

韓國產 主要 樹種 樹皮의 化學的 性質*1

—(I) 一般分析, 환원 당構成, 無機元素—

李 華 珩*2

Chemical Properties of Major Tree Barks in Korea*1

—(I) Chemical Composition, Composition of Reducing Sugars and Five Essential Elements—

Hwa Hyoung Lee*2

A bark comprises about 10 to 20 percents of a typical log by volume, and is generally considered as an unwanted residue rather than a potentially valuable resources, As the world has been confronted with decreasing forest resources, natural resources pressure dictate that a bark should be a raw material instead of a waste.

The utilization of the largely wasted bark of genus Pinus, Quercus, and Populus grown in Korea can be enhanced by learning their chemical properties.

However, the chemical study of tree bark grown in Korea have never been undertaken.

In the present paper, the studies on the chemical properties of bark comprise carbohydrates, lignin, and extractives, composition of reducing sugars and five essential elements.

The results may be summarized as follows:

1. Bark are much richer in quantity of lignin and extractives than the corresponding wood, and are chiefly consisted of lignin, extractives and carbohydrates orderly.

It is the same with ash contents. Alcohol-benzene extractives of populus bark are the highest among three genus.

2. Although glucose constitutes the major sugar in both pine and hardwoods bark, in pinus, arabinose and xylose are the next but in hard woods, the next is xylose.
3. Essential elements, Ca and Kjeldahl-N are higher in the bark than in the wood. Ca content is the highest among others, and N,K followed it. Essential elements are higher in Quercus than in Populus and pinus.

樹皮는 原木體積의 10~20%를 차지하고 있으며 一般的으로 運搬, 除去, 處理에 따른 費用에 비해 効用價値는 적다. 뿐만 아니라 世界的인 林産資源의 不足에 따른 Full tree Utilization의 概念이 漸高 되면서부터 樹皮의 利用에 關心을 가지게 되었다. 本 研究는 國産 樹皮의 化學的 性質에 對한 研究가 全無한 여건에서 國內 主要 樹皮 樹種인 소나무屬, 사시나무屬, 참나무屬을 對象으로 樹皮의 化學的 性質中 一般分析, 환원당構成, 無機元素를 分析 研究하였으며 結果는 다음과 같다.

1. 樹皮는 木材와는 달리 lignin과 抽出物이 主가 되며 灰分含量도 상당히 높다. 抽出物은 木材에 比하여 5~10배에 達하고 있으며 特히 사시나무屬은 다른 屬에 比하여 alcohol-benzene 抽出物이 훨씬 높다.

*1 Received for publication on December 28, 1978

*2 忠南大學校 農科大學 講師 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon

2. 환원糖은 소나무屬의 樹皮에서 glucose가 제일 많고 arabinose와 xylose 및 기타 六炭糖으로 되어 있고 참나무屬과 사시나무屬의 樹皮에서는 glucose가 제일 많고 그 다음으로 xylose가 많았다.

3. 樹皮中 無機元素含量은 Ca가 제일 많고 N, K가 비슷하며 P가 이중 제일 적다. 木材에 比較하여 樹皮는 Ca, N含量이 一般的으로 많음을 보여 주고 있고 無機元素含量이 높은 順序로는 참나무屬, 사시나무屬, 소나무屬이다. 樹皮를 土壤에 施用할 경우 N의 不足으로 N집가가 아울러 이루어 지야 될 것이다.

緒 言

人類는 生活이 始作되면서부터 樹木과 不可分의 密接한 關係를 持續해 왔다. 손쉽게 樹木으로부터 衣食住를 解決하면서 外敵과 生存을 爲한 鬭爭을 하며 文明으로 向한 睿智를 키워왔다. 특히 樹皮는 東西洋을 막론하고 오랜 時日에 걸친 經驗과 慣習에 따라 利用되어 왔는데 인디언의 자작나무樹皮를 利用한 카누와 tapa衣類, 우리나라의 삼베, 모시, 한지와 各種 한약제 등은 그 좋은 例라할 수 있다. 또한 樹皮는 靚크, 纖維, 탄닌, 染料, 蠟, 樹脂, 라텍스, 食料品, 香料, 수렴용 독소, 抗生物質, 醫藥品 등을 供給하여 매우 오랫동안 人類에 貢獻하여 왔다. 그중 우리에게 잘 알려진 것으로는 樹皮香料, 금계랍이라 부르는 말라리아의 特效藥 키네네, 強力한 催淫劑인 요힘빈, 캅테일을 만드는 Angostora, 苦味劑等 상당히 많다. 이와같이 여러가지 物質을 얻을 수 있다고 하는 것은 樹皮自體의 複雜성과 아울러 樹種 間의 樹皮의 化學的 成分 差가 매우 심하다는 것을 보여주고 있다 할 것이다.

따라서 樹皮의 利用上 가장 흥미있게 研究된 部分은 化學的 抽出物을 利用하여 藥劑로 使用할 수 있는 方法이었으나 大部分 극히 制限된 熱帶樹種에 한정되고 國內에서는 뚜렷이 調查研究된 바 없고 예로부터 傳해오는 漢藥材로 使用하는 樹種에 局限되어 있을 뿐이다. 大部分의 樹皮는 有用한 資源으로서 보다는 不必要한 廢기물이나 燃料로 取扱되어 왔다. 그러나 最近 資源의 確保와 維持에 대한 國家間의 競爭이 日甚하여 지고, 특히 林產資源의 欠乏에 따라 Full tree utilization의 概念이 점고 되면서부터 林產分野에서도 樹皮의 利用에 큰 關心을 기울이게 되었다. 그 主된 理由는 첫째, 林木材積이 약 10~20%에 相當하는 大量의 樹皮가 廢棄物로 방치된다는 점이며 둘째, 工場이 많은 面積이 樹皮를 쌓아 두는 積재장으로 使用되므로 生産面積의 상대적 축소와 이를 處理하는데 必要한 勞動力의 소모로 인한 經濟的 損失을 가져온다는 점이다. 따라서 樹皮의 合理的인 利用策을 장구하기 爲해서 그간 樹皮化學과 解剖에 對하여 많은 業績을 올린 미국을 비롯, 캐나다, 뉴질랜드等 林產國에서도 1970년부터 그

간 미미되었던 樹皮의 物理機械的 性質을 研究하면서 樹皮의 利用을 爲한 종합적인 심포지움을 갖는 등 활발한 연구가 最近에 急速的으로 進行되고 있다. 最近에 國內에서도 主要 樹皮 樹種에 對한 物理, 機械的 性質 및 解剖學的 性質에 對해서 研究가 進行되고 있으나, 化學的 性質은 全無하며 따라서 아직까지 國內樹種 樹皮에 對한 利用策도 뚜렷한 方向이 제시되지 못하고 있다. 그러므로 本 研究은 國內에서 生産되는 主要樹皮로서 소나무屬, 참나무屬, 사시나무屬을 中心으로 樹皮의 可能한 利用策을 開發하기 爲한 基本的인 性質로서 化學的 性質中 一般分析, 환원당構成, 無機元素에 對한 것을 우선 간추려 一報로서 發表하고자 한다.

研 究 史

樹皮에 關한 化學的 性質은 Rowe와 Pearl(1961)이 1961年 以前의 것을 總說로 發表하였으며, Nickles와 Rowe(1962), Pearl(1963), 및 Sproull(1969)에 依하여 研究가 進行되어 樹皮가 化學的으로 매우 多樣的 變異를 가진 것으로 밝혀지고 있다.

Browning(1967)은 樹皮의 Summative分析에서 Hemicellulose, lignin, 추출물과 hydroxy acid 복합물의 네 種類로서 構成되어 있다고 報告하고 그 分析方法을 提示하였으며 Hergert等(1960)은 어떤 單수화물과 추출물이 水分存在下에 공기 속성을 시키면 Phenolic acids로 변한다고 보고하였다.

Charg과 Mitchell(1955)은 24種樹種 樹皮의 造成에 對하여 發表하였으며 보통용에 추출과 1% NaOH용액의 추출을 계속추출과 단일추출로 比較하였고 炭水化合物量은 72% 황산으로 가수분해하여 결정하였으며 針葉樹 樹皮에는 glucose와 그외의 6탄당이 많고 反面 闊葉樹는 glucose와 5탄당이 더 많았다고 報告하고 있다. 또한 이들은 樹皮의 lignin과 methoxyl含量을 測定하였는데 특히 추출한 Slash pine 樹皮의 lignin含量은 50%로 他樹種보다 현저히 높다고 報告하였다.

樹皮의 alkali 溶性物質은 "Phenolic acids" 또는 Polyphenol인데 Hergert(1960)는 여러 樹皮中 特別 Slash pine 樹皮에서 myricetin, quercetin, leucocyanidin, catechin, vanillin, ferulic acid, phloroglucinol,

gallic acid와 유도체들이라고 밝혔으며 이러한 化合物은 주로 Cork형성층과 內皮內에 存在한다고 보고하였다. Sproull(1969)에 依하면 phenolic acid는 3% NaOH에 녹으나 中性에 녹지않고 phenolic acid 分解時 主要產物은 protocatechuic acid와 phrocathecol이었으며 dihydroxy methyl benzene unit가 phenolic acid의 構造에 重要的 部分이라고 結論을 내리고 있다.

一般的으로 樹皮에 對한 化學的 性質은 樹種에 따라 各國에서 상당히 많은 研究가 進行되어 왔으며 주로 抽出物에 對한 分析이 대부분을 차지하고 있다. 또한 木材工業 핸드북(1973)에서와 같이 同一樹種의 樹皮에서도 樹齡, 生育條件, 部位, 박피후 경과에 따라 抽出物量과 抽出成分의 組成에 상당한 差가 있음을 알 수 있다.

本 研究는 國內產 樹皮(소나무屬, 참나무屬, 사시나무屬)의 化學的 性質을 研究하기 爲하여 우선 그 基本으로 一般分析 및 환원당 構成과 無機元素組成을 究明하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 研究材料

本 研究에서 使用한 供試樹皮는 京畿道 水原市에 位置한 서울 大學校 農科大學 附屬 演習林과 光陵에 있는 林業試驗場 中部支場 附近에서 흉고직경이 同級인 健全하고 正常的으로 生長한 立木의 胸高部位에서 20×10cm 크기의 樹皮를 樹種別 20個씩 採取하였다. 樹種당 20本의 胸高直徑 部位로부터 採取한 試料中 一部를 同量混合하여 20~40메쉬로 製成하였으며 供試木의 樹種別 胸高直徑은 表 1과 같다.

Table 1. Size of trees examined

Species	DBH	Age	Locality
<i>Pinus rigida</i> Miller.	22~26	39~44	Central area
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	28~32	46~50	of Korea,
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	28~32	38~45	Su Weon
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	28~32	39~44	and
<i>Populus euramericana</i>	44~48	15~18	Kuang Neung
<i>Populus tomentiglandulosa</i> T. Lee	44~48	12~16	
<i>Populus alba</i> L.	44~48	16~19	
<i>Quercus variabilis</i> Bl.	32~42	—	
<i>Quercus aliena</i> Bl.	32~42	—	
<i>Quercus serrata</i> Thunb.	32~42	—	
<i>Quercus acutissima</i> Carr.	32~42	55	

2. 研究方法

1. 一般分析

樹皮를 20~40 mesh로 製造하고 木材에 適用하는 TAPPI Standard(1975) T₁₅-os-58, T_{1m}-59, T_{4m}-59, T_{6m}-59, 에 依하여 灰分, 冷水抽出物, 溫水抽出物, 1% NaOH抽出物, alcohol-benzene抽出物, lignin(T₁₃-05-54)을 分析하고 polysaccharides는 Browning (1967)이 언급한 72% H₂SO₄으로 加水分解시켜 얻은 환원당으로 測定하였다.

2. 환원糖構成

72% H₂SO₄으로 加水分解하여 얻은 환원당의 組成은 Browning (1967)이 언급한 paper chromatography와 densitometer에 依하여 比較定량을 하였다. 展開溶媒는 butanol濃 Ammonia water, water (10 : 1 : 2)이며 發色은 Aniline phthalic acid Solution을 使用하였다.

3. 無機元素

試料를 H₂SO₄: HNO₃: HClO₄ (1 : 10 : 5) 溶液으로 分解하여 Atomic Absorption Spectrometer (Hitachi Model 207)를 使用하였으며 다음 條件으로 setting하였다.

Flow rate air setting	15.0 l/mim.
Flow rate acetylene	3.0 l/mim.
Wave length setting	Na 5890 A°
	K 7665 A°
	Ca 4227 A°
	Mg 2852 A°
Slit	No.1, No2
Burner	Standard burner
ABS, Sens	Standard
Discharge current	P.Na 25 mA
	K 10 mA

질소定량은 kjeldahl method를 使用하였다.

結果와 分析

本 試驗에서 얻은 樹皮의 化學的 成分과 性質은 다음과 같다.

1. 一般分析

樹皮의 一般分析 結果 木材는 主로 炭水化合物인 Cellulose로 構成되고 있음에 比하여 樹皮는 lignin과 抽出物이 主軸을 이루고 있음을 볼 수가 있다. 灰分含量도 木材에 比해 상당히 높게 나타나고 있다. 屬間 樹皮의 一般分析差는 灰分이 사시나무 屬과 참나무屬이 소나

Table 2. General composition of bark (*Based on extractive free material)

Species	Ash*	Extractives				Lignin*	Polysaccharides*
		Cold water	Hot water	1% NaOH	Alcohol benzene		
<i>Pinus rigida</i>	2.37	5.81	11.31	43.19	4.88	55.33	24.4
wood	0.28	0.94	1.94	14.45	4.97	28.64	73.7
<i>Pinus thunbergii</i>	2.92	5.07	8.21	27.34	4.64	44.81	39.9
<i>Pinus densiflora</i>	2.35	3.37	12.36	55.13	6.45	60.70	21.4
<i>Pinus koraiensis</i>	1.41	11.28	19.28	48.95	6.64	45.99	—
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	5.2	14.68	21.14	49.24	16.03	40.23	31.7
wood	0.34	2.97	3.57	23.43	3.21	18.87	85.0
<i>Populus alba</i>	5.44	5.24	22.18	50.77	18.14	42.50	35.5
<i>Quercus variabilis</i> 322	2.26	3.95	7.04	—	6.53	65.29	29.4
wood	0.6	5.22	6.05	21.65	4.91	18.83	80.87
<i>Quercus aliena</i>	4.87	1.43	6.36	46.57	6.08	51.83	27.3
wood	0.28	4.7	6.5	19.9	4.3	19.4	—
<i>Quercus serrata</i>	7.0	7.93	11.4	31.98	4.8	49.37	28.7
<i>Quercus acutissima</i>	5.43	9.53	13.84	38.16	4.69	50.69	24.8

Table 3. The difference of the composition of bark among genus

Genus	Ash*	Extractives				Lignin*	Polysaccharides*
		Cold water	Hot water	1% NaOH	Alcohol benzene		
<i>Pinus</i>	2.26	6.38	12.79	43.8	5.65	51.71	28.6
<i>Populus</i>	5.32	9.96	21.66	50.0	17.1	41.37	33.6
<i>Quercus</i>	5.76	6.30	10.5	38.9	5.2	50.6	36.7

* Based on extractive free material

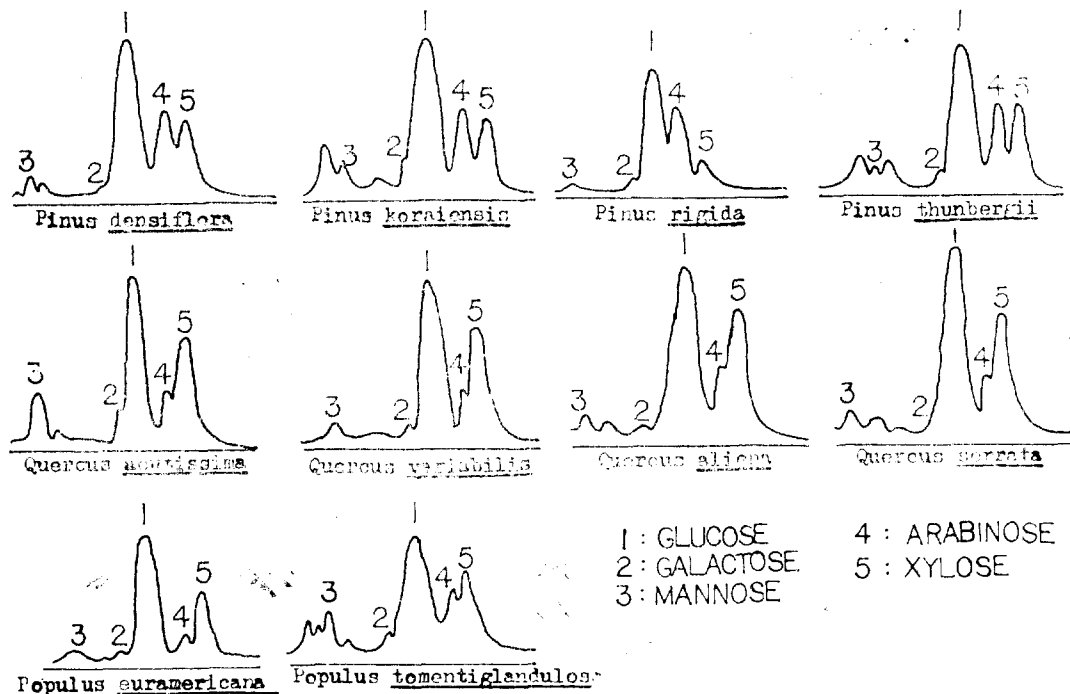


Fig. 1. Densitograph of reducing sugars

Table 4. Essential elements in the bark

Species	N(%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca(ppm)	Mg(ppm)
<i>Pinus rigida</i>	0.17	50.1	578	996	189
wood	0.125	140	501	1101	150
<i>Pinus thunbergii</i>	0.2	195	500	7344	470
<i>Pinus densiflora</i>	0.27	199.9	838	3739	334
<i>Pinus koraiensis</i>	0.22	248.7	1016	896	229
PINUS AVERAGE	0.215	173	733	3244	306
<i>Populus euramericana</i>	0.06	323.2	—	—	—
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	0.05	308.6	2877	6892	874
<i>Populus alba</i>	0.3	594.2	3170	7826	867
POPULUS AVERAGE	0.18	409	3024	7359	871
<i>Quercus variabilis</i>	0.56	194	800	11246	145
<i>Quercus aliena</i>	0.47	304.7	1715	15301	523
<i>Quercus serrata</i>	0.25	190.1	1115	12198	458
<i>Quercus acutissima</i>	0.45	244.7	864	4321	338
wood	0.184	149.4	1211	1092	372
QUERCUS AVERAGE	0.43	233	4494	10767	366
TOTAL AVERAGE	0.275	271.7	2750	7123	514

무屬보다 높고 抽出物은 사시나무屬이 높으며 特히 alcohol-benzene抽出이 17.1%나 되어 상당히 많이 나타나고 있는 反面 lignin의 量은 소나무屬이나 참나무屬 보다 떨어져 있음을 볼 수 있다. 分析結果는 表 2 및 表 3과 같다.

2. 還元糖 構成

소나무屬 樹皮의 還元糖은 그림 1와 같이 glucose가 主가 되어 있으며 Arabinose와 Xylose가 비슷하나 arabinose가 다소 많은 경향이고 mannose, garactose는 아주 적은 量이다. 사시나무屬의 樹皮는 glucose 다음 xylose가 많음을 보였고 참나무屬도 glucose 다음으로 역시 xylose가 많음을 보여 주고 있으며 Arabinose가 좀 적은 量이고 mannose와 garactose는 아주 적은 量이 存在한다.

3. 無機元素

樹皮의 無機元素는 表 4와 같이 樹種間 差가 많으며 比重이 높은 樹種으로서 참나무屬은 分量이 소나무屬 보다 全體의 으로 높은 値를 보인다. 또한 사시나무屬은 中間 程度이다. 元素別로 보면 Ca가 제일 높아 참나무屬에서는 1.07%, 사시나무屬에서는 0.74%, 소나무屬에서는 0.32%를 보이고 있다. 그다음 N,K가 서로 비슷하며 제일 含量이 낮은 成分은 P였다.

考 察

樹皮의 一般化學組成 分析 結果 表 2 및 表 3과 같

이 木材에 비해 lignin과 抽出成分이 상당히 많고 相對的으로 多糖類는 적음을 볼 수가 있다.

上記 實驗에서 lignin含量이 너무 높아 Hollocellulose의 測定이 困難하여 72% 黃酸으로 加水分解하여 환원당을 測定, 全炭水化合物을 計算하였는데 單糖類의 組成比는 針葉樹 樹皮와 闊葉樹樹皮가 달라 소나무屬의 경우 單糖類는 glucose가 제일 많고 xylose와 Arabinose가 거의 비슷하며 galactose와 mannose가 제일 적었다. 사시나무屬과 참나무屬에 있어서 glucose 다음으로 xylose가 소나무에 비해 많음을 그림 1에서 알 수 있다. 이와같은 사실은 Harkin과 Rowe(1971)가 報告한 사실과 비슷하다. 이들은 樹皮의 환원당 單糖類 中에서 glucose가 60~70%, xylose가 5~15%, arabinose가 5~10%, galactose와 mannose가 3~4%라 하였다. Sproull (1969)은 pine의 境遇 glucose가 50~60%, xylose가 8~15%, 其他가 6炭糖으로 되어 있으나 闊葉樹에서는 glucose가 50~65%, xylose가 20~25%, 其他가 10~20%임을 보여 같은 傾向임을 알 수 있다. 樹皮 抽出物은 木材에 比해서 2~3倍 以上이나 높게 나타나며 이는 粗皮에 暗褐色으로 着色되어 肉眼으로 쉽게 區分할 수 있다. 樹皮의 灰分含量은 木材에 비해 무려 5~10倍에 達하고 있다. 이는 原來 樹皮가 木材보다 灰分含量이 높은것도 事實이겠으나 粗皮內에 먼지와 모래가루가 바람에 날려 集積된 結果라고 어느 정도 볼 수 있을 것이다. Harkin과 Rowe (1971)의 報告에 依하면 樹皮의 化學的 組成은 極히 多樣하여 同

樹種內에서도 性質과 量이 다른 成分이나 抽出物로 構成되어 있고 立地條件과 採取部位에 따라 다르기 때문에 分析値를 比較하는 것이 無意味할 정도라고 까지 말하고 있으나 結果는 그들의 실험치와 거의 비슷하게 나타나고 있다. 한편 Sproull (1969)에 의해 報告된 Chang과 Michell의 個別 抽出과 계속추출의 結果 全炭水化合物과 환원糖의 構成比는 위의 사실과 비슷한 傾向을 보이고 있다. 단 이들 Harkin과 Sproull (1955) 등에 의하면 木材 lignin의 메톡실 含量은 針葉樹에서 15~17%이고 闊葉樹에서 20~22%인데 反하여 樹皮의 메톡실기 含量은 낮아 8~10%를 가지고 있다고 發表하고 있다.

樹皮의 無機元素含量은 表 4와 같이 참나무屬, 사시나무屬, 소나무屬 順으로 낮아지고 있으며 元素別로 보면 이들 원소중 Ca가 제일 많고 N.K가 비슷하게 높고 P의 含量이 全體의으로 제일 낮았다.

위의 事實을 young (1971)의 報告와 比較하면 비슷한 傾向을 보이고 있으며 그에 의하면 Northern white cedar의 Ca含量은 2.45%로 제일 높고 N含量이 높은 樹種은 0.69%의 red maple, P의 含量이 높은 樹種은 Aspen으로 0.15%였다. 本 試驗結果 Ca含量이 높은 것은 참나무屬으로 그중 갈참나무가 제일 높아 1.53%이고 N含量이 높은 樹種은 역시 참나무屬이고 平均 0.43%였으며 P의 含量이 높은것은 사시나무屬으로 平均 0.087%였다. 木材와 比較하여 보면 rigida의 境遇 Ca, K, Mg의 量은 비슷하나 樹皮가 N은 높고 P는 木材가 더 높았다. 상수리의 境遇 Ca, P, N은 樹皮가 높고 K, Mg는 木材가 높았다. 마찬가지로 Bollen (1969)은 ponderosa pine에 있어서 樹皮와 木粉을 比較한 結果 다음과 같이 報告하였다.

Ponderosa pine	N.	P.	K.	Ca.	Mg.	(%)
Bark	0.12	0.003	0.11	0.25	0.01	
Sawdust	0.04	0.008	0.12	0.16	0.02	

따라서 그의 結果에 의하면 Ca와 N의 含量은 樹皮가 높고 P.K.Mg는 木粉이 높게 나타나고 있으나 Douglas fir의 境遇는 거의 大部分이 樹皮의 無機含量이 높았다. 따라서 樹種에 따라 그 差는 있으나 Ca, N의 含量은 木材에 비해 樹皮가 大部分 많고 기타는 樹種에 따라 變異가 많음을 알 수 있다. 그러나 N의 含量은 극히 미량으로 樹皮를 토양개량제로 사용할 경우 樹皮의 N處理가 불가피하다.

結 論

國內 소나무屬, 사시나무屬, 참나무屬, 樹皮의 化學的 性質中 一般化學組成 分析 및 환원당 構成과 無機元素를 分析 考察한 바 다음과 같은 諸事實을 結論지을 수가 있다.

1. 樹皮는 木材와는 달리 lignin과 抽出物이 主가 되며 灰分含量도 상당히 높다. 抽出物은 木材에 비해 5~10배에 達하고 있으며 特히 사시나무屬은 다른 屬에 比하여 alcohol-benzene 抽出物이 훨씬 높았다.

2. 환원당은 소나무屬에서 glucose가 제일 많고 Arabinose와 Xylose 및 기타 6炭糖으로 되어 있고 참나무屬과 사시나무屬의 樹皮에서는 glucose가 제일 많고 그 다음으로 Xylose가 많았다.

3. 樹皮中 無機元素 含量은 Ca가 제일 많고 N,K가 비슷하며 P가 이중 제일 적다. 木材와 比較하여 樹皮는 Ca, N含量이 一般의으로 많음을 보여주고 있고 無機元素 含量이 높은 順序로는 참나무屬, 사시나무屬, 소나무屬이다. 樹皮를 土壤에 施用할 境遇 N이 不足하여 N의 첨가가 아울러 이루어져야 할 것이다.

引 用 文 獻

- Bollen, W.B. 1969. Properties of tree barks in relation to their agricultural utilization. USDA Forest Service Research Paper PNW-77:36.
- Browning, B.L. 1967. Methods of Wood Chemistry. Vol. I. Interscience Pub. N.Y.:384.
- Chang, Y.P. and Mitchell, R.L. 1955. Chemical composition of common north american pulp wood barks. Tappi 38(5):315-320.
- Faber, E. 1959. Chemicals from Bark. For. Prod. J. 9(4):25A-27A.
- Forest Exp. station (Japan). 1973. Hand book of wood Industry. Maruzen Pub. Co.
- Harkin, J.M. and Rowe, J.W. 1971. Bark and its possible uses. USDA Forest Serv. Res. Note Epl-091:56.
- Hergert, H.L. 1960. Chemical composition of tannins and polyphenols. For. Prod. J. 10 (11): 610.
- Nickles, W.C. and Rowe, J.W. 1962. Chemistry of western white pine bark. For. Prod. J. 12(8): 374-376.

9. Pearl, I.A. 1963. Aspen bark as a source of organic chemicals. *For. Prod. J.* 13(3):122-123.
10. Rowe, J.W. and Pearl, I.A. 1961. Progress in chemical conversion. *For. Prod. J.* 11(2): 85-107.
11. Sproull, R.C. 1969. Fiber, Chemical, and agricultural products from southern pine bark. *For. Prod. J.* 19(10)38-44.
12. TAPPI. 1975. Tappi standards and suggested methods. Technical Association of the Pulp and Paper Industry.
13. Young, H.E. 1971. Preliminary estimates of bark percentages and chemical elements in complete trees of eight species in Maine. *For. Prod. J.* 21(5):56-59.