

Research Article



CrossMark

Open Access

1년생 '대능' 대추 회초리 묘목 재식 시 주간 절단 정도 설정

조이혁¹, 사공동훈^{1,2*}

¹대구대학교 과학생명융합대학 생명환경학부 원예학전공, ²대구대학교 기초과학연구소

Establishment of Heading-back Pruning Severities of Trunk at Planting in the One-year-old 'Daeneung' Jujube Whip Nursery Tree

Lee-Hyuk Cho¹ and Dong-Hoon Sagong^{1,2*} (¹Division of Life & Environmental Science (Horticulture), College of Natural and Life Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea, ²Institute of Basic Science, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea)

Received: 2 March 2021/ Revised: 21 April 2021/ Accepted: 27 May 2021

Copyright © 2021 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Dong-Hoon Sagong

<https://orcid.org/0000-0002-2136-3084>

Abstract

BACKGROUND: The successful management of jujube trees depends on maintaining a balance between reproductive and vegetative growth. In general, heading cuts of trunk stimulate rather vegetative growth, but could decrease flower initiation. This study was conducted to establish a heading-back pruning severities at planting in the one year old 'Daeneung' jujube whip nursery tree by investigating vegetative growth and fruit yield.

METHODS AND RESULTS: The heading back pruning severity was assigned as 5 different ranges as follow: one bud (TR-10, heading back pruning was 10 cm above the ground), three buds (TR-30), five buds (TR-50), seven buds (TR-70), and nine buds (TR-90) were left of scion. The number of buds on whip trunk was correlated to the central leader length and increment of trunk cross-sectional area, negatively, and to the tree height and canopy volume, positively. The yields in the TR-50 treatment were higher about 2 times than other treatments. The fruit diameter was not significantly different among the treatments.

CONCLUSION: These results indicated that the optimum location of heading-back pruning in one year old

'Daeneung' jujube tree was 50 cm above the ground as evaluated by the balance of reproductive and vegetative growth.

Key words: Canopy Volume, Fruit Diameter, Trunk Cross-sectional Area, Yield

서 론

대추나무는 다른 과수에 비해 정지 및 전정이 간편하고 인공수분, 적과 및 봉지 씌우기 작업이 필요하지 않을 뿐만 아니라 환경적응성, 내병충성이 강하여 약제 살포횟수가 적으면서 기계로 과실을 수확하는 등의 생력재배가 가능하다[1-4]. 그러나 대추는 저장성이 약해 유통 및 소비가 건과 형태로 대부분 이루어지고 있었는데[5, 6], 최근 생과 형태의 대추가 소비자에게 관심을 받으면서 생과를 판매하는 재배자들이 늘어나고 있다[7, 8].

세계적으로 대추는 주로 인도계(*Zizyphus mauritiana* Lam.)와 중국계(*Z. jujuba* Mill.) 2종이 재배되고 있는데, 인도계 대추는 내동성이 약하여 국내에서는 거의 중국계 품종들만 재배되고 있다[9, 10]. 현재 국내에서 대추나무는 경북의 경산시, 군위군 및 충북의 보은군을 중심으로 재배되고 있으며[11], 통계청 국가통계포털(KOSIS)의 자료에 의하면(<http://kosis.kr>), 2015년 국내 대추나무의 총 재배면적은 3,105 ha 정도로, 사과나무 32,510 ha의 1/10 수준이다. 이러한 적은 재배면적에 의해서인지 국내에서는 대추나무의 재

*Corresponding author: Dong-Hoon Sagong
Phone: +82-53-850-6712; Fax: +82-53-210-8995
E-mail: sa0316@daegu.ac.kr

배생리와 관련된 연구가 거의 없을뿐더러[4, 12], 과수의 영양생장의 척도가 되는 신초가 명확하게 분류되지 않아 대추나무의 수세를 판단하기 힘든 상황인데, 외국에서는 중국계 대추나무의 신초를 6개[primary shoot, secondary shoot, mother-bearing shoot (young fruiting spur), old fruit spur, fruit-bearing shoot (branchlet)]로 구분하고 있다[13].

국내에서 재배되는 대추의 주품종은 ‘복조’이며, ‘보은’, ‘산조’, ‘월출’, ‘무등’, ‘월상’, ‘금성’ 등의 품종이 국내에서 재배되고 있지만[12, 14], 이들 품종들이 거의 모두 ‘경산대추’, ‘보은대추’, ‘연산대추’, ‘군위대추’ 등의 재배지역명으로 거래되어 그 품종명과 구분이 명확하지 않은 편이다[1, 15]. 최근에는 ‘복조’보다 과중이 2배 이상 큰 중국계 대과종 계열 품종들이 수입되어 ‘사과대추’, ‘왕대추’라는 명칭으로 유통되고 있는데[16], 현재 산림청 산하 국립산림품종관리센터(<http://www.forest.go.kr>)에 등록된 대과종 대추 품종들은 ‘대능’, ‘천황’, ‘황실’, ‘사홍’, ‘천상’ 등이 있다.

성공적인 과수재배를 위해서는 조기에 과실을 다수확 해야 하며[17], 조기 다수확을 위해서는 수관점유율과 수고율을 빠른 시간 내에 높여야 하므로[18], 왜성대목을 이용한 고밀식 사과재배의 경우 재식 3~4년차에 수관을 완성하고 3~5년차에 성목기 도달을 목표로 하고 있다[19]. 대추나무는 품종에 따라 차이가 있으나 보통 재식 3년차부터 착과가 되기 시작하여 재식 8년차에 성목기에 도달한다고 한다[12]. 그러나 대추나무는 관목 또는 아교목성으로 수고가 최대 10 m 까지 자랄 정도로 수세가 강하고[9, 20], 당년에 발생한 줄기의 액아에서 발생한 가지(1차 신초, 2차 신초, 결과모지)에서 꽃눈 분화가 이루어지면서 결과지가 형성되므로[10], 대추 재배자들은 중국계 대과종 대추나무의 경우 재식 1년차부터 과실 생산이 가능하고, 재식 5년차에 성목기에 도달할 수 있다고 주장하고 있다.

일반적으로 회초리 사과 묘목을 재식 시 측지 발생을 유도하기 위해 보통 지표면으로부터 60~90 cm 높이에서 주간을 절단하는데, 이보다 낮으면 체조제 살포 등의 예초 작업이 방해를 받을 수 있으며, 지표면으로부터 45 cm 이내에 착과 되는 과실들은 시장성이 낮다고 한다[21]. 대과종 대추 재배자들 역시 대과종 대추 1년생 회초리 묘목 재식 시 수관점유율과 수고율을 높이기 위해 주간을 절단하는데, 그 절단 위치가 재배자에 따라 다르다. 예를 들어, 일부 대과종 대추 재배자들은 조기에 목표 수고를 확보하기 위해 재식 시 주간의 눈 1개만 놔두고 절단(접수 부위를 10 cm만 남김)하는 반면에 다른 재배자들은 눈 1개만 놔두고 절단할 경우 예초 작업이 힘들 뿐만 아니라 착과 위치가 낮아 과실이 지면에 닿을 수 있고, 기상적인 환경(고온 건조 혹은 서리 등)에 의해 남겨둔 눈이 고사할 위험 역시 있어, 재식 시 최소 3~4개의 눈을 놔두고 주간을 절단해야 안정적으로 재배할 수 있다고 주장하고 있다.

따라서 본 시험은 최근 국내에서 재배면적이 증가하고 있는 중국계 대과종 대추나무의 묘목 재식 시 접수 부위 절단 정도가 묘목이 생장, 과일의 생산량 및 품질에 미치는 영향을 조사하여 대과종 대추나무 재배기술의 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료 및 재식방법

본 시험은 경상북도 경산시 하양읍 소재 ‘대능’을 육성한 민간육종가의 묘목생산포장에서 실시하였다. 시험포장의 토성은 미사질 양토로, 2018년 12월말에 묘목 생산포로 이용하던 포장을 정비한 다음 2019년 2월초에 0.5 톤 / 10 a의 완숙 퇴비를 시용하고 경운, 쇠토한 후 높이 15 cm, 너비 60 cm의 두둑을 1.0 m 간격(열간)으로 조성하였다.

시험주는 뱃대추나무의 씨를 과중하여 번식시킨 묘(산조인 실험묘)에 ‘대능’을 접목한 1년생 회초리 묘로, 재식 당시 묘목의 접목부 상단 10 cm 부위 주간직경, 대목길이 및 접수 길이는 각각 9~10 mm, 9~10 cm, 90~100 cm 정도였다.

재식방법에 있어, 국내 대추나무의 관행적 재식거리는 비옥한 토양의 경우 4.0 × 3.0 m (83주 / 10 a), 척박한 토양에서는 6.0 × 4.0 m (42주 / 10 a)로 알려져 있는데[1], 대추 유전자원 관련 시험포장들은 4.0 × 2.0 m (125주 / 10 a)로 재식하고 있다[8, 11]. 본 시험에서는 묘목 고사율 등의 정확한 자료 조사를 위해 2019년 3월 15일에 주간거리를 1.0 m 간격(1,000주 / 10 a)으로 하여[22, 23], 두둑 중앙에 대목이 노출되지 않도록 재식하였다. 묘목 재식 후에는 바로 직경 25.0 mm, 높이 2.0 m의 쇠파이프를 개별 지주로 세우고, 각 두둑 중앙에 분수호스를 설치하였다.

처리 및 재배관리 방법

‘대능’의 눈(액아)은 약 10 cm 간격으로 배치되어 있어, 재식 시 시험묘목들의 접수 절단위치를 5등급[접목부 상단 10 cm 부위 (TR-10), 30 cm 부위 (TR-30), 50 cm 부위 (TR-50), 70 cm 부위 (TR-70), 90 cm (TR-90)]으로 구분하여 처리하였다. 즉, TR-10 처리구는 접수 부위에 눈 1개만을 남겨두고 주간을 절단하였고, TR-30 처리구는 3개, TR-50 처리구는 5개, TR-70 처리구는 7개, TR-90 처리구는 9개의 눈을 남기고 주간을 절단하였다. 시험구 배치는 난괴법이었고, 반복수는 3반복이었으며 각 반복 처리구는 생육이 유사한 15주의 묘목을 선별하여 수행하였다(총 시험주 : 225주).

지표면은 시험주 재식이 끝난 뒤 바로 두둑을 흑색 폴리에틸렌 필름으로 피복하는 등의 청경재배로 관리하였다. 토양수분은 4월 1일에 텐션미터를 각각의 두둑(열)에 설치하여 10 월말까지 토양수분장력이 -50 kPa 이하로 내려가지 않도록 흑색 폴리에틸렌 필름 멀칭 밑에 설치된 분수호스로 조절하였다. 시비는 추비 개념으로 6월 15일에 유박(N-P₂O₅-K₂O : 4-2-1)을 멀칭이 되어있지 않는 열간 마다 5 kg(30 kg / 10 a)씩 공급하였다.

처리구들의 접수 부위 눈들에서 발생한 신초, 즉 주간 연장지(primary shoot, extension, central leader), 주간 측지(secondary shoot, side branches, feather), 결과모지(mother-bearing shoot) 및 결과지(fruiting-bearing shoot, branchlet, fruiting shoot)의 관리에 앞서 대추나무 묘목에 발생하는 신초는 크게 3종류로 구분되는데, 첫 번째는 눈의

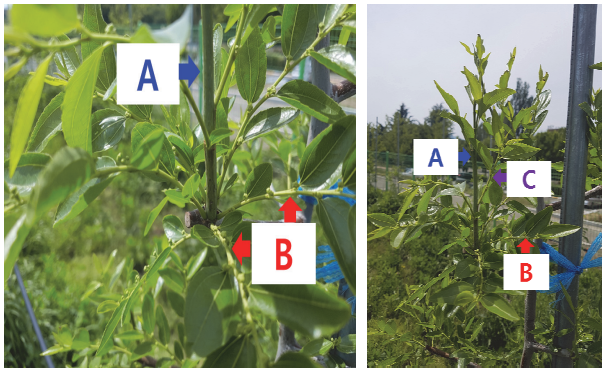


Fig. 1. Jujube shoot structures : (A) mother-bearing shoot, (B) first fruit-bearing shoot, (C) second fruit-bearing shoot.

가장자리에 발생하는 신초로, 5월초부터 화아가 착생된다. 두 번째 신초는 눈의 정중앙에 발생하는 신초로, 첫 번째 신초보다 1~2주 정도 늦게 발생하지만 생장이 왕성하다. 세 번째 신초는 6월 이후 두 번째 신초의 액아에서 발생하는데 화아가 착생되어 있다. 앞서 언급한 신초들 중 첫 번째 신초는 2년생 이상의 가지에서만 발생하고, 두 번째 신초는 1, 2년생 가지 모두에서 발생하는데, 화아가 착생된 첫 번째와 세 번째 신초들은 발생 당년 겨울에 모두 탈립되지만, 두 번째 신초는 탈립 되지 않아 주간 및 측지로 이용될 수 있다. 이에 본 시험에서는 두 번째 신초를 결과모지(mother-bearing shoot), 결과모지보다 먼저 발생하면서 화아가 착생된 신초를 1차 결과지(first fruit-bearing shoot), 결과모지의 액아에서 발생하면서 화아가 착생된 신초를 2차 결과지(second fruit-bearing shoot)라 지칭하기로 하였다(Fig. 1).

즉, 본 시험에서는 접수 부위(2년생 가지)에서 발생하는 1차 결과지는 주간 연장지 및 측지로 이용되는 결과모지(접수 부위에서 발생한 결과모지, 접수 부위 측지)들의 왕성한 생장을 유도하기 위해 5월 20일에 모두 제거하였고, 주간 연장지는 시험주별 수고가 1.2 m 정도 되었을 때 주간 연장지 부위 결과모지(1년생 가지인 주간 연장지에서 발생한 결과모지, 주간 연장지 부위 측지)의 발생을 유도하기 위해 적심하였는데, TR-90 처리구는 주간 연장지 길이가 30 cm (수고 1.4 m) 정도 되었을 때 적심하였다.

지표면으로부터 50 cm 미만의 위치에 발생된 주간 측지들은 원활한 관리 작업(예초, 착과 등)을 위해 6월 1일에 제거하였고, 지표면으로부터 50 cm 이상 위치에 발생한 주간 측지들은 2차 결과지 발생을 위해 6월 20일에 적심하였는데, TR-10, TR-30, TR-50 처리구들의 경우 접수 부위 측지들이 모두 지표면으로부터의 50 cm 미만의 높이에 존재하여 6월 1일에 제거되었지만, TR-70과 TR-90 처리구들에는 50 cm 이상의 위치에 접수 부위 측지가 남겨지게 되었고, 이 접수 부위 측지에서 결과모지들이 발생하였다. 이러한 제거되지 않는 접수 부위 측지에서 발생한 결과모지들은 2차 결과지 발생을 유도하기 위하여 그 길이가 30 cm 정도 되었을 때 적심하였다. 2차 결과지들은 적심하거나 제거하지 않았다.

병해충 관리는 페르몬 트랩(공사-3-5-029, ㈜에이디, KOREA)

설치 및 병해충 발생 예찰을 병행하여 살균제(티오파네이트 메틸 액상수화제, 디페노코나졸 수화제, 이프로디온 수화제, 피라클로스트로빈 입상수화제, 테부코나졸 수화제)와 살충제(에토판프록스 수화제, 설폭사플로르 입상수화제 + 스피로디클로펜 수화제, 클로란트라닐리프로 수화제, 클로란트라닐리프로 · 인독사카브 입상수화제, 사이에노피라펜 액상수화제 + 플로벤디아마이드 액상수화제)를 혼합하여 5회(5월 7일, 6월 10일, 7월 3일, 7월 28일, 8월 31일) 살포하였다.

영양생장

대추나무의 영양생장은 지표면으로부터 50 cm 미만 위치에 발생한 주간 측지를 제거하기 전인 5월 31일과 과실 수확 후인 11월 5일에 조사하였다. 영양생장을 평가하기 위한 조사항목은 고사율, 수고, 수폭, 주간연장지 길이, 주간횡단면적(trunk cross-sectional area, TCA)의 비대량, 수관용적, 측지수, 측지 길이(총 길이, 평균 길이), 2차 결과지수, 2차 결과지 길이(총 신초장, 평균 신초장)였다.

고사율은 접수 부위의 눈들이 모두 고사한 시험주의 수를 조사하여 산출하였다. 수고는 지표면을 기준으로 하여 지표면에서 가장 높은 위치에 있는 신초 정단까지의 길이를 조사하였다. 수폭은 주간과 열간 방향으로 가장 멀리 뻗어있는 신초들간 정단까지의 길이를 각각 조사한 후 평균하였다. 주간 연장지 길이는 접수 부위 최상단 눈에서 발생한 신초의 길이를 조사하였다. TCA 비대량은 재식 시인 3월 15일을 기준으로 하여 지표면에서 10 cm 높이 접수의 직경을 방향을 바꾸어 2회 측정 평균한 수치를 이용하여 cm^2 로 산출하였다(TR-10 처리구의 경우 지표면으로부터 10 cm 위치에 눈이 있을 경우 눈 바로 아래 부위에서 측정함). 수관용적은 $\frac{1}{3}\pi r^2 h$ (r =수폭의 반지름, h =수고-첫 측지 위치)로 계산하여 m^3 로 산출하였다. 측지수 및 측지 길이는 5월 31일의 경우 접수 부위에 발생한 신초, 11월 5일에는 주간에 발생한 모든 측지(접수 부위 및 주간 연장지 모두)의 수와 각 길이를 나무별로 조사하여 산출하였다. 측지의 직경은 시험주별 모든 측지를 대상으로 하여 주간에서 10 cm 정도 떨어진 부위에서 방향을 바꾸면서 2회 측정하여 평균하였다. 2차 결과지의 수 및 길이는 시험주별로 총 신초수와 각 신초 길이를 조사하여 총 신초장과 평균 신초장을 산출하였다.

생산량 및 과신품질

과실은 10월 20일에 반박 당 5주씩 선정한 후 나무별로 전량 수확하였는데, 이들 조사대상 나무들은 11월 5일 영양생장을 조사한 나무들과 동일하였다.

수확한 과실은 모두 각각의 중량과 횡경(과경)을 측정하여 나무별 총 과실수, 평균 과중, 평균 과경 및 총 생산량을 산출하였다. 가용성 고형물 함량은 수확한 과실 모두 각각 분쇄하여 착즙한 후 디지털당도계(PR-100, Atago, Japan)로 측정하였다.

수량 효율 및 과경 분포율

수량 효율(yield efficiency)은 11월 5일에 측정한 나무별

TCA(cm²) 및 수관용적(m³) 당 10월 20일 나무별 총생산량(kg)으로 나타내었다[17, 24].

과경별 분포율은 시험포장의 민간 육종가가 서울특별시 가락시장에 판매하는 등급을 기준으로 하여 3등급(상품 : 40.0 mm 이상, 중품 : 24.0~39.9 mm, 하품 : 24.0 mm 미만)으로 분류하고, 각각의 비율을 산출하였다.

통계분석

통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하여 분산분석을 0.05 이하 수준으로 수행하였으며, Duncan test를 통한 다중 검정을 실시하였다. 반복수는 총 3반복으로, 5월 15일 영양생장 조사는 15주를 1반복, 10월 20일 과신품질, 11월 5일 영양생장 및 수량효율 조사는 5주를 1반복으로 진행하였다.

결과 및 고찰

영양생장

5월 31일 주간 절단 정도별 묘목의 고사율을 살펴보면, 접수 부위에 눈을 5~9개 남기고 주간을 절단한 TR-50, TR-70, TR-90 처리구들은 0.0%로 고사된 묘목이 없었지만, 접수 부위에 눈을 각각 1개와 3개씩 남기고 절단한 TR-10과 TR-30 처리구는 6.7% 정도 고사하였다(Table 1). 수고는 주간 절단 정도가 가장 약했던 TR-90 처리구가 116.1 cm로, 절단 정도가 가장 심했던 TR-10 처리구의 49.4 cm 대비 2~3배 정도 더 컸다. 그러나 주간 연장지 길이는 수고와 반대로 TR-10 처리구가 38.4 cm로 가장 길었고, TR-90 처리구가 26.9 cm로 가장 짧았다. 본 시험에서 주간 연장지 길이가 가장 짧았던 TR-90 처리구의 수고가 처리구들 중 가장 높았던 것은 처리구별 접수의 남아 있는 길이 때문으로, TR-10 처리구의 경우 남아 있는 접수 길이가 10 cm 정도이지만 TR-90 처리구는 90 cm 정도였다. 5월 31일 주간형단면적(TCA) 비대량은 수고와 반대로 주간 절단 정도가 가장 심했던 TR-10 처리구가 1.18 cm²로, 절단 정도가 가장 약했던 TR-90 처리구의 0.33 cm² 대비 3~4배 정도 더 컸다(Table 1).

5월 31일 접수 부위 측지들의 생장을 살펴보면(Table 2), 총 측지수는 TR-30, TR-50, TR-70 처리구들만 1개 이상 발생하였다. 평균 측지 길이와 총 측지 길이는 TR-10 처리구와 비교할 때, 평균 측지 길이는 TR-50 처리구에서, 총 측지 길이는 TR-30, TR-50, TR-70 처리구들에서 길었다. 본 시험에서 TR-10 처리구의 경우 주간 절단 후 접수 부위에 남아 있는 눈이 주간 연장지로 이용할 눈 1개 밖에 없어 주간 연장지와 측지수가 0개가 되어야 함에도 불구하고 0.5개 정도 있었던 것(Table 2)은 지접부 부근에서 부정아가 발생하고 신장한 시험수가 2주당 1개씩 있었기 때문이었다(Fig. 2). 이러한 부정아에서 발생한 측지들은 원활한 예초 관리를 위해 6월 1일에 제거되었다.

식물들은 동일한 기관(눈, 꽃, 과실 등)들 사이에 양분 혹은 호르몬이 서로 흡수하려는 경쟁 관계가 성립될 때 이들 기관의 수를 줄이는 작업(적과, 적엽, 적화, 적아 등)을 실시하면 남겨진 기관의 크기가 커지게 된다[17, 25]. 이러한 이유로 대과종 대추 재배자들은 주간의 왕성한 생장(신장 및 비대)을 위해 묘목 재식 시 접수 부위를 주간 연장지로 이용할 눈 1개만 놔두고 절단을 하는 경우가 많은데, 이러한 강전정은 남은 눈에서 발생하는 신초(주간 연장지)의 생장을 왕성한



Fig. 2. Shoot growth of adventitious bud in the one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree on 31 May of which trunk was cut to 10 cm in tree height on 15 March.

Table 1. Mortality and vegetative growth in the one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree on 31 May as affected by different heading-back pruning severity at planting

Treatment ^y	Mortality of nursery (%)	Tree height (cm)	Central leader length (cm)	TCA Increment (cm ²)
TR-10	6.7 a ^z	49.4 e	38.4 a	1.18 a
TR-30	6.7 a	61.9 d	34.2 ab	1.10 a
TR-50	0.0 b	75.9 c	32.9 b	0.64 b
TR-70	0.0 b	100.3 b	31.4 bc	0.62 b
TR-90	0.0 b	116.1 a	26.9 c	0.33 c

^z Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

^y TR-10, trunk were cut to 10 cm in tree height on 15 March (one bud was remained in the scion); TR-30, trunk were cut to 30 cm (three buds were remained); TR-50, trunk were cut to 50 cm (five buds were remained); TR-70, trunk were cut to 70 cm (seven buds were remained); TR-90, trunk were cut to 90 cm (nine buds were remained).

Table 2. Feather growth of scion in the one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree on 31 May as affected by different heading-back pruning severity at planting

Treatment ^y	Number of feather per tree (ea)	Average feather length per tree (cm)	Total feather length per tree (cm)
TR-10	0.5 b ^z	15.0 b	7.5 b
TR-30	1.4 a	21.9 ab	30.7 a
TR-50	1.2 a	26.3 a	31.6 a
TR-70	1.1 a	24.2 ab	26.6 a
TR-90	0.9 ab	7.0 ab	15.3 ab

^z Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

^y TR-10, trunk were cut to 10 cm in tree height on 15 March (one bud was remained in the scion); TR-30, trunk were cut to 30 cm (three buds were remained); TR-50, trunk were cut to 50 cm (five buds were remained); TR-70, trunk were cut to 70 cm (seven buds were remained); TR-90, trunk were cut to 90 cm (nine buds were remained).

Table 3. Vegetative growth in the one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree on 11 November as affected by different heading-back pruning severity at planting

Treatment ^y	Tree height (cm)	Tree width (cm)	Canopy volume (m ³)	TCA Increment (cm ²)
TR-10	119 b ^z	63.4 b	0.07 b	6.90 a
TR-30	115 b	62.7 b	0.07 b	5.25 b
TR-50	127 ab	87.9 a	0.17 a	4.28 c
TR-70	125 ab	87.1 a	0.16 a	3.87 c
TR-90	144 a	77.3 a	0.15 a	2.67 d

^z Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

^y TR-10, trunk were cut to 10 cm in tree height on 15 March (one bud was remained in the scion); TR-30, trunk were cut to 30 cm (three buds were remained); TR-50, trunk were cut to 50 cm (five buds were remained); TR-70, trunk were cut to 70 cm (seven buds were remained); TR-90, trunk were cut to 90 cm (nine buds were remained).

게 유도하지만[18], 나무를 고사시킬 위험이 있다[26]. 본 시험에서도 주간 절단 정도가 심했던 TR-10과 TR-30 처리구들에서 5월 31일 주간 연장지의 생장은 왕성했지만 묘목의 고사율이 증가하였다(Table 1).

절단전정 및 적심은 정아를 제거하기 때문에 수체 내 호르몬의 체계를 방해하여 정부우세성이 없어지거나 약화됨에 따라 측아에서 발아된 신초의 생장을 왕성하게 유도하지만[25, 27], 일반적으로 절단하고 남은 가지 선단 3~4개의 눈에서 발아된 신초만 생장이 왕성할 뿐 그 아래쪽 눈들은 발달하지 않거나 혹은 휴면상태로 있다고 한다[28]. 예를 들어, 사과나무의 경우 세력이 약한 품종은 절단면 5 cm 이내에만 측지가 발생하고, 세력이 강한 품종은 절단면 아래 10~15 cm에서 측지가 분포한다고 한다[21]. 본 시험 역시 모든 처리구들의 5월 31일 접수 부위에서 발생한 측지는 절단면 근처 1~3개의 눈 즉, 주간 연장지와 주간 연장지 근처의 눈들만 발아하여 접수 부위 측지수는 1~2개 밖에 되지 않았으며, 이러한 접수 부위 측지들의 5월 31일 총 길이는 부정아가 발생한 TR-10 처리구를 제외하면 주간 절단 정도가 클수록 길어지는 경향이 있었다(Table 2). 즉, Table 3에서 TR-90 처리구의 주간 연장지를 수고가 140 cm 정도(타 처리구 : 120 cm)일 때 적심하였던 것은 측지로 이용될 접수 부위 결과모지 확보 때

문으로, TR-30, TR-50, TR-70 처리구들의 경우 접수 부위에 1개 이상의 결과모지가 발생되어 주간 측지 확보에 큰 문제가 없었지만 TR-90 처리구는 주간 부위 결과모지가 1개 미만이고(Table 2), 결과모지가 추가로 발생될 주간 연장지 역시 5월 31일에 30 cm 이하로 생장이 저조하였기 때문이었다(Table 1).

과실 수확 후인 11월 5일 조사에서 수고는 TR-90 처리구가 144 cm로 가장 높았고, 수폭 및 수관용적은 접수의 눈을 5개 이상 남겼던 TR-50, TR-70, TR-90 처리구들이 각각 77.3~87.9 cm, 0.15~0.17 m² 정도로 3개 이하로 남겼던 TR-10과 TR-30 처리구들의 62.7~63.4 cm, 0.07 m² 보다 유의하게 높았다. TCA 비대량은 주간 절단 정도가 심했던 TR-10 처리구에서 6.90 cm² 정도로 가장 높았고, TR-90 처리구에서 2.67 cm²로 가장 낮았으며, TR-10 처리구의 TCA 비대량은 TR-90 처리구보다 약 2~3배 정도 증가하였다(Table 3).

11월 5일 조사에서 나무별 주간 총 측지수는 TR-50과 TR-70 처리구들이 16.4~17.4개 정도로, TR-10과 TR-30 처리구들의 12.5~13.7개에 비해 유의하게 많았다. 주간 측지의 직경은 TR-30 처리구가 6.8 mm로 TR-90 처리구의 6.4 mm보다 굵었으나 TR-10, TR-50, TR-70 처리구들과는 유의차가 없었다. 나무별 2차 결과지의 수는 TR-50과 TR-70 처리구들

Table 4. Growth of feather and second fruit-bearing shoot in the one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree on 5 November as affected by different heading-back pruning severity at planting

Treatment ^y	No. of feather per tree (ea)	Average diameter of feather (mm)	Second fruit-bearing shoot		
			Number (ea)	Average length (cm)	Total length (cm)
TR-10	13.7 b ^z	6.4 ab	74.2 d	26.7 a	1,981 a
TR-30	12.5 b	6.8 a	70.3 e	26.7 a	1,877 ab
TR-50	17.4 a	6.0 ab	86.3 a	24.5 ab	2,114 a
TR-70	16.4 a	6.4 ab	83.1 b	27.4 a	2,277 a
TR-90	14.9 ab	5.8 b	76.2 c	19.9 b	1,516 b

^z Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

^y TR-10, trunk were cut to 10 cm in tree height on 15 March (one bud was remained in the scion) ; TR-30, trunk were cut to 30 cm (three buds were remained); TR-50, trunk were cut to 50 cm (five buds were remained); TR-70, trunk were cut to 70 cm (seven buds were remained); TR-90, trunk were cut to 90 cm (nine buds were remained).

Table 5. Yield and fruit quality of one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree as affected by different heading-back pruning severity at planting

Treatment ^y	Number of fruit per tree (ea)	Fruit weight (g)	Yield per tree (g)	Fruit diameter (mm)	Soluble solid content (°Brix)
TR-10	30.3 b ^z	19.7 a	597 b	33.2 a	22.0 ab
TR-30	28.8 b	19.6 a	564 b	34.2 a	22.5 a
TR-50	49.3 a	19.2 a	947 a	32.6 a	21.6 b
TR-70	30.5 b	20.0 a	610 b	34.2 a	22.6 a
TR-90	28.1 b	19.6 a	551 b	34.4 a	22.5 a

^z Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

^y TR-10, trunk were cut to 10 cm in tree height on 15 March (one bud was remained in the scion) ; TR-30, trunk were cut to 30 cm (three buds were remained); TR-50, trunk were cut to 50 cm (five buds were remained); TR-70, trunk were cut to 70 cm (seven buds were remained); TR-90, trunk were cut to 90 cm (nine buds were remained).

이 83.1~86.3개 정도로, TR-10과 TR-30 처리구들의 70.3~74.2개에 비해 10개 정도 많았으나 TR-50과 TR-70 처리구들의 2차 결과지의 평균 길이와 총 길이는 TR-10, TR-30 처리구들과 차이가 없었다(Table 4).

신초생장 및 주간 비대생장에 대한 전정의 영향은 수세, 품종, 수령, 생장조건(기후, 토양조건 등), 전정시기 및 전정강도 등에 따라 달라지는데, 일반적으로 신초의 길이생장은 전정 강도가 클수록 왕성해지지만, 주간 하부와 측지 부위의 비대생장은 전정의 강도가 클수록 감소된다고 알려져 있다 [21, 27]. 그러나 성목기 사과나무의 경우 동계전정 시 주간을 강하게 절단할수록 수고, 수폭, 측지수 및 수관용적은 감소되었지만, TCA 비대량과 평균 신초장의 차이는 없었다는 보고도 있다[18]. 본 시험에서는 주간 절단 정도가 심할수록 11월 5일 나무별 수고, 수폭, 수관용적, 측지수 및 2차 결과지의 수는 감소되는 경향이 있었으나 TCA 비대량, 측지의 직경, 2차 결과지의 평균 신초장과 총 신초장은 반대로 증가하는 경향이 있었다(Tables 3 and 4).

본 시험에서 주간 절단 정도가 심할수록 TCA 비대량 및 주간 측지의 직경이 증가하는 경향을 나타내었던 것(Tables 1, 3 and 4)은 일반적으로 전정은 주간 하단부의 형성층 생

장을 억제하고 주간 상단부만 비대시켜 주간이 가늘어지는 현상이 감소하게 된다(수관 하부와 상부의 주간 굵기가 같아진다)는 보고[27]를 미루어 보아, 본 시험에서 주간 절단 정도가 심하였던 TR-10 처리구의 경우 절단 위치가 지표면으로 10 cm, 즉 TCA 측정 위치와 거의 비슷하여 주간 하부 비대 감소 현상이 거의 발생하지 않았기 때문이거나 혹은 6월 1일 지표면으로부터 50 cm 이하 높이에서 발생한 주간 측지를 제거 시 TR-10과 TR-30 처리구들은 주간 연장지에 발생한 측지까지 제거되었기 때문으로 추정되었다.

생산량 및 과실품질

처리구별 나무당 과실수와 생산량은 TR-50 처리구가 각각 49.3개, 947 g으로 가장 높았으나, 평균 과중과 과경은 모든 처리구가 각각 19.6~20.0 g, 33.2~34.4 mm로 차이가 없었으며, 가용성 고형물 함량은 TR-50 처리구가 21.6 °Brix로 가장 낮았다(Table 5). 이는 나무별 착과수가 많을수록 평균 과중 및 가용성 고형물 함량은 감소되지만 나무별 과실 생산량은 증가한다는 보고[17, 18, 29]와 유사하였다.

묘목 재식 시 측지가 많은 묘목일수록 수관용적이 커져 나무별 과실의 생산량은 증가되므로[24, 30], 고밀식 사과 재배

Table 6. Yield efficiency and distribution of fruit diameter in the one-year-old 'Daeneung' jujube whip nursery tree as affected by different heading-back pruning severity at planting

Treatment ^y	Yield efficiency per treex		Distribution of fruit diameter (%)		
	TCA (kg fruit / cm ²)	Canopy volume (kg fruit / m ³)	Over 40.0 mm	20.0~39.9 mm	Below 19.9 mm
TR-10	0.08 c ^z	8.21 a ^z	12.0 ab	87.5 ab	0.5 a
TR-30	0.09 c	8.43 a	14.0 a	84.6 b	1.4 a
TR-50	0.19 a	6.04 b	5.4 b	93.8 a	0.9 a
TR-70	0.13 b	3.61 c	12.4 ab	86.0 ab	1.6 a
TR-90	0.16 ab	3.76 c	11.2 ab	88.3 ab	0.4 a

^z Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

^y TR-10, trunk were cut to 10 cm in tree height on 15 March (one bud was remained in the scion) ; TR-30, trunk were cut to 30 cm (three buds were remained); TR-50, trunk were cut to 50 cm (five buds were remained); TR-70, trunk were cut to 70 cm (seven buds were remained); TR-90, trunk were cut to 90 cm (nine buds were remained).

^x The data of TCA and canopy volume were used that were checked on 5 November.

에서는 우량 측지묘목을 심어 재식 3~4년차까지는 수관을 완성하고, 4~5년차에 성과기에 도달하도록 관리하고 있다[19]. 그러나 국내에 유통되는 대추묘목들은 대다수가 1년생 회초리묘이기 때문에 대추 재배자들은 묘목 재식 시 측지 발생을 유도하기 위해 주간을 절단하고 있었는데, 강전정은 신초생장을 왕성하게 하고 수체 내 저장양분의 축적도 불충분하게 하여 꽃눈형성을 불량하게 한다[27]. 본 시험 역시 주간 절단 정도가 심할수록 주간의 측지수 및 착과가 되는 2차 결과지수가 감소되는 경향을 보였으며(Table 4), 측지수 및 2차 결과지수가 가장 많았던 TR-50 처리구의 나무별 생산량이 처리구들 중 가장 높았다(Table 5).

대추나무의 과실 생산량은 수고, 수폭 및 주간직경이 클수록 증가하는 경향이 있다[12]. 그러나 과수의 영양생장과 생식생장은 역의 상관관계를 나타내며[31], 사과나무의 경우 나무별 착과수가 많을수록 TCA 비대량이 감소된다[17, 29]. 본 시험에서는 11월 5일 TCA 비대량은 주간 절단 정도가 심할수록 커지는 경향이 있었지만 TCA 비대량이 가장 적었던 TR-90 처리구의 나무별 생산량은 TCA 비대량이 가장 컸던 TR-10 처리구와 차이가 없었다(Tables 3 and 5). 이는 영양생장과 생식생장은 서로 역의 관계를 가지지만 일정 수준의 영양생장이 유지되어야 과실이 안정적으로 비대되므로 과수 재배에서는 영양생장과 결실 간의 균형을 유지하는 것이 매우 중요하다는 보고[17-19, 29, 31]를 미루어 보아, TR-10과 TR-90 처리구들은 영양생장과 생식생장 간에 불균형이 발생하였기 때문으로 추정되었다.

수량 효율 및 과경 분포율

본 시험에서 TCA 1 cm²당 수량효율은 TR-50 처리구가 0.19 (kg fruit / cm² TCA)로 TR-10 처리구의 0.08 (kg fruit / cm² TCA) 대비 2~3배 정도 높았다. 그러나 수관용적 1 m³당 수량효율은 반대로 TR-50 처리구가 6.04 (kg fruit / m³ canopy volume) 정도로, TR-10 처리구의 8.21 (kg fruit / m³ canopy volume)보다 낮았고, TR-90 처리

구의 3.76 (kg fruit / m³ canopy volume)보다는 높았다. 나무별 상품(과경 40 mm 이상) 과실의 비율은 TR-50 처리구가 5.4%로 다른 처리구들의 11.2~14.0% 대비 절반 수준이었으나, 중품(24.0~39.9 mm)은 TR-50 처리구가 93.8%로 처리구들 중 가장 높았고, 하품(24.0 mm 미만)은 모든 처리구들이 0.5~1.4% 정도로 차이가 없었다(Table 6).

사과나무의 수량 효율은 착과 수준이 높을수록 증가하며[17], 왜성대목에 접목한 측지묘를 재식한 시험구의 5년 동안의 수량 효율은 준왜성대목에 접목한 회초리묘를 재식한 시험구보다 높았다고 한다[24]. 그러나 복숭아나무에서는 재식 시 주간을 약하게 절단(지표면으로부터 90 cm 높이에서 절단)한 나무들의 과실 생산량은 주간을 강하게 절단(지표면으로부터 10 cm 높이에서 절단)한 나무들보다 많았으나 수량 효율은 서로 간에 차이가 없었다고 한다[26]. 본 시험에서 TCA 1 cm²당 수량 효율은 앞서 언급한 사과나무의 보고[17, 24]와 유사하게 과실 생산량이 많았던 TR-50 처리구가 TR-10 처리구보다 높았지만 수관 용적 1 m³당 수량 효율은 반대였다(Tables 5 and 6). 특이한 점은 TR-50 처리구의 수관 용적 1 m³당 수량 효율이 6.04 (kg fruit / m³ canopy volume) 정도로, 이는 TR-50 처리구를 제외한 다른 모든 처리구들의 평균치인 6.00 (kg fruit / m³ canopy volume)과 거의 동일하였다는 것이다(Table 6). 즉, 본 시험에서 TR-50 처리구의 과실 생산량이 가장 높을 수 있었던 것(Table 5)은 TR-50 처리구의 영양생장이 생식생장과 균형을 이루었기 때문으로 생각되었다[17-19, 29, 31].

국내 과실 소비자들은 과실 선택에 있어 가용성 고형물 함량을 중요하게 생각하지만 국내 과실의 시장가격을 결정하는 중간상인 및 소매상들은 과실의 크기를 가장 중요하게 생각하고 있다[32]. 해외 복숭아 재배에서는 주간 절단 정도에 따른 상품(과경 65mm 이상) 과실 비율의 차이는 일정한 경향이 없었지만, 과실 생산량과 수입은 주간을 약하게 절단한 나무가 강하게 절단한 나무보다 높았다고 한다[26]. 본 시험에서는 과실 생산량이 많았던 TR-50 처리구의 상품 과실의 비

율이 다른 처리구들 보다 낮았지만 증품의 비율은 반대로 높았으며(Tables 5 and 6), 민간 육종가가 2019년 서울특별시 가락시장에 판매한 과실 등급별 가격을 대입하여 산출한 조수입 역시 TR-50 처리구가 다른 처리구들보다 2배 이상 높았다(자료 미제시). 이는 사과나무는 나무별 착과수가 많을수록 375 g 이상의 대과 즉, 상품의 비율은 낮아지지만 나무별 생산량과 조수입은 증가되었다는 보고[18, 24]와 동일하였다.

사과나무는 3년생 가지에 과실이 착과 되므로[33], 고밀식 1년생 측지묘 사과재배에서는 재식 2년차에 들어서야 과실을 나무별로 10개 정도 생산할 수 있지만 보통 재식 3~4년차까지는 조기 수관 확보를 위해 과실 생산보다는 나무의 생장에 더 중점을 두는 재배방식을 채택하고 있다[17, 19, 24]. 그러나 대추나무는 1년생 가지에 과실이 착과되므로 재식 시 바로 과실을 수확할 수 있어 초기 투자 자본 회수가 사과나무보다 빠른데도 불구하고(Table 5), 대추나무에 대한 연구가 부족하여 국내에서는 대과종 대추나무를 사과나무처럼 영양생장에 더 치중한 나머지 묘목 재식 시 1개의 눈만 남기고 주간을 절단하는 농가들이 있었는데, 2년생 가지에 과실이 착과되는 복숭아나무에서는 재식 시 주간을 약하게 절단한 나무의 재식 후 4년 동안 수관 용적은 강하게 절단한 나무보다 높았으며, 과실 생산량도 많았다고 한다[26]. 본 시험에서는 재식 시 주간을 강하게 절단 즉, 눈을 1개만 남기고 절단한 TR-10 처리구의 과실의 생산량은 주간 절단 정도가 약했던 TR-90 처리구와 차이가 없었다(Table 5). 오히려 주간 절단 정도가 중간 정도인 즉, 눈을 5개 정도 남기고 절단한 TR-50 처리구의 나무별 생산량이 처리구들 중 가장 높았으며(Table 5), 누적 과실 생산량에 영향을 미치는 측지수 및 수관 용적[18, 24] 역시 TR-50 처리구가 TR-10 처리구에 비해 높았다(Tables 3 and 4).

한편, 만약 대과종 ‘대능’ 대추나무를 사과나무 혹은 일반 대추나무와 같이 조기 수관 확보를 위해 재식 당년에 과실을 모두 제거[12, 24]하더라도 본 시험 대과종 ‘대능’ 대추나무의 누적 영양생장 및 과실 생산량은 TR-50 처리구가 가장 높을 것으로 추정되었다. 이는 과실 생산량과 영양생장은 역의 상관관계를 가져 나무별 과실 생산량이 적을수록 영양생장은 왕성해지는데[31], 본 시험에서 TR-50 처리구의 과실 생산량은 처리구들 중 가장 많았음에도 불구하고 수관 용적 및 측지수는 TR-10 처리구 보다 높았기 때문이었다(Table 3, 4 and 5).

또한, 시험 대상 작목이 달라 직접적인 비교가 될 수는 없지만 예를 들어, 사과나무의 경우 왜성대목에 접목한 측지묘를 재식한 시험구는 재식 2년차, 준왜성대목에 접목한 회초리묘를 재식한 시험구는 재식 3년차부터 과실을 착과시켰는데, 수관 용적은 재식 3년차부터 준왜성대목에 접목한 회초리묘 시험구가 커졌지만 5년 동안의 매년 나무별 과실 생산량은 재식 2년차부터 착과를 시킨 왜성대목에 접목한 측지묘가 많았다는 보고[24] 및 유목기 사과나무의 TCA 1cm²당 착과 수준이 5과 미만일 경우에는 재식 2, 3, 4년차 중 어느 시기에 착과를 시작하여도 6년 동안 나무당 누적 생산 과실수의

차이가 없었지만 5과 이상일 경우에는 착과를 시작하는 연도가 빠를수록 6년 동안 나무당 누적 생산 과실수는 감소되었다는 보고[34]를 미루어 보아, 만약 대과종 ‘대능’ 대추나무의 영양생장과 생식생장 간 균형을 유지 시킬 수 있는 유목기 적정 착과 수준이 규명된다면 재식 1년차부터 과실을 착과해도 재식 3년차부터 착과를 시작한 나무들의 5년 동안의 누적 과실 생산량과 차이가 없거나 오히려 높을 수 있을 것으로 생각되었다.

결론적으로 대과종 ‘대능’ 1년생 묘목 재식 시 적정 주간 절단 높이는 지표면에서 50 cm 정도로, 이 높이에서 주간을 절단하면 조기에 수관이 완성되면서 영양생장과 생식생장의 균형이 이루어져 매년 안정적인 과실 생산이 가능할 것으로 판단되었다.

결론

본 시험에서 대과종 대추 ‘대능’ 회초리 묘목 재식 시 주간을 강하게 절단할수록 영양생장이 왕성해지는 경향이 있었지만(Tables 3 and 4), 묘목이 고사하거나 지표면으로부터 10 cm 이하에 부정지가 발생하는 등의 문제가 발생하였고(Table 2; Fig. 2), 과실 생산량은 주간 절단 정도가 약했던 처리구들과 차이가 없었다(Table 5). 또한, 조기 다수확 및 누적 과실 생산량에 영향을 미치는 수관 용적 및 측지수도 주간 절단 정도가 클수록 감소되는 경향이 있었다(Tables 3 and 4).

이상의 결과를 종합해보면, 대과종 대추 ‘대능’은 1년생 회초리 묘목 재식 시 적정 주간 절단 높이는 나무의 생육, 생산량 및 품질 등을 고려할 때 지표면에서 50 cm 정도가 적절하다는 것을 확인하였다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

References

- Kim JH, Kim JC, Ko KC, Kim KR, Lee JC (1998) Special pomology, pp. 451-455, 1st edition, Hyangmoonsha, Seoul, Korea.
- Kim SK, Hwang JK, Paek KY, Han BH, Hwang JH (1987) In vitro callus formation and shooting responses of jujube as affected by growth regulators and levels of inorganic nutrients. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 28, 131-136.
- Lee SW, Kim DH, Lee CK, Seo SW, Huh YK (2006) Development of a collecting system for jujube harvester. Journal of Biosystems Engineering, 31, 500-505.
- Lee GJ, Kang BG, Kim KS, Kim IW, Han JU (2014)

- Investigation of chemical properties of the jujube orchard soils at Boeun region in Chungbuk. Korean Journal of Environmental Agriculture, 33, 24-29. <http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2014.33.1.24>.
5. An DS, Lee DS (1997) Effect of maturity and storage temperature on preservation of fresh jujube. Korean Journal of Food Science and Technology, 29, 758-763.
 6. Lee DS, An, DS (1998) Effect of packaging conditions on keeping quality of fresh jujube. Korean Journal of Food Science and Technology, 30, 461-467.
 7. Lee JW, Kim CW, Oh HK, Lee KH, Lee SK, Kim SH, Hong EY (2017) Effect of root pruning on growth and fruit setting in zizyphus jujuba var. inermis (Bunge) rehder. Korean Journal of Medicinal Crop Science, 25, 160-164. <http://dx.doi.org/10.7783/KJMCS.2017.25.3.160>.
 8. Oh HK, Oh S, Han H, Park H, Lee KH, Shin H. Kim D (2020) Morphological characteristics of 'Ilbon' (Ziziphus jujuba) with higher seed productivity and functional component, Korean Journal of Plant Resources, 33, 293-302. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2020.33.4.293>.
 9. Nam JI, Kwon HY, Kim MS, Kim SH (2015) Flowering characteristics and honeybee visiting of jujube (Ziziphus jujuba Mill). Journal of Apiculture, 30, 343-348.
 10. Oh, HK, Lee JW, Kim CW, Lee KH, Lee SK, Kim SH, Yoon HJ, Lee KY (2017) Effect of Insect Pollinators for Chinese jujube (Ziziphus jujuba var. inermis (Bunge) Rehder) in rain shelter house. Korean Journal of Applied Entomology, 56, 365-370. <http://doi.org/10.5656/KSAE.2017.10.0.034>.
 11. Lee KJ, Kang BG, Kim KS, Kim CW (2015) Effect of mulch application using different organic materials on growth of young jujube trees and weed suppression. Korean Journal of Organic Agriculture, 23, 67-75. <http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2015.23.1.67>.
 12. Park, Y, Kim JS, Jung JY, Ha, SY, Park, JH, Yang JK (2017) Effect of tree age and tree growth on Jujube (Ziziphus jujuba var. inermis) fruit yield. Journal of Agriculture and Life Science, 51, 15-21. <http://doi.org/10.14397/jals.2017.51.1.15>.
 13. Yao S (2013) Past, present, and future of jujubes - Chinese dates in the United States. HortScience, 48, 672-680.
 14. Nam JI, Lee U, Kim SH (2018) Analysis of genetic characteristic of jujube (Ziziphus jujuba Mill) cultivated in Korea revealed by ISSR markers. Journal of Korean Society of Forest Science, 107, 378-384. <https://doi.org/10.14578/jkfs.2018.107.4.378>.
 15. Nam JI, Kim CU, Kim SH (2019) Development of ISSR-derived SCAR markers for identification of jujube cultivars. Journal of Korean Society of Forest Science, 108, 302-310. <https://doi.org/10.14578/jkfs.2019.108.3.302>.
 16. Nam JI, Kim YM, Choi GE, Lee GY, Park JI (2013) Assessment of genetic relationship among date ((Ziziphus jujuba) cultivars revealed by I-SSR marker. Journal of Korean Society of Forest Science, 102, 59-65.
 17. Choi SW, Sagong DH, Song YY, Yoon TM (2009) Optimum crop load of 'Fuji'/M.9 young apple trees. Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 27, 547-553.
 18. Yang SJ, Park MY, Song YY, Sagong DH, Yoon TM (2009) Influence of tree height on vegetative growth, productivity, and labour in slender spindle of 'Fuji'/M.9 apple trees. Journal of Bio-Environment Control, 18, 492-501.
 19. Robinson TL (2003) Apple-orchard planting systems, in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 392-393, CABI Publishing, Cambridge, MA, UK.
 20. Yang SJ, Du ZY, Yu Y, Che YY, Yuan CH, Xing, SJ (2012). Effect of root pruning on competitive ability in chinese jujube tree. Fruits, 67, 429-437. <http://doi.org/10.1051/fruits/2012038>.
 21. Ferree DC, Schupp JR (2003) Pruning and training physiology. in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 322-334, CABI Publishing, Cambridge, MA, UK.
 22. Yang SJ, Sagong DH, Yoon TM, Song YY, Park MY, Song YY, Kweon HJ (2015) Vegetative growth, productivity, and fruit quality in tall spindle of 'Fuji'/M.9 apple trees. Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 33, 155-165. <https://dx.doi.org/10.7235/hort.2015.13190>.
 23. Yoon TM, Lee JY, Han SG, Woo YJ, Choi SW, Kim KR, Shin JG (2001) Effects of surface-active agents to 6-benzylamino purine on feathering of maiden apple trees. Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 19, 39-42.
 24. Yang SJ, Park MY, Song YY, Sagong DH, Yoon TM (2010) Evaluation of early productivity of high density 'Fuji' apple orchards by planting well-feathered trees/M.9 EMLA. Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 28, 374-380.
 25. Moon W, Yoo, DJ (2013) Physiology of crop plants,

- pp 296-299, 1st edition, Korea National Open University Press. Seoul, Korea.
26. Marini RP, Sowers DS, Marini MC (1995) Tree form and heading height at planting affect peach tree yield and crop value. *HortScience*, 30, 1196-1201.
 27. Ko KC, Oh SD, Yim YJ, Yoo YS, Kang SM, Kim SK, Shin YU, Chung KH (1999) Physiology in pruning fruit trees, pp. 28-31, 76-84 and 89-93, 1st edition, Seowon Press, Seoul, Korea.
 28. Mika A (1986) Physiological responses of fruit trees to pruning. *Horticultural Review*, 8, 345-348.
 29. Kweon HJ, Park MY, Song YY, Lee DY, Sagong DH (2019) Influence of crop load on bitter pit incidence and fruit quality of 'Gamhong'/M.9 adult apple tree. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 38, 145-153. <http://doi.org/10.5338/KJEA.2019.38.3.22>.
 30. Palmer JW, Adams HM (1997) Early results with intensive systems of apples on virus-free M.9 rootstock in New Zealand. *Acta Horticulturae*, 451, 487-493.
 31. Foshey CG, Elfving DC (1989) The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Horticultural Review*, 11, 230-287.
 32. Lee HC, Kang TH (2000) The status of apple grading and standardization by the merchant middleman in Taegu-Kyungpook province. Korean. *Korean Journal of Food Marketing Economics*, 17, 89-110.
 33. Yim YJ (2015). *Fruit science general*, pp. 125-128, 1st edition, Hyangmoonsha Press, Seoul, Korea.
 34. Robinson TL (2008) Crop load management of new high-density apple orchard. *New York Fruit Quarterly*, 16, 3-7.