

가래나무 수액와 고로쇠나무의 출수량에 미치는 영향 인자 분석 : (Ⅲ) 인제 지역*1

최원실*2 · 최인규*3 · 박미진*4†

Factors Affecting Sap Exudation of *Juglans Mandshurica* and *Acer Mono* : (Ⅲ) Inje Region in Korea*1

Won-Sil Choi*2 · In-Gyu Choi*3 · Mi-Jin Park*4†

요약

본 연구에서는 강원도 인제지역의 가래나무의 수액 출수와 영향인자들을 분석하여 고로쇠나무 수액의 대체 자원으로서 최적의 수액 출수 조건을 얻고자 출수량, 흉고직경, 시험지의 기온과 상대습도를 2008년 2월 1일~3월 31일의 기간에 측정하여 출수량과 다른 측정값들과의 상관성 분석을 수행하였고 고로쇠나무의 경우와 비교 분석하였다.

가래나무 수액의 출수는 고로쇠나무 경우와 유사한 출수 시기와 출수 기간을 가지고 있었으나 가래나무 수액 출수는 출수 기간의 초기에 집중되었다. 동일 지역의 고로쇠나무 수액의 출수량은 나무의 흉고직경이 증가할수록 증가한 것과 달리 가래나무 수액의 출수량은 흉고직경 증가에 따른 뚜렷한 증감을 관찰할 수 없었다. 수액 출수량이 높은 개체의 경우 고로쇠나무와 가래나무 모두 단위 흉고직경 당 출수량은 높은 것으로 나타났으며, 고로쇠나무의 흉고직경 당 출수량은 전체 평균 0.9 ± 0.1 l/cm으로 가래나무의 평균 0.3 ± 0.1 l/cm에 대비하여 3배에 달하였다. 수액이 많이 출수되는 날의 기온과 상대습도는 고로쇠나무와 가래나무 경우 모두 서로 유사하게 나타나 가래나무 수액 출수는 고로쇠나무의 경우와 같이 외부 기후 조건에 많이 영향받는 것으로 판단되었다. 수액출수량과 기온 및 대기 습도와의 상관 분석에서 가래나무의 경우 일중 최저 기온($P < 0.05$)이, 고로쇠나무의 경우 기온차($P < 0.01$)가 수액 출수량에 가장 유의적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 볼 때 가래나무의 수액 출수는 고로쇠나무와 유사한 기후 조건에서 발생하나 그 수액 출수량은 고로쇠나무보다 적고 이에 영향하는 주요 인자 또한 다른 것으로 생각된다.

*1 접수 2012년 5월 22일, 채택 2012년 11월 9일

*2 서울대학교 농업생명과학대학 농생명과학공동기기원, National Instrumentation Center for Environment Management, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

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

*4 국립산림과학원 화학미생물과, Division of Wood Chemistry and Microbiology, Department of Forest Products, Korean Forest Research Institute, Seoul 151-921, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 박미진(e-mail: lionpmj@forest.go.kr)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the optimum condition for sap exudation of *Juglans mandshurica* in comparison with *Acer mono* Max. trees in a site of Inje-Gun, Gangwon-Do, Korea. Amount of sap exudation, air temperature, relative air humidity and tree diameter at breast height (DBH) were monitored for the period of February 1 through March 31, 2008, and correlation analysis of several factors affecting on sap exudation was carried out.

Sap exudation from *J. mandshurica* initiated on Feb. 28 as the same time in case of *A. mono* and continued for a month, and enhanced in early March compared to around the middle of March for *A. mono*. The amount of sap of *A. mono* was linearly proportional to the diameter at breast height (DBH) but there was no apparent relationship for *J. mandshurica*. As the amount of sap exudation per tree increased then sap exudation per unit DBH was also linearly proportional in both *J. mandshurica* and *A. mono*. The amount of sap exudation per unit DBH of *J. mandshurica* were 0.3 ± 0.1 ℓ/cm on average, which was one third times of 0.9 ± 0.1 ℓ/cm for *A. mono*. During the days of enhanced sap exudation, the atmospheric conditions such as air temperature and relative humidity around *J. mandshurica* trees were very similar with those of *A. mono*. The minimum temperature was a significant factor affecting the amount of sap of *J. mandshurica* whereas the range of temperature was the principal factor for *A. mono*.

In conclusion, the sap of *J. mandshurica* exudated in atmospheric conditions similar to *A. mono*, but the amount of sap was affected by different atmospheric factors compared to *A. mono*.

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

1. 서 론

음용수로 사용되어온 수액(xylem sap)은 주로 고로쇠나무(*Acer mono* Max.)에서 채취하나, 가래나무(*Juglans mandshurica* Maxim. var. *mandshurica* for. *mandshurica*) 또한 거제수나무(*B. costata* Trautv.), 다래나무(*Acitindia arguta* Planch), 자작나무(*Betula platyphylla* Sukatschev), 사스래나무(*B. ermanii* Cham.), 박달나무(*B. schmidtii* Regel), 물박달 나무(*B. davurica* Pallas)등과 유사하게 수액의 채취가 가능하고 수액 특유의 단맛을 가지고 있고 선인들이 음용한 역사를 가지고 있어 고로쇠나무 수액의 대체자원으로 볼 수 있다[1].

가래나무는 가래나무과(Juglandaceae)에 속하는 교목으로 그 열매는 호두나무와 같이 섭취가 가능하다. 가래나무에 관한 연구는 생리활성[2]과 자원조성분[3,4,5,6]로 집중되어 있으며, 가래나무의 수액 출수에 관한 연구는 전무하다. 지금까지 연구된 가래나무의 생리활성 성분 중 가장 대표적인 것은 diary-

lheptanoid류로 DNA topoisomerase 활성 억제[7], 암세포 독성 활성[8] 그리고 항산화 활성[9]을 가지는 것들이 뿌리부, 과피 그리고 잎에서 검출된 것으로 보고되어 있다. 이밖에 가래나무의 화학적 성분에 관해서는 수피에서 페놀성 화합물[10] 그리고 뿌리에서 휘발성 화합물[11]을 연구한 결과가 있다.

한국에서 가래나무는 중부이북지방이 주요 분포지로 주로 강원도 산간 지역에서 고로쇠나무와 더불어 고산지대에서 많이 발견된다. 따라서 일일 기온차이가 큰 식생지에서의 고로쇠 수액 출수가 일어나듯이 [12,13] 가래나무 수액의 채취 또한 가능하다. 일반적으로 수목 수액의 출수는 온도와 매우 밀접한 연관성이 있는데 Sauter [14]는 수간의 세포간극에 축적된 이산화탄소의 압력 증가로 수액이 출수되고 이산화탄소가 수액에 흡수되어 압력이 감소하면 뿌리에서 물이 상승하여 도관에 충전된다고 하였고, Milburn과 O'Malley [15]는 나무 온도가 감소하면 목섬유 내강에 수증기가 유입되어 수액 흡수가 유도되고 나무 온도가 증가하면 중력과 공기 팽창으로 수액출수가

Table 1. DBH Statics of *A. mono* and *J. mandshurica* Trees and Sap Exudation Period

Species	Level	DBH (cm)				Exudation period (observed, day)			
		Average	Stdev	Max	Min	Average	Stdev	Max	Min
<i>A.mono</i>	30 cm	38.1	9.0	60.0	31.0	24.0	4.1	29	17
	20 cm	23.0	2.6	27.7	20.0	22.6	3.2	29	18
	10 cm	14.0	2.8	19.7	10.5	23.7	3.6	29	19
<i>J.mandsburica</i>	30 cm	36.7	5.6	47.0	31.0	28.8	2.0	32	26
	20 cm	23.3	2.6	29.0	20.4	30.8	2.0	33	26
	10 cm	16.8	2.0	19.0	13.0	28.1	1.6	30	25

유도된다고 보고한 바 있다. 현재까지 가래나무 수액의 출수 현상에 대하여 연구된 결과는 전무한 실정인데 수액 출수에 대한 자료는 미활용 임산자원의 개발, 수액 대체자원의 발굴 그리고 학술적 기초자료의 제공이라는 측면에서 매우 중요한 자료로 사용될 수 있다고 판단된다.

본 연구에서는 고로쇠나무와 채취시기가 비슷한 강원도 인제지역에 자생하는 가래나무와 고로쇠나무를 대상으로 수액 출수량에 미치는 기후 인자들을 비교 분석하여 가래나무 수액을 음용자원으로서 이용하는 데 필요한 수액 생산량에 대한 자료를 얻고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험지 및 공시목

시험조사 대상지는 강원도 인제군 상남면 미산 1리(37°58' N, 128°24' E)의 국유림에 자생하는 고로쇠나무와 가래나무의 혼합 군락지중 남서사면으로 20도 경사, 해발고도 550~600 m의 석력지로 선정하였다. 공시목은 고로쇠나무(*Acer mono* Max.)와 가래나무(*Juglans mandshurica*), 수종별로 흉고직경 10 cm급 10그루, 20 cm급 10그루, 30 cm 이상 10그루를 각각 선정하여 총 60그루를 대상으로 하였다 (Table 1).

2.2. 시험방법

2.2.1. 수액 출수량 및 기후인자 측정

수액 출수량의 측정은 수목의 경급별로 10 cm급은 1개, 20 cm급은 2개, 30 cm 이상은 3개를 천공하여 24시간 간격으로 2008년 2월 25일~4월 2일의 기간 동안 수행하였다. 천공은 남향으로 하였으며 출수공 깊이가 15 mm, 출수공 직경 8 mm로 지상에서 80~100 cm 높이로 하였다[16].

기온과 습도의 변화가 수액 출수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 수액채취 기간 동안 데이터로거(HOBO H08-003-02, USA)를 분산된 공시목들의 중간 지점에 설치하여 1시간 간격으로 기온과 습도(상대습도)를 측정하였다.

2.2.2. 자료 분석

수액의 출수량과 공시목의 흉고 직경, 공시지역의 기온과 습도간의 상관관계를 분석하였다. 통계 분석은 SPSS (SPSS INC., USA) 통계 프로그램을 사용하여 선형 상관분석, 편상관분석, 선형회귀분석 등을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 출수 시기

고로쇠나무 수액의 출수는 2월 28일에 시작하여 3월 31일에 중지하여 약 32일의 기간 동안 진행되었다 (Fig. 1). 가장 높은 일일 출수량은 3월 15일에 105.5 l

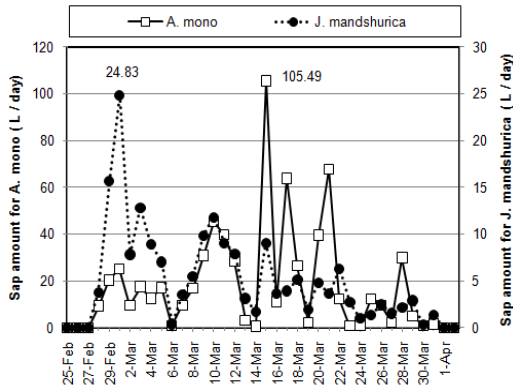


Fig. 1. Daily sap exudation of *A. mono* and *J. mandshurica* in 2008.

이었고 시험기간 동안 총 677.2 l가 출수되었으며, 3월 6일~3월 23일 사이의 약 18일 기간 중에 전체 출수량의 74%에 해당하는 503.9 l의 집중적인 수액 출수가 관찰되었다. 지리산 지역 고로쇠나무의 출수 시기에 대하여 김과 곽[17, 18]은 전라남도 구례군 토지면에서 1993년 2월 26일~3월 11일 사이에 그리고 최 등[12]은 전라남도 광양시 진산면의 백운산 지역에서 2008년 2월 28일~3월 10일 사이에 집중적인 수액 출수를 보고한 바 있다. 본 연구 결과를 볼 때 인제지역 고로쇠나무 수액의 출수는 남부지방의 지리산 고로쇠나무와 유사한 시기에 시작하고, 그리고 집중적 출수는 일주일 정도 늦게 시작함을 알 수 있으며 그 기간도 일주일 이상 긴 것으로 나타났다.

가래나무 수액의 출수는 Fig. 1에서와 같이 고로쇠나무 수액의 경우와 동일하게 2월 28일~3월 31일의 약 32일의 기간 동안 관찰되었다. 가래나무 수액의 총출수량은 187.6 l이었고 가장 높은 일일 출수량은 3월 1일에 24.8 l로서 총출수량과 최고 일일 출수량 모두 고로쇠나무 수액의 경우보다 낮은 값을 나타내었다. 그리고 고로쇠나무 경우와는 달리 가래나무 수액은 2월 28일~3월 13일 사이의 약 15일 기간 중에 전체 출수량의 70%에 해당하는 131.9 l의 집중적인 수액 출수가 관찰되었다.

이러한 결과를 볼 때 가래나무 수액은 고로쇠나무 경우와 유사한 출수 시기와 출수 기간을 가지고 있었으나 가래나무 수액 출수는 출수 기간의 초기에 집중

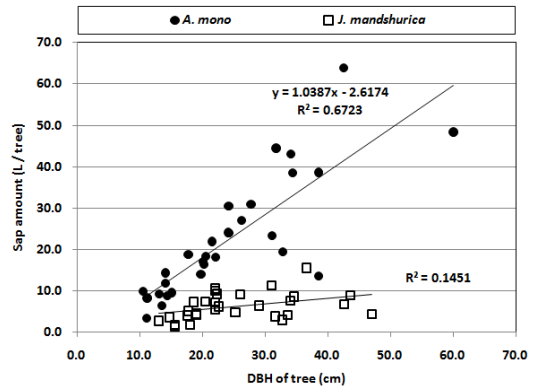


Fig. 2. Sap amount and the corresponding DBH of tree.

되었고 고로쇠나무 수액은 출수 기간 중기에 집중되었다는 점에서 다르게 나타났다.

3.2. 출수량 영향인자

3.2.1. 흉고직경

Fig. 2는 시험목별 시험 기간 내에 채취된 수액 총량과 흉고직경과의 관련성을 나타낸 것이다. 수액 총출수량은 고로쇠나무의 경우 흉고직경에 유의적으로 ($p < 0.01$) 높았으나 가래나무의 경우 흉고직경에 따라 증가하는 경향이 없었다($p > 0.05$). 수액 출수에 필요한 최소직경은 고로쇠나무의 경우 9.6 ± 0.81 cm ($p < 0.05$, $R^2 = 0.672$, $N = 30$)로서 산림청(2009) 수액 채취관리지침에서 흉고직경 10 cm이상의 고로쇠나무를 수액채취 대상목으로 할 것을 명시한 것과 유사한 결과를 나타내었고, 가래나무의 경우 10 cm 경급과 20 cm 경급의 공시목을 대상으로 할 경우 14.0 ± 0.31 cm ($p < 0.05$, $R^2 = 0.514$, $N = 21$)로 고로쇠나무보다 다소 높게 나타났다. 이러한 결과는 고로쇠나무의 경우 흉고직경이 커지면 나무의 목질량이 증가하고 더불어 수간압에 기여할 수 있는 목질량도 증가하므로 이에 따라 총 출수량도 커지는 것으로 보고한 연구[12, 13]와 유사하다. 한편 가래나무의 경우 수액 채취를 위해서는 고로쇠나무보다 수액 채취에 필요한 최소 직경이 더 크게 나타나 가래나무를 수액채취 자원으로 인공 조성시 고려하여야 할 사

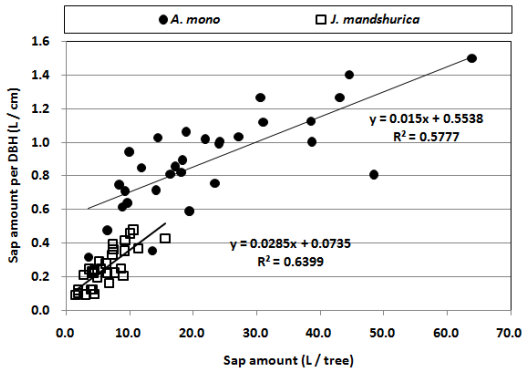


Fig. 3. Sap amount per unit DBH according to sap amount of tree.

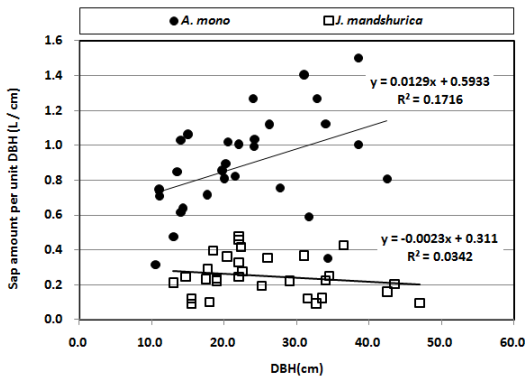
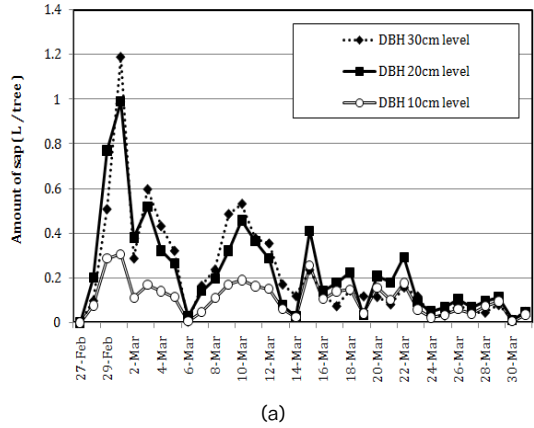


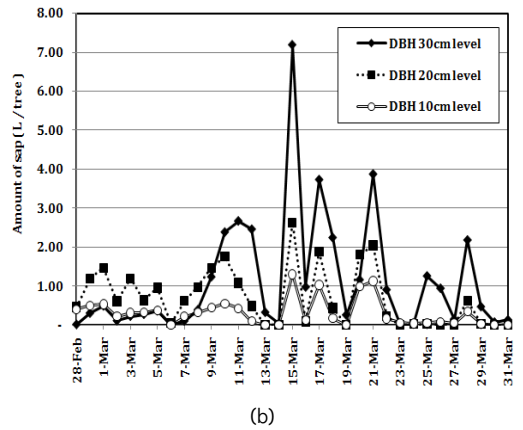
Fig. 4. Sap amount per unit DBH according to DBH of tree.

향으로 판단된다.

홍고직경 당 단위 출수량은 나무둘레의 크기를 반영한 출수량으로 시험목 각각의 출수량을 홍고직경으로 나누어 산출하였고 시험목 개별의 수액 생산성을 의미한다. Fig. 3은 시험목의 총출수량에 따른 홍고직경 당 출수량의 변이를 나타낸 것이다. 고로쇠나무와 가래나무 모두 출수량이 높아질수록 홍고직경 당 출수량도 유의적으로 ($p < 0.05$) 높아지는 뚜렷한 경향을 나타내었다. 그러므로 총출수량이 높다는 것은 홍고직경 당 출수량이 높다는 것을 의미하는 것이며, 수액 출수량을 높이기 위해서는 입목의 출수생산성 즉 홍고직경 당 단위 출수량을 높이는 조건이 갖추어져야 함을 알 수 있다. 한편, Fig. 2와 Fig. 3에



(a)



(b)

Fig. 5. Daily variation of sap amount at different DBH levels for (a) *A. mono* (b) *J. mandshurica* species respectively.

나타난 바와 같이 가래나무는 고로쇠나무 대비 동일 출수량에서 약 50% 수준의 홍고직경 당 단위 출수량을 나타내고 있다. 아울러 Fig. 4는 홍고직경에 따른 홍고직경 당 단위 출수량을 나타낸 것인데, 고로쇠나무의 경우 나무의 홍고직경이 커질수록 그 단위 출수량도 0.3~1.5 l/cm 범위에서 직경별 편차가 심하여 통계적 유의성이 없었으나 선형적으로 커지는 경향을 나타내고 있었고, 가래나무의 경우 홍고직경이 커져도 단위 출수량은 0.1~0.5 l/cm 범위에서 증감의 경향이 없는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 볼 때 가래나무는 홍고직경 당 수액

Table 2. Sap Amount Classified by DBH for *A. mono* and *J. mandshurica* Trees

Statics	<i>Acer mono</i>			<i>Juglans mandshurica</i>		
	30 cm*	20 cm*	10 cm*	30 cm	20 cm	10 cm
Sap amount (ℓ)						
Total	333.5	228.7	114.9	74.3	76.6	36.7
Percentage (%)	49.3	33.8	17.0	39.6	40.8	19.6
DBH (cm)						
Average	38.1	23.0	14.0	36.7	23.3	16.8
Stdev	9.0	2.6	2.8	5.6	2.6	2.0
Confidence, 95%	5.9	1.6	1.7	3.5	1.6	1.3
Max	60.0	27.7	19.7	47.0	29.0	19.0
Min	31.0	20.0	10.5	31.0	20.4	13.0
Sap amount per tree (ℓ/tree)						
Average	37.1	22.9	10.4	7.4	7.7	3.7
Stdev	15.8	5.4	4.2	3.9	2.0	1.8
Confidence, 95%	10.3	3.4	2.5	2.4	1.2	1.1
Max	63.9	31.0	18.8	15.6	10.5	7.3
Min	13.6	16.4	3.5	3.0	4.9	1.4
Sap amount per unit DBH (ℓ/cm)						
Average	0.979	0.983	0.737	0.206	0.333	0.215
Stdev	0.385	0.143	0.227	0.114	0.099	0.093
Confidence, 95%	0.251	0.089	0.134	0.071	0.061	0.058
Max	1.503	1.268	1.064	0.426	0.479	0.396
Min	0.352	0.810	0.316	0.092	0.192	0.091

* Levels classified by DBH.

출수량이 낮으며, 또한 수액출수량이 흉고직경에 비례하는 고로쇠나무와 달리 흉고직경 당 수액 출수량은 일정한 수준을 유지하는 것으로 보인다. 이러한 점은 가래나무를 수액 채취 자원으로 활용 혹은 조성 시 고려하여야 할 사항으로 판단되며 이러한 현상의 원인에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

입목 흉고직경에 따라 구분하는 경급별 그리고 일자별 수액 출수량 자료는 수액자원 평가와 관리에 중요한 관리 지표로 활용될 수 있다. 경급별 출수 동향은 Fig. 5와 같으며 고로쇠나무의 경우 3월 9일 이전에 가장 높은 출수량을 보인 것은 20 cm 급이었으나 3월 9일 이후 경급이 높은 것이 더 높은 출수량을 나타내었다. 고로쇠나무와 가래나무 모두 출수 시기는 경급간 큰 차이를 나타내지 않고 패턴이 유사하였고

다만 출수량의 고저에서는 차이점이 있었다. 또한 동일한 지역에서 식생하는 고로쇠나무와 가래나무의 수액 출수량 유형을 살펴볼 때 고로쇠나무 수액 출수량은 3월 중순경에 높았고 가래나무의 경우 관찰기간의 초기 2월 말 경에 높게 나타나 가래나무 수액 채취는 고로쇠나무 보다 약 보름정도 빠르게 이루어져야 효율적일 것으로 생각된다.

고로쇠나무와 가래나무의 경급별 수액 출수량은 Table 2와 같다. 시험 기간 중 고로쇠나무 경우 총출수량 677.1 ℓ, 최고 출수량 63.9 ℓ (흉고직경 42.5 cm)를, 가래나무 경우 총출수량 187.6 ℓ, 최고 출수량 15.6 ℓ (흉고직경 36.5 cm)를 나타내었다. 경급별 평균 출수량은 고로쇠나무에서 30 cm급 37.1 ℓ/tree, 20 cm급 22.9 ℓ/tree, 10 cm급 10.4 ℓ/tree로 나타

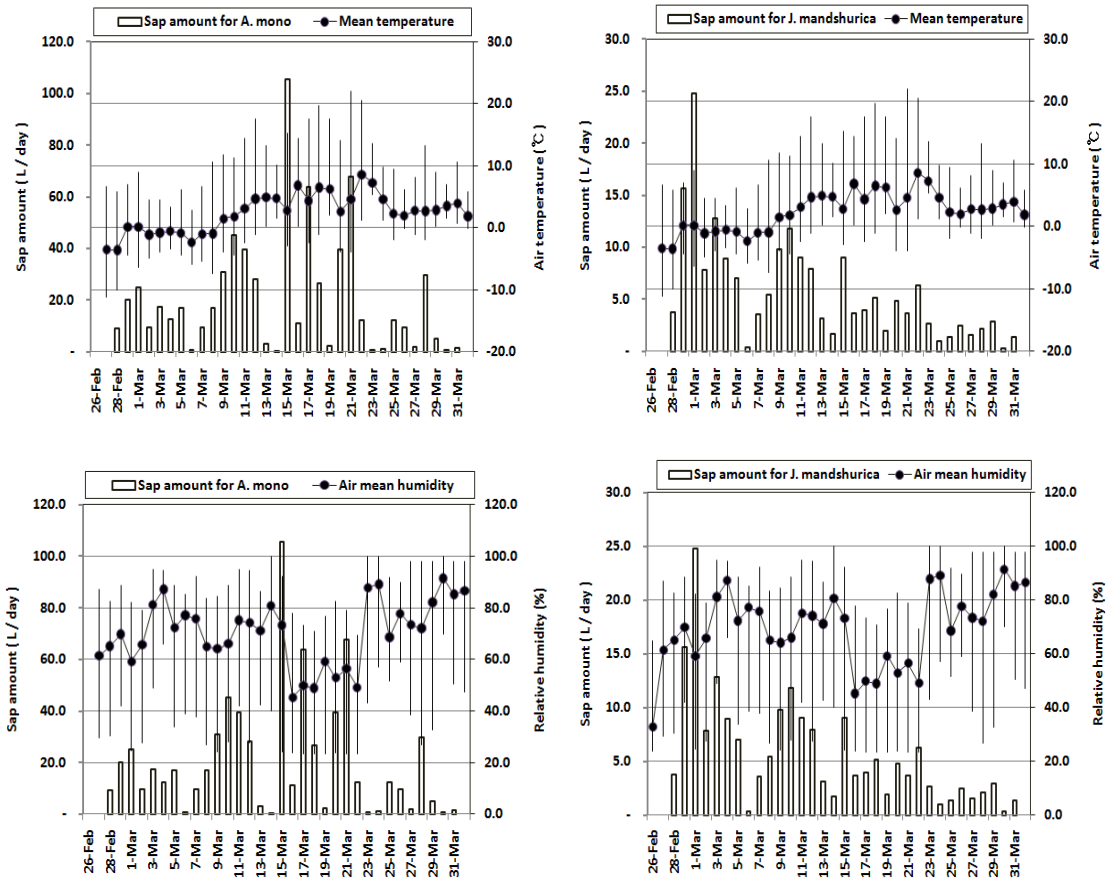


Fig. 6. Air temperature and relative humidity conditions and amount of sap during sap exudation period in 2008.

났고, 가래나무에서 30 cm급 7.4 l/tree, 20 cm급 7.7 l/tree, 10 cm급 3.7 l/tree로 두 수종간 입목 당 수액출수량은 고로쇠나무 경우에 더 크게 나타났다. 흉고직경 당 출수량은 고로쇠나무의 경우 30 cm급 0.979 l/cm와 20 cm급 0.983 l/cm으로 서로 유사한 값을 나타내었고 10 cm급 0.737 l/cm로서 가장 낮았고, 가래나무의 경우 30 cm급 0.206 l/cm, 20 cm급 0.333 l/cm, 10 cm급 0.215 l/cm로서 20 cm급에서 가장 높았다. Table 1에 나타난 바와 같이 등급별 공시목의 직경은 고로쇠나무와 가래나무 간에 큰 차이가 없었는데, 고로쇠나무의 흉고직경 당 출수량은 전체 평균 0.9 ± 0.1 l/cm으로 가래나무의 평

균 0.3 ± 0.1 l/cm에 대비하여 3배에 달하였고 입목 당 출수량 경우에도 흉고직경이 증가함에 따라 차이가 증가하였다.

3.2.2. 기후 조건

인제지역 수액 출수시기의 기온과 대기 중 상대습도의 기후 인자들을 조사하여 수액 출수량과의 연관성을 검토하고자 하였다. 시험지의 고로쇠나무와 가래나무의 분포가 동일 시험장소이기 때문에 기온과 습도 자료는 동일한 것을 사용하였으며 수액 출수량은 30개의 시험목에서 얻은 각각의 출수량을 합한 값으로 일일 출수량으로 하였다. Fig. 6에 나타난 바와

Table 3. Classification by Amount of Sap Exudation and Corresponding Daily Air Temperature and Relative Air Humidity

Statics	Acer mono			Juglans mandshurica			
	G 1 ^a	G 2 ^a	G 3 ^a	G 1 ^b	G 2 ^b	G 3 ^b	
Sap amount	Total (ℓ)	621.6	29.2	26.4	170.9	0.4	16.4
	Days (day)	19	5	11	22	2	11
	Mean (ℓ/day)	32.7 ± 10.8	5.8 ± 4.4	2.4 ± 1.6	7.8 ± 2.1	0.2 ± 0.4	1.5 ± 0.5
	Percentage (%)	91.8	4.3	3.9	91.1	0.2	8.7
Air temperature	Maximum	12.8 ± 2.4	5.3 ± 1.4	10.1 ± 2.1	11.8 ± 2.3	4.8 ± 2.6	10.2 ± 2.1
	Minimum	-3.0 ± 0.9	-7.4 ± 2.6	1.1 ± 1.0	-3.3 ± 1.1	-8.5 ± 3.8	0.7 ± 1.2
	Mean	2.6 ± 1.3	-2.3 ± 1.1	4.1 ± 1.0	2.1 ± 1.3	-2.9 ± 0.8	3.8 ± 1.0
	Range	15.8 ± 2.1	12.7 ± 3.5	9.1 ± 1.8	15.1 ± 2.0	13.2 ± 6.4	9.5 ± 2.0
Relative air humidity	Maximum	85.9 ± 3.9	85.4 ± 4.4	95.0 ± 4.5	85.5 ± 3.4	86.4 ± 1.3	95.5 ± 4.2
	Minimum	31.9 ± 5.5	32.8 ± 4.4	45.8 ± 7.7	31.8 ± 4.5	34.1 ± 6.5	46.1 ± 8.1
	Mean	64.8 ± 5.3	69.0 ± 6.1	80.5 ± 5.6	65.9 ± 4.9	69.3 ± 11.1	79.3 ± 5.9
	Range	53.9 ± 4.6	52.6 ± 3.6	49.1 ± 6.8	53.7 ± 3.7	52.3 ± 7.8	49.4 ± 7.5

^a Classification upon the amount of sap : G 1 - 10 ℓ/day or more; G 2 - less than 10 ℓ/day and mean air temperature of below 0°C; G 3 - less than 10 ℓ/day and mean air temperature of above 0°C.

^b Classification upon the amount of sap : G 1 - 3 ℓ/day or more; G 2 - less than 3 ℓ/day and mean air temperature of below 0°C; G 3 - less than 3 ℓ/day and mean air temperature of above 0°C.

같이, 시험 기간 중 인제 지역의 평균기온은 2월 27일~3월 8일 사이에는 -4°C~0°C 사이에 머물다가 3월 8일 이후 상승하여 3월 21일 9°C까지 상승하였다가 이후 하락하여 3월 25일부터 3월 31일까지 0°C ~ 3°C를 유지한 것으로 나타났다. 대기 중 상대습도는 3월 15일~3월 23일 사이에서 40%~60%의 수준을 유지하였고 이외 다른 기간 중에는 60%~90% 범위에 있었다. 위에서 언급된 바와 같이 고로쇠나무 수액은 3월 6일~3월 23일 사이에 집중적 출수가 관찰되었고 이때의 평균기온은 -2°C에서 상승하여 3월 12일 전후로 5°C~10°C사이를 유지하였고, 가래나무의 경우 2월 28일~3월 13일 사이로 이 기간 중 평균기온은 -4°C~0°C사이에서 있었다. 대기 중 상대습도의 경우 고로쇠나무에서는 집중적 출수 기간 중 낮게 나타나는 경향이 있었으나 뚜렷한 경향을 찾기 어려웠고 가래나무의 경우도 같게 나타났다. 이러한 결과를 살펴볼 때 가래나무와 고로쇠나무의 집중적 출수 시기에 평균기온은 고로쇠나무 경우가 가래나무 경우 대비하여 높게 나타났고 상대습도 측면에서는 뚜렷한 추이를 볼 수 없었다.

시험지의 기온과 상대습도의 기후인자가 고로쇠나무와 가래나무 수액의 일일 출수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 먼저 출수량의 고저에 따른 기후인자들의 차이점을 분석하여 수액 출수와 관련된 주요한 기후 요소 자료를 추출하고자 하였다. 일일 출수량을 출수량의 고저에 따라 3개의 그룹으로 구분하고 각 그룹에 속하는 날들의 기후인자들을 수집하고 정리하였다(Table 3). 일반적으로 고로쇠수액의 경우 지역에 따라 다르지만 연간 채취량은 4~16 ℓ/tree의 범위에 있는 것으로 보고[19, 20]되어 있는데, 본 시험에서는 연간 출수량이 평균 10 ℓ/tree 이상이 출수되면 높은 출수량으로 판단하였다. 한편 가래나무의 경우 고로쇠나무보다 출수량이 낮기 때문에 고로쇠나무의 총출수량과 가래나무의 연간 총출수량 비율(약 1 : 3)에 따라 3 ℓ/day 이상일 경우 높은 출수량으로 가정하였다.

고로쇠나무의 경우 G 1에 속하는 19일 동안의 평균 출수량은 32.7 ± 10.8 ℓ/day로서 G 2와 G 3의 5.8 ± 4.4 ℓ/day과 2.4 ± 1.6 ℓ/day에 비하여 매우 높게 나타났다. 가래나무의 경우도 G 1에 속하는 22

Table 4. Pearson Correlation between Amount of Xylem Sap of *A. mono* and *J. mandshurica* and Weather Condition in the Era of In-Jae Myon, Kang-won Do, Korea

Variable (Weather condition)	<i>A. mono</i>		<i>J. mandshurica</i>		
	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	
Air-temperature	Maximum	0.551**	0.002	-0.041	0.826
	Minimum	-0.253	0.186	-0.414*	0.021
	Mean	0.151	0.434	-0.245	0.184
	Range	0.691**	0.000	0.185	0.318
Relative air-humidity	Maximum	-0.241	0.208	-0.192	0.301
	Minimum	-0.504**	0.005	-0.250	0.176
	Mean	-0.363	0.053	-0.215	0.245
	Range	0.429*	0.020	0.157	0.398

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 5. Partial Correlation between Amount of Xylem Sap of *A. mono* and Weather Condition Controlling the Range of Air-Temperature in the Era of In-Jae Myon, Kang-won Do, Korea

Control Variables	Sap Exudation (A)	Air-temperature		Relative air-humidity		
		Maximum (B)	Range (C)	Minimum (D)	Range (E)	
None ^a	(A)	1.000	0.551**	0.691**	-0.504**	0.429*
	(B)	0.551**	1.000	0.895**	-0.609**	0.340
	(C)	0.691**	0.895**	1.000	-0.755**	0.437*
	(D)	-0.504**	-0.609**	-0.755**	1.000	-0.734**
	(E)	0.429*	0.340	0.437*	-0.734**	1.000
(C)	(A)	1.000	-0.212	0.038	0.196	
	(B)	-0.212	1.000	0.230	-0.129	
	(D)	0.038	0.230	1.000	-0.685**	
	(E)	0.196	-0.129	-0.685**	1.000	

^a Cells contain zero-order (Pearson) correlations.

** Correlation is significant at 0.01 level.

* Correlation is significant at 0.05 level.

일 동안의 평균 출수량은 7.8 ± 2.1 l/day로서 G 2와 G 3의 0.2 ± 0.4 l/day과 1.5 ± 0.5 l/day에 비하여 매우 높았으나 고로쇠나무의 G 2와 유사한 값이었다. G 1에서 고로쇠나무 경우 최고기온 $12.8 \pm 2.4^\circ\text{C}$, 최저기온 $-3.0 \pm 0.9^\circ\text{C}$, 평균기온 $2.6 \pm 1.3^\circ\text{C}$, 기온차 $15.8 \pm 2.1^\circ\text{C}$ 이고 가래나무의 경우 최고기온

$11.8 \pm 2.3^\circ\text{C}$, 최저기온 $-3.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$, 평균기온 $2.1 \pm 1.3^\circ\text{C}$, 기온차 $15.1 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 로서 두 수종 간에 큰 차이점을 보이지 않고 각 인자별로 서로 유사한 값을 나타내었다. 이를 볼 때 가래나무 수액의 출수는 고로쇠나무 경우와 유사한 기후 환경에서 이루어지는 것으로 생각된다. G 2의 경우 평균 기온이 영하의

-2.3 ± 1.1°C와 -2.9 ± 1.1°C로서 또한 G 3의 경우 최저기온이 영상의 1.1 ± 1.0°C와 0.7 ± 1.2°C로서 G 1과 크게 다르게 나타났다.

그룹 G 1은 출수량이 매우 높은 날이 속하는 집단으로서 고로쇠나무 경우 전체 출수량의 91.8% 그리고 가래나무 경우 91.1%에 해당하는 출수량을 가지고 있어 G 1에 속하는 날들의 기후 자료를 중점적으로 분석하였다. 고로쇠나무의 경우 최고기온과 평균기온은 G 1과 G 3간에, 기온차는 G 1과 G 2 그리고 G 2와 G 3간에 차이가 없는 것으로 나타났고 최저기온의 경우에만 그룹간 모두에서 차이가 있었다. 또한 가래나무의 경우에는 G 2의 경우 해당 일수 2일로 적지만 고로쇠나무의 경우와 같은 경향을 보이고 있다. 습도인자의 경우 평균습도만 G 1과 G 3 그리고 G 2와 G 3간에 차이점이 있었고 다른 인자들은 그룹 간에 차이점이 없는 것으로 나타났다. 일 출수량이 다른 G 1, G 2 그리고 G 3 간에 명확한 차이점을 보이는 기후 인자는 최저기온으로서 출수량이 높은 그룹 G 1에 관하여 고로쇠나무의 경우 -7.3°C~1.2°C, 가래나무의 경우 -10.0°C~1.2°C의 범위에 있었고, 출수량이 높은 날들의 기후인자의 영향을 분석하기 위하여 이들 범위에 속하는 날들의 기후 인자들과 출수량 수치자료를 추출하고 정리하여 출수량에 미치는 영향인자를 통계적 기법을 사용하여 분석하고자 하였다.

Table 4는 수액출수량과 기온 및 상대습도간의 상관성을 나타낸 것이다. 고로쇠나무 경우 수액 출수량은 최대기온, 기온차, 최소습도 그리고 습도차와 0.551, 0.691, -0.504 그리고 0.429의 유의성 있는 상관계수를 나타내었으며, 기온차와 가장 큰 상관성을 그리고 최소습도와는 부(-)의 상관성을 가지고 있었다. 그러므로 고로쇠나무 수액 출수량은 온도인자로서 최고기온과 기온차 그리고 습도인자로서 최저습도와 습도차에 영향을 받는 것으로 나타났다. 이들 4가지 인자간의 간섭효과를 배제하기 위한 편상관분석 결과는 Table 5와 같다. 인자들 중 다른 인자들과 높은 상관계수를 가지는 것은 기온차이므로 기온차를 제어변수로 선택하여 분석하였다. 그 결과 최고기온, 최저습도, 습도차 모두에서 수액출수량과 유의

성이 없어 수액 출수량에 영향을 미치는 가장 주요한 인자는 기온차인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수액 출수량은 기온차에 영향을 받는다는 기존의 결과 [12,13,17,19,21,22,23]와 유사한 결과를 나타내었다.

그러나, 동일 기후 조건하의 고로쇠나무와 달리 가래나무의 경우(Table 4) 최저기온만이 상관계수 -0.414으로 수액 출수량과 부(-)의 상관성(p < 0.05)이 있었다. 즉 가래나무 수액의 출수량은 채취시기의 최저기온이 낮아질수록 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 가래나무 수액이 고로쇠나무 수액출수 시기와 유사한 시기에 출수되기 때문에 출수량에 영향을 미치는 기후 인자 또한 유사할 것으로 예측한 것과 다르게 나타난 것으로서 그 출수 기작 혹은 원인에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 고로쇠 수액의 대체 자원을 발굴하기 위한 기초적인 연구로서 응용 가능한 수액을 가지는 가래나무를 대상으로 하여 수액 출수와 이에 영향을 미치는 인자들을 조사하고 동일 지역의 고로쇠나무의 동향과 비교하였다. 가래나무 수액의 출수는 고로쇠나무 경우와 유사한 출수 시기와 출수 기간을 가지고 있었으나 초기 출수량이 높았다. 고로쇠나무 수액의 출수량은 나무의 흉고직경에 비례적으로 증가하였으나, 가래나무 수액의 출수량은 흉고직경 증가에 따른 뚜렷한 증감이 없었지만 직경이 큰 개체목의 경우 단위 흉고직경 당 출수량은 직경이 작은 개체목보다 높게 나타났다. 수액이 많이 출수되는 날의 기온과 상대습도는 고로쇠나무와 가래나무 경우 모두 서로 유사하게 나타나 가래나무 수액 출수는 고로쇠나무의 경우와 같이 외부 기후 조건에 크게 영향 받는 것으로 판단되었다. 반면에, 가래나무수액 출수량은 일중 최저 기온에 그리고 고로쇠나무 수액 출수량은 일중 기온차에 가장 영향받는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 가래나무의 수액 출수는 고로쇠나무와 유사한 기후 조건에서 발생하나 그 수액 출수량은 고로쇠나무보다 적고 이에 영향하는 주요 인자 또한 다른 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 김홍은, 권기철, 박철하, 조남석. 1998. 목재공학 26(3): 81~92.
2. 최근표, 정병희, 이동일. 2002. 한국약용작물학회지 10(5): 399~402.
3. 박범진, 송칠영, 김선아. 1996. 환경연구 14: 77~89.
4. 권기원, 송호경, 박관수. 2000. 한국임학회지 89(2): 249~255.
5. 김갑태. 2004. 한국환경생태학회지 17(4): 309~315.
6. 신현동. 1995. The Plant Pathology Journal 11(2): 120~131.
7. Li G, S. Y. Lee, K. S. Lee, S. W. Lee, S. H. Kim, S. H. Lee, C. S. Lee, M. H. Woo, and J. K. Son. 2003. Arch. Pharm. Res. 26(6): 466~470.
8. Lee K. S., G. Li, S. H. Kim, C. S. Lee, M. H. Woo, S. H. Lee, Y. D. Jhang, and J. K. Son. 2002. Journal of Natural Products 65(11): 1707~1708.
9. 엄석현, 조동하, 김명조, 유창연, 김성무, 박형재, 박승문. 2007. 한국약용작물학회지 15(4): 266~270.
10. 김진규, 사전령, 배영수. 2006. 목재공학 34(6): 51~60.
11. 권동주, 김진규, 배영수. 2008. 한국임학회지 97(3): 119~123.
12. 최원실, 박미진, 김호용, 최인규, 이학주, 강하영. 2010a. 목재공학 38(4): 349~358.
13. 최원실, 박미진, 이학주, 최인규, 강하영. 2010b. 목재공학 38(1): 66~74.
14. Sauter, J. J. Physiology of sugar maple. 1971. Harv. For. Annu. Rep. 1970-1971: 10~11.
15. Milburn J. A. and P. E. R. O'Malley. 1984. Can. J. Bot. 62: 2101~2106.
16. 산림청 지침 산림경영소득과-1884호. 수액의 채취 및 관리지침. (http://www.forest.go.kr/new-kfswweb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_1005&mn=KFS_06_03_04&nttId=56006 (2012. 11. 09. 기준).)
17. 김철수, 광애경. 1994a. 한국생태학회지 17(3): 333~344.
18. 김철수, 광애경. 1994b. 한국생태학회지, 17(4): 533~545.
19. 이경준, 차윤정, 박종영, 박정호. 1995. 서울대학교 농과대학 연습림보고 31: 1~16.
20. 안종만, 강학모, 김준선. 1998. 한국임학회지 87(3): 391~403.
21. 박형순, 송원도, 나천수. 1989. 임업육종연구보고 25: 30~34.
22. 윤승락, 조종수, 김태욱. 1992. 목재공학 20(4): 15~20.
23. 조남석, 김홍은, 민두식, 박철하. 1998. 목재공학 26(3): 93~99.