



東北季風對立木外部形態之影響

文、圖 ■ 陳朝川 ■ 國立屏東科技大學森林系教授兼農學院院長

張璋尹 ■ 國立屏東科技大學森林系碩士（通訊作者）

一、前言

台灣本島四面環海，而本島氣候因受海洋之影響，暖流環繞本島大半範圍，而一年之中冬夏季的季風交替，亦支配著台灣本島的氣候，屬於變性季風氣候類型。台灣是東亞極地大陸冷氣團與海洋氣團進退消長的接觸地帶，冬季發生於蒙古與貝加爾湖一帶的冷氣團勢力會南下，蒙古的高氣壓共有兩支，東趨的一支與台灣無關，而行經華北地區南下的一支，因行經東海及台灣海峽上空，對台灣的氣候影響甚為明顯（戚啟勳，1983）。台灣在8月份前後開始受到大陸冷氣團影響，西北或東北季風逐漸增強，而在台灣以東北季風為主，10月下旬至來年3月上旬東北季風盛行，溫度下降，風速明顯增加，平均風速為4.8 m/s，最大可達10~17 m/s，而且東北季風影響的時間長達半年，因此對於北部及南部部分地區森林之立木外部形態有很大的影響，在此長期受季風影響下的森林，通常稱之為季風林。

在強勁的東北季風長期影響之下，此受影響下之森林會產生特別的季風林型。以南

仁山區為例，對於植群帶的劃分，有將其列入熱帶雨林（Tropical rain forest）者；也有將其列入季風常綠闊葉林（Monsoon forest）（謝長富等，1992）；或是季節性森林（Seasonal forest）（蘇鴻傑、蘇中原，1988）。恆春半島在冬季盛行東北季風，風速強勁，該強風會造成低矮林相、樹幹彎曲與破碎的林冠層等，影響強度依地型之不同，而有著不同程度之立木外部形態改變（謝長富等，1992）。

立木的外部形態表現可表現立木所在位置之不同，包括葉片、樹幹、樹冠層與其他外部顯而易見之特徵，尤其在東北季風的長期影響之下，這些外部特徵，亦會依其所在地區的不同，而有著不同程度之表現。例如向風坡、背風坡以及溪谷區域等，因受到東北季風長期影響下，其立木之外部形態特徵，不僅外部形態表現不同，在生理機制也有著某種程度之差異。因此本篇報告主要是在闡述，森林立木於東北季風長期的影響下，其葉片、樹幹、樹冠層之外部形態變異情形。

二、東北季風影響下之森林

(一) 台灣東北季風之影響範圍

季風常綠闊葉林又稱為亞熱帶常綠季風雨林，它是南亞熱帶低山、丘陵及台地地區的典型植被，其具有熱帶季風雨林及中亞熱帶常綠闊葉林之間過渡類型的特點。本植被型的分佈是在台灣北迴歸線以北地區，以海拔900 m以下的低山、丘陵和台地為多，由於長期人為經濟活動的破壞，現已殘存不多。分佈地區的氣候條件為高溫多濕，年均溫約20~22℃，1月均溫為15~16℃，7月均溫為17~28℃，年雨量1,700~2,000 mm，相對濕度在80%以上。

蘇鴻傑（1985）從事台灣天然林氣候與植群型研究時指出，將南仁山保護區劃分於台灣之東南區，屬熱帶季風氣候，一年中最冷月平均溫度在18℃以上，降雨量分布不均，而冬季亦有明顯的降雨，無明顯乾濕季之分別。恆春半島之南仁山區位處於熱帶與亞熱帶交界處，因受東北季風長期影響下，樹種種類組成特殊，且為台灣所剩不多的低海拔闊葉季風原始林；而北部東北角一帶及烏來福山地區為每年東北季風最先到達之處，受到東北季風長期影響下的森林，其林

分結構會依季風影響程度的強弱，有著不同程度的結構變化（張雅惠，2001）。

(二) 東北季風影響下之森林植群

本植被類型的群落型相終年常綠，氣候上由於乾溼同季，因而亦有少數落葉現象的季相變化，森林冠層層次較多，植物種類亦較複雜，林相參差不齊，呈波浪狀且高低不一。森林植群組成主要種類為樟科（Lauraceae）、桑科（Moraceae）、桃金娘科（Myrtaceae）、五加科（Araliaceae）及楝科（Meliaceae），其次為無患子科（Sapindaceae）、梧桐科（Sterculiaceae）及山龍眼科（Proteaceae）。灌木種類以茜草科（Rubiaceae）、紫金牛科（Myrsinaceae）、灰木科（Symplocaceae）、茶科（Theaceae）及芸香科（Rutaceae）等為主。

該區森林冠層結構較為複雜，整個冠層可分為5~6層，其中喬木2~3層、灌木1~2層、草本植物1層，各冠層間植物總類豐富，有大型木質及草質藤本攀緣纏繞於各冠層間，而附生植物及蕨類植物常在樹皮及枝樑之間生長，林下多大型草本，此外還有桫欏科（Cyatheaceae）等木本蕨類生長於其中。而台西平原及丘陵台地因開發較早，受人為經濟活動之影響甚鉅，致使原始林多已遭到破壞，僅有鄉村地區及偏遠山溝處有小部份殘存。

依全年雨量之多寡及季節與季風出現之差異，全台可分為11個氣候區，即東北近海區、東北內陸區、蘭嶼區、東區北段、東區南段、西北近海區、西北內陸區、中西部近





海區、中西部內陸區、西南區及東南區（蘇鴻傑，1985、陳益明，1991）。前兩區屬於恆濕型氣候，其他地區為冬季乾旱程度不等以及夏雨集中型氣候；在東北部近海地區，因恆濕氣候的影響下，所發育成的森林具有雨林形相；西南區因冬季位於東北季風影響區內，出現將近1至6個月不等之乾旱期，在向陽坡、平原、較乾燥的山麓區，常出現落葉樹及常綠樹混淆林。北部福山地區屬東北內陸區，為每年東北季風造訪台灣的最先端，而福山地區樹木生長低矮除可能是適應高頻率的颱風侵襲外，亦可能為適應東北季風長期影響下的主要原因（林登秋等，1999）。

以受東北季風影響下之南仁山生態保護區欖仁溪樣區為例，依據樣區中木本、草本植物種類、優勢度、植物特徵、樹高及植物生理特性等差異，以及坡向與風力影響程度的不同，可將樣區分為三種生育地類型。第一群存在於迎風陡坡風力極強處，葉片通常較厚，有些葉表具有絨毛附屬物，以抵抗長期強勁的東北季風，以具褐毛的嶺南桐（*Cyclobalanopsis championii*）、南仁山特有的南仁山柃木（*Eurya nitida* var. *nanjenshanensis*）等為代表；第二群存在於向風坡，風力影響較小的緩風區域；第三群存在於背風坡面或谷地，以葉片大型，掌狀複葉的江某（*Schefflera octophylla*）、鏽葉野牡丹（*Astronia formosana*）、水金京（*Wendlandia formosana*）為最主要樹種（范素璋，1998）。

（三）東北季風對植物社會之影響機制

風對於立木之分佈及生長，有下列幾項效應：單一方向之連續盛行風，可影響樹冠形態及樹冠幅的大小；風可影響樹型，縮短幹材，增加尖削度，影響木材的品質；造成風倒、風折、風剪，並可能導致枝幹的腐朽現象；促進蒸散作用、促進光合作用、散播花粉及種子、帶來鹽份及污染物等作用，使立木蒙受傷害（劉榮瑞、蘇鴻傑，2000）。

立木的外部形態因受季風的長期影響下，向風坡和背風坡的植物社會均有很大的差異，尤其迎風區的陡坡和溪谷地區更為明顯。關秉宗（1974）研究陽明山地區鹿角坑溪流流域時，該區位於台灣東北部且為每年東北季風最先到達之處，該區植物社會有幾項特徵：森林社會的歧異度較其他地區低；森林冠層層次不明顯；部分植物分布海拔偏低，此三項結果皆顯示植群與風力有著密切的關係。而根據謝長富等（1991）所做的研究結果顯示，受東北季風的影響下，南仁山區的植群社會亦有下列幾項特性：樹幹之平均胸徑較一般無季風影響之森林為小；林分密度比一般無季風影響之森林為大；植物優



勢度有集中於某些樹種的現象；森林可自行更新，維持一個動態的平衡。植物社會隨不同生育地而有所差異，可由圖1得知植物社會受風力干擾下之反應機制圖，該模式可用以推測植物抗風機制的研究方向（謝長富等，1991）。

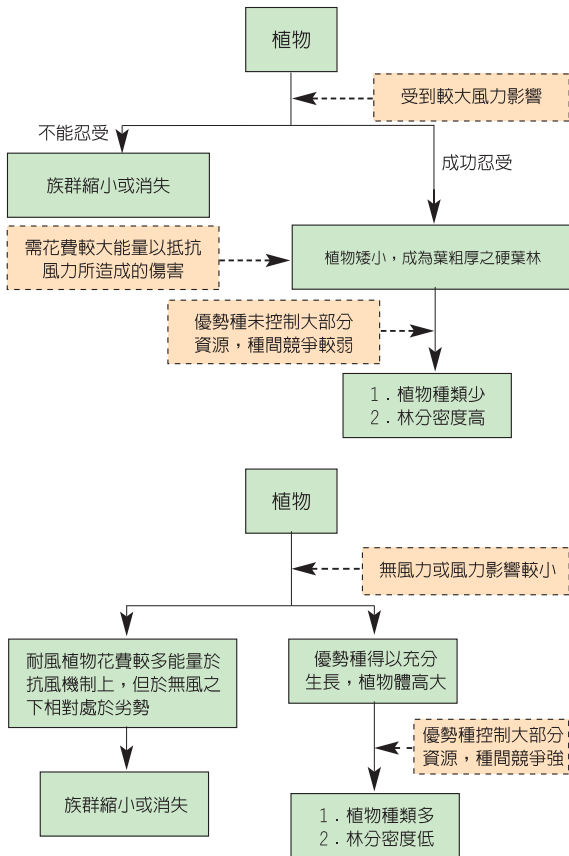


圖1 南仁山植物社會受風力干擾下之反應機制圖（謝長富等，1991）。

一般而言，抗風性較小的樹種，在長期受到風的影響之下，會產生兩種反應機制，一是可以忍受，另一為不能忍受。不能忍受之樹種，會因為天擇的作用，使其族群縮小，甚至整個族群會因為不適應此環境而慢慢滅絕；如果該樹種是可以忍受風的傷害，但因其需花費較多的能量去抵抗風力所造成

對植物的傷害，造成植株較為矮小，葉片增厚，形成硬葉樹種。因優勢種未掌控大部分的環境資源，種間競爭較弱，此硬葉林的樹種應該較為單純，而同種植物間的組成密度較高，形成一個較簡單的林相。

但是某一林分若處於無風力或風力影響較小的情況下，優勢樹種因為無須耗費力去抵抗風的傷害，其植物體通常較為高大，但因為優勢種控制了大部分的資源，種間競爭較強，該區樹種組成種類較多，同種植物間的密度應該較低；反之，抗風性較強的植物因為其本需花費大部分能量在抗風機制上，但在無風的環境下，相對處於劣勢，長期下來其族群會漸漸縮小，甚至消失。

三、東北季風影響下立木外部形態之變化

植物葉片因受風的影響下，會造成葉片外部形態的改變，例如葉片的厚薄或葉的衍生物之生成等，而植物體為因應風對植物體本身所帶來的影響，常會造成植物體傾斜、冠層不對稱性、甚至有些植物亦會產生板根形態之生成，使植物體在受風力的威脅影響下，得以正常生存與繁衍。另植物冠層為林木接受光線之最大面積處，常因為風的扭力影響，造成冠層破碎，產生冠層之不對稱性，而其冠層的扭曲及不對稱性，常為判斷立木所在地之屬性，例如高山地區或低海拔地區的立木樹高、胸徑、樹冠幅的改變程度是不同的，可藉此表示植物所在環境之屬性（Skatter et al., 2000）。以日本黑松（Pinus



thunbergii) 為例，成熟之單株立木，其樹枝條分布狀況，樹高等外部形態都趨於相似，以風對冠層的傷害而言，不同的樹種可能有相類似的影響模式，可作為探討風對冠層危害的依據 (Zhu *et al.*, 2000)。以下便以東北季風對於立木外部形態之影響，以及其影響現象及影響機制，分述討論之。

(一) 東北季風對於立木葉片之影響

所謂森林葉片結構 (Leaf structure of forest) 的研究，即對森林植物葉片特徵進行總體性的研究，亦即從葉片特徵的角度進行研究以歸納植物葉片的發展趨勢，以探討環境因子對植物葉片的作用 (蘇夢淮, 1993)，研究結果並可作為森林植物葉片基本資料，以提供森林環境之進一步研究。此外尚可與其他不同區域之森林植物葉片結構相互比較，以了解其受風之影響程度。

影響植物葉片外部形態的變異及地理分布因素多為外在的環境因素，但其中氣候因子為影響植物葉片結構及變異最重要的因子之一。一般而言，植物只能生長在固定地區，不能像動物一樣自由的遷移，所以植物只能適應其環境，因此在不同的環境中，植物會孕育出不同的葉片形態和構造。而植物如果長期生長在逆境環境中，會導致葉片變小和生長點間的長度縮短，甚至造成植株的生長停滯或死亡 (Kimmins, 1996)，植物葉片的形狀、大小和葉片的排列方式等生理特徵，除了受光照和營養狀況的影響，也可能是為了抵抗風害的表現 (Leigh, 1999)。而林琦珍 (1998) 對南仁山低地雨林之樹冠

層葉片結構進行研究，經由主成分分析 (Principal component analysis) 的結果顯示，在取樣的海拔範圍內，同一樹種的各項特徵，包括葉片厚度、角質層厚度、葉片面積、葉片長寬比等均與海拔無顯著性相關，而就所有取樣樹種整體而言，在外部形態部分，葉片厚度、比重量及葉片長寬比均與海拔呈現顯著正相關，葉面積則為負相關。

在迎風區的樹冠層因東北季風之強烈影響下，植株變得較低矮且較破碎，光線易從冠層上方及側方照射到較低冠層的葉片，因而刺激葉片厚度的發育；反之，背風區的樹冠層因受季風破壞較小，所以葉片發育正常，而低冠層葉片只能由上方冠層獲得射入之光線，因此厚度會較薄一些，目前已經有多數學者對於葉片外部形態或大小作一分類 (Roth and Bifano, 1971; Webb, 1959)。謝長富等 (1993) 在南仁山區，針對不同冠層下測得之葉片大小與厚度大致與前人研究吻合，葉片特徵依冠層層次依序改變，葉片厚度隨樹冠層次的降低而變薄，而葉片面積則隨著層次的降低而增加，結果如表1所示。

表1 冠層中葉片所在的層次與葉片特徵之關係 (謝長富等, 1993)

冠層層次	平均葉片厚度 (mm)	平均葉片面積 (cm ²)
1	0.289	18.3
2	0.274	19.7
3	0.265	22.0
4	0.251	22.3
5	0.247	25.5

註：層次1為最靠近冠層頂端、層次5為冠層最低處，以此類推。

另生長於迎風陡坡且受風力影響極強處之植物，其葉片通常較厚，有些表面甚至具有絨毛等附屬物，以抵抗長期且強勁的東北季風（范素璋，1998）。反之，生長在背風坡或風力影響較小之植物，因其不需花費太多能量以抵抗風對植物體葉片的傷害，該區通常葉片較薄且其葉面積較大。

（二）東北季風對於立木樹冠之影響

樹冠為樹木上方枝葉著生之部位，而樹冠形態是指樹冠外部生長的形狀，許多樹種可以從外型上輕易的加以辨識，雖然樹冠大小及外形會受環境因素、年齡、競爭與活力之影響，以致立木樹冠形態間產生極大之變異，但大體可區分為兩大類，一為直立性，另一為分歧性。大多數的裸子植物及少數被子植物樹幹主軸之頂端，每年會向上生長，下方著生側枝，形成為圓錐形樹冠，屬直立性樹形，而多數被子植物側枝之生長快速，屬非直立樹形或是分歧性樹形，因此樹冠形態是由芽及枝條之分化延伸，可用來決定立木冠層之外部形狀（王子定，1994）。

立木冠層對於強風之影響下會產生極大反應，許多研究發現，即使為同一類型的樹種，也會因不同樹種的葉片、枝幹型式或樹冠幅的大小，導致不同程度的風害（Gresham *et al.*, 1991），如Boucher *et al.*（1990）所做之研究結果發現，闊葉樹較針葉樹易受到風害，而長期遭受強風襲擊者，由於乾化、衝擊、磨損或風折等作用，植物體之新芽或小枝條逐漸死亡，致使枝條形狀與位置明顯改變，最後呈現偏形樹冠，如撓

曲松（*Pinus flexilis*）、黑雲杉（*Picea mariana*）及若干櫟類（Oaks）等植物，於受風力影響較大之區域，大多均自地面即呈現彎曲性生長，形成左右不對稱之樹冠。

另Spatz and Bruechert（2000）研究受風力影響較不明顯之挪威雲杉（*Picea abies*）孤立木的樹冠幅外部形態，一株健康成長的挪威雲杉孤立木，其樹幹的第一分岔處為16 m處，幹頂稍將近為1 cm，如圖2所示，其樹冠整體外觀應該是圓錐形，樹冠幅度為10 m寬。

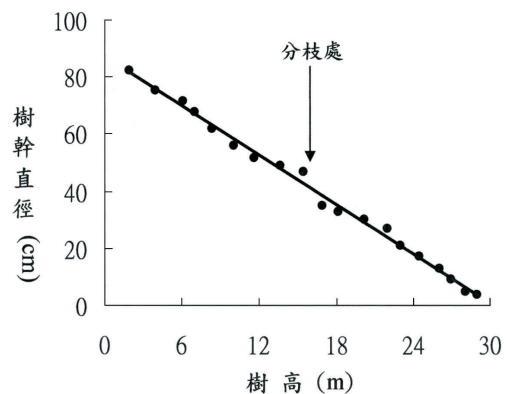


圖2 挪威雲杉樹高與樹幹直徑關係圖（Spatz and Bruechert *et al.*, 2000）。

而風剪現象的發生主要與樹根的強度與樹體本身耐風性有關，在強風影響下之林木，強度較弱的植株容易發生突然傾倒的現象，反之則冠層結構會產生不對稱性彎曲（Mattheck *et al.*, 1995）。風剪現象常見於受季風長期影響下的立木，以單株立木為例，可將植株視為一艘帆船，根部可視為船錨，樹幹視為桅杆，冠層視為風帆，風帆會順著風向而向另一面撐起，如為植物體冠層即是如此，冠層將會朝向背風之另一側生

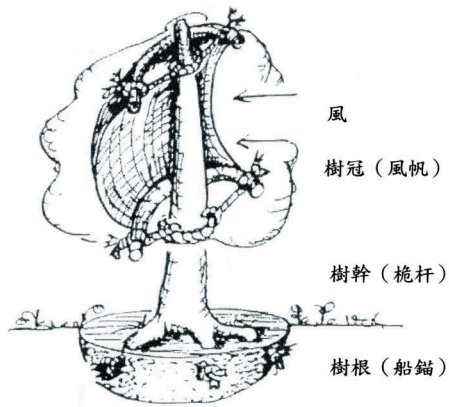


圖3 長期受季風影響下之冠層不對稱性示意圖 (Mattheck *et al.*, 1995)。

長，形成不對稱性彎曲，如圖3所示。

(三) 東北季風對於立木樹幹之影響

植物體本身因樹種的不同，其樹幹有不同抵抗風的承載力，Spatz and Bruechert (2000) 研究挪威雲杉在風力的強力影響下，樹幹所能承受之最大之彎曲度，研究結果顯示，在樹高12 m的挪威雲杉，所呈承受最大彎曲度為 3.4 m^{-1} ，一但樹幹因風力所造成的彎曲度大於 3.4 m^{-1} 時，則樹幹將有可能產生破壞或斷裂的情形。

許多的立木樹幹會因為外力的擠壓而遭受到破壞，例如強風的危害，這些外力破壞在樹幹節間處產生擠壓，使得樹幹側面壓力增加，樹幹因此而產生彎曲，如圖4所示。當這些破壞機制所產生的壓力增強至某程度時，當其超出該樹幹所能承受之最大壓力時，將導致樹幹的斷裂與破壞，結果如圖5所示 (Mattheck *et al.*, 1995)。

另一抗風機制為植物體樹幹基部之板根生成，板根的大小及外形變異依不同樹種有

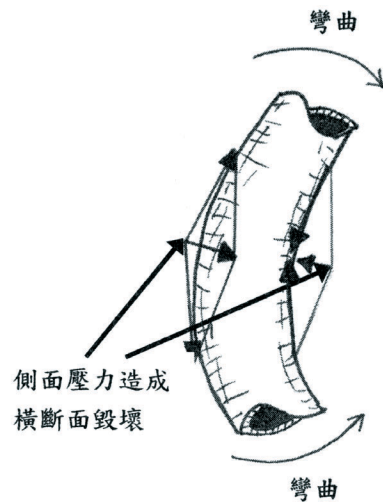


圖4 樹幹受外力影響下樹幹彎曲破壞示意圖 (Mattheck *et al.*, 1995)。

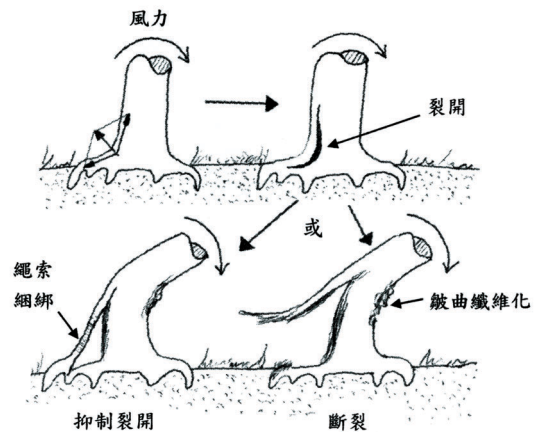


圖5 樹幹斷裂危險級度預測示意圖 (Mattheck *et al.*, 1995)。

不同之表現，通常隨著樹齡的增長，其板根面積便會相對的增加。若干成熟立木之板根，會沿著樹幹向上擴張，可高達9~10 m，一般多有3~4條板根，有些樹種甚至更多 (王子定, 1994)，而板根數與立木直徑呈正相關，樹幹愈粗大其板根愈明顯且板根數愈多；樹齡與板根之發展亦呈正相關，樹齡愈

大，板根將愈明顯，而幼木則較不明顯（Richter, 1984）。如果植物板根的上緣顏色比較鮮綠，則表示這一部位將持續再增長，但若兩立木生長間隔距離太過相近，則兩立木的板根可能會因為向外擴增而相連一起。

一般而言，板根之形成與遺傳有關，而在赤道區域熱帶雨林中常見之龍腦香科（Dipterocarpaceae）、梧桐科及桑科中的榕屬（*Ficus* spp.）中之林木，較常有板根之生成。板根之形成雖由遺傳潛勢所致，但環境因子亦會影響板根的形成，其板根發展之趨勢為因應其生長環境之所需，例如為行呼吸作用或是支撐植物體，進而發揮其固定植物體之功能（Warren *et al.*, 1988；Baker, 1973）。一般而言，熱帶地區之低海拔區域及降雨豐沛區域，多有板根形成；而長期受季風影響的地區，若受風的範圍為樹冠層，則易造成樹冠偏斜，使其樹冠層產生不對稱性，將導致樹冠層迎風的一面，板根較為發達，藉此固定植物體本身，以減少立木傾倒情形之發生（Henwood, 1973；Lewis, 1988）。而Richter（1984）研究中指出，板根的長度與樹冠半徑有相關性，就單株立木而言，最長之板根多半出現於風力盛行的方向，而另一背風向之樹冠半徑較小，而立木為抵抗不對稱的樹冠所造成的重力壓，故於樹冠層之迎風面板根顯得較為發達（Lewis, 1988）。

另外，風造成樹幹彎曲的情形，與立木樹幹半徑與樹根的分布半徑間有關，根部分布範圍越廣，其抓地力越強，植物較不易因

受風害而傾倒。Mattheck *et al.*（1995）在野外調查中，針對1,500株長期受風影響下的立木，其樹根分布與胸徑大小之相關性，結果得知，樹根在土壤中的分佈半徑與胸徑大小呈現正相關，證明樹根分佈越廣，其胸徑越大，植物體抵抗風的破壞能力也越大，植物體便能正常穩定生長。

另外為了解季風對立木的危害情形，可以使用一些工具來輔助之。首先必須先描述該受風區的地理環境屬性，可藉由地理資訊系統（Geographic information systems, GIS）建立立木及土壤等環境資料，並透過長期的監測資料的更新以及地理空間模組分析模擬，藉以推估並預測季風對於立木的危害程度，供營林者對於林木生產經營方向，提出有效之經營決策依據（Ruel, 2000）。

四、結論

在迎風面的冠層因受季風的影響較大，變得較低矮且破碎，光線易從冠層上方及側方照射到較低冠層的葉片，因而刺激葉片厚度的發育；反之，背風區的樹冠層因受季風影響較小，所以發育比較良好，而葉片只能由冠層上方獲得射入之微薄光線，因此厚度會較薄一些。而冠層為立木接受光線之最大面積處，常因為風的扭力影響，造成冠層破碎，產生冠層之不對稱性，其冠層的扭曲及不對稱性，常為判斷立木之所在地屬性。另同一地區之成熟單株立木，其樹枝條分布狀況，樹高等外部形態都趨於相似，而不同的樹種間可能有相似的外部形態表現，可作為



探討東北季風對植物體危害的參考依據。

許多的立木樹幹會因風力影響下，因負荷不了而遭受到破壞，會在樹幹節間處產生擠壓，促使樹幹側面壓力的增加，因而使得樹幹因此而彎曲。當這些破壞機制所產生的壓力增強至某程度時，超出該樹幹所能承受的壓力時，則會導致樹幹的斷裂與破壞。而季風造成樹幹彎曲的情形，亦與植株胸徑及樹根的分布半徑有關，樹根在土壤中的分佈半徑與胸徑呈現正相關，因此成熟木及深根性植物，其抵抗季風的能力將比一般幼齡木

或淺根性植物來的大。

最後為監測及探討東北季風對於立木的危害，可藉由地理資訊系統建立立木及環境之相關資料，並透過田野調查，可獲得較詳盡之立木基本資料，用以描述該受風區立木的屬性，藉以推估季風對於立木可能帶來的危害，作為立木外部形態變化以及林分結構之分析資料，並可提供營林者一個有效的經營決策方針。🌲

參考文獻（請逕洽作者）

