

書叢學大央中

造林學

郝景盛著



行印館書印務商

68.4
28

書叢學大央中

學 林 造

著 盛 景 郝

✓



行印館書印務商

119277

序

造林學課程前後在中山大學及中央大學講授四次，初本爲學生編講義，無寫書之意；但講義印後，除在校學生領取外，而離校學生及社會人士亦多托人購買；因感抗戰期間，書籍購置困難，造林學一書，亦不例外，故修改原稿，擬使之問世。

本書草成，在客歲六月，因暑假應中華自然科學社之請，參加西北科學考查團，負責森林調查工作，乃將原稿之一部，請一位學生代爲繕寫，其餘大部交余妻整理，預計西北歸來，即可付印。然而凡事不能盡如人意，不料學生帶稿搭船回家，中途遇險，船毀物沈，人幸遇救，而此十餘萬字之稿則隨東流以去。本欲設法將失去之材料再爲補充，但現在所處之環境，參考資料異常缺乏，各地實驗報告又不易覓得，個人所有書籍，亦均未在身邊，故只有任其殘缺，使之出版，是即本書內容每節材料多寡不勻之原因也。惟有俟抗戰勝利，再重新修改增加，使之達到滿意之地步。同時就本書初版之際，其編制及內容如何，深望國內林界同志與以批評，指正。

民國二十八年六月，筆者曾發起編著中國林學大全，共二十餘卷，蒙國內林界先進慨然允諾，分頭負責編著，但多以參考材料缺乏，迄今尙無交稿者。現謹以此書獻與林學大全各作者，以表示拋磚引玉之意。

本書之成，非一手一足之力，稿之四分之一係學生程劍光、區熾南、周以耕、王伯心、蕭敏源、郭肇華、談霽德諸君所抄寫，其餘四分之三均出於余妻之手，特此表示謝意。

民國三十一年七月郝景盛揮汗序於重慶中央大學造林研究室。

目次

第一篇 生態

第二章 汎論

第一節 世界森林之分佈

一 古代森林之分佈

二 安戈雷對世界植物地理之劃分

三 施培對世界植物地理之劃分

四 瓦明對植物地理之看法

五 森林垂直之分佈

六 森林水平之分佈

七 世界各國森林面積之分佈

第二節 中國森林之分佈

一 中國氣候之分區

二 中國植物之分區

三 中國森林之分區

第二章 森林生長因素

第三節 水分與森林

一	空氣中含水量多寡與溫度之關係	五〇
二	森林與雨量	五一
三	森林與水源	五五
四	森林與濕度	五八
五	森林與水患	六〇
六	水分與林木之根形	六二
七	雨量與年輪寬度	六三
八	林木密植與抗旱力	六三
第四節	溫度與森林	六五
一	有林地與無林地溫度之差異	六七
二	林內與林外溫度之差異	六九
三	林內溫與林外溫因季節之差異	六九
四	溫度晝夜之變化	七〇
五	林中溫度之差異	七一
第五節	日光與森林	七一
一	日光對森林生長上之作用	七二
二	光線之種類與強度	七三
三	緯度與熱力	七五
四	投射角與光力	七六
第六節	風速與森林	七六

一	風之形成	七六
二	風對森林之利益	七八
三	風對於森林之爲害	七八
四	森林之抗風力	七九
五	二氧化碳與森林	八〇
第七節 土壤與森林		
一	土壤與氣候	八一
二	土壤之形成	八一
三	土壤之分類	八二
四	土壤之結合度	八五
五	土壤性質與林木之關係	八六
六	土壤之水分	八七
七	土壤之溫度	八九
八	土壤之空氣	九〇
九	土壤之深度	九一
十	土壤之微生物	九二
十一	海拔高與森林生長之關係	九二
十二	海拔高與森林生長之關係	九二
十三	問題討論	九三
第八節 生物與森林		
一	人類	九三

二	動物	九五
三	植物	九九
四	菌類	〇〇
第三章	森林生長現象	〇五
第九節	花與果	〇五
第十節	林木之花粉	〇七
一	花粉之傳佈	〇七
二	花粉之形狀	〇八
三	花粉研究之近況	〇八
第十一節	繁殖與分佈	一一
一	繁殖	一一
二	分佈	一六
第十二節	林木之病害及其防治	一六
一	菌害之防治	一七
二	枯倒病之防治	一八
三	蟲病之防治	一九
四	動物爲害之防治	二〇
五	異種植物之爲害	二一
六	野火之爲害	二一
七	煙害之防治	二二

八	天氣爲害之防治	一二三
第十三節	林木生長	一二五
一	決定林木生長快慢之因素	一二五
二	材積與年齡之關係	一二六
三	高度與年齡之關係	一二七
四	年輪寬度之生長	一三〇
五	林木生長之面面觀	一三一
六	林木生長期之劃分	一三二
第十四節	樹木之壽命	一三三
一	年齡與木材性質之關係	一三三
二	林木枯死之原因	一三三
三	樹木之壽命	一三五
第一篇	技術	一四二
第四章	林相種類	一四三
第十五節	林相之構成與種類	一四三
一	水平林相	一四四
二	垂直林相	一四四
三	空隙地之產生	一四四
四	森林之密度	一四五

五 年齡與密度	一四六
六 純林與混交林	一四七
七 同齡林與異齡林	一五二
第十六節 森林之形成	一五二
第十七節 林相之改善	一五五
一 初年殘林之改善	一五六
二 中年殘林之改善	一五七
三 老年殘林之更新	一五七
第十八節 混交林	一五七
一 陰陽樹混交林	一五八
二 混交林之種類	一五九
三 混交林之優點	一六〇
三 森林創立	一六三
第五章 林地整理	一六三
第十九節 林地整理	一六三
一 裸岩之整理	一六四
二 荒山荒草之整理	一六四
三 竹叢地之整理	一六五
四 天然雜木林地之整理	一六六
五 保護樹留存地之整理	一六六
第二十節 土壤混合與施肥	一六六

一 施肥之效果	一六六
二 土壤之施肥	一六七
三 林地施肥之實例	一六七
第二十一節 翻土機器	一七一
一 用人力之機器	一七一
二 用畜力之機器	一七一
三 用動力機之機器	一七二
第二十二節 天然造林法	一七四
一 森林之繁殖	一七五
二 上方天然下種造林法	一七五
三 側方天然下種造林法	一七六
第二十三節 萌芽造林法	一七七
一 矮林更新法	一七七
二 截枝更新法	一七七
三 頭木更新法	一七八
第二十四節 竹類造林法	一七八
一 造成竹林之方法	一七八
二 竹林更新法	一八〇
第二十五節 種子之成熟、取得、整理、收藏與遺傳	一八一
一 種子之成熟	一八一

二	種子之取得	二八四
三	種子之整理	一八七
四	種子之收藏	一九〇
五	種子之遺傳	一九二
第二十六節	發芽率之測定	一九八
一	普通發芽試驗	一九八
二	化學藥品染色法	二〇一
三	氧測法	二〇七
第二十七節	種子之重量容量與數目	二一〇
一	中國林木種子	二一八
二	歐洲林木種子	二二一
三	美洲林木種子	二二四
第二十八節	種量株數與面積	二二四
一	發芽率與植物率之關係	二二七
二	種量與播種	二三〇
三	株數與植樹	二三八
四	播種造林與植樹造林之比較	二三八
第二十九節	苗圃經營	二三八
一	位置	二三九
二	苗牀	二四〇

三	播種	二四二
四	移植	二四七
五	灌溉	二四八
六	除草	二四九
七	運苗	二四九
第三十節 植樹技術		
一	劈孔植	二五〇
二	鐵鍬植	二五一
三	穴植	二五二
四	溝植	二五三
五	堆植	二五三
六	球狀植	二五四
七	斜植	二五四
八	蘇聯植樹機	二五六
九	與植樹有關之其他事項	二五七
第三十一節 沙地造林及荒山造林		
一	沙地與沙丘述略	二六〇
二	各國沙地造林成功實例	二六二
三	喜生於沙地之植物	二六三
四	沙地造林工作步驟	二六七

五	荒山造林	二七一
第三十二節	天然造林與人工造林之比較	二七二
一	天然造林之優點	二七三
二	天然造林之劣點	二七三
三	天然造林應備之條件	二七三
四	人工造林之優點	二七三
五	人工造林之劣點	二七四
六	人工造林應備之條件	二七四
七	播種造林與植樹造林之比較	二七四
第六章	森林撫育	二八七
第三十三節	伐枝	二八七
一	伐枝之目的	二八七
二	伐枝後林木所受之影響	二八八
三	多枝與樹種土壤及陽光之關係	二八九
四	多枝與造林技術	二九一
五	伐枝後之封口速度	二九一
六	伐枝宜用之器具	二九二
七	伐枝工作速度	二九四
八	伐枝之時期	二九五
九	伐枝宜注意之事項	二九五

第三十四節 間伐	二九九
一 間伐之定義	二九九
二 間伐之目的	二九九
三 間伐之實施	三〇一
四 林木等級之劃分	三〇二
五 間伐之種類	三〇五
六 其他	三〇七
第三十五節 下木栽植與受光伐	三〇八
一 下木栽植	三〇八
二 受光伐	三一
第七章 森林作業	三一八
第三十六節 森林作業之種類	三一八
一 Mayer 氏森林作業法計七十三種	三一八
二 Gayer 氏森林作業法之劃分	三二六
三 Tawley 氏森林作業法之劃分	三二八
四 Group 氏森林作業法之分類	三二八
五 本多靜六對森林作業之分類	三二九
六 我國應採之主要森林作業法	三三一
第三十七節 喬林作業	三三二
一 擇伐作業	三三三

二	傘伐作業	三三五
三	Wagner 氏綠條作業	三三八
四	楔形傘伐作業	三四〇
五	團狀割伐作業	三四一
六	二段喬林作業	三四三
七	保殘作業	三四三
八	光伐作業	三四四
九	永續作業	三四六
十	保安林作業	三四七
第三十八節	矮林作業	三四八
一	柞蠶林	三四九
二	柳條林	三四九
三	頭木林	三五〇
四	截枝林	三五〇
五	混農林	三五〇
六	柴木林	三五〇
七	樹皮林	三五〇
八	禮木林	三五〇
九	洋槐林	三五〇
十	板栗林	三五〇

十一	白楊林	三五二
十二	混牧林	三五二
十三	矮林作業之得失	三五二
第三十九節	中林作業	三五二
一	中林作業之林木種類	三五二
二	中林作業之輪伐期	三五二
三	上木與下木之關係	三五二
四	中木作業之優劣	三五二
第四十節	竹林作業	三五三
一	竹類用途	三五四
二	國產竹類及其分佈	三五五
三	竹類喜生之環境	三五八
四	竹類之種子及其發芽力	三五九
五	竹類之病害	三五九
六	竹類之更新	三六〇
七	竹林作業	三六〇
八	尾聲	三六〇
第四十一節	副產林業	三六一
一	茶與香樟	三六一
二	油桐	三六三

三	白木耳之培植	三六四
四	白蠟樹與烏柏	三六五
五	漆樹	三六六

造林學

第一篇 生態

本篇內專述森林之分佈，林木生長因素，林木生長現象，計三章，十四節。

第一章 汎論

本章內容所包雖則甚爲廣汎，但約而言之，不外世界森林之分佈若何，中國森林之分佈又若何，兩大項自。吾輩人應有世界眼光，高瞻遠矚，認清世界各國森林情形，森林分佈，林木種類，森林主權之分配等，然後始明瞭中國森林所處之地位。諺云：知己知彼，才能百戰百勝，故本章分兩節述之：

- 一、世界森林之分佈（第一節）
- 二、中國森林之分佈（第二節）

第一節 世界森林之分佈

本節先由古代森林之分佈述起，現在世界植物地理之劃分，再次論森林垂直之分佈與水平之分佈，最後述各國森林之面積。

一 古代森林之分佈

現在森林分佈情形與在古代大有不同，吾人根據現在已知之古代植物化石材料，雖殘缺不完，但終勝於無，可以推知古代森林情形，煤油礦及煤礦亦為古代植物所形成。地球之經過歷史，乃一極複雜極繁難問題，一片岩石即一頁書籍，每一片或每一層岩石中找得之化石，無論其為動物化石或植物化石，皆可視為地史書頁上之文字，然此種文字無一頁完全者，甲地一片，乙地一片，甲國半頁，乙國半頁，甚至此處一滴，彼處一點，且不在同一地發現者，頁次零亂，不易整理，世界無數之古生物學家，集多年研究之所得，對地球之演進歷史，已臻相當清楚地步。吾人得知在古生代之泥盆紀內即已有松類之化石，石炭紀有鱗木、印章木等，在中生代之侏羅紀內，蘇鐵、松柏等構成大盛時代，近生代之陸地森林極為繁榮，森林佈滿全球，有陸地處即有森林，一直至近生代中森林仍未消滅。

一 惟至新生代中第四紀之前，有一冰期時代，北極之冰山向南移動，其移動之距離，在歐亞美三洲各有不同。在歐洲向南移動之距離甚遠，至阿爾卑斯山，但未至地中海，經中央亞細亞走向東北，未經中國北部及日本，至美洲向南移動，亦未至在歐洲之為甚。故現在生存之林木種類，以亞洲為最多，美洲次之，歐洲最少。如槭樹屬 (*Acer*) 在亞洲有百種以上，在美洲只有六十種，在歐洲只有三種而已。反之，在歐洲化石中已有數十種槭樹，在美洲有數種，亞洲無槭樹之化石。然在第四紀之前，歐亞美三洲之槭樹種類，皆甚為豐富，在歐美槭樹當冰期時代作了犧牲品 (*Pax 19*)。

又如美洲現在生存之北古杉 (*Taxodium*)，在冰期之前，亞洲有歐洲亦皆有分佈，現在歐亞二洲只在化石中見有北古杉之遺跡耳。

我國之銀杏，尚見於日本，但在古代為北半球之一普通植物，而且南半球，如南美南端東部之小島上已發現有此銀杏化石之分佈 (*Croftan 1913*)。

在美洲之東部與歐洲正同，在三四十萬年以前樹木種類異常繁多，以當時氣候溫熱，適宜各種林木之生長向榮也。後來有過一次大陸氣候，使許多生物，包含動物與植物，作了犧牲者 (*Sears 27*)。

二 安戈雷對世界植物地理之劃分 (Engler—Diels 9)

1、北半球植物界 (Nordliches boreales Florenreich)

(A) 北極帶 (Arktisches Gebiet) 皆能耐寒之植物，葉面縮小，莖枝簡單，原形質感應不靈，有第四紀之植物代表存在，包括美洲北極地，歐洲北極地，西伯利亞北極地，及格林蘭之全部。

(B) 針葉樹帶 (Coniferon Gebiet 或 Subarktisches Gebiet) 此帶內以針葉樹類為最繁榮，重要屬為冷杉、雲杉、落葉松、松、檜等，間以草原、池沼、灌木。

(1) 歐洲亞北極區 包括冰島，蘇格蘭北部，斯堪的那維亞北部，如瑞典北部，挪威北部，芬蘭北部、拉普蘭、蘇聯之西北部及烏拉山等地。

(2) 亞洲及東部西伯利亞之亞北極區。包括西部西伯利亞、阿爾泰、西伯利亞之東北部，貝加爾湖、打虎里，蒙古之北部以及庫頁島等地。

(3) 美洲之亞北極區 包括阿拉斯加、Ontario之北部、Quebec 與 Labrador。
(C) 中部歐洲帶 (Mitteleuropaisches Gebiet) 為落葉樹林與針葉樹林混生，高山上亦見有北極帶中植物之代表。

(1) 大西洋區 愛爾蘭、英格蘭、蘇格蘭、法國西南部平原，法國北部及比利時，大西洋中義德屬島與海狗蘭，及挪威之西南部。

(2) 亞大西洋區 德國西北部，波羅的海之西北部及南部，裘德半島，瑞典西南部等。

(3) 波羅的海中心區 斯堪的那維亞南部，芬蘭南部，英門蘭，愛沙尼亞，立陶宛，東普魯士之北部及裘德蘭等。

(4) 薩馬蒂區 波蘭、立陶宛，南部東普魯士，愛爾貝河中部丘陵等地。

(5) 中歐山地區 法國中部山地，萊茵河畔、門蘭、法瑞德三國接壤山地，德國南部，奧國多腦河以北

及德國與捷克相鄰處。

(6) 朋提區 多腦河西岸，匈牙利，蘇聯南部之草原地等。

(7) Pyren'ien 區

(8) 阿爾品區 瑞士全部及其與奧、義、德境內之高山地。

(9) Apenninen 區

(10) Karpathen 區

(11) 朋提西部山地區

(12) Jaila 山區

(13) 高加索區

(D) 馬加龍過渡帶 (Makaronesisches Ubergangsggebiet) 除馬加龍植物外，有地中海之代表，舊世界熱帶植物及非洲植物皆可覓到，北半球植物界之代表與新世界熱帶植物成分則較少。

(1) Cap Varden 區 馬加龍過渡帶植物在此區內最爲顯然。

(2) Kanaren 區

(3) Madeira 區

(4) Azoren 區

(E) 地中海帶 (Mediterrannggebiet) 常綠樹林在此帶存在，此帶內植物未受過地史上氣候之摧殘，海之南，海之北，海之東，其植物性格略同，高山亦不見有極地植物存在。

(1) 地中海西南區

(2) 易北林區

(3) 利古爾區

(4) 中部地中海區

(5) 土耳其及伊蘭地中海區

(6) 地中海之南

(F) 中央亞細亞帶 (Zentralasiatisches Gebiet) 除草原代表外，有地中海及亞北極之代表，北半球普通植物亦不多見，向西過伊蘭裏海，向南至喜馬拉雅南坡林邊，東南接雲南及四川二省之山地，北至阿爾泰，及東部西伯利亞山地。

(1) 土蘭區 (包括西部新疆)

(2) 新疆 山地區 (包括西部新疆)

(3) 旱海區 (包括戈壁)

(4) 西藏 高原區

(5) 喜馬拉雅 山嶺區 (包括東部喜馬拉雅及西部喜馬拉雅)

(6) 雲南 高山區

(7) 四川 高山區

(8) 甘肅 及陝西 高山區

(G) 溫帶東亞帶 (Temperiertes Ostasien) 寒帶及亞熱帶植物皆有代表存在，亞熱帶植物較歐洲爲多，寒帶植物較歐洲爲少。

(1) Kamtschatka 之西南區

(2) 興卡 白山區 內外興安嶺烏蘇里，高麗北部及庫頁 (Kachalin)。

(3) 日本 南部，Fagus Sieboldii，Abies Verticillata，Pinus Cambra 爲其主要代表。

(4) 華北 區 秦嶺 以北

(5) 華藏區 中國西部及西藏東部山地
(H) 北美太平洋帶 (Pazifisches Noramerika) 針葉樹林及冬天落葉之闊葉樹類，向南則有新世界熱帶乾地植物。

(1) 太平洋針葉林區 加利福尼亞以北屬之。

(2) 茅嶽山區 南至中美洲乾燥植物地。

(3) 美洲西部草原區

(I) 北美大西洋帶 (Atlantisches Noramerika) 與溫帶東亞帶植物同屬而異種，構成森林之闊葉樹，種類較北美太平洋帶尤為豐富，灌木方面與歐亞二洲近似。

(1) 隣湖區

(2) 密士士比河落葉林區

(3) 南部大西洋綠林區

(4) 草原區

二、舊世界熱帶植物界 (Paläotropisches Florenreich)

除高山地區及培植之情形下已不見北半球常見之植物，除印度及中國之高山上再不見北極及亞北極植物。中央亞細亞之高山上尚有北極植物代表，但熱帶之高山則形絕跡，然而相反的，有些地方之高山上，則可見到澳洲南極界植物。

(A) 北非印度草原帶 (Nordafrikanischindisches Wüstengebiet) 除舊世界熱帶乾燥植物外，尚有地中海之乾燥植物。

(1) 南部 Marokkan 區

(2) 薩哈拉區 (尼羅河區)

(3) Thaïnsch mubiseh 區

(4) 過渡區 (草原及落葉樹)

(5) 亞拉伯及南部米索不達米區

(6) 印度西北區

(B) 非洲森林及草原帶 (Afrikanisches Wald- und Steppengebiet) 舊世界熱帶溫生植物極為茂盛，其間

雜有新世界熱帶溫生植物代表，在草原只見舊世界熱帶乾燥植物，高山上有澳洲及地中海植物之代表。

(1) 蘇丹草原區

(2) 非洲東北部高原之草原區，阿比西尼亞及南部亞剌伯接近海岸地。

(3) 西非森林區

(4) 東南非草原地

(C) Kapland 地帶 (Südwestliches Kapland) 澳洲植物在此區最為稱雄，其次為非洲之乾燥植物，北

半球植物成分特少，此帶植物與澳洲界植物近似。

(D) 大西洋之南部島嶼 (Atlantische Inseln)

(1) Ascension 區

(2) 聖 Helena 區

(E) 馬達加斯加帶 (Madagassisches Gebiet) 舊世界熱帶濕生植物最為茂盛，其次為舊世界熱帶乾地植

物，澳洲界植物只佔極少數耳

(1) 馬達加斯加區

(2) Mascarenen 區

(3) Seychellen 區

(F) 前東印度區 (Vorderindisches Gebiet) 在此帶內以舊世界熱帶乾燥植物最爲猖獗，西部山地則多見舊世界熱帶濕生植物，在東部有馬來半島之植物，在高山則有喜馬拉雅及東亞植物。

(1) Malabarite 之西部山地區

(2) Kangesebene 區

(3) 錫蘭島區

(G) 季候風帶 (Monungbiet) 舊世界熱帶濕生植物，馬來植物，西北至喜馬拉雅，此帶之南部間或有

澳洲界植物存在。

(1) 熱帶喜馬拉雅區

(2) 馬來西北區至緬甸西北部雲南及四川之低地。

(3) 馬來西南區 麻六甲、蘇門答刺、爪哇、婆羅洲。

(4) 馬來中區 西里伯島、Mokken。

(5) 馬來近澳區帝汶 (Timor) 與熱帶北澳洲。

(6) 巴布亞區 新基內亞，其他附近各島。

(7) 海洋松區 澳洲東部，新喀里多尼亞 (Kakalonia)，新西蘭北部。

(8) 印度東亞區 緬甸東部，泰國東部，越南、海南島，中國南海沿岸至香港。

(9) 菲律賓區

(10) 美倫內亞西羣島區 新希不列底、菲支羣島、薩摩羣島、東加羣島。

(11) 玻利乃西亞羣島區

(12) 熱帶台灣區

(13) 琉球羣島區

(4) Bonin 羣島

(H) 東亞亞熱帶及南部溫帶 界乎溫帶東亞帶及季候風帶，包括台灣之高山，揚子江下流，日本中部及南部，至北緯三十五度五十分。亞熱帶植物西達四川及雲南，喜馬拉雅之東坡（只一長條），北界秦嶺。

(I) Sandwich 羣島帶 除舊世界熱帶植物及少數澳洲南極界植物外，尙有新世界熱帶 (neotropische) 植物，特有植物極多。

三、中南美植物界 (Zentral und südamerikanisches Pflanzenreich)

新世界熱帶植物，加雜着北半球，亞北極，或澳洲南極界之植物。

(A) 中美洲乾燥植物帶 (Mit elamerikanisches Xerophyten-Gebiet) 亞熱帶之乾燥植物。

(1) 沙拍拉區 Arizona 南部及新墨西哥

(2) 薩諾拉區 至加利福尼亞半島之一部。

(3) 墨西哥高原地區

(B) 熱帶美洲 (Tropisches Amerika) 新世界熱帶濕生植物最佔優勢，海風受山脈所阻，形成乾燥植物。

(1) 熱帶中美洲及熱帶加利福尼亞

(2) 西印度區

(3) 赤道下之安的區

(4) 赤道下之西薩區

(5) 亞馬遜區

(6) 巴西南部

(C) 安的帶 (Andines Gebiet) 新熱帶植物，亞熱帶植物，北半球之植物，北美沿太平洋岸之植物，在廣

山間或有北極種屬。

(1) 安的中部及北部

(2) 阿根廷

(3) 安的拍塔貢區

(4) 智利過渡區 南緯三十度三十分至三十七度。

(D) 加拉拍果羣島 (Galapagos-Inseln) 特有植物極多，屬很多與中美洲同。

(E) Masafuera 與 Masafuera 特有植物多屬同智利過渡區，Masafuera 山則見有南極成分。

四、澳洲植物界 (Australes Florenreich)

澳洲南極特有之科屬，間或偶然見到與北半球同者，受海風吹拂之地為針葉樹及冬青闊葉樹，但內部則為澳洲南極帶植物所佔領。

(A) 南美之澳洲南極帶 (Austral-antarktisches Gebiet Süd-Amerikas) 澳洲南極之南美植物，南極成分

不多，安的及北半球者更少。

(1) 西部森林區 由南緯三十七至五十四度。

(2) 東部無林區

(B) 南極帶 (Antarktisches Kontinent) 高等植物特多，下等植物一部分為南極特有。

(C) Kerguelen 帶 無林木，南極草類。

(D) 新西蘭帶 (Neu-Seeländisches Gebiet) 屬多與南極界同，但特有之種相當豐富，然尚有與澳洲、廣

半球、東亞及南洋羣島之植物相同者。

(1) 新西蘭區

(2) 歐克蘭加伯羣島區

(3) 馬加利羣島區。

(E) 澳洲帶 (Australisches Gebiet) 特有之種屬不少，尤其西部澳洲東部植物則類似 Sandwich 羣島，新西蘭，南極性的南美及溫帶之東亞，在澳洲生長良好之科移至 Kaland 之西南部則依然生長良好。

(1) 東部澳洲區

(2) 愛勒馬區

(3) 西部澳洲區

(4) 北部草原區

(F) Da Ounla, St. Paul 與 Amsterdamm-Inseln

五、海洋植物界 (Ozeanische Florenreich) 主要為藻類，如紅藻、綠藻、褐藻 (Bacillariaceen,

Dinoflagellaten)。

(1) 北部海洋

(2) 熱帶海洋

(3) 澳洲海洋

三 施培對世界植物地理之劃分

施培 (Schimper 25) 之植物地理一書，現在出至第三版，論世界植物情形極為詳盡，全書共二卷，一千六百餘頁，六百餘圖，紙張之好，圖版之美，尤其餘事。在各國任何文字中，吾人頗難覓得與施培比倫之巨著，有英文譯本 (Schimper 24)，內容較差，第三版係一九三五年出版，內容較為精詳，今簡略介紹於下：

一、生態因素 (Die Oekologische Faktoren)

(1) 水分 論水分之多寡，而影響植物之分組，形成各種不同之社會，如：

乾地植物 (Xerophyten)

皮生植物 (Epiphyten)

寄生植物 (Parasiten)

鹽生植物 (Halophyten)

高山池沼植物 (Hochmoorpflanzen)

高山植物 (Hochgebirgsflanzen)

水生植物 (Hydrophyten)

喜熱植物 (Tropophyten)

至於水在植物體之作用，水對分佈上之影響等問題亦論之頗詳。

(2) 溫度 論植物所需之相宜溫度，對溫度之適宜等。

(3) 日光 先論世界氣候區域之劃分，次言光對植物之作用，再論植物對光及強烈日光之適應力。

(4) 空氣 論氣壓，氣之組成，水中之氣體、氧氣、二氧化碳氣、風等對植物之影響。

(5) 土壤 論植物與土壤之關係，土壤之形成，土壤之物理性化學性及生物性等。

(6) 植物與動物之相互關係 如花粉之傳佈及動植物共生等現象。

二、植物氣候，植物組合及社會構成。

(1) 植物氣候 全世界氣候區域之劃分，年溫與生長界，並用考盆 (Köppen) 氏之氣候圖表多幅。

(2) 植物組合 由氣候形成者，由土質形成者等等。

(3) 社會構成 論藤本植物，皮生植物，腐生植物 (Saprophyten)，寄生植物等。

三、世界植物地理之劃分

(a) 熱帶 (Die tropischen Zonen)

(1) 熱帶氣候及其對於植物之作用。

- (2) 熱帶植物之生長期間
 - (3) 熱帶森林與熱帶草原氣候
 - (4) 常濕熱地方(雨林帶)
 - (5) 熱帶而間有乾燥時季者
 - (6) 熱帶土壤之作用，內地及海濱。
- (b) 溫帶 (Die temperierten Zonen)
- (1) 溫帶植物之特性及溫帶氣候與植物之關係
 - (2) 植物之生長期間
 - (3) 溫帶林木及溫帶草原氣候
 - (4) 亞熱帶常濕地方(雨林帶)
 - (5) 亞熱帶夏濕冬乾，或冬濕夏乾地方。多刺林木 (Dorngehölze)，乾地森林 (Fayarnenwälder) 及草原 (Grasspluren)。
 - (6) 較涼之溫帶森林與草原氣候
 - (7) 森林及草原
 - (8) 沙漠
 - (9) 溫帶土壤形成之海濱，灌木及池沼等。
- (c) 極帶 (Die Polargebiete)
- (1) 兩極氣候之特性及對植物之影響。
 - (2) 北極植物樹木生存界 (Baumgrenze)，北極南極。
- (d) 高山 (Die Höhen)

(1) 高山氣候之氣壓、溫度、日光、水分、土質。

(2) 高山植物之劃分

(3) 熱帶之高山植物

(4) 亞熱帶及溫帶之高山植物

(a) 水中植物 (Die Vegetation der Gewässer)

(1) 水生植物生存之條件

(2) 海洋植物

(3) 淡水植物

死水中

流水中

溫泉中植物 (Thermenvegetation)

雪中植物 (Schneevegetation)

冰中植物 (Eisvegetation)

四 瓦明對植物地理之看法

瓦明氏系丹麥植物學家，其所著之德文植物地理學 (Warming 29) 亦為世界名著，現已出至第四版，第二版有英文譯本 (Warming 29)。氏對植物地理另具眼光，將世界植物分為若干社會羣落，如高山植物、兩極植物、熱帶植物、沙中植物、鹹水植物、淡水植物、鹹地植物等。

五 森林垂直之分佈 (Vertikale Verbreitung)

森林分佈可分為兩方面述之，即垂直之分佈及水平之分佈，由赤道向南北極為熱帶林、亞熱帶林、溫帶林及寒帶林。在熱帶向高山之巔攀登，亦可見到與此同樣之林相，如在歐非二洲，在赤道之下，因海拔高度不

同，由山脚至山嶺所見之林層如下 (Dentler G. . .)

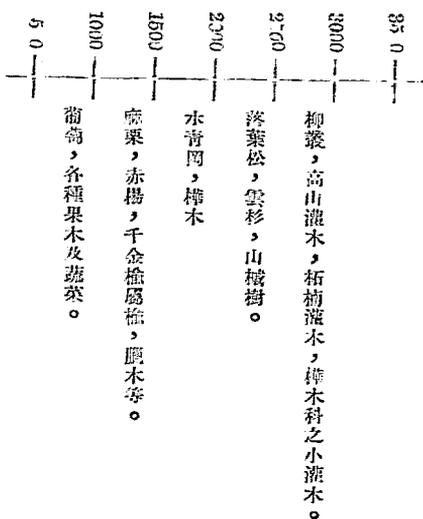
海拔高度 (以公尺計)	主	之	水	木
〇—六〇〇	樟科樹木，芭蕉等。			
六〇〇—一二〇〇	木本羊齒之類，榕樹。			
一二〇〇—一九〇〇	常綠喬木，如樟科，茶科，豆科之常綠喬木。			
一九〇〇—二五〇〇	亦為常綠闊葉喬木類。			
二五〇〇—三一〇〇	冬日落葉之喬木類。			
三一〇〇—三七〇〇	針葉樹類。			
三七〇〇—四四〇〇	高山灌木層。			
四四〇〇—四八〇〇	高山草原。			
四八〇〇公尺以上	為下等植物。			

麥耶 (Mayr) 則分森林為以下諸類：

- (1) 棕櫚科樹林 (Palmetum)
- (2) 樟科樹林 (Lauretum)
- (3) 櫟樹林 (Castanetum)
- (4) 水青岡林 (Fagelum)
- (5) 雲杉林 (Piceum) · 冷杉林 (Abietum) 及落葉松林 (Laricetum)
- (6) 兩極樹林 (Polaretum)

關於歐洲阿爾卑斯山森林垂直之分佈在五十年前包戈(Borggrene 3)已作過觀察研究，其記載如下：

3800 最高峰 (Mont Blanc)



日本方面森林垂直之分佈，在數十年前本多靜六在其所著之林學要義一書中已詳論之。

其餘世界各國森林，垂直分佈因緯度及氣候不同，常有差異，茲不再贅。

六 森林水平之分佈 (Horizontale Verbreitung)

世界各處，因氣候不同，故形成之森林，亦因之而異，在水平分佈方面看，可分之為下列各林帶：

1 熱帶森林

(a) 熱帶雨林 分佈於赤道之下，南北緯 15° 以內之熱帶，其主要之區域為南洋羣島、非洲，南美洲之

亞馬遜河流域。此區內氣候炎熱，雨量極多，每年平均雨量皆在二公尺以上，環境最佳，植物種類異常繁多。森林爲多層封閉，樹內有林，樹下有樹，地表無空隙，到處皆爲各種植物所生滿，甚至於老樹皮上亦生有許多蔓延之藤本植物或腐生植物。無純林，林木皆爲常綠樹，草類亦常高達丈餘，各種寄生植物亦特別發達，林中毫無空隙，無顯明之社會關係。

熱帶雨林之主要林木爲椰子、檳榔、柚木 (*Tectona grandis*)、棕櫚科之樹木等。

(b) 亞熱帶雨林 分佈至北緯三十度，南至北緯十五度，其主要區爲巴西西南部，非洲東南部，澳洲東部，南美北部之西邊，中美墨西哥及中國南部，印度、菲律賓、日本南部，台灣、緬甸等地。此帶氣候溫和，雨量在 80 公分至二公尺，甚適宜植物及林木之生長，林木高大，生長量 (*Zuwachs*) 極好。

亞熱帶雨林之主要林木爲茶科、樟科、豆科、馬鞭草科、番荔枝科、金縷梅科之樹木。

2 溫帶森林

(a) 季候風林 喜馬拉雅之南坡，亞洲南部，墨西哥，非洲地中海沿岸及大西洋沿岸，此區因季候風關係，一年之中有四季之轉變，但無過冷與過熱，依然有各種植物存在。此區內之主要林木爲殼斗科、大戟科、大風子科之林木，其他如刺桐 (*Erythrina indica*)、木棉、竹類、杉木、油杉、建柏、台灣松檜等。

(b) 落葉樹林 分佈於歐洲中部，丹麥、德、法、奧等地。德之多腦河流域均爲落葉喬木林。波蘭及蘇聯南部，地中海一帶之高山上，美國中北部，中國中部以及日本。我國福建流域，黃河下流皆爲落葉喬木林，美洲北部稍有落葉喬木林。此區中氣候夏季熱而溫，冬季冷而乾，全年雨量均爲 50—100 公分，夏季時多。樹木生長時期較熱帶及亞熱帶爲短，約爲六個月，故一般林木均不十分高大，高度多在 100 尺以內，又此區內之優木多爲陰性樹。

此帶林木所佔面積極爲廣大，以樹種不同，又可分爲若干組，其主要者：

(1) 山毛櫸林 (*Fagus sylvatica*) 歐亞美三洲皆有分佈，惟南半球無之。在挪威南部，丹麥，德國西部

及法國北部構成浩大森林，樹耐陰性特大，為極好之下植木。

(2) 櫟樹林，在美洲為白櫟 (*Quercus alba*) 及紅櫟 (*Q. rubra*)，多生於山地。在歐洲為柄櫟 (*Q. pedunculata*) 及無柄櫟 (*Q. sessiflora*)，異種同屬，木材極佳，作夾板、家俱、跳舞廳之地板等皆以櫟木為上選，故價值頗高，一立方公尺之木材，價在千元以上。

(3) 樺木林 歐亞美三洲皆有大量積之樺木林，而歐洲丹麥之白樺林更世界著名。樺木為陽性樹種，能生長於乾瘠之地，木材適於造紙漿及火柴棍。

(4) 白臘樹林 歐洲多腦河流域有白臘樹林 (*Fraxinus excelsa*)。

(5) 其他落葉喬木混交林 其主要林木之屬為 (*Tarpinus*, *Acer*, *Tilia*, *Alnus*, *Platanus*, *Magnolia*, *Castanea*, *Ulmus*, *Liquidambar*, *Liriodendron*, *Vetitis*, *Aesculus*, *Juglans* 等，分佈於歐亞美三洲。

(c) 闊葉韜葉森林 多分佈於亞熱帶及溫帶，但熱帶寒帶亦有。此帶每年降雨量不豐，且降雨多在冬季，常為來勢凶猛之陣雨，夏季乾燥而炎熱，乾季甚長約為六個月。故地中海一帶，南部爪哇，西印度，美國加利福尼亞州南部，南非南端，澳洲西南部，智利，西班牙，小亞細亞等地多此種森林，其中更分各種標型。

由西班牙法國南部經希臘東部至敘利亞，樹種多為芳香植物，多屬於大戟科及唇形科。

在地中海沿岸多為常綠小喬木或灌木，如黃楊 (*Buxus*)、夾竹桃 (*Nerium*)、橄欖 (*Olea*)、冬青 (*Ilex*) 等。

在澳洲亦有此韜葉森林，如有加利 (*Eucalyptus*)，相思柏 (*Acacia*) 及山龍眼科之林木。

3 寒帶森林

(a) 松樹林 在歐洲分佈最廣者為歐洲赤松 (*Pinus sylvestris*)，幹直而高，在德國東普魯士有高達四十八公尺者。

在美國者，東部爲白松林 (*Pinus strobus*)，高有四十公尺，其分佈與我國東三省產之朝鮮松 (*Pinus koraiensis*) 相類稱。在落磯山上者爲黃松 (*Pinus ponderosa*)，生於南部平原及海岸一帶者爲長葉松 (*P. longifolia*)，以上三種構成美國之大面積松林。另有一種喜生於沙地而且能以萌芽法繁殖之海岸松 (*P. banksiana*)，在美國分佈亦廣。

在南半球松類極少，只有一屬，約十二種，卽 *Arancaria*。

在日本爲 *Pinus densiflora* 及 *P. thunbergii*。

(b) 雲杉林 在歐洲爲挪威雲杉 (*Picea excelsa*)，在北歐瑞士及德之東普魯士、波蘭等地皆有面積之森林。

在美國者爲 *Picea engelmanniana* 及 *Picea rubra*，前者分佈於落磯山，後者喜生於酸性沼澤地。

在西伯利亞貝加爾湖以西有數千里之大森林，樹種爲 *Picea sibirica*，高僅五六丈。

加拿大北部有大面積之 *Picea canadensis*，生長不大，爲造紙上等材料。

(c) 冷杉林 在歐洲者爲 *Abies pectinata*，分佈於瑞士及阿爾卑斯山。

在美國者爲 *Abies balsamea*，*Abies concolor* 及 *Abies lancicarpa* 分佈於落磯山。

在日本者爲 *Abies veitchii*。

在俄國者爲 *Abies schrenkiana*，*Abies sibirica*。

(d) 落葉松林 在歐洲爲 *Larix decidua*，在蘇聯爲 *Larix sibirica*，在北美洲爲 *Taxodium distichum*。

在日本爲 *Larix leptolepis*。

(e) 其他針葉樹林 南洋羣島澳洲及新西蘭等地有羅漢松林，印度有雪松林 (*Cedrus*)，北美有花旗松 (*Pseudotsuga Douglasii*)，*Picea engelmanniana* 及 *Abies balsamea* 之混交林。在美國之東部有 *Tsuga*

canadensis 及 Pinus strobus 之混交林 (Schwarz 26)。

世界各處森林之水平分佈大致已如上述，各地幾乎皆有植物地理專著，歐亞美三洲固無論矣，其他如澳洲 (Diels 6, Francis 12, Bentham 2, Müller 18)，非洲 (Engler 10, Escherich 11)，南極 (Werth 31, Schenk 23)，新西蘭 (Cockayne 5, Cheeseman 4)，巴西 (Usteri 28)，智利 (Reiche 21)，爪哇 (Koorders 16, Kooderschumacher 17, Jungkuhn 14)，高加索 (Radde 20)，Seychallen (Diels 8)，婆羅洲 (Beccari 7)，夏威夷 (Rock 22) 等小地方皆有植物地理之參考書籍。森林分佈佔植物地理之主要部分，欲知其詳者可翻閱上述之參考書。

七 世界各國森林面積之分佈

以政治管轄之性質分，世界大陸面積如下表：

國	明方	公	里
英	國		三一、七四五、〇〇〇
大	英 本 國		二四五、〇九九
蘇	聯 國		二一、三五二、五七一
中	國		一一、一七三、五五八
法	國		一〇、九一六、五三五
美	國		九、六八〇、九七〇
巴	西 國		八、五一一、一八九
北	國		二、四一五、六二六

期，頁 70-73, 1919。
 字，除中國外，皆錄自日人今井登志喜原作，魏瑞芝譯的論英國之難得殖民地一文，見外交研究第一卷第三

各國森林面積與國土面積之比所佔之百分率：

比	利	時	本	國	三〇・五〇六
荷	蘭	本	國	二、〇七四、四四九	
荷	蘭	本	國	三二、六〇六	
日	本	本	國	六七五、三四四	

國	別	百	分	率	
芬	蘭	本	國	六八%	
日	本	本	國	六四%	
蘇	聯	本	國	四五%	
德	國	本	國	二七%	
美	國	本	國	二四%	
法	國	本	國	一八%	
意	國	本	國	一七%	
西	班	牙	本	國	九%

英	國	六%
中	國	五%

上表是筆者最近之估計。
以自然地理劃分各洲森林面積表 (Zone and shawwk 32)。

洲別	森林面積		森林面積對於該洲總面積之比	
	單位百萬英畝	百分比	百分比	率%
亞洲	二、〇九六	二八・〇	二一・六七	
南美洲	二、〇九三	二八・〇	四四・〇	
北美洲	一、四四四	一九・三	二六・八	
非洲	七九七	一〇・六	一〇・七	
歐洲	七一四	一〇・三	三一・一	
澳洲及其他	二八三	三・五	一五・一	
合計	七、四八七	一〇〇・〇	二二五	

現在地球之表面，森林所佔面積以亞洲及南美洲為最多，然木材產量則在歐亞美三洲之北部。
上面之森林面積屬於蘇聯者為最多，英國次之，巴西及美國又次之。蘇、英、巴、美四國森林面積合計約為全球森林面積三分之二，其餘三分之一的森林分佈於其他五十餘國中。
各國每人平均林地面積（本多等 15）。

國	別	每人平均森林面積（單位公頃）
英	國	〇・四
蘇	聯	一・七八
亞	聯	一六・〇七
美	國	二・一〇
法	國	〇・二四
日	本	〇・四九
德	國	〇・二〇
中	國（本部）	〇・二四
東	省	三・〇八
瑞	典	三・八九
瑞	士	〇・二四
芬	蘭	五・九六
捷	克	〇・三六
印	度	〇・三二

我國土地面積一一、一七三、五五八方公里，森林面積最高佔百分之五，即中國森林面積最高為五五、八六七、七九〇公頃，故每人平均森林面積，如以四萬五千萬人口計，每人至多為〇・一二，日本多等之估計實太高矣。

第二節 中國森林之分佈

森林分佈與氣候之溫暖，雨量之大小，及雨量在一年內之逐月分佈，植物生長期之長短等，皆有密切關係。故本節先述中國氣候區域之劃分，次言中國植物之分區，最後述中國森林之分區。

一 中國氣候之分區(1)

竺可楨氏積多年研究之結果，將我國分爲八區。(1)

(1) 華南區 平均氣溫在一年中最冷之月份內，如一月間，溫度亦在 10°C 以上，年雨量超過 100 cm ，且常能超對 150 cm ，在六月至九月間雨特多。廣東、廣西、福建南部，貴州及雲南之東南隅屬之。產荔枝、香蕉、龍眼。稻一年二次收穫。

(2) 華中區 冬天平均溫度在 10°C 之下，一年之內，最冷之四個月平均溫度在 10°C 之下，年溫界乎 28° — 35°C 。雨量小，然皆在 75 cm 以上，四月至六月落雨，季候風只七八兩月中有之，且偶爾深入內地。此爲溫帶林區，茶多產於此區。

(3) 華北區 十一月之溫度平均在 10°C 之下，但冷不達 0°C 。年平均溫度高於 0°C ，夏季溫度界於 35° — 38°C 。七月雨量多，冬天則乾燥，山東、河南、河北、江蘇北部，安徽北部，陝西南部（秦嶺以北），山西等處屬之。麥及老玉米爲此區之主要農作物。

(4) 滿洲區 一年之中，至少五月之平均溫度在 0°C 之下，年溫在 10°C 之下，生長期五月至六月，黑龍江有半年長時結冰，年雨量 40 — 60 cm ，過半之雨量在七八月，恰好此兩月中植物需要水分。針葉樹爲主要林木，農作物爲春麥大豆等。

(5) 雲貴高原區 海拔 1000 — 3000 公尺，受熱帶氣候之影響，年溫 14° — 18°C ，溫度 5° — 10°C ，雨量在 75 cm 以上。

(6) 草原區 中國西北角，熱河、察哈爾、東三省之西部屬之。年雨量界乎 20—30 cm，溫度 15°—10°C。

(7) 西藏區 全部海拔在 3000 公尺以上。

(8) 蒙古區 雨量極小，冬夏溫度之差，晝夜溫度之差皆甚大。

二 中國植物之分區

中國幅員廣大，跨寒溫熱三帶，故植物種類異常繁多，約二百四十科，兩萬五千餘種。五十種以上之屬為數頗多，其主要者：

- (1) 麻栗屬 (*Quercus*)
- (2) 榕樹屬 (*Ficus*)
- (3) 白玉草屬 (*Silene*)
- (4) *Thalictrum*
- (5) 飛燕草屬 (*Delphinium*)
- (6) 附子屬 (*Aconitum*)
- (7) 小蘗屬 (*Berberis*)
- (8) *Ribes*
- (9) 繡球花屬 (*Spiraea*)
- (10) 鋪地蜈蚣屬 (*Catoneaster*)
- (11) 翻白草屬 (*Potentilla*)
- (12) 薔薇屬 (*Rosa*)
- (13) 大戟屬 (*Euphorbia*)

- (14) 冬青屬 (*Ilex*)
- (15) 正木屬 (*Euonymus*)
- (16) 槭樹屬 (*Acer*)
- (17) 金絲桃屬 (*Hypericum*)
- (18) 蒿屬 (*Artemisia*)
- (19) 迎春花屬 (*Jasminum*)
- (20) *Didissandra*
- (21) 柳屬 (*Salix*)
- (22) 蓼屬 (*Polygonum*)
- (23) 鐵線蓮屬 (*Climatis*)
- (24) 延胡索屬 (*Corydalis*)
- (25) 虎耳草屬 (*Saxifraga*)
- (26) 杏屬 (*Prunus*)
- (27) 木藍屬 (*Indigofera*)
- (28) 鳳仙花屬 (*Impatiens*)
- (29) *Rhododendron*
- (30) 櫻草屬 (*Primula*)
- (31) 忍冬屬 (*Lonicera*)
- (32) 莢蒾屬 (*Viburnum*)
- (33) 龍膽屬 (*Gentiana*)

由一至二十每屬皆有五十餘種，由二十一至三十三每屬皆有百種以上，凡此種大屬，分佈廣汎，多不能作植物地理上之根據。

筆者根據中國各地特有之植物，試作下列之分區，以就正於國內外諸同志：

(1) 粵南區 (左景烈, Fenzels) 此區位近赤道，在北回歸線以南，許多熱帶林木能在此區生長，年雨量皆在二公尺以上，一年十二月，皆為生長季，其主要之經濟林木為：

椰子 (*Cocos nucifera*)

波羅密 (*Artocarpus integra*)

羅漢松屬 (*Podocarpus*)

檳榔 (*Areca catechu*)

蘇鐵 (*Cycas revoluta*)

香蕉 (*Musa paradisiaca*)

M. siamensis

番荔枝 (*Annona squamosa*)

買麻藤屬 (*Gnetum*)

膏桐 (*Jatropha curcas*)

露兜樹屬 (*Pandanus*)

番石榴 (*Psidium guajava*)

棧椰 (*Phoenix Hanceana*)

巴西椽皮樹 (*Henea brasiliensis*)

藤屬 (*Calamus Caryata*)

木莽果 (*Mangifera indica*)

花椒屬 (*Piper*)

荔枝 (*Litchi chinensis*)

榕樹屬 (*Ficus*)

木瓜 (*Carica papaya*)

瓶子草科 (*Nepentaceae*)

柚木 (*Tectona grandis*)

Sauridaca (遠志科之柏木)

金雞納樹 (*Chinchona officinalis*)

關於海南島及廣東沿岸森林與植物，英人在數十年前即已出版香港植物誌，及廣東植物誌，近十年來國立中山大學植物研究所出版之 *Sunyatsenia* 及嶺南大學出版之 Lingnan Science Journal 記載頗多，德人芬次爾 (Penzel) 3)，國人左景烈 君亦作過海南島之採集報告，敘述甚為詳盡，有一讀之必要 (左景烈 16)。

此區內最高之山為海南島之五指山，約五千一百公尺，以地處熱帶，故雖在山巔亦有林木。Eugenia 屬在五指山構成浩大之森林。一千五百公尺以上，直達峯頂，皆為天然林，林下草木不生，皆佈滿枯葉。林木之主要者為山茶科、殼斗科、金縷梅科、杜鵑科、椅科之喬木，此科內之主要屬為：

黃杞屬 (*Eugenia*)

苦櫛屬 (*Gironiera*)

榕樹屬 (*Ficus*)

木蘭屬 (*Magnolia*)

白蘭花屬 (*Michelia*)

- 瓜藤屬 (*Pisistigma*)
 厚殼桂屬 (*Cryptocarym*)
 阿丁風屬 (*Aldingia*)
 吳茶荳屬 (*Ibodea*)
 樹蘭屬 (*Aglaia*)
 藤黃屬 (*Garcinia*)
 蒲桃屬 (*Eugenia*)
 擬赤楊屬 (*Alniphyllum*)
 山欖屬 (*Symplocos*)
 藤屬 (*Calamus*)
 厚殼樹屬 (*Tibetia*)
 神仙蠟燭屬 (*Wrightia*)
- 針葉樹種中之繡漢松 (*Podocarpus imbricatus*)，臥子松 (*Dacrydium Beccarii*)，除海島外，多見婆羅洲。
南洋松 (*Pinus Merkusi*) 及 台灣松 (*Pinus morisonicala*) 亦皆見於海島。
- (2) 華南區 雲南之一隅，廣西之一部，湖南及江西之南部，福建全省，廣東之北部及浙江之南部皆包在內。此區內之特有植物，種類亦頗繁多，在喬木方面之重要者為：
- 建柏 (*Fokienia Hodginsii*)
 台灣松 (*Taiwania Cryptomerioides*)
 香樟 (*Cinnamomum camphora*)
 石櫟類 (*Lithocarpus* sp.)

- 大風子科之喬木
- 番荔枝科之喬木
- 樟科之喬木
- 橄欖科之喬木
- 木棉科之喬木
- 山柑科之喬木
- 紅樹科之喬木
- Hernandiaceae 科之喬木
- 大戟科 (Euphorbiaceae) 之喬木
- 杜英科 (Elaeocarpaceae) 之喬木
- Dileniaceae
- 茶科 (Theaceae)
- 金縷梅科 (Hamamelidaceae)
- 臥子松 (Dacrydium elatum)
- 穗花杉 (Amentotaxus argentea)
- 馬尾松 (Pinus Massoniana)
- 金葉松 (Pseudolarix kaempferi)
- 油杉 (Keteleeria Fortunei)
- 水松 (Glyptostrobus heterophyllus)
- 孔雀杉 (Cryptomeria japonica)

凡此所述，皆本區內之特有林木。

(3) 華中區 此區內之林木較華南區種類爲少，其主要者：

馬尾松 (*Pinus Massoniana*)

泡桐 (*Panlonia tomentosa*)

杜仲 (*Eucomia ulmiodes*)

孔雀松 (*Cryptomeria japonica*)

漆樹 (*Rhus verniciflua*)

七葉樹 (*Aesculus Wissonii*)

楸木 (*Catalpa vestita*)

山桐子 (*Idesia polzearepa*)

槭樹屬 (*Acer* sp.)

蘋婆屬 (*Steraulia platanifolia*)

扁擔桿子 (*Grewia parviflora*)

馬甲子 (*Paliurus ramosissimus*)

頭形杉 (*Cephalotaxus drupacea*)

銀杏 (*Ginkgo biloba*)

榧屬 (*Torreya*)

果松 (*Pinus armandii*)

楓楊 (*Pterocarya stenoptera*)

連香樹屬 (*Cercidiphyllum*)

木蘭屬 (*Magnolia*)

華中植物與日本類似，特產植物不多(2)。

(4) 華北區 此區內林木種類無多，其主要者為：

赤松 (*Pinus tabulaeformis*)

華北落葉松 (*Larix principis-Rupprechtii*)

白皮松 (*Pinus bungeana*)

白楊 (*Populus tomentosa*)

文冠果 (*Xanthoxerces sorbifolia*)

朴 (*Celtis bungeana*)

杜梨 (*Pyrus betulifolia*)

五腳樹 (*Acer truncatum*)

五角楓 (*Acer pictum*)

此外如扁擔桿子屬 (*Grewia*)、樺屬 (*Zelkova*)、扁柏屬 (*Thuja*)、馬齒莧屬 (*Portulaca*)、核桃屬 (*Juglans*)、
 瘦疏屬 (*Deutzia*)、黃蘗屬 (*Cotinus*)、樺屬 (*Broussonetia*)、Siphonostegia, Boco, Rhamnus, Platanthera,
 Porifloca, Themeda, 荷包牡丹屬 (*Dicentra*)、丁香屬 (*Syringa*)、地黃屬 (*Rehmania*)、菩提樹屬 (*Tilia*)、
 楸木屬 (*Urtica*)、泡桐屬 (*Paulownia*)、青槐屬 (*Paroceltis*)、Megadnia, Collonema, Onstrophe 等。此
 北區亦皆可見到其代表種。

(12) 松江區 (Händler-Mazzetti 5, Krüfer 12) 此區內之主要林木為：

臭松 (*Abies hollophylla*)

Abies nephrolepis,

滿洲松 (*Acer manschuricum*)
 槭樹 (*Acer triflorum*)
Picea ajanensis
Picea jezoensis
Picea obovata
Larix dahurica
Taxus baccata latifolia.
 楊樹 (*Populus Maximowiczii*)
 遼北槭樹 (*Acer barbinerve*)
 遼東槭 (*Acer tegmentosum*)
 大果榆 (*Ulmus macrocarpa*)
Aceriphyllum

以上所舉樹種爲數雖則無多，但爲構成該區森林之主要樹種。
 (6) 白山區 此區內之特有林木與日本高麗相類似，不僅同科同屬，同種者亦不少。此區內之主要林木爲：

朝鮮松 (*Pinus koraiensis*)
 爬松 (*Pinus pumila*)
 高麗朴 (*Celtis Koraiensis*)
Picea jezoensis
 臭松 (*Abies holophylla*)

核桃楸 (*Juglans mandschurica*)

長白山可作此區之代表山林，此區位於北緯四十度以北，故森林層生長之高度，較內地各省爲低。長白山最高山峯約二千七百公尺，尙未達到雪綫，但已無高等植物，只生長地衣及苔蘚，1500 公尺左右爲灌木層，1200—1500 公尺變爲 *Picea ajanensis* 及 *Abies nephrolepis* 與 *Larix dahurica*。1200 公尺以上爲闊葉樹混交林，其主要者爲遼東栗 (*Quercus liaotungensis*)、核桃楸 (*Juglans mandschurica*)、高麗朴 (*Celtis koraiensis*)，朝鮮松混生於闊葉林中，無純林。

在平地上最普通者爲烏拉草 (*Carex meyeriana*)、較濕地生長 *Briophorum latifolium*, *H. vaginata*, *Pedicularis grandiflora* 等。水池中點綴以金蓮花 (*Limnithonum nymphaoides*)、荷花 (*Nelumbo nucifera*)、睡蓮 (*Nymphaea tetragona*)、萍蓬草 (*Nuphar pumila*) 等。

長白山之人參 (*Panax ginseng*) 亦爲本區之特產植物。

除長白山外在鏡波湖之附近尙有小白山，爲長白山之一分枝，與長白山之植物大致相同，但生長之海拔高度稍有差異。

至 500 公尺爲長白落葉松 (*Larix dahurica*)，北坡則爲純林，南坡爲混交林。

500—1000 公尺朝鮮松 (*Pinus koraiensis*)，最雄壯之林木，常與槭 (*Acer*)、麻栗 (*Quercus*)、菩提樹 (*Ficus*)、冷杉 (*Abies*) 混生。吉林省所產之木材百分之五十以上皆白松，或稱臭松 (*Abies holophylla*)，爲造紙漿之良材。

1000—1200 公尺爲 *Picea ajanensis*。

1200—1500 公尺主要者爲爬松 (*Pinus pumila*)。

在中國他處尙未見報告。*Abies nephrolepis* 亦散見於各地。

1500 公尺以上則爲山檜 (*Juniperus montana*)，係純林，無他種樹木與之混生。山檜之上尙生有偃松

(*Juniperus chinensis*)，爲一變種，亦爲此區特產（孔憲武 133）。

(7) 燕與區 包括燕山脈及東三省之興安嶺，內興安嶺外興安嶺皆在內。此區面積頗爲廣大，然森林樹種却頗爲簡單。

針葉樹中之主要者爲..

華北落葉松 (*Larix Principis-Ruprechtii*)

俄國落葉松 (*Larix sibirica*)

雪嶺杉 (*Picea schrenkiana*)

方葉杉 (*Picea Wilsonii*)

華樅 (*Abies Fargesii*)

乾柏 (*Cupressus torulosa*)

闊葉樹中則有..

青檀屬 (*Pterocallis*)

樺木屬 (*Betula*)。

千金榆屬 (*Carpinus*)

椴木屬 (*Alnus*)

麻栗屬 (*Quercus*)

榆屬 (*Ulmus*)

刺榆屬 (*Ilexiptilia*)

黃櫨屬 (*Cotinus*)

高麗槐屬 (*Maackia*)

構屬 (*Broussonetia*)

六道榆 (*Abelia*)

檉柳屬 (*Tamarix*)

此區內之山脈已成萬里童山，少見樹木，除興安嶺、燕山之一部（如五台山、小五台山、霧靈山等）亦不見森林矣。

(8) 雲貴區 此區內植物社會至為複雜，針葉樹，闊葉樹，亞熱帶之常綠樹，皆相當發育。較高山地有各種針葉林，較低處所，以氣候熱，雨量多，偶爾生長熱帶植物。

此區內之針葉樹主要者為：

西南落葉松 (*Larix Griffithii*)

落葉松 (*Larix Potaninii*)

長片花旗松 (*Pseudotsuga Forestii*)

短片花旗松 (*Pseudotsuga Sinensis*)

雲南油杉 (*Keteleeria Evelyniana*)

雲南柚 (*Isuga yunnanensis*)

雲南松 (*Pinus yunnanensis*)

雲南柏 (*Cupressus Duclouxiana*)

小果建柏 (*Fokienia Kawaii*)

雲南孔雀松 (*Oryzomeria Kawaii*)

栂果松 (*Abies Beissneriana*)

高山松 (*Abies Delavayi*)

麗江杉 (*Picea likiangensis*)

此區內針葉樹無落葉松純林，但有樅及雲杉類純林。

闊葉樹種類更爲繁多，其主要者爲下列諸屬之喬木：

楸屬 (*Catalpa*)

銀鐘樹屬 (*Halecia*)

木荷屬 (*Sehima*)

山柑屬 (*Capparis*)

羅漢松屬 (*Podocarpus*)

黃連木屬 (*Pistacia*)

厚殼樹屬 (*Ehretia*)

榕樹屬 (*Ficus*)

木蘭屬 (*Magnolia*)

木棉屬 (*Bambax*)

石櫟屬 (*Lithocarpus*)

苦槠屬 (*Castanopsis*)

肖南屬 (*Libocedrus*)

刺桐屬 (*Erythrina*)

野桐屬 (*Mallotus*)

樟屬 (*Oimnamomum*)

Taurus

山胡椒屬 (*Lindera*)

茶屬 *Thea* (*Camellia*)

至於草本植物，乾燥植物，水生植物，皮生植物，寄生植物及蔓延性纏繞植物，種類更爲繁多，非此短節之所能盡。

(9) 西藏區 本區內無喬木，青海水面尙高出海面 3020 公尺，平地皆在 3500 公尺左右，山峯高度多在 5000 公尺以上。地高氣寒，森林不能生長，只在山谷中較低處所，可見灌木性之小喬木，茲將此區內之特有林木，列舉於次 (Hao 6)：

鼠竈柳 (*Salix ammenakehinensis*)

小蘗 (*Berberis diaphana*)

(*Ribes pseudofasciculatum*) 茶藨子屬之一種

大花金雞兒 (*Curagana pygmaea* var. *grandiflora*)

脈葉忍冬 (*Lonicera nervosa*)

L. tangutica

L. Wolfii

瑞香 (*Daphne genkwa*)

筆者在青海植物地理一文中(6)曾舉出七十二種植物爲此區所特有。

Przewalskia

Xanthopaphus

Pomatosace

Biebersteinia

赫定木 (Hedinia)

諸屬更爲本區所特有，不見於世界任何地方。

在西藏高原中，河谷之旁，或向陽坡上，尙可見下列四種針葉樹：

雪松 (*Cedrus deodara*)

Abies webbiana

Abies pindrow

Picea morinda

西藏幅員廣大，經緯不同，故雪線之海拔高度亦因地而異，最高與最低相差有一千公尺者，茲將柏提克 (Patschke 14) 氏研究結果，抄錄於次：

地	點	雪	線	高	度	(公	尺)
西	藏	中	部	五	六	〇	〇		
加	拉		吉	五	八	〇	〇		
加	布		米	四	九	〇	〇		
崑	崙	之	西	四	八	〇	〇		
崑	崙	之	北	四	六	〇	〇		

(10) 蒙古區 本區植物種類無多，樹木更少，全區內無喬木，在山谷低凹之處，偶爾可見到散生之樹木，喬木中之主要者爲：

哈拉山楊 (*Populus alaschanica*)

胡桐 (*Populus euphratica*)

白榆 (*Ulmus pumila*)

檉柳 (*Tamarix pallasi*)

沙柳 (*Salix cheilopila*)

灌木方面種類較多，其主要者爲：

金雞兒 (*Caragana pygmaea*)

霸王 (*Zygophyllum xanthoxylum*)

Calligonum mongolicum

稜移樹 (*Haloxylon ammodendron*)

蒙古桃 (*Prunus mongolica*)

關於蒙古沙漠情形，將於技術篇沙地造林節內詳述之。

(五) 天山區 此區內林木可以天山作代表，天山又可以博格多山代表之。博格多山最高峯海拔 5400 公尺，終年積雪。1300—2500 公尺處爲針葉林 (*Machatschek* 8, 9)，其中以 *Picea schrenkiana* 爲最稱雄，構成廣大之森林。其次爲 *Picea obovata*, *Larix sibirica*, *Abies sibirica*, *Juniperus pseudosabina* 等。馬提誰氏在二十年前謂天山有松樹，但據劉慎謨氏報告，現已不見松類樹木矣。

1300 公尺以下爲闊葉樹，主要屬爲劉慎謨 7, 1934) ..

小葉屬 (*Barbaris*)

柳屬 (*Salix*)

鋪地蜈蚣屬 (*Cotoneaster*)

樺木屬 (*Betula*)

金雞兒屬 (*Variegata*)

花楸樹屬 (*Sorbus*)

桃屬 (*Prunus*)

繡球花屬 (*Spiraea*)

楊屬 (*Populus*)

榆 (*Ulmus*)

茶藨子屬 (*Ribes*)

2800 公尺處，植物中只見灌木。

3500 公尺處，則木本植物絕跡。

3700 公尺處，即冰川之下，植物特別稀少，再高則為黃色之地衣 *Placodium murorum* ●

天山內獨見之草特別多，如：

Erigeron pulchellus

Lagotis glauca

Gentiana algida

Gentiana tenella

Papaver nudicaulis

Pedicularis chelidanthifolia

Saussuria

虎兒草 (*Saxifraga hirculus*)

天山植物層 ●

海拔	高度 (公尺)	主要林木	林地
	三七〇〇	地衣帶	
	三五〇〇—三七〇〇	草原帶	
	二八〇〇—三五〇〇	灌木帶	
	一四、〇—二八〇〇	針葉樹林帶	
	一四〇〇以下	闊葉樹林帶	

(12) 阿爾泰區 阿爾泰山雖海拔不高，最高峯亦不過 4500 公尺，然以地處偏北，氣候較冷，故其所有之森林與植物，與中國內地不同。克瑞勞夫 (Krylow) 對阿爾泰山植物分佈曾作過精確之研究。在針葉樹中之主要林木為：

Larix sibirica

Pinus cembra

西伯利亞冷杉 (*Abies sibirica*)

Abies alba

Picea abovata

歐檜 (*Tuniperus communis*)

闊葉樹中則有：

Betula sokolovii

Alnus incana

Alnus denticulata

Alnus glutinosa
Juglans densinervis
Juglans denticulata
Juglans crenulata
Populus heliadum
Fraxus ferruginea var. *altaica*
Liriodendron tulipifera
Fraxinus ornus
Prunus serrulata
Acer lactum
Acer ambiguum
Tilia ulmifolia
Corylus avellana
Salix punctata

阿爾泰山之南坡，氣候乾燥，故有些地方，形成乾燥植物社會，其主要者爲 (Krasnov 10)：

Eurotia ceratoides
Acanthophyllum spinosum
Vincetoxicum sibiricum
Tamarix laxa
Calligonum faridum

Halymnodendron argenteum

Olimatis soongavica

Euphorbia lutescens

在河邊常見到者爲：

Salix pyrolaefolia

S. Ledebouriana

Populus laurifolia

樺木 (*Betula alba*)

金雞兒 (*Caragana*)

阿爾泰山之雪線高度在阿境內爲 3000 公尺，在南坡爲 3500 公尺，在蒙古境內爲 4000 公尺，在博哥多山爲 4000 公尺 (Fickeler 4)。

在林木方面阿爾泰山獨有之種類甚少，然在草本植物方面，約有百分之十一爲阿爾泰山獨有，而不見於地球上之他處，如 *Poa altaica*, *Potentilla Krylowi*, *Phomis alpina* 等。

三 中國森林之分區

由中國植物地理觀之，蒙古區受信風帶之影響，非草原即沙漠，空氣乾燥，雨量過少，無養成森林之可能。西藏區之高原，多在林木生存線界 (*Baumgrenz*) 之上，亦無造林之可能，以往無林，現在無林，將來亦可斷言，仍然不會生長森林。粵南區面積過小，淞江區與白山區可以合併，天山區與阿爾泰區林木極爲近似，華北區現在已根本不見森林存在，故全國可分爲下列六區：

(1) 華南區

(2) 華中區

- (13) 蘇聯區
- (14) 蘇俄區
- (15) 蒙古區
- (16) 天阿區

各區內之主要樹種已見於中國植物之分區表內，茲從略。

第一節 文獻

- (1) Beccari, O., 1921. Nelle Foreste di Borneo.
- (2) Benthall, G., 1869. Flora Australiensis, a description of the plants of the Australian territory.
- (3) Borggreve, B., 1891. Die Holznucht S. 52—53. Berlin.
- (4) Chee-eman, J. F., 1925. Manual of the New Zealand Flora.
- (5) Cochrane, L., 1928. The vegetation of New Zealand 460p. Die Vegetation der Erde XV.
- (6) Fonglar, A., 1935. Waldau auf ökologischer Grundlage S. 32.
- (7) Diels, I., 1906. Die Pflanzenwelt von Westaustralien.
- (8) Diels, I., 1922. Beiträge zur Kenntnis der Vegetation and Flora der Seychellen Jena.
- (9) Engler-Diels, 1936. Syllabus der Pflanzenfamilien S. 374—386. Berlin.
- (10) Engler, Die Pflanzenwelt Afrikas. Die Vegetation der Erde Bd. IX 1029 S.
- (11) Escherich, G., 1938. Gedanken zur Urschliessung des Mittel afrikanischen Urwaldes. Z. f. Waldforstwirtschaft V. S. 865—873.
- (12) Francis, W. D., 1929. Australian Rainforest Trees.
- (13) Gothan, W., 1920. Palaeobotanik. Berlin.

- (14) Jungkuhn, F., 1862. Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart.
- (15) 本島植物帶、雜草植物帶。
- (16) Kooders, S. H., 1911—1926. Exkursionsflora von Java. 3 Bde.
- (17) Kooders-Schumacher, 1910—1918. Java, systematische Verzeichnis der Phanerogamen und Planiophyten.
- (18) Miller, B. F., 1889. Second systematic census of Australian plants.
- (19) Pax, 1902. Aerenaceae. Inglers Pflanzenreich No. 8. Berlin.
- (20) Radde, Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern 500 N. Die Vegetation der Erde Erste Bd. III.
- (21) Reiche, 1907. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile 368 S. Die Vegetation der Erde Bd. VIII.
- (22) Roek, J. F., 1913. The Indigenous Trees of the Hawaiian Islands.
- (23) Schenk, II., 1905. Vergleichende Darstellung der Pflanzengeographie der subantarktischen Inseln.
- (24) Schimper, A. F. W., 1903. Plant geography upon a physiological basis (English translation).
- (25) Schimper, A. F. W., 1935. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage 1612 S. mit 614 Abb. Jena.
- (26) Schwarz, H., 1932. Die wichtigen Mischholzarten der Küstendouglasiegebiets. A. F. u. J. Z. S. 387.
- (27) Sears, P. B., 1932. Postglacial climate in Eastern North America. Zoology XIII p. 1—6.

- (28) Usteri, A., 1911. Flora in Brasilien. 271 S.
- (29) Warming, E., 1909. Oecology of plants (English translation) London.
- (30) Warming, E., 1935. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie 4. Aufl. 1157 S. mit 468
Abb. Berlin.
- (31) Werth, E., Die Vegetation der Subantarktischen Inseln.
- (32) Zon, R. und Sharhauk, 1923. Forest resources of the World Vol. I p. 3.
第二節 文獻
- (1) Chu, C. C., 1931. Climatic provinces of China, Nanking.
- (2) Diels, L., 1901. Flora von Central China. Bot. Jahrb. XXIX S. 163—653.
- (2) Fenzel, G., 1933. Die Insel Hainan in Mitteilungen der geographischen Gesellschaft in
München.
- (4) Fickeler, P., 1925. Der Altai. Petermanns Mitteilungen Bergbauz. 187.
- (5) Handel-Mazzetti, H., 1931. Die Pflanzengeographische Gliederung und Stellung Chinas. Bot.
Jahrb. 64. Bd. S. 309.
- (6) Hao, K. S. (郝啟鎰), 1938. Pflanzengeographische Studien über den Kokonor-See etc. Bot.
Jahrb. 68 Bd. S. 515—668.
- (7) Liou, T. N. (劉聖謚), 1934. Essai sur la géographie botanique du Nord et de l'Ouest de la
Chine. Contr. Inst. Bot. N. A. P. p. 423—451.
- (8) Machatschek, F., 1912. Der Westliche Tianschan. Petermanns Mitteilungen Bergbauz. 187.
No. 176.

- (9) Machatschek, F., 1921. Landeskunde von Russisch Turkestan. Stuttgart.
- (10) Krusno¹, A., 1936. Notes sur la Végétation de l'Altaï. Scripta Botanica Horti. Univ. Imp. Petropolitanae 181.
- (11) Krylow, P., 1931. Phytostatische Übersicht vom alpinen Gebiet des Altai. Botanische Archiv 31 S. 267. Leipzig.
- (12) Kuffer, K. R., 1906. Pflanzengeographische Bedeutung Ostasiens. Speziell des Ussuriagebiets.
- (13) Kung, H. W., 1934. Pinacene collected from Ilnopaishan.
- (14) Patschke, W., 1913. Bot. Jahrb. 48 P. 1. S. 626.
- (15) Pryzewalski, N., 1877. Reisen in der Mongolei.
- (16) 岩崎安、1934 遊歷滿蒙雜記。

第二章 森林生長因素

影響森林生長之條件固然甚多，但其主要者不外下列六項：

- 一、水分（第三節）
- 二、溫度（第四節）
- 三、日光（第五節）
- 四、風速（第六節）
- 五、土壤（第七節）
- 六、生物（第八節）

茲細述於下：

第三節 水分與森林

林木在生長上及生理上皆不能離開水分，最顯著者：

- (a) 行同化作用與光化作用時
- (b) 養料在林木體內運輸時
- (c) 蒸發 (Transpiration) 時
- (d) 呼吸作用舉行時
- (e) 所有細胞之原形質及細胞膜內皆含有水分。
- (f) 空細胞中亦有水存在

森林可增加空氣中之濕度，可增加雨量，可以涵養水源，森林亦可以防止水患，今擇其主要者分述於

下。

一 空氣中含水量多寡與溫度之關係

雨是由雲中來者，雲乃空氣中之濕度飽和後凝成者，故無論何種形態之雲，如集雲、層雲、羽雲、以至於俗語所謂白雲、鱗雲、墨雲等皆可降雨。

故天空之有雲與否，第一須看空氣中之濕度，濕度大時，則雲多雨多，否則不雲不雨。空氣中能含水分之多寡，與溫度有關，溫度愈高，則含水愈多。由試驗所得，一立方公尺內之空氣中，含水達到飽和程度，含水量與溫度有下列之關係 (Pricker 7)。

溫 度	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
含 水 量 (以 gr. 計)	1.1	2.4	4.9	9.4	17.3	30.4

一立方公尺之空氣，如溫度為攝氏零下二十度時，其中僅能含 1.1 克之水，即恰飽和，水不分出。若溫度增至零度，則可含水 4.9 克，亦恰飽和，水亦可不分出。如溫度上升至三十度，則每一立方公尺之空氣內可含 30.4 克之水，此乃一種物理上之事實。

吾人由氣象學中知道太氣由地之表面向太空，每升高一百公尺，則溫度大約可降低一度。如以海面作標準，地球之表面溫度為攝氏三十度，而五千公尺之高空溫度則為零下二十度，坐飛機由地面上升，最容易感到此種現象。吾人在物理學上讀得，凡物熱則膨脹，冷則收縮，重則下沉，輕則上浮，地表溫度如為三十度，一立方公尺之空氣中應含有三十點四克之水分，因太陽之曝曬，因熱膨脹而變輕，自然上升，升至五千公尺高處，溫度為零下二十度，則其中有 29.3 克之水 (即 $30.4 - 1.1 = 29.3$) 分出凝雲，雲乃小水點，水點之大者，空氣不能支持時，則下降而為雨。空氣中若十分乾燥時，決不會成雲落雨，空氣中飽含着水分，則時時有

成雲降雨之可能。

攜有水分之空氣若直接上升時，則雲於上空形成，若爲風吹動，轉變了方位或地方，則雲雨在異地實現。我國受季候風之影響，由海面吹來之風，內含水分頗多，至內地高空，則凝雲降雨，在沿海各省及雲南極爲顯著。如海風有高山阻隔時，則雨落於向海之山坡上，背海之山坡，呈異常乾燥現象，如北美之落磯山，南美智利境內之大山，歐洲之阿爾普斯，亞洲之喜馬拉雅山皆有此一山阻隔而氣候特異之現象。

二 森林與雨量

平常所謂雨量，不外兩種，第一種係在大氣中凝成者，再以地心吸地力關係，而下墜落於地表，如雨、雲、霰、雹等；第二種以植物體內之溫度，較其附近四週大氣溫度低時而形成者，如露、霜及熱帶植物葉端滴水現象等。本段內所謂雨量專指第一種雨量而言。

森林較多之地區，雨量亦多，爲一不容易證明之問題，因風吹大氣即流動，空氣中之水分常由甲地至乙地，森林所在地，雖則由地下水放入空氣中，然雨量之降落則不一定在林之本身所在地。不過地方海拔較高處所則雨量多，海拔較低處則雨量小。森林所在地之雨量恆比無林地之雨量爲大，則爲事實。

雨落地表之後，常由下列情形之一，再行飛散失去：

- (1) 蒸發 包括一切之蒸發，陸面、水面、岩石面皆在內。
- (2) 植物之蒸發 雨水滲入地表之內，復由植物根之吸收，放入大氣中。
- (3) 隨細流而去 雨水之積於地表者，先成細流，再成江河，終而注入大海。
- (4) 稱成伏流或水源 雨水滲入地內，在地下流動，至相當地點，又行流出，成爲河流之源泉，或形成不動之水塘、池沼、湖海。

(5) 雨水流入地中再不與大氣相見。

布魯克內 (Bruckner 1) 氏在三十餘年前即研究過水在自然界之循環，謂雨之成，乃由於地面水之蒸發，

植物根由地下吸水放入空氣中，或者海洋面由太陽面之蒸發，即海水蒸入空氣中，然後再由大氣內凝結而成雨。故地球之表面，雨量之分佈頗為顯明，近海之地則雨多，遠海之地則雨少；植物稠密之地則雨多，植物稀少之地則雨少，地方愈熱而植物愈多時，則降雨之機會亦更為多見。

布哥爾 (Burger) 在歐洲對有林地與無林地之雨量，曾作過四年之觀察，每年四月中至九月中，觀察五個月，依研究結果，知有林地多雨。伊還注意到森林之外與森林之中，雨量亦有不同，因林中有樹冠及枝葉之遮蔽，雨量之一部留於冠上而不能至地表，雨過少時則被枝葉所阻而不能至地表之雨量所佔之百分數愈大，雨量最大時，則停留於樹冠之上者所佔百分數愈小。布氏研究結果：

樹冠所阻	量	五	一	一〇	二〇	三〇	四〇	以上公厘
一・六	二・六	五・〇	七・二	九・二	以上公厘			
三三%	二八%	二五%	二四%	二三%				
不前落其葉之巨量所佔全雨量之百分								

林木種類不同，則樹冠遮雨之程度亦異。葉大而密者則雨量停留於樹冠者多，反之，枝疏稀而葉小者，則雨停留於樹冠者少。

林木種類	葉	冠	遮	雨量	程度
落葉松	松			一〇—一五%	
山毛櫸	櫸			一五—二五%	
雲杉	杉			二五—三五%	

上表係抄錄丹戈雷研究之結果 (Daglar)。同一種樹木，中年樹遮雨之力為強，雪在樹上存留，更較顯著。針葉樹阻雪之程度較闊葉樹更顯然為大。

據 Euhler (Rubner 19 s. 95) 氏研究，松、山毛櫸、雲杉、冷杉等四種林木，其樹冠枝葉阻雨下降亦各有不同。

無林地雨量 mm	松	林內雨量	山毛櫸	林內雨量	雲	冷	杉
五〇	三二五	六五%	三〇〇	六〇%	二〇〇	四〇%	二〇%
七〇〇	五二五	七五%	五〇〇	七〇%	四〇〇	五七%	三〇%
一〇〇〇	八二五	八三%	八〇〇	八〇%	七〇〇	七〇%	六〇%
一五〇〇	一三二五	八八%	一三〇〇	八七%	一二〇〇	八〇%	一〇〇%
							七三%

由上表觀之，則知雨量愈大，則樹冠遮雨之程度愈小。

有林地以氣溫較低，水之蒸發力較無林地為小，故林中水面較林外水面蒸發力為小。德國、奧國、法國、蘇聯等皆有報告，無林地水之蒸發量常比有林地之蒸發量大一倍半至二倍半，今舉一例於次 (Tomney 21, 頁 220—223) ..

觀測地	水面蒸發量 (以英寸計)		相	蒸相差之百分率
	無林地	林地		
南德 (明興附近)	二三·五三	八·六一	一四·九二	六三
北德 (普魯士)	一三·一六	五·九八	七·一八	五五%

故有林地蒸發力小，至為顯明。有森林之地方雨量多，無森林之地方則雨量較少。

美國孟斯 (Manns 氏) 對林地，農田及荒地，作過雨量分佈不同之研究，今抄錄其結果：

觀測日期 (皆在一九三六年)	雨		叢林		地農		田荒		地
	(英寸)	(%)	(英寸)	(%)	(英寸)	(%)	(英寸)	(%)	
七月	二	1.3	二	1.5	二	1.4	二	3.5	
八月	十	1.5	一	2.4	八	4	一	6.9	
十月	十	4.48	一	3.3	三	0	四	3.5	

孟斯氏又謂無林山坡水之下流速度，常有草有樹之山坡水之下流速度大十倍至二十倍。

蘇聯南部某地有 5000 英畝之大森林，該地森林係 1845—1863 年所創立，在 1892 年成立二測候所，一在林中，一在林外。在 1893—1897 五年間之觀測，知有林地之雨量比無林地之雨量大 23.9%，此為有林地多雨之證明 (Tomney 21. 頁 216—217)。

在美國方面亦有此同樣之報告 (Zon 23)。

魏貝 (Weber) 在法國昂西附近之森林，亦曾作過七年雨量之記錄，研究有林地與無林地之雨量是否有顯著之差異，其結果不僅知道有林地雨量較大，且知道雨量差異尚可因氣節而不同：

季	節有	林地	比較	之	百分	數
春	二月至四月					7%
夏	五月至七月					13%
秋	八月至十月					23%
冬	十一月至一月					21%

有森林之地方較無森林之地方雨量爲大，其觀測已有九十餘年之歷史，再不容吾人置疑。其雨量相差之百分數由 1% 至 50%，因林地氣候及森林之種類，森林之密度，林立地之海拔高度而稍有差異。

德國 192 個測候所，十年觀測之結果，知海拔愈高，有林地與無林地之差異亦愈大，其差異之程度以百分率表示於次 (Tomney 21, 頁 216—217)。

海 拔 高 度	變 雨 量 之 差 異 百 分 率
海平面至三二八 (英尺)	一·二·五
三二八至五五六 (英尺)	一四·二
一九六九至二二九七 (英尺)	一九·〇
二二九七至二六二五 (英尺)	四三·〇

筆者在內地旅行有一種經驗，常遇山上落雨，山下晴天，陝西省南部太白山之八仙台，夏季常爲雲雨所包，不陰即雨，西安則多太陽天。山西之五台山亦有此同樣現象，重慶附近之歌樂山，在沙坪壩中央大學望之，常見雲壓山巔，而沙坪壩則可時見太陽。如民國三十年二月十日歌樂山上落雨落雪，沙坪壩只是天陰而已，並無雨雪。不過我國各省名山，尙欠觀測研究與記錄，不能與國外材料相提並論耳。

地球之表面，森林之能生存與否，雨量有最低限度之要求，即年雨量不能少於 50 mm。年雨量能至五十厘米，則該地有形成森林之可能，否則費盡人工亦不能使之成爲森林也。此乃 Mayr (Douglas, p. 107) 氏之研究結果，而爲世界林人所共認者。

三 森林與水源

美國原始森林面積頗大，自英國移民至美，原林面積則逐年減少，地下水因之下降，麥吉 (Megee) 研究過九千五百零三個水井，在二十二年間，地下水面平均下降爲 1.325 英尺，即一英尺三多些，自移

民開始至今，百餘年中，水面下降之原因，麥氏下斷語曰，森林面積減少，地表之細流減少所致也。

費諾夫 (Farrow G) 在其森林與洪水一文中，主要意見謂水患之原因，固然甚多，如氣候、雨量、地形等，但水患可用人工防止者，只有造林一法。

森林可以調節水源，土內水多時，因林木之蒸發，將地下水用根吸收，經幹枝至葉面，再由日光照耀，因蒸發由氣孔放入空氣中，是以地下水會減少。若地下水太少時，則林木本身可限制水之蒸發，氣孔封閉，水分便留於植物體內。林地內之河流，其流量常能保持一定，天氣乾時，水不過少，雨季來時，水不過多，細水長流，乃林中川河特有之性質。

費麥雷 (Vernale S) 在紐約州對森林與流量之關係，作過長時之觀察與記錄，結果得知，有林地河流之水量常較無林地河流之水量能保持平衡，天氣乾燥或雨水過多，對之影響甚小。

有林地之河流，其流量較無林地之河流為小，此種事實尤為顯明易見。以林木蒸發力大，雨水之消失，不由溪流去，乃由樹冠之葉面上仍回入大氣中。無林地之雨水，除直接由太陽蒸發及一部滲入地下外，其餘皆注入河內。

有林地之地下水面較淺，無林地之地下水面較深，在森林中掘井，則易取水，在無林地掘井，則得水較難。

德國有林地雨水，曾經有人研究過，僅有 50% 的雨量歸諸河川，其餘 50% 的雨量，則由葉面蒸出或流入地中，無林地之雨量則大半流注於河溪細流之內 (Ney 17)。

法國亦有人觀察過，由有林山坡上流來之水量，至多不及無林山坡上流來水量之一半。若山坡被草木遮蓋，或堆集有枯枝敗葉時，則無水流出，或僅有少量之水流出。在無林之山坡上，常百分之八十以上的雨量流到河中，而形成山洪 (Flood-water)。

山地有森林存在時，則水源四季不斷，泉水之流出慢，但為時頗長。Grane 氏在 1910 年世界造林學會

席上，曾提出一篇極有價值之報告，舉出許多地方，森林伐去之後則該地水源變少，甚至於乾枯，而無林地一旦造成林時，水源則復行旺盛 (Toumey 21, 頁 225—231)。

筆者在雲南昆明城東北雙乳山附近鄉村，亦曾遇見一件與 Ghene 報告相類之事實，甲乙二村相隔甚近，甲村三十年前無水田，因村之附近土地過於燥乾，不能種稻，但自山上造林後，現在村之附近皆成水田矣。乙村則相反，昔者山上有森林，村邊爲水田，自森林完全被伐後，水田一變而爲乾地矣。

雨水降落之後，則一部滲入地內，土壤達飽和程度時，乃集聚成細流，土內之水，一部由根之吸收又回到空中。Richmel 氏研究過，一英畝之水青岡，每年可由地下吸收二千一百四十公斤之水放至大氣中 (Toumey 21)。

村 (Zon 25) 氏曾研究過有林地雨量，雨量之一部根本被枝葉所阻不能至地表，一部雖則降落至地表，但由太陽之蒸發 (Evaporation) 復入大氣中，一部則由林木之蒸發 (Transpiration) 回到大氣中，故雨量百分之五十以上，又回到大氣內，雨量成爲細流或滲入地下者僅佔一小部分耳。

林 種	林 中 有 枝 葉		林 中 無 枝 葉		以前三者合計	所估年雨量之百分率
	雨量停留樹冠者	雨量由地表蒸發者	雨量由植物蒸發者	以前三者合計		
水 青 岡	六·七	一·九	一〇·八	一九·四	六一·五	
松	九·四	二·八	三·一	一五·三	四八·六	
雲 杉	一·一	二·六	九·一	二三·八	七五·六	
平 均	九·四	二·四	七·一	一九·六	六一·九	
水 青 岡	四·七	四·七	一〇·八	二〇·二	六四·一	
松	六·三	七·六	三·一	一七·〇	五四·〇	

葉枝	雲	杉	六·一	九·一	二五·七	八一·六
	平均	均	七·二	六·一	七·七	二一·〇
						六六·七

以上有林地年雨量爲 31.5 英寸，上表內除最後一列之外，亦皆以英寸爲雨量單位。

四 森林與濕度 (Fenchigketh)

森林與空氣中之濕度，究有何關係？各方報告很多，一株樹無異一個自來水井，樹根由地下吸水，經幹至葉，因太陽照耀，則將水放入空氣中，以增加大氣中之濕度。植物生理學蒸發章內皆詳述植物之蒸發問題，尤以蘇聯寇斯提蒂色夫 (Kostytschew 14) 之植物生理，論之精細確切，每一枝大樹在夏天一季之中，可吸收百公斤乃至數千公斤之水，放入大氣中。森林爲樹木之集體，換言之，森林爲很多之自來水井，乃很多向空氣中噴水之管子，因此凡是有森林之地方，其附近空氣常含較多之水分，空氣上升，溫度下降，氣內濕度，先凝雲而後成雨。

魯布內 (Rubner 19, s. 72) 研究過有林地空氣中之相對濕度，與無林地相比亦常有不同，而且同爲有林地，因月份不同而濕度亦有顯然之差異。今抄錄其結果：

有林地與無林地空氣中相對濕度之比較

名	第三	四	一	五	八
有林	八五%	八二%	七六%	八〇%	八二%
無林	八一%	七七%	六七%	七一%	七二%
					七三%

魯布內氏觀察地方在德國北部，如地方不同，自然又可得另一結果。何乃爾 (Hönel 12) 與戈利木 (Grimm 8) 二人皆曾對樹木之蒸發水分作過試驗觀察與記錄，今舉何乃爾氏之結果於次：

上表以每百公斤之葉計算，每年生長季中由四月一日至十月三十一日，一八八〇年由地下吸水，再由葉面放入空氣中，最顯著者為落葉松，一八八〇年放出之水為十二萬餘公斤，最少者為冷杉，在一八七八年僅四千餘公斤。何乃爾氏試驗過之樹種類多，針葉樹與闊葉樹皆有十數種，上表所舉不過何氏工作之一小部耳。

針葉樹與闊葉樹合併觀之，以落葉松之蒸發力最大，若針葉樹與闊葉樹平均結果相比，則闊葉樹吸水之力較為顯著，據戈利木引證：

名	種	一	八	七	八	年	一	八	七	九	年	一	八	八	〇	年
名	種	一	八	七	八	年	一	八	七	九	年	一	八	八	〇	年
樟	木	六	七、九	八	七	(公	八	四、五	一	三	(公	九	一、八	〇	(公	〇
水	青	四	七、二	四	六	(公	八	五、九	五	〇	(公	九	一、三	八	〇	(公
槭	樹	四	六、二	八	七	(公	五	一、七	二	(公	六	一、一	八	〇	(公	〇
麻	栗	二	八、三	四	五	(公	六	二、二	一	(公	六	九、一	五	〇	(公	〇
雲	杉	一	五、八	四	七	(公	二	〇、六	三	六	(公	一	四、〇	二	〇	(公
歐	赤	五	、八	〇	二	(公	一	〇、三	七	二	(公	一	二、一	〇	五	(公
冷	杉	四	、四	〇	二	(公	七	、七	五	四	(公	九	、三	八	〇	(公
冷	松	一	一	四	、八	六	八	(公	二	五	、六	〇	〇	〇	(公	〇
冷	松	一	三	、四	八	(公	一	一	、三	〇	七	(公	一	一	、三	〇
冷	松	七	八	、九	〇	(公	八	二	、五	二	(公	八	二	、五	二	(公

落葉松較其他針葉樹類之蒸發力為強，其主要原因，第一以生於風速較大之處所，第二日光之享受上較為

充分，第三凡落葉松林存在之地，土壤濕度較爲充分。

歐洲在一九一一、一九二一及一九三四這三年，因雨少天乾，落葉松枯死者甚多，即土內水分缺乏，不能適應樹葉蒸發之結果也。

美國耶魯大學陶梅 (Tomney 21) 氏用何乃爾樹木蒸發研究之結果，單位引證錯誤，學者慎之。

森林之能否形成，空氣中之濕度 (Fenchigkeit) 亦可決定，大氣中濕度小於 50% 之地，則無森林存在，反之，空氣中濕度大於 50% 時則可形成森林。

五 森林與水患

森林可以防止水患，國父在其遺著三民主義民生主義內已述之。美國近幾年來，對森林與水利，森林與洪水，以及洪水之防止及各種水道之利用等，由政府撥有專款，聘請森林專家，精細研究，結果知道解決水患亦只有造林一法 (Parkins et Whitaker 18)。

河內在雨季中之流量，視河流兩岸之山坡斜度而異，山坡急斜者，流量大，較平之山坡，則流量小。山坡被森林或雜草遮蓋程度，降雨量之大小，土壤之滲透性，由降雨地至流水地之距離等等，皆與流量有密切關係。赫太爾 (Hantel 10) 氏研究流量，得一極有趣味之公式：

$$\text{流量} = h \times n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4$$

公式說明： h = 雨量， n_1 = 由降雨處至流水處之距離。分爲 0.2, 0.3, 0.4, 0.8, 0.85, 0.9, 1.0 七級。

n_2 山坡土皮被草木遮蓋之程度。

名	級	值
光坡		〇・九五

四分之一的面積被草遮蓋	○・九
二分之一的面積有森林生長	○・八
四分之三的面積有森林生長	○・七
山坡面積完全生有森林時	○・六

日 山坡之傾斜度：

名	稱數	址
急傾斜	○・九	
山坡之面不平	○・八五	
山坡之面不少平	○・八〇	

日 土壤之透洩程度（分爲四級）：

名	稱數	址
不透水者	○・九	
稍透水者	○・八〇	
中等透水者	○・七五	
極透水者	○・七〇	

以上所舉之降雨量，距離，山坡爲草木遮蓋程度，山坡斜度及土壤之透水性，五個因子，皆與流水量有密切關係。俗云『窮山惡水』，即鄉下人形容山坡之光既無森林生長，又缺雜草遮蓋，故大雨一來，山洪即可暴

發，而成爲惡水。

如距離與雨量相等，流量之觀測地爲同一地點，上流河之兩岸爲光坡、急斜、不透水與全爲森林遮蓋山坡之面不光平，土壤性透水，則流量有如下之差異：

前者爲 $0.95 \times 0.9 \times 0.9 = 0.7695$

後者爲 $0.6 \times 0.8 \times 0.7 = 0.336$

二者流量之比，顯然不同。赫氏未指出各種等級之限制，如距離之遠近若干公里時，宜用某個數目字表示；雨量如何表示？山坡傾斜度未舉出角度之限制，透水性亦無明顯之規定，凡此種種，皆爲吾人應研究之問題，願全國林人在此森林與水患問題上作進一步之努力。

雨水落於森林時，雖一枝一葉，一草一木，以及羊齒苔蘚，地下植物根等，皆能吸收水分，而減少河內之流量。林中乾枯之枝葉便能吸收大量之水分，其能吸收之水分常比其本身重量大至二十倍。每一英畝之苔蘚，可以吸收五千二百餘公頓之水，將此水量集中一塊，可佔空間十六萬餘立方呎；故森林可防止水患爲一天經地義之事實，再不容任何人置疑 (Dachnowski-Stokes 3)。

吾人在中國西北部光山中旅行，見山巔落雨，則即刻離開谷底道路，登攀山坡稍候，因往往洪水如萬馬奔騰，捲土攜石而下，而聲如雷鳴，氣勢洶洶，令人生長。只管伐木而不問造林者，何苦加害於中國未來之子孫！故吾常感今日之長江，來日之黃河！

六 水分與林木之根形

空氣中所含水之多寡及土壤內之濕度，影響於林木根之形狀者至爲顯著，氣候濕潤之地，林木水分充足，下部主根吸水較易，所得水分亦足供上部枝葉之蒸發。生於乾燥氣候下之林木，土壤亦常乾燥，地下水亦較低，其主根非特別加長，不足以吸收地下水，在蒙古及新疆沙漠中，常見有某種植物如 *Haloxylon*, *Nitraria*，其高度不足一公尺，其根長有達數公尺以至十數公尺者。

郝瓦 (Hayward 11) 在美國研究過林木幹高形態與土地乾濕之關係，幹長者其根常短，幹短者其根則長，幹之長短居中者其根之長度亦常居中。

魏爾德 (Wilde 23) 曾對於同一種林木或植物，因其立林之高低不同，根之長短亦大有差異，生於丘陵之尖端者或生於山之頂巔者，其主根特別發育，但側根則短且為數頗少；生於山谷或較低之處所者，其主根短，而側根加長，且為數較多。

筆者在一九三九及一九四〇年在昆明城東北雙乳山，對麻栗樹之幼苗，作過根形之觀察。一年生之苗木，生於向陽乾土坡者，其上部莖幹特為短小，不足十公分，但地下之主根長度可三十公分，相反的，生長於北坡或陰濕之地者則上部莖幹較長，可二十公分，然地內主根之長度不足十公分，且側根特別多。

七 雨量與年輪寬度

狄雷 (Diller) 在北美曾作過溫度，雨量對年輪生長寬狹之關係，其所研究之林木為北美之大葉山毛櫸 (*Regus grandifolia*)，結果得知六月間之大氣溫度與雨量，對林木之加粗生長上助力最大，以木質部 (Xylem) 之生成，乃由於今年葉之製造，非由於去年樹之內部貯藏物。年輪之寬度與六月中平均雨量成正比，即六月間之雨量愈大，則年輪之寬度亦愈大。

闊葉樹類之年輪寬度，在雨量特少之年，則顯然狹細，在特別乾燥之年即一九二五，受害最大之樹為山茱萸、板栗，美國臘木、洋槐、美國核桃等。一九〇三—一九二九這二十七年間，年輪寬度與雨量對比觀之，知凡乾燥之年則形成之年輪較狹細，反之，雨量較多之年，所生成之年輪亦較寬。一九二五年在北美為大旱之年，是年生長之年輪寬度僅為平常年輪寬度二分之一耳 (Hirsch)。

八 林木密植與抗旱力

筆者於一九三九及一九四〇兩年間，在昆明雙乳山及長蟲山二地用果松播種造林，所得經驗，得知一種事實，即密播之果松在春季亢乾時不致枯死，反之，疏播之幼松，則常常於次年春日，被強烈之陽光照射而枯

死。播種時期係在每年六七月間，雨季已來時，用點播法，每穴中放種子數目不同，一部穴中只放入二三枚種子，一部穴中則放進五枚至十枚之種子，兩星期至三星期，即可出苗，在第一年皆生長頗好，其每穴出一苗與一穴出五六株苗者，無顯然之區別。惟至次年春日，即二三月間，則見每穴中有一株幼苗者，常因日光太強烈而枯死，其一穴中出有數株幼苗者，株株成活，無一枯死者。何故如此？則尚待研究。

施雷 (Shirley 20) 在美國明尼蘇達森林亦曾作過林木疏密對抗旱性關係之觀察，所得結果，實較筆者為精密。苗木愈密植時，則因旱枯死者愈少，反之，苗木愈疏稀，則因旱而枯死者亦愈多。此外苗木之大小高矮，亦與抗乾性有關，苗木愈大，則其抵抗乾燥之力愈強，苗木愈矮小，則比較容易旱死。今將施氏研究之結果抄錄於次：

每英畝內所有株數	因天氣乾燥而枯死者之數		
	一英尺(高者)	二—四英尺	八英尺以上者
一、四六〇	一七〇	二二	四
八、八〇〇	五九	二〇	〇
一八、九〇〇	二五	九	〇

由上表觀之，林木株距密者枯死者少，反之則多，苗木較大者枯死者少，反之則多。氏尚有更進一步之結論，每英畝株數在一〇、〇〇〇以上者，枯死者最高為百分之三點七，其每英畝不足一、〇〇〇株者，枯死者之數目恆在百分之三十四以上，死者之數目相差十倍，此堪使吾人注意者。

施氏亦留心到在乾燥地方幼木有無他種灌木保護，對枯死者之數目多寡亦有顯然之不同，無灌木雜於幼木之間者，枯死者最多，可超過百分之十，即每百株幼苗內定有十株因乾而枯死。灌木逐漸增加，則枯死者亦逐漸減少。

灌	木	適	量	程	度	枯	死	者	之	百	分	率
		1120							10.1			
		2140							9.8			
		4160							4.8			
		618							3			
		8100							0			

由是觀之，灌木在乾燥之立林地，對幼苗之生長上，實有莫大之助益，造林時不可輕於除去。在乾燥地造林不可忽略者有兩點：

- 第一、無論播種植樹，株數要密。
- 第二、在可能範圍要留該地之灌木叢。

第四節 溫度與森林

溫度為森林生長因素之一，溫度過高與過低，皆不能形成森林。在氣象學中所得，溫度數字記錄，有時不適用於植物生理。因除溫度之外，尚有陽光、濕度、土壤等對森林生長上亦有密切關係，年溫 (jahres durchschnitt temperatur) 雖則相同，但其能生長之植物亦可大有差異，如歐得薩 (Odessa) 與愛爾蘭年溫皆為 10.0，愛爾蘭種葡萄夏日溫度不夠，不能成熟，但冬天並不過冷，能生長茶花、棕桐科植物及 *Fuchsia* 等。在歐得薩冬天生長春藤 (*Hedera helix*) 被凍死，但夏日溫度高，可種葡萄與甜瓜 (*Dangler 2*)。

我國亦有與此類似之地方，如新疆哈密及吐魯蕃，冬天無冬青植物存在，但夏天溫度高，產良好之葡萄及西瓜，吐魯蕃之葡萄乾，哈密瓜為人所共知者。雲南昆明，冬天不冷，有『四季無寒暑』之語，以形容其天

氣，故城外四季皆有農作物，且有野生之棕櫚科植物，而夏天溫度不足，葡萄酸而不甜。

森林能形成與否，主要者為五六七八等四個月之平均溫度，故五月至八月之平均溫度有一特別名詞曰四溫(Tetrathermie)，意即四月平均溫度。四溫不同，所能形成之林木亦異。

林	木	種	類	四	溫
雲	杉	類	冷	杉	類
					10°—14°C
水	青	類	岡	類	16—18°C
落	葉	類	松	類	14°C

關於落葉松有須要補充者，為一年中最熱季之三個半月平均溫度，約為五月十日至八月二十五日之平均溫度(Daengler?)。

氣溫高時則林木吸收熱量，使其附近之氣溫變低，氣溫低時，則林木放熱，使附近之氣溫變高，此乃事實。至於何故如此，按物理學上之原理，水能吸收熱亦能放熱，水溫比氣溫高時則水放熱，水溫比氣溫低時則水吸收熱。木之吸熱，只可以試驗證明，常不易見到事實，但水之放熱則容易看到，在嚴冬較寒之清晨，可見到水池放熱氣，立於溫泉之旁，亦可見到此種現象。林木本身含水甚多，已如在水分與森林節內所述，故小片森林對氣溫之調節上，無異於一片湖水，大面積之森林則如同一片大海。

林之內部溫度在白晝較氣溫為低，在夜間則較高，故酷暑日當空之時，吾人全身是汗，一入森林則即刻感到涼爽，而在風雪之夜，寒冷使人發抖，一入森林則較溫暖。

林木所需要之溫度，因季節不同，開花時所需之溫度較低，結果時需溫度高。但林木因種類不同，各有其生存溫度極限，即最高極限溫度(Maximum temperatur)與最低極限溫度(Minimum temperatur)。超過極限溫度則樹木不能生存，故由赤道向兩極或在溫帶之高山有所謂林界(Baumgrenze)，過此林界則無樹木存在。熱帶

植物在零下即死，然兩種植物在 -70°C 時，細胞間已有冰屑，仍無傷於生機，依然能生存。種子更不怕冷，松與雲杉之種子在液體空氣中放過之後，仍能發芽。世界上不生長森林之地，乃一年繼續氣溫太低之故，若一年中有四月溫度在 50°C 以上，即可有林存在。

寒地林木，移植於稍熱之地，依然能生長佳良，但較熱地之林木移植於較寒之地，則常常被凍害，或罹其他病害，如雲南河口培植金雞納樹即一好例。

一 有林地與無林地溫度之差異

在去今七十年前，拉寇提(4)氏即對森林與溫度作過觀察與記錄，在一八六四年六月二十八日至七月二十一日，二十四日之觀察，地方在法國北部有森林地方，結果知道林內溫度較林外溫度為低，有林地之溫度較無林地之溫度為低，並且測得距森林愈近時，溫度亦愈低。

穆提瑞(5)曾對林中溫度與林外溫度作過十五年長時之觀察，知林中溫度與林外溫度大有不同，而且因樹種，季節亦有差異。冬天林內溫度高，夏日林內溫度低，其溫度相差如下表：

	林內溫度與林外溫度之差 (攝氏表)			
	春	夏	秋	冬
七〇一八〇年之水青岡林八處平均	一・〇	七・九	四・六	一・九
六〇一七〇年之雲杉林五處平均	三・四	五・四	四・八	一・四
異齡之松樹林四處平均	四・四	八・二	五・六	二・五
同齡之松樹林	一・五	五・五	二・八	〇・九

林內溫與林外溫春冬相差較少，夏秋相差較大，貝乃(6)氏研究林中空氣之相對濕度，常較無林地為大。

月	份		氣	中	相	對	濕	度	(%)
	空	份							
無	林	地	三	四	五	六	七	八	
林	中	地	八五	八二	七六	八〇	八二	八一	
			八一	七七	六七	七一	七二	七三	

有林地之地表溫度與無林地之地表溫度，有林地之土壤內溫度與無林地之土壤內溫度，亦有不同，如下：

地點	月份	二一四		五一七		八一十		十一一	
		表	地	表	地	表	地	表	地
德國南部	十一月	三五·四英寸	一一·〇八	三五·四英寸	一七·三八	三五·四英寸	一五·四	三五·四英寸	一〇·五四
東普魯士	十一月	一二·三四	一一·九二	一六·四八	一四·四	一三·九六	一二·三四	一一·六二	

上表內溫度係華氏表，土內深度為三五·四英寸深處溫度，林木種類不同，林內溫與林外溫亦有差異，如：

林相	種類	月一		月一
		類七	類七	
水青	岡	林	一八·三七	十二·二二
雲杉	赤松	林	一四·六一	十四·二八
歐洲	赤松	林	一四·一四	十二·二二

溫度仍係華氏表，水青岡夏天枝葉密茂，故林內溫度特低，與林外溫度相差竟達八·三七度有餘。冬天落葉時，林內與林外之溫度相差較少，僅兩度餘；雲杉林，因冬日落葉，故林內較暖，比林外高四度餘。

在北美之 New Hampshire 地方，陶梅 (Tourney 10 頁 205) 氏對老年林與幼年林之林內溫與林外溫亦作過比較，其結果：

月	份	七	八	九	十
老年	林	一七·八八	一七·一四	一六·四七	一七·〇八
幼年	林	一八·〇三	一六·八七	一六·四〇	一六·九〇

二 林內與林外溫度之差異

德國愛北瓦林業專科大學教授叔伯提 (S) 氏在北德作過多年研究，今錄其記載於下：

林	溫		度
	中	下	
林	差		10.0 C
陽	光	下	10.8 C

三 林內溫與林外溫因季節之差異

在晝夜二十四小時中，林內與林外溫度不僅在晝夜有所不同，季節不同而亦有差異。陶梅 (Tourney 10 頁 207) 引抄德國南部一段記錄，在春天夜間最冷時，林中溫度與林外溫度之差。溫度係華氏表，下列表中以「十」號記者，表示林內溫度較林外為高其相差之溫度，「一」號表示林內溫度較林外溫度為低其相差之溫度。

季	節夜	間	最冷時	上	午	八	時	下	午	二	時	下	午	五	時
春			+ 〇・八一			- 一・八二				- 三・八二				- 二・〇〇	
夏			+ 三・一五			- 三・四二				- 七・四二				- 三・四四	
秋			+ 二・五九			- 〇・九九				+ 四・〇				- 一・〇六	
冬			+ 〇・九五			+ 〇・二七				- 一・九六				- 〇・九九	

魯布乃對水青岡林曾作長年觀測，結果頗有趣，知林中溫度，無林地溫度，在有葉與無葉時亦有顯然之差別，有葉時林內溫度低，無葉時林中溫度高 (Rubner G. 圖99)。

施里赤 (Schlich) 氏引用歐洲之觀測，得一表解：

月	份	養	大	利	法	國	東	部	阿	爾	爾	薩	斯	德	國	南	部	東	普	魯	士	
二	一	四																				
五	一	七	十一	七・三八	二・八八	十一	二・五	一・七六	十一	三・四	五・二〇	十一	一・三	〇・九六	十一	二・五	一・八八	十一	二・〇	一・二	一・八	
八	一	十	十一	一六・四八	一・九八	十一	二・四	〇・六八	十一	四・三	四・二二	十一	一・一	〇・九六	十一	二・五	一・八八	十一	二・〇	一・二	一・八	
十一	一	一				十一	一・一	〇・二八	十一	三・〇	三・六二	十一	一・一	〇・九六	十一	二・五	一・八八	十一	二・〇	一・二	一・八	

上表內溫度單位為華氏表 (F)，「+」號表示林內溫度高於無林地之度數。「-」號表示林內溫度低於無林地之度數。每格中之兩數字，前者表示相差最大時，後者表示相差最少時。

四 溫度晝夜之變化

無林地溫度晝夜不同，自天下午兩點溫度高，夜間十二點之後溫度最低，但林內溫度並非如此顯然 (Cottle

五 林中溫度之差異

林中與林外之溫度，固然有顯著之差異，即森林之本身，樹冠與樹基等處比較，亦有所不同，以林中蔭影多陽光弱，溫度變化小，濕度大，風速小，而林外則陽光充分，無蔭影，空氣乾燥，風速大，溫度變化大，故前者可名之曰森林氣候 (Waldklima)，後者名之曰無林地氣候 (Freilandklima)。

林內陽光不充分，林外則反之，在陰天時尤其顯著，愈深進林中，則光線愈少 (Geiser 3)。

美國施來福 (Shreve 9) 曾對森林陰中與無林地之溫度，作過長年觀測，同時還注意到土壤內部之溫度，其結論曰，土壤內部溫度在 30.5 cm 以下，無論在林內或林外，無論晝夜，陰晴，其變化甚少，無林地變化大，森林溫度之變化則界於二者之間。

不僅林內溫度與林外溫度差異如此，即林內之土壤溫度與林外之土壤溫度亦有不同，陶梅 (10) 有下列之記錄：

林內土壤溫度與林外土壤溫度之差異 (華氏表)

季	節	雲	杉	水	青	岡	落	葉	松
春	-	五·七二	-	二·七七	-	二·〇二	-	四·八八	-
夏	-	九·一八	-	六·一二	-	二·五九	-	二·五六	-
秋	-	四·一〇	-	二·九九	-	一·〇·一六	-	〇·五九	-
冬	+	〇·一六	-	〇·一六	-	〇·一六	-	〇·五九	-

第五節 日光與森林

宇宙間一切生物皆賴日光而生存，設日光消滅，則動物植物以及一切微生物，亦將皆隨之毀滅。森林為植

物之一部，當然不能例外。茲將日光與森林之關係要略述之於次：

一 日光對森林生長上之作用

日光可使林木體內之水分與大氣中之二氧化碳在葉中舉行光合作用，使樹木之水與大氣中之二氧化碳變成碳水化合物。其變化如次：



此種經過情形，在植物生理學上名之曰光合作用 (Photosynthesis) 結果所形成之物質，既非原來之水，又非原始之 CO_2 ，乃為第三種物質，碳水化合物，故此種結果又名同化作用 (Assimilation) 此類同化作用，一般樹木多在葉之柵欄組織內舉行之， CO_2 由葉之下面氣孔進入海綿組織內，地下水經根之吸收通過樹幹之木質內導管，再穿過樹枝葉脈等而進入葉之柵欄組織內，由日光之照射則成為澱粉，由澱粉再變為糖類。後者為一種流動液體，運送至樹木之根、莖、花、果各部。由是可知，葉為樹木食物之製造廠，葉不存在時，樹木則行枯槁，樹冠小而枝葉較少時，則樹木逐漸衰萎。

日光來路恆不一定，由太陽直接射及林木者，謂之直接光 (direct)，直接光先射到某一種阻礙物，如岩石之表面建築物等，經過一次或數次之曲折，終而仍射到林木之枝葉者，謂之反射光 (reflex)，直接光或反射光經過空氣中細小顆粒之阻礙，如雲、雨、雪、雹、沙塵之類，然後及於林木者，謂之散光 (diffuse)，由林木之上部來者，謂之上來光 (overhead)，由某側來者謂之側光 (side)。更有所謂下方光者，係有流水、池沼、湖泊等水面之反射而來。又有所謂後方光者，生長於岩石前樹林即受此種光綫之支配。不拘何種光綫，對於林木，皆能促進同化作用 (藤島信)。

直射光與散光之強弱，常因海拔高度而異，如在 3300 公尺之高山上，散光綫與直射光綫之比為 100:75，是散射光反大於直射光。但在海拔 384 公尺處，則散射光與直射光之強度約略相等。在萬里無片雲之晴天時，則直射光特別濃烈，其對於分散光綫之比為 9:1。

在冬季上方光綫與前方光綫強度約略相等，或上方光綫較前方光綫至多大二倍，但在夏季上方來之光綫常比前方光綫強度大兩倍以上，而且由南來之光綫比由北來之光綫強度可大至五倍，至少在德國北部林中如此，為筆者所知之事實。

在北半球，一般論之，六七兩月間，光度最強，但在高山，以八月之日光為最強。一日之中，以上午十一至十二小時光綫最強，高山上則為上午九點至下午一點。

側光因射來之方向不同，其強度亦大有差異，如分散光綫之強度為 1:10。側方光綫在陰天與晴天亦有所不同：

側方光綫	天陰		天
	方	量	
北	方	一·〇〇	一·〇〇
西	方	一·一九	一·二三
東	方	一·二五	一·一七
南	方	三·一二	一·三三
總光	量	四·五〇	二·七〇

由上表可以看出，若在晴天，南方來之側光較北方來之側光，可大三倍。此點在更新及森林作業上極關重要，學者宜注意之。

二 光綫之種類與強度

日光之七色，紅、橙、黃、綠、青、藍、紫，為人人皆知者，用分光三稜鏡放於日光下，以白紙影之，即可見到。但紫之外還有光綫，謂之紫外綫 (Ultraviolet)，紅外亦有光綫，即紅外線 (Infrared)。此二種光綫，前者光之波長太長，大於 800 nm，後者光之波長則太短，小於 360 nm，紅外線愈距地球表面遠則愈

多。此二種光綫人目不能見，但據 Baldwin 氏之研究，此爲日光之主要光能 (Sunlight energy)，對於林木之生長上極關重要。林內多青紫光，對幼稚之樹苗生長有助力，惟紫光對於下等生物如微生物則有害。故林內土壤內細菌較林外土中爲少。

林內光之強度可決定間伐 (Intermediate cutting)，下植 (interplanting)，大樹之下植小樹，以養成永續林 (Dauerwald)。

林木過於封閉時則日光不能射入，樹冠之上端有與日光接見機會，則林木多加高生長，故林益密樹益高。陽光多處則側枝橫出，所謂有盤龍臥虎之姿，遂失去工業上經濟價值。

林內之光綫強度大小，常不用測光儀即可知梗概。在直接射入光綫之下，林中即叢生性喜陽光之草類，此種草類多屬禾本科，例如 *Agropyrum*, *Eragrostis*, *Calamagrostis* 等。陽光不足時則爲 *Epidium*, 酢醬草 (*Oxalis*)，鹿蹄草 (*Pirola*) *Campanula*, *Orchidaceae* 科之植物，蕨類，苔蘚類植物等。凡山林內有關科植物存在時，則爲氣候濕潤雨量充足之證明，有蕨類存在時，則日光不足之證，若一切高等植物皆絕跡時，則森林已達封閉程度矣。

林內陽光多或間接陽光充分時，則種子易於發芽，幼苗生長速，職是之故，天然更新之前多先行間伐。Pearson 氏謂幼苗加高生長之速度，其生於有陽光之處所者比生於蔭影之下者，常高三倍以上。筆者個入亦有與此類似之經驗，山毛櫸之幼苗，在陽光照射之處所者則細而高直，生於他樹之蔭影中者則矮小而枝葉平伸四射。

至於日光之強度 (light intensity) 可由下列諸點而定：

(1) 大氣中水蒸氣之多少，多時則水氣之本身吸熱，因之消弱光之強度。

(2) 氣體吸收力之大小，尤其空氣中之 O_2 ，其爲量雖少，僅約千分之三，但向來學者皆謂此種氣體有減少日光強度之能力。

(3) 雲之吸收與反射，雲多則光少，照像老手皆有此經驗，陰天拍照人像或風景，光圈相同，但曝光時間常比無雲之日所拍者加長三四倍。

(4) 大氣中之灰燼，日光之強度不與氣溫成比例，即日光雖強，空氣之溫度未必亦隨之增高，若於一天之內觀測光度與氣溫，則不難明瞭，日光之強度以上午十時為最強，但氣溫則在下午二時為最高。因空氣中之灰塵已吸收日光之一部，同時由反射作用又增加上層空氣之溫度。

三 緯度與熱力

日光對地球表面各處所供給之熱量，以地緯不同，大有差異，一般言之，由赤道向兩極逐漸減少，熱量單位以 $^{\circ}\text{C}$ 計，即一克之水，加熱，使其溫度升高一度（攝氏表），則為一個熱率，若以北半球為准，因緯度不同，則陽光對地表所供給之熱量如下表：

北半球	緯度	〇	一〇	二〇	三〇	四〇	五〇	六〇	七〇	八〇	九〇
一月份	每日平均	八五四	七五四	六三五	五〇二	三五八	二一四	八一	—	—	—
七月份	每日平均	七九八	八七三	九二五	九五四	九六〇	九四五	九一九	九二〇	九六五	九七九
一年內	每日平均	八五〇	八三八	八〇三	七四七	六七一	五八一	四八三	四八二	三六四	三五三

由上表觀之，以月份不同，日照之時間不同，地表之熱力大有差異，而最足令吾人注意者，為七月中最熱之地，不在赤道之下，而在北緯若干度處。地表每日所得到太陽之熱量，反以北極圈中為最多。此何故歟？因七月份日照時間特別延長，其間有三個星期，每天日照時間為二十四小時，換言之，該地無晝夜之分，時時刻刻皆可見到日光，一月份則相反，北極不能見太陽。但若以一年之平均熱量看，愈接近赤道則所得之熱量亦愈大，太陽光能應用無窮，故將來人類戰爭當以熱帶地方之爭奪為目的也。

然而一年之平均溫度，不在赤道之下，而在近赤道南北緯度約十度左右處，如以攝氏表計算，因北緯不

同，其年溫之差異如下：

緯度	年溫
〇	二六·六
一〇	二七·一
二〇	二四·九
三〇	二〇·二
四〇	一三·九
五〇	五·八
六〇	一·二
七〇	一〇·二
八〇	一六·九
九〇	二〇·〇

森林對於日光強度之需要因林木種類而異，自然界由赤道至兩極所形成種種不同之林帶，即其著例。關於此點已詳於第一節中，茲不再贅。

四 投射角與光力

林木生長之地面與日光投射方向所成之角度，對於林木之影響極大，此點係筆者多年觀察經驗所得，尙缺乏學理上之依據。現略陳所見，以供讀者參考。

立林地日光所成之角度愈大，氣溫愈高，則林木種類或生長情形愈近於熱帶。同一山脈，在山之南坡，即向陽之坡，較爲溫暖，形成某種林木構成之森林，向北之坡，則另成一個景色，如甘肅洮河沿岸諸山嶺，向北之坡，日光投射角較小，土壤內之溫度自然亦較低，因此在北坡形成極爲美麗之雲杉林，向南之坡則較暖，因日光投射角大，土溫高，因此變成光坡，無森林或僅生抗乾性較強之草類。

根據此理，吾人若就荒山之形勢營造森林，如樹種來自較北之緯度地帶，可盡先利用北坡造林，反之，宜栽植於南坡，如此造林，事實上對於林木之本身常有益而無害。淮南之橘移至淮北平地則爲枳，然若栽植於南坡，如雨量及氣溫不傷生長，或依然能結淮南之橘也。

第六節 風速與森林

一 風之形成

上午太陽之光射至陸地之面，靠近地表之下層空氣，溫度便因之加高。熱則膨脹，比重變小，體大而輕，

於是陸地上靠近地表之一層空氣則流向高空，太陽之光同時亦射至水面，如潮、池、沼、海等，但此熱力則大部被水吸收，接近水面之下層空氣溫度較大陸為低，於是此種溫度較高，密度較濃，比重較大之空氣，則向陸面流動。在海濱居住者皆有此經驗，上午太陽高升之後，風總是由海面而向大陸吹拂。

傍晚時太陽入山，宇宙失去光明，熱力來源消滅，靠近陸地之空氣，即迅速變冷。但接近水面之空氣，則不馬上變冷。白晝一天，水本身所吸收之熱慢慢放出，因此水面上之空氣溫度在太陽落後，並不似陸面之氣溫驟然降低，於是水面空氣，溫度高，體積大，比重輕，輕則上浮，大陸之空氣，流來以補其缺，風由是成矣。不過此時之風向係由大陸吹向海面，與上午之風向恰恰相反。如居山地，則另有一種風之經驗，上午風向吹往山巔，正午之風則由山頂吹向山谷，其成因與海陸相接處之風相反。

此外如海洋暖流之方向，氣象學中所述之西風帶、季候風、氣流等，亦皆由地球之運轉方向，太陽照射，在一年之中，某一個時期之內，形成一定之某種大氣流動，學者可去翻閱氣象學書籍，因此種問題已出本書應討論之範圍矣。

空氣之流動謂之風，風常以速度之大小不同，而異其名稱。輕風習習，可以使林木之枝葉搖動，增加蒸發，促進樹液之流動，對於林木，自然有益而無害。若風速過大，則不僅可使林木枝葉動搖，且可折幹拔根，遂造成森林之害。所謂風折風倒 (Windbreak, Windfall) 即顯著之例也。風之種類可別為下列數種：

風 之 名	風 之 速 度 (公 尺 以 秒 計)	對 林 木 之 影 響
(一) 無	〇—一·四	枝葉微動
(二) 輕	一·五—三·四	枝葉動
(三) 和	三·五—五·九	小枝動
(四) 疾	六·〇—九·九	枝動

(五) 強	風	一〇・〇—一四・九	幹動
(六) 烈	風	一五・〇—二八・九	枝被折傷
(七) 颶	風	二九以上	幹被摧倒

強風與烈風若繼續不止，則生長受阻。風速若每秒不超過四公尺，對林木有益而無害(1)，每秒四公尺以上之風速，則有害而無益。

二 風對森林之利益

(1) 使蒸發速度加大，促進樹幹內液體之流動。

(2) 爲花粉之媒介。花粉之傳佈，因林木種類而異，有借動物之力者，有靠水力者，有賴風力者。一般論之，以木材爲主之林木，多半以風力傳佈花粉，如針葉樹類；經濟林木則多藉昆蟲之力傳佈花粉，如茶、油桐、膏桐、金雞納樹等，借水力傳佈花粉者，除熱帶極少數之水生植物或海濱生長之林木外，極爲少見。輕風與和風最適於花粉之傳佈，強烈之風，則林木常受惡影響。花粉雖可傳至一百四十公里以外之地，然分佈則極不均勻。

(3) 種子之散佈。如落葉松、雲杉、冷杉、鐵堅杉、槭樹、臭椿等之種子，飛散之遠近自然視風速，地形而異，有被送至一公里之遙者。

(4) 增加CO₂之供給。一氧化碳之利益詳後。

三 風對於森林之爲害

風速每秒超過四公尺時則對林木有害，樹木被風害情形，其主要者如次：

(1) 矮小 同種林木，生於山之頂部者，因風速較大，則樹形變矮小，如陝西太白山之雲杉、冷杉、落葉松。雲南西部廣通縣之福德山，寧夏之賀蘭山，吉林省之小白山，以至於歐洲之亞爾普斯，德國之哈磯山，皆

有此矮小之森林存在。

(2) 側枝變短 尤其向風之面，其側枝常因風速過大，超過樹木所需之速度，枝則逐漸縮短，如河北省北部興隆山（在興隆縣）及霧靈山之落葉松林，向北之一側，枝條缺如。四川西南部大涼山之冷杉林（見俞季川先生之照片）皆有此側枝變短情形。

(3) 枝枯 若風向不變，則樹之側枝其始也變短，繼則乾枯脫落。

(4) 爬生 法人 Bonnier 作過一個極有趣味之試驗，由同一母樹採來種子，分種於山脚，山坡及山頂三處，山頂之幼樹，因風速過大，蒸發力加強，故皆爬生，生於山脚者則幹直而高，此乃林木適應環境之自然現象。爬生可以抵抗風速，減少蒸發，小白山之爬松 (Pinus pumila)，太白山八仙台下之爬檜 (Juniperus squinata) 皆其例也。

(5) 冠偏 風可使樹冠變成偏歪之狀，此種偏冠之樹形多見於山頂或山口向風處，如甘肅南部蓮花山之雲杉。

(6) 變色 正常之樹，其枝葉常具一定之顏色，但若受風害之影響，則逐漸變為灰白。

(7) 幹偏 樹幹之橫斷面應為圓形，倘若風向不變，風速過大，則幹之橫切面不為圓形而為長橢圓形，其較長之直徑與風向平行，此乃樹木之自然適應，惟有如此，才可增加樹幹之抗風力，否則不免被折倒與折斷也。

在森林作業上，間伐與擇伐時，宜注意風之來向與速度，否則密度疏稀之後，孤木臨風，倒折隨之。據 Lutz 研究，一九三六年之報告，北美東部森林，常遭風害，風向常一定不變，樹皮向西北及向北之側受害最大。風中所攜之砂礫，如彈雨擊來，可穿進樹幹內五公分處，風害可謂烈矣。

四 森林之抗風力

林木被風害之程度，常因樹種而異，約言之，一般針葉樹類抗風之力較強，尤其落葉松，次則為冷杉，再

次爲雲杉，松屬與杉屬之樹木則抗風力較差。有時同屬而異種者其抗風力亦大有不同，如法國之海岸松(*Pinus maritima*)雖爲松屬，然爲抗風力極強之樹也。闊葉樹械樹類不如赤楊、水冬瓜、楷等，楊柳科之樹不及殼斗科。熱帶林木不及溫帶林木，溫帶林木不如寒帶林木，常綠樹種不如落葉樹種。我國西北不乏抗風力極強之樹種，如胡桐、白榆等，卽最顯著者。此點在保安林方面，如防沙林、防風林之營造，至關重要。

五 二氧化碳與森林

太陽光能，大氣中之 CO_2 ，地下水，若以每公頃作面積單位，每年造成之木材，若以公斤計，其數量頗可驚人。茲抄錄德人 Minch (2) 之研究如下：

樹	種	乾材重量 (以公斤計)	乾	葉	重	量合	計
山毛櫸 (<i>Fagus sylvatica</i>)		三一六三		三三三一		六四二四	
雲杉 (<i>Picea excelsa</i>)		三四三五		三〇〇七		六四四二	
赤松 (<i>Pinus silvestris</i>)		三二三三		三一八六		六四一九	

由上表可以看出，每公頃每年所產碳水化合物，木材多則葉少，葉量少時則木材之產量多，二者之合計，幾乎常爲一恆數。此爲太陽光能使 CO_2 在大氣中有一定限量之所致。

大氣中所含之 CO_2 約千分之三，其來源甚多，如動植物之呼吸，液體類，固體類燃料之燃燒，土壤內一切微生物，人類之呼吸，工廠內之烟突，在在均供給着大氣之 CO_2 ，故每年地球表面之森林生長，須要 1,100 Mill. kg. 之 CO_2 ，仍不感缺乏。大城內之空氣，尤以現代化之工業城市爲最顯著，附近大氣中之 CO_2 ，常較小城爲高也。例如：

城	市	空氣中CO ₂ 之含量	假	日
倫敦	敦	0.05%		0.03%
斯德哥爾摩(瑞典京城)		0.07%		0.03%

由是觀之，可知瑞典京城工廠之林立，尚駕乎倫敦之上。瑞典之煉鋼工業居世界第一，為人所共知者。然大氣中CO₂之含量，常因與地表之距離不同而異，愈高則含量愈少。

距地表高度(以公尺計)	空氣中CO ₂ 之含量(%)
1.000	0.029—0.036
3.000	0.039—0.040
0.200	0.033—0.042

林中土壤內含量尤多，在腐質土更甚。十五公分深處平均為0.8%之CO₂，最多時達二.00%。此種較高之含量對於樹根無傷，若大氣中如此，則大有害於林木之生長矣。林木需要大氣中之CO₂有一定限度，其限度為何，即1.00%，超過此百分之一的密度則林木中毒。

第七節 土壤與森林

一 土壤與氣候

氣溫之高低，雨量之多寡，影響土壤之變化者至關重要。「天無三日晴」之貴州土多黑色，「一雨變成冬」之雲南則多為黃土，終年不落雨之蒙古則有廣大的白沙漠，華北諸省到處為黃土平原，凡此皆氣候使然也。乘船赴歐途中至紅海時，向東一望則見乾燥之紅色山，與埃及獅身人面像，金字塔旁所見之紅土山無異。

以此等地帶，溫度高，空氣極乾燥，年雨量皆在二十五公分以下，甚至終年不雨，故形成此種極為特別之土壤。在赤道之下，年雨量則多超過一百五十公分，故絕無此紅色之土山也。與此類似之例至為繁多，茲不贅舉。

二 土壤之形成

無論為火成岩，水成岩或變質岩，經過天然之物理性破壞，化學性破壞或生物之破壞後，大塊岩則變為小塊，小塊變成細粒，結果形成土壤。

請先言物理性之破壞，裸露之岩石或危立之山峯，太陽光綫照耀之後，則岩石之表面接受日光之熱力，尤其向光之一面，先行膨漲。熱則膨漲，為物理學上屢經驗證。三牛油然作雲，沛然下雨，或雲層飛來，遮住日光，則岩石之表面先行冷縮，冷則收縮，然岩石外表收縮，但內部體積未能與外表岩層同時取一致步驟，而亦隨之收縮，結果大塊岩石則行爆裂成縫隙，此種縫隙又為雨水或融雪之水所侵入。在冬季，天氣嚴寒，溫度下降，至零度時則隙中之水可結成冰，冰之體積較水為大，於是小裂隙變成大裂隙，日復日今年復年，最初之大塊岩石即化為碎小之石塊矣。

茲再言化學性之破壞，岩石之成分極為複雜，但經過日光之照耀，雨水之浸潤，以及風吹、電擊等等，則引起一種或數種化學變化，由岩石變成他物，如：

1. $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 加水後之變化。
2. $\text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{加熱}} \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ 加熱後之變化。
3. $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 加水後之變化。
4. $2\text{KAlSiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$

解釋：

- (1) 硫酸鈣加水則變成石膏。

(2) 氫氧化鈣加熱則成石灰與水，水放出。

(3) 岩石內之三氧化鐵，加水則成紅色土。

(4) 方解石，加水及大氣中之二氧化碳氣，則成高林土，矽酸與碳酸鉀。又如蛇紋岩經雨水之浸濕先變成頁岩，再變為紅土層。岩石經風化變土壤之實例太多，現略舉數例於次：

火成岩類

(a) 花崗石 成分以石英、長石、雲母三種為主，長石分解易生成陶土及碳酸土鹽，雲母分解後成粘土，但含氧化鐵，石英則成砂礫。花崗岩內之成分不同，故形成之土壤其顏色由黃到棕紅，亦頗不一致。

(b) 石英粗面岩 其成分為石英、長石、雲母，在地史上比較為新成之岩石，岩質粗糙，風化較易，多含玻璃性的物質。所形成之土壤與(a)類似，但生產力較劣。

(c) 玄武岩 長石、輝石、橄欖石及少量之磷灰石，所形成之土常含多量之氧化鐵，色暗，且多為粗質土壤。故德國近幾年來，林業機關多利用玄武岩之石塊或玄武岩粉末以代肥料。

(d) 安石岩 為黑雲母，角閃石，輝石為主。風化較速，形成富粘質之土壤，多含火山灰，故不甚佳。

水成岩類

(a) 粘板岩 形成粘土，為板狀凝結，含有機質及水分，且空氣流通。

(b) 頁岩 比粘土岩為新，內有粘土粒、含雲母、石英等。質特軟，故風化速。生成之土壤，類似粘板岩，林木之根，容易穿通，其中常含岩石之碎片。

(c) 砂岩 石英砂為主，含石灰或鐵之化合物多時則風化易，含砂質多時則風化難，形成砂質礫土，鬆而輕，養分不足。

(d) 石灰岩 以碳酸石灰為主，風化速，含有機質。

(e) 凝灰岩 火山噴出之碎屑，結合力薄弱。

變質岩類

(a) 片麻岩 含石英、長石、花崗岩、雲母，作片狀。若土雲母多時則分解後之土壤較佳，黑雲母多時則土質劣。形成之土，其粒粗鬆，生於此種土內之林相常能保持長久之鬱閉。

(b) 結晶片岩 雲母片岩、綠泥片岩、石墨片岩，含有結晶之砂礫，風化較難，故對林木根之生長上常受障礙，惟土內養分多，地可長久利用。

除上述之物理性及化學性兩種破壞力外，對於岩石尚有生物性之破壞。植物之根可深入岩石隙縫內，再由根端分泌一種酸性液體，將岩石溶解。吾人皆知滴水穿石，實則林木之根亦能穿石，而且其穿鑿之速度，尚較水穿快若干倍。陝西張良廟內授書樓前即有生長於大理石中之紫柏，華山仰天池附近爲裸露之石灰岩，亦生長松樹，即顯著之實例。至於動物如蚯蚓、螻蛄、地鼠、蛇蟻之類亦皆對自然界之岩石與土壤有破壞之力，爲人所共知，無待贅述。

岩石破壞化爲土壤，不外上述三因，土壤既成之後，常被某種外力移動其位置，故土壤以原始移來之外力不同，又可分爲下列四種：

(1) 水成土 黃河口外之三角洲，長江口處之崇明縣，即江河水內攜來之泥沙沉澱而成。黃河之水四季皆爲黃色，即因水中帶有黃土過多之故。長江之水，昔者本清澈可愛，惟近幾年來，上游山林大部斫伐殆盡，在雨季江水亦變成黃色，故余常語人曰：『今日之長江，來日之黃河。』政府現在對於長江上游之森林，若不加以嚴厲之保護，則下游各省之水災，將隨之逐年而來矣！

(2) 風成土 杜甫詩云：『八月秋高怒風號』，乃寫陝西西安一帶晚秋之大風著。在北平大風來時，亦飛塵蔽日，砂土撲面，令人不能睜眼。若在蒙古旅行，遇有大風，更爲可怕，所謂飛沙走石捲土而來，由此可見風攜泥沙之力，實可驚人。風攜土前進遇有障礙物或其他氣流影響時，則速度減小，沙塵即行停止。河北省定縣之城牆，一部爲風沙所埋沒，黃河下游之黃土平原，亦爲風力所形成。此種沙土原在蒙古沙漠或綏遠河套

一帶，爲風所攜，而至內地造成浩大之黃土平原。

水成土有層次之分，其中常含圓形沙礫，風成土則顆粒細小，不分層次，不含石塊。

(3) 海成土 雖亦爲水力所形成，但地方只限於海濱，或者原始爲海水所成之土，經過地形變遷與海失去聯絡，成爲陸地之一部。『滄海桑田』，古人皆知。此種土壤之特徵，常含有海水動物之遺骸及遺殼，如介殼類之殼，珊瑚類之碎屑等。

(4) 冰成土 中國有否冰川時期，尙爲現在我國地質學者所爭論之問題，至於『土』更談不到『冰成』。然就北歐諸國現在地形及土壤觀之，確不乏冰成土之實例。冰川流動，可攜較大之石塊與砂礫，故其所形成之土亦與水成土，風成土迥然不同，所含之塊岩石多角稜，岩石塊之重心可以在支點之上，構成物理學上所稱不穩定平衡，此乃水風所形成之土中絕對不能覓得者。

三 土壤之分類

土壤之分類，頗不一致，有以顏色分者，有以內含顆粒大小而分者，有以性質而分者，茲舉其主要者於次：

(a) 以成分不同而分者：

(1) 石土 大部爲礫。

(2) 砂土 主要者爲石英，粘土佔一二·五%以下。

(3) 壤土

1. 壤土粘土佔二五—三七%。

2. 砂質土壤佔一二—二五%。

3. 植質土壤佔三七—五〇%。

(4) 埴土 粘土多，佔五〇%以上，其他爲砂、石灰、腐植質等。

- (5) 石灰土 石灰佔三〇—七〇%，其餘為粘土、砂土，用稀鹽酸試之則生泡沫。
 - (6) 腐植土 內含腐質約二〇%，色黑。
- (b) 以砂之顆粒大小而分者：

土 坡 名	砂 內 含	砂 礫 之 直 徑
礫 土	砂	二·〇 mm. 以上
粗 土	砂	〇·一—〇·三五 mm.
細 土	砂	〇·二五—〇·〇五 mm.
微 土	砂	〇·〇五—〇·〇一 mm.
精 土	砂	〇·〇一 mm. 以下

(c) 以顏色而分者：

日光之七色，皆見於土壤，如紫土、黑土、黃土、白土等。

我國土壤研究，近十年來已有相當進步，各省皆有局部之報告，然迄今尚無確定土壤分類。陳恩風君曾寫中國土壤分類方法之商榷一文(1)，根據土壤發育之程度及方式，先分為未發育土及發育土兩大類，然後再以其形成之作用不同分為若干類，筆者覺其命名不甚妥當，茲從略。

四 土壤之結合度

依據土壤內含有空氣之容量，堅密或疏鬆，亦可分土壤為下列六類(8)：

- (1) 堅土 極度乾燥成細片狀(如埴土)。
- (2) 重土 乾後成龜裂，搗碎之則為粉末狀(如埴質壤土，植質石灰土)，水災過後，常形成此種土。
- (3) 中質土 乾燥後成爲碎粉(即壤土)。

- (4) 輕土 濕潤時爲團塊，乾燥後則成粉碎（如壤質砂土，砂質泥土）。
- (5) 鬆土 乾燥時則鬆散不能凝聚（如純砂土）。
- (6) 飛散土 風來即動（如飛砂）。

五 土壤性質與林木之關係

苔類、蘚類、石楠科之植物，針葉樹類多喜生於酸性土壤，闊葉樹及藜科植物則多喜生於鹼性土中。故在一孤島之上，雖同種樹木，只以土性不同，其生長之情形亦因之大異。落葉松、白蠟樹、槭樹能生長於石灰土內，而核桃、麻栗、香樟，若其立林地爲石灰岩，則絕不能生存，先行衰萎，繼則消滅。

土壤之pH值與雨量及其所由來之岩石有密切關係，雨量特大之地多爲酸性，雨量特少之地則常爲鹽基性土。花崗岩、片麻岩、石英等所形成之土壤爲酸性土，石灰岩、白雲岩所形成之土壤則爲鹽基性。高山急坡土性多酸，山谷、盆地土性多鹼。

地球表面之岩石，所含原質至爲複雜，然若將岩石作一定性及定量之分析，則不難得出各原質構成岩石之百分率：

原	質	名	稱	百	分	率
(一)	氧				四七	
(二)	矽				二八	
(三)	鉛				八	
(四)	鐵				四·五	
(五)	鈣				三·五	

(六)	鐵	二·五
(七)	鈉	二·三
(八)	鉀	二·二
(九)	錳	—
(一〇)	鋅	〇·三
(一一)	氮	〇·三
(一二)	炭	〇·二
(一三)	磷	〇·〇九
(一四)	銻	〇·〇七
(一五)	硫	〇·〇八

然林木所需要之原質尙不止此十五種，如氮。一般論來，林木所需要之原質，較農作物爲少。樺木類只需要農作物九分之一，的養料即可生長優良。稀有物質如碳酸鉀、磷酸，樹木所需之平均數尤少，不過農作物二十分之一。故在極爲貧瘠之地，農作物絕不能生存時，若植樹造林，則依然可生長茂盛，爲國家增加收入，此林業之經營大異於農業者也。

據 Albert 氏研究，土中含 SiO_2 多時，松屬之樹木生長良好，氮質多時則呈不良形狀。又據 Hackmann 氏之研究，雲杉類最喜生於 P_2O_5 較多之土中，即土中含 P_2O_5 愈多則林相愈爲優良，德國林人普通將林相分作五級，生長最好者爲第一級，次好者爲第二級，以次類推至第五級。Hackmann 曾研究了四級雲杉之立林地，結果找出：

等	級	級	級	級	級	級
第 一	第 二	第 三	第 四	第 一	第 二	第 三
級	級	級	級	級	級	級
0.098	0.075	0.050	0.040	0.098	0.075	0.050

氏又找出 pH 值與雲杉林之生長關係， $pH_{4.5}$ - $pH_{6.5}$ 最宜於雲杉林之生長。我國雲杉林之生長情形，尙未經人研究。筆者於民國三十年夏到西北作森林調查時，曾對油松及雲杉作過一個初步之研究，結果知道，我國土壤及氣候皆適於森林之生長，只以缺乏人工管理，每公頃內之木材產量太小。我國一百三十年油松木材之產量約為歐洲赤松二十八年之產量(3)。雲杉亦是同等情形，但若以單株孤樹之生長作一比較，中國雲杉生長亦頗為優良也(2)。

六 土壤之水分

土壤顆粒之大小與含水量之多寡有密切關係，顆粒小時含水量多，顆粒大時含水量少。例如甲乙兩種土壤，甲種土壤，其顆粒之直徑為 0.1—0.7 mm，乙種土壤，其顆粒之直徑為 1—2 mm，則甲土壤之含水量比乙土壤之含水量大至十倍以上。

論結構則密度大者，毛細管作用強，水分上升者多，故含水量亦多。反之，土壤鬆散，則含水量亦較少。雨後走泥路與在沙上散步，滋味迥乎不同，一則泥濘不堪，一則潔爽宜人。又有鄉間農人有諺云：『鋤頭有水，鋤頭有火』。四五月間炎天酷日，禾苗將形枯槁，若以鋤頭鬆土，目的不在剷草，乃把土壤中之毛細管切斷，土壤中之水即可保存，不再繼續由蒸發而放入空氣中，禾苗因此不致枯死，故謂之鋤頭有水。六七月間，陰雨連綿，田間土中含水過多，已超過禾苗之需要量，再以鋤頭鬆土，促其蒸發，土壤則又變乾燥，故曰鋤頭有

火。此種寶貴之經驗，在筆者務農時代，曾親身工作過多少次，事實如此，決非欺人之語。

土壤以乾濕之程度不同，可分爲下列五種：

(1) 極濕土 放於手中，自然可以滴水。

(2) 濕土 放於手中用力擠之，才可以出水。

(3) 潤土 土雖然濕潤，但用力擠之亦不出水。

(4) 乾土 成型，落於地面上不散開。

(5) 燥土 乾燥，落於地上則鬆散。

柳屬，赤楊、水冬瓜、見風乾、鵝耳樾等，能生於極濕之土壤內，榆、臭椿、洋槐、麻栗可生於乾土內，檉柳、白榆、胡桐能生於燥土(5)。

一公頃之雲杉在生長季中，由蒸發作用，可由地下吸收二十萬加倫之水，經蒸發作用放至空氣中。落葉松尤爲顯著。惟我國材料尙屬缺如耳。

七 土壤之溫度

冬日土壤溫度較氣溫爲高，夏日則較低，白晝土溫較低，夜間土溫較高。但一般論之，土壤之溫度變化較少，有林地之土壤深入地中二十尺處尙有溫度之變化差異，若在無林地，三尺深處已無變化矣。

土壤溫度有一定之限制，即介乎 24°C 。與 34°C 。之間，過此或不及則於林木有害。溫度高時，林木較吐葉早，發芽早，林內之腐植土可以加速形成(4)。

八 土壤之空氣

據 Sperry 之研究，植物生長良好與否，第一看空氣之多少，其次爲水分，再次爲養料，不過此說未必盡合於事實，如柳屬樹木可生長於含空氣極少之土壤中。土壤中含空氣若較多時，則所含之水分較少，生長於其中之林木，根條則加長；反之，土壤中若含水分較多，則空氣減少，其中生長之林木，根常縮短。洪水氾

濫，林木下半淹沒水中，枝葉雖尚能與空氣接觸，但根與空氣隔絕，日久必枯死。大城市馬路旁之行道樹，修築馬路時，用三合土水泥鋪過，未留空隙，結果樹亦得死亡，成部大街上即有此實例。若於每株樹之下，根之四週，留些空隙，則可生長繁茂，此在歐美各大城市皆可見到(4)。

九 土壤之坡度

五十年前 Grelo 氏即將土壤表面或岩石表面分爲五種，在造林學上迄今仍被採用：

名	稱	坡度	坡斜	坡急	坡峻	坡陡	坡
坡	乙	度	5°—10°	11°—20°	21—30°	31°—45°	45°以上

四十五度以下之角度的山坡皆可造林，四十五度以上，水分土壤皆不易保存，造林極爲困難。但在日本有些地方超過四十五度之山坡亦有營造森林者。

山坡造林較平坦地方爲佳，因樹冠彼此不相重疊，彼此皆可多得陽光，擴大了林木生長之面積。故山坡宜造林，不宜墾荒。

十 土壤之深度

林木之樹幹等高，然根卻不一定等長，如有加利樹爲顯然之深根性樹，泡桐樹之根特淺。同一種樹木，同齡，等高，以其存在地不同，根之長短亦大有差異。乾土中之林木根常深，濕土中之林木則根短。故樹根之深淺又可別爲下列五種：

- 極深 1.2 m 以上
- 深根 0.6—1.2 m
- 適中 0.3—0.6 m
- 淺根 0.15—0.3 m

極淺 0.15m 以下

雄壯高大之喬木，其根常淺，萎縮匍匐之小樹，其根常深，此處所論者乃專指一般之林木而言，如雲杉屬、冷杉屬之喬木多亭亭直立，高穿雲霄之良材，然其根常淺。菩提樹、板栗、白臘、落葉松等，幹雖不高，但皆為深根性樹。

至於地表土層之深淺，常視風化程度，林地位置，岩石性質，氣候條件而異。風化程度深者則土層深，容易保存水土之處所，泥板岩，氣溫高，雨量多，則土壤層較厚，否則土層較薄。

十一 土壤之微生物

(1) 藻類 據近來土壤學之研究，土壤中之藻類有吸收氮氣入土中之能力，其作用與豆科植物之根瘤相同。

(2) 硝化菌 其體內即含有氮，故有硝化菌存在之土壤中，常較為肥沃。

(3) 根瘤菌 豆科植物之根常有根瘤菌，球狀者，珊瑚狀者，蓋皆有之。能吸收大氣中之氮氣變成自身之體質。故豆科植物常有人用作綠肥，如馬豆、苜蓿等。

(4) 黴菌 能在極堅密最貧瘠之土中繁殖，故在土壤之改善工作中，仍為一員健將。

(5) 此外如原生動物，變形蟲、阿米巴、鞭毛蟲、蚯蚓、線蟲等，亦皆有破壞而使土壤變成肥沃之能力。土壤生物學 (Microbiology of soil) 為近十年來一種新興之學科，蘇聯及美國有專設之土壤生物研究所，專從事於土壤生物之研究，用人工增加微生物之繁殖，以改善毫無生產之瘠地，良有以也 (6)。

十二 海拔高度與森林生長之關係

以海拔高與氣溫為反比例，故以影響到林木之生長。與雪綫相接處為裸露之岩石，由此漸下則為地衣，再下為高山草原、灌木層、落葉松層、冷杉林層、雲杉林層、松林層、落葉松之混交林以至於冬青樹林。走遍北半球蓋無例外，所難者此種林層不容易於一個地方皆見到也 (7)。

十三 問題討論

我國幅原廣大，跨寒、溫、熱三帶，地形奇特，變化複雜，由世界上最高之山，如喜馬拉雅之諾非爾士高峯，到最低之地，如新疆魯克沁之西南部，在海面下二百八十三公尺處。何種樹木究竟生長於何地？何種樹木需要土壤中之那種養料？或那一種岩石中究竟可營造那一種樹林？在在皆成問題。故欲解決此種問題須動員全國林人，經過相當長久之時間；方能解決實際困難。否則紙上談兵，洋洋萬言，無濟於事也。

懸崖絕壁，危立萬仞，然孤岩之上仍有林木存在，而且生長繁茂；浩浩無垠之沙漠，綿延千里之童山，偶爾亦可見到某種樹木，或為孤生，或成羣落，風來搖動，盛茂自如。吾人若將此種林木之環境，如雨量之多寡及其逐年之分佈，溫度之高低及其在逐月之變化，地下岩石或土壤之成分，一一加以觀測、研究、分析，不難得一相當結論。此外若再將該種樹木之木材，根莖枝葉，花果種子等，用分析化學之方法，對其構造成分，作一定性及一定量之研究，但主要者為灰燼之分析，亦可斷定該種林木所需要之養料。

植物體之構成一部由地下吸來，一部由大氣攝取。來自土中者多為礦物質，燃燒後仍存在於灰燼中，來自大氣者多為氣體，在燃燒時多仍放於大氣之內，大氣之成分常有一定，土壤之物質則千變萬化，不一而足。故樹木燃燒後之灰燼成分，即該種林木所需要於土壤中之礦物質也。故只根據灰燼之分析，不僅可得到礦物質之種類，且各種礦物質為量之多寡及某種林木對於各種礦物質需要量多寡不同之諸問題亦可迎刃而解矣。

第八節 生物與森林

生物包括動物與植物，森林為植物構成，故森林本身即生物之一種。森林與人類、動物、植物、微生物等皆有密切之關係，今舉其主要者於次：

一、人類

(1) 農墾 原始人類多靠山林生存，飲鳥獸之血，衣獸類之皮，食林木之果。後來生殖日繁，人口增多，

專靠自然界的鳥獸不足人類之消耗，故產生牧畜事業，嗣後又培植五穀，進至農業時代，原有森林之一部，遂墾爲農田，栽植稼穡。但人口更增，食糧不足，就房屋附近，砍伐樹木，擴大耕地面積，以增加糧食生產，森林面積由是乃逐年減少。

(2) 燒山 我國各省居民幾乎皆有燒山之惡習(4)，大好山林，常一炬燹光，實爲可惜！筆者掌雲南省林務處時，曾將民國三十年來各縣燒山案卷，作過一次詳細之研究，結果得知燒山之原因，不外下列數種：

(a) 祭祖 早春晚秋，鄉下農民，上坟祭祖，點紙焚香，偶爾不慎，附近乾草即被燃着，一陣風吹，星星之火，即可燎原，週圍樹林，即可燒光。

(b) 吸煙 行路人不慎，將紙煙頭或吸煙時未熄滅之火柴，隨意拋至草地，即可引起野火。

(c) 炊飯 農忙時，一家數口在田間工作，午間常擇一適合處所炊飯，亦會引起野火。

(d) 報復 某某山林生長極爲繁茂，甲乙二村居民互爭不已，結果引起訴訟，失敗之一方村民，即抱不平，暗中找機會放火，以示報仇解恨。

(3) 戰爭 戰爭不僅對人類最爲慘酷，對於森林亦有害而無益。在交戰期間，森林常被視爲進攻退守之要地，故森林常被交戰之一方用斧砍倒，或用火燒光。森林中若隱藏土匪時，亦常被官兵所恨，往往一把火付之一炬(10)。我國自與日本開戰，迄今已五載，大小城市，甚至鄉村，多爲敵人之燒夷彈所毀，重新建造房屋，即入山伐木，故四川伐木公司之多，如雨後春筍，到處皆是，即明證也。

(4) 驅逐野獸 台山縣一友人言，該縣昔者猴子爲害甚烈，常成羣結隊，傷害農作，居民來時，則逃入森林。在川北平武青山境內亦有野獸對農田爲害之實例。故森林遂被農民視爲萬惡之淵藪，拚命砍伐樹木，使林地裸露，野獸絕跡。

(5) 鴉片培植 政府近幾年來，禁止種植鴉片烟苗，成績卓著。然若細察之，在川北日南各縣居民，常集團入山，伐倒樹林，開闢新田，栽植罌粟。如松潘、平武、文縣、西固等地，皆可見到此種偷植之事實。

近數十年來，森林之利益，漸爲人所明瞭，樹木及其副產品之用途，亦突然隨工業發達而增多，故人類從破壞森林一變而爲種植森林保護森林矣。惟野火燒山與濫伐森林之事在林業落後之國家仍常有耳。

二 動物

動物對於森林，有的有害，有的有益，或一種動物於某一季節有害，而在另一季節則爲有益，或爲某一方面爲有害，而在另一方面則爲有益，或亦有損益兼備者。故動物對於森林之有益或有害，實無法斷言。茲分哺乳類、鳥類與昆蟲類三部門，略述如下：

(A) 哺乳類 爲具毛爪溫血之高等動物，其齒爪，其身體形狀，四肢等發育不同，而其爲害或有益於林木之方式亦異。對於森林有關者不外下列五目：

(1) 食肉目——如熊

(2) 有蹄目——如鹿

(3) 齧齒目——如鼠

(4) 翼手目——如蝙蝠

(5) 食蟲目——如鼯鼠

(1)(4)(5)三目對於森林多半有益，而齧齒目中如鼠類對森林乃絕對有害。茲先分野獸與家畜兩門再順次逐一略述於左：

一、野獸

野獸棲息於森林中，踐踏林木，損壞樹皮，拔出幼苗，嚼食樹芽嫩枝果實種子等，或因其間接原因致病蟲之發生滋長傳播而有害於林木。然於狩獵方面論之，則多屬有利者(3)。

(a) 熊 爪強體大，喜剝樹皮而舐食樹液。

(b) 鹿 腿細體美，角長齒壯，食種實嫩芽新枝，摩擦撞衝樹幹，故爲害甚巨。惟鹿茸在國藥中頗昂貴，

身體各部亦有用。

(c) 野猪 齒長足短，耳小皮粗，喜食樺櫟之樹實，鼻能掘出幼苗，齒能咬斷樹根，是其爲害處，但能捕殺有害森林之鼠兔幼子昆蟲等。

(d) 兔 牙齒銳利，耳長善跑，咬食枝芽樹葉樹皮及未熟之種子，無益。

(e) 栗鼠 廣口細唇，耳目大，善跳躍，食樹果種子，嚼食樹芽。

(f) 鼠 體細頭尖，齒牙銳利，食樹木果實種子，損害幼苗，襲益鳥之巢，鑿洞壞樹木之根，繁殖甚快。

(g) 鼯鼠 頭尖體肥，前足幅廣而適於穿土，聽覺嗅覺均敏，利於探食土中害蟲，且能使土壤疏鬆，此其有益方面，但害在多使樹根裸露或更直接損害等。

二、家畜

近年各國皆注重混牧林，爲兼收林牧之利。事實上牧利固可得益，而林之利則減少多矣。如豬與山羊之害尙有甚於野獸者。

馬 體大而重，故雖高枝亦能採食，且能踏土壤，使濕者變堅，乾者變燥，而有害於樹木之根部。

牛 體大，喜食雜草與新出之枝葉，損害樹幹，曲折苗木。

山羊 喜羣居，食樹葉樹皮嫩芽，能奔走於險坡上，故爲害較廣。

綿羊 對森林之害，略與山羊同，如食樹葉損幼苗等。

豬 其害與野豬似，食樹果及地下昆蟲，掘土裸露樹根，使樹木枯死。

(B) 鳥類 比較言之，鳥類對於森林之利益較多，但害處亦不少，如食種子，傷枝芽，穿樹幹，捕食昆蟲，散播有害植物種子等。現分述於下：

一、害鳥類

又可別爲若干科：

(1) 省料 體小嘴短，約六百餘種，食嫩芽花蕾種子，但育雛時則捕食昆蟲；

交啄鳥 足短爪強，嘴互相反而交叉，食華山松種子。

鷓鴣 成羣食果實種子。

松鴉 嘴鈎狀，喜食松種子。

花雞 嘴圓錐形，食榆、槭、樺、青岡、松類之種子。

鷓 翼長嘴短，爲害與前種同。

鶯 嘴短而粗，春季食樹芽花蕾等，冬季遊於平原，亦食昆蟲。

雀 頭圓尾短，食種子。

黃雀 爲害與前種似。

赤鴉、小鴉、岫鴉、寒雀、鈎冠、野鴉等，對森林之爲害與雀類似。

(2) 鴉科 體大嘴強，羣集於林中，性伶俐，善於步行，食昆蟲，亦食樹果實。

烏鴉 黑色羣居，棲於近林區之樹木。果實樹芽常被其害，咬野鼠食昆蟲爲其益。

寒鴉 好獨居，食昆蟲、蝸牛、蚯蚓及動物屍體或他鳥之雛，對林木之爲害較前者少。

山鳥 常兩三萬成羣，食昆蟲及其他鳥雛，又食果實種子，有時爲害甚巨。

星鳥 嘴尖長，食種子及水青岡之堅果。

鵲 形似烏，嘴尾長，襲各種鳴禽類之巢或捕食雞鴨之雛，尚食種子果實。

晨鵲 體長一尺半，餓時則攻擊弱獸，好食屍體果實穀類等。

寒皋 較前種略短，爲害與前種同。

練雀 深灰色，尾長數寸。

(3) 啄木鳥科 嘴堅尾硬舌長，便於啄食樹內昆蟲。本科鳥類常棲息森林中，性怯懦，鮮羣集，採食時

由樹幹之下方漸次回轉至上方。

啄木鳥亞科 爲赤鴝、大赤鴝、小赤鴝、山鴝、熊鴝、鶉鴝等。

此類鳥之利在捕食昆蟲，害在鑿孔於健全樹幹，且營巢其內，又損害樹皮啄食種子。

(4) 鳩鴿科 翼大，體質中庸，嘴小而彎曲，羣居於森林中。

雉鳩、斑鳩、綠鳩等 此類鳥好食樹木之果實，爲農林上之害鳥。

二、益鳥類

(1) 鷓科 形小色美，生於樹上，主食昆蟲。

烏鳳、壽帶、小班鷓、鷓、黃鷓、郊鷓、竹林鳥、蝦夷鷓等。

(2) 百舌鳥科 體小善鳴，食昆蟲，鮮食樹實。

百舌、赤尾鷓、鷺、鷓鷃、白腹、白眉、黑反舌、虎鷓、駒鳥、鷓鷃、朗鷓、青鷓、野鷓、岩鷓、

山鷓等。

(3) 山雀科 爪甚發達，尾長，棲息於小樹林中，食昆蟲及其卵蛹等。

(4) 燕科 背黑，嘴平，尾叉狀，專食昆蟲。

此外益鳥種類繁多，茲不多述。

(C) 昆蟲類 (2, 5, 7). 昆蟲類對於森林之關係，已成一獨立之部門，即森林昆蟲學。在本節內，以篇幅所限，不能詳述，茲將有害昆蟲類及有益昆蟲類，略述於次：

甲、害蟲 昆蟲對於森林爲害之程度因種而異，完全變態之昆蟲類在蛹的時期，全無害，但在幼蟲時期則吃幼芽及嫩葉。甲蟲類則爲害劇烈(9)，由冠至根皆難幸免，被害輕者則生長不良，重者使樹枯死。

被害蟲所害之後，在針葉樹類頗不易恢復至原來形狀，闊葉樹較易復原。老年樹較幼年樹抵抗蟲害之力大，發育正常或特別健康之樹抵抗蟲害之力較強，反之則弱。此外與林立地亦有關係，生長於惡劣土質中之樹

木抗蟲害力較強。

乙、益蟲 生物界有物競天擇，適者生存，弱肉強食之現象，害蟲與益蟲之間，有著彼此互相爲害，殺傷害蟲之昆蟲對於森林即是有益，如蜻蛉科之幼蟲，螳螂科之幼蟲、椿象、駱駝蟲等皆喜食害蟲之幼蟲。膜翅目之蜂類，常利用害蟲之身體爲產卵之巢穴。若用人工培植益蟲，則森林之蟲害自然減少，殆無疑義。

三 植物(6)

專指高等植物而言，包括灌木、雜草、寄生植物等。此種植物常奪取陽光，消耗地力，防害種子之發芽，影響更新，有礙幼林之生長，使大好林木變爲東倒西歪之劣材，害蟲依之產卵繁殖，飛禽走獸亦在其中生長棲息，故森林常被其害。

如櫛寄生科之植物，其種子由雀鳥銜來，在有用之林木上則發芽生長，其根常穿進良材之內，使木材歸於無用。

地下有效成分常有一定，好的養分被雜草灌木所吸收，林木當然大受影響，結果遂生長不良。

然植物對森林亦並非無用，光山造林，常多費人工汲水灌溉，若有灌木類植物存在保護，在早春乾旱季節，幼苗死亡率可減少。

我國甘肅、四川、雲南、西康諸省之高山，昔者本森林繁茂，綿延千里，以政府未加保護，人民自己亦不知森林之利益，只知『伐木』，而不『造林』，結果變成草地。據董新堂(10)君之觀察研究，謂川西北草地乃由林地變來，但草地很難再變爲森林。其理由如下：

(1) 幼苗無樹保護不易長大。

(2) 地高天寒，積雪期長久，生長期太短。

(3) 土壤瘠薄，地力消失。

(4) 雜草叢生，防害種子之發芽及幼苗之發育。

(5) 缺乏母樹及大量種子。

(6) 禽鳥爲害甚烈。

此六種因素，皆可影響森林之再生。但以筆者看來，除第五外，餘皆可用人力解決。該地能生長之林木爲雲杉、冷杉、槭類、落葉松等，其結果之年齡較一般闊葉樹爲晚，未及三十年之樹，即被伐倒，母樹不存，子將安出？故目前保護母樹，爲農林部當務之急，不可或緩。以外來或他地種子，不一定適於此等地帶之造林也。

筆者常語人曰：我國西北之草原爲人造之高山草原，與董君之觀察正同。

四 菌類 (8)

菌類對林木之爲害，不似昆蟲、鳥獸、人類之顯著，但其爲害之程度亦頗巨。亭亭喬木。儼若良材，伐倒截板，內部全空或大部已行腐爛，此何故？即菌類所爲也。木桌木架，外觀甚爲美麗，一旦突然折斷，內部亦非木質而成粉末狀態，此何故？菌類爲之也。故菌類對森林及木材之爲害已成專門問題，專研究菌類之爲害森林者有樹病學 (Forstliche pathologie)，專研究菌類之爲害木材者有木材防腐學 (Holzkonservierung) 等 (1)，關於菌類之培養，種屬之檢定，又有真菌學，專負其責。

茲將與森林有關之各種菌類，分述於次：

(1) Phycomycetes:—Peronosporaceae 中之 Phytophthora 一屬在濕氣太多之林內生長繁榮，傷害種子之甲垢 (Kainling)。

(2) Ascomycetes:—Taphrina 一屬之各種在樹枝葉寄生時，常形成天狗巢病，冠葉分佈不均勻，葉最密集之處即 Taphrina，有者引起葉斑病，麻栗葉上之白粉病即 Erysiphaceae 科 Oidium 屬，楊柳樹上之黑葉病爲 Perisporiaceae 科之 Apisporium，雲杉之 Noectria 等，皆屬於此種菌類。

(3) Basidiomycetes:—Polyporus, Trametes, Poria, Merulius, Tormes 卽其最著者。

柴川編 水鏡

- (1) Bruckner, E., 1905. Die Bilanz des Kreislaufs des Wassers auf der Erde. Geogr. Zeitschrift. Bd. 2, S. 436—445.
- (2) Burger, H., 1931. Meteorologische in freien und in einem Buchenbestand.
- (3) Dachnowski-Stokes, A. P., 1935. Peatland as a conserver of rainfall and watersupplies. Ecology p. 173—177.
- (4) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 107—112.
- (5) Diller, O. D., 1935. Relation of temperature and precipitation to the growth of Beech in Northern Indiana. Ecology p. 72—81.
- (6) Fernow, B. C., 1890. Forests and Floods. Garden and Forest III p. 9—10.
- (7) Ficker, H., 1932. Wetter und Wetterentwicklung S. 33.
- (8) Grimm, W., 1937. Beitrag zur Lösung des Lärchenrätzels. Forstw. Central. S. 501.
- (9) 柴崎雄・1939 徳島縣長野敏雄長、徳島徳島工業博覧會、十月十一日口。
- (10) Härtel, O., 1925. Wildnacherhaltung S. 329. in Handbuch der Forstwissenschaft.
- (11) Hayward, F., 1933. The root system of long leaf pine on the deep sand of western Florida. Ecology p. 136—148.
- (12) Hübnel, F. R., 1884. Ueber das Wasserbedürfniss der Walder. Central. f. d. gesamt. Forstwesen Bd. 10.
- (13) Hursh, C. R., 1931. Effects of 1925 summer drought on hardwoods. Ecology Vol. XII p. 380—386.

- (14) Kostytschew, S., 1925—1931. Lehrbuch der Pflanzenphysiologie 2 Pde. Berlin.
- (15) Mege, W., 1911. Science p. 813—825.
- (16) Munn, E. N., 1939. Chronica Botanica p. 33. Leiden.
- (17) Ney, C. E., 1893. Der Waldbau und die Quellen. Berlin.
- (18) Parkins, A. E. et Whitaker, J. R., 1936. Our natural resources and their conservation 650 p. New York.
- (19) Rubner 1934. Die Pflanzengeographisch-ökologische Grundlage des Waldes S. 73—93.
- (20) Shirley, H. L., 1934. Observation on draught injury in Minnesota Forest. Ecology p. 42—48.
- (21) Tounney, J. W., 1928. Foundations of Silviculture p. 22—231.
- (22) Vermerley, C. C., 1899. Geol. sur. of New Jersey. Annual Report. p. 162.
- (23) Wilde, S. A., 1933. The Relation of Soils and Forest Vegetation of Lake Styrte Region. Ecology p. 94—105.
- (24) Zon, R., 1912. Forest and Water in the light of scientific investigation. Washington.
- (25) Zon, R., 1931. Proc. Soc. Ann. Vol. 8 p. 139—153.
- 柴田徳 氏編
- (1) Cottle, H. J., 1931. Studies in the Vegetation of Southwestern Texas. Ecology 135—154.
- (2) Dangler, A., Waldbau S. 94—101.
- (3) Geiger, R., 1936. Weitere Bemerkungen zum Kleinklima. Forstw. Centrbl. S. 262.
- (4) Jan. Tourt, P., 1872. Zeitschrift Meteor. VII.

- (5) Müntsch, Beobachtungs-ergebnisse der forstlichen Versuchsanstalten 1875—1889.
 (6) Rubner, 1934. Die pflanzengeographisch ökologische Grundlage des Waldbaus S. 73—97.
 (7) Schlich, W., 1896. Manual of Forestry. 2nd Ed. I p. 30.
 (8) Schubert, J., 1917. Studien über See- und Waldklima.
 (9) Shreve, E., 1931. Physical conditions in sun and shade. Ecology p. 96.
 (10) Toumey, J. W., 1928. Foundations of Silviculture p. 205—211.

第六節 文獻

- (1) 藤島信太郎，造林學，頁二二—二七。

- (2) Münch, 1927. Waldbäume. S. 251—253.

第七節 文獻

- (1) 陳恩風，1941 中國土壤分類方法之商榷，地理一四七一—一六〇。

- (2) 郝景盛，中德雲杉生長之比較，中央大學科學季刊，一卷一期。

- (3) 郝景盛 1942 甘肅西南之森林地理學報第九卷。

- (4) Lindergerdt, H., 1930. Klima and Boden.

- (5) Münch, 1927. Waldbäume.

- (6) Rippe, A., 1938. Boden-Mikrobiologie.

- (7) Russel, B. J., 1917. Soil Conditions and plant growth.

- (8) 藤島信，造林學，頁二九—五〇。

第八節 文獻

- (1) Rub-Rodnar u. Tilger, Die Konservierung des Holzes.

- (2) Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas 5 Bde. Berlin.
- (3) Eckstein, K., 1926. Forstzoologie, in Handbuch der Forstwissenschaft I Bd. S. 476—634.
- (4) 鄭景濤, 1940 放火燒山害虫, 昆明民國日報專論, 七月十一日。
- (5) Hermann, F., 1939. Forstschutz, Neudammer forstliches Lehrbuch S. 289—330.
- (6) Klein, L., 1926. Forstbotani in Handbuch der Forstwissenschaft I Bd. S. 635—887.
- (7) Koch, R., Bestimmungstabellen der Insekten nach den Frassbeschädigungen.
- (8) Möller, H., 1929. Der Waldbau I Bd. Naturwissenschaftliche Grundlage des Waldbaus 560 S. Berlin.
- (9) Schnitschek, F., 1937. Schlüssel zur Bestimmung der wichtigsten forstlich schädlichen Käfern 67 S. Berlin.
- (10) 董新堂, 1942 川西天然林變遷的探討, 科學世界, 一一卷, 八五—九二。

第三章 森林生長現象

計六節：

- 一、花與果（第九節）
- 二、林木之花粉（第十節）
- 三、繁殖與分佈（第十一節）
- 四、林木之病害及其防治（第十二節）
- 五、林木生長（第十三節）
- 六、樹木之壽命（第十四節）

第九節 花與果

『苗而不秀，莠而不實』，在稼禾固然如此，在樹木亦並不例外。開花不一定結果，結果不一定即能生長豐滿之種子。林木中有許多種樹木，開花甚早，但不結果者，如落葉松十歲左右即已開花，但決不結果。松類有七年即已結有松果者。結果之早晚與立林地土壤之肥沃與貧瘠有大關係，肥沃土壤中生長之林木，結果較早，生於貧瘠之地者，則結果較晚。自由生長之孤樹，較林內密集之樹，結果較早。暖地之林木較寒帶之林木結果為早，向陽坡上之林木其結果之年較生長於北坡者為早，平原地上之樹木較生於高山者結果為早，以頭木作業養成之林較由種子養成之林結果為早。

一般論之，各種樹木皆有其一定結果之年，茲將他人研究所得，列表於次（1）：

結 果 年 齡	樹 種
一—一二	樺木、楷、落葉松、松
二〇—三〇	千金榆、菩提樹、槭
三〇—四〇	廊栗、雲杉
四〇—五〇	山毛櫸
五〇—六〇	冷杉

達結果之年齡後，還不一定年年結果。有的樹木，年年結果，如樺木、楷木、槭樹等；有的樹木，平均兩年中結一次果，還有樹木三年至五年始結果一次，如松樹、冷杉，至於山毛櫸常五六年結一次果實。

果實方成熟 (Nokreife)，即宜採集，若達十分全熟 (Vollreife) 則稍晚矣。若過熟 (Nachreife) 之後採之，種子之發芽力常大為減少。至於太熟或稱之為死熟 (Tödliche) 則種子完全失去發芽力矣。在針葉樹類，剛成熟時即可採集，因過晚則種子飛散，不易取得，闊葉樹種子採集稍晚無妨。

林木開花之時期亦常有一定季節，茲列表於次：

樹 種	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月
冷 杉			+	+	
雲 杉				+	
赤 松			+	+	
楡			+	+	

白	黑	樺	楷	千	山	板	樟	槭
白	黑	木	木	金	毛	栗	檫	木
+	+	+	+		+			+
								+
							+	

表中「+」即表示開花之月香。

第十節 林木之花粉

一 花粉之傳佈

雌花之受精專賴花粉，故林木之能否傳佈花粉，在自然更新上，亦有其特別重要性。據吾人由植物學上所得之知識，凡以木材為主之林木，其花粉常藉風力向遠方飛散。如松、柏、杉、檜、楊柳科、殼斗科、核桃科、桑科之樹木，多靠風力散佈其花粉，是所謂風媒花者是也。一般經濟林木，如茶、油桐、膏桐、金雞納樹、桂等，其花或甚美麗，或具有特別香味，以招引蜂蝶前來吸其蜜腺，飲其甜露，同時在無意中將花粉帶去，傳佈與同類植物門他花之柱頭上，以行受精作用，是謂之蟲媒花。靠風力傳佈花粉飛散力極遠，由數里，

以至於數百里。北歐瑞典赤松花粉，可以由風力散佈至德國北部。以花粉體上具有氣泡 (Luftblase)，所含氣體較空氣為輕，故飛行遠方，仍不落地，而能達到其目的地。蟲媒花之花粉，靠昆蟲輸送，稍大稍重無妨，如鐘萼科植物之花粉常比其他科植物之花粉大至數百倍，即此故也。

昆蟲傳佈花粉之能力有限，昆蟲雖較風力能『任重』，但不能『行遠』。蜜蜂在五里之內能覓得其家，十里之外，則常迷失路途，不能飛返原地。養蜂者皆有此種經驗，十里以外之水及花，蜜蜂常不能利用。故蟲媒花之林木的花粉，傳佈力較弱。

屬於風媒花之林木常具有臨風飄蕩之葇荑花序，易於搖動，如麻栗、樺木、核桃及松杉科之樹木。但藉風力傳佈，損失特大，故須產生大量花粉。其傳佈之遠近，視風力、風向、地勢、天氣諸條件而定。

蟲媒花植物之花粉，外部常具有小刺，或者黏腺，容易附着於昆蟲肢體上。柱頭上亦具有黏液體，便於接收昆蟲帶來之花粉。果木樹多蟲媒花。

此外尚有所謂水媒花者，靠水之流動力量散佈其種子。花粉常成絲狀，較水之比重為輕，或與水之比重相等。順大洋之潮流可遠行數千公里。不過具有此種花粉之林木只限於熱帶沿海各地。

二 花粉之形狀

自然界顯花植物約三十萬種，約一萬多屬，每屬每種之花粉皆具有特別形狀，圓者、長者、方者、有稜者、帶刺者、網狀者、光滑者、具有各色之小突起者，可以說一應俱全。至於形狀之大小亦頗不一定，大者與小者之比較，常達千倍以上。

三 花粉研究之近況

依花粉之形狀大小，可斷定樹木之種類。

花粉尚有一種性格，在地內之土壤中常歷久而不壞，故依據土中各級層所找得花粉之多少、大小、形狀，還可斷定以前地表森林生長之情形。如美國阿拉斯加地方，本無森林，但據 Bowman (1) 研究，得知口的亞

地方，在古時曾有森林，所在地為 53° N, 153° W, 其結果：

屬	別 深 度 (以 英 尺 為 單 位)					
	三	四	六	七		
Alnus	一五	一四	〇	一一		
Betula	五	三	〇	八		
Lycopodium	一	〇	二	一		
Populus				一		
Salix	一		一	一		

表中所舉之數字為找到花粉之數目。在別一表中，於土內十三英尺處居然還能找到許多 *Alnus* 之花粉。

Jaeschke (c) 在德南部黑森林地方，亦作過花粉之分析及該地森林變遷之研究。此外如 *Firbas* 之在東部阿爾普斯 (e), *Miller* 與 *Weber* 之在 *Lüneberg* (9), *Rudolph* 之在 *Böhmen* (8), *Schnur* 之在德國西北部 (10), *Stark* 與 *Oyerbeak* 之在 *Wartfa* (7, 11) 皆作過類似之研究，在自然界林史之變遷上皆有相當之貢獻。我國西北部各省現在之光山，以前有林無林，為研究氣象學者及森林學者所正在辯論之問題，前者謂自古無林，後者云古代有林，乃經人伐光者，意見紛紜，莫衷一是。如用花粉分析方法作一澈底之研究，筆者以為此問題不難解決也 (參考 *Firchman* 2)。

皆為松屬，因種不同，花粉常異其形，如歐洲赤松 (*Pinus silvestris*) 花粉上之氣泡為半球形，山松 (*Pinus monkana*) 花粉之泡則為球形，而三葉松 (*Pinus camba*) 之氣泡則為長圓狀 (*Hörman* 4)。

Hörman 研究花粉之方法，先將花粉取來，放入水中煮三分鐘之後，再放入水，甘油及酒精三種平均分配

之混合液內，置於顯微鏡下觀察之(4)。

Jaschke(5)則將花粉放入百分之十的氫氧化鉀溶液內，熱之，再放甘油中觀察，用顯微鏡尺(Mikrometerscala)量之。

Rudolph(8)只利用水。

以所用之液體不同，故花粉之大小，雖同一樹種而有差異。今舉一顯明之例於次：

研用液體	研究者	油	酒精	水
赤	松	四八—六五μ	五四—六三μ	六七—七三μ
山	松	六〇—七〇μ	六〇—七一μ	六四—九四μ

可見觀察測量時所用之液體影響花粉之大小，故吾人若研究樹木之花粉時，此點應特別注意(9)：

Hörmann(4)根據花粉之分析，對歐洲森林之過去作一有趣之結論謂，歐洲森林曾有過下列六個時期：

(1) 麻栗混交林時期

(2) 山毛櫸與冷杉林時期

(3) 雲杉林時期

(4) 榛林時期——氣候溫和

(5) 松林時期

(6) 樺木林時期——環境寒冷

然對於花粉分析如何，以材料不全，未下斷語也。

花粉分析工作在歐美亦不過十數年之歷史，中國學者尙未注意。關於我國古代樹林種類及分佈情形，若只

靠歷史記載，斷定如何如何，恐不足為憑。因歷史比較可靠者為中古史以後之記載，然若依化石花粉，經過長時間之分區調查，在土內能找之花粉，將其形狀，大小，數量與現存樹木之花粉，一一比較研究，則吾人對古代之有無森林？何種樹木？分佈若何？等等問題或能解決一部也。

第十一節 繁殖與分佈

生物界中保持其生命之繼續，端靠繁殖 (Vermehrung, 英文 Reproduction)，擴大其生活範圍則靠分佈 (Verbreitung, 英文 distribution)。林木為生物之一，其繁殖與分佈自難例外，茲分述如次：

一 繁殖

森林繁殖可分有性繁殖與無性繁殖二大類，前者靠種子，後者靠林木體之一部，如一苞、一芽、一枝、一根、一葉，皆可再生新的樹木是 (5, 8)。

一、有性繁殖

有經濟價值之林木，幾乎全部之花皆有雌雄蕊之分，或大小蕊之別。如單子葉中之竹類，離瓣花中之洋槐，合瓣花類之泡桐，皆有雄蕊與雌蕊。在裸子植物中如松、杉、柏、檜、銀杏、榧、樅之類，則為大蕊與小蕊，小蕊相當雄蕊，大蕊相當雌蕊，雄蕊中產生花粉，此花粉經過風，或昆蟲類，甚至於其他外界之力的運轉，而達於雌蕊之柱頭，再經花粉管，而入子房，在那裏與卵細胞受精，而成爲胚。此已受精之胚，然後逐漸單獨發育，或與其相連部分如子房之壁繼續發育，而成爲種子。雌蕊之形狀，雌蕊之構造，植物界有三百多科 (Families)，一萬餘屬 (Genera)，三十多萬種 (Species)，科與科之間，屬與屬之間，種與種之間，皆稍有差異，直乃千變萬化，非細查植物分類學 (Taxonomy) 不能明白於萬一，非此短篇之所能盡。

在有性生殖方面，吾人應注意者有兩種學科，一爲遺傳學 (Genetics)，一爲優生學 (Eugenic)，種瓜得瓜，種豆得豆，父母賢明智慧，子女定不白癡下愚，此皆遺傳之道理。遺傳學上之定理在一七六一年爲 J. G.

Köllreuter 所發明，義大利的和尙曼德爾 (Gregor Mendel) 在一八六五年又試驗大成功。在去今四十餘年前，即一九〇〇年，歐洲遺傳學者 De Vries, Correns, Tschermak 又同時對曼德爾定律，各自取植物界不同之材料，或用茉莉花，或用蕁麻，或用豆類，而得到類似之結論。曼德爾定律為天經地義，絕對哲理，千真萬確，毫無錯誤，不僅適用於植物，而且適用於動物，以至於各種家畜及人類。如所得結果與曼德爾定律不合時，乃自己在試驗中手續欠精，或取種不純之故(4, 6)。柏林大學遺傳研究所主任克沛 (Kappert, 即著名遺傳學家 Correns 之學生)，氏取 *Aquilegia canadensis* 與 *A. vulgaris*，皆為毛茛科，作一有趣之實驗，前者花色黃而小，為北美洲加拿大野生植物，後者大花，藍色，為歐洲產種，二者相交配之後，所生之第二代變種 (Bastard) 有藍者，有黃者，有藍黃相兼者。開花之時期較其父母早四個星期至一個月。

曼德爾定律有三(4, 6)，今略述之於次：

第一定律

實驗植物為紅色之茉莉花 (*Mirabilis jalapa rosea*) 及白色之茉莉花 (*Mirabilis jalapa alba*)。第一代之花為品紅色，既不紅，又不白，乃介乎二者之間的品紅色 (*Mirabilis jalapa rosa*)，是父母之性格，各具一半。以此品紅色之茉莉種子種植的第二代，則有三種顏色之花，白色者，紅色者及品紅色者，比例數有一定，即白色者佔二五%，紅色者佔二五%，品紅色者佔五〇%；此白色茉莉代代下去皆為白色，紅者亦然，惟有品紅色之茉莉，下一代又產生三種顏色之花，紅者，白者及品紅者，所佔之百分數與上一代同，白色者佔二五%，紅色者佔二五%，品紅色者佔五〇%。

其比例數為 1:2:1。

第二定律

(Correns) 用鋸齒葉蕁麻 (*Urtica pinnatifida*) 及全緣葉蕁麻 (*Urtica Dortmuni*)，使二者相配，產生之第二代為鋸齒狀葉，而無全緣葉之蕁麻。鋸齒狀葉之蕁麻為顯性的 (dominierende)，全緣者為隱性的 (rezessiv)。

再一代下去則鋸齒者佔七五%，全綠者佔二五% (Want s. 363)。

第三定律

試驗材料爲狗核桃 (Datura stramonium)，果實具刺者與不具刺者，二者相交之第二代有刺，但至第三代，有刺者所佔百分數爲9，不具刺者爲1，還有中間形態佔6。故其比例爲9:3:3:1。

關於遺傳方面之報告極多，且有專書討論，吾人不必於此再多費紙筆。至於優生學乃根據遺傳學上所得之結果，而應用到人類或與人類有關之動植物身上，育種學即著例也。

自然界林木有雜交極難者，如針葉樹類，豆科中之林木是。有雜交極易者如楊柳科之樹木。在造林學上，人工培育新種雖只有二十年之短短歷史，但所得結果亦頗令人滿意，請翻閱第二十五節，即知其詳。

二、無性繁殖

不用種子亦可得再生之幼苗，如插木、壓條、芽接等是。茲分述於次(7)：

(1)插木 插木爲人工造林中育苗方法之一，然國產樹木中，何者宜用插木法育苗？何地何時插木？成活之百分率又如何？報告則甚少。中央大學森林系苗圃，於二十九年春三月間，由三月十日至三月三十日，三個星期中，將川產普通之樹木，剪枝插木，共三十餘種，每種至少插五百根，四月初即有發芽者，至晚四月下旬亦抽出新芽。現將樹木名稱及成活之百分率列表於下：

樹	種	成	活	之	百	分	率
桐	柏				一五·六		
羅	漢				七九·二		
香	樟				二八·二		

無	美	白	垂	泡	木	榔	苦	喜	楓	刺	檉	大	相	楠	桂	黃	女
	園		蟻									葉	思			角	
花	白											黃					
果	楊	樹	柳	桐	槿	榆	棟	樹	楊	玫	柳	楊	樹	木	花	樹	貞
五八・四	八九・四	九九・六	九八・四	八七・八	九九・四	四八・八	二九・六	五五・六	三三・二	六〇・六	九二・二	九六・四	二七・二	一三・六	一八・四	七八・〇	四六・八

刺	五九・二
黃	一二・四
枳	一四・

針葉樹與冬青樹一年四季皆可插木。冬天落葉後則宜在早春未吐葉之前，過晚則非所宜。上表中針葉樹類莫有兩種，即側柏與羅漢松，餘為闊葉樹。香樟、女貞、黃角樹、桂花、楠木、相思樹、大葉黃楊等為冬青樹，其餘皆在冬天落葉。

柳樹倒插則側枝不向上生，而向地面平射伸出。

(2) 壓條 如小葉黃楊、梔子等，在雨季取條埋入土壤內，則可易成新樹。無論用插木或壓條，工作時須注意數事：

(a) 早春為妙，雨季亦好，但在乾燥之季行之，結果定遭失敗。

(b) 取木插條宜用滿一年或二年以上之枝條，不足一週年之枝，內含養分不足，難以成活。

(c) 外露部分以少為佳，如此既可減少蒸發，且能多得地下水。

(d) 枝條剪下，在未插前要特別保藏，宜放於溫度最低之處所。

(e) 據陳肇謨君(1)之報告，插條之剪口(埋入土中之一端)，稍斜時可增生根之面積。先用百分之二之沙糖液浸一晝夜，再加以微量之硝酸鉀，可促進發芽。少留些許葉片之枝條比完全無葉之枝條成活好。

此外如穗接、芽接、梢接、接木等之繁殖法，在果實園藝上雖佔重要位置，但在造林學上不甚適用，茲略之。

(3) 分根 如法國梧桐，華北之白楊，華中及華南之竹類，取其根之一部，埋入土內，則可發芽，發育成爲新木。此爲人所共知之常識，無須贅述。

據中央大學造林研究室江良游君最近之研究竹類繁殖，可栽一段竹節帶一段節間，兩端具節，將節間之一邊開一孔，由孔注入冷水，孔口向上，平置於土內，由節處則向上生枝芽，向下生新根，不久即形成兩株新竹。

二、分佈

林木種子之分佈各有密策(2)，但總不外：

(1) 靠風力傳佈種子

(2) 靠動物力傳佈種子

(3) 靠水力傳佈種子

種子具翅而輕，靠風力吹動，如榆、楓楊、槭樹、臭椿、白蜡樹、杜仲、松、柏、落葉松、杉木、雲杉、冷杉之類。至於吹散之遠近，視下列三點而定：

(a) 種子之輕重與翅之長短

(b) 風速之大小

(c) 地勢之高低

種子小而種翅特大，在較高之處所，有好風吹送時，當然可以遠飛。若種子大而重，翅短小，風力微弱，林木又位於較低之地，則飛散距離受限制，不能飄搖自如，隨風飛舞，離母樹不久即降落地面。

靠動物力傳佈之種子，或具有特別之鉤狀物，易於附着動物之皮毛，或具有肉質之果皮、種皮，使動物或鳥類一見垂涎，吞入腹中，攜往他處，以達其分佈之目的(3)。

靠水力傳佈種子者，只偶爾見於熱帶海濱之林木。

第十二節 林木之病害及其防治

一 菌害之防治

菌類之種類繁多(12)，以種類不同，爲害亦異。有爲害種子者，有爲害幼芽者，有爲害幼苗者，有爲害根、莖、枝、葉之某部者(7)。種子在實驗室中，即常有下列諸屬菌類爲害：

Bacteria

Fusarium

Mucor

Penicillium

Rhizopus

Trichoderma

據菲士爾研究，預防此種菌類，宜先用汞水之稀薄液，約千分之一，與酒精浸過。浸的時間，不可過長，八分至二十分鐘足矣。如此被浸過之種子，發芽期間，即可免除病害(3)。

菌類所形成之疾病有在木材之內部者，有在樹木之皮部者，亦有專爲害於樹木之形成層者。尙有些菌類，常互相寄生於兩種樹上，冬孢子寄生於一種樹，夏孢子寄生於另一種樹，如 *Cronartium quercuum*，冬孢子寄生在馬尾松樹上，夏孢子則寄生在殼斗科之樹上，又如銹菌之夏孢子寄生於梨樹，冬孢子則寄生於檜屬。故菌類之爲害常先起一二樹，漸次蔓延至於他樹(11)。

松樹之乾尖病，乃因 *Peridermium* 與 *Lophodermium* 之寄生所引起，爲吾人最常見者。

菌類對於幼年林木之爲害，甚者林木常枯死，或枝條枯落，如多孔菌是也。菌類寄生有使植物之器官萎縮，以妨礙其發育者，如櫻之天狗巢病菌，使櫻之生殖器官全行萎縮，而妨其開花結果。菌類亦有刺激樹木體內組織而發生膨大者，如松之木櫻病。樹木之根亦有被菌類寄生而引起之病害，如桑樹苗之萎縮病。亦有寄生於葉片，而妨其同化作用者。

凡菌類寄生於幼年林木之根、幹、枝、葉，皆阻礙其生長，但其被害之程度乃視樹木之種類及其健康與否而差異，大概說針葉樹較闊葉樹罹害較易，因闊葉樹之抵抗力與恢復力較強。又健全之幼苗恢復力亦大，故被害之機會較少。

菌類爲害之防止

對於種子先行檢查，看其無病菌存在，在播種前行一次消毒手續，宜用之化學藥品如二硫化氫，硫酸銅，波耳多液皆可。播種期提前或移後，病害流行時，在可能範圍內，將播種期提前或者移後，則可減少菌類之害，以菌類繁殖常與氣候時季有密切關係。再則，苗床用輪作法，今年種甲種樹苗，明年種乙種樹苗，菌類找不到適合寄主，亦可消弱其滅絕菌害，苗床行適當之排水，掃除腐爛之廢物，以不清潔常爲菌類之來源。選擇肥料，肥料用之得當，可增加苗木之健康，消弱菌類之繁殖。用之不當，苗木變弱，疾病隨之而來。冬耕亦可減少病害。已罹菌病之苗木或枝葉，宜盡量除去，在林造技術方面，選擇抵抗力較強之樹種。間伐或剪枝時要少傷害樹木。凡此種種無一不與菌害有關，是在林人之善用耳。

二 枯倒病之防治

苗圃中正生長之幼苗，常不知何故，日漸衰微，葉綠退減，莖變細弱，最後死去。若樹苗過密時，此病傳染極速，甚至鄰近畦床中尙未出土之幼芽，亦常罹此病害，數天之內，全床小苗即行枯槁。此病之起因，由於某種細菌類之寄生，如 *Pythium debaryanum*, *Corticium vagum*, *Fusarium* 等，一旦侵入苗上任何部分，主要者爲根莖葉，則枯倒隨之(4)。

此病在美國極爲普遍，研究者頗不乏人(6, 7)，對防治方法，各有主張。有人主張在播種之前，將床內土壤用水蒸氣溫過，溫度約在華氏表二百零三與二百十三度之間，施以六至八磅之壓力，爲時約一小時，則土壤爲害之菌類被殺死(9, 10)。有人主張用化學方法，以稀薄之硫酸銅及氯化鋅溶液或者硫酸鉛噴射床面，亦可致有害菌類之死亡(10)。

三 蟲病之防治

關於昆蟲本身已成爲一門極繁難之學問，卽昆蟲學。對樹木爲害之昆蟲有專門之森林昆蟲學(13)，對於各種害蟲之防治方法，有森林保護學專負其責。故本段所言，亦不過斷章取義，作一概括之敘述而已。

自然界昆蟲種類雖變化萬千，形態各異，但其習性上多有類似之點。有完全變態者，經過卵、幼蟲、繭、蛹各期而達成蟲，有變態不完全者，卽由卵變成蟲不經若干階段。自其生活圈言，有一年數代生殖者，有一年兩代生殖者，有一年一代生殖者，如蝶類，有兩年一代生殖者，有多年(至四年)生殖者(14)。

就其爲害之部分言之，有專食葉者，許多昆蟲類之幼蟲皆如此。有專咬葉之形成層者，如 *Scolytus*, *Blastophagus*, *Cryphalus*, *Ips* 諸屬。有專寄入木質部者，如 *Hylasinus*, *Leperisinus*, *Pityogenes*, *Pissodes*, *Anthaxia*, *Hyloterpes*, *Zenura*, *Xyleborus* 諸屬。

關於昆蟲類之防治，可約略述之於次：

(1) 培植自然界之敵人 林內養豬養雞可以破壞土內有害昆蟲之巢穴及幼蟲。散佈白僵菌 (*Botrytis* sp.) 之孢子可致死蝶類之幼蟲；增加白蟻 (*Formica*) 以殺死松毛蟲之幼蟲 (*Dendrolimus*) (15)。林中用人工多製益鳥之巢，以廣招徠，使天下益鳥皆會集食蟲，亦頗爲有效。此外昆蟲與昆蟲之間亦常互相爲敵，如蜻蜓目中之蜻蜓，喜食昆蟲幼蟲；直翅目中之螳螂，專食昆蟲；半翅目中之椿象常喜吸飲他種昆蟲之體液；脈翅目中之駱駝蟲的幼蟲，喜食害蟲卵；膜翅目中之土蜂、細腰蜂、胡蜂，常爲害昆蟲；雙翅目中之寄生蠅專寄生於有害昆蟲之體上；膜翅目中之姬蜂、小繭蜂、細蜂、小蜂、卵蜂等專產卵於有害昆蟲之幼蟲的體內。如多樹害蟲之敵人，則爲害自少。

(2) 多造混交林 混交林，蟲害少。

(3) 剷除之 剷除害蟲不外二法：

(a) 機械的 在樹幹下部四週塗液體膠，黏殺之，用捕蟲器集而殺之，用捕蟲燈誘而殺之。

(b) 化學的 用毒藥噴射苗床，如用三公斤之烟草液，三公斤肥皂水，一百四十四公斤水，作成之液，噴射幼苗，則幼蟲或卵被殺死；或用有毒之餌，誘而殺之。

四 動物爲害之防治

動物之爲害森林者（鳥類昆蟲不在內）爲數甚多，如狸子（*Castor fiber*），獺（*Lutra lutra*），獾（*Meles Meles*），黃鼬（*Martes foina*），臭貓（*Putorius putorius*），兔（*Lepus sp.*），小野兔（*Oryctolagus cuniculus*），松鼠（*Sciurus vulgaris*）以至於各種家畜馬、牛、羊、豬、山羊、野豬之類。或對林木之幼苗，或對林木之枝葉與花果，或對林木之根株，皆有其相當之危害。所異者爲害之部位，爲害之輕重，爲害之時間不同耳。

筆者於民國二十八九兩年在昆明之北長蟲山麓播種果松造林，發現在一星期之內，野鼠爲害之烈竟達百分之七十五（由百分之二十五起）。外國亦有此同樣實例，如美國 Black Hills 地方，播種六天之後，損失百分之三十至百分之七十，頗與在昆明類似（11）。

對動物之爲害，防止之法，頗不一致，茲舉其主要者於次：

(1) 用籬阻止 對家畜頗可用，因籬能阻其與幼苗接近（8）。德人用鐵絲編成之籬。

(2) 林邊造庇護樹 柿樹林木，家畜不食。鐵籬寨、枳椇、馬甲子之類亦可用，以其有銳利之針刺，有阻止家畜入林之效。

(3) 種子在未播種以前用木焦油，黑油或硫酸銅等之稀薄溶液浸之。或按日本人之辦法用雞糞先與種子攪拌，然後播之，亦可避免動物之掘食。不可用石炭酸與石油，以其對種子有害也。

(4) 用鐵絲罩蓋住 每穴或每株用一鐵絲罩。

(5) 以餌殺之 在播種前最有效力。或在秋後田野缺乏食物，野動物均準備過冬之糧，斯時以餌誘殺，最爲有效。

(6) 在爲害最厲之時期內，雇專人看守，不時鳴炮，嚇退野動物。

五 異種植物之爲害

所謂異種植物乃指林木以外之植物而言，如雜草、灌木、竹藪、蔓生植物、寄生植物、藤本植物等，此等植物對幼年林木多害而少益，其根部可吸收土內之養料，使土力衰頹，不足供給林木本身之所需，以致枯死，或使林木枝葉凋謝，防礙空氣流通，阻止日光暢達，故林木之一部或行腐爛，或漸枯死。藤本植物常具吸根，深進樹木之皮層，直接吸取養料，使林木發生畸形。在乾燥期間內，雜草可促進蒸發，土壤速乾，對樹木生長不利。在濕地雜草常使水停滯於土地，易成池沼，使幼苗根部腐爛。

一切雜草木，除在特別乾燥之地，初立林時可以對幼苗有保護之力外，多於林木有害。雜草木又可供有害動物之棲息，使菌類易於繁殖，增加野火之燃燒機會。

異種植物之防治不外：

- (1) 移植或播種前，先盡量刈除爲害之草皮。
- (2) 使幼林保持其鬱閉，能防止雜草之叢生。因森林封閉，陽光不能射入，草類自然枯死。
- (3) 保存枯枝敗葉，一方可防止雜草之叢生，一方還可增加地利。
- (4) 除草宜抓住時間，在一年最乾之月舉行除草，並宜盡量除根。或在果實未成熟前引鋤去之。
- (5) 藤本或蔓延植物，由基部切斷，並挖掘其根，即可致死。

六 野火之爲害

溫度到攝氏表五十四度時，樹皮內之形成層即失去生長之機能。美國每年森林野火多於五萬處(8)，被害森林在一千五百萬英畝以上，值美金兩千多萬元。我國野火燒山損失，向無統計，就旅行經驗所得，亦恐不在美國之下。

野火防止不外下列數法：

(1) 斷絕起火之原因，如禁止在林內吸煙，不準在森林附近引火作飯，上墳祭祖日派幹員四出巡視，以防不測等。

(2) 造林時宜留防火線，或在已有林地新開防火線。

(3) 建立防火設備，如築瞭望台，設救火隊，添森林警察等，德國柏林為世界綠的都城，城之四週林中皆設有救火水管，遇有火警，即開管撲滅，極為迅速。

(4) 在林路之旁，多設木牌，牌上寫標語，如：森林為國民之財產；星星之火可以燎原；爲了子子孫孫，世世代代之繁榮，我們責無旁貸，要愛護這為國家命脈之森林；森林為一切輕工業之資源；野火萬惡，森林萬能，木材萬能等等。

七 煙害之防治

接近工業城市之森林，位於工廠附近之森林，沿鐵路兩旁之森林，常遭煙毒之害。因工廠中或機車所用之燃料為煤炭，最好之煤炭，其中至少尚含有百分之二的硫質，多時可達百分之六。此微量之硫質，經過燃燒後，則成二氧化硫氣體 SO_2 ，此種氣體日與樹葉接觸，時久則森林被其毒害。

二氧化硫對林木之害可分數點述之：

(1) 對同化作用有毒，阻止葉綠素變成澱粉，樹之養料來源，因之斷絕。

(2) 破壞葉綠素。

(3) 阻止樹液流動。

林木被煙毒之後，在針葉樹由綠而灰綠，繼則由葉尖變黃，後則全葉變黃，再後生棕色斑點而脫落。花苞與幼果感觸尤為靈敏。二氧化硫與水分接觸，則變成稀薄之硫酸，如葉上有雪、露、雨水存在時，即可作成此種變化，對樹葉亦有害。

對煙害之防止，至今為止，林學者尙未得善法。吾人所能作到者為樹種之選擇，一般樹類抗煙毒之力頗有

不同，針葉樹不及闊葉樹，而闊葉樹中亦各不同。茲將他人研究所得列舉於次，前者抗煙力最強，後者最弱，介乎二者之間者，其抗煙力亦適中(1)。

榆

水冬瓜

楊

水青岡，山毛櫸

麻栗

落葉松

白蠟樹，枹

花旗松

槭樹

五針松(如果松，華山松等)

楷木

二針松

菩提樹

雲杉

樺木

冷杉

榆抗煙之力最強，冷杉最弱。

八 天氣爲害之防治

林木之長成，由幼苗以至大樹，皆受天然之助。然操作失宜，或經營欠當，天地間之自然力如溫度之高低，冰雹之降落，旱魃與水災，狂風暴雨之光臨等等，皆足爲林木之害。今擇其主要者略述於次：

(1)日光強烈之害 日光過強，樹幹內溫度提高，地下水不能供給，因之葉緣變黃，漸次萎謝，終而枯死。針葉樹類抗日光之力較強，闊葉樹次之，然此亦不能一概而論，林木抗炎熱之烈日常因種而異。

(A)皮燒 午後二時日光最強，間伐之後，日光常直射至樹幹，樹皮及形成層因之變乾燥，初則變色，繼則爲片狀或線狀之脫落。向西南之側面爲害尤烈，常影響將來木材之價值。

關於被害之程度，因樹種而異，樹皮薄而光滑者易罹皮燒之病，皮厚而粗糙者，則抵抗皮燒之力較強。最易罹皮燒之害者當首推水青岡，樺木等次之。林中有草類存在時，太陽之反射光較弱，此害可以減輕。密林一

且間伐失去鬱閉，則皮燒常隨。

皮燒之防治法

- (1) 樹皮平薄之樹種不宜栽植於向西南之山坡。
- (2) 樹之株距與行距須小。
- (3) 幹皮上塗石灰水，反射日光既可減低溫度，並可殺菌以減少病害。
- (4) 已罹皮燒之樹木宜盡量保留之，不可輕於伐去，因此種皮燒林木一旦伐除之後，其鄰近之樹木亦常易罹同樣之害也。

(B) 熱裂 樹皮因受強烈日光之照射而破裂者，謂之熱裂，即樹皮之內部外部因熱漲冷縮而發生之裂害。白晝受熱，漸由外及內，夜間天氣驟變時，則外部先冷而收縮，結果樹幹破裂。筆者常見華北之白楊，罹此病害。熱裂小者翌年生新細胞，尚可互相癒合，大者則成昆蟲棲息之所，菌類侵入之門戶矣。

(2) 日光不足之害 日光固為樹木生長因素之一，若日光過於微弱，林木之幹上與枝上常生地衣，一片一片，一條一條，到處可見。一部分側枝及樹冠之不接觸日光部分，即行死去，林木健康由是而減。我國林尚未立，而且緯度不高，日光弱於林有害之現象，不易見到，學者可不必注意。

(3) 乾旱之害 土中水分不足不能供林木之蒸發時，則有乾旱之害。一般根深性樹，如有加利、麻栗，根長而寡側根，可以由地之極深處吸收水分，不易遭此乾害。但淺根性樹如楸木、梧桐、檉樹之類，側根多，主根少而短，多由地之表面吸水，土中一旦缺乏水分，則易罹乾害。

乾旱害之防治

解決乾旱第一應鋤草，苗間無草，亦要舉行，以目的不在除草，乃在切斷毛細管，減少地下水之蒸發。在更新時，宜在林地保留適當之母樹，以保護幼樹，密植亦可增加苗木之抗旱力。有的學者主張稀植，理由在減少土內水分之蒸發，但以筆者經驗(5)所得，密植確能抗旱。若在山地可沿等高綫方向掘蓄水溝，以減緩雨水

下流速度，山坡土內濕氣亦可因之保存。

(4) 凍害 因種而異，樹木含糖類、松脂、油質等多者比較抵抗凍害之力強，含水量多者則較弱。雲杉、冷杉、落葉松類極能禦寒，一般闊葉樹次之，常綠樹更次之。欲苗木或幼樹不罹病害，應注意下列諸點：

(a) 種子來源地宜較造林地爲寒冷。

(b) 如在山上造林，宜注意坡向。

(5) 風害 風之來常由一定之方向，在一定之季節，故若在造林之前，先將該地氣象記錄翻閱一遍，即可斷定。欲避免風害宜：

(a) 行列與風之來向平行，或成極小之角度，但不可垂直。

(b) 選擇抗風力較強之樹種，植於風來之一側，以作全林庇護。深根性樹、落葉松、冷杉等抗風力極強。

第十三節 林木生長

一 決定林木生長快慢之因素

(1) 種別 『千年的松，萬年的柏，趕不上老槐一步甩』，可見一般闊葉樹多較針葉樹生長快。昆明城西大觀路兩側行道樹爲有加利樹，按雲南省建設廳所存案卷，知其爲民國元年所植之一年苗，民國二十九年時高三十餘公尺，胸高徑粗在七十公分以上，他種樹類皆無如此速度。重慶中央大學森林系苗圃內一株二年生之泡桐高越二丈，徑粗五寸許，以有加利與泡桐皆生長較快之樹種也。北平中南海居仁堂中之宋代梅花，高不足二丈，徑粗不及七寸，以其爲生長緩慢之樹種也。

科 木 種	類 高 度 (公 尺 計)
<i>Encalyptus amycladina</i>	155 m
<i>Sequoia gigantea</i>	102 m
<i>Pseudotsuga Douglasii</i>	90 m
<i>Calva pentandra</i>	90 m
<i>Altingia excelsa</i>	75 m
<i>Picea excelsa</i>	50 m
<i>Abies pectinata</i>	50 m

(2) 氣候 同一樹種生於寒帶者生長慢，生於溫帶及熱帶者生長快。如葦蕨在華北一年苗至高亦不過五尺，在雲南及四川雖則一年苗亦可成小樹狀之喬木。中國漆樹移植於英國邱花園（倫敦附近）內，數十年亦頗小。我國橋柑在德國培植，其味不酸不甜，可以說完全變種。遠志屬在華北為草本植物，在華南則成灌木。凡此種種皆受氣候影響之結果也(9)。

(3) 土壤 種同，氣候作用之條件同，只以所在地之土質不同，林木生長之結果亦因之大有差異。水分、養料、溫度，所含礦物質等亦足影響林木之生長。

(4) 處境 孤樹與林中被擁擠之木，其發育情形迥乎不同，即處境不同之故。樹冠不能伸張，樹根不能四散，該林木必逐漸停止生長，甚至於死亡。

(5) 年齡 超過某種年齡，生長即形減慢，繼則停止。

二 材積與年齡之關係

如以公頃爲單位面積，每年木材容積之生長，因樹種不同而大有差異。木材之積以立方公尺爲單位，各種林木逐年生長之材積，則如下表：

樹名	年齡	三	四	五	六	七	八	九	一〇	一一	一二
雲杉	杉	一六·六	二〇·〇	二一·〇	一九·八	一九·六	一九·〇	一七·四	一三·六	一〇·六	一〇·〇
松	樹	一三·二	一二·八	一一·六	一〇·〇	八·四	七·四	六·一	五·〇	四·三	四·三
山毛櫸	櫸	一二·〇	一四·五	一五·二	一四·四	一三·四	一二·六	一一·七	一〇·二	九·五	九·五
麻栗	栗	一〇·七	一一·四	一〇·七	一〇·一	九·六	九·三	八·六	七·六	七·一	七·一
冷杉	杉	一三·八	三一·〇	三〇·六	二六·六	二四·六	一八·八	一五·八	一一·二	九·八	九·八
楷		一二·四	九·八	七·八	五·八	四·四	三·二				

又據 Donlar 多年之研究，松樹與楷木加粗與材積，生長最快之年爲三十歲左右，麻栗與冷杉在四十歲左右，山毛櫸與雲杉約在五十歲時(3)。

三 高度與年齡之關係

在幼年時期林木高度之增加，比較容易測出：
年齡與高度之關係(以公分爲單位)(2)

樹名	年齡	一	二	三	四	五	六	七	八	九
冷杉	杉	三	五	七	一	一五	二三	二九	三三	三五
雲杉	杉	一一	一六	二四	三四	三九	五七	七〇	一〇二	

落葉	松	3.5 m	三至四公尺
苔	樹	3.5 m	
榆		3.74 m	
楷		3.70 m	

以上所舉大概可以看出各種樹木加高生長之梗概，在實際上同一樹種，在同一處所，最高者與最矮者雖年齡相同亦大有差異。如九年之冷杉，最高者可七十三公分，最矮者僅四十三公分，相差三十七公分。九歲之雲杉最高者一百三十八公分，最矮者僅九十三公分，相差四十五公分。四歲之樺木，最高者三百一十一公分，矮者為七十二公分，相差二百三十九公分。四歲之洋槐高者三百零二公分，矮者五十六公分，相差二百四十六公分。

林木加高生長，非逐年不變，幼年時期生長慢，封閉之後則向高處生長，及老年又行衰退。下表內所列之數目字係以公分為單位，取多年研究之平均數而得出者。如雲杉一至二十歲，每年高長不過三十點五公分，二十一至四十年間，每年平均高長四十八公分，過此則較緩慢。如四十一年至六十年間，每年平均高長為三十八公分，六十一年之後每年高長為二十五公分。八十一一年之後為十七點五公分，一百零一至一百二十年間，每年加高生長不過十一點五公分耳。由此以觀，各種樹木之加高生長，最大速度多在四十歲之前，過此則加高生長漸行緩慢。

年	齡	1—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120
雲	杉	30.5	48.	38.0	5.0	17.5	11.
松	樹	40.5	40.0	21.0	19.0	14.5	11.5

山毛櫸	二七・五	四〇・五	三四・〇	二七・〇	一九・〇	一三・五
麻栗	四六・五	四五・〇	二九・五	一九・五	一四・〇	一〇・五
冷杉	一二・五	五四・〇	四八・〇	二七・五	一七・〇	一一・〇
檜	七二・五	三二・〇	一六・〇	七・〇	—	—

在北溫帶林木加高生長，尤其成年樹，乃有一定之季節。一般論來，多由四月開始，五月終六月初最快，以後逐漸減少加高生長，至七月底則行停止。

山毛櫸在四月下旬至五月上旬開始生長，五月十日至五月十八日，此九日之間生長最快，六月一二日則行停止。故一年內枝之長度增加皆在四月至六月間。麻栗亦然，由四月中旬開始生長至五月底止為加高生長最快之時間，過此二月則形緩慢(1)。

八月間樹葉變色，詩人所謂『秋色』也者。即生長停止之明證 (Dangler 225)。

優良樹種，如雲杉類、冷杉類、花旗松類，北古杉科之喬木，雖在不適宜之氣候下，不甚好之土壤內，不科學之管理中，亦能冠小而幹直，成千上萬之林木，皆亭亭然不折不曲。在落葉松、樺類、柏類、世界爺等雖則用盡技術方法之管理，亦偶爾見到曲幹樹。至於一般闊葉樹類則幹常曲而不直。

樹高生長與年齡之關係，在美國方面亦有報告(6)。

四年輪寬度之生長

據美人里榮氏 (Lyon) 研究，影響年輪最要之因子為溫度與雨量。氏在美作過長時期之試驗，由一八三六至一九三四其間九十九年間之氣象記錄，溫度與雨量對於樹木年輪寬狹之關係，加以分析，乃知四月至八月，五個月內之降雨量之大小對年輪加寬之生長為正比例。在此五月中，雨量最多之年，則在是年所生長之年輪寬度亦最大。溫度乃屬次要，不及雨量影響之顯著。

門人劉玉壺君在筆者指導之下，亦用同樣方法對重慶林木年輪寬狹與雨量之關係，作一精確之研究，結果與美人里榮頗為類似，當另為文以詳之，此處不贅。

吾人研究年輪時尚須注意假年輪之形成，一年之內，春去秋來，寒暖互見，樹木生長有緩有速，靠近形成層之木質細胞，大小及形狀常因之而異。春季形成之木質，細胞大而壁特薄，秋季形成之木質，細胞小而壁則厚，於是春秋材之分，有年輪之生成；若在一年之中，天氣不正常，有兩次寒暑時，例如在我國中部，夏初秋末，據李憲之氏之研究，有時西伯利亞之寒氣流南侵，天寒即突然變冷，樹木又停止生長。在此年內所形成之年輪常為二層年輪，比正常之年輪為小，此亦吾人所宜注意者。

五 林木生長之面面觀

幹

氣候、土壤、主尖、受傷與否、風折、伐枝、間伐密度、病害、蟲害、自然界天氣之變化、如風雪冰雹閃電之類，周圍樹木之高矮，皆足影響樹幹之曲直與粗細。風可使樹幹變成扁圓，位於山坡之樹，其近基部常彎曲。

枝

陽光與密度為限制側枝之主要條件，欲樹木不生側枝，保持林相之最大密度，阻止陽光射入林內，樹枝自然先行衰弱，繼則乾枯，終而脫落。

冠(4)

水平封閉可限制冠形之不規則的發育，垂直封閉樹冠常順其自然，向外輻射生長，不過培植得宜，亦可修正冠形。此外如冠容之大小，葉之多少，亦皆影響材積之生長。

根(5)

根之深淺與長短，多枝與寡枝，固如門人斯煒君之研究，以樹種而異（碩士論文，未發表），但同一種

樹，若環境不同，根形亦大有差別(5)。限制根形之條件，第一爲土壤中之濕度，其次爲他種樹木根形及其分佈之密度，再則與所在地土壤之性質，移植之次數等亦有相當關係。

六 林木生長期之劃分

以木材爲主之林木，在人工經營上，皆可分爲數個時期(4, 8)。

(1) 初長期 (Anwuchs, Aufwuchs, Jungwuchs 或 Hoge, 英文 Seedling stage)，由初立林時起至幼樹之側枝彼此接觸時止，在松樹約十二三歲，在冷杉類爲時稍晚。

(2) 封閉期 (Dickung, 英文 Thicket stage)，彼此封閉，下部側枝之一部，以不能見陽光已形衰微或枯死。此期內林木已具有寡枝之性格 (Astreinigung)，在林中水平遙望可見到樹幹，換言之，此時之林木，亦具有樹幹呈露之性格 (Stammausscheidung, 英文 Pole wood stage)。

(3) 柱桿期 (Stangenholz, 英文 Young timber stage) 樹幹可伐倒利用，以充電線桿、柱、建築用之各項立木等。此期內之林木又可分爲兩級：

(a) 乙種柱桿木，直徑在十公分以下者。

(b) 甲種柱桿木，直徑在十公分以上，二十公分以下者。

此期內之林木其加高生長速度將行停止，故在造林技術上，欲使樹幹寡枝細長，宜在封閉期間養成，至此時，欲使樹幹伸長爲時已晚。

(4) 成年期 (Baumholz, 英文 Mature timber stage)，樹之形狀已成，質量皆佳。此期內之林木亦可大別爲三級：

(a) 丙種木 胸高徑粗在三十五公分以下者。

(b) 乙種木 胸高徑粗在三十五公分以上，五十公分以下者。

(c) 甲種木 胸高徑粗在五十公分以上者。

此期內之林木皆已至成材之年，大材大用，小材小用，視市場之需要，在最經濟之條件下可伐倒出售矣。除以上所述之四個時期外，在美國尚有所謂：

(5) 老年期 (Over-mature timber stage)，樹齡皆超過輪伐期，生長停止，木材逐年腐爛。在國家經濟立場言之，此種已無保存之價值。若以保安林，風景林與國家公園等立場言之，保留是項老年之古樹，亦國家之奇觀也。

第十四節 樹木之壽命

一 年齡與木材性質之關係

俗云：『英雄出少年』，生物界之普通現象，是老則衰退，而不是老當益壯。一切林木，在年齡上均有限制，過此年齡則逐漸衰微，初則生長緩慢，繼則木材腐爛。故老年之森林，如已超過生長最盛之時期，即宜間伐利用，無須保留之以作點綴品。

然何種林木究宜何時斫伐利用，在中國乃一未經人研究之問題。社會一般人士多謂『十年樹人，百年樹木』，實則一個專門人才之養成，十年時間尚屬太短，但百年樹木則又太長，普通一般闊葉樹類輪伐期皆不可超過一百年，松樹、雲杉、冷杉等至多一百四十五年，若再老時則內部木材漸行腐爛。新生之木材量逐年減少，腐爛之木材量逐年增加，故外部似仍健康亭亭直立之喬木，而內部已空虛，遂失去工業上之價值。

欲確定某種林木之輪伐期，宜依照測樹學中之研究方法，作一精密之樹幹分析，求出單株林木逐年之加高生長量，橫斷面積加粗生長量，木材之逐年生長量，及各期（每十年）之木材生長量，最後一項，各期之木材生長量尤為重要。此種曲線為一弧形，其最高點即宜伐倒利用之年也（1）。我國學者有將逐年生長量與木材腐爛二線之交點定為輪伐期者，與筆者以上所說之作法不同（2）。

二 林木枯死之原因

一、樹木之死亡由於生理上者 (Internal causes to trees death)
 (1) 由於水分不易上升之故 一般老齡樹木，因生活力減退，根部吸收之水分不能到達樹冠上面，因此樹冠易於受害而死亡。

(2) 因上述原因，樹之上部既死去，其枝葉遂不能製養料，即無力更新組織，故樹木之老者其年輪愈向外愈狹。此時即所謂之 Maximum Age，故伐木宜在此時，如仍留下則不經濟。

(3) 土壤中之水分不足 水分不足，不能上升而樹木致死，此常見於幼苗樹及老樹。幼苗根小，一旦水分缺乏即可致死，老樹不然，因樹老時水分原本不易上吸，若再水分缺乏，則勢必枯死。

(4) 土壤內礦物質之缺乏 往往一大片森林，常因缺少某種礦物質，如 Fe, P, Ca 等而易致死。或因土壤起變化時，所需之礦物質消失，或土壤變成酸性或鹼性等，均可使樹死去。

二、樹木之死亡由於環境影響者 (External causes to trees death)

(1) 溫度過高之影響 地面大氣之變化，每經數十年必有一次高溫降臨，樹木往往因之而死。樹木之適當溫度 (Optimum temperature) 為 75°—85°F，最高溫度 (Maximum temperature) 為 110°F。如果到 110°—130°F 則樹木細胞內之原形質 (Protoplasm) 即起變化，因細胞內之蛋白質凝固。

溫度到 130°F 之情形：

(a) 樹葉與樹皮變暗。

(b) 土壤色質變暗吸熱後反射於樹上。

所謂皮燒 (Sun scald) 溫帶樹木常見之，因熱帶樹木習慣於高溫，但溫帶林伐木時遺留之樹木，因日光透入即發生此種現象。

(c) 溫度過低之影響 (Low temperature) 多發生於溫帶，寒帶少，因寒帶氣候常寒冷，溫度變化不烈，樹木已成習慣，若溫帶氣候驟變，如低於適當溫度 (75°—85°F)，則細胞停止工作，在夏日樹木生長期，如溫

度不足時，則可死去，故夏日氣溫最高時即決定樹木分佈之主要因子。其樹木在夏日最高溫度時，正好適合其生長，如向北移則樹木不能生長。一般樹木到 33°F. (0°C.) 即停止生長，但針葉樹可以生長在 10°。至 150°C.，其耐寒之原因，除形態外，因其細胞內含有油 (oils)，松脂 (resins) 及樹脂 (gums)，這些物質皆可使冰點下降，故其抗寒力大。闊葉樹多為漿汁植物 (Deciduous plants)，頗易結冰致死。溫度過低使植物致死多由於早春或晚秋氣候突變，如早春過暖，忽又變冷，或晚秋天涼，突然變暖，均可致樹木於死。普通一般闊葉樹，除樺木外，均不及針葉樹耐寒。

(3) 生物之損傷

(a) 昆蟲的傷害 昆蟲對森林之為害，至為劇烈，如象皮蟲類常穿過樹皮，深入木材內部，天牛類亦在樹幹之內部作窠；鱗翅類及膜翅類之幼蟲以樹葉為食物，且其來也，常浩浩盪盪，萬千成羣，全林樹葉被其食光，如松毛蟲即其最顯著者。此外如直翅類之幼蟲，農人名曰蝻，傷幼苗之根及新抽之芽。重慶中央大學森林系苗圃內近三年以來常遭此害，用捕蟲燈殺其成蟲，亦未見效。其他害蟲名目繁多，不勝枚舉。

(b) 細菌的病害 真菌類孢子菌中之核果菌及盤菌寄生於林木時，可使樹皮腐爛脫落。銹病之發生亦是由於銹菌之寄生。此種菌類，以季節不同，發生情形亦因之而異，故有銹孢子、夏孢子、冬孢子、精子、擔孢子諸種不同之名稱，而且常經過中間寄主。故苗圃若位於果木園附近則常有銹菌類為害，即此故也。關於中國銹菌閻玫玉先生有專文討論，法文本，插圖甚多，敘述亦詳，惜該書未在手邊，不能確切引證。細菌類專對樹葉為害者，種類亦頗多，不能細述。

(c) 動物的侵害 野獸、家畜、飛禽、人類，在某種情形之下，皆可使森林減少或毀滅。

三 樹木之壽命

美國 Yosemite 地方國家公園中，靠近南邊之入口處有一片世爺樹林，胸高徑粗皆在十呎以上，年齡將近四千年，徑粗三十四點七呎，周圍九十六點五呎，樹高二百零九呎。此外如 Massachusetts tree 高二百八十

呎，徑粗二十八呎；最著名者 *Wavona tree*，樹下穿一洞，洞寬八呎，長二十六呎，乃一八八一年建成，馬路由其中穿過。此樹高二百三十一呎，徑粗二十七點五呎。以上所述皆為世界爺樹。

我國亦有不少實例，四川青城山天師洞前一株杏樹為漢代產物，徑粗五圍，健康無病；雲南昆明城北二十五里處之龍泉公園中之唐梅、宋柏；川北平武縣青川鎮東門外之大柏樹，陝西華山之青檀樹；河北平山縣東莊村之高榆樹；北平西山臥佛寺內之白果樹，皆為中國著名之老樹，係筆者所親見者，惟其年齡多少，不能斷定。以此種著名古樹皆為寺廟僧道所保護，不准斫伐，吾輩林人，亦愛之至極，不忍伐之作樹幹分析也。

樹木壽命之長短，有幾個決定的因素：

(1) 種別 生長慢者壽命長，生長速者壽命短，如槐、柏壽命長，如檜樹、梧桐之類壽命短。

(2) 木性 木材比重大而富有工業上之利用價值者（專指直接木材利用言，木材之化學利用例外）壽命長，反之壽命短；木材耐久者樹之壽命長，不耐久者壽命短，如麻栗、石栗、棗樹之類壽命長。椿、榆則壽命短。

(3) 萌芽力 萌芽力之大小與樹木之壽命亦有密切關係，萌芽力強者壽命短，萌芽力弱者壽命長，如柳樹壽命短，松柏類則壽命長。

(4) 處境優良之樹則壽命長 未受外害之樹壽命長，一般由種子繁殖樹木壽命長，反之處境惡劣者，遭遇到外界之害者，可用插條壓枝繁殖者則壽命短。

(5) 一旦受外界之害，復原力強者壽命短，復原力弱者壽命較長。

樹種與壽命之關係 (2)

樹	種 能	活	之	年	齡 周 圍	(以 公 尺 計)
柳	樹	楊	樹	100-2000		

類		樹		葉		類	
檜	樹	六〇〇		九・七			
樅	木	一二四		〇・六九			
千	松	一五〇		—			
板	栗	七〇〇		一五・一〇			
山	櫟	六三〇—九三〇		八・二〇			
黑	楊	一五〇		五・六五			
麻	栗	一五〇〇		一五・二〇			
苦	樹	八〇〇—一〇〇〇		一七・〇〇			
榆	樹	五〇〇		一三・二〇			
冷	杉	三〇〇		六・九〇			
檜	類	五四四—二〇〇〇		〇・五〇—二・七五			
落	松	五〇〇		七・五〇			
雲	杉	四〇〇		四・一〇			

第九節 文獻

(1) Dangler, A., 1935. Waldbau S. 215.

(2) Münch, 1927. Waldbäume S. 360—380.

第十節 文獻

(1) Bowman, P. W., 1934. Pollen Analysis of Kodiak Boys. Ecology 97—100.

- (2) Ertman, G., 1940. An Introduction to Pollen Analysis. Leiden.
- (3) Firbas, F., 1927. Beiträge zur Kenntnis der Schieferkohlen des Innerts und der interglazialen Waldgeschichte der Ostalpen. in *Zeitschr. f. Gletscherkunde* 151.
- (4) Hörmann, H., 1929. Die Pollenanalytische Untersuchungen von Pinus montana, P. silvestris und P. cembra. in *Österreichische Bot. Zeitschr. Jahrgang* 78 Bd. S. 215—228.
- (5) Jaeschke, J., 1934. Zur Postglazialen Waldgeschichte des nördlichen Schwanzwaldes (B. B. G. 51 B.).
- (6) Müller, G., u. Weber, O. A., 1904. Ueber eine frühdiluviale und vorglaziale Flora bei Lindeburg. *Abh. Preuss. eol. L. A., N. F.* 40.
- (7) Overbeck, F., 1934. Zur Kenntnis der Pollen mittel- und nordeuropäischer Ericales. B. B. G. 51. B.
- (8) Rudolph, K., 1928. Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Moormuntersuchungen in Böhmen. B. B. G. 45. B.
- (9) Sartstein, R. G., 1936. Moor und Seeablagerung aus dem Tiroler Alpen in ihrer waldfeschichtlichen Bedeutung. in *Bot. Centr.* 55 Beih. 3, S. 543—631.
- (10) Schubert, E., 1933. Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands II. Das Gebiet an der Oste und Niederelbe. *Mitt. Prov. St. Naturdenkmalpf. Hannover.*
- (11) Starke, P., und Overbeck, F., 1932. Eine diluviale Flora von Johnsbach bei Wartha. *Planke* 17.

- (1) 櫻葉病、1936. 植木發根促進法、農林總編七三卷、頁1110—1130。
- (2) Dengler, A., 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage S. 211.
- (3) Kostytschew, S., Lehrbuch der Pflanzenphysiologie.
- (4) Stansburger, E., 1931. Lehrbuch der Botanik S. 155—161. Jena.
- (5) Tourney, 1928. Foundations of Silviculture p. 420—423.
- (6) Went, F. A. F. O., 1933. Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 375—391. Jena.
- (7) 本多靜六、造林學本論之四、接木與插條。
- (8) 藤島信、造林學頁八二—八四。
第十一節 文獻
- (1) Beck und Hausrath, 1927. Forstschutz S. 237—240.
- (2) Dengler, 1935. Waldbau S. 239.
- (3) Fisher, P. L., 1941. Germination reduction and radical decay of conifers caused by certain Fungi. Jour. Agr. Research Vol. 62 p. 87.
- (4) Gifford, C. M., 1911. The damping-off of coniferous seedlings. Vermont Agr. Expt. Sta. Bul. 157. p. 143.
- (5) 藤島信、1941. 森林造林之病害、中農雜誌一七二號、頁1—110。
- (6) Hansen, T. S., 1923. A Study of the damping-off disease of coniferous seedling. Minnesota Agr. Expt. Sta. Techn. Bul. 15, 35 p.
- (7) Hartley, C., 1921. Damping-off in forest nurseries. U. S. Dept. Agr. Bul. no. 934, 99 p.
- (8) Hawley, R. G., 1929. The practice of Silviculture p. 205—299.

- (9) Scheffer, T. C., 1930. Sterilization of coniferous seed bed with low-pressure steam. Jour. Fo. Vol. 38 p. 42.
- (10) Scott, C. A., 1917. A practical method of preventing the damping-off coniferous seedlings. Jour. Foret. 15 p. 192.
- (11) Tounney, J. W., 1931. Seeding and planting p. 207—219.
- (12) 德林羅、1935. 植物繁殖學、中觀學、銀 | 三 | 次、風 | 三 | 次。
- (13) Will, 1933. Forstinsekten.
- (14) Wimmer, 1924. Forstschutz.
- (15) 林業試驗報告(帝國林野廳)三卷三期、風 | 一 | 次。
- 銀 | 三 | 次、風 | 一 | 次。
- (1) Brgsen, 1916. Blütenentwicklung und Zweigwachstum der Rothbuche Z. f. F. u. J. S. 289.
- (2) Büsgen, M.-Münch, F., 1928. Bau und Lösen unserer Waldbäume S. 37—38.
- (3) Dengler, A., 1925. Analyse eines alten Kiefern-Buchen-Mischstandes. Z. f. F. u. J. S. 401.
- (4) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 221.
- (5) Holch, A. E., 1931. Development of roots of tree seedlings. Ecology Vol. XIII p. 259—297.
- (6) Kienholz, R., 1931. Wood Structure of Lodgepole pine. Ecology Vol. XII p. 354—377.
- (7) Lyon, G. J., 1936. Tree Ring Width as an Index of Physiological dryness in New England. Ecology Vol. XVII p. 457—478.
- (8) Tounney 1928. Foundations of Silviculture p. 366.
- (9) 德林羅、觀林學、風野三 | 。

第十四節 文獻

- (1) Müller, O., 1927. Holzmesskunde, in Handbuch der Forstwissenschaft III S. 205. Berlin.
- (2) Minck, E., 1927. Waldbäume S. 38.
- (3) 鄧叔牽, 1939. 洪壩森林之研究 (英文本), 中央研究院報告。
- (4) 藤島信, 造林學, 頁七六一七八。

第二篇 技術

第一篇內所述各節，強半屬於生態學之範圍內，本篇則專述造林技術。計四章：

- 一、林相種類（第四章）
- 二、森林創立（第五章）
- 三、森林撫育（第六章）
- 四、森林作業（第七章）

第四章 林相種類

- 一、林相之構成與種類（第十五節）
- 二、森林之形成（第十六節）
- 三、林相之改善（第十七節）
- 四、混交林（第十八節）

第十五節 林相之構成與種類

孤木不成林，林者何？指在一個相當大小面積內多數樹木構成之集體言。森林內單株之樹木稱為林木（*Waldbaum*），土地，地被物及林木三者之合體稱為林相（*Bestand, Stand*），然本節內所述之林相係狹義的，乃專指地面以上亭亭直立之林木集體而言。土地與地被物不包在內。

一 水平林相 (Grundriss, Aufbau in horizontaler Richtung)

林相面積，大小無定，或以少數林木構成叢狀林相 (Trupp)，或以多數林木構成簇狀林相 (Gruppe)，或以更多數林木構成片狀林相 (Horst)。叢狀林相缺乏個性，林中自然環境與林外無異，簇狀林相則具有生態學上的性格，如林內之濕度較林外為高，林內氣溫較林外為低，林中之花卉種類與灌木種類亦與林外不同。片狀林相則其所具有之性格，更較顯著。

片狀林相又有小片狀 (Gruppenfläche)、中片狀 (Mittelfläche) 及大片狀 (Grossfläche) 之別。

二 垂直林相 (Aufriss, Aufbau in vertikaler Richtung) (Dengler 1)

林相平視即見垂直層次，以層次之多寡分別為下列三種。

(1) 等高层林相 此種林相係水平封閉 (Horizontalschluss 或曰 Wagrechtsschluss)，林木等高，為同一階級之林木所形成，故有等級性 (Gleichstufigkeit)，或為同齡林木構成之林相而具有同齡性 (Gleichaltrigkeit)，純林，同種林木常有此林相。

(2) 二級林相 此種林相之樹冠可分成上下二層，成垂直之封閉 (Vertikalschluss 或曰 senkrechtsschluss)，平視成二層林相 (Zweistufige Bestand)，混交林有此林相，常高者為一種林木，低者另為一種林木。

(3) 多級林相 冠層 (Kronendach) 重疊，上下互壓，水平看去，成多層林相 (Mehrstufige Bestand)。樹種不同，高矮亦異，年齡亦彼此有別，故此種林相有層級封閉性 (Truppenabschluss 或曰 Schrägschluss)。此種林相又名異齡林相 (Ungleichaltrige Bestand)。

三 空隙地之產生

亭亭密集之林相，聽其自然生長，各種林木由其自生自滅，天長日久，年復一年，冠枝彼此相壓，失掉爭取陽光之林木則生力衰頹，漸次枯死，或以地中養分缺乏，樹根之吸收力無再供給枝冠之消耗時，則亦形枯槁。樹木之年齡已達老年一如人之年齡已滿百歲則自然枯死，此外如風之折傷，雪之壓迫，冰之撞擊，土壤之

崩裂，岩石之墜落，昆蟲之爲害，菌類之蔓延，動物之爲害以及各種寄生病等，皆有時爲害劇烈，致林木死命。林相內有死樹出現時，則空隙隨之而產生。

四 森林之密度

所謂森林之密度，乃指林木之株距與林木樹冠相擠之程度而言，普通多用之於林相中年之後，吾人步行林內，舉頭望天，則見樹冠彼此散佈天空，風來枝動，太陽光綫忽而射入，忽而又被冠之枝葉所蔽，成爲蔭影。若步入原始密林之內，則枝冠彼此擠迫，陽光不能射進林中，所謂蔭森蔽日者是也。林學家按林冠透光之程度多寡而定森林之密度，普通皆用 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 等數字，如林木之樹冠百分之百的擁擠，冠與冠間無透光之空隙，立於林內，舉首仰望，不能見天日，則此林相封閉之程度爲 1.0。又如樹冠之間稍可見天，但所能見天之面積僅爲冠遮面積十分之一，則此林相密度爲 0.9。若露天面積與林遮面積大小相等，則此林密度爲 0.5 (Tomney 2, 頁 348—358)。

舉例如：

林之密度爲 0.8 露天程度佔 20%，冠蔽天程度佔 80%。

林之密度爲 0.6 露天程度佔 40%，冠蔽天程度佔 60%。

餘可類推。

此外尚有利用林內光綫之強弱，以表示森林之密度者，如德國森林之密度，即分爲六級：

(1) 極閉 (Gedrängt, closed)

(2) 封閉 (Geschlossen, dense)

(3) 稍光 (Licht geschlossen, thin)

(4) 有光 (Licht, open)

(5) 疏隙 (Mümmlich)

(e) 空隙 (Lückig, Park-forest)

走進林內，低頭下望，滿地全是冠影，毫無日光照射處所，則此林之密度為極閉或封閉。極閉與封閉界綫甚難劃分，簡言之，前者較後者更為封閉更為稠密耳。如地上冠影所佔面積在三分之一以上，則可稱為 Dense，不能謂為 Geschlossen，故英德二字之含義亦稍有不同，冠影佔四分之三至二分之一時則謂之稍光，不足二分之一時則曰有光。至於疏隙與空隙則更疏稀，而呈公園中之樹木狀況矣。

林相密度之大小，造林時可自由處理，同種林木如用播種法造林，株距宜密，用植樹造林，株距宜疏稀；立林地之土壤肥沃時，株距宜疏稀，土地貧瘠時宜密；立林地之氣候較種子來源地之氣溫高時宜密植，否則株距要遠；空氣較乾之地，株距宜遠。此外尚宜注意林木之性格，幹性曲而多側枝者宜密植，幹性直而寡側枝者宜疏植。

五年齡與密度

國產林木種類繁多，同樣面積，密度與年齡宜如何規定，尚有待於國內林人之研究。茲抄錄德國愛北瓦林業專科大學教授 Wichmann (e) 多年研究之結果作參考。面積以公頃，即一 Hektar 為單位，列表於下：

樹	種水	青	阿 (Fagus sylvatica) 雲	杉 (Picea excelsa)	花旗松 (Pseudotsuga Douglasii)
二〇			—	五、九一七	—
三〇			四、六〇〇	三、一〇〇	一、三〇四
四〇			二、四四七	一、八八六	七五三
五〇			一、三九五	一、三二六	五二〇
六〇			八八三	一、〇〇七	—
七〇			六二〇	七八七	—

八〇	四五八	六三一	
九〇	三四六	五二〇	
一〇〇	二六五	四三五	
一一〇	二〇四	三六六	
一二〇	一六二	二〇八	

美國白松，如以每英畝爲面積單位，其株數如下：

年	齡株	數
二		二、五〇〇、〇〇〇
五		五〇、〇〇〇—七五、〇〇〇
一〇		六、〇〇〇—一二、〇〇〇
二〇		一、二〇〇—二、四〇〇
四〇		五〇〇—一、〇〇〇

二年以下之白松，每英畝可容二百餘萬株，四十歲時每英畝內僅有五百至一千株矣。

六 純林與混交林

整個林相百分之九十五以上爲一種林木所構成，謂之純林 (Reinbestand)，如林相爲兩種以上之林木所構成，則稱爲混交林 (Mischbestand)。在自然界中森林自然生長，有者林相全爲純林，有者林相則成混交，察其原因，純林與混交林形成之條件不外 (Tourney 2. 頁 330—332)。

(1) 混交林多見於熱帶，立林地之氣候愈熱，則林之混交性愈為顯著，反之，立林地較冷，則漸形成純林。故在熱帶除海濱一隅偶爾見到椰子之純林外，皆為混交林。在加拿大、西伯利亞以及北歐諸國如瑞典、芬蘭以及我國東三省，處處皆可見到廣無垠際之雲杉林或落葉松林。

(2) 林在地之氣溫對於林中之某種林木為最宜之溫度 (Optimum) 時，則此種林木易成純林，反之，對某種林木為最低氣溫 (Minimum)，或最高氣溫 (Maximum) 時，則成混交林。

(3) 土壤之物理性質及化學成分，或某種特有養料等，亦可限制一個森林成純林或混交。

(4) 林在地養分過少，或太乾燥，或特別疏鬆，或含沙太多，亦可逐漸形成純林。

(5) 林木中分佈較廣之屬，如山毛櫸、椴樹、槭樹等，則易成混交林，反之，則成純林。

(6) 種子之重量特大者，其分佈力較弱，常落於母樹之冠下，易成純林，飛散力較強之樹種，則易成混交林。

(7) 立林地具有某種林木之特別適宜性質，如酸值太高，水分過多，或為池沼之處所，易成純林。

以上所舉為自然環境對林相之限制，此外如光伐後之林地，遇種子年，即會產生幼年純林；用人工可限制純林或混交。

構成純林之主要樹種，在針葉樹方面為：

果松 (*Pinus armandii*)

馬尾松 (*Pinus massoniana*)

雲南松 (*Pinus yunnanensis*)

華北落葉松 (*Larix Principis-Ruprechtii*)

落葉松 (*Larix potaninii*)

俄國落葉松 (*Larix sibirica*)

雲杉 (*Picea asperula*)

麗江杉 (*Picea hikiangensis*)

雲南梅 (*Tsuga yunnanensis*)

梅 (*Tsuga chinensis*)

鐵堅杉 (*Keteleeria Davidiana*)

高山縱 (*Abies Delavayi*)

華縱 (*Abies Fargesii*) 等。

在闊葉樹類中，構成純林之樹種較少，主要者爲：

山竹屬 (*Arundinaria*)

竹屬 (*Phyllostachys*)

麻竹屬 (*Dendrocalamus*)

樺木屬 (*Betula*)

中國幅員廣大，跨寒溫熱各帶，故構成混交林之樹種亦特別豐富，然總括觀之，不外下列諸屬；其中有不

少具有經濟價值者：

冷杉屬 (*Abies*)

槭樹屬 (*Acer*)

七葉樹屬 (*Aesculus*)

臭椿屬 (*Ailanthus*)

合歡屬 (*Albizia*)

油桐屬 (*Alouitias*)

赤楊屬 (*Alnus*)

山竹屬 (*Arundinaria*)

鳳尾竹屬 (*Bambusa*)

熊柳屬 (*Berchemia*)

樺木屬 (*Betula*)

紫荊 (*Cercis*)

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 柱屬 (<i>Cinnamomum</i>) | 連香樹屬 (<i>Cercidiphyllum</i>) |
| 橘類 (<i>Citrus</i>) | 臘木屬 (<i>Fraxinus</i>) |
| 呵呵 (<i>Cocos</i>) | 銀杏 (<i>Ginkgo</i>) |
| 咖啡 (<i>Coffea</i>) | 皂角屬 (<i>Gleditschia</i>) |
| 榛子 (<i>Corylus</i>) | 大頭茶屬 (<i>Gordonia</i>) |
| 孔雀杉 (<i>Cryptomeria</i>) | 扁擔桿子 (<i>Grewia</i>) |
| 柏屬 (<i>Cupressus</i>) | 梭梭樹 (<i>Haloxylon</i>) |
| 黃檀 (<i>Dalbergia</i>) | 金縷梅 (<i>Hannamellis</i>) |
| 柿屬 (<i>Diospyros</i>) | 莢葉樹 (<i>Helwingia</i>) |
| 金錢槭 (<i>Dipteronia</i>) | 枳椇 (<i>Hooveria</i>) |
| 木棉屬 (<i>Ceiba</i>) | 金蓮子屬 (<i>Ehretia</i>) |
| 構屬 (<i>Broussonetia</i>) | 枇杷 (<i>Eriobotrya</i>) |
| 山柑屬 (<i>Capparis</i>) | 刺桐 (<i>Erythrina</i>) |
| 千金楸屬 (<i>Carpinus</i>) | 有加利 (<i>Eucalyptus</i>) |
| 栗屬 (<i>Castanea</i>) | 杜仲 (<i>Fucomia</i>) |
| 刺栗屬 (<i>Castanopsis</i>) | 野鴉椿 (<i>Buscaphis</i>) |
| 楸木屬 (<i>Catalpa</i>) | 黃楊屬 (<i>Hyonymus</i>) |
| 香椿屬 (<i>Cedrela</i>) | 水青岡 (<i>Fagus</i>) |
| 衛茅屬 (<i>Celastrus</i>) | 黃角樹屬 (<i>Ficus</i>) |
| 朴屬 (<i>Celtis</i>) | 梧桐屬 (<i>Firmiana</i>) |

建柏屬 (*Prokieria*)
 松屬 (*Pinus*)
 黃連木 (*Pistacia*)
 羅漢松 (*Podocarpus*)
 楊屬 (*Populus*)
 杏屬 (*Prunus*)
 金葉松 (*Pseudolarix*)
 花旗松屬 (*Pseudotsuga*)
 紫椴 (*Pterocarpus*)
 青椴 (*Pteroceltis*)
 梧桐 (*Jatropha*)
 核桃屬 (*Juglans*)
 檜屬 (*Juniperus*)
 鐵堅杉 (*Keteleeria*)
 欒樹 (*Koeberlinia*)
 紫薇 (*Lagerstroemia*)
 落葉松屬 (*Larix*)
 荔枝 (*Litchi*)
 白蓬木 (*Litsea*)
 欖花 (*Loropetalum*)

木蘭屬 (*Magnolia*)
 棟屬 (*Melia*)
 桑屬 (*Morus*)
 桂花屬 (*Osmanthus*)
 泡桐 (*Paulownia*)
 竹屬 (*Phyllostachys*)
 雲杉屬 (*Picea*)
 梅屬 (*Tsuga*)
 文冠果 (*Xanthoxerans*)
 柘榴 (*Punica*)
 梨屬 (*Pyrus*)
 麻櫟屬 (*Quercus*)
 鼠李屬 (*Rhamnus*)
 漆樹屬 (*Rhus*)
 柳屬 (*Salix*)
 烏臼屬 (*Sapium*)
 木荷 (*Schinus*)
 槐 (*Eophora*)
 花楸 (*Sorbus*)
 台灣松 (*Taiwania*)

檉柳屬 (Tamarix)

菩提樹 (Ficus)

紅豆杉 (Taxus)

樅屬 (Torreyia)

茶屬 (Theae)

樺 (Zelkova)

扁柏屬 (Thuja)

棗 (Zizyphus)

七 同齡林與異齡林 (Touney 2, 頁 325—384)

構成林相之林木，年齡相同者謂之同齡林 (Gleialtrige Bestand, Evenaged stand)，年齡不同者謂之異齡林 (Ungleichaltrige Bestand, Unevenaged Stand)。

(1) 同齡林之優點：

- (a) 同樣面積內，株數較多，大小較為一致。
- (b) 樹大枝密，側枝以日光不足，自然枯死，林木幹直而枝少。
- (c) 木材質良，樹形亦佳，工藝上用之可得較高價值。
- (d) 四週之林木皆同等高，樹冠只能向上伸長，無枝樹幹之長度增大，易得直幹用材。
- (e) 高矮一致，樹冠相若，側枝較為弱小。
- (f) 間伐工作易於舉行。

(2) 異齡林之優點：

- (a) 母樹砍伐後天然更新較易，同齡林用天然更新不佳。
- (b) 冠層上下互相參差交錯，樹樹皆有受光機會，故增長量特大，地力不易消失。
- (c) 抵抗風折雪壓蟲害火災及其他外來害之力較強。

第十六節 森林之形成

森林之生長與林木之生長不同，故森林之形成亦與樹木之形成大異其趣。以一樹論之，其生長之快慢，樹形之良否，材質之性質等，亦常有不同。故同一年齡之林木，其木材之產量相差甚大，如歐洲赤松，據 Menzer (2) 研究，生長優良之松較生長不好之松產量可大三倍有奇，如：

生長優良之等級	年	
	110	160
甲	二·八六一	三·七一六七
乙	二·一四四五	二·七九一〇
丙	一·五五三六	二·〇五一六
丁	〇·九六〇四	一·二五九八

生長最好者每株木材積尙可超過四立方公尺，而生長最壞者僅爲〇·八立方公尺，影響生長之主要因素爲生長季之雨量，雨量小時生長速。

德國林學界名將 Dangel (1) 在普魯士林局，對老松樹冠之大小，葉量之多少，對木材容積之生長關係，曾作一極有趣味之報告，今抄錄其主要之點於此：

樹冠由上垂直至地表，所佔之面積分爲四級，甲爲七一方公尺，乙爲四〇方公尺，丙爲三二方公尺，丁爲一〇方公尺，則每株松乾葉之重量，針葉數目，所有葉數相接之總長度，葉之總合面積，以及葉之總合面積與乾後重量之比例等，各項關係如下：

種類	乾葉重量 kg.		葉之面積 cm ²	葉之冠長 km.	葉之冠面積 cm ²	比例	
	甲	乙				葉重	面積
松	甲	五二、三九〇	三、四五四、八〇〇	一九九	五七三	六・二	六・四
	乙	三一、六〇〇	三、二四二、六〇〇	一一〇	三六三	三・九	四・〇
等	丙	一九、九六〇	一、五一一、六〇〇	六七	二一一	二・三	二・五
	丁	七、九八〇	七〇二、四〇〇	三四	九三	一・〇	一・〇
木	木材容積 m ³	六・二五	四・一八	二・四八	一・一七		
	葉重 kg	六・四	四・〇	二・五	一・〇		

由上表觀之，單株樹木，冠大葉多，木材之容積亦大。一般看來，約成正比例。然森林為若干林木之積體。同樣面積內之森林，以樹種之差異，冠之大小高矮，株距之疏密，以及年齡上之已達衰老時期與否，皆能影響木材全林之產量。

同齡林在發育上，冠之大小與高矮較為整齊規則。異齡林則林木大小不同，冠枝互相重疊，形狀不一。老者枯死，幼者代之，由上向下遠望，全林冠層為起伏參差之狀。

如為混交林時，全林之生長量，則全視造林技術，如間伐、補植、更新等工作得當與否而定。森林之形成，無論其為混交或純林，為同齡或異齡，常經下列三個時期。

由播種或植樹創立之幼林，株距遠，生長緩慢，以根細小，吸收地下水養料之力較弱，但數年之後則枝

葉茂盛。幹粗根壯，林相呈活潑情況。在此初長期內，樹形向水平方面發育較快，故側枝粗長，無不枝之樹幹。嗣後全林樹之側枝皆互相接觸或壓擠，其失掉得日光機會之枝條，則先乾枯而後脫落，此時期林木皆向上生長速，向四週生長極慢。筆者在甘肅洮河卡車溝上游見到封密之雲杉林，高可十四五公尺，徑粗不足十分，但樹齡在四十歲以上。若在此幹直密集十分封閉之時期，施以合理得當之間伐與打枝，則全林失去鬱閉，生長迅速，且可得良材。若為原始林 (Tirwald) 不加人工處理，聽其自然，一部林木枯死，一部成大小不齊好壞皆備之林相。原始林在最初雖有幹之高矮不同，直徑之大小不同，但發育結果，常林冠齊平，衰弱之樹常生長不加高，且內部腐爛，則逐漸被幼樹代替。

第十七節 林相之改善

對任何殘林，不論其為同齡或異齡，無論其為混交或純林，在吾輩林人手中，皆可根據林地之環境，林木之種類，樹木之年齡，鬱閉之程度，以及伐跡地從新創立森林等，皆可使之成為吾人滿意之林相。

混交林使之變為純林比較容易，去其異種，隙地用人工更新或天然更新，即可達到目的。若純林欲變之為混交，則非多年之長時不為功。先伐除令人不滿意之林木，保留冠大而幹直者，再於冠下補植異種陰性林木，以防高木之橫枝四出，並增加同地之木材產量。

對於林相之改善上，吾人應注意者有數點 (Journey 6)，茲略陳於下：

(1) 不容性之林木 (Intolerant tree) 不宜用異種冠齊方式養成混交，所謂冠齊方式者，即甲種不容性林木已構成可觀之冠層，其間再保留乙種林木，使乙種林木之冠層，限制甲種林木樹冠的過度發育之謂；最理想之林相，應用不容性之樹種，構成高部冠層，可容性 (Tolerant) 之林木構成低部冠層。

(2) 在好土壤中，半容性之樹種用異種冠齊方式混交，結果最好。在此種情形下，幹材常能充分的發育，遠超出枝材之生長量。

(3) 當數種林木混交時，欲充分利用林立地土內之濕氣與養分時。最好用單株混交，不用成簇狀混交，如此則個別林木，皆能充分吸收自己所需之養料；若林立地之土壤性質不一律，或片狀互異時。則宜用片狀混交，以充分吸收地利。

(4) 由不容性林木組成之純林，在發育過程中已至柱桿期 (Stangenholz)。即可引進外來可容性林木，養成低部冠層，以保護地力。

(5) 由可容性林木組成之純林，林相不良，若由其自生自長，則每況愈下，宜及時引用單株樹木混入，在高樹之下，栽植他種樹木，以校正高層林木之樹形。下植樹用半容性 (Half tolerant) 林木或不容性林木。在此種情景下，原來單株可容性樹木所減少之材積生長量，則下植林木之生長量可補足之。

如水青岡構成高部冠層，下植用臘木樹或楊柳之林木。

(6) 不容性樹木在林中已佔有相當數量時，則用立地之土性限制之，土好，株宜多宜密。

一 幼年殘林之改善

無論為何種林木，幼年林相之處理皆比較容易 (Petal 4)，但在改善林相工作之前，宜首先研究此幼年林相所以殘廢之原因，如係林立地之病或受外界之害而致殘廢等。幼年林相殘廢主因：

(1) 土壤中缺乏某項養分，或土層過薄，或水分太多與太少，物理性與化學性之不適宜等所引起之殘狀。

(2) 土中有為害幼根之蟲類與菌類時。

(3) 幼林內或其附近有高等動物為害時，如羊、牛、馬、兔、鼠、松鼠等。

(4) 鳥類為害，地表種子常被其食盡。

(5) 人類為害，如野火燒山，斫柴等。

針對着幼林殘廢之主因作適宜的改善，如土性或環境不宜於幼林之生長，宜另覓其他樹種代之；土壤中有蟲類為害時，可在林內養鷄豬，以殺食之；羊牛馬大家畜為害時。最好在林邊植數行柃樹或軌囊等；對有皆種

予之鳥類，宜擇時補播；人類之爲害，乃一較爲難解決之問題耳。

二 中年殘林之改善

所謂中年林相乃指林木生長，樹幹之加高與加粗速度最大之一段時期言。故中年時期視林木種類，立地性質，亦常有甚大之差異。一般在柱桿期以後，卽爲中年林相。我國除東三省外，多此種中年殘林，如陝西之秦嶺，甘肅之疊山（岷山西部），寧夏之賀蘭山，綏遠之大青山，河北之霧靈山，山西寧武之管涔山，河南登封之禹寨山。廣東之白雲山，廣西之篠山，雲南之點蒼山。貴州之梵靜山等。此種殘林之形成，強半由於當地或附近居民之濫伐。故改善林相須先禁居民入山斫柴，不準伐樹亂用，一方指導人民入山觀察，樹形不好，或無成材之望者，一律除去，再於其跡地利用天然更新創立幼林。果能如此則高者成爲發育良好之林木，低者養成整齊之幼木，二級林相，由是創立。

三 老年殘林之更新 (Cotta 2, 3)

我國老年殘林甚少，僅見於西康、吉林、黑龍江、雲南之西北部，廣西百色附近一帶。老林殘廢原因與中年林及幼年林不同。尤其在我國爲然。或因林木壽命已達老年，成自然之枯死，如松潘與平武間大雪山（長江1），雲南靖邊之大圍山；或因寺院中林木爲僧道所保護，自古至今未加傷害，林木亦有自然枯死者，如甘肅榆中縣之興隆山，山西北部之五台山等。

老年殘林改善，宜首先擇數株生長停止但木材尙未腐爛之樹，作樹幹分析，探知樹高與年齡，直徑加粗與年齡，材積增長與年齡等。其已達衰老之年或生長停止之年者，無論其已經枯死，尙未枯死，或僅有乾枝，甚至於尙無乾枝者，皆一律除伐之，然後在其空曠之跡地行天然更新或人工更新，造成多級林相，養成永續林 (Molier 5)。

第十八節 混交林 (Gayet 3)

一 陰陽樹混交林

陰性樹又簡稱陰樹 (*Schattbölzern*)，以其耐陰性顯著，在生理上不需要過烈之陽光或中等強度之陽光即可生存；陽性樹亦稱陽樹 (*Lichtbölzern*)，喜歡太陽光，在充分之強光處所生長良好，若移植於陰影之地，則漸形枯死。

陰性之主要樹種為雲杉類、冷杉類、水青岡、山毛榉、槭樹類、杉木、金葉松等。

陽樹之主要樹種為雲南松、果松、馬尾松、落葉松、華北落葉松、鐵堅杉、雲南栂等。

歐洲陰陽性樹種已有定論 (*Dangler 1. S. 326—333*)，我國樹木對水旱抵抗力之強弱，有人作過局部之調查 (*陳麟 2*)，足資造林者之借鑑。對大旱抵抗最強之樹種為黑松、赤松、池柏、落羽松、小蘗、海桐、桑、無花果、杜仲、槐、洋槐、棟樹、拐棗、臭椿、烏臼、石榴等。但對陰性樹之斷定，尙待研究。

在我國西北各省抗旱力最強之樹種，據筆者觀察為臭椿、槐、欒樹、石榴、洋槐、棗、榆、胡桐 (*Populus euphratica*)。山柳 (*Elaeagnus angustifolia*) 等。

故陰陽樹混交林可分三項說明之。

(1) 陰性混交林

Picea × *Abies*

Picea × *Fagus*

Fagus × *Cunninghamia*

(2) 陽性混交林 (*Meske 6*)

Pinus × *Quercus*

Tsuga × *Keteleeria*

Abies × *Larix*

Fagus × *Carpinus*

Acer × *Pseudolarix* 等。

Larix × *Betula*

Lithocarpus × *Cryptomeria*

等，不過在我國松與櫟混交，有時結果欠佳 (*李寅恭 7*)。

(29) 陰樹與陽樹混交林

Larix × Abies

Abies × Picea × Betula

Acer × Quercus

Lithocarpus × Pseudolarix

Fagus × Ulmus 等。

以上所舉不過我國已見到生長良好之混交林相的一小部，其餘如第十五節內純林與混交林下所述之樹種，皆可構成混交林，是在吾人之善利用耳。

二 混交林之種類

除以上所述陰性與陽性所構成之混交林外，尚有所謂針葉樹種混交林，闊葉樹種混交林。針葉樹與闊葉樹混交林等，茲不再伸述。本段只依林相之面積，混交林可別為下列數種：

(1) 單株混交林 (Einzelmischung)，在甲種林木構成之林相內，乙種林木個別單株混生其中。

(2) 叢狀混交林 (Truppenweismischung)

(3) 簇狀混交林 (Gruppenweismischung) (Gayar 3)

(4) 片狀混交林 (Horstweismischung) (Gayar 3)

叢狀、簇狀、片狀等字義解釋，參看第十五節一段。

(5) 線狀混交林 (Reihenmischung)，在甲種林木構成之森林內，乙種林木成綫狀方式，即一條一條的混放進去。

(9) 帶狀混交林 (Streifenmischung)，甲種林相內，乙種林木成帶狀的，數行並列着插入。

Dangler (1) 對混交林提三個字，可包括一切混交林，今為舉出：

(a) 平混 (Horizontalmischung)

(b) 立混 (Vertikalnischung)

(c) 階級混 (Treppen-order stufennischung)

三 混交林之優點 (Hoimay 9, 頁 339—343)

混交林之優點頗多，難以盡述，今舉其主要者：

- (1) 深根性樹與淺根性樹混交，則地中養分可充分利用，在淺根樹又可減少風害。
- (2) 對氣候抵抗力較弱之樹木，可減少風折、雪壓、冰傷、霜打等害。
- (3) 森林之內，有隙即植，使地無荒廢，在林立地之土層，其性狀不均，而養分含量互異時，可行叢狀、簇狀等混交，充分利用地力，保持生長良好之林相。

(4) 混交林之菌害及蟲害較少，以某種蟲類專喜食某種樹之枝葉或幹皮，如為混交其害較少 (Tatje 5)。

(5) 在極為貧瘠之土壤內，混交林生長較為優良，因之木材產量較大。

(6) 在荒山初次創立森林，如用不同種之混交，不至全盤失敗。兩種林木在一地生長，經相當時間之後，再將其不宜地土之種伐去，留其佳種；如初次即造純林，一旦發現其不相宜，再全伐去，則數年之工作，等於虛擲。

(7) 少火災 針葉樹純林以木質內含有松脂，易燃燒，故常引成劇烈之火災，如為混交林則可避免火災；混交林內常比純林內多益鳥益蟲；且最初間伐之幼樹，常為佳良之柴材。

(8) 混交林利用天然更新 (Natürliche Verjüngung) 比純林為易。歐洲學林人均知蘇格蘭之赤松與挪威之雲杉皆不易用自然更新。但混交林則可成功。

(9) 對木材市場之需要上，混交林亦佔優勢，可酌量間伐出售。

人造混交林時首宜注意林木之種類，務使全林樹木皆能充分發展，其次要注意老樹之年齡，已達衰期之樹 (Hiebsreife) 須完全伐去。林下幼樹，受鄰近他樹側枝之壓迫者，宜酌量伐之，使其失去妨害幼樹之威力；再則土地保護上亦應注意。不可有充分陽光直射地面。陰陽樹種混交常得優良之結果，更新時宜盡量用天然更新，太理想之混交林不易成功 (Danzler 1 B. 340)。

混交林有如是優點，難怪德國林人 Gayer (4) 在數十年前即大行鼓吹造混交林也。
純林之優點較少 (Tonney 3, 頁 337—339)，其主要者爲：

(1) 易管理，易施工，易計算。

(2) 側枝自然枯死，較爲規則，樹易成幹直之良材。

(3) 伐木時較爲經濟，對幼樹傷害較小。

(4) 人工造林簡單，用人少，用錢少。

純林經營較易，在無經驗之林局管理人多喜採用；混交林木材之質與量均特別增加，但須要高深之學識。

引用外來樹種造混交林較易成功 (Schwappach 8)。

第十五節 文獻

(1) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 254.

(2) Tonney 1928. Foundations of Silviculture p. 322—334.

(3) Wiedemann, 1938. Ertragsfeln für Buche, Fichte, Douglasie.

第十六節 文獻

(1) Dengler, A., 1937. Kronengröße, Nadelmenge und Zuwachsleistung von Altkiefern. Z. f. F. u. J. Bd. 69, S. 321—336.

(2) Flenes, E., 1937. Ueber die Zuwachsleistung einzelner Stämme etc. Z. f. F. u. J. Bd. 69, S. 389—403.

第十七節 文獻

(1) 長江，中國約西北角，大公報發行。

- (2) Cotta, H., 1845: Anweisung zum Waldbau. 6 Aufl. S. 175.
- (3) Co'ta, H., 1856. Anweisung zum Waldbau S. 135.
- (3) 4. Pfeil, W., 1843. Die Forstwirtschaft, 3. Aufl.
- (4) Möller, 1925. Dairerwaldgedanke. Nudamm.
- (5) Toumey, 1928. Foundations of Silviculture p. 334—336.

第十八節 文獻

- (1) Dengler, A., 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage S. 257—340.
- (2) 陳燦, 1934, 樹木對天旱抵抗力之調查, 農林新報。
- (3) Gayler, J. K., 1886. Der gemischte Wald. S. 68.
- (4) Gayler, J. K., 1898. Der Waldbau 4. Aufl. S. 223.
- (5) Hartig, R., 1889. Lehrbuch der Baumkrankheiten S. 55.
- (6) Hesse, F., 1939. Forst- und Holzwirtschaftsverhältnisse in der Mandschurei.
- (7) 李寅恭, 1934, 松雜混交林之危險性, 中華農學會報, 第二一九—二三〇期, 頁二五—二七。
- (8) Schwappach, 1901. Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten.
- (9) Toumey 1928. Foundations of Silviculture p. 339—345.

第五章 森林創立

- 一、林地整理（第十九節）
- 二、土壤混合與施肥（第二十節）
- 三、活土機械（第二十一節）
- 四、天然造林法（第二十二節）
- 五、萌芽造林法（第二十三節）
- 六、竹類造林法（第二十四節）
- 七、種子之成熟，取得，整理收藏與遺傳（第二十五節）
- 八、發芽率之測定（第二十六節）
- 九、種子之重量容量與數目（第二十七節）
- 十、種量，株數與面積（第二十八節）
- 十一、苗圃經營（第二十九節）
- 十二、植樹技術（第三十節）
- 十三、沙地造林與荒山造林（第三十一節）
- 十四、天然造林與人工造林之比較（第三十二節）

第十九節 林地整理

欲立林地，伐後跡地，殘林內之空地，以及池沼、沙丘等，皆可視為林地。以林地之環境不同，處理方法

自然亦異。關於沙地造林將詳述於第三十一節內，本節不贅。林地內水分太多時，應當先覓相當地點掘引水溝，行排水工作。乾地及寒冷之地須特別保留母樹，或特別留存對幼苗之保護植物，如此則幼林不致澇死或凍死。林地內之雜木及根株要盡量除去，以其常妨害幼苗之生長。如令其殘存，則下植不利。

斫伐跡地要從速造林，以防雜草雜木叢生，增加立幼林之困難。立林地之範圍內，若有得病菌而致枯死之林木時，宜速掘出，集而燒之，以免病菌在幼林中蔓延。天然雜木林之整理，比初立林地之改良，費用爲大（本多）。

森林之內以密度大，陽光少，多年落葉集成一厚層時；或林相過於疏稀，滿地皆繁茂之叢草時，對於更新上皆有妨害，宜盡量除去（2）。

除枝葉雜草之外，地面之凸凹不平，或爲裸露之岩石時，樹木種子不能在那裏發芽，亦須要特別用人工方能立林。林地性質各有不同，茲略舉整理辦法數條於次：

一 裸岩之整理

裸岩造林乃一待研究之問題，在不容易風化之岩石造林實屬不可能，若岩石易風化或岩石中有空隙者亦能生長樹木，如山檜、歐檜即能生長於裸露之石灰岩上。華山仰天池附近之裸岩上有果松，陝西張良廟黃石公授書樓旁之大理石上有紫柏，雲南昆明至四川瀘州公路之側，在宣威境內，裸露之石灰岩上亦生有矮小之檜樹林，吉林省長白山之岩石上偶爾可見到雲杉，河南嵩山之巔有小花杜鵑。

中國可造林之山地甚廣，裸岩尚不需要造林，如爲了某種目的，可在裸岩上開洞添土植樹，成活之後，年深日久，亦能成高大之樹木。

二 荒山荒草之整理

（1）平刈法 冬用鐮刈草。若在荒山，於秋末冬初寬約一、二公尺，長約二公尺之畦，將刈下之草埋入土內，以作苗木將來之肥料。因雜草刈後容易被太陽晒乾，爲風吹散，移往他處，不能爲幼林利用。或將乾草

用火焚燒，將灰埋入土中以作肥料。

(2) 孔刈法 將荒山荒地之草皮用鋤頭或其他適宜農具除去一塊。此種草之土皮作成圓形或方形均可，直徑之大小視雜草之高度而異，比草高稍大爲宜，普通直徑六〇—一二〇公分足矣。然後在孔之中央植幼苗，孔與孔之距離，視苗木大小及種類而異。苗大時孔要大，孔距要遠，反之，則要小要近；生長較速或孳枝性之苗木稍疏稀亦可。若林木生長緩慢，則多側枝，孔距務必要近，否則難成大好良材。

陰樹易受寒熱之害，不宜用，但在熱帶及亞熱帶造林亦可採用，以此種地帶草皮旺盛常危害種子之發芽及幼苗之生長。

日人在台灣用此法造林，著者在雲南昆明城北長蟲山造林，皆用此法而成功。

(3) 條刈法 作條狀之刈草，將幼苗種植於此無草之土皮內，土地過於乾燥時，苗木亦可望生長良好。條幅之寬度宜較雜草之高度爲大。

日本房州清澄地方，用此法除草植林，稱爲本多式拵法（本多式）。

草皮條刈之後，若用條播法植樹，須注意山坡之斜度，條面不可與山坡平行，要與山坡成直角，條面之自身成水平。若地方乾燥，條長方向要由東向西，或由東南向西北，不可由南向北，或由西南向東北，如是則避免陽光之爲害（藤島信 4）。

(4) 燒拂法 我國各省皆有燒山惡習，爲害幼林，莫此爲甚。然本節所述爲將要立林地之荒山除荒草，與野火燒山不同。引火前須預先作好防火綫，在風小時，乾燥之日行之。若四季常風，或日日皆風，須視察風之方向，風在一日之內常有一定方向，由山谷吹向山巔，或由山巔吹往山谷，最好在風向下吹拂時，由山之高處引火，使其向下燃燒，萬不可由山脚下引火，因向山上常火焰勢氣大，易造成大火害。

若附近原野已一部立上幼林，或爲居民住地時，先由四週作成防火綫，從四週引火，向內部燃燒。

三 竹叢地之整理

竹林固然亦有用途，但不合於吾人所需要之目的時，則設法剷除之。對竹蘗用平刈法將毫無效果，竹根蔓延特快，刈不勝刈，惟一辦法要在盛夏，新竹十分發育時，竹根內之養分已用盡，伐竹掘出鞭根，即可使翌年生筍無多，其勢力衰弱，二三年後則竹絕跡。

日本多摩川水源林，當年竹蘗爲害，卽以是法使竹根絕跡，另立了新林(3)。

四 天然雜木林地之整理

先將成材及製炭用材酌量伐除利用，林內根株亦須設法挖出，使幼林得自然之生長發育 (Cotta 1)。

天然林利用困難之地，先將立木基部四週之樹皮切斷，深度須二寸以上，樹皮內之形成層 (Kambium) 完全割斷，則樹液不能流動，林木則形枯死；如一部樹皮連絡，樹液依然能流動，林木尙能局部生長，火燒失效。盛夏樹液流動最甚，在秋末或一年內最乾燥之季，放火焚燒，中小林木，大抵皆被燒死，三四年後，再立幼林。

大的樹木，除伐連出，頗費人工，中小樹木大半皆可燒盡。若林地內濕度不足，幼苗栽植皆枯死時，則不可用此法。

五 保護樹留存地之整理

造林事業進步，雖高山寒地，亦能漸形植林，但新林未成之前，老林宜盡力保護，或留存最低限度之母樹，數年後幼林抵抗力增大，再將殘廢之老樹除去。我國各省所謂森林大半皆此種殘林。

第二十節 土壤混合與施肥

一 施肥之效果

林地不比苗圃，出產較少，肥料與人工若用之於林地，常所得不償所失。在我國除數種有經濟價值之林木外，如白楡杆、柚木、金鷄納樹等，既不施肥。

雖久無立林之地，土內養分消失殆盡，爲了某種目的，如工廠掩護、水源涵養、土壤固結、風景林、保安林等，則亦可酌量用些硫酸銨、磷酸鈣及其他人工集肥。一般酸性土壤，加入石灰，則可促進有機物之分解，而可收土地改良之效果。用幼苗造林或在林地播種造林，欲稚苗生長迅速，則非加入養分使林地充分肥沃不可。

一株林木施肥量有限，三八公分之油粕，八公分之過磷酸鈣與土壤混合，即可得生長迅速促進之效（藤島信 6）。

用石灰岩之粉末代替肥料，對雲杉林之幼苗有顯然之助力，但對於老年之雲杉林則不顯著。德人 Wiedemann (4) 氏集多年之經驗，得結論曰，岩石粉末確能促進林木之生長，但視岩石粉末種類不同，對幼苗之影響亦異。用人工變堅固岩石成粉末乃一種速成的人工風化，自不能與好土壤相較。然對於土地狹小之德國，在森林生長上確有其助力也。

二 土壤之施肥

造林與務農不同，在原則上根本不宜用肥料。故林地內土壤養分缺乏時，只能在樹種選擇上及土壤混合上下工夫，不可購買肥料使地肥沃。

關於苗圃內宜用之肥料 (Toumey 3)，將詳於第二十九節內，此處不贅。

此外關於施肥施用之目的，肥料之性狀與種類，各種肥料之製造法，施肥之效果，土壤性質與肥料種類之關係，藤島信 (六頁三〇九—三三三) 之造林學中言之頗詳。

俗語云，人工勝天，確含有至高哲理，九年前德人 Zantgraf (5) 氏即妙想天開，用無用之岩石 Basalt 之細粉代替肥料，結果甚好。

嗣後 Hilt (1) 氏又作更進一步之研究。

三 林地施肥之實例

歐洲荒蕪之地造林，常用肥料，或用綠肥，或先植灌木草類以改進地力。豆科植物可增加土內之氮氣。磷鑛粉，泥灰石之粉末，石灰，普通石膏皆可作肥料。

北德丹母克地方有林地三二〇公頃，其中一四五公頃爲麻栗，一七五公頃爲針葉樹，土壤完全爲細沙，當年造林時係先栽植羽扇豆 (*Trifolium hirsutum*)，增加土中之氮素，再加鑛物肥料泥灰石二〇噸，磷鑛粉三一四噸，然後播種林木種子，三年生苗高可一·五公尺（藤島信，頁四八九—四九〇）。

德人 Hilf (1938) 在北德 *Thirowal* 地方，用玄武岩 (*Basalt*) 之細粉末及其粗塊以代肥料，作過許多有價值之試驗，茲將其試驗經過及其所得結果，略陳於次，以作我國林人參考：

立林地爲一九二四年光伐跡地，變成荒沙，在一九三五年先種植羽扇豆與豆科之 *Omithopus sativus*，在一九三六年施以翻土施肥工作，所謂施肥，事實上並非用肥料，即上述無用之玄武岩。

每公頃植二〇、〇〇〇株赤松，一年苗，行距爲一〇〇公分，株距爲三三公分，在幼松行間每隔四株植闊葉樹或其他針葉樹一株，每公頃約六、〇〇〇株，合計每公頃約兩萬六千株，其混植之六千株樹，種類有二十一種之多，其主要者爲洋槐、白樺、黑楊、槭樹、美國白楊、花旗松、加拿大白楊、雲杉、楊樹、落葉松、菩提樹、山毛櫸、板栗、麻栗等。

施用玄武岩之方法分成若干不同之類別，如有的區域將粉末施在土地之表面，再分不同之厚度；有的區域用穴混，即預備植樹之穴先混進若干玄武岩之粉末或粗塊。如表內所示，第一項表示試驗林地之劃分區域，第二項爲施肥方法，有根本不用玄武岩者，有用玄武岩之粗塊者，有用玄武岩之細末者。第三項表示覆岩粉之厚度，以公分爲單位。第四項爲混交林木，林地不施肥，只在種植幼苗之穴中混以粗塊或粉末，以公斤計。每公頃穴數爲六、〇〇〇。第五項亦是穴混，樹種爲幼松，每公頃爲二四、〇〇〇株。第六項爲每公頃用粉末或粗塊之噸數。

在第一年針葉樹與闊葉樹即有極顯著之差異，闊葉樹生長良好，針葉樹則較差。五—六用肥較多，算重。

肥，六、八用肥較少，算輕肥。一、五及二根本未施肥。洋槐與板栗生長雖則良好，但冬天上部被凍死。花旗松、菩提樹等亦受些凍害。

區	別施	肥	法厚	度	混植樹	樹	每公頃用量(以噸計)
					每穴以	每穴以	
					公	公	
					斤計	斤計	
					松		
一	不用			—	—	—	—
二	玄武岩粗塊			二	—	—	三三〇
三	玄武岩粗塊			—	—	—	一七〇
四	玄武岩粗塊			〇・五	—	—	八五
五	不用			—	—	—	—
六	玄武岩粗塊			〇・二五	—	—	四二
七	玄武岩粗塊			〇・一〇	—	—	一七
八	玄武岩粗塊			〇・〇五	—	—	八
九	不用			—	—	—	—
一〇	玄武岩粗塊 玄武岩粉末			—	—	〇〇・二	—
一一	玄武岩粉末			—	—	—	一七
一二	玄武岩粗塊 玄武岩粉末			〇・一	—	〇・二	二八

經過長久之觀察，赤松 (Pinus silvestris) 生長如下：

名	稈不用肥料	覆肥			穴	混
		草	肥輕	肥		
二年苗高度	20 cm	28 cm	29 cm	31 cm		
一九三七年枝長	21 cm	21 cm	21 cm	24 cm		
盆	132 g	181 g.	193 g.	229 g.		

表中：施肥後幼松之重量與稍長。

在闊葉樹更爲顯著，如樺木 (*Betula verrucosa*) 及白楊 (*Populus balsamifera*) 用玄武岩之肥料，生長上更爲顯然。

表：白楊與樺木生長直徑，由距地二十公分處計量。

名	稈不用肥料	肥重	肥輕	肥穴	混
樺木	二·五	二·八	三·二	三·三	
白楊	一·五	二·八	二·二		

表：白楊與樺木，高度生長與徑粗生長較不用玄武岩者增加之%。

名	樺木		白楊		混
	稈不用肥料	肥重	肥輕	肥穴	
高	100	110	106	111	
徑	100	114	126	136	

白楊			
高	度	100	二三三
徑	粗	100	一八六
			一四〇

其餘如落葉松、加拿大白楊等亦皆有顯然之差異，學者欲知其詳，請翻閱原文，茲不多述 (Hilt 3)。

第二十一節 翻土機器 (Geräte für Bodenbearbeitung)

林地翻土工作宜用之機器與農業方面所用者相同，種類繁多，非此短節所能盡述，然以動力分之，不外下列三類：

- 一、用人力之機器
- 二、用畜力之機器
- 三、用動力機之機器

一、用人力之機器，最為簡單，工作效力最小，如鐵耙、鋤頭、鏟叉、板狀掘、齒形掘、寬板掘等。我國農間自古迄今即用此種農具，以我國四萬五千萬之人口論，農人佔百分之八十以上，而所生產之糧食不足分配；美國一萬三千萬人口，農民約一千一百萬，不足全國人口數的百分之十，但其每年生產，除自用外，棉花、麥類農產品尚大批出口，是以人力與機器動力相較，其效能之微小，不過百分之一，千分之一，甚至於萬分之一耳。故我國雖自古以農立國，然工作方式不立求改變，人力若不用動力代之，則永不能真正獨立於世界，永不能與列強並駕齊驅也（顧復 6）。

二 用畜力之機器 (Dengler 3)

畜力機器較人力機器效力為大，故各國林地翻土工作仍多用之，畜力翻土機最普通者為犁 (Pflüge)，犁之

構造因種而異，有著只有翻土動作，如中國民間所用之牛拉犁，馬拉犁，有著分二種動作，第一項動作先用刀將土皮割一深溝，第二步工作爲犁頭分土，如 *Pendelplug P 3 A* (Ilanomag 公司出品)；有著分二種以上之動作，第一步先用刀刃開土，第二步翻土，第三步又行開土，第四步又行翻土，一步比一步工作爲深，故犁過之後，則林地土壤翻過，如 *Pendelplug SSP 號*，*PZ 號*等。

究宜用何種犁爲宜，須看立林地之土皮而定，土皮以其堅硬或固結之程度不同，有下列異點(Hill 4)：

(1) 蔓生草類 此種草類，犁之第一步動作須將草蔓切斷，然後繼之以劈土翻土工作。

(2) 簇生之草類 如 *Aira*, *Molinia*, *Poa*, *Miscanthus*, *Themeda* 等，犁之動作第一應先由一側劈開草層，再用翻土動作完成第二步工作，第三步再擊碎土塊。

(3) 一般淺根草類 如 *Calamagrostis*, *Carex*, *Cyperus*, *Festuca* 等，犁上所帶之刀刃宜由上而下，然後行翻土工作。

林內土坡亦有種種不同，然大別不外下列三類：

(a) 集枝集葉 宜先用人工除去之，然後用犁。

(b) 樹之盤根及株根 皆爲翻土工作之大障礙，若不先用人工除去，常使犁頭在工作中破壞。

(c) 石礫或石塊 爲害犁頭，莫此爲甚，可先用 *Woinkauf* (11) 氏之犁頭掀起，然後除去之。

丹麥常用之混沙機 (*Meizer 9*) 亦爲畜力翻土機器之一種，用於較平之山坡上，頗爲便利。

三 用動力機之機器

動力機之機器，其主要力爲引擎，引擎學名發動機，卽利用熱力，或各種液體燃料，燃燒後所生之力，僅動機械之轉動，當此人力昂貴，畜力微弱，風力與水力又爲自然條件所限制之時，發動機爲最好之動力。

引擎以其所用之原動力不同，可分爲蒸氣引擎及瓦斯引擎二種：

(A) 蒸氣引擎

(1) 原理及構造 在密閉器內裝水，加熱，使水化汽，容積膨脹，利用此膨脹之力，改變為轉動之動力，用鍋爐，下用強烈之火，使之化氣，即引擎力之原始動力。再用齒輪或皮帶之類引出其他不同之動力。

(2) 引擎製造時應注意之點 製造引擎乃專門學問之一種，但原理要發生蒸汽迅速，燃料輕便經濟，形式小，佔空間要少，構造要簡單，使用時要安全，要耐久，價值要低廉。

汽罐與燃火部位關係有種種不同，火經汽罐之內，或火經罐之四週，前者謂之內部燃火汽罐，後者謂之外部燃火汽罐。以形式言又可分為立置汽罐，橫置汽罐二種。此外如鍋爐，通風裝置，偏心軸及灣軸，每一個部門皆有專書可供參考。有專論農具者 (Kühne 7)，有專論引擎者 (Barsch 1, 2)，有專述引擎者 (Meyer 10)，有專論農具之發動機者 (Lohmbeck 8)。

(B) 瓦斯引擎

瓦斯引擎用液體燃料，以所用燃料之不同，可分為輕油、柴油及重油三類。一般說來馬力小者用輕油，如兩匹馬力之發動機；馬力較大用柴油，如四五匹馬力之發動機；八匹馬力以上之發動機則用重油。引擎構造，大致相同，茲略述於次：

(1) 原理及構造 在密閉之氣缸內吸進油類，使之汽化，混入適量之空氣，壓縮其容積，使其溫度提高，至燃點以上，行燃燒爆發作用，容積又突然大增。此種大增之膨脹力，即成為發動機之原動力。

助力盤旋轉二週，行程可分為四部：

第一步 吸氣行程，如助力輪在旋轉中，活塞自汽缸始點向右移動，因汽缸內之真空作用，外部壓力使進氣活門吸開，並吸進化汽之油類，如輕油、柴油、重油、以及酒精或其他液體燃料等。並吸進適量之空氣，活塞退至最右時，則又回轉，對汽缸內之油化汽體及空氣施以大壓力。

第二步 壓縮行程，壓力加大，溫度則提高，至溫度超過油汽之燃點時，則行爆發。或者在缸內裝置電磁器，發出高壓電流，從電機發火花，汽體燃燒，則突然爆發，一種大的力量加諸活塞上。

第三步 工作行程，油汽體之燃燒則爆發，活塞又被壓向右移動，等至此行程終止時，則放氣活門展開，缸內氣體則完全排出。即第四步 放氣行程，氣缸內爆發一次，助力盤旋轉二次。

(2)各部概要 瓦斯引擎最主要之部分爲活塞，以此爲動力發生之關鍵，其次爲汽缸，引擎力量之大小，全視汽缸之數目與力量而定。此外如軸枕之動轉，油箱之裝置，冷卻裝置等，各部皆有種種之不同，學者須另看專論發動機之書籍，非本節所能盡述者。

動力犁之動作程序亦與畜力犁之動作相同，不外劈土、分土、翻土、平土諸作用。

蘇聯一九三九年式之植樹機，動作分爲數步，第一先行劈土，其次翻土，繼之以平土之動作，然後又有掘穴之動作，植樹之動作，覆土之動作。此種機器之動作相當複雜。機器之前爲荒草荒地，機器經過之後，則成行行之幼林，Jontzeff (5)氏有專文細述此種機器之構造及動作，極爲詳盡，並附有插圖，讀者可參考之。

第二十二節 天然造林法 (Natürliche Verjüngung)

創立森林不外兩法，一爲天然更新 (Natürliche Verjüngung)，一爲人工造林 (Künstliche Verjüngung)，前者利用天然之母樹的種子，在相當距離之內，種子落地，自己生芽育苗，不用人工播種。後者則由人力把種子由樹上採得，經過整理，用育苗或播種法，造成新的幼林。故天然更新須具有相當條件，若條件不足，則不能行天然更新。茲先將天然更新必備之條件略述於下：

(a) 種子須有來源 欲立林之地，附近須有母樹。

(b) 土壤可接收種子，並可使種子發芽。

(c) 日光與土壤，坡度與位置，能容幼苗之生長發育。

反之，若立林地距種子來源之母樹遙遠，種子之飛散力事實上失去效力，或附近雖有母樹，但種子在未發芽之前常爲某種動物食盡，或雖有種子，但自然環境不允許其發芽，如土質堅硬或過乾等。凡此種種限制皆不

能用天然更新，而宜用人工更新。

天然造林法，百餘年前德人 Hartig (3) 即大爲倡導，現在仍爲各國林人所採用，以其用費低廉也。

一 森林之繁殖 (Tourney 7)

森林之繁殖不外下列數法：

(1) 種子 爲喬林更新之主要根源，天然造林與人工造林皆須要種子，尤其針葉樹類。

(2) 根株萌芽 適用之於矮林作業，如板栗、麻栗、山核桃、柳樹等。

(3) 壓條 如桑、椴、小葉楊、葡萄等。

(4) 插條 如塔柏、黃楊、柳、檜、白楊、槭樹等。

(5) 插根 如竹林更新或創立竹林。

二 上方天然下種造林法

伐林之跡地保留若干母樹，使其種子由上方落至地表，產生新的幼林。此法比側方天然下種，所得成績常較爲佳良，以母樹可遮蔽陽光，林地不至於過乾。林地過濕時，母樹之根可吸收地內水分放入空中，使之變乾。幼林被母樹之保護又可減少風雪之害。

亦可別爲下列諸種：

(1) 傘伐更新法 草過多時不宜密伐，地表之落葉層宜盡量除去之，使種子與土壤有接觸之機會，否則種子雖能發芽，不能與地內之礦物質及水分發生關係，常自然枯死。下種伐應在種子年度舉行，伐期宜在秋末至早春。伐倒之木材要運往林外，不可放置林中，將來搬運時妨害種子之幼芽。待幼林成立，再伐除母樹。

(2) 割伐更新法 全林相爲異齡林時用之，其已達伐期之林木，斫倒利用，近側母樹之飛落種子產生二代幼林。

(c)擇伐更新法 保安林 (Schutzwald) 宜用此種更新法，擇伐其已達衰老之林木，利用近側母樹之種子在其跡地行天然更新(6)。

(4)永續作業 (Dauerwald) 更新法 此法為 Moller 所創，年年擇伐，年年施肥，禁止林中落葉之掃除，枯枝敗葉使其自行腐爛，以增加地力。森林地永遠為森林地，老者伐去，幼樹繼之，生生不已，成為永續林相。

三 側方天然下種造林法(1, 4)

欲更新之林地，位母樹之側，此種林木之種子須具有較大之飛散力，重量不太大，具有翼翅，如白樺、楓樹、槭樹、赤楊、落葉松、松、杉等。

側方天然下種方法甚多，今舉其主要者於次：

(1)帶伐側方天然下種 對林相作帶狀之光伐，帶之寬度不可過大，約為母樹高的二分之一，例如母樹高三十公尺，帶寬十五公尺足矣。此種帶伐又可別為若干種，其主要者：

(a)蜂窩狀帶伐 斫伐跡地與留存林相相接處為凸凹不平之四角形，母樹種子易由三個側方飛下，種子散佈常格外均勻。

(b)梯形狀帶伐 斫伐跡地與林相相接之邊界為台級狀，或為梯形，母樹種子由兩個側方飛入欲更新之林地。

(c)波狀帶伐 跡地與林地之界線成水波狀，即活灣而非直角之灣曲，母樹種子之飛散力較前二者為小。

(d)短冊狀帶伐 斫伐跡地為短冊狀。

(e)環狀帶伐 更新地之區域內留環形之母樹帶，一環伐光，一環仍保留林相，任何風向皆能助種子之飛散。

(2) 廣地側方天然下種 此種更新方式較帶伐側方天然下種不易成功，以種子之飛散方向只限於一側。林木種子須具有強大之飛散力，種子飛行距離，若與母樹之高度相較，一般爲四倍至八倍。廣地寬度長度須事前作一正確之觀察，務使種子之飛散力超過廣地面積，否則不易造成令人滿意之幼年林相。

(3) 孔狀側方天然下種 在浩大之林相內行孔狀伐木，再於其跡地行天然更新。孔狀面積之大小，亦視種子之飛散力而定。

側方天然下種造林，德國在 Friedrich der Gross 時代風行一時，當時普魯士之赤松林強半以此法造成，然苗木之株距疏密，常不能使人滿意，故現在德國林局亦不採用。但北歐諸國如波蘭、蘇聯，以地廣人稀，現在仍利用之以創立幼林 (Dengler 2)。

接木法 (Veredlung) 在果樹園藝方面，爲得良花佳果，或者母樹衰老時使之再留傳優良品種，固極重要，但在造林方面實無介紹之必要 (5)。

第二十三節 萌芽造林法

林木達成年時伐倒利用，但仍留株根，由此留存之株根萌發新芽，形成矮林。萌芽更新法，在林業經營上多限於闊葉樹類。針葉樹一旦被切斷主幹，常不能再行萌芽，日久則致枯死。萌芽林在某種經濟條件下，常比喬林作業收益爲大，如以養柞蠶爲目的之矮林，以產生細枝條編器物之柳林，以採製木炭爲目的之麻栗林，以取茶爲目的之茶林，以產樟腦爲目的之樟樹林以及生產金雞納之金雞納樹 (Cinchona) 林等。

萌芽更新法以留存株根之高矮，可大別爲三類。

一 矮林更新法

保留樹根，但只逐年採用其新生之枝條。初立之幼林作業期不宜於長久之時間。

二 截枝更新法

保留樹幹，只逐年採用其側枝，如柳樹，金鷄納樹，樟樹等。作業期較前者爲長久。

三 頭木更新法

保留樹幹之一部，上半主幹斷去，幹株高度一·五—三·〇公尺不等。萌芽多限於幹株之近上端處，遠望如頭狀，圓大茂盛，頗爲美麗。此種更新法多用之於柳樹、臘木樹、槭樹、楊樹及其他行道樹類。作業期六〇—一〇〇年，若再長久則幹株腐爛，失去萌芽力(1)。

第二十四節 竹類造林法(2)

一 造成竹林之方法

(1) 竹類立林地之選定 我國長江以南各省所產竹類用途極廣，生長易且迅速。故竹類造林之方法，立林地之選定，以及適於竹類生長之土壤氣候等，應當注意者，述舉於次：

(a) 立林地之選定 對於竹類之生長，氣候最關重要。我國所產竹類，除山竹 (*Arundinaria*) 一屬外，皆不能抵抗冰點以下之溫度。一般竹類皆喜生長於較溫暖之區域，如熱帶、亞熱帶及溫帶之南部。長江流域各省，珠江流域各省，在本書第二節內所提之華中、華南、粵南、雲貴各區皆可種竹。若新疆吐魯番夏日因異常炎熱，可種植西瓜、葡萄，但冬天嚴寒，竹類不能生長。北平西直門外天然博物院培植之竹類，冬日須加人工保護，否則凍死。河南與山西交界處中條山之南坡有竹類生長，由此迤東至黃河流域爲竹類生長之北界。但沿海之地或島嶼，以受海洋氣候之調節，竹類生長界線尙可向北移動，如青島，日本之九州、四國等處竹類仍能生長。在較爲寒冷之氣候，竹類雖則亦能用人工培植，如英國倫敦附近之 Kew 花園，德國柏林附近 Dahlem 之植物園，皆有竹類，但已失去經濟價值矣。

(b) 場所 欲造竹林之地，不能有強烈之暴風，凡風多地竹類生長不良，新竹繁殖亦少。日光充分，土壤溫暖，爲竹類生長之最好條件。故向東或向南之窪地，或向東及向南之緩斜山地，皆爲竹類立林之大好場

所。反之，如山頂，向北之坡，丘陵之脊處則不適於竹類之生長。

(c) 土壤 竹類造林一般皆規模不大，在我國多為農間副產。故選擇土壤，較一般造林為嚴格，土壤要含有砂質礫質，土壤中之 pH 值與竹類生長無大關係，但土壤中之含水量不能過低，地下水面以毛細管之作用上達竹根。裸露之岩石，過於乾燥之土，皆不宜竹類生長。

(2) 竹林創立 竹林創立不外二法，一為母竹栽植，一為鞭根引誘，前者適用於新林創立，後者用於老林之附近，二者亦可相輔而行，以收早日成林之效。

(A) 母竹栽植法 立林地在栽植竹類之前，先施以充分的活土工作，其深度約與竹根相當，至深不過一公尺，普通為四〇—六〇公分。土壤鬆軟，根莖容易蔓延，可多量產生良好之新竹。

(a) 母竹的選擇 宜取發育旺盛之母竹，一年生之苗最好，二三年生之母竹亦可採用。品種要佳良，竹幹要光澤，距地之數節無側枝，葉色及莖色正常，地下鞭根須要健壯，根節處帶有筍之幼芽。缺乏鞭芽之竹根，不可採用。

稀疏之母竹林，或老林之邊緣處所，容易找得優良之母竹，掘取時根部宜帶土台，若根部土台全部振落，則成活率減少。

(b) 母竹的掘取及處理方法 最好用齒狀掘，此種農具不致橫斷鞭根，不可用板狀掘或板狀鋤頭。鞭根伸出之方向常與上部之枝葉相應，枝葉較多之側，鞭根亦較長。竹苗掘出後，宜切斷上部枝葉，帶側枝之竹節保留三四段可矣。然後用草繩綁捆，若距離遠時，竹根要用苔蘚類植物保護，裝包搬運。

(c) 栽植方法 每公頃內之株數七〇〇—一、〇〇〇，株行距之關係用方形，長方形或三角形均可。栽植時穴宜深，幹要垂直，根要使之水平。深度與原來相較稍深為宜，但不可過深，否則下部之根自行枯死，失去根之作用。鞭根喜水平伸出，若立林地為傾斜時，穴宜為長方形，長之方向與等高綫成平行，竹苗放入穴內時，務使其鞭根近乎自然。覆土時要當心較大之土塊，宜先用細土，充實鞭根與鞭根間之空隙，然後再

添較爲大塊之土。植後以足輕輕踏緊，如立林地缺乏水分，須用人工灌水數次，近根處鋪敷枝葉雜草之類，以減少蒸發。如成活後竹苗衰弱，可在根株四週掘環狀凹形溝，施用液體肥料。栽植終了之後宜用繩索或柳竿之類固定母竹，以防搖動。

栽植時期宜在冬季或秋末，在亞熱帶地方春秋兩季移植皆可。

(B) 鞭根引誘法 在既成竹林之附近空地再創立竹林時用之。竹根性喜肥料，在竹林接近之地方，掘坑用肥，則竹根由遠方移來，繼則發生新的竹幹。

肥料溝與竹林之距離約三—四公尺，溝深六〇—七〇公分足矣。如此逐年擴大，形成新竹苗。竹苗栽植與母竹栽植略同。

竹類多喜陽光，故向北引誘竹根生長較爲困難。

(3) 竹類造林後的處理 竹類成林之後，每隔兩三年宜行一次刈草工作。竹林未養成之前，林間還可種植農作物。

竹類喜歡之肥料爲豆餅與人糞尿，豆餅每公頃約一、二〇〇公斤，人糞尿每公頃約一二、〇〇〇公斤，每隔數年可施肥一次，最初先由竹之四週，繼則竹林全部。

母竹，成材之竹，或過於稠密之竹，則可逐年伐取利用。養成理想之大好竹林爲時不過十年耳。

二 竹林更新法

竹類發育之盛衰與年齡大有關係，三年生之根莖，生長最爲旺盛，七八年後鞭根即漸行腐朽。在一年之內竹之生長量亦有不同，苦竹自春季出筍後，約有二十九日之生長，出筍之第十三日生長最快，且夜間之生長較白晝爲大。斑竹亦與苦竹類似(4)。

在慈竹出筍後二十八日生長最速，七十一天之後則形緩慢。六〇—七〇天之間，每天可長十公分，夜間平均生長爲六·一五公分，白晝生長爲二·五五公分，白晝生長之速僅爲夜間生長的四〇·八八%(3)。

竹幹品質與年齡亦有關係，初生之竹，品質脆弱，力小，但據友人張永惠先生言，幼竹如作紙漿，則容易漂白，老竹幹則不能漂白。

二年生之竹比重大，彈性增加，四五年生之竹，其比重之大，彈性之強已達極點，六七年後品質則又行變壞，培植竹林者不可不注意及此。

(1) 擇伐作業 竹林更新用擇伐作業，最為適當，老竹伐去，新竹再生，新陳代謝，生生不已。將被除伐之竹幹須以年齡為標準，每年發生之新竹，在向東之一側，作上年月標記，作為採伐時之依據。伐期長時則株數少，但可得粗壯之竹幹，伐期短時則株數多，但僅可得細弱之竹幹。擇伐可以連年舉行，亦可以隔年舉行。

(2) 皆伐作業 疾病蔓延全林，老幼新竹，無幸免者；此時林相破壞，宜用皆伐作業，將整個竹林光伐之，行全面之更新，較為相宜。

皆伐後產生之竹幹，為數較少，且形狀細弱，須逐漸對根施肥，方能恢復良好之林相，故竹林皆伐作業不可常用。竹林開花亦為一自然現象，開花後則枯死，此種已死之竹林，須行皆伐作業，徹底的整理其跡地，或施肥，或翻土，再創立新竹林。

第二十五節 種子之成熟、取得、整理、收藏與遺傳

一 種子之成熟

林木種子已達成熟與否，不易斷定，有者由外表形狀顏色即可看出，有者成熟之果實與未成熟之果實毫無區別，非採其果，取其籽，驗其胚，不足以確定之。譬如裸子植物門中之松杉類，種子成熟時則自行裂開，採集已晚。桉樹之果實，成熟之後，果亦不裂開，但種子已由果實之上面正中飛出。榆類、槭類、樺樹、臭椿等之果實，熟時翅與果皆呈黃白色，且翅乾而種子部分發硬；山茶、拐棗、枳椇、果熟則成特別之色澤，易於

識別。黃柿、紅棗、黑色唐棣等，一見而知其已生長成熟，但樺木、楷、水冬瓜、椅等樹之種子，成熟與否，不易分別。第一年最好分期採種，如八月採一次，九月再採一次，十月又採一次，至果實與樹脫離不能繼續採時為止。然後分別試驗比較其發芽力及發芽率，便得如何種林木在何月採集為宜之決定。

我國各省氣候大有不同，一種樹木，種子成熟因省而異。在南京一帶，林木種子成熟期，陳麟氏已有多年觀察記錄(2)。

雲南普通林木籽種之開花期與成熟期，據該省林務處多年觀察與記錄，亦有少許材料可參考，茲抄錄於次：

雲南普通林木籽種開花成熟時間一覽(23)：

名	科 學	名 開	花	期 果	熟 期
銀	杏 (<i>Prunus binoana</i>)	四月		十月	
雲南孔雀松	(<i>Cryphonema Kawaili</i>)	三月		十月	
杉	木 (<i>Chamaecyparis laccolata</i>)	四月		十月	
雲南	柏 (<i>Chrysosaurus Dulongxiana</i>)	二月		十月	
柏	樹 (<i>Thuja Orientalis</i>)	三月		十月	
風	楊 (<i>Pterocarya stenoptera</i>)	四月		八月	
麻	栗 (<i>Quercus variabilis</i>)	五月		五月	
槲	樹 (<i>Qalis sinensis</i>)	三月		九月	
榔	榆 (<i>Ulmus parvifolia</i>)	六月		十一月	

桑	樹	<i>Morus alba</i>	三月	五月
棕	綱	(<i>Trachycarpus excelsa</i>),	五月	十月
樟	樹	(<i>Cinnamomum camphora</i>)	二月	九月
石	楠	<i>Photinia serrulata</i>	四月	十一月
合	歡	(<i>Allizia julibrissin</i>)	五月	十月
洋	槐	(<i>Robinia pseudacacia</i>)	四月上旬	九月
槐	樹	<i>Sophora japonica</i>	六月	十月
臭	椿	(<i>Ailanthus glandulosa</i>)	五月	九月
香	椿	<i>Cedrela sinensis</i>	五月	十月
油	桐	(<i>Aleurites Fordii</i>)	五月	十月
烏	柏	(<i>Qaum sebiferum</i>)	五月	十一月
黃	木	(<i>Psilactia chinensis</i>)	三月	十月
冬	青	(<i>Tijensterum laetum</i>)	六月	十一月
無	子	(<i>Scapindus mukerossi</i>)	四月	十月
梧	桐	(<i>Firmiana simplex</i>)	四月	九月
楸	木	(<i>Catalpa Bungei</i>)	二月	九月
椴	樹	(<i>Tinealptus robustus</i>)	四月	十一月
三	角	(<i>Acer Buergerianum</i>)	四月	十月

鹽	膚	木	(<i>Rhus semiata</i>)	八月	十月
椿	樹	(<i>Campotheca yunnanensis</i>)	四月	十月	
漆	樹	(<i>Rhus vernicifera</i>)	五月	十月	
油	茶	(<i>Thea Oleosa</i>)	九、十月	翌年春夏	
白	楊	(<i>Populus yunnanensis</i>)	三月	五月	
垂	柳	(<i>Salix babilonica</i>)	三月	六月	
楡	樹	(<i>Ulmus pumila</i>)	九月	十月	
赤	楊	(<i>Alnus japonica</i>)	三月	十月	
核	桃	(<i>Juglans regia</i>)	四月	九月	
板	栗	(<i>Castanea mollissima</i>)	五月	九月	
苦	棟	(<i>Melia azedarach</i>)	五月	十一月	
黃	檉	(<i>Dalbergia rupeana</i>)	五月	十一月	
拐	棗	(<i>Horenia dulcis</i>)	六月	十一月	
宋	柏	(<i>Cupressus funebris</i>)		十一月	
羅	漢	松 (<i>Podocarpus chinensis</i>)	五月	十一月	

上表所舉各種林木籽種，乃以雲南氣候為準，在其他各省，開花與果實成熟時期當稍有差異也。

二 種子之取得

林木籽種取得方法不外下列數種：

(一) 自行採集

(二) 由種子商人處購買

(三) 委託森林主人或近山林之居民代爲採集

(四) 與公私林業主管機關或研究機關交換

(一) 自行採集 當林木種子成熟時，分頭派遣專人，自行入山採集。在我國西南及西北各省，人口稠密之區，大好森林，已不存在，人口稀少之地，木材商人，現在大事濫伐，如甘肅之岷山，成郡西北瀋縣松潘，大渡河之兩側等處。數年前尚有面積之森林，樹木參天，枝冠蔽日，而今已大非昔比。故今後中國若欲實行孫中山先生之主張，『要造森林，要造全國大規模之森林』(21)，種子採得乃一極嚴重之問題。現在中國森林較多之地爲雲南夷人，廣西獠人，四川羅羅，貴州苗民等居住之區。吾人入其居住之境採集林木種子，常遭其拒絕，甚至有時被其謀害。然據筆者十餘年來在各地旅行經驗，此種夷獠苗羅亦不難對付。去該地採集時，宜多帶禮物，如針、絲線、糖果及其他該地不產或不常見之物品等，到時先送禮以得其對吾人之好感，然後再入山採種，伊等且常喜引路，領導吾人至林中採集，遂得到圓滿結果。

採集種子時宜用之器械，最簡單者，如美國耶魯大學林學教授陶梅 (Tourney) 氏所舉之採集器，即頗爲實用(22)。

如遇種子年 (Samenjahr)，即林木多結果實之年，可擇林木中之近伐期者，鋸倒取果實。若非種子年，則不必犧牲中年林木。

闊葉樹之種子採集宜稍晚爲宜，以晚採之種子，發芽率較高。針葉樹松果已落地表時，種子固然絕佳，但不易保存，故針葉樹之種子，宜在未十分成熟前採之 (Schmidt 18, S. 130)。

種子之成熟與否，以樹種而異，在某地造林時，最好就地取種，看樹上之果實是否已有鳥類或松鼠之類所食。因種子成熟時，林中小動物即先採食或採集以準備其過冬之糧食。山鼠穴內亦常貯藏多量種子，若能覓

得，便可不勞而獲若干種子。

若遇種子年，將林木斫倒，剪枝採果極稱便利。平常若樹結果實並不多，且在樹之梢頭或枝之末端，採集亦極爲不便。欲得種子，必須攀登樹木，攀樹工人，要謹慎選擇，最好中年男子，膽量較大，攀高下望而不自眩者。上樹時尙須有攀樹鞋及腰帶補助，攀樹鞋可在皮鞋店內定製，用較粗之牛皮，鞋底內側釘數枚鋼鉤，攀樹時穿上。腰帶係一條長皮帶，將攀樹者之腰與樹幹鬆鬆捆住，以防手臂無力時墜下。上樹時宜帶上長柄之採種器。

(二)由種籽商人處購買 在歐美各國，林業發達，視造林爲一件重要事業，公司團體，機關學校，以至於民衆私人，有荒山之可利用者，大家皆不肯疏忽，一定在某種季節之內，抓住時間，購置適量及合宜地土之林木籽種，行人工播種或育苗造林。社會上有籽種之需要，故種籽商人亦應運而生。在北歐諸國，尤爲發達，美國及日本亦不例外。獨我國商界尙無經營是項生意者，故我國政府之主管機關，每遇造林工作，常因種子缺乏，不能照預定計劃進行。

我國各省造林時無不感籽種之困難者，除東三省外，只廣西及雲南二省。故大規模造林時，僅可就此二省之乾果行商人購買之，不過由商人手中購買種子時，宜注意者，第一要由相熟之種商或有友人介紹之種商處購買，如此項機會無有，其次要與種商立一合同，寫明籽種能出幾成苗之擔保，否則需退回已付之種價。至於種價退回，可自行商定，全部退回或幾成之幾退回，若干成仍歸商人。或者取種子時先交若干元，餘數待種子發芽出土後再付清。第三要問清或調查種子之來源地，其氣候環境是否與造林地相類似或相差太懸殊。

(三)委託森林主人或近山林之居民代爲採集 近水知魚性，近山知鳥音，於山林又何獨不然。我國各省，有些地方之居民，對於森林亦頗知愛護，老樹伐去，幼者撫育，空地更新，世世代代，父死子繼，因其靠山林生活，視樹木爲財產，如福建南部，雲南東南各縣，即有此愛護森林之人民。伊等對不同種林木籽種之成熟識別，頗有經驗。在籽種未成熟之前，派人先往與之接洽，先交相當定錢，言明若干種子，酬金若干，伊等自樂

爲吾人効勞，可採得需要之種子。

各地乾果商人，如販賣核桃、板栗、花生、松子者，亦可利用之代買某種林木籽種。因伊等足跡所到常爲偏僻之地，或多見樹木少見人煙之區；代覓籽種，在伊等並非難事。必要時可與以津貼，作爲勞運之報酬。

(四)與公私林業主管機關或研究機關交換 以此法得種子最爲省力，但不易得大量籽種。然有時以交換方法與該地林業機關，取得連絡之後，委託代購某項籽種，亦能得到令人喜出望外之結果，以用錢並不比自購爲多也。

三 種子之整理

林木種子無論由商人購得或由山林自行採來，到林場後，須先經過一翻整理，然後再收藏保存。林木籽種因種類不同，有需要長期保存者，有只需要短期保存者，有的林木種子不必保存，採來即播種，或採來在數日之內即須播種，否則時間稍久，便失去發芽力，如榆、柳、樺木、麻栗等。需要特別整理之種子爲松杉等之種子。今將整理方法，步驟及其所用之機械，簡述於後：

(一)爐烘 松果採來先放入烘乾爐內熱之，溫度不必太過，約爲攝氏表五十度，時間亦不必太長，因針葉樹種而異，雲杉三小時，松類八小時，花旗松如雲南之長片花旗松及短片花旗松只需二小時足矣。爐烘目的在使松果之鱗片裂開，不用松果烘乾爐，以電爐代之亦可。在秋後日光特多之區域內利用日光曬乾松果亦可，如我國華北各省皆可用日光。

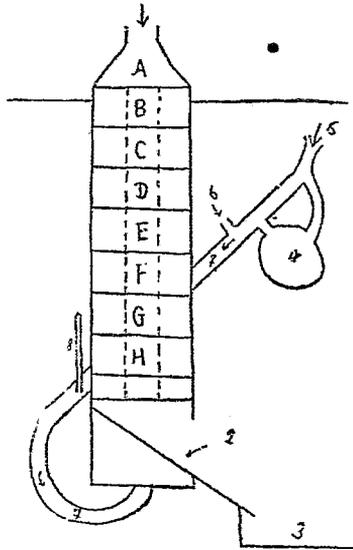
松果烘乾爐構造並不複雜，不過與普通爐子不同，不用直接火，爐子本身常分爲若干層，層之多少可隨意變更，每層皆以鐵絲隔之，可自由抽出或送進。盛松果時宜少放入爲宜，不可過滿，過滿則松果彼此相集太緊，經熱後，鱗片裂開，松果漲大，則不易抽出矣。松果記載片宜與松果同時入爐，記載紙片上註明松果來源，採集人，採集地及採集日期等，以免各層所有松果彼此相混，工作人一時因疲倦勞累疏忽，亦不至有何錯誤。

烘爐由上看成爲三部，每部所佔之地位略等，如無此豎立之隔板則松果常相集一塊，由爐之下方流來的熱氣，在爐內分佈常不均勻。

烘爐之製造時最應注意者，空氣來路，分爲二管，其一爲熱氣管，其一爲冷氣管，流入爐內之氣溫可隨時看溫度表，以調整管內之氣溫，務使爐內溫度不過高或過低，平常界乎 40°C 與 50°C 之間。冷杉類 (Abies) 果實宜用較低氣溫，雲杉類 (Picea) 及松類 (Pinus) 溫度稍高亦無妨礙。

鐵絲屜係由爐之一側送入，每達抽換時，宜留心其兩側是否有松果？有則去之，各松果以不相混爲宜。烘爐全空時，由上口向下一看，一目瞭然。各層皆空空如也，如仍有不空之鐵絲屜，宜由松果之出口處淨之。

圖之說明：



(1) 松果之入口，在第一層樓上，松果採來時即堆集於此。A B C 等爲鐵絲屜。

(2) 爲已烘乾之松果出口。

(3) 松球接收器

(4) 火爐

(5) 冷氣入口

(6) 冷氣入口可自由關閉

(7) 熱氣管

(8) 溫度計

(二) 取籽 松果在烘乾爐內數小時烘乾後，但種子仍留於松球之各鱗片中，尙未落地。故第二步宜將已乾之松球，送入一個圓轉機內，圓轉機工作目的，在使帶翅之種子跳出松果來，故圓筒壁上之小孔，宜比種子帶翅遠大爲妙，使每個帶翅之種子皆有出圓筒之機會。機之下面置一接受種子器，如木槽、蓆子之類。圓轉機宜

用鐵製，口留在一側，松果放入後可以閉住。圓轉機之兩端中心有軸，固定的置於機架之上，用手不斷旋轉，則種子遂紛紛由筒內落下矣。

(三)去翅 種子由圓轉機內飛出後，尚帶有翅，種子帶翅，所佔空間太多，保存不便，故宜去之。去翅機之構造甚簡，頗似棉花打淨機，圓筒狀，以鐵製成，內有一中軸，可旋轉。軸上固定許多棕刷，棕刷之柄固定於中軸之上，所有之刷柄排列非直形，乃為螺旋形。棕刷之正面，恰與圓桶內壁相接觸。棕刷以豬毛或羊毛代之亦可。圓桶非水平放置，種子出口之一端宜稍低，使種子易於流出。欲去翅之種子放入圓桶內，中軸由手搖或電動皆可。如種子不多時，手搖亦頗省力，中軸動時則種子與桶壁相接觸，桶壁平常用織絲製成，或製成不平面亦可，如是種子出桶皆與種翅脫離關係矣。

(四)種子與翅之分開 種子與翅分開之機器，我國各省農家皆有之，形狀大小及構造各有不同。華北各省所用之扇車即絕好之種翅分離機。車之主要部分為輪扇部，中軸一個，普通以木柱製成，柱上固嵌木扇，扇之大小不定，惟扇面不宜過厚，以太厚動轉常不靈便。扇為長方形，每端有木柄，柄之下端嵌入中心大軸，軸之一端外伸，連一搖柄，他端在扇車他端固定，但可旋轉。由去翅機中得來之種子，翅與種子相混，自扇車之上方漏斗狀木孔徐徐放入種子，同時另外一人搖扇柄，種子便與翅分離。翅因質輕，被扇車一吹，即飛至遠處，空子或不成熟之種子亦常隨翅飛去。十分成熟之種子，質較重，速下沈，即與翅分開，流入於種子接受器內。

我國西北及西南各省，秋後氣候常常乾燥，松果採來，不用烘乾爐，只靠日光亦能得極好之種子。松果得來之後，散放於簾上，曝於日光之下，果乾時則鱗片裂開，種子即跳出，最先跳出者皆為最好之種子，

如無扇車，而採得之松果又為量太多時，松球在日光下曬乾，種子去翅之後，亦可藉風力，使種子與翅分離。其法甚簡，尋一較平之處所，風由一定方向吹來時，將種子向風揚之，揚時務使種子鬆散，種與翅亦易於分開。

關於闊葉樹類之種子，整理方法，常因種而異，如樺木 (*Betula*) 見風乾 (*trapius*) 等樹之種子甚小，種子與雜質分開，可用竹篩篩過即可得種子。

榆 (*Ulmus*)、臭椿 (*Ailanthus*)、樺 (*Fraxinus*)、槭 (*Acer*) 等樹之種子，不必去翅，採來後可帶翅保存。漆樹 (*Rhus verniciflora*)、苦楝 (*Melia azedarach*)、樟樹等果實，採得後在太陽地上曬乾，帶果皮保存。按樹果實採得後，曬乾種子即跳出。總之，關於核果類及蒴果類林木種子整理時較為省力，乾後收藏可矣。漿果類之樹果，宜先除肉質部，如山茱萸 (*Cornus*)、拐棗 (*Hovenia*)、桃、杏、枇杷、唐棣 (*Pyrus bethula-folia*)、山楂 (*Crataegus*) 等；林木果實之過小者，採來即在苗圃播種，如楊、柳、楷、水冬瓜等，以十數日之後即失去發芽力矣 (22)。

針葉樹之種子不去翅保存，發芽力不易失去 (Schmidt 18. 2. 139)。

四 種子之收藏

林木種子之保存方法亦因種類而異，麻栗及櫟類之種子，保存最好之方法為埋於地中，掘穴宜深，用時取出，因櫟類果實雖大，但其種子發芽率却易失掉。筆者在滇曾作過一次小小試驗，秋後由樹上採來之麻栗種子，分為三部，一部即刻深深埋入土中，目的在保存種子之發芽力，一部即時播種，一部如普通林木種子收藏之辦法，先在陽光下曬乾，然後裝於羊皮紙袋內，掛在屋檐之下。結果當時採下即行播種者最好，秋後播入土內，年前可發芽，但明年早春始出土；深埋地內保存之種子，早春播種，其發芽成苗之成績遠不如去秋當時採種就地播之者為佳。至於羊皮紙袋內之種子，則已完全不具發芽力矣。麻栗種子之保存，自古即用此一法 (19)。

赤楊種子發芽力，無論如何保藏，未有達一年以上者。樺木種子採來即播最好，否則宜裝入袋內，掛於乾冷之處所。槭樹類種子，今秋採來，帶翅裝於袋內，懸於屋檐上，明春播種。榆類之種子亦極易失去發芽力，數星期之後即無生機。冷杉類種子不必去翅，以去翅後之種子，常被傷生活機能。松子在松果內收藏不動，或

帶翅保存為宜，雲杉類之種子亦然，如整個果實入袋保存，其發芽力可達七八年之久(5)。

寇塔 (Oeta) 氏為德國塔蘭的林業研究所名家，其巨著係一八一六年出第一版，序言中謂對造林積三十年之經驗。死後是書出至第八版(一八五六)，以上所述多由其書中譯來。

若欲長久保存種子之發芽力，最好辦法將種子放於乾冷之處所，或者置種子於真空中。卜西 (Nesbitt) 曾有過真空中收藏針葉樹木種子之報告，在一九二八年收藏種子，以後逐年試之，發芽率不變，今錄其結果如下 (I)：

試 驗	年 一	九 二	九 一	九 三	〇 一	九 三	一 一	九 三	二
發 芽 率	九三%	九三%	九四·二	九三·五%	九四·二%	九三·五%	九四·二%	九三·五%	九四·二%

由上表視之，其松子之發芽率，數年未變。德國南部明興大學林學教授 Fährig 氏，數十年前即作過真空收藏種子之試驗，最近得到結果，所收藏之種子數年以來發芽率亦未變。以林木種子內部含有蛋白質，澱粉或其他油類，種子在冷乾狀態下，生機完全靜止，放置時間之久暫，對於種子之生活機完全無傷。

針葉樹類之籽種去翅收藏，則發芽力減少，帶翅保存則發芽率較高，故松類、雲杉類、落葉松類之種子宜帶翅保存為佳，播種前再去翅，去翅之後，即刻播入苗圃(17)。

有些林木種子須保存於濕空氣中，以乾燥後即失去發芽力，如板栗、青岡、核桃等。有些細小之種子，最好與細沙混合，放置於地洞內，春來取出播之，如鵝耳櫪、白樺等。怕乾燥之種子亦可以布袋裝好，置於溫度較低之細流內。

總之，種子收藏之方法，因種子之性質而異，然總不外下列諸法：

(一) 洞內收藏 在地中建一土洞，洞口不宜過大，入洞之路上，作數層隨時可關閉之門，以防內外空氣充分流通。洞之上部宜厚，約一公尺以上，洞內空氣溫度約為 5°C，宜在濕冷環境下收藏之種子，以麻袋盛

好，置於洞內即可，須在乾冷環境下保藏之種子，可將整理合適之種子裝入玻璃器內，然後封閉，使內外空氣隔絕，置於洞內，用種子時再取出。

(二)室內收藏 種子貯藏室與普通之住房不同，牆壁宜厚，頂部亦須一尺多厚，門分數層，室內空氣溫度類土洞中之空氣，約為 $3^{\circ}\text{--}4^{\circ}\text{C}$ ，但濕度較土洞內為低。宜在乾冷環境下放置之種子，可在此種室內收藏。室之一側與上部須留一通風孔，使內部空氣常有流通之機會(22)。

(三)真空器內收藏 將種子放於器內之後，用抽氣機抽淨器內之空氣，抽氣前宜先放入一支氣壓表，記下開始抽氣之度數，俟氣抽完時，再看一次度數，然後即以此抽氣時間為標準，照樣對其他真空器，施以同樣之工作。此處所敘述者，乃指自己臨時製造之真空器言，如用現成之種子真空貯藏器，自不必多此一舉矣。

(四)流水中收藏 芬蘭(Cislar)曾在流水中貯藏過麻栗種子，結果甚佳，但現在各國尚無引用之者(4)。

(五)普通法 種子整理之後放入羊皮紙袋中，或布袋內，或以紙包好，懸掛於屋檐之下，翌年取出播種。

五 種子之遺傳

林木種子之遺傳性在中國造林專業上至關重要，但我國林界對此問題，尙無人注意，今將吾人已知之報告，略述於次，以供同道參考：

日本赤松與黑松在中國試驗造林之結果，生長不良，如江浦老山大風口利用日本赤松造林，七年間生長量漸次增加，但八年之後生長逐漸減退。九年至十一年時，頂部成帚狀分枝，以後生長則甚微弱，雖經多年，亦無成材之希望。南京鼓樓公園及第一公園，有日本赤松，生長亦不好。此外尚有日本五葉松、日本落葉松、日本金松、日本紫杉，亦皆生長欠佳(3)。

筆者在德國北部之普魯士林局時，對該局之外來樹種試驗林，曾作過詳細之比較觀察。林木年齡已越三十年，松種皆為歐洲赤松(*Pinus sylvestris*)，但來地各有不同。來自英國北部蘇格蘭者，冠小幹直，樹皮上有

地衣寄生；來自比利時者，粗壯，幹皮赤色而光滑，幹特直，枝少，冠大，生長最爲良好；來自俄國烏拉山者特別小，幹皮上寄生之地衣亦特別多，有者冠小僅留數枝，看去不久即枯死，不能再繼續生長；來自法國者，較當地赤松爲小，且幹多彎曲；來自海拔一千二百公尺之高山者，樹形矮小，加粗不加高；來自德國中部平原者，樹幹粗壯，然多枝而曲，且皮呈黑灰色，只有來自東普魯士之赤松，幹粗而直，且枝特細特少，幹皮黃色，在所有外來樹種中，以生長良好論，居第一位，且較當地之赤松爲佳。

美國花旗松 (*Pseudotsuga Douglasii*) 在德國培植，生長較德國之赤松爲良，四十五年之花旗松與一百二十歲之赤松木材之積相等，而木材之年增產量幾大赤松三倍。

丹雷雷在德國林業專科大學服務已四十四年，其幼年所種之松已滿五十二年，松之松子來自芬蘭及普魯士賣克地方，以樹之高度論，芬蘭松不及賣克松，但以樹之幹直性而論，則賣克松不及芬蘭松(7)。

外來樹種不一定生長不良，日本之落葉松在德國造林每年生長平均高度爲〇·五七公尺。雲杉在德國稱爲生長佳良樹種，但四十年之雲杉與二十年之日本落葉松木材產量相等，而日本落葉松在混交林者，生長尤佳，如五年之日本落葉松與五年之歐洲赤松比較，生長高度亦頗懸殊(8)。

我國幅員廣大，且稍大於歐洲，故我國一省可比歐洲一國。各省樹種在南京試驗，亦有生長佳良者，如法國海岸松，一年可一尺高，二年二尺四寸，抗旱抗寒性亦特大。雲南泡桐 (*Parlownia Douglouxi*) 發芽率爲八〇%，一年苗高可四尺，五年竟達三丈，直徑足五寸。十五年之白榆，其胸高徑粗竟達一尺二寸。樟樹五年高可二丈。四五年之油桐，每株可產桐子五〇磅，每百磅可製油三十餘磅。用插條法栽培之白楊，抗風力特強，不受蟲害，且生長特速(12)。

明星大學教授法不利修斯曾觀察過八十三種外來樹種，針葉樹及闊葉樹皆有之，被觀察之樹木國別，爲中國、日本、希臘、西班牙、小亞細亞、北美、喜馬拉雅等，樹木之生長有好有壞，但因何生長好？因何生長壞？其結論曰：造林地與採種地之氣候最相似者生長最佳良，反之，兩地之氣候最懸殊者，生長最壞，受傷最

烈，甚至死亡(9)。

挪威之雲杉在北美之康乃克提若 (Connecticut)、馬薩求 (Massachusetts)、紐約、非爾猛 (Vermont) 各地種植，生長頗速，樹之年齡爲七年至十七年(11)。

林木之樹幹，冠形、根狀，在造林上皆異常重要。樹幹之形狀可以造林之技術修正之，冠形及根形則與生態環境有密切關係。松屬之根爲直形，主根發育，樺木及麻栗樹之根則側根發育，常平直伸出。雲杉本生長於高地，但如由雲杉林層最高層內林木取得種子，而其生成之樹常小，麻栗樹亦然，由高山採來之麻栗種子，所生之樹亦矮小，由平原採來之麻栗種子，生成之林木則較爲高大(6)。

同一種林木以其生長區域不同，在葉之構造上亦常有不同之點，如歐洲萊茵河兩岸山上之赤松，葉之橫切面有五至十二個之松脂導管，且葉之長度由六點二至八點二公分；波蘭之松葉橫切面，松脂導管爲數較多，至少十個以上，至多達二十個，但葉之長度較小，僅四至六公分，再長者少見(20)。

同一樹木，插條時採枝，以其枝在樹上所佔之位置不同，生長之幼樹亦大有差異，如杉木 (Cunninghamia lanceolata) 由幹之上部採下之枝，插條育苗，所生成之林木，亭亭直立，由幹之下部採來之枝，生成之林木則常彎曲，此亦一至有趣味之試驗也(16)。

達爾文倡進化論，謂適者生存，否則被淘汰。法國南部之赤松林，喬木而幹直，然取其種子在北德育苗造林，則幹矮而彎曲；挪威之赤松幹長而直，此種佳美性格到他鄉亦不變，如在北美及北歐諸國試種結果皆好(19)。

以上所述各種樹木離開鄉土之後，其原有之佳美性格，有者因環境更適宜，氣候、土壤、雨量、四季溫度之變化，亦許較之在原來鄉土更爲相宜，則其所變形質更較使人滿意，但有者因氣候及立林地與原有鄉土相差太多，則幹呈彎曲，樹冠尖小，皮上生地衣及其他不良現象。

人類血統近者，男女結婚，後代子孫常愚而拙笨，樹木亦然，外來樹種在當地卽造林地生長不良時，若以

之與造林地之同種或近似種交配，則其交配後所得之種子，常比較與原地及造林兩處固有之同種林木生長良好。俄國之落葉松與日本之落葉松相交後之品種，俄國西伯利亞落葉松與歐洲之落葉松 (*Larix Europaea*) 相交後之品種，皆較爲優良，其優良之程度超過其父母，此乃 Kurdiani 教授研究之結果。Chukatschow 用俄國之柳樹與外來柳樹相交，亦同樣得到生長極快之柳樹。凡此皆俄國林界朋友最近信中告余者。

俄國 Zhizin 氏用平常之麥 (*Triticum sativum*) 與野生鞭根麥 (*Triticum repens*)，我國亦產之) 相交，所得麥之品種，播種一次可一連收穫十五年，前者係一年生植物，後者係多年生植物。Lysenko 氏使稼禾縮短生長時間，並多結實，Wawilow 氏由野生植物中提取橡皮，凡此優良品種無不由遺傳得來。

德國普魯士林局及愛北瓦造林研究所用外來種與當地種，或外來種與外來種相交，所得果實種子，以之創造新林，結果甚佳，但尚未公佈。茲將筆者在該處工作時觀測之結果，略述於此。觀測日期爲一九三七年十二月十八日，樹種爲歐洲赤松。年齡皆爲九年。

W || 當地松 F || 法國松 G || 英國蘇格蘭松 A || 高山爬松

未經交配者樹之品種	高度 (指百株平均而言非專指某株而言)
F	一六〇公分
G	一七〇公分
M	一八九公分
A	九〇公分
已經過人工交配者配偶品種	高度
S, M	二四〇公分 (比父母皆高)

		M × F	一九九公分 (亦比其父母皆高)
		A × M	一五〇公分 (枝多四散)
		F × F	至佳者正常，臥爬者常見。
		S × S	同上
		A × A	三〇公分 (特矮小，多枝)

由此試驗觀之，吾人可得一結論，外來品種在造林地多半生長不良，但外來與造林地之品種用人工交配後，所產生之第二代林木，常較其父母為優良，有俄德二國之試驗證明之。

生有黑狗巢 (Hexenbesenbildung) 之松樹，取其種子用以造林，其第二代幼松八分之三為正常者，八分之五呈殘廢跛矮之狀。故取松子時勿以生有黑狗巢之松樹為母樹 (14)。

幼年枯尖梢之松與樹種來源亦有關係，產地與造林地之氣候最懸殊者，亦最易罹此病 (13)。

如以 K 代表枯尖病 (Peridermium pinii)，以 N 代表無枯尖病者，相交配結果，亦可看出枯尖病可遺傳。

例如：

♂	♀	成	苗	株	數	器	病	株	數	病	者	百	分	率
K × K				一三			四				三〇・八			
K × N				二三			一				四〇			
N × K				三四			二				六〇			
N × N				二三			一				二〇			

此種試驗結果，至有趣味 (15)。

關於林木種子之遺傳性，問題至爲複雜，精確簡明之斷語，誠非易事，僅就平日在遺傳學、優生學、育種學及各地觀察經驗所得，尙留存腦海而未遺忘者，與造林有關者，略陳於次：

- (1) 林木之模範形態遺傳，故採種時宜擇幹直，枝少，而冠較大者。
- (2) 母樹罹有某種疾病遺傳者，不可用。
- (3) 幼齡樹種產矮林，故母樹宜擇中年樹。
- (4) 母樹之對於鄉土之氣候適宜性遺傳，故種子來源地與造林地、溫度、雨量、土質相差不宜過於懸殊。
- (5) 如用插條法育苗造林，須由幹之上部採條，條之形狀要取一律。
- (6) 外來樹種與造林地故有樹種行人工交配後常產生優良之樹種，其優良性格常超過其父母。

然林木之性格亦有不遺傳者：

- (1) 受風雪之害所成之曲折或受外界之障礙而生之特徵，如叉木，北平天壇之夫妻柏等不遺傳。
 - (2) 母樹由森林撫育而得之良好性格不遺傳。
 - (3) 母樹因不良風土所得之性格不遺傳。
 - (4) 生長於良好立林地之母樹，其所得之性質，如生長力大，健康等不遺傳。
- 法文之 Amelioration，西班牙文 Genética，德文之 Zuchtung，英文之 Breeding，皆爲選擇之意，或有譯爲優生、育種等名詞者，在西文書中之索引項下，皆可找到與遺傳有關之材料。
- 凡屬於不遺傳林木之性格，皆可用造林技術改善之。換言之，皆可用人工管理，使其成爲令人滿意之結果。不遺傳之性格，在種子採集時，須特別注意，否則林雖已造，而終無成良材之希望。
- 凡屬相近之種，相交產生之第二代，其所產之果實種子，有生殖力，可用以播種造林。不相近之種，相交成之第二代林木，常不結果實，或結果實而無種子，或雖有種子但不具發芽率。然此不能生殖之種子，並不

足爲造林之憂。據吾人所知，凡種子已退化至不能繁殖新幼苗時，常可用無性生殖法，如插木壓條等，培育幼苗。

我國林木種類至爲繁多，松杉類可與北美比美(10)，寒溫熱等帶樹木皆產之，故有樹種如能善於利用，其結果亦頗可觀。若再能用人工得到林木之優良品種，則中國林業前途，大放光明，敢預言爲世界各國冠。

第二十六節 發芽率之測定

發芽率 (Keimprozent) 係指每百粒之種子內，能發芽的數目而言。平常在試驗室內，皆取數百粒種子試驗，結果取其平均數而得出較爲精確之發芽率。如 a b c d 四百粒種子，a 之一〇〇粒中有九五粒發芽，b 之一〇〇粒中有九二粒發芽，c 之一〇〇粒中有九三粒發芽，d 之一〇〇粒中有八九粒發芽，則所試種子之發芽率爲：

$$(95 + 92 + 93 + 89) \div 4 = 92.25\%$$

測定種子發芽率之方法甚多，今舉其主要之四種如次：

一 普通發芽試驗

林木種子由商人手中購來；或自行入山採得，在播種前，第一個問題，須知道種子之發芽率如何？根據發芽率之高低，及單位重量或容量內所含種子之數目，便可決定，在多大面積內，播若干重量或容量的種子，將來生出幼苗，不太疏，亦不太密，疏密恰到好處。

普通試驗種子發芽率之參考書極多，(1)但內容最豐富者當推 Schmidt, W. 1930 unsere Kennhnis vom Forstsaatgut 與 Toumey J. W. 1931. Seeding and planting in the practice of Forestry.

今略述數法於次：

(一)丹麥發芽鐘 所用器具簡單，故各國林木種子試驗室皆採用之，先以白鐵薄板(或不生銹之鉛板)作

成一長方形之水槽，長度寬度，皆無一定，視試驗室內部地盤而定，寬約一公尺，長一公尺半足矣。深度約二十公分，再以大塊玻璃劃成長條板，架於水槽之上，因玻璃不生菌，可永久用之，實則用他種長條板代之亦可。槽內盛水，再用白鉛片製成環狀物，置於長條玻璃上，白鉛環內徑約三公分，外徑約五公分，內邊緣平置，外緣稍向上捲曲，環上放置一個用棉繩編成之圓形繩盤，再用棉繩一條，長約二十五公分，使之穿過繩盤，繩之兩端皆垂入水槽內之水內，繩盤使用前，先用水裏過，以殺死盤內隱藏之菌類孢子，因此類孢子生殖繁榮，常影響種子發芽。繩盤之上置一圓形濾紙，紙上放置吾人欲測發芽率之種子，再以小玻璃鐘蓋之，鐘可以化學試驗室常用之漏斗代之，漏斗柄向上，可通空氣，其所以用漏斗蓋之，乃是為減少蒸發力也。

普通試驗種子發芽時，以每百粒置於一盤上，種子大時放五十粒即可，每一種種子，至少試三百粒，或多一些。所試之種子粒數愈多，所得之結果，愈合實用。

記錄發芽，宜先製一表，逐日觀察，記下種子已發芽之數目。表內包含之主要部份，為種子名稱，入鐘日期，種子簿內號數，月日，最後未發芽者之數目，其不發芽者，應再進一步觀察，若干新鮮？若干腐爛？而中空者又若干？及其他之注意事項，如芽倒出者，幾日之後發生何種特殊現象，皆應一一記載之，再逐日計算，得到最後之發芽率，例如：

種名			入鐘		登記		日		月		期		未出		未出芽者中		其他	
			日		號數								芽者		新腐者		空者	
雲			年		號		c		b		a							
一九三七年			五		三		○		二		二		一		二		二	
			四		一		一		二		八		一		一		一	
			四		二		四		八		二		二		二		二	
			六		四		六		八		四		四		五		一	
			七		三		七		一		六		三		六		三	
			八		一		八		一		七		三		七		三	
			八		七		八		四		八		五		八		五	
			九		〇		九		〇		八		九		九		九	
			九		一		九		一		九		五		九		五	
			九		無		五		二		一		五		一		二	
			四		五		四		三		二		三		二		二	

移		六	
日一十月二			
次日	均平	數合	
四	一・三	四	
五	一一	三三	
六	三二・三	九七	
七	五二	一五六	
八	六五・六	一九七	
九	七五	二二五	
一四	八五・三	二五六	
二二	八九・六	二六九	
二九	九二	二七六	

平均一項最後之數目爲九二，即發芽率，號數宜用紅油漆筆記於鐘之外表，如三五六a，三五六b，三五六c等，每天觀察之，用鑷子取出發芽者，如二月十五日三五六a之已出芽者有二，十六日又有六粒出芽，則寫八，十七日又有二十枚出芽者，寫二八，如此類推，即得上表中各數目字之結果。

種子試驗室內之溫度，最好爲20°C，過高與過低對種子發芽皆不相宜，晝夜皆宜用燈光照之，燈光多者，則發芽愈速，無燈光助之，則發芽較慢。

(二)厚紙板法 用鉛鐵板作一槽，槽之長與寬可隨意，但深不宜過大，十公分足矣。槽內鋪細沙，再注入自來水（河水井水皆可），務使細沙飽和，再取馬糞紙即厚紙板，切成長方形小塊，將此小紙塊先放入水中浸透，然後取出，平放於鉛槽之細沙上，每一紙塊上放欲測發芽率之種子百粒，然後鉛槽用玻璃蓋住，使內部空氣與外界少有流通，而減少沙內水份之蒸發，至於觀察記錄等，與丹麥鐘相同，不再贅。不過此法宜注意者，尚有數端：

(1)宜用鉛筆在厚紙板上寫號數。

(2)每星期宜換一次新紙。

(3)已發芽者，每天按一定時刻，觀察記錄之，且用鑷子擇出已發芽之種子，拋去之。

(4)時時注意沙中水分，勿使過乾或過濕，而影響發芽。

(三)土罐法 土罐法者，是用罐裝土試驗發芽之謂也。瓷罐、鐵筒、鉛皿均可，罐高約十二公分，口徑約十公分，罐之質量大小宜取一致，罐內盛細沙土，不要裝滿，最好上邊留一公分半之空餘，每罐內放入種子百

粒，然後覆土，覆土厚薄，視種子之種類大小而定，較小之種子覆土宜薄，普通覆土之厚度較種子大二—三倍即可。過小之種子，如榆、桤、樺等，可不必覆土。種子放於沙中之後，再取水注入，使沙至相當溫度，不宜過濕，以沙土不粘手時為最好。

此法觀察記錄等，與丹麥鐘相同。

用普通發芽試驗法，如室內溫度為 25°C，且有燈光助之，則最初數日，即有過半數之種子或不足半數之種子發出芽來。Haeckl 在十天之內，用普通法根據已發芽者之數目，便能推出最後之結果，即等至數禮拜後之百分率，且作出一個極合實用之表解(2)。

二 化學藥品染色法

植物種子之有生機與否，可利用化學藥品之反應而調查之。此法簡便而節省時間，今述之於次：

(四) 藍靛染色法 (Indigoearmin färbung) (3) 無生機或已枯死種子之胚，放於稀薄之藍靛液內，一小時後，則變為藍色，致於染色程度之深淺，視胚之生活與否而定。完全具有生活力之種子，胚則呈純白色，不染色；全無生機之種胚，則全部變為藍色，今將筆者個人研究所得，分為二法，略述於次：

方法一：照普通發芽法試驗，數日之後一部份種子已經發芽，一部分種子仍呈靜止狀態，此部份種子，將來能否出芽？乃一問題，不能預定，吾人可將已發芽之種子取出，記錄之，其未發芽者，用小刀鐫子，很細心的將胚取出，立刻放於一盛水之小玻璃皿中，以防種胚迅速乾燥，待一部份種子之胚取完時，將皿內之水，用虹吸管吸出，然後再注入藍靛溶液。

藍靛溶液之濃度，如用以試驗針葉樹之種子，其濃度 1:1000 足矣。即一克藍靛粉溶於一千克水中。波蘭華沙森林研究所研究員 S. Thieskie Wicz 來信云：彼所用之溶液為 1:2000，其溶液亦極合用，德國 Darmstadt 城之化學工廠 E. Morak 所出售之藍靛藥粉極為合用。在平常藥液之濃度為百分之一時最易保存，即一百克水內，放進一克藍靛，此種配成之藥液，柏林化學工廠 R. Fehring 出售，藥液不用時，宜放於黑暗之

處所，因陽光對藥液有破壞作用，能使藍鹼由水中結晶分出，使藥液歸於無用，舉行此種染色試驗時，室內溫度很相宜，普通住房或工作屋內溫度為 $18^{\circ} - 23^{\circ}C$ ，胚在 $1:1000$ 之濃度藥液內放一小時，胚在液面漂浮者，宜用小竹簽使之下降，胚之枯死者，在液內一小時即變為藍色。其具有生活力胚，測之仍為白色，檢別時，將液體用吸管吸出，代以清水，工作時不宜在短時間內試多量種子，每次數十枚至一百枚足矣。

按胚之染色程度，可分下列五組：

第一組 胚之全部為白色者。

第二組 全部白色，但根端稍藍。

第三組 胚之根端，染色較重。

第四組 胚二分之一至四分之三染色。

第五組 全部染成藍色。

第一組內之胚數與第二組內胚數之合數，即發芽率。

例如有某種松子，不知其發芽率為何？可先取四百粒種子，分置於普通試驗發芽器內，在溫度 $25^{\circ}C$ 下，夜間用電燈照耀，四天之後，一部已發芽，其未發芽者，按照上法試驗，結果如下：

	四天發芽之百分率	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	空白處腐者
a	一四	四七	八	一三	五	六	七
b	二一	四五	一	二五	二	四	二
c	二二	四七	二	一七	三	八	一
d	一九	四五	五	一五	六	七	三

六九

此項松種，筆者又用普通發芽試驗法，四個星期試得結果，發芽率為六九·三%，與染色預斷結果，相差甚少(3)。

方法二：水浸法，試驗前不必等四天，只用水浸種子二十四小時，便可取胚試驗，結果亦佳，其法如下：

將欲試驗種子百粒，放於一小玻璃皿中，再注入冷水，務使種子被浸透，其空腐之種子，因輕而上浮者，順其自然，任其漂浮，皿中盛水約三分之二，不宜過滿，水面蓋以濾紙，目的在使水分被濾紙吸收，使水分均勻分佈，如是裝好種子，靜置於書案或不妨礙工作之處所，經過二十四小時後，然後用小刀、鑷子等，將胚取出，取胚時宜特別細心，勿傷胚為要，以被傷處染色則變重，影響試驗結果，所以用水浸二十四小時者，易於取胚，易於着色也。取胚乃一技術問題，初作數日工作慢，數日之後，成為習慣，工作自然加快，如此取出之胚，亦照第一法辦理，用千分之一的藍靛溶液浸一小時，使無生機之胚染色，亦仿照第一法分組，此法因無發芽之等候，故時間上頗為經濟，普通一種林木種子，二十五小時後，即可知其發芽率：

例如取第一組中所用之同一松種，結果如下：

第	一	組	第	二	組	第	三	組	第	四	組	第	五	組	空	腐	者
六八	二	二二	四	二	二	五	二										
六三	三	二八	五	一	〇												
六五	四	二二	四	三	二												
六三	六	二二	四	五	〇												
六八·五%																	

此法與用四星期之普通法，所測得之結果亦相差甚微也(4)。

筆者用普通法，第一法及第二法，曾試驗過不少之種子，發芽特別良好之種子，用藍靛染色法，頗為精確可靠，發芽率較底之種子，結果稍差，完全無生機之種子，亦能確切斷定。

種子一、二、三、四、五、六、六種，其發芽率各有不同，每種皆用方法一，方法二，及普通發芽試驗過，今比較其結果：

松種號	數發芽	率	方法一試得結果%	方法二試得結果%
一	九六・五	八六・七	九七・七五	九七・〇
二	八六・七	七〇・七	八二・七五	八五・〇
三	六九・三	六九・〇〇	六七・五〇	七三・二五
四	四九・三	七三・二五	六九・〇〇	六八・五
五	二七・三	四〇・〇〇	三六・五	三一・五

由上表觀之，松種之發芽率在百分之五十以上者，此法頗為實用，在百分之五十以下者，則相差甚大，此藍靛染色法為波蘭人 *Neljebow* 第一次應用(5)，十數年來無人注意，後經筆者研究提倡，又引起各國農林學者之興趣，因為無論在園藝上，林業上，大家皆願於最短時間內，明悉所用種子之發芽率，普通法所需時間太久，少則數星期，多則數月，一旦發芽率明瞭，而播期已過去，故藍靛染色法在德國北部及波蘭之森林局，皆已採用。

(五) 礆化鈉染色法 (*Natriumselenit-Lärbung*) 日本東京帝室林野局長谷川在一九三四年著文稱礆化鈉染色法，乃伊個人所發明(6)，實則去今四十年前 *Schourlan* 氏在細菌學上已應用之(7)，十八年前都里那

(Turina)氏已用之於植物生理方面，都氏發現種子內，胚內以及葉內之生活細胞，遇氧化錒 FeO_2 及 SnO_4 ，則呈特別反應，生活的植物細胞，對氧化錒有還原作用，氧被取去，錒自分出，錒之本身即為紅色，故胚之所呈紅色者，錒被還原故也。

對錒化鈉染色法作過研究報告者，除筆者本人外尚有三人，即日人長谷川，德人愛德門 (Edmann) 與斯米提 (Schmidt) (6)(10)。

長谷川氏法，將種子一端，用刀削去一部分，較大之種子完全去皮，在水中浸二十四小時，然後將種子置於濾紙上，此種濾紙，長谷川本人未公佈過內含何種藥品，後經筆者數次分析，知其中含有少量之稀化物 (Tolluasey)，濾紙置於平底之小玻璃皿內，然後放種子於紙上，再注入少許之水，水量不宜多，約三克半，使種子漸漸為水淹沒為止，如是再將器皿放於溫度 20°C — 30°C 之溫室內，等四十八小時，其間宜常往視之，水乾時或太少時，再加注一些水，四十八小時後，用小刀及鑷子將胚取出，斯時具有生活力之種子，則胚呈黑色，已枯死之種子則胚為白色，胚之局部有生機，局部枯死者，則局部變黑，局部仍為白色，完全變黑之胚，長谷川氏謂生機力強，不但可發芽，且埋入土中可以長成小植物，其全部雖染色惟色較輕者，可以發芽，但不能形成植物，其餘局部變色或全白色者，則為全枯死之種子，不能發芽，更不能形成植物。

愛德門氏用了很多不同之鹽類化合物，配成溶液，試驗各種種子，伊得結論曰：錒之化合物較其他任何鹽類所得之結果皆好，錒之化合物與有生機的植物細胞相遇，則錒化物還原，而錒分出，作鮮豔之紅色，此紅色之錒，較黑色之錒，易於區別，且酸性之錒酸鈉 (NaHSO_3) 較中性之錒酸鈉 (Na_2SO_3) 所得結果為好，愛氏用一百克水，其中放入二克酸性錒酸鈉，配成一種百分之二的酸性錒酸鈉液，用以試驗胚之染色。將種子先在水中浸四十八小時，再將種子取出放入配好之液體內，又待兩晝夜，然後將胚取出，視染色程度之不同，而分為下列四組：

第一組 胚之全部皆呈淡紅色。

第二組 雖全部染爲紅色，但色澤不深不勻。

第三組 色特淺或局部變爲白色者。

第四組 不染色者，或染色不足胚之全部三分之一者。

第一組與第二組內之胚數即植物率，第一、二、三、三組內胚數之合即發芽率。屬於第四組內之胚爲無生機之種子，不復能發芽矣。

斯米提氏之法與愛德門氏同，但多分出一組，將染色之胚分爲五組。

筆者個人研究所得與前人方法稍有出入，今略述於次，種子取來先去其皮，然後以濾紙裹之，放於酸性硝酸之溶液中，溶液之濃度爲百克之水內放進二克之酸性硝酸鈉，用針將濾紙包刺數小孔，液體則流入紙包內，包內空氣自行排出，溶液與種子可完全接觸，如此作好之器皿，置於溫室中，室溫約 30°C ，四十八小時後，用小刀鑿子之類，將胚取出，以染色之程度分爲下列五組（11）。

第一組 胚之全部染成紅色，色特深濃。

第二組 亦全部染色，但中部較深重，兩端色淺，非全部均勻。

第三組 有濃淡之色斑，非全體均等。

第四組 有白斑存在，或紅白互見。

第五組 全部白色

第一組與第二組之胚爲生活力強之種子，埋入土中可生出植物，故此二組之胚數即植物率，一二三各組內胚數之合皆爲能發芽之種子，爲發芽率。其屬於第四及第五兩組之胚，皆爲已枯死之種子，不過組與組之間並無明確之界線。

例如有一種松子，不知其發芽率，今用上法試之，所得結果，各組內之胚數如下表：

	第一組					第二組					第三組					第四組					第五組					空	腐	著
a	三					七五					一七					三					二							〇
b	五					六四					二五					五					〇							一
c	五					七三					一八					二					一							一
d	四					六九					二三					四					〇							〇
九五・二五%																												

此種松子以普通法試得結果，其發芽率為九六・五%，與染色法試得結果，亦極為近似。
種胚為何變為紅色？

關於種胚染色，至今尙缺乏理解，經筆者研究結果，不外下列諸因子：

- (1) 溫度 溫度不足 30°C 時，則染色淡，零度以下幾不染色。
 - (2) 呼吸 使種子與空氣隔絕，則染色程度大減，在液體表面漂浮之種子反較液中之種子染色深。
 - (3) 硫質 胚內含硫，硫與硒之化合物為紅色。
- 若需更進一步之詳細解釋，請參考筆者之研究論文(12)。

三 氧測法 (Katalase)

用氧測法試驗種子發芽率之高低，至長只須三十分鐘便可決定，然第一次須與普通法平行試驗，來源不同之種子，品種同而發芽率不同之種子，一一分別試驗，一方面用普通法，一方面用氧測法，兩相比較，便可得一可靠之結論。茲將氧測法分述如次：

一、氧測法所需之材料

- (1) 蒸餾水

(2) 酸性磷酸鈉 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，稱第二藥品。

(3) 磷酸鉀 KH_2PO_4 ，稱第一藥品。

(4) 過氧化氫 H_2O_2 。

(5) 細白沙。

第二藥品宜配成十分之一的正常溶液，取一·七三四克之酸性磷酸鈉，溶於一千克之水中即成。第一藥品亦配成十分之一的正常溶液，即取九·〇七克之磷酸鉀溶於一千克之水中即成。

二、氧測定所需之儀器

(1) 柱形玻璃筒兩個，上邊刻有容積標記，用量筒亦可。

(2) 瓷皿一枚。

(3) 小頸瓶二個。

(4) 橡皮管二條。

(5) 電搖機一，如無電搖機以手代之。

(6) 水盆。

三、測定時之工作步驟

取定量之林木種子，以粒數為單位，如十枚、二十枚均可，乃視種粒之大小而定數目之多少；或者以一定重量為單位，種子取來後，和以細砂，放入瓷皿內搗碎，注入小頸瓶中，再取同一數量之種子，亦同樣和白砂，放入瓷皿內搗碎，置於其他一小頸瓶中；再將 H_2T 溶液注入（氧氣放出之多寡，與第一藥品及第二藥品配成之 PH 值有密切關係，經筆者之研究： PH 值為 7 時，所放出之氧氣最多 (13)）。按索蘭孫氏 (Sorenson) 之配合法，取 7.2 c.c. 之磷酸鉀溶液和以 10.8 c.c. 之酸性磷酸鈉，則成 $\text{PH} 7$ (14)。

再將柱形玻璃筒兩個，裝滿水，口向下立於水盆內。

然後注入每個小頸瓶內以 CaCl_2 之水（此處宜用蒸餾水），再注入 CaO 之過氧化氫，隨即封口。小頸瓶至柱部玻璃筒之口，以橡皮管連之，氧氣則由小頸瓶中放出，用排水取氣法，順橡皮管，至玻璃筒，由筒之標記，可讀出收集之氣量，小頸瓶宜固定於電搖機上，最初三分鐘讀一次，五分鐘再一次，十分鐘又讀一次，以後每隔十分鐘讀一次，每次讀時皆須記下放出之氧氣量，種子生機強，或發芽率較高者，其所放出之氧必多，反之則少。

據斯米提氏 (Schmidt) 之研究，氧測法可以有下列五種斷定。

- (1) 種子發芽率如何？發芽率高者，放出之氧多。
 - (2) 種子內部有無病菌？種子內部如為菌類所侵害，或為蟲所傷者，所放出之氧必少，反之則多。
 - (3) 種子是否成熟？成熟之種子放氧必多，否則必少。
 - (4) 種子之來源緯度，緯度較偏北者，放出之氧多。
 - (5) 種子母樹生長之高度如何？生長於海拔較高者，放出之氧量亦大(15)。
- 氧測法之理論甚簡，過氧化氫，經生活細胞作用放出氧(1)。



施米德爾氏 (Schmidner) 對氧測法研究最詳，如欲深究，可進一步參考伊之專著(17)。

此法在中國大有提倡之必要，以我國林木種類繁多，幅員廣大，地形變化又極大，同一樹種，以其來源不同，在某地用以造林，生長上常有特殊之差異，且國家如大面積造林，非由農戶或種子商人大量購買林木種子不可。如平時對各地種子，用普通法與氧測法，二者同時進行，每種樹種必能得到一極好之結論，何等數量之種子，放出若干量之氧？何地採來種子，氧之放出現象何如？皆可作出曲線或一表解，一旦種子到手，三十分鐘內便可斷定種子之良否。

例如 Schmidt 氏研究各種發芽率不同之種子，各取二十粒試驗，材料為歐洲赤松 (*Pinus sylvestris* L.)，

所用第一及第二藥品配成酸性之 PH 值為七·〇，放出之氧，結果如下表(15)。

種子號	種子發芽率	%發	出	之	氧 (c.c.)
一	一一			四二·六	
二	三七			四七·〇	
四	五三			五九·六	
六	七〇			八九·五	
八	九〇			九三·〇	

第二十七節 種子之重量容量與數目

種子之重量容量與數目之關係，於人工造林中，為一基本問題，非知道清楚不能決定播種量，各國造林學書中，對於種子重量之單位，有者為公斤，有者為公擔，還有以磅為單位者，惟磅之重量又因國別而異，英美所用之磅較小，每磅重四五三克，德國所用之磅較大，每磅五〇〇克，我國政府制定之市斤，合半公斤，即五〇〇克，恰與德人所用之磅相等，較英美所用之磅為大，筆者希望各省在林业工作的諸同仁，對於林木種子，在重量方面，最好以公斤作單位，在容量方面，最好以公升 (Liter) 為單位，以便彼此引用，增加工作效率。

當一種林木種子到手時，應當知道下列諸項：

- (1) 每單位重量或容量中所含之種子數目
- (2) 種子發芽率 (Keimprozent)

(3) 種子之植物率 (Pflanzen prozent)

(4) 種子之純度 (Reinheit)

以上四端可決定立林地面積與株距行距或苗數之關係，此正如鄉間老農種田之經驗，於若干畝田地，宜播若干之稼禾種子，結果不疏不密，得豐稔之收穫。

種子之性格，在人工造林上亦異常重要，然只知其性格，而疏忽了量與數目之關係，育苗時，亦不易得到良好之結果，即苗床中一處過稀，一處過密，由疏密不勻之苗床內，乃產生大小不等，高矮不齊之幼苗，以之造林，便影響到將來之林相，木材之性質，及木材之增長量等 (Schmidt 18)。

一 中國林木種子

無論播種造林或育苗造林，立林地面積測好之後，第一步感到困難者，即每公斤之林木種籽，究含有若干顆數！或每一公斗內究含有若干顆數？對於某一種林木種子之容量重量與數目的關係，如不明瞭，即不能根據一定之面積，而播入適量之種子，人工造林，處處皆須適合經濟條件，過量播種，不僅浪費種子，且於將來苗木出土之後，株距太密，還須人工疏苗，故多量用種子，不僅種子用量大，且費人工疏苗，反之，若下種太少時，苗不夠密，則易成樹幹曲且矮之劣等林，無成良材之厚望，欲改善將來之林相，則須人工補植，故種子之量，播種時用得太多與太少，均非所宜。

筆者對於雲南數種經濟林木之種子數目與重量之關係，曾作過研究，茲錄其結果於次（郝景盛 7）：

樹	種學	名	每	公	斤	種	子	數	目
扁	柏	<i>Thuja orientalis</i> L.	四	八	、	六	〇〇		
圓	柏	<i>Impressus DuRoiuxiana</i> Haked	二	五	〇	〇〇〇			
飛	松	<i>Pinus Yunnanensis</i> Franch	六	八	、	四	七	四	

果	松	<i>Pinus Armandii</i> French	四、二八五
漆	樹	<i>Rhus Verniciflua</i> Stokes	四二、三〇〇
楮	樹	<i>Caucastheca Yunnanensis</i>	一六、七一
烏	柏	<i>Sapinum Sibiricum</i> Koch	一〇、四八〇
油	桐	<i>Aleurites Fortii</i> Hemslay	四〇〇
木	棉	<i>Celva Pentandra</i> Gaertn	一一、五三八
楸		<i>Sophora japonica</i> L.	七、九二二
洋	楸	<i>Robinia Pseudacacia</i> L.	五〇、〇〇〇
藍	桉	<i>Eucalyptus Globulus</i>	四五四、五四五

以上所舉種子，其中細沙、土塊、破碎枝葉等已完全除去，乃指一公斤 (Kilogramm) 純種子所含之種子數目，又同一品種，同等重量內，因採自母樹上部位或方向之不同，而其所含之種子數目亦多差異，採自中年樹之種子較重，採自太老或太小之樹木，種子則較輕，恰好在種子成熟時採集者較重，採集過早或過遲均較輕。同一母樹，種子位於樹冠之上部者較重，位於冠之下部者則較輕，種子着生於向陽之側枝者重，其他方面者較輕。

上表用法，譬如種子商人或自己採來的種子，取出一部計其重量，然後除去砂土，枝葉及其他雜質，再記下其重量，則不難求出每公斤內之種子數。

例如有滇產漆樹種子三十公斤，於此取出一部，重為八〇〇克，擇出之雜質重為八二克，其餘七一八克為純種子之重量，則三十公斤所含種子數可以下式求得：

$$800 : 718 = 100 : x$$

$$x = \frac{718 \times 100}{800} = 89.75$$

89.75% 即種子純度之百分率，又每公斤漆樹種子含有 42,300 粒

$$\text{則 } 30 \times \frac{89.75}{100} \times 42,300 = 1,138,927.5 \text{ 粒}$$

故漆樹種子三十公斤內含有一百一十萬餘粒，知此粒數後，再按發芽率與植物率之關係，決定下種量。
 陳鱗氏之造林學概論中(4)對國產林木種子，已製有詳細之表，重量與容量乃以實業部制定之市斤及市升為單位，今抄錄於次：

樹木名	種	每升種子重量(兩)	每升種子粒數	發芽率%
錫	杏	一六	三七〇	九六
落葉松	松	八	八〇、九〇〇	七〇
金錢松	松	一一	九、六二〇	六二
馬尾松	松	一七	四八、五〇〇	八〇
海松	松	一七	一、八〇〇	六〇
白皮松	松	一四	三、〇〇〇	—
柳	杉	一〇	一〇、〇〇〇	六四
柏	木	一一	二二、〇〇〇	六八

杉	木	八	三四、〇〇〇	四九
圓	柏 (檜)	一七	四一、〇〇〇	四〇
冷	杉	一二	九、五四〇	—
側	柏 (扁柏)	一四	二〇、〇〇〇	八六
紫	杉	一九	九、五〇〇	〇
榧		一三	三八〇	—
白	楊	三	五〇、〇〇〇	八〇
化	香 樹	七	二三、〇〇〇	—
楓	楊	四	一、四〇〇	六一
核	桃	一六	七二	九四
白	樺	三	三〇〇、〇〇〇	三〇
赤	楊	一四	二〇〇、〇〇〇	三〇
板	栗	一九	一一〇	九〇
籬	栗	一六	二五〇	九〇
苦	位	一七	一、三〇〇	—
米	儲	一八	一、八〇〇	—
櫟	樹	一七	一八〇	九〇
松	皮	一八	一六八	九一

雅	楠	樟	臘	厚	棕	柘	構	桑	刺	櫟	朴	白	榔	青	袍	檉	白	槲
楠	樹	梅	朴	桐	樹	樹	樹	楡	樹	樹	楡	楡	梓	樹	樹	楡	楡	樹
一五	一五	一九	一八	一八	一三	一四	一一	一二	一一	一四	二	二	一五	一四	一三	一四	一三	
一、三〇〇	四、八〇〇	二、四五〇	一、八〇〇	一、四二八	九、八〇〇	一九四、〇〇〇	一九〇、〇〇〇	四三、〇〇〇	二三、五〇〇	五、二四〇	八、〇〇〇	一〇、二〇〇	六四〇	六二〇	六〇〇	五四〇	二九〇	
—	七二	—	四〇	三五	三	—	—	—	—	五〇	—	三八	—	七〇	—	七二	八二	

楮	苦楝	絲棉	鼠李	拐棗	欒樹	無患子	茶條	三角楓	野鴉楸	枸櫞	冬青	漆樹	鹽膚木	黃連木	烏桕	重木	楨木
一三	一五	一七	一五	二〇	一七	一九	七	三	一六	一二	一五	一九	一一	一六	一六	二〇	一五
四、〇六〇	一、二〇〇	一、五五六	一七、六六〇	三五、〇〇〇	四、六四〇	四五二	七、〇〇〇	四、三〇〇	一三、六五〇	一、四八〇	九、九〇〇	一五、〇〇〇	一九、三〇〇	一二、九五〇	三、〇六〇	九二、二〇〇	一八〇
—	—	—	—	六八	五六	、五	—	—	—	—	五五	五〇	四一	六二	六七	四三	八八

油	茶	一四	三五〇	五二
珙	桐	一七	一一〇	—
刺	楸	一二	二二、〇〇〇	—
灰	木	一四	八、八〇〇	—
君	子	一九	四、八〇〇	—
白	樹	五	四、五〇〇	—
女	貞	一四	一〇、〇〇〇	六二
泡	桐	一五	八〇、〇〇〇	—
樟	樹	三	二四、〇〇〇	四〇
楮	樹	二五	三二、〇〇〇	—
黃	樹	三	八、五九〇	—

關於日本林木種子重量容量與數目之關係，長谷川孝三(9)，已作過精詳之研究，讀者可參考之。

二 歐洲林木種子

歐產林木種類無多，重量容量與數目之關係，均已有人研究清楚，茲抄錄丹戈雷 (Dangler) 造林學內之部，以供參考：

樹	種	一	公斤	內	所含	種子	數目	發	芽	率	%
Quercus pedunculata							1100-1300		60-80		

<i>Quercus sessilis</i>	三〇〇—四〇〇	六〇—八〇
<i>Fagus sylvatica</i>	四、〇〇〇—五、〇〇〇	六〇—八〇
<i>Carpinus betulus</i>	三〇、〇〇〇—三二、〇〇〇	五〇—七〇
<i>Fradinus</i>	一三、〇〇〇—一五、〇〇〇	五〇—七〇
<i>Alnus glutinosa</i>	五〇、〇〇〇—六〇、〇〇〇	二〇—四〇
<i>Betula</i>	一五〇、〇〇〇—二〇〇、〇〇〇	一〇—二〇
<i>Abies alba</i>	一五、〇〇〇—一七、〇〇〇	四〇—六〇
<i>Picea excelsa</i>	一二〇、〇〇〇—一五〇、〇〇〇	七〇—九〇
<i>Pinus sylvestris</i>	一四〇、〇〇〇—一六〇、〇〇〇	七〇—九〇
歐洲黑松	四五、〇〇〇—五五、〇〇〇	六〇—八〇
韋母松	四五、〇〇〇—六〇、〇〇〇	五〇—六〇
歐洲落葉松	一六〇、〇〇〇—一八〇、〇〇〇	三〇—四〇

俞太 (Jette H) 氏一九三六年出版之 *Forstliches Rechnen* 一書內，關於歐洲原產或現已於其培植成功並已結實之林木種子，亦示有詳盡之表，擇錄於次：

樹	種	種一公斤內所含種子數目 (以一千爲單位)	發芽率	%
<i>Pinus sylvestris</i>		一五〇—一九〇	七〇—九六	
<i>Picea excelsa</i>		一二〇—一六〇	七〇—九六	

<i>Larix Europaea</i>	一三五—一八〇	三〇—一八〇
<i>Abies alba</i>	一五一—二五	四〇—一六〇
<i>Pseudotsuga douglasii</i>	八五—九五	五五—一八〇
歐洲黑松	四六一—五五	七〇—一八〇
母松	五〇—一六〇	五〇—一七五
<i>Quercus petraea</i>	〇・二—〇・三	七〇—一七五
<i>Quercus sessilis</i>	〇・三—〇・四	七〇—一七五
<i>Fagus sylvatica</i>	四—五	六五—一八〇
<i>Carpinus betulus</i>	二五—三二	五五—一六五
<i>Acer platanoides</i>	七・五—九・五※	六〇—一九〇
<i>Acer pseudoplatanus</i>	一〇—一一※	六〇—一九〇
<i>Ulmus campestris</i>	一〇〇—一五〇※	四〇—一五〇
<i>Fraxinus</i>	一四※	六〇—一九〇
<i>Betula</i>	一・五〇〇—二・〇〇〇※	二〇—三五
<i>Alnus glutinosa</i>	五〇〇—六〇〇	二〇—四〇
槲櫟	四〇—六〇	—
<i>Tilia platyphyllos</i>	一〇—一二	九〇
<i>Tilia cordata</i>	二四—二六	—

上表內有「※」號者爲未去翅之種子

關於種量與種數之關係，百餘年前，德人哈提希 (Hartig 5) 在伊所著之教科書中亦提及之，嗣後寇洋 (Yokka 5)，赫耶 (Heyer 10)，非耳 (Peil 12)，布克哈 (Bueckhardt 3) 及堡戈來 (Borgstave 2) 諸氏之著述對種子數量一項，皆行列入，然近來出版之造林學書中，對此項問題，則常略之，蓋因其已成爲林業上的一種常識，不需要再費紙筆矣 (16, 17)。

三 美國林木種子

北美所產林木種類極爲繁多，茲根據陶美 (Tomney 14) 氏之著作，略舉其各屬代表種於次：

樹種	每磅		內含		種子數	均
	最	少	最	多		
<i>Sequoia Washingtonia suds.</i>	七一、〇〇〇	—	一二四、〇〇〇	—	九三、二九三	—
<i>Juniperus virginiana L.</i>	—	—	—	—	一七、六四〇	—
<i>Thuja occidentalis L.</i>	一八四、〇〇〇	—	四一二、三五七	—	三二五、〇七五	—
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	八〇、〇〇〇	—	二三四、五一二	—	一二九、四一四	—
<i>Cupressus arizonica Greene</i>	—	—	—	—	一〇〇、〇〇〇	—
<i>Cupressus macrocarpa</i>	五五、二〇〇	—	一六二、〇〇〇	—	九二、九六八	—
<i>Abies balsamea</i>	三〇、〇〇〇	—	七八、八四四	—	五六、二四九	—
<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	三三、六五七	—	五〇、〇〇〇	—	四三、四二二	—
<i>Abies nobilis</i>	一五、四〇〇	—	一六、八七三	—	一六、〇六八	—

<i>Fraxga heterophylla</i>	二七四、八七五	三二三、九九九	二九九、四三七
<i>Tarix occidentalis</i>	九八、二八〇	一七四、四五〇	一五四、六四三
<i>Pinus palustris</i>	四、〇一〇	八、〇〇〇	五、二〇〇
<i>Pinus echinata</i>	四一、六一四	八四、九八五	六九、二〇〇
<i>Pinus ponderosa</i>	八、五一〇	九、六七一	九、〇九〇
<i>Picea pungens</i>	八〇、〇〇〇	八五、〇〇〇	八三、七五〇
<i>Picea Engelmannii</i>	一三五、五〇〇	二二三、〇〇〇	二二二、七五三
<i>Alnus rubra</i>	—	—	三六三、二〇〇
<i>Fraxinus velutina</i>	—	—	一三、〇〇〇
<i>Fagus grandifolia</i>	—	—	一、四〇〇
<i>Betula lutea</i>	—	—	三九四、七二三— 四二四、六〇〇
<i>Rhamnus purshiana</i>	—	—	四、七三五
<i>Catalpa speciosa</i>	—	—	一九、五〇〇
<i>Castanea dentata</i>	—	—	一〇〇、一六二
<i>Cornus florida</i>	—	—	四、一八〇
<i>Ulmus americana</i>	—	—	九四、六〇〇
<i>Madalypus glutinosus</i>	—	—	二一五、〇〇〇
<i>Nyssa sylvatica</i>	—	—	一七六、五〇〇

<i>Thecopia corthifolia</i>	—	—	110
<i>Gleditsia triacanthos</i>	—	—	11、八四〇
<i>Magnolia grandiflora</i>	—	—	1、二五七
<i>Acer saccharum</i>	—	—	七、二〇〇
<i>Acer saccharinum</i>	—	—	11、四〇〇
<i>Quercus velutina</i>	—	—	三〇八
<i>Tridendron tulipifera</i>	—	—	1〇—1八、五、)
<i>Juglans australis</i>	—	—	七四

上表係陶美氏表中之一部，重量以英磅爲單位，合四五三克，與德法所用之磅不同。其學名係筆者所譯，陶氏表內僅舉出英文名稱。

汪子端氏曾對我國栓皮櫟之種子重量與苗木之生長，作過一番考察與研究，粒之大而重者，其一年生之苗木莖較高，根粗大，苗之全體亦較重，粒之小而輕者，其生長之苗木幹莖亦短小，根亦細，苗木之全體亦較輕(15)。

樺木屬之種子，採自樹冠之最高或最低處者皆較爲細小，採自樹冠之中部者較大，同一果實上，種子着生於穗之尖部者中等大小，着生於中部者最大，着生於穗之基部者最小，在麻栗類種子之重量與其着生於樹冠之地位無大差異，在雲杉類亦然；椴類及菩提樹種子，着生冠之下部者較重；松屬種子，着生於向陽一側者較重，惟同一松球，種子在松球之中部者則較重。

種子着生於樹冠之位置與發芽率亦有相當關係；在樺木位於樹冠之下部者，發芽率大，槭屬種子亦然；在

菩提樹屬，種子着生於冠之下部者，發芽率大，位於冠之上部者則發芽率小，其比例約為 76% : 57%；在木青岡種子，常無一定，有時位於冠之尖部者發芽率大，有時位於冠之下部者發芽率大，位於冠之中部者發芽率亦恆居中；在松屬種子，位於冠之下部者發芽率較大，此上所述，係根據阿加蒂 (Achatz 1) 氏之研究結果而擇出者。

無論何種林木，中年樹則能產生優良之種子，較強壯之林木，其所產生之種子，對病菌之抵抗力亦大，種子之較大者，所生之幼小苗木，生長亦較為健壯 (Tourney 14)。

我國林木種子，種類繁多，中央大學林系所搜集之林木種子，已達八百餘種，僅烏桕與油桐二者，即各有百餘種產地不同之品種，若將來一一比較其外部之形狀及內部之構造含有物等，而加以觀察和研究，定得一具有趣味之參考資料。

第二十八節 種量株數與面積

一 發芽率與植物率之關係 (Keimprozent und Pflanzenprozent)

發芽率之數目，常大於植物率，發芽率低者，其植物率更低，而同一發芽率之種子，以播種地土壤不同，則所出之幼苗，其數目亦頗懸殊，土壤最適宜發芽者，所生之植物較多，若土壤過乾過濕，或表土有阻止幼苗出土時，則出苗較少。何謂發芽率 (Keimprozent) 即指在種子試驗室內，種子每百粒中能發芽之數目而言，植物率 (Pflanzenprozent) 即每百粒種子置入土內能出芽之幼苗數。植物率與發芽率之關係，國人尙少注意，筆者曾作短時間之試驗，所得結果，發芽率與植物率幾近一律，所用者為滇產果松 (Pinus Arnaldi Franchet)，試驗室為普通之住房，故與歐美林業界所得結果迥異，若有適當之林木種子試驗室，當得不同之結果。

在歐洲各國，尤以林業發達之德國，發芽率與植物率之關係，已得事實 (Jütte 14)，茲錄其結果如次：

發芽率	種子	發芽率
六五	八〇	一四
七〇	七〇	一八
七五	二六	二一
八〇	四一	二五
八五	二六	三一
九〇	二六	三八
九五	二二	四四

由上表得知發芽率與植物率相差頗為顯著，發芽率為百分之六十五，僅能出植物十四株，發芽率為百分之七十者，能出植物十八株，依此類推，發芽率達百分之九十五者，能成幼苗之種子僅四十四枚而已。若以發芽率相同之種子，因播種地之土壤不同，其所出之植物數目，亦大有差異，例如：

土 壤	種 子 之 發 芽 率 %			
	最 適 宜	適 宜	不 適 宜	不 適 宜
九〇	八〇	七〇	六〇	五〇
五四	四一	三〇	二〇	一一
三	二六	一八	一一	五
二〇	一二	七	二	〇

播種前苗床或林地土壤之施工，甚為重要，由上表可知發芽為百分之九十之種子，在不適宜之土內，所出

幼苗僅二十株，而種子發芽率雖僅百分之六十，但在最適宜之土壤中，亦可成苗二十株，與發芽率為百分之九十之種子在最適宜之土壤中，所出苗數相同 (Jitte 14)。

各種播種量皆以發芽率為百分之八十五之種子作標準，種子優良者少播，種子劣者多播，其倍數如下：

發芽率	八五%	九五%	七五%	六五%
下種定倍數	一·〇	〇·七	一·四	二·二

此種倍數關係，學林者宜強記之，以便隨時運用，如有林地面積，以發芽率為百分之八十五的種子作標準，計算播種量，種量單位用公升或公斤均可，如每畝林地用發芽率八十五的種子，須五公斤，幼苗株數疏密可按預計劃，若改用發芽率百分之六十五的種子則須播十一公斤；用發芽率百分之七十五的種子則須播七公斤；用發芽率百分之九十五的種子，僅須三公斤半足矣，依此不拘種子之優劣所得幼苗株數之疏密常相等，其關係如下：

種子之發芽率	宜用之種子量	種子量	計算法
八五%	五	五 × 1	
六五%	一一	五 × 二·二	
七五%	七	五 × 一·四	
九五%	三·五	五 × 〇·七	

依此類推，即種子之發芽率為上表所無者，亦可求出其種子近似量，若吾人已得知種子之發芽率為百分之七十，宜用種子量介於十一斤與七公斤之間，即最多不得超過十一公斤，最少不得少於七公斤，所得苗數，當

能達到吾人預計結果，因林木種籽，價值昂貴，不宜過量消費 (Tormey 16)。

二 種量與播種 (Stammmenge und Saat)

播種造林所用種子量同，大面積亦因人而異，德國林界頗負盛名之前輩如寇塔 (Cotta S)、赫耶 (Heyer 10)、布克哈 (Burckhardt S) 及斯士夫 (Stumpf) 及戈維納 (Gwinner) 等用歐洲赤松播種造林，每公頃所用之種子量如下 (種子量以公斤為單位)：

樹種	耶布	克	哈寇	塔斯	土	夫	戈	維納
麻栗	六·五—八·五	七·一—九·五	一六	一六	一六	一一·三—一四·八	六·九	
水青岡	二·二—三·二	三·六	四	四	四·三	六·九		
鵝耳櫟	六〇—七五	一〇四	一一〇	九九	九九	八九		
臘木	七五—九〇	七六	九八	一三八	一三八	一六六		
檜木	四五—六〇	七〇	七三	四九	四九	五九		
雲杉	二五—三〇	二三—三一	三一	二〇	二〇	二四		
落葉松	三〇	—	四一	二〇	二〇	二四		
松	一六—一九	一一—一二	二六	二〇	二〇	二四		

同一種子以播種方法及發芽率不同，種量亦異。
如雲杉：

播種	法種	子	發芽	率每公頃	宜用	量(公斤)
散播	播	九〇%	一〇			

條	播	九〇%	四
點	播	九〇%	四

赤松：

播	法種	子發芽率	每公頃宜用量(公斤)
散播		九〇%	八
條播		九六—八〇%	一·八—三·五
點播		九六—八〇%	一·八—三·五

條播可用播種器械，惟不適用於山地，我國山地造林，宜採用點播及散播二法，播種前先作一簡單之工作試驗，可以一工爲單位，每小時能掘穴若干，另一人放種子，每穴平均約若干種子數，則不難算出。筆者一九四〇年之夏在雲南昆明城北虛凝菴附近之山麓，所作之試驗，兩工人分爲一組，甲工掘穴，乙工放入種子，每小時工作四十分鐘，休息二十分鐘，可點播二百三十八穴，若一日工作六小時，可點播一千四百二十八穴，再由每公頃穴數推算，可知整個林場播種造林宜用種子若干公斤或公斗，工人若干，但因我國各省人民體力懸殊，工作效率亦因之大有差異，據工程界之友人見告，華北一工人，其工作效率，約較雲南人大三倍至四倍，故造林時須注意該處人民之體力，往往甲地可得之結果，常不能適用於乙地，此爲吾人實際指導人民或工人造林時，不可忽視之事項：

在某處播種造林事宜注意下列各點：

(1) 造林地點及面積。

(2) 樹木種子類別及分配量。

(3) 職務分配，如指定僱工、運種、指導監督等。

(4) 工作實施日期。

(5) 每日雇工或民夫之最低數與最高數。

(6) 工資開支以及工作人員之膳宿供給與否，均須考慮。

(7) 若按村出民夫，則依人口比例徵調，以示公允。

(8) 播種方法，須事前出小冊說明之，否則臨時由指導人示範。

(9) 小面積林區及防火綫之劃分。

(10) 預計工作完成之日期。

(11) 逐日工作報告。

(12) 森林保護禁令之宣佈。

(13) 工作人員之津貼等。

播種造林，按一定面積宜用之種子量，在美國亦有規定 (Touney 16 p. 213—214) 茲不再贅。

播種時期，林木以播種法造林時須視立林地之氣候雨量而定，在冬日雨量較豐之地，秋播結果較佳，亢旱之地，則春播為佳，林木生長時期較短之地，冬播為佳，生長期較長之地春夏播均可，春日早臨之地，生長季加長宜春播為宜，春日少雨或無雨之地，播種宜在雨季之前或雨季將臨或已臨時播種。

林木種子性質與播種時間亦有關係，殼斗科之闊葉樹類，如青岡、麻栗、石栗、板栗，宜在秋播種，種子特別細小，其發芽機能不能保持至翌春者，當採後即播。

播種機械，在森林方面，數十年以來，未有顯著之進步 (Harker 7)，在我國北方數省農民常用之播種器，亦可適用於造林，其成功失敗，須視下列條件而定：

(1) 播種時期

(2) 鳥獸害之程度

(3) 立林地有無雜草爲害

(4) 林木種子本質之優劣與量之多寡

(5) 樹木性質

(6) 立林地表土層與種子發芽力之適合度

(7) 播種之深度，過深與過淺皆影響樹木率 (Pflanzenprozent)

三 株數與植樹 (Pflanzenzahl und pflanzung)

株數與林地面積

森林面積，除英美用英畝爲單位外，惟林業發達之國家，如俄、德、瑞典、芬蘭等，皆以公頃爲單位面積，所謂一公頃者即指闊一百公尺，長一百公尺，見方之一塊面積言也。造林時苗距之遠近，視樹種及苗木之大小而異，苗木矮小，林木以木材之增加爲目的，針葉樹及陰性樹種造林時，株距宜小，反之苗木高大或以林木之果實，樹液或其他枝葉爲目的時，如油桐、茶、漆、橡皮樹、烏白、木豆或陽性樹種造林則株距宜遠。

同大之林地面積，以所用之方法不同，則株數之多寡有異，例如行列植法，行距小，株距近時，則每公頃內所植之林木株數定多，否則株數必少。下列表內之數目，則以一公頃爲單位，行距分爲二種，一爲一點三公頃，一爲一點五公尺；株距爲三十公分、三十三公分、以至於四十、五十六、六十、八十等。

株	距行	距 (一·三公頃)	行	距 (一·五公尺)
〇·三〇		二五、六四一		二二二、二二二
〇·三三		二二、三三〇		二二〇、二〇二
〇·四〇		一九、二二二		一六、六六七

○・五六	一五、三八五	一三 三三三
○・六〇	一二、八二一	一一 一一一
○・八〇	一五	八、三三三

株距爲三十公分，行距爲一點三公尺時，每公頃可植兩萬五千六百四十一株，株距若爲八十公分，行距爲一點五公尺時，則僅植八千二百餘株，約爲前者三分之一數目 (Jütte 14, S. 126)。

株數與面積之關係公式(8)：

(1) 長方形者 $Z = \frac{F}{ab}$

(2) 方形者 $Z = \frac{F}{a^2}$

(3) 三角形者 $Z = \frac{F}{0.866a^2}$ or $Z = \frac{F}{a^2} \times 1.555$

上列公式中，Z表示株數，F表示面積，a表示株距，在長方形植法內，a表示較短之株距，b爲較長之株距，在方形植法內，株距相等，僅用a表示之，在三角形植法內a表示株距，行列植法其計算法與長方形相同，例如林地面積爲一公頃，行距爲1.4公尺，株距0.4公尺，一公頃之面積爲1000方公尺，能種植之樹數如下：

$$Z = \frac{10000}{1.4 \times 0.4} = 17,857 \text{ 株}$$

故每公頃內林木株數爲一萬七千八百五十七株 (郝景盛 8)；如用方形植法，則面積與株數之關係 (Jütte)

14, S. 128) 如下..

株 距 (公尺)	1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.75	2.0
每株所佔面積 (方公尺)	1.000	1.44	1.69	1.96	2.25	2.89	3.0625	4.0
每公頃內之株數	10,000	6,944	5,917	5,102	4,444	3,460	3,265	2,500

表內亦係用公頃為單位面積，第一行為方形植法之株距，以公尺為長度單位，第二行為植樹後每株所佔之面積，單位為平方公尺，即樹苗植後，枝葉及根部之生長地位，第三行為每公頃內能栽植之株數，由一萬株至兩千五百株。

總之株距之遠近大小，無一定規則可循，依下列各項斟酌處理之：

- (a) 林木生長速度較大者，如雲杉、飛松、果松、楸木、泡桐等則株距宜遠，生長速度較慢者，幼年期生長特慢者如檜類、落葉松類、柏類、銀杏等則株距宜近。
- (b) 立林地土質較肥沃者株距宜大，較瘠瘠者株距宜小。
- (c) 氣候溫和，雨量較少之地，植樹之株距宜大，氣候寒冷，雨量較少之處，則株距宜小。
- (d) 如用育苗造林時，株距宜遠，用播種造林時則株距宜近。
- (e) 幼苗生長之性質亦不可忽略，喜向四週伸展或在幼年時樹幹之直徑易加粗者，宜密植，以削弱其側枝，幼苗向高處生長而少側枝者則株距宜稍遠。

(f) 立林地雜草叢生常為幼苗之害時宜密植，以便奪取草類之陽光，在自然競爭之下，使草類滅亡。

(g) 立林地距木材市場遠者，株距宜大，以間伐所得幹枝材不易出售。

株距之大小問題在造林技術上頗佔有重要位置（希爾福 Hilf 12）氏之名言，謂日光由上方射下則樹幹挺直產生良好之木材，森林中任何之空隙，皆能使樹幹彎曲，若能除去側光，則側枝枯死脫落，此寥寥數

語，已敘盡株距在造林技術上之關係，若同一林地面積，土內之養料，以及陽光接近地表之任何空間皆當充分利用，使木材不僅在量之方面達最高峯，在材質方面亦須達極佳程度，在現代林業之經營上與五十年前不同，立林之後，僅十五年左右即可生利，初次育苗造林或播種造林時，最不可忽略者為株行距要密，每公頃之株數宜多，德人種樹造林，每公頃可植兩萬五千株以上，自十五年至二十年之間，方可間伐，以間伐所得之木材，分門別類，斟酌取捨，送入造紙廠、人造絲廠、木材汽油廠、木材乾餾廠、照像底板製造廠以及其他與木材有關之各種工廠，其間伐所得之利益，在美國、加拿大、法國、芬蘭、瑞典等地，僅足供給間伐工人之開支，而在德國第一次間伐，即可獲純利，如此逐年一次，或數年一次，直至作業期盡，尚能得厚利，以立林初年每公頃，兩萬五千餘株百年時僅有兩百株左右，其他兩萬餘株大小不同之松樹，已逐年伐去矣。

德國林界巨子威德曼 (Wiedemann 18) 氏，對間伐研究有獨到之處，常語人曰『如造林時株距密，逐年之間伐得宜，即伐去之株數與材積，不過多或過少，則逐年木材之生長量，由二十歲以後，以至百年時止，幾近相等，如以雲杉為例：

年	齡每	一公頃株數	每年木材增長量 (以立方公尺為單位)	逐年間伐取得之木材 (以立方公尺為單位)
二〇	五九一七	四二六〇	三〇四	—
二五	—	—	一〇二二	—
三〇	—	—	一四〇二	三
三五	—	—	一六〇四	七
四〇	—	—	一七〇二	一三
四五	—	—	一六〇八	一六

五〇	一三二六	一七・〇	一八
五五	一一四八	一六・二	二三
六〇	一〇〇七	一五・四	二八
六五	八八七	一四・八	二九
七〇	七八七	一四・六	三二
七五	七〇二	一四・〇	三五
八〇	六三一	一三・六	三七
八五	五七一	一三・〇	四〇
九〇	五二〇	一二・二	四二
九五	四七五	一一・九	四三
一〇〇	四三五	一一・八	四六
一〇五	三九九	一〇・八	四七
一一〇	三六六	一〇・四	四八
一一五	三三六	一〇・〇	四八
一二〇	三〇八	九・六	四八

由上表可知株數與面積關係至為密切，同一大小之面積，株數雖以間伐逐年減少，但木材之逐年增長量并未減少，不僅木材逐年產量可觀，且每一林木樹幹挺直無枝之良材，此種林業之經營方法，頗足為吾人效法，故略為介紹。

在林业極端發達之德國，以前植樹亦常錯誤，如四方形植法，四角每角一株即可，但於四角之外，正中再多植一株，當時目的，惟恐成活者少，故多植苗，造林技術，應百植百活，其萬一有不成活者，需次年補植，若留有空隙，則有生長不良之林木出現。

歐洲亦松行距以一點三公尺，株距以三十公分至五十公分為最適宜，過此疏密度，往往產生不良之結果 (Dengler 6 S. 389)。

苗木之取得，植樹造林首在需要苗木，而苗木之取得，不外下列三法：

(1) 苗圃培植者，此項幼苗最佳，蓋已預知其來源，性質、根形、氣候適應力等。

(2) 掘取野苗，野生苗木，其根部之發育，常較苗圃培植者為劣，且苗之大小高矮亦不一致，然有時在種子年林木砍伐後，亦可產大量之整齊幼苗，供他山造林之用。

(3) 購買幼苗，我國在大都市附近常有花卉苗圃，但林木苗圃，為數甚少，縣立或省立苗圃，雖經實業部、經濟部多年提倡，未有成效，然此種商業性之林木苗圃在歐洲頗有悠久之歷史，尚可供給歐洲以外國家之造林，如美國即大量購置歐洲苗木。

移植時宜注意之事項

移植之前一二日內，苗圃須用水灌溉，幼苗掘出之後，宜用草把草蓆之類將根遮住，以免日光之蒸發，在早春時移植，風吹亦可使根速乾，在強烈之太陽下，雖十至十五分鐘左右，即可致幼苗之死亡，掘苗時普通為一人鬆土，一人取苗，苗木宜打成捆，每捆株數無一定，一百株至數百株均可，每日造林工作完畢，倘樹苗尚未用完時，宜將苗木置於濕冷之地，以備次日之用 (Hill 12)。

掘苗所用之機械，在德國三十餘年前即有 (Wihlger 17)，至今美國林界仍用之，我國農間常用齒狀鋤頭，頗為便利，用足踏入土中，將鋤柄用力按，苗木自出，齒狀鋤對苗根無害，或僅傷根皮，忌用刀狀鋤挖苗，以苗根常被其切斷也。

植樹時期

林木之移植，一年中四季皆可行之，但移植後，成活率之高低與移植之季節有關，在一年中各月雨量分佈無大懸殊之地，如北歐各國早春移植，結果最佳，在春特別亢旱之地，如我國華北及西北各省，宜在冬末及雨季將臨之時移植，則成活較佳，我國幅員廣大，跨寒溫熱三帶，植樹最宜之時期，因各省所處地位不同而異，我國政府定三月十二孫中山先生逝世之日為植樹節，在黃河流域及華北東三省等處均可適用，若在長江流域各省，已較稍晚，在雲南及珠江流域各省則更晚矣。

美人蕭 (Shaw 15) 氏之研究移植季節，結論曰，宜在早春移植，天氣無霜時即可移植，我國數千年來應用之夏歷，其二十四節中，立春與驚蟄之間皆為植樹之最好時節。

在歐洲各國亦多採用春天植樹 (Borggreve 1)。

冬天移植結果較春前移植成活率較低，通常冬日落葉樹類，在早春未吐葉之前即行移植，最為適宜，南京及其附近之冬日落葉樹木陳際曾作開葉落葉時期之觀察，茲錄其結果，以備移植時之參考(3)。

開	葉	時	則	樹	種
三	月	中	旬	柳	
三	月	下	旬	白榆、珍珠梅、木瓜、臘梅	
四	月	上	旬	毛白楊、胡楊、麻栗、檉樹、棠樹、朴樹、檉樹、三角楓、槭、樺菜槭、白臘樹、法國梧桐、洋槐、紫藤、枳椇、雲柳、李、杏、枸櫞、玉蘭、迎春花	
四	月	中	旬	槐、石榴、欒樹、荆條、泡桐、皂莢、棟樹、臭椿、烏白、柿、梓、黃金樹、紫薇	
四	月		旬	黃檗、合歡、山槐、黃連木、重陽木、油桐、楮木、梧桐、棗	

移植在開葉前兩週內行之，開葉之後，栽植則不見成活，或成活率減低，移植節季，有時因樹種不同，如

十葉楊 (*Populus Fimontii* Carr.) 在夏日栽植成活極好，在早春栽植，反多枯死者，漢陽 (*Populus Yunnanensis* Dode) 據筆者在滇工作經驗所得，在七八兩月中及早春插條均可。

地方氣候與樹木移植之關係，頗為密切，如歐洲赤松、花旗松 (*Pseudotsuga Douglasii*)、落葉松，在瑞士及奧國在秋季造林，根之發育，益為良好，較春前移植者生長迅速，但在德國北部花旗松與雲杉落葉松尚可於秋季移植，赤松在秋季移植則不能成活，此乃希爾福 (*Hilf*) 氏研究結果，可作吾人之參考。

假植 苗木由苗床掘出之後，不立即栽植林地，先放置於適當之處，待期取出造林，是謂之假植 (*Staging*)。假植方法亦有數種，茲舉其重要者如下：

(1) 露天假植，苗木由苗圃掘出之後，置一處所，如牆陰之下，森林隙地，或其他大樹下，苗木枝梢向一端，根梢向另一端，緊緊密集，根部用土封好，或於苗床內掘穴，集植，苗木一百株至數百株成一捆，造林時，一工人可於數小時之內，取出數萬株以至數十萬株之苗木，以供造林地之需要，此項露天假植，可在冬日或早春冰消之後即可開始，此時農民較閒，人工易得，且工價亦較廉。

(2) 遮蓋假植，苗木由苗床取出之後，分包打捆，根部不須用土埋藏，僅將成捆苗木，立着或平臥放置，再以草蓆或葦蓆蓋住，以阻止強烈日光之蒸發及乾風之吹拂，此法之保存時間遠不及露天假植法，若露天假植再用蓆遮蓋，則更佳矣。

(3) 冷藏，此法不限於苗木其他插條壓蔓亦可用之，在冬或秋末樹葉脫落之後，將苗取出，打捆後，置於冷室，地窖或山洞中，待來春取出運往立林地，用冷藏法放置苗木，可使苗木遲兩週發芽，蓋因在冷地，苗木生機宛於冬日，呈靜止狀態，若工人少，造林之面積廣大時，可用此法，以延長造林之日期，故北歐各國多採用之 (*Costa* 4)。

插條造林亦可用冷藏法，本年秋季末，即將枝條取下，整理完好，放置冷處，待翌年插條，結果亦佳，故園藝方面亦常用之，如葡萄繁殖，第一年秋季末，將蔓剪下，放於地窖內，次年壓埋，頗易成活。

(4) 雪藏法，在立林地適宜之處，先掘一土坑，再置雪於坑底，雪層之上放置樹枝層，樹枝層之上，堆集土壤，蘚苔之類，然後放置打捆之幼苗，平臥或立着放置皆可，苗木層上再蓋一土層及蘚苔，最上層仍用樹枝葉遮住，最後築一棚房，棚之頂部仍用樹枝樹葉，以阻熱氣之進入或冷氣外出，雪藏法保存樹苗，可至翌年春季末夏初，此法係德人赫耶 (Heyer) 氏所創，迄今美國林界尙有用之者，我國黃河流域各省可用之，華中及華南各省，以氣候溫和，冰雪不易取得，若用人造冰雪，則頗不合經濟原則矣。

假植工作中尙有宜注意者，冬日落葉樹類之幼苗，可以完全用土埋之，無害於生機，但針葉樹類之幼苗，僅可用露天假植法或冷藏法，以針葉樹類，葉之呼吸作用與光合作用繼續行之，若行遮蓋或雪藏，則呼吸斷絕，反足以致幼苗之死亡。

四 播種造林與植樹造林之比較

在下列情形下宜用播種造林

- (1) 立林地爲裸土。
 - (2) 在幼苗未長成以前，無被雜草壓倒之危險。
 - (3) 土壤中之含有物，如養料、水分等，適於幼苗之生長。
 - (4) 荒山附近無足用育苗之地。
 - (5) 林木種子能得大量且較廉時。
- 在下列情形之下，宜用植樹造林。

- (1) 有鳥獸爲害種子。
- (2) 有大量幼苗可資利用。
- (3) 有早晚霜害，經播種造林屢次失敗之處。
- (4) 立林地草皮爲害甚烈之時。

第二十九節 苗圃經營

在人工造林上，播種育苗，乃一比較重要之工作，故苗圃經營特分爲一節，以述其經營之梗概。如苗圃位置之選擇，苗床之整理與劃分，播種法及其應注意之事項，覆土之厚薄，苗木出土前之保護，移植時應注意之事項，灌溉之方法，利用化學藥品以防止雜草叢生，以至苗木之運輸等等皆爲苗圃經營上之重要工作。茲略述於次：

一 位置 (Ort)

苗圃所在之位置，視設立苗圃之性質與目的而定，如專爲某地荒山造林爲目的時，宜設暫時苗圃 (Vorläufige Baumschule)，圃數不必限定一個，數個、十數個，以至於數百個，同時皆可設立。苗圃多少，須視立林之地面積，地形及山勢而定。每圃面積之大小，亦可隨地斟酌伸縮，我國各省縣以往所辦之苗圃，不約而同，多犯同一之毛病，即圃數太少，但苗圃之面積確相當大，苗圃之位置與立林地不發生關係，距離由十數里以至於數十里者皆有之。苗圃設立時，其數目之多寡與面積之大小，須視荒山荒地而定。苗圃面積與荒山面積之比，應近似 $0.5:3:1000$ 。荒山面積亦可名之爲立林地面積，如吾人欲造一千公頃之林，育樹苗時宜用之苗圃面積至少不能小於半公頃，不要大於三公頃 (Reisig 14)。苗圃數在立林地面之分佈要均勻，務使運苗之距離近，以節省運苗之時間，而增加樹苗之成活率。

河南鄭州，隴海鐵路苗圃之大，中國第一，苗木在圃內生長之高，亦中國第一，直徑已數寸。但以造林眼光看來，此種苗圃，已成點綴物，真造林時，尙歸於無用。如此高大之苗，挖一株，須用一人工，每株苗搬運時又須要一工，自然，挖穴植樹時仍須一工。種一株樹，三個人工，而且灌溉工夫尙未包括在內。栽植之後，遠不能成活，如此經營之苗圃，不亦太愚乎？

苗圃所在地或附近，首應注意有無足資灌溉之水源，如山澗、細流、清泉及水塘等，以備乾燥之季節，吸

水灌溉苗床之用；其次須注意山坡之斜度，最大不得超過五度，否則須用人工作成梯形田，如陝西渭水兩岸之梯田然；第三須注意坡向，以歐洲多年經營苗圃之經驗，向東南向之山坡，易遭霜害。向北及向西之山坡，雜草在早春生長繁榮較晚，反較為可取；第四須注意風向，苗圃所在地以無風害者為上乘；最後尚須注意土壤中之含水量及養分等情形。

如在吾人所要求之條件下，不能覺得適宜之處所作苗圃，則可臨時租用當地居民之田地，暫作苗床，陶梅 (Tomney 20, P. 267-271) 氏據其多年之經驗，認為開墾荒山荒地作圃育苗，其始也似乎省錢經濟，但加以去草皮、鬆土層、整苗床、及施肥等工作之費用，其結果反較租用農田為昂貴。

暫時苗圃之經營，目的在供某處荒山荒地造林所用之苗木，故一旦目的已達，則苗圃須改變為良田或森林之一部。除此種暫時苗圃之外，尚有所謂永久苗圃 (Ewiges Baumshule) 者，其位置為固定不變，目的在長期供給各處造林需要之苗木，此種苗圃當設於交通便利之處，以減少運苗之費用。永久苗圃能產生較為良好之苗木，以其施肥、除草、灌溉、移植等工作恆能照預定計劃進行，故苗木整齊健壯，是其長處 (Crahay 3)。

此外尚有商用苗圃 (Handels Baumshule)，其經營之目的在獲利，亦多屬永久苗圃之性質。

總之，無論何種苗圃，在設立之前，選擇位置時，須注意下列各項條件：(1) 土壤，(2) 水源，(3) 地形，(4) 樹種，(5) 人力。

在地形方面宜注意者，如圃之所在地須較立林地為低，殊能免除霜害；或設苗圃於森林中，以其他鄰近樹木作屏障，藉以減少風沙之害。樹種與苗圃之經營亦具密切之關係，土壤性質與氣候條件宜近似該種林木在原地之所熟習者，如果松 (Pinus Amardii Fr.) 在昆明附近荒地，任何處所皆可設圃育苗，在重慶沙坪壩，則雖竭力經營，所得之結果仍然欠佳。人力在苗圃經營上，比造林時之運用尤切，故亦不可忽略。

二 苗床

苗圃之位置決定後，則為苗床整理與劃分之工作。普通苗圃輪廓以方形或近乎方形者為最佳，長方形者次

之，不規則之形狀者爲最劣。因方形苗圃易於管理，苗床之劃分較爲省力，圃丁之勤怠易於監督，而增進工作之效率。

苗床之整理工作，不外下列三項：

(1) 床面整理平坦，行翻土工作。

(2) 床面劃分。

(3) 斟酌施用肥料。

茲各分別加以闡述於下：

(1) 苗圃之位置如在山坡時，第一步之工作爲先作成若干級段之梯田，如川滇二省居民在山坡下設梯田然，如圃位於平地時，則可省略此項工作。開墾荒地所用之器械，種類至繁，非此短節所能盡述，然大體分之，不外人力翻土器，畜力牽引機及動力牽引機三大類。工作效率當以機械者爲最大，近代進步之國家如美國、蘇聯皆已採用之，我國林業與農業，若欲大事發展，與世界各列強并駕齊驅，非用機械代替人力不可。

人力翻土器與畜力牽引犁不外鐵耙、鋤頭、鏟、叉、犁、耙、扒平板及輓軸等，詳見（顧復 T. T. Priestner, 1916）。

翻土須深，如是苗圃內之表土層越厚，則將來之幼苗發育愈良好，但床內土層過於瘠薄時，則不必過於深耕（Thilsson 18）。翻土工作完成後，即將苗床床面耙平。

(2) 苗床之長度及寬度，因圃而異，似無一定之標準。德國爲林業先進國家，各處林局苗圃之苗床，皆有一定之大小。長度爲二十四公尺，寬度爲一·二五公尺，兩床間所留之工作道，亦有一定之寬度，爲三十公分，以便施行除草之工作。苗床本身與地表同高，亦可使之略爲高出或凹下，此須視苗圃所在地而定。春日過於亢乾之地，宜將畦床之面降低；圃地過於潮濕時，可築高畦床面，則床之本身自然趨於乾燥。床面究竟高出或低下，有時亦因灌溉之條件而異，如利用噴水管吸水澆灌苗床，則畦面之高低皆可；但若引用泉水或河水以

行灌溉，則須使畦面較水源為低，以便水之流入 (a, b)。

在美國林局常用之苗圃苗床，長為三十二英尺（長度可有伸縮，但不得超過百尺），寬度則為四呎，工作道寬度為一英尺半至二英尺 (c, d)。

(e) 苗床土壤中缺乏養料時，須加肥料。苗木最需要之養份為氮、磷、鉀三種元素，而此三種元素，土壤中常感缺乏，故須補充，最常用之肥料，不外下列數種：

(a) 綠肥 (Gründüngung)——先種植豆科植物，如苜蓿 (Medicago sativa)、馬豆 (Melilotus pauciflorus)、三葉豆 (Trifolium Spp.)，數年之後，刈之而翻入土中，以豆科植物之根瘤菌能吸收大氣中之氮素於土壤內，而將土質改進適於耕種。山西、察哈爾、陝北一帶居民開墾荒地時，曾種植苜蓿，而雲南徽江縣居民則用馬豆以代苜蓿，各地所得之結果頗好。汪國興氏在昆明大普吉之荒地曾試種三葉豆，但未得滿意結果。我國野生豆科植物種類繁多，若培植用作綠肥，當可發現良好之品種。

(b) 雜草肥 (Kompostdüngung)——堆集雜草，再以土遮蓋之，待草自行腐爛後，可用以作肥料。

(c) 牲畜糞肥 (Rindviehmist)——馬牛羊及各種家畜之糞便，亦為極好之肥料。

(d) 灰土肥 (Aschedüngung)——苗圃工人或附近農戶炊飯時多用柴草，所產生之草木灰，堆置一處，可作肥料。

(e) 人糞肥 (Exkremente)——此種肥料不宜用於有針葉樹之苗床內，以其分解後放出多量之阿摩尼亞 (NH₃)，有害於幼苗之根。一九四〇年秋末，國立中央大學森林系苗圃中之果松 (Pinus Armandi Fr.)，曾施以人糞肥以作試驗，結果樹苗多致枯死，可為一明證也。

三 播種 (Saaten)

苗床整理完善後，接着便是播種工作，所應注意之事項為 (1) 所採用之播種法。(2) 覆土厚薄之程度。(3) 苗床之遮蓋。

(i) 播法 (Aussaat) 可大別爲二種：

(a) 撒播 (Vollsaat) —— 即將種子用手或器具均勻撒入苗床內，不分株行距離。此種播種法之長處在工作速且簡便，如楊、柳、桉、樺等林木之種子細小而不需覆土者，則用撒播法易得優良之結果。但亦有因種子過於輕小時，以手撒播，疏密難定，而多費種子；尤其在有風時，種子常飛散無定，幼苗之長出，定呈疏密不勻之現象，且雜草與苗木易混雜，移植除草皆感不便，是其缺點。

(b) 條播 (Streifen saat) —— 將苗床整理完竣，即用器具犁成條溝，溝內再放入種子，然後覆土。亦有用播種器，犁溝與播種同時舉行。條播法可自由規定行距，闊狹皆可；株距則以種子之數量與發芽之百分率計算，求出行之長度與株距之關係，使一千方公尺內，宜用若干公斤或若干公升之種子，出苗之疏密方能適達理想。條播法用種子較少，未移植前，便於除草工作，故在雨季雜草猖獗之區，宜採用之。

條播中又有溝播 (Rillensaar) 與線播 (Linienfaat) 者，此僅爲溝形或行距之區別，在苗圃經營時，可忽略之。

(c) 點播 (Platzsaat oder Plattenfaat) —— 苗床整理妥善後，用鋤挖穴，穴內放入種子四五枚以至十數枚，待幼苗出土後，視每穴內苗木之多少，斟酌除去弱苗，此則所謂間拔。若穴內之種子不能出苗，宜補以移來之苗。

關於播種所用器具，種類頗多，愛斯林氏 (Eslinger) 於五十年前即創一播種板，以兩條木板，製成垂直形，一板鑿有距離均等之隙孔，種子則可按一定之距離播入溝內。郝門 (Hornmann) 氏創一播種器，可按一定之面積播下定量或定數之種子，此種播種器，形似篩子，適用於撒播。索爾 (Sauer) 氏於三十餘年前發明一播種碾輪，碾之四周有一定行距之凹凸板條，碾輪過後則成條溝，可播種子於溝內。播種器具之研究，在百年前如那哈提 (Nachtrab) 氏已有專書論及，並附圖多幅，書中提出之簡單器具多種，至今仍頗實用。近年蘇聯在播種方面已有極爲進步之機械 (8)。我國農業方面宜改良之點固多，然主要者實爲農具。

設吾人將三千年前之祖宗，由墳墓中喚醒，請其一視現在田間農具，並不覺詫異，以現在吾人所用之農具，依然三千年前之農具，並未見如何之改良也。

在林木方面，經營苗圃時，可利用已有之農具，至各種播種機之應用，可參考顧復農具一書，茲不再贅。(2)覆土 (Bedeckungsschicht) 種子覆土之厚薄，視其樹種與種子之大小而定。較大之種子，覆土宜厚，較小之種子，覆土宜薄，一般覆土厚度宜較種子直徑大一倍至二倍，不可超過四倍。如種子之直徑為五公厘，覆土由一公分至二公分足矣。然亦須視床內土壤之濕度而定。土壤濕時，覆土宜薄，反之則覆土宜厚。丹戈雷 (Dangler) 氏多年研究之結果，伊對不同樹種，有如下之結論：

樹	種	厚	度	(以公分計)
落	松		0.5	
松	類	與	雲杉	類
水	青		2.3	
麻			3.5	
樺	木		稍覆土即可	
見	風		同	上

美國耶魯大學林系教授陶美 (Tomney 20. P. 287-288) 氏對覆土厚薄之結論：

樹	種	厚	度	(以英寸計)
胡	松		2	

我國林木種類繁多，覆土厚薄，因種而異，過厚與過薄，皆非所宜。茲將筆者在滇省林務處工作時，由經驗所得各種種子所宜覆土之厚度，略舉如次：

檉	類	八分之一
榕	類	四分之一
樟	類	四分之一
白	松	四分之一
黃	松	二分之一
板	栗	一·一·五
藍	類	一·二

樹	覆土厚度 (以公分計)
銀	二·五
柳	一·五
杉	一·〇
檫	四·〇
樟	一·五
洋	二·〇
油	三·〇

烏	柏	一·五
楸	木	〇·五
榆	樹	〇·五
赤	楊	〇·二
核	桃	六·八
板	栗	四·五
板	樹	〇·二

總之，覆土厚薄視樹種而不同，可循上表作例，而對他種種子之覆土厚薄問題斟酌辦理。

(3) 遮蓋 種子播入苗床後，在未出苗前，如有強烈之日光，則須用樹葉、樹枝、草蓆、稻稈及簾等遮蓋苗床。以防土壤中之水分過量蒸發，以致影響種子發芽。當幼苗出土時，宜將遮蓋物之全部或局部除去，使得與陽光空氣接觸。

有些樹種如金雞納 (*Chincona*) 等，當幼小時，抵抗強光之能力甚微，數日之內，可使全床枯死。幼苗不能接受直射日光者，除在地表鋪樹枝、樹葉、草蓆外，有時須架棚以蔽日。棚架有高矮之別：

(a) 矮棚 架棚之高由三十公分至五十公分，此種矮棚既能遮日光，同時還可減少靠近地表空氣之流動速度，因此可保持溫度。幼時畏寒之苗木，可採用之。

(b) 高棚 架高可由一公尺半至二公尺，此各架棚，可遮直射之日光，但幼苗在此棚內仍可受斜射日光之照射，空氣流動正常，溫度與棚外亦相差無幾，如桉樹、茶、油茶、樟樹等之育苗，可採用此種高架棚。

除上述之草蓆或架棚外，在森林苗圃育苗時，尚可利用附近之喬林以作保護。法為在喬林之中，選擇一適

宜之地，伐去其林木，除其雜草樹根而整床育苗，而依鄰近之林木作屏障，減少風沙強光之害。德芬二國，此種依森林作保障之苗圃，極為普遍，且成績極佳，頗為世界各國林人所稱贊。惟我國到處荒山，無森林可資借用，甚為可惜，甚望國人對各省故有殘林，加以保護愛護，以便育苗更新。

四 移植 (Verschulen)

苗木在苗床內直接可以運往山地造林，但有種苗木須經一次或二次之移植。本段內所謂移植，乃 *Transplanting* 之意，由甲苗床中，將樹苗移植於乙苗床之內。經過一次或數次移植之苗木，可得有各種益處：第一、苗木本身生長繁茂，枝葉圓滿。其次、根部異常發育，主根短，側根多而長。第三、用經過移植之苗木運往荒山造林，成活之百分率常大，甚至可全部成活。

未經移植之苗木，其主莖上之枝葉不茂，根部則側根特少，主根細長，用以造林，常多枯死。故移植雖費人工金錢，但各國苗圃仍行之，以其結果，常能達到吾人所希望者。

移植之主要目的，使苗木增加鬚根及側根，減少主根之長度，增加造林時樹木之成活率；但同時亦具短處，即苗圃面積須增大，灌溉、除草、施肥等人工及其他費用之加多。

有種苗木不經移植，即可直接由苗床取出栽植；然有如桉樹幼苗，則非經移植不可。移植苗床遇必要時，須在最下層鋪以砂礫，其上有細沙層，最上層則鋪以好土，如此之苗床可使苗木側根加多而主根不加長。土耳其即曾用此類苗床育成大批桉樹幼苗（趙爲楮），國人滕詠廷氏在福建亦曾用此類方法培育桉樹幼苗而獲良好之結果。

特別具有經濟價值之幼苗，由苗床取出後，可移植於花盆瓦盆內，置於樹蔭處或架棚下，隨時可取出栽植。

移植時如欲得整齊之株行距離，需借助移植板條。板長約六尺，寬約五寸。板之一邊刻有凹口，使株距有所依據。工作時六人一組，二人犁溝，二人挖苗運苗，且將樹苗放於移植板上，其他二人栽植封土；如此每日

工作八小時可移植 25000—35000 株，每人每日平均可移植 4000—5000 株 (Masat 12)。苗木移植於溝內較於穴內為便利，且可節省人工；苗之大者，所作之溝穴亦宜寬大。樹苗在移植床內，其年限以一年至二年為度，不可過長，否則苗木根深，將來用之造林，反增掘苗之困難。

苗在床內經移植與否，各具優劣之點，茲總括其主要者於次：

苗木之種類	移植之方法	苗木之種類	移植之方法
苗木之種類	(1) 無枝發育良好	苗木之種類	(1) 當無側枝
	(2) 主根短，側根及鬚根增多。		(2) 間草及鬚根特少，主根單一而長。
	(3) 移植入山易成活。		(3) 移植入山成活率較低。
	(4) 人工全費及時間之增。		(4) 省工省錢省時間。

移植時，工作者有時須跪下，故其膝部宜包以布製之保護袋，以增加工作速度，且能減少損傷與疲勞。移植工作中最宜注意者為須使樹苗根部舒展，土宜封好踏實。此等工作女工童子皆可勝任。

(五) 灌溉 (Bewässerung)

森林苗圃之灌溉工作，向為林人所重視 (Cotta 2)。故前在苗圃位置一段內，已提出灌溉水源之重要。灌溉方法之不同，視水源之性質，及苗圃經營者之經濟力量而定。惟其方法不外下列數種：

(1) 水管噴注法 此在大規模經營時，所設水塔之位置特高，如城市之自來水塔然。為利用水之自然壓力，由鐵管噴出；管內水之壓力愈大時，則噴水亦愈遠。管與床面之距離約一至二公尺，枝管與苗床之長邊平行，管之直徑約為五公分。如壓力為三十磅時，水可射出八公尺遠。此法設備費用特大，但工作速度大，省水且，可用於大規模或永久性之苗圃內。

(2) 全面灌溉法 如水源為細流，床面低凹，即可引水入畦而行全面灌溉。

(3) 畦溝引水法 苗床面高凸時，床與床之間，留下水道引水，水因毛細管作用而浸入床內，以供幼苗根部之吸收。

(4) 取水灌溉法 此法最爲原始，工作效率最小。工人用木桶挑水，至苗床後，再用木瓢取水灑澆苗木，此法在我國各地苗圃最常用。

以上所舉之四法，以水管噴注最爲現代化，無論土壤之性質如何，皆可用之。第二法宜用於乾燥之地，或不爲黏土時。第三法適用於雨量較大之地。至於取水灌溉，則各處皆可行之。

六 除草 (Unkrautrohhaltung)

用鋤除草，雖田間老農，已知之甚詳，毋庸細述，筆者所欲言者，爲雜草之預防方法。李繼侗氏在美國耶魯大學讀書時，即曾注意除草之方法，伊在陶美教授指導之下，在土壤內用少量之硫酸溶液，可使雜草減少；但同時對幼苗亦有妨害，故結果欠佳(19)。

用化學藥液除草，先陶美者有金齊 (Kirchlin 10) 氏，伊用硫酸鋅 ($ZnSO_4$) 混入苗床之土壤內，結果雜草滅除，幼苗無病，生長甚爲佳良，此試驗所用之樹種爲松樹。

一九二八年斯太文 (Steven 17) 氏對針葉樹類幼苗，用百分之一硫酸銅 ($CuSO_4$) 液注射苗床，結果雜草死亡，幼苗未受顯然之病害。

一九三〇五瓦倫伯 (Wahlberg 21) 氏在美國一國營林場之苗圃內，利用硫酸鋅 ($ZnSO_4$) 及其他酸類化合物，防止草類之繁殖。一加倫水中，放入四兩半之硫酸鋅，如此製成之溶液，每四十八方英尺之苗床只用三加倫，結果頗爲圓滿。

針葉樹類，喜生於酸性土壤；闊葉樹類則喜生於鹼性土內，故若用酸性化合物試驗於針葉樹苗，則鹼性化合物試驗闊葉樹苗，定能試得何種藥液，在培育某種苗木時，除草之力最強，且對幼苗無害也。

七 運苗 (Pflanzentransport)

苗圃與造林地相隔太遠時，則苗木之運輸亦爲一種重要之工作。用飛機運苗，在時間上雖屬經濟，但用費頗大，在目前之中國，未便採納；筆者所欲述者，爲輕而易舉之運苗辦法。

乾熱天氣，運苗時宜特別注意，勿使苗木過於乾燥或熱傷；在嚴冬運苗，須防凍死，根部最好用苔蘚類植物包裹。苔蘚未用之前，宜置於陰濕處使略成氣乾，不可用過濕苔蘚包苗木之根。苔類以 *Sphagnum* 屬爲最佳，以之包幼苗根部，可使根潤澤而不乾枯。若苔蘚不能覓得時，用蠟紙包之亦可，以其不透水份而保存濕氣，延長幼苗濕潤之時間。苗木由苗床內或假植地取出之後，不可放於水中，免根上之細沙爲水洗刷失去而失保護。

苗圃與造林地相距不太遠時，則將苗木打捆，用人擔挑運送，若距離遠時，則可用馬馱或車拖。將苗木五百株或一千株打捆成扎，苗之根部向同一方向，然後用適當大小之木箱，箱底先平鋪苔類，豎立苗捆於其上，須彼此緊集，捆與捆間之空隙處，亦用苔蘚塞實，以防根部水分之消散，至是始可運出。

如不用木箱，則在苗打捆後，以苔包其根端，苔外包草蓆，最外再包以麻布，而用繩扎之，然後以牛馬驛運。

苗木本身之重量不大，但草蓆、苔類與木箱繩索等之重量，反相當可觀。尤以帶土台移植時，重量最大，故除某種必要之情形下，普通多不行帶土台之移植。至土台之須用草蓆或草繩包捆，城市花匠，皆知之甚詳，不再贅言。

第三十節 植樹技術 (Pflanztechnik)

植樹原則第一要速度大，第二所植之樹成活者多，第三要經濟。故樹木移植時不宜用較大之樹苗，在移植之前，苗床先用水灌溉過，使苗木本身充分含有水分，然後挖苗。移植方法固然甚多，在原理方面不外二項，一爲帶土台移植，一爲裸根移植。帶土台移植之前，用水灌溉，尤爲必要。帶土台移植工作步驟，可分三

步：

(1) 將樹苗帶土台由苗床取出

(2) 帶土台由苗圃運至造林地

(3) 帶土台送入穴內栽植

第一步應當注意者，宜先挖一兩株中等大小之苗木，驗其主根之長短，側根向四週伸出之遠近，務使挖苗時，苗根完整無傷。苗木挖出之後，放於陰濕之地，如洞內，大樹下，牆陰下，或十分封閉之森林中，藉以減少苗木之過度蒸發。

第二步在運輸前用稻稈、草蓆、棕樹皮、竹蓆、馬蘭包之類將土台裹住，使土台在運輸中避免與苗根脫離。苗木裝運時，無論用車、用船、用箱、用籃，務使苗木彼此相集至緊密程度，且須當心勿傷枝皮。

第三步樹苗帶土台送入穴內時，不必去蓆包、稻稈等，可連苗根一同埋之，以此等草蓆之類，價本低廉，質劣，不能經久，只用一次可矣。

愛太爾 (Ehler) 氏主張樹苗用帶土台移植，百植百活，用費人工，最初似感頗不經濟，然比裸根移植致大多數枯死者，反為省錢。以筆者個人經驗，帶土台移植適用於較大之樹苗，如庭園佈置，道行樹，工廠掩護林，機關學校之風景樹等。若在山地大規模造林，則太浪費人力及金錢，以用裸根植樹為佳。

裸根植樹，用人工較少，搬運力小，如移植得宜，成活數目亦高。人工植樹所用之機械，種類頗多，斯皮索伯哥 (Spisenberg 16) 在其所著造林用具一書中，曾舉出數十種簡便器具，五十餘圖，頗為實用，以其構造不繁，我國內地隨處可以仿製。

植樹之方法，以立林地之環境不同而異，今擇其主要者分述於次：

一 劈孔植 (Spaltplanzung)

將土地整理合適之後，用劈孔器先插一適當大小之穴，再將苗木放進。放置苗木時，宜使根部舒展，然後

再用劈孔器封土，將所封土用足踏實，以水灌溉一次，卽了事。

II 鐵鏟植 (Handspaltplanzung)

關於植樹所用之手鏟，種類頗多，數十年來，無大進步，現在德國各地森林局用以植樹之手鏟，皆五十年前考塔 (Cotta, 1) 與赫耶 (Heyer, 6) 二氏所使用者，今舉數種最普通者於次：

(1) 方鐵鏟 橫斷面爲方形，植樹時一人用鏟掘穴，一人向穴內送苗，用此鏟工作速度頗大，每工可植一千二百至一千八百株。此器具適用於密植，且只宜於栽植，不能用以挖苗。

(2) 圓柱鏟 鏟面爲圓柱形，由鐵柄連於一橫木柄之上，圓柱之直徑由三寸至五寸不等，上部口徑較下部口徑約大八分之一至五分之一。用此鏟挖幼苗極爲相宜，幼苗宜位於鏟之中央，如此四週之根可平均多帶。鏟面長度宜視苗根之深淺而定，比根稍長爲妙。

(3) 齒狀鏟 用以取苗極相宜，裸根植樹，用此齒狀鏟常不傷幼苗之根。有一長木柄，用時以足踏之，使深入土內，再向一側按木柄，則幼苗被挖出。此種器具我國北方農家多用以由豬圈中起肥料。

(4) Jensen 氏植樹器 一九一三年始見於市場，此器之長處與以往他種植樹用具不同，挖穴與送苗入穴同時行之。關於此種器具之描寫記載，可參考麥克利 (McLean, 11) 與陶美 (Toumey, 18) 之著作。此器重量約十磅，長約一公尺二，全部以鋼鐵製成，裸根幼苗夾於器之中央，用足踏入土內，用手搖旋上部之柄，則雙刃分開，苗卽留於土內，將器提出，則苗植好矣。但土壤太硬時，此器不大適用。

III 穴植 (Lochplanzung)

立林地有風沙之害時，幼苗之葉常爲風沙打毀或吹乾，或者地過於乾燥，苗木根不能得地下水之浸潤，宜用此穴植法。以穴之大小及應用地勢不同，可分爲下列數種：

(一) 坑植 坑爲穴之大者，坑之長度約一公尺三十公分，寬約六十公分，坑底齊高。每坑內可植數株樹苗，斯透磁 (Stolte, 17) 在屢次造林失敗之地，曾用此法成功。

(二)穴植 在立林地水分缺乏，過於乾燥之情形下用之。如幼苗根短，不能吸收地下水時，或者在風口地，風速每秒鐘超過四公尺，溫度較低時，用此穴植法，常得優良之結果。幼苗在穴中，根可下伸，易得地下水分，風由枝梢上端吹過，對之不能為害，陽光熱力，幼苗可充分享受，至樹大根深時，對風及乾之抵抗力變大，雖風乾亦不足為其害矣。

且不可在濕地或雨季患水災之區用穴植法造林。余在昆明城北長蟲山石板溝附近，在一九四〇年夏，曾用穴植法移植果松數百株，六七月間穴內雨水常常集滿，幼苗成活之後，多有被水浸死者。

(三)岩穴植 我國西南各省如雲南之東北部及貴西桂林附近，常見有岩峯矗立之大山，用以造林，則極感困難，如利用岩穴植樹，或有成功希望。先擇岩石間有土壤之處，再用鋤掘穴，地中養分過於貧瘠時，可酌量施以肥料。最簡便易取之肥料，用雜草或山坡野生灌木之枝葉，與土混合。但植樹之後，務用力將苗木四週之土砸緊，使苗根與土壤密切接觸，以根在土之空隙處者，常腐爛乾枯，反而致幼苗之死亡 (Toumey 18)。

四 溝植 (Rinnepflanzung)

林地易犯風沙害，或土地過於乾燥之處，用此法造林，結果常使人滿意，如北美 Nebraska 地方用此溝植法造林成功，即一好例。溝之大小視苗木之大小而定，苗木溝深，苗木溝淺，務使樹苗栽植之後，其末梢仍未高出溝之上緣為宜，溝之方向與風沙之來路成垂直，或成四十五度之角度。

五 堆植 (Hügelpflanzung 或 Obenaufpflanzung)

立林地有特別困難情形時，宜採用此法，如土內含石灰岩太多，或者含鹼性土質太豐富時，幼苗之根常被其侵蝕，用普通植法，百植百死，極不易成活；或者土中含有鹽質 NaCl 過多時，對苗根同樣有害；或者立林地為裸露之岩石，而無充分之土壤以資利用時，皆宜採用堆植法。

此法系滿托非 (Mantouffel) 創用，而馬太底水 (Mathey-Dijon 10) 氏繼之成功。其法甚簡，但頗費人力，將普通易得之土壤，用人力、牛馬力或機器運力，運至造林處所，分堆放置。土堆形狀如一般之墳墓然。

但去其中部之尖，使堆之中間成水平狀，幼苗即植於其上。堆之大小，隨苗木之大小而定，樹苗大者用較大之土堆，反之，土堆要小。每一土堆之上可植四株至五株，每英畝內約植二百株左右。

六 球狀植 (Ballenpflanzung)

與堆植法類似，所不同者，土堆小，每土堆僅植樹一株。立林地含水分過多，含鹽質過多，或含有其他對幼根有害之物質時採用之 (Denzler 2)。

筆者幼年在故鄉河北省正定縣滹沱河畔之白沙土中見天主堂作過植樹試驗，頗似此球狀植樹法。以沙地無水，且不含營養成分，幼苗極不易成活。余所試驗之樹爲棗樹 (*Zizyphus sinensis* Lam.)。先將沙土掘一穴，再將穴內放進好土，高出穴面，成半球狀，樹苗即植於其上，結果甚佳，所植無不成活。

七 斜植 (Schrägpflanzung)

現代化造林技術之良善與否，視下列五點而定：

- (1) 工作速度大
- (2) 所植之幼樹成活者多
- (3) 費用少
- (4) 株株皆成良材
- (5) 木材產量大

松樹斜植即適合此五項經濟條件。斜植並非新法，五十餘年前德人郝福曼 (Hoffmann) 即試用過，當時乃用掘穴斜植，穴之大小爲 50×10 公分，深約二十至二十五公分，樹苗所臥之穴面斜度爲二十度至二十五度，工作時三人爲一組。

第一人 掘穴

第二人 放置樹苗，放時務使苗根舒暢開展。

第三人 封穴，先添入下層之新土，繼則添上部土層。

第二及第三兩人以工作不重，可用女工、童工或年高而力衰者。工作進行中最宜注意者，穴要寬展清楚，其次務使苗之主根向下，側根向兩側，近於原來在土中生長時之狀態，再則封土時要留心土之部位及上下層，勿傷根，勿過於用力壓榨，幼苗根之一側用活土。

次年穆爾氏 (Muhl) 繼郝氏又發表松樹斜植報告，其試驗地點為德國西南部萊茵河平原中，且舉出多種掘穴器具，然以現在眼光看來，殊覺不合實用，無介紹之必要。其所用松苗為一年生苗，高約十三公分，穴之斜面為四十五度角，行距為一公尺二十五公分，株距為三十公分。

在一八九九年愛麥斯 (Ems) 繼續郝福曼與穆爾二人之後，對松樹斜植，又從新試過。愛氏掘穴法，近似穆爾，雖所植幼松，無不成活，然工作太慢，仍不能令人滿意。

以後十餘年對松樹斜植無人過問，直至一九一二年德國塔蘭底林業學校教授門士 (Münch) 又大規模斜植試驗，一九一二年植一萬株，一九一三年植山毛櫸、松及雲杉各一萬株，一九一四年又植十公頃之山毛櫸。雲杉在三年時，其根稍斜，尚可認識原為斜植，至五年之後，幼根已不存在，而別生新根矣。門士結論曰，松與山毛櫸，直植及斜植，二年苗高度一樣，無任何不良現象。雲杉用斜植法，最初四五年生長較直植者為佳。在立林地之土壤含腐質土為量過多時，不宜用斜植，如腐植土含量無多，松與山毛櫸無須行翻土工作，亦可得正常之生長結果。幼苗之高度，數年後，無論斜植直植皆無差異之點，幹形亦佳，無灣曲之狀者；十八年後，根之形狀，無論當年斜植或直植，完全相同。

西戈爾氏 (Georg) 極贊成門士之研究，曾謂在良好或正常之土壤中，植樹造林，用斜植法，最省錢，最簡單，工作速度最大而結果最好。

德國林界泰斗丹戈雷 (Dorfer) 氏最初為反對斜植之人，後來經過長時試驗，乃又極贊成斜植法。據清華大學農業研究所所長李繼侗博士言，我國江西亦有用斜植方法造林者，結果亦很好。筆者（郝景盛

5) 在滇省林務處服務時，亦作過松苗斜植試驗，結果圓滿。今將斜植工作方法及試驗觀察略述於次：

斜植工作方法至爲簡單，用一女工一童工便可成一組，女工用鋤頭挖穴，一鋤頭下去，鋤柄向下一按，鋤之前面上口便與穴側面成一空隙，童工手持松苗，小心放入穴中，務使松根舒展，然後女工將鋤頭拿出，用腳一踏，卽了事。造林速度極大，一鋤一株，如此一童一女每日可植五千株以上。自然最初工作時，速度較慢，數日之後，便成習慣，工作效率大增。用木籃提樹苗，一籃可裝數千株，苗在籃內放置時宜井井有條，根端向下，如爲太陽天，籃中須稍灑水，上面蓋以濕布，以防過量蒸發。松苗斜植完竣後，宜用水灌溉一次。移植時最好在雨季，以減少灌溉人工。

試驗結果，幼苗爲一年生苗，移植時在一九四〇年六月間，雨季之前期。地點在昆明城北長蟲山之麓，在較平之山坡處，移植成活者多，達百分之九十。在急斜較乾燥之山坡上，成活者之百分率較少，約爲百分之八十五，枯死者佔百分之十五。所用樹苗系就地掘取，卽利用一九三九年六月間播種之果松苗，其一穴中出有數苗者用鋤挖出，不帶土台，分植於缺苗之穴內。灌溉所用水爲當地掘坑所集之雨水，非由山脚下運來，故頗爲經濟。

八 蘇聯植樹機(8)

至現在爲止各國所用之植樹機，只限於用在整理好之土壤內，如爲荒山荒地時，則植樹機歸於無用。蘇聯烏克蘭林業研究所新近發明一種植樹機，據報告結果，工作效率，極爲驚人，現略述於次：

該機之主要部分以工作不同別爲：

(1) 翻土犁 與歐美普通所用之機械犁類似，專用以耕土，翻土或活土，使土壤適宜於植樹。

(2) 平土機 土壤翻好之後，加此種機械動作，以使土面水平。

(3) 植樹機 此部分植樹機本身又有植樹具、送苗具、入土具及封土具。全機用馬力或動力牽引，機之上部坐二人，機之前後及兩側放置裝苗之小箱。株距行距可自由支配，送苗具之一端以橡皮製成，以代人手，

其所以用橡皮者，可不傷幼苗之皮。入土具動作與送苗具合一，入土深度分爲二十二，二十五及二十九公分三種。封土具爲最後之一項動作。

全機有三點着地，機側之兩輪及犁土之刀刃。全機重約五百至七百公斤。此種植樹機之工作效率，植樹一公頃，用俄幣三十盧布。每天工作十小時，可植五六公頃之森林。關於此種植樹機，有欲知其詳者，請參考 Jantseff 之原文(8)。

九 與植樹有關之其他事項

植樹方法大致已如上述，然尚有應注意者，不拘用何法，取樹苗時須留心下列各點：

(1) 健康 葉不黃不斑，亦未有其他病徵。

(2) 新鮮 我國各地植樹，工作人常忽略此點。由苗圃至山地，常第一天挖苗，第二天運苗，第三天才栽種，栽植之後更不知幾天才去灌溉，結果樹苗焉能不枯死！

(3) 生長茂盛形狀佳良 莖缺皮，多枝，或叉狀者，要棄之不用。

(4) 根部完全 挖苗時工人不當心，主根枝根過半被傷者，不宜取用。

移植後苗木之成活率常因樹種不同，闊葉樹，尤其冬天落葉之樹種，年齡較大時移植，成活亦佳，惟以苗大質重，掘坑非深不可，頗不經濟。在針葉樹類，松屬宜用一年苗，雲杉屬之樹用二年苗至五年苗，冷杉用四年至六年苗，落葉松宜用二年至三年苗。

如以苗木之高度論，可分下列七級，何種樹木宜在何種高度移植，過高大則不易成活。

等	級	高度	度 (以公分計)	樹	種
第 一 級	一	級	二〇	級	松、松、孔雀杉、檜、杉、雲杉等。
第 二 級	二	級	五〇	級	如槐、洋槐、落葉松、杉木、圓柏、棕櫚、烏白、油桐等。

第 三	級	一〇〇	如檉、白楸、干楸、樟木、見風乾、楡等。
第 四	級	一五〇	如楸木、檉樹、楓楊、白果等。
第 五	級	二〇〇	如泡桐、臭椿、香椿、苦棟、梧桐等。
第 六	級	二五〇	兩公尺以上之樹種
第 七	級	二五〇以上	除用插條法尚可繁殖之森木外，多植多不易成活。

以上移植多指裸根苗木而言，若帶土台，雖用喬木，亦可用機械移植，且能望其成活也。

工人分配及效率 無論用男工女工童工，人數多時，宜分成小組。據吾人經驗，無論用何種方法（惟俄國用機械植樹法除外），皆宜用兩人一組，三人一組時則人數太多，減少工作效率。普通在歐美各國植樹造林，一工每天最多時可植一千株，最少兩百五十株，平常五百至六百株。兩人一組常比單人工作或三人以上成組工作效率大。用麥克利 (McLean)之植樹器，兩人工作，一人用器插入土中，一人送苗，每天平均一工人可植一千五百株，用斜植法每人一天可植五千株，為用人力植樹，效率之最大者。蘇聯植樹機，三人成一組，一人司機，二人排苗，每天一人可植兩萬株以上。

造林費用與植樹所用之器具有關，用劈孔具，或用其他手動鏟除，費用較大，用麥克利氏器則較為便宜。在美國用前者平均千株用美金六元一角七，後者平均用二元四角（19）。我國在廣東用兵工造林，成績最佳者，一兵每日植四十株，用挖穴植樹法，我國人力較差。樹苗在二尺高左右者至多每人一天不過百株。

植樹宜注意之事項：

有四不要：

(1) 不要使乾土或表土層與苗根接觸

(2) 不要植苗太深

(3) 不要在植後忘記用力將土壟緊

(4) 不要忘記植後之灌溉

枝之剪裁

冠大根多，為不易之定理。一般林木，用根吸取地下水，由蒸發作用放入空氣中，如冠大根少或根小時，根之吸水力不能供給樹冠枝葉之蒸發，則將萎萎而枯死。故樹木移植時，剪枝乃必要之處理。吾人由苗床挖苗時，無論如何當心，決不能帶出苗之所有全根，即苗被挖出土壤後，或多或少，總有百分之若干的主根或側根被傷損。但苗木上部之枝葉，則皆存在無缺，換言之，苗由苗床被掘出之後，仍留有百分之百的枝葉。如根被傷損留存於苗床土壤中有百分之二十，則栽植前苗根僅存百分之八十，以百分之八十的根之吸水力供給百分之百的枝葉之蒸發力，則此苗木早晚必有一天枯死，不易成活。

苗木愈大，枝葉之剪裁愈屬緊要，二年以上之幼苗，尤其闊葉樹類，如槐樹、麻栗、見風乾、鵝毛櫪等，栽植前，枝非剪去一部不可。一年生之小苗木根短，側根亦無多，尤其針葉樹，如落葉松類、雲杉類、松類或冷杉類等，上部尚無枝，根又相當齊全，枝莖以不動為佳，剪裁不僅是畫蛇添足，而且足致幼苗之死。

至於根之剪裁並非必要，如遇根太長，或以植樹方法關係，為增加工作效率，可酌量少剪，在可能範圍內宜不剪為妙。

根在土中宜保持之位置，莫雷 (Miller 12) 謂幼苗入土之後，所有主根及枝根皆偏向一邊時，或所有主根及枝根皆被集聚在一塊時，皆與成活無關。但有一事，切要注意，無論根之何部不宜外露，如植後土未封好確實，仍留有空隙，則外露與空隙皆可使幼苗枯死。

移植時之深度

所謂移植深度，指與苗木在苗圃時根之深度比較而言，最好淺深得宜。如栽植較淺，則原來之根枯死，而生新根，然移植根過深時，則下部原來之根枯死，而由上部另生新根，若深淺與在苗床時相當，則原來之根繼

續發育。普通一般林木，栽植時比原來稍深爲宜。

無論用何種器具，栽植樹木，須注意下列各點：

- (1) 在乾燥地方栽植宜深。
- (2) 根在土內位置使之近乎自然生長之狀態。
- (3) 忌用大苗木，但造林不以木材獲利爲目的時例外。
- (4) 要剪去一部分枝葉，減少蒸發力。
- (5) 植後封土要砸實。
- (6) 立林地太乾時，或有風害之處所，宜用穴植或溝植。
- (7) 立林地過濕或含有對根爲害之物質時，宜用球狀植或堆植。
- (8) 在可能情形時，宜盡量用斜植法。

第三十一節 沙地造林及荒山造林

我國森林面積，據中國經濟年鑑第八章內之統計約佔百分之七(21)，但據筆者各省旅行目觀估計，不過百分之五耳(9)。農田佔百分之十五，其餘百分之七十以上皆爲荒山、荒地或沙地，故沙地造林及荒山造林，爲目前中國林界之一亟待解決的問題，茲將管見所及，略述於次：

一 沙地及沙丘述略

據中國經濟年鑑第八九兩章內之統計，我國土地面積之百分率，大致如下：

土	地	類	別	面	積
平			原		
				10%	

盆	地	一六%
平	地	十%
高	原	三四%
山	原	五〇%

至沙漠面積，則未道及，然據筆者旅行所見，沙丘幅原亦頗可觀。

大海之水，甚少靜止，常因風吹拂而起波動，在狂風怒號之下，海水波動，尤為激烈，因此大量之水由海底或海面接收土沙，向濱岸移動，與海岸接觸後，即沉集於岸旁，海濱之沙灘由是而成。海水由濱岸向海內流動時亦攜有沙土，但為量無多耳。出水之沙，因風吹日曬，乾燥甚速，至乾燥後又為風所吹，向大陸移動，至相當之處所，再行沉集，成為沙邱 (Sandhugel)。此種沙邱之高度與日俱增，高由數公尺以至數百公尺，其最高處之沙，以風力大，沙不能再沉集，於是乎又向前移動，在大陸內部造成綿延不斷之沙山索鏈 (Sandhugelketten)。

歐洲沙丘之大者，德國北部平原，沙漠面積約一七、〇〇〇方公里，丹麥海島上沙丘之大者至一、〇〇五方公里者，匈牙利與奧國之多腦河平原沙丘面積為二、一〇〇方公里，法國有二七〇方公里，比利時及荷蘭之海岸附近，蘇聯西北之大平原，裏海之東皆有面積積沙漠 (Wessely 19)。我國蒙古之大戈壁及新疆塔里木河盆地，皆為世界著名之沙漠。至於北非洲之薩哈拉，亞拉伯之中部，澳洲之大部亦皆沙地。沙漠在地表所佔之面積較吾人耕田之面積言或有過之而無不及，故沙地造林為對人類將來福利之一有趣問題也。

沙丘非固定不變，常逐年移動，北歐波羅的海濱之沙丘每年移動九公尺，法國 St. Paul de Leon 地方之沙丘，每年行十二公尺，德國北海濱之沙丘每年行四公尺半，匈牙利之沙丘每年行二公尺三十公分 (Wessely 19 S. 67—92)。我國沙丘逐年移動距離，未經研究，但依據吾人在蒙古及新疆旅行經驗，移動速度亦頗

大，斯文赫定 (Svan Hedin) 在新疆曾發現古代城市與林木被風沙埋沒，後來沙丘移動，古城及林木之遺跡，又由向風之側露出矣。此種沙丘移動現象，在蒙古戈壁，如遇大風，可立刻見到。

沙丘移動為害頗大，使良田變為荒野，使整個村落與城市埋沒，巴比倫古城，以被沙埋沒，現在又行呈出，埃及亦有此種實例。沙丘之高者可達數百公尺，一八〇四—一八二七二十三年間，德國北部有一片松林，面積約三百五十公頃，被沙埋沒 (Krause 13, S. 33)。

沙丘之高者可達數百尺，沙之比重，視純度及其內部含有物而定，純砂質沙為二·六五三，石炭岩沙為二·七二二，普通農田土壤比重約為二·四〇一，花園中之沙土比重為二·三三二，含有腐質土者最小約為一·三七，然各地之沙比重亦不相同，如匈牙利之沙比北德之沙為輕 (Wessely 19, S. 33)。

二 各國沙地造林成功實例

歐西各國對沙地造林首先注意者，當首推丹麥，在一六五八—一六六〇年用草固定流沙，一七三八—一七九三年，在沙丘中植樹，一七九三年以後，大面積移植松樹 (Wessely 19, S. 164)。法國沙地造林，乃在十八世紀之末葉，較丹麥為晚 (Brenonier 2)，一七八九年 Neker 任法國實業部長時乃大提倡沙丘造林，當時所用之樹種為法國海岸松 (*Pinus maritima*) 及 *Quercus occidentalis*，皆已告成功 (Brown 3)。德國東普魯士坦澤附近之沙丘，在一七九五—一八一四二十年中作過防沙造林，因所用之法不當，結果失敗，至一八一〇年方找到善法，用松、樺、赤楊等樹木在沙地造林，始告成功。先用能在沙丘中生長之多年生草本植物，多屬禾本科，莎草科及菊科，植入沙中，使流沙先行固定，然後再植深根性之灌木，待灌木成活生長繁茂之時再於其中植抗乾性大之樹木 (Krause 13)。

德國布蘭丹省之沙地，亦相繼造林成功，工程師為胡伯特 (Hubert 11)，在伊之專著中，詳記工人之分配與管理，時間之分配，工資之開支，提出所用固定流沙之植物及樹木種類，并發明一種運沙機，頗能幫助工作。

匈牙利內之沙丘，最初亦先用植物使沙表固定，然後植樹，所採用之樹種較爲複雜 (Wessely 19)，其主
要者爲：

Berberis vulgaris

Ceratogon oxyacantha

Rosa sp.

Amygdalus nana

Ligustrum sp.

Rhamnus sp.

Betula sp.

三 喜生於沙地之植物

植物種類繁多，而各有其個性，高山、平地、河畔、水中，到處皆可看到特殊之植物社會，而沙丘之上亦有其特別之植物種類存焉。我國幅原廣大，沙地各省皆有，尤其黃河流域及蒙古、新疆、綏遠、察哈爾、寧夏、甘肅、青海等省，大面積之沙漠，可爲常見。

蒙古沙漠有時夾於小山之間，沙隨風移動，夏季偶遇驟雨，亦能形成無規則之小河，然此則蔓延不久，又入沙內，故地面異常乾燥，但地下二或三公尺深處即有水。此等沙上草本植物能生長者極少，但常見小灌木性之植物稱雄其間，如豆科中之金雞兒 (*Ceratonia pycnaea*)，西藏金雞花 (*Ceratonia tibetica*)，老虎爪 (*Piptanthus Mongolicus*)，開着黃色豆花，在沙丘上一叢叢，一片片，構成廣大之植物社會，極能引人入勝。其次蒺藜科之植物亦佔重要位置，此科之植物首推霸王 (*Zygophyllum xanthoxylum*) 及泡泡刺 (*Nitraria schobertii*) 等。此外尚有藜科中之 *Calligonum mongolicum* 以上三科中之植物，形成間斷之廣大社會。

又在沙漠堆集之處，沙山沙丘之上，光如鏡面，草木絕跡。但仍有一種灌木能生長之，此種灌木土人名梭

梭樹 (*Haloxylon ammodendron*) 外形頗似檉柳，在集沙深處，儼若喬木，幾成疏林。灌木性喇叭花 (*Convolvulus tragesanthoides*)、蒙古桃 (*Prunus Mongolica*) 及少數之榆樹，此外還有其他種植物，不再贅述 (劉慎諤 14)。

我國華北沿海一帶，亦有堆集之沙丘，上喜生鹼性植物，如鹼蓬 (*Vaedia salsa*)、泡泡刺 (*Nitraria schoberi*)、茵陳蒿 (*Artemisia capillaris*) 等 (劉慎諤 15)。

在青海甘肅境內之沙中常見豆科植物，如甘草，甘草名為草，其實并非草，乃多年生之小灌木，開豆花，結豆莢，莢上生有黏腺毛 (郝景盛 6)。

我國沙地面積尚無確切之調查與統計，據筆者個人在內地各省旅行之經驗，覺沙丘面積亦很可觀，如河南開封以北，陝西榆林之北，寧夏城之東北，綏遠五原縣附近及河套，蒙古哈也馬頭迤西，青海之濱，新疆盆地，皆有數十里以至於數百里之沙漠，故沙漠造林為一極有趣之問題。

沙漠造林，我國尚未經人研究過，無參考資料。今將歐洲沙丘造林已成功者，略述如次，法國西部沙地，造林防沙，第一步先植能在沙漠中生長之多年生草如：

Poa lolkacea

Psamma arenaria

Calamagrostis arenaria

Arundo arenaria

Elymus arenaria

Carex arenaria (莎草科)

Artemisia maritima (菊科)

Galium arenarium 茜草科

皆禾本科

以上諸屬植物中國皆產之，且種類特多，如經研究，必定有適於沙防栽植者。此種植物，主要爲固定流沙，沙既固定後，再在草之中間及空隙處培植灌木。法國防沙之主要灌木爲：

Calluna vulgaris (柘櫨科)

Salix argentea (楊柳科)

Rhamnus alaternus (鼠李科)

Ilex aquifolium (冬青科)

Fraxinus vulgaris

除最後一屬外，中國亦皆產之，我國不妨利用以固定流沙，此種灌木成活後，接着便栽植喬木性之林木。在沙中能生長之林木主要爲：

海松 (*Pinus maritima*)

冬青葉麻栗 (*Quercus ilex*)

長柄栗 (*Quercus pedunculata*)

黑楊 (*Populus nigra*)

水冬瓜 (*Alnus glutinosa*)

樺木 (*Betula Verrucosa*)

臭椿 (*Ailanthus glandulosa*)

洋槐 (*Robinia pseudocacia*)

以上所述原根據比福提 (Buffault 4) 氏之記載而節錄者。Asundo 之根生長特速，長達十公尺，根多節，每節又生有很多細根，根中能含多量水分，以上所舉植物皆能生長於沙中 (Pannewitz 16)。

Pannewitz 氏在伊所著之沙防造林專論中，該書原在一八三二年出版，當時所用方法，現在證明無誤，氏

所舉出之植物頗多，在海濱沙上能生長之植物計四十七種，能生長於沙漠者又限海岸沙丘，內地沙丘亦包在內，計一百十種，能生於河地又能生長於好土中者計一百十七種。

克勞斯氏(Krause 13)亦舉出能在沙漠中生長之多年生植物一百七十四種，并提出防沙林之主要樹種，今抄錄於下：

歐洲赤松 (*Pinus silvestris*)

白樺 (*Betula alba*)

水冬瓜 (*Alnus incana*)

水冬瓜之一種 (*Alnus glutinosa*)

楊樹 (*Populus tremula*)

黑楊 (*Populus nigra*)

加拿大楊 (*Populus canadensis*)

白楊 (*Populus alba*)

各種柳樹 (*Salix* sp.)

北歐丹麥防沙造林，採用之樹種無多，但皆特別有效，多年生草本爲 *Aranido arenaria*, *Elymus arenaria*, *Carex arenaria*, 灌木爲 *Salix arenaria* 及 *Hyperbae rhamnoides* (Viborg 18)。

歐洲沙地造林實例甚多，可以說不勝枚舉，方法雖老，然皆實用，故近來防沙造林或固定流沙，仍採用此種植物，如一九三七年之春，德國北海內之島嶼上，仍用 *Strand hafer* 學名即 *Elymus arenaria* 固定流沙，成績甚佳，昔日浩浩無垠之沙丘，而今變爲一片綠野矣(19)。

關於歐洲防沙植物，大致已如上述。在北美方面亦不例外，美國林業發展歷史甚淺，一九〇〇年以後始有人注意到森林，但用以固定流沙之草，施布奈(*Schriner* 17)在一八九八年已詳論及之，一九一三年在 Neb-

maska 與 Kansas 二地沙漠中，亦用禾本科植物 (Maize)，大體看來與歐洲百餘年前所用之植物，無大差異。凡此沙地造林成功之實例，皆足資爲吾人之借鑑而增加吾人沙地造林之勇氣。現在華北數省，早春晚秋常被風沙之害，在河套綏遠等處，旅行亦常感風沙之苦，黃河下流諸省歷年常遭水患，即河套一帶容納流沙太多，由包頭南下，兩岸皆岩石，河道固定，流水之速度不減小，所攜泥沙無沉澱之機會，至潼關東折，河道變寬，水變淺，流水之速度小，其攜沙之力量亦大爲減少，水中泥沙即行沉澱，河底則逐年增高，六七月間雨季來時，河床上升，不能容水，兩岸未加高，於是則決口爲患，歷代黃河七徙，其原因如出一轍。故解決黃河問題爲一防沙造林問題，關於黃河水患與造林，筆者當另爲文以道其詳。

四 沙地造林工作步驟

海濱沙漠或內地沙丘，皆可以人工變爲良田，關於我國沿海沙漠變農田之經過，很少人注意，劉慎謬氏(16)對於華北渤海沿岸之沙漠曾作過詳細之考察，今將其研究所得略爲介紹，接着海水便是泥灘，因泥沙內含鹹質過多，只有鹼沙蓬 (*Suaeda maritima*) 能生長，數年之後并兼生埧草 (*Aeluropus litoralis*) 及蘆葦 (*Phragmites communis*)，然後生有愛里牟草 (*Elymus sp.*)、白茅 (*Imperata sp.*) 及檉柳 (*Tamarix*)、榆樹等，凡生有埧草，檉柳或榆樹之處便可闢爲良田，此植物與沙丘自然之演進，如以人工助之，當加速沙丘變農田之速度。

關於內地沙丘亦有同樣現象，新鮮之沙丘由太陽光一照光亮奪目，但梭梭樹首先能在此種沙內生長，繼則見霸王、老虎爪、金雞兒、泡泡刺，嗣後便見胡桐 (*Populus euphratica*)、蒙古桃 (*Prunus Mongolica*)、白榆 (*Ulmus pumila*) 等。盛會數次到蒙古寧夏一帶作過植物地理考查，此種沙丘植物之演進，亦自然的而非人爲的，戈壁沙漠，雖則蔓延千里，然其中亦常遇有清泉細草世外桃源之處所，如用人工促其進展，化戈壁爲森林，在事實亦多少有可能性也。

關於防沙流動或使沙丘變爲森林良田之方法，略述於次：

(一) 流沙固定

(a) 築垣籬 所謂垣籬，其所用材料不僅限定竹幹、木板、石塊，磚瓦等皆可，在迎風之面，以沙之流動，由此開始，工作時須注意：

- (1) 垣籬方向與風來方向要成斜角，不可成直角。
- (2) 垣籬基部要在硬土中，如無硬土，用泥灰使之固定堅硬。
- (3) 垣籬高度約一公尺左右，此高度指外露部份而言，如基底堅硬時可高至一公尺半，但決不可再高，以太高沙即隨風飄轉矣。

(4) 不要時可重建或重修。

(b) 流沙之面被覆他物

- (1) 用沙土蓋住風來處沙丘之面。
- (2) 用麥稈稻稽，或樹之枝條等斜面插入沙內，風由其上吹拂。
- (3) 野生禾本科之草莖如 *Themeda*, *Pogonatherum*, *Panicolum* 等。

(二) 培植植物 選擇沙漠中能生長之植物應注意之點：

- (1) 多年生，根之蔓延性大，一株植物栽培成活之後，不數年即形成一片草地。
- (2) 深根性樹種，能以長根吸取地下水，否則即有枯死之虞。
- (3) 抗風沙性特強之植物。

屬於第一類者為禾本科之植物，國產禾本科約百餘種，四百餘種，不乏相宜之種，且禾本科植物分佈至廣，尤其喜生於沙地者，歐洲屬種亦可搬來應用，不致失敗，茲舉其要者如下：

Poa loliacea

Stipa splendens

Tsamma arenaria

Calamagrostis arenaria

Arundo arenaria

Elymus arenaria

Triticum repens

禾本科以外，還有莎草科，菊科及茜草科植物而具有此蔓根者，茲不贅舉，請翻看喜生於沙地之植物一節。

屬於第二及第三類者為喜生於沙漠中根深性之灌木，在沙漠中不少此類灌木，短小精幹枝粗葉細，或枝葉中含有甚多之水分，莖幹之高，不足一公尺，其根之長度常超過四、五公尺，能吸收地下水，以供給葉枝之蒸發，如金雞兒、老虎爪、霸王、泡泡刺、梭梭樹、駱駝刺等，為根深而抗風沙性特強之灌木，以此等植物最為特別，茲將其學名列下：

黃色豆花 (*Caragana pygmaea*)

花色豆花 (*Caragana tibetica*)

老虎爪 (*Pipanthus Mongolicus*)

霸王 (*Zygophyllum xanthoxylum*)

泡泡刺 (*Nitraria schoberi*) 葉大含水特多

梭梭樹 (*Haloxylon amudendron*)

駱駝刺 (*Alhagi camelorum*)

紅毛果 (*Calligonum Mongolicum*)

以上所舉之灌木，皆為沙地造林時最需要之樹種。

(三)植樹造林 我國沙防造林樹種尚未經人研究，就筆者在西北各省旅行經驗所得，沙中能生長之林木為

筆者民國二十年參加中法科學考察團到西北各省考察時，團員中曾有提議，在蒙古之沙丘中掘開水塘，以蓄集雨水，用以開墾，灌溉農田者，此主張似是而實非，以蒙古戈壁，每年雨量甚小，一年中僅二三十公厘之雨量，塘雖掘成，奈無雨水何？開發西北沙漠荒地，爲一沙地造林問題，每一株樹，以其枝葉蒸發，根由地下汲水，無異一個噴水井，空氣中含水分多時，自然雨量可以增加，氣候及土質亦會因之而改舊觀，變沙丘爲良田，可供人類之利用矣。

五 荒山造林(10)

據各專家考察之結論，關於農業生產之中心問題，華北爲有土無水，華南爲有水無土，現在已墾面積，僅佔百分之十八，生產面積，日被冲刷，農田水利，逐年減少，旱災水災，逐年增多，到處人口過剩，難民雲集，民生困難，日趨嚴重，故保存水土爲目前之一急要工作。任承統先生在民國二十八年五月全國生產會議席上，曾提出保存水土一案，伊對保存水土曾提出兩項辦法，(一)沿山坡等高綫，每間垂直距離五尺，挖引水溝一條，再沿引水溝，挖蓄水坑，防止冲刷，保存水土，以便培植草木而恢復荒山之生產能力。(二)以教育爲中心及合作社、農會、學校聯保等之能力，利用荒山荒地植樹造林，以其獲利發展公益事業，如教育衛生、交通、水利、自衛等(任承統12)。此提案之能實行與否，關於中國將來之富強盛衰，至爲重要。

我國西北及西南各省之荒山造林，最感困難者爲：

(1) 春天氣候過於乾燥，在播種時期，山坡光光，一滴水都不易找到，土皮深入地表數寸深，土壤尙乾燥異常。種子播下，無發芽出苗機會。

(2) 夏季雨來，水又過多，在西北各省旅行，遇驟雨時，如在山谷路上，須急趨山坡暫避，以山谷之流水，如萬馬奔騰，攜石捲沙，洶湧而至，如不預防，常有生命危險，但有森林或有灌木生長之山坡則無此野河暴流現象。

任承統對保存水土之辦法，想係經驗之談，筆者對荒山造林，曾作過一個試驗，結果還認爲滿意，茲簡爲

介紹如次：

第一年在雨季來時，用點播法，在荒山坡上種樹，每穴內種子宜多下，約十枚左右，或十枚以上，種籽放入穴內宜留心地方上有無野鼠小兔之類爲害，如有，種子須散開播入，使種子彼此不接觸，如山坡有草皮，須先去掉草皮，然後點播，如是幼苗分佈，可令人滿意，有的穴一苗未出，有的穴出苗四五株以上。據筆者觀察，每穴出數苗者，在早春亢乾時期，常不枯死，其每穴內只出一苗者，則有被太陽曬死之虞，原因不明，事實如此，故每穴內宜多下種子爲妙。

秋末農閒時，到山上詳爲觀察一遍，其缺苗之處所，宜掘蓄水塘，塘之大小，視缺苗處面積而定。以此種蓄水塘目的在用以蓄積明年雨季來時由山上流下之雨水，而灌溉移植之苗木，故缺苗處大時，塘亦大，否則宜小。

第二年雨季來時，利用塘內集水，行分株移植，每穴中有數株苗者，用鏟挖出，就地掘穴植樹，灌溉之水，由蓄水塘內吸取。掘穴取苗，植樹，灌溉，在數分鐘短時之內即竣事，而且所植之樹成活率特高，至少在百分之九十以上。

平常社會，一般人植樹，常一天掘苗，一天運苗，再一天掘穴植樹，植好之後，還不立即灌溉，結果所種皆枯死，百中無一成活者，『年年植樹，無日成林』，其由是歟？

荒山造林用掘塘積水辦法，極爲實用，以荒山坡上有了散佈着的水塘，雨水來時便不能一湧而下，早春不致過於乾燥，種子飛散於水塘之近旁時，隨時皆有發芽之機會，如是則不毛之山脈，自會草木叢生，煥然一新矣。

第三十二節 天然造林與人工造林之比較

德國百餘年來皆注重人工造林(2)，日本亦然(5)，惟近數年來，Wiedemann 教授研究結果，反對人工

造林，其所持之理由爲人工造林木材之生產量較天然更新林爲小。然平心而論，二者各有所長，亦各有所短，茲舉主要者，略陳於次：

一 天然造林之優點

- (1) 省錢省工，只要立林地附近有老林存在，即可產生幼林。
- (2) 樹種非自遠方運來，故其對於立林地之氣候土壤等皆甚適合，能充分生長發育。
- (3) 有母樹爲庇蔭，幼林常少風折雪壓以及其他之災害。
- (4) 樹種與樹齡不同，因此抵抗外界災害之力較強。

二 天然造林之劣點(1)

- (1) 多限於闊葉樹類。
- (2) 非種子之年不能舉行。
- (3) 林木之大小疏密不定，又欠整齊劃一，管理上較困難。
- (4) 成千上萬之種子常不能達到生殖之目的。
- (5) 只能適用於鄉土林木。
- (6) 野動物與鳥類常在林中造成片狀之傷害。

三 天然造林應備之條件(3)

- (1) 須有種子之供給。
- (2) 種子還要有發芽之環境，發育成爲幼苗。
- (3) 幼苗還需要有生長之環境。

四 人工造林之優點(4)

- (1) 種子可由任何一地購得或其他方法取得，因此立林地距離母林之遠近，對於創立新林皆不受影響。

- (2) 可以引用外來樹種。
- (3) 林相整齊，樹齡一致，管理、伐木或更新皆比較容易。
- (4) 生長較為迅速，且易成整齊之良材。
- (5) 天然造林失敗之地，人工造林可以成功。

五 人工造林之劣點

- (1) 林相整齊，樹齡相似，易受外界之害，如蟲災與火災，在很短時間內可使全林毀滅。
- (2) 費錢費工。
- (3) 多能用之於針葉樹類，若以人工澆闢葉樹林，事實上費力不討好，常不如天然造林之為優良。
- (4) 易罹蟲害、霜害、草害。

六 人工造林應備之條件(4)

- (1) 須有優良之種子。
- (2) 須有可靠之勞力。
- (3) 須擇選一定之季節行之，換言之，要善於利用天時。

七 播種造林與植樹造林之比較(7, 6)

人工造林中又有直接播種與育苗植樹之不同，茲述其主要者於次：

播種	植樹	造林
(一) 生長緩慢，十歲之雲杉僅高三〇公分。	生長速，十歲之雲杉至少高可九〇公分。	造林
(二) 近於天然造林，林木之生長上易顯差別。	林相整齊。	造林
(三) 以密度較大，故林相疏枝。	側枝多。	造林

(四) 省錢省工，故便宜。

費錢省工，故昂貴。

(五) 對於自然界天氣之爲害不保險。

可以擇時。

(六) 常遭雜草或旱魃之害。

苗大，雜草不能爲害，其抗乾性亦較強。

天然造林與人工造林，二者何去何從，宜視下列三點而定(4)：

(1) 自立林之日起至成林之日止，何者用款較少？

(2) 何者需要時間較短？

(3) 結果比較，何者爲佳？

第十九節 文獻

(1) Cotta, H., 1845. Anweisung zum Waldbau G. Aufl. S. 189—186.

(2) Dengler, 1935. Waldbau S. 344.

(3) 本多靜六，1913. 造林學本論頁五三三—五七四。

(4) 藤島信，造林學，頁四一五四—一六。

第二十節 文獻

(1) Hilf, H. II., 1937. Basaltgruss der Nachhaltsdinger armer Sandböden. Forstarchiv. S. 113—116.

(2) Hilf, H. II., 1938. Die Düngung mit Basalt-Abfällen, Forstarchiv Heft 6—7.

(3) Tonney, J. W., 1931. Seeding and Planting p. 280—293.

(4) Wiedenmann, E., 1938. Kalkdüngung im Fichtenwalde, Forstarchiv S. 217.

(5) Zentgraf, E., 1933. Buchen Wirtschaft auf Basalt. Mitt. S. 593—591.

- (6) 藤島信三郎，造林學，頁三〇九—三三三，四八九—四九〇。
第二十一節 文獻
- (1) Barsch, O., 1923. Konstruktion von Motorpflügen.
(2) Barsch, O., 1924. Der Motorpflugführer.
(3) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 350.
(4) Hilf, H. H., 1930. Zur Mechanik der Bodenbearbeitung im Walde. Forstwiss. Zentralblatt S. 438—446.
(5) Jentzsch, W., 1939. Die Technik in der russischen Forstwirtschaft. Z. f. W. VI S. 343—376.
(6) 顧復，1934. 農具，商務出版。
(7) Kühne, G., 1928. Handbuch der Landmaschinen-Technik.
(8) Lehnbeck, Th., 1919. Der Motor in der Landwirtschaft.
(9) Metzger, 1900. Einiges über die dänische Rollege. Allg. F. u. Jagdz. 76 Bd. S. 279—283.
(10) Meyer, P., 1923. Handbuch für Motorpflugführer.
(11) Weinkeuff, 1910. Neue Fodanbearbeitungsmethoden und Kükunftswerkzeuge. Zentral. Balt. Bd. S. 46—48.
- 第二十一節 文獻
- (1) 安事農，實用造林法，頁三三九—三六六。
(2) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 374.
(3) Harzig, G. L., 1820. Lehrbuch für Forster. 6. Aufl. ester Abschnitt: Natürliche Holzsucht.
(4) 本多靜六，林學要義，頁四〇—五〇。

- (5) 本多靜六，1935. 造林學本論，頁七八三—八四六。
- (6) Roth, F., 1925. Forest Regulation p. 87.
- (7) Toumey J. W., 1931. Seeding and Planting p. 24—25.
第二十三節 文獻
- (1) Lawley, R. C., 1929. The Practice of Silviculture p. 101.
第二十四節 文獻
- (1) Troup, R. S., 1921. The Silviculture of Indian Trees Vol. III p. 977—1013.
- (2) 藤島信太郎，1930. 造林學，頁二四〇—四二八。
- (3) 川西慈竹生長量之測驗結果，川農所簡報，1940. 一九期，頁三一—四。
- (4) 苦竹及玫王竹生長量測定，川農所簡報，1940. 二二期，頁一一—一三。
第二十五節 文獻
- (1) Busse, J., 1935. Famenaufbewahrung im Vakuum. Z. f. F. u. J. S. 321.
- (2) 陳麟，1935. 造林學概論，頁一一三—一三三。
- (3) 陳麟，1936. 造林上引用外來樹種之問題，中農報第二五三期，頁二二。
- (4) Gieslar, A., 1896. Versuche über Aufbewahrung von Eicheln. Centbl. Gesamt. Forstw. S. 181—188.
- (5) Cotta, H., 1856. nweisung zum Waldbau S. 255—266.
- (6) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 172—180.
- (7) Dengler, A., 1937. 52 jährige frische und mährische Kiefern im forstamt Eberswald.
Zeitschr. f. F. u. J. 69 Bd. S. 555—566.

- (8) Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung. Z. f. F. u. J. (1937) s. 525—555.
- (9) Fabricius, L., 1930. Die Schäden des Winterwetters 1928—1929 in den fremdländischen Holzarten der Forstlichen Versuchsgärten in Grafath München. F. Centr.—Bl. S. 33.
Holzarten der Forstlichen Versuchsgärten in Grafath München. F. Centr.—Bl. S. 33.
- (10) 蘇聯、中國、日本、朝鮮、南洋羣島、
- (11) Hosley, N. W., 1936. Norway Spruce in Northernmost United States, in Harvard Forest Bull. 19. 88 p.
- (12) 林樹榮、1936. 寒地造林之區域觀察、土壤觀察、及造林。—林業 15(11) 1—10。
- (13) Liese, J., 1930. Der Kienzopf auf der Chorinen Provenienzfläcchs. Z. f. F. u. J. S. 836.
- (14) Liese, J., 1933. Vererbung der Hexanbesenbildung bei der Kiefer. Z. f. F. u. J. S. 541—544.
- (15) Liese, J., 1936. Zur Frage der Vererbbarkeit der rindenbewohnenden Blasenrustkrankheiten. Z. f. F. u. J. S. 602.
- (16) Mirov, N. T., 1937. Application of Plantphysiology to the problems of Forest Genetics. Journ. For. 33. p. 840—844.
- (17) Schmidt, W., 1926. Zum Faktor Feuchtigkeit bei der Herrichtung und Keimung des Kiefersamens. Z. f. F. u. J. 58 Bd. S. 29—41.
- (18) Schmitz, W., 1930. Unsere Kenntnis vom Fornsägut.
- (19) Schmidt, W., 1938. Schlechtformigkeit und Schlechtrassigkeit in Östdeutschen Kieferwald. D. D. Forstwirt, Nr. 40, 41, 43 Sonderabdruck.
- (20) Schwarz, H., 1934. Ueber die Kennzeichnung von Kieferherkünften nach anatomischen Blatt-

merkmalen. A. F. u. J. Z. S. 116.

- (21) 英文、民生并雜錄一書。
- (22) Tomney, J. W., 1931. Seeding and Planting p. 116—150.
- (23) 臺灣建設月刊林務專號、1937. 技藝、頁四八—五八。
第二十六節 文藝
- (1) Troup, N. S., 1936. Forest Bibliography to 31th December 1933. p. 51—58. Schmidt, W., 1930. Bericht der Waldsammelpfungsanstalt Eberswalde in 30 Jahren ihres Bestehens und Prüfungsbestimmung für Forstsaatgut. Neulamm.
- (2) Haack, 1912. Die Prüfung des Kiefernansens. Z. f. F. u. J. XLIV S. 193, 273, 291.
- (3) 林學雜誌 1939. Z. f. F. u. J. Heft 3 S. 143—151.
- (4) 林學雜誌 1940. 臺灣林業雜誌林業專號、中農雜誌十六九期、頁三二—三六。
- (5) Neljubow, D. N., 1925. O sposobach opriedialn'ja wschozesti pomimo pruwyszczwanija. Zapiski kipo siemienowiedienija. Izd. Gl. Bot. Sadom. tom IV, Wyr. (德文)
- (6) Haezawa, K., 1934. Journal of Forestry Bd. 16, no. 1, S. 1—9 (japanese).
- (7) Scheunlen, 1900. Die Verwendung der selenigen und tellurigen Säure in der Bakteriologie. Zeitschr. f. Hygiene 33.
- (8) Turina, B., 1922. Vergleichende Versuche über die Einwirkung der Selen-Schwefel und Tellur-salze auf die Pflanzen. Biochem. Zeitschr. 9. 505—533.
- (9) Eidmann, F. F., 1906. Z. f. F. u. J. Bd. 68 S. 422—443.
- (10) Schmidt, W., 1933. D. D. Forstwirtschaft nr. 10, 11, 12 u. 13. Sonderabdruck.

Household. Vol. I, No. 3.

- (10) Heyer, G., 1893. Der Waldbau, Leipzig.
- (11) Jütte, F., 1936. Forstliches Rechnen S. 121—156. Berlin.
- (12) Pfeil, W., 1860. Die deutsche Holznucht, 551 S. Leipzig.
- (13) Schmidt, W., 1935. Zur Rassenkunde des deutschen Waldes. Deutsche Forstvereinszeitung, S. 527—532.
- (14) Thomey, J. W., 1931. Seeding and Planting in the practice of Forestry p. 153—220.
- (15) 田中肇, 1937. 發皮藥種樹之種類與一年生樹木生長之關係, 中農報第一五七期, 頁五二—五〇。
- (16) Wappes, L., 1937. Wald und Holz 1520 S. Neudamm.
- (17) Neudammer forstliches Lehrbuch, 1007 S. 1939.

第二十八節 文獻

- (1) Borggreve B., 1891. Die Holznucht S. 224. Berlin
- (2) Buchardt, H., 1880. Saen und Pflanzen. 5. Aufl. Hannover.
- (3) 陳燦, 1934. 樹木開葉落葉之時期與移植工作之關係, 中農報第一二九—一三〇期, 頁一六一—二四
- (4) Cotta, H., 1845. Anweisung zum Waldbau S. 343. 6. Aufl. Dresden.
- (5) Cotta, H., 1856. Anweisung zum Waldbau. Leipzig.
- (6) Dengler, A., 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage S. 384. Berlin.
- (7) Hacker, R., 1891. Hackerschen Gastensaatmaschine. Centr. Forstw. 17. Bd. S. 135.
- (8) 郝景盛, 1939. 造林學, 國立中山大學講義。
- (9) 郝景盛, 1941. 果松造林之研究, 中農報第一七二期, 頁一一—一〇。

- (10) Heyer, C., 1893. Der Waldbau. S. 166. Leipzig.
 - (11) Heyer, C., 1906. Der Waldbau I Bd. S. 10—37. Leipzig.
 - (12) Hilf, H. H., 1935. Ziele und Wege der Wartholzerzeugung in der Mark, Forstarchiv S. 279.
 - (13) Hilf, H. H., 1933. Frühjahrs- oder Herbstpflanzung. Forstarchiv S. 132—133.
 - (14) Jütte, F., 1936. Forstliches Rechen S. 121—156. Berlin.
 - (15) Show, S. B., 1930. Forest Nursery and planting practice in the California pine region. U. S. Dept. Agr. Circ. 92, 74 p.
 - (16) Tourney, J. W., 1931. Seeding and planting p. 203—381.
 - (17) Uhlagger, C. von, 1908. Die Landenbergsche Pflanzenhelmmaschine. Forstw. Centr'l. 32, S. 109—114.
 - (18) Wiedemann, 1937. Die Fichte 1936. Die neuen Ertragsfests. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. Sonderdruck.
- 第二十九節 文獻
- (1) 柳屋福、1940. 十四年ノ松苗採集、森林採集。
 - (2) Cotta, H., 1845. Anweisung zum Waldbau S. 235.
 - (3) Grahey, N. I., 1928. Les pépinifères volantes. Bull. Soc. Cent. Forest. Belg. p. 215—217.
 - (4) Dengler, A., 1925. Ueber die Wirkung der Beflektungsstiefe etc. Zeitschr. für Forst- u. S. 385.
 - (5) Dengler, A., 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage S. 398—405.
 - (6) Feszinger, 1890. Säelatte für Waldsaamen. Forstw. Centr'l. 34 Bd. S. 535—539.
 - (7) Hornmann, 1903. Ein neues Saegerät. Forst. Centr'l. 17 Bd. S. 622—628.

- (8) Jentzsch, W., 1939. Die Technik in der russischen Forstwirtschaft. Zeit chr. für Waldforstwirtschaft VI S. 343—376.
- (9) Jitte, F., 1936. Forstliches Rechnen S. 131.
- (10) Kitchin, P. C., 1920. Preliminary report on chemical weed control in coniferous nurseries. Journ. Forestry Vol. 18, p. 157—159.
- (11) 櫻梨, 1934. 畿西、尾川—川中、櫻梨田路。
- (12) Mast, W. H., 1912. New tools for transplanting conifers. Forestry Quart. Vol. 10, p. 3—8.
- (13) Nachtrab, F. W. von 1846. Anleitung zu den neuen Waldkultur-Verfahren S. 41.
- (14) Reuss, H., 1903. Die Forstliche Bestandsernennung 398. Berlin.
- (15) Sauer, K., 1904. Säagepart für Nadelholz-Naht eete. Forstw. Jahrb. 48 Bd. S. 449—452.
- (16) Spitzenberg, G. K., 1898. Die Spitzenberg'schen Kulturgeräte. 2. Aufl. Berlin.
- (17) Steven, H. M., 1928. Nursery Investigations. Forestry Comm. Bull. 11, 181 p.
- (18) Thilotsen, G. R., 1917. Nursery practice on the National forests. U. S. Dept. Agr. Bull. 479, 86 p.
- (19) Youney, J. W., and Li, T. T., 1924. Nursery investigations with special reference to damping-off. Yale Univ. School of Forestry Bull. 10, 36 p.
- (20) Youney, J. W., 1931. Seeding and planting 267—313.
- (21) Wahlenberg, W. G., 1830. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. No. 156, 35 p.

第三十節 文獻

- (1) Cotta, H., 1856. Anweisung zum Waldbau S. 301, Leipzig.

- (2) Dengler, A., 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage S. 392—397.
- (3) Emmeis, 1899. Die Schrägpflanzung in Forstbetriebe, Allg. Forst- u. Jagdztg. S. 185.
- (4) Jüher, P., 1906. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 57 Bd. S. 6—12.
- (5) 檜峯植 1941. 林業經營之發展、土壤學、第 1 卷 11 頁、第 1—11 頁
- (6) Heyer, C. und Fless, R., 1906. Der Waldbau Bd. I. S. 103—379. Leipzig.
- (7) Hoffmann, 1885. Zur Frage der Erziehung von Kieferbeständen durch Pflanzung einjähriger Kiefer. Z. f. F. u. J. Bd. 17 S. 44—51.
- (8) Jentzsch, W., 1939. Die Technik in der russischen Forstwirtschaft. Zeitschr. für Waldforstwirtschaft VI S. 343—376.
- (9) Von Manteufel, H. E. F., 1865. Die Hügelpflanzung der Laub- und Nadelhölzer. Leipzig. 3. Aufl.
- (10) Mathey-Dijon, A., 1907. Hügelpflanzung auf trockenem flachgründigem Kalkboden. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 58 Bd. S. 160—170.
- (11) Melean, F. T., 1914. A mechanical tree planter. Forestry Quart. Vol. 12, p. 139—140.
- (12) Möller, A., 1910. Versuche zur Bewertung von Kieferpflanzmethoden. Z. f. F. u. J. 42 Bd. S. 629—633.
- (13) Muhl, 1886. Zur Ehrenrettung des Kiefer-Jährlings. in Allg. Forst. u. Jagdztg. 62 Bd. S. 221—234.
- (14) Münch, M., 1932. Schrägpflanzung in Th. Forstl. Jahrb. S. 1—62.
- (15) Seeger, M., 1932. Ein Beitrag zur Schrägpflanzung. A. F. u. J. Z. S. 392.

- (16) Spitzenberg, G. K., 1898. Die Spitzenbergischen Kulturgeräte. 2 Aufl.
- (17) Stolze, E., 1912. Zalattekulturen und ihre Erfolge. Z. f. F. u. J. 44 Bd. S. 26—33.
- (18) Tonney, J. W., 1931. Seeding and Planting p. 450—466.
- (19) N. Y. Conserv. Dept., 1931. 12th Ann. Rept. for 1930 p. 95—100.
 第三十一箇 文藝
- (1) Bates, C. G., and Pierce, R. G., 1913. Forestation of the sand hills of Nebraska and Kansas.
 U. S. Dept. Agr. Forest Serv. Bull. 21.
- (2) Bremonnier, A., 1780. Memoire sur les dunes. Paris.
- (3) Brown, J. C., 1878. Pine Plantations on the sand-wasters of France 172 p. Edinburgh.
- (4) Buffault, P., 1897. Etude sur la cote et les Dunes du Meloc. Souvigny.
- (5) Gerhardt, P., 1900. Handbuch des deutschen Dünenhaues 656 S. Berlin.
- (6) 維也納、1930. 維也納日記 (米平望)。
- (7) Kao, K. S., 1935. Synopsis of Chinese Populus. Contr. Inst. Bot. Nat. Acad. Peiping III p. 221.
- (8) Hao, K. S., 1939. Waldfläche und Holzarten von China. Zeitschrift f. Weltforstwirtschaft VI S. 198. Berlin.
- (9) Härtel, O., 1925. Die Wildbach- und Lawinenverhütung. Lorey, Handbuch der Forstwissenschaft II S. 323.
- (10) Hubert, G. A., 1824. Grundsätze über die Bedeckung und Uferarmachung des Flugsandes.
 Berlin.

- (11) 任承統，1939. 保存水土計劃，生產會議提案。
- (12) Krause, 1850. Sandtinnenbau.
- (13) 劉慎謩，1934. 中國北部及西部植物地理概論，國立北平研究院出版。
- (14) 劉慎謩，1935. 河北渤海灣沿岸植物分佈之研究，植物叢刊二卷，九期。
- (15) Pannowitz, 1832. Wald an auf dem Flugsand.
- (16) Schriber, F. L., 1898. Sandbindung grasses. U. S. Dept. Agr. Yearbook p. 405—420.
- (17) Viborg, E., 1789. Beschreibung der Sandgewächse und ihrer Anwendung zur Hemmung des Flugsandes auf der Krüste von Jütland. Kopenhagen.
- (18) Wessely, J., 1873. Der europäische Flugsand und seine Kultur. Wien.
- (19) Volks Beoachtung, den 7. Oktober 1937.
- (20) 中國經濟年鑑，第八—九章，1936.
第三十二節 文獻
- (1) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 420—424.
- (2) Harzig, G. S., 1820. Lehrbuch für Forster. 6. Aufl. Stuttgart.
- (3) Hawley, R. C., 1929. The practice of Silviculture p. 14.
- (4) Tonnev, J. W., 1931. Feeding and planting p. 92—98.
- (5) 藤島信太郎，1930. 造林學，頁二四一—二四三。
- (6) 姚傳法，森林更新法總論，林學第一號，頁三一—九。

第六章 森林撫育

幼年林木，一如初生小孩，不能置之不理，任其自然生長。在由幼小樹木至成高大良材之過程中，一定對之加以適當之處理。如側枝橫出，七歪八斜，須得修剪之，斧正之；林木株數太多，過分稠密，彼此互相有害生長時，須酌量間伐之，使其疏鬆寬展，充分發育；林中若有空隙處所，為防雜草無用之灌木等叢生，及削弱林木之側枝，須要培植幼樹。凡此諸種工作皆屬於森林撫育之範圍。故本章分為三節，略述於下：

- 一、伐枝（第三十三節）
- 二、間伐（第三十四節）
- 三、下木栽植與受光伐（第三十五節）

第三十三節 伐枝 (Aestung)

德國漢門顛林業學校教授馬伊威格蘭 (Mayer Wegelin) 氏，對伐枝問題有獨到之研究，氏曾於一九三六年出版一書(11)，專論伐枝並附圖版之說明，一九三七年又出一書，論伐枝(12)，皆為林業界所稱許。惟後者內容不及前者之豐富，且無圖版之說明，然仍為伐枝之最好參考書籍。

林木之側枝不經人工修剪，皆依下列之自然步驟消滅，最初先由強壯變為柔弱，繼則枯死，再行脫落，終而生皮封口，在林業經營上經過伐枝之撫育，乃助天然枯枝消滅和加速林木生長方法之一，比順其自然生長，所得之木材，較為優良，故伐枝在造林技術上，為一重要事項。

一 伐枝之目的

馬伊威格蘭 (Mayer-Wegelin 11) 氏，對伐枝之目的舉出下列諸點：

(a) 生利——伐剪下之枝條可作燃料，和供給造紙、人造絲、酒精汽油等工廠之原料，嫩枝葉亦可作家畜之飼料。

(b) 保護小樹——大樹之側枝過多或過於封閉時，則林中下木受壓而生長不良，伐枝後則下木得以達於正常狀態之生長。

(c) 增加良材——伐枝後之林木，則樹冠加大，樹幹加直，幹之長度增加，木材增多，全樹向高處生長。

(d) 林相之保護及土壤之充分利用——伐枝後之林相，林木幹變整齊，林中土壤，漸生有用之草類，或借以培植香菌，以增加副產品收入。

(e) 增加美觀——樹木伐枝後，樹冠整齊，樹幹筆直，亭亭而立，增加美觀。

二 伐枝後林木所受之影響

德國普魯士愛北瓦 (Tiberwalde) 之芬諾塔地方之松林，在一八八七年三月，將二十九年生之松樹，共三百七十株，佔面積約半公頃，分修枝與不修枝兩類，而伐枝者又分用斧及用鋸，伐枝在樹幹二公尺高，以下之枝條用斧伐，由二公尺至五公尺間之側枝，則用亞來 (Zorn) 氏手鋸伐枝。後於一九三七年將林木伐枝一部，比較不伐枝之林木與伐枝之林木，當年用斧伐枝與用鋸伐枝結果，有何不同之點，據普拉齊 (Platzer 14) 研究所得，修枝之林木，木材解板後，有黑色疤痕之存在者佔百分率特小，而不修枝者，則黑色疤痕特多，今將其研究結果錄下：

株	號	有 黑 疤 之 面 積 (%)	無 黑 疤 之 面 積 (%)
一四二 (不修枝者)	三七	三三	三三

九二(修枝者)	一四	四〇
一二a(未修枝者)	四一	一四

當年修枝時用斧與用鋸，亦大有不同，用斧伐枝解板之後，板上有松脂或黑色之疤痕，板材強度減少，極易斷折，用鋸修枝者，則平光美麗，而無松脂和黑色疤痕之遺跡。

德國普魯士愛北瓦森林，在一八七八亦作過松樹之伐枝與不伐枝之比較試驗，結果如下：

種	類	板上有黑疤痕者所占	積(%)	心	無	疤痕	之	面積(%)
未	伐	者	四一					一七
伐	枝	者	一一					五二

麻栗類林木之修枝與木材質量之關係，希爾福與施墨爾(Hilf W. Schmelz)二氏曾作過詳細精確之研究，在年輪之廣狹方面，找出木材量之增長及質之加美上的各種關係。

樹木一旦伐枝後，其傷口處，常有菌類 *Tranetes pinii* 侵入，菌入木材後，一方面順年輪向上繁殖，一方面沿年輪及木纖維向下移動，釀成木材內部之病害，而減少木材之美觀，及其耐久性(Putzer 15)。

總言之，伐枝後林木所受之影響，如下數點：

- (1) 木材生長量加增。
 - (2) 年輪變寬，木材之比重大，將來板材，黑枝疤痕及松脂疤減少。
 - (3) 火災與皮燒，常因之增加，但水害、雪害、風折等減少。
 - (4) 伐枝後，因傷口處理不宜，常增加樹木病害。
- 三 多枝與樹種土壤及陽光之關係

林木之良好性質，有者屬於先天之遺傳，有者屬於後天之造林技術，此外樹種，土壤及陽光，與林木之多少枝與否，亦皆有密切關係，今分述於次：

(一)多枝與樹種 針葉樹多幹直而枝少，闊葉樹則較幹曲而枝多。一般針葉樹較闊葉樹為高，但同為針葉樹，以種類不同而異。歐洲赤松在法、比、荷、芬、瑞等國，高約三十公尺左右，但在德國東普魯士有高達四十八公尺者。北美世界爺樹高可一百公尺，我國雲杉、冷杉、落葉松等屬之樹木高度亦可四五十公尺。雲杉、冷杉一般較松屬高，落葉松較矮。杉木如在浙江天目山高亦可四十公尺。據中央大學林系姚開元先生云，雲杉在西康有高達七十公尺者。

闊葉樹較矮小，然以種類不同，反有較針葉樹為高者，如澳洲產之桉樹，華北諸省之白楊 (*Populus tomentosa*) 亦有高達四五十公尺者。河北省平山縣城東莊村有一株榆樹 (*Ulmus pumila*) 高七十餘公尺，為國產闊葉樹中極少見之種。桉樹種類頗多，約六百種，其中最高者為 *Eucalyptus amygdalina*，高一百五十餘公尺，徑粗十公尺 (*Fanger-Diels* 6)。國產林木之高度，徑粗，木材增長量與年齡之關係，尚缺乏研究報告，不能為進一步之細述。

(二)多枝與土壤 雲杉之生於石灰岩者，幹直枝少，松樹在細沙土壤中生長者，枝少幹直冠大，生於粘土中者則幹曲，而多枝。希爾福氏曾對於松樹、花旗松、落葉松、樺、麻栗等之多枝或彎曲與土壤中之含細沙粘土等之關係，作過詳細之研究，伊得一極有趣味之結果，而製出一圖：樺生於粘土者為最好，麻栗生於薄沙土層者，則幹多彎而枝多，生於細沙中之落葉松，幹直而多枝，松樹在細沙中生長為最好，在粗沙粒或含有粘土之土壤中生長者，則多枝而彎曲，麻栗與落葉松生於粘土者，冠大幹直，但多枝，花旗松在含有石礫之土內枝特多。

(三)多枝與陽光 同一森林，同一樹種，以陽光關係，亦可形成各種不同之樹形，無論闊葉林，或針葉林，其生長於林邊者，則於林外一側多枝，而於林內之一邊寡枝，因林外之一側較向林內之一側多得陽光之

故；行道樹亦然，很少見垂直向上生長者，多偏一側，在初植數年，尚不大顯著，一旦樹木長大，樹冠向四周伸展時，則歪生現象立見，因奪取陽光之關係，冠枝趨向路之內側。

在樹幹解析時，常遇一種年輪寬度不等之現象，一般林木在正常經營情形之下，內部年輪寬，外部年輪狹，以幼時株距遠，陽光多，生長速，年輪寬，樹大之後，則彼此相擠，爭取日光，生長慢，年輪則變狹。但有者例外，內部年輪狹，外部年輪寬，此何故耶？至今尚無合理之解釋。據筆者個人意見，凡林木之橫斷面，外部年輪較寬者，乃此樹木當幼年時，其四週有大樹奪取伊之陽光之關係，故其枝葉減少，不得多製造養分，以營養其身體，生長自然緩慢，嗣後大樹被伐去，伊復得充分陽光之機會，生長突然加速，年輪又變寬。

(四)多枝與造林技術 無論何種樹木，用喬林作業，目的在產生較多之良材者，造林時，最初切忌株距太遠，株距過遠時則側枝特別多，而且特別發育，將來不拘怎樣費工撫育，如伐枝，下木培植等，亦會影響幹部良材。株距密時，側枝見光之機會少，甚至不見日光，如封閉林內之下部枝條，缺乏陽光作用，自然減少，葉中所製造之澱粉或糖類，不能供給側枝本身之消耗，則側枝漸漸枯死，所謂乾枝 (Trockenäste) 者是也。此種已乾之枝，用鋸去之，傷口封閉宜速，因可避免侵害木材之菌類，由此侵入，故伐枝之後，樹身根本不受任何影響。造林時株距過遠，則枝粗壯，且生長茂盛，如其枝之直徑，在四公分以上者，一旦伐之，待傷口封閉癒合，所須時間極長，難免有菌類如 *Trametes* 侵入樹幹釀成內部之病。吾人在木材工廠實習，常見有此等木材，外皮很好，不易見有疤痕，然而解板之後，病徵即露。凡此皆當年造林撫育上，處理不當而產生之結果。與乾枝相對者，還有綠枝 (Grünastung) 之稱，所謂綠枝，即株距太遠而生長強壯之枝，或幹之上部之側枝也 (Dengler & Mayer-Wagelin II, 12)。

五 伐枝後之封口速度

枝直徑等粗，但伐後傷口封閉癒合，所須之時間，因樹種而大有不同，通常具有較大之葉者，封口速，葉之較小者，封口慢，闊葉樹類較針葉樹類封口快。針葉樹類封口最速者當推杉木、油杉等，長片花旗松，短片

花旗松封口之速度次之，落葉松、金錢松類更次之，冷杉類或日本樅類更其次之；雲杉及松屬最慢。闊葉樹封口速度，亦因種而異，今舉例於次：

- 麻栗 (*Quercus*)
 - 白蠟樹屬 (*Fraxinus*)
 - 榆屬 (*Ulmus*)
 - 椴樹屬 (*Tilia*)
 - 板栗屬 (*Castanea*)
 - 水青岡屬 (*Fagus*)
 - 樺木屬 (*Betula*)
 - 千金榆屬 (*Carpinus*)
 - 楊屬 (*Populus*)
- 封口速度
-

六 伐枝宜用之器具

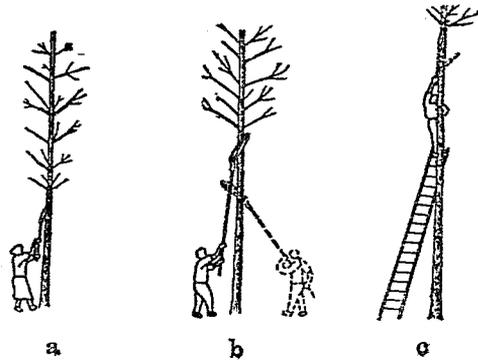
關於剪枝用斧與用鋸，我國及日本學林人尙未曾注意，如陳燦（4）、安事農（1）、本多靜六（10）諸氏所著之書中，皆未道及伐枝用斧與用鋸，對將來木材所生之影響。同學普拉齊（*Platzar* 15）氏對伐枝用斧用鋸，集多年研究經驗，伊結論曰，伐枝用鋸，比用斧好；用鋸不遭病害，板無不美觀之處，當年用斧伐枝之樹，在截枝之後，有顯然之疤痕，且封口之處之年輪，呈不均勻生長現象，用鋸伐去之枝，無此疤痕，只有三四條年輪，呈中斷狀態，其三四年以後，產生之年輪，則與枝之鋸斷口成平行，此足以證明用鋸伐枝封口特速，不過三四年而已。

伐枝宜用鋸，絕對的宜用鋸，至少喬林作業應如此，不宜用斧伐枝。因高度不同，所用幫助伐枝之器亦異，初次伐枝，只用手鋸足矣，可以工作至一公尺半高處。最普通之手鋸如圖a，柄以木製成，鋸刃長度約四

十公分，鋸形如劍刀，用上等鋼鐵製成，鋸齒宜小不宜大，齒形作三角形，鋸刃來回移動時，枝則迎刃而下，普通木匠所用之鋸齒，雖為三角形，但齒尖向用力拉之一端歪斜，二人用鋸，其齒之形狀，則由中間起點，齒尖向兩端歪斜，以平常所用之鋸係用拉力解板，而非用推力解板，因非用推力，故鋸齒之尖，向用力之一端。剪枝用手鋸，固然亦可用普通木匠手鋸，但鋸口不甚光平，樹木封口時期延長，乃美中不定，用柄鋸 (Stichtäge) 較用手鋸修枝為高，柄鋸之柄，長約八十公分，鋸刃長約五十公分，用兩手鋸枝高可至三公尺處。

位於三公尺至五公尺處之高枝，用手鋸 (Handsäge) 及柄鋸皆不能工作時，須用長柄鋸 (Stangenäge)。長柄鋸，製造甚為簡單，鋸可分為三部，第一部為鋸刃，長約四十公分，齒亦與手鋸相同，但齒端向下，以長柄鋸修枝時，多用向下之拉力，而少用向上之推力；第二部為鋸弓，以鐵製成，兩端由牽脹螺旋固定於鋸刃之上，可自由拉緊鋸刃，弓與刃之距離，約為六公分，成平行狀；第三部為木柄，用竹桿或木柄，皆可以，長約四公尺，此鋸刃鋸弓與鋸柄裝在一起之後，須注意鋸刃與長柄所成之角度，平常角度為一七五—一六〇，不可過直或過曲，以一七〇—一六〇之角度，工作極為方便，小枝用力一拉即斷。三十年左右之針葉樹，可用此長柄鋸，修枝可至五公尺處。

修枝高度如超過五公尺時，則須用梯，登梯用手鋸或鋸皆可，四十年之針葉樹，修枝高度可至七公尺半，此為最後一次修枝，舉行之後，不必再修剪，至相當之年齡伐倒利用可矣。如圖 a 為第一步之伐枝，b 為第二步，c 為第三步，每一步伐枝可隔數年舉行一次。至於林木之年齡，宜用之器具及修枝高度等關係，如下表所示：



	步	枝 高	度 樹 之 年 齡 (大 約)	器 具 及 長 度
第 一	步	三·〇〇公尺	二〇	一·三公尺 柄鋸
第 二	步	五·〇〇公尺	三〇	三·四公尺 長柄鋸
第 三	步	七·五〇公尺	四〇	四·五公尺 梯手鋸與鋸

七 伐枝工作速度

工作時間之長短與樹枝之直徑大小成正比，即枝之直徑愈粗，而伐下所需之時間愈長。美國莫斯 (Moss) 氏在康乃善州之森林中，作過多年伐枝工作，據伊多年研究及經驗所得，發明一剪枝公式，其剪枝工作速度公式如下：

$$y = -15.7 + 16.7x + 1.45x^2$$

此公式中之 y 代表時間以秒為單位， x 代表枝之直徑，長度以英寸為單位，氏所用之器具為普通手鋸，如有一株林木，其側枝直徑之粗為三英寸，用手鋸斷之，須若干秒，可立即求出工作時間，將三代 x 入公式中即得：

$$y = -15.7 + 16.7 \times 3 + 1.45 \times (3)^2$$

$$= -15.7 + 50.1 + 40.05$$

$$= 74.5 \text{ 秒}$$

即用時七十四秒可伐下三英寸粗之枝一條，美國工人體高力大，可適用，但我國一般身體衰弱之工人，多不能合此公式所得之結果。氏所試之樹種為美國麻栗，如每英畝內有二百株樹，年齡三十歲至四十歲，由下向上剪枝，至十七英尺高處，枝數約為四六五，標枝之直徑由四分之一至一英寸，但用梯伐上部之枝時所需時間常倍之。

莫氏未注意到工作時，工人宜走之路線，剪株時第一應當注意者，先用鋸，由樹之一側開始，由上向下，然後再到樹之他側，至枝鋸完時為止，第二應當注意者，萬勿鋸一枝走一步，一輪枝之剪裁，須要步行樹之一週，設林木有五輪枝剪下，工作者在不覺中已繞了五週，一株樹走五週，工作者之兩腿，便多五倍之疲勞，但所剪之枝相同，如圖 a 錯誤，b 是對的 (Ittanark-bitter 18)。

八 伐枝之時期

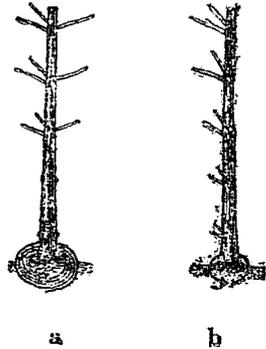
乾枝修去常無病害，綠枝去後，則有細菌侵入爲害，然伐枝之時期，一年中究以何季爲宜？以林木之年齡論，宜小不宜老，在松屬、冷杉、雲杉等針葉樹封閉，下部有乾枝時，年齡約在十八至二十歲之間，即可舉行修枝，如雲杉類，在二五—三五年間伐枝，僅能得一—一五公尺長之幹材，其心材可有一五公分寬無根痕，側枝直徑超過四公分者，伐後宜稍塗油類，保護傷口，以防細菌之侵入。伐枝之時期，宜在早春，一般闊葉樹，尚未吐葉之前或者在冬天伐枝，秋天亦可以，宜在立春之後修枝，盛夏不可剪枝，以是時樹木生長旺盛，液體外流過多，對樹有損傷 (Bossel, H., und Hillf 2)。

林木伐枝之時期，歐美各國林人多主張在林木生長停止期內，即秋末至春初，然據希爾福 (Hillf 9) 氏之研究，得知伐枝之時期，與林木健康無關，夏季天長，在林中工作不冷不熱，工作時間可八小時至十小時，故進行較快，冬天則氣候寒冷，而工作時間僅五六小時，因之進行殊慢，故伐枝在夏秋，尚較在春冬爲宜。

工人工資最初可按小時計算，嗣後工人熟能生巧，可按株計算，如是則工人不偷懶，工作效率常較按天或按小時爲佳。

九 伐枝宜注意之事項

林木數目極多，不必株株皆修枝，且有下列各種條件者，可舉行伐枝，否則聽其自然，不必多費人工：



將被伐枝之林相，先入林中視察，將各事項一一記載於記載簿中。過粗之側枝，不伐為宜，直徑二—三公分之枝，如位於幹之上部時，可行修枝，位於下部者則以不剪為佳，普通樹齡，在二十至四十歲之間舉行之，然此年齡並非一定不變，視樹種及立林地情形可隨意變通，但剪枝總不准過晚。將要修枝之樹木，用石灰水標出之，以便工人認識工作，作標記者，不可用工人代替，以伐枝關係於木材量之增長及質之改善，至為密切，偶一不慎，會影響將來林相 (Bassel und Hief 2)。

第二種記載簿，在工作中或伐枝之後登記，簿內包含面積，立林年，伐枝步驟（即指第一步第二步及第三步言）伐枝年月，伐枝者若干人，每公頃內株數若干，伐枝高度，每日工作若干小時，按株費用若干，及其他事項，此種記載簿，與前者相輔而行，其內容大致如下：

記載簿二		伐枝之林相									
所在地	面積 (公頃)	立林年	伐枝次	年 月	伐枝之株數		株 高 度 (公尺)	工作若 干小時	每 株 用 費	其 他	
					總 數	每公頃株數					

伐枝時宜注意者(16)一定用鋸，鋸身務使與樹幹平行，緊靠樹皮，然切勿有傷樹皮，鋸齒宜銳利，切口宜平滑齊爲妙，宜忌：

(1)留枝痕太長，如留枝痕太長，則該樹雖至伐倒時，其枝痕狀存，傷口不能癒合。

(2)切口不平，則封口所須時日太長，到將來該樹截成之木板，有不美觀之疤痕，而減少木材之價值。

(3)絕對不宜用斧斫伐。

(4)鋸身對樹幹傾斜，則樹皮有被切傷之虞。

伐枝進行路綫由東而北，由北而西，由西而南，一株樹繞一週足矣；伐枝時由上及下，如伐一小枝向前走一步，伐一樹之枝，常繞行數週，多走路，則減少工作速度。

鋸不用時宜特別細心保護之，務使鋸齒等高，每星期，用銼磨一次，至於齒之斜直，則無甚關係，不用時，最好放於木板夾內，使不致偶然撞壞鋸齒。伐枝第一步工作，以能高攀而頭不發暈之工人爲宜，否則有跌下之危險。

切忌伐枝過度，與伐枝過早，雲南有些地方之森林，有著伐枝太早，十歲左右之松柏，側枝全被伐光，只留一頂枝，此種松樹，枝葉少，光化作用小，不能多製碳水化合物，以供其消耗，結果生長特慢，且樹樹不相接觸，多成彎曲大小不齊之林木。

林木在未封閉前絕對不宜伐枝，既封閉之森林下部不能見陽光，側枝則自己乾枯，再用鋸平齊鋸下，則細菌及害蟲不易侵入，可減少樹病。林木上部生活之枝宜彼此互相接觸，亭亭直立之良材乃由是養成。

樹枝鋸下之後，傷口宜用石灰焦油 (Steinkohlensaure) 塗之，可減少菌類侵害之病，闊葉樹尤宜如是處理。

工人在伐枝期間，如距林局太遠時，爲節省來往步行時間，可別爲修築臨時住所，與以食住上之種種之方便，可增加工作效率 (Hilt 8)。

第三十四節 間伐 (Durchforstung)

1 間伐之定義 (Begriff)

無論由人工造林或天然造林所形成之林相，自幼林時代起始，一年乃至數年，則林木彼此過於密集，必須除去有妨害正常林木之生長者，或擇其具有經濟價值者伐倒利用，是之謂間伐。

2 間伐之目的 (Ziel)

使幼年之樹木由被壓迫之地位，得到自由生長之機會，木材量增加，木質變為優良。只間伐中之甲度間伐，木材之增長力最大，乙度間伐次之，丙度之強度間伐，木材增長量最少。至於何謂甲度、乙度、丙度間伐，詳於林木之劃分節內。

德人 *Schwarzpacher* 氏曾研究過四百年至六百年之赤松林，其結論曰，木材在五十年至一百二十年之增長量為木材之總積百分之九十。故赤松林在不足五十年之樹或已超過一百二十年之樹生長量最壞，不宜留老林長存，而宜伐除一百二十年以上者。

間伐後所得之利益：

(1) 獲利 造林最終目的乃在獲利，間伐時可隨時視木材市場之需要，將林木伐除，以得善價。

(2) 質良 林中遺留之樹木，在質方面變為優良。在闊葉樹類間伐量稍多無妨，在針葉樹類，間伐量不可過多，否則木材之質將受影響。

(3) 量多 木材之增長量亦因間伐而增加。

在八十歲以上之林相，同樣面積內所有之林木株數，普通僅為最初立林時百分之一，或者八十歲林木株數，與三十歲林木株數來比，約為百分之十至百分之五，其餘百分之五至百分之十的株數，皆間伐除去。間伐之主要目的在使林相健壯，使林木之冠、幹、根皆能有充分發育之機會，木材在質在量皆達最高點，不可多，

不可少，故間伐問題頗難。間伐一定之規則，在英美各國尚未找到固定法則，德國林業界工作者，近十數年來，在間伐方面，工作甚多，然除少數樹種如水青岡、雲杉及歐洲赤松外，皆尙待研究。我國在間伐方面尙無人注意，故有樹即伐，誠可慨也。

無論天然更新或人工更新，在初立林之年，所有林木，常大小均一，高矮相若。數年之後，以生存競爭，有著高長，有著低生，強弱之分，逐漸顯著，非加以人工扶助，不易得整齊劃一萬樹同形之林相。間伐之目的即在使林相均一。

林相有主 (Lauphbestand) 有副 (Nebenbestand)，其中林木皆在競爭生長，但間伐可以使主副林相各得充分生長，以滿足吾人經營之目的。

間伐目的在使木材之質良與量多，但此外尙有三個目的：

(1) 純利之獲得。

(2) 保險林相，脫離危害。

(3) 維護土力。

在森林利用學中之所謂前用 (Vornutzung) 或間用 (Zwischennutzung) 者，即第一項目的。間用之大小，視林木性質，土質優劣，當時某項需要而定。務使林業經營所費之金錢，得到極高之純利 (Reinhabilität)，且不可過量間伐。就林相本身之材積言之，間用量 (Vornutzung) 約爲全林量 (Gesamtmenge) 25%—50%。

林相遭遇某種災害時，如株密冠大，易遭雷折。毗隣林木受了蟲害、野火之燃燒、菌類之侵入幹部、暴風之折損等，皆足爲森林之害。故林相中樹木，其已死者，將死者，被壓迫者，被火燒者，被蟲蝕者，被閃電擊枯者，有天狗巢 (Hexenbesen) 之病者，皆宜在間伐時除之。

間伐之後，土壤中的溫度便因之而增高，外界之空氣易流進森林中之土壤內，地表之枯枝敗葉以及雜草皆易腐爛，故間伐可以維護地力。

三 間伐之實施 (Ausführung)

間伐工作實行之前，林局指導人，萬不可偷懶，交工人一手包辦。須自己親自到欲間伐之林中，實際觀察一次，同時帶領兩個林工，最好其中有一個爲工頭，或選擇一個比較聰敏工人，攜帶記載冊，紅色汁，大闊刀或斧頭。按照林木情形，指示工人何者宜伐去，何故宜伐去？何者宜保留，何故宜保留？理由要對工人說明，如不按照計劃間伐者，會產生如何不良之結果。將宜伐除之樹，用刀斧斫下一塊樹皮，再以紅筆標出，記以圓圈或者十字。

去皮之方向亦應注意，最好與間伐時之工作方向相反，如由西向東間伐，宜在樹幹之向西面刮皮記號，如此劃出之樹，在間伐工作進行時，則不致有所遺漏 (Olberg 16)。

至於間伐之方向，各國學者之主張皆不一致，高夫雷 (Godfrey 10) 研究之結果，謂由北向南較由東向西好，魏德曼 (Wiedemann) 則主張由西向東，瓦各那 (Wagner) 是主張多方向間伐的。凡此各有理由，無一定之規矩。永那克 (Junack 11) 對間伐實際工作論之最詳，學者可參考。

工人之工作路線亦應注意，務採用距離較近之路線，使工作者不勞倦，而增加效率。

關於間伐之實施，工作進行時，有三個基本問題：

(1) 間伐宜何時開始行之？

(2) 間伐程度，換言之，對目前之林相，宜伐除若干？宜保留若干？

(3) 究應隔若干年再舉行間伐？

關於第一個問題之答案，因林木之種類不同而異，陽性樹種，間伐舉行稍早爲妙，即一五—二〇年間開始。在陰性樹種如水青岡、雲杉、冷杉，常等至二十五歲以上，三十歲左右行之。間伐時還須顧到當地之人力。

第二與第三問題有連帶關係，間伐量大時宜隔之年限要長，否則要短。間伐不可使樹冠彼此過於疏鬆。故

間伐之程度一面須注意到林相之最高收益，同時還須顧及土力，不可使其過於貧瘠，影響將來之更新。此兩項問題，係手攜手，不可偏重。土方保護，一般看來，繫於濕氣，乾葉之堆積及林相之封閉。但同時又不可忽略幹部之加速生長，冠部之極度膨大。同齡之針葉林較異齡之針葉林在林業之經營上，間伐程度之決定，尤有困難。在混交林相，如針葉樹與闊葉樹間伐失當時，則損害較小，土力、人力、時期、林相之林積等、幹直、莖枝、良材幹部之長度，在間伐時皆宜細心注意。

一般間伐多五至十年舉行一次。

全林相幹基面積(Kreisflächensumme)之大小與生長之關係，乃一尙待人研究之問題。在水青岡類，如以每公頃爲單位，幹基面積由六歲始，宜保持一定，即界乎二〇—二五方公尺之間，所得之結果，最爲良好。

冠部高度與全樹相較宜爲三〇%—四〇%，不可大，不可小，能保持此種比例之樹形，在量之生產上最多，而在質亦最佳。

在雲杉已有寇來(Köhler 13)氏作過詳細之研究，其對冠之寬度與樹幹之高度應爲1:1.5，每公頃內應有之株數，宜適合於下列公式：

$$z = \frac{F}{\left(\frac{h}{6}\right)^2} = \frac{360,000}{h^2}$$

z 爲每公頃應有之株數。

F 爲一公頃之面積，以方公尺作單位。

h 爲林木之高度，以公尺計。

間伐如按此原則，木材量多而質佳。

四 林木等級之劃分 (Stammerteilung)

關於林中林木種類之劃分，因人而異，今舉其主要者於次：

(A) 克拉夫 (Kraft) 氏將林木劃分為五類 (Kraft 14)：

(1) 霸王木 此類樹木，冠大，幹粗，樹形較高，雄赳赳駕乎其他一般林木之上，大有出類拔萃，英雄霸王氣概。

(2) 大衆木 在林中乃主要之林木，如社會上一般大衆然，株株林木雖則皆無甚特別處，但為林中主要分子。

(3) 侍從木 樹形尚好，冠形亦正常，但較一般大衆樹為弱。

(4) 被迫木 樹冠較小，冠形亦不能保持平常狀態，常一邊乃至數邊被壓迫。

(5) 樹下木 樹冠已不能與他樹齊平。此類樹又可分為 (a) 冠尚能生長者，(b) 冠一部已枯死或將枯死者。

總之以上五類，克拉夫主張有三種間伐，即弱度間伐、中部間伐、及強度間伐是也。所謂弱度間伐者，除去樹下木，中度間伐除去樹下木與被迫木，強度間伐除去樹下木與侍從木。

(B) 寇塔 (Cotta) 氏將林木劃分為下列數類：

(1) 枯死木 (Abgestorbene)

(2) 將死木 (Absterbende)

(3) 被迫木 (Unterdrückte)

(4) 主要木 (Beherrschende)

(5) 威權木 (Herrschende)

在一九〇二年德國森林學會，對林中之林木的種類劃分，經過各專家長時之研究討論，而得一大衆共同遵守之林木種類規則，今介紹於此(11)：

按冠形 (Kronenbildung) 與樹高 (Höhen Entwicklung) 劃分：

一、威權木 (Herrschende) 指樹冠之高能達最上層而言，此種樹又分兩類：

第一類 樹冠發育，幹形佳良。

第二類 冠與幹皆不及第一類之良好，此樹又分爲五種：

(a) 被壓迫者

(b) 樹形欠佳

(c) 幹形不健康者

(d) 越越武夫 (Peitscher)

(e) 罹有疾病者

二、正常木 (Beherrschde) 亦構成林相之主要樹木，爲數最多，此種樹又分成三類：

第三類 開倒車者，不能再生長，冠部雖則尚有發展空隙。

第四類 被壓迫，冠已不能達最高處，因受他樹排擠。然冠之各部尚生活着，未有乾枯。

第五類 樹冠將枯死或已枯死者。

按間伐之種類又別爲：

一、低間伐 (Niederdurchforstung)

(1) 弱度間伐 (甲度) 除去

(2) 適度間伐 (乙度) 伐去正常樹第五類、第四類及第二類之一部。

(3) 強度間伐 (丙度) 除威權樹第一類外，餘皆伐去。

二、高間伐 (Hochdurchforstung)

(1) 弱度間伐 (丁度) 除去已死者、將死者、他樹之下彎曲生長者以及叉木、越越武夫等。其主要

被伐之林木多居於第五類，第二類之大部及第一類之一部。

(2) 強度間伐 (戊度) 有希望之樹留之，第五類及病者全數伐之，及有害好樹之生長者。其主要被伐之樹木屬於第五類之全部，第二類及第一類之全部。

關於高間伐與低間伐，魏德曼 (Wiedemann 18) 及其岳父丹弋雷 (Dangler G) 在一九三五年皆有專著詳論間伐。低間伐之目的，在使林木等高，冠幹均齊，由林外平視，所有林木，呈等高狀態，無過高或過低者，冠相相接，成爲一層。高間伐結果所留下之林木，乃多層的，而非一層的，冠非平齊，由林外或林中平視之，樹冠之層非單一，由地表至樹梢之尖端，可別爲很多層級。

五 間伐之種類 (Arten der Durchforstung)

間伐之種類至爲繁多，廣義論之，不外 (Hilf 8, Dengler 5, S. 426) 以下數種：

(1) 洗伐 (Vordunnen 或 Reinzunhschiebe) 林木幼小時行之。

(2) 除伐 (Läuterung) 舉行時期在林木五歲至二十歲之間，至多止於二十五歲之林相。

(3) 疏伐 (Reiserung) 在封閉之林相中之行，林木皆在二十五歲以上。

(4) 受光伐 (Lichtungen) 爲使下木之生長加速，舉行此種間伐，除去有阻礙幼木之陽光者。

(5) 間伐 (Durchforstung) 施行於三四十一年以上之林相。

(6) 擇伐 (Ausrieb) 林相已至作業期將近之年。

洗伐目的在使幼年林相齊整，高者去之，雙株者必除去其中一株，過高者在某種情形下只可用刀砍斷其上部主幹，下部主幹不動，周枝亦聽其自然生長。以此種較爲強大之林木，如由基部伐去，其四週之小樹，常側枝加粗，影響將來之材質，如不去主幹，不數年之後，其四週之幼樹，將被其壓迫，而冠形變爲偏歪。故擇其強者只斷其主幹之上部，既可使近鄰幼樹規則發育，且可避免近鄰幼樹側枝之發育。

除伐目的，在幼林中，除去非目的之林木，如將來無成材之望者，或有礙其他良好林木之生長者，在封閉

期間 (Dickungsalter) 行之。

疏伐與受光伐不同之點，前者施行於同齡或幾等高之林相內，後者施行於不同齡或多層的林相內。受光伐宜除去之林木約佔全林百分之二十。舉行受光伐之後，陰性樹種常比陽性樹種生長為速，幼年及中年樹較老年樹生長速。受光伐如施行過度，在麻栗常引起幹皮崩裂現象，在水青岡與其他闊葉樹類，有時呈皮燒病狀，在針葉樹類則有風折之危險。受光伐如舉行太早時，則林木枝多而幹短 (Dangler, S. 451)，而疏伐則無上述諸缺點。

至於間伐，全體林相之林木已成有經濟價值之良材，視木材市場需要情形，酌量間伐，且間伐後林相中之空隙與空地處，須立即更新，以防雜草之叢生。

擇伐，林木已達衰老之年，生長特慢，為易於更新，故仍舉行間伐。

其他重要之間伐種類：

(1) 赫克 (Heck 7) 氏的自由間伐法 (Freie Kurchforstung) 不顧及一切間伐之規矩，隨心任意，入林砍伐。林相中之主要林木，是其對相，在可能之情形，須無毗連之林木。此種自由間伐頗類似高間伐中之戊度間伐 (Dangler 5, 1885, S. 438)，其被除伐者為下列諸種樹木：

- (1) 幹長而直，且頗優美之樹木。
 - (2) 中等大小，幹稍低矮者。
 - (3) 彎幹而多枝者。
 - (4) 叉形者
 - (5) 病者
- (1) 丹麥間伐法 (Dänische Durchforstung) 丹麥林人對林相中之樹木，分成下列四種：
- (1) 主要樹 樹幹亭亭直立，冠圓滿成正常發育之狀，構成主要之林相樹。

(2) 危害樹 高大跋扈，有妨其近鄰樹木之生長者，伐去。

(3) 有用樹 此種樹木之本身並非良材，然因在林中存在，主要樹之側枝受其限制，不能發育，無形中可增加主要樹之良材，故名之爲有用樹，間伐時留之。

(4) 中立樹 既非危害樹，又非有用樹，不偏不倚，係中立性質。

按上邊四種樹木，丹麥間伐法實行時，主要樹及有用樹皆保留之不伐倒，危害樹完全除去，至於中立樹則聽其自然生長。不足七十歲之林相，每隔六年舉行一次間伐，七十歲以上之林相則每隔十年舉行一次，如此可得十五公尺長而且無枝之幹材。丹麥間伐法應用於水青岡樹林最爲相宜 (Mezger 15, Dittingen 6)。

(二) 高部間伐 (Eclaircie par le haut) 此種間伐法爲法國昂西林業與水利專科學校保倍 (Boppel) 教授所提倡，氏有言曰：『冠在光中，幹在陰，根在新土見精神』，其意乃樹木之冠部須使其與陽光有充分之接觸，但樹之幹部要藏於冠陰之下，以不見日光爲佳，樹之根部須使其有發展之餘地。此種間伐法，適用於麻栗林及中林作業，針對着高部間伐法。氏還倡有基部間伐法 (Eclaircie par le bas)，在高部間伐法內威權樹要除伐，正常樹則保留之，基部間伐法則由林相之下層着手間伐，除去被壓迫者，或幹曲，冠偏而無生長之可能者 (1)。

(四) 與高部間伐法類似者，尚有 Posler Durchforstung，爲 Salisch 所提倡，在德國施來新省 Potel 地方試驗，得到圓滿結果，即除伐威權樹，使正常樹得享受充分之空氣，被迫樹保留之。此種間伐法可得到多量質良之木材，且可保護林地 (20)。林內有副業經營時，如飼養鹿兔之類，此種間伐法尤爲佳良。

此外尚有許多間伐種類，如 Gehardt 的速長間伐法，Borgetave 的林間伐法 (2)，英國間伐法 (Pustlat 17)，Wagner 的光間伐法，Borgmann (3) 的雲杉冷杉間伐法等。因異常繁多，故從略。

六 其他 (Lorrey 12)

間伐得宜，爲造林技術上最難解決問題之一，吳爾佛 (Wohlfarth 19) 對德國中部之雲杉樹林曾作過多年

之研究與觀察，但其結論並未逃出魏德曼之研究，伊只找得冠大與幹高，冠容與材積之諸種關係，對間伐未得
到一定可令人依據之原理與規則。

郝威爾 (Howell) 在北美西南部分析過一百二十四株檜樹，其結果亦大致與吳爾佛相同。

林相間伐之後，常受下列影響：

- (1) 土壤因陽光充分易生雜草
- (2) 易受風雪之害

(3) 木材增長加速，同大林地，株數雖減少，但木材之逐年產量如故。

一株最理想之林木，適合於下列公式之關係：

胸高徑粗：全樹高度 = 1:100

如樹高百公尺，直徑應為一公尺，故間伐時須注意此項關係。

林相中之林木，究何者宜保留？何者宜伐去？如何除伐或用何種間伐法，始可得到木材質佳量多之結果，乃一複雜而難解決之問題。然如能根據 (a) 不健康，形不正常者，(b) 有害於好樹之生長者，(c) 已達最高之生長量者，(d) 已達作業期年者，(e) 受冰、雪、風、蟲及其他病害須要修整者。諸項為間伐之原則，於林業之經營上，不致有大損失矣。

第三十五節 下木栽植與受光伐 (Unterbau und Lichtungsbetrieb)

林木太密時，冠與冠相擠，影響其生長，須疏伐之，使林木各有見光之機會，加速生長，是謂受光伐。受光伐之後，森林內則呈空隙，有些地方，失去蔭蔽，於是橫枝發育，影響材質，或地皮裸露，失掉地力，故須於林間或老樹之下，栽植幼樹，一方防上木之側枝亂生，且可保護地力，是謂下木栽植。

一 下木栽植

森林達老年時，林中便呈出許多空曠處所，陽光充分，鬱閉性漸漸失去，日光直接射至地表，林中濕氣減少，枯枝敗葉，腐爛較爲緩慢，老林木之株數亦逐漸減少，昆蟲害、風折害以及雪害等等則漸形增加。地力衰頹，雜草叢生，有妨更新事業，故宜下植。

下木栽植者即於老林中孔隙處栽植幼樹之謂也。下木栽植在森林撫育上，數十年前已爲德人 Piehl(1)，Kast(11)，Dunkelmann(6) 等所提倡，近十數年來對下木栽植已臻相當地步 Hilf(7)，本多(8)，Dangler(9) 諸人仍大爲鼓吹，因下木栽植，對老林及林地皆有利益，其主要者：

- (1) 下木可以防老木或上木側枝之加粗。
- (2) 保護林地，上木得生長，下木亦然。

Dunkelmann(6) 謂下木栽植得宜則無病害，無蟲害。如上木爲松類約八〇%，下木爲水青岡約二〇%之林相，Hilf(7) 氏用 Pinus murayana 作歐洲赤松之下植木。有光空地，無光陰地，松林有乾梢病之處所，皆下植此種外來松類，結果均生長頗好。

上木爲針葉樹時，下木可用花旗松、落葉松等栽植，上木若爲闊葉樹，下木用較爲壯大之闊葉樹，如麻櫟、槭樹等。下木栽植如得其法，則全林相之林木側枝變少。下植木宜用陰樹，不宜用陽樹，宜用植樹法補植，不宜用播種法補植。

歐洲赤松在分類學上本爲一種松樹，但一般木商則將其分爲數種，最主要者爲鱗皮松 (Schuppen kiefer) 與板皮松 (Platten kiefer)，板皮松木質細緻，鱗皮松木質粗糙，故前者木材價值高昂，後者則價值低賤，論者歸功於造林時品種之選擇，實則松種相同，所難者在造林術耳。品種問題，爭論已久，筆者與愛北瓦林業專科大學教授 Dangler 氏觀察研究結果，知道下植得宜，則產板皮松，否則產生鱗皮松，甚至於同一松樹，幹與水平面所成之角度小於 90° 時，則爲鱗皮松，大於 90° 時則爲板皮松，松林應下植時而未下植則產生鱗皮松，否則產板皮松。我國華北榆樹 (Ulmus pumila) 生於硬土壤者則稱爲家榆，木質紋理細緻，生於肥沃或瘠

極之地者則木質較差，此與歐洲赤松同一理也。

故下木栽植在森林撫育方面爲一不可忽視之工作，關於下木栽植宜注意下列五點 (Lorey 12) ..

(1) 下植林木種類

(2) 下植之利益

(3) 土壤保護

(4) 下植時期

(5) 下植工作之實施

需要下植之林木種類，至爲繁多，尤其陽性樹，如隙地不下植，則粗枝橫生，冠大而幹矮，產無用之木材，如麻櫟、松樹、落葉松、青檀之類。至相當年齡時，森林中定顯出空隙之地，有空地即宜下植，可用作下植之林木種類爲數亦多，一般陰性樹皆可，如杉木、長片花旗松、短片花旗松、油杉、雲杉、鐵杉之類皆可爲下植樹。我國陽樹陰樹種類衆多，未經詳細調查。在歐洲下植樹第一爲水青岡 (*Fagus sylvatica*)。我國亦產四種水青岡，此屬樹木耐陰性特強，而且好壞土地皆可生長，他種樹木不能比之，但林下土壤過於濕潤時，水青岡亦會生長不良，在此種情形下，最好引用水冬瓜、千金榆、槭樹等。在針葉樹中以冷杉爲最好，雲杉次之，杉木、母類、榧類亦皆可用作下植木。

下植不僅能保護地力，且能增加生產，下木可使上木之側枝減少，可使上木之幹材加長。在質在量皆能有良好收穫。林中空隙行下植之後，則可防林內雜草之叢生，林內之枯枝敗葉，即速行分化，變成對於森林有用之腐質土，林內濕氣保存，陽光減少，可使害蟲繁殖衰減。然下植須用植樹造林，不可用播種，致使人力虛耗，而無結果。

下植之時間視林木種類大小與林相之疏密而定。然一般論來，以早爲尙，不可過晚，蓋下植早時，則上木之側枝受限制，不能伸張，同時亦能對土壤保護。上木冠之疏散與密擠，亦爲下植時特應注意者，能作到全林

相成垂直的封閉時，最爲理想。上木與下木冠形及冠與冠在空間排列樣式，亦宜留意，在較老之林中或似傘形作業之林狀下，要密植下木。一般說來，林木在三〇年左右時下植工作可以開始，但至長亦不可等老木至六〇—七〇年時，六七十年之老林，無論其下植木之大小或疏密，對老林之生長上皆已無大關係，下植樹失去了下植樹之作用，此不可不注意者。然有時遇某種林木，其價值常因年而增大，如美國之白樺與歐洲麻樺，老林在七〇年以上，依然仍可行下植，如八〇—一〇〇年之樺林，以此種老林木伐期可延長一四〇—一六〇年，甚至三〇〇年以上。一立方公尺之樺木在美國值一千元以上之美金，在德國值三千馬克，然幼小之樺木則不能得此高價也。

下植工作實施時，用播種或植樹皆可，但播種下植，事先須特別對土壤加工整理，用費頗大，用植樹較佳，若無現成相當之樹苗時，而林相又非行下植不可，則須用條播或用寬大之穴播。如植樹下植，林相密時宜用大苗，林相疏鬆時則用小苗木，下植木爲陰樹時苗稍小無妨，否則宜採用一公尺左右之大苗。

Brethardt 氏在造林學上有句名言『林中地表要黑暗，林上樹梢處要光明』(Thomjung 9, S. 32)，此語雖簡，但已述明下木栽植之原理矣。

二 受光伐

日光爲林木生長之一必要因素，陽光多時則林木生長速，材積增長大。林木根幹材積之增加，視柵種不同，然皆有一定限度，而且逐年之增長量與樹齡亦有密切關係。林內陽光過多或過少，皆有損於木材容積之生長，陽光過少，林木枝葉枯死，樹冠變小，陽光過於充分時，則樹幹之下段年輪加寬，在工藝上減少應用價值。故受光伐施行時，若非薪炭林，除材積生長外，更須注意價格上之變動(本多S)。

森林行過受光伐之後，木材產量則可大爲增加，在薪炭林得益尤多，受光伐隙地培植下木，收益亦大。林中生長力衰頹者宜除去之，中等木或巨大之有用木，宜甄拔採伐。

德國在樹齡至某種年齡時始行受光伐，一般多在三〇—七〇年，斯時林木，因自然競爭，枝葉枯落，林木

胸高徑粗，直徑普通皆在 10 cm. 左右。

樹冠大，彼此重疊或過於擁擠時，亦宜行受光伐，使留存之林木，樹冠疏鬆。此種受光伐，每隔五—一〇年舉行一次。受光伐除去之面積，不可超過株面總和的百分之二十，株面總和者即測樹學中之 *gesamtsamm-ngrundfläche* 也（本多 8, Begerere 2）。

受光伐之後，宜用天然下種更新。

* 光爲林木生長最重要因素之一，芬蘭林學家 Gieslar (4) 以林中光之強度而分類，Lorey (12) 主張受光伐程度 〇・三一〇・四爲宜。

受光伐種類甚多，茲舉其主要者於次：

(1) Buckhardt (3) 氏之異齡喬木 (Der Zweialtrige Hochwald Buehhardt's)，林木爲水青岡，上木採伐時其年齡約比下木大二倍，上木林相爲一四〇—一六〇年，每公頃約五〇—六〇株，下木年齡約七〇—八〇年，用天然下種更新或萌芽更新，上木之間有富裕之空隙，故生長特爲良好，下木株數稠密，故材積增長亦大。

(2) Seebach (13) 氏之水青岡喬木 (Der modifizierte Buchenhochwald v. Seebach)，七〇—八〇年之水青岡林，上木株數特多，每公頃約三〇〇株，密度約爲 〇・四，樹冠在三〇—四〇年之後（即水青岡樹齡至 一〇〇—一二〇年時）又行封閉，下木只能保護地力，在此三〇—四〇年間，以日光充分，材積增長極爲迅速。

此法在德國西部 Hannover 之 Soiling 地方，一八三五年時，高級森林局長 Seebach 氏第一次用之，故有此名。

(3) Homburg 氏之用材作業 (Die Homburgsche Nitzholzwirtschaft)，水青岡爲構成林木之基本樹木，其間單株混生成塊狀混生麻栗、榆樹、槭樹或其他各種針葉樹類，平均樹齡在七〇年時，用傘伐天然更新，被

除伐之數所佔面積約爲全林 $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ ，保留之樹約爲 $\frac{4}{5} - \frac{3}{4}$ ，在水青岡傘狀樹冠之下或空隙處，用播種或植樹造成塊狀幼林。

更新時宜用之針葉樹種爲冷杉、雲杉、落葉松等，此種下木生長速度，至爲驚人(10)。

(4) Mayr 氏的小林相帶撫育更新 (Mayrs Kleinbestandswald Erziehungsversuchung)。Mayr 博士在其 'Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage' 中提出小林相作業，面積約 0.3—3.0 公頃，原純林樹齡 3—40 年時去其不合格而無希望者，其餘的林木，待自然發育封閉，50 年時再酌量除伐，使樹冠不過於擁擠。以後 5—8 年每隔五年，80 年之後，每隔 10 年，舉行一次受光伐。當此特，林木已有空地，再下植水青岡、鵝耳櫪、楷木、水冬瓜之類。老木至砍伐時，至種子年再局部除伐下植木。

(5) Wagenser (15) 氏的受光生長作業 (Wagensers Lichtwuchsbetrieb) 以林木之年齡與砍伐程度而決定受光伐，一般受光伐宜早年舉行，至林木 25—40 年時再行受光伐。

在 80 年時，全林成胸高徑約 3—3.5 dm. 之良材，樹幹由基部至 1—2 公尺處無粗枝，林木在 3—40 年時樹冠宜稍密，然後根據樹形，生長情形與所在地位，斟酌留伐，保持每公頃約爲 500 株之樹木，株距約 4—5 公尺，其空隙較大處，則行下植。此種林木高度生長不顯然，但幹切面則生長特速，形成有用之林。此種受光生長作業，繼往開來，至今仍爲德人所採用。

(6) Vogl (14) 氏的受光生長作業 (Vogls Lichtwuchsbetrieb)。林相爲 50—70 年之雲杉及冷杉，在 60—70 年間伐去約 15—20%，每公頃內株數約爲 300—400，在 100 年時每公頃留 200—250 株，下植用天然更新。此種林相之林木，每株在砍伐年平均有木材 3 立方公尺，每公頃約 600—750 立方公尺，此種林相內無風雪之害。

第三十三節 文獻

(1) 安事農，1933. 實用造林法，頁 127 次。

- (2) Fossel, H., und Hilf, H., 1934. Der Schöneicher Aestungsversuch. Forstarchiv S. 325—339.
- (3) Brunn, G., 1931. Untersuchungen über die Aestreinigung von Fichtenbeständen. Mitt. S. 537—566.
- (4) 監警、1935. 總本齡之變遷、圖 11111。
- (5) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 453.
- (6) Engler-Diels, 1936. Syllabus der Pflanzenfamilien S. 305. Berlin.
- (7) Hilf, R. B. und Schmel, H., 1930. Die Photographie im Dienste der Zuwachsmessung. Forstarchiv S. 115.
- (8) Hilf, H. H., 1930. Arbeiter-Schutzarbeiten. Forstarchiv S. 469.
- (9) Hilf, H. H., 1935. Ziele und Wege der Werthholzerzeugung in der Mark. Forstarchiv S. 279.
- (10) 本齡之變遷、本齡之變遷、圖 11111。
- (11) Meyer-Wegelin, 1936. Aestung. Hannover.
- (12) Mayer-Wegelin, 1937. Das Aufstehen der Waldpinne. Hannover.
- (13) Moss, A. E., 1937. Pruning second Growth Hardwood in Connecticut. Journ. Forestry Vol. 36 p. 823—828.
- (14) Platzer, B., 1937. Ergebnisse after Kiefernastung. III, der Fichtaler Aestungsversuch. Forstarchiv S. 357—361.
- (15) Platzer, B., 1937. Der Eiberswalder Aestungsversuch. Forstarchiv S. 201—210
- (16) 伐枝須知、雲南林務處編印、1939.

- (17) Ifra-Markblätter Nr. 41, 1937. Das Aesten der Kiefer I. Grundsätzliches zur Auswahl der Bestände und Stämme. Eberswalde.
- (18) Ifra-Markblätter Nr. 42, 1937. Das Aesten der Kiefer II. Die Arbeit des Aestens. Eberswalde.
 梨川十區編 木藝
- (1) Boppe, Traite de Sylviculture.
- (2) Borgereve, 1887. Holznacht S. 302.
- (3) Borgmann, W., 1897. Allg. F. u. J. Ztg. S. 225.
- (4) Cotta, H., Waldbau 9, Auf. S. 91.
- (5) Dengler, A., 1935. Waldbau S. 432—435.
- (6) Eitingen, G. R., 1931. Die Danische Durchforstung. F. Ct.—Bl. S. 185.
- (7) Heck, 1904. Die freie Durchforstung.
- (8) Hilf, H. H., 1929. Anweisung zur Durchforstung in Kieferbeständen. Forstarchiv S. 106—109.
- (9) Howell, J., 1937. The relation of crown diameter cubic volume of one seed Juniper. Journ. For. S. 829—831.
- (10) Godfrey, J. F., 1937: Catchwords and Fads in Forestry. Journ. For. Vol. 36 p. 810—812.
- (11) Junack, 1921. Durchforstung der Kiefer. 3, Auf. Nuedamm.
- (12) Lorey, 1925. Waldbau S. 193—210.
- (13) Kohler 1922. Zur Bestandserziehung. Allg. F. u. J. S. 25.
- (14) Krafft, G., 1889. Beiträge zur Durchforstung- und Lichtungsfrage.

- (15) Metzger, 1898. Zur Beurteilung der ränischen Forstwirtschaft. *Allg. F. u. J. S.* 346.
- (16) Olberg, A., 1937. Handlungsplan und Durchforstungsanleitung. *Forstarchiv S.* 125.
- (17) Pister, 1917. Die englische Durchforstung. *Fw. Zbl. S.* 120.
- (18) Wiedemann, E., 1935. Zur Klärung der Durchforstungs Begriffe. *Z. f. F. u. J. S.* 56—64.
- (19) Wohlfarth, E., 1925. Auswirkung langjähriger Kronenpflege in mittel-deutschen Fichtenbeständen. *Z. f. F. u. J. S.* 289—344.
- (20) Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1892 S. 266.
- (21) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1902 S. 668.
- 澤川十甫編 杉鑑
- (1) Biehler, 1903. Einfluss des Unterbaus auf das Wachstum der Baume.
- (2) Borgereve 1883. Lichtungsschub mit Unterbau. *Forstl. Bl. S.* 41.
- (3) Buckhardt, Säen und Pflanzen 6, *Auf. S.* 139.
- (4) Gieseler, 1904. Einiges über die Rolle des Lichtes im Wald Mitt. *a. d. forstl. Versuchswesen Österreichs* 30 Heft.
- (5) Dengler, 1935. Waldbau auf Ökologischer Grundlage S. 455.
- (6) Dunkelmann, B., 1881. Kiefernunterbaubetrieb. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. S.* 1.
- (7) Hill, H. H., 1936. Die Murraukiefer als Luckenbuser. *Forstarchiv S.* 103—106.
- (8) 杉鑑續編、1915. 樹林總本鑑、頁九九九—一〇一四、葉五。
- (9) Homburg, G. T., 1878. Die Mitholzwirtschaft in geringelten Hochwald-Überhaltbetriebe und ihre Praxis. *Cassel.*

- (10) Homburg, G. T., 1879. Ein Beitrag zur Nutzholzwirtschaft in geeigneten Hochwald-Ueberhaltbetrieb. All. F. u. J. S. 275.
- (11) Kast 1889. Der Unterbau und seine wirtschaftliche Bedeutung. Zentr. f. d. des. Forstw. S. 51, 102, 150.
- (12) Lorey, T., 1925. Waldbau. Handbuch der Forstwissenschaft Bd. II S. 210—220.
- (13) Müller, 1919. Zeitschr. f. F. u. J. S. 287.
- (14) Vogl, 1887. Aus der Praxis 25 jähr Forstmannwirtschaft. Osterr. Vierteljahr. f. Fw. S. 315.
- (15) Wagener, G., 1887. Allg. F. u. J. S. 145—257.

第七章 森林作業

- 一、森林作業之種類（第三十六節）
- 二、喬林作業（第三十七節）
- 三、矮林作業（第三十八節）
- 四、中林作業（第三十九節）
- 五、竹林作業（第四十節）
- 六、副產林業（第四十一節）

第三十六節 森林作業之種類

森林作業法，因林業經營之目的不同，種類亦大異；茲舉其主要者於次：

一 Mayr 氏森林作業法計七十三種（4）

德國明興大學 Mayr 教授，將森林作業別爲六類七十三種，今簡述於次：

第一類 喬林 (Hochwald)

甲、皆伐更新法 (Kahlschlagverjüngung)，小塊面積之林，一次皆砍伐之，內包五種：

(1) 皆伐更新法 (Kahlschlagverjüngung) 爲全面積之皆伐作業。

(2) 帶伐作業 (Der kahle saumschlag; Stummweise Kahlschlag) 帶寬爲林木高度之半，不可過寬，以免妨礙更新。

(3) 短柵形皆伐 (Karlissen kahlschlag) 多數帶狀並行皆伐，帶與帶之間，留有生存之林帶，爲異齡

林最好之作業法。

(4) 環狀皆伐 (Ringförmiger Kahlschlag) 先在林中行孔狀皆伐 (Kahler Löchertrieb)，然後逐漸向四週伐之，造成環狀之帶伐，更新法用天然下種或人工植樹皆可，幼林危害少，但老林常多風害。

(5) 帶狀皆伐與孔狀皆伐同時行之。

乙、傘狀更新法 (Schirmschlagverjüngung) 森林之一部留作母樹，其餘全部伐去，利用母樹行天然下種。幼樹藉母樹保護，得以繁榮生長 (自6至50)。

(6) 暗伐更新法 (Dunkelschlagverjüngung) 或稱為大面積傘伐更新法，全林大部採伐，天然下種，此種大面積之傘伐作業，常分為幾個步驟進行，第一先伐去少數林木，使林相失去鬱閉，稱為前伐 (Vortrieb)；第二次伐去林木二分之一，鬱閉性完全失去，只留適當之母樹，稱為預備伐 (Vorberaubungstrieb)；待林木種子年來臨時，再行第三次砍伐，稱為下種伐 (Besamungstrieb)；幼林養成，但母樹散佈，常遮蓋陽光，故再砍去母樹之一部，稱為光伐 (Lichttrieb)；最後一次完全將母樹除去，更新專業終止，此種暗伐更新法，風害較少。

(7) 帶狀暗伐更新法 (Saumweise Dunkelschlagverjüngung) 帶寬較樹高大二至四倍，伐木方向與風向相反，如風由西方吹來則由林之東部伐起，全伐更新，所須之時間較長，此種作業，適用於高山森林。

(8) 林分上傘伐更新法 大面積之森林，可劃為若干林分，在每一林分上，復行傘伐更新。

(9) 林分上帶狀傘伐更新法 (Saumweise Schirmschlagverjüngung) 帶寬不可過大，否則易遭風害，因林分小時，抗風之力則減少。

(10) 塊狀傘伐更新法 (Gruppenweise Schirmschlagverjüngung) 小面積林相，分塊傘伐。

(11) 環狀傘伐更新法 (Ringförmige Schirmschlagverjüngung) 先行孔狀預備伐，然後由此向四週擴大，行下種伐，伐跡寬度約比樹高大二倍至四倍。

(12) 孔狀傘伐更新法 (Schirmständige Lochwirtschafft) 此種更新法，爲 Mayr 氏及其弟子所提倡，最初用 Femelschlagverjüngung 之名，後改用 Gruppen weise Verjüngung，最後才用孔狀傘伐更新法之名，此法養成之幼林，樹冠成波狀，林相爲異齡林，皆伐跡地，用天然造林，或人工植樹法補之。

(13) 傘伐皆伐折中法 先用傘伐法更新，後行皆伐，跡地用天然下種，母樹去後之跡地，用人工造林。

(14) 同一森林面積內，三種作業法，同時皆互相存在。

(15) 胡貝爾氏森林作業法 (Hubersches Verfahren) 大面積之森林，劃爲若干小林，由風來之反對方向，行塊狀更新法。

(16) 撫育更新法 (Erziehungsverjüngung) 林相之大小皆可行之，用之於純林尤爲安全，且容易天然更新。

(17) 小面積傘伐更新法，即擇伐作業 (Femelwald; Plauterwald)。此適用於純林，木材之生長量特大，老者伐除，空地更新，全林相成垂直之封閉，林木已達伐期者則擇伐之，利用母樹，行天然下種，此法在高山經營森林，頗爲經濟。

(18) 帶狀擇伐更新法 (Zonenweise Femelverjüngung) 本擇伐作業之原則，將全林區或某一部之森林，按年期分爲若干帶，每帶內施業級，行擇伐更新。

(19) 循環擇伐 (Umlaufende Femelverjüngung) 隔年舉行，林木約在二五 cm. 之直徑時即開始，十數年輪流擇伐一次。

(20) 定期擇伐作業 (Periodischer Femelbetrieb) 爲對於廣大面積之原生林 (Urwald)，初次利用後，最好之更新法。林相中之樹羣頗不規則，單木有者已達衰老之年，有者正生長繁茂，有時幼木受隣接木之壓迫，生長緩慢，按一定之時期，除去老大之樹，或有礙良木生長之樹。

(21) 帶狀擇伐更新法 (Saumfemel verjüngung) 即 Wagner 氏所稱之屏風帶伐 (Blendersaumschlag)，將大面積之森林，劃為若干小面積。小面積之森林又分為若干樹羣，對於樹羣，再施以狹形帶狀傘伐，用天然更新。

(22) 環狀擇伐作業 (Ringfemelbetrieb) 林相之區劃，分若干環狀帶，幼林異齡。

(23) 原生林 (Urwald)，原生林中之老樹，常自然枯死，利用跡地附近之母樹，行天然下種，更新法類擇伐林，歐洲現在原生林已極少矣。

(24) 施業原生林 (Bewirtschafteter urwald) 人工伐木停止，原林自由生長，在林业經濟上看，並非善策，以原始林中之老木生長漸行停止，幼木反受其壓迫，不能充分發展，致使木材產量減少，此種林相宜擇伐老之大林木，或有害隣近林木生長之中年樹。

(25) 保殘林 (Ueberhaltwald) (23) 與 (24) 兩種原林更新法，合併施行，保殘林又可別為下列四種。

(a) 單木保殘林 (Einzelüberhalt) 幹直無節，冠形正常之樹，每公頃內留二五至三〇株母林。

(b) 塊狀保殘林 (Gruppenweiser Ueberhalt) 每塊面積約一〇—三〇公畝。

(c) 帶狀保殘林 (Bandweiser Ueberhalt)。

(d) 林分保殘林 (Ueberhaltbestand) 面積常在一公畝以上。

(26) 集成作業 (Kompositionsbetrieb) 林木之種類、樹齡、林相狀態各有不同。上木為陽樹，下木為陰樹，上木受下木之壓迫側枝少，幹變通直，良材可大量產生。

(27) Homburg 氏用材作業 (Homburgs Nutzholzwirtschaft) 喬林作業中行塊狀之保殘作業，塊狀喬木由是養成。隙地行塊狀條播，喬林處行傘伐更新，薪炭材與良材皆可產生。

(28) Seebach 氏受光作業 (Seebach's Lichtwuchsbetrieb) 去伐期三四十年前施以傘伐更新，但保留多數之母樹，使之各得充分之陽光，能最速的生長，母樹分期除伐，跡地分期更新。

(29) 二段喬林 (Zweihöheriger Hochwald) 在陰樹森林，至砍伐期二分之一時，一部伐倒，跡地下植，在陽樹構成之森林，至成年時，則漸失鬱閉，其孔隙間處，行下植，林相成爲二段。

(30) 受光作業 (Lichtwuchsbetrieb) 爲森林撫育法之一，全林四分之三伐除，下木栽植。

(31) Wagner 氏受光作業 (Wagner Lichtwuchsbetrieb) 樹齡約在二五—三〇年時，冠與冠緊相壓接，生長緩慢，乃行第一次放冠林木 (Kronen Friche)，保留林木之株距，約爲四—五公尺，再開植陽樹，十年之後，再行放冠疏伐。

(32) Borgmann 氏之塊狀受光作業 (Horstweiser Lichtwuchsbetrieb) 面積在一畝以下，爲杉木類純林，塊數頗多，所有塊狀林面積之總和，約爲全林面積三分之二，五〇年之直幹樹，施行放冠伐木，保留株距約爲三—六公尺，被壓木在塊中保存，樹齡差異，各級不同，約爲五—一〇年。

(33) Ulrich 氏之短柵形受光作業 (Ulrich's Lichtwuchs Kullissenbetrieb) 在林中施短柵形砍伐，存留林相，仍保持局部鬱閉。

(34) Borggreve 氏改革林 (Borggreves Reform wald) 幼木約六〇年頃，對之斫伐，使之失去鬱閉，然後每十年一次，除去支配木中之最大者，作業期可延長至一四〇年。

(35) Pressler 氏理想喬林 (Pressler idealer Hochwald) 喬林之材積、材質、以及時價，皆達理想之最高點時伐之，伐後之跡地，用天然法造林，或人工植樹。

(36) 樹脂作業 (Harzwaldbetrieb) 主要樹種爲松類，二針松、三針松及五針松皆可。

(37) 軟木林作業 (Korkwaldwirtschaft) (5) 主要樹種爲 *Quercus suber* 地方限於熱帶，及亞熱帶，爲北非洲，法國南部，西班牙以及東亞之台灣與我國之南部，粵南及華南二區。

(38) 放牧林業 (Waldweidwirtschaft) 在平野地或丘陵地，林內空曠地，培植雜草牧草，以放牧家畜，用皆伐作業，較爲便利。

(39) 高山放牧林業 (Alpenweidwirtschaft) 在高山處，氣候寒冷，不能佃農，林中草地，可充飼料，畜養牛、羊、馬、鹿之類，收穫亦大，森林可擇伐利用，斟酌地勢，隨時更新。

(40) 樹帽放牧作業 (Hutweidwirtschaft) 廣大之牧場內，此處彼處，疏散點綴着樹木，或者高山地方散生松樹，牧草繁茂，家畜有樹帽保護，常少疾病。

(41) 野獸園林業 (Wildparkwirtschaft) 森林之一部，劃為柵圍，其中飼養野獸，林相用擇伐作業，或皆伐作業，下木可培植灌木，充野獸食料。

(42) 遊園林 (Lustparkwirtschaft) 林木高大，且多散生，構成天然公園，樹下飼養珍禽奇獸，修築壯麗之亭樓屋宇，以供遊者之娛樂，喬林、矮林、或中林，皆可斟酌施用。

(43) 保安林 (Schutzwaldwirtschaft) 防止洪水，固定流砂，涵養水源，一防止山崩等，皆可利用森林，此種森林，稱為保安林，保安林多行擇伐作業，老樹砍去之空地補之，全林相維持一定形態，永久不變。

(44) 裝飾樹作業 (Schmuckbaumbetrieb) 喬林與農業連合，地力分二層利用，上為亭亭大樹，樹下則為農作物，以農產品為主，樹木副之，喬木在田中構成裝飾樹。

(45) 間作混農 (Waldfeldwirtschaft) 喬林皆伐後，跡地開墾田農，種植馬鈴薯，玉蜀黍，二三年後，再播種造林，養成新林。

(46) 前林作業 (Röderwaldwirtschaft) 森林之採伐跡地，先行開墾，株根、杜條、雜草之類，皆付之一炬，燒後，培植農作物，二三年後，復行人工造林。

(47) Birkbergwirtschaft 與前林作業類似，但限於種子易飛散之林木，森林砍伐後，跡地殘物燒光，培植農作物，二三年後，利用附近之母樹，行天然下種，養成新林。

(48) Birkbergüberhaltbetrieb 為保殘作業之一種。

(49) 高山燒畑林業 (Alpenbrandwirtschaft) 林木限於針葉樹，樹齡約三十年，伐去枝條，幹材充造紙原料，或薪炭。

(50) Cotta 氏之共作林業 (Cottas Baumfeldwirtschaft) 全林分若干區，每區每年中皆行伐木開墾，間作一二年農業，再於農作跡地，創立幼林。

第二類 萌芽林 (Ausschlagwald) 由樹幹、根株、抽生枝條，形成森林，又分爲三類十種：

甲、矮林作業 (Niederwaldwirtschaft) 林木之樹幹，皆伐利用，但根株留存，又由此根株產生新林。

(51) 杆木矮林 (Stangenwald) 爲最普通矮林作業之一種，多用於闊葉樹林，少用於針葉樹，養成之木材充薪炭、椽柱等。

(52) 剝皮矮林 (Schälwaldwirtschaft) 目的在生產鞣革用之單寧，作業期間普通在一五—三〇年。

(53) 柳條矮林 (Weidengegerbetrieb) 目的在生產編器物，箱籃用之柳條，伐期甚短，一—四年。

(54) 紙條林業 (Papierhegerbetrieb) 枝條之皮，可用以造紙，此種森林作業，只限於造紙用之木材，如楮、構、桑等。

(55) 綠肥林業 (Grundungungsbetrieb) 矮林萌芽，每在春夏之交，採伐其枝條，堆製綠肥。

(56) 飼料林業 (Futterlaubniederwald) 矮林之新葉充分開放時，採集而曝乾之，充家畜之飼料。

(57) 粗朶林業 (Taschinenwald) 此種森林之經營，目的不在木材之收穫。

(58) 保護矮林 (Niederwaldüberhaltbetrieb) 矮林已至伐期，擇林木之優良者，暫爲保留，俾能繼續生長，養成有用之材。

(59) 株間混農 (Hack waldwirtschaft) 剝皮矮林或普通矮林，採伐之後，堆集其無用枝條，燃燒成灰，作肥料，行株間開墾田農一二年。

乙、頭木林 (Kopfausschlagformen) 幹由中部鋸斷，切口距地面約一—四公尺，由切口處萌芽，數年

後，採而利用，頭木林又可分為下列四種：

(60) 柳條頭木林 (Kopfholzhorbweidenbetrieb) 河岸或肥沃之濕地，柳樹砍去樹冠，萌芽養成頭木柳條林，此種柳條用以製造箱、籃等器物。

(61) 飼料頭木林 (Kopfholzfutterlaubbetrieb) 德國南部及西部較溫暖地方用之，其枝葉可充家畜之飼料。

(62) 薪材頭木林 (Kopfholz für Brennung) 法國及西班牙之暖地採用之，其枝條供薪材。

(63) 二段萌芽林 (Doppelter Ausschlagwald) 頭木林與根株萌芽林同時採用，故成二段萌芽林。丙、截枝林 (Schneitelbetrieb) 林木之側枝截去，由其切口萌芽，南部歐洲多採用之。

(64) 薪材截枝林 (Schneitelbrennholzbetrieb) 此種作業法，法國多行之，目的在產生枝材，用充薪炭。

(65) 飼料截枝林 (Schneitelfutterlaubbetrieb) 以培養家畜飼料為目的，北部德國，南部歐洲，以及澳洲等地風行之，利用新出枝葉，充作家畜飼料。

(66) 臥草截枝林 (Schneitelstreu betrieb) 山岳地方，飼養家畜，感臥草缺乏時，可經營此種林業，採其柔軟枝條，充作臥草。

第三類，中林 (Mittelwald) 矮林之間，散佈喬林，由種子形成之林與由萌芽形成之林，同時存在，全林相有上木下木之分。中林作業，來源甚久，猶以中部歐洲為最，至今法國，仍為主要作業之一。中林分四種如次：

(67) 矮林狀中林 (Niederwaldartiger Mittelwald) 上木為數甚少，下木較多，上木產生良材，下木產生薪炭材，與他種工業原料。

(68) 截枝中林 (Schneitel mittelwald) 在法國盛行之，上木殘存，尚可為下木之庇廕。

(69)塊狀中林 (Gruppenstandiger mittelwald) 森林成小塊狀，上木生長良好，下木則產生單寧及薪炭材。

(70)喬林狀中林 (Hochwälderiger mittelwald) 上木散生，但為數頗多，下木較少。

第四類 枝條材 (Astwaldungen) 新林由種子或苗木養成，只除伐側枝，由萌芽養成之枝條分為二種：

(71)全伐枝條林作業 (Flächenweiser Astwaldbetrieb) 大面積森林作業，林相整齊，日本、朝鮮與我國，民間多採用之。

(72)擇伐枝條林 (Astwaldfennelbetrieb) 與(71)類似，但為擇伐作業。

第五類 根莖林 (Rhizomwaldungen) 森林之生成，由於地下莖之萌芽，竹類更新即用此法，在歐美無竹林，故此種林業僅有其名稱而已。然在我國、日本、台灣等處，在林業經濟上，極占重要位置，大可提倡之。

(73)擇伐竹林 (Fennelshizombetrieb) 逐年擇伐利用，其跡地生產筍或新竹林。

第六類 過渡作業 (Übergangswald) 此種作業法，無獨立性質，刻在過渡轉變。以上所舉七十三種森林作業，人工皆可使之互為轉變。

二 Gayet 氏森林作業法之劃分

德國造林學界泰斗 Gayet 博士，在伊所著之造林學中，將森林作業，分為三類十種 (1, 4)。

第一類 喬林 (Hochwald) 由種子或苗木更新而成之森林。

甲、基礎作業 (Grundformen)

(a) 同齡林 (Gleichalterige)

(1) 皆伐林 (Kahlflächenform)

(2) 傘伐林 (Schirmschlagform)

(3) 帶伐林 (Sounschlagform)

(5) 異齡林 (Ungleichalterige)

(4) 劃伐林 (Fennelschlagform)

(5) 擇伐狀喬林 (Fennelartige Hochwaldform)

(6) 擇伐林 (Fennelform)

乙、輔助作業 (Hilfsformen)

(7) 保殘林 (Ueberhaltform)

(8) 下木林 (Unterbaumform)

第二類 矮林 (Niederwald) 由根株萌芽而養成之森林。

(9) 矮林 (Niederwaldformen)

第三類 中林 (Mittelwald) 由喬林及矮林混合而成之森林。

(10) 中林 (Mittelwaldformen)

今將各種作業法簡單介紹於次：

(1) 皆伐林 在一定面積內，林木完全伐倒，播種或植樹養成幼林。

(2) 傘伐林 伐樹留林木之一部，作為母樹，利用天然下種更新，幼林未養成前，受母樹之保護，再過種子年除去母樹，用人工植樹法，補足母樹之跡地，林相亦為同齡林。

(3) 帶伐林 劃林區為帶狀之砍伐，分帶分期伐木，更新事業為毗連輪流，在全林之年齡上，有多數之帶為同齡林，跡地利用天然下種，或人工造林，故同一帶內，皆為同齡林。

(4) 劃伐林 劃伐林之更新期二〇—四〇年，在更新期間，利用種子年，實行塊狀更新，故各塊之林相，年齡上有差異，高低亦不一致，全林呈不規則之混合狀態。

(5) 擇伐狀喬林 以立林地之土壤性質不同，林木之生長不同，樹種不同，樹齡不同，故成塊狀之喬林林相，如六〇年生之杉木林中，間生有四〇年、八〇年、甚至一二〇年之其他針葉樹類，擇其成材者砍伐之，再在其跡地，用天然法下種，或人工造林。

(6) 擇伐林 在林相中，擇其成材，或有礙其他隣木之生長者擇伐之。

(7) 保殘林 在喬林作業中，大部份之林木已被除伐，但各處依然零散矗立著幹直的母樹，此種母樹，不在一年之內伐去，逐年斟酌擇伐，跡地隨時更新，而養成不整齊之林相。

(8) 下木林 上木疏稀時，林內隙地，則間植下木，養成新炭用材，或紙漿材，人造絲材，及木材化學工廠所需要之原料。

(9) 矮林 喬林伐倒，然根株或幹之下部，則行保存，由此根株萌芽，形成新林。

(10) 中林 此為德國特有之森林作業，林中之一部，上木完全為喬林狀態，一部份林木被伐倒，然仍留根株，或幹之下半部，故全林相高者為喬林，低者為矮林。

三 Hawley 氏森林作業法之劃分(2)

(1) 皆伐作業 (Clearcutting method)

(2) 傘伐作業 (The seed tree method)

(3) 庇廕作業 (The shelterwood method)

(4) 擇伐作業 (The selection method)

(5) 矮林作業 (The coppice method)

(6) 保殘作業 (The coppice with the standards method)

四 Trapp 氏森林作業法之分類(3)

英國牛津大學林學教授 Trapp 在伊所著森林作業一書中，將森林作業分類如下：

甲、喬林作業 (High forest system)

- (1) 光伐作業 (Clear-cutting system)
 - (2) 正形作業 (Uniform system)
 - (3) 塊狀作業 (Group system)
 - (4) 不規則傘形作業 (Irregular shelterwood system)
 - (5) 帶伐作業 (Strip system)
 - (6) 楔形伐作業 (Wedge system)
 - (7) 擇伐作業 (Selection system)
 - (8) 二段喬林作業 (Two-storied high forests)
 - (9) 喬林留殘作業 (High forest with standards)
- 乙、矮林作業 (Coppice system)
- (10) 矮林作業 (Coppice systems)
 - (11) 擇伐矮林作業 (Coppice selection systems)
 - (12) 矮林留殘作業 (Coppice with standards systems)

五 本多靜六對森林作業之分類(4)

本多氏所著之造林學本論，爲東亞各國造林之參考善本，氏對森林作業法分類如下：

甲、喬林

- (1) 擇伐作業
 - (2) 全伐作業
- (a) 剷伐作業

(b) 傘伐作業

(c) 皆伐作業

(d) 帶伐作業

(3) 二段喬林作業

(a) 保殘作業

(b) 保地作業

(c) 下木作業

乙、萌芽林

(1) 矮林作業

(2) 頭木作業

(3) 截枝作業

丙、中林

丁、竹林

戊、副產物林

(1) 混農林業

(a) 矮林混農

(b) 喬林混農

1. 前作林業

2. 間作林業

3. 共作林業

(2) 混牧林業

(a) 放牧林業

(b) 野獸圍林業

六 我國應採之主要森林作業法

森林作業種類繁多，大致已如上述。我國環境特殊，且森林專業正在萌芽，不能抄襲外人，茲就筆者觀察，略陳如下，以作政府及林界同仁參考：

一、喬林作業

(1) 擇伐作業

(2) 傘伐作業

(3) Wagner 氏線條作業

(4) 楔形傘伐作業

(5) 團狀割伐作業

(6) 二段喬林作業

(7) 保殘作業

(8) 皆伐作業

(9) 永續作業

(10) 保安作業

二、中林作業

三、矮林作業

四、竹林作業

五、副產利用作業

詳見第三十七節至四十一節內。

第三十七節 喬林作業 (Hochwaldbetriebe)

造林學中最不易處理者即為喬林作業，林學全部所包括之任何部門如森林立地、森林動物、森林保護、木材解剖、木材性質、主產利用、副產利用、木材工業、木材商業、木材市場、木材化學工業、森林工程、採運、林地測量、測樹、林價與較利、經理、管理、林史、林法、林政等，皆與喬林作業發生關係。

造林之目的不外下列諸條 (Wohlfarth 21)

- (a) 得到樹木之理想價值
- (b) 化大地為美園
- (c) 生產一切輕工業原料
- (d) 應社會之需要
- (e) 供給國防工業原料

喬林作業在歐洲幾十年前即有專書研究討論 (Firth 3) (Butler 1)，近來英美各國亦有相當書籍可供參考 (Thorp 16, Hawley 7)，德國比較更進步 (14)，不同之林木，亦各有專冊詳論，如 Wiedemann 氏之對於雲杉及山毛櫸 (20)，Grebe 氏之對於水青岡 (4)，喬林之打枝、間伐、生長，各種互相關係，論著尤多 (Krauch 10, Mayer-Wegelin 12)。本節不能一一細述，不過在原理方面，喬林作業時吾人宜注意下列四點：

- (a) 森林之保留，非在特別情形下不可超過輪伐期。

(b) 同樣面積內要使木材產量最多而木質最好，因此宜注意樹種，樹齡與密度。

(c) 胸高徑粗：樹之高度 $H:100$ 為最理想之樹形，冠之長度不能超過全樹高度三分之一 (Koster 9)。

(d) 一枝一葉皆能充分利用。

以上四點，若能完全做到，則林學家之責任盡矣。

我國喬林作業，尙未萌芽，僅各種樹木之輪伐期一小問題，尙未引人注意 (5, 15)，其他更毋論矣，故本節所述，係抄書性質，然其實皆能適合於我國之環境。

一 擇伐作業 (Fennelchgebetrieb)

Troup 氏的 The Selection System (16 p. 109—120)、Hawley 氏的 The Selection Method (7 p. 69—73)，皆本節所論之擇伐作業，顧名思意，即可推知，林相保持一定，無更新區，亦無採伐區，全林內之老樹、大樹、中年樹、小樹、年齡上相差頗大，由二〇—五〇年不等，此種作業之林相，原為垂直封閉，樹冠高低互相掩遮，林內無空隙，雜草得不到生長繁榮的機會 (2 p. 494—504)。

下列諸林木宜擇伐之：

(a) 生長終止者，或如等到第二次擇伐時期則自行枯死者，或有罹病害可能者。

(b) 特別細瘦而冠高，有被風折傷之可能者。

(c) 有妨礙優良樹木之生長者。

(d) 已死或將死者。

(e) 已罹病害或生長無希望者。

下列諸林木宜保留之：

(a) 生長繁茂，質量皆正在增加者。

(b) 週鄰幼樹或中年樹須依賴之以正形者。

(c) 品質優良，可作母樹者。

(d) 可以保護地力者。

(1) 擇伐作業之方式 大別可分二種型態：第一型，大徑木之數目較多，形成上層林冠，中小林木點綴其下，略成垂直之封閉。第二型，大徑木之數目較少，彼此相隔遙望，中小林木成羣團狀生存，樹冠參差不齊，故前者為單木擇伐林 (Planterwald)，後者為羣階擇伐林 (Fannel wald)。

(2) 採伐量之決定 擇伐林作業之林相，林木可分大中小三級，各級皆有材積總數，此三種階級樹木之材積比例，宜保持 $u : v : w$ 之恆數，擇伐工作宜七八年乃至數十年舉行一次，將整個之大森林，先分成若干林區，每一林區再分成若干小林區，再逐年輪流擇伐，天然更新下種，林內有適度之陽光透入，幼林能充分生長發育，大中小三個階級之材積若保持 $u : v : w$ 之比例，則能發揮最大之生產能力。

(3) 擇伐林之優劣論

優點：

(a) 可以常久保護地力，對土崩、雪壓、風害、霜打等敵抗力較強。

(b) 上木冠層有充分之陽光，結實佳良，可收天然下種之效果。

(c) 所有之種子年皆可利用。

(d) 冠分上下層，根亦有深淺之差，林木生長良好。

(e) 幼樹受老樹之保護，發育佳良。

(f) 適於小面積之經營。

(g) 林相美觀。

劣點：

- (a) 伐木跡地散佈零亂，人工運費皆不經濟。
- (b) 更新時處處皆須注意。
- (c) 大木運出時幼樹常被傷害。
- (d) 未來之林相難作適當之處理。
- (e) 逐年之增長量 (Zuwachs) 不易算出。
- (f) 側枝多，木材內部之年輪狹窄，外部之年輪寬大。
- (g) 不能兼經他業。
- (4) 擇伐林之應用：
 - (a) 有風折雪害之地宜用擇伐林作業。
 - (b) 爲保安林 (Schutzwald, protection forest) 之理想作業法。
 - (c) 適用於大小木材皆需要之地，如城市及鄉鎮附近。
 - (d) 種子年不長有之地方宜用之。
 - (e) 立林地下部爲岩石，不能行皆伐作業之地宜用之。
 - (f) 適合於山地森林經營。

二 傘伐作業 (Schirmschlagbetrieb)

本節內所述之傘伐作業，包括頗爲廣泛，Hawley 氏的 The Shelterwood Method (7, p. 47—67) 及 Thoup 氏的 The Irregular Shelterwood System (16, p. 73—78) 及 The Uniform System (16 p. 31—63) 皆在本節所討論範圍之內。

(1) 概論 同齡林相如麻櫟水青岡之類，在二十五年之後，則行間伐，其中之雜木如鵝耳櫟、樺木、柳類等，盡量除去，但幹之密度並不疏鬆，幹形筆直，其中無希望之樹可酌量除去之，將來可用作母樹者則保留

之，但樹冠之層不可破壞，致使雜草叢生，有礙更新。

經過幾次之疏伐，則保留之林木皆幹直而冠大，林木之冠層 (Canopy) 特別發育，產生優良之種子，樹之根莖亦發育良好，疏伐之後，亦不致風折雪壓，在樹冠封閉之情形下，林中雜草少，且多為耐陰植物。工作進行時宜分為數步：

第一步 砍伐目的乃準備更新，故母樹宜多留為是，森林內部無較大之空隙，土表上不能生過量之草，使於更新時種子可落至地面，且能發芽，成幼苗而繼續生長，故此步工作又稱為預備伐 (Vorhub, Vorgrüthieb, Vorberühungshieb, 英文為 Preparatory felling or Preparatory cuttings, 法文為 Coupe préparatoire)，此種工作施行之後，林內有相當陽光射入，空氣通暢，果實自然發育特別良好。

第二步 林木業已着生優良之種子後，為了更新，則再行一次除伐，其目的在更新下種，故此步工作又名下種伐或更新法 (Verjüngungshieb, 英文為 Seeding felling 或 Seed cutting, 法文為 Coupe de régénération)，此種工作宜在種子年度舉行，節季在種子成熟之後，所伐去林木材積，約為全林二五—五〇%，但保留之樹，要絕對規律，分佈均勻。

若林相好，林木健康，則不必一定等待種子年行之，祇須注意逐年作有規律之疏伐，落於地上之種子，其發芽力常能保持數年之久而不消失，若專候種子年之降臨，則常致土壤失去保護，雜草叢生，常影響更新，如法國西部行傘伐作業，但不定在種子年行之，其結果亦頗為優良也。吾人所宜注意者，為樹冠之分佈，冠大而幹直者，皆可用作母樹，冠小枝多或幹部已罹有疾病者，應隨時除去之，無理想之長幹而寡枝之母樹時，則矮小而多枝之母樹亦大可利用，但須先砍去下部之側枝，林中灌木要盡量除去，以其既妨礙雨點之落地，且有礙於苗木之生長也。

第三步 除去幼苗內之母樹，此期幼苗對於陽光已感需要，被留之母樹常妨礙其生長，故此種工作又名終一伐 (Endhieb, Räumungshieb, Abtriebschlag, 英文名 Removed felling, Removed cuttings, 法文

名 (Coupe d'éclaircie)。

終了伐舉行時要注意：

(a) 在冬天有雪時行之。

(b) 先去枝冠，然後砍倒。

(c) 由同一道路運出林木。

如是則對於幼苗之爲害較少。

(2) 更新輪迴期與面積 (Verjüngungszeitraum und periodenfäche, 英文 Periods and periodic blocks, 法文 Période et affectation) 如全林林木之輪伐期爲一〇〇年，劃分五區，每區以二〇年完成更新工作，由

下種伐至終了伐，中間所隔之年限，宜視下列諸點而定：

(a) 種子年較爲頻繁之樹種宜短，反之宜長。

(b) 須陽光急切之樹木爲期宜短，否則宜長。

(c) 氣候溫和之區域年限宜短，嚴寒處爲期須長。

(d) 土壤宜於更新時則可短，反之須長。

(e) 耐陰性樹木，爲期可較長。

(f) 母樹有火災之危險者爲期要短。

終了伐舉行之後，其母樹之跡地，宜用人工補植年齡較大之樹苗，使林相整齊一致。

傘形作業有四百年之歷史，在德國十七世紀之末，用之於年齡不同之林相內，在匈牙利一五六五年即已爲人民採用，法國更早，在十四世紀已見諸實行，我國四川重慶西北與隆場附近，已見有此傘形伐作業。

(3) 傘形伐作業之優劣

優點：

- (a) 簡單易行。
- (b) 較擇伐作業多產幹直良材。
- (c) 木質佳良。

劣點：

- (a) 母樹取出時常傷及幼苗，空隙處雖經補植，但仍不易使全林相整齊劃一。
- (b) 淺根性樹種易遭風折。
- (c) 在較溫暖之立林地，母樹有發生皮燒之可能。
- (d) 對於霜害與旱魃之敵抗力較劃伐作業為弱。

三 Wagner 氏緣條作業 (藤島信 22 p. 180—189 Wagner 17)

緣條作業為德國塔蘭納林業專科大學教授 Wagner 氏所提倡，結果優良。氏自己曾作過說明，緣條作業為緣條劃伐 (Saumschlagform) 及擇伐 (Blendertrieb) 二法合成之作業，林相為多層的，按一定法則行羣狀或點狀的更新，具永續林性質，但所成之整個林相，在同一之帶條內為同齡林，林相內之樹齡易認，與真正之擇伐作業大異。

(I) 更新上緣條之方向與外界之關係 氏對於日光之照射，烈風雨雪及其他外界各種關係深加研究，發現緣條作業砍伐之進行方向，應與日光風向保持一定之狀態。氏在德國試驗之地海拔高三〇〇—六〇〇公尺，立林地之地質為中部二疊系之泥灰質砂岩所構成，年雨量約 760 mm，在春季為長期之乾燥，淺根性樹木常被旱災。氏所試之林木樹為縱類 (Abies)、山毛櫸 (Fagus sylvatica)、歐洲赤松 (Pinus silvestris) 等。氏研究結果：

風：增加蒸發作用，尤其是東來之風，易使土地乾燥，有害更新。

雨：或為垂直下降之雨滴，使土地浸潤，或為西風細雨，一部留存樹冠，一部降至地表。

露：亦爲重要因素之一，在森林北側不易消矣，幼苗不致因乾燥而枯死。

霜：爲害甚大，尤以日光之直射處所爲最。

雪：對幼苗有利而無害，苗爲雪掩後，野獸之害減少，晚霜之害亦可免除，土他能充分溼潤，雪多由西南風送來，在森林之北側及東西北側集聚最深，森林南側之雪，則凍結與融解互見，故比較上森林之北側凍害爲少。

日射：土地被日光照射易於乾燥，幼苗易於枯死。

方位：濕潤之土壤對一般幼苗皆有利，乾燥之土壤則有害，氏之綠條作業即利用此種關係，故更新時進行方位，得下列之結論：

SE, E, S：森林之東南側東側及南側，爲直射之陽光，易乾燥，風攜來之雨不能全部降至地表，夜間易凍結，白晝易融解，對苗木生長極爲危險。

SW：森林之西南側能得細雨之溼潤，但不能避免午後之陽光。

W：森林之西側，正午及午後之陽光可以照射，西來及垂直下降之雨均可接受，對更新上，亦較爲有利矣。

NW, N：森林之西北側及北側，於更新最爲有利，西來細雨可完全溼潤地表，正午及午前之陽光不能照射，由東方來的乾風不能爲害，雪之好處可以充分獲得，但凍結及融解互見之害則可免除，且露水可以增加幼苗濕氣。

NE：森林之東北側，午前陽光可消滅早晨之露，西來之雨不能降臨，乾燥之東風可以爲害，故更新不利。

(2)綠條作業之進行方向 據上述事實，在森林之西北側北側，爲更新最好之場合，在森林之東側以至於南側，皆不利更新。故 Wagner 氏之綠條理想方向，自西北向東南，或由風來之相反方向開始更新。

吾人對於一個地方之逐年氣候記錄，詳細閱讀一遍，便可決定緣條方向。

(3)更新伐 保持林冠之鬱閉狀態，防止林內之雜草叢生，在種子之年，由森林西北側或北側，作條狀皆伐，其妨害幼苗生長之老樹根，宜盡量除去，更新即能開始，下種成功則雜草自然減少或生長緩慢，受光伐與下種伐宜視當地情形而定，如此則形成不等級之同齡林，風打日射皆不能為害。

(4)緣條作業之優劣 幼苗得以順序生長，中途不致遭氣候之災害如風、雪、乾旱等，木材產量亦佳，伐倒之樹可由老林內之道路運出，不傷及幼苗，此其優點。但林之管理人員，須要高深之學識與技能，若處理不當，損失隨之。

過去三十年間，中部歐洲盛行此種作業。

四 楔形傘伐作業 (Keilschirmschlag, the Wedge System, 16 p. 105—108, 藤島信 22 p. 189—197)

(1)楔形更新之劃分 在森林之內每隔一〇〇—二〇〇公尺，開始條形之劃伐更新，此劃伐條之長的方向，與風來之方向相反或垂直，然後由內向外作狹帶狀之劃伐，林地山勢若較平坦，則楔尖正對風之來向，若在山腹，則楔尖須對着山脚。

伐倒之樹由老林內之道路運出，先由支路運到主路，此主路又名集材線 (Anrücklinie)，所有集材線之一端，與主要之林道（水運或陸運）相連，被伐之樹，倒向老林，故對幼林毫無妨害。

(2)更新伐 更新伐可分為兩個階梯，即準備階梯與後伐階梯。

準備階梯在全林之分區內，先作下種準備，使林內有適度之陽光透入，準備階梯由一〇—一五年。

後伐階梯為受光後之砍伐，由前方向兩側漸次擴張成楔形，楔形之軸端不必筆直，可稍向一方彎曲，在急峻之山岳地，楔形之尖端要向山麓，後伐階梯繼續期由二〇—二五年。

此種作業最須注意伐木規律，每隔若干年舉行一次，更新一遍，恰為森林之輪伐期，若工作進行期間未按

預定，則延長了森林之輪伐期，而影響到木材之質與量。

(c) 楔形傘伐作業之優劣

優點：

(a) 楔尖向風，頂點爲風入林地之起點，風由楔形邊吹拂，速度自行減少，風先由較矮之樹冠上吹過，漸至較高林冠，風折現象遂得絕跡。

(b) 採伐之木由老林內之道路運出，不傷幼苗。

(c) 由準備階梯操作，形成自然之側方天然下種，更新林地有雜草維護，地力得以保存，林木健康，產出高價良材。

(d) 按樹之形狀與性質，可酌量選定砍伐，最優良之品種，留至最後伐之，因此可逐漸選得優良樹木。此種作業爲德人 Ellort 氏所倡導，Eberhard 氏在德國西部黑松林地方繼續引用，結果優良，故迄今萊茵河流域仍盛行此種作業。

五 團狀劃伐作業 (Gruppen und Horstweiser Fennelschlag)

老大之林木劃伐，在其跡地立即更新，此種作業在南德 Bayern 地方頗爲盛行，故又名爲 Bayern Fennelschlag，大木伐倒利用，幼木又層出不窮，全林相不整齊，或成孔狀，或成塊狀，或成羣狀，形狀不一 (Te p. 79—104, 22 p. 158—166)。

(1) 作業之方法 更新之前先行適度之預備伐，林區中以前受風折雪壓之跡地幼苗，加以詳細之觀察，其團狀叢生之幼林，或疏伐使之受光，或將其四週之立木砍去，幼木受光後則生長特別迅速，其上部殘木，再漸除去（終了伐），近週再作緣條皆伐，同時跡地便可更新（下種伐），劃伐帶形內可留保若干母樹，俟幼林成形時除去之。

林木宜爲陰性樹類，由內向外劃伐更新，劃伐之跡地行上方天然下種或側方天然下種，幼苗林地成團圍之

熟，內部林木較爲粗大，漸向四週則漸矮小，每一公頃內可有兩個以上之塊狀幼林。

工作步驟：

第一：在老林內先行單株砍伐，此等單株樹木皆已到輪伐期，生長已衰退。其跡地行天然更新。

第二：幼樹已成團狀之林，近中心者高大，生於邊緣者矮小，此時再於靠近老林——即幼林與老林相續處，舉行採伐，其跡地用側方及上方天然下種更新。

第三：幼林已佔有七〇%以上之面積，老樹形成傘狀簇生，再逐漸採伐，逐漸更新，至老林絕跡，跡地完全更新爲止。

第四：形成團狀之林相。

(2) 優點及劣點

優點：

(a) 幼樹天然叢生，可斟酌間伐利用，老林與幼林相接處有充分之日光，可以多結果實，則更新容易。

(b) 幼林敵抗陽光及風折之力較強。

(c) 易罹凍害或霜害之幼樹，亦能正常生長，以其面積小，無個性存在，且老樹可充分保護幼樹。

(d) 採伐之木，倒向老林，且木材可由老林內運出，無傷幼林。

(e) 易於管理，易於工作。

劣點：

(a) 被伐倒之樹無一定次序，在全林之內皆可見到幼林及砍伐跡地。

(b) 在急傾斜之山地，伐倒木之搬運，經過幼樹林內，易傷幼樹。

(c) 逐年伐採，林木生產量難保持一定量。

(3) 沿革及適用之趨勢 此種團狀劃伐作業，在一八八四年德國南部之 Bayern 地方政府所創定之森林續

理法規內，已載有明文，Gayser 教授又極提倡。

現在德國南部依然盛行。

六 二段喬林作業 (Zweiheliger Hochwald, 英文 Two storied high forest, 法文 Forêt a double étage)

在林相內林木有兩層樹冠，高冠層及低冠層，上木爲陽性樹，下木爲陰性樹，下木之材積生長特大，上木之材積生長亦不減少，林地中無空隙，故地方得以維持不失，上木分佈適當均勻，故更新上不感困難，用極小之人工，便可得優良之幼林，我國各地殘林整理，此種作業法頗堪利用 (16, p. 121—122, 藤島信 22, 208—210)。

目前林相上木爲優良之樹種，幹形冠形皆相當令人滿意，惟林內其他幼小之林木或灌木，乃雜亂無章，皆無成材之望，應一律採伐利用，跡地利用上方或側方天然下種，或人工播種抑植樹，以養成合理之幼林，最初幼木之加高生長特快，幹基總面積 (Stammgrundzuwachsfläche) 生長慢，至某一種子年之後，再伐除上木，使幹基總面積加速生長，同時跡地又行更新，如是生生不已，上下二段樹木，由是形成。

七 保殘作業 (Überhaltetrieb, Thours 16 p. 123—128, Hawley 6 p. 34—35)

保殘作業與二段喬林作業類似，所不同者保殘作業在光伐之後保存一些樹木，單株留存或成簇狀留存，全林所留之株數不足一〇%，被伐除者在八〇—九〇%以上，被保留之母樹冠形好幹通直無疾病，故 Hawley (7 p. 34—35) 名此種作業爲 The Seed Tree Method 或 Reserve Seed Tree Method，易被風折之樹木如淺根樹，或生於薄土層中者，樹幹特別細弱者，木材無希望者，不多結實者，皆不宜留作母樹。

Thoup (16 p. 123—128) 所稱之 High Forest with Standards 即本節所述之保殘作業，雖亦爲二段喬林，但不按一定之方法更新，在喬木之下間行幼苗更新——天然或人工更新，被遺留之母樹即 Standards。

母樹在保殘作業中可留存至超過輪伐期以上，因此可得特大之用材，或者欲得優良之品種，故保殘作業不

外兩個目的：

- (1) 特大用材之養成，
- (2) 母樹兼保護樹。

特大用材可得高價，優良品質之母樹種子，亦為森林主人常願以高價收買者，此類母樹，每公頃內至多約 100 株。

八 光伐作業 ((Kahlschlagtrieb) 英文、Clear-cutting System (Troup 16 p. 4—27) 或 Clear cutting method (Hawley 7 p. 20—32) 法文、Procédé par coupe unique)

光伐作業在日人稱之為皆伐作業 (藤島信 32 p. 126—140)，十六至十八世紀，各國風行一時，後來森林面積大為減少，對於氣候之影響太甚，亦災旱魃逐年嚴重，故德國林界名流如 Gayet, Boregreve, Möller 以至於最近之 Dangler (2, p. 481), Wildemann (18, 19) 諸氏，對光伐均大加反對。故德國近數十年來，除少數地方限於某種特別情形外，皆一律禁止光伐，所以德國之森林面積對於國土之比例，常保持一定之恆數，而無水旱災害之降臨。

反觀我國歷史，歷代對於森林，均行亂伐，大好山林，盡成童枯，尤於西北各省，昔時山林叢密，良田千里，人民富裕，甲於天下。時至今日如蘭州之皋蘭山，陝西三原以北之土山，孤木寸草均難尋得，無怪甘省耕田面積逐年減少，雨季則多山洪為害，冲壞公路橋梁，無雨則溪流枯竭，農田龜裂，故而人口日稀，百業漸廢。若在西北各省，提倡林業，兼營畜牧，始為開發西北之治本方法。

光伐之後，宜用人工造林，逐年按一定劃分面積，根據林木之輪伐期，伐倒若干樹木。其砍伐面積之大小無一定之規則，在好土壤中間積單位宜較於壞土壤中大，面積單位若劃分過細時亦不易經營。有風害、霜害、蟲害、病害或山崩石墜之地方，劃分之林區面積宜小不宜大，在某種情形下尚須精確之測量。

(1) 更新法 在光伐之情形下，人工更新較天然更新為佳，植樹造林較播種造林所得之效果為好，但穀斗

科之林木例外——播種造林常較植樹造林爲佳，光伐植樹更新時，在幼林木養成之前，還可間植洋芋及其他農作物，以增加收入。在瑞士第一年種洋芋，次年種歐洲小麥 (*Triticale cereale*)，既可增加收入，又可減少病害。緬甸由一八九六年起始，森林光伐一部，木材積而燒之，充作肥料，然後種稻。雲南山地居民亦有此項類似之工作，緬甸及印度特產之柚木 (*Tectona grandis*)，在光伐作業中亦兼營農作物，此外如非洲東部之 *Juniperus procera* 林，在更新時亦兼植作物。

光伐面積與留存之森林面積，宜犬齒交錯，或爲梯級形，或爲短柵狀，或作短條形，或爲長帶狀，光伐之後，應立即更新，久則生雜草灌木，妨礙更新，光伐後之根株木塊，亦應掃除淨盡，否則影響幼林。

若用天然側方下種，須在種子年光伐，土壤內之種子，一旦成林，亦可整齊一致，但光伐面積太大時，則須用人工補植。在更新伐時，還要注意土地適合與否，自然之敵如野鼠小兔烏鴉喜雀之類，皆常搜食種子，而影響幼林之均勻。林木種子飛散力小者，光伐面積亦須小。在光伐之前林地要處理好：

- (a) 去掉草皮。
- (b) 表土作成近似苗圃之狀態。
- (2) 光伐作業之優劣論 光伐作業雖不宜用，然其本身亦有優點：
 - (a) 在喬林作業中，光伐最簡單最易行且最省錢。
 - (b) 陽光可由上方及側方充分射入。
 - (c) 伐倒之樹木運出時，不致害傷幼樹，在幼林未成之前，搬運工作已完竣。
 - (d) 工作集中，易管理易計算。
 - (e) 爲同齡林水平封閉，側枝少幹直，易養成良材。
 - (f) 幼林整齊。
 - (g) 引用外來樹種時，易得到試驗結果。

相反的，光伐作業亦有缺點：

(a) 土壤因風吹日晒，易變乾燥，濕地可變成更濕甚至形成池沼，雜草繁茂，影響更新工作，易遭冷風及嚴霜之害，病蟲害來時，常將全林一掃而光。

(b) 敵抗雪壓之力為弱。

(c) 如林地為山坡，一旦光伐，則表土失去保護，變為童山；山洪下流速度太大，造成水災，且有山崩石墜之危險。

九 永續作業 (Dauerwaldwirtschaft)

永續林 (Dauerwald)，日人譯為恆續林(22)，乃德國愛北瓦林業專科大學教授Möller(13)氏所創，其作業之方法，隨林地之性質，構成林相之林木種類，經營森林之主要目的等因子而異。林相為永遠繼續之形狀，雖千百年後林相亦不稍變。此種作業方法，在我國大有提倡之必要，茲略陳其梗概如次：

(1) 永續林之思想 (Dauerwaldgedanke, S. 13) 森林中各種有機體 (Vitalorganismus)，保持一定之生長繁殖，如土壤中之菌類，生生不已，林內之幼小動物亦世世相傳，林內之樹葉腐朽後變成腐植土，為林木之營養，老樹伐去，幼苗增長，土地與林相合為一體，彼此發生密切之連繫，林木永保健康，不腐不壞，木材生長有定，地力永不消失。一片林相，成一整個之有機體 (Lemmel II)。

永續林生長良好，材積產量大，據藤島信(22)報告，一九一三年調查每公頃每年木材生長量為六·三一立方公尺，一般皆伐作業之生長量為一·五五立方公尺。按筆者經驗，藤島信之斷語，並不與事實相符，德國永續林作業木材產量固大，但其他作業之木材產量亦不致小至 1.35 fm，普通國有林平均每年產量在 4.00 fm 以上。

Möller 氏之永續林作業，林學 (Forstwissenschaft) 與林業 (Forstwirtschaft) 上皆留下永久之紀念，德國政府現在對於森林面積與國土面積保持一定之比例，即二四—二七%永遠不變，此皆 Möller 氏之功也。

(2) 永續林之種類 永續林之作業種類，尙無人作過有系統之敘述，本書在第三十六節所舉之喬林作業，其近於永續林作業者爲：

擇伐作業 (Mayer 氏第十七種，Hawley 氏第四種，Thorp 氏第七種，本多氏甲類喬林下之第一種)

循環擇伐 (Mayer 氏第十九種)

Preslar 氏的理想喬林 (Mayer 氏第三十五種)

擇伐狀喬林 (Gayser 氏第五種)

擇伐林 (Gayser 氏第六種)

此外如 Wagner (17) 氏的線條作業 (Blondersummschlag)，Mayer 氏所提倡之傘伐更新項內亦有幾種近似永續林，但皆非理想之典型耳，茲不贅。

(e) 永續林之優點 (Dangler 3) 永續林具有數種特別性格，其主要者：

(a) 林相不變，逐年之木材生長量不變，土壤不會窮瘠，在國家氣候之保安上，負有最大之使命。

(b) 林相爲混交，或近於混交，因之兼有混交與永續林之優點。

(c) 林木高矮不齊，冠層參差，各樹均有受光機會。

(d) 木材產量大，且木質亦較爲優良。

(4) 永續林在我國之重要性 我國自古對於人民入山砍伐樹木，即缺乏指導與統制，遍地森林，變爲童山。抗戰以來政府西遷，各地伐木公司成立，對僅餘之一點原始林，大事光伐，其結果小則影響於江河之氾濫，木材之缺乏，大則影響到輕工業不能振興，增加農業上之水旱災，山洪破壞各省公路，江河不能通航連 (郝 5)。故今後我國政府宜特別提倡永續林，使林地與國土維持一定之比例。

十 保安林作業 (Schutzwaldbetrieb)

保安林之種類繁多，如公園林 (Schönheitsplantenwald)，各地名山菴寺觀廟之保護林等，事實上皆可視爲

保安林 (Schutzwald)：我國現在急宜提倡者，爲下列五種保安林：

(1) 防風林：目的在防止風害，我國華北西北各省及沿海某些地方須植之。

(2) 防砂林：由甘肅紅山口，或靖遠中衛等縣起始，沿黃河兩側至五原包頭，宜造成大面積之防砂林，黃河之砂大部在此帶被風捲來而落入水內。

(3) 水源林：有山有林，則一定會有水，引水可以灌溉山坡上或平原上之田地，如甘肅興隆山下之榆中縣，陝西太白山北之終南鎮，皆靠一點山水灌溉田地，農田即比較其鄰縣富裕。

(4) 掩護林：在戰爭期間頗爲重要，如工廠兵營、建築物、砲壘、橋樑、防空洞所在地等，若造林掩護，可減少空襲之危險。

(5) 紀念林：各省皆有中山紀念林，四川南川縣金佛山有吳佩孚紀念林，現在政府尙應提倡縣、鄉、村、鎮之兵工紀念林，林內建築簡單之亭台，立紀念碑，以陶冶人民性情，提高人民之愛國心。

第三十八節 矮林作業 (Niederwaldbetrieb)

矮林作業，來源甚古，以不費人工，又省財力，即可興辦，但作業期爲時較短，且不能產生良好之木材，是其缺點；不過其木材產量甚大，可供給膠片製造廠、木材乾餾廠、木材造糖廠、紙漿廠、人造絲等之原料(7)，我國化學工業不發達，木材化學工業尤其落伍，是不可不加注意者也。

在十四世紀，矮林作業，曾風行一時，但近幾年來幾乎無經營者，一九〇〇年德國之矮林僅佔六·八%，其他九三·二%皆爲喬林或中林作業，法國矮林亦多屬私有林，作業期 (rotation) 多爲二十年左右，目的在生產燃燒材(4)。

矮林作業林木樹種多限定闊葉樹類(2)，但萌芽性特強之針葉樹如美國之 *Sequoia sempervirens*，據 Mason 研究有七五%—九〇%可以砍後萌芽 (Hawley 5)。故矮林作業有稱爲萌芽林者 (Stumpspout, skool-

shoots, Coppice shoots), 英人 Trump 名之爲 Coppice selection system (11)。

本節略述一點適合於我國民力經營之矮林數種於次：

一 柞蠶林

大絲綢亦名山東綢，卽柞蠶之絲所製，柞蠶爲我國山東原產，現已推廣到雲南貴州等省，養柞蠶以麻栗屬 (*Quercus*) 之林木爲主，故我國能生長麻栗之山坡皆可造麻栗矮林以培養柞蠶。

麻栗株距不宜過大，山東省對培養柞蠶有經驗者謂每畝宜留一八〇—二〇〇株，則每畝可出繭一〇〇〇—六〇〇〇枚。此種柞蠶林宜每隔二年秋伐一次，使其新抽枝葉，春秋兩季可以養蠶，每七年要大伐一次，以株距過稠密時，工作上不方便，或者因蠶多食物不足，一部份作犧牲者，每次伐下之材，可以燒良好之木炭。

吾人養柞蠶時宜注意兩點：

第一要合理的造林株行距爲 6×8 尺，如此可以來往走人。

第二選擇優良蠶種。

蠶在麻栗上四個禮拜卽可結繭，白露秋分又可成第二次繭。

蠶產之卵宜放於紙袋內，紙袋內宜特別注意，使內部空間大，秋間用繩繫蛾子於紙袋內壁產卵，卵大約當稻果二分之一。

宜用新式紡織機抽絲紡綢，出品細緻，可以在市場上得高價。

二 柳條林 (*Weidenhegenriederwald*)

伐去主幹，存留根株，用萌芽法產生新枝條，輪伐期一年一次，此種作業適用於較濕之地，不要時用水灌溉，初立林時用插條法，柳條以細長富彈性者爲佳，剪枝在十一月葉脫後行之。

行距 40—50 公分

株距 10—15 公分

宜用之樹種在歐洲爲 *Salix viminalis*, *Salix purpurea* (2)，此二種柳樹，我國亦產之，此外我國尚有數種

樹種可供柳條作業採用如 *Salix multinervis*, *Salix microstachya* 等 (15)。

在德文書中有專論柳條林之矮林者 (8)，書雖古老，但內容極爲豐富，且有彩色圖，對現在之我國頗爲實用。

三 頭木林 (Kopfholzbetrieb)

在北歐洲諸國，用柳、楊、菩提樹、榆、見風乾等樹種作頭木林矮林作業，在二—三公尺高處伐去樹上部，幼枝及葉採下晒乾以充家畜飼料。

四 截枝林 (Schneidelbetrieb)

只伐去側枝留存主幹，逐年產生新枝條。

五 混農林 (Niederwaldbetrieb mit landwirtschaftlicher zwischennutzung)

安南人在樟樹林間培植茶樹即混農林之一種，在山西北部山地居民，常將樺木林除去一部間作農田或營畜牧事業；德國在樺木或麻栗林之間培植洋芋、甜菜等，皆爲混農林之實例。

六 柴木林 (Brennholzniederwald)

專以產生多量木材爲目的，我國麻栗、柳、楊、白蠟樹、石栗等皆可行之。作業期二〇—三〇年，此種樹林無經濟價值。

七 樹皮林 (Schälwald)

專採取樹皮以製造鞣質 (Gerbstoff) 或單寧 (Tannin)，在麻栗宜密植，每公頃四〇〇〇—五〇〇〇株，有空隙處用較粗大強壯之樹苗補之。

八 檉木林 (Alnus)

在沼澤地行之，作業期爲四〇—六〇年，不宜再長久，其木材可製煙盒、木鞋等。

九 洋槐林 (Robinia)

用之造保安林 (Schutzwald) 以固定泥土頗爲相宜，生長速，抗旱力特強，作業期爲一〇—三〇年，造林時可用一—三年的幼小苗木，不可再用大苗，用方形植樹法，株距 1×1 公尺，或 1.5×1.5 公尺，五年之後可間伐利用。

十 板栗林

我國雲南呈貢縣人民多培植板栗矮林行頭狀作業，目的不在新出板條，乃在多得果實，頭狀之板栗樹常產生較多之果實，且比較容易採摘，在美國板栗矮林作業期爲二〇—四〇年，至我國常至百年以上(11)。

十一 白楊林

目的在產生火柴桿，河北省永定河畔有此專爲供給火柴桿之楊樹林，收益極大。

十二 混牧林

利用野生之灌木如 *Rhododendron*, *Kalmia* 等之葉飼養白尾鹿(12)。

十三 矮林作業之得失

矮林作業之優點：

- (1) 見利早，在數年之內即有收穫。
- (2) 利益大，以同樣面積論矮林作業之收利常大喬林作業數倍。
- (3) 逐年木材之產量較喬林爲大，以由萌芽新出之枝條較種子所生之幼苗，其速度常快若干倍。
- (4) 比播種造林保險，可年年得利(6)。

矮林作業之缺點：

- (1) 不適用於大規模之經營，因推銷市場成問題，勞力難得。
- (2) 在國家立場看矮林不能產生工藝上所需要木材，如提倡矮林作業，則木材產量減少。
- (3) 土壤內之礦物質易於減少，四十餘年前英人 *Wicks* (9) 即研究過矮林之幼枝含礦物成分較多，故

林地之土壤易於變貧瘠。

第三十九節 中林作業 (Mittelwald Betrieb)

中林作業之歷史較矮林作業爲晚，在歐洲始於第十二世紀 (Costa 1)。所謂中林作業事實上爲喬林與矮林合並作業，在擇伐的喬林內有矮林存在，上層行喬林作業養成良材，下層行矮林作業養成薪炭材，良材與薪炭皆爲經營森林之目的。喬林中所述之擇伐林，保殘林，Thoup 所謂 Copice with Standard (5)，Hawley 的 Copice with Standard Method (4)，卽中林作業之別稱。

一 中林作業之林木種類

上層林木宜用生長特速之樹種，如楊、樺、白蠟木、槭、榆等闊葉樹，針葉樹種中之冷杉、雲杉、松、落葉松等亦可作上層樹木，下層樹木宜用陰性樹種，如見風乾、鵝耳櫪、榿木、板栗、菩提等。我國樹木種類繁多，舉不勝舉。

二 中林作業之輪伐期

上部樹木成喬林狀態，下層樹木爲矮林狀態，故輪伐期視樹種與立林地性質而定。

三 上木 (Oberholz) 與下木 (Unterholz) 之關係

上層林木可簡稱爲上木，下層林木可簡稱爲下木，按上下木之多寡，Daugher (2) 分中林爲三類：

(1) 矮林狀的中林 上木之木材容積，每公頃不足一〇〇立方公尺。

(2) 正常中林 上木之木材容積較多，每公頃爲一〇〇—二〇〇立方公尺。

(3) 喬林狀的中林 上木之木材容積，每公頃多於二〇〇立方公尺。

四 中林作業之優劣

甲、中林作業之優點：

(a) 生長速，無裸露之林地，上木生產良材，下木可保護地方。

(b) 風折，雪壓等災害較喬林爲少。

(c) 可隨時擇伐利用，以供市場之所需。

(d) 土壤之上層與下層皆有樹根分佈，土中養分能充分利用。

(e) 須要之資本不大，宜於私人或團體經營，所需時間亦較短。

(f) 可以收多量之優良種子。

乙、中林作業之劣點：

(a) 多用人工與擇伐作業之弊病相同。

(b) 下木只能產劣等木材，不能供工業上之需要。

(c) 上木幹短枝多，在乾地中較在濕地中之樹木更壞。

(d) 須要較爲肥沃之林地。

德人 Schwardbach 氏常言，中林作業之費用常較喬林作業爲大，但中林之木材，其逐年增長量較大，據 Hamm (3) 氏研究：

作	業	法	材	積	增	長	之	%
喬		林				一·八二		
中		林				四·〇〇		
矮		林				九·七六		

第四十節 竹林作業

一 竹類用途

(1) 器物如：

竹箱 竹紙（我國文化自古傳今靠竹紙）

簾類 鉛筆引長竿（在歐洲頗時髦）

扇類 樂器（如笙、簫、臥笛之類）

團扇 馬鞭（馬車夫鞭竿之長節）

扇骨 箴（織布機上穿線用）

傘 筷子

提燈 箍子

耳鈞 筆竿

茶匙 竹繩（如四川舟子用之拉船索）

牙刷 竹帽（安南人的竹帽世界著名）

竹梯 水管

手杖 算盤竿

滑竿 竹竿（如船夫所用）

書架 竹筆筒

竹刷 筆架

竹椅 竹蓆

竹床 竹桶（盛水）

竹桌 竹碗

種類繁多，不勝枚舉。

(2) 建築用材：

柱 牆內竹筋（如四川中部民房）

椽 籬

柵

(3) 遊戲用材如：

竹刀 筥

弓 竹琴

矢 大笛

箭杆 橫笛

兒童玩具

(4) 藥用及食用：竹葉竹根爲下瀉良藥，竹筍在我國南方各省爲主要之蔬菜，四川省南川金佛山之竹米，味甘鮮美，勝於稻米及黃小米，竹根內可提製竹沙糖。華中大學生物系由竹葉內提取下瀉藥已告成功（該系主任語筆者）。竹籜在日本用於止血，醫療打傷及腹痛。

(5) 出口竹類，在海關統計，出口土貨中 No. 183—185，竹葉、整竹根、未列名之竹品，在一九三七年爲二、九八〇、三二三金元，在一九三八年爲一、九四二、四九四金元。

二 國產竹類及其分佈(3)

學	名中	名分	佈	地
1. <i>Indocalamus confusus</i>		湖北		

<i>Indocalamus Herlotzii</i>		香港
<i>Indocalamus Martei</i>		雲南
2. <i>Arundinaria amabilis</i>		廣東廣西
<i>A. baingibbosa</i>	黑眼竹	廣東
<i>A. detata</i>	黑眼籬竹	廣東
<i>A. Funyomii</i>	苦竹	廣東
3. <i>Sasa longiligulata</i>	赤竹	廣東
4. <i>Oreocalamus Szechuanensis</i>	山竹	四川
<i>O. utilis</i>	米竹	四川
5. <i>Rambusa sinospirosa</i>	車筒竹	廣東
<i>B. disseminator</i>	泥筋竹	廣東河南
<i>B. Funghomii</i>	鷄寶新竹	廣東
<i>B. basilhsutz</i>	扁竹	廣東
<i>B. bontopsis</i>		海南島
<i>B. corrigera</i>	牛角竹	廣西
<i>B. fecunda</i>	硬頭黃竹	海南島
<i>B. malhagensis</i>	馬嶺竹	海南島
<i>B. mutabilis</i>	黃竹子	海南島

<i>B. porvariatobilis</i>	油竹	廣東
<i>B. textilis</i>	青皮竹	廣西
<i>B. breviflora</i>	水竹	廣東
<i>B. cerrosissima</i>	單竹	廣東
<i>B. Chungii</i>	白粉單竹	廣東
<i>B. ventricosa</i>	佛肚竹	廣東
6. <i>Dinocliða oranda</i>	籐竹	海南
<i>D. pulverula</i>		海南
<i>D. utilis</i>	籐竹	海南
<i>Dinocliða compactiflora</i>		海南
7. <i>Schizostachyum pseudolinhua</i>	山竹	
<i>S. Fungtionii</i>	籐竹	廣東廣西
<i>S. linua</i>	沙椽竹	廣東
<i>S. hainanense</i>	山骨籐竹	海南島
<i>S. dumetorum</i>	苗竹子	廣東
<i>S. chinense</i>	薄竹	雲南
8. <i>Indocalamus hispidus</i>		廣東
<i>I. fœtidissima</i>		廣東

<i>I. schizaeoides</i>		廣東
9. <i>Sinocalamus latiflorus</i>		廣東
<i>Sinocalamus Beecheyana</i>		廣東
<i>S. oldhami</i>		廣東
<i>S. affinis</i>		廣東
10. <i>Limnaria Chungii</i>		廣東
<i>I. cerrosissima</i>		
<i>I. fimbriigulata</i>	甲竹	海南
<i>I. Funghonii</i>	吊竹	廣西
<i>I. parviflora</i>	水竹	海南
<i>I. scandens</i>		海南

上表係依據蔣英(3)之文章而寫出。此外國產竹類尚有 *Phyllostachys* 與 *Dactyloctenium* 二屬，種屬亦多，筆者對此素少研究，茲從略。

三 竹類喜生之環境

立林地以土壤濕潤，含有沙質土壤為宜(2)。

地勢稍為傾斜，但不能大於三十度。

移植季節宜在春前冬末。

竹類生長常加高不加粗，生長最快之期間，每天可長一·五公尺，日出後三—四小時內生長最快，下午則

漸行緩慢，Faulstich 在 Java 島上觀察，竹類生長，夜間較白晝為快。我國竹類之生長，近來亦有人研究，但所得材料尚不多也（參看第二十四節）。

竹類根鞭之發育，入土四〇—六〇公分，超過一公尺者較為少見。竹根之蔓延方向，一般都與枝葉所歪之方向相同，但某種竹類如苦竹與淡竹根喜向西伸長，孟宗竹之鞭根則喜歡向南伸長，如用障礙物及肥料引誘亦可改變其伸長方向。

竹根之生長力在第三年中最為旺盛，嗣後則逐年減少，八九年之竹根則行腐朽，而無生長之力矣（4）。

四 竹類之種子及其發芽力

國產竹類不常見開花，更不常見結果實，即結果實，事實上其種子亦常無發芽之能力，故竹類更新須用母竹之更新，或鞭根引誘法，創立新竹林，不能用種子更新法行之。

竹類開花後即行枯死，國人尚有不明其原因安在者，竹類為單子葉植物，屬禾本科，其生長現象與稻、麥、老玉米（包穀）以及牧草類相同，開花後枯死為自然衰老之現象。高粱結實之後，決不能繼續生長，今年老玉米之根株雖則用人工特別保留，明年亦不能再抽莖結實，與竹之開花後枯死為同一理由，所異者竹屬係灌木性或為多年生之小喬木，其壽命較一般稼禾及草類為長耳。

至於竹類因何開花？及因地下之養料用盡，生理上起一種反應，或受了外界之某種刺激，亦可使竹類開花。

五 竹類之病害

生理上之自然危害，則為開花後枯死；土壤中養分缺乏時，或日光過於強烈，或空氣與土壤過於乾燥時，皆可致竹林之死亡（4）。竹類最普通之病在菌類為：

天狗巢病 六月間多數小葉集生成簇。防治法應將患病之葉採下燃燒之。

水枯病 在春季最乾燥之時，梢末之葉變為黃色，繼則全竹枯死。

銹菌病 竹葉或竹幹上有銹病之爲害，防治法可用菸草液噴注殺之。

四川竹類據川農所研究有蚜蟲 (*Oregma bambusicola*) 之爲害，防止法用大螟米 (*Coria dilatata*) 捕食之，或者噴射菸草液亦最有效 (5)。

筍夜盜蟲 (*Polydesma vulgaris*) 屬於昆蟲類之鱗翅目，穿入竹筍，使筍枯死，防治之法尙待研究。

竹類病害多端，以上不過舉其犖犖大者，如欲竹類不罹疾病，宜注意下列諸項 (4)：

- (1) 使土壤肥沃，竹類生長繁茂。
- (2) 竹林之密度，應使其鬱閉適宜，林內既無過強之陽光，又無過暗之陰濕。
- (3) 不使竹林濕乾各走極端。
- (4) 生長力衰退時，則用鞭根更新。
- (5) 老竹宜常除伐，年年除伐或隔年除伐。
- (6) 罹有疾病之竹應立即除去。
- (7) 有開花之預兆時，即行斫伐利用，如葉變黃，葉腋處已現有花芽時。

六 竹類之更新見 (第二十四節內)

七 竹林作業

關於竹林作業，可分爲三種：

- (1) 短冊形皆伐更新法 將林相作短冊形之皆伐，然後用母竹造林，或用鞭根引誘法造林。
- (2) 皆伐更新法 將整個林相伐去，另行更新。
- (3) 點狀擇伐更新 在竹林內此處一片，彼處一片，將老竹除伐，於其跡地行更新工作。

八 尾聲

我國竹類得天獨厚，印度與日本相形見拙，故竹林作業在我國大有提倡之必要，據李揚漢 (1) 研究，四川

竹林，每一方公尺可生產九〇株，每公畝內有九〇七一株，故一公頃之竹林，株數當在九十萬株以上，如將其製成紙漿，其數目頗為可觀。製紙漿以老竹為宜，老竹之纖維較長為一二九—一九六吋，惟竹漿 (Bamboo pulp) 漂白較困難，乃一缺點耳。

第四十一節 副產林業

上海總稅務司署所編印之中國海關進出口貿易統計月報上，載列之三十二組進口貨中，其與森林無關者只六組，其餘二十六組皆為森林主產物或副產物。此等林產物或其製造品，例如：建築製造車輛船艇所用之木材、藥材、果品、化學藥品、顏料、染料、橡皮、膠、漆、各種油脂、紙、木造紙漿、松香、香料、生熟皮、燃料等，所值甚鉅，每年大量金錢外溢，而國人對此尙少注意，茲將其總值列下：

進 口 年 份	金 單 位	國 幣	數
一 九 三 六	四一六、五一八、三八三	九四一、五四四、七三八元	
一 九 三 七	四一九、三五二、二八七	九五三、三八六、〇〇七元	
一 九 三 八	三八五、五七三、七一五	八八六、一九九、五六九元	

出口貨與森林有關者，亦為數不少。例如生熟皮貨，魚介（近林地之湖沼產量極多），木材及各種竹藤器、油臘、藥材、香料、漆、絲綢、染料、燃料及各種雜果如核栗、核桃等，其總值為數亦頗可觀，茲舉列之如次：

出口	年份	份值	國幣	數
一	九三	七	一五六、七五九、七一四元	
一	九三	八	九九、〇七四、〇一九元	

美國只紐約一州，在一九三三年中，森林所產之珍禽異獸，其價共值二百三十六萬美金。據 *Holley (16)* 之研究報告，稱林中所產之禽獸，其數量之多寡，與林齡成正比。即年齡較老之森林，其內所聚居之野生動物常夥，如鹿、白尾兔以及其他珍貴鳥獸。

我國森林面積逐年減少，且農民多屬貧乏，故農間林業副產物極待政府倡導，以資補益。茲擇其主要者述之於次：

一 茶與香樟

此二種樹木為我國位於亞熱帶各地皆能生長之經濟樹木，亦早成我國農民重要副業之一。

我國茶葉每年出口四十餘萬公擔，值金單位三千餘萬元。樟樹所產之樟腦，在民國九年出口達二九、九七七公擔，值海關兩二、八四〇、〇四三；嗣後逐年減少，至民國二十四年已降至六〇六公擔，值銀不過三〇、二九八海關兩耳(12)。

樟腦事業之所以不振，原由國內樟樹林面積之減少，次為受人造樟腦之迫擠及國外市場被日人在台灣所經營之樟腦工業所奪去。抗戰軍興，國內樟腦之消耗量，大為增加，故近來政府已在雲南設有樟腦製造廠(14)，出品頗為優良。

茶樟育苗造林之法大致相同，所異者為育樟須用新鮮之漿果，而茶則用成熟之乾果耳。種子入床後，須用蓆或草稽樹葉等遮蓋，不可使苗床太乾。苗出土後，須用矮棚遮日，以防過強之照射。移植時用一年生苗，並剪去一部枝葉，以防蒸發過甚，移植時期宜在雨季前。

茶及香樟可造簇狀或片狀混交林，安南農民多在樟樹林間空地植成，成績極爲佳良。

二 油桐

據海關報告，一九三七年桐油出口爲一、〇二九、七八九公擔，值八九、八四五、五六三金元；一九三八年出口爲六九五、七七七公擔，值三九、二三七、〇三八金元。此重要林產物之出口已大見減降，因此財政部貿易委員會遂力倡植桐，農林部亦設立油桐林場，並作種種研究之工作以求增加生產外銷。

油桐本爲我國特產，一九〇四年美人 *L. S. Wilcox* 氏在我國收買種子而由 *David Fairchild* 攜往美國試種，試種之主要地域爲芝加哥及加利福尼亞。近年油桐林面積因美人培植推廣(11)而大增，且出有 *The Tung Oil* 雜誌之定期刊物，對油桐之培植，品種之選擇，桐油之用途，研究不遺餘力。是以我國對此等問題亦當急起直追，加以詳細之研究，始能把握世界之市場也。

國人對油桐之生長(3)，油桐之栽培與改進(3, 4, 8, 9, 10)，油桐之品種(5, 7)，油桐之花冠(6)等皆有相當之研究；惟對桐油之用途，尙少澈底之研究。國人當將桐油之用途詳爲探求，以盡其用，如是國內亦可消耗用大量桐油，即無外銷市場時，對我國以油桐培植爲副業之農民，亦無若何嚴重之損失也。

(1) 植桐技術(8)

(a) 播種造林 果實宜取自生長正常健康狀態之母樹，種子色澤濃淡均勻。一升種子之重量約一磅，有一四〇——一五〇粒，採種時宜注意母樹之年齡，來源。種子選好宜在早春二三月間下種，覆土厚度一一二寸，不可過厚。

(b) 植樹造林 先在苗圃內育苗，然後移植於山地。

(c) 植桐之適地(9) 土壤宜濕潤肥沃，故凡壤土或砂質壤土皆適於植桐，若土內帶有酸性及富有機質時，則更爲優良；反之，純粹之砂土，粘土或含石灰太多而帶鹼性之土，均不宜於植桐。油桐爲陽性樹種，故可植於日照之處所。在海拔二四〇〇公尺以下，長江流域以至華南各省，凡無烈風之地均可植桐。植桐幼

苗易遭凍害，氣溫在華氏 15° 以下，植桐即不相宜。年雨量須二—二三寸，超過三〇寸年雨量之地亦非所宜。

(2) 油桐之危害及其防治 (9)

(a) 風害 油桐葉大，故易受風折。開花期間，花朵尤易被吹落下而致結實少，影響收穫。其防範方法，宜在種植前對植桐地域加以選擇，採用能避風之地；桐樹長大後，剪去一部發育過甚之枝葉；在當風之側，栽植烏桕、槐、麻栗、白楊等林木以作屏障。

(b) 旱害 在大旱之年宜行人工灌溉，幼小之桐苗尤宜注意。

(c) 病害 根部侵入旋毛蟲，則能引起根癩病，發現時宜立即將受害之苗除去並焚毀之，按時耕耘，可預防旋毛蟲之發生。除根癩病外，尚有枯萎病，樹葉先失去綠色，繼則全樹枯死，此病因基於土壤含石灰過多，宜用酸性肥料如腐肥、硫酸銨、硫酸鉛之類，則可減輕病害。

(d) 蟲害 為害嚴重者首推油桐尺蠖，土名量寸蟲。其幼蟲食葉，惟僅限於葉緣；至其長大時，則延食全葉，至全部桐葉為其食盡時，則茶、烏桕、漆等樹之葉亦遭波及。此蟲一年發生二次，蛹在土中過冬，次年四月成蛾，五月上旬產卵，五月下旬幼蟲即出而為害，至六月間尤為嚴重。六月下旬復化蛹，七月上旬成蛾，同月中旬生卵，下旬孵化，八月幼蟲出而為害，至九月初則又在土中作蛹矣。以上各期發生之遲早，因氣候之寒暖而稍有不同。其防治法為在幼蟲時期或卵繭時期用人工捕殺之。此外尚有葉跳蟲，食桐之幼葉，可用亞砒酸鉛或亞砒酸石灰合劑噴殺之。此藥品對人之呼吸系統有毒害，故使用時宜小心。

三 白木耳之培植 (1)

白木耳又名銀耳，在中國藥物學上用作補品，治療貧血、肺病、腸胃病等。此乃一種菌類寄生於死物體上，在朽毀之木材上尤多，故能在森林中培養，為四川農家之一種副業。

白木耳學名 *Fremella fuciformis*，屬於 *Basidiomycetes* 之 *Fremellaceae* 科，顯膠菌狀之特徵，四個

蕈子營養，各孢子生一小長柄，柄上又各着生一芽胞。

白木耳之培植方法，先取芽胞浸於 28.0°C 之水中，經 24 小時後，在溫度 16.0°C 即普通室內溫度放置 24 小時，則產生酵母狀之分生孢子。此種浸出液，若不用水而用麻栗樹皮之浸出液，則可促進分生孢子之生長發育。此種分生孢子放於蒸餾水中亦能直接產生菌絲。芽胞之抗寒力特強，在冰點溫度下，可歷 24 小時而不死，惟其抗乾力特弱，菌絲乾燥後即死。

適於培植生長白木耳之木材特多，主要者為檜、青岡、白楊、櫟、椎櫟、柞等。伐木時期宜在十一月下旬至十二月下旬。

林木伐倒後，就地放置於有樹冠遮蓋之處，使有四分之一雨量可達臥木。在三四月間將此等十二月間伐倒之木材，切成若干段，每段上切成若干凹口，此種凹口彼此之距離由七、八寸至一尺不等。凹口切妥後，則將木段妥為放置；若其地為岩石之傾斜地，木段與地平面成爲 45° 之角度，林地為赤色粘土時，角度雖仍黑黝，但段木之放置，須較前者為高。如岩石地段木架高八九寸，赤粘土地須架尺二高，若在礫質平地，則高約一尺。陰濕地不問土質如何，傾斜度爲 15° ，高約三尺五寸，若傾斜度爲 25° — 30° 時則高約一尺五六寸。一般說來，普通情形下，段木之傾斜度最好爲 15° 。

白木耳下種時，先用白布將白木耳包紮，浸於清水中二十四小時，使之潰爛，此潰爛之物即溢出包外，狀若蛋白，富黏膏性。將此白色之黏着物，種入段木之凹口中或混以清水並攪拌，然後用噴水壺散入凹口內。用此法在三月下種，五六月時即可發生白木耳。

架上之段木太乾時，應覆以枝葉，以保持濕潤。

採取白木耳時，如見其帶有層小木質宜立刻切下，否則乾後變黃成黃木耳而貶其值。白木耳貯藏宜放置於鐵箱內，不可透風。

四 白蠟樹與烏柏

此兩種林木較茶與樟爲耐寒，我國沿長江流域之各省山地皆可栽植。滇省人民用烏柏油製成之蠟燭，光強耐用，不次於舶來品；白蠟在工業上之用途亦廣，故亦爲我國重要出口貨之一。

烏柏與白蠟樹在冬日多霧之地，如重慶等地，生長不良，雖其樹冠圓滿，惟結果不多。反之，在成都，昆明甚至川北綿陽、江油一帶，烏柏樹上結實纍垂，收穫頗多。

烏柏與白蠟樹喜酸性土，能抗抵冰點以下之氣溫。

五 漆樹

我國自古已知用漆，經塗漆之木器，可歷二千餘年而不朽(13)。漆有數種性格甚屬特別，非桐油之所能及者。即漆在濕潤之地可自行乾燥，雖埋入土中數十年不變，塗漆之器物其硬度頗大，不毀蝕金屬器具；若漆內混以桐油(如日本漆)則將失去此種特性。

漆樹與烏柏不同，能生長於濕帶之地。貴州省之空氣濕度頗大，故能生長良好之漆樹；秦嶺中亦有野生之漆樹，甚至在河北省及山西省亦有之。筆者在山西之五台縣，河北之靈壽縣西北九十華里之五嶽寨山谷地，皆見有野生漆樹，當地居民亦按時割漆，惟產量甚少，未引人注意耳。

第三十六節 文獻

- (1) Gayer, K., 18 8. Ueber den Farnschlag' ertrieb und seine Ausgestaltung in Bayern.
- (2) Hawley, R. O., 1928. The Practice of Silviculture p. 1—117.
- (3) Throup, R. S., 1928. Silvicultural Systems p. 2—3.
- (4) 本多靜六 1915. 造林學本論。頁一〇三二—一〇八七。
- (5) 朱惠方, 1941. 木栓, 金大森林系林產利用叢著。

第三十七節 文獻

- (1) Butlar, R. F., 1853. Forstkultur-Verfahren. Cassel 165 S.

- (2) Dengler, A., 1835. Waldbau.
- (3) Furst, H., 1885. Pflanzwald. Berlin 85 S.
- (4) Greb, S., 1856. Der Buchen-Hochwaldbetrie. 224 S.
- (5) 林業總論、1612. 中國國產林業、與國際林業之關係。
- (6) Mawley, R. G., 1922. The continuous Forest. Journ. For. Vol. 20 p. 651—661.
- (7) Hawley, R. C., 1929. The practice of Silviculture.
- (8) Von Kertell, 1936. 34 Jahre Hohenlühchower Waldwirtschaft.
- (9) Köster, E., 1934. Die Astreinigung der Fichte S. 333—416.
- (10) Krusch, H., 1937. Growth and Yield of Cut-over Stands of Ponderosa Pine. Journ. For. Vol. 35 p. 1134—1147.
- (11) Lemmel, H., 1937. Die Organismsidee in Möllers Dauerwaldgedanke 192 S.
- (12) Mayer-Wegelin, 1937. Ass. u. r. g. Hannover.
- (13) Möller, 1922. Der Dauerwaldgedanke, Norddruck 1975.
- (14) Schöber, E., 1937. Ergebnisse der hessischen Buchendurchforstungversuche. Mitt. aus Forstw. u. Forstwiss. VIII S. 293.
- (15) 翁長健、1933. 松葉松林の生態、Sinhensia 10, p. 249.
- (16) Thoup, P. S., 1928. Silvicultural Systems.
- (17) Wag er, G., 1923. Der Blendersumschlag und sein Systems. 3. Aufl. Tübingen.
- (18) Wiedemann, E., 1924. Fichtenwuchsstum und Farnzusatzand. Berlin.
- (19) Wiedemann, 1932. Die Rotbuche 1631. Hannover.

- (30) Wiedema n, 1937. Die Fichte 1936. Hannover.
- (31) Wolforth, 1937. Ein Beitrag zur Systematik des Waldbaus. Allg. Forst. u. Jagdzeitung S. 105—113.
- (32) 藤島信太郎，造林學，頁一二六—一二六。
第三十節 文獻
- (1) Cotta, H., 1845. Anweisung zum Waldbau S. 102.
- (2) Dangler, A., 1935. Waldbau S. 463—472.
- (3) Forbes, F. B., and S. I. Beedole, 1931. Mountain Laurel and Phododendron as food for the white tailed deer. Ecology Vol. XII p. 323—333.
- (4) Gredeley, W. R., 1920. Private Forestry in France, American Forestry Vol. 26, 1. 139.
- (5) Hao (郝 榮 鎰) 1833. Synopsis of Chinese Salix. Berlin.
- (6) Hawley, R. O., 1929. The practice of Silviculture p. 101—105.
- (7) John, E. O., 1937. Research and Development in the Chemical Utilization of Waste Wood. Jour. For. Vol. 35, p. 1102—1105.
- (8) Krake, J. A., 1886. Lehrbuch der Rationellen Korbweiden kultur 246 S. Mit Farben Bildern.
- (9) Nisbet, J., 1894. Studies in Forestry, Oxford, p. 88.
- (10) Schenk, C. A., 1912. American Silviculture, p. 174—182.
- (11) Troup, 1928. Silv. Systems, p. 142—143.
第三十九節 文獻
- (1) Cotta, H., 1845. Anweisung zum Waldbau S. 114.

- (2) Dengler, A., 1935. *Waldhan S.* 477.
- (3) Hamm, J., 1896. *Der Ausschlagwald.*
- (4) Hlawley, R. G., 1923. *The Practice of Silviculture* p. 106—116.
- (5) Thoud, 1928. *Sil. Systems*, p. 144—157.

第四十節 文獻

- (1) 李揚漢，1941. 四川竹紙之研究，中農報，第一七二期，頁一一—四四。
- (2) 藤島信太郎，1930. 造林學，頁二三—四。
- (3) 蔣英，1941. 研究吾國竹類之文獻，科學，頁一〇五—一一。
- (4) 本多靜六，1941. 造林學各論，第五編竹類篇。
- (5) 川農所簡報，1940. 第一九期，頁四。

第四十一節 文獻

- (1) 陳文敏，1941. 白銀耳栽培法，新農林一卷二期，頁四—一一。
- (2) 油桐之生長測驗，中農所簡報，1939. 七期八頁。
- (3) 油桐改良之研究，中農所簡報，1940. 一期。
- (4) 廣西油桐之栽培及改進芻議，廣西農業，一卷二期。
- (5) 四川油桐品種之檢定，1940. 川農所簡報，一四期，一一—一二頁。
- (6) 油桐花之研究，川農所簡報，1940. 一九期，二—三頁。
- (7) 焦啓源，1939. 四川桐樹與桐油之研究，建設週刊，第七卷。
- (8) 汪秉全，1941. 植桐技術。
- (9) 實業部，1936. 植桐須知。

- (10) 陳嶸，1937. 油桐栽培改進方法之討論，中農報，第一五八期，1—12頁。
- (11) 何俠忠，1937. 美國植桐法，中農報，第一五八期，100—102頁。
- (12) 張楚寶，1937. 臺灣樟腦工業計劃，中農報，四七一—五三。
- (13) 郝啟聲，1937. Die Pflege der Wälder in Serwierung. Zeitschrift für Waldforstwirtschaft VI S. 198.
- (14) 吳成德，1937. 德意志國森林管理學。中國生產經濟雜誌（號1111—1114）。
- (15) Hosley, N. W., 1937. Some Interrelations of Wildlife Management. Jour. For. p. 674—678.

中華民國三十三年七月重慶初版
十五年八月上海初版

中央大學
叢書
造
林學
一冊

定價國幣捌元伍角

印刷地點外另加運費

版 翻
權 印
所 必
有 究

著 者 郝 景 盛

發 行 人 朱 經 農

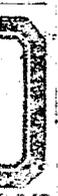
印 刷 所 商 務 印 書 館

發 行 所 商 務 印 書 館

林學叢書

（滬報紙）

857



~~CONFIDENTIAL~~

119277



~~CONFIDENTIAL~~