

研究報告

1958年 營林部分

杉木林区土壤与提高其肥力的措施

一、土壤形成与发育的主要条件

(一) 气候条件

生物气候对于土壤形成与发育具有决定性的影响。就气候条件讲, 杉木分布很广, 跨越了几个气候区域, 在不同的气候区域内, 生物群落不同, 因而土类类型也不同。我们可以从各个气候区域内选择主要林区, 举例说明气候条件对于土壤形成与发育的影响。北亚热带西部的陕西平利杉木林区, 位于北纬 $32^{\circ}21'$, 东经 $109^{\circ}15'$ 附近。年平均气温 15.8°C , 一年之中 5°C 以上的生长期约294日; 全年雨量805毫米; 夏季雨量丰富, 而冬春干旱, 气温与雨量都较其他杉木林区为低, 淋溶不烈, 所以杉木林地的土壤是黄棕壤(也有人称为淋溶棕色森林土)。无论土壤反应、交换性盐基含量与盐基饱和度都比其他杉木林区的土壤高; 全剖面还呈现弱度碳酸盐反应。北亚热带东部的安徽金寨杉木林区, 位于北纬 $31^{\circ}39'$ 东经 116° 左右, 气候与平利相近, 而雨量略高, 达1063毫米, 淋溶较强, 土壤剖面不呈碳酸盐反应, 虽然仍属于黄棕壤, 但其理化特性就渐接近中亚热带山地红黄壤了。

中亚热带是杉木生长最宜与栽培最多的地区。在中亚热带东部可以福建建甌为例(北纬 $27^{\circ}05'$ 东经 $118^{\circ}19'$ 之间), 当地年平均气温 18.9°C , 全年都是 5°C 以上的生长期, 年平均雨量1597毫米, 10月份最低亦达45毫米以上, 高温湿润, 蒸发不烈, 全年土壤水份以向下渗透为主, 淋溶比北亚热带林区强烈, 从而形成盐基不饱和的山地红黄壤, 剖面形态与理化特性都与黄棕壤有明显的区别。在中亚热带西部的湖南会同林区, 位于北纬 $27^{\circ}50'$, 东经 $109^{\circ}50'$, 全年平均气温 17.9°C , 雨量1365.8毫米, 由于气温略低, 雨量较少, 土壤吸收容量虽比建甌的低, 但土壤的盐基饱和度反较建甌土壤为高, 这种情况与前述平利和金寨土壤的比较表现了类似的规律。

广东信宜林区, 位于中亚热带与南亚热带的边缘, 北纬 $22^{\circ}22'$ 东经 $110^{\circ}58'$, 全年平均气温 22.3°C , 雨量达1677毫米, 但是雨量分配不均, 10—4月均为旱季(雨量低于40毫米的月份), 蒸发超过降雨达6—30倍。湿季雨量太多, 林地太湿, 而旱季水分又不足, 都使林地有机质分解很慢。在湿季降雨强度很大, 土壤冲刷严重, 大部份水分

从径流损失。土壤粘粒部分 SiO_2 向下移动，而 R_2O_3 则少移动，铝硅率在 1.85 以下，这些都是砖红壤作用的特征，当地土壤应属砖红壤化的山地红壤，肥力较低。

(二) 植被与人为条件

在杉木林区，除杉木林外，其他主要森林类型就是杂木林与马尾松林。杂木林是指各种阔叶树的天然林，根据杉木林区的气候来讲，杂木林应该有很广泛分布，但由于过去长期的破坏，原始杂木林已经很少见到，现有的多为残破的次生天然林，现在将这些森林类型对于土壤的影响，分别讨论如次：

北亚热带的杉木林区，属于常绿阔叶林与落叶阔叶林过渡地带；原始植被主要为二者的混交林，林木组成以落叶为主，而混杂少量常绿乔木。林下植物也以落叶乔灌木为主。林地每年有大量的枯枝落叶，落叶层含的灰分元素颇高，故分解迅速，而形成近中性或微酸性的腐殖质，pH 值 6 左右，厚度不大，约 2—5 厘米。

中亚热带与南亚热带的杉木林区，都为常绿阔叶林带，但是二者种属组成亦有差别。大概纬度愈南，常绿成分比例愈大，热带区系的种类愈多。植物种类与特性不同，气候与立地条件又有差别，因此，它们腐殖质的组成与分解在质与量方面都有不同。我们在中亚热带福建建甌调查的常绿阔叶林（木荷—米槎群落），属于当地比较干燥的类型，酸性腐殖质 2—6 厘米厚，pH 4.4—4.7， A_1 层的 C/N 13.69，在中亚热带湖南江华调查的常绿阔叶林（红柱木、一楠木—鳞蕨群落）属于比较湿润的林型， A_{00} 层厚度 4 厘米，pH 值 4.8， A_0 层厚度 6 厘米，pH 值 3.8， A_1 层的 C/N 比 15.1。在南亚热带广东信宜调查的阿丁枫苦竹群落， A_{00} 层的厚度达 8 厘米，pH 值 4.6， A_1 层的 C/N 比 16.9。

在杉木林区，马尾松是常见的森林群落，当林相郁闭很大时，松林之下植物稀少，林被物几乎全由致密的松针形成；而在林相稀疏时，林下生长大量芒萁与喜酸性的灌木，二种情况都形成强酸性的腐殖质，pH 值约 4.0，厚度不大，约 1—3 厘米。 A_1 层的 C/N 比例近于 20。 SiO_2 很少移动，而 R_2O_3 明显下移，土壤似有弱度灰化征象，林地土壤肥力渐趋衰退。

杉木林是人工林，它对土壤的影响，不仅由于杉木的特性，而且必需考虑人工经营措施的影响。杉木林种植距离一般都宽，林相很稀，20 年以上的成年林分，郁闭度常在 0.7—0.8 以下，林下植物非常繁茂。林下植物种类则依地区与立地条件而不同，在北亚热带地区杉木林下以落叶灌木如胡枝子茅栗等为主，分解迅速，形成近中性或微酸性的腐植质，pH 值 5.4—5.6 之间，如果杉木郁闭度达 0.9 左右，林地比较阴湿，林下植物则常以蕨类为主。而郁闭度更大时，林下很少植物，这时林被物就以杉木落叶为主。杉木针叶约五年脱落一次，连同小枝脱落，落在地面的厚度大，而数量不一定多，pH 值 4.6 左右。杉木枯枝落叶比林下植物的分解要慢，因此今后栽植密度大时，必需在林下引种

改良地力的灌木或草本，借以保持与提高林地土壤的肥力。杉木林的伐期很短，经过炼山间作与人工耕锄，土壤发生了很大的变化，伐期很短，地力的消耗要比伐期长时大一些。间作对于地力也有一定的消耗，特别是木薯玉米红薯等高产耗肥作物。炼山与垦山短期内增加大量的可溶性养分，对于杉木初年生长有很大帮助（参阅杉木造林4—5页）但是消耗了土壤有机质与储存的养分，而且易于引起冲刷。杉木林区雨量强度大，坡度大，如不采用水土保持工事，土壤冲刷很严重。当然冲刷的程度还受到许多因素的影响（例如炼山时期、火烧强度、耕作方法与时期等）。炭屑与腐殖质深达下层土壤，也与炼山整地有关。

最后，根据在许多杉木林区的调查。同一地区内次生天然杂木林与杉木林地的土壤，其剖面特性与理化性质都有许多类似之处。二者土壤的差别并不比杉木林地土壤之间的差别更大。这可能是由于以下一些原因：

1. 杉木林地在不久以前都是次生天然杂木林地，一部份是砍伐后第一次植杉，一部份虽已植杉三四代（每代约20—30年）以上，但是中间经过放荒，放任杂木滋长，借以恢复地力。放荒时间有时达十至二十余年。

2. 根据林下植物群落的调查，20年以上的杉木林下植物群落的种属组成，非常接近于天然杂木林下的植物群落，因此，林地腐殖质的主要来源是相同的。3. 都受不同程度的人工影响，杉木林固不待言，次生天然杂木林也常多砍柴与收集林被物等人工活动。

4. 土壤发育时期都不太长，母岩的影响较为显著。

（三）地形条件

地形引起微气候与土壤内部水热分配的变化，而对土壤形成与发育起了一定的影响。在杉木林区，相对高度悬殊不大的低山与丘陵地，特别是在同一母岩的情况下，可以明显地看出从山上到山下部形成土壤系列的现象。在比较平缓宽广的山坡顶部，土壤发育时间稍长，淋溶较烈，土层深厚而质地细，颜色以红或红橙为主，而在山脊与坡面上部坡度急斜之处，径流比较利害，易于引起冲刷，土壤较薄而多石砾，形成AC型的粗骨土，土壤淋溶并不强烈，水分与养分都沿山坡侧向移动。这样就使山坡中下部的土壤，更为深厚肥沃，土色以黄或橙黄为主。群众都有经验：山坡中下部的土壤最适宜植杉，尤其在倾斜急陡的坡面相交的沟谷，群众称之为“冲”，土壤肥力最高，杉木生长最佳。这种地点阳光较弱，土壤深厚，水分与养分汇集，排水又佳，而且往往可以见到崩积剖面。山坡最下面的山间盆地，都是黑色冲积土，湿润肥沃，而排水较差，均已开辟为水稻田，罕见种植杉木。由于坡度、坡长、坡形的凹凸以及其他微地形的变化，土壤系列的现象局部地区有时表现得很复杂。

(四) 母岩条件

母岩对于土壤的形成与发育也有一定的影响,通常在进行土属与低级单位的分类时,母岩是一项重要的标准。杉木林区多在低山丘陵地区,坡度很大,在20—40度之间,杉木经营方式又易引起冲刷,因此林地常属幼年土壤,发育时间较短,母岩的影响就更明显。杉木林区的岩石绝大部分都是属于古老地层(其中尤以震旦纪以前的地层最多)的片岩、千枚岩、片麻岩、砂岩与頁岩。其次花岗岩也较普遍。其他板岩、石英岩、角闪岩、斜长斑岩与石灰岩等则偶一见到而已,杉木林区的主要岩石都是酸性岩石,易于形成盐基不饱和的酸性土壤。片岩片麻岩与千枚岩的结晶很细,质软易碎,形成深厚的粘土与壤土。而且由于地壳变动,褶曲很大,加强了水热作用,从而也就使风化加速。这些岩石成分常较单纯,例如安徽祁门鳧风乡的千枚岩,含絹云母达95%以上,因而加速了化学的风化作用。杉木林区的砂岩頁岩质地也细,岩性松软,易于风化。砂岩透水性很强,成分变化很大,例如安徽祁门鳧风乡的砂岩含0.1—0.5毫米的石英达90—95%,而湖南江华水口的砂岩,含石英约60%,其余40%胶结物为氧化铁与少量粘土,一般母岩的成分不同,对于土壤化学风化也有一定的影响。頁岩透水性差,风化土层的厚度常浅于砂岩风化的土壤;成分单纯,例如湖南祁阳金洞乡的頁岩所含粘土矿物达95%。江华水口千枚岩状粘土頁岩含蛭云母达75%,其余15%主要为隐晶石英。因为蛭云母量多,土壤中Mgo达0.7—1.1%,高出当地砂岩风化的土壤含量达2倍以上。杉木林区的花岗岩节理发达,成分不均匀,易于物理风化,风化母质很厚,有时可达十余米以上。其中所含石英,风化后粉碎成小粒,土壤剖面常含1—3毫米的粗砂砾,达5—10%左右,土壤形成非水稳性团粒,抗蚀性也差。花岗岩成分各地不同,安徽金寨的黑云母花岗岩含钾长石达50%以上,陕西平利斜长石花岗岩含斜长石达45%,二者风化土壤的化学成分也反映了这种特点。至于杉木林区第三纪红色砂頁岩风化的紫色土,以及石灰岩风化的黑色石灰土,均系隐域性土类,母岩对于土壤特性具有决定性的影响,就更无庸说明了。

二、杉木林区的土壤类型

根据生物气候条件,在杉木林区内地带性的土壤,可以分为山地黄棕壤,山地红黄壤与砖红壤化红壤三类,前面两类中的每一类又因其东部与西部地区水热作用的不同,成土作用与剖面特性产生某些次要的差别,而可再分为二个亚类。此外,对于杉木林区隐域性的土壤,也有黑色石灰土与紫色土二类。为了说明杉木生长情况,我们主要采用母岩、厚度、颜色与质地(二者均指发育层讲)等四个特性,而将土类与亚类进一步划

分为低级单位，这些单位约相当于土种。种的数目很多，已在各地区的报告内叙述，本文仅将所分类与亚类简单介绍于次：

(一) 北亚热带山地黄棕壤

山地黄棕壤也可以称为淋溶棕色森林土，这是一种棕色森林土与山地红黄壤之间的过渡土壤，土壤特性也表现这种特点。根据我们在杉木林区的调查，在黄棕壤地带范围内、其东部地区接近海滨，气候带海洋性，温度较均匀，雨量较高，土壤淋溶较强，土壤特性接近山地红黄壤一些；而在其西部地区，属于大陆性气候、温度变化剧烈，雨量较低，土壤淋溶微弱，土壤特性就接近棕色森林土一些，因此我们将其分为二个亚类、现在各举一例，说明如下

A. 北亚热带东部山地黄棕壤：

北亚热带东部山地黄棕壤可以安徽金寨杉木林区的土壤为例，当地花岗岩风化的酸性土壤，具有以下一些特征（参阅第一表），土壤质地以轻壤土最为普遍，表土褐或淡褐色，心土橙黄或淡橙黄色， A_{00} 层厚度2—5厘米， A_1 层腐植质含量5—3.5%，C/N比例6.79—13.46，pH (H_2O) 表土5.1—5.5，上下层相差不大，pH (H_2O) 与pH (Kcl) 的差值在0.3—0.7之间，吸收容量9—14毫克当量/100克土，代换盐基总量3—9毫克当量/100克土，盐基饱和度24—48%，这些数值上下土层相差不大，足以证明淋溶不剧烈。表土所含有效 K_2O 3.5毫克/100克土左右，有效 P_2O_5 2毫克/100克土以下，均属很低、土壤粘粒部份吸铝率3—3.8，比之山地红黄壤要高，活性铝0.8—1.6毫克/100克土，虽然比红黄壤低很多，但均属富铝化土壤。

B. 北亚热带西部山地黄棕壤：

北亚热带西部黄棕壤，可以陕西平利林区土壤为例，当地由花岗岩风化形成的土壤，其土壤特性接近棕色森林土，而表现以下一些特征，土壤各层的特性过渡不明显，土壤质地较粗，多属粗砂重壤土，表土褐色，心土灰橙黄或淡橙黄色， A_{00} 层厚度2—4厘米， A_0 层1—4厘米， A_1 层腐植质含量1.5—3.5%，C/N比例7—12，pH (H_2O) 5.5—5.9，pH (H_2O) 与pH (Kcl) 之差值为0.4—0.9左右，吸收容量12—14毫克当量/100克土，交换盐基总量11—13毫克当量/100克土，盐基饱和度多数95%以上，全剖面呈弱碳酸盐反应，这些数值都比其他杉木林区为高。土体部份CaO量1.9—2.3，超过一般杉木土壤6—10倍以上，MgO 0.8—1.8%，超过2—4倍以上， P_2O_5 超过4倍以上，这些都说明了土壤很少受到淋溶；不过Ca与Mg是最易被淋溶的元素，二者含量从表土向下略增，表示了土壤仍有极轻度的淋溶。土壤活性铝的含量0.14毫克/100克土，土体部份 Fe_2O_3 的含量低于4%，这些都是杉木林区土壤的最低数值。

(二) 中亚热带东部的山地红黄壤

中亚热带区的地带性土壤通常分为山地红壤与山地黄壤二类，二者垂直分布的区划，以500—700米为分界，而黄壤分布于红壤地带之上。红壤与黄壤是否应该划为二个独立的土类，目前尚无定论，杉木林区土壤多位于二者的过渡地带，不易严格划分，本文将二者合并为一类，而称为山地红黄壤，其主要理由如次：

(1) 一般认为土壤的红色是由于三氧化铁的颜色，而土壤的黄色是由于三氧化铁水化形成针铁矿的缘故，因此红壤与黄壤是被土壤水分状况所决定的，但是最近的研究指出：有些黄壤中并不含针铁矿，红壤中的三氧化铁有时比黄壤中的更易还原，同时土壤颜色与粘粒固结后的土粒大小有关，有人还认为土壤黄色的来源可能是由于铁铝氧化物的固相与液相的混合物，总之土壤黄色的来源并未研究清楚，原来根据水化程度的解释不能令人满意。

(2) 就生物气候区域来讲，红壤与黄壤在同一区域出现，因此成土作用基本上相同，独立划分为二个地带性土类，未必恰当，在同一地区内，红壤与黄壤的剖面形态与理化学特性，除颜色外，都很类似，而且红壤与黄壤的差别不大于同一类之中土壤的差别。

(3) 就垂直分布讲，红黄壤的分界也不明显，常有例外的情况；在很小范围内，微地形的变化，使得红壤与黄壤错综出现。

中亚热带山地红黄壤，也和北亚热带黄棕壤一样，由于气候的差别，可以分为东部与西部二个亚类，兹各举一例说明之：

(1) 中亚热带东部的山地红黄壤：

中亚热带东部的山地红黄壤，可以福建建甌林区土壤为例，在高温湿润的气候下，~~成壤与片麻岩~~风化形成盐基不饱和的山地红黄壤，土层深厚，质地很细，在中壤土与中粘土之间，构造多小碎块状与小粒状，心土常含相当数量石块，崩积相与砾石相常见，排水良好，表土褐色，心土橙，黄橙与红橙为主， A_{00} 层与 A_0 层厚度2—4厘米， A_1 层腐植质3—4%，C/N比例在12.6—13.6之间， $pH(H_2O)$ 值表土4.8，表土 $pH(H_2O)$ 与 $pH(Kd)$ 之差为1.0左右，吸收容量8—13毫克当量/100克土，交换盐基总量2—3毫克当量/100克土，盐基饱和度13—56%之间，表土速效 K_2O 含量一般12毫克/100克土，速效 P_2O_5 3毫克/100克土以下，活性铝0.8—2.4毫克/100克土。土壤粘粒部份铝率2.25以内，显然比黄棕壤要低，而比南亚热带砖红壤性红壤为高。

(2) 中亚热带西部山地红黄壤：

中亚热带西部山地红黄壤可以湖南会同林区土壤为例，当地砂页岩风化的土壤，土壤深厚，质地为粗粉砂重壤土与轻粘土，心土常含10%左右石块，排水良好，表土淡褐

色或灰橙黄，心土淡黄橙、淡红橙或黄橙色， A_{00} 层 3—4 厘米 A_0 层 1—2 厘米， A_1 层腐植质含量 2—3.5%，C/N 比例 7—12，pH (H_2O) 值表土 5.1—5.7，心土 4.3—5.2 pH (H_2O) 与 pH (Kd) 的差值 0.2—0.6 之间，在杉木林区最低，这与吸收容量低有关；吸收容量 5—9 毫克当量/100 克土，交换盐基总量 4—5 毫克当量/100 克土，故盐基饱和度可达 70—90%；速效 K_2O 5—13 毫克/100 克土，速效 P_2O_5 3—5 毫克/100 克土，表土粘粒含量 10 以内，远比其他杉木林区为低。

(三) 南亚热带砖红壤化红壤

南亚热带砖红壤化红壤，可以广东信宜杉木林区土壤为例，当地土壤系红色片麻岩与花岗岩风化形成，土壤深厚，质地为重壤土与轻粘土之间， A_{00} 层 6—10 厘米， A_0 层 2 厘米， A_1 层腐植质 2.5—4.9%，C/N 比例 11—16，较中亚热带山地红黄壤为高，故 N 的利用率低；pH (H_2O) 值表土 4.7—5.3，心土 4.4—5.1，变化很有规律，除 A 层外，B 层及 C 层相等或差异很少；pH (H_2O) 与 pH (Kd) 值差额在 0.7 以内，除会同外比其它红黄壤地区为低，吸收容量 7—14 毫克当量/100 克土，交换盐基总量约 2 毫克当量/100 克土，盐基饱和度 20% 左右，速效 $P_2O_5 > 1$ ，这些含量均比其他杉木林区为低，速效 K_2O 7—9 毫克/100 克土。

(四) 紫色土

这种土壤是由第三纪紫棕色细砂岩风化形成的粗骨土，母岩影响非常显著，特别表现在颜色质地与化学成分方面；土壤很浅，质地粘重石块很多，排水强烈，林地干燥，故杉木生长不佳，通常很少栽培杉木，而马尾松天然林生长甚佳。我们在福建建甌调查的紫色土，土层厚度 50—80 厘米，质地属石质重壤土，pH (H_2O) 值表土 4.2，上下土层很少变化， A_{00} 层厚度 3 厘米， A 层腐植质 4.8%，C/N 比例 12.97，可见有机质分解颇缓，吸收容量 12.76 毫克当量/100 克土，代换盐基总量 2.39 毫克当量/100 克土，盐基饱和度 12.78%，速效 K_2O 含量很高达 23 毫克/100 克土，而速效 P_2O_5 仅含 2.3 毫克/100 克土，活性铝 0.8 毫克/100 克土，土壤粘粒部份吸铝率 3.97，较其它土类为高。

(五) 黑色石灰土

这是在软质石灰岩上风化的 AC 型土，根据我们在贵州镇远调查的黑色石灰土，土层厚度 75 厘米，pH 值表土 7.3，心土 6.2，质地为中粘土，土体部份 MgO 2.77%， CaO 1.85，因为土层很浅，粘重干燥，故不宜于杉木生长。

三、土壤重要特性与杉木生长

根据在10个杉木林区46个土种的代表剖面的形态与理化分析结果*,我們現在来討論杉木林地土壤的重要特性,并說明其与杉木生长的关系;其目的不仅是了解杉木对于土壤特性的适应情况,而且要找出那些特性对于杉木生长具有明显的相关性。在这样的基础上,我們就可以提出杉木宜林地选择的土壤条件,以供营林部門应用参考。当然,我們必需認識,每一种土壤特性都是与其它土壤特性以及气候地形等环境条件相互依賴与关联的,在自然情况下,都是在綜合地发生作用的;而土壤肥力就是这些特性的綜合表現。同一特性在与其他不同特性結合的情况下,其影响也是不同的。例如表土石块含量20%以上,杉木生长很差,而在心土含量更高一些,杉木生长仍佳;同时粘重土壤比砂土也可以多含一些石块。現在将杉木林地土壤的重要特性以及其与杉木生长的关系,介紹于次:

(一) 土壤水分

杉木与农作物不同,后者利用种实或叶,耗費土壤大量的养分;而林木通常只利用木材,木材的成分主要是复杂的碳水化合物,所含养分元素很少,大部分养分元素都在树叶內,在树叶分解后可以返回土壤,因此,对于林木的生长来講,土壤养分的重要性远不及土壤水分,在热带与亚热带地区尤其如此。就杉木生长的情况来說,許多事实都說明杉木最宜生长于水分充足的林地:

(1) 就气候条件言,杉木生长最适宜的地区,年平均雨量1300—2000毫米,分配均匀,旱季最长的不超过三个月,全年雨量超过蒸发量,全年各月相对湿度70%以上。在自然情况下,土壤水分的来源是取决于上面这些气象因素的,从而也就間接說明了杉木对于土壤水分的要求。

(2) 就土壤剖面位置言,杉木生长良好的林地,通常分布于山坡中下腹,或坡面相交的沟谷,这些地点是水分与养分汇聚之处。

(3) 杉木林区常常可以見到的土壤养分丰富而物理特性不良的土壤,杉木生长很差;另一方面,杉木生长好的土壤,物理特性必然很好,虽然养分含量不一定很高;这一事实充分說明了土壤物理特性对于杉木生长的重要性,土壤水分是一项重要的物理特性,而且其他物理特性之所以重要也主要由于他們决定了土壤水分与空气对植物与土壤微生物的可給性。

* 46个土种的剖面形态与理化分析,均系我所林木生态研究室与森林土壤研究室过去研究結果,多數已經在其他报告中发表,本文从略。

(4) 杉木幼苗以侧根吸收为主，成年杉木，根系也较浅，吸收根系密集范围狭小，这种特性说明了杉木是一种中生性而较喜湿润的树种。

(5) 杉木生长好的林地，都生长喜好阴湿的植物群落，也间接指示了土壤水分的状况。

(6) 在野外调查时，杉木生长良好的林地，土壤都较润湿，即在长期晴天之后，表土十余公分以下，土壤也仍呈湿润状况，增加水分，土色并不显著变深。

为了测定杉木林地的水分含量，我们曾在福建南平王台人民公社进行定位测定，根据1959年来6—12月中定位测定的结果，在41年生每亩蓄积达78立米的丰产林内，林地土壤是中壤土，林内外土壤水分的含量有如第一表

第一表 福建南平41年生杉木林内土壤与林外草地土壤水分含量(%)

(1959年6—12月测定结果)

时间 深度	6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月	
	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内	林外	林内
5厘米	22	34	12	24	18	27	20	31	38	39	22	22	26	28
10厘米	29	24	10	22	19	26	23	28	34	27	20	23	20	25
20厘米	19	17	14	21	18	24	20	26	38	37	16	22	19	22
30厘米	23	21	14	17	17	23	20	22	36	31	19	19	18	21
40厘米	20	16	16	19	18	21	20	24	42	22	17	19	15	23
45厘米	17	17	18	19	19	22	20	22	34	44	16	19	16	18

从第一表的测定数字可以得出以下一些结论：

(1) 南平杉木林区土壤水分含量很高，表土10厘米以内的最低数值，林外为10%林内为20%。

(2) 表土5厘米以内的水分，林内比林外高，其差异冬季不显著，而夏季非常显著，七月份二者相差一倍。林内表土水分比林外高，这是由于林外缺乏森林被复，而土内又有大量草根，以致蒸发与蒸腾水分较多的缘故。

(3) 在雨量最多的6月份，10厘米以下的土壤含水量，林外比林内为高。

(4) 7—12月雨量较少，10厘米以下的土壤含水量，林内比林外为高，但其中10月份，因全月中25天为雾日，故林外反较林内略高。

(5) 林内与林外45厘米以下的土壤含水量趋于一致。

我们还在其他林区进行过短期测定：例如1957年5月在广东信宜土壤的测定结果：

表土水分含量24.2—38.3%，心土29.8—31.1%；在大雨后24小时测定的结果；表土水分含量45.0%，心土39.4%，此时的含量相当于田间最大持水量。这些数字都说明杉木林地土壤水分充足。

另一方面：地下水位高，排水不良的林地，杉木生长也差，例如广西永福四排页岩风化的土壤，由于母岩透水性弱，位置较低，而排水较差，心土有黄白斑点，表现潜育化的征象，杉木生长很差。

(二) 土层厚度与石砾含量

土层厚度决定了杉木根系伸展与吸收水分养分的范围，对于林木生长也具有一定的影响。杉木林区温暖湿润，母岩又多质软易碎，因此风化迅速，坡度虽大，形成的土壤仍很深厚。根据52个剖面的分析：其中土壤厚度100—150厘米的占44.6%，150厘米以上的41.2%，而100厘米以内的仅14.2%。在后一情况下，杉木生长都差；有时花岗岩形成的土壤，土层虽厚，但一米以内，出现较厚的石英脉，杉木生长也差。同一山坡，由同一母岩形成的土壤，在山脊坡度急斜之处，土壤易于冲蚀，土浅石多，杉木生长很差；而且在杉木林区，这种林地通常都不种杉，而放任马尾松与杂木生长。

杉木土壤质地较粘，因此心土含有一定数量的石块，对于土壤内部通气与排水有利，杉木生长良好，群众都有此认识，例如江华群众认为当地石渣子土比大泥土更宜种杉。但是有些剖面石砾含量很多，甚至表土所含石块即达20%以上，或50—60厘米以下即含40%以上的母岩碎块，杉木生长很差，我们如将同一种土壤的砾石相与非砾石相加以比较，杉木生长的差异非常显著。

我们还应注意，沟谷之间的崩积土，都是由山坡上部的表土塌积，非常肥沃，水分养分也易汇聚，整个剖面也含很多石块，有的表土即达15%左右，这种林地杉木生长极佳。根据剖面形态，这种崩积土是很容易于砾石相土壤区别的。

(三) 质地与构造

质地比较不易为人工改良，影响到构造；而粘粒部分的数量与种类又决定吸收容量等化学特性。构造是更为重要的一项物理特性，对于水分与空气的流通具有重大的影响。林木对于土壤养分的要求较低，因此质地与构造的重要更为明显。

杉木林区风化作用强烈，母岩质地又细，形成的土壤都较粘重。除黄棕壤与其他少数剖面，物理性粘粒含量低于45%，属于中壤土外，多数土壤的物理粘粒在55—75之间，粘粒含量15—45之间，属于重壤土轻粘土与中粘土。通常就同一剖面上下层质地的变化来看，一般表现表土较粗，心土趋细，而接近母质又转粗的规律。这是主要由于表土受到径流冲刷与粘粒机械下移的结果。少数在山坡下部或其他低凹地的剖面，表土质

地更粘，而心土反而較粗，这可能是由于剖面位置較低，不断有細土补充之故，这种情况下，表土較肥，而心土排水良好，杉木生长甚佳。

杉木林地土壤含有相当数量的有机質，除花崗岩风化土壤外，一般都形成水稳性团粒，抗蚀能力頗强。表土常属小碎块状或粒状，比較疏松，空隙頗多，而心土多属中块状或中碎块状，虽略紧密，但空隙仍多，而且常含石块，对于水分与空气流动以及杉木根系的伸展，均屬有利。

幼林地的土壤，通过炼山与整地，林被物层已无，腐植質层露出表面，表面細土也有部分被冲去，經過雨水打击，表土即成比較紧密的中碎块状结构。如果加以耕鋤，可以改良表土耕性，其效果虽屬短暫，但能常加耕鋤对于林木生长极为有利。

(四) 腐植質含量与腐植层厚度

腐植質可以供給土壤养分，增加土壤吸收容量，并能改良土壤构造，因此腐植質含量高低是土壤肥力的一个重要指标。杉木林地土壤腐植質含量，如与当地低平地区的紅黄壤比較，显然較高，倘就杉木各个地区比較，則无多大区别。通常表土腐植質含量2.5—5%，而以3.5%左右最多，速生丰产林林地含量达4—7%左右；心土100公分以内含量0.5—1.5%，多数在1%左右。心土下层仍含相当数量的腐植質，这与杉木根系的分布有关，根据我們对杉木根系的調查，(20—40年实生杉木垂直根系密集范围約为1—1.5米深度。

腐植层的厚薄是群众用为选择林地的主要标准，杉木林地土壤腐植层的厚度多数在15—25厘米之間，极少数在10厘米左右，腐植层愈厚，則林地肥力愈高。

在幼齡林地，由于炼山整地，不仅林被物层已无，腐植質层也有显著顏色变淡与减薄的傾向。

杉木林下林被物层的厚度与特性，則依林分年齡、郁閉度、林下植物生长情况，以及立地条件而有不同，这一点前面已經叙述，不再贅述。通常杉木林下的林被物都属酸性腐植質，分解較慢，不仅妨碍了养分循环，同时杉木种子不能接触土壤，在林业經營上必需采用措施促使其分解，才能促进杉木生长与天然更新的成功。

腐植質层的C/N比例，各种土类稍有不同，多数林地土壤在9—13之間，比例較狭，有利于植物对氮的利用。少数林地~~在15—20以上~~，在这种情况下，有机質分解漸趋緩慢，氮的利用也减低，对于林木生长不利。

(五) 土壤反应

多数杉木林地土壤pH (H_2O) 值在4.4—5.2之間，最低达4.0，就杉木生长来講，~~土壤pH值过低，鈣鎂淋失，磷的可給性减低，土壤有益細菌活动受阻~~，对于杉木生长

不利。 $pH(H_2O)$ 較高的土壤，杉木生长也較佳，速生丰产的杉木林分 $pH(H_2O)$ 均在5.5以上，且有高达6.5—6.9的。

土壤上下层的 pH 值变化不大，多数有向下略增的趋势，这是幼年土壤的一个特征，但是絕无第二层减低，而B层又增加的灰化特征。

(六) 吸收容量、交换盐基总量与盐基饱和度

杉木林地土壤的吸收容量都低，黄棕壤一般可达12—15毫克当量/100克土，而紅黄壤都在7—14毫克当量/100克土之間，其中会同祁阳最低多在5—9之間，这是与当地粘粒含量很低（10—15%以下）与粘土矿物种类有关，有些地区如建甌、江华粘粒含量达40%以上，而吸收容量并不很高，而黄棕壤所含粘粒仅15%左右，吸收容量反而高一些，充分說明了粘土矿物种类不同的影响。山地紅黄壤的粘土矿物大体是高齡土，石英等吸收容量低的粘土矿物。至于表土比心土吸收容量等三者都高，这是与腐植质的含量有关。

交换盐基总量紅黄壤多在4毫克当量/100克土以內，个别剖面可达9，而黄棕壤則可达9—14毫克当量/100克土。盐基饱和度紅黄壤多数在15—35%之間，只有会同最高，可达70—95%，这是由于会同吸收容量很低，而交换盐基含量并不低，故饱和度特別高，此外，金寨的黄棕壤为30—40%，平利的70—95%以上。

△吸收容量很低，說明了杉木林地土壤一时不能吸收大量阳离子，这对于施肥工作特別重要，必需采用少量多施的办法，否則所施速效性肥料必然大量浪费。交换盐基含量很少，盐基饱和度低，指出了杉木林地所含鈣鎂等养分低，根据土体部分 CaO 与 MgO 的分析，也証明在亚热带湿润气候下，淋溶較强，二者含量是很低的，在杉木林地紅黄壤中表土 CaO 0.2—0.4%， MgO 0.1—1.3%，含量都低，因此施用石灰是一項必要的措施。

(七) 全氮量、速效磷与速效鉀的含量

杉木林地土壤表土全氮量在0.1—0.2之間，少数剖面最高可达0.4左右。这种含量在亚热带土壤講，并不算低，单凭全氮量測定不能了解准确氮的可給性，因此我們对于部分速生丰产林也用丘林氏法进行水解性氮的測定，多数都在5—6毫克/100克土左右，最低3左右，而个别最高的达到19.5，这块林地的杉木生长也很好，9年生杉木平均树高11米，胸径17.4厘米，总之，大多数杉木林地速效氮还是比较缺乏的，施用N肥效果必然显著。

杉木林地土壤速效 P_2O_5 的含量均低，在2—5毫克/100克土之間，其中許多林地含量都在2以下。含量很低，显然与由于土壤都是强酸性，大部分磷成为不可給的铁鋁磷酸盐；甚至在速生丰产林地，速效磷的含量也不过5左右，这可見杉木林地强烈缺乏速

效磷，因此合理施用磷肥，也是挖掘生产潜力的一项有效措施。

速效钾的含量比速效磷为高，多数林地含量5—13毫克/100克土，个别林地可达37.5毫克/100克土，钾的含量并不很低，但也不算高，施用K肥亦可获得一定的效果。

总之，就N·P·K三要素的含量讲，杉木林地磷最缺乏，其次为N，而K含量较多，这些养分可给态的含量愈多，对于杉木当然更有利。另一方面，也应指出，就现有林地含量与杉木生长的相关来比较，生长良好的杉木丰产林分的土壤，三者含量并不一定高，尤其有些剖面含量较高，生长反而不佳，这就是前面所说土壤水分等物理特性常比养分含量起了更大的作用，不过可以肯定指出，在物理特性良好的情况下，养分元素含量愈高，杉木生长也愈佳，因此，增加养分仍然是必要的有效措施。

四、杉木宜林地的土壤条件与扩大栽培问题

在提出宜林地土壤条件时，首先应考虑以下一些原则：（1）选择对于杉木生长最重要的土壤特性，而不需罗列全部土壤特性。同时，土壤特性与气候条件是有关联的，在不同气候区域内，土壤特性的作用是不同的，杉木最宜生长于山地红黄壤地区，因此应考虑以山地红黄壤为主。

（2）这些土壤特性必须从土壤剖面形态上容易明确判断，或用简单的仪器野外即可测定。如需室内分析或复杂贵重的仪器，就不易普遍应用。

（3）对于每一土壤特性，都有最低与最高的二项标准，最低标准是指杉木能够健康生长发育的情况，而最高是指达到速生丰产所需的标准，根据这些原则，杉木宜林地的土壤条件共有如次几项：

①土层厚度应在一米以上，一米半以上最佳。

②腐植层厚度约10厘米，而以20—30厘米以上最宜，腐植质含量不低于2.5%，最好在4%以上。

③土壤质地以轻壤土到中壤土之间，而以重壤土轻粘土最宜；心土50厘米以下可含母岩碎块20—30%左右。

④在久晴之后调查，在表层十余厘米以下，土壤湿润，以手摸时，有潮凉的感觉，加水后土色不显著变深。土壤水分含量25%左右最宜，排水良好。

⑤表土小碎块状或粒状，心土中碎块状或核状，土壤松软，空隙多。

⑥土壤pH值不低于4.4，而以pH5.5—7.0最宜。

在有条件进行室内分析的情况，还可参照前章所述杉木林地土壤的其他特性，进一步加以判断。总之，在选择杉木宜林地时，应该选择深厚疏松，水分充足，排水良好，腐殖质多，而酸性反应较弱的土壤，

对于扩大杉木栽培地区问题，从土壤条件来讲，北亚热带黄棕壤的缺点是二项：①土壤水分不足，冬季土温过低，这些都是由气候条件影响所致。②速效性氮磷钾不足。南亚热带砖红化红壤的缺点更多：①旱季水分不足，雨季水分太多，引起强烈淋溶与冲刷。②土壤养分（氮、磷、钾、钙、镁等）有效态与全量都不足，土壤吸收容量低。③土壤酸性反应强。在上述二个地带对于杉木生长重要的不利环境条件，还是气候条件，必须在改良土壤的同时，加以改造气候，才能得到杉木最好的生长。在中亚热带低平地区的红壤，目前杉木栽培生长也差，就大气候讲，对于杉木大体适宜，而土壤就是重要的不利环境条件。这类土壤的缺点：

①酸度很大，常在pH值4.5以内。

②腐殖质含量低于1%。腐殖质层极薄或无。

③土壤粘重，易于干燥，而排水又不良。

④土壤养分含量低，吸收容量也低。

⑤土壤侵蚀常严重。这些土壤缺点完全可以采取措施加以改良，其具体办法在下一章内讨论。此外，紫色土与黑色石灰土的特性对于杉木生长很不适宜，而改变又较困难，经济上也不合算，应该发展其他树种如柏木与闊叶树等，而不宜植杉。

五、林地土壤肥力提高的措施

杉木林地土壤肥力高低相差很大，土壤特性各有不同，必须根据每种土壤的特性，针对它的缺点，而采取全部或部分下列措施，提高其肥力：

（一）施用有机肥料。根据林地土壤分析结果，表土腐殖质含量多数在2.5—4%之间，如果所有土壤都能提高到4%，即不算低；从2.5%提高到4%，每亩需施腐殖质5250斤，（根据表土6寸35万斤土计算，以下均同。）有机肥料种类很多，在杉木林区最易大量应用的有以下几种方法：①埋青和施肥，这是有些地区群众常用的方法、所谓埋青是将树叶草皮埋入林木根际附近，此法对于幼树不很适宜。沤肥是再加入一部分厩肥与人粪尿，先行堆集于坑内，在腐熟后，再施入土中。

②林地树枝落叶不加采集，任其留置林地，自行腐烂。

③发展山区养猪牛事业，利用厩肥，根据福建北部的经验，每头牛每年可供给厩肥200多担，每头猪30余担。

（二）施用磷肥：杉木林地普遍缺乏有效磷，表土有效磷酸含量只有2—5毫克/100克土，初步考虑应提高到20毫克/100克土，每亩所需增加有效磷约52—63斤。增加磷肥最普遍的方法可以施用磷灰石粉（含磷酸10—14%）骨粉（含磷酸约20%），或过磷酸钙（含磷酸约20%）。其中磷灰石与骨粉，可加入沤肥中发酵后施用；过磷酸钙需配合

氮肥有机肥与石灰（必需和石灰分开两次施用）。由于磷在土中很不活动，磷肥应用于根系密集地点附近。再在施用石灰，将 pH 值提高到 6.5—7.0 后，土壤有机态磷也有部分可以变为有效状态。

（三）施用钾肥：杉木林地钾的含量较磷为高，少数剖面有效 K_2O 全量达到 25—50 毫克/100 克土，可以不需施用钾肥，但是多数林地有效 K_2O 含量 6—13 毫克/100 克土，仍需施用钾肥，使其提高到 25 毫克/100 克土，每亩所需施用数量约 42—70 斤。林地最易获得的是草木灰，通常草木灰含有效 K_2O 5—10%（并且含 1—4% 有效磷酸），草木灰不能与过磷酸钙腐熟厩肥人粪尿等混合使用。

（四）施用氮肥：林地全氮量的含量 0.1—0.2 之间，初步考虑提高到 0.4%，每亩需增加有效氮的数量为 7—12 斤。在考虑氮的有效性时，必需注意 C/N 比例问题，最好能保持 10—15 之间，过宽氮的供应即感不足，过狭有机质分解太快。增加土壤含氮量，除施用有机肥料外，林区最经济有效的办法是在幼年林林地间种豆科植物（如黄豆、绿豆等各种豆类）在郁闭后引种耐荫的豆科灌木（如胡枝子）与绿肥。为了增加有效氮，可以施用腐熟人粪尿，但肥田粉等酸性肥料则不相宜。

（五）施用石灰：杉木林地多属于强酸性土壤，pH 值在 4.5—5.4 之间，根据速生丰产林的經驗，最好能提高到 6.5—7.0，就不同吸收容量的红黄壤来讲，每亩施用石灰 150—300 斤左右。我国群众都喜施用水溶性生石灰与熟石灰，施用需均匀，并且注意人的安全。施用石灰除中和酸性与增加钙离子外，还有增加有效磷，促进微生物活动（特别是氮化与固氮等有益细菌）与形成土壤团粒等间接利益。

（六）施用食盐：杉木林区有些群众在根际施用少量食盐，据说可以促进杉木生长，这可能与食盐增加钙镁磷铁的有效性有关。但施用过量，肯定有害，必需加以纠正。

以上是根据现有杉木林地土壤的分析材料提出的改良其肥力的一些初步意见；对于其他土壤也可以参考应用。在新造林地，为了促进幼树的生长，经济有效的办法是施用含有有机质与三要素的颗粒肥料，肥料的配合初步可用氮磷钾为 5:3:3 的比例。目前还需迅速进行杉木营养与需肥特性的研究，以便更合理与经济地决定施肥的时期、用量与方法等问题。

（七）灌溉：杉木喜好水分充足的林地，在黄棕壤、红壤与砖红化红壤栽培杉木，土壤水分常感不足，所以，在有条件的情况下，林地进行灌溉，必然可以提高林木生长。在山地可以利用溪流，修筑灌溉沟渠系统，而且这些沟渠在暴雨季节还可作为排水途径。至于低平地区，水源必需优先供给农田，因此，引水灌溉宜在水稻等作物不需水的冬季，进行灌溉，此时灌水可以保持土温和防止春旱。灌水时期与数量应适当控制，如果过多，容易冲走养份，而在透水性弱的土壤，林地积水还易于发生虫害和风害。灌溉的效果在林木幼小时特别显著。例如我们在南平杉木试验的结果，在 1959 年 7 月份，

不灌水区一年生苗木每天平均苗高生长0.4厘米，而灌水与复盖区则为0.8厘米，超过达一倍。尤其当地温达 60°C 时，全部不灌水区，苗木顶部下垂转黄，经灌溉后迅速恢复。至于灌溉对于木材材质有何影响，则待研究，根据日本对柳杉的试验，灌水比不灌水的木材价值约低20%，但生长超过很多，仍属有利。

(八) 林地耕锄：在杉木幼龄林地，间种农作物，每年需进行1—3次的中耕除草，可以抑制杂草生长，改良土壤耕性，增加土壤空气流通与水分渗透能力，对于林木生长有显著的利益。在郁闭后的林地，由于林地形成酸性腐殖质，腐烂速度甚缓，为了加速林地养份的循环，也需加以耕锄，且采用打枝受光伐等抚育措施，改善林地光线与水热条件，促进地被物分解。在施用石灰后，也有同样的效果。

(九) 采取水土保持措施：杉木造林采用全面正地，幼年又间作种农作物，而林地坡度很大，故易引起水土冲刷，必须采用适当的水土保持措施。关于这一问题我们已在“杉木造林”一书中讨论，兹不赘述。