

## ‘Fuji’/M.9 사과나무에 있어 세장방추형의 수고가 영양생장, 생산성 및 노동력에 미치는 영향

양상진<sup>1</sup> · 박무용<sup>1</sup> · 송양익<sup>1</sup> · 사공동훈<sup>1</sup> · 윤태명<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 사과시험장, <sup>2</sup>경북대학교 농업생명과학대학 원예학과

### Influence of Tree Height on Vegetative Growth, Productivity, and Labour in Slender Spindle of ‘Fuji’/M.9 Apple Trees

Sang-Jin Yang<sup>1</sup>, Moo-Yong Park<sup>1</sup>, Yang-Yik Song<sup>1</sup>, Dong-Hoon Sagong<sup>1</sup>, and Tae-Myung Yoon<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Apple Experiment Station, National Institute of Horticulture & Herbal Science, Rural Development Administration, Gunwi 716-812, Korea

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

**Abstract.** This study was carried out to investigate influence of tree height on vegetable growth, productivity, and labor input in 5 year old slender spindle ‘Fuji’/M.9 apple trees planted with the tree space of 3.2 × 1.2m and trained to the tree height of 2.5m in the apple orchard of Apple Research Station, NIHHS, RDA in Gunwi County, Korea. Tree height was extended to the tree height of 4.0m for two years. And then, the tree height was restricted to 2.5 (control), 3.0, 3.5, and 4.0m in 8th year. Yield per 10a was 46, 25, and 4% higher at the tree height of 4.0, 3.5, and 3.0m than at the tree height of 2.5m respectively in first year and 17, 12, and 10% higher respectively, indicating the taller tree, the higher yield. Soluble solid contents was highest in the height of 2.5m than in any other treatments for 2 years, but fruit skin color was not clear. Labor input was increased parallel with the increase of tree height, but yield per labor input was decreased. Gross income and net income per 10a were increased parallel with the increase of tree height in first year, but not increased in second year. In considering production, labor input, and economic efficiency, the optimum tree height of slender spindle ‘Fuji’/M.9 apple planted with the tree space of 3.2 × 1.2m was presumed to be 3.0~3.5m.

**Key words :** economic efficiency, fruit quality, light penetration, tree canopy

## 서 론

우리나라는 1996년부터 이태리 남티롤의 재배체계를 모델로 하여 M.9 대목을 이용한 고밀식 키 낮은 사과재배를 시작하였다. 추천 재식거리는 3.0~3.5 × 1.0~1.5m로, 수형은 수고를 2.5m로 제한하여 관리 작업을 쉽게 할 수 있는 세장방추형이었다(Yoon 등, 2005).

고밀식 사과원에서의 수고는 기후조건, 재배기술, 경영여건에 따라 달라질 수 있는데 네덜란드나 독일의

Nieder Elbe 지역과 같이 위도가 높아 햇빛이 부족한 곳에서는 수고가 2.0~2.5m로 낮고 프랑스나 이태리과 같이 햇빛이 충분한 곳에서는 수관 내 광 투과가 충분하여 3m 또는 그 이상에 달하기도 한다(Barritt, 1992; Myer, 1997; Yoon, 2004).

같은 재식거리에서는 수고에 따라 수관용적이 결정 되기 때문에 수고를 높이면 수량이 많아지는 반면 전정, 적과, 병해충 방제, 수확 등 관리 작업은 그만큼 어려워지는 문제가 있다. 또한 수고가 높아지면 나무의 세력을 자람 방향으로 자연스레 흡수할 수 있어 수세를 안정시키기 쉬우나 하단부에 그늘이 많아져 하단부 과실의 품질이 나빠질 수 있다(Callesen, 1993; Callesen과 Wagenmakers, 1989; Robinson 등, 2006).

\*Corresponding author: sa0316@korea.kr  
Received October 7, 2009; Revised October 22, 2009;  
Accepted November 9, 2009

그 동안 우리나라의 M.9 대목을 이용한 고밀식 사과원에서 수고를 2.5m로 제한하는 것은 크게 두 가지의 측면에서 개선할 여지가 있었다. 첫째, 대과 생산을 위해 수세를 다소 강하게 유지시키는 것이 관행이었기 때문에 수세를 다소 강하게 유지하면서 수고를 2.5m로 제한하기가 쉽지 않다는 점이며, 둘째, 대과 생산과 착색향상을 위해 강 전정을 하고 측지 수를 제한하는 경향이 있는데, 이렇게 함으로써 주당 수량이 기대보다 낮아지는 점이다. 이러한 문제점으로 인해 적지 않은 농가에서는 상단부에 강한 측지를 두어 수량이 경과함에 따라 상단은 강해지고 하단은 노쇠하게 되는 역삼각형 수형이 되는 경우도 적지 않다.

최근 외국에서도 재식밀도가 높거나 세력이 강한 품종에서 수고 제한에 따른 세장방추형의 이러한 문제점 때문에 수고를 더 높인 키 큰 방추형(Tall spindle)을 기존의 세장방추형과 비교하는 시험이 연구되고 있다(Hampson 등, 2002a, 2002b; Robinson 등, 2006).

본 시험은 국내 고밀식 재배에 적합한 세장방추형을 기본으로 하여 국내 환경에 적합한 수고를 설정하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 2005~2006년 2년에 걸쳐 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장 포장에서 실시하였다. 1998년에 재식거리 3.2 × 1.2m로 심어 수고 2.5m의 세장방추형으로 관리해 오던 ‘후지’/M.9 포장에서 3월(열내 37주 재식)을 지정한 후 각 열마다 20주 내외, 총 60주의 나무를 선정하여 2003년(재식 6년차) 봄부터 수고를 4.0m 이상으로 2년 동안 조절·관리하였다. 이후 2004~2005년 동계 전정시 수고를 2.5m(대조구), 3.0m, 3.5m, 4.0m로 조절한 뒤 2개년(2005, 2006) 동안 사과시험장의 고밀식 사과원 표준관리지침의 세장방추형 방식으로 관리하였다. 시험구 배치는 3주씩을 1반복으로 한 난괴법 5반복으로 하였다.

수고, 수폭, 신초길이 등 생육조사는 처리구별로 매년 10월 말에 조사하였다. 수고는 지면에서부터 가장 높이 있는 신초의 끝까지로 하였고, 수폭은 열간과 주간을 각각 조사한 후 평균값으로 하였다. 수관용적은  $1/3\pi^2h(r = \text{수폭의 반지름, } h = \text{수고-첫측지 위치})$ 으로 계산하여  $m^3$ 로 나타내었다(Robinson 등, 1991). 측지

수는 나무별 주간에 있는 총 측지수를 구하였으며, 평균 신초길이는 정단 신초 20개/주 이상을 조사하여 평균값으로 나타내었다. 주간단면적(TCA: Trunk cross section area) 증가량은 3월과 12월에 접목부위 위 10cm 위치에서 줄기직경을 “+”형으로 2회 측정 후 산출한 주간단면적의 차이로 나타내었다.

수량조사는 매년 10월 말에 조사대상 나무의 착과수 및 생산량을 조사한 뒤 평균 과중 및 10a당 생산량을 산출하였다. 과실품질은 주당 5개의 과실에 대한 가용성 고형물 함량, 산 함량, 착색도(Hunter a value)를 조사하였으며, 과중분류는 주당 10개, 시험구당 150개의 과실을 무작위로 수확하여, 250g 미만, 250~300g, 300g 이상의 3등급으로 분류하여 각각의 비율을 산출하였다.

노동력 투입시간은 각 연도별로 수고별 나무에 소요된 전정, 적과 및 수확 시간(유인 및 과실 컨테이너를 창고에 옮기는 시간 제외)을 측정 후 10a당 재식주수(260주/10a)를 곱하여 시간/10a로 나타내었다. 노동시간당 과실 생산량은 10a당 생산량을 10a당 전정, 적과 및 수확에 들어간 총 노동력 투입시간으로 나누어 산출하였다.

경제성 분석은 경상북도농업기술원에서 연구한 ‘키 낮은 사과원의 경영모형 개발’(Jang 등, 2009)을 기초로 하였다. 생산량은 본 시험의 수고별 10a당 생산량을 대입하였으며, 조수입은 농촌진흥청 농축산물가격정보(www.rda.go.kr)의 2005, 2006년 ‘가락조사시장’의 12월경 ‘후지’ 상, 중, 하품의 kg당 평균 가격[2005년: 2,721원(상), 1,760원(중), 848원(하); 2006년: 2,768원(상), 1,729원(중), 817원(하)]을 본 실험의 수고별 10a당 각 3등급 생산량(수고별 10a당 생산량 × 3등급의 과중분류 비율)에 곱한 뒤 품질별 수입을 합하여 나타내었다. 경영비는 ‘키 낮은 사과원의 경영모형 개발’의 8, 9년차 경영비를 대입하되 경영비의 고용노동비는 연차별 투입노동력에서 전정, 적과 및 수확시간을 제외한 노동시간에 농촌진흥청(www.rda.go.kr) 및 농협경제연구소(www.nheri.re.kr)의 시간당 남자 고용노동비(2005년: 7,355원, 2006년: 7,500원)를 곱하여 나타내었다. 생산비는 ‘키 낮은 사과원의 경영모형 개발’의 연차별 경영비, 자가노력비, 자본용역비, 토지자본용역비를 합하여 나타내되 연차별 경영비는 앞에 언급한 방법으로 산출된 경영비를 대입하였으며, 자가노력비는 본 실험

의 수고별 전정, 적과 및 수확 시간에 시간당 남자 고용노동비를 곱하여 나타내었다. 순수입은 조수입에서 생산비를 뺀 비용이었으며, 과실 1kg당 생산비용은 10a당 생산비를 10a당 생산량으로 나누어 나타내었다.

시험구별 광환경 조사는 Sun Scan(Delta-T Devices)을 이용하여 신초생장이 안정되는 2005년의 7월 말 구름 없는 맑은 날 정오에 측정하였다. 측정방법은 주간을 중심으로 동서방향으로 각각 20~30cm 떨어진 위치에서 수관을 지표면으로부터 30, 60, 90, 120, 180m로 나누어 수관 위치별로 PAR를 각각 측정하여 노지전광에 대한 비율(%)로 광투과율을 표시하였다.

## 결 과

### 1. 수체생장

수고에 따른 수체생장에 있어(Table 1), 목표 수고가 2.5m인 처리구의 경우 2005년과 2006년 동계의 수고가 각각 344cm, 297cm로 목표 수고보다 47~

94cm 정도 더 성장하였으며, 목표 수고를 3.0m, 3.5m, 4.0m로 한 각 처리구의 경우 목표 수고보다 각각 67~68cm, 40~41cm, 25~28cm 정도 더 성장하여 목표 수고가 높을수록 당해 연도의 상단부 생장이 약화되는 것으로 나타났다.

수폭의 경우 목표 수고가 높을수록 넓어지는 경향을 보였으며, 목표 수고가 4.0m인 시험구의 수폭은 수고 2.5m 시험구의 수폭보다 약 30cm 정도 더 넓었다. 수관용적도 수고를 높일수록 현저하게 커져 수고 2.5m 시험구에 비해 수고 4.0m 시험구의 수관용적은 2005년의 경우 66%, 2006년의 경우 112% 더 컸다(Table 1).

수고에 따른 TCA 증가의 경우 2개년 모두 목표 수고에 따른 통계적 유의차가 인정되지 않았다. 측지수의 경우는 수고가 높아질수록 측지수가 많았는데, 수고 2.5m에서 수고가 0.5m씩 올라갈수록 증가한 측지수는 3.2~3.5개, 4.5~5.2개, 9.2개로 수고가 높아질수록 측지수의 차이가 더 커졌다. 평균 신초장은 수고에 따른

**Table 1.** Tree height, tree width and canopy volume of slender spindle 'Fuji'/M.9 apple tree under different tree height for 2 years.

| Tree height <sup>y</sup><br>(m) | Tree height (cm)   |       | Tree width (cm) |        | Canopy volume (m <sup>3</sup> ) |        |
|---------------------------------|--------------------|-------|-----------------|--------|---------------------------------|--------|
|                                 |                    |       | Calendar year   |        |                                 |        |
|                                 | 2005               | 2006  | 2005            | 2006   | 2005                            | 2006   |
| 4.0                             | 425 a <sup>z</sup> | 428 a | 232 a           | 238 a  | 5.27 a                          | 5.61 a |
| 3.5                             | 391 ab             | 390 b | 227 ab          | 223 ab | 4.59 ab                         | 4.42 b |
| 3.0                             | 367 bc             | 368 b | 224 bc          | 216 ab | 4.14 bc                         | 3.90 b |
| 2.5                             | 344 c              | 297 c | 203 c           | 202 b  | 3.17 c                          | 2.64 c |

<sup>z</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>Tree height of slender spindle 'Fuji'/M.9 apple trees which were planted at 3.2 × 1.2m and trained to 2.5m height until 5 years after planting were extended to 4.0m from 6 years to 7 years after planting. Then these trees were restricted to 2.5m (control), 3.0, 3.5m and 4.0m in 8th year.

**Table 2.** TCA, number of branch and average shoot growth of slender spindle 'Fuji'/M.9 apple tree under different tree height for 2 years.

| Tree height <sup>y</sup><br>(m) | TCA increment (cm <sup>2</sup> ) |       | No. of branch (No. branch/ tree) |        | Average shoot growth (cm) |        |
|---------------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|--------|---------------------------|--------|
|                                 |                                  |       | Calendar year                    |        |                           |        |
|                                 | 2005                             | 2006  | 2005                             | 2006   | 2005                      | 2006   |
| 4.0                             | 6.5 a <sup>z</sup>               | 4.0 a | 31.5 a                           | 31.5 a | 23.2 a                    | 29.9 a |
| 3.5                             | 5.6 a                            | 3.7 a | 27.5 ab                          | 26.8 a | 20.1 a                    | 29.2 a |
| 3.0                             | 4.5 a                            | 3.6 a | 25.8 ab                          | 26.5 a | 19.0 a                    | 30.6 a |
| 2.5                             | 6.7 a                            | 5.0 a | 22.3 b                           | 22.3 b | 19.6 a                    | 31.4 a |

<sup>z</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>See the footnote of Table 1.

‘Fuji’/M.9 사과나무에 있어 세장방추형의 수고가 영양생장, 생산성 및 노동력에 미치는 영향

**Table 3.** Number of fruit, fruit weight and yield of slender spindle ‘Fuji’/M.9 apple tree under different tree height for 2 years.

| Tree height <sup>1)</sup><br>(m) | No. of fruit<br>(no fruit/tree) |        | Fruit weight<br>(g) |        | Yield          |         |               |        |
|----------------------------------|---------------------------------|--------|---------------------|--------|----------------|---------|---------------|--------|
|                                  |                                 |        |                     |        | Tree (kg/tree) |         | 10a (ton/10a) |        |
|                                  | Calendar year                   |        |                     |        |                |         |               |        |
|                                  | 2005                            | 2006   | 2005                | 2006   | 2005           | 2006    | 2005          | 2006   |
| 4.0                              | 113 a <sup>2</sup>              | 110 a  | 277 ab              | 277 b  | 31.2 a         | 30.4 a  | 8.1 a         | 7.9 a  |
| 3.5                              | 97 ab                           | 105 ab | 275 b               | 278 b  | 26.7 ab        | 28.9 ab | 6.9 ab        | 7.5 ab |
| 3.0                              | 81 bc                           | 100 ab | 277 ab              | 284 ab | 22.3 b         | 28.6 ab | 5.8 b         | 7.4 ab |
| 2.5                              | 72 c                            | 87 b   | 295 a               | 298 a  | 21.4 b         | 25.9 b  | 5.6 b         | 6.7 b  |

<sup>2</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan’s multiple range test,  $P=0.05$ .

<sup>1</sup>See the footnote of Table 1.

**Table 4.** Fruit quality of slender spindle ‘Fuji’/M.9 apple tree under different tree height for 2 years.

| Tree height <sup>1)</sup><br>(m) | Soluble solid contents (°Brix) |        | Malic acidity (%) |        | Fruit red color (Hunter value) |         |
|----------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------|--------|--------------------------------|---------|
|                                  |                                |        |                   |        |                                |         |
|                                  | Calendar year                  |        |                   |        |                                |         |
|                                  | 2005                           | 2006   | 2005              | 2006   | 2005                           | 2006    |
| 4.0                              | 13.0 b <sup>2</sup>            | 13.2 b | 0.33 a            | 0.30 a | 17.7 a                         | 19.9 a  |
| 3.5                              | 13.1 ab                        | 13.1 b | 0.36 a            | 0.32 a | 17.9 a                         | 17.7 b  |
| 3.0                              | 13.4 a                         | 13.1 b | 0.36 a            | 0.29 a | 18.3 a                         | 18.2 ab |
| 2.5                              | 13.8 a                         | 13.9 a | 0.36 a            | 0.28 a | 17.1 a                         | 17.3 b  |

<sup>2</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan’s multiple range test,  $P = 0.05$ .

<sup>1</sup>See the footnote of Table 1.

통계적 유의차가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

## 2. 수량과 과실품질

수고에 따른 주당 착과수 및 수량에 있어 목표 수고가 2.5m인 시험구의 주당 착과수는 2005년과 2006년에는 각각 72개, 87개였고, 수고 4.0m 시험구는 113개와 110개로 수고 2.5m 시험구보다 약 20~40개 정도 더 많았다. 주당 수량도 같은 경향으로 목표 수고가 2.5m인 시험구에 비해 목표 수고가 4.0m인 시험구가 46%, 18% 정도 증수되었다. 과중은 수고가 높아질수록 다소 감소되는 경향을 나타내었는데, 수고 2.5m 시험구가 295~298g으로 가장 무거웠고, 수고 3.5~4.0m 시험구가 275~278g으로 가장 가벼웠다. 10a당 생산량에서는 수고가 높을수록 수량이 증가하여 수고 4.0m의 경우 2005년 8.1톤, 2006년 7.9톤에 이르렀으며, 수고 3.5m는 2005년 6.9톤, 2006년 7.5톤으로 수고 4.0m 시험구와 차이가 없었다(Table 3).

가용성 고형물 함량은 모두 수고 2.5m 시험구가 13.8~13.9°Brix로 가장 높았으며, 수고가 높아질수록

감소하는 경향을 나타내었다. 과실 착색은 2005년의 경우 통계적 유의차가 인정되지 않았으나 수고 3.0m가 가장 양호하였고, 2006년에는 수고가 가장 높은 4.0m 시험구에서 과실의 착색이 가장 잘 진행되어 일정한 경향이 없었다. 과실의 산 함량은 2개년 모두 수고에 따른 차이가 없었다(Table 4).

과중의 분포비율에 있어서는 수고가 낮을수록 300g 이상 과실비율이 높아졌는데, 2005년의 경우 수고가 2.5m인 시험구의 300g 이상 과실비율이 44%로서 수고 3.0~4.0m 시험구에 비해 14~17% 정도 더 높았다. 250~300g 사이의 과실비율은 수고 3.0m 시험구가 45%로 가장 높았으며, 250g 미만 과실비율은 수고 3.0m 미만 시험구들이 30% 미만이었던 반면에 수고 3.5m 이상인 시험구들은 30% 이상인 것으로 나타났다. 2006년 역시 수고 2.5m 시험구의 300g 이상 과실비율이 51%로 가장 높았고, 수고 3.0~3.5m 시험구들은 30% 이상으로 전년도보다 약 6% 증가되었으나 수고 4.0m 시험구는 오히려 전년도보다 3% 정도 떨어졌다. 250g 미만 과실비율은 수고 3.0~4.0m 시험구

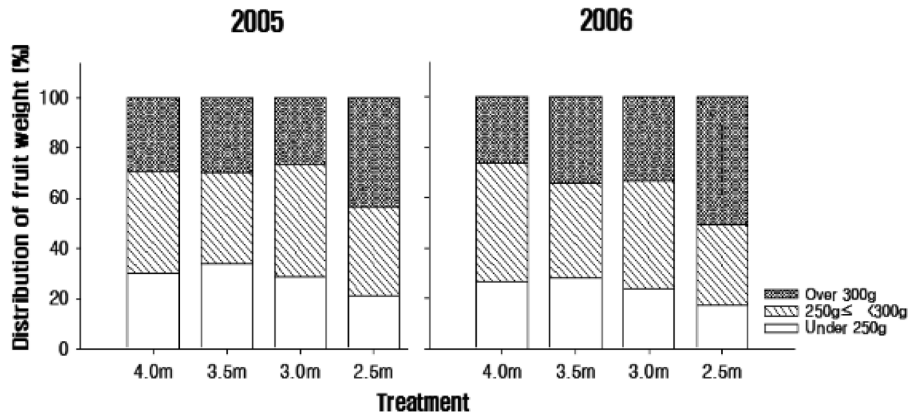


Fig. 1. Distribution of fruit weight in slender spindle 'Fuji'/M.9 apple tree under different tree height for 2 years.

Table 5. Labor time per 10a of slender spindle 'Fuji'/M.9 apple tree under different tree height for 2 years.

| Tree height <sup>y</sup><br>(m) | Pruning time <sup>x</sup> (hour/10a) |        | Thinning time <sup>x</sup> (hour/10a) |        | Harvest time <sup>x</sup> (hour/10a) |         |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|--------------------------------------|---------|
|                                 | Calendar year                        |        |                                       |        |                                      |         |
|                                 | 2005                                 | 2006   | 2005                                  | 2006   | 2005                                 | 2006    |
| 4.0                             | 31.8 a <sup>c</sup>                  | 37.4 a | 38.6 a                                | 36.1 a | 35.4 a                               | 26.8 a  |
| 3.5                             | 24.1 b                               | 27.6 b | 33.8 a                                | 27.4 b | 34.6 a                               | 21.3 ab |
| 3.0                             | 18.6 c                               | 22.6 b | 22.1 b                                | 23.0 b | 17.6 b                               | 18.5 ab |
| 2.5                             | 13.1 d                               | 14.1 c | 18.2 b                                | 17.3 c | 16.2 b                               | 16.5 b  |

<sup>a</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>See the footnote of Table 1.

<sup>x</sup>Means calculated as pruning or harvest per tree  $\times$  260 trees/10a (No. of Tree per 10a).

들이 20~30% 사이였고, 수고 2.5m 시험구는 17%로 가장 낮았다(Fig. 1).

### 3. 수고별 투하 노동력 및 위치에 따른 광투과율

수고에 따른 동계전정, 적과 및 수확에 투하된 노동력을 조사한 결과(Table 5), 세 작업 모두 수고가 높을수록 현저하게 투하 노동력이 증가하였다. 수고별 전정 노력에 있어 2005년의 경우 목표 수고가 4.0m인 시험구에 투여된 전정 시간은 31.8hr로 수고 2.5m의 13.1hr보다 약 2.5배 정도 더 소요된 것으로 나타났으며, 수고가 0.5m씩 올라갈수록 전정 시간의 차이가 확연하게 나타났다. 2006년도 역시 수고가 높아질수록 전정에 투여된 시간이 높아졌으나 수고가 2.5m인 시험구가 전년도와 비슷한 전정 시간이었던 반면에 수고가 4.0m인 시험구는 전년도보다 약 5.6hr 정도 증가한 것으로 나타났다. 목표 수고가 3.0m, 3.5m인 시험구는 22.6~27.6hr로 차이가 나타나지 않았다.

적과 노력은 2005년의 경우 수고가 3.5m 이상인 시험구들이 33.8~38.6hr였으나, 수고가 3.0m 이하인 시험구들은 18.1~22.1hr으로 약 20hr 정도 소요되었다. 2006년도는 수고 4.0m 시험구만이 30hr을 넘었으며 수고 3.0~3.5m 시험구들은 약 25hr, 수고 2.5m 시험구는 17hr으로 나타나 수고가 증가할수록 적과에 소요되는 노동력이 커지는 것으로 나타났다. 수확 노력은 2005년의 경우 목표 수고가 3.5m 이상인 시험구들이 34.6~35.4hr으로 수고가 3.0m 이하인 시험구들의 16.2~17.2hr보다 약 2~3배 정도 높았다. 2006년도 역시 수고가 높아질수록 수확 노동력이 증가하는 경향을 나타내었는데, 수고가 3.0m 이하인 시험구들은 전년도와 비슷하였으나 수고가 3.5m 이상인 시험구들은 전년도보다 10.6~13.3hr 정도 감소하였다(Table 5).

노동시간당 과실 생산량은 수고가 높아질수록 감소하였는데, 2005년의 경우 수고가 3.5~4.0m인 시험구의 생산량이 77(kg/hr)로서 가장 낮았고, 수고가 2.5m

‘Fuji’/M.9 사과나무에 있어 세장방추형의 수고가 영양생장, 생산성 및 노동력에 미치는 영향

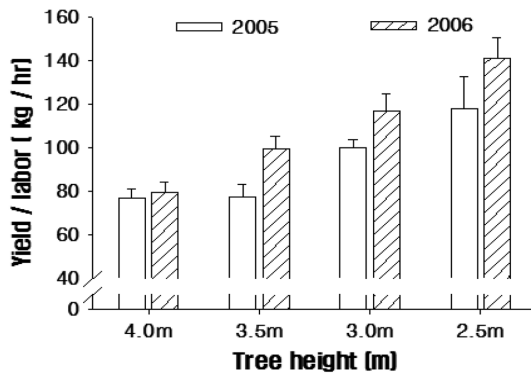


Fig. 2. Ratio of yield/labor time in slender spindle ‘Fuji’/M.9 apple tree under different tree height for 2 years. Yield/labor was measured by yield (kg) per 10a/total labor time (pruning + thinning + harvest time) per 10a (260 trees/10a). Vertical bars indicate standard errors.

인 시험구가 117kg로 수고 4.0m대비 약 50% 정도 높았다. 2006년도는 수고 증가에 따른 시간당 과실 생산량 감소 폭이 더욱 커져, 수고 2.5m인 시험구의 생산량이 141kg로 수고가 0.5m씩 올라갈수록 수고 2.5m대비 약 25kg, 42kg, 62kg씩 감소되었다(Fig. 2).

목표 수고별 및 수관 위치에 따른 자연광 대비 광 투과율은 수고 2.5m의 경우 지면 30cm에서 180cm까지 위쪽으로 갈수록 수관내 광투과율이 현저하게 높아져 180cm에서는 71%에 달하였다. 수고 3.0m의 경우에도 지면 30cm 높이의 광투과율이 28%, 180cm 높이의 광투과율이 33%로 비슷한 수준이었다. 수고 3.5m의 경우는 지상 30cm에서 90cm 높이까지는

30% 내외의 투과율을 보였고 120~180cm까지는 약 47% 내외로 비슷하였다. 수고 4.0m의 경우 30cm 높이의 수관내 광투과율이 16%에 불과하였고 90~120cm 높이는 약 31%, 150~180cm는 40~52%의 투과율을 보였다(Table 6).

#### 4. 수고별 경제성 분석

2개년 동안의 수고별 단위면적당(10a) 연간 조수입은 1,000~1,500만원으로 2005년도는 수고가 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었지만, 2006년은 통계적 유의차는 인정되지 않았으나 수고 2.5m 시험구가 약 1,400만원으로 가장 높았다. 생산비는 수고에 따른 차이가 명확하게 나타났는데, 2005년의 경우 수고 3.5m 이상인 시험구들이 329~339만원으로 수고 3.0m 이하인 시험구들의 296~304만원보다 약 10% 정도 증가되었다. 2006년도는 수고 4.0m 시험구가 362만원으로 가장 높았는데 이는 수고 2.5m 시험구의 323만원보다 12% 증가된 금액이었다. 수고 3.0m와 3.5m 시험구는 335~344만원으로 차이가 없었다(Table 7).

순수입에 있어서는 2005년의 경우 수고 4.0m 시험구가 1,099만원으로 가장 높았으나 3.5m 시험구와는 유의차가 없었다. 수고 3.0m 시험구가 711만원으로 가장 낮았으나 수고 2.5m 시험구와 3.5m 시험구간에는 유의한 차이가 없었다. 2006년도는 모든 시험구들의 순수입이 1,000만원 이상으로 수고에 따른 통계적 차이가 인정되지 않았다. 과실 1kg당 생산비는 2005년의 경우 수고가 높아질수록 감소되는 것으로 나타났

Table 6. Light penetration ratio on different height of ‘Fuji’/M.9 apple trees under different tree height in 2005.

| Tree height <sup>y</sup><br>(m) | Light penetration ratio (%) |         |         |        |         |        |
|---------------------------------|-----------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|
|                                 | Height from ground (cm)     |         |         |        |         | Mean   |
|                                 | 30                          | 90      | 120     | 150    | 180     |        |
| 4.0                             | 16.0                        | 32.5    | 31.3    | 51.7   | 40.2    | 34.3 a |
| 3.5                             | 30.3                        | 31.3    | 47.4    | 46.5   | 47.2    | 40.5 a |
| 3.0                             | 27.9                        | 30.9    | 50.7    | 42.4   | 32.7    | 36.9 a |
| 2.5                             | 21.8                        | 26.5    | 45.3    | 60.9   | 71.1    | 43.3 a |
| Mean                            | 24.0 c <sup>z</sup>         | 30.3 bc | 43.7 ab | 50.4 a | 45.7 ab |        |
| Significance                    |                             |         |         |        |         |        |
| Tree height (T)                 | ns                          |         |         |        |         |        |
| Height (H)                      | ***                         |         |         |        |         |        |
| (T) × (H)                       | ns                          |         |         |        |         |        |

<sup>z</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan’s multiple range test,  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>See the footnote of Table 1.

**Table 7.** Economic efficiency per 10a of slender spindle ‘Fuji’/M.9 apple trees under different tree height for 2 years.

| Tree height <sup>1</sup><br>(m) | Yield<br>(A, kg)     | Gross income <sup>x</sup><br>(B, ₩1,000) | Production cost <sup>y</sup><br>(C, ₩1,000) | Net income<br>(B-C, ₩1,000) | Production cost per kg<br>(C/A, won/kg) |
|---------------------------------|----------------------|--|---|-----------------------------|---|
| Exp. at 2005                    |                      |  |   |                             |   |
| 4.0                             | 8,122 a <sup>z</sup> | 14,374 a                                 | 3,388 a                                     | 10,985 a                    | 426 b                                   |
| 3.5                             | 6,929 ab             | 12,045 ab                                | 3,291 a                                     | 8,754 ab                    | 477 ab                                  |
| 3.0                             | 5,800 b              | 10,144 b                                 | 3,040 b                                     | 7,105 b                     | 530 ab                                  |
| 2.5                             | 5,560 a              | 11,038 b                                 | 2,959 b                                     | 8,079 b                     | 572 a                                   |
| Exp. at 2006                    |                      |  |   |                             |   |
| 4.0                             | 7,895 a              | 13,881 a                                 | 3,620 a                                     | 10,260 a                    | 465 ab                                  |
| 3.5                             | 7,520 ab             | 13,740 a                                 | 3,440 b                                     | 10,300 a                    | 462 ab                                  |
| 3.0                             | 7,442 ab             | 13,781 a                                 | 3,349 b                                     | 10,433 a                    | 451 b                                   |
| 2.5                             | 6,721 b              | 14,098 a                                 | 3,227 c                                     | 10,871 a                    | 510 a                                   |

<sup>z</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan’s multiple range test,  $P = 0.05$ .

<sup>y</sup>See the footnote of Table 1.

<sup>x</sup>Means calculated as yield (kg) per 10a × each distribution ratio of fruit weight (under 250g, 250~300g, over 300g) × each price per kg of 3 level on fruit quality [2005: 2,721won (high), 1,760won (middle), 848won (low); 2006년: 2,768won (high), 1,729won (middle), 817won (low)].

<sup>w</sup>Means calculated as total labour time (total labour time of this study + total labour time of Jang et al. (2009), exclusive time of pruning, thinning and harvest) × price of male’s labor per hour (2005: 7,355won; 2006: 7,500won) + production cost of Jang et al. (2009), exclusive labor cost.

는데, 수고 4.0m 시험구가 426원으로 가장 낮았고, 수고 2.5m 시험구가 572원으로 가장 높았다. 2006년도 역시 수고가 높아질수록 과실 1kg당 생산비가 낮아지는 경향을 나타내었으나 수고 3.0m 시험구가 451원으로 가장 낮았다(Table 7).

## 고 찰

사과나무에 있어 나무의 건물중과 과실 생산량은 수광률에 비례하며, 과실의 품질은 수체내 광 분포에 의해 결정되어진다(Jackson, 1980; Robinson과 Lakso, 1989; Palmer 등, 1992). 이러한 수광률 및 광 분포는 수형, 열간 거리 및 나무의 배열상태, 수고, 재식방향 등에 의해 결정되며 적정 재식밀도는 이들 요소를 위도에 따라 어떻게 조합하느냐에 따라 결정된다고 한다(Hampson 등, 1997).

수광률 및 광 분포에 영향을 주는 요인 중 적정 수고는 기후조건, 재배기술에 따라 달라진다. 위도가 높아 햇빛이 제한요인으로 작용할 수 있는 네덜란드, 북독일 등에서는 수관하부까지 채광이 좋도록 수고를 낮게 하는 반면, 햇빛이 충분하고 일소 위험이 있는 이태리, 프랑스, 미국 워싱턴주 등에서는 수고를 높게 하는 경향이 있다(Robinson 등, 2006).

일반적으로 수고가 높아질수록 영양생장이 위로 올

라가 수폭 및 TCA증가는 감소된다(Hampson 등, 2004a; Robinson 등, 2006; Szczgiel과 Mika, 2003). 이에 반해 Callesen과 Wagenmakers(1989)는 수고가 높아질수록 수관용적은 증가하나 수고에 따른 TCA증가 차이는 없었다고 하였다.

본 연구에서는 목표 수고가 높아질수록 수고 및 수관용적, 측지수는 증가하였으나 TCA 증가량 및 신초생장은 차이가 없었다. 그러나 수고 조절에 따른 수고의 반발생장은 목표 수고를 낮출수록 커지는 것으로 나타났다. 이는 세장방추형 수형에 있어 주간 연장지를 절단하게 되면 주간 골격지의 생육이 왕성해져 수체관리에 대한 전정 작업이 늘어날 수 있다는 보고(Robinson 등, 2006)와 유사한 내용으로 본 연구는 수고가 4.0m이었던 사과나무를 2.5~3.5m로 수고를 낮추었기 때문에 상단부의 반발생장이 크게 나타난 것으로 추정되었다(Table 1, 2).

일반적으로 수관용적 혹은 수고가 클수록 착과수 및 생산량이 증가한다고 하였다(Barritt, 1998; Barden과 Neilsen, 2003; Callesen과 Wagenmakers 등, 1989; Callesen, 1993; Wagenmakers와 Callesen, 1995). 본 연구에서도 수고가 높을수록 수관용적이 커졌으며(Table 1), 이러한 수관용적 증대에 따른 주당 착과수 및 주당 생산량, 단위면적당 생산량이 증가하는 것으로 나타났으나, 수고 3.5m와 4.0m 시험구의 주당 생산량

및 단위면적당 생산량은 통계적으로 유의한 차이가 인정되지 않았다(Table 3). Barritt(1998)는 ‘후지’와 ‘브레이번’ 사과품종을 공시하여 수고(2.0m, 3.0m)에 따른 ha당 생산량을 비교해본 결과, 재식 후 4년까지는 차이가 없으나 5년차에 들어서면 수고가 클수록 생산량이 20~29% 증가한다고 하였다. 본 시험에서는 2005년도의 경우 수고 3.5m 시험구의 10a당 생산량이 수고 2.5m 시험구 대비 25% 증가되었으나, 2006년은 전년도의 절반 수준인 12% 증가되었다(Table 3).

가용성 고품질 함량은 2개년 모두 수고가 높아질수록 감소하는 경향을 나타냈으나, 산 함량은 차이가 없었다. 착색정도는 2005년의 경우 차이가 인정되지 않았으나 이듬해인 2006년에는 가용성 고품질 함량과 반대로 수고 4.0m 시험구가 가장 높았고 수고 2.5m 시험구가 가장 낮았다(Table 4). 이는 수고가 증가하면 수관 내 광투과가 증가하여 과실품질이 증가한다는 보고(Barritt, 1998; Wagenmakers와 Callesen, 1989)를 참조할 경우 본 연구에서 수고 4.0m 시험구에서 착색도가 높았던 것은 광투과율이 높았기 때문이라고 추정되었으나, 본 연구에서 광투과율 조사는 지상 1.8m까지로 한정되었기 때문에 여기서 얻어진 광투과율과 과실 착색도를 연관시킬 수는 없었다. 본 연구의 수고 증가에 따른 가용성 고품질 함량 감소(Table 4)는 착과수의 증가(Table 3)로 인해 발생된 것으로 추정되었다(Forshey와 Elfving, 1989).

일반적으로 과실의 품질은 수광 분포에 따라 달라지며(Jackson, 1980; Robinson와 Lakso, 1989; Palmer 등, 1992). 수고가 높아질수록 하단부의 광 투과량은 감소한다(Callesen, 1993; Wagenmakers와 Callesen, 1995). Meyer(1994)는 독일의 Niederelbe 지역의 경우 수고가 열간 거리의 1/2 + 0.5m 이상이 되면 옆에 재식된 나무에 그림자를 형성, 투과율이 낮아진다고 하였다. Robinson과 Lakso(1991)는 성목기 사과나무의 수고를 1.8~2.4m에서 2.7~3.0m로 높일 경우 주간에서 나온 측지들의 간격이 넓어져 수광율이 증가하여 과실 생산량이 증가하였으며, 수고가 높아질수록 넓은 측지들의 간격에 의해 광 분포가 높아져 착색 등의 과실 품질이 좋아진다고 하였다(Robinson 등, 2006). 본 시험에서의 수고에 따른 지상 1.8m 높이까지의 광 투과 정도는 통계적 유의차가 없는 것으로 나타났으나, 지상 부 높이별로는 지상 30cm 높이가 가장 낮았고, 지상

부 높이가 높아질수록 광투과율이 증가하는 경향을 나타내었다(Table 6).

Robinson 등(2006)은 전형적인 세장방추형 수고(2.5m)를 위해 주간 연장지를 절단하면 세력 강한 골격지가 다수 발생되어 하계전정과 같은 광 투과를 증가시키기 위한 작업들이 많아진다고 하였다. 본 연구에서는 수고가 높을수록 사다리를 이용한 전정, 적과 및 수확작업이 증가하여 투입 노동력이 증가하는 것으로 나타났다(Table 5). 수고가 높아질수록 과실 생산량은 증가하나(Table 3), 노동시간당 과실 생산량은 감소되는 경향을 나타내었는데, 2개년(2005, 2006년) 수고 4.0m 시험구의 노동시간당 과실 생산량은 수고 2.5m 시험구의 56~62% 수준이었다(Fig. 2).

과중을 기준[농산물품질관리원(www.naqs.go.kr)의 ‘후지’ 등급 규격]으로 한 등급별 비율은 수고가 낮을수록 상급과의 비율이 높았으며(Table 3, 4), 수고가 낮을수록 상과 과실(300g 이상의 생산 비율이 높았고, 2개년 동안의 수고 3.5m 이상 시험구 평균 소과(250g 미만) 비율은 수고 3.0m 이하 시험구들보다 약 7% 정도 더 높았다(Fig 1).

사과의 가격은 과중 및 가용성 고품질 함량, 착색정도, 과형 등의 과실품질이 영향을 미치지만 국내에서는 과중에 따른 가격 차이가 가장 크다. 본 연구의 결과로 생산된 과실의 가용성 고품질 함량, 착색정도, 과형 등은 농산물품질관리원의 각 등급기준에 부합된다고 인정되었으므로 본 연구에서는 과중에 따른 상, 중, 하품으로 품질 등급을 나누었다. 수고별 상, 중, 하품의 10a당 생산량에 가락시장의 12월 평균 상, 중, 하품의 가격을 곱하여 수고별 조수입 및 순수입을 산출한 결과(Table 7), 2005, 2006년의 조수입은 1,014~1,437만원, 순수입은 711~1,099만원으로 이는 M.9 이중접목 무측지묘(재식밀도 : 170주/10a)를 대상으로 조사한 보고(Jang 등, 2009)의 8, 9년차의 조사농가 수취가격을 적용한 명목소득 분석의 조수입(1,062~1,125만원) 및 순수입(770~808만원)과 유사하였다.

본 연구의 수고에 따른 조수입 및 순수입은 2005년도의 경우 수고가 낮을수록 낮아졌으나, 2006년도는 비록 통계적 유의차는 없었지만 2005년과는 반대로 수고가 낮을수록 높아졌다(Table 7). 이러한 상반된 경향은 2005년의 목표 수고별 생산량 차이가 2006년도 줄었기 때문으로, 수고 2.5~3.5m 시험구들은 2005



년보다 2006년의 주당 착과량 및 생산량이 증가하였으나 수고 4.0m 시험구는 2개년 모두 비슷하여, 수고 2.5m와 4.0m 시험구의 10a당 생산량 차이가 2.5톤(2005년)에서 1.2톤(2006년)으로 감소되었기 때문으로 추정되었다(Table 3). 수고 2.5~3.5m 시험구들의 2006년 생산량이 2005년보다 증가된 이유는 2006년의 수고 제한 정도가 2005년보다 적어 반발생장이 감소되면서 과실생장과 영양생장이 어느 정도 균형을 이루었기 때문으로 추정되었는데, 이는 2006년 수고 4.0m 시험구의 수관용적은 2005년보다 높았던 반면에 수고 2.5~3.5m 시험구들은 비슷하거나 혹은 감소된 것을 보면 확인할 수 있었다(Table 1).

또 다른 이유는 상품비율에 따른 가격 차이에 인한 것으로 추정되었는데, 2005, 2006년 상, 하품의 kg당 가격 차이가 각각 1,873원, 1,951원으로 2006년도의 품질에 따른 가격 차이가 2005년에 비해 더 컸다. 또한 상품비율 역시 2005년의 경우 수고 2.5m 시험구의 과중 300g 이상 상품비율이 수고 4.0m 시험구보다 14% 높았지만 2006년도는 24%로 더 높아져(Fig. 1), 2005년도에 비해 2006년도의 상품 과실에 대한 소득 차이가 더 커졌다. 수고 3.0~3.5m 시험구 역시 2005년도에 비해 2006년도의 상품비율이 4~7% 정도 더 높아져 상품 과실에 대한 소득이 더 증가하였다. 따라서 수고별 2005년, 2006년의 조수입 및 순수입에 대한 상반적인 차이는 연도별 수고에 따른 생산량 차이 감소(Table 3) 및 상, 중, 하품의 과중비율 차이에 의한 수입 변동에 의한 것으로 판단되었다.

Robinson(2003)은 고밀식 재배에 있어 적합한 수광율을 얻기 위해서는 수고/열간 거리의 비율이 0.8~0.9는 되어야 한다고 하였는데, 최근 북미에서 연구 중인 키 큰 방추형(Tall spindle)에서 선호하는 수고는 열간 거리의 0.9배로 250~375주/10a의 재식밀도에서 적정 수고는 3m라고 하였다(Robinson 등, 2006). 본 시험에서의 수고 4.0m, 3.5m, 3.0m, 2.5m의 수고/열간(3.2m) 거리의 비율은 1.25, 1.09, 0.93, 0.78로 수고 3.0m가 Robinson(2003)의 기준에 해당되며, 열간 거리가 3.5m일 경우 수고가 약 3.2m가 된다. 세장방추형 수고에 따른 과실의 생산성과 품질, 노동력 투입 및 경제성을 고려해 보면 우리나라 기상·재배적 여건상 세장방추형 사과나무의 적정 수고는 3.0~3.5m라고 판단되었다.

## 적 요

재식거리 3.2 × 1.2m로 심어 수고 2.5m의 세장방추형으로 관리해 오던 '후지' M.9 사과나무를 재식 6년 차부터 2년 동안 수고 4.0m로 관리하였다. 이후 재식 8년차에 수고를 2.5m(대조구), 3.0m, 3.5m, 4.0m로 조절하고 수고에 따른 2년간의 생산성 및 노동력을 비교하였다. 대조구인 수고 2.5m를 기준으로 하여 처리에 따른 10a당 생산량을 비교해 보면 첫해에는 수고 4.0m, 3.5m, 3.0m에서 각각 46%, 25%, 4%, 2년차에는 17%, 12%, 10% 증가하였다. 수고에 따른 과실 품질에 있어서는 가용성 고형물 함량은 2개년 모두 수고 2.5m가 가장 높았으나, 착색정도는 수고에 따른 뚜렷한 차이가 없었다. 노동력은 수고가 높아질수록 증가하였으나, 노동력에 따른 과실생산량은 수고가 낮을수록 증가하였다. 조수입과 순수입은 2005년의 경우 수고가 높아질수록 증가하였으나, 2006년은 수고 2.5m가 가장 높았지만 통계적 유의차는 없었다. 따라서 수고에 따른 생산성, 노동력, 경제성을 고려해 볼 때 적정수고는 3.0~3.5m인 것으로 판단되었다.

주제어 : 경제성, 과실품질, 광투과, 수관용적

## 인 용 문 헌

1. Barritt, B.H. 1992. Intensive Orchard Management. Good Fruit Grower, Yakima, WA.
2. Barritt, B.H. 1998. Orchard management systems for fuji apples in Washington state. Compact Fruit Tree. 31(1):11-13.
3. Barritt, B.H., C.R. Rom., B. Konishi, and M.A. Dille. 1991. Light level influences spur quality and canopy development and light interception influence fruit production in apple. HortScience 26(8):993-999.
4. Barden, J.A. and G.H. Neilsen. 2003. Selecting the orchard site, site preparation and orchard planning and establishment. p. 237-265. In: D.C Ferree and I.J. Warrington (eds.). Apples; botany, production and uses. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.
5. Callesen, O. and P.S. Wagenmakers. 1989. Effect of tree density, tree height and rectangularity on growth, flowering, and fruit production. Acta Hort. 243:141-148.
6. Callesen, O. 1993. Influence of apple tree height on yield and fruit quality. Acta Hort. 349:111-115.

7. Forshey, C.G. and D. A. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apples. Hort. Rev. 11:229-287.
8. Hampson, C.R., F. Kappel, H.A. Quamme, and R.T. Brownlee 1997. Varying density with constant rectangularity: Effects on apple tree performance and yield in three training systems. Acta Hort. 451:437-442.
9. Hampson, C.R., H.A. Quamme, F. Kappel, and R.T. Brownlee 2004a. Varying density with constant rectangularity: I. Effects on apple tree growth and light interception in three training systems over ten years. HortScience 39(3):507-511.
10. Hampson, C.R., H.A. Quamme, F. Kappel, and R.T. Brownlee. 2004b. Varying density with constant rectangularity: II. Effects on apple tree yield, fruit size, and fruit color development in three training systems over ten years. HortScience 39(3):507-511.
11. Jackson, J.E. 1980. Light interception and utilization by orchard systems. Hort. Reviews 2:208-267.
12. Jang, W.C., W.H. Park, D.W. Choi, and J.P. Lee. 2009. Development of business model for dwarf apple orchard. In: Report of Agricultural experiment research for 2008. p. 292-302. Gyongsangbuk-Do Agricultural Research & Extension Services.
13. Meyer, G. 1994. Intensiver Kernobstanbau and der Niederelbe aus Sicht der Beratung, Mitt OVR Jork 49:163-176.
14. Meyer, G. 1997. Die Wahl der Pflanzendichte unter Berücksichtigung anbautechnischer Kriterien. Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes 52:203-214.
15. Palmer J.W., D.J. Avery, and S.J. Wertheim. 1992. Effects of apple tree spacing and summer pruning on leaf area distribution and light interception. Scientia Horticulturae 52:303-312.
16. Robinson, T.L. and A.N. Lakso. 1989. Light interception, yield and fruit quality of ‘Empire’ and ‘Delicious’ apple trees grown in four orchard systems. Acta Hort. 243:175-184.
17. Robinson, T.L. and Lakso, A. N. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(2):188-194.
18. Robinson, T.L. 2003. Apple-orchard planting systems. p. 345-407. In: D.C Ferree and I.J. Warrington (eds.). Apples; botany, production and uses. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.
19. Robinson, T.L., A.N. Lakso, and S. G. Carpenter. 1991. Canopy development, yield, and fruit quality of ‘Empire’ and ‘Delicious’ apple trees grown in four orchard production systems for ten years. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(2):179-187.
20. Robinson, T.L., S.A. Hoying, and G.H. Reginato. 2006. The tall spindle apple production system. New York Fruit Quarterly. 14(2):21-28.
21. Szczgjel, A. and A. Mika. 2003. Effects of high density planting and two training methods of dwarf apple trees growth in sub-carpathian region. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 11:45-51.
22. Wagenmakers, P.S and O. Callesen. 1989. Influence of light interception on apple yield and fruit quality related to arrangement and tree height. Acta Hort. 243:149-158.
23. Wagenmakers, P.S. and O. Callesen. 1995. Light distribution in apple orchard systems in relation to production and fruit quality. J. Hort. Sci. 70(6):935-948.
24. Wertheim, S.J. 2005. Planting system and tree shape. p. 190-203. In: J. Tromp, J.T. Webster, and S.J. Wertheim. (eds.). Fundamentals of temperate zone tree fruit production. Backhuys publishers, Leiden.
25. Yoon, T.M., H.Y. Park, and D.H. Sagong. 2005. Effect of root pruning on tree growth and fruit quality of ‘Fuji’/M.9 apple trees. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 23(3):275-291.
26. Yoon, T.M. 2004. Development of high density apple growing in Europe and Korea. In: Proceedings of the symposium on recent high density apple growing techniques and prospects. p. 79-97. National Horticultural Research Institute.