

Research Article



CrossMark

Open Access

개화기에 저온 피해를 받은 ‘후지’/M.9 사과나무의 하계전정 시기가 신초생장 및 과실품질에 미치는 영향

권헌중¹, 사공동훈^{2,3*}

¹경상북도농업기술원 원예경영연구과, ²대구대학교 과학생명융합대학 생명환경학부 원예학전공, ³대구대학교 자연과학연구소

Influence of Summer Pruning Time on Shoot Growth and Fruit Quality of ‘Fuji’/M.9 Apple Tree Damaged by the Low Air Temperature at Flowering Period

Hun-Joong Kweon¹ and Dong-Hoon Sagong^{2,3*} (¹Division of Horticulture & Management Research, Gyeongsanbuk-Do Agricultural Research & Extension Services, Daegu 41404, Korea, ²Division of Life & Environmental Science (Horticulture), College of Natural and Life Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea, ³Institute of Natural Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea)

Received: 14 November 2022/ Revised: 16 December 2022/ Accepted: 21 December 2022

Copyright © 2022 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

Hun-Joong Kweon

<http://orcid.org/0000-0003-0665-899X>

Dong-Hoon Sagong

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

Abstract

BACKGROUND: The low temperature at flowering period break the balance between vegetative and reproductive growth of apple tree. Summer pruning has been used to control vegetative growth. So, this study was conducted to investigate the effect of summer pruning time on shoot growth and fruit quality of ‘Fuji’/M.9 apple trees damaged by the low temperature at flowering period.

METHODS AND RESULTS: The following treatments were applied to tree : a) control (no summer pruning), b) pruned 26 June, c) pruned 30 July, d) pruned 28 August, and e) pruned 26 September. The summer pruning significantly increased light penetration and fruit red color by reducing the total shoot growth compared with control. And the summer pruning control the outbreak of apple valsa canker. But the summer pruning at the end of June increased regrowth of shoot and pruning weight compared with the summer pruning at the end of August. The summer pruning at 30 July had the highest fruit weight, but return bloom was the highest in the summer pruning at 28

August.

CONCLUSION(S): These results indicated the optimum summer pruning time of ‘Fuji’/M.9 apple trees damaged by the low temperature at flowering period were the end of August.

Key words: Apple valsa canker, Fruit weight, Light penetration, Regrowth of shoot, Return bloom

서론

M.9 대목을 이용한 고밀식 사과(*Malus domestica* Borkh.) 재배는 재식밀도가 높아 기상환경, 토양환경, 묘목의 소질, 착과 수준, 전정 등 다양한 재배환경요인이 상호 간에 조화를 이루어야 고품질 과실을 매년 안정적으로 생산할 수 있다[1]. 그러나 국내 사과 재배농가에서는 375 g 이상의 대과를 생산하기 위하여 과도한 적과, 전정 및 시비를 하는데다가 개화기 서리, 6-7월 신초생장 정지기의 장마 등 여러 가지 기상적인 원인으로 영양생장이 지나친 고밀식 사과원이 늘어가고 있다[2].

기상청 자료에 의하면 최근 10년(2010-2020년)간 우리나라는 겨울철 강한 한파와 봄철 이상 저온에 의해 농작물 피해가 발생하였는데, 사과나무의 경우 2018-2020년 3년간 연속하여 발아 및 개화기인 3-4월에 저온 피해가 발생하였다[3]. 특히,

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

영향을 미치는데[4], 사과나무의 꽃은 개화기부터 낙화기까지 기온이 -2.2°C 까지 떨어지면 10% 정도가 치사하고, -3.9°C 부터 -4.2°C 까지 떨어지면 90%가 치사하며, 수정된 후에도 15.0°C 이하의 저온이 닥치면 화분이 발아되지 않거나 화분관 신장이 나쁘게 되어 수정이 불량해진다[5].

사과나무의 생식생장과 영양생장은 역의 상관관계를 가지고 있어[6], 개화기 저온 등에 의해 나무별 착과수가 감소되면 영양생장이 왕성해진다[7]. 특히, 국내 주 품종인 '후지'는 다른 품종에 비해 단과지 형성이 어렵고, 해거리(격년결실)가 심하여 유목기(재식 3-4년차)부터 수세 관리를 철저히 해야 한다[8]. 일반적으로 사과나무의 수세는 시비, 전정, 결실량 등을 통해 조절하는 것이 원칙이나 환상박피, 단근, 생장억제제 등의 방법으로 단기간에 효율적으로 조절할 수 있다[2]. 그러나 이러한 긴급 수세조절 방법은 주로 휴면기, 발아기 및 개화기에 이루어지고 있다[9].

신초생장이 시작한 이후부터 낙엽기까지 실시할 수 있는 하계전정(여름전정)은 수세기 동안 유럽 과수원에서 수세조절 방법으로 이용되어왔지만, 하계전정의 처리시기, 방법 및 정도에 따라 수체에 미치는 반응이 매우 다양하여 소홀하게 다루어졌다[10, 11]. 그러나 20세기 중반 이후 사과 재배방식이 밀식으로 전환되면서 그동안 소홀하게 다뤄 왔던 하계전정이 밀식재배 사과원에서 수세생장을 조절하고, 결과적으로 꽃눈 형성 촉진과 과실품질 향상의 수단으로 재평가되었다[12, 13]. 일반적으로 사과나무의 하계전정 수행 적기는 6-7월이라고 알려져 있으나[14], 우리나라에서 사과나무의 6-7월 하계전정은 신초의 2차 생장(regenerated shoot, regrowth of shoot, secondary shoot growth)을 유도하여 꽃눈 분화 및 과실비대에 악영향을 미칠 것으로 생각된다[15, 16].

따라서, 본 시험은 고밀식 사과원에서 개화기 저온으로 인한 화기 피해에 인해 착과량이 적어 수세가 지나치게 강해질 경우를 대비한 긴급수세 조절 방법을 개발하고자, 개화기에 저온 피해를 받은 성목기 '후지' / M.9 사과나무들을 대상으로 6-9월에 하계전정을 실시한 후 영양생장, 과실품질 및 이듬해 개화율을 조사하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험은 2013년 경상북도 군위군 소보면에 위치한 농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과연구소에 $3.0 \times 1.0 \text{ m}$ (10 a 당 333주)로 재식된 재식 11년차 '후지' / M.9 사과나무들을 대상으로 실시하였다. 시험포장의 토성은 미사질 양토이며, 암거배수도가 지하 1.0 m 지점에 설치되어 시험포장의 배수는 양호한 편이었다.

본 시험포장은 농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과연구소 표준관리에 준하여 관리하였으나, 고밀식이기 때문에 재식 5년차 이후로 재배·기술적인 오류 혹은 이상 기상환경으로 결실과 영양생장간의 균형이 깨지면서 격년결실 및 병해충(갈색무늬병, 부란병 등)이 심각하게 발생하는 등의 밀식장해가 발생하였다[17]. 그러다가 2013년에 만개기(4월 18일) 전후로 경

북 군위군 소보면 지역의 기온이 영하로 내려갔다. 이 시기 기상청 자료에 의하면, 2013년 4월 12일부터 4월 15일 사이 일별 최저기온은 -3.4°C 까지 내려갔고, 4월 22일에는 -1.0°C 까지 내려갔다. 이러한 만개기 전후 저온에 의해서 5월 중순 나무별 총 착과수는 30-50개 정도로, 만개기(4월 18일) 나무별 개화한 총 화총수 80-120개 대비 절반 이하의 수준이었다.

처리 및 재배관리 방법

시험주들은 2013년 2월 20일부터 2월 25일 사이에 동계전정을 실시한 사과나무들로, 목표 수형은 키 큰 방추형이었다. 하계전정은 4시기(6월 26일, 7월 30일, 8월 28일, 9월 26일)로 구분하여 실시하였고, 대조구로 하계전정을 실시하지 않은 무처리구를 두었다. 하계전정은 도장지 제거를 주된 목표로 하되 주간 및 열간으로 길게 생장하여 옆 나무의 광 환경 혹은 재배관리(약제 살포)에 악영향을 주는 신초와 아래로 처져 수관 내 그늘을 형성하는 측지들을 제거하는 방법으로 실시하였다. 각 시험주별 하계전정 처리 당시 전정된 가지들의 생체중은 2.0-2.5 kg 정도였다.

시험주 관리 방법에 있어, 처리 당해연도(2013년)에는 시비를 전혀 실시하지 않았고, 사과 생육기(4-10월) 동안의 토양수분은 매년 시험포장에 설치된 텐션미터(2710ARL, Soil moisture equipment corp, USA)의 장력이 -50 kPa 이하로 내려가면 점적관수시설로 오후 6시부터 오전 6시까지 관수하는 방법으로 관리하였다. 적과는 나무별 착과수가 적어 2차 적과(착과수 조절) 없이 5월 28일까지 1차 적과(중심과만 남기는 적과)를 마치는 방법으로 실시하였다.

처리 이듬해(2014년) 시험주들의 동계전정은 2월 24일에 실시하였다. 주간연장지는 세력이 약한 주간 결실지로 대체하였고, 결과 부위가 지면에서 3.0 m 이내에 될 수 있게 수고를 3.5 m 내외로 제한하였다. 측지는 주간에 비해 지나치게 세력이 강할 경우 솎아 주었고, 잦은 결실에 의해 지나치게 아래로 처져 노쇠해진 측지는 건실한 발육지로 대체하는 방법으로 전정하였다. 수목은 약한 결과지나 꽃눈이 발생한 가지를 연령변환부에서 제한하면서 옆의 나무와 겹치지 않도록 조절하였다[17]. 단과지 전정은 2차 생장이 발생한 신초들의 정아는 꽃눈이 될 가능성이 적어[13, 15], 2차 생장을 한 가지 및 신초는 2차 생장이 시작된 부위에서 절단하거나 혹은 솎음전정으로 제거하였다[7]. 병해충 관리는 국립원예특작과학원 사과연구소 표준관리에 따라 살균제를 9회 살포했고, 해충 방제는 페르몬 트랩을 이용한 예찰 결과에 근거하여 살충제를 6회 살포하고 혼합하여 살포하였다.

시험구 배치는 1주를 1반복으로 한 완전임의 배치법으로, 하계전정 처리 시기별로 6주(총 24주)씩 선정하였다.

수관 내 광투과율 및 신초생장

수관 내 광투과율은 4시기(7월 15일, 8월 13일, 9월 14일, 10월 16일)로 구분하여 조사하였다. 측정 방법은 광량 측정기(Field scout, Spectrum, USA)를 이용하여 11시부터 13시 사이에 주간을 중심으로 동서남북방향으로 각각 20-30 cm 떨어진 위치에서 수관을 지표면으로부터 80 cm, 130 cm, 180

cm 높이로 나누어 수관 내 위치별로 광량을 각각 측정하였다 (나무별 총 12회 측정). 수관 내 위치별로 측정된 12개 측정값은 다시 나무별로 평균하여 노지의 전광에 대한 비율(%)로 산출하였다.

신초생장 조사는 12월 4일에 나무별로 길이가 3.0 cm 이상인 신초수와 각각의 길이를 1차 생장과 2차 생장으로 나누어 모두 조사한 뒤, 나무별 총 신초수, 평균 신초장, 총 신초장, 신초의 2차 생장 발생률(ratio of secondary shoot growth)을 산출하였다. 신초의 2차 생장 발생률은 나무별 총신초수에 대한 2차 생장이 발생한 신초수로 산출하였다.

과실의 생산량 및 품질

과실은 11월 13일에 시험주별로 과실을 모두 수확하여 개별로 무게를 측정하여 평균 과중과 나무별 총생산량을 산출하였다. 과신품질(과실의 가용성 고형물 함량, 산 함량 및 착색 정도)은 수확 시에 시험주별로 건전한 과실을 10개씩 임의로 선별하여 조사하였다.

과신품질 조사에 있어, 착색 정도는 색차계(Chroma meter CR-400, Konica minolta, Japan)를 이용하여 각각의 과실을 3부분(양광면, 음광면, 중간부분)으로 구분하여 측정한 후, 평균하여 Hunter's a 값으로 표시하였다. 가용성 고형물 함량은 시험주별 10개의 과실을 1개씩 분쇄하여 착즙한 후 모아 110 mm 거름종이(Filter paper, Advantec, Japan)로 걸러 디지탈당도계(PR-100, Atago, Japan)로 측정하였다. 산 함량은 각 과실의 과즙 5 mL를 증류수 20 mL로 희석한 후 0.1 N NaOH로 적정하여 pH 8.1이 되는 점의 적정치를 환산하여 나타내었다[18].

이듬해 동계전정량, 개화율 및 부란병 발생률

이듬해 동계전정량은 이듬해(2014년) 2월 24일 동계전정을 한 뒤 나무별로 전정된 가지들을 모두 모아 생체중을 측정하였고, 이듬해 개화율은 이듬해 개화 전인 3월 11일에 나무 전체의 정아수를 조사하고, 4월 19일에 개화한 정아수를 조사하여 나타내었다.

이듬해 부란병 발생률은 이듬해 5월 24일에 수고 1.5 m 이하 주간 부위에 부란병이 심하게 발생하여 주간을 절단할 수밖에 없었던 시험주들의 수를 처리구별로 조사하여 나타내었다.

통계분석

통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하여 분산분석을 0.05 이하 수준으로 수행하였으며, Duncan test를 통한 다중검정을 실시하였다. 반복수는 총 6반복으로 진행하였다.

결과 및 고찰

수관 내 광투과율 및 신초생장

수관 내 광투과율을 살펴보면, 무처리구(대조구)는 7월 15일(7월)부터 10월 16일(10월)까지 11-21% 정도였고, 하계전정구들은 하계전정 처리 이전 10-20% 정도였던 수관 내 광투과율이 하계전정 처리 이후에 30% 이상으로 높아졌다. 하계전

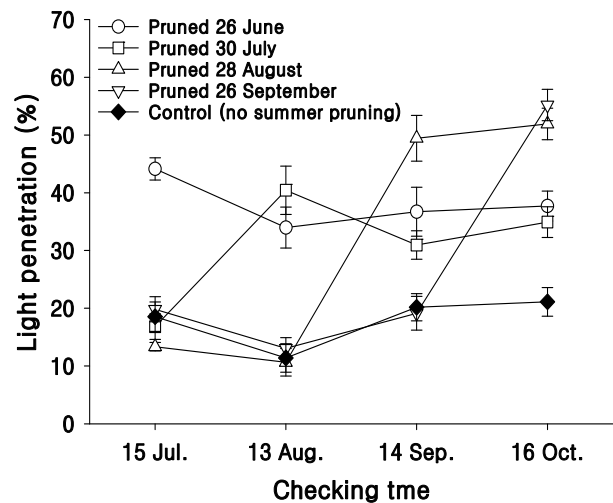


Fig. 1. Seasonal change of light penetration of 'Fuji'/M.9 apple trees as affected by different summer pruning time. Control was apple trees that do not summer pruning. The vertical bars indicate standard errors of 6 trees.

정 처리구별로는 6월 26일에 하계전정을 처리한 시험구(6월말 하계전정구)의 경우 처리 2주 뒤인 7월에 대조구의 18% 대비 약 2-3배 높은 44%까지 상승했다가 8월 13일(8월) 이후부터 33-37%를 유지하였다. 7월 30일에 하계전정을 처리한 시험구(7월말 하계전정구) 역시 수관 내 광투과율이 7월에 16%에서 처리 2주 뒤인 8월에 40%까지 상승했다가 9월 14일(9월) 이후로 30-35%를 유지하였다. 그러나 8월 28일에 하계전정을 처리한 시험구(8월말 하계전정구)는 8월까지 10-13%이었던 수관 내 광투과율이 9월 14일(9월) 이후로도 49-52%를 유지하였고, 9월 26일에 하계전정을 처리한 시험구(9월말 하계전정구)는 9월까지 13-20%이었던 수관 내 광투과율이 10월에 55%까지 상승하였다(Fig. 1).

신초생장을 살펴보면, 하계전정구들의 나무별 총신초수와 총신초장은 각각 120-157개, 3,425-4,557 cm 정도로, 대조구의 247개, 7,397 cm 대비 각각 48-64%, 46-62% 수준이었다. 그러나 2차 총신초장과 2차 신초 발생률은 6월말 전정구만이 각각 770 cm, 36.6% 정도로, 대조구의 260 cm, 10.9% 대비 3-4배 정도 더 높았다. 7월말, 8월말 및 9월말 하계전정구들의 2차 총신초장과 2차 신초 발생률은 대조구와 차이가 없었다. 평균 신초장은 모든 처리구들이 25.1-29.9 cm 정도로 차이가 없었다(Table 1).

매년 고품질 사과를 안정적으로 생산하려면 수관 내 광투과율이 최소 30% 이상이 되어야 한다[19, 20]. 본 시험에서는 하계전정을 실시하지 않은 대조구의 경우 7-10월 수관 내 광투과율이 20% 이하였지만, 6-9월에 하계전정을 실시한 처리구들은 모두 처리 2주 만에 40% 이상이 되었고, 10월까지 30% 이상을 유지하였다(Fig. 1). 이는 하계전정을 실시하면 신초생장이 억제되면서 수관 내 광투과율이 증진되었다는 보고들[10, 12]과 동일하였다(Fig. 1; Table 1). 그러나 본 시험에서 6월말 하계전정구는 하계전정 2주 만에 수관 내 광투과율이 40% 이상 되었다가 처리 6-8주 후(9-10월)에 지난달 대비 10% 정

Table 1. Shoot growth of 'Fuji'/M.9 apple trees in the treating year as affected by different summer pruning time

Pruning time ^y	No. of shoot (ea/tree)	Total shoot growth (cm)			Average shoot growth (cm)	Ratio of 2nd growth (%)
		1st	2nd	Total		
26 June	157 b ^z	3,787 b	770 a	4,557 b	29.0 a	36.6 a
30 July	149 b	3,195 b	549 ab	3,744 b	25.1 a	28.8 ab
28 August	128 b	3,151 b	274 b	3,425 b	26.8 a	16.0 b
26 September	120 b	3,283 b	148 b	3,431 b	28.6 a	14.9 b
Control	247 a	7,137 a	260 b	7,397 a	29.9 a	10.9 b

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

^yControl was apple trees that do not summer pruning.

도 감소되었던 반면에 8월말 하계전정구는 6-8주 후에도 50% 정도 유지하였다(Fig. 1). 이는 8월말 하계전정구의 2차 신초생장(2차 총신초장, 신초의 2차 생장 발생률)이 6월말 하계전정구 대비 절반 수준이었기 때문으로 생각되었다(Table 1).

신초는 발아 후 6월 하순까지 왕성한 생장을 하다가 그 이후 생장이 감소하기 시작하여 7월 하순이 되면 거의 정지된다[16]. 그러나 7월 하순 이후에 질소 성분이 과다하고 고온다습한 조건이 되면 신초는 2차 생장을 시작하게 된다[2]. 사과나무에서는 과실 수확 1-2달 전(본 시험의 '후지'의 수확기는 11월 13일이지만, 국내 '후지'의 관행적 수확기는 10월 하순부터 11월 중순이므로 과실 수확 1-2달 전이라면 대략 8월 하순부터 9월 중순까지)에 하계전정을 실시하면 신초의 2차 생장이 억제된다는 보고[10]가 있다. 또한, 사과나무의 정단신초를 8월 하순에 절단전정할 경우 절단 부위 액아가 처리 당해연도에 60% 정도만 발아하고, 9월 상순에 절단하면 절단 부위 액아들이 처리 당해연도에 전혀 발아하지 않은 품종이 있었다는 보고[21]가 있다. 즉, 본 시험에서 8월말과 9월말 하계전정구들의 2차 신초생장이 6월말과 7월말 하계전정구들 대비 1/3-1/2 수준이었던 것(Table 1)은 8월과 9월 하계전정구들은 8월말 이후로 신초의 액아들이 자발휴면에 들어가게 되면서 하계전정에 의한 신초의 반발생장이 심하게 발생하지 않았기 때문으로 추정되었다.

과실의 생산량 및 품질

처리구들의 나무별 총과실수는 38-45개 정도로 차이가 없었지만, 평균 과중은 6월말과 7월말 하계전정구들이 268-269 g

정도로 대조구의 242 g보다 유의하게 증가하였다, 나무별 과실 총생산량, 가용성 고형물 함량 및 산 함량은 모든 처리구들이 각각 9.2-12.1 kg, 13.3-13.8 °Brix, 0.33-0.35% 정도를 나타냈고, 대조구와 비교 시 통계적인 유의차는 없었다. 착색 정도는 7월말, 8월말, 9월말 하계전정구들이 14.9-16.3 Hunter a value 정도로 대조구의 12.5 Hunter a value보다 높았다(Table 2).

일반적으로 하계전정을 실시하면 수체 내 잎의 수가 현저하게 감소하게 되면서 수체 및 과실에 축적되는 동화산물이 감소되어 평균 과중이 감소되지만, 과실의 착색 정도는 신초생장이 억제되면서 수관 내 광투과율이 높아져 증진되는 것으로 알려져 있다[10-12, 22, 23]. 그러나 본 시험에서는 하계전정구들의 과실 착색 정도와 평균 과중이 대조구보다 높은 경향을 보였으며, 하계전정 처리시기가 빠를수록 평균 과중이 커지는 경향을 보였다(Table 2).

신초의 2차 생장 시 수목의 절대 광합성량은 증가하나 동화산물이 신초생장을 위해 이용하게 되어 과실의 생장에 이용할 탄수화물이 감소하여 과실 비대 및 숙기 지연이 발생하기도 한다[16]. 그러나 본 시험에서는 2차 신초생장이 비교적 왕성했던 6월말과 7월말 하계전정구들의 평균 과중이 대조구보다 유의하게 컸다(Tables 1 and 2). 이는 일반적으로 사과의 비대는 수분 후 40-80일(본 시험의 경우 4월 18일이 만개기로, 만개기를 기준으로 산출하면 대략 5월 28일부터 7월 7일까지)에 가장 왕성하게 이루어지므로[24], 이 시기에 광투과율이 30% 미만이 되거나 동화산물 생산에 문제가 발생하면 과중이 감소된다는 보고들[19, 25]을 미루어 보아, 본 시험의 대조구

Table 2. Fruit quality of 'Fuji'/M.9 apple trees in the treating year as affected by different summer pruning time

Pruning time ^y	No. of fruit (ea/tree)	Average fruit weight (g)	Yield (kg/tree)	Soluble solid contents (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Fruit red color (Hunter a value)
26 June	42 a ^z	268 a	11.3 a	13.8 a	0.34 a	14.7 ab
30 July	45 a	269 a	12.1 a	13.3 a	0.33 a	14.9 a
28 August	38 a	259 ab	9.8 a	13.4 a	0.33 a	15.3 a
26 September	40 a	244 ab	9.8 a	13.5 a	0.35 a	16.3 a
Control	38 a	242 b	9.2 a	13.6 a	0.34 a	12.5 b

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

^yControl was apple trees that do not summer pruning.

는 7월부터 10월까지 수관 내 광투과율이 20% 이하였지만, 6월말과 7월말 하계전정구들은 최소 3달 이상 30% 이상 유지되었기 때문에 생각되었다(Fig. 1). 또한, 8월말과 9월말 하계전정구들의 평균 과중이 대조구와 차이가 없었던 것(Table 2)은 8월말과 9월말 하계전정구들은 과실 비대가 가장 왕성해지는 시기(수분 후 40-80일)에 수관 내 광투과율이 20% 이하로 대조구와 동일하였고, 수관 내 광투과율이 30% 이상 유지되었던 기간이 1-2달 밖에 되지 않았기 때문에 생각되었다(Fig. 1). 즉, 본 시험에서는 6-7월 수관 내 광환경 개선에 의한 과실비대 증진 영향이 2차 신초생장에 의한 과실비대 감소 영향보다 크다고 할 수 있었다(Fig. 1; Tables 1 and 2).

일반적으로 수관 내 광투과율이 높을수록 가용성 고탄물 함량은 증진되는 것으로 알려져 있다[26]. 그러나 하계전정 시 가용성 고탄물 함량은 연구자에 따라 다른 결과를 나타내었다[22, 23, 27]. 본 시험에서는 하계전정구들이 대조구보다 수관 내 광투과율이 높았음에도 불구하고 가용성 고탄물 함량의 차이는 없었다(Fig. 1; Table 2). 이는 본 시험에서 6월 하순 하계전정 시 광투과율은 우수하였으나 신초의 2차생장 발생으로 가용성 고탄물 함량의 변화가 미미했기 때문(Fig. 1; Tables 1 and 2)으로 생각되었다[10, 16].

이듬해 동계전정량, 개화율 및 부란병 발생률

처리 이듬해(2014년) 나무별 동계 전정량은 하계전정 처리구들이 0.48-1.47 kg 정도로, 대조구 3.00 kg의 16-49% 수준 이었고, 하계전정 처리 시기가 늦어질수록 감소되는 경향을 보였는데, 8월말 하계전정구가 0.48 kg으로 가장 적었다. 이듬해 개화율은 하계전정구들이 49.7-69.7% 정도로, 대조구와 통계적 유의차는 없었다. 그러나 하계전정 처리구들간 비교에서는 8월말 하계전정구의 이듬해 개화율이 69.7% 정도로, 6월말과 7월말 하계전정구들의 49.7-51.0%보다 유의하게 높았다. 부란병 발생률은 하계전정구들은 부란병이 전혀 발생하지 않았고, 대조구에서는 66%(총 시험주 6주 중 4주 발생) 정도 발생하였다(Table 3).

전정이 신초생장 및 꽃눈 형성에 미치는 영향은 수세, 전정 정도, 전정방법, 전정시기, 과종과 품종 등에 따라 달라지는데[10-12], 사과나무는 신초생장이 억제될수록 동계 전정량은 감소하고, 이듬해 개화율은 증진된다[28-30]. 본 시험에서는 하계전정구들의 이듬해 동계 전정량의 경우 대조구보다 감소하

였으나, 이듬해 개화율은 하계전정구들과 대조구간에 차이가 없었다(Tables 1 and 3). 오히려 6월말과 8월말 하계전정구들간에 이듬해 동계 전정량 및 개화율의 유의차가 뚜렷하게 나타났다(Table 3). 본 시험에서 6월말과 8월말 하계전정구들간에 이듬해 동계 전정량 차이가 나타났던 것(Table 3)은 신초의 2차 생장에 의한 것(Table 1)으로 생각되었다.

일반적으로 수관 내 광투과율이 높을수록 이듬해 개화율은 증진되는 것으로 알려져 있다[26]. 그러나 본 시험에서는 수관 내 광투과율이 비교적 높게 오래 유지되었던 6월말 하계전정구의 이듬해 개화율이 8월말 하계전정구보다 낮았다(Fig. 1; Table 3). 이는 이듬해 개화율은 신초의 2차 생장에 따른 꽃눈 분화 저하[13, 15]나 과실의 착과수[31]에 영향을 받는데, 본 결과에서 착과수는 통계적 유의차가 없었던 것을 고려한다면 이듬해 개화율에 영향을 미친 것은 신초의 2차 생장에 의한 것으로 판단된다(Tables 1 and 3).

사과나무의 부란병은 병포자가 전정부위 및 동상해 등의 상처 부위에서 발아되면 감염되며, 질소 과다 혹은 일소 등 수세가 약해지면 발병은 심해지는데[32], 발병 정도가 심할 경우 감염된 나무를 완전히 제거해야 한다[33]. 또한, 사과나무는 수세가 강할수록 수관 내 광투과율 및 약제 투과율(투약율)이 낮아지면서 농약 살포 효과가 저하된다[34]. 본 시험 역시 수관 내 광투과율이 높았던 하계전정구들에서는 주간에 부란병이 발생하지 않았지만, 수관 내 광투과율이 낮았던 대조구에서는 주간에 부란병이 심하게 발생하여 주간을 강하게 절단해야 하는 시험주들이 발생하였다(Fig. 1; Table 3). 이는 수관 내 왕성한 신초생장에 의해 수관이 복잡해져, 농약이 수관 내부까지 충분하게 살포되지 못한 사과나무에서 부란병이 발생하였다는 보고[17]와 동일하였다.

결론

본 시험에서 개화가 저온에 의해 착과량이 부족하여 영양생장과 생식생장의 균형이 무너질 가능성(격년결실이 발생할 위험)이 높은 '후지'/M.9 사과나무를 대상으로 7월말부터 9월말 사이에 하계전정을 실시하면, 수관 내 광투과율이 높아지면서 과실의 착색 정도가 증진되고, 이듬해 동계전정량 및 부란병 발생을 감소시킬 수 있었다. 그러나 6월말 하계전정은 광환경 개선 효과가 오랫동안 이루어지면서 평균 과중이 커졌지만

Table 3. Winter pruning mass, blooming and incidence of apple valsa canker of 'Fuji'/M.9 apple trees in the following year as affected by different summer pruning time

Pruning time [†]	Pruning weight (kg/tree)	Blooming (%)	Incidence of apple valsa canker (%)
26 June	1.47 b [‡]	51.0 b	0.0 b
30 July	1.12 bc	49.7 b	0.0 b
28 August	0.48 c	69.7 a	0.0 b
26 September	0.72 bc	64.1 ab	0.0 b
Control	3.00 a	63.2 ab	66.7 a

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

[†]Control was apple trees that do not summer pruning.

신초의 왕성한 2차생장에 의해 가용성 고형물 함량, 착색 및 이듬해 개화율 증진 효과가 발생하지 않았다. 이에 반해 8월말과 9월말 하계전정구들은 6월말 하계전정구에 비해 광환경 개선 효과가 짧아 평균 과중 및 가용성 고형물 함량 증진 효과는 없었지만, 신초의 2차생장이 왕성하지 않아 과실의 착색 정도가 증진되었다. 또한, 모든 시험구 중에서 이듬해 동계전정량이 가장 낮으면서, 이듬해 개화율이 가장 높았던 처리구는 8월말 하계전정구였다(Fig. 1; Tables 1, 2 and 3).

이상의 결과를 종합해보면, 개화기 저온에 의해 착과량이 부족하여 수세가 강해질 위험이 높은 '후지'/M.9 사과나무의 하계전정 적정 시기는 8월 하순인 것을 확인할 수 있었다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

References

- Hoying SA, Robinson TL (2000) The apple orchard planting system puzzle. *ACTA Horticulturae*, 513, 257-260. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.513.30>.
- Yoon TM, Sagong DH (2005) Growth control of 'Fuji'/M.9 apple trees by use of prohexadione-calcium. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 23, 269-274.
- Jeong JH, Han JH, Ryu S, Cho JG, Lee SK (2021) Analysis of freezing injury rate, hormone and soluble sugars between 'Fuji' and 'Hongro' apple trees in flowering period. *Journal of Bio-Environment Control*, 30, 320-327. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2021.30.30.4.320>.
- Palmer JW, Privé JP, Tustin DS (2003) Temperature, in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 225-227, CABI Publishing, Cambridge, MA, UK.
- Shin YU, Kim TC (2004) Flowering and Fruit Set, in: Oh SD, Fruit Tree Physiology in Relation to Temperature. pp. 161-164, Gilmogm Press, Seoul, Korea.
- Foshey CG, Elfving DC (1989) The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Horticultural Review*, 11, 229-287. <https://doi.org/10.1002/9781118060841.ch7>
- Robinson TL (2003) Apple-orchard Planting Systems, in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 364 and 392-393, CABI Publishing, Cambridge, MA, UK.
- 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.
- Miller SS, Tworkoski T (2003) Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. *Quarterly - Plant Growth Regulation Society of America*, 31, 8-46.
- Ferree DC, Schupp JR (2003) Pruning and Training Physiology, in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 331-334, CABI Publishing, Cambridge, MA, UK.
- Ko KC, Oh SD, Yim YJ, Yoo YS, Kang SM, Kim SK, Shin YU, Chung KH (1999) Physiology in Pruning Fruit Trees, pp. 111-132, 1st edition, Seowon Press, Seoul, Korea.
- Ashraf N, Ashraf M (2014) Summer pruning in fruit trees. *African Journal of Agricultural Research*, 9, 206-210. <http://doi.org/10.5897/AJAR2013.7916>.
- Hossain ABMS, Mizutani F, Onguso JM, El-Sherief AR, Rutto KL (2006) Effect of summer pruning on shoot growth and fruit quality in peach trees trained as slender spindle bush type. *Memoirs of the Faculty of Agriculture - Ehime University*, 51, 9-13.
- Jang JT, Ko, KC (1985) The effect of summer pruning and nitrogen fertilizer level on the growth and chemical composition of one-year-old apple trees grown under sand culture. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 26, 132-139.
- Oh SD, Lee HJ (1999) Differences in regrowth and terminal flower bud formation of 'Fuji' and 'Jonagold' apple trees in response to summer heading back pruning of current season's shoot. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 17, 333-336.
- Kim JH, Kim JC, Ko KC, Kim KR, Lee JC (1996) General Pomology, pp. 185-186, 1st edition, Hyangmoonsha Press, Seoul, Korea.
- Yang SJ, Sagong DH, Yoon TM, Song YY, Park MY, Kweon HJ (2015) Vegetative growth, productivity, and fruit quality in tall spindle of 'Fuji'/M.9 apple trees. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 33, 155-165. <https://doi.org/10.7235/hort.2015.13190>.
- Kang SB, Song YY, Park MY, Kweon HJ (2013) Effect of red and far-red LEDs on the fruit quality of 'Hongro'/M.26 apple. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 32, 42-47. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2013.32.1.42>.
- Grappadelli LC (2003) Light Relations, in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 209-210 and 364, CABI Publishing, Cambridge,

- MA, UK.
20. Greene DW (1996) Flower Development, in: Maib KM, Andrews PK, Lang GA, Mullinix K, Tree fruit Physiology: Growth and Development. pp. 93-95, Good Fruit Grower Publishers, Washington, USA.
 21. Kweon HJ, Sagong DH, Song YY, Park MM, Kwon SI, Kim MJ (2013) Chilling requirement for breaking of internal dormancy of main apple cultivars in Korea. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 31, 666-676. <http://dx.doi.org/10.7235/hort.2013.12206>.
 22. İkinci A, Kuden A, AK BE (2014) Effects of summer and dormant pruning time on the vegetative growth, yield, fruit quality and carbohydrate contents of two peach cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 13, 84-90. <http://doi.10.5897/AJB09.1614>.
 23. İkinci A (2014) Influence of pre- and postharvest summer pruning on the growth, yield, fruit quality, and carbohydrate content of early season peach cultivars. *The Scientific World Journal*, 2014, 104865, <https://doi.org/10.1155/2014/104865>.
 24. Tromp J, Wertheim SJ (2005) Fruit Growth and Development, in: Tromp J, Webster AD, Wertheim SJ, Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production. pp. 242-245, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
 25. Park MY, Sagong DH, Kweon HJ, Do YS, Song YY, Lee DH (2013) Influence of seasonal incidence and defoliation degree of marssonina blotch on fruit quality and shoot growth of 'Fuji'/M.9 apple tree. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 31, 666-676. <http://dx.doi.org/10.7235/hort.2013.12109>.
 26. Yoon TM, Park HY, Sagong DH (2005) Effect of root pruning on tree growth and fruit quality of 'Fuji'/M.9 apple trees. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 23, 275-291.
 27. Bound SA, Summers CR (2001) The effect of pruning level and timing on fruit quality in red 'Fuji' apple. *ACTA Horticulturae*, 577, 295-302. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.557.38>.
 28. 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.
 29. Petri JL, Berenhauser-Leite G, Hawerroth FJ, Basso C (2011) Reduction of shoot growth and winter pruning in apple trees treated with prohexadione calcium. *Acta Horticulturae*, 903, 873-877. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.121>.
 30. Cline JA, Bakker CJ (2016) Prohexadione-calcium, ethephon, trinexapac-ethyl, and maleic hydrazide reduce extension shoot growth of apple. *Canadian Journal of Plant Science*, 97, 457-465. <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0106>.
 31. Sagong DH, Yoon TM (2014) Optimum crop load in different planting densities of adult 'Fuji'/M.9 apple tree for preventing biennial bearing and stabilizing tree vigor. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 33, 1-10. <http://dx.doi.org/10.7235/hort.2015.13126>.
 32. Chun IK, Park SM (2017) Effect of soil sulfur treatment on apple valsa canker. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 25, 125-134. <http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2017.25.1.125>.
 33. Uhm JY, Sohn HR (1995) Control of apple valsa canker by localized spraying with neosozin solution, an arsenic fungicide. *Korean Journal of Plant Pathology*, 11, 9-16.
 34. Choi DG, Song JH, Kang IK (2014) Effect of tree height on light transmission, spray penetration, tree growth, and fruit quality in the slender-spindle system of 'Hongro'/M.9 apple trees. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 32, 454-462. <http://dx.doi.org/10.7235/hort.2014.13157>.