

과제구분	기관고유	수행시기	전반기	
전략체계	4-1-3	기술분야 및 품목표준코드	C05	
과제번호	LP0047142022		FC010601	
과 제 명		수행기간	과제책임자	
다축형 미래 사과과원 생력화 관리 기술 개발		'21~'25	사과이용연구소	오주열
1) 수광률 향상을 위한 수형구성 방법 및 세력 조절 연구		'21~'22	사과이용연구소	손진향
2) 재식밀도에 따른 생육과 과실생산 특성 구명		'21~'25	사과이용연구소	김현수
3) 기후변화 대응 및 자원투입 최소화를 위한 현장 적용 기술 연구		'21~'22	사과이용연구소	오주열
책임용어	사과, 과일벽, 다축, 생력화			

수광률 향상을 위한 수형구성 방법 및 세력조절 연구

A Study on the Tree Shape Composition Method and Tree Vigor Control for the Improvement of the Light-interception Efficiency

Jin-Hyang Son\*, Ju-Yeol Oh\*, Hyun-Soo Kim\*, So-Hui Gu\*, Jeong-Jin Hong\*, and Eun-Ho Jeong\*

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

**ABSTRACT** : As of 2020, the nationwide apple cultivation area is 32,954ha, accounting for the largest area of fruit trees, and as of 2018, it ranks first with 23.1% of the total fruit production. However, apple production per unit area is 1.4t/10a, ranked 41st among OECD member countries, lower than the average of 5.0t/10a in advanced countries. The high-density multi-axial tree type can reduce the tree height and planting distance, and increase the number of plantings, increasing production per unit area. In addition, since the multi-leader is a flat type, the light transmittance into the inside of the tree canopy can be increased. This study compared the multi-leader and guyot's yield and growth characteristics. Since the number of planting years was short, there was no significant difference in the growth of the multi-leader and the guyot. In particular, there were many short branches of 15 cm or less. It showed a low light-interception efficiency of 30% or less. It is still in its early stages, so comparing growth over a long period is necessary.

**Key words** : Apple, Fruit wall, Multiple axis, Labor-saving

### 1. 연구목표

2020년도 기준 사과 전국 재배면적은 32,954ha로 과수 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있고, 2018년도 기준 과일 전체 생산액 중 23.1%로 1위를 차지하고 있다. 하지만 단위면적당 사과 생산량은 OECD 가입국 중 41위인 1.4ton/10a로 사과 생산 선진국 평균인 5.0ton/10a 보다도 낮은 상황이다. 고밀식 다축형 수형은 수고를 낮추어 열간 거리를 줄이고 열수를 증가시켜 재식주수를 늘릴 수 있어 단위면적당 생산량이 증가하는 것으로 보고되고 있다. 또한 다축형은 평면형 수형으로써 수관 내부로의 광투과율을 증대시킬 수 있다. 따라서 본 시험은 단위면적당 일정한 고품질의 사과 생산 증가 및 생산비 절감을 위해 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

② 본 연구는 다축형과 구왓형에서 생산량 및 수체생육 특성을 구명하기 위해 사과이용연구소에서 2년간(2021~2022) 수행되었다. 공시재료는 ‘후지’/M9으로 재식거리 3.0×2.4m인 시험포장에서 수형별 비교를 하였다. 다축형 및 구왓형은 지면 50cm에서 45°로 주지를 눕혀 식재 후 관리하였다. 다축형에서 축의 개수에 따른 생산량 및 수체생육 특성을 비교·검토하기 위해 다축형 4축, 6축, 8축으로 4처리를 두었다. 구왓형에서 생산량 및 수체생육 특성을 비교·검토하기 위해 축간거리를 유지한 처리구를 구왓형 1이라 두고, 축간거리가 없는 처리구 구왓형 2라고 하여 2처리를 두었다. 목표생산량을 재식 2년차 1ton/10a, 재식 3년차 2ton/10a를 두고 주당 착과량을 조절하였다. 주요 조사항목으로는 수체생육, 수광률, 생산성, 과실품질 등이었다. 생육특성을 비교하기 위해 주간직경은(trunk cross-sectional area, TCA)는 접목부위 상단 10cm 부위에서 길이를 측정해 수세가 비슷한 나무를 선정하여 조사하였다. 신초수 및 신초길이는 수고 120cm 이하, 240cm 이하로 구분하여 전수조사 하였다. 수광률은 지면 1, 2, 3m 높이에서 광량측정기(WISE Sensing Inc. ZD-21(data logger), aS-20L)를 설치하여 측정하였다. 엽 특성은 주당 잎 10개씩 엽록소 측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다. 생산량은 수확하여 전수 조사하였고 이를 10a당 재식주수로 계산하였다. 과실특성은 주당 평균적인 과실 5개를 임의로 수확하여 조사하였다. 가용성 고형분 함량은 과일 전체를 착즙 후 디지털 굴절당도계(Refractometer PAL-1. Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 과실의 착색정도는 휴대용 색차계(Spectrophotometer CM-700D, Minolta co, Tokyo, japan)로 과실 적도면에서 과실당 3부위를 측정하여 산술평균을 사용하였다.

③



④

<4축형>

<6축형>

<8축형>

<구왓형>

그림 1. 수형별 모습

### 3. 결과 및 고찰

다축형에서 축의 개수에 따른 수체생육은 그림 2와 같다. 수체생육 비교 시 6축형 처리구가 15.9%로 4축형 8.7%, 8축형 10.4% 처리구보다 전체 성장량이 많았다.

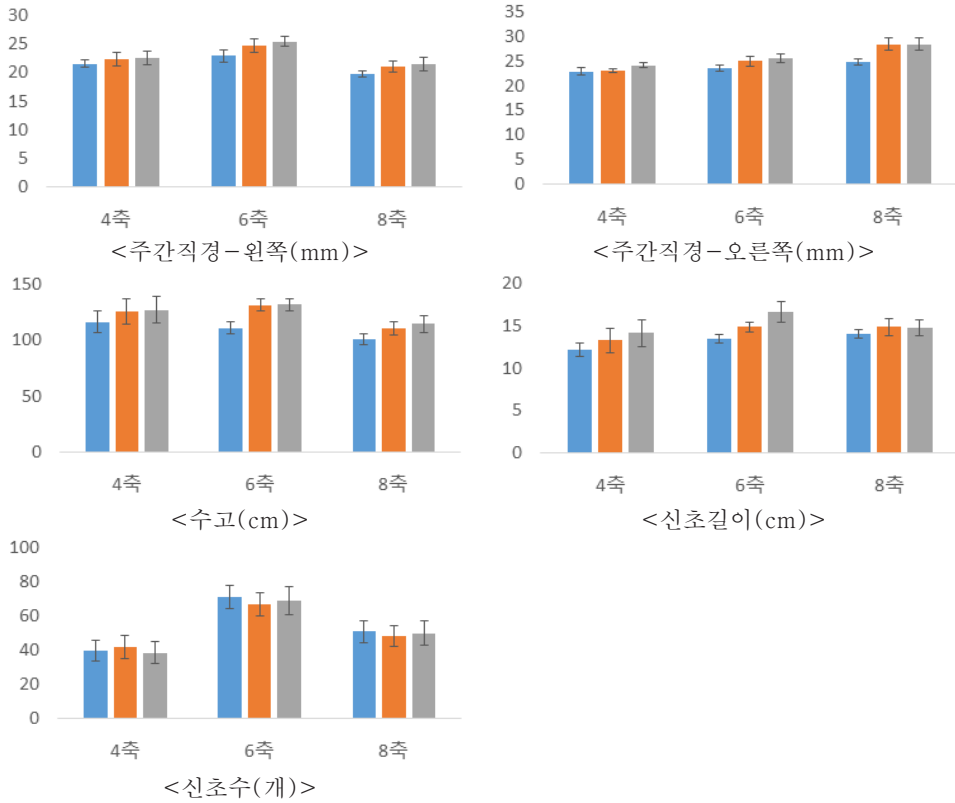


그림 2. 다축형에서 축의 개수에 따른 수체생육(2021)

다축형에서 축의 개수에 따른 잎 특성 및 수광률 표 2, 그림 3과 같다. 축에 따라 엽장, 엽폭, SPAD값의 유의성은 없었다. 수광률은 지면 1m에서 6축형 처리구가 25%로 4축형 12%, 8축형 17% 처리구보다 수광률이 높았다. 재식 초기로 아직 수고 2m 이상 도달하지 못하여 수광률이 낮게 나온 것으로 보였다.

표 2. 다축형에서 축의 개수에 따른 잎 특성(2021)

수 형	엽장(cm)	엽폭(cm)	SPAD
4축형	6.6 <sup>ns</sup>	3.5 <sup>ns</sup>	49.5 <sup>ns</sup>
6축형	6.9	3.5	47.6
8축형	6.9	3.6	49.3

DMRT 5%

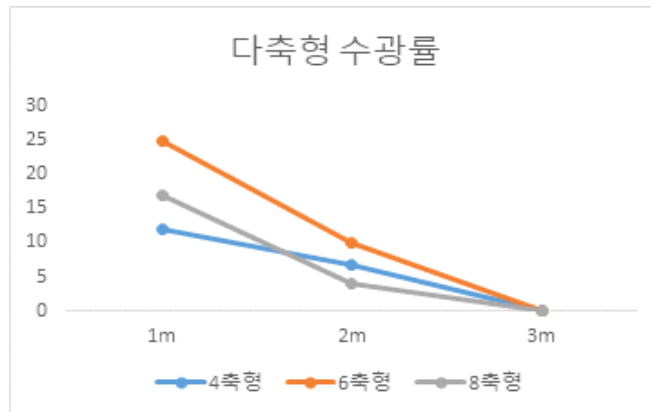


그림 3. 다축형에서 축의 개수에 따른 수광률(%)

다축형에서 축의 개수에 따른 과실특성 및 수확량은 표 3, 표4와 같다. 축에 따른 과실 특성은 유의성이 없었다. 다축형 처리구 모두 평균과중은 300g 이상으로 수확량은 10a당 1ton에 도달하지 못했지만 축에 따른 유의성은 없었다.

표 3. 다축형에서 축의 개수에 따른 과실특성(2021)

수형	종경 (mm)	횡경 (mm)	당도 (°Brix)	산도 (%)	경도 (N)	수확 시 착색도		
						L	a	b
4축형	74.8 <sup>ns</sup>	86.6 <sup>ns</sup>	14.4 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	41.5 <sup>ns</sup>	44.8 <sup>ns</sup>	25.8 <sup>ns</sup>	22.3 <sup>ns</sup>
6축형	75.5	89.5	14.7	0.25	34.4	45.4	25.3	24.1
8축형	74.4	89.9	14.8	0.25	37.7	43.0	27.0	22.8

DMRT 5%

표 4. 다축형에서 축의 개수에 따른 평균과중 및 수확량(2021)

수형	평균과중 (g/개)	수확수 (개/주)	수확량 (ton/10a)
4축형	309.2 <sup>ns</sup>	18.0 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>
6축형	347.1	21.4	0.86
8축형	339.6	17.4	0.62

구왓형에 따른 수체생육은 그림 4와 같다. 수체생육 비교 시 축간거리를 유지한 구왓형 1 처리구가 23.8%로 축간거리를 유지하지 않은 구왓형 2 처리구보다 전체 성장량이 많았다.

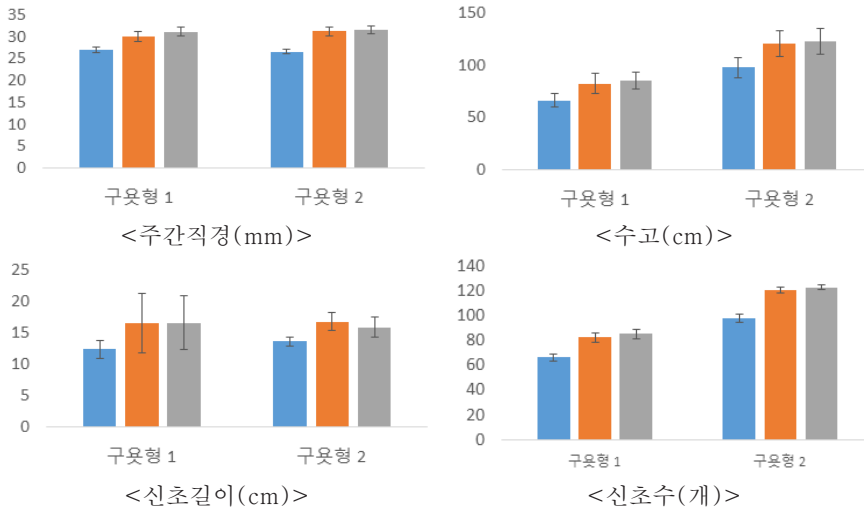


그림 4. 구왓형에 수체생육(2021)

구왓형에 따른 잎 특성 및 수광률은 표 5, 그림 5와 같다. 구왓형 또한 축간거리와 상관 없이 잎 특성에 대한 유의성은 없었으며 서로 비슷한 수광률을 보였다.

표 5. 구왓형에 따른 잎 특성(2021)

수 형	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
구왓형 1	7.1 <sup>ns</sup>	3.7 <sup>ns</sup>	49.1 <sup>ns</sup>
구왓형 2	7.3	3.7	51.4

T-test -p>0.0>

구왓형에 따른 수광률은 그림 5와 같다.

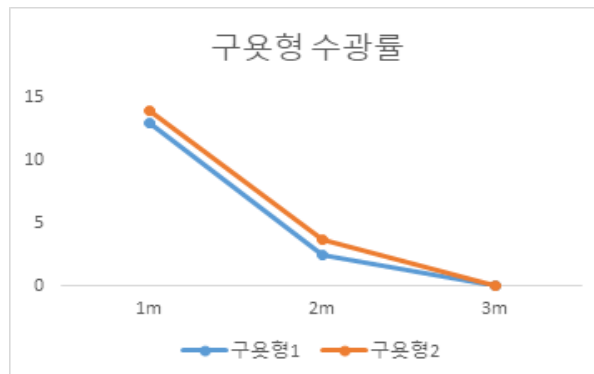


그림 5. 구왓형에 따른 수광률(%), (2021)



구왓형에 따른 과실특성 및 수확량은 표 6, 표 7과 같다. 축간거리에 따른 과실특성은 유의성이 없었으며 수확량은 축간거리를 유지하지 않은 구왓형 2 처리구에서 약 0.3ton/10a 정도 더 많았다.

표 6. 구왓형에 따른 과실특성(2021)

수 형	종경 (mm)	횡경 (mm)	당도 (°Brix)	산도 (%)	경도 (N)	수확 시 착색도		
						L	a	b
구왓형 1	78.4 <sup>ns</sup>	90.2 <sup>ns</sup>	14.3 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	36.8 <sup>ns</sup>	45.7 <sup>ns</sup>	25.9 <sup>ns</sup>	23.2 <sup>ns</sup>
구왓형 2	76.4	89.6	14.9	0.27	42.4	46.4	21.8	25.5

T-test -p>0.0>

표 7. 구왓형에 따른 평균과중 및 수확량(2021)

수 형	평균과중 (g/개)	수확 수 (개/주)	수확량 (ton/10a)
구왓형1	350.7	14.2	0.51*
구왓형2	337.4	20.4	0.85

\* T-test(p<.05)

다축형 및 구왓형에 따른 수체생육 및 신초길이 분포는 표 8, 표 9와 같다. 다축형에서 축이 많을수록 수고가 낮았으며 신초수도 많았다. 수고 증가율은 다축형보다 구왓형이 높았다. 다축형 및 구왓형 모두 평면형 수형으로 15cm 이하의 단가지로 형성되었다.

표 8. 다축형 및 구왓형에 따른 수체생육 특성(2022)

수 형	주간직경 (mm)			수고 (cm)			신초길이 (cm)		신초수 (개/주)		
	5.18.	11.21.	증가율(%)	5.18.	11.21.	증가율(%)	5.18.	11.21.	5.18.	11.21.	
4축	23.6	26.1	10.2	146.8	150.2	2.3	10.9	11.4	96.6	99.2	
다축	6축	26.0	28.2	8.6	142.8	147.8	3.5	11.5	11.9	133.4	115.0
	8축	25.9	27.5	6.4	125.2	129.0	3.0	11.3	10.5	115.0	123.0
구왓	구왓1	31.2	33.8	8.3	70.4	75.2	6.8	10.1	10.6	28.0	31.4
	구왓2	31.7	34.0	7.3	86.1	91.3	6.0	10.4	10.8	53.4	61.0

표 9. 다축형 및 구왓형에 따른 신초길이 분포(2022)

수 형	신초길이 분포(cm/개수/주)					
	~9cm	10~15cm	16~20cm	21~25cm	26~30cm	
다축	4축	43.2	23.4	13.2	8.6	3.2
	6축	59.2	33.6	22.8	8.8	4.6
	8축	58.8	32.2	14.2	7.0	1.8
구왓	구왓1	16.2	8.2	4.0	1.0	1.2
	구왓2	32.6	14	9.6	3.6	0.6

다축형 및 구왓형에 따른 수광률은 표 10과 같다. 아직 다축형 및 구왓형에서 수형 구성이 이루어지지 않아 30% 이하의 낮은 수광률을 보였다.

표 10. 다축형 및 구왓형에 따른 수광률(2022)

수 형	평균 광량 ( $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ )	수고에 따른 수광률(%)		
		1m	2m	
다축	4축	1,691	18.3	5.3
	6축	1,614	25.1	8.8
	8축	1,661	20.1	8.8
구왓	구왓1	1,718	18.6	6.4
	구왓2	1,660	20.7	6.2

다축형 및 구왓형에 따른 과실특성 특성은 표 11과 같다. 수형에 따른 과실크기 및 당도, 산도는 유의성이 없었다.

표 11. 다축형 및 구왓형에 따른 과실특성(2022)

수 형	횡경 (mm)	종경 (mm)	당도 (°Brix)	산도 (%)	경도 (N)	수확 시 착색도			
						L	a	b	
다축	4축	86.5 <sup>ns</sup>	72.6 <sup>ns</sup>	15.1 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	49.5 <sup>b</sup>	49.7 <sup>a</sup>	24.9 <sup>ns</sup>	21.3 <sup>a</sup>
	6축	87.1	74.6	14.7	0.27	55.4 <sup>ab</sup>	48.9 <sup>a</sup>	25.1	21.7 <sup>a</sup>
	8축	87.2	75.0	14.5	0.29	52.6 <sup>ab</sup>	45.3 <sup>b</sup>	25.2	16.7 <sup>c</sup>
구왓	구왓1	87.3	72.4	14.4	0.27	59.3 <sup>a</sup>	46.8 <sup>ab</sup>	25.2	18.4 <sup>bc</sup>
	구왓2	90.0	74.7	14.3	0.29	50.0 <sup>b</sup>	48.4 <sup>a</sup>	23.8	19.9 <sup>ab</sup>

DMRT 5%



다축형 및 구왓형에 따른 평균과중 및 수확량은 표 12, 표 13과 같다. 수형에 따른 평균과중은 유의성이 없었으며, 과중별 비교에서 농산물품질관리원 표준규격 기준으로 S, M 사이즈 과실이 많았다. 재식 3년차 목표생산량을 10a당 2ton으로 두어 착과수를 조절하였으며, 6축형 처리구와 축간거리를 유지하지 않은 구왓형 2 처리구에서 목표생산량을 달성하였다.

표 12. 다축형 및 구왓형에 따른 과중과 과중별 수확수(2022)

수 형	평균과중 (g)	과중별 수확수(개/주)			
		167~213g	214~249g	250~374g	
다축	4축	266.0 <sup>ns</sup>	14.6	9.6	11.8
	6축	282.9	13	16	24
	8축	278.5	12.8	11.8	14.4
구왓	구왓1	270.1	9.8	9.4	9.4
	구왓2	293.1	5.4	12.2	35.2

DMRT 5%

표 13. 다축형 및 구왓형에 따른 수확량(2022)

수 형	목표 착과수 (개/주)	수확수 (개/주)	수확량 (ton/10a)	
다축	4축	47.2 <sup>ns</sup>	43.6 <sup>ab</sup>	1.6
	6축	47.4	56.8 <sup>a</sup>	2.2
	8축	44.2	44.0 <sup>ab</sup>	1.6
구왓	구왓1	46.8	33.4 <sup>b</sup>	1.2
	구왓2	50.4	54.2 <sup>a</sup>	2.1

DMRT 5%

#### 4. 결과요약

- 가. 다축형에서 축이 많을수록 수고가 낮았으며 신초수도 많았다. 다축형 및 구왓형 모두 평면형 수형으로 15cm 이하의 단가지로 형성되었음
- 나. 아직 다축형 및 구왓형에서 수형 구성이 이루어지지 않아 30% 이하의 낮은 수광률을 보였으며 잎 특성에서는 유의적인 차이가 없었음
- 다. 수형에 따른 평균과중은 유의성이 없었으며, 과중별 비교에서 농산물품질관리원 표준규격 기준으로 S, M 사이즈 과실이 많았음
- 라. 재식 3년차 유목기라 연차적인 다축형 및 구왓형에 대한 수형구성과 생육특성 비교·검토할 필요성이 있음



5. 인용문헌

박인희, 한수곤, 홍우진, 이종섭, 홍나경, 윤태명. 2022. 사과 우량 2축 측지묘목의 경제적 생산을 위한 적정 재식거리와 BA처리 방법. 원예과학기술지. 40권 5호 : 504~512

Bortolotti, G., Perulli, G., Boini, A., Bresilla, K., Bonora, A., Venturi, M., Manfrini, L. 2022. Individual upright physiological traits in an apple “Guyot” training system. ISHS. no.1346 : 353~358

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2022년도 (2년차)	학 술 발 표	○ 드론 방제 시 사과 수형에 따른 비산 비교 검정

7. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도	
						'21	'22
1) 수광률 향상을 위한 수형구성 및 세력조절 연구	책 임 자	사과이용연구소	농업연구사	손 진 향	연구총괄	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	김 현 수	자료분석	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	구 소 희	자료분석	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	홍 정 진	결과검토	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	오 주 열	결과검토	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구관	정 은 호	총괄검토	○	○