

SO₂에 대한 耐性樹種의 選拔을 위한 基礎研究^{1*}

II. 人工酸性雨 및 酸性煙霧處理實驗

金 甲 泰²

A Study on Selection of SO₂ Resistant Tree Species^{1*}

II. Artificial Acid Rain and Acid Mist Treatments

Gab Tae Kim²

要 約

SO₂에 대한 耐性樹種을 選拔하기 위하여, 6 樹種에 대하여 人工酸性雨를 處理하면서 葉被害率, 葉綠素含量 및 生長을 調査하고, 酸性煙霧를 處理하면서 葉被害率을 調査·比較하였다.

절레는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 苗高生長이 나빠졌으며 대조구에서 가장 좋게 나타났으나 가중나무는 pH 5.0 處理區에서 苗高生長이 가장 좋게 나타났다. 아까시나무, 일본목련 및 등나무는 pH 5.0 處理區에서 地上部와 地下部の 生長이 모두 對照區보다 좋게 나타나 相對的으로 他樹種에 비해 酸性雨에 대한 耐性이 強할 것으로 期待된다. 處理酸性雨 및 酸性煙霧의 pH값이 작아질수록 모든 樹種에서 葉被害率(被害葉面積과 被害葉率)이 增加하였다. 樹種別로 處理間 葉綠素含量의 變化는 조금씩 差異가 있으나, 절레의 境遇는 測定時期에 關係없이 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 낮아지는 傾向이 있으며 일본목련의 境遇는 7월 測定에서는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 越等히 높았다가 酸性雨處理가 繼續됨에 따라 減少하여 9월 測定에서는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 顯著히 낮아졌다.

ABSTRACT

Seedlings of 6 tree species were treated with artificial acid rain and acid mist (pH 5.0, 4.0, 3.0) and ground water (pH 6.5), to select SO₂-resistant tree species. The growth variable, leaf injury rate and chlorophyll content were measured and compared among the various pH levels.

Seedling height of *Rosa multiflora* decreased with decreasing pH levels of artificial acid rain and was tallest at control plot, but that of *Ailanthus altissima* was tallest at pH 5.0 plot. For the seedlings of *Robinia pseudoacacia*, *Magnolia obovata* and *Wisteria floribunda*, top and root dry weights per seedling at pH 5.0 plot were higher than those at control plot. Leaf injury rate (injured leaf area and injured leaf rate) increased with decreasing pH levels of artificial acid rain, the changes of leaf chlorophyll content was slightly different among tree species. Leaf chlorophyll content of *Rosa multiflora*, measured during the period July to September, decreased with decreasing pH levels of artificial acid rain. Leaf chlorophyll content of *Magnolia obovata* increased on July, but decreased severely on September, with decreasing pH levels of artificial acid rain.

Key words : artificial acid rain, acid mist, tree species, SO₂ -resistant

¹ 接受 1989年 3月 22日 Received on March 22, 1989.

² 尙志大學, Sangji Univ. Wonju, Korea.

* 이 논문은 1987년도 문교부 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

緒 論

大氣汚染이 深刻한 問題로 提起됨에 따라 활발한 研究가 始作된 것은 20세기 初부터이며, 最近에는 氣體狀의 汚染物質은 물론 大氣汚染物質이 降水物에 녹아들어 생기는 酸性雨現狀은 生態系에 커다란 影響을 미친다는 것이 各國에서 報告되고 있다. 化石燃料의 消費로 發生한 大氣汚染物質이 上昇氣流나 굴뚝을 높임으로 하여 廣範圍한 地域으로 擴散되고, 이들이 降水物에 녹아들거나 降水物에 의하여 씻겨내려 pH 5.65 未滿의 높은 산도를 보일 때, 酸性雨라 한다(Bubenick, 1984). 酸性雨現狀은 廣範圍한 地域에 걸쳐 影響을 미치며, 주로 酸性의 大氣汚染物質들(SO_x, NO_x, Cl₂...)이 降水物에 녹아들어 이온화(SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻...)하기 때문이다(Cowling & Dochinger, 1978; Galloway 등, 1976). 降雨中の 酸性汚染物質의 量은 降雨強度, 降雨頻度, 降雨의 季節의 分布, 燃料의 種類, 交通量 및 地理的 特性에 따라 相異하나, SO₄²⁻와 NO₃⁻가 가장 많다(Bubenick, 1984; Cowling & Dochinger, 1978; Galloway 등, 1976).

酸性雨에 의한 影響은 먼저 湖沼나 河川水의 pH를 떨어뜨려 水生生物의 種組成을 單純化시키며, 魚種 및 個體數를 急激히 減少시켜 많은 나라들에서 죽은 湖沼를 살리고자 石灰를 살포하고 있다. 유럽에서는 石造 및 金屬構造物, 紀念造形物 등이 酸性雨에 의해 腐蝕되어 골치를 앓고 있는 實情이다. 우리나라에서도 1960年代 工業化를 시작한 以後 大氣汚染은 漸次 심해져 왔으며 最近에는 酸性雨가 報告되었고(金, 1985; 朴 등, 1983; 李와 張, 1987), 大都市와 工團地域 周邊에서의 大氣汚染問題는 커다란 難題이다(任 등, 1979; 金, 1980; 金, 1985; 李, 1988).

酸性雨가 生態系에 미치는 影響은 土壤과 植生에 養料를 供給한다는 有益한 側面도 있으나(Evans, 1984), 土壤酸度を 높이고(Kim, 1986; 鄭, 1987; 李, 1988), 土壤養料를 溶脫시키며(Kim, 1986; 鄭, 1987; Johnson 등, 1983), 植物體로부터의 養料溶脫(吳 등, 1987; Cole & Johnson, 1977; Lee & Weber, 1982) 및 可視

的 被害誘發(Kim, 1986; 李, 1988), 養料循環體系를 攪亂시키는 등의 有害한 側面도 報告되었으며, 植物種間 또는 營養系間에 酸性雨나 酸性物質에 대한 耐性差가 있음이 밝혀졌다(金, 1986; 金 등, 1982; Lee & Weber, 1979; Scholz & Reck, 1977). 現在까지의 研究結果로는 酸性雨が 森林生態系에 미치는 影響이 複雜하고 作用하는 要因들이 많아 有益하다거나 有害함을 쉽게 結論 내리기는 힘들다. 그러나, 一般的으로 石灰施用 및 肥培管理를 하지 못하며 生育期間이 긴 林木에 대하여는 酸性雨が 有害하게 作用할 것이라는 說明(Binns & Redfern, 1983; Puckett, 1982)과 함께 先進工業國들에서의 林木의 枯死現狀 및 生育減少의 原因을 酸性雨에 依한 것으로 說明하고 있는 점 등을 감안할 때, 酸性雨が 우리나라의 森林生態系에 미칠 影響도 憂慮되는 바이다.

이 研究는 주된 大氣汚染物質인 SO₂에 對한 耐性差를 樹種間 比較함으로써 大都市나 工團地域 周邊의 綠地造成에 適合한 樹種을 選拔하는 데 必要한 基礎資料로 活用하고자, 우리나라에서 흔히 植栽하거나 自生하는 몇 樹種에 대하여 人工酸性雨를 處理하면서 葉被害率, 葉綠素含量 및 生長을 調査하고, 酸性煙霧를 處理하면서 葉被害率을 調査하여 樹種間 耐性差를 比較하고, 이를 토대로 耐性樹種의 選拔 및 選拔基準을 마련하고자 試圖되었다.

材料 및 方法

植物材料

1987年 가을에 播種한 짚레, 아까시, 일본목련, 가중나무, 들메 및 등나무種子를 脫穀, 精選하여 노천매장을 비롯한 前處理하였다. 前處理된 種子들은 樹種別로 1988年 4月 初旬에 모래, perlite 및 vermiculite를 1:1:1(V/V)로 混合한 土壤을 채운 plastic pot(上部直徑 15cm, 下部直徑 10cm, 높이 11cm)에 播種·發芽시켜 植物材料로 利用하였다.

人工酸性雨 및 酸性煙霧處理

1988年 4月 初旬에 樹木種子가 播種된 plastic pot을 天然降雨를 遮斷한 床에 3反復으로 配置하

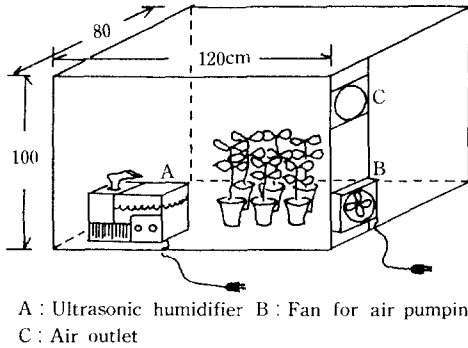


Fig. 1. Mist chamber model

여, 5월下旬까지 地下水로 灌水하였다. 人工酸性雨處理는 1988年 6월 1일부터 10월 19일까지 週 3回, 1回 5mm, 5分間 spray하였다. 處理된 人工酸性雨는 黃酸(H₂SO₄)을 地下水로 混혀 pH 3.0, 4.0, 5.0으로 만들고 對照區로 地下水(pH 6.5)를 利用하였다. 酸性煙霧는 mist chamber에 7월까지 地下水를 處理하던 盆을 넣고, 8월 1일부터 9월 15일까지 人工酸性雨溶液과 地下水를 木材와 polyethylene vinyl로 만든 mist chamber(Figure 1)에서 加濕器(Ultrasonic humidifier, SAMSUNG HU-3800)를 利用하여 週 3回, 1回 2時間, 420ml/hr씩 處理하였다.

生長量, 葉被害率 및 葉綠素含量的 測定

人工酸性雨處理가 끝난 10월 20日, 苗木을 掘取하여 苗高를 測定하고 乾燥器에서 48時間 乾燥시킨 후, 地上部와 地下部로 나누어 乾重量을 測定하였다. 葉被害率은 8월 2일부터 2週 間隔으로 10월 1日까지, 葉綠素含量은 7월부터 9월까지 月別로 測定하였다. 酸性煙霧가 處理된 苗木의 葉被害率은 8월 28日과 9월 13日 2회 測定하였다. 葉被

害率은 Gumpertz 등(1982)의 方法을 利用하여, 個體當 被害葉數/個體當 總葉數로 나타내는 被害率과 個體의 모든 잎들 中에서 被害가 深한 3個의 잎에 나타난 被害部位面積을 被害葉面積으로 3個體씩 測定하였다. 葉綠素含量은 잎이 충분히 자란 7월부터 月別로 採取된 葉組織을 증류수로 세척한 후 Kim과 Lee(1983)의 方法에 따라 80% acetone으로 色素를 추출하여 比色定量하였다.

結果 및 考察

苗木의 生長

各 樹種別 處理間의 苗高의 平均值와 分散比 그리고 最少有意差를 Table 1에 보았다. 苗高生長의 境遇 절레는 1% 有意水準, 가중나무는 5% 有意水準에서 處理間 統計的 有意差가 認定되었다. 절레는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 苗高生長이 나빠졌으며 대조구에서 가장 좋게 나타났으나 가중나무는 pH 5.0 處理區에서 苗高生長이 가장 좋게 나타나, 樹種別로 酸性雨에 대한 反應이 相異함을 보이는 것으로 여겨진다. 處理間 統計的 有意差가 認定되지 않는 것은, 아까시나무는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 苗高生長이 나빠지는 傾向을 보였으며, 일본목련, 들메나무 및 등나무에서는 pH 5.0 處理區에서 苗高生長이 가장 좋게 나타났다. 이러한 結果는 金 등(1982)이 몇種의 植物에서 밝힌 것과, Evans(1984)의 作物種에 따른 相異한 反應을 說明한 것과 같은 傾向으로 酸性雨處理가 苗高生長에 미치는 影響은 樹種間 差異가 있을 것으로 判斷된다.

各 樹種別 處理間의 苗木生長을 地上部와 地下部로 나누어 對照區를 100으로 한 相對生長量을

Table 1. Means of height growth of the seedlings between the treatments by tree species and their test of least significant difference

Tree species	seedling height (cm/%)					
	<i>Rosa multiflora</i>	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	<i>Magnolin obobata</i>	<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Fraxinus mandshurica</i>	<i>Wistaria floribunda</i>
Control(pH 6.5)	18.30(100.0)	22.77(100.0)	6.95(100.0)	10.50(100.0)	6.13(100.0)	16.50(100.0)
pH 5.0	14.80(80.9)	22.70(99.7)	7.70(110.8)	10.53(100.3)	6.38(104.1)	19.80(120.0)
pH 4.0	13.60(74.3)	18.00(79.1)	6.05(87.1)	9.82(93.5)	5.93(96.7)	16.52(100.1)
pH 3.0	13.40(73.2)	14.40(63.2)	5.93(85.3)	9.33(88.9)	5.62(91.7)	12.60(76.4)
F-value	6.76**	1.51	1.90	4.28*	0.93	1.21
LSD 0.05	2.62	NS	NS	0.83	NS	NS

Significant at 5%(*), 1%** level and not significant(NS)

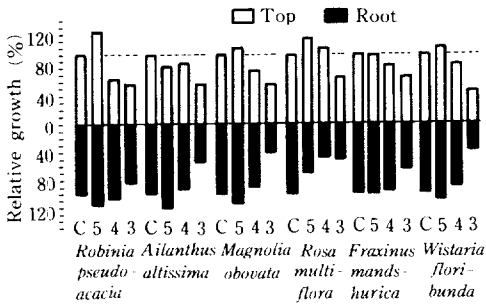


Fig. 2. Relative growth of the seedlings between the levels of pH

Figure 2에 보였다. 地上部の 生長은 아까시나무, 일본목련, 쯤레 및 등나무에서는 對照區에서보다 pH 5.0 處理區에서 보다 좋게 나타났으며, 들메나무와 가중나무에서는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 地上部の 生長이 나빠지는 傾向을 보였다. 地下部の 生長은 아까시나무, 가중나무, 일본목련 및 등나무에서는 對照區에서보다 pH 5.0 處理區에서 보다 좋게 나타났으며, 쯤레와 들메나무에서는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 地下部の 生長이 나빠지는 傾向을 보였다. 아까시나무, 일본목련 및 등나무는 pH 5.0 處理區에서의 地上部和 地下部の 生長이 모두 對照區보다 좋게 나타나 相對的으로 他樹種에 비해 酸性雨에 대한 耐性이 強할 것으로 期待된다. 樹種間的 이러한 差異는 酸性物質에 대한 葉組織의 緩衝能 差異를 밝힌 報告들 (金, 1986; Scholz와 Reck, 1977)과 酸性雨處理에 따른 植物種間的 相異한 反應을 밝힌 報告들 (Lee 와 Weber, 1979; 金 등, 1982; Evaris, 1984; 李와 金, 1986)과도 부합되는 結果로 보여진다. 그러나 pH 4.0 이상의 處理區에서 대부분의 樹種에서 生長이 增加했음을 밝힌 Lee와 Weber(1979), 李와 金(1986), 鄭(1987) 등의 結果와는 달리 이 試驗에서는 pH 4.0 이상의 處理區에서 모든 樹種에서 生長이 減少하였다. 이는 Kim(1986)의 土壤條件의 差異에 따른 은행나무의 生長反應이 달라졌던 것처럼 對象植物種, 環境條件, 處理條件...等等의 差異에 起因한 것으로 생각된다.

苗高와 相對生長의 結果로 보아 酸性雨가 樹木 生長에 미치는 影響을 등나무, 아까시나무 및 일본목련 등이 相對的으로 덜 받을 것으로 判斷된다.

葉被害率(被害葉面積과 被害葉率)

樹種別 處理別로 酸性雨處理가 繼續됨에 따른 被害葉面積의 變化를 Figure 3에 보였다. 모든 樹種들에서 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 被害葉面積이 增加하는 傾向이 뚜렷하였다. 被害葉面積을 樹種間 比較하면 쯤레에서 가장 深하며, 다른 樹種들에서는 큰 差異는 없으나 가중나무, 등나무, 들메나무 등에서는 比較的 덜한 편이다. 樹種別 處理別로 酸性雨處理가 繼續됨에 따른 被害葉率의 變化를 Figure 4에 보였다. 모든 樹種들에서 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 被害葉率이 增加하는 傾向이 뚜렷하였다. 被害葉率은 被害葉面積과 거의 같은 傾向으로 쯤레와 일본목련에서 相對的으로 深하며, 다른 樹種들에서는 큰 差異는 없으나 가중나무, 등나무, 들메나무 등에서는 比較的 덜한 편이다. 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 樹種에 關係없이 葉被害率(被害葉面積과 被害葉率)이 增加한 結果는 은행나무幼苗에 人工酸性雨를 處理하여 얻은 Kim(1986)의 結果와 같은 傾向이었다. 葉被害率(被害葉面積과 被害葉率)에 있어서의 이러한 樹種間 差異는 SO₂에 의한 葉被

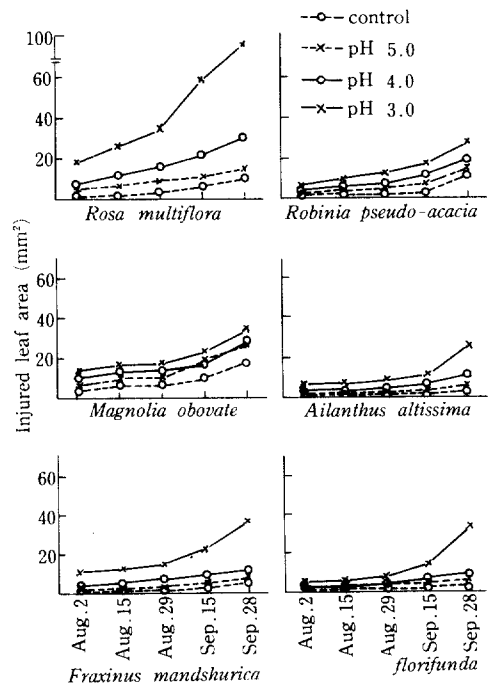


Fig. 3. Seasonal changes in injured leaf area among the levels of pH for each tree species

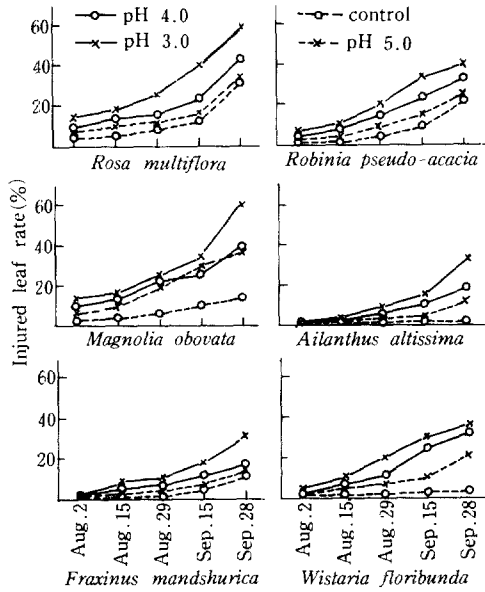


Fig. 4. Seasonal changes in injured leaf rate among the levels of pH for each tree species

害를 57種의 樹木을 對象으로 調査하여 樹種間 差異를 밝힌 Umbach와 Davis(1984)의 결과와 相通하며, Evans(1982), Haines 등(1985)등의 說明처럼 葉表面의 特性 (털의 種類와 有無, 포피층의 性質과 두께, 形態...)이 물방울과의 接觸性에 影響하여 被害의 程度를 左右하는 것으로 判斷된다.

樹種別 處理別로 酸性煙霧處理가 繼續됨에 따른 被害葉率과 被害葉面積의 變化를 Table 2에 보았다. 모든 樹種들에서 處理酸性煙霧의 pH값이 작아질수록 被害葉率과 被害葉面積이 增加하는 傾向이 뚜렷하였다. 이러한 결과는 은행나무幼苗에 人工酸性雨를 處理하여 얻은 Kim(1986)의 결과와, 튜울립나무幼苗에 酸性煙霧를 處理하여 處理酸性煙霧의 pH값이 작아질수록 葉生長이 減少했음을 밝힌 Dochinger와 Jensen(1985)의 결과와 부합되는 것으로 判斷된다.

葉被害率(被害葉面積과 被害葉率)의 결과로 보아 酸性雨에 의한 可視的 葉被害에 대하여는 各

Table 2. Means of injured leaf rate(ILR, %) and injured leaf area(ILA, mm²) between treatments of acid mist by tree species

Tree species	pH levels	August 28		September 13	
		ILR	ILA	ILR	ILA
<i>Rosa multiflora</i>	Control(pH 6.5)	3.50	2.00	28.57	20.00
	pH 5.0	5.34	7.50	29.17	32.50
	pH 4.0	11.37	10.50	46.43	75.00
	pH 3.0	15.18	65.00	52.50	450.00
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	Control(pH 6.5)	0.00	0.00	0.00	0.00
	pH 5.0	2.57	1.50	8.33	10.00
	pH 4.0	5.14	9.00	12.50	37.50
	pH 3.0	15.48	45.00	45.00	300.00
<i>Magnolia obovata</i>	Control(pH 6.5)	0.00	0.00	7.14	1.00
	pH 5.0	2.34	1.00	10.00	3.00
	pH 4.0	4.41	3.50	21.43	9.50
	pH 3.0	9.45	10.50	36.11	37.50
<i>Ailanthus altissima</i>	Control(pH 6.5)	0.00	0.00	0.00	0.00
	pH 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00
	pH 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00
	pH 3.0	1.27	4.50	5.56	15.00
<i>Fraxinus mandshurica</i>	Control(pH 6.5)	2.57	1.00	7.69	3.50
	pH 5.0	4.34	2.50	8.70	5.00
	pH 4.0	4.47	2.50	11.37	8.50
	pH 3.0	10.34	8.50	30.36	16.50
<i>Wistaria floribunda</i>	Control(pH 6.5)	0.00	0.00	0.00	0.00
	pH 5.0	0.00	0.00	8.33	2.50
	pH 4.0	1.21	2.00	10.00	12.50
	pH 3.0	9.18	10.50	25.00	50.00

나무, 등나무, 들메나무 등이 相對的으로 耐性이 強할 것으로 判斷된다.

葉綠素含量

각 樹種別 測定時期別 處理間의 葉綠素含量(葉綠素 a, 葉綠素 b, 總葉綠素含量 및 葉綠素 a와 葉綠素 b의 比)의 平均值와 分散比 그리고 最少有意差를 Table 3에 보였다. 總葉綠素含量으로 樹種 및 處理間 比較하면 7월 測定에서는 절레, 일

본목련 및 가중나무에서, 8월 測定에서는 아까시 나무와 들메나무에서, 9월 測定에서는 들메나무를 除外한 모든 樹種에서, 各各 處理間에 統計的 有意성이 認定되었다. 各 樹種別로 處理間 葉綠素含量의 變化는 조금씩 差異가 있으나, 절레의 境遇는 測定時期에 關係없이 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 낮아지는 傾向이 있으며 일본목련의 境遇는 7월 測定에서는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 越等히 높았

Table 3. Mean values of chlorophyll content of the seedlings by tree species and by pH levels

Tree species	pH levels	July 28				August 30				September 29			
		Chl. a	Chl. b	a+b	a/b	Chl. a	Chl. b	a+b	a/b	Chl. a	Chl. b	a+b	a/b
<i>Rosa multiflora</i>	Control(pH6.4)	5.68	3.50	9.18	1.62	6.76	4.07	10.83	1.66	6.10	2.77	8.87	2.20
	pH 5.0	4.88	2.28	7.16	2.14	6.48	3.25	9.73	1.99	5.88	2.86	8.74	2.06
	pH 4.0	4.50	1.86	6.36	2.42	6.78	3.23	10.01	2.10	3.74	2.70	6.44	1.39
	pH 3.0	5.12	2.02	7.14	2.53	6.40	3.04	9.44	2.11	3.30	1.00	4.30	3.30
	F-value	2.60	11.10*	7.92*	2.25	0.67	6.00	6.10	1.00	103.0**	158.0**	43.0**	32.0**
	LSD 0.05	NS	0.88	1.36	NS	NS	NS	NS	NS	0.20	0.20	0.31	0.28
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	Control(pH6.4)	4.88	1.95	6.83	2.50	5.76	2.88	8.64	2.00	6.02	2.84	8.86	2.12
	pH 5.0	4.96	1.72	6.68	2.88	5.54	2.54	8.08	2.18	4.50	1.53	6.03	2.94
	pH 4.0	5.26	1.94	7.20	2.71	4.72	1.38	6.10	3.42	5.32	2.20	7.52	2.42
	pH 3.0	5.22	2.60	7.82	2.01	4.54	1.63	6.17	2.79	5.70	2.62	8.32	2.18
	F-value	0.12	1.80	0.71	2.00	6.00	11.67*	7.25*	21.0*	10.50*	16.75**	18.22**	7.00*
	LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	0.81	1.47	0.31	0.34	0.56	0.83	0.24
<i>Magnolia obovata</i>	Control(pH6.4)	3.44	1.18	4.62	2.92	4.19	11.67	5.23	4.03	4.25	1.56	5.81	2.72
	pH 5.0	4.54	1.90	6.44	2.39	3.89	1.32	5.21	2.95	3.34	0.98	4.32	3.41
	pH 4.0	4.52	1.96	6.48	2.31	4.17	1.09	5.26	3.83	3.14	0.85	3.99	3.69
	pH 3.0	5.11	2.29	7.40	2.23	3.63	1.08	4.71	3.36	1.72	0.45	2.17	3.82
	F-value	3.57	6.29	24.22**	5.00	1.33	0.30	0.56	0.70	164.0**	44.00**	195.0**	3.00
	LSD 0.05	NS	NS	0.83	NS	NS	NS	NS	NS	0.19	0.24	0.28	NS
<i>Ailanthus altissima</i>	Control(pH6.4)	5.03	2.09	7.12	2.41	3.95	1.30	5.25	3.04	3.71	1.29	5.00	2.88
	pH 5.0	4.38	1.49	5.87	2.94	3.96	1.25	5.21	3.17	2.78	0.58	3.36	4.79
	pH 4.0	4.17	1.64	5.81	2.54	4.42	1.60	6.02	2.76	2.92	0.78	3.70	3.74
	pH 3.0	4.48	1.58	6.06	2.84	4.15	1.47	5.62	2.82	3.08	0.86	3.94	3.58
	F-value	28.0**	4.67	9.25*	1.50	0.33	0.21	0.28	0.38	1.50	6.00	3.00	3.10
	LSD 0.05	0.14	NS	0.52	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>Fracinus mandshurica</i>	Control(pH6.4)	4.07	2.60	6.67	1.57	4.39	1.71	6.10	2.57	3.60	0.98	4.58	3.67
	pH 5.0	4.44	1.82	6.26	2.44	3.65	1.25	4.90	2.92	2.98	0.77	3.75	3.87
	pH 4.0	4.93	1.78	6.71	2.77	2.82	0.83	3.65	3.40	2.62	0.72	3.34	3.64
	pH 3.0	4.87	1.79	6.66	2.72	4.00	1.35	5.35	2.96	2.06	0.61	2.67	3.38
	F-value	0.40	0.80	0.12	7.00*	11.50*	13.50*	13.86*	3.50	7.00*	5.00	9.20*	0.33
	LSD 0.05	NS	NS	NS	0.34	0.37	0.37	0.75	NS	0.50	NS	0.64	NS
<i>Wistaria floribunda</i>	Control(pH6.4)	4.39	1.77	6.16	2.48	6.08	3.04	9.12	2.00	5.77	2.83	8.60	2.04
	pH 5.0	4.67	2.10	6.77	2.22	6.25	3.40	9.65	1.84	5.88	2.91	8.79	2.02
	pH 4.0	5.39	2.68	8.07	2.01	6.05	2.44	8.49	2.48	5.42	2.65	8.07	2.05
	pH 3.0	5.08	2.54	7.62	2.00	6.04	3.00	9.04	2.01	4.00	1.20	5.20	3.33
	F-value	3.33	10.80*	5.67	7.67*	1.67	2.71	2.58	6.68	7.60*	6.50	10.59*	1.26
	LSD 0.05	NS	0.64	NS	0.50	NS	NS	NS	0.14	0.64	NS	1.49	NS

Significant at 5%(*), 1%** level and not significant(NS)

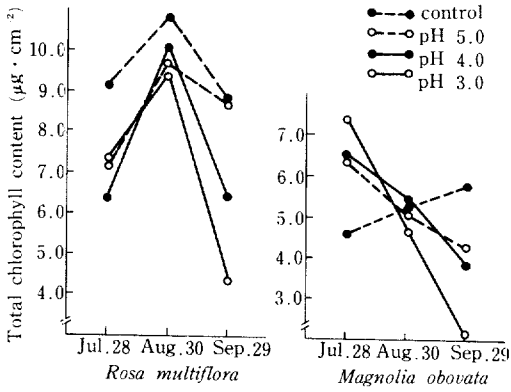


Fig. 5. Seasonal changes of total chlorophyll content among the levels of pH

다가 酸性雨處理가 繼續됨에 따라 減少하여 9월 測定에서는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 顯著히 낮아지는 서로 다른 傾向을 보였다(Figure 5). 9월 測定에서는 대체로 모든 樹種에서 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 顯著하게 낮아지는 傾向을 보였다. 7월 測定에서는 썰레는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 낮아지는 傾向을 보이고, 일본목련, 아까시나무 및 등나무는 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 오히려 總葉綠素含量이 높아지는 傾向이며, 가중나무와 들메나무는 一定한 傾向을 보이지는 않았다. 樹種間의 이러한 差異는 酸性物質에 대한 葉組織의 緩衝能 差異를 밝힌 報告들(金, 1986; Scholz와 Reck, 1977)과 酸性雨處理에 따른 植物種間의 相異한 反應을 밝힌 報告들(Lee와 Weber, 1979; 金 등, 1982;

Evans, 1984; 李와 金, 1986)과도 부합되는 結果로 보여진다. 또한 7월 測定에서 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 總葉綠素含量이 높게 나타난 것은 氣體狀의 大氣汚染(韓, 1973; Suwannapinunt, 1980) 및 人工酸性雨(李 등, 1984)에 의한 葉綠素含量의 減少(韓, 1973; Suwannapinunt, 1980)와는 다른 傾向으로 酸性雨가 葉面施肥效果를 갖기도 하며, 土壤養料를 供給하기도 하는 有益한 側面도 있음을 보여주는 結果라 判斷된다.

이러한 事實들과 葉機能의 損傷程度를 葉綠素含量으로 나타낼 수 있으며(Kundson, 1977; Todd와 Arnold, 1962; 金, 1988), 葉綠素含量이 生長과 密接하게 關聯되어 있음을 밝힌 報告들(Kim과 Lee, 1983)로 보아 一部 樹種들에는 酸性雨가 直接的으로 葉機能을 損傷시키기도 하고 다른 樹種들에는 酸性雨가 直接的으로 葉機能을 損傷시키기도는 葉組織으로부터의 養料溶脫과 土壤條件을 變化시킴으로써 間接的으로 葉機能의 損傷을 일으킬 것으로 判斷된다. 한편 酸性雨가 處理된 은행나무幼苗의 生長이 生育後期인 9, 10월의 葉綠素含量과 正의 相關이 높게 認定된다는 金(1987)의 說明과 이 試驗의 結果를 考慮하면, 7월 測定の 葉綠素含量이 處理酸性雨의 pH값이 작아질수록 越等히 增加하고 9월 測定の 葉綠素含量이 處理酸性雨의 pH값이 작아지더라도 相對的으로 덜 減少하는 것이 보다 酸性雨에 대한 耐性이 클 것으로 期待된다.

葉綠素含量을 測定한 結果로 보아 가중나무, 등

Table 4. Relative resistance of tree species to artificial acid rain

Tree species	Seedling height	Seedling growth	Injure leaf area	Injured leaf rate	Chlorophyll content
<i>Rosa multiflora</i>	S	S	S	S	S
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	S	T	I	I	T
<i>Magnolia obovata</i>	T	T	I	S	S
<i>Ailanthus altissima</i>	I	I	T	T	T
<i>Fraxinus mandshurica</i>	I	I	I	T	I
<i>Wistaria floribunda</i>	T	T	T	I	T

T ; tolerant, I ; intermediate, S ; susceptible

나무, 아까시나무 등이 相對的으로 酸性雨에 대한 耐性이 強할 것으로 判斷된다.

樹種別 耐性比較

樹種別 및 調查項目別 相對的 酸性雨에 대한 耐性程度를 Table 4에 보였다. 절레는 모든 調查項目에서 相對的으로 感受性이 큰 것으로 나타났으며, 등나무는 被害葉率를 除外한 調查項目들에서 相對的으로 耐性이 큰 것으로 나타났다. 樹種과 調查項目에 따라 相異한 結果를 보인 境遇도 있으나 綜合的으로 볼 때, 등나무와 가중나무가 相對的으로 耐性이 큰 것으로 나타났다.

引 用 文 獻

1. 金甲泰. 1988. SO₂에 대한 耐性樹種의 選拔을 위한 基礎研究. 1. 葉組織 實驗 韓國林學會誌 77(2) : 223-238.
2. 金甲泰. 1987. 人工酸性雨が 處理된 盆植한 은행나무幼苗의 生長과 生理的 特性과의 相關. 韓國大氣保全學會誌 3(1) : 13-26.
3. 金甲泰. 1986. 亞黃酸이 은행나무와 현사시葉組織에 미치는 影響. 尙志大論文集 7 : 461-472.
4. 金在鳳·金泰旭·李景宰·朴仁協·金東漢·鄭淵普·吳在基·姜德姬·朴在柱·徐延鉉. 1982. 工團地域의 綠地造成 및 回復에 關한 研究. 國立環境研究所, 64pp.
5. 金俊鎬. 1985. 酸性비의 實態와 人間生活에 미치는 影響. 자연보존 49 : 19-23.
6. 金泰旭. 1980. 大氣汚染에 의한 山林被害와 그 對策. p.31-41. 韓國林學會 “山林災害에 關한 심포지움” 1980. 11.14., 서울. 49pp.
7. 朴奉奎·李仁淑·崔炯善. 1983. 서울시에서의 酸性降雨에 關한 研究. 韓國生活科學研究院論叢 32 : 137-142.
8. 吳宗煥·金映傑·蔡智錫·李昌根. 1987. 酸性降雨의 針·潤葉樹林 通過에 依한 酸度 및 그 成分變化에 關한 研究. 林研 研報. 34 : 159-165.
9. 李敦求·金甲泰. 1986. 人工酸性雨が 몇 樹種의 種子發芽와 苗木生長에 미치는 影響. 서울대 冠岳樹木園研究報告 7 : 15-21.
10. 李敦求·金甲泰·辛俊煥·朱洗映. 1984. 人工酸性雨が 소나무와 잣나무幼苗의 葉綠素含量에 미치는 影響. 서울대 農學研究 9(2) : 15-19.
11. 李壽煜·張寬淳. 1987. 韓國內 酸性雨의 長距離汚染源(Distant Pollution Source)에 關한 研究. 忠南大環境研究報告 5(1) : 1-14.
12. 李昌根. 1988. 大氣汚染과 酸性雨が 山林生態系에 미치는 影響. 科學技術處 研究報告書. 194pp.
13. 任慶彬·金泰旭·權琦遠·李景宰. 1979. 環境汚染이 都市樹木의 生育에 미치는 影響(II). 서울대 演習林報告 15 : 103-124.
14. 鄭龍文. 1987. 人工酸性雨が 소나무유묘 및 개나리삼목묘의 生長, 植物體內 含有成分 및 土壤의 化學的 性質에 미치는 影響. 東國大學校 博士學位論文 70pp.
15. 韓基炳. 1973. 亞黃酸가스에 의한 農作物의 被害生理, 減收率 및 被害輕減에 關한 研究. 韓國農化學會誌 16 : 146-165.
16. Binns, W.O. and D.B.Redfern. 1983. Acid rain and forest decline in W.Germany. Forestry Commission Res. Dev. Paper 131, 13pp.
17. Bubenick, D.V. 1984. Acid Rain Information Book. Noyes Data Corp., N.J., 397pp.
18. Cole, D.W. and D.W. Johnson. 1977. Atmospheric sulfate additions and cation leaching in a Douglas fir ecosystem. Water Resource Research 13(2) : 313-317.
19. Cowling, E.B. and L.S.Dochinger. 1978. The changing chemistry of precipitation and its effects on vegetation and materials. Amer. Inst. Chem. Eng. 74(175) : 134-142.
20. Dochinger, L.S. and K.F. Jensen. 1985. Effect of Acid Mist and Air Pollutants on Yellow-Poplar Seedling Height and Leaf Growth. USDA For. Ser. Research Paper NE-572. 5pp.
21. Evans, L.S. 1984. Botanical aspects of acidic precipitation. Bot. Rev. 50 : 449-490.
22. Evans, L.S. 1982. Biological effects of

- acidity in precipitation on vegetation: A review. *Environ. Exp. Bot.* 22: 155-169.
23. Galloway, J.N., G.E.Likens and E.S.Edger-ton. 1976. Acid precipitation in the northeastern United States: pH and acidity. *Science* 194: 722-724.
 24. Gumpertz, M.L., D.T.Tingey and W.E. Hogsett. 1982. Precision and accuracy of visual foliar injury assessments. *J.Environ. Qual.* 11: 549-553.
 25. Haines, B.L., J.A.Jernstedt and H.S. Neufeld. 1985. Direct foliar effects of simulated acid rain. 2. Leaf surface characteristics. *New Phytol.* 99: 407-416.
 26. Johnson, D.W., D.D.Richter, H.V.Miegroet and D.W.Cole. 1983. Contribution of acid deposition and natural processes at cation leaching from forest soils: A review. *J.A.P. C.A.* 33: 1036-1041.
 27. Kim, G.T. 1986. Effects of Simulated Acid Rain on Growth and Physiological Characteristics of *Ginkgo biloba* L. Seedlings and on Chemical Properties of the Tested Soil. Seoul National University. Graduate School, Ph.D. Dissertation Paper. 46pp.
 28. Kim, G.T. and D.K.Lee. 1983. A technique for selecting superior *Populus alba* × *Populus glandulosa* F₁ clones with some physiological characters. *Jour. Korean For. Soc.* 59: 15-13.
 29. Kundson, L.L., Tibbitts, T.W. and G.E. Edwards. 1977. Measurement of ozone injury by determination of leaf chlorophyll concentration. *Plant Physiol.* 60: 606-608.
 30. Lee, J.J. and D.E.Weber. 1982. Effects of sulfuric acid rain on major cation and sulfate concentrations of water percolating through two model hardwood forests. *J.Environ. Qual.* 11: 57-64.
 31. Lee, J.J. and D.E.Weber. 1979. The effect of simulated acid rain on seedling emergence and growth of eleven woody species. *Forest Sci.* 25: 393-398.
 32. Puckett, L.J. 1982. Acid rain, air pollution, and tree growth in southeastern New York. *J. Environ.Qual.* 11: 376-381.
 33. Scholz, F. and S.reck. 1977. Effects of acids on forest trees as measured by titration *in Vitro*, inheritance of buffering capacity in *Picea abies*. *Water, Air and Soil Pollution* 8: 41-45.
 34. Suwannapinunt, W. and T.T.Kozlowski. 1980. Effect of SO₂ on transpiration, chlorophyll content, growth and injury in young seedlings of woody angiosperms. *Can.J.For. Res.* 10: 78-83.
 35. Todd, G.W. and W.N.Arnold. 1962. An evaluation of methods used to determine injury to plant leaves by air pollutants. *Bot. Gaz.* 136: 212-215.
 36. Umbach, D.M. and D.D.Davis. 1984. Severity and frequency of SO₂-induced leaf-necrosis on seedlings of 57 tree species. *Forest Sci.* 30: 587-596.