

紅檜散狀留伐天然下種更新試驗

洪懷琳¹⁾

〔摘要〕

鑒於許多天然更新法中，最簡單而易行者當屬散狀留伐天然下種更新法，尤其適逢林務局現行財力與設備均不充足之條件下，殊值得優先採行。

本項紅檜散狀留伐天然下種更新試驗擇於檜木事業區第 53 林班施行，自最初規劃設計迄今已逾十一年之久。關於三種不同整地方式之天然更新苗木發生數，曾由陳振東教授與許博行講師於六十九年六月共同提出『紅檜之天然下種更新試驗』報告。本文係從伐木作業成本、造林作業及植生變化三方面，分別予以分析檢討。

Experiment on the Natural Regeneration of Taiwan Red Cypress by Scattered Seed Tree Method

Hwai-Lin Hong¹⁾

〔Abstract〕

So far as we know, the scattered seed tree method is the most favoured one in a number of natural regeneration methods, particularly under the existing conditions of Taiwan Provincial Forest Bureau without sufficient wealth and facilities.

This study has been eleven years long, since the scheme was performed at the 53 Compartment in Luan-Ta Working Cycle. The results obtained from the three aspects described below may be summarized separately as follows :

1. Cutting cost :

For the part of cutting cost at the same region, the expenditure of seed tree method is higher than that of clear-cutting method.

2. Reproduction operation :

In the methods of treating forest floor, the best one is to make the surface soil exposed and ploughed by human power, because it not only provides a good bed for seed shedding, but also raises the percentage of artificial replanting. It is still feasible to expose surface soil, for the sake of saving money.

1) 臺灣省林務局檜木林區管理處，處長

3. Vegetation variation :

There is no significant difference of vegetation composition among the three methods of (a) exposing surface soils (b) exposing and ploughing surfac soils (c) doing nothing, after disposed slash and moved grass at the felling blank mentioned above.

一、前言

本省檜木有華紅檜 (*Chamaecyparis formosensis* Matsum.) 與臺灣扁柏 (*C. obtusa* Endl. var. *formosana* Rehder) 兩種，同為溫帶林中蓄積量較多而最具經濟價值之木材。早自日據時代以來，始終居於被採伐林木之首位，而其皆伐跡地之復舊多採行傳統方式之人工栽植，故鮮有人嘗試其他方式之伐採更新方法。近十餘年來，在有識之士極力呼籲之下，固有經濟樹種之造林甚受重視。尤以生長速率及立地適應性方面均較優越之紅檜，在本省中、高海拔地區之造林，佔十分重要之地位。

由於本省經濟快速成長，生活水準大幅提高，勞力資源大量湧向工廠與都市，且造林工費逐年高漲，故省工育林之道因應而生，且倍受林業界所重視。省工省力之方法甚多，但不外為兩大類，一為直接之省工如橫坡步道造林、育林機械化、藥劑除草等屬之；另一為間接之省工如速生樹種造林、木竹施肥、林木育種、天然下種更新等均屬之。尤其對於深山地區不易復舊造林之伐採跡地，天然下種更新法，當為最佳之省工途徑。

天然下種更新法包括皆伐、留伐、傘伐及擇伐等作業法，惟在林務局現有之人力及財力下，最易行而有效者，當屬留伐天然下種更新法。鑒此，為探求留伐作業及天然下種更新法在有限人力、技術、設備下之可行性，並期根本改善缺點較多之皆伐作業，推動省工育林技術，爰於民國六十一年夏，著者即商請國立中興大學森林系以合作方式，擇在枋木事業區第53林班之天然混交針葉樹林地，進行紅檜留伐作業及天然下種更新試驗，研究在不同人工整地方式下，其天然更新之苗木發生數量，有關初期成果業經於六十九年發表⁽⁴⁾。為更進一步探討其更新過程理論與實際推廣之可行性，乃保留此試驗地繼續調查。本文即係此試驗地規劃執行後之第十一年成果報告，包括伐木作業成本比較、造林作業及林地植被變化之分析及檢討。

本試驗之設計及執行承陳振東教授、張峻德副教授指導於前；植生調查及資料總整理承呂福原教授、歐辰雄副教授鼎力支持於後，始得以順利付梓，謹此深表謝忱。

二、試驗地概況

1. 地況：本試驗區位於南投縣信義鄉枋木大林區管理處人倫工作站轄內枋木事業區第53林班第三小班人倫林道四十四公里處之天然混交針葉樹林地，海拔高度二千三百公尺，坡向為西南方位，試區面積為10公頃50，坡度為35°，地勢陡峻，土壤為砂礫壤土，地被植物多為蕨類，陰性軟莖草類及少許玉山箭竹（各主要植被詳如附錄(一)）。
2. 林況：本試驗區為針葉樹原始混交林，主要針葉樹種有紅檜、臺灣扁柏、鐵杉、臺灣二葉松、華山松等。主要闊葉樹種有烏心石、臺灣椴樹、臺灣赤楊、霧社黃肉楠、三斗石櫟、紅淡比、臺灣雲葉、森氏櫟、臺灣紅榨槭、豬腳楠、阿里山檢等，其中以紅檜較多，立木胸徑亦最大，樹齡最高約達千年以上。

三、研究方法與成果

(一) 紅檜留伐與皆伐作業間之伐木成本比較研究：

1. 伐木作業方式：係在預定砍伐區內，以散狀留伐作業法處分林木，亦即將所保留之母樹儘量求其均勻散佈於全林地，其餘一律列為伐倒範圍，作業面積 10.50 公頃，每公頃平均保留母樹十株。
2. 伐木作業起訖時間：自六十三年七月起至六十五年三月止。
3. 試驗區林木處分情形一覽表：

項 目 分 類	株 數	材 (m ³) 積	每 公 頃 平 均 數	
			株 數	材 積
處 分 前	604	5,086.29	58	484.41
處 分 後	108	1,704.12	10	162.30
平 均 伐 採 率 %			82.76	66.29

4. 留伐作業與大面積皆伐作業之成本比較：就本試驗實際伐木成本與同一地區大面積皆伐作業成本，作一比較，如下表(2)。

表(2)：

作 業 別	直 接 人 工		動 力 費 用	附 屬 作 業	合 計	備 考
	伐木造材	集材裝車				
留 伐 作 業	45.34	165.31	74.80	4.26	289.71	物料費未計入
皆 伐 作 業	37.53	137.09	12.50	3.85	190.97	
差 (元) 額	7.81	28.22	62.30	0.41	98.74	
比 率	20.81	20.59	498.40	10.65	51.70	

由上表可知，留伐作業之生產成本較皆伐作業為高。

(二) 天然下種更新林地之試驗設計及更新苗木數量之分析

1. 試驗設計：本試驗地係包括三個相鄰之伐區，按伐區面積之大小，劃分成適當區集，第一伐區面積最小僅設置一個區集，第二伐區較大設置兩個區集，第三伐區最大設置四個區集，共計有廿一個試區，每一試區為 0.50 公頃 (100 m × 50 m)，合計全部供試林地面積為 10.50 公頃，試區之配置係按隨機區集法排列之。每一區集內均包括三個不同處理之試區，其林地整治方式如次：
T₁：清除伐木後之廢材與全割灌叢雜草後並攪亂枯枝落葉及腐植質之堆積層而使礦質表土暴露

T₂: 依照T₁作業程序,使表土暴露再加以人工耕翻,耕翻寬度五十公分,條間距離五公尺。

T₃: 僅清除廢材及割除灌叢雜草作為對照。

- 2 成果分析:按前所述,原試驗設計包括七個區集共計廿一個試區,惟設計之初距此次調查(七十一年十一月中旬)已歷時過久,地況變化甚劇,部份區集難以維持完整,因此選擇較為完整之四個區集(第I、II、III及第IV區集),採用帶截樣區(Belt transect)之植生調查法,於每一試區中取兩個平行之條狀樣區(20m×1m),調查各樣區內之紅檜天然更新苗木數量(人工補植苗木不列入比較)。茲將此次帶截法所調查之苗木株數先換算成每0.50公頃所應佔之苗木株數再與六十七年四月及六十九年六月所調查之株數比較,如下表(3):

表(3): 不同調查時期之苗木發生數

處 理 集	T ₁			T ₂			T ₃		
	67年4月	69年6月	71年11月	67年4月	69年6月	71年11月	67年4月	69年6月	71年11月
I	2860	2140	3250	2995	2184	3500	1570	628	500
II	2634	1987	2375	2270	1827	4000	1970	943	500
III	2670	2048	2625	2985	2249	6125	1480	927	1000
IV	2220	1720	2000	2615	2014	5250	1310	845	1375
總計	10384	7895	10250	10865	8274	18875	6330	3343	3375
平均	2596.00	1973.75	2562.50	2716.25	2068.50	4718.75	1582.50	835.75	843.75

將上表進行變方分析(Variance analysis)結果則如下表(4):

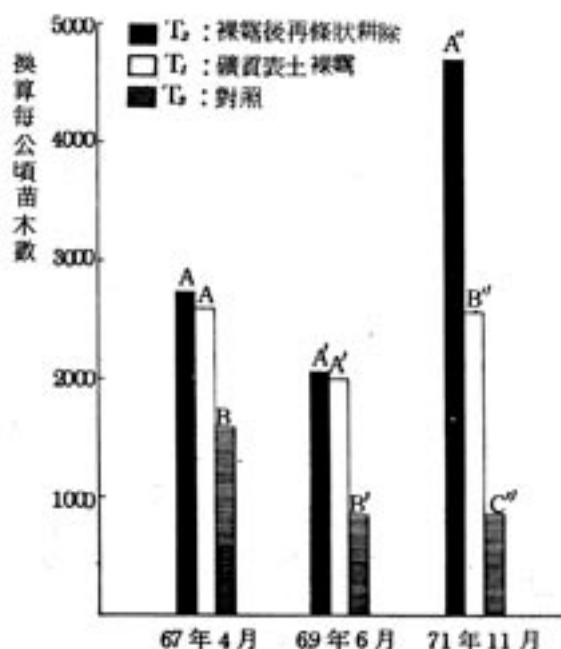
表(4): 不同調查時期之苗木數變方分析

調查年別	六十七年四月			六十九年六月			七十一年十一月		
	區集	處理	株數	區集	處理	株數	區集	處理	株數
自由度	3	2	6	3	2	6	3	2	6
平方和	300,480.25	3,102,708.50	511,905.50	76,411.33	3,764,925.50	191,593.17	1,739,583.34	30,758,854.17	3,893,229.16
均方	100,160.08	1,551,384.25	85,317.58	25,470.44	1,882,462.75	31,932.20	579,861.11	15,079,427.09	648,871.53
F值		18.18 **			58.95 **			23 **	
5% 理論F值		5.14			5.14			5.14	
1% 理論F值		10.92			10.92			10.92	

由上表(4)可知,各年次所調查之更新苗木數,在三種不同整地方式間均呈極顯著差異,遂再進行鄧肯氏新多變域測驗法(Duncan's new multiple range test)比較各年次三處理間平

均苗木數之差異如下圖(一)：

圖 1



註：英文大寫字母相同表示處理之間不具顯著，英文字母相異則表示處理之間呈極顯著差異。

由上圖(一)可知，前兩次調查因係在施行人工補植以前，礦質表土裸露 (T₂) 與裸露後再條狀耕除 (T₁) 兩者之間更新苗木數不具顯著差異，惟前二者皆與僅測灌芒之對照者 (T₃) 均呈極顯著差異。第三次調查則在連續兩年人工補植以後，由圖可明顯得知，以礦質表土裸露後再條狀耕除 (T₁) 之苗木數最多且與 T₂ 及 T₃ 皆呈極顯著差異，而 T₂ 亦與 T₃ 呈極顯著差異。

(二) 植生調查與分析

自原設計三種處理七個區集計廿一個試區中，選出較完整之 I、II、III、IV 四個區集計十二個試區，然後於每一試區中，採取兩條帶截樣區 (兩條樣區間隔 4 m，每條面積為 20 m × 1 m)，調查其中各植物種類所佔之覆蓋度 (Coverage)，隨後改算成每一種類之相對覆蓋度 (Relative Coverage)，再以相對覆蓋度作為重要值 (Importance Value)，復據此計算樣區間之相似性指數 (Index of similarity)。關於相似性指數之計算，筆者採用 Bray 及 Curtis 二氏之指數公式如次：

$$I S_{sc} = \frac{2M_w}{MA + MB} \times 100$$

式中 MA 為 A 樣區中所有植物種類重要值之總和。

MB 為 B 樣區中所有植物種類重要值之總和。

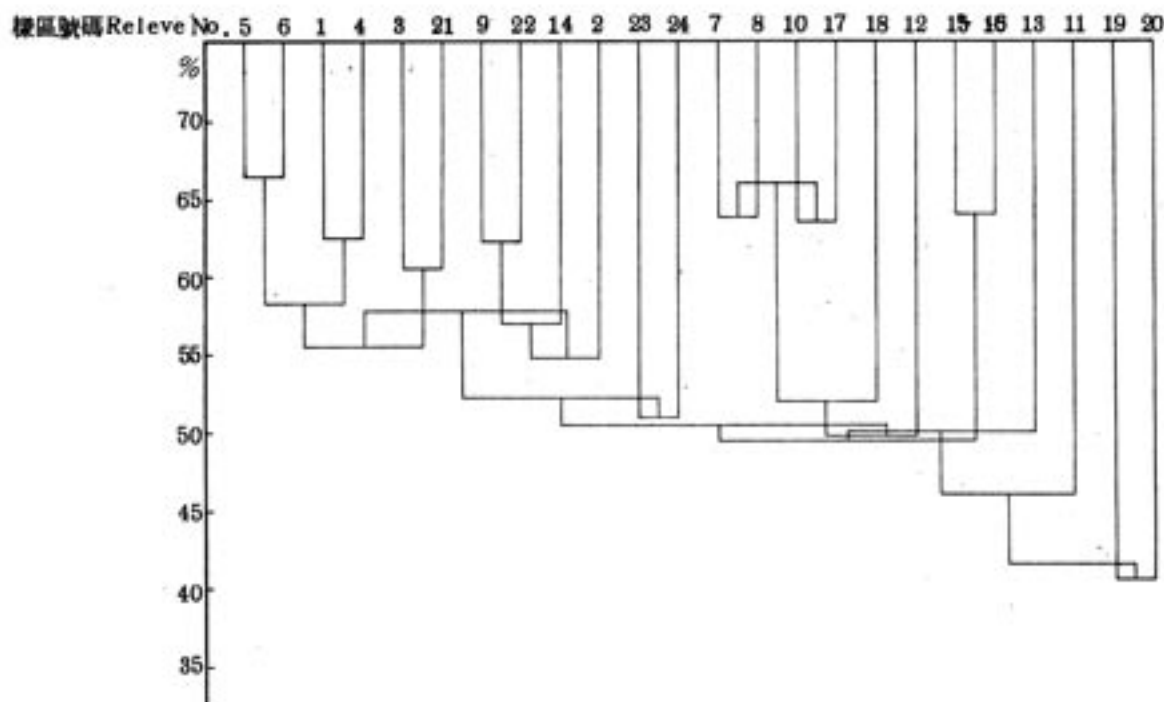
M_w 為 A 樣區與 B 樣區中共通種最小重要值之和。

由於僅採用相對覆蓋度一值為重要值，即重要值之總和為 100，故 MA + MB = 200，代入上式中則可簡化為 $I S_{sc} = M_w$ (percent)，然後以群團分析 (Cluster analysis) 作成樹形圖

按上表(5)之相似性指數值矩陣，由其中找出 I S 值最大之兩樣區，先將其連結在一起，然後將此兩樣區作成一合成樣區 (Synthetic Relève)，其次將此合成樣區放入原二樣區中之任一位置而將另一樣區予以刪除，再計算此新合成樣區與其他樣區間之 I S 值，復自新相似性指數值矩陣中，將 I S 值最大者挑出並連結在一起，繼續重複以上步驟直至樣區個數剩下兩個為止，如此便可將所有之樣區連成一樹形圖，經由電腦分析出之群團資料如表(6)，再依表(6)繪成樹形圖，如圖(1)。

表(6): 各群團之連結情形

Clustering Cycle No.	Index of Similarity joined	Relève No. contained
1	66.36	6, 5
2	64.13	16, 15
3	63.83	8, 7
4	63.60	17, 10
5	65.98	17, 10, 8, 7
6	62.32	4, 1
7	62.20	22, 9
8	60.40	21, 3
9	57.98	4, 1, 6, 5
10	56.93	22, 9, 14
11	55.19	4, 1, 6, 5, 21, 3
12	54.68	22, 9, 14, 2
13	57.58	22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3
14	52.25	17, 10, 8, 7, 18
15	50.87	24, 23
16	52.08	24, 23, 22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3
17	49.66	17, 10, 8, 7, 18, 12
18	50.34	17, 10, 8, 7, 18, 12, 24, 23, 22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3
19	48.42	17, 10, 8, 7, 18, 12, 24, 23, 22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3, 16, 15
20	49.72	17, 10, 8, 7, 18, 12, 24, 23, 22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3, 16, 15, 13
21	45.64	17, 10, 8, 7, 18, 12, 24, 23, 22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3, 16, 15, 13, 11
22	40.55	20, 19
23	41.49	20, 19, 17, 10, 8, 7, 18, 12, 24, 23, 22, 9, 14, 2, 4, 1, 6, 5, 21, 3, 16, 15, 13, 11



圖二：根據表 6 之植群調查資料經群團分析繪成之樹形圖

由上圖之樹形圖可知，不論同一試區或不同處理之試區或不同區集間之試區所做之帶載樣區植生調查，彼此間之植物種類均甚為相似，難以辨類成不同植群型，亦即同一海拔高度及同一留伐作業，雖林地之整治方式不同，各試區植群分佈及覆蓋度之間並無顯著差異。

四、討論

(一) 留伐作業天然下種更新法除保留種木 (Seed tree) 於林地而異於一般皆伐作業天然下種更新法之外，其他方面多與後者雷同。因此為減少生態及水土破壞之程度及利用現有之設備、人力、物力，應優先採用此法 (12)。

(二) 紅檜母樹具有種粒輕小，毬果在樹上開裂、結實周期不明顯、樹型高大、種子飛散距離遠等優越條件。故較其他樹種適合於留伐天然下種更新法之推廣。

(三) 採用留伐作業之紅檜天然下種更新法，除應考慮所選留之母樹需具有樹勢旺盛、結實豐富，樹幹堅實而無空洞等條件外，尤應慮及母樹之配佈情形。鑒於保留單株散生母樹，易於發生風折、風倒之害，應將每株母樹四周之中、小徑木酌予保留，不僅可使母樹免於孤立，而且可以構成適度鬱閉，減少林地雜草之發生。

(四) 留伐作業之伐木成本，一般高於皆伐作業之主要原因，在於集材段數之增加，為此需增長集材段之耗用長度，增加架設及動力之費用，而且集材效率並未隨成本而提高。惟對於小面積之處分林地且鄰近運材林道者，應優先採用此法。

(五) 留伐作業天然下種更新法，依種木配置方式之不同，可分為散狀與群狀留伐天然下種更新法兩種。由於種木散狀留置具有下種較均勻、下種面積較大、母樹留存株數較少且經濟損失較輕等優點。權衡兩者之利弊並就紅檜天然下種更新之特性而論，採行散狀留伐天然下種更新法較為適宜。

(d) 根據本試驗可知，林地之整治方式，倘觀天然下種完成更新，則使林地表土裸露即可。惟求提高造林成活率及力求更新均勻起見，則以將表土裸露並加以條狀耕鋤最為適宜，不僅促進天然下種之效果且可提高人工補植之成活率，尤其在留存母樹較少，下種不均勻或枯枝落葉與腐植質層之堆積過厚等之情況下，更應採取裸露表土並加以耕鋤之整治方式。

(e) 根據植生調查結果可知，各試區之植物種類，彼此之間並無顯著不同，不能歸類成不同植群型，其主要植生按其覆蓋度之大小，依序為火炭母草、臺灣黃堇、臺灣澤蘭、臺灣黃堇、臺灣懸鈎子、斜方複葉耳蕨、飛龍掌血、臺灣獼猴桃等多屬藤蕨性或具針刺之植物。於今距伐木作業全部完畢至少逾七年之久，上述植生種類仍未被極陽性之萱草或箭竹所取代。由是可知，散狀留置母樹不僅天然下種更新較均勻且可覆蓋林地減少陽性雜草之發生。

(f) 本省山地多陡峻，為促使天然下種更新完全，應於斜坡上方保留較多母樹而於坡下減少留存母樹。由本試驗地顯然可見坡上之天然生幼樹較坡下者為少，故若採用上述改良方法，天然下種自能較均勻。

(g) 天然下種更新不僅節省採種、培養等育苗費用，更減少生態環境遭受伐木破壞之程度，提供幼苗較佳之保護及維護國土保安等間接功效。

(h) 關於每公頃究應保留若干母樹最為適宜之問題？林業專家各持不同見解。如以美國為例，其母樹之保留範圍，為每公畝 2~10 株，亦即每公頃保留 5~25 株，實際執行時，當視樹種、結實周期、種子特性、後伐方式等因子而定。

(i) 對於所保留之紅檜老齡母樹，若俟次屆輪伐期與新林一併伐採，甚易因嚴重腐朽而降低利用價值，增加經濟上巨額損失，惟若提早於更新建造完成時即予伐採，必須考慮到如何使幼齡木受害減至最低程度。

五、結論

(一) 就同一地區之伐木成本而言，留伐作業較皆伐作業為高。

(二) 林地之整治方式，以裸露表土並加以耕鋤者最為有效，不僅利於天然下種且可提高人工補植之成活率。若保留母樹較多且均勻配置，僅使表土裸露即可，無需加以耕鋤。

(三) 該試驗區內植生種類並不因整治方式之不同而有顯著差異。林地植生多屬藤蕨性或具有針刺之植物為各試區間共同之特性。

六、參考文獻

- 1 王子定 (1966)：應用育林學(下)，國立編譯館出版。
- 2 陳振東 (1954)：實用育林學。
- 3 陳振東、張峻德 (1977)：紅檜在庇蔭樹下之栽植造林試驗，國立中興大學森林學系研究報告第 157 號。
- 4 陳振東、許博竹 (1980)：紅檜之天然下種更新試驗，國立中興大學森林學系研究報告第 183 號。
- 5 臺灣檜木育林特刊 (1975)：臺灣林業 1 (13)。
- 6 劉業經、林文錕、林維治 (1979)：臺灣經濟樹木育林學(一)，國立中興大學教務處出版組。
- 7 Braun-Blanquet, J. (1932)：Plant Society, Transl. by Fuller, G. D. & Conard, McGraw-Hill Book Co, New York.
- 8 Liming, F.G. (1945)：Natural regeneration of shortleaf pine in the Missouri Ozarks, J. Forestry 43 .

- 9 Muller-Dombois, D. & H. Ellenberg (1974): Aims and methods of regeneration ecology, John Wiley & Sons, New York.
- 10 Phillips, E.A. (1959): Methods of vegetation study, Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- 11 Siggins, H.W. (1933): Distribution and rate of fall of conifer seeds, J. Agr. Research 47.
- 12 Smith (1962): The practice of silviculture, seventh edition.
- 13 Spurr, S.H. and B.V. Barnes (1980): Forest ecology, John Wiley & Sons, New York.
- 14 四手井、赤井、齊藤、河原(1974): ヒノキ林—その生態と天然更新。225-231, 地球社。
- 15 坂口勝美(1952): ヒノキ育林学
- 16 坂口勝美(1975): これからの森林施業。全国林業改良普及協会。
- 17 佐藤敬二(1962): 日本のマツ, 第2巻, 天然更新篇, 林業改良普及叢書 15。
- 18 前田頼三、宮川 清(1971): プナの新しい天然更新技術—新しい天然更新技術。221PP, 創文
- 19 草下正夫(1970): 亜高山地帯の造林技術, 創文。
- 20 蜂屋欣二(1970): 森林の生態的見方, 日本林業技術協会。

附錄 (一) : 各植物種類在各截帶樣區中之重要值

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>Polygonum chinense</i>	28.57	44.55	33.60	29.21	17.75	16.65	12.95	18.37	37.11	17.44	6.39	21.55	14.53	23.98	7.74	7.57	17.81	9.00	26.97	36.71	9.55	13.17	10.60	13.47
<i>Senecio nemorensis</i>	23.29	13.37	9.10	18.64	6.75	31.31	8.15	5.71	12.49	9.17	13.97	10.86	7.59	13.51	15.05	16.73	7.63	5.75	9.14	4.55	0	6.94	15.90	13.47
<i>Chamaecyparis formosensis</i>	12.39	8.42	0	12.75	0	0.92	7.19	5.71	19.21	0	2.00	0	7.28	5.59	31.40	20.32	0	0	2.73	26.58	17.91	3.56	4.82	4.08
<i>Eupatorium formosanum</i>	1.30	0.99	2.80	2.49	0	0.32	3.36	5.31	13.74	9.60	8.18	13.56	1.74	4.12	17.42	11.56	10.19	6.80	0	0	0	1.07	7.71	4.69
<i>Senecio scandens</i>	0	0	3.73	3.30	3.25	14.36	7.43	8.15	14.97	4.86	11.58	8.58	3.69	7.58	3.87	0.40	4.46	0.62	9.24	1.73	1.80	0.71	3.86	1.22
<i>Rubus formosensis</i>	1.30	0	1.40	0	1.50	0	10.07	11.43	0	1.34	3.00	5.65	3.04	0	2.15	0	15.60	14.06	3.97	0	0	3.20	0	1.22
<i>Arachniodes rhomboides</i>	2.80	0	2.80	5.75	3.50	6.08	0	1.63	0	2.28	1.60	0	1.30	1.05	0	1.20	0.98	1.55	6.54	1.48	2.96	0	6.51	0
<i>Toddalia asiatica</i>	0.64	0	0	0	0	0	0	7.35	0	3.03	0	0	0	0	1.29	5.98	2.36	15.85	4.28	0	1.19	0	0	0
<i>Actinidia callosa</i>	0	0	0	0	0	0	12.00	1.63	0	3.41	8.38	0	0	0	2.15	1.59	4.98	3.83	0	0	0	2.14	1.93	0
<i>Eupatorium tashiroi</i>	0	0	0	0	0	0	4.32	8.16	0	11.53	0	0	0	0	0	0	3.60	1.33	0.83	0	0	0	4.82	1.22
<i>Rubus hirsutopungens</i>	0	3.47	0	0.59	0	0.37	0	0	0	12.18	3.38	0	0	0	0	0.80	6.91	2.16	0.73	0	0	4.96	0	0
<i>Lecanthus sasakii</i>	1.71	9.90	4.20	8.29	14.00	9.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0.86	0	0	0	0.52	0	0	0	2.41	3.47
<i>Hydrangea angustipetala</i>	2.56	0	2.80	2.51	0	2.02	1.44	1.22	0	2.20	0	3.21	1.13	3.70	0.86	0	1.73	0	6.83	0	0	0	0	0
<i>Rubus trianthus</i>	0	0	0	1.76	0	1.16	0	0	0	2.25	6.39	0	0	1.57	0	0	6.04	2.53	0	0	2.39	7.48	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i>	8.76	8.42	0	0.54	0	2.90	0	0	0	1.60	2.67	0	0	0	0	3.19	1.73	0	0	0	8.36	3.56	0	0
<i>Eurya acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.34	0	4.84	3.04	1.47	3.87	18.33	0	1.40	1.82	0	0	0	0.96	0
<i>Eurya glaberrima</i>	2.56	3.96	0	1.08	0	0	0	0	0	2.76	0	5.04	0.87	0	0.86	0.80	3.02	2.78	0	2.47	6.87	0	0.48	0

