

## 복분자딸기(*Rubus coreanus*)의 수관 층위별 광합성 특성과 잎 및 과실 특성

韓珍奎\* · 金世炫 · 鄭憲官 · 張容碩 · 趙胤珍

국립산림과학원 산림유전자원부 특용수과

## Characteristics of Photosynthesis, Leaf and Fruit by Crown Layer in *Rubus coreanus* Miq.

Jingyu Han\*, Sea Hyun Kim, Hun Gwan Chung, Yong Seok Jang and Yoon Jin Cho

Division of Special Purpose Trees, Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

**요약:** 복분자딸기(*Rubus coreanus* Miq.)의 수관 층위별 광합성 특성과 잎 및 과실 특성을 조사하기 위하여 국립산림과학원 산림유전자원부 구내에 조성된 복분자딸기 클론보존원에서 선발된 세 클론을 대상으로 각각의 특성을 조사하였다. 수관층위별 광합성 특성에서 광보상점은 상·중·하층이 각각 PPFD 33, 20, 5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 층위별 광포화점은 상·중·하층이 각각 PPFD 1000, 500, 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 각각 8.52, 5.25, 3.60  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 광합성 속도를 나타냈다. 클론별로는 덩굴형인 의령 7호가 상층에서 가장 우수한 광합성 능력을 보였으며 직립형인 송계 6호는 덩굴형의 두 클론과 비교해 하층에서 낮은 광합성 능력을 나타냈는데 이는 각 클론의 수형 특성에 따른 영향으로 사료된다. 층위별 엽록소 함량은 세 클론 모두 중층에서 가장 많은 양을 나타냈고 상층에서 가장 적은 엽록소 함량을 나타냈다. 잎의 특성에서는 층위가 높을수록 엽장, 엽폭, 정소엽길이, 정소엽폭 및 엽면적 항목이 낮은 값을 나타내 층위별 광합성 능력과 상반되는 경향을 보인 반면, 잎 특성의 단위면적당 건중량과 과실 특성의 중경, 횡경 및 입중 항목은 층위가 높을수록 큰 값을 나타내 층위별 광합성 능력과 유사한 경향을 나타냈으며 과실의 당도는 중층에서 가장 큰 값을 나타냈다.

**Abstract:** This study was conducted to find the characteristics of photosynthesis, leaf and fruit by crown layers in *Rubus coreanus* Miq. Light compensation points were shown PPFD 33, 20 and 5  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  at upper, middle and lower layer, respectively. Light saturation points were appeared PPFD 1000, 500 and 200 and their net photosynthesis rate were 8.52, 5.25 and 3.60  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$  at upper, middle and lower layer, respectively. Uiryeong 7 which was viny type showed higher net photosynthetic rate than others at upper layer. Songgye 6 which was upright type showed lower net photosynthetic rate than others at lower layer. Chlorophyll contents of middle layer had the highest value in the all layers and upper layer showed the lowest value. Most characteristics of leaf morphology were showed that middle and lower layer had higher value than upper layer. That trend was contrary to characteristics of photosynthesis by crown layers. However, dry weight per leaf area and most characteristics of fruit had the highest value at upper layer and that was similar to characteristics of photosynthesis by crown layers. Also, sugar contents of fruit showed the highest value at middle layer.

**Key words :** *Rubus coreanus* Miq., photosynthetic characteristics, crown layer, leaf and fruit characteristics

### 서론

광합성을 통해 탄수화물을 만드는 모든 식물자원에 있어서 광환경은 식물의 원활한 성장에 중요한 역할을 하며 특히, 동일한 영양환경에서 재배되는 작물의 성장에서 과

실의 품질에 영향을 미치는 직접적인 환경요인으로 작용한다. 재배작물의 수관 위치에 따른 광환경 조건 차이가 과실 품질에 미치는 영향은 이미 여러 작물에서 보고되었으며 동일한 수광 조건을 유도하기 위한 전정 재배는 여러 과수 작물에서 일반화되어 있다(Salisbury and Ross, 1992; Rosati *et al.*, 1999; 한수관과 윤태명, 2001).

복분자딸기(*Rubus coreanus* Miq.)는 장미과의 낙엽관목

\*Corresponding author  
E-mail: dunross@naver.com

으로 우리나라의 제주도를 포함한 남부와 중부지방의 해발 50~1,000 m의 산기슭 양지에서 자생하고 있다. 5~6월에 꽃이 피고 7~8월에 열매가 성숙되는데 둥글고 붉은색으로 익은 후 검붉은색으로 완숙되어 달고 신 맛이 난다. 복분자 열매는 식용 및 약용 등으로 사용되고, 최근에는 주류의 제조에 많이 이용되고 있으며, 미숙과는 한방에서 보허, 강음, 명목, 온중, 보간신 등에 효과가 있다고 하여 천연 약재로도 널리 사용되고 있다(이창복, 1985).

국내 나무딸기류에 대한 연구는 경제수종으로서 유전, 분류학적 연구가 1970년대 초반부터 시작되었고(김두태 등, 1973), 1980년대부터는 복분자의 약리 성분에 대한 연구가 시작되어 안토시아닌, 가수분해성 탄닌, 페놀성 화합물, 다당체 등의 성분 및 황산화활성, 과산화지질의 형성 억제, ACE(Angiotensin converting enzyme)활성 저해 등의 생리 활성에 대한 연구가 진행되고 있으며(주광지와 박정미, 1983; 방근철 등, 1996; 이미경 등, 2003; 신공식 등, 2003), 복분자딸기 우량품종 육성 및 엽형질 변이에 관한 연구(김만조 등, 2002; 정현관 등, 2004; 김세현 등, 2005) 등이 이루어지고 있으나 재배 관리에 필요한 복분자딸기의 광합성 생리 및 생육특성에 관한 보고는 미미한 실정이다.

본 연구는 약리적으로 유용한 성분을 포함하고 있어 유망 경제수종으로 가능성을 인정받고 있는 복분자딸기의 수관층위별 광합성 특성과 잎 및 과실 특성을 조사하여 복분자딸기의 광합성 생리 및 효율적인 재배관리를 위한 연구의 기초 자료를 제시하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

국립산림과학원 산림유전자원부 구내 복분자딸기 클론 보존원에서 2001년 우량개체로 1차 선발된 17개 클론 중 수형에 따라 직립형인 송계 6호, 반덩굴형인 충주 13호, 덩굴형인 의령 7호 등 3개 클론을 선정하였으며 수관 층위에 따라 상층(120 cm 이상), 중층(120~80 cm), 하층(80 cm 이하)의 3개 층위로 구분하여 각 조사 항목들을 측정하였다.

### 2. 광합성 특성 조사

수관 층위별 광조건에 따른 광합성 차이를 구명하기 위하여 대상 클론의 광합성 속도 및 엽록소 함량을 측정하였다. 공시재료는 선정된 3개 클론의 상층, 중층, 하층 등 3개 층위별로 엽령에 따른 생장 차이를 고려하여 줄기 중간 부위의 성숙엽 중 병충해 피해가 없고 정상적으로 생장한 잎을 선정하여 3반복 측정하였다. 광합성 속도는 광도와 CO<sub>2</sub>농도 조절이 가능한 휴대용 광합성측정 장치(LI-

6400, Li-Cor, USA)를 이용하여 CO<sub>2</sub>농도 400 ppm, 온도 25°C의 조건하에서 광도 조건에 따른 변화를 측정하였으며, 엽록소 함량의 측정은 휴대용 엽록소계(SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 잎 형질 특성 조사

수관 층위별 광조건 차이가 잎 형질에 미치는 영향을 구명하기 위해 선정된 3개 클론의 3개 층위별로 20개 잎(3×3×20)을 채취하여 특성을 조사하였다. 잎 형질 특성 조사는 광합성 특성조사와 동일한 조건의 잎을 대상으로 복엽길이(Leaf length), 복엽폭(Leaf width), 정소엽길이(Length of terminal leaf), 정소엽폭(Width of terminal leaf), 잎두께(Thickness of leaf), 엽병직경(Petiole diameter), 엽면적(Leaf area), 건중량(Dry weight of leaf) 및 단위면적당 건중량(Dry weight per leaf area) 등을 디지털 캘리퍼(Mitutoyo, Japan)와 엽면적 측정기(LI-3000A, Li-Cor, USA) 및 디지털 밸런스(92SM-202A, Precisa, Swiss)를 이용하여 측정하였다.

### 4. 과실특성 조사

수관 층위별 과실특성을 조사하기 위해 선정된 3개 클론의 3개 층위별로 20개의 과실(3×3×20)을 채취하여 과실중경(Fruit width)과 횡경(Fruit length) 및 입중(Fruit weight)을 디지털 캘리퍼와 디지털 밸런스를 이용하여 측정하였으며, 과실당도(Sugar contents)는 당도측정기(RA-510, Kyoto Electronics, Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 5. 자료분석

수집된 자료는 SAS(The SAS system ver. 6.12) 프로그램을 이용하여 클론 및 층위별로 기본 통계량을 구하고, 측정결과의 유의성 검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 광합성 특성

복분자딸기의 수관 층위에 따른 광합성 특성을 구명하기 위해 선발된 3개 클론의 광도에 따른 층위별 광합성 속도를 평균하여 광-광합성곡선으로 나타내었다(Figure 1).

조사된 복분자딸기의 광합성은 PPFD(Photosynthetic Photon Flux Density) 200 μmol m<sup>-2</sup> S<sup>-1</sup> 이하의 광도 조건에서는 수관 하층과 중층이 상층보다 높은 광합성 속도를 보인 반면, PPFD 200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> 이상의 광도 조건에서는 수관 상층이 중층과 하층보다 높은 광합성 속도를 나타냈다. 각 층위별 평균 광 포화점은 수관 상층, 중층, 하층이 각각 PPFD 1000, 500, 200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>에서 나타났으며, 광포화점에서 층위별 광합성 속도는 각각 8.51,

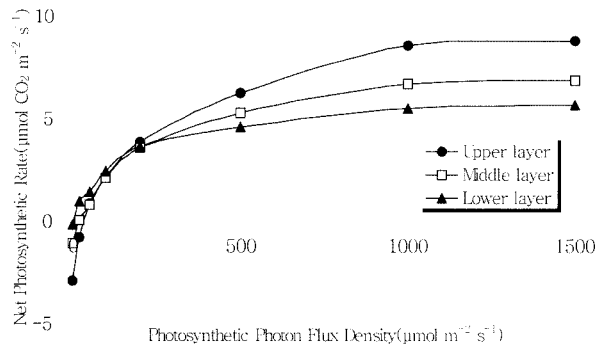


Figure 1. Light-photosynthesis curve of *R. coreanus* by crown layer.

5.25, 3.6  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 나타났다. 이와 같은 층위별 광-광합성곡선의 경향은 진나무 묘목을 대상으로 각기 다른 광도 조건에서 생육시켜 측정된 광-광합성곡선(Woo, 2003)과 유사한 것으로 동일 개체내에서도 수관 층위별 광도 조건의 차이에 따라 광합성 능력에 차이가 있음을 알 수 있다.

내음성 판단의 척도가 되는 광보상점은 수관 상층이 PPFD  $33 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , 중층과 하층이 각각 PPFD 20과  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 나타났는데 이중 수관 상층의 광보상점은 식생의 상층을 구성하는 교목류인 포플러나 참나무류의 광보상점 PPFD  $33\sim 28 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (김관기 등, 1999; Hinckley *et al.*, 1978)과 유사한 경향을 보인 것으로 복분자딸기가 주로 양지에서 자생하며 광 요구도가 높은 수종(김세현 등, 2005)이라는 점과 수관 상층이 수광을 차단하는 상층 식생이 존재하지 않는 시험포지의 높은 광도 조건에 적응한 결과로 사료된다. 또한, PPFD  $5 \mu\text{mol mm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 를 보인 수관 하층의 광보상점도 PPFD  $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 낮은 광도 조건에서 생육된 포플러 및 참나무류의 광보상점 PPFD  $10\sim 4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (김관기 등, 2001)와 유사한 경향을 보였다.

각 층위별 평균 호흡률을 Loach(1966)의 방법으로 추정해 본 결과, 복분자딸기는 수관 상층에서 34.6%, 중층 21.9%, 하층 6.4%의 호흡율을 보여 수관 상층으로부터 중층 및 하층으로 갈수록 낮아져 최대 5배 이상의 호흡률 차이를 보였다. 이러한 결과는 수관 층위별 광보상점에서와 동일한 것으로 수관 층위에 따라 각기 다른 수광 조건에 의해 광합성 특성에서 차이를 보임을 알 수 있다.

복분자딸기의 클론별 광합성 특성은 Figure 2와 같다. 수관 상층의 광포화점이 나타나는 PPFD  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 에서 송계 6호와 충주 13호의 광합성속도는 각각  $8.13, 7.91 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 나타났으며, 의령 7호의 광합성속도는  $9.50 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 다소 높은 값을 보여 강광조건에서의 광합성 능력이 다른 두 클론보다 높은 것으로 나타났다. 한편 PPFD  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 강광조건에서 수관 중층은 클론별로 송계 6호, 충주 13호, 의령 7

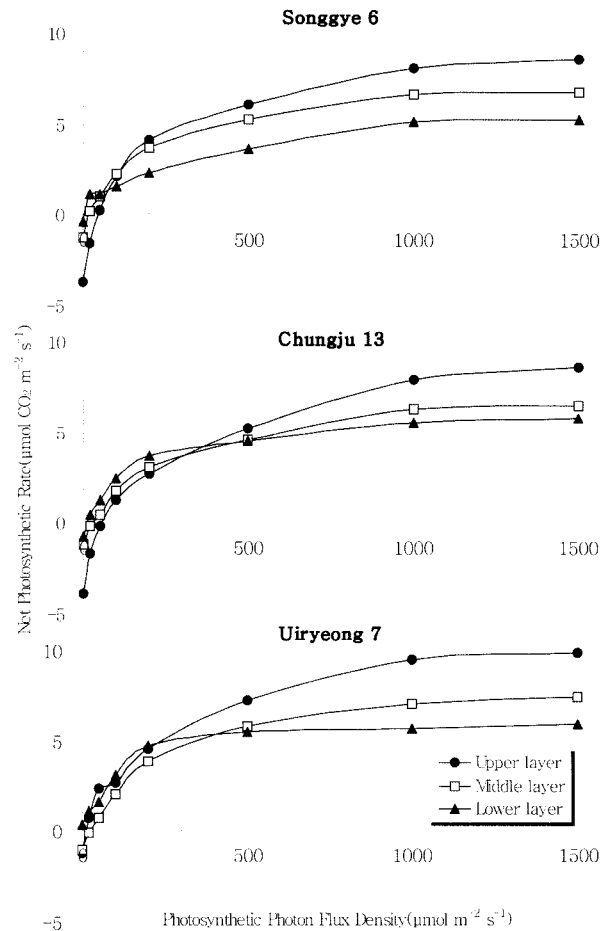


Figure 2. Light-photosynthesis curves of three clones of *R. coreanus* by crown layer.

호가 각각  $6.67, 6.28, 7.03 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보였으며, 수관 하층에서는 클론별로 각각  $5.19, 5.55, 5.67 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보여 수관 중 중층과 하층에서는 광포화점 이상의 광도조건에서는 클론 간의 광합성 능력에서 큰 차이를 보이지 않았다. 수관 중층의 광 포화점이 나타나는 PPFD  $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광도조건에서 의령 7호의 수관 상층 광포화점이  $7.22 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보여 각각  $6.10, 5.24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보인 송계 6호, 충주 13호 보다 높은 광합성능력을 보였으며, 수관 중층에서는 송계 6호, 충주 13호, 의령 7호가 각각  $5.32, 4.61, 5.81 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보여 큰 차이를 나타내지 않았다. 수관 하층에서는 충주 13호와 의령 7호가 각각  $4.51, 5.49 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보여 수관 중층과 비슷한 광합성능력을 보인 반면, 송계 6호는  $3.66 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광합성속도를 보여 수관 층위 간 광합성 능력 차이가 크게 나타났다. 또한, PPFD  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  이하의 광도조건에서 충주 13호와 의령 7호는 수관 하층에서 다른 층위에 비해 높은 광합성능력을 보인 반면, 송계 6호의 경우 PPFD  $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 의 광

**Table 1. Chlorophyll contents by crown layer of *R. coreanus*.**

Clone	Layer	Chlorophyll contents (SPAD-502 value)
Songgye 6	Upper	38.13 ± 4.5 <sup>a</sup>
	Middle	43.15 ± 2.9
	Lower	41.68 ± 5.9
	Mean	40.99 ± 6.9
Chungju 4	Upper	36.02 ± 6.6
	Middle	41.66 ± 4.7
	Lower	39.50 ± 3.8
	Mean	39.06 ± 7.8
Uiryong 7	Upper	30.26 ± 4.3
	Middle	36.90 ± 5.1
	Lower	35.31 ± 3.9
	Mean	34.18 ± 9.5
Total Mean		38.07 ± 10.9
ANOVA	Clone	739.16**
	Layer	527.97**
	Clone × Layer	5.43 <sup>N.S</sup>

a : mean value ± C.V.

\*\* : Significant at 1% level, N.S; Non-significant

도조건 이후 다른 층위보다 낮은 광합성 속도를 보였으며 다른 두 클론과 비교하여 완만한 광-광합성 속도 곡선을 보였다. 이러한 결과는 직립형인 송계 6호의 수형 특성이 수관 하층의 수광 차단율을 높여 낮은 광도조건에서 원활한 광합성을 위한 잎 성장을 저해하기 때문으로 생각된다.

복분자딸기 잎의 층위별 엽록소 함량의 측정 결과는

Table 1과 같다.

조사된 3개 클론의 평균 엽록소 함량은 송계 6호, 충주 13호, 의령 7호가 각각 40.99, 39.06, 34.18의 SPAD 값으로 나타나 송계 6호와 충주 13호의 엽록소 함량에서는 큰 차이가 없었으나 의령 7호의 엽록소 함량은 다른 두 클론과 비교하여 적은 값을 보였다. 층위별 엽록소 함량에서는 3개 클론 모두 중층 앞에서 가장 많은 엽록소 함량을 나타낸 반면, 상층 앞의 엽록소 함량이 가장 적게 나타났는데 이와 같은 결과는 낮은 광도 조건에서 자란 수목의 잎이 높은 광도 조건에서 성장한 수목의 잎에 비해 수광률과 빛의 흡수 및 이용효율을 높이기 위해 엽면적이 넓고 엽록소 함량이 많은 잎의 특성을 보인다는 연구 결과 (Evans, 1994)와 유사한 것이다. 엽록소 함량에 대한 분산 분석 결과, 클론 및 층위 사이의 유의적 차이는 인정되었으나 클론 × 층위 상호작용에서는 유의적 차이를 보이지 않았다.

**2. 층위별 잎의 형태적 특성**

복분자딸기 잎의 층위별 형태적 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 조사된 복분자딸기 잎의 형태적인 특성에서 상층 잎 보다는 중층 및 하층 잎에서 큰 값을 나타냈는데 송계 6호, 충주 13호의 엽폭, 엽면적 및 건중량을 제외한 모든 특성에서 하층이 가장 큰 값을 나타냈으며, 의령 7호에서는 엽병직경을 제외한 나머지 특성에서 모두 중층이 가장 큰 값을 보였다.

상 · 중 · 하층의 층위별 정소엽길이는 송계 6호가 각각

**Table 2. Leaf morphological characteristics by crown layer of *R. coreanus*.**

Clone	Layer	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Length of terminal leaf (cm)	Width of terminal leaf (cm)	Thickness of leaf (mm)	Petiole diameter (mm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Dry weight of leaf(g)	Dry weight per leaf area (mg/cm <sup>2</sup> )
Songgye 6	Upper	18.46 ± 15.8 <sup>a</sup>	10.60 ± 19.1	6.01 ± 13.9	4.53 ± 18.0	0.54 ± 12.3	1.29 ± 11.8	59.28 ± 41.6	0.54 ± 4.5	9.23 ± 9.73
	Middle	18.21 ± 10.2	10.44 ± 21.7	6.12 ± 11.8	4.78 ± 20.1	0.55 ± 11.8	1.29 ± 9.05	55.83 ± 18.0	0.38 ± 30.6	6.81 ± 22.7
	Lower	21.34 ± 5.3	10.17 ± 11.1	6.85 ± 10.1	5.38 ± 14.4	0.55 ± 13.9	1.31 ± 4.9	70.23 ± 17.3	0.43 ± 19.0	6.17 ± 12.6
	Mean	19.33 ± 13.0	10.4 ± 17.8	6.33 ± 13.1	4.89 ± 18.6	0.55 ± 12.5	1.29 ± 8.9	61.78 ± 28.7	0.45 ± 36.9	7.41 ± 23.4
Chungju 4	Upper	14.05 ± 10.5	7.11 ± 12.5	4.52 ± 10.9	3.82 ± 17.2	0.40 ± 9.2	1.13 ± 11.6	33.0 ± 25.7	0.26 ± 23.4	7.99 ± 16.1
	Middle	15.28 ± 14.7	7.64 ± 12.0	4.75 ± 15.0	4.15 ± 21.4	0.39 ± 15.9	1.08 ± 17.8	42.09 ± 42.8	0.26 ± 34.4	6.39 ± 23.0
	Lower	16.58 ± 12.9	7.72 ± 16.8	5.03 ± 10.5	4.50 ± 17.5	0.42 ± 13.8	1.65 ± 131.0	41.78 ± 26.9	0.28 ± 24.7	6.81 ± 12.2
	Mean	15.3 ± 14.5	7.49 ± 14.3	4.76 ± 12.9	4.16 ± 19.7	0.41 ± 13.1	1.29 ± 97.9	38.96 ± 35.1	0.27 ± 27.6	7.06 ± 19.6
Uiryong 7	Upper	14.48 ± 8.2	7.86 ± 10.9	5.13 ± 8.6	4.14 ± 13.7	0.42 ± 9.7	1.11 ± 8.4	35.98 ± 18.4	0.31 ± 16.2	8.81 ± 8.20
	Middle	15.59 ± 9.8	8.50 ± 19.1	5.66 ± 14.1	4.61 ± 25.9	0.42 ± 15.1	1.10 ± 13.8	45.07 ± 30.9	0.32 ± 40.7	6.96 ± 12.3
	Lower	15.50 ± 10.5	8.15 ± 15.0	5.29 ± 16.6	4.56 ± 26.3	0.43 ± 14.1	1.10 ± 16.5	41.85 ± 31.9	0.28 ± 30.6	6.71 ± 15.4
	Mean	15.19 ± 10.0	8.17 ± 15.6	5.36 ± 14.0	4.43 ± 23.3	0.42 ± 12.9	1.09 ± 13.1	40.96 ± 29.8	0.30 ± 31.2	7.49 ± 17.1
Total Mean		16.61 ± 17.2	8.69 ± 21.8	5.48 ± 17.8	4.49 ± 21.6	0.46 ± 18.7	1.23 ± 59.9	47.23 ± 37.9	0.34 ± 42.0	7.32 ± 20.3
ANOVA	Clone	334.61**	139.12**	37.44**	8.38**	0.35**	0.75 <sup>N.S</sup>	9584.16**	0.59**	3.10 <sup>N.S</sup>
	Layer	71.84**	1.66 <sup>N.S</sup>	3.83**	6.35**	0.001 <sup>N.S</sup>	0.70 <sup>N.S</sup>	1100.85**	0.05*	83.55**
	Clone × Layer	14.12**	1.79 <sup>N.S</sup>	1.57**	0.56 <sup>N.S</sup>	0.0004 <sup>N.S</sup>	0.63 <sup>N.S</sup>	493.99*	0.05**	4.46**

a : mean value ± C.V.

\*\* : Significant at 1% level, \*: Significant at 1% level, NS: Non-significant

**Table 3. Fruit characteristics by crown layer of *R. coreanus*.**

Clone	Layer	Fruit Width (mm)	Fruit Length (mm)	Fruit Weight (g)	Sugar Contents (brix)
Songgye 6	Upper	15.88 ± 6.1 <sup>a</sup>	15.79 ± 8.2	1.61 ± 9.9	11.18 ± 7.6
	Middle	12.09 ± 10.4	12.93 ± 10.2	0.64 ± 26.1	11.33 ± 13.1
	Lower	12.13 ± 7.3	13.09 ± 6.2	0.73 ± 23.5	10.15 ± 16.6
	Mean	13.37 ± 15.5	13.94 ± 12.6	0.99 ± 46.9	10.89 ± 13.5
Chungju 4	Upper	14.88 ± 8.1	14.83 ± 6.9	1.27 ± 12.3	9.44 ± 20.6
	Middle	15.30 ± 7.1	14.58 ± 9.6	1.37 ± 17.4	10.60 ± 6.6
	Lower	13.07 ± 9.4	14.01 ± 8.9	0.86 ± 29.5	10.40 ± 7.2
	Mean	14.42 ± 10.5	14.47 ± 8.7	1.17 ± 26.6	10.15 ± 13.3
Uiryeong 7	Upper	15.63 ± 5.4	16.62 ± 6.1	1.36 ± 13.9	10.23 ± 6.9
	Middle	14.49 ± 9.1	15.63 ± 7.7	1.18 ± 22.3	10.92 ± 10.5
	Lower	13.72 ± 6.6	14.78 ± 5.9	0.92 ± 19.7	8.98 ± 9.6
	Mean	14.61 ± 8.9	15.68 ± 8.1	1.15 ± 24.1	10.04 ± 12.1
Total Mean		14.13 ± 12.3	14.69 ± 10.9	1.10 ± 33.3	10.36 ± 13.4
ANOVA	Clone	26.86**	47.45**	0.55**	12.69**
	Layer	94.15**	52.68**	4.98**	18.55**
	Clone × Layer	23.47**	9.79**	1.54**	8.32**

a : mean value ± C.V.  
 \*\*: Significant at 1% level

6.01, 6.12, 6.85 cm, 충주 13호가 각각 4.52, 4.75, 5.03 cm, 의령 7호가 각각 5.13, 5.66, 5.29 cm였으며, 정소엽폭은 상·중·하 층위별로 송계 6호가 각각 4.53, 4.78, 5.38 cm, 충주 13호가 각각 3.82, 4.15, 4.50 cm, 의령 7호가 각각 4.14, 4.61, 4.56 cm로 의령 7호를 제외하고 층위가 낮아질수록 정소엽길기와 폭이 커지는 경향을 보였다. 상·중·하층의 층위별 엽면적 특성은 송계 6호가 각각 59.28, 55.83, 70.23 cm<sup>2</sup>의 엽면적을 보였으며, 충주 13호가 33.0, 42.09, 41.78 cm<sup>2</sup>, 의령 7호가 35.98, 45.07, 41.85 cm<sup>2</sup>의 엽면적을 보여 정소엽 특성과 같은 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 엽록소 함량에서 언급한 광도 조건에 따른 수목의 엽면적 성장 경향과 유사한 것으로 일반적으로 활엽수종에서 낮은 광도 조건에서 성장한 잎은 넓은 엽면적을 가지는 반면 높은 광도 조건에서 성장한 잎은 두꺼운 잎을 가진다는 연구결과(Salisbury, 1992)와도 유사한 경향이였다.

조사된 복분자딸기 엽의 두께는 상층 잎 보다는 하층 잎의 두께가 두꺼운 것으로 나타났으며 분산분석 결과, 클론간의 유의적 차이는 인정되었으나 층위에 따른 잎 두께는 유의적 차이가 인정되지 않았다. 반면, 엽면적 형질에서는 클론 및 층위에 따른 유의적 차이가 인정되었는데 이러한 결과는 수관층위에 따른 광도조건 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

잎의 건중량 항목에서는 클론간, 층위간에 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 엽면적과 건중량을 통해 계산한 단위면적당 건중량에서는 상·중·하층의 층위별로 송계 6호

가 각각 9.23, 6.81, 6.17 mg/cm<sup>2</sup>, 충주 13호가 각각 7.99, 6.39, 6.81 mg/cm<sup>2</sup>, 의령 7호가 각각 8.81, 6.96, 6.71 mg/cm<sup>2</sup>의 값을 나타내어 모든 클론에서 상층이 가장 큰 값을 나타냈으며, 층위가 낮아질수록 작은 값을 보였는데 이와 같은 결과는 복분자딸기의 잎 특성에서 층위별 광도조건에 따른 광합성 능력의 차이에 영향을 주는 것으로 단위면적당 건중량은 투광율 및 광합성 기능과 관련이 깊어 이 값이 클수록 광합성 능력이 증가한다는 Marini and Barden(1982)의 보고와 유사한 경향을 나타냈다.

**3. 층위별 과실특성**

복분자딸기의 층위별 과실특성 결과는 Table 3과 같다. 당도를 제외한 과실중경과 횡경 및 입중 등의 과실특성에서는 상층 과실이 가장 큰 값을 나타냈으며, 높은 층위일수록 큰 값을 보여 잎 특성에서의 크기 형질과는 상반되는 경향을 보였다.

과실중경은 상·중·하층의 층위별로 송계 6호가 각각 15.88, 12.09, 12.13 mm, 충주 13호가 각각 14.88, 15.30, 13.07 mm, 의령 7호가 각각 15.63, 14.49, 13.72 mm로 나타났으며, 과실횡경도 동일한 경향의 값을 보였다. 과실 입중에서는 상층, 중층, 하층의 층위별로 송계 6호가 각각 1.61, 0.64, 0.73 g, 충주 13호가 각각 1.27, 1.37, 0.86 g, 의령 7호가 각각 1.36, 1.18, 0.92 g을 나타내어 조사된 모든 과실특성에서 유사한 경향을 보였다. 이런 결과는 광투과율과 과실의 무게는 정의 상관을 보인다는 연구결과(한수관과 윤태명, 2001)와 유사한 것으로 잎형질 특성의

단위면적당 건중량과 동일한 경향을 보였는데, 광도 조건이 양호한 환경에서 생육하는 잎일수록 광합성 능력이 증가하며 과실의 생장에도 영향을 미치기 때문에 사료된다.

클론별로는 의령 7호가 과실중경과 횡경에서 평균 14.61 mm와 15.68 mm를 나타내어 가장 큰 것으로 나타났으며 평균 입중은 충주 13호가 1.17 g으로 가장 큰 값을 보였다. 송계 6호는 다른 두 클론과 비교하여 상층 과실의 값이 중층 및 하층 과실의 측정값과 큰 차이를 보였는데 이런 결과는 하층에서 다른 클론들과 비교하여 낮은 광합성 능력을 보였던 클론간 광합성 능력의 차이에 기인하는 것으로 직립형인 송계 6호의 수형 특성상 덩굴성을 지닌 충주 13호, 의령 7호와 비교하여 중층 및 하층의 높은 수광 차단율에 의한 영향으로 사료된다.

복분자딸기 과실의 당도는 상층, 중층, 하층의 층위별로 송계 6호에서 각각 11.18, 11.33, 10.15 brix, 충주 13호에서 각각 9.44, 10.60, 10.40 brix, 의령 7호에서 각각 10.23, 10.92, 8.98 brix로 나타나 3개 클론 모두 중간층에서 가장 높은 값을 보였는데 이는 광환경 조건과 과실 품질의 관계에서 수광조건이 양호할수록 과실의 당도가 높아진다는 연구(Barritt *et al.*, 1991; Kappel and Neilsen, 1994)와는 다른 결과였으나 복분자딸기 과실의 당도는 과실의 성숙 및 수확 시기가 여름 장마와 같은 시기라는 점에서 수광조건과 함께 수관 층위에 따른 강수의 차단 효과도 함께 고려되어야 할 것으로 사료되며 수형에 따른 각 층위의 광합성 및 잎, 결실 특성에 있어서도 광환경 조건의 차이를 구명하는 연구를 추후 수행할 계획이다.

### 인용문헌

- 김두태, 류한준, 강준선. 1973. 나무딸기 수집계통의 특성과 몇 가지 형질간의 상관에 관한 연구. 한국원예학회지 13: 97-105.
- 김만조, 김세현, 이 욱. 2002. 대립다수성 복분자딸기 선발에 관한 연구. 한국임학회지 91(1): 96-101.
- 김세현, 정현관, 장용석, 박영기, 박형순, 김선창. 2005. 복분자딸기 클론별 과실특성과 황산화활성 탐색. 한국임학회지. 94(1): 11-15.
- 김관기, 이갑연, 김세현, 한상섭. 1999. 우리나라에 분포하는 오미자과 2속 3종의 잎 형질 및 광합성 특성. 한국농림기상학회지 1(2): 90-96.
- 김관기, 이용섭, 정동준, 우수영, 성주환, 이은주. 2001. 광도가 내음성이 서로 다른 3수종의 광합성 생리에 미치는 영향. 한국임학회지 90(4): 476-487.
- 방근철, 김민선, 이민원. 1996. 복분자딸기 열매의 가수분해성 탄닌. 한국생약학회지 27(4): 366-370.
- 신공식, 박필재, 부희옥, 고정연, 한성수. 2003. 국내산 복분자 열매에 대한 화학적 조성 및 생리활성 비교. 한국자원식물학회지 16(2): 109-117.
- 이미경, 이현수, 최근표, 오덕환, 김종대, 유창연, 이현욱. 2003. 복분자 열매 추출물의 유용 생리활성 탐색. 한국약용작물학회지 11(1): 5-12.
- 이창복. 1985. 대한식물도감. 향문사, 서울.
- 정현관, 김세현, 장용석, 박형순. 2004. 복분자딸기 선발 클론의 엽형질 변이. 한국임학회 학술연구발표 논문집 pp. 285-286.
- 주광지, 박정미. 1983. 나무딸기 Anthocyanin에 관한 연구. 한국식품영양과학회지 12(1): 1031-1036.
- 한수관, 윤태명. 2001. 왜성 사과원의 수관내 광분포와 과실품질. 한국원예학회지 42(1): 78-82.
- Barritt, B.H., C.R. Rom, B.J. Konishi, and M.A. Dilley. 1991. Light level influences spur quality and canopy development and light interception influence fruit production in apple. Hort Science 26: 993-999.
- Evans, J.R. 1994. Developmental constraints on photosynthesis : effects of light and nutrition. In : N.R. Baker, ed. Photosynthesis and the environment. Kluwer Academic Press. Dordrecht pp. 281-304.
- Hinckley, T.M., R.G. Alsin, R.R. Aubuchon, C.L. Metcalf, and J.E. Roberts. 1978. Leaf conductance and photosynthesis in four species of the oak hickory forest type. Forest Science 24: 73-84.
- Kappel, F. and G.H. Neilsen. 1994. Relationship between light microclimate, fruit growth, fruit quality, specific leaf weight and N and P content of spur leaves of 'Bartlett' and 'Anjou' pear. Scientia Horticulturae 59: 187-196.
- Loach, P.A. 1966. Primary oxidation-reduction changes during photosynthesis in *Rhodospirillum rubrum*. Biochemistry 5(2): 592-600.
- Marini, R.P. and J.A. Barden. 1982. Light penetration on overcast and clear days, and specific leaf weight in apple trees as affected by summer of dormant pruning. Journal of the American Society for Horticultural Science 107: 39-43.
- Rosati, A., G. Esparza, T.M. Dejong and R.W. Pearcy. 1999. Influence of canopy light environment and nitrogen availability on leaf photosynthetic characteristics and photosynthetic nitrogen-use efficiency of field-grown nectarine trees. Tree Physiology 19: 173-180.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. Plant Physiology. (4th Edition). Wadsworth Publishing Company, Belmont, USA p. 257.
- Woo, S.Y. 2003. Effects of different light intensities on growth, chlorophyll contents and photosynthesis of *Abies holophylla*. Meristem 3: 1-5.

(2006년 3월 2일 접수; 2006년 4월 11일 채택)