의 생산이 가능하나 균형이 잡힌 덧가지의 고른 분포를 위해서는 성장조절제를 처리하는 것이 바람직하며 처리 농도는 400-600ppm이 알맞은 것으로 판단된다. 후지에 비해 대목의 직경은 비대함에도 접수 직경이나 수고가 낮은 것은 대목재식시 비교적 충분한 퇴비를 사용하였고 1997년과 1998년에 양성된 후지묘목이 후기까지 생장이 지속되는 현상이 있어서 대목재식 2년 차인 1999년에 일체의 시비를 하지 않아 세력이 다소 떨어진데 그 원인이 있는 것으로 생각된다.

차. 홍로에 있어서 BA와 적엽 복합처리 시험

후지에서 고찰한 바와 같이 홍로에서도 기대와는 달리 적엽처리에서 BA처리에 비해 덧가지 발생이 현저히 적었다. 적엽시 거드랑이눈이 충실하게 발아하여 당년에 꽃눈으로 발달하는 경우가 대부분이고 가지로 자라나는 경우는 많지 않았다. 후지/M26 이종 접목묘에서 1996년에 행한 예비 시험에서도 적엽 처리의 덧가지 발생 효과는 극히 미약하였다. 적엽은 많은 노력이 들고 묘목의 생장을 얼마간 억제시킬 뿐 아니라 분지각도 좁기 때문에 (Stainer 1996) 덧가지 발생이 잘되지 않는 품종에서만 생장조절제와 병행해서 처리할 만 하다(Nicolai 1992)고 한다. 홍로의 경우 비교적 덧가지 발생이 용이하여 Promalin이나 BA 처리만으로도 충분히 우량한 덧가지 묘목을 만들 수 있기 때문에 작업이 번거러워 인력이 많이 드는 적엽 처리를 굳이 할 필요는 없을 것으로 판단된다.

카. 토양 조건 및 비배관리 방법이 묘소질에 미치는 영향

대목의 생장량에 있어서 식양토 쪽이 사양토보다 다소 우수한 경향을 나타낸 것은 식양토 쪽이 사양토보다 지력이 더 양호한데 기인하는 것 같았다. 또한 토성이 양토인 화학비료 시용량 시험포장에서 생육한 M9 대목의 생장이 시비량의 차이에 관계없이 사양토 및 식양토 포장에서 생육한 대목보다 생장이 더 양호한 경향을 보였는데, 이들 시험포장간의 큰 차이점은 토성이 양토인 화학비료 시험포장은 배수가 아주 양호한 반면 사양토 및 식양토로서 선정된 포장은 물 빠짐이 양토인 화학비료의 시험포장보다 좋지 못한데 기인하는 것 같았다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 M9 대목의 재식 1년차 생장에 영향을 미치는 가장 중요한 토양 요인은 토양의 비옥도나 화학비료 시용량보다는 토양의 배수능력의 양·부인 것으로 생각되었다.

묘목의 생장에 있어서는 토성이 양토인 화학비료 시용량 시험포장에서 생육한 묘목이 1년차의 대목 생장에서와 같이 시비량의 차이에 관계없이 사양토 및 식양토에서 생육한 묘목들보다 묘목 길이, 묘목직경 및 측지수에 있

어 더 양호한 경향을 보였다. 한편 1999년도에 접목 후 활착된 묘목 중에서 고사주 및 생육불량주가 상당(3.0~12.75%) 발생하였는데, 이것은 나무줄기의 피해를 받은 대목이 많았던데 기인하는 것으로 생각된다. 그리고 그 피해는 배수가 양호하여 생육이 상대적으로 양호한 양토에 심겨진 묘목들이 사양토와 식양토에 심겨진 묘목들에서 보다 피해가 적은 경향이 있었다.

타. 토양조건 및 비배관리 방법이 묘목의 성숙정도 및 체내 양분함량에 미치는 영향

토성의 종류나 시비량의 차이에 따른 묘목의 줄기부위별 수분손실정도와 탄수화물 및 질소함량의 차이는 뚜렷하지 않았다. 이같은 결과는 아마도 토성 및 시비량의 차이를 두었음에도 불구하고 1999년도의 조사에서 묘목의 성장량이나 성장정지 시기에 별 차이가 나타나지 않았던데 기인하는 것 같다. 묘목의 성장에 차이가 크지 않은 것은 1999년도에는 강수량이 평년에 비하여 70%나 많았고, 전 생육기를 통하여 고루 분포하고 있으며, 특히 생육후기인 9월 하순까지 비가 충분하였으므로 비록 토성이나 시비량의 차이가 있음에도 불구하고 이들 토양에 존재하는 수분과 비료성분의 이용효율이 예년에 비하여 훨씬 높아진데 기인하는 것 같았다.

파. 측지수의 다소가 추식 묘목의 고사에 미치는 영향

1999년도의 잦은 강우로 늦자람이 심하였던 1년생 사과 '후지' /M9 자근묘목을 사용하여 이들의 결가지 수, 재식 시기 및 재식 후의 관수정도가 재식 후의 고사율에 미치는 영향을 포트 및 포장 실험을 통하여 조사하였다.

포트에 재식한 '후지' /M9 묘목의 고사율을 보면 결가지 수 10개 이상인 묘목은 무 관수 기간에 관계없이 모든 처리구에서 33.3~66.7%의 고사율을 나타내었다. 결가지 수 5~9개인 묘목에서는 무관수 기간이 20일인 구에서는 고사주가 없었으나 그 기간이 40일, 60일, 80일인 구에서는 33.3~66.7% 정도 고사주들이 발생하였다. 그러나 결가지가 없는 회초리 묘목에서는 60일간 무관수한 구에서만 33.3% 고사하였고, 그 밖의 처리구에서는 고사주

발생이 없었다.

포장에 재식한 '후지' /M9 묘목의 경우는 묘목을 1999년 12월 4일에 재식한 후 충분 관수한 다음 그 이후는 관수하지 않고 월동시켰다. 그 결과 결가지수가 16개 이상되는 묘목은 50%가 고사하였고 그보다 결가지 수가 적은 묘목들에서는 고사주 발생이 없었다. 2000년 3월 24일에 심은 묘목들은 결가지 수에 관계없이 고사주 발생이 없었다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 최근 M9/실생에 접목되고 결가지 수가 많은 왜성사과 대묘를 가을에 재식한 과수원에서 고사주 발생이 많은 이유중의 하나는 결가지수가 많은 대묘를 재식함으로써 지상부와 지하부 비율(T/R)이 높아져서 겨울 동안에 가뭄이 계속될 경우 이전의 회 초리 묘에서와는 비할 수 없을 만큼 심한 수분스트레스를 받기 때문인 것으로 추정되었다. 한편 결가지수가 많았던 묘목의 가지에서는 무관수기간과 전해질 전도도비와는 +상관, 무관수기간과 TTC반응 사이에는 -상관이 약간 인정되었음에도 불구하고 가지수가 적었던 묘목의 가지에서는 그 같은 경향이 전혀 인정되지 않았다. 그러므로 가지의 전해질 전도도 및 TTC 반응치로서 수분스트레스의 진행정도를 평가하는 지표로 삼기에는 충분치 못한 것으로 판단되었다.

요 약

M9 대목을 이용한 저수고 고밀식 사과재배체계의 정착에 필수 조건인 덧가지 발생이 잘된 우량묘목을 생산하기 위하여 1997년부터 2000년까지 다양한 연구를 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

8월 T눈접 또는 깎기눈접을 한 경우, 이듬해 봄에 절접한 경우 모두 양호한 묘목의 생산이 가능하였으나 작업의 편의성에서 보면 깎기눈접이 유리한 것으로 판단된다. 절접의 경우 4월 상순부터 접목시기가 늦을 수록 생장이 떨어지는 경향이였으나 깎기눈접의 경우 8월 20일부터 9월 20일간에는 시기에 따른 활착률과 생육차이가 없었다. 깎기눈접은 대목직경 6.5mm 이상에서 가능하였고 직경이 굵을 수록 완성묘목의 생장이 양호하였다.

후지 품종의 덧가지 발생에 미치는 BA처리의 효과는 뚜렷하게 나타나 처리 농도와 회수에 관계없이 무처리에 비해서는 현저하게 덧가지 발생이 많았다. BA 600~800ppm을 자주 처리할수록 덧가지 발생이 많아 5-6회 처리할 경우 고밀식 재배에 적합한 이상적인 덧가지 묘목을 생산할 수 있었다.

홍로의 경우 덧가지 발생이 양호하여 BA처리에 대한 덧가지 촉진 효과가 후지에서와 같이 뚜렷하지는 않았다. 처리 농도간에는 200, 400, 600ppm에서 통계적 유의성은 없었으나 농도가 높을수록 우량묘목의 비율이 높았다.

Promalin처리에 따라 덧가지 발생이 촉진되어 무처리에 비해 덧가지 수가 많았다. 후지의 경우 Promalin 1~2%를 4회 정도 살포하면 우량한 묘목을 만들 수 있을 것으로 생각된다.

BA 대신 적엽처리의 가능성을 보기 위하여 후지와 홍로 두 품종에서 BA와 적엽의 복합처리를 하였던 바 적엽처리의 덧가지 발생 촉진 효과는 없는 것으로 나타났다. 따라서 BA처리만으로도 덧가지가 잘 발생되므로 작업이 번거로운 적엽은 할 필요가 없는 것으로 판단된다.

적정 전착제의 선발과 가용 농도 선정을 위한 시험에서 시판중인 Spreader, Cover, Spreadersticker와 Saloxane은 BA처리시 가용효과가 없고 Tween 20이 효과가 있는 것으로 나타났다. Tween 20의 가용 농도간에 있어서는 차이가 크지는 않으나 0.2%에 비해 0.5%, 0.8%, 1.0% 첨가시 우량묘목의 비율이 다소 높았으므로 성장조절제 처리시 Tween 20을 0.5~1.0% 가용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

BA 450ppm과 Promalin 2.5%(BA 및 GA₄₊₇ 각각 450ppm)을 각각 4회 처리하는 경우와 BA 450ppm처리 1주 후에 BA와 GA₃를 각각 450ppm으로 동시에 처리하는 방법을 2회 반복하여 GA₃에 의한 묘목의 성장 또는 덧가지 발생에 미치는 영향을 검토하였던 바 BA 또는 Promalin의 반복처리와 차이가 없어서 GA₃에 의한 덧가지 발생 촉진효과는 인정할 수 없었다.

BA 및 Promalin의 약해 유발요인을 보기 위한 시험에서 Promalin 6%를 처리하는 경우 전착제 가용 여부에 관계없이 한낮에 처리한 경우던 저녁에 처리한 경우던 경미한 약해가 유발되었다. 약해는 주로 어린 덧가지에 반복적으로 성장조절제가 처리되었을 때 주로 나타나므로 Promalin처리시 하단부

어린 덧가지에 묻지 않도록 주의하여야 할 것이다.

후지 품종에서 BA 600ppm과 Promalin 2%를 7일 간격 4회, 10일 간격 3회, 15일 간격 3회 처리하고 덧가지 발생정도를 조사하였던 바, BA의 경우 10일이나 15일 간격에 비해 7일 간격 살포에서 덧가지 발생이 많은 경향이었으나 Promalin의 경우 10일 간격 3회 처리와 15일 간격 2회 처리가 7주일 간격 4회 처리와 유사한 결과를 보여 회수 경감 가능성을 보여 주었다.

토양조건 및 비배 관리방법이 묘 소질에 미치는 영향에 있어서 M9 대목 또는 M9에 접목된 묘목의 생장을 지배하는 중요한 토양요인으로서는 주로 토양의 배수능력과 토성이 달라짐에 따른 지력인 것으로 판단되며, 그 해에 사용하는 화학비료나 유기물 사용량의 차이는 대목이나 묘목의 생장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다.

토양조건 및 비배관리 방법이 묘목의 성숙정도 및 체내 양분함량에 미치는 영향에 있어서는 줄기부위별 수분 손실 정도와 탄수화물 및 질소 함량의 차이가 뚜렷하지 않았다.

측지 수의 다소가 추식묘목의 고사에 미치는 영향에 있어서는 M9/실생에 접목되고 곁가지 수가 많은 왜성사과 대묘를 가을에 재식한 과수원에서 고사주 발생이 현저히 많았다. 그 이유중의 하나는 곁가지수가 많은 대묘를 재식함으로써 지상부와 지하부 비율(T/R율)이 높아져서 겨울 동안에 심한 수분스트레스를 받기 때문인 것으로 추정되었다. 아울러 묘목의 수분스트레스 정도를 평가하는 지표로서 가지의 전해질 전도도 및 TTC 반응치는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Elfving, D.C. 1984. Factors affecting apple-tree response to chemical branch-induction treatments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 476-481.
2. Faby R. 1989. Vorzeitige Triebe an Apfelbäumen durch Wachstumsregulatoren. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des

Alten Landes. 55: 228-238

3. Giuliani, G. R. Stainer. 1992. Pflegemaßnahmen zur Förderung vorzeitiger Triebe in der Baumschule. Obstbau Weinbau 29(6): 190-191
4. Hroto K., Buban T., Magyar L. 1996. Improved feathering on one-year-old 'Idared' apple trees in the nursery. Horticultural Science 28: 29-34
5. Jacyna T. 1996. Induction of lateral branching in nursery pear and apple trees with plant growth regulators. Fruit Varieties Journal 50(3): 151- 156
6. Junker M. 1995. Versuchsbericht 1995. Konsortium südtiroler Baumschuler. Italy
7. Junker M. 1996. Versuchsbericht 1995. Konsortium südtiroler Baumschuler. Italy
8. Nicolai, J. 1992. European techniques to enhance nursery stock performance and generate early production. Washington state horticultural association proceedings 1992: 210-214
9. Österreicher J. 1989. Gutes Pflanzmaterial für hohe Anfangserträge. Obstbau Weinbau 26(12): 329-330
10. Österreicher, J., P. Tappeiner, B. Torggler, J. Tscholl, H. Weis. 1996. Junge Apfleanlage. Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau. Italy
11. Popenoe, J. and B. H. Barritt. 1988. Branch induction by growth regulators and leaf removal in 'Delicious' apple nursery stock. HortScience 23(5): 859-862.
12. Quелlette, D.R., C.R. Unrath and E. Young. 1996. Manual and chemical branch inducement in fall- and spring-planted 'Empire' apple on two rootstocks. HortScience 31: 82-88
13. Stainer R., G. Giuliani, E. Lunger-Valer. 1984. Promalin

Behandlung in den Baumschulen.

14. Stainner R. 1996. Baumschulkurs 1996/1997. Versuchszentrum Laimburg, Italy
15. Tromp, T. 1993. Lateral shoot formation in apple in the first year after budding as affected by air humidity and soil temperature. *Acta Horticulturae* 349: 141-151
16. Tromp, J. and S.J. Wertheim. 1991. Lateral shoot formation in young fruit trees in the nursery phase. Annual report 1991: 82-84. Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
17. Tromp, J. and S.J. Wertheim. 1993. Lateral shoot formation in young fruit trees in the nursery phase. Annual report 1993: 89-92. Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
18. Tromp, J. and S.J. Wertheim. 1994. Lateral shoot formation in young fruit trees in the nursery phase. Annual report 1994: 86-87. Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
19. Tromp, J. and S.J. Wertheim. 1994. Lateral shoot formation in young fruit trees in the nursery phase. Annual report 1994: 86-87. Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
20. van Oosten H.J. 1983. The branching of maiden trees. Annual report 1983: 18, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
21. Wertheim, S.J. 1984. Induction of side-shoot formation. Annual report 1984: 25-26, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
22. Wertheim, S.J. 1988. Research in the fruit-tree nursery. Annual

- report 1988: 30-32, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
23. Wertheim, S.J. 1992. The effect of hormones in the nursery. Annual report 1992: 78-82, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
 24. Wertheim, S.J. 1993. The effect of hormones in the nursery. Annual report 1993: 91-92, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
 25. Wertheim, S.J. and J.M. de Groene. 1991. Feuit-tree nursery research. Annual report 1991: 27-29, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
 26. Wertheim, S.J. and J.M. de Groene. 1994. Feuit-tree nursery research. Annual report 1994: 16-20, Research Station for Fruit Growing, Wilhelminadorp, The Netherlands.
 27. Wilson S.J., Jarassamrit. 1994. Nursery factors influencing lateral shoot development in spur type apple cultivar. 1994. *Scientia Horticulturae* 56: 207-215
 28. 윤태명. 1999. 우량묘목 생산을 위한 덧가지 발생 촉진 기술개발. 신경북형 사과생산체계 개발에 관한 연구 - 3차 년도 보고서; 144-176. 경상북도 · 경북대학교 농업과학기술연구소. p. 299

제 3 절 M.9 계통 대목의 기내 급속 증식

서 설

최근 우리나라 사과 재배는 극왜성 대목을 이용한 저수고 초밀식 재배 방식의 도입과 우리의 실정에 맞는 재배법 정착을 위해 자근 M.9 대목의 효과적 급속대량 번식 기술의 개발이 시급히 요구되고 있다. 그러나 왜성대목은 보통 stooling 및 layering에 의하여 자근묘로 번식이 되는데 이 방법은 증식효율이 낮고, 현재 필요로 하는 묘목의 공급량을 맞추기에는 역부족으로 묘목의 대량 조기 번식에 문제점이 있다.

조직배양을 통한 급속 증식 방법은 균일한 묘목을 단시일에 급속히 증식할 수 있으므로 묘목 생산비를 낮추고 묘목의 조기 공급을 가능하게 한다. 따라서 사과나무의 경정배양을 통한 번식방법은 이미 선진 여러 국가에서 연구된 바 있으나(Dustan 등, 1985; James 등, 1981; Jones 등, 1976; Jones 등, 1977) 몇몇 품종이나 대목의 기내 발근 및 건전한 신초 형성 등에 문제점을 가지고 있다. 특히 M계, MM계 대목의 경정배양에서는 이상 신초의 발생율이 높아 증식율을 떨어뜨리는 문제점을 가지고 있다(Masuda 등, 1988).

따라서 본 연구는 조직배양을 통하여 M.9 계통 대목의 급속 번식 방법을 개발함으로써 M.9 대묘 생산비를 낮추고 현재 M.9 대목을 이용한 저수고 초밀식 재배시스템에서 요구되는 묘목의 조기 공급과 균일한 묘목생산을 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구에 사용한 M.9계통 대목은 바이러스 무독계통인 EMLA M.9, M.9 NAKB T-337 두 계통의 신초를 98년 4~5월에 채취하여 무균 소독하여 기내 도입하여 이용하였다.

1. 식물재료 및 배양조건

온실에서 생육하고 있는 EMLA M.9, M.9 NAKB T-337 두 계통의 신초를 채취하여 엽아가 붙어 있는 마디를 0.5cm 길이로 절단하여 1시간 동안 흐르는 수돗물로 씻은 다음 70% ethanol에 30초간 침지하였다. 이를 Tween-20이 1~2방울 첨가된 0.5% Sodium hypochlorite 용액에 10~15분간 살균하고 멸균수로 3~5회 수세한 다음 신초의 갈변 부위를 제거한 후 호르몬 무 첨가 MS 배지가 들어있는 시험관에 치상하여 신초를 유기하였다.

치상 10일 후, 오염이 되지 않는 건전한 신초만을 1.0mg/L BA, 0.3mg/L IBA, 0.5mg/L GA₃가 첨가된 MS 배지에 옮겨 증식하여 이를 시험 처리에 이용하였다.

시험구 배치는 완전확률화배치법으로 하였으며 각 처리당 반복수는 5반복으로 하되 25mL의 배지를 넣은 100mL jar에 증식 처리에는 1cm, 발근처리에는 1.5~2 cm 가량의 절편체를 3개씩 치상하여 1반복으로 하였다. 이때 배지는 pH가 5.8로 조정된 8 g/L agar가 첨가된 고체배지를 사용하였으며, 배양조건은 25℃, 3000 Lux 정도로 유지하였으며, 1일 16시간 형광등하에서 조명하였다. 처리 4주 후 신초 증식정도 및 발근 정도를 조사하였다.

2. 기내 신초 증식

가. 배지종류

신초 증식에 적합한 배지종류를 구명하고자 MS(Murashige & Skoog), LS(Linsmaier & Skoog), LP(Quorin & Lepoivre) 배지에 신초를 수직치상한 후 신초 증식 정도를 비교 조사하였다. 이때 각 배지에는 1.0 mg/L BA, 0.3 mg/L IBA, 0.5 mg/L GA₃, 30 g/L sucrose를 첨가하였다.

나. 호르몬 조건

신초 증식에 효과적인 호르몬 조건을 구명하고자 cytokinin 종류별 농도 처리 및 cytokinin과 auxin 혼용처리를 실시하였다. Cytokinin 종류별 농도 처리는 BA와 kinetin을 각각 0, 0.5, 1.0, 2.0mg/L 단용 처리하거나 0.5 mg/L BA와 0.5 mg/L kinetin를 혼용처리하여 비교하였다. Cytokinin과 auxin 혼용처리 효과는 적정 cytokinin으로 선발된 1.0 mg/L BA 단용 처리 및 1.0 mg/L BA와 IAA, IBA, NAA 0.1, 0.5mg/L를 각각 혼용 처리하여 신초 증식 정도를 비교 조사하였다. 이때 신초는 증식율을 높이기 위해 정단 분열조직을 제거한 후 배지에 수평치상하였다.

다. 치상방법

신초의 치상 방법이 신초 증식에 미치는 영향을 비교하고자 일반적으로 수행되고 있는 수직치상외에 액아의 신초 유기를 도모하고자 신초의 정단 분열조직을 제거한 수평치상, 신초 정단 분열조직을 제거하지 않은 수평치상 처리를 하여 신초 증식정도를 비교하였다.

3. 기내 신초 발근

가. 무기염류 농도

기내 신초 발근에 효과적인 배지의 무기염류 농도를 구명하고자 MS배지 농도를 1/3, 1/2, 1배로 처리하여 발근정도를 비교하였다. 이때 배지는 1.0 mg/L IBA, 20 g/L sucrose, 8 g/L agar가 첨가되었다.

나. 호르몬 조건

기내 발근에 효과적인 auxin 종류 및 농도 조건을 구명하고자 IAA, IBA,

NAA를 각각 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 mg/L로 처리하였다. 이때 기본 배지는 20 g/L sucrose, 8 g/L agar가 첨가된 1/2 MS 였다

다. 암조건

발근 기간동안 암조건이 기내 발근에 미치는 영향을 알아보기 위하여 암처리 기간을 0, 1, 2주간 두어 암처리가 발근에 미치는 영향을 조사하였다. 이때 사용한 배지는 MS + 1.0 mg/L IBA + 20 g/L sucrose + 8 g/L agar 였다.

4. 기외 발근 및 순화 조건

기내 발근 기간 단축을 위해 기내 증식된 신초를 기내 발근시키지 않고, 바로 IBA 300, 500, 1000 mg/L 용액에 순간 침지하여 배양토에 이식한 후 기외발근과 순화를 동시에 유도하였다. 이때 사용한 신초의 길이는 2cm 정도였으며, 대체적으로 줄기가 굵고 튼튼한 개체만을 골라 처리하였다.

기내 발근묘의 적정 순화용토를 구명하고자 버어미큐라이트 단용, 버어미큐라이트:펠라이트=1:1, 버어미큐라이트:펠라이트:피트모스=1:1:0.2 처리를 실시하여 순화 후 생존율 및 신초 길이 등을 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 신초 증식 조건

가. 배지 종류

EMLA M.9 계통 대목의 기내 신초 증식에 가장 효과적인 배지 종류를 알아보기 위하여 MS, LS, LP 배지를 비교한 결과(표 1), 1개의 신초에서 5개 전후

의 신초가 증식되었고, 가장 신초 증식율에서 효과적인 배지는 LS배지였다. 그러나 육안으로 살펴본 신초의 생육면에서는 LS배지보다는 MS배지에서 신초의 엽색이 진하고 증실하여 생육이 양호하였다.

사과나무의 경정배양에서 주로 사용되고 있는 배지는 MS와 LS배지 (Zimmerman, 1983)로서 두 배지의 구성성분간의 차이는 무기염류의 종류 및 농도는 동일하고, 비타민에서 약간의 차이를 보이는 것으로 MS배지가 LS배지보다 비타민 종류 및 성분이 약간 더 첨가된 배지이다. 따라서 본 연구에서도 증식정도의 차이는 두 배지간에 큰 차이를 보이지 않아 두 배지 모두 M.9 계통 대목의 기내 증식에 효과적인 것으로 판단되었다.

표 1. 배지 종류가 EMLA M.9의 기내 신초 증식에 미치는 영향

배지 종류	증식신초수/신초(개)	신초길이(cm)	생체중(g)
MS	4.8ab	0.7a	3.5a
LS	5.0a	0.5a	3.2a
LP	4.2b	0.5a	2.1b

* MS: Murashige & Skoog, LS: Linsmaier & Skoog, LP: Quorin & Lepoivre.

* 배지조건: 1.0 mg/L BA + 0.3 mg/L IBA + 0.5 mg/L GA₃.

* 치상방법: 수직치상.

나. 호르몬 조건

기내 치상된 EMLA M.9 대목의 신초 증식에 대한 cytokinin류의 처리 효과를 알아보기 위해 0, 0.5, 1.0, 2.0 mg/L의 BA와 kinetin 각각 처리한 결과(표 2), 전반적으로 kinetin 처리보다는 BA 처리구에서 신초 증식수가 높았으며, 특히 고농도 처리에서 신초 증식수는 많아지는 경향을 나타내었다. 그 중 2.0 mg/L BA처리에서 신초 1개당 10.5개의 신초가 증식되었고, 생체중도 높게 나타났다. 그러나 2.0 mg/L BA처리구에서 발생한 신초는 기부에서 callus 발생이 많았고 총생하여 로젯트화되거나 신초 엽이 갈변 고사되는 개체가 많이 출현하여 다음의 증식을 위한 계대배양시 이용하기가 어려운

개체들이 많아 적합하지 못한 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 이미 M, MM계 대목의 경정배양에서 보고된 바 있는데(Masuda 등, 1988), 사과 대목 MO-84(*Malus prunifolia* Borkh.)의 경정배양에서 2cm 가량의 정상 신초를 BA 농도 0.01~10 mg/L로 처리한 결과, BA농도가 높아질수록 신초 발생율은 높아지는 경향을 나타냈으나 이와 함께 이상 신초 형성율도 높아져 결국 다음의 증식율을 낮추는 결과를 보여, 기내 증식 신초의 이상 개체 출현율은 BA농도와 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 사과의 경정배양에 의한 대량 증식에 사용되는 BA농도는 1~3 mg/L이고, 이때 증식율과 신초생육을 고려하여 적정농도를 설정하는 것이 중요한데, 본 연구에서는 비록 2.0 mg/L BA 처리구에서 증식율은 높았으나 신초 생육과 증식율을 고려할 때 1.0 mg/L BA 처리구나 0.5 mg/L BA + 0.5 mg/L kinetin 혼용 처리구가 적당할 것으로 판단되었다

표 2. Cytokinin 종류 및 농도가 EMLA M.9의 기내 신초 증식에 미치는 영향

Cytokinin 농도(mg/L)	증식신초수/신초(개)	신초길이(cm)	생체중(g)
Control	1.4d	1.5a	1.0b
BA	0.5	5.5c	0.8bc
	1.0	8.5b	0.5c
	2.0	10.5a	0.5c
Kinetin	0.5	2.1d	1.1ab
	1.0	2.3d	1.1ab
	2.0	2.3d	1.5ab
0.5 BA + 0.5 Kin	8.1b	0.8bc	2.2ab

* 배지: MS + 30g/L sucrose + 8g/L agar(pH 5.8).

* 치상방법 : 수평치상.

신초증식에 가장 효과적이었던 1.0 mg/L BA 처리구와 1.0 mg/L BA 처리구에 auxin을 종류별로 혼용 처리한 결과(표 3), 1.0 mg/L BA 단용처리와 1.0

mg/L BA와 0.1 mg/L IAA 혼용처리에서 신초 증식수, 신초길이, 생체중 등이 높게 나타났다. 신초의 생육은 BA 단용처리구보다는 0.1 mg/L IAA 혼용처리구에서 엽색도 좋고 성장 양상도 좋게 나타났는데, 이와 같은 결과는 MO-84 대목의 증식시 1.0 mg/L BA 처리구에 0~10 mg/L IBA를 혼용처리한 결과, 오옥신 혼용 처리구에서 이상 신초발생율이 억제되었다는 보고(Masuda 등, 1988)와 일치하였다. 그러나 본 연구에서는 고농도 오옥신 처리구 특히 NAA 처리구에서는 신초 기부 callus 발생이 많고 신초 엽이 노화되는 현상을 나타내 저농도 0.1 mg/L IAA처리만이 신초 증식 및 생육에 효과적이었다.

표 3. Cytokinin과 auxin 혼용처리가 EMLA M.9의 기내 신초 증식에 미치는 영향

Auxin (mg/L)	증식신초수/신초(개)	신초길이(cm)	생체중(g)
Control	12.3a	1.1a	4.5a
IAA	0.1	13.7a	0.9ab
	0.5	8.4b	0.5b
IBA	0.1	7.5b	0.6b
	0.5	7.9b	1.3a
NAA	0.1	5.6b	1.2a
	0.5	7.0b	1.0ab

* 배지: MS + 1.0 mg/L BA + 30g/L sucrose + 8g/L agar(pH 5.8).

* 치상방법: 신초 정부를 제거한 수평치상.

다. 치상방법

EMLA M.9 대목의 기내 증식율을 향상시키고자 신초를 일반적으로 수직치상하는 것 외에 신초 정단분열 조직을 제거하지 않고 수평 치상하는 경우와 신초 정단분열조직을 제거한 후 수평치상하는 세가지 경우를 비교한 결과(표 4), 신초 정단분열조직을 제거한 후 수평배양할 경우 1개의 신초당 8.5개의 신초가 증식되는 반면, 수직배양 및 신초 정단분열조직을 제거하지 않은 수평배양시 5.8, 5.9개로 신초 증식효율이 낮았다. 그러나 신초 길이면에서는 수직배양이 수평배양에 비해 효과적으로 나타났다. 이와 같은 결과

는 사과 품종 Empire, Delicious, Triple Red Delicious와 Vermont Spur Delicious 품종의 경우 수직치상에 비해 수평치상을 할 경우 신초증식율이 높아졌으며, 특히 강한 정부 우세성을 나타내는 품종의 경우에 이러한 경향을 보이고 있음이 보고되었고(Yae 등, 1987), 복숭아 백미조생 품종의 신초 증식에서도 신초 정단분열조직 제거가 신초 증식에 효과적이었으며, 신초 정부를 제거하지 않은 수평배양과 수직배양에는 큰 차이가 없었다고 보고된 바 있다(전 등, 1998)

표 4. 치상방법이 EMLA M.9의 기내 신초 증식에 미치는 영향

치상방법	증식신초수/신초(개)	신초길이(cm)	생체중(g)
수직	5.8 b	2.2 a	1.7 a
수평	5.9 b	0.7 b	2.3 a
수평(정단부제거)	8.5 a	0.5 b	2.1 a

* 배지: MS + 1.0 mg/L BA + 30g/L sucrose + 8g/L agar(pH 5.8).

2. 기내 발근 조건

가. 무기염류 농도

일반적으로 기내 사과나무 조직의 발근에 사용되는 무기염류 농도는 증식에 사용되는 농도보다 낮추어 사용하는 것이 발근에 효과적인 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서도 증식에 사용되었던 MS 배지의 무기염류 농도를 1/3 MS, 1/2 MS, 1 MS 수준으로 달리하여 발근 정도를 비교한 결과(표 5), 1/3 MS, 1/2 MS 조건에서 발근율이 1 MS 조건보다 높게 나타났다.

표 5. 무기염류 농도가 EMLA M.9의 기내 신초 발근에 미치는 영향

무기염류농도	발근율(%)	발근수/신초(개)	뿌리길이(cm)	신초기부 캘러스 발생정도(0~5)
1/3 MS	100a	7.7a	2.3a	2.5a
1/2 MS	91.7a	8.2a	2.5a	2.5a
1 MS	16.5b	0.5a	0.6a	0.3b

* 배지: 1.0 mg/L IBA + 20g/L sucrose + 8g/L agar(pH 5.8).

* 발근조건: 2주 암처리 후 2주 명처리.

* 0: 캘러스 발생이 전혀 없음; 5: 캘러스 발생이 매우 많음.

그러나 무기염류 농도 수준이 낮은 1/3 MS 처리구에서는 신초의 엽이 갈변되고, 줄기 부분이 붉게 변하는 등 양분 결핍 증세를 나타내 신초 생육에 좋지않은 것으로 나타나 신초 생육과 발근을 동시에 고려한다면 1/2 MS 수준이 적당할 것으로 판단되었다.

나. 호르몬 조건

기내 발근에 효과적인 auxin 종류를 구명하고자 증식된 EMLA M.9과 M.9 NAKB T-337의 신초를 IAA, IBA, NAA를 각각 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 mg/L 농도로 처리한 결과(표 6), 두 계통 모두 발근율은 NAA 처리구에서 대체적으로 높은 경향을 나타내었다. 그러나 NAA 처리구에서는 신초 기부 callus 발생율이 높고, 신초 엽이 황화되어 생육이 극히 저조한 경향을 나타내었다. 또한 두 계통 모두 1.5 mg/L IAA 처리구에서 발근율이 높게 나타났으나 신초 당 발근수가 적고 뿌리길이가 짧은 경향을 나타내었으며, EMLA M.9 계통의 경우 1.5 mg/L IBA 처리구에서 발근율, 신초당 발근수, 뿌리 길이 등에서 효과적이었으나 대체적으로 신초 줄기가 비대하고 세균 발달이 적어, 두 계통에서의 발근에 적정 호르몬 조건은 0.5 mg/L IBA 처리구로 판단되었다.

일반적으로 사과나무의 기내 발근시 고농도의 IBA, NAA 처리구에서는 신초 기부 절단면에 callus 발생율이 높고, 뿌리는 callus에서 분화되어 출현

하여 신초와 뿌리사이에 층을 형성함으로써 순화시 생존율을 낮추고, 반면에 고농도 IAA나 저농도의 IBA는 신초 기부에서 바로 뿌리를 형성함으로써 순화시 생존율을 높일 수 있다고 보고된바 있으며 사과나무 'Northern Spy', 'Stayman', 'Nuggett', 'Delicious' 품종의 발근에 가장 효과적인 호르몬 조건은 0.1~0.3 mg/L IBA로 보고되었다(Zimmerman 1983).

표 6. Auxin 종류 및 농도에 따른 M.9계통 대목의 기내 신초 발근 정도

Auxin 농도 (mg/L)	발근율(%)		발근수		뿌리길이(cm)		신초기부 캘러스정도(0-5)		
	T-337	EMLA M.9	T-337	EMLA M.9	T-337	EMLA M.9	T-337	EMLA M.9	
IAA 0.2	33.2c	42.8c	2.1d	3.0c	1.8de	2.9b	0d	0d	
	0.5	60.0abc	57.1bc	3.3cd	4.0bc	2.0cde	2.5bc	0d	0d
	1.0	46.6bc	80.0ab	3.7cd	2.8c	1.7de	2.5bc	0.7cd	0d
	1.5	93.4a	100a	7.1bcd	2.5c	2.9cde	2.5bc	1.2c	0d
IBA 0.2	80.0ab	85.7ab	6.2bcd	2.0c	4.4bc	2.9b	1.8c	0d	
	0.5	93.4a	95.0a	9.9abc	4.5bc	6.7a	2.9b	3.2b	1.0c
	1.0	86.6ab	71.4abc	11.5ab	8.0b	3.8bcd	2.7b	3.8b	3.0bc
	1.5	93.4ab	100a	12.7ab	14.5ab	2.1cde	4.4a	3.9ab	3.7b
NAA 0.2	93.4a	100a	11.3ab	8.0b	5.8ab	1.7c	5.0a	5.0a	
	0.5	80.0ab	100a	3.6cd	11.0ab	0.8e	0.8cd	3.7a	5.0a
	1.0	100a	100a	16.3a	18.0a	0.8e	0.5d	5.0a	5.0a
	1.5	80.0ab	100a	4.2cd	18.5a	0.7e	0.2d	3.6a	5.0a

* 배지 : 1/2MS + 20g/L sucrose + 8g/L agar(pH 5.8).

* 0: 캘러스 발생이 전혀 없음; 5: 캘러스 발생이 매우 많음.

다. 압조건

발근 처리 후 압조건이 기내 신초 발근에 미치는 영향을 비교하고자 배양 4주간 전혀 압처리를 하지 않은 처리구와 배양 초기 1주, 2주간 압처리를 한 경우의 발근 정도를 비교한 결과(표 7), 2주간 압처리 후 2주간 명처리를 한 처리구에서 발근율 및 신초당 발근수에서 효과적인 것으로 나타났

다. 암처리를 하여 신초의 황화처리를 유도한 후 명처리를 한 사과 품종 'Mutsu' 와 'Redspur Delicious' 품종은 발근율이 향상되었으나 품종 및 계통에 따라 약간씩 차이가 있으며(Zimmerman, 1983), 암처리가 발근처리시 sucrose 첨가 효과를 어느 정도 대체할 수 있는 효과가 있다고 보고된 바 있다(예 등, 1984).

표 7. 암처리가 EMLA M.9의 기내 신초 발근에 미치는 영향

암처리기간 (주)	발근율(%)	발근수/신초(개)	뿌리길이(cm)	신초기부발생 캘러스정도(0~5)
0	8.3 b	1.0 b	0.9 a	0 b
1	41.8 ab	2.3 ab	1.5 a	0.5 ab
2	66.8 a	2.8 a	0.8 a	1.0 a

* 배지 : MS + 1.0 mg/L IBA + 20g/L sucrose + 8g/L agar(pH 5.8).

* 0: 캘러스 발생이 전혀 없음; 5: 캘러스 발생이 매우 많음.

3. 기외발근 및 순화조건

가. 기외발근 유도

기내증식에 소요되는 기간을 단축하고, 배양묘 생산 단가를 낮추기 위해 기내 발근 과정을 생략하고 기내에서 증식된 신초를 채취하여 고농도 auxin 용액에 순간 침지한 후 배양토에 이식하여 순화와 발근이 동시에 이루어지도록 하기 위하여 auxin 농도별 기외 발근을 시도하였다. 기외발근 처리는 대체적으로 60% 전후의 발근율을 나타내 기내 발근에 비해 발근율이 낮고, 신초 당 뿌리수가 적으며, 신초의 생육이 좋지 않아 기외 발근 처리는 실용화에 적절하지 않은 것으로 판단되었다. 500~1000 mg/L의 분말 IBA에 침지한 신초를 호르몬 무첨가 MS배지에 치상하여 발근을 유도할 경우, 발근율이 낮고, 기부에 callus 발생이 많으며, 발생한 뿌리수도 적어 일반 오옥신 발

근 배지를 사용하는 것보다 효과가 떨어진다는 보고(Dustan 등, 1985)와 마찬가지로 본 연구에서도 고농도 오옥신 용액을 이용한 발근은 그 효과가 적은 것으로 판단되었다.

표 8. 호르몬 조건별 M.9 T337의 기외 발근 정도

IBA 농도 (mg/L)	발근율 (%)	뿌리수/신초 (개)	뿌리길이 (cm)
300	50.0	2.3	3.7
500	63.0	1.4	3.7
1000	60.0	1.3	2.7

※ 기외 발근 방법: 1.5 ~2cm 길이의 신초를 IBA 용액에 10초간 침지 후 버어미큐라이트 단용 배양토에 이식 후 4주 순화 후 발근 정도 조사.

나. 순화용토

기내 발근된 신초를 배양용토별로 이식하여 순화한 결과, 배양 용토에 관계없이 모든 개체가 순화 후 생존하였으며 생육량에 있어서도 큰 차이가 없었다. 따라서 가격면이나 사용면에서 버어미큐라이트 단용처리가 효과적으로 판단되었다.

표 9. M.9 T337의 순화 초기 용토별 순화율 및 순화묘 생육량

순화 용토	순화율(%)	1차생육량(cm)	2차생육량(cm)
vermiculite 단용	100	1.98	37.7
vermiculite:perlite=1:1	100	2.64	36.8
vermiculite:perlite:peatmoss = 1:1:0.2	100	2.35	34.5

* 1차 생육량 조사 : 순화처리 2주 후 조사

* 순화 완료 후(순화처리 4주 후) 모든 처리의 배양토 조건을 일반 발 흙 조건으로 이식

* 2차 생육량 조사 : 순화 4개월 후

4. 기내 번식 모델 설정

지금까지 밝혀진 최적 증식조건 및 발근 조건에 따라 1년간 생산 가능한 순화묘 획득량에 관한 모델을 설정한 결과(표 10, 11, 그림 1), 7평 규모의 배양실에서 50개의 기내 증식묘를 가지고 배양할 경우, 배양 첫해에 57,000 주를 생산할 수 있으며, 그 다음해부터 매년 114,000주를 생산할 수 있다. 또한 이러한 기내 번식법에 의한 M.9 계통 대목의 순화묘 1주 생산단가는 289.3원이었다.

표 10. 기내 증식 M.9 T337개체의 순화묘 획득정도

치상 (개)	신초수 증식 (개)	신초수 (개)	발근처리 가능 신초수 (개)	발근개체수 (개)	순화처리 가능 개체수 (개)	순화 후 생존 개체수 (개)
10	100		24	24	19	19

* 증식배지 조건: MS+1.0mg/L BA+0.1mg/L IAA+30g/L sucrose+8g/L agar(pH 5.8) :
4주 배양.

* 발근배지 조건: 1/2MS+0.5mg/L IBA+20g/L sucrose+8g/L agar(pH 5.8) : 4주 배양.

* 발근처리 가능 신초 : 1.5~2cm 길이의 신초

* 순화처리 가능 개체 : 뿌리 및 신초 생육이 양호한 개체

* 순화조건: - 용토 : vermiculite: perlite=1:1, 순화기간 4주

- 처음 1주간 포화상태에서 1주 간격으로 습도를 낮추어 4주 후
일반 실내 습도 유지 및 발 흙 배양토 화분 이식

배양병 5개(10개 신초/병)

4개월 후
(3회 계대배양)



매월 배양병 5,000개 유지 및 발근처리

2개월 후
(발근, 순화)



순화묘 획득 (9,500주/월)

그림 1. M.9 계통 대목의 기내 번식 체계도

- ※ 배양 첫해 : 순화묘 57,000주 생산 (배양 6개월 후부터 9,500주/월 생산)
- 2년차부터 : 순화묘 114,000주/년(9,500주/월) 생산가능

표 1. 기내 번식에 의한 M.9 계통 대목의 순화묘(114,000주/년) 생산비용

구분	월 사용량 (L)	농도 (g/L)	회수 (회)	단가 (원)	금액 (원)
Agar	500	8	12	110	5,280,000
MS배지	500	1	12	50	300,000
BA	500	0.001	12	26,000	156,000
IB	10	0.003	12	12,000	4,320
A					
IAA	500	0.0001	12	8,000	4,800
sucrose	500	30	12	1	180,000
에탄올	1		10	45,000	450,000
질석	9000	50	12	0.05	270,000
펄라이트	9000	50	12	0.1	540,000
포트	9500		12	20	2,280,000
기타			12	200,000	2,400,000
전기료			12	260,000	3,120,000
인건비	1.5 인		12	1,000,000	18,000,000
합계					32,985,120
1주생산단가					289.3

* 배양실 규모 : 7평,

* 주당 생산단가 = 총 소요 경비(시설비 제외) ÷ 연간 순화묘 생산주수
= 32,985,120원 ÷ 114,000주 = 289.3원

요 약

사과 M.9 계통 대목의 기내 번식 조건을 구명한 결과, 신초 증식에 적합한 배지는 1.0mg/L BA, 0.1 mg/L IAA, 30 g/L sucrose, 8 g/L agar가 첨가된 MS배지이며, 치상방법은 신초 정단부를 제거한 후 수평치상하는 것이 효과적이었다. 발근조건으로는 배지는 0.5 mg/L IBA, 20 g/L sucrose, 8 g/L agar가 첨가된 1/2 MS 배지이며, 발근 배양 초기 2주간 암처리하는 것이 효과적이었으며, 기내 배양묘의 적정 순화상태는 버어미큐라이트였다. 최적조건에 맞춰 기내 배양묘를 생산할 경우, 7평 규모의 배양실에서 50개의 기내 증식묘를 가지고 배양할 경우, 배양 첫해에 57,000주를 생산할 수 있으며, 그 다음해부터 매년 114,000주를 생산할 수 있다. 또한 이러한 기내 번식법에 의한 M.9 계통 대목의 순화묘 1주 생산단가는 289.3원이었다.

참고문헌

1. Dunstan, D.I. K.E. Turner and W.R. Lazaroff. 1985. Propagation in v-itro of apple rootstock M4: effect of phytohormones on shoot quality.
2. James, D.J and I.J. Thurbon. 1981. Shoot and root initiation in vitro in the apple rootstock M.9 and the promotive effects of phloroglucinol. J. Hort. Sci. 56(1):15-20.
3. Jones, O.P., and S.G.S. Hatfield. 1976. Root initiation in apple shoots cultured in vitro with auxins and phenolic compounds. J. Hort. Sci. 51:495-499.
4. Jones, O.P., M.E. Hopgood, and D. O'farrell. 1977. Propagation in vitro of M.26 apple rootstock. J. Hort. Sci. 52:235-238.
5. Jun, J.H., K.H. Chung, S.J. Kang, S.Y. Park, and B.W. Yae. 1998. Influence of medium coposition, carbon source, addition agent and

- explant orientation of shoot proliferation from *Prunus persica* in vitro. Kor. Soc. Plant Tissue Culture 25(2):99-102.
6. Masuda, T., Y. Yoshida, H. Bessho, S. Komori, and S. Tsuchiya. 1988. Studies on cell, tissue and shoot-tip culture in apple. Bull. Fruit Tree Res. Stn. C 15:21-28.
 7. Yae, B.W., H.M. Jo, Y.H. Lee, and Y.J. Yim. 1984. Studies on the shoot- tip culture of apple, cv. 'Fuji'. Res. Rept. Rural Dev. Admin. 26(2):51-57.
 8. Zimmerman, R.H. 1983. Factors affecting in vitro propagation of apple cultivars. Acta Hort. 131:171-178.

제 4 절 바이러스 무독묘 육성 및 항혈청 생산

서 설

사과는 영양번식을 하는 영년생 목본식물로서 Apple chlorotic leaf spot virus(ACLSV) 등 28종의 바이러스의 발생이 알려져 있다. 사과에는 바이러스들이 잠복 감염되어 병징을 뚜렷하게 나타내지 않는 경우가 많아 피해를 크게 인식하지 못하였다. 1980년대에 사과 고접갱신에 따른 고접병의 피해가 산발적으로 나타났으며 미량요소가 병징발현에 미치는 영향(홍, 1982) 등 그 연구범위가 한정되어 있었고 매우 미약한 편이었다. 이러한 바이러스의 감염으로 나무의 수세가 약해지고 수량이 감소되는 것으로 보고되고 있으며(Baumann and Bonn, 1988 ; Campbell 1962 ; Campbell and Hughes 1977 ; Hassing and Larsen, 1976) 우리나라 재배품종들을 대상으로 바이러스 검정을 한 결과 그 감염율이 고접병원 바이러스인 Apple chlorotic leafspot virus와 Apple stem grooving virus 등이 0.4~57.1%로 감염되어 있는 것으로 조사되어 이들 바이러스에 대한 방제대책 마련이 시급함을 인식하게 되었다. 이러한 바이러스병의 효율적인 방제대책은 바이러스 무독묘를 생산, 공급하는 것이며 대부분의 선진외국의 경우는 바이러스 무독묘목의 유통비율이 거의 100%에 이르고 있다. 국제적으로 바이러스 무독묘목의 공급이 일반화되고 많은 선진외국의 경우 무독묘목의 공급체계 확립 뿐 만 아니라 모든 시험수의 바이러스 무독묘 이용은 기본적인 사항이지만 우리나라는 아직까지 무독화 기술 및 무독묘 공급체계 확립이 미완성된 단계에 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 사과산업의 기초가 될 바이러스 무독 우량묘의 육성과 바이러스를 조기에 진단할 수 있는 기술을 개발하고자 수행하였으며 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 바이러스 무독묘 육성

바이러스 무독묘 육성을 위하여 품종별로 실생대목에 절접하여 포트 묘목을 만든 다음 1년생 묘목을 열처리용으로 이용하였다. 휴면이 끝나고 초봄 발아하기 전에 온도 30℃, 습도 60%, 12시간 일장으로 조절된 성장상에 넣어 1주일간 전처리를 한 다음 37℃로 온도를 높혀 3~4주간 열처리를 하였다. 열처리 중에 신장한 신초의 정단부를 잘라 1% NaOCl로 살균소독한 다음 Murashige & Skoog 기본배지에 BA 1mg/ℓ, + IBA 0.3mg/ℓ + GA 0.5mg/ℓ, Sucrose 30g, Agar 7g, pH 5.8로 조절한 배지를 사용하였다. 또는 열처리받은 신초의 선단부 1cm 정도를 잘라서 직경 0.7cm 정도의 실생대목에 미세접목한 다음 10일간 마이크로튜브로 덮어 건조를 방지하고 발아시킴으로써 묘를 얻었다. 발아된 묘는 발아신초의 잎을 채취하여 ELISA검정을 하여 바이러스 무독여부를 확인하였으며 생육시기별로 바이러스 검정을 3회 수행하여 무독모수를 선발하였다. ELISA검정은 스위스 BIOREBA사로부터 구입한 항혈청을 사용하였으며 검정 바이러스는 *Apple chlorotic leafspot virus*(ACLSV), *Apple stem grooving virus*(ASGV), *Apple mosaic virus*(ApMV)를 대상으로 하였다. 기내배양한 개체는 4~5개월간 배양 후 분화된 개체를 추출용액에 대해 1:8(w/v)농도로 즙액을 추출하여 ELISA검정하였다. ELISA 검정에 의해 무독화된 것으로 판정된 개체는 MS + IBA 1.0mg/ℓ 배지에서 발근시켰으며 바이러스 검정은 ACLSV, ASGV, ApMV를 대상으로 기내증식 및 육묘단계에서 2회 검정하였으며 망실에서 보존하면서 1회 검정을 추가로 수행한 다음 무독모수로 선발하였다.

2. 바이러스 분리동정 및 간이진단법 개발

바이러스 분리는 육안상 병징발현이 관찰된 이상주 및 ELISA검정으로 양성반응을 나타낸 신엽이나 꽃을 채취하여 0.01M 인산완충액(pH7.2)에 마쇄한 다음 *Chenopodium quinoa* 등의 초본 지표식물에 접종하여 분리하였다.

초본 지표식물에 나타난 병징 및 기주범위를 조사하고 항혈청검정으로 바이러스를 동정하였으며 분리한 바이러스는 증식기주식물에 접종하여 증식하였다. 증식기주에서 병징이 발현된 잎을 수확하여 PEG-bentonite법(그림 1)으로 순화하여 정제 바이러스를 얻었다. 순화한 바이러스는 진단용 항혈청 생산을 위하여 최초 1ml의 순화바이러스를 토끼에 근육주사 한 다음 10일 간격으로 2회 주사하여 면역시켜 항혈청을 분리하였다.

또한 과수 바이러스와 같은 저농도의 바이러스들을 가장 안전하게 진단할 수 있는 방법이 목본성 지표식물을 이용하는 것이므로 *Malus platycarpa* 등 6종의 지표식물을 재료로 하여 바이러스 이병주와 무독주를 이중 삭아접 또는 절접법으로 접종한 다음 2년간 병징을 관찰하였다.

이병물 (*C. quinoa*)

↓ Blend 100g *C. quinoa* leaves in 200ml 0.01M tris-HCl buffer(pH7.6) + 0.01M MgSO₄
Squeeze through cheese cloth Clarify the extract by cautiously adding a bentonite suspension (40mg/ml) made in 0.01M phosphate buffer, pH7~8

↓ Centrifuge at low speed (1,000rpm, 10분)

상등액

↓ Precipitate the virus adding polyethylene glycol(M.W.6000) 8%(w/v)

Letting the mixture stand 1hr

↓ Centrifuge at low speed(8,000rpm, 20분)

상등액

↓ Centrifuge at 28,000rpm, 120분

침전물

↓ Resuspend pellets in 0.01M Tris-HCl buffer(pH7.6)

↓ Centrifuge at low speed(10,000rpm, 15분)

침전물

↓ 10~40% Sucrose density gradient

22,500rpm, 120분

↓ (Concentrate by ultracentrifugation and purify by density gradient centrifugation)

Band 회수 및 dialysis

그림 1. 사과 ACLSV와 ASGV의 순화 방법

보다 정밀한 진단법을 이용한 조기 진단기술을 적용하기 위하여 ApMV를 대상으로 RT-PCR진단시험을 수행하였다. 기 보고 되어 있는 염기서열 (Alrefai 등, 1994)을 기준으로 진단용 primer를 디자인하였으며 이병잎과 신초를 채취하여 Qiagen RNeasy Plant mini kit를 이용하여 Total RNA를 추출한 다음 Promega Access RT-PCR System으로 RT-PCR을 수행하였다. PCR산물은 1% Agarose gel에서 전기영동한 다음 EtBr로 염색하여 밴드를 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 바이러스 무독묘 육성

사과 품종별 바이러스 무독묘 육성은 기 개발된 열처리 및 성장점배양, 미세접목법 등의 무독화 기술(김 등, 1997) 및 바이러스 검정기술을 이용하여 무독묘를 생산하였다(표 1). 열처리 후 성장점배양을 통해 재분화한 개체들을 대상으로 ELISA검정으로 ACLSV와 ApMV 무독여부를 조사한 결과 4주 이상의 열처리를 받은 개체들이 검정개체중 50%이상의 개체가 무독화 되었음이 확인되었다. 따라서 주요 사과 바이러스에 대한 무독묘는 37℃ 정도의 일정한 고온에서 4주 이상의 열처리와 1mm이하 크기의 성장점 배양을 통해 생산할 수 있을 것으로 생각한다. 미세접목묘의 경우에도 약 40~60%의 무독묘를 얻을 수 있어 기내 조직배양단계를 거치지 않고도 보다 조기에 묘목으로 얻을 수 있는 가능성을 나타내었다. 품종별로 선발된 무독묘는 망실에서 포트묘목으로 유지 보존하였으며 모수는 매년 ELISA검정을 수행하여 재감염여부를 검정한 결과 재감염된 모수는 아직까지 관찰되지 않았다. 품종별로 기내 조직배양묘도 육성하여 기내 유전자원으로 유지 증식하였다(표 2). 생산된 바이러스 무독묘는 지역 농업기술센터와 묘목협회에 약 5cm길이 (눈 2 부착)의 접수로 분양(표 3)하여 무독묘의 조기 공급으로 우량 묘목의 모수원 조성 및 묘목 생산체계를 확립하고자 하였다.

표 1. 사과 바이러스 무독묘목 육성

년 차	품 종	대 목
1 년차	후지, 감홍, 홍로	M9 TS1, M9 TS2
2 년차	나가후2호, 나가후6호, 홍장군, 라꾸라꾸후지, 서광, 봉춘계후지, 방사선선발후지, TAC114, 추광	M9 EMLA, M26,
3 년차	화홍, 산사, 양광, 조나골드, Hillwell Red Breaburn	M27, M9 pajam, M9 Ottawa, JM7, JM5, M9 P22

표 2. 품종별 기내 조직배양묘 육성

년 차	품 종	대 목
1 년차	후지, 감홍, 홍로	M9 EMLA
2 년차	산사, 서광, TAC114, 추광	M26, M9 TS1
3 년차	화홍, 양광, 조나골드, Hillwell Red, Breaburn	M9 pajam, M9 Ottawa, JM7, JM5, M9 P22

표 3. 바이러스 무독묘 접수 보급 실적

년 차	1 년차	2 년차	3 년차
품 종	후지, 홍로, 감홍	추광, 봉춘계후지 등 12 품종	후지, 산사 등 14품종
대 목 종	M9 TS1, M9 TS2	M26 등 4종	M27, JM7 등 8종
접수보급량 (본)	12,835	5,250	2,470
보 급 처	충주기술센터 등 4개소	묘목협회 등 8개소	영주기술센터 등 11개소

2. 바이러스 간이 진단법 개발

사과 잎으로부터 *Apple chlorotic leafspot virus*(ACLSV)와 *Apple stemgrooving virus*(ASGV)를 분리동정하였으며 분리한 바이러스의 특성은 표 4와 같다.

표 4. 분리동정 바이러스의 병징 및 특성

바이러스명	기주 병징	주요 증식식물	바이러스 입자형태	분리주	분 류
<i>Apple chlorotic leafspot virus</i>	탁엽에 모틀, 모자이크	<i>Chenopodium quinoa</i>	사상형	2	<i>Tricho virus</i>
<i>Apple stem grooving virus</i>	잎 모자이크, 줄기흠괴사	<i>Chenopodium quinoa</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> (강낭콩)	사상형	2	<i>Capillo virus</i>

분리한 바이러스는 증식, 순화하여 진단용 단크론 항체를 생산하였으며 agarose gel double diffusion test법을 이용하여 생산한 항체의 역가를 검정하였다(표 5). 분리한 바이러스들이 증식이 느리고 고온에 특히 불안정한 바이러스이며 순화량이 매우 적어 일반 바이러스 순화시보다 2.5배정도의 많은 시료를 사용하고 몇회 부분 순화한 것을 저장해 두었다가 합쳐야만 어느 정도의 사용가능한 바이러스량을 얻을 수 있었다.

표 5. 진단용 항혈청의 역가 및 생산량

바이러스명	역가 검정	생산량(ml)
ACLSV	32	54
ASGV	16	40

하지만 순화 바이러스의 양이 매우 적고 순도가 높지 못하여 생산된 항혈청의 역가도 비교적 낮은 편이어서 사과 등 과수작물 바이러스의 경우에 특이적인 진단 키트의 생산을 위해서는 단크론 항체 생산이 보다 더 진단 효율성이 높을 것으로 생각한다. 하지만 단크론 항체의 생산기술은 보다 전문적인 기술을 필요로 하므로 앞으로 수행해야 할 연구과제로 남아있다.

또한 바이러스의 안전 정밀진단을 위하여 목본성 지표식물을 이용한 결과 사과 ACLSV와 ASGV, ApMV의 검정용 목본성 지표식물 종을 선발하였다. 고접 병원 바이러스인 ACLSV, ASGV, ASPV는 6종의 지표식물종 중에 Spy227에 접

중하였을 때 접종 1년차부터 수피괴사 증상 및 소엽, 신초기형 등의 증상들이 나타났으며 2~3년차가 경과될수록 그 피해가 심하여 가지가 고사되기도 하였으며 심한 수세약화증상을 나타내었다.

ApMV는 *Malus platycarpa*에 접종한 처리에서 심한 모자이크증상과 수세약화증상을 나타내어 각각의 바이러스에 대한 검정용 지표식물로 선발하였다(그림 2).



Malus platycarpa(ApMV) Spy227(ACLSV, ASGV) Spy227(ASPV)

그림 2. 사과 주요 바이러스의 접종에 의한 목본 지표식물의 발현병징

ApMV를 진단하기 위해 보다 감도가 높은 RT-PCR기술을 적용하여 primer디자인 및 진단조건을 설정하였다. 진단용 프라이머는 기 보고된 염기서열을 기준으로 바이러스 외피단백질 부위를 코딩할 수 있도록 특이적으로 디자인하여 upstream primer와 downstream primer를 각각 20개의 염기로 구성하여 제작하였다(표 6). 감염 식물체로부터 total RNA를 추출한 다음 이를 주형으로 하여 제작한 primer를 이용하여 RT-PCR한 결과 약 669bp의 특이 밴드가 나타났다(그림 3).

표 6. 진단용 primer의 염기서열

primer	sequence
APCP1	5'TCAACATGGTCTGCAAGTAC3'
APCP2-1	5'CTAACAAATCTTCATCGATAAG3'

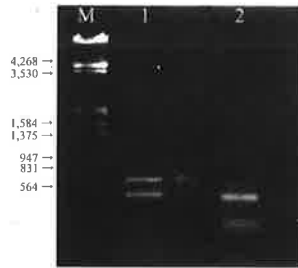


그림 3. ApMV의 RT-PCR진단

M : DNA Marker, lane 1 : ApMV CP 증폭밴드(화살표부위)

이러한 RT-PCR진단은 주형으로 사용한 바이러스 RNA의 양이 100fg인 경우 까지 검출이 가능하다고 보고(류 등, 1999)되고 있는 것과 같이 매우 검출 감도가 높고 특이적인 진단기술이므로 과수 바이러스와 같이 양이 적은 바이러스 진단시 효율성이 높으며 분리한 유전자는 저항성 품종 육성 등에도 유용하게 이용될 수 있으므로 그 가치가 더욱 높다고 본다.

따라서 본 연구를 통하여 사과의 주요 재배 품종 및 유망도입품종, 왜성 대목종들의 바이러스 무독묘를 조기 선발하였으며 주요 연구기관 및 증식기관에 보급함으로써 사과 우량묘목의 생산을 증가와 품질이 향상된 과실 생산의 시기를 좀 더 앞당길수 있을 것으로 생각하며 사과의 주요 바이러스들에 대한 조기 정밀 진단기술을 설정하였고 이러한 진단법들을 적용하여 보다 안전한 무독묘 생산 및 선발체계가 확립될 수 있을 것으로 기대한다.

요 약

사과 주요 재배품종과 신품종, 대목종들을 대상으로 기 확립되어 있던 열처리 및 조직배양 기술, 미세접목기술을 이용하여 후지 등 17품종, 대목 10종에 대한 바이러스 무독묘를 육성하였으며, 육성한 무독묘는 보급체계 확립을 위하여 지역 농업기술센터와 묘목협회 등에 접수를 분양하였다. 사과의 주요 바이러스인 ACLSV와 ASGV를 분리동정하고 바이러스를 순수분리하여 진단용 항혈청을 생산하였으나 생산 항혈청의 역가가 낮아 특이적인 진

단키트 생산에 효과적이지 못하였다. 또한 가장 안전한 생물검정방법인 목본성 지표식물 이용기술을 확립하여 바이러스별로 검정에 효과적인 지표식물을 선발하였다. ACLSV, ASGV 검정용으로는 Spy227을, ApMV검정용으로는 *Malus platycarpa*를 선발하였다. 바이러스가 매우 불안정하여 분리가 어려운 ApMV는 잎에 노란 모자이크증상을 나타내어 감염주를 육안상으로 구별은 가능하였지만, 보다 조기에 육묘단계에서 정밀진단하기 위하여 바이러스 핵산을 증폭시킴으로써 진단하는 RT-PCR기술을 적용하여 ApMV 외피단백질 유전자에 특이적인 프라이머를 디자인하고 조건을 설정함으로써 효율적인 진단체계를 확립하였다.

참고문헌

1. Alrefai R.H., Shiel P. J., Domier L.L., D'Arcy C.J., Berger P.H., Korban S.S., 1994, The nucleotide sequence of apple mosaic virus coat protein gene has no similarity with other *Bromoviridae* coat protein genes., J. Gen. Virol. 75:2847~2850
2. Baumann, G., and G. E. Binn. 1988, The influence of Apple Mosaic Virus and Rubbery Wood on Growth and Cropping of Apple Trees on M9 Till the 13th Orchard Year. Erwerbsobstbau, 30:162~165
3. Campbell, A.I. 1962, The Effects of some apple viruses on growth of *Malus* species and varieties. J. Hort. Sci. 42:339~346
4. Campbell, A.I., and L. F. Hughes. 1975, Symptoms of star crack virus on the fruit and shoot growth of apple cultuvars. Acta Hort. 44:245~250
5. Hassing, J., and E. C. Larsen. 1976, Influence of virus on growth of one-year-old apple trees. J. Hort. Sci. 51:211~214
6. 홍순범, 1982, 사과 잠재성 바이러스의 병징발현에 미치는 미량요소의 영향, 농사시험연구보고서, 24:1~26
7. 김현란, 최용문, 임명순, 이증섭, 정재동., 1997, 열처리 및 생장점배양

에의한 사과 바이러스 무독묘 생산, 한국원예학회 발표요지, 15(1):27
9~280

8. Ryu K.H., Kim C.S., Lee G.P., Choi S.H., Choi S.K., Lee C.H., 1999,
한국식물병리학회 발표요지

제 4 장

한국형 왜성사과 전업농 모델개발

여 백

제 4 장 한국형 왜성사과 전업농 모델개발

제 1 절 경쟁국의 사과 재배 주요 양식 비교 실증

서 설

우리나라의 왜성사과 재배현황은 이용 대목이 M. 26, 또는 MM.106으로서 재식 후 3~4년부터 결실되기 시작하여 6~8년이 경과 되어야 성과기에 도달하여 자본회수가 늦은 편이다. 재식거리는 M.26대목의 경우 4.0~5.0×2.0~4.5m로 10a당 50~100주가 재식되어 있다. 수형은 방추형, 주간형, 변칙주간형 등으로 다양하여 재식거리 및 수형이 체계화 되어있지 못하다. 단위면적당 수량은 선도농가의 경우 10a당 4~5톤으로 높으나, 우리나라 전체 평균은 1.5톤 내외이고 상품과 비율도 20% 전후로서 저조하다. 10a 당 투하 노동력은 1994년 334시간에서 2000년 208시간으로 아직 노동 집약적인 경영 형태를 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

이러한 실정에 비추어 유럽 최대의 사과 재배지인 이태리 북부 남부티롤 지방의 경우 전체 사과재배농가의 77%가 3ha 이하의 과수원을 경영하고 있음에도 불구하고, M.9대목을 이용한 저수고 초밀식 재배시스템으로 재식 2년차부터 10a당 1톤 이상 착과시켜 재식 4~5년차에는 5톤 정도의 수량을 얻고 있다. 단위 면적당 평균 수량은 4톤/10a 정도로 높으며, 투하 노동력은 평균 60여 시간/10a에 불과하다.

외국에서 개발한 초밀식 재배 시스템은 입지의 환경조건과 기술 수준이 결합된 종합적인 재배기술로서, 외국 기술을 그대로 국내에 도입 적용은 문제점이 있다. 따라서 구체적인 제반 기술 적용은 실증시험을 통하여 수정, 또는 개발하여 새로운 한국형 재배시스템의 개발이 필요하다.

본 연구는 경쟁국에서 실용화되고 있는 주요 수형, 재식거리, 지주 설치 방식을 재현한 포장을 조성하여 재식 양식별 생육특성, 수체 관리요령 비교

분석, 초기 결실성, 수량, 포장관리, 작업 노력 등을 비교하여 한국형 재식 양식 구명과 사과원 관리 방법 표준화 지침 마련을 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

시험포장 조성은 선진국에서 실용적으로 이용되는 저수고 밀식재배의 재식 양식 중에서 우리나라에 유망할 것으로 예상되는 주요 재식양식을 선정하여 '97~'98년에 조성하였다.

시험포장 조성 내용은 아래와 같이 경쟁국에서 실용화 되고 있는 사과 저수고 밀식재배의 수형, 재식거리, 지주 설치방법 등을 재현한 것으로 군위(대구사과연구소), 수원(원예연구소), 대구(경북대학교) 등 3개소에 각각 설치하였고, 재식 양식, 재식밀도, 및 개식원의 객토 유무와 재식후 주간연장지 절단 유무가 생육 및 초기 수량에 미치는 영향을 조사하였다.

표 1. 시험포장 조성 및 처리 내용

○ 수원(원예연구소)

품 종	처 리 및 방 법
후지/M.9T-337	세장방추형 : 3.5×1.5m, 1, 4, 6선식 V-시스템 : 3.5×1.5m (Güttingen 1열식, Südtirol형 2열식)
후지/M.26	Palmette : 3.5×2.0m Tatura trellis : 3.5×2.0m

○ 군위(대구사과연구소)

품 종	처 리 및 방 법
후지/M.9T-337	재식양식 : Slender spindle, Vertical axis, Solaxe, V system(1열식, 2열식), Micado, HYTEC 재식밀도 : 3.0×1.0, 3.2×1.2, 3.5×1.5m(개별지주) 지주방법 : 1선, 4선, 6선식(Slender spindle)

○ 대구(경북대학교)

- 1차 조성(대구)

품종 및 대목	처리 및 방법
후지/M.9 T-337	재식밀도 : 3.2×1.2m, 3.5×1.5m(trellis형)
Braeburn, Gala/M.9	객토방법 : 사양토 객토구, 방임구(식양토) (재식구덩이 : 직경 60cm, 깊이 40cm)
	정지방법 : 주간 연장지 방임구, 절단구 (절단 : 최상단 측지에서 50cm 내외)

- 2차 조성 (경북 군위)

품 종	처리내용(재식밀도)
후지/M9T-337 6계통, 골든데리셔스	
4계통, Gala 3계통, Braeburn, 쓰가루, 홍월, 조나골드	3.2×1.2m, 3.5×1.5m, 4.0×1.5m

결과 및 고찰

1. 재식 양식 구멍

가. 재식 양식별 생육

사과나무의 생육상황은 수원(표 2, 3, 4) 및 군위(표 5, 6) 모두 재식 양식별 뚜렷한 경향이 없었다. 주당 측지수는 재식당년에는 수원에서는 18~22개, 군위에서는 23개 내외로 확보되었으며, 재식 2년차에는 수원에서는 23~39개, 군위에서는 28~32개로서 수형별 큰 차이가 없었다.

재식 2년차 수원에서 수고는 211~232cm, 수폭은 147~162cm 이었는데, Guttingen 형(1열 V 자형)에서 수폭이 좁은 것으로 나타난 것은 묘목 소질에 의한 것으로 수형간의 차이로는 볼 수 없었다. 군위에서는 수고 204~265cm, 수폭은 137~173cm 이었는데, Solaxe 수형이 수고가 가장 높고 수폭

이 가장 좁은 것은 수형 구성상 결가지를 강하게 유인하였기 때문이라 생각된다.

재식 2년차의 재식 양식별 수관간격(표 6)은 Vertical axis 수형과 Slender spindl 수형에서 각각 -47.6과 -32.3으로 수관 하부에는 인접나무와 다소 겹쳤으나 생육에 영향을 미칠 정도는 아니었다. V-system은 주간거리가 가장 좁지만 겹치는 정도가 적었으며, Solaxe 수형은 수형구성이 미완성 단계이므로 겹치지 않았다.

표 2. 재식전 묘목의 생육 상황 (수원, '98. 3. 20)

구	분	수고 (cm)	수폭 (cm)	간직경 (mm)	측지길이 (cm)	측지수 (개/주)	
후지/M.9	Slender spindle	1선식 지주	173.4	77.4	19.7	37.9	16.2
		4선식 지주	168.4	62.8	17.9	21.1	16.2
		6선식(Joch)	172.8	89.0	19.6	23.4	17.4
V-system	Güttingen형	178.0	72.5	18.8	28.1	18.0	
	Süd-tirol형	173.4	71.5	15.3	34.9	16.6	
후지/M.26	Palmatte	141.9	-	17.8	15.5	7.5	
	Tatura trellis	61.7	-	15.4	-	-	

표 3. 재식 양식별 재식 1년차 생육 상황(수원, '98.10.20)

구	분	수고 (cm)	수폭 (cm)	주간직경 (mm)	측지길이 (cm)	측지수 (개/주)	
후지/M.9	Slender spindle	1선식 지주	231.6	162.2	29.0	43.4	18.6
		4선식 지주	214.8	146.7	27.4	43.4	18.4
		6선식(Joch)	223.6	160.0	28.6	55.2	22.0
V-system	Güttingen형	211.2	146.6	27.5	34.8	20.8	
	Süd-tirol형	216.8	154.6	30.3	47.8	21.4	
후지/M.26	Palmatte	250.7	186.4	35.8	97.4	18.0	
	Tatura trellis	183.3	-	25.2	118.1	2.2	

표 4. 재식양식별 재식 2년차 생육 상황 (수원, '99)

구	분	수고 (cm)	수폭 (cm)	주간직경 (mm)	측지길이 (cm)	측지수 (개/주)	
후지/M.9	Slender spindle	1선식 지주	231.6	162.2	29.0	43.4	18.6
		4선식 지주	214.8	146.7	27.4	43.4	18.4
		6선식(Joch)	223.6	160.0	28.6	55.2	22.0
	V-system	Göttingen형	211.2	146.6	27.5	34.8	20.8
		Süd-tirol형	216.8	154.6	30.3	47.8	21.4
후지/M.26		Palmatte	250.7	186.4	35.8	97.4	18.0
		Tatura trellis	183.3	-	25.2	118.1	2.2

표 5. 재식양식별 후지/M.9 T-337의 재식 1년차 생육 상황(군위, '98.7)

수	형	간경 (mm)	수고 (cm)	수폭 (cm)	수관간격 (cm)	측지수 (개/주)	측지길이 (cm)
Slender spindle	(3.2×1.2)	28.0	199.9	139.8	- 19.8	23.9	34.6
Vertical axis	(3.2×1.2)	25.8	189.8	125.6	- 5.6	22.3	39.1
Solaxe	(3.5×1.7)	25.9	188.1	123.5	46.5	22.5	37.6
V-system	(3.2×1.0)	25.4	188.9	125.7	32.0	22.8	39.1
HYTEC	(3.5×1.5)	23.6	194.8	138.4	- 18.4	23.7	35.5

* ()내는 재식거리임

표 6. 재식 양식별 후지/M.9T-337의 재식 2년차 생육상황(군위, '99.7월)

수	형	간경 (mm)	수고 (cm)	수폭 (cm)	수관간격 (cm)	새측지		총측지수 (개/주)
						발생수 (개/주)	길이 (cm)	
Slender spindle		29.3	225.2	152.3	- 32.3	8.4	17.4	32.4
Vertical axis		31.5	245.1	167.6	- 47.6	7.8	23.9	28.8
Solaxe		28.1	264.8	136.7	33.3	9.4	19.8	30.3
V-system		30.1	249.3	165.8	- 16.2	8.6	15.2	31.3
HYTEC		28.5	203.9	172.9	- 22.9	8.3	18.2	27.9

나. 재식 양식별 수량

재식 2년차의 주당 착과수는 수원에서는 28개 정도, 군위에서는 16~18개로서 재식 양시간에 큰 차이가 없었다. 따라서 초기 수량은 재식양식(수형)에 따른 차이 보다는 재식밀도에 따라 달라 재식밀도가 높을수록 높았다(표 7, 8).

우리나라의 환경에 알맞는 저수고 밀식재배 수형 선발은 재식 2년차까지 수형간에 생육이나 관리방법에서 뚜렷한 차이를 볼 수 없었기 때문에 금후 계속적으로 검토되어야 할 것이다.

표 7. 재식양식별 재식 2년차 수량 (수원)

구	분	주당 착과수 (개/주)	재식주수 (주/10a)	수량 (kg/10a)
후지/M.9	1선식 지주	34.7	190	1,780
	Slender	23.0	190	1,180
	spindle	26.3	190	1,267
	평균	28.0	190	1,409
	Guttingen형	24.7	286	1,907
	V-system	31.7	286	2,448
	평균	28.2	286	2,178
후지/M.26	Palmatte	27.3	167	1,231
	Tatura trellis	10.3	190	528

표 8. 재식 양식별 재식 2년차의 수량성 (군위)

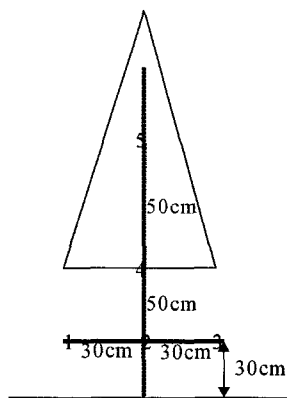
수 형	착과수(개/주)	재식주수(주/10a)	수량(kg/10a)
Slender spindle	16	260	1,123
Vertical axis	17	260	1,193
Solax	18	168	817
V-system	15	285	1,154
HYTEC	16	190	821

다. 재식 양식별 광투과율

재식양식에 따른 수관부위별 광투과율(표 9)을 보면 V-system이 Slender spindle(세장방추형)에 낮았으나 생육에 영향을 미칠 정도는 아니라고 판단되었다. Slender spindle 수형에서는 결가지의 유인방법에 따라 차이를 보여 1, 4, 6선식 순으로 투과율이 높았다.

표 9. 재식양식별 수관부위별 광 투과율(수원)

구	분	조 도 (Lux) (×100)					평균	
		1*	2	3	4	5		
후지/M.9	Slender spindle	1선식 지주	559	442	410	338	320	414
		4선식 지주	693	373	106	164	556	378
		6선식(Joch)	600	75	578	161	247	332
	V-system	Güttingen형	514	61	58	124	640	279
		Süd-tirol형	142	47	30	38	350	121
후지/M.26	Palmatte	79	362	82	365	521	282	
	Tatura trellis	87	69	78	87	100	84	



측 정 위 치

- 1 : 지표에서 30cm 높이의 수관끝 좌측
- 2 : 지표에서 30cm 높이의 주간부
- 3 : 지표에서 30cm 높이의 수관끝 우측
- 4 : 주간부의 최초 측지 발생부
- 5 : 수관 중앙부

그림 1. 수관부위별 조도 측정위치

라. 지주 형태별 가지 유인노력 정도

지주 형태별 유인노력 정도를 지주 유인을 위해 필요한 기구와 사용량 등으로 본 결과, 6선식 지주가 이용 기구가 단순하여 유인노력이 절감되고, 유인후 나무 형태도 일관적으로 관리할 수 있는 것으로 생각되었다[표 10, 11].

표 10. 재식양식별 유인에 소요된 유인도구 량 (수원)

구	분	처리 개수(개/주)				
		유인추	플라스틱유인고리	결속기	유인끈	
후지/M.9	Slender spindle	1선식 지주	8.4	9.6	7.6	17.6
		4선식 지주	7.2	6.6	13.8	7.4
		6선식(Joch)	6.8	4.4	15.6	5.1
	V-system	Güttingen형	6.2	6.6	11.2	5.6
		Süd-tirol형	8.6	7.0	7.2	17.4
후지/M.26	Palmatte	1.8	2.6	30.0	5.2	
	Tatura trellis	-	0.4	19.3	3.7	

표 11. 지주 형태별 유인에 소요된 유인도구 량(군위)

구	분	처리개수 (개/주)			
		이쑤시개	유인고리(철사)	결속기	유인끈
1선식		4	14	-	10
4선식		3	2	13	3
6선식		-	-	15	6
개별지주		4	4	-	24

2. 재식 거리 구명

가. 재식 거리별 생육

세장방추형 수형에서 재식거리를 3.0×1.0m, 3.2×1.2m, 3.5×1.5m로 각각 재식하여 신초관리는 발생후 곧을 무렵부터 수시로 유인하였으며, 세력

이 강한 가지는 강하게, 약한 가지는 약하게 유인하여 전체적으로 새가지의 세력 안정을 도모하였다.

재식당년에 생육 상황[표 12]을 조사한 결과 총 측지수는 20개 전후였고, 신초 길이는 12~18cm 정도이었으며, 수고는 182~196cm이고, 수폭은 66~74cm로서 재식거리별 뚜렷한 경향이 없었다. 수관간격은 주간거리 1.0m에서는 29cm였고, 주간거리 1.2m, 1.5m는 각각 54, 76cm로 서로 겹치지 않았다.

재식 2년차에서는 총 측지수가 27~32개 정도 확보되었으며, 수관간격은 주간 재식거리 1.5m에서는 인접 나무와 겹쳐지지는 않고 서로 맞닿는 상태이었으나 주간 주간거리 1.0m와 1.2m에서는 각각 -44cm, -27cm로 다소 겹쳤다[표 13].

저수고 밀식재배 체계에서 열간의 농기계 운행 최소간격을 2.0m로 볼 때, 재식거리 3.0×1.0m 및 3.2×1.2m에서는 재식 2년차에 열방향으로의 생장은 한계에 달하여 수령이 증가함에 따라 현재의 대형 트럭타로서는 열간이 좁아 작업이 어려울 것으로 생각되었다.

표 12. 재식밀도별 후지/M.9T-337의 재식 1년차 생육상황

재식거리 (m)	주간직경 (mm)	수고 (cm)	수폭 (cm)	수관간격 (cm)	측지수 (개/주)	측지길이 (cm)	신초발생수 (주/개)	신초장 (cm)
3.0×1.0	20.4	195.8	70.9	29.1	21.1	28.2	15.2	12.0
3.2×1.2	18.9	188.2	66.3	53.7	19.6	33.3	15.8	12.5
3.5×1.5	19.2	182.6	73.8	76.2	20.4	33.2	17.2	17.8

* 주간직경 : 접목부 상단 10cm 높이('98. 7월 조사)

표 13. 재식밀도별 후지/M.9T-337의 재식 2년차 생육상황

재식밀도 (m)	주간직경 (mm)	수고 (cm)	수폭 (cm)	수관간격 (cm)	주간상의 발생수 (개/주)	신초 길이 (cm)	총측지수 (개/주)
3.0×1.0	29.1	245.2	144.1	- 44.1	10.2	23.3	27.1
3.2×1.2	30.1	251.9	147.8	- 27.2	10.9	23.0	32.0
3.5×1.5	28.9	233.2	147.8	2.2	13.1	18.6	32.4

* 접목부 상단 10cm 높이, ('99. 7월 조사)

나. 재식 거리별 수량

재식 2년차의 주당 착과수는 12~14개로 재식 거리간에 큰 차이가 없었다. 10a당 수량은 677~1,079kg으로 차이가 있으나 생육의 차이에 의한 것이라기 보다는 재식주수에 의한 차이로 재식밀도가 높을수록 수량이 높았다(표 14).

과수재배에서 적정 재식밀도 결정은 토양조건, 대목, 품종, 정지방법 등에 따라 다르나, 결실이 이루어지는 수관의 유효용적은 외부 광선이 50% 도 달될 수 있는 범위로서 나무 정부로부터 1.8~2.4m이고, 측면으로 부터는 0.9~1.2m범위이며, 수관간격은 정방형식으로 재식된 경우 -20cm일 때 수관 점유율이 84.3%로 높고 수량이 많다고 알려져 있다.

그러나 재식 2년차로서는 생장과 수량성, 착색 등 과신품질 등에 대한 구체적인 검토를 할 수 없어 현 상태에서 적정 재식밀도를 평가하는 데는 무리가 있으므로 금후 나무의 생장과 수량, 착색관리 등 품질 측면에서의 계속적인 검토가 요망되었다.

표 14. 재식밀도별 재식 2년차 수량성

재식밀도(m)	착과수(개/주)	재식주수(주/10a)	수량(kg/10a)
3.0×1.0	12.0	333	1,079
3.2×1.2	14.5	260	1,018
3.5×1.5	13.2	190	677

3. 주간연장지 절단 및 객토 유무가 생육에 미치는 영향

경북대학교의 시험포장 내에 약 30년생의 사과 성목을 굴취한 식양토의 개식원으로 굴취후 부숙퇴비 4톤/10a 시용 후 2~3회 경운하고 묘목을 재식하였다. 재식방법은 직경 60cm, 깊이 40cm의 구덩이를 파고 완숙퇴비 6kg을 구덩이에 넣고 재식하였다. 묘목은 직경 15mm 내외, 측지수 8개 내외, 수고 180cm 내외의 우량한 상태의 것을 이용하였고 처리 방법은 (표 15)에서의 처리내용과 같다.

포장 관리 방법은 1년차(1998년)에 결가지는 재식후 수평 또는 수평이하로 유인하고 5월 상순에 나무 당 과수복합비료 100g을 시용, 수관하부는 청경으로 관리하였다. 2년차(1999년)는 2월 하순에 세장방추형 정지를 목표로 나무당 0~2개의 강한 발육지는 제거하였고, 3월 초에 과수복합비료 100g/나무당, 유기질비료 500kg/10a를 시용후 가볍게 로타리 실시하였다. 수관하부는 청경 또는 Weed stop을 피복하고 열간은 자연초생으로 하되 2회 예초 실시하였다. 결실조절은 낙화후 15일~25일 이내에 액화아 결실과는 모두 제거하고 정화하는 나무의 상태에 따라 15~30과를 남기고 적과하였다.

주간연장지 방임구와 주간연장지 절단구 간 1년차 생장이 완료된 휴면기의 생육상황을 조사한 결과 수고는 주간연장지 방임구가 2.3 m로서 주간연장지 절단구 2.0m에 비해 약 30 cm 더 높았다. 주간직경과 총 신초생장량은 주간연장지 절단구와 방임구간에 뚜렷한 차이 없었다.

재식 2년차의 개화기의 나무 당 꽃눈수는 주간연장지 방임구가 주간연장지 절단구에 비해 다소 많은 경향이었다.

객토와 무객토구 간에 수고는 뚜렷한 차이가 없었으나, 객토구가 무객토구에 비해 주간직경이 다소 컸으며, 총 신초생장량도 다소 많은 경향이었다. 재식 2년차의 개화기의 나무 당 꽃눈수는 객토구가 무객토구에 비해 다소 많은 경향이 있었다.

재식 밀도간에 영양생장과 꽃눈수에 차이가 없어 2가지 재식밀도의 조사 결과를 혼합하여 작성하였다.

재식 2년차의 생육상황은 주간연장지 방임구가 절단구보다 주간직경이 큰 경향이 있으며, 객토구와 비객토구간에는 객토구가 주간직경이 다소 큰 경향이었다[표 16]. 신초생장은 26cm 내외로서 처리구 간에 차이가 인정되지 않았다[표 17]. 잎의 엽록소 함량을 조사한바 처리구간에 뚜렷한 차이가 없었다[표 18]. 주당 착과수는 주간연장지 무절단구가 많았는데 이는 주간연장지를 절단하지 않으므로서 주간연장지 상에 단과지 형성이 많았던 때문이라고 생각된다[표 19].

표 15. 재식당년의 생육 및 꽃눈수('99. 2, 꽃눈은 '99. 4 개화직전 조사)

처 리	수고 (cm)	주간직경 (cm)	총신초생장량 (cm)	꽃눈착생수 (개/주)
주간연장지 방임+무객토	229	2.7	472	34
주간연장지 절단+무객토	192	2.5	442	27
주간연장지 방임+객토	226	2.7	488	38
주간연장지 절단+객토	207	2.8	618	30

비고 : 객토구는 재식시 재식구덩이(직경 60cm, 깊이 40cm)에 객토 실시.
주간연장지 절단구는 재식시 최상단 측지에서 50cm 남기고 절단처리

표 16. 처리별 재식 2년차의 주간직경

처 리	주간직경(cm)				
	2월	6월15일	6월30일	7월10일	7월20일
주간연장지 방임+비객토	2.7	3.0	3.1	3.1	3.2
주간연장지 절단+비객토	2.5	2.8	2.9	3.0	3.1
주간연장지 방임+객토	2.7	3.0	3.1	3.2	3.2
주간연장지 절단+객토	2.8	3.3	3.3	3.4	3.4

비고 : 객토구는 재식시 재식구덩이(직경 60cm, 깊이 40cm)에 객토 실시.
주간연장지 절단구는 재식시 최상단 측지에서 50cm 남기고 절단처리

표 17. 처리별 재식 2년차의 신초 성장(1999년)

처리구	신초길이(cm)				
	6. 9	6.19	7. 1	7.10	7.20
주간연장지 방임+비객토	24.5	24.8	25.0	25.2	25.4
주간연장지 절단+비객토	26.6	26.9	27.2	27.4	27.8
주간연장지 방임+객토	23.7	24.1	24.6	25.0	25.6
주간연장지 절단+객토	24.7	25.1	25.4	25.5	25.8

비고 : 객토구는 재식시 재식구덩이(직경 60cm, 깊이 40cm)에 객토 실시.
주간연장지 절단구는 재식시 최상단 측지에서 50cm 남기고 절단처리

표 18. 처리별 엽록소 함량(1999년)

처리구	엽록소함량(SPAD)		
	6월 10일	6월 30일	7월 20일
주간연장지 방입+비객토	49.0	51.4	53.0
주간연장지 절단+비객토	49.2	51.4	52.6
주간연장지 방입+객토	50.5	52.4	53.8
주간연장지 절단+객토	50.5	52.2	53.9

표 19. 처리별 재식 2년차의 주당 착과수 및 시기별 과경비대(1999년)

처리구	착과수/주	과 경(mm)			
		6.22	6.20	6.30	7.10
주간연장지 방입+비객토	21.8	47.46	55.72	62.66	69.16
주간연장지 절단+비객토	11.8	47.37	55.84	62.71	68.76
주간연장지 방입+객토	16.6	47.29	55.60	62.36	69.21
주간연장지 절단+객토	13.4	48.27	57.06	64.26	70.68

비고 : 객토구는 재식시 재식구덩이(직경 60cm, 깊이 40cm)에 객토실시.
주간연장지 절단구는 재식시 최상단 측지에서 50cm남기고 절단처리

나. 재식밀도 시험

처리내용으로 재식거리 3.2×1.2m, 3.5×1.5m 및 4×1.5m 등 3처리를 하고, 후지 6계통, 홍옥, 쓰가루, 홍월, 조나골드, 골든딜리셔스 4계통, Gala 3계통, Braeburn 등을 공시하여 시험을 수행하였다. 묘목은 주간직경이 2.8cm, 수고 2.3m, 측지수 8개 내외의 우량묘목이었다.

묘목의 활착율은 100%로서 극히 양호하였고, 생육상태는 토양조건이 경지 정리 직후의 나무생육에 좋은 조건이 아니었기 때문에 우수하다고 할 수 없으나 대체로 양호하였다. 결실관리로서 결실된 과실은 나무 당 3~5개만 남기고 적과하였다.

재식 2년차까지의 생육상태로 볼 때 재식밀도에 따른 생육차이는 관찰되

지 않는다. 2년생에서 결실을 시키지 못한 상태이기 때문에 3.2×1.2m의 재식거리에서는 다음해에는 과다 성장할 것으로 보이며 그 결과 5~6년차 무렵에는 밀식장해가 발생될 가능성이 큰 것으로 생각된다.

따라서 주간직경이 15mm 내외이고 곁가지가 많은 우량묘목은 반드시 1년생을 재식하여 2년차부터 결실을 충분하게 시켜 과도한 영양생장을 억제시켜야 할 것으로 생각되었다.

요 약

이상의 재식 2년차까지의 결과를 볼 때, 재식양식간에 사과나무의 생육상황은 뚜렷한 경향이 없었다. 재식 양식간 주당 착과수도 차이가 없었다. 따라서 초기 수량은 재식양식에 따른 차이 보다는 재식밀도에 따라 달라 재식밀도가 높을수록 높았다. 우리나라의 환경에 알맞는 저수고 밀식재배 수형 선발은 재식 2년차로서는 수령이 증가함에 따른 생육상황, 수량성, 과실품질, 관리노력 절감 정도 등을 추정하기 곤란하기 때문에 금후 계속적으로 검토되어야 할 것이다.

재식밀도가 나무의 성장 및 과실비대에 미치는 영향은 2년 차까지 전혀 관찰되지 않았다. 이는 수간 내의 측지가 다소 겹치는 부분이 있기는 해도 광조건에 영향을 미칠 정도가 아니기 때문이라고 추정되며 수령이 증가함에 따라 결과가 달라질 것으로 예상된다. 따라서 적정 재식밀도의 판정은 금후 5~7년 이후에 내려져야 할 것이다.

묘목의 주간직경이 13mm 이상이고 곁가지가 8개 내외 착생된 충실한 묘목의 경우 재식후 주간연장지를 절단하지 않는 것이 수관 구성이나 결실량 면에서 유리하다고 판단되었다. 재식 2년차의 10a당 생산량은 주당 착과수를 기초로 하여 추정하면 3.5×1.2 m 재식의(10a 당 238주) 주간연장지 무절단 처리구에서는 1,430kg(평균 과중 300g)로서 사과 왜화재배 선진 지역인 이태리의 남티를 지방의 수량에 비해 손색이 없다고 판단된다.

재식구 객토처리는 무객토에 비해 영양생장이 다소 우량한 경향은 있으나 뚜렷한 차이가 인정되지 않으므로 반드시 실시할 필요성은 없는 것으로 생

각된다. 또 영양생장이 좋은 것은 토양조건과 재식 밀도 여하에 따라서는 도리어 밀식장해를 초래하는 요인이 될 수도 있으므로 객토에 의한 효과에 대하여는 금후 다각적인 연구가 실시된 후에 평가되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Barritt, B. H. 1992. Intensive Orchard Management. Good Fruit Grower, Yakima, WA.
2. Barritt, B. H. 1992. Management of HYTEC apple orchards. Part I: Orchard Planning and establishment. Good Fruit Grower 43(19):4, 69, 70, 72, 73.
3. Barritt, B. H. 1992. Management of HYTEC apple Orchards. Part II: Pruning and training. Good Fruit Grower 43(10):38-42.
4. Barritt, B. H. 1996. Selecting the "right" apple orchard system. Good Fruit Grower 47(3):5-7.
5. Barritt, B. H., Dilley, M. A., Konishi, B. S. 1997. Selecting intensive orchard systems for apples. Compact fruit tree Vol. 30. p.37-40.
6. Corelli, L. and S. Sansavini. 1989. Light interception and photosynthesis related to planting density and canopy management in apple. Acta Hort. 243:159-174.
7. Grappadelli, L. C., S. Sansavini, and A. N. Lakso. 1997. The efficiency of the apple canopy in high density systems. Compact fruit tree Vol. 30, p.18-21.
8. Hampson, C. R., H. A. Quamme, and F. Kappel and R. T. Brownlee. 1998. Effects of apple tree Density and Training System on productivity. Compact fruit tree Vol. 31. p. 72-76.
9. Heinicke, D. R., 1975: High-density apple orchards-planning,

training, and pruning. Agriculture Handbook no.458 United States Department of Agriculture. Washington,USA.

10. 경상북도사과발전협의회, 키낮은 사과원 조성과 관리. 1999.
11. Lespinasse. J. M. 1981. Apple tree management in flat, vertical-axis and plamette forms, by cultivar fruiting type. Colloq. Intl. Montreal (Canada), Colloq. Sci. 15:103-130.
12. Lespinasse, J. M. 1989. A new fruit training system: the 'Solen'. Acta Horticulturae 243:117-120.
13. 사과저수고 밀식재배 기술 1998. 상록사
14. Sansavini, S. and L. Corelli Grappadelli. 1997. Yield and light efficiency for high quality fruit in apple and peach high density planting. Acta Hort., In Press.
15. Wertheim, S. J. 1968. The training of the slender spindle. Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp: Publication No. 7. 37 p.
16. Wertheim, S. J. 1978. Pruning of slender spindle type trees. Acta Horticulturae 65:173-180.
17. Wertheim, S. J. 1985. New developments in Dutch apple production. Compact Fruit Tree 18:1-12.

제 2 절 : 초밀식 왜성사과원의 최적관리 기술 체계화

서 설

저수고 밀식재배는 나무의 크기를 작게 하면서 재식 주수를 많게하는 재배방법이다. 나무의 키와 크기를 작게 하므로 과수원 전체를 규격화하기 쉬우며, 기계화가 용이하고, 관리작업이 단순화가 가능하여 투하 노동력을 크게 줄일 수 있다.

밀식재배의 발달과 더불어 과수원 시스템(orchard system) 혹은 재식 양식(planting system)이라는 용어를 많이 사용하고 있다. 과수원 시스템이란 과수원을 가장 효율적으로 관리하기 위해서는 대목, 묘목의 소질, 재식밀도, 재식 배치, 정지 전정, 지주 등 모든 요소들을 종합적으로 고려하는 개념이다.

개개의 기술은 사과원이 어떻게 구성되었느냐에 따라 적용하는데에는 한계가 있다. 그러므로 상기한 모든 구성 요소들을 종합적이고 합리적으로 짜 맞추어야 과수원 전체의 생산성과 효율적인 관리에 유리하다.

본 연구는 최근에 조성된 저수고 밀식재배 표준농가를 대상으로 농가별 포장조성 방법과 사과원의 관리 방법을 분석 문제점을 도출하고 개선방향을 검토하여 왜화 초밀식 사과원에 적합한 관리방법을 체계화 하고자 하였다.

재료 및 방법

경상북도에서 추진된 신경북형 사과 생산체계 개발 연구에서 표준농가로 선정되어 '97년에 조성된 7개소와 '98년에 조성된 11개소를 대상으로 1997.9~1999.9까지 2년에 걸쳐 포장 조성방법에서부터 재식 이후의 생육, 토양특성 변화, 관리방법 등을 분석하고, 발생하는 문제점들을 찾아내어, 그 원인을 분석·추론함과 동시에 문제점들의 해결방법을 강구하여 우리나라의 생육환경에 맞는 최적관리 방법을 찾고자 하였다.

결과 및 고찰

1. 초밀식 재배 농가의 포장조성 방법 조사

가. 포장조성 방법 조사

1997년도의 표준농가의 포장 조성은 7개 농가중 5개 농가는 기존 사과나무를 굴취하고 조성하는 개식원으로 굴취시기는 '96년 봄(청송, 안동, 예천)과 가을(문경, 의성)이었다. 토성은 사양토~식양토였다.

객토원은 주로 논흙(청송, 의성)과 산흙(문경, 봉화, 안동, 영주, 예천)이었으며, 토성은 식양토(청송, 의성, 안동, 예천)와 양토(영주, 문경)로 구분되었다. 객토 깊이는 30~40cm(예천, 안동), 70~80cm(청송, 의성) 80cm 이상(봉화, 문경)으로 구분되었다[표 24]. 배수를 위한 암거시설은 7개농가 모두 설치되지 않았다.

표 1. '97 조성 표준사과원의 토양조건과 포장조성 방법

지역	개식 여부	경사	토성	객 토		배수 시설	토양관리
				객토원	깊이(cm)		
문경(C)	개식	완경사	사양토	산흙(마사)	150cm	없음	틀페스큐
봉화(L)	신식	평지	마사토	"	60~80	"	수관하부 비닐멀칭
안동(L)	개식	평지	식양토	산흙	30	"	수관하부 흑색비닐 멀칭, 목초파종
영주(K)	신식	완경사	사양토 (마사)	산흙(절토) -		"	틀페스큐
예천(J)	개식	평지	사양토	산흙	30~50	"	간작(참깨) 캐터키블루그라스
의성(P)	"	평지	식양토	논흙	70	"	틀페스큐
청송(S)	"	평지	식양토	논흙	80	"	틀페스큐 수관하부 부직포피복

1998년도의 표준농가의 포장 조성은 문경을 제외한 모든 표준과수원은 개식을 하였으며, 노목굴취시기는 '96년 가을부터 '97봄(경주, 포항, 청송, 봉화, 의성, 영주일부)까지와 '97년 가을부터 '98년 봄(안동, 예천, 군위, 영주일부)까지로 나눌수 있었다. 개식원의 경우는 포항을 제외하고는 모두 전면객토를 하였으며, 객토한 토양의 두께는 15~60cm의 범위에 있었다.

객토한 토양의 급원은 주로 산흙(청송, 안동, 영주, 예천, 군위)이었으며, 못바닥흙(청송), 논흙(의성) 또는 발흙(군위)도 있었다. 배수를 위한 암거시설은 직경 10cm 유공관을 설치한 곳(안동, 예천)보다는 하지 않은 곳(경주, 포항, 청송, 봉화, 영주, 의성, 군위, 문경)이 훨씬 많았다.

노목굴취후 토양관리는 96년 가을부터 97년 봄사이에 객토한 과수원에서 콩재배(포항, 청송, 봉화, 군위), 수단그라스 재배(의성), 및 휴경(경주, 영주)으로 나눌수 있었다.

표 2. '98 조성 표준사과원의 포장조성 방법

지역	개식 여부	노목 굴취시기	객 토			배수시설 (cm)	노목굴취후 관리 및 재배작물
			방법	깊이 (cm)	토성 객토원		
경주(C)	개식	96가을	전면	40	식토 못흙	없음	휴경
포항(S)	개식	97봄	무	-	-	없음	콩
영천(J)	개식		전면				
청송(H)	개식	96가을~97봄	전면	60	양토 산흙, 못흙	없음	수박, 콩
안동(K)	개식	97가을	전면, 부분	전면30, 부분60	식양토 산흙	유공관(Ø10)	휴경
봉화(K)	개식	96가을~97봄	전면			없음	수박, 콩, 팔
영주(C)	개식	97봄~98봄	전면	30~50	식양토 산흙	없음	휴경
예천(H)	개식	97가을	전면	15	식양토 산흙	유공관(Ø10)	휴경
의성(O)	개식	96가을	전면	45	양토 논흙	없음	수단그라스
군위(H)	개식	97겨울	전면	60	식양토 산흙, 발흙	없음	콩
문경(J)	신식	-	무	-	-	없음	휴경

나. 토양 개량자재 사용량

1997년 조성 표준농가에서 토양개량을 위하여 사용한 유기물은 톱밥을 주 재료로 하고 계분 등을 가하여 부숙시킨 종류를 문경, 안동, 예천, 청송에서는 10a당 9~12톤 정도 투입하였다. 봉화에서는 완숙되지 않은 돈분과 계분을 10a당 30톤 정도 사용하였으며, 의성에서는 객토한 토양의 유기물 함량이 높았으므로(4.0%) 유기물을 따로 공급하지 않았다. 영주의 경우는 수단그라스를 파종하여 1년간 2회에 걸쳐 예취하여 이를 유기물공급의 주재료로 사용하였으며 그 양은 10a당 20톤 정도로 추정되었다.

토양산도 개량을 위하여 사용한 석회 양은 안동, 영주, 문경, 봉화, 예천에서는 10a당 1,000~2,000kg정도 되었으며, 의성과 청송에서는 200~300kg에 머물렀다. 한편 용성인비는 문경과 의성을 제외하고는 사용하지 않았다.

표 3. '97 표준사과원에서 사용한 토양개량 자재의 종류와 양

지 역	유 기 물		석 회 용성인비 (kg/10a)	용성인비 (kg/10a)
	종 류	사용량(톤/10a)		
문 경(C)	시판톱밥퇴비	12.3	1,078	100
봉 화(L)	돈분 및 계분 혼합퇴비(미숙)	30.6	1,176	0
안 동(L)	수피, 왕겨 및 계분혼합 퇴비	10.0	2,000	0
영 주(K)	수단그라스 및 톱밥혼합퇴비	20.0	2,000	0
예 천(J)	우분, 왕겨 및 톱밥혼합 퇴비	15.0	1,000	0
의 성(P)	무사용	0	300	200
청 송(S)	톱밥 및 주정박 혼합 퇴비	9.0	200	0

1998년 조성 표준농가에서 토양개량을 위하여 사용한 유기물은 톱밥을 주 재료로 하고 우분, 계분, 돈분 등을 첨가한 과수원이 많았으며(포항, 안동, 영주, 군위), 그 외 우분 중심(경주, 예천, 문경), 수단그라스 중심(의성)의 유기물을 공급한 곳도 있었다.

토양개량을 위하여 사용한 유기물의 양은 경주와 군위의 경우는 10a당 60

톤 내외, 안동과 영주는 25톤과 37톤, 그리고 예천과 군위는 15톤, 문경이 7.6톤이었으며, 포항은 재식구덩이에만 유기물을 시용하였는데 그양은 10a 당 600kg정도였다.

토양산도 개량을 위하여 시용한 석회의 양은 다양하여 10a당 2,000~2,400kg(경주, 안동, 의성)정도와 600~900kg(포항, 영주, 예천, 군위, 문경)정도를 공급한 곳으로 나눌수 있었다.

용성인비를 시용하지 않은 과수원은 영천, 의성, 군위이며, 10a당 70kg정도 되게 시용한과수원(안동, 문경), 180kg정도 시용한 과수원(예천), 그리고 300~400kg을 시용한 과수원(영주, 경주)로 구분되었다.

표 4. '98 표준사과원에서 시용한 토양 개량자재의 종류와 양

지역	유기물		석회 (kg/10a)	용성인비 (kg/10a)
	종류	시용량(톤/10a)		
경주(C)	우분, 계분, 돈분혼합 퇴비 양송이 퇴비	60.0	2,100	400
포항(S)	계분, 톱밥, 수피 혼합 퇴비	0.6	600	0
영천(J)	-			
청송(H)	-			
안동(K)	우분, 톱밥 혼합 퇴비	25.0	2,400	70
봉화(K)	-			
영주(C)	돈분(60%), 톱밥(40%) 퇴비	37.0	700	300
예천(H)	우분 퇴비	1.5	900	180
의성(O)	유박+수단그라스	1.5	2,000	0
군위(H)	수피, 톱밥, 돈분, 쌀겨 혼합 퇴비	61.0	600	0
문경(J)	우분, 시판 유기질비료 혼합 퇴비	7.6	400	75

다. 농가별 재식 방법 및 묘목 관리 상황

재식방법은 [표 5]에서 보는 바와 같이 공급 묘목은 접목부 5cm 상단의 직경이 0.8~0.9cm인 측지가 없는 회초리묘로서 재식거리는 후지의 경우

3.5~4.0×1.25~2.0m이었으며, 대목 노출길이는 10~25cm였고, 재식후 주간을 20~60cm 높이에서 절단하였다.

표 5. '97년 조성 표준사과원의 재식상황

지역	품종	재식거리 (m)	대목 노출길이 (cm)	주 절단높이 (cm)	대목직경 (cm)	비고
문경(C)	후지/M.9/실생	4.0×1.5	10 cm	60	0.8~0.9	
	홍로/M.9/실생	3.5×1.2	"	40	0.8~0.9	
	홍월/M.9/실생	3.5×1.2	"	60	1.0	
봉화(L)	후지/M.9/실생	3.3×1.5	10~15	15~60	0.8~0.9	
안동(L)	후지/M.9/실생	3.8×1.5	15	25~40	0.8~0.9	
	홍로/M.26/실생	4.0×2.0	"	70~80	1.3	
	화홍/M.26/실생	4.0×2.0	"	50~80	1.3	
영주(K)	-	-	-	-	-	육묘중
예천(J)	마이라/후지/ M.9/실생	3.8×1.5	20~25	-	0.8~0.9	고접
	산사/후지/M.26/ 실생	4.0×1.5	"			
의성(P)	후지/M.9/실생	4.0×2.0	20	20~30	0.8~0.9	측지제거
	홍로/M.26/실생	3.8×1.5	"	30~50	1.0	신초적심
	추광/"	3.8×1.5	"	"	1.0	
	홍월/"	3.8×1.5	"	60~100	1.3	
	화홍/"	3.8×1.5	"	40~60	1.0	
청송(S)	후지/M.9/실생	3.5×1.25	15~20	50~60	0.8~0.9	
	마이라/"	"	"	"		
	홍로/"	"	"	"		
	추광/"	"	"	"		
	화홍/"	"	"	"		

* 접목부 5cm상단 조사

재식거리는 3.3~4.0m×1.2~2.0m이며, 대목 노출 길이는 '97. 6월현재 문경의 경우 정상적인 길이 20cm에 비하여 10cm로 토양이 안정되는 과정에서 문힌 경향이며, 묘목의 관리상황은 약한 묘목도 주간을 길게 남기거나 수세 회복을 위하여 남겨두어야 할 10~15cm정도의 신초도 적심한 농가도 있었다.

라. 객토한 사과원의 토양 조기 안정화를 위한 관리방법

포장조성 당시 점토함량이 많은 논흙이나 산흙을 70cm 이상 객토한 사과원에서는 재식 3년차 현재까지 생육이 불량하여 수관확보와 결실이 저조한 실정이다. 객토원에 있어서 토양 표토관리 방법별 토양 물리성 개선 효과를 구명하기 위하여 '97년 가을에 논흙(식양토)을 80cm 정도 객토한 다음, '98년 봄에 측지묘를 재식하고, 표토관리 방법으로 보온덮개 피복, 초생재배, 퇴비멀칭 등을 처리하여 토양 이화학적 특성을 조사한 결과[표 6], 처리 1년차의 토양의 물리적 특성은 토양삼상 중에서 액상은 퇴비 멀칭구가 높았으나 기상은 낮았다. 전공극율은 관리방법간에 차이가 없었다.

표 6. 객토원의 표토관리 방법별 토양의 물리성

처 리	삼 상 (%)			전용적밀도 (g/cm)	공극율 (%)
	고상	액상	기상		
보온덮개 피복	55.1	29.7	15.2	1.46	44.9
초생재배 I	55.5	31.7	12.8	1.47	44.5
II	54.7	31.5	13.8	1.45	45.3
퇴비멀칭10cm 두께	54.3	35.5	10.1	1.44	45.6

* 지표에서 15cm 조사

* 초생재배 I: 열간 자연초생, 수관하부 청경 폭 40cm

II: " " 80cm

표 7. 객토원의 표토관리 방법별 토양 경도

처 리	Soil Depth (cm)				
	0	10	20	30	40
보온덮개 피복	17.1	14.8	12.8	12.2	10.1
초생재배 I	15.2	13.8	12.4	10.2	10.1
II	17.5	15.0	16.4	15.3	10.7
퇴비멀칭10cm 두께	13.9	13.9	10.8	10.8	8.5

* 지표에서 15cm 조사

* 초생재배 I: 열간 자연초생, 수관하부 청경 폭 40cm

II: " " 80cm

토양경도[표 7]는 액상이 높았던 퇴비멸칭구가 낮은 경향이었고, 보온덮개 피복구가 높은 경향이었으며, 초생재배 방법간에는 수관하부 청경폭을 40cm로 하였던 구가 낮은 경향이였다. 금후 연차별로 토양의 물리적 특성 변화에 대하여 검토될 예정이다.

마. 지주 설치 현황 조사

지주의 높이는 2.0~2.5m정도였고, 중간지주의 간격은 5~8m 전후였다. 외주의 직경이 40mm인 것은 강도가 약한 것으로 생각되며, 4선, 6선식 지주의 경우 상하 철선간격이 70cm 이상으로 넓은 것은 가지 유인시 불편이 예상되었다.

지주 설치 방법은 [표 8]에서와 같이 철선올타리식 지주(4선식)가 대부분으로 지표에서 최초 철선과의 높이는 60cm 였고, 그 상단은 20~70cm 간격으로 설치되었다. 지주의 높이는 2.0~2.5m 정도이고 중간지주 간격이 5~8m 전후였으며, 외주는 강도가 있는 Ø50mm 파이프를 하고 사이지주는 Ø40mm 파이프를 추천하였으나 그 이하로 강도가 약한 농가가 많았고, 철선간격이 70cm이상으로 넓은 것도 있었다.

표 8. '97년 조성 표준사과원의 지주 설치방법

지역	지주				개별지주	철선	
	중주 및 외주 직경 (mm)	중주 및 외주 높이 (m)	중주 및 외주 깊이 (cm)	중주 및 외주 간격 (m)		설치 수	간격 (cm) (지표→상단)
문경(C)	40	2.5	70	6.0	대나무	6선	60-40-40-40
봉화(L)	50	2.4	70	7.0	파이프	-	미설치
안동(L)	48	2.3	70	8.0	-	5	60-20-70-70
영주(K)	-	-	-	-	-	-	미설치
예천(J)	40, 50	2.3	70	7.5	파이프(Ø2mm)	3	60-50-50-50
의성(P)	40, 50	2.3	50		대나무	6	60-40-50-50
청송(S)	40, 40	2.0	80	5.0	대나무	4	60-70-70

* 지주 높이는 2.0~2.5m 정도, 중간지주 간격이 5~8m 전후였음.

* 외주의 강도가 약한 농가가 많았고, 철선간격이 70cm이상으로 넓은 것도 있었음.

따라서 외주를 약한 것(Ø40mm)으로 설치한 경우는 철선을 강하게 고정하지 못하여 재식열이 고르지 못하고 유인작업에도 크게 제한을 받는 것으로 나타났다.

개별 지주로 대나무, 파이프를 세우고 주간을 고정하였으며 대나무 지주(순월대)는 '99 현재 약한 것은 산화가 진행되어있어 3년이상 사용은 어려운 것으로 보였다.

2. 토양관리 방법 및 관수 시스템 조사

가. 토양관리 방법

표준 사과원의 토양관리 방법은 수관하부에는 보온덮개. 흑색비닐을 이용하여 피복하였고, 열사이는 대부분의 표준과원에서 잡초나 톨페스큐, 크로바 등으로 초생재배를 실시할 예정이므로 잘 정착될 수 있을 것으로 판단되었다.

표토관리 방법[표 9]은 대부분 초생재배를 하고 있었으나, 의성에서는 간작물을 재배하였으며 이 경우는 간작물에 대한 시비로 사과나무가 과다하게 성장하여 수세 안정이 어려웠으며 재식 2년차까지 나무의 상태가 고르지 못하여 주간에서 발생한 측지를 모두 제거하였다. 따라서 간작은 피하여야 할 것으로 생각되었다.

수관하부 관리 방법은 청송, 안동 영주에서 보온덮개나 흑색 타이백을 연중 피복하였고, 그외 농가에서는 청경으로 관리하였다. 보온덮개나 타이백 피복은 재식당년에는 토양수분과 지온 변화를 적게하여 발근을 촉진하는 효과가 기대되나 장기간 피복되었던 청송에서는 보온덮개 아래에 들쥐가 많이 서식하고, 뿌리가 지표 부근으로 분포하는 문제점을 발견할 수 있으므로 부직포 등은 낙엽기부터 이듬해 발아기까지는 걷어 주간으로부터 30~40cm 정도 떨어지게 깔아주는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

표 9. '97~'98 조성 표준사과원의 토양관리 방법

지 역	수 관 하 부		열 사 이	
	1997	1998	1997	1998
문 경(C) ¹⁾	보온덮개피복	무피복	톨페스큐 가을파종	-
봉 화(L) ¹⁾	비닐피복	"	잡초초생	-
안 동(L) ¹⁾	흑색비닐피복	"	-	톨페스큐 파종예정
영 주(K) ¹⁾	-	보온덮개 피복	톨페스큐 파종	크로바 파종 예정
예 천(J) ¹⁾	보온덮개피복	무피복	잡초초생	잡초초생
의 성(P) ¹⁾	예초	보온덮개 피복	잡초초생	톨페스큐 파종예정
청 송(S) ¹⁾	보온덮개피복	보온덮개 피복	잡초초생	잡초초생
경 주(C) ²⁾	(미조성)	흑색비닐 피복	-	톨페스큐 파종예정
포 향(S) ²⁾	(")	흑색부직포피복	-	잡초초생
영 천(J) ²⁾	(")	무피복	-	-
군 위(H) ²⁾	(")	녹색비닐 피복	-	톨페스큐+크로바 파종

¹⁾ 1997 포장조성, ²⁾ 1998 포장조성

자연 초종을 이용한 초생재배원에서 발생하는 초종은 토성, 배수정도 등에 따라 차이가 있으나 5~6월에는 독새풀, 냉이 등 월년초가, 7~9월에는 바랭이 피 등 화분과가 우점하였고, 연중 발생하는 초종은 썩, 흰토끼풀 등 광엽초종이었다.

초생관리는 우점종의 초장이 약 30cm 전후로 자랐을 때 예취할 경우, 연간 4회(5월상순, 6월중·하순, 7월중·하순, ~8월상순, 8월하순~9월상순) 예취로 연간 초생 관리가 가능하였으며, 예취된 풀이 토양에 가해지는 양은 년평균 건물중으로 약 600kg/10a 정도였다.

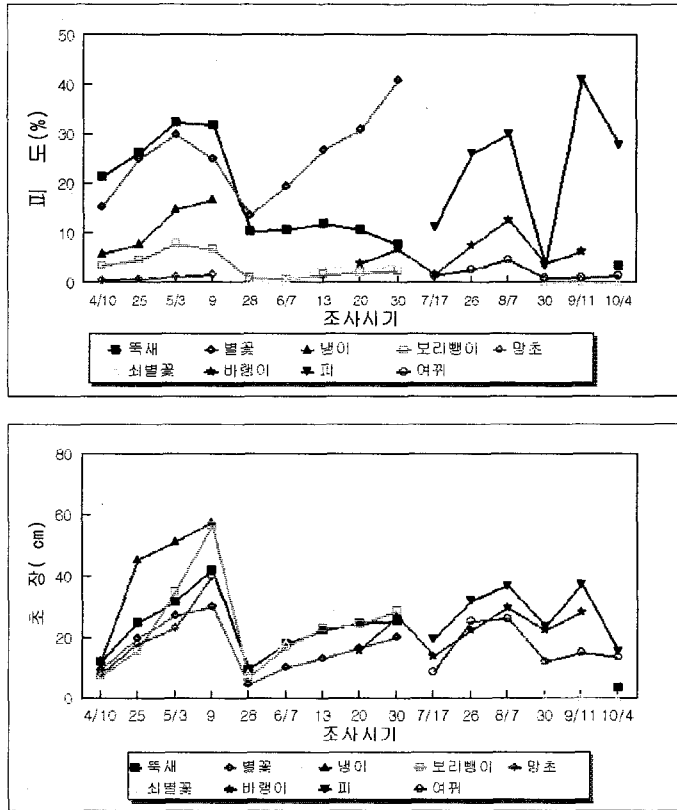


그림 1. 초생재배 사과원의 시기별 초종 변화에 따른 관리

* 사질양토((배수불량)

* 재식거리 4×2.5m, 후지/M.26 10년생, 초생관리 초장 30cm전후 예초

나. 관수 시스템

1997년 조성 표준사과원에서 모두 점적관수 시설을 하였으며, 점적호스의 굵기는 13~15mm이고, 외줄로 설치하였으며, 점적공의 간격은 50cm가 대부분이었다. 안동, 청송, 예천, 문경의 표준사과원에서는 관비시설을 갖추었다.

1998년 조성된 표준과원의 관수시스템은 모두 점적관수 시설이 도입되었으며, 관비시설은 현재 일부 표준과원에 설치되었고 앞으로 재배환경에 따른 관수량, 관비량 및 횃수 등에 대한 검토가 요구되었다.

표 10. '98 표준사과원의 관수시스템

지역	관수시스템			관비시설
	관수시설	내	용	
경주(C)	점적	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 2줄 지면	○
포항(S)	점적	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 1줄 지면하	×
영천(J)	-	-	-	-
청송(H)	점적	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 1줄 지면	-
안동(K)	점적+스프링클러	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 1줄 지면	○
봉화(K)	점적	-	-	-
영주(C)	점적	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 1줄 지면	○
예천(H)	점적	내경 10mm,	점적공간격: 50cm, 지상30cm 1줄	×
의성(O)	점적	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 지상30cm 1줄	○
군위(H)	점적	내경 13mm,	점적공간격: 40cm+100cm, 지면 1줄(40cm) + 지면2줄(100cm)설치	○
문경(J)	점적	내경 15mm,	점적공간격: 50cm, 지상60cm 1줄	×

3. 표준 과원 토양의 물리적 특성 조사

표준과원 토양의 물리적 성질[표 11, 12]에 있어서 재식 2년차(1998)의 전공극율은 20cm 깊이에서 33-46%범위로 객토량이 많았던 봉화가 가장 낮았고, 다음으로 예천, 안동, 영주, 청송 순으로 높았으며, 재식 3년차에는 토양의 물리성이 개선되어 전반적으로 공극율이 높아지는 경향이었다. 재식 2년차의 토양 삼상 중 기상율은 봉화가 가장 낮았고, 예천, 영주, 청송, 안동 순으로 높았으나, 특히 봉화, 예천, 청송은 기상이 크게 증가되어 포장 배수 상태가 좋아진 것으로 추정되었다.

토양경도는 재식2년차에 뿌리의 신장에 지장이 없는 적정 범위인 18~20mm 이하였다. 그러나 예천과 영주의 표준농가에서는 40cm 깊이에서 경도가 급격히 높아지는 것을 볼 수 있었다.

표 11. '97조성 표준 사과원의 토양 물리성

지역	깊이 (cm)	전용적밀도 (g/cm)		삼상 (%)						공극율 (%)	
				고상		액상		기상			
		'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99
봉화(L)	10	1.59	1.66	60.0	62.7	26.0	25.4	14.0	11.9	40.0	37.3
	20	1.77	1.64	66.8	61.7	31.2	26.0	2.0	12.2	33.2	38.3
	40	1.73	1.65	65.3	62.2	33.3	27.6	1.4	10.1	35.0	37.8
안동(L)	10	1.56	1.52	58.9	57.3	29.1	24.3	12.0	18.3	41.1	42.7
	20	1.52	1.46	57.4	54.9	29.8	26.0	12.8	19.1	42.6	45.1
	40	1.42	1.46	53.6	55.0	28.9	34.0	17.5	11.0	46.4	45.0
예천(J)	10	1.51	1.47	57.0	55.3	30.5	28.6	12.5	16.1	43.1	44.7
	20	1.63	1.51	61.5	57.2	31.6	28.0	6.9	14.9	38.5	42.8
	40	1.77	1.50	66.8	56.6	31.2	29.5	2.0	14.0	33.2	43.4
영주(K)	10	1.45	1.40	54.7	53.0	34.3	26.5	11.0	20.5	45.3	47.0
	20	1.48	1.44	55.9	54.4	38.1	27.9	6.0	17.7	44.2	45.6
	40	1.54	1.51	58.1	56.9	39.2	30.3	2.7	12.8	41.9	43.1
청송(S)	10	1.44	1.39	54.3	52.4	40.7	33.8	5.0	13.8	45.7	47.6
	20	1.44	1.39	54.3	52.3	41.0	33.4	4.7	14.3	45.7	47.7
	40	1.43	1.47	54.0	55.5	39.9	28.6	6.1	15.8	46.0	44.5
의성(P)	10	-	1.56	-	58.7	-	34.8	-	6.4	-	41.3
	20	-	1.45	-	54.6	-	36.8	-	8.6	-	45.4
	40	-	1.55	-	58.3	-	31.1	-	10.5	-	41.7

* 조사시기 : 7월 조사.

표 12. '97조성 표준 사과원의 토양경도(mm)

지역	Soil Depth (cm)				객토원
	0	10	20	40	
봉화(L)	15.0	12.3	12.0	10.0	논흙(식양토)
안동(L)	13.9	17.5	15.2	15.0	산흙(")
예천(J)	11.6	9.3	10.9	20.0	논흙(")
영주(K)	4.5	6.1	9.0	15.7	산흙(사양토)
청송(S)	16.3	13.3	11.3	10.8	논흙(식양토)

* 조사시기 : '98. 7월 조사

4. 사과나무의 생육 및 정지전정 방법분석

가. 묘목의 생육 상황 및 정지전정 방법 분석

재식당년(1997)에는 전반적으로 배수가 불량하고, 통기성 낮으며, 지반 침하 현상이 발생되어 접목 노출부위가 낮아진 농가가 나타났으며, 이러한 농가일 수록 생육이 불량하였고 심한 경우는 대부분의 나무가 고사하는 경우도 있었다(표 13). 이 원인은 객토할 때 증장비에 의한 토양의 다져짐, 유기물 과다 시용, 포장 기반조성시 관수시설은 갖추었으나 암거배수 시설을 하지 않았던 것 등이 주요한 원인으로 추정되었으며 묘목이 불량한 것도 생육불량의 원인으로 판단되었다.

표 13. '97 조성 표준사과원별 1년차 생육상황(후지/M.9 이중 접목묘)

지역	간경 (mm)	가지발생수 (개)	총신초길이 (cm)	평균신초길이 (cm)	수고 (cm)	수폭 (cm)
문경(C)	10.8	6.2	150.0	25.2	118.8	50.4
안동(L)	12.6	6.1	296.6	50.7	134.6	98.4
의성(P)	10.9	5.4	161.9	31.1	105.0	45.8
청송(S)	10.9	5.7	125.4	23.3	125.6	32.1

* 가지발생수 : 지상 50cm이상('97. 7. 15 조사), 후지/M.9 이중 접목묘

표 14. '97 조성 표준사과원의 2년차 생육상황(후지/M.9 이중 접목묘)

지역	간경 (mm)	가지발생수 (개)	총신초길이 (cm)	평균신초길이 (cm)	수고 (cm)	수폭 (cm)
문경(C)	18.2	11.4	179.2	18.7	159.2	73.2
안동(L)	23.7	11.1	582.5	53.0	194.4	99.8
의성(p)	17.5	-	81.9	81.9	138.6	-
청송(S)	17.2	4.7	127.4	26.3	156.9	32.4

* 청송 : '98 재접목 양성중, '98. 7 조사

묘목의 생육상태는 지역에 따라 평균적으로는 큰 차이가 없었으나 대체로 나무간 생육차가 큰 것은 공급묘목의 규격에 큰 차이가 있었는데 1차적인 원인이라고 생각되었다(표 14).

나. 사과나무의 관리상황

1) 영주(K) : '97년도에 공급받은 묘목을 재배 포장에 재식하지 않고, 일정한 곳에 심어 집중관리하여 측지수 5개 전후의 측지묘로 양성, '98 봄 재배포장에 재식, 주간상부는 절단(지상부에서 130cm정도)하여 같은 방법으로 측지 발생을 유도하고 있음. 신초 생장이 고르고, 분지각도가 넓었으며, 유인관리를 철저히 하여 수형이 안정되어가고 있었다.

2) 문경(C) : '97년도 재식이후에 발생한 측지의 상부 주간부를 지상에서 78cm 정도에서 절단하여 측지발생 유도, 생육은 좋지 못하였고, '99년 현재 관리부실 상태였다.

3) 의성(P) : '97 재식이후 발생한 측지를 절단하거나 제거, '98. 3월에 지상 56.7cm높이에서 주간 절단, 당년에 난 측지는 모두 제거하고 '99년 새로 측지를 발생시켜 현재 18개 전후가 확보되었다.

4) 안동(L) : 전년도에 발생한 측지수는 지상에서 1m 이내에 6개 전후였음. '98 봄 지상 104.3cm 에서 다시 주간부를 절단, 포미나 살포로 측지발생 유도하였고, '99 현재 21개 전후로 확보하였다.

5) 청송(S) : '98 봄 접목부위에서 접수품종의 일부를 남기고 절단, 재접목, 강한 신초 1개를 남겨, BA 살포 등으로 측지발생 유도하였으며, '99 현재 17개 전후 확보하였음

6) 예천(J) : '97 묘목 재식 후 접목부에서 접수품종의 30cm상단에 다시 접목을 실시, 2차년도에 지상에서 120cm부위에서 절단, 측지발생 유도중,

생육상태 강, 측지수 30개 전후 확보, 외주가 약하여 유인 및 재식열 정비 상태가 불량함

표준사과원의 재식 2년차('98)의 농가별 사과나무의 수체생육 상황은 [표 39]과 같았다. 수관용적은 회초리 묘를 1년간 집중관리하여 측지묘로 양성하여 '98년 재식 1년차인 영주가 가장 컸고, 예천, 안동, 청송, 봉화, 문경, 의성 순으로 작았다.

간경은 안동, 예천, 영주가 비슷하였고, 다음은 청송이었으며, 봉화, 문경, 의성은 작았다. 주간에 착생된 1~2년생 측지수는 영주가 22개로 가장 많았고, 재식 2년차에 심겨진 자리에서 주간을 절단하여 새로 측지를 발생시킨 청송과 '98년 사과나무를 지상에서 120cm 부위에서 절단하거나 아상처리하여 측지를 발생시킨 예천이 각각 13, 16개로 다음으로 많았다.

주당 꽃눈수는 영주가 37개로 가장 많았고, 다음은 16~19개인 예천, 문경이었으며 나머지 농가는 6개 이하였다. 봉화, 문경, 의성 표준 농가에서는 '98년까지 생육이 좋지 못하였다. 특히 의성에서는 '98년도에 주간의 생장을 촉진할 목적으로 지상에서 57cm 높이 정도에서 주간을 절단하여 발생하는 측지를 모두 제거하고, 수고를 190cm 정도까지 생장시켰지만 나무간의 생육 차이가 심하였다.

표 15. '97 조성 표준 사과원의 재식 2년차 생육상황(후지/M.9 이중 접목묘)

지역	수고 (cm)	수폭 (cm)	간경 (Øcm)	총측지수* (개/주)	꽃눈수 (개/주)	'98 신초 생육상황	
						신초발생수 (개/주)	평균신초장 (cm)
봉 화(L)	176	113	1.8	5	3	5	57
청 송(S)**	214	123	2.1	13	3	13	47
안 동(L)	212	137	2.5	10	6	10	77
예 천(J)	214	146	2.5	16	19	15	60
문 경(C)	153	19	1.6	3	16	3	16
의 성(P)	187	-	1.7	-	-	-	-
영 주(K)	248	146	2.6	22	37	21	32

(1998. 11현재)

* 총 측지수는 주간부에 발생되어 있는 가지수임

** 영주는 재식 1년차임

재식 3년차('99)의 생육 상태는 [표 16]에서 보는 바와 같이 주간직경은 영주가 가장 컸고 안동, 예천, 청송이 비슷하였으며 의성이 가장 작았다. 주간에 착생한 총 측지수는 회초리묘를 1년간 집중 관리하여 측지묘로 양성한 후 재식하였던 영주가 30.7로 가장 많았으며 신초의 길이도 18.5cm로 가장 양호한 생육을 보였다. 그러나 기타 지역에서는 신초의 길이가 22.5에서 48.4cm로 긴 경향을 보였으며, 특히 의성에서는 '98년에 난 측지를 모두 제거하고 '99년에 발생시킨 측지로 나무를 관리하고 있는데, '99년 양과 간작하였고, 7월 현재 가치를 유인하지 않은 상태로 가지 평균길이가 48.4cm으로 길어 금후 철저한 관리가 요구되었다.

주당 착과수에서도 영주에서는 15.9개로 가장 많았고, 예천이 9.1개, 안동 6.6개 순이었으며, 봉화, 청송에서는 2개 이내였다. 착과가 되지않은 과원에서는 나무의 세력이 강해질 우려가 있으므로 앞으로의 관리에 신중을 기해야 할 것으로 생각되었다.

표 16. 표준 사과원의 재식 3년차 생육상황(후지/M.9 이중 접목묘, 1999. 7)

지역	수고 (cm)	수폭 (cm)	주간직경 (mm)	새측지		총측지수 (개/주)	착과수 (개/주)	예상수량 (kg/10a)
				발생수 (개/주)	길이 (cm)			
봉 화(L)	204.7	153.1	25.7	10.1	36.9	16.6	1.0	54
안 동(L)	228.1	177.7	31.6	13.3	22.5	20.7	6.6	308
예 천(J)	241.3	179.0	31.3	15.6	25.6	30.7	9.1	425
영 주(K)	266.9	163.3	41.5	7.9	18.5	27.2	15.9	807
의 성(P)	219.3	96.7	22.3	15.4	48.4	18.4	0.0	0
청 송(S)	268.5	162.1	28.7	8.2	34.9	17.6	1.5	97

* 영주는 재식 2년차임

이상의 결과로 미루어볼 때 사과나무의 수체관리방법은 측지수가 적고, 생육상태가 고르지 못한 회초리묘일 경우는 묘목을 제자리에 심지않고, 1년간 일정한 장소에서 집중관리하여 측지묘를 만든 후 제자리에 재식하거나,

제자리에 재식하여 1년간 세력을 확보한 다음해에 접목부 상단에서 강하게 절단하여 가장 강한가지 1개를 키우면서 측지 발생을 유도하는 것이 조기 수관확보와 수세 안정에 유리할 것으로 생각되었으며, 토양조건 및 묘목상태가 불량하여 생육이 나쁘고 고사주가 많을 경우에는 새로운 묘목으로 다시 심는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

5. 과원관리 생력화 방안

왜성사과원의 작업단계별 연간 관리노력은 '98년 현재 생육기 중 많은 노력이 소요되는 작업은 정지전정(36.0시간), 시비(19.0시간), 적과(39.4시간), 봉지씌우기(12.7시간), 병해충 방제(28.3시간), 제초(10.5시간)으로 이들 작업이 차지하는 비율은 전체 소요노력 257.8시간의 57%에 해당한다. 저수고 밀식재배 체계로 전환시 노력 절감이 예상되는 내용은 [표 17]에 나타내었다. 외국의 사과와 경쟁력을 갖기 위해서는 10a 당 60~80시간 정도로 절감할 것을 목표로 추진하고 있으며, 작업 요소별 절감요인을 파악하여 개선하는 것이 앞으로의 연구 방향이다.

표준과원의 관리방법을 조사한 결과 토양표면 관리는 수관하부 70~100cm는 청경으로 하고 열간은 초생으로 하는 부분초생재배가 실시되고 있었다. 수관하부 청경부의 관리는 부직포, 또는 흑색 Weed stop을 이용하여 알맞는 시기에 덮어주거나 걷어주고, 부분적으로 제초제를 이용하면 초생관리 노력을 줄일 수 있는 방법으로 생각된다.

최근 보급되고 있는 관리기 부착용 예취기는 취급이 용이하고 작업효율이 높아 관리노력이 크게 절감될 것으로 생각된다. 현재 이용되고 있는 대형 트랙터는 밀식재배용으로 사용하는 데는 불편한 점이 있으므로 성능이 우수한 소형 트랙터 개발이 요구되고 있다.

표 17. 사과원의 작업단계별 소요노력(시간) 및 재배체계 전환시 노력 절감정도 추정

작업 단계	자가노력	고용노력	합계*	재배체계 전환시 노력 절감정도	
				절감정도**	절감요인
정지전정	25.2	10.8	36.0	+++	정지전정 거의 불필요
퇴비시용 및 시비	17.2	1.8	19.0	+++	개원시 토양개량, 재배기간 중 관비 이용
경운 및 정지	6.4	0.3	6.8	+++	불필요
여름전정	5.6	0.7	6.3	+++	필요시
가지유인	4.6	0.1	4.7	-	수형구성 필수 작업
적과	20.3	19.1	39.4	++	적과 용이
붕지씰우기	7.4	5.4	12.7	+++	착색계 품종 이용
병해충 방제	26.2	2.1	28.3	++	방제효과가 높음
제초	9.0	1.5	10.5	+	부분초생재배
착색관리	3.0	1.6	4.6	+++	수광상태 양호, 불필요
수확, 출하	59.6	29.9	89.5	+	수확 용이
계	184.5	73.3	257.8		

* 농촌진흥청(1998)

** 획기적 절감 : +++ , 크게 절감 : ++, 절감 : +, 노력 증가 : -

농자재 운반 등 일반 작업관리는 기존의 M.26대목의 사과원에서는 대형 트랙터나 운반차 등의 이용이 보편화 되었으나, 저수고 밀식재배 사과원에서는 수관크기가 작고 관리가 용이하기 때문에 농용기계도 소형화를 요구하는 경향이 많았다. 구체적인 비교 시험은 금후 이루어져야 할 것으로 생각된다.

수체관리 방법에서 가장 중요한 작업은 유인으로서 시멘트 유인추와 유인고리, 또는 플라스틱 유인고리 등은 유인끈에 비하여 취급이 간편하고 재활용이 가능하므로 널리 보급할 필요가 있다고 생각된다.

요 약

경상북도에서 선정 1997~1998년에 조성한 표준농가(18농가)를 조사한 결과, 객토는 대부분 추천 깊이인 30cm 이상으로 많았고 100cm 이상의 깊이로 객토한 농가도 있었다. 포장조성 시 점토함량이 많은 논흙이나 산흙을

70cm 이상 객토한 사과원에서는 재식 3년차 현재까지 생육이 불량하여 수관 확보와 결실이 저조하였다. 따라서 객토원에 있어서 토양 표토관리 방법별 토양 물리성 개선 효과의 구명이 요구되었다

토양개량을 위한 유기물(우분, 돈분에 톱밥 등을 섞어 부숙시킨 종류)의 시용량은 대부분 10~30톤/10a, 많게는 60톤/10a 정도로 극단적으로 많이 시용한 농가도 있어 추천량(5~10톤/10a)에 비해 현저히 많아 금후 질소 과다가 우려되었다.

지주설치는 대부분 4선식 철선올타리식으로 높이는 2.0~2.5m, 중간지주 간격 5~8m 전후로 적당하였으나, 일부 외주의 직경이 40mm인 것은 강도가 약한 것으로 생각되었으며, 철선간격이 70cm 이상으로 넓은 것은 가지 유인시 불편이 예상되었다.

수관하부 관리 방법에서 보온덮개나 타이백 피복 농가가 많았는데 재식당년에는 토양수분과 지온 변화를 적게하여 발근을 촉진하는 효과가 기대되나 장기간 피복 되었던 청송에서는 보온덮개 아래에 들쥐가 많이 서식하고, 뿌리가 지표 부근으로 분포하는 문제점이 나타났다. 따라서 부직포 등은 낙엽기부터 이듬해 발아기까지는 걷어 주간으로부터 30~40cm 정도 떨어지게 갈아주는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

초생재배원에서 초생관리는 우점종의 초장이 약 30cm 전후로 자랐을 때 예취할 경우, 연간 4회(5월상순, 6월중·하순, 7월중·하순, ~8월상순, 8월하순~9월상순)예취로 연간 초생 관리가 가능하였으며, 예취된 풀이 토양에 가해지는 양은 년평균 건물중으로 약 600kg/10a 정도였다.

표준과원 토양의 재식 2년차의 물리적 성질에 있어서 객토량이 많았던 봉화가 전공극을(20cm 깊이) 33-46%로 가장 낮았으며, 토양 삼상 중 기상율도 가장 낮았다

토양경도는 재식 2년차에 뿌리의 신장에 지장이 없는 적정 범위인 18~20mm 이하였다.

재식당년(1997)에는 전반적으로 배수가 불량하고, 통기성이 낮았으며, 이러한 농가일 수록 생육이 불량하였고 심한 경우는 대부분의 나무가 고사하는 경우도 있었다. 고사 원인은 객토할 때 증장비에 의한 토양의 다져짐 및

암거배수 미시설에 의한 배수 및 통기성 불량과 유기물 과다 시용 등이 주요한 원인으로 추정되었으며 묘목이 불량한 것도 생육불량의 원인으로 판단되었다.

사과나무의 수체 관리방법은 측지수가 적고, 생육상태가 고르지 못한 회초리묘일 경우는 묘목을 제자리에 심지 않고, 1년간 일정한 장소에서 집중 관리하여 측지묘를 만든 후 제자리에 재식하는 것이 조기 수관 확보나 수세 안정에 유리할 것으로 판단되었다. 제자리에 재식할 경우에는 1년간 세력을 확보한 다음해에 접목부 상단에서 강하게 절단하여 강한가지 1개를 키우면서 측지 발생을 유도하는 것이 조기 수관확보와 수세 안정에 유리할 것으로 판단되었다.

재배관리의 생력화를 위해 현재 이용되고 있는 대형 트랙터는 밀식재배용으로 사용하는 데는 불편한 점이 있으므로 성능이 우수한 소형 트랙터 개발이 요구되었다.

참고문헌

1. Barlow, H. W. B. 1966. The effect of cropping on the number and kinds of shoots on four apple varieties. Annu. Rpt. E. Malling Res. Sta. 1965, P. 120-124.
2. Barritt, B. H. 1992. Management of HYTEC apple Orchards. Part II: Pruning and training. Good Fruit Grower 43(10):38-42.
3. Barritt, B. H. 1995. New dwarfing rootstocks compared with standards. Good Fruit Grower 46(1):19-21, 23, 24.
4. Forshey, C. G. 1982. Effects of fruiting, pruning, and nitrogen fertilization on shoot growth of 'Empire' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:1092-1097.
5. Forshey, C. G., D. C. Elfving and R. L. Stebbins. 1992. Training and pruning Apple and Pear Trees. Amer. Soc. Hort. Sci. Alexandria, VA.
6. Grappadelli, L. C., S. Sansavini, and A. N. Lakso. 1997. The

- efficiency of the apple canopy in high density systems. Compact fruit tree Vol. 30. p.18-21.
7. Heinicke, D. R. 1975. High-density apple orchards-planning, training and pruning. USDA Agricultural Handbook 458.
 8. 경상북도사과발전협의회, 키낮은 사과원 조성과 관리. 1999.
 9. 고광출, 오성도, 임열재, 유영산, 강성모, 김선규, 신용억, 정경호. 과수 전정생리. 1999. 서원.
 10. Lespinasse. J. M. 1981. Apple tree management in flat, vertical-axis and plamette forms, by cultivar fruiting type. Colloq. Intl. Montreal (Canada), Colloq. Sci. 15:103-130.
 11. 임명순, 신건철, 박진면. 과수원 토양관리와 비료. 1999. 세명문화사
 12. 농림부, 농촌진흥청, 2000. 키낮은 밀식 사과원 조성 재배기술. 대양
 13. 農山漁村文化協會. 農業技術大系, 果樹編 リンゴ. 1982
 14. 농촌진흥청 원예연구소. 한국형 저수고 밀식재배 시스템 발전방향. 1999. 상록사
 15. Oberhofer, H. 1981. Fruit growing in South Tyrol. Acta Horticulturae 114:23-42,
 16. Peterson, A. B. 1989. Basic concepts in pruning and training. P. 1-12. In A. B. Peterson(ed.), Intensive Orchardring. Good Fruit Grower. Yakima, WA.
 17. Robinson, T. L, J. Wünsche and A. N. Lakso. 1993. The influence of orchard system and pruning severity on yield, light inerception, conversion efficiency, partitioning index, and leaf area index. Acta Hort. 349:123-127.
 18. Rom, C. R. 1989. Physiological aspects of pruning and training. p. 13-40. In A. B. Peterson(ed.) Intensive Orchardring. Good Fruit Grower. Yakima, WA.
 19. 사과저수고 밀식재배 기술 1998. 상록사
 20. Tvergyak, P., J. Fleming, T. Auvil and G. Kunz. 1989. Adapting a

- high density system to your needs. p. 165-174. In A. B. Peterson(ed.) Intensive Orchardring. Good Fruit Grower, Yakima, WA.
21. Wertheim, S. J. 1978. Pruning of slender spindle type trees. Acta Horticulturæ 65:173-180.
22. Wilton, W. J. W. 1981. Apples, pruning and training. Guidelines for semi-intensive plantings. New Zealand Horticultural Produce and Practice 218. P. 3.
23. 윤태명. 사과나무 세장방추형의 전정방법. 1997. 안동대학교농업과학기술연구소
24. 윤태명, 왜성사과 초밀식 재배에 있어서의 유목원 관리. 1997. 안동대학교 농업과학기술연구소
25. 윤태명. 키낮은 사과원 조성과 초기관리. 2000. 안동대농업과학기술연구소
26. 윤태명, 엄용균, 신형섭. 저수고 고밀식 사과원 지주 설치방법. 2000. 안동대학교농업과학기술연구소

제 3 절 왜성사과의 생리적 특성 연구

서 설

본 연구는 M.9 왜성대목을 이용한 저수고 밀식재배 사과원의 조성방법 및 최적관리기술 체계 확립을 위한 연구의 하나로서 우리나라에서 왜성사과나무를 재식하였을 때 일어나는 생리적 문제점들의 발생원인을 찾고 해결방법을 강구함으로써 앞으로 새로 개원하는 왜성 사과원에서 이와 같은 문제를 사전에 예방하고, 또한 적절한 대처방법을 제시하는 것을 목표로 하였다.

일반 교목성 사과나무나 반밀식재배에서는 왜화도가 다소 낮은 MM106, M26 대목에 접목한 측지가 없는 묘목을 이용하였으나 저수고 밀식재배 체계에서는 M9와 같은 왜화도가 큰 대목에 품종을 접목하여 결가지가 발생된 묘목을 이용한다.

전자의 경우는 재식 후에 측지를 확보하고 수관을 구성하는 과정을 거쳐 빨라도 3~4년 후부터 결실이 이루어지나 후자의 경우는 재식 2년차부터 결실된다. 이와 같이 생육 과정이 상이하어 생리적으로 차이가 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 저수고 밀식재배 사과원의 조성 방법 및 토양의 이화학적 특성과 측지묘의 생육 상황을 비교 분석하여 생리장해 발생 요인을 추론하고 그 대책을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

묘소질에 따른 재식후 생육과 토양의 이화학적 및 수체 생육, 생리장해 발생 정도 등을 구명하기 위해 경상북도에서 '97~'98년에 조성한 표준농가를 대상으로 하여 조사하였다.

재식된 묘목의 소질은 표준농가에 재식된 묘목(1997~1998년)은 모두 M.9 및 M.26 대목의 기부에서 실생이 접목되고, 왜성대목 위쪽에 재배품종이 접목된 2중접목묘이었다.

1997년에는 M.9/실생 대목에 접목된 묘목들의 경우 재배품종의 접목부 위쪽 5cm 위치의 직경이 $9 \pm 2\text{mm}$ 정도의 2등묘 및 등외묘가 대부분으로서 결가지 발생이 없는 회초리묘이었고, M.26/실생 대목에 접목된 묘목의 경우는 접목부 위쪽의 직경이 11mm~13mm 이상 되는 것이 많았으나 쓸모있는 결가지 발생은 역시 없었다. 이들 묘목들의 중간대목(M.9 또는 M.26)의 길이는 대개 30~40cm 정도로 중간대목부에서의 발근은 되지 않는 묘목이었다.

1998년에는 M.9/실생 대목묘의 경우 접목부 위쪽 5cm 위치의 직경이 10~20mm 정도로서 특등묘, 일등묘 및 2등묘가 함께 공급되었으나 일등묘의 비율이 더 높았다. M.26/실생 대목묘의 경우는 대부분이 특등묘였다. 중간대목부의 길이는 M.9의 경우는 30~40cm, M.26의 경우는 40~50cm가 많았으며 중간대목부에서의 발근은 없었다. 결가지는 0~10개 정도 발생하였으나 첫가지 발생이 지상 60cm 이하인 것이 대부분이었다.

경북대학교(1998년)와 영남대학교 과수원에 재식된 묘목들은 M.9 대목에 접목된 자근 왜성대목묘들로서 지상 20cm 내외에서 재배품종을 접목하였으며 접목부 위쪽 5cm 위치의 직경이 13mm 이상되고 결가지가 5~15개 정도 발생한 특등묘였다. 영남대학교 과수원에서는 1998년 봄에 새로 M.9 대목에 접목된 결가지 발생 왜성사과나무를 재식하고 세장방추형(Slender spindle type)의 수형을 목표로 표준관리를 실시하면서 2년에 걸쳐 생육상황과 결실정도를 조사하였다

개식원에서의 객토 유무별 생육에 미치는 영향을 구명하기 위해서는 경북대학교의 개식지 과수원에서 1998년 봄에 발흙을 재식구멍이(1.0m×40cm)에 객토한 구와 개식지 흙을 그대로 넣은 무객토구를 만들고 M.9대목에 접목된 왜성사과나무를 재식한 다음 이들 나무들의 생육 및 결실상태를 비교함으로써 개식장해 발생정도 및 개식장해 경감에 미치는 부분객토의 효과를 검증하였다. 묘목의 소질은 M.9 대목에 접목된 자근 왜성대목묘들로서 접목부 위쪽 5cm 위치의 직경이 13mm 이상되고 결가지가 5~15개 정도 발생한 묘였다.

영남대학교 과수원에서는 1998년 봄에 새로 M.9 대목에 접목된 결가지 발생 왜성사과나무를 재식하고 세장방추형(Slender spindle type)의 수형을 목표로 표준관리를 실시하면서 2년에 걸쳐 생육상황과 결실정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 묘 소질별 생육 특성 및 우량묘 기준 설정

가. 묘 소질별 생육 상황 및 고사주 발생 정도

1) 1997년 재식 과원의 사과나무 생육상황

공급된 묘목의 발육상태가 아주 불량하였던 1997년에는 재식된 이중접목 왜성사과묘목의 상당 비율이 고사하였으며, 활착된 묘목의 경우에도 생육이 매우 불량하였다[표 1].

2등급 또는 그 이하의 불량묘목 재식이 높은 비율의 묘목고사 및 초기생육불량의 원인이 된 것으로 생각되었다. 그러므로 금후 지상부의 등숙상태가 양호하고, 제 뿌리의 발달이 좋으며, 병충해 피해가 없는 우량 묘목의 공급이 고밀식 왜화재배 성공의 우선조건이라 판단되었다.

표 1. 1997년 봄 재식 신경북형 표준사과원의 후지/M.9/실생의 생육 상황

지 역	재식시 묘목의 직경 (mm)	고사주 (%)	생육불량주 (%)
문 경	9±2	49.0	42.0
봉 화	9±2	80.0	17.0
안 동	9±2	13.7	12.2
영 주	-	-	-
예 천	9±2	8.0	38.0
의 성	9±2	21.0	62.2
청 송	9±2	12.7	15.8
평 균	9	30.7	31.2

① 97년 4월 중순 묘목 재식, 98년 1월 하순 조사

② 영주는 묘목 가식 1년간 집중 관리후 재식

③ 생육불량주 기준은 접목부 위쪽 5cm 위치의 주간직경 13.0mm 이하

2) 1998년 재식 사과나무 생육상황 및 고사원인

공급된 묘목의 발육상태가 1997년 보다 우수하였던 1998년에는 1997년에 재식한 묘목에 비해 평균적으로 볼 때 고사주 및 생육불량주 발생 비율이 훨씬 낮았으나, 과수원에 따라서는 재식 후 상당한 비율의 묘목이 고사한 곳도 있었다[표 2].

군위 표준농가의 경우는 재식된 과수원의 한 필지에서 36%의 묘목이 고사되었는데 이는 미숙농후유기물의 과다시용(15~20톤/10a)과 배수불량이 그 원인인 것으로 추정되었다.

영천, 안동, 봉화, 예천의 경우는 묘목의 크기는 컸지만 고사비율이 높았는데 공통적으로 같은 묘목생산업자로부터 구입한 묘목에서 고사주 발생이 많았다. 그 원인은 묘목의 생산과정에 문제가 있는 것으로 추정되었다. 고려할 수 있는 원인으로서는 단위면적 당 묘목생산 주수를 늘리기 위한 과도한 밀식, 규격묘 생산을 위한 질소비료의 과다 시용 및 생육후기인 8월 이후 늦은 시기까지의 계속 살포, 식양토 또는 식토인 논 토양에서 묘목의 양성 등을 들 수 있었다.

표 2. 1998년 봄 재식 신경북형 표준사과원의 후지/M.9/실생의 고사주 및 생육 불량주의 발생 정도

지 역	재식시 묘목의 직경(mm)	고사주(%)	생육불량주(%)
경 주	16.2	1.0	0.0
포 향	16.0	5.0	5.0
영 천	11.0	17.0	7.0
안 동	11.0	15.0	3.0
봉 화	15.0	14.0	3.0
영 주	12.5	8.0	15.0
예 천	12.0	13.0	5.0
군 위	18.0	36.0	2.0
청 송	15.0	4.0	2.0
평 균	14.1	12.6	4.7

- ① 98년 3월 하순 재식, 98년 5월 하순 묘목직경 및 고사주 발생 조사, 8월 중순 생육불량주 조사
- ② 생육불량주 비율은 주간연장지 생장이 30cm 이하인 묘목의 비율
- ③ 조사 주수 : 지역당 100주

표 3. 고사주 및 생육불량주 발생의 원인 추정

1997 년	1998 년
묘목 발육 불량	배수불량
배수 불량	농후 유기물 과다시용
미숙 농후 유기물 과다시용	묘목의 등숙 불량
깊이 심기 또는 과도히 얇게 심기	묘목의 품질불량
묘목의 절단시기 시기 지연 및	
약한 묘목 길게 남기고 절단	
재식구덩이에 과다한 유기물 투입	

이상의 조사에서 규격 미달인 이등묘 불량묘가 주로 공급되었던 '97년이 우량묘가 주로 공급되었던 '98년에 비하여 고사주 및 생육불량주 발생율이 현저히 많았던 사실로 미루어 볼 때, 재식한 묘목의 정상적인 생장을 위해서는 우량묘목을 재식하는 것이 가장 우선되어야 할 과제로 판단되었다. M.9 대목에 접목된 묘목의 경우는 접목부 위쪽 5cm 위치의 직경이 적어도 11~13mm 이상되는 우량 묘목을 재식하여야 할 것으로 생각되었다.

재식후 묘목의 고사 원인은 묘목의 생산과정에 문제가 있는 것으로, 고려할 수 있는 원인으로서는 묘목 양성시 과도한 밀식, 질소비료의 과다 및 8월 이후 늦은 시기까지의 시용, 식양토 또는 식토인 논 토양에서 묘목 양성 등을 들 수 있다.

이와 같은 조건에서 길러지는 묘목들은 가을까지 생장을 계속하게 되므로 체내 저장양분의 축적이 어렵고, 줄기의 성숙(목질화)이 늦어지게 된다. 이런 묘목은 겨울가뭄이나 추위에 견디는 능력이 현저히 떨어지므로 가을에 굴취하여 추식하거나 또는 겨울동안 가식하여 두었다 춘식할 경우 쉽게 건조해나 동해를 받아 고사하게 될 확률이 높아지게 된다.

따라서 재식후 묘목의 고사율을 줄이기 위해서는 앞에서 언급한 요인들을 피할 수 있는 묘목생산체계를 수립하여야 한다. 또한 늦게 까지 자란 묘목의 경우는 추식을 피하고 해동 후 굴취하여 춘식하는 쪽이 묘목의 고사를 피하는데 유리할 것으로 판단되었다.

3) 경북대학교 및 영남대학교의 M.9 자근대목묘 재식 과원의 1년차 생육

재식한 묘목은 1996년 봄에 발근된 대목을 40×40×120cm 간격으로 심고 그해 가을에 눈접하여 1997년에 1년간 키운 묘목으로 접목부 위 상단 5cm 위치의 직경이 13mm 이상 되고 수고는 약 2m, 곁가지 발생수가 5~10개 되는 우량묘였다. 이들 묘목들은 양 시험포 모두에서 재식후 완전 활착되었으며 고사주 발생없이 양호한 생장을 하였다.

재식 1년간의 생장 정도를 보면 재식시의 묘목 규격은 경북대학교에 재식된 묘목들이 수고와 측지수에 있어 다소 우수하였으나 재식 1년후의 생장량에서는 수고, 주간연장지 길이, 줄기상의 신초수 및 신초길이 모두 영남대학교에 재식된 묘목에서 약간 더 컸다. 이는 아마도 영남대학교는 신식원인데 비하여 경북대학교 과수원은 개식원인데 기인한 것으로 추측되었다.

재식 2년차에는 양 시험포 모두 곁가지가 25~30개 정도 되었고, 수고가 240cm에 달하여 이미 나무의 기본 골격이 거의 완성 단계에 이르렀다. 그리고 액화아와 정화아가 상당수 형성되어 주당 15~30개의 과실이 착과되어 발육이 정상적으로 이루어졌다.

이와 같은 결과는 외국에서의 보고와 비교할 때 조금도 손색없는 초기생장이 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 곁가지가 다수 발생되어 충실하게 자란 우량묘목을 생산하여 양호한 조건의 토양에 이를 재식하고 잘 활착시킨다면 우리나라에서도 왜성사과나무의 밀식재배가 큰 문제없이 정착될 수 있을 것으로 여겨진다.

표 4. 경북대학교와 영남대학교에 재식된 후지/M.9 묘목의 1년간 생장량

지 역	수 고(cm)		주간연장지 길 이 (cm)	목은가지수 (개/주)	줄 기 상		꽃눈분화수 (개/주)
	재식시	1년후			신초수 (개/주)	신초길이 (cm)	
경북대	203.7	241.5	37.8	9.2	15.2	14.3	다 수
영남대	192.3	243.0	50.7	8.0	24.7	26.0	다 수

* 비교: 1999년 2월말 조사

2. 토양 이화학성 및 수체 생육 조사

가. 토양의 이화학성 조사

1) '97 조성 표준농가의 토양 화학적 특성

토양 pH는 5.8~7.3, 유기물 함량을 3.3~5.6%, 전질소는 0.41~0.60%, C/N은 5.0~8.76, 유효인산은 102.6~676.4ppm, 치환성 염기 중 칼륨은 0.64~1.64cmol/kg, 칼슘은 1.53~9.25cmol/kg, 마그네슘은 0.95~2.84cmol/kg의 범위에 있었다.

표준농가 토양과 농촌진흥청에서 정하고 있는 토양의 화학적 특성에 따른 적정 범위를 비교해 보면, 토양 pH, 유기물함량, 치환성 마그네슘함량은 대부분의 과수원에서 적정수준을 유지하고 있었으며, 유효인산과 칼륨 함량은 모두 적정범위를 넘는 수준에 있었고, 칼슘 함량은 적정수준에 다소 미달되는 과수원이 많았다.

전질소함량 범위는 0.41~0.60%로서, 미국 뉴욕주에서 조사한 사과원 토양의 전질소함량 0.06~0.32%보다 상당히 높았으며, C/N율은 미국 뉴욕주 평균이 12.74인데 비하여, 표준과원에서는 평균 6.89로서 상당히 낮았다.

이는 '97 조성 표준사과원에서 실시한 토양개량 결과 미국 뉴욕주 사과원 토양 보다 유기물 중에 들어있는 질소비율이 높은 것은 토양개량 시 농후유기물을 다량 투입한데 기인한 것으로 판단된다.

표 5. '97 조성 표준사과원 토양의 화학적 특성

지역	pH	OM (%)	T-N ⁽¹⁾ (%)	C/N	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
문경	7.2	3.5	0.57	5.14	125.9	0.77	4.68	1.36
봉화	5.8	5.2	0.60	7.67	469.3	1.64	1.98	1.58
안동	7.3	3.3	0.55	5.00	231.1	0.80	2.71	0.95
영주	6.1	4.7	0.56	7.39	360.3	1.41	1.53	1.26
예천	6.3	3.8	0.55	5.91	102.6	0.85	2.07	1.37
의성	6.2	4.0	0.41	8.76	676.4	0.67	9.25	1.18
청송	6.1	5.6	0.60	8.33	144.8	1.37	2.58	3.33
적정 범위	6.0~6.5	3~4	일본 0.2 뉴욕주: 0.06~0.32	뉴욕주: 12.74	100~200	0.3~0.6	5.0~6.0	1.2~2.0

2) '98 조성 표준농가 토양의 화학적 특성

토양 pH는 5.3~7.3, 유효인산은 159.3~1172.1ppm, 치환성 염기중 칼륨은 0.45~1.38cmol/kg, 칼슘은 3.68~8.48 cmol/kg, 마그네슘은 0.95~2.84cmol/kg의 범위에 있었다.

표준농가 토양과 농촌진흥청에서 정하고 있는 토양의 화학특성에 따른 목표치 및 적정범위와를 비교해 보면 포항, 예천, 영주의 표준과원에서는 토양 pH가 5.3~5.7로서 목표치 또는 적정범위 수준에 도달되지 못하였으나, 봉화, 의성, 군위의 표준과원에서는 6.2~6.7로서 목표치 또는 적정범위 수준에 도달하였으며, 경주, 영천, 안동의 표준과원에서는 7.0~7.3으로서 목표치 또는 적정범위 수준 보다 다소 높았다.

유효인산함량은 영천의 표준과원에서 159.3ppm으로서 목표치 200ppm 보다 낮았으나, 적정범위 내에 있었다. 그 밖의 모든 표준과원에서는 목표치를 훨씬 상회하는 인산함량을 나타내었다. 특히 경주와 포항의 표준과원에서는 유효인산함량이 1,000ppm을 능가함으로써 유효인산 목표치의 5배 이상으로 과다하게 함유되어 있음을 보여 주었다.

치환성 칼륨은 영천 표준과원에서 0.45 cmol/kg로서 목표치(0.50 cmol/kg)보다 다소 낮았으나 적정범위 내에 있었다. 그밖의 안동, 봉화, 의성, 군위의 표준과원들은 0.49~0.98cmol/kg으로서 목표치에 가깝거나 다소 높았다. 그러나 포항, 영주 및 예천의 표준과원에서는 1.14~1.38cmol/kg으로서 목표치의 2배 이상의 칼륨을 함유하고 있었다.

치환성 칼슘은 군위, 영주, 예천, 포항 및 의성의 표준과원에서는 3.68~4.83 cmol/kg으로서 목표치(5.5 cmol/kg)보다 다소 낮았고, 경주, 영천, 안동 및 청송 표준과원에서는 6.88~8.48 cmol/kg으로서 목표치보다 훨씬 높았다.

치환성 마그네슘함은 봉화와 군위의 표준과원에서 0.95와 0.99cmol/kg으로서 목표치(2.0cmol/kg)보다 낮았고, 청송, 의성, 포항, 예천, 영주의 표준과원에서는 1.16~1.64cmol/kg 으로서 목표치 보다는 다소 낮았으나 적정범위에는 포함되었다. 경주, 안동, 영천의 표준과원에서는 치환성 마그네슘 함량이 2.32~2.84 cmol/kg으로서 목표치보다 높았다.

토양의 전질소함량은 0.23~0.35%로서 일본 밭토양의 평균치 0.20%나

미국 뉴욕주 과수원 토양의 함량 범위인 0.06~0.32%와 비교해 볼 때 상당히 높은 수준이었다.

표 6. '98 조성 표준사과원 토양의 이화학적 특성

지역	pH	전질소 (%)	유효인산 (ppm)	치환성 염기($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
				K	Ca	Mg
경주	7.3	0.35	1050.7	0.83	8.48	2.32
포항	5.3	0.37	1172.1	1.20	4.14	1.38
영천	7.1	0.27	159.3	0.45	7.0	2.84
안동	7.0	0.35	733.8	0.68	6.88	2.76
봉화	6.7	0.32	778.0	0.99	8.94	0.95
영주	5.7	0.27	514.8	1.38	4.04	1.64
예천	5.6	0.27	492.0	1.14	4.19	1.56
의성	6.4	0.25	420.9	0.49	4.83	1.30
군위	6.2	0.23	277.3	0.49	3.68	0.99
청송	7.2	0.27	380.4	0.44	7.74	1.16
목표치	6.0~6.5	일본평균: 0.2	200	0.50	5.5	2.0
적범범위	6.0~7.0	뉴욕주: 0.06~ 0.32	100~200	0.3~0.6	5.0~6.0	1.2~2.0

* 1998. 5. 25일 토양채취

나. 표준 사과원의 엽내 무기성분 함량

표준 사과원의 엽내 질소 함량은 [표 7]에서와 같이 대체로 적정 범위에 속하였다. 인산은 예천, 봉화, 안동 표준농가가 많았다. 칼륨함량은 대체로 적정범위에 속하였으나 안동 표준농가에서는 적었다. 칼슘함량은 대체로 낮았고, 마그네슘 함량도 대체로 적정 수준이었다.

표 7. '97 조성 표준 사과원의 엽내 무기성분 함량 (g/kg)

지 역	N		P		K		Ca		Mg	
	'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99
봉 화	22.3	25.5	2.6	3.9	10.4	17.2	14.4	11.0	3.0	2.8
청 송	26.3	28.6	1.8	2.5	13.7	10.1	14.9	10.5	3.4	3.2
안 동	21.1	22.4	1.3	3.3	8.7	13.2	12.4	13.1	2.2	3.2
예 천	23.1	23.0	6.2	4.1	14.6	12.9	17.0	12.4	3.3	3.3
문 경	25.0	-	2.4	-	16.2	-	15.0	-	2.0	-
의 성	25.4	25.2	1.7	2.4	15.7	15.3	17.5	14.9	2.9	2.4
영 주	24.9	26.1	2.3	2.9	13.6	14.0	12.6	12.5	3.1	3.1
표준치*	15~30		1.1~3.0		12~20		15~20		2.0~3.5	

* Peterson, Robert, 1994. Tree Fruit Nutrition.(p9), 7월 조사

다. 수체 생육 상황

1) 1997년 봄 재식 표준사과원 왜성사과나무의 생육상태

1997년 봄에 재식한 과원의 1년차 사과나무 생육상태는 앞에서도 언급한 바와 같이 고사주 발생이 아주 많았으며 활착된 묘목의 경우도 농가별로 생육 차이가 컸고 같은 과원에서도 나무간에 세력이 고르지 못하였다. 따라서 1998년 봄 전정시 재 절단하여 다시 키울 수밖에 없는 나무가 많았으므로 생육조사는 의미가 없을 것으로 판단되어 생략하였다.

이 같은 현상이 발생한 것은 공급된 묘목의 발육상태가 매우 불량하였고, 또한 재식된 토양의 이화학성과 생물상이 매우 불량하였기 때문일 것으로 추정되었다. 즉 이화학성이 불량한 미경작 심토 또는 논흙을 객토원으로 한 다량의 객토실시와 객토된 흙의 토양구조 파괴로 인한 배수불량이 고사주와 생육불량주 발생의 주된 원인인 것으로 추정되었다.

재식 2년차 농가별 사과나무의 생육상태[표 8]를 보면 수관용적은 영주, 예천, 안동, 청송의 표준과원이 봉화, 문경, 의성의 표준과원에 비해 컸다. 이 같은 재식 2년차의 수관용적 차이는 재식 1년차의 묘목 활착불량 정도와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각되었다. 이를 보다 구체적으로 살펴보면 수

관용적은 영주의 표준농가가 가장 컸고, 다음은 예천, 안동, 청송, 봉화, 문경, 의성 순이었다. 간경은 안동, 예천, 영주가 비슷하였고, 다음은 청송이었으며, 봉화, 문경, 의성은 작았다.

주간에 착생된 측지수(2년생 및 신초)는 회초리묘를 짧게 절단하여 1년간 집중관리하고 Promalin을 수 회 처리하여 측지를 발생시킨 영주가 22개로서 가장 많았다. 정식 후 재식 2년차에 지상 60~70cm에서 주간 절단 후 동일한 방법으로 측지를 발생시킨 청송과 지상 120cm에서 절단하거나 아상처리하여 측지를 발생시킨 예천이 각각 13, 16개로 많았다. 주당 단과지수는 영주가 37개로 가장 많았고, 그 다음은 예천, 문경이었으며 나머지 농가는 6개 이하였다. 특히 봉화, 의성, 문경의 표준 농가에서는 생육이 불량하였다. 의성에서는 '98년 봄에 주간의 생장을 촉진할 목적으로 지상 60cm 높이 정도에서 주간을 절단하고 주간연장지 외에는 발생하는 측지를 모두 제거하였으며, 그 결과 수고를 190cm 정도까지 성장시킬수 있었으나 나무간의 생장 차이는 컸다.

표 8. '97년 봄 재식 표준사과원의 재식 2년차 후지/M.9의 생육상황

지 역	수 고 (cm)	수 폭 (cm)	간 경 (cm)	주간발생 측 지 수 (개/주)	꽃눈수 (개/주)	신초수 (개/주)	평균신초장 (cm)
문 경	153	119	1.6	3	16	3	16
봉 화	176	113	1.8	5	3	5	57
안 동	212	137	2.5	10	6	16	77
영 주	248	146	2.6	22	37	21	32
예 천	214	146	2.5	16	19	15	60
의 성	187	-	1.7	-	-	-	-
청 송	214	123	2.1	13	3	13	47

2) 1998년 봄 재식 표준사과원 왜성사과나무의 생육상태

1998년 봄에 재식한 사과원에서도 부분적인 배수불량 과원(군위), 농후유기물 과다시용 과원(군위), 묘목의 등숙 불량으로 인한 고사주 발생 과원(안동, 봉화, 예천 등), 재식된 묘목의 생육 불량 과원(포항) 등이 있

었다. 이들 과원에서는 생육불량 또는 고사된 나무들이 상당수 있었다. 그리고 8월의 집중호우로 인하여 침수피해를 크게 입은 과원(의성)도 있었으며, 주간 절단시기를 놓치거나 늦추어 알맞은 위치에서 결가지가 발생되지 못하여 수형구성이 제대로 되지 못한 과원(영천, 문경)과 재식당년의 결가지 유인을 전혀 하지 않은 표준과원들도 상당수 있었다.

그러나 전체적으로 볼 때 재식 1년차의 왜성사과나무의 초기생육상태는 1988 봄 재식 표준농가가 고사주와 생육불량주 발생이 많았던 1997 봄 재식 표준농가에 비해 훨씬 양호하였다[표 9].

표 9. 1998년 봄에 재식한 '후지' / M.9 사과나무의 1년차 생육상황

지역	생육상태	결가지수	관리상태
경주	극히 왕성	8~12	결가지 유인 양호
포항	양호	10~12	결가지 유인시기 늦음(9월 유인)
영천	양호	5~7	재식후 묘목 무절단
안동	양호	4~7	결가지 유인 양호, 선단엽 황화현상 심
봉화	양호	5~8	결가지 유인 양호
영주	불균일	2~3	목은 측지 모두제거, 결가지 유인 불충분, 굴나방, 갈반병, 점무늬 낙엽병 발생 심
예천	일부불균일	5~8	결가지 유인 불충분, 박쥐나방 피해 많음
의성	불균일	3~6	결가지 유인 불충분, 침수 피해, 굴나방 피해
군위	양호	8~11	결가지 유인 양호
문경	양호	4~5	대부분 60cm 이하에 불필요한 결가지 부착 유인 불충분, 갈반병, 점무늬 낙엽병 발생 심
청송	양호	4~7	결가지 유인 양호

('98, 9월 중순 조사)

라. 생리장해 발생 정도

1) 봉소결핍증의 발생

1998년 봄에 M.9 대목의 사과 묘목을 재식한 포항과 의성의 표준사과

원에서 전형적인 붕소결핍 증상인 신초의 로젯트 현상이 일부 묘목에서만 관찰되었다. 증상 발생주들은 대부분 규격이 2등급에 속하는 발육이 불충실한 묘목이었으며 재식 후 활착 및 그 후의 생육상태가 불량하였다. 따라서 현지에 나타난 붕소결핍증 발생 원인은 묘포장에서 묘목육성 기간 동안 붕소 흡수가 제대로 이루어지지 못한 생육이 극히 불량한 묘목이 공급된 결과인 것으로 판단되었다.

2) 철분결핍증의 발생

1998년 봄에 M.9 대목의 왜성사과 묘목을 재식한 안동의 표준사과원에서는 5월~6월의 신초 생육초기에 선단엽들의 황화현상이 심하게 발생되었다. 이들은 전형적인 철분결핍 증상으로 판단되었으며 엽 및 토양분석 결과에서도 정상수의 엽 및 토양에 비하여 장해수에서 활성철(Ac·Fe)을 비롯한 망간, 구리, 등의 함량이 상당히 낮았다[표 10, 11].

표 10. 재식 1년생 '후지' /M.9/실생에서 선단엽 황화수와 정상수의 엽내 무기성분 함량

구 분	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Ac·Fe	B	Cu	Zn
	----- (g/kg) -----					----- (mg/kg) -----					
정상엽	20.4	7.0	36.2	10.8	5.6	275	165	50.6	41.0	9.6	117.0
황상엽	12.9	9.5	5.0	5.0	4.0	249	165	36.7	50.0	9.2	147.0

표 11. 재식 1년생 '후지' /M.9/실생에서 선단엽 황화수와 정상수 토양내 무기성분 함량

구 분	토양	N	Av·P	K	Ca	Mg	Fe	Ac·Fe	Mn	Cu	Zn
	pH	(%)	(mg/kg)	--(cmol/kg)--	----- (mg/kg) -----						
정상엽	6.5	0.37	785.5	0.77	5.39	2.81	60.9	49.9	45.3	17.5	8.1
황화엽	7.5	0.32	682.0	0.59	8.37	2.71	31.0	18.4	17.9	8.1	6.1

그리고 이들 나무에 철분이 다량 함유된 4종복비를 수 회 엽면살포한 결과며, 7월 이후부터 잎색이 정상으로 돌아왔다. 이 과수원의 사과나무에서 철분결핍 증상이 심하게 발생한 원인으로서는 토양산도 교정을 위하여 사용한 석회 총량이 10a 당 2000kg 내외였으며, 또한 석회사용 방법에 있어서도 과수원 전체에 석회를 고루 뿌리기보다는 그 중 상당량을 재식열 하에 집중적으로 뿌렸기 때문에 토양 pH가 갑자기 급상승하여(약 7.5 내외) 토양 속에 존재하는 철분을 비롯한 여러 미량요소들이 불가급태로 바뀌어 흡수되지 못한데 기인한 것으로 판단되었다.

따라서 왜성사과 재배를 위한 과수원의 기반조성 시에는 토양의 산도교정을 위하여 한꺼번에 다량의 석회공급은 피하도록 해야 할 것으로 생각되었다.

마. 개식원의 불량 객토원 및 과다 유기물 사용이 생육에 미치는 영향

개식원에 있어서 포장 조성시 이화학성이 불량한 토양을 객토하고, 당년에 묘목을 재식할 경우에는 객토가 묘목의 고사 및 생육불량의 직접적인 원인이 되었으며, 객토량이 과다할수록 고사주 발생이 많았다.

그러므로 기존의 노목을 굴취하고 새로 초밀식 사과원을 조성할 때에는 이화학성이 불량한 미경작토양의 다량 객토는 가급적 피하고, 불가피한 경우에는 객토후 토양을 충분히 개량하고 1년생 작물을 재배하여 1~2년 경과한 다음, 왜성사과묘목을 재식토록 해야할 것으로 생각되었다.

객토하기 전 기존 과수원 토양의 배수가 비록 양호하였더라도 토양의 이화학성이 불량하고 점질이 많은 미경작 토양을 다량 객토할 경우에는 배수가 아주 불량하게 되었으므로 반드시 암거배수시설(유공관 설치 등)을 하는 것이 나무의 건전한 생장에 유리할 것으로 판단되었다.

토양개량시 부숙이 덜된 유기물의 과다투입은 묘목 고사율을 높히는 경향이 있었고, 또한 이후 밀식장해를 일으키는 원인이 될 가능성이 있으므로 반드시 질소성분이 적은 완숙퇴비를 사용하도록 지도하여야 할 것으로 판단되었다.

표준사과원 토양이 미국 뉴욕주 사과원 토양보다 토양 유기물 중에 들어

있는 질소함량이 높은 것은 토양개량시에 농후 유기물을 다량 투입한데 기인하는 것으로 생각되었다.

3. 개식원에서의 객토 유무별 생육 특성

'97년도에 조성된 표준사과원 7개소 중에서 개식한 사과원은 5개소이고, '98년도에 조성된 표준사과원 11개소 중에서 개식한 사과원은 10개소였다. 즉, 왜성사과나무를 심는 대부분의 표준사과원이 개식하는 사과원이고 개식하지 않는 사과원은 극히 일부에 불과하므로 개식 사과원과 개식하지 않은 사과원 간의 수체생육 비교는 별 의미가 없을 것으로 판단되었다. 따라서 개식지에서 부분객토하고 심은 사과나무와 객토하지 않고 개식지 흙에 그대로 심은 사과나무들 사이의 생육 차이를 조사하는 것이 더욱 합리적일 것으로 판단하였다.

따라서 개식원에서의 객토 유무에 따른 수체의 생육 차이를 구명하기 위하여 경북대학교 부속 과수원에서 노목을 굴취하고 1998년 3월 결가지가 다수 발생된 후지/M.9 자근묘목을 재식할 때 폭 90cm, 깊이 40cm 정도 되는 재식구덩이를 발흙으로 채운 뒤 재식한 재식구덩이 객토구와 무객토구를 설정하고 '후지'/M.9 묘목을 재식하여 생육 상황을 조사하였다.

처리 1년후 생육상황을 조사한 결과, 구덩이 객토를 하고 심은 나무는 객토하지 않고 심은 나무에 비하여 줄기직경이 12.2% 증가하였으며, 주간연장지 길이는 15.5%, 줄기상의 신초수는 22.0%, 줄기상의 신초길이는 15.5%, 총신초생장량은 18.3% 증가하였다[표 12].

표 12. 개식 사과원에서 재식 구덩이 객토가 1년생 '후지' /M.9 사과나무의 생장에 미치는 영향.

객토 유무	주간 연장지취급	바이러스 검정유무	수고 (cm)	간경증가량 (mm)	주간연장지 길이 (cm)	목은 가지수 (개/주)	주간		비주간		총신초 성장량 (cm)	
							신초수 (개/주)	신초장 (cm)	신초수 (개/주)	신초장 (cm)		
객토	연장지 무절단	제 거	229.9	9.46	37.4	10.1	15.0	17.1	16.1	17.6	528.3	
		무검정	221.9	9.04	35.6	7.0	17.7	12.5	10.7	19.0	409.0	
		평 균	255.9	9.25	36.5	8.5	16.3	14.8	13.4	18.3	468.7	
	연장지 절 단	제 거	207.8	9.92	70.3	8.0	11.9	21.9	13.2	26.4	535.5	
		무검정	207.3	10.45	69.9	7.4	15.6	24.2	16.8	22.8	690.0	
		평 균	207.6	10.19	70.1	7.7	13.8	23.0	15.0	24.6	612.7	
	평 균	216.7	9.72	53.3	8.1	15.0	18.9	14.2	21.5	540.7		
	무 객토	연장지 무절단	제 거	229.9	9.72	39.1	10.3	14.3	13.9	15.9	19.7	486.5
			무검정	224.2	8.49	39.0	9.4	13.8	13.6	14.0	20.0	457.4
평 균			227.1	9.11	39.1	9.8	14.1	13.8	15.0	19.9	472.0	
연장지 절 단		제 거	190.2	8.46	51.2	8.1	10.7	19.2	12.1	20.6	435.4	
		무검정	193.5	7.96	55.3	7.3	10.6	18.8	11.3	15.1	448.6	
		평 균	191.9	8.21	53.3	7.7	10.7	19.0	11.7	22.9	442.0	
평 균		209.5	8.66	46.2	8.8	12.4	16.4	13.3	21.3	457.9		

비고: 경북대 사과원에서 '98. 3월 재식 후지/M.9 나무의 1년 생장 후 조사한 성적임.

표 13. 개식 사과원에서 재식 구덩이 객토가 1년생 '후지' /M.9 사과나무의 생장증가율(%)에 미치는 영향 (%)

처 리	수고 (cm)	줄기직경 증 가	주간연장지 길 이	줄기상 신초수	줄기상의 신초길이	총 신초 성장량
구덩이객토	103.5	112.2	115.5	122.0	115.5	118.3
무 객 토	100.0	100.0	100.00	100.0	100.0	100.0

이상의 결과만으로 미루어 볼때에는 우리나라 사과 개식원에서 생각 만큼 심각한 개식 장애가 나타나는 것 같지는 않았다. 그럼에도 불구하고 비옥도가 양호한 토양을 손쉽게 구할 수 있을 경우에는 재식구덩이에 객토를 한 다음 왜성사과나무를 재식하는 것이 초기생육을 증가시키는데 상당히 유리할 것으로 생각되었다. 그리고 앞으로 계속하여 나무생장 및 과실수량과 품질에 미치는 부분객토의 효과에 대한 조사가 계속되어야 할 것으로 생각되었다.

4. 전업농 모델의 경영분석(2년차)

가. 조사 대상 농가의 특성

경영 분석에 이용된 대상농가 수는 27개 농가로서 신규 개원한 초밀식 왜성사과원 기준으로 1.5ha 미만인 13농가, 1.5ha 이상이 14농가이었고, 사과는 이들 농가 모두의 전문 경영작목이거나 주작목이었다. 평균 개원면적은 4,430평이었고, 전체 경영면적 중 신규 개원 면적이 차지하는 비율은 58% 이었다. 농가의 영농 종사자 수는 1.5ha 이상 농가에서 많았고, 경영자의 사과 경영 경력은 1.5ha 미만 농가에서 많았다.

표 14. 경영자의 사과 경영 경력 및 신규 개원 면적

구	분	1.5ha미만	1.5ha이상	계/평균
농가수(호. %)		13(48.1)	14(51.9)	27(100.0)
초밀식 왜성사과원 신규개원 면적(평)		3,154	5,614	4,430
전체 경영면적(평)		6,054	9,086	7,626
전체 경영면적중 신규개원 면적비율(%)		52	62	58
영농종사자수(인)		2.2	2.8	2.5
경영자 사과경영 경력(년)		22	17	19

재식 연차별로 보면 1999년에 재식 1년차인 농가가 11호, 2년차인 농가가 16호로 개원비와 초기 시설투자, 1년차의 노동 투하시간 외에 전업농모델의 경영분석에 필요한 수령별 수량과 비용 조사를 위해서는 추가적인 조사가 필요하였다

표 15. 재식후 연차별 신규개원 초밀식 왜성사과원 농가수와 면적

구 분	1년차	2년차	계/평균
농가수(호)	11(40.7)	16(59.3)	27(100.0)
농가당 면적(평)	3,973	4,744	4,430

신규 개원한 초밀식 왜성사과원의 경영기술적 특성으로 재식밀도는 평균 1,570주/ha이었고, 1.5ha 미만 농가에서 재식밀도가 높았다. 식재한 묘목은 1농가를 제외하고 모두가 이중점묘목의 뿌리를 벤딩처리하여 재식하였다. 대목은 M.9이 13농가 M.9과 M.26 혼식이 14농가이었고 재식시 대목 노출 길이는 20cm 정도이었다. 37%의 농가가 간작을 하였고 1.5ha 미만 농가는 46.2%로 간작을 많이 하였다. 휴경하지 않은 5농가를 제외하면, 평균 1.3년을 휴경하고 나서 사과나무를 재식하였다. 조중만생 품종 배분비는 평균 5.1 : 45.5 : 49.4이었다.

표 16. 신규개원 초밀식 왜성사과원의 경영기술적 특성

구 분	1.5ha 미만	1.5ha 이상	계/평균
재식밀도(주/ha)	1,610	1,540	1,570
대목 종류별			
M.9	6(46.2)	7(53.8)	13(100.0)
농가수			
M.9+M.26	7(50.0)	7(50.0)	14(100.0)
계	13(48.9)	14(51.9)	27(100.0)
재식시 대목노출 높이(cm)	18.8	20.6	18.9
간작 농가수 비율(%)	46.2	28.6	37.0
재식전 휴경년수(년)	1.1	1.6	1.3
조중만생 품종			
조생	2.2	8.0	5.1
배분비(%)			
중생	45.4	45.6	45.5
만생	52.3	46.4	49.4
계	100.0	100.0	100.0

나. 시설투자

지주로는 울타리식, 관수시설로는 점적관수를 주로 시설하였고, 1.5ha 이상 농가에서 7,958천원/ha를 투자하여 1.5ha 미만 농가보다 1,668천원/ha의 단위면적당 초기 시설투자가 적게 소요되었다.

표 17. 개원규모별 초밀식 왜성사과원의 시설투자 (단위 : 천원/ha)

구 분	1.5ha미만	1.5ha이상	평균	비 고
지 주	6,831	5,374	6,103	개별지주 4호, 그외는 울타리식
관수시설	2,795	2,584	2,689	스프링클러 2호, 그외는 점적관수
계	9,626	7,958	8,792	

다. 노동투하시간

재식 1년차 노동투하시간은 평균 141.9시간이었고, 1.5ha 이상 농가에서 1.5ha 미만 농가의 56.4% 수준으로 낮았다. 제초 및 병해충방제 등 생력화 농기계 도입이 쉬운 작업에서 효율적으로 작업하였고 나무관리(가지유인 등)에서는 오히려 더 많이 일하였다.

표 18. 개원규모별 1년차 노동투하시간 (단위 : 시간/ha)

작 업	1.5ha 미만	1.5ha 이상	계/평균	비 고
가지유인	42.4	61.9	53.2	
시 비	0.0	4.5	4.5	미시행농가수 13
제 초	106.0	24.7	51.8	
병해충방제	35.2	13.1	22.9	
기 타	14.0	7.3	9.5	
계	197.6	111.4	141.9	

라. 착과상태

저수고 초밀식 왜성사과원 경영에서는 측지묘를 재식하고 재식 2년차에 결실함이 중요한 초점으로 제기되는데, 2년차에 착과되지 않은 과원이 2농가, 부분적으로 착과된 과원이 6농가이었다.

표 19. 초밀식 왜성사과원의 2년차 착과상태별 농가수와 면적

구 분	미착과	부분 착과	전면적 착과
농 가 수(호)	2(25.0)	69(75.0)	8(100.0)
농가당 면적(평)	6,000	3,000	4,600

마. 신규 개원비

초밀식 왜성사과원의 신규 개원비는 평균 33,958천원이 소요되었다. 1.5ha 이상 농가에서 1.5ha 미만농가보다 5,030천원/ha가 많은데, 기반정비, 암거배수, 토양개량 등 기반투자를 더 많이 하였고, 묘목, 재식, 묘목보호 멀칭 등의 비용은 적었다. 89%(24호)의 농가가 암거배수를 시설하지 않았다.

표 20. 개원규모별 초밀식 왜성사과원의 신규 개원비 (단위 : 천원/ha)

구 분	1.5ha 미만	1.5ha 이상	평균	비고
기 반 정 비	7,882	11,342	9,756	2 농가 미시행
암 거 배 수	0	1,531	1,531	24농가 미시행
토 양 개 량	9,550	10,534	10,042	
묘 목	8,931	8,471	8,701	
재 식	1,760	1,573	1,666	
묘목보호 멀칭	2,435	2,135	2,263	13농가 미시행
계	30,556	35,586	33,959	

초밀식 왜성사과원을 조성한 농가의 경영실태를 조사하여 경영 기술적 특성, 신규 개원비, 시설투자, 1년차 노동 투하시간 등을 분석 검토한 결과,

재식밀도는 평균 1,570주/ha이었고, 대목은 M.9 및 M.26 이중접목묘 이용이 많았으며, 2년차에 전면적에 착과시킨 농가가 50%, 부분 착과시킨 농가가 37.5%, 착과시키지 못한 농가가 12.5%이었다.

초밀식 왜성사과원의 신규개원비는 평균 33,958천원이 소요되었다. 1.5ha 이상 농가에서 1.5ha 미만 농가보다 5,030천원/ha가 많은데, 기반정비, 암거배수, 토양개량 등 기반투자를 더 많이 하였기 때문이다.

지주로는 울타리식, 관수시설로는 점적관수를 주로 시설하였고, 1.5ha 이상 농가에서 7,958천원/ha를 투자하여 1.5ha 미만 농가보다 1,668천원/ha의 단위면적당 초기시설투자가 적게 소요되었다.

재식 1년차 노동투하시간은 평균 141.9시간이었고, 1.5ha 이상 농가에서 1.5ha 미만 농가의 56.4% 수준으로 낮았다. 제초 및 병해충방제 등 생력화 농기계 도입이 쉬운 작업에서 효율적으로 작업하였고 나무관리(가지유인 등)에서는 오히려 더 많이 일하였다.

M.9 대목을 이용한 초밀식 왜성사과 재배역사가 일천하기 때문에 재식 1년차와 2년차인 농가만 조사가 가능하여 경영분석에 필요한 수령별 수량과 비용에 대한 추가적인 조사분석이 필요하였다.

사과 경영농가의 지표가 되는 한국형 왜성사과원 전업농 모델 개발을 위해서는 저수고 초밀식 왜성사과원에 적합한 대목, 품종, 생산체계, 관리기술에 대한 시험연구 결과의 축적이 필요하고 더불어 재배농가의 수령별 투입 및 산출 자료의 조사·분석·축적으로 육성기·성과기 분기점과 경제수령의 설정, 투자판단 지표의 설정 등이 필요하였다.

요 약

재식후 묘목의 정상적인 성장을 위해서는 우량묘목을 재식하는 것이 가장 우선되어야 할 것으로 판단되었다. M.9 대목에 접목된 묘목의 경우는 접목부 위쪽 5cm 위치의 직경이 적어도 11~13mm 이상되는 묘목 또는 그 이상의

우량 묘목을 재식하여야 할 것으로 생각되었다.

재식후 묘목의 고사 원인은 묘목의 생산과정에 문제가 있는 것으로, 고려될 수 있는 원인으로서는 묘목 양성시 과도한 밀식, 질소비료의 과다 및 8월 이후 늦은 시기까지의 시용, 식양토 또는 식토인 논 토양에서 묘목 양성 등을 들 수 있다.

따라서 재식후 묘목의 고사율을 줄이기 위해서는 앞에서 언급한 요인들을 피할 수 있는 묘목 생산체계를 수립하여야 하고 또한 늦게 까지 자란 묘목의 경우는 추식을 피하고 해동 후 굴취하여 춘식하는 쪽이 묘목의 고사를 피하는데 유리할 것으로 판단되었다.

묘목의 직경이 13mm 이상 되고 수고는 약 2m, 결가지 발생수가 5~10개 되는 우량묘를 재식한 결과 재식 2년차에는 결가지가 25~30개 정도, 수고가 240cm에 달하여 나무의 기본 골격이 거의 완성 단계에 이르고 주당 15~30개의 과실이 착과되어 발육이 정상적으로 이루어졌다.

이와 같은 결과는 외국에서의 보고와 비교할 때 조금도 손색없는 초기생장이 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 결가지가 다수 발생되어 충실하게 자란 우량묘목을 생산하여 양호한 조건의 토양에 이를 재식하고 잘 활착시킨다면 우리나라에서도 왜성사과나무의 밀식재배가 큰 문제없이 정착될 수 있을 것으로 여겨진다.

표준농가 과원의 토양의 화학적 특성을 농촌진흥청에서 정한 적정 범위와 비교해 보면, 토양 pH, 유기물함량, 치환성 마그네슘함량은 대부분의 과수원에서 적정수준을 유지하고 있었으며, 유효인산과 칼륨 함량은 모두 적정 범위를 넘는 수준에 있었고, 칼슘 함량은 적정수준에 다소 미달되는 과수원이 많았다.

전질소함량 범위는 0.41~0.60%로서, 미국 뉴욕주에서 조사한 사과원 토양의 전질소함량 0.06~0.32%보다 상당히 높았으며, C/N율은 미국 뉴욕주 평균이 12.74인데 비하여, 표준과원에서는 평균 6.89로서 상당히 낮았다.

이는 토양개량 시 질소함량이 높은 농후유기물을 다량 투입한데 기인한 것으로 판단된다.

표준 과원의 붕소결핍증 발생 원인은 묘포장에서 묘목육성 기간 동안 붕

소 흡수가 제대로 이루어지지 못한 생육이 극히 불량한 묘목이 공급된 결과인 것으로 판단되었다

철분결핍 증상원의 엽 및 토양분석 결과에서도 정상수의 엽 및 토양에 비하여 장해수에서 활성철(Ac·Fe)을 비롯한 망간, 구리, 등의 함량이 상당히 낮았다. 원인으로서는 토양산도 교정을 위한 석회 과다 시용과 석회시용 방법에서도 과수원 전체에 석회를 고루 뿌리기보다는 그 중 상당량을 재식열하에 집중적으로 뿌렸기 때문에 토양 pH가 갑자기 급상승하여(약 7.5 내외) 토양속에 존재하는 철분을 비롯한 여러 미량요소들이 불가급태로 바뀌어 흡수되지 못한데 기인한 것으로 판단되었다. 따라서 과원의 기반조성 시에는 토양의 산도교정을 위하여 한꺼번에 다량의 석회공급은 피하도록 해야 할 것으로 생각되었다.

토양개량시 미숙 유기물의 과다투입은 묘목 고사율을 높이는 경향이 있었고, 또한 이후 밀식장해를 일으키는 원인이 될 가능성이 있으므로 반드시 질소성분이 적은 완숙퇴비를 시용하도록 하여야 하겠다.

사과 개식원에서 생각 만큼 심각한 개식 장애가 나타나는 것 같으나, 비옥도가 양호한 토양을 손쉽게 구할 수 있을 경우에는 재식구덩이에 객토를 한 다음 왜성사과나무를 재식하는 것이 초기생육을 증가시키는데 상당히 유리할 것으로 생각되었다.

초밀식 왜성사과원의 신규개원비는 평균 33,958천원이 소요되었다. 1.5ha 이상 농가에서 1.5ha 미만 농가보다 5,030천원/ha가 많은데, 이는 기반정비, 암거배수, 토양개량 등 기반투자를 더 많이 하였기 때문인 것으로 생각되었다.

M.9 대목을 이용한 초밀식 왜성사과 재배역사가 일천하기 때문에 재식 1년차와 2년차인 농가만 조사가 가능하여 경영분석에 필요한 수령별 수량과 비용에 대한 추가적인 조사분석이 필요하였다.

참고문헌

1. Barritt, B. H. 1995. New dwarfing rootstocks compared with standards. Good Fruit Grower 46(1):19-21, 23, 24.

2. Ferree, D. C. 1997. How much sunlight is enough for high apple yields and fruit quality?. Compact fruit tree Vol. 30. p.25-29.
3. Forshey, C. G. and C. A. Marmo. 1985. Pruning and deblossoming effects on shoot growth and leaf area of 'McIntosh' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 10: 128-132.
4. Forshey, C. G. and D. C. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. Hort. Rev. 11:229-287.
5. 경상북도. 21세기를 대비하는 세계의 사과 생산기술 및 경영전략. 1997. 경상북도청 구내출판실
6. Heinicke, D. R. 1963. The micro-climate of fruit trees: II. Foliage and light distribution patterns in fruit trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83:1-11.
7. Heinicke, D. R. 1964. The micro-climate of fruit trees : III. The effect of tree size on light penetration and leaf area in 'Red Delicious' apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85:33-41.
8. Jackwon, J. E., R. O. Sharples, and J. W. Palmer. 1971. The influence of shade and within-tree position on apple fruit size, colour, and storage quality. J. Hort. Sci. 46:277-287.
9. Oberhofer, h. 1987. Schnitt der schlanken spindel. Sudtiroler Beratungsring fur Obst-und Weinbau. Lana, Italy. An English translation "Pruning the slender spindle" was published in 1990 by B. C. Ministry of Agriculture and Fisheries, Victoria, Canada
10. Palmer. J. W. and J. E. Jackson. 1977. Seasonal light interception and canopy development in hedgerow and system orchards. J. Applied Ecol. 14:539-549.
11. Peterson, A. B. 1989. Basic concepts in pruning and training. P.1-12. In A. B. Peterson(ed.), Intensive Orchardring. Good Fruit Grower. Yakima, WA.

12. Porpiglia, P. J. and J. A. Barden. 1980. Seasonal trends in net photosynthesis potential, dark respiration, and specific leaf weight of apple leaves as affected by canopy position. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:920-923.
13. Robinson, T. L., E. J. Seeley, and B. H. Barritt. 1983. Effect of light environment and spur age on 'Delicious' apple fruit size and quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:855-861.
14. Robinson, T. L., J. Wünsche and A. N. Lakso. 1993. The influence of orchard system and pruning severity on yield, light interception, conversion efficiency, partitioning index, and leaf area index. *Acta Hort.* 349:123-127.
15. Rom. C. R. and B. H. Barritt. 1989. Light interception and utilization in orchards, p. 41-58. In: A. B. Peterwon(ed.). *Intensive orcharding. Managing your high production apple planting.* Good Fruit Grower, Yakima, Wash.
16. Sansavini, S. and L. Corelli. 1992. Canopy efficiency of apple as affected by microclimatic factors. *Acta Hort.* 322:69-77.
17. Wagenmakers, P. S. 1988. Effects of planting system, tree shape, and additional summer pruning on growth, production and flowering of apple trees at high plant densities. *J. Hort. Sci.* 63:383-392.
18. Wertheim, S.J. 1968. The training of the slender spindle. Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp: Publication No. 7. 37 p.

제 5 장

후지 CA저장 실용화 기술 체계 확립

여 백

제 5 장 후지 CA저장 실용화 기술 체계 확립

제 1 절 사과 과실의 상업용 CA저장 실용화 및 운영 프로그램 개발

서 설

CA 저장은 사과 과실의 장기간 선도 유지에 효과적인 저장 기술로서 선진국에서는 보편적으로 이용되고 있으며 국내에서도 근래 상업적 규모의 CA 저장고가 보급되기 시작하였으나 아직까지 실용화가 되지 않고 있는 실정이다. 이는 국내산 과실의 품질 특성에 따른 독자적 기술 개발 없이 외국에서 개발된 기술에 의존함으로써 국내의 제반 조건에 부합되지 않아 CA저장 시설이 효율적으로 활용되지 못하고 있으며 국내 사과 생산량의 80%를 점하고 있는 후지품종을 위한 적합한 CA 장기저장기술체계가 확립되지 못하여 저장 중 CA조성에 따른 생리적 장애가 발생하여 경제적 손실이 발생하였기 때문이다.

따라서 국내산 후지 사과의 CA저장 가스농도 구명 및 저장장해현상 억제 기술 개발을 통하여 현행 저장기술의 문제점을 개선 보완하고 저장기간연장 및 저장품질향상을 향상시킬 수 있는 후지사과의 상업적 CA저장기술 개발에 본 연구의 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 실험재료

경상북도 농금협동조합에서 수집한 후지사과를 사용하였으며 수확시기는 97년 11월 초순이었고, 사과를 대과(350g이상), 중과(300-349g), 소과(250-299g)로 중량 선별하여 시료로 사용하였다.

2. 저장전처리 및 저장조건

저장조건은 표 1과 같이 수확 후부터 97년 12월까지 0℃에서 저온저장을 실시하였고 98년 1월부터 CA저장을 실시하는 지연저장법을 행하였으며 이때 저장온도는 0.5~1℃를 유지하였다. 환경기체조성은 CA저장초기 2주 정도는 산소농도는 8~10%를 유지하면서 이산화탄소농도는 1%이하로 조성하여 급격한 기체조성 변화로 인한 장해과일의 발생을 억제하였으며 그 이후에는 산소농도 4~5%, 이산화탄소농도는 1~2%로 유지하면서 CA저장을 수행하였다.

표 1. Storage condition of CA & Cold storage

Producing area & Harvest date	Storage temp.	Storage condition	Gas composition (O ₂ % + CO ₂ %)
Kyungpook (November 5, 1997)	0.5~1℃	Cold storage	air
		CA storage	Pretreatment Cold storage 2 month 8~10 + 1(2 week) ⇒ 4~5 + 1~2

3. 저장사과의 품질평가

가. 물리적 품질특성

1) 경도 : 각 저장구의 시료를 5개씩 취하여 적도 부위의 음광, 양광 및 중간지점의 과피를 15~20 mm 직경의 원형으로 제거하고, penetrometer 에 직경 11 mm probe를 부착하여 수직 방향으로 8 mm 깊이까지 압축하여 측정하였다.

2) 물성측정 : Texture analyzer을 이용하여 5 mm probe로 사과 적도의 상이한 4부분을 측정하였다.

나. 화학적 품질특성

1) 가용성고형물 : 저장 조건별로 취한 시료의 과육을 착즙기로 착즙한 후 Digital refractometer를 사용하여 측정하였다.

2) 적정산도 : 각 저장구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻은 액을 20 ml 취해 증류수로 100 ml까지 희석하였다. 이 희석액을 20 ml 취하여 0.1N-NaOH로 pH 8.6 까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

3) pH : 각 저장구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻은 액을 20 ml 취해 증류수로 100 ml까지 희석하였다. 이 희석액을 40 ml 취하여 유리전극 pH meter로 측정하였다.

다. 관능적 특성

21~30세 사이의 성인 남녀 대학생 10명을 대상으로 관능검사를 실시하였다. 9점 채점법을 선택하여 경도, 다즙성, 산도, 당도 기호도에 대하여 평가를 수행하였으며 그 결과는 SAS프로그램을 사용하여 T-test를 수행하여 두 집단간의 차이를 통계적으로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 국내 CA 저장 산업의 현황 및 운영 문제점 실태 파악

UN산하 기구인 FAO에서 1988년부터 89년에 걸쳐 작성한 조사 보고서에서 한국의 경제 수준을 감안해 1994년까지 과일저장용으로 최소한 50만톤 저장 수준의 CA저장고 설비를 한국 정부에 권고한 바 있다. 그러나 국내에서의

CA저장법의 역사는 불과 3~4년밖에 되지 않아 아직은 실험단계로 보는 견해가 지배적이다. 따라서 국내에 CA저장고를 보유하고 있는 회사와 농협에서도 대부분 저온저장고로 사용하고 있거나 소규모의 실험적 시도만을 하고 있을 뿐 본격적인 CA저장을 실시하고 있는 곳은 거의 없는 실정이다(표 2~3). 국내에 CA저장법이 확대 보급되기 위한 당면과제는 다음과 같다.

첫째, 저장고내의 기밀유지로서 현재의 저온저장고의 건축기술과는 매우 다르다. 단열판넬의 수축과 팽창에 의한 벽체의 균열방지와 이음매부분의 보완용 페인트의 개발, 저장고문의 밀폐성 등이 완벽하게 이루어져야 저장고내의 기밀성이 유지되어 우수한 CA저장기술이 발전하게 될 것이다.

둘째, 품목별 저장 조건 및 방법에 대한 소프트웨어의 개발이다. 현재 국내에서는 대부분 저장 방법에 관한 소프트웨어를 기기 제작업체 또는 외국의 기존 자료에 의존하고 있다. 따라서 앞으로 우리 나라 과수의 특성, 토양, 기후 등을 고려한 현실적인 자료를 바탕으로 한 신도불이 소프트웨어의 개발이 시급하다.

셋째, CA저장 설비는 일반저온저장 설비보다 고가의 설비비가 소요되는 것은 거의 모든 기기 설비가 외국의 수입제품에 의존하기 때문이다. 이러한 CA설비들은 국내에서도 충분히 제작가능하나 아직은 CA저장에 대한 수요가 낮기 때문에 CA 저장의 저변이 확대되고 수요가 창출될 때까지는 정부차원의 지원이 필요한 것으로 여겨진다. 정부의 지원은 기술개발에 대한 투자와 함께 CA저장고의 설치 및 운영자체를 지속적으로 해나가는 방안으로 설정되어야 한다.

표 1. 국내 상업적 CA저장고 보유현황

번호	설치회사	소재지	연락처	면적 (坪)	용적 (㎡)	시공 회사	가동 여부
1	협성농산(주)	대구	053-580-2555	550	13,284	N(U)	×
2	(주)진도					F(I)	매각
3	한일농산	경기 안성	소재 불분명	180	3,564		
4	두산농산(주)	경북하양		290	4,785	I(I)	×
5		강원횡성	033-343-0045	470	12,408	I(I)	×
6	안강농협	경북안강	054-761-0907	180	3,564	N(U)	×
7	경북능금농협	경북군위	054-382-0250	400	7,920	F(I)	×
8	일직농협	경북안동	054-858-4281	180	3,564	F(I)	×
9	각남농협	경북청도	054-372-6661	180	3,564	F(I)	×
10	태봉	경기성환	041-581-1981	220	4,356	F(I)	○
11	가조농협	경남거창	055-943-5974	50	1,109	F(I)	×
12	창낙농산	경남창녕	055-532-3228	100	1,980	P(U)	×
13	진영단감조합	경남진영	055-345-7718	80	1,584	I(I)	×
14	금오	경남생림	055-323-8824	200	3,960	I(I)	×
15	세기물산	소재 불분명		300	5,940		
16	부여 밤영농조합	충남부여	041-833-9935	500	3,960	I(I)	부분 가동
17	경원물산		032-888-4202	100	1,980	I(I)	×
18	유정종묘	경남거창	055-944-4674	60	1,188	I(I)	×
19	풍강냉장	경기이천	031-641-4620			S(D)	○
20	고창 영농조합	전북 고창	011-9439-2124			F(I)	시도중
21	CHF식품	경기 평택				F(I)	상담중
22	대성 냉동	전북 부안				F(I)	상담중
23	제천 사과조합	충북 제천				F(I)	상담중

* N(U): 나이캡(미국), F(I):Fruit control(이태리), I(I):Isorcell(이태리)

F(J):Fuji plant(일본), P(U):Pacific CA(미국), S(D):사보루(덴마크)

표 6. 국내 실험용 CA저장고 현황

번호	설치회사	소재지	면적(坪)	용적(m ³)
1	경북대	대구	시험용	F(I), F(J)
2	농진청	경기 수원	시험용	
3	대구사과연구소	경북 군위	시험용	
4	옥천포도시험장	충북 옥천	시험용	
5	원예연구소	경기 수원	시험용	I(I)
6	경북농진원	경북 칠곡	시험용	I(I)
7	창녕양파시험장	경남 창녕	시험용	I(I)
8	김해단감시험장	경남 진해	시험용	I(I)
9	전남 농진원	전남	시험용	I(I)
10	충남 농진원	충남	시험용	I(I)
11	전북 농진원	전북	시험용	F(I)
12	한국식품개발연구원	경기 성남	시험용	

* N(U):나이캡(미국), F(I):Fruit control(이태리), I(I):Isorcell(이태리)
 F(J):Fuji plant(일본), P(U):Pacific CA(미국), S(D):사보루(덴마크)

현재 국내에서 생산되는 과실의 20~30%가 수확 후 즉시 출하되고 나머지 중 상당량은 재래식 창고나 단순 저온 저장고에 보관하므로 상품의 질이 저하되거나 변질되는 현 상황과 선진 외국에서의 CA저장 이용률을 비교하면 CA저장의 확대보급에 대한 필요성은 더욱 뚜렷해진다. 이제까지 국내의 CA저장에 대한 연구는 몇몇 연구기관에서 시작되고 있는 상황이며 CA저장운영에 관해서도 시행착오를 거듭하고 있는 초기적 상황에서 발생하는 몇 가지 세부적인 문제점을 지적하지 않을 수는 없지만 궁극적으로 국내 농산물을 저장, 유통이 지향해야 할 방향으로 인식하고 실험 정신으로 꾸준한 연구 및 투자가 필요할 것이다. 따라서 CA저장고 운영 주체와 설비공급업체 및 연구기관들의 노력이 개별적, 일괄적으로 진행되는 것보다는 이들을 총괄하고 상호정보교환을 이룰 수 있는 전담기관의 설치가 이의 발전 및 보급확대를 유도할 수 있는 한가지 방안으로 적극적인 홍보작업도 병행하여야 할 것

이다. 최근 정부의 농정이 기존의 생산증진 방식에서 생산 이후의 단계인 저장 및 유통에 비중을 두는 방향으로 전환되고 있음은 무척 다행스러운 일이다. 이는 생산된 농산물의 유통, 가공 과정에서 부가가치를 높이고 생산력을 확보하여 WTO체제에 대응하기 위해서는 반드시 필요한 방향이다.

표 4. 1991년도산 사과와 품종별 단체별 CA저장 입고현황(일본)

품종	단체			백분율(%)
	업체	농협	계	
후지	1,972,416	583,965	2,556,381	66.6
조나골드	382,663	71,255	453,918	11.8
왕림	275,547	78,928	354,475	9.2
육오	236,920	74,843	311,763	8.1
델리셔스계	57,070	4,058	61,128	1.6
세계일	29,836	6,964	36,800	1.0
금성	17,870	5,614	23,484	0.0
홍옥	13,219		13,219	0.1
국광	12,995		12,995	0.3
기타	10,355	4,093	14,448	0.4
계	3,008,891	829,720	3,838,611	100.0

CA저장고가 저변을 확대하고 농산물 저장, 유통의 새로운 기술로 자리잡아야 하는 것도 이 같은 농정의 기조변화와 맥락을 같이하는 것으로 이해될 수 있다.

따라서 불과 3~4년의 짧은 역사 속에서 CA저장기술이 올바른 자리 매김을 하고 CA저장의 활로를 모색하기 위해서는 꾸준한 연구와 설비 개발 및 운영에 따르는 정부의 적극적인 지원과 과감한 투자가 무엇보다도 요구되고 있다.

2. 후지사과의 상업용 CA저장기술

가. 물리적 품질특성

1) 경도의 변화

12월 말경 CA저장을 실시하기 직전 사과의 경도는 6.2~6.5kg를 나타내었는데 이를 경도유지율로 나타낸 저장 중의 변화는 그림 1.과 같다. 저장 6개월 후 CA저장사과의 경우 소과를 제외한 대과와 중과에서는 초기경도의 90%이상을 유지하였으며 저온저장 사과의 경우 초기경도의 80%선을 유지하였다. 저장기간에 따른 변화는 CA저장구와 저온저장구 모두 감소하는 경향을 나타내었다.

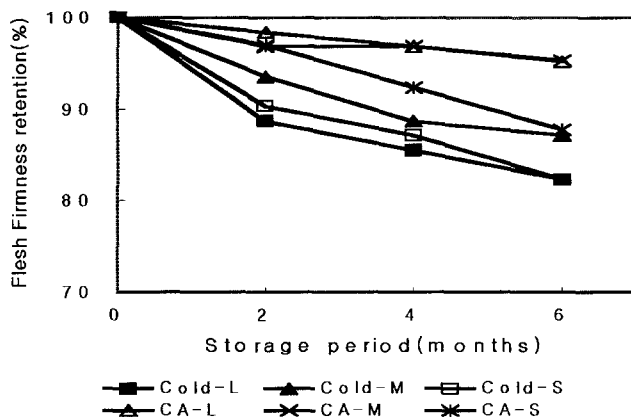


그림 1. Changes in flesh firmness of Fuji apples during CA & cold storage.

2) 물성측정

Texture meter를 사용하여 저장 6개월 후의 저온저장과 CA저장사과의 경도와 항복력을 측정된 결과는 CA저장 사과의 경우 항복력보다 경도가 높게 나타나 과육내부까지 경도가 유지되고 있음을 알 수가 있었으나 저온저장구의 경우 항복력이 경도보다 높게 나타나고 있어 수분감소로 인해 표피

층은 질겨지고 과육내부는 스펀지 현상이 나타남을 물성측정기를 통해 측정할 수 있었다. 이는 그림 2에서 보는 바와 같이 과육의 경도는 CA저장구가 저온저장구보다 높게 나타났으며 과실이 멥드는 점인 항복력의 경우 저온저장이 높게 나타나 저온저장사과의 경우 표피쪽 과육의 수분이 감소되어 질겨져 사과특유의 사각사각한 맛이 사라짐을 알 수 있다. 표 5에서와 같이 저온저장사과의 Fracture ratios는 1보다 큰 값을 나타내고 CA저장사과의 경우 1이하의 값을 나타내 두 사과의 물성이 현저하게 다를 수 있었다.

표 5. Effects of storage conditions on fracture ratio of Fuji apples stored for 6 months.

Storage conditions	Size	Fracture ratio (Fracturability/Hardness)
Cold storage	Large	1.224
	Medium	1.276
	Small	1.235
CA storage	Large	0.935
	Medium	0.971
	Small	0.936

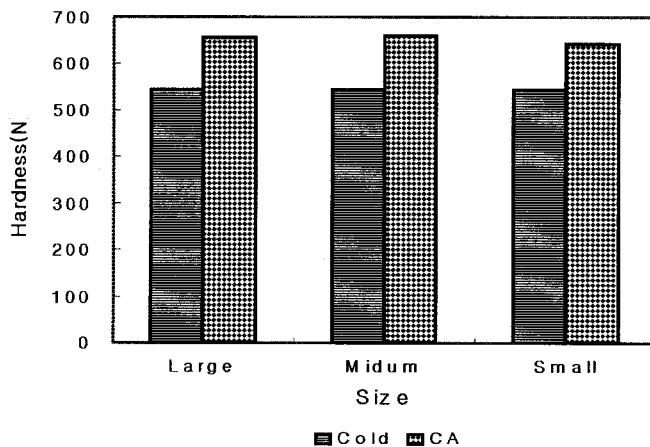


그림 2. Effects of storage conditions on hardness of Fuji apples stored for 6 months.

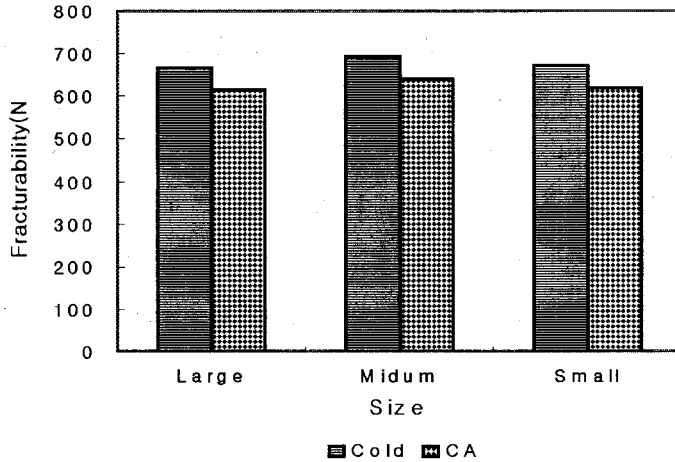


그림 3. Effects of storage conditions on fracturability of Fuji apples stored for 6 months.

나. 화학적 품질특성

1) 가용성 고형물

가용성 고형물의 변화량은 그림 4에서와 같이 저장 2개월째에 가용성 고형물의 함량이 CA저장과 저온저장 공히 다소 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 사과내부의 다당류가 이당류 및 단당류로 분해되면서 나타나는 결과로 사료된다. 저장 2개월 이후에는 저장방법에 따라 서로 다른 양상을 나타내었는데 CA저장구의 경우 저장기간의 경과할수록 가용성 고형물이 감소하는 경향을 나타내었으며 저온저장구의 경우 계속 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 두 저장구간의 상대습도에 기인한 증산작용의 차이에 의해 저온저장 사과의 수분함량이 낮아져 표 6에서와 같이 당함량이 높게 나타나는 것으로 생각된다.

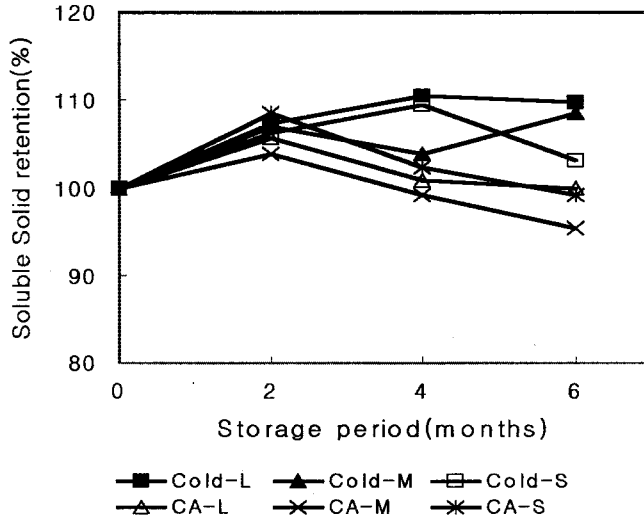


그림 4. Changes in soluble solid of Fuji apples during CA & cold storage.

표 6. Moisture content of apples stored for 6 months.

Storage conditions	Size	Moisture content(%)
Cold storage	Large	87.9
	Medium	86.9
	Small	88.8
CA storage	Large	90.6
	Medium	91.4
	Small	90.1

2) 적정산도의 변화

적정산도의 변화는 그림 5에서와 같이 저장기간이 경과함에 따라 CA저장구와 저온저장구 모두 감소하는 경향을 나타내었으며 CA저장구의 경우 저장 2개월 이후부터 산도의 감소가 관찰되면서 초기산도의 60%선을 유지하였는데 이는 일반적인 CA저장수준에는 미흡한 결과로서 내부갈변 억제를 위해 실시한 지연저장과 CA조건중 산소농도가 4~5%선으로 높게 조성되어 생기는

영향으로 생각되며 이를 방지하기 위해서는 보다 효과적인 CA저장 전처리가 필요할 것으로 생각된다. 저온저장구의 경우 저장기간이 경과함에 따라 CA저장구에 비해 급격한 산도의 감소가 일어나 초기산도의 40%이하로 떨어져 지연저장후에 CA 저장을 실시하여도 사과와 산도유지에 CA저장이 어느 정도는 효과가 있음을 알 수 있다.

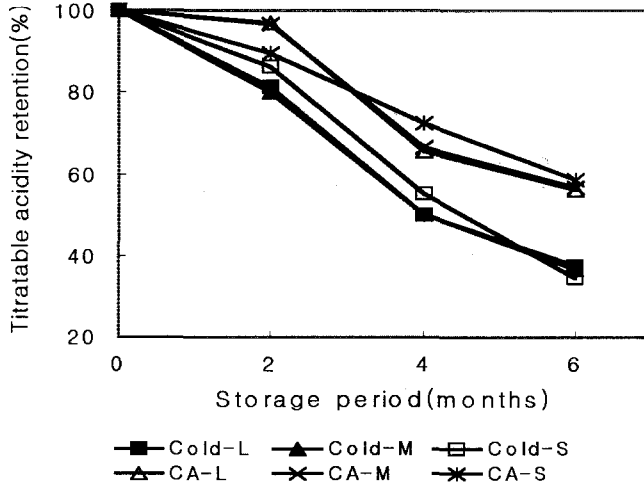


그림 5. Changes in titratable acidity of Fuji apples during CA & cold storage.

3) pH의 변화

저장기간동안 pH의 변화는 그림 6과 같은데 앞의 적정산도와 마찬가지로 저온저장구와 CA저장구 공히 증가하는 경향을 나타내었는데 저장 2개월째까지는 저온저장구와 CA저장구간에 큰 차이가 나타나지 않았으나 저장 2개월 이후부터는 차이가 나기 시작하여 저장 6개월째에는 저온저장구의 경우 pH가 5.0 이상으로 증가하는 경향을 나타내었다.

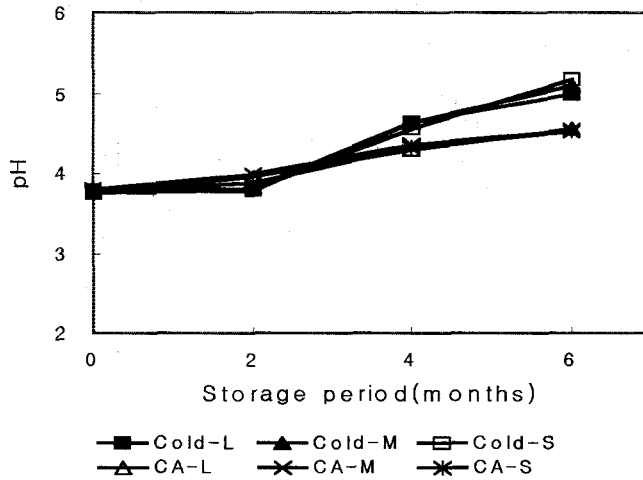


그림 6. Changes in pH of Fuji apples during CA & cold storage.

다. 관능적 특성

21~30세 사이의 성인 남녀 대학생 10명을 대상으로 관능검사를 실시하였다. 9점 채점법을 선택하여 경도, 다즙성, 산도, 당도 기호도에 대하여 실험을 수행하였으며 그 결과는 SAS프로그램을 사용하여 T-test를 수행하여 두 집단간의 차이를 통계적으로 검정하였다. 그 결과 유의수준 0.05에서 경도, 다즙성, 산도, 기호도에 대해서는 저온저장사과와 CA저장사과간에 유의적인 차이가 인정되었으나 당도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 저온저장사과의 경우 저장 후기에는 수분함량의 감소로 인하여 당이 농축되어 결과적으로 CA저장사과보다 더 달다고 패널요원들이 느끼는 것으로 사료된다. 또한 표준 편차에서 저온저장은 큰 값을 나타내는데 비해 CA저장은 작은 값을 나타내어 고른 분포를 나타내고 있으므로 기호도 측면에서 볼 때 저온저장은 패널 개인에 따른 차이가 큰 것으로 나타났으며 CA저장은 개인간의 편차가 적은 것으로 나타났는데 이는 CA저장사과의 품질이 일정한 것으로 해석할 수 있으므로 사과의 품질 규격화 측면에서도 CA저장이 유리할 것으로 생각된다.

표 4. Effects of storage conditions on sensory characteristics of Fuji apples stored for 6 months.

Sensory Characteristics	Storage condition	Mean	Std Dev	Prob> T
Hardness	Cold	4.9	2.33	0.0081
	CA	7.4	0.69	
Juiciness	Cold	5.1	2.23	0.0068
	CA	7.6	0.97	
Acidity	Cold	4.5	1.51	0.0417
	CA	6.2	1.93	
Sweetness	Cold	6.5	1.58	0.6864
	CA	6.2	1.69	
Overall acceptability	Cold	5.0	0.71	0.0296
	CA	6.9	0.27	

라. 밀병 및 장해과 발생

저장전 사과를 대상으로 밀병 발생정도를 과실 크기별로 조사한 결과, 대과에서는 80%, 중과 78%, 소과 65%의 발생율을 나타내었으며 CA저장을 실시하기 직전 밀병 상태는 완전히 소실되지는 않고 일부 남아 있는 상태에서 CA저장을 수행하였다.

장해과 발생을 조사하기 위하여 CA저장 6개월 후에 대과, 중과, 소과 각각 100개를 대상으로 내부갈변 발생을 확인한 결과 내부갈변은 발생하지 않는 것으로 나타났다.

요 약

1. 국내 CA 저장 산업의 현황 및 운영 문제점 실태 파악

상업적 규모의 CA저장은 경북능금의 CA저장고의 벽면의 균열로 인해 단기간 보수가 불가능하여 3월경에 중단할 수밖에 없었으며 그 이유는 저장실의 판넬이 외부온도의 상승으로 인하여 비틀어짐으로써 가스기밀을 유지하는

도장면에 균열이 일어났기 때문이다. 따라서 이러한 부분에 대한 기술적 검토가 이루어져야 국내에 CA저장이 빨리 보급될 수 있을 것으로 보인다. 그러나 경북대학교 내의 CA저장고는 이중단열구조로 설계된 까닭으로 외부 온도에 저장고의 개스기밀 도장이 영향을 받지 않아 저장실험을 무사히 수행할 수 있었으며 저장사과의 일부는 유통망을 통해 소비자들에게 직접 전달되었으며 품질이 우수하다는 평가를 받았다. 이상의 결과로 미루어 저장고의 기술적 문제가 해결된다면 상업적 규모의 CA저장은 충분히 가능한 것으로 여겨진다.

2. 후지사과의 상업용 CA저장기술

지연 CA저장기술을 후지 사과의 저장에 적용한 결과 과육 경도가 잘 유지되는 것으로 나타났으며 물성 측정 결과와도 일치하였다. 가용성 고형물 함량의 경우 저온저장구가 더욱 높은 것으로 나타났으며 이는 저장 중 수분손실에 따른 당의 농축으로 판단되었다. 적정산도의 경우 저장 2개월 이후부터 감소하였으며 초기산도의 60%선을 유지하였는데 이는 일반적인 CA저장수준에는 미흡한 결과로서 내부갈변 억제를 위해 실시한 지연저장과 CA저장중 산소농도가 4~5%선으로 높게 조성되었기 때문인 것으로 생각되었다. 관능 검사 결과 경도, 다즙성, 산도, 기호도의 경우 저온저장사과보다 CA저장사과가 유의적으로 좋게 평가되었으나 당도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

참고문헌

1. 최종욱, 손태화. 1992. 농산물의 CA저장, 한국농산물저장유통학회 창립 기념심포지움
2. 최종욱, 정신교, 손태화, 정현식. 1994. CA저장을 위한 사과의 최적 수확 시기 결정, 농산물 저장유통학회지, 1(1), 29 -36

3. 최종욱, 강준수, 서명교, 박재호, 정신교, 정헌식. 1994. 마이크로 컴퓨터 시스템을 이용한 CA 저장 중 사과의 증산속도 측정, 농산물저장유통학회지, 1(1), 37-44
4. 강준수, 이호재, 최종욱. 1994. ULO저장에서 사과Fuji의 호흡속도, 농산물 저장유통학회지,1(1), 87 -92
5. D.J. Bishop, D.J. Chappell and D.R. Dilley. 1990 Controlled atmosphere storage. David Bishop Instruments, 6-10
6. David R. Dilley. 1988. New CAstorage equipment for atmosphere generation and carbon dioxide removal. N.Y. State Horticultural Society Annual Meeting., 1-12
7. Waelti, H., and J. A. Bartsch. 1990. Controlled atmosphere storage facilities. In Food preservation by modified atmospheres, eds. M. Calderon and R. Barkai-Golan, 373-389. Boca Raton, FL: CRC Press.
8. M. J. Amiot, M. Tacchini, S. Aubert and J. Nicoals 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivals at maturity, J. Food. Sci.,57(4), 958-962 .
9. Hunter, D. L. 1982. C. A. "Storage structure." In Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities, eds. D. G. Richardson and M. Meheriuk. Beaverton, OR : Timber Press.
10. Chen, P. M., R.A. Spotts and W.M. Mellenthin. 1981. Stem-end decay and quality of low oxygen stored 'd'Anjou' pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 106, 695-698

제 2 절 사과 과실의 고품질화를 위한 CA저장 실용화 기술확립 및 CA저장기술의 현장이전

서 설

과일의 CA저장조건은 환경기체 조성비, 품종, 재배생육환경 및 과일의 속도 등에 따라 다양하며, 그 중 사과는 일반적으로 CA저장에 가장 적합한 품목으로 많은 연구가 있으며, CA저장 중 여러 가지 저장장해 현상이 발생하고 있다. 이러한 저장장해는 사과의 외부에는 scald, bitter pit 등이 나타나며 내부에는 심갈변(core browning) 과 과육갈변 등의 내부 갈변(internal breakdown)현상으로 나타난다.

최근 국내에서도 상업적인 CA저장고의 설립으로 사과를 CA저장한 결과 경험과 기술의 부족으로 저장장해 현상이 발생하여 많은 손실을 초래하였다. 이에 따라 내부 갈변 현상에 대한 원인구명 및 방지수단이 요구되고 있지만, 내부갈변에 대한 국내의 연구는 거의 없는 상태이다. 외국의 경우 사과의 저장장해에 관한 연구는 밀(watercore)증상에 의한 장해, 저온장해 및 환경기체에 의한 장해 등으로 구분되며, 밀에 의한 갈변장해 증상은 건전부와 갈변부의 경계선이 명확하지 않고 발전되면 과피색이 퇴색되거나 과일 자체가 스폰지처럼 된다. 저온장해의 증상은 과육이 연한 갈색으로 변색되는 경우와 심갈변이 나타나는 경우이다. 어느 것이든지 심하게 발전되면 갈변이 확산된다. 환경기체 장해에 의한 고농도 CO₂ 장해의 증상은 과육의 부분적인 갈변이며 극심한 경우를 제외하고는 사과의 외관은 완벽하게 정상이다. 갈변이 진행되면 건전부에 비해 쉽게 수분이 손실되며 그 결과 갈변조직은 동공을 형성하게 된다.

후지사과에 대해서는 냉장저장 또는 CA저장 중 내부갈변의 발생에 관한 연구는 일본에서 보고되고 있지만 발생기구 및 방지법에 대해서는 명확하지 않은 상태이며, CA저장 중 후지사과에 대한 내부갈변 장해의 발생기구 및 갈변물질의 확인에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 실험에서는 전년도 실험에서 밝혀진 지연 CA저장사과의 품질이 일반 CA저장에 비하여 떨어지는 것을 보완하고 내부갈변의 발생을 억제하고자 변동 CA저장기술과 다양한 환경기체조성에 대한 후지사과의 반응성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 후지사과의 고품질화 CA저장 실용화 기술

가. 실험재료

후지사과의 생산지(대구, 영천, 상주, 안동)와 수확시기(98년 11월 초순, 98년 11월 하순)를 8구간으로 구분하였으며 중과(300-349g)를 선별하여 시료로 사용하였다.

나. 저장전처리 및 저장조건

저장조건은 표 1과 같이 수확 후 0°C저온저장을 실시하고 있는 사과를 99년 1월(2개월 후)부터 CA저장하는 지연저장법과 수확 후 즉시 CA저장을 하는 방법을 선택하여 저장온도는 0.5~1°C로 하였으며 환경기체조성은 산소농도 3%, 이산화탄소농도는 0.5%로 유지하다가 99월 1월부터 산소농도 2.5%, 이산화탄소농도 1%을 유지하는 변동CA저장을 수행하였다. 또한 대조구로는 0°C저온저장구를 설정하여 실험을 수행하였다.

표 1. Storage condition of CA & Cold storage

Producing area & Harvest data	Storage temp. (°C)	Storage condition	Gas composition (O ₂ % + CO ₂ %)
Taegu-E (October 26, 1998)	0.5~1	Cold storage	air
Taegu-L (November 6, 1998)		CA storage	3 + 0.5
Youngcheon-E (November 9, 1998)			⇒ 2.5 + 1
Youngcheon-L (November 23, 1998)		Delay	Pretreatment
Sangju-E (November 6, 1998)			Cold storage
Sangju-L (November 23, 1998)		CA storage	2 month
Andong-E (November 6, 1998)			3 + 0.5
Andong-L (November 23, 1998)			

다. 저장사과의 품질평가

1) 물리적 품질특성

- 가) 중량감소를 : 중량의 변화는 각 시료를 개체별로 평량하여 채취시 중량에 대한 감소율을 백분율로 나타내었다.
- 나) 경도 : 각 저장구의 시료를 5개씩 취하여 적도 부위의 음광, 양광 및 중간지 점의 과피를 15~20 mm 직경의 원형으로 제거하고, penetrometer에 직경 11 mm probe를 부착하여 수직 방향으로 8 mm 깊이까지 압축하여 측정하였다.
- 다) 물성측정 : Texture analyzer을 이용하여 5 mm probe로 사과 적도의 상이한 4부분을 측정하였다.
- 라) 과피색 : chromameter을 이용하여 Hunter color인 L, a, b로 나타내었다.

2) 화학적 품질특성

- 가) 적정산도: 각 저장구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻은 액을 20 ml 취해 증류수로 100 ml까지 희석하였다. 이 희석액을 20 ml 취하여 0.1N-NaOH로 pH 8.6 까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.
- 나) pH : 각 저장구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻은 액을 20 ml 취해 증류수로 100 ml까지 희석하였다. 이 희석액을 40 ml 취하여 유리전극 pH meter로 측정하였다.
- 다) 가용성고형물 : 저장 조건별로 취한 시료의 과육을 착즙기로 착즙한 후 Digital refractometer를 사용하여 측정하였다.
- 라) 내부에틸렌 : 시료를 저장 조건에 따라 5개씩 취한 후 각각 시료의 calyx end에서 core cavity까지 주사바늘(25GX 11/2)을 삽입하여 내부기체 1 ml를 취하여 GC를 사용하여 분석하였다.
- 마) Ethyl alcohol & Acetaldehyde : 과육 10 g에 증류수 30 ml를 가한 뒤 증류액 10 ml가 되도록 증류한 후 증류액 5 μ l를 GC로 분석하였다.

바) 유리당 : 저장 조건별로 시료를 취하여 과피를 제거한 과육을 마쇄한 후 원 심분리(4000rpm, 15min)를 실시한다. 이후 상등액을 취하여 Sep-pak C₁₈ cartridge (Waters, U.S.A.)을 통과시키고 0.45 μm membrane syring filter(Nalgene, U.S.A.)로 여과한 것을 HPLC를 사용하여 분석하였다.

3) 관능적 특성

관능검사는 잘 훈련된 패널요원 10명을 선발하여 경도, 다즙성, 산도, 감미도, 냄새, 전반적 기호도에 대하여 9점 채점법(1 최고로 싫다, 5 보통이다, 9 최고로 좋다)으로 평가했으며, 성적은 SAS program을 이용한 Duncan의 다중 검정법에 의해 분석하였다.

2. 기체조성이 후지사과의 내부갈변 및 품질에 미치는 영향

가. 실험재료

98년 11월 초순에 대구와 안동에서 수확한 후지사과를 과중 270~300 g을 선별하여 시료로 사용하였다.

나. 저장전처리 및 저장조건

저장조건으로 표 2과 같이 6가지의 CA를 조성(1/0.5, 1/2.5, 1/5.0, 3/0.5, 3/2.5, 3/5.0(O₂%/CO₂%))을 설정하였으며, 대조구로는 0℃ 저온저장구를 설정하여 실험을 수행하였다.

표 2. Storage condition of CA & Cold storage

Producing area & Harvest data	Storage temp.	Storage condition	Gas composition
			(O ₂ % + CO ₂ %)
			Cold storage
			air
			1.0 + 0.5 (CA1)
			1.0 + 2.5 (CA2)
			1.0 + 5.0 (CA3)
		CA storage	3.0 + 0.5 (CA4)
			3.0 + 2.5 (CA5)
			3.0 + 5.0 (CA6)

다. 저장사과의 품질평가

1) 물리적 품질특성

- 가) 중량감소 : 중량의 변화는 각 시료를 개체별로 평량하여 채취시 중량에 대한 감소율을 백분율로 나타내었다.
- 나) 경도 : 각 저장구의 시료를 5개씩 취하여 적도 부위의 음광, 양광 및 중간지점의 과피를 15~20mm직경의 원형으로 제거하고, penetrometer에 직경 11mm probe를 부착하여 수직 방향으로 8mm 깊이까지 압축하여 측정하였다.

2) 화학적 품질특성

- 가) 적정산도 : 각 저장구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻은 액을 20ml 취해 증류수로 100ml까지 희석하였다. 이 희석액을 20ml 취하여 0.1N-NaOH로 pH 8.6까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.
- 나) pH : 각 저장구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻은 액을 20ml 취해 증류수로 100ml까지 희석하였다. 이 희석액을 40ml 취하여 유리전극 pH meter로 측정하였다.
- 다) 가용성고형물 : 저장 조건별로 취한 시료의 과육을 착즙기로 착즙한 후 Digital refractometer를 사용하여 측정하였다.
- 라) 내부에틸렌 : 시료를 저장 조건에 따라 5개씩 취한 후 각각 시료의 calyx end에서 core cavity까지 주사바늘(25GX 11/2)을 삽입하여 내부 기체 1ml를 취하여 GC를 사용하여 분석하였다.
- 마) Ethyl alcohol & Acetaldehyde : 과육 10 g에 증류수 30 ml를 가한 뒤 증류액 10ml가 되도록 증류한 후 증류액 5 μ l를 GC로 분석하였다.
- 바) 유리당 : 저장 조건별로 시료를 취하여 과피를 제거한 과육을 마쇄한 후 원심분리(4000rpm, 15min)를 실시한다. 이후 상등액을 취하여 Sep-pak C₁₈ cartridge(Waters, U.S.A.)을 통과시키고 0.45 μ m membrane syring filter(Nalgene, U.S.A.)로 여과한 것을 HPLC를 사용하여 분석하였다.

사) 전자현미경관찰 : 사과의 조직 검경용 시료는 사과의 과육을 $0.2 \times 0.2 \times 1\text{cm}$ 크기로 세절하여 2.5% glutaraldehyde와 1% OsO_4 에 이중고정하여 ethanol과 propyleneoxide로 단계적으로 탈수한 다음 Epon 812수지에 포매하여 시료를 LKB Ultramicrotome(Model : LKB 2088, Sweden)으로 초박절편을 만든 다음 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하여, 투과형 전자현미경(TEM, Hitachi H-600, Japan)으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 후지사과의 고품질화 CA저장 실용화기술

가. 물리적 품질특성

1) 중량감소율

사과의 중량은 저장기간이 경과함에 따라 모든 저장구에서 선형적으로 감소하는 경향을 보였으며, 생산지역별 중량감소율은 안동지역이 다른 지역에 비해 낮은 경향을 나타내고 있고, CA저장구에 비해 저온저장구에서 다소 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 조직내의 수분이 외부로 증산되어 손실되거나 그외 호흡에 따른 유기물의 분해 등이 원인이 되어 나타나는 것으로 생각된다.

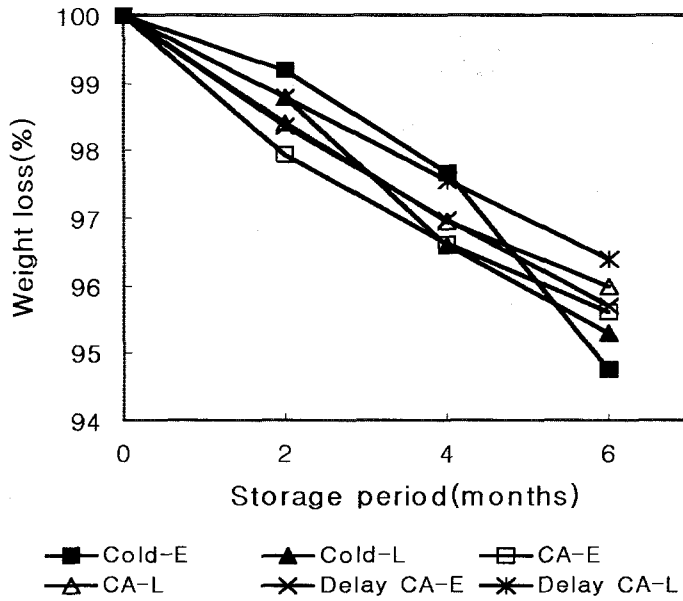


그림 1. Weight loss of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Taegu)

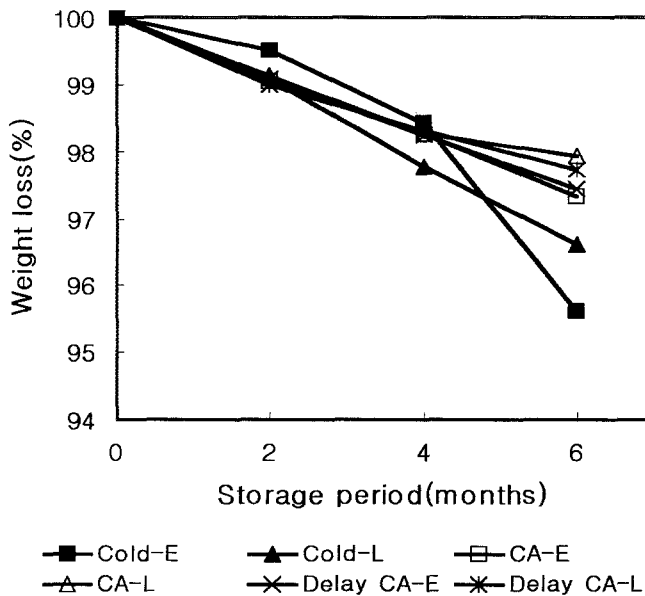


그림 2. Weight loss of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Youngcheon)

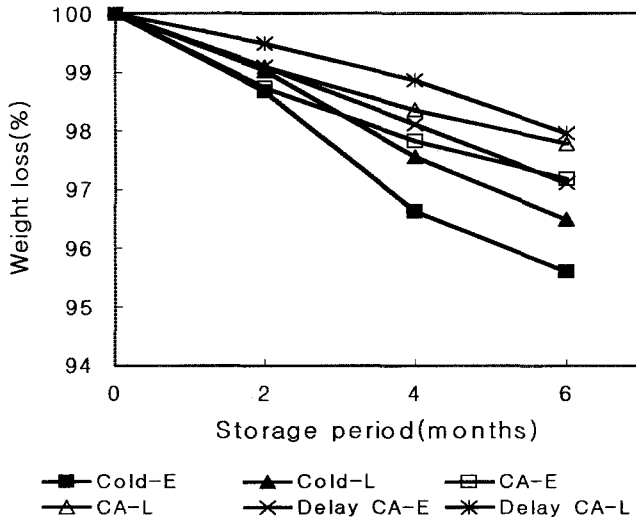


그림 3. Weight loss of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Sangju)

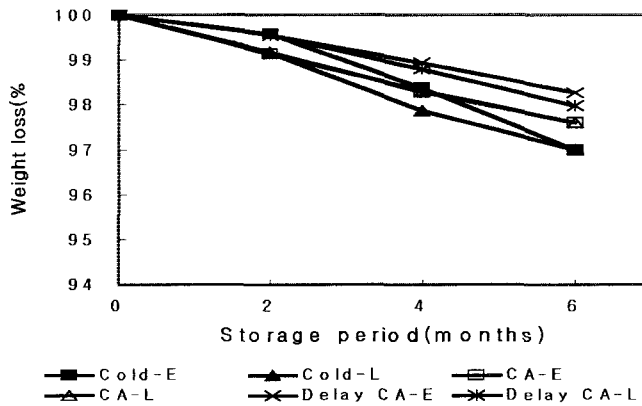


그림 4. Weight loss of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Andong)

2) 경도유지율

CA저장을 실시하기 직전사과의 경도는 5.8~6.0 kg을 나타내었으며 이를 경도유지율로 나타낸 저장 중의 변화는 그림 5 ~8 와 같다. 모든 저장구에서 저장 2개월까지는 초기경도의 90%이상을 유지하였으나 대구사과를 제외한 영천, 상주, 안동지역의 사과의 저온저장구에서는 저장 2개월 후부

터 경도유지율이 큰 폭으로 떨어지는 경향을 보였으나 CA저장구에서는 저장 6개월까지도 초기경도의 85%를 유지하였다.

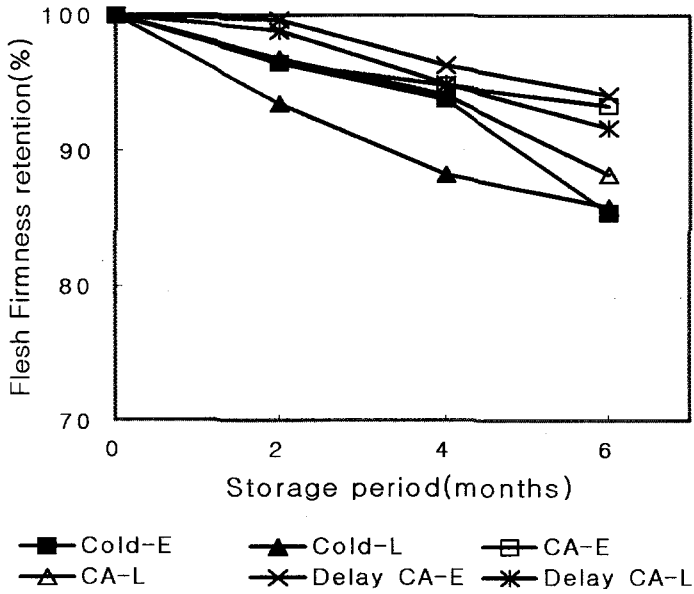


그림 5. Changes in flesh firmness of Fuji apples during CA & cold storage. (Taegu)

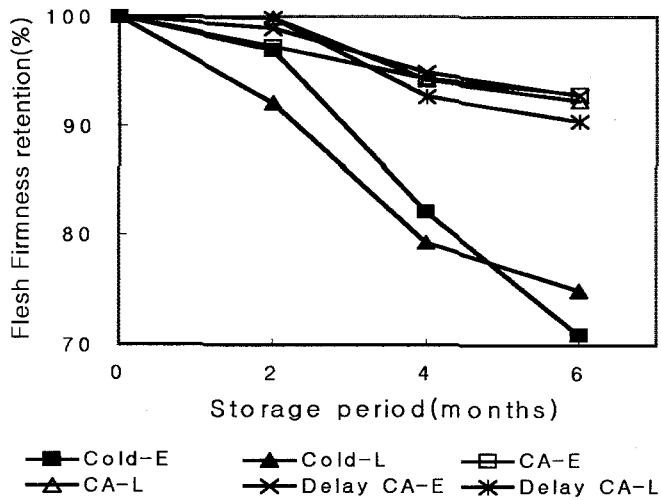


그림 6. Changes in flesh firmness of Fuji apples during CA & cold storage. (Youngcheon)

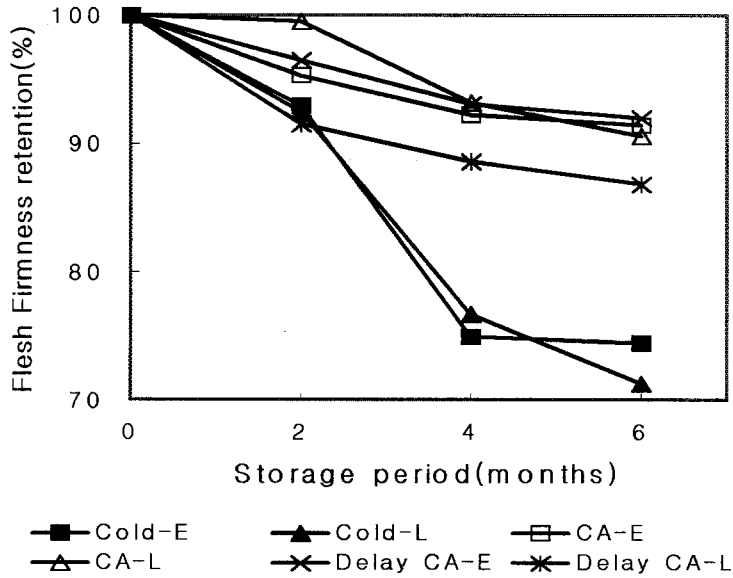


그림 7. Changes in flesh firmness of Fuji apples during CA & cold storage. (Sangju)

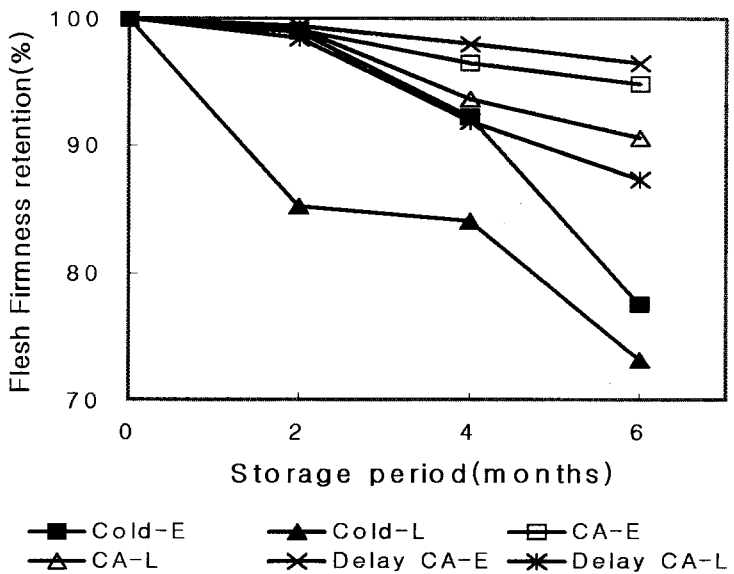


그림 8. Changes in flesh firmness of Fuji apples during CA & cold storage. (Andong)

3) 물성측정

저장 6개월 후의 저장사과의 경도와 항복력을 측정한 결과는 그림 9~10과 같이 나타났으며 CA저장구가 저온저장구에 비해 경도가 다소 높게 유지되는 경향을 보이는 반면 과실이 멥드는 점인 항복력을 측정한 결과는 저온저장이 CA저장에 비해 높게 나타났다. 이는 저온저장사과가 저장기간동안 수분감소현상이 높아 과육이 질겨져 나타나는 현상임을 알 수 있다. CA저장구와 저온저장구의 Fracture ratio는 표 3에서 나타나는 바와 같이 CA저장구는 1이하의 경향을 보이는 반면 저온저장구에서는 1이상의 수치를 나타내어 Fracture ratio가 1이하인 CA저장구의 사과가 훨씬 나은 품질을 유지하고 있음을 알 수 있다.

표 3. Effects of storage conditions on fracture ratio of Fuji apples stored for months.

Storage condition	Producing area & harvest time	Fracture ratio (Fracturability/Hardness)
Cold storage	Taegu-E	1.17
	Taegu-L	1.14
	Youngcheon-E	1.04
	Youngcheon-L	1.12
	Sangju-E	1.08
	Sangju-L	1.06
	Andong-E	1.11
	Andong-L	1.07
CA storage	Taegu-E	0.93
	Taegu-L	1.06
	Youngcheon-E	0.89
	Youngcheon-L	0.87
	Sangju-E	0.86
	Sangju-L	0.67
	Andong-E	0.85
	Andong-L	0.85
Delay-CA storage	Taegu-E	0.89
	Taegu-L	0.91
	Youngcheon-E	0.85
	Youngcheon-L	0.72
	Sangju-E	0.88
	Sangju-L	0.83
	Andong-E	0.85
	Andong-L	0.93

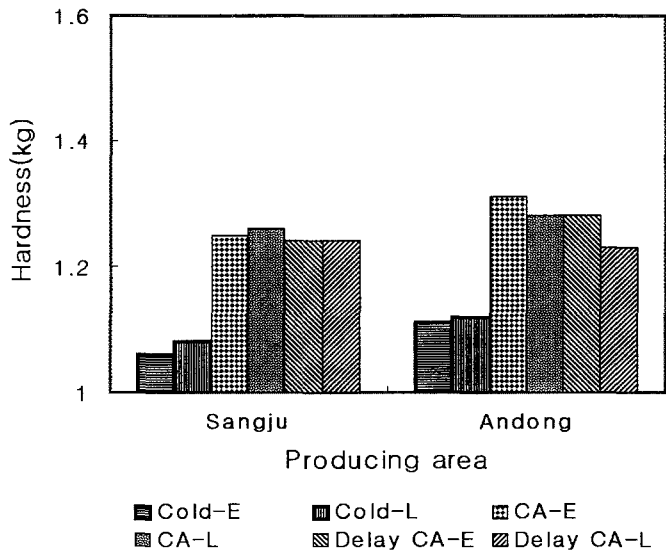
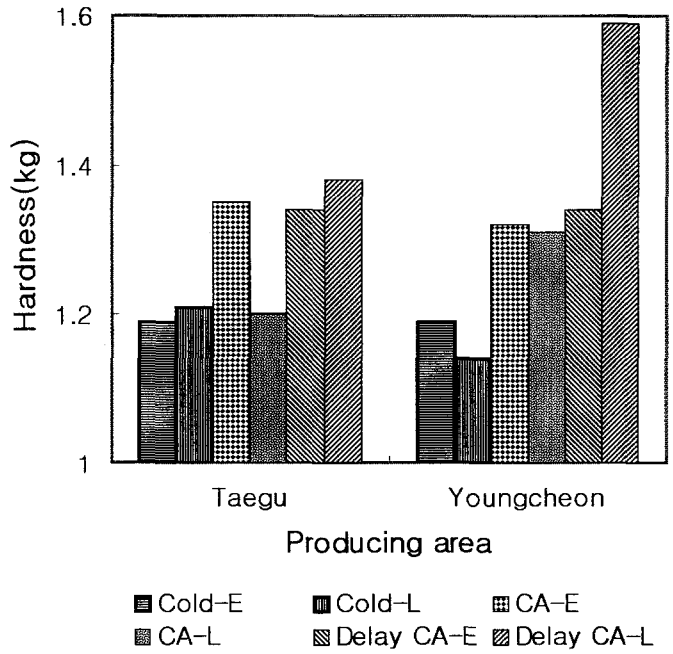
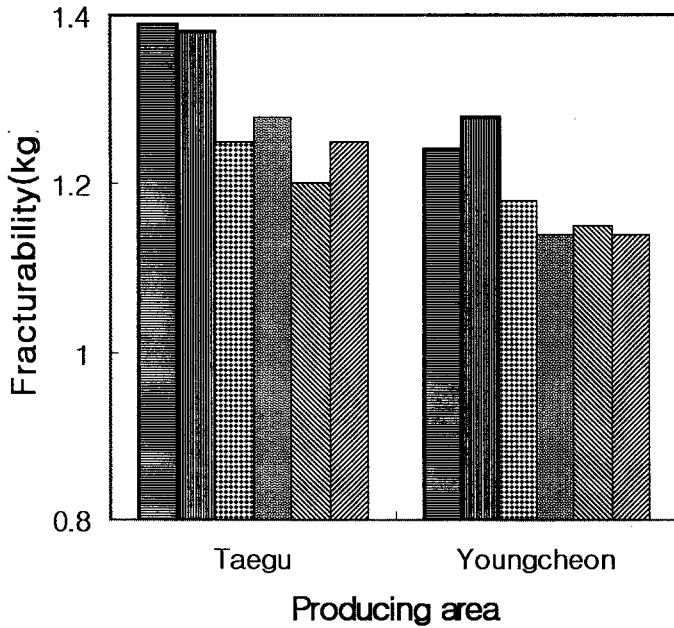
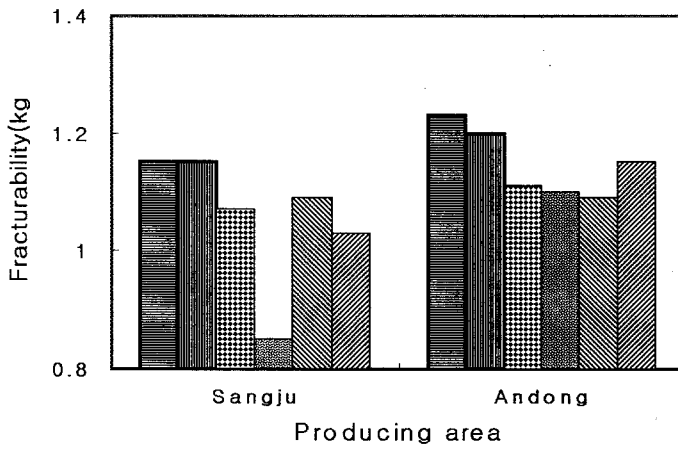


그림 9. Effects of storage conditions on hardness of Fuji apples stored for 6 months.



Cold-E Cold-L CA-E
 CA-L Delay CA-E Delay CA-L



Cold-E Cold-L CA-E
 CA-L Delay CA-E Delay CA-L

그림 10. Effects of storage conditions on fracturability of Fuji apples stored for 6 months.

4) 색도

과실표면의 색은 시각적으로 성숙도와 신선미를 평가하는 중요한 지표로 사용되며 과실마다 특이한 색조를 띄면서 저장 중 변화한다.

표 4. Skin color(green part) of Fuji apples during CA storage & cold storage

Storage condition	Producing area & harvest time	Skin color (red part)											
		0			2			4			6		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Cold storage	Taegu-E	49.4	27.4	18.0	46.1	26.9	19.8	45.9	26.5	20.7	45.0	27.1	21.5
	Taegu-L	51.4	25.8	20.1	50.8	25.9	21.3	50.5	25.4	23.0	50.7	24.5	23.2
	Youngcheon-E	47.0	25.3	17.7	47.0	25.1	18.7	47.5	24.1	20.8	47.5	24.5	20.0
	Youngcheon-L	52.1	18.1	18.4	52.3	16.9	19.4	52.3	15.5	21.3	52.2	15.4	21.6
	Sangju-E	49.2	25.9	18.2	49.5	25.7	19.2	48.4	26.1	21.2	49.2	25.3	20.9
	Sangju-L	47.1	23.5	14.3	47.3	23.6	15.4	47.2	23.5	16.7	47.6	23.3	17.2
	Andong-E	42.7	25.1	15.5	42.5	24.2	15.8	41.0	25.0	18.6	42.2	23.8	18.5
	Andong-L	47.2	25.1	17.3	47.2	24.3	17.9	47.0	24.5	20.7	46.9	24.6	20.7
CA storage	Taegu-E	46.9	26.1	17.6	46.7	25.3	17.4	46.6	24.8	18.7	46.8	23.9	19.6
	Taegu-L	50.5	24.6	19.7	50.3	23.7	20.4	50.3	22.9	21.9	49.9	22.5	22.6
	Youngcheon-E	45.3	25.1	17.7	45.1	24.6	18.0	45.6	24.3	19.2	44.9	24.3	20.4
	Youngcheon-L	50.5	16.9	20.2	50.3	16.3	20.6	50.3	15.5	22.2	50.1	15.2	22.7
	Sangju-E	48.3	26.6	18.0	47.8	28.5	18.7	48.3	28.1	19.6	46.9	28.8	20.8
	Sangju-L	49.6	20.8	19.0	49.7	20.5	20.1	50.1	20.3	21.1	49.1	21.2	22.6
	Andong-E	47.9	23.9	16.4	47.4	23.8	17.3	47.8	22.9	17.8	46.1	23.6	18.4
	Andong-L	43.1	26.1	17.1	43.5	25.8	16.9	43.3	26.4	18.5	42.3	26.3	19.2
Delay-CA storage	Taegu-E	48.4	26.4	19.6	47.4	26.3	21.8	47.8	25.6	21.7	46.5	25.6	22.8
	Taegu-L	44.9	33.3	16.8	44.1	30.8	17.9	44.3	30.6	18.1	44.5	29.8	18.7
	Youngcheon-E	46.3	25.4	17.8	45.5	24.8	18.8	45.0	24.6	19.7	45.1	24.3	20.3
	Youngcheon-L	48.3	21.5	19.8	48.2	21.9	21.9	48.2	21.5	22.4	47.8	21.3	23.4
	Sangju-E	48.2	29.4	18.0	47.5	29.7	19.0	47.9	28.6	20.2	47.2	29.2	20.1
	Sangju-L	47.9	25.0	18.0	47.9	24.9	18.9	48.2	24.3	19.1	47.4	24.4	20.5
	Andong-E	47.3	25.4	18.0	47.1	24.6	19.3	47.1	24.1	20.0	46.9	23.6	21.2
	Andong-L	45.3	27.6	17.9	45.2	27.5	18.2	44.6	26.8	18.5	44.3	26.8	20.1

㉔ 5. Skin color(red part) of Fuji apples during CA storage & cold storage

Storage condition	Producing area & harvest time	Skin color (red part)											
		0			2			4			6		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Cold storage	Taegu-E	49.4	27.4	18.0	46.1	26.9	19.8	45.9	26.5	20.7	45.0	27.1	21.5
	Taegu-L	51.4	25.8	20.1	50.8	25.9	21.3	50.5	25.3	23.0	50.7	24.5	23.2
	Youngcheon-E	47.0	25.3	17.7	47.0	25.1	18.7	47.5	24.1	20.8	47.5	24.5	20.0
	Youngcheon-L	52.1	18.1	18.4	52.3	16.9	19.4	52.3	15.5	21.3	52.2	15.4	21.6
	Sangju-E	49.2	25.9	18.2	49.5	25.7	19.2	48.4	26.1	21.2	49.2	25.3	20.9
	Sangju-L	47.1	23.5	14.3	47.3	23.6	15.4	47.2	23.5	16.7	47.6	23.3	17.2
	Andong-E	42.7	25.1	15.5	42.5	24.2	15.8	41.0	25.0	18.6	42.2	23.8	18.5
	Andong-L	47.2	25.1	17.3	47.2	24.3	17.9	47.0	24.5	20.7	46.9	24.6	20.7
CA storage	Taegu-E	46.9	26.1	17.6	46.7	25.3	17.4	46.6	24.8	18.7	46.8	23.9	19.6
	Taegu-L	50.5	24.6	19.7	50.3	23.7	20.4	50.3	22.9	21.9	49.9	22.5	22.6
	Youngcheon-E	45.3	25.1	17.7	45.1	24.6	18.0	45.6	24.3	19.2	44.9	24.3	20.4
	Youngcheon-L	50.5	16.9	20.2	50.3	16.3	20.6	50.3	15.5	22.2	50.1	15.2	22.7
	Sangju-E	48.3	26.6	18.0	47.8	28.5	18.7	48.3	28.1	19.6	46.9	28.8	20.8
	Sangju-L	49.6	20.8	19.0	49.7	20.5	20.1	50.1	20.3	21.1	49.1	21.2	22.6
	Andong-E	47.9	23.9	16.4	47.4	23.8	17.3	47.8	22.9	17.8	46.1	23.6	18.4
	Andong-L	43.1	26.1	17.1	43.5	25.8	16.9	43.3	26.4	18.5	42.3	26.3	19.2
Delay-CA storage	Taegu-E	48.4	26.4	19.6	47.4	26.3	21.8	47.8	25.6	21.7	46.5	25.6	22.8
	Taegu-L	44.9	33.3	16.8	44.1	30.8	17.9	44.3	30.6	18.1	44.5	29.8	18.7
	Youngcheon-E	46.3	25.4	17.8	45.5	24.8	18.8	45.0	24.6	19.7	45.1	24.3	20.3
	Youngcheon-L	48.3	21.5	19.8	48.2	21.9	21.9	48.2	21.5	22.4	47.8	21.3	23.4
	Sangju-E	48.2	29.4	18.0	47.5	29.7	19.0	47.9	28.6	20.2	47.2	29.2	20.1
	Sangju-L	47.9	25.0	18.0	47.9	24.9	18.9	48.2	24.3	19.1	47.4	24.4	20.5
	Andong-E	47.3	25.4	18.0	47.1	24.6	19.3	47.1	24.1	20.0	46.9	23.6	21.2
	Andong-L	45.3	27.6	17.9	45.2	27.5	18.2	44.7	26.8	18.5	44.3	26.8	20.1

후지사과의 색은 미숙과일때는 chlorophyll에 의한 녹색만 띄다가 성숙하면서 antocyanin이 발현되기 시작하면서 완숙단계에서는 녹색 바탕에 적색이 섞여 있는 색조를 띄지만 노화가 진행되면서 녹색부분이 황색으로 변하게 된다. 본 연구에서 저장 중 녹색 과피의 L, a, b값은 표 4과 같으며, 적색 과피의 L, a, b값은 표 5와 같이 나타났다. 녹색 과피의 적색도를 나타내는 a값은 저장기간이 경과함에 따라 별다른 경향을 나타내지 않았으나 저장 6개월째에는 모든 저장구에서 감소하는 경향을 보였으며 CA저장구보다는 저온저장구가 그 감소의 경향이 크게 나타났다. 적색 과피의 적색도를 나타내는 a값은 모든 저장구에서 별 다른 경향을 나타내지 않았으며 황색도를 나타내는 b값은 모든 실험구에서 소폭으로 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타났으며 저온저장구에서 b값은 CA저장구보다 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였다.

나. 화학적 품질특성

1) pH의 변화

저장기간 동안 pH의 변화는 그림 11 ~ 14와 같으며 모든 저장구에서 증가하는 경향을 나타내었으며 CA저장구보다 저온저장구의 사과가 pH가 높게 나타났으며 저장 2개월 이후부터는 저온저장구와 CA저장구간의 pH의 차이가 나타나기 시작하였다.

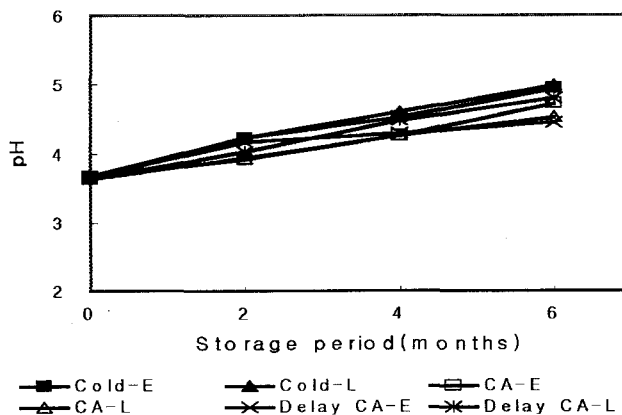


그림 11. Changes in pH of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Taegu)

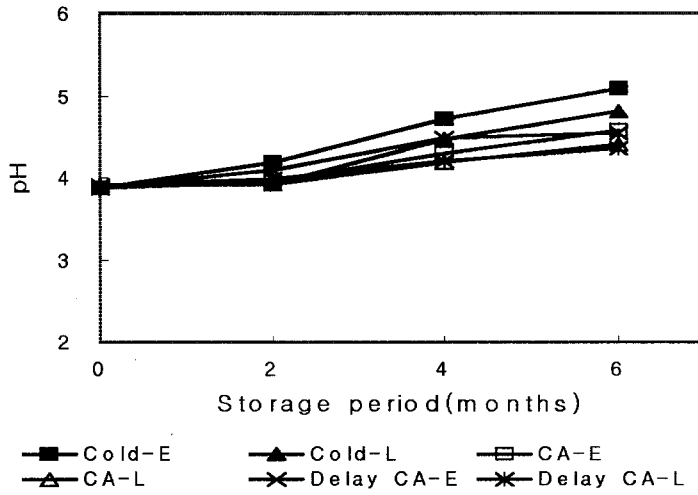


그림 12. Changes in pH of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Youngcheon)

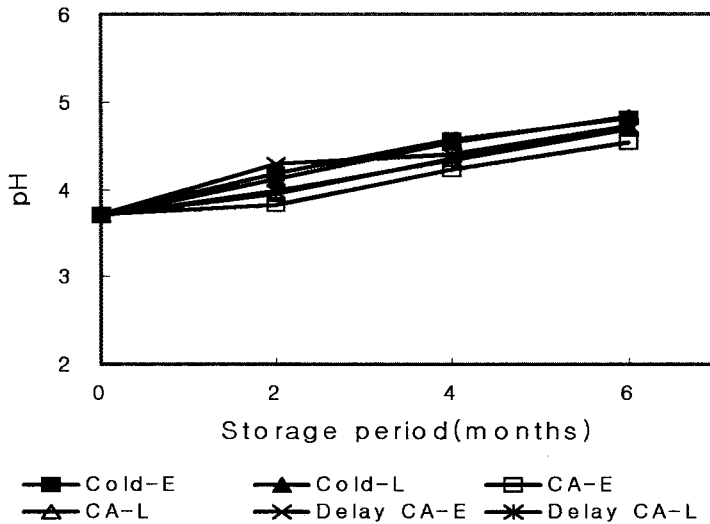


그림 13. Changes in pH of Fuji apples during CA storage & cold storage(Sangju)

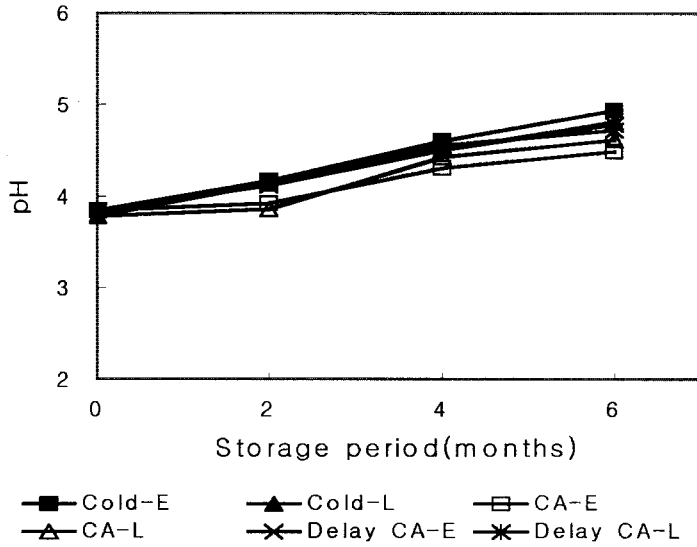


그림 14. Changes in pH of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Andong)

2) 적정산도

초기사과의 적정산도는 0.20~0.28%이었는데, 저장기간이 증가함에 따라 CA저장구와 저온저장구 모두 감소하는 경향을 나타내었으며 저장 2개월 이후부터는 큰 폭으로 감소하였으며 저온저장구에 비해 CA저장구는 초기산도의 60% 이상을 유지하는 경향을 보여 CA저장구의 산도유지율이 훨씬 우수한 것으로 나타났으며 지연CA저장구에서도 CA저장구와 비슷한 산도의 유지율을 보였다.

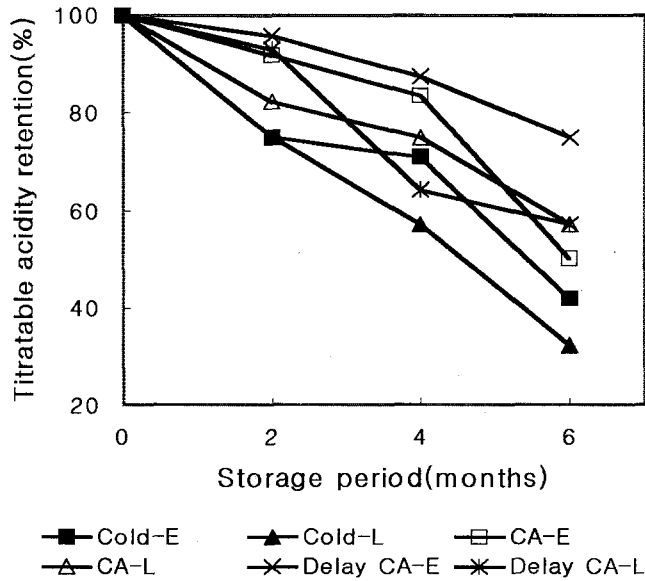


그림 15. Changes in titratable acidity of Fuji apples during CA & coldstorage(Taegu)

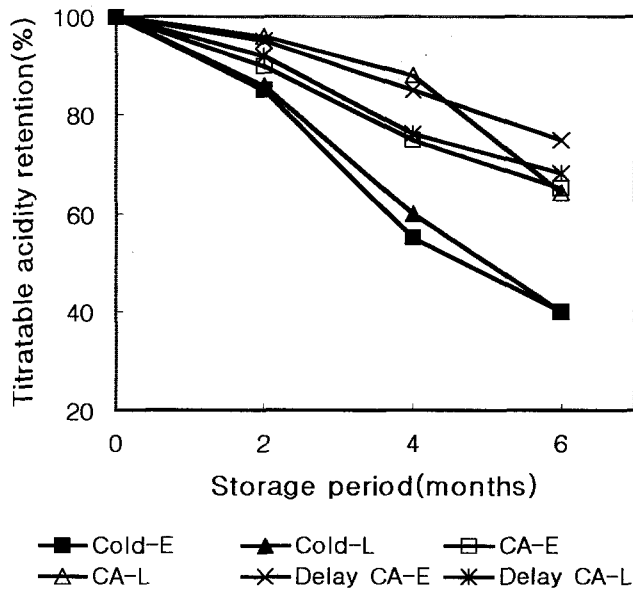


그림 16. Changes in titratable acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage(Youngcheon)

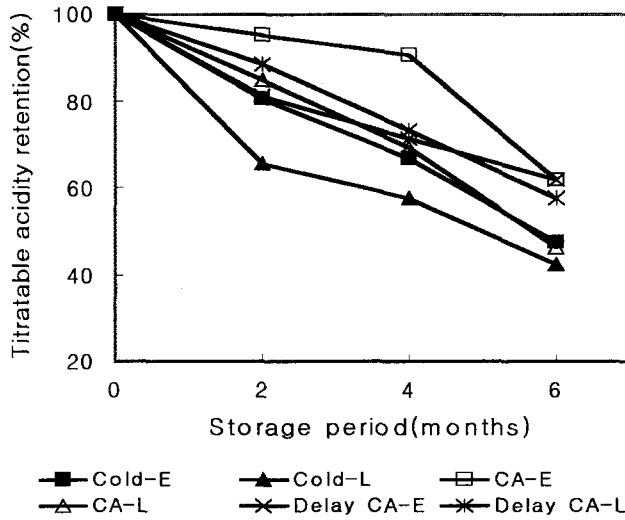


그림 17. Changes in titratable acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage(Sangju)

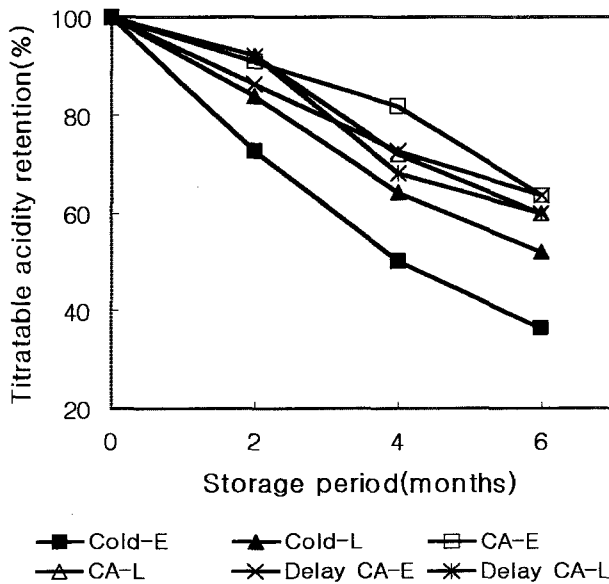


그림 18. Changes in titratable acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage(Andong)

3) 가용성고형물

가용성고형물의 함량은 사과 품질을 결정하는데 중요한 인자 중의 하나인 당도를 나타내는 것으로 활용되고 있으며 본 연구에서 가용성고형물의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 CA저장구에서는 별 다른 변화가 없었으나 저온저장구에서는 저장 2개월 이후부터 다소 증가하는 경향을 나타내었으며 생산지역별로 보면 영천사과의 저온저장구에서 가용성고형물이 큰 폭으로 증가하였으며 안동사과의 경우 모든 저장구에서 저장 4개월째에 당 함량이 증가하는 경향을 볼 수 있었다.

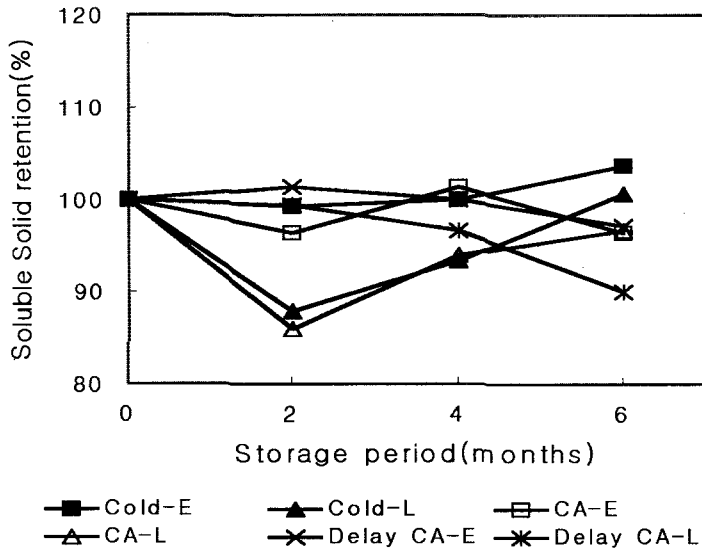


그림 19. Changes in soluble solid acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage(Taegu)

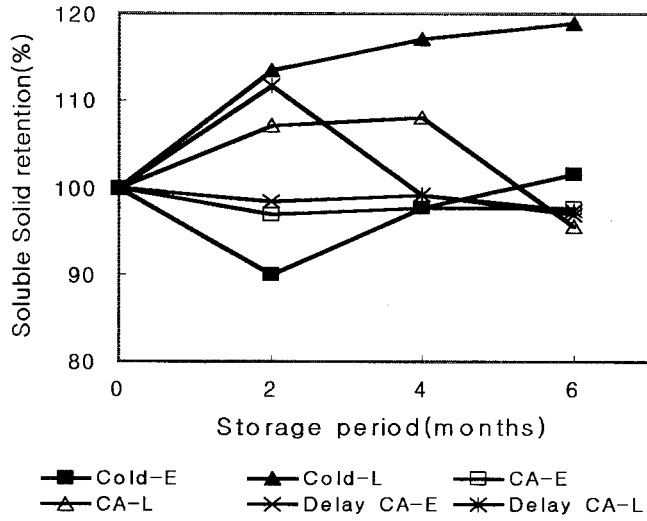


그림 20. Changes in soluble solid acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage(Youngcheon)

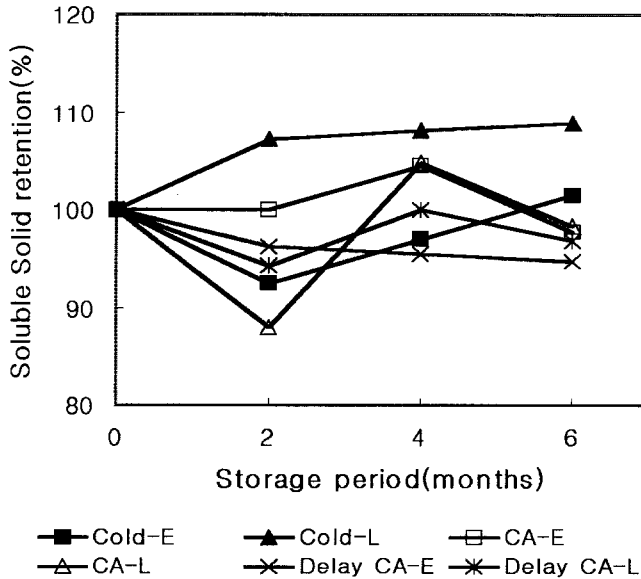


그림 21. Changes in soluble solid acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Sangju)

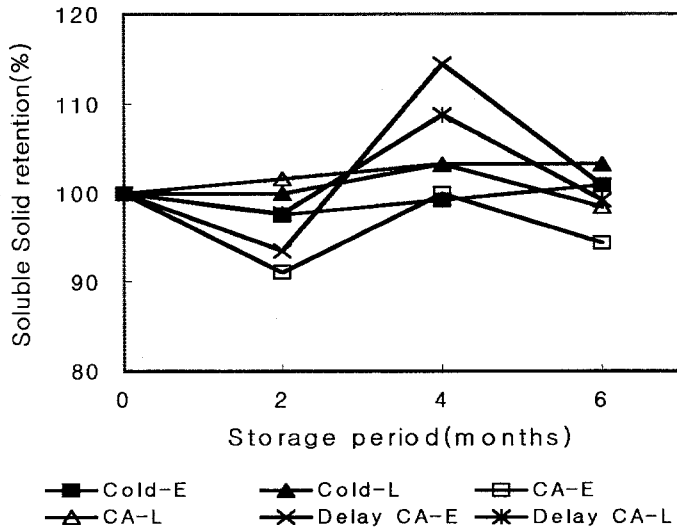


그림 22. Changes in soluble solid acidity of Fuji apples during CA storage & cold storage.(Andong)

4) 내부 ethylene의 변화

사과내부의 ethylene발생량은 그림 23~26과 같이 모든 생산지역에서 저온저장구에서 높은 ethylene이 발생하였으며 저장 4개월째에 수확시기가 느린 사과에서 과실의 성숙이 최고점에 도달하여 가장 높은 ethylene을 생성하였다가 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 보였다. Ethylene생산속도에 영향을 미치는 효소는 ACC synthase와 ACC oxidase인 것으로 알려져 있으며 ACC synthase는 IAA (indol-3-acetic acid)의 작용, 스트레스 및 숙성등에 의해 유도되고 AVG(amino-ethoxyvinylglycin)또는 AOA (aminooxyacetic acid)등의 작용에 의해 억제된다고 한다. 한편 ACC oxidase는 ACC에서 ethylene으로 전환단계를 촉매하는 효소로서 과일의 성숙이나 손상등에 의해 촉진되고 저온, 저산소, CO₂ 및 고온(35℃이상)등에 의해 억제된다고 한다고 밝혀졌다. 본 실험에서 CA저장구가 저온저장구에 비해 ethylene생성이 억제된 결과도 이와 유사한 현상이라 할 수 있다.

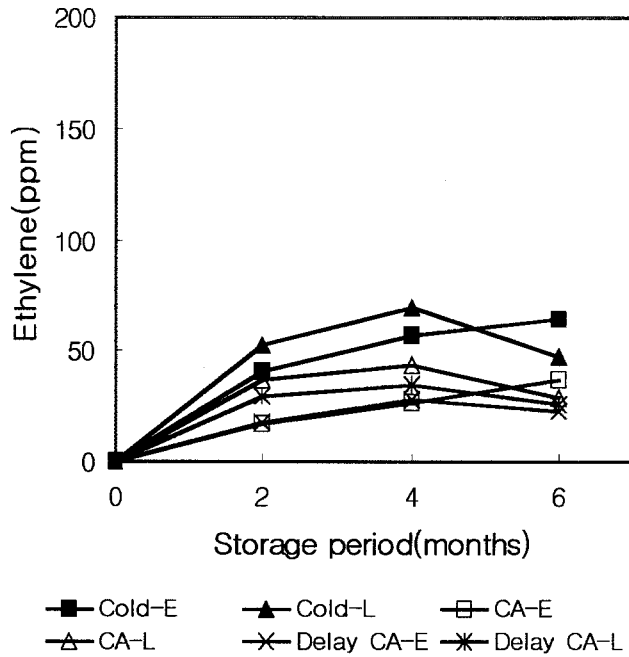


그림 23. Changes in internal ethylene of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Taegu)

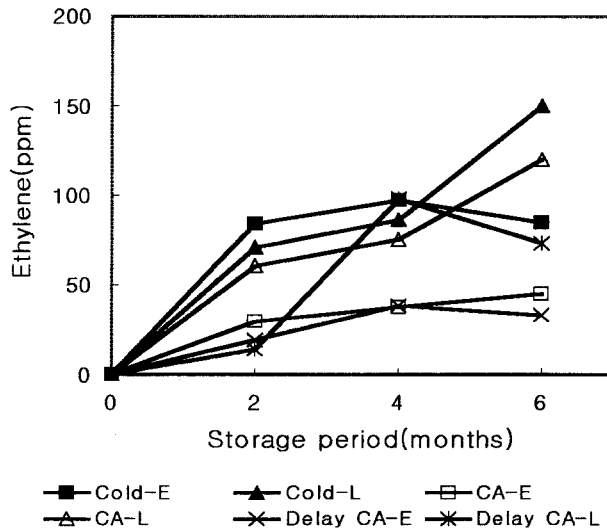


그림 24. Changes in internal ethylene of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Youngcheon)

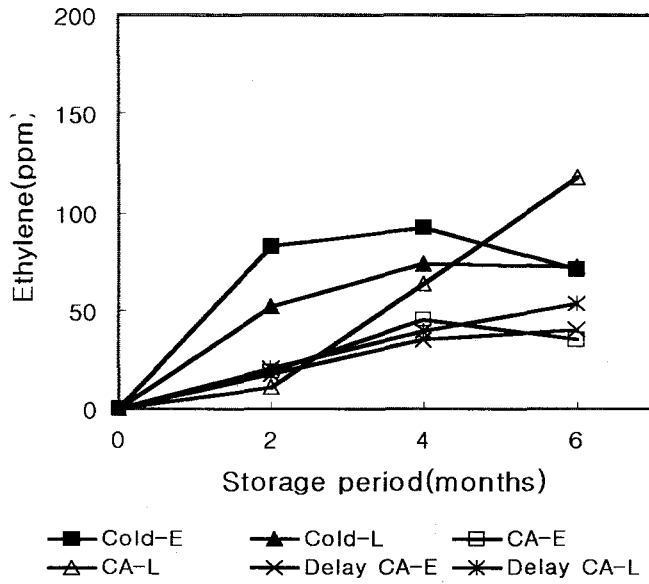


그림 25. Changes in internal ethylene of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Sangju)

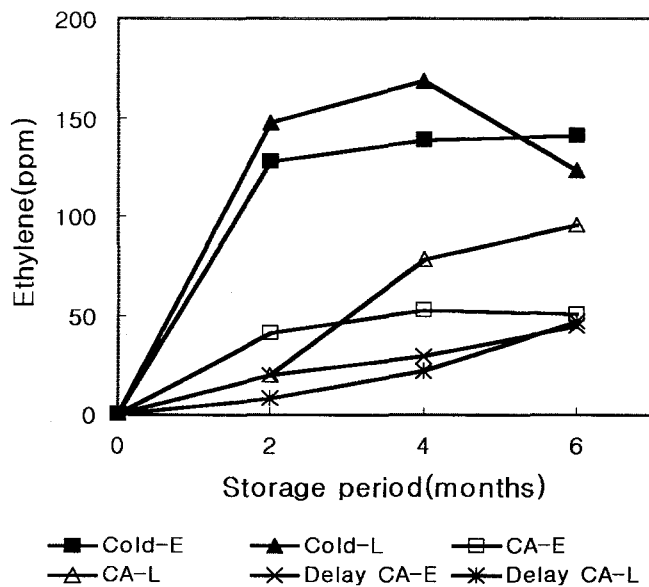


그림 26. Changes in internal ethylene of Fuji apples during CA storage & cold storage. (Andong)

5) Ethyl alcohol · Acetaldehyde 함량

저농도 산소와 높은 이산화탄소농도하에서는 과실이 혐기적호흡을 하여 ethanol · acetaldehyde가 생성되므로 본 실험에서는 저장 4개월 후의 ethanol · acetaldehyde의 함량을 측정해본 결과 저온저장구에서보다 CA저장구에서 훨씬 높은 함량이 생성되었으며 CA저장구와 지연CA저장구를 비교했을 때 지연 CA저장구가 다소 낮은 함량을 나타내었다.

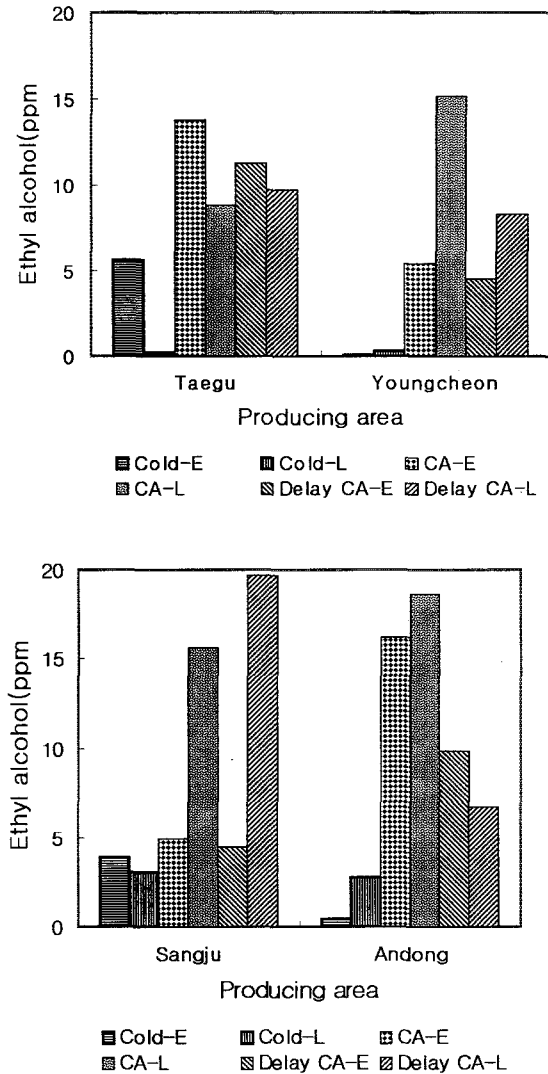


그림 27. Changes in ethyl alcohol contents of Fuji apples stored for 4 months.

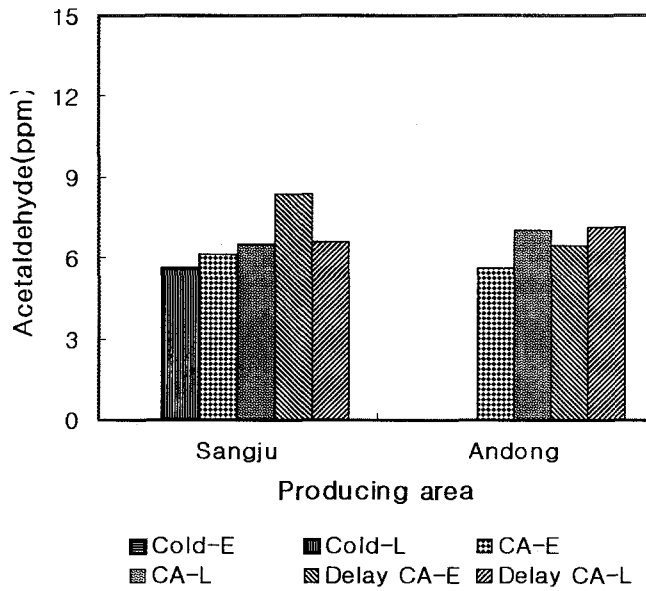
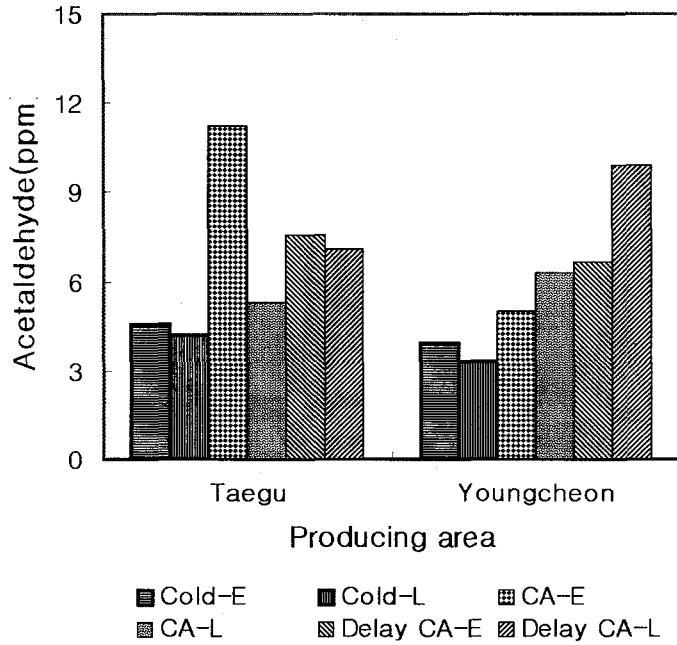


그림 28. Changes in acetaldehyde contents of Fuji apples stored for 4 months.

6) 유리당함량

사과과실의 당 성분은 주로 fructose, sucrose 및 glucose로 구성되어 있으며 여기에 소량의 sorbitol이 존재한다. 본 실험에서도 이와 같은 당 성분이 검출되었으며 모든 저장구에서 fructose함량은 저장기간 중 차츰 증가하는 양상을 보였으며 total sugar의 함량은 전반적으로 저장 2개월째에 다소 증가하였으며 저온저장구에서는 저장 6개월까지 선형적으로 증가하였으며 이와 같은 경향은 가용성고형물의 변화와도 유사한 경향을 보임을 알 수 있다.

표 6. Changes in free sugar of Fuji apples during CA storage & cold storage(Taegu)

Storage condition	harvest time	Storage period (months)	Free sugar (%)				
			Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total
Cold storage	Early	0	1.84	1.70	4.9	-	8.44
		2	2.58	1.73	5.27	0.44	10.02
		4	2.06	2.03	6.39	0.32	10.48
		6	1.98	2.00	7.13	-	11.11
	Late	0	1.86	1.6	4.64	-	8.1
		2	2.63	1.75	5.15	0.47	10
		4	2.91	1.81	6.81	0.52	11.53
		6	2.24	2.56	7.43	0.43	12.23
CA storage	Early	0	1.84	1.70	4.9	-	8.44
		2	2.14	2.25	5.65	0.38	10.42
		4	1.50	2.58	7.59	0.50	12.17
		6	1.21	2.64	6.23	0.43	10.51
	Late	0	1.86	1.6	4.64	-	8.1
		2	1.71	1.84	4.80	0.37	8.72
		4	2.74	4.19	6.07	0.72	13.72
		6	1.82	2.66	6.28	0.40	11.16
Delay-CA storage	Early	0	1.84	1.70	4.9	-	8.44
		2	2.84	1.87	5.54	0.52	10.77
		4	2.33	2.69	8.44	0.77	14.23
		6	2.55	2.79	6.88	0.82	13.04
	Late	0	1.86	1.6	4.64	-	8.1
		2	3.25	2.01	5.47	0.72	11.45
		4	2.09	2.34	7.60	0.64	12.67
		6	1.50	2.49	6.35	0.55	10.89

㉔ 7. Changes in free sugar of Fuji apples during CA storage & cold storage(Youngcheon).

Storage condition	harvest time	Storage period (months)	Free sugar (%)				
			Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total
Cold storage	Early	0	1.22	1.40	4.52	-	7.14
		2	1.37	1.69	4.73	0.28	8.07
		4	2.00	2.65	6.70	0.31	11.66
		6	1.43	2.32	7.38	-	11.13
	Late	0	1.02	1.88	4.81	-	7.71
		2	2.13	1.88	5.11	0.31	9.43
		4	1.11	3.18	7.48	0.04	11.81
		6	1.43	2.75	7.81	-	11.99
CA storage	Early	0	1.22	1.40	4.52	-	7.14
		2	1.39	1.95	5.05	0.35	8.74
		4	0.70	2.23	6.62	0.30	9.85
		6	0.90	2.46	5.76	0.26	9.38
	Late	0	1.02	1.88	4.81	-	7.71
		2	0.69	2.33	4.83	0.27	8.12
		4	0.65	2.47	7.30	0.28	10.7
		6	0.27	2.24	4.76	-	7.27
Delay-CA storage	Early	0	1.22	1.40	4.52	-	7.14
		2	2.19	1.90	4.92	0.38	9.39
		4	1.28	2.57	8.60	0.44	12.89
		6	0.61	2.57	5.89	0.32	9.39
	Late	0	1.02	1.88	4.81	-	7.71
		2	1.33	2.70	5.88	0.34	10.25
		4	0.32	2.76	7.52	0.37	10.97
		6	0.18	2.79	5.08	-	8.05

㉔ 8. Changes in free sugar of Fuji apples during CA storage & cold storage(Sangju)

Storage condition	harvest time	Storage period (months)	Free sugar (%)				Total
			Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	
Cold storage	Early	0	1.77	1.38	4.62	-	7.77
		2	1.98	1.84	5.10	0.31	9.23
		4	2.01	2.68	7.04	0.45	11.73
		6	1.72	2.53	7.52	-	11.77
	Late	0	1.8	1.28	4.35	-	7.63
		2	2.50	1.87	5.35	0.36	10.08
		4	1.67	2.14	6.47	0.04	10.32
		6	0.99	2.11	7.03	-	10.13
CA storage	Early	0	1.77	1.38	4.62	-	7.77
		2	2.30	1.63	5.59	0.34	9.86
		4	1.32	2.65	8.67	0.39	13.03
		6	0.79	2.37	5.87	-	9.03
	Late	0	1.8	1.28	4.35	-	7.63
		2	0.27	2.06	4.54	0.19	7.06
		4	1.31	2.39	8.33	0.28	12.31
		6	0.84	2.34	5.52	-	8.8
Delay-CA storage	Early	0	1.77	1.38	4.62	-	7.77
		2	1.74	2.01	5.26	0.32	9.33
		4	1.45	2.27	7.60	0.41	11.73
		6	1.40	2.53	6.02	0.51	10.46
	Late	0	1.8	1.28	4.35	-	7.63
		2	1.20	1.70	4.67	0.25	7.82
		4	1.13	2.65	8.65	0.31	12.74
		6	1.18	2.70	6.26	0.53	10.67

표 9. Changes in free sugar of Fuji apples during CA storage & cold storage(Andong)

Storage condition	harvest time	Storage period (months)	Free sugar (%)				
			Sucrose	Glucose	Fructose	Sorbitol	Total
Cold storage	Early	0	0.95	1.70	4.4	-	7.05
		2	1.14	2.19	5.15	0.47	8.95
		4	0.85	3.22	6.81	0.04	10.90
		6	0.74	2.84	7.34	-	10.92
	Late	0	1.18	1.85	4.75	-	7.78
		2	1.42	2.01	4.93	0.31	8.67
		4	1.85	2.51	5.91	0.37	10.64
		6	1.62	2.32	6.38	-	10.32
CA storage	Early	0	0.95	1.70	4.4	-	7.05
		2	0.52	2.26	4.89	0.23	7.9
		4	0.87	2.31	7.03	0.33	10.54
		6	0.60	3.13	6.30	0.30	10.33
	Late	0	1.18	1.85	4.75	-	7.78
		2	1.45	2.10	5.01	0.32	8.8
		4	0.90	2.67	7.91	0.35	11.83
		6	0.62	2.38	5.71	0.30	9.01
Delay-CA storage	Early	0	0.95	1.70	4.4	-	7.05
		2	0.80	2.22	5.19	0.23	8.44
		4	1.80	2.56	7.99	0.55	12.9
		6	0.80	2.59	6.15	0.35	9.89
	Late	0	1.18	1.85	4.75	-	7.78
		2	1.48	1.83	4.35	0.27	7.93
		4	1.27	2.01	6.33	0.34	9.95
		6	0.91	2.76	6.53	0.39	10.59

다. 관능적 특성

관능검사는 잘 훈련된 패널요원 10명을 선발하여 경도, 다즙성, 산도, 감미도, 냄새, 전반적기호도에 대하여 9점 채점법(1 최고로 싫다, 5 보통이다, 9 최고로 좋다)으로 평가했으며, 성적은 SAS program을 이용한 Duncan의 다중검정

법에 의해 분석한 결과를 표 10~13에 나타내었다.

대구, 안동지역 사과는 비슷한 경향을 나타내고 있으며 경도, 다즙성, 산도, 냄새, 전반적 기호도는 유의적 차이를 나타내지 않았으며 감미도에서는 유의적 차이가 나타났으나 모든 면에서 CA저장구쪽이 다소 높은 점수를 얻었다.

영천지역 사과에서는 냄새를 제외한 모든 관능적 평가에서 유의적 차이가 나타났으며 산도, 다즙성, 경도에서는 저온저장구에 비해 높은 점수를 얻었으며 감미도에서는 저온저장구가 다소 높은 점수를 얻었다.

상주지역 사과에서는 관능적 평가의 모든 면에서 유의적 차이는 보이지 않았고 평가점수면에서도 별다른 경향을 나타내지 않았다.

표 10. Effects of storage conditions on sensory characteristics of Fuji apples (Taegu)

storage condition	Harvest time	Sensory characteristics ¹⁾					Overall acceptability
		Hardness	Juiciness	Acidity	Sweetness	Smell	
Cold storage	Early	4.87 ^{az)}	6.50 ^a	4.00 ^a	6.00 ^{ab}	4.87 ^a	5.37 ^a
	Late	6.37 ^a	5.37 ^a	4.50 ^a	5.37 ^{ab}	5.75 ^a	4.37 ^a
CA storage	Early	6.00 ^a	6.87 ^a	5.75 ^a	7.25 ^a	5.87 ^a	6.50 ^a
	Late	6.12 ^a	7.12 ^a	6.12 ^a	6.50 ^{ab}	5.62 ^a	6.00 ^a
Delay-CA storage	Early	6.62 ^a	7.00 ^a	4.37 ^a	6.25 ^{ab}	4.87 ^a	5.37 ^a
	Late	6.75 ^a	6.87 ^a	5.87 ^a	5.25 ^b	4.25 ^a	5.50 ^a

1) Each values represent the mean of the ratings by 10judges using a 9-point scale (1 : very poor, 5 : fair, 9 : very good)

2) Values followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ lev+el

㉔ 11. Effects of storage conditions on sensory characteristics of Fuji apples.
(Youngcheon)

Storage condition	Harvest time	Sensory characteristics ¹⁾					Overall acceptability
		Hardness	Juiciness	Acidity	Sweetness	Smell	
Cold storage	Early	5.60 ^{azj}	5.60 ^{ab}	4.20 ^{bc}	6.00 ^a	4.50 ^a	5.40 ^a
	Late	3.10 ^b	4.50 ^b	2.90 ^c	3.00 ^b	4.00 ^a	3.0 ^a
CA storage	Early	6.60 ^a	6.10 ^{ab}	4.90 ^{abc}	4.70 ^{ab}	5.10 ^a	5.20 ^{ab}
	Late	5.90 ^a	6.00 ^{ab}	5.80 ^{ab}	5.30 ^a	5.70 ^a	5.70 ^a
Delay-CA storage	Early	6.80 ^a	6.70 ^a	6.60 ^a	5.70 ^a	5.00 ^a	5.70 ^a
	Late	6.30 ^a	6.10 ^{ab}	4.80 ^{abc}	4.20 ^{ab}	4.40 ^a	4.30 ^{ab}

1) Each values represent the mean of the ratings by 10judges using a 9-point scale (1 : very poor, 5 : fair, 9 : very good)

2) Values followed by the same letter are not significantly different at P<0.05 level

㉔ 12. Effects of storage conditions on sensory characteristics of Fuji apples. (Sangju)

Storage condition	Harvest time	Sensory characteristics ¹⁾					Overall acceptability
		Hardness	Juiciness	Acidity	Sweetness	Smell	
Cold storage	Early	6.50 ^{azj}	6.62 ^a	6.50 ^a	7.37 ^a	6.62 ^a	6.62 ^a
	Late	5.75 ^a	6.37 ^a	5.62 ^a	6.75 ^a	6.00 ^a	6.00 ^a
CA storage	Early	5.37 ^a	5.87 ^a	6.37 ^a	5.37 ^a	6.62 ^a	5.50 ^a
	Late	6.25 ^a	6.75 ^a	5.75 ^a	5.12 ^a	5.37 ^a	4.87 ^a
Delay-CA storage	Early	7.12 ^a	7.50 ^a	6.62 ^a	5.87 ^a	6.00 ^a	6.75 ^a
	Late	6.87 ^a	7.25 ^a	5.50 ^a	6.12 ^a	6.25 ^a	5.75 ^a

1) Each values represent the mean of the ratings by 10judges using a 9-point scale (1 : very poor, 5 : fair, 9 : very good)

2) Values followed by the same letter are not significantly different at P<0.05 level

표 13. Effects of storage conditions on sensory characteristics of Fuji apples. (Andong)

Storage condition	Harvest time	Sensory characteristics ¹⁾					Overall acceptability
		Hardness	Juiciness	Acidity	Sweetness	Smell	
Cold storage	Early	4.37 ^{a2)}	6.00 ^a	4.50 ^a	5.25 ^{abc}	5.62 ^a	4.50 ^a
	Late	5.00 ^a	6.00 ^a	5.37 ^a	6.50 ^a	5.00 ^a	5.87 ^a
CA storage	Early	6.25 ^a	5.87 ^a	5.62 ^a	5.25 ^{abc}	6.25 ^a	6.25 ^a
	Late	5.62 ^a	5.37 ^a	5.50 ^a	5.62 ^{ab}	5.12 ^a	5.75 ^a
Delay-CA storage	Early	5.37 ^a	6.25 ^a	3.62 ^a	3.37 ^c	4.37 ^a	4.25 ^a
	Late	5.75 ^a	5.62 ^a	4.62 ^a	4.12 ^{bc}	5.00 ^a	4.75 ^a

1) Each values represent the mean of the ratings by 10judges using a 9-point scale (1 : very poor, 5 : fair, 9 : very good)

2) Values followed by the same letter are not significantly different at P<0.05 level

라. 사과의 내부갈변

CA 저장 중 사과의 내부갈변은 그림 29에서와 같이 수확 후 즉시 CA저장을 실시한 실험구에서 생산지가 안동인 사과에서 저장 2개월째 발견되었으며 다른 곳에서 수확된 사과에서는 별다른 이상과가 발견되지 않았다.

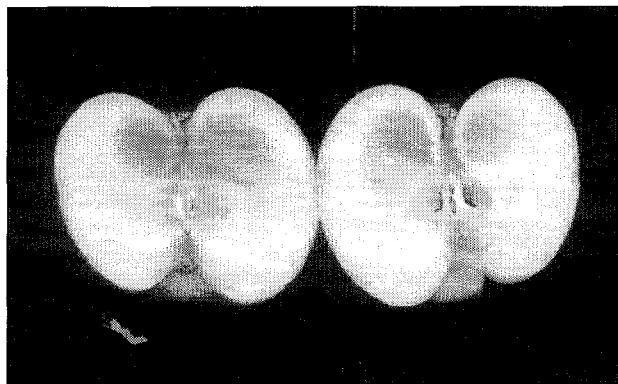


그림 29. Photograph of internal breakdown in Fuji apple

2. 기체조성이 후지사과의 내부갈변 및 품질에 미치는 영향

가. 물리적 품질특성

1) 중량 감소율

과실의 중량 감소는 조직 내의 수분이 외부로 증산되어 손실되는 것이 주원인이고 그 외 호흡에 따른 유기물의 분해 등도 하나의 원인이라 할 수 있으며 이로 인해 과실의 양적 손실, 외관 손상 및 조직감 저하 등과 같은 품질 변화를 야기시킨다. 본 실험에서 과실의 중량은 저장기간이 경과함에 따라 저장조건에 따른 감소속도의 차이는 있으나 모든 저장구에서 선형적으로 감소하는 경향을 보였으며 대구사과와 안동사과의 CA저장 중 저장조건에 따른 중량감소율의 변화는 그림 30~31과 같다. 환경기체조성에 따른 중량 감소율은 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 3%의 O₂농도보다 1% O₂농도를 가지는 저장구간에서 중량감소율의 변화가 적게 나타났으며, 0.5% CO₂농도를 가지는 저장구간에서 대체로 중량감소율이 가장 크게 나타나는 경향을 보였다. 대조구인 저온저장구에서는 저장 5개월 후 대구사과 4.15%, 안동사과 2.46%의 중량감소율을 나타내어 대조구의 중량감소율이 CA저장구에 비해 큰 것으로 나타났다.

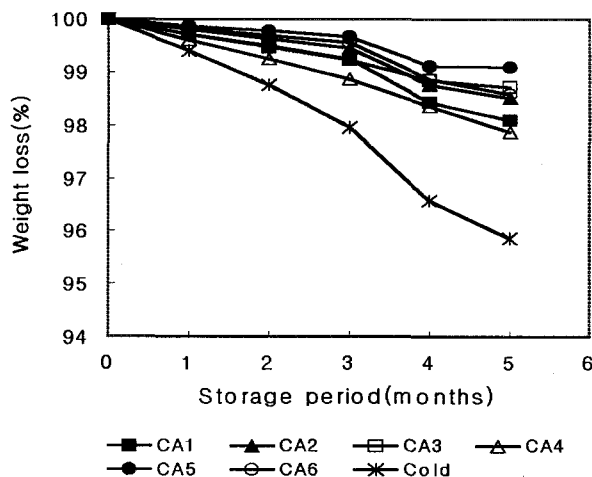


그림 30. Changes in weight loss of Taegu apple during CA storage.

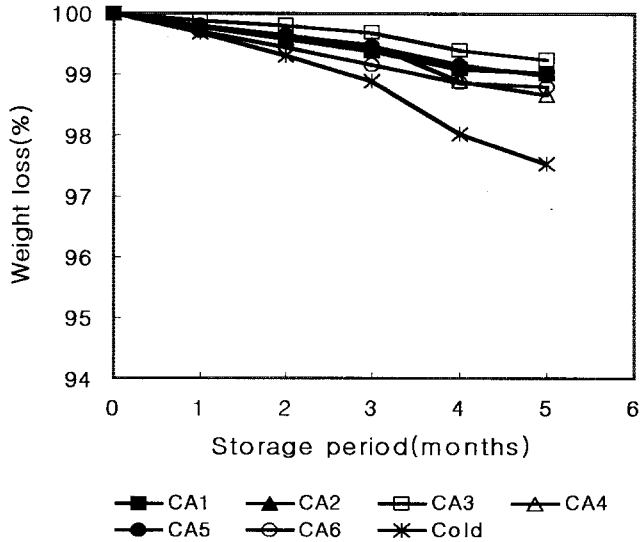


그림 31. Changes in weight loss of Andong apple during CA storage.

2) 과육경도의 변화

과육 경도는 그림 32~33 에 나타내었고 각 구간마다 경도가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 저온 저장구의 사과는 CA저장에 비해 크게 감소하였고, 특히 안동사과의 경우 CA3저장구(O_2 1%, CO_2 5%)에서는 저장 3개월 후부터 갈변이 일어나 경도를 측정할 수 없었다.

전반적으로 O_2 농도 1%에서 후지사과를 CA저장하는 것이 O_2 농도 3%에서 저장하는 것에 비해 과육경도 유지에 효과가 있는 것으로 나타났고 저장 5개월 후에 감소율이 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 또, CA2(O_2 1%, CO_2 2.5%)와 CA5(O_2 3%, CO_2 2.5%)의 구간에서는 다른 조건에서 저장한 구간보다 높은 과육경도 유지율을 나타내므로 과육의 경도는 CO_2 2.5%에서 효과가 있음을 알 수 있다. 그리고 지역별 차이로는 대구사과가 안동사과에 비하여 경도 유지율이 좋은 경향을 나타내었다.

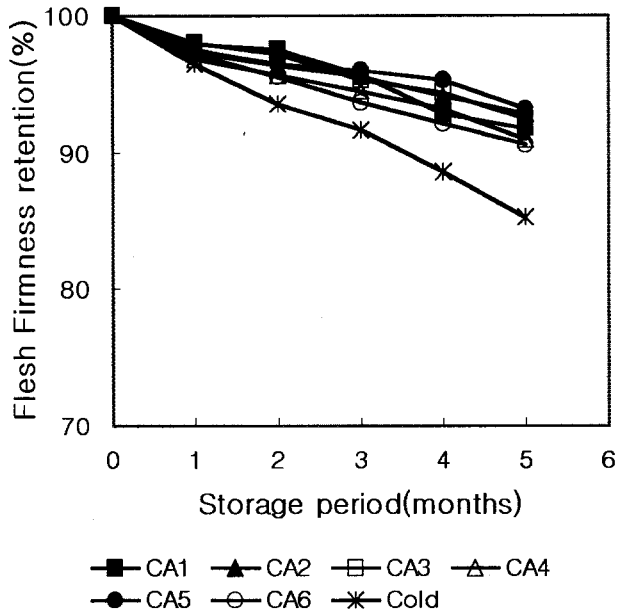


그림 32. Changes in firmness of Taegu apples during CA storage.

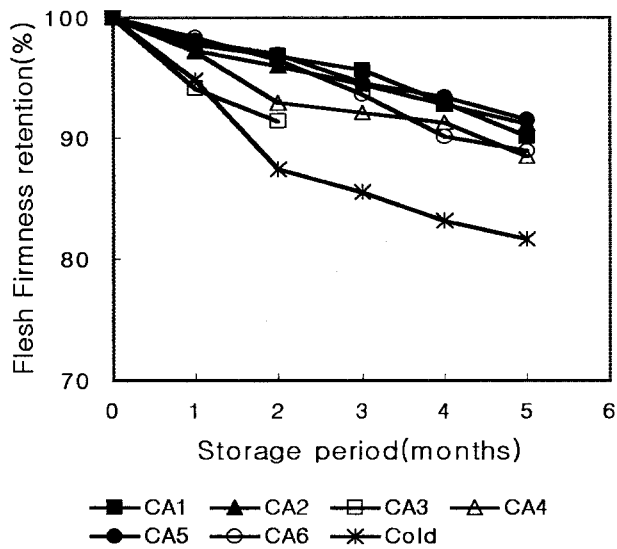


그림 33. Changes in firmness of Andong apples during CA storage.

나. 화학적 품질특성

1) pH와 적정산도의 변화

사과의 저장 중 적정산도의 변화는 그림 34~35과 같다. 각 구간마다 산의 감소로 인하여 pH가 증가였고, CA저장구에서는 저온 저장구와 비교했을 때 산함량이 높게 나타났다. 전반적으로 3개월이 지나면서부터 산도의 변화가 두드러지게 감소하였으며 특히 대조구인 저온저장구에서는 150일이 지난 후에는 급격히 감소하여 대구사과는 0.12%, 안동사과는 0.11%를 나타내었다.

적용된 CA기술에 따라 사과의 품종별 저장 효과에 대하여 수행된 연구를 보면, 산소농도를 3~5%로 하여 저장하는 경우보다 1~1.5%로 하여 McIntosh, Delicious, Cox's Orange Pippin, Idared, Spartan과 Mellose, Granny Smith 및 Jonagold등의 품종을 저장하였을 때 과육경도, 적정산도 및 녹색의 손실에 우수한 억제 효과와 일부 저장 장해과의 발생을 억제하는 효과가 있었다고 여러 연구자들이 보고하였다. 본 실험에서도 산소농도의 변화에 따른 차이를 볼 수 있었으며, 경도에서와 마찬가지로 O_2 1%에서의 저장이 3%에서의 저장에 비하여 높은 산도를 나타내었다. 특히 3% O_2 와 0.5% CO_2 구간에서 대구사과와 안동사과 모두 낮은 산도와 높은 pH를 나타내었다.

안동사과의 경우 CA3 저장구(O_2 1%, CO_2 5%)에서 3개월 정도가 지난 후부터 갈변 현상으로 인하여 pH가 높게 나타났고, CA6 저장구(O_2 3%, CO_2 5%)에서도 저장 4개월 후부터 갈변현상이 일어났다. 이는 산소농도가 낮고, 높은 농도의 탄산가스 저장구에서 내부 갈변 발생에서 기인했다고 할 수 있다. 저장 기간 중 pH의 변화는 그림 36~ 37과 같다. CA저장구 내에서는 저장기간이 길어짐에 따라 산도의 감소율이 감소하고 있음을 알 수 있다.

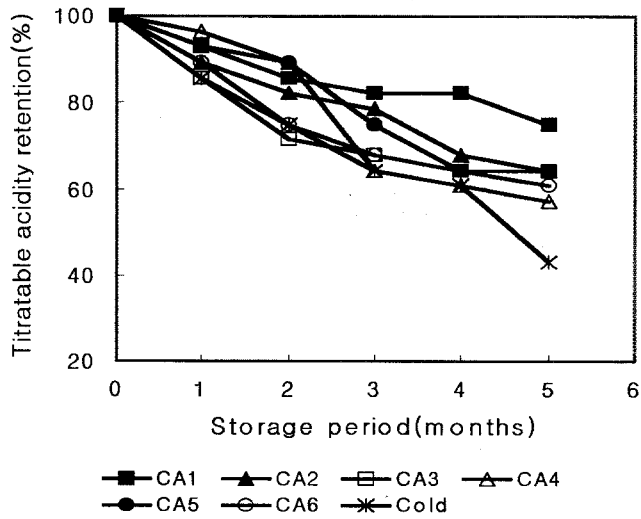


그림 34. Changes in titratable acidity of Taegu apples during CA storage.

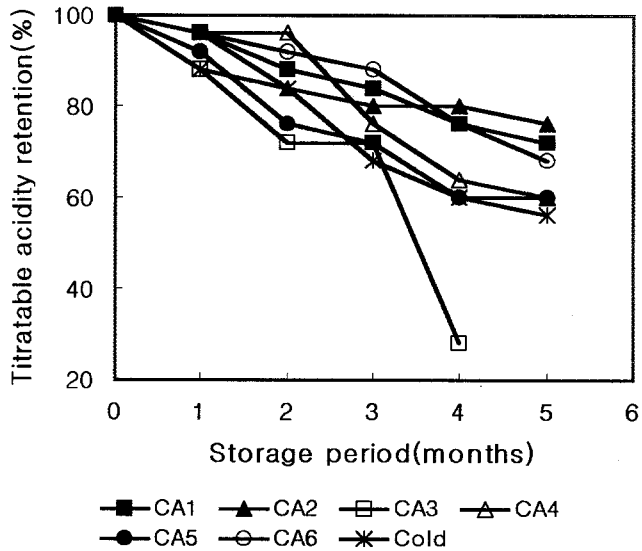


그림 35. Changes in titratable acidity of Andong apples during CA storage.

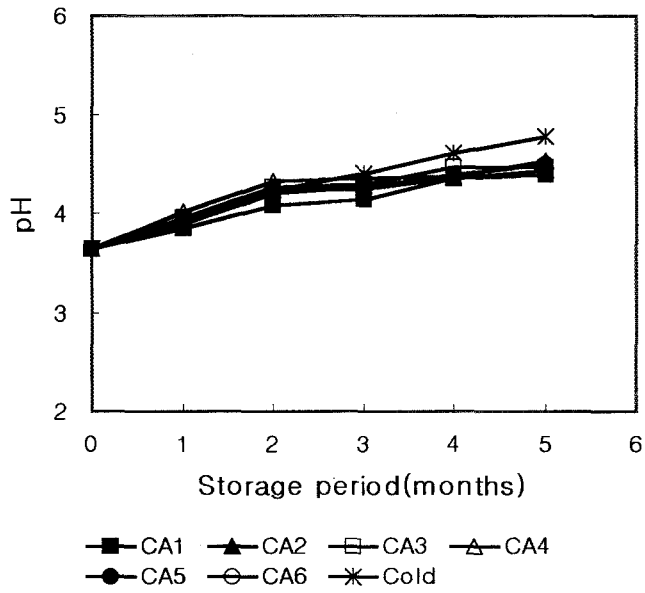


그림 36. Change in pH of Taegu apples during CA storage

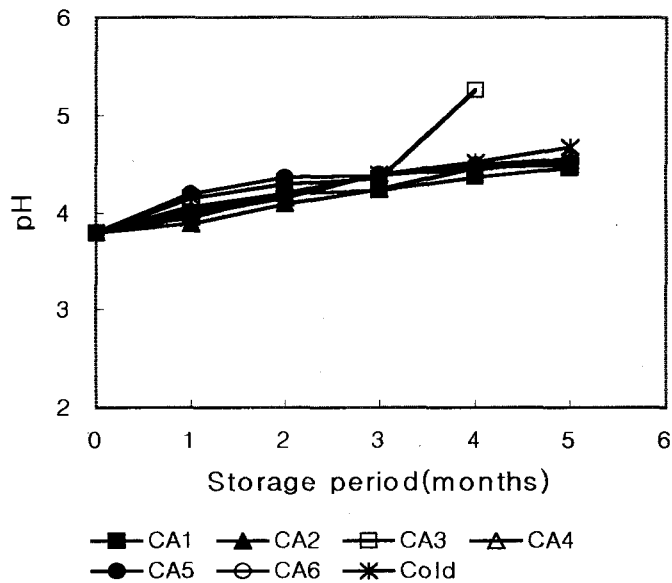


그림 37. Change in pH of Andong apples during CA storage.

2) 가용성 고형물의 변화

가용성 고형물의 함량은 사과의 품질을 결정하는데 중요한 인자중의 하나인 당도를 나타내는 것으로 활용되고 있다. 본 실험에서는 저장 중 조건에 따른 가용성 고형물의 함량변화는 그림 38~39과 같이 과육 경도나 적정산도와는 달리 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나 저장조건별로 약간의 차이는 나타내었다.

즉, O₂ 농도 1%가 3%에 비해 높은 유지율을 나타내었으며 그 중에서도 CO₂ 농도 0.5%일 때 가장 높은 유지율을 나타내었다. 또한 CA3저장구(O₂ 1%, CO₂ 5%)의 안동사과는 갈변으로 인해 저장 2개월부터 상당히 감소하다가 저장 3개월 후에는 많은 양의 갈변으로 인해 더 이상 값을 측정할 수가 없었다.

일반적으로 가용성 고형물의 함량변화는 저장 기간의 경과에 따라 거의 변화 없거나 약간 감소하는 경향이었으며 기체 조성비에 의한 영향은 크게 나타나지 않아서 저장 전에 지역별 특성을 고려한 후 가용성 고형물 함량이 높은 사과를 저장한다면 저장 후에도 고당도의 사과를 얻을 수 있다고 판단된다.

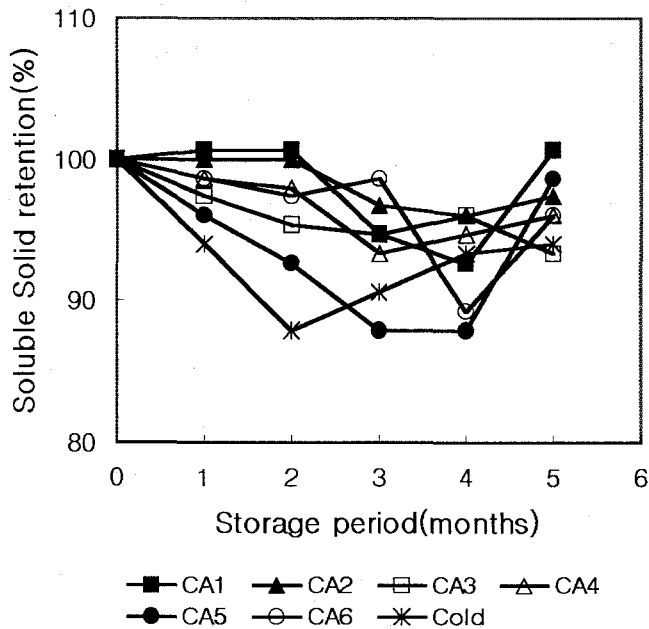


그림 38. Changes in Soluble solid of Taegu apple during CA storage.

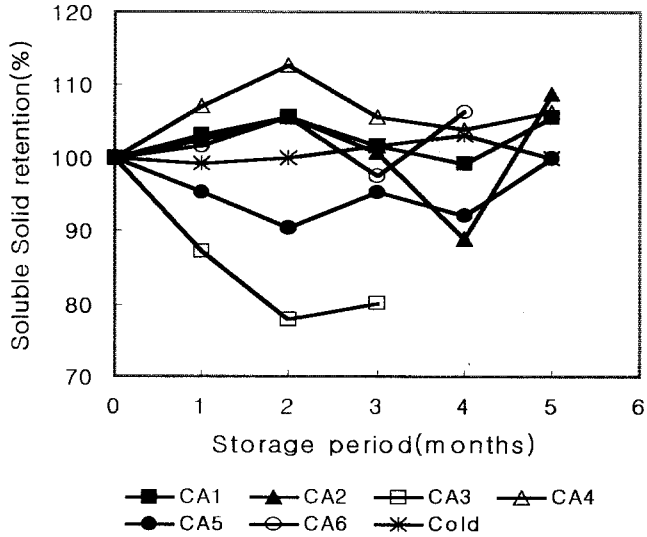


그림 39. Changes in Soluble solid of Andong apple during CA storage.

3) 유리당의 변화

사과 과실의 당 성분은 주로 fructose, sucrose 및 glucose로 구성되어 있으며 여기에 소량의 sorbitol이 존재한다고 알려져 있다. 본 실험에서도 지역별, 저장조건별 유리당 함량변화는 표 14~15과 같이 큰 차이가 없으나 O₂농도 3%에 비해 1%에서 total sugar가 높게 유지되었으며 CO₂농도가 0.5%일 때 total sugar의 높은 유지율을 나타내었다. 또한 CA3 저장구(1% O₂, 5% CO₂)의 안동사과는 갈변으로 인해 다른 농도에 비해 낮은 유리당 함량을 나타내었다.

저장 중 sucrose 함량은 저장 초기부터 급격하게 감소하는 경향을 보였으며 저장 2개월 후부터는 약간의 감소를 보였다. 저장 전에는 sucrose가 glucose보다 함량이 높았으나 저장 2개월후부터는 낮았다. CA저장 사과의 glucose 함량은 저장 기간이 길어짐에 따라 약간 증가하는 경향을 나타내며 fructose의 함량은 저장 조건에 따른 유의적인 차이 없이 시간이 경과함에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 sorbitol함량도 저장 기간이 지남에 따라 미세하게 증가하는 것을 볼 수 있다.

CA저장 중 sucrose 함량의 감소는 sucrose가 fructose와 glucose로 분해되었기 때문이라 생각된다. 중요한 호흡 기질인 glucose는 호흡에 의해 손실되거나 전분이나 sucrose 등의 분해에 의해 증가된다고 알려져 있으며 본 실험의 CA 저장에서는 조건간 뚜렷한 차이 없이 약간 증가하는 경향이였다. 과실류의 대표적인 단당류인 fructose의 저장 중 변화는 약간 증가하는 경향이였으나 저장 조건에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. sorbitol은 잎 속에는 다량 존재하고 과실 속에는 미량 존재하지만 성숙 중 fructose, sucrose 및 glucose로 전환되어 당의 축적에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 실험에서는 저장 조건에 따른 차이 없이 극히 미미하게 증가하는 경향을 나타내었다.

㉔ 14. Change in free sugars of Taegu apple during CA storage(unit:%)

Storage conditions	Storage period (months)	sucrose	glucose	fructose	sorbitol	total sugar
Cold storage	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	2.6	2.42	6.30	0.10	11.42
	2	1.9	2.37	6.51	0.21	10.99
	3	1.72	2.31	6.8	0.36	10.32
	4	1.42	2.25	7.01	0.39	11.07
	5	1.03	2.26	7.31	0.51	11.11
1%O ₂ +0.5%CO ₂	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	2.8	2.45	6.51	0.10	11.86
	2	1.7	2.4	6.96	0.22	11.28
	3	1.83	2.33	7.03	0.39	10.78
	4	1.45	2.20	7.13	0.56	11.34
	5	1.13	2.23	7.52	0.71	11.59
1%O ₂ +2.5%CO ₂	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	2.72	2.50	6.42	0.2	11.84
	2	1.55	2.48	6.7	0.32	11.05
	3	1.23	2.46	7.2	0.39	11.28
	4	0.99	2.30	7.25	0.41	10.95
	5	0.72	2.33	7.51	0.63	11.19
1%O ₂ +5%CO ₂	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	2.81	2.43	6.3	0.06	11.6
	2	1.69	2.39	6.7	0.12	10.94
	3	1.08	2.30	6.83	0.39	10.6
	4	0.89	2.11	7.03	0.42	10.45
	5	0.81	2.20	7.42	0.59	11.02
3%O ₂ +0.5%CO ₂	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	2.59	2.31	6.52	0.20	11.62
	2	1.69	2.12	7.0	0.28	11.09
	3	1.09	1.95	7.23	0.29	10.56
	4	0.98	1.96	7.82	0.35	11.11
	5	0.80	1.89	8.01	0.53	11.23
3%O ₂ +2.5%CO ₂	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	2.81	2.31	6.23	0.30	11.65
	2	1.52	2.23	6.51	0.42	10.68
	3	1.01	2.03	6.60	0.51	10.15
	4	0.94	2.11	7.31	0.68	11.04
	5	0.85	2.01	7.69	0.92	11.47
3%O ₂ +5%CO ₂	0	4.03	2.52	6.01	0	12.56
	1	3.0	2.42	6.31	0.11	11.84
	2	1.96	2.40	6.7	0.23	11.29
	3	1.36	2.37	7.1	0.76	11.59
	4	1.06	2.11	7.27	0.72	11.16
	5	0.92	2.20	7.52	0.81	11.44

表 15. Change in free sugars of Andong apple during CA storage.(%)

Storage conditions	Storage period (months)	sucrose	glucose	fructose	sorbitol	total sugar
Cold storage	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.43	1.89	5.26	0.14	9.72
	2	1.71	1.85	5.79	0.23	9.58
	3	1.01	1.80	6.31	0.37	9.49
	4	0.87	1.81	6.72	0.49	9.89
	5	0.81	1.70	6.92	0.51	9.94
1%O ₂ +0.5%CO ₂	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.57	1.96	5.71	0.09	10.33
	2	1.6	2.01	6.32	0.15	10.1
	3	1.04	2.03	6.71	0.22	10.0
	4	0.95	2.02	6.94	0.32	10.23
	5	0.79	1.97	7.12	0.41	10.29
1%O ₂ +2.5%CO ₂	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.32	1.95	5.62	0.11	10.0
	2	1.59	1.98	6.33	0.17	10.07
	3	0.98	2.17	6.69	0.20	10.04
	4	0.80	2.19	7.14	0.41	10.54
	5	0.72	2.15	7.41	0.63	10.64
1%O ₂ +5%CO ₂	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.20	1.86	5.43	0.02	9.52
	2	1.10	1.80	5.82	0.06	8.78
	3	0.81	1.72	6.32	0.1	8.95
	4	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-
3%O ₂ +0.5%CO ₂	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.14	1.94	5.60	0.09	10.04
	2	1.72	1.99	6.33	0.20	10.24
	3	1.22	2.01	6.81	0.36	10.40
	4	1.07	1.90	6.98	0.43	10.38
	5	0.95	1.95	7.07	0.51	10.48
3%O ₂ +2.5%CO ₂	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.63	1.94	5.54	0.13	10.34
	2	1.71	1.96	6.03	0.21	9.91
	3	1.12	1.98	6.62	0.30	10.02
	4	0.97	1.95	6.85	0.37	10.14
	5	0.80	1.91	7.01	0.45	10.71
3%O ₂ +5%CO ₂	0	3.12	1.92	5.03	0	10.07
	1	2.61	1.96	5.52	0.13	10.22
	2	1.72	2.01	6.25	0.22	10.2
	3	1.04	2.06	6.71	0.30	10.11
	4	0.71	2.01	6.78	0.36	9.86
	5	-	-	-	-	-

4) Acetaldehyde와 ethyl alcohol의 변화

사과의 CA저장 3개월째의 acetaldehyde와 ethanol함량의 변화는 그림 40~41와 같이 나타난다. 저장 3개월째 안동사과의 경우 CA3 저장구(O₂ 1%, CO₂ 5%)에서 내부갈변이 발생하였으며 5개월째 들어서는 내부갈변율이 높아져 대부분의 과실에서 내부갈변현상이 나타났다. 또한, CA6 저장구(O₂ 3%, CO₂ 5%)에서도 저장 3개월 이후부터 조금씩 사과의 내부갈변이 일어나기 시작하였으며 이러한 현상은 저장 5개월이 지난 후까지 계속되었다. 이것은 저농도 산소와 높은 이산화탄소 농도 하에서 과실이 혐기적 호흡을 하여 더 많은 갈변이 일어나는 것으로 보여진다.

저장 중 과육 갈변의 발생은 비단 저장 조건뿐만 아니라 과실의 재배 및 수확 조건과도 밀접한 관련이 있다. 밀(water core)을 함유하고 있거나 수확시기가 늦은 과실에서는 저장 중 과육 갈변 등의 저장 장애 발생 가능성이 비교적 높은 것으로 밝혀졌다.

또한, 갈변과실에서는 고농도 에탄올이 검출되어 조직의 갈변은 에탄올의 축적과 밀접하게 관련되어 있는 것으로 보이는데 에탄올은 세포막 기능의 손상과 이에 따른 세포막의 투과성 증대를 유발하는 것으로 생각된다. 따라서 CA조건에서 에탄올의 축적은 세포막이 투과성 증대를 유발하며 이로 인해 액포내 페놀화합물이 용출됨에 따라 효소적 산화에 의한 갈변 물질의 생성이 야기되는 것으로 추측된다.

그림 40에 나타난 것과 같이 저장 3개월째 acetaldehyde 함량을 보면 안동사과와 대구사과는 acetaldehyde함량의 뚜렷한 차이가 나타나지 않아서 사과의 생산지별 acetaldehyde함량은 차이가 없음을 알 수 있었다.

Ethanol함량은 안동사과의 경우에 CA2 저장구(O₂ 1% CO₂ 2.5%)에서 내부갈변과가 발생한 저장구보다 높은 경향을 나타낸 것으로 보아 이 저장구에서도 내부갈변이 계속 진행될 것임을 추측할 수 있다.

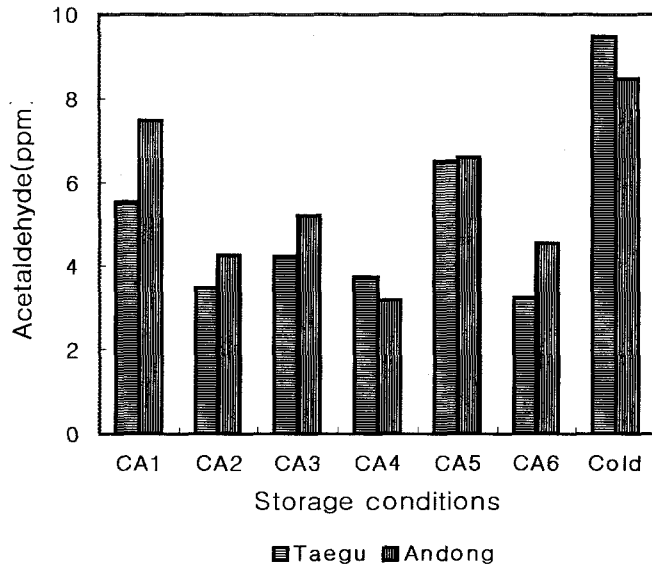


그림 40. Changes of acetaldehyde contents in Taegu and Andong apples during CA storage.

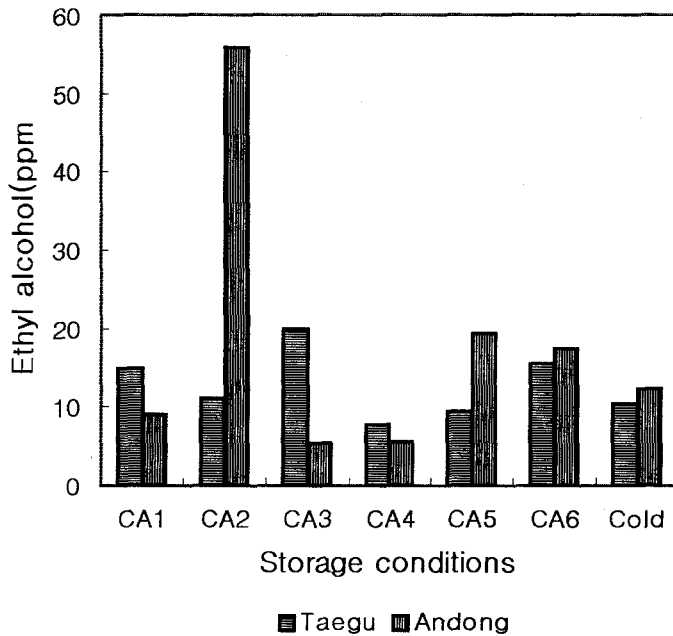


그림 41. Changes of ethyl alcohol contents in Taegu and Andong apples during CA storage.

5) 사과 내부의 에틸렌생성

ethylene의 생합성기작에 대한 많은 연구가 행하여져서 methionine이 ethylene의 전구 물질이라는 것이 확인되었고, Adams등이 대사 중간생성물질로 S-adenosylmethion

ine과 1-aminocyclopropan -1- carboxylic acid(ACC)를 밝혀 내었다.

또한 관련 효소들의 특성에 관한 연구도 활발하게 진행되어져 ethylene생 산속도에 영향을 미치는 효소는 ACC synthase와 ACC oxidase인 것으로 알려져 있으며 ACC synthase는 IAA (indol-3-acetic acid)의 적용, 스트레스 및 숙성등에 의해 유도되고 AVG (amino- ethoxyvinyl glycin)또는 AOA (aminooxyacetic acid) 등의 적용에 의해 억제된다고 한다.

한편 ACC oxidase는 ACC에서 ethylene으로 전환단계를 촉매하는 효소로서 과일의 성숙이나 손상 등에 의해 촉진되고 저온, 저산소, CO₂ 및 고온(35℃ 이상)등에 의해 억제된다고 밝혀졌다. 또 ethylene이 여러 대사에 작용하는 기작은 아직 명확하게 규명되진 않았지만 저온이나 저산소 농도 및 고농도의 이산화탄소가 ethylene의 작용을 저해한다고 한다.

그림 42에서 나타난 것과 같이 저장 3개월째의 ethylene 농도는 O₂ 농도가 낮을수록 감소하였다. 과실의 생산지별 분류를 보면 O₂와 CO₂의 동일조건에서 대구사과보다는 안동사과가 ethylene 발생량이 더 많았다. 그리고 대조구인 저온 저장사과보다 CA저장사과가 ethylene 함량이 현저하게 낮게 나타나고 있으며 동일한 O₂농도구간에는 CO₂가 낮은 저장구에서 ethylene 발생량이 더 많은 것으로 나타났다.

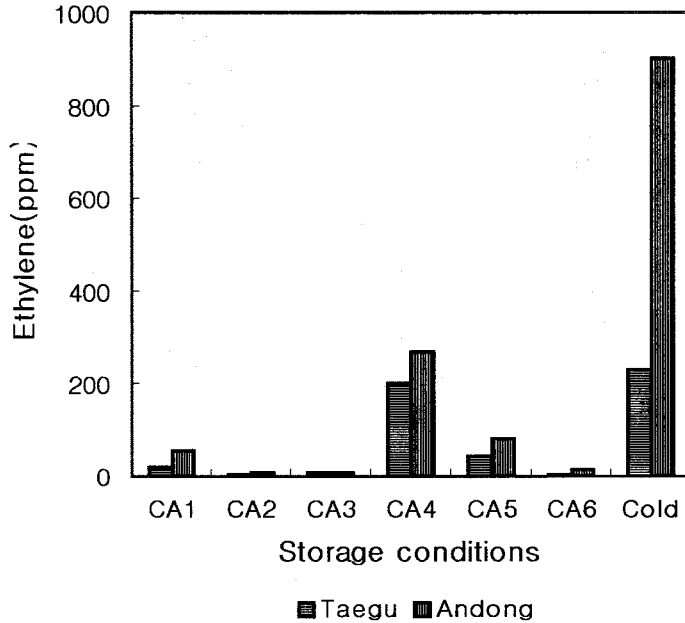


그림 42. Effects of storage conditions on internal ethylene of Taegu and Andong apples stored for 3 months.

다. 내부갈변의 발생

안동 사과의 CA3 저장구(O_2 1%, CO_2 5%)에서 저장 3개월후부터 내부갈변이 나타났고 저장 5개월정도가 지난 후에는 100% 갈변을 보였다. CA6 저장구(O_2 3%, CO_2 5%)에서도 저장 3개월부터 서서히 내부갈변이 일어났으며, 저장 5개월이 지난 후에는 저장구의 사과가 50%의 갈변율을 나타내었다. 안동 사과의 경우는 이산화탄소 농도가 5%인 조건에서만 갈변이 발생했음을 알 수 있다. 이로써 저농도의 산소와 고농도의 이산화탄소의 저장구에서 갈변이 일어난다고 할 수 있다.

한편, Delicious 계통의 사과 CA저장 중 이산화탄소 농도 1.5 ~2.5%일때 산소농도가 높으면 장해발생이 높은 경향이지만 일반적으로 산소농도가 낮은 경우 장해발생은 적지만 산소 결핍장해가 있으며, 또한 이산화탄소농도가 증가하면 내부갈변 발생도 증가하는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다.

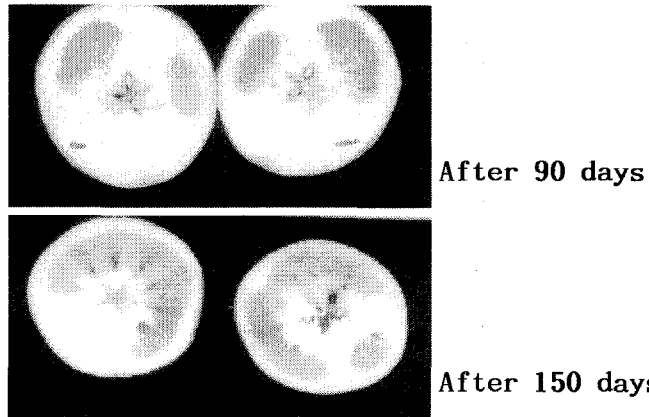


그림 43. Photograph of internal breakdown in Andong apple(C3 : O₂ 1%, CO₂ 5%) after 90 days storage and 150 days storage.

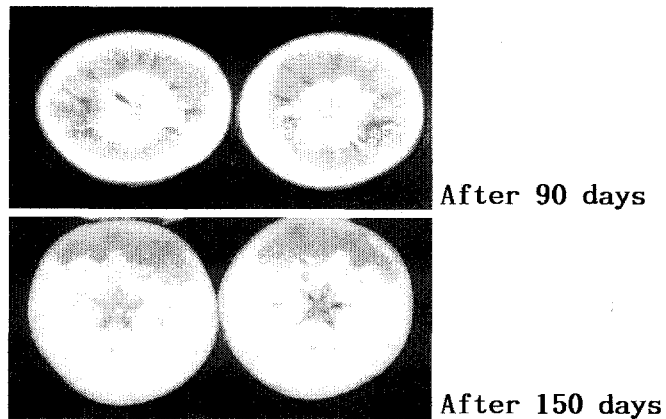
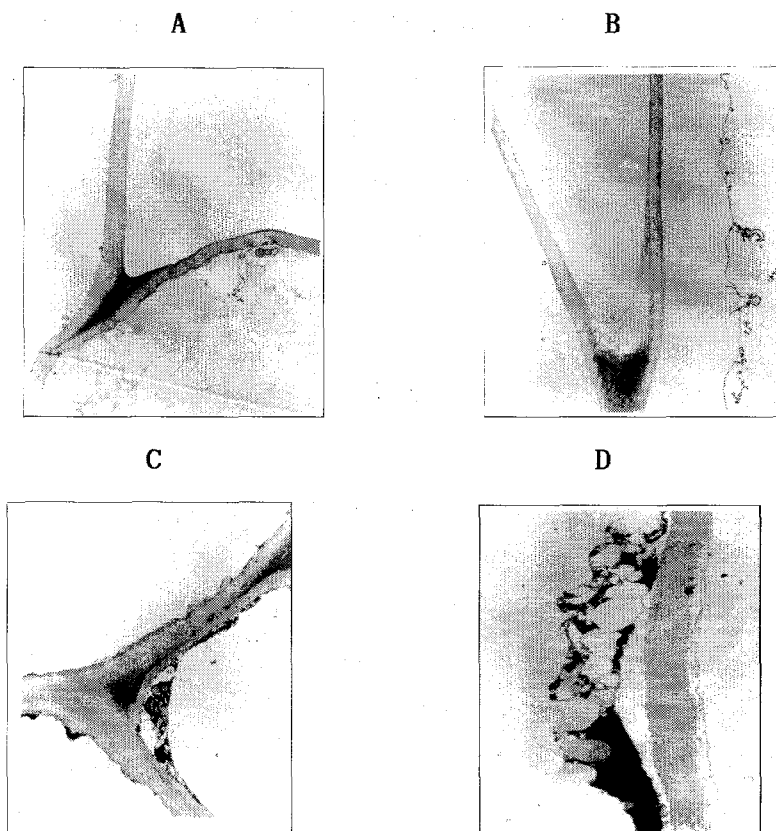


그림 44. Photograph of internal breakdown in Andong apple(C6 : O₂ 3%, CO₂ 5%) after 90 days storage and 150 days storage.

라. 조직의 전자현미경 관찰

사과의 CA저장중 내부갈변 증상이 세포조직의 변화에 미치는 영향을 구체적으로 확인하기 위하여 안동사과와 대구사과의 건전과와 안동사과의 갈변과의 조직을 투과형 전자현미경(TEM)으로 관찰하였다.

그림45에서 건전한 조직에서는 원형질막이 비교적 양호한 상태를 유지하고 있었지만 갈변 과육의 조직에서는 원형질막이 붕괴되어 있음을 알 수 있었다.



A: sound fruit (Taegu) B: sound fruit (Andong)
C, D: internal breakdown part

그림 45. Transmission electron microscopic photographs of Fuji apple tissue($\times 3,000$)

요 약

1. 후지사과의 고품질화 CA저장 상용화 기술

자연 CA저장의 단점을 보완하고자 변동 CA저장을 실시한 결과, 중량감소의 경우 CA저장구에서 억제되었으며, 경도는 저온저장구에서는 저장 2개월 후부터 큰 폭으로 떨어지는 경향을 보였으나 CA저장구에서는 저장 6개월까지도 초기경도의 85%를 유지하였다. 산도의 경우 저온저장구에 비해 CA저장

구는 초기산도의 60 %이상을 유지하는 경향을 보였다. 가용성고형물의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 CA저장구에서는 별 다른 변화가 없었으나 저온저장구에서는 저장 2개월 이후부터 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 사과내부의 ethylene 발생량은 재배지와 관계없이 저온저장구에서 높은 것으로 나타났다. 따라서 변동 CA저장에 의해 지연 CA저장의 단점을 보완 할 수 있는 것으로 여겨진다.

2. 기체조성이 후지사과의 내부갈변 및 품질에 미치는 영향

후지사과의 내부갈변은 CA조성방법과 재배지역에 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 경북 북부지역인 안동사과에서 CA저장 2개월째 내부갈변과가 발견되었으며, 그 외 지역 사과에서는 내부갈변이 발견되지 않아 내부갈변의 지속적인 진행은 없는 것으로 나타났다. 기체조성이 후지사과의 내부갈변 및 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 산소농도가 낮은 조건에서 저장된 사과의 적정산도가 높은 것으로 나타났으며 다른 품질요인에서는 큰 차이가 없었다. 사과의 내부갈변은 산소농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 구간에서 발생하는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 CA저장고에 입고되는 사과의 수확시기가 일정치 않고 여러 과수원의 사과가 혼합되어 있는 경우에는 산소농도 2%에서 $\pm 0.5\%$ 로 저장고내 환경기체조성을 제어하여 사과의 호흡속도 및 에틸렌 발생을 억제하는 것이 사과의 저장장해 발생을 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이 경우 1%산소농도조건에서 보다 에틸렌의 발생량이 높으나 일반대기조건에 비해서는 약 50%정도 에틸렌 발생이 감소하므로 이산화탄소농도를 조절하여 에틸렌 작용의 억제를 기대하려면 저장고내 이산화탄소농도가 사과의 생리장해를 유발할 수 있는 3%이상수준으로 높아져야 한다.

일반 CA저장의 경우 저장고내 이산화탄소농도는 저장초기(약 2개월)에는 1%농도를 유지하고 이후에는 2%수준에서 $\pm 0.5\%$ 로 제어하면서 에틸렌 변환기를 운전하는 것이 사과의 저장장해를 예방하면서 저장품질을 향상시킬 수 있는 상업적 CA저장법으로 추천된다.

참고문헌

1. 工藤亞義. 1982. りんごのCA貯藏ど現状の問題點, 日食工誌, 29(7), 435-441
2. 野呂昭可, 齊藤貞昭, 三上敏弘. 1972. りんご果實に おける内部がつ變の要因に關する研究 (第 3 報) 園學要旨, 374-375
3. 工藤亞義, 齊藤貞昭, 三上敏弘. 1981. りんご果實のCA貯藏に關する研究 (第 1 報) 青森縣 りんご 試驗報告書(第 19號), 41-55
4. 福田博之. 1984. 'ふじ'果實の各種褐變障害の發生とみつ症狀及びカルシウム 散布との 關係. 園學雜. 53, 298- 302
5. Liu, F. W. 1986 Responses of daminozide treated 'Delicious' and 'Idared' apples to stimulated low-ethylene CA storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111, 716-719
6. Lord, W. J. and R. A. Damon, Jr. 1965. Internal breakdown development in watercored Delicious apples during storage. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 88, 94-97
7. Marlow, G. C. and W. H. Loescher. 1984. Watercore. *Hort. Rev.* 6, 189-251
8. North, C. J. and Cockburn, J. T. 1977. Effects of increase in concentration of carbon dioxide on the storage of 'Cox's Pippin' apples in 1% oxygen, Rpt. E. Malling Res. Sta., p. 147
9. Faust, M., C.B. Shear and M.W. Williams. 1969. Disorder of carbohydrate metabolism of apples. *Bot. Rev.* 35, 168-194
10. Brecht, P. E. 1980. Use of controlled atmosphere to retard deterioration of produce. *Food Tech.* 3, 45-50
11. Lan, O. L. 1983. Storage responses of four apple cultivars to a Rapid CA procedure in commercial controlled atmosphere facilities. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108, 530-533
12. Sharples, R. O. and D.S. Johnson. 1987. Influence of agronomic

- and climatic factors on the response of apple fruit to controlled atmosphere storage. *HortScience*, 22, 763-766
13. Lieberman, M., Mapson, L. W. 1964. Genesis and biogenesis of ethylens, *Nature*, Vol. 204, p. 343
 14. Burg, S. P. and Clagett, C. O. 1967. Conversion of methionine to ethylene in vegetative tissue and fruits, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, Vol. 27, p.125
 15. Baur, A. H., Yang S. F. and Pratt. H. K. : Ethylene biosynthesis in fruit tissues, *Plant physiol.*, Vol. 47, p. 696 (1971)
 16. Abeles, A. L. and Abeles, F. B. 1972. Biochemical pathway of stress-induced ethylene, *Plant physiol.*, Vol. 50, p. 496
 17. Adams, D. O. and Yang, S. F. 1977. Methionine metabolism in apple tissue implication of S-adenosylmethionine as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene, *plant physiol.*, Vol.60, p.892
 18. Adams, D. O. and Yang, S. F. 1979. Ethylene biosynthesis Identification of 1-aminocyclo propae-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene, *Proc. Natl. Acad. Sic. USA*, Vol. 76, p. 170
 19. Dong, J. G., Yip, W. K. and Yang, S. F. 1988. The isolation and characterization of ACC sythase form apple tissue, *Plant physiol.*, Vol. 86, p.S-69
 20. Dong, J. G., Fernandez-Maculet, J. C. F. and Yang, S. F.1992. Purification and charater ization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase form apple fruit, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 89, p. 9789
 21. Wang, H. G., Hiroshi, G. and chiaki, O. 1990. Influence of harvest maturity on chilling sensitivity, respiratory rate and ethylene production during storage in 'Sensyu' apple fruit, *J. Japan. Soc.*

Hort. Sci., Vol. 59, p. 163

22. 정헌식, 정신교, 최종육. 1996. CA 저장 사과 'Fuji' 의 Shelf-life, 농산물저장유통학회지, 3(1), 83-92
23. 정헌식, 최종육. 1999. 사과의 CA 저장 중 에틸렌 및 이산화탄소 생성, 농산물저장유통학회지, 6(2), 153-160
24. 정헌식, 문광덕, 최종육. 1999. CA 저장 사과를 이용한 Fresh-cut Apple 의 제조 및 MAP 저장, 농산물저장유통학회지, 6(3), 351-356
25. 정헌식, 정신교, 최종육. 1999. 후지 사과의 저산소 CA 저장, 한국식품과학회지, 31(5), 1275-1282
25. 정헌식, 최종육, 1999. CA 저장 중 후지 사과의 내부 기체농도에 의한 저장조건의 적합성판단, 한국식품과학회지, 31(5), 1295-1299

여 백

제 6장
사과 자동화 일관처리 품질판정
기술 개발

여 백

제 6장 사과 자동화 일관처리 품질판정 기술 개발

제1절 온라인 사과 종합품질 선별기 시험 제작

서 설

현재 국내의 사과는 수확 후 인력에 의한 상해과, 기형과 등이 제거되고 전자식 중량선별에 의한 무게선별이 이루어지는 등 외관평가에 의한 품질등급이 매겨져 유통·판매된다. 따라서 소비자들은 단맛, 신맛, 신선도 등을 전혀 알 수 없으며 최근에는 과실의 내부품질상태 표시에 대한 소비자들의 요구가 커지고 있다. 또한 저장 전 이나 저장 중 사과의 내부품질 측정을 통하여 밀병과나 갈변과 등 내부이상과를 선별해 낼 수 있다면 저장고의 효율을 증가시킬 수 있고 사과의 품질하락을 미연에 방지할 수 있어 저장산업에 큰 도움을 줄 수 있다. 이러한 배경으로 볼 때 사과의 내·외부 품질을 동시에 신속하게 측정하여 표시할 수 있는 종합적인 과실품질 측정 선별기를 개발할 필요성이 절실히 요구되고 있다.

현재까지 개발되어 있는 사과의 색깔, 크기 측정기술과 당도, 산도, 경도, 수분 등을 동시에 신속히 비파괴 측정하여 용도를 표시하기 위해 3년 계획으로 수행중에 있는 현장어로 과제의 성과를 활용하여 사과 종합품질 on-line 선별기를 2년 내에 개발하여 사과 생산단지 및 저장유통 시설에 보급하므로서 한국 사과의 내수 확충과 한국사과의 명품화에 기여하고자 한다. 본 연구는 내부 품질 고속 측정기 설계 및 제작, 시료 배출 장치의 충격 영향 최소화 및 효율 극대형 분류작업대 모델 제작, 품질 동시 표시 및 등급 규격화를 위한 알고리즘 개발, 시료 공급 및 배출 시스템 구축 및 온라인 사과 종합 품질 선별기를 시험 제작하는 것이다.

재료 및 방법

본 과제 특성상 ‘재료 및 방법’에 해당하는 내용은 연구개발 결과에 해당하므로 ‘결과 및 고찰’ 과 분리하여 서술하지 않기로 함.

결과 및 고찰

1. 내부 품질 고속 측정기 설계 및 제작

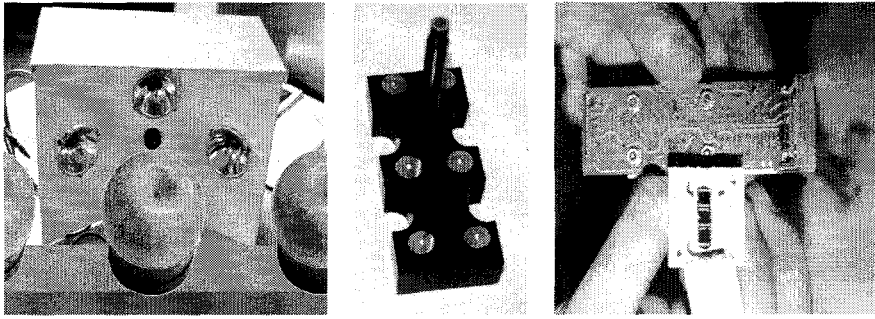
가. 광섬유 cable 유도 방식

광섬유는 quartz 재질이며, 직경 12mm, 길이 1m의 fiber bundle로 사과의 표면에 조사된 가시 및 근적외 영역의 광학정보를 detector 부위까지 유도함에 있어 공간적 제약을 최소화 할 수 있게 제작하였다.

나. Multi-focusing 광원 및 광섬유 분할 방식

사과의 광학정보를 측정하기 위해 광원은 사과의 적도선 측면에 3개의 할로겐 광원(12V, 20W)을 두어 사과에 초점이 맞도록 시료에서 8cm 떨어지게 하였으며, 중앙에 집광 렌즈가 부착된 수광용 광섬유 cable을 설치하였다 (그림 1-A).

확산 반사된 사과 품질 관련의 광학정보는 광섬유 cable에 의해 분할되어 측정하고자 하는 목적 성분별로 각각 계측될 수 있게 6개의 channel로 나누었다 (그림 1-B).



(A) 측면조명 및 수신 광섬유 cable (B) 광섬유 cable 분할 성형품 (C) 색깔 측정을 위한 RGB channel

그림 1. 사과 고속 측정기의 광원 및 광섬유 분할 장치

광섬유 cable을 통해 전달된 광학정보는 6개로 분할된 광섬유 다발 중 5개는 NIRS¹⁾ channel용으로 1개는 가시광선 channel로 사용된다. Red, Green 및 Blue sensor를 동시에 가진 가시광선용 sensor (그림 1-C)는 6번째 channel에 연결되는데, 각 channel 별 출력 알고리즘은 표 1에 나타내었다.

크기 센서는 좌우로 20cm 떨어진 2개의 기둥 사이에 0.5cm 간격으로 16개의 광섬유 레이저 센서를 설치하여 사과가 통과할 때, 빛의 ON/OFF를 센싱하여 사과 단면의 크기를 측정코자 시도하였으나 현재 직진성이 우수한 저가의 광센서가 상품화되어 있지 않아 제작이 어려웠다. 따라서 고성능 CCD²⁾ 카메라로 사과의 영상을 잡고 이를 신호 처리하여 크기를 바로 2차원 면적으로 인식하여 사과의 크기를 환산하였다. 모양이 기형인 사과를 구분하기 위한 알고리즘과 RGB 색 분해를 통해 사과의 색깔도 동시에 검출할 수 있도록 프로그래밍 하였다.

다. 주성분 추출 및 검량식 고정 방식

'95 현장애로 과제(제목: 사과 품질 평가 및 용도 판정)에서 취득한 후지 사과의 근적외 스펙트럼 자료 (그림 2-A)를 다양한 방법의 데이터 변환 처리 방법을 수행하여 최적합 사과 근적외 스펙트럼을 이용한 주성분 분석 (PCA³⁾)을 수행하였다.

1) NIRS : Near Infrared Spectroscopy

2) CCD : Charged Couple Device

표 1. 각 channel별 영역과 출력값

NIR Channel	Channel 0 = $\frac{W_0 / W_0^R}{W_0 / W_0^R} - 1$
	Channel 1 = $\frac{W_1 / W_1^R}{W_0 / W_0^R} - 1$
	Channel 2 = $\frac{W_2 / W_2^R}{W_0 / W_0^R} - 1$
	Channel 3 = $\frac{W_3 / W_3^R}{W_0 / W_0^R} - 1$
	Channel 4 = $\frac{W_4 / W_4^R}{W_0 / W_0^R} - 1$
Visible Channel	Channel 5 = $\frac{R / R^r}{R / R^r} - 1$
	Channel 6 = $\frac{G / G^r}{R / R^r} - 1$
	Channel 7 = $\frac{B / B^r}{R / R^r} - 1$

이때, 주성분이라 함은 물리화
 학적인 성분의 수분, 당도,
 산도, 섬유질 및 경도 등의 주성
 분이 아니라 근적외 스펙트럼의
 주된 설명변수의 일종으로서
 복수의 근적외 스펙트럼 데이터
 를 유용한 데이터로 압축시킬 수
 있는 방법을 말한다. 예비 실험
 결과 주성분 추출에 이용된 파장
 영역은 1300~1700nm가 가장
 적당하였으며, 본 연구에서는
 사과 품질에 영향을 미치는 5개

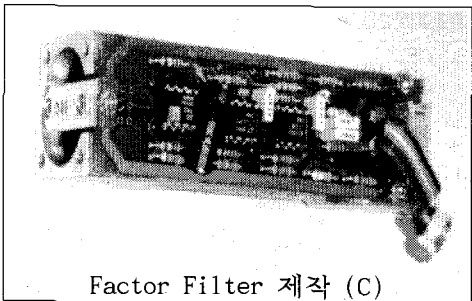
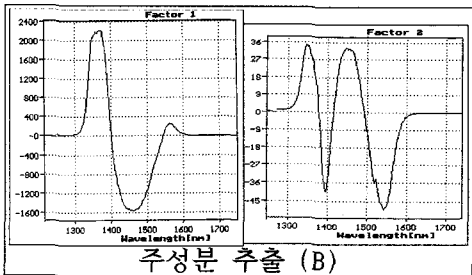
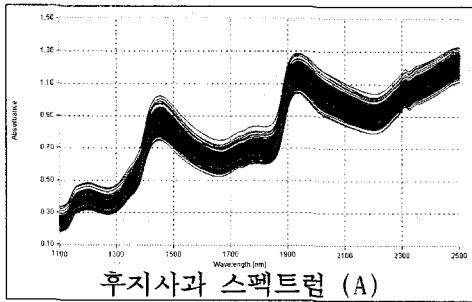
주성분 factor를 추출하였는데, 그 중 제 1 주성분과 제 2 주성분만을 보기로
 나타내었다 (그림 2-B).

추출된 소프트웨어적인 주성분을 잘 표현할 수 있도록 하드웨어적인
 5개의 factor filter를 제작하였는데, 그 중 한 개를 그림 2-C에
 나타내었다. Factor filter의 장점은 복수의 사과 근적외 스펙트럼
 데이터를 순식간에 제작된 factor filter를 통과하면, 요약 정리되어
 초고속 근적외 분광기의 제작이 가능해지는 방식이다. factor filter는
 분할된 광섬유 cable과 조합하여 장치를 조립하였다.(그림 3)

다음으로 제작된 factor filter를 이용해 사과의 각 성분별 검량식을
 작성하여, 전용장치 속에 내장된 보드에 저장시키게 되어 있는데, 1998년
 11월에 수확된 후지 사과로 이 실험을 수행하여 보정할 필요가 있다.

따라서, 본 장치의 특징으로는 사과의 광학 정보를 취득함에 있어
 연산과정을 극소화하였으며 실 시간적으로 취득된 광학 정보에 대한 사과의
 내부 품질 성분이 고속으로 출력될 수 있는 점이다. 제작된 초고속 근적외
 분광분석 장치는 사과의 품질 성분을 측정하는 시간이 1초에 8,000회
 측정이 가능하였으나 보다 높은 S/N⁴⁾ 비를 얻기 위해서는 1개의 시료에

3) PCA : Principle Component Analysis



검량식 작성 및 분광장치 제작



온라인 측정 모델 시험
(초당 3개 이상)

대해 1,000회의 반복 측정한 평균값을 이용하는 것이 가장 적당하였는데, 온라인 선별의 모델 실험에서 모델 사과 개체간을 간격을 둔 경우 1초에 3개 이상을 측정할 수 있었다.

라. 등급 및 계급 선별을 위한 신호 출력

제작한 사과 품질 측정 전용 장치에는 그림 3과 같이, TTL5)1, TTL2와 아날로그 출력 기능을 두어 외부 제어기와 통신이 가능케 하였다. 장치 내부에 있는 HDD6)에 검량식을 기억시켜 두고, 각 channel로부터 전달되어 오는 광학 정보를 대입하게 된다. 이를 실시간적으로 계산하여 Analogue (신호)로 제어기 (그림 9)에 보내게 된다.

그림 2. Factor filter 제작 및 검량식 작성

4) S/N : Signal/Noise
5) TTL : Transiter Transiter Logic
6) HDD : Hard Disk Drive

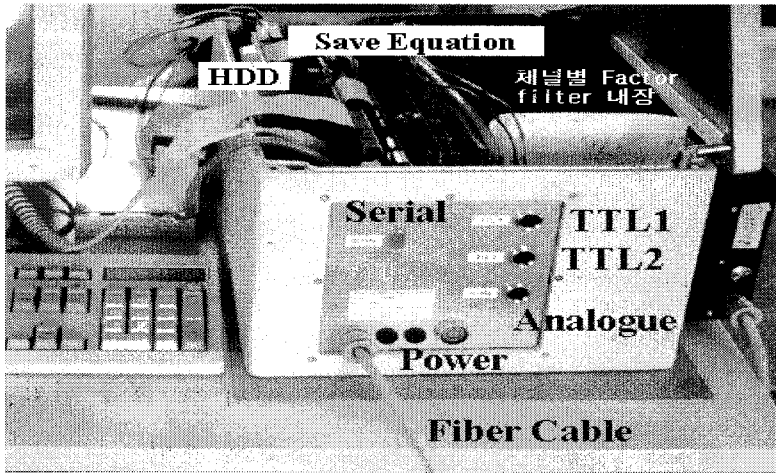


그림 3. 제작된 factor filter를 장착한 초고속 및 외부 통신포트

2. 시료 배출 장치의 영향 최소화 및 효율 극대형 분급 작업대 모델 제작

등급 분류용 사과 시료를 운반기 위한 무한 궤도 체인의 일부분 (그림 4-A)과 사과에 타박을 주지 않고 광학 간섭을 배제하기 위해 흑색 실리콘 재질의 고정틀 성형물이 체인에 반복 연결된 모습 (그림 4-B), 그리고 솔레노이드 밸브 (그림 4-C)가 장착된 사과 운반 기본 틀을 지탱케 하는 가드레일 부품(그림 4-D)과 제어기의 신호에 의해 공기압이 유지되어 수평이 유지된 상태와 (그림 4-D) 공기압이 빠져 받침대가 아래로 내려져 사과 운반틀이 45° 각도로 쓰러진 모습 (그림 4-E)과 사과가 분급대에서 굴러내린 (그림 4-F) 사과의 모습을 나타내고 있다. 쓰러진 운반틀은 기울어진 채 회전하다가 반전된 후, 사과 공급 위치에 도달하면 다시 위치를 회복케 된다.

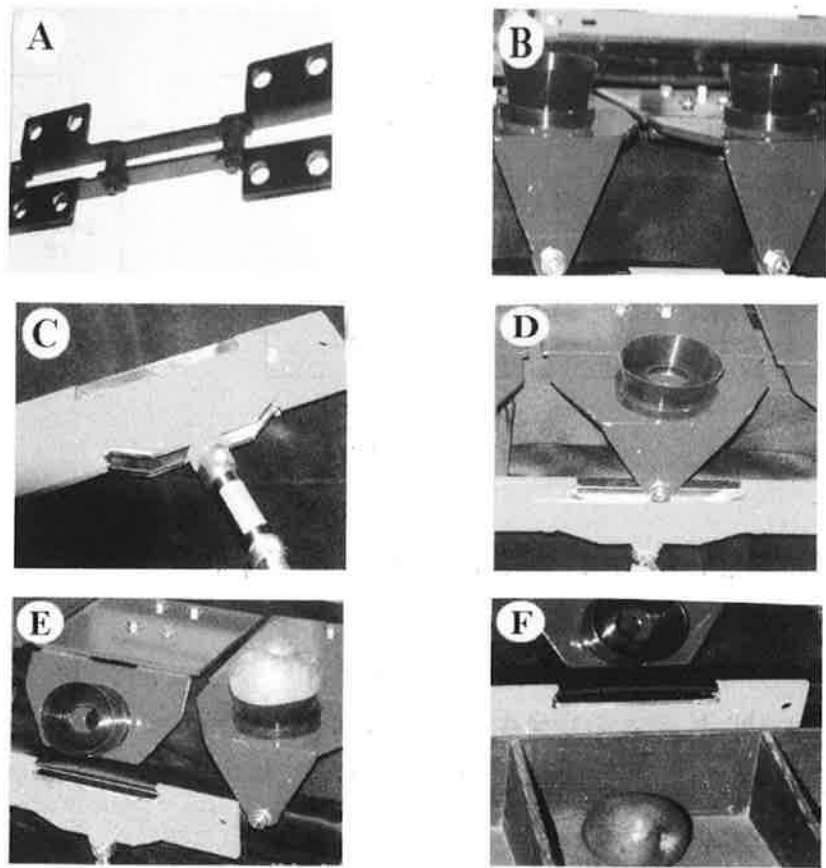


그림 4. 사과 시료 이송 및 배출 시스템

3. 품질 동시 표시 및 등급 규격화를 위한 알고리즘 개발

가. 제어 시스템 구성

지능형 분류기의 기본 구성은 사과를 자동 이송하는 컨베이어 시스템과 사과를 선별하기 위한 분석기 그리고 분석 결과에 따라서 자동 분류하는 제어장치와 주어진 위치에 사과가 모이게 하는 기계적 분급대인데, 그 구성 개요는 그림 5와 같다.

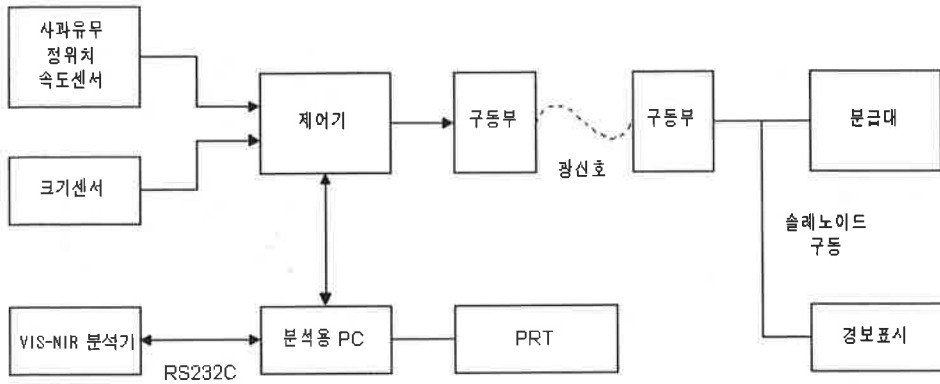


그림 5. 제어 시스템 구성

나. 선별인자 선택 및 등급 결정 소프트웨어

크기, 색상, 당도 및 산도에 따른 선별인자별 등급 결정은 먼저 선별 인자를 선택한 후 등급의 단계를 1 ~ 9 중에서 선택하고 각 단계별 크기 값을 설정하면 되는데, 범위는 표준화되어 항상 1에서 99까지이며 화면 좌측에서 설정할 수 있다 (그림 6).

등급을 결정키 위한 선별 인자별로 최대 4가지씩 선택하여 조합시켜 최대 16단계 내에서 임의로 선택할 수 있는 분류 등급 결정 화면의 보기를 그림 7에 나타내었다.

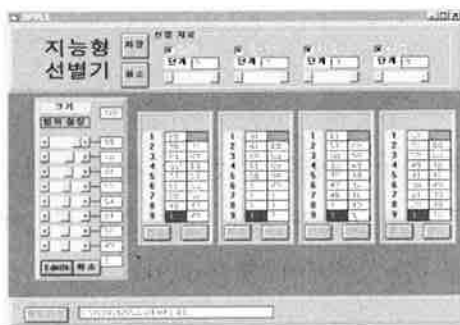


그림 6. 선별인자별 선택 조합



그림 7. 분류 등급 결정 화면

선별 작업시 원하는 분류등급을 기억장치로부터 읽어 와서 주변기와 통신하기 위한 초기화 화면을 그림 8에 나타내었고, 고속 분광장치에서 출력된 파장과 신호크기 (그림 9)를 이용하여 색상, 당도 및 산도가 계산되어진다.

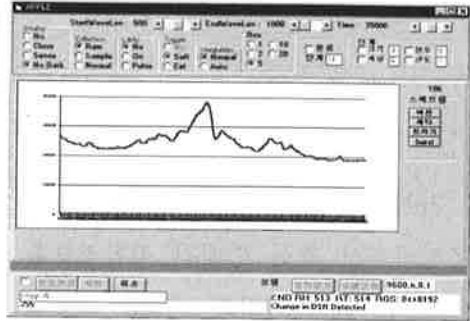
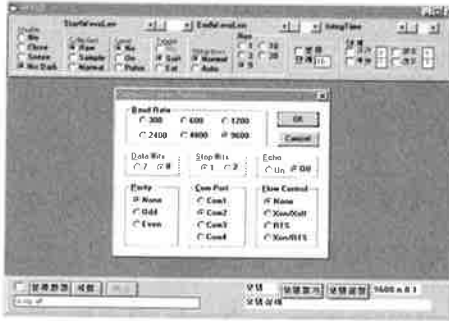


그림 8. 주변기와 통신을 위한 초기화면 그림 9. 분석을 위한 측정 데이터의 파형

다. 제어기 및 광 결합 인터페이스

제어기의 실제 모습은 그림 10에 나타내었으며, 제어기를 거쳐 분급대에 신호함에 있어 원거리 신호 전달시 발생하는 주위 환경이나 노이즈의 영향을 최소화하기 위해 광결합 인터페이스 방식을 채용하였는데, 제작한 실물 사진은 그림 11과 같다.

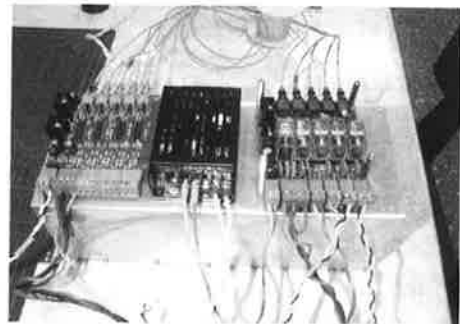
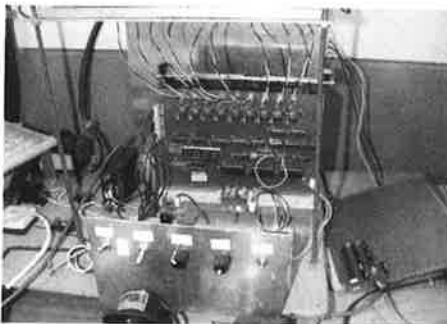


그림 10. 제어기의 실물 사진

그림 11. 제작된 광결합 인터페이스의 실물도

4. 시료 공급 및 배출 시스템 구축

시료의 공급 및 배출시스템에 대한 결과는 앞서 결과 2의 “시료배출 장치의 충격 영향 최소화 및 효율 극대화 분류 작업대 모델 제작” 부분에서 함께 언급하였음.

요 약

가시광선 및 적외영역이 모두 함유된 할로겐 광선을 사과와 측면에 연속 조명하면서 확산 반사된 광학정보를 광섬유 다발로 집광하여 6가닥으로 분지한 뒤 미리 사과와 주성분 정보를 포착하기 쉽고 고속으로 계산할 수 있게 만들어 둔 특수필터 채널을 통과시키면 품질 성분들이 제어장치에 의해 등급화 되는데 실리콘 재질로 된 사과 고정온반접시에 신호가 가면 솔레노이드 장치가 접시 위치를 45° 기울어지게 하여 해당등급으로 분류할 수 있는 일련의 원리로 사과 종합품질 선별기를 개발하였다.

참고문헌

1. Abbot, J. A. and L. A. Lijedahl, 1994. Relationship of sonic resonant frequency to compression tests and Magness-Taylor firmness of apple during refrigerated storage. Transactions of the ASAE, 37(4), pp.1211-1215
2. Abbot, J. A., A. E. Watada and D. R., 1976. Massie, Effe-gi, Magness-Taylor and Instron fruit pressure testing device for apple, peaches and nectarines, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 101(6), pp.698-700
3. Birth, G. S., K. L. Norris and J. N. Yeatman, 1957 Non-destructive measurement of internal color of tomatoes by spectral transmission,

- Food Technol., 11, pp.552-557
4. Birth, G. S. and K. L. Olesen, 1964. Nondestructive detection of water core in delicious apples, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 85, pp. 74-84
 5. Cho, R. K., K. H. Lee, J. H. Lee and Y. K. Kwon, 1994. A study for automatics of qualysis of quality components in tobacco leaves using non-destructive analytical method, Agric. Chem. Biotechnol., 37, pp.349-355
 6. Felsenstein, G. and G. Manor, 1973. Feasibility study into the development of an improved photometric device for sorting of citrus fruits for surface defects, Transactions of the ASAE, 16, pp.1006-1009
 7. Hashimaga, F. and M. Nagayoshi, 1972. Determination of free acid in citrus fruits juice by conductometric method, Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 19(11), pp.526-530
 8. Hana, M., W. F. McClue, T. B. Whitaker, M. W. White and D. R. Bahler, 1997. Applying artificial neural networks : Part II. Using near infrared data to classify tobacco types and identify native grown tobacco, J. near infrared spectrosc., 5, pp.19-25
 9. Hosokawa, A. and T. Matsuhisa, 1978. Possibility of quality evaluation of hulled nonglutinous rice using light transmittance and video image data processing system, 日本農業機械學會誌, 40(2), pp.217-224
 10. Hymowitz T, J. W. Dudley, F. I. Collins and C. M. Brown, 1974. Estimations of protein and oil concentration in corn, soybean and oat seed by near infrared light reflectance, J. Corp Sci., 14, pp.713-715
 11. Kim J. Y., S. Y. Cho and C. Rhee, 1996. Determination of rancidity of soybean oil by near infrared reflectance spectroscopy, Foods

- and Biotechnol., 5(3), pp.210-214
12. Kim, Y. S., C. Scotter, M. Voyiagis and M. Hall, 1998. Potential of NIR spectroscopy for discrimination the geographical origin of sesame oil, food Sci. Biotechnol. 7(1), pp.18-22
 13. Kisko, G., 1998. Attempts to determine mouldiness of paprika powder by near infrared spectroscopy, J. Near Infrared Spectroscopy, 6, pp.337-342
 14. Kwon Y. K. and R. K. Cho, 1998. Identification of geographical origin of sesame seeds by near infrared spectroscopy, Agric. Chem. Biotechnol, 41(3), pp. 240-246
 15. Kwon, Y. K., S. Yasumoto and R. K. Cho, 1995. Identification of cultivating country of high-price agricultural products by NIR spectroscopy, Proc. 7th Inter. NIRS Conf., pp.638-643
 16. 이동혁, 1998. 농산물 유통의 기능과 역할, 한국농산물저장유통학회, 추계학술발표초록집, pp.22-30
 17. Lee, S. K., 1996. Quality factors of fruits and vegetables, Proc. Inter. Symposium Quality Evaluation Agricultural Products and Food Using Nondestructive Techniques, Korea, pp.2-19
 18. 이호철, 1998. 경북농금의 표준화·등급화 개발방안 연구, 경북대학교 농업 과학기술연구소
 19. Long, T. M., 1983. Application of near infrared reflectance spectroscopy to tobacco analysis, Anal Proc., 20, pp.69-72
 20. Magness, J.R. and G.F. Taylor, 1925. An improved type of pressure tester for the determination of fruit maturity, USDA Dept. Circ. No 350. Washington D.C. U.S. Dept. of Agric.
 21. Matsuhisa, T. and A. Hosokawa, 1981. Possibilities of checking cracks of brown rice sing illumination by oblique ray and image data processing system, 日本農業機械學會誌, 42, pp.515-520
 22. McCule, W. F. and A. Frama, 1980. Dual-Wavelength fiber optic

- photomer measures fluorescence of aflatoxin contaminated pistachio nuts, Transactions of the ASAE, 23, pp.204-207
23. Moon, S. S, K. H. Lee and R. K. Cho, 1994. Application of near infrared spectroscopy in quality evaluation of domestic rice, Korean J. Food Sci. Technol., 26(6), pp.718-725
 24. Ohta, H. and Y. Shimizu, 1980. Measurement of organic acid content in processing tomatoes by conductometric method, Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 27(7), pp.354-357
 25. 박무현, 1994. 과실 채소류의 저장유통 현황(총설), 한국농산물 저장 유통 학회지, 1(1), pp.67-79
 26. 박병원, 1998. 98과수산업 육성시책, 한국과수, 114(1,2), p6
 27. Sato T., 1994. Application of principle component analysis on near-infrared spectroscopic data of vegetable oils for their classification, J. Amer. Oil Chem. Soc, 71(3), pp.293-298
 28. Takamura, H., N. Hyakumoto, N. Endo, T. Matoba and T. Nishiike, 1995. Determination of lipid oxidation in edible oils by near infrared spectroscopy, J. Near Infrared Spectroscopy., 3(4), pp,219-225
 29. Uozumi, J, S. Kawano and M. Iwamoto, 1987. Spectrophotometric system for the quality evaluation of unevenly colored food, Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 34(3), pp.163-170
 30. Yeatman, J. N., G. S. Birth and J. V. Ernest, 1961. Spectrophotometric evaluation of anthocyanin pigment development and scald damage in intact red tart cherries, Food Technol., pp.521-525

제2절 온라인 사과 종합품질 선별기의 현장 적용 기술의 개발

서 설

1차년도 협약 직후부터 국가의 경제적 신임도 추락으로 인한 원화가치의 급락으로 고액의 농림연구 사업비가 지원되었음에도 장치개발 사업에 있어 약 65% 정도의 가치밖에 효과가 날 수 없는 상태로 연구 환경이 악화되었으며 2차년도 협약에 앞서 기업들의 참여의사와 규모가 매우 축소되었음을 알게 되었는데 이러한 처지에 있을수록 고품질 농산물을 첨단 광학기술로 선별해 낼 수 있는 연구가 지속적으로 수행되어 수입에 의존하여 왔던 과실 선별기를 자체 개발하여 우리나라 실정에 맞게 보급해 나갈 필요가 있다.

본 2차년도 연구에서는 1차년도에 개발한 on-line 사과 종합품질 선별기를 시험가동하여 그 성능을 평가하며 효율적인 선별기 개발을 위해 부대시설을 추가하는 등 다양한 개선실험을 수행한다. 저장고의 효율극대화 및 상품가치 하락을 방지하기 위한 밀병사과 및 내부갈변과 등 이상과의 저장고 입출 전 사전검색을 통한 선별가능성을 확인하는 응용실험을 행하며 대구·경북 전역의 사과를 구입하여 작성된 검량식에 대한 실증실험을 하는 품질 보증표시 사과의 유통시험을 행하며 개발된 장치의 현장 운용 소프트웨어를 개발 및 보급하는 등이 본 연구의 궁극적 목적이다.

재료 및 방법

본 과제의 특성상 ‘재료 및 방법’에 해당하는 내용은 연구개발 결과에 해당하므로 ‘결과 및 고찰’ 과 분리하여 서술하지 않기로 함.

결과 및 고찰

1. 제작한 On-line 선별기 개선 실험

가. 사과 선별기의 개선

1) 제어 시스템의 통합

사과 선별기의 제어를 위한 전체 시스템은 별도로 구동되었으나 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 하나의 control box를 만들어 통합화하였다. Control box에서는 모든 장치의 전원을 공급할 수 있으며, 컨베이어의 속도 조절 및 분광기에 의한 측정에 관한 일련의 작업을 한군데에 모아서 일원화하였다. 현재, 제어기는 크게 4부분으로 나누어져 있는데, 사과의 외부 품질 성분 측정을 위한 CCD 카메라 부분과 사과 내부 품질 측정을 위한 분광기 부분 광원을 일정하게 공급하는 전원 공급부, 컨베이어 벨트 속도 제어기 및 PC로 구성되어 있다.

2) 분급대의 확장 및 소음 최소화를 위한 작업

사과 선별기의 분급대는 당초 8등급으로 제작하였으나 분급대 간의 간격이 좁고 다양한 분급을 하는데 어려움이 있어 2차년도 연구에서 16등급으로 구분할 수 있도록 확장하였다 (그림 12-A). 또한 분급대를 16등급으로 확장하였을 경우에 발생하는 컨베이어 벨트의 균형유지를 위해 컨베이어 상단에 보조 가이드를 설치하였으며 (그림 12-B), 사과의 분급이 시작되어 사과가 운반기 홀더에서 낙하시킬 때 발생하는 소음을 최소화하기 위해 실리콘 재질의 합성 수지를 컨베이어 본체에 부착시켰다 (그림 12-C). 그리고 컨베이어 벨트의 분급은 솔레노이드 밸브가 에어 실린더에서 공급되는 압축 공기에 의해서 이루어지고 있는데, 16개의 솔레노이드 밸브의 소음을 최소화하기 위해 2중 파이프 구조를 한 흡음 장치를 설치하였다 (그림 12-D).

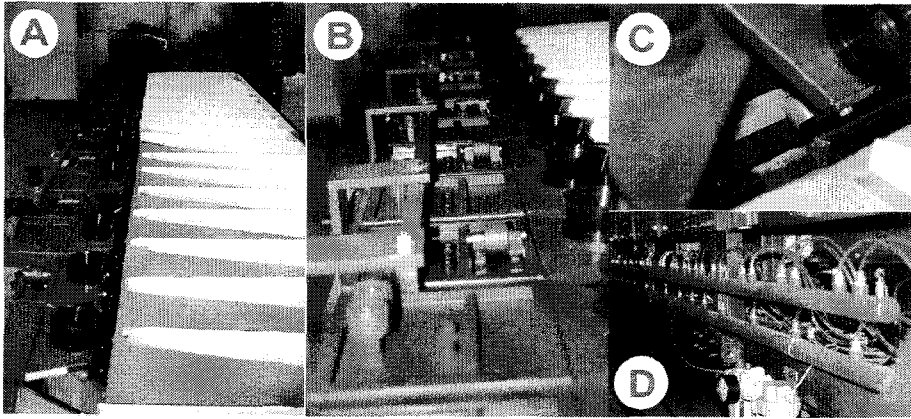


그림 12. 사과 선별기의 분급대의 확장 및 개선 내용

3) 사과 자동투입 컨베이어 장치 개발

초고속 비파괴 사과 선별기에 있어서는 사과를 컨베이어 벨트에 탑재하는 작업이 필요하다. 그런데, 선별기 컨베이어는 고속이므로 사람이 일일이 사과를 공급한다는 것은 매우 불편하고 어려운 작업일 수 있다. 따라서 본 연구에서는 사과를 자동으로 분류 컨베이어에 공급할 수 있는 장치를 고안하였다. 그림 13은 사과가 공급 슈트에 모여지게 되면 공급 슈트 위의 사과는 경사에 의해 자동 투입 컨베이어에 얹혀지게 된다. 자동 투입 컨베이어는 사과가 동시에 2개가 탑재되지 않도록 되어 있으며, 사과의 타박을 줄일 수 있는 합성 고무재질의 컨베이어를 사용하였다.

투입 컨베이어에 이송된 사과가 분급 컨베이어에 탑재되기 위해서는 분급 컨베이어가 보다 안전성 있게 사과를 로딩할 수 있어야 된다. 다양한 예비 실험을 통해 설계한 결과 로드셀의 구조를 그림 14와 설계 제작하여 분급 컨베이어에 부착시켰다. 자동 투입 컨베이어와 분급 컨베이어간에는 동기 신호를 일치시켜 사과를 탑재시킨 결과, 초당 2~3개의 사과를 안전하게 탑재할 수 있었다. 따라서 자동 투입 컨베이어에 따른 사과 탑재가 가능함을 알 수 있었다.

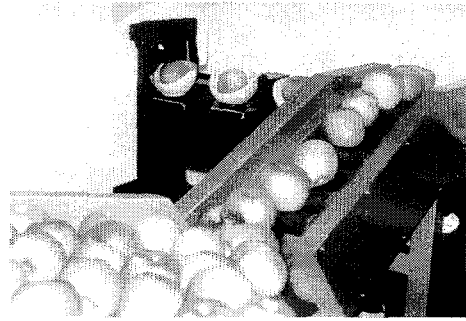
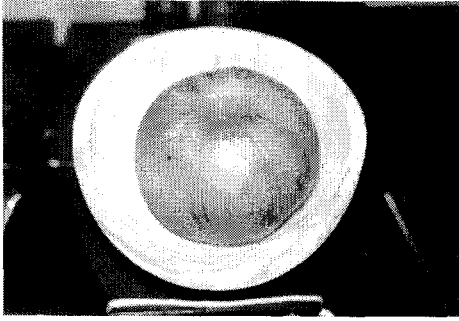
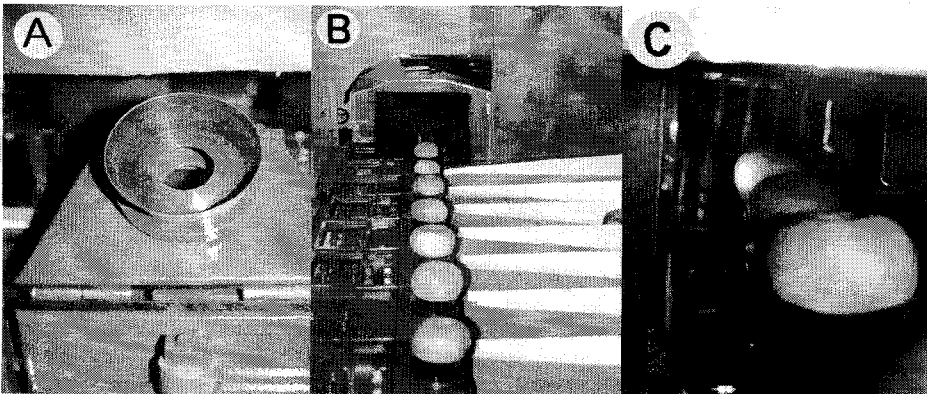


그림 13. 분급 컨베이어에 부착한 사과 로드셀 그림 14. 사과 자동 투입 컨베이어

나. 사과 선별기에 의한 선별 결과

1) 사과 선별기에 의한 측정과정

그림 15는 사과 선별기를 이용해서 사과를 측정하는 모습을 나타내었다. 그림 15-A는 사과 시료를 탑재하는 내 타박용 실리콘 재질의 시료 운반 접시이다. 운반 접시에 사과시료가 놓여지면 (그림 15-B), CCD 카메라와 사과 내부 품질 측정용 분광기 앞을 거치게 되는데, 이 과정에서 (그림 15-C), 측정된 값은 솔레노이드 밸브에 신호로서 전달되어(그림 15-D) 등급별로 최종 선별되게 된다 (그림 15-E).



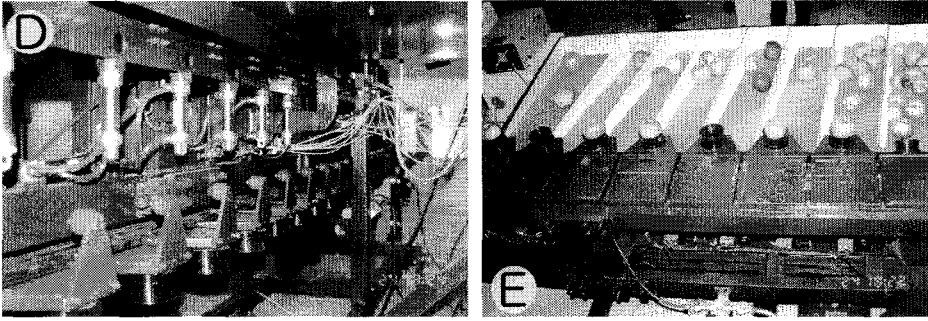


그림 15. 사과 선별기에 의한 사과의 측정과정

2) 크기 및 색깔에 의한 분류 결과

그림 16은 사과를 크기에 기준으로 선별한 결과를 나타내었다. CCD 카메라에 의해 크기와 색깔을 측정하였으며, 실시간으로 메인 화면에 사과의 형상과 크기가 나타나게 되어 있다.

사과의 색깔에 의한 분류는 RGB 센서를 이용해서 분류한다. 그림 17은 RGB치에 의한 사과의 색깔을 분류한 결과로서 양자간에 매우 높은 상관관계가 있음을 확인할 수 있다. 또한, RGB 센서에 의한 사과의 색깔 측정 결과는 기존의 색차계 (CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 측정한 값으로도 검정하였다. 그림 18은 색차계의 L(0~100), a(-60~+60), b(-60~+60) 값 중 붉은 정도를 잘 표현할 수 있는 a값과의 상관관계를 나타내었다. 그 결과 중상관계수(R)가 0.961이었으며, -15~+40의 범위에서 SEE⁷⁾가 2.343(4.26% error), RMSEP⁸⁾가 2.887(5.25%)로서 매우 정확하게 측정됨을 알 수 있었다.



7) SEE : Standard Error of Estimate

8) RMSEP : Root Mean of Standard Error of Prediction

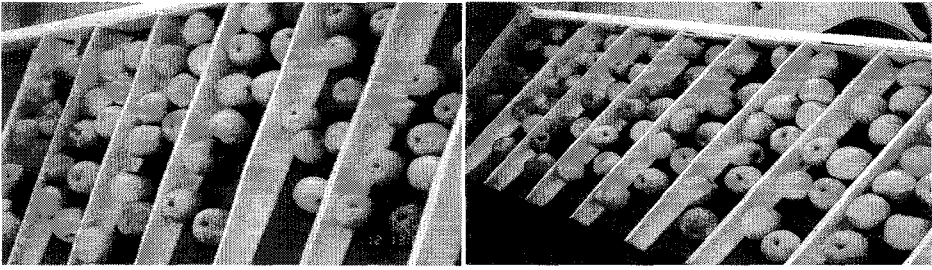


그림 16. 사과 크기에 의한 선별 결과 그림 17. 사과 색깔에 의한 선별 결과

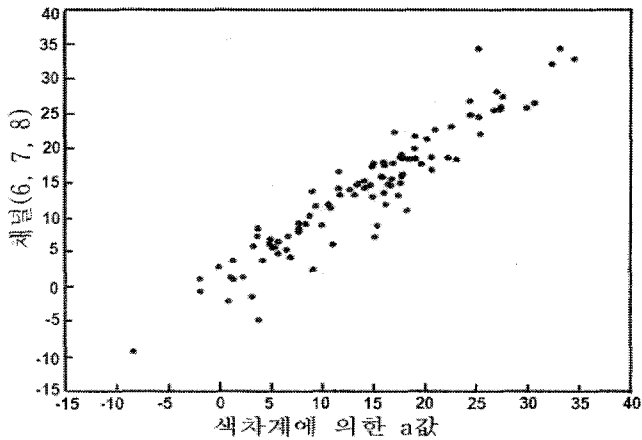


그림 18. 초고속 비파괴 사과 선별기에 의한 색깔측정결과와 색차계의 a-value에 의한 상관관계

3) 당도, 산도 및 경도에 의한 선별 결과

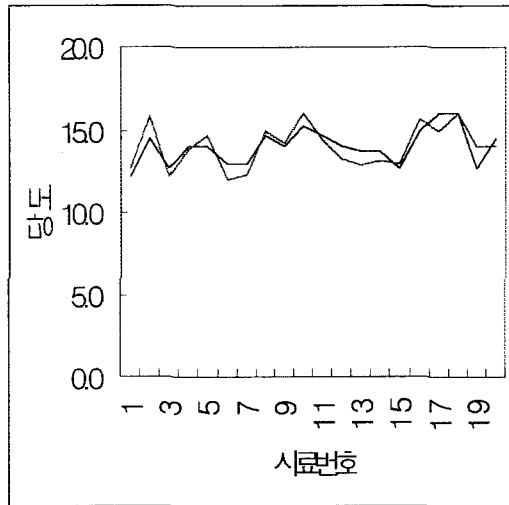
사과의 내부 품질 성분에는 당도, 산도 및 경도 등이 있는데, 현재 개발된 선별기에 의해 사과의 당도를 측정된 결과는 0.800의 상관관계 (R)를 나타내어 외부 품질 성분보다는 다소 낮은 상관관계를 나타내었지만, 사과의 당도 측정에는 응용 가능하리라 판단되었다.

아래 표 2는 동일한 사과를 사과 선별기로 5회 반복 선별할 경우, 당도 측정 재현성을 보기 위해 수행한 결과이다. 총 20개의 시료에 대해 등급별로 분류한 결과 1등급에서 5등급으로 분류되었으며, 동일 시료의 경우 약간의 등급 변화는 있었지만 평균 등급과 실제 당도와 비교할 때, 큰 차이를 보이지 않았다. 이를 보다 가시적으로 표현하기 위해 Chart로 나타내었다.

데, 등급 평균과 실제 당도 사이에는 선별에는 거의 유사한 경향을 가지고 있어 사과 선별기로 당도에 의한 분류를 수행함에 있어 활용 가능하리라 판단되었다.

표 2. 사과 당도 측정 재현성을 측정하기 위한 반복 실험 결과

	1 회	2 회	3 회	4 회	5 회	Mean	BRIX
S-1	4	5	5	4	4	4.4	12.7
S-2	2	2	3	3	3	2.6	15.8
S-3	4	4	4	4	4	4.0	12.2
S-4	3	3	3	3	3	3.0	13.8
S-5	3	3	3	3	3	3.0	14.7
S-6	4	3	4	4	4	3.8	12.0
S-7	4	3	4	4	4	3.8	12.3
S-8	3	2	2	3	2	2.4	15.0
S-9	3	3	2	4	3	3.0	14.2
S-10	2	2	2	2	2	2.0	16.0
S-11	3	1	2	3	3	2.4	14.4
S-12	3	3	3	3	3	3.0	13.2
S-13	3	3	4	3	3	3.2	12.9
S-14	3	3	3	3	4	3.2	13.1
S-15	4	4	4	4	4	4.0	13.0
S-16	3	2	1	3	2	2.2	15.6
S-17	1	1	1	2	2	1.4	15.0
S-18	2	1	1	2	1	1.4	16.0
S-19	3	4	4	4	5	4.0	14.0
S-20	4	2	3	2	2	2.6	14.0



사과 산도와 경도의 기존 화학 분석치와 비파괴분석치 간의 상관관계는 각각 0.310 및 0.401로서 당도에 비해 낮은 상관관계로 측정되었는데 이에 대한 연구는 전세계적으로 아직 그 정확도가 낮다고 보고되어 있는 바이지만, 본 연구진은 이에 대한 정확도 향상을 위해 지속적인 연구를 수행 보고하고 있어 장차 사과의 산도 및 경도에 대한 자동 선과도 가능하리라 판단된다.

4) 밀병 및 내부 갈변과의 선별 결과

사과의 내부 밀병 여부를 판단하는 것은 사과의 저장산업에 있어 매우 중요한데, 본 연구에서는 그림 19에서 보는 바와 같이, 6개의 광원으로 사과에 투과광선을 조사하여 그 아래에 광섬유 케이블을 통해 사과의 투과 스펙트럼을 얻을 수 있었다. 사과 시료는 정상과와 내부에 밀병 발생이 많은 지

역의 사과를 이용하였으며, 저장 장애로 발생한 갈변과도 실험의 대상으로 하였다.

정상 사과, 밀병 사과 및 내부 갈변 사과의 투과 근적외 스펙트럼은 그림 22에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 내부 갈변과는 근적외 스펙트럼 흡수 영역이 현저히 다르게 나타내고 있으며, 다른 밀병과 또는 정상과와는 아주 쉽게 판별할 수 있음을 알 수 있다.

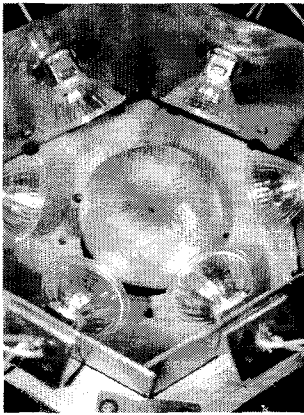


그림 19. 사과의 투과 스펙트럼 측정 과정

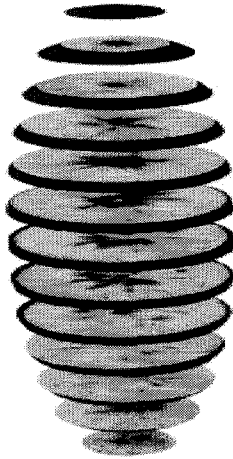


그림 20. 밀병사과의 단면

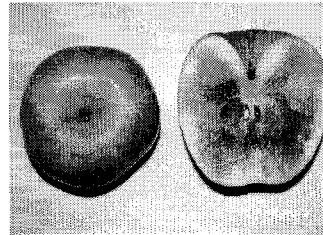


그림 21. 내부 갈변 사과

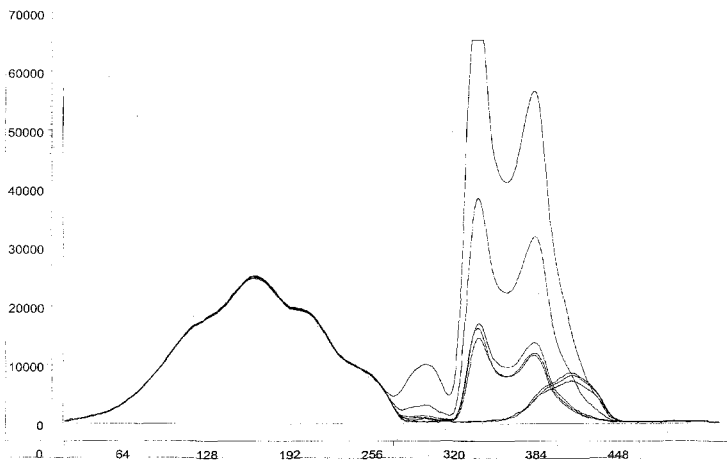


그림 22. 정상 사과, 내부 밀병 사과 및 내부 갈변 사과의 투과 근적외스펙트럼

근적외 스펙트럼에서 정상과는 투과 스펙트럼이 높은 광량을 나타내지 않는데, 내부 밀병과는 현저하게 높은 신호의 근적외 스펙트럼을 나타내고 있다. 밀병과 중에서도 그 신호가 매우 큰 것이 있고, 정상과 보다는 높지만 근적외 스펙트럼의 흡수 양상이 다소 낮은 것이 있음을 알 수 있다. 이것은 밀병과도 그 밀의 정도가 차이가 있음을 나타내며, 밀병의 분포 또한 영향을 준다. 따라서 실제 밀병과의 내부 밀의 분포 형태를 슬라이스 하여 그림 20에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 사과와 단면에 따라 그 밀병의 분포 형태와 양은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 사과와 내부 밀병 상태에 따라 다소 상이한 근적외 스펙트럼이 측정되었음을 알 수 있다.

내부 갈변과는 그림 21에 나타내었다. 사진에서 보는 바와 같이 사과와 외부 형태는 정상과와 비교해 특별한 차이가 없지만 단면을 잘라 보았을 경우에는 내부가 상품성이 전혀 없는 과일임을 알 수 있다.

2. 저장 시설 입출고에의 응용 실험

가. 데이터 베이스 구축으로 등급 선별의뢰 농가별 자료 축적

현재 개발된 사과 선별기를 이용하여 사과와 품질 성분 측정 크기, 색깔 및 당도에 의한 검량식을 완성하였다. 이를 따라서 대구, 경북지역을 중심으로 다량의 사과를 구입하여, 검정 실험을 수행하였으며, 지역간의 편차가 없음을 확인하였다. Data base에 기초가 되는 자료를 축적하여 앞으로 universal 한 사과 품질 측정용 검량식을 작성하여, 데이터 베이스로 구축할 추가 연구가 필요하다.

나. 사과 선별기를 이용한 저장 사과와 정기적 품질 체크

개발된 사과 선별기가 저장 중 품질 모니터링에 활용될 수 있도록 하기 위해 저장고의 입고 전에 사과와 품질을 측정하여 기록한 다음, 정기적으로

선별기로 측정된 후, 계속 저장할 것인지 또는 제품 출하를 언제 할 것인지에 대한 판단 수립이 실험의 목적이다. 대상 시료는 대구, 경북지역을 대상으로 한 사과를 이용하였는데, 입고 당시의 품질 선별 결과와 저장 중의 사과에는 다소 품질의 차이가 있음을 화학실험을 통해 알 수 있었다. 이 결과는 사과 선별기에서도 동일한 결과를 얻을 수 있어 장차 저장고에서의 정기적인 사과 품질 체크에 본 사과 선별기의 응용 가능성이 매우 높을 것으로 판단되었다.

3. 품질 보증 표시 사과의 유통시험 실시

산지 사과를 이용하여 등급 분류 시험 및 성능을 평가를 수행하여 개발된 검량식으로 사과의 유통에도 본 사과 선별기의 응용성이 매우 높음을 확인하였다. 따라서, 본 과제의 종료와 더불어 추가연구 과제에 연계하여 1999년 출하 예정인 사과에 대해 개발된 검량식을 적용하므로서 사과의 유통이 가능할 수 있다고 판단된다.

그리고, 현재 개발된 분광 장치는 실시간으로 그래픽 처리되는 CCD 카메라를 설치하여, 사과의 크기를 측정하는데, 보다 객관적이고 정확한 방법을 채택하였다. 따라서 현재 사과의 크기를 측정하는데는 등급에 있어 내 타박의 효과를 고려한다면, 초당 4개 정도의 분류가 가능하다. 사과를 색깔별로 선별하기 위해서 전용 RGB 센서를 제작하였는데, 이는 사과의 내부 품질 성분을 측정할 수 있는 IR⁹⁾ 센서에 조합시켜 측정 속도를 향상시켰다.

현재 제작된 사과 선별 분광기는 사과의 내부 품질 성분 측정을 위해서는 1300~1700nm까지의 사과 근적외 스펙트럼 자료로 5개 주성분 factor를 추출한 후, factor filter를 제작하여, 501개(1300~1700nm까지 1nm 간격)의 복수의 데이터 추출에 소요되는 시간을 단지 5개의 데이터 추출로 압축하였기 때문에 매우 신속하게 사과의 품질 성분을 측정할 수가 있다.

9) IR : Infrared

또한 크기, 색깔 및 내부 품질성분은 각각 독립되어 측정되므로 동시에 사과 전체의 품질 성분 측정이 가능하다. 따라서 사과의 품질 성분의 측정 속도는 동시에 모두 구동시켜, 분급까지 초당 4개의 선별이 가능한 선별 장치이다. 그러나, 경우에 따라 보다 속도를 향상시킬 필요가 있다고 판단되어 다양한 시뮬레이션을 통해 속도 향상의 가능성을 검토하고 있다. 그러나 본 연구는 또 다른 분광 원리에 의한 센서의 구입 등 하드웨어와 소프트웨어적인 부가적 비용이 소요되므로 지속적인 연구에 의해 저렴화가 실현 가능하리라 판단되어 진다.

그림 23은 장치 개발 예정인 분광기의 광원으로서 여러 방향에서 동시에 분광이 가능한 형태로서 거리 조정이 용이하도록 설계되었다. 그림 24는 초고속 분광을 위한 사과 내부 품질 측정 분광기의 시뮬레이션 장치이다. 현재까지 검토한 시뮬레이션 분광 장치는 예비 검정을 한 결과, 센서의 신호를 실시간으로 전송할 수 있어 속도를 현저히 향상시킬 수 있었으나 아직 전기적 노이즈 차단 등 전용화 기술로서 활용하기에는 보다 종합적인 추가 연구가 필요한 실정이다.

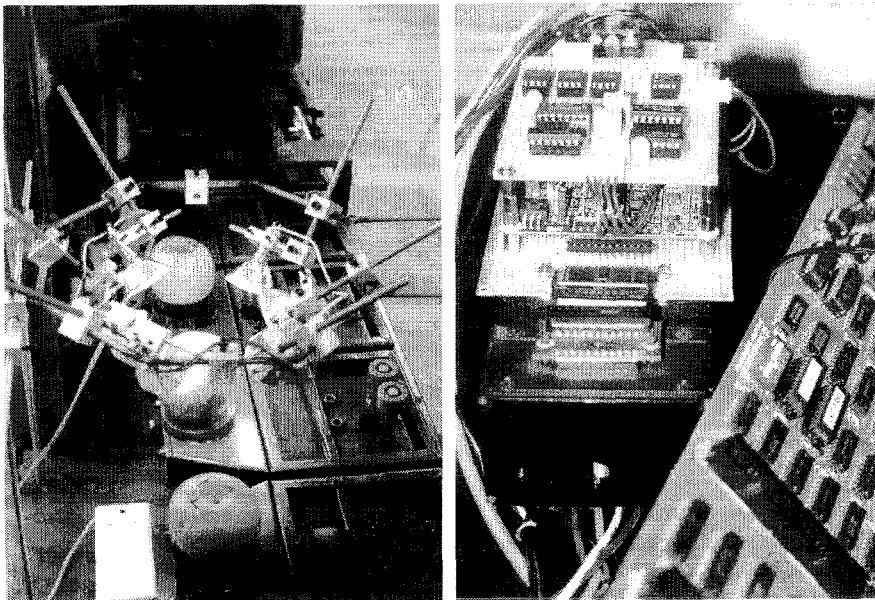


그림 23. 개발 예정 분광장치 광원 시스템그림 24. 개발 예정 초고속 분광 장치

본 장치가 개발될 경우 사과 내부 품질 성분은 최소 초당 6개 이상 측정할 수 있을 것으로 판단되지만 아직은 시뮬레이션에 의한 테스트하는 단계이고, 자동고속 시료 탑재 및 타박방지 등 여러 가지 문제를 해결해야 할 필요가 있다. 따라서 초고속 사과 선별 장치의 개발은 본 기획과제의 2년간 연구로서는 무리가 따라 지속적인 연구를 수행할 필요가 있다고 사료된다. 또한 사과 선별기의 저가화를 위해서는 초고속 선별기의 지속적인 연구로 사과 선별 제어 전용 보드의 제작이 수행되어, 다량으로 양산될 경우 실현 가능할 것으로 판단된다.

4. 개발된 장치의 현장 운용 소프트웨어 개발 및 보급

가. 초기치 설정화면 설계

1차년도에 제작한 광섬유 케이블 유도 방식의 multi-focusing 광원에 의한 분광기를 현장에서 보다 다양하게 응용하기 위한 프로그램을 제작하였다. 그 중 외부 품질 인자인, 크기, 색깔과 내부 품질성분인 당도, 산도 및 경도를 측정함에 있어, 이들 서로를 분류키 위한 초기 설정 값을 미리 작성할 필요가 있는데, 이에 대한 연구는 1차년도 연구에서 이미 완성하여 보고한 바 있다. 초기 설정은 외부 품질 인자 및 내부 품질 성분을 사용자가 유용하게 변화시켜 이를 Library에 저장할 수 있도록 되어있으며, 선별을 수행할 경우 유용한 Library를 선택할 수 있도록 개발하였다.

나. 선별기의 동작 전 자기 진단기능 구현

선별기의 모든 시스템은 컴퓨터에서 제어되도록 구성하였으며, 그림 25와 같이, CCD 카메라, 사과 내부 품질 측정용 분광기의 초기화 등을 메인 화면에 일련의 순서대로 할 수 있도록 설계하였다. 먼저, 모든 분광기의 Initialization (Init)을 수행하고, 그 다음에 분광기를 암 조건에서 표준

화하기 위해 Dark 옵션을 수행한다. 다음으로 사과 내부 성분 측정을 위해 특별히 테프론 재질로 제작된 표준체로 분광 데이터를 측정하여 저장하고 이를 기준으로 사용하였다. 이들 조작이 완료되면, 측정을 할 수 있는 상태가 된다. 또, 광학센서에 의해 자동적으로 측정되는 메뉴와 한번씩 측정 명령을 주는 메뉴를 두어 사용에 용이하도록 하였다.



그림 25. 분광기의 초기화 및 기준 설정 화면

다. 제어 프로그램의 Window GUI¹⁰⁾화

사과 선별기의 현장 운용을 위해서는 사용자가 조작하기 쉬운 형태로 소프트웨어가 디자인될 필요가 있으므로 그림 26의 메인 화면과 같이 사용자가 시스템의 동작 여부를 한눈에 쉽게 확인함과 동시에 조작하기 쉽도록 메뉴를 체계적으로 구분하였다. 또한 사과 시료가 측정되고 있음을 눈으로 쉽게 확인할 수 있도록 위해서는 CCD카메라에 의해 잡힌 영상이 메인 화면에 실시간적으로 나타날 수 있도록 제작하였다.

라. 선별기의 동작 상태 그래픽 처리

사과 선별 상태를 한눈에 실시간적으로 확인할 수 있도록 하기 위해, 그림 26과 그림 27에서 보는 바와 같이, 사과 외부품질 인자를 측정키 위한 CCD 카메라의 동작 상태를 실시간적으로 볼 수 있도록 그래픽 화면을 만들었으며, 사과 내부 품질 성분 측정을 위한 분광기의 동작 상태도 동시에 나타낼 수 있도록 디자인하였다. 사과 선별기에 의해 사과의 외부 및 내부 품

10) GUI : Graphic User Interface

질 성분이 측정되면, 측정된 결과 값으로서 Library에 설정된 초기값에 따라 분류기에서 각각의 등급별로 선별된다. 이 때, 각각의 등급으로 선별된 사과 시료의 숫자를 카운터 하여 누적수치를 볼 수 있게 분류정보 화면을 두었다.

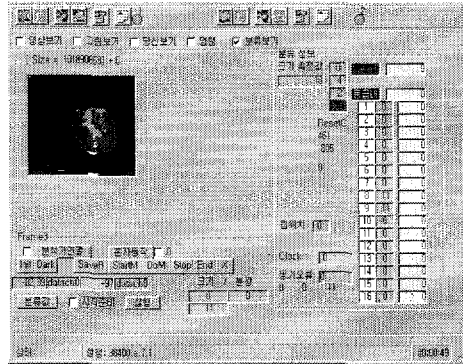
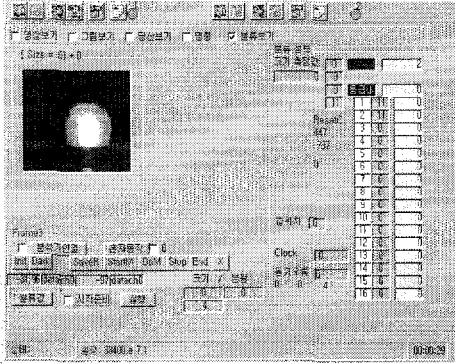


그림 26. 사과 선별기의 메인 화면(실제 사과) 그림 27. 사과 색깔 선별을 위한 화면(색 추출)

마. 크기와 색상 분류센서의 통합 구성

당초 계획으로는 크기와 색깔을 CCD 카메라로 제어하려고 하였으나 측정속도를 향상시키기 위해, 색깔 측정 전용 RGB 센서를 부착하였다. CCD 카메라에 의한 색깔 측정은 크기 연산 작업과 색깔 추출이 따라야 하므로 PC의 CPU에 부하가 커서 전용 RGB 센서에 의한 방법이 보다 효과적이었다. 또한, 전용 RGB 센서는 사과의 내부 품질 성분 측정용 센서와 동시에 Molding 시키는 방법을 채택하여 분광기의 가격을 높이지 않도록 하였고, 별도의 광원을 둘 필요가 없는 장점이 있다.

바. 분류기의 성능 통계처리 기능 구현

메인 구동 프로그램과는 별도로 향후 농가지도용 Data base 작성에 관련된 소프트웨어의 구현을 위해 그림 28과 같이 디자인하였다. 사과

선별기에 의해 외부 및 내부 품질 성분이 측정되면, 최종적인 농가별 선과표가 컴퓨터에 의해 출력되어 각 농가로 전송되며, 자료가 선과 조합에 보존될 수 있게 시스템을 제작하는 것이다.

현재로서는 사과 선별기에 의해 측정된 사과의 외부 및 내부 성분을 단지 출력만 할 수 있는 단계에 있으며, 이를 현장에 응용하기 위해서는 계속적인 연구를 수행할 필요가 있다. 그림 29는 종합적인 통제, 제어가 가능한 종합 컨트롤러로서 사과의 내부 품질성분 및 외부 품질성분을 측정할 수 있는 센서들이 탑재되어 있으며, 컨베이어 속도 제어부 등 사과 선별을 위한 주된 구동부로 구성되어 있다.

등급 크기	품종	조합원		고유번호	
	후지	홍길동		12345-1	
	수집년월일	수집량	상자수	선과년월일	수집상태
	981110	1,000	20	981112	양호
	특등	1등	2등	비율	계
20	20	25	5	5%	50개
	5천원	5천원	1천원		11천원
30	20	160	50	23%	230개
	6천원	40천원	8천원		54천원
40	70	250	150	47%	470개
	25천원	80천원	45천원		150천원
50	90	60	40	19%	190개
	40천원	20천원	15천원		75천원
60	25	25	10	6%	60개
	10천원	8천원	3천원		21천원
등급비율	25%	55%	20%	100%	100%
등급계	225개	520개	255개	1,000개	1,000개
	86천원	153천원	72천원	311천원	311천원
당도	비율	평균치 = 16.5%			
10.0	0%				
12.0	5%	**			
14.0	15%	*****			
16.0	45%	*****			
18.0	25%	*****			
20.0	10%	*****			
경도	비율	평균치 = 1.75Kg/cm ²			
0.5	0%				
1.0	20%	*****			
1.5	35%	*****			
2.0	35%	*****			
2.5	5%	**			
3.0	5%	**			

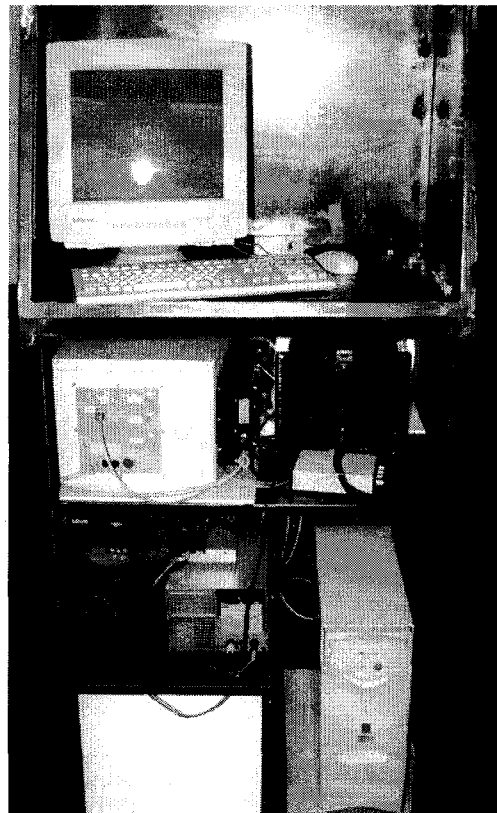
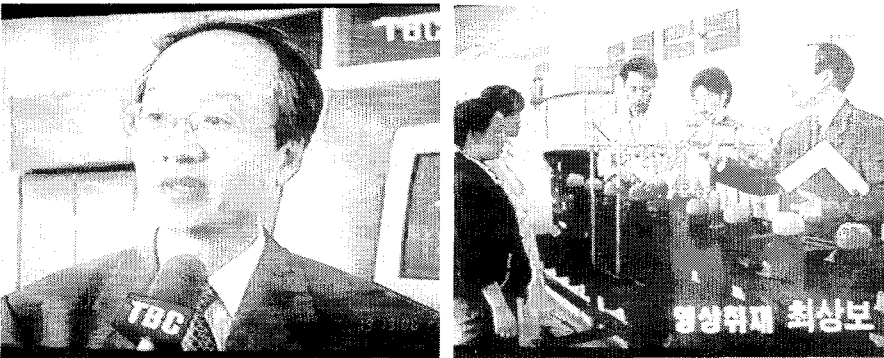


그림 28. 사과 선별기에 의한 자료 그림 29. 제어 시스템을 통합한 콘트롤 박스 정리(예)

요 약

- On-line 선별기 개선 실험은 당초 계획에서 그치는 선이 아니라 보다 효율적인 선별기 개발을 위하여 제어시스템의 통합, 분급대의 확장 및 소음 최소화 작업, 사과 자동 투입 컨베이어 장치의 개발 등 현저한 개선을 수행하였다.
- 밀병과나 내부 갈변과와 같은 이상사과의 경우 저장 중 부패의 가능성이 높은 단점을 가지고 있어 저장고의 효율이 떨어지므로 반드시 선별한 후 저장할 필요가 있는데 본 연구에서 이들 이상과에 대한 선별이 높은 정확도로 사전 검출 가능함을 알 수 있었다.
- 선별기의 시험가동에 의한 자동선별 결과. 크기, 색깔, 당도는 높은 정확도로 분류가 가능하였으며 이들 품질성분의 측정을 위한 검량식을 작성하였다.
- 대구 경북지역의 사과를 구입하여 개발된 품질측정 검량식에 대한 실증실험을 한 결과 높은 정확도로 선별이 가능하였으며 본 연구결과의 성과를 우수하다고 판단하여 TBC 등 방송매체에서 보도 (1999. 5. 11)하였을 뿐만 아니라 관련 단체 연구원을 대상으로 시연회를 개최한 바 있다.
- 개발된 장치의 현장운용 소프트웨어 개발 및 보급에도 많은 UP-DATE를 수행하였다.



<1999년 5월 11일 저녁 8:30 TBC 뉴스 보도 중 일부>

참고문헌

1. Bae, Y. M., S. I. Cho and J. G. Chun, 1996. Measurement of fat content in potatochips by near infrared spectroscopy, Korean J. Food Sci. Technol., 28(5), pp.916-912
2. Bhong J. H. and S. K. Lee, 1995. Changes in cell wall materials of tomato fruits during ripening, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 36(1), pp.57-61
3. Czarnik-Matuszewicz, H. W. and A. Korniewicz, 1995. Near infrared reflectance spectroscopic determination of water, protein and fat in pork liver, Proc. 7th Inter. NIRS Conf., pp.617-619
4. Dull G. G., R. G. Leffler, G. S. Birth and D. S. Smittle, 1992. Instrument for nondestructive measurement of soluble solids in honeydew melons, Transaction of the ASAE, 35, p.735
5. Hiromi, K. Y., O. Yukie, T. Hitoshi and M. Teruyoshi, 1994. Protein content in milk by near-infrared spectroscopy, J. Food Sci., 59(2), pp.313-315
6. Kawano S., H. Abe and M. Iwamoto, 1995. Development of a calibration equation with temperature compensation for determining the brix value in intact peaches, J. Near Infrared Spectroscopy, 3(4), pp.211-218
7. Jones, A. L., 1990. Compendium of apple and pear disease, The American Phytopathological Society Press, U.S.A., p.91
8. Kouno, T., T. Mizuno, H. maeda, T. Aki naga, T. Tanabe and Y. Kohda, 1993. Feasibility studies into NIR technique for measurement of internal quality of some tropical fruits, Proc. Inter. Confer. for agric. Machin. & Process Engineering, Korea
9. Greensill, C. V. and D. S. Newman, 1997. A comparison of simple NIR spectrometer configurations for the determination of total soluble

- solids in fruit, Abstract of the 8th Inter. NIRS Conf., p.43
10. Guthrie, J. B. Wedding and k. Walsh, 1998. Robustness of NIR calibrations for soluble solids in intact melon and pineapple, J. Near Infrared Spectroscopy, 6, pp.259-265
 11. Laura, L. S., 1996. Instrument and operator effects on apple firmness readings, Hortscience, 31(6), pp.994-997
 12. Li W., P. Goovaerts and M. Meurens, 1996. Quantitative analysis of individual sugars and acids in orange juices by near-infrared spectroscopy of dry extract, J. Agric. Food Chem., 44, pp. 2252-2259
 13. Lee S. J., I. J. Jeon and L. H. Harbers, 1997. Near-infrared reflectance spectroscopy for rapid analysis of curds during cheddar cheese making, J. Food Sci., 62(1), pp.53-56
 14. Maeda, H., Y. Ozaki, M. Tanaka, N. Hayashi and T. Kojima, 1995. Near infrared spectroscopy and chemometrics studies of temperature-dependent spectral variations of water : relationship between spectral changes and hydrogen bonds, J. near Infrared Spectroscopy, 3, pp.191-201
 15. McGlone, V. A., H. Abe and S. Kawano, 1997. Kiwi fruit firmness by near infrared light scattering, J. Near Infrared Spectroscopy, 5, pp. 83-89
 16. Mi Ryeong Sohn, 1999. Application of near infrared spectroscopy for quality evaluation of apple fruit, Kyungpook National University, Doctor thesis of graduate school
 17. Nazza G. and E. Miniati, 1993. Anthocyanins in fruits, Vegetables and Grains, CC Press, p.29
 18. Roberts, C. A., K. J. Moore, D. W. Graffis, R. P. 1987. Walgenbach and H. W. Kirby, Quantification of model in hay by near infrared reflectance spectroscopy, J. Dairy Sci. 70, 2560

19. Scotter, C. N. G., 1995. Approaches to the measurement of fruit and vegetable quality parameters using near infrared spectroscopy, proc. 7th Inter. NIRS Conf., pp.625-628
20. Stanley D. W., M. C. Bourne, A. P. Stine and W. V. Wismer, 1995. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots, J. Food Sci., 60(2), pp.327-333
21. Tanaka M. and T. Kojima, 1996. Near-infrared monitoring of the growth period of japanese pear fruit based on constituent sugar concentrations, J. Agric. Food Chem., 44, pp.2272-2277
22. Wold, J. P. and T. Isaksson, 1997. Non-destructive determination of fat and moisture in whole atlantic salmon by near infrared diffuse spectroscopy, J. Food Sci., 62(4), pp.734-736