

Research Article



CrossMark

Open Access

동계전정 지연이 ‘후지’/M.9 사과나무의 신초생장 및 과실품질에 미치는 영향

권헌중¹, 사공동훈^{2,3*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과연구소, ²대구대학교 과학생명융합대학 생명환경학부 원예학전공,
³대구대학교 기초과학연구소

Influence of Delaying Winter Pruning on Shoot Growth and Fruit Quality of ‘Fuji’/M.9 Apple Tree

Hun-Joong Kweon¹ and Dong-Hoon Sagong^{2,3*} (¹Apple Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Gunwi 39000, Korea, ²Division of Life & Environmental Science (Horticulture), College of Natural and Life Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea, ³Institute of Basic Science, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea)

Received: 23 August 2022/ Revised: 13 September 2022/ Accepted: 15 September 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

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

Dong-Hoon Sagong

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

Abstract

BACKGROUND: The freezing injury by pruning can be reduced by suspending pruning work when severe cold weather (-23 to -49°C) is forecast. Minimum air temperature of the study area, Gunwi region at February 3, 2012 was -21.9°C , and the subzero temperature continued until April 8, 2012. This study was conducted in two years to investigate the effect of delaying winter pruning until full bloom on shoot growth and fruit quality of ‘Fuji’/M.9 apple trees.

METHODS AND RESULTS: The time of pruning were March 26 for dormant, April 3 for bud break, and May 2 for full bloom. The winter pruning at full bloom significantly reduced fruit weight for two years compared with the control (winter pruning at dormant), and shoot growth was reduced only in the following year. There was no significant effect of delaying winter pruning at bud break on soluble solid content, fruit red color, return

bloom, and pruning weight for two years compared with the control.

CONCLUSION(S): These results indicated the delaying winter pruning at bud break of ‘Fuji’/M.9 apple tree did not offer any disadvantage over comparable dormant pruning, since the fruit quality was not affected. The delayed pruning at full bloom resulted in decreased fruit weight, though shoot growth, fruit quality, and return bloom were not affected by the delayed pruning. So, the delayed pruning should be considered carefully only for the fruit tree orchards in diseases.

Key words: Bud break, Fruit weight, Full bloom, Pruning weight, Return bloom

서론

고품질 사과를 매년 안정적으로 생산하기 위해서는 사과 묘목을 주어진 재식거리 안에서 목표로 하는 수형으로 조기 완성하고, 그 수형을 유지시키기 위해 매년 정지 및 전정을 해야 하는데[1, 2], 만약 재식 후 한해라도 사과나무를 제대로 전정하지 않으면 수관이 복잡해지면서 약제 및 광 투과율이

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

낮아져 병해충 발생이 심해지고, 과실품질 및 이듬해 개화율이 저하된다[3, 4].

사과나무의 정지 및 전정은 대부분 잎이 없는 겨울철 휴면기에 이루어지는데[5, 6], 이는 휴면기 전정(겨울전정, 동계전정)의 꽃눈 수 조절에 의한 영양생장과 생식생장의 균형 및 수관 내 광투과율 증진에 대한 효과가 생육기 전정(여름전정, 하계전정)에 비해 높기 때문이다[6-9]. 그러나 휴면기(겨울철) 기온이 -20°C 부터 -40°C 사이로 내려가기 2주 전에 사과나무를 강하게 전정하면 동해가 심하게 발생하므로 겨울철에 극심한 저온이 예측될 경우에는 전정을 지연시켜야 하는데, 만약 사과나무를 개화기까지 동계전정을 지연시키면 영양생장 및 이듬해 개화율이 크게 감소될 위험이 높다[3].

일반적으로 하계전정의 신초생장 억제 효과는 동계전정보다 높다고 알려져 있으며[2], 하계전정은 전정시기에 따라 신초의 정아가 형성되기 전에 실시하는 전정(발아 후~6월 하순, *early summer pruning*, 생육 초기 하계전정)과 정아가 형성된 후에 실시하는 전정(7월 중순 이후, *pruning after terminal bud formation*, 생육 후기 하계전정)으로 나누어지므로[10], 개화기까지 지연된 동계전정은 일종의 하계전정으로 생각될 수 있다[11]. 그러나 사과나무의 경우 생육 초기 하계전정은 정부우세성 타과에 따른 반발생장을 유도하여 신초생장이 오히려 증가될 수 있다는 보고들[10, 12]이 있는데, 이는 앞서 언급한 개화기까지 동계전정을 지연시키면 영양생장이 크게 감소된다는 보고[3]와 상반되었다.

최근 우리나라는 2009년 이후로 기록적인 한파와 폭설이 자주 발생하였는데[13, 14], 2011~2013년 기상청 자료에 의하면, 강원도 및 경북 사과 재배지역(영월, 홍천, 제천, 횡성, 영주, 의성, 안동, 봉화, 청송, 군위 등)의 1~2월 최저기온이 -25.5°C , 3월에는 -9.1°C 까지 내려갔다. 이러한 겨울철 및 봄철 기상악화에 의해 강원도와 경북지역 일부 사과원에서는 동계전정이 개화기인 4월말까지 지연되었지만, 국내에 사과나무의 동계전정 지연과 관련된 연구가 거의 없어 사과 재배지도에 문제가 있었다.

한편, 사과나무의 영양생장과 생식생장 간의 균형은 M.9을 이용한 고밀식 사과재배의 성공 여부를 결정하는 중요한 요인으로[1], 재배기술적인 오류나 이상 기상으로 영양생장과 생식생장 간의 균형이 깨지면 심각한 수준의 밀식장해가 발생할 수 있는데, 개화기까지의 동계전정 지연은 수세 약화를 초래하므로 개화기까지 동계전정을 지연하는 것은 수세가 강한 나무의 2차 생장을 막는 목적으로만 수행되어야 한다는 보고[3]가 있다. 즉, 개화기까지의 동계전정 지연은 밀식장해가 발생한 사과나무의 긴급 수세조절 기술로 활용될 수 있다고 생각되었다.

따라서, 본 시험은 겨울철 기상악화에 따른 동계전정 지연이 사과나무에 미치는 영향 및 긴급 수세조절 방법으로서의 적합성을 구명하고자, 휴면기, 발아기 및 만개기에 동계전정을 실시한 성목기 '후지'/M.9 사과나무들의 영양생장 및 과실품질을 2년(2012년, 2013년) 동안 조사하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험은 2012년 경상북도 군위군 소보면에 위치한 농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과연구소에 $3.0 \times 1.0 \text{ m}$ (10 a 당 333주)로 재식된 재식 10년차 '후지'/M.9 사과나무들을 대상으로 실시하였다. 시험포장의 토성은 미사질 양토이며, 지하 1.0 m 지점에 암거배수로가 설치되어 있어 시험포장의 배수는 양호하였다.

본 시험포장은 농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과연구소 표준관리에 준하여 관리하였으나, 재식 5년차 이후로 수고를 2.5 m 정도로 제한하였던 사과나무들에서 해거리(격년결실)가 발생하면서 신초생장이 왕성해졌고, 이러한 왕성한 신초생장에 의해 수관이 복잡해져 농약이 수관 내부까지 충분히 살포되지 못하여 이듬해에 갈색무늬병이 심하게 발생하는 등의 밀식장해가 발생하였다. 이에 본 시험포장에서는 수세 안정을 위해 재식 8년차(2010년)부터 시험포장 모든 사과나무의 수고를 3.0~3.5 m 정도로 높이는 키 큰 방추형으로 재배하였으며, 시비를 전혀 하지 않았다.

처리 및 재배관리 방법

2년(2012년, 2013년) 동안 시험주들의 목표 수행은 키 큰 방추형으로, 처리 1년차(2012년)에는 2~3월 한파에 의해 동계전정 시기를 3시기[휴면기(2012년 3월 26일), 발아기(2012년 4월 13일), 만개기(2012년 5월 2일)]로 구분하여 처리하였다. 처리 2년차에는 모든 시험주들을 대상으로 같은 시기(2013년 2월 20일)에 동계전정을 실시하였다.

2년(2012년, 2013년) 동안 전정 방법에 있어, 시험주들은 각각의 동계전정 시기에 세력이 약한 결실지를 주간연장지로 대체하였고, 결과 부위가 지면에서 3.0 m 이내에 될 수 있게 수고를 3.5 m 내외로 제한하였다. 측지는 주간에 비해 지나치게 세력이 강할 경우 솎아주었고, 잦은 결실에 의해 지나치게 아래로 처져 노쇠해진 측지는 건실한 발육지로 대체하는 방법으로 전정하였다. 수목은 약한 결과지나 꽃눈이 발생된 가지를 연령 변환부에서 제한하면서 옆의 나무와 겹치지 않도록 조절하였다[15, 16].

시험주 관리 방법에 있어, 시비는 2년(2012년, 2013년) 동안 전혀 실시하지 않았고, 사과 생육기(4~10월) 동안의 토양 수분은 매년 시험포장에 설치된 텐션미터(2710ARL, Soil moisture equipment corp, USA)의 장력이 -50 kPa 이하로 내려가면 점적관수시설로 오후 6시부터 오전 6시까지 관수하는 방법으로 관리하였다. 적파는 매년 인력으로 5월말(처리 1년차: 5월 30일, 처리 2년차: 5월 28일)에 마무리하였다. 시험주들의 목표 착과수는 처리 1년차의 경우 주당 70~80개 정도였고, 2년차에는 인위적으로 조절하지 않았다. 유인 및 하계전정은 2년 모두 신초생장 정도를 조사하기 위하여 실시하지 않았다. 2년 동안의 병해충 관리는 국립원예특작과학원 사과연구소 표준관리에 따라 살균제를 9회 살포했고, 해충 방제는 페르몬 트랩을 이용한 예찰 결과에 근거하

여 살충제를 6회 살균제와 혼합하여 살포하였다.

시험구 배치는 1주를 1반복으로 한 완전임의 배치법으로, 동계전정 처리 시기별로 6주(총 18주)씩 선정하였다.

처리 1년차(2012년)의 신초생장

신초생장 조사는 11월 중순(11월 14일)에 나무별로 길이 3.0 cm 이상인 신초수와 각각의 길이를 모두 조사하여, 나무별 총 신초수, 평균 신초장, 총 신초장 및 신초길이(3.0~9.9 cm, 10.0~19.9 cm, 20.0~29.9 cm, 30.0 cm 이상)별 비율을 산출하였다.

처리 1년차(2012년)의 과실품질

과실은 10월 23일에 시험주별로 전체 과실을 수확하여 개별 무게를 측정하여 평균 과중과 나무당 생산량을 산출하였다. 과실품질(과실의 가용성 고형물 함량, 산 함량 및 착색 정도)은 수확 시에 시험주별로 건전한 과실 10개씩 임의로 선별하여 조사하였다.

과실품질 조사방법에 있어, 착색 정도는 색차계(Chroma meter CR-400, Konica minolta, Japan)를 이용하여 각각의 과실을 3부분(양광면, 음광면, 중간부분)으로 구분하여 측정 후, 평균하여 Hunter's a 값으로 표시하였다. 가용성 고형물 함량은 시험주별 5개의 과실을 1개씩 분쇄하여 착즙한 후 110 mm 거름종이(Filter paper, Advantec, Japan)로 걸러 디지털당도계(PR-100, Atago, Japan)로 측정하였고, 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[17].

처리 2년차(2013년)의 전정량, 개화율, 신초생장 및 과실품질

처리 2년차 전정량은 이듬해(2013년) 2월 20일에 처리 당년과 동일한 방법으로 전정을 한 뒤 나무별로 전정된 가지들을 모두 모아 무게(생체중)를 측정하였고, 이듬해 개화율(2013년 개화율)은 개화 전인 2013년 3월 10일에 나무 전체의 정아수를 조사하고, 2013년 4월 18일에 개화한 정아수를 조사하여 나타내었다.

처리 2년차 과실품질 및 신초생장은 처리 당년과 동일하게 나무별 수관 전체를 대상으로 과실품질은 11월 12일, 신초생장은 12월 3일에 조사하였다.

통계분석

2012년과 2013년의 통계분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하여 분산분석을 0.05 이하 수준으로 수행하였으며, Duncan test를 통한 다중검정을 실시하였다. 반복수는 총 6반복으로 진행하였다.

결과 및 고찰

처리 1년차(2012년)의 신초생장

처리 1년차 만개기(5월 2일) 전정구의 나무별 총신초수와 총신초장은 각각 250개, 5,748 cm 정도로, 발아기(4월 13일) 전정구의 304개, 7,155 cm보다는 유의하게 적었지만, 대조구인 휴면기 전정구(3월 26일)의 281개, 6,365 cm와는 차이가 없었다. 나무별 평균 신초장은 모든 처리구들이 22.9~23.8 cm 정도로 차이가 없었다(Table 1).

처리 1년차 신초길이별 비율에 있어(Fig. 1), 3.0~9.9 cm, 10.0~19.9 cm, 20.0~29.9 cm, 30.0 cm 이상 비율은 모든 처리구가 각각 21.4~24.1%, 22.9~27.5%, 20.3~23.7%, 11.6~14.6%, 15.1~16.5% 정도로 동계전정 시기에 따른 차이가 없었다.

포도나무의 경우 동계전정 시기를 지연시켰을 경우 발아가 1달 정도 지연되면서 영양생장이 감소되었다는 보고들[18, 19]이 있다. 그러나 사과나무의 경우에는 연구자에 따라 다소 달랐는데, 동계전정을 신초가 성장하는 시기 혹은 개화기까지 지연시키면 영양생장이 크게 감소되었다는 보고들[3,

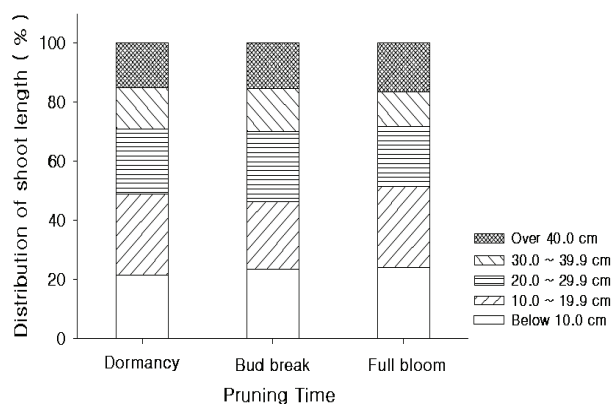


Fig 1. Distribution of shoot length of 'Fuji'/M.9 apple trees in the treating year as affected by delaying winter pruning.

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

Pruning time ^y		No. of shoot (ea / tree)	Avg. shoot length (cm)	Total shoot length (cm)
Stage	Calendar date			
Dormancy	26 March	281 ab ^z	22.9 a	6,365 ab
Bud break	3 April	304 a	23.8 a	7,155 a
Full bloom	2 May	250 b	23.0 a	5,748 b

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

^y Minimum air temperature of Gunwi region at 3 February was -21.9°C , and the subzero temperature was occurred until 8 April.

11]이 있는 반면에 사과나무의 주간만을 2월(휴면기)과 4월(만개기)에 각각 지표면으로부터 2.5 m 높이에서 절단하였을 때 처리구들간 처리 1년차(과실 수확 후 11월 초순) 신초생장의 차이는 없었다는 보고[20]가 있다. 본 시험에서는 발아기 및 만개기 전정구들의 처리 1년차 신초생장은 휴면기 전정구와 차이가 없었다(Table 1 and Fig. 1).

본 시험에서 동계전정 지연에 따른 처리 1년차 신초생장 억제 효과가 뚜렷하지 않았던 것(Table 1 and Fig. 1)은 동계 지연전정 관련 보고들[3, 11, 18-20]의 경우 대조구의 동계 전정 시기는 1~2월, 동계 지연전정은 4~5월에 이루어지거나 혹은 전정 정도가 주간만 절단하는 등 약했던 반면에 본 시험에서는 휴면에 의해 휴면기 전정구(대조구)의 전정시기가 3월말, 지연전정은 4~5월에 수관 전체를 대상으로 이루어졌기 때문에 추정되었다. 즉, 정상적인 기후조건에 의해 본 시험에서 대조구인 휴면기 전정구의 전정시기가 1~2월에 이루어졌다면 발아기 및 만개기 전정구들의 처리 1년차 신초생장은 대조구인 휴면기 전정구보다 뚜렷하게 억제되었을 것으로 생각되었다.

처리 1년차(2012년)의 과실의 생산량 및 품질

처리 1년차 나무별 총과실수는 모든 처리구들이 71~78개 정도로 차이가 없었지만, 평균 과중은 만개기 전정구가 320 g 정도로 휴면기 및 발아기 전정구들의 367 g보다 유의하게 감소되었으며, 나무별 과실 총생산량은 만개기 전정구가 25.0 kg으로 휴면기 전정구의 27.5 kg 대비 10% 정도 감소되었다. 가용성 고형물 함량과 산 함량은 모든 처리구들이 각각 13.7~14.0 °Brix, 0.34~0.36% 정도로 차이가 없었다. 그러나 착색 정도는 만개기 전정구가 21.2 Hunter a value 정도로, 휴면기 전정구의 20.0 Hunter a value와는 차이가 없었지만, 발아기 전정구의 17.3 Hunter a value보다는 유의하게 높았다(Table 2).

포도나무의 경우 동계전정이 지연되면 과실의 성숙이 지연되면서 나무별 생산량 및 과실품질이 감소되었다는 보고[19]가 있다. 그러나 사과나무의 동계전정 지연에 따른 나무별 생산량 및 과실품질에 대한 보고는 품종 및 대목에 따라 달랐는데, ‘후지’/MM.106의 경우 동계전정 지연에 따른 평균 과중의 차이는 없었지만, 가용성 고형물 함량은 동계전정이 지연될수록 감소되었다는 보고[21], ‘후지’/M.9에서는 주간을 2월(휴면기)과 4월(만개기)에 각각 지표면으로부터 2.5 m 높이에서 절단하여도 수관 상, 하단부 과실의 생

산량 및 품질 차이는 없었다는 보고[20] 및 ‘골든딜리셔스’/MM.106 및 ‘조나단’/MM.106에서는 동계전정이 지연될수록 나무별 생산량이 증가되었다는 보고[11]가 있다. 본 시험에서는 동계전정이 만개기까지 지연되면 처리 당년(처리 1년차) 평균 과중 및 나무별 생산량은 감소되었지만, 가용성 고형물 함량, 산 함량 및 착색 정도에는 거의 영향을 주지 않았다(Table 2).

일반적으로 과수의 하계전정은 동계전정에 비해 수체 내 잎의 수를 현저하게 감소시켜 수체 및 과실에 축적되는 동화산물을 부족하게 하여 과중을 감소시키지만, 과실의 착색 정도는 신초생장이 억제되면서 수관 내 광투과율이 높아져 증가되는 것으로 알려져 있다[22-25]. 즉, 본 시험에서 만개기 전정구의 처리 1년차 평균 과중이 처리구들 중 가장 낮았던 것(Table 2)은 생식생장과 영양생장의 최대 경합기인 만개기에 전정이 실시되면서 감소하게 된 과실 당 잎의 수에 의해 과실로 축적되는 동화산물이 적어졌기 때문으로 생각되었다[3, 10, 26].

처리 2년차(2013년)의 전정량, 개화율 및 신초생장

처리 2년차(이듬해, 2013년) 나무별 동계 전정량, 총정아수, 개화된 정아수 및 개화율은 모든 처리구들이 각각 2.90~3.30 kg, 190~224개, 83~110개, 39.3~55.0% 정도로 차이가 없었다. 그러나 처리 2년차 나무별 총신초수는 만개기 전정구가 136개로, 휴면기 및 발아기 전정구들의 172~177개보다 적었고, 평균 신초장은 만개기 전정구가 27.8 cm로 휴면기 전정구의 32.8 cm보다 짧아 처리 2년차 나무별 총신초장은 만개기 전정구가 휴면기 및 발아기 전정구들 대비 28~33% 정도 감소되었다(Table 3).

일반적으로 전정이 신초생장 및 꽃눈 형성에 미치는 영향은 수세, 수령, 전정 정도, 전정방법, 전정시기, 과종과 품종 등에 따라 달라지는데[3, 10, 27, 28], 사과나무의 경우 동계전정을 개화기까지 지연시키면 영양생장 및 이듬해 개화율이 크게 감소될 위험이 있다고 알려져 있다[3]. 그러나 사과나무는 신초생장이 억제될수록 수관 내 광투과율이 높아지면서 이듬해 개화율은 높아지고 동계 전정량은 감소하는데[29-31], 늦봄부터 여름철 생육기에 실시하는 하계전정은 동계전정보다 영양생장을 크게 억제시켜 꽃눈 형성을 촉진시킨다는 보고[10]가 있는가 하면 ‘후지’/M.9 사과나무의 주간을 2월(휴면기)과 4월(만개기)에 각각 전정하여도 각 처리구들의 이듬해 동계 전정량 및 개화율 차이는 없었다는 보고[20]도 있다.

Table 2. Fruit quality of ‘Fuji’/M.9 apple trees in the treating year as affected by delaying winter pruning

Pruning time ^y		No. of fruit (ea / tree)	Average fruit weight (g)	Yield (kg / tree)	Soluble solid contents (°Brix)	Titratable acidity (%)	Fruit red color (Hunter a value)
Stage	Calendar date						
Dormancy	26 March	75 a ^z	367 a	27.5 a	14.0 a	0.36 a	20.0 ab
Bud break	3 April	71 a	367 a	26.1 ab	13.7 a	0.34 a	17.3 b
Full bloom	2 May	78 a	320 b	25.0 b	14.0 a	0.34 a	21.2 a

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

^y Minimum air temperature of Gunwi region at 3 February was -21.9°C, and the subzero temperature was occurred until 8 April.

Table 3. Winter pruning mass, blooming and shoot growth of 'Fuji'/M.9 apple trees in the following year as affected by delaying winter pruning

Pruning time ^y		Pruning weight (kg / tree)	Number of terminal bud (ea / tree)		Blooming (%)	No. of shoot (ea / tree)	Avg. shoot length (cm)	Total shoot length (cm)
Stage	Calendar date		Flowering	Total				
Dormancy	26 March	3.23 a ^z	88 a	224 a	39.3 a	172 a	32.8 a	5,632 a
Bud break	3 April	3.30 a	110 a	200 a	55.0 a	177 a	29.6 ab	5,231 a
Full bloom	2 May	2.90 a	83 a	190 a	43.7 a	136 b	27.8 b	3,770 b

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

^y Minimum air temperature of Gunwi region at 3 February was -21.9°C , and the subzero temperature was occurred until 8 April.

Table 4. Fruit quality of 'Fuji'/M.9 apple trees in the following year as affected by delaying winter pruning

Pruning time ^y		No. of fruit (ea / tree)	Average fruit weight (g)	Yield (kg / tree)	Soluble solid contents ($^{\circ}\text{Brix}$)	Titratable acidity (%)	Fruit red color (Hunter a value)
Stage	Calendar date						
Dormancy	26 March	35 a ^z	284 a	9.9 a	13.8 a	0.34 a	14.6 a
Bud break	3 April	47 a	274 ab	12.9 a	13.3 a	0.34 a	15.5 a
Full bloom	2 May	42 a	257 b	10.8 a	13.2 a	0.34 a	15.7 a

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

^y Minimum air temperature of Gunwi region at 3 February was -21.9°C , and the subzero temperature was occurred until 8 April.

본 시험에서는 전정시기에 따른 처리 2년차(이듬해, 2013년) 동계 전정량 및 개화율 차이는 없었다(Table 3). 이는 본 시험에서 대조구인 휴면기 전정구의 처리 1년차(처리 당년, 2012년) 총신초장이 발아기 및 만개기 전정구들과 차이가 없었기 때문으로 판단되었다(Table 1).

한편, 만개기 전정구의 처리 2년차 총신초장이 휴면기 및 발아기 전정구들보다 감소되었던 것(Table 3)은 과수의 뿌리 수와 잎 수 간에는 높은 정의 상관관계가 있어 근권부의 크기가 작을수록 지상부 생장량이 억제되는데[2], 하계전정에 의한 근권부 생장 억제 효과는 동계전정보다 컸다는 보고[3, 9] 및 만개기 및 낙화기에 뿌리전정(단근)을 처리하면 이듬해까지 영양생장이 감소되었다는 보고[32]를 미루어 보아, 만개기 전정구에 의한 근권부 생장 억제 효과가 이듬해까지 영향을 미쳤기 때문으로 추정되었다.

처리 2년차(2013년)의 과실의 생산량 및 과실품질

처리 2년차(이듬해, 2013년) 나무별 총과실수는 모든 처리구들이 35~47개 정도로 차이가 없었지만, 평균 과중은 만개기 전정구가 257 g 정도로 휴면기 및 발아기 전정구들의 274~284 g 보다 유의하게 감소되었다. 처리 2년차 과실 총생산량, 가용성 고형물 함량, 산 함량 및 착색 정도는 각각 9.9~12.9 kg, 13.2~13.8 $^{\circ}\text{Brix}$, 0.34%, 14.6~15.7 Hunter a value 정도로 차이가 없었다(Table 4).

본 시험에서 처리 2년차(2013년)에 처리당년(2012년) 전정 처리에 의한 2013년 개화율 증감에 따른 이듬해(2013년) 과실 생산량 및 품질의 변화를 살펴보고자 인위적으로 나무별 착과수를 조절하지 않았음에도 불구하고 처리 2년차 11월 나무별

착과수는 35~47개로 처리 2년차 4월 개화된 정화수 83~110개의 절반 수준이었다(Tables 3 and 4). 이는 사과나무의 꽃은 개화기부터 낙화기까지 기온이 -2.2°C 까지 떨어지면 10% 정도가 치사하고, -3.9°C 부터 -4.2°C 까지 떨어지면 90%가 치사한다는 보고[33] 및 2013년 4월 12일부터 4월 15일 사이에 경북 군위군 소보면 지역의 일별 최저기온은 -3.4°C 까지 내려갔고, 4월 22일에 일별 최저기온이 -1.0°C 까지 내려갔다는 기상청 보고를 미루어 보아, 처리 2년차(2013년) 경북 군위군 소보면 지역에서 '후지'/M.9 사과나무 만개기(4월 18일) 전후로 늦서리가 발생하였기 때문으로 판단되었다.

일반적으로 영양생장과 생식생장은 역의 상관관계를 가지고 있어 나무별 착과수가 많을수록 과중 및 가용성 고형물 함량과 같은 과실품질은 감소되지만, 일정 수준의 영양생장이 유지되지 못하면 과실은 정상적으로 비대할 수 없다고 알려져 있다[34, 35]. 본 시험에서 만개기 전정구의 처리 2년차 나무별 착과수가 휴면기 및 발아기 전정구들과 차이가 없었음에도 불구하고 평균 과중이 감소된 것(Table 4)은 처리 2년차 만개기 전정구의 신초생장이 휴면기 및 발아기 전정구들보다 감소되었기 때문으로 판단되었다(Table 3).

한편, 처리 1년차(2012년)와 달리 처리 2년차(2013년)에는 만개기 전정구의 신초생장이 휴면기 및 발아기 전정구들보다 감소되었음에도 불구하고 과실의 착색 정도가 증진되지 않았던 것(Tables 2 and 4)은 과실 내 동화산물 축적이 감소되면 착색 정도가 감소되었다는 보고[36]를 미루어 보아, 신초생장 억제에 따른 광 환경 개선에 의한 착색 증진 효과[34]가 과실의 착색에 필요한 동화산물의 공급 감소 현상[36]에 의해 상쇄되었기 때문으로 생각되었다(Table 3).

결론

이상의 결과를 종합해보면, 겨울철 기상악화에 의해 1~2월에 실시되어야 할 '후지'/M.9 사과나무의 동계전정이 기온이 어느 정도 올라간 3~4월 발아기까지 지연되어도 영양생장 및 과실품질에 문제가 발생하지 않지만, 5월초 만개기까지 지연되면 당해는 물론 이듬해까지 평균 과중이 감소되었고, 이듬해에 수세가 약화되는 현상이 발생하였다(Tables 1-4). 따라서, 겨울철 및 봄철의 기상악화에 의해 '후지'/M.9 사과나무의 동계전정이 3~4월 발아기까지 지연되더라도 고품질 과실 생산에 문제가 되지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 만개기까지 동계전정을 지연시키는 것은 과중 감소를 유발시키지만 가용성 고형물 함량, 착색 정도 및 이듬해 개화율에는 악영향을 미치지 않았으므로(Tables 2 and 4), 만약에 수세가 강하여 격년결실 및 병충해 발생 등의 밀식장해가 문제 시 되는 사과원에서는 수세 안정 차원에서 만개기까지 동계전정을 지연시키는 것을 고려해 볼 만하다고 생각되었다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

References

- 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.
- Yim YJ (2015) Fruit science general, pp. 119-162, 1st edition, Hyangmoonsha, Seoul, Korea.
- Ferree DC, Schupp JR (2003) Pruning and training physiology. in: Ferree DC, Warrington IJ, Apples; Botany, Production and Uses. pp. 319-344, CABI Publishing, Cambridge, MA, UK.
- 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>.
- 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.
- Almeida GK de, Fioravanzo JC (2018) Yield of 'Royal Gala' apple trees in response to pruning before or after leaf drop. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 53, 427-434. <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000400004>.
- Moatamed AMH (2012) Effects of summer pruning on vegetative growth, yield and fruit quality of 'Le-Conte' pear trees. Journal of American Science, 8, 640-647.
- Mohammadi A, Mahmoudi, MJ, Rezaee R (2013) Vegetative and reproductive responses of some apple cultivars (*Malus domestica* Borkh) to heading back pruning. International Journal of AgriScience, 3, 628-635.
- 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>.
- Ko KC, Oh SD, Yim YJ, Yoo YS, Kang SM, Kim SK, Shin YU, Chung KH (1999) Physiology in Pruning Fruit Trees, pp. 51-52, 76-95, 1st edition, Seowon Press, Seoul, Korea.
- Platon I, Zagrai L (1997) The influence of training system and pruning time on growth and apple fruiting. ACTA Horticulturae, 451, 513-518. <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.59>.
- 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 & Technology, 17, 333-336.
- Choi YE, Park CY (2010) Distribution of cold surges and their changes in the Joongbu region, the Republic of Korea. The Geographical Journal of Korea, 44(4), 713-725.
- Seo YH, Park YS, Cho BO, Kang AS, Jeong BC, Jung YS (2010) Regional distribution of peach freezing damage and chilling days in 2010 in Gangwon province. Korea Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 12, 225-231. <https://doi.org/10.5532/KJAFM.2010.12.4.225>.
- Robinson TL, Hoying SA, Reginato GH (2006) The tall spindle apple production system. New York Fruit Quarterly, 14(2), 21-28.
- 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 Environ-

- mental Agriculture, 32, 42-47. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2013.32.1.42>.
18. Silvestroni O, Lanari V, Lattanzi T, Palliotti A (2018) Delaying winter pruning, after pre-pruning, alters budburst, leaf area, photosynthesis, yield and berry composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). Australian Journal of Grape and Wine Research, 24, 478-486. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12361>.
 19. Busea I, Yeves A, Sanz F, Chirivella C, Intrigliolo DS (2021) Effect of delaying winter pruning of Bobal and Tempranillo grapevines on vine performance, grape and wine composition. Australian Journal of Grape and Wine Research, 27, 94-105. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12467>.
 20. Sagong DH, Lee JW, Yoon TM (2018) Growth control of upper part in 'Fuji'/M.9 apple tree canopy by cutting time of trunk and plant growth regulators. Korean Journal of Environmental Agriculture, 37, 87-96. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2018.37.2.15>.
 21. 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>.
 22. Barden JA, Marini RP (1984) Summer and dormant pruning of apple – a four year summary. ACTA Horticulturae, 146, 263-268. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1984.146.30>.
 23. Li KT, Lakso AN (2004) Photosynthetic characteristics of apple spur leaves after summer pruning to improve exposure to light. HortScience, 39, 969-972. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.5.969>.
 24. Hossain ABM, Mizutani F, Onguso JM, El-Sherief AR, Rutto KI (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.
 25. 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, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/104865>.
 26. Foshey CG, Elfving DC (1989) The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. Horticultural Review, 11, 230-287.
 27. Wertheim SJ (2005) Pruning, in: Tromp J, Webster AD, Wertheim SJ, Fundamentals of temperate zone tree fruit production. pp. 176-180, Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.
 28. Tromp J (2005) Flower-bud formation. in: Tromp J, Webster AD, Wertheim SJ, Fundamentals of temperate zone tree fruit production. pp. 212-214, Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.
 29. 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.
 30. 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>.
 31. 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>.
 32. Autio WR, Greene DW (1994) Effects of growth retarding treatments on apple tree growth, fruit maturation and fruit abscission. Journal of Horticultural Science, 69, 653-664. <https://doi.org/10.1080/14620316.1994.11516497>.
 33. Shin YU, Kim TC (2004) Flowering and fruit set. in: Oh SD, Fruit tree physiology in relation to temperature. pp. 161-162, Gilmogm Press, Seoul, Korea.
 34. 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.
 35. 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.
 36. Sagong DH, Kweon HJ, Song YY, Park MY, Nam JC, Kang SB, Lee SG, (2011) Influence of defoliation of marssonina blotch on vegetative growth and fruit quality in 'Fuji'/M.9 apple tree. Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 29, 531-538.