

건강음료로서의 자작나무 수액의
유출량에 미치는 영향인자*¹

조남석*² · 김홍은*² · 민두식*² · 박철하*³

**Factors Affecting on Sap Flows of Birch Trees,
Betula platyphylla as a Healthy Beverages**

Nam-Seok Cho*² · Hong-Eun Kim*² · Du-Sik Min*² and Cheol-Ha Park*³

ABSTRACT

Lately public interest in tree saps of maple and birch trees stimulated to increase demands for sap drink as a natural medical beverage. In order to understand factors affecting tree sap flows, birch species, particularly *Betula platyphylla* in Mt.Sobaek area, were monitored for daily sap flows according to factors, such as DBH, tapping hole sizes and direction of hole drilling on the trunks. The chemical constituents of saps were also analyzed.

The sap flow initiated from the end of March and finished at the end of April. The flow maxima appeared from April 14th to April 26th. Total amounts of the sap flow obtained from birch tree were over 1,800 ml per day per one tree. Sap flows were increased with increasing DBH and tree age. Six millimeter drilled hole resulted in the highest sap flows. Sap flows increased with increases of diameter and height of the trees.

Hole drilling to downward side(south-facing) of tree produced almost doubled sap flows than that of upward one(north-facing), while rightside drilling produced same amounts of saps to that of leftside one. Six mm drilling gave the best results not only in maximum flows but also effective hole occluding rates. The saps have in the range of 4.5 to 5.6 pH and 1.0 - 2.0% of saccharinity. Sucrose, glucose, fructose and high mineral contents were found in the saps of birch tree. The tree saps could be utilized not only medicinal drink, but also one of the healthy beverages.

Keywords : Tree sap, beverages, birch, tapping, drilling, chemical constituents

*1 접수 1998년 5월 20일 Received on May 20, 1998

본 논문의 일부는 한국학술진흥재단('96 자유공모과제)의 연구비지원에 의해 수행되었음.

*2 충북대학교 산림과학부, School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

*3 충북도 산림환경연구소, Forest Environment Research Institute, Chungcheongbuk-do, Cheongju, Korea

1. 서 론

최근 환경오염이 심각하여짐에 따라 깨끗한 물과 건강 음료에 대한 관심이 높아지면서, 지리산 지역에서 고래로부터 전해 내려오는 고로쇠나무의 수액 음용 관습이 주목을 끌고 있다. 그러나 수액이라 하여 전부 음용할 수 없으며, 현재 채취하여 마시고 있는 수종은 고로쇠나무, 거제수나무, 박달나무, 물박달나무 등이며, 지리산 지역에서 이른 봄 채취하여 위장병, 신경통, 고혈압, 산후증 등에 좋다고 하여 마셔오고 있다.

수액(樹液, sap)(寺澤, 1991; 寺澤, 1994; 윤 1990; 윤 1992)이란 도관이나 사부를 통해 이동하는 액체로써 ① 목부의 도관이나 가도관을 통하여 상승하는 액체 ② 내수피에 있는 사부조직(師部組織)의 도관을 통하여 내려오는 액체 ③ 방사유세포를 통하여 흐르는 액체 ④ 목질부, 가지의 손상때 흐르는 액체 ⑤ 생활조직 세포의 세포질 내에 있는 액체 등 수목의 체내에 존재하는 액체를 총칭하며, 크게 목부수액과 사부수액으로 나눌 수 있다. 목부수액(xylem sap)이란 토양으로부터 증산류를 타고 상승하는 도관(혹은 가도관)내의 수액을 말하며, 사부수액(phloem sap)은 사부를 통한 탄수화물의 이동액을 말한다. 그러나, 일반적으로 목부수액을 '수액'이라고 부르며, 이것은 무기염, 질소화합물, 탄수화물, 효소, 식물호르몬 등이 용해되어 있는 비교적 묽은 용액이다(이, 1993).

수액의 분출은 근압(根壓) 내지는 수간압(樹幹壓)에 의한 현상이라고 알려져 있으며, 야간에 영하로 내려갔다가 주간에 영상으로 올라가면 수액채취가 가능하다(박 등, 1989). 임(1988)은 수액이 흘러내리는 이유를 나무줄기내 압력의 변화에 기인하며 밤과 낮의 온도의 교차가 심할수록 좋은 조건이라고 하였다. 일반적으로 수액채취는 3월경을 전후하여 주간(10~15℃)과 야간(-3~-4℃)의 온도차가 약 10℃가량 될 때 이루어진다.

수액의 채취 방법, 채취량 및 성분에 대해서도 제한된 연구를 제외하고는 많은 연구가 이루어지지 못하고 있다. 따라서 수목에 해를 주지 않는 적절한 채취 방법과 채취 시기를 도출하여야 하며, 위생적이면서도 표준화 방법에 의하여 상업성이 있는 수액채취 기술의 정립이 요구되고 있다. 수액(樹液)은 깊은 산중에서 나무에 의해 걸러지기 때문에 오염되지 않은 순수 무공해 음료이다. 따라서 이의 성분과 효능

에 대한 조사가 철저히 이루어지고 음료로써 가공되어 시판된다면 스포츠 이온음료를 대체하는 무기염수(mineral water)로써 많은 각광을 받을 수도 있다.

본 연구는 천연수액을 음료수로서 이용하기 위한 기초 및 실용적 자료를 확보하기 위하여 수액의 유출특성, 채취방법 및 수액성분의 성분특성 등을 조사하여 수액의 음료화 기술을 개발하는데 기본적인 자료를 제공코자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구대상지의 개황

본 연구는 자작나무류, 단풍나무류 등 수액채취수종이 다수 생육하고 있는 소백산 남천계곡을 대상으로 하였다. 조사대상지는 북위 37° 1' 10", 동경 128° 33' 00"에 위치하고 있으며, 최고기온은 17.1℃, 최저기온은 -9.3℃이고, 평균기온은 4.6℃였다. 연평균 강우량은 1,763.8mm, 연중 강우일은 114일, 상대습도는 74%였다. 여러 가지 수종이 있었지만 자작나무를 수액유출 측정용으로 택하였다.

2.2 수액의 유출량 측정

본 연구에서는 사구법으로 인한 입목의 피해를 줄이기 위하여 새로 개설했던 방법으로써, 천공법을 사용, 드릴로 지상 20-30cm부위에 목질부로부터 깊이 10~15mm의 구멍을 뚫어 호스를 연결해서 채취하였다. 천공(구멍)은 흉고직경 30cm이하에서는 1개소, 30cm이상에서는 2개소를 천공하였으며, 수액 채취후 구멍은 실리콘을 주입하여 천공부위에 잡균이 침입하지 못하도록 하였다.

수액의 유출량은 4월 한달동안 실시하였으며, 천공 직경의 효과를 알기 위하여, 4mm, 6mm, 8mm, 10mm의 직경으로 천공하여 유출량을 측정하였다. 수액유출량에 미치는 방위(경사)별 효과를 보기 위하여 동, 서, 남, 북의 4방향으로 각각 천공하여 유출량을 조사하였다.

2.3 천공직경에 따른 천공부 유합

상기에서 실시한 각 직경별 천공의 조직 유합유무를 3년간 관찰하여 측정하였다.

2.4 수액의 성분특성

채취한 수액의 성분은 충북도 보건환경연구소에

의뢰하여 수소이온 농도, 경도, 미량원소(철, 망간, 알루미늄, 불소, 비소, 세레늄), 수은, 납, 카드뮴, 동, 아연 등의 중금속류, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 염소이온, 황산이온, 당성분 및 기타성분으로서 중 발잔류물, 과망간산칼리 소비량 등을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수액의 채취량

수목의 생물화학적 특성상 그 수목이 자라고 있는 토양 및 기상, 온도 등 환경 제반조건에 따라 수액의 채취량과 무기염, 당도 등에 큰 차이를 보이게 되는 것에 비해, 이에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 종래 사용되어온 수액채취법은 사구법으로서 입목의 수간에 도끼나 톱으로 V자로 상처를 내어 깡통 등을 매달아 채취하는 방법이다. 이 방법은 입목에 큰 피해를 줄 뿐 아니라 수집된 수액은 비위생적이다. 따라서 본 연구에서는 천공법을 사용하여 채취하였다.

자작나무의 수액채취를 4월 1일부터 천공하여 약 1개월간 실시한 결과, 수액이 왕성하게 유출되는 기간은 매우 짧아서 4월 14일부터 4월 21일 까지 8일간이었으며, 1일 평균 유출량은 850.4ml 였다. Fig. 1 은 천공직경별 1일 평균 수액채취량을 나타낸 것이다. 직경이 작은 4mm 의 경우는 443.3ml 로서 가장 유출량이 적음을 나타냈으며, 직경 6mm 부터 급격한 유출량 증가를 보여주었다. 최대유출량은 직경 6mm 에서 1,012.5ml 로 나타났으며, 8 - 10mm 의 직경은 각각 992.5ml 및 953.3ml 로서 유출량에 큰 차이가 없었다.

박 등(1989)의 연구에 따르면 고로쇠나무 수액의 채취량은 흉고직경, 수고, 수관폭(樹冠幅) 간에는 높은 상관관계를 보였지만, 채취구(sap hole)의 수와는 유의성이 인정되지 않았다. 또한, 당도와 생장 및 수액량 간에는 부의 상관, 즉 생장이 우수하고 수액량이 많을수록 당도가 낮아지는 경향을 나타냈다. 또한, 윤의 연구보고(1995)에 의하면 흉고직경별 수액채취량을 조사한 결과, 경급 10cm 에서 60cm 까지의 매 10cm 간격으로 조사한 수액량은 경급이 클수록 증가하였으며, 1일채취량이 0.5 l - 3 l 로 차이가 있었다.

수액의 채취시기는 거제수나무·박달나무 등 자작나무류가 꽃우 전후 1주일(4.14~4.26), 당단풍·고로쇠나무 등 단풍나무류는 경칩전후 1주일 (2.28~

3.11) 등으로, 수목에서 수액이 분출되는 기간은 채취 개시일로부터 약 10~15일간으로 보고되고 있다 (윤 1993; 윤 1995).

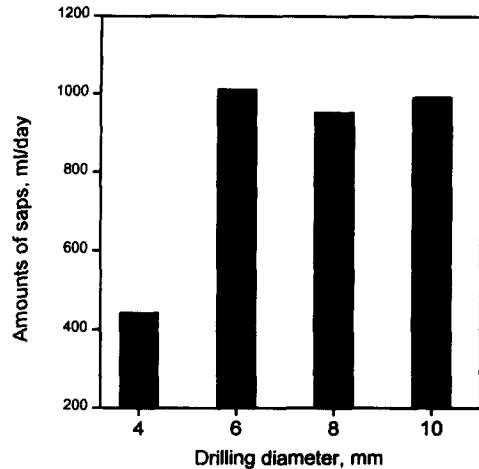


Fig. 1. The effect of drilling diameter on Sap collection.

수액의 상승속도는 단풍나무류는 1시간당 약 1~6m 가량이며, 일중변화(日中變化)가 심한 것으로 보고(寺澤, 1991; 寺澤, 1994)되고 있는데, 즉 증산작용을 하지 않는 야간에는 극히 느린 속도로 이동하며, 증산작용을 왕성하게 하는 낮 12시부터 3시경까지는 가장 빠른 속도로 상승한다 (Schubert, 1939). 소백산 지역은 일반 지역보다 해발이 높아 일일온도의 교차가 심한 고냉지로, 1~2주간의 기온차를 가져오고 있다. 중부권에서는 수액채취시기가 남부지역에 비해 다소 늦을 것으로 예상된다.

한 개의 구멍당 1일 유출량은 10mm 직경이 1,800ml 로서 가장 높은 값을 나타냈으며, 6mm 가 1,550ml, 8mm 1,350ml 순이었고, 4mm 직경은 950ml 로서 가장 낮은 유출량을 나타냈다. 가장 왕성한 유출량을 보였던 8일간의 총 유출량은 6mm 직경으로 했을때가 13,900ml 로서 가장 높은 값을 나타냈으며, 그 다음이 10mm 의 11,250ml, 8mm 6,750ml, 4mm 는 5,810ml 로서 가장 낮은 유출량을 나타냈다.

이러한 결과로부터 구멍의 직경이 크다고 반드시 유출량이 많아 지는 것은 아니고, 6mm 정도의 구멍 크기가 수액채취를 위해서는 가장 적절한 것임을 알 수 있었다. 이러한 측면에서 현재 일반적으로 채용

되고 있는 12mm 크기의 천공은 유출량면에서 및 천공부의 유합면에서 재검토되어야 함을 시사한다.

Fig. 2는 천공의 방위별 수액채취량을 나타낸 것으로서, 엄밀하게 말하면 방위별 채취량이라기 보다는 수목이 산에 서있는 상태에서 경사방향별 천공에 대한 수액의 채취량을 일컫는 것이다. 이 결과에 의하면 산 아래쪽방향으로의 천공이 가장 높은 채취량을 나타냈으며, 그 다음이 측면(남북)방향으로 천공한 것이고, 산북부분인 위부분으로 천공하였을 경우에는 그 채취량이 아래쪽 방향의 반정도에 지나지 않았다. 측면방향은 남쪽인 좌측이 다소 높은 유출량으로 나타났다.

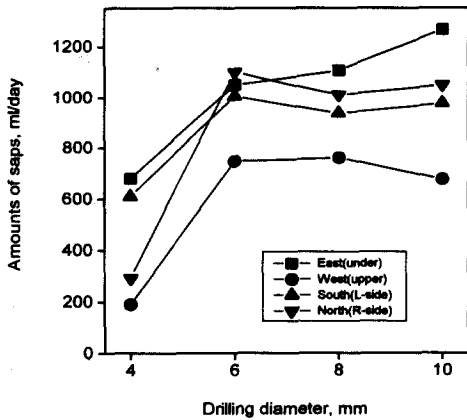


Fig. 2. Amounts of saps according to drilling direction.

3.3 천공직경에 따른 천공부 유합

자작나무는 수액을 받기위해 천공을 하였을 경우, 조직이 잘 유합되지 않는 특성이 있다. 따라서 천공부의 직경이 크면 클수록 유합이 어려워지면서 상처 부위가 부패할 가능성도 매우 커진다. 근래에 와서는 수액채취량을 늘리기 위하여 직경이 큰 드릴을 이용하여 한 나무에 여러개의 구멍을 뚫고 채취하는 예가 많기 때문에 이러한 천공부의 유합상태를 조사하여 장기적인 채취를 위해서는 그 대책을 세우지 않으면 안된다.

Fig. 3은 천공직경별로 조사된 천공부위의 유합상태를 3년간 조사한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 천공 1년차에서는 약 60%의 유합을 보였고, 2년차는 85.4%, 천공후 3년후에는 약 98%의 유합을 보였다. 천공직경별로는 4mm의 경우는 2년만에

완전유합을 보였고, 직경이 6 - 8mm로 커지면 3년이 되어서야 100% 유합을 보여 주었다. 직경 10mm의 경우는 3년이 지나더라도 91.9%의 유합밖에 보여주지 않았다. 이러한 결과로부터 현재 판매되고 있는 수액채취를 위한 천공기는 12mm가 주종을 이루고 있는바, 천공직경은 가장 유합이 잘되면서도 유출량도 많은 6mm 정도 크기의 직경으로 천공하는 것이 바람직함을 알 수 있었다. 수액 채취후 구멍은 목질부후균이 상처부위에 침입하지 못하도록 코르크나 스티로폼 마개로 막아 주어야 한다. 이때 마개가 수피 바로 안쪽에 있는 형성층부위를 덮게되면 유합조직이 제대로 형성되지 못하므로 이에 대한

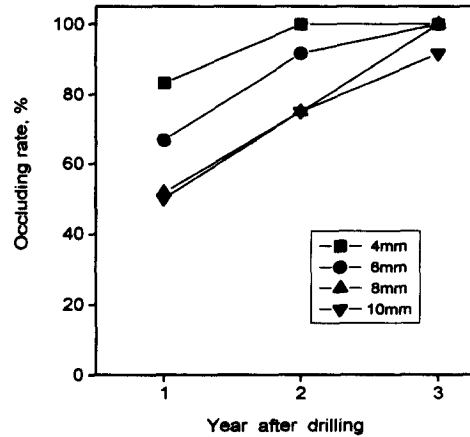


Fig. 3. Occluding rate of drilling hole after sap collection.

각별한 주의가 필요하다. 천공법에 의한 수액채취와 철저한 사후관리가 병행된다면 입목생장에는 큰 지장이 없음이 보고(윤, 1993; 윤, 1995) 된바 있다.

3.4 수액의 성분특성

목본식물의 수액은 뿌리로부터 도관을 따라 상승하는 목부수액과 사부를 통한 탄수화물의 이동액인 사부수액으로 대별된다. 그러나 일반적으로 수액이라 부르는 것은 목부수액이며, 이 목부수액은 토양내에 존재하는 유기 및 무기물을 물과 함께 흡수한 것으로 무기염, 질소화합물, 효소, 식물호르몬 등 여러가지 물질이 포함되어 있다.

토양내 무기이온이 용해된 물은 뿌리의 삼투압에 의해 수체내로 들어가게 되며 이는 다시 잎의 증산력에 의해 수분이동에 대한 저항력이 가장 적은 목

Table 1. Chemical composition of xylem and phloem saps of birch wood

Composition	Xylem sap(mg/ml)	Phloem sap(mg/ml)
Total solids	1.6	20.1
Sucrose	0.13	13.3
K	0.18	2.0
Mg	0.01	0.03
Na	0.004	0.04
Ca	0.02	0.09
P	0.01	0.05
pH	4.5~5.0	5.6

부조직을 따라 잎까지 이동하게 되는데, 이 물을 채취하여 이용할 수 있는 수종으로는 자작나무류(자작나무, 거제수나무, 박달나무, 사스레나무)와 단풍나무류(고로쇠나무, 당단풍), 그리고 층층나무 등이 대표적이다.

Table 1 은 자작나무의 목부수액과 사부수액을 비교한 것이다. 목부수액이 사부수액보다 더 묽게 나타난 이유는 목부수액은 토양에서 흡수한 물이 상승하면서 도관내에서 계속해서 희석되기 때문이다. 목부수액의 pH는 4.5~5.0 의 범위를 나타내는데 대하여 사부수액은 약산성인 pH 5.6 을 나타냈다.

수액내 함유된 유기물 중에서 가장 중요한 것은 탄수화물, 즉 당류이다. 당류는 생물의 에너지원과 생물의 구성물질이라는 생리적 기능을 가지고 있으며, 자작나무류에 많은 포도당과 과당의 특징을 보면, 포도당은 생명체의 가장 중요한 에너지원이며, 설탕의 63~88%가량의 단맛을 낸다. 한편 과당은 포도당과 함께 과일이나 꿀에 다량으로 함유되어 있으며, 당류중에서 가장 빠르게 흡수·소화되고 감미가 가장 강하나 가열하면 1/3로 약해진다. 일반적으로 수액내 함유되어 있는 당류는 인체내 각 기관에서 단당류인 포도당으로 신속하게 분해되어 에너지원으로 신속하게 작용하여, 피로회복에 탁월한 효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 전반적으로 수액내 K 이온함량이 가장 높았고, Ca 및 Mg 이온은 단풍나무

에 비하여 자작나무가 월등히 많았다. Mg⁺⁺과 Ca⁺⁺ 이온은 건위, 이뇨, 체력증진에 효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 한편 단풍나무류는 무기물 함량이 자작나무보다 적으나 자당(蔗糖)이 함유되어 있어 자작나무보다 단맛이 더 높으며, 혈당조절에 효능이 있으므로 피로회복에 좋다는 보고(윤, 1992)가 있다.

본 연구에서 얻은 자작나무 수액은 Table 2 에서 보는 바와 같이 pH 5.5, 당도가 1.0~2.0%로서, 이는 안(1975)이 이미 조사했던 고로쇠수액의 당도 2.5~3.8% 보다 낮고, 또한 시럽(syrup)으로 개발되고 있는 미국의 설탕단풍 수액의 평균 당도인 2~3% 보다 낮았으며, 윤(1995)의 1.8-2.0% 와는 거의 같은 것으로 나타났다. 수액내 탄수화물의 농도는 가을철과 봄철에 높는데, 자작나무의 수액은 설탕, 과당 및 포도당을 함유하고 있었다.

Table 3. Minerals in various tree saps

(단위 : mg/ml)

Components	Species	<i>Betula platyphylla</i>
납 (Pb)		-
불소 (F)		1.5
비소 (As)		-
세레늄 (Se)		-
수은 (Hg)		-
암모니아성 N (NH ₄ -N)		-
질산성 질소(NO ₃ -N)		0.6
카드뮴 (Cd)		-
경도(Hardness)		840
KMnO ₄ Oxid. value		17,064
수소이온농도(pH)		5.6
동 (Cu)		0.025
아연 (Zn)		-
염소이온 (Cl ⁻)		15
철 (Fe)		0.12
망간 (Mn)		-
황산이온 (SO ₄ -2)		16
알루미늄(Al)		0.05
증발잔유물 (Eva.residue)		6,032

Table 2. Chemical components of saps

Sap species	pH	Saccharinity (%)	Sugar (g/ℓ)			Inorganics (ppm)	
			glucose	fructose	sucrose	Mg	Ca
<i>Betula platyphylla</i>	5.5	1.0~2.0	1~5	2~5	1~10	5~35	70~170
Maple(윤, '95)	5.7	1.8~2.0	-	-	3~11	3~4	16~48

수액의 mineral 함량에 대하여 분석한 결과는 Table 3 과 같다. 함유된 원소 중 산소·탄소·수소·질소 등 4원소가 96%정도를 차지하고 있는 반면, 무기물은 전체의 4%정도에 불과하다. 그 중 비교적 양이 많은 것에는 칼슘(Ca)·인(P)·칼륨(K)·황(S)·나트륨(Na)·염소(Cl)·마그네슘(Mg)·플루오르(F;불소)·알루미늄(Al) 등이고, 기타 미량성분으로서 철(Fe)·구리(Cu)·망간(Mn)·요오드(I)·코발트(Co)·아연(Zn)·몰리브덴(Mo)·셀렌(Se)·크롬(Cr)·붕소(B)·비소(As) 등이 있으며, 인체의 생리대사에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 위의 분석한 결과에서 알 수 있듯이, 수액에는 많은 유기·무기물질들이 용해되어 있으며 이 물질들이 인체에 생리적 작용을 가지는 것으로 생각된다. 이 이외의 성분으로서 증발잔류물이 매우 많았으며, 과망간산칼리 산화값이 특히 높게 나왔지만, 이 분석치는 음용수 기준에 따른 분석결과이며, 무기물질이 많은 자작나무수액은 이온음료와 같은 건강음료로써 개발하도록 하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

우리나라에서 수액의 성분과 약리적 효과에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 상태이기 때문에 수액의 진정한 의학적 가치를 평가하기 어려운 단계이지만, 본 연구에서 조사된 바로는 탄수화물류 및 이온류가 다량 함유되어 있어서 수액이 피로회복 등 좋은 약리적효과를 보여줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 수액을 단순히 음료로서만이 아니라 미국이나 캐나다에서 처럼 시럽(syrup)이나 설탕을 만든다든가, 기타 다른 식품이나 약품으로 가공하는 방안도 모색할 수 있을 것으로 본다.

4. 결 론

자작나무의 수액채취를 약 1개월간 실시한 결과, 수액이 왕성하게 유출되는 기간은 매우 짧아서 4월 14일 부터 4월 21까지 8일간이었으며, 1일 평균 유출량은 850.4 ml 였다. 천공직경별 1일 평균 수액채취량은 직경이 작은 4mm 가 443.3ml로서 가장 유출량이 작았고, 최대유출량은 직경 6mm 에서 1,012.5ml 로 나타났으며, 8 - 10mm 의 직경은 각각 992.5ml 및 953.3ml로서 유출량에 큰 차이가 없었다.

구멍당 1일 유출량은 10mm 직경이 1,800ml로서 가장 높은 값을 나타냈으며, 6mm 가 1,550ml, 8mm 1,350ml 순이었고, 4mm 직경은 950ml로서 가장 낮

은 유출량을 나타냈다. 가장 왕성한 유출량을 보였던 8일간의 총 유출량은 6mm 직경으로 했을때가 13,900ml로서 가장 높은 값을 나타냈으며, 그 다음이 10mm 의 11,250ml, 8mm 6,750ml, 4mm 는 5,810ml로서 가장 낮은 유출량을 결과하였다. 이러한 결과로부터 6mm 정도의 구멍크기가 수액채취를 위해서는 가장 적절한 것임을 알 수 있었다. 천공의 방위별 수액채취량에 있어서는 산 아래쪽방향으로의 천공이 가장 높은 채취량을 나타냈으며, 그 다음이 측면(남북)방향으로 천공한 것이고, 산복부분인 위부분으로 천공하였을 경우에는 그 채취량이 아래쪽 방향의 반정도에 지나지 않았다. 측면방향은 남쪽인 좌측이 다소 높은 유출량으로 나타났다.

천공직경별로 조사된 천공부위의 유합상태를 3년간 조사한 결과, 천공 1년차에서는 약 60%의 유합을 보였고, 2년차는 85.4%, 천공후 3년후에는 약 98%의 유합을 보였다. 천공직경별로는 4mm의 경우는 2년만에 완전유합을 보였고, 직경이 6 - 8mm로 커지면 3년이 되어야 100% 유합을 보여 주었다. 직경 10mm의 경우는 3년이 지나더라도 91.9%의 유합밖에 보여주지 않았다. 이러한 결과로부터 천공직경은 가장 유합이 잘되면서도 유출량도 많은 6mm 정도 크기의 직경으로 천공하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

자작나무 목부수액의 pH는 약산성 (pH 4.5~5.0)인데 대하여 사부수액은 다소 높은 pH 5.6 를 나타냈다. 수액의 당도는 1.0~2.0 %로서 고로쇠나무 수액과 거의 동일하였다. 수액내 탄수화물은 이당류로서 sucrose, 단당류로써 glucose 및 fructose 로 이루어졌으며, 칼슘·마그네슘·불소·아연·철분 등의 각종 무기염이 용해되어 있어서 인체에 부족하기 쉬운 미량영양소를 보충해 줄 수 있는 것으로 조사되었다.

인 용 문 헌

1. 박형순, 송원섭, 나천수. 1989. 백운산지역 고로쇠나무의 수액채취량과 생장 및 온도와의 관계. 임목육종연구보고 25 : 30-34
2. 산림청 임업연구원, 1993. 수액 천연음료 상품화, 새로운 단기임업소득, 임업연구원, pp.76-82.
3. 세계대백과사전. 1994. 동서문화. pp.1-30
4. 안원영. 1975. 고로쇠나무(*Acer mono Max.*) 수액 표준농축액의 색도지수와 착색물질. 한국임학회

- 지 No. 26. pp.7-12
5. 윤승락. 1995. 자작나무류, 단풍나무류 수액의 음료 이용. 『산림』誌 1995년 4월호. 임업협동조합중앙회. pp.102~105
 6. 윤승락. 조종수. 김태욱. 1992. 자작나무와 단풍나무류의 수액채취 및 이용. 목재공학 20(4):15-20
 7. 이경준. 1993. 수목생리학. 서울대학교 출판부
 8. 임경빈. 1988. 나무백과(3). 일지사. pp.39~48
 9. 寺澤 實. 1990. シラカバ樹液を用いた林業の活性化. 北方林業. 42(1):2-8
 10. 寺澤 實. 1994. 樹木の汲上水. 林業新知識. 489:10-11
 11. 寺澤 實. 1991. 樹液中の化學成分. 日本木材學會研究第3分科會報告書. pp.59-66
 12. Schubert, A. 1939. "Untersuchungen über den Transpirationstrom der Nadelhölzer und den Wasserbedarf von Fichte und Lärche. Tharandter Forstl. Jahrb. 90: 821-883