

## 호두나무 수액의 유출특성

김철우\*, 김만조, 박영기

국립산림과학원 특용자원연구과

### Sap Outflow Characteristics of Walnut Tree (*Juglans sinensis* Dode)

Chul-Woo Kim\*, Mahn-Jo Kim and Youngki Park

Division of Special-purpose Trees, Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

**Abstract** - The sap outflow characteristics of *Juglans sinensis* and *J. mandshurica* were investigated to evaluate the optimum pruning period of walnut tree that there is a sap spill on dormant. The total period of sap outflow were 34 days for both *J. sinensis* and *J. mandshurica*. Total amount of sap outflow per tree in *J. sinensis* and *J. mandshurica* were 2,922 mL/tree and 3,135 mL/tree, respectively and the period of sap outflow and non sap outflow between two species were similar. ANOVA analysis showed that the amount of sap outflow was significant differences with day of sap outflow but there were no significant differences between species. From the correlation analysis between air-temperature and sap outflow, daily minimum temperature showed a positive correlation at the 1% level of significance ( $r=0.56$  and  $r=0.46$ ) for both *J. sinensis* and *J. mandshurica*. When branch of walnut tree that diameter is 5 cm cut on the period of sap outflow, the sap flowed down the longest period (48 days) but the sap outflow was not observed after budburst. Therefore, our study supported that the pruning have to avoid the period of sap outflow to reduce sap outflow of walnut tree.

**Key words** - Dormant, Budburst, Correlation, Temperature, Branch

## 서 언

호두나무는 가래나무과(Julandaceae) 가래나무속(*Juglans*) 속에 속하는 낙엽교목으로 주요 재배종은 *Juglans regia*이며 (Manning, 1978), 우리나라에서 주로 재배되는 호두나무는 *Juglans sinensis*이다. 터키나 미국 등지에서도 우리나라와 마찬가지로 호두나무를 과실과 목재생산의 목적으로 재배되고 있다.

호두의 주요 생산 국가는 중국, 이란, 미국 및 터키 등이 있다 (FAOSTAT, 2011). 국내에서 재배되고 있는 호두나무는 중국에서 건너온 것으로 내한성이 약하여 연 평균기온이 12°C 이상인 지역에서 안정적인 성장과 수확량을 보인다(Park *et al.*, 2011).

국내의 호두나무에 관한 연구는 증식기술(Hwang *et al.*, 2002a; 2002b; 2003)과 호두나무 속간의 유연관계(Hwang *et al.*, 2004)에 대한 연구가 대부분이며, 내한성이 강한 가래나무를 대목으로 하는 유경접목 기술이 호두나무 대량증식을 위한

방법으로 사용되어지고 있다(Hwang *et al.*, 2002b).

호두나무는 다른 과수처럼 전정을 통한 세부적인 수형관리가 필요하지 않지만, 고사지의 방치로 인한 병해충 발생 등 여러 가지 피해를 초래할 수 있다(Park *et al.*, 2012). 유목 때부터 동해와 병충해로 인한 피해지 및 불량지 등의 제거로 성장과 결실에 유리한 수형을 유지함에 있어 호두나무의 전정은 기타 과수와 마찬가지로 재배관리를 위해 필요하다. 현재 호두나무는 높은 수익성으로 재배농가가 증가하고 있으나 호두나무 전정시기가 명확하게 구명되어 있지 않아 재배농가가 호두나무의 전정을 위해 활용할 수 있는 과학적인 자료가 전무한 실정이다.

호두나무는 내한성이 약한 수종으로 휴면기에 동해피해가 많이 발생한다. 이런 피해를 동계기에 전정하게 되면 고로쇠나무, 우산고로쇠나무 및 가래나무 등과 같이 많은 양의 수액이 수체 밖으로 유출된다. 그러나 호두나무의 수액 유출특성에 대한 연구는 현재까지 없었다. 따라서 휴면기에 수액이 유출되는 같은 속의 가래나무를 비교종으로 하여 수액 유출특성을 비교·분석함으로써 호두나무의 전정시기를 구명하는 기초자료로 활

\*교신저자(E-mail) : ftree@forest.go.kr

용하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 시험지 및 공시목

본 연구를 위해 경기도 수원에 위치한 국립산림과학원의 호두나무 시험림에서 호두나무 4그루와 비교종으로 가래나무 4그루를 공시목으로 선정하였고, 평균 수고, 흉고직경 및 해발고도 등은 Table 1과 같다.

### 호두나무와 가래나무의 수액 유출 특성

호두나무와 가래나무 수액의 일 유출량 측정은 천공법을 적용하였고, 휴대용 전동드릴로 수간에 직경 1.0 cm, 깊이 2.0 cm로 나무 당 1구씩 천공하였다(Moon *et al.*, 2004a; Choi *et al.*, 2010). 수액의 유출이 시작된 2013년 1월 29일부터 천공부에 투명호스를 삽입하고 사출부에 플라스틱 매스실린더(1L)를 설치하여 매일 오전 9시, 12시, 15시, 18시, 21시에 유출량을 조사하였다.

### 전정된 호두나무 가지부의 수액 유출 특성

호두나무를 수액이 유출되는 시기에 전정할 때 절단면의 직경에 따른 수액 유출특성을 구명하기 위해 2013년 2월 1일부터 1달 간격으로 시험림내의 호두나무 가지를 직경별(1 cm, 3 cm 및 5 cm) 무작위로 선정한 후 각 3개씩 절단하였다. 절단면에서 수액 유출 유·무를 매일 기록하였다.

### 기상자료 및 자료분석

대기온도(일 최고기온, 일 최저기온, 일 평균기온 및 기온차)

와 호두나무 수액 유출량과의 상관관계를 분석하기 위해 국립산림과학원 호두나무 시험림이 위치한 수원시 기상청의 기상관측자료를 이용하여 분석에 사용하였다. 수집된 데이터는 SPSS 통계프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 통해 수액의 유출일과 수종에 따른 유출량특성을 검정하였고, 호두나무와 가래나무 수액의 유출량과 대기온도와의 상호 관련성을 조사하기 위해 상관관계 분석을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 호두나무와 가래나무의 수액 유출 특성

호두나무와 가래나무의 수액 유출이 발생한 기간은 2013년 1월 29일에서 2013년 3월 15일이었으며, 총 유출일수는 34일로 조사되었다. 수액의 총 유출량은 호두나무가 2,922 mL/주였으며, 가래나무는 3,135 mL/주로 나타났다(Table 2).

유출 기간 중 가장 많은 유출량을 보인 일자는 호두나무와 가래나무 모두 1월 30일이었으며, 일 수액유출량은 각각 평균 390 mL/주, 435 mL/주를 나타냈다. 2013년 1월 30일부터 2월 2일까지 4일 동안 평균온도는 -0.4°C ~ 7.3°C 이며 호두나무는 1,185 mL/주, 가래나무는 1,270 mL/주의 수액유출량을 나타내었는데, 이는 전체 유출량의 약 40%와 41%로 유출 기간의 초기에 호두나무와 가래나무의 수액 유출이 집중되는 것으로 나타났다(Fig. 1, 2). Choi *et al.* (2012)은 인제군 지역에서 가래나무의 수액의 유출이 유출 초기인 2월 28일부터 3월 13일에 집중되었고, 이때의 평균온도는 -4°C ~ 0°C이었다고 보고하였다. 따라서 호두나무와 가래나무의 수액 유출이 수액유출기간 초기에 집중되는 것을 알 수 있었으며, 유출기간과 평균온도에서는 차

Table 1. Growth characteristics of *J. sinensis* and *J. mandshurica*

Species	Altitude (m)	Soil moisture (%)	Growth characteristics			
			Height (m)	DBH (cm)	Crown width (m)	Tree age (year)
<i>J. sinensis</i>	33	34.9±2.6	7.3 ± 0.4 <sup>z</sup>	23.5 ± 0.7	4.4 ± 0.6	25
<i>J. mandshurica</i>			8.8 ± 0.5	23.5 ± 0.5	4.7 ± 0.5	28

<sup>z</sup>: Mean±SD, DBH: diameter at breast height.

Table 2. Total amount of sap outflow for *J. sinensis* and *J. mandshurica*

	<i>J. sinensis</i>	<i>J. mandshurica</i>
Total day for sap outflow	34 days (1/29~3/15)	
Total amount of sap outflow (mL/tree)	2,922 ± 683 <sup>z</sup>	3,135 ± 827

<sup>z</sup>: Mean±SD.

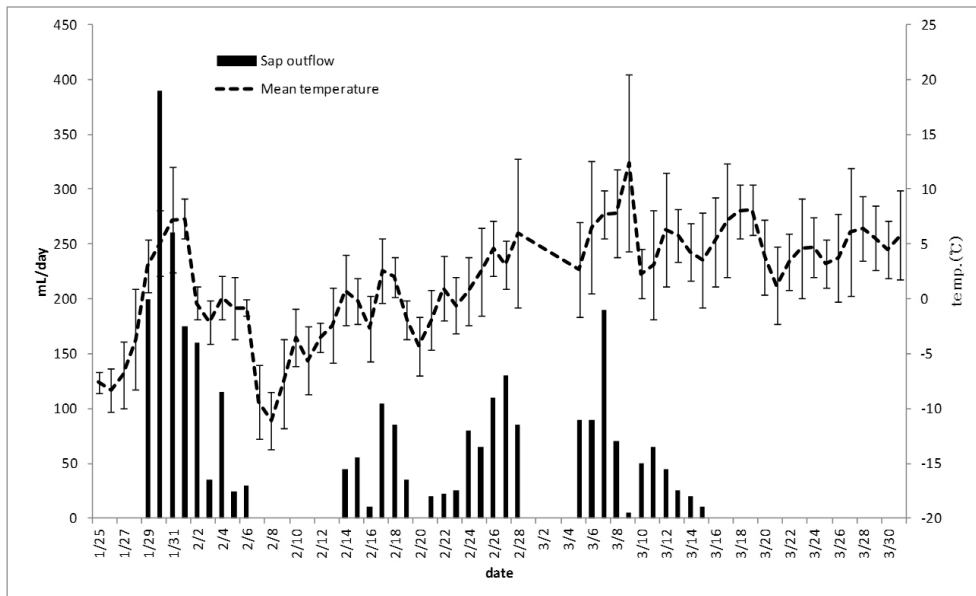


Fig. 1. Sap outflow characteristic for *J. sinensis*.

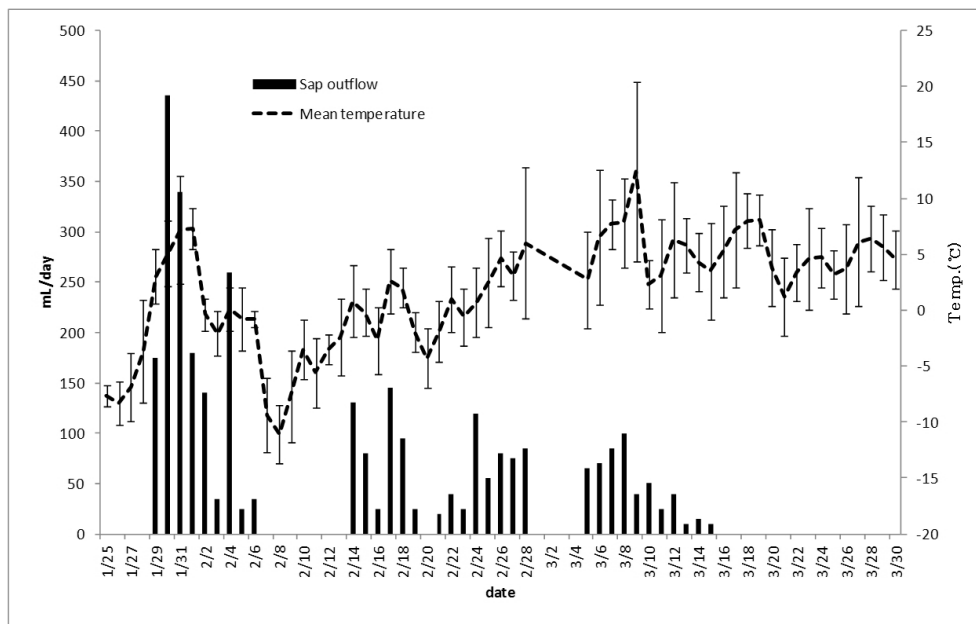


Fig. 2. Sap outflow characteristic for *J. mandshurica*.

이가 있었다.

특히 수액의 유출 기간 중 1월 25일~28일, 2월 7일~13일과 2월 20일에는 수액의 유출이 호두나무와 가래나무 모두에서 나타나지 않았다. 위 기간 동안의 평균 최고기온은 0.3°C~-3.2°C이며, 최저기온은 -7.9°C~-10.6°C으로 수액의 유출이 멈춘 기간의 평균 최고, 최저온도가 영하로 나타났다. 호두나무와 가래나무의 수액이 유출된 기간은 1월 29일~2월 6일, 2월 14일~2

월 19일 및 2월 21일~3월 15일로 유출 기간 동안의 평균 최고기온은 3.7°C~9.9°C이며, 최저기온은 -1.5°C~-4.3°C으로 나타났다. 따라서 수액이 유출된 기간 동안의 일 기온이 낮에는 영상을 유지하고 밤에는 영하의 기온을 보이는 경향을 나타내었다 (Table 3).

휴면기에 수액이 유출되는 현상은 낮 온도가 영상으로 오르고 밤 온도가 영하로 떨어지는 대기온도의 변화가 수간압에 작

Table 3. Characteristics of Sap outflow by air temperature

Period	Mean of sap outflow (mL/tree)		Mean of Max. Temp. (°C)	Mean of Min. Temp. (°C)
	<i>J. sinensis</i>	<i>J. mandshurica</i>		
1/25~1/28	-	-	-3.2 ± 3.0	-10.6 ± 1.0
1/29~2/ 6	154.4 ± 127.7 <sup>z</sup>	180.6 ± 152.0	5.5 ± 4.7	-1.6 ± 3.0
2/ 7~2/13	-	-	-1.2 ± 2.8	-10.4 ± 3.5
2/14~2/19	55.8 ± 34.1	83.3 ± 52.7	3.7 ± 2.3	-4.3 ± 2.4
2/20	-	-	0.3 ± 0.0	-7.9 ± 0.0
2/21~3/15	62.8 ± 51.9	53.2 ± 34.8	9.9 ± 5.1	-1.5 ± 2.8

<sup>z</sup>: Mean±SD.

Table 4. ANOVA analysis for amount of sap outflow according to the species and day of sap outflow

Variable	df	Mean square
		Amount of sap outflow
Species (A)	1	2688.76
Day of sap outflow (B)	33	58957.25**
A × B	33	3699.83**

\*\* : Significant at  $p < 0.01$ .

용하는 것이며, 수간압에 의해 호두나무와 가래나무는 낮에 기온이 영상으로 올라가지 않으면 수액이 나오지 않는 것으로 판단된다.

온도의 변화로 인해 이른 봄에 수액의 유출현상이 설당단풍나무에서 발생한다는 보고(NYSAES, 2013)와 울릉도 고로쇠나무에서 수액의 유출이 상대적으로 많았던 기상조건은 일 최저기온과 최고기온이 -1.5°C에서 16.8°C인 보고(Moon and Kwon, 2004a)와 가래나무에서 수액의 유출기간동안 최고기온과 최저기온이 11.8°C와 -3.3°C였다는 보고(Choi *et al.*, 2012)와 같이 최고기온이 영상으로 오르지 않는 대기온도 조건에서는 수액의 유출이 발생하지 않는다는 것을 보여준다.

수액의 유출량은 유출일에 따라 통계적인 유의차가 있었으나, 수종 간에는 유의성이 나타나지 않았다(Table 4).

호두나무와 가래나무 수액의 유출이 시작되고 멈춘 1월 29일부터 3월 15일까지 조사지의 일 최고기온, 일 최저기온, 일 평균기온 및 일 기온차와 수액 유출량간의 상관분석을 실시하였다. 호두나무는 일 최저온도 및 평균온도가 수액 유출량과 유의적인 상관관계가 있었으며, 일 최저기온이 수액 유출량과 가장 높은 정의 상관관계( $r=0.559$ ,  $p < 0.01$ )가 있었다. 가래나무는 일 최저온도 및 평균온도가 수액의 유출량과 유의적인 상관관계가 있었으며, 일 최저기온이 수액 유출량과 가장 높은 정의 상관관계( $r=0.460$ ,  $p < 0.01$ )를 나타냈다(Table 5). Choi *et al.* (2012)

은 가래나무에서 일중 최저기온이 수액의 유출량에 가장 유익적으로 영향을 미친다고 보고하였다.

고로쇠나무(Moon *et al.*, 2004b)와 우산고로쇠나무(Moon and Kwon, 2004a) 및 가래나무(Choi *et al.*, 2012) 등의 수액유출량은 대기온도와 가지의 직경(Sevanto *et al.*, 2008)과 밀접한 상관관계가 있는 것으로 보고된 바 있다. 이는 본 연구결과와 일치하는 것으로 호두나무는 휴면기에 대기온도의 변화(일 최저기온이 영하이고 일 최고기온이 영상일 때)에 의한 수간압의 작용으로 수액이 유출되는 것으로 판단된다.

#### 전정된 호두나무 가지부의 수액 유출 특성

2013년 2월 1일에 전정한 호두나무 가지 1 cm 절단면은 전정 후 41일, 3 cm와 5 cm는 48일이 경과된 후에 수액 유출이 멈추었으며, 2013년 3월 1일 전정한 호두나무 가지의 1 cm 절단면은 전정 후 24일, 3 cm와 5 cm는 28일이 경과된 후에 수액 유출이 멈추었다. 개엽기에 접어드는 2013년 4월 1일에 전정한 호두나무의 가지의 1 cm 절단면은 전정 후 10일, 3 cm와 5 cm는 18일이 경과된 후에 수액의 유출이 발생하지 않았다. 따라서 개엽기에 접어들면서 호두나무 수액의 유출이 점점 줄어들고 멈추는 것으로 나타났다(Table 6). 이는 호두나무가 개엽 후에는 잎에서의 증산작용이 왕성하게 이루어지면서, 도관으로부터 엽육세포로 수분이 이동하기 때문에 가지의 절단면에서 더 이상 수액유출이



- Kang. 2010. Factors affecting *Acer mono* sap exudation ( II ) Hamyang region in Korea. J. Korean Wood Sci. & Tech. 38:349-358 (in Korean).
- NYSAES (New York State Agricultural Experiment Station). 2013. Cornell sugar maple research and extension program. <http://maple.dnr.cornell.edu/produces/sapflow.htm>
- FAOSTAT. 2014. Production crops. <http://faostat.fao.org>
- Hwang, S.I., M.H. Lee, B.S. Lee and J.S. Yi. 2002a. Effects of scion collection time and grafting treatments on the survival of epicotyl grafts in walnut. Korean J. Breed. Sci. 34:223-227 (in Korean).
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, J.H. Song and U. Lee. 2002b. The effect of rootstocks of walnut trees on the survival rate by epicotyl grafting. Jour. Korean For. Soc. 91:517-522 (in Korean).
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and S.C. Kim. 2003. Regeneration of cultivars in a walnut plantation using top grafting. KFRI. J. For. Sci. 66:118-123 (in Korean).
- \_\_\_\_\_, K.J. Cho, M.H. Lee, J.S. Yi, B.S. Lee and U. Lee. 2004. Genetic relations and identification of genus *Juglans* using I-SSR makers. Jour. Korean For. Soc. 93:417-422 (in Korean).
- Heiligmann, R.B., M.R. Koelling and T.D. Perkins. 1996. North American Maple Syrup Producers Manual. Ohio State University, OH (USA). pp. 5-250.
- Manning, W.E. 1978. The classification with in juglandaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 65:1058-1087.
- Moon, H.S. and S.D. Kwon. 2004a. Sap collection and major components of *Acer okmotoanum* Nakai native in Ullungdo. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12: 249-254 (in Korean).
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, S.B. Park and J.W. Goo. 2004b. Sap collection and major components of *Acer mono* in Mt. Jiri. Korean j. Ecol. 27:263-267 (in Korean).
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 2006a. Effect of sap collection on trees growth in *Acer mono* of Mt. Jiri. Jour. Korean For. Soc. 95:1-4 (in Korean).
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 2006b. Optimum tapping size and number for sap collection of *Acer mono*. J. Ecol. Field Biol. 29:185-189 (in Korean).
- Park, Y.K., M.J. Kim and C.W. Kim. 2012. Pruning of Fruit Trees and Special Purpose Trees. KFRI., Seoul, Korea. p. 36 (in Korean).
- \_\_\_\_\_, S.I. Hwang and M.H. Lee. 2011. Walnut Tree Cultivation. KFRI., Seoul, Korea. p. 13 (in Korean).
- Sevanto, S., E. Nikinmaa, A. Riikonen, M. Daley, J. Pettijohn, N. Mikkelsen, N. Phillips and N. Michele. 2008. Linking xylem diameter variations with sap flow measurements. Plant Soil 305:77-90.

(Received 20 November 2013 ; Revised 7 March 2014 ; Accepted 19 March 2014)