

林地肥培論

日本東京農工大學 教授 川 名 明

Résumé

On Forest Fertilization

The nutrient elements which are used in forest fertilization vary from country to country. The development of forest fertilization is influenced by different national interests and/or economic situations. The fertilized area/year of each country is shown. As one can see, Korea will have one of the largest fertilized forest area in the world.

Nevertheless, attention needs to be paid from the technical viewpoint, since the development has been very rapid. The fertilization techniques, kinds of nutrient element, amounts of dosage, types of fertilizers, estimation of their efficiency, leaf analysis, ecological or physiological aspects of forest fertilization, tree species, wood qualities, forest vegetation, damages such as diseases, insects, frost, wind and snow, are discussed in relation to forest fertilization. Finally, the problem of eutrophication of water is discussed. The technical assessment will become necessary in introducing new techniques into the field.

Akira KAWANA
Professor of Silviculture
Tokyo University of Agriculture and Technology

木材는 再生産이 될 수 있는 資源이고 森林은 가장 土地生産성이 높을 뿐만 아니라 環境을 좋게 하는 意義도 크다. 森林은 또한 半은 閉鎖된 系로서 養分을 循環自給하고 있으므로 外部부터의 補給이 적어도 森林土壤을 發達시켜서 安定으로 向하는 機能을 가지고 있다. 그러나 天然의 森林土壤에는 母材料 또는 氣候때문에 偏倚된 發達을 하는 일이 있고 또 浸蝕을 받고 伐採利用, 落葉採取 또는 山火 牧畜 등 人間의 作用으로 荒廢하는 일이 있고 해서 榮養이 不足한 곳도 極히 많다.

土壤改良의 첫째는 좋은 森林을 만들고 自己施肥系를 完成시키고 또는 擴大시키는데 있으나 그것을 돕기 위해서는 灌水排水 또는 施肥가 有效한 일이 있다. 그 중에서도 특히 施肥를 要하는 곳은 매우 많은 것으로 생각된다.

第一圖에 現在 世界各國에서 行하여지고 있는 林地肥培의 施肥要素를 보인다. 寒冷濕潤한 스칸디나비아

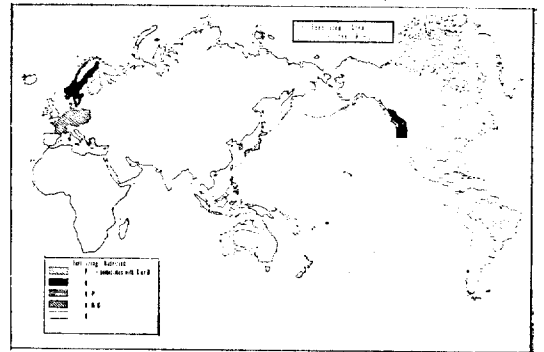


Fig 1. 世界의 林地施肥地域

나 北美西海岸에서는 有機物の 分解가 늦으므로 C/N 率이 높은 酸性이 강한 腐植이 쌓이게 된다. 이와 같은 곳에서는 窒素單肥가 施用되어서 效果를 올리고 있다. 그러나 핀란드에서 볼 수 있는 泥炭地에서는 磷酸

註: 本論說은 1977年 2月 25日 韓國林學會總會에 招請學術講演을 한 日本 東京農工大學 教授 川名明博士의 「林地肥培論」의 講演要旨의 原稿를 任慶彬 教授가 번역한 것임.

이 不足해 있는 경우가 많고 주로 磷施肥의 地帶로 되어 있다. 이에 對해서 北美南東部 大洋洲, 말레이시아 인도네시아 등은 磷酸을 주로 하고 곳에 따라서는 N.

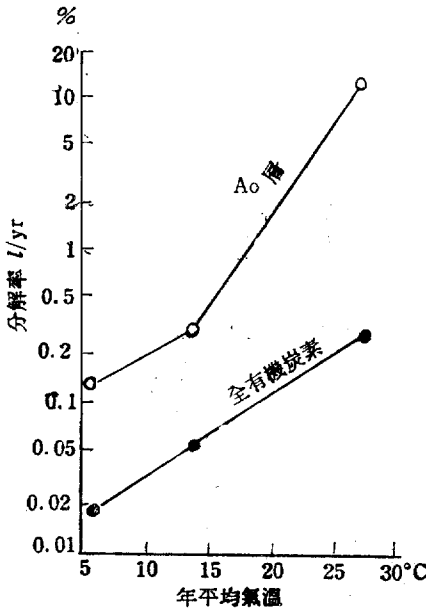


Fig. 2. 土壤有機物 Ao層의 分解率(Yoda & Kira, 1969)

K가 가담되고 있다.

第二圖에 보이는 것과 같이 有機物의 分解率이 氣溫에 따라 크게 다르게 되므로 熱帶에 있어서는 오히려 有機物이 分解한 灰分이 많고 土壤에는 鐵 알루미늄 등의 含量이 增加되어 磷酸吸收가 強하고 따라서 磷의 施肥 效果가 크게 된다. 또 곳에 따라서는 土壤중의 有機物 그 自體가 적어서 질소도 不足하다. 그래서 N. P의 모양으로 주는 것이 더 좋은 境遇도 있다. 亞寒帶 및 熱, 亞熱帶의 중간에 해당하는 溫暖帶에서는 有機物의 分解가 中間程度이고 그 偏倚性이 적은 까닭에 中共유럽, 東亞細亞 또는 南美中部의 一部地域 등에서는 오히려 全體의 平衡을 爲하는 N. P. K의 肥培가 좋은 것으로 判斷되어 三要素의 施肥가 實行되고 있다.

土地의 으로는 아메리카 東北部의 칼리 缺乏地帶 또는 뉴우지랜드(銅), 칠리(硼素) 등처럼 微量要素가 不足한 곳도 있다.

이와같이 林地肥培가 하지만 그 內容은 地域에 따라 大로 小로 말할 수는 없다. 또 根瘤菌을 가지고 肥料木으로 알려져 있는 콩科, 非콩科의 植物, 菌根(다이코라이자)을 가지는 소나무類도 質素不足에 견디는 것이 있고 落葉松처럼 磷의 不足에 弱한 것이 있기도 하고 潤葉樹 중에는 樹種에 따라 肥沃度에 대한 要求度가 다르다.

第1表 林地肥培의 研究史

19~20世紀	實 驗	유 럽	北 美	아 세 아
1916	Schwappach	독 일		小册子
1926	Hesselman	스 웨 덴		粗腐植에 N의 效果
1928	Heiberg	미 국		뉴우옥에서 K의 效果
1932	籾 木	日 本		著書 pp 317
1932	Wiedemann	독 일		統計
1936	山 内	日 本		實驗
1950	Némec	체 코		著書 pp437
1956	White, Leaf	미 국		文獻目錄
1956	塘 등	日 本		總說
1958	Allgemeine Forstztsrft	독 일		特集
1959	大阪營林局	日 本		文獻目錄
1961	芝 本	日 本		著書 pp 231
1962	塘	日 本		論文
1965	Mustanoja, Leaf	미 국		文獻目錄
1967	Baule, Fricher	독일 · 프랑스		著書 pp 259
1970	川 名	日 本		著書 pp 47
1971	塘	日 本		著書 pp 199
1972	Weiner, Mirkes	미 국		文獻目錄
1975	鄭	韓 國		著書 pp 434
1977	芝本	日 本		著書 pp 142

(川名 1977)

第2表 Gradual increase of forest fertilization area in various part of the world

(Ha)

Year	Japan	Finland	Sweden	U.S.A.	Poland	Korea	England	W. Germany	E. Germany	France	Norway	Austria
1954	217											
57	924											
60	16694											
61	24537	2000										
62	32930	4000	4017									
63	42072	6000	5996									
64	48727	12000	115000									
65	57141	27000	40208	594								
66	67063	50000	106131	600								
67	72430	80000	120000	2886								
68	80273	121000		14220								
69	89639	160000										
70	94403	180000	85000	43000	20000							
71	94917	200000	122000	44500	20000							
72	90000	250000	125000	150000	100000							
76	100000	300000	200000		300000	80000	50000	50000	50000	30000	5000	4000
77						350000						

(Hagner, Baule, Chung 參照) (川名 1977)

第3表 林地肥培의 歷史

1905	森林肥料會議	독일 農業協會 特別總會	독 일
1950	Tamm	推獎	스웨 덴
1952	芝本	推獎(幼齡林)	日 本
1954	日本林地肥培協會發足		日 本
1960	심포지움(루이지애나大學)	報告書出版	미 국
1960	Gessel	推獎	미 국
1960	川名	推獎(壯齡林)	日 本
1967	심포지움(프로리라大學)	報告書出版	미 국
1967	코로큐엄	報告書出版	핀란드
1970	심포지움(FAO-IUFRO)		프랑스
1973	심포지움(環境과 肥培)	報告書出版	미 국
1976	IUFRO大會	一部印刷	노 웨 이

(川名)

森林에 肥料을 주는 것이 만약 有効한 것이고 經濟的으로 有利한 것일지라도 其國家의 經濟가 肥料을 주어야할 餘裕가 없으면 實行이 不可能해 진다.

林地肥培의 研究는 第一表에 보이는 것과 같이 19世紀末부터 始作되었으나 一部 熱心한 사람들의 試行은 別途로 하고 그 實用化에 있어서는 木材의 價格의 騰貴肥, 肥料價格의 低下 그리고 肥料의 生産이 農業用을 充足시키고도 남음이 있어야 한다는 等等이 條件으로 된다.

그래서 林地肥培의 普及은 그 國家가 處해 있는 狀

況에 따라서 다르게 된다.

말을 바꾸어서 經濟的으로 餘裕가 생겨서 비로소 林地肥培에 손을 쓸 수 있는 것으로 말할 수 있다.

第二表에 世界各國의 每年의 林地肥培面積의 動向을 보인다. 이에서 알 수 있는 것은 第三表에 보인 것처럼 Tamm教授가 스웨덴에서 權獎하기 시작한 것은 1950年이고 基本教授는 그것과는 별다르게 1952年에 提案한 것이지만 日本에 있어서는 幼齡林肥培가 中心이 있던 관계로 林地肥培가 곧 普及하게 되었고 그 反面에 스웨덴에 있어서는 壯齡林肥培를 主로 하였든 까닭에 效果의 測定 經濟的分析 등에 時間을 要하고 해서 그 普及이 약간 늦어진 것이다.

핀란드에 있어서는 Huikari 教授 등에 依해서 林地肥培가 권장되어서 스웨덴과 거의 비슷하게 늘어나고 있다. 이들 三個國家는 모두 木材工業이 旺盛하고 需要가 많은 國家이기도 하다.

그뒤 各國에서 實行되고 있는 狀況은 第二表에 보인 바와 같으나 韓國에 있어서도 1976年에는 80,000ha를 施肥하고 1977年에는 350,000ha를 豫定하고 있음이 本의 訪問을 통해서 알 수 있었다.

一躍世界最大級の 林地肥培面積을 實行할 수 있게된 理由는

1. 造林事業이 큰 규모를 이루어지고 있다는 點
2. 오랫동안 걸쳐서 林地取扱이 나뉘고 그 結果地

力이 衰退해 갔다는 點

3. 國策으로서 資源確保 綠化環境의 保全이 考慮되고 있다는 點

4. 肥料의 生産이 伸張되어서 需給에 餘裕가 있게 되었다는 點등을 생각되고 있다.

韓國에 있어서 林地肥培가 늘어나고 있음은 慶賀해서 마지 않을 것이지만 너무나 急激한 傾向에 있어서 는 여러가지 問題點을 잉태할 수 있는 可能性을 가진 다.

나아가는 길은 平坦한 것이 못될 것이므로 最近의 試行錯誤를 目標로 해서 技術을 指導하지 않으면 안된다. 韓國林學會의 여러분들에게 周到한 準備와 착오없도록 指導해 주기 바라는 것이다.

第4表 北歐의 林地肥培의 手段

國 名	航空機	트랙터	人力
Sweden	90%	7%	3%
Finland	75	15	10
Norway	70	10	23

(Hagner 1970)

北歐各國에 있어서의 1970年度의 施肥方法은 第四表와 같다. 壯齡林에 大面積으로 施肥하기 위하여서는 航空機의 使用은 피할 수 없는 일이다. 航空機는 北歐에 있어서는 小型機를 使用하고 있으나 아메리카 日本等地에 있어서는 헬리콥터가 使用되고 있다. 日本의 林地는 大部分이 斜面위에 있고 幼齡林肥培가 많은 까닭에 사람이 直接 손으로 施肥하는 일이 많다. 韓國도 사람의 손을 爲主로 하는 경우가 많다고 생각 된다.

다음에 林地肥培에 있어서의 技術의 問題에 대해서 項目을 들어서 說明하기로 한다.

먼저 肥料要素가 施肥量의 決定이다. 日本에서는 第五, 第六表에 보이는 것과 같이 肥料要素 및 施肥量이 提案되고 많이 實行되고 있다.

韓國에 있어서는 FAO와 칼리硏究會와의 協同으로 1960年의 後半에 施肥量을 決定하는 野外試驗이 開始 되었다.

筆者는 日本에 있어서 FAO의 質問에 應해서 그設計에 着手했다. 그 結果의 一部는 Blpm博士에 依하여 1970年의 파리에서 開催된 심포지움에 報告되었다. 韓國에 있어서는 土壤이 未發達狀態로 있는 곳이 많고 雨量도 地域의 으로 다르고 不足을 느끼는 곳이 많다. 地質의 으로도 變化가 크다는 말을 들었다. 그 大綱을 묶어보는 組合試驗을 하여서 N, P, K의 어느것이 좋은가 그 成分에 있어서는 어느 程度가 알맞는가를 樹種別로

第5表 植栽當年の 樹種別施肥要素基準量

樹 種	苗木 1本當 g 數		
	窒 素	磷 酸	加 里
삼 나 무	8~12	5~ 7	5~ 7
편 백	8~10	5~ 6	5~ 6
소나무 · 헤송	6~ 8	4~ 5	4~ 5
낙엽 송	10~14	7~ 8	5~ 8
사하린전나무	8~12	5~ 7	5~ 7
포 플 러	24~40	16~28	12~34
유 갈 리	16~32	10~20	8~27
오 등	24~48	16~32	12~40
비 료 목	3~ 6	6~12	5~10
其他 활엽수	10~14	7~ 8	5~ 8

(芝本)

第6表 壯齡林의 施肥量

(kg/ha) (川名)

要 素	第 1 年	第 2 年	第 3 年
N	100~150	100	50~100
P ₂ O ₅	50~ 75	50	25~ 50
K ₂ O	50~ 75	50	25~ 50

註: 間伐, 枝打한 뒤의 實行이 有效하다.

塘은 몇번 정도는 N單肥로서 좋다고 한다.

보일 것이 重要하다.

現在에 있어서 日本의 褐色森林土에 대한 것은 第五表, 第六表의 內容과 같은 樣式이 취하여지고 있으나 黑色土에 있어서는 磷酸을 主로 하는 部分도 생각되고 있다. 칼슘이 相對的으로 적은 地域에 있어서는 칼리의 比率를 적게하는 可能性을 檢討하고 있는 學者도 있다. 韓國은 소나무類를 主로 하고 있고 土層도 그다지 깊은 것이 못되고 雨量에 變異도 많고해서 窒素의 量을 조금 적게하여도 좋지않나 하는 생각이 든다. 또 磷酸을 重復한 設計를 하고 있다고 듣고 있는데 磷酸은 石油以上으로 世界的으로 貴重한 資源이므로 此後 그 價格이 높아진다는 것을 考慮해서 成分比에 있어서 充分한 考慮가 있어야 할 것으로 생각한다.

施肥量은 農地에 있어서는 成長에 隨伴되는 吸收量에 대한 吸收率과 天然供給量으로서 計算이 된다고 하지만 林木에 있어서는 苗圃에 있어서는 施肥計算을 한다. 그러나 林地에 있어서는 긴 歲月을 要하는 까닭에 吸收率의 算定은 어렵다.

第三圖에 野上助教授가 計算한 利用率을 보이는 塘博士 등은 年數가 경과하면 計算上으로는 100%를 초과 한다고 말한다. 오히려 野外試驗에 있어서 確認하도록 하는 것이 좋을 것으로 생각한다.

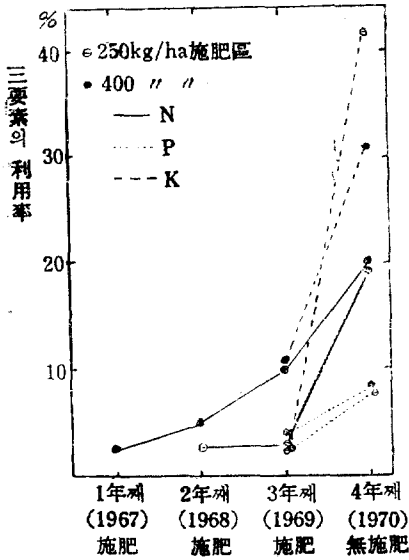
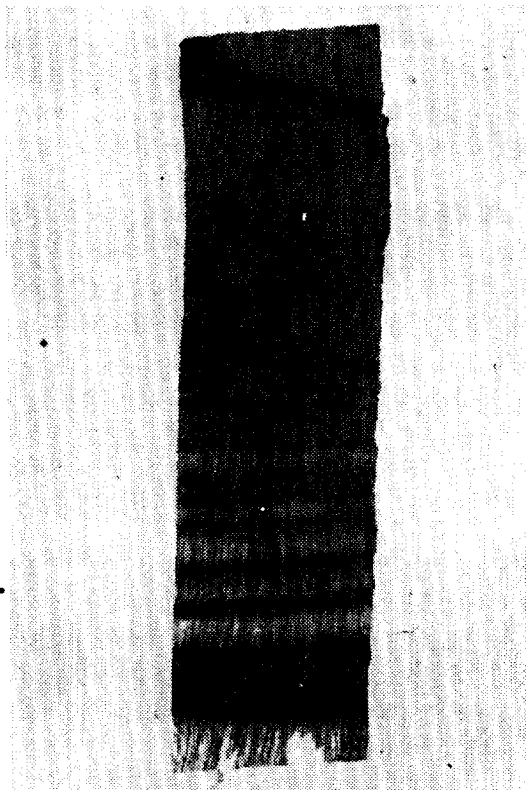


Fig. 3 삼나무의 施與肥料의 利用率



高眞 : 着色生長帶가 있는 年輪(Coloured growth band)

第四圖는 인도네시아의 東칼리만탄에서 實施한 苗木試驗의 結果이다. 이곳에서는 熱帶降雨林의 土壤의 特徵인 N과 P의 效果가 認定된다. 또 第七表에 마이코라 이 자가 붙어있는 소나무를 混植한 경우 施肥區에 가까

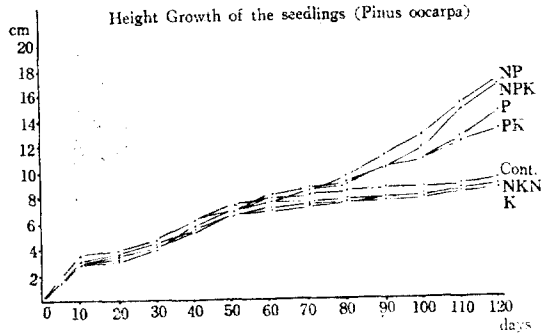


Fig. 4-1 Pinus oocarpa 苗木의 樹高生長

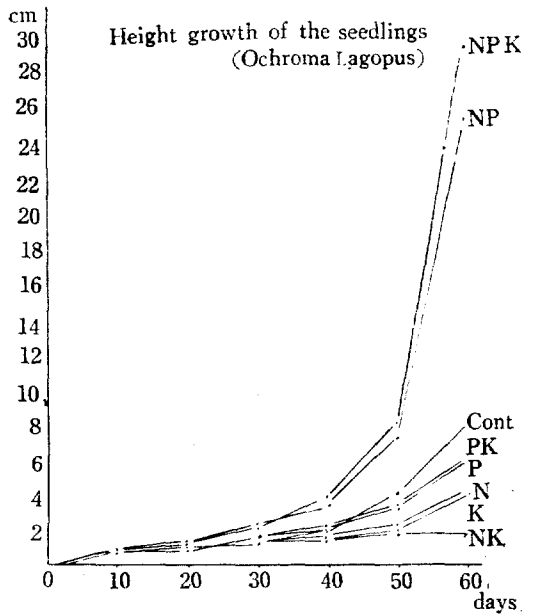


Fig. 4-2. Ochroma 苗木의 樹高生長

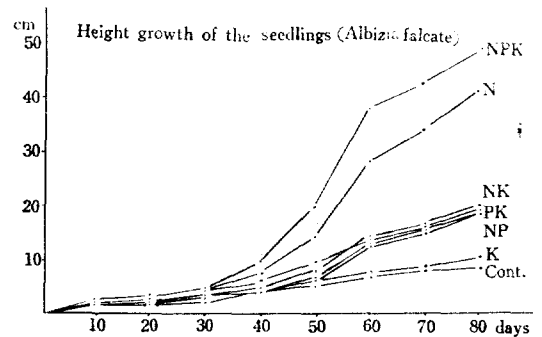


Fig. 4-3 Albizia 苗木의 樹高生長

Fig. 4. 인도네시아 칼리만탄에 있어서의 苗木 施肥試驗

은 효과가 인정된 試驗의 例를 보았다. 이 地區에 隣接한 아메리카關係의 試驗地에서는 소나무에 있어서 P는 效果의이나 N施肥는 마이너스의 效果를 인정한 例도 있다.

第四圖에 있어서는 N 또는 P의 單肥는 오히려 P의 缺乏, N缺乏을 招來하고 있고 N과 P의 併施가 바람직한 結果로 되어 있다. 앞서서 第一圖에 韓國은 中央유럽, 日本 등과 비슷하게 N, P, K의 必要地域으로 말하였으나 國內의 地域의인 差異에 關하여서 成分比를 確認하는 同時에 그 量에 關하여서도 試驗할 必要가 있다.

第7表 Height growth taken 3 months later (Pinus oocarpa)

Plots	Average height
NPK	20.5cm (15.0cm—31.1cm)
Mycorrhiza injection in unfertilized plot	19.6cm (13.8cm—27.7cm)
Unfertilized plot	10.3cm (8.4cm—15.0cm)

(川名)

第8表 施肥方法의 種類

幼 齡 林	植栽前施肥	植栽同時施肥	活着後施肥
	植穴底施肥		
壯 齡 林	植穴施肥	土中施肥 { (半)環狀施肥 點狀施肥(3點~5點)	
	地表施肥	地表施肥 { (半)環狀施肥 點狀施肥(3點~5點) 全面撒布	
壯 齡 林	地表施肥	土中施肥	
	全面撒布	線狀施肥 點狀施肥	

(川名)

第9表 壯齡林의 當年生葉의 養分含有率(杉나무)

要 素	缺 乏	適 量
N	~1.2 %	1.6~2.0
P	~0.13	0.15~0.20
K	~0.4	0.5~0.7

(川名)

다음으로 施肥方法은 幼齡木에 있어서는 第八表와 같은 種類가 있다. 植穴底施肥는 效果가 크나 구멍이 深 깊어 穿야할 必要가 있고 肥料를 뿌리에 接觸시키지 않게 하도록 間土를 넣을 것 등 人力을 더 많이 요구하므로 大面積施業에 있어서는 適當하지 않다. 植穴의 흙

을 미리 잘 混合시키두는 方法도 效果는 크지만 勞力을 많이 요구한다는 點에 있어서는 差異가 없다. 環狀施肥는 傾斜地에 있어서는 半環狀으로 斜面上部에 주는 것으로 되어 있으나 樹冠의 가지의 끝의 外側에 따라서 5cm 以內로 얇은 도랑(溝)을 파서 施肥를 하고 흙을 덮어 주든지 또는 그곳의 地表에 施肥하는 方法도 있다. N의 流亡 P의 效果를 생각하면 地中에 넣어 주는 것이 좋으나 勞力의 關係에 있어서 日本에서 速効性의 粒狀尿素化成을 地表에 撒布하는 경우가 많다. 韓國에서도 塊狀의 尿素化成을 林業用으로 準備한다고 하는데 幼齡木에 있어서는 肥害(비료의 농도가 높아서 樹木이나 植物이 받는 被害 日本말로는 肥燒라 한다. 번역자 註)가 우려 되므로 뿌리에 直接 닿지 않도록 確實히 가지끝쪽 地點에 點狀으로 묻어주는 것이 바람직하다.

日本에 있어서는 往往 幼齡林肥培는 閉鎖를 빨리 가져오므로 下刈作業이 省化力된다고 強調되고 있다. 그러나 肥培는 草本植生의 生長을 促進하는 것이므로 下刈作業은 오히려 앞질러서 알뜰하게 하지 않으면 안된다. 특히 소나무類와 같이 陽性의 樹種으로서 瘠瘠한 땅에서 있을 경우에는 下刈, 덩굴치기 등으로 調節해 주지 않으면 被壓의 害가 增大될 것을 豫期해야 할 것이다.

壯齡林肥培에 있어서는 第四表에 도인 것과 같이 航空機, 트럭터 및 人力에 依하고 方法이 있는데 航空機에 있어서는 小型 헬리콥터가 있다는 것은 이미 說明하였다. 壯齡林에서는 이미 A₀層의 밑쪽에 吸收根이 올라와 있는 일이 많으므로 地表撒布로서 充分하다. 다만 緩効性肥料을 使用한다든가 塊狀肥料를 施肥할 경우에 있어서는 땅에 넣어 주지 않으면 效果가 줄어든다. 이러한 때에는 樹列의 中間에 따라 콘타(等高線) 方向으로 알뜰히 施肥하는 것은 適當한 方法이라고 생각된다.

施肥의 效果를 擧揚하자면 適地 適木의 選定, 先天的 및 後天的의 側面으로 본 良質의 苗木生産 및 뿌리가 땅속에서 擴張할 수 있도록 苗木의 植栽要領을 지킬 것이 前提로 된다. 그래서 가령 日本의 杉나무의 造林地에 있어서는 植栽當年에 20cm, 다음해에 4)cm의 樹高生長을 確保할 수 있는 경우에 있어서만 비로소 當年生으로서 40cm, 2年生으로서 80cm의 生長을 肥培에 依해서 얻을 수 있는 것으로 하고 있다.

韓國에 있어서는 植種別로 無肥料木의 標準的生長의 樣式을 파악하고 그 正常的인 生長이 確保될 수 있는 狀況의 苗木에만 施肥하도록 指導할 必要가 있다. 그렇지 않고 施肥以後의 前提 가령 苗木 植栽地, 植栽要

傾값은 것이 非正常일때 施肥를 한다는 것은 그만큼 無意味하다는 것이 된다.

그리고 또 亞寒帶, 溫暖帶의 소나무類는 施肥當年에는 針葉의 길이가 길게되고 葉色이 濃厚하게 되고 根元徑의 肥大는 인정되나 樹高生長에 있어서는 눈(芽)이 굵어질 뿐이다. 다음해의 樹高生長은 그 눈의 굵기에 左右되는 것이므로 肥大와 上長生長이 1年間의 時差를 두고서 나타난다는 것을 잘 理解하고 있어야 한다.

肥料의 種類에는 肥効의 나타나는 樣式에 따라 速効性, 緩効性으로 나누어 지고 또 形態에 따라 固體 또는 液體로 또는 粒狀, 塊狀으로 分類되고 化學的으로는 有

機質, 無機質 또는 化學的 및 生理的 反應에 따라 臨性, 中性, 알카리性 등으로 나누는 方法이 있다. 또 三要素를 混合한 肥料는 複合肥料이고 化成肥料, 配合肥料, 固形肥料, 吸着肥料, 液體肥料 등으로 分類된다.

日本에 있어서는 當初 芝本教授가 林地에는 緩効性肥料가 좋은 것이라 해서 泥炭과 混合한 固形肥料가 권장되었으나 今後 成分化가 작아서 運搬, 施肥의 費用이 相對的으로 높아져서 一般의 化成肥料가 쓰이게 되었다. 緩効性肥料는 뽕나무밭이나 荒廢地, 砂丘地造林에 使用되는 以外에는 農業方面에 있어서 CDU를 비롯해

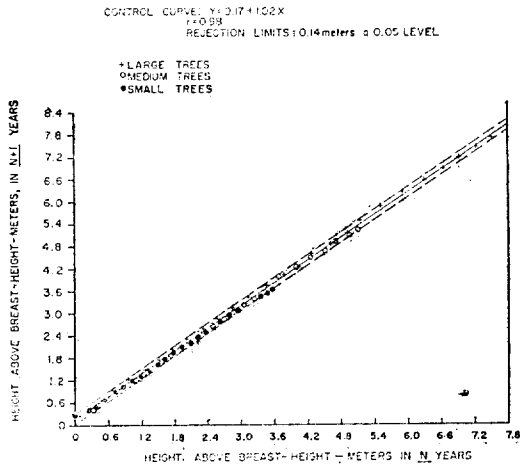


Fig. 5-1. Linear finite difference curve of 32-year-old *Pinus resinosa* annual height growth. Each point is an average of 9 untreated trees in each size class.

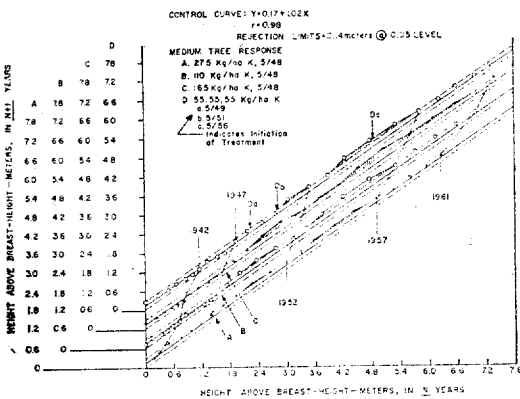


Fig. 5-2. Responses in height growth of large-sized, 32-year-old *Pinus resinosa* trees to varying levels of potash fertilizer. Hatched areas denote significant growth responses of treated trees over the control trees.

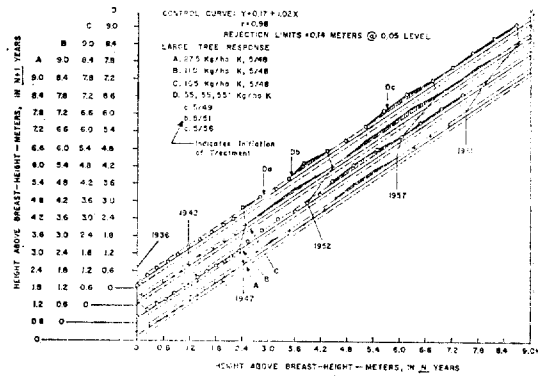


Fig. 5-3. Responses in height growth of medium-sized, 32-year-old *Pinus resinosa* trees to varying levels of potash fertilizer. Hatched areas denote significant growth responses of treated trees over the control trees.

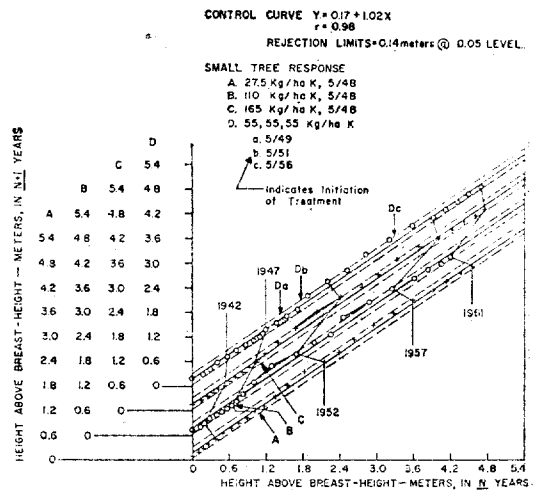


Fig. 5-4. Responses in height growth of small-sized, 32-year-old *Pinus resinosa* trees to varying levels of potash fertilizer. Hatched areas denote significant growth responses of treated trees over the control trees.

Fig. 5. 시라큐스大學 演習林 赤松林에 對한 施肥效果의 推移 (川名, Lief 1969)

서 천천히 효과를 발생시키는 재료의 가치가 인정되어서 일본에 있어서는窒素는 CDU, IBDU 등이 사용되고 또는 플라스틱으로被復한 것이 쓰여지기도 하고 그러한肥料가市販되고 있다.外國에 있어서는 플라스틱과硫黃에 의한 코오팅(coating 被覆)이問題로提起되고 있다. 일본에 있어서는肥培에 수반하여서植穴을 크게 하기도 하고耕耘의 효과가強調되는 경우가 있다.

그러나土壤중에有機物이 적다든지 또는壁狀의堅固한 흙을耕耘한다는 것은 오히려生長에害를 가져오는 일이있으므로注意를要한다.第六圖에는인도네시아의발르사의試驗地에施肥한例인데施肥區에있어서나無施肥區에있어서나耕耘區의生長이 더低調한結果를 주고 있다.

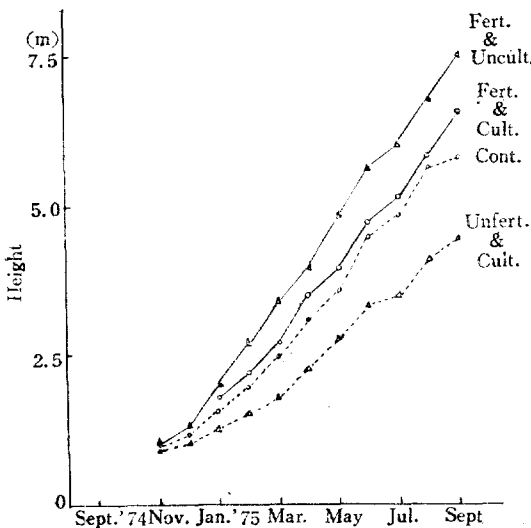


Fig. 6. Forest fertilization (Balsa)

다음으로施肥效果의判定인데閉鎖以前의造林木의 경우에 있어서는充分的空間이 있고競合植物은人爲的으로除外됨으로枝葉이充分히展開되고根育은擦張되어서逆效果를 나타낼 수도 있다.이 경우樹高根元徑(地上 10cm의 곳),樹冠의長短徑 등을經時的으로測定하면判定이可能하다.勿論葉分析이라든가地上部,地下部 등의高量測定이可能한 경우에는 더욱더正確해진다.

壯齡林에關하여서는閉鎖가 되어있고林木相互間에競合이 있어서그判定이 더 어렵게 된다.勿論익숙해지면葉色의 크기新梢의形態와 그伸張狀態肥大에 수반하는樹皮의龜裂 또는色調등등 또閉鎖에서 오는林床의暗度 등으로 알 수 있으나,一般적으로는測定에 의할 수 밖에 없다.測定이라 하여도林分密度에

따라서條件이 달라지고林內에서의優劣에 따라生長過程이 다르게 됨으로 이것을 알자면研究가要하게 된다.

먼저胸高斷面積合計가 생각될 수 있다.筆者는每木調査에 의한測定誤差가 많은數 가운데에서消去되므로結果가信賴할 수 있는 것으로報告하였다.樹高에關하여서는林木相互間의競合이激甚해지고優勢木의生長은 커지지만劣勢木의被壓이增大되고生長은 오히려衰退하게 된다.따라서施肥林分에서는標準木,을調査하면反對로生長이 나빠지는 경우도 있다.優勢木,中庸木 및劣勢木과幹級別로樹高生長肥大生長 등을調査하면 그實質의인效果를 말하는데適當할 것으로 생각한다.

또林木의肥大生長은樹幹部位에 따라서 다르고樹冠部分 및根張部分은크고胸高部位는작으므로測定位置를胸高에만局限시키는 것은 옳바른 것으로 말할 수 없다.

林木의生長은해마다의變異가 큰 까닭에施肥의影響을 보는 것은定量的으로는 어렵다고 말할 수 있다.第五圖에뉴우옥大學林業部(시라큐우스大學)에 있어서演習林의肥培試驗의調査結果를 보인다.이것은定差圖라는簡單한定性的인調査方法이다.斜線部分은正常的인生長(無肥料)과比較하여서肥培效果가 나타남을 보이는 것이다.이 그림에依해서red pine에 대한K의肥効가 매우長期間 계속되었음을 알 수 있다.이것은葉量의變化가 적은壯齡林이고幹內에高濃度로蓄積된다는點落葉할 때體內에轉流되는 등 이러한理由로서長期間 새로운 일에濃度を 높게維持할 수 있었는데서 온 것으로 생각된다.

日本の삼나무 편백에 있어서도 N. P. K의施肥로서 5~6年の肥効가持續된 것을確認하고 있다.그리고 또優勢木의持續期間이 길다는 것을確認했다.定差圖에 의해서 이와같이定性的으로肥効의有無를 구할 수가 있다.肥効가 있을 때 잎은 크기가增大하고 색깔이 좋아진다는 것은 앞에서 말한바 있다.그리고葉中の養料含有率도 발란스가取하여진一定의水準에 이른 것으로 된다.그래서葉分析에依해서榮養狀態를判定할 수가 있다.第七圖에 보이는 것과 같이葉分析値와生長과의相關은 큰 경우가 많다.그러나季節葉齡樹冠 중의部位受當量 등에依해서含有率이 크게 다르게 되므로針葉樹라든가常綠闊葉樹 등亞寒帶 또는溫暖帶의 것은含有率이安定되는休眠期에 있어서樹冠上部의南側 또는急傾斜地에서는谷側(外側)의 가지의先端부근에位置하는當年生の잎을 취하여分斷하는 것이通例이다.이와같은方法에依한 많은資料가提供되고 있으나筆者는日本の杉나무에關하여第

九表에 보이는 것과 같은 數値를 概值로서 보았다. 그리고 또 西獨의 Zöttle 教授가 얻은 값을 第十表에 보인다.

第10表 가문비나무林 및 소나무林의 葉內養分濃度 (乾葉%)

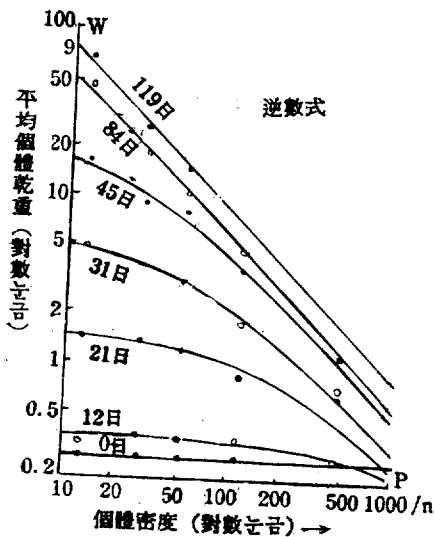
養分	가문비나무林		소나무林	
	약간 缺乏	最適濃度	약간 缺乏	最適濃度
N	0.80~1.30	1.40~2.00	0.70~1.60	1.80~3.20
P	0.05~0.11	0.13~0.20	0.06~0.10	0.20~0.30
K	0.15~0.33	0.45~1.25	0.30~0.45	0.55~0.90
Ca	0.10	0.08~1.33	0.05	0.05~0.24
Mg	0.02~0.07	0.11	0.04~0.09	0.06~0.13

(Zöttl, 芝本에 依함)

生態學者는 一定의 環境下에서 同一種의 植物의 葉量은 密度가 낮을 경우에는 密度와 함께 增加해 가지 만 어느 程度以上의 高密度로 되면 競爭이 있게 되고 面積當의 葉量은 密度에 關係할 것 없이 一定하게 되는 것으로 하고 있다.

이러한 事實은 一定面積當의 同一植物의 收量이 密度와는 關係없다는 그것과 結付된다. (第八圖) 그리고 葉量의 範圍는 大體로 그 잎(葉)의 生存期間에 따라 變化하고 第十一表에 보인 것 처럼 樹種에 따라 어떤 範圍안에 있게 된다.

이러한 事實로서 閉鎖林에 있어서는 肥培에 의해서 收量의 增加가 크게 期待되지 않는 것으로 생각하는 사 람도 있다.



(三井物産・三戸山林)(芝本・田鳥) 採伐 40年生 (11月)

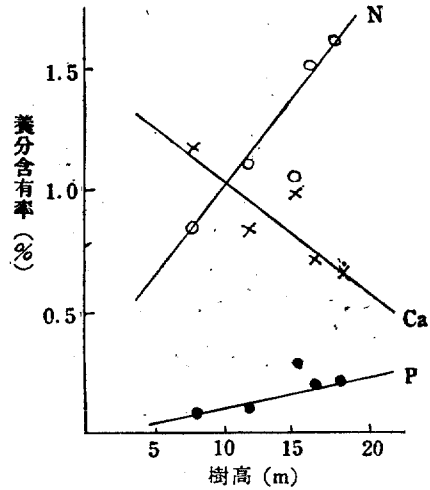


Fig. 7. 針葉의 養分含有率과 樹高과의 關係

一般으로 林地에 있어서는 흙이 얇고 또는 地力이 衰退해 있는 곳에서는 樹高가 낮고 收量도 적은데 對하여 肥沃한 土地에서는 生育이 매우 좋다는 것은 當然한 말이다. 그래서 生態學者들이 말하는 收量一定 또는 葉量一定이란 것은 同一한 立地條件을 前提로 한다. 덩가 또는 概值에 지나지 않는 것이고 瘠肥에 따라서는 生育에 差가 있을 수 있다.

第九圖, 第十圖에 榮養條件과 光合成의 關係를 보였

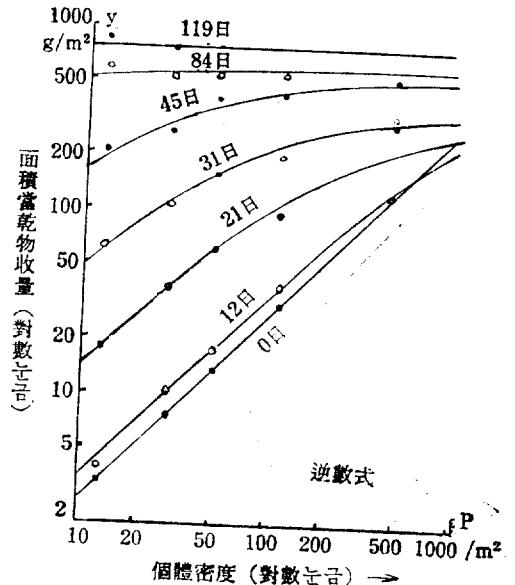


Fig. 8. 大豆의 生長과 密度(吉良)

第11表 Summary of leaf biomass of forests in Japan

森林의 Type	資料林分數 No. of stands	葉乾重 Leaf dry weight (t/ha)	葉面積*3 Leaf area*3 (m ² /ha)	Type of forest
落葉廣葉樹林	141	3.1±1.5	3~7	Deciduous broad leaved forest
常綠廣葉樹林*1	40	8.6±2.5	5~9	Evergreen broad leaved forest*1
낙엽송林	30	3.0±1.0	2.5~4.5	Larch forest*2
소나무林	152	6.8±1.8	(3~6)	Pine forest*2
편백林	26	14.0±2.5	5~7	Chamaecyparis forest
삼나무林	126	19.6±4.4	5~7	Cryptomeria forest
其他常綠針葉樹林	66	16.9±5.2	6~10	Other evergreen coniferous forest

*1 : 아카시아林·竹林을 除外 Excluding *Acacia* and *Bamboo* forests

(只木)

*2 : 눈잣나무林을 除外 Excluding *Pinus pumila* forests

*3 : 概數 Tentative presentation

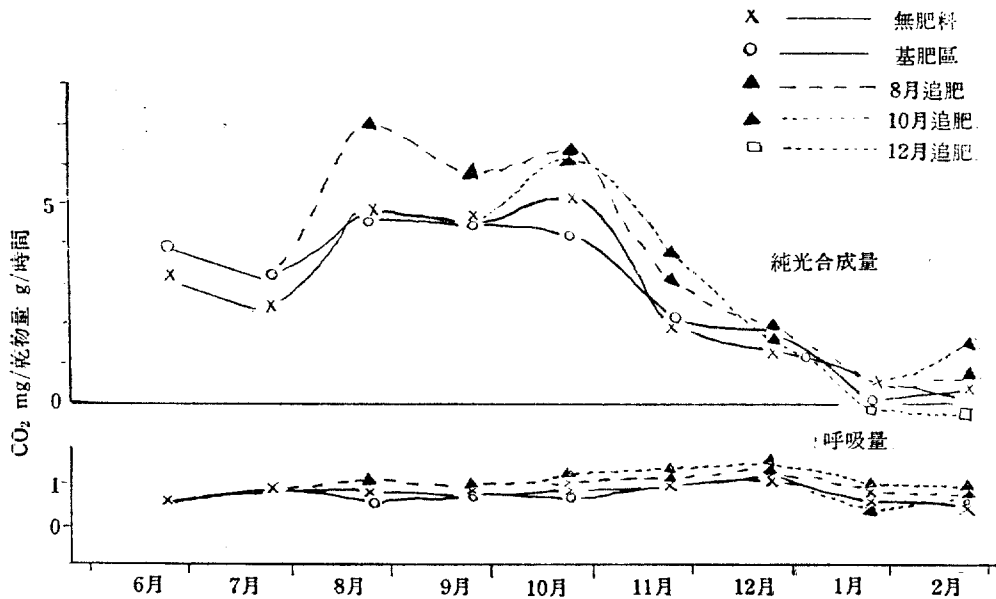


Fig. 9. 삼나무묘의 光合成과 呼吸

다. 追肥에 依하여서 또는 要素의 添加에 따라서 光合成이 增加되는 事實을 把握할 때 收量에 差가 있을 것이 理解되다.

肥料의 効果는 또 種에 따라 樹種에 따라 다르게 된다. 第十一圖는 日本의 鹿兒島學에서 볼 수 있었던 品種別의 施肥效果의 差異이다.

Measa는 一般의으로 植栽當初의 生育이 不良한 品種이다. 그래서 幼齡林의 肥培로서는 그 生育의 增大에 대한 期待가 적다는 것을 알 수 있다. 그래서 肥培를 할 경우에는 그에 適合한 樹種과 品種을 選擇할 必要가 있다.

肥培에 依해서 材質이 나쁘게 되지 않나하는 說이 있

다. 이 點에 關하여서는 아메리카에서 펠프關係로 調査되고 있는데 日本에서도 田島는 生長增加에 따라 材質의 低下가 없다는 것을 보이고 오히려 肥培에 의해서 年輪幅의 均一化 가치치기 以後의 治癒의 促進 등 材質을 좋게 한다는 要素가 있는 것으로 말하고 있다.

筆者는 材의 生長에 關聯해서 단약 閉鎖前과 같이 肥大生長이 크게 될 수 있는 경우에는 年輪幅의 增大는 細胞數의 增加에 依하는 것이고 細胞自體의 肥大에서 오는 것은 아님을 明示했다. 杉나무 등은 着色生長帶(寫眞)가 생겨서 그 部分에서는 細胞膜이 두꺼워지고 지름이 작은 細胞가 年輪狀으로 보인다는 것을 보였다.

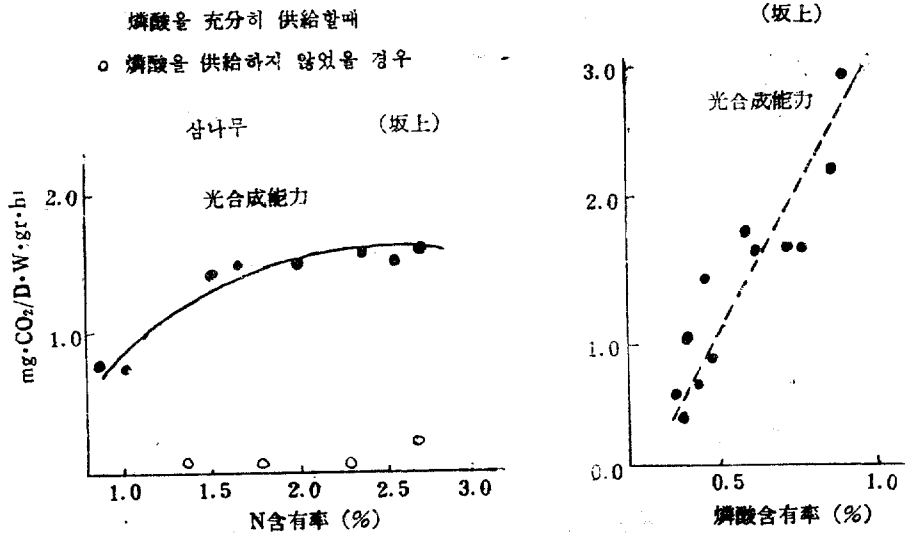


Fig. 10. 삼나무葉의 光合成能力과 葉內 N含有率, 磷酸含有率과의 關係

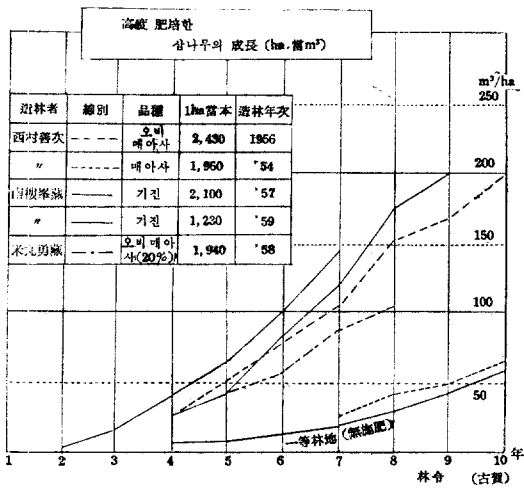


Fig. 11. 鹿兒島縣에 있어서의 삼나무 品種別肥培例

이와 같이 異常的으로 肥大할 경우에는 樹木의 組織 自體에 對應이 생겨지는 것으로 생각된다. 또 壯齡林 처럼 年輪幅이 크게 肥大하지 않는 경우에는 걱정할 것이 없다. 閉鎖前의 年輪幅의 異常肥大를 調節하는데에는 가지치기라던가 密植 등의 方法을 併用하는 것이 생각 될 수 있다. 肥培는 또 瘠惡地의 植生에도 影響한다. 50年前 스웨덴의 Hesselman이 泥炭地에 肥料를 주었든바 現在 陸化하고 있는데 施肥區에서는 禾本科, 그리고 他植物의 그루티기가 濕地中에서 크게되고 그 위에 灌木性의 자작나무가 나타나서 점점 陸化해가고 있는데 對해서 無施肥區에는 거의 變化가 없었다.

筆者는 日本의 發電所의 捨土場에 있어서 施肥區와 無施肥區를 設置해 보았는데 2年이 經過한 뒤에는 第十二圖에 보이는 것처럼 施肥區에는 植生이 들어와서 土壤이 安定되었는데 無施肥區에는 植生이 疎生하고 植

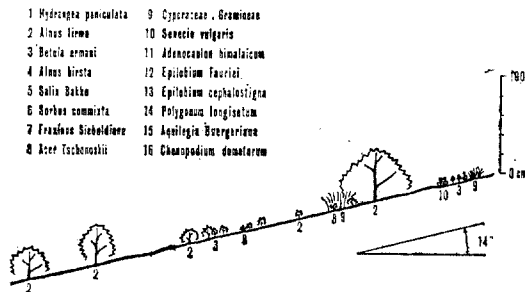


Fig. 12-1. The Control plot

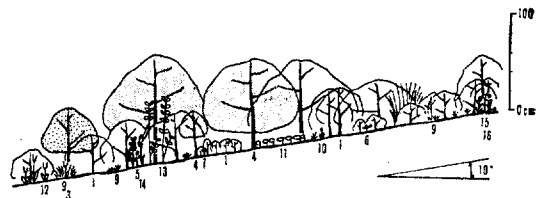


Fig. 12-2. The Fertilized plot

Fig. 12. 沼原揚水 發電所 土捨場에 있어서의 植生導入 施肥試驗

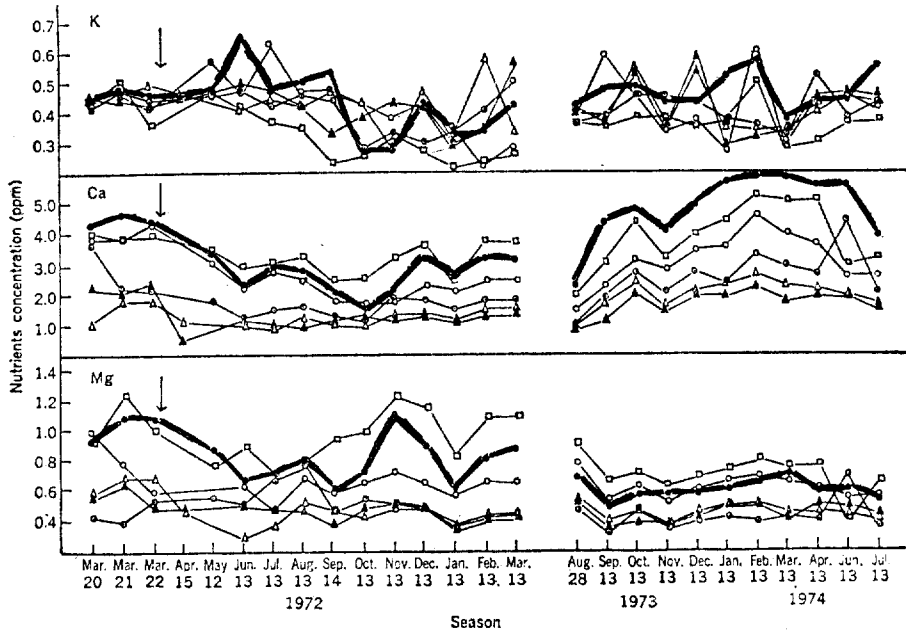


Fig. 13-1. The changes in $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and P concentration in the stream. Arrow: fertilization date,

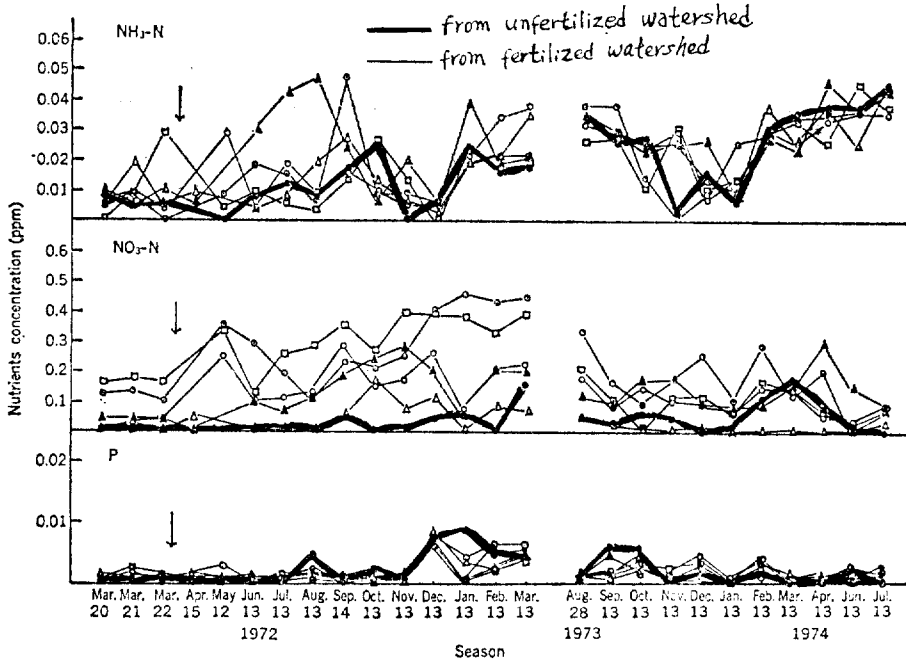


Fig. 13-2. The changes in K, Ca and Mg concentration in the stream. Arrow: fertilization date,

Fig. 13. 三重縣 三井川林 삼나무, 편백林에 航空施肥한 溪後의 深流의 鹽類 濃度

식(Erosion)이 계속하고 있음을 보았다. 이와 같이 無立木地의 植生을 施肥에 依해서 變化시킬 수 있을 뿐만 아니라 造林地의 下床植生도 全의으로 變化시킬 수 있는 터가 많다. 그리고 菌, 細菌, 昆蟲等 土壤中の 生物相도 變化시킬 수 있음이 各國에서 調査되고 있다.

植物의 根系 落枝葉 및 그 分解者의 變化는 土壤을 變化시키는 큰 힘이 되는 것이고 林木의 生育에 強力한 影響을 미치게 되고 있는 것이다.

施肥는 또 諸害에 對한 抵抗力을 弱화시키지는 않나 하는 걱정도 있다. 질소過多의 林木은 病, 凍霜害, 蟲

害에 弱하고 正常한 生長에 있어서도 遲密하게 放置되고 間伐를 소홀히 하면 風電害에 弱하게 된다. Tamm 教授에 스웨덴의 肥培林을 案内받았을 때 moose(무스라는 노루같이 생긴 큰 動物, 번역자 註)라는 動物은 사람보다 分析을 더 잘 하므로 肥培木의 잎만 먹는다고 말했다. 日本에 있어서도 토끼의 害가 걱정되고 있다. 이와같이 問題點이 없는 것은 아니나 原來 林地 肥培가 호르몬과 같은 藥劑에 의한 生長促進이 아니고 발탄스를 유지시키는 榮養을 補給시키므로서 正常健全한 生長을 圖謀하는 것이 目的이다.

그래서 肥培에 依해서 弱하게 되는 것이 아니고 오히려 虛弱한 榮養失調의 것을 健全하게 하는 것으로 생각된다. 日本에 있어서도 삼나무 흑파라의 被害林 그리고 黑粒葉枯病에 걸린 森林의 肥培에 의한 回復 그리고 凍害 寒風害가 施肥區에 있어서 적었다는 例의 報告가 있다.

그리고 大面積에 同一植種 同一品種을 一齊植栽하는 冒險을 피하고 間伐등을 適當히 實行하여서 安全한 施業을 하도록 하여야 한다.

最後로 肥培에 依한 環境에의 影響이 問題로 된다. 北歐에서는 溫度가 낮아서 直接的으로 植物에 吸收되기 쉬운 硝酸態窒素가 많이 使用되고 있는데 이것이 濕地에 있어서는 쉽게 얕은 地下水가운데 들어가고 排水溝를 지나 湖水의 Eutrophication(富榮農化: 植物生産이 많은 특히 프랑크톤의 번식이 왕성한 湖로서 榮養鹽類가 多量 含有된다. 번역자 註)을 招來한 일이 있다.

日本의 山林에서는 一般的으로 降水量이 많고 土層이 두터운 경우가 많은 까닭에 一時的으로 水源의 僅少한 變化는 인경이 되지만(第十三圖) 溪谷의 물에 큰 영향을 주는 일은 없고 寒歐에서 問題視되고 있는 그러한 事例는 아직 알려지지 않고 있다.

湖水 뉴우트리티케이션이 強하게 進展되면 프랑크톤 등의 增加로 湖水가 黃綠色으로 보이고 湖底에는 酸素의 欠乏이 오게 되어서 魚族相에 變化를 가져올 수 있다.

韓國에 있어서의 一部 禿裸地와 같이 土層이 얇은 곳에서는 一時에 速効性肥料을 多量으로 施肥하면 降水關係로 硝酸態窒素 등이 問題化 될 수 있을지도 모른다. 流域을 充分히 檢討하고 下流의 狀況 등을 考慮하여서 施肥時期, 緩効性肥料의 使用, 施肥量 등을 配應할 것이 바라지는 것이다.

以上 林地肥培의 一般論을 記述하였는데 21世紀의 世界의 木材資源의 不足에 對備해서 肥培의 必要가 云謂되고 있는 此際에 韓國의 對應은 必然的인 것으로 생각 된다. 그러나 野外에 있어서는 一時에 擴大하는데에는 注意할 點이 많다고 생각 된다. 科學技術의 評價(technical assesment)를 中心으로 하여서 計劃을 잘 推進시켜주시기를 바라는 것입니다.

參 考 文 獻

1. 楠木徳二. 森林肥料論. pp. 317 1932.
2. White, D., Leaf A.L. Forest Fertilization Research (Bibliograph) 1956.
3. Gessl, S.P.. How to Fertilize Trees and Measure Response, pp. 67.
4. 芝本武夫. 林地肥培の理論と實際 pp. 231. 1961.
5. Mustanoja, K.J., Leaf, A.L. Forest Fertilization Research(Bibliography). 1957~1964. 1965.
6. Dept. of Forestry and Rural Development. Review of Fertilization in Canada. pp.175 1967.
7. Baule, H., Fricher, C. Die Düngung von Waldbäumen. pp.259 1967.
8. Tennessee Valley Authority. Forest Fertilization theory and Practice. pp. 306 1968.
9. 川名明・壯令林地肥培について pp. 47 1970.
10. 塘隆男・苗畑施肥と林地肥培 pp. 196 1971.
11. 農林水産航空協會: 林地航空肥培シンポジウム資料 I~V. 1972.
12. The Institute of Paper Chemistry. Bibliographic Series No. 258. Forest Fertilization. 1972.
13. Groman, W.A. Forest Fertilization—a state of the Art Review and Description of Euvvironmental Effects—. pp. 57 1972.
14. Armson, K.A. Fertilizer distribution and sampling techniques in the aerial fertilization of Forests. pp. 27 1972.
15. Rennie, P.J. Forest Fertilization in Canada. pp. 28 1972.
16. 堤利夫・陸上植物群落の物質生産—森林の物質循環— pp.60 1973.
17. U.S.D.A. Forest Service. Forest Fertilization Symposium Proceedings. 1973.
18. Schutz, C.J. A. Review of Fertilizer Research on some of the more important Conifers and Eucalypts planted in Subtropical and tropical Countries, with special reference to South Africa. pp. 89. 1975.
19. Landwirtschaftlichen Dienstes der Kali. Forstdüngung. pp.66 1976.
20. 芝本武夫・森林の土壤と肥培, pp. 142 1977.

刊 行 物

1. Annual Forestry Fertilization. Clearing House Report. 11th. 1969.
2. Annual Report CRIFF. 1971~1975.
3. 森林と肥培. No.91 1977.
4. みどり No.14 林地肥培特集. 1976.