

## ‘후지’ 사과나무 세장방추형에서 하단촉지수가 수체생육에 미치는 영향

박무용<sup>1</sup> · 양상진<sup>1</sup> · 박정관<sup>2</sup> · 최동근<sup>3</sup> · 강인규<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>원예연구소 사과시험장, <sup>2</sup>원예연구소 과수과, <sup>3</sup>전북대학교 원예학과, <sup>4</sup>상주대학교 환경원예학과

### Influence of the Number of the Lower Scaffold Limbs in Slender Spindle Form on the Tree Growth and Development of ‘Fuji’ Apple Trees

Moo-Yong Park<sup>1</sup>, Sang-Jin Yang<sup>1</sup>, Jeung-Kwan Park<sup>2</sup>, Dong Geun Choi<sup>3</sup>, and In-Kyu Kang<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Apple Experiment Station, National Horticultural Research Institute, RDA, Kwumwi 716-810, Korea

<sup>2</sup>Fruit Tree Division, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-760, Korea

<sup>3</sup>Division of Biological Resources Science, Chonbuk National Univ., Jeonju 561-756, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Enviromental Horticulture, Sangju National Univ., Sangju 742-711, Korea

**Abstract.** This study was carried out to investigate the effects of number of the lower scaffold limbs on tree growth, light penetration, fruit yield, and fruit quality in slender spindle in 6-year-old ‘Fuji’/M.9 apple trees. With regard to the growth by the numbers of the lower scaffold limbs, the width of the tree was wide and the growth of new shoots was increased when the number of the lower scaffold limbs was five. Compare with other treatments, five lower scaffold limbs showed high light-interception on the upper (150 cm above the ground) and middle (100 cm above the ground) canopy. There was no difference in the total number of the flower buds of the spurs according to the number of scaffold limbs, but the number and cross section area of flower bud on the lower canopy (120 cm above the ground) were increased where the number of the lower scaffold limbs was five. Fruit yield was highest in the treated with five lower scaffold limbs and fruit weight tended to increase where the number of the lower scaffold limbs was five or eight. With regard to fruit quality, there showed no difference in fruit shape index, firmness, acid content, Hunter L and b value according to the location of canopy and the number of the lower scaffold limbs, but the content of soluble solids was highest treated with five lower scaffold limbs. Hunter a value indicating fruit color was found to be highest treated with five lower scaffold limbs whose light interception was highest.

**Key words :** fruit quality, light penetration, scaffold limbs, tree vigor, yield

\*Corresponding author

## 서 언

사과 저수고 밀식재배는 과원관리의 재배, 병해충, 기상, 토양 등의 구성요소를 종합한 과수원종합관리체계(integrated orchard management) 개념을 도입하고 있다(Barritt, 1988, 1990). 과수원 관리시스템이란 과수원을 가장 효율적으로 관리하기 위한 여러 가지 과수원 구성요소들이 유기적으로 맞물려 돌아가야 한다는 개념에서 유래된 것으로 이들 과원관리의 구성요소 중 어느 한가지의 구성요소가 제대로 구성되지 않는다면 밀식재배의 효과를 기대하기 어렵다. 이러한 개념에

따라 과수원에서 가장 적합한 수형이란 그 과수원이 가지고 있는 기후, 토양, 병해충, 품종, 과실평가 기준, 시장수요, 노동력 공급, 토지가격 등 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있고, 이러한 모든 조건에 부합하여 안정적으로 과수원을 운영할 수 있는 것이 가장 적합한 수형일 것이다. 따라서 최근에는 왜성대목에서 직접 뿌리를 발생시킨 자근묘목을 이용한 밀식재배가 추진되고 있으며 이러한 재배체계를 성공적으로 추진하기 위해서는 대목, 품종, 재식밀도, 재식배치, 수체특성, 전정기술 등의 구성요소를 조화시키는 것이 중요하다. 이를 기본으로 외국에서는 수형 구성이 용이하고 조기

수확이 가능한 프랑스의 수직축형(Lespinasse와 Delort, 1986), 고밀식 및 기계화가 가능한 이태리와 프랑스에서 일반화된 palmette형(Rosati, 1978)과 V자 형태의 Tatura Trellis형(Van den 등, 1987), 그리고 작업효율성과 과실품질 및 생산성 향상이 가능한 네덜란드의 세장방추형(Forshey 등, 1992) 등이 이용되고 있다.

그러나 우리나라에서는 현재까지 저수고 밀식재배에 적합한 대목이 육종되지 않아 네덜란드에서 개발한 M.9대목을 이용한 세장방추형(slender spindle bush)이 밀식재배 수형으로 이용되고 있으나 이 수형에 대한 체계적인 연구와 정보가 미흡한 실정이다.

따라서 본 시험은 M.9 지근대목에 접목된 ‘후지’를 이용하여 저수고 밀식재배시 세장방추형을 유지하기 위한 하단측지수가 수체생육, 광환경, 과실수량 및 품질에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장 포장에서 3.2 m×1.2 m(260주/10a)의 재식밀도를 가진 4년생 ‘후지’/M.9 사과나무를 대상으로 수세가 중간 정도인 나무를 선정하여 2001년 부터 2003년까지 3년에 걸쳐 수행하였다. 수형을 세장방추형으로 유지하는데 하단측지수를 몇 개로 구성하는 것이 적합한 지를 구명하기 위하여 그 수를 5개, 8개, 10개로 두고 재식 4년차부터 6년차까지 나무를 관리한 후 6년차의 수체특성, 광환경, 과실 수량 및 품질을 조사하였다.

### 1. 광환경 조사

수관 부위별 광환경은 Sun scan(Canopy Analysis System)을 이용하여 하부는 지상 30 cm에서, 중간부는 지상 100 cm에서, 상부는 지상 150 cm 중심부위 위치에서, 그리고 주간접치는 부위 인쪽의 광합성 유효복사량을 측정하여 노지전평에 대한 비율(%)로 표시하였다.

### 2. 수체특성 조사

수체특성은 수관중부(120~200 cm) 높이에 위치하는 정단신초 중에서 전년도 절단하지 않은 가지에서 자라는 신초를 10본씩 임의로 선정하여 6월 상순과 9월 하순에 신초장을 조사하였고, 간경은 접목부 5 cm 상

단 부위를 10월 상순에 조사하였다. 그리고 수관위치별 단과지 화이수와 크기는 하단측지수별로 수관하부, 중부, 상부로 나누어 조사하였다. 이때 수체특성조사를 위하여 수관하부는 지상 120 cm 이하로, 수관중부는 지상 120~200 cm 사이로, 수관상부는 지상 200 cm 이상을 기준으로 설정하였다. 또한 주요 작업별로 전정 시간, 유인작업에 소요되는 시간을 조사하여 노동투입량을 비교하였다.

### 3. 과실특성 조사

과실 특성은 과중, 과형지수, 가용성고형물 및 산 함량, 착색도 등을 조사하였다. 가용성고형물 함량은 Atago 디지털 굴절당도계(DBX-55, Japan)를 사용하여 측정하였고, 총산 함량은 0.1N NaOH로 적정하여 사과산으로 환산하여 표시하였다. 과피색은 색차계(Color Techno. System JX777, Japan)로 과실 적도면을 중심으로 과실당 3군데를 측정하여 Hunter value L, a, b로 나타내었다. 통계처리는 Duncan 다중검정법을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

세장방추형 수형을 유지하기 위하여 하단측지수에 대한 수체생육을 조사한 결과(Table 1), ‘후지’/M.9 사과나무 재식 6년차에 측지수가 5개인 경우 수폭이 220 cm로 가장 넓었고, 측지수가 8개와 10개인 경우 수폭이 각각 205와 185 cm로 통계적 유의성이 없었다. 그리고 줄기의 직경과 신초장은 하단측지수가 5개 일 때 46 mm와 15.6 cm로 가장 많은 생육을 보였으나 정단신초장의 생육은 모든 처리구에서 차이가 없었다.

측지의 생장을 보면(Table 2), 직경은 하단측지수가 5개인 경우 19.9 mm로 가장 굵었고, 하단측지수가 10개인 처리구보다 약 3.6 mm 정도 증가하였다. 분지 각도는 하단측지수가 5개, 8개, 10개에서 각각 94.8, 103.1, 100.8° 하단측지수가 많은 경우 분지각도가 넓은 경향이었다. 또한 측지내의 결과모지의 수는 하단측지수 5개를 유지했을 때가 8.5개로 다른 처리에 비하여 2.5~3.0개 정도 더 많았다.

하단측지수에 따른 위치별 광환경 조사 결과는 Table 3과 같다. 수관상부에서의 수광률은 하단측지수가 5개는 55.9%, 8개는 47.6%, 10개는 48.5%였고,

**Table 1.** Tree growth as affected by number of the lower scaffold limbs in slender spindle on 6-year-old 'Fuji'/M.9 apple trees in high-density orchard.

Number of scaffold limbs	Tree width (cm)	Trunk diameter (mm)	Shoot length (cm)	Terminal shoot length (cm)
5	220 a <sup>2</sup>	46 a	15.6 a	33.4 a
8	205 a	43 b	8.2 b	27.5 a
10	185 b	42 b	8.9 b	27.0 a

<sup>2</sup>Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

**Table 2.** Influence of number of the lower scaffold limbs on lateral branch growth in slender spindle on 6-year-old 'Fuji'/M.9 apple trees in high-density orchard.

Number of scaffold limbs	Lateral branch		
	Diameter (mm)	Branch angle (°)	No. of bearing mother branch
5	19.9 a <sup>2</sup>	94.8 b	8.5 a
8	16.5 b	103.1 a	6.0 b
10	16.3 b	100.8 a	5.5 b

<sup>2</sup>Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

**Table 3.** Light penetration as affected by number of the lower scaffold limbs in slender spindle on 6-year-old 'Fuji'/M.9 apple trees in high-density orchard.

Number of scaffold limbs	Light penetration (%)			
	① <sup>y</sup>	②	③	④
5	55.9 a <sup>2</sup>	30.3 a	25.7 a	30.6 a
8	47.6 b	25.5 b	27.4 a	28.6 b
10	48.5 b	26.5 b	27.8 a	28.8 b

<sup>2</sup>Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

<sup>y</sup>①, center above 150 cm from ground; ②, center above 100 cm from ground; ③, center above 30 cm from ground; ④, inside folded space between trees.

**Table 4.** Effects of number of the lower scaffold limbs on number of terminal bud on spur in slender spindle on 6-year-old 'Fuji'/M.9 apple trees.

Number. of scaffold limbs	Number of terminal bud on spur (No./tree)			
	Lower <sup>y</sup>	Middle	Upper	Total
5	85.1 a <sup>2</sup>	46.3 b	63.8 a	195.2
8	60.7 b	70.1 a	68.9 a	199.7
10	51.3 b	76.4 a	67.3 a	195.0

<sup>2</sup>Mean separation within columns of different position in canopy by DMRT at 5% level.

<sup>y</sup>Upper, over 200 cm from the ground; Middle, 120 cm to 200 cm from the ground; Lower, below 120 cm from the ground.

수관중부에서는 30.3, 25.5, 26.5%로 측지수가 적은 5개에서 수광률이 높았으며, 수관하부에서는 수광률의 차이는 없었다. 또한 주간이 겹치는 수관안쪽은 하단측 지수가 적은 5개에서 30.6%로 수광률이 높았다.

수관위치별 단과지 화이수를 조사한 결과(Table 4), 총 단과지 화이수는 모든 처리구에서 하단측지수에 다른 차이는 없었다. 그러나 수관위치별 단과지 화이수를 보면 수관하부(지상 120 cm 이하)에서는 하단측지수가

5개에서 85.1개로 가장 많았고, 반면 수관중부(지상 120~200 cm)에서는 46.3개로 가장 적었으며, 수관상부(지상 200 cm 이상)에서는 하단측지수에 따른 차이는 없었다. 이는 하단측지수가 적은 5개에서 하단측지수가 많은 8개나 10개 보다 수관하부의 수광률이 높아 화이분화가 많이 이루어졌기 때문으로 판단되었다. 수관하부에 단과지 정아수가 많다는 것은 사과나무 재배시 문제가 되는 결실부위상승과 내부공간 무효화를

**Table 5.** Size of terminal bud on spur as affected by number of the lower scaffold limbs in slender spindle on 6-year-old ‘Fuji’/M.9 apple trees in high-density orchard.

Number of scaffold limbs	Size of terminal bud on spur <sup>x</sup> (mm)		
	Lower <sup>y</sup>	Middle	Upper
5	3.27 a <sup>z</sup>	3.43 a	3.96 a
8	2.90 b	3.37 a	3.79 a
10	2.74 b	3.28 a	3.76 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

<sup>y</sup>Upper, over 200 cm from the ground; Middle, 120 cm to 200 cm from the ground; Lower, below 120 cm from the ground.

**Table 6.** The labor input as affected by number of the lower scaffold limbs in slender spindle on 6-year-old ‘Fuji’/M.9 apple trees in high-density orchard.

Number of scaffold limbs	Input of labor power (hr/10a)					
	Total	Pruning	Thinning	Bending	Chemical spray	Harvesting
5	51.9 b <sup>z</sup>	13.0 a	17.0 a	5.1 b	4.4 a	12.4 a
8	55.2 a	14.0 a	17.2 a	7.0 a	4.4 a	12.6 a
10	55.9 a	14.5 a	17.4 a	7.0 a	4.4 a	12.6 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

최소화시킬 수 있기 때문에 중요하다. 따라서 하단측지수를 5개로 하여 중부 또는 상부보다는 하부에 단과지 정아가 많이 생길 수 있도록 하는 재배적 조치가 필요하다고 생각된다.

그리고 하단측지수를 달리 했을 때 수관위치별 단과지 화아의 크기를 조사한 결과(Table 5), 수관하부(지상 120 cm 이하)에서는 하단측지수가 5개, 8개, 10개에서 각각 3.27, 2.90, 2.74 mm로 하단측지수가 적을수록 단과지 화아의 횡경 크기가 컸으며, 수관중부(지상 120~200 cm)에서는 3.43~3.28 mm, 수관상부(지상 200 cm 이상)는 3.96~3.76 mm로 통계적 유의성은 없었다. 또한 수관위치에 따라 단과지 화아의 수와 크기의 차이는 수관위치에 따라 수광률의 차이에서 기인된 것으로 생각되었다.

Barritt 등(1987)과 Kim(2000)은 수광률이 높으면 화아의 크기가 커지는 경향이 있고, 수관 내 광투과 및 광합성능 차이는 잎의 형태와 수형 구성에 영향을 주고 이는 꽃눈발달과 함께 과실발육에도 영향을 미친다고 하였다. 그리고 Heinicke(1966)는 화아의 횡경이 고품질 과실생산가능치의 지표로 사용될 수 있으며 전정에 있어서 이점을 착안하도록 권장하고 있다. 본 연구에서도 측지수를 달리하였을 때 측지수가 적은 5개 수준에서 단과지 정아의 크기가 더 크므로 고품질의 과실 생산이 가능할 것으로 생각되었다.

하단측지수를 달리하였을 때 투입되는 노동력을 비교해 본 결과(Table 6), 10a당 투입된 총 시간은 하단측지수가 5개, 8개, 10개 배치구에서 각각 51.9, 55.2, 55.9시간으로 하단측지수가 적은 5개 처리에서 적었다. 주요 작업별로 구분하여 보면, 전정시간은 하단측지수가 5개, 8개, 10개에서 각각 13.0, 14.0, 14.5시간이었고, 유인작업에 소요되는 시간은 각각 5.1, 7.0, 7.0시간으로 하단측지수가 적을수록 투입노동력이 적게 소요되었다. 그러나 적과, 약제 살포, 수확에 투입된 시간은 측지수에 따른 차이는 없었다. 따라서 전정과 유인작업에 소요되는 시간이 측지수가 적을수록 적게 소요되었는데 이는 측지수가 많을수록 결과부위가 상승함에 따라 작업의 효율성에 영향을 미치기 때문으로 판단되었다.

하단측지수를 달리한 수관 위치별 나무당 착과수, 과중 및 수량을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 나무당 착과수를 보면, 총 착과수는 하단측지수가 5개, 8개, 10개에서 각각 69.1, 67.7, 58.1개로 하단측지수가 적을수록 착과수가 많은 경향이었다. 수관위치별로 구분하여 보면, 수관하부(지상 120 cm 이하)에서는 하단측지수가 5개일 때 30.9개, 8개일 때 22.5개, 10개일 때는 19.8개로 하단측지수가 적을수록 착과수가 많았다. 수관 중부(지상 120~200 cm)는 하단측지수가 8개에서 28.6개로 가장 많았으며, 수관상부(지상 200 cm

**Table 7.** Influence of number of the lower scaffold limbs on fruit yield in slender spindle on 6-year-old 'Fuji'/M.9 apple trees.

Number of scaffold limbs	No. of fruiting				Fruit weight (g)			Yield <sup>y</sup> (kg/10a)	
	Total <sup>x</sup>	Upper	Middle	Lower	Average	Upper	Middle		Lower
5	69.1 a <sup>z</sup>	19.6 a	18.6 b	30.9 a	283.8 a	279.0 a	282.1 a	290.2 a	5,099 a
8	67.7 ab	16.6 b	28.6 a	22.5 b	284.8 a	282.3 a	292.6 a	276.9 b	5,013 a
10	58.1 b	15.8 b	22.5 ab	19.8 b	268.6 b	282.1 a	269.4 b	254.4 b	4,058 b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by DMRT test at 5% level.

<sup>y</sup>Alculated by 3.2 m × 1.2 m planting density.

<sup>x</sup>Upper, over 200 cm from the ground; Middle, 120 cm to 200 cm from the ground; Lower, below 120 cm from the ground.

**Table 8.** Influence of number of the lower scaffold limbs on fruit quality of each location of canopy in slender spindle on 6-year-old 'Fuji'/M.9 apple trees.

Number of scaffold limbs	L/D ratio	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)	Hunter value		
				L	a	b
Lower of canopy <sup>y</sup>						
5	0.87 a <sup>z</sup>	13.8 a	0.28 a	38.9 a	22.8 a	11.8 a
8	0.87 a	13.6 ab	0.29 a	39.5 a	19.6 b	11.9 a
10	0.85 a	13.4 b	0.26 a	38.9 a	19.9 b	12.3 a
Middle of canopy						
5	0.87 a	13.6 a	0.28 a	39.6 a	20.1 a	11.5 a
8	0.88 a	13.6 a	0.30 a	39.2 a	19.5 a	11.8 a
10	0.86 a	13.6 a	0.25 a	38.9 a	22.5 a	11.9 a
Upper of canopy						
5	0.88 a	13.8 a	0.30 a	37.7 a	18.9 a	11.9 a
8	0.87 a	13.7 a	0.30 a	38.3 a	19.1 a	11.8 a
10	0.87 a	13.6 a	0.28 a	38.2 a	19.9 a	11.5 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns of different position in canopy by DMRT at 5% level.

<sup>y</sup>Lower of canopy, below 120 cm from the ground; Middle of canopy, 120 cm to 200 cm from the ground; Upper of canopy, over 200 cm from the ground.

이상)은 하단측지수가 5개에서 19.6개로 많았다.

과중은 하단측지수가 5개와 8개에서 각각 283.8 g과 284.8 g으로 차이가 없었으나 하단측지수가 10개에서는 268.6 g으로 작았다. 그리고 수확량도 과중과 동일한 경향을 보여 하단측지수 5개와 8개에서 5,099 kg/10a 와 5,013 kg/10a로 차이가 없었으나 하단측지수 10개에서는 4,058 kg/10a로 적었다. 이러한 과중과 수확량의 차이는 수광량의 차이로 나타난 단과지 정아의 크기가 영향을 미친 것으로 생각되었다.

수관위치별 과실특성을 조사한 결과(Table 8), 수관하부에서는 과형지수(L/D비), 산함량, Hunter L, b값은 처리에 따른 차이는 없었고, 수관하부에서의 가용성 고형물 함량은 하단측지수가 10개에서 13.4°Brix이고 하단측지수가 5개인 경우 13.8°Brix로 다소 증가하는

경향을 보였다. 그리고 과실의 착색정도를 나타내는 Hunter a값은 하단측지수가 5개에서 22.8로서 하단측지수가 8개와 10개의 19.6과 19.9보다 우수한 착색을 보였다. 수관중부와 수관상부에서의 과실특성에는 처리간 차이가 없었다.

사과의 생산력은 광효율성과 깊은 상관이 있기 때문에 경제적인 수량과 품질을 얻을 수 있는 수관내 광투과 및 분배를 고려한 효율적인 수형구조가 필요하다 (Jackson, 1980). Rom과 Ferree(1986)는 과실 품질요인과 관련하여 수체내의 일조조건이 불량한 부위에서는 화아형성이 감소되고 과실 비대와 착색이 저하되는 한편 당도가 떨어져 과실 품질에 영향을 미친다고 보고하였는데 본 시험 결과에서도 동일한 결과를 보여 주고 있다.

## ‘후지’ 사과나무 세장방추형에서 하단측지수가 수체생육에 미치는 영향

위의 결과를 종합해 볼 때 세장방추형 수형을 유지하기 위한 하단측지수를 구성하면서 과 과실품질을 향상시키기 위해서 수광량을 향상시키는 것이 매우 중요하다. 따라서 세장방추형에서 수관 하부 측지수를 5개로 구성하였을 때 측지에 수광량을 향상시켜 화아형성 및 화아의 횡경비대를 유리하게 하므로서 과실 수량도 향상시켰으며, 또한 그에 따른 과실의 발육, 가용성 고형물 함량 그리고 과실의 착색도 향상시키는 결과를 보였다. 따라서 이는 하단측지수를 5개로 구성하는 세장방추형이 안정적으로 수세를 유지시킬 수 있고 생산량을 안정화시키고 품질을 향상시키는데 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 판단되었다.

### 적 요

‘후지’/M.9에 대한 세장방추형에 적합한 하단측지수 구성을 위하여 하단측지수를 달리하여 수체생육, 광환경, 수량 및 과실품질을 조사하였다. 하단측지수준별 생육은 하단측지수를 5개로 유지했을 때 수폭은 넓었고, 신초장 및 정단신초장은 증가하였다. 수관위치별 수광률은 하단측지수가 5개인 처리구에서 수관상부(지상 150 cm)와 수관중부(지상 100 cm)에서는 높은 경향을 보였다. 총 단과지 화아수는 측지수에 따라 차이가 없었으나, 수관위치별로 보면 수관하부(지상 120 cm 이하)에서 하단측지수가 5개 처리에서 가장 많았으며, 화아의 횡경도 커지는 경향이였다. 과실수량은 하단측지수가 5개에서 가장 많았고, 과중은 하단측지수가 5개와 8개에서 증가하는 경향이였다. 과실특성은 과형지수, 경도, 산함량, Hunter L, b값은 수관위치와 측지수준에 따라 차이가 없었으나, 가용성고형물 함량은 하단측지수가 5개일 때 높았다. 과실의 착색도를 나타

내는 Hunter a값은 수광률이 가장 높은 하단측지수를 5개로 유지한 처리구에서 가장 높게 나타났다.

**주제어** : 과실품질, 수광량, 측지수, 수세, 수량

### 인 용 문 헌

1. Barritt, B.H. 1988. Orchard system decision depends on site, variety and rootstock. *Good Fruit Grower* 39:16-19.
2. Barritt, B.H. 1990. Production quality nursery trees for high density orchards. *Compact Fruit Tree* 23:119-124.
3. Barritt, B.H., C.R. Rom, K.R. Gvelich, S.R. Drake, and M.A. Dilley. 1987. Canopy position and light effects on spur, leaf, and fruit characteristics of ‘Delicious’ apple. *HortScience* 22:402-405.
4. Forshey, C.G., D.C. Elfving, and R.L. Stebbins. 1992. Training and pruning apple and pear trees. *American Society for Horticultural Science, Alexandria, Virginia*, p. 116-125.
5. Heinicke, D.R. 1966. Characteristics of McIntosh and Red Delicious apples as influenced by exposure to sun light during the growing season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89:10-13.
6. Jackson, J.E. 1980. Light interception and utilization by orchard system. *Horticultural Review* 2:208-267.
7. Kim, J.B. 2000. Effects of light condition on development of flower bud in apples. *Res. Rept. NHRI*.
8. Lespinasse, J.M. and J.F. Delort. 1986. Apple tree management in vertical axis: Appraisal after ten years of experiments. *Acta Horticulturae* 160:139-155.
9. Rom, C.R. and D.C. Ferree. 1986. The influence of fruiting and shading of spurs and shoots on spur performance. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:352-356.
10. Rosati, P. 1978. Tall hedgerow orchards. *Acta Horticulturae* 65:255-260.
11. Van den E.B., D.J. Chalmers, and P.H. Jerie. 1987. Latest development in training and management of fruit crops on Tatura trellis. *HortScience* 22:561-568.