

部定大學用書

造林學原論

陳植編著

國立編譯館出版
正中書局印行

部定大學用書

造 林 學 原 論

陳 應 麟 著

國立編譯館出版
正中書局印行

先室方潛若女士，陪都遭
疾，醫藥罔效，溘然長逝，奄
忽三載，敬獻此書，永誌悼
惜！

陳植謹識。

三十三年十月十日

自序

史稱種樹之書，免於秦燬，則我國植樹有書，曩乎遠矣！至造林云云，百餘年前，創於德國，其譯為漢字，昉乎日本，迨有清末葉，始流入中土，蓋已四十餘年矣。我國學校為造林學之講述者，類各依據日本東京帝國大學教授林學博士我師本多靜六先生所著大造林學體制（分前論、本論、各論、後論，都九千三百二十六頁），分為前論、本論、各論三篇。迨民國十九年，中央大學，復增授森林立地學，以代前論，各校相繼響應，故厥後造林學之講述，僅本論、各論而已。按森林立地學之名，亦由日人譯之德文“*Forstliche Standortlehre*”者，其著為專籍，猶最近十餘年來事；然造林之分化，初不僅囿於森林立地而已也。森林生態學及森林生理學，復接踵以興，誠近代林學前途可喜事也。抑有不能已於言者，我國林學在大學中，僅為農學院各系之一，以獨立設院，尚需時日，故其科目繁多，在大學各學系中，莫可與京；而林學系中，最為繁重之造林學，遂為時間所限，不獲如農藝系作物學之得以分門別類，從容教授者然。夫立地、生態、生理三者，與造林學之關係，實同其重要，似不當厚此薄彼，為之歧視；故如立地而須單獨教授，則生態、生理，亦當與母體分離，而遂其獨立，然該三項新興學科，與造林學之分授，寧我國今日學制之所可許哉？

會二十八年春，教育部分請農林學家，會集陪都，從事農院各系科目之商討，余亦與也。當本過去經驗，為陳森林立地學，單獨講授，以各種關係，未必盡善，力主仍歸造林學中，合併講授，咸無異議；隨

由教部通令施行，本書之作，即遵此旨。造林學原論云云，即合前論、本論兩部，作造林上基本理論及其技術之解釋，以別於為各種樹種分別講述之各論者也。所有「森林立地」，則與「營成」、「作業」、「撫育」，彙為四編矣。此無他，要所以便利教授而已，決非削足納履，而故抑學術之進展者也。至立地、生態、生理，果能另有專著，以為今日教學參攷之助，及他日設院鑽讀之需，固林學界所馨香禱祝者也。

方十二年春，余歸國之翌年，即繼我師陳宗一先生，而謬主江蘇省教育林（原稱江蘇省教育團公有林）技術上事；該林地跨大江南北，廣逾三十萬畝，以地屬童禿，且復草創，故於原有植物之分布，新栽樹種之選定，及野生樹之保養，新生林之撫育，靡不躬於其役，身歷其境，雖艱苦備嘗，而興趣盎然。十三年冬，商務印書館將從事於百科小叢書之編印，而徵稿於余，當以造林事業，亟待提倡，因不揣固陋，節其綱要，聊以應命，即今萬有文庫中所羅列之造林要義是也。稿既成，該館復以較鉅造林學之編著相屬，當以缺乏材料，請俟異日。良以造林學為實際應用科學，其樹種之選，作業之法，應悉本實際經驗，為之取捨，矧我國幅員遼闊，氣候土宜，易地互殊，既足跡之未周，復材料之難齊，如何能嚮壁虛造，率爾操觚哉？去今蓋已二十年矣。

二十年秋始，曾次第為中央大學森林系學生，講述造林學本論、各論兩閱年，雖亦編著講義，然皆未及終篇，而遵他適。迨蘆溝橋變起，暴敵侵凌，舉家入蜀，繼復南行，應雲南大學之聘，講述造林，先後五載，另編講義，雖視舊稿，體制較新，材料稍多，然終以私人圖籍，損失殆盡，學校藏書，徵購匪易，終不免捉襟見肘，故雖勉強終篇，殊不欲遽以問世也。願勝利在望，國難仍殷，播遷靡定，深虞意外，用付梨棗，以免散佚，得有餘晷，更事增訂云爾。是為序！

民國三十三年雙十節，崇明陳植，序於雲南大學農學院。

目 次

第一編 總論	1
第一章 緒言	1
第二章 造林學之意義	2
第三章 造林學之體系	4
第四章 造林學之預備學科	7
第五章 造林之種類及其性質	10
第六章 我國造林史略	15
第一節 上古時代	
第二節 周 代	
第三節 秦漢時代	
第四節 晉及南北朝時代	
第五節 隋唐時代	
第六節 宋元時代	
第七節 明清時代	
第七章 造林樹種之選定	23
第八章 林相之變遷	27
第九章 林分之鬱閉度	31

第一節 森林帶與氣候之關係

第二節 森林帶與樹種之關係

第三節 森林帶與土壤之關係

第六章 世界森林帶... ..120

第一節 熱帶林

第二節 暖帶林

第三節 溫帶林

第四節 寒帶林

第五節 南半球森林帶

第七章 中國森林帶... ..124

第一節 熱帶林

第二節 暖帶林

第三節 溫帶林

第四節 寒帶林

第三編 森林營成論... ..134

第一章 森林營成之意義... ..134

第二章 人工造林法... ..136

第一款 栽植造林法... ..137

第一節 種子

第二節 苗圃

第三節 苗木

第四節 栽植

第二款 播種造林法 260

- 第一節 播種造林之環境
- 第二節 播種造林之種類
- 第三節 播種造林地之整治
- 第四節 林地之播種季節
- 第五節 林地之播種量

第三款 分殖造林法 269

- 第一節 插條造林法
- 第二節 壓條造林法
- 第三節 地下莖造林法

第三章 天然造林法 273

第一款 天然下種更新法 274

- 第一節 皆伐天然下種法
- 第二節 殘伐天然下種更新法
- 第三節 傘伐天然下種更新法
- 第四節 擇伐天然下種更新法
- 第五節 永續林施業
- 第六節 天然下種更新法之原則

第二款 萌芽更新法 340

- 第一節 矮林更新法
- 第二節 頭木更新法
- 第三節 截枝更新法
- 第四節 地下莖天然更新法

	目	次	5
第四章	天然保育法	… … … … …	…355
第四編	森林撫育論	… … … … …	…358
第一章	森林撫育之意義	… … … … …	…358
第二章	整理	… … … … …	…359
	第一節	除草	
	第二節	割藤	
第三章	撫育	… … … … …	…361
	第一節	除伐	
	第二節	間伐	
	第三節	修枝	
	第四節	林地保養	
第五編	森林作業論	… … … … …	…383
第一章	森林作業之意義	… … … … …	…383
第二章	森林作業法	… … … … …	…383
第三章	喬林作業	… … … … …	…385
	第一節	依更新面大小形狀之分類	
	第二節	依更新期間長短之分類	
	第三節	依更新伐採方式之分類	
	第四節	補助作業	
第四章	萌芽作業	… … … … …	…392
	第一節	矮林作業	

第二節 頭木作業

第三節 截枝作業

第五章 中林作業 394

第一節 樹種之選定及其伐期

第二節 上木之分布及其株數

第三節 上木之補充及其誘導

第六章 竹林作業 398

第七章 副產作業 398

第一節 混農作業

第二節 混牧作業

第八章 森林作業法之變更 401

第一節 變異齡林為同齡林

第二節 變矮林中林為喬林

主要參考書目 409

第一編 總論

第一章 緒言

土地經濟事業，以地勢分，其與地平線平行者，爲農業；在地平線以上之山上者，爲林業；在地平線以下之水中者，爲漁業；而研究此三項土地經濟事業之科學，爲農學、林學、與水產學等。此三種科學，雖以對象各別，性質互殊，然其範疇之廣汎，則頗相若。若就林學論，其所應探討之範圍，則可分爲：（一）森林之自身；（二）人生與社會；（三）森林自身與人生及社會之關係；（四）依照以上關係，形成之營林上一般法則等四端。而此四項關係中，則第一與第二兩項，係屬營林之要素，第三項係屬營林之目的，第四項係屬欲達營林目的所需之方法。故第一項係屬植物學(Botanik; Botany)一分科中之樹木學(Dendrologie; Dendrology)。第二項，不外國民經濟上之一部分，然爲教育上便利計，均仍列爲林學上之一部，故如以嚴格論，林學云云，僅第三、四兩項耳！然對於第一、二兩項如無充分之素養，則林學上各項學科，決不易充分理解，故對於第一第二兩項之探討，決不容等閒視也。至第二項，通稱爲森林經營學(Forstliche Betriebslehre; Forest Management)。其主要學科，爲森林經理學(Forst-inrichtung; Forest Regulation)，森林計算學(Forst-mathematik;

Forest mathematics), 林政學(Forstpolitik; Forest Policy)等, 第四項通稱森林生產學(Forstliche Produktionlehre; Forest Production). 其主要學科爲造林學(Waldbau; Silviculture), 森林利用學(Forstbenutzung; Forest Utilization)及森林保護學(Forstschutz; Forest protection)等。

林學云云, 其要旨, 蓋在探討如何得以最有利方法經營林業, 使其森林之本身及其產物, 最適於吾人利用之技術及理論者也。進言之, 即務以最適當之方法, 栽培之, 撫育之, 務以最有利之方法, 經營之, 如於森林成立上發生窒礙時, 復設法預防或驅除之, 待森林成熟時, 復於最有利季節, 以最有利方法利用之。俾直接供社會生活上之需要, 間接得利用之以調和氣候, 防止崩砂, 涵養水源, 增進風景, 而予國土保安, 及國民健康上以充分之保障者也。林學探討之範圍, 其廣汎既如前述, 而在森林荒廢重山遍境, 外材輸入, 益增靡已之我國, 爲復興林業, 抵制外材計, 尤當首重造林, 以資挽救。故在今日情勢下, 各項林學學科中, 造林學之探討研究, 尤爲切要。

第二章 造林學之意義

「造林」二字相綴而成名詞, 係由日人譯自德語“Waldbau”者, “Waldbau”一語, 初見於 1864 年德國哈格 (Hager) 氏所著之造林學 (Unterricht von Waldbau) 中; 爾後 1871 年, 柯他 (Cotta) 氏復撰造林指南 (Anweisung zum Waldbau), 成爲獨立專著, 然該書造林利用仍復併載, 而尙未明晰, 其確爲造林專著者, 則爲格依爾 (C. Gayer) 氏所著之造林學 (Waldbau), 然其內容僅限於育樹 (Holz-

zucht), 蓋仍不脫狹義之造林學也。良以廣義之造林學, 應於副產物亦應有詳盡之探討。有之, 則以洛來 (C. Lorey) 氏於 1878 年所著之造林學 (Der Waldbau) 爲濫觴, 英法語則用 "Silviculture" or "Syiviculture" 其意與 "Waldbau" 正復相若。然亦有譯爲植樹學者。淮南子曰: 木叢爲林, 且按「林」之爲字, 係由二木合成, 故林爲多數之樹木, 自仍以造林二字較爲妥善, 故我國學術界, 仍襲用之。

造林學云云, 乃敘述用合理之方法, 以營成并撫育森林之技術及理論者也。故其內容, 類由實驗或學理上所得之原則或經驗, 而爲系統之編制者也。蓋造林事業所需歲月, 在土地經濟事業中, 最爲悠久。故其經營, 非有實地經驗, 不易成功, 且一經失敗, 挽救匪易, 即欲重起爐灶, 亦非數年間, 所可有濟, 故其計畫雖欲變更, 亦須待之相當歲月之後, 一着之差, 損失無窮, 可不慎哉!

造林以營成最有價值之森林爲目的, 然最有價值之森林云云, 亦以其森林所有主, 對於是項森林之希望而異致。例如, 其所營林, 以防止土砂崩壞爲主要目的者, 則其森林之有價值與否, 以是否能防止土砂之崩壞爲斷, 產材之優劣, 非所計矣。森林以經營之目的不同, 可大別爲下列三種:

(一) 經濟林 (Wirtschaftswald; Economic forest) 森林之以伐採立木, 或利用其副產物爲目的者也。

(二) 保安林 (Schutzwald; Protection forest) 森林之以利用其立木, 而保國土之安寧, 并增人民之福利爲目的者也。故其所營林, 絕對禁止伐採, 或採用擇伐作業。

(三) 風景林 (Landschaftswald; Landscape forest) 森林之以利

用其立木，而增國土之景觀爲目的者也。其作業與保安林同。

森林種類，既有此經濟、保安、及風景之不同，故其營林之方法與理論，亦復各異。造林學一般之所探討者，類以經濟林爲原則，保安林與風景林，當另論之。年來風景事業，以潮流所趨，益臻發達，故風景林已與造林學相脫離，而列爲造園學 (Gartenkunst; Landscape Architecture) 中之一部分矣。

第三章 造林學之體系

造林學之體系，爲研究造林學者所應必知者也。蓋明瞭造林學之體系後，始可進而爲造林學之探討。造林學書籍之較爲具體者，以德日文者爲最多，就中尤以日本東京帝國大學名譽教授林學博士本多靜六先生所著之本多大造林學之內容，最爲充實。茲述其編著之體制如次：

本多博士，爲世界著名造林學者，積四十餘年之研究編爲本多大造林學，前論，本論，各論，後論四部。就中章目繁多，不及備載，茲僅誌其大略，及每冊之頁數，以規其所敘內容之一斑。

前論共分刊爲次列五冊。

(一) 總論樹木之生活及森林分布之原因(256頁)。

(二) 世界森林帶論(300頁)。

(三) 日本森林帶論(408頁)。

(四) 造林上樹種與立地之關係(162頁)。

(五) 林業上之肥料及土地改良法(161頁)。

本論共分刊爲次列五冊。

(一)總說及天然造林法(146頁)。

(二)種子及苗圃(543頁)。

(三)植樹及播種造林法(261頁)。

(四)接木及插木造林法(136頁)。

(五)森林之撫育及作業法(197頁)。

各論共分刊爲次列八冊。

(一)針葉樹編一冊(753頁99種)。

(二)闊葉樹編共四冊(其一, 670頁, 共 260餘種, 其二, 785頁, 共 740餘種, 其三, 393頁, 共 90餘種, 其四, 457頁, 共 290餘種)。

(三)竹類編一冊(356頁)。

(四)椰子類編附露兜樹類編一冊(430頁)。

(五)橡皮樹編一冊(561頁)。

(六)玉樹相思樹木麻黃及其他澳洲林木編(274頁)。

(七)熱帶果樹編(230餘頁)。

(八)唐木及熱帶林木編(360餘頁)。

(九)藥木香木編(430頁)。

(十)咖啡, 可可, 阿列布(150頁)。

後論共分刊爲次列三冊。

(一)副產物造林法。

(二)保安林造林法。

(三)行道樹編附綠蔭樹。

博士任東京帝大造林學講座, 先後三十五載, 比雖年邁退休, 擔

任名譽教授，然完成其畢生偉業，大造林學之志，可謂老而彌篤。所有未定之稿（除各論幾加修正外均為未定稿），現正潛心訂正，以完成其世界林學界所企望之空前鉅著，彌可敬也。

造林學，年來益有長足之進展，關於樹木之生長，及與立地之關係兩端，且復益臻昌明，而成爲森林生態（Forstliche Ökologie; Forest ecology）與森林立地（Forstliche Standortslernie）兩學。至於後論中之行道樹編，則且復列於觀賞樹木學（Gartenbaum; Ornamental trees）之一部。科學日進，造林學分化益甚，而研究造林之學，亦益爲基難。待本多博士，將其所有空前大著完成後，必有更善之體制，貢獻於學術界也。茲爲便於一般研究計，並述造林學之體制如次：

造林學可分爲原論及各論兩部，而原論復分爲下列各編：

第一編 總論。

第二編 森林立地論（論林木與其環境之關係）。

第三編 森林營成論（論人工造林，林木種子及森林苗圃暨天然更新等）。

第四編 森林撫育論（論林木之除伐、間伐、修枝、林地保護等）。

第五編 森林作業論（論喬林、中林、萌芽林、竹林、混農林、混牧林等各作業法）。

各論復可分爲下列各編：

第一編 針葉樹類。

第二編 闊葉樹類。

第三編 竹類。

國內學者，對於造林學之講授，除各論外，尙無詳明而具系統之著述，足資參攷。余爲便於探討，而供研究計，將造林學之原理，及其實施之方法，彙爲原論，而復分爲總論、立地、營成、撫育、作業五編述之，卽本書之所論者也。

第四章 造林學之預備學科

專攻造林，應先修數學、植物學、動物學、地質學、礦物學、土壤學、氣象學、化學、物理學、經濟學等各項科學。然倘爲造林學之專攻，則對於樹木學，尤須有充分之研究，次之如氣象學、土壤學等，亦均應有相當之素養。蓋造林學，實爲綜合之應用科學故也。茲將其重要預備學科，分述如次：

(一)樹木學 亦稱森林植物學(Forst Botanik; Forest Botany)，其內容，乃敘述本國各種樹木之性質、形態、生長情形、及分佈狀態者也。造林學既以栽植樹木爲要旨，則其所欲栽植之樹種，究以何者爲宜，應經充分之攷慮，然於各種樹木，如無相當之認識，對於樹種之選定，決無從得爲充分之攷慮。且造林樹種之選定，須與鄉土相適者爲宜，故於造林樹種之選定，應就鄉土之所有者擇之，不然亦應擇與鄉土樹種之相近者，俾栽植後，得與鄉土相適，滋繁成林，故對於該地所產樹種，應有充分之認識，始得觸類旁通，以資比較。惟於樹木學之研究，除教師傳授外，仍須致力於野外之觀察，及標本之採製，至若僅恃書本之記述，則不惟記憶困難，且雖遇實物，亦無從辨識，無裨實際者也。攻造林學者之必修樹木學，其理與攻建築學者之必修材料學同。故樹木學之於造林學，猶材料學之於建築學也。換言之，樹

木，亦即造林之材料也。故精攻樹木學者，僅可視為對於造林之材料，已有充分之認識，決不可視為對於造林學，即有相當之研究也。此猶服務於木行之店員，雖於各種木材，具有相當之認識，然欲建築房屋，究應採用何種木材，始能適用而經濟，究應如何結構，始能鞏固而美觀，仍須有待於建築技師之選擇設計也。服務藥鋪之店員，雖於各種藥材，具有相當之認識，然如醫治病症，究應採用何種藥材，始能適用而合理，究應如何配方，始能對症而奏效，仍須有待於醫生之斟酌選定也。故如欲樹木學家，以從事於造林樹種之決定，及林業之經營，是何異於木行店員之任技師，藥鋪店員之充醫生，其危險為何如耶？故曰造林學者，非攻樹木學不可，而攻樹木學後，僅可謂已具攻造林學之根基，而未能即可視為已成一造林學者也。

(二)土壤學 土壤乃樹木之所資以寄託而滋繁者也。故林學家釋「森林」為「林木」與「林地」之合稱，土壤對於林木關係之重要，蓋可知矣。林木以種類不同，對於土壤之適應，亦各異致；土壤中水分之多寡，地力之強弱，土層之厚薄，以及組織之疏密，均與樹種之適應，有密切之關係。故在某一地區，從事造林，究應採用何種樹類，始能相適應，待林地之充分觀察後，始獲決定。如其適宜樹種在一種以上，且其適應程度亦復相若者，始就中擇其最有利者，以栽植之。如不加攷慮，任選一種，以植於業經決定之林地，則其所經營免於失敗者，幾希矣！良以林地面積廣袤，林木數量繁多，決不能如農地之可施肥、灌溉、以及培壅、中耕等方法，得以改良土質，俾與所栽之作物、園藝相適者也。今請以昔年江浙兩省，大宗栽植之洋槐為喻：攷洋槐為豆科植物，生長甚速，材質堅美，固一優良之樹種也。然其

栽植終不免失敗者，何耶？良以洋槐爲好肥淺根之樹種，故所栽植，如爲庭園、山谷及肥沃避風之處，發育固極繁茂，不然倘屬斜坡露岩，則恆萎縮而難繁，田畔路旁，則雖葱鬱而易倒，此皆土壤不適之所致然也。至於馬尾松，木材組織疏軟，且復易裂，若僅以材質論，固造林樹種中之無價值者，然江浙諸省，又復廣爲栽植者何哉？良以馬尾松性耐燥瘠，凡荒廢不毛之地，不適於他種樹類之栽植者，類適用之，故江浙一帶，荒山造林樹種，以此爲最。杉之爲樹，雖爲我國造林上最有價值之樹種，然如非溫暖潤沃之地，絕難滋繁，故在林相荒廢之區，爲審慎而免失敗計，僅可於豁谷間，土層肥沃之處，先行試植。江蘇溧陽、宜興一帶，論氣候，俱有杉木造林之可能，然以林地之現狀觀之，其可供杉之造林用者，蓋亦僅矣！土壤之性質與樹種既有密切之關係，故爲研究造林學計，土壤學之研究爲必要也。

(三)氣象學 太陽之溫度、光線，及空中之溼氣、氣流，皆爲氣候之重要因素。氣候之適宜與否，生物之生死盛衰所由繫焉。森林帶有垂直與水平兩種，以溫度高低，復各分爲熱、暖、溫、寒四帶。在此四帶中，以寒燠互殊，樹類各別，造林樹種，應各就所有，或相適者植之，始可益臻於繁茂，而成爲有用之材，不然未有得倖成者也。紫檀、烏木，固爲名貴之材，然祇能生長於熱帶，樟、楠、杉木，均具優越之質，然祇能滋繁於暖帶，溫寒兩帶，則以嚴寒之季，氣候過低，好暖之樹，輒易凍斃，非所宜矣。倘所有樹類，均能不論寒暖，到處咸宜，則紫檀、楠木之林，營林者自無不樂爲栽植，所有山地，均將爲其占盡，江浙兩省境內，尙何有此大宗馬尾松耶？玉樹（又稱桉樹）潤曩年種苗商所大事宣傳者也。然在南京方面，經試驗結果，初發育尙佳，旋經霜

即斃，蓋以玉樹爲熱帶樹種，在暖帶南部，若雲南、兩廣境內，尙能相適，南京已在暖帶末端，故所栽植，均遭凍死，南京以北，更無論矣。至若將生於寒冷地帶所有樹種，移植於溫暖之區，則以積習已深，易罹霜患，他如溼氣之多寡，對於樹木之生長，亦具密切之關係。例如柳杉（爲日本造林最良樹種），在浙江、福建、江西等省，發育均佳，然移於江蘇境內植之，則發育不特遲緩，樹姿亦復欠佳。研究結果，則皆由於空中溼氣不足所致。在此森林荒廢，林相尙未恢復舊觀之際，則蘇省境內，絕無此柳杉造林可能性也。攷樹種對於陽光好惡，其性互殊，好陽者曰陽樹，好陰者曰陰樹，應各順其樹性，擇其適處植之，始有滋繁之望；不然雖經栽植，未有不憔悴以死者也。氣候與土壤同爲支配造林樹種之重要因素，如欲對於造林學，作澈底之研究，則氣象學之研究，烏可忽哉？

第五章 造林之種類及其性質

森林 (Wald; Forest)，爲林木 (Holzbestand, Bestand; Stand, Standing Crop) 與林地 (Waldboden; Forest soil, Forest land) 之總稱。林木云云，乃衆木叢生之謂也，淮南子曰：「木叢曰林」。以林木之樹種、年齡及發育狀態等各別，其所構成之林相 (Bestandsformen; Forest type)，亦隨之互殊。凡森林之具有相當面積，由其林相上得以區別之部分，謂之林分 (Bestand; Stand)。茲述森林之種類如次：

(一) 依構成樹種之分類。

1. 純林(或單純林) (Reines Bestand, Reinwald, Pure forest)
乃構成森林樹種之爲一種者也。

2. 混交林(混淆林)(Gemischtes B., Mischbestand, Mischwald; Mixed forest)乃由兩種或兩種以上樹種,所構成者也。

(二) 依林木年齡之分類。

1. 同齡林 (Gleichalteriger B.; Evenaged f.) 乃林木年齡之相等者也。

2. 異齡林 (Ungleichalteriger B.; Unevenaged f.) 乃林木年齡之不相等者也。

(三) 依林木樹冠之分類。

1. 單層林 (Einstufiger B. Single-storied f.) 乃林木之高相等, 而其林冠 (Kronenschirm, Kronendach; Crown-cover Crown-canopy) 呈水平一層者也。

2. 複層林乃林木之高度不齊; 林分由複雜之林冠形成者也。複層林林冠, 分爲二三層者, 謂之二層或三層林。其不易顯然作水平之區分, 而爲上下之連續者, 謂之連續層林。其單層與複層相混合之林分, 謂之混層林。

(四) 依成立原動之分類。

1. 天然林 (Natürliche B.; Natural f.) 乃森林之全由天然成立者也。

2. 人工林 (Künstliche B.; Artificial f.) 乃森林之由人工營成者也。

(五) 依人工有無處理之分類。

1. 原生林(或處女林或純粹天然林或原始林)(Urwald; Virgin f. primitive f.) 乃天然林之從古未經斧斤, 一任天然滋繁者也。

2. 施業林(Wirtschaftswald; Management f.)乃森林之略加人工整理者也。

(六) 依森林用途之分類。

1. 用材林(Nutzholzwald; Timber forest)乃森林之以產生用材爲目的者也。

2. 薪炭林(Breunwald; Fuel forest)乃森林之以產生薪炭爲目的者也。

(七) 依營林目的之分類(說明已見第三章故不贅)。

1. 經濟林。

2. 保安林。

3. 風景林。

(八) 依森林所有權之分類。

1. 國有林(Staatsforst, Staatswald; National forest, State forest)乃屬於國家之所有者也。

2. 公有林(Gemeindewald, Gemeindeforst; Communal forest)乃屬於地方團體之所有者也。

3. 私有林(Privat forst, Privatwald; Private forest)乃屬於私人所有者也。

(九) 依森林所在地帶之分類。

1. 熱帶林(Tropischerwald; Tropical forest)乃森林之在熱帶區域者也。其主要樹種，爲紫檀、柚木、椰子、波羅密、檳榔等。

2. 暖帶林(Subtropischerwald; Subtropical forest)乃森林之在暖帶區域者也。其主要樹種爲樟、楠、櫨、栲等。

3. 溫帶林 (Gemässigtwarmewald; Temperate forest) 乃森林之在溫帶區域者也。其主要樹種爲水青岡、樺木、松、栗等。

4. 寒帶林 (Gemässigtkuhlewald; Cold forest) 乃森林之在寒帶區域者也。其主要樹種爲冷杉、雲杉、落葉松、樺等。

(十) 依作業方法之分類。

1. 喬林 (Hochwald; High forest) 乃由喬大林木所構成之森林，而由種子、苗木所營成，以產生木材爲主目的者。依其處理方法，復可分爲下列各種：

a. 皆伐林 (Kahlschlagwald; Clear cutting High forest) 乃同齡高林，一抵伐期，即將全部森林伐盡者也。

b. 擇伐林 (Femelschlagwald; Femel Cutting, Selection f. plenterwood) 乃林齡老幼不齊之混生林相，選擇其中良材巨木，以資利用，而不同時伐採者也。

c. 傘伐林 (Schirmschlagwald; Regenerated forest under shelterwood system) 乃施以預備伐、下種伐、後伐等，利用母樹之天然下種，俾養成幼樹，並使在母樹保護下，以營成新林者也。

d. 殘伐林 (Regeneration by Seed-tree system) 乃當伐期之際，保留少數林木，以爲種木 (Mutterbaum; Seed-tree)，而資更新者也。其待十至二十年後，幼樹漸次發育時，始予伐去者。其林齡恆相差十至二十年許，如種木之永予保留，留待幼樹同時伐採者，則形成二層林矣。

e. 二級喬林 (Zweihöhiger Hochwald; Two-storied high forest) 林木有上木 (Overholz; Over wood) 與下木 (Unterholz; Under-

wood) 二層林相，故亦稱二層喬林。以利用上木爲目的者，謂之上木法，以利用下木爲目的者，謂之下木法。

應用 a、b、c、d、四法，當林木伐採利用之際，保留二、三良木，雖經一次或數次伐期，仍予保存者，此種森林謂之保殘林 (Ueberhaltwald, Stored or reserve high forest system)。

2. 萌芽林 (Ausschlagwald; Coppice wood) 乃森林之利用根株 (Stockholz; Stump)，或枝幹之萌芽性以營成者也。萌芽林，復可分爲次列三種：

a. 矮林 (Niederwald; Low forest) 乃伐採森林之地上部，使其根株萌芽，以營成者也。

b. 頭木林 (Kopfholtzwald; Pollarding system) 乃由林木樹幹之中部伐採，而使其切口萌芽，以營成者也。

c. 截枝林 (Schneitelholtzwald; Lopping system) 乃不伐樹幹，僅截取枝條，以資利用，俾切口萌芽，以營成者也。

3. 中林 (Mittelwald; Middle forest) 乃森林之由喬林或矮林混交營成者也。上木由種子或苗木育成，下木由根株萌芽而成。

4. 混農林 (Waldfeldbaubetrieb; Combined system of field of forest) 乃林業之與農業並營者也。農業之於喬林中行之者，謂之喬林混農，其於矮林中行之者，謂之矮林混農。

5. 混牧林 (Waldweidebetrieb; Grazing in forest) 乃林業之與畜牧並營者也。

上述各種森林之選擇，應參照林地之土質、氣候、與所採之樹種，林主之目的，而善爲取捨之。若論氣候之關係，則凡在氣溫之森林限

界內者，如無其他條件之不合，則隨處皆可為喬林之營成，惟於低溫之處，以土地狀況欠佳，除擇伐法外，他種更新，殊不易行也。如氣溫與降水量適合，則各種更新法，皆無不適，如溼氣缺乏，則頗足為喬林營成之累，且就中尤以皆伐作業為然。

第六章 我國造林史略

造林學在我國學術界中占有地位，以民國初元為濫觴，故論我國造林學，尚無悠久之歷史足云。惟查植樹為造林工作之一，史稱種樹之書，免於秦燬，雖年湮代遠，不免佚散，未能為後世所矜式，然種樹有書，肇於秦前，固彰彰可攷，而足視為我國造林學之先河者也。關於造林植樹文獻，散見於經史子集，茲擇要述之如次：

第一節 上古時代

史稱太昊伏羲氏，命栗陸為水龍氏，繁滋草木，為我國上古致力農林之始。蓋由游牧時代，而漸進於農業時代者也。書經禹貢曰：「冀州厥土惟白壤，厥田惟中中，濟河惟兗州，厥土黑墳，厥草惟藪，厥木惟條，厥田惟中下。海岱惟青州，厥土白墳，海濱廣斥，厥田惟上下。海岱及淮為徐州，惟土赤埴墳，草木漸苞，厥田惟上中，淮海惟揚州，篠蕩既敷，厥草惟夭，厥木惟喬，厥土惟塗泥，厥田惟下下」（下略）。詳論樹種與土宜，為後世法。書經曰：「兗州、豫州貢漆，青州貢松，徐州貢桐，揚州貢篠、橘、柚，荊州貢椴、栝柏」。則各州造林，各擇土宜、氣候，而為經濟林之經營者也。

第二節 周代

周禮，地官，大司徒以土宜之法，辨十又二土之名物，而知其利害，以阜人民，以毓草木，以任土事，以土會之法，辨五地之物生。一曰山林，其植物宜皂物（按即栗柞）。二曰川澤，其植物宜膏物（按即蓮茨）。三曰邱陵，其植物宜覈物（按即核果類）。四曰墳衍，其植物宜莢物（按即豆科植物）。五曰原隰，其植物宜叢物（按即灌木類）。亦各就土宜，而為樹種之選擇，蓋土壤與樹種，益著深切之研究矣。禮記月令曰：「孟春之月，禁止伐木，孟夏之月，無伐大樹；季夏之月，樹木方盛，乃命虞人入山行木，無為斬伐；季秋之月，草木黃落，乃伐薪為炭；仲冬之月，短至則伐木，取竹翦」乃論伐木之季節者也。管子曰：「君子所務者五：一曰山澤，不救於火，草木不植成，國之貧也。故曰：山澤救於火，草木植成，國之富也」。及「五粟之土，若在陵、在山、在墳、在衍，其陰其陽，盡其桐柞，莫不秀長，其榆、其柳、其櫟、其槐、羣木蕃滋，數大數直以長」。則概論森林之重要，及樹種與土宜及地位之關係者也。韓非子曰：「木枝扶疏，數拔其木，勿使枝大本小，否則不勝風，則枝將害心矣」。乃論修枝之重要者也。又曰：「種樹節，四時之適」。乃論植樹之適季者也。又曰：「故曰有國之母，可以長久樹木，樹木有蔓根，有直根，根也者，書之所謂柢，柢也者，木之所以建生也。蔓根者，木之所以持生也」。則又進論樹根之效用者矣。孟子曰：「拱把之桐，梓人苟欲生之，必知所以養之」。乃汎論植樹之重要者也。又曰：「斧斤以時入山林，材木不可勝用也」。則似喟然有慨乎當日濫伐之過度，而示伐木之須時者矣。惠子曰：「夫楊橫樹之即生，倒樹之即

生，折而樹之又生，然使十人樹之，一人拔之，則毋生」。則論樹木不定芽之性質，及插木之應用者也。荀子曰：「樹落糞本」。則論樹木落葉，足以肥地之嚆矢者矣。陶朱公書曰：「種柳千樹，則足柴十年，以後斃一樹，得一載，歲斃二百樹，五年一周」。則爲論柳樹頭木林作業之始。蓋當日造林學說，灼然可觀矣。

第三節 秦漢時代

漢書賈山傳曰：「秦爲馳道於天下，東窮燕齊，南極吳楚，江湖之上瀕海觀畢至，道廣五十步，三丈而樹，厚築其外，隱以金椎，樹以青松」。則論公路行道樹之栽植，及其樹種之選擇者也。地理誌曰：「巴蜀廣漠，土地肥美，有山林竹木之饒」。黃瓠傳曰：「瓠爲潁川太守，務耕桑，節用，殖財，種樹著爲令」。龔遂傳曰：「遂爲渤海太守，勸民務農桑，令口種一榆」。則足爲今日提倡造林運動之濫觴也。史記貨殖傳曰：「山西饒材，竹，穀，鱸；山東多魚，鹽，漆，絲；江南出枏，梓，薑，桂（中略）。巴蜀亦沃野，地饒卮，薑，竹，木之器（中略）。燕有魚，鹽，棗，栗之饒（下略）。山居千章之材，安邑千樹棗，燕秦千樹栗，蜀漢江陵千樹橘，淮北常山以南河濟之間千樹楸，陳夏千畝漆，齊魯千畝桑麻，渭川千畝竹，此其人，皆與千戶侯等」。蓋論各重要樹種之鄉土及其造林之利溥者也。淮南子曰：「夫徙樹者，失其陰陽之性，則莫不枯槁，故橘樹之江北，則化而爲枳」。爲論樹性陰陽與造林關係之始。又曰：「草木未落，斤斧不入山林」。亦論伐木季節者也。又曰：「食者民之本，民者國之本，國者君之本，是故人君上因天時，下盡地利，中用人力，是以羣生遂長，五穀蕃殖，教民養育，六畜以時，種樹務修田

疇，滋繁桑麻，肥磽高下，各因其宜。丘陵阪險，不拓五穀者，以樹林木，春伐枯苦藁，夏取果蕪，秋畜蔬食，冬伐薪蒸（按大者曰薪，小者曰蒸）。則又論造林與農業用地之不同，並示農人以四時所應致力工作者也。汜勝之，漢成帝時為議郎，撰書十八篇，世稱汜勝之書。曰：「種樹以正月為上時，二月為中時，三月為下時，節氣有遲早，地氣有南北，物理有遲速，若不以時拘之，是不達情也。老農之種樹無時，雨過便栽，多留宿土，記取南枝，是乃種樹要法。凡栽一切樹木，須記陰陽，勿令轉易，大樹禿枝，小樹不禿枝。凡栽樹要當萌動生意時壓插，春秋時以嫩美條枝，屈於地下，於枝跗須斷其半，用土封之。候苞開生枝，移植頻澆即生。於葉零落時，其樹之冗繁及散逸，大者斧鑿，小者刀剪，盡去，宜栽痕向下，不受漬，自免心腐。若樹無顛頂者，取直生向上枝留之。枯摧朽拉，須盡除伐，不引蛀蠹，以防盛枝。欲求木直，每年以刀剔膚，氣行則傷痕，身滿而漸直。木之已長而萌發未已，枝幹易於轉屈者，以寬繩綰之，不宜太緊，恐傷膚，氣脈不貫，枳柑畏熱，梨喜乾，柳榆愛溼。清明日以稻草纏樹上，不生戴毛蟲。凡物鬥者為陽，承者為陰，得陽之剛者為堅貞，得陰之柔者為蔓附。木入土直曰根，蔓曰柢，木為華，華為榮，不榮而實曰秀，榮而不實曰英。木幹曰枝，枝曰條，斬而復生曰肆木，樹葉曰林衣，虺偃慶腫，而無枝葉曰痼」。為我國造林學術具有系統之最早記載，謂之為我國造林學之鼻祖可，謂之為世界造林學之先河，亦無不可，彌足珍也。三國魏志，鄭渾傳曰：「鄭渾為山陽魏郡太守，以郡下百姓苦乏材木，乃課民樹榆為籬，並益樹五果。榆皆成籬，五果豐實，魏郡界村落，整齊如一，民得財足用饒」。乃又地方官吏之注意造林者矣。

第四節 晉及南北朝時代

晉書陶侃傳曰：「侃嘗課諸營種柳」，爲提倡兵工造林之濫觴，其符堅載記曰：「王猛整齊風俗，自長安至於諸州，皆夾路，樹槐柳」，乃提倡公路行道樹之記載也。金陵地記曰：「蔣山（按卽紫金山）本少林木，東晉令刺史罷還，種松百株」。南齊書劉善明傳曰：「善明爲海陵太守，郡境邊海，無樹木，善明課民種榆、檟、雜菓，遂獲其利」。梁書沈瑀傳曰：「永泰元年，瑀爲建德令，教民一丁種十五株桑，四株柿及梨、栗，女丁半之，人咸歡悅，頃之成林」。均各注意於造林之提倡，而謀民生之救濟者也。齊民要術，爲後魏高陽太守賈思勰所著，凡九十二篇，分爲十卷，與造林有關者，計共栽樹等九篇。栽樹篇曰：凡移栽一切樹木，欲記其陰陽，不令轉易，大樹髡之，小則不髡，先爲深坑，內樹訖，以水沃之着土，令如薄泥，東西南北搖之良久，然後下土堅築，時時灌溉，常令潤澤，埋之欲深，勿令撓動。凡栽樹訖，皆不用手捉及六畜觸突。凡栽樹正月爲上時，二月爲中時，三月爲下時，然棗雞口，槐兔目，桑蝦蟆眼，榆負瘤散，自餘雜木，鼠耳，虻翅，各以其時，樹大率種數既多，不可一一備舉。凡不見者，栽時之法，皆求之此條。他如種棗，種栗，種榆、白楊，種穀、楮，種漆，種槐、柳、楸、梓、梧、柞，種竹，伐木諸篇，均頗具見地，不遑枚舉，蓋於造林通論之外，復及各論，自汜勝之書而後，我國造林學中之一寶典也。

第五節 隋唐時代

隋書開河記曰：「大業中都汴梁兩堤上，栽垂柳，詔民間有柳一

株者賞一縑，百姓競植之」。爲栽植堤防林，保護河堤之始。唐書食貨志曰：「唐制度田以步，其闊一步，其長二百四十步爲畝，百畝爲頃。凡民始生爲黃，四歲爲小，十六爲中，二十一爲丁，六十爲老。授田之制，丁及男年十八以上者，人一頃，其八十畝爲口，分二十畝爲永業，老及篤疾者，人四十畝，寡妻妾三十畝，當戶者，增二十畝，皆以二十畝爲永業，其餘爲口，分永業之田，樹以榆、棗、桑及所宜之木，皆有數」。乃爲混農林之經營者也。至柳宗元所著郭橐駝種樹傳曰：「凡植木之性，其本欲舒，其培欲平，其土欲故，其築欲密，既然矣，勿動勿慮，去不復顧，其蒔也若子，其置也若棄，則其天者全而其性得矣」。對於植樹，亦可謂富有經驗者矣。陸羽茶經，分十類，王方慶之園庭草木疏，計二十一卷，亦皆有關造林之著述也。

第六節 宋元時代

宋史食貨志曰：「農田之制，自五代以兵戰爲務，條章多闕，周世宗始遣吏，均括諸州民田。太祖卽位，循用其法，建隆以來，命官分詣諸道，均田苛暴失實者，輒譴黜申明。周顯德三年之令，課民種樹，定民籍爲五等，第一等種雜樹，每等減二十爲差，梨棗半之」（下略）。太祖本紀曰：「開寶五年，詔應緣黃，汴，濤，御等河州縣，除準舊制，種藝桑、棗外，委長吏，課民別樹榆、柳及土地所宜之木，仍案戶籍高下，定爲五等，第一等歲植五十本，第二等遞減十本，民欲廣樹藝者聽之，孤寡惇獨者免」。辛仲甫傳曰：「太祖乾德五年，入拜右補闕，出知兗州，六年移知彭州，先是州少種樹，暑無所休，仲甫課民栽柳，蔭行路」。對於造林植樹，可謂提倡備至矣。東坡雜記曰：「十月以後，冬至以

前，松實結熟而未落，折取并萼，收之竹器中，懸之風道，則不生，過熟則隨風飛去，至春初敲取其實，以大鐵鎚入荒茅地中數寸，置數粒其中，得春雨自生，自採實至種，皆以不犯手氣爲佳。松性多堅悍，始生至脆弱，多畏日與牛羊，故須荒茅地，以茅陰障日，若白地，當雜大麥數十粒種之，賴麥陰乃活，須護以棘，日使人行視，三五年乃成，五年之後，乃可洗其下枝，使高，七年之後，乃可去其細密者，使大，大略如此。乃論松種之採取直播及其撫育者也。論播種造林者，蓋自此始。至陳轟所著之桐譜，述桐之事凡七篇；韓直彥所著之橘錄，計三卷；蔡襄所著之茶錄，計二卷；他如戴凱所著之竹譜，吳僧贊寧所著之荀譜，皆有關造林學各論之著述也。元代著述之有關造林者，爲王楨所著之農書，書凡二十二卷，其種松法云：「八九月中，擇成熟松子，去台收，顛至來春春分時，甜水浸之十日，治畦，下水，上糞，漫散子於畦內，如種菜法，或排貼種子，上覆土，厚二指許，畦上搭短棚蔽日，旱則頻澆，常須溼潤，至秋後去棚，長高四五寸，十月中，築階籬，禦北風，畦內散糠覆樹，令稍上，厚二三寸止。至穀雨後，手爬去麥糠澆之。次冬封蓋亦如此。二年之後，三月帶土移栽。乃論松之育苗法也。爾外若俞宗本所著之種樹書，計一卷，抑亦當日有關造林之書籍也。

第七節 明清時代

明史食貨志曰：「洪武時命種桐漆櫻於朝陽門外，鍾山之陽，總五十餘萬株，設漆園百戶，二甲，軍百，櫻園百戶，一甲，軍百，桐園百戶，二甲，軍二百四十。櫻漆三年一採，僅二百觔。桐樹歲得油百五十觔，

欲以資工用，省民力，而所資幾百倍，然太祖爲之不惜，意在率民也。至宣德三年，朝陽門所植漆、桐、櫻樹之數，乃至二百萬有奇。足徵當日朝廷對於漆、櫻、油桐等各種經濟林之經營，頗爲注意者也。太政紀曰：「二十五年正月癸未，諭五軍都督府臣，令天下街所屯田，士人樹桑百根，隨地宜植柿、栗、胡桃等物，以備歲歉，其編行程督之」。蓋亦注意兵工造林也。萬歷間，李時珍著本草綱目計五十三卷，就中木部三卷，果部五卷，頗與造林有關。徐光啓所著之農政全書，凡六十卷，其於造林之法，詳樹藝之篇。羣芳譜爲王象晉所著，關於樹木性質、形態，記載至詳。清聖祖詔廷臣將羣芳譜從事增訂，名之曰廣羣芳譜，計凡一百卷，就中木譜十五卷，竹譜五卷，果譜十五卷，棗譜四卷。雍正二年，諭直隸督撫等官曰：「今課農雖無專官，然自督撫以下，孰不兼此任也；其各督率有司，悉心相勸，並不時諮訪疾苦，有絲毫妨於農業者，必爲除去，仍於每鄉中，擇一二老農之勤勞苦作者，優其獎賞，以示鼓勵。如此則農民知勸，而惰者可化爲勤矣。再舍旁田畔，以及荒山，不可耕種之處，量度土宜，種植樹木，桑可以飼蠶，棗栗可以佐食，柏桐可以資用，卽榛、楛、雜木，亦可以供炊爨，其令有司督率指畫課令種植；仍嚴非時之斧斤，牛羊之踐踏，奸徒之盜竊，亦爲民利不小」。蓋亦頗致力於造林之提倡也。至欽定授時通攷乃清高宗詔廷臣所輯，凡七十八卷，計分八門：「曰天時，明耕耘收穫之節也。曰土宜，盡高下燥溼之利也。曰穀種，別物性也。曰功作，盡人力也。曰勸課，重農之政也。曰蓄聚，備荒之制也。曰農餘，種植畜養之事也。曰蠶業，簇箔織紉之法也」。全書準今引古，頗切實用。內木十二卷，雜植一卷，與造林更著關係。植物名實圖攷，乃由吳其濬所著，陸

應穀校刊者也。計凡三十八卷，其長編凡二十二卷，所列植物圖攷，計一千七百四十種，長編計八百三十八種，不惟對於性質、形狀，記載明晰，即對於土宜栽植，亦備極周詳，不特為近代植物分類學者所宗，即農林學家亦皆視為津梁者也。

迨有清末葉，鄂督張之洞氏釐訂學堂章程，關於農林分設農科大學（為大學堂八科之一）及高中初三等農業學堂。農科大學，分設四門，高等農業學堂分設三科，林學亦占其一，課程中，均有造林學之列入，我國造林學之為專門學科教授者，於是乎始。

第七章 造林樹種之選定

當造林用樹種選定之際，應先考慮造林之目的，並詳為調查，將用以造林之土地，及其環境之關係，就其最適當之樹種中，並研究比較其性質，擇其造林價值最大者，擇定一種，以備採用。各項樹種造林價值之決定，所應注意之點，有足述者：

（一）利用價值較大者 經濟林造林之目的，在乎產物之利用，故其產物利用價格之大小，即造林價值所由決定之標準也。林產物中，以木材為利用最廣，爾外亦有以樹皮、枝葉、樹脂、樹液、果實等產物之利用為造林目的者。

（二）生長迅速發育喬大者 生長速則收穫早，乃林業收益上最為有利者也。為普通用材及大樹之產生者，則應選樹木之能為喬大發育者矣。其利用之價值雖大，以生長遲緩，而不為造林上所重視者，蓋有由也。反之，生長迅速之樹種，而其利用價值上不無缺點者，亦有試行造林之必要也。

(三) 樹幹通直枝條比較短小者 此為木材利用上要點，以產生木材為目的之森林，不可忽也。蓋以樹幹通直，而枝條短小之樹種，可以密植，亦可增加木材之收穫量也。針葉樹在造林上，視闊葉樹為重視者此也。針葉樹中，樹幹易於彎曲，及枝條水平橫展者，如能予以密植，則其缺點，可期得以相當防止也。

(四) 對於敵害抗力較大者 樹性強健，被害稀少，亦造林樹種之重要性質也。被害雖可藉保護處理之法，得收預防驅除之效，然以所耗不貲，影響收益至鉅也。

(五) 對於立地適應力較大者 對於立地即環境之要求較大之樹種，其造林區域狹，且成林亦難；適應力大者，造林區域廣，且造林亦易。樹種中有以適應力特大，雖全無利用價值，而仍為造林上所重視者。防砂樹種，普通所選之菌根樹木，及根瘤（根粒）樹木，即其例也。

(六) 有維持或增進地力之效者 歐洲中部，之以水青岡為森林之下木造林者，即以該樹具有維持地力之效故也。良以水青岡為耐蔭性強之落葉闊葉樹，頗能發育林下，庇蔭地面，且其落葉富於灰分，至易腐朽，而為腐植質之形成故也。他如可以吸收空中游離氮氣之豆科，及其他根瘤樹木，恆以改良地力，而用以造林者。

(七) 適於觀賞而風景優美者 此乃公園林及其他風景林，應用樹種選定上之要點也。以利用性質不在經濟，故另由造園學或觀賞樹木學講述之。

我國幅員遼寬，面積廣袤，北起滿蒙，南迄兩粵，熱暖溫寒，四帶俱備，植物分布，至為繁庶，木本植物記載之可攷者，約計六千七百

餘種，就中自然分布，生長成林，或材質優美，足資利用，具有經濟價值者之喬木，約計二千餘種，然此多數樹類中，以氣候、土質及利用上各種關係，確實具有造林價值者，僅屬少數。統察國內情形，本國所產樹類中，足供造林之選者，針葉樹則為杉、馬尾松、雲南松、油松、海松、柳杉、柏木、落葉松、冷杉、側柏、圓柏、沖天柏、雲杉、鐵杉、銀杏等。闊葉樹則為樟、櫟、栓皮櫟、油桐、油茶、泡桐、槲類、栗、楠、臭椿、漆、檉、榆、白楊、赤楊、胡桃、烏桕、楝等，及禾本科植物之竹類。採用外國所產樹類，以資造林，以去鄉土(Optimum, Heimat; Own land, Native region)過遠，絕非安全營林之道。其由外國輸入，已有相當年代，而於某一地域，尚有相當造林價值者，則為日本原產之黑松，(在江蘇，浙江，安徽，山東等省)，赤松(在山東青島)，北美原產之洋槐(在山東，江蘇，浙江，安徽，河北，遼寧，雲南等省)，澳洲原產之玉樹，(即桉樹)(在雲南，四川，廣東，廣西等省)，美國原產之糖槭，(即槲樹)(在山東青島)，歐洲原產之法國梧桐(在上海，南京，青島等各市)，北美原產之白蠟樹(在江蘇)，及加拿大白楊(在江蘇，山東，河北等省)等。至美國原產之黃金樹，則以眩於樹名，黃金(Golden tree)之名，遂致相率景從，可謂毫無價值者矣。至若德國境內則有主木(Hauptholzarten)雲杉(Fichte)、赤松(Kiefer)、冷杉(Tanne)及次要之落葉松(Lärche)、櫟(Eiche)、黑赤楊(Schwarzenle)、樺木(Birke)等八類，及其他副木(Nebenholzarten)十三類。日本造林應用最廣之樹種，針葉樹則為柳杉、扁柏、赤松、黑松、花柏、鼠子、金松、羅漢柏、落葉松、冷杉、鐵杉等。闊葉樹則為櫟、枹、赤楊、檉、樟、槲類、栗、刺楸、白蠟樹、水胡桃、白楊等，不下百數十種。在歐洲所視為

主木之冷杉、魚鱗松、水青岡，雖在我國、日本，均能於高山地方發育繁茂，然除利用天然生長者外，在造林學上，尙未能爲人所重視也。日本造林樹種中除柳杉，在我國浙贛諸省，早經天生成林，適於擇地栽植外，至若扁柏、花柏、鼠子、金松、羅漢柏，素以木曾五木著稱之樹種，均爲彼邦特產，前經北平天壇林業試驗場試植結果，均不甚佳，故欲在我國大宗造林，蓋亦絕非事實之所許者矣。造林樹種求之異邦，既極危險，即國內所產樹種中，足供造林之用者，爲數亦非至夥，蓋欲與栽植地點、風土、氣候相適應，且復具有工藝上相當價值者，亦殊不易多觀也。造林樹種之主木或主林木 (Herrschende oder Hauptholzarten; Superior stand, Principal crops) 云云，乃樹種之在當地足以單獨營林者也。至若不能普遍經營，僅能爲一種樹類之附庸者，乃林木中之副木或副林木 (Nebenholzarten; Secondary stand, Dominated crops) 耳！

按經濟林之用途，可大別爲用材、薪炭、特種等三種，所謂直接之效用是也。以林木之用途不同，斯樹種之選定互殊，茲各述其主要者如次：

a. 用材林 杉，冷杉，雲杉，海松，馬尾松，華山松，落葉松，圓柏，柏木，側柏，銀杏，檉，櫟，槲，樟，楠，柚木，紫檀，泡桐，香椿，玉樹，榆，椴，紅豆樹，臭椿，黃楊，竹等。

b. 薪炭林 馬尾松，油松，雲南松，華山松，櫟，枹，椴等。

c. 特種林 油桐，油茶，樟，烏桕，栓皮櫟，杞柳，三椏，女貞，櫟，白蠟樹，玉樹，金雞納樹，可可，咖啡，杜仲，厚樸，橡皮樹，肉桂，栗，荔枝，龍眼，橄欖，胡桃，銀杏，椰子，檳榔，茶等。

森林立木之效用至鉅，所謂間接效用是也。林木之間接效用，可分爲保安與風景兩項；而保安林之效用，尤爲繁賾。其樹種之足供保安及風景用者，略舉如次：

(一) 保安林

a. 山地防砂林 胡枝子，胡頹子，合歡木，皂莢，赤楊，洋槐，山榛，杞柳，馬尾松，海岸松，黑松，油松，雲南松，銀合歡，相思樹等。

b. 飛砂防止林 馬尾松，海岸松，黑松，油松，雲南松，胡頹子，合歡木，柳，白楊，海桐，赤楊，山榛等。

c. 防風林 黑松，圓柏，海桐，檣，栲，玉樹，珊瑚樹，大葉黃楊，樟，合歡木，棟，竹等。

d. 防火林 金錢松，珊瑚樹，厚皮香，檣，栲，銀杏，女貞，臭椿，栓皮櫟，枹，櫟，榲等。

e. 防潮林 海岸松，黑松，杜松，檉柳，交讓木，大葉黃楊，椰子，紅樹等。

f. 防烟林 檣，栲，樟，楠，石楠，交讓木，大葉黃楊，厚皮香，冬青，枸橈，銀杏，皂莢等。

(二) 風景林 冷杉，雲杉，鐵杉，油杉，金錢松，杉，柳杉，雪松，龍柏，白皮松，馬尾松，海松，華山松，槭，楓香，黃連木，七葉樹，雲葉白果，木蘭，玉蘭，杜鵑，山茶，桃，梅，櫻，杏，海桐，楠，樟，檣，栲，泡桐，梧桐，喜樹，棋桐，竹等。

第八章 林相之變遷

在某一環境(立地)內，必有其最適於其環境內生長之植物覆被，

或植物生態(簡稱曰植被或植生)(Vegetation; Vegetation). 植被或植生云云, 即其環境內之植物羣落之生態是也。以植被之發達, 其環境亦隨之變化, 環境變化後, 其新環境內, 復有最適之植物, 隨之侵入, 原有植被之相觀或形相(Physiognomie; Physiognomy)(亦稱植物相), 亦隨之變化矣。此植物相, 自然變化之現象, 在植物生態學上, 謂之植被之遞嬗, 或連續推移或遷移(Sukzession, Plant succession). 迨推移至某一階段時, 便停止進行, 其植被遂呈安定(Stabilization)狀態。而其自始至終, 可分為開始(Anfangstadium; a Initial stage)、途中(Medial or Intermediate stage)、終極(Endstadium; Ultimate stage)等三期, 終極期云云, 即植被之安定期(Klimax; Climax)其植被發達抵極盛時之靜的安定相, 或極盛相(Klimax-stadium; Climax stage in succession)者也。而此諸期之變化, 謂之初次, 或第一次植被推移(Primary plant succession). 然此安定之植被, 每受天然, (暴風昆蟲菌類)、人力(放火濫伐)之外力戕賊, 而漸次破壞, 其安定狀態, 遂亦為之破壞, 而復退縮至向日推移中途階段之相觀, 若不受外界之繼續摧殘, 則又復繼續演進, 而復呈安定狀態, 此之謂二次或第二次植被推移(Secondary plant succession).

上述植被推移狀態, 試就南京附近森林而觀察之, 則其荒山裸地, 先為雜草所占領, 其種類以禾本科、菊科、豆科等植物為夥(第一期)。繼之, 雜草之間, 漸次發生牡荊、山楂、山胡椒、胡頹子、茅栗等陽性落葉灌木(第二期)。爾後以灌木落葉腐敗, 地面漸次肥沃, 黃檀、山槐、合歡、鹽膚木、化香、臭椿、白楊、榿、櫟、黃連木、三角楓、白櫟、麻櫟、榔榆、樟、椴(菩提樹)等落葉喬木, 亦次第增多, 豆科, 殼斗

科種類尤占優勢，要之，本期發生之樹木，由小喬木而漸躋於大喬木，由陽性樹而遞嬗為半陰性樹，所有第二期所生之灌木，漸被壓迫，而不易立足矣（第三期）。爾往，則前期所有之山槐、黃檀、化香等陽性樹亦漸次衰落，而麻櫟、三角楓、黃連木、榆、樺、椴等半陰性樹，乃臻全盛，鬱閉之下，且漸有暖帶樹種如苦槠、冬青、山茶等陰性樹種發現，惟終偃塞林下，未能與落葉樹爭雄也（第四期）。

按上述情形，初期所發生之植物類，為適應力強之陽性樹種，所謂樹種中之先驅者（亦稱開拓者）（Vorkämpfer; Pioneer）也。故其初期之森林，自幼對於直射之陽光及乾燥之氣候等，均著抵抗之力，對於林地適應力亦強，幼樹之生長復速，且結實較多，而種子散布力強者，繁殖尤易矣。當是時也，以森林之鬱閉較疏，日光之直射亦烈，故此新環境內耐蔭力小之半陰性樹，乘機而入，相互混生，而此侵入之樹種中之生長迅速，發育繁茂者，不免喧賓奪主，而前者（即第一期）之陽性樹種，以不堪庇蔭，而漸至消滅。普通陽樹壽命較短，惟松較長，足以苟延殘喘，而不至絕滅者，蓋有因也。形成第二期森林之麻櫟、槲、櫟、樺、椴、黃連木等樹種繼起，而臻鬱閉時，除鬱閉較疏部分，尚有陽樹發生外，所有鬱閉較密之處，其林下陽樹，已極難發育者矣。有侵入可能者，惟陰樹而已。迨經陰樹一度侵入，而形成森林後，如不為天然或人為之害所摧殘，破壞鬱閉而致發生變遷，則其林地當永為陰樹有焉。惟陽樹林，亦有於其立地關係特殊之處，不為陰樹所侵入，而呈其安定狀態者，此蓋由於陰樹適應力小，非立地良好之處，發育困難故也。海岸地帶之黑松、海岸松，及高寒地帶之落葉松，即其例也。

形成終極期安定林相之樹種，在我國暖帶爲樟、楠、櫟、栲、杉、竹等。溫帶則爲水青岡、鐵杉等。寒帶則爲冷杉、雲杉等。此類樹種，在植物生態學上所謂極盛相（或安定相或極盛羣落）（Klimax formation, Klimax-Stadium; Climax Community, Climax stage in succession）是也。森林之爲極盛相者，其構成樹種，類爲一種陰性樹之純林，其構成混交林者，則亦類爲樹性相若之陰樹，蓋耐蔭力弱者，終不堪相與競爭故也。

再一般初期林相，所由構成之樹種，數量恆少，旋以階段漸進，同一樹種之數量（即個體數），亦隨之增加，迨第二期時，樹種數最大，抵極盛相時，復漸次減少，蓋於安定期間，以立地良好，惟有優勢樹（Dominanz; Dominant species），發育最良，其他種類，寢假已被驅逐，而無法侵入者矣。惟當極盛相時之優勢樹種，亦以耐蔭力，繁殖力及生長力之大小，壽命之長短，暨對於立地適應力之大小，及被害抵抗力之強弱等，各種關係，雖在極盛相中，不惟樹種仍有變化，即其林相，於天然外力環境發生變化時，亦終難保絕對安定也。

本多博士，分林相變遷爲四個時期，以陰性針葉樹林爲第一期林相，以陰性闊葉樹林爲第二期林相，以陽性闊葉樹林爲第三期林相，以陽性針葉樹林爲第四期林相。荒山裸地，僅有陽性落葉灌木散生之處，蓋又第四期中之末期者也。故爲荒山之復舊造林時，循序漸進，以爲造林樹種之選擇，以求林木之發育，而圖合理之經營，迨情勢益佳，則終不難達於第一期林相之極盛相也。本多博士之說，蓋就林相之安定相退化言也。

第九章 林分之鬱閉度

林間各林木之樹冠(Krone, Crown), 相連續而成林冠(Kronenschirm, Kronendach; Crown-cover, Crown-conopy), 林冠之陰翳程度, 謂之林分之鬱閉度 (Beschirmungsdichte, Beschirmungsgrad, Schlussgrad; Crown density). 鬱閉度雖可直接測定之, 惟據其由林冠投地之庇蔭多寡, 亦可據以測定者也。

林分之鬱閉度, 關係樹性之陰陽固矣。惟雖同一樹種之林分, 以其發育之狀態, 分布之疏密, 年齡之老幼等, 亦未可一概論也。良以鬱閉度, 陰樹林以視陽樹林大, 立木株數愈多者, 亦愈大, 同一林分, 幼齡者, 視老齡者亦大故也。

林分之鬱閉, 可分為垂直與水平兩種。即單層林之鬱閉為水平; 複層林於水平之外, 復可為垂直之觀察者也。而單層林之鬱閉度, 復可分為次列五級:

(一) 枝條先端之深相重複者, 謂之稠密 (Dicht od. Gedrängt; Dense)。惟此種程度之鬱閉, 僅於幼齡之陰樹林內見之耳。

(二) 枝條先端之略相重複者, 謂之完全 (Vollkommen; Complete)。乃於壯齡之陰樹林分中, 極為普通而恆見者也。若在陽樹林內, 則為最大之鬱閉度矣。

(三) 枝條先端相接觸者, 謂之中庸 (Mässig; Medium), 此於壯齡或較為高齡之陰樹林, 及生存於肥沃地之幼齡, 或壯齡之陽樹林內見之。

(四) 各林木之樹冠相隔離者, 謂之疏隔 (Locher od. Licht;

Broken), 此雖於已達伐期之陽樹林內常見之, 惟在陰樹林內則僅於間伐後見之耳!

(五) 林木疏立, 各林木間有大空隙之存在者, 謂之疏空 (Räumig, Räumlich, Lückig, od Durchlöchert; Open). 此於高齡之陽樹林內見之, 且尤以伐採後 (間伐受光伐及更新伐採等) 爲然. 不然僅於蒙風雪等害後見之耳!

若林分中有局部無立木之存在者, 謂之隙地, 或裸出地 (Lücke, Blösse; Blank).

林分鬱閉之大小, 關係造林者至鉅, 其足以影響於森林者, 可分爲 (一) 對於林木自身之影響, (二) 對於林地之影響, (三) 對於林地與林木間之空隙之關係等三項.

林分之鬱閉, 對於林木自身之影響中, 其主要者爲對於樹幹之形態 (Schaffform; Schaftform) 與生長及被害之關係. 林木密生, 其鬱閉度愈密, 則林木間之生存競爭 (日光養分) 亦愈烈. 其結果雖足陷樹冠發育於不良, 肥大生長於衰退, 惟以下枝枯落, 樹冠僅在上部之故, 樹幹枝條亦隨之稀少 (Astrein; Clean-boled), 而形成形狀完美品質優良之幹材. 然如鬱閉過密, 則不惟樹冠過小, 樹幹細長, 發育極爲不良, 即對於風雪之害, 抗力亦至微弱. 反之如鬱閉過疏, 有樹冠發育良好, 肥大生長旺盛, 及收穫 (木材) 增加, 抵力增強 (風雪) 之利. 然林木產生多枝 (Astig; Branchy), 且復削頂 (Abholzig; Tapering) 之木材, 亦爲不容諱言之事實也.

林分鬱閉, 對於林地之影響云云, 乃林冠對於日光、風、雪、及土壤之水分、溫度、暨腐植質之分解、雜草灌木之發生等關係是也. 凡

鬱閉疏時，雜草灌木既發生較多，腐植質之分解亦不免失之過激，馴致土壤乾燥，漸陷於硬化而損其地力。惟鬱閉過密，則以土壤過溼，溫度低降，及腐植質分解不全之故，復發生酸性腐植質土矣。

林分鬱閉，對於林地與林木之空隙之關係云云，乃林內之氣溫、溼氣、風力所及之影響是也。而此等因素，影響林地者更鉅。

第十章 林木之幹級

鬱閉之林分，林木之生活上，常與鄰接木相競爭，以林木之次第生長，其競爭亦隨之益烈，而林木間優劣之勢判矣。競爭結果，其優勝者壓迫周圍之林木，而生長益盛，反之，劣敗者為鄰接之優勝木所壓迫，生長衰退，而漸至於枯死。其競爭勝利，發育繁盛之林木，謂之優勢木 (Dominant trees)，支配木 (Herrschende Stämme) 或主林木 (Hauptbestand)。其競爭失敗，生長衰弱之林木，謂之劣勢木 (Dominanted trees)，被壓木 (Beherrschte Stämme) 或副林木、(Nebenbestand)，惟林木之優勢與劣勢云云，僅視當時區別者也。在現在情勢，固為優勢木矣，惟以林木之繼續生長，優勢木間仍不免於競爭，而復生優劣之分，劣勢木亦隨之而生，故優勢木之株數，可謂隨年齡以俱減者也。

優勢木與劣勢木，可比較其樹高，觀察其樹冠，而識別之。良以優勢木樹幹高大，樹冠發達，反之，劣勢木樹幹矮小，樹冠欠佳，其形狀且欠正常，識別固極易也。惟同為優勢木，或劣勢木矣，以林木生長，復有優劣之分，依其程度，可別為數個等級，謂之幹級，或樹型級 (Stammklasse; Crown classes)，幹級之分類如次：

(一) 優勢木，乃指由上層林冠構成所有之林木言也。屬於此等級之林木，以其樹高樹冠之發達程度及其幹形，復可分為二級如次：

第一級木 (Vorherrschende Stämme; Predominant trees) 凡樹高最大，樹幹最粗，樹冠發育最良，且復規則而呈正常狀態，幹形良好無疵之林木屬也。屬於本級之林木，對於陽光，除上方可獲充分照射外，即側方亦可有幾許直射也。

第二級木 (Mitherrschende Stämme; Codominant trees) 本級林木，以視第一級木樹高略小，樹冠略短，形狀亦欠完全而不規則。樹冠發育中等，以受側方壓迫，故其幹形亦不若一級木之良好也。樹冠雖可自上方得享充分之陽光，惟於側方則僅少量耳！本級林木，對於森林之處理特著重要之關係，故復可細別為下列五種：

- a. 樹冠之發展過甚，并廣為擴張，及其僅偏於上部為扁平之發展者。
- b. 樹冠之發展過弱，且樹幹頗為細長者。
- c. 介乎鄰接木間，樹冠無適當發展之餘地者。
- d. 為形態不良之前生樹，及樹形不健全之樹木，就中尤以分杈者為然。
- e. 被害木。

(二) 劣勢木樹高視優勢木為低，其不由上層林冠構成之林木皆屬之。此項林木，復可分為下列三級：

第三級木 (Zurückbleibende Stämme; Intermediate trées) 屬於本級之林木，乃林木中之生長遲緩者也。生長既衰，而復有若干生長力者屬之，上方雖得僅少日光之照射，側方則可謂全付闕如者矣。

樹冠既小，復欠規則，葉量既少，色亦欠佳。

第四級木 (Unterdrückte Stämme; Oppressed trees) 本級林木之特徵，其樹冠完全為鄰接之上級木所壓迫，且無論上方側方，均不克受日光之照射，故其高度甚低，生長衰退，樹冠甚小，發育欠佳。惟本級林木之被壓迫程度，可依下列二種情形觀察之：

一、以受鄰接林木之高壓未久，樹冠之上部，介乎主林木樹冠之間者。一、以鄰接林木之高壓已久，上長生長久經阻礙，而樹冠壓於主林木之下者也。

上述第三第四兩級林木，雖其木材利用之價值較小，然於林地之保護，及主林木之撫育(庇蔭樹冠，俾免副枝之發生等)，亦具相當關係，抑亦造林上未可蔑視者也。

第五級木 (Absterbende und abgestorbene od. dürre; Stämme, Suppressed or dying and dead trees) 本級林木，即所謂瀕死木與枯死木是也。惟闊葉樹中，所恆見之屈撓木 (Umgebogene Stämme) (尤以水青岡為甚) 及倒臥木 (Niedesgebogene Stämme)，亦隸屬也。

本級林木恆於副林木中第三第四兩級之林木見之。惟亦有本為第二級林木，甚或第一級林木，以枯死倒臥，而改屬第五級者。本級林木，對於土地之保護及主林木之撫育，可謂早無何種關係者矣。

以上各樹型級之林木，於林分中，究作若何狀態表現耶。凡地位中等以上之林地，每公頃之栽植株數為四千至一萬二千株之林分，其各級林木株數之百分率，據日本林學博士寺崎渡氏之調查表示如次(惟第五級林木中，將枯死木除去，僅列瀕死木及倒臥木耳)：

由下表觀之，則林分於開始鬱閉時，其優勢木占全林木株數之

栽植後年數	幹級		I%	II%	III%	IV%	V%
	樹種						
12	落	葉松	50	30	5	15	0
15	落	葉松	25	25	35	15	0
15	柳	杉柏	25	15	40	15	5
15	赤	松	20	10	45	20	5
20	柳	杉柏	15	10	25	45	5
20	赤	松	15	10	45	20	10

70%以上，就中第一級林木，則約占全株數之半，其鬱閉之任其自然者，數年而後，其優勢木便減至半數以下，多數第三級林木，即為林木之發育較遲者矣。惟就中立枯木，為數亦夥，祇未於表中列入耳！栽植後迄二十年許，不加處理，任其自然之林分，則柳杉扁柏林木之屬於第四級者，約占半數，赤松林中則以第三級木為最多，蓋以赤松為強陽樹，優勢木之林冠，較疏故也。

第二編 森林立地論

第一章 森林立地之意義

森林生育於一定區域之內，必有其一定之環境 (Umwelt; Environment)，其一定區域內之環境，植物學上謂之環境區 (Habitat)。造林學上謂之立地 (Standort)。德語之 “Standort.”，其意義蓋與英語之 “Site” 相近似也。造林學中之立地云云，普通分為氣候 (Klima; Climate) 位置 (Lage; Site) 及土壤 (Boden; Soil) 三因素。植物生態學中之環境云云，則於以上三因素外，復就生物的因素 (biotische Faktoren; Biotic factors) 詳加闡述，蓋合為四因素矣。

立地之三因素中，以氣候與土壤，直接影響於林木之發育，故謂之直接因素 (Dirkte Faktoren; Direct factors)。位置，則以其關係不若以上二者之顯著，故謂之間接因素 (Indirekte Faktoren; Indirect factors.)。

熱帶低地森林之相觀，至為繁茂，故其所由構成之樹種，草類，亦至複雜。如由此以漸登崇山，或由此而益趨寒地，則以氣候迥異，位置各別，而樹種亦隨之漸減，林型復益呈單調。至若低溼或砂丘地之土性特殊者，不論氣候若何，然其林型，必視一般較為單純，蓋森林生態之變化，幾全受立地重要因素之氣候，及土壤之特性支配故也。

在極圈地域內，土壤之物理的性質，雖不失為森林限界(Waldgrenze; Forest limit)之主宰，然如以森林之地理的分布論之，則毋寧列為從屬因素之為較妥也。若以一般植物，或森林生態以論其氣候與土壤兩因素關係之輕重，則自又不易為斷然之析辯矣。

各種植物，雖各有其新立地之適應力，然其適應力則自各有限度，而非漫無限制者也。在同一山地，以風向不同，植物感受之力，自因而各別，而溼氣雨量，亦隨之互殊，植物生長狀態，遂亦以是迥異。各種樹木，各有其適當之立地，例如杉與竹類，好生於溫暖之溪谷，而油桐好生於肥沃之山腹，水青岡則在石灰質土發育最良，馬尾松則於鹼性之地，滋繁極難，故當造林之先，應按照氣候土性，及地形等自然環境及經濟原則，以求樹種作業之選定，而圖合理適當之處理，初非一憑理想，而能貿然處置者也。

關於森林立地之探討，德國林學界近數年來，特與造林學分離而另立森林立地(Forstliche Standortlehre)為一種學科，以專供森林與氣候及位置土壤等三因素之相互因果關係之研討。余以國內年來各大學將森林立地學、離造林學而獨立講述後，深感弊多而利少，故於民國二十七年教育部討論大學農學院森林系課程時，曾力主仍歸列於造林學中，以免各種流弊，當經全體通過，而以部令頒布。故本書對於森林立地，另關專編，稱曰森林立地，或森林環境論。

第二章 氣候與林木之關係

林木之發芽、生長，仰賴其內部之貯藏物質固矣，然如此現象，必發於和暖之陽春，而不見於凜烈之嚴冬者何哉？蓋樹液流動，由於氣

溫之刺激，嗣以氣溫上升，而其發育亦漸臻旺盛，爾往即次第減退，迨及涼秋天氣，則已停止生長，嚴冬時節，遂呈休眠狀態，此蓋溫帶地方，植物生長之常態也。其冬眠之真因，雖尙待精確之研究，然氣溫之變化，實屬重要因素，固爲一般所公認，而無可異議者也。

陽光之熱，爲構成氣象現象之原動力，並爲植物同化作用(Assimilation; Assimilation)之媒介，蓋乃具有葉綠素(Chlorophyll; Chlorophyll)之高等植物，無機營養之原動力也。然以其光線之色彩不同，所予植物之影響亦異，植物固藉之以促進生長，然爲之發生阻礙者，亦比比然也。

土壤中水分，不惟爲樹體之緊張，養分之輸送，毒素之排泄，體溫之調節等，不可或缺之要素，而於攝取之養分中，亦需相當多量之水分。植物所需之水分，固須全部仰給於土地，然土壤中水分，仍復由於降落之雨水，雨水達於地表後，分向地中滲透，或向他處流失，或仍向空中蒸發，復凝結而下降呈不斷循環之現象。故降水之數量、次數，及土壤中水分之分配、供給、保持等各項問題，與林木之發育，均著密切之關係。學者之盛倡準是以評定地位等級者，非無故也。此蓋就土壤之理化學性質言也。願降水之數量、次數及其蒸發量之足以支配氣象狀態者亦鉅。其以過溼關係，馴致溫度低降，空氣缺乏，而陷植物生機於停頓狀態，終至死亡者，亦復比比然也。其降水與高溫，互爲因果之地，則每足促進植物之發育，以降水與溫度兩因素關係，對於森林發育，每呈各種不同之現象。

以氣溫不同，而發生之水平氣流(即風)，除足以助長花粉之媒介及種子之傳播外，復可促進葉面水分之蒸發，及樹體內部水液之

上升、循環，蓋乃促進林木發育不可或缺之要素也。然其害亦有不可勝言者在，搖動枝葉，有損同化之量，對於樹木發育爲害至鉅。至若暴風所及，折枝拔根，遂致枯死者，固尤屬恆見、而不一見也。

如上所述，氣象要素，對於林木發育，既有利害之別，故雖土性相同，每以氣候不齊，而發生不同之植物羣落 (Plant Community)。以氣候之寒燠迥異，其相觀，遂亦因之互殊。考高地，與高緯度地、平地、與低緯度地間之植物羣落、林型、及其生長狀態，頗多類似之點，究其所自，雖不能妄斷爲全由氣候型 (Climate type) 之不同所致，然以氣候型之不同，林業各種處理，亦隨之互異，要亦從事林業者所目覩而心會者也。茲述林木與氣候各因素之關係如次：

第一節 陽光

陽光 (Licht; Light) 爲林木生育上所必不可少之要素，蓋樹冠發育及同化作用，皆隨受光量而爲之左右，故林木生長之良否，謂之爲皆受陽光所支配，亦無不可。

光線如以分光機分析之，則呈赤、橙、黃、綠、青、藍、紫等七色帶，及赤外、紫外兩線，就中赤外線、熱線中，光線外力 (Energy) 之 80% 屬也。黃色及赤色線，主司植物之同化作用。青色及紫色線主司植物之生長作用。紫外線則爲化學線，對於植物生長，則反爲有害而無益者矣。

如置幼植物於暗處，其生長雖有反較在光線中爲良之白化現象 (或稱褪色現象) (Etiolment; Etiolation)，然一般林木，如與光線相隔絕，則未有能生長生存者矣。樹種對於光線之需要，因有多寡之

異，造林學上故有陰樹陽樹之別。然陰樹云云，亦絕非避免光線，而好生於庇蔭地區，發育暢茂之謂。僅特於微弱之光線下，仍能發育如恆已耳！生於林內陰溼地之地衣、苔蘚，則以易受紫外線之害，故恆匍匐於草類庇蔭之下，蓋其立地因素，對於豐富水分之要求，固尤視微弱光線為切要也。

生於密林間之下木，當幼齡時期，各種樹種，均具較耐庇蔭之特性，如在養分豐富，溼氣適度，氣候溫暖之地，其耐蔭之力，尤為強盛，然繼續繁茂於庇蔭之地，為絕對難能之事，結果惟有被迫漸次枯死已耳。林木種子發芽，應予以相當之光線，開花結實，則各需多量之光線，林緣樹之結實特富者，蓋乃顯著之事實也。造林學上將母樹周圍之林木，特予疏伐之處理，蓋亦不外乎增加母樹之受光量，以促進其結實而已。

光線雖為林木生長之重要因素，然地球上光線之照射，可謂到處普遍，不若溫度分布之以緯度、海拔而迥異者然。且光線雖有強弱之分，然亦未有以其強弱，而致陷樹木於不能生存者（以林冠鬱閉林內光線不足，致妨礙樹木生長者，自當別論）。換言之，光線自身，固不若溫度、溼氣、風等之足以支配樹木之分布者然，陽光於立地論中，雖不若其他氣象因素之須深加攷慮，然對於森林之處理，實具密切之關係，誠亦不容等閒視也。

第一目 陽光與樹性之關係

林木之耐蔭性(Schattenerträgnis; Tolerant of Shade),乃造林學上所認為重要之性質也。林木之耐蔭力，雖以各種關係而略有變化，然普通則視樹種以為轉移。自幼樹時代始，即乏耐蔭力，而需多量之

陽光，並好侵入裸地之樹種，謂之陽樹，或需陽樹 (Lichtholzarten; Intolerant tree or Light demanding)。易受強度陽光之害，而自甘生育於僅少陽光之庇蔭地者，謂之陰樹，或耐蔭樹 (Schattenholzarten; Tolerant tree or Shade bearing)。其介乎二者間者，謂之半陰樹，或中性樹 (Halbschattenholzarten; Moderate shadebearers, Intermediate tree)。

林木在幼樹時代之耐蔭性，亦足爲其樹性陰陽判斷之徵。一般覆蔽於庇蔭之下，得以發育之陰樹，如移之裸地 (Ödeland; bareland, wastland)，即易遭諸害侵凌，故當其幼時，如無保護樹，以資庇護者，倘有若干庇蔭，即感繁茂異常矣。惟陰樹之耐蔭性，亦僅限於幼時爲然，待達相當年齡時，則亦受光愈富，而發育愈盛，蓋其性固絕非特愛夫庇蔭者也。

凡同一樹種之林木，其葉之生於背陽與向陽方向者，其形態完全不同。一般生於背陽方向者，視向陽方向者，全形大而肉質薄，其內部組織，細胞列少而疏，空隙多而氣孔少，故雖於弱光下，得以充分利用其性能，且以具有抑制蒸發之力，故光量雖弱，仍能安全生長。至其葉形相異之點，在闊葉樹，頗易識別，針葉樹，則大體相若。例如冷杉林下幼樹之葉，及大樹枝條基部之葉，以視生於枝之先端者，葉厚爲其三分之二，寬與長度均過之，而葉裏氣孔，則僅及半數而已。

如將生於庇蔭地之水青岡，移植於向陽之地，或將其生於向陽地者，移植於庇蔭之地，雖於若干期間，於新立地內，仍能保持其在舊立地(即以前所存在之立地)上之性質，然爾後，即漸次改變，而呈其適應新立地之形態矣。

以庇蔭地光度薄弱，故葉於陽光為謀盡其最大限度之利用計，務向與其光線成直角之位置，相擴展，庇蔭地林木之枝，恆細柔而下垂者，蓋亦便於葉與陽光相接觸也。此種姿態，凡生於原生狀態森林下之冷杉、雲杉等耐陰性幼樹中，所恆見也。惟是項樹類，如生於陽光直射之處，則其枝條姿態，類多斜立，而其葉復與光射方向成銳角之位置擴展，俾減少其受光之量。茲就樹性陰陽，以覘其葉部之組織，及其形態之不同。

(一) 葉部組織。

樹性別	葉質	柵狀組織	海綿組織	氣孔	葉綠素	角質細胞膜
陽樹	薄	發達	不發達	多	少	不發達
陰樹	厚	不發達	發達	少	多	發達

(二) 葉部形態。

樹性別	葉柄	葉身	葉脈	毛茸	表裏	蠟質
陽樹	長	小	細密	少	不分明	不發達
陰樹	短	大	粗疏	多	分明	發達

樹性陰陽，識別至難，茲綜各家研究，述其要點如次：

- (一) 針葉樹之落葉者為強陽樹。
- (二) 針葉樹之葉身為針形者，為陽樹；其扁平或呈鱗片狀而表裏分明者，為陰樹。
- (三) 闊葉樹之常綠者為陰樹，落葉者為陽樹（惟南半球除外）。
- (四) 闊葉樹之葉身扁平，表裏分明，葉質堅厚者為陰樹，反之，為陽樹。

(五) 枝葉之密生者爲陰樹，反之爲陽樹。

關於樹木耐蔭性之順序，林學者所見，亦各不同，故一定順序頗難確定，茲舉各林學家之分級如次，以資參攷。

(一) 畢拉 (Bühler) 氏之分級：

(1) 冷杉 (*Abies alba*)，紫杉 (*Taxus baccata*)。

(2) 水青岡 (*Fagus silvatica*)，見風乾 (*Carpinus Betulus*)，栗 (*Castanea sativa*)。

(3) 榆 (*Ulmus glabra*, *U. laevis*)。

(4) 白蠟樹 (*Fraxinus excelsior*)。

(5) 山槭 (*Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides*)。

(6) 雲杉 (*Picea abies*)。

(7) 櫟 (*Quercus robur*, *Q. petraea*)。

(8) 椴 (*Tilia Platyphyllos*, *T. cordata*)，黑赤楊 (*Alnus glutinosa*, *A. incana*)。

(9) 白松 (*Pinus strobus*)。

(10) 樺木 (*Betula pendula*, *B. pubescens*)。

(11) 黑松 (*Pinus nigra*)。

(12) 山松 (*Pinus Mugo*)。

(13) 落葉松 (*Larix decidua*)。

(14) 赤松 (*Pinus silvestris*)。

上表乃由畢拉氏於德國瑞士各種森林內，各設若干實驗區，或播各種樹種之種子或植各種樹種之苗木，以觀察其發芽及發育之狀態，且復周遊歐洲中部各地，詳加觀察，綜其結果，而製爲中歐樹種

耐陰順序者也。

(二) 格依爾(Gayer)氏之分級:

- (1) 紫杉, 冷杉.
- (2) 水青岡.
- (3) 見風乾.
- (4) 雲杉.
- (5) 槭, 椴, 白松等.
- (6) 黑松, 黑赤楊, 榆等.
- (7) 山松, 栗, 白蠟樹, 櫟等.
- (8) 柳(*Salix alba*), 白楊(*Populus tremula*)等.
- (9) 落葉松, 樺木等.

(三) 馬依耶(Mayr)氏之喬木分級:

陰樹類 紫杉屬(*Taxus*), 水青岡屬(*Fagus*), 冷杉屬(*Abies*), 雲杉屬(*Picea*), 鐵杉屬(*Tsuga*), 黃杉屬(*Pseudotsuga*), 側柏屬(*Thuja*), 羅漢柏屬(*Thujopsis*), 金松屬(*Sciadopitys*), 七葉樹屬(*Aesculus*), 櫟類(*Quercus*, *Castanopsis*, *Lithocarpus*)及其他常綠闊葉樹.

半陰樹類 見風乾屬(*Carpinus*), 椴屬(*Tilia*), 槭屬(*Acer*), 白蠟樹屬(*Fraxinus*), 榆屬(*Ulmus*), 赤楊屬(*Alnus*), 白松, 山松類, 扁柏屬(*Chamaecyparis*), 肖楠屬(*Libocedrus*), 柳杉屬(*Cryptomeria*), 世界爺屬(*Sequoia*), 相思樹類(*Acacia*), 青岡櫟(*Quercus glauca*)等.

陽樹類 櫟及櫟類, 松類, 落葉松屬(*Larix*), 柳屬(*Salix*), 白楊

屬(Populus), 落羽松屬(Taxodium), 落葉厚朴屬(Magnolia), 鵝掌楸屬(Liriodendron)等。

(四) 本多靜六氏之分級:

(1) 羅漢柏, 金松, 紫杉等。

(2) 榧, 白檜, 雲杉, 沙松, 赤蝦夷松, 榎松, 鼠子(黑檜), 冷杉, 日光冷杉, 青森榎松, 鐵杉, 日本黃杉, 米鐵杉, 黃楊, 水青岡類, 竹柏, 山茶, 青岡櫟類, 椎(青岡)類等。

(3) 蝦夷松, 榕, 赤榕, 羅漢松, 棕櫚, 樟, 扁柏, 花柏, 七葉樹等。

(4) 榆類, 赤楊類, 白蠟樹類, 紅楠, 鵝耳櫟, 千金榆類, 姬小松, 圓柏, 五針松, 槭類, 枳椇, 櫻類, 杉, 水胡桃, 樸, 糙葉樹, 厚樸, 連香樹, 楸, 槐, 菩提樹類, 高麗槐等。

(5) 柳杉, 櫟, 柳類, 刺楸, 枹類, 榲, 栓皮櫟, 海松, 黃蘗, 泡桐等。

(6) 黑松, 赤松, 樺類, 栗, 側柏, 棟, 漆, 木蠟樹, 公孫樹, 白楊, 美國白楊類, 洋槐, 梧桐, 遼楊等。

(7) 落葉松, 色丹松, 樺木類等。

註: 1.—3. 陰樹類; 4. 半陰樹類; 5.—7. 陽樹類。

綜上四表觀之, 如雲杉, 則畢拉氏及格依爾兩氏列於中庸之半陰性樹類, 馬依耶氏則列於陰樹類, 本多氏則列於第二級陰樹類中, 各不相同, 其各不相同之原因, 雖由於尚無精密實驗之所致, 然樹種之陰陽, 固與年齡、地力、氣候有密切之關係, 而絕非一定不變者也。我國樹種之陰陽性, 據著者觀察所及, 略舉如次:

(一) 陰樹類 紫杉, 羅漢松, 雲杉, 冷杉, 鐵杉, 竹柏, 山茶, 黃楊, 石楠, 檜, 栲, 青岡櫟, 楠, 枸櫞等。

(二) 中性樹類 杉、柳杉、圓柏、油杉、柏木、沖天柏、側柏、杜松、華山松、海松、胡桃、槐、連香樹、枳、榧、榆、樺、白蠟樹、鵝耳櫪、烏桕、栗、櫟、銀杏、泡桐等。

(三) 陽樹類 落葉松、黃花松、水松、金錢松、馬尾松、黑松、白楊、洋槐、樺木、柳、鹽膚木等。

第二目 樹性與環境及造林之關係

樹性陰陽，除樹種外，與年齡、氣候、地力、溼氣、及位置等均著密切之關係，故從事造林之際，應善為適應，俾獲合理之經營。茲分別述之如次：

(一) 年齡 林木之耐蔭性，幼樹最大，爾後以年齡愈增，而隨之愈減。普通陽樹當幼年時代，亦有具有若干耐蔭性者，惟其期間，以視陰樹相去遠矣。陰樹特徵之表現，於幼年時代為最著，中年而後亦復傾向陽樹，爾後陰陽樹間耐蔭性，遂復相差無幾矣。其耐蔭性，隨年齡增加而漸少之程度，亦以樹種而著異。所有各樹種之耐蔭等級，應就林木之幼年、中年、老年而調查之。此畢拉氏關於林木耐蔭性之調查，所以分為十五至二十年，及二十至三十年（或復逾此）等各種者也。例如歐洲櫟，當幼樹時，其耐蔭性雖較大，迨二十至三十年許，或更超過此年齡時，則便激變為陽性矣。如仍予以庇蔭，則不惟高生長為之激退，即樹冠形狀亦隨之變化，終至枯死而後已。山楸、白蠟樹，在幼時亦極陰性，中年而後對於陽光不足之感應，便極銳敏矣。日本林學博士植村恆三郎氏謂：「歐洲冷杉之耐蔭性終視歐洲雲杉為強，惟於庫頁島（樺太）森林中觀察之結果，則椴松幼時（十年生以內），雖視蝦夷松為陰性，惟自三十年生而後，青椴松反視蝦夷松為

陽性矣」。河田杰氏則謂：「槭於幼樹爲陽性，迨及老齡，反呈陰性，樺幼時好生於陽光直射之處，中年而後，其發育漸趨於陰性，爾後再呈陽性，則與一般通例，迥異者矣」云。

(二) 地力 陽樹自幼對於外界敵害抵抗力強，對於瘠瘠土壤，亦復銳於適應。其種子類量多而質輕，以便於散布。闊葉樹類復萌芽力強，莫不於幼時迅速生長，早日成林。惟以幼時生長過速之故，亦隨之早衰，而類短命。其能保持壽命，以保殘木 (Überhalter; Hold over) 混生於天然林間者，僅少數耳！

至若陰樹，則對於立地之選擇較嚴，地力過劣之處，恆不易發育，幼時生長既遲，對於外界敵害抗力亦弱，非於保護庇蔭之下，恆難健全發育，生長期間亦較持續，而享遐齡。其立地如能相適，則中年而後，不難壓倒陽樹，而爲林地之支配者矣。原生林中之占優勢者，即陰樹也。

故當實地造林之際，如其林地，本屬荒廢，則其樹種應先選用陽樹，待土質經相當改善後，始再改用陰樹，故陽樹爲荒地造林之先驅者(開拓者)，而陰樹乃繼陽樹而起之定着者也。柯克來 (Kümkele) 氏曾將各學者關於歐洲各重要樹種性質之調查結果，廣爲搜集，製爲表格，其於樹種之先驅定着，頗爲詳明，附列如次，用資參考：

下表所示，似與樹種陰陽性之一般傾向，既多例外，且其等級復極迥別，蓋以國土互殊，性質各別，固不可以一概論也。

著者於江蘇實地從事造林時，凡地表暴露，極端荒廢之地，其造林樹種，必採用馬尾松，其較佳者爲櫟，尤佳者則爲杉與竹矣，若強而爲之，則未有不失敗者。

先驅者		定着者	
短命者	赤楊—樺木—松—雲杉—落葉松—水青岡—冷杉—桤	長壽者	
樹高較低者	赤楊—樺木—水青岡—桤—松—落葉松—雲杉—冷杉	喬大者	
早熟者	樺木—赤楊—松—落葉松—桤—雲杉—冷杉—水青岡	晚熟者	
結實豐富者	樺木—松—雲杉—赤楊—落葉松—冷杉—桤—水青岡	結實稀少者	
種子易於散佈者	樺木—赤楊—松—雲杉—落葉松—冷杉—水青岡—桤	種子不易於散佈者	
礦物質土壤中及芽發育者	松—樺木—冷杉—水青岡—雲杉	腐植質土壤中及芽發育者	
幼時	需光性	落葉松—樺木—松—桤—赤楊—雲杉—水青岡—冷杉	耐蔭性
	生長迅速	樺木—落葉松—赤楊—松—桤—雲杉—水青岡—冷杉	生長遲緩
	凍害輕微	樺木—松—赤楊—松—桤—雲杉—冷杉—水青岡	凍害劇烈
旱害輕微	松—落葉松—樺木—桤—水青岡—冷杉—雲杉—赤楊	溼潤地乃至陰溼地	
樹皮粗糙	松—落葉松—桤—樺木—赤楊—雲杉—冷杉—水青岡	樹皮平滑	
落葉易分解	落葉松—樺木—赤楊—桤—松—水青岡—冷杉—雲杉	落葉難分解	
風害輕微	桤—落葉松—赤楊—樺木—松—冷杉—水青岡—雲杉	風害甚烈	
適應力強	樺木—松—赤楊—雲杉—落葉松—冷杉—水青岡—桤	適應力弱	
初期移植	樺木—松—雲杉—桤—赤楊—冷杉—水青岡	冰河時代以後	
分布地域廣大	樺木—松—雲杉—赤楊—桤—水青岡—冷杉—落葉松	分布地域窄	
普遍性	樺木—赤楊—松—桤—雲杉—水青岡	集團性	
發生混交	樺木—赤楊—桤—松—雲杉—水青岡	集團混交	
孤立木帶	樺木—落葉松—松—赤楊—桤—雲杉—冷杉—水青岡	森林內防風地帶	

(三) 濕氣 樹木除少數例外外，一般陰性樹，每好生於濕潤之地，陽性樹以耐旱之力較強，雖乾燥之地，仍堪適應，而獲滋繁。乾燥之地，除於陽樹庇蔭下，尚可覓得陰樹蹤迹外，至暴露之地，早經絕迹矣。嘗見川滇道上，於四川境內，以原有森林尚未完全破壞，土中

及空中溼氣，均較豐富，故杉與柏木，(Cupressus funebris) 發育亦頗優良，至入黔境則森林破壞較烈，濕氣較少，杉與柏木蹤跡漸稀，凌風獨茂者，僅雲南松(Pinus yunnanensis)耳！入滇境，則林相益劣，溼氣益減，杉與柏木亦復絕迹，其領域幾為雲南松所獨占矣。此溼氣量影響陰陽樹類分布之明證也。在同一地點，則山谷及山陰，溼氣較豐之地，類為陰樹分布繁茂之區，及陰樹造林適應之地，陰性樹以能維持林相鬱閉於不敝，故林地內溼氣量，亦得賴以保持，俾永維林內土壤於適潤狀態，而適於次代森林更優樹種之選擇。

(四) 方向 光線之強度，隨其斜面方向而著異，光線不論直射與反射，北方視其他三方為獨少，東、南、西三方所感受之光量，雖在密林中，仍視北方之疏林中為夥。前方之反射光線，以南方為最強，東西兩方次之，而以北方為最弱(陰天無甚差異，晴天則南方之光量為北方之三倍餘)。至開放之暴露地，則其上方光線，視前方反射光線為尤夥，且復具強大之作用。日照時間較少，感受光量較弱之地，恆地力較優，而水分較富，故較適於陰性樹之發育。山谷視山頂日照之時間較少，故其環境較優，而林木之發育亦較佳，其明證也。反之，若暴露地則地力最劣，水分最少，則僅可為陽性樹之栽植，決非陰性樹之所可夢想者矣。德國魏士納(Wiesner)氏就陰天晴天照射垂直面之前方光線之強度，作各方位比較研究，其結果如次：

方	位	晴	天	陰	天
由	北	1.00		1.00	
由	西	1.19		1.23	
由	東	1.25		1.17	
由	南	3.12		1.33	
全日中午光線強度		4.50		2.70	

(五) 緯度 凡樹木之生於氣候溫暖之地者，其耐蔭性亦視生於寒冷之地者為大，熱帶樹木之耐蔭性，視寒帶樹木為強者，非無故也。德國魏格納 (Wagner) 氏謂：「生育於高緯度之樹木，類呈陽性」，蓋高緯度地帶氣溫低，生育期間短，植物為求自身發育計，殆非飽浴陽光，不為功也。一年間日照時數，由高緯度往低緯度，而漸次增加，海岸地視內陸地，其日照之時間亦久。

第二節 溫度

空氣之溫度，簡稱曰氣溫 (Temperatur; Temperature)，乃由太陽之熱，輻射地面，使之生熱，并使空氣之與地面相接觸者，隨之溫暖，次第上升，以交流 (對流) 作用而上層氣溫亦隨之俱增矣。

一日間氣溫，因日出而地溫遽增，而氣溫亦隨之俱增，午後二時，氣候呈最高溫度，爾後又復下降，夜間以放熱而冷卻，至日出時，而始停止，故日出前，氣溫亦呈最低溫度。一日間氣溫之變化，以天氣 (陰晴雨)、季節、緯度，及地位、高度而各異致。晴天視陰雨之日，其溫差 (Temperaturunterschied; Range of temperature) 恆大。日間有雲蔽日，日照被阻，故溫度低。夜間密雲蔽空，熱氣難消，故溫度高，太陽當正午時位置愈高，變化愈大，故夏季之溫差，亦視冬季為大。太陽高度相同之時，其溫度變化，春季亦視秋季為多。每日溫差，在低緯度地，其變化亦隨之而增加。於赤道附近，則晝熱夜寒，呈正常之變化。若在高緯度之南北兩極，則一日之間，寒暑不齊。若以地位言，則其變化，海上為一至一·五度時，沙漠地則為十四至十六度，且有竟達二十或十三度者。海洋氣候地，溫度之變化甚少，大陸內部至

爲劇烈，故海陸之分布，對於該地氣溫變化，影響至鉅也。丘陵、山岳，及傾斜面之凸面，一日間溫度之變化，恆視平地少。反之，溪谷窪地之凹面，則其變化恆大，故山腹、山頂，一日間之溫差，以視低窪山谷，僅幾希耳！在同一緯度之地，以高度不同，雖鄰接之地，其溫度亦爲之迥異也。一年間氣溫，冬日以日出時之七時爲最冷，在下午二時以前爲最熱。夏日以日出時之五時爲最冷，在下午二時以前爲最熱；良以地面感受太陽熱最多之時爲夏至（六月二十二日），最少之時，爲冬至（十二月二十二日）故也。惟實際年中最冷最熱之時，並不在乎冬至夏至，最熱時在夏至後之大暑（七月二十二日），相當於陰歷六月中旬，最冷時在冬至後之大寒（一月二十二日），相當於陰歷年底也。一年間氣溫之變化，以海陸之分布而迥異，蓋以氣溫爲主宰之地熱之發散，陸面視水面，其影響至大故也。大陸內部之最高與最低之溫差，視海岸島嶼爲大。緯度之高低，關於一年間溫度之變化者亦鉅。高緯度之處，其變化恆多，雖年照射變化較少之低緯度地，而有週期性雨季之地，其變化亦較多。熱帶地方，每月平均氣溫之變化雖少，然在中緯度及高緯度地，則變化較多矣。

氣溫之垂直的變化，以地形影響，而極爲複雜。以高度增加，而漸次降低之事實，雖可認爲與緯度並無一定之關係，然從地面每上升一百公尺，氣溫遞減攝氏一度（實際氣溫之遞減，平均爲 0.57 度），則自熱帶以迄緯度 60 度間，其變化可謂大致相若也。其降低比率，乾燥地恆視溼潤地爲多，若山岳地與同高之自由空地相較，其溫度亦恆不免略低。中緯度及高緯度地山岳之南側，其高度增加之溫度降低率，亦視北側爲大。

第一目 溫度與林木生長之關係

植物之發芽、生長、開花、結實，均需一定之熱，氣溫通常以寒暑表之觀測，決非直接用以指示空氣熱量，乃僅足表示空氣之熱度已耳。故其觀測所得之溫度值，決不足以窺樹木生長與溫暈關係之全豹者也。

溫熱為促進植物呼吸，及蒸發與同化作用之主宰，其於植物生活上，蓋與陽光為不可或缺之原動力也。無論何種植物，必有其開始發育所需之最低溫度 (Minimum Temperatur; Minimum Temperature)，其最適於發育之最適溫度 (Optimum Temperatur; Optimum Temperature) 及足以妨礙或停止其發育，終或不免陷植物於死亡之最高溫度 (Maximum Temperture, Maximum Temperature) 等三種。然此三種溫度，不惟以植物種類而異其程度，即同一種類，以其部位 (葉根等)、季節等關係，及發芽、生長、開花，結實等機能，復變化無定。在同一生長期間，其最適溫度，亦復不齊。最適溫度對於林木生長所及之影響，復以氧氣及土中鹽分含量，暨光線之強弱等關係，至為複雜也。

普通闊葉樹之發育，視針葉樹為繁茂，而所需之溫熱亦較高，故熱帶溫帶中闊葉樹不惟種類較多，且復發育亦盛，寒帶則僅有針葉樹種巋然獨茂而已。

種子之發芽，及生長所需之溫熱，以視開花結實，其量頗微。溫熱對於植物生長之關係，以各種立地因素，變化極繁，惟所引為遺憾者，關於林木之是項研究，尙付闕如耳！茲將日本中川源三郎氏關於樹類之發芽及開花之最適溫度之試驗結果，列表如次：

樹 類	最 適 溫 度		樹 類	最 適 溫 度	
	發 葉	開 花		發 葉	開 花
忍 冬	3		蘋 果	8	8
櫻	9	9	桃	8	6
連 翹	5	9	櫟	12	
桑	10		杏		6
胡 桃		12	薔 薇		12
柳	6	5	栗		17
梅		5	梨		8
葡 萄	11	16			

據法國格斯帕倫(Gasparin)氏,關於果樹果實成熟最適溫度之試驗結果,列表如次:

樹 類	果實成熟之最適溫度	樹 類	果實成熟之最適溫度
葡 萄	13	櫻 桃	16
胡 桃	18	梅	18
杏	18		

德國裴法爾(Pfeffer)氏於其所著植物生理學中,對於林木生長溫度之記載,其最適溫度為二十四至三十四度,最高溫度為二十六至四十六度,最低溫度為〇至十六度云。

惟樹木生長,與溫度高低之關係,以立地關係,而有未可一概論者。聞西比利亞之耶克斯克(Yakutsk)地方,有堪於攝氏零下六十度播種之樹種,而熱帶植物有於攝氏二至五度時,即行凍斃者矣云。

凡溫度之最適於各該樹種之發育之地，謂之最適鄉土，或中心鄉土，或僅稱曰鄉土 (Klimatischer Optimum; Region of Climatic Optimum)。其溼度，視最適鄉土溫度略低之地，謂之寒冷鄉土，略高之地，謂之溫暖鄉土。若從事於各種樹種分布區域之觀察，即不難作三種鄉土之區分也。然植物對於鄉土以外之氣候，亦具有適應之特性，此種現象，即所謂氣候順化 (Aklimatisation) 是也。以是而形成之變種，謂之氣候的變種 (Klimarasse od. Klimavarietät; Climatic variety)。至氣候順化之程度，亦以樹種不同，及其生活機能，而迥異其趣。若將樹木由最適鄉土，而移植於溫暖鄉土，則不惟較易，且可植之地域亦廣，而其每年生長期間，亦可約略延長，益以葉面葉量增加之故，其生長量亦復隨之增加，而鬱閉之形成，結實之時期，亦復與之俱早，萌芽力亦隨之增強。緣是樹勢亦不免早衰，而該樹之所要求於地力者，反不若水分(空中及地中)之切，此造林上亦當注意者也。其為是項立地之造林者，其距離，伐期，及更新年限之選定，及其他處理之方法，均應酌量情形，善為趨避，以資適應。如由最適鄉土，移植於寒冷鄉土，則不惟最難，且可植之地域亦狹，其現象要適與前者相反也。要之，林木距鄉土愈遠，則抗力愈弱，被害愈易，需人為之保護愈大，造林之成功愈難，故樹木務就鄉土內(且以中心鄉土為尤佳)，或氣候極相似之處，從事造林，最為安全。然造林安全之地，未必即為收益最大之地，良以一般樹木，於溫暖鄉土，其幼樹生長，恆視最適鄉土為佳，凡營林之求縮短伐期者，則移之較溫暖鄉土，抑亦不為無益也。惟在溫暖鄉土，其幼時生長雖速，然中年以後，便呈激退之象，終非產生大材者所宜用耳！

第二目 溫度與森林界限之關係

氣溫關係森林之成立，及樹木之發育者至鉅，在氣溫極低之地，樹木不惟不易為喬大之生長，且氣溫愈低，則漸次矮小，而終成灌木，爾往則無論如何樹種，俱難發育，而漸趨絕跡矣。故試就高山而觀察之，則山麓附近為造林地域，其上為森林地域，再上為灌木地域，更上則為積雪地域矣。森林地域，復可依據林相，分為鬱閉森林與疏散森林兩區。後者即呈漸向灌木地域推移之勢者也。其鬱閉森林地域之終點限界，謂之森林限界 (Waldgrenze; Forest limit)。而疏散森林地域之終點限界，謂之樹木限界 (Baumgrenze; Tree limit)，森林限界與樹木限界，自低緯度地至高緯度地，而漸次低下，迨抵極地，則終與海面相一致矣。故森林限界，復可依其地勢而分為水平（極地）與垂直（高山）兩種。

馬依耶氏云：北半球之五、六、七、八、四個月，南半球之十一、十二、一、二、四個月之平均溫度，謂之四個月溫度 (Tetratherme)。森林之成立，即以此溫度為標準者也。此四個月之溫度，以攝氏十度為森林限界溫度 (Waldgrenztherme)。凡四個月溫度之在此森林限界溫度下者，即無森林之見及矣。惟馬依耶氏，所謂森林，係指由樹高八公尺以上之林木所形成者云。

北半球陸地，為海面之二倍半，而南半球海面為陸地之十倍，故南北兩半球之氣候，迥異其趣。北半球之氣候，除海岸地方外，所謂大陸氣候是也。寒暑均趨極端。在四個月溫度攝氏十度之地，冬季四個月之平均溫度為攝氏零下五度，而年平均溫度僅為三度。南半球之四個月溫度十度之地，冬季平均溫度約為五度（雖極寒之時，亦不

致降至零度以下)，年平均溫度八度，已漸迫近森林界限。然北半球年平均溫度攝氏八度以下之地，冬季雖極嚴寒，而復較長，然蒼鬱森林，仍復遍地皆是，而為世界木材一大寶庫，此無他，蓋由於夏季溫度較高故也。

故年平均溫度之高低，對於森林之成立，可謂並無直接關係。南半球以季節變遷較緩，寒暑推移欠著，故無落葉樹林，雖在森林限界之地，亦僅由常綠闊葉喬木，變為常綠闊葉灌木已耳！要之，森林之成立，冬季溫度，遠不如夏季中植物生長季節溫度之切要。故在夏季高溫度之北半球平地，與南半球較，其緯度高度雖超過之，仍有森林分布也。

水平森林限界，在歐洲西部及美洲西部，以南來暖流關係，而自北緯六十五度進展至七十度，亞洲東部及美洲東部，以北來寒流，及寒風關係，而自北緯五十五度退縮至五十度。故在東海岸已達森林限界之地而在其同緯度之西海岸，則猶為花旗松、雲杉、松、櫟等重要美林之所在地焉。

垂直森林限界，關係緯度之高低者至鉅。如由低緯度地而向高緯度地前進，以其緯度之增加，而其限界亦隨之漸降，最後且與水平森林限界相一致。垂直森林限界，以距赤道愈遠而愈降，其比例南北兩球並不一致，北半球以傾斜較急，故在北緯十八度之地，其森林限界，已降至三千五百公尺以下，樹木限界，則較森林限界恆約高一百至二百五十公尺許云。

森林限界之氣溫，普通以七月溫度之比較為標準。歐洲中部之垂直森林限界之七月溫度，在攝氏十度左右，而頗與水平森林限界

十度之地相一致。據馬拉克 (Marlk) 氏之研究，則謂阿爾卑斯山 (Alps) 東部，七月溫度平均一〇·六度，而據許洛太 (Schröter) 氏之研究，則謂瑞士山地爲七·七五至一〇度，或間爲十一至十五度，或復過之云。而馬拉克氏則謂奧國境內之阿爾卑斯山，五月至九月間之全生長期間之五個月平均溫度，在森林之上部限界，平均爲八·二六度云，然亦有因其山岳而致相差〇·五至一〇度，或間達三·七度者。至於歐洲中部，各地之森林限界，五個月溫度爲五·八至一〇·三度，普通爲八至九度，平均爲八·五度，森林界限之年平均溫度，瑞士與奧國阿爾卑斯山 (海拔1800—2000公尺) 均在二度左右，故在歐洲大陸，可將年平均溫度二度，爲垂直森林限界溫度觀也。

垂直森林限界，雖於同一山嶺，以其山腹之方位，及其傾斜而異其高度。普通南方恆視寒冷之北方及較寒之東西二方爲高，恆相差三百公尺。傾斜愈急，相差愈鉅，若在傾斜四十五度以上之高山，南北兩方，其差有達五百公尺者。抵北緯四十八度以上，而傾斜六十度之地，則其北方類已不能感受日光矣。據殷霍夫 (Imhof) 氏之研究，則謂瑞士山地之森林限界，以西南方爲最高，東北方爲最低，相差達一百公尺云。據奎爾伐 (Quervain) 氏之研究，則謂在阿爾卑斯地方之森林限界，其正午溫度無論何山，俱各一致，六月爲一〇·五度，七月爲一三·二度，八月爲一三·〇度，九月爲一〇·五度，正午溫度在零度以上之日數，爲一百六十或二百日云。

垂直森林限界之高度，雖同一地方，以地勢不齊，而迥異其趣。凡山岳之孤立，及其在沿海地方者，視內地山脈之爲重巒疊嶂者恆低。據日本林常夫氏之觀察，謂日本北海道中央高地之森林，上部限

界爲一千三百公尺左右，而其沿海兩側所有山嶺，約低六百五十公尺左右云。

溼地之停滯水溼，在植物生長季節，亦具寒冷空氣之作用，故亦是影響森林限界之低降。彼水溼，雖與其周圍略高之乾燥地森林之存在無關，然發生高山植物，而達森林限界，要亦不爲無因者也。

以天然人爲關係，森林中所形成之空隙，以視原有分布略爲寒冷，故溫帶林（水青岡）上部，寒帶林（雲杉樺木）之內，所生之霜穴（Frost-loch; Frost-hollow），每呈高山之灌木林狀，蓋亦溫度所使然也。此種霜穴中，欲再事造林，以恢復其溫暖之氣候，實爲今日造林上一大難題，良以欲以森林自身以溫暖其附近氣候，並增高其森林限界，較爲不易故也。故一時將其森林消滅後，其森林限界之低降，與緯度、海拔、及方位等各因素所形成者，無復二致也。

水流之對於森林限界之影響亦鉅。大河之由暖地而流入寒地，或由寒地而向暖地流入者，尤爲顯著。山間之寒冷水流之流出，例如以由阿爾卑斯山向斯華卑巴耶爾（Schwäbischbayerische）高原流出之河流，遂使雲杉侵入其水青岡帶內。他如以自南向北而流之顏尼色（Jenissci）及列那（Lena）兩河之關係，遂使其附近所有之雲杉帶，視其固有森林帶，約北進十度許云。

第三節 溼度

瀰漫空中之水蒸氣，謂之溼度，或溼氣（Lauffeuchtigkeit; Humidity or Moisture），此水蒸氣之量，隨地方與時間而無一定，其量之表示，或以容量，或以重量，惟普通以空氣一立方公尺容積中，所含

水蒸氣量，凝結為水之重量（以公分“gr”為單位）示之，此即所謂絕對溼度（Absolute Feuchtigkeit; Absolute Humidity）是也。

空氣中所含水蒸氣之極限，以溫度而異致，溫度愈高，則其飽和（Sättigung; Saturation）所需之水蒸氣量，亦隨之愈增，故每有高溫度時，空氣中雖含多量之水蒸氣，而尚未飽和，低溫度時，空氣中雖含少量之水蒸氣，而已達飽和之現象，此空氣乾燥溼潤之所由分也。飽和所需水蒸氣量，與現在所有水蒸氣量（即絕對溼度）之比，而以百分率示之者，謂之相對溼度，或關係溼度（Relative Feuchtigkeit; Relative Humidity）。絕對溼度達極限，即空氣中溼度已達飽和時，每以溫度上升，而相對溼度為之下降，反之、溫度下降時，則水蒸氣之一部，已凝結為水矣。

溼度對於生物之關係，以相對溼度為主，絕對溼度，作用極微，如相對溼度降低，則便感空氣乾燥，若見增高，便覺溼潤矣。當水蒸氣含量相同之際，如溫度增高，則相對溼度便為之減少。反之，如溫度降低，則相對溼度便為之增加。溫度之外，風與水蒸氣量增減之作用亦鉅。

水蒸氣之重量，占空氣之八分之五，在同一壓力下，氣體之溼潤者視乾燥者為輕，故能不絕上昇，然抵空氣上層時，以溫度較低，故上昇之氣體，復漸次冷卻，相與凝結，而成雨雪，而復漸次下降，此空氣上層，缺乏水蒸氣之所由來也。

相對溼度，依高度而減少之比率，以地點、時間、及氣候之不同，極不規則。茲列舉由氣球觀測所得之平均值之一例如次，以視高度與相對溼度之關係。

高度(公尺)	0	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500
相對溼度%	77	71	70	62	57	58	55	49	53	54

至溼度之水平分布，自赤道而兩極，水蒸氣量亦隨溫度下降而互減，惟如此現象，僅以地面為然，若在海面，則自赤道以迄兩極，則類為 80%，在信風（貿易風）帶（Passat windzone; Trade wind zone）內則降至 75%。若在大陸地帶，則與前述之關係相若者，僅夏日之海岸地耳，至於冬日，則以愈入內地，溫度愈低，故其相對溼度，亦復隨之增加。

要之，溫度上昇，則絕對溼度增加，而相對溼度減少，溫度下降時反之。此種關係，於溫度變化急驟及其劇烈之地，頗為顯著，而不難目擊者也。

相對溼度之變遷，與絕對溼度，迥異其趣，在一日之中，則相對溼度之最低時間，在乎午後三時左右，而最高時間，則在乎昧爽而將拂曉之際，與絕對溼度之最低時間，在乎昧爽，而最高時間在乎午後四時左右者，適為相反。推原其故，良以空氣中水蒸氣自清晨而後，雖次第增加，然其溫度上昇，較之溼度增加，尤為迅速，溫度上昇時，則空氣中吸收水蒸氣之容量，亦隨之增加，故在午後三時左右，其絕對溼度，雖以日中氣化之作用，及江河湖沼暨植物之蒸發，而其量漸躋於極點，相對溼度，反瞠乎莫及矣。迨夕陽西下，溫度激降，雖絕對溼度，亦復同時銳減，然其速率，仍不若溫度之急驟，故其結果，相對溼度反因是增加，而達飽和，相次凝結，而為霜露矣。

一年間相對溼度之變遷，與絕對溼度亦各有別。一般論之，最高

相對溼度，多在秋冬，以斯時適值氣溫漸降，空氣吸收水蒸氣量驟減之際，最低相對溼度多在春夏，以斯時適屬氣溫益高，空氣中攝取水蒸氣量日增故也。惟我國以介乎季風帶(季候風)(Monsunzone; Monsoon zone)間，故一年間相對溼度之狀態，亦復互殊。茲將南京、武昌兩地，年中各月之相對溼度列表如次：

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
南 京	79	78	76	78	77	81	83	81	81	78	78	76	79
武 昌	79	72	76	70	63	74	75	70	67	58	68	75	70

綜觀上表，則南京之相對溼度以夏季為最高，而以冬季為最低，武昌則以春季為最高，而以秋季為最低。故一般情形，不免相反也。蓋以東南季風初萌乎春，盛行乎夏，且由南徂北，發乎海岸，故其空氣，亦隨之溼潤，迨秋冬二季，西北及東北兩方季風，繼而代興，西北風自北而東，且來自大陸，故空氣亦隨之乾燥矣。

第一目 溼度與森林生長之關係

大氣中相對溼度，對於樹木之蒸發作用，具有密切之關係，其強盛之蒸發作用，足以促進樹木之生長，故在土壤溼潤之地，雖以較低之溼度為宜，若在較易乾燥之處，則非有較高溼度，決不足以為蒸發之調節，及早災之預防也。普通相對溼度之在 80 % 以上時，對於林木發育，有不惟無益，而反有害者。溼度大而蒸發量小時，則其乾物 (Trockensubstanz; Dry matter) 之生產量亦恆大，蓋為等量乾物之生產，其須由土中攝取之水分，雖屬少量已敷應用故也。凡溼度之在空中及土中者，對於植物生長，其所營作用，雖屬相同，然於相對溼

度之影響，每重視之。至若降水頻繁，地溼潤澤之處，所有溼度，影響至微，就中且有以老年林分爲然。高溼度之地，樹幹上每有苔蘚之着生，此種現象，於海岸及地勢起伏之處，尤恆見之，蓋亦有害於林木之生長者也。

溼度於一日及一年間變化之繁，已如前述，當春末夏初之交，凡林木之生於乾燥地者，以視溼潤之地，其發芽生葉，每難自如，影響新植，實非淺鮮，故是項土地之造林，務於春初提早植之。若當秋末氣候溼潤之地，不妨提早秋植也。

空氣之溼潤者，恆視乾燥者爲輕，故當日間，上昇頗烈。溪谷間空氣，晝間每呈乾燥之趨向者，蓋緣於是。故凡降水量微之區，土壤透水力強之谷，森林撫育上保水工作不可忽也。蓋保持林內溼氣，維護鬱閉，俾阻通風而獲暢茂，營林上所當然也。相對溼度，若在 50 % 以下之地，則其森林成立爲不可能矣。林內溼度視林外爲高，經各處觀測，足資徵信，茲舉日本各森林測候所林內外溼度觀測結果如次：

一、妙義山森林測候所（在 17, 18, —— 22, 23 年生鬱閉良好之柳杉林內 1913 年觀測之各月平均溼度差）

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
林內溼度%	63.9	62.5	61.9	77.3	74.2	84.9	91.3	88.4	90.0	87.8	74.4	66.7	76.8
林外溼度%	55.3	54.1	53.6	71.3	59.2	79.8	87.6	83.2	82.7	80.0	68.4	59.7	70.4
林內外之差%	8.4	8.4	7.5	6.0	5.0	5.1	8.5	5.2	7.3	7.8	6.0	7.0	6.4

二、伊香保森林測候所（在三〇年生鬱閉良好之落葉樹內 1913 年觀測之各月平均溼度差）

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
林內溼度%	65.6	61.2	55.7	71.8	74.9	87.1	93.6	91.3	89.6	88.2	74.0	65.7	76.6
林外溼度%	31.0	30.4	58.7	73.3	71.5	80.2	87.5	83.3	81.3	30.1	67.2	61.0	73.1
林內外之差%	4.6	0.8	-3.0	-1.5	3.6	6.9	6.1	8.0	8.3	8.1	6.8	4.7	4.5

三、新瀉縣中魚沿郡十日町觀測所(自1917——1922年五年間各月平均溼度差)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
林內溼度%	92.5	39.9	86.9	83.9	32.0	43.5	84.5	33.9	33.9	50.3	91.6	92.3	37.7
林外溼度%	31.7	82.0	78.5	73.9	73.7	78.6	79.8	78.9	33.5	83.8	34.2	83.5	30.9
林內外之差%	5.8	7.8	8.4	10.0	8.3	6.1	4.7	5.0	5.1	6.6	7.7	5.9	6.8

嘗考德奧瑞士諸邦，觀測結果，森林內外之相對溼度差，開放地每視窪地及溪谷爲少，林內溼度，常綠陰樹林，恆視常綠陽樹林爲高，故雲杉林內之溼度，恆視落葉松、水青岡、及赤松林內爲高。若與雲杉混交之林，其林內溼度，每足賴以增加，與赤松混交之林，每復因而減少。間伐亦足以降低林內溼度，天然更新之驟施強度間伐者，其幼樹之以陰葉蒸發過甚，而馴致枯斃者，蓋比比然也。

矮林、中林、擇伐林等，視其他作業，以林內通風較佳，受光較富，故林內之溼氣量亦因之降低。山岳地方，以其溼潤、乾燥，更番頻繁，故其造林樹種，亦應善爲選擇，以資適應。他如溼潤之年，對於開花結實，均感不良，大陸腹地，於其春季，每呈相對溼度降低之象，此亦造林上所宜注意者也。

第二目 降 水

空氣中水蒸氣，以溫度下降，由氣體飽和，凝結而呈雲、露、霜、雪、雹等七種降水 (Niederschlag; Precipitation) 現象，此七種不同現象之形成，要視其進行時環境之如何耳！

(一) 露 夏季當朝曦東昇而後，氣溫之增高頗速，而空氣中所含之水蒸氣，亦以江湖草木之蒸發作用，其量激增，日暮始止，迨夕陽西下，草木枝葉，及巖石土砂，以輻射作用，熱量發散，溫度頓減，故接近地面之空氣，與之接觸，亦以傳導及輻射作用，而溫度為之急降，其所含水蒸氣，遂亦以是達於飽和狀態。經飽和之水蒸氣，若與寒冷之巖石或樹葉相接觸，便凝結而為露矣。

惟露必待絕無風雲之晚，始獲形成，蓋非天無片雲，風不揚塵，溫度不能驟降故也。良以密雲蔽天，則地面熱力，以被覆蓋而靡由發散，疾風揚空，則地面寒氣，與之交流，而與上層相調和，如此現象，皆足以阻止氣溫之下降，當晚必難有露之形成矣。

(二) 霜 霜與露之成因相同，待水氣凝結為露時，若其飽和點已達冰點以下，則透露結為霜矣。凡有霜之夕，其最低溫度必達冰點，或冰點以下。惟在乾燥空氣中，溫度雖降低至冰點以下，而其水氣尚未達飽和點者，仍復無霜也。當早春新芽初放，及晚秋果實將熟之際，若溫度驟降至冰點以下，則其芽其果，俱不免頓形萎挫，影響植物發育，至深且鉅。霜之為害樹木，尤以秋初較正常霜期特早之早霜 (Frühfrost; early frost) 及春末視正常霜期特遲之晚霜 (Spätfrost; late frost) 為著。樹木受霜之害，尤以幼苗及樹木開花時為然，故當寒氣凜冽，霜患較烈之際，對於樹種之耐霜力弱者，務須設法避免之。齊民要術云：「凡五果開花盛時，遭霜則無子。預於園中，貯惡

草生糞，天雨新晴，北風寒切，是夜必霜，此時放火作爐，少得煙氣，則免於霜矣」云云，古人對於霜前之觀察，霜害之防禦，可謂周且備矣。美國果園中，於秋季嚴霜將降時，恆以油爐、汽爐，散置田間，以增高其局部之溫度，或積薪燃火，以佈濃煙，而防地熱之發散，對於霜患，頗著成效，相率仿行。

(三) 霧 空氣中，含有水氣之厚層，同時達於飽和點時，以其瀰漫空際，無所着落，不克若霜露之附着地面者然，遂凝結而為霧矣。霧之凝結，必在微塵之上，故所謂霧者無他，乃極微之小水點也。其最小直徑，為 0.005 公厘，最大直徑為 0.2 公厘，霧以微塵或其他物為中心，凡天空有霧時，空中之相對溼氣，至少必在 90% 左右，惟相對溼氣甚低，而僅在 60% 以下時，間亦有霧可觀者。良以水氣中含有油質，其水氣凝結後，遂為油所包圍而免於蒸發，故雖相對溼度甚低，而仍不免於有霧也。此所謂乾霧(Trockenebel; Dry fog)是也。

霧季隨地域而互殊，若江浙等省，時值冬季，若風來自東南，以其挾有多量之水氣與俱，與原有溫度較低之空氣相混合，則其中溼度，即達飽和而成霧。其以空氣輻射熱量，而形成之霧，則類祇可於晨夕見之，蓋其理固與白露寒霜相若，而並無異致者也。大抵夕陽西下後，下層空氣，以溫度漸降，故其所含水氣，寢假而達飽和，影響所及，不僅接近地面數寸之空氣為然，即離地數尺，或數丈間空氣中之水氣，亦復相繼飽和，凝結成霧，嗣後次第積聚，迨天將拂曉，厥為最厚，待旭日東昇，以溫度漸增，遂亦漸次消滅，所謂「煙消日出」是也。若狂風驟起，亦足使之消滅，蓋以風力所至，足使上層乾燥空氣與下層溼潤空氣混合故也。

(四) 雲 空氣中溫度達飽和點時，則其水氣之一部分凝結而成雲，雲之成因，雖非一端，要不外乎空中水氣之增加，或溫度之降低，雲之水點，亦藉微塵而凝結。惟高山之間，海洋之上，空中微塵，含量較鮮，而雲霧獨多者，蓋以微塵云云，非若尋常塵埃，可爲我人所覺察故也。

世界雲量，據觀察結果，一日之間，以下午二時爲最多，下午十時爲最少；蓋下午二時，適爲空氣交流作用最盛之時，空氣以上昇而膨脹，而溫度遂隨之而下降，而雲於是乎生焉。泊乎晚間十時，則交流作用，已告停止，空氣有下趨之勢，故雲亦消滅於無形矣。一年之間，大抵夏季雲少，冬季雲多，惟在東亞信風帶，夏季之雲反較冬季爲多。

(五) 雨 雨雪雹之成因，與雲霧相類似。蓋水氣之凝結爲液體或固體者，其量較少則爲雲霧，較多則成雨霜。雨點爲雲點所結成，以雲點之大小不齊，故雨點之大小輕重亦因之各別。其下降也，重而大者較速，輕而小者較緩，或竟與上昇空氣，扶搖而俱昇，致與雲點交相接觸，凝結成雨。爾後，雨點在雲中，以體積增加，下降極速，由雲足（雲之底部）而下注地表時，因中途蒸發，有縮小其體積者。

雨普通爲雲所形成，惟雲亦有未必盡能致雨者，良以上昇空氣，其力足以阻雲點之下降而有餘，卽雨點當離雲而下降時，於尚未抵達地表之際，有已被蒸發而成水氣者，此所以常見雨自雲足下注，而未能涓涓及地者，蓋緣於是。

雨點直徑自 0.1 乃至 6.0 公厘，就中一至三公厘者尤爲恆見，其達七公厘（重 1.0 、二公分）以上者，當降下之際，必細裂而濺爲飛沫矣。普通雨點，以接近地面而其徑愈增。

降水量用雨量計 (Regenmesser; Ombrometer) 測定之, 惟其測定者, 有風時恆視無風時爲低, 故屋上觀測值, 每亦視地表觀測值爲低。以全日數除降雨日數所得之值, 謂之降雨之頻度, 或頻率 (Regenhäufigkeit; Rain fall frequency), 以一個月間之降雨日數除其降雨值所得之值, 謂之雨之密度 (Regendicht; Rain density) 或強度。其影響於植物發育者, 以視降水總量, 關係尤爲密切。柯奔氏 (W. Koeppen) 氏, 對於降雨時間及其強度, 分爲下列四種。

一、短強雨 二、短弱雨 三、長強雨 四、長弱雨。「一」與「二」者以在低緯度陸地, 夏季及午後爲夥; 「三」與「四」者以在高緯度海面, 冬季及晚間午前爲夥。

我國各地之平均雨量及降雨日數紀錄略舉如次:

地	方	記錄年數(年)	全年雨量(公厘)	全年降雨日數(日)
南	京	19	1069	139
上	海	57	1155	132
天	津	34	509	44
青	島	25	661	91
福	州	43	1412	105
香	港	40	2162	156
瀋	陽	18	672	121
漢	口	50	1244	102
開	封	9	312	54
長	安	9	522	75
重	慶	39	1094	131
陽	曲	14	328	53
歸	綏	9	343	—
迪	化	—	257	—
庫	倫	—	244	—

(六) 雪 凡水氣凝結，而其溫度在冰點以下時，則不成雨而成雪。雪花比重僅為水之二十四分之一，故當雪花下降之際，不作垂直，而宛似鵝毛，飄然若飛。如溫度過高，或風力極強時，則數雪花集成一片矣。降雪量與降雨同，亦隨海拔高而俱增。

(七) 雹 雹亦稱冰雹，共有三種，即雹、霰、冰是也。三者名稱既別，成因亦殊。雹惟於夏季天將雷雨之際見之，當雷雨之先，交流作用至為強烈，雖平地溫度甚高，在攝氏三十度左右，惟積雲或雨雲，往往有昇至十公里以上高度者，以其上層氣溫，遠在冰點以下，水氣遂結為雪，次第下降，以溫度較高，化而為雨，迨達下層，以上昇空氣，勢力甚猛，復挾以俱昇，遇低溫時，復凝結成冰，且與雲中雪片相接觸，而圍之於外，嗣復下降。雪之一部，復溶為水，所溶之水，以上昇而復結為冰。既昇降之無時，復溶凝之莫定，而雹遂體積益增矣。迨重量過大，已非復上昇交流所能抵禦時，乃墮於地。其大者直徑達五六公分，與鵝蛋蘋果相彷彿矣。為害植物，莫此為甚。

霰 俗稱雪子，為半透明之圓球，係由雪花相結而成。在長江流域，類於冬季見之。其成因由於氣溫上層極寒，而接近地表之處，尚在冰點以上，故雪花將次降及地面時，其一部溶解者，以為風所吹，相互合併，而復下降，此即所謂霰也。故霰是為將雪之兆。

降水量，以地以時，其異頗著，以水平論，則在赤道附近為多雨帶，由赤道至南北緯三十度附近為少雨帶，爾往緯度愈高，又復增加，迨抵南極，又復減少。海岸雨量，亦視陸地為多。以垂直論，其降水量，隨海面高而俱增，然增至相當高度時，又復減少。山岳之中高度（中間高度）處，蓋乃降水量最大處也。據喜爾（Hill）氏在喜馬拉雅

山觀測結果，謂降水量最大之高度，適與上昇空氣達飽和而將開始凝結之高度相一致云。

降水量若以時論之，則一日間恆有兩次之最高最低，此最高最低之時刻，復因地而互殊，海岸以朝晚為最高，午後為最低，海面以夜半為最高，正午略前為最低，大陸之第一最高為午後，第二最高為清晨，第一最低為夜半至午前四時，第二最低為午前八時至正午，海岸地方反之。

至降水量以年論之，則以熱帶地方最為整齊，熱帶降水以太陽至頭上之季節為量最多，在熱帶及其附近地方，即南北緯十度以內之地，一年間太陽至頭上者凡兩次，故一年間多雨之季，以四月與十一月為第一雨季，六月與一月為第二雨季，在此赤道圈內之熱帶圈，為單雨季帶，一年間四個月溼潤，八個月乾燥。

溫帶地方，一年間降水之變化，因地互殊，不若熱帶之整齊，或夏日多雨，或冬日多雨，或四季相若，蓋溫帶之雨量，其主因由於低氣壓發現之空氣上昇所致，而低氣壓發現之多寡，乃因地方而異其季節故也。

以地方關係，影響於降水者至鉅，海岸及島嶼於夜間為最大，於內陸，則冬季夜雨恆較夏季為多，即冬季為海洋性，夏季為大陸性也。氣候異常乾燥之地，亦以夜間降雨為多，頻度之日週期與降水量之日週期，亦非完全一致，在中緯度地之降水密度，最高以午後二至四時為主，最低以午前四至六時為夥云。

第三目 降水與林木生長之關係

樹木生長，需多量之水分，既如前述，其所需水分，全部仰給於

地溼，而地溼之由來，復直接或間接均仰給於降水，故降水乃林木生長之不可或缺者也。樹木所需水分，以種類、季節、及生長狀態，而各異其量，各種植物，雖各有其相當之適應力，然過量之降水，對於林木，不惟有損其生理，且有足為機械之障礙者。關於水分之生理作用，容俟次章土壤中述之。

樹木生長，關係降水頻度，及其總量者至鉅。北半球五、六、七、八四個月間之降水量，不及五十公厘者；其森林便無成立之可能性矣。降水量左右樹種之分布，及其生長量者至鉅，據德國吳爾納(Wollny)氏之實驗，謂植物在生長最盛期間，如遇水分缺乏之情形，其反應最為銳敏云。氏復將一定雨量，於較為頻繁之每隔數日給予之結果，視每日平均分配，及間以多量給予者，對於植物生長，其成績遠勝後者云。據奧利許斯(G. Hinrichs)氏，在爪哇之觀測，謂植物生長所需之總雨量，其關係不如降雨種類之深切云。凡有長期乾季氣候之地，當生長期間，若降雨稀少，則其林木生長，每甚惡劣。熱帶地方，每日午後降雨，蓋與熱帶林生長旺盛，有密切關係者也。春夏兩季之降水，對於樹木生長，具有直接之關係，故其以此兩季間之降水量，列為樹種分布之氣候因素者，非無故也。冬季降水，影響地溼者至鉅，蓋翌春樹木生長之所仰賴焉。今年降水，對於翌年植物之發育，仍具相當之關係。例如倘去夏驕陽逼人，經久未雨，則砂質地內，竹類之發筍極少；他如夏日奇旱，影響養分之儲藏，翌年樹木上長生長之激減，直徑生長之衰退，及側枝發展之遲鈍，固皆不可掩飾，信而有徵者也。

森林對於局部降水量之增加，雖有相當影響，然為量亦非極多，故姑置之而勿論。惟樹冠阻止降水，使其一部蒸發，而減少林地內降

水量，固無容諱言者也。茲綜合德、法、奧、瑞士諸邦觀測林冠降水阻止量結果，列表如次：

水	青	岡	8—30%
雲		杉	12—50%
赤		松	18—33%
冷		杉	80%
落	葉	松	10—28%

據上表觀之，則由於林冠阻止降水，而任其蒸發之樹種，依量而順列之，則為冷杉、雲杉、赤松、水青岡、落葉松是也。惟降雨時，其力愈強，則為林冠阻止之量愈少，而降落地面之量亦愈多。茲將畢拉氏觀測之結果，列之如次：

降水量 (公厘)	赤松林		水青岡林		雲杉林		冷杉林	
	林地降水量	%	林地降水量	%	林地降水量	%	林地降水量	%
400	225	56	200	50	100	25		
500	325	65	300	60	200	40	100	20
700	525	75	500	71	400	57	300	43
1000	825	83	800	80	700	70	600	60
1500	1325	88	1100	87	1200	80	1100	73
2000	1825	91	1800	90	1700	85	1600	80

據霍配 (E. Hoppe) 氏在奧國精密觀測之研究，謂六十年生之雲杉林，於微雨時，其降水之三分之二為林冠所阻留；強雨或繼續降雨時，則為林冠之阻留量，雖隨之減少，然強雨時，為林冠所阻留而蒸發者，仍為降雨之 20%。其由樹幹傳遞，而降及林地者，僅占降

水之少數耳！於十公厘以上之降雨時，始略有所見（此時降及林地之降水率，約為降水量二分之一）。穿林冠而降下之水量，以愈接近樹幹而愈少，愈接近樹冠周圍而愈大。其比率，固與降雨之強度無關也，八十年生之水青岡林，以其為闊葉樹，故降水之為樹冠所阻留者，為量極少，由葉面下降，或由樹幹所傳遞者，為量較多，即弱雨時之降下量，仍為 50%，而由樹幹下遞者為降水量 20%。

與樹幹之距離(公尺)	0— $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ —1	1— $1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ 以上	空隙
降及林地之雨量(%)	55	60	63	66	76

日本森林測候所，於 1916—1917 兩年間（彼邦大正五，六年）所觀測之樹冠降水阻留量，雖以試驗地而略有不同，惟其平均數，則為年總降水量之 20% 左右。針葉樹冬季之樹冠降水阻留量，均視他季為大，惟各樹種之阻留率，則以雨力愈弱而愈大，則與歐洲各處觀測相若者也。雪於樹冠之支持量，遠勝於雨，落葉闊葉樹林之支持量，亦視針葉樹林為少。鐵路兩旁之防雪林，為求飛雪之濾過吸收計，其林帶 (Waldmantel; Shelter belt) 針闊葉樹混交林，視針葉樹純林，尤為適當也。

雪為熱之不良導體，除足以防止地熱之發散及地溼之蒸發外，復可預防種子幼苗之乾枯與凍斃，並避免動物之侵害。據模爾 (Mohl) 氏之研究樹根耐寒力之結果，謂「蘋果之根，雖於攝氏零下六·二五度，不堪生存，而櫟與白蠟樹之根，則於零下一三·七五度時，始告凍斃；然於積雪地帶，則雖在此種低溫，仍獲免於凍斃」云。

高緯度地及高山之積雪，除寒氣之外，對於風害，亦具保護之效。

水平森林限界之樹木枝葉，以暴露雪面，而致枯死，及樹高隨平均積雪而左右之說，蓋皆信而有徵者也。

雪於冬季，足以保護植物，溶解後，足以供給水分，故自古以雪為豐年之兆，號曰「瑞雪」。文選雪賦云：「盈尺則呈瑞於豐年」洵不誣也。伐木運材，復可利用積雪，價廉工省。然林業種種雪害（如壓倒幼樹，挫折枝幹），亦有不可勝言者在。以積雪過多，陷樹木於不能發育之現象，雖不易於樹木限界以外見之，然高山地方，每月俱有若干降雪之處，則樹木發育，終亦不免於衰弱也。

霜足致新梢及幼苗於凍斃，為害新植地區，及天生幼苗者至鉅，除苗圃中，雖亦可如耕地之應用燻煙，以資預防外，在林內則為事實所不許，惟有於樹種之選擇，生長之促進，母樹之庇護，溪谷之排水通風等，善為加意處理，俾便避免而已。

霧雖足限制地熱之發散，而具減少晚霜之效能，惟妨礙土地之吸熱，足以遲緩葉面之展開，及光線量之減少，同化作用之減退，亦不為無害也。霧對於植物生長之關係，尚多不明之點也。

露於熱帶地方，為量尤夥，一日間有達三公厘者。至溫暖地帶，年僅二十六至四十公厘耳，沙漠地方，植物之生育，露實為其重要水源。熱帶地方，如於乾季中，不能結露，則所有植物，恐將死亡殆盡矣！

降水足以溶解空中之酸及鹽類，暨地中之可溶成分，以促進土壤之風化作用，然一方亦足滲透或流失其養分，水分對於有機質之分解，雖為絕對的重要因素，然多溼之時，亦有反足遲延其分解者，此蓋降水直接間接之作用也。雨水以氧氣幾達飽和之故，雖具助長土壤微生物活動之效，然其衝擊作用，足令破壞團粒，亦其一缺點也。

凡降水量較少之地，是為栽植樹種之限制，而降水量較多之地，其適宜樹種，亦隨之增加。降水量對於植物界關係之決定，普通恆合氣溫及溼度而併論之。凡氣溫較高，而復降水調和之地，林木發育仍不興盛者，未之有也。

第四目 溼度與森林限界之關係

森林成因，不論自然、人爲，其初未有不由柔弱幼芽發軔者也。故當植物生長之初期，皆需適量之溼氣，爾後，以漸次發育，溼氣不足之害，亦隨之減少。植物以氣候愈燥，而蒸發量亦愈大，而隨蒸發過度所發生之危害亦愈易。反之，如空中溼氣愈多，則少量之雨量，即感裕如，而無不足虞矣。此種事實，乃森林之成立，及其原始之分布，暨造林上各項問題之重要因素也。

空中溼氣與降水量亦恆有不呈正比例者。例如：在歐洲東海岸之年平均相對溼度為 74%，而降水量為二百二十四公厘，惟利遜山脈 (Riesengebirge) 六百公尺之高處，其相對溼度，雖為 72%，而其降水量則為三百零七公厘，如此現象，在大陸地方，尤為顯著。

森林成立，所需降水量之最小限度，據馬依耶氏研究，謂在北半球五、六、七、八，南半球十一、十二、一、二、四個月間，應各為五十公厘，降水量如在此限度以下，便無森林成立之望矣。海岸地方，空中溼氣雖尚充分，然仍有森林不能成立之處，蓋緣於是。此所謂降水森林限界是也。例如循北美北緯四十度而南，以迄中美暨南美之巴太關農 (Patagonien) 之西海岸，及非洲西海岸赤道南部，即其例也。是項原野如予人力灌溉，則均不難變為富饒之農田、蔬圃、果園及森林地也。

四個月降水量，雖在五十公厘以上，一百公厘以下，而空中溼氣不及 50 % 時，則森林仍無成立之望，良以降水隨過度蒸發而消費，其現象適與降水森林限界以下相若故也。然降水量如在一百公厘以上，而空中溼氣仍感不敷，則不足為森林限界之徵，故由人工灌水，或藉自然給水（由地下水或流水為之）時，在植物生長期間，雖感空氣乾燥，而其地森林仍可依然成立也。

北美洛磯山脈 (Rocky Mt.) 與大西洋大森林帶間，其所以構成廣漠之原野者，蓋以降水量雖達百公厘，而空中溼氣不及 50 %，實為主因。爾外若蘇聯南部，亞洲西部之廣漠草原，及亞洲東部之內蒙古、烏羅圭 (Urugury)、巴拉圭 (Paraguay)，非洲西南部，及澳洲各處之草原，亦莫不皆然。以上各地，雖云已無森林存在之可能，然如由人工灌溉，仍有成立之望也。

植物生長上，最必要之四個月間之降水量，在五十公厘以下，而空中溼氣復在 50 % 以下時，雖原野植物，亦已不能生長，僅見耐乾性強之龍舌蘭類、仙人掌類之局部分布而已，其地植物，可謂全無生長之可能性矣。該地土壤，以全部乾燥，易被風颳，故其附近地區，遂形成為不毛荒蕪之地，沙漠其適例也。惟此項荒地，雖屬不毛，如由人工灌溉，仍可設法利用，其以湧泉而有適量溼氣之地，固不乏草木之藹然叢生者也。此所謂沙漠中青地 (Oasis) 是也。

第四節 氣 壓

大氣具有壓力之說，乃西曆 1634 年，由託里綏利 (Torricelli) 氏所發明者也。壓力以溫度、溼氣及海面高等各種關係，而變化隨之。海

面上空氣之重，相當於水銀柱七百六十公厘，此所謂一氣壓是也。

距海面愈高，則其氣壓 (Luftdruck; Atmosphere pressure) 恆隨之減少。據德國林頓堡 (Lindenburg) 高空測候所推頓斯 (Tetens) 教授觀測之結果，謂每增加一千公尺，溫度降低六度，而其氣壓之變化，則如次表所誌。

氣 壓 (公厘)	760	674	596	525	461	403	352	303	266	230	198	170	146
高 度 (千公尺)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

凡依高度而其氣壓減少之比率，在氣溫高時每視低時為徐緩，證之次表所示亨 (J. Hann) 及修林 (R. Suering) 兩氏之記載而益信。

海 面 之 溫 度	-15°	760	711	665	621	580	439	380	176
	0°	760	713	670	630	517	453	395	193
	15°	760	715	675	638	528	466	410	209
	30°	760	718	679	645	539	479	424	224
海 面 高	km.	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0

空氣以溫度增加而膨脹，其重量亦隨之減少，以溫度降低而收縮，其重量亦隨之增加。故地球表面氣壓之分佈，與氣溫殆相一致。其一日間之變化，則與其他氣候因素，大致同其正規。至一年間之變化，則因地而異致也。

一日間其最高及最低值各有兩次，最高在午前及午後之九時乃至十時，最低在午前及午後之三時乃至四時，惟其最高，則午前超過午後，而最低則午前遜於午後。至其變差 (振幅) 則以時間、位置、季節、氣候等而各致異。普通夜間變差，視晝間為少。熱帶地方，最大為

三公厘，隨緯度增加而漸次減少，迨抵六十度之地，則僅十分之一公厘耳。若抵極地，則已全滅，而無復存矣。至內陸低地，則夏季俱視海岸、高處、冬季為大。

一年間之變化，雖以地方而異趣，然普通在赤道地帶，變化甚少，待緯度增高而隨之俱增，在中及高緯度之地，當溫度較高之際，在陸地適為氣壓最低（冬季氣壓最高）之時，海面則反之。且其年變化，大陸大，海洋小，大陸復較為規則，夏季最低，而冬季最高，海岸地方，則極不規則矣。

夏季陸地，恆視海面為溫暖，而冬季則反之。其氣壓以溫暖地恆視寒冷地較低之故，故北半球一月，大陸呈高氣壓，海洋呈低氣壓，七月海洋呈高氣壓，而陸地呈低氣壓。

如前所述，中及高緯度之變化，具有大陸、海洋、及中間之三型。大陸型為亞洲大陸所獨有，冬季最高，而夏季最低。海洋型為島嶼及海岸地所獨有，夏季最高，而冬季及晚秋最低。

地球上氣壓之分布，以全年計，則以赤道地帶為最低，隨緯度而俱增，達三十至四十度時呈最高，抵六十度時，而漸減，向極地而復增。氣壓不惟與溫度之變化關係至切，且為氣流支配之主宰，故間接對於植物之發育，亦著密切之關係。至以氣壓變化，對於植物發育，所予之直接影響，則尚待充分之研究也。

第五節 風

地球以氣壓之分布，及溫度之變化，而大氣隨之作上下，及水平方向之流動。其作垂直運動者，謂之氣流；作水平運動者，即風（Wind；

Wind) 是也。氣流之速度，則極為微弱，以視風速，不逮遠矣。

風之成因，以受氣壓之影響為主，以其對於氣溫與降水，俱具相當之作用，故亦氣象上頗著關係之因素也。以其對於林木生長，影響至鉅，故德國閔喜(Muench)教授，嘗謂：風與土壤、氣候，實足鼎立而成森林立地主要因素之一，蓋亦有至理存焉。風之表示，以其方向及其速度，為標準，其方向謂之風向，其速度謂之風速。風向之觀測分為十六方位，即：

北	N	東	E	南	S	西	W
北北東	NNE	東南東	ESE	南南西	SSW	西北西	WNW
北東	NE	南東	SE	南西	SW	北西	NW
東北東	ENE	南南東	SSE	西南西	WSW	北北西	NNW

風由高氣壓部吹向低氣壓部，以受地球自轉之影響，在北半球恆略向右偏，南半球略向左偏。風向普通應用風信機(Wetterfahne; Wind vane)觀測之。

風速普通應用魯濱遜風力計(Robinson Anemometer)觀測之。風速同時足供風壓之表示。關於風速之記載，我國規定分為六種等級，分述如次：

風力之等級	名 稱	符 號	風速秒公尺 m/s	現 象
0	風靜(無風)	0	0—1.4	縷烟直上萬木無聲
1	微風(輕風)	♂	1.5—3.4	着膚微覺旌旗拂拂
2	和 風	♂	3.5—5.9	旌旗蕩颯細砂飄搖
3	飄風(強風)	♂	6.0—9.9	木枝鼓蕩堅幹挾搖
4	巨風(大風)	♂	10.0—14.9	巨幹皆欲摧枝盡倒
5	烈 風	♂	15.0—28.9	全樹翻騰滿林震撼
6	暴風(颶風)	♂	29.0 以上	摧枝拔木瓦石飛空

一日間風速之變化，大致一定，平地上風速變化最大，而日間復視夜間為強。自午前八時，乃至九時頃，漸次增加，抵午後一時左右之最高溫度略前時，達於最高，嗣後即漸次衰退，抵薄暮而呈最低。夜間風速之變化，以視日間，蓋僅少耳！一日間風速之變化，大陸內地甚大，而接近大陸之海岸次之，大洋之上則甚微渺，而不易感覺矣。

若於大氣之上層，或山頂上，其風速之變化與平地完全相反，日中最低而於夜間呈最高速度。而彼上層特性，於夏季則在一百公尺以上之高處，始獲顯示，若於冬季則於地上四十公尺許處，即已顯示矣。一日間之風速變化，依季節、氣候、高度而迥異其趣。論其變差，冬季小而夏季大，陰天小而晴天大，地面以摩擦及其他障礙，其速度為之減殺，故其變差亦小。離地五至十公尺處最大，至一百公尺許處漸次減少矣。

風在接近地面之處，其阻止作用至鉅，既如上述，惟以地面之形狀，其影響亦各異致。例如以水面平滑，其摩擦之力至鮮，故水面之風速，在日中視市街平均為一·六倍強，夜間則為二倍。海岸地方之風速，常視大陸內地為強者，蓋緣於是。森林減退風力作用至鉅，同時并足以轉變其風向，此林業上所應注意者也。

風足以促進土中濕氣之蒸發，並左右氣溫及溼度之增減。南風溫暖，而北風寒冷，陸風乾燥，而海風溼潤。風與氣溫之影響，與蒸發亦具連帶之關係，良以風力愈強而愈乾燥，則蒸發亦隨之俱進，以蒸發作用，須奪相當溫度，故地溫亦隨之低降矣。

水平風與傾斜風，其力又復異致，以傾斜風之衝擊地面，其蒸發量增強 20 或 50 %，且傾斜風具有驅逐土中之二氧化碳，而增加氧

氣之作用，土中空氣之運動，蓋以風之作用爲最著故也。在乾燥地方，傾斜風對於此項運動，作用尤爲顯著，茲復述海風與陸風，山風與谷風之概要如次：

一、海風與陸風 (See-Und Land Wind, Sea and Land Wind)

以低溫度之空氣，向高溫度之空氣流動而成風。以陸地溫度高，海洋溫度低，海風向陸上而吹，夜間陸地溫度低，海洋溫度高，故夜間陸風向海面而吹，故此海陸風，亦可稱爲日日之季節風也。惟此項風向，係就下層之風向而言，於上層則反是。

論風速，則海風視陸風爲速，惟亦以愈入內地而愈減。其海風所特具之清涼溼潤之性，亦隨之俱減。海風向陸地吹入，可達二十至四十公里云。陸風以與地面摩擦之故，故其速度亦不如海風之甚。

海風對於海岸地之林木，足以供給溼氣，當盛夏天旱之際，雖具助長林分發育之效，惟值氣溫低降之時，則反呈不利之徵。海岸植物之爲風砂所襲，而妨其上長生長，或折損枝條，而變其正常樹姿者，蓋固比比然也。

二、山風及谷風 (Berg-und Talwind; Mountain and Valley breeze)

日出後，山腹之斜面，視山谷早受強熱，故山腹之空氣，以溫度高而上昇，自午前九時至十時許，由山谷而向山腹上吹，迄日沒仍然繼續不已，是爲谷風或日風。夜間則反是。以山腹之放熱頗劇，空氣冷卻，由山腹向山谷，或山麓及其接近之平地而下吹，是爲山風或夜風。山風與谷風，以地位季節而復異其變化。若在狹谷中，變化尤烈，寬谷中變化較緩。冬季則山風較強，夏季則谷風最盛。冬季寒冷之山風，經峽谷而下流時，足令氣溫爲之激降，如集積於窪處，則便

形成而爲霜穴矣。

山上以谷風上吹之故，午後足令溼度增加，山巔興雲，而山谷亦隨之乾燥。夜間則以山風下吹，而復回復其溼度，俾呈循環作用。

第一目 風與林木生長之關係

風固足以爲樹木之生殖，及其傳播之助長，然拘束其發育之作用亦鉅。植物花粉之藉風力以傳播者，數以萬計，蓋種子植物十分之一花粉之傳播，皆藉風以媒介者也。多數之針葉樹及槲、水青岡、榛、樺、赤楊、白楊、胡桃、桑、法國梧桐及椰子類，莫不與焉。赤松之花粉，可藉風以達二百公里之遙。德國許洛太 (Schroter) 氏則謂有可達七百公里者云。蒲塞 (Busse) 氏云「風具無限之飛揚力」，洵不誣也。

種子之輸送，除風力之外，雖尙有藉動物及流水之力者，然其作用，終莫風若也。就中且尤以形態纖小，及其有毛鬚或翅翼者爲著。其果實爲球狀者，於地上則可藉旋轉以吹送矣。高緯度地，高山及島嶼中，風媒植物之分布尤富。故日本風媒植物，爲數特饒，蓋亦其勢然也。

風直接足令樹木傷害，而妨其同化，間接可促土地乾燥，而降其地溫，且復撼動樹體，以弛其根部，促進蒸發，以枯其葉芽，甚者將積於林內之積雪、落葉、土壤，席捲以去，致陷地力於衰退。至斜面之表土，除以流水，及其重力（土壤重力）而致崩壞外，其爲風所移動者，亦比比然也。據柯尼西 (Koenig) 氏，經1901年三月九日至十二日間之測定，謂「非洲細土之飛吹至南歐、中歐者，計一百八十萬噸，沉積於非洲海岸者，計一億五千萬噸。此項沉積之細土殊有助於地力之增強」云。風足以降低樹木之溫度，並減少其碳氣之吸收，暨水分之

掠取，致爲同化力及生長力之減損者，惟於地溫極高之處，風之吹襲，抑亦有利者也。

風對於土壤水分之蒸發關係，既如前述，復以破壞團粒，及促其乾燥之結果，足令細菌死滅，而妨落葉之分解。惟於低溼地方，則反相適，降雨較多之地，其害亦鮮，不然對於林木生長，便覺阻害非淺矣。其極感乾燥之地，則惟有乾性植物，尙堪生長已耳，其以蒸發而自地中俱奪之熱量，雖以土性、風向、及風力而難一致，普通約爲攝氏 $0 \cdot 22$ 至 $2 \cdot 12$ 度許云。

風速過大時，則有裂葉傷枝，而呈風折風倒之害，固我人所常目擊者也。凡暴露於強風之樹木，其芽之當風者，每呈枯萎之象，僅有背風枝條，尙能發育如常，而呈特有之片面樹冠，雲南呈貢果園中，所有桃梨等果樹，大率如此。亦海濱高山之地所習見者也。高山及極地，以冬季寒風，其枝條之突出於積雪之外者，每爲之凍枯，而呈矮生匍匐之狀矣。

森林之在常風方向者，其樹高恆較一般略低，如伐採其一部時，則其林木亦必隨其生長而呈前項之姿態，此皆以風之影響所使然也。風以林冠具有摩擦及攪拌之作用，而致減殺其風力，故上風林分之施業，務以保護下風林分，避免風患爲原則，其特設之林衣，更無論矣。孤立木及中林之上木，暨施以受光伐之森林，以其林冠之形狀及幹形之關係，其重心較低，而對於風之抗力亦較增，以間伐而疏散之幹形亦然。至間伐前鬱閉林內之樹木，對於風之抗力，以無增加必要，故其直徑生長之促進，不如上長生長之切要。且爲增加當風地帶樹幹之抗力計，其主風方向之直徑，亦恆視他側爲較大也。

風之自低緯度吹來者，性較溫暖，經海洋通過者，性較溼潤，故皆是為林木發育之助長。反之，自高緯度吹來者性較寒冷，經內陸通過者，性較乾燥，故皆是陷林木發育於不良。凡有乾風連續吹襲之地，每令葉面乾枯，其風之性燥而復熱者，且復易為旱魃之媒。自林木葉面蒸發之水量，恆視草原為夥。其地表之為落葉、枝條等，無生物所覆被者，則其蒸發量亦隨之減少。林內落葉之經保留而常感溼潤者，蓋有由也。

風亦為某地氣候之決定因素，其關係與緯度，初無二致也，風向與風速，自植物地理學上觀之，則其正規所吹之常風，其關係足與緯度及海拔高相匹敵，乃裴白克 (Bernbeck) 氏之說也。故高山之上以風而降低其樹木限界者，其例正復不乏也。歐俄之東北部，及西伯利亞之樹木限界之在寒冷北風之保護地形者，恆視一般為北進，在暴露地形者，則恆反之而南退，抑亦是資佐證者也。

第二目 森林與風患之防止

地面對於風之摩擦作用，既如前述。陸上平坦地較起伏地之摩擦大，耕地草原較森林之風力強。森林雖體高而復暴露強風中，然一面得依林冠予氣流以攪拌，或阻止之作用，或反撥而轉變其方向，或減弱其風速，顯示其防風之效能，故綠籬列樹之栽植，除觀賞之外，復著防風之用者也。據愛耶格 (Esjerg) 氏，對於山松列樹之實驗，謂當氣溫七至九度時，其列樹上風無所保護之地之蒸發量，設為一百，而列樹後方之蒸發量之相差如次：

東方相距五公尺之地	72
東方相距十五公尺之地	84

東方相距二十五公尺之地 93

東方相距六十五公尺之地 100

再樹高三—三公之之列樹，以風被阻，每公頃之農作物收穫增加量，經詳密調查結果，計 18—54% 云。若論風為森林所阻，風速隨以俱減之作用，據模拉特 (Murat) 氏 1909 年在蒲加勒斯特 (Bucharest) 觀測之結果，謂在森林下風之風速減少量，於相距五十公尺之地為 0.83 至 3.33 秒公尺，在一百公尺之後方，雖風力尚低，然爾往，則風速復漸次增加，迨抵五百公尺處，則與森林前方之風力相等云。據白太斯 (Bates) 氏在美國森林局公報第八十六號中發表，關於耕地對於森林之防風作用一文云：樹林之防風效力，每超一般人想像之外，當 50 秒公尺風力之時，對於下風之農田，其絕對的保護作用雖僅為樹高之五至八倍，然其保護作用，若干可及之處，則為樹高之十二至十四倍，至其土壤中水分之蒸發量，在下風樹高十五至二十倍之處，以視並無森林之地，必能減少若干也。且是項影響在上風樹高五倍之處，亦可減少若干，益以得資庇護之地，其地溫、氣溫，均以較高之故，亦殊有助於作物之生長也。

林衣之防風效力，以其位置、形狀、構造、種類、季節、風向、風速等各種關係，而未能一致。故一般所稱以樹高倍數而為防風地域之表示者，蓋亦未可視為信論也。良以風速愈大，則其林衣之防風率愈大，而樹高愈大，在同一狀態之下，其防風距離，雖亦隨之愈大，然若欲以樹高之倍數示之，則樹高愈大，其倍數遂不免隨之減少，此亦不可不注意也。

第三章 位置與林木之關係

地球表面之形態，其足以影響氣候者至鉅，溼度、陽光、溫度、降水、氣壓、風力莫不以海拔高之大小，緯度之高低，及地形及傾斜之方向、角度，及周圍之狀況不齊，而隨之變化。對於林木生長影響所及，自亦迥異其趣，而未可一概論焉。凡海拔高較大，及高緯度之地，以視平地及低緯度之地，樹木之種類恆少，且有漸趨樹木限界之表示，益以前者樹木之生長期間較短，霜、雪、風等之作用亦烈，故造林上之各項處理，均應與後者有別。若在山背、山頂，以風力較強，普通土層較淺，養分較少，且復易於乾燥，故為不良之位置，其施業計劃，以視山腹、溪谷肥沃之地，自各異致，而迥然不同。山麓一帶，所有森林，恆呈蔥鬱繁茂之象，漸及高地，則逐次第為疏林之形成，更上則復割然而為矮生樹姿。重以高山地帶，風力強烈，積雪滿嶺，及居民稀少，勞資昂貴，材價低廉等各種關係，森林事業，終不易為集約之經營也。

他如傾斜，方位，以與光線量及蒸發量極著密切之關係，對於樹種，作業之選定，自不免受相當之限制。凡土地之周圍，得所保護，與常暴露於常風中者，林木生長，至為不齊，故當施業計劃訂定之先，對於地形、地勢，均應詳為調查，以期善為適應，而不容向壁虛造，明矣。

對於位置，普通恆與土壤相併論，故學者對於位置，尚無特種之記載，惟事實上對於林業經營，其關係既直接而復密切，於造林學中，尤有單獨講述之必要存也。

第一節 方位

土地之方位 (Exposition; Exposure) 亦稱方向，以其方位各別，所有氣溫、地溫、地溼、蒸發量、日照時間、受光量、及風等，均隨

之著異，而種子之發芽，林木之發育，及諸害之影響，亦隨之互殊，林業上之施業處理，自亦不得不因地制宜也。

農作物之栽培，其所需溫度及受光量，普通視林木為高，故類利用東南西三方傾斜地植之，所謂向陽面（陽光面）是也。其各方凡經林木覆被之地表面，為陽光所及，而傾斜勢緩，地力較肥之地，均為一般農民所喜，次第開墾，而營農作者，蓋緣於是。其北向之地，以方向關係，每不為農民所好，遂亦任其自然，為林木所保留矣。凡向陽面之地，瘠薄而傾斜較急之區，有永為林業經營地者，樹種選擇，以落葉松及松櫟等類，較為適應，而切實用。

據德國愛塞爾（Eser）氏在彼邦閔星（München）地方各月之四方位傾斜面角度之光線強度理論計算，謂各月照射光度相差至鉅，在一年中，寒冷之半年內，南向斜面之光度最大，次之為東西向兩斜面，平坦地及北向斜面又次之。溫暖之半年內，在十度以上之南向斜面，其日照視平坦地為弱。於北向斜面，當太陽在高位置時，其日照則視其他斜面略形微弱耳！東西向兩斜面，則於寒冷半年內，傾斜愈大，而日照愈強云。

傾斜方位與地溫暨地溼之關係，對於林木生長，均為重要之因素。據吳爾納（Wollny）氏，閔星盛土試驗之成績，謂南側呈最高溫，而北側呈最低溫，其溫差為一至三度，東西兩側則呈中間溫度云。

據勘爾納（E. Kerner）氏之試驗，謂影響地溫之光線與水分量之關係，分為八個方位，順次排列，則為西南、南、東南、西、東、東北、西北、北方云。

凡地熱之上昇度，以光線照射之平均方向，其傾斜面愈近直角

而愈大。反之，其放熱作用，則以傾斜面愈近水平而愈多。此山脈之爲急傾斜者，溫度變化，所以不甚顯著者也。

林木種子之發芽，其所需溫度爲七至八度，二十度左右爲最適溫度，三十至四十度時，則反足延遲其發芽，故發芽在春季，以南及西南兩側爲最早，而以北側爲最遲。爾外，溼度對於種子發芽及苗木栽植，亦著密切關係，故春季植樹，北側亦不妨最後着手也。

深至五公分處之地溫，除北側外，所有其他三側，於四至十月間之平均溫度，視氣溫爲大，深十五公分處，則二者相等，或視氣溫略低。

據瑞士秋利西(Zurich)林業試驗場之研究，謂在平地林之蔭庇地，其地溫於四至十月間，視開放地略低五至七度。其蔭庇地之在南側者，均略低六至十度。八月間，南側開放地之地溫，可昇至三十三度，而同時蔭庇地之地溫，則僅爲一七·四度云。水青岡林內之地溫，視開放地低一五·六度，雖屬天陰之日，林內地溫，普通視林外低三度云。

普通傾斜愈緩，則地溼愈饒，傾斜度相同之地，則以北側之地溼爲最富，而以西及東側爲次之，南側爲最燥。

南側溫度較高，故林木之生長亦最盛，惟以溫度較高，及林木生長較盛之故，其蒸發亦最盛，其陷土壤於乾燥者，故亦比比然也。且也，南向之林地內，雜草之繁茂既易，落葉之分解較難，地力低劣，蓋緣於是，故南向林地之天然更新，每視其他斜面困難者，抑亦理之所當然也。南側之降雨量少，而復當風之地，皆伐作業(Kahlschlagbetrieb; Clear Cutting)其害尤烈。傾斜愈急，則地力愈遜，林業經營

上所應善爲處理者也。

林木之年生長期間，雖在海拔高相同之地，斜面之南向者較長，而北向者最短，故其垂直之森林限界，在相同條件之下，南側亦視北側爲高。據馬依耶氏云，阿爾卑斯山之森林限界，南側視北側平均約高四百公尺，蓋明證也。

第二節 傾斜

以土地之傾斜度 (Abdachung od Neigung; Slope) 不同，而陽光之照射及地溼之變化隨之。馴至地溫亦復因之而生密切之影響。土地之傾斜云云，蓋與農林業俱著深切之關係者也。

傾斜度之在二十度以內者，對於農作及牧場固均無不適，逾此而爲急傾斜地，則僅適於森林之發育，故亦可稱之曰絕對的林地 (Absoluter Waidboden; Absolute forest-soil)。在二十度以內斜面之林地，爲相對的林地，或關係的林地 (Relativer Waidboden; Relative forest-Sail)。德國林業試驗場，對於土地之傾斜度，分爲下列六級：

- 一、平坦地 (Eben; Plain Plane) 0—5°。
- 二、緩斜地 (Sanft geneigt; Gentle slope) 6—10°。
- 三、傾斜地 (Lehn; Medium) 11—20°。
- 四、急斜地 (Steil; Steep slope) 21—30°。
- 五、險阻地 (Schroff; very steep slope) 31—45°。
- 六、絕險地 (Felsabsturz; precipitous slope) 45°以上。

日本國有林施業案規則第二十五條規定傾斜度，爲下列五種：

- 一、平坦 (不滿五度者)。

- 二、緩斜(不滿二十度者)。
- 三、急斜(不滿三十五度者)。
- 四、險阻(不滿四十五度者)。
- 五、絕險(四十五度以上者)。

凡在三十度以上之險阻地(亦稱峻岨地)，每易發生地滑，就中且尤以細粒土及腐植質土爲然。凡遇此種地形時，不惟不適於大面積之皆伐，即植樹亦極感困難，故亟應爲保安林之編入，施以天然更新，俾免意外之發生矣。

以傾斜方位，而異其地溫既如前述。惟以傾斜度之大小，復略有增減。據畢拉及吳爾納兩氏，關於是項問題之研究，其結果適相吻合。以平均之地溫爲標準，在傾斜度四十度以內之南側，以角度增加，而地溫亦隨之增高，其差爲一至二度，北側反之。角度愈增，而地溫亦隨之減低，其差可及三度。東西兩側，則其差甚少，尙不逮 0.5 度。是項研究，雖與低緯度之我國，未必相符，然亦大致相若也。

傾斜對於地溼之狀態，土壤之性質、深度、基巖之種類，地被物之有無，亦著密切之關係。傾斜愈急，則降水量之大部，不惟爲地表水而流失，即浸潤而爲滲透水之流速亦大，南及東西三側，傾斜愈急，蒸發量亦隨之愈大，故傾斜地每視平坦地易於乾燥，不免有阻害林木生育之虞，此營林作業，保水力增加之所以爲必要也。

林木中之最耐強傾斜地之樹種，如冷杉、雲杉、鐵杉、海松、華山松、馬尾松、雲南松等。好生於緩傾斜地之樹種，則爲樺、水青岡、樟、楠、杉、栲、櫟等。

第三節 地形

凡爲山岳環繞之地，雖足以禦暴風，而蔭流水，以助長林木之發育，惟遮斷陽光，以阻止林木之生長，亦復不免有害也。其介乎山谷間者，雖能集細土，而增地力；然以日照時間較促，及地溫較低之故，幼樹難免凍斃之虞。至若屹立之山，則以表土流失，而土層較淺，且復易於乾燥而遭風患。孤立之峯，以氣溫之變化溼大；視高原之與其同高度者，恆冬溫而夏涼，故所予林木之影響，與高原地亦迥異其趣也。

他如山脈之形態、走向，江海、河川之大小，及其分布狀態等均足影響地味、氣候之變化，樹種之適否，及生育之優劣，此各種地形 (Terraingestait; Topography) 與林木生長關係之研究，所以爲必要也。茲分述平地、山岳、高原、孤峯、山腹、及谷間之氣候特徵如次：

(一) 平地 氣溫一般較高，視山岳及高原風力既弱，而降水復低，日照時間較長，反射光線之作用以此爲主。

(二) 山岳 氣溫雖視平地爲低，然視同等之孤峯較爲溫暖，其降水量在海洋氣候地域之某種高度內，雖視平地遠勝，然以地表水流失較多，及蒸發較盛之故，每易陷於乾燥。直射光線之作用，視反射光線爲強，日照時間雖一般甚長，然以雲量較多之故，反視平地爲遜。風力視平地爲強，晝夜間溫度，變化頗劇，且以高山霜雪較多之故，每不適於樹木之生長。

(三) 高原 年平均溫度，視平地爲低，晝間之溫度變化，亦視平地爲烈。就中且以夏季爲甚，日間以光線較強，故較溫暖，夜間則以

放熱較甚，故氣溫激降，晝間溫差較著，蓋亦勢所然也。

夏冬間之溫度，其關係雖宛似晝夜，惟其年平均變化，不如其大耳！

高原氣溫，以風強之故，寒霜之患，視山頂山腹，尤易頻發，惟丘陵地之雲，視山頂恆夏少而冬多，故其年平均溫度，亦恆視同高之孤峯爲高，以風力視平地爲強，故亦足爲林木之生長害也。

(四) 孤峯 氣溫之日間及年中變化，視高原爲甚，其年平均溫度，視高原爲低，既如前述，以雲量多，光線弱，及放熱烈之故，夜間及冬季之冷卻亦烈；且以風力強盛，足以促進蒸發，其影響氣溫之減低者，蓋亦甚矣。

孤峯林木之生長，以視山岳、高原尤爲不良，蓋乃林業經營上地形之最不利者也。其垂直森林限界，視山脈地帶，一般較低。

(五) 山腹 夜間溫度，山腹視谷間略高，嚴冬之際，此種現象尤爲顯著。山腹不若谷間之低溫者，蓋明證也。向陽面雖較爲乾燥，然當避風之地，林木生長，反視谷間爲佳，抑亦恆見者也。其山腹之爲庇蔭地者，溫度恆低，傾斜愈急之地，尤爲顯著，以其富於地溼，故頗適於陰樹生育，以其氣溫高低，無甚急變，及一般植物生長開始較遲之故。山腹，山頂，霜害，均不若谷間之甚，惟積雪較多，及強風所及之處，林木生長，恆視一般爲劣，故山腹在林業上之價值，當以其方位及周圍地形，而互有出入，固未可一概論也。

(六) 谷間 谷間以日照時間短促，及夜間山上寒風下吹之故，其氣溫恆視山腹爲低。冬季天氣奇寒，且復連續，此霜害頻發之所由來也。晝間及夏季氣溫，雖以山谷形狀，而未能一致，然亦有以日照時

間，及地溼狀態關係，以視山腹高低不一者。

高山之谷，其日間及年中氣溫變化，每視同高之山頂爲大，就中且尤以一日間之變化爲然。廣袤之谷間，其氣候與平地極相類似，若當風力蒸發俱強之際，則乃陽性針葉樹、松、落葉松及其他陽性闊葉樹之適生處也。峽谷則晝間之日照既少，而夜間之放熱復弱，故其氣溫之變化亦少，不若普通谷間之極端而呈低溫者然，惟以風力蒸發俱弱之故，恆視開放地溫度較低，而溼度較高，蓋乃陰性針葉樹之適生處也。

彎曲之谷，以通風較惡，故霜害較頻。反之，若開放直走之急傾斜谷，則霜害亦隨之稀少矣。

觀察傾斜地之森林生長，由谷間而漸達於山頂時，則每呈漸次惡化之象，直徑及上長生長，亦均不免隨之惡劣，故爲林木材積之測定時，其標準木（亦稱中央木）之選定，應就中腹，或分林分爲若干帶狀區域，分別選定之，蓋所以取其中庸者也。

著者任職江蘇省教育林（在江蘇江浦）時，嘗見所植洋槐，生長狀態，以谷間爲發育最優，漸次上行，則亦次第惡劣，其生於山頂者，每呈萎縮枯死之狀。良以洋槐淺根，性好肥沃，而畏強風，谷間以地勢較平，地溼較豐，地層較厚，地力較佳，風勢較殺，故尚適於洋槐之發育。山腹之背風，而較肥沃者，復可勉自生育，爾往，則情勢益變，環境愈劣，絕非洋槐之所宜植矣。

若以我國暖帶而論，杉林應擇谷間肥沃適潤之地植之。山腹以下，適應力強者爲竹類，山腹部分，則以櫟類，山腹以上，則應擇陽性針葉樹之馬尾松等植之。嘗憶十八年秋，奉令觀察太湖時，嘗見江蘇

吳縣所屬之洞庭東山，其樹林所布，自麓至巔，山麓爲橘，其上爲枇杷，其上爲楊梅，最上爲馬尾松，令人望之瞭然可辨。雲南昆明西山林相，山麓爲冲天柏，山腹爲常綠櫟樹之純林，及與油杉之混交林，更上則爲華山松與落葉櫟類之混交林，更上則爲雲南松，爾往則爲灌木帶，山頂則以風力過強，有竟爲草原者矣。蓋皆因地而制宜者也。余所擬雲南箇舊造林計劃中，其樹種選擇，依照地勢決定如次：

- (一) 山腹以上，土性瘠薄之地，栽植雲南松、華山松。
- (二) 山腹土性中庸之地，栽植麻櫟。
- (三) 山腹以下，土性肥沃之地，栽植高山栲、杉木、及冲天柏。
- (四) 山麓地勢平坦之地，栽植玉樹。

金陵大學教授陳麟先生，當民國五年主持江蘇省教育林時，於其所擬該林第一林場計劃書中，對於造林樹種，配置如次：

- (一) 山窪 此中土較肥潤，不受乾風炎日，宜杉與櫟及竹。
- (二) 山坡 土深而坦平，交通便利宜櫟。
- (三) 山麓 傾斜略緩，惟稍燥而多礫片，可栽洋槐。
- (四) 山腹 傾斜較急，巖片亦多，每受乾風炎日，最爲燥瘠，可栽松。

第四節 緯 度

緯度(Breitengrad; Latitude)與溫度，具有密切之關係，是爲樹種及林相之間接因素。高緯度地方，以具有夏季(即林木生長期間)甚短，而晝間甚長之特徵，故除日照時間長短之外，光線之性質、強度，亦迥異其趣。(據最近調查，謂寒帶高緯度地方夏季之受光量，並

不亞於溫帶云。)嘗考生育於高緯度地方植物葉之構造，每足令人聯想熱帶植物之景觀，其原因所在，或基於生育期間降雨特多，或由於低溫而溼度較高之故，蓋頗有研究之價值者也。

據羅特格(Lunde Cardh)氏研究結果，則歸因於陽光，陰葉視陽葉葉面較大者，其效力固相若，而並無軒輊也。

高緯度地方，谷間草木之為喬大生長者，亦屬顯著之特徵。羅特格氏所謂生長迅速由於日照時長，受光量多之故，其氣溫低而生育期短之地，林木生長雖不迅速，然其生長每較良好。針葉樹林之生於高緯度地方者，其材積生長量，每亦較大，蓋亦信而有徵也。

第五節 海拔高

高山溫度低降，與高緯度地方同其現象，以兩者之間樹種分布，均有相當顯著之差別，故森林帶有垂直與水平之別，彼兩者夏季之植物生育期間，均極短促，而僅有數週。高山一日之日照時短，而紫外線強，高山氣溫之遞減，冬季少而夏季多，一年間溫度之變化，以視低地極為渺少，且視平均氣溫相同之高緯度地，顯示海洋氣候，故熱帶之針葉樹種，與南半球同其現象也。

距海面之高度，即海拔高(Höhenlage; Altitude)愈增，而空中之相對溼度亦隨之增加，故好生於溼潤空氣中之水青岡、雲杉、冷杉、鐵杉，每多於高山見之。水青岡之生於高山者，雖屬裸地，仍獲遂其天然下種更新者，蓋有由也。倘在平地，若不在保護樹下，以增其相當溼氣之量，則其生長終不易良好者矣。

且也高山以降雪量多，故林木易遭雪折之害，樹性之彈力少者，

若馬尾松、雲南松等。決非高山之所適者矣。在最少量空中溼氣中，仍堪發育之樹種，則爲馬尾松、雲南松、櫟、枹等。惟一般高處，風害恆烈，故每不適於淺根性樹種之栽植。

第四章 土壤與林木之關係

林木莫不各求適地以遂其最大之生長，此林木天然分布，所以隨地互異者也。林木分布，雖與該地氣候中之氣溫、光線，具密切之關係，然林木所托跡之土壤，亦其重要之一因素也。良以林木與氣候、土壤之關係，達最適當程度時，始獲充分發揮其機能，而爲完美之分布及發育故也。

若論林業與土壤之關係，化學的性質不如物理的性質之重要，蓋爲土壤物理的性質之溼度、深淺、疏密等，對於林木之分布發育，皆具密切之關係故也。土壤之性質中庸者，無論任何樹種，無不適宜，故其造林樹種，得以任意選擇，無庸考慮，不若僅偏一方者之非其土性所適者，所可造林者矣。

林木所需土質，雖以樹種互殊，然亦非謂是種樹種所需土性，一定不變者也。蓋以氣候、位置不齊，其土性自亦隨之略異，例如生於山北乾燥地中發育最優之樹種，如移植於南向山腹，則非溼潤地中，不獲發育暢茂，他如適於瘠惡土壤及不良位置之樹種，亦好生於優良之地，更無論矣。蓋幼樹移植於土性稍優之地，亦感發育優美，遠勝瘠土，蓋明證也。

第一節 土壤之分類

土壤以種類(土性)不齊,其天然分布之樹種,及其發育之狀態,亦隨之互異,巖石之風化,由於溫度、雨量、方位及傾斜之影響,故就基巖(Grundgestein; Underlying rock)及土壤之種類而研究之,則其與樹種及林相之關係,不難按圖索驥而得之也。故當造林樹種及造林法選定之初,所有林地基巖,及土壤之種類,應予詳加調查,善為選擇,俾相適應,未可等閑視之明矣。

土壤之主要成分,為砂、粘土及石灰。砂乃由含有石英之巖石崩壞而成者也。粘土則由長石、雲母、角閃石及輝石等分解而成者也。石灰則主由石灰巖分解而成者也。林木所必需之礦物質養分,則以取之粘土者為夥;土壤分類,普通分為下列七種:

(一) 粘土(Tonboden; Clay soil)亦稱埴土,其中50%以上為粘土,而50%以下為砂粒,乃由粘板巖,頁巖及富於長石雲母之巖石分解而成者也。土性具強密着性,以土中空氣之侵入,熱之傳導,均感不易,故其土性,恆較寒冷,而其所含之有機質之分解,亦較遲緩。吸收多量水分時,每易變成泥沼地,溼潤時則頗粘着,乾燥時則極凝硬,經日光照射後,則上面結成硬皮,致使耕種及造林,均感困難,惟如混以砂粒、石灰、朽土,便成肥土矣。

粘土中之含有20—30%之砂粒,與60—70%之粘土者,謂之壤質粘土(Lehmiger tonboden; Loam clay soil)或壤質埴土,其含有10—30%之石礫,與60%以上之粘土者,謂之礫質粘土(Steiniger tonboden; gravel clay soil)或礫質埴土。

適於是項土壤栽植之樹種,為柵、櫟、槲、見風乾、鵝耳櫪等,其含有石灰之處,則復適於水青岡、雲杉等樹種之生長。惟是項土壤,雜

草之繁茂，爲較易矣。

(二) 壤土(Lehmboden; Loamy soil)壤土土性，介乎粘土與砂土之間，乃由 75.0—62.5% 之砂粒與 25.5—37.5% 之粘土形成者也。

壤土以久經耕作，而得保其高低，乾溼、疏密又復適中，乃植物栽培上最適之土性也。凡富於壤土及粘土之土壤，以富於礦物質養分，故雖採取落葉，其地力不致遽告衰竭。是項土壤，各種樹種莫不相適。其中含有 87.5—75.5% 之砂粒，12.5—25% 之粘土者，爲砂質壤土或砂壤土 (Sandiger lehmboden; Sandy loam soil)。含 62.5—50.0% 之砂粒，27.5—50.0% 之粘土者爲粘質壤土 (Toniger lehmboden; Clay loam soil) 或埴質壤土，或粘壤土，或埴壤土。

(三) 砂土 (Sandboden; Sand soil) 87.5% 以上爲由石英所分解而成之砂粒而成，粘土之含量甚少，普通僅在 12.5% 以下，其他成分則盡爲砂粒矣。不惟凝集力弱，而礦物質之養分亦鮮。

其中含有 60.5—70.0% 之砂粒，20.0—30.0% 之粘土者爲壤質砂土 (Lehmiger sandboden; Loam sand soil)，70.0% 以下之砂粒，10.0—30.0% 之石礫者爲礫質砂土 (Steiniger sandboden; Gravel sand soil)，含有之砂粒愈多，則土質愈劣，土性亦愈疏，而水分之流失愈急，乾燥亦愈易。惟以土質疏鬆，而便於耕耘，水分之滲透，空氣之流通均佳，分解之作用亦盛，故當施肥之際，應以肥料之遲效者施之。良以養分之吸收力薄，故速效之溶解性肥料，不可一次多量施用，而應分爲數次施予也。無論何種砂土，如以粘土混合之，均有改良土質之效。適於砂土栽植之樹種，惟松爲著，其中如有多量

朽土，則其他針葉樹類，及堪耐瘠地之白楊、柳等闊葉樹類，亦可生長矣。

(四) 石灰土 (Kalkboden; Calcareous soil) 石灰土云云，蓋乃土壤中含有碳酸鈣 (CaCO_3) 20% 以上者之總稱也。其含量之較多者，有達 75% 者。石灰土中之石灰，類以粒狀或粉狀混合，若注以鹽酸，便呈泡沸，頗易識別。石灰土主以石灰巖之風化而形成者也。氣候溼潤之地，雖有石灰巖之露出，而不見石灰土之存在者，良以碳酸鈣至易流失故也。

土壤中石灰含量過多，或為大粒之存在時，蓋與砂土相若之劣土也。就中如以粘土或朽土加入之，便成沃壤矣。石灰不惟足供林木之養分，且可促進土中礦物質及有機質物質之分解，蓋乃樹木生長，必不可缺之養分也。以植物易於攝取，故粘土或壤土中，如以石灰土加入之，頗易收土壤改良之效；最適於石灰土栽植之樹種，為水青岡、槭、榆、鹽膚木、黃楊等。冷杉、落葉松、松等，亦可生長。

(五) 泥灰土 (Mergelboden; Marly soil) 泥灰土云云，乃由 15% 以上之粉狀碳酸鈣及若干粘土，而為肉眼不易識別之細密混合者也。是項土壤，性頗肥沃，與壤土之性質相若。適於泥灰土栽植之樹種，除赤楊及柳外，乃所有各種闊葉樹類之最上土性也。針葉樹亦可生長，惟雜草繁茂異常耳！

(六) 腐植質土 (Humusboden; Humus soil) 亦稱朽木土，或墟土，乃含有 20% 以上之腐植質，其色黑褐而膨軟者也。吸水性強，當水分飽和時，其含水量有達土壤重量之數倍者。可溶性礦物質較少，其在溼潤地者，則呈酸性，所謂酸性腐植質土 (Sauerhumusboden;

Acid humus) 或酸性朽土是也。對於植物生長，雖有有害物質之生存，然如以草木灰混入之，使之中和，而成普通之腐植質土。其含量過多，且乏空氣，而呈泥炭狀之泥炭土(Torfboden: Peaty soil)及其尚未完全分解者，對於植物生長，亦非所宜。

(七) 礫土(Steinigerböden; Gravel soil) 亦稱石礫土，乃土壤之由 50% 以上之石礫所形成者也。其石礫之含量，在 30% 以上，而其粒徑不及 0.05 公厘之細土，在 20% 以下時，稱曰砂質礫土(Sandiger Kiesböden; Sandy gravel soil) 在 20—50% 間者，稱曰壤質礫土(Lehmiger Kiesböden; Loam gravel soil)，在 50—70% 間者，稱曰粘質礫土或埴質礫土者(Toniger Kiesböden; Clay gravel soil) 其混合之細土，為量愈少，則其瘠薄亦愈甚。礫土中，凡松類及其具有細長之根者，皆其樹種之相適者也。

第二節 土壤之深度

土壤之深度(Mächtigkeit; Soil depth) 云云，乃由地表以達基巖之深度是也。土壤深度，與樹木之養分，根部之擴展，樹體之固定，及地下水之移動等，具有密切之關係。故土層之深淺，其所以影響林木之發育者，實深且鉅也。土壤以垂直分之，可別為表層、風化層、及底層等三階級，分述之如次：

(一) 表層(Oberboden; Top soil) 亦稱表層土，或表土，及上層，或養分層，蓋乃風化業經完成，不溶性之礦物質成分甚少，而類為可溶性成分者也。其含量普通視深層遠遜，以其略含腐植質，故呈黑或灰色，土質輕鬆，構成團粒，空氣與水，通透良好。本層更可別為三

層，其最上部稱曰腐植質堆積層，次之爲腐植質與礦物質層混合而成之發芽層，最下部爲根部瀰漫層。

(二) 風化層 (Verwitterungsboden; Weathering soil) 乃林木根部所由定着者也。其土視表層較爲緻密，以含有鐵質化合物之故，恆呈黃色，乃至褐色，乃由可溶性及未分解之礦物質成分構成者也。表層較淺之地，乃寒帶氣候地區內，林業上關係深切之地層也。

(三) 底層 (Unterboden od untergrund; Sub soil) 亦稱下層土，或下層，乃尚在風化進行之疏鬆基巖部也。植物養分之可溶性成分甚少，地下水僅於此層流動已耳！以地層之狀態不同，地下水自高低異致，然亦有竟付闕如者。

以上三層，決非整然可辨，蓋乃漸進而變異者也。其表層及風化層愈厚，則其保水量亦愈多，養分亦愈富，而根部之擴展，及樹幹之發育亦愈盛。深土之水分蒸發絕對量，雖視淺土爲大，然深土能保持溼潤，不若淺土之極易乾燥者然。

表土深僅尺許之地，雖亦有樹木之生存，然極淺之地，僅供草類之生長已耳！良以土壤過淺，則深根性樹之主根，不能任意伸長，而須屈曲橫展，幹部之上長生長，遂亦爲之阻滯，樹高低矮，樹梢彎曲，蓋乃目擊而恆見者也。故準樹幹之上長量，以爲地位決定之準繩者，固亦有至理存焉。

森林土壤之深度，以土壤之種類，地表之形態，及地被物等關係，而未能一致。凡基巖較弱之地恆深，風化遲緩之巖石地恆淺，砂巖地恆視普通土壤爲深，丘陵地恆視山岳地爲深，傾斜愈急及降水與地面流水愈多之地恆淺，山麓、谷間、盆地及汎濫之平坦地，其土壤概

深，急斜面，及山脊地概淺。他如向陽斜面，視北及東北向斜面恆淺，裸出地與樹林地較，除表土流失外，其風化層之風化速度極遲，故亦恆淺。

林業上適當深度，雖以樹種及其他關係，而未能一致。然各種樹種，各作業法，最有效之土壤深度，其最大限度，若作三公尺之預定，則實施上，當無問題也。關於根部研究，尙極幼稚，精確數字之表示，當俟之異日矣。茲舉德國對於土壤深度之分類如次：

最淺地	1.5公尺。
淺地	1.5——3.0公尺。
中庸地	3.0——6.0公尺。
深地	6.0——12.0公尺。
最深地	12.0公尺以上。

馬依耶氏，對於樹根伸入及樹根分布所及之土壤之深淺，分爲次列四種：

(一) 樹根分布所及之土壤深度，在一公尺以上者爲深地，以樹根深入土中，故亦稱直根性樹木(Tiefwurzlichkeit; Deep rootedness)。對於暴風抵抗力強。例如槲、櫟、松等。

(二) 土壤之深度在0.5至1.0公尺以內者，爲適深地，普通樹木根部之伸入爲0.5至1.0公尺，惟此類樹木，以先生直根而伸長力弱，恆由生長力強之根際發生側根，故亦稱側根性樹木(Seitenwurzlichkeit; Lateral rootedness)，對於暴風抵抗力強。例如榆、槭、白蠟樹、赤楊、落葉松等。

(三) 土壤深度在0.3至0.5公尺間者爲淺地，在此深

度，樹根得爲充分分布者，稱淺根性樹木(Flachwurzelligkeit; Shallow rootedness)。例如洋槐、樺木、柳杉等。

(四) 土壤深度在〇·三〇公尺以下者爲極淺地，其因蓋由於粘土層、石礫層、巖層及地下水等各種關係而形成者也。惟此項土層，雖屬極淺，其他條件，如能具備，則仍無損於樹木之發育。惟除淺根性之樹木外，深根性之槲、松等，較有價值之良材，終不易產生耳！

據裴白克(O. Bernbeck)氏，就林業上之見地，謂凡土壤之理學的性質，對於根部絕無影響之地層之深度，謂之絕對的深度，而樹根現在瀰漫所及之地層，謂之生理的深度。生理的深度，則以樹種、土壤之理化的性質及地下水等關係而迥異云。

第三節 土壤之養分

林木對於養分之消耗，雖不若農作物之需多量，然亦不若農作物之得藉施肥而足以補充者然。故土壤中所含養分之多寡，恆足爲其生長量左右之因素，絕非偶然者也。土壤中所含養分，非可溶性者，樹根不克吸收，樹根根毛中，雖具有分泌一種酸類，俾不溶性者，變爲可溶性之作用；然其多量吸收者，仍爲可溶性之養分，故爲不溶性狀態時，雖含有多量養分，樹根終感吸收困難也。

樹木關於養分之攝取作用，有委之於其共生之菌根者，據史太爾(Stall)氏之研究，謂「樹木愈陰性，則其菌根(Mykorrhiza; Mycorrhiza)之發生，亦隨之增加，而其生菌之作用，亦隨之俱進」云。

土中所有樹根之枯死，及其他腐植質物質，暨動物之遺骸，以微生物之活動，而隨之分解，其由分解生成之無機鹽類，卽樹木肥養之

所仰賴也。由是以隨時補充調節之，抑亦土壤之最良狀態也。

土壤溼潤時，鹽類中以特富於石灰，且以空氣流通之故，纖維素得以充分分解。惟缺少石灰時，則微生物之活動，隨之衰退，每易形成粗腐植質 (Rohhumus; Rawhumus, Sour-humus)。而有腐植酸 (Huminsäure; Humus acid) 之發生。粗腐植質之堆積，對於樹木生長，為害至鉅，寒冷之歐洲北部，林業上所引為嚴重問題者也。

腐植質之分解，與該地氣候及其土性，具有密切關係，此適當森林形成法之研究所以為必要也。茲述土壤養分與林木之關係如次：

(一) 樹木在十年或二十年生時，對於土壤之適應力，恆視以後為大。故樹木之生於不良土壤者，在其年限內，所有之繁茂，未能還可視為即係該樹之適應力也。落葉松在幼時，頗為繁茂，若據以為對於土壤具適應之徵，抑亦未免過信矣。良以樹木對於土壤真確之適應力，及其要求度，於幼年及中年期間，僅能開始作初步之表現而已。

(二) 其要求度不大之樹種，植於不良土壤時，成活後，雖亦有呈繁盛之狀態者。惟當其土壤不復滿足其要求，並遭遇外敵（如菌類及昆蟲之害等）之侵襲時，便不克維持而枯萎以死，若在極惡之地，則雖於最初十年間，亦難充分發育，樹形矮小。雖歷有年所，林業上固毫無價值者矣。

(三) 凡能形成長大樹幹之闊葉樹，在土壤中，若感氮氣養分之不足，而得自大氣中自行攝取以補充者，其對於土壤之要求度，恆小於其他樹種。例如豆科植物（如洋槐屬槐屬胡枝子屬等）及榆類、赤楊，即其類也。故是項樹類，足供恢復地力之用。

爾外，一般樹種，對於土壤之要求度，其木材比重之大者，恆視比

重之小者爲大。

(四) 針葉樹之二葉松(若馬尾松, 黑松), 三葉松(雲南松)及圓柏類等, 在其肥沃之原生林中, 雖亦生長良好, 惟其生於土壤量少之地者, 對於土壤養分之要求度, 遂亦減少矣。其土壤量愈少, 則其上長生長, 及利用價值, 亦隨之愈減。

(五) 亞喬木及灌木類, 雖生長於良好之地, 然對於土壤養分之要求仍鮮。

(六) 地溫與氣溫較高, 及地溼與日照較多之地, 雖土壤之養分不足, 而樹木仍能作充分之發育。

(七) 樹木及地被物之全部萎棄地面, 任其腐朽者, 大有助於土壤養分之補充。反之, 若將樹木枝葉, 及地被物等任意採集, 不加保留者, 則其地力, 惟有日就衰退而已。故鬱閉森林之遽予皆伐者, 所有林地, 以一朝暴露, 頗易瘠惡, 人工更新中, 皆伐作業法之不滿人意者, 蓋緣於是。

(八) 土壤之良否, 繫乎巖石之風化作用是否充分, 良以風化充分, 便成良好土壤, 而適於樹木發育, 與基巖種類無甚關係故也。

(九) 樹種對於土壤養分即地力之要求度, 得於該樹根系(Wurzel system; Root system)測之。例如松類幼時之根系, 已爲冷杉之二十四倍, 而其根部之占領面積, 復八倍之, 是冷杉、雲杉深感養分不足之地, 松類仍能葱然獨茂者, 蓋有由也。樺與赤楊等, 於乾燥地中, 仍堪適應, 而獲滋繁者, 幼時根系較大之功, 不可沒也。

(十) 樹根抗力極弱, 凡土壤中水分養分集中之處, 根必趨之, 迨伸展到遠後, 每發生吸根, 以儘量利用其新環境。至若瘠惡之乾燥地,

所生吸根，亦復消滅矣。

(十一) 闊葉樹之根，普通視針葉樹爲長，在輕鬆土壤中，闊葉樹之二年生者，其根且視針葉樹超過二倍以上。且闊葉樹類根部之重量，無論絕對、相對(根之重量與樹木全體重量之比)，視針葉樹類爲大。故闊葉樹視針葉樹類，恆需深厚土壤者，非無故也。

(十二) 樹木之適於深厚肥沃之地生長者，類具深入而復擴張之根，故無特別長大直根之必要。胡桃、楓楊、白蠟樹、槲、櫟等，其適例也。

馬依耶氏關於樹木對於土壤之要求度，分爲次列四級：

(一) 要求度最大者 槲屬，厚樸屬，胡桃屬，白蠟樹屬，榆屬，槭屬，落葉松屬，水青岡屬，栗屬，泡桐屬等。

(二) 要求較多者 白松類，石松類，雲杉屬，冷杉屬，黃杉屬，鐵杉屬，柳杉屬等。

(三) 要求較少者 洋槐屬及其他豆科樹木，樺木類，赤楊類，白楊類，柳類等。

(四) 要求度較小者 二葉松，三葉松，白樺等。

本多靜六氏，則就日本所產樹種，對於土中礦物質養分需量多寡，分列如次：

(一) 需量最多者 槲，槲類，榆類，槭類，白蠟樹類，水青岡類等。

(二) 少量已敷者 黑松，赤松，洋槐，樺木類，杜松，合歡樹，槐，柳類，赤楊類等。

我國樹種對於土壤養分之要求，尙無精確之研究，茲就著者觀

察所及，分別等級列舉如次：

- (一) 樟，竹，泡桐，油桐，杉，柳杉等。
- (二) 雲杉，冷杉，柏木，冲天柏，水青岡，槲，栗等。
- (三) 華山松，側柏，洋槐，棟，櫟，赤楊等。
- (四) 馬尾松，雲南松，油松，白楊，柳，臭椿，樺木等。

第四節 土壤之溼度

土壤之溼度 (Bodenfeuchtigkeit; Soil humidity) 亦稱土壤之水分或含水量 (Soil moisture)，與其養分，同為樹木生長上重要因素。其水源所自，為降水、空中溼氣，及地下水三種。是項水分，充滿於土壤之間隙部中。土壤所含水分之最大限，與空隙之容量相一致，水分對於土壤，具有養分的保持及物理的兩大作用。雨水中不含有其他物質，對於樹木發育，雖不能作養分之供給，然據最近研究，當雷鳴之際，空中得隨降雨，可有氮化合物之供給(硝酸或亞硝酸)。地下水中含有多量之礦物性物質，樹木養分之所仰賴也。

土壤之在多雨之地，及其由灌溉而於短期間內經多量之水浸潤者，其可溶性鹽類，必由是以深入土中。反之，若在雨量缺少之區，土中鹽類，必至運送上層，甚或露於地面，鹼性之地，海濱地帶，所常見也。水分之物理的作用云云，過硬之土，可使之進於疏鬆，過鬆之地，可使之適度硬化，且土壤之富於水分者，春夏之際，恆較寒冷；秋冬之際，恆較溫暖。

惟土壤中水分過多時，亦足以減少空氣，阻止通風，而礙植物之生機。低溫之時，且足滯腐植之分解，及酸度之增高，終陷植物於枯

死。然樹木體重之約40%，係由水分所構成，且復有多量水分，由葉中不絕蒸發，其所需水分，以由根部，全自土中所攝取，故地下水，除營風化作用之外，對於林木之生存、生長，復具密切之關係。若水分不足，則其生長，便形激減，或竟致枯死矣。有用樹種之堪生長於低溼地者，為數至鮮。土壤過溼之害，雖於樹木生長，影響至鉅，然實際上，林木之苦林地水分不足者，亦復至繁，而復習見也。蓋除少數情形外，土壤水分，可謂利多而害鮮。故土壤保水力，為其左右肥沃度之因素云云，抑亦信而有徵也。

土壤依其水分含有度之多寡，普通分為下列五級：

(一) 強溼地 (Nasser Boden; Wet soil) 土壤間隙中，全部為水所充塞，取土塊於手中，不加強握，自有水滴下注者也。強溼地，類帶酸性，蓋乃養分含量較少之土壤也。是項土壤，以植物質分解不全，腐植酸亦隨之發生，是項酸性土壤，除赤楊屬、樺木屬、白蠟樹屬、白楊屬、柳屬、雲杉屬、落羽松屬、水松屬、楓楊屬、燈台樹屬、連香樹屬等，均能發育如恆外，一般樹木，則決不能為良好之生長矣。

(二) 溼地 (Feuchter Boden; Moist Swamp, bog, Fen) 其土經強握後，始有水分下滴者也。溼地類為中性，地下水及地上水，均足使土壤進於新鮮，并溶解其礦物質養分而含有之，故乃肥沃之土壤也。凡耐水溼之白臘樹屬、榆屬、赤楊屬、樺木屬、法國梧桐屬、柳屬、楊屬、檉屬、樺屬、朴屬、冷杉屬、鐵杉屬等樹類，莫不適宜。

(三) 溼潤地 (Frischer Boden; Fresh soil) 亦稱適潤地，其土雖經強握，並無水滴，掌中僅感溼潤者也。除熱帶所生樹木外，一般樹木，均好溼潤，故乃普通樹木發育最良之土壤也。

(四) 乾燥地(Trockner Boden, Dry soil)雨雖纔過,水分已失,僅可由植物之根,自土中攝取若干,數日之後,便感乾燥如故者也。在乾燥地中,仍能發育良好者,例如樺木屬、二葉松類、三葉松類、洋槐屬等屬也。

(五) 強乾燥地(Durrer Boden; Arid soil)大雨初過,其所有水分,遽直達下層,二十四小時內,即形乾燥;土性疏鬆者,呈粉狀,粘質者,便硬化者也。其適宜樹種,馬尾松、雲南松、側柏、落葉松、白樺、白楊、山赤楊、柳等屬也。

白樺不惟生長於最乾燥地中,發育優良,即於沼澤地中,亦與赤楊同其繁茂。爾外若柳及白楊、赤楊等,於任何過度之乾、溼地中,均堪發育。白樺、赤楊、偃松等,則雖滯水溼地,仍復發育如常,蓋緣其性較強故也。

第五節 土壤之疏密

土壤之疏密度,亦稱土壤之結合度(Bindigkeit des Bodens; Binding nature of soil),乃土壤對於破碎之抵抗力也。以其關係地中空氣水分之流通,及溫度之吸收發散者至深,故影響耕鋤之難易,及樹根構造者極鉅,乃與林木生長,具有密切關係之理學的性質也。森林鬱閉之被突然破壞,或皆伐之際,林冠之遭突然損毀者,均足以妨礙落葉之分解,馴至影響所及,土壤之疏密度,亦隨之變化,或趨於硬化,或流夫乾燥,甚者且復變化其性質,致地中有效蟲類,亦不復得以安居,而匿跡遠遁,其影響土性者,為何如耶?

馬依耶氏,對於造林上土壤之疏密度,分為次列三種:

(一)密土(或堅土,重土)(Strenger Boden; Heavy soil)乃土壤之屬粘土類,及砂之含量較少者屬之。乾燥之際每易硬化,而生龜裂,造林作業,極感困難。

(二)軟土(或中庸土)(Milder od Mürber Boden; Soft soil)乃土壤之砂質粘土,粘質砂土及適潤砂土等屬之,造林作業,並無困難。

(三)鬆土(或疏土或輕土)(Locher Eoden; Light soil)乃土壤之爲飛砂及砂丘者屬之。造林作業,雖極易易,然其土壤,頗乏凝集之力。

強粘性之密土之保水力及養分之結合力雖強,然以空氣之流通較難,及地溫較低之故,樹根之伸展亦難。反之,若輕鬆地,則雖空氣與水,通過自如,且復易於傳熱,惟以保水力弱,極易乾燥,故其地力,亦易衰退,林木之生長於此種土壤中者,其根部雖易瀰漫深處,然其幹部之材積生長,與地下部較,終難免勿如也。

普通樹木,雖類好土性略鬆之地,然其耐密土者,爲櫟、白楊等。疏土之具凝集性者,適於二葉松、三葉松及木質灌木類之發育。密度大而且重之土壤,以類含多量溼氣,性較寒冷,故此項土壤,不適於一般樹木之繁茂。針葉樹類之樹型矮小,或樹葉黃變,及易罹霜害者,土質過密,蓋主因也。

樹木中之得於最輕鬆之地生長者,恆具長而且多之根系,榆、白蠟樹、栗、赤楊、洋槐、馬尾松、雲南松、油松、黑松等類屬也。得於最堅密之地生長者,冷杉、雲杉、落葉松、見風乾、樺、櫟、枹等類屬也。爾外一般樹木,則類非中庸土質,不克完全發育者矣。

霜具有輕鬆土壤之效,經凍結之粘土地,有損失其結合度35%許

者。故粘質之苗圃地，予以冬耕，而使之凍結，亦略具若干改良土性之效者，蓋緣於是。

林地以樹冠之蔭蔽，及樹根之伸展，落葉之分解，昆蟲及其他小動物之穿孔，故其土質，以視耕地、牧場，具有直達深處全部輕鬆之特性。惟輕鬆地與強粘地之經裸出或放牧者，均足益增其鬆密之度，而遞減其生產之力，欲圖地力之恢復，為不易矣。故林地之遇是項土質者，務須善為處理，並毋使久曝於陽光之中，而致土質惡化為要。

樹木對於不適宜之土壤中，是否適應，或予順化，尚屬疑問。德國伯爵許威靈 (Graf von Schwerin) 氏，對於土壤適應，亦若誤信氣候之順化性然，謂之土壤順化 (Atterensinsation)。惟馬依耶氏，反對此說，亦如反對氣候順化者然。謂樹木對於土壤，果能順化，則深根性櫟樹，生於淺地，其根部應即伸展自如，而變為深根性樹，然實際上，並不若是者何耶？他如適於瘠地生長之松類，惟其根部之生於肥沃於沃壤之苗圃中者，仍與生於瘠土中者，絕無二致，故土壤順化之說，不可信也。櫟等種子之由鳥類傳播，而生於瘠惡之淺土中者，視為暫行放棄其固有生長則可，若即視為土壤順化之徵，則期期以為不可者矣。良以樹木果與淺地相順化，則嗣後雖予以肥沃深土，而其生長仍復不改其在瘠惡淺地者然，始足以云夫土壤順化，然而烏可得哉？是亦足徵土壤順化之不可能也。他如落葉松之在深地，經多年生者，然其子孫生於巖石地中，仍絕不改其本性，此土壤順化之說，不能存在之又一證也。夫植物對於土壤狀態之變化，雖各具其自行變化之特質，然是斷不可遽以適應視之也。良以適應云云，其生活狀態，必也有所變化，然外部因素，決不能使植物之內部生長狀態，發

生變化，土壤既爲外部因素之一，自亦不能使植物之生長狀態，發生變化，此土壤順化之說，所以不易存在者也。

第五章 森林帶

樹木生長，惟於適溫適地，發育最良，逾此卽反是。赤道而兩極，海岸而崇山，以緯度海拔之遞增，氣溫亦隨之而下降。而各種森林植物之分佈，復以自然環境之不同，而變遷於是乎與矣。在此水平及垂直的樹種之分佈內，凡具類似之特性者，每呈地域之分類，此所謂森林帶或森林植物帶 (Waldzone; Forest zone, Forest region) 是也。而森林帶，復以位置之不同，可分爲垂直的森林帶 (Waldregion; Forest region) 與水平的森林帶 (Waldzone; Forest zone) 兩種。蓋其區別，一由海拔，而一由緯度者也。

試就緯度與海拔高，對於氣溫變化之狀態，而觀察之，則緯度每差一度(110公里)，其氣溫之差，約爲 0.5 度，海拔高每差一百公尺，其氣溫之差約爲 0.6 度。兩者之間，距離之差，蓋甚鉅也。各種樹種，於最適鄉土之外，復各有其溫暖鄉土，與寒冷鄉土，既如前述。森林植物之水平分布區域，既極廣袤，且各帶之推移，復屬漸進，故其各帶限界，終不若垂直森林帶之顯著也。

凡樹木種類，其地愈暖，則其類愈富，其地愈寒，則其類愈減，故當高緯度及高山之上，其度愈進，而樹木之種類亦必爲之漸減也。就中闊葉樹類，以視針葉樹類尤需多量溫熱，此暖地之特饒闊葉樹類，且復林相複雜，而寒帶以針葉樹類爲主，且復種類稀少，林相單純者，蓋明證也。茲舉地球上植物分布之一般法則如次：

(一) 暖地所有之種子植物，其種類遠勝於寒地。

(二) 孢子植物，除羊齒類外，與極地愈近，其種類亦愈富。

(三) 與赤道愈近，其類愈增，在赤道圈內，則雙子葉樹木，為量最饒。惟高等植物中，有限於某種族，在溫帶地方發育最佳者。

(四) 一種類之個體數，與極地愈近，而其量愈增。羣生草皮之在寒帶地方，而復不絕頻發者，蓋明證也。若在熱帶林中，則植物之種類數多，而個體反較少也。

(五) 暖地植物之開花，恆視寒地活潑，其花色亦較鮮艷而復複雜。

(六) 地衣、苔蘚及其他下等草類之分布相若。

我人試就天然林而觀察之，一森林帶中，必有其固有之植物固矣，然亦未易言也。良以經悠久歲月後，以人類之作用，足令某種樹類，漸趨於減少，或益臻乎繁殖，其鄉土界限，不復顯然，馴致分布狀態，陷於極不明瞭者，實比比然也。故歐洲為此樹類之森林帶之區別，若欲依據現有植物分布狀態，以為之徵，抑亦事實之不可能者。

依據此類樹種，於固有森林帶外，可由人工培植之事實，而斥森林帶為無科學及實用之意義者，亦恆有之。然樹木在鄉土以外，亦有存於鄉土氣候相同之地者，所謂同一氣候帶是也。然亦有氣候帶相同，而其樹木不能為他氣候帶所傳播者，此自然界中所有之各種現象，每不為一般所注意也。

森林帶之研究，乃造林基礎問題之決定上所必要也。此項問題之研究，雖非經悠長歲月不為功，然為求切於林業上實用計，仍須精密觀察，以探求之，俾獲確實結果，而備林業經營之借鏡用也。

第一節 森林帶與氣候之關係

氣候帶 (Klimatisches zone; Climatical zone) 雖與森林帶，恆相一致，然以海流海拔及方位等關係，未必與緯度相平行。南方之高地，與北方之平地間，有屬於同一氣候帶，其樹木得以相互移植，或以之造林，各種氣候間，得以生長各種植物者，蓋有由也。林業家而無氣候學素養者，實際工作，終不免發生困難者，固我人所習見也。

故我人欲為森林之營成時，其樹種對於氣候及土壤之要求，允宜作澈底之研究。換言之，於其樹種之自然的界限，即其樹木之鄉土，不可不有充分之瞭解也。然欲知其於自然區域內，所有之要求，不可不於其實際之氣候的因素，先有充分之瞭解，然後始可作鄉土內樹種與氣候關係之探索，更從而作對於彼樹所屬氣候帶之決定。其屬於氣候帶內者，雖在該樹種之鄉土外地，仍可舉以造林矣。

森林植物帶之調查工作，除於氣候，應作精密之觀察外，於其氣候所特有之樹種，亦應作充分之研究，而獲圓滿之結果。良以各氣候帶中，各有其特具之樹種，故各森林帶之選以特有之樹種名之者此也。惟屬於同一氣候帶之地方，亦間有不生同一之特有樹種者。例如美洲西部，及朝鮮之水青岡生長之氣候帶內，竟不生水青岡，而僅生與水青岡同生一處之他屬樹種者。故西美及朝鮮之水青岡帶，決不能以其不生水青岡屬樹種，而為之否認也。

森林當原始林相時代，其森林帶之決定，頗為易易，惟森林帶亦如氣候帶之次第漸向其次帶推移者然，故各帶之鮮明限界線之決定，亦非易易。除僅由林相觀察結果，為之平均決定外，可謂無他術也。

例如尚有櫟樹天生，而已漸有水青岡生長之處，及水青岡仍能繁茂，而已有若干櫟樹天生，或由人工栽植，仍堪生存之處，即水青岡與櫟樹限界之相接處也。惟有水青岡勢最跋扈，及其發育特盛之處，乃所以示水青岡帶之中心者也。要之，森林帶區域，應俟各特徵樹種之數量及其發育狀態，予以充分之比較研究後，始獲精密決定，而未可貿然臆斷明矣。凡其森林開放已久，原始狀態已由人爲消滅，即天然林缺乏之地，其森林帶之決定，尤爲困難；若遇此種情形，則其森林帶之決定，除現有樹種之外，所有關於該地之氣候、海拔高、方位、土壤、溼氣等因素，均應有充分探討之必要矣。

海洋與大陸氣候之影響於森林帶者亦鉅。赤道以北之森林地方，海拔高及緯度雖相同之地，然以海洋及大陸關係，而其氣候型可別爲兩種，其所有植物之分布培養及處理方法，自亦隨之互異。

凡氣候之富於風雨，而溼度、溫度俱具緩和之特性者，所謂海洋的氣候，或島嶼的氣候是也。反之，具有溫度溼度極端之特性者，謂之大陸的氣候。大陸的氣候，乃支配乎大陸內地，其天氣，冬季極爲單調均一，晴雨俱各持續，且有晴雨莫辨，而濃霧陰鬱之持續者。與海洋氣候相若之現象，每於爲森林所被覆之山脈見之。良以山脈之爲森林所覆被者，恆有多量之降水，及高度之溼氣，與海岸氣候相酷肖，殆與森林繁茂互爲因果者也。若由北半球溫帶之某地，啟程北往旅行時，其植物帶之變化，與由該地登臨高山所見者相若固矣。然於熱帶及南半球，則迥然不同，即由赤道而至南北緯二十度之間，冬夏兩季間，溫度之相差極少，此蓋由於海洋面積及太陽位置，足以緩和溫度之劇變故也。北緯二十度之地，其最寒最熱兩月之溫差爲六度，而

北緯六十度之地，則爲三十度，若在南半球，則相差不越七度外矣。

北緯二十度以南，及南半球之全部，其酷熱、溫暖，及清涼、寒冷之地，幾通歲皆然，絕無變化，故其森林帶，亦與北半球迥然不同。北緯二十度以南，及南半球之全部，絕無落葉闊葉樹之存在，而北半球寒冷之地所盛產之針葉樹類，在南半球，則僅有南洋杉屬 (*Araucaria*) 羅漢松屬 (*Podocarpus*) 及熱帶或暖帶所產之各屬而已。南半球雖亦有水青岡屬，然與北半球溫帶所產者，並不同屬，蓋乃屬於假水青岡屬 (*Nothofagus*) 之常綠水青岡也。

以熱帶高地及南半球全部，夏溫欠足，冬寒不烈之故，不如北半球之具栗帶、水青岡帶及冷杉帶者然。暖帶林木，遠播南方，其林木生長所需之溫度，僅達最小限度，故遂全呈矮生之常綠灌木帶矣。綠是北半球之森林帶，水平(南北)及垂直(上下)之定則，在熱帶及南半球，則自不能一概論矣。

馬依耶氏於各植物帶，曾以數量的比較而說明之。就舊大陸(亞洲，歐洲，非洲)、新大陸(美洲)及大洋洲(海洋洲，澳洲)等三大陸中，擇多數海拔高不同地點，以觀察其植物主要生長期間，季節，五月至八月間之平均相對溼度，平均雨量，平均溫度，經繼續五年以上之研究結果，謂溫帶中之落葉闊葉樹，於以上四個月間，作大部分之生長，最寒之雲杉帶之樹木生長期間，則僅限於六、七兩個月耳！爾往若至高山及北極地方，則其樹木之足以充分發揮其生活力者，僅六星期而已。彼常綠闊葉樹帶，其植物生長期間，則恆超過四個月以上云。

第二節 森林帶與樹種之關係

森林帶與樹種，亦具相當之關係，分述之如次：

(一) 樹木之屬 (Gattung; Genus) 及種 (Arten; Species) 數，在北半球，則以由南而北，由低而高，而漸次減少。

(二) 樹木種屬之類緣或血統關係 (Verwandtschaft; Relationship)，每以森林帶之自南向北，而漸次增加。故於寒帶及極地帶內，其帶雖異，而其同種樹木，仍復不難發見也。

(三) 同種中之個數，每以接近寒冷氣候之地，而漸次增加，故在熱帶或暖帶地方，由各種樹種構成之散生混交林，極占優勢，若遠溫帶南部，則其森林已呈同一種類之純林狀態，至寒帶地方，則類為天然之單純林之形成者矣。

(四) 各氣候帶內，各有其氣候帶所特有之樹屬，故當氣候記錄缺乏之際，得以按照氣候特有樹屬，而為氣候帶限界之決定者，蓋有由也。甚或據是以供氣候特質更精之探索，故各氣候帶內特有之樹屬，抑亦氣候帶之發見決定上，所必要也。

第三節 森林帶與土壤之關係

氣候對於土壤之影響，以溫度、雨量為最著，而植物之種類次之。雨量之影響，復不在乎量，而在滲透作用，而滲透作用，復有地形、地質及土性等各種關係為之左右，故各氣候帶，土壤不齊，蓋緣於是。土壤以受氣候影響，分類如次：

熱帶以天氣炎熱，且復多溼、多雨之氣候作用，而有水蝕土壤之

形成，所謂熱帶紅土，或紅磚土 (Laterit; Laterite, Lateritic soil) 是也。蒲肯能 (F. Buchanan) 氏於 1807 年以 "Laterite" 命名其在印度所見之紅土，良以印人，即將此土製成磚形，待其乾燥，即供建築之用故也。此項土壤，分布於高溫多雨之熱帶地方，乃呈黃褐，乃至赤色之輕鬆土也。植物生長甚佳。惟以有機質分解迅速之故，土壤中不能作腐植質之積存已耳！其以滲透作用，而致流失之物質，為二氧化矽 (SiO_2) 及其他鹽基氧化鐵所由變成之氫氧化鐵，($\text{Fe}(\text{OH})_3$) 暨氧化鋁，與水化合而成之水氧化鋁 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。氫氧化鐵與水氧化鋁，皆為膠質物，附着表土之上，遂呈紅色。此項土壤，不含粘土，故極疏鬆，易於耕作，惟以缺乏有機質養分，及屬酸性土壤之故，應施以磷、鉀、石灰等肥料耳！

暖帶地方，以夏季長期乾燥之結果，遂有赤色風化土之形成。此項紅土，在半溫與半乾區內，往往有之。歐洲之紅土，即所謂 "Terra rosse" 是也。我國紅土區，東起杭州，西迄漢口之直線以南，均隸屬也。是項土壤，略含酸性，若欲舉以為農業之經營，則有機質之施用，及酸性之中和，為必要也。

溫帶地方，頗多黃土 (Loess; Loess) 土壤之形成，黃土性頗肥沃，分布甚廣，土層亦厚。我國華北一帶之黃土層，愈趨西北而愈厚，太行山東麓，厚僅數公尺，迨大同潼關，有竟達一百公尺者，蓋乃由西北沙漠吹來之風積土也。拉滿 (Ramann) 氏，將含有多量腐植質土之土壤，分為棕土 (Braune Erden; Brown earth) 與灰土 (Graue Erden; Podsol earth) 兩種。

棕土亦稱褐色土，棕色土，或棕色森林土 (Brown forest soil)。

此項土壤，生成於溫帶之半乾區內，氣候溫暖，排水良好之處，故恆見之於山腹之上。落葉樹類，乃適於該土之生長者也。落葉樹所需之礦物質養分，為鈣、鎂、鉀、磷等，此項養分，類由下層土壤中攝取之，而復藉堆積地面之落葉枯枝之腐朽，以償還之，故由滲透而致流失之養分，仍可藉以補充也。

灰土乃為俄語“Podzol”之譯名，蓋即以灰土質細而極鬆故也。此項土壤，生存於雨量較富，蒸發較低，天氣寒冷之處，其最上層為半分解之腐植質，以損失鹽基之故，而呈酸性反應，土色呈褐色或黑色，灰土中針葉樹類，生長最佳。

大陸性溫帶之土壤，當水分缺乏之際，每易為草原土壤（Steppeboden; Prärieboden; Steppe soil）之形成。此項土壤，生存於氣候夏短而熱、冬長而冷之處，以其天然之植物羣落為牧草，故其表土得為大量有機質之積存，乃含多量腐植質，性較肥沃，黑色而略帶酸性之土壤也。

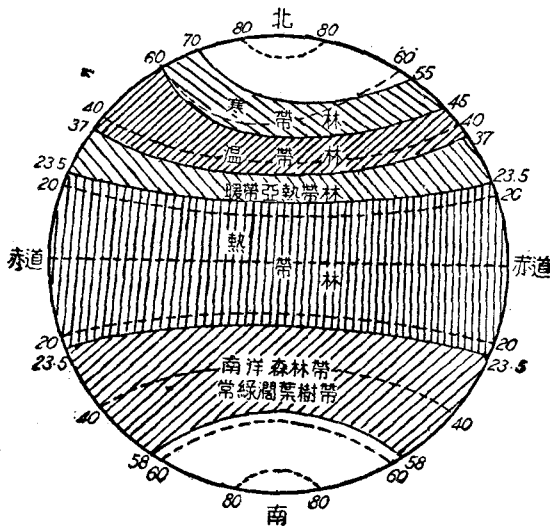
寒帶及極地帶之土壤，以其氣候結冰之時間甚長，蒸發量極低，故呈潮溼區土壤之特性。迨冰解而後，以水分過多，故每構成為流動性之泥炭土（Moor boden; Platy soil）矣。泥炭土，乃由溫度過低，溼度過高，空氣缺乏而形成者也。

普通土壤，僅物理的性質不同，對於森林成立，絕無重大關係。良以溼氣、溫度、雨量三者，如無不足之感，則其林地，不論如何瘠惡，終有森林成立之望也。彼廣大山脈間土壤之理化學性質，雖不一致，然如涉足於純粹之天然林間，無論何部，均能成立森林，蓋明證也。

第六章 世界森林帶

緯度為指示氣候之最大標準，乃世人所公認者也。故世界森林帶，為便於一目瞭然計，先以緯度區分之，然此亦僅足顯示其大略已耳！良以世界各地之氣候，雖同一緯度之地，以距海岸之遐邇，及土地之高低，方位暨海陸之狀態，海流之關係等各種因素，極難相若；故僅依緯度之高低，以為森林帶區分之標準，要亦絕非妥善者也。世界森林帶，以緯度分之，可大別為次列五帶，即自南緯二十三度半回歸線以北之森林，可分為熱、暖、溫、寒四帶，而南回歸線以南之森林，則所謂南半球森林帶，或南洋森林帶，或相思樹玉樹森林帶矣。

第一圖
世界森林帶圖



第一節 熱帶林

熱帶林(Tropische Waldzone; Tropical forest zone)兩回歸線間之地屬也。以其森林感受多量之熱度與日光，故其林下恆發生多數之樹木及其他植物，雖在繁茂鬱閉林間，仍有芭蕉及各種藤類以托生焉。

本帶純粹之天然林，在海岸以紅樹類(Mangrove)、露兜樹(Pandanus)及椰子類等為主。內部則為含羞草類(Mimosa)，相思樹類(Acacia)及其他滋繁頗盛之椰子科、竹類、常綠之榕樹植物，以構成之。自古輸入我國之紫檀、烏木、鐵椶、檀香、花梨、沉香及年來輸入之柳安、柚木等各項木材，皆熱帶之所產者也。南洋材中之 Shorea, Molave, Yacal, Bailliar 等，幾莫不為熱帶所產者。爾外有名之果樹，則有韶子、檬果、倒捻子(莽吉果)、麵包樹等，橡皮樹亦本帶之產物也。若登一千三百公尺以上之高地，始獲櫛、樟及羅漢松、竹柏等次帶所屬樹類之踪跡。迨抵四千五百公尺時，則喬大林木，業經絕迹，僅有灌木滋生而已。惟此項灌木，皆屬常綠，蓋以熱帶中部，四季氣溫，並無變化，各種樹木，均無落葉季節故也。若登高山，則其氣候亦復漸次寒冷，惟通歲皆然，不若其他氣候帶之有冬夏者然，故無森林成立之可能性矣。其適生於夏暑冬寒之落葉樹類，及冷杉、雲杉等之針葉樹類，亦自絕迹，而無可滋生者矣。松惟於蘇門答臘(Sumatra)及墨西哥境內熱帶之高地見之耳！故為熱帶中部之登臨時，所見之常綠闊葉樹漸次喬大，爾往復漸次低矮，寢假而為常綠灌木樹類，繼復以箬竹(Sasa)及草本代之，終之則為草本不生之童山而已。熱帶

以外之森林帶，雖於一年平均溫度攝氏零度之處，森林仍復繁茂如常，若於熱帶，則雖平均溫度攝氏五度之處，業呈灌木狀態，森林蓋已早告絕迹矣。本帶農作物若鳳梨、香蕉、稻、甘蔗、咖啡等，皆其固有植物也。

第二節 暖帶林

暖帶林亦稱亞熱帶林 (Subtropische Waldzone; Subtropical Forest zone)。北回歸線迄北緯三十七度間之地屬也。其森林，由常綠之櫛類及樟類構成。在砂地及瘠薄地中，則發生松類矣。在本帶中，對於寒氣抗力較強之一二種椰子類 (棕櫚)，尙可設法使之發育，若往抵北境，每年結霜之處，則已間有降雪者矣。迨抵高一千三百公尺以上之地，則生次帶之溫帶林，二千三百公尺以上則爲冷杉等之寒帶林矣。若至三千公尺以上，則不復有森林之存在。本帶中農作物，若柑、橘、草棉等，皆其固有者也。

第三節 溫帶林

溫帶林 (Gemässigt-Warme Waldzone; Temperate Forest zone) 在東亞，則達北緯四十五度，歐洲及美洲西部，則達六十度。其森林主由水青岡、白蠟樹、槲、榆、槭等落葉樹類所構成。在砂地或瘠薄地中，亦復發生松類。在歐洲一千公尺高處，則已爲冷杉類之寒帶林矣。直至二千公尺處，皆其領域也。美洲東部及日本中部之寒帶林，則在一千三百公尺至二千七百公尺之間。本帶之農作物，則爲大麥、小麥及葡萄等果類。

第四節 寒帶林

寒帶林(Gemässigt-kühle Waldzone; Colder Forest zone)在東美及東亞,則達北緯五十五度,西美及歐洲,則達七十度處,皆冷杉、雲杉之針葉樹林也。雖於本帶南境一千公尺以上,已無森林,而僅有灌木類矣。本帶農作物,麥類及蘋果、牧草,仍堪培植。

第五節 南半球森林帶

南緯二十三度半以南之南半球之氣候,四季相若,無甚變化,既如前述,惟自南回歸線而愈南,四季均屬寒冷,惟不若北半球之爲夏熱冬寒者然,並無水青岡、見風乾、鵝耳櫪等之落葉樹矣。澳洲地跨熱帶溫帶間,乃廣大一高原也。並無河流分布,雨量除以東部及海岸爲較多外,內地極少,其中部迄西南部,且在二十五公厘以下,此所以形成澳洲特徵,不適農業之荒涼大草原也。一年間可分爲乾雨二季,在北奎士蘭(Queensland)地方,則呈馬來式之熱帶林矣。南往則爲暖帶之常綠樹林。凡北半球不易見及之種屬,每可於此處得之。且着生艷花者,爲數亦繁。世界南洋杉屬(Araucaria)十二種中,除南美所產兩種外,悉分布焉。桃金娘科二千七百五十種中,竟有八百種分布於斯。而爲世界最高樹類之一之玉樹(Eucalyptus),其略燥之地,卽其大森林所在地焉。

豆科植物,竟達千種,相思樹屬(Acacia),亦達四百餘種,乃構成澳洲森林之一要素也。他如山龍眼科之銀華樹(Grevillea)及Haker, Banksia等,均爲澳洲特產之乾生森林植物之一。其東部高地,地臨

海岸，坡面景色，即全由玉樹所構成也。林間且有木麻黃、相思樹及 *Banksia* 等之混交林，樹上且復着生龐大之鹿角羊齒 (*Platyserium Alcorni* Desv)。奎士蘭僅夏季降雨之處，草木暢茂，綠草如茵，一入乾季，則便復枯死，而成原野，其矮性相思樹，及玉樹樹叢絕迹之處，則木黃麻、濱藜 (*Atriplex tatarica* L)、地膚 (*Kochia scoparia* Schrad) 等沙漠植物，便踵之而興。在泰斯馬尼亞島 (Tasmania) 之北部，樹種之最普通者，則為假水青岡 (*Nothofagus*) 屬，惟此類樹木，抵南方寒地，則生長漸退，而呈常綠之灌木狀矣。而森林亦於是乎告終，蓋與熱帶高山相髣髴也。澳洲產針葉樹，除南洋杉外，僅有羅漢松屬，至若北半球所有之冷杉、雲杉、側柏、柳杉、松等重要森林樹種，則非南半球所可見矣。

第七章 中國森林帶

第一節 熱帶林(榕樹帶或椰子帶)

本帶位於南嶺以南，同溫線攝氏二十一度以上之地，廣東、廣西、臺灣、海南島，及福建、貴州、雲南三省與硫球本島之南部屬也。

(一) 氣候 本帶氣候最低溫度，攝氏十度以上，年平均溫度二十度以上，年平均雨量一千至二千公厘，未及三月，雨季開始，六月至九月間，颶風由海上襲來，乃每年雨量最多時也。雲南雨季則自五月開始，至十一月而告終，直達明年四月，皆為乾季 (亦稱風季)。年平均溫度十六度，年平均雨量一千公厘。本帶氣候，夏季多雨，冬則略燥，夏雖熱而不酷烈，冬溫暖而無冰雪。

(二) 植物生長狀態 全年植物生長期間，約共三百五十日，稍作年可收穫兩次乃至三次。養蠶多至六七次，香蕉、鳳梨，可由同一之根株得多年之收穫。蓖麻、茄子、辣椒、草棉成爲多年生樹木狀，棟樹、重陽木，均爲常綠。

(三) 林相及其變遷 一林之中，自上而下，每可分爲四五級，最上層爲高大喬木，迨及下部，漸次矮小，而爲灌木，及其終點，則爲多年生草本，以覆被於地面矣。樹葉愈在下層，則愈呈形大而復柔薄之溼生狀態。凡林地之經開墾，或被放火燃燒者，其跡地雖可漸次回復其原有林相，然攀生及着生之種類，則已顯然減少矣。

(四) 特徵樹種 本帶樹種之特性，有可得而言者：1. 樹葉變換，皆屬漸進，罕有全株同時落葉者。2. 葉芽類無鱗片。3. 葉片類屬無毛，且具光澤。4. 樹木之高大者，葉類堅厚，矮小者，葉類大而柔薄。5. 樹木之高度，以視暖帶，恆較矮小。

樹種之爲本帶所特有者，針葉樹則有水松，闊葉樹則有榕樹、沉香、檳婆、龍眼、木油樹等。單子葉樹木中，則有刺竹、椰子、檳榔、蒲葵及露兜樹等。孢子植物樹類，則有木本羊齒類。

(五) 變態森林 本帶範圍遼寬，土地狀況亦至不齊，變異森林，頗有隨地而生者。如由南洋以迄廣東，其間沿海各地，所遍生之紅樹林 (Mangrove) 乃由紅樹科 (漂木科) (Rhizophoraceae) 中之紅茄苳 (Rhizophora) 五脚梨 (Bruguiera) 及水筆仔 (Kandelia) 海南節木 (Sonneratia) 海茄苳 (Avicenia) 海枸橈 (Acanthus) 及 Lumnilzera, Aegiceras, Acrostichum, Carallia, 等數屬樹木所構成者也。迨抵汕頭附近，則漸次絕跡矣。

(六) 外來樹種 外來樹種之可在本帶栽植者，若銀合歡(*Leucaena glauca*) 可就山谷間栽植之，惟尙未見有大樹耳！玉樹中之細葉玉樹(*Eucalyptus tereticornis*)及大葉玉樹(*E. robusta*)俱爲廣東之主要造林樹選，在平地生長頗速，可成大樹。至藍玉樹(灰楊柳)(*E. globulus*)，則於兩廣、閩、黔、滇川各省平地，均可栽植，生長頗速，可成大樹。至印度黃檀(*Dalbergia sisso*)則最近始由海外輸入，尙未成爲大樹，播種後，發芽容易，幼時發育良好，或有栽植可能性也。鳳凰木(*Delonix regia*)廣州市街，植爲蔭木，雲南開遠，亦有植爲庭園樹者，生長尙佳。木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)頗適於砂防林海岸林庭園樹行道樹等栽植之需。臺灣海南島及廣州附近，頗多植之，生長甚速。柚木、金雞納及咖啡、可可、橡皮樹等，在海南島，均已試植，成績尙佳。

第二節 暖帶林(樟櫨帶或常綠闊葉樹帶)

本帶位於南嶺北嶺之間，同溫線攝氏二十一度以下，十三度以上，雲南、貴州、福建、浙江、湖南、湖北、四川、西康、江西及安徽、江蘇之一部屬也。

(一) 氣候 冬季各月，平均溫度在攝氏十度以下，年平均溫度在十三度以上至二十度以下；年平均雨量，一千至一千五百公厘。四月至六月間，爲多雨時期(在江浙一帶爲梅雨)。六月至八月間，沿海一帶，常受颶風影響，一時風雨交作；春冬之交，時有雨雪，綜其氣候，寒暑中和，燥溼平均。

(二) 植物生長狀態 全年植物生長期間，約共三百日。農作物

年獲三次。如浙江沿海一帶，稻作兩熟，冬作一熟。在四川成都附近，當水稻收穫而後，復可接種苜蓿、蕎麥等短期作物，收穫後始從事於冬季作物之耕作者也。特用作物，則有茶、甘蔗、藍靛、油桐、油茶等數種。果樹則有荔枝、龍眼、柑、橘。考工記總敘云：「橘逾淮而北爲枳」，蓋所以示淮北氣候，已不宜於橘類者矣。

(三) 特徵樹種 本帶特徵樹種，針葉樹則有馬尾松、柏木、杉木、柳杉、金錢松、紅豆杉、榧、羅漢松、竹柏等。闊葉樹之常綠者，則有苦槠、青岡櫟、樟樹、紫楠、膠楠、楨楠、雅楠、天竺桂、女貞、油茶等。落葉者則有檫樹、鵝掌楸、椴木、楓樹、油桐、烏桕等。單子葉樹類則有棕櫚、蘇鐵、毛竹(孟宗竹)、茨竹等。

本帶特徵樹類，以常綠闊葉樹爲首要，平均樹高，大於熱帶，而小於溫帶。其葉類呈卵形較大，光滑而無毛，凌冬不凋，對於陽光，恆呈直角位置，蓋以適應氣候所使然也。

(四) 原始林相 本帶原始林，已漸闢爲農田，故原始林相，已杳不可覓，茲憑遺跡，推測如次：

本帶西南部，雨暘時若之地，類爲楠木類常綠闊葉樹林，西康雅安一帶，尙可見及也。至槠、栲類之常綠闊葉樹，在本帶分布甚廣，谷間丘陵地，幾爲占盡，迨達北端，則變爲枹、櫟類之落葉闊葉樹林矣。至本帶低溼地區，則類爲樺、榆類之落葉闊葉樹林所占領，至其西南部分，則爲椴木類之落葉闊葉樹林之所占地矣。竹與杉林，同占本帶之山腹地帶，惟土層較厚者爲竹林，較淺者爲杉林，或由杉竹混生成林。至若礧脊山地，或土石暴露之處，則類爲松林所占領矣。

(五) 林相之變遷 考農地之首先開闢者，厥爲河流兩側之平

原，故樺榆林之消滅，亦屬最先。爾後漸及於山麓、丘陵，於是櫟栲林，乃繼之而遭蹂躪。此類常綠樹林，橫遭摧燬，影響所及，化為烏有，其不絕如縷者，僅由其殘餘根株，萌芽生長已耳！然其林地，已漸為松杉及落葉闊葉樹所侵佔，而落葉闊葉樹類，且復漸次增加矣。爾時以森林覆被，環境良好，故原有常綠闊葉樹，復乘機再起，積之既久，勢亦猖獗，而松及落葉樹，亦復漸次退避，而仍回復其原有林相，蓋松與落葉樹等，均為陽性樹，在本帶之內，自不克與常綠闊葉樹爭雄故也。惟一旦森林又復荒廢，林地裸出時，則以其種子散布較易，及發芽力保存較久之故，所遺林地，仍不難為其所占領耳！

本帶北部氣溫，視南部為低，雨量亦復較少，故樟樹幼苗，非在他樹保護下，每易受寒氣侵襲，不易生長。北部林相變化，雖與南部略同，惟所有林相，不特難與松、櫟競爭，且果一旦荒廢，如欲恢復其原有之常綠闊葉樹林，需時極久，此常綠闊葉樹與落葉闊葉樹之混交林相，所以常見於本帶北部者也。倘復重加蹂躪（濫伐及焚燬），則漸變為馬尾松林，爾後仍復不加憐惜，蹂躪無已，則終致淪為荒榛蔓草而已。

竹林荒廢，變為竹叢，果能善為處理，則其原狀，仍不難恢復，惟欲回復原有完美，決非短期間內所可期其有成也。竹林淪為竹叢後，如仍繼續破壞，則終至淪為荒地而後已。

杉林之經蹂躪者，雖有一部分得由其根株萌芽，或由其落下種子發生幼樹，如地位優良，處理得法，原有林相，仍不難次第恢復，不然，不為松林所侵占者幾希矣！

本帶原有之常綠闊葉樹林，以受山崩或洪水影響，而致裸出之

林地，其首先發生者，爲雜草、灌木，繼之則爲松與落葉闊葉樹等，次第侵入，最後則於此等落葉闊葉樹間，復有原有常綠闊葉樹之發生，其原有之林相，亦於焉恢復矣。

(六) 外來樹種 外來樹種之足資本帶造林或栽植者，擇要述之如下：

針葉樹中，日本原產之黑松 (*Pinus Thunbergii*)，性能耐旱，並抗蟲力強，生長良好，惟出栽十年後，梢部結頂，發育頓挫矣。江蘇山東等省，荒山造林，頗多用之者。

闊葉樹則有美國白蠟樹 (*Fraxinus americana*)，在本帶北部，生長頗佳，栽植後經十年許，徑可三十公分，高達六七公尺許，幹部易受蟲害，爲可憾耳，南京一帶頗多栽植洋槐 (*Robinia pseudacacia*)，生長頗速，惟以屬淺根性樹，夏秋之交，易遭風害，而致倒折，故僅適於庭園栽植，而不足爲造林用也。糖槭 (*Acer Negundo*) 初植時，生長頗速，十餘年後，樹幹皮部，易遭白蟻之害。黃金樹 (*Catalpa speciosa*) 生長樹形，均視本帶所產之楸、梓遠遜，幹部且多分歧，僅適於平原地之栽植用耳！

美國小葉白楊，加拿大白楊，法國梧桐，本帶各處，頗多供行道樹栽植用者。

第三節 溫帶林(水青岡帶或落葉闊葉樹帶)

本帶位於北嶺以北，同溫線攝氏十三度以下，六度以上，江蘇北部，及山東、山西、河南、河北、陝西、甘肅、寧夏、青海、綏遠等省，遼寧、吉林、新疆、熱河、察哈爾及內蒙古南部屬焉。

(一) 氣候 本帶氣候，寒暑相差甚鉅，溫度變化亦烈，北方嚴寒，夏季甚長，南方較暖，炎夏酷暑，西北部則氣候迥異，變化頗劇，顯係大陸性氣候矣。東部夏日多雨，秋冬空氣乾燥，且復寒冷，年平均雨量，五百至七百公厘，泰半降之夏季，土壤大部，則為黃土所占領矣。

(二) 植物生長狀態 全年植物之生長期，約共二百日，作物每年祇可兩熟，夏作以高粱、玉蜀黍、黃豆、小米為主，冬作以小麥為主，果樹園藝，栽培極盛，且尤以梨、棗、蘋果、葡萄等為著。各處並有大面積之棉花栽植，牧羊業亦稱發達。本帶由我漢族經營最早，故其森林破壞最先。嘗考原始林相，丘陵之上，本有桑、榆、檉、栗等叢生，以墾殖結果，破壞無餘，今所存者，祇適應力強之槐、柳等點生而已。本帶樹林，以本帶溫度、溼度，四季迥異，且入冬而還，土壤凍結，植物根部，無法吸收水分，勢不得不落葉以資調節，故本帶樹類，以落葉闊葉樹為主，其終歲常綠者，惟葉面狹小之松柏類已耳！至常綠闊葉樹，則類為林下之灌木而已。

(三) 特徵樹種 本帶特徵樹種，針葉樹則有油松、白皮松、側柏等。闊葉樹有麻櫟、柞樹(*Quercus mongolica*)、栓皮櫟、白楊、旱柳、胡桃、白樺、白榆、山榆、合歡木、黃檉、槐、棟、臭椿、五角楓(*Acer truncatum*)、七葉樹、欒、棗樹、柳、椴、白臘樹、梓、楸、泡桐等。

(四) 林相之變遷 本帶林相變遷，分為淮河與黃河兩流域區述之。

(1) 淮河流域區 溫帶林分野之處，每年平均雨量約七百公厘，年平均溫度約為十三度，夏日溼熱，冬寒而潤，地勢淮南多丘陵，淮北為平原，淮北土壤漸呈鹼性，淮南則否。農作物，淮北以高粱、雜穀為

夥，淮南以水稻爲主，亦有栽植油桐者，惟當寒冷之年，每致凍斃。區內童山遍境，已無森林可言，如能嚴禁樵採野火，仍有恢復之可能性也。其演變順序，已詳於總論林相變遷章內，故茲不贅。

(2) 黃河流域區 本區乃我國溫帶林之中心也。年平均雨量，約五百公厘，年平均溫度，約七至八度，夏熱而溼，冬寒而燥。地勢概爲平原，惟東有高山突起，西有山嶺蜿蜒耳！本區土壤，除山東山岳地帶，及河北北部，受山水冲刷流失外，幾莫不有石灰質之存在也。

就樹種言，則針葉樹，除落葉松外，皆能生長於酸性土中，且尤以松類爲然。故馬尾松、油松造林於鹼性土中，決難期其有成也。惟白皮松，略能耐之耳！而側柏以耐鹼力強，生長尤爲良好。爾外，闊葉樹中，如檉柳、洋槐、合歡，在弱鹼性土壤中，生長亦佳。楸樹、山榆、臭椿、棟樹、楊柳，皆耐鹼較強者也。其原始林，可依據現狀，推測如次：

黃河流域以氣候寒燥，故所有森林，一經破壞，殊難恢復，益以土質鹼性，人工造林，頗受限制，遂致中原千里，林木蕩然，祇見村舍道旁，略有楊柳、楸、桐，點生其間，誠可慨矣！

(五) 外來樹種 外來樹種之在本帶栽植者，針葉樹爲喜馬拉雅山原產之雪松，及日本原產之黑松、赤松、龍柏等。闊葉樹爲美國大葉白楊、加拿大白楊、美國小葉白楊、洋槐、法國梧桐、美國白蠟樹、糖槭、黃金樹等。

第四節 寒帶林(冷杉帶或針葉樹帶)

本帶位於同溫線攝氏六度以下之地，吉林、遼寧、新疆、察哈爾、熱河北部，及黑龍江、內蒙大部，與外蒙古全部屬也。

(一) 氣候 本帶東部，寒暑均烈，而夏季仍多雨霧，故氣候尙較溼潤。西部以距海較遠，且中有崇山峻嶺，以爲之阻，遂致海洋溼潤空氣，不及調劑，故氣候極感乾燥，寒暑均趨極端，年平均氣溫，雖不逾六度，而五、六、七、八、四個月，平均恆遠過十度以上。

(二) 植物生長狀態 全年植物生長期間，約共一百二十五日，至一百五十日。農作物種類，雖與溫帶相同，然年僅收穫一次而已。冬日土凍不能耕種，故在暖帶溫帶，爲冬作之小麥、油菜（蕓薹）等，於本帶，業已改在夏季栽植矣。

(三) 特徵樹種 本帶氣候，以視溫帶溫度更低，雨量更少，冰凍恆歷數月，凍結部份，深入土中，遂致樹木根部，不克吸收水分，落葉闊葉樹，遂亦不易生長，而盡爲葉面狹小，表皮堅厚之雲杉、冷杉、落葉松等分領而已。是項樹種，不惟外表足與寒冷乾燥之風土相適應，且其材部，缺少導管，祇藉假導管以爲水分上升之路，蓋亦所以節制水分之蒸發者也。其他各帶中，針葉樹之得分佈高山峻嶺者，其理亦復相同也。茲舉其特徵樹種如次：針葉樹之常綠者，則爲海松、油松、偃松、杉松 (*Abies holophylla*)、臭松 (*A. nephrolepis*)、沙松 (*Picea obovata*)、魚鱗松 (*P. jezoensis*)、紫杉，及落葉之黃花松等。闊葉樹則爲遼楊、銀白楊、柞樹、高麗槐、黃蘗、白丁香等。

(四) 林況 本帶林況可分東西兩部述之：

1. 東部 長白及興安嶺山脈，綿延各千餘里，高達二千七百公尺，東瀕海洋，年平均雨量七百至一千公厘，氣候溼潤，土壤肥沃，以經數百年間之封鎖，振古長林，隱天蔽日，乃我國北部唯一之大森林也。興安嶺一帶，雖平均溫度，降至攝氏零度，然在植物生長期間，天

氣炎熱，七月氣溫，高達攝氏二十二度，故其森林，仍極繁茂也。

2. 西部 遼河以西，森林以由海洋吹入之溼風，經長白山、興安嶺，而為降雨之後，抵此已形乾燥，西往復無高山，足以促其氣溫，使之下降，以增相對溼度，平均雨量六百公厘，不逮東部遠矣。故其森林，亦不若東部繁茂焉。

(五) 林相之變遷 本帶林相，頗不一致，墾為農地者有之，漸趨荒廢者有之，而復保持原生森林狀態者，如長白山、興安嶺一帶是也。其林冠可分為三層，第一層即由最高層，如海松、沙松、落葉松等松杉科樹木所構成者也。第二層由櫟木、鵝耳櫪、槭類、白丁香等，及落葉闊葉樹所構成者也。第三層，接近地面，由蝴蝶戲珠花 (*Viburnum*)、金銀木、榛木等落葉，或常綠灌木構成者也。

長白山為死火山，考其林齡，當係噴火後所生成者，林相以陽性之落葉松及半陰性之海松為主，而復有陰性之沙松、白松、魚鱗松，雜生其間，足徵此項林相，尚在推移變化之中，而未達安定期也。今後如能善為保護，不加摧殘，則陽性樹類，必能漸次減少，陰性樹類，行將次第增加，終為全林之優勢木也。

第三編 森林營成論

第一章 森林營成之意義

森林營成，亦稱森林營造 (Bestandesbegründung; Formation or Establishment of Woods)，乃所以探討森林營成之方法者也。森林營成，以其情形互殊，故其方法亦隨之各別，其情形云何？即其地本爲未立木地，而須着手爲之營林，或其地爲已立木地，林木伐採後，所餘跡地，應即着手爲之營成新林是也。其情形之屬於前者，謂之造林，屬於後者，謂之更新(Verjüngung; Reproduction, Regeneration)。蓋更新云云，即林分之由舊變新，返老還童之意也。故所應更新之森林，具有老林分之存在，蓋可想像而得焉。

凡欲從事於已達伐期森林之更新者，於其林分，所應施行之步驟，即所謂林木之伐採(Schlag; Cutting)是也。伐採之目的有二：一爲老熟林木之伐除，一爲後繼幼樹之養成，爲達以上二項目之而施之伐採謂之更新伐採(Verjüngungshieb; Reproduction or Regeneration Cutting or felling)。更新伐採有一次而歲事者，亦有自始至終，須分別數次，始克歲事者。其自始至終之所需年數，謂之更新期間(Verjüngungszeitraum; Reproduction or Regeneration period)。

更新期間短者一年，長者十載，率以爲常。

森林營成之法，爲類不一，學者分類，恆各異致。德國羅斯 (H. Reuss) 氏則分爲種子造林與萌芽更新等二類。馬依耶氏，則分爲天然更新、人工更新、及萌芽更新等三類；惟天然更新，則以天然下種爲限。德國洛來 (C. Lorey) 氏，則分爲人工造林與天然造林兩類。本書亦準是述之。

人工造林 (Künstliche Bestandesbegründung; Artificial forestation) 云云，其造林上所需材料，乃由人工供給者也。人工造林所需材料，雖以種子與苗木爲主，然亦有利用母樹之根、幹、枝、芽以資繁殖用者。人工造林法，凡未立木地，新林之營成 (Afforestation)，及已立木地，老林之更新 (Reforestation)，均適用之。凡更新地之以人工造林者，特以人工更新 (Künstliche Vergüngung; Artificial Reproduction or Regeneration) 名之。天然造林 (Natürliche Bestandesbegründung; Natural forestation) 云云。其造林上所需材料，不若人工造林法之需人工供給者然，利用林木自身之繁殖力，及再生力 (Regeneration power)，并善爲伐採，而勤加處理之，俾便成立幼林，以營成其森林者也。此項造林法，主於林分之更新時行之，故亦稱天然更新 (Natürliche Vergüngung; Natural Reproduction or Regeneration)。惟天然造林，如非林地之將事更新，及其附近無適當母林之存立者，便無從實行也。抑亦更有進者，天然更新，當實行之際，不惟須具爛熟之技能已也，母樹之樹種、林相、及其立地狀態，影響更新成績者，亦非淺鮮。其僅由天然更新，而不獲良好之結果者，復須藉人工造林，設法補救之也。

第二章 人工造林法

人工造林法云云，其所需材料，乃全由人工供給者也。其材料雖為種子與苗木兩端，然亦有取用林木母體之一部分者。此項造林，得按造林材料之性質及其供給之方法，大別為栽植造林、播種造林、及分殖造林三種。

(一) 栽植造林 將人工養成之苗木，或掘取林野天生之幼樹，栽植於目的地之造林法也。苗木除普通以種子育成者外，亦有以分殖育成者，故以播種苗栽植者，特稱之曰植樹造林，蓋所以用示與分殖苗之栽植有異者也。茲特按照栽植造林所用材料性質，分類如次：

栽植造林	{	播種苗(育成苗)栽植造林
		野生苗(天生苗)栽植造林
		插條苗(插木苗)栽植造林
		分根苗栽植造林
		分蘖苗栽植造林等

(二) 播種造林 乃以種子直播林地之造林法也。故亦稱直播造林。

(三) 分殖造林 乃由利用母樹之枝條，及地下莖之分殖之造林法也。此法復可分為插條(直插)造林、壓條(伏條)造林、及地下莖分殖造林等三種，

由分殖法育成苗木，出栽林地者，謂之分殖苗栽植造林，與以母樹分殖部分逕自造林之分殖造林，固迥然不同也。

第一款 栽植造林法

栽植造林 (Pflanzung; Planting), 亦稱植樹造林, 乃由播種種子, 或利用林木個體, 分殖育成苗木, 或採取林野生苗木, 出栽林地, 以資造林者也。就中以播種育苗, 得以產生大宗苗木, 故大面積之造林, 仍以播種育苗, 出栽林地為主, 即所謂狹義之植樹法是也。喬林作業之森林, 十之八、九, 幾俱由此法營成。歐洲各國林學家, 雖各盛倡天然更新之利益, 然最近數十年來, 栽植造林, 仍復日增靡已。良以造林事業, 實以迅速、簡單、安全為要素, 由此三點觀之, 造林中實以栽植造林為最著也。我國天然林, 以交通不便, 利用非易, 一時自無更新之足云, 而人煙稠密之區, 所有森林, 以濫伐過度, 無復子遺, 欲求復舊, 捨植樹而靡由。閩贛諸省林業, 尚稱發達之區, 所有杉林, 雖頗多以插條營成者, 然以限於立地, 面積終不能廣大也。茲舉栽植造林所認為最有利益之情形如次:

- (一) 荒廢灌叢, 及沼澤等地之須開始造林者。
- (二) 林內雜草繁茂, 地力衰退之地, 而擬從事更新者。
- (三) 林內之有苔蘚密生, 或為乾燥砂地, 及其地表易於硬化者。
- (四) 山腹之擬利用森林, 而為土砂之保留, 及頽雪之防止者。
- (五) 天然或人工林內之須從事補植者。
- (六) 林內之須兼營農作者。
- (七) 凡一局部, 或定距離內之須栽植一種樹種, 並期其速成者。

從造林學進步之理論觀之, 栽植造林, 自將日趨於衰寂, 惟我國現在急待造林之地, 俱不出乎上列各種情形, 益以童禿彌望, 荒涼滿

目，舍從事栽植造林，以謀迅速完成外，可謂其道靡由也。惟嗣後栽植造林，究應如何改善，俾便日臻完美，抑亦林業上所當重視，而不可或忽者也。

第一節 種子

第一目 林木之結實

林木結實狀態，固以樹種而互殊，即同一樹種，復以年歲，地域而各別。例如某一樹種，在某年結實頗盛，而某年幾全不結實，在同一年度中，某地結實頗盛，而某地幾全不結實，或各處幾全不結實，而僅某地之一小局部，結實頗盛。良以結實狀態，視外界情形，而變化隨之，絕非一定不易者也。就大體言之，同一樹種之結實年度 (Samenjahr; Seed-year)，各地大致相若，今述德國樹種結實年度之週期如次：

(一) 每年結實者如赤楊、樺木、白楊、垂柳、榆等。而赤松、冷杉、槭、椴等，亦有連年結實者。

(二) 每隔二、三年多量結實一次者，如赤松、雲杉、冷杉、見風乾、白蠟樹、栗等；而雲杉，有每二至三年，冷杉每五至八年，結實一次者。

(三) 普通每六至八年結實一次者，如落葉松、椴、槭等。

(四) 每五至十二年結實一次者，如水青岡、櫟等。

我國樹種之結實週期，雖無確實調查，惟據普通經驗，則馬尾松、華山松、雲南松、杉、柳杉、栗、麻櫟等，類各每年結實，惟每一、二年多量結實一次。一般稱結實較豐之年，謂之「旺年」或「大年」，較歉之年，謂之「淡年」或「小年」。爾外樟每三、四年結實一次，落葉松每三

至七年結實一次，黃杉每七年結實一次。

據觀察所及，每有在某地域內，爲某一樹種之結實年度時，其林木之結實者，僅占株數之 80%—90%，而其 10%，恆有不結實者。如逢凶年，各種樹種，雖全不結實，而就中竟有少數林木，依然結實者。據一般情形，豐收之翌年，結實恆少，蓋以去歲結實較豐，消耗養分較多故也。

普通植物開花結實之條件，在植物生理及生態學中，雖有相當精密之研究，惟對於林業之一般樹種，其結實何以依年歲而異其豐歉？何以隨樹種而復異其週期？迄今仍無充分之研究也。據實際經驗，凡林木結實，與開花時期之氣象影響，實具密切之關係。例如當晚春開花之際，而突遇晚霜，則殊於樹木結實有損也。故開花時期，晚霜較多之地，雖能結實，其量頓減。且結實週期，亦不免與之俱長。日照之影響於結實者亦鉅，晴日較多之年，結實量隨之亦大，蓋明證也。據德國學者之研究，謂水青岡之結實，所需之光線與溫熱特多，氣候溫和之地，其結實週期，亦視寒冷之地爲短，水青岡在法國西部，平均每五、六年結實一次，惟在德國，普通每至十二年結實一次，高山則每十五年結實一次，甚有不結實者。爾外林木之在密林內者，以視其爲孤立木、疏立木、林緣木者，結實恆少。至若以土地方位，而其結實狀態爲之迥異者，蓋亦光線、溫熱之所使然也。當春季開花時期，降雨較多之年，以其有礙花粉之傳播，故其結實，終亦不免爲之略減也。

德國某地，水青岡結實量之調查，當 1787 至 1811 之二十五年間，計豐收一次，平收三次，半凶收四次，凶收十七次，而此二十五年間之總結實量，相當於三次豐收量云。蓋與八年豐收一次相若也。復

據同一地點，1850 至 1873 之二十四年間之調查結果，謂在此期間之總結實量，相當於兩次豐收量云。則與十二年週期，豐收一次相若也。

據德國許華泊哈 (Schwappach) 氏，綜合多年觀察之結果，發表各樹種之平均種子生產量之計算公式如次：

$$\text{種子平均生產量} = \frac{100a + 50b + 25c}{a + b + c + d}$$

惟 a 示豐收， b 示平收， c 示半凶收， d 示凶收之回數。該氏應用此項公式，以求各種林木之年平均種子生產量，對於豐收時之百分比，其結果如次：

樺木	見風乾	赤楊	赤松	雲杉	冷杉	白蠟條	櫟	水青岡
44.8	42.0	39.9	37.6	37.1	34.5	33.3	17.1	16.2

林木人工結實之法，恆於初秋養分開始貯藏之際，以環狀剝去其枝幹之皮，乃普通所用者也。據報此法對於水青岡，在歐洲已得良好結果，若於任何樹種，於任何年度，得以結實之法，抑亦造林上所資利賴者也。

林木開始結實之年齡，以樹種而互異固矣。惟同一樹種，以其鬱閉度及立地情形，亦未可一概論者。普通樹種，約在二十至三十年許，陽性而復成熟較速之樹種，其結實開始，亦視陰性而復成熟較遲之樹種為早。例如樺木、赤楊、赤松、落葉松等之開始結實，類在十至二十年許，而櫟、水青岡、冷杉等，則類自上生長最盛期後，始獲開始，則可作普通現象觀也。

第二目 結實之豐歉及種子之品質

林木種子之質良價廉，而復每年得以多量供給者，蓋乃每年繼續以種子造林之所必要也。然林木結實，非若果樹之可以人工調節者然；故從古惟有任其自然已耳！種子之供給，以其結實豐歉各別，故恆有過與不及之異，此實地造林上所深感困難者也。然結實之豐歉云云，亦非僅指數量言也。品質、價格，實亦有密切之關係存焉。據日本農林省林業試驗場技師小山光男氏，在1912至1921（大正元年至十年）之十年間，調查多種主要林木種子豐歉，及各年度平均發芽率之結果，謂豐歉與品質間，頗具顯著之關係。良以林木種子之發芽率，必隨豐年而俱增，凶年而俱減故也。若由其價格觀之，則豐年必廉，而凶年必昂，換言之，即凶年種子質劣而價昂，而豐年質良而價廉也。

今試就日本扁柏種子以說明之，當1922年（大正十一年）扁柏結實極歉，蓋一大凶年也。種子每升價格，平均為日金二元八角，翌年豐收，其平均價格，則僅八角已耳。據小山氏鑑定結果，謂1922年所產扁柏種子之平均發芽率，約為9%，而翌年則為45%，故論其價格，即1922年度所產種子之價格，適為翌年所產者之三倍半，而其發芽率則僅為五分之一耳！若以發芽率之大小，以觀其兩年後所產種子之價格，則1922年度之種子為翌年所產者之七倍半，即其一升價格，當為十四元也。

要之，結實之豐歉云云，蓋指質量與價格之問題言也。故每年如欲得質良價廉之種子，以育優良之苗木，應於種子豐收之年多量採集，而善為貯藏，以備凶年之為必要也。故種子之完全貯藏法之研究，

抑亦造林實施上一重要問題也。

第三目 種實之採集

欲獲良好種子，則於種實之採集，未可率爾明矣。茲就母樹選擇，採集季節，及採集法等分別述之如次：

其一 母樹之選擇。

用供造林上所需林木種子採集之母樹，務須善為選擇，以便取捨。其所應注意之點，母樹(Mütterbaum; Parent tree, Mother tree)之產地、年齡、及發育狀態等三者是也。

(一)母樹之產地 林木如於同一地點，經長期之繁殖、發育於其立地，便相適應。故其樹種，雖屬相同，惟以其立地互殊，勢將發生地方的變種，樹形之外，各種性質，亦復隨之差別，固習見者也。例如杉之生於福建、及江西者，除形態而外，其耐蔭耐寒之性，與生長狀態，俱各顯然有別，此無他，蓋以林木以適應其環境，林木種子遺傳之所使然也。故將甲地所產種子，播之乙地，以其立地互殊，頗有發育不良，結果欠佳者。我國造林，類於母樹產地，每予忽視，任意採購，以資播種，馴致成績不佳，事業失敗，非偶然也。據歷來經驗，造林上所用種子，應由與造林地同一地點所生之母樹採集之，或就與造林地氣候相若之地採購之，最為安全。普通林木種子之為暖地所產者，育成苗木，並以出栽後，生長雖速，惟對於寒氣之抗力恆弱；反之，寒地所產者，育成苗木，並以出栽後，對於寒氣之抗力雖強，惟幼樹之生長極遲。如此情形，要非營林者，所樂聞也。

(二)母樹之年齡 適於採種母樹之年齡，雖以樹種、立地，而互有不同；然當林木上長生長之後，已抵全熟時期。陽樹以成熟較早，

故松、樺木、赤楊，速二、三十年生頃，已告成熟，陰樹以成熟較遲，故杉及柳杉，則約爲三、四十年生後，冷杉、雲杉，則須待四、五十年生後。德國之針葉樹在七十至一百年間，槲與水青岡，則八十至一百五十年間，最爲適當。其他闊葉樹，雖一般較短，然未有在五十年生下者。據日本實驗結果，謂柳杉種子之由幼齡母樹採集者，概粒大而重，發芽之比例亦大，苗木之發育亦佳，惟自出栽山地後，結實較早，生長易衰之徵，往往有之。其由老齡母樹採集者，則普通粒小而輕，發芽之比例既小，苗木之生長亦劣，雖在苗床，亦易枯死矣。以上缺點，惟壯齡母樹可以避免之耳！柳杉母樹之年齡，則以五十至七十年許爲最佳，若如此母樹，不易遽得時，則雖前後二十年許，亦無不可。要之，母樹年齡，務須選取壯齡及其近似者用之，至若幼齡、老齡，則極難適用者矣。

(三)母樹之發育狀態 母樹雖年齡相同，然其爲疏立或孤立而發育健全者，發芽之比例恆大，凡有發芽健全，結實豐富，適當母樹存在之處，應予特別保護，俾便供採種之需，或就適當森林中，劃其一部，爲採種林(母樹林)(Mütterbestand, Samenständ; Parent-stand, Nurse-crop)，予以相當處理，促其結實，以備採種之需。

林木雖樹種相同，然材質及生長狀態互異之品種，每恆見之。採種之際，可按造林目的，而就其適當品種，選擇母樹，以資採用，而備繁殖。

造林上所用種子，由林業家選定適當母樹，自行採集，固爲事實之最理想者。不然，亦應就信用昭著之種子商(Samenhandler; Seedsman)採購之。良以種子之產地及其母樹年齡之鑑定，實行上亦絕

非易易故也。然在種子檢定，尙未實施之我國，若僅憑商人證明，終難置信者矣。

其二 採集之季節。

種實之採集，應俟完全成熟後行之。種實之成熟期，柳、白楊，在五、六月頃，黃楊在七月，其他林木類在九至十一月間。樹種中，頗有種實成熟後，種子即行飛散者，闊葉樹中，柳、白楊、榆、樺木等樹種，即其類也。針葉樹中之冷杉屬樹木，球果成熟後，種子即隨鱗片而俱落。杉及柳杉，球果成熟後，鱗片隨即開裂，大部種子亦與之俱飛。松類球果，自鱗片開裂，以迄種子飛散，爲時僅一星期耳！惟種子之大部脫落，須待一、二月後，故普通松果之採集，秋季成熟，而得於冬季採集者，蓋緣於是。我國馬尾松、雲南松，及油松之果實，爲便於採集計，類於九、十月間，略呈綠色時，即行着手採集，曝之地上，俾便開裂，而利脫落。惟北美原產之白松(*Pinus strobus*)，則以鱗片極薄，球果開裂後，即行全部飛散；而捷克松(*Jack pine*) (*P. Banksiana*)、撓轉松(*Shore pine*) (*P. contorta*)、射出松(*Monterey pine*) (*P. radiata*)等球果成熟，雖歷十年以上，仍復着生母樹，而發芽力亦復永予保存。爾外球果成熟後，亦有歷二年以上，鱗片仍復不開裂者，皆其例外者也。

闊葉樹種實成熟後，亦有雖閱數月，而不即脫落者。法國梧桐、楸、皂莢、洋槐、梓、椴等之果實，雖抵冬季，或至翌春，仍復附着母樹，故在此時間，得以隨時採集也。至若栗、櫟、櫟、水青岡等之大粒種子，成熟後，即由母樹脫落矣。

其三 採集法。

種實之採集，有就母樹下方，及其附近種子自然脫落之處搜集者，或有攀登母樹，採取果實，或并果枝而摘取者。栗、櫟、枹、木青岡等之大而且重，成熟後逕自脫落者，由地面拾取可矣。他如榆、白蠟樹、槭等種子之附翅，而生於窪地巖際及水濱者，恆爲常風吹集一隅，就地採集，亦至便利。針葉樹之球果，及其他多數林木之果實，且有可於松鼠，及其動物之巢穴中得之者。美國針葉樹林中之特殊松鼠，所棲息之大樹根際巢穴中，每有多量之種實之收藏。固又事之恆見者也。

至若小粒種子之成熟後，即行飛散者，應逕由母樹採集之。例如杉、柳杉等，應於球果略呈黃色，行將開裂時，即應攀緣母樹，摘取果枝，或僅將球果摘取之。

種子採集之應予特別注意者，白楊是矣。白楊種子之採集期，雖以地方而互殊，然其蒴果在略開而露白絮時，即應着手採集，若已大部開綻，即行停止，蓋以爲時已晚故也。論其期間，在風和日暖之際，約爲五至六日，在微風吹拂之日，則爲期更促矣。故對於白楊種子之採集，應於果實成熟之先，先將適當母樹，詳爲調查，及時採集，毋稍延緩爲要。

第四目 種實之乾燥

種實經採集後，應即予以適度之乾燥，凡遭雨而受溼，或含水而堆積，或積存而發酵者，皆有礙種子之發芽力者也。惟乾燥之程度，亦應依樹種而增減，其以乾燥過度，而易損失其發芽力者，尤應加意處理。俾勿過分乾燥，而致有損發芽爲要。

乾燥之方，可分爲自然乾燥與人工乾燥兩種，分述如次：

(一) 自然乾燥法，復可分爲日晒法與蔭乾法兩種：

1. 日晒法 直接曝之日光中，使之乾燥者也。多數林木種實，均可應用此法。例如將馬尾松、杉、柳杉之球果，舖於蓆上，使之曝於日光中，以促其乾燥，經數日後，球果漸次裂開，其着生樹枝者，可就竹籬或木桶中擊之，其僅爲球果者，可以棒擊之，使之脫落。然松類中頗有雖曝之日光，而其鱗片仍不裂開者，是項種子，可於攝氏五十五度之溫水中，浸潤五至二十分鐘後，再就日光下曝之，則便裂開較易矣。他如紫杉、桑、櫻、燈台樹、棟、樟等之種實，具有肉質外皮者，應薄舖蓆上，待其外皮乾燥而後已。

2. 蔭乾法 蔭乾法云云，凡種子之直接曝於日光下，而易損害其發芽力，及蔭雨連綿，日晒之不可能時，所應用之乾燥法也。細微種子，若於日光下曝之，殊不若蔭乾之安全也。白楊之種實採集後，應卽於通風良好之室內曝之，並上下翻轉，俾便乾燥，若於籬中貯積之，則未有不發熱腐敗者矣。種子之於雨天採集者，尤應特別注意之。其充分乾燥者，二、三日後，柳絮漸脫，用手揉之，種絮便相與分離矣。

(二) 人工乾燥法云云，乃種子之以火力，或乾燥空氣，乾燥者也。法將種實納於以鐵絲網爲底之淺箱中，箱間略留間隙，而重疊之。置之通風屋中，用暖爐或炭火使之徐徐乾燥，或另建專供種實乾燥用之特別建築，利用鐵管，輸送溫熱，使之乾燥。室內溫度，以攝氏五十至五十五度爲限度。乾燥室內之溫度，應按樹種、種實之含水量，室內溫度加熱緩急，及繼續時間，而善爲調節之。急遽間如將溫度驟增，至爲有害，故開始時，應用較低之溫度，爾後次第增高，漸臻高溫，或用自然乾燥法，先行略予乾燥，然後再以人工乾燥法乾燥之。種子

距成熟度愈遠，則其含水量亦愈大，凡種子之尙未完全成熟者，應以較低溫度徐徐乾燥之。若室內之多溼者，高溫尤爲難堪矣。當乾燥之初，種實中排出水分較多之際，尤應注意室內通風，俾免水分上升爲要。據日本長谷川孝三氏研究，謂柳杉、花柏、扁柏、冷杉、蝦夷松等，皆自二十五度始，漸次上昇，最高達三十六度至四十度而止，松類則以三十五度至四十五度爲限度，無論如何，以不超過五十度，較爲安全云。

第五目 種子之選別

種實經適度乾燥，種子由種實或鱗片脫落，而經搜集者，以其中俱有夾雜物之混入，故均有選別之必要。種子之選別，可分爲依據重量及比重之不同。依據重量選別之方法，謂之風選 (Sortieren des Saatgutes mittelst Luftstrom; Fanning)。普通應用簸箕等用具，利用風力，將塵埃果片，及不良種子等，悉數除去者也。大粒種子經一二次精選足矣，小粒種子則須仔細反覆數次行之。若松及其他有翅種子，可裝入袋中揉之，將翅分離，然後用風選別之，或有投入水中用棒攪拌，俾便除去者。

依據比重選別之法，乃風選種子尙須精選時，所用之法也。法將種子投入於一定比重之液體中，依據浮沉狀態，分別取捨之。凡比重小者，普通應用清水，比重大者，普通應用鹽水，惟應用清水及鹽水，依據比重。選別種子之法，乃以選取種粒粗大，內容充實之種子爲目的，固非選求比重之較大者也。據試驗結果，比重之大小，與種子內容之充實度，大體一致。種子之粒大而充實者，其品質亦良，比重大而粒小者，斷非種子之優良者矣。

柳杉、落葉松等種子，經水選後，即可獲得精良選別之結果，惟關於是項種子，普通均待風選後，再用水選精選之。精選結果，種子恆減少其原有量三、四成，所殘餘者，則悉皆品質優良之種粒而已。由是項種子育成之苗木，具有生長整齊發育健全之效，良以迭經選別，品質無不優良故也。惟水選法對於馬尾松、雲南松、油松、黑松等種子，則可謂絕無效用者矣。

柳杉種子水選之法，將種子投於可容種子量三倍之水桶中，而時予攪拌之，若在四五小時內，遽予下沉者，為不良種子之徵，日本謂之澀粒，蓋乃種子中，樹脂狀物質之充滿者也，應即除去之。爾後約經十小時許，始行下沉者，應即取出鋪之席上，經一日蔭乾後，所含水分，便可消失矣。落葉松種子，浸水後，在一二小時內，遽行下沉者，乃以脫種之際，種皮受傷，故爾吸水較易，蓋亦種子之不良者也。亦應即予除去。爾後經二十至三十小時許，始行下沉者，即經選別之良種也。

綜上所述，水選法，須經相當之長時間，抑亦此法之缺點也。若將清水以肥皂水或酒精（ C_2H_5OH ）代之，則短時間內，便可得其結果矣。柳杉種子，若取 0.7% 之肥皂水（比重一.〇〇三五）用之，則優良種子，頃刻下沉矣。經風選所得之種子，如復於此液中選別之，則此項種子，品質益進矣。其初次選別者，亦可賴以獲得相當之效果，抑亦理之所當然也。應用酒精，以供種子之選別，由來舊矣。惟以酒精而致損失發芽力，亦不可不注意者也。雲杉屬種子，雖可用純酒精選別之，惟松及落葉松種子，則可謂絕無效果者矣。柳杉種子之沉於 97% 之酒精中者，可採用之。為除去澀粒（充滿樹脂狀物質而致

比重增大之種粒)計,投入甘油(glyzerin; glycerine) $C_3H_5(OH)_3$ 中加水而為比重一〇八之溶液中,予以攪拌,取其浮游者為之選別可矣。

第六目 種子之成熟與後熟

普通種實,表面初為綠色,而其內部始呈乳狀,迨成熟愈進,則表面漸由黃或赤色,進而變為褐或暗色,而其內部亦復漸次粘厚,而臻凝固,迨內部組織完成後,亦隨之成熟(Reife; Ripening)矣。

杉、柳杉、馬尾松、雲南松、華山松、海松等種子之尚未完全成熟者,略帶赤色,而無光澤,故與成熟種子,識別至易。樺之未熟種子,略帶青色,與成熟種子之呈褐色者,迥然不同,故亦不難識別也。

種子之未成熟者,以其發芽力較為微弱,故播種後,不惟發芽不齊,且復參差,苗木發育,殊難良好也。且也,未熟種子,以其內部所含水分較多,故發芽力保存之期間亦促,故是項種子逕予播種,腐敗之事非偶然矣。倘能予以乾燥,或脫去種皮,而後播之,仍有照常發芽者。良以未熟種子,種皮之存留,不惟足以阻止氧氣之供給已也。種皮以自行呼吸,且復奪取氧氣,而種子內部之二氧化碳,亦復排洩靡由,妨害種子發芽,非無故矣。若為之乾燥,則以種皮組織,即行枯死,種子內部空氣,隨之流通,種子遂亦無所阻礙,發芽自如矣。種子復有後熟(Nachreife; Afterripening)之現象,種子成熟後,雖有即可發芽者,然若干樹種中,有於種子成熟後,非經相當時日之後熟作用,不能發芽者,復有成熟後,即可發芽之種子,若其採取而在尚未完全成熟之時,則其種子非經一定時間之後熟,或相當之時期間,不能發芽。所需時間則以種子成熟度愈進而愈減,而種子經乾燥後,其

時間復能爲之縮短也。發芽時，本無光線之必要，然未成熟種子，如能予以光線，則殊有助於種子發芽之促進者也。

種子後熟所需時間，亦以樹種而互異，林木種子中，後熟時間之較長，而爲一般所共知者，莫樺若也。樺樹種子成熟，由母樹脫落，而經採集後至少須經兩月間之後熟時間。其未經成熟者，尤非經五、六個月以上之時間不爲功也。故樺樹未熟種子，務須使之經過適度乾燥，俾獲促進其後熟爲要。歐洲白蠟樹(*Fraxinus excelsior*)之後熟時期爲四個月，而銀杏種子，雖達成熟期，然其胚子尙未完成，故自其種子成熟以迄胚子完成，仍需數週或數月間也。白刺山槿(*Weissodor*)之種子，當成熟之際，胚子雖已完成，惟如置之適當發芽狀態之下，仍難發芽，良以山槿種子，胚子雖已完成，然欲其具有發芽力，則非經後熟作用，不爲功也。我國主要林木之開花及種子成熟期，茲據金陵大學教授陳燦先生所著造林學概要所載，列之如次：

樹 種	開 花 期	種子成熟期	樹 種	開 花 期	種子成熟期
杉	四月中旬	十月下旬	檫	四月	十、十一月間
馬尾松	四月	翌年十月上旬	栓皮櫟	四月	十、十一月間
雲南松	一至三月間	翌年十一月	樺	四月	十一月
海南松	四月	翌年十一月	樟	五月	十一月
華山松	一至三月間	翌年十一月	洋槐	五月上旬	十一月月上旬
白皮松	五六月間	翌年十一月	槐	五月上旬	十一月
圓柏	四月	翌年十一月	臭椿	五月	九月
沖天柏	二月間	十一月	香椿	六月上旬	十月
側柏	四月	十一月	油桐	六月間	十月
權	四月下旬	翌年十月	烏桕	五六月間	十一月
毛白楊	三月上旬	三月下旬	漆木	五月	十一月
楓	四月	八月下旬	黃連	四月	十月
胡桃	五月上旬	八月下旬	枳椇	六月	十月
白栎	四三月	九月	桐	六月	十月
赤楊	四三月	九月	茶	七月	十月
板栗	五五月	九月	女	七月	十月
錐栗	五五月	九月	泡	五月	十月
苦槠	五五月	九月	梓	五月中旬	十月

第七目 發芽力之保存期間

種子自成熟始，以迄發芽力消失止，所經期間，雖與貯藏法、成熟度、乾燥度、及溫度等，均有相當關係，惟亦以樹種不同，迥異其趣。至種子之含水量較多者，其發芽力之消失亦易，固一般所公認也。

林木種子中發芽力保存期間，(Keimkraftdauer des Saatgutes; Durability of germination capacity) 之最短者，莫柳與白楊若也。是類種子成熟後，數日間，其發芽力便大部失去矣。柳之種子，經十至十四日，白楊種子經一月餘，其發芽力便全部失去矣。他如櫟、栗、胡桃等之大粒而復水分較多之種子，以室內貯藏乾燥過甚，故其發芽之保存力自秋末成熟而後，僅能藏至翌春而已。其他多數種子，秋季成熟後，而於普通室內貯藏者，迄翌年夏季前，其發芽力仍能大部保存，迨越夏而後，頗多全失其發芽力者，此足徵夏季之高溫，高濕，殊有損乎種子之發芽力也。柳杉、側柏、杉、落葉松等種子採集後，如經翌年夏季，即將大部或全部失去其發芽力矣。惟松類種子之發芽力保存期間，一般較長，越二、三年後，減少其發芽力者，僅半數而已。日本普通林木種子之以普通方法為室內貯藏者，全部失去發芽力所經之期間，據小山光男氏之研究，有如次表：

柳杉、扁柏、樟	採集後十個月
落葉松	採集後一年六個月
黑松	採集後二年六個月
赤松	採集後三年七個月

外國產針葉樹種子發芽力，有得以保存五年以上者，且松類種子之得以保存至十年以上者，尤為恆見，闊葉樹中保存期間之最長

者，尤以具有堅硬種皮之豆科樹種爲最，就中且有經數十年後，而仍不失其發芽力者。惟種子之用普通室內貯藏法者，其壽命以其地氣候、風土，而迥異其趣，我國各地每以夏日高溫多溼之故，亦殊有害於種子之發芽力者也。

日本種子學家近藤萬太郎氏，將彼邦普通樹木種子，採集乾燥，分別裝入布袋，而就室內懸之，每年定期取出而行發芽試驗，所得結果如次（惟在舉行發芽試驗前，所有種子先以蒸餾水洗之，並浸於0.5%之昇汞水中，復以蒸餾水洗之，播之盛載消毒河砂陶器盤中）：

種子壽命	樹種
六 年	野漆
五 年	赤松、黑松、泡桐(一至五年)
四 年	漆
三 年	芙蓉、枸杞
二 年	梔子、赤楊(一至二年)花柏、柳杉(一至二年)黃花松、山
一 年	榉、扁柏、冷杉、棟、檜類、野桐、樺

愛瓦忒(A. T. Ewart)氏，依據種子壽命長短將植物分爲三種。其壽命在三年內者，爲短命種子(Microbiotic seeds)；三年至十五年內者爲常命種子(Mesobiotic seeds)；十五年至一百年內者，爲長命種子(Macrobiotic seeds)。豆科種子，爲一百五十至二百年，錦葵科，爲睡蓮科五十至一百五十年，桃金娘科爲五十年云。

而近藤萬太郎氏則以種子壽命，以二至三年者爲最多，故名此類種子爲常命種子。四至六年及其以上之種子，爲長命種子。經一年或二年後發芽甚少之種子，爲短命種子。林木種子中漆、野漆、赤松、

黑松，屬長命種子。芙蓉、黃花松、泡桐、枸杞屬常命種子。梔子、赤楊、野桐、櫛類、樟、棟、扁柏、花柏、柳杉、冷杉、猩猩木、山榛，屬短命種子云。

第八目 種子之貯藏

休眠種子，爲營求其生活計，其細微之呼吸，仍復繼續不絕者也。而其呼吸作用，則以胚部爲主，至於胚乳則極爲微弱矣。種子若在水分之含量較大，溼度較高，氧氣供給自由之狀態下時，則其呼吸之作用亦盛，惟如將氧氣供給完全杜絕，則以其分子間呼吸 (Intramolekularer Atmung; Intramolecular respiration)，仍能發生若干二氧化碳，故雖貯藏種子於真空之中，對於發芽力之保存，可謂無甚影響者也。

嘗考種子生活力喪失之原因，蓋繫乎酵素，(Enzym; Enzym) 生活力(酵素可使種子於發芽時，將其中貯藏物質，溶解而爲幼植物之養料)之消失，內力(內在力)給源物質之耗費，及原形質(Protoplasma; Protoplasm)之凝固，所使然也。惟種子呼吸作用，最小之時，其生活力之持續，亦爲最久，故種子貯藏之原理，乃於無損種子生活力之程度下，以抑制其呼吸作用者也。在與呼吸作用有關之因素中，其影響甚微者，氧氣是也。至若溫度，則對於無論任何樹種，要以不高爲宜，夏季高溫之際，一般種子，往往有消失其發芽力者，蓋明徵也。對於溼氣，則依樹種而各異其趣，多數林木種子，當貯藏之際，務須予以適度之乾燥，空氣中恆有以溼氣之僅少增加，而致損其發芽力者。然反之，亦有往往以乾燥而易損失其發芽力者，是足徵林木種子之貯藏法，實與溼氣有密切之關係，而不容等閒視也。故其貯藏

法，可分為溼潤貯藏與乾燥貯藏兩種。茲分述如次：

其一 溼潤貯藏法。

溼潤貯藏法(Feuchte Aufbewahrung; Wet or Moist Storage)

凡種子之當乾燥時，極易消失其發芽力，及乾燥後，發芽極感困難之樹類種子所採用也。銀杏、紫杉、胡桃、殼斗、黃楊、木犀等科之種子，即其例也。櫟、枹、檣、栗、胡桃、七葉樹、椴、榛、銀杏等種子，若作普通室內之貯藏，則均不免失之過燥，故應於採集後，迄翌春播種間埋之土砂中，或就流水中貯之。厚朴及山核桃種子，經採集乾燥，貯之室內，而迄翌年夏季者，則其發芽力已全部消失矣。若子窖藏土中，則雖經六、七年許，其發芽力仍極完整也。白蠟樹種子之藏諸地下者，其發芽力，則可保存至四年間也。種子之窖藏土中，而有助發芽力之保存者，良以土中既無高溫，且無劇烈變化，及過度乾燥故也。惟櫟與樺等種子之貯於土中者，其保存雖視室內略久，然經一二年後，則便全部腐朽矣。

凡種子之貯於土砂中者，在貯藏期間高溫、過溼，均須避免，不然恆不免腐敗矣。爾外鼠害及其他被害，亦須加意防除。茲將溼潤貯藏法之普通所行者，略述如次：

(一)種子裝入布袋，置之地上，其上復應以土砂覆之，所用土壤，應擇輕粗，而避粘重者為要。

(二)種子與砂混合堆置地上，復以落葉或稻草覆之，且為便於通風計，各處復應插入草束，入冬後，其上復以土覆之，以防寒氣侵入。

(三)掘穴於乾燥地或簷下，擇其排水良好，非雨水所及之處，將

種子之與土砂混合者(將砂與種子等量),納之其間,復以土砂覆之,必要時,並覆蓋屋頂或落葉稻草於其上,以防雨水侵入。設仍不免於過溼時,仍應注意排水。凡種子之具有果肉者,亟應除去,然後貯藏(若銀杏、無患子、棟樹等種子),以免腐敗。

(四)栗、櫟等殼斗科樹木種子,爲防止鼠害計,應將土管,就土中直立而深埋之。然後再將種子與砂,納之其間,並以防雨裝置,覆之其上。

(五)凡小粒種子一分,與略溼土砂二、三分混合後,納之箱內,置之寒冷地窖中。

(六)種子與土砂混合後,置之具有鐵絲網底之箱內,露天埋之,惟此法以種子絕少腐敗之虞者爲限。

(七)將種子置之鐵絲箱,或布袋中後,繫以鐵錘,而就流水中浸之。

普通種子之應用溼潤貯藏法者,其種子對於高溫,每視低溫易於感受,當溫度較高,而復空氣流通不良之際,極易腐敗,故凡溼潤貯藏之種子,入春後,應即取出播種之。

其二 乾燥貯藏法。

種子貯藏之須保乾燥狀態者,應採乾燥貯藏法(Trockene Aufbewahrung; Dry storage),以貯藏之。杉、柳杉、落葉松、海松、馬尾松、雲南松、華山松等各種種子,下列各項,尤須應特別注意。

(一)種子貯藏前,應先予充分乾燥。

林木種子中,頗多雖予過度乾燥,其生活力,絕不消失,而轉於乾燥尚未充分時,恆有減損其壽命者。其業經乾燥之種子,可裝於布

裝及竹籬中，懸掛或置之屋內，通風良好之處，應用此法貯藏之林木種子，凡秋季採集後，以待翌春播種者，類能安全保存也。惟須經長期間貯藏者，更應注意下列事項。

(二)業經乾燥之種子，在貯藏期間，密閉於不能再行吸收溼氣之容器中，或應用乾燥劑，使之乾燥。密閉於容器中者，種子置於洋鐵罐中，更以錫藥封之，其為玻璃瓶者，則以封蠟封之，較為便利。容器之密封，有待種子乾燥後即予行之者，有於冬季之前先行藏於普通室內，待嚴冬時，再予密閉，較為良好者。種子之貯藏於密閉容器中者，應將種子先行充分乾燥，且於貯藏期間，非嚴冬溼氣較少季節，決不輕於啓封。

種子之密閉容器中者，以視置於普通室內，或容器之未經密閉者，其保存力之增加，頗為顯著云。據日本試驗結果，赤松種子之藏於普通室內者，保存期間為三年，其藏於密閉之容器中者，則為四年。其實用上所需發芽力，并得藉以保存云。普通松、雲杉、黃杉等屬種子之僅將容器密閉者，均有增大種子保存力之效，蓋以貯藏地點、溫度影響，不若其他樹種銳敏故也。惟樹種中亦有僅於密閉容器中，往往不能奏效者。

種子之密閉於容器中者，其所以足具保存之效者，良以高溫水分，均欠充分，呼吸作用，亦難照常故也。故種子之密閉容器中者，如不先行充分乾燥，則不特密閉之效靡由而奏，轉以水分較多之故，高溫之際，反足促其壽命者。稻種發芽力之保存，其藏於袋中，每視籬中為勝者，蓋緣稻在普通乾燥狀態下，水分含量較多故也。

近藤氏將各項種子，分置於布袋及密閉於玻璃瓶中，而就室內

藏之，以視其壽命之結果如次（以下各項種子，係乃1924年採集後，而於1925年開始貯藏者）

樹種	貯藏法	各年之發芽率(%)						
		第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	第六年	第七年
赤松	裝袋	86.0	74.5	7.5	9.0	2.0	0	—
	裝瓶	86.0	58.5	71.5	58.5	27.5	20.5	3.0
黑松	裝袋	89.0	62.0	1.0	2.5	1.0	0	—
	裝瓶	89.0	79.5	76.5	64.5	13.5	4.5	0
色丹松	裝袋	58.5	8.0	0	0	—	—	—
	裝瓶	58.5	48.5	46.5	40.5	12.5	3.5	0
赤楊(1)	裝袋	22.3	0	0	—	—	—	—
	裝瓶	22.3	19.5	11.8	17.5	0	0	—
赤楊(2)	裝袋	31.5	0	—	—	—	—	—
	裝瓶	31.5	23.0	12.5	3.0	0	—	—
漆	裝袋	65.0	53.8	16.3	11.3	0	0	—
	裝瓶	65.0	80.0	77.5	68.8	58.8	—	31.3
泡桐	裝袋	88.0	35.0	0.3	0	2.3	0	—
	裝瓶	88.0	71.0	55.0	61.5	57.3	0.5	0

近藤氏復將種子之經密閉，而貯於室內者發表，其壽命如次：

樹種	發芽率 %						
	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	第六年	第七年
柳杉	23.0	8.3	2.3	1.0	0	—	—
野漆	15.5	10.0	81.0	15.0	61.0	20.0	8.0
赤楮	45.0	0	0	—	—	—	—
樟	20.0	10.0	15.0	5.0	0	0	—
山櫟	35.0	30.0	26.0	6.0	0	0.5	0

凡種子之以密閉容器貯藏者，容器內應以生石灰，氯化鈣酸性

白土，濃硫酸等乾燥劑(吸溼劑)，置入其中；樹種中頗有藉以增加其發芽力者。

據近藤氏試驗結果，謂將種子僅密閉於玻璃瓶中，或於玻璃瓶中，置入生石灰，而復密閉者，作物種子，雖著石灰之效，然樹木種子，則可謂絕無效果者矣。有之，惟於芙蓉、梔子、野桐、漆等種子，略見之耳云。生石灰與種子混合之量，與種子相等足矣。惟置於布袋中者，不若在瓶中之為較優也。該氏復將種子之僅密閉於玻璃瓶，與玻璃瓶中置入木灰，而復密閉者置之室內，以覘其貯藏之結果，謂：木灰對於多數林木種子，皆具相當效果云。然林木種子，保存之效，木灰頗為確定，生石灰對於赤松、黑松、落葉松、泡桐、麵槿、赤槿、山榛等種子，不甚見效者何耶？蓋以生石灰吸水力，勝於木灰，種子經過度乾燥後，以其內容乾燥過急，遂爾凝固，嗣後欲使其照常吸水，不可復得。而木灰以作用和緩，乾燥適度，故其結果，遠視石灰為佳也。以是凡林木種子之用生石灰，成績不良者，均可以木灰代之。惟木灰容積過大，深為不便，故凡可用生石灰者，仍以應用生石灰為得。至於林木種子之適度乾燥標準，據小山氏研究結果謂：所應除去水分，對於氣乾原重量之比，柳杉為7(5—8)%，扁柏為5(4—7)%，赤松為5(4—6)%，即除去其平均含水量之二分之一，最為適當。落葉松準照扁柏，赤松可也。白楊所應除去之水分，為種子原重量之10—12%，較為適宜云(見日本林業試驗場報告第二十一號)。

木灰當應用之先，應以火力乾燥之，所需容量，則赤松、落葉松、赤楊等，為其種子重量之五倍，漆為一·五倍，冷杉則為七倍，柳杉為三倍，泡桐為二十倍，山榛為十倍，如是行之，俱有相當效果，樟則以

種子容量二至四倍爲佳。

據小山氏實驗，謂各種林木種子中之加入氯化鈣，而貯之鉛皮製乾燥器(Exicator; Desicator)中者，其結果與木灰相和，而置之冷藏庫中者，大致相若云。就中且尤以扁柏與落葉松爲然云。樟樹種子，貯藏之應用氯化鈣乾燥器者，以視普通室內，其保存期，得以延長二年以上云。氯化鈣一方面固可吸水，然同時亦復漸次潮解，若已液化，卽當取火燒乾，反復使用之。

凡種子之密閉容器中者，當貯藏之際，如充滿氫、氮、二氧化碳、一氧化碳等氣體時，則樹種中亦有足以增進其保存力者。良以凡種子當氧氣缺乏之際，得藉此類氣體，以抑制其呼吸作用故也。就中且以一氧化碳，與氮氣，尤爲有效。彈性橡皮樹(*Hevea brasiliensis*)種子之壽命甚短，其貯於密閉容器之中，足以延長其保存力者，蓋以種子呼吸作用，足以貯蓄二氧化碳 40% 故也。

至若容器之密閉困難者，應將種子與木灰，或木炭末等防溼劑混合後，再行貯藏之。凡經充分乾燥之木灰，或木炭末，其與種子容量之比，至少松爲二至三倍，落葉松爲四至五倍，柳杉爲六至七倍之比率，相與混合之。

(三) 容器務就低溫處置之，若在通年寒冷之地窖及冷藏庫中，收效尤鉅。

種子之爲低溫貯藏，而不將容器密閉者，雖亦具相當效果，然其將容器密閉，並就低溫中貯藏者，保存之效，尤爲顯著。普通種子，當溼潤之際，雖易受低溫之害，然予以充分乾燥後，則對於低溫抗力至鉅矣。

據日本白澤保美及小山光男兩氏實驗，將柳杉、赤松等六種林木種子，分置於冷藏庫（攝氏二度左右）及室內貯藏之，并分別予以密封，或塞以棉栓，以覘其發芽力保存年限，其密閉而復貯於冷藏庫者，成績最佳，僅貯於冷藏庫而不密閉者亦佳，結果分列如次：

樹 種	貯 藏 冷 藏 庫 內		貯 藏 室 內	
	容 器 密 閉	容 器 塞 棉	容 器 密 閉	容 器 塞 棉
樟	2年6個月	1年5個月	?	?
扁 柏	3年2個月	2年6個月	1年2個月	10個月
落 葉 松	3年7個月	3年2個月	1年6個月	1年6個月
柳 杉	5年以上	4年5個月	1年6個月	10個月
黑 松	5年以上	5年以上	2年6個月	2年6個月
赤 松	5年以上	5年以上	5年10個月	3年7個月

復據日本木地營林署實驗，落葉松種子之密閉容器，而復貯之地窖中者，貯之五年，其發芽率仍能保存五至八成云。而據朝鮮林業試驗場實驗，則海松種子之裝入布袋，而置之室內者，在貯藏後第二年春季，減少4%，而其置入洋鐵罐內，予以密閉，而分別貯藏，待第四年春，觀其發芽率之保存結果，則土藏者為56%，窖藏者為74%，冰藏者為77%云。

白楊種子，經採集而越數日後，其發芽力便大部喪失矣。連絮而於日光下乾燥一二小時，而裝入油紙袋內，或密閉白鐵罐中，並於低溫中貯藏之（例如窖藏），則可保存七十日，若貯之冷藏庫內，則便可遠輸異邦矣。

柳類種子，乃林木種子中保存最困難者。在柳類種子之保存期間，與外圍溼氣之關係，頗為密切，溼氣量之過與不及，皆有害於種

子者也。柳類種子之僅密閉容器中者，經二星期後，其發芽力殆將全部消失，然加水於乾燥劑之中者，其壽命便可為之延長也。例如於硫酸一分，或氯化鈣五分中，加水一分，或選用甘油於相當溼氣中貯藏者，均得貯至二個月以上。若更於低溫之地窖，或井中保存者，則視上述時期，又可增加數倍矣。使用上述之乾燥劑時，應將溶液，注入於廣口瓶底，置入種子時，務使懸之瓶內，俾勿與溶液相接觸，然後密閉瓶口，以觀察之。若其乾燥劑，而為上述比率之硫酸水者，所獲溼氣為 15 % 云。

(其三)種子病蟲之防除。

昆蟲與菌類，亦皆有害於種子之保存者也。故種子當貯藏之先，應有消毒與殺蟲之必要。種子當採集之際，如為多數菌類孢子所附着者，影響發芽非淺鮮矣。柳杉種子採集後，雖在冬季貯藏之中，發芽力之減損，所以仍不可免者，蓋種子表面微生物之附着，抑亦一原因也。其貯之地窖或玻璃瓶中者，雖密閉，而未充分乾燥，或雖密閉，而未能周密封閉者，種子外部，終不免發生黴菌，所以影響發芽力者，非淺鮮矣。故如欲種子得以完全保存，貯藏之先，消毒工作實為必要。據外國產松種之試驗，其種子之浸於蟻醛 (Formalin) 49% 之 0.5% 溶液中，經二十六小時，復經一晝夜乾燥，而密閉貯藏於玻璃瓶中者，經五年間貯藏之結果，以視標準種子，其發芽率當二倍之云。又據日本林業試驗場原田氏之實驗，謂浸柳杉種子於 1% 之硫酸銅液中，經五小時後，用水洗滌，於室內乾燥後，密閉於玻璃瓶中者，保存力最大云。又浸於 0.3% 之鹽酸中五小時，不用水洗，而於室內乾燥密閉者，亦屬有效云。

種子上亦有昆蟲寄生，柳杉種子之普通寄生蟲，以柳杉種蜂(*Megastigmus cryptomeriae* Yano) 最爲普通，此蜂幼蟲在種子中越冬，五月下旬，變爲成蟲而出，其所被寄生之種粒，投之水中，雖經數小時攪拌後，仍復不易下沉，故與健全種子，選別頗易也。栗、櫟、櫟等殼斗科樹木種子，亦復不乏害蟲之寄生，此項種子或浸水數日，或以二硫化碳燻蒸十二至四十八小時，或於熱水中浸數秒鐘，均有殺蟲之效。惟浸於熱水中者，其溫度與浸水時間，應以種子大小，及其數量，而爲之酌量增減也。

第九目 種子之鑑定

種子鑑定 (Samenprüfung; Seed-testing) 亦稱種子檢查，乃種子實用價值之所由決定者也。鑑定之主要事項，種類、產地、純度、實重(一粒種子或一定粒數之重量)、容積重、發芽率等是矣。

其一 試材之採取。

當種子鑑定之際，應先由所擬鑑定之種子中，採取足以代表全種子者，以爲試材，或試樣(Probe; Sample)，以備鑑定。不然鑑定結果，便無若何價值矣。試材之採取，應將全部種子，作充分之混合，俾呈同等平均之狀態。而由混合種子中，爲試材之採取時，應由各部分中，平均各取少量，以集合之，偏頗多少之弊，應慎防焉。

若容器在二個以上，總量不易相混，而各容器容量又復不同時，應視數量以爲比例。由各容器中，分別採取之。

由全部種子各部分中，分別採取少量之法，應用奧國種子學家諾勃(Fr. Nobbe)氏所發明之種子試材採取杖 (Samenprobenzicher, Probenstecher; Nobbe's sticksampler)，最爲便利。

諸勃氏種子試材採取杖，大小不同，應依據種子量，擇其適當者應用之。此杖爲由黃銅製成之雙層圓筒，先端爲把手，末端爲尖形，以塞其口，內筒，外筒，各有十孔，可使之準對而相符合。惟將內筒爲九十度旋轉時，即可使之關閉。內筒內部，有竹節狀之隔壁。以此杖採取試材時，應先閉其孔，並將有孔側面向上，而深插於種子容器中，然後將把手爲九十度旋轉以啓其孔，并略事震動，然後再將把手旋轉以閉其孔而抽出之。應用此杖，不惟得以毫無偏頗取得各部種子，且各部種子，復得不加混合即予採取，而獲檢定其內外各部異同種子之效。

其用上述器械，由各部分採取之試材，或有各別檢定之必要者，惟普通爲明瞭其平均性質計，恆予以混合，分爲二份，將其一份用供檢定，餘供日後參考，爲之保存可矣。其供鑑定試材用者，如量過少，精確結果，極不易得，茲舉日本農林省林業試驗場，種子檢定規則所定鑑定試材之最少量如次：

第一類 小粒種子。

- | | |
|--------------------------|---------|
| 1. 花柏、鼠子、小山榛、赤楊、樺木等， | 各30公分。 |
| 2. 扁柏、羅漢柏、鐵杉等， | 各50公分。 |
| 3. 柳杉、落葉松等， | 各75公分。 |
| 4. 紫杉、赤松、黑松、雲杉、冷杉、金松、樺等， | 各100公分。 |
| 5. 洋槐、合歡木、燈台樹等， | 各150公分。 |

第二類 大粒種子。

- | | |
|---------------------|---------|
| 1. 樟、櫻、漆、山漆、槭、水曲柳等， | 各1000粒。 |
| 2. 姬小松、海松、水青岡、厚朴等， | 各600粒。 |

- | | |
|--------------------|--------|
| 3. 榧、檜等， | 各400粒。 |
| 4. 栗、櫟、枹、榲、油桐、山茶等， | 各300粒。 |
| 5. 胡桃、七葉樹等， | 各200粒。 |

試材復以鑑定事項(實重發芽率)而就其中,更爲一定數量之分取者,此一小部分之試材,即所謂之平均試材(Mittelprobe; Average sample)是也。平均試材,量雖至微,然非足以代表全體者不足當之。故其採取,務須精密注意。若種子之爲中粒小粒而其量又復不多時,其平均試材之採取,則以應用日本稻垣式平均試材採取器爲佳。應用此器採取試材,既無種子混合之煩,復獲任意採取定量之便。稻垣式平均試材採取器爲漏斗式,得於軸之周圍,任意旋轉,於其下口,並有極少量種子不絕漏出之裝置,漏斗下口之直徑,得視種粒大小,爲之調節,而由此漏斗下口中所漏出種子之一部流入於皿狀器之四角之箕(受器)中,集合此項種子,而爲之試材可矣。其所由集合之量,對於全部種子之比率,得以皿狀器四角之孔,啟閉大小,爲之增減也。

不同採取平均試材之法,有足述者。法將全部試材充分混合並積之而爲圓錐形,然後舖勻而爲種子最大直徑二至五倍厚之圓盤,復取其圓盤之一象限(全圓四分之一),仍照前法行之,待得所需粒數而始止。無器械足資應用時,可採用也。

其二 種類及產地之鑑定。

若欲依據種子,而爲樹種之鑑別時,應用肉眼及擴大鏡,顯微鏡,以與已知種名之標本相比較而對照之。以檢查其大小形狀,色澤及種皮性質,是否相符;必要時,復須切斷種子,以檢查其內種皮、及胚乳之色澤、性質、及胚之大小、形狀等。如仍有疑問而未敢據以徵信

時，便應予以發芽，或播種試驗，俾便判別而明真偽。普通種子，雖有僅用外部檢查，即可鑑定者，惟小粒種子，則雖熟練人員，亦有不易遽予鑑定者矣。良以種子之由他處購入者，或名稱相同，或外形相若，極易混淆，若不詳加檢定，極難確定故也。至於種子產地之鑑定，亦造林上重要之工作也。惟其鑑定，則視種類尤為困難，良以種子產地之特徵，不甚顯著故也。惟為混入種子夾雜物之檢查時，亦有不難為產地之推想者，據小山氏對於由各營林署所贈已知產地柳杉種子之研究，設柳杉種子中之混有扁柏者，類為東北地方以外所產，混有羅漢柏者，類為青森所產，混有白蘇者，類為福島縣以北所產，混有鴨脚稗(稗)者，類為東北所產云。蓋以斯為徵，亦不難按圖索驥也。

其三 純度。

種子除特別較大者外，普通俱有若干夾雜物之混入，夾雜物云何？即樹皮、樹脂、果實、破片、球果鱗片、枝葉片、翅片，異類種子等是也。純潔種子（又名純正種子及純粹種子）(Reinsamen; pure seed)之損毀及發育不全，確無發芽之望者，亦以夾雜物處理可也。夾雜物之量，雖以種子選別之精粗，而未能一致，然若柳、白楊、泡桐、白樺等小粒種子，雖予精選，然欲求純潔種子之獲得，抑亦事實之不可能者。

種子中所含純種子之多寡，謂之種子之純度(Reinheit; purity)。其以百分率表示者，謂之純量率 (Reinheit prozent; Percentage of purity)。此百分率，普通以重量之比例計算之。蓋純量率云云，即將夾雜物除去後，純潔種子之重量，對於試材總重量之比，以百分率表示者也。

求純量率時，應先秤定試材，攤之白紙之上，以分離其夾雜物，并除去其塵埃（選種以用篩子及篋子爲便），然後再爲純潔種子重量之秤定。凡種子之較水爲重者，投之水中，所含夾雜物，便可除去矣。種子之着生翅肉，已將翅肉除去，而復略留殘跡時，亦應善爲分離，加入夾雜物中，至若落葉松等之種翅極易損毀者，及樟、厚樸、女貞等種子之附有果肉者，以其純量率之求出較爲困難，故亦不復計算之矣。

據瑞士種子檢查所（Swiss seed Control Station in zürich）調查，將彼邦林木種子平均純量率，列表如次：（1914）

樹 種	純量率	樹 種	純量率
水 青 岡	99	歐 洲 落 葉 松	85
美 國 白 松	92	冷 杉	96
偃 松	98	赤 楊	70
花 旗 松	89	歐 洲 赤 松	93
歐 洲 黑 松	97	白 樺	28
德 國 雲 杉	87	樺	96

日本林木種子之純量率，據彼邦農林省林業試驗場自1916—1925年（大正五年至十四年）之十年間鑑定結果，有如次表：

樹 種	鑑定數	純 量 率				
		95%以上	90%以上	85%以上	80%以上	75%以上
柳 杉	1,291	57.9%	33.0%	7.2%	1.7%	0.5%
扁 柏	931	77.5	18.8	3.0	0.1	0.6
赤 松	338	67.2	25.7	5.1	1.8	0.3
黑 松	132	71.9	22.7	4.6	0.8	0.0
落 葉 松	296	63.1	18.9	8.4	6.8	2.7

羅 漢 柏	182	79.8	14.8	3.8	1.1	0.0
野 胡 桃	36	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
赤 楊	43	0.0	14.0	23.3	20.9	42.8
樺	13.3	52.6	29.3	10.5	1.5	7.5
厚 朴	57	98.2	1.8	0.0	0.0	0.0
洋 槐	40	72.5	17.5	7.5	2.5	2.5
白 蠟 樹	47	97.9	2.1	0.5	0.0	0.0

就上表觀之，除赤楊外，普通林木種子之純量率，泰半皆在95%以上也。

據美國陶美(Toumey)及史太文(Stevens)兩氏實驗所得，(1938)之林木種子純量率如次：

樹 種	最低純量率%	最高純量率%	平均純量率%
花 旗 松	72	100	96.5
歐 洲 落 葉 松	68	100	90.7
東 方 鐵 杉	92	100	97.0
喬 松	94	100	97.7
日 本 扁 柏	98	99	18.8
歐 洲 赤 松	98	100	99.2
那 威 松	94	100	93.7
德 國 雲 杉	95	100	98.2

普通純量率，雖以重量比率表示之，然容積單位之種子，欲比較其品質良否時，若將重量之百分率以表示其純量率時，每有全無意義者。良以比重小之夾雜物，雖於容量中多量混入時，其純量率仍大故也。純量率之以重量計算之值及與以容積比率求得之值，以夾雜物之性質不同，而迥異其趣。夾雜物比重之差愈大，兩者之差亦隨之愈大。種子量之測定，歐美各國類用重量，日本類用容積，我國則重

量容積分別互用。凡種子之依據容積購買者，其純量率之測定，尤應注意者矣。

其四 實重及容積重。

凡樹種之分布較廣者，同一樹種種子之平均體積，每以產地不同，而隨之互殊。其相差且有達二倍者。櫟、槲、松、杉即其例也。普通寒地所產者，恆視暖地所產者為小，故種子之大小、重量，初不足據以為種子品質鑑定之準也。惟就一般言之，則種子之大粒而復較重者，足為種子優良之徵也。良以種粒大而且重者，不惟量多，且胚亦較大，故發芽力隨之亦大。據實驗結果，是項種子，以之育苗，苗木之發育，敵害之抗力必大也。普通老樹及林木之發育不健全者，其所產種子，恆粒小而內容亦欠充實，其發芽力消失之種子，故亦視一般為多。種子實重 (Absolutes Gewicht; Absolute weight)，普通以一千粒之重量表示之。小粒種子則以一千粒為一組，合四組純潔種子，精確秤定，而予平均之。大粒種子以一百粒為一組，合四組秤定，而予以平均後，復改算為一千粒之重量。惟其鑑定試材之採取，下列各點所應注意者也。所有大粒種子之大小、形狀、色澤及其成熟度等，均應為之分類，而求其粒數之成數，並準是以求各組粒數之成數。至小粒種子，則用稻垣式平均試材採取器，於其四箕中，各取千粒，以供試材之需。

容積重 (Hoklmassgewicht, Volumengewicht; Volume weight)，以單位容積之重量表示之。同一試材，至少須經四次秤定而平均之。惟容積重，對於種子品質鑑定之標準，固並無重大意義者也。惟容積重雖於不同樹種中，亦有不足顯示其大異者。我國主要林木之重量

及其粒數，茲據陳嶸先生造林學概要所載，列之如次：

樹 種	每市升重量 (市兩)	每市升粒數	樹 種	每市升重量 (市兩)	每市升粒數
杉	8	34,000	柏 木	12	22,000
馬尾松	17	48,500	胡 桃	16	72
側 柏	14	20,000	櫟	17	180
海 松	17	1,800	栓 皮 櫟	18	168
檫 榆	11	23,300	烏 柏	16	3,050
樟	2	8,000	梧 桐	13	4,050
	15	4,800	女 葉	14	350
洋 槐	20	36,850	女 貞	14	10,000
臭 椿	3	3,200	枹 桐	1.5	80,000
香 椿	6	13,100	梓	3	24,000
油 桐	15	180			

其五 發芽力。

生活之種子，所具之發芽能力，謂之發芽力 (Keimfähigkeit; Germinative capacity)。種子發芽力有無之檢定，即其生活力之檢查 (Dermination of Viability)，計有外部及內部觀察。火熱試驗，酵素檢出法，還元法，染色試驗及發芽試驗等法。就中尤以發芽試驗最為精確。其他方法，則限於發芽試驗，施行不易及發芽較需時日者行之。

(一)外部及內部觀察 以肉眼及擴大鏡，先行觀察種子外部之色澤、性質，而約略檢定其發芽力之有無，或進而為切片試驗 (Schnittprobe; Cutting test)，以肉眼及擴大鏡、顯微鏡，檢定其內部，而為精密之觀察者也。當舉行切片試驗之先，應將種子浸入水中，待其充分吸收水分後，然後行之。榧、紫杉、海松、華山松、樟、白蠟樹

等種子發芽之需相當時日，而不能為發芽之試驗者，經二星期之浸水後，其發芽率便可以切片試驗檢定之矣。切片試驗，應取通過幼根之切斷面。凡種子之胚及胚乳之新鮮而健全者，必有其固有之色澤與形質，一經檢定，不難斷定，就中幼根色澤，尤須注意者也。

此法對於大粒種子，其檢定精度，雖可與發芽試驗相頡頏，惟小粒種子，則便感不甚精確，且其成績，以視發芽試驗，恆有過大觀測之弊，其誤差，有竟達50%者。故除外觀內容變化極著者外，其發芽力之喪失與否，識別亦非易易者矣。

(二)火熱法 火熱法，於檢定種子之是否新鮮及乾燥後水分是否失去時用之。法將種子投入熱鍋中，種子中所含水分，以感熱膨脹，種皮必隨之爆發而破裂矣。凡乾燥種子，決無爆發之可言也。以此法簡單，故無暇為他法之舉行時，可常用之。惟業經乾燥而已喪失生活力之種子，若再使之吸收水分，其結果每與新鮮種子，初無二致，此亦不可以不注意者。

(三)酵素檢出法 生活體之細胞中，恆有各種酵素之存在，待細胞死亡後，其酵素生活力亦必隨之消失矣。此法蓋由檢定酵素生活力之有無，以斷定種子發芽力之有無者也。種子中所含酵素，種類不一，檢定之法，亦各異致，其最簡易者，則莫如過氧化酵素(Peroxidase)，對於癒瘡木脂(Guajak; Guaiac)反應若也。法將供試種子，攤列於無色賽象牙(Celluloid)或白吸水紙上，其上復以賽象牙或紙片覆之，而將種子壓碎之，注過氧化氫(Wasser Stoff Superoxyd; Hydrogen peroxide) (H_2O_2) 一、二滴於其上。過氧化氫，採用3%者可矣。或二倍之水稀釋之亦可。但務須使之呈中性，或弱酸性者為

要。旋復注癒瘡木酞劑(Tinture of guaiac)二、三滴於其中，斯時倘其酵素尚具生活力，則酵素遽着色，而呈濃藍色之反應，如酵素之生活力已失，則僅呈酞劑固有之暗赤褐色而已。癒瘡木酞劑，乃癒瘡木脂之溶解於五至十倍之酒精中者。惟酞劑之經時過久者，恆變質而失效，故當應用之際，以隨時少量調製為宜。其置於冷藏庫中而密封者，雖經二、三星期，仍可應用。酞劑中加以三分之一或二分之一之水而稀薄之者，則其固有之褐色，可以略減，而反應亦當隨之鮮明也。其種子之為單獨試驗者（即每粒單獨試驗），則將種子切斷後，其切面上滴以藥液可也。

惟發芽力既失之種子，以其過氧化酵素，仍有若干生活力，故依然發生反應，蓋即此法之缺點也。故以此法而為發芽率求得，以視發芽試驗，其成績每得過大之值。倘其種子之無反應者，則可以生活力全部失去之種子論矣。

(四)還元法 還元法乃根據某種金屬鹽，因受生活原形質之影響，所起還元作用，游離金屬之原理，以為種子生死之判斷者也。蓋以已死種子，不復發生此還元作用故也。此法所應用之藥品，為碲酸鈉(Natrium telluricum)(Na_2TeO_4)。法將碲酸鈉1%之水溶液，以濾過紙，吸水紙，或薄藥棉溼潤之，而將種粒之裸出胚部，或於不損傷胚部狀態下切斷之，而將斷面下向，並列其上，經一、二晝夜後，再行觀察而檢查之。凡胚之健全者，其全體內外，均呈具有光澤之淡藍黑色，其生活力略衰者，則呈淡褐黑色，其生活力全失者，則絕無反應矣。且也，種子之欠健者，其胚略呈暗褐色，或局部着色而呈斑狀。供試種子之經乾燥而貯藏者，當着手試驗之先，應於清水中浸潤

十數小時，胚之受傷而仍健全者，以局部之生活力已失，故亦不復着色矣。惟此法亦以溫度不同，而其反應時間，爲之著異。例如攝氏三十度時，則經十五小時，業已充分反應，二十六度時，須經二十七小時，十六度時，須經四十八小時。本劑之1%水溶液，雖經長期貯藏，仍堪應用；惟當本法施行之際，以小粒種子中含有相當秕粒，故絕無全部切斷之必要，不如應用次列比重液，先將秕粒及蟲粒除去之爲較便也。

檉及冷杉種子，則用比重 0.80 之酒精，與水之混合液。

羅漢柏及落葉松種子，則用比重 0.81 之酒精，與水之混合液。

扁柏種子，則用比重 0.90 酒精，與水之混合液。

雲杉種子，則用比重 0.75 之酒精二容，與醇精八容之混合液。

柳杉種子，則用比重 0.92 之酒精，與水之混合液，將其下沉者復投入於比重 1.14 之甘油中，而取其上浮者，則秕粒便可大部除去矣。

還元法，爲便於實用計，有將藥液塗於濾過紙上，而以號稱“種子鑑定紙”出售者。

檢查種子生活力之金屬鹽，除碲酸鈉外，復有應用硒酸鈉(Natrium selenium) (Na_2SeO_4) 1%溶液者，其處理法，與前液相若，惟具有生活力之胚，呈黃赤色已耳。其胚固有色彩之爲黃或綠色者，其反應有無，便不易識別矣。

(五)染色試驗 以細胞生死，對於染色劑之反應不同，浸種子胚於染色劑中，視其着色如何，以爲胚之生死之判定者也。此項目的

所用之染色劑，雖有數種，而林木種子，則以靛紅(Indigocarmine; Indigocarmin) ($C_{16}H_8N_2O_2(SO_3Na)_2$) 最為適宜。

靛紅染色劑之適當濃度，為二千分之一水溶液，以種子種皮有礙色素之侵入，故應先將種子浸水一至四小時許(近藤萬太郎農林種子學載浸於二十六度至三十度之溫水中，經十八至二十四小時)，並剝去種皮，裸出胚子，然後浸於調製就緒之本染色劑(溫度攝氏三十度)中，經二至四小時許，取出用水洗淨，以觀其着色狀態。凡種子之健全者，其胚全不着色，不健全者，染色而呈斑紋，全無生活力者，則乃全體染色矣。惟本法乃利用其有生活力之原形質之半透性者也，故如浸潤時間，失之過久，則於工作中，失其生活力，胚亦必漸次染色，此亦不可不注意者。

上述之染色劑水溶液中，如加入相當於五千分之一之醋酸而後用之，則其浸潤時間，將縮短二小時許。靛紅無害於胚，故雖浸潤於該染色劑中，對於種子發芽能力，絕無所損也。如以本染色劑與前述之還原法，而比較之，論其藥劑價格，色素雖屬較廉，然論其着色狀態，則遠遜還原法之顯明矣。故於不健全胚之識別，較為困難也。益以還原法，經一定時間後，雖於任何時觀察之，仍無問題，而本法則經過長時間後，其結果即易陷於不正確矣。故實用上，要以還原法較為適宜。惟不論還原法、染色法，凡胚之不易裸出之小粒種子，俱不適用耳！

亦有應用茶粉，即俾斯麥褐(Bismarckbraun; Bismarck Brown)

($C_2H_4 \begin{cases} N: NC_6H_3(NH_2)HCl \\ N: NC_6H_3(NH_2)HCl \end{cases}$) 者。種子依前法處理後，浸於本染色

劑之0.25—1%濃度之水溶液中，歷數小時(五分至八小時)許，則種子之凡無發芽力者，全部着色，而成活之種子，則未有能吸收色素者矣。

(六)發芽試驗(Keimprobe, Germination test)乃將種子並列於適當之發芽床上，而予以適當之溼氣、溫度，使之發芽，而計其發芽粒數，以計算其發芽率者也。

1. 供試粒數 將大粒種子五十粒，小粒種子一百粒，各分為四組，同時舉行試驗，而平均其四組之成績。

2. 採取試材 大粒種子，與實重鑑定法相同，按照種子之大小、形狀、色澤及成熟度等，而分類之，求其粒數比率，而各分配於五十粒中。至小粒種子，則用每次可取五十至一百粒之小型種子採取杖，以採取之可矣。

3. 發芽條件 種子發芽，除必需適當之溫熱與水溼外，氧氣之供給，亦為必要，光線則以樹種不同，其關係亦為之迥異也。

a. 溫度 種子非有一定之溫度，不能發芽，發芽之適當溫度，復以樹種而異致。普通林木種子，最低攝氏八度，最高三十六度，最適當溫度為二十至二十五度，一般樹種之發芽溫度，暖地所產者，類視寒地或高山所產者為高。發芽溫度之一定不變者，恆不若於一定範圍內使之變化之為愈也。良以天然氣溫，晝夜相差甚鉅，每日溫度之變化乃足以刺激種子之發芽者也。其用定溫器，以行發芽試驗者，其溫度變化，務須與自然溫度相髣髴，晝間二十至三十度，夜間降至一十至二十度，俾晝夜間相差十度左右，以刺激之。樹種中頗有以定溫關係，而發芽甚感困難者。發芽試驗之際，務須予以變溫為要。再

同一種子中之未熟及後熟未竣之種子，變溫皆有促進發芽之效也。

據德國林木種子發芽試驗規則之規定，凡普通種子，應用二十度之定溫。赤楊、樺木、及美國白松（美國五葉松）種子，一日間六小時三十度，十八小時二十度，相互變換之。至若我國及日本所產之樺、厚樸、漆等種子，則以定溫發芽困難，故行發芽試驗時，應予以次列之變溫，以促進其發芽；當開始十日間，僅予以五度左右（三至七度）之低溫，爾後二十至二十五度之高度，與五度之低溫，每隔十二小時，交相變換之。槭類種子，每日十八小時，予以低溫，六小時間，予以高溫，則其發芽便速矣。美國白松種子，如選以二十至二十八之溫度予之，則發芽遲緩，如先予潤溼，而密閉之於五至十度之窖藏中，經二十至三十日後，再予以二十二至二十七之溫度，則發芽迅速矣。小蘗種子，於開始之三十日間，保持五度之溫度，爾後置於十至二十二度之播種床上，則其發芽極佳矣。日本扁柏，及其他陳舊種子，採集後如經相當時日，則發芽較為困難，該項陳舊種子，開始數日間，予以五度左右之低溫，爾後予以二十至二十五度之高溫，則其發芽較為迅速。五度左右之低溫，可以用冰給之也。

對於變溫，足以促進種子發芽之說，亦有謂以變溫關係，而增進氣體交換之故，呼吸作用亦隨之增進者。夫變溫云云，普通高溫，不得超過六至八小時，低溫則以激急為宜。普通生於寒地或高山之植物種子，皆有遭遇低溫之必要。樹種中，頗有混積於溼潤砂中，而使之冷凍，而極著促進發育之效者。

b. 水溼 種子乾燥，則絕對不能發芽，故種子在舉行發芽試驗期間，應有繼續給予溼氣之必要。惟僅有空中溼氣，仍感不足，應界

以水液，俾與種子相直接接觸。給子種子之水液，可用蒸餾水、殺菌水，惟普通之清水，亦無不可；良以清水中，所含之某種細菌，對於種子發芽，頗有良好影響故也。水分對於發芽必要之理由，有得而言者：

(1) 水分對於種子，有侵入氧氣之可能，良以細胞膜，經浸水後，氣體便可使之滲透故也。

(2) 水分具有促進酵素形成之作用，故可使種子中貯藏養分，發生變化，俾應胚子之需。

(3) 水分足以助長養分之轉移。

(4) 水分足使種皮柔軟，俾胚子易破種皮，而漸臻發育。

c. 氧 種子當發芽之際，呼吸旺盛，故在發芽試驗中，空氣不能使之隔絕也。其以呼吸結果，所排泄之二氧化碳，亦當設法為之排除，良以二氧化碳，殊有損於種子之發芽故也。且尤以低溫，或氧氣缺乏時為然。

一般植物，空氣隔絕後恆發芽不良，甚有全不發芽者，惟植物中，亦有當其發芽之際，氧氣供給並非必要者，若某種水生植物發芽時，氧氣之缺乏，反為必要者。

d. 光線 普通林木種子，當舉行發芽試驗之際，置之明或暗處，於其發芽並無顯著影響。比各國學者對於發芽與光線之關係，雖有相當之研究，然未獲詳明之處，仍所在多有，考外國對於林木種子試驗結果，歐洲赤松、法國海岸松、美國白松、落葉松、雲杉、松、赤楊、白樺等種子，置於明處，或將發芽床置於特殊之光線下者，發芽俱各良好。而喜馬拉耶山原產之喬松 (*Pinus excelsa*)，則置於弱光或黑暗下，其發芽反得良好之結果，樟樹種子，則於有光線時，發芽良好云。

4. 置床前之處理 當舉行發芽試驗，將種子並列發芽床上之際，普通樹種之種子，固無浸水，及其他理化學處理之必要。然其不予處理，而發芽極為遲緩者，相當之處理，為不可缺也。厚朴種子，應於浸水十日後，待其種皮生裂時，曝之日光下，漆種子浸於60%以上之濃硫酸中，經三十分鐘後，再予洗滌，並浸水二至三日，樺種子應浸水四日。

5. 發芽試驗器 發芽試驗器 (Keimapparat; Germinator, Germinating Apparatus) 為數至繁，發芽試驗器云云，蓋按照種粒之性質，以選擇適當之發芽床，並於發芽床以適當之水溼之裝置也。此項裝置，分置於普通室內或溫室內，其有溫度調節之必要者，則應置於具有加熱裝置及溫度調節器之定溫器 (Keimschrank; Germinating oven, Thermostat) 中。

6. 發芽床 發芽床 (Keimbett; Germinating bed, Germinator) 普通所應用者，為陶製之發芽盤，經消毒之吸水紙、脫脂棉、棉布、水苔、純潔之石英砂等。此類發芽床，置於白鐵或玻璃或陶製之盛水盤中。發芽床上，排列種子後，復以玻璃板蓋之，玻璃板之覆蓋，乃所以防止其乾燥者也。惟以密閉而與外氣相隔絕者，亦不可不注意者也。玻璃板如以玻璃漏斗或玻璃鐘代之，以便通氣，則其測定尤為便利矣。

發芽床之種類，應視種粒性質選擇之。栗、櫟、胡桃等大粒種子，則可用水苔、砂床。厚樸、漆、槭、鹽膚木等中粒種子，則可用兩張棉布折疊，而置種子於其間。至小粒種子，則可用陶製之發芽盤，或置之於吸水紙上。發芽盤中床面之有窪下處者，樺、野薔薇等較大之小

粒亦可適用也。至若冷杉、鐵杉、黃杉等屬種子之腹背分明者，其腹面應與發芽床相接觸。

發芽床中應常保適度之水溼，故應每日檢查，而補給之。應將吸水紙或棉布類之一端，浸之水中，俾便吸水，而免注水之煩。發芽床浸溼程度，亦以種子及發芽床之種類不齊，而各異致。除陶製發芽盤外，以達所用發芽床材料之飽和含水量之 60—70% 為標準。過溼過乾，均非所宜。良以種子之浸水程度，過度給水，亦為有害故也。飽和含水量之約 70% 之溼度云云。凡以砂為發芽床者，約砂一百公撮(cc) 中以二十四公撮之水，溼潤之可矣。

發芽床應以隨時清潔為要。種子之有黴菌發生者，並應將發芽床隨時更換，種子之發生腐敗者，並應隨即棄去之。置床數日後，種子之發生黴菌，有足為已死之徵者，然亦有未必盡然者，應將種子善為洗滌，而仍置原處試驗之。

發芽試驗之應用土壤者，謂之土壤發芽試驗。其結果與苗圃內實驗發芽數，視應用發芽床者較為接近。惟其土壤之理學與化學的性質之選擇，亦應注意者也。普通農地中，每含有多量之有機質，所有菌類，恆為種子發芽之害，故不宜用。至土壤之經消毒者，結果雖屬良好，然其試驗成績，則每與未消毒者，不相一致，其經一度試驗用者，若欲繼續應用，亦非所宜也。

凡土壤之以供試驗用者，淺盆中，應以不固結之壤土與砂土等量混合之土壤納之其中。全體厚度，為十公分，種子入土深度，與種子之最大直徑相若。小粒種子播下後，其上復以細砂覆之，微細種子，則覆以溼潤之吸水紙，將盆浸之水中，由盆底給以水分，且移置溫室

之中，以保持其適當溫度。待幼植物之主體露出土壤時，便可認為種子之發芽者矣。試驗完竣時，凡露出於土壤外者，及發芽而未露出於土壤外者，暨種子之未發芽者，均應分別計算。發芽而未露出於土壤外者，復可分為健全而未出土者，及以異常而未能出土者之兩種。

7. 置床後之處理 當種子排列於發芽床上，而開始為發芽之試驗後，每日應於一定時間，為之檢查，並注意其發芽床所發生之種種現象，及水分之補充，溫度之調節，腐敗種子之除去等各項處理。凡經正常發芽之種粒，便應取出而計算之。當種子之發芽也，凡幼根先突破種子外皮而出，繼以伸長，而呈彎曲，而胚軸子葉亦復繼之而出，故其幼根突出後，待略形伸長而始彎曲者，均可視為正規之發芽粒，而取出之。幼根之呈異狀及子葉之先發者，則不應遽置於發芽數之列，而暫行另置之，俾便考查經過，以定取捨。

種粒之經一定日期，而仍未發芽者，經各組分別計算後，可用切斷試驗及其他方法，以檢查之。按照狀態，作次列分類，以記入之。

- a. 未發芽粒 健全，而確有發芽之希望者。
- b. 不發芽粒 腐敗或按其色澤形質，得認為死粒者。
- c. 硬粒 豆科植物等種子，不吸收水分者。
- d. 澀粒 柳杉、油杉老樹之種子，充滿單寧狀物質者。
- e. 枇粒 內容空虛者。

8. 試驗終止日期 置床後種子，開始發芽之日數，以樹種、種子新舊及其乾燥度而異致。發芽之最早者，為柳屬之種子，其早者置床經八、九小時，便開始發芽矣。白楊則自第二日始，即開始發芽，爾後五、六日間，大部分發芽完竣矣。針葉樹及其他多數林木種子，普

通於三星期內開始發芽，四星期內發芽完竣，然爾後尚有少數種子繼續發芽者，惟發芽試驗，則以大部分發芽完竣時終止之，爾後雖有種子發芽較遲者，然試驗亦於此時中止矣。日本農林省林業試驗場所規定之置床後終止之日數如次，惟發芽經過，如明知不致影響其最後結果者，亦得縮短其日期也。

- a. 白楊、連香樹、榆等 二星期。
- b. 冷杉、日本扁柏、花柏、洋槐等 三星期。
- c. 柳杉、赤松、黑松、落葉松、鐵杉、羅漢柏、樺木、赤楊等四星期。
- d. 樟、厚樸、漆 六星期。

普通林木種子之發芽試驗，約需三、四星期，既如前述，惟在發芽試驗中，種皮之着生大小水滴，及種皮之含有多量水分，而遽爾生霉者，類為發芽力已失之徵（死粒），應予除去，僅將種皮之乾燥者計入之，經五日許，即可求得其近似發芽率矣。

其六 發芽率。

凡具有發芽力種子之粒數，於全粒中所占之百分率，謂之發芽率（Keimprozent; Germinative percent）。雖同一種子，以經時日愈久，其發芽率必次第減少，故發芽率應有附記日期之必要。發芽試驗完竣時，種粒之為正常發芽者，各組應分別合計之，待抵發芽終了日期，復將不發芽種粒中之健全，而確有發芽希望者（未發芽粒），予以加算，而將各組平均之，以計算其對於供試粒數之百分率，即所求之發芽率是也。對於未發芽粒之鑑定，應用還原法，或染色法，雖屬較為正確，惟由切片試驗，所認為未發芽粒數中三分之二，得認為正確之健全粒，以加算於發芽粒中，惟硬粒類各另行記數而不為之加算。

也。若各組之發芽數相差頗大，最大最小兩者之較差超過一定限度時，則有重行試驗之必要。據日本林業試驗場種子鑑定規則之規定，舉其較差之限界如次：

發芽率不滿20%至80%以上者	15
發芽率20—80%者	20

德國林木種子多年平均之發芽率如次：

針 葉 樹	發 芽 率%	闊 葉 樹	發 芽 率%
雲 杉	69	洋 槐	74
黑 松	66	櫟	70
赤 松	65	黑 赤 楊	33
美 國 白 松	58	榆	31
落 葉 松	46	水 青 岡	29
冷 杉	23	白 赤 楊	24

林木種子之發芽率，雖以年歲及其種子而相差頗大，據日本林業試驗場，自1913——1925年(大正二年迄十四年)之十三年間，鑑定彼邦主要林木種子之平均發芽率如次：

樹 種	發 芽 率%	樹 種	發 芽 率%
柳 杉	39.1	櫟	81.6
扁 柏	24.2	厚 朴	70.4
赤 松	79.8	櫟	45.6
黑 松	82.8	洋 槐 (硬質除外)	44.8
落 葉 松	39.0	白 蠟 樹	51.8
羅 漢 柏	35.3		

我國主要林木種子之發芽率，茲據陳嶸先生造林學概要所載，

列之如次：

樹 種	發 芽 率 %	樹 種	發 芽 率 %
銀 杏	96	檫 皮 檫	90
馬 尾 松	80	檫 皮 檫	91
黑 松	88	樟	50
海 松	60	樟	72
杉	49	臭 椿	62
圓 柏	40	香 椿	40
側 柏	85	油 桐	83
紫 杉	70	油 桐	52
柳 杉	64	洋 槐	70
落 葉 松	70	槐	68
金 錢 松	62	棟	87

惟具有發芽力之種子，如實地播之苗圃，恆有全部不發生者，故雖同一種子，其在苗圃中，播種所得之幼苗數，對於播種粒數之百分率，視發芽試驗所得之發芽率為小，蓋兩者之值，僅種粒特大之數種相等，或相差極微耳！苗圃中實際發生之幼苗株數，對於播種粒數之百分率，謂之實地發芽率 (Practical germination percent) 或得苗率 (Pflanzahl, Pflanzprozent; Tree percent)。考實地發芽率小於試驗的發芽率之理由，良以露地土壤之理化學的障礙，及其間之微生物，暨氣象上影響，均足妨害種子之發芽故也。且發芽之遲者，每易為發育速者所妨害，其發育且復寢假而陷於枯死者，亦比比然也。種粒愈小，其影響亦愈大云。據小山氏之研究，謂實際幼苗之發生數，以視試驗的發芽數，其減少率平均有如次表云：

樹 種	柳 杉	扁 柏	落 葉 松	冷 杉	黑 松	赤 松
減 少 率 %	23	22	12	11	8	5

實地發芽率，以視試驗發芽率減少之比例，雖同一樹種，以其試驗發芽率之大小，及種子之新舊，而不能一致，種子之發芽率愈小，及其愈陳者，減少率亦愈大，茲舉歐洲赤松發芽率及得苗率關係之一例如次：

試驗的發芽率	65	75	85	95
得 苗 率	14	22	31	44
得苗率之比	$2.2 \left(= \frac{31}{14} \right)$	$1.4 \left(= \frac{31}{22} \right)$	1.0	$0.7 \left(= \frac{31}{44} \right)$

依據上表，凡欲求與歐洲赤松 85%發芽率之種子，獲得同數之幼苗時，則其發芽率 65%之種子，應予 2.2倍量之種子，發芽率 95%之種子，則僅 0.7倍量之種子足矣。綜上觀之，則種子之發芽率小者，以視發芽率大者，實用價值之減低，實在發芽率所示程度以上也。故購買種子，務以採取發芽率大者為得。普通採集後，經過相當時日之陳種子，以視新鮮者，不惟發芽困難，即苗木之發育亦劣，且對於發芽率之幼樹發生率亦小，故由發芽試驗所得之發芽率，雖屬相同，然陳種以視新種，其實用價值相去遠矣。其價值之減退率，則以種子愈陳而愈顯，惟日本之赤松、黑松種子，如以適當方法善為貯藏，則雖經四、五年後，用以播種，仍具充分價值，蓋乃樹種中之例外者也。

至發芽勢 (Keimenergie; Germinative energy) 云云，乃於發芽試驗時，以視普通終止日期，尤為短促之期間內，所表示之發芽粒數之百分率也。凡具有發芽力及發芽率之種粒，對於全部之供試種粒，普通以百分率示之。至若發芽勢，則雖種粒之具有發芽力者，以其發

芽遲緩，而視為種子之發芽力微弱者矣。是項種子，若實際播之苗圃，或竟不發芽，或雖發芽，而健全之苗亦終不可獲，故應逕予除去。緣是發芽勢以視發芽率，對於得苗率，可謂尤相近似矣。依據德國種子檢查類則之規定，林木種子之發芽勢與發芽率決定之終止日期，有如下表。

樹種	發芽勢	發芽率	樹種	發芽勢	發芽率
側柏(Thuja)	7日	21日	山核桃(Carya)	—日	28日
雲杉(Picea)	7	21	水青岡(Fagus)	—	28
扁柏(Chamaecyparis)	7	21	白蠟樹(Fraxinus)	—	28
赤松(Pinus sylvestris)	7	21	櫟(Quercus)	—	28
赤楊(Alnus)	7	21	黑松(Pinus nigra)	7	42
樺木(Betula)	7	21	冷杉(Abies)	10	42
桑(Morus)	10	21	洋槐(Robinia)	15	42
落葉松(Larix)	10	28	榆(Ulmus)	—	60
椴(Tilia)	10	28	黃杉(Pseudotsuga)	44	72
槭(Acer)	—	28	白松(Pinus strobus)	44	90
見風乾 (Carpinus Betula)	—	28			

其七 發芽效率。

發芽效率云云，乃具有發芽力種子，對於全種子量之百分率也。種子之利用價(Utilization Value)亦稱實用價(Gebrauchwert; Real Value)，發芽效率由純量率及發芽率之相乘積得之（發芽效率 = $\frac{a \cdot b}{100}$ ）。例如以純量率為 $a\%$ ，發芽率為 $b\%$ ，則其效率為 $a \cdot b\%$ 。純量率為 80% ，而發芽率為 50% 時，則其效率為 40% 。日本林業試驗

場(1928, 9, 10)鑑定之平均效率, 列表如次:

樹種	柳杉	扁柏	赤松	黑松
平均效率	20.9	16.8	72.3	75.5
最大	83.3	93.0	99.1	98.7
最小	0.0	0.0	1.5	0.2

其八 鑑定公差.

鑑定公差 (Untersuchungsspielraum; Tolerance) 云云, 乃鑑定上誤差容許之最大值也. 故亦稱容許誤差. 茲舉日本林業試驗場, 種子鑑定規則所規定之鑑定公差如次:

(一) 純量率.

- 其保證純量率在 97% 以上者, 鑑定公差為 1%
- 其保證純量率在 90-97% 者, 鑑定公差為 2%
- 其保證純量率在 90% 以下者, 鑑定公差為 3%

(二) 發芽率.

- 其保證發芽率在 10% 以下及 90% 以上者, 其鑑定公差為 6%
- 其保證發芽率在 10-20% 及 80-90% 者, 其鑑定公差為 7%
- 其保證發芽率在 20-30% 及 70-80% 者, 其鑑定公差為 8%
- 其保證發芽率在 30-40% 及 60-70% 者, 其鑑定公差為 9%
- 其保證發芽率在 40-60% 者, 其鑑定公差為 10%

復舉丹麥柯本海根 (Kopenhagen) 種子檢查所所規定之鑑定公差如次, 該所實居歐洲種子檢查界之權威, 故可作歐洲種子鑑定公差之標準觀也.

(一) 純量率.

其保證純量率在 95% 或 95% 以上者, 鑑定公差爲	2%
其保證純量率在 85% — 94.9% 以上者, 鑑定公差爲	3%
其保證純量率在 85% 以下者, 鑑定公差爲	4%

(二) 純潔種子之發芽率.

其保證發芽率 93 — 96.9% 以上者, 鑑定公差爲	4%
其保證發芽率 85 — 92.9% 以上者, 鑑定公差爲	5%
其保證發芽率 75 — 84.9% 以上者, 鑑定公差爲	6%
其保證發芽率 75% 以下者, 鑑定公差爲	9%

其九 鑑定價格.

鑑定價格云云, 乃依據鑑定結果訂正之購買種子適當價格也. 設售主所保證之純量率、發芽率與所鑑定者超過鑑定公差時, 得依次式, 而求其鑑定價格.

今試以 Rg 爲售主保證之純量率.

Kg 爲售主保證之發芽率.

R 爲經鑑定結果所得之純量率.

K 爲經鑑定結果所得之發芽率.

r 爲純量率之公差.

k 爲發芽率之公差.

a 爲售主所定之價格.

x 爲所求之鑑定價格.

純量率及發芽率均超過公差範圍時則

$$x = a \cdot \frac{R \pm r}{Rg} \cdot \frac{K \pm k}{Kg} \quad \text{或} \quad x = \frac{(R \pm r)(K \pm k)a}{Rg Kg} \dots\dots (1)$$

僅純量率超過公差範圍時則

$$x = a \cdot \frac{R \pm r}{Rg} \quad \text{或} \quad x = \frac{(R \pm r)a}{Rg} \quad (2)$$

僅發芽率超過公差範圍時則

$$x = a \cdot \frac{K \pm k}{Kg} \quad \text{或} \quad x = \frac{(K \pm k)a}{Kg} \quad (3)$$

若售主所供給之種子，其實際價較保證價為小，即 R 及 K 視 Rg 及 Kg 為小時，應用 (+) 號，反之應用 (-) 號。 $a > x$ 時，則為買主之損失， $a - x$ ，即售主之補償價也。 $x > a$ 時，則為買主之利益， $x - a$ ，即買主之利得價也。

丹麥所規定之計算法，較前法尤為簡單，即誤差超過公差時，售主應賠償保證價與鑑定價相差之全額是也。其發芽率、發芽勢之計算，準此。

今試以 E 為賠償價

M 為保證價與鑑定價之差(%)

G 為保證價

P 為種子所定售價

$$E = \frac{M \cdot P}{G}$$

例如保證之純量率為 90%，實際之純量率為 80%，而所定種子每一千公斤之價格為五圓時，其賠償款應為：

$$E = \frac{(90 - 80) \times 5}{90} = 0.556$$

第十目 種之發芽促進

種子播種後，其種子發芽，務須使之迅速，而復整齊，如經時過久，則難免鳥獸病蟲之患，而招腐敗流失之虞，不惟危險頗多，且復保護非易，損失誠非淺鮮也。且也，發芽不齊，其遲緩發生者，以發育互殊，易招苗木參差之弊。杉、柳杉、馬尾松、雲南松等，普通林種子，播種後約經一個月許，即行發芽終了，惟樹種中播種前，如不予特種處理，其發芽頗感不易，播種後須經數個月後，始行漸次發芽者，或播種當年僅能發芽一部，爾外須待翌年始發芽，或播種當年全不發芽，須待翌年始能發芽者。凡種子發芽須經二年之樹種，其播種床至少須保留兩年，苗圃經營上，實深感不便也。今舉樹林木種子中發芽之經時頗久者，如次：

針葉樹：榧 紫杉 海松 圓柏 杜松

闊葉樹：見風乾 朴 糙葉樹 樺 厚朴 漆 鹽膚木

梧桐 胡桃 樟 槭 燈台樹 白蠟樹

發芽遲緩之原因，雖不一致。促進發芽，普通得依照下列方法，以處理之。

(一) 後熟作用之須經相當時日者。 銀杏、樺等種子，後熟作用之須經相當時日者，採集後，遽予播種，非所適也。惟是類樹種，如予適當貯藏，留待明春播種之，則其後熟作用，業已完竣，發芽不復延緩矣。

(二) 播種後環境狀態之不適於發芽者。 種子發芽，必需適當之溫度與溼氣，如播種於此類關係不良之環境中，其發芽終不免於延緩也。例如播種後，以溼氣不足而過度乾燥時，或播種後覆土過厚，而溫度不足時，或發芽之較需高溫之樹種，而於地溫尚低時已予播

種者，或發芽需低溫之樹種，而於晚春氣候已高時，始予播種者，皆足陷種子發芽於延緩者也。

落葉松、樺、厚樸等種子，如於春季地溫不高時播種之，則發芽速，而地溫已高時播種之，則發芽遲；故是類種子，如於春季遲播者，應將種子置於一定時間之低溫中。例如厚樸種子，於日光下曝之，待其種皮發生裂縫後，復置於五至十度之低溫中，經一、二星期，始予播種之。五至十度之低溫，用冰不難得之也。又多數松杉科林木種子之發芽促進，低溫貯藏，俱有相當效果也。又濕潤種子，在五至十度之低溫下，如經一至五個月間堆積貯藏後，始予播種者，類能發芽迅速，而獲健全苗木云。

(三) 具有蠟質果皮，水分不易滲透者。烏桕、漆、鹽膚木、黃連木、棕櫚等種實之具有蠟質果皮，而不易吸收水分者，當播種之先應將蠟質除去之。蠟質之除去，如應用灰水之鹼性溶液，俾蠟質鹼化，而溶解之，極為便利，即熱水十分中，置入草木灰三分，使之溶解；凡溫度七十度之灰水中，如以果實投入而攪拌之，則果皮蠟質，頗易除去也。

(四) 種皮堅實，發芽困難者。胡桃、厚樸等種子之種皮堅硬者，如欲胚子內部活動，破種皮而出，極為困難；此類種子，發芽遲緩，雖復有其他原因，然種皮堅硬，要其一主因也。是類種子，可用機械或其他方法，使其種皮發生裂縫，胡桃類種殼之結合處，如以小刀接觸而用鐵鎚輕擊之，則便生裂縫矣。厚樸種子，經七日至十日間浸水後，復將種子分列於日光下，經十分鐘，則其種皮之半面，便發生裂縫，而適於播種矣。

(五) 種皮乾燥，吸水困難者。種皮乾燥，吸水困難，為發芽延緩原因之最普通者。其處理方法，亦以樹種而各異，茲分述之如次：

1. 浸冷水法 多數林木種子之經三至五日間，冷水浸潤後而播種者，有促進發芽及發生整齊之效，樺其適例也。浸水日數，普通樹種以四至五日為限度，逾之反為有害矣。惟櫟、槲、栲、胡桃、洋槐等種子，雖浸水三十日許，仍無損於發芽也。惟其浸水，除流水外，需每日換水而新鮮之，蓋亦所以為之供給氧氣，除去二氧化碳者也。

2. 浸溫水法 凡浸於冷水中，並無效果之樹種，應於溫水中浸之，良以水溫愈高，種子中水分之侵入愈速，其量亦愈多故也。惟其溫水所需之溫度，及其浸水所需之時間，應隨樹種而損益之。普通之豆科林木種子，於攝氏四十至五十度溫水中，浸一至五日後，種子以吸水之故，恆膨脹數倍，對於發芽頗著促進之效。例如皂莢種子之選子播種者，須經一個月後，始能發芽，其在四十至五十度溫水中，浸三日至五日間而播種者，經五日許，即可發芽矣。惟林木種子浸溫水中，超過五日，而有消失其發芽力者。洋槐種子，在八十五至九十度之熱水中，攪拌數分鐘後，大部分種子，膨大至二至三倍許，即可取出播種矣。漆之種子，以於沸水中浸五秒鐘許，八十度溫水中，浸一分鐘許為適度云。

針葉樹種子，於微溫水中，以浸十六至二十四小時為最大限度，在四十五度之溫水中，以十小時，八十度之熱水中，以五小時為限度，逾之便易喪失其發芽力矣。

生於沼澤地之樹種，其種子普通耐溫力大，例如落羽松 (*Taxodium distichum*) 及美國楓 (*Liquidambar styraciflua*) 之種子，雖浸

溫水中，經二十至三十日許，終無損其發芽力也。

3. 浸硫酸法 豆科植物，及其他所謂硬實，或硬粒（Hartsamen; Hard seed）之種子，浸硫酸中，其吸水度可爲之促進也。若合歡、黃檀、皂莢、洋槐、胡枝子等豆科樹木及漆之種子中，常有若干硬實種子之存在，甚之且有達百分之數十者，苗木育成上，每深苦之。硬實於成熟而復內容充實之種子中，極爲恆見，至未熟及輕小之種子，則可謂絕迹者矣。惟硬實亦非盡屬具有生活力者也，就中且有已死者。洋槐種子，頗多硬實，經浸水膨大後，其不能發芽而已死去者，固比比然也。

硬實有於某期間內（數個月，乃至十數年，或復有逾此者），全不吸收水分者，據莫里許（H. Malisch）氏實驗謂，將皂莢硬實五十粒，置於自來水中，每三日換水一次，就中四十六粒，欲其吸水膨脹，而臻發芽，則須經一千二百八十九日即三年又一百九十四日云。

然種皮變成如此不透水性者，何哉？據柯（O. Kühn）氏及納爾舅波夫（D. Neljubov）氏之研究，謂種皮之柵狀細胞之內部，大部分係由膠質物（Pectin substance）所形成，此項物質，奪取水分，既強且速，此種皮之所以失去吸水性，而益趨硬化者也。實際硬實，實以種子乾燥，達於某種程度而成，故具有如此性質之種子，務以勿使過度乾燥爲宜。

凡硬粒種子，而欲使之呈吸水狀態，於硫酸中浸一定時間可也。硫酸應擇其濃厚者用之；良以稀薄者，每易浸透種子內，足以損失其發芽力故也。浸硬實於濃硫酸中，乃羅斯曲羅潑（O. Rostrup）氏所發明者也。漆之種子，於60%以上之濃硫酸中浸三十分鐘後，投入清

水中，待其吸水後播種之。豆科樹木之硬實，爲三分鐘，乃至數小時，厚樸三分鐘左右。至種皮堅硬之松類，則以三十分至一小時爲度。

4. 器械法 豆科植物之硬實，有時可用器械，傷其種皮，俾易吸收水分；少數種粒，則以銼磨傷之爲便，多數時則以納爾孫（H. Nilson）氏種皮破碎器爲便。該器爲內面具有多數突起之鐵製圓筒，每分間得旋轉三千次高速度，使種子於其內部，與突起相摩擦，俾種皮發生損傷之裝置也。其他種子，經水選，並將不充實種子及塵埃除去後，當種子濕潤之際，使與等量之河沙混合，經數分鐘踐踏後，種皮隨之受傷矣。或有將種子與粗砂相混合，而納之於堅固布袋中，其上復以棒擊之者亦佳。此法蓋爲諾勃（Fr. Nobbe）氏所發明，而用以處理豆科牧草之硬實者也。

（戊）露天埋藏法 露天埋藏云云，乃種子採集後，直迄翌春播種時，予以露天埋藏之法也。此法，凡種子之乾燥時，發芽極爲延緩者，行之頗爲有效云。惟在埋藏中，而易於腐敗者，其實行爲不可能耳！

此法，乃係日本朝鮮林業試驗場場長林學博士戶澤又次郎氏所發明，以海松種子發芽困難，所由作也。海松種子，如照普通針葉樹乾燥種子，置入布袋中，而懸之室內，待翌春播之，則當年內發芽者極少，大部分須待翌年，始獲發芽，而其發芽率，亦屬甚少，種子雖子浸水，亦苦無效也。若於種子成熟當年，採取而即播之，發芽雖較良好，然亦有經兩年而始全部發芽者，在苗床期間，便不免遭遇鼠害及其他敵害矣。

露天埋藏之法，以木板作成一·五公尺平方，深三十公分之框，並

以其孔，較種子為小之鐵絲紗，蒙蓋其底，埋之土中，上與地表相齊，將種子與二倍以上之土砂混合後，納之其中，並覆土砂於其上，復以切藁或落葉覆之，復覆鐵絲紗於其上，以防鼠害。其土砂之用以與種子相混者，應以篩孔之小於種子者篩之，俾便日後播種時，種子土砂，得以分離，不致混合也。土砂對於種子一分，應以黑土一分，細砂二分之比例混合之。惟如此埋藏，待至翌春，則其一部分，業已開始發芽，發生幼根矣。故入春後，務須於種子未發芽前，先行取出，選別種子，播之苗圃，則凡種子之具有發芽力者，不數日後，便可同時發生矣。惟其埋藏應於種子採集後，即日行之為宜，倘採集後，經過相當時日，然後行之，其效不免減色也。

露天埋藏法，除適於海松之處理外，對於胡桃、野漆、櫟、樺、槲等各項種子，亦屬有效。胡桃則於除去果皮，略予乾燥後埋藏之。野漆則於灰水中，將蠟質除去後埋藏之。

易於發芽之種子，如能於播種二、三星期前，予以露天埋藏，待土壤乾燥時，隨時灌水，亦有促進發芽，及同時發生之效。

6. 溫床埋藏法 此法，乃銀杏、圓柏、杉、松等種子，或其露天埋藏，已失時效者，所適用也。此法裝置與露天埋藏相同，僅其地點不同，施之溫床中耳，應隨時灌水，予以適度之濕氣，待種子開始發芽時，將其裝置，由床中取出，移置於庇蔭之處，或將溫床撤廢，儘予露天放置之，以備播種之需。

7. 熱砂法 柚木種子，如不予處理，則其發芽，輒需六個月以上，種子中如混以五倍之細砂，並予以濕氣曝之日光中，時時攪拌之，經三十至四十日後，播種之，則約經十二日後，便告發芽矣。

第二節 苗 圃

第一目 苗圃之種類

苗圃 (Kamp; Nursery) 之供造林用苗之育成者，曰森林苗圃 (Forstgarten; Forest Nursery)。森林苗圃之規模較大，設備完全，在同一地上，於長期間內供苗木之育成者，曰固定苗圃，或定置苗圃 (Standiges Forstgarten; Permanent forest nursery)。其規模較小，設備簡陋，僅供一時之使用者，曰移動苗圃，或臨時苗圃 (Wanderkamp, Wander Forstgarten; Temporary nursery)。惟此兩種苗圃，實具從屬之關係，凡設備完全，管理周到之固定苗圃，普通僅設一處，以備播種育苗之需；而於林地附近，另設若干移動苗圃，以供換床之用，而備各該林地，隨時出栽者也。蓋為求苗木適於林地環境及發育得與林地一致，而易於成活計，誠計之得者也。且固定苗圃，面積不敷時，復可藉移動苗圃以補救之。民間育苗業者將播種發生之幼苗，委託附近農家，為之換床，或於其自有農田中育成者，其關係正復相若也。

苗圃地之經長年使用者，其是供苗木滋育之有效腐植質，日趨缺乏，其他理化學性質，日臻惡化，病蟲之為害，日漸增加，果能從事於肥料之施用，耕作之改善，酸性之中和，隙地之休閒，及豆科植物之輪作，對於地力之減退，雖能作若干之緩和，然其成績，欲求與新苗圃地相媲美而抗衡，抑亦事實之不可能者；故移動性之小苗圃，如能以之供苗木之育成，而不僅供換床之用，若管理並無不便，實較固定苗圃為有利者也。固定苗圃之面積較大者，其休閒地，不惟僅供農

作與苗木之輪作已也，且有進而爲赤楊等，足增土壤氮氣及腐植質樹種之栽植者，經十餘年後，復開墾而利用之，則殊有裨於地力之改善也。

苗圃復以目的不同，可分爲自用苗圃，或家庭苗圃 (Home nursery) 與營業苗圃，或商業苗圃 (Commercial nursery) 兩種。凡需苗不多，或倉促不及自育者，不妨向就近經營商業苗圃之苗木商購入之，惟途中搬運，輾轉需時，終不若自行設圃培育之爲安全耳。

苗圃之設於森林內者，謂之林間苗圃，或林內苗圃。凡林內從未荒廢之地，土質較佳，環境亦優，如擇地爲苗圃之選，可免施肥、灌溉、除草之勞；且幼苗托庇於上木保護之下，復可免寒暑、乾燥、暴風之患。鐵杉、冷杉、雲杉等陰樹苗木之林內育苗，勝開放地上之安全遠矣。惟上木以不過疏密爲宜。若苗木育成，不另設圃，逕就農田爲之者，謂之田間苗圃。江蘇江都境內，關於馬尾松苗之育成，類與水稻更番植之，以土質優良，成績亦佳，卽其例也。此蓋以苗圃地之性質分類者也。

苗圃若以苗木之種類分之，復可別爲播種苗圃 (Saatkamp; Sowing nursery) 與換床苗圃 (Pflanzkamp; Transplant nursery) 兩種。惟此兩種苗圃，每合併設置，並無顯然之區別也。

第二目 苗圃之選定

苗圃地之選擇，不論苗圃之爲固定或移動，均應予以充分之考慮，良以管理雇工之便否，有關事業之興廢；土質氣候之適否，有關苗木之盛衰，當決定之先，允宜詳加研究，而不容率爾從事者也。固定苗圃，尤應注意。

(一) 位置 苗圃位置，務須接毗農村，或介農村與林地間設之。蓋不惟勞工之雇用既易，管理出栽亦絕無不便故也。春季苗圃中，工作極繁，故於多量勞工之雇役，實不容忽視者也。

(二) 氣候 苗圃地應擇與造林地氣候近似之處爲之，不然出栽後，恆以兩地氣候懸殊，一時不易順化，而難免問題叢生也。凡強風所及之處，亦有害於苗木之發生者也。故除上風而有防風之設備者外，終不適於苗圃之設置者矣。至若濕潤之地，而爲茂密森林所環繞者，以日照不足，亦非苗圃所宜選也。苗圃地若就視造林地溫暖之地爲之，其苗木發育，雖屬較優，然出栽後亦終不免發生意外也。

(三) 土壤 苗圃地之物理的性質，以視地力之肥瘠，關係尤爲切要，凡用供各項苗木之育成者，應擇其密度、濕度俱較中庸之壤土，或砂質壤土爲之，良以粘土，水分之分布不均，空氣之流通欠佳，既不適於根系之發展，復易遭寒氣之侵襲，益以耕作困難之故，殊不爲林業家所喜用也。惟以粘土中養分水分較富，仍適於闊葉樹苗之育成，至砂土以土質疏鬆，土性瘠薄，僅適於陽性樹、松類之育苗已耳！

(四) 地形 平坦地之滲透良好者，供苗圃之用，自無不適，不然以傾斜度在五度左右者最爲適宜，蓋以排水、引水均較便利故也。就中且以土質粘重者爲然。其地面之爲凹凸不平之波狀者，可取上層肥土，平鋪其上，以改善之。惟此以肥土層較厚之處爲限，不然如強爲之，則瘠惡之下層土，便將暴露地面，而不適於播種之用，惟有聽之而已。然低窪之處，水濕停滯，終不能供育苗用也。傾斜過急之處，土砂、肥料，極易流失，亦非林業家所喜用者。惟如此情形，山間之移動苗圃，恆遭遇之，其傾斜且有達十五度者，當區劃之際，務築

水平狹長之梯田，以適應之。至谷間、窪地、盆地，以寒害較烈，亦非苗圃所宜用也。

(五) 方位 苗圃之設置，方位視緯度及土地高低而各異致，凡在高緯度(北方)高寒之地，多數樹種，均以擇取東南向者為宜。若在低緯度(南方)溫暖之地，以擇取西北向之傾斜地為宜。良以林地之南向者，夏季以日照過烈，易招旱魃之患，除耐燥好陽之陽性樹外，未有能適應者矣。惟秋冬之際，常易遭風、霜侵襲之處，則以略向南傾之地為宜。馬尾松、麻櫟、杉及柳杉等樹，對於南及東向之地，亦能較為適應，蓋亦性之所使然也。

(六) 水利 爾外水利問題，亦苗圃位置之選定上所應注意者也。如苗圃適為水流所經，引入圃內溝中，則當天時乾旱之際，得以隨時灌溉，無虞涸澈為矣。良以苗木灌溉所需水量至鉅，決非汲之遠方，所克有濟故也。

第三目 苗圃之區劃及面積

苗圃之區劃及其面積，以苗圃之種類，及其規模而異致，其區劃方法，就大規模之固定苗圃述之，其小規模者，按照範圍，善為取舍，以資適應可也。

(一) 區劃 苗圃之位置決定後，應即從事於苗床使用區域，及管理，儲藏，暨員工宿舍等建築物區域之決定。辦公室務擇管理便利之處築之。其在適中地點，而復略高之處，尤合理想。其面積之較小者，可於苗圃之入口處設之。苗床區域，便可毫無限制矣。如建築預定基地，面積較大時，則務就土性較劣之處為之。其面積中應將附屬廣場，為之加入。總面積約為建築基地三倍可矣。

苗床區劃之先，應先從事於圃內道路之設計，其縱橫全圃中央者，為幹路或主道，寬約四公尺許，其與幹路成直角者，為支路或副道，寬約二公尺許；幹、支路，均以適於牛馬車之通行為度，惟其中點、終點，均應設置廣場，以便車馬迴旋。沿幹路支路兩側，均應設置溝渠，俾收灌溉排水之效。

苗圃之區劃，應以道路溝渠為基線，區分為若干正方式矩形之區域，每區面積，以一二畝為度，以期整齊，而便作業。每區中復分為若干苗床。苗床應東西排列，以便日光普照，而免苗木受光參差不齊之弊。其有夏日設置蔭棚，冬日設置暖棚之必要者，尤不可違。苗床面積，為便於計算及作業計，普通寬三市尺（或一公尺），長二十市尺，床與床間各設小路，路寬一市尺許，以便交通而利工作（引水，排水，及其施肥）。床寬三市尺，可自小路伸手苗床中部，播種除草，均稱便利。其苗圃地之傾斜較大者，為防止土砂及肥料流失計，應將床面水平築之，蓋宛若梯田然也。苗床以位置不同，可分為高床、平床、低床三種。其高出地面者，曰高床，與地面相齊者，曰平床，視地面低下者，曰低床。高床在圃地濕潤之地適用之，即普通所用之苗床是也。低床在圃地乾燥之地適用之，北部各省，氣候較燥，雨量較少之處，採用低床，最為適宜。其與農作交相輪作，以資育苗者，則類儘農地為之，不另築床，抑亦平床之一種也。

苗床以用途不同，可分為播種床（Saatbeet; Seed bed）與換床床（Pflanzbeet; Planting-bed）兩種。播種床，須選擇土質肥沃，土性優良之地為之；且為防止鳥獸食害，便於管理計，應就辦公室附近設之。且床地既經一年利用，便招病害寄生，即應改變用途，停止播種，

或改供換床之用，以杜病蟲滋蔓，而為種子發芽及幼苗發育之害。換床使用二、三年後，亦應暫予休閑 (Brache; Fallow)，以維地力。床地在休閑期間 (Brachzeit; Fallowing time)，應擇適當之豆科作物植之，俾供綠肥，而增地力。

(二) 面積 苗圃大小，隨每年需苗量、樹種、出栽年齡、疏密度及換床與否，暨換床次數而異致。每年如欲產生十萬株出栽苗時，據經驗所得，應於苗圃面積中，另加三成之道路溝渠面積計入之。例如，育成換床二次杉或柳杉之三年生苗，須有苗圃七·五畝，換床一次之黑松或二年生之麻櫟苗，須有苗圃六畝，馬尾松一年生苗，須有苗圃二畝。每畝植樹以三百株計，則三年生之杉或柳杉苗圃面積，應為造林地面積之 2·3%，而二年黑松或麻櫟苗圃面積，應為造林地面積之 1·8%。若欲播種之種子量，及每厘地之播種量，均為已知數，將每厘地播種量，以除種子之總量，便得播種床之面積，復另加道路溝渠面積三成於其間，便得苗圃地之總面積矣。至若應行換床苗木，業經查明數量，以每厘換床栽植株數除之，並將道路溝渠所占之三成面積加入之，便得換床苗圃之總面積矣。

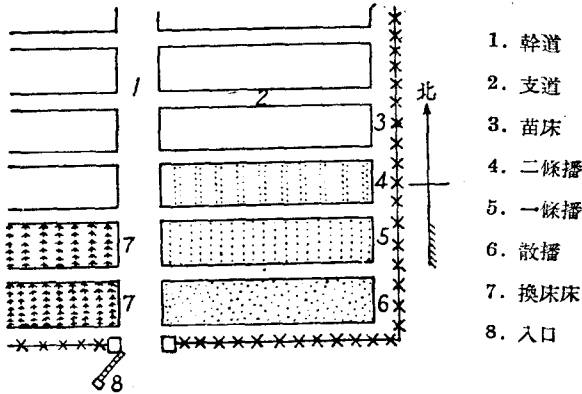
又據經驗家云，設全部林地之造林，俱採栽植造林，並所用苗木，俱為換床苗，造林地一千畝，應有苗圃 〇·五至三畝云。

英國許立西 (Schlich) 氏云，造林之為栽植造林時，若栽植雲杉二年原生苗，以株距四英尺植之，則其苗圃面積，應為每年造林地千分之五，若用二年原生苗，而復換床二年者，其苗圃應為造林地千分之二至四。至闊葉樹類若櫟、櫟、槭、及胡桃之屬，及生長迅速之針葉樹類之落葉松，其苗圃所需面積，與每年造林地面積之比，當視上述

標準，爲尤大者矣。

要之，苗木愈大，而換床次數愈多者，所需苗圃面積，亦隨之愈增。設苗圃用地，選擇不難，所應準備之苗圃面積，以視實際應用面積，超過二至三倍，俾苗木與綠肥作物，得以交相輪栽，以便改良土質及防止病害，裨益幼苗，非淺鮮矣。

第二圖 苗圃之區劃圖



第四目 苗圃之設施

苗圃內設施，示境界之藩籬，供辦公之建築，防風害之森林，便灌溉之溝渠等屬之。分述之如次：

(一) 藩籬 苗圃四圍，應有適當藩籬之設置，以防人畜之侵入，其供藩籬之製造者，以所用材料不同，得分爲綠籬、圍牆、柵欄等數種。茲復分述如次：

1. 圍牆 圍牆以應用材料不同，復可分爲土牆、磚牆、石牆三種。就中，價格以土牆爲最廉，而保存期亦以之爲最短。惟於各項藩

籬中，其堅實終無有出圍牆右者。對於野猪、熊等猛獸之防範，收效尤鉅。益以基部堅固，亦非鼠兔等之所能穿穴者矣。惟阻礙日照，停滯氣流，不免爲遺憾耳！

2. 柵欄 柵欄可以竹、木、鐵絲爲之，爲用最廣。防兔者，下部應密，高一至一·五公尺許，防鼠者，高二至二·五公尺許，爲防止一般動物侵入計，應上疏下密，高二、三公公尺許可矣。其以竹製者，普通所謂竹籬是也。

3. 綠籬 綠籬之供防止人畜侵入用者，其枝葉繁茂，而具銳刺者，皆上選也。在江浙一帶所用者，以枸橘爲最佳。在四川境內，則以馬甲子爲最佳（俗稱鐵籬笆）。他如針葉樹中之圓柏、側柏、羅漢松、柳杉、闊葉樹中之大葉黃楊、女貞、木槿、雪柳、檣、樟等，亦有用之者。綠籬當栽植之始，雖一時不及應用，須經數年之後，始能發生效力，且根部蔓延，每易侵佔地面，枝葉修剪，亦需相當勞費，爲其缺點。惟設置無需重價，歷久且可不潰，重以無損空氣之流通，足裨小鳥之棲息，抑亦其他籬籬之不可及者。其梢端兩側伸長之枝，應予修剪，以整樹姿，而增美觀。

（二）防風林 苗木抵抗力弱，寒風之侵凌，固足驅使其凍斃，暴風之狂襲，亦足振撼其根部，促進其蒸發；風害之烈，蓋有未可等閒視者。爲防患於未然計，除應於苗圃，或各區劃之四周，栽植綠籬外，於被風方向，復應有防風林之栽植。防風林，應擇樹種之常綠、深根、枝葉繁茂、生長迅速者植之。在西南各省，玉樹厥爲上選。在暖帶地帶，可採檣、栲、樟、楠之屬。在較寒之地，可取松類爲之。然亦有採用白楊爲之者。惟秋季落葉，其效遠遜常綠者耳！林下應選常綠性小

喬木，或灌木，小葉石楠，及大葉黃楊之屬植之。防風林與苗床間之距離，至少應為樹高三分之一，以免雨滴下注，日照庇蔭，致為苗木發育之害。防風林之在苗圃北側者，庇蔭床地範圍雖不若其他方面之廣，惟以其有強烈之反射光線，亦足為苗木發育之患，故仍以相當隔離為當。苗圃內部之區劃線上，必要時亦當為防風樹帶之栽植，惟是項防風樹帶，應密植而短取之，寬一公尺，高三公尺足矣。蓋以雨滴下注，日照庇蔭，均足為苗木害也。

(三) 建築物 苗圃內之主要建築物，為辦公室、儲藏室、種子室、林具室等。次之為員工宿舍及廚房等。辦公室，應就管理監督最為便利之處築之。儲藏室及種子室內，均應鋪設地板，多開窗牖，以期乾燥，而通空氣。爾外，水井及厩舍、糞地、晒場、堆肥場等，亦屬必要。

(四) 溝渠 苗圃四周及道路兩側，均應有溝渠之設置。其在苗圃四周者，為幹渠，寬與深度最大，能與外間河道或水流相通者尤佳。在道路兩側者，為支渠，其寬與深度次之。其在苗床兩側之小路，亦可作小溝觀也。蓋苗床中，引水排水，所仰賴也。其灌溉頻繁，而引水較難之處，苗圃上端，應有蓄水池之設置，以備苗床灌溉引水之需。

第五目 苗圃之施肥

肥料 (Düngung; Manure, Fertilizer) 云云，乃所以供土壤之改良，地力之增進，或植物之營養，而謀生產增加之物質也。

植物營養所必要之物質，為碳(C)、氫(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、鐵(Fe)等十大元素。惟碳，概來自空氣，氫氧則類來自空氣或土中之水，其餘七元素則均取之土

中，空氣中之碳、氧，用之不竭，實無盡藏。至土壤中之水，除旱魃之際，厥為特殊外，其供給之易，亦非其他養分所可比倫。他如鈣、鎂、硫、鉀之化合物，普通土壤中，含量亦饒，足敷植物營養之需，若氮、磷、鉀三元素，土壤中含量既少，而植物之需要復切，故土壤經連年之利用，常感此三者之缺乏，是以普通所施肥料，亦以此三要素為原則，良以此三者為肥料之主要成分，施而用之，以供植物之需要，而補土壤之不足者也。

林業上所用肥料，以固定苗圃為主，若新墾林地，而為苗圃之設置者，以土質較肥，在開始數年內，雖不予施肥，亦無若何影響也。造林地，亦有予以施肥者，然此惟於作業特殊之竹、栗、漆、油桐、胡桃等見之耳！蓋其目的，實與普通以木材為主之林業性質迥異故也。他如行道樹，紀念林，則其經營不在牟利，必要時亦有為之施肥，以便滋繁者，是又不可與普通林業一概論焉。

其一 肥料之分類。

肥料以性質、給源、有機質之有無，效能之遲速等各種標準，為之分類，然彼此往往混淆，不易作顯然之區別也。茲分別之如次：

(一)直接肥料

1. 天然肥料

- a. 動物質 糞尿類、魚肥、廐肥、海鳥糞、骨、蹄、角、血、毛等。
- b. 植物質 落葉、藁稈、糠、麸等。
- c. 礦物質 白堊、石灰、草木灰等。

2. 人造肥料

- a. 動物質 骨粉, 骨灰及屠宰場一切副產物與排泄物等.
- b. 植物質 油粕類.
- c. 礦物質
 - (a) 氮 硝酸鈉, 硫酸銨等.
 - (b) 磷 過磷酸石灰等.
 - (c) 鉀 氯化鉀, 硫酸鉀等.

(二) 間接肥料

- a. 植物質 綠肥, 塵土(垃圾)等.
- b. 礦物質 石灰, 食鹽等.

由上表觀之, 對於肥料分類, 已可窺其梗概, 茲復就各種名詞, 略加說明如次:

(一) 依肥料給源之分類

1. 動物質肥料 爲以動物爲給源之肥料之總稱; 人糞尿, 廐肥, 魚肥, 骨粉等屬之. 是項肥料, 富於氮、磷、腐敗易, 分解速, 且富於有機質, 有間接改良土壤之效.
2. 植物質肥料 爲以植物爲給源之肥料之總稱; 油粕、綠肥、藁稈、米糠等屬之. 含有氮、磷、鉀三要素及多量之有機質, 具有直接或間接肥料之效.
3. 礦物質肥料 爲直接或間接取給於礦物之肥料之總稱; 德國之鉀質肥料, 及石灰、硫酸銨、過磷酸石灰等屬之.

(二) 依肥料性質之分類

1. 有機質肥料 動物質與植物質肥料屬之.

2. 無機質肥料 礦物質肥料屬之。

(三)依肥料成分之分類

1. 氮質肥料 爲含有氮質之肥料，人糞尿、廐肥、油粕、硫酸銨等屬之。
2. 磷質肥料 爲含有磷質之肥料，骨粉、骨灰、鳥糞、過磷酸石灰等屬之。
3. 鉀質肥料 爲含有鉀質之肥料，草木灰、氯化鉀等屬之。

(四)依肥料肥效遲速之分類

1. 遲效肥料 爲不能迅速利用之肥料，廐肥、堆肥、油粕等屬之。
2. 速效肥料 爲可以迅速利用之肥料，人糞尿、硫酸銨等屬之。

(五)依肥料功能之分類

1. 直接肥料 凡肥料之可即供植物利用，或在適當狀態下，能變爲可給態者屬之。
2. 間接肥料 凡肥料之施用，不斤斤於養分之供給，而足爲土質之改良及植物生長之促進者屬之。

(六)依肥料來源之分類

1. 天然肥料 乃肥料之爲天然出產，不經人工製造者也，人糞尿、廐肥、綠肥、草木灰、泥炭等屬之。
2. 人造肥料 乃肥料之由人工製成者也，亦稱商品肥料，磷酸石灰、硫酸銨等化學肥料屬之。

(七)依肥料構成成分之分類

1. 完全肥料 乃肥料中之氮、磷、鉀三要素，俱備者也。
2. 不完全肥料 乃肥料中之非三要素俱備者也，故亦稱單質(偏質)肥料，或分別稱之為氮質肥料，磷質(磷酸)肥料，及鉀質(加里)肥料。

(八)依肥料供給之分類

1. 自給肥料 乃肥料之農家足以自給，無須外求者也。人糞尿、堆肥、綠肥、廐肥，草木灰等屬之。
2. 購買肥料 乃肥料之非農家所能自給，而須外購者也。油粕、過磷酸石灰、硫酸銨等屬之。

其二 肥料之性狀

苗圃中，普通所用肥料，其可由農家自給者，如堆肥、廐肥、綠肥、人糞尿、灰類等，其應向外方購求者，為油粕、硫酸銨，過磷酸石灰，及石灰等。茲略述其性質，及施用時所應注意之點如次：

(一)自給肥料 自給肥料云云，乃肥料之由農家自製、自給者也。若堆肥、綠肥、人糞尿(下肥)等係屬有機質自給肥料。草木灰，係屬無機質自給肥料。有機質自給肥料，雖所含之肥料成分不多，然以富於有機質，為其特徵，凡植物之栽培，除氮及礦物質成分而外，土壤中實有加入有機物質以改變其物理的性質之必要，堆肥、綠肥，乃達此目的普通所應用者。據研究結果，凡栽培植物，如僅為無機質肥料之施用時，其作物每易遭病蟲害之侵害，土壤中腐植質之消滅，足妨微生物之繁殖，而陷地力於衰退，此不可不注意焉。要之，肥料應以有機質肥料為本，其不足之成分，僅以礦物質肥料補充可矣。若

僅斤斤於礦物質肥料之施用，而置有機質肥料於腦後，則殊與施肥本旨背道而馳者也。

堆肥、綠肥等肥料，農家既易致，而復價廉，苗圃中應隨時準備之。若僅由施肥便利之點觀之，則莫如購買肥料之施用者矣。

1. 堆肥 (Kompost dünger; Compost) 普通堆肥云云，乃指落葉、雜草、塵土之經堆積而已腐熟者言也。秋季林木黃落時，將闊葉樹落葉集積於苗圃之一隅，而堆置之，經半年而呈腐熟後，便成良好之堆肥矣。其與天然林接毗之處，所有落葉，而經自然腐朽者，亦可自林內多量採集利用之，其與土壤交相層積者亦佳。常綠樹之落葉，一般均腐朽較遲，養分較鮮，針葉樹其尤著者也。凡落葉之分解較遲者，應與分解較易之稻草混合堆積之，以促其分解。將材料分解較難者，與分解較易者，交相混合而堆置之，蓋乃處理法中之有效者也。落葉、雜草、稻草中，若復加以污水、泥土、糞尿之屬，使之混合，而使腐熟，則堆肥之性質益進矣。人糞、家畜糞、鷄糞、蠶沙等，均可適用。稻草、雜草、作物落葉等，堆肥材料中，如用硫酸銨 (肥田粉 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) 為發酵促進劑，并加石灰氮氣 (CaO N_2)、米糠而堆積之，則可減少氮之損失，而促微生物之繁殖蓋殊有助於腐熟促進者也。

各種堆肥，應待其充分腐熟後施用之，並應為之覆土，或以簡單之屋頂覆蔽之，良以腐熟後，如暴露過久，養分殊易流失故也。堆肥中如加以過磷酸石灰，則所含之氮，益臻固定，肥效亦隨之增高矣。

2. 廄肥 (Stalldünger; Stable manure) 亦為堆肥之一種，乃由家畜之糞尿，與廄舍中褥草所混合製成者也。廄肥富於有機質，且具增加地溫，改進土質 (物理的性質) 之效，惟其中往往含有病菌之胞

子及害蟲之卵，此亦不可不注意者。且混入土中，每招鱗蟻(土蠶)之害，亦其一缺點也。

3. 綠肥 (Grundfänger; Green manure) 綠肥云云，乃就山野青草，樹木之嫩葉等類，及專供肥料而栽培之植物，儘其新鮮狀態，而用為肥料之總稱也。就肥料成分之供給上言，蓋亦供給土壤以多量有機質者也。綠肥中含氮雖屬較多，磷鉀仍屬少量，故綠肥中仍有補充磷、鉀之必要。其適當補充量，應於鮮草一百公斤中，加入木灰與過磷酸石灰各三至十公斤許。綠肥作物以豆科植物為最佳，良以豆科植物中含有多量之氮，且復柔軟易腐故也。豆科綠肥作物之普通採用者，為紫雲英、苜蓿、豬屎豆 (Clotalaria)、羽扇豆 (Lupin)、三葉草 (Clover or Trifolium)、苕子 (Vetch or Vicia) 及大豆、蠶豆、豌豆、胡枝子等，豆科植物以能吸收空中游離氮氣，故其栽培，可無氮肥施用之必要也。

非豆科植物之可供綠肥用者，其吸收氮氣，僅限於所在之土壤，及其耕入，祇能將原有氮量，返還，而無所謂增加也。若十字花科之油菜，禾本科之黑麥 (Roggen; Rye)、蓼科之蕎麥等，凡地力瘠薄，豆科植物生長不良之處，皆可繁殖。

各種綠肥作物，應在開花時期，及其先後鋤入土中，或割取而應用之。惟綠肥之完全新鮮者，不若略予乾燥，待其萎敗後，使用之為愈。良以綠肥之新鮮者，每足發生有機酸，而為植物發育害也，當綠肥腐敗分解之際，土壤每呈酸性反應，故應加以適量石灰，以中和之。(綠肥一百與石灰三之比)。良以酸性土壤不適於微生物之繁殖，加入石灰，使之中和後，微生物便易繁殖，而綠肥之腐朽加速矣。

4. 人糞尿 (Takalien; Night soil) 人糞尿, 含有 0.5% 左右之氮氣成分之速效肥料也。雖為有機質肥料, 然所含之有機質, 實甚缺乏, 待充分腐熟後, 加入二, 三倍水, 稀釋施用之。人糞尿之腐熟, 夏季需數日, 冬季需十餘日。若暴露於大氣中, 或日光下, 氮氣成分, 便分解為氨 (阿母尼亞) 而揮發, 故務須擇低溫之處貯藏之。加二, 三倍水稀釋後, 以蓋覆之。在貯藏中如以 3—5% 之過磷酸石灰加入之, 不惟足杜氮氣之消失, 且可藉以增加磷酸之肥效, 蓋亦一舉而二善備也。速效肥料, 不適於一次之多量施用, 應次第少量施用之。苗木之施用多量糞尿者, 每招枝葉徒長, 苗質軟弱, 而罹病蟲侵襲之患, 此亦不可不注意者。

5. 灰類 (Asche; Asches) 灰乃有機質, 經燃燒後之殘滓也。普通所用, 而為植物性質者如木灰、草灰、海藻灰、棉實殼灰、塵埃等是也。此項灰類, 雖亦可設法購致之, 然不若自製之為較便也。灰類為鉀質肥料, 施用之最普通者, 加里 (碳酸鉀) (Kali; Potash) 之含量, 亦以灰之種類而各別, 灰類中含加里最富者, 厥惟木灰, 然木灰復以木材之種類而互異。加里之含量, 闊葉樹視針葉樹為多, 幼樹視老樹亦然。闊葉樹灰中, 除含 10% 之碳酸鉀 (K_2CO_3) 外, 復有 30% 之碳酸鈣 ($CaCO_3$), 草灰含量則去木灰遠矣。僅含碳酸鉀 4.5% 碳酸鈣 2.3% 已耳!

灰類除豆科植物, 得以單獨施用外; 一般植物, 則應與氮磷肥料配合施用之。惟木灰中以含有多量之石灰, 故如與含氮之氮肥, 如人糞尿、廐肥、油粕等之腐熟者, 及硫酸銨等相混合, 均足促氮之揮發, 若與過磷酸石灰之水溶性磷酸相混合, 可使可溶性磷酸變為不溶性

者，故如將木灰與此類肥料共同施用者，均應相隔數日，各別施用也。

以木灰爲強鹼性肥料，故適於酸性土壤之施用，並適與酸性肥料相配合。豆科植物，對於酸性感應，尤爲銳敏，且其根瘤之生成，對於鉀、磷、鈣等之供應，尤爲必要，故乃栽培豆科植物之重要肥料也。木灰、石灰，如與油粕、米糠、魚肥等富於脂肪之肥料相混用，具有鹼化及促進腐熟之效，如與堆肥並用，或相混而堆積之，亦可速其腐熟。惟直接與植物體相接觸，足以損害幼苗，或妨害種子發芽，此亦不可不注意者。

灰類製造，務以低溫燃燒之，良以當燃燒之際，如屬高溫，則鉀與二氧化矽(SiO_2)化合，而形成作物利用困難之矽酸鉀(K_2SiO_3)故也。就中富於矽酸之草稈類灰製造之際，尤應注意。嘗見江浙各省，刈割山草，與土壤交相層積，引火燃燒，製爲燒肥，蓋亦利用低溫，以形成良好之肥料者也。

(二)購買肥料 購買肥料，亦稱販賣肥料，蓋乃專以肥料之買賣爲業者也。若油粕、硫酸銨、過磷酸石灰、石灰等肥料皆可以購而致之。

1. 油粕類 (Oelküchen; Oil Cakes) 油粕亦稱油餅，或油枯，爲由種子或果實中，榨取油質，所餘之殘滓也。乃販賣有機性氮質肥料中之最普通者。油粕種類頗多，其最普通者爲大豆粕(豆餅)，菜子粕(菜子餅)，約含有氧5—7%，鉀1—2%，磷1.5—2.5%。油粕普通於其粉末，或碎片中，加水腐朽後施用之，然亦頗有逕以粉末施用者。惟其逕以粉末施用者，當腐朽發酵之際，恆發生有機酸，而爲種子發芽，幼根發育之害者，此亦不可不注意者也。

2. 硫酸銨 (Ammonsulfat; Sulphate of Ammonia, Ammonia sulphate) 硫酸銨亦稱硫酸銹, 或肥田粉, 爲製造煤氣及焦煤 (Coke) 之副產物, 或由石灰氮氣所製之白色結晶體也。乃礦物性氮氣肥料中之最普通者。其普通者, 含氮 20%, 富於溶解性, 能溶於二倍量之冷水中, 無吸濕性, 具有爲土壤充分吸收之特性, 製爲一至一·五倍之溶液, 或逕將粉末施用之。惟硫酸銨, 如予連續施用, 則以土壤中增加游離硫酸, 足陷土壤於酸化之故, 應與鹼性肥料配合應用, 或於施用之先, 加以適量石灰使之中和爲要。

3. 過磷酸石灰 (Kalk Supherphosphat; Superphosphate of lime) 亦稱磷酸鈣 ($\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8$), 乃以各種磷礦 (或骨粉骨灰等) 爲原料, 加入硫酸, 使其原礦中不溶性之磷酸三鈣 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (亦稱磷酸三石灰) 變爲可溶性之磷酸一鈣 (亦稱磷酸一石灰) ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)。此磷酸一鈣, 普通以“水溶性磷酸鹽”稱之。普通過磷酸石灰中含有磷酸 15—20%, 乃磷肥中之最普通者。以其副成分含有 30% 之硫酸鈣 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (石膏), 故亦具有石灰之效。

過磷酸石灰, 爲速效肥料, 吸收或保存於土壤中, 可免流失之虞, 故基肥追肥均適用之。當用爲基肥之際, 如與有機質肥料相配合施用, 其效益著, 蓋以屬單質肥料, 故除豆科植物之外, 例與有機性氮肥配合應用, 普通不單用也。此項肥料, 爲化學的酸性肥料, 故應避與幼植物直接接觸爲宜。如與堆肥及人糞尿混合應用, 可收防止氮揮發之效, 若與石灰、木灰混合應用, 則便變爲不溶性磷酸二鈣, 或三鈣矣。

過磷酸石灰, 除豆科樹木之外, 對於赤楊、山赤楊、山榛, 等根瘤

樹木之促進生長，亦具顯著之效。

4. 石灰 (Kalk; Lime) 石灰亦為植物營養所不可或缺者，蓋為促進根毛發育所必要也。普通土壤中，類含有多量之石灰，故植物營養，類無不足之患。其於土壤中，復施用石灰者，蓋非所以供給其養分，而在其間接效能也。石灰之不視為普通肥料者，蓋有由也。

石灰之間接效用云云，為類頗多，惟其主要者，厥惟土壤之中和是也。我國境內不乏酸性土壤之分布，故苗圃中，施用石灰，以備土壤之中和，實為必要。供土壤中和所用之石灰，普通為消石灰（或稱氫氧化鈣）($\text{Ca}(\text{OH})_2$)。惟石灰之施用量，應依土壤之酸度及樹種而分別酌定之。

其三 施肥之季節。

施肥季節，雖以苗木之生長狀態及其樹種而互異；惟普通樹種之生長時期，可分為晚春與初秋兩季，就中且尤以晚春至初夏間為主，故苗木之大小，晚春生長期間之生長量，實足以左右之也。故欲求苗木，於此生長期間，得以生長繁茂，則苗木之施肥，實為必要。惟欲求苗木在生長期間，得以生長繁茂，於生長初期，應予以有效之施肥。例如遲效性肥料，應於苗木開始生長之先，早日施用，至若硫酸銨等速效性肥料，則於開始生長而後，以追肥施用之，則其結果當視苗木生長，業經相當時日後，始予應用者，顯然不同也。如施肥失時，雖予多次施用，其效終難大著，反之如施肥得時，雖次數較少，其效仍復相若也。氮肥為肥料中之最高價者，其需要不特苗木為然，即一般作物，亦其所需肥料成分中之最主要者，故其施用，應予充分注意為要。

一般肥料，用為基肥，其效較著，良以用供基肥，植物之吸收較

早，且施肥之際，得與土壤充分混和，其損失不如追肥之多故也。若磷、鉀等之土壤吸收較易，流失消散較難者，不若一年一次全量施用，以供基肥之爲愈也。氮肥之爲遲效性者，應以基肥施用之，待必要時，於發育期間，復以速效性者以追肥施與一、二次，則足敷苗木營養矣。至硫酸銨，雖屬速效肥料，然土壤中，得以充分吸收，保蓄之故，如用爲基肥，其效亦宏也。

苗圃中所需之肥料，應將一年間應施肥量之大部分，當整地之際，以基肥施用之，蓋不惟足以節省勞力，亦殊有裨於苗木之發育者也。追肥則於苗木發育中，認爲有施肥之必要時，擇其速效性者施用之。惟追肥亦應於生長初期施用之，然亦有於五月上旬與九月中旬分兩季行之者。寒地早霜較頻之地，秋季施肥，務以避免爲要，良以秋季施肥後，苗木在秋末仍復繼續發育，一遇霜害，極易凍斃故也。再普通苗木之施肥，恆於最初一、二年間，較爲多量，迨將次出栽時，便無施肥之必要矣。

其四 施肥量。

施肥量，雖應以樹種、苗齡、氣候、土性等善爲斟酌損益之。惟普通每公畝 (Are) (合我國〇·一五市畝) 之施肥量，以氮〇·七至二公斤，磷酸〇·四至一公斤，加里〇·四至〇·八公斤爲標準。普通所用肥料，其每公畝施肥量之標準，約略如次：

大豆粕(氮6.5%)	約十公斤
硫酸銨(氮20%)	約五公斤
過磷酸石灰(磷酸15%)	約五公斤
木灰(加里10%)	約六公斤

普通闊葉樹性忌酸性，且尤以豆科植物爲然，針葉樹則較耐酸性，故於苗木培養之先，應注意土壤與肥料之反應，而善爲適應之。豆科及其他根瘤樹木，雖無施用氮肥之必要，惟當發芽後，當根瘤菌尙未共棲之幼時，施以少量之稀薄氮肥足矣。根瘤植物，乃需要磷酸加里較多者也。

苗圃之供培育造林用苗木用者，與農作物及園藝植物之育成，迥異其趣，除極端瘠薄之土壤外，仍以不多施肥爲宜。良以養分過多，枝葉徒繁，根部發達欠優，終不易獲健全之苗木故也。至若養分不足之砂地，如全不施肥，則苗木之發育殊劣，且以細根之發展力爲尤甚，砂土中任何植物之培育，有機質肥料之施用，實爲必要，蓋土壤之理化學性質之改善，均將仰賴乎是也。

第六目 播種期

林木種子之播種期(Saatzeit; Seed time)，普通於春季行之。杉、馬尾松、側柏等普通林木種子，秋末採集後，得以安全藏至翌春者，類各於春季播種之。惟同爲春播，復以樹種各別，其適季略有遲早，其季節遲早，卽應預測種子自播種後，以迄發芽齊全開始生長止，所需日期，分別先後是也。生長開始季節，一般寒地所產者較早，暖地所產者較遲，故寒地產樹木，其播種應視暖地爲早，惟播種季節，與其失之過遲，毋寧失之稍早；果播種失時，誤其適季，則發芽率少，或發芽延遲，而致幼苗發育不良，經梅雨暑氣而枯萎者，蓋比比然也。

杉、馬尾松、側柏等，在中部各省，四月中旬，業已開始生長，故此項樹種，應於三月上旬播種之爲宜。寒地所產之落葉松、雲杉、冷杉、樺木等樹種，應視杉、馬尾松等提早播種，毋使延遲爲要。落葉松如於

春季早播之，則幼苗發育，頗為良好；反之，則不惟發芽為之減少，且發育亦欠優良，倘遇旱災，便枯死頻仍矣。他如槭、胡桃、燈台樹等，如於早春播種，則年內大部分均可發芽，不然，便須延遲兩年，而播種床亦須存置兩年，不便莫甚也。至若漆、厚樸、樟等之種子，如於早春地溫尚低時播之，雖能充分發芽，然若待地溫已高後播之，則其發芽甚為遲緩，或竟有當年全不發芽者。據日本小山光男氏研究，謂樟播種後，每日之最低地溫（地面下一·五公分處）攝氏一至五度，須經三十五日，始能發芽，即於彼邦東京附近在二月下旬至三月上旬間播種之，最為適宜云。

種子採集後，不易貯至翌春播種者，應於採集後即播之，是謂即播或取播（Fall seeding）。柳、白楊種子之於六月上旬播種者，即其例也。凡種子之初夏成熟，經乾燥貯藏，發芽極為遲者，亦以即播為宜。他如槭、栲、櫟、七葉樹等之秋季成熟，以乾燥而損失其發芽力，及榧、胡桃、海松等之以乾燥而延遲其發芽期者，亦有為之即播者。惟此類種子，如能於露天埋藏，或于適當之濕潤貯藏者，翌春仍可照常播種也。

水曲柳種子，雖亦有行即播法者，惟如是行之，翌春發芽甚少，若於早春播之，當年發芽者，亦極少數，大部分種子，須經一年後，始能發芽，故水曲柳種子，採集後，以就土中埋藏經一年後，再行播種為得。

第七目 播種量

單位床地之播種量（Aussaatmenge; Seed quantity），以樹種種子、品質、播種床存置年數及播種方式等各種關係，互有不同。就樹

種論，凡陽樹之生長速者，應予薄播，陰樹之生長遲者，應予厚播。若同一樹種，則其種子之發芽率大者，應視小者薄播。發芽後須留床一年以上者，應視一年生即行換床者薄播。又同須留床一年，復以尚須換床，及逕予出栽之不同，而異其播種量之多寡。其以一年生苗造林者，務須薄播，俾於一年間內，得以充分發育，而供翌年造林之需。又條播之播種量，以相當於散播播種量之二分之一，或四分之一為標準。

若播種量超過標準，為量過多時，幼苗之枯損既易，且弱苗之數量亦繁，故播種與其失之厚播，毋寧薄播之較為愈也。惟播種失之過薄，每招雜草滋繁，土地乾燥之患，故為防範計，應有蔭棚之設置，及其他旱害防除設備之必要存也。

一定面積之播種床，最為適當之種子播種量，依次式求得之。

X = 所求種子之重量。

P = 播種床之面積。

N = 單位面積上育成所得之適當苗木株數(由實地經驗上得之)。

R = 種子之純量率。

H = 單位重要之種子粒數。

K = 發芽率。

Y = 對於發芽粒數之得苗率。

則

$X \cdot R = X$ 重量之種子中純潔種子之重量。

$X \cdot R \cdot H = X$ 重量之種子中純潔種子之粒數。

$X \cdot R \cdot H \cdot K = X$ 重量之種子中純潔種子之發芽粒數。

$X \cdot R \cdot H \cdot K \cdot Y = X$ 重量之種子播種後，所得之苗木株數。

故得次式之關係。

$$\therefore X = \frac{P \cdot N}{R \cdot H \cdot K \cdot Y} \dots \dots \dots (1)$$

設 G 為種子之實重(1,000 粒之重量), 則 $H \cdot G = 1,000$

$$\therefore X = \frac{P \cdot N \cdot G}{1000R \cdot K \cdot Y} \dots \dots \dots (2)$$

今如欲求一平方公尺之播種量, 而

$$N = 500 \text{ 株} \quad R = 75\% \quad K = 45\% \quad Y = 40\%$$

$$H = 260 \text{ 粒(1 公分)}$$

$$X = \frac{1 \times 500}{0.75 \times 0.45 \times 0.40 \times 260} = 14.2 \text{ 公分.}$$

前式播種量 X , 若以容積求之, 則 H 為單位容積之種子粒數, 且純量率 R 必須用容積百分率表示之。若純量率亦如普通情形, 以重量率表示之, 則其容積單位之播種量 X_v , 應依照次式求得之。

$$X_v = \frac{P \cdot N}{R \cdot H \cdot K \cdot Y \cdot W_v} \dots \dots \dots (3)$$

惟 w_v 為單位容積種子之重量即容積重是也。

茲將我國主要林木種子之播種期, 及播種量列表如次:

樹種	播種期	苗床每厘畝播種量	樹種	播種期	苗床每厘畝播種量
杉尾 馬柳 圓側 赤烏	四月中旬	二合	檫 樟 香 臭 油 桐	秋播	一升五合
	四月中旬	一合五勺		四月下旬	一合五勺
	四月中旬	一合五勺		三月中旬	三合
	二月中旬	五合		四月上旬	四合
漆 桃 栗	四月中旬	一合五勺	茶 杏 桐	四月中旬	一升(連翅)
	四月中旬	二合		四月上旬	二升
胡椒	三月中旬	三合	油 銀 泡	四月上旬	一升二合
	三月中旬	二合		或秋播	二升
	秋播	五升五合		三月上旬	二合
	秋播	三升五合		四月下旬	二合

第八目 播種法

苗床地，經充分耕耘，並將土塊粉碎，石礫，雜草，除去後，復用平土板，或鋤背，或木製輾軸，將土鎮壓，使之固定，而播種於其上。播種方式，分爲散播、條播、點播三種，分述如次：

(一) 散播(Voll=od Breitsaat; Broadcast sowing)亦稱撒播，乃將種子散布苗床全部之播種法也。爲播種法中之最普通者，應用此法以播種者，苗木不惟得以平均發育，且復得以多量產生，苗木之不加換床，遽予出栽者，此法實一最便之播種法也。且所需面積最小，各種設備，亦較便利，小粒種子最適用之。惟施肥除草，均欠便利耳！散播法，普通均由手播，先將每床所播種子，分爲二等分，先播一分於全床面，然後再將一分加播之，則種子便無不勻也。亦有應用散播器者。

(二) 條播(Drill=Streifen=od Reihensaat; Seeding in drills)於苗床上，每隔一定距離，設置與短邊平行之條狀淺溝，而播種於其間，條之深度，以種子大小決定之。條間距離，則隨生長遲速，土質肥瘠，換床與否，酌量定之。條中播種之多寡，亦視種子大小以爲轉移也。凡種子之以條播播種者，以條間尙餘隙地，受光、通風，均較便利，故苗木發育，亦較良好。他如病蟲害之防除，及除草施肥之工作，進行亦易，乃生長迅速之樹種所用之播種法也。條間距離，以五至三十公分爲度。

(三) 點播(Dibbelsaat; Dibbling)若栗、櫟、檜、胡桃、銀杏等大粒種子，生長特速之樹種，應於床面作條狀之溝，而將種子分別播種於其間。種子點播，普通且爲等距離者。距離大小，亦隨種子大小

決定之。幼根，幼芽，均由種子尖端而出，故其種子，亦以橫播爲宜。

第九目 播種後之處理

將種子播之苗床後，爲防止種子之乾燥計，種子之上，復應以土覆之。覆土厚度，以種粒大小及土質輕重而爲之增減。小粒種子薄於大粒種子，粘重土壤，薄於輕鬆土壤，要以種子直徑(厚度)之二至三倍最爲適宜；故細微種子，有全不覆土，及播種後，僅用平土板及鋤背鎮壓者。日本對於柳杉及扁柏之播種，俗稱「隱見」，蓋亦以覆土甚薄，種子仍復隱約可見故也。泡桐種子，幾不覆土，但以平土板鎮壓而已；覆土厚時，每易發生溫度不足，氧氣不敷，及二氧化碳鬱積不洩之弊，不惟足以妨礙其發芽，且縱令發芽，露出地面，以種子所含養分，消耗殆盡，亦復終至枯死而已。小粒種子，其害尤烈。

覆土所用土壤，應掘去表土下三十公分以上之土用之，蓋以此項土壤，無雜草種子及菌類孢子故也。其床上較爲粘重之處，應由他處運取適當土壤覆之。其用粘重土壤覆蓋者，雖無乾燥之患，然降雨後，以易於固結，而爲害小粒種子之發芽者，實深且鉅也。若所用覆土，而有混入雜草種子之虞者，覆蓋後，如以熱水注之，則將次發芽之雜草種子，及昆蟲卵子，皆可藉以分別殺死也。惟種子入土深度，不及一·五公分時，則熱水溫度，以不超過攝氏八十度爲度。

櫟、栗、櫟等大粒種子，及梓、榆等發芽較早，生長較速之樹種，播種後，覆土足矣。固無其他處理之必要。然其他多數樹種(尤以小粒種子爲然)，自播種以迄發芽，須經相當時日，故經覆土並將床面鎮壓後，爲防止土壤乾燥計，復應以稻草、落葉、麻布或木製之苗床格等，分別被其上。

如於落葉、稻草、麻布等覆被之先，予以灌水，則迄發芽止，殆無灌水之必要矣。此項覆被，具有防止雜草發生之效，惟其密接地面者，當種子開始發芽之際，即應迅速除去為要。

待種子完全發芽而後，有隨時除草、灌水及施肥之必要。乾季中為避免隨時灌水手續計，有注以稀薄之硫酸銨液者，良以該液除具有肥效外，復具減少乾燥之效故也。

第十目 苗圃之保護

苗圃敵害，不論苗床之為播種、換床，均不免夫鳥、獸、蟲、菌、雜草，及寒暑、乾濕之侵襲，此苗圃中防禦設備之所以為必要也。茲分述如次：

其一 獸害

苗圃中獸類之害，雖不勝枚舉，惟於周圍，如能設置籬籬，便可設法防止，其最著者，莫鼠害若也。凡櫟、栗、胡桃等大粒種子，被害尤烈。種子播種後，或潛入食之，或引而去之，防除之法，雖不一而足，惟於苗圃周圍各處，埋置深約三十公分之甕，盛水及半，浮蕎麥麩於其上，以誘殺之，最著奇效。惜大苗圃地，以需費不貲，不易實施耳！

其於蕎麥粉等食物中，和黃磷，或亞砷酸 ($\text{As}(\text{OH})_3$)，或碳酸鋇 (BaCO_3) 或馬錢 (番木鱈) 鹼 ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2$) 等毒物於其間，捏成爲丸，納於僅容鼠體之竹筒中 (以防家畜之誤殺)，置筒於鼠之通路，及其穴旁，以誘殺之。就中以馬錢鹼毒性最劇，收效至鉅。黃磷每因氣化而失其效力。碳酸鋇亦以採用新鮮者爲尚，爾外，亦有採用野鼠傷寒菌者，惟培養需時，且對於長尾家鼠，亦苦無效耳！

有因預防鼠害，而將種子深播，或於春季遲播。而於播種之先，

施以發芽促進之處理，俾便及早發芽，以求減輕鼠類之侵害者；惟於櫟、槲等大粒種子，每於甲拆時攫食之，其害絕不爲之稍減也。故仍以驅除爲尙。德國有將松類種子，浸於1%之石炭酸水中，即予取出播種者，惟此液濃度，不得超過5%，時間亦以三十分爲限，逾之便有損其發芽力矣。

鼯鼠以棲息地中，足以疏鬆土壤，且復捕食害蟲，雖不無有助於苗木之發育，然根旁之被其穿穴者，常致暴露而枯死，加害之鉅，亦不可等閒視也。故一經發見，即應設法防除之。防除之法，除四周開溝，以資防禦外，若其周圍，以杉及柳杉等針葉樹枝葉埋之，亦著阻止之效。

其二 鳥害

松類種子，當播種以迄萌芽脫甲之際，以易遭鳥類啄食之害，故播種後，床上應以棉線或鐵絲張之，或懸風鈴或置工人，以驅逐之。有將種子塗抹鉛丹（光明丹）（ Pb_3O_4 ）後播下者，法將鉛丹與膠液調和後，攪拌種子，然後播種，以防鳥害者也。其以石灰乳爲鉛丹之代用者，亦著奇效云。或云懸猛禽屍體，或片羽於苗圃各處，其效亦著，惟常須更換耳！德美等國，恆用苗床格（Saatgitter; Lathscreens）以覆床上（格面以木條，或竹條製成，其以鐵絲製造者尤佳）。待種子全部發芽，後始揭去之，長二、三公分，寬與床齊，日本有將竹簾作成水平低棚，以防鳥患者。

其三 蟲害

苗根被蚜蟻、螻蛄等嚙根蟲害，而垂危以死者，固苗圃中恆見者也。應於朝曦未上之先，搜索根際，捕而殺之，蓋以斯時，此類幼蟲尙蟄居地表，捕之頗易，日出後，即潛入土中，不易搜索故也。嚙根蟲爲害

較烈之處，尤應悉數掘起，搜索害蟲，捕而殺之。將健全之苗，移植他處，以免危害。

凡苗圃附近，山崖、畦畔、雜草繁茂之處，皆為害蟲棲息之所，夏日務悉芟之，待秋冬之交，付之一炬，並掘取表土十八公分許，引火燃之，俾成燒土，則不惟幼蟲悉成灰燼，所燒之土，亦可供苗圃肥料用也。其不克掘取，而為燒土之處，則可於嚴寒之際，將地面雜草，引火燃燒後，並翻起其土，暴而露之，俾所有害蟲，悉數凍斃，抑亦除蟲有效之一法也。

爾外可刈取苜蓿、南柴胡及其他嚙根蟲所嗜食者，與適當之亞砷酸相和，薄暮之際，每距一公尺許，撒之床間，害蟲夜出覓食，必難倖免；此法歐美各國園藝場中，行之頗多，且著奇效。惟此項雜草，應於使用之先，始予刈取，蓋以新鮮者始獲收效故也。顧嚙根蟲之害，早春最烈，斯時雜草尚未滋生，故實行不無困難也。他如米糠與亞砷酸，或其他毒藥相和，於夜間撒布床間，其效亦著。若於播種之先，耕起床土，閱二、三日許，將前述藥物，撒布其間，以斯時食物缺乏，害蟲必羣起爭食，則不難一網打盡矣。

螻蛄幼蟲，縱橫潛行於苗床表層，或暴露其苗根，或嚙害而致斃，其患實有不可勝言者在。應就苗圃各處掘穴，並置雜草馬糞於其間，並覆之以蓆，則螻蛄必爭集之，不難聚而盡殲也。若以焦油腦(Naphthalin; Naphthalene)($C_{10}H_8$)、松節油(Terpeninöl; Turpentine oil)等具有惡臭之藥劑，撒布其間，亦著防止之效。螻蛄越冬，深入土中，翌春始出而繁殖，故冬季如將苗圃深耕，而翻出之，則亦不難凍斃也。

至若蟻及蝕葉之蟲，可用不害苗木發育殺蟲之劑，歐洲各國恆用

內期來液(Nessler's Mischung),此液乃以六百五十公分之熱水,溶解五十公分之肥皂,更以百公分之雜醇油(Fuselöl; Fusel oil)及二百公分之酒精混合製成者也。

馬陸,(香延蟲)好將落葉松及洋槐之根嚙之如絲,遂致枯死,如以攝氏五十度之溫水注之便死,如淺埋馬鈴薯及甘薯於地下,待其來集,注以熱水,亦不難聚而殲之也。

苗木之發生蚜蟲者,可於晴日,用魚油乳劑,石油乳劑,及除蟲菊浸液,以噴霧器噴而殲之。苗圃中,除蟲藥劑中,若石油乳劑,除蟲菊加石油乳劑,石灰水,除蟲菊石灰合劑,石灰硫黃合劑,松脂合劑等,皆其常用者也。

其四 菌害

五、六月之交,陰雨連綿,立枯病(Kakteenfaule; Dumpingoff)恆乘時猖獗,以爲苗患,當是時也,苗木之接近地面部分,每漸次萎縮,而呈黑色,天晴則以乾燥而收縮,陰雨則以濕潤而膨脹,終致腐朽而後已。其病菌芽胞,蔓延甚速,遂致多數苗木,相繼枯死,此蓋立枯病之徵候也。查立枯病菌,種類甚繁,惟性質相若,不易識別,其以“Phytophthora cactorum Schrot”稱者,乃侵害松、雲杉、落葉松、冷杉、槭、水青岡、白蠟樹等樹類之最普通者。此菌生物死物,皆可寄生,其菌絲專寄生於苗木之細胞間隙中,以攝取其養分,並破壞其表皮,而生芽胞囊於其上,待孢子成熟,以風雨作用,散布四方,以附着於各處苗木之上,孢子發芽後,即破其表皮,侵入內部,而復漸次繁殖矣。考其致病之由,及其蔓延主因,乃以苗圃過濕,苗木過密,及陰雨不已,日光不足所致,如一經發生,翌年即應他遷,以避其鋒,不然爲

害益烈，損失不堪設想矣。防除之法，有足述者：

(一)凡苗圃地之曾有此菌發見者，應於數年間，停止爲苗圃之利用。

(二)應注意於苗圃之排水、通風及其日照，苗木密生，亦當引以爲戒。

(三)苗圃內，如已有一部苗木發生此病，即應拔去燒棄，並撒石灰於其跡地，以資消毒，而杜蔓延。其附近苗木，應即注以鮑爾特液（即硫酸銅石灰液）(Bordeaux Mischung; Bordeaux Mixture)以資預防。該液價值既廉，且對於一切病菌，皆著奇效。此立枯病之僅寄生於一年生苗者，其地可與農作更番植之，或供換床苗栽植之需，其僅寄生於一樹種者，若改植其他樹種，抑亦病菌預防之一法也。

其五 草害

雜草繁茂，足以掠奪養分，遮蔽陽光，阻止雨露，妨礙通風，以危害苗木之發育。預防之道，種子播種後，迄發芽前止，應厚覆之，或永將藁秆一根，並列置之，或於條播及換床苗之條間，以落葉藁秆及其刈取草類之屬敷之，蓋皆足以抑制雜草之發生者也。

苗間發生雜草後，務須勤加刈除，以免滋蔓，其生於小苗間者，務須於雨後，徐徐行之，若天久不雨，土地乾燥，不惟工作困難，且易損害苗根，應先澆水略予濕潤後，然後行之。刈除既竣，應將床面舖平，並予灌水，以免乾燥。床土之瘠薄者，除草後，應即施以稀薄液肥，葉面如有肥料附着者，亦應設法洗刷，俾免爲害，故以雨前或細雨之際，爲之施肥，最爲適宜。

凡入冬而後，恐有凍害之處，九月以後，即應停止除草，僅將所

結之穗，爲之拔去可矣。良以草根足以固結土粒，免除凍害（霜柱亦然）故也。其爲一年生者，翌春蓋已全部腐朽矣。故秋季除草，徒耗勞費，不惟無益，反復足招寒凍之患，亦當審慎而未可率爾行之者也。

其六 暑害

幼苗纖弱，不耐烈日及酷暑者，覆草揭除後，即應設置蔭棚，以免日灸，而避風雨，若覆草極薄，不妨留置床間，以資庇護。故蔭棚之設，亦不妨略遲也。蔭棚構造，用二叉木椿，插之床之四隅，而以細竹或小木二根架於其上，復以竹簾、蘆簾、草蓆或樹枝之屬，覆而蔽之。棚高以半公尺爲度，作水平狀，或斜坡狀，均無不可。其作斜坡狀者，南低而北高，南側甚有與地面相接者，惟終以與地面略離爲善，以便空氣流通。蔭棚例以朝覆夕除爲度，惟細雨時，雖日中亦應除去，暴雨時，雖夜間仍應覆蓋也。自梅雨迄九月間（有雨季之處亦然），蔭棚極爲重要，惟當陰雨連綿，苗木過濕之際，亦應及時揭去，以免過濕，而招病害。

其七 寒害

結霜之先，應撒糠殼、斷葶、落葉，或插竹木枝條於苗圃，以防寒氣之侵襲，及霜柱之爲害；其畏寒尤甚者，且應設置暖棚，以保護之。暖棚構造，與蔭棚相若，所不同者，祇高低方向相反已耳！其北側且以接近地面爲常；蓋蔭棚務求通風，暖棚務求保溫，其目的固背道而馳也。苗木之不堪寒氣者，苗間落葉葶稈之厚覆，抑亦苗木寒冬處理所必要也，嘗見日本對於柳杉苗木，當尙未結霜之前，即以輕鬆細土，覆蓋全部，待翌春天氣溫暖時，始行撥去覆土，使苗露出；當是時也，苗恆赤變，待遇雨一二次後始，復轉變，而呈綠色。

凡苗木之需於翌春換床者，應於晚秋掘起，假植於松林之下，以資庇護，亦禦寒之一法也。又春季已將暖棚撤去後，如天氣驟寒，杳無風雲，則是晚必有晚霜之虞，應於夜間燃燒雜物，俾煙氣籠罩其上，以解避之。

第十一目 苗圃內之灌溉及排水

苗圃中，不惟發芽時應濕潤其種子，包裝時應濕潤其根部已也。當天氣乾燥之際，苗圃內之灌溉(Bewässerung; Irrigation)，實為必要。苗木之以水分不足，生長不良，馴致枯萎以死者，蓋比比然也。苗圃灌溉之法，可分為澆水法(Begiessen; Spriking)與浸潤法(Durchrickern; Percolation)兩種。

(一) 澆水法 亦稱注水或撒水法，其用水，如苗圃內無水流可資利用時，則可以汲取井水或池水代之。凡欲汲引池水者，應於苗圃內部，酌濬水池數處，並厚築池底，以防流失之虞，加意蓄水，以備亢旱之患。惟苗圃澆水一次，即須廣續行之，非屆天雨，不容中輟，良以澆水中止，地面即形硬化，空中濕氣，不易侵入，其害轉有不可勝言者在。其用噴霧器者，以視水杓，勞費省而效力大矣。

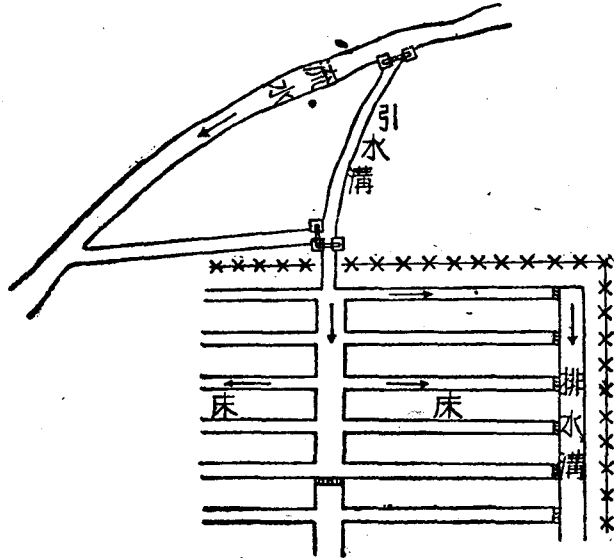
(二) 浸潤法 亦稱滲透，或引水法，乃由他處引水各苗床間，使之漸次浸潤者也。此法視前法實行既易，收效亦大，此法水由苗圃上部，引入圃中，其不易隨時取得者，平日應另行設池積貯之，待必要時，始引入床間，或床間步道兩側特予修築之小溝中，俾由床之下方，或其兩側，漸次浸潤之。將苗床全部充分浸潤，並以水高不溢床面為度。水之入口，應有杜塞水流如閘之裝置，以便隨時調節水量之用。此法決無硬化床面之弊，可每隔數日一行之。應用此法，且有防

除床內土中野鼠害蟲之效。

苗圃中用水，以流水視井水較為溫暖，最為適宜，若僅有井水，應先貯之大池中，待其溫暖，然後用之。

苗圃上方之無河流者，應就適當地點，從事於蓄水池之設置，以備貯蓄降水，而供苗木灌溉之需。苗圃之用浸潤法者，床面步道，均須力求水平，各部苗床高度，不在同一水平線時，應於高低相差之處，設置木板（如第三圖）為之阻塞，俾便流向各苗床間，以資浸潤，待同一高度苗床之浸潤既竣，然後去開任其下注，以便低處苗床浸潤之需。入秋後，立將水閘緊閉，俾苗圃得以乾燥而免霜柱之患。浸潤時

第三圖 苗圃內灌溉及排水溝渠圖。



間，以樹種而各異致，若白楊、赤楊、胡桃、白蠟樹等好濕樹種，不妨略長，惟亦不得超過十二小時，至若根部易腐之屬，則經短時間後，即應停止，以免過濕，而致腐根爲要。

苗圃周圍之溝渠，亦爲苗圃之重要設施，蓋不惟爲排水所必需，抑亦有助於苗圃之防範者也。

第十二目 苗木之換床

苗木換床 (Verpflanzung, Verschulung; Transplantation)，乃將苗木掘起，移植於其他苗床，俾發育健全，鬚根發達，而獲品質強健，易於成活之苗木者也。以其苗木，僅作苗床之更換，並非普通之栽植，故謂之換床。

樹種中，有苗木發生，未經一度換床，遽予出栽者，亦有經一度或數度換床，始予出栽者。苗木發生後，若仍任其留床，則以漸次發育，益趨過密，苗木發育，漸失整齊，終致多數苗木，陷於荏弱，益以主根伸長，鬚根纖弱，出栽山地，必致枯死，故杉如以一年生以上苗木出栽山地時，必經一度換床，以策安全。惟苗木迭經換床，亦是阻其發育，出栽山地，而陷於發育不良者，甚有換床後，促進鬚根之效未著，而阻礙發育之害已見者，復比比然也。櫟與松類等直根性樹種，如於換床之際，切斷直根，爾後發育，遽感激減；故此類樹種，不若爲之薄播，俾幼苗得於床間，充分發育，利用一年生苗，從事造林之爲較得也。

(一) 換床之年度及次數 換床之年度與次數，亦以樹種及地方而互異，其生長較速者，如側柏、麻櫟等，播種後，經一年生苗，即予以換床，二年生苗，即備出栽之用。其生長較遲者，如冷杉、雲杉，播

種後經二、三年生，始予第一次換床，再經二、三年後，於出栽一年前，予以第二次換床。

(二) 換床之季節 苗木換床季節，與出栽山地相若，按照樹種及地方情形，得於早春或晚秋，任意行之。惟就中以早春較為普通。春季換床，應於樹木開始生長前完成之，蓋亦與出栽並無二致也。良以時節過遲，則換床當年，苗木生長影響至鉅，且對於旱災抗力，亦極微弱。惟常綠闊葉樹苗之換床，有待新葉長成後，於梅雨中之行者，亦有春播苗木，於秋季即予換床者。

(三) 換床之方法 換床之際，應先將換床床，作成適當而復規則之間隔，並將苗木長根，作適度之修剪，將其根部，就原有部分栽植之。耨、櫟等苗木之移植，較為困難者，掘取栽植之際，均應善為注意。苗木之經掘取，而大小不同者，復應按照大小，分為大、中、小三級，分別植之；或將大苗植之苗床中部，而將小苗植其兩側，俾便發育漸趨一致。其葉面之表裏顯然可分者，應將表面南向植之，其栽植距離，應隨留床年數、樹種、年齡，酌量定之。

換床床之面積，杉、柳杉第一次換床時，為播種床面積之十至二十倍，第二次換床時，則為二十至四十倍矣。

(四) 換床之省略 換床以手續繁瑣，勞費浩大，而其成效未必顯著，故非萬不得已時，務避免之。其有必要者，亦應務求省略，以節勞費。換床之省略云云，乃播種量務求減少，且條播之，或用地下切根機 (Under ground root pruner) 或日本白澤式切根鏟，將苗根切短之，皆有裨於換床之省略者也。凡移植而易枯死之樹種，如用地下切根機，或切根鏟將根切短者，既可免換床之勞，復可避枯損之虞。

賊一舉而兩得也。惟土壤粘重石礫較多之地，作業較為困難耳！又凡苗木過多，當年不及全部出栽者，若任其留床，繼續生長，則以發育過度，翌年不復適用。為避免換床計，若用地下切根機或切根鏟，將其根部為之切短者，亦具一時抑制生長之效。苗木生長，主在晚春、初秋，故於晚春行第一次切根，而於晚秋行第二次切根，則其發育必能使之遲緩也。

第一次換床時，其株間或行間距離，務使疏散，並以列植植之，以便發育，而備切根機或切根鏟之使用，抑亦省略換床次數及手續之一法也。

第十三目 一年生大苗之育成

松類及直根性闊葉樹一年生苗，出栽山地之利，固吾人所公認也。然杉、柳杉、雲杉、側柏等小苗造林，殊不易得良好之成績也。良以是項苗木之一年生者，苗高過矮，出栽後，易遭雜草乾燥風襲之害故也。如在雜草繁茂，野兔猖獗，及強風所及之處，以栽植業經一、二次換床之大苗為得。不然即一年生苗，如能善加培育，俾得充分發育，亦可遽予出栽，其裨益於苗木之育成及栽植者，實深且鉅焉。一年生苗木之育成，所應注意事項，分述如次：

- (一) 種子之播種前，至少須經一個月間之露天埋藏。
- (二) 凡以條播或散播之種子，其播種量應力求減少。
- (三) 肥料除施用基肥外，於發育期間（五月中旬迄九月上旬），復應施以數次速效性肥料之追肥。
- (四) 應注意於雜草之芟除，及蔭棚之設置。
- (五) 育苗經一年後，應擇其發育良好者，先行出栽，發育中等

者，掘取換床，發育不良者，再行留床一年，以資培育。

第三節 苗木

第一目 苗木之種類

栽植造林，乃以苗木 (Pflanzen, Sämling; Seedling) 栽植之造林法也。此項造林所用苗木，復以性質不同，而各異致，分述如次：

(一) 實生苗 (Kerppflanzen; Seed plants) 實生苗，乃由種子發生者也。以其性質，可分為下列兩種：

1. 野生苗 (Wildlinge; Wild seeding) 亦稱自生，或天生苗，乃由母樹自然脫落之種子發生者也。

2. 播種苗 (Saat = Garten = od Kampflanzen; Cultivated seedling) 亦稱床播苗；乃將種子播種床地所發生者，在育苗法中，最為普通，抑亦人工造林所仰賴也。

(二) 分殖苗 (Vegetationspflanzen; Vegetative plants) 乃由無性繁殖所育成者。凡苗木之由插條 (Steckling; Shoot cuttings)、分蘖 (Bestockung; Root suckers)、分根 (Wurzelpflanzen; Root cuttings)、壓條 (Absenker; Layer) 等法所得者，皆其類也。就中以插條苗為最普通，而獲多量。

其一 野生苗。

野生苗，在林內及其附近原野，以母樹下種，不乏自然發生者，此類野生苗，若用供造林，為效至宏，就中且尤以幼時生長遲緩之陰樹為然。良以利用野生幼苗，育苗年限，大可隨之縮減也。至若落葉闊葉樹類，如能利用其野生幼樹，則育苗勞費，為之節省非淺矣。惟野

生幼樹，其根系之發展，對於移植，未必盡能相適；採集後，如欲遷予栽植山地，極易枯損；故野生幼樹之逕供造林用者，應擇年幼整型者，移植苗圃，培育一、二年後，始行出栽，其年長而形小者，栽植後，生長亦難改善，不足取也。落葉闊葉樹之再生力強，而形態欠佳者，應將幹部切去，而移植苗圃中，俾由根株萌芽，就其萌芽中，擇一幹直力強者，善為保留，俾便充分發育，當不難形成健全苗木也。

其二 播種苗。

播種苗云云，乃於苗圃或普通農地中，經播種育成之苗木也。造林用苗，當以此法最為普通。樹種之生長迅速者，在播種當年秋季，或翌年春季，即可出栽，所謂半年生，及一年生苗是也。然樹種中，亦有須經一、二次換床後始能出栽者。苗木之經換床者，所謂換床苗 (Schulpflanzen; Transplants) 是也。

造林用苗，以自行培育為尚，或向信用昭著之種苗商採購之。惟購苗造林，於無育苗經驗，而時須為小面積造林之小林业家，雖為得計，若時間永續，而須為大面積之造林者，終以自行育苗為宜。自行育苗之利，有得而述者：

(一) 得以選擇產地確實之種子。

(二) 節省開支。

(三) 以苗木得於栽植之日，隨時掘取；故栽植期，得以確定，不致延誤。

(四) 不若苗木之向他處採購者之以長途搬運，而致發生衰弱情事。

造林用苗之大小，果以孰者為得耶？從經費上觀之，則小苗以視

大苗，不惟期間較短，且採(掘取)運栽植等，各項費用，亦較減省，故至為得計。他如當掘取及其他處理之際，以其枝幹根部，小苗亦復不易損傷，故栽植後，生長亦較優良。年來各國造林，對於苗木之應用，莫不盛倡一年生未換床小苗之利益，故其採用，遂遠超換床苗而上之。良以小苗之採用，損傷較少，生長確定，固皆首肯而無異議者也。栗、櫟、胡桃、及馬尾松、雲南松等直根性樹種之以切斷直根，而致阻礙其將來發育者，尤屬顯然。故苗木之栽植，務須在小苗期間，毋損其根，善為掘取，以栽植之。惟小苗栽植，亦有其短處存焉。短處唯何？即對於雜草乾燥之害，抵抗力較弱是也。故其栽植之地，務須注意整地，善為栽植，對於根際，務須周密注意，以免乾燥；一年生苗，用供造林，雖於苗價、及運費、栽植均屬有利，然於兔害頻仍，雜草繁茂，日照較久，易於乾燥之地，則終不若大苗之安全也。故採用大苗，雖費用較鉅，終以抗害力強，管理可疏之故，仍不乏為造林之選用者。惟就一般而論，山地造林，小苗仍屬害少利多，故採用大苗，終不若採用小苗之為較得也。

苗木之供造林用者，應擇其根部發達，枝展平衡，形狀整齊者植之。其生於庇陰地，及形狀、色澤不良，發育欠佳者，栽植後生長必難良好，不可用也。苗木之選，如漫不經心，則日後損失，實屬不貲，不慮於微，終貽大患，誠不可不慎者也。

其三 插條苗。

插條苗亦稱插木苗。插條苗之育成，普通行之於園藝業，我國行之於造林業者，尚不易觀，有之，惟於杉，及行道樹所用之白楊苗，及觀賞樹苗見之耳！日本造林用苗之以插條育成者，以柳杉、及羅漢柏

(*Thujaopsis dolabrata*) 爲主，其九州地方所用之柳杉苗，均以插條育成，播種者，殊不多觀。至羅漢柏苗之育成，則以播種者生長較遲，爲縮短育苗時間計，亦以插條爲夥。

插條苗與實生苗較，其所具特點如次：

(一)插條苗，得遺傳其母樹品質，凡樹類之品種繁多者，其材質及生長度等，亦自各異，如欲繁殖其特殊苗種時，除插條繁殖法外，無足取者。

(二)插條苗，普通在暖地，一年生者即可出栽，且插條苗之育成，對於普通土壤，可無施肥必要。

(三)插條苗對於病害抗力，視實生苗強，且雪害、兔害，亦較少數，其耐旱之力，亦視實生苗強。

插條苗與實生苗，當出栽後，生長孰優，各地雖各有調查，然據實際觀察結果，未必一致。就生理上言之，實生苗之生長狀態，必能較爲優越，自可想像得之，惟抵中年時，亦有未必盡然者。

插條苗之育成法，雖以樹種互殊，略有不同，惟當插條苗育成之際，所應首先注意者，厥爲床地之土質及其位置之選定；次之，爲插條之季節、插穗之採取、與插條方法，暨扦插後之管理等，果能善爲處理，則插條苗之育成，蓋絕非困難者也。今分別述之如次：

(一)土質 床地應擇土質之疏密中庸，空氣流通，而能保持相當濕度者爲之。砂土組織過疏，而易乾燥，故插條後每有全不成活者。反之，而爲粘質土時，雖能保持濕氣，不易枯死，惟以溫度較低，空氣停滯，生根終亦不免遲緩也。土壤理學性質果能適宜，則養分之多寡，固無庸顧慮者矣。土壤中如有機質過多時，則轉有足爲發根之害者。

(二)位置 日照強烈，較易乾枯，及其當風較甚之處，務避免之。乾燥雖頗有害於插條，惟日蔭及日照不良之地，亦非所宜，如於疏落之上木下，或於栽植約經五、六年之幼林中之行，則皆插條用地之較適者也。若於普通農田，及全無日蔭之地行之，則當乾燥時期，應覆以蔭棚，或予以灌水，以資適應，若擇略向北傾之地行之，則於日照乾燥，俱著緩和之效。

(三)季節 舉行插條之適當季節，莫如於春季新芽始開膨大，迄略呈伸長時行之。惟插條季節，亦因地互殊，在暖帶地方，以於三月上旬至四月上旬間行之為宜。

(四)母樹 插穗應擇年齡少壯，發育繁茂之母樹取之。其由老樹及樹勢衰退之母樹採取者，終不免發根遲緩，生長欠佳也。

(五)插穗 插穗應就視母樹樹冠中央部，略低之枝條內，擇其日照良好，正直肥大者，採用之。其與梢端相接近者，成績必欠優良也。營養良好之枝，發根必速，生長亦佳，插穗長度，以三十至四十公分為度。為防止插入之際，插穗樹皮剝裂起見，於其基部，有略留二年生部分者。惟發根迅速，則終莫一年生枝若也。插穗基部切取之方，亦復各別，其斜切者，則以面積較大，有吸水較易之效。其直切(直角切)者，則以面積較小，有癒合較易，發根較速之效。故於苗床土質，保水力強，且於防止乾燥充分注意之處，應予直切，不然應予斜切，俾便吸水。其插穗之由小枝附着之處切取者，有謂發根較速者，然亦有持異議者，其入土部分所存小枝，則以手折，或予剪取可矣。

插穗之採取，以母樹之年齡而異其數量，凡幼樹為二至三本，其在中年以上者，以四至五本為宜，逾此則於母樹發育，終不免有害也。

若適當母樹爲數不多，而所需插穗爲量至鉅時，則可用長十公分左右之孫枝爲之，應用孫枝，則母樹一株上，雖數十或數百本，固亦易易也。惟孫枝以視普通插穗不耐乾燥，故其切口，應以粘土製之泥團包之，以資豫防。苗木之專供插穗用者，實生與插條苗，均可適用於早春發芽前，自地上十至十五公分處，僅留下枝，而將幹部切斷之，其經修剪之枝條，亦可供插穗用也。

(六)插穗之處理 枝條之供插穗用者，其切口務須避免乾燥，並應迅速插入土中，若採取當日，不克扦插竣事者，應將切口浸入清水中，以防乾燥。浸水日數，雖逾十日，絕無損害也。惟插穗之經一度浸水者，務儘切口濕潤時，扦插之，不然，便應爲之改切也。若插穗之須貯藏十日以上者，應於濕潤地假植之，或就日蔭地，掘溝埋藏其間，僅露穗端於外，其由遠處運送到達者，如經二、三日間清水浸潤，而後插之，未有不成活者。亦有主張將插穗切口，於0.1%之過錳酸鉀(KMnO_4)液中浸一晝夜消毒後插之，發根既盛且速者。

(七)扦插 插穗應扦插於適當深度中，俾土壤與切口相密着，而不爲風動搖。過淺則每易失之乾燥，過深則每難發根優良，其適當深度，以土質及日照強度，而各異致，一般則以五至十公分爲度。扦插方向，應視垂直略斜，並就背風方向插之，則風吹動搖之力，亦當爲之稍殺也。插入之際，並應注意樹皮剝脫，而徐徐插之，良以插穗之剝皮者，成活絕非易易故也。其床地較硬，及石礫較多之處，應以鐵或硬木所製之插條棒，先行取穴，而後插之，惟插條棒應視插穗略短而細，俾便切口得與土壤相密接，而易成活。若殘留空隙，則水分吸收，爲不可能，其成活之望，蓋亦僅矣。其切口之包以粘土團者，謂

之芋插或團插，雖無乾燥之虞，然妨礙發芽，抑亦不可免者。其將切口浸於粘土或赤土之土漿中者，殆亦有助於插穗吸水之一法也。

(八)扦插後之管理 插條於普通農地中，雖無施肥之必要，然一般苗床，應於初夏施以追肥一次，以肥料每不利於插穗之發根；故發根前追肥之施用，應予嚴禁，入夏繼續乾燥時，則應予灌水，或覆以蔭棚可矣。其以樹枝覆被者，當亦著奇效也。自初夏迄九月上旬，床間每夜，應予引水，並隨時除草，所用肥料，普通爲人糞，第一年一次，第二年二次可矣。

(九)出栽 插條苗之出栽年齡，亦以樹類而異致，加拿大白楊苗，普通翌年即可出栽，南京白楊，則以第一年發育較遲，須待第二年春，始可出栽，惟例不換床。出栽苗占全苗數之比例，則以插穗之良否，扦插之方法，及氣候、土質等各種關係，未能一致；一般樹種，其枯損者，約占一、二成，以切口生瘤，不易發根，及發根較少者，復占一、二成，其可供完全出栽用者，約占六、七成耳！

其四 分根苗。

分根苗云云，乃掘取母樹之根，切爲適長，植之床地，所育成之苗木是也。樹種中頗有以此法育苗者，就中若泡桐之播種不易育苗者，普通均由此法育成之。他如漆、桑、雁皮、臭椿、洋槐等苗木之育成，亦頗有採用分根法者。茲述泡桐之分根育苗法如次：

泡桐根之供分根育苗用者，應於早春，或秋季落葉後，迄霜降前採取之。所取母樹，愈幼愈佳，其已達高齡者，則以根部木化，萌芽力衰，不適用矣。泡桐苗之育成，或切取苗木之根，或當苗木掘取之際，選擇苗床中所殘留者，善爲利用可矣。苗木一株之根，可採取五至十

本，若在開始育苗之地，應就幼齡母樹，以選取之。法於距根際二至三公尺處，掘起地面，取其表根，以應用之。惟母樹經掘取根部後，於其生長，頗為有害，故母樹之選，務擇其樹形欠佳，生產良材希望較少者取之。

根之直徑，一至二公分者可矣。其長約切為十至二十公分許，為求端末區別便利計，先端以直角，末端略斜切之。其先端以與母樹根端部分相接近，其芽即由先端所發出也。根之於秋季採取者，應經五六日間蔭乾之，待呈半乾狀態後，始埋藏土中，以待翌春取用之。以泡桐之根，富於水分，如率爾貯藏，不加蔭乾，終不免於腐敗，或凍結之虞也。其在早春掘取者，則於發芽時取用之，暫為假植可矣。若於發芽時掘取者，應就先施基肥之床地，先端向上，埋置其間，其上覆土，以略隱先端為度，經一、二月許，根部便發生新芽矣。迨長達十五公分時，擇其長大者，保留一本，餘悉去之，嗣後施以速效肥料一、二次，則一年內可高達一公尺許，翌年即可供出栽用矣。

其五 分蘖苗。

樹木有於其根際，或由接近地表之根，發生支蘖者，銀杏、杉、連香樹、白蠟樹、梓、榛、櫻、李等類，於根際發生支蘖；皂莢、白楊、榆、洋槐、泡桐、臭椿等類，於根際或根之中部，發生支蘖；由其母樹切取分離，而育之農田中，經一年後，便成苗木，即可供出栽用矣。

其六 壓條苗。

壓條苗，亦稱伏條苗，乃壓取母樹下枝，伏於地面，覆土其上，使之發根，再與母樹切離，而成苗木者也。凡不結實及插條分根不易繁殖之樹種，均採用之。

其七 竹苗。

竹林之人工造林，普通乃將地下莖，與母竹一併掘取，而就目的地栽植者也。此法以搬運勞費均感不貲，且一時難獲多量，大面積之造林，頗感困難；若一時須為大面積之造林者，則莫如由地下莖育成竹苗之為較便也。惟栽植竹苗，其成林以視母樹栽植，較需悠長歲月，為遺憾耳！

竹苗之育成，由竹林中掘取地下莖(鞭根)，切為適長，而就農地植之。地下莖，或由林緣，或就竹林中，作帶掘取之。地下莖以三年生者為最佳，四、五年生者，仍可採用，一、二年之幼根，則以鬚根不繁，其成績恆不易良好也。地下莖之選用，以有芽或筍之存在為要素，切為十五至三十公分許長，而就苗圃中，十五公分深處植之。其時間以發筍一個月前行為宜。毛竹約於三月，淡竹約於四月，剛竹約於五月頃行之。苗圃中應先施基肥，地下莖栽植後，床面先覆以稻草，或所刈雜草，以防乾燥。必要時，且復予以灌水，並隨時施肥，則當年可發生多數小竹，翌年必生竹一、二棵(根)矣。此竹所生之枝，除保留一、二枝外，餘悉去之，以免風吹動搖為要。地下莖栽植之翌秋，便可供出栽用矣。由苗圃中掘取之竹苗，其地下莖亦應切為適長，其經切下之地下莖，復可供竹苗培養用矣。一公畝面積之苗圃中，約可育成竹苗五百棵云。

第二目 苗木之性狀

造林上所用苗木，以發育完全，組織充實為要件。其直根短，鬚根多，幹軸堅實，肥大適中，枝葉由幹軸下部為適度之繁茂者，皆健全苗木之象徵也。苗木之年齡大小，隨造林之目的，及其樹種而互殊。

普通造林，皆用小苗，蓋以掘取、搬運、皆較便利，費用勞力均可節省故也。馬尾松、雲南松，皆用一年生苗，冲天柏、油松、黑松、油杉、泡桐、胡桃、麻櫟、樟、栗、檉、榆、皆用二年生苗。杉、側柏、柳杉，皆用三年生苗。海松，皆用四年生苗。雲杉、冷杉、紫杉，則非經六、七年生，則不能供出栽之用。苗木大小標準，針葉樹以在 \bigcirc ·一至 \bigcirc ·五公尺，闊葉樹 \bigcirc ·五至一公尺左右為宜。南方天氣溫暖，雜草繁茂之處，應用大苗；北方天氣寒冷，雜草衰微之地，應用小苗。德國造林用雲杉、及冷杉苗木，高僅二公分許，蓋以彼邦山地，雜草較少故也。江浙皖三省境內，荒山造林所用之馬尾松苗，皆為一年生苗，高僅五至十公分許，良以江浙諸省，山林荒廢已極，其他樹種不堪生長，惟極陽性之馬尾松較為適宜；雖夏秋之交，雜草繁茂，然以薪柴奇乏，故不待黃萎，附近居民，靡不結隊入山，羣起樵採，故於幼樹發育可無大礙；待三年而後，松樹發育，扶搖直上，已非雜草所可為患，浙諺曰：「三年人不見，五年不見人」。蓋亦極言松樹三年而後，生長之速也。我國類用苗木年齡，以示苗木大小，例如一年或二年生苗，俗稱「一春苗」或「二春苗」，或附加高度，及其換床次數，以表示苗木之大小者，即「二春二尺苗」或「三春二次換床二尺苗」等是也。德國林業試驗場，按苗木大小，分為次列七種：

細苗 (Klimpflanzan)	0.20公尺以下之一年生苗
小苗 (Halbloden)	0.20—0.50公尺
中苗 (Loden, Mittelpfanen)	0.50—1.00公尺
大苗 (Starkloden)	1.00—1.50公尺
半巨苗 (Halbheister)	1.50—2.00公尺

巨苗(Heister)	2.00—2.50公尺
極巨苗(Starkheister)	2.50公尺以上

大苗造林，則栽植之距離可以略大，用苗之數量，得以稍減，且以苗木已大，生長亦速，故有早日成林之利。惟大苗即能自給，然由苗床掘取，運送林地，不惟勞費均多，且復損傷亦易；在初植數年內，生長終難良好也。如欲安全移植，務須多帶宿土，惟如此作業，勞費更大，故絕非大宗造林所可用也。至放牧林、宅旁林、堤岸林、行道樹、及綠籬等之栽植，則類以高約二至三公尺許之大苗植之，以株數不多，當可鄭重栽植，不致發生若何危險也。

第三目 苗木之檢查

苗木之需要多量，而須向外方採購者，關於苗木良否，便須加意檢查，以明優劣，而定取捨。若貿然採購，影響林業，實深且鉅，茲將苗木檢查，所應注意事項，分述如次：

(一) 大小 苗木之大小，以樹種及林地性質，互有出入，故僅依苗木大小，不足據以為苗木優劣判斷之徵也。惟某一樹種，如在某種林地，即感大小異常，欲於普通林地，舉以造林，終苦不甚適用也。

(二) 年齡 苗木年齡，大抵一見便明，不然，可用切幹法，以觀察之。其年齡雖幼，而苗木已大者，組織必難充實，如年齡已大，而苗身尚小者，發育必欠優良，出栽林地，生長必難良好也。

(三) 整齊 苗木務以整齊為要，其大小、形狀不齊者，均為苗圃中處理不當之徵，出栽林地後，以先天關係，亦難望其整齊也。枝葉根部繁茂，亦以相稱為尚。

(四) 形狀 苗木形狀，以枝葉四展，形狀整齊，全體呈球形或

鈍圓錐形者爲尙。如幹軸下部無枝，或有之甚短，而上方枝條反較長大者，均爲苗床中苗木分布過密之徵。又秋芽伸長過甚，先端甚長，呈圓錐形者，足爲未經換床及施肥過遲之徵。苗質荏弱，易罹寒害，均非良苗，不可用也。

(五) 色澤 苗木呈其固有之色澤，例如杉苗入冬後，恆變赤褐色，以禦寒冷，其仍呈綠色者，轉爲不良之徵。柳杉亦然。此類苗木之入冬，而仍帶青綠色者，或以施肥過多所致，或係生長陰地所使然也。

(六) 性質 苗木以幹軸勁直，枝葉暢茂者爲尙。松類及多數闊葉樹，頂端應有肥碩之芽；至樟、櫟、洋槐等之適於截幹栽植者，其根部組織，尤須加意檢查。

荏弱苗木，皆以分布過密，生於陰地，施肥過多，地力過優所使然也。肥大苗木，不適於瘠地、乾地造林之需。苗木之由北向陰地育成者，亦不適南向陽地造林之用。要之，苗木之生於地力中庸，日照充分之處，且復爲之換床，或予相當處理者，乃造林用苗之上選也。

(七) 根部 苗木以主根短直，側根鬚根發達者爲尙。其生於瘠地或未經換床者，根例細長，其出栽而不易成活者，蓋緣於是。其主根屈曲纏繞者，乃以換床不慎所致，結果亦同。要之，苗木出栽後，欲求發育健全，須有新鮮鬚根，如鬚根乾燥，便難成活，故當出栽之際，務須保護根部，避免風日，而策安全爲要。

第四目 苗木之取得

造林用苗，需要多量者，自以自行設圃育成爲得，蓋欲求施業安全，固應如是也。其屬急需，而一時不及自育者，可向種苗商購得之。至林內之天生幼樹，以有關林分更新，僅可約略採取，以應急需，終

不能漫無限制也。茲分述之如次：

其一 育苗法。

一時如有大宗苗木之需要者，以自行設圃育成爲得。育苗之法，可分爲苗圃育苗，林間育苗，農田育苗，移植野生樹等四種。除苗圃育苗，業於前節詳述不贅外，其他三種，分述如次：

(一)林間育苗法 法將林間作帶狀或塊狀之開墾，寬約一至二公尺許，或掘取根株整理跡地，而播種於其上，以有母樹庇蔭，故所育苗木，以陰性樹爲宜。而母樹樹種，應選用陽性樹也。冷杉、雲杉、鐵杉等苗木，如採用此法，則其所育苗反較苗圃中爲安全也。苗木之由林間育成者，整地、施肥、除草、灌溉諸費，亦可節省。

苗木之在母樹庇蔭下者，不惟寒暑霜雹諸害，得以避免，且以林內氣候較爲寒冷，故春季發芽，亦較遲緩，栽植期間，得以延長，造林上獲益非淺也。其林間之供育苗用者，母樹年齡在中年期間（即三、四十年至七、八十年生者）最爲適宜，若母樹過老，則林內雜草叢生，地力激退，已不復適用矣。

(二)農田育苗法 農田育苗法，凡中農或大農之有大面積農地者，頗適用之。是類農家，可更番利用農地，以資育苗，不惟得以避免地力之衰竭，且可減少病蟲之加害；江蘇江都縣馬尾松及果樹苗木，皆以農地育成者也。

(三)野生苗培育法 林木種子，脫落林間，或飛散附近後，如環境優良，不難次第發芽，滋生成苗；是項苗木，如能悉數掘取，分別大小，築成苗床，或逕就農田植之，待達適當高度後，即可舉以出栽。嘗見圓柏種子，人工播種，雖不易發芽，然母樹之下，頗多自生幼苗，以

受母樹庇護，發育亦較良好；若將是項自生苗木，移植苗圃，爲之培育，結果必甚良好也。爾外槭、白蠟樹、烏桕、棕櫚等母樹下，自生苗木爲數亦夥。

其二 前生樹利用法。

前生樹(Vorwuchs; Advance growth)云云，乃伐木前林內自生之苗木是也。是項前生樹，有不供天然更新，而專備植樹造林用者，惟是項前生樹，以達適當高度及其年齡爲限，其適於利用要件，約爲下列數端：

- (一)須年齡幼小者。
- (二)須易於帶土掘取者。
- (三)須根部密生於狹小區域內者。
- (四)須疏立而便於各別掘取者。
- (五)生長於與造林地光線相若之處，業經一年以上者。

其三 野生苗利用法。

野生苗(Wildling; Wild seeding)亦稱自生苗，乃森林附近之原野及其他空地，由自然飛散種子發生者也。其性質與前生樹相若；是項野生苗，以陽性樹爲夥，至若陰性樹則以陽光過度，恆發育較劣，至若主根性及大苗不易移植之樹類，則應留植原處，以便滋繁；良以是項樹苗，移植困難，成活亦至不易故也。我國原野荒山，仍不乏野生苗之散生，如能善爲保育，以便滋繁，抑亦荒山復舊之惟一捷徑也。此所謂野生苗之保育是也。至以野生苗之供栽植用者，謂之野生苗栽植法(Wildlingspflanzung; Wild seeding (or tree)planting)。惟野生苗之栽植，亦以根部帶土爲要件。此郭橐駝種樹傳所謂：「其土欲故

是也。惟帶土栽植，而苗木之須運之遠方者，採運費，便不免增多，且初植數年間，幼樹發育，亦視一般苗木遠遜，是亦不可以不注意也。

第五目 苗木之處理

苗木發育已達相當標準時，便須及時掘取，栽植林地；惟苗木掘取，須於樹液流動，新芽開展以前，辦理完竣，不然新葉倘已開展，栽植便感略遲，生機已損，危險至鉅也。此齊氏要術所謂「種樹無時，毋使樹知」是也。如已經掘取而一時不及栽齊者，便須善為貯藏，以便次第栽植，如欲成活較易，苗木根部枝葉，務須保持平衡，苗圃林地，相距非邇時，復須善為搬運，俾免途中損傷。凡此數端，皆屬處理苗木切要之圖，分述如次：

(一) 苗木之掘取 掘取苗木，應避雨天，其須運送遠方者，雖晴日，亦須待霜露消失後，方可着手；良以如於枝葉濕潤之際，為之掘取，不惟附着泥土，足以蔽塞氣孔，阻礙呼吸作用已也。重以苗木濡濕，包裝而後，水分宣洩靡由，遂爾發酵生熱，為害莫大故也。他如冒雨掘取，每易踐實土壤，堅密硬化，他日耕作，困難隨之；且苗根每以附土濡濕，結成一團，出栽之際，不易舒展，影響發育，莫此為甚，誠不可不注意也。

若掘取之際，天氣乾燥，土壤堅實，不便作業時，應於掘取之先一二日前，予以灌溉，俾土壤疏鬆，而利進行。苗木掘取，務以不傷根部為要。故當掘取之際，務須參酌苗木大小，決定適當距離，善為掘取，以免損傷。苗木之掘取也，大苗用鋤，小苗用鋤；若用手拔，則木質表皮每易脫離，而致枯死，故雖小苗，仍應善為掘取，不可任意拔取也。

苗木經掘取離土後，應即以稻草及濕苔等為之覆被，以避風日，

其一時不及即栽者，尤須將其苗根，埋之土中，良以苗木成長，以鬚根最爲切要，若暴露風日中，輒易乾燥，損失生機而致枯死故也。凡苗木之未經換床，或自生原野及林間者，移植之際，尤應注意，要以多帶宿土爲宜；若相距過遙，勞費過鉅，則終非野生苗之所適用矣。

(二) 苗木之修剪 苗木修剪，如行之得當，收效固鉅；然如不得其當，則不惟良好苗木，反受損傷，且從切口，引起腐朽，必致苗木枯死而後已，故亦不可不注意也。

凡苗木之帶土及掘取並無損傷者，固無修剪之必要，惟苗木根部之深入土中者，如不中途切斷，則不惟掘取困難，且復栽植不易；故此項苗木掘取後，如將其根部，略予修剪，則包裝、運輸、栽植，均感便利矣。凡損傷部分，務須除去，且爲求地上地下兩部保持平衡計，所有枝葉，亦應酌量修剪。惟切口務須纖小平滑，以便癒合；良以較大切口，每難癒合，而易腐朽故也。出栽之際，所留根部，應視苗木大小，以爲損益。保留根部，應呈半圓形狀。凡換床時其根部業經一度修剪者，所發新根，應保留一、二寸(二、三寸)許；良以具有是項新根之苗木，出栽而後，成活必易故也。惟如蔓延過甚，亦應酌量修剪，以便栽植。凡苗木之具有長根，蜷曲淺穴中者，乃造林上所引爲大戒者也。惟如修剪過度，出栽而後，亦有衰弱枯死之虞；應按苗之大小，根之多寡，由其根之直角方向處，適量修剪之。苗木枝葉之修剪量，應視根部修剪量以爲轉移，要以雙方得以保持平衡爲度。凡枝在苗木下部，及擴展不規則者，均應設法修剪，俾呈三角形狀。苗木整枝，應自距苗幹根際以上十公分間，先行着手；針葉樹苗枝修剪，務以少量爲宜，且其切口，務與幹部密接，以便癒復。惟落葉松以自切口中流出

樹脂過多，不易癒復，應自枝之分歧點始，保留若干（約一公分許），蓋以此部將來形成根株，對於木材品質，無甚關係故也。

歐洲各國，苗木生長，率多遲緩，故出栽時，類不修剪。我國以雜草繁茂，故頗多以大苗造林者，如不將根幹枝葉，酌量修剪，則栽植時，不惟勞費不貲，重以土層淺薄，風力較強，每不易獲良好之結果；故爲求安全，而謀滋繁計，應將苗幹，由根際剪去，而僅將根株栽植之，則運輸、栽植，均感便利匪淺也。凡根部粗大，及栽後易枯之闊葉樹類，均適用之。且尤以常綠闊葉樹爲然。櫟、槲、槲、栲、樟、楠、洋槐、玉樹、白楊、白蠟樹等，應用此法，結果無不優良也。嘗見櫟樹之以二年生苗出栽山地者，在開始一、二年間，類各生長遲緩，不易延伸，如改將四、五年生大苗之根株植之，則靡不欣欣向榮，當年樹幹可達二公尺許矣。樟、槲等常綠闊葉樹，如仍原有枝幹植之，則以蒸發過甚，輒致枯斃，其根部發育較佳者，或尙能發生萌芽，漸次蘇復，然其苗質纖弱者，以抵抗力弱，必難倖免；如先將幹部剪去，僅植根株，則未有不安全成活者矣。其修剪苗木幹部，保留部分，究以若干爲得，亦以樹種及苗木大小，未能一致。據德國實驗，謂櫟、槲等，應以低切爲宜，其僅用根株栽植者，結果最爲良好。楓與白蠟樹，以四至六公分爲最佳，如由根際切去之，則成活便感困難矣。該國復就洋槐切爲二、四、六公分長等數種，爲之試驗結果，並無不同，則該樹保留部分之高低，似與苗木生長無關也。

（三）苗木之包裝 凡苗木之須運送遠方者，必須計算數量，善爲包裝。其數量雖以苗木大小，多寡不一，然爲便於計算計，要以五十或一百株整數爲宜。一年生小苗，如不便計算時，可將一定數量，

測定周圍後，以定長之繩，爲之束縛，或以一定數量測定重量後，將定量之苗，分別包裝，大致近似，相去無幾也。如距離不遠，則掘取後，或逕予包裝，或將根部以水澆之，或浸水中，再用細土敷之，然後包裝；若運送遠方，則根部保護，尤應注意；即當包裝之先，用水溶解粘土或朽土，俾成糊狀（俗稱打漿），而將苗根浸於其中，待泥漿充分附着後，始予取出包裝之，此法雖足增加重量，然於此期間內，得以永保濕潤，不致乾燥，亦其一優點也。若以濕苔包之，更爲妥善。根與根間，及其周圍，應完全包裹，然後以稻草或蒲包、木箱裝之。日本苗木商，關於苗木之須輸送遠方者，其包裝類用濕苔及木箱爲之，以包裝妥善，無遠勿屆，到達而後，枝葉根部，絕無乾燥枯萎之弊。要之，苗木包裝，如能根部濕潤，不致乾燥，葉面呼吸、蒸發，得以照常，則決無發熱枯萎之虞。果能枝葉不予緊縛，梢端略予露出，箱端附以小孔，苗間間以草束圓棒，皆足防患未然，而躋苗木於安全者也。

（四）苗木之搬運 苗木包裝既竣，即可從事搬運。苗木搬運，雖以地方情形，互有不同，然要以費廉運速，及枯損不多爲原則；就中速度，雖以火車爲最著，然當裝載之際，每以層積於其他貨物之下，遂被重壓，而招損失，抑亦不容忽視者也。若由船運，則不惟曠日持久，且復易遭水漬，爲害亦鉅。若用牛、馬、人力車爲之搬運，則每以管理不周，易曝烈日，爲害苗木，莫此爲甚。其以重量計值（運費）者，且有故曝苗根，以減重量，迨將到達時，又復沃水，以增重量者，故搬運多量苗木時，此等情事，均應注意；如在遠處，尤應兼程運送，以免延誤。再距離過遠時，途次復須廢績以手探其冷熱，若感苗間發熱，亟應放置蔭地，解除繩縛，予以攤開，俟其退熱，並予濕潤根部，再行包

裝，繼續運送，此雖手續煩瑣，然亦有補於苗木者也。待苗木到達時，亟應解其繩縛，以檢其強弱，所有體質佳弱，枝葉黃萎，細根枯槁者，即應浸潤泥漿中，俾便吸收水分，恢復原狀，待情勢好轉，姿態復原後，即可次第出栽矣。

(五) 苗木之貯藏 苗木到達後，即應次第出栽，其數量過多，不及一時全部出栽者，即應爲之貯藏。苗木之貯藏云云，即所謂假植 (Einschlagen; Bedding in earth) 是也。苗木假植，應將包裝解除，選擇深耕之日蔭地，開掘深溝，將苗木二重或三層相積，北向斜列其間，覆土灌水，毋使乾燥。假植地以選擇林間，及接近造林地者爲宜。如林間及林地附近，難獲適當地點時，應擇造林工人朝夕必經之路旁適地爲之，以便陸續取用，而免栽植過遲。惟假植苗木，亦應及時出栽，不宜曠日過久也。

第四節 栽 植

第一目 造林地之整治

造林地之整治，亦稱栽植地之整治或整地 (Bodenbearbeitung; Preparation of soil)，乃將造林預定地，善爲整理，俾適於苗木栽植之謂也。凡人工造林之伐採，隨即造林者，將伐採木之木屑、枝條，予以堆置，或掃除可矣。其伐採後經年不即造林，灌木叢生之處，及原野天然林等之將開始造林者，則整地投資，爲必要也。整理方法，以地床植物，性質不同，而各異致，茲就一般情形，述之如次：

(一) 雜草地 凡雜草地繁茂之地，應用全刈法(平刈法)，將造林地全面積所有雜草，悉予刈除，而向谷間卷棄之，或集積各處，而予

分別燒却之。惟爲節省刈除及卷棄勞費計，亦有引火焚之者，然燃燒有惡化土質，及延燒燎原之虞，亦不可不慎者也。其引火而燃燒者，應擇無風之日，並作防禦之備，然後由山之上方引火焚之，或經大雨而復新晴二、三日許，始行引火者，以其地被濕氣猶存，雜草雖可燒却，而腐植質依然保留，地力不致消耗故也。造林地之經放火者，放火後至少須經大雨兩次以上，始可着手栽植，不然所植苗木，恆有全不成活者矣。

雜草灌木地之整治，有不子全刈，而僅將栽植部分爲之塊刈（孔刈），栽植苗木於其間，或予一公尺寬之帶刈（條刈），而植苗木一列於其間，或予二·五至三公尺寬之帶刈，而植苗木二列於其間者，此法不惟足以節省除草費用已也，且於寒風及乾燥之害，亦頗著防禦之效。

（二）竹叢地 凡竹叢密生之地，其整治也，應於竹叢刈除後燒却之，其季節應擇地下莖貯藏養分最少時，即夏季新竹充分發育，葉漸展開時行之。其刈除燒却一次，有未能遽予絕跡者，刈除後應仍就原處堆置之，待翌夏新竹繁茂時，始與去年所刈除者，一併燒却之，並將地表充分燃燒，務使地下莖完全枯死，則竹叢當不難絕跡矣。竹叢地，如以牛馬放牧，亦著奇效；蓋以牛馬性頗嗜食，且莖部爲所蹂躪，羌無完膚故也。

（三）雜木地 當雜木地整治之先，應將雜木中之有價值者，善爲利用之，蓋足供用材用者，固應充分利用；即足供薪炭用者，亦應於收支相抵原則下，爲之設法利用也。爾外其全無利用價值者，應即伐倒，任其腐朽，或予燒却之；至若對於栽植，並無障礙之少數立木，絕無強予伐倒之必要者，仍應設法爲之維護，蓋不惟足以節省伐採

經費已也，且於新植之苗木，及林地之保護，裨益亦非淺鮮故也。就中陰性而復寒暑抗力較弱樹類之栽植，每公頃中，應有保留五十至二百株保護樹之必要，保護樹應擇直徑十至二十公分，樹幹通直，淨幹較高，無甚利用價值，突然孤立，而不易發生皮焦之樹種為宜。待苗木栽植，漸次發育，其保護樹認為有礙幼樹發育，而無保留之必要時，即應予以卷枯，俾便立而枯死。卷枯法云云，乃以斧就樹幹伐採點，予以鐮形之環狀伐採，俾達心材，用絕水分之上升，而致樹木於死命者也。其於胸高點為寬三十公分許樹皮環狀之剝落者，雖枯死較遲，然工作則較為便利也。林木之為立枯者，立木腐朽後，雖木材碎片，紛紛墮落，頗不利於幼樹，然反之，節省伐採經費，及保護幼樹林地，其利亦足償其所失也。卷枯施行季節，以在秋季迄翌春間，樹木生長休止時期為宜，若於梅雨時行之，雖可速其腐朽，然一時挫折，倒毀頗易，殊有損於幼樹之發育也。至若櫛、栗、櫟、枹等材質之堅硬者，其立木雖不易速朽，惟以根部先腐之故，樹幹傾頽時，極易損傷幼樹，故應於苗木栽植之前，先行伐倒之。整地云云，凡是為苗木栽植之障礙，及有害幼樹之發育者，作相當之整理可矣，至必要以上之林地清潔之整治，不惟徒增無謂之支出，且於幼樹之發育，而有相當之損害者，亦往往有之，就中山脊當風，及較易乾燥之處，如能將其雜木類作帶狀及局部之保留，則對於風害及乾燥之防禦，暨林地幼樹之發育上，抑亦功效頗著者也。

在都市近郊，及耕地較少之山岳地帶，有於苗木栽植前，舉行農作一、二年者，其為農作而開墾者，不惟整地之目的已達，且於幼樹之發育，裨益匪淺也。

第二目 栽植之季節

苗木之栽植山地者，其栽植季節，當以早春樹木開始發育前，與晚秋落葉後，迄結霜前之二季為最優。惟暖帶地方，冬季降雪極少，而復土地不恆凍結之地，如於晚秋迄翌年早春，苗木生長休止期間行之，無論何時，均無不適。熱帶地方，以有雨季風季之別，應於雨季開始時行之。其於春季栽植者，謂之春植 (Frühjahrespflanzung; Spring planting)，秋季栽植者，謂之秋植 (Herbstpflanzung; Fall planting)。雲南雨季，約於五月底開始，故其植樹節，改於夏至節行之，當可謂之夏植 (Sommerpflanzung; Summer planting) 也。春植云云，凡普通樹種，應俟山地雪化，土地冰解，適於栽植時，努力為之；若待樹木開始發育，新芽次第伸長時，則氣節已晚，植樹已遲矣。植樹時期，如失之過遲，則不惟當年發育不佳，且復不堪乾燥；幼樹之於晚春或入夏時漸次枯死者，蓋緣於斯。就中落葉樹，尤須於開始發育前栽植完竣，常綠樹則雖略形遲緩，尚無大患也。要之，無論何種樹種，如能於開始發育前，使其根部充分定着，而善為栽植之，其成活必易，生長必佳也。落葉樹類之開始發育，一般極早，故其抗寒力強者，秋植尤視春植為宜。常綠闊葉樹以春季開始發育，一般較遲，且抗寒之力，亦復較弱，故其栽植，如於早春行之，轉不若晚春之為安全也。庭園中常綠闊葉樹木之栽植，有於新葉生長終了，梅雨開始時行之者，此時以轉瞬溽暑，而梅雨，每年復未必如恆，且有突然稀少者，庭園中少數樹木，尚可設法救濟，山地造林，則未敢率爾嘗試者矣。

春季樹木開始發芽前，為栽植之最適季節固矣；然此時如復發生困難時，應改至晚秋時行之。我國東北及西北各省，以春季積雪尚

深，植樹每難着手，待其融化，則轉瞬已復炎夏；故春季適於栽植之時間極短，且此時以已屆農忙，勞力供應，有極感困難者。如此地域，可將春季未了工作，延至晚秋落葉後，迄降雪前行之（甘肅全年降雨量之分佈，八、九月最多，春季較少，故其植樹，應以秋植為主，春植為輔，秋季植樹越冬，苗根已與土壤密接，加之降雪覆被，春暖融化，土壤濕潤，故易活着，惟秋植時日較短，須春植補助之耳！）。再降雪較多之地，秋植後，以其苗木覆被於冬季積雪之中，得以避免寒害，以視植於冬季積雪不深，而暴露於凜烈寒風中者，其安全蓋不可以道里計也。且也，行秋植者，翌春得於生長，早作準備，亦有利於幼樹者也。惟寒溫地帶，晚春降霜較早，故其生長停止後，以迄降雪之期間亦短，兼以在此期間，亦屬農忙時期，勞力供應，亦感困難，故有將常綠闊葉樹苗木，於初秋或中秋節頃，苗木生長尚未停止之際，舉行栽植者。其為如此栽植者，迄嚴冬時，根部業已充分安定，以視於生長停止期間，為之栽植，而以假植狀態越冬者，其抗寒之力，蓋亦不可等量觀也。惟有不可等閒視者，當氣溫尚高，生長尚未停止期間，其欲從事栽植者，自掘起以迄栽植，對於苗木之處理，均應特別注意矣。

春植之地，苗木之育於本地苗圃者，每已開始發育，而用供造林之山地，則以積雪尚深，宿凍未解，仍苦無法工作者，事恆有之。如待山地狀態適宜，可以植樹時，則苗木業已開始發育，為時已晚，不復適用矣。為謀補救計，所需苗木，應於開始發育前，由苗圃中，先行掘取，就苗圃附近陰地為之假植，或運至造林地附近，善為貯藏，俾其生長，暫行中止，以便隨時應用。其行秋植之地，植樹之際，即將降雪，雖應及早栽植，以免倉促，然屆時苗木在苗圃中，繼續發育，迄未稍

替，如強為移植，其能倖免凍斃者幾希矣。故如此地域，不若先將苗木掘取，而就蔭地貯之，俾便停止生長，然後出栽山地之為愈也。

第三日 栽植之方式

苗木之栽植，如為林地狀態所許可者，務以正規方式栽植為得。其為規則之栽植者，不惟林木之發育優良，即栽植之實施，及爾後之管理，利便誠非一端者矣。栽植方式，大別為次列三種：

(一) 三角形栽植 (Dreiecksverband; Triangle-planting)。

(二) 正方形栽植 (Quadratverband; Square-planting)。

(三) 長方形栽植 (Rechtecksverband; Rectangle-planting)。

三角形栽植，普通係指正三角形栽植而言，乃栽植苗木於正三角點之位置者也。苗木之接是項方式栽植者，其苗木間得以保持同一距離，故其生長亦較為良好，平坦地之植樹，以採用此式為宜。惟山地之植樹，則實行上，終以正方形栽植為便。若在傾斜甚急之山腹上，於其傾斜方向，不若長方形栽植之為較愈也。良以林木之生長於傾斜地者，為求個體安全計，其根部類向上下兩方發展，故其上下兩方，如予以較大之生長範圍，蓋亦適應自然之環境者也。爾外山腹上，如以水平狀密植之，對於土石傾頽，及落葉暨其他地被物流失之防止，抑亦不無小補者也。

為長方形栽植，而其長方形二邊之長相差較大者，其所栽植，謂之列植 (Reihenverband; Planting in rows)。

今以 F 示栽植面積， a, b 示栽植距離，其栽植株數 Z 可以次式求之：

$$\text{長方形栽植} \quad Z = \frac{F}{a \cdot b}$$

正方形栽植 $Z = \frac{F}{a^2}$

正三角栽植 $b = \frac{\sqrt{3}}{2}a = 0.866a$

$Z = \frac{F}{a \cdot b} = \frac{F}{0.866a^2} = 1.155 \times \frac{F}{a^2}$

今既知栽植地之面積及其栽植株數，按照上式，可轉求其栽植距離。

長方形栽植 $a = \frac{F}{b \cdot Z}, \quad b = \frac{F}{a \cdot Z}$

正方形栽植 $a = \sqrt{\frac{F}{Z}}$

正三角形栽植 $a = \sqrt{1.155 \times \frac{F}{Z}} = 1.0746 \sqrt{\frac{F}{Z}}$

茲為檢索便利計，附植樹株數距離易知表如次(以一畝為單位)：

方 形 植 樹												三角形植樹			
株數 \ 行間距離尺	植 樹											株間距離尺	株 數	行間距離尺	
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	9.0	12.0				
2.0	1500												2.0	1732	1.732
2.5	1200	960											2.5	1108	2.165
3.0	1000	800	666										3.0	769	2.598
3.5	857	686	590	489									3.5	565	3.031
4.0	750	600	500	428	375								4.0	433	3.464
4.5	667	533	444	407	333	295							4.5	342	3.897
5.0	600	480	400	345	300	266	240						5.0	277	4.330
5.5	545	436	364	311	272	242	218	198					5.5	229	4.763
6.0	500	400	333	285	250	222	200	182	166				6.0	193	5.196
9.0	333	267	222	190	167	148	133	121	111	74			9.0	85	7.794
12.0	250	200	167	143	125	111	100	91	83	55	41	1.20	48	10.342	

苗木栽植距離，雖均以水平距離表示之，惟於傾斜地上，而求其栽植距離時，應按照傾斜度而遞增之。凡傾斜為二十五度時，其斜距離約增 10%；三十度時，其斜距離約增 15%；三十五度時，其斜距離約增 22%；四十度時，其斜距離約增 30% 云。

第四目 栽植之疏密

在單位面積之林地中，其所應栽植苗木之適當株數，謂之栽植密度。其栽植較密者，謂之密植 (Engpflanzung; Close planting)，栽植較疏者，謂之疏植 (Weitepflanzung; Wide planting)，栽植密度，以下列各種情形，而復異致，分述如次：

(一) 交通 運材設備不周，而交通又復不便之處，小材及劣等材之用途較少，且集約之管理亦為事實所不許，故如此地域，應予疏植，既可藉以節省管理之手續，復足促進肥大之發育；反之，若在交通便利之處，小材及劣等材之利用亦廣，故應予以密植，並善為管理，俾便產生美滿林相之林分。

(二) 立地 在氣候溫暖，且復多濕之地，以林木發育繁茂，林分鬱閉較速，故應予以疏植，若在氣候寒冷之地，應予密植。爾外土質良好之地，應疏植，砂土及瘠薄乾燥之地，以林木生長較劣，故應予密植。

(三) 敵害 凡風雪為害較頻之地，應予疏植，俾林木得以健全發育，而增敵害抵抗之力。雜草較多之處，應予密植，俾得早臻鬱閉，而免除草之勞。惟凡雜草繁茂之區，類為肥沃之地，雖予以疏植，仍能早日鬱閉，故如擇不受草害之大苗疏植之，轉較有利也。他如野獸亢旱為害較烈之處，應予疏植。

(四) 樹種 陽性樹及生長迅速之樹種，應視反是者予以疏植。間伐材需要較多之樹種，應予密植。樹種之易生長大枝條，及樹幹之較易彎曲者，亦以密植為宜。馬尾松、雲南松、油松等均為強陽性樹，論理應視杉、柳杉等疏植，然以其間伐材足供薪材，且復易生長大枝條之故，一般均予密植。馬尾松、雲南松、油松等之密植者，以其上長及材積生長，均較優美故也。

(五) 利用 雖同一樹種，其以採取果實為目的者，應予疏植；其以產生用材為目的者，應略予密植。同一用材，其以產生品質良好之木材為目的者，應略予密植，而善為管理之；其不重品質，而僅重產量者，應予疏植，俾其肥大生長，益臻繁茂。

(六) 勞工 凡勞工缺乏，勞資昂貴之地，應予疏植；反之，可予密植。

密植者，管理周密，林相優美，且可產生品質良好之木材固矣，然亦有劣點存焉，劣點唯何？即造林費多，生長量少，稍不注意，即易發生各種損失是也。反之，疏植者，雖能樹冠發達，被害較少，肥大生長亦盛，然其所產木材，每易多節，而呈削頂，其上長生長，以視適當密度者，終不無遜色也已。

第五目 栽植法

造林用苗木，以樹種不同，而異其大小，年來以小苗造林，費用既省，成活復易，故針葉樹恆採用之，至闊葉樹苗之較大者，每以栽植困難，類即切去幹部，僅將根株植之，所謂截幹苗或根株苗(Stutzpflanze, Stummelpflanze; Truncated plant) 是也。栽植之法，雖以苗木大小及其性質，互有不同，然其理則固無二致也。略述如次：

(一) 植穴之掘取 栽植苗木所用之穴，謂之植穴，或稱植孔 (Pflanzloch; Plant hole, Plant pit)。普通由山鋤掘之，植穴類於將行栽植時掘之。或一人掘穴，一人栽植，分工爲之。蓋掘穴工作，視栽植較爲繁重，非體力強健者，不克勝任故也。然亦有於去冬先行掘置者，循是行之，以暴露冰雪之中，固有增進土壤理化學性質之效，惟砂土地以迭經風霜雨雪作用，植穴寔爲土砂所埋沒；粘土地以掘出之土，硬化成塊，栽植之際，應用爲難，若傾斜較急，且復易於流失之地，栽植覆土，每虞不足，蓋非計之得者；故植穴，仍以栽植之時，隨時掘取爲尙。

(二) 栽植之深度 造林地如與苗圃地爲同一性質之平地，其苗根入土深度，則應以苗木原有深度爲標準，過與不及，皆非所宜。良以如栽植過深，苗木另生上根，原有根部，遂亦腐敗，而呈早日結實，生長不良之病態。如深植淺根性苗，於粘質濕地時，以土中空氣流通不易，生長極爲惡劣，其害尤著。若在鬆地及瘠土中，卽應稍深植之，且尤以日照強烈之砂土爲然。若於極易乾燥之砂土中，栽植小苗，且有予以深植，而將其下部枝葉埋入土中者。傾斜地上之造林，則類視苗圃中原有深度，略深植之。

(三) 苗木之表裏 苗木栽植位置，應將枝多部分，向南植之，以防日光直射苗幹；凡苗木之表裏分明者，務將表面就南方植之，沔勝之書，所謂「記取南枝」是也。惟若在峻急之山岳地間，則其方位可謂絕無關係者矣。普通恆將苗木表面向山，裏面向谷植之，蓋在急峻山腹，向山方面，陽光恆較多故也。

(四) 栽植之工作 如植穴已具，則應左手持苗，納諸穴中，右手

取穴旁肥土覆之，逮二公分許，將苗幹四方搖之，並略向上提，俾苗根舒展，根土充滿，無復拳曲空虛之弊，然後更覆以土，並踐實之。土壤乾燥者，尤須緊築，濕潤者輕壓可矣，此郭橐駝種樹傳所謂「其築欲密」是也。然如此栽植，乃指二、三年生之大苗言也。若一年生之松苗，則一方取鋤掘穴，一方用手栽苗，前後擊之，即可蔽事，並無取土覆土之勞。浙諺曰：「栽松要敲得兇，不兇徒充公」。蓋亦言緊築之必要也。

(五) 栽植所應注意之點：

1. 凡砂地及日照強烈較易乾燥之處，栽植宜早，入土宜深。
2. 栽植宜擇陰曇無風之日，如在降雨前植之尤佳。
3. 苗木根部，應覆以草蓆及濕苔之屬，以避日炙。
4. 苗木如由遠方運到，或不及栽齊時，應就近假植，次第取用。

第六目 補植

苗木之栽植山地者，就中終不免有若干枯損者，枯損苗木，占全苗中之比例，以樹種、苗質，及苗木掘取之法，搬運處理之方，及栽植後氣候狀態而各異致。栽植後如一時乏雨，繼續乾燥，而復襲風者，損毀之數，為量必鉅。苗木之經栽植，而告枯損者，如為數不鉅，且復散處各方，對於鬱閉，無甚影響者，置之可矣；不然，即應有從事補植 (Nachbesserung; After culture) 之必要。補植工作，應於最初栽植後一年內，春季或秋季行之。其所用苗木，應視初植者略大，並擇其苗質健全者用之，蓋經一、二年後，即與初植者相髣髴矣。再枯損區域之為孔狀(或塊狀)者，為達保護林地，而行補植之工作時，其樹種應擇視初植較為陰性者為宜；雖補植之初，生長較遲，易受初植幼樹之

壓迫，然其保護地力之效，有足多者。例如松林內，如用側柏補植，則決無不適者矣。

苗間距離一公尺許內，如僅枯死一株時，雖不予補植，對於將來鬱閉，亦無若何影響，故無補植之必要。如在二株以上，即應全部補植，或僅補植一株；然其距離如在二公尺以上，即應全部補植矣。如所植苗木，而為五株以上之孔狀枯死時，中部可補植原有樹種，孔緣則以陰性樹植之，以防初植幼樹之壓迫，而免陽性樹類之分杈。

倘初植之苗，已達二公尺高時，則僅為孔狀枯死者數株之補植可矣。惟補植苗與初植苗相隔距離，應為初植苗高二分之一以上，為預防初植苗之形成多枝材計，予以適當之修枝可矣。

補植例於栽植後第二年行之；良以第二年以後，以補植苗終難免為被壓木之形成故也。

補植苗木之多寡，與天氣具有密切之關係，新植後如連日晴朗，或不絕風襲，則苗木之枯死必多；新植後，如細雨連綿，則苗木之成活亦易，雖栽植工人技術欠佳，亦無補植必要。故造林費預算中，平均列入補植費一、二成，率以為常，至若熟練工人，則僅百分之二至五許足矣。

第二款 播種造林法

播種造林法(Bestandesbegründung durch saat; Establishment of forest by direct seeding) 云云，乃將林木種子，直接播之山地之造林法也。故亦稱直播造林法。不惟無苗木養成之煩，復免人工栽植之勞，乃人工造林法之最簡單者。蓋非栽植造林之可同日語也。德國

雲杉、松、樹等，恆有以之造林者。我國以山林荒廢，雜草繁茂，雖不易作大面積之經營，然鬱閉森林，伐木跡地，而無雜草滋生之地，及山岳崩壞，巖石暴露，暨山土侵蝕，傾斜過急，氣候乾燥，而為造林困難之區，如將赤楊、山榛、白楊、洋槐、馬尾松、胡枝子等種子，散播其間，果能降水無虞，不難次第成林也。我國西北各省，山林荒廢，童禿彌望，草木絕跡，冲刷日烈，倘不急起造林，後患實難設想；今水土保持，既經積極提倡，森林復舊，允宜首先解決；顧西北各省，氣候惡劣，情勢特殊，故欲求森林復舊，應植樹播種，雙方並進，以便挹注，而奏膚功，決非僅恃植樹，所克收效者也。其春季乾燥，不易栽植之地，亦以播種造林為得，雲貴等省林業之復興，亦將有待於播種造林之努力矣。播種造林特點，有得而言者：

(一) 林木發生之初，即與造林地之氣候、土質相習，絕無不適之虞。

(二) 林木發生之初，其幼根即能隨其自然，儘量發展，而獲確實生長。

(三) 因自然淘汰之結果，佳弱樹苗，業已次第消滅，惟強健者，得以繼續生長。

(四) 林木發生後，雖難免敵害之侵襲，及枯損之發生，然以體質健全，足資抵抗，其感受損失者，終屬少數。

綜上四點，播種造林法，以視栽植造林及分殖造林兩法，就林木之生態及生理言之，可謂合理，而復最自然者，惟此法復以各種關係，恆不免發生挫折，未能盡如人意耳！

第一節 播種造林之環境

播種造林之成敗，繫乎林地環境之優劣；故當着手之先，尤宜善爲觀察，俾便適應，而獲成功，其實行上所應注意之點，分述如次：

(一) 樹種 播種造林，普通適用於具有大粒種之樹種，良以大粒種子中，含有多量之貯藏養分，發芽後生長迅速，滋繁較易故也。栗、櫟、油桐、胡桃、七葉樹、水青岡等，其適例也。針葉樹則以種子粒小，發芽之初，生長遲緩，如環境惡劣，便發育衰退，故殊不易獲良好之結果也。其幼樹生長迅速及適應力強之松，及落葉松等，及陽性而復價廉之樹種，亦不妨爲之一試也。其立地關係良好之地，亦有將樺、檜、山赤楊、鵝耳櫟等，舉行播種造林者。馬來及其他熱帶地方，橡皮樹、柚木、椰子等，亦不乏採用播種造林法者。雲南以春季乾燥，植樹不易，雲南松、華山松、櫟等，如於春季採用播種造林，則其成功必視植樹爲易也。

凡林木種子之供播種造林用者，非選品質優良者，不克濟事；其貯藏過久，及發芽力衰者，除於苗圃中善爲處理，以冀成長外，決非直播山地，所可適用者矣。

(二) 地床植物 林木之具有相當高度，且復不甚稠密者，在其庇護之下，從事播種造林，不惟絕無窒礙，且以林地得資適度之庇護，足緩土壤濕溫之變化，而免寒暑風霜之加害；故凡於無立木地，播種造林，至易失敗之樹種，皆得於林木庇護之下，冀其有成也。歐洲水青岡之播種造林，類於櫟樹上木之下行之，蓋亦以其足資托庇，成功較易故也。至雜草繁茂之地，以雜草奪取養分，遮蔽日光，發芽既難，

發育非易，故成績最劣；我國播種造林之未能廣事施行者，雜草滋繁，蓋亦一主因也。

(三) 有害動物 食害種子之鳥類，與野鼠等動物，滋繁較盛之地，播種造林之施行，亦極困難。栗、櫟、胡桃、海松、華山松等種子，乃野鼠松鼠所最嗜者也。松類小粒種子，乃鳥類之所嗜者也。凡有此類有害動物，頻加蹂躪之地，若欲施行播種造林，則非將此類有害動物，悉予殲滅後，不克有濟者也。

栗、櫟、櫟、胡桃等大粒種子，用供播種造林，以有野鼠、松鼠等大敵，不絕加害，迄無良好結果固矣，然年來有將是項種子，早春播之苗圃，使之發芽，迨六月下旬迨七月上旬間，苗高十至二十公分，發葉二三枚許時，慎重掘取（毋傷其根），植之山地者，所謂半年生造林，或發芽造林是也。

(四) 立地 林地之供播種造林用者，自以壤土為最佳；其為粘土者，雨後固結，每不易為幼芽所透出，而致枯死於土壤中者，實比比然也。其為砂土者，以水分消失，及土壤飛散過易，種子恆暴露地面，而無法發芽者，亦復恆見，而非偶然也。至暴風所及之地，亦雅不為播種造林所喜；良以水分消失，土砂飛散，皆有害於種子之發芽，及幼苗之發生故也。

空曠地上，新發芽之幼苗，有易罹寒害、霜害、旱害之虞，惟此等敵害，與播種時期，不無關係；如於早春或去年秋播者，以發芽較早，故被害亦易，其遲播者，以發芽較遲，故當酷熱之際，根部尙未發達，如遇旱魃為災，幼苗被害亦易，果能取土為之覆蓋，則吸水既易，發育亦佳矣。

第二節 播種造林之種類

播種造林之法，可分為全播 (Vollsaat; Broadcast or Full seeding)、塊播 (Stellenweisesaat; Partial seeding) 兩種，分述如次：

第一目 全播

全播亦稱廣播、均播、撒播，乃於林地全面，作平均同一之撒播者也。故其整地，亦應普及於林地之全面，此法如集約行之，則殊需多量之勞費，如粗放行之，則殊不易獲良好之結果；故全播僅限於廉價可得多量種子，及跡地整地無需多數勞力之地行之耳！

歐洲各國播種器 (Sa(e)apparat, Sa(e)maschine; Sowing-drill) 之發明，雖已為數頗多，然林地地勢，類各起伏不平，根株石塊，又復隨處皆然；故有之，仍難暢所欲言，順利進行，最普通者仍為手播 (Handsaat; Hand seeding, Sowing by hand)，其以手播播種者，其種子勻否，雖繫乎技術之良否，然當實施之際，應用方法，關係亦鉅也。分述如次。

(一) 應按地勢高下，將所擬之播種林地面積，分配為若干區域，然後將所有種子，再行按區分配之。

(二) 種子之為小粒者，應與米糠、木屑、或砂等混合，以便播種，而利均勻。

(三) 將每區所需種子，分為兩分，將該兩分種子，復各分別縱橫，作十字交叉式之播種。

兩種以上種子，其大小重量相若者，不妨設法予以混播 (混合播種) (Gemengesaat, Mischsaat; Mixed seeding)。惟當播種之先，務須

善爲混合，以期均勻，其大小重量，各不相若者，仍以分別播種爲得。

播種區域，應於邊緣，樹立木椿或旗幟，以便識別，待播種完竣，應以齒耙爲之覆土。

第二目 塊播

塊播亦稱區播、局播、所播，乃將種子僅就林地之一局部播之者也。故其整地，亦僅就所以播種之部分行之可矣。不惟所需人工較少，即種子、費用，亦均視全播節省（種子量僅爲全播之二分之一至四分之一，全面積除播種以外，無整地之必要）。其播種種類，爲數亦夥，可分爲帶播、溝播、床播、穴播四種，分述如次：

（一）帶播（*Streifensaat Riefensaat, Rinnensaat; Strips seeding or sowing*）亦稱條播、畦播，以其播種部分，宛如帶狀，故名。帶之寬度，及帶間距離，各不相同，帶寬普通約爲一公尺許，若爲雜草繁茂之地，以幼樹發生，易爲兩側草木所掩蔽，故帶寬不宜過狹，務廣取之。帶距以一至二公尺爲度，逾之，則幼樹分布，每呈不易平均之弊，益以帶區兩側，陽光充足，幼樹樹姿，恆不免傾斜而呈畸形。帶播法之實施，在林地整治較易之地，極爲便利，至若灌叢滋繁之處，非所宜矣。林地之較佳者，可先予淺耕一次，經耙平後，始於適當季節，將種播下，蓋乃播種法中之最良者也。用手播法時，一人以手播種，一人隨之以耙覆土，播種之能事畢矣。林地之平整者，經播種器播種後，可於地上以多杈樹枝曳過之，則所播種子，皆隨之覆土矣。亦有將帶區分爲數行爲之平行播種者。其生於中央部分者，幹部恆光滑挺直，蓋緣兩側林木交相擁護，不易傾側所使然也。

（二）溝播（*Line seeding, Sowing in trenches*）犁地如溝，溝距

一、二公尺許，種子即沿溝播下者也。栗、櫟、胡桃、水青岡等大粒種子，若以此法播種，極爲便利，實行時，由一人播種，一人隨之以耙覆土，雜草繁茂之地，應於開始一、二年間，除草一、二次可矣。

(三) 床播 (Platzesaat, Plattensaar; Patches seeding, Plat sowing, Spot seeding) 亦稱塊播及羣狀播，乃於造林地上，每隔相當距離，分設圓形、方形、長方形、或多角形之播種床，以資播種者也。其床之大小、形狀、及其距離，多不相同，取捨決定，全視樹種，及造林地之性質，以爲之斷。大床直徑有達一二公尺者，小床直徑則僅十餘公分可矣；床距則應視床徑大小、樹種、及林地性質，爲之左右，床之分配，固以整齊爲尙，然爲適應環境計，亦不妨略加伸縮也。

林地之爲重粘土質者，應於秋季掘取，並將雜草芟除，經冬暴露，以資改良土性，待播種之際，或略前數日間，予以整地可矣。此法既可節省人工，復可利用土地良好部分；在地勢崎嶇不平之處，尤爲得計。

(四) 穴播 (Lochersaat; Hole seeding, Dibbling) 亦稱點播，法以農具掘穴，而將種子一粒或數粒投置其間，然後以土覆之。大粒種子，可應用也。

第三節 播種造林地之整治

播種造林地之整治，乃有害地被物之除去，及地面之翻起，巖石地之加土是也。惟林地整治，除全播法應普及全面外，否則僅限於播種區域已耳！地被物之除去云云，與栽植造林地之整治相似，務將草木連根拔去，並以鐮割取，或用鋤剷除之。至落葉苔蘚之覆被不厚，及小灌木之分布極疏者，若欲爲松類及樺木種子之播種，實無另行整

治之必要也。若於着手播種之先一年間，放牧其間，俾得翻起地面，尤爲良好。其落葉苔蘚覆被較厚之處，可用齒耙除去之。夫落葉本爲農家重要肥料，若採集堆積，俾腐朽而成朽土，或充分乾燥，俾燃燒而成木灰，皆可供苗圃及造林地肥料用也。若無暇及此，可令附近居民，任意採集，以利之所在，必樂爲之，可無另給酬金之必要在也。

第四節 林地之播種季節。

林地若無冰雪存留之處，雖通歲播種，均無不可，然實際上，仍以春秋兩季爲主，間亦有爲夏播者。惟熱帶地方，雖可通歲播種，然仍以即播及在雨季前行之者，較爲普通。

(一) 春播(Friijahressaat; Spring seeding)乃最多數樹種所採用之播種法也。凡氣候乾燥之地，務須及早播種，俾抵夏季乾燥期前，根部業臻健全，足以適應環境；一般類不問積雪融化與否，即行着手播種，惟在適潤良好之地，有在晚春櫟樹新葉開展之際，始行播種者，當是時也，鳥類所喜食之昆蟲，業已漸次滋繁，鳥類必能轉移目標，不復爲種子患也。

其播種後，須待翌春始能發芽，即發芽須經一年以上者(若白蠟樹、見風乾等)。若子秋播，則翌春雖有少數發芽，然大部須再待翌春，始能次第發芽，故苗木大小，極欠整齊；是項種子，如能選擇濕潤之處，掘成深寬各約三十公分之溝，而置厚約十五公分許之種子於其間，復以落葉枯草覆之，並覆土其上，待翌春取而播之，當春必能大部發芽也。

(二) 夏播(Summersaat; Summer seeding)種子成熟後，即行

播種，所謂即播是也。有此必要者，例如白楊、柳，於五月上旬，榆於六月，樺木於七月播種是也，蓋以是項種子，成熟於春末夏初，如欲貯之翌春，再行播種，其發芽力，將全部或大部損失故也。如予即播，則播種後，即可發芽，入秋便成木化之小苗木矣。

(三) 秋播 (Herbstaat; Autumn seeding) 種子翌春固可早日發芽，然其缺點，亦有得而言之：

1. 以種子存留土中，須經悠長歲月，難免野獸鳥類之害；且小粒種子，融雪之際，易遭流失之患。

2. 翌春以發芽較早，故難免晚霜之害。

故秋播亦僅限於適合於即播之種子行之，例如樅、海松、冷杉、槭等，冬季貯藏，發芽激減，及槭、櫟、水青岡等，貯藏困難之樹種，類各行之。他如春季勞力不敷之地，亦有若干舉行秋播以補春播之不足者。爾外高山地方，春季積雪，一時不易融化之地，率以秋播為便。

第五節 林地之播種量

播種造林之種子播種量，得依下列條件決定之：

(一) 林木密度 播種造林，疏密過度，皆非所宜；良以過密則不惟須備多量之種子，且復有損林木之發育，過疏則以鬱閉之形成過遲，不惟地力維持不易，且復補植勞費橫增，甚非計之所得者。若密度適當，雖其樹種、土質各別，然播種後，六年至十年間，必能次第鬱閉，每株實際所佔面積，約三·六平方尺最為適宜。惟種子之不發生者，為數亦繁；故播種量應視實際需要量為多，就中且以小粒種子為然。

(二) 利用 若欲產生通直無節之良材，則播種宜密，若欲早日產生肥大之木材，則播種宜疏。

(三) 樹種 幼年生長遲緩，體質柔弱，及發生淺根，易罹寒暑之樹種，播種宜密。據德國實驗，每公頃全播所需種子，赤松十公斤，落葉松二十公斤，魚鱗松十五公斤，冷杉五十公斤，樺木四十公斤，赤楊二十公斤，櫟七百公斤。

(四) 立地 乾燥瘠薄，雜草滋繁，易罹凍害之地，播種宜密。

(五) 整地 整地完全，且復種子易於覆土之地，播種宜疏。

(六) 敵害 野獸、野鼠、昆蟲、晚霜、病菌為害之地，種子發芽前後，被害必烈，故播種宜密。且種子留地時間，務使設法縮短。

(七) 種子 新鮮優良之種子，播種宜密，反之宜疏。

(八) 播種法 全播以視塊播所需之種子，雖屬較多，然就播種與局部而論，塊播之播種反較全播為密，溝播約為全播二分之一，穴播約為全播四分之一。

如播種量不多，而整地及播種均能善為處理者，仍不難獲良好之結果也。惟普通播種量過少時，則幼樹之發生亦鮮，形成鬱閉所需之年數復久，管理費亦不免隨之增加，故論其結果，播種量過少者，終不若略多者之足以減少費用，而獲林相良好之林分也。

第三款 分殖造林法

分殖造林(Vegetative Forstpflanzung; Vegetative reproduction)，亦稱營養分殖造林，乃由母體分殖之造林法也。就中插條造林、壓條造林、及地下莖分殖造林三者，尤為主要，分述如次。

第一節 插條造林法

插條造林 (Stecklingspflanzung), 亦稱直插造林, 乃以由母體切取之枝條 (插穗), 直接插入林地之造林法也。插條造林, 與插條苗 (床插苗) 栽植造林, 蓋有顯然之不同, 斷不可混為一談也。為便於區別計, 插條造林, 特以直插造林, 或山插造林名之。其由苗床育苗, 然後出栽林地者, 謂之插條苗栽植造林, 固絕然異致也。

插條造林, 以其插穗大小之不同, 可分為插條 (Steckling; Cutting slip) 與插幹 (Setztange; Big slip) 兩種。前者以細嫩之枝條為之, 浙、閩、贛等省, 杉木造林屬之。後者乃將母樹之細幹或粗枝, 切為一至三公尺長, 就林地插之, 我國垂柳之供行道樹栽植者屬之, 所謂柳樁是也。廣州市內行道樹, 即以榕樹枝條, 逕就街道兩旁, 插之者, 亦屬之。

插條造林之用插條者, 歐洲之柳及白楊之供造林者, 皆應用之。日本樹種之行插條造林者, 則以柳杉居首, 羅漢柏次之, 白楊則較為罕見。我國則唯於杉見之, 餘不多觀。歐洲各國, 針葉樹類之以插條造林者, 其例蓋極鮮也。

插條造林, 雖其法簡易, 僅次於播種造林, 惟亦有以樹種及立地關係, 實行不易, 或竟致不可能者。此法除一時大面積造林, 極感困難外, 其缺點有得而言者。蓋插條造林, 以視栽植造林, 不惟成活殊不確實, 即成活矣, 亦復生長遲緩, 而不整齊, 故以此法造林者, 以視栽植造林, 所需管理、費用較多, 且其林相, 亦難整齊, 緣是從古屏棄插條造林, 而改行插條苗栽植造林者, 非無故也。

插條造林法與插條苗栽植法，所構成之林分，其林木之生長狀態，茲舉日本比較調查之數例如次，以資參考。

能登地方之羅漢柏，由插條苗栽植成林之林分，經栽植後四年，高約一公尺，其直插山地者，僅五十五公分耳！又插條苗栽植後，四十年生之羅漢柏之一品種，胸高周圍達一公尺，而直插之四十五年生者，僅六十公分耳。

又據彼邦肥後營林署所轄國有林內之調查結果，謂以二年生柳杉苗，栽植構成之林分，與密度相同直插林分之比較，造林後第十二年生者之標準木，直徑十七公分，樹高八·七公尺，後者林木中最大者，直徑八公分，樹高五·六公尺；且前者之林分已近鬱閉，而呈應予間伐之狀態，而後者尙未達鬱閉時期也。

要之，插條造林法，以成活不確實，生長遲緩，及林相不整齊等三大缺點，可謂將來絕無推行發達之望，惟其爲陰性樹者，如直插林下，而行擇伐作業法者，則以上諸缺點，尙可分別補救，良以插條之直插者，以承上木保護，不惟成活良好，且以樹屬陰性，在上木庇蔭之下，發育益臻繁茂，決無林相不齊之象，對於擇伐作業，絕無不便故也。

第二節 壓條造林法

壓條造林 (Absenkerpflanzung) 云云，乃由母樹根旁所生之枝條，屈曲壓土，使之發根，而成一獨立之林木，以遂其滋繁者也。我國以此法造林者，尙未多觀，日本福井、長野、秋田諸縣，柳杉林之營成，頗多應用此法者。彼邦福井縣、片上村之所行者，先將柳杉苗，每隔四至五公尺距離，疏植之，在開始數年間，經營間作，其所以疏植者，

蓋欲使林木易於發育，下枝不致枯死故也。迨林木生長，接近伐期時，當伐採前四、五年頃之早春，於每一母樹周圍，各掘四、五個穴，而即壓伏枝條於其間，待發根後，始與母樹切離，而成獨立之林木，以生以長者也。依此法造林者，經一度栽植後，即可次第以壓條更新，更無另行栽植之必要矣。

第三節 地下莖造林法

地下莖造林(Rhizompflanzung)云云，乃由母株掘取其地下莖，切為適長，以直接就造林地栽植之法也。竹林之人工造林者，即以此法營成者也。竹之栽植，普通將母竹與地下莖一併栽植之，亦有去其幹部，僅留竹根，與地下莖一併栽植者。

竹類可分為竹幹叢生，及由地下莖蔓延形成所謂鞭根之兩種，前者分離而栽植之可矣，後者應將其地下莖切為適長，而直就目的地栽植之。惟僅以地下莖繁殖，以造成林，所需之年數較多，故普通每與母竹一併栽植之。

分殖所用之地下莖，務取其年幼者用之，地下莖、剛竹、淡竹之三年生者，發育最盛，苗筍最繁，爾往漸次衰退，五年生者，漸次腐朽，經七、八年後，則全部枯死矣。毛竹則其三至六年生者，發育最盛，苗筍最繁，八至九年頃，開始腐朽，十年以上，則漸次枯死矣。故分殖用地下莖之取用，亦與竹苗養成法同，就發育最盛之年齡，選用之。剛竹、淡竹，應擇二、三年生者，毛竹應擇三至五年生者，其地下莖而須與母竹合栽者，類擇其較幼之一、二年生者，良以母竹年幼，而地下莖業已年老，則其發生終難良好故也。故選用以二、三年生之地下莖所發生

之一、二年生之幼竹，其最適者也。當掘取時，其根株前後，地下莖上所生之幼芽，務須善為保護，而勿予損傷為要。地下莖之在根株前方者，健全之芽至少須有五至六個，而地下莖應切為五十至六十公分許長，在後方者，其長切為二十至三十公分可矣。地下莖之無芽者，已無繁殖力，植之無益，應屏棄之；惟適當之地下莖，一時若欲求得多量，抑亦事實之不可能者，故一時欲為多量之栽植，或連年需要相當之數量時，應依照次法，以為母竹之養成。

母竹養成法，於盛夏即地下莖之伸長最盛時期，就竹林邊緣，日照良好之地，開墾五至十公尺寬，並施以堆肥，及其他肥料，以誘導其蔓延，然後就中擇其發育較優者，以為母竹；掘取之母竹，為減少風之抵抗計，應留枝三四級，高二至三公尺許，運至目的地栽植之。其將運至交通不便之處栽植者，為節省運費計，有將母竹莖部全部切去者。惟如此處理者，運輸、栽植雖較便利，然其成功，則需年數較多矣。

栽植季節，以十月下旬為最佳，春季苗筍前三月頃，及採筍後五六月頃，亦可，俗稱舊曆五月十三日為竹醉日，於是日栽竹，無不活云。栽植株數，毛竹每畝十棵至十五棵，苦竹、淡竹二十棵至三十棵。

第三章 天然造林法

天然造林亦稱天然更新(Natürliche Verjüngung, od Bestandesgründung; Natural reproduction, or Regeneration) 伐採森林或予以其他適當處理，利用林木自身之繁殖或再生力，以更新其林分者也。此項方法，分述如次：

(一) 天然下種更新法:

1. 皆伐天然下種更新法:
 - a. 大地皆伐天然下種更新法.
 - b. 帶狀皆伐天然下種更新法.
 - c. 孔狀皆伐天然下種更新法.
2. 殘伐天然下種更新法:
 - a. 散狀殘伐天然下種更新法.
 - b. 羣狀殘伐天然下種更新法.
3. 傘伐天然下種更新法:
 - a. 大地傘伐天然下種更新法.
 - b. 帶狀傘伐天然下種更新法.
 - c. 魏格納氏帶狀擇伐法.
 - d. 孔狀傘伐天然下種更新法.
 - e. 帶進孔狀傘伐天然下種更新法.
 - f. 楔狀傘伐天然下種更新法.
4. 擇伐天然下種更新法.

(二) 萌芽更新法:

1. 矮林更新法
2. 頭木更新法
3. 截枝更新法

(三) 地下莖天然更新法(竹林更新法).

第一款 天然下種更新法

天然下種更新 (Natürliche Verjüngung aus Samen; Reproduction by self sown seeds) 云云，乃由母樹 (Mutterbäume, Samenbäume; Mother trees, Seed trees) 自然落下飛散之種子，發生幼樹以圖林分之更新者也。是項更新，以母樹及更新地位置，得分爲下列兩種情形。

(一) 母樹之生於更新地內者 幼樹所由發生之種子，乃由生存於更新地上之母樹所供給者也。此項天然下種，謂之上方天然下種 (Schirmbesamung, Naturbesamung durch Schirmbestand; Regeneration under shelterwood)。

(二) 母樹之生於更新地外者 幼樹所由發生之種子，乃由生存更新地外 (普通爲鄰接地) 之母樹所供給者也。此項下種，謂之側方天然下種 (Seitenbesamung, Naturbesamung durch Seitenbestand; Regeneration by seed from adjoining wood)。而側方天然下種之更新地，鄰接母林，且更新地面積不廣，其土地與幼樹，均可享受母林之保護者，特以林緣天然下種 (Randbesamung) 稱之。

惟以上所述之天然下種兩種情形，以種子飛來方向，不易顯別，故實際上，仍不免混淆也。當天然下種更新之際，所應注意事項，有得而述者：

- (一) 更新地，務須注意多量散布種子之工作。
- (二) 散布之種子，務使多量發芽，而成幼樹。
- (三) 發生之幼樹，務使適合環境，充分發育。

上述事項，爲一般天然下種更新成敗所繫之絕對必要條件，其天然下種更新結果不良者，究其原因，要不外以上述條件不甚適宜

所使然也。

天然下種更新，散布地上種子中，發芽而成幼樹者，固為發芽之適當環境之所賜，然就數量言，僅占散布種粒中一小部耳！良以森林中棲息食害種子之鳥獸，常以種子為其食料故也。故在鳥獸之害較多之地，實無更新成功之望，以是被害有無，亦應事先調查，凡可以設法驅除者，應即加意驅除，然後從事更新，以免被害。敵害之驅除，類於母林結實之先一年行之。種子供給，無論如何豐富，而種子之發芽及幼樹之發育，如無良好狀態以為之助，則更新仍難充分進行也。對於種子發芽及幼樹發育，應予優良之狀態，雖亦以樹種及立地關係而互異，其一般所共通者，述之如次：

(一) 障礙物之除去 障礙物之除去云云，凡物之足為種子發芽及幼樹發育之障礙者，悉應予除去之謂也。即當伐木之際，所遺棄之小樹枝葉，予以砍碎，或燒却之，雜草灌木，及無用樹種，予以刈除或伐採之，或併根部而掘取之。又凡是阻礙引火之植物，應使之枯死，其大木之須費伐採之勞者，應予以卷枯，俾得順利更新，無所阻礙。惟灌木類，對於寒暑乾燥，具有保護幼樹之效，如感必要，即應設法保留。惟幼樹在極端幼稚期間，足資保護之灌木，若幼樹發育，已抵相當程度，反足為害時，即應及時除去，不容猶豫。

(二) 整地 種子落至地上後，如不能與土壤相密接，雖得相當之濕氣，仍無發芽之可能。縱令發芽，以幼根不能伸入土中，仍無發育之可能也。故地上有腐植質及落葉之積存者，為便於種子發芽計，此地表之耙起，及落葉除去之所以為必要也。其僅為腐植質之積存略厚者，林木伐採後，以暴露風光，業經自然分解，而露出土面，故無

另行處理之必要矣。再當無雪之際，以伐木、運材、耙起地面之結果，地被物於無形中已與土壤相混合，抑亦自然播種床之良好狀態也。惟當雜草過茂，及落葉過厚之際，特種處理仍感必要時，應予引火焚之，或用鋤耙作成多數塊狀或線狀之翻土，俾礦物質土壤，得以露出地面，家畜放牧，亦有攪拌地面之效。

(三) 濕氣之調節 幼樹發育所需之地濕，上方天然下種，得藉伐採度增減，以爲之調節，良以更新地之寬度不廣，則側方之保留林分，足以遮蔽風光，而杜土地過燥之弊。幼樹對於乾燥寒暑之害，影響至鉅，母林實具保護防止之效。陰樹幼樹對於乾燥寒暑，抗力尤弱，故其更新地之寬度，應力求狹小，俾得托庇側方母林之下。其寒暑影響，感應較易者，其更新地應以東西向，而細長設之，蓋所以防止寒風及南方之烈日者也。一般母樹之保護作用，其效力可達樹高二倍以上，惟陽性樹種，性堪耐燥，對於寒暑抗力，不惟較強，且在充分日照中者，發育更佳，故當陽樹林更新之際，更新地便應取之較寬，不宜過狹也。

天然下種更新，復依伐採方式，得分爲下列四種：

- (一) 皆伐天然下種更新法。
- (二) 殘伐天然下種更新法。
- (三) 傘伐天然下種更新法。
- (四) 擇伐天然下種更新法。

第一節 皆伐天然下種更新法

皆伐天然下種更新法(Kahlschlagverjüngung durch Naturbesa-

mung; Clearcutting with natural reproduction by self-sown seeds) 云云，乃將所欲更新之林分，予以皆伐，然後於其跡地，以天然下種（普通為側方天然下種），為之更新者也。凡林分更新，俟將林木全部伐採後，始予成立幼林者，謂之後更作業（Nachverjüngung; After-reproduction）。故皆伐更新，俱為後更作業，皆伐天然下種更新，蓋乃天然下種之後更作業也。

（一）種子之供給 皆伐天然下種，其更新所需之種子，乃由於皆伐地（更新地）之鄰接地內母樹所供給者也。其種子類藉風力，由母樹散布於更新地上，亦間有由更新地內之母樹落下者。其種子供給，可分為次列兩種：

1. 林木當伐採之先，已有多量種子飄零地上，埋藏土壤中，迨經皆伐或火災等環境激變之後，方開始發芽者也。此種事實，美國太平洋森林地方之花旗松等針葉樹林中，每恆見之。種子埋藏土壤中，冷杉屬、黃杉屬之種子，經五六年；紫杉屬、圓柏屬種子，經十年仍不失其發芽力云。

2. 種子當伐採略前，由伐採木落下，或於伐採之際，方始落下，或由伐採之伐倒木散布者。蓋以時間論，第一種情形，乃種子於落下後伐採者；第二種情形，乃種子於散布時期伐採者；第三種情形，乃由種子成熟而未落下時伐採者；第三種情形，當伐採木運出林外時，所有着生果實之枝條，得乘運出之便，將種子廣布於林地全部，得收幼樹平均發生之效。美國所產之撓轉松（*Pinus contorta*）及捷克松（*P. Banksiana*）等球果成熟後，鱗片不即開裂者，均適用之。

皆伐天然下種更新，種子供給之途，雖各異致，惟普通所可行者，

則爲側方天然下種之法！茲專就是項情形，以申述之：

(二) 種子之散布 側方天然下種更新，凡針葉樹類之種子，輕小及其有翅而易飛散者，均適用之。至若栗、櫟、槲、水青岡等種子之重大者，實行極爲困難也。若種子較重之樹種，而在風力較強，及傾斜地上方，而有母林之生存者，亦可實行，而非絕對不可能也。

爲此項更新法之實行者，其種子普通當接近母林之處，散布較多，迨距母林愈遠，散布愈疏，故其幼樹之發生，距母樹愈近而愈密，反之而愈疏。是以母樹生存，如僅限於更新地之一方者，除較易飛散之種子外，大面積之更新，殊難望其有成也。凡更新同一面積之土地，沿母林而爲細長更新地之設置者，蓋乃有裨於種子之多量及平均之散布者也。

爾外當側方天然下種更新實行之際，所應注意者，厥爲種子散布季節之風向是也。良以風爲散布種子之原動力，欲求皆伐地上種子散布良好，務使母林位於更新地之上風地帶，此蓋天然更新之一般法則也。更新地之爲狹長形者，長邊如與風向取得直角方向，則更有助於更新者矣。如母林生存於更新地之兩側及其周圍者，便無考慮之必要矣。

皆伐天然下種更新，依其皆伐地之大小、形狀，可分爲下列三種：

- (一) 大地(大面積或廣地)皆伐天然下種更新法。
- (二) 帶狀皆伐天然下種更新法。
- (三) 孔狀(羣狀)皆伐天然下種更新法。

第一目 大地皆伐天然下種更新法

大地皆伐天然下種更新法 (Kahlschlag auf grosser Fläche);

Clearcutting the whole stand) 云云，大面積之林分，經一度皆伐，由側方天然下種更新者也。惟限於具有易於飛散種子之樹種之森林行之。

此法所能更新之面積，以其樹種及種子之飛散力而異致，雖同一樹種，以地形及風力關係，而未可一概論者。試就德國樹種種子之飛散力觀之，當微風之際，白楊可飛一小時以上，而種子之飛散距離，白樺、落葉松、榆爲母樹高之四至八倍。雲杉、赤松、黑松、赤楊爲三至四倍。槭、白蠟樹、兒風乾爲二至三倍。檜、冷杉爲一至二倍。至櫟、柞、七葉樹、胡桃、栗、櫟等重大種子，若於強風急坡之地，或在降雨之際，或藉動物之力，雖獲佈及較遠之處，然此類樹種，欲藉此法更新，終難有濟者矣。

據德國平地上之經驗，凡雲杉、赤松，在母樹高五倍距離之處，以此法更新，則可完全成功云。據日本對於赤松之觀察，則謂在母樹高五倍距離之處，亦可完成更新，而周圍及土地狀態良好之地，雖母樹高十五倍距離之處，仍得形成充分鬱閉之林分云。又依土地與母樹相距五百至六百公尺之地，一公頃內，得發生幼樹二、三萬株，抵一千五百公尺之處，幼樹仍復有零落點點發生者，此殆以地勢及土地狀態著異故也。要之，此項更新法，以一時將大面積之土地，予以皆伐裸出之故，母林對於土地幼樹，皆失保護之效，故此法不惟足以損害地力，且復陷林地乎乾燥，促雜草於繁茂，並易招氣象上各種危害之患，故除強陽性樹種而外，可謂絕無施行之可能性也。

第二目 帶狀皆伐天然下種更新法

帶狀皆伐天然下種更新法 (Kahlsaumschlag; Clear-cutting in

strips)云云，乃將所欲更新之林分，區劃為若干狹長帶狀地區(Saum-strip)，先將其中一至數個帶區，予以皆伐，藉鄰接母林之側方天然下種，予以更新，次復漸及於其他帶狀地區，以底於成者也。帶狀地區之寬度，應按照樹種(耐蔭力，抗敵力及種子飛散力之大小等)及立地之狀況，而妥為決定之。例如幼樹而需母林側方之保護較殷者宜狹，反之宜廣；此項更新法所定帶寬，以母樹高之二分之一至四倍為度。

帶狀更新法，蓋乃對於樹種之較為陰性，而需母林保護之林分，所行之更新法也。至抵抗力強之陽性樹及無保護之需要者，殊無此法之必要也。若干如此林分，而欲施行此項更新法時，則僅考慮種子之散布程度，以決定適當之帶寬可矣。對於陽性樹若欲施以寬度不廣之帶狀更新，則轉以日光不足，恆不利於幼樹之發育矣。

對於帶狀地區較寬之更新地，而無需母林作用之寬帶狀皆伐法(Kahlstreifenschlag)，如僅就更新地之形狀觀之，固應屬之本法，然就造林學論之，則當屬於大面積之皆伐法也。此法依照進行順序，可分為交互帶狀與並進帶狀二種。

其一 交互帶狀皆伐天然下種更新法

交互帶狀皆伐天然下種更新法(Kulissenkahlschlag, Springkahlschlag; Clearcutting in alternate strips)，乃將預定帶區，同時皆伐，由其殘留林分，為之側方天然下種，以資更新，待更新完竣再從事於殘存地帶之更新者也。換言之，即將全林分經兩次更新後，始完成其更新者也。為求新林分之同齡計，當第一次伐採後，應於短期間內，即行着手其第二次伐採，先後(第一第二)兩次伐採之間隔，普通

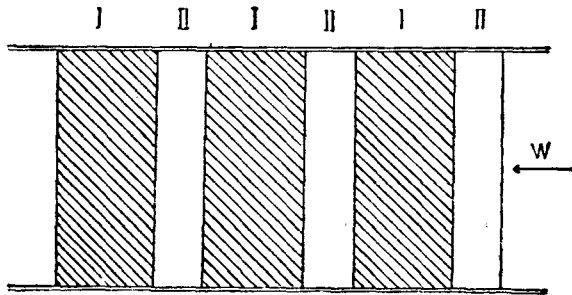
短者三年，長者十年，亦有須經二十年之必要者，此蓋與樹種之結實狀態（結實周期之長短），及更新之成績，幼樹所需保護之程度等，俱有深切之關係也。

依照此法所由成立之林分，當其幼時，林木高度相差雖鉅，然待林木生長後，其差漸微，待壯齡而後，則其林相，已與同齡林相髣髴矣。

當第一次伐採之際，皆伐地之兩側，雖各有母林之存在，待第二次伐採後，則全林地上，可供種子之母樹，已無復子存，故第二帶區，已不能再藉側方天然下種更新明矣。其第二帶區，若欲以皆伐天然下種而更新之，則當第二次伐採之際，不得不藉伐採自身，以供給其種子也。故此法第二次伐採，應於林木結實年度時行之。惟第二次伐採，亦有不克待之林木結實年度行之者；當是時也，如仍必欲施以天然下種更新之法，則除皆伐之外，不得不行其他天然下種法矣。後節所述之殘伐法，及傘伐法等，上方天然下種，即補救本法之普通所用者也。循是為之，則全林更新，乃取側方天然下種，與上方天然下種兩法並用者矣。此法以第二帶區之林分，並非皆伐，故其更新絕非一次更新所能終了，須經二次或二次以上伐採之必要；緣是更新期間，遂爾延長矣。如欲避免更新期間之延長，則為第一次皆伐，即當第一帶區更新之際，即應從事於第二帶區之間伐；良以第二帶區，如用上方天然下種，予以更新，其所需年數，以視他法，得以縮短多矣。當第一次皆伐之際，而行下次更新地區之預備伐採者，為帶狀皆伐之前伐（Kahlsaumschlag mit vorlichtung）也。更新第二帶區之法，最簡單者，厥惟於皆伐跡地，以人工播種，或栽植苗木，以事造林是也。如此情形，即全林分，以天然下種與人工造林變管齊下，以事更新者也。

第一次之伐採面 (Schlag; Coupe) 與第二次之伐採面, 其面積可不必相同, 第一次伐採地之面積, 應就全林地面積中 30—70% 範圍內, 善為決定之。惟就第二帶區之關係上言之, 普通第一次伐採地之面積宜大, 第一次應伐採全林分之三分之二, 即 60—70% (參閱第四圖), 即第一帶區之寬, 約為第二帶區之二倍也。

第四圖 交互帶狀皆伐天然下種更新圖。



I 第一次皆伐地帶 II 第二次皆伐地帶 w 風向

第一帶區, 以其兩側, 具有母林, 故其更新亦易, 惟第二帶區則反是, 故第一次採伐, 務以較多為得, 就中且尤以陽性樹林為然, 良以帶區寬度較寬, 則以日照充分, 殊有助於幼樹之發育故也。惟殘留林分寬度過狹, 各種危害, 亦隨之俱興, 對於暴風, 危險尤甚, 故其殘留林分之寬度, 務以對於暴風不致發生危險為度。殘留林分寬度過狹, 除足以發生風害外, 且足減損母林保護之作用, 並復影響二次伐採之收入, 抑亦事實之不可諱者, 故普通第一帶區寬度, 約為樹高之二至四倍, 第二帶區寬度, 至少應與樹高相等。

當第一次採伐之際, 其接近皆伐地兩側, 伐採林木, 對於風害關

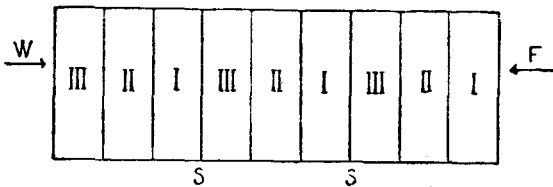
係，亦應注意者也。凡林木之生於鬱閉林分內者，如一旦使之突然暴露，對於暴風，危險至鉅，故林木之生於第二帶區之林緣者，務以慎選抗風力強之樹種為要。林業之為集約經營者，當着手更新數年之先，帶區境界，離伐 (Loshieb; Severance cutting) 工作之所以為必要也。離伐云云，乃沿林分境界，將其林木，伐採數列，俾林分間得以互相隔離者也。循是行之，則林緣林木，得以日照充分，發育必佳，抗風之力，自亦隨之俱進矣。離伐寬度，普通十公尺許，已裕如矣。

帶之長邊方向，究應如何決定，倘母林僅限於皆伐地之一方有之，則母林應存於上風地點，以便種子散布，若皆伐地，形狀狹長，兩側均有母林，而如本更新法者，無論如何風向，種子散布，均無不便；故帶之方向與風向，可謂毫無關係，僅須對於伐採木運出便否，為之考慮，以資取捨可矣。帶之長邊，如就與林道成直角方向設之，對於伐採木之運出，固極為便利，且當第二帶區，從事伐採，而將伐採木運出之際，絕無通過更新地 (即第一帶區) 之必要，抑亦有裨於幼樹之發育者也。

其二 並進帶狀皆伐天然下種更新法

並進(連進)帶狀皆伐天然下種更新法(Progressive clearcutting

第五圖 並進帶狀皆伐天然下種更新圖(示三個伐採列區)



數字示伐採順序 F 伐採方向 W 風向 S 離伐

in strips; Progressive clear strip method), 乃由林分之一端(普通爲下風方面), 開始帶狀皆伐, 待更新完竣後, 漸及夫鄰接帶區之更新者也。普通帶狀更新云云, 卽指此法言也。

在交互帶狀皆伐法, 雖可僅由兩次伐採, 便得更新其林分之全部, 然此法至少須經三次伐採後(參閱第五圖), 始獲竣事, 惟由此法更新而成之全林分, 爲求趨於同齡計, 務須縮短其更新期爲要。更新期間, 以伐期長短, 得就十至二十年間, 酌量決定之。伐期長時, 更新期間雖亦較長, 然其林分, 待與伐期相接近時, 便呈一齊林矣。

惟林分之爲大面積者, 帶區寬度, 如不予特別增寬, 而欲於短期間內, 將全林分更新完竣, 抑亦事實之不可能者。大面積之林分之更新, 如僅由一方循序漸進, 作普通之帶狀皆伐, 則欲求全林更新完竣, 須經悠久歲月, 故新林分便呈樹高不齊, 而爲階級顯然之異齡林矣。

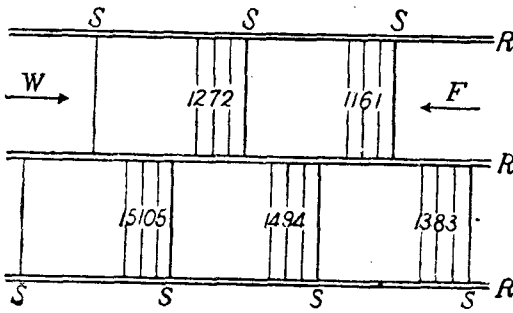
大面積林分, 欲藉帶狀更新, 而成同齡林時, 則其更新不能僅由林分之一方開始, 而應將全林分分爲若干部分, 同時開始, 以更新之。例如設將全林分區, 分爲九個帶區, 並將三帶區合爲一組, 共分三組。各組之第一帶區, 於第一次皆伐之更新完竣後, 復同時作第二帶區之更新, 然後再及於第三帶區, 循是行之, 則與以上所述一組小面積林分之更新, 適復相若, 於短期間內, 便將全林更新完竣矣(參閱第五圖)。若全林分, 面積更大, 而帶區數益增時, 則益增其組數可矣。故林分面積, 無論如何廣大, 皆可以狹形帶狀皆伐, 並得於短期間內, 將全林分次第更新, 而營成爲同齡林也。

如上所述, 按照一定方向, 循序而爲更新之進行時, 其相與鄰接伐採地之一組, 卽所謂伐採列區(Hiebszug; Cutting section or

series)是也。伐採列區云云，乃在同一林分內，其林相、立地，既各相若，而其寬度、面積，又復相同者也。

如上所述，各伐採列區，待第一帶區伐採數年，更新完竣後，始着手夫第二帶區之伐採，然其伐採順序，亦有如第六圖所示，而予以更新者。此法以視前法，每次伐採量，雖屬較少，然得於同一林分內，年年伐採，固無間隔之必要矣。

第六圖 五年間隔之並進帶狀皆伐天然下種更新圖(示五個伐採列區)



數字示伐採年度 F 伐採方向 W 風向 R 道路 S 離伐

鄰接兩帶區間之伐採間隔，則以更新成績為之左右，而未可一概論也。普通以二至五年為度，若闕五年，而更新仍復未臻充分者，則應以植樹補充之。而各伐採列區，最後帶區之更新，究應如何行之，抑亦問題之不可忽者。該帶上風林緣，普通保留數列母樹，使之下種，俟母樹伐去後，幼樹發生，仍感不敷時，再以植樹補充之；亦有全部皆伐，俱用苗木栽植者，或如交互帶伐法，由上方天然下種，以更新之。

並進帶伐法，如在平地，為便於種子散布計，應與風向反對方向進行固矣。然於山地，則除風向而外，復有考慮伐採木運出便否之必

要；故在傾斜地，應將帶之長邊，就山腹傾斜方向設之，而由與風向相反之水平方向，次第更新之。

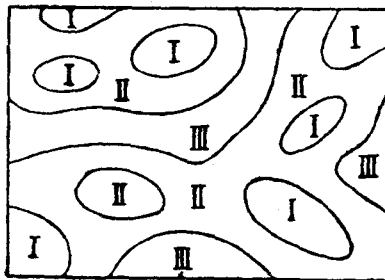
第三目 孔狀皆伐天然下種更新法

孔狀或羣狀皆伐天然下種更新法 (Löcherweiser Kahlschlag; Clearcutting in patches, Patch or group clearcutting method) 云云，乃於林分中各處，分別施以孔狀皆伐，由其周圍母林，側方天然下種，俾便發生幼樹，復由孔狀周圍，次第擴充，予以更新者也。故由理論上言之，蓋乃不規則之帶狀皆伐法也。

帶狀皆伐法，凡森林之土地、林相，俱較整齊者，可以正規行之固矣。然遇森林之為地形複雜，地味參差，或雖屬同齡，而林相不齊者，正規之帶伐法之施行，抑亦事實之不容許者，無已，惟有採用本法而已。

本法應就全林分中，選擇所應最先更新之處，先行着手皆伐；所應最先更新之處云云，蓋乃全林分中，以風、雪、病蟲等害，林相業經破壞，或以鬱閉破裂，多數幼樹(所謂前生樹)業已聚生，及其他低溫地

第七圖 孔狀皆伐天然下種更新圖



數字示伐採順序

區，而有風害危險之處是也。如此部分，務須先行皆伐，待更新既竣，然後就其周圍，次第擴充，以更新之。其用以擴充更新之中心孔狀面積，亦以樹種林相，未能一致，普通以二至十公畝為度。其狀，圓、橢圓、方形，任意選擇可也。且擴充更新時，所應擴充範圍，亦不必相若，要視幼樹發育狀態，各就便利為之更新可也。

全林分更新完竣，所需伐採次數，亦以樹種、林相、立地，未能一致。其全林分僅以兩次伐採，而可竣事者，則除伐採地形狀為不規則外，其更新法，實與交互帶伐法相類似也。其伐採，須經兩次以上，始獲竣事者，除皆伐地形狀為不規則外，實與並進帶伐法相髣髴也。

凡由本法更新而成之新林分，更新期間，如不使之過長，則其林木之年齡高度，雖不免略有差異，要亦可以同齡林視之也。

本法當着手更新之始，其孔狀伐採面之周圍，以其母林存在，既適於種子之散布，復獲充分之保護固矣。待更新面漸次擴充，孔狀地隨之俱增時，母林所存，勢將限於一隅；益以位置不定，深感不利，洎乎更新末期，不惟殘存母林，易遭風害，且當伐採木運出之際，復易損傷幼樹，終不得不引為遺憾焉。

第四目 皆伐天然下種法之得失

皆伐天然更新法，互有得失，茲述其優點如次：

(一) 各更新法中，其法簡而易行者，當以皆伐更新法為最，故無須熟練技術之必要，雖無甚經驗者，亦能處之裕如也。

(二) 皆伐更新法，在各更新法中，其事業最為集中，故對於同一之伐採量，其收穫費亦屬最少。

(三) 皆伐更新法，不惟幼林成立較速，即更新期間亦較短促，更

新期間短促，乃林業經營上獲益最大者也。

(四) 皆伐法，乃最適於同齡林之營成者也。同齡林不惟得以產生同大之木材已也，其林木且復具有淨幹較高，幹形圓滿之優點。

(五) 皆伐法，係後更作業之一，故當伐採木運出之際，得免損害幼樹之虞。

(六) 皆伐法，足使幼樹得以充分感受日照光，故為陽性樹林更新法中之最適者也。

(七) 凡具有多數過熟林木之林分，其更新法，未有如皆伐法之得以簡而易行者，即以經濟上言之，是項林分，亦以早日利用為得。

(八) 凡林分之生存於風害較頻之處（風襲較強之處，及淺地濕地等）及森林之為淺根樹種，鬱閉過密者，如欲從事更新，均以皆伐為宜。

其優點既如上述，然其劣點，亦有得而言者。

(一) 皆伐法，足令地面暴露，致使雜草繁殖，土性惡化，重以母樹絕跡，故幼樹易蒙氣象、昆蟲之害。樹種中且有採用此法，而坐更新成績不易確定之弊者，

(二) 林分皆伐後，易蒙土地侵蝕、崩壞及雪類、洪水之患。

(三) 以皆伐林林相，齊整過甚，有減損風致及風雪抗力之弊。

(四) 皆伐天然下種，凡種子較重之樹種，實行既非易易，且其種子散布，以視上方天然下種，亦欠平均。

綜上所述，如能將皆伐地縮小範圍，則其缺點，亦得相當補救，或竟全部避免；然如是為之，皆伐法之優點，亦不免同時為之減損矣。

第二節 殘伐天然下種更新法

殘伐天然下種更新法 (Natural regeneration by seed trees method) 云云，乃當伐期之際，保留少數林木（其材積普通在 10% 以下）以爲母樹，由此母樹天然下種，而圖更新者也。此項母樹，以專供種子散布之用，故與普通母樹不同，應以種木 (Saambaum; Seed trees) 稱之。是項種木，經十至二十年，待幼樹發生後，便可伐採利用之，惟亦有將其種木之全部，或其一部留待下次更新期，始行伐採者。

由本法所成立之林分，其林木之年齡，雖相差至十至二十年，然亦仍可作同齡林觀也。惟自幼樹發生，迄種木伐採期間，種木於全伐期間，永予保存者，其林分終不免形成爲二級林也。本法母樹之保留，或以散狀，或以羣狀，故復可分爲散狀殘伐與羣狀殘伐兩法。

第一目 散狀殘伐天然下種更新法

散狀殘伐天然下種更新法 (Scattered seed tree method) 云云，乃當伐期之際，將其約占全材積 80—90% 以上之林木，予以伐採，而保留母樹，散狀孤立，以資更新者也。凡林分及立地之適當者，其更新僅經一次結實，遽告完成；然亦有須經數次結實，始克完成者。茲將是項更新所應注意事項，分述如次：

(一) 種木之選定 種木乃種子所由供給者也。故其選擇，務須充分注意爲要。種木選擇，以產生多量優良之種子爲要素，爾外所應注意者，便爲風害關係。凡種木之生於風害頻襲，危險較大之處者，則此法之實施，爲不易矣。淺根性樹種，及森林之生於輕鬆，或土層較淺，及低濕土壤，暨過密之鬱閉中者，卽其例也。種木之選，應擇樹冠健全，發育優良，抗風力強者爲之。蓋就一般言之，凡樹體高大，樹冠發達者，對於風害抗力恆強，結實亦豐故也。惟欲將母樹保留至下

次伐期，然後伐採者，其所保留者，果屬良木，則極不經濟（參閱種木之保留），故為求不違經濟原則計，應擇其利用價值較低者為之。惟其為病木及損傷木者，務以避免為要。

（二）種木之株數 種木株數，應視種木之結實量，及種子之分散力等，酌量定之。種子務以全面得以充分散布為原則，故本法僅適於種子較輕之樹種行之。良以較輕種子，至少得以飛至樹高等距之處故也。故凡林木之種子質輕，而復樹體高大者，每公頃內，有種木三株足矣。惟種子雖輕，而樹體不高，或結實雖豐，而種子較重之樹種，則每公頃內，須有十至十五株，或有逾之之必要。如在土地狀態適於種子發芽及幼樹發育之處，種木之株數宜少，反之宜多。他如完成更新，有利用一次結實年度，或數次結實年度之不同，及其種木於更新數年後，即予伐採，或永予保留之各異，故種木株數，亦未可一概論也。種木株數，雖以各種情形，未能一致，然就一般言之，每公頃內，保留三至二十五株，實可作約略之標準觀也。若一公頃內，種木株數，超過二十五株以上，則林地各部，幾全為種木所覆被，其林分且與傘伐林相類似矣。反之，每公頃內，種木如不足三株，則種子平均散布，亦決難有濟者也。若樹種之為雌雄異株者，所留種木，雌雄樹自應分別保留，以備繁殖；例如白楊種木，每公頃內應依雌三雄一之比，以保留之。

（三）種木之分配 為求全林地幼樹，得以平均發生計，種木務以平均分配為要。然其目的，亦非僅將種木等距離分配，即可盡其能事者也。應視種木性質，善為分配，俾便種子得以平均分布。凡地形之為不規則者，其種木保留，凡較高之地，應占多數為要。

(四) 更新地之處理 種子充分之散布，發芽適當之狀態及毋害幼樹之發育等處理，皆更新上所應注意者也。換言之，伐採之際，殘留枝葉之處分，雜草灌木，與無用樹種之除去及地表土壤之翻起等，莫不與種子發芽及幼樹發育，具有密切關係，而不容或忽者也。散生種木，對於土地之乾燥及氣象之侵害，皆予幼樹保護以相當效力者也。

若開始更新，業經五載，而幼樹仍未充分發生者，如不翻起土壤，或予相當措置，僅恃天然下種，終難有濟者也。故幼樹發生極少之處，亟應從事植樹，以補救之。

(五) 種木之伐採 待更新告竣，則種木之使命已畢；爾時應予幼樹以充分陽光，以促其發育，所有種木，亦應及時伐採，以資利用。當種木伐採之際，幼樹一時損傷，雖不可免，然如能注意行之，對於幼林成立，終無大損也。如以事業便利及經費關係，種木伐採確感困難者，應即聽其自然，留待下次伐期，再行伐採，就中或可產生較有價值之木材也。惟就一般言之，則大部分利用價值，終不免為之減損也。良以林木雖得於林分中，繼續發育，惟以驟然孤立，環境劇變，馴致皮焦之患，乘之而起，甚或竟停止其生長，衰頹其樹勢，而為病蟲侵害之媒，要亦不可不注意也。

(六) 種木之保留 種木之保留，普通已不重視其利用，然亦有未必盡然者。林木之存於肥地，且復林齡較幼及樹種之對於環境變化，抵抗力強者，其目的除供下種而外，同時復可以產生大材，而為之保留者。以此項目的，留待下次伐期，始予採伐之種木，謂之保殘種木 (Überhaltsaatbaum; Reserve seed trees)。惟保殘種木云云，

不惟僅爲產生種子之適當之種木已也，故應選樹勢繁茂，樹冠發達，雖達下次伐期，仍能充分繼續發育者爲之，其於今日已具特種利用價值者，應勿予保留，卽行伐採利用爲得。良以林木不論如何優美，如予以保留，其價值未必盡能益增無已故也。然就大體言之，應就普通種木中，擇其樹形較佳，利用價值較大者爲之，固無庸躊躇者矣。

採伐種木之株數，以其保留目的不同（以產生大材爲主，或以天然下種爲主，而以產生大材爲副。）而未能一致，以產生大材爲主者，其保殘種木，以視天然下種爲主者，株數宜多。

保殘種木之樹冠間隔，至少須在十公尺左右，故一公頃內，以五十至七十株爲最大限度。換言之，卽其母樹保留，以視普通情形，約爲二倍是也。保殘種木法，以其種木株數，視一般較多，故其種子散布之量既多，保護幼樹之力亦鉅，惟於下木發育，終不免爲祟焉。

第二目 羣狀殘伐天然下種更新法

羣狀殘伐天然下種更新法(Group seed tree method)與散狀殘伐法各異者，厥惟種木之保留爲羣狀耳！羣狀殘伐，足以減少種木之風害；良以將其林木突然孤立者，對於風害抗力，終不若羣狀者之爲較大也。惟羣狀愈小，則其效亦隨之愈減；故爲求對於風害之安全計，其羣狀直徑，至少應與樹高等量齊觀也。就中強風所及，濕潤之地，尤以益增其羣狀直徑爲宜。惟羣狀直徑，果與樹高相等，則母樹占領面積，不免過大，而更新面積，不免過小矣。故爲求切合實際計，應參照風害之危險度，酌留二至十株，俾成羣狀爲要。

羣狀殘伐法，既專以預防風害爲目的，故除必要者外，仍以採用散狀殘伐法爲得。良以種木株數，雖屬相同，然其爲散狀之分配者，

裨益種子之平均散布，非淺鮮矣。

林分中凡有抗風力強樹種之存在者，爲求保護風害抗力較弱之樹種計，亦有將是項樹種，混合於羣狀母樹中者，是項母樹，自亦散布種子，發生幼樹也。

第三目 殘伐天然下種更新法之得失

殘伐天然下種更新法，互有得失，茲先述其優點如次：

(一) 本法爲僅次於皆伐，而能簡而易行之法。

(二) 由本法更新之事業，亦爲僅次於皆伐，而能局部集中之法，以是更新上所需經費，亦屬少數。

(三) 當更新之際，以其土地大部，得以露出，故樹種之需此類發芽床者，抑亦所應採用之良法也。

(四) 樹種之調節，視皆伐法爲較易，故得達僅予保留母樹樹種之望。

其優點既如上述，其劣點亦有得而言者：

(一) 以其土地之露出較大，故樹種中，更新成績，有因之欠佳者。其露出地，雖不若皆伐之大，然相去亦屬無幾，其暴露土地之劣點，亦與皆伐法相髣髴也。

(二) 以其易遭風害危險，故除深根性樹種外，不甚適宜。

(三) 以種木株數，爲數較少，故其種子供給量，不若其他上方天然下種法之多。

(四) 不適於老齡林分，亦與皆伐法相若，良以老齡林分，不能產生多量之發芽力強之種子故也。

(五) 防禦土地之崩壞、侵蝕、及頽雪之效力均弱。

(六) 對於風致，雖視皆伐法聊勝一籌；然欲謂為優美，不可得已。

以上所述，除二、四兩點外，其保殘種木之採用，至某種程度時，或可設法避免也。

第三節 傘伐天然下種更新法

傘伐天然下種更新法(Schirmschlag-Verjüngung durch Naturbesamung; Shelterwood method with natural regeneration by seed), 亦即狹義之漸伐天然下種更新法也。若僅就其更新伐採之法觀之，可作保留多數種木之殘伐天然下種更新之一種觀也。惟殘伐更新之種木，僅足供種子散布用耳。然此項更新，則除散布種子之外，對於種子之發芽力及幼樹之發育，實具保護樹重要之任務。故此項更新，所保留之林木，如謂之種木，不若母樹(Mutterbaum; Mother trees)之為較妥也。且也，殘伐法，待幼樹發生後，母樹之去留，可任意為之，而此項更新，則在幼樹需要保護期間，母樹必須善為保留，待幼樹生長，無復母樹保護必要時，便應着手伐採，俾便幼樹發育；故其更新伐採，類須兩次以上，此與殘伐法不同者也。故由此法以為林分之更新者，其更新期間，亦視殘伐法為長，普通為四十至五十年許，甚有超過之者。故由此法更新而成之新林分，其林齡相差，亦為四十至五十，或竟逾之者，職是故也。

此項更新，對於同齡林，雖易實行，惟對於林分之已有多數林木業屆成熟，且復林相不規則者，仍無不便也。

第一目 更新伐採

傘伐更新之母樹，具有下種及保護幼樹之兩種作用，既如前述，惟幼樹在幼齡期間，所賴以庇護之母樹，待幼樹業屆相當發育後，便感有所障礙，而有從事伐採之必要。此項更新，得依幼樹狀態，分為三個階段，以考慮之。

- (一) 先由母樹下種，俾便發生幼樹。
- (二) 藉母樹庇護，俾便幼樹發育。
- (三) 伐採母樹，完成更新，以促進幼樹生長。

惟在更新期間，所應施行之伐採，以兩次為最少，其為集約之施業者，且有須經六次至十次者。惟此項更新伐採，得依據目的，分為下列三種：

- (一) 為準備更新，所行之預備伐。
- (二) 為完成更新，所行之下種伐。
- (三) 為促進幼樹生長，所行之後伐。

其一 預備伐

林分之欲藉天然下種以更新者，一須種子供給之充分，二須土地具有適於種子發芽，及幼樹發育之良好狀態固矣。惟一般鬱閉較密之林分，其林木之結實量少，故為求林木得以多量結實計，應使樹冠得獲充分之日照，俾便繁茂之促進，此林分間伐所以為必要也。預備伐 (Vorbereitung = Schlage od hiebe; Preparatory cutting or fellings) 之重要理由，蓋緣於是。惟預備伐，不惟足以促進林木之結實已也，爾外尚有其重要之使命在焉。重要之使命唯何？即經此項伐採後，得使土地對於種子發芽及幼樹發育，益呈良好狀態是也。密林間，地被物堆積恆厚，種子脫落後，以吸收水分較難，不易立即發芽，

即能發芽，而幼根伸入土中，亦非易易。故應間伐林分，俾土地得獲光熱之照射，及空氣之流通，而促地被物之分解。惟伐採過度，則以腐植質之分解過激，馴致雜草灌木，乘隙竄入，是亦不可以不注意者。又發芽床之適當條件，復以樹種而各異致；故預備伐之程度，亦應隨樹種而分別損益之。就一般論之，凡礦物質土壤之隨處點點裸出，及雜草各呈向榮狀態者，均可作地被物業已充分分解觀也。

爾外增進林木風害抗力，亦可視為預備伐目的之一。凡林分之鬱閉較密者，當着手更新伐採之始，尤應注意及之。

預備伐，有一次即可達到目的者，亦有反覆數次，始能達到目的者。其次數則以更新期間之長短，及伐採之程度與緩急而互異，此項伐採，自始至終，三至十年，始獲相當效果。

預備伐，所應伐採之林木，普通應就下列五項林木中選擇之。

- (一)病木，損傷木，畸形木。
- (二)被壓木。
- (三)樹冠之過大者。
- (四)樹體細長，樹冠欠佳，而有風害危險者。
- (五)無用樹種。

惟在普通情形下，欲將與上述五項相當之林木全部伐去，抑亦事實之不可能者。良以該項林木，全部伐除，乃係超過預備伐目的以外之過伐故也。是故以上五項之林中，似應保留若干，以備爾後伐採之需。其林木之備保留者，復應適當分配於全林地，俾樹冠各保平等之間隔；樹冠之間隔，最大距離，不得超過一至一·五公尺，此亦所應注意者也。由預備伐所伐除之林木，其材積普通約占全材積之20

— 30 %.

預備伐爲傘伐更新開始時所施之準備作業，既如前述，故其林分之已呈施以預備伐後之相似狀態者，便無預備伐之必要矣。林分之曾施適度正規之間伐者，由七十至八十年生以上之優勢木形成者，均無再施預備伐之必要矣。惟林分之以特種情事，絕未加以間伐之處，或雖行之，而極爲弱度者，當更新之際，預備伐仍屬必要。然此時所施之預備伐，與普通之間伐強度，初無二致也。此項森林，當更新之先，雖施以一至二、三次之預備伐，然其狀態，仍有難獲吾人所預期者，故比年來歐洲對於林分之欲行傘伐天然下種者，當林木尚在幼齡時期，即予正規間伐，並反覆施行，且益增強之，逮更新時期，則已獲充分適於更新之狀態矣。以是歐洲集約之傘伐更新，當更新之際，並無所謂特種之預備伐也。而傘伐天然下種之更新伐採，不期而將預備伐省却矣。

其二 下種伐

下種伐 (Samen = od Besamungsschlag; Seed cutting, Seeding felling), 以由母樹散布種子，俾獲發生幼樹爲目的，普通僅經一次伐採，即可完成矣。

預備伐之實施也，應選林木結實豐富之年，種子成熟之際行之。然下種伐，則於尚未結實之年，已有行之者。惟此僅限於正規結實之樹種，或林地中已有多量堪以發芽種子之埋藏，及鬱閉雖破，並無雜草繁茂，土地惡化之處行之耳！若樹種之結實周期較長，而復極不規則，及鬱閉破裂，易招雜草繁茂，暨土地惡化之虞者，自難適用也。故在普通情形，下種伐務在林木多量結實，而復種子充分成熟，或種子

脫落之際行之。蓋如是行之，不惟足以避免暴風及其他危害，而招母樹不能結實之患。且當伐採運出之際，以攪亂地面埋藏種子，實予種子發芽，以相當助力者也。

實施下種伐後，以地溫上升之結果，其供種子發芽床用之土地，遂益呈良好狀態，斯時以有多量種子，得與土壤相混合，故多數幼樹，遂亦隨之俱生矣。然實際上，此類條件之滿足，亦非易易者也。若施預備伐，而仍難予發芽床以適當狀態時，應由人力，將其地面各處，作孔狀或條狀之翻起，俾便種子之發芽。歐洲各國，當下種伐施行之先，每於林內放牧，以攪亂其地面者，職是故也。針葉樹林內之尚有未分解之落葉堆積時，亦應即予除去，以免發生阻礙。

下種伐之施行，普通一次足矣。然遇更新成績不甚優良時，待下次結實年度，仍有再施二次下種伐之必要，如已明知天然下種，業告失敗，不易成功時，即應於幼樹發生稀少之處，從事人工栽植，以資補救。

下種伐採木之選定，與預備伐大致相若；然如有超過此數以從事於伐採之必要者，應就其優勢木中，較為劣等者擇之。凡樹冠形狀之欠佳，而下枝之較多者，均應早日伐除者也。至樹冠之發育良好，而復淨幹較高者，皆母樹之最適當者，均應善為保留。惟樹冠過大者，仍應設法除去。良以如此林木，不惟有礙日光之透射及雨水之下注；且當伐採之際，復予幼樹以損傷故也。爾外必須留為母樹之林木，如其枝條橫展過低，所有下枝，即應設法修去；至若林木之樹高過低，遮蔽日光、雨水，有礙更新進行，而呈灌木狀者，去之務盡。

下種伐之伐採程度，所最應注意者也。惟伐採程度與樹種、立

地，亦著密切之關係。就樹種論之，則應參照種子之散布距離及幼樹所需之庇蔭程度，而酌量定之。例如陰性樹以需母樹之保護較切，而種子之質量復重，故其伐採度應弱，反之，陽性樹對於危害之抗力較強，而種子之質量復輕，故其伐採度應強。至母樹距離，應視種子得於微風飄揚中充分散布全面之程度下，作適度之配置可也。若就立地論之，凡林分之鬱閉疏散，而有雜草繁茂及土壤乾燥之虞，暨山腹南向，或西南向，而復土層淺薄之處，均以弱度伐採為宜。上述情形，務須詳加攷察，凡母樹之在必要程度內者，務須善為保護，如非必要，則其老齡林，要以及早伐採為宜。

保留母樹，務須善為分配，俾便全地，得以平均庇蔭；惟其配置，雖不平均，而無較大隙地，對於幼樹發育，仍無大害也。若論下種伐之鬱閉疏散，大體之標準，則當施行下種後，其林冠鬱閉，則應保持40—70%之程度，而殘存木之樹冠間隔，互為二至三公尺，或五至十公尺之距離可矣。

爾外當幼樹發生後之三、四年間，幼樹所需水分，應予注意，毋使發生不足之感，此當下種實施之際，所應注意者也。據德國學者研究，謂二年生幼樹，所需礦物質養分，為一年生者之八至十倍，所需水分，二年生者，以視一年生者，其量亦數倍之；此天然更新，幼樹發生，當第二年時，所以頗多枯死者也。

要之，當下種伐實施之際，其應保留母樹之配置，及所予林地庇蔭之程度，均應慎重考慮，以為伐採木選定之標準，並復重加考慮，然後決定，始行着手伐採之。下種法之適否，與更新成績，具有密切關係。下種伐，乃傘伐更新之各種伐採法中，最宜注意者也。

下種法之伐採量，以占預備伐前原林分材積之 25—50% 爲度，下種伐約經三至六年，始着手後伐。

其三 後伐

後伐 (Auslichtungsschläge, Lichtschläge, Nachhiebe; Removal cuttings), 亦稱完伐，乃所以促進幼樹之發育，並隨幼樹之發育，而漸爲老林木之伐採者也。後伐普通分數次徐徐行之，然於抗敵力強之陽性樹，亦間有於下種伐二、三年後，僅一次行之即告完成者。在此數次後伐中，其最後一次伐採，特稱之曰殿伐 (Endhieb, Abtriebs od Raumungsschlag; Final cutting)。

後伐第一次之伐採量，及其伐採間隔年數，以幼林所需之保護程度及界于林分之庇蔭多寡，而各異致。若採伐過急，則殊有害於幼樹之發育，甚有招枯損之虞者。故後伐，務以分數次行之爲妥。然其程度，亦以樹種關係，而迥異其趣，如越其必要程度而過之，則殊有害於幼樹之發育也。普通待幼樹略行生長後，則一公頃內，如上木尙予保留一百至一百五十株以上，便感有害矣。待幼樹狀態，已無保護樹之必要時，亟行伐去之，故行下種伐後，迄幼樹發生時，所有幼樹發育狀態，應予詳加觀察，如發見葉色欠健，樹高甚低，而枝幹復傾向日光照射方向屈曲時，均爲庇蔭過度之徵，應就必要部分，將所有上木，徐予伐採，以資適應。故後伐云云，並非全地同一施行，僅就必要部分，作局部施行已耳，例如各處上木某局部，予以全部伐採，某局部，予以少量伐採，某局部上木，則予全不伐採，各局部漸次伐採，而終將全地老林，盡予伐採者也。德國鮑格萊 (Borggreve) 氏，關於德國普通樹種森林之後伐時期及其程度，則謂無論如何情形，幼

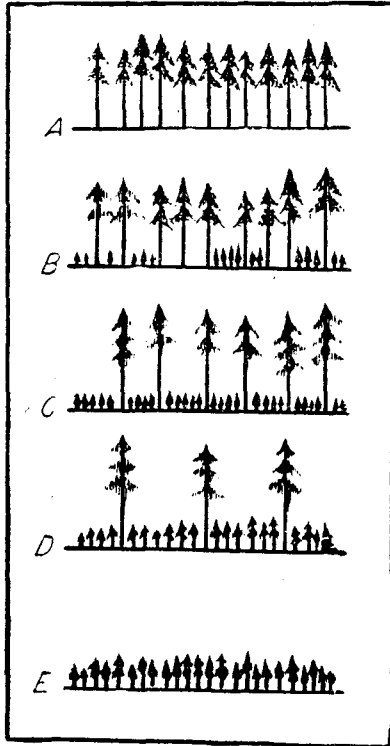
樹高齊人膝時，應伐採母樹三分之二，高齊人肩時，其所殘留之三分之一之母樹，亦應俱予伐採矣。

普通樹種，愈陽性而土地愈乾燥；地力愈瘠惡時，則上木之伐採亦應愈早，良以立地關係愈劣，亦愈不堪庇蔭故也。

後伐之反復施行，類每隔二至五年施行一次，自後伐開始起，迄殿伐時止，所需年數，約為二至二十年，如此伐採，其材積收穫，約相當於開始更新前原林分材積之 25—50% 也。

當伐採之際，以進行伐採及伐採木運出之故，予幼樹以若干損害，自屬事實上不可避免者。惟幼林愈大，其害亦隨之愈烈，故林木之伐採運出，務以減少幼樹損害為要，例如伐木運材，各行之於冬季積雪之際，並將粗大枝條，或全部樹冠，於伐除之前，先行除去，其伐倒也，務就於為害較少方向行之，當運出之際，並於幼林內設置具有相當間隔之臨時運材路線，皆於幼樹損害，得以相當避免者也。闊葉樹林，迨殿伐完竣

第八圖 傘伐天然下種更新圖



A. 下種伐前 B. 下種伐後 C. 後伐後
D. 殿伐前 E. 殿伐後

後，其被害幼樹，得由根際伐採，使之萌芽也。

第二目 更新期間

前述三種伐採，自着手第一次預備伐始，迄殿伐完竣後止，所需年數，即所謂傘伐更新之更新期間（Verjüngungszeitraum; Reproducing period）是也。其不行預備伐者，則自下種伐起計算之。此項期間，以更新進行之遲速及更新所用之方式不同，而各異致。更新期短者，其新生林成爲同齡林，長者其新生林成爲異齡林。惟更新期間雖長，而其伐期甚長者，則其新生林，自壯齡而後，便呈一齊林矣。

第三目 更新之遲速及其整理

更新之遲速，隨樹種及立地而互異，凡樹種之結實週期短，且常爲多量之結實及陽性而復抗敵力強者，其更新恆速，反是者，其更新恆遲。其立地之在氣候溫和地方，而土地狀態又復適於更新者，其更新亦速；若已逾預定年數，而尙無充分成績者，應由人工補救之；即陽樹於殿伐而後，而有陰樹庇蔭，或雜草繁茂之虞者，應於殿伐之先，由人工播種，或栽植苗木，或就幼樹發生較密之處，帶土掘取，而移於幼樹發生較少之處植之。循是行之，則原有樹種之混交比率，得以隨之變化，而原有林分中所無之優良樹種，得遂及時混交之望也。至若以暴風及其他被害，預定更新不克如願完成之處，則除全由人工予以更新外，可謂別無途徑可循者矣。

第四目 樹種混交之調節

混交林，若施以傘伐天然下種，而欲營成爲期待之混交比率之林分時，應予相當注意。蓋以目的樹種耐蔭度之強弱，對於氣象諸害，抵抗力之大小及生長之遲速等，性質互殊，每有分別處理之必要故

也。如樹種不多，僅有兩種，且其造林性質，又復相似，欲以同法處理，仍不易得，故欲為混交林之營成者，各樹種間應各予以特種處理，俾得相互調和，而獲充分發育；必要時雖將某種樹種，略予犧牲，以助其他樹種之發育，亦所不惜。

今試就混交林之由耐蔭度不同之樹種所構成，而為一般之處理者，說明如次：

此項林分應先予以弱度鬱閉之破壞，俾耐蔭力強之樹種，得以首先發生，爾後復伐採其母樹，並強度破壞其鬱閉，俾其疏散部分，得以發生陽性樹種之幼樹。若林分中，而有更陽性之第三樹種之混交時，爾後鬱閉，更應強烈破壞，該項母樹，迄殿伐之最後期止，宛似保殘木也。故陰性幼樹發生較少之處，足令此項幼樹充塞隙地，此乃僅就耐蔭力之大小，而予以一般之處理言也。若其他性質，復有不同，則處理之法，亦隨之而異。例如如有生長特盛之樹種，而有壓倒其他樹種之虞者，其發育較弱之樹種，應有先就母樹周圍發生之必要，或逕由人工播種，以補助之，待鬱閉破壞均等後，始有發育優勢之樹種發生也。循是以行，則混交林之可以使之調節達於某種程度者，當有成立之望也。

第五目 傘伐天然下種更新法之種類

傘伐天然下種更新，對於所欲更新之林分，雖得應用各種方式，然其主要者，可分為下列五種。惟方式雖各異趣，然其原理終無二致也。茲列舉如次：

1. 大地(廣地或大面積)傘伐天然下種更新法。
2. 帶狀傘伐天然下種更新法。

3. 魏格納氏帶狀擇伐法。
4. 孔狀(羣狀)傘伐天然下種更新法。
5. 帶進孔狀傘伐天然下種更新法。
6. 楔狀傘伐天然下種更新法。

其一：大地傘伐天然下種更新法

大地傘伐天然下種更新法 (Grossschirmschlag, Schirmsbesamung; Shelterwood uniform (or compartment) method), 乃於全林或大面積之林分中, 同時施以傘伐天然下種更新, 俾成一齊同齡之林分者也。普通僅以傘伐天然下種更新 (Schirmschlag; Shelterwood method) 稱者, 即指此大面積式之作業言也。

此項大面積式之傘伐更新, 在十九世紀之前葉, 已風行德國, 斯時之天然更新, 即以此法為主也。

此項更新, 若在樹種及立地適當之地, 類獲優良成績, 在大面積內, 以得營成類似同齡之一齊林為其特點。就一般言之, 此法易行於陰樹, 不適於陽樹, 良以陽樹欲藉母樹以保護林地, 而圖幼樹之充分發育, 實非易易故也。緣是此法欲於陰樹林內, 混交陽樹, 亦較困難。歐洲樹種中最適於此法更新者, 厥為冷杉、水青岡, 至若雲杉, 則不惟耐蔭力弱, 且屬淺根性樹, 故亦風害較多也。

此法更新期間, 在德國一般以赤松, 樅為十至十五年, 雲杉、水青岡十五至二十五年, 冷杉二十至三十年為度。惟赤松純林, 亦有得於四至十年更新完竣者。冷杉純林, 則需四十年, 且有逾之者矣。

此法劣點, 以足使大面積內林木同時疏立, 故淺根性樹木, 易招風害危險。其所以不適於陽樹之森林者, 良以當後伐之際, 伐木運

材，均易爲害幼樹故也。

其二 帶狀傘伐天然下種更新法

帶狀天然下種更新法(Saumweiser Schirmschlag; Strip shelter-wood method)，亦如並進帶狀皆伐法然，將林分區劃爲若干帶區，由其一方順次進行，而爲傘伐天然下種更新者也。德國疇昔，雖有行交互帶狀傘伐法者，然今日殆已無人問津矣。

帶狀傘伐法，以屬大面積式傘伐法之一，故亦易招風害危險，其更新如與暴風方向反對行之，抑亦由避免風害着想較爲進步之一法也。

今試就此法更新順序而說明之。第一帶區先行預備伐數年後，於第一帶區行第二次預備伐，或下種伐，同時並於鄰接之第二帶區行第一次預備伐，更閱數年，於第一帶區行下種伐，或第一次後伐，同時並於第二帶區行第二次預備伐，或下種伐，第三帶區行第一次預備伐。

凡一帶區內之更新完竣所需之伐採次數，及其伐採間隔年數，不惟以樹種立地而未能一致，實際上雖同一林分，亦隨帶區互異，而未可一概論也。

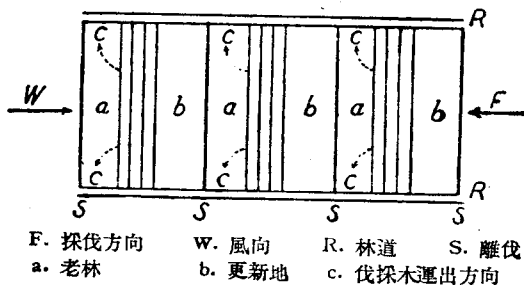
帶區寬度，以風害之危險度及側方所需庇蔭程度等，而互有損益。普通以樹高之一至三倍，即三十至一百公尺爲度。其爲集約之施業者，有爲二十至三十公尺之狹帶者。反之，若其寬度爲一百五十公尺之闊帶，則便失帶狀傘伐法之特色矣。普通帶區之寬度愈狹，則伐採次數，亦可隨之減少云。

若論帶區之輪廓(即境界線)，凡森林之在平地者，當更新之始，

類爲直線，如在地形而爲地形所許，亦當務以趨向直線爲宜。惟其更新云云，普通林分各部，不易平均行之，故其更新進行之帶區，遂益趨於不規則矣。若以地形言之，則帶區之爲直線者，反不若其爲波狀、鋸齒狀，或階級狀輪廓者之能更新迅速，且復安全也。惟形狀愈不規則，則其作業愈趨複雜，故爲求簡而易行計，務以直線爲得。又帶與帶間之境界，在預備伐及下種伐時，雖較爲明瞭，待後伐時，則漸次混亂，不復分明矣。

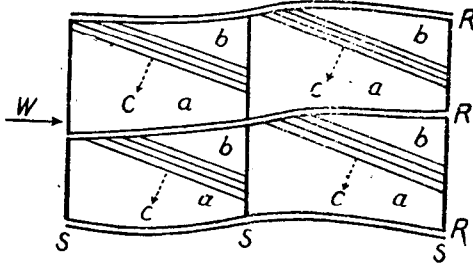
更新之進行方向，在並進帶狀皆伐法，爲求種子之散布便利計，應於種子散布季節，在主風反對方向，以行其更新。惟傘伐更新，係屬上方天然下種，以其母樹存於更新地之上，故種子之散布，實無考慮風向之必要也。此項更新，爲由預防風害研究所得之法，既如前述，故此法之伐採，仍應由與暴風方向反對方向行之。以是帶區長邊之選定，務取與暴風方向成直角，或其相接近者。歐洲暴風方向，大致一定，恆爲西或西南兩方，故歐洲平地之更新伐採，以由東或東北方向開始爲原則，至若傾斜地，則除暴風之外，伐採木運出便否，亦應加以考慮者也。

第九圖 平地林之帶狀傘伐圖

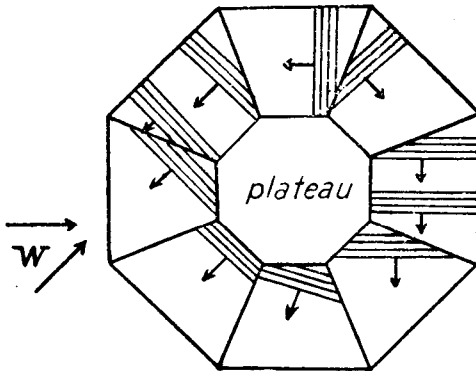


- F. 採伐方向 W. 風向 R. 林道 S. 離伐
 a. 老林 b. 更新地 c. 伐採木運出方向

第十圖 山地林之帶狀傘伐圖



第十一圖 示各方位山腹之帶狀傘伐更新伐採方向與暴風方向之關係圖



w. 風向 小箭示伐採方向

在傾斜地帶，方向之決定，則有三種。即一為山腹之水平方向；一為山腹之傾斜方向；一為與山腹成斜方向者是也。無論如何，伐採方向，務須與暴風方向相反，而於山腹方位妥為決定之。帶區之為水平或接近水平方向設置者，為伐採木運出便利計，其伐採方向，與暴風方向，關係欠佳時，帶區方向，即應採取山腹之傾斜方向。各方位之山腹，其伐採方向與暴風方向之關係，如第十一圖所示。

山腹上所設帶區之方向，亦常爲林道之關係所限制。例如設將帶區之長邊，就山腹水平之方向，或近於水平之方向設之者，僅限於已有多數林道存在之地行之耳！不然，當伐採木運出之際，幼林（更新地）之通過，實爲不可免也。故林道間隔較大之處，帶區自不得不於山腹之傾斜方向，或其相接近者設定之矣。

邇年來，魏格納氏，本其多年經驗，證明日光與天然下種更新，關係至鉅。主張帶伐，除風向外，復應注意陽光，以決定更新之方向，關於此點，當俟魏氏帶狀擇伐法中述之。

帶狀傘伐更新之進行速度，應視更新成績之如何決定之。中歐之雲杉及冷杉森林，平均速度，每年爲二至三公尺，今如以平均速度，一年爲二公尺，而伐期爲一百二十年，若欲更新長二百四十公尺之林分，其更新所需年數，適與伐期年數，一百二十年相等也。而其業經更新完成之林分，由一年生至一百二十年伐期齡，順次排列之異齡林所構成。若欲形成爲短期間內（更新期間短，例如二十年許）更新完竣之同齡林，則應將林分分爲若干伐採列區，每區分別予以更新，於預定之更新期內，將全林分更新完竣，更新期間之年限如能相同，其林分不論由大地傘伐法更新，或與由本法所形成之林分，其整齊度，殆無二致者也。

伐採列區之長度，則以更新期間，與平均一年內更新速度而決定之。例如更新期間爲二十五年，而更新速度平均爲五公尺，則伐採列區之長度爲一百二十五公尺，故其應予更新之林分，如爲五百公尺，則將全林分區分爲四個伐採列區可矣。

要之，帶狀傘伐更新，以視大地傘伐更新，其優點除對於風害安

全外，上方下種與側方(林緣)下種，均得充分利用，故其更新較為安全。爾外以日照良好，陽樹之混交成功，亦屬較易，且當伐採木運出之際，更新地上，並可避免通過也。

其三 魏格納氏帶狀擇伐法

魏格納氏帶狀擇伐法 (Wagnerscher Blendersaumschlag; Wagner's Border cutting)，亦稱條狀劃伐法，乃魏氏於1902年在德國吳登堡省(Württemberg)之格爾杜夫(Gaildorf)地方附近森林內，所創造之一種天然更新法也。惟其正式發表，而為學者所注意，則為1907年之事。此法當發表之初，雖頗為一般所唱導，而視為林業上新興之方法，其實亦僅極為集約，而復帶區至狹之帶狀率伐更新已耳！由該法所更新之全林分，具有全齡級林木，亦如擇伐林然；祇以各齡級之林分，為帶狀配列，故以帶狀擇伐之名冠之。

此法雖與普通之帶狀率伐，略異其趣，然就更新之原理論之，固相吻合，而無二致者也。其伐採，則隨林況、地況如何，而為局部擇伐，或予皆伐，或亦有以事實需要，而行人工栽植者。在說明魏氏帶狀擇伐法之先，該氏於格爾杜夫地方，由多數之觀察，及其經驗所得，日光所界予更新之影響，實有先行說明之必要在焉。

格爾杜夫地方之森林，為主由雲杉、冷杉、水青岡及赤松所構成之混交林。其更新上魏氏所特感困難者，厥惟雲杉自森林之東及東北林緣，向西及西南方向為帶狀更新之進行時，雲杉雖發芽頗易，然係屬淺根性樹，故在初夏乾燥期間(普通為六月)，幼樹頗多枯死，至若日光庇蔭之地，不惟雲杉得以更新，即其他樹種，亦頗易行也。魏氏除得此事實之暗示外，並於森林各部，復作詳密之觀察，且復於

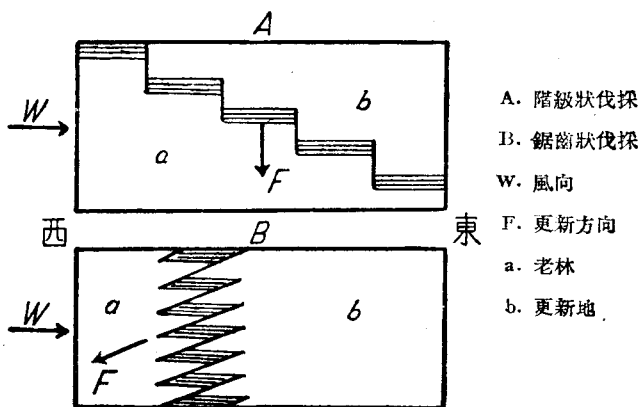
其原因，作深切之研究，而獲以下之結論。結論唯何？即凡是使土地乾燥之因素（以陽光及風為主），實有害夫更新，而給予溼氣之因素，乃有利乎更新是也。

例如就方位言，森林西北方之林緣，乃更新狀態之最優者也。次之為北方，次之為東北方，其他方面，均屬欠佳，就中且尤以由東至南之方向為然。故帶伐以自西北向東南進行為宜。惟暴風方向之為西或西南方，平地而有風害危險之處，應將上述方向略予變更，將其更新，由北向南進行為宜。換言之，即帶之長邊，由東西方向設之，而其伐採，由北向南進行可矣。惟風害預防，尤為切要之處，則應如第十二圖所示，施以階級狀或鋸齒狀之伐採為要。

魏氏於格爾杜夫地方實行時，其東西正向之長帶，以羅盤針設定之。

茲更就魏氏之更新法而說明之，其更新之施行也，當結實年度

第十二圖 魏格納氏帶狀擇伐法圖



之際，沿其林分之北邊區劃爲狹帶狀地，並僅將此帶之林木，予以皆伐，藉側方天然下種，以更新之，此所以皆伐第一帶狀區者，良以普通林木之生存於林緣者，根系發育良好，幼樹發生較難故也。若該皆伐地帶內，而有雜草繁茂之虞者，亟應栽植苗木，同時並予鄰接之第二帶區以下種伐，第二帶區之寬度，應視第一帶區略寬爲宜。

其下種伐及後伐方法，與普通帶狀皆伐，大致相若。惟於格爾杜夫地方，當下種伐之先，關於鬱閉之密保，每予深切注意之。良以陰性樹幼樹之發生較早，且尤以水青岡爲然，殊有礙其他樹種之更新，務須設法預防故也。如有水青岡幼樹之發見時，亟應疏散鬱閉，俾使其他樹種得以更新，若遇水青岡幼樹發生過多時，並應酌量伐除之。

帶之寬度雖無一定之限制，惟魏氏方法，視普通之帶狀皆伐法爲狹，約爲母樹高二分之一。前生樹類於下種伐之際，伐盡之，其羣生於以風雪等害所形成之空地中，而有發育之望者，爲之保留可也。

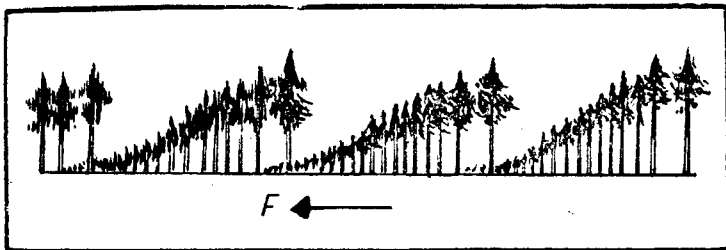
更新開始後，便應繼續不絕，而爲更新之進行；良以如更新一時中止，則將來鄰接帶區林木間，不惟年齡相差頗鉅，且復至易形成枝條較多之林木故也。

更新進行之速度，亦非一定不變者也。應視更新之成績及其伐採量之必要度，而善爲調節之。在格爾杜夫地方之平均進行速度，則以伐採列區而互異，普通一年間，爲一至十公尺。進行過遲時，應將帶區寬度，酌量增加，必要時並有翻起地表，或由人工播種，以圖更新之促進者。

至更新伐採之次數及其間隔年數，亦隨實際情形，任意變更，絕非一定者也。格爾杜夫地方，在每一帶區內，每三年間平均伐採三次。

爾外最足引爲魏氏帶狀擇伐法之特徵者，厥惟此法所由更新之森林，自一年生起，迄伐期年齡止，全齡級之林木，作順次之排列是也。普通之帶狀傘伐法，本由大地傘伐法發達而成，故全林分，務以形成同齡林爲目的。爲求達到此目的計，遂將全林分，分爲多數伐採列區，次第更新之。惟魏氏之法，其目的乃異乎是，非若欲於大面積形成同齡林者然，而反以形成異齡林爲目的者也。即魏氏之法，所由更新之森林，其帶之長邊方向（即東西方向）爲同齡，而南北方向爲異齡是也。故其形成之一單位林分之理想形狀，自一年生起迄伐期齡止，各齡級之帶狀林分，爲順次排列者也。凡森林之由全齡級林木構成，而順次配列爲一單位者，魏氏稱之爲伐採單位，或伐區列 (Schlagreihe; Felling unit)。又森林之由此項單位所形成者，謂之有系統之擇伐林，或有組織之擇伐林 (Geordneter Blenderwald; Organized selection forest)。此項森林，自側面視之，則呈鋸齒狀，而其更新之進行，宛如波狀移動也。一伐採單位之最適當長度，在格爾杜夫地方，則約爲三百公尺云(第十三圖)。

第十三圖 魏格納氏帶狀擇伐林圖(示三個伐採單位)



南

F. 更新方向

北

綜上所述，魏氏更新法之特點，可歸納爲下列二點：

(一)帶區形狀甚爲狹長，且須定爲東西向。

爲求更新得以避免日光之不良影響，並享受側方之充分保護計，有作成南北方狹長帶區，以行其伐採者。惟此法，僅適於雨量較少，晚春初夏，乾燥極著之格爾杜夫地方，且淺根而復耐燥力弱之樹種，如雲杉等關係較切耳！至其他地方及其他樹種，固無考慮之必要也。邇來中歐林學界，對此方法，似持相當異議，略予變通之處，已在各地試行中矣。

(二)各齡級之林木，作帶狀之正規排列。

魏氏之所謂帶狀擇伐林云云，不若普通擇伐林之各齡級林木，相互混生者然，而自森林之一方向他方順次配列者也。如此齡級之配置，以視普通之擇伐林，具有各種利益，茲列舉其特點如次：

1. 林木齡級，易於識別。
2. 更新進行之監視調節，均較便利。
3. 伐採區域，瞭然易辨，故便於伐木之監督。

4. 普通擇伐林，當伐木及伐採木運出之際，每易損害幼樹，爲其最大缺點，而此法得避免之。

要之，魏氏之法，乃於不失擇伐更新利益範圍內所行之傘伐更新法也。且同時復可避免擇伐更新，當伐木及運材之際，所發生之困難，而大地傘伐更新，消耗地力及成績欠佳之弊，亦可藉以避免也。

魏氏當本更新法創作之際，本抱下列願望，觀之，對於本法特質，更可瞭然也。

1. 由天然下種所形成之混交林，得避免純林，及人工更新。

2. 得避免大面積鬱閉之疏散。
3. 得營成樹幹形狀良好，及木材組織均等之小面積同齡林。
4. 齡級不同之林分，得作判然之區劃，且伐木運材，得免加害夫幼樹。

5. 事業之監督及收穫之調節，均感便利。

魏氏謂，若能按照帶狀擇伐法，以從事於森林之更新，則此類希望，均將不難如願以償云。

其四 孔狀傘伐天然下種更新法

孔狀或羣狀傘伐天然下種更新法(Gruppenschirmschlag, Horst = und Gruppenweiserschirmschlag; Group shelterwood method). 亦稱劃伐天然下種更新(Plenter = od Femelschlagverjüngung), 乃由多處林分中，擇其具有首先更新必要之林相部分，先行開始作孔狀之傘伐更新，而復次第漸及於其周圍者也。

雖向由正規施業之森林，以風雪及病蟲之侵凌，而致已有破裂其鬱閉者，故當從事更新之先，已有多數前生樹之羣生矣。其前生樹，少者數株，多者竟有為大面積之羣生者。幼者方自種子發芽，大者且已十數年生，或間有二、三十年生者，故所欲更新之森林，而為如此狀態者，全面自不當施以同一之傘伐，而應視幼樹發生狀態，依據目的，分別作局部之伐採也。換言之，某處應予殿伐，某處應予後伐或下種伐，各種伐採，同時行之於各局部者也。例如於前生樹生長已大之局部，其老林木，應行全部伐除之殿伐，就其幼樹狀況論之，雖感上木過多，然實際上仍須若干母樹保護之處，應行老林木伐採一部之後伐。惟森林之經第一次伐採後，復有伐採之必要者，應予以第

二次之伐採，即於第一次伐採部分之周圍，順次施以後伐、下種伐、及預備伐（由內部漸向外部進行）者也。循是行之，則更新範圍，漸向周圍擴充，迄各更新地，相互接觸時，全林分之更新，即於是乎告竣。惟更新之向周圍擴充，亦無平等之必要也。凡天然下種順利及幼樹發育繁茂之處，廣為擴充可矣。

前生樹羣生之處，普通更新開始基點之所由定也。惟如此基點較少之處，可逕由人工作成中心，即林分中適當位置，而尚無幼樹之發生者，可就林地狀態之適於供發芽床用者，施以孔狀之下種伐，或逕就鬱閉較密之處，作為中心而施以預備伐可也。

用供更新中心點之孔狀部分之面積及其數量，以林分面積之大小、更新期之長短及樹種、林相等各種關係，而未能一致。普通陰樹林，積小而數（孔狀地）多，陽樹林反之，積大而數少。孔之面積，德國森林，約以二至五公畝為標準，且有達十公畝，或復逾之者。惟最大限為三十公畝。孔之形狀，應依照實際狀況決定之。

本更新法以具有得依立地及其更新狀況，而為局部的適當伐採之優點，故視其為全地平等之傘伐者，其更新也，既簡易而復確實，且也得藉上方下種，俾便陰樹之發生，藉側方下種，而促陽樹之下種，俾收陰陽性樹混交林形成之利。惟其缺點，不惟施業複雜，且以接近更新末期，殘存母樹，易遭風害，而伐採木之運出，亦復深感困難，不免為遺憾耳！且也，孔狀地過大時，則其更新之所資下種者，僅為林緣之一方位，而其方位，復以局部而各異，對於更新抑亦未必盡屬有利也。

孔狀傘伐更新，以更新期之長短，得分為次列二種：

(一)巴威式孔狀傘伐法，亦稱格依爾氏孔狀傘伐法 (Bayrischer, od Gayerscher Femelschlag, Kurzfristiger Blenderschlag (Wagner)), 乃孔狀傘伐法中更新期間之較短者也。故亦稱短期劃伐法，以務使形成同齡之一齊林爲目的。德國在十八世紀中葉，雖已廣爲流傳，十九世紀末季，經格依爾 (Gayer) 氏之提倡，巴威省 (Bayern) 境國有林中，始普遍採用。

由此法以更新之森林，其更新期間，以樹種、林相，而互有不同。巴威省內則類爲十五至四十年許；若以雲杉爲主，林木之森林，普通爲二十至三十年，以輪伐期之三分之一至二分之一爲限度云。

(二)巴登式孔狀傘伐法，亦稱瑞士式孔狀傘伐法 (Badischer od. Schweizer Femelschlag, Langfristiger Blenderschlag (Wagner)), 乃更新期間悠長，且更新方法復欠規則之孔狀傘伐也。故亦稱長期劃伐法。以德國之巴登省 (Baden) 之許華次華特 (Schwarzwald) 地方及瑞士採用此法，故名。巴登省主於雲杉及冷杉之森林，瑞士主於雲杉、冷杉及水青岡之混交林行之，伐期爲八十至一百二十年，且有逾之者。更新期間，爲四十至六十年，然亦並不一定，雖同一林分，然每以局部而異致者。此法所以異乎前法者，蓋自始即預期爲異齡林之形成者也。更新方法，雖以孔狀傘伐爲主，然與前法之於同一林分中，一次同時開始爲多數孔狀傘伐者不同，而將局部爲類似大地傘伐之更新者也。故其方法，極不規則。森林之由此法以更新者，不惟形成異齡，且林相亦欠整齊；更新期間之長者，其更新伐採，與擇伐相若，其森林，遂亦形成與擇伐林相類似者矣。

要之，孔狀傘伐法，不惟施業複雜，且復林相不齊，故除現有森

林之林相，以施行此法爲有利者外，可謂絕無採用之必要也。惟森林之於長期間內之遭受種種危害，而各處鬱閉，業經分別破裂者，採用此法，以先行開始更新，要亦不爲無利也。此法之所以盛行於德國者，蓋有由也。然此法，數年來，亦已漸次式微，爲預防風害及謀運材便利計，帶進孔狀傘伐法，遂乘機崛起。

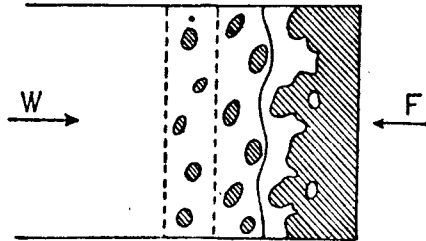
其五 帶進孔狀傘伐天然下種更新法

帶進孔狀傘伐天然下種更新法 (Saumfemelschlag; Strip and group shelter wood method) 云云，乃將帶狀傘伐與孔狀傘伐混合應用者也，故亦可視爲帶狀傘伐更新法之一變法也。蓋以此法，除具有帶狀傘伐法預防風害之利益外，復兼備如孔狀傘伐法之利用前生樹，而謀更新期間之縮短故也。

此項更新，今日雖於歐洲中部各處較爲盛行，惟其始，固由德國胡伯爾 (Von Huber) 氏之提倡，巴威省 (Bayern) 之實行，而漸進於發達者也，故亦有以巴威或胡伯爾法 (Bayrischer od Von Hubersches Verfahren) 稱之者，此法帶狀地之區劃及伐採列區之配置，雖全與帶狀傘伐法同，惟其伐採方式，爲稍異耳！即第一帶區，當施行下種伐時，雖亦足以疏散其鬱閉，惟於以被風雪等害，而致鬱閉破裂，前生樹發生之處，亦應同時施以孔狀傘伐，並同時應於第二第三帶區內前生樹發生之處，視其幼樹發育程度，予以第一次孔狀傘伐 (如孔狀傘伐法所述) 必要時，復以人工造成孔狀傘伐中心，俾便發生幼樹。此等孔狀部分，漸向周圍以擴張其更新，同時並自第一帶區始，不絕爲帶狀傘伐之進行，遂吸收其孔狀部分，且復於前方之帶區內，施其新的孔狀傘伐。惟亦有於帶狀伐採開始前，先於一伐採列區之全

部，施以孔狀傘伐，然後由下風之一方，為帶狀伐採之進行者；惟如此伐採，以具有後伐性質者為主。

第十四圖 帶進孔狀傘伐天然下種更新圖



斜線部分示更新地 W. 風向 F. 更新方向

伐採之進行與帶區之形狀，以視普通之帶狀傘伐法略欠規則耳！

此項更新法，以視普通之帶狀傘伐法，以具有利用前生樹之便利，故其更新之施行，較為確實，且視單純之孔狀伐採，具有更新較速，而風害危險較少之利。惟當木材運出之際，前生樹終不免受損為遺憾耳！

其六 楔狀傘伐天然下種更新法

楔狀傘伐天然下種更新法 (Schirmkeilschlag; Shelter wood wedge method), 亦帶狀傘伐法中之一變法也。普通帶狀傘伐之更新也，自伐採區之一方開始，而向他方進行，本法則自伐採列區之中部開始，而漸向兩側擴展，而為楔狀帶狀之伐採者也。

此法為德國愛勃哈 (Dr. Eberhard) 氏所發明，而於德國吳登堡省 (Württemberg) 之倫根勃郎 (Langenbrand) 地方森林內，經實地試驗，獲良好成績，迨1914年，正式發表後，遂爾著稱者也。惟此法附

以楔狀傘伐之名，則為近數年來之事。此法之主要目的，在乎風害之減少，故對於風向，作楔狀之伐採，其利益蓋早見乎彼邦林區管理處長愛發特(Oberförster Eifert)氏，1903年所發表之論文中。愛勃哈氏得此報導，於1908年遂有本法之發表。

愛勃哈氏，以此法實行於倫根勃郎地方之森林中，獲得良好之結果，故飛列潑(Dr. K. Philipp)氏愛於胡行反特(Huchenfeld)地方森林內，為大規模之實驗，而將本法作具體之組織，爾後此法遂為巴登省森林所採用矣。

此法當發達之初，以由冷杉、雲杉及赤松所形成之森林，欲達預防其西及西南兩方暴風被害之目的為主。邇來則雖赤松、見風乾、水青岡及櫟等之闊葉樹林，暴風被害較少之處，亦適用矣。

本法當更新開始之前，應先有相當之準備，準備唯何？即於中年左右之林分中，每隔數年，應予全林以弱度之間伐是也。此項間伐，除以促進林木生長，並增高耐風能力為其主要目的外，對於落葉及腐植質，且具促進分解之效。其為弱度之間伐者，對於暴風及雜草繁茂之害，亦可為之預防也。

當更新期屆，全林應即施以下種伐，以便天然下種。地被物厚積之處，應以線狀或帶狀設法除去之。或就各處作小面積之塊狀翻起，俾便幼樹之發生，迨發見幼樹時，應就伐採木之運出，及暴風之方向，予以攷慮，按照地形，設置八十至一百二十公尺間隔之多數運材路線，並與林班(Abteilung; Compartment)周圍之永久林道相聯絡。此項運材，係屬臨時性質，故其寬度得為數株伐採木之搬運足矣。此項運材路線，同時且足使其林分得以隨之分開，兩側幼樹得享側方

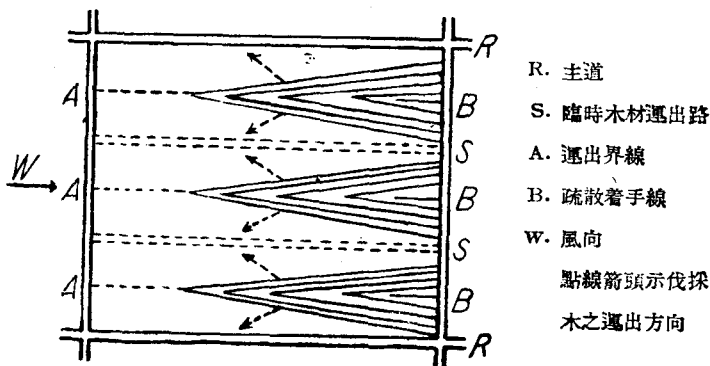
光線，有裨促進發育者，非淺鮮焉。

以此項多數運材路線，及主林道之分布關係，區劃全林分為多數長方形之小區域，假定楔 (Keil, Key) 之軸線，與此運材路線之中間者相平行，則此項軸線謂之運出界線 (Abrücklinie)，伐採木即由此界線左右之運材道運出可也。

沿此軸線，而為寬二至七公尺，長二十至三十公尺，狹長部分之疏拓，而於此基部方向，予以較為強度之伐採，幼樹之在此經予疏拓之局部者，發育類較繁茂；此疏拓線，即所謂疏拓着手線 (Angriffstreifen) 是也。此線蓋相當於連進帶狀傘伐法之第一帶區者也。惟其寬度，以視普通之帶狀傘伐，則極為細狹矣。

此疏拓着手線，迨幼樹發育已認為相當充分時，始漸次第從事於上木之伐採，爾後即以此線為基線，於其兩側按照楔形，作數次伐採，而次第疏拓之。蓋切於疏拓着手線之兩側，為細狹之並進帶伐者也，惟所以異乎普通之帶伐者，最初之帶，並不並行，而為銳角已耳！

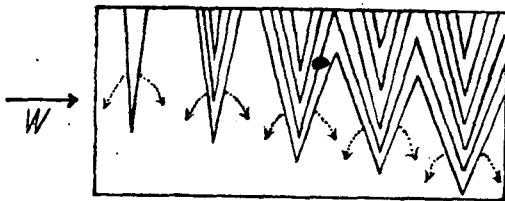
第十五圖 平地林之楔狀傘伐天然下種更新圖



以楔狀伐採，順次擴大，其楔狀亦復隨之擴大，其尖端遂與主林道相接觸，而其基部亦與運材路線之間隔相一致矣。

楔之軸線方向，在平地，主依暴風之方向而決定之。楔之尖端，應與風向相近合。德國對於該項軸線方向，自東徂西，或自東北至西南定之。而楔之尖端，則使之西，或西南向，若在山腹傾斜地，則主就運材便利方向以決定可矣。普通楔之軸線，應取山腹傾斜方向設之，楔之尖端，應使傾向山麓，更新則由上部開始，而漸進於下部者也；惟其更新，應就楔之在下風者，先行開始，而將在上風者，留至最後，俾殘留老林，得以減少風害（如第十五圖）。其風害危險特著之處，其楔軸應視山腹傾斜方向，略偏上風傾斜設之（德國偏西）。要之，本更新法，當着手更新之先，應將全林，施以大地傘伐法之預備伐，迨更新期之前半期內，則以行大地傘伐之下種伐為主，在後半期，則則行以小面積為基礎之楔狀帶狀傘伐（以後伐為主）為佳，而其更新期間，下種伐為十至十五年，後伐為二十至二十五年，更新伐採次數，

第十六圖 山地林之楔狀傘伐天然下種更新圖



W. 風向

則下種伐為六至八次，後伐為五至八次，待更新完成，則殆形成一齊林矣。其更新尚未充分之處，則應於楔形地內，設置多數小苗圃，以資育苗，而備人工栽植之需。本更新法之特點，有得而言者：

(一)對於風害安全 以楔之尖端，深入老林內，暴風方向，雖略有變化，而其更新地，與老林相向之林緣部分，可免風之直接吹襲，且風由楔之頂點吹入時，以漸向基部擴散，風力當亦為之銳減也。

(二)更新安全而復迅速 種子除上方下種外，復可由側方下種供給之。且幼樹可獲上方，或側方母樹之保護。

(三)當伐採及伐採木運出之際，幼樹之損傷既少，且其運出亦頗便利。伐採木，於楔之兩側，以直角方向倒入老林內，由是逕向運材路線曳出之。

(四)孔狀，或帶狀傘伐陽樹混交，均較便利。即當此項更新之前期，全地使之發生陰樹，爾後以楔狀疏拓，不惟得促幼樹之生長，且復足使陽樹之發生，故其陰陽樹之混交調節，至為易易也。

其七 傘伐天然下種更新法之適用

傘伐天然下種更新法，須於較短期間內，對於同一林分，以有反復數次伐採之必要，故除集約施業之森林外，類不易適用也。即此法為集約之實行時，則所有薪炭材，小圓材，及其他小材與劣等材等之充分利用，及林道之設備完美，(林內各部均易到達)，木材之搬運便利等數端，實為必要是也。惟此等條件，不甚適合時，如能略予變更，粗放方法，亦非不適用者也。其法唯何？即(1)將伐採次數，減為二至三次。(2)延長更新期間。(3)省略其更新上不必要之處理，不施預備伐，待其老齡，或自然而呈鬱閉之疏散，或有待老林之下自然發生多數幼樹者，如此情況，便無下種伐之必要矣。循是行之，其結果將與屢施預備伐及下種伐者相髣髴，故僅施後伐可矣。傘伐天然下種法，本為更新法中極集約之處理，惟依照上述之極粗放法行之，亦恆

獲優良之成績，此鬱閉漸破及樹勢漸衰之天然林，所以類適用也。在如此情形下，當第一次伐採開始之際，雖尚無幼樹之發生，或其土地並無適合幼樹發生之適當狀態，亦絕無關係，良以幼樹既生之處，可藉第一次伐採，以促其發育，幼樹未生之處，可賴第一次伐採，使之發生故也。此項第一次伐採，得伐採其材積之 40—75% 云。

足以適用粗放之傘伐法之天然林，普通類以具有缺點之林木為夥，故當第一次伐採之際，即應注意留待下次伐採時，得以健全而繼續發育林木之保留，即林木之健全，而無風害危險，且具結實能力，並於種子之散布，及幼樹之保護上，生存於適當位置之林木之選定是也。惟其株數，視其至第二次伐採之年數而異致，第一次伐採後，經十至五十年，始從事於第二次伐採，將其老林木全部除去者也。惟從造林學上論之，則五十年，不免過久，如為市場關係，及伐採運出之便利所許，則以儘於二十年內完成之為得。惟如此僅以兩次伐採，完成更新之粗放方法，究適用於何種情形？曰：林木之已多數適於利用，或尚未衰老之一齊林是也。

上述方法，如欲略予集約行之，則施以一次預備伐，俾促其結實可也。今舉美國之白松森林，施以傘伐法所得優良成績之實例如次：

是項五十三年生松林，生於砂地之二等地，先施該林以弱度之預備伐，迨經四年後，已呈多量結實時，再施以強度之下種伐，俾殘存林木，其樹冠約各相距一公尺許，翌年多數幼樹，次第發生，一公頃內約計二十七萬餘株，爾後再歷四年，幼樹高達四十五公分，一公頃共計一萬株，爾後於第三年之冬季，將上木悉予皆伐，爾後三年，幼樹生長高達一·二公尺許，株數為三千七百五十株，而完美更新，

於是乎畢矣。

綜上所述，傘伐天然下種法，雖粗放施業，仍獲美滿結果，而集約處理，竟鮮優良成績者。據馬依耶氏之說謂「凡欲按照傘伐法而獲優良之成績，必也應從林木幼年時代，予以適當處理，林分之不適於此法之處理者，若遽爾施用，終不獲優良之成績也。設各種條件，果適於傘伐法之處理者，在中年時期予以適當之特種處理，則亦不難獲得更優之成績也」云。馬氏基此原則，復有所謂撫育更新法(Erziehungsverjüngung)之創作，惟此法不及實地試驗，而遽歸道山，為可惜耳！茲舉馬氏撫育更新法之要點如次：

林分自中年頃始，漸予間伐，必要時，並植陰性闊葉樹於其間，以為下木，迨接近伐期時，其間伐度，且復漸次增強，當更新之際，僅施兩度伐採足矣。即當結實年度，伐除其上木之約半數，及下木之一部或全部，爾後復予一次或兩次，伐除其上木之殘部；上木以久經疏立，故結實之力既著，風襲之害亦鮮，重以下木之故，雜草亦復不易繁茂也。

其八 傘伐天然下種更新法之得失

傘伐天然下種更新，利之所在，弊亦隨之。茲先舉其優點如次：

(一)此法以視皆伐法及殘伐法，具有更新安全，而復確實之效。良以自更新始，迄終了止，更新地上，有多數母樹存在故也。

(二)其保護幼樹及土地之效，雖視擇伐略遜，然勝皆伐法及殘伐兩法，愈乎遠矣。重以此法決無裸出土地之弊，故於浸蝕、崩壞、雪類、洪水，均著預防之效。蟲害亦遠不如皆伐之甚，氣象雜草之害，更無論矣。

(三)具有重大種子之樹種，仍可藉以充分更新。

(四)就風景言，雖不若擇伐法，然以視其他方法，亦終聊勝一籌也。故公園林之須爲風致處理，及木材利用上，期其爲同齡林之形成者，乃更新法中之最適者也。

次復述其劣點如下：

(一)此法視皆伐及殘伐兩法，均需較大之技術。

(二)風害抗力較弱之樹種，及風害較頻之處，實行時，危險雖屬難免，惟其徐徐迭經預備伐，或楔狀、帶狀等集約方法者，其危險度，每易爲之滅殺也。

(三)傘伐法之爲集約之實行者，每次伐除之林木，非呈得以充分利用之良好狀態不可，即小材與劣等材所有之銷路，及伐木運材，在更新期間內之同一林地上，亦應有得以廣續施行之設備；惟此項缺點，當採用粗放方法時，均得約略避免也。

(四)當後伐之際，一部幼樹，雖不免略受損傷，然伐採時，如能相當注意，則其幼林分之被害，終不若不得鬱閉之害之甚也。惟欲深切注意，而謀幼樹被害之極端減少，則伐採及運出等費用，終不免爲之增加也。

第四節 擇伐天然下種更新法

擇伐天然下種更新法 (Plenter(Planter)=Femel (Fehmel), Fimmel=Blander, =od. Schleich=verjüngung durch Naturbesamung; Selection method with natural reproduction(regeneration) by seed, Natural reproduction by selection fellings) 云云，乃其更

新期間，並無一定，由林分中不絕選擇少數林木而伐採之，藉其隙地周圍林木下種，而圖更新之法也。本法特徵，厥在伐採處所之分散，及其一處之伐採面積之狹小，與更新期間之無定。進言之，即擇伐更新之更新期間，雖可與輪伐期等量觀之，惟此法非可於一定年限內，更新完了者也。其更新也，不絕更番行之，實無所謂更新之終期，故此更新法，直無更新期之攷慮爲也。

其伐採也，有每株點點作星狀者，有每合數株作塊狀者，有每年伐採一次者，亦有每隔數年或十數年伐採一次者，及全林分內作同樣擇伐，或將全林分，劃分數區，依次擇伐一區者。

如將孔狀傘伐天然下種法之孔狀面積縮小，而數量增多，並復延長其更新期間時，則與本法頗相類似，而不易區別也（參閱巴登式孔狀傘伐法）。

按照此法，所由更新之新林分，其林相全爲異齡，即每年伐採之處，其林分由一年生以迄伐期齡止，各年齡之林木混交而成，其伐採如隔數年行之，則在此數年間之林木年齡，雖缺而不全，惟其林分之齡級齊備者，仍可作全齡林觀，所謂擇伐林之林相是也。惟雖非異齡林，由此法更新，亦非不可能者，即同齡林之殘存木，而具有生長之恢復力者，亦適用之。惟其所由更新而成之新林分，爲異齡林耳！

擇伐更新伐採木選定之標準，以擇伐法之主義不同，而復迥異；廣義之擇伐法，本極粗放，由此原始方法，漸次進展，以底於極進步之集約方法，須經若干階級，緣是伐採木之選擇方針，爲之互殊。茲將廣義之擇伐法伐採木選定方針，大別如次：

（一）擇伐之爲利用主義者 是項擇伐與年齡老幼，絕無關係，

僅僅擇林木中利用價值之較大者，爲之伐採利用可矣。其殘存木之發育更新，可無特別處理之必要，其跡地悉聽自然可也。以是項擇伐，對於更新，並無若何攷慮之必要，固無所謂天然更新法也。故此法有以濫伐或掠奪作業(Raubwirtschaft; Destructive working)名之者。惟是項擇伐，於林業幼稚之邦，及交通不便之天然林中，雖至今日，仍有不乏以「擇伐更新」相號稱者。

(二)擇伐之爲直徑主義者 此法蓋即擇伐法中之普通所行者，從來所稱擇伐更新法云云，即此法也。凡超過決定伐期齡以上之林木，悉予伐去之是也。年齡由外部觀察，其判斷較爲困難者，類以胸高直徑爲標準，其超過一定以上之大木，悉予擇伐之。幼樹以屬後繼樹，應善爲撫育之，惟雖行撫育伐採，並不希望伐採木之收穫，而僅爲粗放之處理者，其所投勞費，當不爲撫育而增加也。

(三)擇伐之爲撫育主義者 此係爲求收穫之永續計，當更新時，特別注意其伐採木之選定，蓋乃年來體念永續施業主旨之擇伐法也。是項擇伐之輪伐齡，大致一定，其大體直徑在一定以上者，應悉予伐採，惟其大木之伐採，以與更新無關者爲限。其雖屬幼樹，而於更新有礙者，亦務去之。此項擇伐，蓋以撫育爲主，並兼顧利用，蓋乃擇伐更新法中之最進步者。茲將是項擇伐法伐採木選定之標準，略舉如次：

1. 一定直徑以上之大木，而應予保存者。
 - a. 樹木之發育特優，生長獨茂者。
 - b. 生於幼林內，如加伐採，有使幼林遭受風害之虞者。
 - c. 較大母樹之生於隙地內部及其周圍者。

- d. 林地及幼樹之保護上所必要者。
 - e. 風致上所必要者。
2. 一定直徑以內之林木，而應予伐去者。
- a. 枯死木、頻死木、病木、損傷木、無用樹種及其他形狀或發育不良者。
 - b. 以鄰接木之伐採，而有遭風害之虞者，例如介乎老林木中之細長林木等是。
 - c. 伐採後，有改良林相及促進鄰接木發育之望者。
 - d. 有害幼樹之發生與發育、保存，而無成長為良好林木之望者。

要之，此項撫育主義之擇伐法，凡林木之樹勢茂盛，形態良好者，其伐採也，當按照齡級，而為適當比例及配置之保存，並於實地，善為伐採木之調查，以選定之。以是此項擇伐，應視林分而異其比率，故收穫預定，抑亦困難，而不可能者。惟如欲以擇伐天然下種，以謀森林之更新，而期永續大量之收穫者，捨此主義不為功。若以目前之收穫為主，決非完善之更新法也。更新而不完善行之，則永久而充分之收穫，烏可得哉？惟如此伐採方針，亦決非理想之擇伐法也。良以更新及其收穫保續之故，對於收益，終不免若干犧牲故也。

理想之擇伐更新云云，凡已達伐期之林木，每年應由林分中伐採利用之謂也。換言之，即全林分中之等於一年內生長量材積之最老林木，每年如予伐採，則林分之蓄積，將永續不變，每年且復得獲一定收穫也。緣是，林分自一年生始，與迄伐期齡止之林木相混生，各年齡之林木，應各為平均土地之占領，且其伐採跡地，非使其完全更

新不爲功。惟如此理想之擇伐更新，固能完全行之，然實行上終不免困難叢生也。良以擇伐最老齡級林木之故，每年於全林地作業時，其所需採收費用，遙視伐採量爲大故也。故理想之擇伐云云，除小面積之林分外，其實行時，事實上頗多不可能者。歐洲各國，若是之理想擇伐，亦祇限於私有林及公有林之小面積森林行之耳！

抑亦更有進步者，由更新上論之，母樹每年未必盡能結實，且跡地上，其幼樹每年亦未必盡能發生，故擇伐法之對於同一林分，未能年年伐採，而僅爲反復之週期伐採者，蓋有由也。週期伐採云何？即將全林地，分爲面積約略相若之若干區域，其每區中之林分，於一定週期內，予以擇伐，即於某年度，僅擇伐其某一區，於次年度時，再行擇伐第二區，順次循環，週而復始，此即所謂循環擇伐法（Umlaufende Femelbetrieb； Periodic selection method）是。蓋所以別於前述之理想擇伐法者也。循是行之，以視每年全林地之悉予伐採者，以能集中於較爲小面積之林地內，不惟易於實行，且所需經費，亦復隨之減少焉。

循環擇伐法，自擇伐一區之年起，順次經各區域，而復回復於同一區域之年數，謂之回歸年，或循環期或擇伐週期（Hiebsumlauf Umlaufszeit； Period of return, Circulation period, Cutting or felling cycle）。循環擇伐法，在一個區域之林分內，以並無各年齡林木之存在，故僅有等於一伐期內所行伐採次數之齡級數。此齡級數，如以回歸年數除伐期年數，便得之矣。例如伐期爲一百年，回歸年爲十年，則各區林分，均有十齡級。如就全林分論之，不論回歸年數爲若干，惟其一次之伐採量，則屬相同；若就一區域之林分觀之，回歸

年愈長，則一次伐採量愈大，回歸年數，蓋與伐採量爲正比例也。其情形之極端者，假定其爲回歸年與伐期年數相等之施業時，則其區域內，予以皆伐可矣。故回歸年愈大，則自一區域內，一次可得多量之伐採，果爾，則尙何擇伐真意之有哉？

集約林業，擇伐法之回歸年，應定爲十年以下，歐洲森林，普通爲五至十二年，設擇伐林一年之生長率爲 1.5 — 2.5 %，而其回歸年爲十至二十年，則一次約可伐採 15 — 50 % 之材積；蓋如此伐採量，得與回歸年期間內林分之生長量相等故也。

擇伐方式，既如前述，其每株作點狀之擇伐者，謂之單木伐採，或單株伐採 (Single tree selection felling)。其由數株或數十株作羣狀擇伐者，謂之羣狀擇伐 (Gruppenweiser Femelbetrieb; Group selection felling)。單木擇伐，以由伐採所形成之隙地較小，日光之照射亦難，故僅適於陰樹行之耳！羣狀擇伐之施行，則同一齡級之林木之爲羣生者，以視散生者，以伐採較便及幼樹損害較少，益以伐採跡地隙地較大，幼樹易獲多量陽光之故，其發育亦較優良。緣是如此作業，對於陽性樹種，獲益尤鉅。惟其羣面，如予過分擴大時，則擇伐之利益遂亦隨之消失，要亦不可以不注意者。擇伐更新，最爲特著之點，厥在對於土地幼樹之保護完全，故羣狀擇伐，其羣面愈大，則其林分異齡林之特徵，不復子存，林木性質，遂轉而另具同齡林之特徵矣。

羣狀擇伐林之同一齡級之林木，雖大抵羣生於接近圓形、正方形或長方形之處，然若同一齡級之所有林木，而爲帶狀之存在者，則其擇伐，謂之帶狀擇伐 (Femel (Plenter), Saumschlag; Strip

selection felling)。大面積之森林，每有數個同一齡級之帶狀擇伐，以視羣狀擇伐，不惟伐採、運材咸感便利，且對於幼樹損害，亦可較少。惟如此之帶狀擇伐，亦祇能僅就理論上言之耳！若在實行上，則可謂極鮮發達希望者也。

由擇伐而生之小隙地，其立木狀態良好者，得由隙地周圍所存之母樹飛散種子，發生幼樹，使之鬱閉，其更新之未臻充分者，可由人工翻起地表，並由人工播種，或栽植苗木，以補充之。

第一目 擇伐天然下種更新法之適用

歐洲保安林之施業，類取擇伐法，瑞士保安林之面積，以視他國為尤大，故採用擇伐法者，為數尤夥。據該國統計，其森林之採用擇伐法者，占全森林面積之 35%，就中阿爾卑斯山 (Alps) 森林之三分之二，即以擇伐法施業云。德國全森林面積中，約 10% 亦由擇伐法更新，就中 77% 為針葉樹林，23% 為闊葉樹林云。

在美國之所謂擇伐法，採各種方式於各處實行之，惟其名雖同，然論其伐採方法，則殊不易與擇伐更新相吻合也。

由擇伐天然下種，以求永續收穫，應有極端集約之處理固矣，然其欲為集約之施業者，非有極便利之交通不可。集約之施業云云，即回歸年數之縮短及各林木適當之處理是矣。更新成績欠佳之處，務須予以人工補足，倘交通不便，而劣等材無相當銷路及伐木運材之支出較大者，則除大材及品質上等者外，可謂絕無伐採之可能性矣。故如此場所之欲行擇伐法者，除極粗放方法外，蓋無可適用者矣。粗放之擇伐云云，除回歸年數之延長及已達伐期林木之伐採外，並無施以其他處理之必要。惟如此粗放之處理，不惟不易獲充分之更新，

且木林材積，與價格生長及其收穫，終不免隨之減退也。

第二目 擇伐天然下種更新法之得失

擇伐天然下種更新，亦互有利弊，茲先述其優點如次：

(一) 擇伐林，對於林地幼樹之保護周密，林冠鬱閉，亦復完美，雖有隙地，面積至小，且復分散，故不惟足以維持地力，即土砂之流失，土地之崩壞、浸蝕、及洪水、雪類、雜草，氣象諸害，皆具充分保護之效。以上各點，即其他各種更新法所不可及者，抑亦擇伐法之所最特著者。故是項更新，凡森林之生存於氣候欠佳之地，及高峻險阻之區，而復具有保安性質之山岳林，乃其更新法中之最適者也。

(二) 擇伐林，以視同齡林，以其林冠發育良好，故對於風雪等害之抵抗亦強。

(三) 以母樹數量較多，且樹冠發達，結實豐滿，及結實後無論何時，均得利用更新之故，雖樹種之結實週期較長者，更新時並不若其他更新法之具有一定更新期者之發生困難，重以對於林地、幼樹，得以充分保護之故，故其更新，尤感確實易行。

(四) 雖小面積之森林，仍得於每年或短期間內，分別收穫，故小規模之林業及以林業為副業經營之農家，擇伐更新，乃最適宜之森林經營法也。

(五) 擇伐法，最饒風致，且復不使林地暴露，故乃風致林更新法中之最適者也。

(六) 擇伐林以視同齡林，適於大材之產生，良以同齡林躋高齡時，生產量為之銳減，對於大材產生，殊不相適，益以增加同齡林之伐期齡時，林木資本，為之增加，亦殊不利於收益故也。而擇伐林於

幼時雖生長遲緩，然自壯齡而後，生長益茂，且以林地充分，得資保護之故，林分得為永續生長。

對於擇伐林林木，與同齡林林木之生長狀態，論者紛紜，莫衷一是。擇伐林以老壯幼各種林木混生之故，其根部深入土中，得以充分吸收養分，惟其林木迨達伐期中間時，以為高齡林木所庇蔭，壯幼林木之生長，終不免為之阻害，而銳減也。惟林木達壯齡而後，擇伐林之林木與鄰接木，不作劇烈之競爭，亦如同齡林然，以其樹冠發達及充分保護林地之故，得以永續生長，而絕不衰替云。

次述其劣點如下：

(一) 擇伐更新法之所引為最大遺憾者，厥惟需要大量之收穫費及工作之困難是也。良以擇伐更新之事業面積，應視其他更新法為大，且尤以皆伐更新法為然，故對於同一材積之作業經費，均視其他更新為大，就中且尤以收穫之支出(伐木、造林、集材、)為然，據日本熊本營林局，大島卓司氏廢棄皆伐作業，採用擇伐作業之實例，其增加之砍伐經費中，伐木造材費占 40—45%，而集材費占 20—30% 云。

又在擇伐區域內，以有多數保存木(幼齡之後繼樹)生存之故，伐採集材，均感困難，作業之際，此項保存木，便不免為之損害。魏格納氏，為求於不違擇伐更新利益之原則下，將擇伐法之所引為最大缺點者，予以蠲除起見，此帶狀率伐法之所由作也。

(二) 擇伐更新應行極集約之施業，惟其施業之進行，須有完全之路網及熟練之技術，然如此要求，即擇伐更新發祥地之瑞士，及德國南部森林之具有理想之擇伐林型者，亦殊不易多觀也。良以此

項更新，其施業者，非有數十年間之經驗不為功；故擇伐更新，而求普遍施行，抑亦事實之不可能者。我國森林內，雜草繁茂，荆棘遍地，不適於天然下種之處，集約之擇伐更新法之實行，可謂絕少可能性矣。

(三) 擇伐更新，對於樹種之改良及混交之調節，均較困難；良以擇伐更新，如於現有樹種及其林相，均感不滿，欲予改良，以謀增進其價值，殊非易易故也。故對於缺乏利用價格之雜木林，及林相不佳之針闊混交林，如欲施以擇伐更新，終非計之得者也。

(四) 施業複雜，且收穫亦不易得正確之預定，年來裴沃來 (Biolley) 氏，雖有由查照法 (Kontroll; methode; Control method) 以決定擇伐林砍伐經費預算之發明，惟此法以手續經費，所耗不貲，亦終感推行不易耳。

(五) 林木品質，亦不若生於同齡林內者之良好，良以異齡林之林木，樹冠大，枝節多，且復幹形削頂故也。益以幼樹生於上木之庇蔭下者，壯齡而後，使之疏立，生長遂爾不均，年輪寬度，亦隨之欠整矣。

(六) 耐蔭力弱之樹種，不易實行，且土地非較為肥沃之處，成績亦難良好。

歐洲樹種中，擇伐更新之最易實行者，厥惟冷杉，良以此項樹類，不惟耐蔭力大，且具雖經多年庇蔭，一旦開放，仍復發育健全之特性故也。故為歐洲適於擇伐更新之惟一樹種之水青岡，雖屬陰樹，然在幼時，如欲久置於庇蔭之下，不可得也。要之，擇伐更新，凡樹種之幼時，耐蔭力大，且待壓迫解放後，仍得開始其繁茂盛生長者，始可適

用之耳！

第五節 永續林施業

永續林施業(Dauerwaldwirtschaft; Continuous forest system)亦稱恆續林作業，西曆1920年，德國模拉博士(Dr. A. Möller)始發表之，乃表示森林施業之基礎及其思想者也。此項名詞，雖非僅指森林更新與森林作業上特殊方法及其種類而言，惟其思想實與天然更新有密切之關係存焉。故特闡述如次：

據模拉氏之說，森林云云，非特樹木之集團已也，乃構成爲完全之有機體者也。故森林亦應與一般之有機體同，其各部如不健全，而互保其調和，則決難爲永續充分之發育者也。故經營森林，而欲得其永續不絕之充分收穫，此森林有機體(Waldorganismus)，務須予以適當處理，俾獲健全發育，得以繼續無已而後可。蓋永續林施業，乃指示施業方針以森林有機體之永續(Kontinuität od Stetigkeit.)爲主義者也。

綜上觀之，推行已久之皆伐法，其施業，不惟與森林永續宗旨，相背道而馳，即冠以其他名稱，所施之天然更新，以其施業計畫，類各預定而有限制(例如伐期齡一定，且欲得預定之收穫)，其與森林有機體永續之宗旨相違者，蓋亦事實上所不可免也。各種施業法中，與永續主義較爲相適者，則惟魏格納氏之帶狀擇伐法與巴登式之孔狀傘伐法庶幾近之，而爲模拉氏所予考慮者也。

迨模拉氏偶然見及楷立許(Von Kalitsch)氏，自1884年以還，在其所有巴倫托倫(Bärenthoren)地方私有林中，所施之施業法後，

即認爲其施業法，與其向日主張之永續主義最吻合者，特許爲模範永續林施業之一例，介紹於世，以引起林學界人士之注意。

在巴倫托倫地方，楛立許氏之所有森林面積，約爲四百公頃，乃地勢略平之丘陵地也。海拔高一百二十公尺。此項森林，係屬於自古開墾之土地中，由人工營成之赤松林 (*Pinus silvestris*)，而與少數水青岡混生者也。

此項森林，曠昔以屢經地被之採集及過伐，與處理不當之結果，其林木發育，一時曾陷於不良之狀態，直迄1883年止，迨自楛氏改用其現行之施業法，經四十年後，究其結果，地力頗爲改進，爾往之四等地，今已進爲二等地矣。林木健全，發育茂盛，收穫量爲之激增，年伐量隨之增加，蓄積已增加三倍云。

楛氏以其施行於其私有之森林，即所謂巴倫托倫作業 (*Bärenthoren Betrieb*) 是也。氏遂以永續林思想之宣傳鳴於世。

衛勃克 (*Wiebecke*) 氏奉行楛氏主義，並闡述其施業法之要旨如次：

(一) 凡足以搖動森林永續基本之皆伐，應予絕對禁止，其森林之以永續爲本旨者，森林鬱閉，務須深加注意，毋使破壞，對於單位面積之林地，應使之常保一定以上之蓄積。

(二) 落葉之採集，亦應絕對禁止，以伐採所生之木屑及枝葉等，應悉數棄之林地，使之腐朽，俾便改良土壤，增進地力，又凡土質欠佳，地力減退較甚之處，苗木栽植，應以水青岡爲主，俾便庇蔭林地，以維地力。

(三) 森林更新，應以天然下種爲原則，惟在母樹樹種絕無希望，

及天然下種不甚適宜之地，仍以人工播種，或栽植苗木爲得。

(四) 每年(以前每隔二、三年)於全施業地內，凡與更新關係較少之老大林木(單木擇伐)應予擇伐，並同時施以弱度之撫育伐採，惟伐採木之選定，應詳察地況，並行母木調查，以決定之。

(五) 伐採木之選定，應按照次列標準決定之：

1. 枯死木，瀕死木、病木、應隨時伐除之。

2. 樹冠及幹形不良，及有害於良木之生長者，應悉數伐採之，惟被壓木，每有以保護林地，而予以保存者，而優勢木亦有以助長樹冠之發育及促進母樹之結實，而予以適度之間伐者。

3. 決定大體之伐期，將其已達伐期者，悉數擇伐之。換言之，即已達工藝的伐期者，悉數伐採是也。惟是項標準，每按各種樹種，及其胸高直徑之大小，以規定之。是項伐期，大體上具有一定之標準，亦非達到伐期，必予伐採者也。如前所述，1、2 兩項，施以撫育伐採後，而其收穫，仍不足預算數量時，就中再予伐採可也。其將來尚有繼續繁茂之望者，雖屬大木，仍應予以保留；惟實際上，高齡云云，一百五十年可作最高年齡觀也。

要之，上述方法，可作極端集約之撫育伐採，每年行於全施業地內之擇伐天然下種更新法之一種觀也。惟其與普通所謂擇伐更新法不同者，其主要之點，厥惟伐期年齡之不一定及同一林班內全齡級之存在，爲非問題已耳！

第六節 天然下種更新法之原則

天然下種更新法云云，乃伐採森林，於其跡地，由天然下種，以

形成目的樹種之森林作業法也。第由植物生態學觀之，伐採為植物羣落 (Vegetation) 繼起之破壞；更新乃植物羣落連續推移之開始也。惟各種伐採方式中，其破壞程度，以皆伐為最烈，而擇伐為最小，而以傘伐為介乎其間。現在之森林植物羣落，得分別為比較之安定，與比較的不安定兩種，惟彼安定的植物羣落，由伐採及其他行為破壞後，安定的植物羣落，以破壞而便變為不安定的植物羣落，破壞之程度愈大，則勢將逆轉而呈接近與原始期相若之相觀；故欲更新其現在之安定的植物羣落，而為相同之林相時，務須選用更新法中，破壞程度較小之法；擇伐法，即欲達此目的之最適者也。

其所有森林植物羣落之本屬安定者，乃由該地優勢樹種所形成者也。其中決不容他種樹種之輕易侵入，待施以破壞程度較大之伐採後，以其環境激變，與新環境相適應之其他樹種，遂乘機而入；故若將現在林相略予變化，而謀其他樹種之侵入時，施以破壞性略大之羣狀擇伐及傘伐，必要時或竟施以局部之皆伐可也。又優勢樹種，多者類在兩種，或兩種以上，其僅限於一種者，抑亦特種之情形焉。故無論如何，加以若干人工，其林相必與自然由兩種以上之優勢樹種所形成者相近似，故天然更新法之一般原則，非以形成單純林為目的，而乃營成混交林之合理的更新法也。

所欲更新之森林，在連續推移途中，係屬相觀之不安定者，如此情形，如放任之，則其林相，勢將漸次變化，即更新法中破壞程度最小之擇伐法也。現有林相之維持，亦絕非易易；如欲將現有林相，強予維持，則勢非不絕加以人力，以阻止其連續推移之進行不可。良以植物之由自然侵入者，乃最適於該地之自然環境，而復種類中繁殖

力之強大者也。故如欲阻止此種植物之侵入，勢非倍加人力，不獲奏效。故就以上關係觀之，當不安定相觀森林更新之際，如不致力於現在林相之維持，而僅為爾後林相變化之攷慮時，則於助長變化之方針下，作適當更新法之選擇可矣。惟其侵入樹種之利用價值較小者，為限制其繁殖計，略加人工，蓋亦不得不然者也。當赤松純林之更新，而行伐採時，其有櫟、栗等闊葉樹之侵入之處，如欲強防此類闊葉樹種之侵入，或伐除此類而不力時，則次代森林，便應於形成赤松與落葉闊葉樹混交林之方針下更新之矣。森林更新，當此種情形之下，與其採用工作困難之擇伐法，不若採用施業簡單之皆伐或傘伐法之為較得也。伐採結果，若有雜草及灌木等之發生者，即為伐採過度之徵；惟有雜草及灌木之侵入，而遽認為更新之失敗者，亦不免言之過早也。良以現有森林，亦曾經過如此時代，始行成立故也。

要之，天然更新，實行上之原則，應捨妨害該地植物羣落連續推移之法，而採與此並行之方；良以如是行之，不惟勞費較少，且可形成林相優良之森林故也。

第二款 萌芽更新法

萌芽更新 (Ausschlagverjüngung, Wiederverjüngung durch Ausschlag; Reproduction by sprouts)云云，乃將林木之幹部及其枝條，於伐採利用後，由其樹體殘留部分，發生萌芽，使之滋長，以資更新者也。惟此法限於萌芽力強之樹種行之，故主行於闊葉樹林，針葉樹林鮮有能行之者矣。森林之由萌芽滋長形成者，號稱萌芽林 (Ausschlagwald; Sprout forest)。

萌芽以受伐採之刺激，而由休眠芽及不定芽發育以成者也。然亦頗多由其切口(Schnitt; Section)之附近發生者。樹種中亦有其幹部，伐採後，切口附近萌芽發生甚罕，而於根際發生甚盛者，赤楊等即其例也。

萌芽力之大小，以樹種而著異，櫟、栗、柞、櫟、洋槐、法國梧桐等，皆樹種中之萌芽力強者也。而萌芽之強弱，雖同一樹種，復以樹體部位而互殊，他如年齡，立地，亦有相當之關係存焉。普通萌芽力，就部位言，則以根際為最強。就年齡言，則於樹木生長之最盛時期為最強，迨及高齡，樹勢已退，其萌芽力亦隨之衰弱矣。就立地言，則以光線、溫、熱，皆足為萌芽之促進，故陽地視陰地，暖地視寒地，其萌芽均較強盛；惟在暖地，以其樹皮早呈粗糙之故，萌芽力之繼續年數，復不免較短耳！土地之肥沃者，雖萌芽力大，然亦不免早衰，乾燥則殊有損夫萌芽之發生及其生長者矣。萌芽更新，以伐採點之位置，可分為矮林更新、頭木更新及截枝更新等三種。矮林更新，乃由樹幹基部，即其根際使之萌芽者也。頭木更新，乃僅伐採樹幹上部，而將下部，予以保留，由其殘留部分使之萌芽者也。截枝更新，乃僅伐採枝條，以促其萌芽者也。

第一節 矮林更新法

矮林更新(Niederwaldverjüngung, Stockausschlagverjüngung; Coppice method, Reproduction by stool-shoots)云云，乃將林木，由其樹幹基部予以伐採，其由根株發生之萌芽，使之滋長之更新法也。

矮林更新，我國之櫟、柞、槠及其他闊葉樹林之以產生薪炭材爲目的者，類採用之。歐洲柞樹之剝皮林及薪炭林及意大利栗樹之以產生小圓材爲目的者，亦採用之。爾外杞柳、泡桐及以製造樟腦爲目的之樟林，亦採用之。他如玉樹，亦可用矮林法更新之。針葉樹雖不多觀，惟雲南所盛產之雲南松（*Pinus yunnanensis*）及冲天柏（*Cupressus Duclouxiana*）暨長江以南所廣布之杉，以萌芽力強，亦頗有以矮林更新者。美國之世界爺（*Sequoia sempervirens*）亦有行之者。日本新瀉縣日光之以株杉稱者，蓋乃柳杉之以矮林更新者也。

凡萌芽林之由根株發生萌芽形成者，謂之矮林（*Niederwald*；*Coppice wood*），其與矮林相對稱，而以種子及苗木所營成之森林，則曰喬林（*Hochwald*；*High-forest*）。矮林普通伐期短促，林木矮小，喬林則伐期悠久，其接近伐期之森林，類皆喬大，抑亦可以顧名而獲思其義也。

第一目 樹種及其萌芽力

根株發芽力最大之樹種，爲櫟、栗、柞、槠、栲、見風乾、白蠟樹、椴、赤楊、榛、櫻等，至若水青岡、樺木、山榛等，乃其萌芽力較小者也。櫟、栗、見風乾類之萌芽力，得以永保不替，故其矮林更新，亦可廣續行之。至若白蠟樹、法國梧桐、水青岡、樺木等，則行矮林更新一、二次後，其萌芽力遽爾衰竭矣。無論何類樹種，在中年時期，以其生長甚盛，故發芽力亦最強，迨及高齡，漸次減退，終至喪失而後已。惟櫟類雖達六十年以上，仍能萌芽，栗則雖達一百二十年，其萌芽力仍可保存而勿失也。

第二目 伐採季節

矮林更新之伐採季節，應於樹木之休眠期，即晚秋迄翌年早春間行之。如於生長時期伐採之，則以樹液流出，足令根株衰弱，不惟萌芽力爲之衰退，且樹皮亦有隨之剝落者，其害有不可勝言者在。春季伐採則以於樹木開始生長之略前時爲最適，即暖地爲三月，寒地則於四月至五月間行之可矣。如欲於晚秋生長停止後，冬季伐採之，則以根株無寒害危險者爲限，其於根株覆被土壤落葉者，大有助於寒害之預防者也。

伐採季節，亦有以伐採實行上之便利及產物利用上關係，而爲例外者。例如生存於池沼中之赤楊林，爲求伐採上便利計，有於冬季中池沼結冰期間行之者。柞樹之剝皮林，爲便於剝皮計，類於初夏開始生長後，着手伐採之是也。

其伐採延至晚春後行之者，不惟根株之萌芽力小，且萌芽之生長亦遲，復以不及木化之故，萌芽入冬，終不免易蒙寒害也。

第三目 伐採方法

矮林伐採，應接近地面行之，切口以平滑而復傾斜者爲宜，低伐之利，有得而言者。

(一) 根際部分，即爲萌芽力最盛之處。

(二) 低伐者，其萌芽易於形成獨立之根系，故母樹根株，雖已衰弱，仍不難使之獨立，以維其勢，且對於風害之抗力亦強。

(三) 截幹(切株)之較低者，易爲落葉腐植質及積雪所覆蔽而被保護，不易受寒氣及乾燥之害。

惟亦有例外，而低伐反爲有害者，凡生存於池沼地中之柳及赤楊林，其根株之浸於水中者，自不得不於視地面較高之水面上伐之；

至春季極爲乾燥之處，如予低伐，則切口附近部分，以乾燥結果，致令休眠芽枯死，而陷萌芽於不可能者。

切口平滑及其傾斜之理由，乃所以使切口上雨水，易於流失，不致停滯，而防止其腐朽者也。其根株之較小者，切口如平滑伐之，則有切口癒合較易之利。

第四目 輪伐期

矮林之輪伐期，普通以產物利用上關係決定之。即以生長適於利用目的時，所需年數爲伐期者也。今略舉數例如次：

編製箱筐用之杞柳矮林	1年
蛇藤葡萄架支柱用矮木	5—15年
柵剝皮林	15—20年
礦井支柱用矮林(坑材林)	20—30年
薪炭林	10—40年

法國國有矮林之面積，可依伐期之長短分別之如次：

伐 期	10年以下	11—19	20—29	30年以上
面積%	1.5	32.0	56.0	10.5

其以產生用材爲目的者，伐期雖以四十至一百年爲必要，惟如此長伐期中，全部根株，即能完全萌芽，然欲維持完全林相，抑亦事實之不可能者。

第五目 林相之維持

矮林更新，更番行之，其所有根株，自漸次衰老，萌芽力亦隨之衰退，其根株或竟腐朽，而致枯死。故如欲將矮林林相，永予維持，則根株腐朽後所遺隙地，應不絕栽植幼齡之後繼樹，以補充之。換言之，

即於其隙地，應以萌芽力強之適當樹種之苗木，栽植之也。後繼樹之補充，有以插木或播種行之者，要視樹種立地如何，酌定可也。栽植之苗木，應特選其健全者，並將其幹部切去，僅留其根株植之，或移植二、三年後，始由根際截去，以促其根株發生優勢之萌芽者。苗木當初植之數年後，應妥為保護，俾勿為周圍之萌芽所壓迫。良以由根株所發生之萌芽，其生長遠勝苗木，如放任置之，則所植苗木，至易被壓迫，而致衰弱，或竟枯死故也。

英國南部，自古即用撓枝法 (Plashing)，以為矮林衰弱根株之補充者。法當矮林伐採之際，擇其萌芽中年幼而勢強者，保留之，並予屈曲，使伏土中，復以木樁按之其上，使之固定，其上並以土覆之，經二、三年後，待其生根，始與母樹切離之。此法類於椴、白蠟樹、栗等再生力強之樹種行之。

矮林更新法，對於各種闊葉樹混交之天然生雜木林，雖多行之者，惟於四十年生，或逾此之林木伐採後，固有萌芽頗盛者，然以樹種不同，亦有僅能萌芽，或竟不能萌芽者。矮林間空隙遂致到處皆然。如此情形，終非林業經營者所欲有也。故若遇此種情形，而林木之為多量結實者，儘可由天然下種發生幼樹，以補充之。法當矮林伐期之際，不予皆伐，而施以與傘伐天然下種相類似之下種伐及殿伐之兩次伐採。其法唯何？即第一次伐採，以幼樹之發生為目的，於矮林伐期之三至十年前行之，蓋與傘伐更新之下種伐相同，而為次列各種林木之伐採者也。

(一)病木及其具有缺點者。

(二)被壓木，而無成長之望者。

(三)樹冠之過大者。

(四)樹幹細長，樹冠過小，而有風折之虞者。

(五)樹種之無用者。

斯時伐採材積，約為 30 — 60 %，惟其比率，則以幼樹混交所需之面積而互殊，即第一次伐採，應視樹種中萌芽力之強者與弱者之如何配置，而施行之。凡萌芽力強樹種多數存在之處，便無使發生幼樹之必要，故其下種伐，絕非必要。下種伐，惟限於需幼樹發生之處行之耳！待幼樹發生後，即可施以第二次伐採，以伐除其老木矣。

第六目 作業法

矮林作業，亦以利用目的，及樹種性質而各異致，普通所應用者，則為擇伐與保殘兩種，分述如次：

其一 擇伐矮林法

矮林更新，普通採用皆伐，惟保安林之不許皆伐，及產品之利用上，皆伐而感不利者，得依擇伐矮林法（Geplenterte Niederwaldverjungung; Coppice selection method）行之。

矮林之為擇伐者，歐洲如德國、瑞士及巴爾幹半島（Balkan）地方之水青岡林，自古行之。

擇伐矮林之施業法，頗與擇伐喬林相類似，即依產品之用途，以調查其適合利用目的之直徑及其周圍，以求其達此標準所需之年數，而為輪伐期之決定者也。惟在一伐期間，究應施以幾次伐採？曰：以與回歸年數相等之數，等分其面積，每年就其中一區，將其已達利用標準之萌芽樹，予以擇伐，所餘小木，仍予保留是也。

在法國比利牛斯山(Pyrenees)(在法國與西班牙間)地方,輪伐期普通爲三十年,然亦有以十五年爲回歸年,伐採兩次,與以十年爲回歸年,伐採三次者,亦有輪伐期爲二十七年,而回歸年爲九年者。法國莫房(Morvan)地方,則輪伐期普通爲三十六年,而回歸年爲九年。瑞士之保安林,則輪伐期以三十年,回歸年以十年者爲夥。擇伐其胸高直徑(地上一·三公尺之處)十二公分以上者,其不合標準者爲之屈曲,非有害他樹者,不伐採也。其林木之胸高直徑,雖達十二公分以上,然伐採後,而有形成較大隙地之虞者,亦復任其自然,不予伐採也。

擇伐矮林,以其於一輪伐期間,所行伐採次數,有二至三或四齡級者,故其實際林相,未必能顯然區別也。

歐洲之水青岡林,凡山岳地方,土質惡劣之巖石地,雖類施喬林作業,惟絕無大木成長之望,及氣候寒冷,經營普通矮林,萌芽易受寒害雪壓之處,則皆行擇伐矮林。然則於水青岡林,專行擇伐矮林,抑何故耶?良以水青岡之幼弱萌芽,抗寒力弱,皆伐之年,所有萌芽,易罹寒害,若予擇伐,則以有老成萌芽,得資庇護,必能安全發芽故也。益以水青岡爲萌芽力較易衰退樹種之一,如予擇伐,則其根株萌芽,得以長保而勿替故也。

擇伐矮林法,除足資寒害之預防外,復可防止土地之裸出,蓋亦有禱夫林地之保護者也。益以擇伐矮林之林冠,視皆伐林爲疏,故其實生幼樹之發生較多,亦殊有助於林相之維持者也。然爲此法之缺憾者,厥惟伐採煩瑣,而復困難,益以根株上復有其他萌芽存留之故,欲予低伐以接近地面,深感不便,且也伐採之際,極易損傷幼樹萌芽

發育，較之皆伐尤爲遜色（尤以陽樹爲然）。行擇伐法者，其萌芽生長之不良，蓋緣萌芽發生之初，不易享受充分陽光所致，益以存留萌芽生長之故，其養分亦終不免被奪也。

擇伐矮林法之缺點，既如上述，惟其產物之利用上，除在一定大小以上者外，當伐採困難之際，如予以擇伐，收益上，裨益仍多也。我國及日本薪炭林之擇伐，其主因蓋緣於是。

其二 保殘矮林法

保殘矮林法（Niederwaldüberhaltbetrieb; Reserve coppice method）云云，乃當矮林伐採期之際，就萌芽樹中，選擇少數良木，而爲之保留，使其成長，以迄下次伐期；此法蓋於矮林中，除產生薪炭材及小圓材外，復欲產生小量之用材者也。此項保留木，迄下次伐期時，與矮林之普通萌芽樹，一併伐採，同時並由一伐期齡之矮林中，作次期新保殘木之選定。

第七目 矮林更新之得失

矮林作業，亦互有得失；茲先述其優點如次：

（一）矮林法，不惟作業簡單，且視由種子以事更新之法，較爲確定，而鮮窒礙。

（二）矮林法，所需之資本較少，且以伐期短，而收益速，殊適於小面積林業之經營；故乃小規模林業家適用之施業法也。

（三）萌芽之初期，生長不惟視實生苗爲速，且以樹幹勁直，枝條細小，故其小圓材之產生，實非喬林作業所可企及，

（四）萌芽生長速，雖當伐期之際，樹勢仍復強盛，其病蟲害，視喬林亦復較少。

惟其劣點，亦有得而述者：

(一) 雖價值低廉若薪炭材者，仍無實際利用之處，則其實行爲不可能。

(二) 不適於用材之生產。

(三) 矮林視喬林，須由土中吸收多量之礦物質養分，故如非較爲肥沃之地，不適於矮林之經營。良以矮林，須爲含有多量礦物質之小材及枝條之迭經收穫故也。故歐洲矮林法，主於河流沿岸肥沃溼潤之地行之。

(四) 萌芽對於寒氣之抗力較弱，當其幼時，其生長有迄晚秋而始終止者。故於高地，或寒害較頻之處，實行爲較難也。德國矮林更新，僅限於海拔八百公尺以下之地行之耳！

(五) 以屢經皆伐及其林木高度較低之故，保護地力之效，不免微弱。

(六) 以林木較低及林相過於整齊之故，景色亦不免減損也。

第八目 矮林更新之實例

(一) 櫟類剝皮林 櫟類剝皮林 (Eichenschälwald; Oak tan-bark coppice wood) 之經營目的，以與普通之矮林，略異其趣，故類分別述之。剝皮林，蓋以生產製造鞣皮劑之樹皮爲主目的，而以剝皮所餘之木材爲副產物也。以櫟類生長迅速，且復樹皮中含有多量之鞣酸 (單寧) (Gerbstoff; Tannin) 之故，故於鞣皮劑需量較多之歐洲，對於是項樹類之造林作業，自古已然，由來舊矣。

德國此項造林，已盛行於十三、四世紀，迨及近世，其盛況雖已稍替，然其剝皮林，仍復有十萬公頃之存在 (大部分爲私有林)。瑞士今

日，雖已絕跡，然法、比、匈等國剝皮林之面積，仍極廣袤，惟亦大宗爲私有林耳！私有剝皮林較多之理由，蓋亦以適於小面積經營故也。以得與黑麥間作，及其柴草、落葉、剝皮材，足以利用，而有相當副收入之故，樹皮價格，雖稍低落，仍復足以維持也。

剝皮林之伐期，應視其粗皮開始形成之年度而決定之。樹皮應擇其平滑而有光澤者利用之。故應於生長粗皮，樹皮尙未開始開裂時，予以伐採剝皮。惟粗皮之開始生長時期，亦以土地及地溫等各種關係，而未能一致，故其伐期，非經實際觀察，亦未可遽予決定也。其伐期在德國，普通爲十五至二十年，然亦間有爲三十年者。伐期短者，鞣酸之含量少，然過長，則其樹皮品質，即復陷於不良矣。伐採季節，以晚春開始生長時行之爲佳，良以生長停止期間，剝皮深感困難故也。

剝皮林，施業上所應注意者，厥惟樹皮之應於充分日光下，處理是也。森林之鬱閉愈疏，則其品質亦愈良，故剝皮林中，遮閉日光之上木及其他樹種之混交，爲理想作業之所不容許者。其生於庇蔭下者，樹皮價格，亦不免低落矣。故必要時，剝皮林之間伐爲不可忽。普通於伐期前十年，予以第一次間伐，爲便於剝皮計，且有予以修枝者。

苗木之栽植株數，在德國每公頃爲三千至五千株，其行間伐法者，則在八千株以內。當苗木栽植之際，頗多將幹部切去，僅將根株栽植者，亦有待苗木栽植後，經三、四年許，然後將其切幹者，蓋所以養成易於剝皮之勁直樹幹者也。

日本境內，雖尙無特種剝皮林之營成，然在北海道地方，有將天生之槲林，予以剝皮，而以之供製造鞣酸用者。

我國市上所售之拷皮，除紅樹(Mangrove)皮外，亦有爲殼斗科樹木之樹皮者，漁網及布匹絲綢之染料，頗多用之。

(二) 櫟類薪炭林 櫟類(栲、槲、櫟等)栽植後，如處理得法，經十年至十八年後，即可施以第一次伐採；爾後每隔八年至十四年，伐採一次。以萌芽更新之伐期，以十一月樹葉黃落，迄翌春新芽發放前爲宜。氣候溫暖之處，可行秋伐，入冬嚴寒之處，宜於春伐，蓋以根株易受凍害故也。初次伐採，應接近地面行之，爾後應次第增高，此無他，蓋以舊株粗皮已厚，萌芽不易繁茂故也。如採伐以時，而復合法，則翌春根株四周，萌茁新芽，當年可達一公尺乃至二、三公尺許，入秋芟刈雜草，並行修剪，刪除腐弱，擇其最優者，保留二至五株，善爲處理，俾便滋繁。

櫟類矮林，普通經六十至八十年後，樹勢日衰，不堪再用，應即伐幹掘根，從事開墾，迨耕作二、三年後，作物行間，另植新苗，以事更新。

矮林伐採第一次收穫，最少每畝約可得四千至七千斤，第二、三次，最多每畝約可得八千至一萬六千斤，迨第四、五次漸次減少，第六、七次而後，遂形大減，所得之薪炭材，均爲直徑三公分以上，十公分以下之小圓材云。

(三) 杞柳矮林 杞柳矮林 (Korbweidenhegerneiderwald; Basket-willow coppice)云云，乃杞柳栽植後，予以矮林更新，刈取枝條，以供箱籃等器物之編製者也。在歐、美、日本，均爲重要產業之一。我國蘇、豫兩省之舊黃河故道一帶，栽植最富，以其得以利用荒地(低溼之地之難於栽植作物者)及伐期極短，作業簡單，乃林業中之有利者也。

我國杞柳之供栽植而資利用者，爲杞柳(*Salix purpurea* L. var. *multinervis* Mstsum)、白箕柳(山柳)(*S. purpurea*, L. var. *stipularis* Franch) 兩種。而杞柳在江蘇銅山，復以皮色不同，分爲青皮、白皮、紅皮、黃皮四種。其土質以黃砂土爲最佳，壤土、粘土次之，其生於溝旁河畔者，發育既佳，品質亦優。杞柳普通以插條造林，其用供造林之地，應於一年之先，予以秋耕，以資改進土質。早春時，由母樹剪取枝條，截爲二十公分許長，首尾削齊，並將每百根或五十根束爲一捆，俾便裝運，或即插之。株間或行間距離，各爲三十公分許。爲求插條整齊計，並應兩端引繩，緣繩插之，插條發芽後，應時加除草，俾便滋繁，如處理適宜，則當年每株可發芽條七、八枝，翌春由其起點，用刀刈去，俾茁新條，迨中伏時間，便可取用之矣。惟當收穫之際，每株應各保留新條一、二枝，以維生機，迨第三年春間，復將所留新條，由其起點，用刀刈去，循是行之，則三、四年後，柳條萌芽，遂臻全盛，每畝每年可得剝皮柳條一百斤許，十年而後，樹勢漸衰，即應翻土重插，以資更新。

柳條收穫，每年兩次，一爲春季，於清明節前後行之；一爲夏季，於中伏間行之，要皆取其樹液流動，易於剝皮故也。惟每年僅可收穫一次，以維生機，其已收春柳者，不可再收夏柳，其已收夏柳者亦然。且也，時間相距過促者，木化未全，殊不足供編物用也。

歐洲杞柳之所用者，普通爲紅杞柳(*Salix rubra* Huds)亦以插條造林。其收穫有經二十五年者。日本杞柳栽培之歷史亦久，其兵庫、岐阜、高知等縣，尤爲著稱，所用種類，即行李柳(*Salix purpurea* L. Subvar. *angustifolia* Koidz.)是也。

第二節 頭木更新法

頭木更新法(Kopfbolz, od. Kopfausschlagverjüngung; Pollarding reproduction)亦稱頭木萌芽更新法,乃於林木幹部之半至四公尺處,予以伐採,由其殘留樹樁之切口,發生萌芽,形成新林,待其成材,伐採新枝,再使萌芽,以資更新者也。樹樁經更番伐採後,以其頂端,迭遭刺激,次第膨大,而狀似人頭,頭木之名,蓋緣於是。

我國之行頭木法者,以河岸及牧場周圍所植之柳類爲夥,蓋所以用供薪炭者也。歐洲則於河岸及牧場內之柳、白楊、柞、榆、椴、洋槐等之供燃料及綠肥用者,均以此法營成之。日本櫟、枹等之供薪炭林者,亦取法也。城市內街道行道樹爲減低樹高,以免妨礙電線及透視計,頗有於三公尺許處,截去梢端,以促其萌芽者,蓋亦頭木更新之一法也。至若桑之爲中刈,或高刈者,在林業上言之,要亦不失爲頭木之一法也。

頭木更新之萌芽力及收穫量,雖不若矮林遠甚,惟其林內得以兼營農作,萌芽以切口較高,得避寒害,即在牧場內,亦非家畜所可食害,抑亦非其他方法所可企及者也。由樹樁萌芽所生之新條,其伐採,普通類爲皆伐,然亦有爲擇伐者。其爲擇伐者,就其所生之新條中,擇其生長已達相當程度時,始分別擇伐,予以利用者也。

第三節 截枝更新法

截枝更新法(Schneidelholz = od. Schneitelholz = Verjüngung; Lopping reproduction),亦稱截枝萌芽更新法,乃僅以利用林木之

枝條爲目的，每隔數年伐採一次，以利用其枝條，俾其切口發生萌芽，以資更新者也。樟之供製樟腦用者，轉以利用枝條爲得，故可依此法更新之。歐洲榆、白蠟樹、赤楊、白楊、樺、槲等樹類之以生產燃料，家畜飼料，及綠肥等爲目的者，類以此法營成之。

第三款 地下莖天然更新法

地下莖更新法 (Rhizomverjüngung; Natural reproduction by rhizome) 云云，乃使地下莖蔓延，以圖森林之更新及其增殖者也。竹林之天然造林，即專以此法營成之，故復稱竹林更新法 (Bambuswaldverjüngung; Bambus reproduction)。竹林之更新，可分爲下列兩種。(一)老林之更新。(二)由母林誘引地下莖以圖鄰接地竹林之營成，即地下莖之誘引是也。

(一)老林更新法 當竹林更新法敘述之先，地下莖(鞭根)性質之說明，實爲必要。竹之鞭根，類爲波狀延伸，惟其蔓延以六至十月間爲最盛，發育以八、九月間爲最茂。鞭根當三、四年間，發荀力最強，爾後即漸次衰退，迨八、九年生，遂漸次腐朽矣。惟鞭根雖已腐朽，母樹仍可由其根部細根，以吸收養分，雖歷十數年間，可保不死。惟老林雖經保留，終以繁殖力衰，留亦無益，仍以早日伐採爲宜。當竹林之衰老也，不惟發荀力減退已也，重以老鞭根盤錯之故，每足爲新鞭根蔓延之障。他如老竹材復堅硬，不易施工，其利用價值，亦不免爲之減退，故應及時更新爲宜。

更新之法，可分爲擇伐與皆伐兩種。擇伐法，乃竹林更新之普通所用者也。其老竹發育，而經四、五年者，應每年或隔年予以伐採一

次；惟竹桿年齡（發生之年數），雖可由其色澤，得以分別老幼，然確實明辨，殊非易易，為求精確計，應於發生之年，分別用墨識以年度，以資識別。竹林密度，每十公畝淡竹約為九百棵，毛竹約為二百至三百棵云。

皆伐更新，惟於竹林中局部之呈特別衰弱及處理向不經意，而致全林俱呈衰弱時行之。即將竹林之特別衰弱部分，予以皆伐，或將全地區劃為寬四至六公尺許之帶狀，予以交互帶狀皆伐更新是也。皆伐跡地，應將土地予以深耕，並除去其鞭根，而充分施以堆肥等肥料，然後誘引其兩側竹林之鞭根，使之蔓延帶內，數年而後，便成新林矣。爾後復將所遺帶區，施以同一之更新，迨全林完全更新後，復依照擇伐更新法，繼續善為更新，以利用之。

竹林之為全林衰弱者，亦有僅留幼竹，餘悉伐採者，伐採後，並將土地掘取，除去老弱鞭根，並施肥於其跡地，此法全林地以得一次更新，故極稱便。

（二）地下莖誘引法 是法蓋誘引地下莖，以謀竹林面積之擴充者也。凡鄰接竹林之土地，予以開墾施肥後，以其鄰接地中，竹林鞭根之蔓延，便不難形成新林故也。數年後，復依照同一方法，以謀竹林面積之擴充，所謂「西家種竹，東家治地」是也。惟地下莖之蔓延，其土壤應以膨軟肥沃為要件；若目的地之面積較大，而欲早日完成其竹林時，應一方依照前法，以謀鞭根之誘引，一方並應從事於母竹栽植，以補鞭根之不足。

第四章 天然保育法

天然保育法，亦稱野生苗或野生樹保育法，乃就林野間天生之幼苗幼樹，予以保育，遂其滋繁，以資成林者也。論其性質，雖與天然更新相近似，然考其內容，亦復未必盡然，不可併爲一談。蓋其幼苗之發生也，由母樹之下種者有之，由根株之萌芽者有之，然其母樹未必盡存乎林地，此與天然下種所以有別者也。其根株復未必盡合乎常理，此與萌芽更新，所難並論者也。至於樹種之配合，距離之遐邇，更復純任自然，雜然無緒，更無論矣。我國山林荒廢極矣，然濯濯童山中，仍不乏雜樹幼苗之點生，及櫟、櫟根株之遺留，如能嚴禁樵採野火，則不數年間，便不難扶疏成蔭，蔚然可觀，所謂事半功倍，其視栽植苗木，難易爲如何耶？江蘇省教育林（原稱江蘇省教育團公有林）之營成也，除松、櫟純林皆由人工栽植者外，其雜木林，無不採用此法以營成之。其第一林場第一區之老虎洞，第三區之獨峯寺（皆在江蘇江浦縣），莫不欣欣向榮，嘉木葱籠者，無他，皆天然保育法之所由營成也。余曩主蘇省農林行政時，復力持強迫造林三年完成之議，其所以得於三年短期中，期其完成者，亦以江蘇林相，雖屬荒廢，然天生幼樹，仍所在皆是，如能善加保育，則一年而後，便葱然可愛，如有間隙，更從而補植之，則三年有成，豈虛語哉？計既定，且分令矣，終以蘆溝橋構覆，強寇壓境，竟成畫餅，言之痛心！戰後各省，果能競起提倡，則全國造林之普及，爲不難矣。綜其利弊，有得而言者，利之所在，約有三端：

（一）手續簡便 此法就天然材料，任其滋長，略加整理，既無計劃之煩，復闕栽植之勞，無論何人，均優爲之。

（二）費用節省 造林種苗，既無採集、播種、栽植之勞，且自生

樹種，性質強健，復少敵患加害之虞，故視他法，費用減少多矣。

(三) 成林容易 造林之由人工播種或栽植者，每以立地關係，不易發芽，或中途枯死；即發芽成活矣，復以各種關係，不易成長，天然幼樹，以與環境適應，如不遭摧殘，滋繁極易。

其弊唯何？亦有數端：

(一) 樹種 天然保育之樹種，未必即為造林目的之樹種。

(二) 價值 林野間自生之樹種，以抗力較強者為夥，故究其性質優良者，究居少數，其利用價值，亦不免較遜矣。

(三) 伐期 以樹種不齊，林相參差，故其伐期，亦難於一定。

綜上以觀，天然保育法雖各有利弊，然當此牛山濯濯，舉目荒涼之秋，欲求造林普及，戛戛乎難，着手之先，如能先事保育，以資前驅，繼以栽植，而謀改進，則荒山復舊工作，期以十載，必可有成，有志之士，盍興乎來！

第四編 森林撫育論

第一章 森林撫育之意義

林業之經營，非僅求林木之成立已也。林木價值，如何增進之道，實爲必要。林木價值之增進，森林撫育 (Erziehung und Pflege der Bestände; Tending of woods) 尙矣。若求優良林分之成立，端正樹形之誘導，及其材積生長之增進，皆用材林撫育之所有事也。至薪炭林，則樹形之整齊，雖無若何之關係，然其材積之生長，抑亦營林者之所切望也。緣是，森林撫育，可分爲由人工播種或天然下種所發生之幼樹，與其他植物間競爭之調和，及目的林木生長之促進、形積之改善兩端。

森林撫育，由廣義述之，可分爲新生林之撫育與既成林之撫育兩端。前者通稱曰：「整理」，蓋卽保護幼樹之由栽植播種之法所發生者，使之安全發育之謂也。成林之撫育，簡稱曰「撫育」，乃於幼樹發育，形成林冠時，予以間伐，以謀樹冠配置之適當，及樹幹生長之發達，予以修枝，以謀樹幹性狀之改善，及木材價格之增進者也。

然以上二者，若以無立木地，而營人工栽植之處，雖可顯然區分，若當栽植之先，林地已有天然生樹，或藉各種天然更新之法，已有幼樹發生之處，便感不甚瞭然，一旦林分發育，達於「成立」狀態後，各

種環境影響，遂不免乘時而興，尤宜隨其狀態，時謀林木相互間及與他植物間之調和，俾便目的林木發育，益臻於健全，此蓋森林撫育目的之所在焉。惟不論營林之目的如何，於其誘導，決不能僅以人為依歸，而置天然於度外，不然，結果得免於失敗者幾希矣！

欲求林產增殖，所有地力之維持增進，亦為必要。故林業上各種處理及其撫育作業，恆注意之。為增進地力計，且有採用特種作業法者，此種作業，謂之林地之保養，為講述便利計，亦附列於本編述之。

第二章 整理

苗木栽植後，以有雜草、蔓莖、灌木及根株萌芽之競爭，每足為幼樹之發育之累，如不為之刈除，該地林木之成立，實非易易。然亦有不可以一概論者，地床植物之具有防止地面薰灼，緩和強風吹襲之效者，如不加考慮，亦復遽予刈除，而僅為栽植木之保留着想，似亦非新生林之營成所宜有也。他如栽植木中，樹幹分枝之修除及病害木之砍伐，亦屬切要之圖，故併論之。

整理云云，即新生林之撫育是也，可分為雜草灌木之刈除，與蔓莖之刈除兩端。然新生林之撫育，普通將雜草、蔓莖、灌木，盡予刈除固矣。惟迨目的樹高逾雜草時，雜草之刈除，已非必要，祇需盡力於蔓莖之刈除可矣。迨蔓莖業經根本芟除後，則其作業，亦可告一段落；故除草割蔓之施行，均以樹高超過雜草，林冠業經結合，林木確已成立時為止（普通除草為苗木栽植後七、八年，割蔓為五十餘年許）。至若形質之增進，生長之完全，則有待於除伐、間伐、修枝等作業矣。

第一節 除草

苗木栽植後，次第發育，迄林分開始發育時止，雜草灌木，均足爲幼樹發育之患，均應設法刈除，以促幼樹之發育，此之謂除草（Jaten: Weeding）。雜草當初植之數年內，每年應舉行除草一次，必要時且有舉行二次者，其舉行一次者，普通於七月下旬行之，二次者，以在六月中旬及八月中旬行之爲宜。

林地之除草，若欲如室內掃除之清潔，固爲事實所不許，且往往於某種立地、樹種，不惟無益，反爲有害，良以以雜草灌木爲庇蔭，足爲乾燥及寒氣之調節，殊有助於幼樹之發育故也。

除草之進行也，依照區域形狀，可分爲全刈、條刈及穴刈三種。將造林地所有雜草，全部刈除者，謂之全刈。僅就栽植行列刈除者，謂之條刈或帶刈。僅就幼樹周圍作圓形之刈除者，謂之穴刈或塊刈。

全刈云云，乃予幼樹以充分之陽光者也。凡地床植物，長大繁茂之處，而其所栽植，復爲陽性樹種者，皆適用之。良以氣候溫和及土質肥沃之地，地床植物，亦較繁茂，爲求幼樹充分發育計，所有雜草，去之務盡。極陽性之馬尾松、油松，姑勿具論，即中庸及陰性樹類，亦以全刈爲得。至若條刈，則以殘留一部地床植物之故，得以保護幼樹，不爲暴風之侵襲及驕陽之逼射，裨益發育非淺也。凡氣候荒涼之地及陰性樹種，以用此法爲當。至若穴刈，則保護幼樹之效力最大，風襲寒氣較烈之地及極端陰性樹種，以用此法爲宜。以費用論，則以全刈法面積較大，故亦較鉅。故待幼樹伸長不爲雜草所累時，即可改用條刈，以節費用。至穴刈，雖地面最小，然以作業困難，除距離較

大者外，欲求節省費用，亦非易易者矣。

第二節 割 藤

蔓性之藤本植物，在溫暖多溼之地，尤爲繁茂，即地味優美，林木發育良好之地，藤蔓生長，亦隨之繁盛，如不之爲設法除去，則終不免陷樹幹於畸形，樹梢於挫折，而爲林木發育之大患也。然切斷藤蔓之作業，亦祇能暫保一時之小康已耳！良以不久又復萌芽滋長，爲患如故也。爲絕後患計，澈底方法之講求，爲不可忽也。

有害之藤蔓，葛藤、山葡萄等是也。就中發育強盛，爲害最烈者，莫葛若也。絕滅之法，應從剷除根部入手，葛根甚大，其分歧也，宛若蘿蔔深藏地下，每年由其根部生蔓，如能將其根部掘取，固屬至善，惟事實上，絕非易易；若於暮秋葉黃之際，探其根部，並盡去其周圍土砂，根之上部，復用鐮刀切去其皮，注以火油，則其根全部黑變，遂爾枯死，亦有不割其莖，卷繞置之樹蔭，或剷除雜草之下，以殺其勢者。

第三章 撫 育

既成林之撫育，乃狹義之森林撫育法也。其主要者，即爲欲達種種目的所施之伐採是也。是項伐採，總稱曰撫育伐採，或中間伐採（Zwischenhiebe, Erziehungsschläge; Intermediate cuttings）。中間伐採云云，乃介乎更新期中所施之主伐，與下次主伐間之中間時期內所施之伐採是也。撫育伐採，乃以撫育林分爲目的之伐採，而非以更新爲目的之伐採也。在更新期間，其伐採，雖亦有以撫育而行之者，然以其目的，仍在更新，故仍不當以撫育伐採稱也。

第一節 除 伐

除伐(Reinigungshieb, Läuterungshieb, Säuberung; Cleaning)亦稱洗伐或掃伐,乃林分成立後,所施撫育伐之第一着也。其目的厥為混交樹種之整理,即林分中之有多數樹種之混交者,為保護目的樹種計,將其所有目的以外之樹種,予以伐去之謂也,

普通以人工栽植或播種營成之林分內,如無輕質種子(如赤楊、槭及松等)之飛散侵入,發育滋長者,類於開始數年內,施以除草割藤可矣,殊無除伐之必要在也。不然,應依將來林分構成之方式(單純或混交)及立地狀況之如何,以取捨之。若播植樹種之在其立地得以單獨成林者,其他樹種,自應全部伐去之。他如林地之有寒風吹襲及易於乾燥之處,則其除伐,便應次第行之,不可過驟。山腹上部及南向急傾斜地,尤須設法保護矣。其針葉樹林內之有見風乾、槭、槭等小樹之發生者,對於針葉樹之發育,不惟絕無阻礙,且以落葉腐朽,足以增進其地力,庇蔭日照,足以保存其溼氣,頗有助於林木之發育,故論理仍應設法保留也。要之,由人工營成林分之除伐云云,就其生長不良,形態欠佳及已受損傷之林木,予以伐去可矣。若為節省經費計,且有僅予妨害良形林木之生長者,先行除去之,其一時無損,而暫為保留者,蓋亦有裨林地保護之一道也。

更新以前,林內所生之前生樹之存廢問題,應視具有後繼林之價值與否而決定之。良以久居林冠之下,苟延殘喘之幼樹,迨更新完竣以後,類呈發育不全,上長欠佳,或叢生一處密蔽林地之狀;如此情形,以絕無後繼之望,應速去之。至若寒風吹襲及南向急傾之地,

爲保護林地計，前生樹之保護，自又不可以一概論焉。

若以經濟及其他關係，而幼齡時不易爲除伐之實施者，迨中齡時，爲樹種及林相之整理計，而有撫育伐採實施之必要者；如此伐採，日本土井藤平教授，特以整理伐(Verbesserungshieb; Improvement cutting)稱之。蓋整理伐云云，乃林分之於幼齡期內，未施除伐者所施之撫育伐採是也。故亦有以「後除伐」稱之者。凡已屆中齡之混交林分，而於幼齡時期，絕未經人工處理者，其林分中除無用樹種外，有用樹種亦感形態之不良者，或有害良木之發育，或爲被壓木而絕無發育之希望者，應悉依照整理伐，分別伐去之。要之，整理伐之於無用樹種之整理，甚於除伐，而於殘存木發育之促進，甚於間伐，故整理伐，可以兩者之混用觀也。故當整理伐實施之際，應適用除伐與間伐之兩種原理，而爲伐採木之選定者也。

第一目 除伐之方法

林分之由數種樹種混合而成者，如欲爲之除伐，應先就樹種之重要性爲之分類，而由最劣等樹種順次除伐之。凡樹種之爲最貴重者，應予以最大之地面及空間，俾遂其充分之發育，其無用樹種之高逾貴重樹種者，應予次第伐採，俾貴重樹種，得以漸獲充分之陽光及自由之位置，而免意外之挫折。當是時也，其所應伐採者，如爲萌芽性之闊葉樹類，則應僅去其一部，擇其無損於貴重樹種之發育者，保留一、二株，俾得由其庇蔭，不再發生萌芽，而重爲貴重樹種之患。惟其萌芽，應擇其強壯者保存之，不然風雨飄搖時，亦足搖動摩擦，而貽貴重樹種以無窮之害也。

當除伐之實施也，應先將在目的樹之東面者，伐採之。爾後漸及

於南面等各方，蓋所以予目的樹種以最多之陽光者也。

若所應除伐之樹種爲針葉樹，而所應保存之樹種爲闊葉樹時，以闊葉樹原較針葉樹爲佳弱，如將針葉樹遽予伐採，亦屬有害者也。故有僅削其梢端，保留其枝葉，以爲闊葉樹之庇蔭者，蓋亦殊有裨於林木之發育也。

除伐切忌超過目的所需之必要程度，雖屬無用樹種，亦僅限於有害良木之發育時行之。不然，終不免爲隙地之形成，而陷林木於衰退也。且由除伐之支出上言之，亦以設法限制爲宜。

第二目 除伐之時期

施行除伐之時期，雖以處理方法，而未易一定，惟普通自林冠約略接合時開始行之，必要時隔二、三年後，再度行之，迄間伐而後止。

除伐之施行季節，爲便於林木種類及林分狀態之認識計，應於闊葉樹之着葉期間行之。若爲驅伐採木於枯死及萌芽力之衰退計，尤以夏季新芽充分伸長時爲宜。良以林木之經保留者，其新芽以陽光及溫度之增加，其生長力每賴以益增，至林木之已伐去者，其根株萌芽力，已極薄弱，縱令萌芽，翌年未有不枯死者。且也，闊葉樹之除伐，於夏季行之，不惟選別較易，勞工供給亦便也。

第二節 間 伐

間伐 (Durchforstung; Thinning) 亦稱疏伐，乃予鬱閉林分之樹冠配置，以適當之調節，俾林木得以健全發育，而使材積及形質之增進之一種撫育伐採法也。在一個伐期內，恆反復數次行之。

森林之以林木生長，鬱閉益臻稠密，分枝亦不免失常，而林木之

優劣，遂從此而判矣。若任其自然，而不加處理，則其林相，將益趨於參差，除少數優勢木外，其生長力均將為之減退，被壓木之能免於枯萎者幾希矣。故林分鬱閉，為過密狀態之形成者，允宜先期為之適量疏散，俾便得以調節，而免生存競爭之患。此項處理，即所謂間伐是也。鬱閉林分，經適度疏散後，以立木株數減少之結果，其林木之經保留者，以環境改善，發育益盛矣。

綜上所述，以間伐足以調節林冠之鬱閉，及促進林分之發育，故其結果，不特有裨於主伐收入之增益已也，其所裨益，復有得而述者：

(一) 前收入之收穫 林分當幼年時代，其間伐雖難望其有若干之收益，迨及高齡，間伐收入，亦隨之俱增，故由造林上論之，間伐木之收入，固可視之為林分撫育所得之副收入也。至若經濟林，則其間伐木之利用，亦有視為間伐目的之一者。緣是，林分集約施業，每易於實施，而林業收益，亦隨之增進，其關係誠不可等閒視也。惟以所謂擇伐式間伐 (Plenterdurchforstung; Selection thinning) 之收入為目的，而僅從事於優良木之伐採者，則以性質不同，不能視為造林上真正之撫育伐採者矣。

(二) 材質之增進 間伐誠能適度行之，則其林分可獲產生年輪整齊，材質優美，幹長無節良材之效。

(三) 敵害抗力之增加 林分經適度間伐，可獲林木健全，發育繁茂之效。病蟲之侵害自減，風雪之抗力亦增，故凡危害較多之森林，務須勤加間伐為要。

(四) 地力之維持 凡鬱閉過密之森林，如予以適度之間伐，以地溫增加及地被物分解完全之故，裨益地力，亦非淺鮮。

第一目 間伐開始及反復年度

間伐應於林木生長開始競爭而未臻劇烈時，着手行之。若待林木間優劣已判，則可謂間伐開始之適期已失者矣。若認為有間伐之必要，而不遽着手，任其自然，爾後始再行之者，不惟效果甚微，且復易招皮焦、病蟲、風雪之患。惟間伐之實施，應有相當之支出，故經濟林之間伐，類待收支足以相抵時行之。然集約之林業，其所有主，亦有認為森林經伐採後，將來純收入必將隨之俱增，不顧得失而毅然行之者。

日本吉野地方之柳杉林，於栽植後八、九年頃，有予以第一次間伐，伐採其第五級及第四級木之一部者，此所謂棄伐（即除伐）是也。惟棄伐為密植結果所必經之步驟，良以林木之經密植者，其林分必能早日鬱閉，不惟林下除草，得以節省其費用，幼林枝葉，得以限制其發展，即爾後大材中心之小節，亦當為之減少也。普通於十至十五年生時，開始行之。落葉松、花柏亦然，至若扁柏、羅漢柏、冷杉等陰樹林，則須待之十五，或三十年生矣。

德國間伐開始年度，赤松、樺木、白松及落葉松林，為十五至二十年生，櫟、雲杉、見風乾林，為二十五至三十年生，水青岡及冷杉林，則為三十至三十五年生。惟此係就中等立地言也，若在土質瘠惡，氣候荒涼之地，則當更遲五至十年云。

凡接昆市集，搬運便利，或小材需要為量較夥之地，間伐年度，不妨提早，蓋以間伐所入，不難償其所出故也。凡林木經一次間伐後，以林木生長，而鬱閉亦隨之恢復，爾時復應有間伐之必要。間伐之反復年數，以樹種、年齡及間伐程度，而未能一致。普通每隔五至十年

一次，迨中齡而後，每十五至二十五年一次。陽樹林視陰樹林，肥沃地視瘠惡地，幼齡林視高齡林，其間伐之反復較頻，而一次之間伐亦得較為強度也。海延(H. Heyer)氏之言曰。間伐首重施之早，行之頻，取之適(Früh, oft, und massig; Early, frequently, and moderately)。蓋此實為間伐不易之原則，而有裨於林木之發育者也。然間伐年度，亦可依據作業之便否及經濟之得失決定之。林木自幼齡以迄中齡，其間生長競爭，較為劇烈，故其間伐之間隔較促，中齡而後，生長既衰，競爭亦緩，故其間伐之間隔，亦隨之較久矣。

日本吉野地方，柳杉自栽植後十年始，迄伐期一百年止，幼齡迄中齡，每二至四年一次，壯齡迄中齡，每五至八年一次，爾後每十至十二，三年一次，共計間伐十至十五次，而其間伐率為株數之5-37%，胸高斷面積之9-47%云。

第二目 間伐之種類

間伐以其所伐採林木之選定方針不同，得分為下層間伐、上層間伐及擇伐式間伐等三種，茲分述之如次：

其一 下層間伐

下層間伐(Niederdurchforstung; Low thinning, Thinning from below)亦稱低度間伐，乃將林木中樹冠之屬於最劣等幹級者，先予伐除，爾後隨間伐度之增強，而復漸及於樹冠發達之優良幹級者也。換言之，應將枯死木、瀕死木，先行伐除，而復漸及於雖予保留而絕無生長之望者。爾外以間伐之必要程度，而將樹冠發育較遜者，亦復漸次伐去之。此項間伐，乃間伐法中之最普通者，故亦稱普通間伐，亦即德國普通所用者也。故亦稱德國式間伐法。下層間伐，復可依其程

度，分爲弱度、適度、強度等三種。

(一)弱度間伐，亦稱A度間伐(Schwache D.; Light thinning)(A grad)，或甲種間伐，乃僅將林木之屬於第五、第四兩幹級者，予以伐採者也。即枯死木、瀕死木、倒臥木、被壓木及保留而無生長之望者，悉予間伐之謂也。

第五級木云云，雖予保留，不惟毫無價值，且以風致及風害、蟲害等關係上觀之，亦以迅予伐採爲妥。故不論種類及其間伐之程度如何，莫不悉予伐採。惟亦有以第五級木，雖予伐採，並無若何價值，爲減少支出計，而中止其伐採者。

弱度之下層間伐，以僅將林木之無保存價值者，予以伐採之故，對於保留木，仍難收促進生長之效。良以是項間伐，僅足以清潔其林分，而無關乎林分之撫育故也。

(二)適度間伐，亦稱B度間伐(Massige D.)(B grad)，或中庸度，或乙種間伐。乃除第五級、第四級木外，復伐採其第二級木之大部，必要時並伐採其第三級木之一部者也。第二級木中之所應伐採者，凡被害木及樹冠之發育欠佳，今後絕鮮成長之望，暨有損於第一級之發育者屬也。換言之，即樹冠發展過弱之細長木(b)，與被害木(c)，均應全部伐採，今後絕無生長之望之擠壓木(c)，應予大部伐採；他如樹冠過大之(a)，及樹形不良之(d)，則應視樹冠之配置狀態，酌量伐採之。惟當是項第二級木伐採之際，其與鄰接木所有關係，亦應詳加考察，並不一時伐盡，分爲數次行之。至若第三級木，待至有礙保留木發育時，始予伐採，不然仍予保留可也。良以第三級木，乃林木中之發育較遲者也。如爲之保留，今後雖無生長之望，惟此項林木

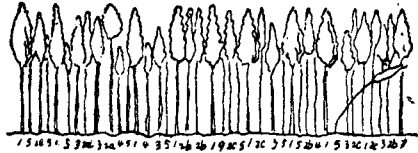
對於林分鬱閉，不無關係，重以有禱林地保護之故，儘其有害保留木之發育者，予以伐採可矣。

間伐如不達鬱閉破裂程度，對於保留木生長之促進，可謂無甚效力也。第二級木以與上層林冠，具有深切關係，故足以影響於第一級木，即全林木中，最有價值之主木之將來發育者至鉅，惟如予第二級木以大部分之伐採，林分終不免呈鬱閉過疏之患，故為林木之撫育計，其第三級木，實有保留之必要在也。

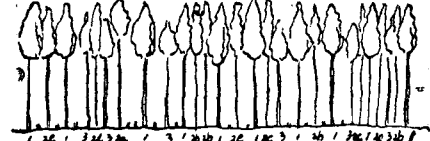
如此程度之間伐，以錯誤最少，故普通森林，頗適用之。對於經驗較淺之技術人員，尤為稱便，待經驗愈富，則便可更作強度之間伐矣。惟適度之間伐，其所伐採，類為劣等木，故欲望其有大宗之收入，抑亦事實上不可能者。緣是，運輸不便之處，終感實

十七圖 各種間伐型式圖

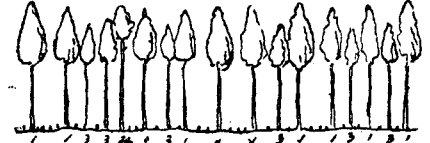
間伐施行前之林相



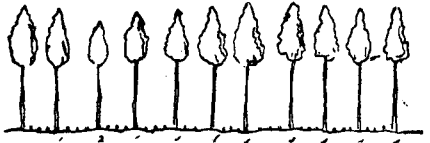
施行下層間伐中弱度間伐法後當時之林相



施行下層間伐中適度間伐法後當時之林相



施行下層間伐中強度間伐法後當時之林相



施行下層間伐法後當時之林相



行困難耳！

(三)強度間伐，亦稱C度間伐(Starke D.; Heavy thinning)(C. grad)，或丙種間伐。乃將第五、第四、第二級木之全部及第三級木之大部，予以伐採，必要時復伐去其第一級木之一部者也。即第一級木如呈過密狀態，如予保留，而為主木發育之害時，始伐去之。以是項間伐，而陷鬱閉於一時破裂，蓋亦事之不獲已者。惟長期鬱閉之不克恢復，亦應注意，而引以為戒也。第三級木之與林分撫育有深切關係者，應為之設法保留。

伐採第二級木之全部，必要時，復將第一級木之一部伐採之，頗具促進保留木發育之效，故如此間伐，施之肥沃地上之中齡及壯齡林分，極為有效，重以得以伐採較大之木，故其間伐之收益亦鉅。惟如此強度間伐，鬱閉之破裂既大，林地之保護亦難，故除土地肥沃，發育繁茂之林分而外，極為危險。至經驗較淺之技術人員，終未可舉以相責也。且也，間伐所及，為價值較小之第三、第四級木，故在劣等木用途不廣及交通不便之處，實行亦非易易也。若遇如此情形，而欲為強度之間伐者，則不若下述高度間伐之為較適矣。

間伐量對於間伐前之株數，或材積之百分率，謂之間伐率。關於所應間伐林木之選定，雖有同一之標準，惟間伐率，則以立地鬱閉度

間 伐 度	株 數 率	材 積 率
弱 度	25—35	15—25
適 度	35—60	25—40
強 度	60—75	40—55

及間伐年度等，未可以一例觀也。故爲同一種類及同一程度之間伐時，其間伐率，以林分而未必盡同。日本在普通每公頃栽植三千株之林分內，其首次間伐率，略如上表，爾後間伐率，當視首次減少矣。

除以上三種程度之間伐而外，復有所謂受光伐(Lichtungshieb; Interducatation, Accretion or increment cutting)者；是項伐採，可視作下層間伐中之強度間伐(C度)程度更強之一種間伐觀也。是項伐採，以旨在加速促進林木之肥大生長，故行之於壯齡以後，而爲第二級木以下幹級木之伐採，必要時復爲第一級木之一部之伐採者也。受光伐由廣義論之，固不失爲間伐之一種，然由以下諸點觀之，終不能與普通間伐混爲一談也。

(一)受光伐僅行之於壯齡以後之林分，一次伐期間，僅行一次，不若普通間伐之爲數次反復施行者也。

(二)強烈疏開其林冠鬱閉，而非若可以瞬息恢復者然。

受光伐以行之於陽樹林，且復肥沃之地爲主，伐採而後，保留木而無充分生長增加之望者，決不率爾行之也。其以受光伐採結果，遂致林冠疏開，而有招草灌叢生及土壤乾燥之虞者。伐採後亟應從事於下木之養成，而爲林地之保護，下木而非天然下種所及之處，則惟有仰賴於植樹及播種已耳！

其二 上層間伐

上層間伐(Hochdurchforstung; Crown or high thinning, thinning from above)亦稱高度間伐，乃異乎下層間伐之爲劣勢木伐採者然，而爲形成上層林冠之優勢木之間伐者也。上層間伐之名，蓋由於是。下層間伐，德國行之於針葉樹之一齊林，而是法法國恆行之於

水青岡及其他闊葉樹林，故亦有號稱為法國式間伐法者。

上層間伐云云，應先就全林中良木之足終伐期，而具保留之望者，為之平等位置之選定；爾後凡有損主木之發育者，悉予伐去之謂也。緣是第二級木，殆全部伐去，必要時並伐去第一級木之一部。且為上層林冠強度疏裂，而免林地裸出計，將第三級、第四級木予以保留，以資庇護，並用防側枝之發生。至第五級木既無補乎撫育，亦應去之。循是行之，則其最後成立者，惟主伐木及以下木殘留之被壓木而已。

上層間伐，為第二級木之全部伐去固矣，然其株數較多時，可分數次行之。良以一時伐採，殊有鬱閉疏裂過大之虞故也。當首次間伐之際，應將暫行保留者，為之修枝；其具二杈者，復應修去一杈，以便滋繁，而免貽害。

上層間伐，單純林行之固便，然亦可行之混交林中。惟欲期混交林，得獲木材形質俱優之結果，則惟有於主伐木為陽樹，被壓木為陰樹之情勢下求之耳！上層間伐之所勝於下層間伐者，有得而言者：

(一)在同一伐期年數，得為較大材之產生。換言之，即於較短之年數內，得以產生目的之大材也。此無他，蓋以比較強度之間伐，足以促進優良主林木之發育故也。

(二)伐採大而且良之林木，其間伐收入，亦當隨之俱增。

(三)以其間伐並不波及被壓木，故小材出路欠佳及交通不便之處，絕無不適之感。是項間伐，雖亦有予以全部伐採者，惟以是項林木，並無利用價值，僅少收入，且有不敵伐採運輸之費用者。故德國僅將枯死木之有引起蟲害危險者，予以伐採運出林外而已。要之，是

項間伐，凡於所擬保存之優良木發育有害，並與林分撫育無關，而具相當利用價值者，悉予伐採者也。

(四)上層林冠疏開較大，故為林分撫育而予保留之被壓木之受光量，亦隨之俱增，頗有促進林木發育之效。伐期收入，亦當為之增加也。

其三 擇伐式間伐

擇伐式間伐(Plenterdurchforstung; Selection thinning)云云，乃各種間伐法中之最強度者。所應保留之優勢木，而此法所應首先伐採者也。故亦可作一種上層間伐法觀也。換言之，是項間伐為間伐木之利用及促進保留木之發育計，擇伐第一級木中之最大者，或第一級木之全部，並伐採其第五級木者也。待保留林木，以最優勢木業經除去，陽光充分，日臻發育時，復擇伐其優勢木矣。

惟是項間伐，固非任何林分所可適用，而得達其目的者也。良以保留木於優勢木除去後，如非可以促進發育之樹種、年齡之林分，及立地良好之處，實行終難有濟也。蓋以壯齡之陰樹林，而無肥沃之土質，決無良好之結果；陽樹林被壓後，如無良好之土質，亦感恢復不易故也。

是項間伐之實施，應俟林木生長最盛期及下枝枯落後行之。若早日行之，則保留木必致形成短大而復多枝之樹幹而後已。故當幼齡之際，如有間伐必要之處，可極端弱度行之，或予以適度之普通間伐可矣。若於及早施以下層間伐之林分，迨後復以擇伐式間伐施之者，終難獲良好之結果矣。

是項間伐，第一次可收穫全材積之10—40%，惟終以弱度行之

爲宜。

要之，是項間伐，以有較大之間伐收入爲其特徵，即可由間伐而得較大之前收入也。惟此法應考慮林分之性質及其施行之時期，善爲適應而審慎行之；不然其能免於危險者，幾希矣。茲述其缺點如次：

(一)爲求目的所在之大材產生計，勢非將伐期延長不爲功。

以是項間伐，僅爲大木之擇伐，其所保留者，則較爲劣勢者耳！故以之爲主伐木，而使之發育，勢非延長伐期不爲功也。而是項主伐木之平均生長，以視施行其他間伐法者，極爲遲緩；故其伐期，實有延長四十至六十年之必要。是項間伐，實非伐期一百二十年以下之林分所可適用者矣。

(二)保留之比較的劣勢木，將來如無充分恢復發育之望者，抑亦實行之不可能者。

即是項間伐，應就林分、樹種、恢復力強，且復被壓不烈，樹冠仍具充分生長力者行之。至若劣勢木之被壓已甚者，雖將優勢木予以伐採，對於劣勢木生長促進，絕難有濟；故間伐而後，其所留存，僅屬無甚價值之林分而已。

(三)以是項間伐，專致力於最優勢木之伐採；故較大隙地，將遍布於林分中矣。

此項隙地，可望由保留木迅速生長，爲之補充；然非恢復力強，土質肥沃、間伐弱度之處不可得也。普通林地，此項間伐，如反復行之，終致生長減退，林地荒廢，而益增風、日光、昆蟲之被害而已。

(四)間伐木之選定，以視上層間伐，益需熟練技能，益以其所伐採者，皆爲大木；故當伐採木運出之際，終難不爲保留木害也。

以上各項間伐，其伐採木之選定，表示如次：+ 示全部伐採，○ 示大部伐採，× 示一部伐採。

幹級別 間伐種類	I	II	III	IV	V	備 考
下層間伐 A 度				+	+	
下層間伐 B 度		○	×	+	+	× 示無關鬱閉，可予以伐採之木。
下層間伐 C 度	×	+	○	+	+	× 示限於有害保留木生長，予以伐採之木。
受 光 伐	×	+	+	+	+	× 示必要時務須伐採之木。
上 層 間 伐	×	+			+	× 示必要時一部應予以伐採之木。
擇伐式間伐	○				+	

第三節 修 枝

修枝 (Aestung, Aufastung; Pruning) 云云，乃修除林木枝條之一部，俾便樹形生長之完美，下木生長之促進，抗敵力量之增強，及林火之減少，病害之防止，林道之乾燥，枝葉之利用者也。故凡用材林之經修枝，而幹形愈優，材價愈高，收益愈增者，必不惜勞費為之也。至若木材之不重品質及收支之不能相償，且復行之，而反足以減退材積生長者，自無修枝之必要也。薪炭林，則以材積之多獲為目的，幹形良否，非所計矣。故除利用枯枝，以從事修枝者外，絕無修枝之必要也。林木生長既高，下枝自然枯死，小者自行脫落，大者必以枯死狀態，附着樹幹，而致形成死節；木材工藝性質，必為之劣變，木材價格，亦為之低落，故是項枯枝，務須及早除去。再林木枝條之較多者，木材亦必隨之多節，樹冠之過大者，淨幹(枝下) (Höhe des Kronenansatzes; clear length) 既屬矮小，樹幹且復削頂，故欲求樹

形生長美滿，產生無節良材，淨幹高爽，其生枝修除，實為切要。林木下枝，於森林鬱閉中，得為某種程度之自然脫落者，其自然脫落之枝條，號曰自然脫枝(Astreinigung; Natural pruning)。蓋乃密保鬱閉所使然也。自然脫枝之現象發生，陽樹林視陰樹林為速，其林分之由同一樹種所構成者，則以鬱閉愈密而愈速，且復得以充分行之。森林中有僅恃自然脫枝，便獲相當結果者矣。惟欲求自然脫枝，得以充分行之，林分鬱閉，便須相當密保；然鬱閉密保，林分生長力，終不免為之減退也。故欲求鬱閉適度，且復產生良材，人工修枝為不可忽。陽樹林自壯齡而後，鬱閉漸疏，如不為之修枝，則其枝條，勢將永附樹幹，而為多節之材，林木價格，終不難為之減損焉。

修枝為增進幹材形質之有效方法固矣，然如超過一定枝量，則林木生長，必將隨之激退，要亦不可以不注意者。修枝如能行之得當，上長生長，亦必隨之促進，林緣木不論營養良否，其樹幹終不免較低，而最高林木，必在林分內部者，蓋明證也。林木於修枝後之翌年，其樹幹上部枝葉，率繁茂異常，且年輪寬度，亦復愈高而愈寬；故欲求林木生長力集於上部，而使樹幹長成圓柱狀者，樹幹上部，務須枝葉繁茂；蓋以枝葉量，普通與材積生長為正比例故也。

中林，或由天然更新所形成之喬林，修枝亦為必要。蓋中林上木，枝條修除一部後，不惟上木性質得資改善，下木生長，亦可促進，擇伐林母樹下枝修除後，足以助長幼樹之發育者，其理一也。

陽樹幼林，以鬱閉過密，下枝枯死，落葉遍地，星火燎原，曷勝危懼。故凡與林道接毘之處，應先行修枝。運積他處，行有餘力，漸及內部，則其足以杜絕林火之延燒者，非淺鮮矣。余以馬尾松林下枝垂斃，

林火堪虞，故主於六、七年生，即厲行修枝，成效頗著。密生林分，若將下枝修除，則以空氣流通，病蟲諸害，自亦爲之頓減也。

第一目 修枝之季節

修枝季節，以樹液停止流動期間爲佳；若行之於樹液流動期間，則不惟樹皮易於剝落，且樹液流出，亦殊有害夫林木生機也。惟嚴寒之際，亦應暫停工作，以免切口凍結。據研究結果，修枝最良季節，莫如春季，樹液將始流動之時；良以此時行之，切口之癒合既速，露出之時間亦短，諸害之侵入亦較不易故也。至枯枝修取與林木生長，並無關係，隨時行之可也。

第二目 修枝之程度

修枝程度，雖隨樹齡樹種及立地而互異，然林木自幼至老，均可修枝，修取枝葉足償費用時，便可開始矣。其集約林業之以產生無節小圓材爲目的者，雖樹齡尙幼，直接收支不能相償時，亦應着手修枝。惟針葉樹林在六十年生及闊葉樹林在七十年生者，則以樹齡過高，便應終止修枝矣。

修枝程度，雖無定論，要應斟酌樹冠之高低、廣狹、厚薄及密度情形，爲之決定。德國鄧格拉(Dengles)氏，則謂德國雲杉及冷杉，以修至樹高60%—70%，赤松、落葉松，以修至80%爲度。赫斯(Hess)氏，則謂修枝以減少分量增加回數爲得。第一次修去生枝三至五層，爾後每閱五年，修去二、三層，迨其淨幹高達樹高四分之一至五分之一時，方爲適度。蒲羅克哈太(Bruckhardt)氏，則謂修枝量不得超過樹冠三分之一。亨配爾(Hempel)氏，則謂櫟用材林之修枝，雖達樹高三分之一，仍無所損，若逾三分之二，則非所宜云。據立次卡

(Ratzka)氏經長期之實驗，謂密植松林十年生時，即可開始修枝，爾時上部僅留生枝四層，嗣後每隔二年修取一層，着手第六次修枝時，森林為二十二年生，即有枝十層也。爾後每四年修取四層，待淨幹高至九至十五公尺時，便終止修枝云。

林木克耐修剪之度，復因樹種而互異；材質堅強之闊葉樹，率視其材質較弱及針葉樹類為強，槲、栗、柳等，乃修剪切口之癒復最速者也。槭、水青岡等次之，至材質軟弱之闊葉樹中，切口癒復最速者，為椴及白楊；至若白樺，則修剪後，恆自切口內部發生腐敗，蓋乃樹種中之不適於修剪者也。針葉樹中切口癒復最速者，為冷杉，而落葉松、德國雲杉、美國白松等次之。凡樹木之樹脂多者，其癒復亦速，生於肥地者，其癒復亦易，生於石灰質土者，癒復尤強。枝條之生於東北，或西北方者，以視生於陽光直射之南、東南、西、西南等各方者，癒復較易。他如幼樹視老樹，疏立木、孤立木視密生者，癒復亦易。

第三目 修枝之方法

修枝有沿樹幹，而自枝之基部修除者，有自枝之中部修除者；其自基部修除者，復有與幹部並行，向地垂直修除及與枝條成直角，自其側面修除者之不同，其垂直修除（即直切）者，切口雖大，然手術既易，癒復亦速，側面修除（即橫切）者，以手術及其分離，均感不易，故創痕雖小，癒復較難。

其自枝條中途修除者，類於林木之接近伐期，或枝條基部修除不易者行之。惟其存留部分，應附小枝之具有生活力者，以免枯死；良以枯死後形成死節，殊於材質有損故也。故其小枝之具有生活力者，若竟中途枯死，應即緣其基部，再修除之。

要之切口傷痕，如欲迅速癒復，務須修之使平，所修之枝，如未全斷，或切口破碎，皮部剝落，皆所深忌；故修枝所用器具，務以銳利爲尙。

修枝普通應用柴刀，自上向下，以砍落之。欲求切口平滑，應於枝之基部下方，割一深溝，然後自上向下，猛力砍之。惟應用柴刀，以砍大枝時，其切口接近樹幹部分，往往發生裂痕，故每逢大枝，終以用鋸爲便。其大枝之一次不獲切斷者，應將枝之先端及其中部，先行砍去，然後由其基部，再修除之。

凡切口之平滑者，以癒復迅速，經一、二年後，已完全癒復。針葉樹枝，修除後，卽行流出樹脂，覆蔽切口，癒復尤易；若大枝及貴重樹木之切口，應塗抹木膠，以資防腐。

第四節 林地保養

農林同爲利用土地生產力，收穫產物，以謀收益之生產事業，與地力大小，皆有直接關係，固無二致。然農業於其地力，可由人力設法爲之維持，蓋耕種、施肥、灌溉、排水等，皆農家所恆用，以謀土壤理化學性質之改良，而爲經濟上所許可者也。林業則異乎是，除特殊情形外，類不施用，蓋非經濟原則所可許也。林地地力，既不能如農地之足以維持，或予增進者然，故其衰頹，究應如何防止，實爲必要。蓋林地一經荒廢，欲求恢復，決非易易，誠不可不注意也。

林地地力之大小，與森林之處理，實具密切之關係；故當森林撫育之際，林地保護，應與森林自身撫育，同加注意；若僅注意林木，善爲處理，而於林地，竟爾忽視，遂致荒廢者，欲求林分發育健全，烏可

得哉？保護林地及其維持地力之法，分述如次：

第一目 下木之栽植

下木栽植 (Unterbau; Underplanting) 云云，乃保護林地及維持地力之重要設施也。蓋據實際經驗，欲杜林地荒廢，林地之適當庇蔭，實為必要。惟森林在相當時期，林地因有適當鬱閉，足資庇蔭，得免裸出，旋以林木生長，相互競爭，株數益減，鬱閉日疏，馴致林地終不免於裸出。林地一經裸出，以風日紛乘，溼氣被奪，土壤乾燥，雜草侵入，遍於林內，水分之滲透既難，落葉之分解亦艱，地力惟有日接衰頹而已。挽救之道，栽植下木尚矣。凡森林之須產生老用材者，其下木栽植，尤為切要，述其要件如次：

(一) 森林之不能以其自身維持地力以抵伐期者，務須栽植下木；質言之，森林之為陽樹而伐期較高者，下木之栽植，為不容忽也。德國櫟、松及落葉松等之老齡林，多採用之。他如松、樺、栗、樟、槲及落葉松等之用材林，亦屬必要。

(二) 林地之瘠惡者，下木栽植尤為必要。其以下木生長遲緩不及維持地力者，全林伐期，便應縮短，在鬱閉未破裂前，即應着手伐採，以維地力。

(三) 下木栽植，有以保護地力為目的者，亦有以與上木同其利用為目的者；如僅以保護地力為目的，則上木之開放度，以下木得以完全生長為已足，若以下木之利用為目的，則不良上木，便應及時除去，以便下木滋長。

(四) 用供下木栽植之樹種，應擇陰樹，不然，亦以具有足以維持地力之庇蔭者，始為合選。德國所用者如水青岡、冷杉、雲杉、椴及

赤楊等。我國可用櫟、樟、水青岡、合歡木、赤楊、檜木、櫟等。

(五) 下木栽植年度，亦以林地狀況而互殊，及早植之，固有利於地力之維持，然鬱閉過密，終不免下木之枯死也。故下木栽植，應俟林木開放適於下木生長時行之。

(六) 不以利用下木爲目的者，栽植費用，務須設法節約。播種植樹，因地制宜，松及落葉松之林下，可以天然下種者，則應利用結實年度，由其天然下種，使之發生下木。

(七) 苗木之供下木栽植用者，以採取小苗爲得，其苗木可就疏林或保護樹下，設立移動苗圃，以育成之。俾具耐蔭習性，以資適應環境。

第二目 混交林之營成

林分鬱閉度之保持，有助於林地之保護固矣。然以林地庇蔭過密之結果，而致土壤過溼及溫度不足，而陷腐植質之形成困難者，要亦不可爲諱也。如此情形，寒帶地方之陰性針葉樹純林內，每恆見之。是項森林，雖可予以適度間伐，以資改進，然合理處置，則莫若於陰性針葉樹內，配以適量陽性闊葉樹，營成混交林之爲愈也。德國針葉樹林中，混以 8—10 % 之闊葉樹後，其土地狀態，頗爲良好云。

再針葉樹之落葉，缺乏灰分，且難分解，而闊葉樹之落葉則反是。故針葉樹林中，如雜以闊葉樹，則針葉樹之落葉，亦當迅速分解，而易成爲腐植質也。

第三目 樹種之交替

樹種交替(Holzartenwechsel, Fruchtwechsel), 足以預防地力之急退，乃地力集約利用之一法也。論其性質，與農業上輪作(Frucht-

wechsel; Rotation) 固無二致也。良以在同一林地中, 如繼續為同一樹種之造林, 則憑其所特具之根系, 以利用其一定地區, 而攝取其所需之養分, 攝之既久, 亦惟枯竭而後已。嗣後如植以同一樹種, 則以養分不繼, 影響林木生長, 為何如耶! 故樹種之淺根性者, 與深根性者, 如能交相栽植, 或將其化學成分, 要求狀態各異者, 為之交替, 終可設法調劑, 以資補救也。或謂森林樹木, 亦若農作物之具有嫌地 (亦稱厭地, 忌地) (Bodenmüdigkeit; Soil sickness) 現象 (凡同一作物, 連年栽植於同一土地者, 以發生毒作用, 而致完全不能發育者, 是謂作物之嫌地) 者然, 林木之嫌地現象, 迄未經實地證明, 果爾, 則造林上樹種之交替, 亦應深加考慮者矣。

第五編 森林作業論

第一章 森林作業之意義

森林作業(Forstbetriebssysteme; Silvicultural systems)云云，乃造林技術上森林之處理法也。以其處理各別，而其林分型態，亦隨之互殊；然為森林作業之基本者，厥惟更新方法，及其適用方式(即更新伐採之方法，更新面之形狀、大小，更新期間之長短等)之不齊，更新之方法、方式，既各異致，而森林作業上各種之作業法，亦隨之而生矣。

第二章 森林作業法

森林作業法，雖有種種方式，然大別之厥為喬林、萌芽、中林、竹林、副產等五種作業、分述如次：

(I) 喬林作業

(一) 依更新面之大小形狀之分類：

1. 大面積作業。
2. 小面積作業。
 - a. 孔狀作業。
 - b. 帶狀作業。
 - c. 楔狀作業。
3. 單木作業。

(二) 依更新期間長短之分類:

1. 大林分(全伐)作業。
2. 小林分作業。

(三) 依更新伐採方式之分類:

1. 皆伐作業(後更作業)。
2. 漸伐作業(前更作業)。
 - a. 殘伐作業:
 - (子) 散狀殘伐作業。 (丑) 羣狀殘伐作業。
 - b. 傘伐作業:
 - (子) 大地傘伐作業。 (丑) 帶狀傘伐作業。
 - (寅) 孔狀傘伐作業。 (卯) 帶進孔狀傘伐作業。
 - (辰) 楔狀傘伐作業。
3. 擇伐作業。
 - a. 單木擇伐作業。 b. 羣狀擇伐作業。

(四) 補助作業:

1. 二級喬林作業。
2. 保殘喬林作業。

(II) 萌芽作業

1. 矮林作業:
 - a. 皆伐矮林作業。 b. 保殘矮林作業。 c. 擇伐矮林作業。
2. 頭木作業:
 - a. 皆伐頭木作業。 b. 擇伐頭木作業。
3. 截枝作業。

(III) 中林作業

(IV) 竹林作業

(V) 副產作業

1. 混農作業:

a. 混農矮林作業。 b. 混農喬林作業。

2. 混牧作業。

第三章 喬林作業

喬林作業(Hochwaldbetrieb; High-forest system)云云,以產生用材爲目的,乃施業中伐期較高(通例四十年以上)之森林作業法,而與伐期較低(通例二十年以下)之矮林作業對立之名稱也。良以藉此項作業法,所由營成之森林,當接近伐期之際,林木已臻喬大故也。凡由是項作業所營成之林分,率由人工造林,或天然下種,以資更新;且其林木可隨伐採而盡量利用,抑亦是項作業之特徵所在焉。

喬林無論何種樹種,皆得於一時間內產生多量材積,且以伐期甚高,在同一地積之上,得以產生大小不同,而復多量之各種木材,伐木人工,亦可較省,伐木次數,均較中林矮林爲少,爲其優點。惟小地主,不能行連年作業,且收入須待悠長歲月之後,故於小面積上,欲獲連年收入,惟有採用擇伐作業已耳。以是項作業,伐期甚高,不得不多量材積爲之積蓄,故其利率,亦極低微,且視矮林危害亦多,皆其劣點,而不可爲諱者也。

喬林作業,依照更新面(Schlag; Coupe)之大小、形狀、更新伐採之方式、更新期間之長短不同,復得區分爲各若干種類。更新面云

云，乃造林上同時為同一處理之區域是也。

第一節 依更新面大小形狀之分類

(一) 大面積(廣地)作業(Grossflächenwirtschaft, od. Grossschlagbetrieb; Uniform or Compartment system)云云，乃林分之全部，或為大面積之同時更新者也。大地皆伐及大地傘伐法等，皆屬之。以形成一齊之同齡林為目的。

(二) 小面積作業(Kleinflächenwirtschaft)云云，乃更新面積較小之作業法也。以新生林更新期之長短，形成同齡林或異齡林。依照是項作業之更新面之形狀，復可分為下列三種。

1. 孔狀作業(Löcherbetrieb; Group system)，孔狀皆伐、孔狀傘伐(副伐法)及羣狀(孔狀)擇伐等屬之。

2. 帶狀作業(Saumbetrieb; Strip system)，帶狀皆伐、帶狀傘伐等屬之。

3. 楔狀作業(Keilschlagbetrieb; Wedge system)，楔狀傘伐法屬之。

(三) 單木作業(Stamm=od Baumwirtschaft; Single trees system)，乃更新面最小之作業法，單木擇伐法屬之。

第二節 依更新期間長短之分類

(一) 大林分(全林或全伐)作業(Grossbestandswirtschaft, Schlagbetrieb)云云，乃更新期短之作業法也。以形成一齊同齡林為目的，故亦可稱為同齡林作業(Evenaged forest system)。大面積

作業，雖以此爲代表，然小面積之更新期短者，亦隸屬之。例如普通之帶狀作業、楔狀、及巴威式孔狀傘伐作業等皆屬之。一般更新期短之作業，技術既易，且事業監督復較集中於一小局部，益以從業人員心理觀之，凡期間（更新期）愈短，則其功業得以及身而觀，益當重視努力以赴也。

（二）小林分作業（Kleinbestands, od Kleinschlagwirtschaft）云云，乃更新期間頗久之作業法也。以其新生林爲異齡林之形成，故亦稱爲異齡林作業。巴登式孔狀傘伐作業、魏格爾氏帶狀擇伐及擇伐作業等屬之。

第三節 依更新伐採方式之分類

（一）皆伐作業（Kahlschlagbetrieb; Clear-cutting system）、皆伐喬林作業，乃將老熟林木，僅由一度伐採，以更新者也。新林育成之法，人工更新，天然更新，任選用之。以皆伐作業之更新（幼樹之成立），係於更新伐採終了後行之，故皆伐作業，亦稱後更作業（Nachverjüngungsbetrieb; After-regeneration system）。

其更新而爲大面積式者，一年終了；小面積式者，有需十至二十年者。皆伐作業除特殊情形外，皆以形成同齡林爲目的，故皆伐作業，亦可視爲同齡林作業之一也。

大面積皆伐作業，以其施業，至爲簡單，故頗廣用之。惟是項作業，伐採而後，大面積之林地，不免長期暴露於陽光風雨之間，致損耗其地力，硬化其地面，甚或陷土地於崩壞，其害蓋有不可勝言者在。故若僅以作業之簡易爲理由，而遽爲大面積之皆伐者，實有審慎考

慮之必要在也。

(二) 漸伐作業 (Successive-regeneration-cutting system) 漸伐作業，乃經兩度或兩度以上之更新伐採(老林木之伐除)者也。其由更新而得之林分，為同齡林，或異齡林。漸伐作業之更新，(幼樹之成立)，以於老林木全部伐採前行之，故亦稱前更作業 (Vorverjüngungsbetrieb; Advance-reproduction or regeneration system)。漸伐作業，復可分類如次：

1. 殘伐作業 (Seed-tree system).
 - a. 散狀殘伐作業 (Scattered-seed tree system).
 - b. 羣狀殘伐作業 (Group-seed tree system).
2. 傘伐作業 (Schirmschlagbetrieb; Shelterwood system).

傘伐喬林作業，復可依其更新面之大小、形狀，而別為大地(廣地)傘伐作業、帶狀傘伐作業、孔狀傘伐作業及楔狀傘伐作業等數種；傘伐喬林作業，普通以天然下種，亦間有以人工更新者。

(三) 擇伐作業 (Femel, od Plenterbetrieb; Selection system) 擇伐喬林，復可依其伐採方式，別為下列二種：

1. 單木林擇伐作業 (Single tree selection system).
2. 羣狀擇伐作業 (Gruppenweiser Femelbetrieb; Group selection system).

擇伐喬林作業，普通以天然下種更新，或間以人工更新之。其林木之欲全部更新一次，必需與伐期相等之年數。且其天然更新須利用數十次結實年度，故其森林遂呈老幼大小綜錯之狀。擇伐作業，能於小面積上得以連年產生老大之木材，且林地可免一時暴露之患，

維護地力，厥功至偉。且以各林木間，俱得自由發育，樹冠又復高低不齊，抵抗風雪之力，亦至強盛，此保安林、風致林之更新，所以皆選用也。惟此法亦有不利之點：(1)僅以少數陰性樹類為限。(2)當幼年時代，被壓特甚。(3)木材運出不易。(4)木材枝節甚多。(5)施業範圍，及於全面，故收穫預定，及其材積計算，均感困難，抑亦不容諱也。

第四節 補助作業

除上述各項作業外，其足資補助之特殊作業法，謂之補助作業 (Ergänzung = u. Hilfsbetrieb; Accessory system)，二級喬林作業及保殘喬林作業屬之。

(一) 二級喬林作業 (Zweihiebigiger Hochwaldbetrieb; Two storied high forest system)，乃由上下二層之喬林構成者也。其最普通者，將樹冠空疏之林分，於中年或接近中年時，作強度之間伐，而將陰性樹種之林分，由人工使之成立此項上下兩層之林分；爾後同時伐採者有之，將上層林分經一次或分數次伐採，僅存下層林分者亦有之，於已達高齡而鬱閉漸疏之陽樹林內，為保護地力計，由播種或栽植，成立之陰樹林分之下木作業 (Unterbaubetrieb; Underwood system)，亦可作特殊之二級喬林作業觀之。二級喬林作業之目的及其利益，有得而言者：

(1) 凡林分樹種之不適於維持地力者，為保護林地計，可使之為下層林木之形成。

(2) 凡樹種之易受氣象之害者，可使之生存於上層林分之下。

(3) 凡為混交林之營成者，其發育遲緩樹種之林分，而不能先

行成立者，可不受發育迅速樹種之壓迫。

(4) 森林之年齡不齊，對於養分之要求亦異，如於同一林地成立兩層林分，其收穫當視單層林為大。

(5) 以下層林足以保護地力，故對於上層林分，可無顧慮地力，而得為自由強度之間伐，俾良木得以充分遂其受光生長，以便產生大材。

(6) 上層林分既堪為強度之間伐，間伐收入亦當隨之增加。

上述六項中，如以(5)為營林目的之二級喬林作業，謂之受光作業(Lichtwuchsbetrieb)，德國頗多行之者。其樹種配合，則德國平野為赤松與水青岡；其南方為櫟與水青岡；歐洲大陸，為赤松與雲杉；英國為落葉松、水青岡；日本水戶附近，為赤松與扁柏等相與配合，構成之二層林也。

惟當上層林分疏散之際，務須力求風害之避免，並於不妨礙下層林生長之範圍內，對於上層林，應反復予以間伐；且當上層林分之間伐及其他伐採之際，應力求下層林分損害之減少，此蓋實行二級喬林作業時，所當注意者也。

(二) 保殘喬林作業 (Uberhalthochwaldbetrieb; Stored or reserve high forest, High forest-with-standards system)，殘伐作業；乃當伐期之際，保留其林木之一部，使之生長，留待下次伐期，再行伐採之作業也。其目的在使充分遂其受光生長，而便大材之產生，其殘留之林木，所謂保殘木 (Uberhälter; Reserve trees, Standards) 是也。

保殘木，應擇林木中之健全，而有產生良材之望者為之。保殘木，

普通以星狀或散狀配置之，然亦有作小羣狀之保留者。其更新乃由天然下種、或人工播種及栽植苗木營成者也。

保殘木，應選大材需要較多之樹種爲之。歐洲曠昔有以供給船艦之櫓材爲目的，而爲赤松之保留者。日本三重縣，尾鷲町地方，爲自用小量建築用材之供給計，頗多以扁柏爲保殘作業之經營者。

保殘木之選定，應予以充分之考慮。良以保殘木之突然孤立者，不惟足遭暴風之害，且復易被皮焦之患，爲防止風害計，保殘木應擇深根性樹種，而復樹冠發達良好者爲之；或伐期（主林分）之十餘年前，將所應保留之林木，先行決定，當間伐之際，爲之特別撫育，俾得安全發育，以免孤立之患。保殘木應擇不爲下木幼樹之壓迫及其淨幹較高，而樹冠不甚廣大及稠密者爲之。蓋爲下木發育計，允宜深加注意，而不容或忽者也。歐洲針葉樹中之適於爲保殘木者，赤松及落葉松等是也。陽性樹冠，既高且疎，復不甚爲主林分生長之患，蓋皆保殘木之上選也。他如冷杉、雲杉，以樹冠過密，極不適宜，重以雲杉爲淺根性樹，風害尤劇，益非所宜。爾外亦有以闊葉樹中之櫟爲保殘木者，惟櫟之爲保殘木者，恆呈梢端停止生長，而副枝發生頗多之象，爲預防有害副枝之發生計，亦有於其周圍，植以水青岡者。水青岡亦有於混交林中，以保殘木孤獨存在者。然水青岡，不僅樹冠過密，且突然孤立，復易罹皮焦之害，終未敢遽以保殘木適當樹種相許也。

保殘木之欲於下次伐期前伐採者，毋使散生林中，而應於林緣，或林道附近並立或叢立之，蓋以當保殘木伐採運出之際，對於主林分，絕無損害故也。

惟保殘喬林作業，僅足爲少量大材之生產已耳！以下列缺點，終

未可許爲普通產生大材之適合作業法也。

1. 保殘木易遭風害之侵襲；歐洲之以赤松爲保殘木者，其爲暴風所吹倒者，竟達 90 % 云。
2. 保殘木之爲風所倒，及以其他關係，在主林分伐期之前，將爲保殘木之伐採者，恆予主林分以重大損失。
3. 若爲闊葉樹之保殘者，以易生有害之副枝，其材價每爲之減損。
4. 保殘木有礙主林分之發育，其樹冠較低，而復橫展者，爲害尤烈。

保殘喬林，以有上述之缺憾，故如欲爲少量大材之產生，有另闢喬林之一部，而將此小林分之伐期，視主林分延長之，並予以適當之受光伐者。當是時也，如有保護地力之必要，則選植適當樹種，以爲林地之庇護可矣。

第四章 萌芽作業

萌芽作業 (Ausschlagbetrieb; Sprout system) 云云，乃森林之由於樹林之地上部分，萌芽以成者也。其林木，不若喬林之以一次利用而終其作業，而可由其樹體之一部發生萌芽，反覆利用。萌芽作業之利，有得而言者：

- (一) 伐期較短，可早得第一次之收益。
- (二) 以一次之造林費，於同一面積上，可得數次之收穫。
- (三) 伐採時，雖亦難免林地一時之裸出，然其鬱閉，可藉萌芽作迅速之恢復。

(四) 以少量之更新費，可得多量之收益，其純利亦大。

(五) 於小面積上，可行連年作業。

(六) 除霜害較劇外，風、雪、蟲類 爲害均微。

(七) 適於鞣酸材料用樹皮之產生。

他如僅限於有萌芽性樹種行之，且僅能產生小材，而不適於大材之產生，終不免爲是項作業之缺點耳！

第一節 矮林作業

矮林作業(Niederwaldbetrieb; Coppice system)云云，乃以矮林更新，而將樹幹伐採利用後，復由伐採根株之切口萌芽，以爲新林之形成者也。凡萌芽力強之樹種，皆適用之。就中杞柳伐期最短，類於當年即取用之，故其地力之衰退亦最烈，爲補救計，應施以相當肥料。依其伐採之方式，得分爲次列三種：

(一) 皆伐矮林作業(Kahlschlagniederwaldbetrieb; Coppice clearcutting system)。

(二) 保殘矮林作業(Niederwaldüberhaltbetrieb; Reserve coppice system)。

(三) 擇伐矮林作業(Niederwaldplenterbetrieb; Coppice selection system)。

第二節 頭木作業

頭木作業(Kopfbolzbetrieb; Pollarding system)云云，乃以頭木更新，而將樹幹中部伐採利用，復由其伐殘之幹部切口萌芽，而爲

新林之形成者也。此法以不將樹幹全部利用，故土地之裸出較少，對於地力頗著保護之效。且以切口距地較高，萌芽常超霜高而過之，故霜害亦微。堤岸林之造林，恆採用之。蓋乃著護堤之效，且饒相當收益之作業法也。其僅擇其適用而採取者，謂之擇伐頭木作業。

第三節 截枝作業

截枝作業 (Schneitelholzbetrieb; Lopping system) 云云，乃以截枝更新，而樹幹全部，予以保存，僅將枝條採伐利用，俾由枝條切口萌芽，以爲新林之形成者也。此法凡田畔之孤立樹，路旁之行道樹，皆可採用之。年來以樟樹枝葉取腦之風日熾，故樟林，頗多行此作業法者。

第五章 中林作業

中林作業 (Mittelwaldbetrieb; Middle-forest system, Coppice with standards system) 云云，乃由上層之喬林與下層之矮林，交相形成之作業法也。其目的蓋在同一林地，除產生薪炭材及其矮林產物外，復可爲普通用材之產生者也。

下層林分之矮林，類爲同齡，而復一齊之林相，其更新，率以皆伐行之，然亦有於每次伐期，將萌芽林之一部，設法予以保存，俾便漸次成爲上層林分者。上層林分，雖以實生林木 (Seedling trees) 爲主，然亦有萌芽樹之混入，或選以由矮林中保殘之萌芽樹爲主，而反以實生樹爲副者。上木林分之伐期，爲矮林伐期之二至六倍，林相複雜，頗與擇伐喬林相類似也。以其林相，具有喬林矮林之中間性質，此中

林之名所由來也。中林之利，得於同一林地上，栽植各種樹木，並產生大小不同之木材，且於小面積上，得為連年作業，故頗適於自治團體小面積公有林之經營。然其缺點，則為(1)作業較為複雜，不若僅營喬林或矮林之簡單，故其事業費亦大。(2)以上部有上木之庇蔭，其萌芽力，不若矮林之強盛。(3)上木伐採後，林地有暴露之虞。(4)每年收益，不易為精密之確定等，抑亦事實之不容諱者。

第一節 樹種之選定及其伐期

中林樹種，有上下木相同者，亦有相異者，普通下木樹種，應擇耐蔭力大而萌芽力強者為之。歐洲各國，以見風乾、槭、椴等為主。上木樹種以樹冠高而且疏者為宜。歐洲闊葉樹中，以櫟為最夥，而白蠟樹、榆、槭等次之。上木伐期較高，且以用材之產生為目的，故上木樹種之選擇，應以適於用材，且復價值較高者當之，此針葉樹所以恆為闊葉樹矮林上木之選也。

矮林伐期，數年以上，迄三十年止，種種不一，此蓋據市場狀況決定者也。其為小材產生之許可者，為短伐期之施業可矣。惟矮林之伐期過短者，不易為淨幹較高之良材產生為可憾耳！

上木伐期，為下木伐期之二至三倍，然亦有達五至六倍者。上木樹種之在二種以上者，則可就各樹種而為各別適當伐期之選定也。德國巴登省(Baden)拉斯特(Rastatt)都市林，其矮林即下木之伐期，為二十五年，上木伐期，則櫟為一百二十五年，白蠟樹為一百年，樺、赤楊、見風乾等，悉為七十五年，白楊、洋槐，則為五十年云。

上木之伐採，應於矮林伐採後，尚未開始萌芽前行之。伐採後並

應迅即運出，且當上木伐採之際，不惟僅爲已達伐期林木之伐採已也，同時並應將枯死木、瀕死木、病木及無復保存之價值者，悉數伐採之。他如林木之健全而過密者，亦當予以適當間伐。上木之所應保留者，應就有用樹種、樹幹通直、發育健全及樹冠發達而非過度擴展者爲之。上木之形態特優，今後價格生長，頗有希望者，亦有雖達伐期，仍復保留，以待矮林伐期者。

第二節 上木之分布及其株數

上木務就全地平均分布之；上木間，並須各保相當間隔，俾雖屆伐期，所有林冠，仍不交接觸爲要。然上木亦非盡予平等孤立謂也。必要時，亦有使之羣立者。若由栽植混交而成之孤立針葉樹林之樹幹，固遠遜羣立者之圓滿也。上木之接毗林緣者，以分布較密爲尙；良以分布較密者，具有若干防風林作用，而足爲風害之預防故也。若當矮林伐採之際，尤著防止土壤乾燥之效。其分布於林道及林班區劃線左近者，則不惟便於搬運，裨益風致，亦非淺鮮矣。

上木株數究以若干爲適當，雖以樹種而各異，且尤應注視上木下木（矮林）孰爲主從，以決定之。今試就上木下木關係，將中林別爲三級如次：

（一）近於矮林之中林 即上木僅有齡級二、三，且所占面積不廣，而以薪炭林及矮林產物之收穫爲主者也。

（二）普通之中林 即上木下木皆爲主目的之中林，即產生用材，並復產生矮林產物者也。

（三）近於喬林之中林 上木占全面積之大部，且復作羣狀之

集合，而不若普通之散生者然；故是項中林，其下木以保護土地為目的，而上木以產生用材為目的者也。

以上列三種，情形不同，故其上木下木，所占之比率亦殊。上木所占比率，以樹冠之擴展面積測定之，其對於全面積所占之比率，當伐採之前，即應為之預定，是項比率決定後，然後平均分配於各齡級間。例如全面積內上木占 40%，下木占 60%，而上木之齡級為四，各齡級，即各占全面積 10%。上木之年齡愈高，則其所存之株數愈少，俾各齡級得以保持一定之面積；故上木株數，應有隨時減少之必要。是項伐採於矮林伐採之際行之。

一公頃內，上木之實際株數，少者五十株，多者數百株；惟一公頃內如超過一百株以上，則下木除特別耐蔭者外，收穫未有不激減者。今舉歐洲櫟林各齡級上木株數之一例如次：

上木年齡	30年	60	90	120	150
上木株數	50株	30	20	10	5

第三節 上木之補充及其誘導

上木以伐期較高，伐採而後，類少萌芽，故其伐木跡地，應有從事於希望樹種之栽植及其播種之必要。由上木及其他母樹所飛散落下之種子，於矮林中所自然發生之幼樹，如能樹種適當，即應予以保留，以供上木承繼之選。至若萌芽，幼時生長雖盛，然年齡愈增，根株漸腐，生長頓衰，病蟲頻仍，終難望其為喬大之發育者矣。故上木務以實生為尚，倘其天然生幼樹較少者，矮林伐採後，應即就其株（根株）間栽植苗木，以備爾後上木之需。惟是項苗木，應擇其強大者植

之，蓋所以防其爲萌芽壓迫計也。其萌芽力強者，不妨切去幹部植之，或俟栽植一、二年後，由其根際切去之，待其萌芽，擇其發育最盛者，保留一本可矣。其視不切幹者，恆發育盛、壽命長、病害少，余於櫟類之栽植，頗好用之。

下木之誘導爲上木用者，卽下木達伐期時，不若普通矮林之子皆伐者然。而將萌芽樹中之有產生用材之望者，予以保留之謂也。迨第二第三次伐期時，亦次第行之，遂形成具有三齡級之三層林矣。

第六章 竹林作業

竹林作業 (Bambuswaldbetrieb; Rhizomwaldbetrieb; Bambus forest system) 云云，乃將竹齡最老者，予以伐採利用，而每年由其地下莖發出之筍，形成新林者也。其於老竹之處理，誠宛如擇伐法也。此法經一度栽植，如處理有方，數年而後，小面積上，卽有連年收益，故頗適於小林主經營之需。大江以南，頗多於宅後植之。史記貨殖傳曰：「渭川千畝竹，其富與千戶侯等」。諺云：「養魚種竹十倍利」。蓋竹林之利溥而且厚，從古已然矣。

第七章 副產作業

副產作業 (Nebennutzungsbetrieb) 約可分爲混農林業與混牧林業二種；蓋是項林業，於森林中復經營副業，以爲林家經濟之調節者也。

第一節 混農作業

混農作業 (Waldfeldbaubetrieb; Combined system of field-crops and forest) 亦稱混農林作業，乃於同一土地上而為林木農作，同時或交互之栽植者也。是項作業，主於富於森林缺乏農地之多山地帶行之。然亦有於都市附近之平坦地行之者。是項作業，以混農之森林性質不同，復可分為混農喬林與混農矮林等兩種作業。嘗見我國多山地帶、平地較少不敷耕作之地，相繼為山林之蠶食，而為荒廢之主因，如能注意間作，抑亦林墾兼顧之一道也。

第一目 混農喬林作業

混農喬林作業 (Hochwaldfeldbaubetrieb; Combined system of field-crops and high forest)，乃於喬林伐採之後，一時經營農作，或於喬林伐採之後，逕予造林，並同時於數年間，經營農作者也。茲分兩種述之。

(一) 前作喬林作業 (Röderwald = od. Röderlandbetrieb) 云云，乃於喬林伐採後，迄更新間，為一時之農作之經營者也。蓋乃喬林與農作交相栽植之作業法也。例如將喬林之伐木跡地開墾後之二、三年內，先為麥、大豆、芝麻、蕎麥、馬鈴薯等作物之栽植，然後再從事於喬林之營成是也。

日本青森縣三戶地方，常有從事於以薪材及火藥炭原料為目的之赤楊造林者，待赤楊林皆伐後，七、八年間，率以從事於大豆及粟等農作之栽植為常。

瑞士曠昔當雲杉造林二、三年或十年之前，亦有先行從事於馬鈴薯及穀類之交互栽植者。

(二) 間作喬林作業 (Waldfeldbau, Baumfeldwirtschaft) 云云，

乃當喬林營成之際，同時復營一時之農作之作業法也。換言之，即待喬林皆伐而後，即行開墾跡地，以爲苗木之栽植，或林木種子之播種。而其苗木或林木種子之間，同時復爲農作之經營，待鬱閉開始之際，始爲農作之中止者也。是項作業，德國行之頗久，當櫟類播種造林之際，並同時播種穀類種子於其間。赤松林皆伐後，即應掘取根株，開墾跡地，並於四月頃，爲一年生苗之列植，待五月頃，並植馬鈴薯於苗間。緬甸柚木(Teak)，非洲東部圓柏(*Juniperus procera*)，及日本柳杉、扁柏之林間，均饒間作之事實者也。

間作喬林作業之較爲長期之農作者，謂之共作喬林(Neuerer waldfeldbaubetrieb)。其作業之爲共作者，苗間之間隔恆大，且待林木發育，至相當程度時，予以修枝及適度間伐，以爲農作之保護；農林兼營，廢續靡已，迄伐期將屆而始止。農地較少之多山地帶，而復土質肥沃者，蒟蒻、青芋、韭、薤等，性較耐蔭之農作物，可適用也。

第二目 混農矮林作業

混農矮林作業(Hachwald=od. Haubergswirtschaft; Combined system of field-crops and coppice)云云，乃於矮林之每次伐期，開墾株間隙地，栽植麥、蕎麥、馬鈴薯等農作，一至數載，迄萌芽滋長，耕作不易時，始行停止之作業法也。德國西部諸省丘陵地帶、氣候欠佳、土質礫瘠之地，當十三、四世紀之交，曾盛行之，今雖稍替，仍復隨處可覩也。其爲混農矮林之經營者，類於櫟之剝皮林(伐期十五至二十年)間行之。農作物以黑麥爲主，他如小麥、燕麥、馬鈴薯等，間亦有之。剝皮林之已達伐期者，當五月頃，可以剝皮時伐採之，待將足供利用部分，全部運出林外後，將殘留之枝葉、木屑，就地分布，充分

乾燥後，悉付一炬，耕種其地。根株之低伐者，燃燒之際，萌芽無虞也。待十月頃，經二次耕作後，即從事於穀類之播種，翌年七、八月之交，將農作收穫後，便中止農作，而一任矮林之發育矣。惟馬鈴薯之間伐，有繼續二年間者，燃燒耕作，有改良土質、維持地力之效，對於矮林之發育，實不為無功也。

第二節 混牧作業

混牧作業 (Waldweidbetrieb) 云云，乃於森林中之兼營畜牧者也。是項作業，可分為兩種，凡每年於林內而為牛、羊、馬、豬等家畜之放牧者，曰放牧林業 (Ständiger Waldweidbetrieb)。其林緣設置藩籬，俾成公園狀態，而為各種野獸之繁殖者，曰野獸園林業 (Wildgartenbetrieb)。

第八章 森林作業法之變更

森林作業法決定後，亦非一定不變者也。蓋時過境遷，今昔異勢，若為配合現狀，適應時機計，允宜因利乘便，隨機應變也。其主要原因，分述如次：

- (一) 市場上木材種類之需要變更時。
- (二) 森林經營之目的變更時。
- (三) 原定作業法，認為已欠適當時。
- (四) 以立地關係及其他原因，原定作業法，認為實施困難時。
- (五) 交通情形，益臻發達時。
- (六) 造林技術，益趨進步時。

(七) 技術人員，已臻經驗豐富，技術熟練時。

(八) 國家政策，已有變更時。

森林作業法之變更，雖亦間有絕無經濟之損失者，然終不免經濟上一時之損失，或竟蒙極大之犧牲也。故作業法之變更，惟於一時蒙若干損失後，終獲較大之收益之情勢下行之耳。換言之，即當作業法變更之先，其以變更而蒙之損失及變更後所獲之利益，應作精密之調查，所得果能償其所失，毅然行之可也。且當變更之際，務須注意於重大犧牲之避免，其變更也，應取緩和，而忌急激，經長期之漸進者，殊有裨於變更期間收入之調節也。森林作業，方法既繁，變化亦多，茲述其較為普通而實行復易者如次：

第一節 變異齡林而為同齡林

是法乃將異齡之擇伐林林相不齊之喬林，變之為同齡之皆伐林及傘伐林者也。其異齡林所以必須變更之主要原因，不惟作業複雜，應具相當技能已也，且復需多量之事業費，不如同齡林技術簡易，事業集中，作業之為較便也。

異齡林之變為同齡林者，若僅就技術上言之，則將異齡林，予以皆伐，而行人工造林，或於林間保留適量母樹，及全部幼樹，而將幼年、中年林木，全部伐採，而予天然更新，固無不可；然誠欲如此激變，其所伐採，不惟毫無價值，犧牲極大已也。益以期間、收入，盡付東流，森林所有者，損失亦屬不貲，此所以在無論如何情形之下，當作業法變更之先，凡變更作業法所由發生之犧牲及其緩急之考慮為必要也。故其變更，應有一定變更期間(Conversion period)之豫定，在此

期間，徐予變更可矣。即異齡林之欲變為同齡林者，初非遽及於全部者也。先將全林分，分為若干區，先行變更其一區，其他各區，施業如故，數年而後，始及於第二區，復漸及於各區，儘豫定期間內，將全林分變更完竣。誠如是，則在變更期間，仍得繼續收益，且絕無一時之重大犧牲也。待變更完竣，其林分林齡之差，雖亦若變更年數之相差者然，然如距伐期愈近，則其林相，以林齡不齊，而互殊者，亦復漸次消失，而與同齡林並無二致，爾後可以同齡林作業法處理之矣。若藉傘伐天然下種以為之變更時，而其異齡林之林相，極不規則者，其變更期間，應定為傘伐更新之更新期間之二至三倍，在此期間，徐予局部之擇伐、傘伐及撫育伐採（除伐、間伐）。換言之，即其已達更新期者，應予以更新伐採（傘伐），不然即應施以擇伐及撫育伐採是也。惟是項更新伐採，非若普通之傘伐天然下種法之須規則伐採者然，予以局部之下種伐，後伐（殿伐）可也。或間有須為苗木之栽植者。至擇伐及撫育伐採云云，乃除從事於已達伐期者之伐採利用外，同時復為不良木及有害於有用木發育之無用樹種之伐採者也。是項伐採，凡未經更新伐採部分，一如循環擇伐者然，以一定回歸年規則行之可矣。惟當幼稚林木較多之處，撫育伐採，即應暫行中止，為助長幼林木之發育計，有施以類似傘伐法時所施之後伐者。

第二節 變矮林、中林而為喬林

矮林、中林，變為喬林，其主要原因，乃由於薪炭林之價格低落，而移其目標於用材之生產者也。歐洲各國，矮林及中林面積之日益減少，蓋緣於是。

矮林或中林之爲喬林之變更也，其先應解決者，厥爲原有樹種之保留及其變更之問題是也。誠欲變更其樹種，則以變爲針葉樹林爲原則。法國國有林之爲中林作業者，主由天然更新，以變爲同一樹種之喬林，此蓋由於增加闊葉樹之大材供給政策所發生也。私有林則莫如變更爲針葉、闊葉樹喬林之爲較得矣。其所變更之針葉樹喬林，則以雲杉爲夥；良以針葉樹收益較闊葉樹遠勝故也。

矮林或中林，究應變爲同一樹種之喬林乎？抑變爲針葉樹之喬林乎？實造林上一大問題也。嘗考歐洲歷來經驗，謂同一樹種喬林之變成，如非特別肥沃之地，難獲成功之望；至若礫瘠之地，則除針葉樹外，實難期其有成矣。

矮林或中林，變爲喬林之法，大別爲二：一由人工造林，以變成者也。凡爲針葉樹林之變成者用之。一由天然更新，以變成者也。凡儘其原有樹種者用之。惟二者亦復有相爲混用者，例如僅由天然更新，成功不易，及將爲針闊混交林之營成者，抑亦補救之一道也。

第一目 藉人工更新以變更者

矮林或中林之由人工更新，而爲喬林之變更者，恆變爲針葉樹林，惟亦間有爲闊葉樹林之變更者。變更之法，分爲皆伐、傘伐及孔狀伐採等，分述如次：

(一) 藉皆伐以變更者 將現有之矮林、中林，予以皆伐，就其跡地，而爲所欲樹種苗木之栽植者也。凡皆伐作業，被害抗力較強之赤松、落葉松等陽性針葉樹種之變更，頗適用之。惟苗木以就矮林株間栽植之故，欲求栽植整齊，不可得矣。當栽植之初，除植樹較少，根株萌芽，無損幼樹發育，應予保留，以資維護土地者外，務須勤加芟除爲

要。皆伐之法，惟欠肥之地，易長之樹，較易成功。良以土地之瘠瘠者，以萌芽力弱，可由播種形成喬林故也。中腹以上劣等地之衰弱矮林，即其例也。至若肥沃之地，則以萌芽力強，除伐困難，勞費不貲矣。德國巴登省內矮林，嘗於皆伐跡地，栽植雲杉，惟萌芽除伐，勞費頗鉅，而其所獲，僅點生全面之雲杉林已耳！

然矮林亦有不予全面皆伐，而作相隔一·五至二公尺許，寬約一公尺許之線狀伐採，而植苗木於此線狀間者。則此線狀兩側之萌芽，可直待壓迫新植幼樹時，再行除伐也。惟此法亦僅限於生長特速之樹種適用而已。矮林之皆伐跡地，當喬林營成之先，亦有為一時之農作者。德國自1880年而還，櫟剝皮林收入減少，率以變為針葉樹之赤松、雲杉喬林故也。其作業也，莫不兼行前作，伐採後閱二載許，於其線狀帶內，再行播種赤松種子，或栽植一年生苗（雲杉率用換床苗）；赤松種子，且有與農作種子同時播種者，其為雲杉之栽植者，其根株萌芽，仍可任其滋長，待至伐期，始伐去之，以增收益。至於赤松，則所有萌芽，便須除去矣。惟萌芽中之具有形成良木之望者，亦有為之保留，俾與赤松混交成林者。

欲變中林為喬林，而其下木所由形成之矮林，林相不佳者，全面逕予皆伐，栽植苗木可矣。不然，便難逕行變更，應將上木下木各予留置十年，於此期間，各行定期間伐，俾便產生礦柱及其他小材，然後再行皆伐；良以矮林延長伐期，可使根株萌芽力隨之減退故也。

（二）藉傘伐以變更者 當矮林、中林伐採之際，保留一部分林木，以為保護樹，其下由人工造林，以營成針葉樹林者也。冷杉等抗寒力弱之樹種，恆採用之。造林以栽植為主，間有用播種造林者。英國

雲杉及花旗松林之以皆伐變更，而失敗時，有改用傘伐法而成功者。法將上木中之大木，於栽植前，悉予伐去，其以伐木所生較大之隙地內，應將赤松及落葉松等陽樹苗植之。爾後復予保留之上木、下木，以定期間伐，並反復行之，隨復以目的所在之陰樹苗植之，爾後根株如復發生萌芽，應徐予除去，力避過驟，果於幼樹發育有礙，則去其先端可矣。

法國所行之法，在某一期間，一任矮林滋長後，始將林分疏散，而床播冷杉種子於其下，或就隙地羣植苗木於其間，惟為冷杉之播種者，鬱閉不可過密，林冠亦須相當高度耳！待幼樹發生後，所有老林木，應予一至數度除伐，爾後並復定期行之。雲杉類以苗木栽植，至播種造林，惟上木伐採隙地較大之地行之而已。

(三) 藉孔狀伐採以變更者 此法乃將上木下木，俱予孔狀伐採，俾隨處各有相當面積之隙地，而為雲杉等較為陰性樹類苗木之羣植者也。其栽植地，漸次擴大，終致接觸而遍於全面。全林分之變更，亦於是告竣。此法以作業單位，散布各處，故需較大經費，且形成林分，林相欠齊，亦其一缺點也。

第二目 藉天然下種以變更者

藉天然下種，而將矮林、中林變為喬林者，率為同一樹種同齡闊葉樹林之變更，然亦有變更為同一樹種異齡闊葉樹林者。爾外於其鄰接地及其附近，而有已達結實期之森林存在時，復間有藉其側方天然下種，俾便發生多數幼樹，予以撫育而為其他闊葉或針葉樹林之變更者。法國中林之變為雲杉林者，此法實不乏應用也。其變更之應用天然下種法者，不惟技術困難，且其成功與否，關係土壤性質及結

實狀態(結實周期之長短)者,實深且鉅也。茲就矮林、中林,分述如次:

(一) 矮林 凡矮林之藉天然下種,而為喬林之變更者,應將矮林作適度間伐,以便滋長,迄結實而後止。當結實之際,予以下種伐,將不良木悉予伐去,待幼樹發生後,始將保留木,施以後伐者也。於歐洲比利牛斯山水青岡森林限界附近,由其上部所存之冷杉林下種,而其水青岡擇伐矮林中多數幼樹,隨之發生,而變為水青岡與冷杉之混交林矣,即其例也。

(二) 中林 凡中林之藉天然下種,而為喬林之變更者,應皆伐其由下木所構成之矮林,即以上木為母樹,使之下種,其幼樹發生較少之處,復用苗木補植者也。惟此法每以保護幼樹,芟除萌芽,不惟勞費不貲,且以上木鬱閉過疏,幼樹發生,難免殘缺之憾。下列兩法,足資補救,請申述之:

第一法 矮林不遽行皆伐,而就萌芽樹中之良木及實生之上木中,擇其年齡較幼而形狀良好者,每公頃中,各予保留五百至六百株許,餘悉去之。惟保留之萌芽樹,以一株一本為度,爾後定期間伐,迨萌芽樹抵六十年生以上時,始從事更新伐採。惟當此法實行之際,凡林分之適當上木株數稀少者,其變更也,不應操之過急,可使作業維持如故,待上木株數增加後,然後行之。惟此法若在土質欠佳之處,欲求良好結果,終不易易也。

第二法 乃法國所通行者。此法矮林亦不遽予皆伐,任其滋長,迄根株萌芽衰竭而後止。在此期間,舉行定期間伐,以圖收益;故此矮林中,良木及其上木,幾不啻全部利用母樹也。惟此法雖可由其間伐而獲若干收益,然方之爾往,不惟甚少,且矮林生長,以樹勢衰弱,

適當母樹爲數亦鮮，故天然下種，頗有不能充分完成者；若能按照下述施業，安全多矣。

例如假定將來之喬林伐期爲一百二十年，爲便利計，分三十年爲一期，共爲四期，全林分面積以四區等分之。惟實際上，應先就其中一區，而有適當母樹上木，且較多數者選定之。該第一區域，並無先事矮林更新之必要，以三十年爲休養準備期間，在此期間，仍一任矮林生長，必要時僅爲弱度之間伐而已。爾外各區林分，仍一如原有中林作業者然，惟上木視以前較多，且復就年幼者，特予保留而已。待經過上述休養準備期間後，第一區更新伐採，即行開始矣。此無他，其視分數次伐採者，其鬱閉之疏散，實較緩和也。必要時，從事人工造林，而於下期三十年內，完其更新，當第一區更新期間，對於第二區矮林，應反覆予以弱度間伐，爾外兩區，仍施中林作業如故，循是行之，則全林分便漸次變爲喬林矣。今將上述方法，表示如次：

年 數	0—30	31—60	61—90	91—120	121—150
第一區	休養準備期 矮林之間伐	更新伐採	除伐及間伐	間 伐	間 伐
第二區	行 中 林	休養準備期 矮林之間伐	更新伐採	除伐及間伐	間 伐
第三區	作業如故	行 中 林 作	休養準備期 矮林之間伐	更新伐採	除伐及間伐
第四區		業 如 故	行 中 林 作	休養準備期 矮林之間伐	更新伐採
			業 如 故		

其中林，雖可藉天然傘伐下種，以爲同齡林之變更，然結實週期較長之樹種及雜草繁茂之地區，以傘伐更新，成績恆難良好，可用羣狀擇伐更新，以變更之。其由擇伐更新，以爲作業法之變更者，可無準備期間之必要，故自始即有相當收穫也。惟由此法所營成之新生林爲異齡林耳！

主要參考書目

- 陳 麟 造林學各論(中華農學會出版)
造林學概論(中華農學會出版)
中國樹木分類學(中華農學會出版)
中國森林史略及民國林政史料(中華農學會出版)
中國森林地理學(金陵大學講義)
- 曾 濟 寬 造林學本論(中山大學講義)
- 張 福 延 造林學本論(中央大學講義)
- 高 秉 坊 造林學通論(商務印書館出版)
- 楊 開 渠 譯 農林種子學(商務印書館出版)
- 彭 家 元 肥料學(商務印書館出版)
- 陳 遵 媯 農業氣象學(商務印書館出版)
- 劉 和 土壤學(商務印書館出版)
- 陳 植 造林學本論(中央大學講義)
造林要義(商務印書館出版)
- 本 多 靜 六 大造林學前論本論
造林學要論
- 土 井 藤 平 造林學汎論
- 藤 島 信 太 郎 造林學

中村賢太郎 育林學

鏑木德二 森林立地學

河田杰 森林生態學

Toumey: Foundation of silviculture upon an ecological basis, 1938.

Toumey: Seeding and planting in practice of Forestry, 1930.

Troup: Silvicultural systems 1928.

Schlich: Silviculture (Manual of Forestry Vol. II) 1910.

Rehder: Manual of cultivated trees and shrubs. 1940.

Dengler: Waldbau auf ökologischer Grundlage. 1930.

Dittmar: Der Waldbau, 3 Aufl., 1929.

Rubner: Die Pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbau, 3 Aufl., 1934.