

발간등록번호

11-1543000-001233-01

사과우량묘목 생산에 있어서 봄철 수액누출에 의한
결주 발생 경감기술 개발

(Development of reducing techniques of missing plant
caused by bleeding sap in the production of
well-feathered apple trees.)

경산키낮은사과묘목 영농조합법인

농 립 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “사과우량묘목 생산에 있어서 봄철 수액누출에 의한 결주 발생 경감기술 개발”
과제의 보고서로 제출합니다.

2016년 2월 14일

주관연구기관명 : 경산키낮은사과묘목영농조합법인

주관연구책임자 : 배 준 우

연 구 원 : 서 은 성

연 구 원 : 권 준 형

연 구 원 : 한 수 곤

연 구 원 : 박 인 희

요 약 문

I. 제 목

사과우량묘목 생산에 있어서 봄철 수액누출에 의한 결주 발생 경감기술 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

당초 목표	연구개발 실적	달성율
① 수액누출로 인한 피해율 경감	- 처리구(7%)와 무처리구(20%)간의 차이로 고사율 경감을 확인.	100%
② M.9대목과 M.26대목의 시기별 근압 변화 측정	- 자체 제작한 근압측정장치를 활용하여 휴면기에서 생육기동안의 변화를 측정하여 기초자료로 활용	100%
③ 수액누출 경감기술 개발	- 다양한 처리(관수, 단근, 절단, 지온)에 따른 영향을 확인하여 고사율 경감방안 개발	100%
④ 크넵바움(2년생 우량측지묘)의 안정적 생산	- 고사율을 줄여줌으로써 지속적인 안정적 생산이 가능하게 되었으며 묘목산업 발전에 기여	100%

- 고밀식 사과재배체계의 정착을 위해서는 자근 왜성대목에 측지가 충분하게 발생한 우량한 묘목의 공급이 필수적임.
- 우량대묘를 생산하기 위하여 접목 당년에는 회초리 묘목 상태로 키운 다음 이듬해 봄에 지면 60cm 높이에서 절단하여 상단 새순을 키우면서 호르몬처리를 하여 측지를 받아내는 방법으로 2년에 걸쳐 묘목(Knip-baum)을 생산하고 있음.
- 그러나 절단면에 수액이 누출되면서 하단의 새순이 말라죽는 현상으로 해에 따라 결주율이 심한 경우 약 40%까지 달해 묘목업체의 손실이 막대하였으나 본 기술 개발을 통해 득묘율과 소득이 함께 상승하는 성과가 있었음.
- 본 과제를 통해 수액누출의 원인을 찾고 그 피해를 경감할 수 있는 기술을 개발하였으며 2년생 우량 측지묘목을 안정적으로 생산할 수 있는 토대를 마련함.
- 아두이노기판을 이용한 근압측정장치를 자체 제작, 활용함으로써 기초자료 도출이 용이하게 되었음.
- 개발된 기술은 현장에 공개, 보급함으로써 묘목산업 발전에 기여가 가능함.

III. 연구개발의 목적 및 필요성

- M.9 대목을 이용한 고밀식 사과재배체계는 조기에 다수확을 실현할 수 있을 뿐 아니라 고품질사과를 저비용으로 생산할 수 있는 장점에 때문에 전국적으로 빠르게 보급되고 있음.
- 충분한 측지가 부착된 우량한 묘목을 심어 조기에 수관을 완성하면서 2년차부터 결실을 시켜 수세를 안정시켜야만 성공적인 밀식재배가 가능함.
- 대부분의 묘목업체에서는 접목당년에 과다한 시비로 가을까지 웃자라게 하면서 BA처리로 무리하게 측지발생을 유도하는 방법으로 묘목을 생산하여 판매하고 있음.
- 이러한 묘목은 재식당년에 고사율이 높을 뿐 아니라 수관 구성과 조기결실에 어려워 고밀식재배의 장점을 살리지 못하고 고전하는 농가가 적지 않음.
- 경산키낮은사과묘목영농조합법인과 배준우 대표는 2008년 경북농민사관학교의 정예사과농업인 이탈리아 남티롤 연수과정에 자비로 참여하여 이탈리아의 앞선 묘목생산기술을 접하고 2009년부터 접목 2년생 묘목인 우량 측지대묘(Knip baum)를 생산하기 시작하였음.
- 2011년에 남티롤 연수자인 영천시 신령면 신덕농장(대표:신종협)에 우량측지대묘를 공급하여 고밀식 사과재배에 있어서 우량측지대묘의 재식이 성공의 전제조건이라는 것이 입증되고 주변으로 확대되면서 우량 측지대묘의 수요가 폭증하고 있음.
- 그러나 접목 2년차에 측지를 받기 위하여 회초리 묘목을 지면 60cm 높이에서 절단을 하면 수액이 흘러나와 아래의 새순을 괴사시켜 결주를 유발하는 심각한 문제에 직면하고 있으며 2013년의 경우 결주율이 약 40%에 달하여 6만주가 고사하여 8억원 이상의 손실을 입었음.
- 유럽과 일본에서는 수액누출문제가 크지 않은데, 유럽의 경우 겨울철 습도가 높고 온도변화가 적기 때문에 수액누출에 의한 피해가 우리에게 비해 적으며 접수 절단시기 조절을 통해 이를 극복하고 있음. 일본의 경우는 접목 당해 연도에 완성묘목을 생산하고 있어 이러한 문제가 나타나지 않고 있으며 우리나라에서도 1년생 묘목생산에서는 수액누출이 문제되지 않고 있음.
- 또한 수액누출로 인한 묘목 고사현상은 동해와 전혀 다른 피해양상으로 3월 중·하순경 접수 절단면에 수액이 누출되어 새순의 생장점이 괴사되는 현상이며 이와 관련된 별도의 연구가 필요함.
- 묘목 생산에 1년을 더 소요되는 상황에서 수액누출에 의한 높은 결주율은 묘목업체의 경영악화의 큰 원인으로 작용하여 대부분의 묘목업체는 2년생 우량대묘생산을 기피하고 있음.

IV. 연구개발 내용 및 범위

- M.9와 M.26 대목에 ‘후지’ 품종을 절접한 1년생 묘목을 공시하여 시험을 진행하였으며 피복구, 절단구, 단근구, 관수구를 두어 양 대목의 근압 양상을 비교하고 처리별로 수액누출에 따른 묘목고사 현상을 조사하였음.

- 토양조건에 따른 근압의 변화를 확인하기 위해 피복 재료를 달리한 처리구와 관수 처리구를 두고, 수액누출 경감 방안을 알아보기 위해 뿌리절단과 처리구와 절단시기를 달리한 처리구를 두고 시험함.
- 피복 재료별 처리는 청경구를 대조구로 두고 흑색비닐과 투명비닐 멀칭 처리를 하였으며 관수 여부에 따른 근압의 변화 양상을 알아보기 위해 자연강우상태의 무관수 처리와 점적관수에 의한 관수 처리구를 두었음.
- 또한 접수 절단(Knip) 시기에 따른 근압의 변화를 측정하기 위해 지면으로부터 70cm 높이에서 각각 다른 시기에 절단(Knip) 처리를 하였으며 뿌리 절단에 의한 근압의 변화 양상을 보기 위해서는 1면 뿌리절단, 2면 뿌리절단, 그리고 뿌리절단을 하지 않은 무처리구를 대조구로 두었음.
- 근압을 측정하기 위해 전자식 텐시오미터의 원리를 응용하여 자체 제작한 장치를 활용하여 근압의 양상을 관찰함.
- 근압의 발생과 관련하여 지온, 토양수분포텐셜을 측정하였으며, 수액누출에 의해 고사된 묘목의 수를 조사하여 처리구별 결주율을 조사함과 동시에 전 처리구를 대상으로 처리구별 묘목소질을 조사함.

V. 연구개발결과

- 피복 재료에 따른 근압의 경우 M.9 대목과 M.26 대목 모두 흑색비닐 멀칭구, 투명비닐 멀칭구, 청경구 순서로 높게 나타났으나 M.26 대목은 투명비닐 멀칭구와 청경구가 비슷한 근압의 양상을 보임.
- M.9 대목은 3월 하순에 시작하여 4월 상순까지 하루 최대 104~269hPa의 근압을 보였으나 M.26 대목은 같은 기간 21~65hPa에 불과하여 M.9 대목이 M.26 대목보다 높은 근압이 발생하는 것을 확인할 수 있었음.
- 관수여부에 따른 근압의 변화는 M.9 대목의 경우 3월 하순부터 근압이 발생하여 관수구에서는 최대 303hPa의 근압을 보이다가 4월 중순부터는 근압이 미미하게 측정된 반면 무관수구에서는 4월 중순까지 최대 65hPa의 근압을 보이다가 서서히 줄어드는 경향을 보임. 반면, M.26 대목에서는 관수 여부에 따른 차이가 나타나지 않았음.
- 절단시기를 달리함에 따라 근압이 어떻게 변화하는지 알아보기 위하여 3월 9일, 4월 2일, 4월 23일에 각각 절단처리를 한 다음 변화를 조사한 결과 M.9 대목에서는 절단 처리를 한 후 일시적으로 근압이 높아지는 경향이 있었으나 M.26 대목에서는 절단 시기에 관계없이 전체적으로 근압 발생정도가 높지 않았으며 처리구간의 근압 양상도 비슷하게 조사되었음.
- 결주율에 따른 차이를 비교해보면 근압이 높게 나타나는 4월 상순 뿌리절단을 한 결과 M.9의 경우 무처리 결주율 20%에 비해 단면 뿌리절단 10%, 양면 뿌리절단 7%로 뿌리절단이 결주율 감소에 효과가 있음이 확인됨.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 학술발표

- 발표연도: 2015년
- 논문명: 토양피복과 뿌리절단이 M.9와 M.26 대목 '후지' 묘목의 근압에 미치는 영향
- 학회명: 한국원예학회
- 발표형태: 구두발표

2. 교육

- 강사: 배준우(경산키낮은사과묘목 영농조합법인 대표이사)
- 강의주제: 선진농가노하우
- 장소 및 일시: 경산종묘기술개발센터, 2015년 6월 23일

3. 인력양성

- 성과연도: 2015년
- 대상: 석사(여 1명)

4. 향후 활용계획

- 최대 30%에 달하는 수액누출에 의한 결주 발생률을 10% 이하로 경감
- 2년생 우량묘목의 안정적 생산을 통한 고밀식 재배에 적합한 우량묘목의 경제적 생산
- 한계요인 극복을 통한 2년생 크넵바움 묘목의 안정적 생산기반 구축과 공급 확대
- 고밀식 사과재배체계의 조기정착을 통한 사과산업 경쟁력 제고

SUMMARY

I. Project title

Development of reducing techniques of missing plant caused by bleeding sap in the production of well-feathered apple trees.

II. Research Goal vs. Research Accomplishment

Object	R&D Accomplishment	Output
Reduction of missing plant rate from Sap bleeding.	Identifying the differences between the treated and non-treated block.	100%
Measurement of seasonal changes of root pressure in M.9 and M.26 rootstock.	Measuring the seasonal changes of root pressure by self made measurement device	100%
Development of reducing techniques of sap bleeding.	Developing the reducing techniques of sap bleeding by diverse treatment method	100%
Stable production of well feathered apple nursery 'Knip-baum'.	Stable production of well feathered apple nursery and it contribute to the nursery industry	100%

III. Objective and importance of the Project

- For establishment of the high plant density apple orchard well-feathered knip-tree is necessary. However sap bleeding from heading cut of whip tree for knip-tree caused high rate of missing rate in production of 2 years old nursery tree in Korea.
- This experiment was performed to solve the this problem with one year 'Fuji' nursery apple trees on M.9 and M.26 rootstocks.

IV. Main Scope and Contents of the Project

- Identifying the differences between the treated and non-treated block.
- Measuring the seasonal changes of root pressure by self made measurement device
- Developing the reducing techniques of sap bleeding by diverse treatment method
- Stable production of well feathered apple nursery and it contribute to the nursery industry

V. Results of the Project

- Root pressure was detected from late March and reached its peak in early April.
- Root pressure in both rootstocks was higher in black P.E film and transparent P.E. film mulching than in clean culture. M.9 showed much higher root pressure with maximum 269hPa compared to 65hPa of M.26. Missing rate in production of two years well-feathered trees with M.9 caused by sap bleeding with root pressure was 47% in transparent P.E film mulching, 17% in black P.E film and 10% in clean culture. In the case of M.26, tree was missed only 7% in transparent P.E film mulching but not in black P.E film mulching and clean culture.
- Irrigation might have effect on root pressure of M.9 because it was 303hPa in irrigated but 65hPa in no-irrigated.
- Late heading cut of scion decreased the missing rate of M.9 showing 27% on March 9, 20% on April 2 and 7% on April 23. However no tree of M.26 was missed.
- Root pruning in early April was effective to reduce missing rate of M.9 showing 7% missing in both sides root pruning, 10% in one side root pruning and 20% in no-treated control.
- Quality of nursery trees in both sides root pruning was little lower compared to intact trees, but not significantly except feather number in M.26.

VI. Study achievements and achievement

- Establishment of stable nursery production system.
- Achievement of the national competitive edge in the global competition.

CONTENTS

Chapter 1. Overview of Research projects	10
Chapter 2. Current research activities in domestic or foreign countries	12
Chapter 3. Research activities and Results	14
Chapter 4. Achievements and Contribution to related era	29
Chapter 5. Research outcomes and applications	30
Chapter 6. Scientific informations in the middle of research projects	32
Chapter 7. Current state of research facilities and equipment	33
Chapter 8. State of laboratory safety management	34
Chapter 9. References	35

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 및 성과목표	10
제 1절	연구개발과제의 개요	10
제 2절	성과목표	10
제 2 장	국내외 기술개발 현황	12
제 1절	기술개발현황	12
제 2절	국외 선진 묘목생산기술	12
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	14
제 1절	이론적, 실험적 접근방법	14
제 2절	연구내용 및 연구결과	16
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	29
제 1절	연구개발 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	29
제 2절	평가의 착안점	29
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	30
제 1절	연구개발 성과	30
제 2절	연구성과 실용화·산업화 계획	31
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	32
제 7 장	연구시설·장비 현황	33
제 8 장	연구실 안전관리 이행실적	34
제 9 장	참고문헌	35

제 1장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

제 1절 연구개발과제의 개요

- 조기 다수확과 관리의 편의성으로 M.9 대목을 이용한 고밀식 사과재배가 빠르게 확산되고 있다. 고밀식 사과재배의 정착을 위해서는 자근 왜성대목의 측지가 충분하게 발생한 우량한 묘목의 공급이 필수적이다. 우량대묘란 지면 15~20cm 내외의 높이에 품종이 접목되어 접목부 상단의 줄기직경이 13mm이상이고, 지면 60cm 높이에서부터 적어도 5~6개의 분지각도가 넓은 측지가 부착된 묘목을 말한다(Yoon, 2001).
- 우량대묘를 생산하기 위해서 접목 당년에는 회초리 묘목 상태로 키운 후, 이듬해 봄에 지면 70cm 높이에서 절단하여 상단 새순을 키우면서 호르몬처리를 하여 측지를 받아내는 방법으로 2년에 걸쳐 묘목(Knip-baum)을 생산하는 것이 바람직하다. 이러한 방법으로 생산한 우량대묘는 고밀식 사과원의 수형 구성과 조기결실을 실현시켜 결실과 생장의 안정을 가져오며 이는 곧 성공적인 밀식재배로 이어질 수 있다(Kwon, 2012).
- 대부분의 사과재배 선진국에서는 M.9 대목과 같은 왜성대목을 이용하여 2년생 우량대묘를 사용한 밀식재배가 일반화되어 있다. 이는 목표 수형과 수관을 쉽게 달성할 수 있을 뿐 아니라 2년차부터 결실을 시작하여 주어진 공간에서 성장과 결실의 제한이 용이하기 때문이다. 따라서 단순히 덧가지의 수뿐만 아니라 근권부의 발달, 측지의 공간적 배치 역시 우량묘목의 중요한 조건 중의 하나인데 2년에 걸쳐 생산하는 묘목이 우량대묘의 생산에 매우 유리하다.

제 2절 성과목표

- 묘목을 생산하는 과정에서 접목 2년차 봄 절단면에 수액이 누출되면서 하단의 새순이 말라죽는 현상으로 우리나라에서 결주율이 유독 높은데 심한 경우 약 40%까지 달해 경제적인 손실이 막대한 상황이다.
- 수액누출의 원인은 일비현상과 같은 근압이 주원인일 것으로 추정된다. 일부 묘목업체들은 뿌리절단을 통해 일시적으로 뿌리활력을 떨어뜨려 근압에 의한 수액누출 문제를 경감시키는 노력을 하고 있으나 뿌리절단 작업이 묘목업체의 입장에서 보면 쉽지 않은 작업이다. 수액누출로 인한 묘목의 고사현상은 동해와 전혀 다른 양상으로 3월 중·하순경 접수 절단면에서 수액이 누출이 시작되면서 아래쪽의 발아하는 새순의 생장점이 괴사하거나 활력이 떨어지면서 서서히 말라서 결주가 된다.
- 측지 발생이 잘된 우량대묘를 생산하기 위하여 추가로 1년을 더 투자하는 상황에서 수액누출에 의한 높은 결주율은 경영악화에 큰 원인으로 작용하여 대부분의 묘목업체가 2년생 우량대묘의 생산을 기피하고 있다.

- 이는 측지발생이 충분한 우량대묘를 안정적으로 공급하여 고밀식 사과재배 체계를 조기에 정착시키는데 하나의 제한요인이 되고 있다.
- 따라서 봄철 절단면의 수액누출의 원인으로 추측되는 근압의 양상을 알아보고 2년생 우량대묘의 득묘율을 높일 수 있는 방안을 찾고자 본 연구를 수행하였다.

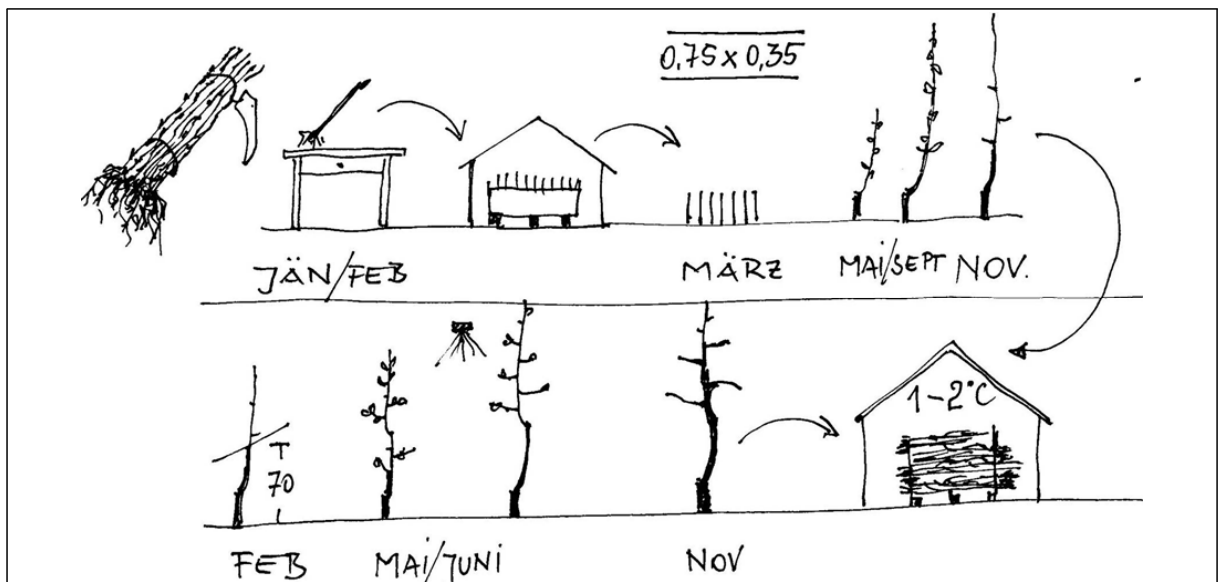
제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 기술개발 현황

- 유럽과 일본에서는 수액누출 문제가 크지 않은데, 유럽의 경우는 겨울철 습도가 높고 온도변화가 적은 기상요인 때문에 우리에게 비해 수액누출 문제가 적으며 접수 절단시기 조절을 통해 이런 문제를 해결하고 있다.
- 일본의 경우는 접목 당해 연도에 묘목을 생산하기 때문에 문제가 나타나지 않고 있으며 우리나라에서도 1년생 묘목생산에서는 수액누출이 문제가 되지 않는다.

제 2절 국외 선진 묘목생산 기술

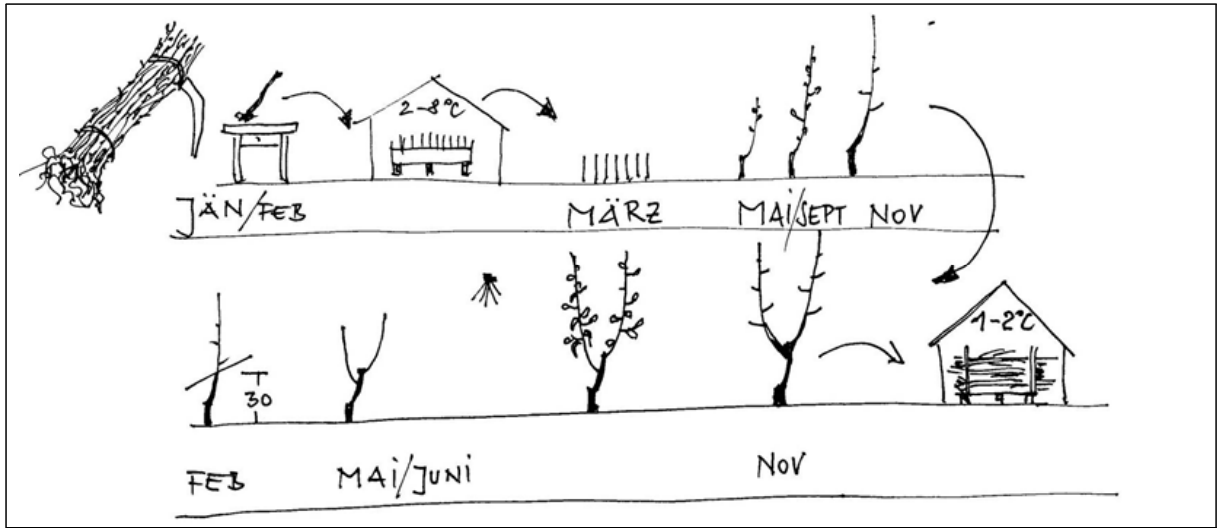
- 밀식재배에 있어 이상적인 충분한 수의 측지가 발달된 우량 묘목을 생산하는 방법이 네덜란드에서 개발되어 유럽으로 파급되었는데 'Knip-boom'이라 하여 대목 재식 당년에 눈접을 하고 2년차에는 회초리 상태로 키웠다가, 3년차 봄에 지면 50~60cm 높이에서 절단하고 상단의 새순 1개만 강하게 키우면서 BA나 Promalin 등의 성장조절제를 처리하여 충분한 수의 측지를 발생시키는 방법(Stainer, 1996).
- 2년생 묘목(Knip-baum)을 생산, 판매함으로써 고밀식사과원의 수형구성과 조기결실을 실현시켜 결실과 생장의 안정을 가져온다.
- 2년생 우량대묘(크넵바움) 생산과정



- 최근에는 유럽에서 초밀식으로 사과나무를 재배하는 농가가 늘면서 2축형 묘목(비바움, Bi-baum)의 생산비용이 증가하고 있으며 개원비용이 절감되는 장점과 수세가 강한 품종일 경우 2개의 주간으로 세력이 분산되어 밀식재배에 유리한 점을 가지고 있는 묘목임.
- 이탈리아에서 개발된 방법으로 2축형 묘목은 한 번의 절접으로 2개의 주간을 만드는 방

법과 두가리 변의 눈점으로 2개의 주간을 만들어내는 방법이 있음.

- 2축형(비바움, Bi-baum) 생산과정



제 3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1절 이론적, 실험적 접근방법

1. 시험구 배치

토양조건에 따른 근압의 변화를 보기 위해 피복 재료를 달리한 처리구와 관수 처리구를, 수액누출 경감을 위해 뿌리절단과 절단시기를 달리한 처리구를 두었다.

피복 재료별 처리는 3월 6일 비닐을 벗겨낸 청경구를 대조구로 두고 흑색비닐과 투명비닐 멀칭 처리를 하였으며 관수여부에 따른 근압의 변화를 보기 위해서 자연강우상태의 무관수 처리와 점적관수에 의한 관수 처리구를 두었다. 또한, 접수 절단(Knip)시기에 따른 근압의 변화를 측정하기 위해서 3월 9일, 4월 2일, 4월 23일에 지면으로부터 70cm 높이에서 각각 절단(Knip)처리를 하였으며 뿌리 절단에 의한 근압의 변화를 알아보기 위해 4월 2일에 1면 뿌리절단, 2면 뿌리절단을 하였고 뿌리절단을 하지 않은 처리구를 대조구로 두었다. 뿌리절단 방법은 주간에서 15cm 위치에서 25cm 깊이로 주당 한 번씩 삽을 비스듬히 찔러 넣는 방법으로 하였다. 시험구 배치는 10주를 1블록으로 하여 난괴법 3반복으로 배치하였다.



Fig. 1. Different treatments in this experiments; mulching materials(left), root pruning by plunging a spade(centre) and knip times(right).

2. 조사방법

가. 아두이노기판을 활용한 근압측정장치 자체 제작, 활용

근압을 측정하기 위해 Thalheimer(2013)의 전자식 텐시오메터의 원리를 응용하여 자체 제작한 장치(Fig, 2)를 활용하였다. 마이크로컨트롤러가 내장된 아두이노 나노(Atmega328, Microcontroller)에 압력센서(MPX5100DP)를 연결하여 1시간 단위로 근압을 측정하도록 모니터링 프로그램을 설치한 후 처리구당 2주를 택해 주간부 절단면에 20cm 길이의 실리콘튜브를 끼워 압력이 세지 않도록 클립으로 고정하고 윗부분에는 압력센서를 연결하여 클립으로 고정하였다.

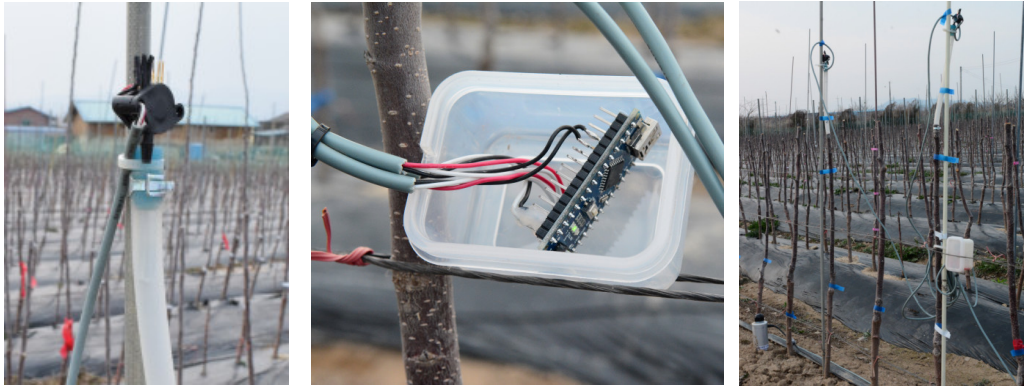


Fig. 2. Electronic pressure measurement devices for monitoring of root pressure. Operating pressure is 0 to 100kPa in temperature between -40 and 125°C.

나. 지온센서 설치

지온은 지온센서(Mi-rae sensor, WT-1000, Dataloger WP700)를 각 처리구별로 12cm 깊이에 설치하여 지온을 30분 간격으로 측정하였다.

다. 전자식 텐시오미터 설치

토양수분포텐셜은 Thalheimer(2013)의 전자식 텐시오미터를 각 처리구별로 20cm 깊이에 설치하여 1시간 단위로 토양내 수분포텐셜을 조사하였다.

라. 결주율 조사

결주율 조사는 수액누출에 의해 고사된 묘목의 수를 조사하여 처리구의 총 묘목수와 대비해 백분율(%)로 나타내었다.

마. 묘목소질 조사

처리구별 묘목소질은 1차로 3월 9일경 전 처리구를 대상으로 수고, 접수직경, 측지 수 및 길이를 조사하였다. 최종 성장조사는 12월 2일 전 처리구를 대상으로 수고를 조사하고 접목부 5cm 높이에서 접수의 줄기직경, 측지 길이와 수를 조사하였다.

제 2절 연구내용 및 연구결과

1. 피복 재료에 따른 지온 변화

피복 재료에 따른 지온 변화는 투명비닐 멀칭과 흑색비닐 멀칭처리구가 청경구에 비해 최고 지온이 시험기간 동안 전반적으로 높은 경향을 보였다(Fig. 3). 사공 등(2011)의 보고에 따르면 3월 말의 피복재료 별 온도 차이는 무피복에 비해 흑색비닐 멀칭구는 1.6°C, 투명비닐 멀칭구는 4.6°C 더 높았으며 6월 이후부터는 지온차이가 줄어들어 가는 경향을 보였다고 한다. 본 실험에서도 피복재료에 따른 지온이 3월 28일경에는 투명비닐 멀칭처리구, 흑색비닐 멀칭처리구, 청경구 순으로 높았으나 후기로 갈수록 지온차이는 비슷한 경향을 보였다.

멀칭재료에 따른 사과묘목의 수체생장은 6월 말경(접목 후 75일)까지는 피복구가 청경구보다 월등히 뛰어나 초기생장이 양호하였다. 피복재료 간에는 흑색비닐 멀칭구가 투명비닐 멀칭구에 비해 생육이 좋기는 하였으나 통계적 유의성이 있을 정도는 아니었다.

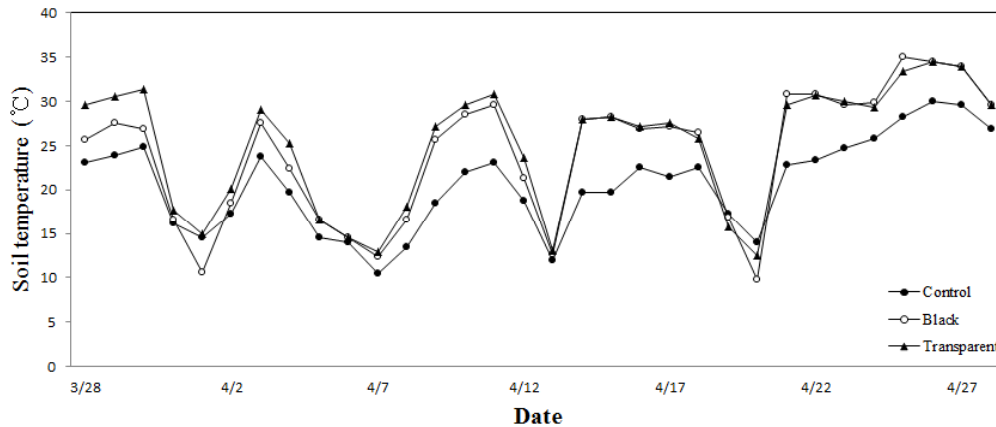
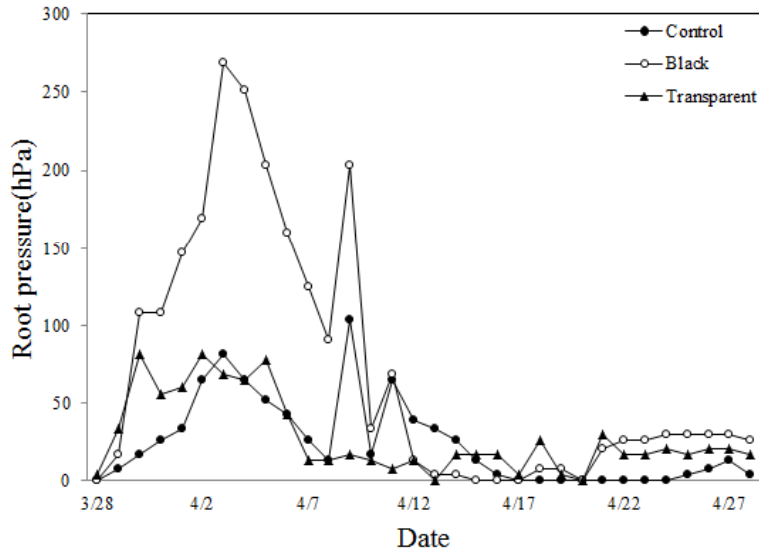


Fig. 3. Changes of soil temperature at 12cm depth under different mulching materials and clean culture as control.

2. 피복 재료에 따른 근압 변화

피복재료에 따른 근압은 M.9과 M.26 대목 모두 흑색비닐 멀칭구, 투명비닐 멀칭구, 청경구 순서로 높게 나타났는데 M.26은 투명비닐 멀칭구와 청경구가 비슷한 근압의 양상을 보였다 (Fig. 4).

M.9



M.26

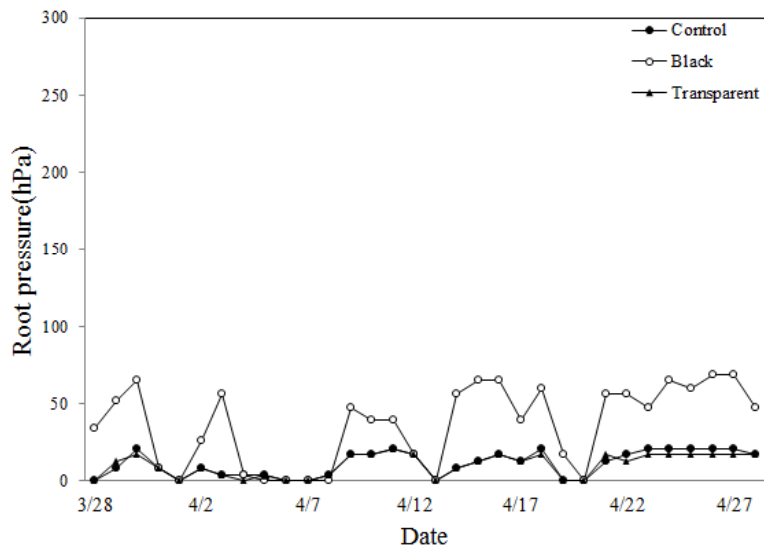


Fig. 4. Changes of root pressure under different mulching materials and clean culture as control.

특이한 것은 M.9과 M.26대목 모두 다른 두 처리구에 비해 흑색비닐 멀칭구가 근압이 상대적으로 높게 나타났는데 처리당 2주의 근압을 측정할 관계로 이러한 근압의 차이가 피복 처리에 의한 결과로 단정하기는 어려웠다.

한편, M.9 대목은 3월 하순에 시작하여 4월 상순까지 하루 최대 104~269hPa의 근압을 보였으나, M.26 대목은 같은 기간 21~65hPa에 불과하여 M.9 대목이 M.26 대목보다 높은 근압이 발생한다는 것을 알 수 있었다.

수액 누출 현상은 M.9 대목 투명비닐 멀칭구에서 3월 24일에 수액 누출현상이 가장 먼저 관찰되었고(최고지온 : 투명비닐 멀칭구 : 26°C, 흑색비닐 멀칭구 : 22.3°C, 청경구 : 18.8°C), 이어서 3월 28일에 흑색비닐 멀칭구에서도 수액누출 현상이 관찰되었다.(최고지온 : 투명비닐 멀칭

구 : 23.1℃, 흑색비닐 멀칭구 : 25.6℃, 투명비닐 멀칭구 : 29.6℃) 또한, M.26 대목에서도 투명비닐 멀칭구를 시작으로 수액누출현상이 관찰되기 시작하였다. 3월 28일 이후에는 M.9과 M.26 대목 모두 청경구에서도 수액이 누출되는 것을 확인할 수 있었다.

결주율은 M.9 대목과 M.26 대목간의 차이가 있었다. 청경구에서 M.9 대목은 10%의 결주율을 보였으나 M.26 대목은 결주가 한 주도 나오지 않았다. 마찬가지로, 흑색비닐 멀칭구는 M.9 대목이 17%의 결주율을, 투명비닐 멀칭구는 47%의 결주율을 보였으나, M.26 대목은 투명비닐 멀칭구에서만 7%의 결주율을 보였다(Table 1).

Table 1. Missing plant rate in production of nursery apple trees with different mulching materials.

Treatment	M.9	M.26
Control (clean culture)	10%	0%
Black P.E. film	17%	0%
Transparent P.E. film	47%	7%

처리구별 초기 생육상태 역시 M.9 대목보다는 M.26 대목이 전체적으로 양호했으며, 특히 M.9 대목은 투명비닐 멀칭구의 묘목이 거의 대부분 고사하는 것처럼 보였으나 뒤늦게 생육이 진행되기도 하였다(Fig. 5).

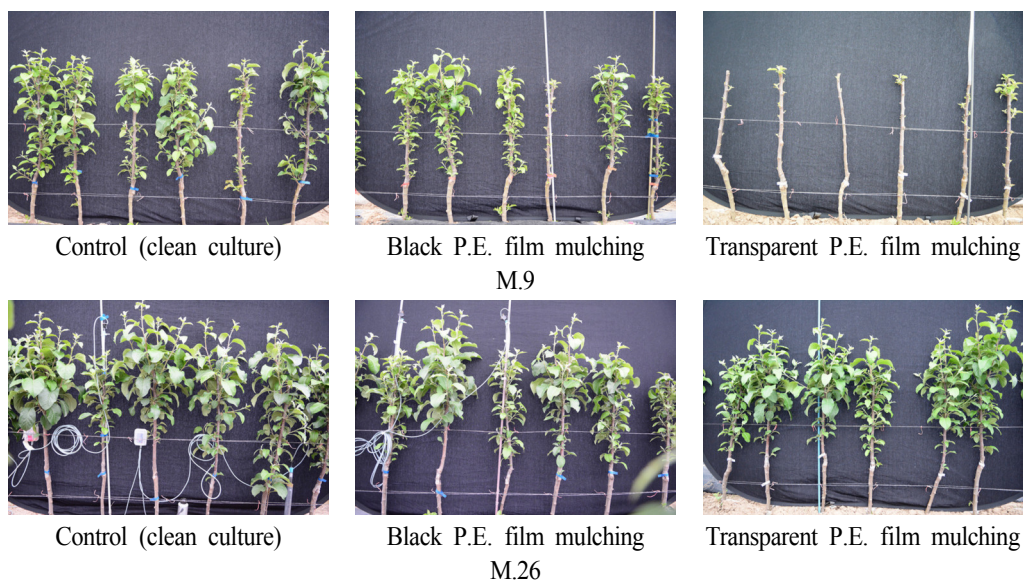


Fig. 5. Growth status of nursery apple trees on M.9 and M.26 with different mulching materials on May 11, 2015.

생육이 다른 처리구보다 특히 느리게 진행되었던 M.9 대목의 투명비닐 멀칭 처리구는 묘목 소질 조사 결과 수고는 189.3cm, 측지 수는 12.2개로 수고가 220,5cm로 나타난 청경구와 209.5cm로 조사된 흑색비닐 멀칭구에 미치지 못했으며 총신초성장량에서는 청경구 915.6cm, 흑색비닐 멀칭구 779.8cm, 투명비닐 멀칭구 622.6cm로 처리구간에 차이가 있었으나 통계적 유의성은 없었다.

M.26 대목은 수고와 측지 수, 총신초생장량이 흑색비닐 멀칭구가 다른 처리구보다 많았으나 처리구간의 유의성을 확인할 수는 없었다(Table 2).

Table 2. Effect of different mulching materials in production of nursery apple trees.

Rootstock	Treatment ^z	Total shoot growth (cm)	Avg. shoot length (cm)	Tree height (cm)	Trunk diameter (mm)	No. of shoots per tree
M.9	Control	915.6 a	50.8 a	220.5 a	20.2 a	18.5 a
	Black P.E. film	779.8 a	46.7 a	209.5 ab	19.8 a	15.7 ab
	Transpar-P.E. film	622.6 a	54.0 a	189.3 b	20.2 a	12.2 b
M.26	Control	749.2 a	42.1 a	235.3 a	19.2 a	18.5 a
	Black P.E. film	914.7 a	44.8 a	238.6 a	18.6 a	20.5 a
	Transpar-P.E. film	801.9 a	40.4 a	234.3 a	18.6 a	19.8 a

^zTreatment of different mulching material applied on 6 March, 2015.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

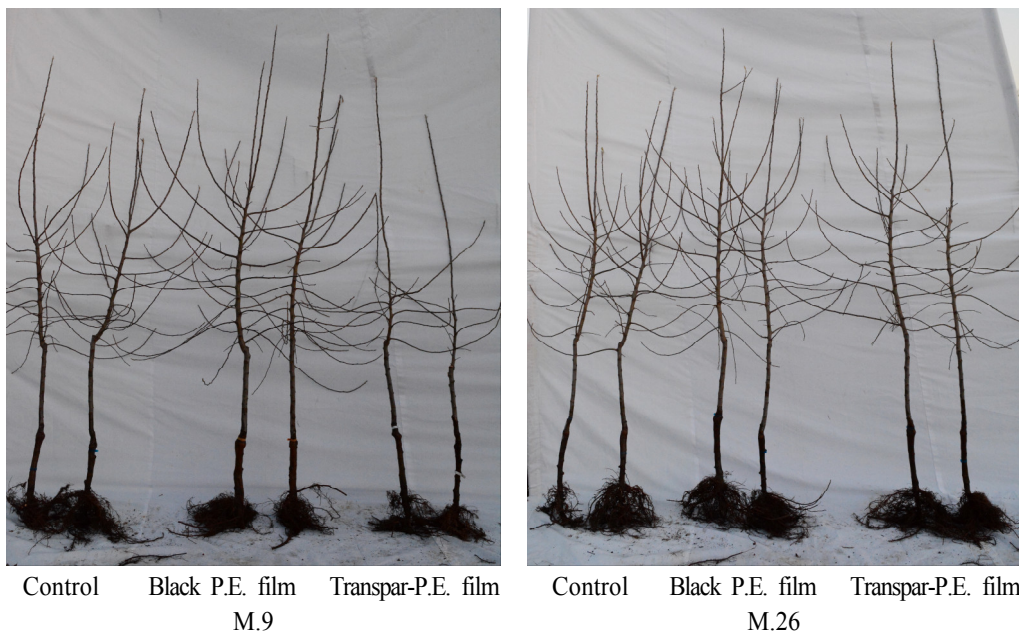
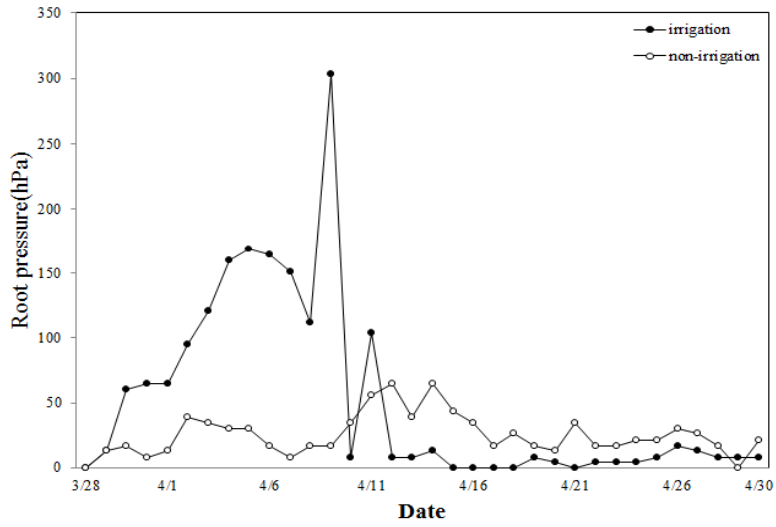


Fig. 6. Comparison of nursery apple tree quality produced with different mulching materials.

3. 관수에 따른 근압 변화

관수 여부에 따른 근압의 변화를 확인하기 위해 무관수구를 따로 두어 근압의 변화양상을 조사하였다. M.9 대목에서는 3월 29일부터 근압이 발생하기 시작하였는데 관수구에서 4월 11일까지 최대 303hPa의 높은 근압을 보이다가 4월 중순부터는 근압이 미미하게 측정된 반면, 무관수구에서는 4월 14일까지 최대 65hPa의 근압을 보이다가 서서히 줄어드는 경향을 보였다. M.26 대목에서도 3월 29일부터 근압이 발생하기 시작하였으나 관수 여부에 따른 차이는 나타나지 않았으며 4월 하순까지 4~17hPa의 근압이 측정되었다(Fig. 7).

M.9



M.26

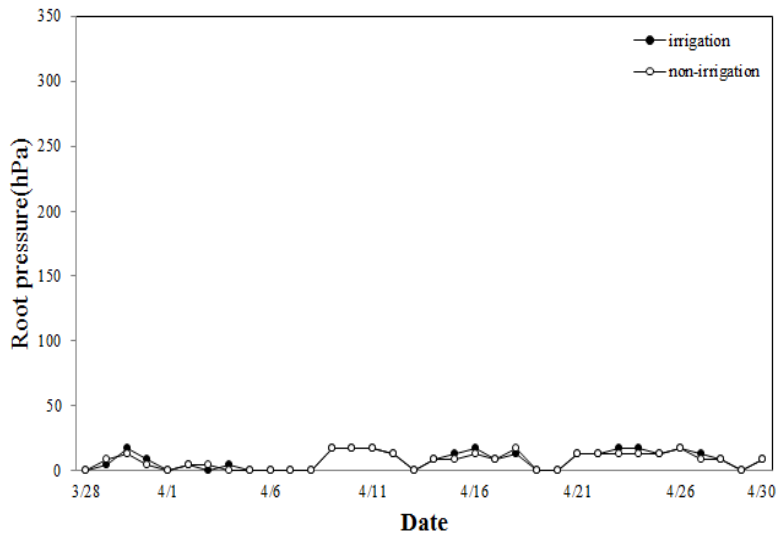


Fig. 7. Changes of root pressure with different water managements.

그러나 관수 여부에 따른 토양 수분은 잦은 강우로 인해 토양 내 수분상태가 처리구간 차이가 없었고 지온 역시 차이를 보이지 않았으며(자료 미제시) 처리당 2주의 근압을 측정된 관계로 M.9 대목과 M.26 대목간의 근압 발생 정도의 차이가 어떤 요인에 의한 결과인 지는 확인할 수 없었다.

관수처리에 따른 수액누출에 의한 결주율은 M.9 대목의 관수구는 27%, 무관수구는 37%로 조사되어 높은 결주율을 보인 반면 M.26 대목의 관수구는 3%, 무관수구는 0%로 낮은 결주율을 보였다(Table 3).

Table 3. Missing plant rate in production of nursery apple trees with different water managements.

Treatment	M.9	M.26
Irrigation	27%	3%
Non-irrigation	37%	0%

처리구별 초기 생육상태는 M.9 대목보다 M.26 대목이 좋았으며 관수구 보다는 무관수구의 생육상태가 양호한 편이었다(Fig. 8).

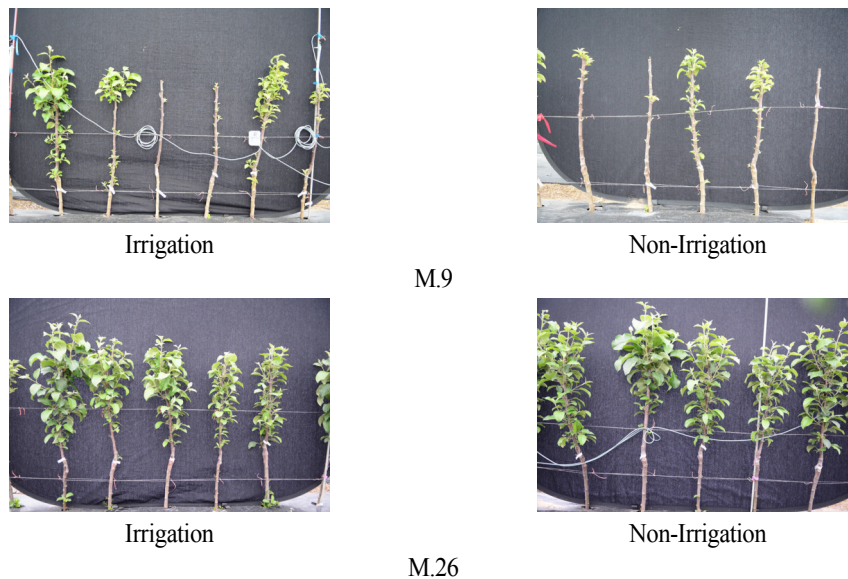


Fig. 8. Growth status of nursery apple trees with different water managements on May 11, 2015

그러나 최종 성장조사 결과 관수구와 무관수구의 토양환경 차이가 없음에 따라 묘목의 수고와 접수 직경, 측지 수, 성장량 등 묘목의 소질 차이는 발견되지 않았다(Table. 4).

Table 4. Effect of different water managements in production of nursery apple trees.

Rootstock	Treatment ^z	Total shoot growth (cm)	Avg. shoot length (cm)	Tree height (cm)	Trunk diameter (mm)	No. of shoots per tree
M.9	Irrigation	742.7 a	43.3 a	222.3 a	19.3 a	17.3 a
	Non-irrigation	788.3 a	44.5 a	209.5 a	21.5 a	17.5 a
M.26	Irrigation	835.5 a	44.8 a	231.5 a	19.7 a	18.6 a
	Non-irrigation	801.0 a	43.1 a	231.7 a	19.7 a	18.6 a

^zTreatment of irrigation and non-irrigation applied on 6 March, 2015.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

또한, 생육 초기에는 관수구보다 무관수구의 생육 상태가 더 양호하였으나 최종 생육조사에서는 관수구와 무관수구 사이에 차이 없이 생육이 모두 양호하였으며, 대목 간에도 차이를 보이지 않았다(Fig. 9).

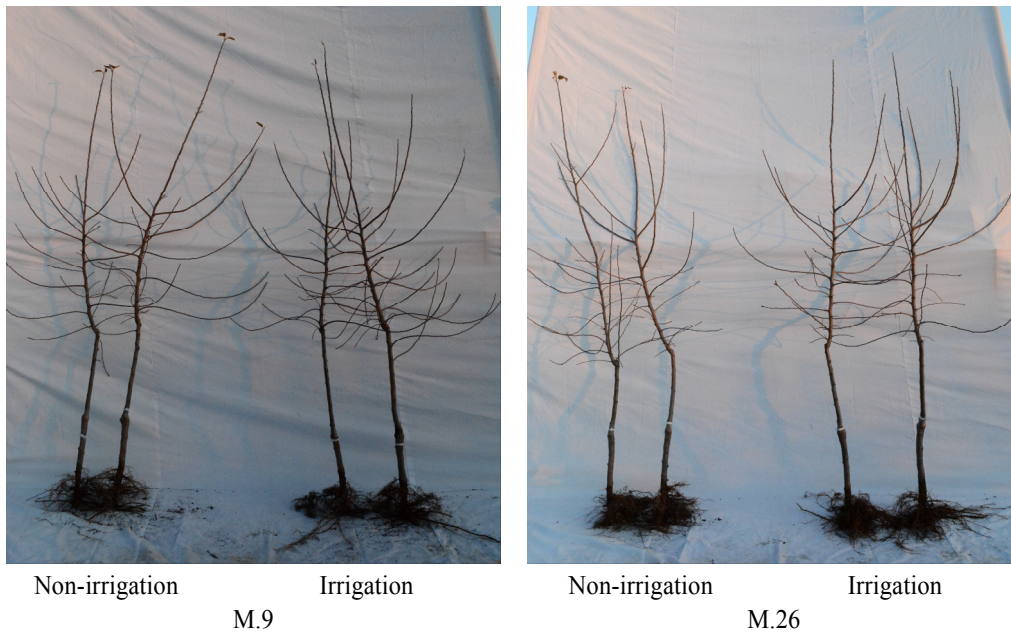
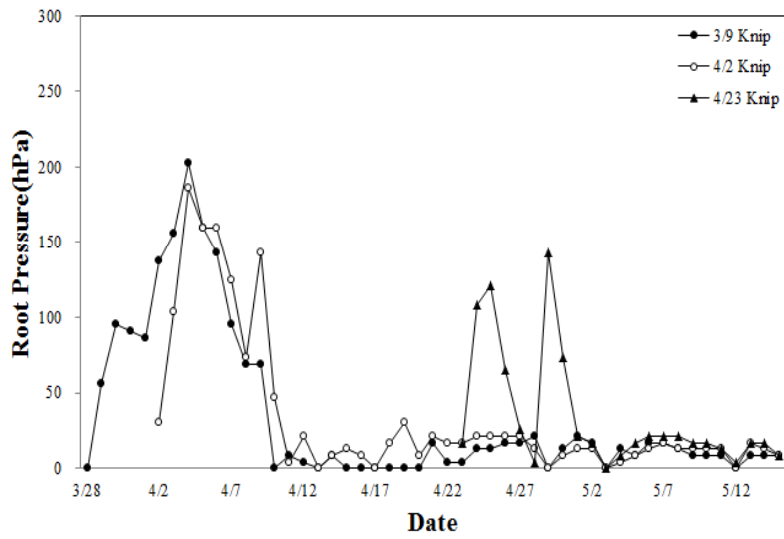


Fig. 9. Comparison of nursery apple tree quality produced with different water managements.

4. 절단 시기에 따른 근압 변화

절단(Knip) 시기를 달리 함에 따라 근압이 어떻게 변화하는지 알아보기 위하여 3월 9일, 4월 2일, 4월 23일에 각각 절단한 다음 근압변화를 추적하였다. M.9 대목에서 3월 9일에 절단한 처리구는 3월 29일에 근압이 발생하기 시작하여 4월 4일에 최대 203hPa의 근압이 발생한 이후로 서서히 감소하여 4월 10일부터는 근압이 미미하였다. 4월 2일에 절단한 처리구에서는 절단처리 이후 4월 4일에 최대 101hPa의 근압이 발생하였고 이후 서서히 근압이 감소하면서 4월 11일부터는 근압의 발생이 25hPa이하로 나타나는 양상을 보였다. 마지막으로 4월 23일에 절단한 처리구는 처리 직후 근압이 증가하여 4월 29일경 최대 143hPa의 근압이 발생하였고 이후에는 근압의 발생이 감소하면서 다른 처리구와 비슷한 정도의 근압을 보였다. M.9 대목은 절단처리를 한 후에 일시적으로 근압이 높아지는 경향이었으나 이와 다르게 M.26 대목에서는 최대 30hPa이하의 근압이 발생하는 등 절단 시기에 관계없이 전체적으로 근압 발생정도가 높지 않았으며 처리구간의 근압 양상도 비슷하게 조사되었다(Fig. 10).

M.9



M.26

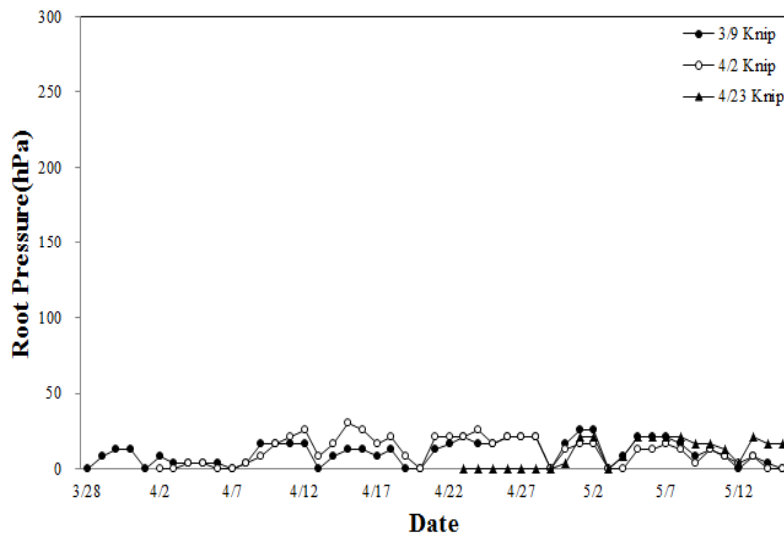


Fig. 10. Changes of root pressure according to knip-dates.

결주율은 M.9 대목의 경우 3월 9일 절단 처리구가 27%, 4월 2일 절단 처리구는 20%, 4월 23일 절단 처리구에서 7%로 절단 처리를 늦게 할수록 결주율이 낮아지는 경향을 보였으나, M.26 대목은 전체 처리구에서 결주가 전혀 없었다(Table 5).

Table 5. Missing plant rate in production of nursery apple trees with different knip-dates.

Treatment Date for 'Knip'	M.9	M.26
3/9	27%	0%
4/2	20%	0%
4/23	7%	0%

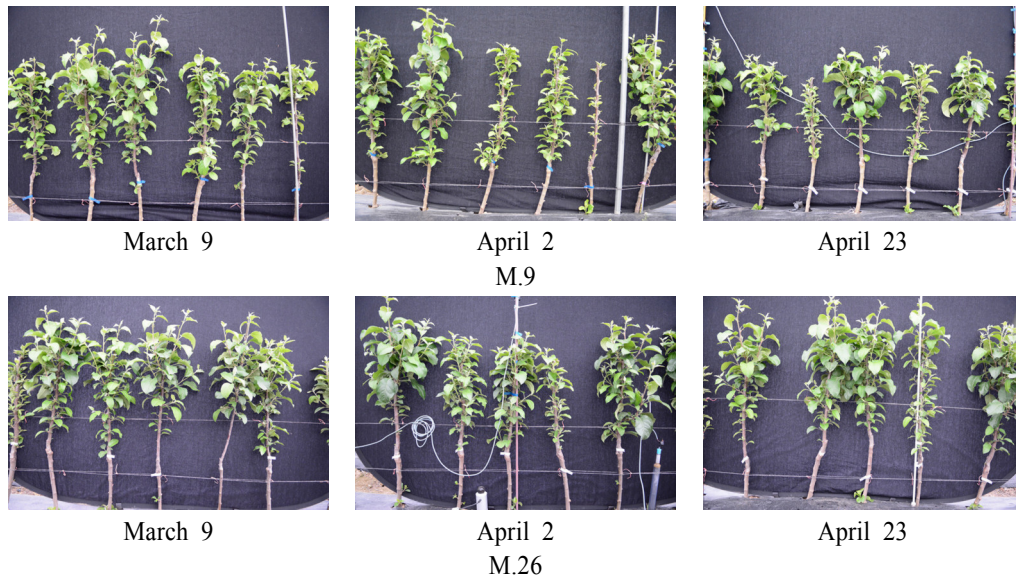


Fig. 11. Growth status of nursery apple trees with different knip-dates on May 11, 2015.

처리구별 초기 생육상태는 M.26 대목이 M.9 대목보다 양호한 생장을 보였다(Fig. 11). 묘목소질 조사 결과 M.9 대목에서는 제일 마지막 날인 4월 23일에 절단한 처리구가 다른 처리구보다 전체 신초생장량과 평균 신초생장량이 낮은 경향을 보였으며, M.26 대목에서는 3월 29일에 절단한 처리구가 타처리구에 비해 주간 직경이 좁아 유의성 있는 차이를 보였으나 이것이 절단 시기에 따른 차이라고 확신할 수 없었다. 또한 절단시기가 늦을수록 발생하는 측지수의 감소역시 절단시기에 따른 차이라고 확신할 수 없었다. 또한 절단시기가 늦을수록 발생하는 측지수의 감소역시 절단시기에 따른 차이라고 확신할 수 없었다. 또한 절단시기가 늦을수록 발생하는 측지수의 감소역시 절단시기에 따른 차이로 볼 수 없었다(Table 6).

Table 6. Effect of different knip-dates in production of nursery apple trees.

Rootstock	Treatment ^z	Total shoot growth (cm)	Avg. shoot length (cm)	Tree height (cm)	Trunk diameter (mm)	No. of shoots per tree
M.9	2015.03.09	923.1 a	48.4 a	223.6 a	20.8 a	19.0 a
	2015.04.02	1015.0 a	51.1 a	229.1 a	21.2 a	19.9 a
	2015.04.23	703.1 b	40.0 b	219.1 a	19.6 a	17.7 a
M.26	2015.03.09	925.5 a	45.7 a	239.3 a	19.4 b	20.3 a
	2015.04.02	922.8 a	50.7 a	239.2 a	21.3 a	18.1 b
	2015.04.23	805.7 a	48.6 a	234.5 a	19.7 ab	16.5 c

^zKnip was applied on 9 March, 2 April and 23 April, 2015.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

대목별 뿌리 부피의 경우 M.9 대목보다 M.26 대목의 뿌리 부피가 더 큰 경향을 보였으며, 절단시기가 늦을수록 두 대목 공히 뿌리의 부피도 상대적으로 큰 경향을 보였다(Fig. 12.).

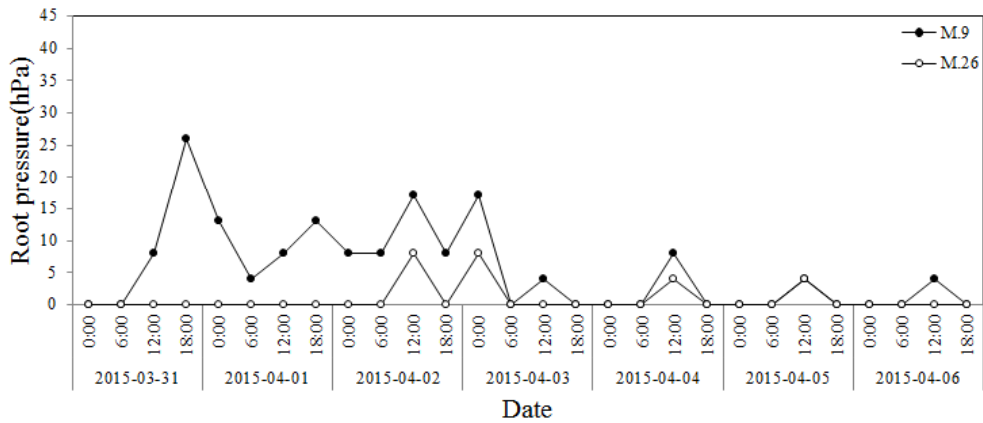


Fig. 12. Comparison of nursery apple tree quality produced with different knip-dates.

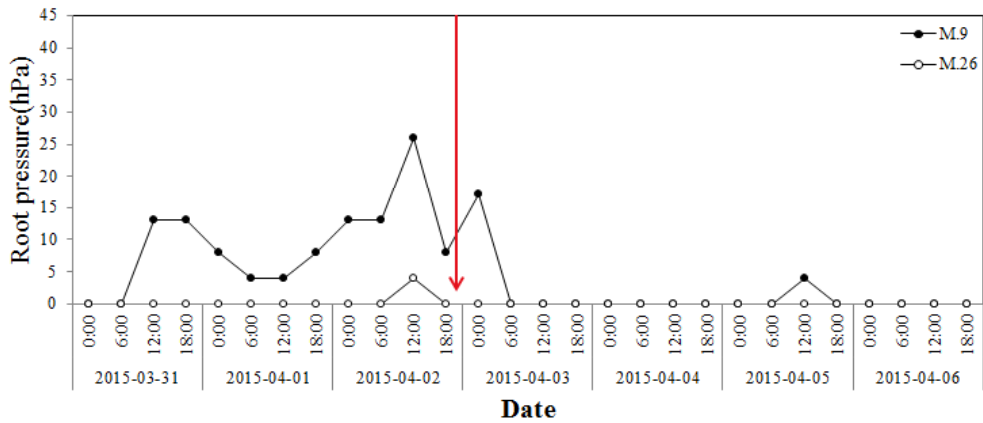
5. 뿌리절단에 따른 근압 변화

수액 누출 경감 방안을 알아보기 위해 뿌리절단 처리에 따른 근압의 변화를 조사한 결과 뿌리 절단 여부와 절단 정도에 관계없이 M.9 대목은 M.26 대목보다 더 높은 근압을 보였으며 4월 3일부터 근압이 감소하긴 했지만 이후에도 조금씩 근압이 측정되었다. 하지만 열의 한쪽 면만 뿌리절단 처리를 한 이후 M.9 대목에서는 근압이 거의 측정되지 않았고, M.26 대목의 경우 처리 전부터도 근압이 거의 측정되지 않아 뿌리 절단에 의한 근압의 변화를 확인하기 어려웠다. 열의 양쪽 면을 뿌리절단 한 처리구에서도 M.9 대목에서는 한쪽 면의 뿌리 절단 처리와 마찬가지로 뿌리절단을 한 이후에는 근압이 거의 측정되지 않았지만, M.26 대목은 뿌리 절단 이전에도 근압이 거의 측정되지 않아 처리에 대한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 13).

Control



Root pruning(1 side)



Root pruning(2 sides)

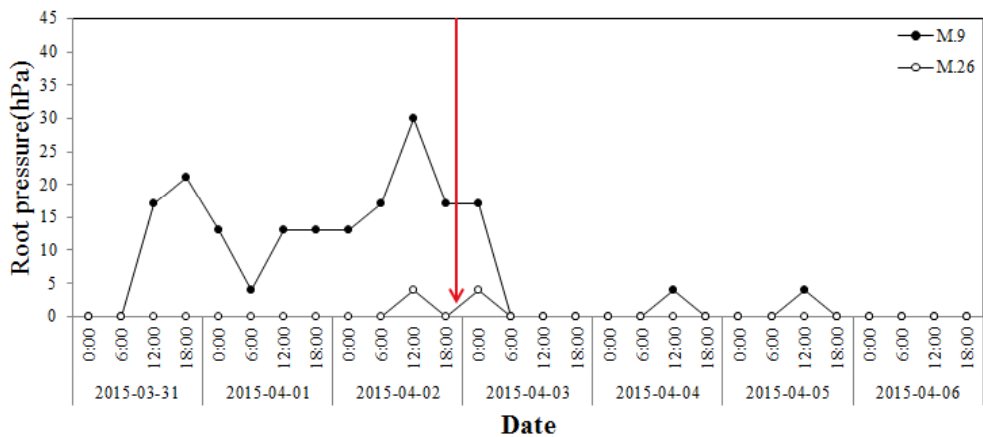


Fig. 13. Changes of root pressure with different root prunings. ↓ indicates pruning time.

결주율은 M.9 대목의 경우 무처리는 20%, 1면 뿌리절단은 10%, 2면 뿌리절단은 7%로 뿌리절단을 많이 할수록 결주율은 낮게 조사되었다. 그러나 M.26 대목은 전체 처리구에서 결주가 하나도 나오지 않았다(Table 7).

Table 7. Missing plant rate in production of nursery apple trees with different root prunings.

Root pruning	M.9	M.26
Control	20%	0%
1-side	10%	0%
2-sides	7%	0%

처리구별 초기 생육상태는 M.9 대목과 M.26 대목이 서로 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 14). M.9 대목은 무처리구에서 고사하거나 생장이 현저히 떨어졌으며 뿌리절단 처리구에서도 2면 뿌리 절단 처리구보다 1면 뿌리절단 처리구에서 초기 생장이 떨어지는 경향을 보였다. 반면 M.26 대목은 뿌리절단 여부 및 절단 정도에 관계없이 생육이 양호하였다.

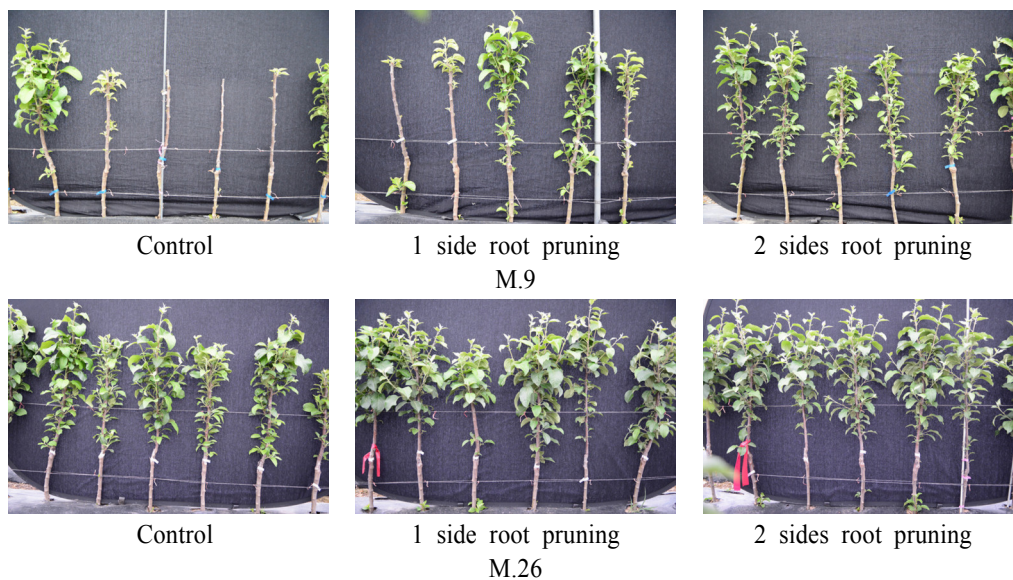


Fig. 14. Growth status of nursery apple trees with different root pruning on May 11.

하지만 최종 성장 조사 결과 생육 초기에 처리구별로 현저한 차이를 보인 것과는 달리 M.9 대목은 총신초생장량, 수고, 접수직경, 측지 수 등 묘목의 소질이 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, M.26 대목의 경우에도 측지 수의 차이를 제외하고는 묘목 소질의 유의적 차이는 인정되지 않았다(Table 8).

Table 8. Effect of different root pruning in production of nursery apple trees.

Rootstock	Treatment ^z	Total shoot growth (cm)	Avg. shoot length (cm)	Tree height (cm)	Trunk diameter (mm)	No. of shoots per tree
M.9	Control	784.9 a	45.0 a	214.9 a	19.4 a	17.1 a
	1-side	759.9 a	42.1 a	222.9 a	20.4 a	17.9 a
	2-sides	543.9 a	36.4 a	218.5 a	19.8 a	15.2 a
M.26	Control	938.3 a	46.2 a	236.2 a	20.6 a	20.3 a
	1-side	762.5 a	40.1 a	230.1 a	19.1 a	18.8 ab
	2-sides	701.9 a	41.0 a	231.4 a	20.7 a	16.9 b

^zTreatment of different root pruning treatment applied on 2 April, 2015.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

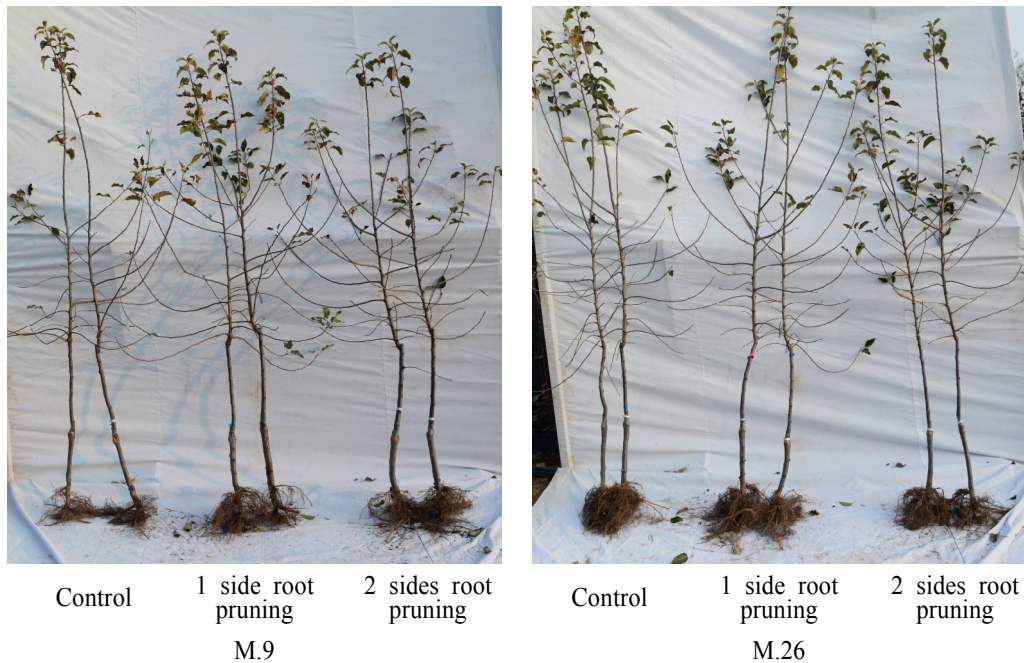


Fig. 15. Comparison of nursery apple tree quality produced with different root pruning.

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도 및 관련분야 기여도

구분	연도	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도	2015	M.9와 M.26대목의 뿌리압 변화	100	<ul style="list-style-type: none"> - 토양조건에 따른 M.9와 M.26 대목의 뿌리압 측정 변화 값 계측 - 토양 수분포텐셜, 지온과 뿌리압 변화 간의 상호관계 조사 및 기초자료 도출 - 근압과 토양 수분포텐셜의 용이한 측정을 위해 아두이노기판을 이용한 측정기기 제작 및 활용
		M.9대목의 수액누출 경감기술	100	<ul style="list-style-type: none"> - 절단, 단근, 관수방법에 따라 수액누출량을 정량적으로 평가하여 묘목 고사율 경감 방안 마련 - 처리구별 묘목소질 조사 분석 - 교육 1건

제 2 절 평가의 착안점

구분	연도	세부연구목표	평가의 착안점 및 기준
1차년도	2015	M.9와 M.26대목의 뿌리압 변화	<ul style="list-style-type: none"> - 토양조건에 따른 M.9와 M.26 대목의 뿌리압 측정 변화 값 계측
		M.9대목의 수액누출 경감기술	<ul style="list-style-type: none"> - 절단, 단근, 관수방법에 따라 수액누출량을 정량적으로 평가 - 정책자료, 교육이행 여부

제 5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발 성과

1. 연구성과 목표

(단위 : 건수)

성과목표		지식재산권		논문		학술 발표	기술 거래	교육 지도	사업 화	기술 인증	인력 양성	정책 활용	홍보 전시	기 타
		출원	등록	SCI	비 SCI									
연구수행시 성과목표(A)	목표							1						
	달성					1		1			1			
연구종료후 성과목표(B)	목표				1			1						
	달성													
합계(A+B)	목표				1			2						
	달성					1		1			1			

2. 논문게재 성과

*학술발표

발표연도	논문명	발표자	학회명	국내외	발표형태
2015	토양피복과 뿌리절단이 M.9와 M.26 대목 ‘후지’ 묘목의 근압에 미치는 영향	박인희	한국원예학회	국내	구두

3. 인력활용/양성 성과

(1) 인력지원 성과

성과연도	총 인원	지원 대상	성별(남/여)
2015	1	석사	여

4. 교육

-강사: 배준우(경산키낮은사과묘목 영농조합법인 대표이사)

-강의주제: 선진농가 노하우

-장소: 경산종묘기술개발센터

-일시: 2015년

-강의 대상자: 경산 과수묘목생산자 25명

-강의 내용: 우량대묘(Knip-baum)의 생산과정과 재배상의 문제점에 대한 교육 및 토론



제2절 연구성과 실용화·산업화 계획

1. 2년생 우량묘목의 안정적 생산 기술이전을 통한 고밀식 재배에 적합한 우량묘목 경제적 생산

가. 2년생 우량묘목의 안정적 생산을 위한 기술 보급

- 본 과제 수행을 통하여 확인된 고사율 경감방안을 교육을 통해 보급
- 아두이노기관을 통한 근압측정장비를 제작, 활용

2. 한계요인 극복을 통한 2년생 Knip-baum 묘목의 안정적 생산기반 구축과 공급 확대

- 농가에 우량묘목을 공급하여 고밀식 사과재배체계의 조기정착
- 2년생 우량측지묘목을 안정적으로 생산하여 묘목산업 발전에 기여

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- Thalheimer, M. 2013. A low-cost electronic tensiometer system for continuous monitoring of soil water potential. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(3) :114-119.
 - 마이크로컨트롤러가 내장된 아두이노 기판을 활용하여 저비용으로 토양수분포텐셜 모니터링과 측정을 위한 전자식 텐시오미터를 제작
- Clearwater, M. J., Blattmann, P., Luo, Z., and Lowe, R. G. 2007. Control of scion vigour by kiwifruit rootstocks is correlated with spring root pressure phenology. *J. Experimental botany*, 58(7) : 1741-1751.
 - 참다래의 경우 봄철 동안 지속적으로 근압이 발생하여 측정되는데 접수가 발아하기전 까지 0.15MPa까지 측정되는 반면, 새순이 전개된 후에는 근압이 0.05MPa로 감소함. 사과 묘목에서도 마찬가지로 새순이 발아하고 잎이 전개되면서 근압이 더 이상 발생하지 않음을 확인할 수 있음.
- Sperry, J. S., Holbrook, N. M., Zimmermann, M. H., and Tyree, M. T. 1987. Spring filling of xylem vessels in wild grapevine. *Plant Physiology*, 83(2): 414-417
 - 포도에서도 물이 오른 후 전정을 할 경우 절단 부위에 수액이 넘쳐흘러 나무가 고사하는 경우가 있다고 하는데, 포도의 경우 새순이 전개되기 전인 5월 하순 전까지의 기간 동안 10~100kPa의 근압이 측정됨.
- Geisler, D. and D.C. Feree. 1984. The influence of root pruning on water relations, net photosynthesis, and growth of young 'Golden Delicious' apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:827-831.
 - 단근은 과수재배에 있어 많이 사용되며 효과가 매우 좋은 생장조절 방법임
- Green, S.R. 1998. Flow by the heat-pulse method. Hort Research Internal Rep. 1998/22. Hort Research, Palmerston North, New Zealand.
 - 미국 등 여러 선진국에서는 수액이동장치를 이용한 사과나무의 실제 수분 흡수량과 흡수 시기를 파악하고 있음.
- Sakuratani, T., 1981. A heat balance method for measuring water flow rate in the stem of intact plants. *J. Agric. meteorol.* 37, 9-17.
 - 수액이동을 측정하는 데 있어 보편적으로 이용되는 방법으로는 Heat-pulse법과 Heat-balance 법, heat-dissipation법이 있음.

제 7장 연구시설 · 장비현황 : 해당사항 없음

제 8장 연구실 안전관리 이행실적

1절. 정밀안전진단 실시 및 후속 조치 진행

1. 일반, 소방 안전

- 안전표지, 안전관리규정, 비상시 응급조치 요령이 포함된 표시판을 연구실 출입문에 부착 및 비치
- 사고상황 발생별 응급조치 매뉴얼 작성

2. 화공안전

- 보호장구 및 중화제 비치 : 화학 약품 및 폐시약, 폐기물 전도사고 및 폭발사고 발생시 응급 조치(연구활동종사자 교육시 사용법 교육 진행)
- 미사용 시약 정리 : 년 2회 정기적으로 공문을 통하여 일괄 처리 진행 함으로 화재 예방 및 공간 확보
- 배기형 시약장 및 안전케비넷 설치 : 실험실 별 공문을 통한 수요 조사 진행하여 설치

3. 가스안전

- 가스용기 전도 방지 장치 설치, 가스라인 벤딩처리, 충전기한 지난 가스 용기 정리

2절. 정기안전점검 진행

1. 점검 방법 및 주기

- 일상점검 : 연구활동종사자, 1회/1일
- 정기점검 : 연구실 안전환경관리자 및 전문 대행기관, 1회/1년

3절. 연구활동 종사자 보험 가입

4절. 참여연구원 대상 건강검진 시행

- 특수건강진단과 일반건강진단 병행 시행

제 9장 참고문헌

- Atkinson, D. 1983. The growth, activity and distribution of the fruit tree root system. *Plant and Soil*. 71(1-3): 23-35.
- Burgess, Stephen SO, Mark A. Adams, and Tim M. Bleby. 2000. Measurement of sap flow in roots of woody plants: a commentary. *Tree Physiology* 20: 909-913.
- Choi S.Y. 2000. The effect of mulching material on the shoot and root growth and fruit quality of 'Fuji'/M.26 apple. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(5): 512-516
- Clearwater, M. J., Blattmann, P., Luo, Z., and Lowe, R. G. 2007. Control of scion vigour by kiwifruit rootstocks is correlated with spring root pressure phenology. *J. Experimental botany*, 58(7) : 1741-1751.
- Enns L.C., Canny M.J., and M.E. Mccully. 2000. An investigation of the role of solutes in the xylem sap and in the xylem parenchyma as the source of root pressure. *Protoplasma*, 211(3-4): 183-197.
- Ewers, F. W., Améglio, T., Cochard, H., Beaujard, F., Martignac, M., Vandame, M., and Cruiziat, P. 2001. Seasonal variation in xylem pressure of walnut trees: root and stem pressures. *Tree physiology*, 21(15): 1123-1132.
- Ewers, Frank W., Herve Cochard, and Melvin T. Tyree. 1997. A survey of root pressures in vines of a tropical lowland forest. *Oecologia* 110.2: 191-196.
- Fisher, J. B., Guillermo Angeles, A., Ewers, F. W., and López-Portillo, J. 1997. Survey of root pressure in tropical vines and woody species. *Intl. J. Plant Sciences*, 44-50.
- Gudumac E., A.Pesteanu and G. Olga. 2007. Crowned apple tree development in the nursery and their behaviour in the orchard in the first two years after plantation. *USAMV-CN. Bul.*
- Inc C.D, Gregorio E and J.D. William. 2008. Accounting for sap flow from different parts of the root system improves the prediction of xylem ABA concentration in plants grown with heterogeneous soil moisture. *J. Experimental Botany*, vol.59, No.15, pp.4083-4093
- Kim C.W, Kim M.J and Y.K. Park. 2014. Sap outflow characteristics of walnut tree. *Kor. J. Plant Res.* 27(2):188-193
- Kim K.R and T.M. Yoon. 1998. Production of good-quality apple nursery trees. *Andong Nat'l Univ.*
- Kown J.H., Lee J.J., Han S.G. and T.M. Yoon. 2012. Effect of Plant Growth Regulators and Cu-EDTA Application on Regrowth and Reserve Accumulation of 'Hongro'/M.9 Nursery Trees. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30((suppl.1): 53-53.
- Lee J.C, Han S.G, Park J.H, Kweon H.J and T.M. Yoon. 2012. Measurements of sap flow

- for 'Gamhong' apple trees in relation to climatic conditions. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:41. (Abstr).
- McAneney, K. J., Judd, M. J. 1983. Observations on kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) root exploration, root pressure, hydraulic conductivity, and water uptake. New Zealand J. Agr. Res, 26(4), 507–510.
- Park J.G., Kim. J.K., Seo. H.H., Kim. S.H and Y.U. Kim. 2003. Factors affecting the transportation of xylem sap and the lateral branch developed by xylem sap in 'Fuji'/M.9 apple trees. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(suppl.2): 30–30
- Ramakrishna, A., Tam, H. M., Wani, S. P., and Long, T. D. 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. Field Crops Res, 95.2 : 115–125.
- SaGong. D.H., Lee. S.J., Han. S.G., and T.M. Yoon. 2011. The Influence of materials for surface mulching on soil temperature and vegetative growth of apple nursery trees. Kor. J. Agricultural and Forest Meteorology, 13(1), 1–9.
- Shin C.S., Kim. B.J., Jeong. H.S., Lee. C.H. and E.S. Park. 2010. Influence of meteorological factors(temperature, relative humidity, wind speed, soil moisture) on sap flows of *Acer Mono* and *Actinidia arguta*. Kor. J. Food Science and Technology. :98–98.
- Shin. C.S., Yeon. P.K., Han. S.B., Ju J.D., Jeong. H.S., Lee. C.H. and E.S. Park. 2010. The connection between *Acer Mono* and *Actinidia arguta* on sap flows and ecological environment. Kor. J. Food Science and Technology. :101–101.
- Sperry, J. S., Holbrook, N. M., Zimmermann, M. H., and Tyree, M. T. 1987. Spring filling of xylem vessels in wild grapevine. Plant Physiology, 83(2): 414–417
- Thalheimer, M. 2013. A low-cost electronic tensiometer system for continuous monitoring of soil water potential. Journal of Agricultural Engineering, 44(3) :114–119.
- Yoon, T.M. 2005. Growth control techniques of vigorous apple tree in a high density orchard. Ministry of Agriculture and Forestry
- Yoon, T.M. 2001. Water relations of Fuji apple trees in soil water controlled orchard. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42: 549–552.
- Yoon. T.M., Park. H.S and D.H. Sagong. 2005. Effect of root pruning on three growth and fruit quality of 'Fuji'/M.9 apple trees. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23(3):275–281
- Youn C.K, Yim Y.J, Huh Y.S, Kwon Y.S, Kim T.J and S.K. Shin. 2008. Effect of rootstock and direction on sap flow of apple trees in winter. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26:59. (Abstr).