第12卷 第1期　　土 壤 学 报　　Vol. 12, No. 1
1964 年 3 月　　ACTA PEDOLOGICA SINICA　　March, 1964

关于西南高山地区冷杉林下土壤形成过程的若干資料*

(答熊叶奇同志)

張 万 儒
(中国林业科学研究院林业科学研究所)

熊叶奇同志在"灰化? 抑或潛育?"[1]一文中，断然肯定西南高山林区冷杉林下土壤是"山地灰化土"。

学术上的不同意見与爭論对科学研究的深入开展具有重大意义，我們很欢迎来自熊叶奇同志的意見，近几年来，我們逐漸累积了一些資料，有了新的認識，在此提出供有关专家們共同探討。我国西南高山地区，在自然景观上，不仅具有从亚热带到永久冰雪带的垂直分带，而且有显著的地区相性差异和山地复杂的自然地理条件所引起的局部变化，其間的关系极为复杂，特别是冷杉林下成土过程的一些理論問題，尙未得到較为透彻的論述。

无疑的，熊叶奇同志的文章对我們目前正在进行的冷杉林下土壤的研究是有很大裨益的，但我們仔細讀了之后，感到有下列几点不很恰当。

1.熊叶奇同志以大量篇幅来探討与主題无关的丛苔或丛樺沼泽土，苏打盐土、白浆土等，这些土壤与高寒地带由森林郁閉度大及大气相对湿度大，藓类及死地被物大量吸水而引起泥炭和潛育作用的森林土壤是毫不相干的，这样的比較不能說明問題。

2.熊叶奇同志文章的特点是首先給人假定了一个观点，然后再来批評这个观点；如水在潛育过程中起多大作用？森林泥炭潛育土是否是单因子作用的产物？这是現代土壤学中一般的常識，众所周知的；又如熊叶奇同志提到"假灰化沼泽土"，这一見解我們从未提出过，同时对这一概念也是不清楚的。

3.熊叶奇同志絕然否定了冷杉林下土壤中有潛育作用，主要想来肯定冷杉林下的土壤是"山地灰化土"，但文中論点及材料都很缺乏，在目前西南冷杉林区資料尙不充分，而自然条件又这样复杂的情况下，武断輕率地下結論，我們感到对解决問題无益。

解放以前西南高山林区在土壤科学上是一个空白点，較为可靠的資料几乎沒有。解放以后組織了几次規模較大的考察活动，其中都有土壤工作者参加。有些已提出了論文[2,3,4,6,7,8]，也有已經整理待印的論著[5]和許多尙在整理的資料。这些資料和論文对西南高山林区成土过程的进一步确定是极为有益的。但极大部分都是临时性的考察工作，动态研究都不够，为此，从1960年起我們和四川林业科学研究所在四川西部米亚罗地区冷杉林下設置了綜合定位試驗，包括植被、土壤、水文、气象等各个因子，在土壤方面特别对土壤的特性，各种过程的动态进行了綜合研究，旨在获得冷杉林下土壤肥力因子季节性变化的材料，以便制訂出有科学根据的森林經营措施，来促进林木生长和提高林木生长率。

下面就我們近几年积累起来的資料，从成土条件、成土过程、地理分布、土壤的形态特性等几方面提供了一些冷杉林下土壤发生学性質的資料和不成熟的看法，并談談其中存在的若干問題。因为工作在継續中，部分資料尙未系統整理，又限于作者的业务水平，一定会有很多錯誤和不当之处，这一切都要継續研究修改，更希各方指正。

一、西南高山地区冷杉林下的成土条件

西南冷杉林下土壤形成的复杂性，不仅由于乔木树种的主要作用，而且还由于伴生灌木、草本、藓类植被的参与，和截然分割的山区地形、地表径流与土內径流以及其他因素。因此，其土壤

* 本文經陈靜生(北京大学)、蔣有緒、黃雨霖(中国林业科学院)、刘醒华(四川林业所)等同志参与意見，特此志謝。

形成具有很多特点：藓类地被物大量吸水（最大持水量：活藓类約 1,700%，死地被物約 600 %）造成土壤終年湿度很大；部分土壤（阴坡杜鵑-冷杉林及藓类-冷杉林下的土壤）具有强度淋溶的特征及出現灰白色层次。其成土条件与典型的泰加林带灰化土比較起来是有其独特之点的。

1.西南冷杉林下成土过程的生物气候条件 这地区主要特征之一是，在高山条件下，亚热带的生物气候因素轉变成具有亚热带成分的完全独特的高山暖温带、温带、寒温带型的生物气候因素。

西南高山地区暗針叶林是北半球分布最高的暗針叶林区之一，是在低緯度而由高海拔造成的气候下形成的，这与因緯度差异而形成的寒温带暗針叶林是不尽相似的。西南高山地区冷杉的分布約在海拔 3,400—3,900 米左右，林內的气候特征[1]是降水量大大超过蒸发量（林內降水量約为 600 毫米，比同海拔林外少 25% 左右；林內蒸发量仅 180 毫米左右，比林外同海拔少 80% 左右）；干湿季节明显（雨季降水約占全年降水的 90%以上）；林內积雪不厚，約 30 厘米；林內全年大气相对湿度較大（80% 左右），常有云雾。林內气温年变幅不大，冬季不太冷，夏季不太热，土壤冻結不深，无永冻层存在（林內 1 月平均气温 —7.2℃——最高 0.7℃，最低 —12.0℃；7 月平均气温为 12.4℃——最高 18.5℃，最低 8.5℃。林內地面温度 1 月为 —5.5℃——絕对最高 16.5℃，絕对最低 —15.0℃；7 月为 7.3℃——絕对最高 50.0℃，絕对最低 3.0℃ 左右）。一般来說，苏联欧洲部分泰加林带[10]年降水量約 400—500毫米，降水也較集中在夏季（約占全年的 30—40%），干湿季节不及本区那么明显，大气中的相对湿度也沒有那么大，有雾的天气不多；气温冬季严寒，夏季温度与本区相近或稍高，年变幅較大（1 月平均温度 —5.0℃——20.0℃，7 月平均温度 16.0—18.0℃，絕对最低温度 —40.0至—50.0℃），冬季土壤冻結較深。由于上述气候条件的差别，我国西南高山冷杉林与苏联欧洲部分北方暗針叶林除了一般的基本特征相似外，无論在植物种类的丰富程度上或区系的特点上都有所不同，苏联欧洲部分的北方暗針叶林，由于冬天过于严寒和年降水量較少，就使很多暖湿生的植物种不能保存下来，而我国西南冷杉林內尙存有古老暖湿生植物区系的残余，如林下灌木层常有箭竹（*Sinarundinaria chungii*）和高大乔木状的杜鵑（*Rhododendron* spp.）等，另外在冷杉林內还可以經常見到自树稍上掛下来的大藤本（*Lonicera*），茎粗可达 10 厘米，这一現象也是苏联欧洲部分北方暗針叶林內的 *Clematis*、*vitis* 等纏繞細藤本植物所不能与之比拟的；另外，西南冷杉林下松蘿（*Usnea* spp.）与树生藓类等层外植物的发育也远比苏联欧洲部分北方泰加林显著。森林发生的历史也与北方暗針叶林不同。

这些独特的情况說明土壤的形成过程和特性不同于文献所載，但是这些独特情况在我們目前所划分的土类或分布規律中，还沒有反映出来，需待进一步研究。

2.西南冷杉林下的地形及成土母質 西南冷杉林区大部位于青藏高原东部的边緣部分，处于北緯 27—31° 左右的高山垂直分带上（海拔 3,400—3,900米，相对高度最少在 500 米以上，有高达 2,000 米的），坡度一般为陡坡和极陡坡，在地形上属于高山深谷区域，存在着显著的地区相性差异和由山地复杂的自然地理条件所引起的局部变化；在这里，必須强調指出，由山地地形引起的地表径流及沿坡的土內側流，对这些土壤的形成过程起着很重要的作用。在第三紀末期和第四紀初期普遍发生的巨大的地壳运动，把这一地区改变到現有的高度，对該地区的土壤形成和演进有着极大的影响，部分地区还明显地保留着带有古土壤形成特征的土壤。此外，在有些地方还可以看到比較明显的和普遍的与現代冰川有关联的幼年土的形成。冷杉林下的成土母質大部为片岩、砂岩、石灰岩、花崗岩等的坡积、残积物，但有些地方为古生代和二迭紀片岩及其它母岩的强度高岭化的风化壳，这些风化壳可能是在过去气候較热的条件下，即高原隆起前，保存下来的。

苏联欧洲部分北方暗針叶林下的灰化土所处地形一般都比較平坦，且大部与冰川和冰川边沿区相吻合，其母質大部为第四紀冰川沉积物。

二、西南高山地区冷杉林下的土壤形态及性态特征

为了便于說明問題，分两种情况叙述：

1.具有山地棕色森林土类外部特征的土壤 我們列举邛崃山脉东坡米亚罗冷杉林区进行定位

1）根据中国科学院和四川省林业科学研究所在該地的 1961—1962 年观測資料。

試驗的几块标准地（杜鵑-冷杉林，藓类-冷杉林，箭竹-冷杉林）的土壤来說明。这些土壤剖面的形态特征是全剖面显黃棕色或灰黃棕色，具有 A_0、A_T、A_1、B、BC、C 等发生层，层次間过渡不甚明显。腐殖質含量較高(5—10%)，盐基飽和度較大(70—85%)，pH_{H_2O} 6.0—7.0 左右，通过枯枝落叶层的排水采集器中的滲滤水的 pH 值也在 6.5 左右；小于 0.001 毫米粘粒的含量約 10—20%，在剖面中稍有移动；粘粒的硅鉄鋁率(1.7—2.0)、硅鋁率(2.2—2.7)、硅鉄率 (6.8—8.5) 在全剖面中变动极小，因此沒有 SiO_2 聚积和鉄鋁淋溶的現象。最近做的箭竹-冷杉林、杜鵑-冷杉林土壤粘粒（<0.001 毫米）的差热分析及伦琴射綫分析結果[1)]表明，除箭竹-冷杉林下 5—10 厘米土壤中仅为水化云母外，其它各层均以蛭石为主，其次为水化云母和高岭石；水化云母的含量随剖面向上有逐漸減少的趋势。这些情况都說明該土壤中进行着粘化作用。另外，在生长季节中这些土壤的水分在 100 厘米土层內經常保持在 30—90% 左右，土壤空气供应度小，因此在土体內形成較多量的亚鉄(25—75 毫克/100 克干土)，并因为表层藓类地被物及枯枝落叶层死地被物的大量吸水（枯枝落叶层死地被物在生长季节的水分含量約 150—300%）及土壤溫度不很高，所以在活苔藓下面都有数量較大的半分解的死地被物层(A_T)存在(60—70 吨/公頃烘干重)，說明这些土壤中除粘化作用外，还件有泥炭积累作用及潛育作用。这些土壤都是在 180 年左右的过熟冷杉林下形成的，从其所处的生物气候条件来看，土壤剖面发育得都比較完全与稳定，我們初步定名为泥炭質-潛育化暗棕色森林土，其占冷杉林下土壤的比率是不小的。

2.具有"灰白色"层的土壤 这些土壤主要分布在阴坡的杜鵑-冷杉林及藓类-冷杉林下，在冷杉林下土壤中占有一定的面积。其形态特征是具有明显的"灰白色"层，剖面构造有泥炭質层、灰白色层、銹褐色腐殖質淀积层(或埋藏层)及母質层。层次間过渡特别明显。这种土壤乍看起来，外形有些象"灰化土"，但从我們获得的云岭山脉杜鵑-冷杉林下的土壤材料来看，若說它是灰化过程，則存在着一些难于解释的問題[3,5,6,7]。

就化学性質看，"灰白色"层中胡敏酸碳和富里酸碳之比約为0.4[5]，土壤腐殖質的流动性較大，对土壤无机部分的侵蝕性也較强，在淋溶条件下促进了腐殖質-淀积层的发育，这点与灰化土相似；"灰白色"层酸度較高，并且随深度減低，說明土壤中存在淋溶現象，剖面 pH 值的变化与灰化土壤系列相似[5-7]；从全量分析材料看，所有剖面的"灰白色"层中 Fe_2O_3 的淋溶非常显著，相对地 SiO_2 在这一层中有聚积的現象[5-7]。另外，在有些剖面的"灰白色"层中鈣、鎂、磷、硫也不大淋溶，同时該层中交换性阳离子以 H^+ 占多数[5]。这些分析資料也說明"灰白色"层中进行着灰化作用，同时也說明这些过程的出現，可能和有机雕落物的分解产物的特点有关。

另外，这些土壤有下面几点与典型灰化土不一致。

(1) 这些土壤中的腐殖質含量，不依高度和緯度位置而变化，不仅上层，而且整个剖面都累积有較多的腐殖質("灰白色"层腐殖質含量在2.0—15.0%[6,7]，30—40 厘米深处一般尙有3—5% 左右)；当然，这种聚积現象在各剖面中的差异也是較大的，我們的意見，这种差异并不是由于腐殖質聚积条件不同，而是由于地形特点及外界原因所致。因此，这些土壤中的植物根系主要集中在"灰白色"层中。这是有别于典型灰化土的。

(2) 这些土壤結构較好，典型的"灰白色"层的土壤薄片表明[3,6,7]，"灰白色"层土壤的結构很好，微团粒約0.1—0.5毫米大小，有一些較大的团粒（达 1.0 毫米）被分成較小的微团粒，有一些微团粒很圓，一个跟着一个隔开，有較大的孔隙。这样的土壤微結构，我們称之为"凝块状結构"，看来，腐殖物質（不是胡敏酸化合物的形式）对微結构的形成起了很大的作用，这样較好的微結构，对灰化土来講是不典型的。

(3) 这些土壤的"灰白色"层中的粘粒含量沒有急剧下降[4-7]，自 1955 年以后，我們把冷杉林下的土壤作了二十来个剖面的机械分析，发現粘粒在剖面中的移动都不明显，而且很多剖面看不出有粘粒的移动[5]，特别在"灰白色"层中粘粒含量沒有急剧下降的趋势。这与典型灰化土灰化层中粘粒急剧降低不相符。

(4) 从土壤的及粘粒（<0.001 毫米）的全量化学分析材料看[4-7]，"灰白色"层中，鉄的淋溶比鋁要强得多，鋁在土壤剖面中相对地較稳定，且一般在"灰白色"层中維持較高的含量。从这些土壤

1) 中国科学院土壤研究所楊德涌同志分析，許冀泉同志鉴定。

的可溶性鋁量（A. B. 沙柯洛夫法）看，在“灰白色”层中也沒有显著減少，証明鋁在这些土壤中的流动性較小，“灰白色”层中的粘土矿物具有很大的稳固性。另外，在“灰白色”层中，一般全量鈣、代换性盐基、有效磷、鉀的含量較多，在同一剖面中上下比較起来也減少不多，有时或有增多的現象，这些可能与“灰白色”层中較好的結构有关。这些現象都是与典型的灰化土不相同的。

上面这几点是我們在确定冷杉林下成土过程时所遇到的剖面性态上的問題与特殊情况，这使整个冷杉林下的土壤不同于一般文献所載。

三、西南高山地区冷杉林下土壤的形成过程

从上面西南高山地区冷杉林下土壤的成土条件、剖面性态、基本特性等材料来看，西南冷杉林下进行的成土过程是：粘化作用，腐殖质累积过程，伴随着泥炭积累与潛育作用和部分土壤的假灰化作用。后者是由腐殖质酸性而侵蝕性不强所引起的，不触及鋁硅酸盐部分和粘土矿物的鉄的溶解和淋溶过程。当含鉄的腐殖质在腐殖质聚积层进行这种淋溶时，便形成假灰化层。这些过程形成了棕色森林土类土壤。

另外，具有“灰白色”层的土壤，各地区間有很大的差别，从我們所調查过的云岭、沙魯里山脉地区冷杉林下土壤的化学及矿物性质的材料中所存在的問題看来，是与灰化作用不尽适应的，这可能与土壤中鋁的含量高及其粘土矿物的稳固性有关。我們初步認为，这可能是潛育作用的結果，至于“灰白色”层的詳細形成机制，有待进一步研究。

这里，应該特别强調指出：冷杉林下的泥炭积累和潛育作用是由于高寒地带、大气相对湿度大，活蘚类及枯枝落叶层死地被物大量吸水造成的嫌气环境，决不是由于地下水的作用。

四、西南高山地区冷杉林下土壤的地理分布

西南高山林区土壤位于低緯度亚热带水平带地区的山地垂直分带上，其土壤分布的垂直系譜較复杂，就我們調查过的云岭、沙魯里山、邛崍山等地区来講，由于基带的水热条件不同，垂直系譜类型也不尽相同。前者属湿潤亚热带，从下向上为亚热带云南松林下的山地紅壤、黃壤—云杉林下的山地棕色森林土—冷杉林下的山地泥炭质-潛育化棕色森林土及其他土壤（?）—亚高山及高山山地草甸土；后者属暖温带，从下向上为有刺灌丛及高山櫟灌丛下的山地褐色土、針闊混交林下的山地褐棕色森林土—云杉林下的山地棕色森林土—冷杉林下的山地泥炭质-潛育化棕色森林土及其他土壤（?）—亚高山及高山山地草甸土。比較常見的是山地棕色森林土上限邻接亚高山及高山山地草甸土[9]，而山地灰化土（灰壤）邻接山地冰沼土[10]。西南冷杉林下土壤的上限邻接亚高山及高山山地草甸土，若說其为“山地灰化土”，我們感到在垂直带譜的銜接上是有矛盾的。熊叶奇同志所提出的“山地灰化土”，根据我們調查，它只占冷杉林下一部分面积，主要分布在阴坡部分杜鵑-冷杉林和蘚类-冷杉林下（杜鵑-落叶松林、蘚类-云杉林下有时也有）。这种土壤在云岭、沙魯里山脉与邛崍山脉，虽然形态上有某些相似，但由于山地的地质特点，其土壤形成过程是有差别的。

因此我們感到，西南高山区的部分冷杉林下土壤是否存在灰化过程，不能驟然下結論，而有待研究；但冷杉林下相当一部分土壤不是熊叶奇同志所指的“山地灰化土”，而是山地棕色森林土类[5-8]土壤是可以初步肯定的。

参 考 文 献

[1] 土壤学报，第 11 卷第 3 期，1963 年。

[2] Зонн, С. В.: О почвах восточной части Тибета и закономерностях их распределения. Почвоведение, № 6, 1959;（譯文載土壤学报，第 7 卷第 1—2 期，1959 年 11 月）

[3] Зонн, С. В. и Феофарова И. И.: О новом типе почв под темнохвойными лесами восточного Тибета. Почвоведение, № 6, 1960.

[4] 刘寿坡：横断山脉的高山灰化土。土壤学报，第 8 卷第 2 期，1960。

[5] Зонн, С. В.: К. Высокогорно-лесные почвы восточной части тибетского нагорья, 1961.

[6] 张万儒：青藏高原东南部边緣地区的森林土壤。土壤学报，第 10 卷第 2 期，1962。

[7] 张万儒：青藏高原东南部的森林土壤及其垂直分布的規律。中国林业科学院研究报告，代号：营(62) 4，1962 年 12 月。

[8] 中国科学院西部地区南水北調綜合考察队：川西滇北地区自然地理垂直分带和水平差异，編号 212，1962 年 12 月。

[9] Д. Г. 威林斯基：土壤学。549—550 頁，555 頁，1956 年。

[10] Wilde, S. A.: Forest soils. P.111, 1958.