

## 針葉樹材 樹皮의 物性<sup>1</sup>

鄭大成<sup>2</sup> · 閔斗植<sup>2</sup> · 金炳魯<sup>2</sup>

## The Material Properties of Coniferous Barks<sup>1</sup>

Tae Seong Cheong<sup>2</sup> · Du Sik Min<sup>2</sup> · Byoung Ro Kim<sup>2</sup>

### 要 約

忠清地域에서 造林되고 있는 主要 針葉樹林 樹皮利用의 改善에 必要한 基礎를 얻고자 소나무, 리기다소나무, 잣나무 및 낙엽송 樹皮의 一般的 組成成分과 樹皮率 및 發熱量을 調査分析한 結果는 다음과 같다. 1) 樹皮는 木材에 比하여 抽出物과 lignin 含有量이 많다. 그리고 잣나무樹皮는 낙엽송, 소나무 및 리기다소나무보다 alcohol-benzene 抽出物量이 가장 많았다. 또한 pentosan 含有量은 木材에 比하여 樹皮가 一般的으로 적지만 낙엽송樹皮에서는 도리어 많았다. 2) 樹皮의 pH는 3.5~4.1의 범위를 보이고 一般的으로 木材보다 더 酸性이었다. 그리고 樹皮의 灰分 含有量은 1.98~2.78%로 木材에 比하여 월등히 많았다. 3) 樹皮率은 原木體積의 13.9~19.8%를 占하고 있으며 樹皮의 發熱量은 木材보다 높았다. 그리고 樹種別 樹皮의 發熱量이 높은 順으로는 잣나무(5,504 kcal/kg), 리기다소나무, 낙엽송 및 소나무이었다.

### ABSTRACT

In this study, the vegetation of *Pinus densiflora* S. et Z., *Pinus regida* Miller, *Pinus koraiensis* S. et Z., and *Larix kaempferi* Sargent (major conifers) stands planted in the Chungcheong-province was investigated to obtain the fundamental informations for the improvement of coniferous barks utilization. The results may be summarized as follows; 1) Barks are much richer in quantity of extractives and lignin than the corresponding wood. Alcohol-benzene extractives of *Pinus koraiensis* barks are the highest among others. Pentosan contents are lower in the bark than in the wood, but pentosan contents of the *Larix kaempferi* bark is the highest among others. 2) Barks are acid in nature, and PH values of barks varying from 3.5 to 4.1 are lower than that of wood. The ash contents of barks are greater than the corresponding wood. 3) A bark comprises from 13.9 to 19.8 percents of a typical log by volume. The calorific values are higher in the barks than in the wood, and calorific values of *Pinus koraiensis* barks are the highest among others.

*Key words:* alcohol-benzene extractive; pentosan; lignin; calorific value; PH value.

### 緒 論

樹皮는 옛부터 纖維, 香料, 樹脂 그리고 化學的 抽出物을 利用한 藥劑製造 등으로 많이 使用되어 왔

다. 그러나 많은 樹種에 달하는 大部分의 樹皮는 有用한 資源 利用보다는 利用價値가 낮은 燃料로 간혹 使用되었을 뿐 거의 全部가 廢棄物로 取扱되어 왔다. 最近 林産資源의 不足으로 木材의 完全利用의 概念이 높아짐에 따라 林産分野에서 樹皮의 利

<sup>1</sup>接受 10月 24日 Received October 24, 1985.

<sup>2</sup>忠北大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungbuk National Univ., Cheongju, Korea.

用開發에 關心을 크게 기울이게 되었다. 그 主된 理由는 樹皮가 林木體積의 約 10~20%에 해당되기 때문이다. 美國에서는 1950年代初부터 그리고 日本에서는 1960年代初부터 樹皮를 利用하는 方法으로 樹皮를 原料로 한 成型新材炭 또는 樹皮堆肥의 研究가 實用化되어 木材資源의 節約에 크게 이바지하고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직도 樹皮 利用에 關한 基本的인 理論究明이 別로 되어 있지 않은 實情이다.

本 研究의 目的은 우리나라 中部地域의 主要 針葉樹 造林 樹種인 소나무, 리기다소나무, 잣나무 그리고 낙엽송 樹皮의 燃料化 可能性을 究明함으로써 木質部 燃料을 代替할 수 있는 基礎資料를 얻는데 있다.

## 研究史

Eames, A. J.와 MacDaniel, L. H.(1925)는 樹皮란 形成層 밖의 모든 組織을 말한다고 定義하였다. 그동안 이들 針闊樹의 樹皮에 對한 化學的 研究는 많은데 그중 針葉樹材 樹皮에 關한 報文을 整理하면 Chang, Y. P와 Mitchell, R. L.(1955)는 樹皮의 lignin과 methoxy 含有量을 調査하였는데 특히 slash pine 樹皮의 lignin 含有量이 50%로 他 樹種보다 현저히 많다고 發表하였다. Bollen, W. B.와 Lu, K. C.(1957)은 douglas-fir의 樹皮는 木材보다 抽出物量이 많으며 특히 lignin 含有量이 41.6%로 木材(心材, 25.9%; 邊材, 37.4%)보다 많은데 그 理由는 樹皮의 lignin에 phenol 酸이 含有되기 때문이라고 發表하였다. Rowe, J. W.와 psarl, I. A(1961)은 1961年 以前까지의 樹皮에 關한 化學的 性質을 總說로 發表하였는데 樹皮가 木材보다 化學的으로 多樣한 變異를 가진 것으로 發表하였다. Browing, B. L.(1967)는 樹皮는 holocellulose, lignin, 抽出物과 hydroxy acid 複合物的 4種類로 構成되어 있다고 發表하였다. 右田, 米樺, 近藤(1968)는 一般的으로 木材보다 樹皮에 抽出成分과 灰分이 많고 holocellulose 含有量이 적으면서 cork 組織에는 木材에는 없는 suberin系 物質이 많고 낙엽송의 hemicellulose는 水溶性이 있다고 發表하였다. Reavis, C. S.(1969)는 slash pine과 sugar pine의 樹皮 抽出物에는 lignin 含有量이 49.9%에 이르지만 lodgepole pine에서는 14.8%라고 發表하였다. 日本 農林省 林業試驗場(1973)에서는 낙엽송과 소나무의 lignin 含有量이

外皮에서 각기 38.6%와 65.3%에 달한다고 發表하였다. 또한 同一樹種의 樹皮라도 樹令, 生育條件, 部位, 剝皮後 經過에 따라 抽出物量과 成分의 組成에 差異가 있다고 하였다. Goldstein, L. S.(1978)는 樹皮에는 木材에 없는 suberin과 phenol 酸이 있으며 cellulose 量은 20~30%에 達하고 樹皮의 組成成分에 關한 總說을 發表하였다. 李(1978)는 樹皮는 木材와는 달리 lignin과 抽出物이 主가 되며 灰分 含有量도 상당히 많다고 發表하였다.

中野(1979)는 樹皮 phenol 酸이 9種의 針葉樹에서 lodgepole pine이 17.2%이었으나 sugar pine에서는 40.5%에 達한다고 報告하고 phenol 酸 定量法을 提案하였다. 河田(1981)는 樹皮는 一般 木材分析法(TAPPI Standard)<sup>18, 19, 26</sup>을 適用하면 phenol 酸이 lignin 定量을 混害하며 lignin 量에 過大值를 주는 것이 明確하다고 하였다. Eero Sjöström(1981)는 樹皮의 典型的인 點은 suberin類, pectin 및 phenol 性 化合物같은 可溶性 成分의 含有量이 많으면서 無機物 含有量도 木材보다 많다고 하였다. 그리고 樹皮는 fiber, corks cell 및 柔細胞를 포함한 微細物質로서 即, 纖維(fiber)는 木纖維와 化學的으로 비슷한 cellulose, hemicellulose 및 lignin이고 corks cell과 柔細胞壁에는 Suberin이 많고 微細物質에는 polyphenol類가 많다고 發表하였다. Haygree, N. J.와 Bowyer, J. L.(1982)는 針葉樹 木材의 平均 lignin 含有量은 25~30%이고 樹皮는 40~55%이며, 木材의 發熱量은 8600~9700 Btu/dry Lb인데 樹皮에서는 8800~10800 Btu/dry Lb라고 發表하였다. 中野(1983)는 소나무 樹皮의 lignin 含有量은 55.8%에 達하며 邊材(26.89%)보다 倍가 된다고 하고 抽出物 含有量도 樹皮가 木材보다 많다고 發表하였다. 후과 李(1983)는 木材보다 樹皮가 發熱量이 많고 또한 爛葉樹보다 針葉樹가 發熱量이 높으며 benzene 抽出物이 많은 것은 發熱量도 높은 경향이 있다고 發表하였다. Fengel, D와 Wegener, G.(1984)는 針葉樹의 樹皮率은 10~20%에 이르며 가지와 稍頭部로 갈수록 20~35%에 達하여 樹幹보다 樹皮率이 높아진다고 하고 lignin 含有量은 44.7%이며 cellulose는 37.0%에 이른다고 發表하였다. 以上の 報文에서와 같이 樹皮의 化學的 成分과 燃料化를 위한 發熱量에 關한 研究는 國內에서 아주 未洽한 實情이다.

材料 및 方法

1. 材 料

本 試驗에서 使用한 供試樹皮는 忠北大學校 農科 大學 附屬演習林(忠北 堤原郡 寒水面 松界里) 에서 生育하고 있는 林分에서 擇하였는데, 리기다소나무, 잣나무, 및 낙엽송은 人工造林地에서, 그리고 소나무는 天然林分에서 立地條件이 各樹種別林分이 서로 비슷하며 正常的으로 生長한 것이었다. 이러한 各林分에 0.1 ha (50 × 20 m) 씩 標準地를 設定하고 每木調査를 한 後 代表木으로 樹種別로 3 本씩 擇하여 地上 0.2 m 部位부터 1 m 간격으로 鋸斷하고 各切斷部의 下端에서 10 cm 크기의 円板(disk)을

採取하여 vinyl 봉지에 담아서 供試用으로 하였다. 이들 林分의 地況은 方位가 北向 내지 西北向이고 急傾斜地로서 基岩이 花崗岩地帶이며 土質은 砂壤土이면서 土深은 中級에 속하고 濕度는 適濕이었다. 林況은 立木度가 70~80 이고 울폐도는 “密”에 속하며 供式木의 樹齡, 胸高直徑, 樹高 및 成長率은 Table 1 과 같다.

2. 方 法

樹種別 樹皮率 計算은 採取한 円板을 利用하여 斷面의 半徑을 4 方向으로 測定하는데 測定方向은 서로 직교하게 하고 円周等分法으로 하였다. 이 때 中心部에서 樹皮部(Outside Bark ; OB)와 木質部(Inside Bark ; IB)를 測定한 結果를 Smalian 式에 依

Table 1. Size of trees examined

Species	Age (year)	DBH (cm)	Height(m)	Growth percentage (Scheiders method) (%)
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z	16	12	9.6	9.75
	12-20	6-18	8.6-11.5	
<i>Pinus rigida</i> Miller	16	10	8.4	8.81
		6-18	8.3-10.6	
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z	15	10	6.1	13.22
		6-14	5.8-6.8	
<i>Larix kaempferi</i> Sargent	14	10	9.2	9.91
		6-14	8.6-9.8	

Table 2. A simple equation of bark rate

Species	Height (m)								Average (Bark rate)	F	Equation	Coefficient of regression (T. test)
	0.2	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2				
<i>Pinus densiflora</i> (Bark rate %)	20.2	17.7	13.5	10.9	10.3	9.2	9.6	14.6	29.44**	$\hat{y}(\%) = 0.92 + 1.157 D$	r = 5.26**	
Duncans Test	—		—									
<i>Pinus rigida</i> (Bark rate %)	28.1	23.8	19.5	17.8	16.6	14.4	15.8	19.8	46.55**	$\hat{y}(\%) = 8.22 + 1.658 D$	r = 5.86**	
Duncans Test	—				—							
<i>Larix kaempferi</i> (Bark rate %)	16.9	15.4	14.9	13.2	12.3	10.3	10.9	13.9	42.05**	$\hat{y}(\%) = 7.55 + 0.925 D$	r = 14.92**	
Duncans Test	—		—									
<i>Pinus koraiensis</i> (Bark rate %)	14.9	13.8	13.3	12.6	13.0	•	•	14.1	17.10**	$\hat{y}(\%) = 11.52 + 0.259 D$	r = 6.64**	
Duncans Test	—				—							

\*\* ; Significant at 1-percent level      D ; Diameter(cm)

한 區分求積法으로 材積을 求하여 各部位別(切斷 1 m 간격)의 樹皮率과 平均樹皮率을 求하였다.

各樹種別 化學的 一般成分을 調査하기 위한 分析用 試料는 各円板에서 樹皮部와 木材部를 모디어 使用하였다. 分析方法은 TAPPI Standard 에 依하여 分析하였다. 樹皮의 發熱量 測定은 忠北工業試驗所에 있는 USA Oxygen Bomb Calorimeter (1241. PARR)를 使用하였다.

**結 果**

本 試驗에서 얻는 樹皮率, 樹皮의 一般成分 및 樹皮의 發熱量은 다음과 같다.

**1. 各樹種別 樹皮率**

供試樹種의 平均樹皮率은 낙엽송이 13.9%로 가장 적고, 리기다소나무가 19.8%로 가장 많았다. 그리고 部位別로는 地上部 0.2m에서 2.2m 까지가 많은 편이며 地上部에서 차차 樹高가 높아질수록 樹皮率은 점감(漸減)하다가 다시 稍頭部에서는 增加되는 추세를 나타내고 있다. 樹種別의 樹皮率( $\bar{y}$ )과 直徑(D;OB)과의 回歸曲線方程式에서 母回歸係數는 0이 아니며 1% 水準에서 高度의 有意性이 認定되었다. 結果는 Table 2 와 같다.

**2. 一般成分**

樹皮는 lignin 과 抽出物이 主軸을 이루고 있는데 比하여 木材는 炭水化合物인 holocellulose가 主成分을 이루고 있다. 특히 抽出物量은 소나무屬 樹皮보다 낙엽송樹皮가 많고 樹皮의 lignin 含有量은 소나무와 리기다소나무에 많고, 잣나무와 낙엽송에 적었다. pH는 樹種에 區別없이 樹皮가 木材보다 강한 酸性을 띠고 있다. 灰分量은 木材는 0.5% 以下인데 比하여 樹皮는 1.98~2.45%로 높은 量을 보여 주고 있다.

分析 結果는 Table 3 과 같다.

**3. 發熱量**

樹皮의 發熱量은 木材보다 높았으며 發熱量이 가장 많은 樹種은 잣나무 樹皮에서 나타났다. 그리고 리기다소나무, 낙엽송 및 소나무 樹皮의 發熱量間에는 有意差가 認定되지 않았다. 그 結果는 Table 4 와 같다.

Table 3. General composition of bark and wood

Species	Extractives (%)						Cellulose (%)		Holor cellulose (%)		Lignin (%)		Pentosan (%)		pH		Ash (%)			
	Cold water		Hot water		1% NaOH		Alcohol-benzene		Bark	Wood	Bark	Wood	Bark	Wood	Bark	Wood	Bark	Wood		
	Bark	Wood	Bark	Wood	Bark	Wood	Bark	Wood											Bark	Wood
<i>Pinus densiflora</i>	3.4	1.8	13.6	5.5	53.5	17.7	7.4	2.4	25.5	52.5	48.9	75.7	51.1	26.7	11.0	17.1	4.1	4.9	2.39	0.17
<i>Pinus rigida</i>	5.8	1.7	12.1	5.3	43.1	14.8	5.9	2.8	23.0	52.8	44.8	73.5	52.2	26.3	8.0	17.2	3.7	4.6	2.73	0.23
<i>Pinus koratensis</i>	11.6	2.7	19.9	6.5	49.5	17.9	13.8	2.5	26.2	52.2	53.0	76.7	33.9	26.0	8.2	13.9	3.9	4.7	2.49	0.40
<i>Larix kaempferi</i>	19.6	4.1	35.0	7.2	66.1	17.6	12.7	2.1	29.8	50.4	50.8	70.2	39.2	28.3	18.3	15.3	3.5	4.3	1.98	0.44

Table 4. Calorific value of bark and wood

Species	Bark				Wood				F test
	<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Pinus rigida</i>	<i>Larix kaempferi</i>	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus rigida</i>	<i>Larix kaempferi</i>	<i>Pinus koraiensis</i>	
Calorific Value (average : kcal /kg)	5,504	5,218	5,179	5,133	4,921	4,895	4,862	4,829	**
Duncans test									

\*\* : Significant at 1-percent level

考 察

供試材의 樹種別 樹皮率은 Table 2 와 같이 直徑이 增加됨에 따라 樹皮率도 增加되는 추세를 보이는 直線回歸方程式이 成立되며 이들 平均樹皮率은 13.1 ~ 19.8 %에 이르고 樹種別로는 리기다소나무의 樹皮率이 平均 19.8 %로 가장 많고 낙엽송의 樹皮率이 13.9 %로 가장 낮았다. 이러한 現象은 Fengel<sup>9)</sup> 및 李<sup>14)</sup>가 發表한 結果와 비슷하였다. 그리고 Fengel<sup>9)</sup>은 가지와 稍頭部의 樹皮率이 20 ~ 35%에 이른다고 發表하였는데 本試驗에서도 元口쪽이 樹皮率이 가장 많고, 樹高가 높아질수록 漸減하다가 稍頭部에 갈수록 다시 漸增하고 있었다.

樹皮의 一般成分 分析結果는 Table 3 과 같이 供試樹種에 관계없이 木材에 比하여 樹皮의 抽出物量이 상당히 많은데 그 중에서도 1% NaOH 抽出物은 木材가 平均 17.0 %인데 比하여 樹皮는 53.1 %로 約 3 倍에 이르고 있다. 그리고 抽出物중에서 낙엽송의 溫水抽出物이 木材는 7.2 %인데 比하여 35.0 %로 월등히 많다. 이러한 現象은 소나무類의 樹皮보다 낙엽송의 樹皮에 水溶性 및 alkali 性 抽出物이 많다는 것을 意味한다. 그리고 alcohol ; benzene 抽出物도 잣나무 樹皮가 13.8 %로 가장 많고 다음이 낙엽송 樹皮 (12.7 %)인데 이는 소나무와 리기다소나무 樹皮보다 約 2 倍가량 많다.

이러한 結果는 잣나무와 낙엽송 樹皮에 다른 樹種보다 樹脂含有量이 많다는 것을 意味한다. 그리고 抽出物量은 同一樹種의 樹皮라도 樹齡, 生育條件, 剝皮部位, 剝皮後의 經過 等에 따라 抽出成分의 定量値가 다르고 또한 抽出成分의 組成에도 偏異가 있기 때문에 樹皮의 抽出物 分析値를 比較하는 것은 無意味할 정도라고 말하고 있다.<sup>14, 18, 22)</sup> 그러나 本試驗 結果는 Bollen<sup>1, 2)</sup>, Eames<sup>6)</sup>, Eero Sjöström<sup>7)</sup>, Fengel<sup>9)</sup>, 河田<sup>12)</sup>, 李<sup>14)</sup>, 右田<sup>18)</sup>, 中野<sup>22)</sup>, Reavis<sup>25)</sup>, 辛 및 李<sup>26)</sup>

의 發表한 分析値와 비슷하였다.

cellulose 와 holocellulose 含有量은 樹種에 관계 없이 木材에 많고 樹皮에 적은 反面 lignin 含有量은 木材보다 樹皮에 많다. 即 炭水化合物量은 木材에 70.2 ~ 76.7 %인데 樹皮는 44.8 ~ 53.0 %에 이른다. 그러나 lignin 含有量은 木材가 26.0 ~ 28.3 %인데 比하여 樹皮는 33.9 ~ 52.2 %에 달하고 있다. 이러한 現象은 Bollen<sup>1, 2)</sup>, Fengel<sup>9)</sup>, Haygree<sup>11)</sup>, 李<sup>14)</sup>, 中野<sup>21, 22)</sup>의 發表와 비슷하다. 特히 河田<sup>12)</sup>, 中野<sup>21, 22)</sup>는 樹皮에 lignin 含有量이 많은 理由는 phenol 酸이 있기 때문이며 樹皮의 phenol 酸 定量法을 提案하기도 하였다. 그러나 Eero Sjöström<sup>7)</sup>는 樹皮의 lignin은 phenol 酸類와 分離가 어렵기 때문에 만족할 만한 lignin에 關한 data가 없으며 다만 各種 針葉樹의 樹皮의 lignin 含有量은 樹皮重量의 15 ~ 30 %가 된다고 發表하였다. 그리고 Reavis<sup>25)</sup>는 lignin의 methoxy 含有量은 針葉樹에서 15 ~ 17 %이고 樹皮에서는 8 ~ 10 %를 가지고 있다고 發表 하였다. pentosan 含有量은 木材에 比하여 樹皮가 一般의으로 적었지만 낙엽송에서는 木材가 15.3 %인데 樹皮에서는 18.3 %로 도리어 많았다. 이러한 現象은 낙엽송 樹皮의 holocellulose 中에 pentosan 含有量이 유독 많이 있다는 것을 意味한다.

樹皮의 pH는 3.5 ~ 4.1 인데 比하여 木材는 4.3 ~ 4.9 로서 樹皮가 木材보다 더 酸性을 띠고 있다. 그러므로 土壤에 樹皮堆肥를 施用할 경우 好酸性 植物이 아니고는 石灰 施用이 要求된다. 이러한 現象은 Franklin<sup>6)</sup>, 李<sup>15)</sup>, Lunt<sup>16)</sup>, Meyer<sup>17)</sup>의 發表와 비슷하지만 日本科學技術計劃局<sup>23)</sup>이 發表한 針葉樹 樹皮의 酸度는 pH 6.5 ~ 6.7 과는 상당한 偏異를 보여 주고 있다. 樹皮의 灰分 含有量은 木材에 比하여 6 ~ 11 倍 많은데 이는 原來 樹皮가 木材보다 灰分 含有量이 많은 것이 사실로 되어 있다.<sup>9, 13, 14, 16, 18, 22, 24)</sup>

樹皮의 發熱量은 Table 4와 같이 樹種에 관계없이 木材에 比하여 樹皮가 높았으며 특히 잣나무 樹皮가 5,504 kcal/kg 로 가장 높았고 잣나무 木材가 4,829 kcal/kg 로 가장 낮았다. 그러나 리기다소나무, 낙엽송, 소나무 樹皮의 發熱量間에는 有意差가 認定되지 않았다. 또한 alcohol : benzene 抽出物量이 가장 많은 잣나무 樹皮(13.8%)의 것이 發熱量이 가장 높았는데, 이러한 현상은 후과 李<sup>25)</sup>가 發表한 pine 의 경우 benzene 抽出物이 많기 때문에 發熱量도 높았다고 한것과 유사한 경향을 보여주고 있다고 하겠다. 그리고 Chang<sup>5)</sup>, Haygree<sup>11)</sup>, 李<sup>13)</sup> Murphy<sup>20)</sup> 簡本<sup>27)</sup>는 木材보다 樹皮가 發熱量이 많다고 發表하였는데 本試驗에서도 이와 유사한 경향을 보여주고 있다.

### 結 論

忠淸地域의 主要 針葉樹 造林樹인 소나무, 리기다소나무, 잣나무 그리고 낙엽송 樹皮의 樹皮率, 一般成分과 發熱量을 分析 考察한 바 다음과 같이 結論 지을 수 있다.

1. 樹皮率은 原木體積의 13.9~19.8%를 차지하고 있다.
2. 樹皮는 木材와는 달리 抽出物과 lignin 이 主가 되며, 抽出物은 木材에 比하여 3배가량 많다.
3. 樹皮의 pH는 3.5~4.1의 범위를 보이고 있어 一般的으로 酸性을 띠고 있으며 木材보다 더 酸性이다. 그리고 樹皮의 灰分含有量은 1.98~2.73%로 木材보다 월등히 많다.
4. 樹皮의 發熱量은 木材에 比하여 높았으며 樹皮의 發熱量이 높은 順으로는 잣나무, 리기다소나무, 낙엽송, 소나무이었다. 그러나 잣나무를 除外한 其他樹種의 發熱量間에는 有意差가 認定되지 않았다.

### 引 用 文 獻

1. Bollen, W. B. and K. C. Lu. 1957. Effect of douglas-fir sawdust mulches and incorporations on soil microbial activities and plant growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 31-41.
2. Bollen, W. B. and D. W. Glennic. 1961. Sawdust, bark and other wood wastes for soil conditioning and mulching. Forcst Products Journal 11(1): 38-46.
3. Browning, B. L. 1967. Method of wood chemistry. Vol. 1. Interscience. Pub. N. Y. 384 pp.
4. Bollen, W. B. 1969. Properties of tree barks in relation to their agricultural utilization. USDA Forest Service Research Paper DNW 77: 36.
5. Chang, Y. P. and R. L. Mitchell. 1955. Chemical composition of common North American pulp wood bark. TAPPI. 38(5): 315-320.
6. Eames, A. J. and L. H. Macdaniels. 1925. An introduction Plant anatomy. McGraw-Hill Book Company. New York and London.
7. Eero sjöström. 1981. Wood chemistry fundamentals and applications. (chemistry of bark). Academic Press. New York. pp. 98-103.
8. Franklin, E. A., M. S. Sherman and A. P. Lonis. 1949. Maintenance of soil organic matter: I. Inorganic soil colloid as a factor in retention of carbon during formation of humus, Division of soil management and irrigation. Beltsville, Maryland. pp. 463-478.
9. Fengel, G. 1984. Wood chemistry, ultra structure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin. New York. pp. 241-267.
10. Goldstein, L. S. 1978. Organic chemicals from biomass. CRC Press Inc. pp. 15-16. pp. 189~249.
11. Haygree, N. J. G and J. L. Bowyer. 1982. Forest products and wood science. The Iowa State Univ. Press. pp. 136-146. pp. 421-434.
12. 河田弘. 1981. 樹皮堆肥. 日本博反社. pp. 34-87.
13. 李華珩. 1977. 韓國產主要樹種樹皮의 理學的 性質에 關한 研究 - 소나무屬, 사시나무屬, 참나무屬을 中心으로 - 韓國林學會誌 33: 33-58.
14. 李華珩. 1978. 韓國產主要樹種樹皮의 化學的 性質 - (1) - 一般分析, 還元糖構成, 無機元素. 韓林誌. 40: 63-69.
15. 李華珩. 1979. 韓國產主要樹皮의 pH와 C. E. C (Cation Exchange Capacity) - 소나무屬, 사시

- 나무屬, 참나무屬 - 木材工業 Vol. 7. No. 3-7.
16. Lunt, O. R. and B. Clark. 1959. Horticultural applications for back wood fragments. For. prod. J. 9 (4) 39 A-42A
  17. Meyer, A. B. 1956. Forestry handbook. The Ronald Press Company. Section 21. pp. 1-4.
  18. 右田伸彦外 2 人. 1968. 木材化學. 共立出版社. pp. 495-525.
  19. 関斗植外 2 人. 1981. 木材化學. 先進文化社. pp. 366-410
  20. Murphey, W. K. and B. E. Cutter. 1973. Gross heat of combustion of fine hardwood species at differing moisture contents. For. Prod. J. 24 (2): 44-46.
  21. 中野準三編. 1979. 리그ニンの化學. ユニ廣報社. pp. 21-22.
  22. 中野準三植口隆昌, 住本昌之, 石津敦. 1983. 木材化學. ユニ出版社. pp. 17-19.
  23. 日本科學技術廳計劃局. 1971. 樹皮の利用に関する調査報告書.
  24. 日本農林者林業試驗場. 1973. 木材工學ハンドブック. pp. 214-218.
  25. Reavis, C. Sproull. 1969. Fiber, chemical and agricultural products southern pine bark. Forest Products Journal. Vol. 19 : No. 10 : 38-45.
  26. 辛東韶, 李華珩. 1983. 林産化學. 郷文社. pp. 422-424.
  27. 筒本卓造. 1982. 木材工學의 熱管理(省에너지). 木材工學. Vol. 10. No. 5 : 20-37.