

研究报告

森工部分第 9 号
1959年12月31日

紅松和紅皮云杉樹節的分佈

蔡 則 謨

中國林業科學研究院森林工業科學研究所
材 性 研 究 室

紅松和紅皮云杉樹節的分佈*

对用材樹种的材質得到适当的評定或概念后,才可能使木材使用合理。为达到这一目的,僅進行木材物理、机械性質方面的研究是不够的,因为这常常只是得到木材无疵部分小試样的数字,必須对林木重要缺陷的分佈特点作系統、深入地研究。关于这一点,Вакин^[1]教授已經強調指出。

樹節是決定木材等級的最重要缺陷,也是樹木不可避免的生理瑕疵,只有明瞭樹節的發生規律及其起因后,才能使材質标准的划分獲得重要的参考依据;并進而研究如何减少这个缺陷。本文着重研究紅松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)和紅皮云杉(*Picea Koraiensis* Nakai)樹節的尺寸和分佈規律,并对与樹節直接有关的天然整枝概況作了初步探討。材料充分說明改進林木質量的重要性,这在我國大力進行林木速生丰產的林業建設时代更有着顯著的意义。

一、材料和方法

1957年春季,在伊春友好林管区隴心河施業区两个不同的林班,采集了紅松和紅皮云杉样木各6株,林分調查材料^①見表1。

样木在林分中的地位中庸,樹冠生長情况中上,无一側受压以致枝条枯萎脫落的現象。同一樹种的样木,枝下高相差不大,高度中等。样木的一般記載見表2。

表1 林分材料

樹种	林齡(年)	齡級	林分直徑(厘米)	林分高(米)	郁閉度	地位級	林 木 組 成
紅 松	139	VII	38	22	0.9	IV	紅9+云、冷、落、水曲柳、椴
紅皮云杉	105	VI	22	16	0.9	V	紅4+云3+落1+冷1+樺1

表2 样木記載

樹种	樹 齡(年)		胸 徑(厘米)		樹 高(米)		枝下高(米)	
	均 值	范 圍	均 值	范 圍	均 值	范 圍	均 值	范 圍
紅 松	150	134—172	32.2	30.3—33.8	22.4	19—25	7.4	6.6—8
紅皮云杉	—	63—109	26.8	23—30	19.3	16—22	6.2	5.2—7.9

* 高忱和傅書恒二同志先后参加这项工作。此外,还得到材性研究室的木工室和計算室的協助。

①根据林業部調查設計局的材料。

由于希望同时了解樹節分佈規律和天然整枝概況两个方面，作者参考了 Koehler (7) 及小出良吉 (10) 的著作。现在把研究方法簡述如下：

首先將圓木橫截成短件，鋸口在節間。看不出樹節癒合痕跡時（如基部樹干）則酌量鋸成25厘米左右長的短件。通過髓心將短件鋸為兩半，數大頭的年輪數（如果條件好，直接刨光短件的端面去數當然較精確。在半塊短件的端部鋸口上削出一條剖面的數法，雖然不標準，但是簡捷得多，作者採用了這個方法）。再通過髓心垂直縱鋸，即將短件鋸成4塊。把帶鋸平台傾斜成45度，在距木塊髓心4—5厘米處縱鋸，便可使長度3—4厘米以上的隱節全部暴露。記載每一樹節的位置後再逐一鋸取。然後通過樹節髓心加以縱剖，便可以進行觀測。測定的項目有節徑、活節和死節的長度及其投影長度，枝條壽命和癒合死枝所需的時間等（參看圖1）。

枝下高的升遷過程，可以通過下式⁽¹⁰⁾得到說明：

$$y_2 = y - (y_1 - 1)$$

$$y_4 = y_2 + y_3$$

式中

y ：樹齡。

y_1 ：短件的年輪數。

y_2 ：生長短件上枝條時的樹齡。

y_3 ：枝條的壽命。

y_4 ：枝條死亡前一年的樹齡。

比較 y_2 和 y_4 便可看出植株枝下高的升遷過程。

枝條壽命不容易直接數得，因為通過髓心鋸短件時，經常會損壞樹節的尾部。建議用短件的年輪數減相當部分枝條死亡後的全部年輪數，余數即為枝條的壽命。因此短件的年輪數起着重要作用。

測定枝條死亡的時間往往發生困難，通常是由于在枝條受壓抑的情況下，枝條下方死亡部分附近的年輪，密集地從樹干伸向枝條，這時用解剖顯微鏡也難以明晰看出它們的死亡時間。這個問題還沒有得到滿意的解決。

本文着重研究紅松8米高樹干中的節，紅皮云杉則為5米高樹干。後者的枝下高較短，並且有部分樹干上部的試材遺失。

為便利起見，下文一些地方用K代表紅松，P代表紅皮云杉。

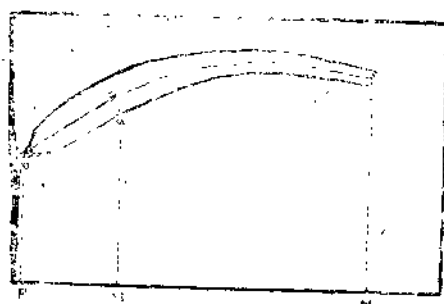


圖1. 樹節縱剖圖

d: 節徑, oa: 活節長度, ab: 死節長度
PM: 活節投影長度 MN: 死節投影長度

二、結果（附討論）

1. 樹節的數量

表3

紅松12米高樹干中的樹節平均數

高度(米)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和
節數(個)	14	18	16	17	15	15	14	14	15	15	16	15	184

各个高度的樹節數相差很小。至于樹節的总数，6株的范围为163—204个，一般相差也不大。

紅皮云杉5米高樹干中的樹節平均数与相应高度中紅松樹節数量的比較見表4。

在同一高度內，紅皮云杉的樹節数量平均为紅松樹節数量的1.3倍。

表4 5米高樹干中紅皮云杉及紅松的平均樹節數

樹節数(个) 樹 种	1	2	3	4	5	总 和	6株的变动范围
紅皮云杉	25	23	22	15	20	105	85—118
紅 松	14	18	16	17	15	80	75—82

同一樹种各株間的樹節數相差不大，每株樹不同高度的樹節數相差也小；但同一株樹基于上的裸節數与其樹節总数則往往相差懸殊。由于紅皮云杉樹干的隱節区很短，只用紅松作了比較。

表5 紅松8米高基干，樹節总数与裸節数的比較

样本号碼	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
樹節总数(个)	124	128	123	104	123	107
裸 節 数(个)	32	7	55	65	13	54

从表5可見，如不对裸節和隱節全面加以考慮，則对于工藝价值最大之基干圓木的材質便难以估計。

針叶樹樹干單位長度中的樹節数量，决定于輪節的單節数和它們的縱向距离。紅松的輪節距离与樹干高度的关系不明顯，一般的概念是樹干下部的節距比上部小，節距的主要變異范围为6—30厘米（图2）。紅皮云杉的主要變異范围为3—20厘米（图2），其輪節距离隨樹高而增加的趋势較顯著（图3）。

不同樹干高度、不同單節数所組成輪節的分佈情况，见图4—5。

在分析图4—5之前应当說明这里輪節的概念。紅松和紅皮云杉的年枝大多是由几个單枝輪生組成，輪節即为輪生年枝在樹干中的部分；但这两个樹种在幼小时，年枝也有單生的，形成單節。將这种單節也作为輪節的一种，是为了便于說明。輪節的單節数反映着樹种的分枝特性。由于这个生物学問題不是本文的研究范围，沒有專門去觀察，并且从上面研究方法的敘述中可以看出，基部樹干某些較短的隱節会沒有發現，也有少数小節被破坏和舍弃，所以图4—5不能確切反映这两个樹种的分枝特性，但可供参考。

这两个樹种，1單節和2單節的輪節主要分佈在基于1—2、3米內；3、4單節的輪節分佈很普遍；5、6單節的輪節較少，僅分佈在樹干較高处，并且紅松比紅皮云杉高得多。紅松輪節最多的單節数为7，出現在12米以上的樹干。紅皮云杉最多的單節数为6。

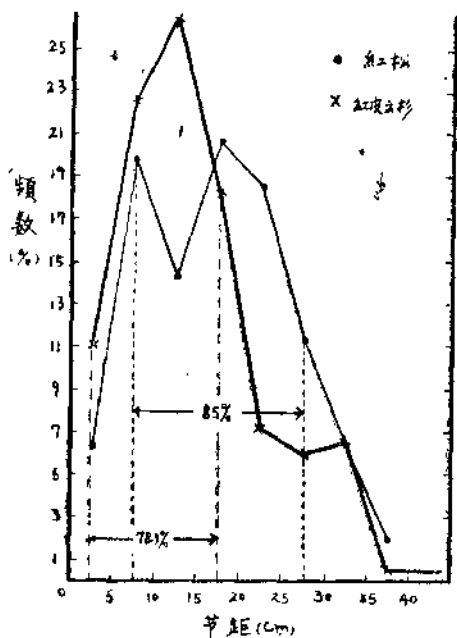


图 2：節距變異圖

—— 分佈一般
 - - - 分佈較少
 ····· 分佈甚少 (圖 5 用)

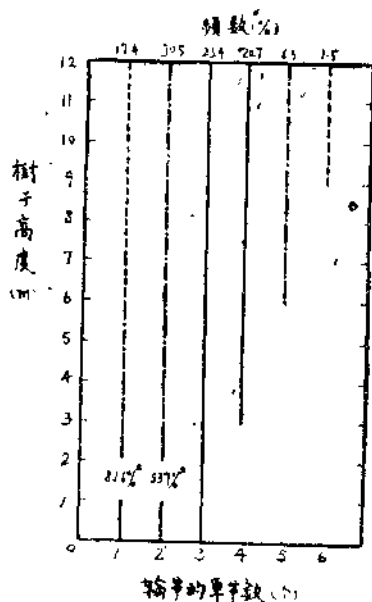


图 4：紅松輪節分佈示意图

* 單節數為 1 和 2 的輪節在基干 3 米內所占的百分比。

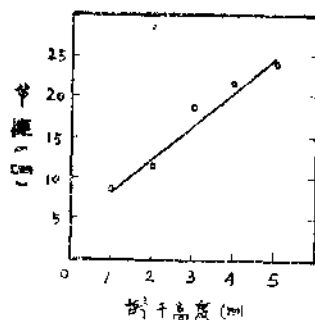


图 3：紅皮云杉節距与樹干高度的关系

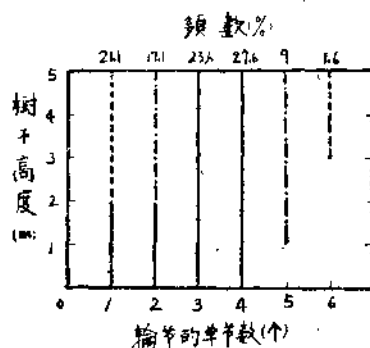


图 5：紅皮云杉輪節分佈示意图

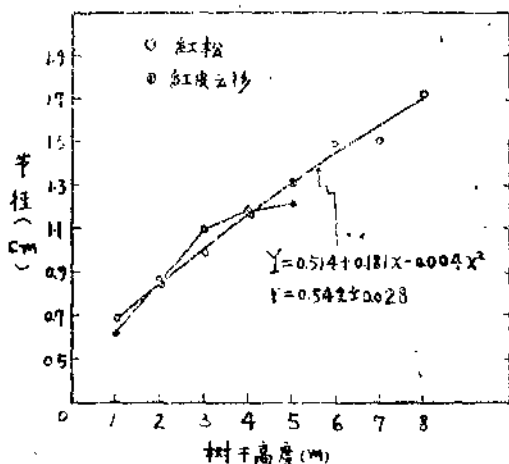


图 6：節徑与樹干高度的关系

下部樹干輪節的單節數雖較少，但節距也小；上部樹干的輪節單節數雖較多，但節距也較大。由于這兩個構成樹節密度的因素相抵消，使得不同樹干高度的樹節數相差不大（表3—4）。

2. 樹節的直徑

8米及5米樹干中紅松及紅皮云杉的樹節直徑列于表5。這兩個樹種相應高度的平均節徑大致相等，節徑隨高度而增加的趨勢顯著（圖6）。

節徑的出現情況如下：

紅松 節徑（厘米）	0.3—0.5	0.6—1.0	1.1—1.5	1.6—2.0	2.1—2.5	2.6—3.0	>3.1
頻數（%）	9.6	42.5	27.6	12.1	5.3	2	0.9
紅皮 節徑（厘米）	0.3—1.0	1.1—1.6	>1.7				
云杉 頻數（%）	70.1	23.9	6				

从上列數字看來，似乎紅皮云杉常出現的節徑較小，但是它的試材也較短（5米）。再參看表5，在單位長度樹干中，它的平均節徑有時還略大于紅松。因此可以認為，這兩個樹種的節徑出現情況大致相同。

表 5 紅松及紅皮云杉的節徑（厘米）

		節 徑 統 計 值								備 註
		M ± m		6x		V (%)		D _{max}		
		K	P	K	P	K	P	K	P	
樹 干 高 度	1	0.70±0.02	0.63±0.02	0.20	0.21	28.57	32.33	1.2	1.1	M: 算術平均數
	2	0.86±0.03	0.87±0.03	0.26	0.31	30.23	35.50	1.8	1.7	m: " " "
	3	1.00±0.04	1.10±0.03	0.33	0.32	33.0	28.67	2	1.9	誤差
	4	1.18±0.04	1.19±0.04	0.42	0.38	35.59	32.37	2.3	2.4	σ: 均方差
	5	1.32±0.05	1.22±0.05	0.50	0.50	37.87	40.68	2.8	2.9	V: 變異系數
	6	1.50±0.06		0.60		40.0		3.4		D _{max} : 最大節徑
	7	1.52±0.06		0.53		34.86		4.1		*有一个生長不正 常的樹節，直徑 為5.3厘米。
	8	1.73±0.10		0.78		45.08		3.8*		

3. 樹節長度

枝条与樹干連生的部分及其死亡后包入樹干的部分便是樹節的兩個部分：活節（或連生節）和死節（或非連生節）。从木材缺陷的观点来看，还可以根据樹節的性質将它分成約近10种，这个缺陷分类問題，本文不予考虑，只將樹節簡分为活節与死節兩类。关于活節与死節对木材强度影响孰大孰小，虽然还没有得到明确的概念^①，但死節易于積蓄水湿導致腐朽，在鋸材和單板中容易脫落，都直接影响木材的使用价值。木材标准中，一般对死節的限制較嚴。因此有必要对活節和死節的長度分別加以研究。

樹冠以下的樹干中，活節長度隨高度而增加，死節長度則出現拋物綫的趨勢（图7—8）。紅松得到兩組（KA組包括K1、2、5；KB組包括K3、4、6）不同的結果（節徑的差異較小，沒有分別考虑）。

KB組的活節長度在干高3米以上遽然增加，主要原因当为光照改善較大所致。KA組活節長度向上增加較小，0.3—1.0厘米，平均約0.6厘米。紅皮云杉向上增加，一般在1厘米左右，这样均匀增加的现象，可能与其耐阴的特性有关。

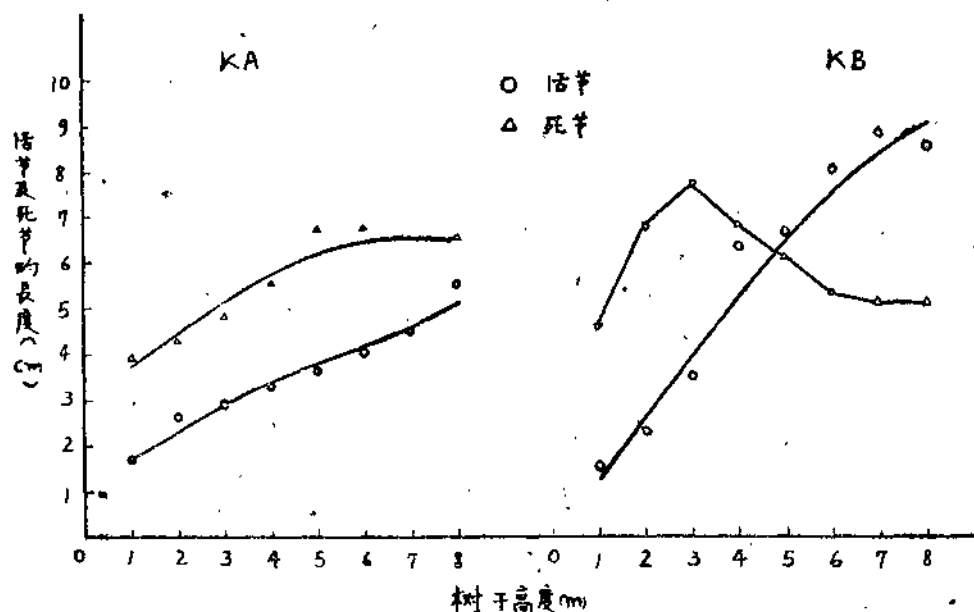


图7：紅松樹節長度与樹干高度的关系

① 苏联國定标准2110-43“木材缺陷”⁽²⁾指出，在同样条件下，各种樹節以死節对木材力学性質影响最小。Newlin 等⁽³⁾則認為，死節对木材强度的影响并不大于同样尺寸的死節。原因是活節附近木材紋理的傾斜度大于死節。Пирелыгин⁽⁴⁾教授总结缺陷对材性影响的著作中，没有明确这个问题，但在活節对木材强度影响的結論中說，活節对木材力学性質的影响，与其說决定于樹節本身，不如說决定于樹節周围的纖維局部弯曲。我所材性研究室研究紅松及魚鱗松木節对木材强度影响的初步結果为，縱压时，魚鱗松死節的影响較活節略小，紅松則相反（略大）；徑向靜曲时，魚鱗松死節的影响較活節小，紅松兩節的影响近似；弦向靜曲时，兩節死節的影响均較活節小。总的看来，死節的影响小于活節。研究者認為，这主要是由于活節上發生嚴重的裂紋所致。

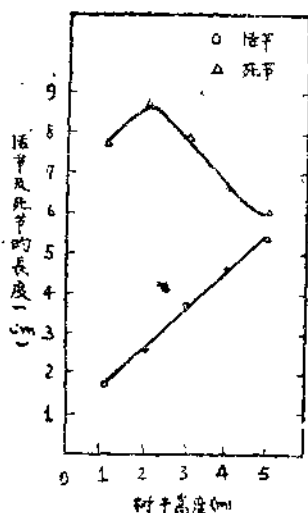


图8：紅皮云杉樹節長度与樹干高度的关系

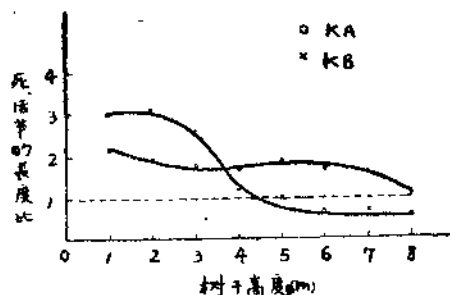


图9：紅松死、活節的長度比

死節的長度只有在樹干隱節区是固定的，这里天然整枝的一系列过程已經完畢。死節長度决定于死枝枝梢的長度，后者与气候，造林及樹种的木材性質等有关。在天然整枝过程結束时，紅松和紅皮云杉的死節長度一般都大于活節長度。至于图7KB組及图8中死節長度遞減的現象，是由于活節長度遞增而天然整枝还远远沒有結束（樹干外的死枝于采伐时砍去）。

这两个樹种的死節長度存在着隨節徑增大而增加的趋势，但由于达到采伐直徑时，樹干中部（或下部）以上的死枝还未癒合，結果基部的死節便顯得長些，这在光照改善后，活節長度遞增的情况下尤其顯著。此外，樹种的特性也有关系，紅皮云杉基干的死節長度顯然比紅松大。Denson (6) 發現美國產之白松、三叶松 (loblolly pine) 和短叶松之小徑節的平均死節長度几等于甚至大于大徑節的死節長度。

死節長度与活節長度的比值决定于它們的長度絕對值。这个倍数关系（图9—10）可以使我們進一步明確死節長于活節的概念。

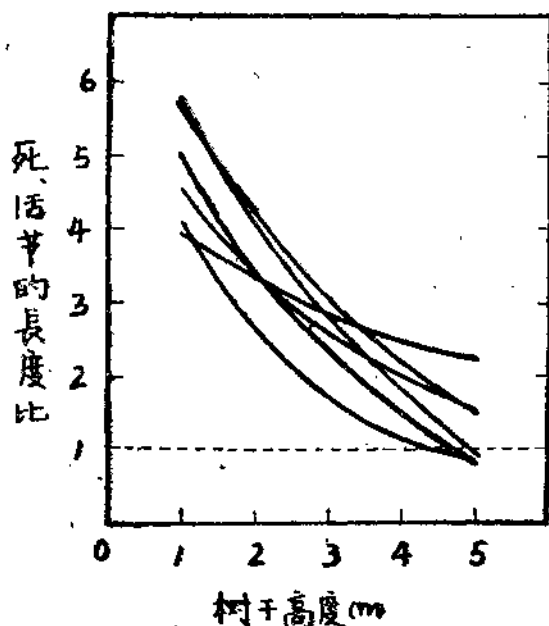


图10：6株紅皮云杉死、活節的長度比

4. 枝条寿命及癒合死枝需要的时间

林木的枝条寿命有隨樹高而增加的趋向，这是因为早年处于郁閉下，光照不良；以后則枝条伸展空間增大，光照改善所致。紅皮云杉枝条寿命③ 向上增加的数值很小，各株的差異也不大，

③ 不包括P6，該株年輪数有問題。

总的平均上升趋势向均匀(图11)。红松枝条寿命在总的上升趋势中有下降, 递增和停滞的现象, 并且各株的差异很大(图12)。两个树种发生这种不同现象的原因, 可能与喜光性不同有关。在相应的5米树干中, 红松的枝条寿命大于红皮云杉。红松枝条寿命最大为102年(8米高树干中), 红皮云杉为54年(5米高树干中)。

死枝愈合所需时间主要决定于死枝残桩的长度和直径, 其次为植株的直径生长速度。6株红

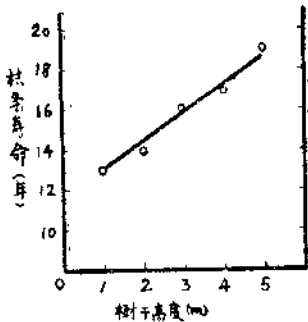


图11: 红皮云杉枝条寿命与树干高度的关系

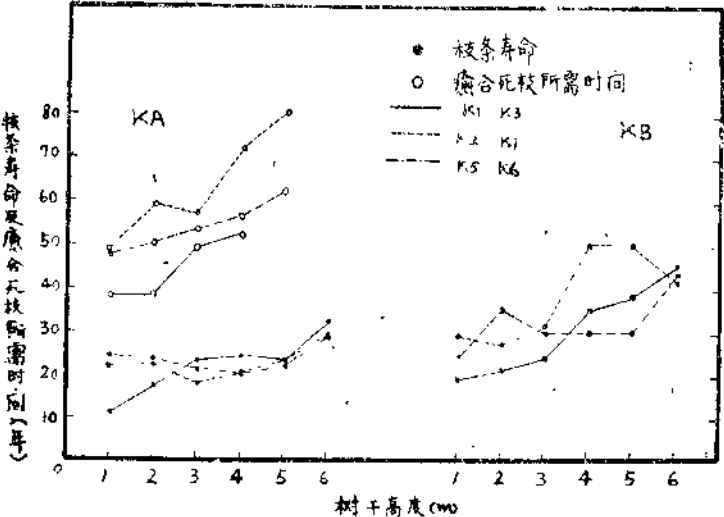


图12: 红松枝条寿命, 愈合时间与树干高度的关系

皮云杉的隐节区均很短(1米以下), 不考虑其愈合时间。红松KB组之隐节区也仅2米许, 所以只求出KA组的愈合时间。死枝愈合时间不容易找出规律, 但明瞭天然整枝过程这个最后阶段所需的漫长时间, 对进一步改进林木材质是有促进作用。

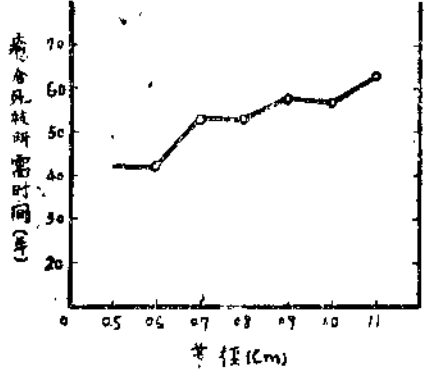


图13: 红松愈合死枝所需时间与节径的关系

林木天然整枝过程包括: 枝条衰弱、发生真菌病害、死枝基部形成保护组织, 枝条的木质部腐朽, 枝条折断及残桩愈合等阶段^[3]。针叶树由于分泌树脂, 增加枝条的耐腐性, 使得死枝不容易腐朽和折断, 延长了愈合所需的时间。图12左上示KA 3株样木不同高度平均的愈合时间。红松的最长愈合时间达105年。从这里不难看出, 树干中产生一定长度和一定厚度的无疵木材往往将需要百年以上。

愈合所需时间有随节径增大而增加的趋向(图13), 相关系数 $r=0.388 \pm 0.053$, 相关程度一般。

5. 同一轮节各单节的比较及树干中的材质区

红松隐节区之轮节各单节的差异一般很小。下面是几个因子相比较的主要差异范围:

节 径 0.1—0.6厘米

活節長度 0.1—1.5厘米

死節長度 0.1—5厘米分散出現

枝条寿命 0 —15年

裸節区上述因子的差異較大，死節長度在此区域不固定，未予比較：

節 徑 K A 0.1—1.0厘米

K B ① 0.1—2.0厘米

活節長度 K A 0.1—1.5厘米

K B 0.1—6.7厘米分散出現，K 3且主要分佈在1.6厘米以上

枝条寿命 2—30 年分散出現

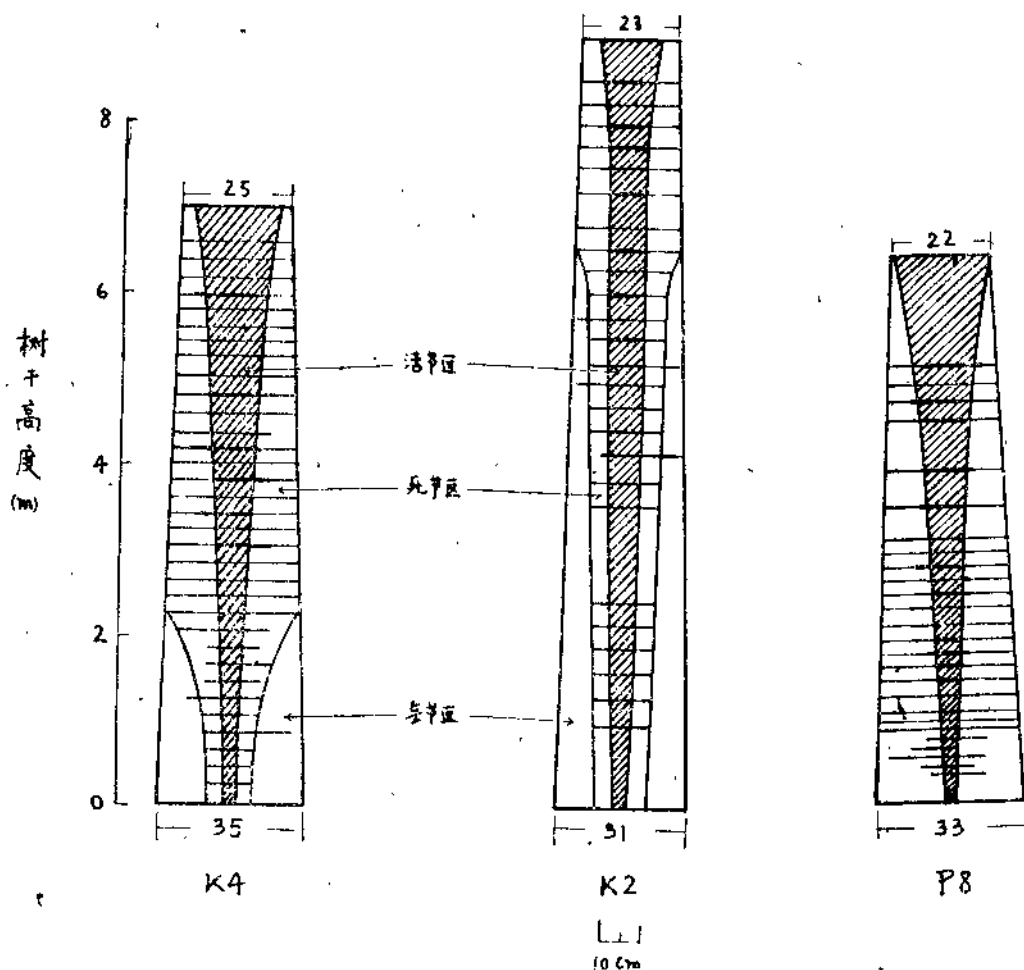


图14: 紅松和紅皮云杉樹干中的不同材質区

① 不包括RG，因首先观测該株，試样损坏較多。

紅皮云杉的隱節區很短，沒有分區比較。5米樹干中輪節各單節的主要差異範圍如下：

節 徑 0.1—0.9厘米

活節長度 0.1—2.5厘米

枝條壽命 0 —15年

、紅松隱節區和裸節區的差別較大，紅皮云杉雖然試材較短，還是可以看出它的輪節各單節的生長比較均衡，也就是受外界的影響比紅松小，這和它們的喜光性不同有關。

上面的比較，可作為分枝特性的參考，在木材利用方面，則可以進一步去探討樹干中按樹節長度來劃分的材質區，即分成活節區、死節區和無節區三部分（參看圖14）。顯然，如果能掌握這個樹干分區的規律，將有助於木材的利用。

Benson⁽⁶⁾、Raprueger⁽⁹⁾以及某些木結構書籍中都把樹干中的這三個區域劃分得十分規則，即在圓木橫截面上，節長的投影是圓，在縱剖面則是這些圓聯起來的圓柱，但都沒有討論在不同情況下這種分區的準確性和變異性。1953—1954年，蘇聯中央木材機械加工研究所⁽⁴⁾研究幾種農業機器製造用材下鋸問題後，也得到類似的圖形，並且求得樹干尖削度與無節區區界的關係，使這個老概念有可能得到新的進展。

作者在初次研究中，只想通過對輪節的比較及節長的分佈規律，了解劃分材質區的可能性和準確性，以及與材質區可能有聯繫的樹干外部特征，以便進一步研究。

把圓木的橫截面和節長的投影當作圓去研究，問題本身就包含一定的粗放性。我們令輪節之單節投影長度差小於3厘米者為允許差，在材質區圖中取它們的平均值，差大於3厘米者，以它們的最大和最小投影長度表示，即圖14中的粗橫綫（活節）和參差不齊的細橫綫（死節）。初步研究結果表明，在一定的允許誤差條件下，可以不同準確程度地把樹干內部劃成2—3個材質區（圖14）。隱節區長的樹干，活節和死節的材質區都比較規則；隱節區短的樹干，材質區的規則性決定於活節區，這時，紅皮云杉比較規則；紅松的活節區則較不規則，其原因在樹節長度一節已經討論。因此天然整枝過程的快慢，不僅影響着材質（本文所討論的）的優劣，還與材質區的規則性有關。樹干隱節區長度和尖削度等與“節疵”^①的關係，有待進一步研究。

6. 枝下高的升遷

前面已經討論死節長度及其癒合所需時間，本節說明林木伐倒前，枝條自下向上死亡的過程（圖15），這樣就可以明瞭天然整枝的概況。

圖中表明，KA組除K₂在2米余高處有個別枝條的壽命較長以外，一般在樹高5米余以內枝條壽命相差不大，枝下高逐漸遞增。到了約6米高，有的枝條壽命才增加較大，形成枝下高停滯不升的現象。KB組在樹干高3米余處起即有某些枝條的壽命增加很大，形成枝下高停滯和突升（上部枝條已先死）。圖14 K₄在3米高以上的活節區出現顯著地參差不齊現象，可以用圖15對照說明。紅皮云杉只有P5枝下高的上升比較循序，但已停滯在5米余高處46年，並且仍將繼續保持這個高度。其它各株的樹干下部均發生少數枝條壽命增加很大的情況，引起枝下高停滯和突升。

某些枝條壽命增加很大的情況，紅松發生在樹齡70年以後，紅皮云杉則一般在50年左右，這是後者天然整枝較差的因素之一。

①作者用這個名詞來概括樹節的尺寸，密度以及樹干中節區的情況等。

三、結 語

紅松和紅皮云杉主干的節徑不大，並且有規律，對木材利用的妨害不大，影響材質嚴重、最難以找出規律者是死節長度，其次為某些枝條壽命突增引起的活節增長。這可以從本文二、3—5節得到充分說明。

林木天然整枝情況下，不僅容易產生很長的死節（圖16），並且死枝折斷處往往參差不齊，既難癒合，癒合後又難產生直紋理木材（圖17）。



圖16：很長的死節

活節長度為47毫米而死節長度達127毫米（本圖系紅松，亦可說明紅皮云杉）



圖17：樹節所引起的波浪紋理

樹節長度為82毫米（L₁）；而其引起的波浪紋理延伸到70毫米（L₂）並未終止。（本圖系紅松，亦可說明紅皮云杉）

為了合理使用木材，研究樹節的分佈規律固屬有意義，但更重要的是明瞭自然界規律後，進一步加以控制和改良。因此提高林木材質是十分重要的工作，這在林木發達的國家早已受到重視。

有必要繼續研究我國重要用材樹種樹節的一般性質和分佈規律，這對於木材標準和木材機械加工具有重要意義。

本文先後承成俊卿，黃中立及朱惠方等先生提出寶貴意見，謹此志謝。

參 考 文 獻

- [1] Вакин, А. Т. 1949. Вопросы оценки качества древесины в связи с фауноскопией древесины, тр. Ин-та Леса АН СССР, т. IV.
- [2] ГОСТ 2140—43. Пороки древесины, Стандартиздат, М., 1943.
- [3] Кроткая, П. Г. 1955. Выращивание высококачественной древесины, Гла. III, Гослесбумиздат.
- [4] Крашенинников, И. П. 1956. Способы повышения выхода высококачественных пиломатериалов, Лесная промышленность, №2.
- [5] Передыгин, Д. М. 1949. Влияние пороков на технические свойства древесины, стр. 34, Гослесбумиздат.
- [6] Benson, H. Paul 1938. Knots in second-growth pine and the desirability of pruning, U. S. Dept. Agric. Misc. publ. 307.
- [7] Koehler, A. 1936. A method of studying knot formation, J. For., 34:1062—63.
- [8] Newlin, J. A. et R. P. A. Johnson 1923. Basic grading rules and working stresses for structural timbers, U. S. Dept. Agric. Circ. 295.
- [9] Rapruöger, E. F. 1939. Development of branches and knots in western white pine, J. For., 37:239—245.
- [10] 小出良吉, 1941. 枝の枯槁經過とその腐朽落下に就て, 日本林学会志, 23:363—377.

Knots Distribution in the Stem of Red pine and Red-bark Spruce in North-east China Tsai Tze-moe

(Institute of Forest Industry, Academy of Forestry)

(Summary)

1. In red pine (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) or red-bark spruce (*Picea koraiensis* Nakai) the sum of knots in the boles shows no marked difference in one species; and the average number of knots at different height of the boles shows no evident difference also. In the butt log of 5-meter length, the average number of knots in red-bark spruce is 1.3 times higher than those in red pine.
2. In red pine the main range of knot diameter in butt log of 8-meter length is 0.3—2.0 cm, and in red-bark spruce those of 5-meter length is 0.3—1.6 cm. The relationship between knot diameter and stem height is obvious (see table 5 and fig. 6) The correlative equation and coefficient for red pine would be written as follows:
$$\hat{y} = 0.514 + 0.181x - 0.004x^2$$
$$r = 0.542 \pm 0.028$$
3. The relationship between the length of live knots and the height of the stems is more or less conspicuous, while in dead knot nearly no relation appears at all.
4. The main range of the distance between knot whorls is 6—30 cm in red pine and 3—20 cm in red-bark spruce. The tendency that the distance of knot whorls increases with the height of stem appears more evident in red-bark spruce than in red pine.
5. Compared with red-bark spruce, the life of branch in red pine is longer and more unstable. The phenomenon of sudden increasing in the life of certain branches is occurred to red pine of over 70 years old and about 50 years for red-bark spruce (see fig. 15).
6. According to the horizontal projection of knot-length the boles of red pine and red-bark spruce, at a given allowable deviation, can be divided into 2—3 zones (fig 14). The accuracy of those zones seems to be related to the branchless part of stem, i. e. to the speed of natural pruning of a tree.