

研究报告

营林部分第3号

1960年7月27日

杉木的根系

(續完)

陈 庆 章

中国林业科学研究院技术情报室

目 录

一、前言	(1)
二、插条杉木的报导	(1—2)
(一) 插条杉木的生根特性	(2—4)
(二) 插条杉木根系形态	(4—9)
(三) 插条杉木根系的重量調查	(9—15)
(四) 关于杉木菌根的一个問題	(15—16)
(五) 不同年龄阶段的插条杉木根系生长过程	(16—21)
(六) 插条杉木根系各部分生长的相关	(21—23)
(七) 插条杉木根系与地上部分生长的相关	(22—27)
三、萌芽杉木的根系	(27—28)
(一) 母株根系(伐桩老根)、萌芽杉木根系(新根) 与地上部分三者的相互关系	(28—30)
(二) 萌芽杉木根系的生长	(30—34)
四、討論与建議	(35)
(一) 杉木、油桐間作是否相宜的問題	(35—41)
(二) 实生、插条、萌芽杉木根系优劣的比較	(41—49)
(三) 根据杉木根系的生长特性对速生 丰产試驗的一些建議	(49—51)
五、主要参考文献	(51)

杉木的根系(續完)

一、前 言

林木根系的重要性已为众所周知,其器官特有的功能直接影响林木地上部分的生长发育;探求林木种内与种間根系的生长特性及其相互之間竞争与互助的关系对于造林类型的确定,栽植的密度,混交林主要与伴生树种的选配以及研究林木根系对水土保持和土壤物理性質的改良与促进有机成分的增长等生产上的問題,都有很大的参考价值。

关于实生杉木的根系已在本文上篇(1955年研究报告:营林部分47—86頁)作了基本的描述,因此在續篇中只将1956—1957年在湘、閩、粵三省所調查的插条、萌芽杉木以及部分实生杉木和其他树种共計101株根系的材料着重整理,根据它們的形态、生长与生态諸方面的特性,圍繞下列四項內容进行初步的分析,討論,并提出意見,以供营林部門参考:

- (一) 插条和萌芽杉木根系的生长特性及其与地上部分的相互关系。
- (二) 根据实生、插条、萌芽杉木根系的特性,比較杉木不同繁殖方法的优劣。
- (三) 杉木、油桐間作問題。
- (四) 杉木栽植密度的商榷。

由于业务水平低,掌握的材料很少,片面和錯誤之处一定很多,但为了进一步交流經驗,希望通过本文的介紹,能获得各方面,特别是生产部門的批評、指正、和幫助。

二、插条杉木的根系

插条是杉木无性繁殖在生产上应用最为广泛的一种方法,杉木分布广达十余省,很多地区采用插条的方式进行大面积的造林已經成为羣众傳統的习慣。世界各国对針叶树种的无性繁殖进行了很多研究,一致認為絕大多數針叶树种生根是极緩慢的,有的甚

* 在根系調查研究的过程中,承阳含熙主任經常性的指导、启发和幫助,在进行內业时,又得楊君亚同志协助整理表格,特此誌謝。

至沒有生根能力，因此大大地限制了針叶樹種無性繁殖方法在生產上的應用。根據蘇聯的一些試驗結果表明：松樹、雲杉和其他針叶樹種的插穗，在特定的環境中，往往要經過一年到一年半的時間才能生根；隨着植物生長刺激劑的發現，二十多年來，很多國家對針叶樹種的扦插繁殖始能用生長刺激劑促進插穗內部根原始體的形成和生長以達到無性繁殖的目的，但大部分也需要一、二個月才能生根，這種人工促進生根的方法，至今在造林應用上仍然不多，然而杉木插條，在自然狀況之下，短短幾個月就能形成一個相當發達的根系；數百年來，我國已經採用杉木的營養器官進行繁殖的事實證明：羣眾在長期的營林實踐中，對杉木的樹種特性以及環境條件對杉木生長發育的影響關係等認識上，都累積了極豐富的經驗，只有這樣，才能塑造出杉木各種繁殖方法和成功地應用在造林生產上，這些寶貴的經驗，不僅在實踐上而且在科學上都具有十分重大的意義。

(一) 插條杉木的生根特性

插條的來源，一般是在早春砍取叢生於伐樁（母株）或立木基部1—2年生的萌條，這些萌條大多是在杉木砍伐，林相疏開之後，伐樁基部的休眠芽獲得一定的生活條件或因立木基部受傷之後由不定芽萌發成長的，砍取的萌條，直徑約1厘米（0.3市寸），其長度各地不一，一般在扦插前將末端截成馬蹄形的切口，保留其長度約45厘米（1.5市尺）左右，插時切口朝上坡，入土深度按插條保留的長度而定，一般佔全長的 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ 。

萌條及其新根的发生时期并不是一致的，据調查，有的萌條需要五、六個月或甚至更長的時間才有新根发生，因此，在這以前，地上部分的生長基本上依賴於母株根系（伐樁老根）所保持的活力，當其脫離伐樁，成活率的高低與生長發育的優劣則主要決定於扦插後的生根狀況。

決定插條能否生根的因子是多方面的，它不僅需要一定的光照、濕度和溫度以促進插條內部產生新陳代謝等一系列的生理變化和轉化的活動過程，同時也決定於杉木的樹種特性，年齡，生長，階段發育狀況，和營養物質的儲藏量。

根據湖南江華水口鄉進行四株半年生* 插條幼苗的觀察，造林地土壤受到嚴重沖

* 本文以討論根系為內容，鑒於插條杉木只有在扦插後才開始生根的特點，因此文內有關插條杉木的樹齡，均從萌條扦插後開始計算，以便利與其他繁殖方法的同齡杉木根系，相互對比其生長狀況。

刷,岩石露头很多, 0—2 厘米为一层刨山时冲下的石质土,灰白带黄色,核状与小块状结构,土质干松, 2—20 厘米稍松,石砾占 50% 左右, 20—43 厘米以下稍紧,潮,石砾含量达 80% 以上,插条的不定根最多者达 32 条,最少也有 7 条,最长的根达 20.7 厘米而且已出现长 4 厘米的二级支根,在调查地点对面的山坡,土壤性质相同的另一造林地上观察七株一年半生的插条幼苗(参阅表 7 图 5): 茎最高为 82 厘米,最低为 41 厘米,根幅最大为 89 厘米,最小为 30 厘米;根分布最深达 145 厘米,最浅为 38 厘米,主要侧根最多者 12 条,最少者仅 2 条,主要垂直根最多者 5 条,其中二株还没有垂直根发生。如果将未脱离伐桩的萌条与上述插条的生根状况相互比较,前者需要五、六个月才能生根,而后者六个月就已经初步形成一个相当发达的根系,不论是生根能力和生根时期,二者的变化是极为显著的。根据 A. И. 谢维罗娃在她进行针叶树种营养繁殖的试验报导里指出: 将已经生根的插穗,在重新移植时把全部根截去,由于在插穗的愈合组织中已经形成了其他根原始体,即使立地条件有所改变,但仍不致影响其发育并且很快就生长成为新根。杉木萌条虽然生根较迟,但是扦插所用的萌条一般都有一、二年生,在这段时期里,萌条都已经生根。按照上述的结论也就是说,在萌条上已经具备了根的原始体,所以砍取后进行扦插 生根不仅容易而且生长也快。

如果从环境条件对这些插条生根的作用来看,光照和温度的因子是具备的,但是土壤比较干旱,湿度显然欠足,其物理性状的恶劣,尤更突出,然而,在这样瘠薄而较干旱的土壤中,插条的生根能力非但没有受到抑制,幼根穿越于岩石缝隙之中,幅度和深度竟大大地超过了一般的生长范围;因而保证了插条幼苗的成活。这样的情况并不是个别的,在湖南江华,由于山坡较陡以及长期忽略水土保持之故,因冲刷而造成土壤比较贫瘠的现象相当普遍,但是江华插条杉木的林地面积和蓄积量仍不失为插条杉木的一个代表地区,足以证明插条杉木根系对于干旱恶劣的环境具有较强的适应性。根据李森院士的阶段发育理论认为: 植物的阶段发育愈年青,其可塑性愈强,因此适应范围比较广,杉木插条大多采自伐桩由休眠芽成长的萌条,年龄虽老,但阶段发育最幼,可以设想: 由于插条在干旱恶劣环境的生根能力在长期适应的过程中,已变为较稳定的遗传倾向,因此插条杉木的分布,通过人为的传播,南自两广,北达陕西秦岭南坡,生长遍及十余省分而适应于多种不同的气候与土壤类型的环境。

如果将上述插条根系的生长状况细加分析,可以看出: 插条在幼苗阶段,水平根系的相对幅度和垂直根系的相对深度是很不一致的,即使年龄一样,生长地点的立地条件

相同，个体之間的變異也十分明顯，產生這種變異的原因是由於插條內部所儲藏的营养物質有量的差別，母株生長發育愈健壯，其伐桩的老根保持的活力就愈強，不僅萌條生勢旺盛，所獲得的营养物質較多，而且也保存了母體遺傳的優良特性，但是來自不同的或是同一伐桩（母株）上的萌條，由於生長狀況並不一致，插條內部营养物質的儲藏量亦頗有差別，因此根系的个体之間就出現了顯著的變異特征，可見插條根系的形成和生長，與其母株的年齡，生長發育狀況，遺傳特性亦密切相關。

此外，人為因子也是決定插條生根的主要因子之一，往往由於選擇的插條不合健壯的標準，種植時期不當，扦插深度不夠或其他措施過於粗放的原因以至影響了生根的能力，因而降低了造林的成活率。根據我們生態調查工作組在福建建甌檢查的一塊造林地，剛扦插後成活率達80%，經過了一個炎熱的夏季，成活率就降為25.7%，其原因是由於扦插深度不夠，深度達插條 $1/2$ 以上的沒有一株死亡，而所有死亡者的扦插深度都不及插條長度的 $1/8$ — $1/2$ ，在夏日強烈的光照之下，土壤上層干旱炎熱，其濕度顯然不能滿足根系生長的最低要求，更由於地上部分的蒸騰量大於根系的水分吸收量，因此大部分插條枯萎死亡。如果再仔細參照上述江華的引証，雖然土壤瘠薄多石，上層也較干旱，但由於江華扦插的深度一般都達插條的 $1/2$ ，插條的末端已深及土壤二十餘厘米以下較為潮潤的層次，其濕度已經滿足生根的最低要求，因此能夠保證插條的成活，這些事實表明了人為因子的重要性，如果掌握環境條件的特點，就可以保證插條生根的可能性，從而提高插條造林的成活率。

（二）插條杉木根系形態

插條杉木根系的形態，隨著年齡的增長和環境條件的不同而有所變化，在二年生以前，不定根的发生集中在根蹄（即插穗末端癒合的切口）1—3厘米的部位（參閱圖5），幼根呈乳白色，約四、五個月開始由纖維狀而木質化，根色由淺棕逐漸加深，皮層略帶綫狀裂紋，根的數量多寡不定，少的僅五條多的可達三十餘條、根徑較細而各根的徑級相差不大，沒有主根，由於根蹄朝上坡，向上坡的根多而發達，向下坡的根也較長，上下方向的水平根長度比左右方向大（參閱表7），二年生以後，從插條下部向上部不斷生長新根，左右方向的水平根長度逐漸超過了上下方向的根幅，同一植株的新根在生長過程中經過了分化，五——十年生時，徑級之間的相對粗度出現了顯著的差別，這些較粗的根逐漸代替了初期在插穗末端生長的幼根，根系形態開始固定，在這個期間，主要水平根一般約在10—20條，主要垂直根一般約為2—5條，十——六十年生，主要水平根的

數目沒有較大的变化，一般仍为10—20条，主要垂直根則增加到5—10条左右，數目約为水平根的一半，可見主要水平根的數目是在五——十年生的阶段趨于稳定的，而主要垂直根則稳定得較迟。

插条杉木的根系，有沿林地腐爛根的孔道向土壤下层深入的生长特性，据观察：不同的植株或是同一植株的根也都能夠癒合，但是这种現象并不普遍。

各种繁殖方法的杉木根系具有同一树种的一些共同特性，但由于繁殖方法，造林撫育措施以及根系的起源与环境条件的不同，各种繁殖方法的根系特性也有一定的差別，插条杉木根系不同于实生杉木，根据二者形态上的特征，可分为下列二个类型：

1、实生杉木根系类型（照片1及参閱本文上篇附图）

水平根分布較淺（集中在土壤深度30—40厘米以上），根徑較粗，基部呈橢圓形或略成板状，分支較少，即使連續多次分支仍能分辨其主軸，尖削度較小，根伸展稍远，有明显的平面与垂直細根密集范围，幼时有主根，二——三年生以后主根逐漸由不明显而为較多的垂直根所代替。

2、插条杉木根系类型（照片2、3）

水平根伸入土中与土壤表面所成的角度很大，分布較深（集中在土壤深度10—80厘米之間），根徑較細，基部亦呈橢圓形或略成板状，分支較多，平面与垂直細根密集范围略比实生的大，各分支徑級相近，难以辨其主軸，根尖削而較短（照片4），向上坡生长的根較实生的发达，自幼沒有主根。

林木的种类不同，其根系可塑性的大小有程度上的差別，杉木根系的可塑性强，因此上述两种类型的划分只能作为实生与插条杉木根系形态上一般性的区别。在某些特殊的环境中，这两种不同繁殖方法的根系类型是可能轉变的，根据我們在湖南会同羊角坪杉木冲調查的一株十五年生实生杉木根系（表1），主要的水平和垂直根多达42条，由于株行距較小，調查木与邻接木密集的細根趨近相接，根的分布界限也非常明显，除个别的以外，絕大多數水平根的生长都沒有越出四周邻接木的根兜范围，因此根幅很小，整个根系的外貌与插条杉木的根系类型十分相似（照片5）。此外，在林地土壤湿润、过分粘紧、石砾含量太多、邻接木根系特別发达或种間竞争等情况之下也会出现同样的变化。如土壤很干松、株行距寬、邻接木有缺株或根系生长孱弱，插条杉木的根系也会变成实生杉木根系的外貌，我們在福建建甌高阳乡东山村調查了一株六十年生的插条杉木根系（表2），这株插条杉木是三十四年前在这个林分采伐时保留下来的，所以周圍都

表1 湖南会同羊角坪15年生实生杉木根系的生长情况

地上部分	树 高 (米)		12.5	
	胸 徑 (厘米)		16.0	
	冠 幅 (米)		6.5	
根 际 徑 (厘米)			20.0	
地下部分	平面根系	根幅(米)	上 下	4.2
			左 右	3.65
			平 均	3.93
		主要側根	条 數	18
			基 徑(厘米)	3.0—10.7
			分布深度(米)	0.4
			細根密集范围(米)	1.30
	垂直根系	全 深 (米)	1.40	
		主要垂直根	条 數	24
			基 徑 (厘米)	0.4—2.0
			分布深度(米)	1.2
			細根密集范围(米)	1.2
		最 粗 根 (厘米)	10.7	
		最 长 根 (米)	2.73	
环境条件	坡 向		东 南	
	坡 度		34°	
	株 行 距 (米)		2×2	
	郁 闭 度		1.0	
	調 查 木 位 置		山冲上段的左坡	
	土 壤 特 性		由紫頁岩风化的埋藏厚层黃棕色的粘壤土, 湿润, 上层有机質丰富, 呈灰黑色, 自 120 厘米以下, 风化的母岩較多, 結持力也愈紧。	

是三十三年生的萌芽杉木, 在調查木的上方和右方, 由于邻接木距离較近, 生长也較盛, 因此在这两个方向的根分布深、尖削、短而分支多, 仍然保持插条杉木原有的根系形态, 但在左方和下方, 一方面由于邻接木少, 距离远和生势較差, 因此在这两个方向的根系获得了生长的良好条件, 根的分布一般只在土深30厘米以上, 粗长而少分支, 呈現了实生

表 2 福建建甌高阳乡60年生插条杉木根系的生长情况

地上部分	树 高 (米)		19.5	
	胸 徑 (厘米)		31.0	
	冠 幅 (米)		5.5	
根 际 徑 (厘米)			42.0	
地下部分	平面根系	根幅(米)	上 下	17.4
			左 右	28.8
			平 均	23.1
		主要側根	条 數	16
			基 徑 (厘米)	2.0—12.3
			分布深度(米)	0.45
	細根密集范围(米)		3.0	
	垂直根系	主要垂直根	全 深 (米)	3.63
			条 數	8
			基 徑 (厘米)	2.7—10.7
			分布深度(米)	1.9
			細根密集范围(米)	1.6
		最 粗 根 (厘米)		12.3×28(板状)
	最 长 根 (米)		28	
环境条件	坡 向		西北	
	坡 度		44°	
	株 行 距 (米)		混乱而稀疏	
	郁 闭 度		0.4	
	調 查 木 位 置		接近山脚	
	土 壤 特 性		由紅色片麻岩风化的厚层橙紅色的中粘土, 土壤較干, 上层松, 下壤稍紧, 半风化的母岩自 125 厘米直至 420 厘米以下漸增。	

杉木根系的外貌, 更由于林相稀疏造成了林地的裸露, 芒萁在林下密布, 杉木根系在干旱的土壤中, 为了竟取足够的水分和养分, 最长的根伸展竟达28米(末端枯萎处徑粗1.7厘米, 估計全长至少为30米以上, 照片6), 因而形成了一个平均根幅为23.1米的龐大水平根系(图1A、B), 可見立地条件复杂, 同一根系也会有两种类型的外貌出現, 这些

图 1 A 福建建甌高阳乡六十年生播条杉木的垂直根系分布图

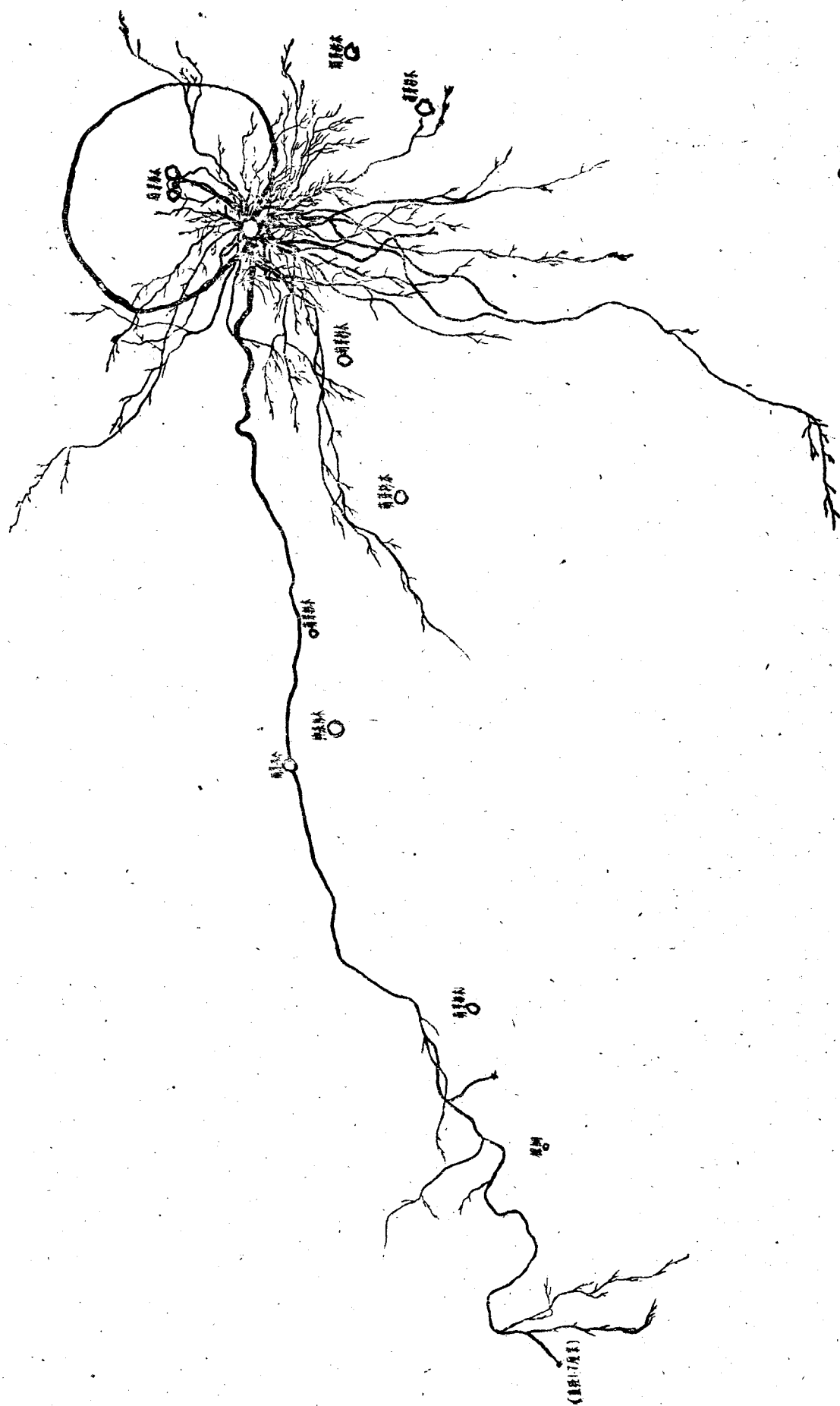
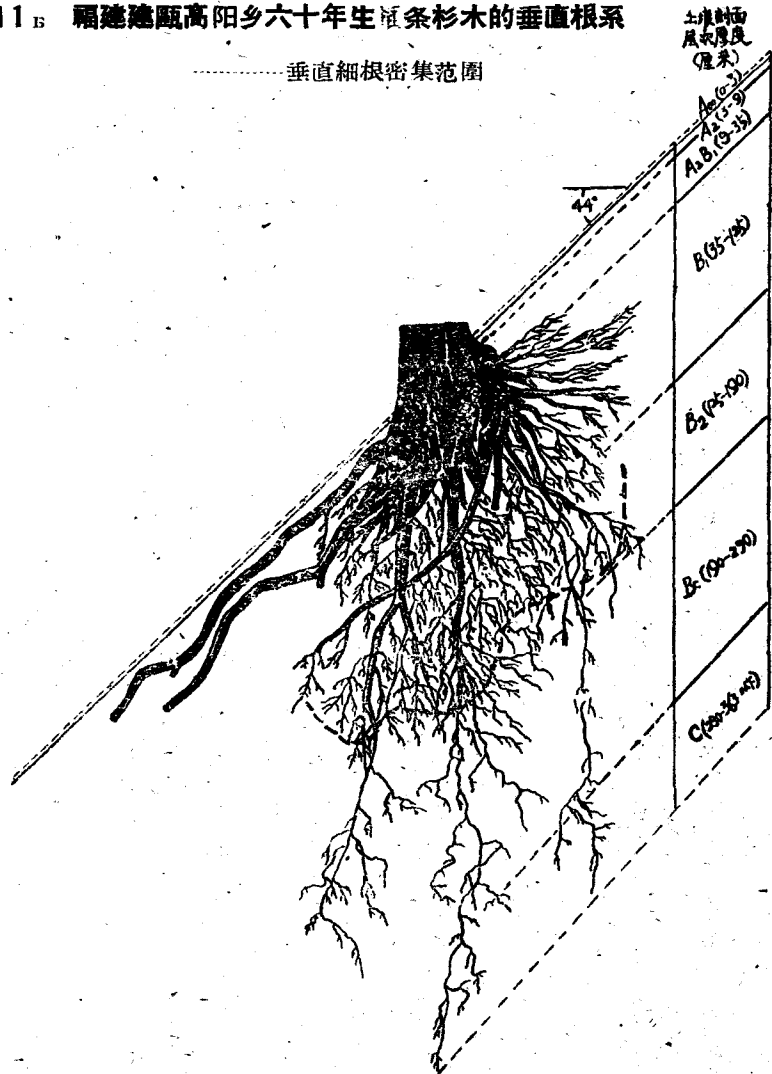


图 1B 福建建甌高阳乡六十年生插条杉木的垂直根系



变化足以說明杉木根系的形态和分布深度随着年齡，繁殖方法，栽植密度和土壤性質等条件而異，所以，杉木虽是“淺根性”的树种，但是由于繁殖方法和立地条件对根系的影响作用，其变異程度还是很大的。

(三) 插条杉木根系的重量調查

1、插条杉木根系在不同土壤深度的分布

根据我們在广东信宜思賀乡調查六年与十六年生两块插条杉木林分的根系重量(表 3—4, 图 2—3), 插条杉木粗、細根在不同土壤深度的分布, 可按其重量分别划分为下列几个集中层次(表 5—6):

表 3 广东信宜思贺乡六年生栎条杉木林不同土壤深度分布的植物根系干重统计表

調查面积0.15平方米 重量单位: 克

土 壤 深 度 (厘米)	杉 木 根 系										林下植物根		残余有机物 (包括死根炭屑等)	
	总 重 量		粗 根		中 根		細 根		根		重	佔全深 总量的 %	重	佔全深 总量的 %
	重	佔全深 总量的 %	直徑>5毫米	佔全深 总量的 %	直徑3-1毫米	佔全深 总量的 %	直徑<1毫米	佔全深 总量的 %	直徑<1毫米	佔全深 总量的 %				
0-10	8.20	4.20	—	—	0.88	1.86	0.88	0.61	7.32	15.01	28.91	58.16	34.63	42.67
10-20	11.72	6.00	1.32	1.33	4.50	9.51	5.82	3.97	5.90	12.10	7.92	15.93	11.02	13.56
20-30	38.17	19.54	29.98	30.21	4.29	9.07	34.27	23.38	3.90	8.00	3.67	7.38	6.63	8.18
30-40	46.08	23.59	38.03	38.32	3.70	7.82	41.73	28.47	4.35	8.92	2.16	4.35	9.45	11.63
40-50	34.08	17.45	24.77	24.96	5.00	10.57	29.77	20.31	4.31	8.84	1.78	3.58	5.38	6.62
50-60	16.14	8.26	3.15	3.17	8.49	17.94	11.64	7.94	4.50	9.23	1.12	2.23	4.06	5.00
60-70	11.71	5.99	0.55	0.55	6.55	13.84	7.10	4.84	4.61	9.45	0.91	1.83	2.78	3.42
70-80	11.78	6.03	1.44	1.45	5.68	12.00	7.12	4.86	4.66	9.56	0.99	1.99	2.12	2.61
80-90	8.03	4.11	—	—	3.82	8.07	3.82	2.63	4.21	8.63	1.09	2.19	2.29	2.82
90-100	4.82	2.47	—	—	2.25	4.75	2.23	1.54	2.57	5.27	0.28	0.56	0.90	1.11
100-110	2.66	1.38	—	—	1.51	3.19	1.51	1.03	1.15	2.36	0.71	1.43	0.90	1.11
110-120	1.03	0.53	—	—	0.22	0.46	0.22	0.14	0.81	1.66	0.12	0.24	0.39	0.48
120-130	0.57	0.29	—	—	0.38	0.81	0.38	0.25	0.19	0.38	0.01	0.02	0.50	0.62
130-140	0.34	0.18	—	—	0.05	0.11	0.05	0.03	0.29	0.59	0.04	0.08	0.11	0.20
总 計	195.33	100	99.24	100	47.32	100	146.56	100	48.77	100	49.71	100	81.28	100

图 3 在广东信宜思贺乡十六年生插条杉木林分不同土壤深度的杉木根系分布图

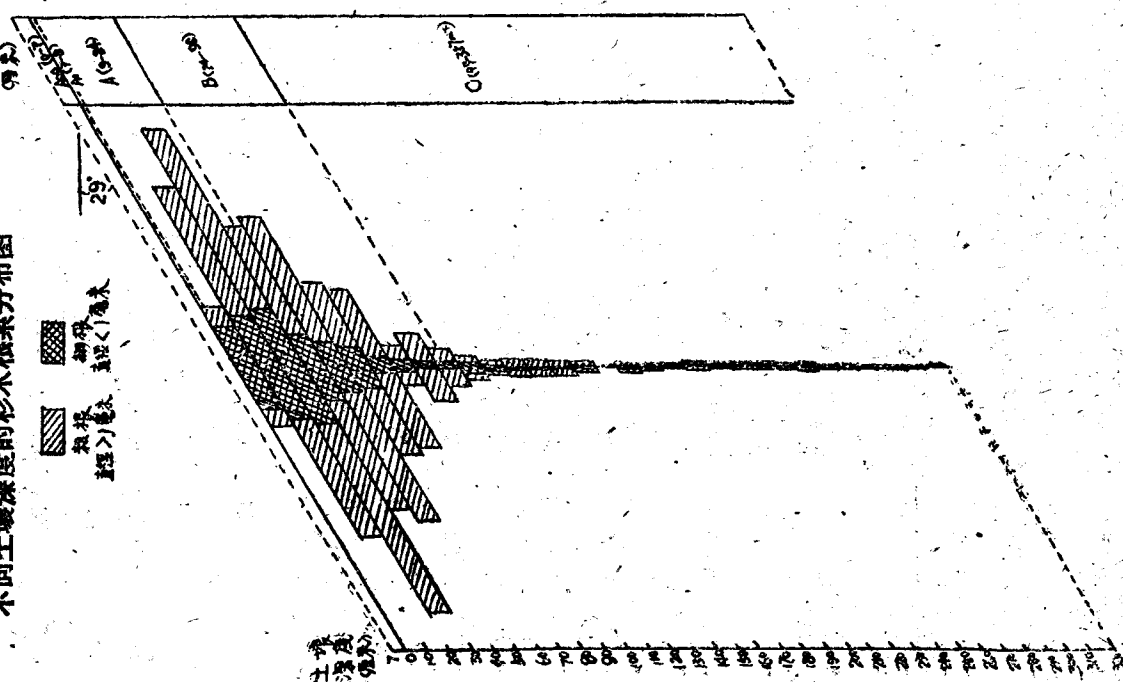
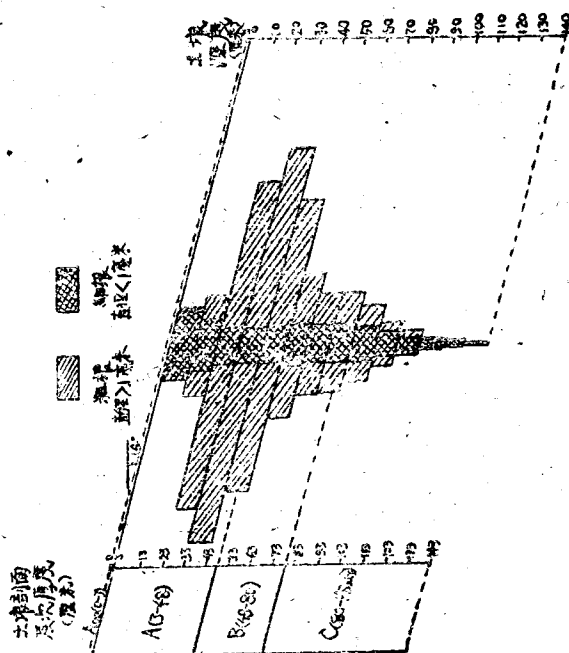


图 2 广东信宜思贺乡六年生插条杉木林分不同土壤深度的杉木根系分布图



广东信宜思賀乡十六年生插条杉木林分不同土壤深度的植物根系干重統計表

調查面積0.15平方米 重量單位：克

土 壤 深 度 (厘米)	杉 木 根 系														林下植物根系		残存有机物(包 括死根、炭屑等)	
	总 重 量		粗		根		根		根		根		重	佔全深 度总量 的 %	重	佔全深 度总量 的 %		
	重	佔全深 度总量 的 %	直徑>5毫米	重	佔全深 度总量 的 %	直徑5—1毫米	重	佔全深 度总量 的 %	合 計	直徑<1毫米	重	佔全深 度总量 的 %						
0—10	15.84	5.60	—	—	—	4.91	5.31	4.91	2.39	10.98	14.17	7.17	46.95	17.57	31.19			
10—20	44.50	15.73	24.14	21.32	6.93	7.49	31.07	15.10	13.43	17.41	1.51	9.89	8.23	14.62				
20—30	62.71	22.16	36.85	32.54	10.73	11.59	47.60	23.13	15.11	19.59	0.99	6.48	4.70	8.34				
30—40	37.64	13.30	9.57	8.45	19.34	20.90	28.91	14.05	8.73	11.32	1.27	8.32	5.01	8.89				
40—50	39.82	14.07	24.19	21.36	8.78	9.49	32.97	16.02	6.85	8.88	1.26	8.25	4.05	7.19				
50—60	22.31	7.89	8.30	7.33	8.59	9.28	16.89	8.21	5.42	7.03	0.43	2.82	3.71	6.59				
60—70	21.61	7.64	5.70	5.03	11.59	12.52	17.29	8.40	4.32	5.60	0.62	4.06	3.44	6.11				
70—80	6.50	2.30	—	—	3.61	3.90	3.61	1.72	2.89	3.75	0.89	5.83	2.23	3.96				
80—90	8.71	3.08	2.71	2.39	4.11	4.44	6.82	3.31	1.89	2.45	0.16	1.05	1.37	2.43				
90—100	4.36	1.52	1.78	1.57	0.83	0.90	2.61	1.27	1.63	2.19	0.16	1.05	1.66	2.95				
100—110	3.30	1.17	—	—	2.07	2.24	2.07	1.01	1.23	1.59	0.13	0.85	1.17	2.08				
110—120	2.17	0.77	—	—	1.20	1.30	1.20	0.58	0.97	1.26	0.11	0.72	0.53	0.94				
120—130	2.03	0.72	—	—	1.64	1.77	1.64	0.80	0.39	0.51	0.07	0.46	0.52	0.92				
130—140	1.78	0.63	—	—	1.62	1.75	1.62	0.79	0.6	0.21	0.05	0.33	0.23	0.41				

140—150	2.02	0.71	—	—	1.45	1.57	1.45	0.70	0.57	0.74	0.04	0.26	0.12	0.21
150—160	1.25	0.44	—	—	0.75	0.81	0.75	0.36	0.50	0.65	0.05	0.33	0.25	0.44
160—170	0.13	0.05	—	—	—	—	—	—	0.13	0.17	0.03	0.20	0.08	0.14
170—180	0.43	0.15	—	—	0.12	0.13	0.12	0.06	0.31	0.40	0.11	0.72	0.16	0.28
180—190	0.38	0.13	—	—	0.18	0.19	0.18	0.09	0.20	0.26	0.06	0.39	0.09	0.16
190—200	1.06	0.38	—	—	0.85	0.92	0.85	0.41	0.21	0.27	0.04	0.26	0.20	0.35
200—210	0.80	0.28	—	—	0.64	0.69	0.64	0.31	0.16	0.21	0.05	0.33	0.18	0.32
210—220	0.87	0.31	—	—	0.63	0.68	0.63	0.31	0.24	0.31	0.05	0.33	0.18	0.32
220—230	1.03	0.36	—	—	0.69	0.75	0.69	0.34	0.34	0.44	0.01	0.97	0.22	0.39
230—240	0.30	0.11	—	—	0.22	0.24	0.22	0.11	0.08	0.10	0.01	0.07	0.03	0.05
240—250	0.28	0.10	—	—	0.24	0.26	0.24	0.12	0.04	0.05	—	—	0.07	0.12
250—260	0.39	0.14	—	—	0.31	0.33	0.31	0.15	0.03	0.10	—	—	0.62	0.04
260—270	0.23	0.08	—	—	0.20	0.22	0.20	0.10	0.03	0.04	—	—	0.11	0.20
270—280	0.23	0.08	—	—	0.17	0.18	0.17	0.08	0.06	0.08	—	—	0.08	0.14
280—290	0.18	0.06	—	—	0.13	0.14	0.13	0.06	0.05	0.06	—	—	0.04	0.07
290—300	0.07	0.02	—	—	—	—	—	—	0.07	0.09	—	—	0.04	0.07
300—310	0.04	0.01	—	—	—	—	—	—	0.04	0.05	—	—	0.03	0.05
310—320	0.03	0.01	—	—	—	—	—	—	0.03	0.04	—	—	0.02	0.04
总 計	282.94	100	113.24	100	92.55	100	205.79	100	77.15	100	15.27	100	56.34	100

表 5 广东信宜思賀乡六年生插条杉木林分的粗細根集中层次

粗 根		細 根		粗 細 根 总 和		
在土壤中集中 分布的深度 (厘米)	佔全深的粗根 总 量 (%)	在土壤中集中 分布的深度 (厘米)	佔全深的細根 总 量 (%)	在土壤中集中 分布的深度 (厘米)	佔全深的粗細 根 总 量 (%)	
0—20	4.58	0—20	27.11	99.03	0—20	10.20
20—50	72.14	20—50	25.76		20—50	60.58
50—80	17.56	50—90	36.87		50—90	24.39
80—110	5.20	90—120	9.29		90—140	4.83
110—140	0.42	120—140	0.97	—	—	
全 深	100	全 深	100	全 深	100	

表 6 广东信宜思賀乡十六年生插条杉木林分的粗細根集中层次

粗 根		細 根		粗 細 根 总 和		
在土壤中集中 分布的深度 (厘米)	佔全深的粗根 总 量 (%)	在土壤中集中 分布的深度 (厘米)	佔全深的細根 总 量 (%)	在土壤中集中 分布的深度 (厘米)	作全深的粗細 根 总 量 (%)	
0—10	2.39	0—40	62.49	95.24	0—10	5.60
10—50	68.30	40—70	21.51		10—50	65.26
50—70	17.61	70—120	11.24		50—70	15.53
70—150	10.16	120—320	4.76		70—150	10.90
150—320	1.54	—	—		150—320	2.71
全 深	100	全 深	100		全 深	100

从表 5 与表 6 可以明显地看出：插条杉木的粗根多分布在土壤深度 10—80 厘米之間，細根在 70—90 厘米以上佔絕大多數，粗細根的总和以 10—70 厘米之間較多，而尤以 10—50 厘米最为集中。不同年齡的杉木細根，分布規律稍有差異，在幼齡期間，細根在中层較多，随着年齡的增加，細根不断增长，相对的多度逐渐集中向上层而以 0—40 厘米为最密。实生杉木粗根和細根在土壤中的分布，一般只集中在 30—40 厘米以上，可見插条杉木的根系分布比实生略深，这个特点与形态調查所得的結論是完全吻合的。

2、插条杉木与其林下植物根系的分层現象及随年齡而变化的特点

如果将表 5 与表 6 細加分析，可以发现在六年生插条杉木林分 0—20 厘米的土壤深度中杉木根系很少，粗細根的总和仅佔全部杉木根重的 10.20% 而在同一层次中的林下植物根竟佔全部林下植物根系重量的 74.09%，十六年生插条杉木林分也是一样，在 0—

10厘米的深度，林下植物根佔其全部重量的46.95%，杉木粗細根的总和則只佔其全重的5.60%，这个現象表明了杉木与其林下植物根系的生长具有这样的一个分层关系，即：在土壤表层，林下植物根系密集，杉木根系就不多，而在杉木根系分布較多的中下层，林下植物根就很少，由于根系的分层現象，緩和了种間营养的竟爭，因而导向种間在一定时期的暂时共存。随着林分年龄的增长，杉木根系不断扩大，林下植物根系集中的层次厚度就会逐渐变小(六年生0—20厘米，十六年生仅0—10厘米)，林地的光照和水分等立地条件也由于杉木冠幅的渐趨郁閉而发生变化，在种間竟爭不断加强的情况之下，只有一些适应环境的植物才能在林下生长发育，因此林下植物的根系重量也随着林下植物的数量减少而降低了。根据六年与十六年生两块林分的比較：林下植物优势种同为烏毛蕨 (*Blechnum Orientale*) 和芒萁 (*Dicranopteris linearis*)，林地的土壤同属花崗岩母质风化的厚层棕黄色砂质壤土，結構亦无大差別，不同点惟前者坡向东南，郁閉度仅0.5，土壤的A层較松厚，但稍干，整个剖面PH值为4.5—6.0。后者坡向西南，郁閉度0.8，土壤的A层較薄，在80厘米以上的A、B层稍湿紧而下层略潮，PH值为4.3，在这样的两个环境条件中：六年生林分的林下植物多度較大，生长也較繁茂，根深1.4米，全深的重量达49.71克，十六年生林分的林下植物根系，在較为强大的杉木根系抑制之下，为了爭取水分和养分，伸展虽达2.4米的深度，但全深的重量只有15.27克，其地上部分不仅数量少而且生长发育也差。

杉木与林下植物根系的相互关系。反映了种間竟爭的特点，二者生长上的变化，实为影响杉木林下植物羣落組成、外貌、結構和演替的主要因素之一。

(四) 关于杉木菌根的一个問題

关于杉木的菌根，在早期的文献中曾有报导 (Noelle, 1910, Yeates, 1924)，至于菌根属于内生或是外生，則未見有詳細介紹，这次我們在福建建甌高阳乡桃毛坑調查一株四十六年生的插条杉木林分，土壤为片麻岩风化的中层棕黄色的輕壤土，林下植物以长叶肉楠 (*Actinodaphne gsaucine*) 和鼠刺 (*Itea Chinensis*) 为优势，杉木株行距为 3.3×2.5 米，郁閉度仅0.8，林分生长极佳，根据一株优势木(高29.3米，胸徑32.6厘米)的調查，根系十分发达(根幅9.1米，平面細根密集范围比冠幅稍大，幅度为3米，垂直根深3.4米，垂直細根密集范围达2.15米)，在其根兜130厘米以下的土壤中，有一长60厘米，寬60厘米，厚45厘米的大螞蟻窠，外壳为一灰色的硬土层，螞蟻已迁移，窠内土壤絕少，但是在这个容积約达0.16立方米的穴中，調查木的細根竟密結成团状(照