



과제구분	기관고유	수행시기	전반기	
어젠다코드	4-1-3	기술분야 및 품목표준코드	C05 FC010601	
과제명		수행기간	과제책임자	
사과과원 노동력 절감 생력화 연구		'15~'22	사과이용연구소	손진향
1) 사과과원 적과용 친환경 약제 효과 검증		'15~'17	사과이용연구소	정은호
2) '홍로/M9' 밀식과원 수채 안정화 기술 연구		'16~'19	사과이용연구소	김현수
3) 밀식과원 재식거리에 따른 전정 및 착과관리 기술 개발		'18~'21	사과이용연구소	손진향
4) 적화 노동력 절감을 위한 기계화 기술 개발		'20~'22	사과이용연구소	손진향
색인용어	사과, 밀식재배, 생력화, 전정			

밀식과원 재식거리에 따른 전정 및 착과관리 기술 개발

Development of Pruning and Fruiting Management by Planting Density in High-density Cultivation Orchard

Jin-Hyang Son¹, Ju-Yeol Oh¹, Hyun-Soo Kim¹, Jeong-Jin Hong¹
and Eun-Ho Jeong¹

¹Apple Utilization Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Geochang 50124, Korea

ABSTRACT : The high-density cultivation of apple orchards is increasing to improve apple productivity in new or renovation apple orchards. Because the high-density cultivation is standardized and the number of planting is high, mechanized work and efficient work are possible. Furthermore, it is necessary to study mechanical pruning for labor savings, due to the labor force of pruning being more than 10% of total orchard workforces. This study was conducted to determine the effects of the mechanical pruning technique by planting density on fruiting management. Three different planting densities were applied to determine the efficiency of mechanical pruning of the 'Hongro'/M9 slender spindle apple tree: (1)3.5×2.0m, (2)3.5×1.5m, and (3)3.5×1.0m. Mechanical pruning was conducted by a tractor operating at a speed of 3 to 4km/h. The pruning treatments were conducted in winter and summer. Hand pruning, hand+mechanical pruning, and mechanical pruning were compared for each period. The pruning severity was conducted at the level of 20% of the lowest lateral branch length compared to the distance between rows. All of the summer pruning treatments were conducted by hand pruning. Mechanical pruning treatment was reduced the time by 98% to hand pruning treatment in 3.5×1.0m planting density during winter



pruning as well 45.9% in 3.5×2.0m planting density and 28.8% in 3.5×1.0m planting density during summer pruning. Short branches were formed in 3.5×1.0m planting density, and the utilization of mechanical pruning was high. Mechanical pruning treatment was performed due to the characteristics of the slender spindle, but there were parts that required hand pruning among trees. If the mechanical pruning is done by composing a two-dimensional tree shape, it seems that a great effect can be seen.

Key words : Apple, Dense planting culture, Labor-saving, Pruning

1. 연구목표

신규 또는 갱신 사과원 조성 시 생산성 향상을 위한 밀식재배 과원이 증가하고 있다. 밀식재배는 재식주수가 많고 규격화함으로써 기계화 및 관리작업의 효율화가 가능하다. 또한 과수 재배에 있어 전정은 노동력이 많이 소요되는 작업 중에 하나이지만, 숙련된 노동력이 부족하고 인건비가 증가하는 것이 큰 문제가 되고 있다(Long H, 2018). 이에 노동력 절감을 통한 기계전정에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 사과 밀식과원 재식거리에 따른 전정 및 착과관리 기술로 기계전정 활용 효과를 분석해 보고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 사과 밀식과원 재식거리에 따른 전정 및 착과관리 기술로 기계전정 활용 효과를 검토해 보고자 사과이용연구소에서 4년간(2018~2021) 수행되었다. 1년차(2018) 밀식과원의 기계화·규격화를 유도하기 위해 경남과 경북 지역의 사과 주산지 밀식재배 농가를 대상으로 재식거리별 수체관리 실태조사를 하였다. 주요 조사항목으로는 재식거리, 수형, 전정, 착과량 등이었다. 시험품종은 ‘홍로’/M9으로 세장방추형 시험포장에서 재식 7년차부터 3년간(2019~2021) 수행되었다. 트랙터 부착형 기계전정(FERRARI COBRAM 65AR(56마력), FERRARI CRF250)을 이용하였다. 소규모 시험포장에서 안전성을 고려하여 트랙터 속도는 3~4km/h로 운행하였다. 굵은 가지는 기계전정 시 부러질 우려가 있으므로 미리 손으로 가지 정리할 필요성이 있어 보였다. 1년차 농가 조사결과를 바탕으로 2~3년차(2019~2020))에는 재식거리 3.5×1.0m인 시험포장에서 수행되었다. 전정강도는 열간 길이 대비 최하단 측지를 기준으로 15%, 20% 길이로 세장방추형 모양으로 위로 갈수록 좁아지는 형태로 기계전정을 실시하였다. 수형 특성상 주간 사이는 손전정으로 마무리 해주었으며, 하계전정은 모든 처리구에서 손전정을 실시하였다. 전정시기 및 방법은 동계, 하계전정으로 구분하여 손전정 및 기계전정15%+손전정, 기계전정20%+손전정으로 하였다. 주요 조사항목으로 수체생육, 수량, 과실품질, 화아분화 등이었다. 4년차(2021)에는 재식거리 3.5×2.0, 1.5, 1.0m인 시험포장에서 수행되었다. 전정강도는 열간 길이 대비 최하단 측지를 기준으로 20% 길이로 2~3년차 방식으로 전정을 실시하였다. 전정 시기 및 방법은 동계, 하계전정으로 구분하여 손전정 및 기계전정20%+손전정, 기계전정20%로 실시하였다. 주요 조사항목으로는 전정 소요시간, 전정량, 과실특성, 수확량 등이었다. 생육특성을 비교하기 위해 지면으로부터 1~3m 사이의 직경이 비슷한 6개의 측지를 선정하여 정단신초, 신초길이와 수를 조사하였다. 원줄기단면적(trunk cross-sectional area, TCA)는 접목부위 상단 10cm 부위에서 길이를 측정하였다. 전정 소요시간 및 전정량 비교는 수세가 비슷한 나무를 선정하여 전정 처리하였다. 나무의 동·서쪽을 전정하고 합하여 주당 전정 소요시간 및 전정량을 조사하였다. 이를 10a당 재식주수로 계산하여 표시하였다. 과실수량은 수확하여 전수 조사하였고, 과실특성은 주당 평균적인 과실 5개

를 임의로 수확하여 조사하였다. 가용성 고형분 함량은 과일 전체를 착즙 후 디지털 굴절당도계(Refractometer PAL-1, Atago, Tohyo, Japan)로 측정하였다. 과실의 착색정도는 휴대용 색차계(Spectrophotometer CM-700D, Minolta co, Tokyo, japan)로 과실 적도면에서 과실당 3부위를 측정하여 산술평균을 사용하였다.



그림 1. 트랙터 부착형 기계전정

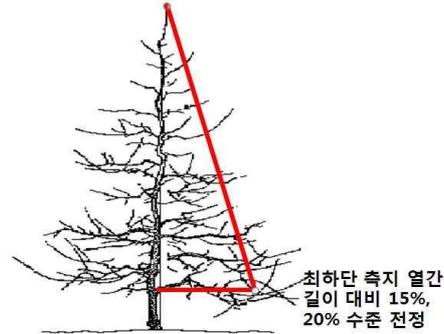


그림 1. 전정강도

3. 결과 및 고찰

표 1. 과원면적 및 밀식면적(2018)

(단위 : m²)

구 분	과원면적				밀식면적			
	3300 이하	3300 ~8250	8250 ~16500	16500 이상	3300 이하	3300 ~6600	6600~9900	9900 이상
거창	-	-	-	1	-	-	-	1
산청	1	2	1	1	1	1	1	2
함양	1	-	2	1	1	-	1	2
밀양	-	-	-	4	2	1	-	1
김천	-	-	2	1	-	2	-	1
영천	2	1	3	-	2	1	-	3
군위	1	1	1	-	1	2	-	-
청송	-	-	1	3	-	-	1	3
계	5	4	10	11	7	7	3	13

※ 밀식과원 기준: 열간거리 4m, 주간거리 2m 미만

경남과 경북 사과 주산지 30농가를 대상으로 재식거리별 수체관리 실태조사를 한 결과, 과원면적과 밀식면적은 표 1과 같다. 농가 중 밀식면적이 1ha가 넘는 농가가 43.4%로 가장 많았으며, 평균 밀식재배면적은 0.97ha였다.

표 2. 밀식과원 재식거리별 수폭 비율 및 측지 내 결과지 구성 비율(2018)

재식거리(m)	열간 거리 대비 수폭 비율(%)	측지 내 결과지 구성 비율(%)		
		5cm이하	5.1cm~15cm	15.1cm이상
3.6~4.0×1.5~1.6	19.9	65.5	27.1	10.8
3.6~4.0×1.2~1.3	18.9	44.2	28.1	27.7
3.0~3.5×1.2~1.3	19.4	66.7	18.6	14.8
3.6~4.0×1.0	16.3	59.0	28.2	17.5
3.0~3.5×1.0	19.8	60.3	29.1	14.3



밀식과원 재식거리별 수폭 비율 및 측지 내 결과지 구성 비율은 표 2와 같다. 재식거리 별 수폭 비율은 대부분의 농가가 동계전정을 통해 열간 거리 대비 19% 정도로 관리하였다. 자동화 기계를 사용하였을 시 열간거리가 3.0~3.5m인 과원에서는 장비 진입하기에는 공간이 좁았고, 3.6~4.0×1.0m인 과원에서는 수폭 대비 공간이 많이 남았다. 측지 내 결과지 구성 비율은 동계전정과 적화·적과 작업 시 5cm 이하 단과지 위주로 작과 관리 하였다.

표 3. 전정 방법별 동·하계 전정 소요시간 및 전정 생체중(2019)

구 분	전정 소요시간(시간/주)		전정 생체중(kg/주)	
	동계	하계	동계	하계
손전정	3분 30초 ^{nsz}	2분 14초	0.8	1.2
기계전정15% +손전정	3분 14초	2분 6초	0.7	1.0
기계전정20% +손전정	2분 57초	2분 2초	0.6	0.9

※ 하계전정 시 모든 처리구는 손전정으로 실시하였음

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

전정 방법별 동·하계 전정시간 및 생체중 결과는 표 3과 같다. 손전정과 비교 시 기계전정 정도에 따른 동·하계 전정시간은 주당 2~3분대로 유의성이 없으며, 전정 생체중도 주당 약 1.0kg로 유의성이 없었다.

표 4. 전정 방법별 처리 후 제거된 꽃눈 수 및 수폭, 신초길이 변화(2019)

구 분	제거된 꽃눈 수 (개)	전정 후 감소 (cm)	전정 후 성장 (cm)	평균 신초장(cm)	
				6월	27일
손전정	98.2 ^{nsz}	54.8a	63.6 ^{ns}	17.7 ^{ns}	
기계전정15% +손전정	101.0	37.0ab	52.9	18.2	
기계전정20% +손전정	87.1	34.5b	50.8	20.5	

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

재식거리 3.5×1.0m인 시험포장에 손전정과 열간 길이 대비 기계전정 15%, 20% 수준으로 전정을 하였다. 전정 방법별 처리 후 제거된 꽃눈 수 및 수폭, 신초길이 변화는 표 4와 같다. 손전정과 비교 시 기계전정 정도에 따른 꽃눈 수, 수폭 감소·증가, 평균 신초장 차이는 없었다.



표 5. 전정 방법별 과실특성 및 수확량(2019)

구 분	종경 (mm)	횡경 (mm)	당도 (Brix)	수확시 착색도			평균과중 (g/개)	수확량 (ton/10a)
				L	a	b		
손전정	88.6ns ²	82.9	12.6	51.9	28.7	21.7	239.5	6.2
기계전정15% +손전정	88.3	83.1	12.8	50.2	30.1	21.6	229.9	5.5
기계전정20% +손전정	87.7	82.7	12.9	51.3	28.9	22.2	231.1	5.5

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

전정 방법별 과실특성 및 수확량은 표 5와 같다. 전정 방법별 과실특성에 대한 유의성이 없었다. 처리구 모두 평균과중은 230g 내외였으며, 수확량은 5~6(ton/10a)으로 유의성이 없었다.

표 6. 전정 방법별 동·하계 전정 소요시간 및 전정량(2020)

구 분	동계전정		하계전정	
	소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)	소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)
손전정	13시간 06분 ^a	156.7 ^a	16시간 28분 ^{ns}	250.8 ^{ns}
기계전정15% +손전정	11시간 07분 ^b	92.1 ^b	17시간 25분	281.2
기계전정20% +손전정	11시간 07분 ^b	91.2 ^b	16시간 13분	211.8

※ 하계전정 시 모든 처리구는 손전정으로 실시하였음

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

재식거리 3.5×1.0인 시험포장에서 전정 방법별 동·하계 전정 소요시간 및 전정량은 표 6과 같다. 동계전정 시 기계전정+손전정15%, 20% 소요시간이 손전정보다 15.1% 감소되었다. 하계전정 시 기계전정 처리한 나무에 도장지가 많아 손전정 소요시간과 비슷하였다.

표 7. 전정 방법별 동계전정 전·후의 측지 당 꽃눈 수 및 남아 있는 꽃눈 비율(2020)

구 분	전정 처리 전	전정 처리 후	남아 있는 꽃눈 비율(%)
	꽃눈 수(개/측지)	꽃눈 수(개/측지)	
손전정	25.5	12.3	53
기계전정15% +손전정	26.2	8.7	33
기계전정20% +손전정	22.5	9.7	43

전정 방법별 동계전정 전·후의 측지 당 꽃눈 수 및 남아 있는 꽃눈 비율은 표 7과 같다. 전정 후 남아 있는 꽃눈 비율이 손전정이 53%로 기계전정 처리를 했을 때보다 10~20% 정도 높았다.

표 8. 전정 방법별 과실특성 및 수확량(2020)

구 분	중경 (mm)	횡경 (mm)	당도 (Brix)	수확 시 착색도			평균과중 (g/개)	수확량 (ton/10a)
				L	a	b		
손전정	78.1b ^z	84.7b	12.7a	61.7a	12.8b	32.3a	254.1b	5.3ns
기계전정15% +손전정	80.6a	88.1a	12.9a	54.7b	20.5a	28.9b	285.0a	4.6
기계전정20% +손전정	79.6ab	86.8ab	12.9a	58.6ab	17.4ab	32.0a	271.1ab	5.1

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

전정 방법별 과실특성 및 수확량은 표 8과 같다. 과실 크기 및 과중은 기계전정 처리구가 손전정보다 컸으며, 이는 기계전정함으로써 적어진 꽃눈 비율이 과실생장에 영향을 준 것으로 판단된다. 수확량은 4~5(ton/10a)으로 처리구 모두 유의성이 없었다.

표 9. 전정 방법별 동·하계전정 소요시간 및 전정량(2021)

구 분	3.5×2.0m			
	동계전정 소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)	하계전정 소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)
손전정	16시간 55분b ^z	290.1ns	12시간 57분a	203.6a
기계전정20% +손전정	19시간 12분a	231.7	7시간 43분b	112.9ab
기계전정20%	34분c	347.3	7시간c	91.0b
구 분	3.5×1.5m			
	동계전정 소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)	하계전정 소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)
손전정	23시간 57분a ^z	265.9ab	11시간 38분b	167.4ns
기계전정20% +손전정	23시간 35분b	493.1a	15시간 11분a	299.3
기계전정20%	36분c	225.6b	10시간 49분c	191.8



구 분	3.5×1.0m			
	동계전정 소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)	하계전정 소요시간 (시간/10a)	전정량 (kg/10a)
손전정	30시간 51분 ^a	343.5ns	18시간 50분 ^a	341.1ns
기계전정20% +손전정	21시간 29분 ^b	347.3	16시간 2분 ^b	321.7
기계전정20%	34분 ^c	345.4	13시간 24분 ^c	182.7

※ 하계전정 시 모든 처리구는 손전정으로 실시하였음

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

재식거리 3.5×2.0, 1.5, 1.0m인 시험포장에서 전정 방법별 동·하계전정 소요시간 및 전정량은 표 9와 같다. 동계전정 시 재식거리 3.5×1.0m에서 기계전정 소요시간이 손전정보다 98% 감소되었다. 하계전정 시 재식거리 3.5×2.0m에서 기계전정 소요시간이 손전정보다 45.9% 감소 되었으며, 재식거리 3.5×1.0m에서는 28.8% 정도 감소되었다.

표 10. 전정 방법별 과실특성(2021)

구 분	중경 (mm)	횡경 (mm)	당도 (°Brix)	수확 시 착색도			
				L	a	b	
3.5×2.0 (m)	손전정	81.4 ^a	86.6ns	13.1ns	51.1ns	27.9ns	23.6ns
	기계전정20% +손전정	78.6 ^b	86.1	13.5	51.0	29.0	23.3
	기계전정20%	77.3 ^b	86.3	13.3	52.0	28.3	23.0
3.5×1.5 (m)	손전정	79.1ns	86.5ns	13.0ns	55.3 ^a	25.1ns	25.2ns
	기계전정20% +손전정	80.5	87.4	12.7	55.4 ^a	24.3	25.4
	기계전정20%	78.7	86.1	12.8	51.4 ^b	26.9	24.2
3.5×1.0 (m)	손전정	80.0ns	87.3ns	12.9ns	55.1ns	25.0ns	25.6ns
	기계전정20% +손전정	79.0	87.0	12.5	54.0	24.6	24.1
	기계전정20%	77.8	86.7	12.2	57.7	20.8	26.1

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

표 11. 전정 방법별 평균과중 및 수확량(2021)

구 분	평균과중(g/개)			수확량(ton/10a)		
	3.5×2.0 (m)	3.5×1.5 (m)	3.5×1.0 (m)	3.5×2.0 (m)	3.5×1.5 (m)	3.5×1.0 (m)
손전정	265.8ns ^z	257.0ns	226.8ns	7.4ns	6.4ns	6.4 ^a
기계전정20% +손전정	272.0	248.4	235.4	4.9	4.7	3.5 ^b
기계전정20%	213.2	217.9	225.3	5.3	5.7	5.7 ^a

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%

재식거리에 따른 전정 방법별 과실특성과 평균과중 및 수확량은 표 10, 표 11과 같다. 과실특성과 평균과중은 처리간의 유의성이 없었으며, 수확량은 재식거리 3.5×1.0m인 손전정 및 기계전정 처리구가 기계전정+손전정보다 약 60% 이상 많았다.

4. 결과요약

- 가. 경남과 경북 사과 주산지 30농가 대상으로 재식거리별 수채관리 실태를 조사한 결과 재식거리별 수확비율은 대부분의 농가에서 동계전정을 통해 연간 거리 대비 19% 정도로 관리하고 있었음.
- 나. 동계전정 시 재식거리 3.5×1.0m에서 기계전정20% 처리구가 손전정 처리구보다 노동시간이 98% 감소하였으며, 이는 밀식재배로 단가지가 형성되어 기계전정 활용도가 높았다고 판단됨.
- 다. 하계전정 시 재식거리 3.5×2.0m에서 기계전정20% 처리구가 손전정 처리구보다 노동시간이 45.9% 감소되었으며, 재식거리 3.5×1.0m에서는 28.8% 감소되었음.
- 라. 세장방추형 특성상 수관 안까지 전정함으로써 손전정이 기계전정보다 전정 소요시간이 많았으며, 이에 2차원적인 수형을 구성하여 기계전정을 활용한다면 효과가 클 것으로 보임.
- 마. 재식거리별 전정 방법에 따른 평균과중은 유의성이 없었으며, 수확량은 재식거리 3.5×1.0m에서 손전정 및 기계전정20% 처리구가 기계전정20%+손전정보다 약 60% 이상 많았음.
- 바. 굵은 가지는 기계전정 시 부러질 우려가 있으므로 미리 손으로 가지 정리할 필요성이 있었음.

5. 인용문헌

Augustyn M, Zbigniew B and Waldemar T. 2016. Mechanical Pruning of Apple Trees as an Alternative to Manual Pruning. Acta Sci. 15(1) 2016, 113-121.
 Long H and James S. 2018. Sensing and Automation in Pruning of Apple Trees. MDPI. Agronomy 2018, 8, 211.

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2020년도 (3년차)	학 술 발 표	○ 밀식과원 재식거리에 따른 전정 및 작과관리 기술 개발
2021년도 (4년차)	영농기술정보 학 술 발 표	○ 사과 ‘홍로’ 밀식과원의 트랙터 부착형 기계전정 효과 ○ ‘홍로’ 사과 과원 재식거리에 따른 기계전정 활용



7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도			
						'18	'19	'20	'21
3) 밀식과원 재식거리에 따른 전정 및 착과관리 기술 개발	책임자	사과이용연구소	농업연구사	손진향	연구총괄			○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	오주열	자료분석			○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	김현수	연구조사	○	○	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	구소희	연구조사				○
	공동연구자	약용자원연구소	농업연구사	김윤숙	연구조사	○	○	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	홍정진	자료분석	○	○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	김우일	자료분석	○	○	○	
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구관	정은호	업무조정	○	○	○	○
	공동연구자	-	농업연구관	김영봉	업무조정	○	○		
	공동연구자	-	농업연구관	정용모	업무조정		○	○	
	공동연구자	한국연구재단	전문경력관	김목종	연구자문	○	○	○	