



森林生態學講義

(上 册)

— 林學系森林學教研組編 —

東 北 林 學 院

1954年7月



結 論

一、森林在建設社會主義事業中的積極作用。

“森林建設是國家的百年大計，從全體人民的生活和生產的根本利益出發，從人民的長遠利益着想，我們必須盡最大的努力，爭取在一定的時期使森林面積能適應國家和人民的需要”在中國人民政治協商會議共同綱領第三十四條“保護森林，並有計劃地發展林業”。在國家過渡時期間，“國家有計劃的經濟建設，需要林業與工業，農業相適應地發展。”這都說明了森林在國民經濟的發展上具有重大的意義。

森林在國民經濟的發展上的作用具有表現在以下各點上：

1. 供給大量的木材以滿足國防，工程，工業建設上的需要：——
隨着國家社會主義經濟建設的飛躍地發展，各部門對於木材的需要將不斷地增加。我們工業建設的發展，交通運輸事業的發展，水力工程，機械製造的發展，造紙業及木材纖維業的發展，大批廠房與民用住宅的修建，都需要大量的木材。此外林業的特產，如橡膠樹，油桐，樟樹，漆，五倍子等的產品，都是工業上重要的原料。

2. 風沙地區水源河畔營造的防風林帶可以保證農業穩定的產量和工業生產的安全——“防風林帶的建設是改造自然的偉大鬥爭，是從戰沙漠，消滅水災的鬥爭，是向自然奪取新地，爭取丰收的鬥爭，是為農民取得安全條件和健康的鬥爭。也是為今後工業，交通和各種建設事業大量需用木材準備條件”。社會主義的蘇聯，成功地營造規模的防風林帶及水源林和河岸林，改變了草原和森林草原區乾旱的威脅，減少了和制止了河流的氾濫和水土的沖蝕，保證了農業的豐產，改善河川及蓄水池的水分狀況和水陸交通線和工業設施上的安全。

3. 保證在發展國民經濟的基礎上逐步提高人民物質生活和文化生活的水平！——森林除可以供給人民生活所需要材外，還可以供給林木的種，胡桃，紅松，山松種子，榛子……) 香菌，等，更重要的是在城郊和廣大的鄉村，都要逐步地進行綠化建設，使人民精神愉快，體魄健康，過着美的幸福的生活。

另外，森林在國防上的效用，也應該獲得我們重視。

從以上這些具體地說明，就可以了解森林在國民經濟建設中的重大作用。……在中國境內，由於過去長期的反動統治，使各地森林，遭受到嚴重的破壞，僅以新中國誕生以前為例，在封建專制與日本帝國主義統治東北時代，不僅使建設任何新的森林，反而把原有的森林作可掠奪性的採伐。這種情形，正如馬克思所說：在於社會主義以前，就一直是毀滅森林……反動統治階級所以不願建造森林，正如馬克思所說：長期的生產時期（包括不大的勞動時間）和與此有關的週轉期的長度使造林對於資本主義企業不利。因此，中國現有的森林面積，僅佔全部国土面積的 2%，而且分佈不適當，這樣對於國家過渡期間迅速發展着的大規模的社會主義性質的建設事業的需要，是遠不能相適應的。

中華人民共和國成立以後，隨着國民經濟的恢復與發展，新中國森林業有了飛躍的建設，嚴重的森林火災，已基本上消滅，造林事業有了極大的發展，到 1951 年全國造林的面積即達四六萬多公頃超過國民黨反動統治 22 年造林面積的兩倍。冀西、豫東的流荒地帶，已建起大面積的開闢林。東北的面部防護林帶和西北的防護林帶，都已開始營造，而且已有了很大的成績。過去三年來全國造林的面積，已達 1,500,000 公頃，封山育林面積達 3,600,000 公頃，天然林已着手進行有計劃的科學管理以迄，森林工業，製材業也在飛躍地發展着，這一切都証明了「我們人民民主專政的制度，較之資本主義國家的政治制度，具有極大的優越性」。

為了使林業生產能很快地適應國家在建設社會主義事業中的需要，我們必須更好地學習蘇聯先進的林業理論，結合中國的實際，不斷地提高造林、營林、護林的技術水平，組織強大的力量，在國家過渡時期總路線的照耀下，在社會主義林業經濟原則的指導下，迅速地發展中國的林業，以滿足社會主義成份總量增長着的國民經濟發展上的需要，這是我們林業工作者艱巨、偉大而光榮的任務。

二. 森林生態學的意義及其在林學中的性質

林學的概念：

林學——是 森林的生物學特性，森林培育，森林經營，以及

森林利用與保護的新學，牠也不僅要研究了解森林的發生，發展與死亡更替的規律，而且要掌握這些規律，按照國民經濟上的需要，改善森林的組成和性狀，擴大森林的面積，並提高其質量，以滿足人民不斷增長着的物質生活與文化生活上的需要。

這樣林學上主要的任務，便是在國民經濟在森林的地區根據需要，要建造起森林來，而對於現有森林，則加以改善。這樣才可能保證滿足國民經濟對於木材的日益增長的需要，才能改善不良的氣候條件，保證農田的丰產，穩定河流的流量，改善勞動的條件。

林學的內容概括來說，含以下各科即：森林生態學，森林培育更新學，造林學，森林改良土壤學，森林經營學（經理及測繪學），森林利用學，森林保產學。

從林學的內容上，我們可以了解林學是林業生產的理論基礎，為了使林學在國民經濟中發揮最大的效能，我們必須在林業實踐的過程中，運用林學的理论，以指導林業的實際活動，同樣地，通過林業的實際活動，進一步提高發展和丰富林學的內容。

林學的發展同樣林業的生產實際活動是緊密聯繫着的，同林業生產實際活動脫節的林學對於組成國民經濟一個環節的林業生產來說，將喪失毫無意義。

森林生態學的意義：

森林生態學——是關於森林生物學的科學，它是研究森林的一般概念，森林與它可處環境之間的關係的規律，森林成長發育更替的規律的科學。它的主要內容，包括着：環境因素對森林和森林對環境的相互的作用；森林構成和發育，森林聯接和樹種的更替以及森林群落的分佈。要想順利進行森林生態學的研究並掌握其實質，對於化學，生物理論學，數學，地質學，氣象學，達爾文主義，植物學，細菌學等自然科學必有一定的基礎。

森林植物所生活着的环境，是由許多要素所組成的，主要的有氣候——日光，氣溫，降水量等，土壤，地形，生物等因素，這些因素用森林的關係，然是複雜的，變化多端的，但是在一定的環境條件下必然要相應地

產生特有的森林的類型，而且它的形成，組成，發育的情況都是極其適宜的，我們必須利用森林生態學日久研究，來描述森林植物在不同的外界條件下生長發育過程中所表現的特性，以及這些特性所以發生的物質基礎。只有對森林植物作深刻的多方面的生態日久研究，才能達到我們的目的；學會“利用調節和創造外界環境條件的可能性，來管理有機體。

森林生態學在林學中的性質：

森林生態學既然是研究森林與環境說明相互作用的規律，森林發育成長更替的規律，那麼掌握和利用這些規律以和擴大森林面積並從事森林的經營，扶育更新，保產和擴大其利用以適應國民生產發展上的需要，那更是完全必要的。過去有些人認為“森林生態學是森林學的基本”，我們應該更正確地說：森林生態學是林學的基本。試問一個真正的林業工作者，如他不知道和掌握森林發育成長更新的規律，不知道和掌握森林和環境之間相互的作用，不僅不能順利地進行森林的繁殖扶育更新，而對於經營保產和利用的工作，也將無法很好地完成。所以在林業生產的各項活動中，除遵建總森林業經濟的原則指導外，必須了解森林生態學所揭示出森林內部以及森林環境之間相互作用的規律，才能推動着林業生產工作不斷的前進！

三、森林生態學的方法：

像其他科學一樣，新中國的森林生態學，是按照先進的蘇聯林學的理论指導下前進的。它的首要任務，就是——服務於我們祖國偉大的社會主義性質的經濟建設，而不斷前進，我們的方向，也正是像偉大的俄羅斯學者米丘林所号召的！我們不能等待自然的恩賜，我們要向自然爭取。

我們是以唯物辯證法作為我們唯一的方法，而以辯證唯物論和米丘林生物學上的成就為基礎，來研究森林和環境之間的關係本質，以辯證的研究現象的方法為基礎的新森林學觀指出在森林裡森林和環境之間存在着矛盾：植物需要平衡的溫度，但自然界裡有暑熱，小寒，嚴寒；植物需要平衡的水分，但自然界裡却有乾旱，多雨期等，在林業實踐上必須考慮到這些矛盾。

恩格斯在她的著作中指出：全部自然界是一個形式和內容合一性或是不可分割性的堅強證據，形態上的現象和生理上的現象，形態和機能，在相互交織地制約着。

謝琴諾夫曾經寫過，有機體缺少維持其生存外界環境條件時，就可能生存。

凱勒爾在植物的研究中指出，為了分析便不能忘記綜合，為了部分，便不能忘記全部，為了有機體的品性和個別部分，便不能忘記整個的活體。

米丘林生物學証明了只有在有機體與其環境的統一的情況下，才有可能發現有機體的本性——遺傳性。

把生物有機體當做是環境的統一體，並進一步去揭發生物有機體與環境之間的矛盾和依存制約的關係，以便引導生物有機體朝着人類希望的方向改變，這便是先進的馬列主義理論指導下前進的蘇聯生物學的方向，也是我們中國森林生態學的道路。

資產階級陳腐的反動的林業理論，回到大自然去。盲目地仿效自然，拒絕根據人類的利益積極地去改造自然，我們必須堅決反對！把森林植物彼此之間相互的作用看作是種內競爭，把複雜的森林有機體與林木及其環境條件孤立起來，而不了解它是林木與環境的統一體，或者先巧的去了解某些樹種的性狀，這都是與辯證的唯物論和先進的米丘林生物學的立場是不相容的。

森林生態學不應該只限於研究各別的生埋因子，和它們對森林植物的影響，而應該研究環境的綜合森林植物類型的發育的關係。

“我們必須要研究植物的各別機能彼此之間的相互關係，植物和非生物環境的生物環境的複雜的關係，相互作用的波動性和歷史性；這種研究的必要，使得植物生態學成爲一個具有重大教育意義的科學。它促進了不把每個自然現象孤立起來研究，而把所有的自然現象看作相互制約，互相滲透，作爲對立的統一體發展的世界觀的產生（謝尼爾夫）”。

“在實踐的意義裡，生態問題——就是爭取丰收的問題，增加植物財源的問題（B. A. 柯馬洛夫）。生態學材料在植物栽培工作的各方面，都具有重大的意義。……農林土壤改良法，森林學，草原上造林，綠化工作，使植物適應新的氣候馴化工作，……從小規模到大規模的農業的或森林事業，都是以植物生態學爲基礎的（謝尼爾夫）”。

俄羅斯先進的科學思想家和蘇聯的生物學上偉大的成就，給林學的發展上已開闢了廣闊的道路，像 T. 中，莫洛作夫創造性的森林學說，K, A, 李米略提夫關於植物光合作用本質的闡述，B B, 多庫查也夫關於土壤和它各個發展因子之間的相互關係，B, P 威康士創立的土壤形成的統一學說，米丘林創造性的新遺傳學，李森科植物階級發育的學說，給生物學開闢了新紀元。

在馬克思——列寧思想和米丘林學說的影响下，B. A 凱勒尔，在研究植物和環境的關係裡，奠定了進化的生態學的基礎，另外謝潤尼夫在植物生態學上的研究和蘇聯切洛夫在森林學研究中偉大的成就，在森林生態學的研究上也給我們指出了明確的道路。這對我們參加在祖國林業的建設工作上，將獲得無限的力量！

問題討論：

1. 森林在我們建設社會主義事業中的積極作用是什麼？
2. 在舊中國森林為什麼受到慘重的破壞？
3. 什麼是森林生態學，在林學中的重要性如何？

森林的概念：

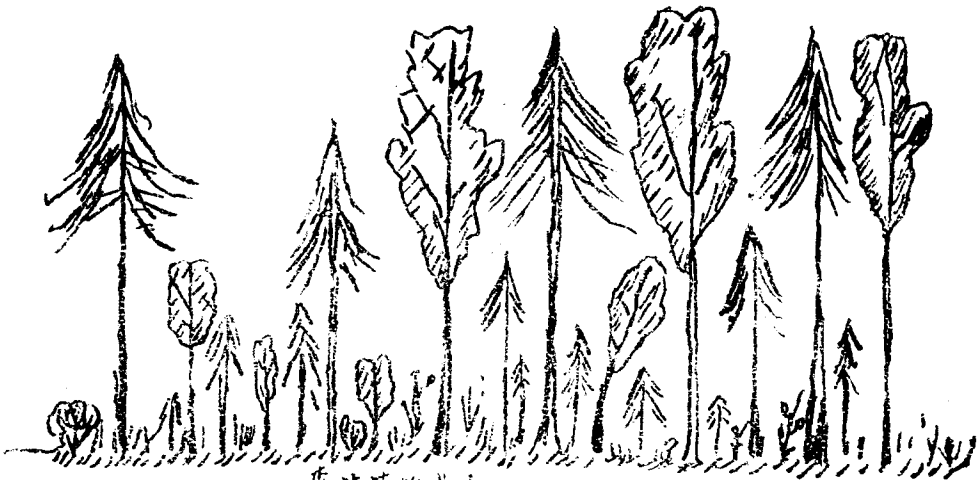
當作林學的基礎的科學來研究森林生態學首先我們必須了解“森林”是什麼正確的認識“森林”之後，才能正確地研究它改善它，擴大有利的影響和利用它。

第一個給我們深刻的唯物辯證的森林概念，揭露了森林的實質與特性的是俄國著名學者 T. 中，莫洛作夫。他光輝地指出了森林是一個複合的現象，組成森林整體的各個成分間，相互地作用着，而又與其環境間相互地起着作用，每一單獨的組成部分或整個森林，都在不斷地相互影響變化着——既有漸變，又有突變。所以森林的正確概念是：“在一個單位面積上達到相當數量的林木組成了一個集團，和其環境相互作用，使環境有顯著變化，並且這些變化也反映到林木的本體，這許多林木的總數之曰森林”。

一. 組成森林的植物成份：

森林的組成是植物的整體，它包括以下各種：

1. 林木 (Арвостой) 包括了全部的喬木, 有主要和次要樹種。
2. 輔佐木 (Подоян) 輔助改善主要樹種的幹形的喬木和灌木。
3. 下木 (Подлесок) 包括灌木及一部分喬木 (不能長入喬木層)。
4. 幼林 (Подраст) 一年生以上到尚未達母林一半的稱為幼林, 一年生以內稱為幼苗 (молодые деревья)。
5. 活地被物 (Живой, напочвенный, покров) 苔類, 地衣, 菌類, 草本, 半灌木及小灌木。
6. 層外植物 (Внедренная, растительность) —— 位於各林層的着生, 寄生 本地低等的總稱。



森林植物成分。

二. 林木和孤立木的區別:

為了解森林的真實意義, 首先我們要將生長在森林中的林木和生長在空曠地區的樹木——孤立木——加以比較, 並研究它們和環境的相互作用。

生長在森林中的林木, 樹幹高而通直, 直徑較小而完滿度大, 樹冠幅度小而集中於頂端; 天然整枝進行得很好。而孤立木恰相反, 樹幹較矮而少通直, 直徑基部大而上端小, 尖削度大。樹冠幅度大而枝系幾乎分散於整個樹幹上。從這裡就看出林木和孤立木根本上的區別。

林木和孤立木可以不同, 完全是由於它們生長的环境不同所致。林木是生長在森林的環境裡, 有陰蔽, 風小而涼爽, 氣溫變化的幅度小, 空

中相閉濕度大。而孤立木所處的環境，則是日光直射，受風吹拂，忽冷忽熱，空中相閉濕度小。由此我們可以看出在森林環境裡，林木相互間的影響，以及它們對於環境的影響，就了新性質，即形成了‘森林’。這時它們改變了環境的局部的性質，以及環境對林木的影響。

由此可以知道：森林環境的存在與否，是造成森林與孤立木之間區別的基本原因。

三. 森林生物學上的特性：

為了進一步認識森林，必須了解森林生物學上的特性。

林木的分化 (Амференциация, Преобразование).

我們進入了森林裡，沒意觀察，可以看出林木有大小高低的區別。

按 T. M. 莫洛作夫的研究，依林木的生長力，把林木區分為五級：

一級木——極大林木 (Исключительно крупные деревья)：在森林中，這類林木，林形最大，林幹最粗，林冠最大。

二級木——大林木 (Крупные)；林冠較粗而林冠較大。

三級木——中級木 (средние деревья)；林幹不甚粗，林冠也不大但生長合格。

四級木——灌叢木 (Отставшие деревья)；林冠小而發育不規則。這一級林木又分為二等級；a, 級——較弱林木，其高度只達最高林木的下層，枝條散生在幹上。b, 級——弱小的林木，林冠單的發展，枝冠頂部只達到一般林冠最下層。

五級木——衰退與枯死木 (Отмирающие и мертвые деревья)，生長停止，具少數已枯死。

在同一氣候，土壤條件，同一樹種，年齡相同，在生長過程中，林木就逐漸分化為以上的情況，這是什麼原因呢？說明了什麼問題呢？讓我們進一步從樹種本身，現象條件以及它們之間的關係來研究這種現象吧。

樹木的遺傳性和個體變異：

不同樹種具有不同的遺傳性 (наследственные свойства) 是顯而易見的，同一林木的種子，在同一氣候土壤及同一培養的方法下，其生長情況，亦不相同，這便是種子具有不同的遺傳性與不同的個體生長力的

的結果。大小相同的種子，尤其大小不同的種子，在發芽之後，由於遺傳性的差異，因環境條件的不盡相同，就使它們生長發育的狀態，就逐漸複雜的起來。這種現象，充分表現它們對於他種植物及動物殘酷的鬥爭中，以及與惡劣的環境條件的相互作用上。達爾文所發現的個體變異，正是在這些基礎上產生的。

幼樹達到一定年齡（5~10年）樹冠鬱閉了，根系也結合在一起。許多植物，構成了群生的狀態。每個植物個體都佔有適當的空間，形成彼此蔭庇，造成了特殊的濕度，水分和養分。這時植物便是以整體地來進行鬥爭。這樣對每個林木來說都是有利的。在這種生長的过程中，強的生存而弱的死亡，有時由於環境條件的影響，強的可能生長不良而逐漸死亡，而弱的也得到生長的機會，這樣林木大便漸次現出了分化的現象，同時也產生了天然稀疏的作用。

天然稀疏和種間競爭：

林木天然稀疏的現象（*зблешне изреживание деревьев*）和林木的分化現象相同都是森林生物學上獨具的特性，這完全是由於

1. 能顯著的使林木性質發生變異的遺傳性的不同及。

2. 各個體所在的具體環境條件不同所致。這些條件（1及2）的綜合就造成了同種樹木有肌體與他種有肌體在生存競爭中有了不同的成就，表現出不同的適應力，這樣就表現出林木的分化現象，表現出天然稀疏的現象，也就是自然界天然淘汰的規律的表現。

在這裡應該指出：反動的資產階級學者企圖引用反動的馬爾薩斯的“人口過剩論”的種內競爭的觀念，來解釋林木分化和天然稀疏現象，那完全是錯誤的。

李森科院士指出：“就是在試驗時播種得極密，因而使該品種（種）由於播種較密而死掉的現象，也是沒有的。”他更指出“同種的兩個個體並沒有互相迫害。同種之間有矛盾，但非對抗性的矛盾，不致造成種的死亡。

事實證明是這樣：同種的林木的密度很大，則大多數林木株數就能戰勝異種與各種災害。李森科院士指出：在自然環境下，沒有種內的競爭與種內的互助，恰之相反，只有種間的競爭與種間的互助。

森林生態學教學提綱

這是朱森林院士指出在草原與森林時林用簇式造林的理論基礎，這便是造林時不同樹種要合理論的指導原則。

分化與稀疏的變異性：

林木分化與天然稀疏的進行，是因樹種，年齡與環境條件而不同的。

1. 樹種關係：

落叶松 (*Larix spp*) 樺木 (*Betula spp*) 松樹 (*Pinus spp*) 楊樹 (*Populus spp*) 洋槐 (*Robinia spp*) 等森林，稀疏很很快。將變成稀疏的環相，而雲杉 (*Picea spp*) 冷杉 (*Abies spp*)，水青桐 (*Fagus spp*) 等森林稀疏得很慢。就呈稠密的林相。稀疏很快的樹種，它所要求的營養面積，較稀疏慢的為大。如在中等條件下 40~50 年生的落叶松每株的營養面積為 10m^2 ，樺木為 8m^2 ，山楊為 6m^2 ，雲杉為 3m^2 ，冷杉為 2m^2 。

這種差異，說明了各樹種在地面上與地下的生存間的要求是不同的。

2. 年齡關係：

林木的年齡時期，稀疏很快，中年次之成熟林則近於停滯，這樣自然稀疏的過程可以分為幾個時期：

第一期——從林木開始生長，達林木樹冠鬱閉（在莫斯科種附近齡林的 15 年）這時林木逐漸適應外界條件。

第二期——種鬱閉到高生長達最大時期（15~30 年）極大部分林木凋落。

第三期——仍繼續着極旺盛的高生長（30~60 年）枯死木增多。較二期少。

第四期——林木稀疏，主要由於各樹木自然衰老的原故。

3. 環境條件的關係：

環境條件不同，決定着林木稀疏的強度，在良好的環境的條件下，幼林木發育良好而迅速，自然稀疏較早，而在中年則稀疏較慢。但在不良的環境條件下恰之相反，由幼木生長不良，自然稀疏得較遲，而在接近林木成熟，則自然稀疏得較快。

森林中林木的轉化与稀疏，上述樹种，年令与环境条件相互的作用着和關联着，構成了特殊环境的林木的整体。同种林木間沒有對抗作用，因而这种作用並不能使同种死去，而是更成功的抵抗异种。同样地，种間雖有互助也有对抗。

林木自然稀疏的現象，是森林抚育工作理論的基础。在不同的环境条件下，对于不同樹种，不同年令，應該採取不同的技術和方法。以期培養生長迅速而优良的林木，以滿足國民經濟發展上的需要。

綜合以上的情況，林木的个体現象和自然稀疏的現象，根本的原因，是林木自身遺体和个体變异的結果，这种变异和林木遺傳性的表現，是在森林的环境条件下進行的。林木生長過程中的位級不同，它們木材構造的性質与木材的化學性質也有变异，这些变异是和森林环境的变异緊密地關联着的。

四 森林是森林有机体与环境的统一体：

为了更更清楚的了解森林的概念，我們必須進一步研究林木和环境因素相互的關係。

動物是森林有机体的一部分。

森林是不能沒昆虫而生存的。像洋槐，珙，檉，板栗的花粉，常隨昆虫以傳播，而楊柳，桦等的种子，在某些情况下也可由昆虫以散布。这样昆虫对林木的繁殖上是有一定的作用的，但是在另一种情况下，昆虫又往往是森林的敌人。但有一些寄生性或肉食性的昆虫，確能吃掉森林的害虫，对森林的生存，又有着重大的贡献。

鳥類对森林的關係，也是密切的，許多林木的种子隨鳥類去散播，許多森林的害虫，被鳥類吃掉，但鳥類對某些林木的种啄食，也对林木的繁殖，有一定程度的損害，但不是主要的，所以鳥類在森林組成上，也變成不可缺少的一部分。

獸類在森林中起着有利的作用，也起着有害的作用。牠們也是森林組成应的一部分。

土壤中的軟体動物，对於森林成立的影响也是有重大作用的。

由此可见：森林是植物和動物相互作用的整體，牠的特點是一定

的動物界与林木起着相互的作用。以上可以说森林是植物与動物组成的统一的环境的整体。

在这里我们知道森林的成份除了构成森林主要的成份——植物(林木与其他植物)外,还有動物,因此,森林是生物(植物与動物)的集团。

森林是林木和土壤条件相互作用的统一体。

森林的土壤表面積聚着枯枝落叶和其他動植物的遺体,这些東西是死地被物,它对森林土壤的形成为着重大的作用,它的分解和腐爛,不僅影响着土壤的肥力和物理性質,而且也改变着森林發育的進程。

森林土壤中空气的交流,地表湿润而探層乾燥(比魚林地)土壤温度較低而变化不大,都是顯然与魚林地土壤有根本的區別。

在森林土壤中,由於樹种的不同,大量的不同的微生物群在那裡活動着。

由此可見:森林不僅是植物与動物的统一体,而且是与土壤相互作用的统一体。

森林是植物林木和气候条件的统一体。

森林有其特殊的氣候,它創造出这种氣候,同时也使这种氣候的影响。日光,降水,气温,空气的運動,湿氣,都因森林生存而改变了性質,这个性質反过来又作用於森林本身。这样就造成了森林和因素相互作用的统一体。

森林的概念:

根据以上所述;動物是构成森林的一部分,森林是林木和土壤条件相互作用的统一体,森林也是林木和气候条件的统一体,總起来說,森林植物,動物,土壤与气候相互之間作用的整體,換言之,森林是森林有机体(或生物有机体——植物与動物)和它的环境,(土壤与气候)的统一体。

問題討論:

1. 林木和孤立木有什么區別?
2. 林木分化和天然稀疏的基本動力是什么?
3. 怎样控制和竞争和森林社會化的謬誤現象?
4. 为什么說森林是森林有机体和它环境的统一体?

森林与氣候的相互作用。

森林生態學所包含的因素，有氣候，土壤，地形及生物等項，而氣候因素則佔極重要的地位。它不僅影响着生活的因素，在顯大的程度內也影响着土壤的形成和性質，地形因素的作用，實際上也是屬於氣候範圍之內，所以不分別敘述。

氣候因素往往被稱為地理因素，主要是由於它隨着地理的位置（緯度）和海拔高度而導的。它們合併在一起，就表明了某一地方氣候的特性。

氣候因素，包含了光線，氣溫，降水和濕度，空氣的成份和運動等，部份，我們重視個別因素的特殊作用，更要注意到它們綜合的影響。

一、光和光的生態作用：

光的性質。

太陽輻射能為一切綠色植物和所有生命力量的源泉，光線是我們能感覺到太陽輻射的一部分，植物藉着光合作用把太陽的熱能轉化為化學能而貯蓄着起來，養育着自己，支持着其他生物的活動。

太陽輻射完全達到地球表面上的光波長度的範圍，在290nm—6300nm之間，而我們能看見的光線的波長，却為400nm—700nm之間，即紫外線，和赤外線之間。

太陽在輻射在光譜中的分佈，各樣不同，其最大量發生在綠光合黃光中，其達到地面的能量，在可見光線中約為總量的19%，赤外線的約為6%，而紫外線則僅為1%左右。

光線的長度，對於植物的作用，互不相同（圖一）。太陽輻射能達到地面的能量，隨緯度，海拔高，季節，每日照的時間而不同，此外由於地形的變異大氣的狀態以及植物生長的情況，也可影響。

A——能看見光線的程度 B——屈光作用的程度 C——對光合作用的程度。

照射達植物體上的光線，包含有直射光和散射光一類，由於這兩種光線的性質不同，對於植物的作用也互異。直射光較之能破壞植物的葉

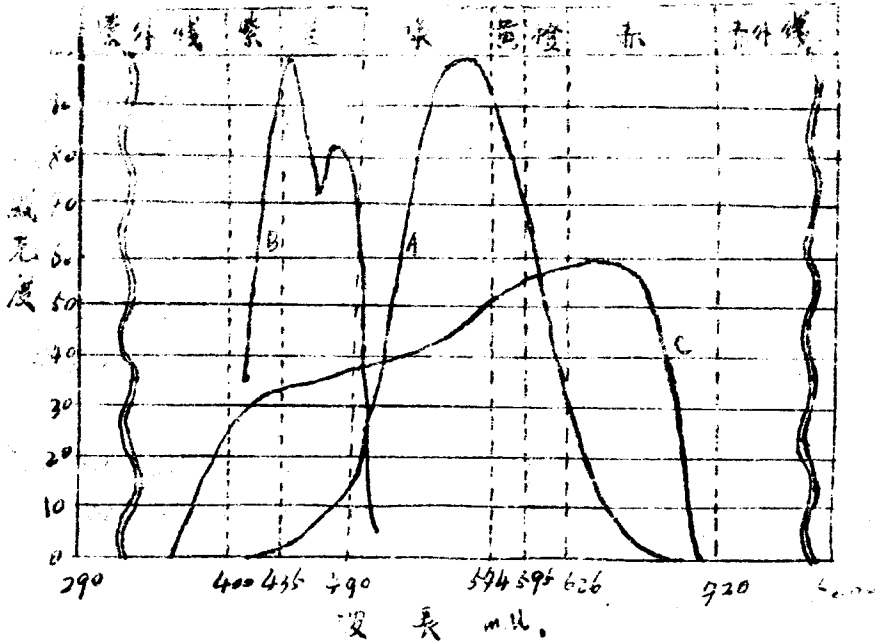


图1. 光谱中不同部分对于光谱的作用:

原生质和叶绿素, 对于植物有害较大。而紫外线不仅大部分被吸收, 而且可供植物需要的红光与黄光的含量约达50—60%, 因此植物吸收的光合功%, 因此达到植物体上光谱种类不同, 则植物生态作用也是不同的。

光的特性, 是由光的强度和波长与量, 所形成的关系而经常变化的。由于地理条件, 大气状态, 植物情况, 季节, 日照时间的影响, 它的特性, 不断地起着变异。由于这种特性, 必须变异, 在植物的生态作用上, 就有着重大的意义。特别在森林群落中, 这种作用, 尤须注意。

从树种对光的關係上区分与树种的类型:

1. 树种的类型 — 按照树种和幼苗时期需要日光量的多少, 可以区分树种为阳性树种 (喜光树种) 阴性树种 (耐阴树种或喜阴树种)。介于它们之间的, 可称为中庸性树种。

阳性树种, 在幼苗时期必须有比较充分的日光, 才能生长良好。而在浓厚的荫蔽下, 便不能生长发育甚至逐渐枯死, 或者发育不良。但阴性树种, 则恰恰相反, 在幼苗时期, 在充分的阳光下, 它将因遭受过多的日光而死亡或者发育不良, 但在荫蔽的微弱的光下可以正常地发育成长。

这两种不同的现象，是植物长期的生长于不同的环境条件影响下的结果，这种特性表现在植物的生理性质上，也表现在它们的形态和解剖性质上。

七、不同类型树种的特征——阳性树种与阴性树种的不同，主要的表现在以下的特征上：

(1) 枝叶的稠密度——枝叶稀疏的是阳性树种而稠密的是阴性树种。

(2) 树幹上天然整枝的速度——天然整枝快的是阳性树种，而天然整枝慢的是阴性树种。

(3) 對於不平衡的單方面光线的感應上——幼嫩枝叶顯著傾向於光线的方面的是阳性树种，而阴性树，則感性較弱。

(4) 樹冠的分布——幼樹之冠分佈潤的是阳性树种，而稠密的為阴性树种。

(5) 樹木的相对高度——即利用樹木的高度与直径的相对比例，以測定阳性与阴性树种，阳性树的相对高度低，而阴性树种高。测定相对高度，应在相同的条件下进行。

(6) 樹葉的構造上——阳性树种的葉片較厚，網状脈皮發達，角质層及表皮層比較厚，有时葉皮之上有蜡質及生有毛，單位面積上氣孔較多，叶脉也比較稠密。叶柰卡比比較小，叶绿素含量也比較少。而阴性树种則通常与上述情况相反。

(7) 因树种的呼吸作用同心作用的进行时，根据光线强度以决定树木的耐阴性——即依照树种补偿点的地位而决定，茲將 J. A. 依葛諾夫所研究结果列述如下：

柳、落叶松、柞、白桦、榆、雲杉、冷杉、槲櫟、櫻桃。

3. 東光地區主要林木的需光量——林木的需光量，不僅因树种而异，且环境因素，生長階段，林木着令，生長季節而有所不同。即同一树种，因生長地區的不同其需光量亦有变异，茲就東光區的主要林种述其需光量如下：

阴性树种：紫杉 (*Taxus cuspidata*)
冷杉 (*Abies nephrolepis*)

森林生态学讲义提纲

臭松 (*Pinus baccata*)

红皮臭 (*Picea*)

鱼鳞松 (*Picea, jezoensis*)

中庸性树种: 红松 (*Pinus koraiensis*)

侧柏 (*Taxus orientalis*)

(*Acet. mandshuricum*)

(*Acet. triplorum*)

(*Ulmus mono*)

(*Ulmus laciniata*)

水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)

花曲柳 (" " *rhynchopylla*)

胡桃楸 (*Juglans mandchurica*)

(*Tilia amurensis*)

(" *mongolica*)

(*Betula costata*)

(*Quercus mongolica*)

阳性树种: (*Rhamnus dauurica*)

(*Ulmus japonica*)

(*Morus mongolica*)

(*Alnus hirsuta*)

(*Betula dauurica*)

(*Maackia amurensis*)

长白落叶松 (*Larix olgensis*)

兴安落叶松 (*Larix gmelinii*)

臭椿 ()

大青杨 (*Populus Maximowiczii*)

白桦 (*Betula mandshurica*)

山杨 (*Populus davidiana*)

认识树种耐荫性的意义——了解林木的耐荫性质，在森林的

營造上，樹種的培育上森林的發育和天然更新上以及森林的經營上都有着重要的意義。

森林內光線的性質：

太陽光線到達森林上面的總量，經過林冠枝葉的反射吸收和透過等作用，在質與量的上均有所改變，這種改變，因樹種季節而有所不同。通常由林冠反射的日光為 20—25%，而被吸收的約 35—75% 而能達到地面的日光量約為 4—40% 處，月、伊萬諾夫的研究，在蘇聯的森林裡，直射日光的強度比在日光在空曠的地方弱 25—50%，在完全晴朗的天氣裡，森林內任何太陽光線照耀的時經時間，都沒有空曠地方長久。直至最多也達不到空曠地方照耀的時間 $\frac{1}{2}$ 。就測驗結果，在云杉—闊葉樹林中，林冠的鬱閉度為 1.0 (最大) 時，全日直射光在森林內持續的作用為 1 小時 21 分，僅佔太陽可能照耀的時間的 9.0%，而林冠鬱閉度為 0.5 時，則全日直射光照耀的持續時間為 3 小時 14 分，僅佔太陽可能照耀時間的 43.1%。

根據蘇聯林學工作者在 1929 年 8 月在沃龍涅什州實驗球場中研究，在不同鬱閉度的樹林中，光線的強度為可得材如下：

鬱閉度	0.9	0.7	0.3	全光
光強度	5%	12-13%	50%	100%

在森林裡，散射光佔優勢，據月、伊萬諾夫的研究森林裡的漫射光所含對於光合作用有效的光線比較少，這是由於森林的陰蔽反射和吸收的而改變了質的緣故。在空曠地區，當天空有雲時，對光合作用起作用的光平均等於散射光的 40—49%，當天空晴朗時，可以達到 90%，在森林中，在稀疏的每公頃只有 2—3000 株樹的松林中，不超過 30%，在每公頃達 10,000 株的稠密的松林裡，只有 17—18%。

在闊葉樹林裡 (橡樹，白蜡樹) 直至每公頃有 2,000 株樹的地方，起光合作用的光線只有 13%，在森林比較密茂的地方 (每公頃有 6,000 株) 只有 10—11%，這就是說，在森林裡，對植物光合作用的光線，大大地減低了。而在松林中則比橡林中還多一點。

森林裡的散射光線質的差異，(和有效光量的減少，便決定了。陰性樹種能較順利在陰蔽森林生長而陽性樹種則很少可能在密林生長生存。

在密林中，雖然 CO_2 的含量比較充分，而森林中的光線太弱，致使陽性樹種，呼吸過程，大大地超過了它們的光合作用的過程，而且它們的補償點比較高，所以他們無法生存或生育不良。而陰性樹種的補償點較低，且由於它們葉的葉綠素較多，它們可以充分利用較弱的日光和較大量的 CO_2 以進行光合作用，累積有機物質，以成長發育。

此外陽性樹不能在密林生長，光線不足，不是唯一的條件，而水份和氣流擾動的缺乏，溫度的不足，往往比光的缺乏的影響還來得大些，這種情況，已被試驗所說明，而以樹種的耐陰性，是樹木有機體和環境條件相互影響的複雜的現象，光的因素，僅僅是表現得明顯而突出些罷了。

光在森林學中的合理應用和管理：

1. 在苗木的培育上——樹種的耐陰性不同，在幼苗時期它們所需要的適宜光度不同，可以在苗圃中育苗，對於不同苗木所需要的光度，須加以適當的調節。

2. 天然更新方式（作業法）的決定上——樹種的耐陰性不同，進行天然更新的方式，可能在的條件下，須根據樹種來決定，——皆成更新，拿成更新和擇伐更新。

3. 在扶育的過程上——在森林生長發育的過程上，陽光的多少是決定林木生長速度，耐陰性，林地狀況的主要條件，在森林經營上，林業工作者，便根據林木的種類，性質，年齡，環境的條件，國民經濟上的要求，進行適當的扶育工作，以期獲得生長最快而品質最佳的木材。

充分地利用日光以滿足人類對森林產品的需要是林學工作者的重要任務。

據蘇聯林業工作者，B. 拜馬切夫斯基利用人工心進（促林木幼苗生長的試驗，對於生長得很慢的——一個半月的云杉苗在不斷的光照下，長大了 41%，松苗長大了 50%，落叶松苗長出了 1671%，這種利用不斷的光照，使林木幼苗的生長，可以加速到 4 倍，或 15 倍以上。這對於未來造林事業的發展上，將有着極大的意義。

問題討論：

1. 日光附林木的更新生態作用是什麼？

2. 什麼叫做樹木的耐陰性？
3. 根據樹種耐陰性，可以把樹木分為幾種類型？牠們是生理上的特徵是什麼？
4. 為什麼需光量多的樹種不能在密林下生長？
5. 光的因素在森林學中的重要意義是什麼？

二. 森林和氣溫的相互影響.

氣溫對於森林樹木生長發育的意義

森林樹木為了本身的生長和發育，需要一定的溫度，沒有適當的溫度，它們便不能完成發育階段，蘇森科院士在他的植物發育階段學說中已說明了這一問題。植物對於溫度的適應，也如同光一樣，是有機體在長期的環境條件影響下的結果。

樹種不同，它們在生長發育過程中所需要的適宜溫度不同，同一樹種由於它們所處的環境條件不同，在生長發育過程中所需要的適宜溫度亦有可變導。

1. 樹體溫度和它生長時開始的遲早。

(1) 樹體溫度——樹木生長過程中所需要的溫度，接近於它生活環境中大氣的平均溫度——但絕不能認為這種平均溫度就是樹木所需要的溫度。大氣的溫度常之變化，由外部傳達於樹木的組織中的速度則樹緩慢。當樹體溫度低於大氣的溫度時它就吸收，反之，就放出。通常正晴朗的日間，樹木體內的溫度，常較外部為低，而在夜間則適相反。由於樹幹方位健康度，樹皮顏色的不同，其溫度亦不相同。

樹木被葉直接受日光的部分的溫度，較牠僅與溫暖接觸的部分為高。

(2) 生長期的遲早——在空曠地區，日光直射，地溫容易增高，樹木的形成層的活動就開始早，在森林內，林冠鬱閉，日光達到地面困難，地溫不易增高，故生長的開始較遲。

在暖性的土壤中，春季樹木的開始生長較早；而寒性土壤則較晚。在暖性土壤而開曠地區的樹木，其樹幹接近地面部份的形成層長生的開始，

较早树冠部份为早；但在森林中树幹基部较晚树冠部份为迟。这种差异，完全由於土温不同的结果。因此，在同一环境下，在春季中，浅根性树木的生长期，常较深根性为早，春雨能增加土温，故可促进树木的提早生长。地被物过厚，可以阻止土温上昇，将迟缓树木春季生长的开始。

2. 树木生长发育的适宜温度：

(1) 树种關係——树种不同，它们生长发育所需要的适宜温度互异。普通阔叶树類所需要的温度，较针叶树为高。按 Pfenur K (1997年) 的测定，树木生长最适宜的温度为 $24 \sim 34^{\circ}\text{C}$ ，按 (Diels 1918年) 的测定欧洲赤松为 29°C ，梧桐槭 (*Acer. platanooides*) 为 24°C 。

(2) 不同的发育时期——通常树木种子在休眠时期常需要较低的温度以促进发育，如橡，槭，椴，松等乔木以及许多灌木种子，用低温以促进它们提早发育。种子发育的温度，常较生长以后时期所需要的温度为低。开花期通常需要较比生长期为高的温度。果实成熟期往往比开花期的温度较低。但不完全一致。例如葡萄有叶的气温为 11°C ，开始开花 16°C ，果实成熟 15°C 。李树 (*Prunus*) 落叶为 9°C ，开花 9°C ，果实成熟为 18°C 。

其他生理上的作用所需要的适宜温度互不同，如光合作用进行最旺盛时期的温度为 $30 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，而各树种则不同不完全一致，而呼吸作用最适宜温度则在 $30 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，随温度降低而逐渐变弱。

此外环境的条件不同，同一树种所需的适宜温度亦异。

树木生长的发育的极限温度：

1. 最高极限温度：

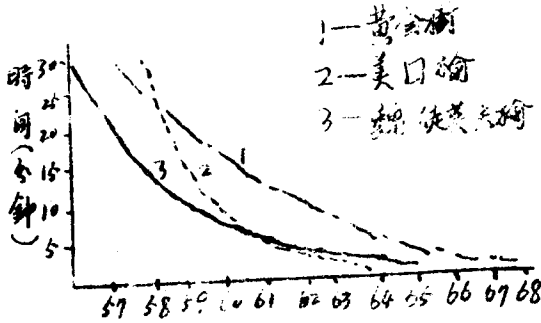
树木对于最高限制温度的抵抗力，大致相似，通常热带树种抵抗力高温力量较大，常能认为 $45 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 的高温而不受害。但一般树木体温达 45°C 即停止生长。 $45^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 即枯死。

树木的年龄不同，抵抗高温的能力互异，通常幼树较弱，随年龄增加而抵抗力逐渐加大。

树木遭受高温之害的现象，在生长季节内，如果水份不缺，则高温之害，不致发生，在乾燥气候中，当温度过度，则植物易受旱害，这种现象，由於过度蒸发的结果，天然更新后幼苗发生不久新植苗木不久，

树皮发育亦不健全，最易遭受虫害。

林木的种子，在休眠期间，可以忍受高温而不受损害，所以适当的木本植物可以忍受 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 的高温（如骆驼刺 *Alhagi camelyroea*），对于生命有益的高温持续的时间愈长，其有害作用愈大。致命的温度愈高，则死亡愈早来临。依查列兹的观察以图表示如下（图二）。



图二，树皮细胞在高温过程中死亡的速度。

天然的，持久的，或重度的过激的高温，及一般温度急剧的变动，对于树木特别有害，日灼树皮及冻裂之害，便是由于这种原因。

2. 最低限制温度：

各树种及变种，在生活发育过程中，都有它最低的极限温度。在较暖地区或春季开始生长后，天气骤变，常使树木新生的部分死亡。这就是树木的冻害。

树木在休眠状态耐寒的能力颇强，休眠种子，可以忍受零下 100°C 或 250°C 而不伤害其生活力，但在收获木材之后，就不能忍受太低的温度了。

树种不同，其对早霜晚霜抵抗力亦殊。通常树种皮薄的树种，如雪松，冷杉，水青树，则受霜害大，而树皮厚的树种，如松林，落叶松，山杨，桦树等则小。

树木干燥的地方部分，通常抗寒力强，而多汁的部分，抗寒力弱。

由温暖地区往寒冷地区的树种，通常易受秋霜之害，而由寒冷地区往较暖地区的树种，由于未完全脱离霜期就已萌动，因而易受霜害。

依树种对于霜害敏感的程度，可以分为三类：

(1) 敏感強的樹種——白蠟，冷杉，水青樹，云杉，冷杉，板栗，洋槐，胡桃，楊，柳，白榆。

(2) 敏感弱的樹種——楓，灌葉松，

(3) 敏感極弱的樹種——赤楊，樺，山楊，花楸，七葉松。

各種的溫度需要量及耐溫力的測定：

各種樹的溫度需要量及耐溫力測定的方法很多，通常應目的列述於下：

1. 樹皮的特徵——具有堅硬外皮的，厚樹皮的，白色樹皮，薄皮及其他類似的特徵，就可證明這些樹種有耐極低溫度的能力。但完全不能說明各種樹種不同發育階段的最適溫度。像樺木，山楊，可以耐極低的溫度。而胡桃，和一部分楊柳 (Populus, Simbirskii, Salix sp) 則不能耐極低溫度。

2. 由人工培養樹木——在不同溫度條件下進行培養樹木，能幫助測定植物的特性，但此方法是複雜的。

3. 植物季候學上的觀察——即觀察自然界中溫度的情況，這是林業各部門採用最有價值的方法，但需要很長的時間。

4. 由地理的分佈可以判斷各種樹種的需濕量與耐溫力——即分佈於南方的樹種，多係喜濕樹種，而漸向北方，則逐漸成為耐寒的樹種。

氣溫對森林地理分佈上的影響

1. 生長季節——在一年內大約係於早霜，終過，夏，秋，以迄晚霜，莫間，樹木可以發育生長，這個期間，稱曰生長季節或生長期。

生長期的長短，視海拔高，緯度及樹種而不同，在熱帶地方，除某些地區因乾燥而植物停止生長外，多數地區均可安全年生長。高山地帶的生長季節則極短。

中國土地遼闊，中南至北，樹木的生長季節逐漸減短，長江中下游無霜期約達295日，北平原則為240日，海拉尔則為110日左右。

2. 樹木界限和森林界限——由低緯度向高緯度，或由平原(熱或溫帶)向高山前進。達一定界限，由於氣溫過低，森林的天然分佈即告終止，此種界限即曰森林界限。若繼續前進，則氣溫更低，

樹木的天然分佈，也告終止，此地即日樹木界限，此种界限，完全可以由人力改变。这种界限的形成温度仅为許多因素之一，不能視唯一的原因。

3. 森林的水平分佈——從赤道向兩極，由於氣溫漸低，可以劃分為熱帶，亞熱帶溫帶，寒帶和極地帶等氣候型，德康多里 (Деканьголь) 曾經根據植物喜暖溫度的程度把植物區分為以下幾種：

1) 熱帶潮濕植物 (Мегагермби)——潮濕的熱帶的植物，那經常溫暖，而潮濕的氣候裡生長的植物。像桉樹 (Eucalyptus, spp) 榕樹 (Ficus, spp) 榕樹 (Tachycarpa spp) 等都是代表樹種。

(2) 熱帶乾燥植物 (Ксерофити)——溫暖而乾燥的氣候裡的植物，如刺木 (Tectona, grandis) Butea, monspesia (豆科的種)

(3) 暖溫帶植物 (Мезогермби)——適中溫暖地帶的植物，如樟樹 (Cinnamomum spp) 冬青 (Amorcilax) 潘葵 (Lilistona sp)。

(4) 寒溫帶植物 (Микрогермби)——適中寒冷地帶植物，如白松，楊柳，油松，雲杉，冷杉。

(5) 寒帶植物 (Теруктогермби)——北極和高山地的上部的植物，如高山柳 (Salix alpina) 高山珍珠梅 (Spiraea sp) 等矮小灌木。

4. 森林垂直分佈——在較溫暖地帶，由平地上升，則氣溫逐漸減低由於不同植物對於溫度及其他條件適應的能力不同，因而在一定的高溫度範圍內，就生長着不同的種類的森林，這種森林，往往成帶狀分佈，故常稱之曰森林帶（垂直分佈的森林帶）。森林在高山上的分佈的高度（森林界限）受複雜的環境因素的影響，同一樹種，在朝南山坡分佈的高度，常較北向山坡為高。

據 Broekmann—Grosch 氏對於阿爾卑斯山森林界限的調查，在北坡界限在 1750 m，南坡約 1950 m，而中部最高可達 3500 m，林常氏在日本北海道調查，其森林界限北部山坡高達 2500 m，南部達 800 m，中部可達 1400 m。

中國中部秦嶺主峯森林界限北坡高達 3500 公尺，南坡則達 3700 公尺，祁連山北坡及崑崙山北坡則達 3500 公尺。

天山(新疆)則達2800公尺(新高山(台灣)達3950公尺。

長白山森林的垂直分佈按類型調查大致如下:

(1) 高山植物帶(2700~2000m)——主要的數種生灌木及高山地帶的草本植物,主要灌木為 柳科的杜鵑花,矮柳等。

(2) 上部針闊混交林帶(2000~1800m)——主要林木有赤楊(*Betula, gymnaurii*)雲杉,冷杉等。

(3) 中部針叶純林(1800~1650m)主要林木有臭松,魚鱗松,長白落叶松等。

(4) 下部針闊混交林帶(1650~1000m)主要樹種為紅松,紅皮松,魚鱗松,臭松,黃樺,白樺等。

(5) 雜木林帶(1000~500m)——原有一部紅松,落叶松已被砍伐,很少有針叶樹,現有樺樹,黃樺,樺,山楊,槲等。

森林對氣溫的調節作用:

森林對於氣溫的作用,是知森林對於日光,風速,濕度等同素的影响相互联系在一起的,現在分作以下各項來說明:

1. 森林對氣溫的作用——森林氣溫的作用:

主要是森林可以調節極端溫度即減低氣溫溫度變化的幅度,並使林內年平均氣溫較 林地略低。

(1) 夏季林內氣溫,較空地低 8° — 10°C ,而在冬季則林內的散熱則較空地少 0.1 — 0.5°C ,所以在林內常覺夏涼冬暖。

(2) 森林能降低每月的最高氣溫,能增高每日最低氣溫,這種現象在夏季最明顯。所以月間在林中覺涼爽而夜較暖。

(3) 林內氣溫,平均在林外為低。根據蘇聯氣溫測記在布位羅克松林草地上年平均氣溫是 $+3.4^{\circ}\text{C}$ (1905~1938)草原氣象測記(1914—1938)在松林附近的草原,年平均氣溫是 $+3.7^{\circ}\text{C}$ 換言之,即森林內多年平均是氣溫較無林地低 0.3°C 。

(4) 森林當受熱時溫度最低處是在林冠表面,其上下則均較低,當散熱時,溫度為最低處,往往在林冠表面,其以上以下較高,橡樹林冠,嫩枝所以受凍害特別利害,即此原因。

2. 森林對氣溫的影響，因森林樹種，年令，季節而不同。

(1) 樹種關係 — 通常針葉樹在夏季減少最高氣溫的作比較針葉樹為顯著，而在冬季增高氣溫的作用則不若針葉樹為不唯不完全如此。

(2) 年令關係 — 通常林冠鬱閉的壯齡林對於氣溫的影響最為顯著，若幼齡林次之而幼齡林則較小，但不完全如此。

(3) 季節關係 — 通常在冬季節候日夜間的最小氣比空曠地區的最小氣溫較高。在日間各季節內，均較林外為低。但非絕對的。

3. 森林對土壤的影響：

地表土壤溫度的變化，完全受氣溫的影響，氣溫高，則地表溫度增高，氣溫低，則地表溫度亦低。唯地表以下的溫度則變化不方。而林內的土溫的變化亦因季節樹種而不同。按之 m (1921) 的記載，冬季林內土溫，較林外為高 $1^{\circ}C$ ，而夏季則較林外低 $2^{\circ} \sim 4.8^{\circ}C$ ，而年平均土溫，則較林外為低。

按莫洛作夫的材料，在云杉林內，土溫較低 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，在橡樹林內，土溫較低 $1.5 \sim 2.5^{\circ}C$ 。

由此我們可知林內土溫的波動較林外為小，所以林內幼苗不易遭受霜害。

問題討論

1. 氣溫對森林樹木生長發育的重要性。
2. 樹木耐寒的生理上的特性是什麼？怎樣提高樹木的抗寒性？
3. 氣溫對森林的地理分佈有何影響？
4. 森林對氣溫的主要影響表現在那几方面？

三. 水份和森林的相互作用 (一)

水份對森林植物的生態作用。

水份對森林植物的生態作用，是表現在多方面的，它不僅表現在水份存在的狀態，數量的多少，供給森林植物的時期，而且也表現在與其他生態因素 — 日光，溫度，風，土壤，及地理條件的錯綜關係上。

1. 空中溫度對森林植物的生態作用：

空中湿度對於森林植物的生态作用，表现在她强烈地制约着樹木葉發暗的作用的強度上，也能影响到樹木的形态和生長發育上。

湿度過小，就引起樹木的凋萎，這種凋萎是暫時的，也可能是永久的，這要看空中乾燥程度和持續時間的久暫。此外由於空中過分乾燥，則樹木地上部分的生長，將受到顯著的阻碍，而根部生長則將大大加強，某些樹種在結實果期間往往因空氣過分乾燥而造成落果或果實發育不良的現象。

空中水分較多，雖利於一般樹木地上部分的生長，但能延緩開花結實的時期，而對於類風皮粉の樹種，給予極大的不利。其次苏联的資料，空中水分高於70%時，則松類種子的散佈，將受到阻滞。

各樹種生長期間所需要的適宜湿度，因樹種而不同。在中國北部，*Populus* spp. *Salix* spp. *Ulmus* *pumila* *Prunus*, *Dados*, *Acer* *negundo*, 對於空中湿度適應的範圍很廣。而水杉，(*Metasequoia*, sp) 杉木 (*Cunninghamia*, *lancolata*) 類 (*Cephyllotaxus*, spp) 鉄杉 (*Tsuga*, *chimensis*) 冷杉 (*Abies*, spp) 雲杉 (*Picea*, spp)……等則需要比較湿润的空氣，生長較好。

在進行播種及植樹造林時，對於各樹種生長所需要的適當湿度，須予適當的注意。

2. 降水量的多少強度和時期對森林植物的作用。

各樹種在生長過程中所需要的適宜水份，雖然相互不同，但沒有嚴格的界限，只要其他條件都適當在一般的降水量的條件下，許多樹木都可生長。

一般陸生森林植物，水分過少，對於牠們的生長和發育均不粗宜，過度乾燥，往往使樹木的生長期縮短，早開花，早結果，早成熟。許多樹木在生長季節，由於水分不足，往往形成落葉現象。熱帶乾燥地區和溫帶樹木的落葉現象，抵抗乾燥，便是主要的原因之一。

同一樹種，在寒冷地區生長所需要的水分較少，而在熱地區，其所需水量則較多，在比較乾燥的地區，樹木生長的量往往同降水量成正比。

降雨的強度，對於樹木的生态作用來說是不相同的。強度愈小，則對樹木生長最有利，反之則愈不利。

如果土壤的含水量相同，則降水的強度是決定土壤吸收量的主要因素，茲就苏联的記載如下：

土壤內的含水量	降水量	滲入土壤
62.0	0.5小時驟雨—6.4mm	1.9mm—35%
62.0	6小時細雨—6.1mm	5.9mm—97%

此外葉大而薄的樹木，及新生嫩葉，受暴雨之後，往往受到極大的損害，有時地被物，幼苗種子也被沖去，土壤沖蝕更烈，使森林的成長感受到一定程度上的困難。

降雨量分佈的季節和速率，對於森林植物的生態作用更大。同等雨量降落在生長季節內所起的作用遠較在生長停止時期為大，它平均分佈在全年的各月中如集中在幾個月中的作用也完全不同，所以從一個地方的年降雨量去決定是地區適合於某些地區樹木的生長是完全不可靠的。

雨量速率的大小，也嚴重的影響着樹木的分佈和生長。中國各地雨量年變如下：

廣州 ~ 15%，南京 ~ 20%，北京 ~ 30% 蘭州 35%。

各季節的速率更大，茲以春季為例，在江南各丘陵地區，不及 20%，秦嶺南約為 30%，華北約為 40%，內蒙有時可達 100%，在中國境內，愈向北方，則雨量速率愈大，這樣就說明樹木生長所需要的水份，不能按時供應，因此造林樹種的選擇上，應該特別慎重。而造林的方法和技術要加以注意。

3. 雪對於森林植物的生態作用：

雪對於森林植物的生態作用，應該從有害有利的方面來說明：

首先，雪不僅可以帶冷土壤中適當的水份，供給植物的生長發育，而且在乾燥的寒冬，更可以防止土壤的乾旱和保存適當的溫度，和避免了旱風的吸襲，有利於植物的生存。特別在高山林區，冬季積雪對於幼木的成長是有密切的關係的。

根據調查的結果，氣溫在 -17°C ；雪表面是 -15°C ，雪內 5cm 深處是 -11.3°C ；12cm 深處是 -9.2°C ，23cm 深處是 -8.4°C ；4.20m 深處是 -3°C ，62cm 深處是 -1.6°C 。

在1到2公尺以下(阿尔卑斯山上)則被沙結凍,因此,在深厚雪中,有許多植物,如木本委陵菜(*Potentilla aurea*)草類及矮柳(*Salix herbacea*)等都可以在雪中生長,並可以開花。

另外就日本測定的記載如下:

氣溫 C°	雪表面氣溫 C°	積雪不同深度中的溫度			
		50m.	100m.	200m.	300m.
平均 -11.97	-15.02	-13.24	-11.31	-8.42	-6.30
最低 -21.49	-22.65	-19.14	-14.86	-9.34	-6.62
最高 -5.16	-3.77	-5.22	-7.54	-7.61	-5.92
較差 -16.33	-18.88	-18.92	-7.62	-1.73	-0.62

從這裡可以有到有雪被的地面,溫度較高,其溫度的高低,隨積雪的厚而導,可以寒冷地區,只要冬季有雪,幼苗便可以得到良好的保護。森林便可以生長。而乾寒便可以生長。而乾寒無雪的迎風地,樹木之所以不易成長,冬季無積雪存在也是主要原因之一。

但在另外一方面,在接近零度(0°C)時濕潤天氣,中降雪,往往能使針葉樹類,遭受雪折,雪側折折的實害。這些實害的發生,同樹種,土壤種類,樹木的年齡,等都有關係,為要防止這些實害,對造林樹種的選擇,經營管理的方法均須注意。

4. 霧冰對於森林樹木的生態作用:

在高山的地坡或東北,常之發生霧冰的現象,牠為害樹木的程度,同樹種而不同。通常樹冠大,枝條細長脆弱的樹木,容易受害,因樹木枝條或幼小林木的樹幹,外部結冰,若遇風吹動,則使樹枝之折傷,因而引起了病害和死傷。

此外雲霧較多的地區,對某些樹木的生長亦有一定的不良影響。

根據水分區別森林植物的類型

植物學家們根據陸生植物對於水分的適應的關係,把植物區分為三個類型,即濕生植物 旱生植物 與中生植物,根據馬克西莫夫“植物的抗旱性的生理原理”(1926年)指出的,旱生植物的最實在的性質,是它們超過了別的類型植物的抗旱性的高度的抗旱性。

这种抗旱性，主要是依靠原生质的性质与转移的，至于形态特征，和叶部构造特征，都是一些伴随的特征，在缺乏水时，可以起到保护作用。

从这个观点看来，旱生植物，是陆生植物抗旱性最大的植物，湿生植物是抗旱性最小的植物，而出植物的抗旱力居中。但是它们一定的外界条件配合下的发展过程中，已逐渐成为遗传性的性质和需要，在外界条件改变时，可能随着改变。

了解植物的这些性能，对于进一步掌握森林树木的生长发育的规律，与更好地培育和经营森林工作来说，是完全必要的。

1. 湿生植物 (Тиспофиты):

湿生植物是在个体发育过程中，需要环境经常有大量的水分而抗旱力最小的陆生植物。

这类植物可以分为二种：最典型的湿生植物居住在热带潮湿而多荫的森林里的植物，辛柏林研究了潮湿的热带森林里植物的生态之后，发现了这类植物的蒸腾作用，没有区别固定的调节，气孔永远是张开的。因此蒸腾作用的强度，和物理性水分蒸发是相等或几乎相等。用叶滴尖水分来代替蒸腾作用的现象。

另外是在炎热的氣候裡或陽光下而充滿着水分的土壤上生长的湿生植物。像非洲生长的沼泽棕榈 (Phoenix spp) 及那里的沼泽中的苜蓿 (Ypeltis spp) 等叶子被强烈的日光照射，这些植物的叶子表现出阳光生叶子的特征和结构。

这些湿生植物的主要特征表现在，根系不发达，分枝稀少，没有根毛，茎，根内的细胞间隙和空气系统的贯通着。叶内的栅栏组织和孔细胞发育不良，表皮层微弱。某些湿生植物，不仅叶背面有气孔，而表面也具气孔。而某些湿生植物的叶子的弱边缘来得很显著，由茎代替叶子的功能。这不能视为对干燥环境条件的反应。

在森林之本中，阴性树种叶的构造，一部分和湿生植物相类似。但不能视为完全一致。

2. 旱生植物 (Ксерофиты):

旱生植物和湿生植物恰之相反，在空气和土壤长期乾燥的情况下，

也能保持着生活的状态。這類植物是在長期的乾燥的氣候或土壤的條件之下鍛鍊出來的。見有着多樣的，內部構造適應特徵和生理的適應特徵所形成的形態，根據這些特徵，可以把旱生植物分為以下四個類型即多漿植物，少漿植物溫冷生植物和乾冷生植物。前者，種是在乾熱的環境裡，水分供給不足的條件下可造成的結果（物理乾燥）溫冷生植物是在濕潤的環境條件下，由於氣溫太低而水分難被利用，造成了植物的生理上的乾燥。乾冷生植物是在高寒而乾燥的地區生長的植物，在生理上和溫冷生植物沒有顯著的區分。

1) 多漿植物 (Суккулити) — 美洲乾熱的沙漠地帶生長的仙人掌科的各種代表植物，原蘇科南非洲沙漠裡的百合科植物等都是這類植物的代表。

這類植物的特點通常是莖或葉子裡面有非常發達的貯水組織，而對於水分的消耗則非常經濟。大部分都是多年生的。植物體積的面積對於體積比例很小，這樣便可以減少負質層蒸騰的作用。根生得很淺，細而多枝，往帶面伸展，很廣，生長迅速，在乾燥季節，根變得乾燥甚至枯死落後能迅速生出新根。

仙人掌和類似的冠葉多漿植物，外面要被着一層厚的角質表皮，其下有好幾層厚壁細胞組織，氣孔深藏在溝裡，導管和機械組織很不發達，全幹由許多厚度不同的充滿着水分的薄壁細胞構成的含水組織。

它們碳水化合物代謝作用是很特別。仙人掌的氣孔，白天關閉着，不進行蒸騰作用。所以水分消耗很得非常少。但光合作用所需的CO₂也不能接近葉綠素細胞。到了夜裡，氣孔張開了，但日光沒有了，進入組織的CO₂，到了白天才被吸收。在夜間呼吸時，碳水化合物不進行完全的分解，不分泌CO₂，而合成有機酸。白天在日光下，則相反，它們不分泌CO₂，而同時，這些CO₂就被光合作用所吸收利用了。但是光合作用很微弱的，因此，這類植物生長得很慢。

多漿植物的細胞汁的滲透壓力很低，大半不超過2~3氣壓，這就是說明了，多漿植物的根，只能在滂雨之後，立刻能吸從土壤中呼吸水分。

(2) 少漿植物 (Склерофиты) 和多漿植物相反，少漿植物是乾燥瘦硬的植物。它們生理上的特点是：第一，在喪失了自已大量水分^{5%}或更多的水分時，對於自己都有顯明的危害。也就是說少漿植物的原生質在缺水內狀態下，也能保持着生活的能力。第二，原生質的細胞汁液的滲透壓力很高，這種壓力可高到40~60氣壓，甚至可達100氣壓。而在土壤保持適當溫度的時期，壓力減小。在有效水分少的時候壓力增大。滲透壓力增大時，從細胞裡的給水便減少。它們的吸水力量便加強。因此這類植物能在很少水分的土壤中，吸收水分。第三，在水分多的時這些少漿植物，就毫不吝惜消耗水分。即過度地蒸發。少漿植物和多漿植物同，是對於乾燥的一種適應的方法，因而不可避免地要減低植物和環境之間的新陳代謝作用，因而它們的生長速度也是緩慢的。(內中生植物)

少漿植物的根形態雖然是多樣的，但是都是比較發達的，擴散性的，有時主根很深，直到土壤水分含量豐富的地層，但同時是淺根的，但所散面積很大，分枝很多。有時在落雨之後，主根的上部發生許多新根，當土壤重新乾燥時，它們就死去了。

這類植物，種子發芽後，根卻很長中長，而地上的部分則生長得很快，這也是乾生植物的特征。

草原上少漿植物的根，都是多年生的，外面有一表層很外殼，一層木栓層，能在乾燥的土壤裡，可以防止根系變乾，而且粗根會貯着比較多的水分，而乾燥時，供給地上部分的需要。

少漿植物地上部分通常很小，其葉子的構造具有以下的幾個特点：第一，葉子小而堅厚，表面有很厚的角質，表皮層有軟層。氣孔深埋，網狀組織稠密而發達，層多，上下面都有。海綿組織和細胞間隙小，組織細胞多。葉面光滑，具蠟質或生有皮毛，導水組織很發達，氣孔多(和內中生植物較)。葉子的構造似陽生葉子。第二，葉子捲曲成筒，氣孔藏於筒中，氣孔筒中放出水氣，使筒內空氣，濕潤，這樣可以抑制植物的蒸騰作用。第三，葉子退化，這樣便減少了蒸騰作用。它們的葉子變成了針狀，鱗狀或完全退化。這樣便大大地減少了水分的消耗。

從以上的特徵(旱生之生理和旱生之形態)可以說明為什麼少

葉植物能居住在乾燥的環境裡。

(3) 湿冷植物 (Почволюбив) ~ 在北方高緯度或高地方寒冷而湿润的地方的地區生長着的植物，叫做湿冷生植物。這些植物具有顯明的旱生形态的結構。

北方寒冷地區和高地帶的針葉樹類，像云杉，冷杉，松類等，具有很小蒸發面積的針葉厚的角質層，厚硬的表面層，薄蜡層等，便具有減少蒸騰的作用，松樹和云杉的氣孔裡，在冬前分泌樹脂堵塞於氣孔中，這對於減少蒸騰作用是有積極的意義的。

草原地帶或高山地區植物的矮小形态，叶小和生長緩慢，不僅由於氣候寒冷，缺乏水分，而且缺乏氮素營養（生理性的乾燥症生理性的瘠瘦）。矮生的常綠灌木具有稠密的半捲曲的叶子（在柳類型）和針叶及鱗叶狀的叶子（松柏科的圓柏屬）都是此典型的草原生形态湿冷生植物。

它們的越冬的叶子（草原湿冷生植物），可以免去春季不發叶子，而節約了一部份，同時可以早地進行光合作用，並延光合作用時。另外，越冬叶子能久是儲存春季生長所需要的碳水化合物器官。

湿冷生植物的渗透壓力和少葉植物相似。

通常它們的叶子形較小，半捲成直筒，背面朝裡，被薄蜡層所被毛，表皮層上具厚角質層，網狀組織發達，這都是同旱生形态相同之點，但亦有區別，據力，K瓦西列夫斯基卡的研究，常綠湿冷生植物的叶子，有很大的細胞間隙的海綿組織厚一些，鬆軟一些。叶子的細胞形态大（比旱生）。即湿冷生植物，旱生形态的結構特徵，是和旱生形态的結構特徵結合在一起的。這是由於草原環境下，接近地面，有一層湿润的空氣。

另外湿冷生植物，僅叶子內有很大的細胞間隙，但表皮層內沒有（湿生植物則有）。組織組織不發達。和湿生植物相似，其叶子的堅硬度，則依厚的角質層及表皮層而轉緩。叶脉密度適中，氣孔不多。都是和湿生乾生植物不同之點。

(4) 乾冷生植物 (Ксерофити) ~ 在北方寒冷或而乾燥的地區或高山乾寒地區適應的植物叫做乾冷生植物和湿冷植物相似。坐莖狀植物是這類植物的代表形态之一。

坐落於植物科或仍主要因子，就是低温，在寒冷而乾燥的地方（多風地區能獲得更久的水分缺）植物嫩枝向上生出來，大受限制，因此在樹上，大量的，再次的重複的分枝，密之地生滿了小小的嫩枝叢集在一起，裡面的嫩枝，處於比較好的溫度條件和水分，可以不受或少受風襲。

此外對於乾冷生植物的生態和生理方面的研究，和濕冷生植物相似，研究了解得都還不很多。

這類植物，形小而依矮樹株着地，節間縮短，葉子緊密排列，形小而較厚，網狀組織發達，有比較厚壁的表面。由於生長緩慢，光合作用產品消耗量少，因此在它們組織內貯積了大量的可溶性碳水化合物和脂肪，這樣便大大地提高了它們的耐寒性。

在亞爾卑斯山和阿尔卑斯山地帶，海拔3500—4100m地帶或更高的地形（阿尔卑斯4800—5000）年降水量少（150—250mm，或200mm）空氣濕氣低（20—35%）後則達 $\frac{1}{3}$ 的地區的小型半濃木性的植物，坐落植物都是屬於這一類型。

3. 中生植物 (Mesophytes):

中生植物是位於旱生形態植物和濕生形態植物之間的各種植物，它們生理上，形態上的解剖性質上的特徵，是把旱生植物和濕生植物的特性結合在一起的。有時兩種特徵平均發達，有時接近於旱生型，有時則接近於濕生型。

中生植物的生態型，表現於它們所居的環境的特徵——中等的溫度條件，溫度條件，空氣條件和無機營養條件。因此，中生植物的生理特性偏於那一方面，則必對於水分，溫度，養分等條件的需要，也就偏向於那一方面。

中國各地大部分的闊葉樹類都是屬於這一類型，它們的葉子大都是較大而平坦的，傳導組織，機械組織網狀組織，表皮組織都適度地發育。氣孔大多數在葉子的背面，有時表皮氣，但是適度的。這類植物的陰性葉子和陽性葉子有很大的差別，前者濕生性比較大，而後者旱生性比較強。

中生植物細胞液的滲透壓力不超過2—25氣壓，比濕生植物高，而比旱生植物低。但在給條件惡劣時滲透壓力略為升高，反之，則略低。

造的植物的含水量和换水的速度，也是居中。

中生植物的类型很多，而分佈的范围也很广，现在就它们分佈於各种气候条件下的类型分别列述於下：

(1) 潮湿热带林带中生植物 — 主要是乔木和灌木全年雨水丰富的养分，和热量，保障了植物全年不断的生长。叶形大，蒸发的组织很发达，这样便能够適應於潮湿的热带森林的潮湿的水蒸汽质的空气里。

(2) 冬绿木本中生植物 — 热带或热带夏季乾燥冬季潮湿的地区，的冬绿落叶植物（木本植物）屬於中生植物的一个类型。利用落叶的办法以適應乾燥的气候。它们的叶子的结构，和普通中生植物相同。

(3) 夏绿木本中生植物 — 北半球夏季具叶冬季落叶的乔木和灌木都屬於这一类型。中生的程度是多样的，有的在生长期抗旱性强一些，东北地区的白榆，青杨，(Populus Cathayana) 等是。而有些在生长期抗旱性小一些，如水柳，由於抗旱性的不一致，它们的内部构造也相應的改變着。

這類植物冬季被子每一单位面積蒸騰量是很微弱的，根據連續蒸發量，也可將定樹木的抗旱性，依Л. А. 達依諾夫的研究，落叶松無叶枝每平方米面積每小時最多喪失蒸騰水分為自身重量的0.03~0.05%，依諾夫把冬季落叶松蒸騰量當作一個單位，得其他木本植物蒸騰比較量（斯大林格勒附近的）。

落叶松1.00	椴樹3.38
小葉楊1.86	樺樹3.72
椴樹2.41	鵝耳櫪4.58

南方樹種抵抗冬季乾燥的能力比北方較差，抵抗冬季乾旱能力的大小影响乔木和灌木在北方生存的因素之一。

(4) 夏绿多年生草本中生植物 — 冬季地下部份越冬，而地上部份完全死去，中國各地都有很多的這類植物。

(5) 短期生植物 (эфемерби) 和短期活動多年生植物 (эфемеронги) 這一類型植物包括了一年生和多年生二種，不管怎樣，它們都是在比較潮湿的短期內，完成它們的生活週程，即在很短時期內，完成了開花結果的過程，這種植物，可稱為干旱植物它們的生理性能，解剖性質和形態，

都不脫高中生物植物的特點：

闡述了植物對水分的關係所區分的植物類型，對於森林樹木性質的認識，特別是抗旱性質的認識上，是非常重要的。

森林植物的需水量：

1. 森林植物的含水量：

森林植物的含水量，因其性質不同而差別很大，通常其含水量與乾物質量的 5—10% 到 3,000—5,000%。

根據蘇聯學者的研究：木本植物含水量範圍為 30—100%，或者是更多些，草本植物為 100—200%（最低到 50%，最高到 300%）。

綠苔的含水量為由 8—10% 到 30—500% 地衣由 6—8% 到 25—300%，沼澤地水蘚為由 50% 到 1,500—3,000%。

若每公頃生活的樹木之材為 500m³，其所含水分可能達到 150—200 噸，若活地被物每公頃為 25—50 噸，其中含水量可能達到 10—50 噸。在中等氣候條件下，一公頃植物的含水量為 160—300 噸，即等於 15—30mm 的降水量。

此外，森林植物的種類年令都是他們含水量的先決條件。

2. 森林樹木的蒸騰作用：

(1) 影響蒸騰的因素——森林樹木蒸騰作用的進行，主要受着氣候和土壤條件的影響，一棵樹在乾燥的氣候條件下和土壤中有充分水分供給的條件下，它的蒸騰的強度就大，反之則小。不同樹種的蒸騰作用也不相同，通常針葉樹類的蒸騰作用較闊葉樹類為草本植物較樹木為大。此外，樹木的年令葉子的數量，生長的季节（月份）等卻能影響到蒸騰作用的大小。

(2) 測定森林樹木蒸騰作用的方法——研究植物蒸騰作用，馬克西莫夫在植物生理學中和蘇斯功夫在林學概論中已介紹了許多的方法，這裡只介紹數種應用較先而且比較可靠的方法。

(a) 把要測定的樹種放在幾有水分的容器內，緊密封閉容器，測計它葉子的面積或重量，經常測量幾有樹苗的容器，從一定時期內失去了水分的數量，就可以測出植物蒸騰的強度。

(b) 把各種樹種培養在有土壤的容器裡，澆水和系統地稱其重量。

測出一年中每公升乾物質生成所蒸騰的水份的公斤數。這樣便可得出各種樹的蒸騰係數。這樣測出以下林木的蒸騰係數：

山楊	~ 90 Kg	白蠟樹	~ 85 Kg	洋樹	~ 80 Kg
橡樹	~ 65 Kg	雲杉	~ 50 Kg	松樹	~ 40 Kg

將樹種與草本比較，則不可知草本比樹木高得多。

雜草——500 Kg, 小麥——500 Kg, 春黑麥——900 Kg 苜蓿——1000 Kg

В) 月。月依萬諾夫首先採用的切枝法就地秤量，即從樹上切下的枝條，立刻稱牠的重量，然後即放回原來切口處經數分鐘蒸騰後，再行秤量。這種方法，認為比較完善，應用頗廣。

(3) 森林的蒸騰作用——

全蘇林業科學研究院工作人員 Н. П. 克拉蘇林首先應用月。月依萬諾夫創製的方法在莫斯科州涅爾布靈區測定：

15年生的松樹——地灰林，每公頃株數 9900 株，鬱閉度 0.9，地下水位深，池地，一日內（12小時）每株喬木的蒸騰量（單位克）在6月為 99.9 克，7月為 65.5 克，8月為 23.4 克，一天內每公頃立木蒸騰量，6月為 988.0 Kg，約等於 0.9 mm，7月為 330.0 Kg 約等於 0.3 mm，8月為 231.0 Kg，約等於 0.2 mm。

9年生的松樹——越橘林，每公頃喬木 9500 株，鬱閉度 1.0 地下水位不超過 1—2 m，一天（12小時）一株喬木的蒸騰量，7月為 94.1 克，8月為 61.8 克，一天一公頃立木蒸騰量 7月為 894.0 Kg 約為 0.9 mm，8月為 587.0 Kg，約為 0.5 mm。

8年生的樺樹林每公頃 1930 株，鬱閉度 1.0 這裡不定期受水浸，為易滲水的砂石性河灘地，一天（12小時），一株喬木的蒸騰量 7月為 18.48 克，8月為 12.8 克，一天內每公頃立木蒸騰量 7月為 319.0 Kg，約為 0.3 mm，8月為 221.0 Kg 約為 0.2 mm。

從克拉蘇林的研究，証明了森林蒸騰量的大小，不單決定於樹種，而特別決定於每公頃葉量的多少，土壤的濕度與大氣的乾燥程度。

另由其他蘇聯科學工作的研究，也証明了同一樹種內蒸騰量的大小，主要決定葉子的多少。草類蒸騰量很大，有時它的蒸騰量可以與某些樹

林相同，甚至可以超越樹木。

在這裡可以概括的說：一年內森林從一公頃土壤中，吸收植物的水分蒸發到空中的水分，約為 100—350 萬公升。或約為 100—350 mm，就佔降水的 20—70%。

3. 樹木的需求量。

樹木在生長發育過程中的需求量，完全依賴於環境的條件和樹木的性質，這兩個因素，直接地影響到樹木蒸騰作用的大小，測定樹木蒸騰量的大小，可以決定樹木的需求量，而從樹木的外部特徵，氣候學的現象，地理上的分佈等都可以判斷樹木對於水分的需求程度。這種觀察（從形態上，分佈上），只可以給我們一個概括的概念，對於它們是否屬於真正的濕生，旱生或中生的類型，那還必須從它們生理上的能力和解剖的性質上作進一步的研究。

就蘇聯學者 M. K. 土庫斯基對蘇聯境內各種樹木的喜水程度，列表如下（由需水量大到小）：

1. 黑赤楊 (*Alnus glutinosa*)
2. 白蜡屬 (*Fraxinus* spp)
3. 槭屬 (*Acer* spp)
4. 水青樹 (*Fagus* spp)
5. 千金榆 (*Carpinus* spp)
6. 花榆 (*Ulmus laevis*)
7. 椴樹 (*Tilia* spp)
8. 柞樹 (*Quercus* spp)
9. 山楊 (*Populus tremula*)
10. 雲杉 (*Picea* spp)
11. 冷杉 (*Abies* spp)
12. 落叶松 (*Larix* spp)
13. 白桦 (*Betula* spp)
14. 松樹 (*Pinus* spp)

另外 П. С. 波波夫和波波夫對蘇聯各種樹木的喜水性分為以下各類：

乾生植物 (Ксерофиты) — 槭樹 (*Holoxylon* L.), 槭木屬 (*Juniperus* L.), 黃連木屬 (*Pistacia* sp), 巴克斯松 (*Pinus Bankiana*) 克生米松 (*Pinus Pallasiana*), 松 (*Quercus pubescens*), 千金榆 (*Carpinus orientalis*) 衛矛屬 (*Elaeagnus* L.) 薔薇 (*Rubia* sp) 槭樹 (*Ailanthus* sp), 梨屬 (*Pyrus* sp), 草麻灌木。

乾生中生植物 (Ксеро-Мезофиты) — *Quercus pubescens*

Q, sessiliflora; *Betula* sp; *Acer tataricum*; *A. plat*
ancides, *A. campestre*, *Ulmus foliaceae*, (有各種生態)。
兔耳 (*Gleditsia*, sp), *Prunus*, *amurum*, *Malus*, spp,

中生植物 (Mезофиты) ~ *Tilia* sp, (*arpirus* sp,
Fraxinus sp (陸生型) *Juglans* sp, *Larix sibirica*, *Castan*
nea sp, *Fagus* sp, *Abies* sp, *Betula verrucosa* (疣鱗),
Pinus strobus (白松), *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus scabra*,
Pterodendron sp, *Corylus* sp, *Sambucus racemosa*,

中生水生植物 (Mезоархифиты) ~ *Ulmus laevis*, *Popu*
lus, *moench* (P. Kochne) (臭李子), *Populus* spp, *Salix* *P*
anastana, *Ulm*. *серебряный* (柳的一種), *Salix fragilis*,
Betula pubescens (毛桦) *Rhamnus*, *fragnla*.

水生植物 (Гидрофиты) ~ *Aulus glutinosa*, *Fraxinus* sp
(水生型), *Salix cinerea*, *S. aurita*.

以上這些記載，僅之可供我們參考，樹種不同，它們的需水量不
同，而同一樹種，所居環境不同，其需水量亦有變遷。

現就東北地區主要樹木的需水量列述於下：

(1) 需水量多的樹種 — *Ulmus*. spp, *Salix* spp, *Abies*
nephrolepis, *Betula manshurica*, *Larix olgensis*;
Populus maximowiczii,

(2) 需水量中等的樹種 — *Betula costata*, *Ulmus japonica*
(即 *U. propinqua*), *Juglans mandshurica*, *Acer pictum*,
Tilia, spp, *Pinus koraiensis*, *Picea japonica*, *Picea*
Koyamii, *Abies holophylla*, ...

(3) 抗旱力較強的樹種 — *Ulmus pumila*, *U. macrocarpa*,
U. davidiana, *Quercus dentata*, *Q. mongolica*, *Acer glabra*
la, *Prunus tabulaformis*, *Pinus sylvestris* var. *mongolica*,
Larix Gmelinii, *Populus cathayana*, *Populus pseudo-sim*
onii, *Prunus mongolica*, *Salix mongolica* ...

4. 森林树木的抗旱性：

應用各種樹木所構成的森林，去同乾旱作鬥爭，以改善自然的條件並保證農業穩定而高產的產量，這是我們林業的任務之一。然而樹木的抗旱性，因樹種不同，相差較大，同一樹種，也因所處的環境不同而抗旱的能力也有很大的出入。因此，我們可以了解，樹木的抗旱性，是在乾旱環境下長期適應的結果，它們這種性質可以隨着環境的改變，而改變，在人們有意的主持下，牠將更迅速地去改變着自己，適應着新的環境條件以滿足人們的需要。創造性的達爾文主義——米丘林生物學已經清楚地指出改善植物性質的道路。

通常引用作爲抗旱性強的樹種，除一小部份是旱生植物類型外，絕大部分是中生植物的類型。然而從形態上去看，它們會具有旱生的形態，這正是像B. P. 查達斯基教授(1904)發現的，所植物的葉子，由於所處的地位不同，不僅形態改變，連內部結構也改變了。上部的葉子，由於獲得困難，因而它們獲得生長較明顯的旱生型的特徵。

森林樹木同乾旱作鬥爭，採取了以下的几項辦法：

第一 擴大了地下的部分，根系深入土中截面積很大，以便大量的從多方面吸收水分。

第二 森林樹木在樹幹，樹枝，根與葉中，貯積大量水份，據估計每公頃樹木貯水可達30萬公斤，亦即達30公厘以上的降水量。

第三 降低蒸騰作用，改變了自己的形態，樹皮增厚，角質化及皮上的鱗皮，皮孔成暗孔層，分泌樹脂，單位面積上氣孔小而葉脈增多，氣孔深陷，網狀組織增生，減少葉子數目，葉形小，捲葉，葉面與太陽光平行，細胞間隙多。……等。

第四 最主要的就是樹木生理上的特性，首先是抗旱性較強的樹種原形質的性質，即當這些樹種失去大量的水分時，而原形質不致受害。(預先充塞的性質)。同時還增，增大吸收水的能力。這樣便顯著地增強了抗旱能力。

樹種不同，它們所表現的特徵是各不相同的，就是同樣樹種，在不同的區域裡，它所表現的情況也不完全一致。

我们利用树种對於环境適應的特性，可以把樹種的抗旱性逐步提高，以达到改造自然的要求。

决定森林植物抗旱性的方法雖然很多，但是枯萎法是日前最简单而比較可靠的方法，我們應用這種办法，可以比較迅速地測定各地區主要樹種的抗旱性。這樣對我們了解森林植物抗旱性的認識上是有一定幫助的。

問題討論

1. 雪對於森林樹木的生态作用是什么？
2. 從生理上，解開性質上和形态上區別，水生，旱生和中途植物的類型。
3. 影响森林植物蒸騰作用的主要因素是什么？
4. 森林植物在水分的需求上和環境之間存在着怎樣的矛盾，它們怎樣解決這種矛盾？

三. 水分和森林的相互作用 (一)

森林對空中湿度的影响：

1. 森林對空中绝对湿度的影响：

就歐洲許多地方的观察和記載森林對於空中的绝对湿度有一定的影响，但並不顯著，從下面引証的森林内外不同季節平均的蒸汽压力的記載如下：

季節	無林地(mm) (地上1.5m高)	森林內 mm, (1.5m高)	森林內超出或 減低數 mm.
春季	70.815	71.730	+0.965
夏季	113.500	117.497	+0.203
秋季	72.272	73.304	+2.030
冬季	46.228	48.717	+2.490
年平均	76.434	79.826	+1.392.

2. 森林對空中相对湿度的影响：

森林對空中相对湿度的影响，主要是由於森林有大量的蒸發，降除了氣溫，這樣就增高了空气中的水分，不僅在森林內空气中的濕氣增高了，

而且在森林的附近也受到很大的影响。

森林对空气中湿度的影响的大小，因地区，季节，树种和时间而有所不同，通常森林内部的相对湿度，较林外增高3~10%，有时可达12%，或更高。按Zon (1911) 所佈的材料，在德国Albace 全年的相对湿度平均数，林外为77%，林内84%，在Bavarian，林外为79%，林内为85%，在东Prussia，林外为78%，林内为82%。

在Bavarian 不同高度(海拔高)的森林内所测相对湿度亦不同，在海拔20m 处，林内外之差为3.4%，在890m 处，林内外差为8.9%

树种不同，相对湿度也不同，按瑞士及德国的记载，林内相对湿度大于林外，全年平均以云杉林最大，超出0.81%，水青树林次之，超出0.4% 落叶松林又次之，超出4.89%，欧洲松林 小超出3.45%，以夏季增大最多，而冬季最小。

每日湿度的变化大致同气温相似。

3. 森林对降水的影响：

1) 首先可以肯定的，经过许多调查和记载，森林能增加雨量，林地及其附近的降水量较无林地为多，按欧洲各国记载，森林地较无林地降水量可高达1-50%，但经苏联科学工作者的研究，其平均数为14.4%，这会使绝对数字为降水量93 m, m, 即一公顷上一公厘的雨量概念就会10,000公斤。这些数字只可供我们参考。

苏联片，C 聶斯切夫教授在李米略提夫农学院林场曾进行过长期的观察，在18年(1903~1924)的观察中，年降水量较林外的差为3.8-26.8%，18年平均为14.4%。

在一年各季节中，冬季最大，达54.2(平均量)最低量为20.8，最高量为81.9，而夏季最小，平均量为8.0，最低量为2.4，最高量为27.2，年平均为14.4%，最小量为3.8%，最大量为26.6%。

(2) 森林区降水量的多少(较林外)也因地理条件，季节森林树种而不同。

按德国(依 Schkivilik 的材料) 192 个测候所在森林内外经10年的观测，森林对降水量影响，随海拔高而增多，

兹列表说明如下：

按海高以	林中较无林地增大量
0~100	12.5%
100~170	14.2%
630~730	19.0%
730~830	43.0%

按Weber (1963) 在法国Nancy附近森林地及草原经9年的观测，证明林较无林地降雨量为大，增大的程度各异不同，在2,3,4月为7%，在5,6,7月为13%，在8,9,10各月为23%，在11,12,1各月中为21%。

此外森林树种的不同，林木的高低及森林面积的大小，对雨量的增大均不一致，唯能增高降雨量则毫无疑问。

3, 森林能增大降水量的原因：

依B. T. 潘斯切洛夫的材料，森林能增多降水的原因，可归纳为以下三项：

1) 森林对降水的机械作用大致如下几点：

2) 森林能阻滞降水，使降水不致顺地面流失，而使降水大量地蒸腾到空气里，造成水汽，提高了森林上空空气的湿度，使凝结成新的雨水。

5) 由于林冠的冷却作用与蒸腾作用增强的影响，在林内与森林上空都聚积着能使更多的水汽凝结，与形降水的冷空气团。

3) 森林上空的下层气压，较无林上空的气压为高，而在森林上空的上层气压，就较无林地上为低。因此，夏季热天，在森林上空，易於形成新的降雨。

2) 夏季热天森林上空没有上升的气压的气流，而有下沉的气流，但无林地上空就相反。因此，森林上空的降水，就较无林地容易得多，要充份注意。

9) 森林枝叶上放出大量的电，引起电池放电，同时使空气电解，促成水分凝结。

以上诸点，是森林上空大多数云的都可以变成降水的主要原因。

2) 森林对于各种不同来源的降水也能给与影响，以增大降雨的机会。

如氣旋雨是從海洋帶來的水氣，然後由森林中的濕氣加以增補因而到達的時候森林上空降雨。其他如對流雨，鋒雨……都用森林的冷卻作用和增加了空中的水分而滑澆。

3) 由於森林大量蒸騰和冷卻作用，雲霧流動的一碰到森林，就被阻滯而流向地面，在低溫下就凝結成露，霜，霧，凇，或霧雨而降落到森林裡，因而增大了森林內的降雨量。

就片，日科伯簡諾夫在馬里烏波爾林區所作觀察，降落到林中的霧凇的含水量，全年平均佔降水量的8%，雨凇佔5%。

總之，由於森林的蒸騰及冷卻作用，森林肯定的會增加水量，但其對雨量所發生的變化是很大的，因降水的種類，森林的特性，地理條件季節等而不同，每年可能有0-100mm。

4. 森林對水份的保持作用：

(1) 水份的平衡——降水量達森林後，依B. T. 蕭斯切夫的意見，是消耗在以下三方面的，(1) 即蒸發到空中去的 (N, C 包括由林冠阻滯水份及地面與地被物上水份的蒸發及吹雪量等) (2) 流失水份 (C, T. 水流蒸發及滲入土壤水) (3) 滲入土壤水分 (B, П 包括土壤貯藏水補充地下水，植物內貯存水份，植物蒸騰水份，與消失在深土壤中的水份) 這樣森林內部水份平衡如下：

$$\text{降水量} = N + C + T + \Pi + B.$$

據各方面觀察，在蘇聯的境內，分散到空氣中的（蒸騰與蒸發）約佔35-65%，流失水（地面與土壤中）的約佔65-75%。

在森林環境中，很顯然的森林特性，森林面積的大小（包括組成，外形，年齡，鬱閉度，地位級，林型等）土壤的條件（岩石種類，土壤種類）降雨特性等均不足以影響水份的平衡，所以B. T. 蕭斯切夫的水水平衡式在用的是切合實際的。

(2) 森林阻滯地面蒸發的作用——就蘇聯林業科學研究院A. A. 羅契山夫於1939在莫斯科律斯特林試驗站的觀點，莫斯科溫度中的年分中，雲松林內地表蒸發量僅及田地的地面 $\frac{1}{4}$ ，林內水面蒸發的 $\frac{2}{5}$ ，其主要原因：

a) 森林的氣溫較低（8-10°C），地表溫度亦低（1-5°C），

森林生态学教学提纲

- 5) 林内空气湿润(通常较日间高10~20%)。
- 13) 林内气流或风很小。
- 2) 森林中死地被物可以吸收大气中的水分, 并减低土壤蒸发。
- 3) 林地土壤有各种动物昆虫穿土壤, 形成许多孔道, 吸收大气中水分而不易散发。

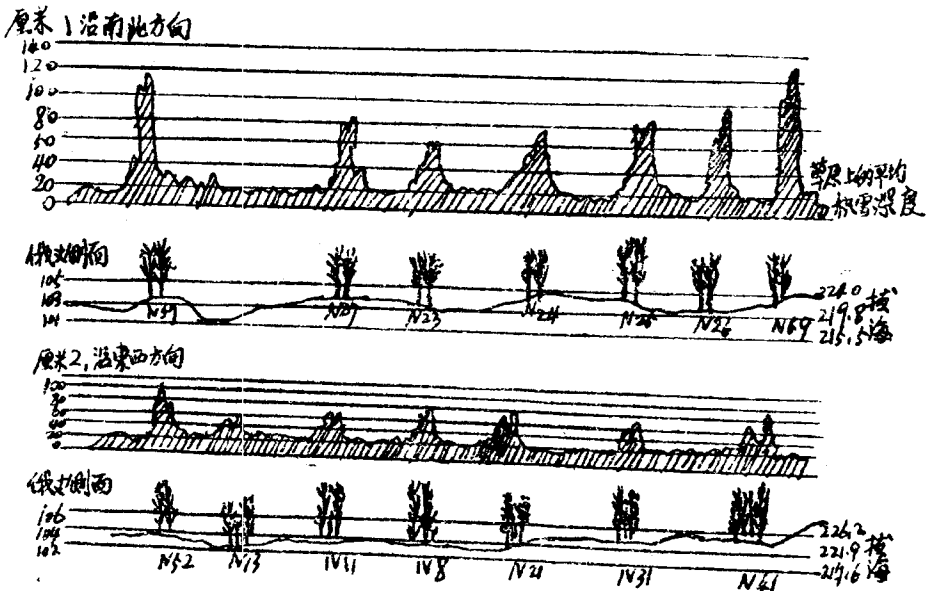
这些情况对于森林生活——森林更新, 幼苗发育, 成年林的生活, 生长, 成熟, 结实等——都有很大的作用。

合理地调节森林组成, 郁闭度年令, 结构, 外形等, 可以按我们的希望由本质上改变林内水分蒸发的过程。

3) 增加积雪——森林在冬季能积雪的积雪, 这是很明显的, 在风速较大的地区, 冬雪大部分被吹向低凹地, 山谷中, 而有森林存在, 就不会, 几乎没有吹雪的现象, 并且在森林的附近, 经常堆积着大量的积雪, 农田防护林带的营造, 在这方面发挥了积极的作用。

下面的图是苏联沃龙涅什省卡明草原试验站林带间积雪层的平均厚度, 林带间和林带内的积雪, 较开阔地区为厚。

冬季林带间积雪层厚度



這種雪覆蓋層，似可以使土壤避免深凍，增加雪融解後土壤對於水份的吸收。而且融雪也較遲，這樣不會大之度降低河水的春汛。

14) 林冠阻滯的降水量——林冠阻滯的降水量，一部份落到地面一部份蒸發到大氣中去，這樣又可以改善大氣中水份的循環。林冠阻滯降水量達到的多少，因樹種，年令森林密度及降水的狀態不同。

林冠稀疏的陽性樹種所構成的森林阻止降水量較林冠稠密的陰性樹種所構成的森林為小。各樹種平均阻滯的降水量(以%表示)如下：

落叶松 ~~~ 15 雲杉 ~~~~~ 40-60

松 ~~~ 20-25 臭松 ~~~~~ 40-80

通常降水量被阻滯的數量，幼齡林最少中齡林最多，而老齡林次之。

通過林冠達地面自降水量，也要看降水量的大小而不同，降水量愈大，則達地面愈多，反之則愈少。所以有時降水量，能全部被阻滯在林冠上。

降雪量被針葉林冠阻滯在林冠上的較闊葉林為多，換言之，針葉林中的積雪量較闊葉林中為少。就 T. P. 察吉琴的觀察各地的積雪厚度如下：

田地 ~ 42.3cm (佔總量 80%)，森林中草地 ~ 33.1cm (100%)

樺木林 ~ 51.3cm (99%) 松林 ~ 61.6cm (89%) 云杉林 ~ 35.4cm. (69%)

改變森林的組成，密度結構，就可以改變林冠上阻滯降水量的多少。因而就可以改變達過林冠而達到林地上降水的數量，這種方法，可以根據人們的意志，而增加或減少放回大氣中或達到土壤中的水份。這一措施，在森林經營上，是非常重要的，因為改變空中或土壤中水份的循環，就會改變，河流中水份的狀態。

15) 阻止地面水份的流失——在空曠地區，特別是山區，如果沒有森林，則降雨之後，大量的雨水，除少量被土壤吸收，大部份因來不及滲入而土壤而沿地表流失。逐漸引起沖刷及河川的氾濫。但有森林存在，就大之度減少了地面的徑流。森林可以阻止徑流的主要原因為：

1) 在較冷地區，林中融雪慢，大部份水量，均可滲入土中，

因而流少了春汛。

(2) 森林內堆積了大量有機質，可吸收大量水份，同時由於腐殖質的分解及積雪（在較寒地區）故土溫較高，凍得淺，雪水可以滲入土壤中去。

(3) 岩石暴露地區，林木根可插入石隙中，增加了水份滲入地中的機會。

(4) 森林中森林植物本身可以直接阻滯雨水的流失。

(5) 森林存在，風吹或沖蝕的土壤可以被阻滯堆積起來，森林存在，森林植物的根際，對岩石有分解作用，使土層增厚，這樣便增加了森林土壤吸水的能力。

根據上述的情況，森林的存在，大大地增加了土壤水份的吸收，這些滲入土壤中的水份，一部份保持在土壤中，一部份滲入到土層的深處，增加了地下水份的總量。在土壤的死地被物層中經常有10公厘以上的水份。

在森林生長的季節，根系佈的土壤的土層中，土壤變成乾燥，而生長開始前後，則土壤溫度又重新成平衡狀態。在大面積森林地區，根系不僅分佈在表層，且分佈到土壤深層去，因此，與雜草地區相比較土壤深層較乾。在這種地區，若將森林砍去，則常會引起沼澤化（低溫的地區）。但在乾燥的草原其他林群存在的地區，由於大量積雪，與減低了表土的蒸發，森林裡土壤，不論表土或深層均比草地濕潤得很，這種土壤，可以稱為水份的積蓄庫。所以造林可以改變土壤的含水量。

森林存在對地下水的的作用，是不一致的，在地下水水位高而物理蒸發較少的地區，因森林存在而使地下水下降的趨勢，因而在這些地區將森林砍掉而有引起沼澤化的可能。但在草地帶因營造防風林帶增加了冬季積雪而阻滯了水流，因而又會增高地下水位。

5. 在地面上水份循環中的森林作用：

森林對地面水份的分佈狀態和水份循環的作用的影響是非常顯明的。首先它對於河流與蓄水池都起着水份的調濟作用。它是河流水份的調節器，減少河水最大最小流量的差導使河水保持了終年比較均衡的狀態。這樣對於航運和供給市鎮的電力是完全必要的。

在蒸發量小而地下水位高的地區，森林可以防止該地區的沼澤化，

而在乾燥的草原，又可以增加土壤中的水份，使地下水位提高，以保證農業的丰收。

森林：在保衛河岸和防止土壤中沖蝕只邊起着很大的作用。由於森林的大量蒸騰，增大了空中的濕度，和減低了氣溫，使降雨的機會增多，對氣候的調節作用有着重大的意義。

問題討論：

1. 森林為什麼能增加降水量？
2. 森林對土壤水份的含量有什麼影響？

四. 空氣的生態作用：

關於空氣的生態作用，可以從以下幾方面來研究：

空氣成份的生態作用：

1. 大氣的成份——大氣成份的特性，表現在它很大的永久的穩定的性質上。地球上各地區，乾燥的空氣都絕對含有 78% 的 N (容量) 約 21% 的 O_2 ，約 1% 的氫，約 0.03% 的 CO_2 ，和少量的其他氣體成份。此外還有從工廠及煙囪中產生的煙灰，其他混合物以及 0-4% 的水氣。

2. 氣體成份的生態作用：

(1) N 在大氣中所佔的分量雖大 ($\frac{3}{4}$ 以上)，但絕對高等植物的作用不大，只有少數的低等植物能固定空中游離的 N，把它積成含有 N 的有機化合物創造身體軀的有機物，這些有機物互換供給高等植物的吸收。氧氣只能供給森林的呼吸作用，它在森林中的含量很多。實際上森林並不能改變在空氣中的百分率。

(2) CO_2 對森林有重要的意義，是植物的主要的氣體養料，空氣中的含量雖小 (0.03%)，但已能足夠供給森林光合作用的進行。植物體的乾物質約 50% 是由 CO_2 中的碳素構成的。這便說明 CO_2 對於植物作用的重大意義了。

植物進行光合作用，需要大量的 CO_2 ，因此空氣中 CO_2 的濃度，(特別是植物的周圍) 是經常變動的。

(3) 空中含 CO_2 的數量多，則植物的同化作用就增強，反之，則弱。依留德爾德多年試驗，肯定地說，陽性植物光合作用的強度，依 CO_2 的濃度

為轉讓的程度，甚至大於依日光強度為轉讓的程度。

如果林冠上部大氣成份的 CO_2 含量為 0.03% ，那麼林冠內由於光合作用的緣故， CO_2 就減低到 0.02% ，而在林冠下由於地被物的分解，可使 CO_2 的含量，增高到 $0.05\% - 0.08\%$ 。

由於森林環境的存在，造成了林中幼樹優良的空氣條件。

對於森林學 說善於調濟空氣的成份，以促進林木的生長是特別重要的一問題。

3. 樹種對有害氣體的抵抗力——在工廠地區，往往放入空氣中一定分量的硫 ($0.5 - 5\%$) 形成 SO_2 ，這種氣體，在空中只要含量 $1/50,000$ 或 $1/100,000$ 就會對有機體有害，此外空中也含有砂的氣與其他有毒氣體與塵埃。而各樹種對於這種有害氣體抵抗力，因樹種有毒害氣體的 度能所能持續的時間而不同，一般來說，闊葉林比針葉樹的抵抗力強。

抗烟性的強的樹種，在現代社會主義建設事業中城市綠化工作中佔有重要的意義。

森林空氣在醫療上的意義：

就赤騾 B. M. 托金教授的研究，森林植物能揮發到空中大量的能殺滅微生物，細菌，與菌類的物質，這種物質稱之曰植物抗菌素 (Phyton) 這些物質，存在木本植物體中 (如 *Betula*, *gumyems*, *Pinus*...)，也存在於草本植物體中 (如大蒜，大葱，艾蒿) 他們的化學性質是多種多樣的，大都是揮發油的状态或其他状态。植物強的芳香或氣味，往往是如植物所含這種植物抗菌素”是一般的。但有時則木如此。

森林的空氣裡，充滿着植物的抗菌素 (氣體，或懸浮狀的液體或固體)，這些物質對於附近的有機體，起各種各樣的作用，對某些微生物它們是有害的，很快的使它們死亡。有時這些物質，却刺激附近的有機體生長，充滿着。花，果實，葉莖香味的森林空氣，對於人類具有重大的醫療的作用。因此綠化環境，不僅是美的意義，同時也有着醫療的效用。

風和森林相互作用：

1. 風對於森林樹木生長發育的影響——分以下幾點敘述。

少 對於樹木的影響——在風多而強烈的地區，樹幹被風吹去，根

高生長不能充分發展，高山地區風地區，許多樹木往往成灌木狀能成低生。樹木的主幹傾向下風的一側，樹冠也如此。常成扁頭狀。迎風方向的傾斜枝常枯死或不發達，在迎風方向樹幹基部，往往發生許多側枝，樹葉變小，樹木的直徑在下風面生長很快，形成偏心。迎風地區樹幹常因風吹而扭轉。

森林迎風一面常形成矮生狀態，全林傾向下風。

2) 風倒和風折——風倒和風折是風直接對森林樹木的危害，在海島，孤山，海岸，濕地，迎風地帶淺土的山坡上，均有這種現象。

深根生長性樹種在常有風暴地區，多遭風折的現象，此外，採取松脂，樹幹腐朽，遭受火竇……的森林，遇有風暴，易有風折。

風倒的現象，因樹種，森林密度，採伐地區環境條件等不同，在造林上生長選擇樹種，在經營上採伐方式，間伐的程度可以減少這種實害。

3) 對樹木的生理作用——風對樹木的生理作用是多種多樣的，它可以調節蒸發，但使林木過份的蒸發，往往致林木枯死。風愈多而風力愈大，則森林的生產率愈低。風也能吹去森林中少 CO_2 的汽團，帶來含正常量 CO_2 的汽團，以增大光合作用。

2. 對森林分佈的影響——風能限制森林的分佈，也能有助於森林分佈的擴大。

1) 在高山極地，風往往為森林限界的主要因素，在孤峰，或海島上，迎風山坡森林的分佈，常較背風的或群山中低。

2) 許多重要的樹種，都賴風以傳播花粉，進行繁殖。這種樹類，以針葉樹為主，如 *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Juniperus*, *Thuja*……均產之，闊葉樹的 *Fagus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Populus*, *Betula*, *Acer*, *Tilia*, *Salix*, *Acer*……都是。

3) 許多樹木的種子，也要賴風散佈，主要均有楊樹，柳樹，樺樹，松，雲杉，冷杉，落葉松，榆……等。

4) 從海洋吹向大陸的風，攜帶大量的水汽，增加降雨，可以擴大森林植物分佈的範圍。

3) 森林對風的作用——當風吹向森林，距離50—100公尺時，風力增強，風速增加20—60%，但風進入森林中200—250公尺處，則僅及最初風速之1/3。風吹向旷野（森林背風方向）從林冠滑下，形成下降汽流，在樹高10倍距離處着地，而遠達樹高50米倍處，則恢復原來的風速。

因此，當風吹向新森林時，距100公尺的距離內，就可以看出森林對風是有作用的，而在森林的下方150公尺的範圍內，也可以看出森林是起作用的。實際上，在同一種情況下，森林顯著影響風的範圍，等於樹高，而後一種情況下，森林顯著影響的範圍等於樹高的10倍。

根據季節與晝夜的不同，森林與田地田地連地的區，由於林內外汽溫的不同，常有時特殊的汽流。這種汽流只有在森林存在時也會發生。

森林對於減低風害的重大作用，在蘇聯斯大林改造自然計劃的實踐中所營造的廣大面積的護田林帶對於農業高產而穩定生產上，已經充分的表現出。我國現在也正在營造着大面積的森林，這對於改造自然和保證農業生產上，將有重大的意義。

問題討論：

1. 森林空氣對人類健康的醫藥作用上有怎樣的意義？
2. 風對的森林樹木的主要作用表現在那几方面。
3. 森林為什麼在防止禦風害上能有重大的作用。

三. 森林與土壤的相互作用：

根據道庫曾耶夫，考斯蒂切夫，威廉士的學說，土壤形成的各個因子，是由地殼表面表層在氣候，母岩，地形，植物，動物，地殼年齡等的作用下所形成的。在一定的氣候領域內，由於岩石，地勢動植物的種類以及土壤年齡的不同，土壤的物理，化學及微生物的特性也不相同；因此各種土壤對於森林群落的作用也是多種多樣的。

同樣的，由於森林的存在，顯著地區在影響着土壤的形成，發育，和它的性質。

因此，林學必須了解土壤與森林相互作用的規律，才能夠合理地控制着森林的更新與撫育的方式，才能夠提高森林對自然界不良影響的抵抗力。

一. 森林在形成土壤中的作用

在土壤形成的因子中，威廉士院士認為植物是有決定性的意義的，他指出綠色植物像喬木，灌木，草類，蕨類，苔類，都是有機物的來源，枯死的根株落葉等也就成為土壤的組成部分。非綠色植物，像真菌類，細菌等都是可以分佈分解有機物為腐植質，構成了土壤重要的部分。

不同的植物社群，決定着不同的土壤類型。因此，植物社群或土壤類型，都是土壤形成過程中許多的環節的環，或是許多階段中的一些階段，而這些環節或階段，又都是隨時間和空間在不停滯的轉化着。

威廉士將植物社群及土壤形成的時期分為四種，而森林的存存以及與森林相適應的森林及壤土，就是其中的一環，威廉士說：在木本植物社群的林冠下，進行着改良母岩，時性的作用，此種作用，就叫做死壤在壤化作用，這一作用，應該看作是土壤統一形成作用的一個時期。

杜庫卡耶夫主張，土壤的定義為「史自然物」，威廉士補充了這一定義，認為：土壤為一種勞動的對象及生產手段，人類可以按照自己的意志加以根本改變。這一定義，不但是農學，而是對林學都同等重要。

當正確的影響土壤時，就可以提高土壤的肥沃性，可以增加農作物及森林產物的狀況。

草田輪作制，便是按照人類的利益對土壤的性質進行改變的具體措施。

二. 森林中的落葉層和腐植質：

(1. 森林中的死地被物：

森林中堆積的枯枝，落葉，死的種子，枝皮，倒木，枯草根株，以及森林動植物的屍體在土壤表面，這一層有機體，均稱為森林中的死地被物或死葉蓋層。這一層死地被物，對土壤的構造，腐植質和礦物質的聚積，土壤化學物理的性質，以及土壤中微生物的活動，都具有重要的意義。

森林中死地物的聚積，由兩個因子來決定，即：

- 1) 森林的特性：組成，外形，年齡，密度，林況。
- 2) 環境的特性：溫度，濕度，空氣，日光等。

就 H. C. 昂斯切洛夫教授及 T. P 贊里，根據教授經 29 年的觀測

在空氣的乾燥的情況下，40—68年的松林平均每公頃為3560公斤；85—113年的松樺混交林平均每公頃為4100公斤，而45—68年的云杉林，平均每公頃為6200公斤。這說明森林落葉量因樹種而異。愈耐陰的葉子生長愈密的樹種，則落葉愈多。

不同樹種落葉的性質——化學成分——也是不一致的。

森林死地被物分解的速度，因森林樹種，密度，年齡，環境條件，而不同。其分解後所造成腐植質的酸性反應，也因樹種而不同。

2. 森林腐植質土：

森林中死地被物，微生物分解與無機物相結合的綜合物稱曰腐植土或腐植質。就它的性質可以分柔軟的或中性的腐植質和粗之的或酸性的腐植質。

柔軟的或中性腐植質是充分分解的樹木殘骸的綜合物，含有大量細菌，軟體動物及菌，呈中性或弱酸性反應，含有非豐富的營養物。同下層土壤的界限不明顯。每公頃中含軟體動物可達1—5百萬，1公分重的土壤中，可含細菌50萬。PH直為6.0—6.5 PH範圍為4.5—6.5。

粗糙的或酸性的腐植質是分解不良的林木殘骸，帶有未分解的枝葉部的充滿着菌絲的綜合物。軟體動物含量少，每公頃中含10—20萬，每一公分重的土壤中，細菌有130萬，營養物的含量少，酸度 $PH=4.0$ ，普通是3.0—3.5有時還有達2.5。

影響形成柔腐植質或粗腐植質的因素，在於樹木種類，土壤性質，氣候條件和樹種混交的狀態。

3. 落葉（死地被物）和腐植質土在林業上的重要意義。

落葉層和腐植質土在林業中的作用，是多方面的。它主要的作用可歸納為以下三點：

(1) 落葉層是腐植質的來源，而腐植質是土壤中的天然肥料的來源，它把森林吸收的營養還給土壤，使土壤成為團粒結構，改善土壤水分，空氣的溫度的條件，增加微生物動物的數量與活動。因此，死地被物及腐植質嚴重地影響着森林的生活。

(2) 落葉層和腐植質直接地影響到森林的更新、因為

森林生態學教學提綱

— 15 —

種子就在這樣的环境中發芽，生根長成幼苗和發育成幼樹。不同的腐植質類型對於種子發芽幼苗形成的影響是不同的。

3) 由於落葉層和腐植質改變土壤的化學及物理性質，塩分，溫度，通流及溫度的情況，所形成腐植質的種類——軟腐植質，粗腐植質或中間的過渡形成的腐植質——也不同，因而森林的生長和發育也都在改變着。

4. 落葉層和腐植質的調濟：

落葉層和腐植質性質不同，對森林的土壤肥力，理化性質，更新好壞，生長發育的優劣都有影響，林學家必須從根據需要採用以下的辦法，去調濟森林落葉層森林腐植質的聚積和分解作用。

(1) 採用多方辦法促使腐植質分解加速：

(2) 營造畜灌混交林。

3) 森林採伐時的採伐程度，須達到足以增強粗腐植質分解的程度。

(4) 確定立地方式時，則須考慮到因此而引起的，小區域氣候的及土壤的改變，森林成採愈烈，則粗腐植質分解愈快。

森林和母岩：

在同一氣候條件下，不同的土壤，則受不同母岩的影響，母岩含有一定的營養物質，也確定着土壤的機械性質；它通過了土壤性質的，顯明的影響着森林生物的特性，因此，許多地質學家常常根據森林的性質去判定地層的特徵。

蘇聯在查蘇爾地區的地質調查中，看到了該地區母岩的分佈和森林分佈有緊密的關係。地質學家 N. A. Ocookob 指出，在冰川時期河川沖積沙積土上，生長着松林。在下白堊及發生的石灰粘土及黏土上，則生長着椴，樺，楓，榆的混交林。

地質學家 H. K. Biloukui，在烏拉爾確定了岩石及其化學成份和森林的組成之間的關係。在含有 45% 鎂的橄欖石地區，分佈着單純的松林；在含有 1.5% 鋁，4% 鉀，4% 鐵的板岩上，生有云杉和冷杉時，在含有 22% 鋁，4% 鐵的飛白岩和閃綠岩相混雜的地岩中，則生長着西伯利亞紅松。

根据中, 山, 西蒙的材料, 在奥伯斯, 瑟特的森林中, 在下层为石灰岩的松散粘土上, 分布的为松树与白桦的混交林, 而在深色粘土上, 则为尖叶枫与槭树的混交林。

土壤的机械组成, 主要由母岩决定。这种性质决定对森林有很大的影响, 因为它决定着土壤的肥沃性和土壤中发生的化学的、物理的、生物的作用特性, 因此也决定林型。而对于森林的组成, 更新, 生长, 发育, 对不良影响的抵抗力, 果实的成熟性, 成熟及衰老死亡, 也有决定性的影响。像松林常适于沙质冲积土, 而像槭树及云杉林则常适于粘土及石灰粘土上。而在沙土与粘土的混合土上, 都适于形成松, 槭混交林或松槭, 云杉混交林。

根据布佐鲁克松林探察队的研究证明, 不同土壤的机械组成, 就决定了不同的林型。如干燥沙土的松林中的土壤土粒大, 而湿润沙土松林的土粒小。奥加列夫在列宁格勒州研究种松林土壤机械组成证明干燥的沙土松林向湿润沙土松林转变时, 泥沙粒与粘土粒也有某些增加。

土壤机械组成对木材的产量也有重大的影响, 在沙土中随着粘土微粒的增加, 森林的产量也要增加。

因此, 可以说: 森林是直接间接的依靠母岩来决定的。森林首先是依靠岩石的化学特性, 进而也依靠母岩的机械组成来决定的。

威廉士院士的各个肥沃因子(地上的地下的)同等重要学说, 对森林学家是非常重要的。地下因子像植物所需的腐物质养分及水分的多少就可以说明土壤的肥沃性。俄国在苏联的森林学家, 已采用了土壤肥沃度及水分, 而对森林进行了分区。

森林及其营养元素——氮的生态作用:

(一) 氮在森林植物生活中的作用。

氮是植物最重要的生活元素, 它是组成蛋白质必需的物质, 而蛋白质是生活最重要的体现体。在植物的早期茎叶含量最多, 在成熟以后, 在种子和果实中含量多。

根据伯梁尼什考夫关于农作物和森林消耗氮的材料加以比较, 可以了解氮在植物生活中的重要性了, 穀类作物每公顷收获食粮 1.5—2.0 吨, 则消耗氮素的为 40—60 公斤(每公顷)收获 2.5—3.0 吨, 则氮 80—100

公斤。而森林每公頃收穫木材 10-20 噸，則耗氮 40-60 公斤（每公斤）。

2. 氮的來源：

森林土壤中氮的來源由以下三種形式：

1. 雨水在大氣中很多氣體狀態的氮化合物隨着雨水降入土壤中，每年的數量，每公頃土地上約有 1 公斤。

2. 土壤微生物分解土壤中的有機質，植物殘體。在土壤條件良好的情況下，則每年在生長季節每公頃土地，由於硝化菌的作用，可以把 500 公斤的氮，可以變為植物可吸收的狀態，以被植物的需要。但在土壤過濕和通氣不良的情形下，則氮的飢荒。

3. 固定氮素細菌的活動，以及它們恢復殘餘物的分解，分出氮的外類，這類細菌主要的為固氮菌 (*Azotobacter. chroocum*)，根瘤菌 (*Bacterium, radicicola*)……在良好的生態情況下，豆科植物的殘根，連同根瘤，在一個植物生長期內，可給予每公頃土壤中 300 公頃的氮素。

第一項來源，不佔重位置，第 12) (13) 項是森林植物所需要主要的來源。

3. 氮和森林的相互作用：

森林土壤中氮的含量要依靠森林植物來決定，而森林植物又是土壤中含量多少的一種結果。所以林型不同，森林土壤的含氮量也互異。同樣的土壤含氮量的多少，也就決定着森林的組成，地位級，產量，和林型。

依森林樹木需要氮的狀態不同，可以為：需要銨鹽基（如 $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 ……等）的即最適合於吸收銨態氮的樹種，和需要硝酸鹽基（如 KNO_3 , $NaNO_3$ ……）的，即最適合於吸收硝酸態氮的樹種，主要的針葉樹類，都是屬於前者，闊葉樹類，則於後者。但也有例外。

4. 對於森林土壤中氮的調節。

有機質分解，供給森林所需要的氮，通常為地位級的林地，氮的含量高（可達 5%），而低地位級中，則低（僅達 2%）。而森林土壤中適合於銨化（硝化）的環境的好壞，依森林的組成外形，鬱閉度，年齡。

地位級跡型而不同。

為了增加森林的產量，調節森林土壤中氮的含量，和使老成樹木可利用的形式，成為林學家重要的任務。

特卡泰柯教授指出，調節森林土壤中氮素的總量，以下列各式方法為最有效。

1. 改善森林採伐的方式。
2. 翻耕土壤。
3. 清理森林採伐跡地。
4. 以富有硝化細菌的土壤，來進行土壤接種。
5. 施石灰。
6. 沿澤地進行排水。
7. 調整集材方式。
8. 調換收地。

利用上述方法，可以調節森林土壤中的氨化（硝化）及森林的營養作用，因此也可調節森林更新，成生，發育壽命和衰老。但在增強氨化作用的時候，不僅森林生長改善，而新草地也會發育增強，所以要注意防止新草的為害。

森林与土壤中的灰分物質。

1. 森林樹木的主要灰分物質和它們的生態作用：

(1) 主要的灰分的組成——森林植物的營養，包含吸收土壤中的氮素化合物以及吸收灰分元素的化合物，主要的有鈣，鉀，磷，鈣，硫，硼。等灰分物質相對生長上所必要的其他元素，可多至五十至 種。

(2) 鈣的生態作用——在植物老熟部分的含量比幼嫩部分多。在原生質中的作用不及鉀大。它在植物中的作用為酸的中和劑。它沉積在細胞壁上，可以增強其機械任何作用，當其他元素，鉀，鎂，鈉過多而產生有害作用時，鈣的存在，可以解除它們對植物的危害。在膠体的原生質中，鈣可以使原生質不致凝結。

根據森林植物對於鈣的關係，可以分為：

喜鈣植物 (Kalbu e p u b l) 西伯利亞落葉松，

水青桐，白欖松，白頭翁，紫苑等。

嫌鈣植物 (Кальцефобы) 如栗樹 (Castanea vesca), 茶, 杜鵑花等。

(3) 鉀和磷的生態作用 —— 鉀大量存在於植物的原生質內，在這裡它佔到灰分極量的 30-70%，在樹木的木質部及皮質內鉀的含量也很多，它在原生質內的效用是多方面的，缺乏鉀，則樹木生長將現出生長不良。

磷是植物體中最重要元素。磷在土壤中只有呈磷酸鹽的狀態才被吸收，它為各種蛋白質中的組成成分，特別是細胞核中的蛋白質的組成成分，種子中的含量較多。

4. 鎂，鐵，硫等在植物的原生質中都有重要的作用。

總之，鈣，鉀，鐵，鎂等金屬元素，都是成各種酸的陽離子狀態時才能為植物所吸收，而硫和磷是金屬元素，只有它們呈硫酸磷酸狀態的酸的陰離子狀態時，始能為植物所利用。

2. 森林樹木灰分物質的含量：

樹木含灰分的產量，首先是因器官而不同，就是同一種，同樣器官，也同環境在大不同。就許多科學家研究材料灰分的含量，葉中最多，皮次之，枝較少，而幹材最少，因此可知細胞含量百分數愈大，則灰分含量愈多，亦即植物株愈幼嫩，則灰分含量愈多。在葉子內含量為 2-20%，而木材中則只有 0.3-0.5%，因此須注意，當採伐森林時，自森林中取去的只是木材，而樹木枝葉，則完全留在森林中，再去肥沃土壤。同時須注意，自森林中移去木材，一百年內，只 1-2 次，所以森林比較農作物消耗地力要少些。

樹種不同，它們體內所含的灰分也不同，根據 B. T. 蕭斯切洛夫的材料，松樹是含灰分少的樹種（針葉中的灰分含量為 2-2.5%）其次係由少到多的喬灌木次序如下：紫穗槐 5-6%，Coboncastr, Malus, Lonicera, Kasa, 山楂 8-9%，珍珠梅，錦雞兒 10-12%，接骨木 15-20%，以上是中等肥沃的砂質土來說的，在其他環境下，葉子及死地殘物可以提高或降低 1-2%。

按 (表 D) 碩格采夫 (1930) 的材料，松樹，水青桐，每年每公頃從地上吸取及消耗的營養物如下：

(1) 松樹:

每年從土壤中吸取量	N—45 (公斤)	P—5	K—7	Ca—29
每年由枯枝落葉返回的	40	4	5	19
消耗木材生長上的	10	1	2	10

(2) 水青桐:

每年從土中吸取的 (公斤)	N—50	P—13	K—15	Ca—96
每年由枯枝落葉返回的	40	10	10	82
消耗在木材生長上的	10	3	5	14

(3) 每年回到落葉層中的 %

松樹	N—78	P—77	K—55	Ca—65
水青桐	—80	77	67	85

灰分植物質的消耗量，不僅是植物需要量的結果，也是這些物質在土壤中存在多少的結果。

3. 草本植物及森林對灰分物質間的關係：

植物不同，每年從土壤中吸取的灰分不同，它們對土壤灰分物質間的關係，有以下几点特徵：

(1) 森林所吸收物質基本上與草本同。不過不同樹種所主要吸收的物質不同。

(2) 森林每年消耗的灰分物質，要比草本植物少 $\frac{1}{2}$ 到 $\frac{4}{5}$ 。

(3) 森林吸收灰分最烈時期，有時與草本植物的時期不同。

(4) 森林所吸收的灰分物質，主要不是貯蓄在木材中，而是在枝葉中，這些枝葉在伐採時，大部留在森林中。腐爛後，又再豐富土壤的灰分。

另外森林樹種對灰分的需要量，和它對於土壤肥力的要求不相一致。例如洋槐對灰分的需要量很大，而對土壤肥力的要求又很小。其所以如此，係由於各樹種許多生長性的及解剖的性質上有所不同，也是由於根系的大小不同所致。根系較大的樹種，在瘠薄的土地上，也可以滿足灰分的要求。

由於森林對灰分物質的要求量少，在不適於農作物地帶，可以種植森林。為着林業的利益，森林學者應該會用樹種混交，扶育，主伐，清理林場，來調節森林中的灰分的總量存在形式。同時也可以改變土壤的其他性質。

可以按照威廉士土壤肥力學說所新告的，森林土壤植物的肥沃性，是可以採採方法及其他方法，加以無限地提高，因此，同時也可以無限制的提高我們的林業生產力。

土壤和森林樹木的根系：

1. 森林樹木根系的類型：

森林樹木根系的類型，和地上部分相同，顯著地受着土壤性質的影響即隨着土壤條件而變化很大，所以不同樹種的根系也不相同，就是同一樹種，因生長環境、條件的變異也不相同。總的來說，大多數樹木的根系是具有很大的可塑性的。

通常依森林根系的性質發育的形態和入地的深度，可分為：

(1) 主根系樹種——完全屬深根性，幼年苗木的主根，很快地伸入土壤的深層，然後地上部分發展。如油松，椴樹，白榆，胡桃，中槐，柿樹等。

(2) 側根系樹種——屬淺根性樹種，主根不發展側根發達，在降水量多的地區，沼澤地或土層淺的地區。如云杉，冷杉。

(3) 單本側根系樹種——單的或根少數的側根極發達，沿地平面發展，在較濕潤地區，屬淺根系的一種，如山楊，白樺。

(4) 主側根都發達的樹種——在土壤深厚地帶水分，也不太少，肥沃力較的地區，如側柏，青楊，柳樹……。

的鬚根系——一般為淺根，在濕潤而溫暖地區，如棕櫚，蘇鐵等。

一般，按把樹木的根系分為深根，淺根和中庸性三類，但是由於環境、條件的變異，根系狀態是變化多端的。

2. 影響森林樹木根系的主要因素：

影響森林樹木根系的因素很多，主要的為土壤的肥沃性，深度，孔隙度，溫度與水分，像松樹在深厚的沙土和輕粘土可以形成很強狀的直根，深可達6公尺，而沼澤的泥炭土上則完全是淺根性的根系。在採伐過的松林地帶，其老樹木根系腐朽的通路，對於新生松林的根系的分佈有着重大的作用。幼根沿着這些通路生長，並深入地下，這樣不僅可以增大對於風害的抵抗力，同時可以戰勝金龜子的危害（B. C 果羅夫尼泰）。

在乾燥氣候和砂子土壤上生長的原木的樹，不僅具有地表根系的而具主

根也很發達，如樺木的地上部，不達8—9m，而根深可達11m。

雲杉通常都是淺根性樹種，易受風倒，這常常是因為它生長在淺而堅韌，地下水位很高的土壤中，在這種土壤上，150—250年生的側根可達數十公分，而向下伸長僅25—50cm。但在更替的過程中，如果雲杉是闊葉樹林之後生長，並能使自己的根沿着已在闊葉樹的根的通路發達，這樣雲杉的根也可以深入地下，成為抗風性強的樹種。如果在排水良好的深厚的沙質土壤上，雲杉除在地表上有根分佈外，還有深入地下的根，這些根是由初生根分出來的。另外在山坡地帶，雲杉根系也可以深入地下；並相互聯合生長的能力，這樣，它的抗風能力也可達大之加強。

另外在寒冷地區永久凍層地帶，所有樹種，落叶松，松，樺等，它們的根系，不能深入下部，同時由於溫度的影響，根系常向平發展，且常發育不良。在我國大興安嶺一帶，也有永久凍層，如在有石叻附近，在15—25公尺左右。其最淺的之在地面下40公分左右。對樹木根系的生長很受影響。通常在肥沃的土壤中，根系相對的較短，但鬚根很多，在貧瘠地上，根系比較長，但數目則減少。

在森林經營上，利用排水，混交，間伐，……以促進林木的生長和增大它們抗風的力量，為林學家重要的任務。

森林改良土壤的偉大作用：

森林土壤的性質，顯著的影響着森林的性質生長和發育，同樣的由於森林的存在，影響着氣候的變化，也影響着土壤的性質。因此，在一定氣候條件下生長着的森林是不同土壤的影響的反映，而不同的森林土壤，又是森林作用的結果。所以我們可以說森林有機體和土壤的統一體。

森林既然對土壤有很大的作用——防止風力，增加降水，調節溫度，減少沖刷，增加水分滲入土壤的數量。那麼利用森林，改良自然環境以保障農業，的生產和工業的安全，就成為森林學家的一項重要任務。

問題討論：

1. 從土壤形成的過程中，說明森林在土壤形成中的意義。
2. 森林落叶層和腐植質對森林的更新有什麼作用？
3. 為什麼森林比農作物耗費地力要小一些？

4. 森林經營中採用何種措施，以改善和提高土壤的肥力，增加森林的生產？

5. 森林在改良土壤中的偉大作用是什麼？

第四章 森林與動物

動物是森林有機體的組成部分，動物和森林相互的作用着。現在簡單地把動物中和森林關係密切的分為以下各類，分別敘述：

一. 森林與原生動物 (Protozoa)

低等的單細胞動物，通常稱原生動物，這種動物，種類繁多，大部分都生活在污穢的及生滿着草本的沼澤及土壤中。正確點說是生活在土壤之間極薄的永膜裡。現在的森林學家，特別是蘇聯的先進科學工作者，都給予很大的注意。

分佈廣而對森林起大作用的原生動物中，有土壤的鞭毛蟲類，阿米巴，纖毛蟲類與根足類。前三種生活在肥沃的森林土壤中，它們以充滿着在森林土壤中的各種細菌為食。第四種是分佈在貧瘠的泥炭土裡，在這裡細菌少但真菌多。原生動物主要分佈在10—30cm深的土層中，沙土壤中，可有38,000—60,000個，通常，大多數原生動物都主要以土壤細菌（包括固氮菌）為養料的。因此，原生動物在土壤中的消長就影響着土壤內細菌的數量與土壤固氮的積聚。

土壤中的原生動物，雖能分解出有機物，氮化物與氫物，屍體也可以分解出這些物質，以增加土壤的肥力，但因牠大量的消滅固氮細菌，硝化細菌，所以對土壤有害的。

另外許多原生動物是人類及動物——鳥獸魚——的疾病的傳播者。像引起人類的瘧疾原生蟲，引起鳥類的瘧原蟲。

為了林業利益和人類的健康，林學家，研究與調節森林和原生动物的相互關係是非常重要的。

二. 森林和節肢動物：

節肢動物通常分為條蟲，昆蟲，環節與輪蟲動物四個亞門。前二種在森林中分佈很少，但某些昆蟲動物在森林地裡物中自由生活攪拌地裡物並加

速分解。而輪虫常見於淡水池塘中。

在森林中作用最大的是環節動物中的蚯蚓，它對土壤的有利影響，在達爾文植物層的形成（1837年）和依靠蚯蚓的活動的植物層的形成，和對於蚯蚓的生活方式的觀察（1881年）中業已有比過去比較詳細的說明。

由於蚯蚓的活動一部分有機物的殘餘（動植物）被弄碎，從地面上帶進植物根分佈層中，經由蚯蚓體腔的有機質磨成細粒，和土壤的粘，排出體外，富於石灰及氮和磷的鹽類，改善土壤的理化性質。此外由於蚯蚓的在土壤中的活動，改善了土壤的通氣性，土壤的水分的吸收和保存，溫度較穩定。這樣便使植物根系生長發育的條件大大改善了。所以林地中的蚯蚓愈多，則土壤愈肥沃。

在肥沃的園地裡，每公頃有一千三百万蚯蚓，在肥沃的橡林的土壤中，每公頃有五万到七万。而在貧瘠的松林中，每公頃為五十万。

環節動物按其數量來說，佔土壤中動物總數（非脊椎動物）60-80%。

據達爾文的統計，在一公頃土地表面，每年由蚯蚓消化排泄排出的土壤，平均達15噸。據蘇聯土壤學家H. A. 恩寧的觀察，每年為10-20噸，而B. 下爾斯切洛夫的材料為25-40噸，因此蚯蚓對於土壤的改良作用是非常顯著的。

森林學家應該注意合理地利用森林經營的方法，以增強蚯蚓的繁殖，提高森林的生產力。

三. 森林與軟體動物。

軟體動物對於森林生活的注意很小。這些動物的食物一部分是幼嫩的苗木或花果，在氣候濕潤的森林內也有一些危害。

四. 森林與節足動物：

節足動物分為甲殼綱，蜘蛛綱，足綱是昆蟲綱等四類。這四類動物，都直接間接對森林起作用，但是最重要的要算是昆蟲綱的小動物了。

寄居在森林內的蜘蛛綱的蜘蛛，大多數都能經常消滅有害的森林昆蟲。森林土壤中，也生活着許多的多足蟲類，不僅對於土壤的物理性質有一定的作用，而且可以捕食一部分昆蟲減少森林的災害，據統計每公頃中多足的數目可達200萬到300萬個以上。

昆虫綱中的昆虫數量最多，有對森林有害的，也有益的。

森林昆虫為害森林的形式可分二類：即主要的和次要的。主要的是侵害完全健康的樹木；而次要的則棲息在不健康的樹木上或伐倒的木材中。

我國森林害虫最嚴重的有松毛虫，竹蝗，金龜子……等，松毛虫，為尾松，落葉松，赤松，黑松，油松，紅松，雲南松，華山松等主要松類。據中央林業部的統計，1952年，有12省遭受不同程度的松毛虫害；1953年有18省份受害。被害的松樹，或先枯死。在我國廣竹的地區竹蝗為害很嚴重，據1953年統計，全國有湖南，四川，江西，福建，廣東，湖北等7省45個縣發生虫害。

此種柳杉毛虫，竹毛虫，為華山松的小甲虫（四川）為害也很嚴重。各地苗圃中的切根虫（金龜子幼虫及蟻蛄等）蛻虫等使幼苗生長被害很大。

林間的立木，受失害重，凍害或倒後，多數的昆虫常之侵入樹皮下部，每株立木上，常能生數千或數萬個。（小甲虫最多）在伐倒木木運出森林外的紅松，或其他樹木經2—3月內其皮下常能寄生許多的昆虫（天牛幼虫）。

森林中寄居着的寄生蜂類，對於森林害虫的清除，是有着積極的作用。這類昆虫，能在害虫的体内（害虫的卵，虫，蛹，成虫）而後就在那裡發育，成長，並在一定階段內除掉它們。此外食虫的益虫中，以大步引虫科，肉魔虫科，郭公虫科，出尾虫科，蚊蛉目，瓢虫科……等都能消滅害虫。蟻科的嗎蟻對百萬到千萬的害虫，此外嗎蟻還能將地下的土壤搬運地表，據統計一個夏季嗎蟻可以搜集了萬到3萬粒以上的植物種子，它們把種子失落在路途上，因而促進了植物（包括林木種子）的遷徙。根據森林的利益，最好每公頃的森林內，能有一穴嗎蟻。但數量過多時則有害。

有許多的森林植物，都靠昆虫作傳粉的媒介，昆明頭的像山丁子，杏子，山梨，蘋果子——都賴蜂類傳粉，這又幫助了森林植物的繁殖。據研究記載，若干種森林植物的分佈地區（如鳥頭屬）只限在使它們受粉，的昆虫分佈地區。

昆虫對森林生活的作用很大，根據林業的利益，調節森林植物與昆虫間互的作用是林學家應有的責任。

五、森林與岩礁動物。

脊椎動物中與森林有關的有兩棲類，爬蟲類，禽類和哺乳類，現在把它們分別敘述如下：

1. 兩棲類和爬蟲類。

在森林內的兩棲類動物有蛙類，蟾蜍等這類動物，都是以成年昆蟲和它們的幼蟲，蟬為食料的。因此它們對森林來說，都是有益的。

我國森林中爬蟲類，在北方或高寒山區的森林中為數不多，而在暖帶及熱帶的森林，如蜥蜴，蛇……等為數正多，特別是蛇類，種類大多，它們賴甲蟲，鼠類鳥類為食，一般來說，對森林是有益的。但毒蛇往往對人類的為害，須引起注意。

2. 森林與鳥類：

在森林的生活中，鳥類起着重大的作用。

中國土地遼闊，氣候複雜，鳥類的種類非常繁多。居住在森林中的鳥類，大多數都吸食森林中有害的昆蟲，對森林的生長發育是特別有利的。而是另一部分鳥類，則對森林往往有很大的損害，但是鳥類對森林有利的影響往往是超過它有害的影響。

森林樹木的種子，特別是漿果類和具有肉質的果實的種子，像李屬 (*Prunus*) *Malus*, *Kibes*, *Rubus*, *Crataegus*, *Morus*, ……等，常藉鳥類散佈種子。而高山及較寒地區的針葉樹類，鳥類常能幫助它們的分佈，據蘇聯學者在卡查赫斯的觀察山鳥的分佈地區，和生長着松林的地區相符，它們相互的影響着。

森林中大量的害蟲，都是鳥類食物的來源，所以每年因鳥類而消滅的，害蟲為量極大。像林中的啄木鳥，山雀，百舌鳥，雀類，戴勝鳥……在飼育幼鳥時期，能撲食大量的有害的昆蟲。但也能吸食大量的針葉樹的種子，據蘇聯學者的研究（在佛佐羅克松林）一隻大雜班色啄木鳥，在一年內能吃掉一公斤的松子，等於一公頃松林一年種子的產量。

東北林區中的藍大鵝每年啄食紅松種子的數量也極大。有一部分鳥類在冬雪之後，依林木的嫩芽生活，林木遭受很大的危害。另外鳥類，駝雀，蒼雀等，常獵取林間小鼠與大量昆蟲，據觀察一隻蒼雀，每日能捕取 8—10 隻林鼠與小田鼠，蒼雀每天能捕取 2—3 隻。林鳥灰鳥等每天可捕取 3—4 隻。

林間的鷹類如大鷹，兀鷹，蒼鷹等捕食林中的益鳥；對森林起着有害的影響。

調節森林與鳥類的相互作用，是可以提高森林的價值並改善森林的生長發育的。中國在這方面的研究很少，林學家必須深入地研究森林鳥類的的生活，以擴大鳥類對森林的有利影響。

3. 森林與哺乳動物：

哺乳類動物，廣泛地在森林中生活着，它們對森林的經營上，有着重大的意義。中國在這方面的調查研究材料還很缺，就蘇聯學者的研究，對森林有關係的，有以下五類：翼手目，食虫，齧齒目，食肉目與有蹄目。

蝙蝠類（翼手目）的品種是很多的，晝伏夜出，捕食大量的甲虫，蝶類蚊等昆虫，這類動物是屬於有益的動物。

食虫獸中對森林有關係的動物有掘土鼠，刺猬與鼯鼠，它們都捕食昆虫，這方面對森林是有益的。刺猬還能吃小田鼠，蛇類。但鼯鼠往往捕食大量的蚯蚓，在幼年林內，往往破壞幼苗，而在成年林中，它可以改善土壤的結構，使土壤疏鬆，而且它的毛皮也很有價值。

齧齒類在森林動物中佔重要的部分。雖然它能搬運一部分種子到各地，有使森林木種子擴大分佈的可能，但它所搬的種子几乎全部吃掉，所以對林木的為害，是相當嚴重的。這類動物在森林中以林鼠，小田鼠，灰鼠，黃鼠等特多。根據蘇聯學者的調查，在蘇拉伐林區，一公頃面積的橡樹林內，有棕黃小田鼠320隻，黃頭鼠53隻，林鼠24隻，共計400隻，一般鼠在1日（24小時）內可毀滅大量的種子。絕大多數樹木的種子，都遭受鼠害，較小的種子，則被毀的數量最嚴重。鼠類的種類不同對各樹種危害的程度也不同。

據統計，棲息在一公頃上的林鼠，小田鼠，在冬季能消滅橡實500公斤。這等於橡實的全部收穫量，此外還齧去幼樹的根株與樹皮。

東北林區內松鼠（灰鼠，黃鼠）小田鼠等對紅松種子為害極大，在林區內天然更新和人工播種造林，成了一定程度上的困難，西北地區採用華山松播種造林，有全部被鼠啃食的。橡樹，胡桃，油松等荒山播種造林，也常受其害很大。

與森林內鼠類作鬥爭，是林學家一項重要的任務。因此適當地幫助林內

獵取鼠類，為鳥獸的繁殖，是完全必要的。但松鼠在狩獵方面的意義很大，林區內松鼠的數量，須適當的注意。

兔類對森林的幼苗為害頗大，但牠的皮毛價值頗。在不危害森林健壯的生長發育條件下，可以保持適量的兔類的存在。

食肉獸中對森林有關係的動物有獾，狐，貂類，黃鼠狼，小鼬與狼等。

獾，狐，貂，黃鼠，狼等都能吃掉大量的森林害虫的幼虫（如金龜子），而且還以林鼠，小田鼠及其他有害森林的動物為食料，所以對於森林是有利的。但狐，貂，黃鼠，狼等都是捕食林鼠，小田鼠外，還捕食一部分，鳥益獸，但總的來說，還是利多害少。

狼是兇猛的肉食類，它捕食林中的有蹄類如鹿，野羊等，而有蹄類中的雙蹄類，如鹿羊等，和另一部分肉食類如獾，熊，豹，虎等，對森林的作用不大，但在狩獵上的價值是很值得重視的。

野猪對森林的作用，利害兼備，對農業的害處很大。

在森林內放牧家畜，對森林的影響不一致。因森林種類，發育階段，家畜種類，立地情況而互異。

從以上的敘述可以了解，森林中脊椎動物和森林的存在關係是複雜的，多樣的。如何深入的了解它們之間的關係，正確的提高森林對我們的利益，是林學家重要的任務。

六，森林和動物的繁縟關係：

森林中魚脊椎動物和脊椎動物，具有重大的生態作用，從以上各部分的說明，便可以了解，它們和森林的關係是多樣的密切的。森林內動物的種類數量，作用的大小，和森林的種類，氣候土壤的條件，都完全分不開的。

根據在德國，奧國和瑞士水青桐林內的統計，在林內生活着的動物的種類非常繁多，它們包括了。

- 哺乳類 ----- 27 種，鳥類 ----- 90 種。
- 爬蟲類 ----- 5 種，兩棲類 ----- 7 種
- 軟體動物 ----- 10 種，蜘蛛 ----- 360 種
- 多足虫 ----- 60 種，昆蟲 ----- 52 種。
- 甲殼虫 ----- 26 種；軟虫類 ----- 380 種。

以上總計動物共 6415 種以上。這些動物都直接間接地和森林相互的作用着，我們可以這樣說：有許多動物，是依賴着森林生活着，沒有森林牠們的數量將大大減少，或完全無法生存。森林植物的繁殖發育和成長的好壞，也緊地依賴着動物的作用，有害的動物，限制了森林的繁育；甚至造成了森林的大量死亡，但有許多地區，也往往由於有或某些動物數量的不足而使森林繁育成長不良。所以說森林有機體相互作用的統一體。

如何調節森林動物對森林有益的影響，以提高林業的利益，是林學家重大的任務。

問題討論：

- 一。為什麼說森林是森林有機體和動物統一體？
- 二。林學家要怎樣去調節森林動物對森林的有益影響？

森林內的活地被物

一。活地被物的一般概念：

在森林內密被在地面上的生活着的苔類，地衣，草本植物及半灌木植物，均叫做活地被物。活地被物是森林組成的一部分，同時也是喬木植物的環境

森林內的活地被物是森林環境條件的指標；所以也是森林本身的特性的指標，即森林組成，產量品質，壽命和抵抗力的指標。因此活地被物在林業的生產上，有着重要的意義。活地被物也可以決定土壤及小氣候的特性，因而它們對於森林的更新，森林的發育和樹種的更替上都有着很大的作用。

森林的類型不同，活地被物是不相同的，就是同一樹種所組成的森林，由於土壤水份條件的不同，日光量的變異，土壤肥程度的不一致，森林中活地被物的種類和數量，往往是不一致的。林學家必須善於調節和判別活地被物的狀況，作為經營，管理和提高森林產量的指標。

調查森林中活地被物的特性，首先須能夠認別主要的下等植物的種類，和許多主要的草本植物的種類，例如什麼是綠苔的地被物，什麼是長壽苔木蘚越橘，木本科植物的地被物等，然後根據主要植物的種類，以確定地被物的類型。活地被物調查研究的方法，將在森林生態學的研究的方法部分內討論。

二。活地被物是森林環境條件的指標：

“植物是植物有机体和环境的一个统一体。活地被物是植物的一部分，它们能够反映出所在地的环境条件的特性，或者说：活地被物是环境条件的一个镜子，那将会是恰当的。在某种森林中所生活的活地被物的种类，无疑像是在它所指出的，是生物对环境条件长期适应的结果，或者是这些生物在特定的环境条件下，经过长期的天然选择的结果。”

根据查文诺活地被物是许多环境因子的产物。根据康士的土壤统一形成学说，土壤主要是生物作用的产物，这种作用，包括对有机体的绿色植物和分解有机体的黑色植物。若土壤主要为植物的产物，那么植物就很明显的就是土壤的指標了。这种是以说明或能够表现出环境（主要是气候，土壤）条件特性的植物，叫做指標植物。

俄罗斯时代和苏联的优秀森林学家，像士尔斯基，莫洛佐夫，雅索斯基等都一直主张利用地面植物去指示森林和它的环境条件的特性。苏吉也夫，列果克，也都以地面植物作为划分林型或森林分区的条件标准。林业上用活地被物作为森林环境条件的指標，是非常有意义的，苏联在这方面的成就是很大的。专家的协助下，我们将逐步开展这种研究工作。

现在把苏联几种主要树种，松树，云杉，橡树——所形成的森林中的地被物类别，介绍一下作为我们的参考：

松林地被物——能在贫瘠的土上生长的地被物，是松林地地被物最大的特征。这些地被物有：地衣，绿苔，土马鬃属，*Molinia*，越橘，乌饭树，水藓，黑豆树，石南科 *Loxum*; *Oxycoccus*; 溲菜科 *Chrophorum*，等。由于活地被物对不同的环境条件下所形成的松林的反应不同，松林中的活地被物可以分为六个类型：

即：干旱沙土的指示植物；轻盐碱土上的指示植物；潮湿的砂土的指示植物；沼泽泥炭土上的指示植物；潮湿的河岸上指示植物；肥沃的松林土指示植物。

云杉林地被物——云杉能生长在肥沃的粘土或性土上，和松树生长的植物，也和云杉在一起生长。但苔草对土性要求严格，如植物参加时，则发育的较好。如紫草科的 *Pulmonaria*，溲菜科的 *Carex*，毛茛科的 *Galium*，羊蒿植物 *Pteridium*，酢浆草属 *Oxalis*，由于云杉林分佈地区环境条件的

不同，它的地被物可以分以下的五個類型，輕粘土及砂質灰壤土上的指示植物，潮濕灰壤的指示植物，沼澤草泥土指示植物；極潮濕草原地，河灘上的指示植物，最肥沃的粘質，土壤指示植物。

橡樹林地被物——橡樹林多分布在比較肥沃的地區，地被物也可分為五個類型：乾燥土壤指示植物；比碱土指示植物；輕黏粘土指示植物；潮濕肥沃指示植物，河灘橡林指示植物。

總之，森林的類型不同，地被的類型也不相同，而同種的森林，由於其環境條件的變異，地被物的類型也不一致，所以各種環境條件下的該地被物，是某一特定環境條件下的優異的指示物。它之所以重要，就是必能顯示出土地的生產力。所以了解森林地面植物的自然性，就容易了解環境條件進而也就容易了解森林的特性。

三、活地被物與立木特性間的依存性：

森林中活地被物不僅是森林環境條件的反映，同時是立木特性的反映，活地被物不僅是主要樹種的指標，同時也是林地的地位級及鬱閉度的指標。在鬱閉度大的林內，活地被物幾乎是不存在的，這裡大部分地面上，只有死地被物，而活地被物，則只有少數能夠生存，而且只能是喜陰的植物，隨着鬱閉度的減輕，則中等耐陰植物就會出現而且佔主要的地位。待至林木稀疏的地帶則喜光的活地被物就佔了優勢，而耐陰性大的植物，就很少存在了。像在大興安嶺的落叶松林，分佈在向陽山坡上，林內無地衣及苔蘚，偶有越橘 (*Vaccinium vitis-idaea*) 草本植物有大葉草 (*Calamagrostis pratensis*) 裂葉艾 (*Achimilia laciniata*) 鹿蹄草 (*Pyrola incarnata*) 等，而在背陰山坡的落叶松，密林中，地面僅有苔蘚地衣，發生。木本植物有杜鵑 (*Rhododendron dahurica*) 梓腳藤 (*Ledum palustre*) 散生林間，而越橘 (*Vaccinium vitis-idaea*) 則為量極多，此外還有散生的木本林奈草 (*Linnaea borealis*)。草本的種類較少，僅見有鹿蹄草 (*Pyrola incarnata*)，(*P. obtusata*) *Mitella nuda*，越橘及梓腳藤下，生長着很厚的苔蘚層，主要的有 *Homalium mouretass*，*Aulacomium Sianlinganssi*，*Pleurokium Schreberi* 等。這說明了環境條件不同，就是同一樹種所組成的

森林，活地被物的種類和數量都不相同的。

森林中的活地被物會因採伐的程度及倒木的多少，實發生的情況而發生變異。在上次情況發生之後，耐陰的苔蘚及一部分草類則將生長衰退，以至於不能生活，而喜光的柳葉菜（的柳菌 *Epilobium angustifolium*）懸鈉子草 *Rubus*，草本蕨類等將迅速發生。如任其發展，則這些植物，又將被禾本科植物所代替。

林地長期放牧，將使土地變硬，喜陰植物與喜光植物，將被禾本科植物所更替。

四. 活地被物對土壤及氣候的影響：

森林中的活地被物，不僅對某一地土壤的特性，小氣候有重大的影響，而對於森林的更新與發育也有很大的作用。

不同的森林環境條件下，生長着不同種類的活地被物，這些活地被物所產生的有機質，在分解之後，就產生着不同性質的土壤的性質，它直接的影響着土壤的生產力。

綠苔，越橘鳥飲樹等則能聚積大量的有機物，當這些有機物分解後，能維持土壤的肥，土壤呈酸性。而水蘚及伴生植物如苔屬，矽躑躅，黑桤樹等，就共同造成泥炭灰壤土，此種土壤酸性很重，生產力很低。

許多豆科的植物，則可以增加土壤中的氮，有利於樹木的生。

森林中的活地被物，可以決定小氣候的性質。在陽光直射的地區，可以給幼小苗不造成某種程度的遮陰，防止日灼和霜害。減低風速和蒸騰作用。活地被物又往往會造成林地上層土壤的乾燥，但由於地物有大量的蒸騰作用，又會使大氣的底層變成濕潤。

五. 活地被物在森林更新及發育中的作用

森林中活地被物對森林生活的作用，是隨着活地被物的種類分佈狀態而不相同的。有時有害，但有時也有利。

生長過多過厚的活地被物，往往會礙森林更新的順利進行。因為林木種子，常之落在地被物上，發芽之後，幼根很難迅速地伸入土中，一遇乾旱，則苗木即遭死亡。但有些種子降落到地被物的隙間，幼苗發生，可以得到適當的保護，便可以很好的長成幼苗。另一方面，活地被物又是樹木幼苗的

敵人，它又要與幼苗競爭水分，養分日光和溫度，還有可能某些活地被物根部分泌出有毒的物質，為害於喬木的幼苗，有時活地被物對幼苗也有機械的損害。

在新採伐跡地（特別是皆伐作業）或火災跡地的第一年，新生的柳苗，和一些蘭科植物，溲陽植物，均可以給新生的幼苗以適當陰蔽，使它們免受霜害，這種情形，對天然更新是有利的，但另一些木木科植物與苔蘚植物，能造成稠密深厚的一層地被物，變成了天然更新中喬木幼苗可怕的敵人。

在鬱閉的幼林或老齡林中，適當的某些屬活地被物的存在，如豆科植物，對森林的生長發育是有利的。

森林活地被物的組成及生長情況，可以決定森林火災發生的可能性。

許多草本植物像木木科植物，常為害森林的動物喜食及繁殖的場所。

許多活地被物中，居住着為害或有利於森林的昆蟲。而某些草類為有害於森林的真菌的中间寄生，如塵蹄草屬，矢脚躑躅屬，就為害云杉的真菌的起源地。而菊科的款冬屬，苔蘚屬，遠屬等則為害松樹真菌的中间寄生。在石竹科蚤綴屬，西番蓮科西番蓮屬，就生長着為害冷杉的真菌。關於這些材料，蘇聯的植物病理學者有着很詳細研究。

林學家應深入的了解森林內活地被物的性質，以便消除及減弱它們對森林有害的影響而擴大它們對森林有利的影響。

問題討論

一. 什麼叫做森林中的活地被物？為什麼說活地被物是森林環境條件和森林本身特性的指標？

二. 森林中活地被物對於森林的天然更新發育和成長有着怎樣的意義？