

# 고로쇠나무 수액의 출수에 미치는 영향 인자 분석 : ( I ) 광양지역\*1

최원실\*2† · 박미진\*2 · 이학주\*2 · 최인규\*3 · 강하영\*2

## Factors Affecting *Acer mono sap* Exudation : Kwangyang Region in Korea \*1

Won-sil Choi\*2† · Mi-jin Park\*2 · Hak-ju Lee\*2 · In-gyu Choi\*3 · Ha-young Kang\*2

### 요 약

본 연구는 전라남도 광양시 백운산의 고로쇠나무 수액의 출수와 영향인자들을 분석하여 최적의 수액출수 조건을 얻고자 출수량, 고로쇠나무 흉고직경, 시험지의 기온과 상대습도를 2008년 1월 15일~3월 28일의 기간에 측정하여 출수량과 다른 측정값들과의 상관성 분석을 수행하였다. 수액 출수량은 고로쇠나무의 직경이 클수록 증가하였으며 출수에 필요한 최소 흉고직경은 17.1 cm로 분석되었고, 출수 시기는 직경별로 차이가 없었다. 수액 출수가 관찰될 때 일최저기온은  $-2.4 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ , 그리고 일최고기온은  $6.0 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ 로 영상과 영하의 기온이 교차하였고, 반면에 하루 종일 영상 혹은 영하의 기온을 유지시 출수가 관찰되지 아니하였다. 수액 출수량과 기온 및 대기습도와의 상관분석에서 수액출수량은 일최고기온, 일교차, 일최고습도, 일최저습도, 일평균습도에 유의성이 있었으며, 수액출수량과 일최고기온의 상관계수는 0.768 ( $P < 0.01$ )로 가장 높게 나타났다. 줄이들 인자들에 대한 편상관 분석결과 일최고기온이 주요 영향인자이었다. 수액 출수에는 일중 영하와 영상의 기온이 교차해야 하고 일최고기온이 높을수록, 그리고 고로쇠나무의 흉고직경이 클수록 출수량이 높았다.

\* 1 접수 2009년 9월 30일, 채택 2009년 10월 28일

\* 2 국립산림과학원 녹색산업연구과. Division of Green Business Management, Department of Forest Resources Utilization, Korean Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

\* 3 서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공. Department of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

† 주저자(corresponding author) : 최원실(e-mail: choialla@snu.ac.kr)

## ABSTRACT

This study was carried out to investigate the optimum condition for sap exudation of *Acer mono* Max. tree in a site of Mt. Baekun, Kwangyang city, Korea. Amount of sap exudation, air temperature, relative air humidity and tree diameter at breast height (DBH) were monitored for the period of January 5 through March 28, 2008, and correlation analysis of several factors affecting on sap exudation was carried out. As the diameter of *Acer mono* at breast height increased, the amount of sap was linearly proportional. Sap exudation initiated at February 18, and occurred intensively in the period of February 28 through March 10, resulting in 84% of total sap amount by volume. During sap exudation, the minimum temperature was averaged at  $-2.4 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$  and the maximum at  $6.0 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ , while there was no sap exudation whenever temperature was below or above  $0^{\circ}\text{C}$  all the day long. The maximum temperature, range of temperature and the maximum, minimum and mean humidities in air were significant factors affecting on amount of sap. The maximum air temperature had the highest correlation coefficient with 0.768 ( $P < 0.01$ ) and was also considered as the principal factor by partial-correlation analysis. These results showed that sap exudation required daily air-temperature fluctuation from below to above  $0^{\circ}\text{C}$ , and the amount of sap was strongly dependent on the highest daily-temperature and DBH of tree.

**Keywords:** *Acer mono*, sap, exudation, DBH, air temperature, relative air humidity

## 1. 서 론

나무의 목부 수액은 예로부터 미네랄 성분이 풍부하여 건강증진 음료로 널리 이용되어 왔다. 우리나라에서 주로 이용되는 수종으로 자작나무류의 자작나무(*Betula platyphylla* Sukatshev), 거제수나무(*B. costata* Trautv.), 박달나무(*B. schmidtii* Regel), 물박달나무(*B. davurica* Pallas), 사스래나무(*B. ermanii* Cham.), 단풍나무류의 고로쇠나무(*Acer mono* Max.), 당단풍나무(*A. pseudo-sieboldianum* Kom.)를 대표적으로 꼽는다(김 등, 1998).

이 중 고로쇠나무 수액은 일반인에게 가장 널리 알려져 있어 산림농가의 농한기 고부가가치 창출자원으로서 중요한 입지를 갖고 있고, 수액은 나무 수간부에 천공이나 상처를 가함으로서 채취가 용이하며 적절한 채취방법을 사용하면 산림자원을 보존하면서도 생산 가능한 보속적 자원이다(박 등, 1999). 고로쇠나무는 국내에서 주로 천연의 자생군락의 형태로 전국적으로 발견되며 이들의 생육지환경은 주로 동서 사면의 경사도 10~20도의 계곡에 분포한다

(김와 곽, 1994a). 유용 산림소득자원으로 고로쇠나무의 육성은 남부지방을 중심으로 일부 진행되고 있으며, 이와 관련된 수액채취 최적지 판정을 위한 노력으로 이 등(2006)은 수액생산량 예측모형 연구를 통하여 수계로부터 거리, 임상, 광노출도가 중요하며 영급, 도로접근성, 경급인자는 관련성이 적다고 보고하였다.

봄철 수액 출수의 원리는 아직까지 명확하게 정의된 것은 없지만 물리적 현상에 의한 기작이 큰 부분을 차지한다. 이에 Sauter (1971)는 수간의 세포간극에 축적된 이산화탄소의 압력 증가로 수액이 출수되고 이산화탄소가 수액에 흡수되어 압력이 감소하면 뿌리에서 물이 상승하여 도관에 충전된다고 하였다. 또한 Milburn과 O'Malley(1984)는 나무 온도가 감소하면 목섬유 내강에 수증기가 유입되어 수액 흡수가 유도되고 나무온도가 증가하면 중력과 공기 팽창으로 수액출수가 유도된다고 하였다. 특이적으로 Robert 등(1987)은 단풍나무 수액의 흡수와 출수는 도관 수액 내 자당의 존재시에만 관찰되고 농도 증가는 출수량도 증가시키며 자당이 없으면 유희과정 중에 수액

을 수간이 흡수한다고 보고한 바 있다.

한편, 고로쇠나무 수액의 출수량에 미치는 영향인에 관한 국내 연구는 미미한 실정이지만, 일교차, 풍속, 고도, 경사방향, 수관표면적, 천공수, 천공높이, 천공방향이 제시된 바 있고(김와 광, 1994b; 안 등, 1998), 일교차가 크고 바람이 없으며 강수가 없는 맑은 날씨에(윤 등, 1992), 그리고 햇볕이 잘 드는 남서면의 군락지(김와 광, 1994b; 이 등, 1995)와 남향 천공 위치에서(조 등, 1998) 출수량이 높은 것으로 보고되어 있다. 아울러 고로쇠나무의 흉고직경이 증가할수록(윤 등, 1992; 조 등, 1998) 그리고 수관이 클수록(김와 광, 1994b) 수액 출수량이 증가한다고 보고한 바 있다.

최근 들어 고로쇠나무의 수액이 주요 임산물 소득자원으로 수액의 가공, 유통, 생리활성 연구, 고부가가치 제품화 등 다방면에 걸친 이용에 관심이 증폭되고 있으며, 유용 수액 자원의 발굴, 고로쇠나무 자원 육성, 생산성 개선 등 많은 노력이 수행되고 있다. 고로쇠나무 수액을 임산물 자원으로 활용되기 위한 기초자료인 출수량 영향 인자에 관련된 국내 연구는 미미하여 보다 많은 연구 자료와 분석이 필요한 실정이고, 지역별 군락지를 대상으로 하는 출수량 영향인에 대한 체계적 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 논문은 전국에 분산된 고로쇠나무 군락지를 대상으로 하는 수액 출수량 영향 인자 분석 연구결과의 하나로, 전라남도 광양시 백운산에 군생하는 고로쇠나무를 대상으로 흉고직경, 기온 및 상대습도의 인자들과 수액 출수량 사이의 상관관계를 분석하여 출수량에 미치는 주요 영향인자를 탐색함으로써 수액채취에 적합한 입목조건과 기후 조건을 제시하여 해당 지역의 고로쇠나무 수액 자원의 이용 혹은 육성에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시험지 및 공시목

시험조사 대상지는 전라남도 광양시 진상면 어치리의 서울대학교 연습림 내 억불봉 계곡부에 자생하

Table 1. DBH of *Acer mono* tree and sap exudation period

Level	DBH		Exudation
	Count	Measure (cm)	Observed (day)
10 cm	10	15.4 ± 2.5	14
20 cm	10	24.3 ± 2.8	14
30 cm	10	37.6 ± 5.5	14

는 고로쇠나무 군락지 중 남서사면으로 20도 경사, 해발고도 600~700 m의 석력지로 선정하였다. 공시목은 고로쇠나무(*Acer mono* Max.)로, 흉고직경 10 cm급 10그루, 20 cm급 10그루, 30 cm 이상 10그루를 선정하여 총 30그루를 대상으로 하였다(Table 1).

### 2.2. 시험방법

고로쇠나무 수액 출수량의 측정은 공시목의 경급별로 10 cm급은 1개, 20 cm급은 2개, 30 cm 이상은 3개를 천공하여 24시간 간격으로 모니터링 하였으며 2008년 1월 15일~3월 28일의 기간 동안 수행하였다. 천공은 남향으로 하였으며 출수공 깊이 15 mm, 출수공 직경 8 mm로 지상에서 80~100 cm 높이로 하였다. 일일 출수량과 흉고직경은 각 공시목별로 측정하고 기록하였다. 또한 시험지의 기온과 습도의 변화가 수액 출수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 시험기간 동안 온습도 자동기록 장치인 데이터로거(HOBO H08-003-02, USA)를 분산된 공시목들의 중간 지점에 1개를 설치하여 1시간 간격으로 기온과 습도를 측정하였다.

고로쇠나무 수액의 출수량과 공시목의 흉고 직경간의 상관관계 분석은 각 공시목의 시험기간 동안 채취된 총량을 각 공시목의 수액 출수량으로 하여 흉고 직경별 수액 출수량을 수집한 다음 Pearson 상관분석 및 선형 회귀분석을 통하여 상관성과 수액 출수에 필요한 최소 직경을 도출하였다. 공시지역의 기온 및 습도와 출수량간의 상관관계 분석은 수집된 일별 기온과 상대습도 데이터로부터 추출된 일최고기온, 일최저기온, 일평균기온, 일교차, 일최고습도, 일최저

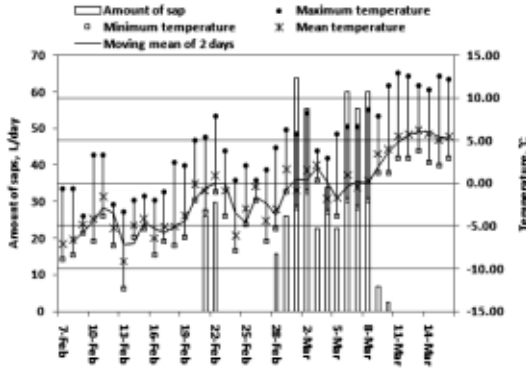


Fig. 1. Amount of sap exudation and daily air-temperature variation.

습도, 일평균습도, 일습도차의 값들과 공시목 모두로부터 얻은 일일출수량과의 Pearson 상관분석을 수행하여 기후인자와 출수량 사이의 상관성을 분석하였다. 통계처리에는 SPSS (SPSS INC., USA) 통계 프로그램을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 수액 출수시기

수액 출수는 2월 21일에 시작하여 3월 10일에 수액 출수가 멈추었으며 이 기간의 19일중 출수가 기록된 날수는 14일이었고, 총채취량 480 l 의 88%인 424 l 가 2월 28일~3월 10일 사이 12일 동안 집중적으로 출수되었다(Fig. 1). 이 결과는 지리산 지역(전라남도 구례군 토지면)에서 2월 26일~3월 11일 사이의 약 10일간의 기간에 집중적 수액 출수가 있었다는 연구 보고(김와 광, 1994b)와 유사하였다. 시험기간 중 기온은 2월 18일 이전에는 영하에 머물고 있었고 2월 18일부터 하루 중 영상과 영하를 오가는 현상이 심화되기 시작하였으며 3월 8일 이후 급격히 상승하여 3월 11일 이후에는 하루 종일 영상을 유지하였다. 수액 출수는 시험지의 기온이 영상과 영하를 오가는 현상이 심화되는 시기에 발생하기 시작하였으며 일최저기온이 영상의 기온으로 상승하는 시점에서 수액 출수가 끝나는 것으로 관찰되었다.

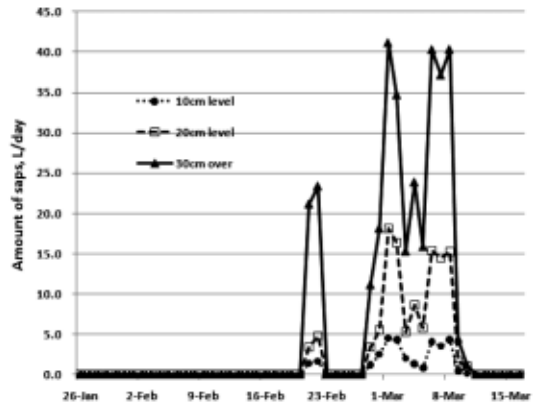


Fig. 2. Daily sap exudation and its dependence on DBH of *A. mono* tree. Total sap volumes were 32.8 l, 119.1 l, and 328.3 l at different DBH levels of 10, 20 and 30 cm DBHs, respectively.

#### 3.2. 출수량 영향 인자 분석

##### 3.2.1. 고로쇠나무 흉고직경

Fig. 2는 고로쇠나무 흉고직경에 따른 수액 출수량을 일별로 측정된 결과이다. 수액의 출수 시기는 고로쇠나무 경급 간에 차이가 없었으나 출수량에서는 경급 증가시 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다. 시험기간 중 총 출수량은 10 cm급에서는 매우 낮아 1그루당  $3.3 \pm 1.8$  l 에 불과하였으나 평균직경이 1.5배인 20 cm급의 경우  $11.9 \pm 6.0$  l 로서 10 cm급 대비하여 3배 이상의 출수량이 기록되었다. 또한 평균직경이 2.5배에 달하는 30 cm급의 경우 10 cm급 대비하여 출수량은 약 10배인  $32.8 \pm 17.3$  l 가 출수되었다. 이러한 결과와 유사하게 윤 등(1992)은 자작나무과 5종과 단풍나무과 2종의 모든 수종에서 흉고직경이 커질 때 수액 출수량도 직선적으로 증가하는 경향이 있다고 하였고, 조 등(1998)도 자작나무 수액 출수량은 흉고직경이 커질수록 증가하나 출수공 직경에 일정수준 이상에서는 영향을 받지 않는다고 하였다.

수액 출수량에 고로쇠나무 둘레 및 단면적이 미치는 영향을 조사하기 위하여 흉고직경과 흉고직경의 제곱근에 대한 출수량과의 상관관계를 각각 분석한

Table 2. Linear regression\*<sup>1</sup> for the relationship between DBH variables and amount of sap exudation

Dependent variable	Coefficient	Unstandardized coefficients		t value	Significance
		Value	Std. Error		
DBH	Constant	17.147	1314	13.051	0
	Slope	0.542	0.658	9.338	0
Square of half DBH	Constant	63.999	17.067	3.750	0.001
	Slope	7.974	0.755	10.564	0

\*<sup>1</sup> Linear regression equation : Dependent = Slope × (Independent) + Constant, Independent variable : amount of sap exudated

결과, 흉고 직경과 흉고 직경의 제곱근 모두 수액 출수량에 대하여 1% 유의수준에서 0.870과 0.894의 상관계수로 높은 유의성이 나타났다. 그러므로 고로쇠나무 둘레와 단면적은 수액 출수량에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 또한 나무 직경이 커질수록 수간부의 목질량도 비례적으로 증가하므로 수액출수량은 목질량과도 밀접한 관계가 있을 것으로 생각한다. 이러한 결과와 유사하게 Tyree (1983)는 당단풍나무 수액에 관한 연구에서 목부 수간부의 수액 흡수량은 목질량이 크고 함수율이 낮을수록 높으며 출수량은 수액 흡수량이 높을수록 높다고 보고한 바 있다.

수액 채취에 적합한 고로쇠나무의 최소 직경은 천연 군생자원의 활용과 고로쇠나무 육성에 필요한 기초자료로 활용될 수 있다. 이러한 최소 직경을 구하기 위하여 흉고 직경과 수액 출수량 사이의 선형 회귀분석을 수행한 결과는 Table 2와 같다. 선형 회귀식을 통하여 계산된 수액채취가 가능한 고로쇠나무의 최소 직경은 흉고직경과 흉고직경 제곱근 기준으로 각각 17.2 cm와 16.0 cm으로 추정되었고 분석 기준에 따라 큰 차이가 없었다. 산림청(2005) 수액 채취관리지침은 흉고직경 10 cm 이상의 고로쇠나무를 수액채취 대상목으로 할 것을 명시하고 있어, 본 연구 결과의 분석 추정치는 현장 자료를 근거로 한 값과는 큰 차이점이 있었다. 다만 본 연구 결과는 국소적 시험목을 대상으로 한 결과이고 통계적 추정이므로 흉고직경이 최소 직경보다 작으면 수액이 출수되지 않는 것을 반드시 의미하지 않는다. 아울러 고로쇠나무 수액의 출수량이 극대화되는 시점과 노령화

에 의한 감소점 또한 본 시험에서는 검토되지 못하여 향후 연구가 필요할 것으로 생각한다.

따라서 위의 시험결과를 볼 때 수액의 출수 시기는 입목의 흉고직경에 영향을 받지 아니하고 다른 영향인자에 영향을 받으며 수액의 출수량은 흉고직경에 영향을 받을 것으로 생각한다.

### 3.2.2. 기후 인자

#### 3.2.2.1. 수액 출수량별 특성

고로쇠 수액 출수량에 영향하는 기후인자로서 고로쇠나무 식생지의 기온과 상대습도를 평가하고자, 일출수량별 일일 온도 특성을 관찰하였다.

Table 3은 일출수량의 과소에 따라 등급을 나누고 각 등급에 해당하는 시험일의 기온과 상대습도 특성을 조사한 것이다. 일출수량 기준으로 Group 1은 50 l/day 이상, Group 2는 10~50 l/day에 해당하는 경우로 구분하였고 그리고 10 l/day 미만이고 일평균기온이 영하인 경우 Group 3으로 영상인 경우 Group 4로 구분하였다.

시험기간 60일 중 수액 출수일은 14일이었고 일출수량이 높은 Group 1과 Group 2에 해당하는 일수는 각각 5일과 7일에 불과하여 1년 중 효율적으로 수액 채취를 할 수 있는 일자는 매우 적은 것으로 나타났다. Group 1의 출수량은 전체 출수량 480 l의 61%인 294 l이었고 Group 2의 경우 37%인 177 l로서 Group 1과 Group 2이 전체 출수량의 98%를 차지하였으며, 반면 Group 3은 전체 출수량의 2%인 9 l이었고 Group 4의 출수량은 없었다.

Table 3. Classification by amount of sap exudation and corresponding daily air temperature and relative air humidity

Group* <sup>1</sup>		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Amount of sap (ℓ/day)		58.9 ± 5.8	25.3 ± 3.6	0	0
Relevant days (day)		5	7	10	38
Temperature (°C)	Maximum	7.2 ± 1.2	5.1 ± 1.7	0.0 ± 2.1	12.1 ± 0.8
	Minimum	-2.2 ± 0.8	-2.5 ± 2.0	-5.8 ± 2.8	2.8 ± 0.6
	Mean	0.3 ± 1.0	-0.4 ± 2.0	-4.0 ± 2.4	5.6 ± 0.4
	Range	9.3 ± 0.8	7.7 ± 2.2	5.8 ± 2.5	9.3 ± 1.0
Relative humidity (%)	Maximum	71.3 ± 12.3	74.6 ± 7.8	76.7 ± 11.3	82.4 ± 15.0
	Minimum	24.0 ± 2.0	31.6 ± 5.9	34.9 ± 14.9	38.4 ± 21.7
	Mean	49.9 ± 9.1	57.8 ± 5.2	61.6 ± 14.3	68.8 ± 16.6
	Range	47.3 ± 11.5	43.0 ± 8.5	41.8 ± 9.8	44.0 ± 15.2

\*<sup>1</sup> Classification upon the amount of sap : Group 1 - more than 50 ℓ/day; Group 2 - in the range between 10 and 50 ℓ/day; Group 3 - less than 10 ℓ/day and mean air temperature of below 0°C; Group 4 - less than 10 ℓ/day and mean air temperature of above 0°C

Group 1의 일출수량은 58.9 ℓ/day로서 Group 2의 25.3 ℓ/day에 비해 약 2배에 달하는 것으로 나타났다. 이들 Group 1과 Group 2간에 차이가 나는 기후인자는 일최고기온과 일최저습도였고 이외 다른 기후인자들은 큰 차이가 없었다. 일최고기온은 Group 1과 Group 2에서 각각 7.2°C와 5.1°C로 Group 1이 높았고 일최저습도의 경우 24.0%와 31.6%로 Group 2가 높게 나타났다. 그러므로 출수량이 많은 날에는 출수량이 적은 날에 대비하여 일최고기온이 높고 일최저습도는 낮은 것으로 생각되었다.

일교차는 일최고온도와 일최저온도의 차이값으로서 기온의 변화정도를 의미하며 일반적으로 일교차가 큰 날씨에 수액이 출수하는 것으로 알려져 있다. Group 1과 Group 4의 경우 일교차가 9.3°C로 유사하나 출수량은 Group 4의 경우 없고 Group 1은 높게 나타나 일교차가 크면 출수량도 많다고 단정할 수 없음을 알 수 있었다.

일출수량이 높은 Group 1과 Group 2의 경우 영하의 일최저기온과 영상의 일최고기온을 나타내었으며, 반면 Group 3의 경우 일최저기온이 영하이고 일최고기온이 0°C이었고 Group 4 경우 일최고기온은

12.1°C로서 높고 일최저기온이 2.8°C로 영상의 온도 로 나타났다. 즉, 수액 출수시에는 기온이 영하와 영상을 오가는 기온교차가 나타나고 반대로 이러한 기온 교차가 있는 날에 수액 출수의 가능성이 있음을 의미한다. 이러한 결과는 Tyree (1983)의 수액 출수 기작 연구에서 언급된 수액이 출수하기 위해서는 영하 기온에서의 물의 흡수와 영상의 기온에서 수간압이 발생하는 과정의 순환이 필요하다는 내용과 일치한다.

### 3.2.2.2. 기온과 상대습도의 영향

수액 출수량에 영향을 주는 주요 기후인자를 밝히고자 수액 출수량과 기온 및 상대습도의 상관관계를 분석하였다. 상관관계의 분석은 수액이 출수된 날과 출수되지 않은 날의 기온 및 습도를 비교하여 차이가 있는 인자를 추출하고 수액이 출수시의 해당 인자가 변동된 범위에 부합되는 자료를 대상으로 함으로써 분석의 명확성을 도모하였다. Table 3에서 출수량이 높은 날(Group 1과 Group 2)과 출수량이 미미하거나 없는 날(Group 3과 Group 4)의 기후인자들 중 차이가 있는 것은 일최고기온, 일최저기온, 일평균기

Table 4. Amount of sap exudation, air temperature and relative humidity of several days with daily mean air temperature in the range of -3.1°C and 2.1°C

Case for sap exudation		Exudated	Non-exudated
Corresponding days (day)		12	15
Amount of sap (ℓ/day)		393 ± 180	0
Temperature (°C)	Maximum	6.0 ± 18	1.9 ± 19
	Minimum	-2.4 ± 15	-2.6 ± 16
	Mean	-0.1 ± 16	-1.1 ± 14
	Range	8.4 ± 19	4.5 ± 23
Relative humidity (%)	Maximum	73.2 ± 9.5	85.0 ± 13.7
	Minimum	28.4 ± 6.0	44.4 ± 23.3
	Mean	54.5 ± 7.8	71.3 ± 17.9
	Range	44.8 ± 9.6	40.6 ± 16.1

온이었다. 이들 3가지 인자에 관한 요인분석결과 일평균기온이 상관계수 0.993으로 대표인자로 나타났고, 또한 일평균기온은 Group 1과 Group 2에서 같은 값으로(t-검정시 p = 0.967) 출수량 고저에 크게 영향하지 않고 출수유무에 관여하는 인자로 판단되었다. 따라서 일평균기온을 최소의 출수요건을 선정하는데 필요한 인자로 선정하고 Group 1과 Group 2의 일평균기온 최저값 -3.1°C과 최고값 2.1°C를 기준으로 일평균기온 -3.1~2.1°C 범위에 속하는 자료를 통계 분석의 대상으로 하였다.

일평균기온을 기준으로 추출된 자료의 특성은 Table 4와 같고, 출수 요건에 해당하는 일수는 27일이었고 출수가 관찰된 일수는 12일이었다. 출수일의 일최고기온은 6.0°C, 일최저기온 -2.4°C, 일평균기온 -0.1°C, 일교차는 8.4°C로 Table 3의 Group 1 및 Group 2의 경우와 매우 유사하게 나타났다. 출수일과 미출수일 간 차이가 있는 기후인자로 일최고기온, 일교차, 일최저습도, 평균습도가 해당되었으며 각각 4.1°C, 3.9°C, 16%, 17%의 차이가 있었다. 이로부터 수액출수 여부에 일최고기온, 일교차, 최저습도, 평균습도의 인자들이 관여하는 것으로 생각되었다.

그러므로, 수액 출수량과 기후인자간의 상관성을 보다 명확하게 분석하고자 통계분석을 수행하였다.

통계분석은 일최고기온, 일최저기온, 일평균기온, 일교차, 일최고습도, 일최저습도, 일평균습도, 일습도차의 8가지 인자에 대해 수행하였으며, 피어슨 상관분석을 실시한 결과는 Table 5와 같다. 수액 출수량은 일최고기온, 일교차, 일최고습도, 일최저습도, 일평균습도에 대하여 유의성이 있었으며 일최고기온, 일교차에 정(+)의 상관성을 일최고습도, 일최저습도, 일평균습도에 부(-)의 상관성을 나타내었다. 상관계수가 가장 큰 인자는 일최고온도로 나타났고 다음으로 일교차 순이었다. 상관계수로 볼 때 수액 출수시 기온은 높고 습도는 낮아야 출수량이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수액 출수량은 일교차가 크고 강우가 없는 날에 높게 나타났다는 보고(김등, 1998)와 유사하다. 또한 본 연구 결과에서는 일최저기온과 출수량 사이에는 유의성이 없는 것으로 나타나, 지리산(구례군) 지역의 자생 고로쇠나무를 대상으로 한 시험에서 일최저기온이 수액 출수량 주요 영향 요인 중 하나로 나타난 연구 결과(김와 짝, 1994b)와는 다른 결과를 나타내었다.

그리고 Table 5의 출수량 영향인자 중 주요 인자를 분별하기 위하여 편상관 분석을 수행한 결과(Table 6), 일최고기온을 조절인자로 할 경우 다른 인자들은 출수량에 유의성이 없는 것으로 나타나 일





출수시기는 직경별로 차이가 없었으나, 출수량은 직경이 클수록 선형적으로 증가하였다. 수액 출수시 기온은 영상과 영하의 기온이 교차하였고, 반면 하루 종일 영상 혹은 영하의 기온을 유지시 출수가 관찰되지 아니하여 전날의 기온이 당일의 출수량에 영향을 미치지 아니하는 것으로 생각되었다. 일일 수액 출수량은 일최고기온, 일교차, 일최고습도, 일최저습도, 일평균습도에 유의성이 있었고, 이들 인자들의 편상관분석 결과 일최고기온이 주요 영향인자로 나타났다. 따라서 수액 출수시기에 일중 영하와 영상의 기온이 교차하고 일최고기온이 높으며, 그리고 고로쇠나무의 흉고직경이 커질수록 출수량이 높을 것으로 생각한다. 아울러 본 시험 결과는 고로쇠나무 수액을 농한기 산림 소득원으로 육성하고 관리하는데 필요한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 수액 출수 영향인자들을 세부적으로 분석하기 위해 입목 주변 토양의 함수상태, 목질부의 함수율 변화, 가지부와 수간부의 온도변화, 수간압의 변화 등에 다른 인자들에 관한 연구가 더 필요할 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. 김철수, 궤애경. 1994a. 고로쇠나무의 수액출수에 미치는 환경요인과 그 군락의 자원화에 관한 연구 : 생육지 환경과 군락의 구조. 한국생태학회지. 17(3): 333~344.
2. 김철수, 궤애경. 1994b. 고로쇠나무의 수액출수에 미치는 환경요인과 그 군락의 자원화에 관한 연구(2) : 환경요인 및 공시목의 회복. 한국생태학회지. 17(4): 533~545.
3. 김홍은, 권기철, 박철하, 조남석. 1998. 소백산지역의 수액채취수종의 분포 및 수액채취량. 목재공학. 26(3): 81~92.
4. 박정호, 안종만, 강학모. 1999. 수액채취 생산활동이 농업생산구조에 미치는 영향에 관한 연구. 산림경제연구. 7(2): 65~75.
5. 박형순, 송원도, 나천수. 1989. 백운산 지역 고로쇠나무의 수액채취량과 생장 및 온도와의 관계. 임업육종연구보고. 25: 30~34.
6. 산림청. 2005. 수액 채취관리지침. <http://civil.forest.go.kr>.
7. 안종만, 강학모, 김준선. 1998. 고로쇠나무 수액의 채취와 유통구조에 관한 연구. 한국임학회지. 87(3): 391~403.
8. 윤승락, 조종수, 김태욱. 1992. 자작나무와 단풍나무류의 수액채취 및 이용. 목재공학. 20(4): 15~20.
9. 이경준, 차윤정, 박종영, 박정호. 1995. 고로쇠나무 자생지의 기상, 입지환경, 나무크기, 천공방법이 수액 유출에 미치는 영향. 서울대학교 농과대학 연습림보고. 31: 1~16.
10. 이병두, 정주상, 권대순. 2006. 퍼지집합과 GIS를 이용한 고로쇠나무 임분의 수액채취 적지 분석. 한국임학회지. 95(1): 38~44.
11. 조남석, 김홍은, 민두식, 박철하. 1998. 건강음료로서의 자작나무 수액의 유출량에 미치는 영향인자. 목재공학. 26(3): 93~99.
12. Milburn J. A. and P. E. R. O'Malley. 1984. Freeze-induced sap absorption in *Acer pseudoplatanus* : a possible explanation. Can. J. Bot. 62: 2101~2106.
13. Robert W. J., T. T. Mevin, and A. D. Michael. 1987. A Requirement for sucrose in xylem sap flow from dormant maple trees. Plant Physiol. 84: 495~500.
14. Sauter, J. J. 1971. Physiology of sugar maple. Harv. For. Annu. Rep. 1970-1971, pp. 10~11.
15. Tyree M. T. 1983. Maple sap uptake, exudation, and pressure changes correlated with freezing exotherms and thawing endotherms. Plant Physiol. 73: 277~285.