

김천지역 실생묘 유래 호두나무의 수령별 수확량 및 과실 품질

오성일 · 이 옥^{ID*} · 김철우

국립산림과학원 산림소득자원연구과

Yields and Fruit Quality of Different Aged Walnut Trees (*Juglans sinensis* Dode) Derived from Seedlings in Gimcheon

Sung-Il Oh, Uk Lee^{ID*} and Chul-Woo Kim

Division of Forest Special Products, National Institute of Forest Science, Suwon 16631, Korea

요약 본 연구는 실생묘 유래 호두나무의 수령별 수확량 산정과 과실 품질을 비교, 분석하기 위해 호두 주산지인 김천지역의 재배임가를 대상으로 실시되었다. 공시목은 10년생부터 60년생까지 9등급으로 구분하였으며, 각 등급별 15본을 선정하여 총 135본이다. 수령별 생육특성을 조사한 결과, 평균 수고는 10.3 m, 평균 수관면적은 63.7 m²으로 나타났다. 수령별 결실특성을 조사한 결과, 본당 착과수는 평균 573.1개이며, 35년생 호두나무가 974.0개로 가장 많은 반면 10년생 호두나무가 124.7개로 가장 적은 것으로 조사되었다. 또한 결과모지당 착과수는 35년생 호두나무가 3.1개로 가장 많은 것으로 나타났다. 수령별 과실특성을 조사한 결과, 과실 유형별 평균 무게는 각각 청피호두 58.7±4.0 g, 알호두 10.5±0.5 g, 인 4.9±0.2 g인 것으로 조사되었다. 과실 유형별 평균 수확량은 청피호두 32.5±13.8 kg, 알호두 5.9±2.5 kg, 인 2.8±1.2 kg이었으며, 수관면적, 결과모지당 착과수, 1 m³당 착과수 등과 정의상관관계를 보였다. 실생묘 유래 호두나무의 수령에 따른 본당 수확량 추정식은 청피호두의 경우 $y=8993.9 \cdot \ln(\text{수령}-9)+8230.3$, $R^2=0.8531$ 와 알호두 $y=1647.1 \cdot \ln(\text{수령}-9)+1442.1$, $R^2=0.8527$ 로 산출하였다.

Abstract: This study was conducted on cultivation farms in the Gimcheon area, which is the main production area of walnuts, in order to compare and analyze the yield and fruit quality of walnut trees (*Juglans sinensis* Dode) derived from seedlings. The official trees were classified into nine classes from 10 to 60 years old, and a total of 135 trees were selected, with 15 trees selected for each grade. The growth and fruit characteristics for each age group were then examined. The average tree height was 10.3 m, and the average crown area was 63.7 m². The average number of fruit settings per tree was 573.1, with the largest number of walnuts per tree at 35 years (974.0 walnuts), and the lowest walnuts per tree at 10 years (124.7 walnuts). In addition, the number of fruit settings per bearing mother branch in 35 year old trees was the highest at 3.1. The average weight for each fruit type was found to be 58.7 ± 4.0 g of walnuts in green peel, 10.5 ± 0.5 g of dried shell walnuts, and 4.9 ± 0.2 g of walnuts, respectively. The average yield by fruit type was 32.5 ± 13.8 kg of walnuts in green peel, 5.9 ± 2.5 kg of dried shell walnut, and 2.8 ± 1.2 kg of walnuts. Theyield was positively correlated with the crown area, the number of fruits setting per bearing mother branch, and the number of fruits setting per 1 m³. The formula used to estimate the yield per tree by age was calculated as $y = 8993.9 \ln(\text{tree age}-9) + 8230.3$, $R^2 = 0.8531$ (walnut in green peel) and $y = 1647.1 \ln(\text{tree age}-9) + 1442.1$, $R^2 = 0.8527$ (dried shell walnut).

Key words: juglans sinensis, walnut, disaster insurance program, fruiting, yield

서론

호두나무(*Juglans sinensis* Dode)는 가래나무속에 속하는 낙엽활엽 교목으로 유럽, 아시아 및 아메리카에 약 15

종이 분포한다(Manning, 1978). 현재 우리나라에서 재배되고 있는 호두나무는 페르시아 호두나무(*Juglans regia*)를 모수로 하고 가래나무(*J. mandshunica* Maxim)를 수분수로 하여 자연적으로 교배된 자연교잡종이며 학명은 *Juglans sinensis* Dode (*J. regia* × *J. mandshunica* Maxim)이다(Park et al., 2017).

우리나라 호두재배 임가는 총 3,422가구로 경상북도 1,380임가(40.3%), 충청북도 755임가(22.1%), 충청남도

* Corresponding author
E-mail: rich26@korea.kr

ORCID

Uk Lee ^{ID} <https://orcid.org/0000-0003-1934-4455>

274입가(8.0%)로 전체의 약 70.4%가 경북, 충북, 충남에 분포되어 있다. 호두 생산량은 총 1,020톤으로 경상북도 492톤(48.2%), 충청북도 237톤(23.2%), 충청남도 129톤(12.6%)로 전체의 약 84.1%가 경북, 충북, 충남에서 생산되고 있다. 그중 경북 김천시가 호두재배 입가(577입가) 및 생산량(323톤)이 가장 많은 것으로 보고되고 있다(KFS, 2019). 또한 최근 10년간 김천지역의 입가수와 재배면적은 각각 약 5.3배와 약 4.3배 증가하였으며 생산액도 약 1.6배 가량 증가하였다. 또한 우리나라 호두 생산량이 평균 1,100톤 내외으로 전체 소비량 약 14,000톤의 약 8% 수준이지만, 수입 대체를 위하여 지속적으로 산업 규모는 확대될 것으로 예상된다.

일반적으로 과실생산을 목적으로 하는 나무는 안정적인 과실의 생산과 품질 확보 등을 위하여 접목이나 삽목 등 무성증식으로 생산된 묘목을 식재한다. 그러나 호두 나무의 경우에는 유경접목으로 생산된 접목묘(grafts) 또는 종자 파종을 통해 생산된 실생묘(seedlings)로도 식재가 가능한 수종이다. 호두나무는 대부분 산림(임야)에 식재됨에 따라 접목묘는 식재 과정부터 안정적인 활착에 이르기까지 실생묘보다 집약적인 재배관리가 요구되며 반드시 수분수(화분수; pollinizer)가 필요하다. 실생묘는 과실이 생산되기까지의 기간이 최소 7~8년 정도가 필요하며 과실의 품질도 균일하지 못하다. 그러나 실생묘는 접목묘보다 식재 후 활착율(생존율)과 생장량이 높고 재배환경 적응력과 나무의 수명도 우수한 편이다. 이에 따라 기존 호두나무 재배자의 수령갱신을 위한 실생묘 보식과 신규 식재가 이루어지고 있다. 특히 호두나무는 산림분야의 경제수종으로 널리 알려지면서 귀농·귀산촌의 사회적 이슈에 맞춰 산림소득품목으로 실생묘 유래의 호두나무를 선호하고 있는 추세이다.

최근 기후온난 및 이상기후 현상으로 봄철 냉해와 가뭄, 폭염, 우박, 강풍, 태풍, 국지성 집중호우 등이 발생하고 있다. 이러한 자연재해는 환경과 국민건강은 물론 산업 에너지, 국토교통, 해양수산, 산림과 임업, 농업 등에 피해를 주고 있다. 특히 기후변화로 인한 잦은 재배환경 변화는 농림작물을 재배하는데 상당한 어려움이 나타나고 있다. 호두나무의 경우, 피해유형(피해면적 기준)은 동·냉해, 폭염·가뭄, 우박, 태풍·강풍, 호우 순으로 많았다. 과거 태풍 ‘루사’나 ‘매미’ 등의 자연재해로 인하여 생산자들에게 막대한 피해가 발생하였으며, 2016년 폭염과 가뭄, 2017년 우박과 호우로 인한 상품성 저하와 수확량 감소, 2019년에는 태풍 ‘링링’으로 인하여 수확량 감소 등으로 중부권 지역의 호두 생산자의 소득에 영향을 미

치기도 하였다. 이러한 환경 및 기후변화로부터 농가의 소득안정을 보호하기 위하여 여러 국가에서는 정책보험을 시행 및 지원하고 있다(Roh, 2019). 우리나라의 경우, 1975년 농작물재해보험제도를 시작으로 1986년 농업재해보험 시험사업단을 설립함으로써 농업인들을 위해 정책보험을 지원하고 있다. 우리나라 농작물 재해보험 시범사업은 2001년 사과, 배를 대상으로 처음으로 시행되었다. 특히 우리나라도 농어업재해보험법에 근거하여 자연재해 등으로 인한 임산물의 피해를 보험을 통해 실손 보상하여 임가의 소득 및 경영안정을 도모하기 위하여 임산물재해보험을 시행하고 있다. 임산물 분야에서는 감(뽕은감)과 밤에 대해서 각각 2006년과 2007년 시범사업을 시작으로 2010년 대추, 2011년 복분자딸기, 2013년 표고버섯, 2016년 오미자, 2020년 호두(김천지역에 한정된 시범사업) 등의 재해보험을 시행하였다(Kim et al., 2019). 이러한 임산물 분야에도 점진적으로 재해보험 도입의 확대시행을 위한 다양한 노력이 진행 중이며, 재해보험 산정을 위해서는 각 품목에 대한 수령별 평균 본당 수확량에 관한 조사연구가 필수적이다.

국내 호두나무에 관한 연구는 주로 신품종을 육성을 위한 생육 및 과실특성에 관한 연구(Lee et al., 2007)와 호두나무 증식기술(Hwang et al., 2002), 생산자 과실 수확의 안정성 확보를 위한 청설모 방제기술 연구, 호두나무 속간 유연관계(Hwang et al., 2004) 등에 관한 연구가 대부분이다. 그러나 우리나라 호두나무의 결실 및 수확량에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 특히 호두나무 재배면적의 절반이상 가량이 실생묘 유래의 묘목으로 식재되어 재배되고 있지만 묘목유형 및 수령별 호두 생산량, 과실품질 등에 대한 연구는 전무한 실정이다. 산림소득정책의 임산물 산업 활성화 일환으로 호두의 안정적 재배관리 및 생산이 가능한 제도와 관련 연구자료 확보가 매우 시급한 실정이다.

따라서, 본 연구는 김천지역의 호두나무를 대상으로 생육 및 결실, 과실 품질 및 수확량을 비교·분석하여 수령에 따른 호두나무의 표준수확량을 산정하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시목 선정

본 연구의 공시목은 호두 주산지인 경북 김천지역의 재배지를 대상으로 실생묘 유래 호두나무를 수령별로 구분하여 선정하였다. 김천지역의 호두나무는 15개면 중 11개면에서 거의 대부분 재배됨에 따라, 공시목 선정은 재배면

적을 기준으로 가장 넓은 부항면, 대항면, 구성면, 지례면 4개면에서 실시하였다. 조사 대상 호두나무의 수령 분포는 10년생부터 60년생으로 9등급으로 구분하여 총 135본을 공시목으로 선정하였다(Table 1). 각각의 수령에 따른 공시목은 해당 재배지에서 우세목과 열세목을 제외한 평균 생육 및 결실상태를 보이는 건전한 나무를 선정하였다.

2. 생육 및 결실특성조사

호두나무의 생육특성조사는 공시목 선정과 동시에 진행하였으며, 수령별 호두나무의 수고와 지하고, 흉고직경, 수관폭 등을 조사하였다. 호두나무의 결실특성은 결과모지당 결과지수 및 착과수, 결과지당 착과수, 본당 착과수를 조사하였다. 결과모지당 결과지수 및 착과수와 결과지당 착과수는 호두나무 수관에 8방위로 설정하여 각각 수령별 40반복으로 조사하였다. 본당 착과수는 과실 수확 전인 8월말에 조사원 2인 또는 3인이 정해진 지점에서 상호 반대방향으로 돌아가면서 육안으로 조사한 후, 각 조사원이 조사한 착과수의 평균값으로 결정하였다. 김천지역 실생묘 유래 호두나무의 경우 정지전정 작업을 하지 않기 때문에 호두의 수관의 부피는 원뿔로 가정하여 계산하였다. 수관부피 당 착과수는 착과수를 부피로 나누어 1 m³당 착과수로 나타내었고 각 수령별 15반복으로 조사하였다.

3. 과실품질조사

과실특성 및 품질조사와 수확량 산출을 위하여 청피호두(walnut in green peel), 알호두(shell walnut: 피호두 또는 탈피호두, 미탈각호두), 깎호두(walnut: 인 또는 살호두, 탈

각호두)의 과실유형별로 구분하였다. 청피호두는 호두나무에서 수확한 열매로 과육부분과 씨앗부분으로 구성되어 있으며, 각 수령별 공시목의 청피호두의 평균 무게는 과육과 씨앗부분이 분리되지 않은 온전한 청피호두를 공시목당 30개씩 임의로 선발하였다. 선발된 모든 과실은 각각 번호를 부여하여 과실유형별 제반 특성조사에 사용되었다. 알호두는 과육부분인 청피를 제거(탈피)한 생호두는 세척과정을 거쳐 호두 과실의 함수율이 7% 정도 수준에 이르기까지 자연건조하여 알호두를 생산하였다.

알호두는 호두형태 및 수령별로 부여된 샘플번호대로 과실크기(중경, 횡경, 두께), 봉합선 두께, 입중, 인중, 인중비, 과피두께 등을 조사하였다. 과실의 크기와 봉합선 및 과피두께는 디지털 캘리퍼스(CD-20CP, Mitutoyo Co., Japan)를 이용하였으며, 입중과 인중은 디지털 저울(CUX6300HX, CAS Co., Korea)을 사용하여 각각 조사하였다.

4. 수확량 조사

수확량은 공시목별 본당 수확량을 산정한 후 수령별 수확량을 각각 산출하였다. 본당 수확량은 과실유형별로 본당 총 착과수와 과실 유형별의 평균 무게(입중)을 곱하여 산출하였으며, 수령별 수확량은 동일 수령의 산출된 본당 수확량의 평균값으로 각각 산출하였다. 또한 호두나무의 생육특성에 따른 수확량 산정을 위하여 수관면적당 수확량도 산출하였다.

실생묘 유래 호두나무의 생육 및 결실, 과실특성에 따른 수확량 변화와 수령별 수확량 예측모델을 도출하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 종속변수는 수확량으로 설정하고, 독립변수는 수령, 수고, 수관면적, 결과지당 결과지수, 결과지당 착과수, 입중 등을 이용하여 수령별 수확량에 대한 추정식을 산출하였다. 통계분석은 SPSS(SPSS Inc., ver. 19.0 K, USA)프로그램을 사용하였다.

Table 1. Distribution and size of walnut tree in Gimcheon area by tree age.

Forest household	Tree age									
	10	15	20	25	30	35	40	50	60	
A				5	5					
B						5				
C	5	5	5	5	5					
D		5								
E						5				
F										5
G	5		5				5	5	5	
H					5		5	5	5	
I						5		5		
J	5									
K		5	5	5						
L								5		
Total	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

결과 및 고찰

1. 수령별 생육특성

호두나무 수령별 생육특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 호두나무의 평균 수고는 10.3 m로 조사되었으며, 10년생 호두나무 6.5 m에서 60년생 호두나무 14.3 m로 수령이 증가함에 따라 수고도 높아지는 경향을 보였다. 호두나무의 수관면적을 측정된 결과, 평균 수관면적은 59.4 m²로 나타났다. 수령별로는 10년생 호두나무가 24.3 m²로 가장 좁았고 50년생 호두나무가 94.8 m²로 가장 면적이 넓게 조사되었고 수령에 따라 차이가 나타났지만 대체적으로

Table 2. Growth characteristics of walnut tree by tree age.

Tree age	Tree height (m)	Crown area (m ²)	Clear length (cm)	Diameter at breast height (cm)	Diameter at root (cm)
10	6.5 d ^z	24.3 d	50.9 e	11.1 f	17.5 f
15	7.8 cd	36.4 d	67.6 de	16.8 e	24.1 e
20	9.0 c	63.9 bc	101.7 bcd	25.2 d	33.1 d
25	12.4 ab	83.5 ab	144.2 ab	33.6 b	41.0 c
30	9.3 c	78.5 abc	84.5 de	28.2 cd	41.3 c
35	12.1 b	71.1 bc	132.0 abc	32.7 bc	40.8 c
40	8.1 cd	62.4 c	97.7 cd	27.2 d	40.1 c
50	13.2 ab	94.8 a	131.5 abc	37.5 ab	47.8 b
60	14.3 a	64.9 bc	167.7 a	41.8 a	53.3 a
Mean	10.3±2.7	63.7±22.3	108.7±38.1	28.2±9.7	37.7±11.2

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$, respectively

수령이 높을수록 수관면적이 증가하는 경향을 보였다. 수관면적은 나무의 성장을 단순 비교하는 항목이 될 수 있으나 실제 호두 수확량과 밀접한 관련이 있으므로 간과해서는 안 될 매우 중요한 요인이다. 수관면적은 품종 보다 재배되고 있는 지역이나 재배자의 경영 방식 및 마인드에 따라 달라지며 수령에 따른 수관면적은 동일하거나 유사한 재배관리 유형간의 비교가 타당할 것으로 여겨진다. 또한 수관면적은 곧 호두가 결실될 수 있는 면적과 상응하는 개념이 적용될 수 있으므로 수확량 산정 시 반드시 기초 자료에 산입되어야 한다고 판단된다. 호두나무는 가지생장에서 정아우세현상을 나타내는 수종이다. 일반적으로 유실수는 수세 및 수령에 따라 당해년도 가지의 성장량 차이가 발생하지만 일정한 기간이 경과한 후에는 정지전정 및 간벌 실시 여부, 시비여부나 시비량 등 재배관리 형태에 따라 더 큰 영향을 받는다(Park et al., 2018). 더욱이 동일한 품종 내에서도 정지전정의 강도나 조림 시 식재밀도, 시비 정도, 전년도 결실량 등에 의한 가지의 생장은 현저

한 차이를 보일 수 있다. 본 연구에서도 같은 수령의 호두 나무라도 재배자의 재배방식에 따라 생육특성의 변화가 현저하였다. 따라서 수관면적이 수확량에 직접적인 영향을 미치고 주요한 요인으로 작용할 수 있으며 표준수확량 산출 시 수령에 따른 식재밀도 파악이 필요할 것으로 판단된다. 일반적으로 재식밀도가 높을수록 주당 생산량은 감소되지만 단위면적당 생산량은 증가된다고 알려져 있다 (Cripps et al., 1975; Wertheim, 1985; Sansavini et al., 1986; Clayton-Greene, 1993; Costa et al., 1996).

2. 수령별 결실 및 과실특성

호두나무의 수령별 결실특성을 조사한 결과(Table 3), 결과모지당 결과지수는 수령에 따라 1.0~1.6개로 차이가 나타났으며 전체 평균은 1.3개로 조사되었다. 결과모지당 착과수는 평균 2.3개로 수령별 1.8~3.1개 범위에서 착과한 것으로 조사되었고 35년생 호두나무가 3.1개로 가장 많이 착과된 반면 10년생 호두나무에서 1.8개로 가

Table 3. Fruit setting characteristics of walnut tree by tree age.

Tree age	No. of bearing shoot/ bearing mother branch	No. of fruit setting/ bearing mother branch	No. of fruit setting/ bearing shoot
10	1.0 e ^z	1.8 d	1.7 c
15	1.2 de	2.4 bcd	2.0 a
20	1.1 de	1.9 cd	1.7 bc
25	1.3 abcd	2.3 bcd	1.7 abc
30	1.5 ab	2.9 ab	1.9 abc
35	1.6 a	3.1 a	2.0 ab
40	1.4 abc	2.5 abc	1.8 abc
50	1.2 cde	2.1 cd	1.8 abc
60	1.3 bcd	2.1 cd	1.7 c
Mean	1.3±0.3	2.3±0.7	1.8±0.4

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$, respectively

장 적게 착과된 것으로 나타나 수령이 증가함에 따라 증가한 후 35년생을 정점으로 감소하는 경향을 보였다. 결과지당 착과수는 수령에 따라 1.7~2.0개로 나타났으며 평균 1.8개로 조사되었다. 본당 착과수는 결과모지당 결과지수 및 착과수, 결과지당 착과수가 가장 많이 발생한 35년생 호두나무의 착과수가 947.0개로 가장 많이 착과되었고 8년생이 81.5개로 가장 적게 착과된 것으로 조사되었다(Figure 1). 수령에 상관없이 호두나무의 전체 평균 착과수는 525.1개로 나타났다. 호두나무의 수관 1m³당 착과수를 조사한 결과(Figure 2), 10년생 호두나무 2.5개, 15년생 4.1개, 20년생 3.5개, 25년생 1.4개, 30년생 4.1개, 35년생 3.9개, 40년생 5.4개, 50년생 2.0개, 60년생 5.7개로 수령별로 상이하였으며, 전체 평균은 3.6개로 조사되었다. 결과지는 호두열매가 달린 당해년도 가지, 즉 1년생 가지를 말하며 결과모지는 결과지를 포함하고 있는 2년생 가지를 일컫는다. 일반적으로 유실수의 결실량은 결과모지당 발생하는 결과지의 수 및 결과지당 자화수량

이 영향을 미친다(Kim et al., 2003). 본 연구에서는 수령이 높을수록 결과지수 및 착과수가 증가하다 35년생 이상의 호두나무부터는 감소하는 경향을 보였지만 수령간 큰 차이가 나타나지는 않았다. 이는 앞에서 언급했듯이 호두나무 수령에 따른 생육특성에 의해서 다소 차이가 나타난 것으로 판단되지만 그보다는 재배지의 위치, 나무의 세력, 시비와 관수 등 재배관리 방법이나 강우, 바람, 적산온도 등 기상요인 등(Guak et al., 2009)의 영향이 더 많았다고 생각된다. 또한 유실수는 본당 결실량이 많을수록 수체 내 탄수화물 축적이 감소되어 당년 및 이듬해의 영양생장과 꽃눈 수가 감소(Erf and Proctor, 1987; Choi et al., 2009)하기 때문에 추후에도 호두나무의 생육 및 결실특성을 조사할 필요가 있다고 판단된다.

호두나무 과실 유형별 수령에 따른 호두무게를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 평균 호두무게는 청피호두 58.7 g (54.1~64.6 g), 생호두 17.4 g (16.2~18.6 g), 알호두 10.5 g (9.9~11.2 g)으로 조사되었고 평균 인무게는 4.9 g (4.6

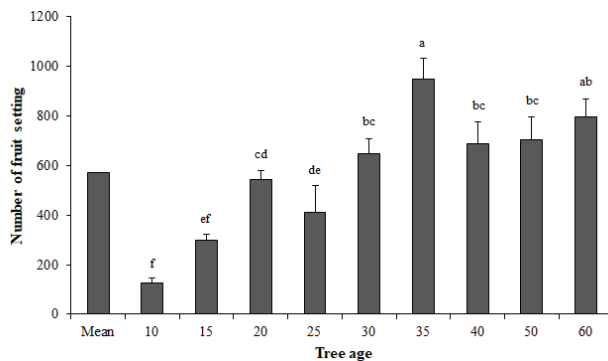


Figure 1. Number of Fruit setting of walnut tree by tree age. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n=15).

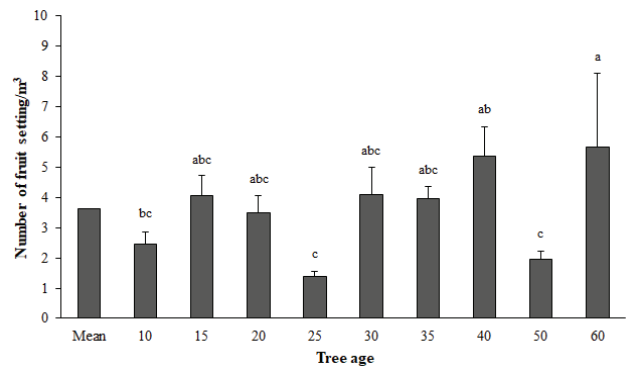


Figure 2. Number of Fruit setting per crown volume (1 m³) of walnut tree by tree age. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n=15).

Table 4. Fruit weight of each fruit type of walnut tree by tree age.

Tree age	Walnut in green peel (g)	Shell walnut (g)	Dried shell walnut (g)	Walnut (g)	Walnut/dried shell walnut (%)
10	62.9 a	17.3 ab	11.2 ab	5.1 a	45.2 a
15	64.6 a	18.6 a	10.9 abc	5.1 a	45.8 a
20	56.6 ab	16.7 ab	10.3 abc	4.8 a	46.5 a
25	63.5 a	18.5 ab	11.2 a	5.2 a	44.6 a
30	54.1 b	17.3 ab	10.1 abc	4.6 a	45.8 a
35	57.6 ab	18.0 ab	9.9 c	4.8 a	48.1 a
40	57.1 ab	17.1 ab	10.1 bc	5.0 a	48.7 a
50	54.1 b	16.2 b	10.8 abc	4.9 a	45.9 a
60	58.1 ab	17.0 ab	10.3 abc	4.9 a	46.3 a
Mean	58.7 \pm 4.0	17.4 \pm 0.8	10.5 \pm 0.5	4.9 \pm 0.2	46.3 \pm 1.3

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$, respectively

~5.2 g), 인중비는 46.3%로 나타났다. 호두크기는 수령에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 5). 유실수는 착과량이 많으면 과중이 작아지며 수확량이 증가하며(Cho and Yoon, 2006) 착과량과 영양생장이 균형을 이루어야 과중 및 과실품질이 증가된다고 알려져 있다(Forshey and Elfving, 1989). 본 연구에서는 수확량이 가장 많았던 35년생 호두나무의 알호두 무게가 9.9 g으로 가장 낮은 것으로 조사되었지만 호두나무 수령에 따른 차이보다는 건조과정에서의 차이가 큰 것으로 판단된다. 또한 수령에 따라 호두무게의 차이가 나타나긴 하였지만 그 차이가 크지는 않았다. 호두나무는 다른 유실수처럼 전정을 통한 세부적인 수형관리가 필요하지 않지만, 고사지의 방치로 인한 병해충의 발생 등 여러 가지 피해를 초래할 수 있으므로 동해와 병충해로 인한 피해지 및 불량지 등의 제거로 성장과 결실에 유리한 수형을 유지(Kim et al., 2014) 및 비배관리 등이 필요하지만 본 조사지인 김천지역의 호두나무들은 대부분 재배관리가 미흡

하기 때문에 호두의 품질(과중)이 차이가 크지 않은 것으로 생각된다.

3. 표준수확량 산정

호두나무의 본당 수확량은 공시목 선정 후 매목조사를 통해 획득한 평균 관측치인 착과수와 평균 호두무게(청피호두, 생호두, 알호두, 인)를 종속변수로 산입하여 산출하였다. 본당 수확량은 수령에 따라 차이가 나타났으며 수령이 증가함에 따라 수확량이 많아지다 35년생 호두나무를 정점으로 증감을 반복하는 경향을 보였다. 본당 평균 수확량은 청피호두 29.7 kg (5.0~53.4 kg), 생호두 9.1 kg (1.4~17.2 kg), 알호두 5.4 kg (0.9~9.3 kg), 인 2.5 kg (0.4~4.5 kg)으로 조사되었고, 수관면적 및 착과수에 따라 수확량이 증가하였다(Table 6). 따라서 효율적인 표준 수확량 산출을 위해서 수관면적과 결실성 등 항목간의 상관관계를 분석하여 수확량에 미치는 변인들을 찾는 것이 매우 중요한 관건일 것으로 판단된다.

Table 5. Fruit characteristics of walnut tree by tree age.

Tree age	Nut size (mm)			Thickness of suture (mm)		Thickness of shell (mm)	
	Length	Width	Thickness	Left	Right	Left	Right
10	33.9 a	32.5 a	32.6 a	6.0 ab	6.0 ab	1.6 abc	1.6 ab
15	34.7 a	32.9 a	32.8 a	5.8 b	5.7 ab	1.6 abc	1.6 ab
20	33.7 a	32.5 a	32.1 a	5.9 ab	5.8 ab	1.6 ab	1.6 a
25	34.6 a	33.4 a	33.4 a	6.2 ab	6.1 ab	1.7 ab	1.7 a
30	34.4 a	32.4 a	32.5 a	5.7 b	5.7 b	1.6 ab	1.6 a
35	34.4 a	32.6 a	33.0 a	6.1 ab	6.1 ab	1.4 c	1.4 b
40	34.2 a	32.6 a	32.6 a	6.0 ab	6.0 ab	1.5 bc	1.5 ab
50	34.0 a	32.5 a	32.6 a	5.9 ab	5.9 ab	1.7 a	1.7 a
60	33.4 a	32.2 a	32.4 a	6.4 a	6.2 a	1.5 abc	1.5 ab
Mean	34.1±0.4	32.6±0.3	32.7±0.4	6.0±0.2	5.9±0.2	1.6±0.1	1.6±0.1

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$, respectively

Table 6. Yield of walnut tree by tree age.

Tree age	Walnut in green peel (kg)	Shell walnut (kg)	Dried shell walnut (kg)	Walnut (kg)
10	8.1 f	2.2 e	1.4 f	0.6 f
15	19.5 ef	5.5 de	3.3 ef	1.5 ef
20	30.4 de	9.3 bcd	5.6 cde	2.6 cde
25	25.2 de	7.3 cd	4.6 de	2.1 de
30	32.7 cd	10.8 bc	6.4 bcd	2.8 bcd
35	53.4 a	17.2 a	9.3 a	4.5 a
40	39.2 bc	11.9 b	6.9 abcd	3.5 abc
50	37.8 bcd	11.4 bc	7.6 abc	3.5 abc
60	46.1 ab	13.5 ab	8.2 ab	3.9 ab
Mean	32.5±13.8	9.9±4.5	5.9±2.5	2.8±1.2

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$, respectively

Table 7. Correlation among yield and measurement variable in walnut tree.

Variable	Tree age	Tree height	Crown area	No. of bearing shoot/bearing mother branch	No. of fruit setting/bearing mother branch	No. of fruit setting/bearing shoot	No. of fruit setting	No. of fruit setting/m ³
Yield	0.528**	0.468**	0.312**	0.362**	0.423**	0.303**	0.952**	0.297**

**Significant at p≤0.01, respectively.

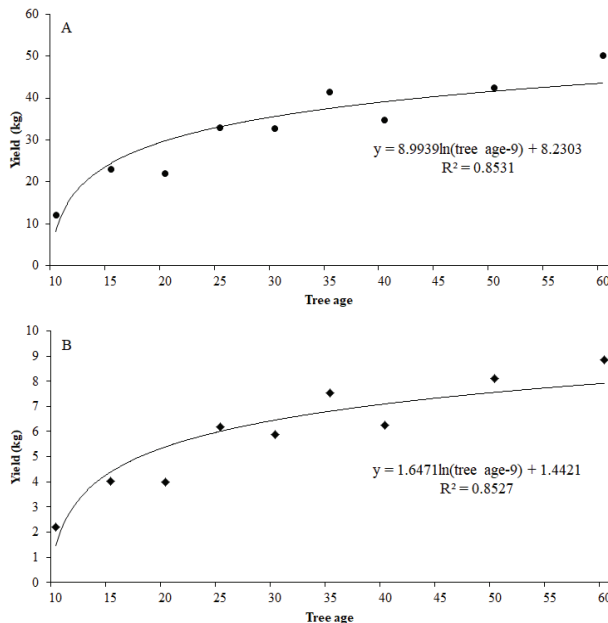


Figure 3. Standard yield estimation formula of walnut tree by tree age. A, walnut in green peel; B, dried shell walnut.

본 연구의 본당 수확량이 표준수확량인 것으로 가정하고 수확량에 영향을 미치는 변인을 구명하기 위하여 본당 수확량과 측정변인의 상관계수를 분석한 결과는 Table 5와 같으며 수령, 수고, 수관면적, 결과모지당 결과지수, 결과모지당 착과수, 결과지당 착과수 등이 수확량과 통계적으로 상관이 있는 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 바탕으로 김천지역 호두 표준수확량 산출을 위한 표준수확량 추정식을 도출하였다(Figure 2). 표준수확량 추정식은 청피호두 Formula 1과 알호두 Formula 2와 같다.

Formula 1. $y=8.9939\ln(\text{수령}-9)+8.2303, R^2=0.8531$

Formula 2. $y=1.6471\ln(\text{수령}-9)+1.4421, R^2=0.8527$

추정식을 바탕으로 표준수확량을 추정한 결과 청피호두의 경우 10년생 호두나무에서 8.2 kg을 수확할 수 있는 것으로 추정하였고 수령이 증가함에 따라 수확량도 증가하여 60년생 호두나무에서는 43.6 kg을 수확할 수 있는

것으로 추정된다. 또한 본 연구의 조사결과, 7~8년생 호두나무의 착과수 및 청피호두 수확량은 각 81.5개, 5.0 kg으로 10년생 호두나무의 50~60%로 수확량을 추정할 수 있을 것으로 판단된다(data not shown).

References

Cripps, K.E.L., Melville, F. and Nicol, H.I. 1975. The relationship of Granny Smith apple tree growth and early cropping to planting density and rectangularity. *Journal of Horticultural Science* 50(4): 291-299.

Clayton-Greene, K.A. 1993. Influence of orchard management system on yield, quality and vegetative characteristics of apple trees. *Journal of Horticultural Science* 68(3): 365-369.

Costa, G., Beltrame, E., Eccher, P. and Pianezzola, A. 1996. High density planted apple orchards: Effects on yield, performance and fruit quality. *Acta Horticulturae* 451: 505-512.

Cho, K.H. and Yoon, T.M. 2006. Fruit quality, yield, and profitability of ‘Hongro’ apple as affected by crop load. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 24(2): 210-215.

Chio, S.W., Sagong, D.H. Song, Y.Y. and Yoon, T.M. 2009. Optimum crop load of ‘Fuji’/M.9 young apple trees. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 27(4): 547-553.

Erf, J.A. and Proctor, J.T.A. 1987. Changes in apple leaf water status and vegetative growth as influenced by crop load. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 112(4): 617-620.

Forshey, C.G. and Elfving, D.A. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple. *Horticultural Reviews* 11: 229-287.

Guak, S., Kim, E.J., Kook, J.R. and Choi, D.G. 2009. MaxCel as a postbloom thinner for ‘Hongro’ and ‘Fuji’ apples. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 50: 181-187.

Hwang, S.I., Lee, M.H., Lee, B.S. and Yi, J.S. 2002. Effects of scion collection time and grafting treatments on the

- survival of epicotyl grafts in walnut. Korean Journal of Breeding Science 34(3): 517-522.
- Hwang, S.I., Cho, K.J., Lee, M.H., Yi, J.S., Lee, B.S. and Lee, U. 2004. Genetic relations and identification of genus *Juglans* using I-SSR makers. Journal of Korean Forest Society 93(7): 417-422.
- Kim, M.J., Lee, U., Hwang, M.S., Kim, S.C. and Lee, M.H. 2003. Blooming, fuctification and nut characteristics of chestnut cultivars cultivated in Korea. Journal of Korean Forest Society 92(4): 321-332.
- Kim, M.B., Rhew, C.H. and Kim, Y.J. 2015. A study on impact analysis of crop insurance program on agricultural production. KREI. Naju-si, Korea. pp. 49-65.
- Kim, M.B., Kim, T.H. and Ha, I.H. 2019. Ways to advance the agricultural insurance policy amid changes in agricultural conditions. KREI. Naju-si, Korea. pp. 72.
- KFS. 2019. Statistical yearbook of forestry. KFS. Daejeon, Korea. pp. 288.
- Lee, U., Lee, M.H., Hwang, S.I. and Byun, K.O. 2007. Nut characteristics of walnut hybrids (*Juglans* spp.). Korean Journal of Plant Resources 20(1): 63-68.
- Manning, W.E. 1987. The classification with in juglandaceae. Annals Missouri Botanical Garden 65(4): 1058-1087.
- Park, Y.K., Kim, J.H. and Kim, S.H. 2017. New varieties and cultivation technology in walnut trees. NIFOS., Seoul, Korea. pp. 5.
- Park, Y.K. et al. 2018. Breeding and cultivation technology development for forest fruits. NIFOS., Seoul, Korea. pp. 21.
- Roh, Y.S. 2019. Analysis of agricultural insurance subsidy effects on insured acre. Seoul, Seoul National University.
- Sansavini, S., Marangoni, B., Buscaroli, C., Corelli, L. and Tazzari, G. 1986. The relationship between spacing and rootstock effects in an intensive planting trial of two apple cultivars. Acta Horticulturae 160: 23-37.
- Wertheim, S.J. 1985. Productivity and fruit quality of apple in single-row and full-field planting systems. Scientia Horticulturae 26: 191-208.

Manuscript Received : May 21, 2020

First Revision : June 5, 2020

Accepted : June 8, 2020